คู่มือการควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง

เล่มที่ 1
การบริหารโครงการ

กันยายน
2550

คำนำ

กรมทางหลวง เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบการวางแผน ก่อสร้าง บำรุงรักษา รวมไปถึงการบริหารจัดการโครงข่ายทางหลวงสายหลักของประเทศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และความมั่นคง ในการที่จะได้มาซึ่งโครงสร้างถนนที่มีคุณภาพนั้น องค์ความรู้ด้านงานก่อสร้างทางหลวงซึ่งรวมทั้งการก่อสร้างถนนและสะพาน จึงเป็นองค์ความรู้ที่สำคัญด้านหนึ่งขององค์กรที่บุคลากรจะต้องได้รับการถ่ายทอด และเรียนรู้ ผ่านกระบวนการจัดการความรู้ที่ดีและมีประสิทธิภาพ

ชุดเอกสาร “คู่มือการควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง” เป็นผลงานส่วนหนึ่งในขั้นตอนการจัดการความรู้ด้านงานก่อสร้างของกรมทางหลวง มุ่งหวังให้ทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการรวบรวมความรู้ความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านที่มีอยู่ในองค์กร ถ่ายทอดสู่บุคลากรที่เกี่ยวข้อง เพื่อรักษาและยกระดับมาตรฐานการทำงานอย่างต่อเนื่อง โดยชุดเอกสารจะแบ่งเนื้อหาออกเป็น 4 เล่ม ประกอบด้วย การบริหารโครงการ การควบคุมงานก่อสร้างทาง การควบคุมงานก่อสร้างสะพานและอาคารระบายน้ำ และการควบคุมคุณภาพวัสดุ

กรมทางหลวงหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ชุดเอกสาร “คู่มือการควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง” นี้ จะเป็นสื่อกลางในการถ่ายทอดความรู้ด้านงานก่อสร้างทางหลวงอย่างต่อเนื่องสู่บุคลากรของกรมทางหลวงและผู้ที่สนใจ เกิดประโยชน์อย่างสูงสุดต่อองค์กรและประเทศชาติสืบต่อไป

(นายทรงศักดิ์ แพเจริญ)
อธิบดีกรมทางหลวง

สารบัญ

1. การเตรียมการ..... 1

2. อัตรากำลังเจ้าหน้าที่..... 3

3. การปฏิบัติงาน.....12

4. การควบคุมคุณภาพวัสดุ.....15

5. งานสารบรรณ.....16

6. งานบัญชี.....17

7. งานพัสดุและสัญญา.....18

8. การจ่ายค่างาน.....30

9. การรายงาน.....35

10. การบรรยายสรุป.....37

11. การดำเนินการเมื่องานใกล้แล้วเสร็จ.....43

12. สัญญาจ้าง.....45

คำสั่งแต่งตั้งคณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง.....57

การบริหารงานโครงการ

1.การเตรียมการ

เมื่อได้รับทราบคำสั่งแต่งตั้งให้เป็นนายช่างโครงการฯ ควรจะเตรียมการดังต่อไปนี้.-

1.1 เบิกแบบก่อสร้างงานที่จะทำหน้าที่ควบคุม เพื่อศึกษาและทำความเข้าใจในรายละเอียดต่างๆ รวมทั้งข้อกำหนดพิเศษในประกาศประกวดราคา , ใบเสนอราคาและสัญญา หากมีรายละเอียดส่วนใดไม่ชัดเจน หรือมีข้อสงสัย ควรหารือวิศวกรผู้ออกแบบ และในกรณีที่มีอุปสรรคเกี่ยวกับสาธารณูปโภคต่างๆ ที่แสดงไว้ในแบบแล้ว ควรติดต่อประสานงานกับหน่วยงานที่รับผิดชอบและในกรณีที่ขอบเขตการก่อสร้าง ต้องผ่านพื้นที่การรถไฟแห่งประเทศไทย โครงการฯต้องรายงานให้ สำนักเจ้าของงานทราบเพื่อเสนอกรมดำเนินการขออนุญาตต่อการรถไฟแห่งประเทศไทย

1.2 ศึกษาระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยงานสารบรรณ และระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยงานพัสดุ เพื่อปฏิบัติให้ถูกต้องตามระเบียบของทางราชการ

1.3 จัดทำรายงานขอเงินจัดสรรเพื่อเป็นค่าใช้จ่ายในการควบคุมงานของโครงการฯ งบประมาณบริหารด้านดำเนินการขอจัดสรรจากสำนักก่อสร้างทางหรือสำนักก่อสร้างสะพาน และงบประมาณบริหารด้านวิศวกรรม (หน่วยตรวจสอบและแนะนำวัสดุสร้างทาง) ขอจัดสรรจากสำนักวิเคราะห์ และตรวจสอบ โดยขอให้จัดสรรไปยังคลังจังหวัดที่แขวงการทาง/สำนักงานบำรุงทาง เจ้าของพื้นที่เบิกจ่าย หรือแขวงการทาง/สำนักงานบำรุงทาง ที่สะดวกต่อการเบิกจ่ายสำหรับงบประมาณบริหารด้านวิศวกรรม (หน่วยตรวจสอบผิวทางแอสฟัลต์) ให้จัดทำรายงาน ขอ เงินจัดสรร จากสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบในระยะเวลาที่เหมาะสม

1.4 ดำเนินการขอเจ้าหน้าที่ควบคุมงานประจำโครงการฯ เสนอผู้บังคับบัญชาตามลำดับชั้นพิจารณาและเมื่อผู้บังคับบัญชาอนุมัติเจ้าหน้าที่ควบคุมงานแล้วแจ้งให้ผู้ร่วมงานทราบและศึกษาแบบก่อสร้างโดยละเอียด ติดต่อประสานงานกับสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ (ก่อนทำหนังสือขอเจ้าหน้าที่) เพื่อจัดเตรียมเจ้าหน้าที่หน่วยตรวจสอบและแนะนำวัสดุสร้างทางกับหน่วยตรวจสอบผิวทางแอสฟัลต์

1.5 ขณะที่ยังมิได้ออกปฏิบัติงานสนามแต่ผู้รับจ้างได้ลงนามในสัญญาแล้ว และยังไม่ถึงวันกำหนดเริ่มดำเนินการ (กรณีใช้สัญญาข้อ 7 ก.) ผู้รับจ้างอาจจะเตรียมจัดหาหรือสร้างสำนักงานชั่วคราวในสนาม โดยติดต่อให้นายช่างโครงการฯออกไปดูสถานที่เพื่อเตรียมสำนักงานชั่วคราวได้

สำนักงานชั่วคราว ต้องเป็นไปตามเงื่อนไขแห่งสัญญา ซึ่งอาจกำหนดให้สร้างสำนักงานชั่วคราวและบ้านพักตามแบบหรือจัดหาสำนักงาน และที่พักให้มีพื้นที่ตามที่กำหนด และสถานที่ตั้งควรอยู่นอกเขตทาง และอยู่ในเส้นทางที่จะทำการก่อสร้าง

ในการหาสถานที่ตั้งสำนักงานโครงการฯ ควรหารือ ผส.ทล. และ ผอ.ขท./ผอ.บท. เจ้าของพื้นที่ก่อน ในกรณีที่จำเป็นต้องตั้งสำนักงานโครงการฯนอกเส้นทางไม่ควรเกิน 5 กิโลเมตร แต่หากจำเป็นต้องจัดหาสถานที่ไกลเกินกว่า 5 กิโลเมตร ต้องได้รับความเห็นชอบจากสำนักเจ้าของงาน หากผู้รับจ้างประสงค์จะขอปลูกสร้างสำนักงานชั่วคราวและที่พักในเขตทาง ต้องได้รับอนุมัติจากผู้มีอำนาจก่อน

1.6 จัดทำบัญชีควบคุมการจ่ายค่างาน (Payment Control) จำนวน 2 ชุด เพื่อใช้ควบคุมการจ่ายค่างานประจำงวด โดยมอบให้ วิศวกรหัวหน้ากลุ่มงานจ้างเหมา 1 ชุด และใช้ที่โครงการฯ 1 ชุด

1.7 เบิกเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็นในการควบคุมงานของโครงการฯ ในการเบิกจ่ายเทปวัดระยะ วัสดุสำนักงาน และแบบฟอร์มต่างๆ ซึ่งเป็นวัสดุใช้สิ้นเปลือง ใช้แบบ พ.1-02

1.8 เบิกแบบก่อสร้าง พร้อมสัญญา และรายละเอียดควบคุมการก่อสร้าง สำหรับใช้ในการควบคุมงานในโครงการฯ พร้อมทั้งนำส่ง ผส.ทล. 1 ชุด และ ผอ.ขท./ผอ.บท. 1 ชุด

1.9 เมื่อกำหนดวันออกปฏิบัติงานแล้ว ทำหนังสือเสนอสำนักฯ เพื่อแจ้งสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ ให้จัดส่งเจ้าหน้าที่หน่วยตรวจสอบและแนะนำวัสดุสร้างทาง และหรือหน่วยตรวจสอบผิวทางแอสฟัลต์ เพื่อออกปฏิบัติงานต่อไป

1.10 ทำหนังสือรายงานตัวไปปฏิบัติราชการชั่วคราว (แบบ จ.1–06) เสนอ สำนักฯ ลงนาม (ผ่าน วิศวกรหัวหน้ากลุ่มงานจ้างเหมา) และไปรายงานตัวต่อผู้จัดการโครงการฯ

1.11 ก่อนออกเดินทางจากสำนักฯ ควรนำเจ้าหน้าที่โครงการฯทั้งหมดเข้ารายงานตัวต่อ วิศวกรหัวหน้ากลุ่มงานจ้างเหมาและผู้อำนวยการสำนัก

2. อัตรากำลังเจ้าหน้าที่

เมื่อเริ่มต้นโครงการ จะต้องมีคำสั่งแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบในการปฏิบัติและควบคุมงานเพื่อให้เจ้าหน้าที่ทุกคนร่วมกันดำเนินการควบคุมงานต่าง ๆ อย่างทั่วถึงตามจำนวนอัตรากำลังเจ้าหน้าที่ของโครงการฯ โดยสำเนาคำสั่งดังกล่าวให้สำนักฯ คณะกรรมการตรวจการจ้าง และผู้รับจ้าง ทราบด้วย

อัตรากำลังเจ้าหน้าที่ควบคุมงานโครงการประกอบด้วย เจ้าหน้าที่ควบคุมงานก่อสร้างและบูรณะทางหลวง สังกัดสำนักก่อสร้างทางหรือสำนักก่อสร้างสะพาน เจ้าหน้าที่หน่วยตรวจสอบและแนะนำวัสดุสร้างทาง และเจ้าหน้าที่หน่วยตรวจสอบผิวทางแอสฟัลต์ สังกัดสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ ดังมีรายละเอียดอัตรากำลังและหน้าที่รับผิดชอบดังต่อไปนี้.-

2.1 <u>อัตรากำลังเจ้าหน้าที่ควบคุมงานก่อสร้างและบูรณะทางหลวง</u>

2.1.1 **<u>ผู้จัดการโครงการ</u>** มีอำนาจและหน้าที่ตามคำสั่งกรมทางหลวง ที่ จ.1.7/2/2544 ลงวันที่ 8 พฤศจิกายน 2544 เรื่องการกำหนดหน้าที่และความรับผิดชอบของตำแหน่งผู้จัดการโครงการ (Project Manager)

(1) รับผิดชอบการติดต่อประสานงาน ตรวจสอบและติดตามข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ สายทาง เช่น การออกแบบ ความก้าวหน้าของการประกวดราคา การเนินการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสาธารณูปโภคในเขตทาง เป็นต้น

(2) รับผิดชอบการประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนทราบเกี่ยวกับหลักการ เหตุผลในการก่อสร้างทางหลวง โดยเน้นการดำเนินการที่โปร่งใส เป็นธรรม สามารถชี้แจงให้ข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน และให้ทุกฝ่ายสามารถเข้าถึงข้อมูลข่าวสารได้สะดวก รวดเร็ว ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารราชการ พ.ศ. 2540

(3) รับผิดชอบการส่งเสริมและแนะนำให้ประชาชนมีส่วนร่วมบำรุงรักษา และใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ให้เป็นไปอย่างคุ้มค่าและได้รับประโยชน์สูงสุดเพื่อให้ประชาชนในพื้นที่ที่สายทางก่อสร้างผ่าน สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างปกติและต่อเนื่องในสิ่งแวดล้อมที่จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัย สวัสดิภาพหรือคุณภาพชีวิต

(4) ศึกษา พัฒนา นำเทคโนโลยีใหม่ ๆ เกี่ยวกับการก่อสร้างและการควบคุมการก่อสร้าง มาประยุกต์ใช้ในการดำเนินการก่อสร้างทางหลวง

(5) ควบคุม กำกับดูแล และอำนวยการในการดำเนินงานโครงการก่อสร้างทางหลวง

(6) ประสานงานและเร่งรัดการดำเนินการจัดกรรมสิทธิ์อสังหาริมทรัพย์ เช่น ที่ดิน พืชผล สิ่งปลูกสร้าง ฯลฯ ก่อนหรือระหว่างดำเนินการก่อสร้าง

(7) ให้ความเห็นชอบการตรวจสอบแผนงาน ปริมาณงาน และชุดเครื่องจักรก่อสร้างทาง ตลอดจนคุณสมบัติของเจ้าหน้าที่ของผู้รับจ้างให้เหมาะสมกับงาน และสามารถที่จะทำงานตามแผนที่วางไว้ เสนอหน่วยงานเจ้าสังกัด

(8) เป็นผู้พิจารณารับมอบเส้นทางที่จะก่อสร้างจากแขวงการทาง เพื่อมอบให้ผู้รับจ้างตามความเหมาะสม

(9) รับผิดชอบในการจัดซื้อ จัดจ้าง ตามที่กรมฯ มอบอำนาจให้

(10) ให้ความเห็นชอบการตรวจสอบปริมาณงานและค่างานในสนาม โดยเปรียบเทียบกับปริมาณงานและค่างานในสัญญา ตลอดจนบัญชีถัวจ่ายค่างาน

(11) อนุมัติการตรวจสอบแหล่งวัสดุก่อสร้างต่าง ๆ ก่อนที่ผู้รับจ้างจะนำมาใช้งาน

(12) ให้ความเห็นชอบการเสนอแก้ไขแบบก่อสร้าง พร้อมทั้งรายละเอียดที่นายช่างโครงการฯเสนอต่อหน่วยงานเจ้าของงาน ในกรณีที่แบบคลาดเคลื่อนหรือไม่เหมาะสมกับสภาพและข้อเท็จจริงในสนาม

(13) กำกับดูแลด้านอำนวยความปลอดภัยในการจราจร เช่น การจัดทำป้ายเครื่องหมายการจราจร การดูแลรักษาสภาพทางในระหว่างการก่อสร้าง เป็นต้น

(14) ให้ความเห็นชอบการตรวจสอบและเสนอความเห็นการขออนุญาตดำเนินงานเกี่ยวกับสาธารณูปโภค และการทำการอื่นใดในเขตทางหลวง

(15) ตรวจสอบและกำกับดูแลการจัดทำรายงานสุดท้าย (Final Report) รายละเอียดแบบก่อสร้างจริงในสนาม (Asbuilt Drawing) และประวัติสายทาง (Road Inventory) รายการสรุปค่างานทั้งโครงการ ฯลฯ ส่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเมื่องานแล้วเสร็จ

(16) ให้ความเห็นชอบการจัดทำรายงานประมาณการใช้จ่ายในการควบคุมงาน เช่น ค่าแรง ค่าครุภัณฑ์ วัสดุยานพาหนะ น้ำมันเชื้อเพลิงและหล่อลื่น ฯลฯ เสนอหน่วยงานเจ้าสังกัด

(17) กำกับดูแลนายช่างโครงการให้ปฏิบัติงานในฐานะผู้ควบคุมงานตามระเบียบสำนัก นายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพัสดุ พ.ศ. 2535 ข้อ 73

(18) พิจารณาเสนอการสับเปลี่ยนหมุนเวียนเจ้าหน้าที่ในโครงการและนายช่างโครงการ ในความรับผิดชอบ

(19) พิจารณาแก้ไขปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการปฏิบัติงาน เช่น การจัดกรรมสิทธิ์ที่ดิน การขออนุมัติแก้ไขแบบ การขออนุมัติเปลี่ยนแปลงรายการค่างาน การขอต่ออายุสัญญา เป็นต้น

(20) ให้ความเห็นชอบการจัดทำรายงานต่าง ๆ เช่น ผลงานก้าวหน้าประจำเดือน ผลการทดลองและตรวจสอบวัสดุ ตลอดจนปัญหาในการปฏิบัติงาน ฯลฯ เสนอหน่วยงานที่เกี่ยวข้องตามระยะเวลาที่กำหนด

(21) ให้คำแนะนำการควบคุม การดำเนินการก่อสร้างโครงการทางหลวงแก่หน่วยงานราชการที่ขอความร่วมมือมา

(22) ให้ความเห็นชอบการเสนอบำเหน็จความชอบ และ การลงโทษเจ้าหน้าที่ในโครงการของนายช่างโครงการ และเสนอบำเหน็จความชอบของนายช่างโครงการให้เป็นไปตามระเบียบของทางราชการต่อหน่วยงานเจ้าสังกัด

(23) ประสานงานกับส่วนราชการอื่น ๆ และเอกชนที่เกี่ยวข้อง

(24) ปฏิบัติงานอื่น ๆ ตามที่ได้รับมอบหมาย

และให้ยกเลิกคำสั่งกรมที่ จ.1.7/1/2526 ลงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2526 เรื่อง การกำหนดหน้าที่ และความรับผิดชอบของตำแหน่งเฉพาะตำแหน่งลำดับที่ 1 ตำแหน่งผู้จัดการโครงการ (Project Manager)

2.1.2 **นายช่างโครงการ** มีอำนาจและหน้าที่ตามคำสั่งกรมทางหลวงที่ จ.1.7/3/2544 ลงวันที่ 8 พฤศจิกายน 2544 เรื่อง การกำหนดหน้าที่และความรับผิดชอบของตำแหน่งนายช่างโครงการ (Project Engineer)

(1) วางแผนดำเนินงานและกำหนดเจ้าหน้าที่ควบคุมการก่อสร้าง พร้อมทั้งกำหนดหน้าที่และความรับผิดชอบของเจ้าหน้าที่ประจำโครงการ

(2) ตรวจสอบแผนงาน ปริมาณงาน และชุดเครื่องจักรก่อสร้างทาง ตลอดจนคุณสมบัติของเจ้าหน้าที่ของผู้รับจ้างให้เหมาะสมกับงาน และสามารถที่จะทำงานตามแผนที่วางไว้

(3) ตรวจสอบเสนอข้อมูลการขอรับมอบทาง และสถานที่ก่อสร้างให้เหมาะสมกับความสามารถในการก่อสร้าง และดูแลรักษาทางของผู้รับจ้าง

(4) สำรวจวางแนวทาง ตรวจสอบหมุดหลักฐานต่าง ๆ เพื่อกำหนดแนวทาง และระดับก่อสร้าง และคำนวณปริมาณงานแต่ละรายการ

(5) ตรวจสอบและรายงานปริมาณงานและค่างานในสนาม โดยเปรียบเทียบกับปริมาณงาน และค่างานในสัญญา ตลอดจนทำบัญชีถัวจ่ายค่างานให้เป็นไปตามปริมาณงานจริงในสนาม

(6) ตรวจสอบ ติดตาม เร่งรัด การจัดกรรมสิทธิ์อสังหาริมทรัพย์ เช่น ที่ดิน พืชผล สิ่งปลูกสร้าง ฯลฯ ก่อนหรือระหว่างดำเนินการก่อสร้าง

(7) ตรวจสอบและแนะนำแหล่งวัสดุก่อสร้างต่างๆ ก่อนที่ผู้รับจ้างจะนำมาใช้งาน

(8) เสนอแก้ไขแบบก่อสร้างพร้อมทั้งจัดทำรายละเอียด เสนอหน่วยงานเจ้าของงาน ในกรณีที่แบบคลาดเคลื่อนหรือไม่เหมาะสมกับสภาพและข้อเท็จจริงในสนาม

(9) ตรวจสอบ วินิจฉัย สั่งการเกี่ยวกับคุณภาพของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง

(10) ปฏิบัติงานในฐานะผู้ควบคุมงานตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพัสดุ พ.ศ. 2535 ข้อ 73

(11) ตรวจสอบให้มีการติดตั้งป้ายจราจร เครื่องหมาย และสัญญาณจราจร ให้ถูกต้อง เพื่อป้องกันอุบัติเหตุ และตรวจสอบการดูแลรักษาทาง ให้การจราจร ผ่านได้สะดวกและปลอดภัยในระหว่างการก่อสร้าง

(12) ควบคุม ตรวจสอบ และรับรองผลการตรวจสอบคุณภาพและปริมาณงาน ตลอดจนค่างานที่จะต้องจ่ายให้แก่ผู้รับจ้าง โดยเสนอผ่านผู้จัดการโครงการ

(13) ตรวจสอบและเสนอความเห็นการขออนุญาตดำเนินการเกี่ยวกับสาธารณูปโภค และการทำการอื่นใดในเขตทางหลวง

(14) เป็นกรรมการตรวจการจ้างและปฏิบัติหน้าที่ ตามที่กำหนดไว้ในระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพัสดุ พ.ศ. 2535 ข้อ 72

(15) จัดทำรายงานต่าง ๆ เสนอหน่วยงานที่เกี่ยวข้องตามระยะเวลาที่กำหนด เช่น ผลงานก้าวหน้าประจำเดือน ผลการทดลอง และตรวจสอบวัสดุ ตลอดจนปัญหาในการปฏิบัติงาน ฯลฯ

(16) จัดทำรายงานสุดท้าย (Final Report) รายละเอียดแบบก่อสร้างจริงในสนาม (Asbuilt Drawing) เช่น ความยาวของเสาเข็มสะพาน ตอม่อ และ Bearing Unit ทุกต้น เป็นต้น ตลอดจนประวัติสายทาง (Road Inventory) และรายการสรุปค่างานทั้งโครงการฯ ฯลฯ ส่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเมื่องานแล้วเสร็จ

(17) จัดทำรายงานประมาณการใช้จ่ายในการควบคุมงาน เช่น ค่าแรง ค่าครุภัณฑ์ วัสดุ ยานพาหนะ น้ำมันเชื้อเพลิงและหล่อลื่น ฯลฯ เสนอหน่วยงานเจ้าสังกัด

(18) รับผิดชอบในการจัดซื้อ จัดจ้าง ตามที่กรมฯ มอบอำนาจให้

(19) เสนอปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการปฏิบัติงาน เช่น การจัดกรรมสิทธิ์ที่ดิน การขออนุมัติแก้ไขแบบ การขออนุมัติเปลี่ยนแปลงรายการค่างาน การขอต่ออายุสัญญา เป็นต้น

(20) ควบคุม บังคับบัญชา ตลอดจนเสนอบำเหน็จความชอบประจำปีของเจ้าหน้าที่โครงการทุกคนต่อผู้จัดการโครงการ

(21) ประสานงานกับส่วนราชการอื่น ๆ และเอกชนที่เกี่ยวข้อง

(22) ปฏิบัติงานอื่น ๆ ตามที่ได้รับมอบหมาย

และให้ยกเลิกคำสั่งกรมที่ จ.1.7/1/2526 ลงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2526 เรื่อง การกำหนดหน้าที่และความรับผิดชอบของตำแหน่งเฉพาะลำดับที่ 2 ตำแหน่งนายช่างโครงการ (Project Engineer)

2.1.3 **ผู้ช่วยนายช่างโครงการ** ปฏิบัติหน้าที่ดังต่อไปนี้.-

(1) ควบคุมการปฏิบัติงานในสนามของโครงการฯ ทั้งหมด คือ งานสำรวจเพื่อการก่อสร้าง , งานก่อสร้างโครงสร้างทางชั้นต่าง ๆ , งานก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตและงานในรายการเบ็ดเตล็ด

(2) ตรวจสอบความเรียบร้อยของงานในสนาม ติดตามผลการทดลองของหน่วยตรวจสอบและแนะนำวัสดุสร้างทางและหน่วยตรวจสอบผิวทางแอสฟัลต์ พร้อมทั้งผลการปฏิบัติงานในสนามของนายช่างควบคุมงาน ให้ถูกต้องและเป็นไปตามลำดับขั้นตอน

(3) ให้คำปรึกษาแนะนำแก่นายช่างควบคุมงาน และผู้รับจ้างในส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานโครงการฯ พิจารณาแก้ไขปัญหาต่างๆ แต่หากเป็นปัญหาที่ไม่อาจแก้ไขได้ให้เสนอนายช่างโครงการฯ พิจารณาต่อไป

(4) คำนวณและตรวจสอบปริมาณงานที่ผู้รับจ้างดำเนินการแล้วเสร็จตามเงื่อนไขแห่งสัญญา เพื่อการจ่ายค่างานประจำงวด

(5) รวบรวม และจัดทำรายงานประจำวัน ประจำสัปดาห์ ประจำเดือน ประจำงวดและรายงานเสร็จโครงการฯ

(6) ทำหน้าที่เจ้าหน้าที่พัสดุประจำโครงการฯ ดำเนินการจัดซื้อ/จัดจ้างของโครงการฯ ให้เป็นไปตามระเบียบของทางราชการ

(7) ทำหน้าที่เจ้าหน้าที่ธุรการโครงการฯ รับผิดชอบงานสารบรรณ ,งานสถิติ,งานบัญชีและงานงบประมาณ

(8) กำกับดูแลและกำหนดความรับผิดชอบ แก่พนักงานขับรถยนต์ และคนงาน

(9) ตรวจสอบและควบคุมการติดตั้งป้ายจราจร เครื่องหมายและสัญญาณจราจรระหว่างการก่อสร้าง ให้ครบถ้วนถูกต้องตามมาตรฐานของกรมทางหลวง

(10) ปฏิบัติงานอื่นตามแต่จะได้รับมอบหมายจากนายช่างโครงการฯ

2.1.4 **นายช่างควบคุมงาน** (จำนวนตามความเหมาะสม) ปฏิบัติหน้าที่ดังต่อไปนี้.-

(1) งานสำรวจเพื่อการก่อสร้าง

- ตรวจสอบหมุดพยาน กำหนดและจัดทำหมุดศูนย์กลาง หมุดพยานของแนวทาง และหมุดระดับหลักฐาน เพื่อเป็นหมุดอ้างอิงในการทำงานของผู้รับจ้างและการตรวจสอบของผู้ควบคุมงาน
- สำรวจ ตรวจสอบ และรวบรวมรายละเอียดสิ่งก่อสร้างและสาธารณูปโภคต่างๆ ในบริเวณขอบเขตก่อสร้าง และเขตทางหลวง
- ตรวจสอบระดับดินเดิมและจัดทำรูปตัดดินเดิม (Cross Section) เพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณงาน
- ตรวจสอบระดับก่อสร้างของโครงสร้างทางชั้นต่างๆ ท่อ สะพาน กำแพงกันดิน คันหินและรางตื้น บ่อพักระบายน้ำ ฯลฯ ให้ถูกต้องตามที่กำหนดในแบบ

(2) งานก่อสร้างคันทางชั้นต่างๆ

- ควบคุมงานถางป่าและขุดตอ
- ควบคุมงานตัดคันทาง
- ควบคุมงานถมคันทาง
- ควบคุมงานก่อสร้างคันทางชั้นต่างๆ เช่น วัสดุคัดเลือก รองพื้นทาง
- ควบคุมงานก่อสร้างพื้นทางและไหล่ทาง
- ควบคุมงานลาดยางไพร์มโคท
- ควบคุมงานก่อสร้างผิวทางลาดยาง
- ควบคุมงานก่อสร้างผิวทางคอนกรีต

(3) งานก่อสร้างสะพานและอาคารระบายน้ำ

- ควบคุมงานก่อสร้างสะพาน และสะพานคนเดินข้าม
- ควบคุมงานก่อสร้างท่อเหลี่ยม
- ควบคุมงานวางท่อกลมระบายน้ำ
- ควบคุมงานก่อสร้างบ่อพักท่อระบายน้ำ
- ควบคุมงานก่อสร้างกำแพงปากท่อ
- ควบคุมงานก่อสร้าง Bearing Unit
- ควบคุมงานก่อสร้าง Approach Slab

(4) งานก่อสร้างเบ็ดเตล็ด

- ควบคุมงานก่อสร้างกำแพงกันดิน

- ควบคุมงานก่อสร้างคันหินและรางตื้น
- ควบคุมงานก่อสร้างทางเท้า
- ควบคุมงานก่อสร้าง Concrete Barrier
- ควบคุมงานติดตั้ง Guard Rail
- ควบคุมงานหล่อ , ติดตั้ง Guide Post
- ควบคุมงานหล่อ , ติดตั้ง Kilometer Stone
- ควบคุมงานก่อสร้าง Concrete Slope Protection
- ควบคุมงานสีตีเส้น และเครื่องหมายจราจรบนผิวทาง
- ควบคุมงานป้ายจราจร

ฯลฯ

(5) งานติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง และไฟสัญญาณจราจร

- ศึกษา ตรวจสอบรายละเอียดวัสดุอุปกรณ์ และดำเนินการให้เป็นไปตามข้อกำหนดในสัญญา
- ตรวจสอบวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดในรายละเอียด
- ควบคุมการติดตั้งและดำเนินการให้เป็นไปตามแบบที่ได้รับความเห็นชอบจากสำนักสำรวจและออกแบบแล้ว
- ตรวจสอบความเข้มของการส่องสว่าง หรือการทำงานของไฟสัญญาณจราจรให้เป็นไปตามข้อกำหนดในรายละเอียด

(6) การบริหารการจราจรในระหว่างก่อสร้าง

- ศึกษามาตรฐานการติดตั้งเครื่องหมายจราจรตามเงื่อนไขของสัญญา
- ตรวจสอบวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดในรายละเอียดแนบสัญญา
- ควบคุมการติดตั้งป้ายและเครื่องหมายการจราจรในระหว่างก่อสร้างให้เป็นไปตามมาตรฐานของกรมทางหลวง
- ตรวจตราป้ายและเครื่องหมายการจราจรให้ครบถ้วน และสามารถมองเห็นได้ชัดเจนทั้งเวลากลางวัน และกลางคืน

2.2 อัตรากำลังเจ้าหน้าที่สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

2.2.1 หัวหน้าหน่วยตรวจสอบและแนะนำวัสดุก่อสร้างทาง ปฏิบัติหน้าที่ดังต่อไปนี้.-

(1) รับผิดชอบงานควบคุมคุณภาพวัสดุ (ยกเว้นส่วนที่เกี่ยวกับงานผิวทางลาดยาง) ที่ใช้ในการก่อสร้าง ให้เป็นไปตามข้อกำหนดในแบบและสัญญา

(2) ตรวจสอบและรายงานผลทดลองคุณภาพวัสดุ

(3) ออกแบบแนะนำ และตรวจสอบวิธีการปรับปรุงคุณภาพวัสดุตามความจำเป็น

(4) รายงานผลการปฏิบัติงานประจำวัน และสรุปผลการปฏิบัติงานประจำเดือน

(5) ประสานงานกับผู้เกี่ยวข้องในงานที่รับผิดชอบ

(6) ปฏิบัติงานอื่นตามแต่จะได้รับมอบหมายจากนายช่างโครงการฯ

2.2.2 **ผู้ช่วยหน่วยตรวจสอบและแนะนำวัสดุก่อสร้างทาง** ปฏิบัติหน้าที่ดังต่อไปนี้.-

(1) ช่วยงานหัวหน้าหน่วยตรวจสอบและแนะนำวัสดุก่อสร้างทาง

(2) ควบคุมการทดลองในสนาม และในห้องปฏิบัติการของโครงการฯ

(3) รายงานผลการปฏิบัติงานประจำวัน และสรุปผลการปฏิบัติงานประจำเดือน

(4) ประสานงานกับผู้ที่เกี่ยวข้องในงานที่รับผิดชอบ

(5) ปฏิบัติงานอื่นตามแต่จะได้รับมอบหมายจากนายช่างโครงการฯ

2.2.3 **หัวหน้าหน่วยตรวจสอบผิวทางแอสฟัลต์** ปฏิบัติหน้าที่ดังต่อไปนี้.-

(1) รับผิดชอบงานควบคุมคุณภาพวัสดุงานผิวทางลาดยาง ให้เป็นไปตามข้อกำหนดในแบบและสัญญา

(2) ควบคุมการผลิตวัสดุงานผิวทางลาดยาง

(3) ตรวจสอบและรายงานผลการทดลองคุณภาพวัสดุ

(4) ควบคุมงานก่อสร้างลาดยางไพร์มโค้ท (Prime Coat) , ลาดยางแท็คโค้ท (Tack Coat) งานผิวทางแบบเซอร์เฟสทรีตเม้นต์และงานผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต

(5) รายงานผลการปฏิบัติงานประจำวัน และสรุปผลการปฏิบัติงานประจำเดือน

(6) ประสานงานกับผู้ที่เกี่ยวข้องในงานที่รับผิดชอบ

(7) ปฏิบัติงานอื่นตามแต่จะได้รับมอบหมายจากนายช่างโครงการฯ

2.2.4 **ผู้ช่วยหน่วยตรวจสอบผิวทางแอสฟัลต์** ปฏิบัติหน้าที่ดังต่อไปนี้

(1) ช่วยงานหัวหน้าหน่วยตรวจสอบผิวทางแอสฟัลต์หรือหน่วยควบคุมผิวทาง

(2) ควบคุมการทดลองในห้องปฏิบัติการ และการตรวจสอบคุณภาพวัสดุในสนาม

(3) รายงานผลการปฏิบัติงานประจำวัน และสรุปผลการปฏิบัติงานประจำเดือน

(4) ประสานงานกับผู้ที่เกี่ยวข้องในงานที่รับผิดชอบ

(5) ปฏิบัติงานอื่นตามแต่จะได้รับมอบหมายจากนายช่างโครงการฯ

<u>หมายเหตุ</u>

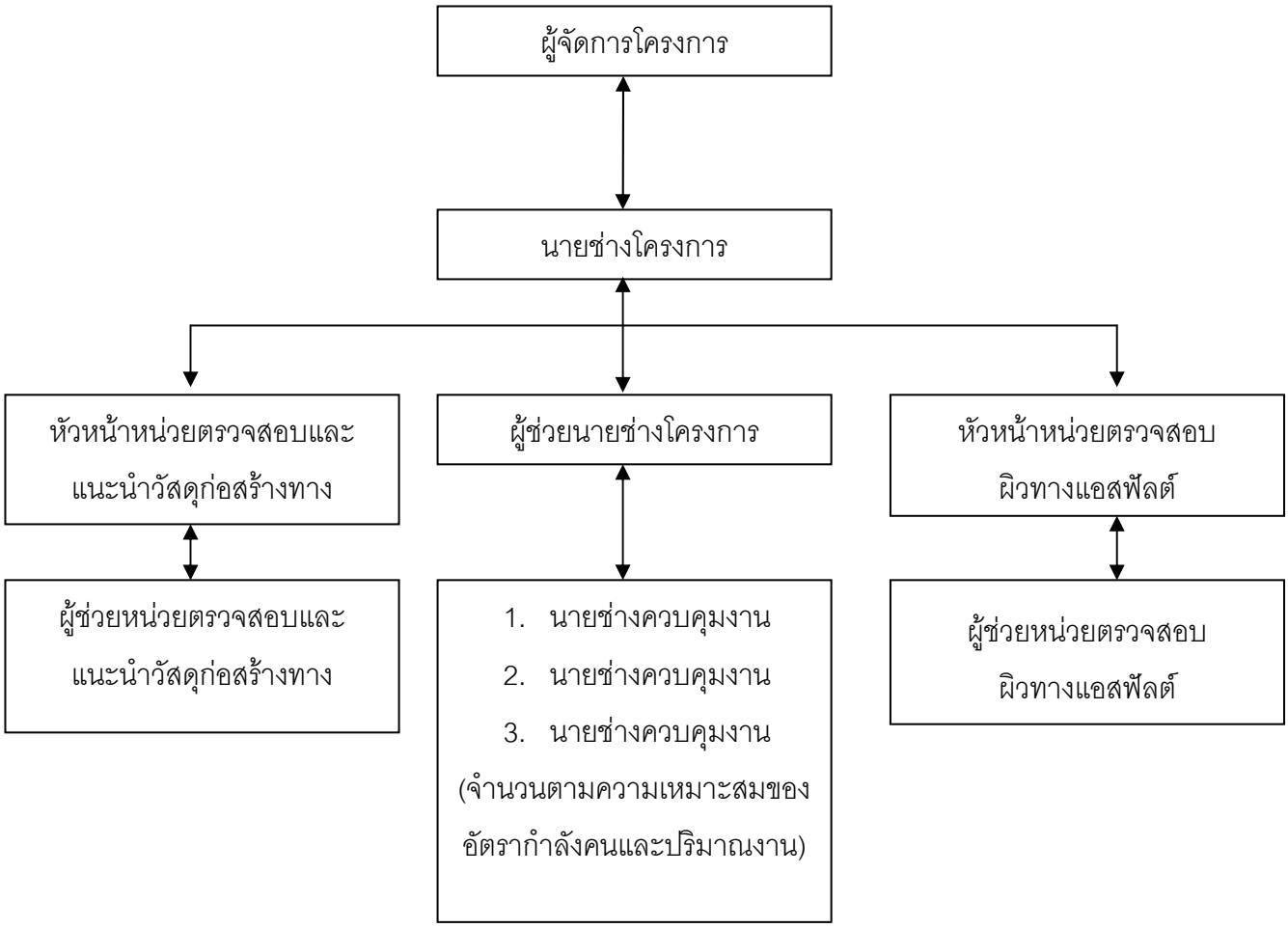
นายช่างควบคุมงานก่อสร้าง นายช่างควบคุมงานด้านวัสดุก่อสร้างทาง และนายช่างควบคุมงานผิวทางแอสฟัลต์ ทุกคนต้องบันทึกรายงานการปฏิบัติงานประจำวัน ตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่า

ด้วยการพัสดุ พ.ศ.2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ.2539 ข้อ 73 (3) ตามแบบฟอร์มที่โครงการกำหนด

ผู้ช่วยนายช่างโครงการ หัวหน้าหน่วยตรวจสอบและแนะนำวัสดุก่อสร้างทาง หัวหน้าหน่วยควบคุมผิวทางแอสฟัลต์ รวบรวมบันทึกรายงานการปฏิบัติงานประจำวันของนายช่างควบคุมงานในส่วนที่อยู่ในความรับผิดชอบเสนอนายช่างโครงการ

นายช่างโครงการ รวบรวมและสรุป รายงานคณะกรรมการตรวจการจ้างเป็นรายสัปดาห์ ตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพัสดุ พ.ศ.2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ.2539 ข้อ 73 (3) ตามแบบฟอร์มที่โครงการกำหนด

แผนผังการบริหารงานโครงการ
โครงการก่อสร้างและบูรณะทางหลวงและสะพาน โดยวิธีจ้างเหมา



3. การปฏิบัติงาน

ข้อแนะนำในการปฏิบัติงานในหน้าที่นายช่างโครงการฯ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของงานและเป็นไปตามระเบียบและคำสั่งของทางราชการ สรุปได้ดังต่อไปนี้.-

3.1 จัดสมุดบัญชีลงเวลาปฏิบัติราชการ ให้เจ้าหน้าที่โครงการและลูกจ้างทุกคนลงเวลาปฏิบัติงานเป็นประจำทุกวัน

3.2 ผู้รับจ้างจะต้องเสนอใบแจ้งรายละเอียดการทำงาน ให้นายช่างโครงการฯพิจารณาก่อนลงมือทำงาน และการสั่งการใด ๆ ควรเก็บไว้เป็นหลักฐาน

3.3 ตรวจสอบรายงานการปฏิบัติงานประจำวัน และสรุปผลการปฏิบัติงานประจำสัปดาห์ของเจ้าหน้าที่โครงการฯ รายงานประธานกรรมการตรวจการจ้าง

3.4 แบ่งหน้าที่รับผิดชอบให้เจ้าหน้าที่โครงการฯ ตามความเหมาะสม โดยสำเนา สำนักเจ้าของงาน คณะกรรมการตรวจการจ้าง และผู้รับจ้างทราบด้วย หากอัตรากำลังไม่เพียงพอ ให้รายงานสำนักฯ ขอเพิ่มเติม

3.5 ตรวจสอบและกำหนดแนวศูนย์กลางทาง , ท่อ และสะพาน พร้อมทั้งกำหนดค่าระดับหมุดหลักฐาน (Bench Mark) เพื่อให้ผู้รับจ้างดำเนินการก่อสร้างต่อไป

3.6 จัดทำรูปตัดสภาพดินเดิมหรือคันทางเดิม (Existing Cross Section) ทุกระยะ 25.00 ม. , 12.50 ม. หรือ 5.00 ม. ตามสภาพความเหมาะสม เพื่อนำมาคำนวณปริมาณงานและรวบรวมไว้เป็นหลักฐานและการดำเนินงานขั้นต่อไป

3.7 ตรวจสอบแผนงาน , บัญชีเครื่องจักร , อัตรากำลัง , และคุณสมบัติของวิศวกรประจำโครงการของผู้รับจ้าง รายงานสำนักฯ เพื่ออนุมัติแผนงาน โดยถือหลักเกณฑ์ในการตรวจสอบแผนงาน ดังนี้

- ลำดับขั้นตอนและปริมาณงานของงานต่างๆ ตามแผนงานมีความเหมาะสม
- ภายในระยะเวลา ¼ ของอายุสัญญา แผนงานไม่น้อยกว่าร้อยละ 10
- ภายในระยะเวลา ½ ของอายุสัญญา แผนงานไม่น้อยกว่าร้อยละ 25

3.8 ตรวจสอบสภาพจริงในสนามเทียบกับแบบก่อสร้าง และความเหมาะสมเป็นไปได้ในการก่อสร้าง อาทิเช่น สภาพในสนามเปลี่ยนไปจากเดิม , พื้นที่ข้างเคียงมีน้ำท่วม , ระดับน้ำสูงสุด เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณากำหนดช่องลอด

3.9 ตรวจสอบอุปสรรคในการก่อสร้าง เช่น สาธารณูปโภคต่าง ๆ เส้นทางก่อสร้างที่ตัดกับทางรถไฟ ข้ามคลองชลประทาน ผ่านป่าสงวน ผ่านลอดสายไฟฟ้าแรงสูง ผ่านเขตทางของส่วนราชการอื่น แล้วติดต่อประสานงานกับส่วนราชการที่เกี่ยวข้องโดยเร็ว

3.10 ตรวจสอบการดำเนินงานของการจัดกรรมสิทธิ์เขตทางกับ ผอ.ขท./ผอ.บท. และ ผก.ทล. (ส่วนกฎหมายและกรรมสิทธิ์ที่ดิน สำนักทางหลวง) และโครงการจัดกรรมสิทธิ์ที่ดินหากมีปัญหาติดขัดการก่อสร้างให้รายงานผู้จัดการโครงการฯ เพื่อพิจารณาดำเนินการต่อไป

3.11 ประสานงานกับผู้รับจ้าง ในการขอรับมอบสถานที่ เพื่อทำการก่อสร้าง

- ผู้รับจ้างทำหนังสือขอรับมอบพื้นที่ถึง ผอ.ขท./ ผอ.บท. ผ่าน นายช่างโครงการฯ
- นายช่างโครงการฯ ทำหนังสือถึง ผอ.ขท./ ผอ.บท. ผ่านผู้จัดการโครงการ
- ผอ.ขท./ ผอ.บท. ทำหนังสือมอบพื้นที่ ให้ผู้รับจ้างโดย นายช่างโครงการฯ เป็นพยาน

3.12 ตรวจสอบและศึกษาแบบก่อสร้าง รายละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างและสัญญา เพื่อควบคุมงานให้ได้ผลงานครบถ้วนและถูกต้อง

3.13 ตรวจสอบปริมาณงานรายการต่าง ๆ เปรียบเทียบกับปริมาณงานตามสัญญา โดยรวบรวมหลักฐานต่าง ๆ ให้ครบถ้วนแล้วรายงานให้สำนักฯทราบภายใน 4 เดือนนับจากเริ่มงาน โดยเฉพาะงานในรายการหลัก ควรคำนึงถึงประโยชน์ของทางราชการ ตามเงื่อนไขในสัญญา เกี่ยวกับการปรับราคาค่างานกรณีที่ปริมาณงานคลาดเคลื่อนไปจากปริมาณงานตามสัญญา

3.14 ต้นไม้ใหญ่ในเขตทางให้รักษาไว้หากไม่เป็นอุปสรรคในการก่อสร้างและจัดทำทะเบียนไว้

3.15 ตรวจสอบสภาพของทางหรือโครงสร้างเดิม เพื่อทำการวินิจฉัยแบบรูปในการก่อสร้างโดยยึดหลักความมั่นคงแข็งแรงถูกต้องตามหลักวิชาการวิศวกรรมและความประหยัด

3.16 กรณีมีความจำเป็นต้องแก้ไขเปลี่ยนแปลงรูปแบบหรือตัดทอนงานจ้าง เพื่อให้เกิดความมั่นคงแข็งแรงต่อคันทาง และเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ทาง หรือผู้อาศัยสองข้างทาง ให้รายงานผู้จัดการโครงการฯ เสนอคณะกรรมการตรวจการจ้างพิจารณาก่อนเสนอสำนักฯ พิจารณาดำเนินการต่อไป

3.17 การขออนุมัติถัวจ่ายและแก้ไขแบบ ควรแยกเรื่องขออนุมัติเป็นส่วน ๆ เพื่อสะดวกต่อการพิจารณาอนุมัติของแต่ละระดับอำนาจการอนุมัติ

- การถัวจ่ายค่างาน โดยค่างานทั้งหมดไม่เกินวงเงินของสัญญา (กรมฯ มอบอำนาจให้ผู้อำนวยการสำนัก)
- การแก้ไขแบบโดยค่างานอยู่ในวงเงินของสัญญา (อำนาจกรมฯ)
- การแก้ไขแบบที่ค่างานเกินวงเงินของสัญญาไม่มากกว่า 5% ต้องทำความตกลงกับสำนักงบประมาณก่อน (อำนาจกรมฯ)
- การแก้ไขแบบที่ค่างานเกินวงเงินของสัญญามากกว่า 5% ต้องขออนุมัติ ครม.เพิ่มวงเงินก่อน (อำนาจกรมฯ.)

3.18 วางแผนดำเนินงาน , แนะนำ และเร่งรัดการปฏิบัติงานของผู้รับจ้าง

3.19 กำกับดูแลการติดตั้งป้ายจราจร เครื่องหมายและสัญญาณจราจร ตามแบบมาตรฐานของกรมทางหลวง เพื่ออำนวยความสะดวกและปลอดภัยในการจราจร

3.20 ปัญหาต่าง ๆ ให้พิจารณาแก้ไขในรูปคณะกรรมการ โดยจัดให้มีการประชุมพิจารณาระหว่างผู้ว่าจ้าง , ผู้รับจ้าง และผู้เกี่ยวข้อง แล้วสรุปเป็นมติที่ประชุม รายงานให้สำนักทราบ หรือพิจารณาดำเนินการ

3.21 แจ้งสถานที่ตั้ง และสถานที่ติดต่อของโครงการฯ ให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทราบ

- สำนักเจ้าของงาน
- สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ
- สำนักวางแผน
- กองการเจ้าหน้าที่
- กองฝึกอบรม
- สำนักงานเลขานุการกรมฯ
- สำนักทางหลวง
- แขวงการทาง/สำนักงานบำรุงทาง

4. การควบคุมคุณภาพวัสดุ

คุณภาพวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้าง จะต้องมีคุณภาพตามข้อกำหนดในแบบก่อสร้าง รายการละเอียดควบคุมการก่อสร้าง และข้อกำหนดพิเศษต่าง ๆ ของแต่ละโครงการ การทดลองคุณภาพวัสดุ สามารถดำเนินการได้โดยห้องปฏิบัติการของโครงการ ส่วนตรวจสอบและวิเคราะห์ทางวิศวกรรม สำนักทางหลวง สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ หรือหน่วยงานอื่น

4.1 วัสดุก่อสร้างต่าง ๆ จะต้องมีคุณภาพตามข้อกำหนดในแบบและสัญญาครบถ้วน โดยทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการของโครงการหรือส่งทดลองที่ส่วนตรวจสอบและวิเคราะห์ทางวิศวกรรม สำนักทางหลวง, สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ หรือหน่วยงานอื่นตามแต่กรณี

4.2 การทดลองคุณภาพที่ส่วนตรวจสอบและวิเคราะห์ทางวิศวกรรม สำนักทางหลวง อาจส่งทดลองที่สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบได้ตามความเหมาะสมและความสะดวกรวดเร็ว

4.3 การส่งตัวอย่างทดลองที่สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ ให้ส่งสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบโดยตรงและสำเนาหนังสือให้สำนักเจ้าของงานทราบ ผู้ลงนามในหนังสือนำส่งต้องเป็นนายช่างโครงการ หรือ ผู้ที่นายช่างโครงการมอบหมายเท่านั้น

4.4 ให้เก็บตัวอย่างวัสดุที่ส่งทดลองไว้ที่โครงการฯ อีก 1 ตัวอย่าง เพื่อใช้เปรียบเทียบกับวัสดุที่ใช้จริงในงานของโครงการ ฯ

5. งานสารบรรณ

5.1 การกำหนดเลขที่หนังสือราชการของโครงการให้ใช้ตามคำสั่งกรมทางหลวงที่ 1.9/10/2545 ลงวันที่ 29 ตุลาคม 2545 เรื่อง การกำหนดเลขที่หนังสือราชการกรมทางหลวง

5.1.1 หนังสือภายใน

ใช้เลขที่หนังสือ " สท.(เลขที่ AE.) / เลขที่สัญญา / เลขที่หนังสือออกโครงการ / ปี พ.ศ. ปัจจุบัน เช่น ที่ สท.2.3 / (สท.2/26/49) / 145 /2550

5.1.2 หนังสือภายนอก (ติดต่อหน่วยงานอื่น)

ใช้ เลขที่หนังสือสำนัก / เลขที่สัญญา / เลขที่หนังสือออกโครงการฯ / ปี พ.ศ. ปัจจุบัน เช่น ที่ คค 0610 / (สท.2/26/49) / 245 / 2550

5.2 การรับหนังสือให้ลงทะเบียนรับ ตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยงานสารบรรณ

5.3 การส่งหนังสือ ให้ออกเลขที่หนังสือตามข้อ 5.1 และลงทะเบียนส่งหนังสือก่อนจัดส่งพร้อมทั้งสำเนาหนังสือให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทราบด้วย

5.4 เก็บรวบรวมหนังสือราชการแยกเป็นหมวดหมู่ เพื่อสะดวกในการค้นหาและใช้งานภายหลัง

5.5 การทำหนังสือถึงหน่วยงานอื่นนอกสังกัดกรมทางหลวง ให้พิจารณาตามระดับความเหมาะสม โดยเฉพาะงานท้องถิ่นในระดับเดียวกับโครงการ หากจำเป็นต้องทำหนังสือถึงหน่วยงานระดับเหนือกว่า ควรขอให้แขวงฯ สำนักทางหลวง สำนักเจ้าของงาน หรือกรมฯ เป็นผู้ออกหนังสือตามความเหมาะสม

5.6 งานสารบรรณอื่นๆ ให้ปฏิบัติตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยงานสารบรรณ

6. งานบัญชี

6.1 การจ้างลูกจ้างชั่วคราว

นายช่างโครงการ มีอำนาจในการจ้างลูกจ้างชั่วคราว ตามที่กรมฯมอบอำนาจให้ตามคำสั่งกรมทางหลวงที่ จ.3.1/41/2548 ลงวันที่ 23 กันยายน 2548 เรื่อง การจ้างลูกจ้างซึ่งมอบอำนาจให้นายช่างโครงการ มีอำนาจสั่งลูกจ้างชั่วคราวตำแหน่งคนงาน (ตามอัตราจ้างปัจจุบัน)

6.2 เงินจัดสรร

6.2.1 การขอเงินจัดสรร

โครงการจัดทำรายการขอเงินจัดสรร เพื่อเป็นค่าใช้จ่ายในการควบคุมงานล่วงหน้าก่อนถึงกำหนดใช้เงินงบประมาณ 2 เดือน คือ

เงินจัดสรรงวดที่ 1 (ต.ค. – ม.ค.) ขอจัดสรรภายใน เดือน สิงหาคม

เงินจัดสรรงวดที่ 2 (ก.พ. – พ.ค.) ขอจัดสรรภายใน เดือน ธันวาคม

เงินจัดสรรงวดที่ 3 (มิ.ย. – ก.ย.) ขอจัดสรรภายใน เดือน เมษายน

6.2.2 การควบคุมเงินจัดสรร

จัดทำบัญชีควบคุมเงินจัดสรรของโครงการ แยกตามงานและหมวดค่าใช้จ่ายเป็นระเบียบเรียบร้อยเพื่อเป็นหลักฐาน ในการตรวจสอบและติดตาม

6.2.3 การรายงานค่าใช้จ่าย

จัดทำบัญชีรายจ่ายเงินจัดสรรประจำเดือน ส่งสำนักฯ เจ้าของเงินจัดสรรเพื่อทราบและสำเนา ผอ.ขท./ผอ.บท. เพื่อตรวจสอบ

7. งานพัสดุและสัญญา

7.1 เกณฑ์การพิจารณาผู้ขาดคุณสมบัติเสนอราคา

7.1.1 ผู้เสนอราคาที่ได้รับการคัดเลือกให้ทำสัญญากับกรมทางหลวง ไม่มาลงนามในสัญญาภายในระยะเวลา 30 วัน นับตั้งแต่วันที่หน่วยงานเจ้าของงานมีหนังสือแจ้งให้ทราบ

7.1.2 ผู้รับจ้างที่กำลังทำงานอยู่และงานนั้นหมดสัญญาแล้วแต่ยังไม่แล้วเสร็จ โดยไม่มีเหตุอันสมควร จะไม่มีสิทธิ์เสนอราคายกเว้นเมื่องานที่เหลือนั้น คาดว่าจะแล้วเสร็จตามสัญญาในเวลาอันใกล้และผลงานที่แล้วเสร็จในขณะนั้น ต้องไม่น้อยกว่า 90 % ของงานที่คาดว่าจะทำจริง

7.1.3 ภายในระยะเวลารับประกันผลงาน ผู้รับจ้างไม่เข้าดำเนินการซ่อมแซมสิ่งก่อสร้างที่ชำรุดบกพร่องของงานภายในระยะเวลาตามที่ผู้ว่าจ้างกำหนดโดยเป็นความผิดของผู้รับจ้าง

7.1.4 กรณีผู้รับจ้างผิดเงื่อนไขสัญญาว่าจ้างโดยผู้รับจ้างไม่คืนเงินค่า K หรือเงินที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราระหว่างประเทศ ภายในระยะ 15 วัน นับจากวันที่ได้รับแจ้ง

7.1.5 ผู้รับจ้างที่กรมทางหลวงได้บอกเลิกสัญญา หรืออยู่ในระหว่างที่หน่วยงานเจ้าของงานขออนุมัติบอกเลิกสัญญาโดยเป็นความผิดของผู้รับจ้างจะไม่มีสิทธิ์เสนอราคา

7.1.6 ผู้รับจ้างมีจำนวนโครงการก่อสร้างครบตามสิทธิ์การเสนอราคา ตามหลักเกณฑ์การจดทะเบียนฯ

7.1.7 กรณีที่เป็นงานในลักษณะพิเศษหรืองานเร่งด่วนตามประกาศประกวดราคา ผู้รับจ้างที่มีผลงานล่าช้ากว่าแผนงานเกิน 5 % โดยเป็นความผิดของผู้รับจ้าง

7.1.8 ผู้รับจ้างมีผลงานล่าช้ากว่าแผนงานเกิน 15 % โดยเป็นความผิดของผู้รับจ้าง

7.1.9 ผู้รับจ้างมีผลงานไม่ถึง 25 % ของงานทั้งหมดเมื่อเวลาล่วงเลยไปเกินหนึ่งในสองของระยะเวลาตามสัญญา โดยเป็นความผิดของผู้รับจ้าง

7.1.10 ผู้รับจ้างมีผลงานล่าช้ากว่าแผนงาน และมีผลงานประจำเดือนไม่ถึง 50 % ของแผนงานประจำเดือนที่ตั้งไว้เมื่อเวลาล่วงเลยไปเกินหนึ่งในสองของระยะเวลาตามสัญญาโดยเป็นความผิดของผู้รับจ้าง

<u>หมายเหตุ</u>

1. คณะกรรมการพิจารณาคุณสมบัติผู้มีสิทธิ์เสนอราคา จะประชุมพิจารณาผลงานทุกเดือนอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง โดยพิจารณาดังนี้

   1.1 เกณฑ์ฯ ข้อ 2,7-9 และ 10 จะพิจารณาจากรายงานผลงานประจำเดือน

   1.2 เกณฑ์ฯ ข้อ 3 จะพิจารณาเมื่องานแล้วเสร็จและอยู่ในระยะประกันผลงานตามสัญญา

1.3 เกณฑ์ฯ ข้อ 4 จะพิจารณาเมื่อเรียกเงินคืนจากผู้รับเหมา

1.4 เกณฑ์ฯ ข้อ 5 จะพิจารณาเมื่อเจ้าของงานขอบอกเลิกสัญญา

1.5 เกณฑ์ฯ ข้อ 6 จะพิจารณาจากประเภทและชั้นงานที่ผู้รับเหมาจดทะเบียน

7.2 การถัวจ่าย

7.2.1 กรณีไม่มีการแก้ไขแบบก่อสร้าง

การถัวจ่ายภายในวงเงินตามสัญญา อธิบดีมอบอำนาจให้ ผู้อำนวยการสำนัก, ผู้อำนวยการสำนักทางหลวง, แขวงฯ, ศูนย์สร้างทาง เป็นผู้อนุมัติแทน ตามคำสั่งที่ บ.1/166/2540 ลงวันที่ 4 เมษายน 2540

7.2.2 กรณีมีการแก้ไขแบบก่อสร้าง

(1) การอนุมัติให้แก้ไขแบบโดยค่างานรวมทั้งโครงการไม่เกินวงเงินตามสัญญา อธิบดีเป็นผู้อนุมัติ

(2) การอนุมัติให้แก้ไขแบบโดยค่างานรวมทั้งโครงการเกินวงเงินตามสัญญา แต่ไม่เกิน 5% ของค่างาน อธิบดีเป็นผู้อนุมัติ โดยทำความตกลงกับสำนักงบประมาณให้เพิ่มวงเงินก่อน

(3) การอนุมัติให้แก้ไขแบบโดยค่างานรวมทั้งโครงการเกินวงเงินตามสัญญามากกว่า 5% ของค่างานต้องผ่านการอนุมัติให้เพิ่มวงเงินจาก ครม.ก่อน (อธิบดีเป็นผู้อนุมัติแก้ไขแบบ)หลังจากได้ลงนามสัญญาแก้ไขเพิ่มเติมเนื่องจากการแก้ไขแบบหรือเพิ่มวงเงินเรียบร้อยแล้วผู้อำนวยการสำนักเป็นผู้อนุมัติถัวจ่ายตามข้อ 1

7.3 การยกเลิกงานบางรายการ (Item)

7.3.1 กรณีไม่ต้องทำสัญญาแก้ไขเพิ่มเติม

(1) ผู้ว่าจ้างมีสิทธิ์ยกเลิกงานบางรายการที่กำหนดไว้ในสัญญา เมื่อผู้ว่าจ้างพิจารณาแล้วไม่มีความจำเป็นต้องทำ โดยผู้ว่าจ้างจะแจ้งให้ผู้รับจ้างทราบเป็นลายลักษณ์อักษรเป็นการล่วงหน้าและผู้รับจ้างไม่มีสิทธิ์ขอรับเงินชดเชยแต่ประการใด

7.3.2 กรณีทำสัญญาแก้ไขเพิ่มเติม

(1) ผู้ว่าจ้างไม่สามารถมอบพื้นที่ให้กับผู้รับจ้าง ภายในระยะเวลาของสัญญา

(2) งานโครงการไปซ้ำกับงานโครงการใกล้เคียงซึ่งต้องตัดงานในส่วนนี้ออกไป

(3) งานนี้ได้ก่อสร้างไปแล้วก่อนโครงการก่อสร้างจะออกไปซึ่งสำนักสำรวจและออกแบบ เห็นชอบว่าสามารถตัดงาน ไม่ก่อสร้างและทำการแก้ไขแบบ

7.4 ขั้นตอนการแก้ไขแบบ

7.4.1 โครงการฯ เสนอคณะกรรมการตรวจการจ้างพิจารณาเหตุผลและความจำเป็นก่อนเสนอสำนักเจ้าของงาน

7.4.2 สำนักเจ้าของงาน เสนอสำนักสำรวจและออกแบบพิจารณาแก้ไขแบบ

7.4.3 เมื่อสำนักสำรวจและออกแบบได้พิจารณาแก้ไขแบบเรียบร้อยแล้ว สำนักเจ้าของงานเสนอ กรมฯ ขออนุมัติแก้ไขแบบในสัญญา พร้อมเสนอแต่งตั้งคณะกรรมการตกลงราคาและเวลาทำการ

7.4.4. คณะกรรมการตกลงราคาและเวลาทำการ ดำเนินการตกลงราคาและเวลาทำการกับผู้รับจ้าง เสนอกรมฯ ผ่านผู้อำนวยการ สำนักเจ้าของงาน

7.4.5 สำนักฯ สรุปเสนอกรมฯ ขออนุมัติรับราคาและเวลาทำการ

7.4.6 กรณีต้องแก้ไขสัญญา สำนักฯ ดำเนินการแก้ไขสัญญาโดยร่างแก้ไขสัญญาให้ ผอต. ตรวจสอบเสนอกรมอนุมัติก่อนทุกครั้ง

7.5 หลักเกณฑ์การเปลี่ยนแปลงรูปแบบและปริมาณในงานจ้างเหมาที่ไม่ถือเป็นการแก้ไขแบบที่จะต้องแก้ไขสัญญามีลักษณะงานและวิธีการดังนี้

7.5.1. งานวางท่อกลม

(1)เพิ่มหรือลดความยาวและปรับเลื่อนตำแหน่งท่อกลมจากที่กำหนดไว้ในแบบ เพื่อให้ถูกต้องและเหมาะสมกับสภาพเป็นจริงในสนาม ให้อยู่ในดุลยพินิจของผู้จัดการโครงการแล้วรายงานให้หน่วยงานที่เป็นคู่สัญญาทราบโดยเร็ว

(2)ให้อยู่ในดุลยพินิจของผู้จัดการโครงการ โดยความเห็นชอบจากสำนักสำรวจและออกแบบ ในกรณีดังนี้

- เปลี่ยนแปลงขนาดท่อกลม
- เพิ่มหรือลดจำนวนแถวท่อกลม
- เพิ่มหรือลดตำแหน่งท่อกลม

7.5.2 งานก่อสร้างท่อเหลี่ยม

ให้อยู่ในดุลยพินิจของผู้จัดการโครงการ เพื่อให้ตรงตามสภาพเป็นจริงในสนาม โดยความเห็นชอบจากสำนักสำรวจและออกแบบ ดังนี้

(1) เพิ่มหรือลดความยาวท่อเหลี่ยมและปรับเลื่อนตำแหน่งก่อสร้างท่อเหลี่ยมจากที่กำหนดไว้ในแบบ

(2) เปลี่ยนแปลงระดับก่อสร้างหรือมุมเฉียง (Skew) ระหว่าง 0 – 30 องศา ของท่อเหลี่ยม

7.5.3 **งานก่อสร้างสะพาน**

การเปลี่ยนแปลงใด ๆ เช่น ตำแหน่งของสะพาน แนวสะพาน ระดับก่อสร้างและมุมเฉียง (Skew) ระหว่าง 0 – 30 องศา ของสะพาน เพื่อให้ถูกต้องและเหมาะสมกับสภาพเป็นจริงในสนาม ให้ผู้จัดการโครงการเสนอขอความเห็นชอบจากสำนักสำรวจและออกแบบ

7.5.4 **การปรับทางด้านเรขาคณิตงานทาง**

โครงการฯ สามารถปรับแบบก่อสร้างทางด้านเรขาคณิตงานทาง ได้ตามสภาพเป็นจริงในสนาม โดยความเห็นชอบจากสำนักสำรวจและออกแบบ

7.5.5 **งานสิ่งก่อสร้างเพื่อการระบายน้ำงานทาง และงานป้องกันการกัดเซาะ**

ให้อยู่ในดุลยพินิจของผู้จัดการโครงการ เพื่อให้ได้ตรงตามสภาพความเป็นจริงในสนาม โดยขอความเห็นชอบจากสำนักสำรวจและออกแบบ ดังนี้

(1) ปรับตำแหน่งค่าระดับของบ่อพัก (Manhole) หากจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงจำนวนบ่อพัก (Manhole)

(2) ปรับความยาวของช่วงที่จะดำเนินการก่อสร้างรางระบายน้ำต่างๆ และท่อระบายน้ำตามยาว (Longitudinal Drain)

(3) ปรับหรือกำหนด (กรณีแบบไม่ได้กำหนด) ขอบเขตของงานป้องกันการกัดเซาะต่างๆ

7.5.6 **งานสิ่งสาธารณูปโภค**

โครงการฯ สามารถปรับตำแหน่ง ของสิ่งสาธารณูปโภคต่างๆ เช่น ท่อประปา เสาไฟฟ้า สายโทรศัพท์ใต้ดิน และบ่อพักสายไฟฟ้า ฯลฯ โดยความเห็นชอบจากสำนักสำรวจและออกแบบ และหน่วยงานสิ่งสาธารณูปโภคนั้น

7.5.7 **งานอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยและงานจราจรสงเคราะห์**

ให้อยู่ในดุลยพินิจของผู้จัดการโครงการ เพื่อให้ตรงกับสภาพความเป็นจริงในสนาม ดังนี้

(1) ปรับช่วงระยะตำแหน่งหรือกำหนดขอบเขต (กรณีที่ไม่ได้กำหนดไว้ในแบบ) ของงานติดตั้งอุปกรณ์อำนวยความปลอดภัยต่างๆ ได้

(2) ปรับตำแหน่งหรือกำหนดตำแหน่งและประเภทของป้ายจราจรและสีตีเส้นบนผิวจราจรตามแบบมาตรฐาน หรือตามคู่มือการดำเนินการตามมาตรฐานกรมทางหลวงในเรื่องนั้นๆ ได้ โดยความเห็นชอบจากสำนักสำรวจและออกแบบ

(3) การปรับเปลี่ยนเพิ่มหรือลดจุดติดตั้งป้ายจราจรแขวนสูง (Overhead&Overhang Sign) โดยความเห็นชอบจากสำนักสำรวจและออกแบบ

(4) ปรับตำแหน่งสะพานลอยคนเดินข้ามได้โดยความเห็นชอบจากสำนักสำรวจและออกแบบปรับตำแหน่งเสาไฟฟ้าแสงสว่างได้ โดยความเห็นชอบจากสำนักสำรวจและออกแบบ

7.5.8 **งานก่อสร้างทางเชื่อม**

โครงการฯสามารถกำหนดจำนวน ลักษณะและขอบเขตของงานก่อสร้างทางเชื่อมสาธารณะตามสภาพเป็นจริงในสนามได้ โดยความเห็นชอบจากสำนักสำรวจและออกแบบ

<u>สรุป</u> การแก้ไขแบบก่อสร้างนอกเหนือกรณีดังกล่าวข้างต้น (ข้อ1 – 8) ต้องทำสัญญาแก้ไขเพิ่มเติม

7.6 แนวทางการพิจารณาขยายอายุสัญญาหรือการงดหรือลดค่าปรับงานจ้างเหมาของกรมทางหลวง

7.6.1. ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพัสดุ พ.ศ. 2535 และ ที่แก้ไขเพิ่มเติม

การงดหรือลดค่าปรับ หรือการขยายเวลาทำการตามสัญญา ระเบียบฯ ข้อ 139 ได้กำหนดไว้ดังนี้

"ข้อ 139 การงดหรือลดค่าปรับให้แก่คู่สัญญา หรือการขยายเวลาทำการตามสัญญาหรือข้อตกลงให้อยู่ในอำนาจของหัวหน้าส่วนราชการที่จะพิจารณาได้ ตามจำนวนวันที่มีเหตุเกิดขึ้นจริงเฉพาะกรณีดังต่อไปนี้"

(1) เหตุเกิดจากความผิดหรือความบกพร่องของส่วนราชการ

(2) เหตุสุดวิสัย

(3) เหตุเกิดจากพฤติการณ์อันหนึ่งอันใดที่คู่สัญญาไม่ต้องรับผิดตามกฎหมาย

ให้ส่วนราชการระบุไว้ในสัญญากำหนดให้ คู่สัญญาต้องแจ้งเหตุดังกล่าว ให้ส่วนราชการทราบภายใน 15 วัน นับแต่เหตุนั้นได้สิ้นสุดลง หากมิได้แจ้งภายในเวลาที่กำหนดคู่สัญญาจะยกมากล่าวอ้างเพื่อขอลดหรืองดค่าปรับ หรือขอขยายเวลาในภายหลังมิได้ เว้นแต่กรณีตาม (1) ซึ่งมีหลักฐานชัดแจ้งหรือส่วนราชการทราบดีอยู่แล้วตั้งแต่ต้น

7.6.2 สาเหตุที่ขอขยายอายุสัญญาหรือการงดหรือลดค่าปรับ

ตามข้อ 1 มีเหตุให้คู่สัญญาขอขยายอายุสัญญาหรืองดหรือลดค่าปรับได้ 3 กรณี คือ

(1) เหตุเกิดจากความผิด หรือความบกพร่องของส่วนราชการ

(2) เหตุสุดวิสัย

(3) เหตุเกิดจากพฤติการณ์อันหนึ่งอันใดที่คู่สัญญาไม่ต้องรับผิดตามกฎหมาย

7.6.3 สิทธิ์ที่คู่สัญญาจะได้รับการพิจารณา

คู่สัญญา(ผู้รับจ้าง) ต้องแจ้งเหตุตามข้อ 2 ให้ส่วนราชการ (ผู้ว่าจ้าง) ทราบภายใน15 วัน นับตั้งแต่เหตุนั้นได้สิ้นสุดลง หากมิได้แจ้งภายในเวลาที่กำหนด คู่สัญญา (ผู้รับจ้าง) จะยกมากล่าวอ้าง เพื่อขอลดหรืองดค่าปรับ หรือขอขยายเวลาในภายหลังมิได้ เว้นแต่กรณีตามข้อ 2.1 ซึ่งมีหลักฐานชัดแจ้งหรือส่วนราชการ

(ผู้ว่าจ้าง)ทราบดีอยู่แล้วตั้งแต่ต้น

7.6.4 **ผู้มีอำนาจพิจารณาอนุมัติ**

การงดหรือลดค่าปรับให้แก่คู่สัญญา หรือการขยายเวลาทำการตามสัญญาหรือข้อตกลงอยู่ในอำนาจของหัวหน้าส่วนราชการ (อธิบดี) ที่จะพิจารณาได้ตามจำนวนวันที่มีเหตุเกิดขึ้นจริงเฉพาะกรณีตามข้อ 2

7.6.5 **เอกสารประกอบการพิจารณาขอขยายอายุสัญญาหรือการลดหรืองดค่าปรับ**

หน่วยงานที่เป็นคู่สัญญาจะต้องนำส่งเอกสารที่เกี่ยวข้องในการขอขยายอายุสัญญาหรือการงดหรือลดค่าปรับ อย่างน้อยต้องมีเอกสารดังนี้

(1) สำเนาสัญญา

(2) สำเนาหนังสือแจ้งขอเข้าทำงานและขอรับมอบพื้นที่ตามสัญญาของผู้รับจ้าง ซึ่งการกำหนดวันเข้าทำงานให้ระบุวันที่แน่นอน ห้ามใช้คำว่า "<u>คาดว่า</u>" เพราะจะมีปัญหาในการพิจารณา (ถ้ามี)

(3) สำเนาหนังสือมอบพื้นที่ทำงานของผู้ว่าจ้างทุกครั้งที่ได้มอบพื้นที่ให้ผู้รับจ้างหรือสำเนาหนังสือที่แจ้งโดยกำหนดวันที่แน่นอนที่จะให้ผู้รับจ้างเข้าดำเนินการได้ (ถ้ามี)

(4) สำเนาหนังสือผู้รับจ้าง แจ้งปัญหาอุปสรรคที่เป็นเหตุให้ไม่สามารถเข้าทำการก่อสร้างได้เพื่อขอขยายเวลานั้น แจ้งเหตุติดขัดสาธารณูปโภคต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหนังสือแจ้งฉบับแรก สำเนาหนังสือขอขยายอายุสัญญาหรือของดหรือลดค่าปรับของผู้รับจ้างโดยต้องระบุสาเหตุและจำนวนวันที่ขอขยายอายุสัญญาด้วย จะไม่รับเรื่องไว้พิจารณากรณีที่ขอขยายอายุสัญญาล่วงหน้า โดยที่ยังไม่ทราบวันที่มอบสถานที่ให้ได้เนื่องจากไม่ทราบจำนวนวันที่มีเหตุเกิดขึ้นจริง

(5) สำเนาหนังสือโครงการ/แขวงฯ เจ้าของพื้นที่ แจ้งหน่วยงานเจ้าของกิจการสาธารณูปโภคให้ทำการรื้อย้าย

(6) สำเนาหนังสือหน่วยงานเจ้าของกิจการสาธารณูปโภค แจ้งผลการดำเนินการ

(7) สำเนาหนังสือโครงการ / แขวงฯ เจ้าของพื้นที่ แจ้งยืนยันวันที่แก้ไขปัญหาอุปสรรคแล้วเสร็จ พร้อมให้ผู้รับจ้างเข้าทำการก่อสร้างได้

(8) สำเนาใบตรวจรับงาน (กรณีงานแล้วเสร็จให้แจ้งวันแล้วเสร็จด้วย)

(9) บันทึกความเห็นของคณะกรรมการตรวจการจ้างทั้งชุด (หากกรรมการคนใดมีความเห็นแย้งให้บันทึกความเห็นไว้โดยชัดเจน)

(10) Work Schedule , Bar chart ของ Main Item และบันทึกการปฏิบัติงานของผู้รับจ้างและเหตุการณ์แวดล้อมเป็นรายวัน เฉพาะวันที่เกี่ยวข้องกับกรณีขอต่ออายุสัญญา (บางกรณี)

(11) บันทึกของสำนักฯ หรือกองฯเจ้าของงาน สรุปข้อเท็จจริงเรียงตามลำดับเหตุการณ์ รวมทั้งให้อ้างอิงเอกสารที่เกี่ยวข้องเพียงพอพร้อมความเห็น เพื่อให้คณะกรรมการสามารถนำไปประกอบการพิจารณาในกรณีนั้น ๆ ได้

(12) เอกสารอื่น ๆ เช่น รูปภาพ แผนผัง รูปตัด ฯลฯ (ถ้ามี)

7.6.6 การคำนวณเวลาทำการสำหรับงานส่วนที่เหลือเฉพาะที่ติดขัดการก่อสร้าง

เวลาทำการสำหรับงานส่วนที่เหลือเฉพาะที่ติดขัดการก่อสร้าง มี 2 กรณี

(1) กรณีงานที่มีลักษณะเดียวกันและไม่มีความยุ่งยากซับซ้อน (ส่วนใหญ่จะเป็นงานอย่างเดียว) อาจคำนวณปริมาณงานส่วนที่ติดขัดเป็นเปอร์เซ็นต์ แล้วเทียบกับระยะเวลาทำการตามสัญญาเดิม จะได้จำนวนวันที่ต้องใช้ในการก่อสร้างงานส่วนที่เหลือเฉพาะที่ติดขัดการก่อสร้าง

(2) กรณีที่ต้องก่อสร้างงานหลายอย่างและลักษณะการทำงานไม่เหมือนกันให้คำนวณจำนวนวันที่ต้องใช้ทำการของงานแต่ละอย่างตามหลักเกณฑ์การคิดเวลาทำการของกรมทางหลวง โดยใช้เครื่องมือ เครื่องจักร 1 ชุด และ แสดงออกมาในรูป Bar Chart ตามลำดับขั้นตอนของการก่อสร้างนั้น ๆ แต่ทั้งนี้อาจเผื่อเวลาตามลักษณะการก่อสร้าง และสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ดังต่อไปนี้

- เวลาเตรียมการขนย้ายเครื่องจักร
- ปริมาณงานเหลือน้อย แต่มีความยุ่งยากซับซ้อนในการทำงานต้องใช้เทคนิคสูงและความปราณีต
- ขั้นตอนการทำงานไม่ว่าปริมาณงานมากหรือน้อย ต้องใช้เวลาเท่ากัน เช่น การถอดแบบ, เวลาที่ต้องรอ อายุคอนกรีต ฯลฯ
- จำนวนวันที่เสียไปเนื่องจากฝนตกและทำงานไม่ได้ (แล้วแต่พื้นที่และฤดูกาลที่มอบพื้นที่ได้ควรมีสถิติปีก่อน ๆ แนบมาด้วย)

7.6.7 การพิจารณาจำนวนวันที่จะขยายอายุสัญญา (ให้ไว้เป็นตัวอย่างประกอบการพิจารณา)

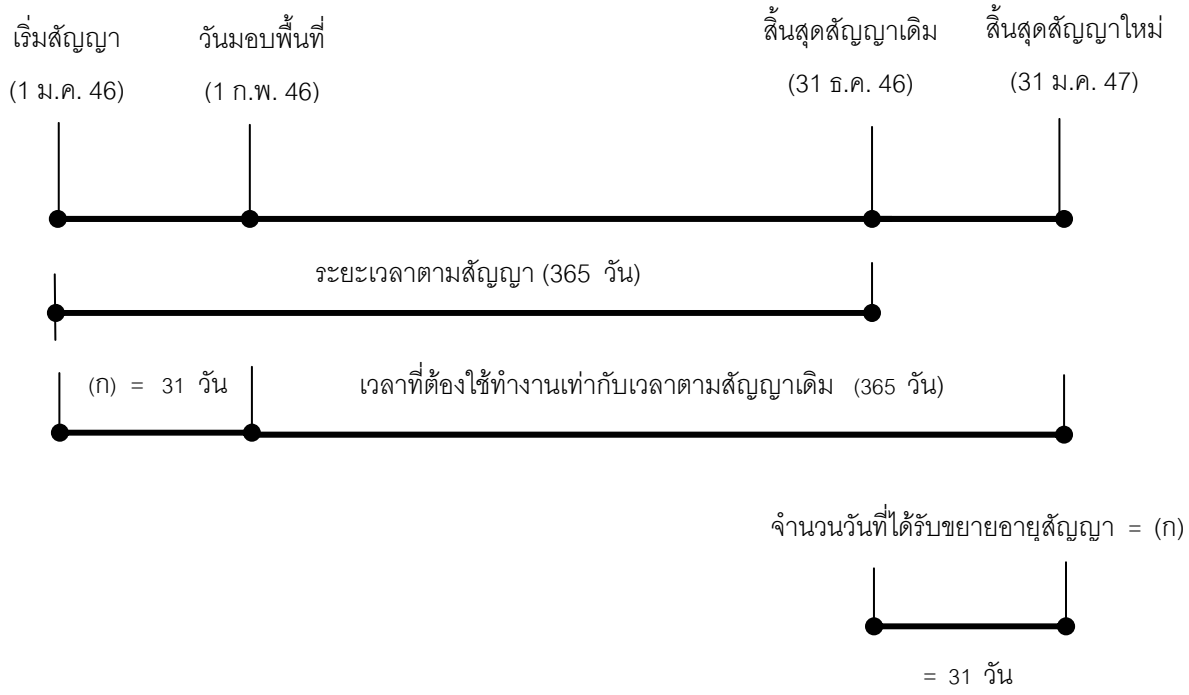
<u>กำหนดให้</u>

ก = ระยะเวลาที่รอคอยการส่งมอบพื้นที่

ข = ระยะเวลาที่ใช้ทำงานเฉพาะที่ติดขัดการก่อสร้าง คำนวณตามหลักเกณฑ์กรมฯ

ค = ระยะเวลาที่เหลืออยู่ในสัญญาเดิมนับตั้งแต่วันรับมอบพื้นที่ให้ผู้รับจ้างเข้าดำเนินการได้

(1) กรณีผู้ว่าจ้างไม่สามารถส่งมอบพื้นที่ให้แก่ผู้รับจ้างได้ตั้งแต่เริ่มต้นสัญญา



จำนวนวันที่ได้รับการขยายอายุสัญญา = จำนวนวันที่สูญเสียไปนับตั้งแต่วันเริ่มต้นอายุสัญญาถึงก่อนวันที่ได้รับมอบพื้นที่

= (ก)

<u>ตัวอย่าง</u> โครงการฯ A เริ่มต้นสัญญาวันที่ 1 มกราคม 2546 และสิ้นสุดสัญญาวันที่ 31 ธันวาคม 2546

ระยะเวลาตามสัญญา 365 วัน เมื่อเริ่มต้นสัญญาผู้ว่าจ้างไม่สามารถส่งมอบพื้นที่ให้แก่ผู้รับจ้างได้เลย จนถึงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2546 จึงมอบพื้นที่ให้แก่ผู้รับเข้าดำเนินการได้

จำนวนวันที่ได้รับการขยายอายุสัญญา = จำนวนวันที่สูญเสียไปนับตั้งแต่วันเริ่มต้นอายุสัญญา (1 ม.ค.46) ถึงวันก่อนวันที่ได้รับมอบพื้นที่ (31 ม.ค.46)

= 31 วัน

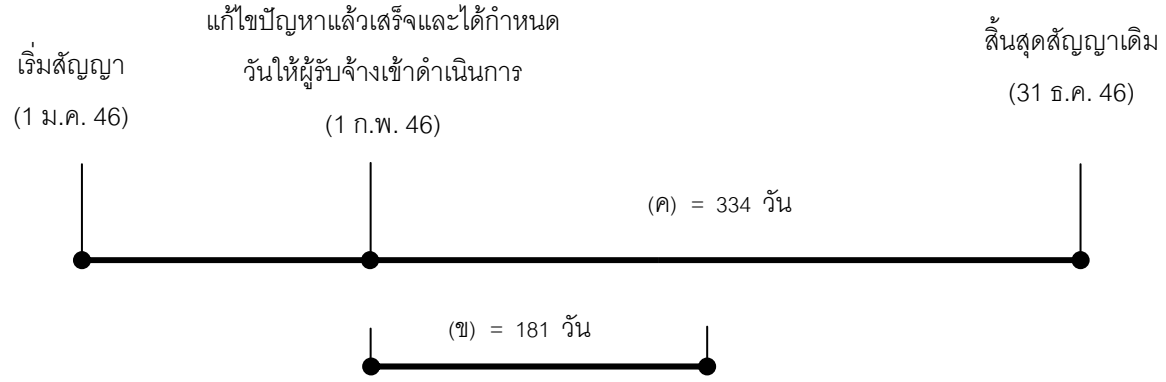
นับถัดจากวันสิ้นสุดสัญญาเดิม โดยจะสิ้นสุดสัญญาใหม่วันที่ 31 ม.ค. 47

(2) กรณีผู้ว่าจ้างมอบพื้นที่ให้ผู้รับจ้างได้ตั้งแต่เริ่มต้นสัญญา แต่มีบางส่วนติดขัดการจัดกรรมสิทธิ์ที่ดิน หรือติดขัดสาธารณูปโภค หรือมีอุปสรรคอื่นใดที่เป็นเหตุให้ติดขัดการก่อสร้าง มี 2 กรณี

ก. แก้ไขปัญหาแล้วเสร็จในอายุสัญญา

<u>กรณีที่ 1</u>

ถ้าระยะเวลาที่ใช้ทำงานเฉพาะที่ติดขัดการก่อสร้าง (ข) น้อยกว่าเวลาที่เหลืออยู่ในสัญญาเดิม นับแต่วันรับมอบพื้นที่ (ค) จะไม่ขยายอายุสัญญาให้



<u>ตัวอย่าง</u>

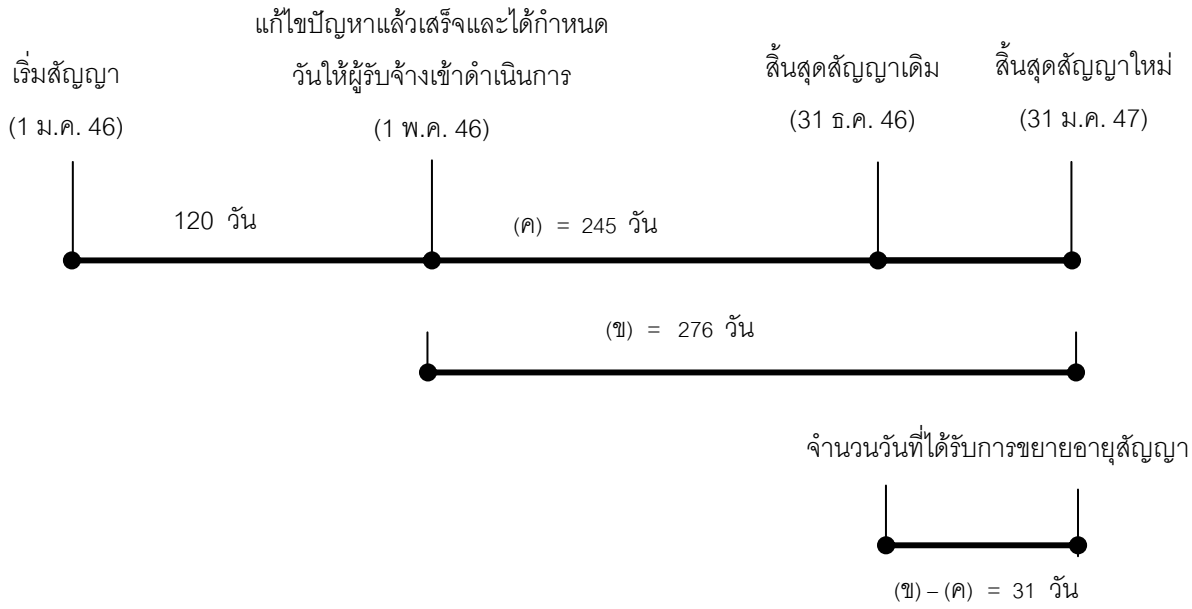
โครงการฯ A เริ่มต้นสัญญาวันที่ 1 มกราคม 2546 และสิ้นสุดสัญญาวันที่ 31 ธันวาคม 2546 ระยะเวลาตามสัญญา 365 วัน เมื่อเริ่มสัญญาผู้ว่าจ้างสามารถส่งมอบพื้นที่ให้ผู้รับจ้างเข้าดำเนินการก่อสร้างได้ แต่ยังมีจุดติดขัดการก่อสร้างอยู่จนถึงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2546 ผู้ว่าจ้างสามารถส่งมอบพื้นที่จุดที่ติดขัดการก่อสร้างให้แก่ผู้รับจ้างเข้าดำเนินการก่อสร้างได้ และผู้ว่าจ้างได้คำนวณระยะเวลาที่ใช้ทำงานเฉพาะที่ติดขัดการก่อสร้าง ตามหลักเกณฑ์กรมฯ (ข) เป็นเวลา 181 วัน

กรณีนี้ ระยะเวลาที่ใช้ทำงานเฉพาะที่ติดขัดการก่อสร้าง (181 วัน) น้อยกว่าเวลาที่เหลืออยู่ในสัญญาเดิม (334 วัน) จะไม่ขยายอายุสัญญาให้

<u>กรณีที่ 2</u>

ถ้าระยะเวลาที่ใช้ทำงานเฉพาะที่ติดขัดการก่อสร้าง (ข) มากกว่าเวลาที่เหลืออยู่ในสัญญาเดิม (ค)

จำนวนวันที่ได้รับการขยายอายุสัญญา = (ข) – (ค)



<u>ตัวอย่าง</u>

โครงการฯ A เริ่มต้นสัญญาวันที่ 1 มกราคม 2546 และสิ้นสุดสัญญาวันที่ 31 ธันวาคม 2546 ระยะเวลาตามสัญญา 365 วัน เมื่อเริ่มสัญญาผู้ว่าจ้างสามารถส่งมอบพื้นที่ให้ผู้รับจ้างเข้าดำเนินการก่อสร้างได้ แต่ยังมีจุดติดขัดการก่อสร้างอยู่ จนถึงวันที่ 1 พฤษภาคม 2546 ผู้ว่าจ้างสามารถส่งมอบพื้นที่จุดที่ติดขัดการก่อสร้างให้แก่ผู้รับจ้างเข้าดำเนินการก่อสร้างได้ และผู้ว่าจ้างได้คำนวณระยะเวลาที่ใช้ทำงานเฉพาะที่ติดขัดการก่อสร้าง ตามหลักเกณฑ์กรมฯ (ข) เป็นเวลา 276 วัน

จำนวนวันที่ได้รับขยายอายุสัญญา = (ข) – (ค)

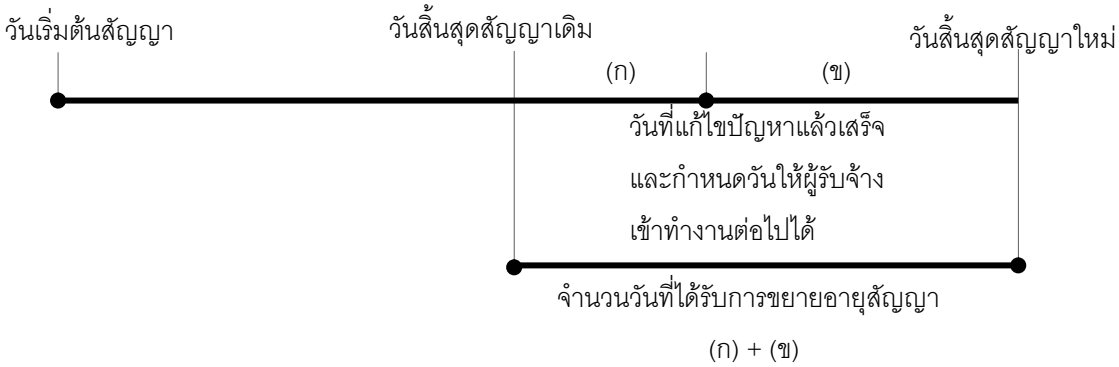
= 276 – 245

= 31 วัน นับถัดจากสิ้นสุดสัญญาเดิม

โดยจะสิ้นสุดสัญญาใหม่วันที่ 31 ม.ค. 47

ข.แก้ไขปัญหาแล้วเสร็จหลังจากสิ้นสุดสัญญา

กรณีที่แก้ไขปัญหาแล้วเสร็จและกำหนดวันให้ผู้รับจ้างดำเนินการก่อสร้างต่อไปได้ภายหลังจากสิ้นสุดสัญญาแล้ว ทำให้ผู้รับจ้างเสียเวลารอคอย



(ก) = ระยะเวลารอคอยการส่งมอบพื้นที่นับถัดจากวันสิ้นสุดสัญญาถึงวันก่อนวันแก้ไขปัญหาแล้วเสร็จ

(ข) = ระยะเวลาทำงานเฉพาะงานที่ติดขัดปัญหา โดยคำนวณตามหลักเกณฑ์ของกรมทางหลวง

<u>ตัวอย่าง</u>

โครงการฯ A เริ่มต้นสัญญาวันที่ 1 มกราคม 2546 สิ้นสุดสัญญาวันที่ 31 ธันวาคม 2546 ระยะเวลาดำเนินการ 365 วัน เริ่มต้นสัญญาผู้ว่าจ้างมอบพื้นที่ให้ผู้รับจ้างเข้าดำเนินการก่อสร้างได้ แต่ยังมีพื้นที่บางส่วนติดขัดปัญหา ทำให้ไม่สามารถดำเนินการก่อสร้างได้ จนกระทั่งสิ้นสุดสัญญา (31 ธันวาคม 2546) ผู้ว่าจ้างยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาที่ติดขัดให้ผู้รับจ้าง เข้าดำเนินการก่อสร้างต่อไปได้ จนถึงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2547 จึงสามารถแก้ไขปัญหาให้ผู้รับจ้างได้ ทำให้ผู้รับจ้างเสียเวลารอคอยการส่งมอบพื้นที่ นับถัดจากวันสิ้นสุดสัญญา (1 มกราคม 2547) ถึงวันก่อนวันที่แก้ไขปัญหาติดขัดและแจ้งให้ผู้รับจ้างเข้าทำงานต่อไปได้ (31 มกราคม 2547) เป็นเวลา 31 วัน (ก) ส่วนระยะเวลาที่ทำงานเฉพาะส่วนที่ติดขัดปัญหา คำนวณตามหลักเกณฑ์ของกรมทางหลวงใช้เวลา 61 วัน (ข) ดังนั้น จำนวนวันที่พิจารณาขยายอายุสัญญาให้ผู้รับจ้าง คือ จำนวนวันที่เสียเวลารอคอยการส่งมอบพื้นที่นับถัดจากวันสิ้นสุดสัญญาถึงวันก่อนวันแก้ไขปัญหาและแจ้งผู้รับจ้างเข้าทำงานต่อไปได้ จำนวน 31 วัน (ก) บวกกับจำนวนวันที่ทำงานเฉพาะงานที่ติดขัดปัญหา ซึ่งคำนวณตามหลักเกณฑ์ของกรมทางหลวง จำนวน 61 วัน (ข) รวม (ก) + (ข) = 92 วัน

กรณีพื้นที่ที่ติดขัดการก่อสร้างและผู้ว่าจ้างไม่สามารถมอบพื้นที่ได้ภายในอายุสัญญา ซึ่งมีมูลค่างานไม่เกิน 50 ล้านบาท และผลงานของผู้รับจ้างมีความก้าวหน้าไม่ถึง 80% ของเนื้องานในพื้นที่ที่ได้รับมอบ กรมทางหลวงจะไม่นำมาพิจารณาขยายอายุสัญญาหรือการงดหรือลดค่าปรับ โดยให้เจ้าของงานพิจารณาตัดงานออกจากสัญญา และให้แขวงการทางหรือสำนักงานบำรุงทางเจ้าของพื้นที่ ตั้งแผนเข้าดำเนินการก่อสร้างภายหลัง

(3) **กรณีเกิดอุทกภัย**

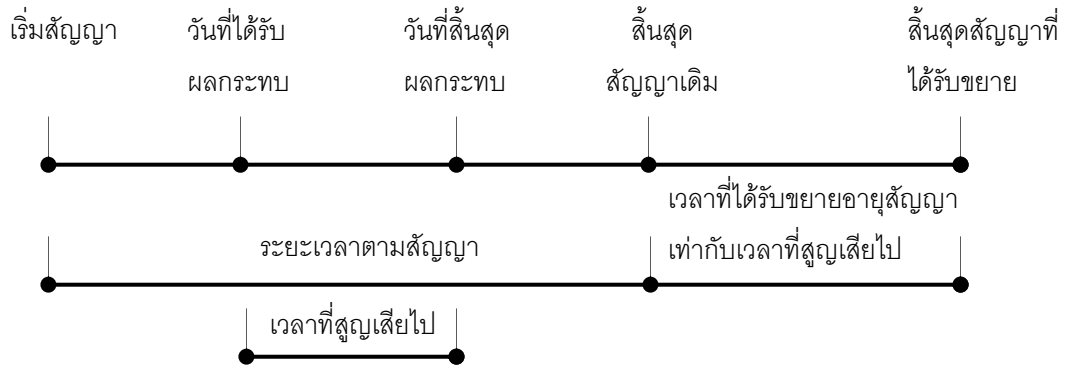
พิจารณาขยายอายุสัญญาให้ผู้รับจ้าง โดยพิจารณาเอกสาร หลักฐาน และข้อเท็จจริง ดังนี้

ก. พื้นที่โครงการก่อสร้างตามสัญญาได้รับผลกระทบและไม่สามารถทำการก่อสร้างได้จริง

ข. มีประกาศของจังหวัดแจ้งเตือนสถานการณ์อุทกภัย หรือเป็นเขตประสบภัยพิบัติอุทกภัย โดยพิจารณาจากวันเริ่มต้นประกาศฯ ถึงวันสิ้นสุดประกาศฯ หรือวันที่โครงการฯ มีหนังสือแจ้งให้ผู้รับจ้างเข้าทำงานต่อไปได้ในกรณีไม่มีประกาศของจังหวัดกำหนดวันสิ้นสุดไว้ ทั้งนี้โครงการฯ ต้องแจ้งผู้บังคับบัญชาตามลำดับ และผู้ที่เกี่ยวข้องทราบด้วย

ค. น้ำท่วมคันทาง โดยพิจารณาจากภาพถ่ายที่ระบุวันเดือนปีชัดเจน พร้อมทั้งให้โครงการฯ รับรองด้วย

ง. เอกสารหลักฐาน และข้อเท็จจริงอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)



จำนวนวันที่ได้รับการขยายอายุสัญญา = จำนวนวันที่ได้รับผลกระทบตั้งแต่วันเริ่มได้รับผลกระทบ ถึงวันก่อนวันที่สิ้นสุดผลกระทบ และหรือวันที่ได้แจ้งให้ผู้รับจ้างเข้าดำเนินการได้

(4) **กรณีหยุดงานช่วงเทศกาลปีใหม่หรือสงกรานต์** ตามหนังสือกรมฯ ขอความร่วมมือหรือสั่งให้หยุดการก่อสร้าง

พิจารณาขยายอายุสัญญาให้ผู้รับจ้างตามวันที่หยุดงานจริง โดยไม่ตัดวันหยุดตามประเพณี ทั้งนี้ ให้พิจารณาตามหนังสือกรมฯ ขอความร่วมมือหรือสั่งให้หยุดการก่อสร้างประกอบกับบันทึกการปฏิบัติ งานของผู้รับจ้าง

(5) **กรณีที่มีเหตุการณ์อื่นใดอันเป็นเหตุสุดวิสัย** เหตุใด ๆ อันเนื่องมาจากความผิดหรือความบกพร่องของฝ่ายผู้ว่าจ้าง หรือพฤติการณ์อันหนึ่งอันใดที่ผู้รับจ้างไม่ต้องรับผิดตามกฎหมาย ทำให้ผู้รับจ้างไม่สามารถทำงานให้แล้วเสร็จตามกำหนดในสัญญาได้ และปรากฏรายละเอียดข้อเท็จจริงใด ๆ แตกต่างไปจากตัวอย่างดังกล่าวข้างต้น ให้พิจารณาขยายเวลาได้ตามจำนวนวันที่มีเหตุเกิดขึ้นตามความเหมาะสมเป็นกรณี ๆ ไป

8. การจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานเป็นรายเดือน ให้จัดทำใบรับรองการปฏิบัติงาน (แบบ พ. 1 – 37) ตามคำสั่งกรมทางหลวงที่ จ.110/1/2531 ลงวันที่ 4 มีนาคม 2531 เรื่องให้ใช้แบบฟอร์ม โดยจ่ายค่างานให้ผู้รับจ้างเดือนละหนึ่งครั้ง ตามผลงานที่ผู้รับจ้างดำเนินการแล้วเสร็จ และมีผลการทดลองถูกต้องเรียบร้อยแล้ว (โดยคิดผลงานตามหนังสือส่งมอบงานของผู้รับจ้างซึ่งต้องลงวันที่ปลายเดือนเนื่องจากมีผลกับการเบิกจ่ายค่า K) ยกเว้นงวดสุดท้ายอาจจ่ายค่างานภายในเดือนเดียวกับงวดรองสุดท้ายได้ เนื่องจากงานแล้วเสร็จสมบูรณ์ตามสัญญา

8.1 การจ่ายค่างานประจำเดือนงวดแรก ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการจัดหา หรือจัดสร้างสำนักงานชั่วคราว,บ้านพักสำหรับเจ้าหน้าที่ควบคุมงาน และรถยนต์พร้อมพนักงานขับรถ เพื่อใช้ในการควบคุมตามเงื่อนไขสัญญาถูกต้องเรียบร้อยก่อน โดยรายงานประธานกรรมการตรวจการจ้างและสำเนาเรียน สำนักฯ

8.2 การหักเงินจ่ายล่วงหน้า (ในกรณีที่ผู้รับจ้างขอเบิกเงินล่วงหน้า 15 % ของค่างานตามสัญญา) ให้หักชดเชยตั้งแต่การจ่ายเงินค่างานงวดที่ 1 เป็นต้นไป หรือตามเงื่อนไขสัญญาจนกว่าจะครบจำนวนเงินที่ผู้รับจ้างขอเบิกล่วงหน้า ในจำนวน 20 % ของเงินค่างานที่จ่ายประจำเดือน และการหักครั้งสุดท้าย ให้ครบจำนวนเงินเบิกล่วงหน้า (น้อยกว่า 20 % ของค่างานจ่ายประจำเดือน) ให้เพิ่มข้อความ“ครั้งสุดท้าย” ต่อท้ายข้อความ หักเงินจ่ายล่วงหน้า 20% ด้วย

8.3 กระดาษสำหรับใช้พิมพ์ใบรับรองผลการปฏิบัติงาน ควรเป็นกระดาษขนาด A4 และเป็นกระดาษที่พิมพ์แล้วอ่านได้ชัดเจนไม่เลอะเลือน และเอกสารต้นฉบับต้องไม่ใช้แบบฟอร์มที่ได้จากการถ่ายเอกสาร

8.4 ให้รวมใบรับรองผลการปฏิบัติงาน (พ.1 – 37) และเอกสารแบบใบรับรองผลการปฏิบัติงาน 1 รวมกัน พิมพ์เลขลำดับแผ่น / จำนวนแผ่นทั้งหมดที่มุมบนขวาทุกแผ่น ส่วนเอกสารแนบใบรับรองผลการปฏิบัติงาน 2 แยกรวมเป็นชุด แล้วพิมพ์เลขลำดับแผ่น / จำนวนแผ่นทั้งหมดของ เอกสารแนบใบรับรองผลการปฏิบัติงาน 2 ที่มุมบนขวาทุกแผ่นแยกต่างหาก

8.5 ให้ระบุวันที่แล้วเสร็จของงานที่จะส่งแต่ละงวด ก่อนเสนอประธานคณะกรรมการตรวจการจ้าง นัดหมายโดยนายช่างโครงการรับรองว่างานเสร็จแล้วจริง และหากเป็นการส่งงานงวดรองสุดท้าย หรืองวดสุดท้ายให้ระบุเพิ่มเติมท้ายงวดที่ส่งงาน เช่น งวดที่ 10 (งวดรองสุดท้าย) งวดที่ 11 (งวดสุดท้าย)

8.6 งานรายการต่างๆให้ระบุเลขลำดับประจำรายการ และชื่อรายการให้ครบถ้วนถูกต้องตรงตามที่ระบุในสัญญา

8.7 การใช้จำนวนทศนิยมควรใช้ดังนี้

- ปริมาณงาน ทศนิยม 3 ตำแหน่ง
- ค่างาน ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- การปัดเศษให้พิจารณาตัวเลขต่อจากทศนิยมที่ต้องการ 1 ตำแหน่ง เท่านั้น หากเป็น 6 หรือมากกว่าให้ปัดขึ้น และหากเป็น 5 หรือน้อยกว่าให้ปัดทิ้ง

8.8 การจัดทำเอกสารแนบใบรับรองผลการปฏิบัติงาน 2

8.8.1 “หน่วย” ให้ใช้หน่วยแสดงปริมาณงานตามสัญญาในรายการนั้นๆ ตามแต่ กรณี

8.8.2 ให้ลงรายละเอียดซึ่งจำเป็นสำหรับตรวจสอบ

(1) ช่อง กม. – กม. ให้ลงช่วง กม. ที่ขอส่งงานโดยแยกแต่ละส่วนเพื่อสะดวกต่อการตรวจสอบ เช่น ส่วนของคันทาง , ทางเชื่อม ,ส่วนขยายต่างๆ ฯลฯ

(2) ช่องหมายเหตุให้ลงหมายเหตุที่จำเป็นเพื่อการตรวจสอบ คือ

- แสดงการได้มาของปริมาณงานแต่ละส่วน เช่น งานรายการที่มีรูปตัดคงที่ให้ระบุปริมาณงานคงที่ สำหรับส่วนที่มีรูปตัดไม่คงที่ให้ระบุตามความเหมาะสม
- ระบุรับรองผลการทดลองคุณภาพวัสดุ โดยแสดงอันดับการทดลองด้วยตามความเหมาะสม
- ระบุการอนุมัติถัวจ่าย เปลี่ยนแปลงปริมาณงานและค่างานโดยระบุเลขที่หนังสือและวันที่ของการอนุมัติ

8.9 การลงนามของกรรมการตรวจการจ้าง

คณะกรรมการตรวจการจ้างทุกท่านรวมกันเกินกึ่งหนึ่งของคณะกรรมการ (อย่างน้อยต้องมีประธานกรรมการ และ นายช่างโครงการฯ) ลงนามในใบรับรองผลการปฏิบัติงาน เอกสารแนบใบรับรองผลการปฏิบัติงาน 2 ทุกแผ่น หากมีการแก้ไขใดๆ ที่เกี่ยวกับปริมาณงาน , ค่างานหรือจำนวนเงิน คณะกรรมการตรวจการจ้างรวมกันอย่างน้อย 2 ใน 3 ของคณะ กรรมการทั้งหมด ต้องลงชื่อกำกับการแก้ไขทุกแห่งให้ครบถ้วน

8.10 การจัดทำเอกสารเพื่อเบิกจ่ายค่างาน

8.10.1 ใบรับรองผลการปฏิบัติงาน และเอกสารแนบใบรับรองผลการปฏิบัติงาน 1 จำนวนอย่างน้อย 11 ชุด (ลงนามอย่างน้อย 2 ชุด สำหรับผู้รับจ้าง 1 ชุด และใช้ทำการเบิกจ่าย 1 ชุด)

- สำนักเจ้าของงาน 7 ชุด (รวมต้นฉบับ)
- ผู้รับจ้าง 1 ชุด
- กรรมการ ตามจำนวนกรรมการ

8.10.2 เอกสารแนบใบรับรองผลการปฏิบัติงาน 2 จำนวนอย่างน้อย 6 ชุด

- สำนักเจ้าของงาน 2 ชุด (รวมต้นฉบับ)
- ผู้รับจ้าง 1 ชุด
- กรรมการ ตามจำนวนกรรมการ

8.10.3 หนังสือขอส่งงานของผู้รับจ้าง (ถึงโครงการและประธานกรรมการตรวจการจ้างได้บันทึกนัดหมายการตรวจรับ) จำนวนอย่างน้อย 6 ชุด

8.10.4 หนังสือนำส่งใบรับรองผลการปฏิบัติงาน (เสนอ สำนักฯ ผ่าน ผู้จัดการโครงการ) จำนวนอย่างน้อย 6 ชุด (เช่นเดียวกับข้อ 8.10.2)

8.10.5 หนังสือแจ้งสงวนสิทธิ์การเรียกค่าปรับของผู้ว่าจ้างและผู้รับจ้างรับทราบ กรณีงานล่วงเลยกำหนดอายุสัญญาอย่างน้อย 6 ชุด (เช่นเดียวกับข้อ 8.10.2)

8.10.6 สำเนาหนังสือส่งมอบงาน (เฉพาะงวดสุดท้าย งานแล้วเสร็จ) จำนวนอย่างน้อย 6 ชุด (เช่นเดียวกับข้อ 8.10.2)

8.10.7 ใบแจ้งหนี้ของผู้รับจ้าง (ระบุเลขประจำตัวผู้เสียภาษีและเลขทะเบียนการค้า) จำนวน 2 ชุด ส่งสำนักเจ้าของงาน

ในกรณีของสัญญาที่มีการคิดปรับราคาค่างาน (ค่า K) โครงการต้องพิจารณาด้วยความรอบคอบเป็นพิเศษ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงดัชนีค่าแรง และดัชนีค่าวัสดุก่อสร้างต่างๆ ซึ่งอาจทำให้ต้องปรับราคาค่างานเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ แล้วดำเนินการให้ถูกต้องตามข้อกำหนดและเงื่อนไขสัญญาและระเบียบของทางราชการ โดยคำนึงถึงประโยชน์ของทางราชการเป็นหลัก

8.11 การปรับราคาค่าก่อสร้างตามสูตรปรับราคา (ค่า K)

8.11.1 เงื่อนไขและหลักเกณฑ์

(1) สัญญาแบบปรับราคาได้นี้ให้ใช้กับงานก่อสร้างทุกประเภท รวมถึงงานปรับปรุงและซ่อมแซม ซึ่งเบิกจ่ายค่างานในลักษณะหมวดค่าครุภัณฑ์ ที่ดินและสิ่งก่อสร้าง หมวดเงินอุดหนุนและหมวดรายจ่ายอื่นที่เบิกจ่ายในลักษณะค่าที่ดินและสิ่งก่อสร้าง ที่อยู่ในเงื่อนไขและหลักเกณฑ์ตามที่ได้กำหนดนี้

(2) สัญญาแบบปรับราคาได้นี้ให้ใช้ทั้งในกรณีเพิ่มหรือลดค่างานจากค่างานเดิมตามสัญญา เมื่อดัชนีราคาซึ่งจัดทำขึ้นโดยกระทรวงพาณิชย์ มีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นหรือลดลงจากเดิม ขณะเมื่อวันเปิดซองประกวดราคา สำหรับกรณีที่จัดจ้างโดยวิธีอื่น ให้ใช้วันเปิดซองราคาแทน

(3) การนำสัญญาแบบปรับราคาได้ไปใช้นั้นผู้ว่าจ้างต้องแจ้งและประกาศให้ผู้รับจ้างทราบ เช่น ในประกาศประกวดราคา ฯ และต้องระบุในสัญญาจ้างด้วยว่างานจ้างเหมานั้นๆ จะใช้สัญญาแบบปรับราคาได้ พร้อมทั้งกำหนดประเภทของงานก่อสร้างสูตรและวิธีการคำนวณที่ให้มีการปรับเพิ่มหรือลดค่างานไว้ให้ชัดเจน ในกรณีที่มีงานก่อสร้างหลายประเภทในงานจ้างคราวเดียวกันจะต้องแยกประเภทงานก่อสร้างแต่ละประเภทให้ชัดเจนตามลักษณะของงานก่อสร้างนั้น ๆ และให้สอดคล้องกับสูตรที่กำหนดไว้

(4) การขอเงินเพิ่มค่างานก่อสร้างตามสัญญาแบบปรับราคาได้นี้ เป็นหน้าที่ของผู้รับจ้างที่จะต้องเรียกร้องภายในกำหนด 90 วัน นับตั้งแต่วันที่ผู้รับจ้างได้ส่งมอบงานงวดสุดท้าย หากพ้นกำหนดนี้ไปแล้ว ผู้รับจ้างไม่มีสิทธิที่จะเรียกร้องเงินเพิ่มค่างานก่อสร้างจากผู้ว่าจ้างได้อีกต่อไป และในกรณีที่ผู้ว่าจ้างจะต้องเรียกเงินคืนจากผู้รับจ้าง ให้ผู้ว่าจ้างที่เป็นคู่สัญญารีบเรียกเงินคืนจากผู้รับจ้างโดยเร็ว หรือให้หักค่างานของงวดต่อไป หรือให้หักเงินจากหลักประกันสัญญาแล้วแต่กรณี

(5) การพิจารณาคำนวณเงินเพิ่มหรือลด และการจ่ายเงินเพิ่มหรือเรียกเงินคืนจากผู้รับจ้างตามเงื่อนไขของสัญญาแบบปรับราคาได้ ต้องได้รับการตรวจสอบและเห็นชอบจากสำนักงบประมาณ และให้ถือการพิจารณาวินิจฉัยของสำนักงบประมาณเป็นที่สิ้นสุด

8.11.2 วิธีการคำนวณที่ใช้กับสัญญาแบบปรับราคาได้

(1) คำนวณค่า K จากสูตร ตามลักษณะงานนั้น ๆ ให้ใช้ตัวเลขดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างของกระทรวงพาณิชย์ โดยใช้ฐานของปี 2530 เป็นเกณฑ์ในการคำนวณ

(2) การคำนวณค่า K สำหรับกรณีที่มีงานก่อสร้างหลายประเภทอยู่ในสัญญาเดียวกันจะต้อง แยกค่างานก่อสร้างแต่ละประเภทให้ชัดเจนตามลักษณะของงานนั้น และให้สอดคล้องกับสูตรที่ได้กำหนดไว้

(3) การคำนวณหาค่า K กำหนดให้ใช้เลขทศนิยม 3 ตำแหน่งทุกขั้นตอนโดยไม่มีการปัดเศษและกำหนดให้ทำเลขสัมพันธ์ (เปรียบเทียบ) ให้เป็นผลสำเร็จก่อน แล้วจึงนำผลลัพธ์ไปคูณกับตัวเลขคงที่หน้าเลขสัมพันธ์ นั้น

(4) ให้พิจารณาเงินเพิ่มหรือลดราคาค่างานจากราคาที่ผู้รับจ้างทำสัญญาตกลงกับผู้ว่าจ้าง เมื่อค่า K ตามสูตรสำหรับงานก่อสร้างนั้นๆ ในเดือนที่ส่งมอบงานมีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากค่า K ในเดือนเปิดซองราคามากกว่า 4 % ขึ้นไป โดยนำ

เฉพาะส่วนที่เกิน 4 % มาคำนวณปรับเพิ่มหรือลดค่างานแล้วแต่กรณี (โดยไม่คิด 4 % แรกให้)

(5) ในกรณีที่ผู้รับจ้างไม่สามารถทำการก่อสร้างให้แล้วเสร็จตามระยะเวลาในสัญญา โดยเป็นความผิดของผู้รับจ้าง ค่า K ตามสูตรต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้ในการคำนวณค่างานให้ใช้ค่า K ของเดือนสุดท้ายตามอายุสัญญาหรือค่า K ของเดือนที่ส่งมอบงานจริง แล้วแต่ว่าค่า K ตัวใดจะมีค่าน้อยกว่า

(6) การจ่ายเงินแต่ละงวดให้จ่ายค่าจ้างงานที่ผู้รับจ้างทำได้แต่ละงวดตามสัญญาไปก่อน ส่วนค่างานเพิ่มหรือค่างานลดลงซึ่งจะคำนวณได้ต่อเมื่อทราบดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง ซึ่งนำมาคำนวณหาค่า K ของเดือนที่ส่งมอบงานงวดนั้น ๆ เป็นที่แน่นอนแล้ว เมื่อคำนวณเงินเพิ่มได้ให้ขอทำความตกลงเรื่องการเงินกับสำนักงบประมาณ

(7) ค่างานจ่ายชดเชยตามสัญญาข้อ 4.3 (Under Run)ไม่สามารถนำมาคิดค่า K ได้

9. การรายงาน

9.1 บันทึกการปฏิบัติงานประจำวัน

ให้เจ้าหน้าที่ประจำโครงการทุกคน (เจ้าหน้าที่สังกัดสำนักก่อสร้างทาง สำนักก่อสร้างสะพาน และสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ) ลงบันทึกการปฏิบัติงานประจำวันตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพัสดุ พ.ศ.2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ.2539 ข้อ 73 (3) ตามแบบฟอร์มที่โครงการกำหนด

9.2 รายงานผลการปฏิบัติงานประจำสัปดาห์

จัดทำรายงานผลการปฏิบัติงานประจำสัปดาห์ เสนอคณะกรรมการตรวจการจ้างตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพัสดุ พ.ศ.2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2539 ข้อ 73 (3)

9.3 รายงานผลงานก้าวหน้าประจำเดือน

โครงการรายงานผลงานก้าวหน้าประจำเดือน (ผลงานถึงสิ้นเดือน)

9.3.1 **รายงานผลงานประจำเดือน** (ทางโทรสาร) เสนอ วญส.,วญป.,ผส.สำนักเจ้าของงาน ,ผสผ.,ผส.ทล. , ผอ.ขท./ผอ.บท., ประธานกรรมการตรวจการจ้าง และผู้จัดการโครงการ (ภายในวันที่ 1 ของ เดือนถัดไป) โดยมีสาระสำคัญดังนี้

- ผลงานประจำเดือน
- ผลงานรวมถึงสิ้นเดือน
- แผนงานประจำเดือน
- แผนงานรวมถึงสิ้นเดือน
- แผนงาน เร็ว หรือ ช้า กว่าแผนงาน

หากผลงานช้ากว่าแผนงาน ให้รายงานเหตุผลของความล่าช้า และในกรณีที่สามารถคาดการณ์ได้ว่างานจะแล้วเสร็จเมื่อใด ให้รายงานให้ทราบด้วย

9.3.2 **รายงานแผนและผลงานก้าวหน้าประจำเดือน** โดยรายงานแผนงานและผลงานก้าวหน้า (Progress Chart) และรายงานผลงานแล้วเสร็จตามระยะทาง (Workdone Bar Chart) เสนอ ผู้อำนวยการสำนักเจ้าของงาน และ ผสผ. (ภายในวันที่ 5 ของเดือนถัดไป)

9.4 รายงานประมาณการรายจ่ายประจำเดือน

จัดทำรายงานประมาณการรายจ่ายประจำเดือนสำหรับค่างานที่ผู้รับจ้างจะขอส่งงานประจำเดือน ตามแบบรายงานของสำนักวางแผนส่งสำนักเจ้าของงานจำนวน 2 ชุด และสำเนาสำนักวางแผน จำนวน 1 ชุด (ภายในวันที่ 5 ของเดือนถัดไป) การรายงานในแต่ละเดือน

ให้พิจารณาปรับตามสภาพข้อเท็จจริงในสนาม และประมาณการรายจ่ายให้ใกล้เคียงกับข้อเท็จจริง

9.5 รายงานผลงานประจำงวด

สรุปผลงานประจำงวด (ทุก 4 เดือน) โดยมีสาระสำคัญเช่นเดียวกับรายงานเสร็จโครงการ ส่งสำนักเจ้าของงาน จำนวน 3 เล่ม

- งวดเดือน ต.ค. - ม.ค. รายงานภายในวันที่ 10 ก.พ.
- งวดเดือน ก.พ. - พ.ค. รายงานภายในวันที่ 10 มิ.ย.
- งวดเดือน มิ.ย. - ก.ย. รายงานภายในวันที่ 10 ต.ค.

9.6 รายงานขอเงินจัดสรร

โครงการจัดทำรายงานขอเงินจัดสรร เพื่อเป็นค่าใช้จ่ายในการควบคุมงานจากสำนักเจ้าของงาน หรือ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ แต่ละงวดเงินจัดสรร โดยรายงานล่วงหน้าก่อนกำหนดงวดที่จะใช้เงินจัดสรรประมาณ 2 เดือน

9.7 บัญชีรายจ่ายประจำเดือน

รายงานการใช้จ่ายเงินจัดสรร ในการควบคุมงานประจำเดือน ให้สำนักฯ ผู้จัดสรรให้ (สำนักเจ้าของงาน และสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ) ภายในวันที่ 10 ของเดือนถัดไปและสำเนา ผอ.ขท./ผอ.บท. ที่เบิกจ่ายเงินจัดสรร เพื่อทราบและตรวจสอบด้วย

9.8 รายงานประเมินผลการปฏิบัติงานเพื่อเลื่อนขั้นเงินเดือน

จัดทำรายงานประเมินผลการปฏิบัติงานเพื่อเลื่อนขั้นเงินเดือน (แบบ จ.1 – 02) แก่เจ้าหน้าที่โครงการทุกคน ส่งสำนักต้นสังกัด โดยเสนอผ่านผู้จัดการโครงการ เรื่องการประเมินผลการปฏิบัติงาน (แบบ จ.1 – 02) ปีละ 2 ครั้ง

<u>ครั้งที่</u> 1. ประเมินผลงานระหว่างเดือน ก.ค. – ธ.ค. ส่งภายในวันที่ 10 มกราคม

<u>ครั้งที่</u> 2. ประเมินผลงานระหว่างเดือน ม.ค. – มิ.ย. และพิจารณาขอเลื่อนขั้นเงินเดือนส่งภายในวันที่ 10 กรกฎาคม

10. การบรรยายสรุป

โครงการควรจัดเตรียมเอกสารและแผนผังต่างๆ เพื่อการบรรยายสรุปผลงาน ให้ผู้ตรวจเยี่ยมได้รับทราบรายละเอียด และจัดเตรียมสมุดตรวจการ ตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการใช้สมุดตรวจการและตามคำสั่งกรมทางหลวงที่ จ.1.10 / 43 /2526 ลงวันที่ 30 สิงหาคม 2526 เรื่องให้ใช้แบบฟอร์มและปรับปรุงแบบฟอร์ม โดยจัดทำเป็นตารางตาม แบบ บ.3 – 01 ลงเป็นสมุดตรวจการ

10.1 Payment Report เอกสารควรประกอบด้วยหัวข้อและเนื้อหาสาระดังต่อไปนี้

- Summary of Project
- รูปตัด (Cross Section)
- Plan
- บัญชีค่างาน
- รายละเอียดการส่งงาน
- Plan แสดงการส่งงาน
- รูปถ่ายงานก่อสร้าง
- ปัญหาและอุปสรรค
- Progress Chart
- บัญชีแสดงการส่งงานจากเริ่มต้นจนถึงปัจจุบัน

10.2 บรรยายสรุปเมื่อมีผู้มาตรวจเยี่ยม เอกสารแผ่นพับหรือเอกสารบรรยายสรุป(Brief) ควรประกอบด้วยหัวข้อและเนื้อหาสาระดังต่อไปนี้

- ที่ตั้งโครงการฯ และที่ตั้งสำนักงานโครงการ
- Summary of Project
- ความเป็นมาของโครงการ
- ลักษณะของโครงการ
- รูปตัด Cross Section
- Plan & Profile
- ความก้าวหน้าของงานก่อสร้าง
- ปัญหาอุปสรรค และ การแก้ไข
- การปฏิบัติงานของผู้รับจ้าง
- รูปถ่ายเปรียบเทียบงานก่อสร้างก่อนและหลัง

10.3 <u>เอกสารรายงานสรุป</u> ควรประกอบด้วยหัวข้อและเนื้อหาสาระดังต่อไปนี้.-

10.3.1 <u>สรุปรายละเอียดโครงการ</u> (Summary of Project)

สรุปรายละเอียดสำคัญของโครงการ ลงภายในเนื้อที่ 1 หน้ากระดาษ

- ชื่อโครงการ
- หมายเลขทางหลวง
- มาตรฐานทาง
- จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดโครงการ
- ระยะทางเป็นกิโลเมตร
- เลขที่สัญญา และวันลงนามในสัญญา
- วันเริ่มต้น และวันสิ้นสุดสัญญา
- ระยะเวลาดำเนินการ
- วันที่งานแล้วเสร็จ (เฉพาะรายงานเสร็จโครงการ)
- ค่างานตามสัญญา
- ค่างานก่อสร้างจ่ายจริง (เฉพาะรายงานแล้วเสร็จโครงการ)
- การปรับราคาค่างาน (ค่า K ถ้ามี เฉพาะรายงานเสร็จโครงการ)
- อัตราค่าปรับ
- ผู้รับจ้าง
- ผู้จัดการโครงการของผู้รับจ้าง
- วิศวกรประจำโครงการของผู้รับจ้าง
- ผู้ออกแบบ (ชื่อวิศวกรผู้ออกแบบ และหน่วยงาน)
- ผู้ควบคุมงาน (สำนักเจ้าของงาน กรมทางหลวง)
- นายช่างโครงการ
- รายชื่อคณะกรรมการตรวจการจ้าง

10.3.2 <u>ความเป็นมา</u> (Back Ground)

สรุปสาระเกี่ยวกับลำดับเหตุการณ์ก่อนการก่อสร้างงานของโครงการ

- ประวัติสายทาง
- ความเป็นมาของโครงการ
- การศึกษาความเหมาะสม (Feasibility Study)
- การสำรวจและออกแบบ
- การประกวดราคา

10.3.3 ลักษณะของโครงการ (Project Description)

บรรยายลักษณะพื้นที่ของที่ตั้งโครงการ ตลอดจนสถานที่สำคัญตลอดแนวทางพร้อมทั้งอธิบายลักษณะการใช้ที่ดินสองข้างทาง และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินโครงการ อธิบายลักษณะของงานโครงการโดยสังเขป แสดงรูปตัดโครงสร้างทาง (Typical Cross Section) ประกอบรวมทั้งรายละเอียดโครงสร้างคอนกรีต หรืออื่นๆ

10.3.4 แหล่งวัสดุ (Source of Material)

แสดงรายละเอียดแหล่งวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ในงานทุกชนิด ทั้งที่สำเร็จรูปและเป็นวัสดุเพื่อจัดทำหรือก่อสร้างในสนาม เช่น หิน , ทราย , ปูนซีเมนต์ , เหล็ก , ยางแอสฟัลต์ , เสาเข็ม , ท่อกลมระบายน้ำ , ป้ายจราจร เป็นต้น โดยแสดงคุณสมบัติควบคุมที่สำคัญและควรจัดทำแผนที่แสดง แหล่งวัสดุประกอบด้วย

10.3.5 ความก้าวหน้าของงาน (Progress of Construction)

ลำดับเหตุการณ์ระหว่างการก่อสร้างโดยอาจสรุปเป็นรายเดือนและแสดงวันเริ่มงานและวันแล้วเสร็จของงานแต่ละรายการโดยจัดทำแผนและผลงานก้าวหน้า(Progress Chart) และผลงานแล้วเสร็จตามระยะทาง (Workdone Bar Chart) ประกอบด้วย

10.3.6 การปฏิบัติงานของผู้รับจ้าง (Contractor's Performance)

บรรยายถึงขีดความสามารถของผู้รับจ้าง กำลังเจ้าหน้าที่ เครื่องมือ เครื่องจักร เงินทุน หมุนเวียน และลักษณะวิธีการทำงาน พร้อมทั้งแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการปฏิบัติงานดังกล่าว

10.3.7 ปัญหาอุปสรรคและการแก้ไข (Project Problem & Problem Solving)

สรุปปัญหาและอุปสรรคในการปฏิบัติงานเป็นข้อ ๆ โดยอธิบายถึงผลกระทบและ วิธีการแก้ไข เรียงตามลำดับความสำคัญ และเหตุการณ์

10.3.8 การขอขยายเวลา (Time Extensions)

สรุปสาระสำคัญการขอขยายเวลาดำเนินการของผู้รับจ้าง ประกอบด้วยเหตุผลในการขอขยายเวลา พร้อมทั้งผลการพิจารณา โดยแยกเป็นครั้งต่อๆไป

10.3.9 การเรียกร้อง (Claims)

บรรยายข้อเรียกร้องของผู้รับจ้างที่มีต่อกรมทางหลวง ทั้งที่เกี่ยวกับค่างาน , รายละเอียดและข้อกำหนด รวมทั้งการตีความในข้อกำหนดและสัญญา

10.3.10 การวิเคราะห์ค่างาน (Cost Analysis)

วิเคราะห์เปรียบเทียบค่างานรายการต่างๆ กับราคาประเมิน พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลของความแตกต่าง และวิเคราะห์การเพิ่มหรือลดค่างาน จากการปรับราคาค่างานตาม

เงื่อนไขสัญญา และการเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคาต่างๆ ในกรณีที่มีการปรับราคาค่างาน (ค่า K)

10.4 <u>แผนผังบรรยายสรุป</u> (Charts)

เพื่อให้ทุกโครงการปฏิบัติเป็นแนวทางเดียวกันและเป็นที่เข้าใจได้โดยง่ายในการตรวจงานของผู้บังคับบัญชา และตรวจเยี่ยมของบุคคลภายนอกแผนผังบรรยายสรุปควรจัดทำดังนี้.-

10.4.1 <u>ประเภทของแผนผัง</u>

แผนผังที่ควรจัดทำและติดตั้งเพื่อประกอบการบรรยายสรุป ควรมีดังนี้

- แผนที่ประเทศไทยแสดงที่ตั้งโครงการ (Thailand Map)
- แผนผังแสดงรายละเอียดโครงการ (Project Summary)
- แผนที่แนวทางสังเขป (Location Map)
- รูปตัดโครงสร้างทางหรือสะพาน และข้อกำหนดพิเศษ (Typical Cross Section & Special Provisions)
- แผนที่แนวทางราบและแนวทางตั้ง (Plan & Profile)
- แผนผังผลงานแล้วเสร็จ (Workdone Bar Chart)
- แผนผังแสดงแผนงานและผลงานก้าวหน้า (Work Schedule & Progress Chart)
- แผนผังบริหารโครงการ (Project Organization Chart) เจ้าหน้าที่กรมทางหลวง
- แผนผังแสดงลักษณะภูมิอากาศ (Climate Chart)
- รูปถ่ายเปรียบเทียบสภาพ และขั้นตอนการก่อสร้างต่างๆ

10.4.2 <u>วัสดุและสี</u>

แผนผังต่างๆควรใช้พื้นสีขาว โดยอาจเป็นวัสดุไม้อัดแผ่นเรียบทาสี หรือ ไม้อัดเคลือบ และตัวหนังสือควรเป็นสีดำ สำหรับสีที่ใช้แสดงรายละเอียดต่างๆใช้ตามความเหมาะสมและสอดคล้องกันระหว่างแผนผังที่มีความสัมพันธ์กัน สีแนะนำ

สำหรับงานแต่ละประเภทของโครงการสร้างทาง

<u>ประเภทของงาน</u>		<u>สีแนะนำ</u>
งานถางป่าและขุดตอ	(Clearing & Grubbing)	ชมพู
งานตัดคันทาง	(Excavation)	ม่วง
งานดินถมคันทาง	(Embankment)	เหลือง
งานวัสดุคัดเลือก ข.	(Selected Material “B”)	ส้ม
งานวัสดุคัดเลือก ก.	(Selected Material “A”)	แสด
หรืองานทรายรองผิวทางคอนกรีต	(Sand Cushion)	

งานรองพื้นทาง	(Subbase)	แดง
งานพื้นทาง	(Base)	เขียว
งานไหล่ทาง	(Shoulder)	น้ำตาล
งานลาดยางไพร์มโค้ท	(Prime Coat)	ฟ้า
งานลาดยางเซอร์เฟสทรีตเมนต์	(Surface Treatment)	น้ำเงิน
งานผิวทางแอสฟัลท์คอนกรีต	(Asphalt Concrete)	ดำ
งานผิวทางคอนกรีต	(Concrete Pavement)	เทา

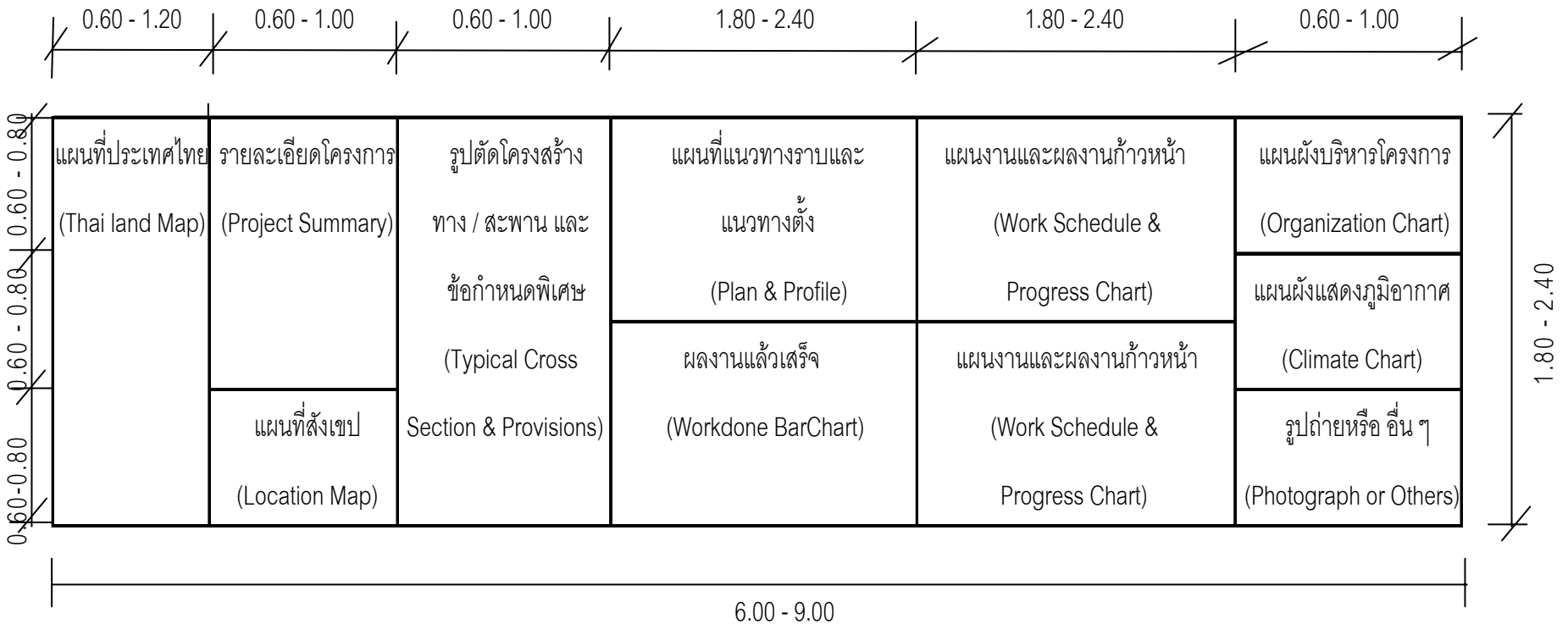
10.4.3 ขนาดและการติดตั้ง

การติดตั้งแผนผังควรติดตั้งบนผนังด้านเดียวกันทั้งหมด ยกเว้นแผนที่ประเทศไทยแสดงที่ตั้งโครงการ (Thailand Map) อาจแยกออกมาติดตั้งต่างหากในบริเวณใกล้เคียง โดยควรติดตั้งเรียงลำดับประเภทของแผนผังเรียงจากบนลงล่าง และซ้ายไปขวาเพื่อให้สอดคล้องกับการบรรยายสรุป ขนาดของแผนผังต่างๆ รวมกันแล้วให้มีพื้นที่รวมกันยาวระหว่าง 6.00 – 9.00 เมตร และสูง 1.80 – 2.40 เมตร โดยติดตั้งให้ขอบล่างสุดของแผนผังต่างๆสูงกว่าระดับพื้นประมาณ 0.60 – 0.90 เมตร ขนาดและลำดับการติดตั้งแผนผังต่างๆ ได้แสดงไว้ในรูปแบบแนะนำ ซึ่งอาจปรับได้ตามความเหมาะสมของสถานที่และรายละเอียดที่จะแสดง

10.4.4 ตัวอักษร

ตัวอักษรที่ใช้ควรเป็นภาษาไทย ยกเว้นส่วนที่เป็นชื่อเฉพาะหรือไม่มีคำแปลให้ใช้ภาษาอังกฤษได้

ขนาดของตัวอักษรตามความเหมาะสมของขนาดแผนผังและสามารถอ่านได้ชัดเจนในระยะห่าง 3.00 – 5.00 เมตร



รูปแบบแนะนำการจัดทำและติดตั้งแผนผังบรรยายสรุป

11. การดำเนินการเมื่องานใกล้แล้วเสร็จ

11.1 <u>การส่งงานสองงวดสุดท้าย</u>

- การส่งงานงวดรองสุดท้าย ให้โครงการฯวิทยุหรือโทรสารรายงานการนัดตรวจรับงานให้สำนักฯ ทราบ
- การส่งงานงวดสุดท้าย ให้โครงการฯวิทยุหรือโทรสารรายงานการนัดตรวจรับงานให้สำนักฯ ทราบล่วงหน้าประมาณ 5 วัน เพื่อสำนักฯจะได้แจ้งให้ สตง.ทราบล่วงหน้า

11.2 <u>รายงานเสร็จโครงการฯ</u> (Final Report)

โครงการจัดทำรายงานเสร็จโครงการ ตามคำสั่งกรมทางหลวง ต่อท้ายบันทึกกองวางแผน ลงวันที่ 14 สิงหาคม 2524 เรื่อง รายงานเสร็จโครงการ และข้อแนะนำในการจัดทำรายงานเสร็จโครงการ จำนวนอย่างน้อย 9 ชุด

- สำนักเจ้าของงาน	5	ชุด
- สำนักทางหลวง	1	ชุด
- แขวงการทาง/สำนักงานบำรุงทาง	2	ชุด (ให้หมวด 1 ชุด)
- โครงการ	1	ชุด

11.3 <u>ประวัติสายทาง</u> (Road Inventory)

- โครงการจัดทำรายงานประวัติสายทาง จำนวน	7	ชุด
- สำนักเจ้าของงาน	3	ชุด
- สำนักทางหลวง	1	ชุด
- แขวงการทาง/สำนักงานบำรุงทาง	2	ชุด
- โครงการ	1	ชุด

11.4 <u>แบบก่อสร้างจริง</u> (Asbuilt Drawing)

โครงการจัดทำแบบก่อสร้างจริง โดยอาจแก้ไขแบบก่อสร้างเดิม หรือจัดทำขึ้นใหม่ตามความเหมาะสม จำนวน 5 ชุด

- สำนักเจ้าของงาน	2	ชุด
- สำนักทางหลวง	1	ชุด
- แขวงการทาง/สำนักงานบำรุงทาง	2	ชุด

11.5 <u>แผนผังแสดงระดับปลายเสาเข็ม รายงานการตอกเสาเข็ม และรายงานการดึงลวด</u>

โครงการจัดทำแผนผังแสดงระดับปลายเสาเข็มของสะพาน รวบรวมรายงานการตอกเสาเข็มและรายงานการดึงลวดอัดแรง จำนวน 5 ชุด

- สำนักเจ้าของงาน 2 ชุด
- สำนักทางหลวง 1 ชุด
- แขวงการทาง/สำนักงานบำรุงทาง 1 ชุด
- โครงการ 1 ชุด

11.6 บัญชีสะพานและช่องน้ำ

โครงการจัดทำบัญชีสะพานและช่องน้ำ ตามแบบ ส.3 – 05 จำนวน 3 ชุด

- แขวงการทาง/สำนักงานบำรุงทาง 2 ชุด
- โครงการ 1 ชุด

11.7 แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

นายช่างโครงการทำรายงานประเมินผลการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่สังกัดสำนักเจ้าของงาน ประจำโครงการทุกคน ตามแบบประเมินผลการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่โครงการส่งสำนักก่อสร้างทาง เพื่อรวบรวมไว้เป็นประวัติ

11.8 การเก็บรักษาเอกสาร

เอกสารต่าง ๆ ในการปฏิบัติงานของโครงการทั้งหมด เช่น Cross Section การคิดคำนวณปริมาณงาน บัญชีค่าใช้จ่าย การสั่งการ การปฏิบัติงาน ฯลฯ ใส่แฟ้มเย็บเรียบร้อยเป็นเรื่อง ๆ ไป ให้บรรจุลงหีบที่แข็งแรงให้เรียบร้อย ส่งมอบให้ ผส.ทล., ผอ.ขท./ผอ.บท. ผู้รับผิดชอบสายทางในโครงการ (กรณีไม่สะดวกในการส่งมอบให้ผู้จัดการโครงการ) เพื่อเก็บรักษาไว้เป็นหลักฐาน

11.9 หนังสือส่งมอบงาน

ผู้รับจ้างจะต้องทำหนังสือส่งมอบงาน เมื่องานก่อสร้างของโครงการแล้วเสร็จสมบูรณ์เรียบร้อยแล้ว โดยใช้แบบฟอร์มตามสั่งกรมทางหลวงที่ จ.1.10 / 1 / 2531 ลงวันที่ 4 มีนาคม 2531 เรื่อง ให้ใช้แบบฟอร์ม

11.10 การแจ้งงานแล้วเสร็จ

เมื่องานโครงการแล้วเสร็จให้โครงการแจ้งการแล้วเสร็จ เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทราบ เช่น

- สำนักเจ้าของงาน
- กองการเจ้าหน้าที่
- สำนักทางหลวง
- แขวงการทาง/สำนักงานบำรุงทาง

11.11 การเดินทางกลับ

จัดทำหนังสือรายงานตัวกลับจากการปฏิบัติราชการชั่วคราว (แบบจ.1 – 07) เจ้าหน้าที่ทุกคน ให้ผู้จัดการโครงการ หรือ ผส.ทล. ลงนามส่งกลับต้นสังกัดเดิม

12. สัญญาจ้าง

12.1 ขอบข่ายของงาน

12.1.1 **วัตถุประสงค์ของสัญญาจ้าง** การดำเนินงานตามสัญญาจ้าง ต้องเป็นไปตามแบบแปลนแผนผัง รายการละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวง และข้อกำหนดพิเศษประกอบสัญญาจ้าง โดยผู้รับจ้างต้องจัดหาวัสดุอุปกรณ์ เครื่องจักรและเครื่องมือ แรงงาน และสิ่งจำเป็นต่างๆ เพื่อการดำเนินการให้งานตามสัญญาจ้างต่อเนื่องเสร็จเรียบร้อยสมบูรณ์

12.1.2 **การแก้ไขแบบและลักษณะของงาน** ในขณะทำงาน ถ้าปรากฏว่า แบบแปลนแผนผัง รายการละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวงและข้อกำหนดพิเศษตามที่กล่าวในข้อ 1.1 มีส่วนหนึ่งส่วนใดคลาดเคลื่อนหรือจำเป็นต้องแก้ไข ให้ปฏิบัติตามสัญญาที่ได้ลงนามไว้แล้ว

12.1.3 **ข้อกำหนดพิเศษ** ข้อกำหนดพิเศษสัญญาจ้างอาจแสดงไว้ในแบบแปลนแผนผัง หรือเอกสารเพิ่มเติมต่อท้ายรายการละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวง หรือเอกสารประกอบใบเสนอราคาหรือเอกสารแยกต่างหากให้ถือเป็นส่วนหนึ่งของสัญญาจ้าง

12.1.4 **การจราจรระหว่างการก่อสร้าง** ผู้รับจ้างจะต้องจัดการจราจรให้เกิดความสะดวกปลอดภัย ในระหว่างการทำงานโดยตลอด รวมทั้งการจัดทำและติดตั้ง ป้าย เครื่องหมาย อุปกรณ์และ สัญญาณจราจร ตามแบบมาตรฐานของกรมทางหลวง พร้อมทั้งดูแลให้อยู่ในสภาพที่ดีและใช้งานได้ตลอดเวลา สำหรับค่าใช้จ่ายเพื่อการนี้ เป็นภาระของผู้รับจ้างเองทั้งสิ้น

12.1.5 **การขนย้าย สิ่งกีดขวางการก่อสร้าง** วัสดุและสิ่งกีดขวางการก่อสร้างที่จำเป็นต้องขนย้ายออกไป ผู้รับจ้างต้องดำเนินการโดยความเห็นชอบของนายช่างผู้ควบคุมงาน และมิให้เกิดความเสียหายแก่ทรัพย์สินของทางราชการและเอกชน สำหรับค่าใช้จ่ายเพื่อการนี้ เป็นภาระของผู้รับจ้างเองทั้งสิ้น

12.1.6 **การตกแต่งก่อนการส่งมอบงานครั้งสุดท้าย** เมื่อผู้รับจ้างทำงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว ต้องตกแต่งในบริเวณเขตทาง หรือพื้นที่ใช้งานระหว่างการก่อสร้าง ให้สะอาดเรียบร้อย ไม่กีดขวางการระบายน้ำ หรือเป็นอุปสรรคต่อการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ดินสองข้างทาง สำหรับค่าใช้จ่ายเพื่อการนี้ เป็นภาระของผู้รับจ้างเองทั้งสิ้น

12.2 การควบคุมงาน

12.2.1 **อำนาจของผู้ควบคุมงาน** ผู้ว่าจ้างจะแต่งตั้งคณะกรรมการตรวจการจ้างและ

ผู้ควบคุมงานเป็นตัวแทน เพื่อควบคุมงานให้เป็นไปตามข้อกำหนดในสัญญา แบบแปลน แผนผัง รายการละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวง และข้อกำหนดพิเศษ โดยมีอำนาจตรวจสอบ ติดตาม เร่งรัดการทำงานของผู้รับจ้าง ตรวจสอบคุณภาพและปริมาณวัสดุที่ใช้ในงานจ้าง รวมทั้งการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง แก้ไขเพิ่มเติม หรือตัดทอนงานจ้างนี้ได้

ในกรณีผู้รับจ้างไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดในสัญญา หรือในกรณีที่ผู้ควบคุมงานเห็นว่าแบบรูปรายการละเอียด หรือข้อกำหนดในสัญญามีข้อความขัดกัน หรือเป็นที่คาดหมายได้ว่าถึงแม้ว่างานนั้นจะเป็นไปตามแบบรูป รายการละเอียดและข้อกำหนดในสัญญา แต่เมื่อสำเร็จแล้วจะไม่มั่นคงแข็งแรง หรือไม่เป็นตามหลักวิชาช่างที่ดี หรือไม่ปลอดภัย ให้ผู้ควบคุมงานนั้นมีอำนาจสั่งหยุดงานนั้นไว้ก่อนได้

12.2.2 **ลำดับความสำคัญ และการตีความเอกสารสัญญาจ้าง** เอกสารสัญญาจ้างต่าง ๆ อาจคลาดเคลื่อนหรือขัดแย้งกัน ให้ยึดถือและตีความตามลำดับความสำคัญดังนี้

ลำดับที่ 1 สัญญาจ้าง

ลำดับที่ 2 บันทึกเพิ่มเติมต่อท้ายสัญญาจ้าง

ลำดับที่ 3 ข้อกำหนดพิเศษ

ลำดับที่ 4 แบบแปลนแผนผัง

ลำดับที่ 5 รายการละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวง

12.2.3 **การประสานงานกับผู้ว่าจ้าง** ผู้รับจ้างต้องควบคุมดูแลงานนี้ตลอดเวลาจนงานแล้วเสร็จหรือมอบหมายให้มีผู้ควบคุมงานปฏิบัติงานแทนได้ ในการประสานงานกับฝ่ายผู้ว่าจ้าง หรือตัวแทนของผู้ว่าจ้างเพื่อให้งานจ้างเป็นไปด้วยความถูกต้องเรียบร้อย

ผู้รับมอบหมายของผู้รับจ้าง จะต้องเป็นบุคคลที่มีความรู้ความสามารถปฏิบัติงานแทนผู้รับจ้างได้ โดยความเห็นชอบของผู้ว่าจ้าง และผู้ว่าจ้างมีสิทธิ์ที่จะเปลี่ยนผู้รับมอบหมายในกรณีที่เห็นว่าไม่เหมาะสม และหากผู้รับจ้างประสงค์จะเปลี่ยนผู้รับมอบหมาย ต้องแจ้งให้ผู้ว่าจ้างทราบและเห็นชอบทุกครั้ง

ผู้รับจ้างหรือผู้รับมอบหมายต้องอำนวยความสะดวกแก่ผู้ว่าจ้างหรือตัวแทน ในกิจการที่เกี่ยวข้องกับงานจ้างตลอดเวลา

ผู้รับจ้างต้องจัดให้มีเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานจ้างให้เหมาะสมกับงาน และมีจำนวนเพียงพอที่จะปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามแผนปฏิบัติงานที่วางไว้

12.2.4 **การประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง** การประสานงานกับหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องกับงานจ้างเป็นภาระของผู้ว่าจ้างหรือตัวแทนของผู้ว่าจ้าง เพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงานของผู้รับจ้าง สาธารณูปโภคและอื่นสิ่งใดที่เป็นอุปสรรคในการทำงานที่จำเป็นต้องเคลื่อนย้ายออก เป็นเหตุทำให้เกิดความล่าช้า และไม่สะดวกต่อการทำงาน ผู้รับจ้างจะเรียกร้องค่างานเพิ่มชดเชยไม่ได้

12.2.5 **การประสานงานระหว่างผู้รับจ้างรายอื่น** ผู้ว่าจ้างสงวนสิทธิ์ในการให้ผู้รับจ้างรายอื่น ทำงานเพิ่มเติม หรืองานอื่นในพื้นที่เดียวกันหรือข้างเคียง กรณีที่มีผู้รับจ้างมากกว่าหนึ่งรายทำงานในพื้นที่เดียวกัน ผู้รับจ้างจะต้องประสานงานและให้ความร่วมมือไม่เป็นอุปสรรคต่องานซึ่งกันและกัน และหากมีความขัดแย้งเกิดขึ้น ผู้ว่าจ้างจะเป็นผู้พิจารณาตัดสิน และถือเป็นที่ยุติ

12.2.6 **การกำหนดรายละเอียดในงานจ้าง** ผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้างมีหน้าที่กำหนดและจัดทำหมุดศูนย์กลาง และหมุดพยานของแนวทาง และหมุดระดับหลักฐานเพื่อเป็นหมุดอ้างอิงในการทำงานของผู้รับจ้าง และการตรวจสอบของผู้ควบคุมงาน โดยผู้รับจ้างต้องทำหน้าที่ ดูแล รักษา รับผิดชอบให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ตลอดเวลา ส่วนหมุดระดับอื่นๆ ในการทำงานเป็นหน้าที่ของผู้รับจ้างจะต้องจัดทำเองทั้งสิ้น

12.2.7 **ที่พักอาศัยของผู้ควบคุมงาน และสำนักงาน** ผู้รับจ้างต้องจัดหาหรือก่อสร้างที่พักอาศัยและสำนักงานชั่วคราว เพื่อประโยชน์ในการควบคุมงานของผู้ว่าจ้างพร้อมทั้งจัดให้มีสาธารณูปโภค อาทิ ไฟฟ้าแสงสว่าง น้ำอุปโภคและบริโภค โทรศัพท์ และอุปกรณ์เครื่องใช้ ตามสัญญาจ้างหรือตามควรแก่กรณีให้เสร็จเรียบร้อยก่อนการส่งงานงวดที่ 1 โดยทุนทรัพย์ของผู้รับจ้างเองทั้งสิ้น

12.2.8 **การตรวจสอบงาน** ผู้ว่าจ้างหรือตัวแทนมีสิทธิ์ในการตรวจสอบคุณภาพวัสดุที่นำมาใช้ในงานจ้าง และงานที่เสร็จแล้วตลอดเวลา การตรวจสอบนี้รวมถึงการตรวจสอบเครื่องจักรและเครื่องมือ อุปกรณ์ โรงงาน และส่วนอื่นใดที่เกี่ยวข้องกับกิจการงานจ้าง โดยผู้รับจ้างจะต้องอำนวยความสะดวก และให้ความร่วมมือจนกว่าการตรวจสอบเสร็จเรียบร้อย

การตรวจสอบคุณภาพวัสดุที่นำมาใช้งาน หากปรากฏว่าคุณภาพไม่ได้ตามข้อกำหนด เป็นภาระของผู้รับจ้างจะต้องแก้ไขหรือนำออกไป แล้วนำวัสดุที่คุณภาพใช้ได้มาทดแทน

การตรวจสอบคุณภาพงาน หากจำเป็นต้องทำการขุด รื้อ หรือเปิดออก เพื่อการตรวจสอบแล้วเป็นภาระของผู้รับจ้างจะต้องจัดทำใหม่ให้เป็นที่เรียบร้อย มีคุณภาพใช้ได้ กรณีที่การตรวจสอบนั้นกระทำภายหลังจากงานผ่านการตรวจสอบคุณภาพขั้นต้นไปแล้ว เมื่อมีการตรวจสอบใหม่พบว่า คุณภาพของงานใช้ไม่ได้ ผู้รับจ้างจะต้องทำการแก้ไขและดำเนินการใหม่ แต่ถ้าผลการตรวจสอบครั้งใหม่นี้ ปรากฏว่างานมีคุณภาพใช้ได้ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการให้งานกลับสู่สภาพเดิมก่อนดำเนินการตรวจสอบครั้งใหม่นี้เป็นของผู้ว่าจ้าง

การทำงานใดหรือวัสดุที่นำมาใช้งาน ที่มิได้อยู่ภายใต้การควบคุมหรือเห็นชอบจากผู้ว่าจ้างหรือตัวแทน ผู้ว่าจ้างหรือตัวแทนอาจสั่งให้แก้ไข หรือนำออกไป โดยผู้รับจ้างต้องรีบดำเนินการและรับภาระค่าใช้จ่ายเองทั้งสิ้น

12.2.9 **การขนส่งวัสดุ** ผู้รับจ้างต้องทำการขนส่งวัสดุในงานจ้างภายในพิกัดของกฎหมายหรือการจำกัดน้ำหนักบรรทุกในกรณีพิเศษ หากเกิดความเสียหายอันเป็นผลจากการที่ผู้รับจ้างฝ่าฝืนแล้ว

ผู้รับจ้างจะต้องรับผิดชอบในการซ่อมแซมความเสียหายที่เกิดขึ้นทั้งหมด

12.2.10 **การรับมอบ การบำรุงรักษาทาง ระหว่างการก่อสร้าง** ผู้ว่าจ้างจะมอบทางให้ผู้รับจ้างรับไปดำเนินการคราวละประมาณ 5 กิโลเมตร โดยพิจารณาตามกำลังความสามารถของผู้รับจ้าง โดยมิให้เกิดความเดือดร้อนแก่ผู้ใช้ทาง ทั้งนี้ ผู้ว่าจ้างมีสิทธิ์กำหนดให้ผู้รับจ้างทำงานในช่วงใดก่อนก็ได้ ทางส่วนที่ผู้รับจ้างรับมอบแล้ว ต้องเร่งทำงานให้เสร็จเรียบร้อยโดยเร็ว และช่วงที่ยังไม่ได้ทำการก่อสร้าง หากปรากฏว่าเกิดการชำรุดเสียหายเป็นอุปสรรคต่อการจราจร ผู้รับจ้างจะต้องรีบทำการแก้ไขซ่อมแซมทันทีให้มีสภาพดี โดยใช้วัสดุชนิดเดียวกับผิวทางเดิม ยกเว้นผิวทาง คอนกรีตหรือแอสฟัลต์คอนกรีต อาจซ่อมแซมด้วยวัสดุแอสฟัลต์ผสมเสร็จ (Pre- Mixed) ได้

ในกรณีที่จำเป็นต้องจัดให้มีทางเบี่ยง หรือสะพานเบี่ยง ผู้รับจ้างต้องก่อสร้างให้เป็นไปตามแบบมาตรฐานการก่อสร้างทางเบี่ยง โดยที่ชนิดของผิวทางเบี่ยงไม่ต่ำกว่าชนิดของผิวทางในช่วงนั้น ยกเว้นทางช่วงนั้นมีผิวทางคอนกรีต ผิวทางเบี่ยงให้ก่อสร้างเป็นผิวลาดแอสฟัลต์ได้ ทางเบี่ยงที่ก่อสร้างจะต้องมีความมั่นคงแข็งแรง สามารถรับน้ำหนักของรถบรรทุกมาตรฐานขนาด H 20-44 หรือตามที่กำหนดไว้ พร้อมทั้งเปิดช่องระบายน้ำให้เพียงพอ ไม่เป็นอุปสรรคต่อการไหลของน้ำและเกิดการกัดเซาะได้ ผู้รับจ้างต้องดูแลบำรุงรักษาทางเบี่ยงหรือสะพานเบี่ยงให้อยู่ในสภาพเรียบร้อยเกิดความสะดวกและปลอดภัยต่อการจราจรตลอดเวลา

หากผู้รับจ้างไม่ปฏิบัติให้ถูกต้องเรียบร้อยดังกล่าวข้างต้นแล้ว ให้ถือว่าผู้รับจ้างปฏิบัติผิดเงื่อนไขของสัญญา ผู้ว่าจ้างมีสิทธิ์ว่าจ้างผู้อื่นเข้าดำเนินการ หรือดำเนินการเอง แล้วคิดค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นจากผู้รับจ้าง และถือว่าผู้รับจ้างยังคงต้องรับผิดชอบเสมือนหนึ่งเป็นงานที่ผู้รับจ้างทำด้วยตนเอง

12.3 การควบคุมด้านวัสดุ

12.3.1 **แหล่งวัสดุและคุณภาพ** วัสดุที่ผู้รับจ้างจะนำมาใช้ในงานจ้างจะต้องมีคุณภาพไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด แหล่งวัสดุต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานของผู้รับจ้างก่อนที่จะนำออกมาใช้งาน และหากภายหลังปรากฏคุณภาพวัสดุเปลี่ยนไปไม่ได้ตามข้อกำหนด ผู้รับจ้างจะต้องจัดหาวัสดุจากแหล่งใหม่ที่คุณภาพใช้ได้แทนแหล่งเดิม

ผู้รับจ้างอาจร้องขอให้ผู้ควบคุมงานของผู้รับจ้าง ทำการสำรวจและตรวจสอบคุณภาพวัสดุเบื้องต้นจากแหล่ง เพื่อให้ได้วัสดุที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด และให้ความเห็นชอบในการนำออกมาใช้งานต่อไป และถึงแม้ว่าการตรวจสอบเบื้องต้น วัสดุมีคุณภาพตามข้อกำหนดนี้แล้วก็ตาม ไม่อาจถือได้ว่าวัสดุทั้งหมดในแหล่งดังกล่าวมีคุณภาพเหมือนกันทั้งหมด ผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้างจะตรวจสอบใหม่ได้อีกตามความจำเป็น

ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบต่อผลกระทบ หรือความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจากการที่ผู้รับจ้างนำวัสดุออกมาใช้งาน ทั้งที่เกิดขึ้นกับสาธารณูปโภคโดยตรง และภาระที่ผู้ว่าจ้างต้องเกี่ยวข้อง

12.3.2 **การกำหนดแหล่งวัสดุใช้งาน** แหล่งวัสดุที่แสดงไว้ในแบบ หรือข้อกำหนดพิเศษเป็นเพียงการแนะนำ ภาระในการสืบแสวงหาวัสดุที่มีคุณภาพใช้ได้ตามข้อกำหนดนอกเหนือจากที่แสดงไว้เพื่อนำมาใช้ในงานจ้างนี้ เป็นภาระของผู้รับจ้าง ค่าใช้จ่ายในการสืบแสวงหาแหล่งวัสดุ ค่าวัสดุ และค่าขนส่งวัสดุ จากแหล่งที่แสดงไว้หรือแหล่งอื่นใด ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบเองทั้งสิ้น ผู้ว่าจ้างจะไม่จ่ายค่าชดเชยให้ไม่ว่ากรณีใดๆ

12.3.3 **การตรวจสอบเครื่องมือ เครื่องจักร และโรงงาน** วัสดุที่จัดทำขึ้นเพื่อนำมาใช้ในงานจ้างโดยผู้รับจ้างเอง หรือผู้ที่ผู้รับจ้างสั่งให้จัดทำต้องผ่านการตรวจสอบทั้งปริมาณและคุณภาพให้ได้ตามข้อกำหนด รวมทั้งขบวนการจัดทำ การดำเนินการในข้อนี้อยู่ภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

- ผู้รับจ้างต้องแจ้งให้ทำการตรวจสอบ
- ผู้รับจ้าง และหรือผู้รับทำของให้ผู้รับจ้าง ต้องอำนวยความสะดวกในระหว่างการตรวจสอบ
- ผู้ว่าจ้างหรือตัวแทนผู้ว้าจ้าง มีสิทธิ์ในการเข้าทำการตรวจวัตถุดิบ โรงงาน เครื่องจักร ขบวนการผลิต และผลผลิต ตลอดเวลา
- ผู้ว่าจ้างสงวนสิทธิ์ในการปฏิเสธการรับรองวัสดุ ที่ผ่านการตรวจสอบที่แหล่งผลิตที่มีคุณภาพใช้ได้และจัดส่งมาสนาม หากปรากฏว่ามีความจำเป็นจะกระทำการตรวจสอบคุณภาพใหม่เมื่อใดก็ได้จนกว่าวัสดุที่ใช้งานได้คุณภาพครบถ้วนถูกต้อง จึงจะนำไปใช้งานได้

12.3.4 **การเก็บตัวอย่างและการตรวจสอบคุณภาพ** วัสดุทุกชนิดที่นำมาใช้ในงานต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพ และได้รับการรับรองคุณภาพว่าใช้ได้ตามข้อกำหนดทุกประการ วัสดุที่ผู้รับจ้างนำมาใช้โดยพลการซึ่งไม่ได้รับการรับรองคุณภาพ ถือว่าเป็นวัสดุใช้ไม่ได้ และจะไม่มีการจ่ายค่างาน หรือค่าเสียหายใดๆ ทั้งสิ้น

วิธีการตรวจสอบคุณภาพวัสดุ ให้ใช้วิธีการตามข้อกำหนด หรือกำหนดพิเศษที่ประกาศใช้ ณ วันออกประกาศประกวดราคา

การเก็บตัวอย่างเพื่อการตรวจสอบคุณภาพทั้งวิธีการเก็บและปริมาณตัวอย่างที่จะใช้ให้เป็นไปตามระเบียบวิธีการเก็บตัวอย่างที่สอดคล้องกับวิธีการตรวจสอบที่จะใช้ในขณะนั้น

ในการเก็บตัวอย่างต้องมีตัวแทนของผู้ว่าจ้างร่วมทำการเก็บด้วยทุกครั้ง และทำหน้าที่ในการส่งตัวอย่างไปยังสถานที่ตรวจสอบโดยค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับการเก็บและส่งตัวอย่างเป็นภาระของผู้รับจ้างทั้งสิ้น และผู้ว่าจ้างจะไม่รับผิดชอบใดๆ ต่อความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นแก่ตัวอย่างที่ส่งตรวจสอบ

12.3.5 **หลักการและอัตราค่าธรรมเนียมการทดลอง และตรวจสอบคุณภาพวัสดุ** หลักการและอัตราค่าธรรมเนียมการทดลอง และตรวจสอบคุณภาพวัสดุ ให้เป็นไปตามคำสั่งหรือ ประกาศของผู้ว่าจ้างที่มีผลบังคับใช้ ณ วันที่ลงนามในสัญญาจ้าง

ผู้รับจ้างต้องชำระค่าธรรมเนียมการทดลอง และการตรวจสอบคุณภาพวัสดุ เมื่อส่งตัวอย่างทดลองหรือภายใน 7 วัน นับแต่วันที่ได้รับแจ้งให้ชำระค่าธรรมเนียมการทดลอง และตรวจสอบคุณภาพวัสดุ

12.3.6 **การขนส่งและสำรองวัสดุใช้งาน** พาหนะที่ใช้ในการขนส่งวัสดุที่นำมาใช้ในงานจ้าง ต้องเป็นประเภทที่กฎหมายอนุญาตให้ใช้ได้และอยู่ในสภาพเรียบร้อยใช้งานได้ดี ไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อการสัญจรประเภทเดียวกัน

ในระหว่างการขนส่งวัสดุต้องกระทำด้วยความระมัดระวังมิให้วัสดุที่นำมาใช้เสื่อมสภาพหรือมีวัสดุอื่นปะปน ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้คุณภาพไม่ได้ตามข้อกำหนด

การสำรองวัสดุต้องจัดเตรียมสถานที่โรงเก็บเป็นอย่างดีป้องกันมิให้วัสดุเสื่อมสภาพและคุณสมบัติก่อนนำมาใช้งาน สถานที่ที่ใช้สำรองวัสดุ ผู้รับจ้างขอใช้พื้นที่ในบริเวณเขตทางหรือสถานที่อื่นใดในบริเวณใกล้เคียงงานจ้างก็ได้ ที่สะดวกต่อการควบคุมคุณภาพ และภายหลังที่หมดความจำเป็นต้องใช้สถานที่ดังกล่าวแล้ว ผู้รับจ้างต้องเก็บกวาดให้เรียบร้อยตามสภาพเดิมโดยค่าใช้จ่ายเป็นของผู้รับจ้างเอง

12.4 ความรับผิดชอบของผู้รับจ้าง

12.4.1 **กฎหมายที่เกี่ยวข้อง** ผู้รับจ้างต้องถือปฏิบัติตามกฎหมายระเบียบข้อบังคับของทางราชการ ที่เกี่ยวข้องกับงานจ้างโดยเคร่งครัด การฝ่าฝืนหากเกิดความหาย อันเนื่องจากการกระทำที่ผิดกฎหมายนั้น ผู้รับจ้างจะต้องรับผิดชอบเองทั้งสิ้น

12.4.2 **ความสะดวกและความปลอดภัยของประชาชน** ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบในการอำนวยความสะดวกและปลอดภัยแก่ประชาชนผู้ใช้ทางโดยเฉพาะในบริเวณพื้นที่และเส้นทางที่ได้รับมอบจากผู้ว่าจ้างไปดำเนินการแล้วตลอดเวลาโดยการจัดทำ จัดหาและติดตั้งสิ่งจำเป็นต่าง ๆ เกี่ยวกับการจราจรโดยค่าใช้จ่ายของผู้รับจ้างเอง

ในขณะทำงาน ผู้รับจ้างต้องบำรุงรักษาเส้นทางให้ใช้สัญจรได้สะดวกและปลอดภัยตลอดเวลา

กรณีที่งานก่อสร้างเป็นอุปสรรคต่อการสัญญาอาจเปิดให้รถทางเดียวได้โดยผู้รับจ้างจะต้องจัดหาติดตั้งอุปกรณ์ และเครื่องหมายสัญญาณจราจร เตือนล่วงหน้าและป้องกันอุบัติเหตุหากการสัญจรไม่สามารถเห็นในทิศทางตรงกันข้าม ผู้รับจ้างต้องจัดให้มีพนักงานให้สัญญาณและจัดการจราจรให้ผ่านได้โดยสะดวก

หากมีความจำเป็นต้องปิดทางที่เปิดการจราจรแล้วเป็นบางช่วงจะต้องได้รับอนุญาตจากผู้ว่าจ้างก่อน และผู้รับจ้างจะต้องทำทางเบี่ยงหรือสะพานเบี่ยง ให้การจราจรผ่านได้ตามปกติก่อนที่จะทำการปิดทางเพื่อทำการก่อสร้าง พร้อมทั้งมีการแนะนำและเตือนผู้ใช้ทางเป็นการล่วงหน้า โดยผู้รับจ้างต้องดูแลและบำรุงรักษา ทางเบี่ยง หรือสะพานเบี่ยง ให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดี และสะดวกปลอดภัยตลอดเวลาที่ใช้งาน

ในกรณีที่กล่าวข้างต้นนี้ หากผู้รับจ้างละเลยจนทำให้เกิดอุปสรรคต่อการสัญจร หรือผู้ว้าจ้างเห็นว่าจะไม่สะดวกและปลอดภัย ผู้ว่าจ้างมีสิทธิ์ว่าจ้างผู้อื่นเข้าดำเนินการหรือดำเนินการเองแล้วคิดค่าใช้จ่ายจากผู้รับจ้าง

หากเกิดอุบัติเหตุใดๆ ในบริเวณพื้นที่และเส้นทางที่ได้รับมอบจากผู้ว่าจ้างไปดำเนินการแล้ว ผู้รับ-จ้างต้องรับผิดชอบในผลแห่งอุบัติเหตุนั้นแต่เพียงฝ่ายเดียวทั้งทางแพ่งและทางอาญา

12.4.3 **การติดตั้งป้ายและสัญญาณควบคุมการจราจร** ในขณะทำงานผู้รับจ้างต้องจัดให้มีป้ายและสัญญาณจราจร เพื่อเตือนและแนะนำผู้ใช้ทางทราบล่วงหน้า ให้ขับขี่ยานพาหนะด้วยความระมัดระวังมิให้เกิดอุบัติเหตุอันเนื่องมาจากการก่อสร้าง

กรณีที่จำเป็นต้องปิดกั้นทางที่ใช้สัญจรตามปกติต้องจัดให้มีแผงกั้นพร้อมป้าย หรือเครื่องหมายเตือนล่วงหน้า ในเวลากลางคืนต้องจัดให้มีแสงสว่างติดไว้ที่แผงกั้นด้วย

ในบริเวณที่กำลังก่อสร้าง การกองวัสดุไว้บนคันทาง ต้องจัดให้มีป้ายเตือนเพิ่มเติมเป็นกรณีพิเศษตลอดเวลาที่ทำงาน และถ้าเป็นงานที่ทำบริเวณทางตัดหรือทางแยกจะต้องติดตั้งป้ายเตือนบนทางตัดหรือทางแยกสายที่มีการจราจรผ่านบริเวณก่อสร้างด้วย

ป้ายเครื่องหมายและสัญญาณจราจรรวมทั้งการติดตั้ง จะต้องเป็นไปตามแบบมาตรฐานของกรมทางหลวงและหากจำเป็นต้องจัดให้มีแสงสว่างสามารถเห็นลักษณะและรายละเอียดของป้ายเครื่องหมายได้ชัดเจน กรณีที่มีปริมาณการจราจรสูงต้องจัดให้มีไฟกระพริบติดตั้งเตือนไว้ล่วงหน้าเป็นกรณีพิเศษ

ในกรณีผู้รับจ้าง ติดตั้งป้ายเครื่องหมายและสัญญาณจราจร ไม่เป็นไปตามวรรค 4 ผู้ว่าจ้างมีอำนาจสั่งหยุดงานไว้จนกว่าผู้รับจ้างจะปฏิบัติโดยถูกต้องครบถ้วน

ในกรณีป้ายเครื่องหมายและสัญญาณจราจรชำรุดหรือสูญหายจนทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นผู้รับจ้างเป็นผู้รับผิดชอบจากผลของการเกิดอุบัติเหตุนั้นแต่เพียงฝ่ายเดียว

12.4.4 **การมีและใช้วัตถุระเบิด** กรณีที่จำเป็นต้องมีการนำวัตถุระเบิดมาใช้ในงานจ้าง ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้ดำเนินการขออนุญาตมีและใช้วัตถุระเบิดตามระเบียบของทางราชการโดยผู้รับจ้างจะอำนวยความสะดวกและให้ความร่วมมือในการขออนุญาต

การมีและใช้วัตถุระเบิด ผู้รับจ้างต้องปฏิบัติตามระเบียบวิธีปฏิบัติของทางราชการอย่างเคร่งครัด

วัตถุระเบิดที่มีไว้ต้องใช้เฉพาะในงานนี้เท่านั้นและการใช้งานต้องเป็นไปด้วยความระมัดระวังเป็นพิเศษ มิให้ที่เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินและชีวิตของประชาชน ความเสียหายใดๆ ที่อาจเกิดจากการใช้วัตถุระเบิดของผู้รับจ้าง แม้ว่าจะเป็นการใช้ในงานจ้างก็ตาม ผู้รับจ้างจะต้องรับผิดชอบเองทั้งสิ้น

12.4.5 **การอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม** ผู้รับจ้างมีหน้าที่ต้องระวังป้องกันมิให้การทำงานมีผลกระทบและก่อให้เกิดความเสียหายต่อธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในบริเวณพื้นที่ทำงานและบริเวณข้างเคียง

กรณีที่เกิดความเสียหายขึ้น ผู้รับจ้างจะต้องรับผิดชอบแก้ไขให้คืนสภาพเดิมและหรือแก้ไขผลกระทบที่เกิดขึ้นให้หมดไป

12.4.6 **การรับผิดชอบต่อทรัพย์สินและความเสียหาย** ผู้รับจ้างต้องระมัดระวัง มิให้การทำงานเป็นเหตุให้เกิดความเสียหายต่อสาธารณสมบัติ สาธารณูปโภค และทรัพย์สินของผู้อื่น หากมีความเสียหายเกิดขึ้นจากการกระทำของผู้รับจ้าง ผู้รับจ้างจะต้องรับผิดชอบต่อความเสียหายนั้นแต่เพียงฝ่ายเดียว

12.4.7 **การเปิดการจราจร** โดยดุลยพินิจของผู้ว่าจ้าง หากเห็นว่างานจ้างส่วนใดแล้วเสร็จสามารถเปิดการจราจรได้ตามคำสั่งของผู้ว่าจ้าง และหากยังมีงานบางอย่างจำเป็นต้องทำในช่วงที่เปิดการจราจรแล้วนั้นผู้รับจ้างจะต้องระมัดระวังให้มีผลกระทบต่อการจราจรน้อยที่สุด

ผู้รับจ้างยังคงต้องรับผิดชอบงานจ้างช่วงที่เปิดการจราจรแล้วไปจนกว่าจะทำการส่งมอบงานจ้างเรียบร้อยทั้งหมดตามสัญญา และ จะนำมาเป็นข้อยกเว้นต่อการรับผิดชอบในงานจ้างมิได้

12.4.8 **ความรับผิดชอบในงาน** เมื่อผู้รับจ้างทำงานแล้วเสร็จเรียบร้อยและผู้ว่าจ้างรับมอบงานแล้ว หากมีเหตุชำรุดเสียหายเกิดขึ้นแก่งานนี้ ผู้รับจ้างจะต้องรับผิดชอบตามเงื่อนไขของสัญญา

กรณีมีเหตุชำรุดเสียหายหลังจากระยะเวลาที่กำหนดตามเงื่อนไขของสัญญา ผู้รับจ้างยังคงต้องรับผิดชอบตามที่บัญญัติไว้ในประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์ด้วย

12.5 การปฏิบัติงาน

12.5.1 **การเริ่มดำเนินการ** ผู้ว่าจ้างเป็นผู้กำหนดวันลงมือทำงาน ซึ่งผู้รับจ้างจะลงมือทำงานก่อนวันที่กำหนดนี้มิได้ และผู้รับจ้างจะต้องลงมือทำภายใน 30 วัน นับถัดจากวันที่กำหนดให้ลงมือมือทำงาน

12.5.2 **การจ้างเหมาช่วง** ผู้รับจ้างจะไม่นำงานจ้างทั้งหมดหรืองานจ้างบางส่วนไปให้ผู้รับจ้างรายอื่นรับเหมาช่วงอีกทอดหนึ่งโดยมิได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้ว่าจ้าง ในกรณีที่ได้รับอนุญาต ผู้รับจ้างยังคงต้องรับผิดชอบงานดังกล่าวเสมือนผู้รับจ้างทำเองทุกประการ

12.5.3 **แผนปฏิบัติงาน** ผู้รับจ้างจะต้องจัดทำแผนปฏิบัติงานส่งให้ผู้ว่าจ้างตรวจสอบและแผนปฏิบัติงานดังกล่าวต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ว่าจ้างก่อนจะลงมือทำงานได้

แผนปฏิบัติงานจะต้องแสดง ลำดับขั้นตอนและช่วงเวลา ที่จะทำงานแต่ละรายการในงานจ้างครบถ้วนชัดเจนและเป็นไปได้ โดยงานจ้างทั้งหมดต้องแล้วเสร็จสมบูรณ์ภายในกำหนดเวลาของสัญญา

ในกรณีมีความจำเป็นต้องปรับแผนปฏิบัติงานในระหว่างการทำงาน ผู้รับจ้างต้องเสนอแผนปฏิบัติงานปรับใหม่ต่อผู้ว่าจ้างเพื่อให้ความเห็นชอบก่อนทุกครั้ง

12.5.4 **เจ้าหน้าที่** ผู้รับจ้างจะต้องจัดทำบัญชีอัตรากำลังเจ้าหน้าที่ พร้อมทั้งคุณวุฒิและประวัติการทำงานของเจ้าหน้าที่ระดับหัวหน้างาน แผนผังการบริหารงาน ส่งให้ผู้ว่าจ้างตรวจสอบ และให้ความเห็นชอบ พร้อมกับการส่งแผนปฏิบัติงาน

ผู้รับจ้างต้องจัดให้มีเจ้าหน้าที่ซึ่งเป็นผู้ได้รับอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมในแขนงสาขาที่เกี่ยวข้องกับงานจ้างประเภทไม่ต่ำกว่าภาคีวิศวกรซึ่งมีประสบการณ์ทำงานไม่น้อยกว่า 3 ปี ปฏิบัติงานประจำ ณ สถานที่ทำงานจ้าง

12.5.5 **เครื่องจักรและเครื่องมือ** ผู้รับจ้าง จะต้องจัดทำบัญชีเครื่องจักรและเครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้ในงานจ้างเสนอผู้ว่าจ้างตรวจสอบและให้ความเห็นชอบพร้อมกับการส่งแผนปฏิบัติงาน โดยผู้รับจ้างจะต้องจัดหาให้มีใช้งานจริงตามบัญชีที่ได้รับความเห็นชอบแล้ว

ในกรณีจำเป็นเมื่อผู้ว่าจ้างกำหนดประเภทและจำนวนเครื่องจักรและเครื่องมือให้เหมาะสมกับสภาพงานที่จะทำ ซึ่งผู้รับจ้างจะต้องจัดหามาดำเนินการโดยทุนทรัพย์ของผู้รับจ้างเองทั้งสิ้น

12.5.6 **การกำหนดระยะเวลาทำการ และการปรับระยะเวลาทำการ** การกำหนดระยะเวลาทำการเป็นไปตามที่ระบุไว้ในสัญญา ซึ่งอายุสัญญานับรวมโดยไม่เว้นวันหยุดใดๆ

ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขแบบ ทำให้ปริมาณงานและค่างานเปลี่ยนแปลงไปจากปริมาณงานและค่างานตามสัญญา ผู้ว่าจ้างจะพิจารณาปรับระยะเวลาทำการตามอัตราส่วนของงานที่เปลี่ยนแปลงไป

กรณีที่ผู้รับจ้างเสียเวลาไปโดยไม่ได้ทำงาน ด้วยเหตุจำเป็นที่มิใช่ความบกพร่องของผู้รับจ้างแล้ว ผู้ว่าจ้างจะพิจารณาปรับระยะเวลาทำการเพิ่มให้ตามแต่กรณี เมื่อได้รับการร้องขอจากผู้รับจ้าง

งานจ้างนี้ถือว่าแล้วเสร็จสมบูรณ์เมื่อผู้ว่าจ้างได้รับมอบงานจากผู้รับจ้างถูกต้องเรียบร้อยตามรูปแบบและสัญญาทุกประการ

12.5.7 **การส่งมอบงานล่าช้าและค่าปรับ** หากผู้รับจ้างทำงานแล้วเสร็จ และส่งมอบงานให้ผู้ว่าจ้างภายหลังกำหนดระยะเวลาทำงานตามสัญญา ผู้ว่าจ้างจะปรับผู้รับจ้างเป็นรายวันตามอัตราที่กำหนดในสัญญา

ผู้ว่าจ้างมีสิทธิ์จะหักเงินค่าปรับจากผู้รับจ้าง จากเงินค่าจ้างที่จะจ่ายให้ผู้รับจ้าง และผู้รับจ้างยอมรับชดใช้ค่าปรับจำนวนที่ยังขาดอยู่ให้ครบถ้วน หากยังคงมีเงินค่าจ้างเหลือจากการหักค่าปรับอีก ผู้ว่าจ้างจะจ่ายให้แก่ผู้รับจ้างทั้งหมด

12.5.8 **การบอกเลิกสัญญา** ผู้ว่าจ้างมีสิทธิ์บอกเลิกสัญญากับผู้รับจ้างในกรณีหนึ่งกรณีใดดังต่อไปนี้

- ผู้รับจ้างกระทำผิดเงื่อนไขสัญญาข้อหนึ่งข้อใด
- ผู้รับจ้างไม่เริ่มทำงานตามสัญญาภายในกำหนดเวลาตามข้อ 5.1
- เมื่อครบกำหนดระยะเวลาทำงานตามสัญญา แต่ผู้รับจ้างยังทำงานไม่แล้วเสร็จ

- หยุดการทำงานหรือทำแต่เพียงให้เห็นว่ามิได้หยุดการทำงานโดยสิ้นเชิงเป็นเวลาติดต่อกันเกินกว่า 30 วัน

- หยุดการทำงานโดยไม่มีเหตุผลสมควร และก่อให้เกิดความเดือนร้อนไม่สะดวกหรืออาจเป็นอันตรายแก่ประชาชนผู้ใช้เส้นทาง

- มีหลักฐานแสดงว่าผู้รับจ้างมีฐานะการเงินไม่ดี ขาดเงินทุนหมุดเวียนและขาดเครื่องมือเครื่องจักรหรืออื่นๆ ที่อาจทำให้คาดหมายได้ว่าผู้รับจ้างไม่สามารถทำงานให้แล้วเสร็จบริบูรณ์ได้

- เวลาล่วงเลยไปเกินกว่าครึ่งหนึ่งของกำหนดเวลาตามสัญญา แต่ผู้รับจ้างทำงานตามสัญญาล่าช้าต่ำกว่าแผนปฏิบัติงาน โดยมีผลต่างซึ่งมีหน่วยเป็นร้อยละ ระหว่างแผนปฏิบัติงานที่ผู้ว่าจ้างเห็นชอบไว้แล้วกับผลงานที่ผู้รับจ้างทำได้จริงตั้งแต่สามสิบ (30) ขึ้นไป

เมื่อผู้ว่าจ้างบอกเลิกสัญญากับผู้รับจ้างแล้ว ผู้รับจ้างยินยอมให้ผู้ว่าจ้างดำเนินการดังต่อไปนี้

- ริบหลักประกันสัญญา
- เรียกเอาค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในการทำงานนั้นต่อไปจนงานแล้วเสร็จบริบูรณ์
- เรียกเอาค่าใช้จ่ายในการควบคุมงานเพิ่ม (ถ้ามี)
- เรียกค่าเสียหายอันพึงมีจากผู้รับจ้าง
- บรรดางานที่ผู้รับจ้างได้ทำขึ้น และสิ่งของต่างๆ ที่ได้นำมาไว้ ณ สถานที่ทำงานนั้นโดยเฉพาะเพื่องานจ้างดังกล่าว ผู้รับจ้างยอมให้ตกเป็นกรรมสิทธิ์ของผู้ว่าจ้างโดยผู้รับจ้างจะเรียกค่าตอบแทนและค่าเสียหายใดๆไม่ได้
- ยอมให้ผู้ว่าจ้างมีสิทธิ์ระงับการจ่ายค่าจ้างของงานที่คณะกรรมการตรวจการจ้างได้ตรวจรับไปแล้วเพื่อเป็นประกันการชำระหนี้
- ในกรณีที่ต้องจ้างบุคคลอื่นทำงานที่ค้างอยู่ให้แล้วเสร็จบริบูรณ์ หากปรากฏว่าเงินค่างานที่เหลือจ่ายไม่พอสำหรับการทำงานรายนี้เป็นจำนวนเท่าใด ผู้รับจ้างยอมให้ผู้ว่าจ้างหักเงินจำนวนนั้นจากค่าจ้างที่ค้างชำระ และยอมรับผิดชดใช้เงินจำนวนที่ยังขาดอยู่นั้นจนครบถ้วน

12.6 ปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

12.6.1 **การขอรับเงินค่าจ้างล่วงหน้า** ผู้รับจ้างมีสิทธิ์ที่จะขอรับเงินค่าจ้างล่วงหน้าได้ตามเงื่อนไขที่ระบุไว้ในสัญญา

ในการขอรับเงินค่าจ้างล่วงหน้า ผู้รับจ้างต้องทำสัญญาไว้กับผู้ว่าจ้างพร้อมทั้งมีหนังสือค้ำประกันของธนาคารภายในประเทศเท่ากับจำนวนเงินค่าจ้างล่วงหน้าที่ขอรับ หนังสือค้ำประกันต้องเป็นไปตามแบบของผู้ว่าจ้างโดยมีสาระสำคัญคือ

- ธนาคารจะต้องรับผิดชอบจำนวนเงินค่าจ้างล่วงหน้าในฐานะผู้ค้ำประกัน
- ในกรณีผู้รับจ้างปฏิบัติผิดสัญญา ผู้ว่าจ้างมิสิทธิ์เรียกร้องเงินที่จ่ายล่วงหน้าจากธนาคารได้

- สัญญาค้ำประกันระงับไป เมื่อธนาคารหรือผู้รับจ้างได้ชดใช้เงินที่จ่ายล่วงหน้าแก่ผู้ว่าจ้างครบจำนวนแล้ว

- ความรับผิดชอบของธนาคารลดลงตามส่วน ตามจำนวนเงินที่ผู้ว่าจ้างได้หักชดใช้จากเงินค่างานของผู้รับจ้าง

- การหักเงินค่างานของผู้รับจ้างชดใช้เงินค่าจ้างล่วงหน้านี้ หากปรากฏว่าผู้รับจ้างมีหนี้สินหรือภาระอื่นใดต่อผู้ว่าจ้างตามสัญญาที่ไม่เกี่ยวกับเงินค่าจ้างล่วงหน้า ผู้ว่าจ้างมีสิทธิ์ที่จะหักเงินค่างานของผู้รับจ้างชดใช้หนี้สินหรือภาระตามสัญญาจ้างนั้นก่อน เมื่อมีเงินเหลือจึงจะหักชดใช้เงินค่าจ้างล่วงหน้า และธนาคารผู้ค้ำประกันจะต้องยอมรับและรับผิดชอบเงินที่จ่ายล่วงหน้าหรือที่ยังขาดอยู่จนครบจำนวน

ผู้รับจ้างจะต้องชำระภาษีเงินได้หัก ณ ที่จ่าย จากการขอรับเงินค่าจ้างล่วงหน้า ตามระเบียบของทางราชการ

เมื่อผู้รับจ้างรับเงินค่าจ้างล่วงหน้าไปแล้ว ผู้ว่าจ้างจะหักคืนจากเงินค่าจ้างตามข้อ 6.2 ของค่างานแต่ละงวดจนกว่าจะครบเงินค่าจ้างล่วงหน้าที่ผู้รับจ้างรับไป และหากผู้รับจ้างปฏิบัติผิดสัญญา ผู้ว่าจ้างมีสิทธิ์ที่จะหักเงินค่างานของผู้รับจ้างชดใช้เงินค่าจ้างล่วงหน้าจนครบจำนวน

12.6.2 **การจ่ายค่าจ้าง** ผู้ว่าจ้างจะจ่ายค่าจ้างให้แก่ผู้รับจ้างเป็นรายเดือน ยกเว้นงวดรองสุดท้าย และงวดสุดท้าย ตามผลงานและราคาต่อหน่วยของงานแต่ละรายการ ที่ผู้รับจ้างจัดทำได้เสร็จสมบูรณ์ครบถ้วนตามสัญญา ผู้ว่าจ้างหรือตัวแทนของผู้ว่าจ้างจะออกหนังสือรับรองผลการปฏิบัติงานให้ผู้รับจ้างไว้เป็นหลักฐาน

ในการจ่ายเงินค่างานนี้ ผู้ว่าจ้างจะหักเงินค่าจ้างทุกครั้งที่มีการจ่ายค่าจ้าง เพื่อเป็นหลักประกันผลงาน หรือผู้รับจ้างจะใช้หนังสือค้ำประกันของธนาคารตามจำนวนมาวางไว้กับผู้ว่าจ้างแทนก็ได้ ระยะเวลาของการค้ำประกันต้องมีอายุไม่น้อยกว่า 6 เดือน นับแต่วันสิ้นสุดสัญญา

การจ่ายค่าจ้างงวดสุดท้าย ผู้ว่าจ้างจะจ่ายเมื่อผู้รับจ้างได้ทำงานครบถ้วนสมบูรณ์ตามสัญญาและส่งมอบงานเรียบร้อยแล้วโดยจะจ่ายเงินค่าจ้างที่เหลือกับเงินที่หักไว้เป็นประกันผลงานคืนให้กับผู้รับจ้าง

12.6.3 **ปริมาณงานและราคาค่างาน** ปริมาณงานที่กำหนดไว้ในแบบเป็นจำนวนเพียงประมาณเท่านั้น ปริมาณงานที่แก้จริงให้พึงถือจากปริมาณงานอันได้คำนวณตามวิธีการที่กรมทางหลวงกำหนด ปริมาณงานที่แท้จริงอาจมากหรือน้อยกว่าปริมาณงานที่ได้กำหนดไว้ในแบบก็ได้ ผู้ว่าจ้างจะจ่ายเงินค่างานให้แก่ผู้รับจ้างในอัตราของราคาต่อหน่วยของงานแต่ละประเภท ตามผลงานที่ทำได้จริง

ถ้าปริมาณงานที่ทำได้จริงแตกต่างไปจากปริมาณงานที่กำหนดในสัญญา การจ่ายเงินค่างานจะเปลี่ยนแปลงไปตามเงื่อนไขที่ระบุไว้ในสัญญา

12.6.4 **การยกเลิกงานบางรายการ** ผู้ว่าจ้างมีสิทธิ์ยกเลิกงานบางรายการที่กำหนดไว้ในสัญญา เมื่อผู้ว่าจ้างพิจารณาแล้วไม่มีความจำเป็นต้องทำโดยผู้ว่าจ้างจะแจ้งให้ผู้รับจ้างทราบเป็นลายลักษณ์อักษรเป็นการล่วงหน้าและผู้รับจ้างไม่มีสิทธิ์ขอรับเงินชดเชยตามกรณีข้อ 6.3 แต่ประการใด

คำสั่งแต่งตั้ง

คณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง

คำสั่ง คณะกรรมการพัฒนาระบบบริหารความรู้ในองค์กรกรมทางหลวง

ที่ ม.1/28/50

เรื่อง แต่งตั้งคณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง

เพื่อประโยชน์ต่อทางราชการ และให้กรมทางหลวงมีฐานความรู้และมีระบบการบริหารองค์ความรู้ที่ยั่งยืน บรรลุเป้าหมายในการส่งเสริมและพัฒนาความรู้ในส่วนราชการ เพื่อให้การควบคุมงานก่อสร้างทางหลวงของหน่วยงานต่าง ๆ ในกรมทางหลวงมีคุณภาพและมาตรฐานเป็นแนวทางเดียวกัน จึงแต่งตั้งคณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง ดังนี้

1. องค์ประกอบ

<u>คณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทาง</u>

1 ผู้อำนวยการสำนักก่อสร้างทางที่ 2		ที่ปรึกษา
2 ผู้อำนวยการกองนิติการ		ที่ปรึกษา
3 นายศักดิ์ชัย ขำเจริญ	นักวิชาการพัสดุ 8 ว	ที่ปรึกษา
4 นายวิษณุ ใจเผื่อแผ่	นายช่างโยธา 8	ที่ปรึกษา
5 นายบุญชัย ศรีธาราธิคุณ	วิศวกรวิชาชีพ 9 วช	ประธานคณะทำงาน
6 นายอภิชาติ จันทร์ทรัพย์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
7 นายวิศาล วัชรานนท์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
8 นายกฤษดา ศรีดามา	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
9 นายไพฑูรย์ พงษ์ชวลิต	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
10 นายพงศ์เทพ ทองพัฒน์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
11 นายชัยวัฒน์ ตันหัน	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
12 นายอาณัฐ นิธิวัฒนพงษ์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
13 ดร.อรรถสิทธิ์ สวัสดิ์พานิช	วิศวกรโยธา 5	คณะทำงาน
14 นายจตุรงค์ เลาวภาคย์ไพบูลย์	วิศวกรโยธา 3	คณะทำงาน
15 นายอภิรัฐ ไชยวงศ์น้อย	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงานและเลขานุการ
16 นายกฤตภาส อุตรวีระการ	วิศวกรโยธา 7 วช	คณะทำงาน และผู้ช่วยเลขานุการ

/คณะทำงาน...

คณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างสะพาน

1	ผู้อำนวยการสำนักก่อสร้างสะพาน		ที่ปรึกษา
2	ผู้อำนวยการกองนิติการ		ที่ปรึกษา
3	นายศักดิ์ชัย ขำเจริญ	นักวิชาการพัสดุ 8 ว	ที่ปรึกษา
4	นายวิษณุ ใจเผื่อแผ่	นายช่างโยธา 8	ที่ปรึกษา
5	นายวิชัย กังอุบล	รก.วิศวกรวิชาชีพ 9 วช	ประธานคณะทำงาน
6	นายกมล หมั่นทำ	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
7	นายธงไชย วีระสมัย	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
8	นายสุระพล มณีวงศ์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
9	นายธานินทร์ ริรัตน์พงษ์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
10	นายณัฐสม สงวนวงษ์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
11	นายธนพล วิโรจน์จรัส	วิศวกรโยธา 3	คณะทำงาน
12	นายชวเลิศ เลิศชวนะกุล	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงานและเลขานุการ
13	นายพรชัย ศิลารมย์	วิศวกรโยธา 5	คณะทำงาน และผู้ช่วยเลขานุการ

คณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมคุณภาพวัสดุงานก่อสร้าง

1	ผู้อำนวยการสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ		ที่ปรึกษา
2	ผู้อำนวยการกองนิติการ		ที่ปรึกษา
3	นายศักดิ์ชัย ขำเจริญ	นักวิชาการพัสดุ 8 ว	ที่ปรึกษา
4	นายวิษณุ ใจเผื่อแผ่	นายช่างโยธา 8	ที่ปรึกษา
5	นายเหม โง้วศิริ	รก.วิศวกรวิชาชีพ 9 วช	ประธานคณะทำงาน
6	นายวีระ พลอยกระจ่าง	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
7	นายสมัคร สนทอง	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
8	นายปกรณ์ มิลินทะเลข	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
9	นายสว่าง บูรณธนานุกิจ	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
10	นายลิทธิชัย บุญสะอาด	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
11	ดร.พลเทพ เลิศวรวนิช	วิศวกรโยธา 5	คณะทำงาน
12	นายนะบีลย์ เจ๊ะแว	วิศวกรโยธา 3	คณะทำงาน
13	นายนิคม เทพบุตร	รก.วิศวกรโยธา 7 วช	คณะทำงานและเลขานุการ
14	นายวุฒิพงศ์ คำภูแสน	รก.วิศวกรโยธา 7 วช	คณะทำงาน และผู้ช่วยเลขานุการ

/2.ขอบข่าย...

2. ขอบข่าย

จัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวงให้สอดคล้องกับกฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับ มติคณะรัฐมนตรี และแบบแผนการปฏิบัติงาน เพื่อให้ทุกหน่วยงานของกรมทางหลวงสามารถใช้เป็นคู่มือในการควบคุมงานก่อสร้างของกรมทางหลวงให้มีคุณภาพและมาตรฐานเป็นแนวทางเดียวกัน

3. หน้าที่ความรับผิดชอบ

ที่ปรึกษา

- ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการดำเนินการและอุปสรรคต่างๆที่เกิดขึ้นกับคณะทำงาน

คณะทำงาน

- ศึกษาและรวบรวม กฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับ มติคณะรัฐมนตรี ที่เกี่ยวข้องในการควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง
- จัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวงให้ผู้มีหน้าที่สามารถใช้เป็นแนวทางปฏิบัติในการควบคุมงานก่อสร้างให้มีคุณภาพและเป็นไปตามมาตรฐาน
- ดำเนินการจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวงให้แล้วเสร็จเสนอคณะกรรมการพัฒนาระบบบริหารความรู้ในองค์กรกรมทางหลวงพิจารณาภายในเดือนเมษายน พ.ศ. 2550 และแก้ไขปรับปรุงจนสามารถใช้เป็นคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวงได้
- ปฏิบัติงานอื่น ๆ ที่ได้รับมอบหมาย

ทั้งนี้ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๕ กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550

(นายเอนก อัมระปาล)
รองอธิบดีฝ่ายบริหาร
ประธานคณะกรรมการพัฒนาระบบบริหารความรู้
ในองค์กรกรมทางหลวง

คู่มือการควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง

เล่มที่ 2

การควบคุมงานก่อสร้างทาง

กันยายน
2550

คำนำ

กรมทางหลวง เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบการวางแผน ก่อสร้าง บำรุงรักษา รวมไปถึงการบริหารจัดการโครงข่ายทางหลวงสายหลักของประเทศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และความมั่นคง ในการที่จะได้มาซึ่งโครงสร้างถนนที่มีคุณภาพนั้น องค์ความรู้ด้านงานก่อสร้างทางหลวงซึ่งรวมทั้งการก่อสร้างถนนและสะพาน จึงเป็นองค์ความรู้ที่สำคัญด้านหนึ่งขององค์กรที่บุคลากรจะต้องได้รับการถ่ายทอด และเรียนรู้ ผ่านกระบวนการจัดการความรู้ที่ดีและมีประสิทธิภาพ

ชุดเอกสาร “คู่มือการควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง” เป็นผลงานส่วนหนึ่งในขั้นตอนการจัดการความรู้ด้านงานก่อสร้างของกรมทางหลวง มุ่งหวังให้ทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการรวบรวมความรู้ความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านที่มีอยู่ในองค์กร ถ่ายทอดสู่บุคลากรที่เกี่ยวข้อง เพื่อรักษาและยกระดับมาตรฐานการทำงานอย่างต่อเนื่อง โดยชุดเอกสารจะแบ่งเนื้อหาออกเป็น 4 เล่ม ประกอบด้วย การบริหารโครงการ การควบคุมงานก่อสร้างทาง การควบคุมงานก่อสร้างสะพานและอาคารระบายน้ำ และการควบคุมคุณภาพวัสดุ

กรมทางหลวงหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ชุดเอกสาร “คู่มือการควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง” นี้ จะเป็นสื่อกลางในการถ่ายทอดความรู้ด้านงานก่อสร้างทางหลวงอย่างต่อเนื่องสู่บุคลากรของกรมทางหลวงและผู้ที่สนใจ เกิดประโยชน์อย่างสูงสุดต่อองค์กรและประเทศชาติสืบต่อไป

(นายทรงศักดิ์ แพเจริญ)
อธิบดีกรมทางหลวง

สารบัญ

บทที่ 1 งานสำรวจทาง.....1

บทที่ 2 งานดิน.....24

2.1 งานถางป่าและขุดตอ.....24

2.2 งานตัดคันทาง.....26

2.3 งานถมคันทาง.....29

2.3.1 งานดินถมคันทาง.....29

2.3.2 งานทรายถมคันทาง.....32

2.3.3 งานหินถมคันทาง.....36

2.4 งานวัสดุคัดเลือก.....39

2.4.1 งานวัสดุคัดเลือก ข.....39

2.4.2 งานวัสดุคัดเลือก ก.....41

บทที่ 3 งานรองพื้นทางและพื้นทาง.....44

3.1 งานรองพื้นทาง.....44

3.1.1 งานรองพื้นทางวัสดุมวลรวม.....44

3.1.2 งานรองพื้นทางดินซีเมนต์.....47

3.2 งานพื้นทาง.....54

3.2.1 งานพื้นทางหินคลุก.....54

3.2.2 งานพื้นทางกรวดโม่.....58

3.2.3 งานพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์.....61

3.2.4 งานพื้นทางดินซีเมนต์.....67

3.3 งานไหล่ทาง.....73

3.3.1 งานไหล่ทางวัสดุมวลรวม.....73

3.4 งานวัสดุรองใต้ผิวทางคอนกรีต.....76

3.4.1 งานทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีต.....76

3.4.2 งานหินคลุกรองใต้ผิวทางคอนกรีต.....78

3.5 งานรื้อชั้นทางเดิมและก่อสร้างใหม่.....81

3.6 งานผิวทางวัสดุมวลรวม.....83

3.7 Pavement Recycling.....86

สารบัญ

บทที่ 4 งานผิวทาง.....94

4.1 งานลาดแอสฟัลต์.....94

4.1.1 งานลาดแอสฟัลต์ Prime Coat.....94

4.1.2 งานลาดแอสฟัลต์ Tack Coat.....98

4.2 งานผิวทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์.....103

4.3 งานผิวแบบเพนเนเตรชันแมคคาดัม.....112

4.4 งานแอสฟัลต์คอนกรีต.....117

4.5 งานขอบผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต.....137

4.6 งานผิวแบบโคลด์มิกซ์แอสฟัลต์.....138

4.7 งานผิวแบบสเลอรีซีล.....142

4.8 งานผิวแบบเคพซีล.....146

4.9 งานผิวทางปอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีต.....151

4.10 Hot – Mix Recycling.....181

บทที่ 5 การปรับปรุงคันทางบนดินอ่อน.....189

5.1 การก่อสร้าง Deep Stabilization โดยใช้ Cement Column.....189

คำสั่งแต่งตั้งคณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง.....209

บทที่ 1

1. การสำรวจในงานก่อสร้าง

การสำรวจเพื่อการก่อสร้างมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมงานก่อสร้างให้ถูกต้องตามที่ออกแบบไว้ ทั้งทางด้านแนวทางและระดับก่อสร้าง มีความสอดคล้องเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศและสภาพพื้นที่ทำการก่อสร้าง งานหลักของการสำรวจเพื่อก่อสร้างถนนคือ ตรวจสอบแนวทาง หมุดพยานของแนวทาง และหมุดหลักฐานระดับ ตรวจสอบรูปแบบทางเรขาคณิต ค่าระดับของการก่อสร้างชั้นทางต่าง ๆ ตรวจสอบตำแหน่งและค่าระดับของสิ่งก่อสร้าง เช่น ท่อกลม ท่อเหลี่ยม สะพาน เป็นต้น

1.1 การเตรียมก่อนการปฏิบัติ

1.1.1 รวบรวมข้อมูลจากแบบก่อสร้าง เมื่อโครงการก่อสร้างเริ่มต้นเจ้าหน้าที่หน่วยสำรวจจะต้องศึกษาแบบก่อสร้างให้ละเอียด เพื่อให้ทราบตำแหน่งของจุดเริ่มต้น/สิ้นสุดของงาน รวบรวมหมุดพยาน(Reference Point) ที่ชุดสำรวจเพื่อออกแบบได้ทำเอาไว้ รวบรวมค่าระดับและตำแหน่งหมุด หลักฐานระดับ (Bench Mark)

1.1.2 การเตรียมคน ต้องใช้คนประมาณ 6 คน จัดงานดังนี้

(1) หัวหน้าหน่วยสำรวจ ควรเป็นนายช่างควบคุมงานที่มีความรู้ด้านการสำรวจ ความรู้ทางด้านงานก่อสร้าง และสามารถอ่านแบบก่อสร้างได้

(2) คนส่องกล้องและคนจด 2 คน

(3) Chain Man และ Rod Man จำนวน 3 คน

1.1.3 การเตรียมเครื่องมือ เครื่องมือที่ใช้ทั่วไปมีดังนี้

(1) กล้องแนว	1	ชุด
(2) กล้องระดับ	1	ชุด
(3) เทปเหล็ก	2	อัน
(4) เทปผ้า	3	ม้วน
(5) ดิ่ง	3	ลูก
(6) Ranging Pole	3	อัน
(7) ไม้สต๊าฟ (3 เมตร หรือ 4 เมตร)	2	อัน
(8) ฆ้อนปอนด์	1	อัน
(9) ฆ้อนหงอน	1	อัน
(10) ขวาน	1	อัน
(11) เลื่อย	1	ปื้น

(12) ผ้าแดง

(13) สีน้ำมัน (ใช้ 2 สี มีสีขาวและสีแดง) และพู่กันสำหรับเขียนสี

(14) สีสเปรย์ (ใช้ 2 สี มีสีขาวและสีแดง)

(15) ตะปู 3" และ 5"

(16) ตะปู 1" สำหรับตอกหัว Hub

(17) Hub และ Stake

การออกทำงาน หลังจากรวบรวมสิ่งที่ต้องการเรียบร้อยแล้ว หน่วยสำรวจต้องออกทำงานก่อนที่เครื่องจักรจะเริ่มปฏิบัติงานอย่างน้อยประมาณ 15 วัน

1.2 การตรวจสอบแบบก่อสร้างกับภูมิประเทศในสนาม

เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของแบบก่อสร้าง ความเปลี่ยนแปลงของสภาพสนามจากแบบก่อสร้าง โดยตรวจสอบในเรื่องต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) หมุดหลักฐาน และหมุดอ้างอิงต่าง ๆ มีครบ ถูกต้องหรือไม่

(2) แนวทางและรายการโค้ง

(3) ระดับของหลังทางเดิม และดินเดิม

(4) ตำแหน่ง ขนาด และปริมาณของท่อกลม ท่อเหลี่ยม สะพาน

(5) ระดับน้ำสูงสุด ต่ำสุด ทั้งสองข้างทาง และทางน้ำที่แนวทางตัดผ่าน

(6) มุมที่แนวทางตัดทำมุมกับลำน้ำ ทางรถไฟ และทางอื่น ๆ

(7) เขตทางหลวง พื้นที่ป่าสงวน หรือพื้นที่ของหน่วยงานอื่น ๆ

(8) สาธารณูปโภคที่อยู่ภายในเขตทาง หรือบริเวณก่อสร้างทั้งบนดินและฝังดิน

การสำรวจตรวจสอบนี้ ใช้วิธีเดินสำรวจ โดยมีเครื่องมืองง่าย ๆ เช่น เข็มทิศ กล้องระดับมือถือ(Hand Level) เทปวัดระยะทาง หรืออื่น ๆ

1.3 การตรวจสอบแนวทางที่จะทำการก่อสร้าง

เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของแนวทางที่จะก่อสร้างว่าถูกต้องตามแบบหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องจะได้ดำเนินการแก้ไขลงใน Asbuilt Plan ต่อไป วิธีปฏิบัติในสนามมีดังนี้

(1) ตรวจสอบหมุดอ้างอิงต่าง ๆ เช่น POT, PC, PI หรือ PT ที่กำหนดไว้ในแบบให้พบก่อนว่าอยู่ที่จุดใดในสนาม หากไม่พบจุดเหล่านี้ต้องทำซ่อมขึ้นใหม่ โดยใช้หมุดพยาน (Reference Point) อย่างน้อย 2 จุด ที่พบในสนามเพื่อโยงไปหาหมุดอ้างอิงข้างต้น

กรณีที่ไม่สามารถหาหมุดอ้างอิงและหมุดพยานได้ในสนาม ต้องทำการสำรวจขึ้นใหม่ทดแทน โดยถ่ายทอดจากหมุดที่อยู่ข้างเคียง

(2) การวางแนวใช้กล้องแนว ตั้งกล้องวางแนวแต่ละจุดห่างกันประมาณ 200 – 250 เมตร

ในทางราบ แต่ถ้าในภูมิประเทศเป็นเขาจะตั้งห่างกันประมาณ 100 - 150 เมตร การวางแนวใช้วิธีเฉลี่ย Double Center

ขณะที่กล้องตั้งที่จุดต่าง ๆ ในการตรวจสอบแนว ควรสร้างหมุดพยานใหม่ให้อยู่นอกแนวดังกล่าว หมุดพยานที่ทำใหม่ต้องสะดวกในการจะถ่ายมายังจุดที่ตั้งกล้องและอยู่ในที่ปลอดภัยจากการถูกทำลาย

(3) จุดเบี่ยงเบน หรือจุดตัดทางแยก ทางรถไฟ ลำน้ำ ต้องวัดมุมที่แนวทาง ทำกับสิ่งดังกล่าวข้างต้น การวัดมุมควรวัด 2 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

(4) ให้ทำการอ่านค่ามุม Azimuth เพื่อตรวจสอบแนวเป็นระยะด้วย

(5) เมื่อได้แนวทาง และจุดอ้างอิงต่าง ๆ แล้ว สำรวจตามรายการโค้งต่าง ๆ ทำการวางโค้งในสนาม เพื่อตรวจสอบกับแบบก่อสร้าง ถ้ามีความคลาดเคลื่อนให้ทำการแก้ไขต่อไป

1.4 การตรวจสอบค่าระดับของ B.M. และการทำระดับของ T.B.M.

ตรวจสอบหาหมุดหลักฐาน B.M.(Bench Mark) ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในแบบให้ครบถ้วน B.M. อันไหนถูกทำลายให้บันทึกการห้ามใช้ไว้ให้เด่นชัด หาตำแหน่งสร้าง T.B.M.(Temporary Bench Mark) ทุกระยะประมาณ 100 เมตร พร้อมทั้งทำหมุดเขียนชื่อไว้ให้เรียบร้อย เพื่อจะได้ค่าระดับมาใส่ในภายหลัง

เมื่อตำแหน่ง B.M. และ T.B.M. เรียบร้อยแล้วทำการถ่ายระดับ (Differential Levelling)เพื่อตรวจสอบค่าระดับของ B.M. ซึ่งทำไว้ในขั้นตอนสำรวจเพื่อออกแบบว่าถูกต้องหรือไม่ พร้อมทั้งถ่ายระดับไว้ที่ T.B.M. ในขณะเดียวกันในการทำระดับของ B.M. และ T.B.M. ใช้วิธี (Closed Levelling) คือต้องทำครบวงรอบกลับมาตรวจสอบกับตัวแรก

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ ไม่เกิน $3\sqrt{K}$ มม.

K = ระยะทางของวงรอบเป็น กม.

1.5 การทำ Cross Section

ก่อนทำการ Clearing จะต้องทำการสำรวจ Cross Section เพื่อใช้คำนวณหาปริมาณงานดินตามที่กำหนดไว้ในรายละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวง ขั้นตอนการทำ Cross Section มีดังนี้

(1) แนวก่อสร้างที่สำรวจไว้ ถ้าไม่เป็นอุปสรรคต่อการทำงาน สามารถใช้แนวเดิมในการทำงานได้ แต่ถ้ามีอุปสรรคต่อการทำงาน เช่น แนวสำรวจอยู่กึ่งกลางถนนที่มีปริมาณจราจรหนาแน่น หรืออยู่ในแนวที่ต้อง Clearing อาจจำเป็นต้องย้ายแนวไปอยู่ที่ตำแหน่งอื่น เพื่อความสะดวกและปลอดภัยในการทำงาน

(2) วัดระยะทาง Station ที่จะทำ X-Section ปกติจะทำทุก 25 เมตร ตอกหมุด Station พร้อมเขียนตำแหน่งให้มองเห็นได้ชัดเจน เพื่อใช้ในการทำงานต่อไป

(3) แนวที่ทำ X-Section ต้องตั้งฉากกับแนวก่อสร้าง

(4) การเก็บระดับ ต้องเก็บกว้างข้างละเท่ากับR.O.W.หรือมากกว่า (ถ้าจำเป็น) ทั้งสองด้านของแนวสำรวจ

(5) กรณีที่มีถนนเดิมอยู่ให้เก็บที่ Base Line กลางถนน ไหล่ทาง ขอบร่องน้ำข้างถนน ก้นร่องน้ำข้างถนน และบนพื้นดินทุกจุดที่เปลี่ยนความลาด

(6) กรณีไม่มีคันทาง สภาพพื้นดินถมเสมอกัน สังเกตการเปลี่ยนความลาดของพื้นดินได้ยาก เช่น ทุ่งนา หรือป่าที่พื้นดินเสมอกัน ให้เก็บที่ Base Line และทุก 5, 10, 15, 20,.....จนถึงเขตทาง หรือมากกว่า (ถ้าจำเป็น)

(7) หลีกเลี่ยงการเก็บระดับบนพื้นที่เปลี่ยนความลาดระยะสั้น ๆ เช่น จอมปลวก เนินดิน หลุมหรือบ่อ เพราะจะทำให้ปริมาตรที่คำนวณได้ผิดไป หากต้องการเก็บต้องเก็บให้ละเอียดทุกจุดที่เปลี่ยนความลาด

(8) กรณีเป็นทางเชื่อมเดิมให้เก็บที่ตำแหน่ง Station ที่อยู่นอก Toe Slope ของทางเชื่อมนั้น แล้วมาเก็บ X-Section ของทางเชื่อมแยกต่างหากในภายหลัง

(9) จุดที่ต้องทำ X-Section มีดังนี้

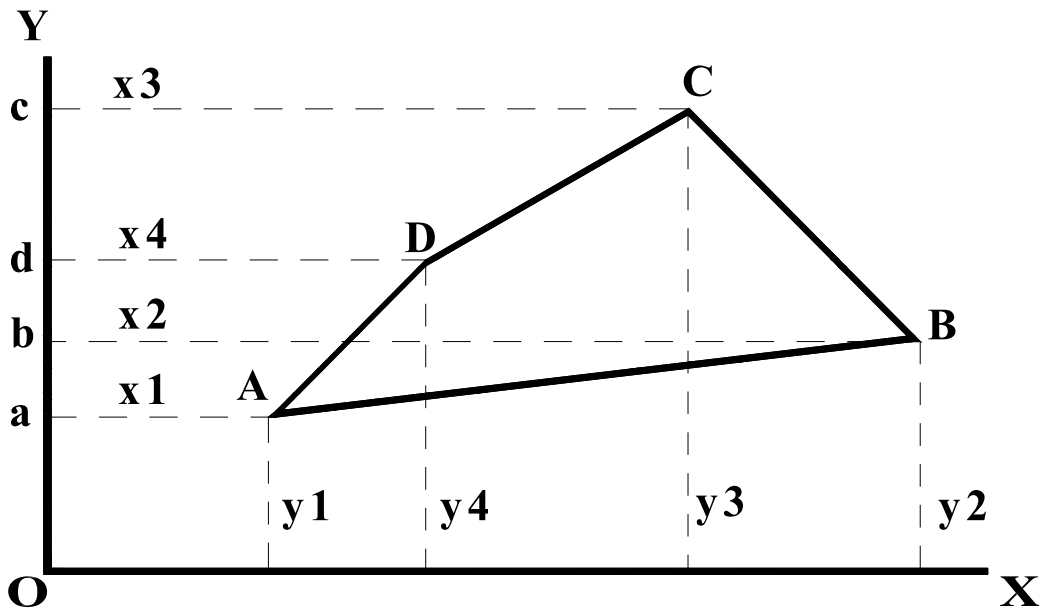
- ทุก Station 25 เมตร
- ทุกจุดที่มีท่อ
- ทุกจุดที่มีทางน้ำ
- คอสะพานทั้งสองข้าง
- ทุก Station ของ Spur Line
- ทุกจุดของทางแยก

(10) การเก็บ X-Section ต้อง Back Sight ไปที่ B.M. หรือ T.B.M. ที่ทำเอาไว้เพื่อคำนวณหาระดับของแกนกล้องหรือ H.I.(Height of Instrument) เมื่อเก็บระดับดินเดิมเสร็จเรียบร้อยแล้ว (อาจจะเก็บทีละหลาย ๆ X-Section ก็ได้) ให้ Foresight ไปหาที่ B.M. หรือ T.B.M. เพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของการทำงาน

1.6 การคำนวณหาปริมาณงานดิน

ตามรายละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวงให้ใช้การคำนวณพื้นที่ด้วยวิธีคูณไขว้ (Co – ordinate Method) และใช้วิธีเฉลี่ยพื้นที่หน้าตัด (Average End Area Method) ในการคำนวณหาปริมาณงานดิน

การคำนวณพื้นที่หน้าตัดโดยวิธีพิกัดฉาก



รูปที่ 1

กำหนดให้ ABCD เป็นรูปสี่เหลี่ยมที่ต้องการหาเนื้อที่ มี Coordinate เท่ากับ (x1, y1) , (x2, y2) , (x3, y3) และ (x4, y4) จากรูปจะได้ว่า

พื้นที่ (A) = ABba + BCcb - ADda - DCcd

$$= \frac{1}{2}(x1 + x2)(y2 - y1) + \frac{1}{2}(x2 + x3)(y3 - y2) - \frac{1}{2}(x1 + x4)(y4 - y1) - \frac{1}{2}(x3 + x4)(y3 - y4)$$

$$2A = (x1y2 - x3y2) + (x4y1 - x2y1) + (y3x2 - x4y3) + (x3y4 - x1y4)$$

$$= y1(x4 - x2) + y2(x1 - x3) + y3(x2 - x4) + y4(x3 - x1)$$

ใช้กฎคูณไขว้

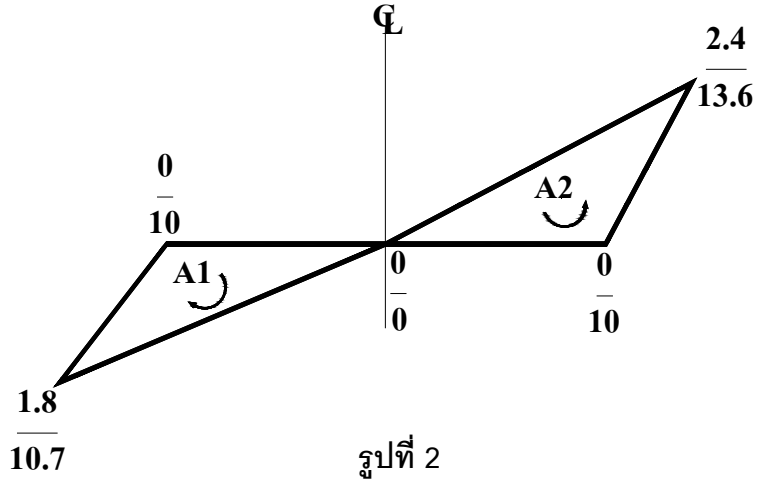
$$2A = \frac{y1}{x1} \times \frac{y2}{x2} \times \frac{y3}{x3} \times \frac{y4}{x4} \times \frac{y1}{x1}$$

คูณขึ้นมีค่าเป็นบวก , คูณลงมีค่าเป็นลบ

$$2A = y1(x4 - x2) + y2(x1 - x3) + y3(x2 - x4) + y4(x3 - x1)$$

ตัวอย่างที่ 1.6.1 ความกว้างคันทาง = 20 เมตร จุดพิกัดต่างๆ มีค่าตามรูปที่ 2

(จุดพิกัดที่ใช้เป็น $\frac{\backslash}{X}$)



รูปที่ 2

วิธีการคำนวณ

1. แบ่งเนื้อที่ออกเป็นสองส่วนที่ Center line สมมติให้ทางซ้ายมือเท่ากับ A_1 ขวามือเท่ากับ A_2
2. ทางซ้ายมือตั้งค่า Coordinate คำนวณตามเข็มนาฬิกา ขวามือตั้งค่าทวนเข็มนาฬิกา
3. ค่า x, y ให้มีค่าเป็นบวกหมด
4. ก. คูณค่า Coordinate ขึ้นเป็นคู่ ๆ แล้วบวกกันทั้งหมดให้มีค่าเป็นบวก

   ข. คูณค่า Coordinate ลงเป็นคู่ ๆ แล้วบวกกันทั้งหมดให้มีค่าเป็นลบ

5. จากข้อ 4 ก. และ 4 ข. จะได้ $2A_1$ และ $2A_2$ เอาค่าทั้งสองนี้รวมกันแล้วหารด้วยสองก็จะได้เนื้อที่ตามต้องการ แต่ถ้าเป็น Area Cut (Ac) และ Area Fill (Af) จะบวกกันไม่ได้

LT. $2A_1 = \frac{0}{0} \times \frac{1.8}{10.7} \times \frac{0}{10} \times \frac{0}{0}$

$= (0 + 0 + 0) - (0 + 18 + 0)$

$2A_1 = -18$ ม.^{2}

$A1 = -9$ ม.^{2}

RT. $2A_2 = \frac{0}{0} \times \frac{0}{10} \times \frac{2.4}{13.6} \times \frac{0}{0}$

$= (0 + 24 + 0) - (0 - 0 - 0)$

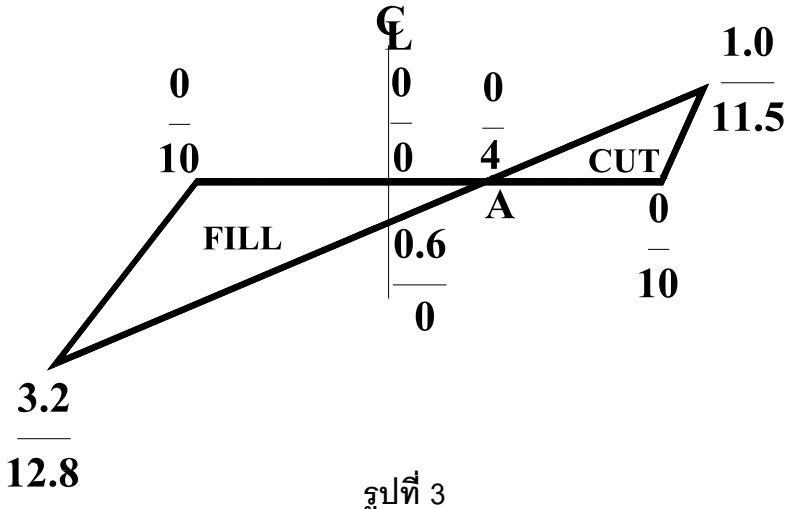
$2Ac = +24$ ม.^{2}

$Ac = +12$ ม.^{2}

ข้อสังเกต Cut จะมีค่าเป็น +

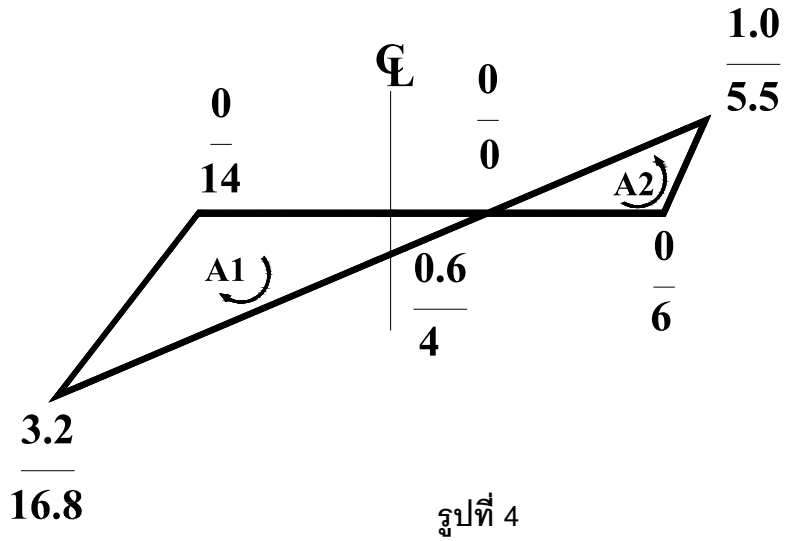
Fill จะมีค่าเป็น -

ตัวอย่างที่ 1.6.2 จงหาเนื้อที่ด้วยวิธีพิกัดฉาก ถนนกว้าง 20 เมตร S : 1 = $1\frac{1}{2}$: 1



รูปที่ 3

การแก้ปัญหา เพื่อให้สะดวกในการคำนวณให้เลื่อนจุด Origin ไปที่จุด A ซึ่งเป็นจุดที่ระดับดินเดิมเท่ากับ Grade Elev. ทำให้ระยะของแกน X ทางซ้ายมือเพิ่มขึ้น ส่วนทางขวามือจะลดลง ส่วนค่า Y เหมือนเดิม ดังนี้



รูปที่ 4

LT. $2A1 = \frac{0}{0} \quad \frac{0.6}{4} \quad \frac{3.2}{16.8} \quad \frac{0}{14} \quad \frac{0}{0}$

$= (0 + 12.8 + 0 + 0) - (0+10.08 + 44.8+0)$

$= -42.08$ ม.^{2}

$Af = A1 = 21.04$ ม.^{2}

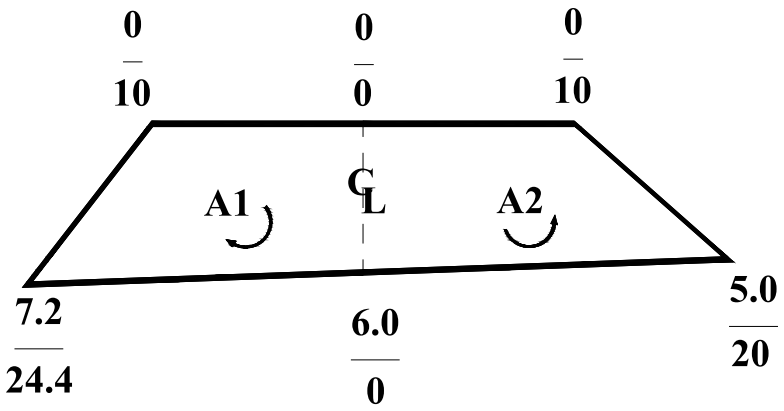
RT. $2A2 = \frac{0}{0} \quad \frac{0}{6} \quad \frac{1.0}{5.5} \quad \frac{0}{0}$

$= (0 + 6 + 0) - (0+0+0)$

$= + 6$ ม.^{2}

$Ac = A2 = + 3$ ม.^{2}

ตัวอย่างที่ 1.6.3



รูปที่ 5

LT. $2A_1 = \frac{0}{0} \quad \frac{6}{0} \quad \frac{7.2}{24.4} \quad \frac{0}{10} \quad \frac{0}{0}$

$= (0 + 0 + 0 + 0) – (0 -146.4 – 72+0)$

$2A_1 = - 281.4$

RT. $2A_2 = \frac{0}{0} \quad \frac{6}{0} \quad \frac{5}{20} \quad \frac{0}{10} \quad \frac{0}{0}$

$= (0 + 0 + 0 + 0) – (0 + 120 + 50 + 0)$

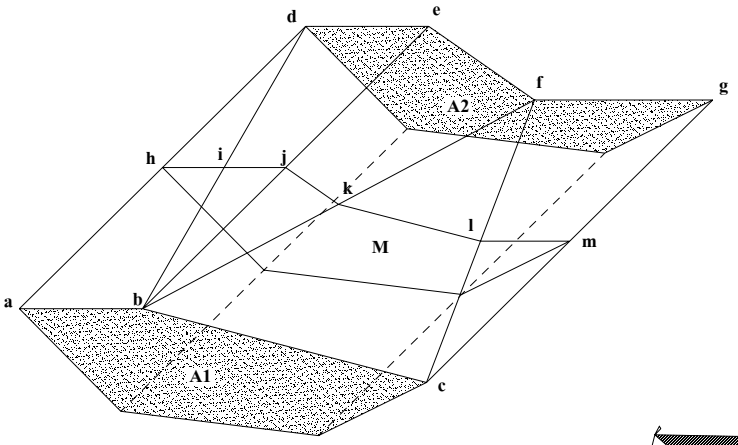
$2A_2 = - 170$

$Af = \frac{2A_1 + 2A_2}{2}$

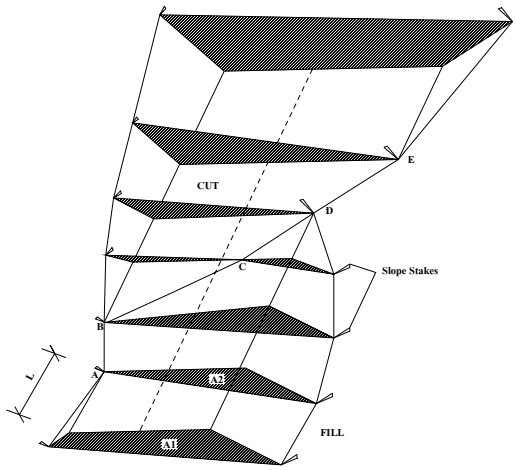
$= \frac{218.4 + 170}{2}$

Af = 194.2 ตารางเมตร

การคำนวณปริมาตรงานดิน



รูปที่ 6



รูปที่ 7

AVERAGE END AREA METHOD

ให้ A_1 A_2 A_3 ... An เป็นเนื้อที่ของ Cross section แต่ละ station

V_1 V_2 V_3 ... Vn เป็นปริมาตรระหว่าง station

$V = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots Vn$

L = ระยะระหว่าง station เท่ากับ 25 เมตร

$$\therefore V_1 = L(A_1 + A_2)/2 \qquad \ldots\ldots\ldots (1)$$

$$V_2 = L(A_2 + A_3)/2 \qquad \ldots\ldots\ldots (2)$$

$$Vn = L(A_{n-1} + A_n)/2 \qquad \ldots\ldots\ldots (n)$$

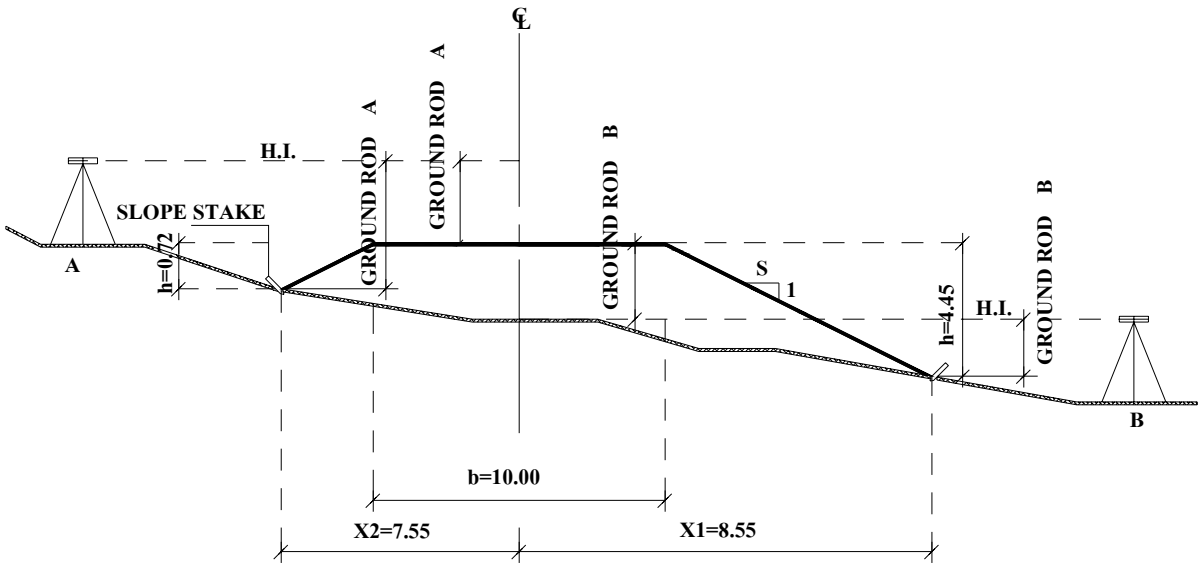
$$\therefore V = \frac{L}{2}(A_1 + 2A_2 + 2A_3 \ldots An)$$

Total Volume $V = L\left((A_1 + A_n)/2 + A_2 + A_3 + \ldots + A_{n-1}\right)$ .....(12)

1.7 <u>การทำ Slope Stake</u>

Slope Stake คือ แผ่นป้ายไม้ที่ตอกไว้ตรง Toe Slope ของคันทาง Toe Slope คือ จุดที่ Side Slope ของคันทางตัดกับระดับของผิวดินเดิม ในสนาม Slope Stake เป็นตัวบอกขอบเขตของการตัดดินหรือถมดิน ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นมากที่จะช่วยให้การก่อสร้างเป็นไปอย่างถูกต้องตามแบบแปลน

การตอก Slope Stake ถ้าเป็นงานดินถมจะตอกเอียงออกไปจากแนว Center Line ถ้าเป็นงานดินตัดจะตอกเอียงเข้าหาศูนย์กลางแนวทาง (ดูตามรูปที่ 8 และรูปที่ 9)



รูปที่ 8

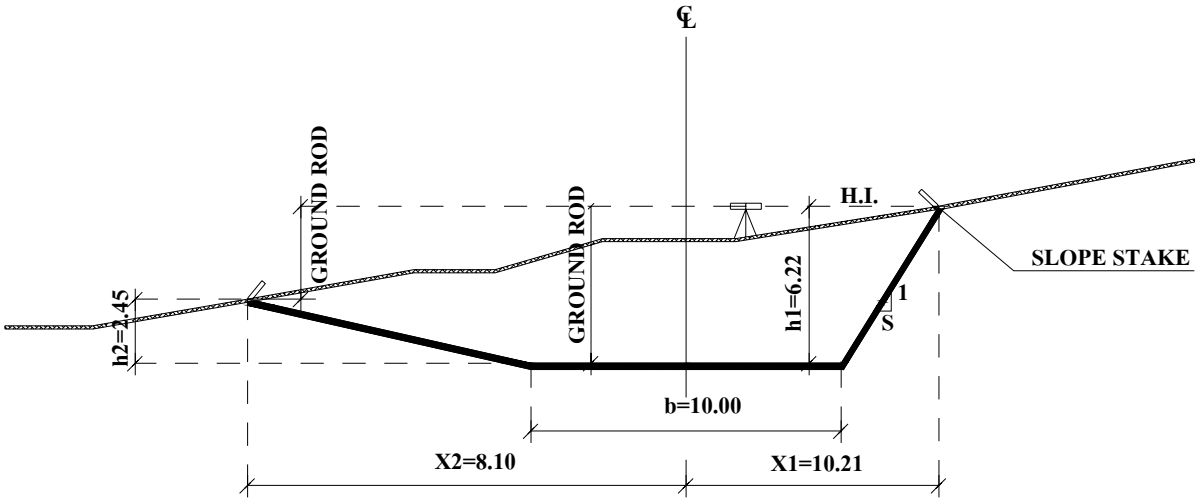
รูปที่ 8 แสดงการตั้งกล้องระดับ และการวางไม้สตาฟบนรูปตัดขวางที่มีการถมดิน ระดับความสูงของแกนกล้อง H.I.สามารถหาได้โดยการส่องไม้หลังไปยังจุดที่ทราบระดับแล้ว ระดับของ Grade Line ที่จุดนั้นได้จากแบบ คำนวณผลต่างของ H.I. และระดับของ Grade Line ได้ ซึ่งเรียกว่า Grade Rod

Grade Rod = H.I. - Grade Elevation .....(1)

นำไม้สตาฟไปวางตามจุดต่าง ๆ บนพื้นดิน ค่าไม้สตาฟที่อ่านได้เรียกว่า Ground Rod ผลต่างระหว่าง Grade Rod และ Ground Rod คือ ความสูงที่ต้องถมดิน

Fill = Ground Rod - Grade Rod .....(2)

<u>ข้อสังเกตุ</u> ถ้า H.I. อยู่ต่ำกว่าระดับของ Grade Line ค่า Grade Rod ในสมการ(1) จะเป็นลบ เมื่อนำมาแทนค่าใน(2) จะทำให้ค่าที่สองทางขวามือของสมการกลายเป็นบวก นั่นคือในกรณีที่ HI. อยู่ต่ำกว่าระดับของ Grade Line ความสูงที่ต้องถมดินจะเท่าผลบวกของ Ground Rod และ Grade Rod

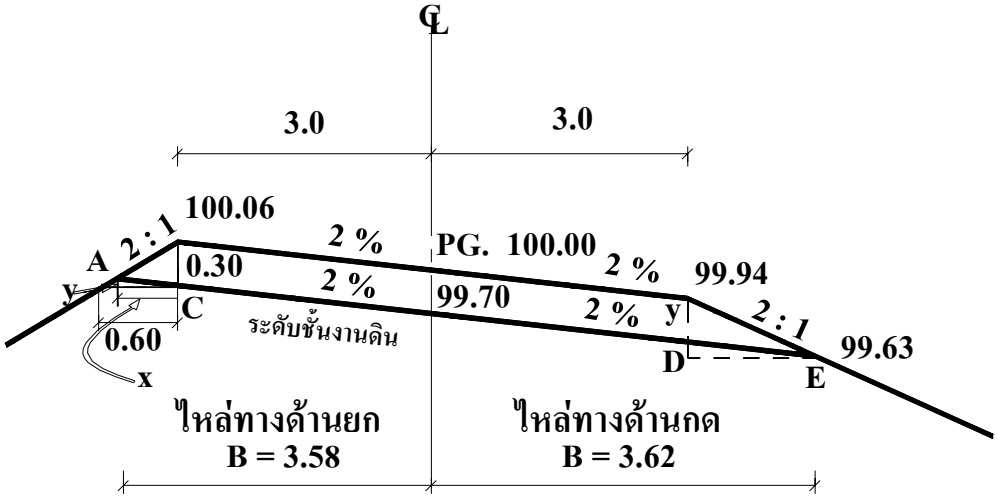


รูปที่ 9

รูปที่ 9 แสดงรูปตัดขวางที่มีการตัดดิน ในกรณีนี้จะได้ความลึกที่ต้องตัดดินลงไป

Cut = Grade Rod - Ground Rod .....(3)

การหาค่าตำแหน่งและระดับที่ไหล่ทางชั้นงานดินเพื่อใช้ในการทำ Slope Stake



รูปที่ 10

การหาระยะ B ไหล่ด้านยก

จาก Side Slope $\frac{y}{0.60 - x} = \frac{0.30}{0.60} = \frac{1}{2}$

$y = 0.30 – 0.5x$ …(1)

จาก Crown Slope $\frac{y}{x} = \frac{100.06 – 100.00}{3.00}$

$y = \frac{0.06x}{3.00}$ …(2)

(1) = (2) $\frac{0.06x}{3.00} = 0.30 – 0.50x$

$0.06x = 0.90 – 1.50x$

$x = \frac{0.90}{1.56} = 0.58$ ม.

$y = 0.30 – 0.50 – 0.58 = 0.01$ ม.

ระยะ B = 3.58 ม.

ค่าระดับที่ A = 100.00 – 0.30 + 0.01 = 99.77 ม.

การหาระยะ B ไหล่ด้านกด

จาก Side Slope $x = 2y$ (S = 2 :1) …(1)

จาก Crown Slope $\frac{2x}{100} = y – 0.30$

$x = 50y – 15$ …(2)

(1) = (2) $2y = 50y – 15$

$48y = 15$

$y = 0.31$

$x = 0.62$

B = 3+0.62 = 3.62 ม.

ค่าระดับที่ E = 99.94 – 0.31 = 99.63 ม.

ขั้นตอนการทำ Slope Stake

การทำ Slope Stake ใช้วิธีลอง (Trial Method) เพื่อหาตำแหน่งที่จะตอก Slope Stake ลำดับขั้นตอนในการทำมีดังนี้

(1) ส่องกล้องไปยังจุดที่รู้ค่าระดับแล้ว อ่านค่า B.S. คำนวณค่า H.I.

H.I. = Elevation + B.S.

(2) คำนวณค่า Grade Rod

Grade Rod = H.I. - Grade Elevation

(3) ลองเอาไม้สตาฟไปวางที่จุดซึ่งคาดว่าจะเป็น Toe Slope ของคันทาง วัดระยะจากแนวศูนย์กลาง (Center Line) และอ่านค่าไม้สตาฟ (ค่านี้เรียกว่า Ground Rod)

(4) เอาค่า Ground Rod ในข้อ(3) ลบด้วยค่า Grade Rod ในข้อ (2) เป็นค่าความสูงที่ต้องถมดิน

ความสูงที่ถมดิน = Ground Rod - Grade Rod

(5) เอาค่า Side Slope (S) คูณความสูงในข้อ(4) เป็นระยะห่างในแนวราบของจุด Toe Slope จากขอบไหล่คันทาง

(6) เอาครึ่งหนึ่งของความกว้างคันทาง (เท่ากับ b/2) บวกระยะในข้อ (5) คือระยะทางของ Toe Slope จากแนวศูนย์กลาง

(7) เปรียบเทียบระยะที่คำนวณได้ในข้อ(6) กับที่วัดได้ในข้อ(3)

ถ้าเท่ากันแสดงว่าจุดนั้น คือ Toe Slope ที่ต้องการ

ถ้าข้อ (6) น้อยกว่าข้อ(3) ต้องเลื่อนไม้ระดับเข้าหา Center Line

ถ้าข้อ (6) มากกว่าข้อ(3) ต้องเลื่อนไม้ระดับออกจาก Center Line

(8) ในกรณีที่จุดที่วางไม้สตาฟยังไม่ใช่จุดที่ต้องการ ก็ให้เลื่อนไม้สตาฟไป แล้วลองทำตามวิธีเดิมตั้งแต่ข้อ(3) ใหม่อีกครั้งจนกว่าจะได้จุดที่ต้องการ

<u>หมายเหตุ</u> วิธีปฏิบัตินี้ใช้สำหรับงานดินถม ในกรณีที่เป็นดินตัดให้เปลี่ยนสมการในข้อ(4) เป็น

ความลึกที่ต้องตัด = Grade Rod - Ground Rod

ส่วนในข้ออื่น ๆ ควรปฏิบัติเช่นเดียวกัน

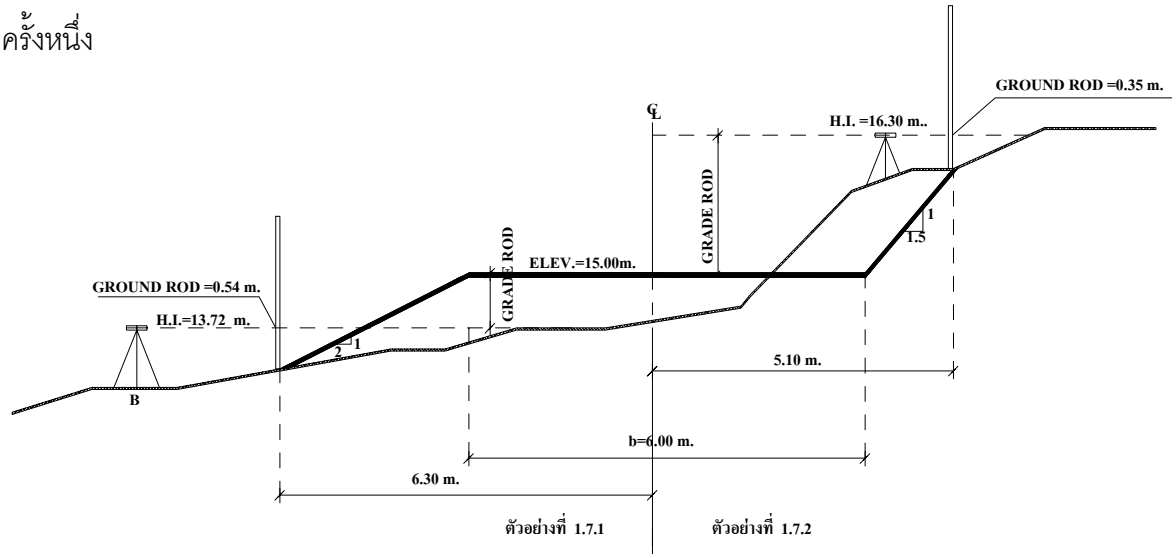
<u>ตัวอย่างที่ 1.7.1</u> กรณีที่เป็นรูปตัดดินถม

สมมติให้ H.I. = 13.72 เมตร นำไม้สตาฟไปวางทางซ้ายที่จุดห่างจากแนวศูนย์กลาง 6.30 เมตร อ่านค่าไม้สตาฟได้ 0.54 จงหาว่าจุดนี้ใช่จุดที่เป็น Toe Slope หรือไม่ กำหนดความกว้างคันทาง (b) = 6 เมตร Side Slope (S) = 2 Grade Elevation = 15.00 เมตร

<u>วิธีคำนวณ</u>

Grade Rod	=	H.I. - Grade Elevation	
	=	13.72 - 15.00	= -1.28 เมตร
ความสูงดินถม (h)	=	Ground Rod - Grade Rod	
	=	0.54 - (-1.28)	= 1.82 เมตร
ระยะทางของขอบไหล่	=	h*s = 1.82 x 2	= 3.64 เมตร
ระยะทางจาก Center Line		b/2 + h*s = 3 + 3.64	= 6.64 เมตร

แต่จากการวัดในสนาม จุดห่างจาก Center Line เพียง 6.30 เมตร แสดงว่าจะต้องขยับไม้สตาฟห่างจาก Center Line ออกไปอีก แล้วอ่านค่าไม้สตาฟและวัดระยะทางใหม่ นำมาคำนวณตามวิธีข้างบนอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 11

<u>ตัวอย่างที่ 1.7.2</u> กรณีที่เป็นดินตัด (Cut)

สมมติให้ HI. = 16.30 เมตร นำไม้สตาฟไปวางทางขวาที่จุดห่างจากแนวศูนย์กลาง 5.10 เมตร อ่านค่าไม้สตาฟได้ 0.35 จงหาว่าจุดที่เป็น Toe Slope กำหนด b = 6 เมตร S = 1.5 Grade Elevation = 15.00 เมตร

<u>วิธีคำนวณ</u>

Grade Rod = HI. - Grade Elevation

= 16.30 - 15.00 = 1.30 เมตร

ความลึกที่ต้องตัด (h) = Grade Rod - Ground Rod

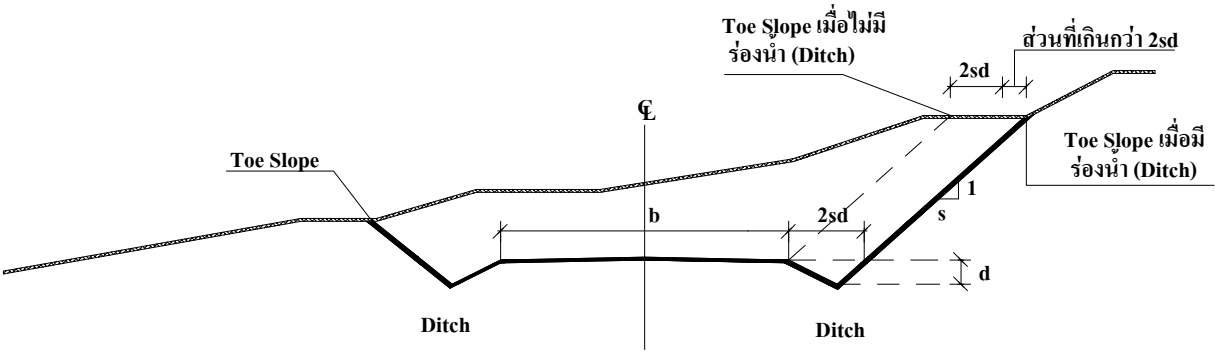
= 1.30 - 0.35 = 0.95 เมตร

ระยะทางจากขอบไหล่ถึง Toe Slope = h*s = 0.95 x 1.5 = 1.42 เมตร

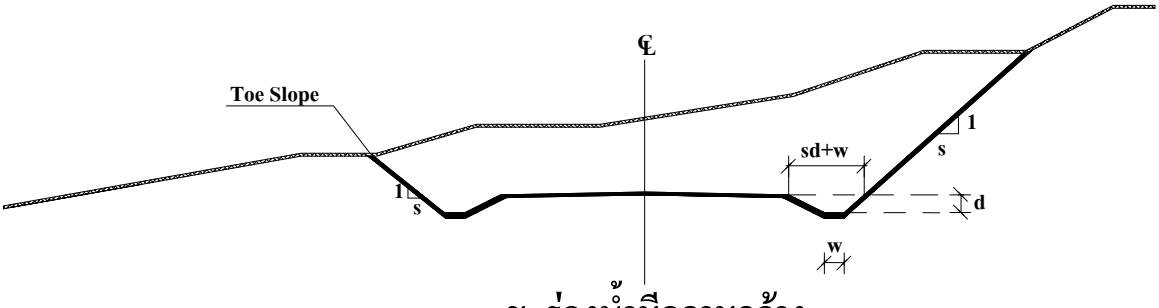
ระยะทางจาก Center Lineถึง Toe Slope = b/2 + h*s = 3 + 1.42 = 4.42 เมตร

ปรากฏว่าระยะทางที่วัดได้ในสนามเป็น 5.10 เมตร ดังนั้น จึงต้องขยับไม้ระดับเข้าหา Center Line

<u>หมายเหตุ</u> ในกรณีของดินตัด การออกแบบคันทางมักจะทำให้มีร่องน้ำเล็ก ๆ (Ditch) ไว้ด้านข้างเป็นทางระบายน้ำไม่ให้ไหลข้ามถนน (ดูรูปที่ 11)



ก. ร่องน้ำไม่มีความกว้าง



ข. ร่องน้ำมีความกว้าง

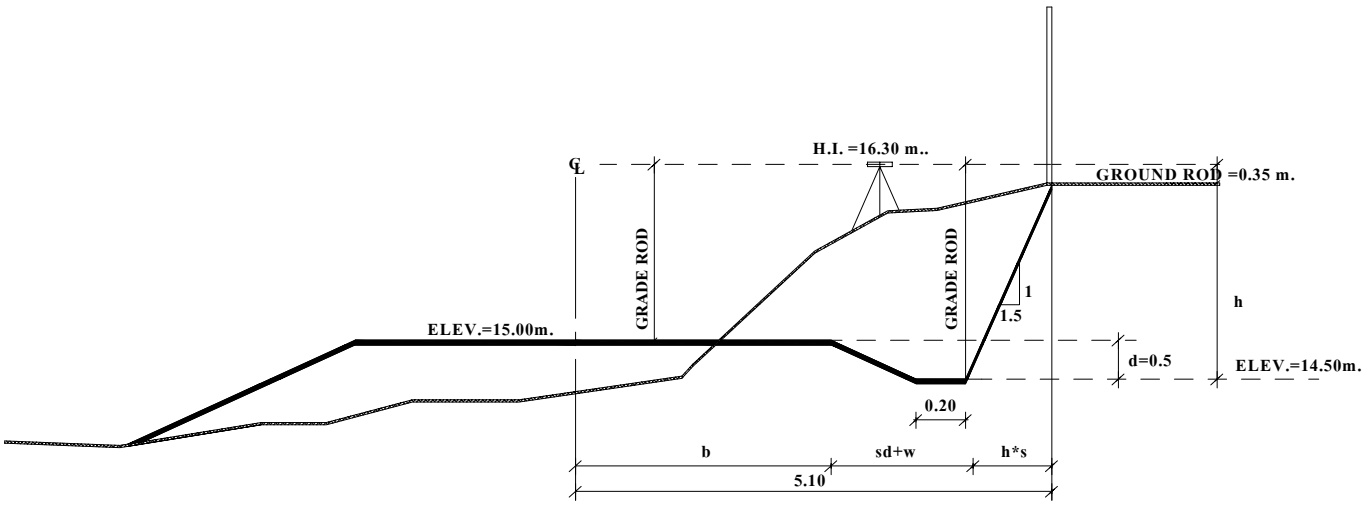
รูปที่ 11

ในกรณีที่การออกแบบคันทางเป็นแบบนี้ จุดที่เป็น Toe Slope จะอยู่ไกลจากแนวศูนย์กลางออกไปอีกประมาณ 2 sd หรือ 2 sd+w แล้วแต่ว่าร่องน้ำนั้นจะมีความกว้างหรือไม่

<u>ตัวอย่างที่</u> <u>1.7.3</u> กรณีที่เป็นดินตัด และคันถนนมีร่องน้ำ

ใช้ตัวอย่างที่ 1.7.2 กำหนดร่องน้ำลึก (d) = 0.50 เมตร กว้าง (w) = 0.20 เมตร Side Slope ของร่องน้ำเท่ากับ Side Slope ของดินตัด

ในกรณีนี้ใช้จุดที่ก้นร่องน้ำเป็นหลักในการคำนวณแทนจุดที่ขอบไหล่ถนน



รูปที่ 12

Grade Rod = HI. - Grade Elevation

= 16.30 - 14.50 = 1.80 เมตร

ความลึกที่ต้องตัด (h) = Grade Rod - Ground Rod

= 1.80 - 0.35 = 1.45 เมตร

ระยะทางจากก้นร่องน้ำถึง Toe Slope = h*s = 1.45 x 1.5 = 2.17 เมตร

ระยะทางจาก Center Line ถึงจุดก้นร่องน้ำที่ใช้ในการคำนวณ

= $\frac{b}{2}$ + s * d + w

= 3 + (1.5 x 0.5) + 0.20 = 3.95 เมตร

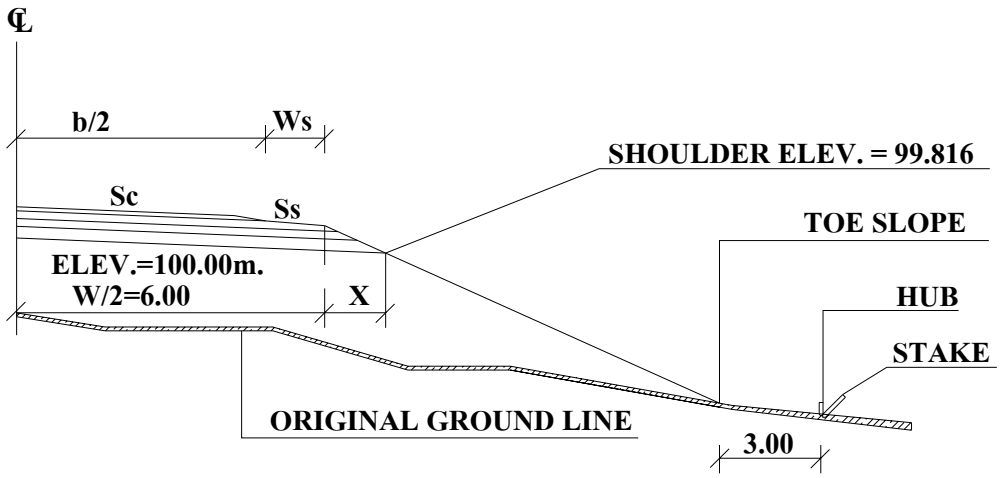
ระยะทางของ Toe Slope จาก Center Line = 3.95 + 2.17 = 6.12 เมตร

ระยะที่วัดได้ในสนามเท่ากับ 5.10 เมตร ดังนั้น ในกรณีนี้ต้องขยับไม้สตาฟออกไปอีก

ข้อแนะนำ เพื่อให้การทำ Slope Stake เป็นไปโดยความรวดเร็ว ควรจัดเตรียมค่า Grade Elevation ของ Station ต่าง ๆ ไว้ล่วงหน้า รวมทั้งค่าระดับของ T.B.M. ที่จะใช้ที่จุดนั้นด้วย เพื่อว่าเวลาคำนวณ จะได้ไม่ต้องคอยพลิกหาค่าต่าง ๆ จากแบบแปลนและเป็นเหตุให้งานล่าช้า และสำหรับถนนที่มี Crown Slope ก็ควรคำนวณระดับของไหล่ถนนไว้ล่วงหน้า เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณได้ทันที

Station	Elev.	Elev. of Shoulder		
		Left	Right	
1 + 225	15.00	14.88	14.88	B.S. To TBM. 1 = ……. Elev. Of TBM. 1 = 14.21……. HI. = ……

<u>ตัวอย่างที่</u> 1.7.4 การคำนวณหา Slope Stake ในงานดินถม



รูปที่ 13

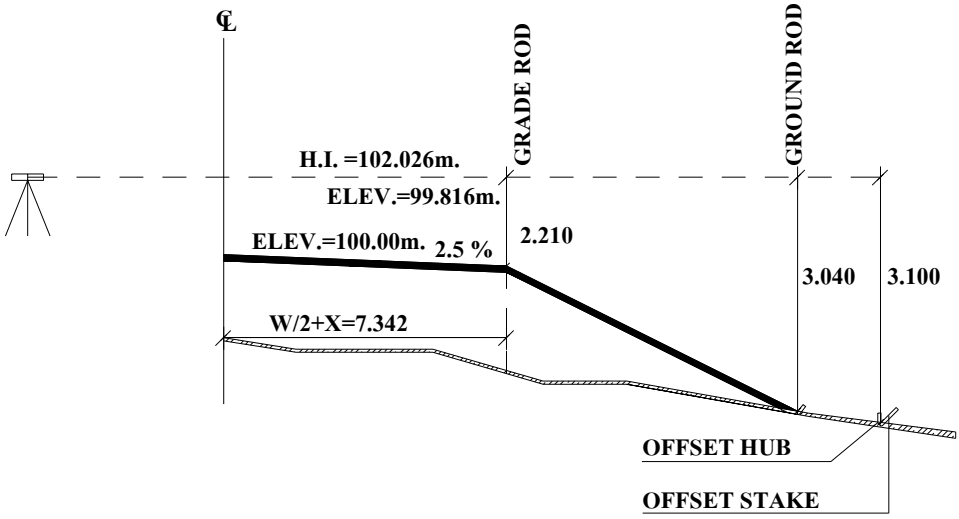
รายละเอียดรูปตัด

T	=	ความหนาของ Structure	=	0.70	เมตร
Ws	=	ความกว้างของไหล่ทาง	=	2.50	เมตร
S_S	=	Slope ของไหล่ทาง	=	5.0 %	
S_c	=	Slope ของผิวทาง	=	2.5 %	
S	=	Side Slope	=	2 : 1	

(1) หาค่า $X = \dfrac{100\ T - Ws(Ss - Sc)}{\frac{100}{S} - Sc}$

$X = \dfrac{100\ (0.70) - 2.5\ (5.0 - 2.5)}{\frac{100}{2} - 2.5} = 1.342$ เมตร

$\dfrac{W+X}{2} = 6.00 + 1.342 = 7.342$ เมตร



รูปที่ 14

คำนวณทราบตำแหน่งของจุด Toe Slope

Step I,	ทราบค่าระดับ Profile Grade (P.G.)		
	ของงานก่อสร้าง (หรือ Grade Elev.)	=	100.750
Step II,	ทราบความหนาของชั้นต่าง ๆ		
	(Selected + Subbase + Base + Surface)	=	- 0.750
Step III,	ค่าระดับ P.G. ของงานดิน ℄	=	100.000
Step IV,	Normal Crown ของงานดินที่ไหล่ต่ำกว่าที่		
	℄ = $\frac{2.5\% \times 7.342}{100}$	=	- 0.184
Step V,	ค่าระดับ P.G. ของงานดินที่ไหล่		
	(Subgrade Shoulder Elev.)	=	99.816
Step VI,	ระดับแขนกล้อง H.I.	=	102.026
Step VII,	ค่าระดับ P.G. ของงานดินที่ไหล่	=	- 99.816
Step VIII,	ค่าระดับ Grade Rod ที่ไหล่	=	2.210
Step IX,	Trial Staff Reading At 8.50 Meters		
	(Ground Rod)	=	- 3.000
Step X,	(Fill)	=	- 0.790
Step XI,	Horizontal Distannce = h*s	=	1.580
Step XII,	(w/2 + x) + 2 Fill + 7.342 + 1.580	=	8.922 > 8.50

Step XIII, Trial Staff Reading At 9.00 Meter

(Ground Rod)	=	- 3.040
Grade Rod To Subgrade Shoulder	=	2.210
(Fill)	=	- 0.830
2 Fill	=	1.660
(w/2 + x) + 2 Fill = 7.342 + 1.660	=	9.002
ระยะวัดในสนาม	=	9.00 O.K

<u>การตอกหลัก Slope Stake</u>

ในการก่อสร้างถ้าตอกหมุด (Hub) และ Stake ที่จุด Toe Slope อาจจะไม่เหมาะสม เพราะเวลาทำงาน เครื่องจักรอาจเหยียบย่ำและทำลายหมุดต่าง ๆ เหล่านั้นได้ เพื่อความสะดวกมักจะทำ Offset ออกไปอีกระยะหนึ่ง ประมาณ 3 เมตร จาก Toe Slope แล้วตอก Offset Hub เอา Staff ตั้งบนหัว Hub อ่าน Staff ได้ค่าสมมติ 3.100

Fill จากหัว Offset Hub ถึง Shoulder = 3.100 – 2.210

= 0.890 เมตร

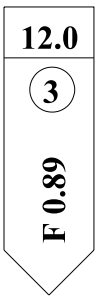
Fill แตกต่างจากหัว Offset Hub ถึง Toe Slope = 3.100 – 3.040

= 0.060 เมตร

<u>วิธีเขียนไม้</u>

ไม้ที่ใช้ทำ โดยทั่วไปไม้ขนาด 1 ½" x 3" ยาวประมาณ 50 ซ.ม.

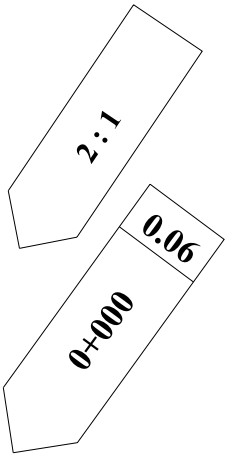
ด้านหน้า (Roadway Side) ใช้เขียน



(1) ระยะจาก Center Line ถึง Offset Hub (9.00 + 3.00 = 12.00)

(2) ระยะ Offset Distance จาก Toe Slope ถึง Offset Hub (3.00 ม.)

(3) ค่า Cut หรือ Fill จากหัว Offset Hub ถึง Finished Grade ของ Shoulder (Fill = 0.89)



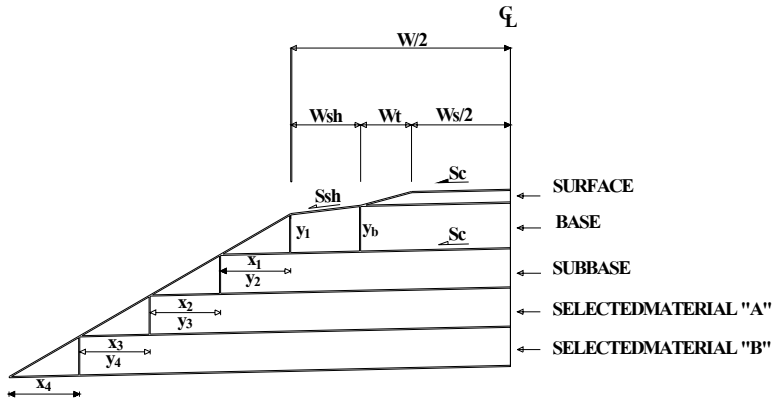
ด้านข้าง (Edge Side) ใช้เขียนค่า Side Slope ในกรณีที่เป็นงานดินตัดให้ระบุชนิดของ Side Ditch ไว้ด้วย เช่น V – Ditch (V.D.) หรือ Flat Bottom Ditch (F.D.)

ด้านหลัง (Back Face Side) ใช้เขียน

(1) ค่าแตกต่างของงาน Cut หรือ Fill ที่จุด Toe Slope และ Offset Hub(0.06)

(2) Station ที่จุดนั้น ๆ (0+000)

การคำนวณค่าคงที่ชั้นทาง



$$Y1 = Yb - \frac{(S_{sh} - S_c) * W_{sh}}{100}$$

$$X1 = \frac{Y_1 * 100}{(S_s - S_c)}$$

$$X_2 = \frac{Y_2 * 100}{(S_s - S_c)}$$

Y_b , Y_2 ,Y_3 , Y_4 ,…….GIVEN ; X_3 , X_4 …….

$$Xn = \frac{Y_n * 100}{(S_s - S_c)}$$

NOTES : - SUBSTITUTION:-

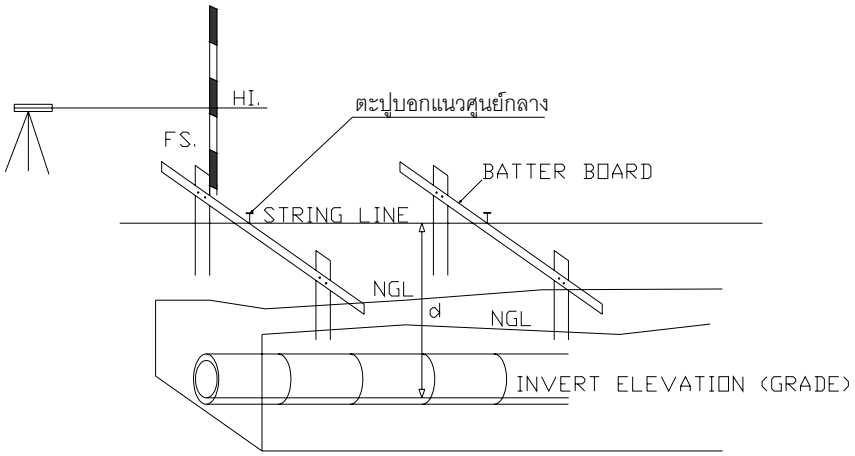
S_c = CROWN SLOPE (i.e., 2.5% = 2.50)

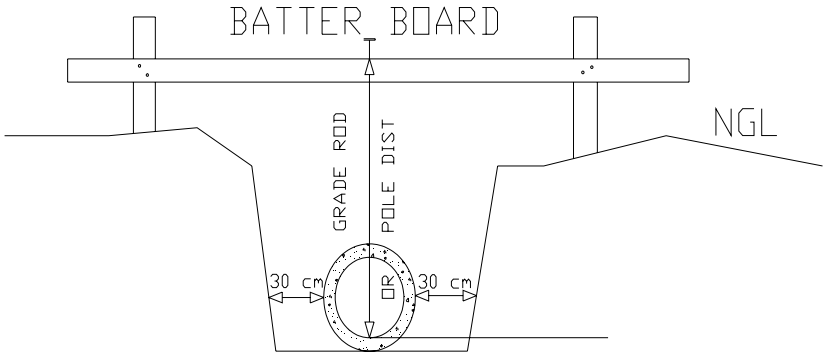
S_{sh} = SHOULDER SLOPE (i.e., 5% = 5.00)

S_s = SIDE SLOPE (i.e., 3:1 = 33.333% = 33.333 , 2:1 = 50.00% = 50.00)

ITEM	CONSTANT VALUE	UNIT
SURFACE	$A = W_s$	$m.^2/m.$
SURFACE EDGE	$A = 2W_t$	$m.^2/m.$
PRIMECOAT	$A = W_s + 2W_t$	$m.^2/m.$
SHOULDER	$V = (y_1 + y_b) W_{sh} + y_1x_1$	$m.^3/m.$
BASE	$V = (W_s + 2W_t) y_b$	$m.^3/m.$
SUBBASE	$V = (W + 2x_1 + x_2) y_2$	$m.^3/m.$
SELECTED MATERIAL " A "	$V = (W + 2x_1 + 2x_2 + x_3) y_3$	$m.^3/m.$
SELECTED MATERIAL " B "	$V = (W + 2x_1 + 2x_2 + 2x_3 + x_4) y_4$	$m.^3/m.$
	$V_n = (W + 2x_1 + 2x_2 + \ldots + x_n) y_n$	$m.^3/m.$

1.8 การวางท่อ R.C.P.





รูปที่ 15

การวางท่อจะต้องคำนวณหา Invert Elevation (Grade) เมื่อทราบ Invert Elevation แล้วก็กำหนดค่า d ซึ่งการกำหนดจะต้องให้ Batter Board ตัวที่อยู่ต่ำสุดอยู่เหนือพื้นดินเล็กน้อยแล้วก็ลาดเอียงขึ้นเรื่อย ๆ การหา Elevation ของ Batter Board = Invert Elevation + d (Pole distance)

หากต้องการทราบว่าจุดที่จะต้องตอก Batter Board กับ Stake นั้นจะต้องหาค่า F.S. โดยจะต้องส่อง B.S. ไป B.M. ที่รู้ค่าแล้วจะได้ H.I. เพราะฉะนั้น

F.S. = H.I. – Elevation Batter Board H.I. .....(1)

เมื่อได้ F.S. ก็นำ Staff ไปทาบกับ Stake เลื่อน Staff ขึ้นลงให้ได้เท่ากับค่า F.S. ที่คำนวณได้และเมื่อได้แล้วก็เอา Batter Board ใส่ตอกตะปู ส่วนอีกข้างหนึ่งอาจจะใช้ระดับน้ำช่างไม้จับระดับเองก็ได้ การทำไม่จำเป็นต้องทำทุกตัว อาจจะทำ 3 – 4 Stake ก็ได้แล้วใช้เชือกขึงเอา

เมื่อตอก Batter Board เสร็จก็ให้ขุดแต่งดินจนได้ความลึกจาก Batter Board ลงไปเท่ากับ d ถ้าขุดทุก Stake ลึกเท่ากับ d ก็จะได้ Invert Elevation ตามต้องการ ขั้นต่อไปก็ทำการวางท่อและจะต้อง Check Grade Rod ของท่อทุกท่อนที่วาง

1.9 <u>การทำ ASBUILT PLAN</u>

ในการก่อสร้างถนน ในบางครั้งจะต้องมีการแก้ไขแปลนให้ถูกต้อง หรือเหมาะสมตามสภาพของจุดที่ทำงาน ซึ่งการแก้ไขนี้อาจจะแก้ไขเล็กน้อย พอที่ผู้ควบคุมงานจะแก้ไขได้โดยตนเอง โดยความเห็นชอบของนายช่างโครงการ หรือการแก้ไขอาจจะมากจนเกินขอบเขตความรับผิดชอบของโครงการฯ ก็เป็นหน้าที่ของสำนักสำรวจและออกแบบดำเนินการแก้ไข

ตัวอย่างของกรณีที่ต้องแก้ไขแบบก่อสร้างและการบันทึกลงใน ASBUILT PLAN

1.9.1 ระยะทางของแนวทางจากแบบผิดจากความจริงในสนาม เช่นระยะจากแบบเป็น 1+500 แต่ระยะวัดจริง ๆ ในสนามได้ 1+450 ก็ต้องแก้ไขแบบโดยใส่ Station Equation เป็น 1+450 BK/1+500 AH ลงในแบบเพื่อให้ทราบว่าระยะจริงสั้นกว่าในแบบ 50 เมตร และเพื่อปรับให้เข้าแนวสำรวจตามแบบเมื่อระยะสั้นลง ค่า Percent Grade ของแนวทางก็ต้องเปลี่ยนไปตามระยะ ต้องคำนวณระดับของแต่ละจุดใหม่ตาม Percent Grade ใหม่ที่หาได้ลงในแบบให้เรียบร้อย แล้วให้ระดับแนวทางตามค่าใหม่นี้ ทั้งนี้ต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างโครงการก่อน

1.9.2 มุมของจุด PI จริงในสนามผิดจากแบบ ก็แก้ไขโดยใส่โค้งใหม่ตามมุมที่วัดได้ใหม่ โดยใช้รัศมีความโค้งตาม Design Speed ของแบบโดยความเห็นของนายช่างโครงการ แล้วคำนวณค่า Super Elevation หาค่า Station Equation (เพื่อแสดงระยะที่ผิดไป และปรับให้เข้าแนวสำรวจตามแบบ) คำนวณระดับใหม่ เพราะระยะผิดไปจากเดิม

1.9.3 ตำแหน่งของท่อระบายน้ำ ไม่เหมาะสมตามสภาพภูมิประเทศ เช่น ไม่อยู่ในทางน้ำ และไม่มีการแสดงในแบบว่ามีการขุดร่องน้ำจริงไปยังตำแหน่งที่กำหนดท่อในแบบ ตำแหน่งของท่อที่ถูกต้องอยู่ที่ทางน้ำนั้น หรือไม่ใกล้เคียงกับจุดต่ำสุดในกรณีระบายน้ำในที่ลุ่ม ก็ต้องย้ายตำแหน่งท่อมายังจุดต่ำสุดนั้น เมื่อย้ายตำแหน่งแล้ว ก็ต้องกำหนดระดับปากท่อด้วย โดยปกติก็เท่ากับระดับดินที่ปากท่อ หรืออาจจะต่ำกว่าเพื่อให้หลังท่อมีชั้นดิน รวมชั้นลูกรังถมหนาอย่างน้อย 50 ซม. ปิด ทั้งนี้ต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างโครงการก่อน และแก้ไขลงในแบบให้เรียบร้อย

1.9.4 ตำแหน่งของสะพานไม่อยู่ในทางน้ำ หรืออยู่ในตำแหน่งที่จะถูกกัดเซาะง่าย หน่วยสำรวจก็ต้องแจ้งให้นายช่างโครงการทราบและเก็บข้อมูลต่าง ๆ ของภูมิประเทศเพิ่มเติม เช่น ตำแหน่งรูปร่างของทางน้ำ เพื่อให้นายช่างโครงการดำเนินการเสนอให้สำนักสำรวจและออกแบบดำเนินการแก้ไขแบบก่อสร้างต่อไป

1.9.5 การแก้ไขแนวทางเดิมให้เหมาะกับภูมิประเทศ โดยเบนออกจากแนวเดิมไม่มากนัก เช่น การเปลี่ยนแนวกลางถนนให้อยู่กลางถนนจริง ๆ เพราะมีแนวบังคับ หน่วยสำรวจทำได้โดยการวัดระยะใหม่

ใส่โค้งใหม่ คำนวณ Super Elevation ใหม่ หาค่า Station Equation คำนวณระดับใหม่ลงในแบบให้เรียบร้อย แล้วทำไปตามแบบใหม่ต่อไป โดยความเห็นชอบจากนายช่างโครงการ และแจ้งให้สำนักสำรวจและออกแบบเห็นชอบก่อน ถ้าการแก้ไขแนวทางเดิมเปลี่ยนไปจากเดิมมาก เช่น กรณีเจ้าของที่ไม่ยินยอมให้ก่อสร้างตามแนวเดิม ในกรณีนี้หน่วยสำรวจจะต้องเก็บข้อมูลตามวิธีการสำรวจเพื่อออกแบบแล้วส่งข้อมูลให้นายช่างโครงการเพื่อให้สำรวจและออกแบบพิจารณาแก้ไขต่อไป

1.9.6 การแก้ไขระดับของถนนไม่ว่าในกรณีใด ๆ ต้องให้สำนักสำรวจและออกแบบพิจารณาให้ความเห็นชอบก่อนแล้วแก้ไขลงในแบบแปลน

1.9.7 ค่าระดับ B.M. ที่ใช้จริงในสนามให้ใส่ไว้ในแบบให้ครบ

1.9.8 หมุดอ้างอิงต่าง ๆ เช่น POT, PC, PI หรือ PT ที่ใช้งานในสนาม ให้ทำหมุดพยาน (Reference Point) แล้วใส่ไว้ในแบบให้ครบ

1.9.9 ความยาวเสาเข็มทุกสะพานต้องใส่ไว้ในแบบให้ครบ

<u>หมายเหตุ</u> ทุกแห่งที่มีการแก้ไขแบบแปลน หน่วยสำรวจต้องเขียนลงในแบบแปลนที่หน่วยใช้อยู่เพื่อสะดวกในการทำงานขั้นต่อไป

บทที่ 2

งานดิน (Earth Work)

2.1 งานถางป่าและขุดตอ

(Clearing And Grubbing)

หมายถึง การกำจัดต้นไม้ พุ่มไม้ ตอไม้ ขยะ วัชพืช และสิ่งไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ เช่นโครงสร้างหรือสิ่งปลูกสร้าง ฯลฯ เพื่อประโยชน์แก่การก่อสร้างและหรืออาจยังความเสียหายให้แก่ความมั่นคงแข็งแรงของคันทางที่จะก่อสร้างใหม่ สำหรับวัสดุอุปกรณ์ และสิ่งของที่เกี่ยวกับงานทางของกรมทางหลวงที่มีอยู่เดิม และจำเป็นต้องเคลื่อนย้ายออก จะต้องทำการรื้อถอน และ เคลื่อนย้ายด้วยความระมัดระวังมิให้เกิดความเสียหาย และนำไปไว้ ณ สถานที่ ที่กำหนดให้

งานในรายการนี้ให้หมายรวมถึง การเกลี่ยแต่ง และกำจัดเศษวัสดุก่อสร้างในบริเวณงานก่อสร้างเมื่องานแล้วเสร็จ ให้สะอาดเรียบร้อย และไม่เป็นอุปสรรคต่อการไหลของน้ำ ในการก่อสร้างบูรณะและปรับปรุงทางหลวง ที่ผ่านพื้นที่ของเขตป่าไม้ เช่น เขตป่าสงวนแห่งชาติ เขตอุทยานแห่งชาติ เขตสงวนพันธุ์สัตว์ป่า เขตป่าสงวนคุ้มครอง เขตป่าที่จัดสรรเพื่อเกษตรกรรม เป็นต้น รวมทั้งเขตสงวนของส่วนราชการอื่น ให้ทำการถางป่าและขุดตอเฉพาะบริเวณที่จะก่อสร้างคันทาง เว้นแต่ในกรณีที่จำเป็นก็ให้ดำเนินการภายในเขตทางเท่านั้น ในการนี้ผู้รับจ้างต้องปฏิบัติตามกฎหมายและระเบียบหรือเงื่อนไขของกรมป่าไม้หรือส่วนราชการที่เกี่ยวข้องกับการนั้น ๆ ด้วย

งาน Clearing & Grubbing

2.1.1 วิธีการก่อสร้าง (Construction Method)

การถางป่าและขุดตอโดยทั่วไปให้ทำภายในเขตทาง หรือตามที่กำหนดในแบบในบริเวณซึ่งจะทำการก่อสร้างคันทาง คูข้างทาง และขุดเพื่อก่อสร้างงานโครงสร้าง จะต้องถางป่า และขุดตอ (Cleared and Grubbed) ให้เรียบร้อย

การขุดเพื่อก่อสร้างงานโครงสร้าง ให้ขุดตอ ราก และอื่น ๆ ออกต่ำกว่าระดับสุดท้ายตามรูปตัดไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร บริเวณที่จะก่อสร้างคันทางให้ขุดตอ ราก และอื่น ๆ ออกต่ำกว่าระดับดินเดิม

ไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร ในกรณีซึ่งทำดินคันทางสูงกว่าระดับดินเดิมมากกว่า 600 มิลลิเมตร ให้ตัดต้นไม้และตอไม้จนชิดใกล้ระดับดินเดิมให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

ต้นไม้บางต้นที่อยู่นอกคันทาง หรือนอกเชิงลาดงานตัดคันทาง ที่ไม่อยู่ในพื้นที่การมองเห็นหยุดรถปลอดภัย (Stopping Sight Distance) ให้คงไว้ ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน ส่วนของต้นไม้ที่ให้คงไว้นั้นถ้ายื่นเข้าไปเหนือผิวจราจร และสูงกว่าระดับก่อสร้างน้อยกว่า 6 เมตร ให้ตัดออกให้เรียบร้อยโดยให้เหลือโคนกิ่งติดลำต้นยาวไม่เกิน 200 มิลลิเมตร ผู้รับจ้างต้องระมัดระวังและป้องกันไม่ให้ต้นไม้ที่คงไว้เกิดความเสียหายตลอดระยะเวลาการก่อสร้าง

วัสดุซึ่งเกิดจากการถางป่าและขุดตอ ให้นำไปทิ้ง ณ บริเวณที่ไม่กีดขวางการระบายน้ำหรือบริเวณซึ่งนายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

ภายหลังเมื่องานก่อสร้างทางแล้วเสร็จเรียบร้อย ให้ทำการเกลี่ยแต่งกลบหลุมบ่อ และกำจัดเศษวัสดุก่อสร้างให้สะอาดเรียบร้อยด้วย

2.1.2 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน (Measurement & Payment)

งาน Clearing

งานถางป่าและขุดตอเป็นงานราคาต่อหน่วย (Unit Cost) หรืองานเหมาจ่าย (Lump Sum) ตาม แต่ที่กำหนดในสัญญา

2.1.2.1 วิธีการวัดปริมาณงาน (Quantity Measurement)

การวัดปริมาณงาน ให้วัดปริมาณจากพื้นที่ทางราบ (Projected Area) ตามที่ได้ทำจริงตามแนวตั้งฉากและขนานกับแนวศูนย์กลางทาง

2.1.2.1.1 แบบราคาต่อหน่วย (Unit Cost) ให้วัดปริมาณงานเป็นพื้นที่ มีหน่วยเป็นตารางเมตร

2.1.2.1.2 แบบเหมาจ่าย (Lump Sum) ให้วัดปริมาณงานเป็นร้อยละ ของปริมาณที่คาดว่าจะต้องทำงานทั้งหมด

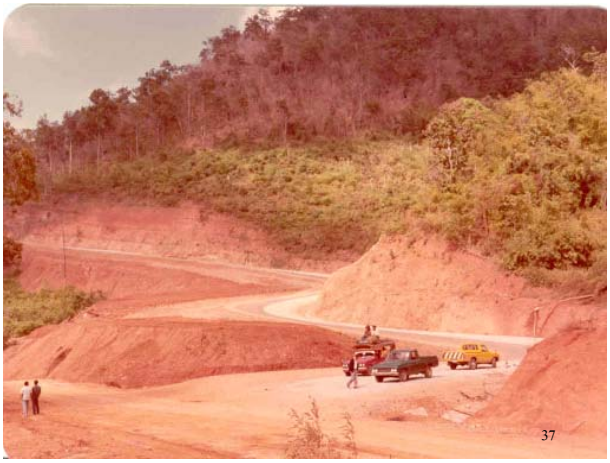
2.1.2.2 วิธีการจ่ายค่างาน (Payment)

การจ่ายค่างานในรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับงานจนแล้วเสร็จเรียบร้อยในราคาตามสัญญา โดยให้แบ่งจ่ายเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 ร้อยละแปดสิบ (80%) ของปริมาณงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด จ่ายเมื่อส่งงานในงวดนั้น ๆ

ส่วนที่ 2 ร้อยละยี่สิบ (20%) ของปริมาณงานแล้วเสร็จแต่ละงวด จ่ายเมื่อได้ทำการเกลี่ยแต่งและกำจัดเศษวัสดุเมื่องานแล้วเสร็จ (Final Clean-up)

2.2 งานตัดคันทาง (Roadway Excavation)



งานตัดคันทาง Roadway Excavation

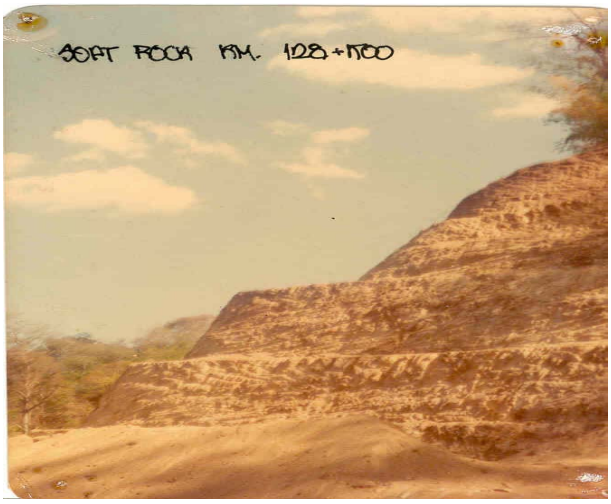
หมายถึง การขุดดินเดิมหรือคันทางเดิมเพื่อให้เป็นคันทาง หรือส่วนของงานทาง หรือเพื่อประโยชน์แก่งานทาง ได้รูปร่าง ระดับ และแนวตามที่แสดงไว้ในแบบ โดยวัสดุที่ขุดออกนี้อาจจะนำไปใช้ หรือนำไปทิ้งเสีย และหมายรวมถึงการขุดคุ้ย คลุกเคล้า เกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้ความราบเรียบและได้ความแน่นตามที่กำหนด

2.2.1 วัสดุ (Material)

งานตัดคันทางแบ่งตามประเภทของวัสดุและวัตถุประสงค์ของการตัดออกเป็น 5 ประเภท ดังต่อไปนี้

2.2.1.1 งานตัดดิน (Earth Excavation)

งานตัดดิน หมายถึง งานตัดคันทางโดยวัสดุที่ขุดนั้นเป็นวัสดุดินทั่ว ๆ ไป ซึ่งไม่ได้จำแนกเป็นประเภทตาม ข้อ 2.2.1.2 – ข้อ 2.2.1.5 หรือไม่ได้กำหนดในแบบเป็นอย่างอื่น



งานตัดหินผุ Soft Rock Excavation

2.2.1.2 งานตัดหินผุ(Soft Rock Excavation)

งานตัดหินผุ หมายถึง งานตัดคันทางโดยวัสดุที่ขุดขึ้นเป็นหินผุ ซึ่งจะพิสูจน์ทราบได้โดยใช้รถดันดินตีนตะขาบ (Crawler Tractor) พร้อมติดตั้งอุปกรณ์ใบคราด (Ripper) มีขนาด กำลังเครื่องยนต์ไม่น้อยกว่า 270 แรงม้า อยู่ในสภาพใช้งานได้ดี โดยมีน้ำหนักไม่น้อยกว่า 28 เมตริกตัน จึงจะสามารถขุดออกได้ ส่วนการดำเนินการขุดหินผุหลังจากการพิสูจน์ทราบแล้วจะใช้เครื่องจักรกลชนิดใดก็ได้

2.2.1.3 **งานตัดหินแข็ง** (Hard Rock Excavation)

งานตัดหินแข็ง Hard Rock Excavation

งานตัดหินแข็ง หมายถึง งานตัดคันทางโดยวัสดุที่ขุดนั้นเป็นหินแข็งซึ่งต้องใช้วิธีการเจาะและระเบิด (Drilling & Blasting) หรือวัสดุเป็นประเภทหินลอย (Boulder) ซึ่งมีขนาด ก้อนละตั้งแต่ 0.75 ลูกบาศก์เมตรขึ้นไป

2.2.1.4 **งานขุดวัสดุไม่เหมาะสม** (Unsuitable Material Excavation)

งานขุดวัสดุไม่เหมาะสม

Unsuitable Material Excavation

งานขุดวัสดุไม่เหมาะสม หมายถึง งานขุดวัสดุที่มีคุณภาพต่ำไม่เหมาะสมสำหรับงานก่อสร้างนอกคันทางเดิมแต่อยู่ภายในขอบเขตของคันทางใหม่ อันได้แก่ เศษวัสดุต่าง ๆ ดินเลน ดินอินทรีย์ วัสดุไม่พึงประสงค์หรือวัสดุที่มีคุณภาพต่ำกว่าชั้นทางนั้น ๆ แต่ไม่รวมถึงวัสดุที่จัดเข้าประเภทตามข้อ 2.2.1.5

2.2.1.5 **งานขุดบริเวณดินอ่อน** (Soft Material Excavation)

งานขุดบริเวณดินอ่อน หมายถึง งานตัดคันทางโดยขุดวัสดุในบริเวณคันทางเดิมซึ่งอ่อนตัว และไม่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ เพื่อเปลี่ยนวัสดุใหม่ที่คุณภาพตามที่กำหนดไว้มาแทนที่

2.2.2 เครื่องจักรและเครื่องมือ (Equipment)

ผู้รับจ้างจะต้องจัดหาเครื่องจักรและเครื่องมือที่เหมาะสมกับงานตัดคันทางแต่ละประเภทและได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานให้ใช้งานได้

2.2.3 วิธีการก่อสร้าง

2.2.3.1 งานตัดคันทาง ต้องตัดให้ได้ตามรูปแบบ ระดับ และแนวตามที่แสดงไว้ ในแบบ หรือตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานกำหนด ในกรณีที่ดินเดิมแบ่งเป็นชั้น ๆ แต่ละประเภทวัสดุ ให้ทำการตัดโดยการเปลี่ยนลาดดินตัด (Back Slope) และมีพักลาดดินตัด (Step) ตามที่แสดงรายละเอียดไว้ในแบบ โดยลาดดินตัดจะแต่งให้ประณีตเรียบร้อยปราศจากวัสดุแตกหลุดซึ่งอาจเลื่อนไหลลงมาได้

2.2.3.2 วัสดุที่ตัดออกนอกเหนือจากส่วนที่นำไปใช้แล้ว จะต้องขนไปทิ้งในบริเวณพื้นที่ที่กำหนดไว้ในแบบหรือในบริเวณพื้นที่เหมาะสม ตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร โดยให้มีสภาพเรียบร้อยไม่เป็นอุปสรรคและกีดขวางทางระบายน้ำใด ๆ หรืออาจก่อให้เกิดความเสียหายใด ๆ แก่งานทาง และทรัพย์สินของกรมทางหลวงและผู้อื่น

2.2.3.3 ในกรณีที่จะนำวัสดุที่ตัดออกไปใช้กับงานส่วนอื่น จะต้องทำการถางป่าและขุดตอให้สะอาดเรียบร้อยก่อนเริ่มงานตัดคันทาง เพื่อไม่ให้มีวัชพืชหรือสิ่งไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ ปะปนไปกับวัสดุที่จะนำไปใช้

2.2.3.4 การตัดทำชั้นดินคันทาง เมื่อตัดถึงระดับงานดิน (Finished Sub grade) ถ้าวัสดุมีคุณภาพใช้ได้ให้ขุดคุ้ย (Scarify) ลึก 150 มิลลิเมตร แล้วคลุกเคล้าเกลี่ยแต่ง และบดทับให้ได้รูปร่างระดับ แนว และความแน่น ตามที่กำหนดและแสดงไว้ในแบบ

การดำเนินการใต้ระดับงานดินนี้ ให้ถือเป็นส่วนหนึ่งของงานตัดคันทางโดยจะไม่วัดจ่ายค่างานให้หากวัสดุที่ตัดถึงระดับงานดินเป็นดินที่มีคุณภาพใช้ไม่ได้ ตามข้อกำหนดให้ตัดลงไปอีก 150 มิลลิเมตร หรือตามที่ระบุไว้ในแบบ แล้วเกลี่ยแต่ง บดทับให้แน่น ตามที่กำหนดและแสดงไว้ในแบบ

2.2.4 การตรวจสอบ (Construction Control)

2.2.4.1 การตรวจสอบค่าระดับ (Elevation Check)

งานตัดคันทางเฉพาะที่ทำชั้นดินคันทางจะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อตรวจสอบด้วยบรรทัดตรงยาว 3.00 เมตร ทั้งตามแนวขนานและตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางทางมีความแตกต่างได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร และมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่แสดงไว้ในแบบได้ไม่เกิน 15 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

2.2.5 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

2.2.5.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัด และการคำนวณหาปริมาณตัดคันทาง ให้วัดปริมาณเป็นปริมาตร (Volume) โดยวัดเนื้องานจากระดับก่อนที่ทำงานถางป่า ขุดตอ และหาพื้นที่หน้าตัดด้วยวิธีคูณไขว้ (Co-Ordinate Method)

และใช้วิธีเฉลี่ยพื้นที่หน้าตัด (Average End Area Method) ในการคำนวณหาปริมาตรของงานตัดคันทาง โดยใช้ระยะทางตามแนวศูนย์กลางทาง โดยทั่วไปให้ใช้พื้นที่หน้าตัดทุกระยะ 25 เมตร แต่หากเป็นงานในภูมิประเทศภูเขา หรือต้องการความละเอียดในการคำนวณมากขึ้น ระยะทางอาจลดลงเป็น 12.50 เมตร หรือ 5.00 เมตร ตามดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

2.2.5.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อย ตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

2.3 งานถมคันทาง (Embankment)

2.3.1 งานดินถมคันทาง (Earth Embankment)

งาน Earth Embankment

หมายถึง การก่อสร้างถมคันทาง และการตัดลาดคันทางเดิมเป็นแบบขั้นบันได (Benching) เพื่อถมขยายคันทาง รวมทั้งการกลบแต่งหลุมบ่อต่าง ๆ ที่ไม่ได้ระบุเป็นงานรายการอื่น โดยการจัดหาดินหรือวัสดุอื่นใดที่มีคุณภาพถูกต้องตามข้อกำหนด จากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบแล้วมาถมเป็นคันทาง โดยการเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ และรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

2.3.1.1 วัสดุ

ดิน หรือวัสดุอื่นใด ต้องเป็นวัสดุที่ปราศจากหน้าดิน และ วัชพืช จากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว ส่วนที่จับตัวกันเป็นก้อนหรือยึดเกาะกันมีขนาดโตกว่า 50 มิลลิเมตร จะต้องกำจัดออกไปหรือทำให้แตกและผสมเข้าด้วยกันให้มีลักษณะสม่ำเสมอ

2.3.1.2 เครื่องจักรและเครื่องมือ

ก่อนเริ่มงานผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่าง ๆ ที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินงานทางด้านวัสดุและการก่อสร้างไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็น แบบ ขนาดและอยู่ในสภาพที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

2.3.1.3 วิธีการก่อสร้าง

2.3.1.3.1 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

(1) การเตรียมวัสดุ

ดินจากแหล่งที่ผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้ว และเตรียมที่จะนำมาใช้ในงานชั้นดินถมคันทางหากไม่ได้นำมาลงบนดินเดิมหรือคันทางเดิมที่ได้เตรียมไว้โดยตรงให้กอง (Stockpile) ไว้เป็นกอง ๆ ในปริมาณที่พอสมควร

บริเวณที่เตรียมไว้กองวัสดุ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงาน โดยปราศจากสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ

(2) การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

ก่อนเริ่มงานดินถมคันทาง ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมพร้อมในด้านต่าง ๆ เช่น เครื่องจักรและเครื่องมือในการทำงาน และเครื่องหมายในการควบคุมการจราจรที่เกี่ยวกับการก่อสร้าง ทั้งนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

ผู้รับจ้างจะต้องเกลี่ยและกลบแต่งหลุมบ่อที่มีอยู่เดิม หรือส่วนที่เกิดจากการถางป่าและขุดตอแล้วบดทับให้แน่นและเรียบร้อยก่อนที่จะเริ่มงานดินถมคันทาง

งานบดอัดดินเดิม Foundation Compact

ดินเดิมหรือลาดคันทางของถนนเดิม ซึ่งอยู่ต่ำกว่าระดับคันทางที่จะทำการก่อสร้างใหม่น้อยกว่า 1 เมตร ตามแบบ หลังจากกำจัดสิ่งไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ ออกหมดแล้ว หรือหลังจากไถคราดผิวทางเดิมแล้ว จะต้องทำการบดทับชั้น 150 มิลลิเมตรสุดท้าย วัดจากระดับดินเดิมหรือผิวถนนเดิมลงไปให้ได้ความแน่นแห้งของการบดทับไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม ทล.-ท. 107 “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน”

ถ้ามิได้กำหนดไว้ในแบบเป็นอย่างอื่น ทางเดิมที่ยังไม่มีผิวถาวรและต้องการจะถมคันทางให้สูงขึ้นอีกไม่เกิน 300 มิลลิเมตร จะต้องไถคราดผิวทางเดิมไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตรแล้วบดทับรวมไปพร้อมกับชั้นใหม่ของชั้นดินถมคันทางนั้น ความหนาของชั้นที่ไถคราดรวมกับวัสดุใหม่จะต้องไม่เกินความหนาแต่ละชั้นที่กำหนดไว้ตามข้อ 2.3.1.3.3

ในกรณีที่จะก่อสร้างคันทางตามลาดเชิงเขาหรือจะทำการก่อสร้างขยายคันทางใหม่บนคันทางเดิม ให้ตัดลาดเชิงเขาหรือลาดคันทางเดิมเป็นขั้นบันได จากปลายเชิงลาดจนถึงขอบไหล่ทาง ให้เกลี่ยแผ่วัสดุสม่ำเสมอในแนวราบ มีความกว้างพอที่เครื่องมือบดทับที่เหมาะสมลงไปทำงานได้ โดยกำหนดว่าให้ดำเนินการก่อสร้างเป็นชั้น ๆ โดยให้มีความหนาแต่ละชั้นตาม ข้อ 2.3.1.3.3

การเตรียมการก่อนการก่อสร้างนี้ ให้ถือเป็นส่วนหนึ่งของงานดินถมคันทาง โดยจะไม่วัดจ่ายค่างานให้

2.3.1.3.2 การก่อสร้าง

ภายหลังจากที่ได้ดำเนินการตามข้อ 2.3.1.3.1 แล้ว ให้ราดน้ำชั้นดินเดิมหรือคันทางเดิมที่ได้เตรียมไว้แล้วให้เปียกชื้นสม่ำเสมอโดยทั่วตลอด ใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมขนดินไปปูบนชั้นที่ได้เตรียมไว้ แล้วตีแผ่ เกลี่ยวัสดุ คลุกเคล้า ผสมน้ำ โดยที่ประมาณว่าให้มีปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content ± 3%

หลังจากเกลี่ยแต่งดินจนได้ที่แล้วให้ทำการบดทับทันทีด้วยเครื่องมือบดทับที่เหมาะสมบดทับทั่วผิวหน้าอย่างสม่ำเสมอ จนได้ความแน่นตลอดความหนาตามข้อกำหนด

การดำเนินการก่อสร้างดังที่กล่าวมาแล้วนี้ให้ทำเป็นชั้น ๆ โดยให้มีความหนาของแต่ละชั้นตามข้อ 2.3.1.3.3 หากผู้รับจ้างไม่สามารถทำการก่อสร้างตามวิธีดังกล่าวได้ และประสงค์จะดำเนินการวิธีอื่นใดจะต้องได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวงก่อน และเมื่อได้ก่อสร้างจนเสร็จขั้นสุดท้ายแล้วให้เกลี่ยดินจนได้แนว ระดับ ความลาด ขนาด และรูปตัดตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ ไม่มีหลุมบ่อหรือวัสดุที่หลุดหลวมไม่แน่นอยู่บนผิว

ส่วนของคันทางที่อยู่ติดข้างท่อ หรือคอสะพาน หรือบริเวณใดก็ตามที่เครื่องมือบดทับขนาดใหญ่ไม่สามารถจะเข้าไปบดทับได้ทั่วถึง ให้ใช้เครื่องมือบดทับขนาดเล็กที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นว่าเหมาะสมเข้าไปทำการบดทับแทน และให้ทำการก่อสร้างเป็นชั้น ๆ ตามข้อ 2.3.1.3.3

2.3.1.3.3 การควบคุมคุณภาพขณะก่อสร้าง

การก่อสร้างชั้นดินถมคันทางให้ก่อสร้างเป็นชั้น ๆ โดยให้มีความหนาหลังบดทับชั้นละไม่เกิน 150 มิลลิเมตร

ผู้รับจ้างอาจก่อสร้างชั้นดินถมคันทางให้มีความหนาแต่ละชั้นเกินกว่า 150 มิลลิเมตรแต่ไม่เกิน 200 มิลลิเมตร ก็ได้ ทั้งนี้ต้องแสดงรายการเครื่องจักรและเครื่องมือที่เหมาะสม แสดงวิธีการปฏิบัติงาน และต้องก่อสร้างแปลงทดลองยาวประมาณ 200-500 เมตร เพื่อตรวจสอบคุณภาพ หากพบว่าระหว่างการก่อสร้างมีปัญหาเกี่ยวกับความแน่นของดินถมคันทางส่วนบน และส่วนล่างไม่ได้ตามข้อกำหนด นายช่างผู้ควบคุมงานอาจพิจารณาระงับการก่อสร้างดินถมคันทางหนาชั้นละมากกว่า 150 มิลลิเมตร

นายช่างผู้ควบคุมงานจะตรวจสอบคุณภาพหลังการผสมคลุกเคล้าแล้ว หากพบว่าตอนใดคุณภาพไม่ถูกต้องตามข้อกำหนด ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไขจนได้วัสดุที่มีคุณภาพถูกต้อง

2.3.1.3.4 การบำรุงรักษาและการเปิดจราจร

หลังจากการก่อสร้างเสร็จและคุณภาพผ่านข้อกำหนดทุกอย่างแล้ว ในกรณีที่ผู้รับจ้างยังไม่ทำการก่อสร้างชั้นทางในชั้นถัดไป ถ้าต้องการเปิดให้การจราจรผ่านในฤดูฝนควรใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะใช้ทำชั้นทางในชั้นถัดไป เช่น วัสดุมวลรวม ปิดทับหน้าไว้เพื่อป้องกันดินถมคันทางเสียหาย

ถูกทำลายเป็นร่องล้อและบวม ค่าใช้จ่ายในการนี้ ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้รับผิดชอบทั้งสิ้น

2.3.1.4 การตรวจสอบ

2.3.1.4.1 การตรวจสอบค่าระดับ

งานดินถมคันทางที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อทำการตรวจด้วยบรรทัดตรง ยาว 3.00 เมตร ทั้งตามแนวขนานและตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางทางมีความแตกต่างได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร และมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่แสดงไว้ในแบบได้ไม่เกิน 15 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตรหรือน้อยกว่าตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใด ที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข โดยการปาดออก หรือรื้อแล้วก่อสร้างใหม่

2.3.1.5 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

2.3.1.5.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดและการคำนวณหาปริมาณงานของงานดินถมคันทางนั้น ให้วัดปริมาณเป็นปริมาตรโดยวัดเนื้องานจากระดับก่อนที่จะทำงานถางป่า ขุดตอ หรือการเกลี่ยแต่งคันทางเดิมหรือการตัดลาดคันทางเดิมเป็นแบบขั้นบันไดเพื่อขยายคันทาง และหาพื้นที่หน้าตัดด้วยวิธีคูณไขว้และใช้วิธีเฉลี่ยพื้นที่หน้าตัดในการคำนวณหาปริมาตรของงานดินถมคันทาง โดยใช้ระยะทางตามแนวศูนย์กลางทาง โดยทั่วไปให้ใช้พื้นที่หน้าตัดทุกระดับ 25 เมตร แต่หากเป็นงานในภูมิประเทศเป็นภูเขาหรือต้องการความละเอียดในการคำนวณมากขึ้นระยะทางอาจลดลงเป็น 12.50 เมตร หรือ 5.00 เมตร ตามดุลยพินิจของนายช่างควบคุมงาน ทั้งนี้ให้หักปริมาตรส่วนที่ถูกแทนที่ด้วยท่อกลม ท่อเหลี่ยม และสิ่งสาธารณูปโภคต่าง ๆ ออก ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

กรณีงานดินถมคันทางแทนที่งานขุดบริเวณดินอ่อน ให้คำนวณจากความกว้าง ยาวและลึกตามที่ทำการก่อสร้าง

2.3.1.5.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่น ๆที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อย ตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวดในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

2.3.2 งานทรายถมคันทาง (Sand Embankment)

หมายถึงการก่อสร้างถมคันทาง และการตัดลาดคันทางเดิมเป็นแบบขั้นบันได เพื่อถมขยายคันทาง รวมทั้งการกลบแต่งหลุมบ่อต่าง ๆ ที่ไม่ได้ระบุเป็นงานรายการอื่นด้วยทรายที่มีคุณภาพถูกต้องตามข้อกำหนด จากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบแล้วมาถมเป็นคันทาง โดยการเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ และรูปร่าง ตามที่แสดงไว้ในแบบ

2.3.2.1 **วัสดุ**

ทรายหรือวัสดุอื่นใด ต้องเป็นวัสดุที่ปราศจากก้อนดินเหนียว (Clay Lump) หน้าดิน (Top Soil) และวัชพืช จากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

2.3.2.2 **เครื่องจักรและเครื่องมือ**

ก่อนเริ่มงานผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่าง ๆ ที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินงานทางด้านวัสดุ และการก่อสร้างไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็นแบบ ขนาดและอยู่ในสภาพที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

2.3.2.3 วิธีการก่อสร้าง

2.3.2.3.1 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

(1) การเตรียมวัสดุ

ทรายจากแหล่งเมื่อผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้ว และเตรียมที่จะนำมาใช้งานชั้นทรายถมคันทาง หากไม่ได้นำมาลงบนดินเดิมหรือคันทางเดิมที่ได้เตรียมไว้โดยตรง ให้กองไว้เป็นกอง ๆ ในปริมาณที่พอสมควร ห้ามกองวัสดุสูงกว่าความสูงของระดับหลังทางภายในเขตทาง

สำหรับทรายที่ได้จากแหล่งหลาย ๆ แห่ง ซึ่งผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้วถ้าจะนำมาลงบนดินเดิมหรือคันทางเดิมที่ได้เตรียมไว้แล้วโดยตรง ให้แยกลงแต่ละแหล่งเป็นแต่ละช่วงไปช่วงละประมาณ 200 - 500 เมตร หรือตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานกำหนด ถ้าประสงค์จะนำมากองเพื่อเตรียมไว้ใช้งานถมคันทาง ก็ให้แยกกองวัสดุแต่ละแหล่งออกจากกันในปริมาณที่พอสมควร หากไม่สะดวกในการควบคุมคุณภาพจากแหล่ง ก็ให้กองวัสดุเป็นกองๆ แยกกันไปแต่ละแห่ง แล้วดำเนินการเก็บตัวอย่างทดสอบคุณภาพ

บริเวณที่เตรียมไว้กองวัสดุ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานโดยปราศจากสิ่งไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ

(2) การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

ก่อนเริ่มงานทรายถมคันทาง ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมพร้อมในด้านต่าง ๆ เช่น เครื่องจักรและเครื่องมือในการทำงาน และเครื่องหมายควบคุมการจราจรที่เกี่ยวกับการก่อสร้าง ทั้งนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

การถมทรายไล่เลน

กรณีบริเวณพื้นที่ที่จะทำการก่อสร้างเป็นบ่อดินขุดหรือคูน้ำซึ่งมีเลน หรือวัสดุไม่พึงประสงค์ตกตะกอนทับถมอยู่ จะต้องดำเนินการให้วัสดุดังกล่าวออกไปพ้นส่วนที่จะเป็นฐานรองรับคันทาง โดยอาจดำเนินการได้หลายวิธี เช่น ใช้เครื่องจักรตักออกสูบน้ำออกบางส่วน แล้วใช้ทรายที่คุณภาพใช้ได้ถมไล่เลนโดยการถมไล่จากเลนกึ่งกลางทาง หรือจากเชิงลาดคันทางเดิมออกไปทางด้านข้างทางจน

พ้นบริเวณที่ต้องการ ไม่มีเลนเหลือตกค้าง อันอาจยังความเสียหายให้แก่ตัวคันทางได้ ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงานที่จะพิจารณาเลือกใช้วิการที่เหมาะสม

การถมทรายไล่เลน ให้ดำเนินการจนระดับทรายอยู่พ้นระดับน้ำในขณะทำการก่อสร้างไม่เกิน 200 มิลลิเมตร และการทดสอบความแน่นของการบดทับชั้นถมทรายไล่เลนนี้ให้ทดลองตั้งแต่ชั้นที่อยู่เหนือระดับน้ำ 200 มิลลิเมตร เป็นต้นไป โดยจะต้องบดทับให้ได้ความแน่นแห้งของการบดทับ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม ทล.-ท. 108 “วิธีการทดลองCompaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”

2.3.2.3.2 การก่อสร้าง

ภายหลังจากที่ได้ดำเนินการตามข้อ 2.3.2.3.1 แล้ว ให้ใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมขนทรายไปถมคันทาง แล้วตีแผ่ คลุกเคล้า ผสมน้ำ โดยที่ประมาณว่าให้มีปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content ± 3%

หลังจากเกลี่ยแต่งจนได้ที่แล้วให้ทำการบดทับทันทีด้วยเครื่องมือบดทับที่เหมาะสมบดทับทั่วผิวหน้าสม่ำเสมอ จนได้ความแน่นตลอดความหนาตามข้อกำหนด

การดำเนินการก่อสร้างตามที่ได้กล่าวมาแล้วนี้ให้ทำเป็นชั้น ๆ โดยให้มีความหนาของแต่ละชั้นตามข้อ 2.3.2.3.3 หากผู้รับจ้างไม่สามารถจะทำการก่อสร้างตามวิธีดังกล่าวได้และประสงค์จะดำเนิน

งาน Sand Embankment

การวิธีการอื่นใด จะต้องได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวงก่อน และเมื่อได้ก่อสร้างถมคันทางเสร็จชั้นสุดท้ายแล้ว ถ้าไม่ต้องทิ้งไว้ในช่วงระยะเวลาถมทิ้งไว้ (Waiting Period) ตามที่กำหนดไว้ในข้อกำหนดพิเศษ ให้เกลี่ยทรายจนได้แนว ระดับ ความลาด ขนาดและรูปตัดตามที่แสดงในแบบ บดทับจนได้ความแน่นตามที่กำหนด แล้วก่อสร้างชั้นทางชั้นถัดไปปิดทับทันที

กรณีต้องทิ้งไว้ในช่วงระยะเวลาถมทิ้งไว้ตามที่กำหนดไว้ในข้อกำหนดพิเศษ เมื่อครบกำหนดระยะเวลาแล้ว ให้ตรวจสอบระดับผิวชั้นทรายถมคันทางและทำการปรับระดับ แล้วเสริมด้วยทรายที่มีคุณภาพถูกต้องก่อสร้างขึ้นมาเป็นชั้น ๆ ตามวิธีการข้างต้นจนเสร็จชั้นสุดท้ายเกลี่ยแต่งจนได้แนว ระดับ

ความลาด ขนาด และรูปตัดตามที่แสดงในแบบ บดทับจนได้ความแน่นตามที่กำหนด แล้วก่อสร้างชั้นทางชั้นถัดไปปิดทับทันที

กรณีต้องก่อสร้างด้วยวิธี Preload ด้วยน้ำหนักส่วนที่เกิน (Surcharge) ให้ดำเนินการถมทรายเป็นชั้น ๆ โดยให้มีความหนาของแต่ละชั้น ตามข้อ 2.3.2.3.3 จนได้ระดับ Preload Elevation แล้วให้ทิ้งไว้ตามระยะเวลาที่กำหนดในข้อกำหนดพิเศษ เมื่อครบกำหนดระยะเวลาแล้วให้ตักวัสดุส่วนที่เกินออกจนได้ระดับประมาณชั้นสุดท้ายของคันทาง ทำการปรับระดับแล้วเสริมด้วยทรายที่คุณภาพใช้ได้ เกลี่ยแต่งจนได้แนว ระดับ ความลาด ขนาด และรูปตัด ตามที่ แสดงในแบบ บดทับจนได้ความแน่นตามที่กำหนด แล้วก่อสร้างชั้นทางชั้นถัดไปปิดทับทันที

กรณีต้องก่อสร้างขยายคันทางเดิม ให้ทำการตัดเชิงลาดคันทางเดิมเป็นแบบขั้นบันไดจากปลายเชิงลาดจนถึงขอบไหล่ทาง โดยใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมดำเนินการแล้วถมทรายเป็นชั้น ๆ ให้ความหนาของแต่ละชั้น ตามข้อ 2.3.2.3.3

ให้ทำการป้องกันลาดคันทาง (Slope Protection) เพื่อป้องกันน้ำเซาะทรายถมโดยเร็วที่สุดด้วยดินเหนียวหนาไม่น้อยกว่า 200 มิลลิเมตร หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบแล้วปลูกหญ้า

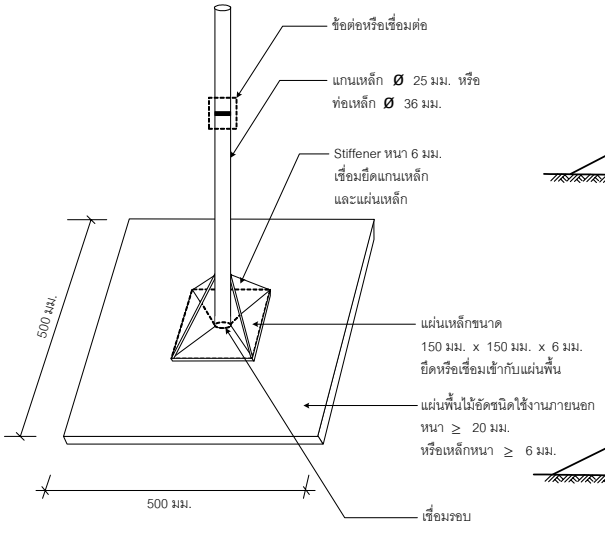
2.3.2.3.3 การควบคุมคุณภาพขณะก่อสร้าง

การก่อสร้างชั้นทรายถมคันทางให้ก่อสร้างเป็นชั้น ๆ โดยให้มีความหนาหลังบดทับชั้นละไม่เกิน 200 มิลลิเมตร

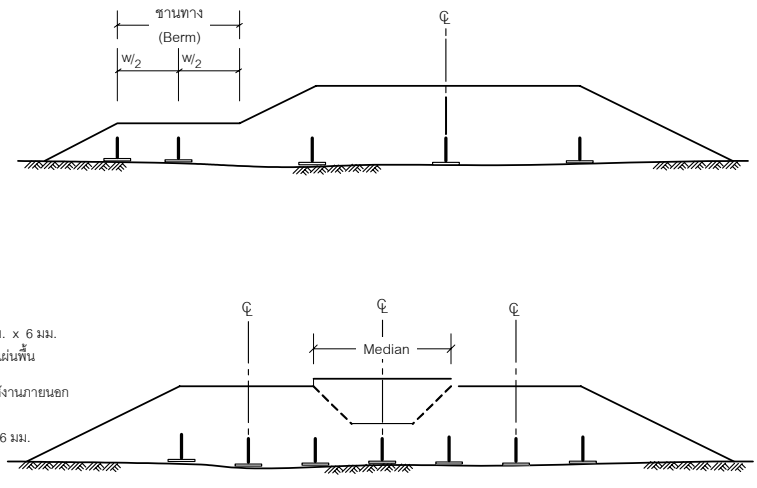
2.3.2.3.4 การวัดการทรุดตัวของคันทาง

กรณีต้องการหาอัตราการทรุดตัวและหาปริมาณการทรุดตัวของทรายถมคันทาง ให้ดำเนินการ

ติดตั้งแผ่นทรุดตัว (Settlement Plate) โดยดำเนินการตาม ทล.-ม. 101 “มาตรฐานการติดตั้งแผ่นทรุดตัว”



ลักษณะของ Settlement Plate



รูปที่ 2 ตัวอย่างตำแหน่ง Settlement Plate

2.3.2.3.5 **การบำรุงรักษาและการเปิดจราจร**

ในระหว่างการก่อสร้างถ้าจำเป็นจะต้องเปิดการจราจรเป็นบางช่วงบางตอน ให้ใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติเหมาะสม เช่น วัสดุมวลรวม ปิดทับชั่วคราวเพื่อให้การจราจรผ่าน ค่าใช้จ่ายในการนี้ ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้รับผิดชอบทั้งสิ้น

2.3.2.4 **การตรวจสอบ**

2.3.2.4.1 **การตรวจสอบค่าระดับ**

งานทรายถมคันทางที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบโดยเมื่อทำการตรวจสอบด้วยบรรทัด ยาว 3.00 เมตร ทั้งตามแนวขนานและตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางทางมีความแตกต่างได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร และมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่กำหนดไว้ในแบบได้ไม่เกิน 15 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข โดยการปาดออกหรือรื้อแล้วก่อสร้างใหม่

2.3.2.5 **การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน**

2.3.2.5.1 **วิธีการวัดปริมาณงาน**

การวัด และการคำนวณหาปริมาณงาน ของงานทรายถมคันทางนั้น ให้วัดปริมาณเป็นปริมาตรโดยวัดเนื้องานจากระดับก่อนที่จะทำการถางป่า ขุดตอ หรือการเกลี่ยแต่งคันทางเดิมหรือการตัดลาดคันทางเดิมเป็นแบบขั้นบันไดเพื่อขยายคันทาง และหาพื้นที่หน้าตัดด้วยวิธีคูณไขว้ และใช้วิธีเฉลี่ยพื้นที่หน้าตัดในการคำนวณหาปริมาตรของงานทรายถมคันทางโดยใช้ระยะทางตามแนวศูนย์กลางทาง โดยทั่วไปให้ใช้พื้นที่หน้าตัดทุกระยะ 25 เมตร แต่หากเป็นงานที่ต้องการความละเอียดในการคำนวณมากขึ้นระยะทางอาจลดลงเป็น 12.50 เมตร หรือ 5.00 เมตร ตามดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน ทั้งนี้ให้หักปริมาตรส่วนที่ถูกแทนที่ด้วยท่อกลม ท่อเหลี่ยม และสิ่งสาธารณูปโภคต่าง ๆ ออก ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

กรณีงานทรายถมคันทางแทนที่งานขุดบริเวณดินอ่อน ให้คำนวณจากความกว้าง ยาวและลึก ตามที่ทำการก่อสร้าง

2.3.2.5.2 **วิธีการจ่ายค่างาน**

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักรค่าแรงงานและอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อย ตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวดในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

2.3.3 งานหินถมคันทาง (Rock Embankment)

หมายถึง การก่อสร้างถมคันทาง และการตัดลาดคันทางเดิมเป็นแบบขั้นบันไดเพื่อถมขยายคันทาง ด้วยวัสดุหินที่มีคุณภาพถูกต้องตามข้อกำหนด จากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบแล้ว มาถมเป็นคันทาง โดยการเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ และรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

2.3.3.1 วัสดุ

2.3.3.1.1 ชั้นหินถมคันทาง

หิน ที่จะนำมาใช้เป็นหินถมคันทาง ต้องเป็นหินคละกันจากขนาดใหญ่ไปหาเล็กปราศจากสิ่งไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ โดยได้รับความเห็นชอบให้นำมาใช้ได้จากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

2.3.3.1.2 ชั้นปรับระดับและชั้นบนสุด

ชั้นปรับระดับและ ชั้นบนสุด ให้ใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามคุณสมบัติของวัสดุสำหรับงานถมคันทาง

2.3.3.2 เครื่องจักรและเครื่องมือ

ก่อนเริ่มงาน ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่าง ๆ ที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินงานทางด้านวัสดุ และการก่อสร้างไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็นแบบ ขนาดและ อยู่ในสภาพที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

2.3.3.3 วิธีการก่อสร้าง

2.3.3.3.1 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

ก่อนเริ่มงานหินถมคันทาง ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมความพร้อมในด้านต่าง ๆ เช่น เครื่องจักรและเครื่องมือในการทำงาน และเครื่องหมายควบคุมการจราจรที่เกี่ยวกับการก่อสร้างทั้งนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

กรณีที่จะก่อสร้างคันทางตามลาดเชิงเขา หรือต้องขยายคันทางใหม่บนคันทางเดิมให้ตัดลาดเชิงเขา หรือลาดคันทางเดิมเป็นแบบขั้นบันได โดยใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมดำเนินการความกว้างและความสูงของขั้นบันไดให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน แต่ทั้งนี้ความสูงต้องไม่เกินความหนาที่กำหนดไว้ในข้อ 2.3.3.3.3

2.3.3.3.2 การก่อสร้าง

ภายหลังจากที่ได้ดำเนินการตามข้อ 2.3.3.3.1 แล้ว ให้ใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมนำหินไปปูและเกลี่ยบนชั้นดินเดิมที่ได้เตรียมไว้แล้วให้เต็มแต่ละชั้น โดยที่หินก้อนที่มีขนาดใหญ่จะรองพื้นและหินก้อนขนาดเล็กจะแทรกอยู่ระหว่างหินขนาดใหญ่แผ่กระจายทั่วกัน ความหนาของแต่ละชั้นและขนาดของหินที่ใช้ให้เป็นไปตามข้อ 2.3.3.3.3 ให้ใช้เครื่องจักรบดทับที่เหมาะสมบดทับ จนชั้นหินถมไม่มีการขยับตัว และไม่มีการทรุดตัวแล้ว ก็ให้ทำการก่อสร้างชั้นถัดไปได้

2.3.3.3.3 การควบคุมคุณภาพขณะก่อสร้าง

การก่อสร้างหินถมคันทางชั้นล่างให้ก่อสร้างเป็นชั้น ๆ โดยให้มีความหนาชั้นละไม่เกิน 1 เมตร และขนาดหินเป็นไปตามข้อ 2.3.3.1.1

การก่อสร้างหินถมคันทางชั้นบนให้ก่อสร้างเป็นชั้น ๆ อย่างน้อย 2 ชั้น โดยให้มีความหนา

ชั้นละไม่เกิน 250 มิลลิเมตร และขนาดหินเป็นไปตามข้อ 2.3.3.1.1

หากจำเป็นต้องก่อสร้างคันทางชั้นปรับระดับและชั้นบนสุด ให้ก่อสร้างอย่างน้อย 1 ชั้นโดยให้มีความหนาหลังบดทับชั้นละไม่เกิน 150 มิลลิเมตร และวัสดุเป็นไปตามข้อ 2.3.3.1.2

2.3.3.4 การตรวจสอบ

2.3.3.4.1 การตรวจสอบค่าระดับ

งานก่อสร้างหินถมคันทางที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่างตามแบบมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่กำหนดที่กำหนดไว้ในแบบได้ไม่เกิน 25 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควรตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไขให้ถูกต้อง

2.3.3.5 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

2.3.3.5.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดและการคำนวณหาปริมาณงานของงานดินถมคันทางนั้น ให้วัดปริมาณเป็นปริมาตรโดยวัดเนื้องานจากระดับก่อนที่จะทำงานถางป่า ขุดตอ และหาพื้นที่หน้าตัดด้วยวิธีคูณไขว้ และใช้วิธีเฉลี่ยพื้นที่หน้าตัดในการคำนวณหาปริมาตรของงานดินถมคันทาง โดยใช้ระยะทางตามแนวศูนย์กลางทางโดยทั่วไปให้ใช้พื้นที่หน้าตัดทุกระดับ 25 เมตร แต่หากเป็นงานในภูมิประเทศเป็นภูเขาหรือต้องการความละเอียดในการคำนวณมากขึ้น ระยะทางอาจลดลงเป็น 12.50 เมตร หรือ 5.00 เมตร ตามดุลยพินิจของนายช่างควบคุมงาน ทั้งนี้ให้หักปริมาตรส่วนที่ถูกแทนที่ด้วยท่อกลม ท่อเหลี่ยม และสิ่งสาธารณูปโภคต่าง ๆ ออก ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

2.3.3.5.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่น ๆที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อย ตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

2.4 งานวัสดุคัดเลือก (Selected Material)

2.4.1 งานวัสดุคัดเลือก ข. (Selected Material B)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นวัสดุคัดเลือก ข. บนชั้นดินถมคันทาง หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้วด้วยวัสดุที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการเกลี่ยแต่ง และบดทับให้ได้แนว ระดับ และรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

2.4.1.1 วัสดุ

วัสดุมวลรวม (Soil Aggregate) หรือทราย หรือวัสดุอื่นใด ต้องเป็นวัสดุที่มีความคงทน ปราศจากก้อนดินเหนียว และวัชพืชอื่น ๆ จากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว ส่วนที่จับตัวกันเป็นก้อน หรือยึดเกาะกันมีขนาดโตกว่า 50 มิลลิเมตร จะต้องกำจัดออกไปหรือทำให้แตก และผสมเข้าด้วยกันให้มีลักษณะสม่ำเสมอ

2.4.1.2 เครื่องจักรละเครื่องมือ

ก่อนเริ่มงาน ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่าง ๆ ที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินงานทางด้านวัสดุและการก่อสร้างไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็นแบบ ขนาดและอยู่ในสภาพที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

2.4.1.3 วิธีการก่อสร้าง

2.4.1.3.1 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

(1) การเตรียมวัสดุ

วัสดุจากแหล่งเมื่อผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้ว และเตรียมที่จะนำมาใช้ทำชั้นวัสดุคัดเลือก ข. หากไม่ได้นำมาลงบนชั้นดินถมคันทาง หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้โดยตรงให้กองไว้เป็นกอง ๆ ในปริมาณที่พอสมควร

บริเวณที่เตรียมไว้กองวัสดุ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานโดยปราศจากสิ่งไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ

(2) การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

ชั้นดินถมคันทางหรือชั้นอื่นใดที่จะต้องรองรับชั้นวัสดุคัดเลือก ข. จะต้องเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้ แนว ระดับ ความลาด ขนาด รูปร่าง และความแน่นตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ

ก่อนลงวัสดุ ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมพร้อมในด้านต่าง ๆ เช่น เครื่องจักร และเครื่องมือในการทำงานและเครื่องหมายควบคุมการจราจรที่เกี่ยวกับการก่อสร้าง ทั้งนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

2.4.1.3.2 การก่อสร้าง

ภายหลังจากที่ได้ดำเนินการตามข้อ 2.4.1.3.1 แล้ว ให้ราดน้ำชั้นดินถมคันทางหรือชั้นอื่นใดที่รองรับชั้นวัสดุคัดเลือก ข. ให้เปียกชื้นสม่ำเสมอโดยทั่วตลอด ใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมขนวัสดุไปปูลงบนชั้นดินถมคันทาง หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้ แล้วตีแผ่ เกลี่ยวัสดุ คลุกเคล้า ผสมน้ำ โดยที่ประมาณว่า

ให้มีปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content ± 3%

หลังจากที่ได้เกลี่ยแต่งวัสดุจนได้ที่แล้ว ให้ทำการบดทับทันทีด้วยเครื่องมือบดทับที่เหมาะสม บดทับทั่วผิวหน้าอย่างสม่ำเสมอ จนได้ความแน่นตลอดความหนาตามข้อกำหนด เกลี่ยแต่งวัสดุให้ได้แนว ระดับ ความลาด ขนาด และรูปตัดที่ได้แสดงไว้ในแบบ ไม่มีหลุมบ่อ หรือวัสดุที่หลุดหลวมไม่แน่นอยู่บนผิว

กรณีใช้ทรายเป็นวัสดุคัดเลือก ข. ให้ทำการป้องกันลาดคันทางทั้งสองข้างด้วยวัสดุซึ่งนายช่าง-ผู้ควบคุมงานพิจารณาแล้วยอมให้ใช้ได้เพื่อป้องกันทรายไหลออกข้าง และหากต้องการเปิดการจราจรให้ใช้วัสดุมวลรวมปิดทับหน้าเพื่อป้องกันความเสียหาย

2.4.1.3.3 **การควบคุมคุณภาพการก่อสร้าง**

การก่อสร้างชั้นวัสดุคัดเลือก ข. ให้ก่อสร้างเป็นชั้น ๆ โดยให้มีความหนาหลังบดทับชั้นละไม่เกิน 150 มิลลิเมตร

ผู้รับจ้างอาจก่อสร้างชั้นวัสดุคัดเลือก ข. ให้มีความหนาแต่ละชั้นเกินกว่า 150 มิลลิเมตรแต่ไม่เกิน 200 มิลลิเมตร ก็ได้ ทั้งนี้ต้องแสดงรายการเครื่องจักรและเครื่องมือที่เหมาะสมแสดงวิธีการปฏิบัติงานและต้องก่อสร้างแปลงทดลองยาวประมาณ 200 - 500 เมตร เพื่อตรวจสอบคุณภาพ หากพบว่าระหว่างการก่อสร้างมีปัญหาเกี่ยวกับความแน่นของวัสดุคัดเลือก ข. ส่วนบนและส่วนล่างไม่ได้ตามข้อกำหนด นายช่างผู้ควบคุมงานอาจพิจารณาระงับการก่อสร้างวัสดุคัดเลือก ข. หนาชั้นละมากกว่า 150 มิลลิเมตร

นายช่างผู้ควบคุมงานจะตรวจสอบคุณภาพหลังการผสมคลุกเคล้าแล้ว หากพบว่าตอนใดคุณภาพไม่ถูกต้องตามข้อกำหนด ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไขจนได้วัสดุที่มีคุณภาพถูกต้อง

2.4.1.3.4 **การบำรุงรักษาและการเปิดจราจร**

หลังจากการก่อสร้างเสร็จและคุณภาพผ่านข้อกำหนดทุกอย่างแล้ว ในกรณีที่ผู้รับจ้างยังไม่ทำการก่อสร้างชั้นทางในชั้นถัดไป ถ้าต้องการเปิดให้การจราจรผ่าน ให้ทำการบำรุงรักษาด้วยการพ่นน้ำบาง ๆ ลงไปบนผิวหน้าของชั้นวัสดุคัดเลือก ข. ที่ก่อสร้างเสร็จแล้วให้ชุ่มชื้นตลอดเพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นฟุ้งกระจายเป็นมลภาวะต่อประชาชนสองข้างทางขณะเปิดการจราจร

2.4.1.4 **การตรวจสอบ**

2.4.1.4.1 **การตรวจสอบค่าระดับ**

งานวัสดุคัดเลือก ข. ที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบโดยเมื่อทำการตรวจสอบด้วยบรรทัด ยาว 3.00 เมตร ทั้งตามแนวขนานและตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางทาง มีความแตกต่างได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร และมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่แสดงไว้ในแบบได้ไม่เกิน 15 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่า ตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข โดยการปาดออกหรือรื้อแล้วก่อสร้างใหม่

2.4.1.5 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

2.4.1.5.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานวัสดุคัดเลือก ข. ให้ทำการวัดเมื่อทำการตรวจสอบค่าระดับและทดสอบความแน่นของการบดทับถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่นตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

2.4.1.5.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้าง ให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวดในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

2.4.2 งานวัสดุคัดเลือก ก. (Selected Material A)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นวัสดุคัดเลือก ก. บนชั้นวัสดุคัดเลือก ข. หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้ว ด้วยวัสดุมวลรวม ที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการเกลี่ยแต่ง และบดทับให้ได้แนว ระดับ และรูปร่าง ตามที่แสดงไว้ในแบบ

2.4.2.1 วัสดุ

วัสดุมวลรวม ต้องเป็นวัสดุที่มีความคงทน มีส่วนหยาบผสมกับส่วนละเอียดที่มีคุณภาพเป็นวัสดุเชื้อประสานที่ดี ปราศจากก้อนดินเหนียว และวัชพืชอื่น ๆ จากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว ส่วนที่จับตัวกันเป็นก้อนแข็งหรือยึดเกาะกันมีขนาดโตกว่า 50 มิลลิเมตร จะต้องกำจัดออกไปหรือทำให้แตกและผสมเข้าด้วยกันให้มีลักษณะสม่ำเสมอ

2.4.2.2 เครื่องจักรและเครื่องมือ

ก่อนเริ่มงานผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่าง ๆ ที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินงานทางด้านวัสดุและการก่อสร้างไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็นแบบ ขนาดและอยู่ในสภาพที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

2.4.2.3 วิธีการก่อสร้าง

2.4.2.3.1 การเตรียมการก่อสร้าง

(1) การเตรียมวัสดุ

วัสดุมวลรวมจากแหล่งเมื่อผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้ว และเตรียมที่จะนำมาใช้ทำชั้นวัสดุคัดเลือก ก. หากไม่ได้นำมาลงบนชั้นวัสดุคัดเลือก ข. หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้โดยตรงให้กองไว้เป็นกอง ๆ ในปริมาณที่พอสมควร

บริเวณที่เตรียมไว้กองวัสดุ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานโดยปราศจากสิ่งไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ

การตักวัสดุมวลรวม และการขนส่งวัสดุมวลรวมจะต้องกระทำด้วยความระมัดระวังไม่ให้เกิดการแยกตัว (Segregation) ของส่วนหยาบและส่วนละเอียด ในกรณีที่วัสดุมวลรวมซึ่งขนส่งไปเกิดการแยกตัวให้ทำการผสมใหม่ในสนาม (Road-Mix)

(2) การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

ชั้นวัสดุคัดเลือก ข. หรือชั้นอื่นใดที่จะต้องรองรับชั้นวัสดุคัดเลือก ก. จะต้องเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้ แนว ระดับ ความลาด ขนาด รูปร่าง และความแน่น ตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ

ก่อนลงวัสดุมวลรวม ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมพร้อมในด้านต่าง ๆ เช่น เครื่องจักรและเครื่องมือในการทำงานและเครื่องหมายควบคุมการจราจรที่เกี่ยวกับการก่อสร้าง ทั้งนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

2.4.2.3.2 การก่อสร้าง

ภายหลังจากที่ได้ดำเนินการ ตามข้อ 2.4.2.3.1 แล้ว ให้ราดน้ำชั้นวัสดุคัดเลือก ข. หรือชั้นอื่นใดที่รองรับชั้นวัสดุคัดเลือก ก. ให้เปียกชื้นสม่ำเสมอโดยทั่วตลอด ใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมขนวัสดุมวลรวมไปปูลงบนชั้นวัสดุคัดเลือก ข.หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้ แล้วตีแผ่ เกลี่ยวัสดุมวลรวม คลุกเคล้า ผสมน้ำ โดยที่ประมาณว่าให้มีปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content ± 3%

หลังจากเกลี่ยแต่งวัสดุมวลรวมจนได้ที่แล้ว ให้ทำการบดทับทันที ด้วยเครื่องมือบดทับที่เหมาะสมบดทับทั่วผิวหน้าอย่างสม่ำเสมอ จนได้ความแน่นตลอดความหนาตามข้อกำหนด
เกลี่ยแต่งวัสดุมวลรวมให้ได้แนว ระดับ ความลาด ขนาด และรูปตัด ตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ ไม่มีหลุมบ่อหรือวัสดุที่หลุดหลวมไม่แน่นอยู่บนผิว บริเวณใดที่วัสดุส่วนหยาบและส่วนละเอียดแยกตัวออกจากกัน ผู้รับจ้างจะต้องทำการแก้ไข

2.4.2.3.3 การควบคุมคุณภาพขณะก่อสร้าง

การก่อสร้างชั้นวัสดุคัดเลือก ก. ให้ก่อสร้างเป็นชั้น ๆ โดยให้มีความหนาหลังบดทับชั้นละไม่เกิน 150 มิลลิเมตร

ผู้รับจ้างอาจก่อสร้างชั้นวัสดุคัดเลือก ก. ให้มีความหนาแต่ละชั้นเกินกว่า 150 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 200 มิลลิเมตร ก็ได้ ทั้งนี้ต้องแสดงรายการเครื่องจักรและเครื่องมือที่เหมาะสม แสดงวิธีการปฏิบัติงาน และต้องก่อสร้างแปลงทดลองยาวประมาณ 200 - 500 เมตร เพื่อตรวจสอบคุณภาพ หากพบว่าระหว่างการก่อสร้างมีปัญหาเกี่ยวกับความแน่นของวัสดุคัดเลือก ข. ส่วนบนและส่วนล่างไม่ได้ตามข้อกำหนด นายช่างผู้ควบคุมงานอาจพิจารณาระงับการก่อสร้างวัสดุคัดเลือก ก. หนาชั้นละมากกว่า 150 มิลลิเมตร

นายช่างผู้ควบคุมงานจะตรวจสอบคุณภาพหลังการผสมคลุกเคล้าแล้ว หากพบว่าตอนใดคุณภาพไม่ถูกต้องตามข้อกำหนด ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไขจนได้วัสดุที่มีคุณภาพถูกต้อง

2.4.2.3.4 การบำรุงรักษาและการเปิดจราจร

หลังจากการก่อสร้างเสร็จและคุณภาพผ่านข้อกำหนดทุกอย่างแล้ว ในกรณีที่ผู้รับจ้างยังไม่ทำการก่อสร้างชั้นทางในชั้นถัดไป ถ้าต้องการเปิดให้การจราจรผ่าน ให้ทำการบำรุงรักษาด้วยการพ่นน้ำบาง ๆ ลงไปบนผิวหน้าของชั้นวัสดุคัดเลือก ก. ที่ก่อสร้างเสร็จแล้วให้ชุ่มชื้นตลอดเวลาเพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่น

ฟุ้งกระจาย เป็นมลภาวะต่อประชาชนสองข้างทางขณะเปิดการจราจร

กรณีใช้ทรายเป็นวัสดุคัดเลือก ก. ให้ใช้วัสดุที่ใช้สำหรับทำชั้นทางชั้นถัดไปปิดทับหน้าเพื่อให้การจราจรผ่าน

2.4.2.4 การตรวจสอบ

2.4.2.4.1 การตรวจสอบค่าระดับ

งานวัสดุคัดเลือก ก. ที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อทำการตรวจสอบด้วยบรรทัด ยาว 3.00 เมตร ทั้ง ตามแนวขนานและตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางทาง มีความแตกต่างได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร และมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่แสดงไว้ในแบบได้ไม่เกิน 15 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข โดยการปาดออก หรือรื้อแล้วก่อสร้างใหม่

2.4.2.5 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

2.4.2.5.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานวัสดุคัดเลือก ก. ให้ทำการวัดเมื่อทำการตรวจสอบค่าระดับ และทดสอบความแน่นของการบดทับถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่นตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

2.4.2.5.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

บทที่ 3
งานรองพื้นทางและพื้นทาง(Subbase And Base Courses)

3.1 งานรองพื้นทาง (Subbase)

3.1.1 งานรองพื้นทางวัสดุมวลรวม
(Soil-Aggregate Subbase)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นรองพื้นทางบนชั้นวัสดุคัดเลือก หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้วด้วยวัสดุมวลรวม ที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ และรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

3.1.1.1 วัสดุ

วัสดุมวลรวมต้องเป็นวัสดุที่มีเม็ดแข็ง ทนทาน มีส่วนหยาบผสมกับส่วนละเอียดที่มีคุณสมบัติเป็นวัสดุเชื้อประสานที่ดี ปราศจากก้อนดินเหนียว และวัชพืชอื่น ๆ จากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว หากมีส่วนที่จับตัวกันเป็นก้อนแข็งหรือยึดเกาะกันมีขนาดโตกว่า 50 มิลลิเมตร จะต้องกำจัดออกไป หรือทำให้แตกและผสมเข้าด้วยกันให้มีลักษณะสม่ำเสมอ

3.1.1.2 เครื่องจักรและเครื่องมือ

ก่อนเริ่มงานผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่าง ๆ ที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินงานทางด้านวัสดุและการก่อสร้างไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็นแบบ ขนาดและอยู่ในสภาพที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

3.1.1.3 วิธีการก่อสร้าง

3.1.1.3.1 การเตรียมการก่อสร้าง

(1) การเตรียมวัสดุ

วัสดุมวลรวมที่จะนำมาใช้เป็นชั้นรองพื้นทาง จะต้องถูกคลุกเคล้าให้มีลักษณะสม่ำเสมอกัน (Uniform) แล้วกองไว้เป็นกอง ๆ ในปริมาณที่พอสมควร ไว้เพื่อการทดสอบคุณภาพก่อน

บริเวณที่เตรียมไว้กองวัสดุ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานโดยปราศจากสิ่งไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ

วัสดุมวลรวมจากกองวัสดุในแหล่งเมื่อผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้ว และเตรียมที่จะนำมาใช้งานรองพื้นทางหากไม่ได้นำมาลงชั้นวัสดุคัดเลือกหรือชั้นอื่นใด ที่ได้เตรียมไว้โดยตรง ให้กองไว้เป็นกอง ๆ ในปริมาณที่พอสมควร

สำหรับวัสดุมวลรวมที่ได้จากแหล่งหลาย ๆ แห่ง ซึ่งผ่านการทดสอบว่าใช้ได้แล้ว ถ้าจะนำมาลงบนชั้นวัสดุคัดเลือกหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้โดยตรง ให้แยกลงแต่ละแหล่งเป็นแต่ละช่วงไป ช่วงละประมาณ 500 เมตร หรือตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานกำหนด ถ้าประสงค์จะนำมากองเพื่อเตรียมไว้ใช้งาน

รองพื้นทางก็ให้แยกกองวัสดุแต่ละแหล่งออกจากกัน ในปริมาณที่พอสมควร หากไม่สะดวกในการควบคุมคุณภาพจากกองวัสดุในแหล่ง ก็ให้กองวัสดุเป็นกอง ๆ แยกกันไปแต่ละแหล่งแล้วดำเนินการเก็บตัวอย่างทดสอบคุณภาพ ห้ามนำวัสดุมวลรวมที่ยังไม่ผ่านการทดสอบคุณภาพมาลงบนชั้นวัสดุคัดเลือกหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้โดยตรง

การตักวัสดุมวลรวมออกจากกอง และการขนส่งวัสดุมวลรวม จะต้องกระทำด้วยความระมัด-ระวังไม่ให้เกิดการแยกตัวของส่วนหยาบและส่วนละเอียด ในกรณีที่วัสดุมวลรวมซึ่งขนส่งไปเกิดการแยกตัวให้ทำการผสมใหม่ในสนาม

(2) การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

ชั้นวัสดุคัดเลือกหรือชั้นอื่นใดที่จะต้องรองรับชั้นรองพื้นทาง จะต้องเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ ความลาด ขนาด รูปร่าง และความแน่นตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ

ก่อนลงวัสดุมวลรวม ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมพร้อมในด้านต่าง ๆ เช่น เครื่องจักรและเครื่องมือในการทำงาน และเครื่องหมายควบคุมการจราจรที่เกี่ยวกับการก่อสร้าง ทั้งนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

3.1.1.3.2 การก่อสร้าง

ภายหลังจากที่ได้ดำเนินการตามข้อ 3.1.1.3.1 แล้ว ให้ราดน้ำชั้นวัสดุคัดเลือกหรือชั้นอื่นใดที่รองรับชั้นรองพื้นทางให้เปียกชื้นสม่ำเสมอโดยทั่วตลอด ใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมขนวัสดุมวลรวมจากกองวัสดุไปปูลงบนชั้นวัสดุคัดเลือกหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้ แล้วตีแผ่เกลี่ยวัสดุมวลรวม คลุกเคล้า ผสมน้ำโดยที่ประมาณว่าให้มีปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content ± 3%

หลังจากเกลี่ยแต่งวัสดุมวลรวมจนได้ที่แล้ว ให้ทำการบดทับทันทีด้วยเครื่องมือบดทับที่เหมาะสม บดทับทั่วผิวหน้าอย่างสม่ำเสมอ จนได้ความแน่นตลอดความหนาตามข้อกำหนด เกลี่ยแต่งวัสดุมวลรวมให้ได้แนว ระดับ ความลาด ขนาด และรูปตัดตามที่ได้แสดงไว้ในแบบไม่มีหลุมบ่อหรือวัสดุที่หลุดหลวมไม่แน่นอยู่บนผิวบริเวณใดที่วัสดุส่วนหยาบและส่วนละเอียดแยกตัวออกจากกัน ผู้รับจ้างจะต้องทำการแก้ไข

3.1.1.3.3 การควบคุมคุณภาพขณะก่อสร้าง

การก่อสร้างชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวมให้ก่อสร้างเป็นชั้น ๆ โดยให้มีความหนาหลังบดทับชั้นละไม่เกิน 150 มิลลิเมตร

ผู้รับจ้างอาจก่อสร้างชั้นชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวม ให้มีความหนาแต่ละชั้นเกินกว่า 150 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 200 มิลลิเมตรก็ได้ ทั้งนี้ต้องแสดงรายการเครื่องจักรและเครื่องมือที่เหมาะสม แสดงวิธีการปฏิบัติงาน และต้องก่อสร้างแปลงทดลองยาวประมาณ 200 - 500 เมตร เพื่อตรวจสอบคุณภาพ หากพบว่าระหว่างการก่อสร้างเม็ดวัสดุที่ผิวหน้าของรองพื้นทางวัสดุมวลรวมแตกละเอียดมากเกินไป หรือมีปัญหาเกี่ยวกับความแน่นของรองพื้นทางส่วนบนและส่วนล่างไม่ได้ตามข้อกำหนด นายช่างผู้ควบคุมงานอาจพิจารณาระงับการก่อสร้างรองพื้นทางวัสดุมวลรวมหนาชั้นละมากกว่า 150 มิลลิเมตร

นายช่างผู้ควบคุมงานจะตรวจสอบคุณภาพหลังการผสมคลุกเคล้าแล้ว หากพบว่าตอนใด

คุณภาพไม่ถูกต้องตามข้อกำหนด ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไขจนได้วัสดุที่มีคุณภาพถูกต้อง

3.1.1.3.4 **การบำรุงรักษาและการเปิดจราจร**

หลังจากการก่อสร้างเสร็จและคุณภาพผ่านข้อกำหนดทุกอย่างแล้ว ในกรณีที่ผู้รับจ้างยังไม่ทำการก่อสร้างชั้นทางในชั้นถัดไป ถ้าต้องการเปิดให้การจราจรผ่าน ให้ทำการบำรุงรักษาด้วยการพ่นน้ำบาง ๆ ลงไปบนผิวหน้าของชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวมที่ก่อสร้างเสร็จแล้วให้ชุ่มชื้นตลอดเวลา เพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นฟุ้งกระจาย เป็นมลภาวะต่อประชาชนสองข้างทางขณะเปิดการจราจร

3.1.1.4 **การตรวจสอบ**

3.1.1.4.1 **การตรวจสอบค่าระดับ**

งานรองพื้นทางวัสดุมวลรวมที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อทำการตรวจสอบด้วยบรรทัดตรงยาว 3.00 เมตร ทั้งตามแนวขนานและตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางทาง มีความแตกต่างได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร และมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่แสดงไว้ในแบบได้ไม่เกิน 15 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข โดยการปาดออก หรือรื้อแล้วก่อสร้างใหม่

3.1.1.5 **การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน**

3.1.1.5.1 **วิธีการวัดปริมาณงาน**

การวัดปริมาณงานรองพื้นทางวัสดุมวลรวม ให้ทำการวัดเมื่อทำการตรวจสอบค่าระดับ และทดสอบความแน่นของการบดทับถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่นตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

3.1.1.5.2 **วิธีการจ่ายค่างาน**

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

3.1.2 งานรองพื้นทางดินซีเมนต์

(Soil Cement Subbase)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นรองพื้นทางบนชั้นวัสดุคัดเลือกหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้วด้วยดินผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการเกลี่ยแต่ง และบดทับให้ได้แนว ระดับ และรูปร่าง ตามที่แสดงไว้ในแบบ

3.1.2.1 วัสดุ

3.1.2.1.1 ดิน

ดินที่ใช้ผสมกับปูนซีเมนต์ ต้องเป็นวัสดุที่ปราศจากหน้าดิน วัชพืช หรืออินทรียวัตถุอื่น ๆ และไม่มีสารอื่นที่อาจเป็นอันตรายต่อคุณภาพของดินซีเมนต์เจือปนอยู่

3.1.2.1.2 ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มาตรฐานเลขที่ มอก. 15 หรือปูนซีเมนต์ผสม มาตรฐานเลขที่ มอก. 80 ปูนซีเมนต์ ที่ใช้อาจบรรจุอยู่ในไซโล หรือแบบบรรจุถุงก็ได้ ถ้าเป็นแบบบรรจุถุงผู้รับจ้างจะต้องจัดทำ โรงเก็บปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมเพื่อป้องกันไม่ให้ปูนซีเมนต์ชื้น ห้ามนำปูนซีเมนต์ที่จับตัวเป็นก้อนปนอยู่มาใช้งาน

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ตลอดงานตามสัญญาต้องเป็นตราและประเภทเดียวกัน เว้นแต่จะได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานเป็นอย่างอื่น

3.1.2.1.3 น้ำ

น้ำที่จะนำมาใช้ผสมหรือบ่มชั้นรองพื้นทางดินซีมนต์ จะต้องสะอาดปราศจากสารต่าง ๆ เช่น เกลือ น้ำมัน กรด ด่าง และอินทรียวัตถุ หรือสารอื่นใด ที่จะเป็นอันตรายต่อชั้นรองพื้นทางดินซีเมนต์ ทั้งนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อนนำมาใช้งานห้ามใช้น้ำทะเลในการผสมหรือบ่มชั้นรองพื้นทางดินซีเมนต์

3.1.2.2 เครื่องจักรและเครื่องมือ

ก่อนเริ่มงาน ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่าง ๆ ที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินงานทางด้านวัสดุและการก่อสร้างไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็นแบบ ขนาดและอยู่ในสภาพที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

3.1.2.2.1 โรงผสมแบบติดตั้งกับที่ (Stationary Plant)

วัสดุต่าง ๆ ของส่วนผสมดินซีเมนต์ ให้จัดอัตราส่วนเป็นน้ำหนักทั้งหมด โดยวัสดุดินปูนซีเมนต์และน้ำ จะผสมรวมกันในโรงผสม การชั่งวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ในการผสมดินซีเมนต์จะต้องดำเนินการตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

ปริมาณของวัสดุที่ใส่เข้าไปในเครื่องผสมจะต้องไม่มากเกินไป จนทำให้ดินซีเมนต์ผสมไม่เข้ากัน

และถ้าหากพบว่าดินซีเมนต์ผสมไม่เข้ากัน ผู้รับจ้างจะต้องลดอัตราการใส่วัสดุเข้าไปในเครื่องผสมตามสัดส่วนของวัสดุแต่ละอย่าง

ผู้รับจ้างเลือกใช้โรงผสมแบบชุด (Batch Mixer) หรือโรงผสมแบบผสมต่อเนื่อง (Continuous Mixer) ก็ได้ โดยเครื่องจักรที่จะใช้งานจะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน โรงแบบผสมชุดหรือแบบผสมต่อเนื่องต้องมีเครื่องป้อนวัสดุ และมาตรวัดปริมาณวัสดุที่ผ่านเข้าไปในเครื่องผสมตามปริมาณที่ได้กำหนดไว้จากการออกแบบ

(1) โรงผสมดินซีเมนต์แบบชุด

โรงผสมแบบชุดจะประกอบด้วย เครื่องผสมที่มีตัวผสมเหมาะสม ทำหน้าที่คลุกเคล้าดินซีเมนต์ให้เข้ากันดี จะต้องมีเครื่องจับเวลาของการผสมติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ผู้ควบคุมสามารถจะมองเห็นได้อย่างชัดเจน เครื่องจับเวลาจะต้องสามารถอ่านเวลาละเอียดถึง 2 วินาทีนอกจากนี้โรงผสมจะต้องติดตั้งเครื่องนับจำนวนชุดที่ผสมแล้วเสร็จติดอยู่กับโม่ด้วย

เวลาของการผสม ให้เริ่มนับเมื่อวัสดุทุกอย่างถูกใส่ลงในห้องผสม จนถึงเวลาเมื่อดินซีเมนต์ถูกปล่อยออกจากห้องผสม การผสมจะต้องดำเนินต่อเนื่องกันไปจนกระทั่งดินซีเมนต์มีลักษณะคลุกเคล้าเข้ากันอย่างดี โดยสังเกตจากสีและลักษณะของส่วนผสมที่ควรจะกลมกลืนกันดี โดยปกติเวลาของการผสมไม่ควรจะน้อยกว่า 30 วินาที

เครื่องชั่งที่ใช้ชั่งปูนซีเมนต์ในแต่ละชุดจะต้องอ่านได้ละเอียดกว่าเครื่องชั่งที่ใช้ชั่งดิน

(2) โรงผสมดินซีเมนต์แบบผสมต่อเนื่อง

โรงผสมแบบนี้จะต้องจัดสัดส่วนของดินและปูนซีเมนต์ โดยส่งจากยุ้งผ่านสายพานหรือเครื่องป้อนอื่นใดผ่านเข้าไปยังโรงผสมอย่างต่อเนื่อง ปริมาณของดิน ปูนซีเมนต์ และน้ำจะถูกควบคุมโดยเครื่องควบคุมอัตโนมัติ ระบบการป้อนดินเข้าสู่โรงผสมอาจจะเป็นระบบทางกลหรือทางไฟฟ้าก็ได้ แต่ควรเป็นระบบเดียวกันกับระบบการป้อนปูนซีเมนต์

ในการผสมดินซีเมนต์แบบผสมต่อเนื่อง ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องชั่งหามวลของดิน ปูนซีเมนต์ และน้ำ เพื่อตรวจสอบส่วนผสมให้ถูกต้อง

3.1.2.2.2 **โรงผสมแบบเคลื่อนที่** (Traveling Plant)

โรงผสมแบบเคลื่อนที่ต้องสามารถผสมดินกับปูนซีเมนต์และน้ำ ให้มีลักษณะคลุกเคล้าเข้ากันได้อย่างสม่ำเสมอ ระหว่างเคลื่อนที่ไปในหน้างานสนาม ต้องมีเครื่องป้อนตักวัสดุคอยป้อนวัสดุเข้าห้องผสมโดยอัตโนมัติได้อย่างต่อเนื่อง และปล่อยวัสดุผสมออกจากโรงผสม มีท่อพ่นน้ำหรือพ่นสารชนิดเหลวอื่นใดเข้าผสมกับดินและปูนซีเมนต์ในห้องผสมได้ในปริมาณที่ต้องการ

ดินที่จะถูกตักป้อนเข้าโรงผสมแบบเคลื่อนที่ จะต้องได้รับการคลุกเคล้าให้มีลักษณะสม่ำเสมอก่อนแล้วกองเรียง (Windrow) ตลอดช่วงที่ทำการผสมในแต่ละครั้งปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสมกับดินจะต้องคำนวณปริมาณให้พอเหมาะกับปริมาณของดิน แล้วใช้เครื่องโรยหรือกองเรียงกระจายไปบนชั้นของกองดินอย่างสม่ำเสมอตลอดช่วง

โรงผสมแบบเคลื่อนที่ต้องสามารถตักป้อนวัสดุดินและปูนซีเมนต์เข้าผสมในห้องผสมได้หมดทั้งกองเรียงในแนวที่เคลื่อนที่ผ่านไป ส่วนผสมดิน ปูนซีเมนต์ และน้ำ ที่ผสมเข้ากันดีแล้วจะปล่อยออกรอการตีแผ่ เกลี่ยแต่ง บดทับ ในขั้นต่อไป

อัตราความเร็วของการผสม และการเคลื่อนที่ของโรงผสมให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

3.1.2.2.3 **การผสมที่หน้างาน** (Mix - in - Place)

เครื่องจักรที่ใช้สำหรับ ผสมดินกับปูนซีเมนต์ที่หน้างาน ต้องเป็นแบบที่มีใบมีดสำหรับผสมดินซีเมนต์ติดตั้งอยู่ และอาจมีท่อพ่นน้ำหรือท่อพ่นสารชนิดเหลวอื่นใดเพื่อปรับปรุงคุณภาพดินต่อเข้ากับที่ผสมติดตั้งอยู่หรือไม่มีก็ได้ และต้องเป็นเครื่องจักรแบบที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้วว่า สามารถผสมคลุกเคล้าดินกับปูนซีเมนต์ให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอได้

ดินที่จะผสมกับปูนซีเมนต์ต้องได้รับการคลุกเคล้าให้มีลักษณะสม่ำเสมอกันก่อน แล้วตีแผ่กระจายไปบนถนนตลอดช่วงที่ทำการผสมในแต่ละครั้ง ปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสมกับดินจะต้องคำนวณปริมาณให้พอเหมาะกับปริมาณของดิน แล้วเกลี่ยกระจายอย่างสม่ำเสมอไปบนผิวหน้าของชั้นดินที่ได้เตรียมไว้แล้ว จำนวนเที่ยวของการผสมขึ้นอยู่กับชนิดและประสิทธิภาพของเครื่องจักรที่ใช้ผสม เช่น เครื่องจักรชนิดที่มีใบมีดแบบหลายแกนหมุน (Multi - Rotor - Type) ติดตั้งอยู่สามารถผสมดินซีเมนต์ให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอเพียงการผสม 1-2 เที่ยว ส่วนเครื่องจักรชนิดที่มีใบมีดแบบแกนหมุนเดี่ยว (Single - Rotor - Type) ติดตั้งอยู่จะต้องใช้จำนวนเที่ยวของการผสมหลาย ๆ เที่ยวจึงจะทำให้ดินซีเมนต์ผสมเข้ากัน จำนวนเที่ยวของการผสมไม่ว่าเครื่องจักรชนิดใดก็ตามให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน หากดินที่ได้เตรียมไว้ถูกอัดแน่นซึ่งเครื่องจักรที่ใช้ผสมดินซีเมนต์ไม่สามารถผสมดินให้เข้ากับปูนซีเมนต์และน้ำได้ดีแล้ว ให้ทำการขุดคุ้ย (Scarify) ดินก่อนการผสม อาจใช้รถเกลี่ยช่วยในการเกลี่ยผสมได้บ้าง แต่ห้ามใช้รถเกลี่ยเป็นเครื่องจักรผสมดินซีเมนต์โดยตรง และห้ามทำการผสมดินซีเมนต์ที่หน้างาน หากไม่มีเครื่องจักรที่ใช้ผสมดินซีเมนต์

3.1.2.2.4 **เครื่องชั่ง**

เครื่องชั่งที่ใช้ชั่งหามวลของดินปูนซีเมนต์ และน้ำ จะต้องเป็นแบบคาน มีความละเอียดผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 0.5 ของมวลที่ชั่ง ห้ามใช้เครื่องชั่งซึ่งเป็นแบบที่ใช้สปริง กรณีควบคุมปริมาณน้ำโดยใช้ปริมาตร เครื่องมือควบคุมจะต้องมีความละเอียดผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 0.5 ของปริมาตรที่ตวง และผู้รับจ้างจะต้องจัดหาตุ้มน้ำหนักมาตรฐานขนาด 25 กิโลกรัม อย่างน้อย 10 ตุ้ม ไว้ที่หน้างานเพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องชั่ง การคิดน้ำหนักปูนซีเมนต์อาจจะใช้วิธีชั่งโดยตรง หรือจากการนับจำนวนถุงบรรจุมาตรฐานก็ได้ โดยทั่วไปปูนซีเมนต์ในถุงมาตรฐานจะหนัก 50 กิโลกรัม ถ้าใช้วิธีชั่งก็จะต้องมีเครื่องชั่งและถังสำหรับชั่งปูนซีเมนต์ต่างหาก พร้อมทั้งรางและเครื่องมืออื่น ๆ เพื่อใช้สำหรับปล่อยให้ปูนซีเมนต์ออกจากถังชั่งไปสู่ห้องผสม การดำเนินงานในเรื่องนี้จะต้องใช้วิธีการที่เหมาะสมและได้รับความเห็นชอบจากนายชั่งผู้ควบคุมงาน

3.1.2.3 ข้อกำหนดในการออกแบบส่วนผสมดินซีเมนต์

3.1.2.3.1 อัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์และน้ำที่ใช้ผสมกับดินนั้น นายช่างผู้ควบคุมงานจะเป็นผู้กำหนดให้ที่หน้างาน และอาจจะสั่งเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับการทดลองหาความต้านแรงอัดของแท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ ทั้งในห้องทดลองและจากการทำรองพื้นทางในสนาม

3.1.2.3.2 ในการออกแบบส่วนผสมของดินซีเมนต์เพื่อหาปริมาณปูนซีเมนต์ที่จะผสมกับดินและน้ำ ให้ถือเอาค่า Unconfined Compressive Strength ของแท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ที่ได้จากการทดลองตาม ทล.-ท. 105 "วิธีการทดลองหาค่า Unconfined Compressive Strength ของดิน" โดยอนุโลม ซึ่งแท่งตัวอย่างทดสอบจะถูกบดอัดในแบบตาม ทล.-ท. 108 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน" ภายหลังการบ่มในถุงพลาสติกเพื่อไม่ให้ความชื้นเปลี่ยนแปลงนาน 7 วัน แล้วนำไปแช่น้ำนาน 2 ชั่วโมง จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 690 กิโลพาสคัล หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบ

3.1.2.3.3 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ เพื่อการทดสอบหาความต้านแรงอัดตามข้อ 3.1.2.3.2 ให้ใช้ปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content ซึ่งหาได้จากการทดลองบดอัดดินตาม ทล.-ท. 108 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน" ปริมาณน้ำที่ได้นี้ใช้เป็นแนวทางในการควบคุมการบดทับในสนาม ขณะทำการก่อสร้างชั้นรองพื้นทางดินซีเมนต์

3.1.2.4 วิธีการก่อสร้าง

3.1.2.4.1 การทดลองในแปลงทดลองแปลงแรก

ก่อนดำเนินการก่อสร้างชั้นรองพื้นทางดินซีเมนต์ผู้รับจ้างจะต้องทำการทดลองก่อสร้างในแปลงทดลองแปลงแรก โดยปริมาณปูนซีเมนต์ที่จะใช้เป็นส่วนผสมดินซีเมนต์ระหว่างการทดลองก่อสร้างแปลงแรก จะหาได้จากการทดลองผสมดินซีเมนต์ในห้องทดลอง โดยใช้ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนต่าง ๆ ที่ปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content ตามข้อ 3.1.2.3.3 แล้วเตรียมแท่งตัวอย่างทดสอบและบ่มอยู่ในถุงพลาสติก โดยไม่ให้ความชื้นเปลี่ยนแปลงตามวิธีการต่าง ๆ เช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้วในข้อ 3.1.2.3.2 และเลือกส่วนผสมทดลองที่ให้ค่าความต้านแรงอัดในช่วงร้อยละ 105 ถึงร้อยละ 125 (โดยทั่วไปควรเลือกที่ประมาณค่าตัวกลาง คือ ร้อยละ 115) ของค่าความต้านแรงอัดที่ 690 กิโลพาสคัล หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบ เป็นส่วนผสมที่จะใช้ระหว่างก่อสร้างในแปลงทดลองแปลงแรก ซึ่งควรจะมีความยาวประมาณ 200 - 500 เมตร

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสมในระหว่างการก่อสร้างแปลงต่อ ๆ ไป จะต้องคิดเผื่อประสิทธิภาพของการผสมด้วย เมื่อใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ตามที่ได้เลือกไว้แล้วจากแปลงทดลองแปลงแรก ประสิทธิภาพของการผสมสามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

ประสิทธิภาพของการผสม = A/B

เมื่อ A = ความต้านแรงอัดของดินซีเมนต์จากการผสมในสนาม หาได้จากการทดลองแท่งตัวอย่างที่เตรียมจากส่วนผสมในสนาม

เมื่อ B = ความต้านแรงอัดของดินซีเมนต์จากการผสมในห้องทดลอง คือ ค่าความต้านแรงอัดของดินซีเมนต์ที่ได้เลือกไว้ของแปลงทดลองแปลงแรก

โดยทั่วไป การผสมในสนามจะมีประสิทธิภาพของการผสมน้อยกว่าการผสมในห้องทดลอง กล่าวอีกนัยหนึ่ง แท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ที่เตรียมจากการผสมในสนามจะให้ค่าความต้านแรงอัดน้อยกว่าแท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ที่เตรียมจากห้องทดลอง เมื่อใช้ปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากันดังนั้นจะเห็นได้ว่าปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการก่อสร้างจะต้องเพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้ค่าความต้านแรงอัดตามที่ต้องการและปริมาณปูนซีเมนต์ที่ต้องการเพิ่มขึ้นนี้ คือ ปริมาณปูนซีเมนต์ ณ จุดที่ได้ทำการปรับแก้ค่าความต้านแรงอัด ตามข้อ 3.1.2.3.2 ด้วยประสิทธิภาพของการผสม

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะเป็นแหล่งวัสดุ เครื่องจักร เครื่องมือ หรือสิ่งอื่นใดที่มีผลทำให้ประสิทธิภาพของการผสมเปลี่ยนไป จะต้องทำการตรวจสอบหาประสิทธิภาพของการผสมใหม่ทุกครั้ง เพื่อปรับส่วนผสมให้ถูกต้องอยู่เสมอ

การบดทับและปริมาณน้ำเปลี่ยนแปลงไประหว่างการก่อสร้าง ก็มีผลทำให้ต้องมีการปรับปริมาณปูนซีเมนต์ให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงด้วย

3.1.2.4.2 การก่อสร้าง

ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้สำหรับแปลงก่อสร้างต่อ ๆ ไปให้คิดเผื่อประสิทธิภาพของการผสมจากปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ในแปลงทดลองแปลงแรก

ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมดินซีเมนต์ในสนาม ให้ใช้ที่ Optimum Moisture Content + 2 % โดยประมาณ เพื่อเผื่อไว้สำหรับการสูญเสียความชื้นในขณะผสมและก่อนการบดทับ

กรณีโรงผสมแบบติดตั้งกับที่ ภายหลังที่ได้ผสมดินซีเมนต์เข้ากันดีแล้ว ให้ใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมขนดินซีเมนต์จากโรงผสมไปปูลงบนพื้นชั้นดินเดิม หรือชั้นทางอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้วทำการบดทับให้แน่น โดยใช้เครื่องมือบดทับที่เหมาะสม ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มผสมจนกระทั่งเสร็จการบดทับไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง

กรณีโรงผสมแบบเคลื่อนที่ ภายหลังจากที่ส่วนผสมดิน ปูนซีเมนต์ และน้ำ ที่ผสมเข้ากันดีแล้วถูกปล่อยออกกองเรียงไปบนถนน ให้ใช้รถเกลี่ย ตีแผ่ เกลี่ยแต่ง แล้วทำการบดทับให้แน่น โดยใช้เครื่องมือบดทับที่เหมาะสม ระยะเวลาตั้งแต่ส่วนผสมถูกปล่อยออกกองเรียงไว้จนกระทั่งเสร็จการบดทับไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง

ควรทำการพ่นน้ำเลี้ยงผิวหน้าของรองพื้นทางดินซีเมนต์ในขณะบดทับ และภายหลังการบดทับให้ชื้นอยู่ตลอดเวลา น้ำที่พ่นลงไปนี้นอกจากจะช่วยให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์ดิน และน้ำให้สมบูรณ์

ยิ่งขึ้น อันจะมีผลทำให้ความต้านแรงอัดของดินซีเมนต์เพิ่มขึ้นแล้ว ยังจะช่วยลดรอยแตกผิวอันเนื่องจากการสูญเสียความชื้นหลังการบดทับด้วย

ภายหลังการบดทับ ให้ทำการแต่งระดับขั้นสุดท้ายทันที และให้ทำการพ่นน้ำเลี้ยงผิวหน้าของรองพื้นทางดินซีเมนต์ติดต่อกันในช่วง 3 วันแรก เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวข้างต้น

3.1.2.4.3 **การควบคุมคุณภาพขณะก่อสร้าง**

การก่อสร้างรองพื้นทางดินซีเมนต์ ให้ก่อสร้างเป็นชั้น ๆ โดยให้มีความหนาหลังบดทับชั้นละไม่เกิน 150 มิลลิเมตร

ผู้รับจ้างอาจก่อสร้างชั้นรองพื้นทางดินซีเมนต์ ให้มีความหนาแต่ละชั้นเกินกว่า 150 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 200 มิลลิเมตร ก็ได้ ทั้งนี้ต้องแสดงรายการเครื่องจักรและเครื่องมือที่เหมาะสมแสดงวิธีการปฏิบัติงาน และต้องก่อสร้างแปลงทดลองยาวประมาณ 200 - 500 เมตร เพื่อตรวจสอบคุณภาพหากพบว่าระหว่างการก่อสร้างมีปัญหาเกี่ยวกับความแน่นของรองพื้นทางดินซีเมนต์ส่วนบนและส่วนล่างหรือความต้านแรงอัดไม่ได้ตามข้อกำหนด นายช่างผู้ควบคุมงานอาจพิจารณาระงับการก่อสร้างรองพื้นทางดินซีเมนต์หนาชั้นละมากกว่า 150 มิลลิเมตร

3.1.2.4.4 **การบ่มและการเปิดการจราจร**

ให้ผู้รับจ้างบ่มดินซีเมนต์ทุกชั้น โดยพ่นน้ำลงไปบนผิวหน้าของดินซีเมนต์ที่ก่อสร้างเสร็จแล้วให้ผิวหน้าชุ่มชื้นตลอดเวลาติดต่อกันอย่างน้อยที่สุด 3 วัน และทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 7 วัน นับจากวันที่บดทับเสร็จจึงจะก่อสร้างชั้นทางชั้นถัดไปได้ ในช่วงเวลาของการบ่มหากมีความจำเป็นให้เปิดการจราจรได้

3.1.2.4.5 **การเจาะเก็บตัวอย่างดินซีเมนต์**

ผู้รับจ้างจะต้องจัดเตรียมเครื่องมือเจาะเก็บตัวอย่างดินซีเมนต์ประจำไว้ที่หน้างานเมื่อมีความจำเป็นต้องเจาะเก็บตัวอย่างดินซีเมนต์

3.1.2.5 **การตรวจสอบ**

3.1.2.5.1 **การตรวจสอบค่าระดับ**

งานรองพื้นทางดินซีเมนต์ที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบโดยเมื่อทำการตรวจสอบด้วยบรรทัดตรงยาว 3.00 เมตร ทั้งตามแนวขนานและตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางทางมีความแตกต่างได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร และมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่แสดงไว้ในแบบได้ไม่เกิน 15 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่า ตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไขโดยการปาดออก หรือรื้อแล้วก่อสร้างใหม่ให้เสร็จภายในเวลาที่กำหนดไว้สำหรับการบดทับ หากพ้นกำหนดเวลาแล้วจะต้องรื้อออกทิ้งไปและก่อสร้างใหม่

3.1.2.6 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

3.1.2.6.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานรองพื้นทางดินซีเมนต์ ให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการตรวจสอบค่าระดับและทดสอบความแน่นของการบดทับและทดสอบความต้านแรงอัด ถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่น ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

3.1.2.6.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ เช่น ดิน ปูนซีเมนต์ เป็นต้น ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็น เพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

3.2 งานพื้นทาง (Base)

3.2.1 งานพื้นทางหินคลุก (Crushed Rock Soil- Aggregate Type Base)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นพื้นทางบนชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้วด้วยวัสดุหินคลุกที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ และรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

งานพื้นทางหินคลุก

3.2.1.1 วัสดุ

วัสดุหินคลุกต้องเป็นหินโม่มวลรวม (Crushed Rock Soil Aggregate Type Base) ที่มีเนื้อแข็งเหนียว สะอาด ไม่ผุ และปราศจากวัสดุอื่นเจือปน จากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว วัสดุจำพวก Shale ห้ามนำมาใช้

3.2.1.2 เครื่องจักรและเครื่องมือ

ก่อนเริ่มงานผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่าง ๆ ที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินงานทางด้านวัสดุและการก่อสร้างไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็นแบบ ขนาดและอยู่ในสภาพที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

3.2.1.3 วิธีการก่อสร้าง

3.2.1.3.1 การเตรียมการก่อสร้าง

(1) การเตรียมวัสดุ

บริเวณที่เตรียมไว้กองวัสดุ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานโดยปราศจากสิ่งไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ

หินคลุกจากแหล่งผลิต เมื่อได้ผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้ว และเตรียมที่จะนำมาใช้งานพื้นทาง หากมิได้นำมาลงบนชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้โดยตรง ให้กองไว้เป็นกอง ๆ ในปริมาณที่พอสมควร

การลงหินคลุกบนชั้นรองพื้นทาง

สำหรับหินคลุกที่ได้จากแหล่งหลาย ๆ แห่ง ซึ่งผ่านการทดสอบว่าใช้ได้แล้ว ถ้าจะนำมาลงบนชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้โดยตรง ให้แยกลงแต่ละแหล่งเป็นแต่ละช่วงไป ช่วงละประมาณ 500 เมตร หรือตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานกำหนด ถ้าประสงค์จะนำมากองเพื่อเตรียมไว้ใช้งานพื้นทางก็ให้แยกกองวัสดุแต่ละแหล่งออกจากกัน ในปริมาณที่พอสมควร หากไม่สะดวกในการควบคุมคุณภาพจากแหล่งผลิต ก็ให้กองวัสดุเป็นกอง ๆ แยกกันไปแต่ละแหล่งผลิต แล้วดำเนินการเก็บตัวอย่างทดสอบคุณภาพ ห้ามนำหินคลุกที่ยังไม่ผ่านการทดสอบคุณภาพมาลงบนชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้โดยตรง

ให้ระวังการเกิดการแยกตัวของส่วนหยาบและส่วนละเอียดในกองวัสดุ หากพิจารณาพบเห็นนายช่างผู้ควบคุมงานอาจจะเก็บตัวอย่างทดสอบคุณภาพใหม่ได้

ก่อนขนส่งหินคลุกไปใช้ ให้พ่นน้ำเข้าไปที่กองวัสดุและคลุกเคล้าให้เข้ากันโดยมีปริมาณน้ำใกล้เคียง Optimum Moisture Content การตักหินคลุกออกจากกองและขนส่งจะต้องทำด้วยความระมัดระวังไม่ให้เกิดการแยกตัวของส่วนหยาบและส่วนละเอียดได้ ในกรณีที่หินคลุกซึ่งขนส่งไปเกิดการแยกตัวให้ทำการผสมใหม่ในสนาม

(2) การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

ชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่จะต้องรองรับชั้นรองพื้นทางหินคลุก จะต้องเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ ความลาด ขนาด รูปร่าง และความแน่นตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ

ก่อนลงหินคลุกผู้รับจ้างจะต้องเตรียมพร้อมในด้านต่าง ๆ เช่น เครื่องจักรและเครื่องมือในการทำงาน และเครื่องหมายควบคุมการจราจรที่เกี่ยวกับการก่อสร้าง ทั้งนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

3.2.1.3.2 **การก่อสร้าง**

ภายหลังจากที่ได้ดำเนินการตามข้อ 3.2.1.3.1 แล้ว ให้ราดน้ำชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่รองรับชั้นรองพื้นทางให้เปียกชื้นสม่ำเสมอโดยทั่วตลอด ใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมขนหินคลุก จากกองวัสดุไปปูลงบนชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้วตีแผ่ เกลี่ยหินคลุก คลุกเคล้า และผสมน้ำเพิ่มให้มีปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content ± 2% โดยประมาณ

หลังจากเกลี่ยแต่งหินคลุกจนได้ที่แล้ว ให้ทำการบดทับทันทีด้วยรถบดล้อยางหรือเครื่องมือบดทับที่เหมาะสม บดทับทั่วผิวหน้าอย่างสม่ำเสมอจนได้ความแน่นตลอดความหนาตามข้อกำหนด เกลี่ยแต่งหินคลุกให้ได้แนว ระดับ ความลาด ขนาด และรูปตัด ตามที่ได้แสดงไว้ในแบบไม่มีหลุมบ่อหรือวัสดุที่หลุดหลวมไม่แน่นอยู่บนผิว การบดทับขั้นสุดท้าย ถ้าทำการบดแต่งด้วยรถบดล้อเหล็ก ห้ามบดทับจนเม็ดหินแตก บริเวณใดที่วัสดุส่วนหยาบและส่วนละเอียดแยกตัวออกจากกันผู้รับจ้างจะต้องทำการแก้ไข

กรณีชั้นพื้นทางและไหล่ทางใช้วัสดุต่างชนิดกัน ห้ามทำงานไหล่ทางก่อนงานพื้นทางในช่วงฤดูฝน

หากได้มีการใส่ไหล่ทางไว้ก่อนทำพื้นทาง แล้วเกิดฝนตกระหว่างการทำงาน หรือมีน้ำขังในพื้นทางให้ผู้รับจ้างรื้อพื้นทางและไหล่ทางออกตรวจสอบชั้นรองพื้น ถ้าพบว่าไม่ถูกต้องให้รื้อแก้ไขใหม่ตามวิธีการก่อสร้างชั้นรองพื้นทางและได้คุณภาพถูกต้องตามข้อกำหนด ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

หากมีความจำเป็นจะต้องก่อสร้างชั้นพื้นทางในช่วงฤดูฝนแล้ว จะต้องรีบทำการก่อสร้างให้แล้วเสร็จแล้วรีบดำเนินการลาดแอสฟัลต์ Prime Coat ปิดโดยทันที

3.2.1.3.3 **การควบคุมคุณภาพขณะก่อสร้าง**

การก่อสร้างพื้นทางหินคลุก ให้ก่อสร้างเป็นชั้น ๆ โดยให้มีความหนาหลังบดทับชั้นละไม่เกิน 150 มิลลิเมตร

ผู้รับจ้างอาจก่อสร้างพื้นทางหินคลุกให้มีความหนาแต่ละชั้นเกินกว่า 150 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 200 มิลลิเมตรก็ได้ ทั้งนี้ต้องแสดงรายการเครื่องจักรและเครื่องมือที่เหมาะสมแสดงวิธีการปฏิบัติงานและต้องก่อสร้างแปลงทดลองยาวประมาณ 200 - 500 เมตร เพื่อตรวจสอบคุณภาพ หากพบว่าระหว่างการก่อสร้างหินผิวหน้าของพื้นทางหินคลุกแตกละเอียดมากเกินไป หรือมีปัญหาเกี่ยวกับความแน่นของพื้นทางส่วนบนและส่วนล่างไม่ได้ตามข้อกำหนด นายช่างผู้ควบคุมงานอาจพิจารณาระงับการก่อสร้างพื้นทางหนาชั้นละมากกว่า 150 มิลลิเมตร

นายช่างผู้ควบคุมงานจะตรวจสอบคุณภาพหลังการผสมคลุกเคล้าแล้ว หากพบว่าตอนใดคุณภาพไม่ถูกต้องตามข้อกำหนด ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไขจนได้วัสดุที่มีคุณภาพถูกต้อง

3.2.1.3.4 การบำรุงรักษาและการเปิดจราจร

หลังจากการก่อสร้างเสร็จและคุณภาพผ่านข้อกำหนดทุกอย่างแล้ว ในกรณีที่ผู้รับจ้างยังไม่ลาดแอสฟัลต์ Prime Coat ถ้าต้องการเปิดให้การจราจรผ่าน ให้ทำการบำรุงรักษาด้วยการพ่นน้ำบาง ๆ ลงไปบนผิวหน้าพื้นทางหินคลุกที่ก่อสร้างเสร็จแล้วให้ชุ่มชื้นตลอดเวลา เพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นฟุ้งกระจายเป็นมลภาวะต่อประชาชนสองข้างทางขณะเปิดการจราจร

3.2.1.4 การตรวจสอบ

3.2.1.4.1 การตรวจสอบค่าระดับ

งานพื้นทางหินคลุกที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบโดยเมื่อทำการตรวจสอบด้วยบรรทัดตรงยาว 3.00 เมตร ทั้งตามแนวขนานและตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางทาง มีความแตกต่างได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร และมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่แสดงไว้ในแบบได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข โดยการปาดออก หรือรื้อแล้วก่อสร้างใหม่

การตรวจสอบค่าระดับ

3.2.1.5 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

3.2.1.5.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานพื้นทางหินคลุก ให้ทำการวัดเมื่อทำการตรวจสอบค่าระดับ และทดสอบความแน่นของการบดทับถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่นตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

3.2.1.5.2 **วิธีการจ่ายค่างาน**

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนดโดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวดในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

3.2.2 งานพื้นทางกรวดโม่ (Crushed Gravel Soil-Aggregate Type Base)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นพื้นทางบนชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้วด้วยวัสดุกรวดโม่มวลรวมที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ และรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

3.2.2.1 **วัสดุ**

วัสดุกรวดโม่มวลรวม (Crushed Gravel Soil Aggregate Type) ต้องเป็นวัสดุที่มีเนื้อแข็งเหนียว สะอาด ไม่ผุ และปราศจากวัสดุอื่นเจือปน จากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว ก่อนนำมาโม่ต้องมีส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด 25.0 มิลลิเมตร ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 โดยมวล วัสดุจำพวก Shale ห้ามนำมาใช้

3.2.2.2 **เครื่องจักรและเครื่องมือ**

ก่อนเริ่มงานผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่าง ๆ ที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินงานทางด้านวัสดุและการก่อสร้างไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็นแบบ ขนาดและอยู่ในสภาพที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

3.2.2.3 **วิธีการก่อสร้าง**

3.2.2.3.1 **การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง**

(1) การเตรียมวัสดุ

บริเวณที่เตรียมไว้กองวัสดุพื้นทางกรวดโม่ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานโดยปราศจากสิ่งไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ

กรวดโม่จากแหล่งผลิต เมื่อได้ผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้ว และเตรียมที่จะนำมาใช้งานพื้นทางหากมิได้นำมาลงบนชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใด ที่ได้เตรียมไว้โดยตรงให้กองไว้เป็นกอง ๆ ในปริมาณที่พอสมควร

ให้ระวังการเกิดการแยกตัวของส่วนหยาบและส่วนละเอียดในกองวัสดุ หากพิจารณาพบเห็นนายช่างผู้ควบคุมงานอาจจะเก็บตัวอย่างทดสอบคุณภาพใหม่ได้

ก่อนขนส่งกรวดโม่ไปใช้ ให้พ่นน้ำเข้าไปที่กองวัสดุและคลุกเคล้าให้เข้ากันโดยมีปริมาณน้ำใกล้เคียง Optimum Moisture Content การตักกรวดโม่ออกจากกองและขนส่งจะต้องทำด้วยความ

ระมัดระวังไม่ให้เกิดการแยกตัวของส่วนหยาบและส่วนละเอียดได้ ในกรณีที่หินคลุกซึ่งขนส่งไปเกิดการแยกตัวให้ทำการผสมใหม่ในสนาม

(2) การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

ชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่จะต้องรองรับชั้นรองพื้นทางกรวดโม่ จะต้องเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ ความลาด ขนาด รูปร่าง และความแน่นตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ

ก่อนลงกรวดโม่ ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมพร้อมในด้านต่าง ๆ เช่น เครื่องจักรและเครื่องมือในการทำงาน และเครื่องหมายควบคุมการจราจรที่เกี่ยวกับการก่อสร้าง ทั้งนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

3.2.2.3.2 การก่อสร้าง

ภายหลังจากที่ได้ดำเนินการตามข้อ 3.2.2.3.1 แล้ว ให้ราดน้ำชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่รองรับชั้นรองพื้นทางกรวดโม่ให้เปียกชื้นสม่ำเสมอโดยทั่วตลอด ใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมขนกรวดโม่ จากกองวัสดุไปปูลงบนชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้ แล้วตีแผ่ เกลี่ยกรวดโม่ คลุกเคล้าและผสมน้ำเพิ่ม ให้มีปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content ± 2% โดยประมาณ

หลังจากเกลี่ยแต่งกรวดโม่จนได้ที่แล้ว ให้ทำการบดทับทันที ด้วยรถบดล้อยางหรือเครื่องมือบดทับที่เหมาะสม บดทับทั่วผิวหน้าอย่างสม่ำเสมอจนได้ความแน่นตลอดความหนาตามข้อกำหนด เกลี่ยแต่งกรวดโม่ให้ได้แนว ระดับ ความลาด ขนาด และรูปตัดตามที่ได้แสดงไว้ในแบบไม่มีหลุมบ่อหรือวัสดุที่หลุดหลวมไม่แน่นอยู่บนผิว การบดทับขั้นสุดท้าย ถ้าทำการบดแต่งด้วยรถบดล้อเหล็ก ห้ามบดทับจนเม็ดกรวดแตก บริเวณใดที่วัสดุส่วนหยาบและส่วนละเอียดแยกตัวออกจากกัน ผู้รับจ้างจะต้องทำการแก้ไข

กรณีชั้นพื้นทางและชั้นไหล่ทางใช้วัสดุต่างชนิดกัน ห้ามทำงานไหล่ทางก่อนงานพื้นทางในช่วงฤดูฝน

หากได้มีการใส่ไหล่ทางไว้ก่อนทำพื้นทาง แล้วเกิดฝนตกระหว่างการทำงาน หรือมีน้ำขังในพื้นทางให้ผู้รับจ้างรื้อพื้นทางและไหล่ทางออก ตรวจสอบชั้นรองพื้น ถ้าพบว่าไม่ถูกต้องให้รื้อแก้ไขใหม่ตามวิธีการก่อสร้างชั้นรองพื้นทางและได้คุณภาพถูกต้องตามข้อกำหนด ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

หากมีความจำเป็นจะต้องก่อสร้างชั้นพื้นทางในช่วงฤดูฝนแล้ว จะต้องรีบทำการก่อสร้างให้แล้วเสร็จแล้วรีบดำเนินการลาดแอสฟัลต์ Prime Coat ปิดโดยทันที

3.2.2.3.3 การควบคุมคุณภาพขณะก่อสร้าง

การก่อสร้างพื้นทางกรวดโม่ ให้ก่อสร้างเป็นชั้น ๆ โดยให้มีความหนาหลังบดทับชั้นละไม่เกิน 150 มิลลิเมตร

ผู้รับจ้างอาจก่อสร้างพื้นทางกรวดโม่ให้มีความหนาแต่ละชั้นเกินกว่า 150 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 200 มิลลิเมตรก็ได้ ทั้งนี้ต้องแสดงรายการเครื่องจักรและเครื่องมือที่เหมาะสม แสดงวิธีการปฏิบัติงาน และต้องก่อสร้างแปลงทดลองยาวประมาณ 200 - 500 เมตร เพื่อตรวจสอบคุณภาพ หากพบว่าระหว่างการ

ก่อสร้างเม็ดกรวดผิวหน้าของพื้นทางกรวดโม่ แตกละเอียดมากเกินไป หรือมีปัญหาเกี่ยวกับความแน่นของพื้นทางส่วนบนและส่วนล่างไม่ได้ตามข้อกำหนด นายช่างผู้ควบคุมงานอาจพิจารณาระงับการก่อสร้างพื้นทางหนาชั้นละมากกว่า 150 มิลลิเมตร

นายช่างผู้ควบคุมงานจะตรวจสอบคุณภาพหลังการผสมคลุกเคล้าแล้ว หากพบว่าตอนใดคุณภาพไม่ถูกต้องตามข้อกำหนด ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไขจนได้วัสดุที่มีคุณภาพถูกต้อง

3.2.2.3.4 **การบำรุงรักษาและการเปิดจราจร**

หลังการก่อสร้างเสร็จและคุณภาพผ่านข้อกำหนดทุกอย่างแล้ว ในกรณีที่ผู้รับจ้างยังไม่ลาดแอสฟัลต์ Prime Coat ถ้าต้องการเปิดให้การจราจรผ่าน ให้ทำการบำรุงรักษาด้วยการพ่นน้ำบาง ๆ ลงไปบนผิวหน้าพื้นทางกรวดโม่ที่ก่อสร้างเสร็จแล้วให้ผิวหน้าชุ่มชื้นตลอดเวลาเพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นฟุ้งกระจายเป็นมลภาวะต่อประชาชนสองข้างทางขณะเปิดการจราจร

3.2.2.4 **การตรวจสอบ**

3.2.2.4.1 **การตรวจสอบค่าระดับ**

งานพื้นทางกรวดโม่ ที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อทำการตรวจสอบด้วยบรรทัดตรงยาว 3.00 เมตร ทั้งตามแนวขนานและตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางทาง มีความแตกต่างได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร และมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่แสดงไว้ในแบบได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข โดยการปาดออก หรือรื้อแล้วก่อสร้างใหม่

3.2.2.5 **การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน**

3.2.2.5.1 **วิธีการวัดปริมาณงาน**

การวัดปริมาณงานพื้นทางกรวดโม่ ให้ทำการวัดเมื่อทำการตรวจสอบค่าระดับ และทดสอบความแน่นของการบดทับถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่นตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

3.2.2.5.2 **วิธีการจ่ายค่างาน**

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

3.2.3 งานพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ (Cement Modified Crushed Rock Base)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นพื้นทางบนชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้วด้วยหินคลุกผสมกับปูนซีเมนต์ และน้ำ ที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ และรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

3.2.3.1 วัสดุ

3.2.3.1.1 หินคลุก

วัสดุหินคลุกต้องเป็นวัสดุที่มีเนื้อแข็ง เหนียว สะอาด ไม่ผุ และปราศจากวัสดุอื่นเจือปน จากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว วัสดุจำพวก Shale ห้ามนำมาใช้

3.2.3.1.2 ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มาตรฐานเลขที่ มอก. 15 หรือปูนซีเมนต์ที่ใช้อาจบรรจุอยู่ในไซโล หรือแบบบรรจุถุงก็ได้ ถ้าเป็นแบบบรรจุถุงผู้รับจ้างจะต้องจัดทำโรงเก็บปูนซีเมนต์ที่เหมาะสม เพื่อป้องกันไม่ให้ปูนซีเมนต์ชื้น ห้ามนำปูนซีเมนต์ที่จับตัวเป็นก้อนปนอยู่มาใช้งาน

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ตลอดงานตามสัญญาต้องเป็นตรา และประเภทเดียวกัน เว้นแต่จะได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานเป็นอย่างอื่น

3.2.3.1.3 น้ำ

น้ำที่จะนำมาใช้ผสมหรือบ่มชั้นรองพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ จะต้องสะอาดปราศจากสารต่าง ๆ เช่น เกลือ น้ำมัน กรด ด่าง และอินทรียวัตถุ หรือสารอื่นใด ที่จะเป็นอันตรายต่อชั้นรองพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ ทั้งนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อนนำมาใช้งาน ห้ามใช้น้ำทะเลในการผสมหรือบ่มชั้นรองพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์

3.2.3.2 เครื่องจักรและเครื่องมือ

ก่อนเริ่มงานผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่าง ๆ ที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินงานทางด้านวัสดุ และการก่อสร้างไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็นแบบ ขนาดและอยู่ในสภาพที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

3.2.3.2.1 โรงผสมหินคลุกผสมซีเมนต์

วัสดุต่าง ๆ ของส่วนผสมหินคลุกผสมซีเมนต์ ให้จัดอัตราส่วนเป็นน้ำหนักทั้งหมด โดยหินคลุก ปูนซีเมนต์ และน้ำ จะผสมรวมกันในโรงผสมเท่านั้น การชั่งวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ในการผสมหินคลุกผสมซีเมนต์จะต้องดำเนินการตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

ปริมาณของวัสดุที่ใส่เข้าไปในเครื่องผสมจะต้องไม่มากเกินไปจนทำให้หินคลุกผสมซีเมนต์ผสมไม่เข้ากัน และถ้าหากพบว่าหินคลุกผสมซีเมนต์ผสมไม่เข้ากัน ผู้รับจ้างจะต้องลดอัตราการใส่วัสดุเข้าไปในเครื่องผสมลงตามสัดส่วนของวัสดุแต่ละอย่าง

ผู้รับจ้างอาจเลือกใช้โรงผสมแบบชุด (Batch Mixer) หรือโรงผสมแบบผสมต่อเนื่อง (Continuous Mixer) ก็ได้ โดยเครื่องจักรที่จะใช้งานจะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน โรงผสมแบบชุดหรือแบบผสมต่อเนื่องต้องมีเครื่องป้อนวัสดุ และมาตรวัดปริมาณวัสดุที่ผ่านเข้าไปในเครื่องผสมตามปริมาณที่ได้กำหนดไว้จากการออกแบบ

(1) โรงผสมหินคลุกผสมซีเมนต์แบบชุด

โรงผสมแบบชุดจะประกอบด้วย เครื่องผสมที่มีตัวผสมเหมาะสม ทำหน้าที่คลุกเคล้าหินคลุกผสมซีเมนต์ให้เข้ากันดี จะต้องมีเครื่องจับเวลาของการผสม ติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ผู้ควบคุมสามารถจมองเห็นได้อย่างชัดเจน เครื่องจับเวลาจะต้องสามารถอ่านเวลาละเอียด ถึง 2 วินาที นอกจากนี้โรงผสมจะต้องติดตั้งเครื่องนับจำนวนชุดที่ผสมแล้วเสร็จติดอยู่กับโม่ด้วย

เวลาของการผสมให้เริ่มนับเมื่อวัสดุทุกอย่างถูกใส่ลงในห้องผสม จนถึงเวลาเมื่อหินคลุกผสมซีเมนต์ถูกปล่อยออกจากห้องผสม การผสมจะต้องดำเนินต่อเนื่องกันไปจนกระทั่งหินคลุกผสมซีเมนต์มีลักษณะคลุกเคล้าเข้ากันอย่างดี โดยสังเกตจากสีและลักษณะของส่วนผสมที่ควรจะกลมกลืนกันดี โดยสังเกตจากสีและลักษณะของส่วนผสมที่ควรจะกลมกลืนกันดี โดยปกติเวลาของการผสมไม่ควรจะน้อยกว่า 30 วินาที

เครื่องชั่งที่ใช้ชั่งปูนซีเมนต์ในแต่ละชุดจะต้องอ่านได้ละเอียดกว่าเครื่องชั่งที่ใช้ชั่งหินคลุก

(2) โรงผสมหินคลุกผสมซีเมนต์แบบผสมต่อเนื่อง

โรงผสมแบบนี้จะต้องจัดสัดส่วนของหินคลุกและปูนซีเมนต์ โดยส่งจากยุ้งผ่านสายพานหรือเครื่องป้อนอื่นใด ผ่านเข้าไปยังโรงผสมอย่างต่อเนื่อง ปริมาณของหินคลุก ปูนซีเมนต์ และน้ำจะถูกควบคุมโดยเครื่องควบคุมอัตโนมัติ ระบบการป้อนหินคลุกเข้าสู่โรงผสมอาจจะเป็นระบบทางกลหรือทางไฟฟ้าก็ได้ แต่ควรเป็นระบบเดียวกันกับระบบการป้อนปูนซีเมนต์

ในการผสมหินคลุกผสมซีเมนต์แบบผสมต่อเนื่อง ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องชั่งสำหรับชั่งหามวลของหินคลุก ปูนซีเมนต์ และน้ำ เพื่อตรวจสอบส่วนผสมให้ถูกต้อง

3.2.3.2.2 **เครื่องชั่ง**

เครื่องชั่งที่ใช้ชั่งหามวลของหินคลุก ปูนซีเมนต์ และน้ำ จะต้องเป็นแบบคาน มีความละเอียดผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 0.5 ของมวลที่ชั่ง ห้ามใช้เครื่องชั่งซึ่งเป็นแบบที่ใช้สปริง กรณีควบคุมปริมาณน้ำโดยใช้ปริมาตร เครื่องมือควบคุมจะต้องมีความละเอียดผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 0.5 ของปริมาตรที่ตวง และผู้รับจ้างจะต้องจัดหาตุ้มน้ำหนักมาตรฐานขนาด 25 กิโลกรัม อย่างน้อย 10 ตุ้ม ไว้ที่หน้างาน เพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องชั่ง

การคิดน้ำหนักปูนซีเมนต์อาจจะใช้วิธีชั่งโดยตรง หรือจากการนับจำนวนถุงบรรจุมาตรฐานที่ก็ได้ โดยทั่วไปปูนซีเมนต์บรรจุในถุงมาตรฐานจะหนัก 50 กิโลกรัม ถ้าใช้วิธีชั่งก็จะต้องมีเครื่องชั่งและถังสำหรับชั่งปูนซีเมนต์ต่างหาก พร้อมทั้งรางและเครื่องมืออื่น ๆ เพื่อใช้สำหรับปล่อยให้ปูนซีเมนต์ออกจากถังชั่งไปสู่ห้องผสม การดำเนินงานในเรื่องนี้จะต้องใช้วิธีการที่เหมาะสม และได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงาน

3.2.3.3 ข้อกำหนดในการออกแบบส่วนผสมหินคลุกผสมซีเมนต์

3.2.3.3.1 อัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ และน้ำ ที่ใช้ผสมกับหินคลุกนั้น นายช่างผู้ควบคุมงานจะเป็นผู้กำหนดให้ที่หน้างาน และอาจจะสั่งเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับการทดลองหาความต้านแรงอัดของแท่งตัวอย่างหินคลุกผสมซีเมนต์ ทั้งในห้องทดลองและจากการทำพื้นทางในสนาม

3.2.3.3.2 ในการออกแบบหาปริมาณปูนซีเมนต์ที่จะผสมกับหินคลุก และน้ำ ให้ถือเอาค่าความต้านแรงอัดของแท่งตัวอย่างหินคลุกผสมซีเมนต์ที่ได้จากการทดลองตาม ทล. - ท. 105 "วิธีการทดลองหาค่า Unconfined Compressive Strength ของแท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ที่ได้จากการทดลองตาม ทล.-ท. 105 "วิธีการทดลองหาค่า Unconfined Compressive Strength ของดิน" โดยอนุโลม ซึ่งแท่งตัวอย่างทดสอบจะถูกบดอัดในแบบตาม ทล.-ท. 108 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน" ภายหลังการบ่มในถุงพลาสติก เพื่อมิให้ความชื้นเปลี่ยนแปลงนาน 7 วัน แล้วนำไปแช่น้ำนาน 2 ชั่วโมง จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 2.4 เมกะพาสคัล หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบ

3.2.3.3.3 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแท่งตัวอย่างหินคลุกผสมซีเมนต์ เพื่อการทดสอบหาความต้านแรงอัดตามข้อ 3.2.3.3.2 ให้ใช้ปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content ซึ่งหาได้จากการทดลองบดอัดหินคลุกตาม ทล.-ท. 108 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน" ปริมาณน้ำที่ได้นี้ใช้เป็นแนวทางในการควบคุมการบดทับในสนามขณะทำการก่อสร้างชั้นพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์

3.2.3.3.4 วัสดุต่าง ๆ ของส่วนผสมหินคลุกผสมซีเมนต์ ได้แก่ หินคลุก ปูนซีเมนต์ และน้ำ ให้จัดอัตราส่วนเป็นน้ำหนักทั้งหมด ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 1 และไม่เกินกว่าร้อยละ 2 โดยมวลของหินคลุก หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบเป็นอย่างอื่น

3.2.3.3.5 หินคลุกผสมซีเมนต์ ที่ได้จากการผสมทดลองของโรงผสมและการทำพื้นทางทดลองในสนามจะต้องมีคุณสมบัติสอดคล้องตามข้อกำหนดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

(1) การผสมทดลองทั้งในห้องทดลองและการทำพื้นทางทดลองในสนาม จะต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จก่อนเริ่มงานก่อสร้างพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ไม่น้อยกว่า 30 วัน

(2) ส่วนผสมหินคลุกผสมซีเมนต์ จะต้องมีค่าความต้านแรงอัดเฉลี่ย ไม่น้อยกว่า 2.4 เมกะพาสคัล หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบ

(3) จำนวนแท่งตัวอย่างทดสอบ จากการผสมทดลองในห้องทดลอง และจากการทำพื้นทางทดลองในสนามแต่ละอย่างจะต้องไม่น้อยกว่า 27 แท่ง

3.2.3.4 วิธีการก่อสร้าง

3.2.3.4.1 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

สถานที่ตั้งโรงผสมและกองวัสดุจะต้องเหมาะสม ไม่ห่างจากบริเวณก่อสร้าง มีบริเวณกว้างพอที่จะดำเนินการได้โดยสะดวก และจะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานโดยปราศจากสิ่งไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ

หินคลุกที่จะใช้ผสมกับปูนซีเมนต์เมื่อได้ผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้ว ให้กองไว้เป็นกอง ๆ ภายในสถานที่ดังกล่าวข้างต้น ในปริมาณที่พอสมควร สำหรับหินคลุกที่จะนำมาผสมกับปูนซีเมนต์ในโรงผสม จะต้องเป็นหินคลุกที่ได้จากการโม่ ห้ามนำหินหลายขนาดมาผสมกันเป็นหินคลุก ทั้งในสถานที่ตั้งโรงผสมและบริเวณกองวัสดุ เว้นแต่โรงผสมจะเป็นแบบที่มียุ้งใส่วัสดุแต่ละขนาดแยกต่างหากและสามารถป้อนหินให้ผสมเข้าด้วยกันเป็นหินคลุกตามอัตราส่วนที่ต้องการได้ โรงผสมจะต้องสามารถผสมได้อย่างมีประสิทธิภาพได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

สำหรับหินคลุกที่ได้จากแหล่งผลิตหลาย ๆ แห่ง เมื่อได้ผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้วให้แยกกองวัสดุแต่ละแหล่งผลิตออกจากกัน หากไม่สะดวกในการควบคุมคุณภาพจากแหล่งผลิตก็ให้กองวัสดุเป็นกอง ๆ แยกกันไปแต่ละแหล่งผลิต แล้วดำเนินการเก็บตัวอย่างทดสอบคุณภาพ เมื่อได้ผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้ว จึงจะนำไปใช้ผสมกับปูนซีเมนต์ที่โรงผสมได้ อัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์และน้ำที่ใช้ผสมกับหินคลุกจากแหล่งผลิตแต่ละแห่งหาได้จากการทดลองออกแบบส่วนผสม ตามข้อ 3.2.3.3 เป็นแต่ละแหล่งผลิตไป

ให้ระวังการเกิดการแยกตัวของส่วนหยาบและส่วนละเอียดในกองวัสดุ ระหว่างการตักหินคลุกออกจากกอง ระหว่างการปล่อยหินคลุกผสมซีเมนต์จากห้องผสมลงสู่รถขนส่งวัสดุหรือระหว่างการส่งหินคลุกผสมซีเมนต์ไปยังหน้างานสนาม หากพิจารณาพบเห็น นายช่างผู้ควบคุมงานอาจจะเก็บตัวอย่างทดสอบคุณภาพใหม่ได้

เครื่องจักรเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็น จะต้องใช้ในการก่อสร้างพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ทุกชนิด ต้องมีสภาพใช้งานได้ดี โดยจะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้วเครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ทุกชนิดต้องมีจำนวนพอเพียงที่จะอำนวยให้การก่อสร้างพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ดำเนินไปโดยต่อเนื่องไม่ติดขัดหรือหยุดชะงัก และในระหว่างการก่อสร้างจะต้องบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพดีอยู่เสมอ

ชั้นรองพื้นทางหรือหรือชั้นอื่นใดที่จะรองรับชั้นพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์จะต้องเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ ความลาด ขนาด รูปร่าง และความแน่นตามที่แสดงไว้ในแบบ

3.2.3.4.2 การทำพื้นทางทดลองในสนาม

อัตราส่วนของปูนซีเมนต์และน้ำ ที่จะใช้ผสมกับหินคลุก เป็นส่วนผสมหินคลุกผสมซีเมนต์ระหว่างการทดลองก่อสร้างพื้นทางทดลองในสนามแปลงแรก ให้ใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ได้จากการออกแบบตาม ข้อ 3.2.3.3.2 และใช้ปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content ตามข้อ 3.2.3.3.3

เป็นส่วนผสมที่จะก่อสร้างแปลงทดลองแปลงแรก ซึ่งควรจะมีความยาวประมาณ 200 – 500 เมตร ให้ดำเนินการเตรียมแท่งตัวอย่างทดสอบหาความต้านแรงอัดตามข้อ 3.2.3.3.5 ทันทีที่เริ่มงาน การเตรียมแท่งตัวอย่างให้เตรียมในสนามโดยเก็บตัวอย่างขณะทำการปูส่วนผสมพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์เพื่อที่จะได้แท่งตัวอย่างที่มีคุณภาพคล้ายส่วนผสมหินคลุกผสมซีเมนต์ในสนามมากที่สุด ห้ามทำการผสมคลุกเคล้าตัวอย่างใหม่ ทั้งก่อนและขณะการบดอัดตัวอย่าง

3.2.3.4.3 การก่อสร้าง

เมื่อผลการตรวจสอบคุณภาพของพื้นทางทดลองแปลงแรกเป็นไปตามข้อกำหนดตามข้อ 3.2.3.4.4 แล้ว ก็ให้ดำเนินการก่อสร้างแปลงต่อ ๆ ไปได้

หลังจากผสมหินคลุกผสมซีเมนต์เข้ากันดีแล้ว ให้ใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมขนหินคลุกผสมซีเมนต์จากโรงผสมไปปูลงบนชั้นรองพื้นทางหรือชั้นทางอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้ว โดยปูลงไปในที่ที่ได้จัดเตรียมไว้ทำการบดทับให้แน่นโดยใช้เครื่องมือบดทับที่เหมาะสม ระยะเวลาตั้งแต่ส่วนผสมจนกระทั่งเสร็จการบดทับไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง

ภายหลังการบดทับให้ทำการแต่งระดับขั้นสุดท้ายทันที และให้ทำการพ่นน้ำเลี้ยงผิวหน้าของพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ติดต่อกันในช่วง 3 วันแรกเพื่อให้ความต้านแรงอัดของหินคลุกผสมซีเมนต์เพิ่มขึ้นและยังจะช่วยลดรอยแตกผิวอันเนื่องจากการสูญเสียความชื้นหลังการบดทับ

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะเป็นแหล่งวัสดุ เครื่องจักร เครื่องมือ หรือสิ่งอื่นใดที่มีผลทำให้คุณภาพของหินคลุกผสมซีเมนต์เปลี่ยนไป จะต้องทำการตรวจสอบหาอัตราส่วนผสมใหม่ทุกครั้ง เพื่อปรับส่วนผสมให้คุณภาพถูกต้องอยู่เสมอ

3.2.3.4.4 การควบคุมคุณภาพขณะก่อสร้าง

การก่อสร้างพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ ให้ก่อสร้างเป็นชั้น ๆ โดยให้มีความหนาหลังบดทับชั้นละไม่เกิน 150 มิลลิเมตร

ผู้รับจ้างอาจก่อสร้างพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ให้มีความหนาแต่ละชั้นเกินกว่า 150 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 200 มิลลิเมตร ก็ได้ทั้งนี้ต้องแสดงรายการเครื่องจักรและเครื่องมือที่เหมาะสมแสดงวิธีการปฏิบัติงาน และต้องก่อสร้างแปลงทดลองยาวประมาณ 200 – 500 เมตร เพื่อตรวจสอบคุณภาพ หากพบว่าระหว่างการก่อสร้างมีปัญหาเกี่ยวกับความแน่นของพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ส่วนบนและส่วนล่างหรือความต้านแรงอัดไม่ได้ตามข้อกำหนด นายช่างผู้ควบคุมงานอาจพิจารณาระงับการก่อสร้างพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์หนาชั้นละมากกว่า 150 มิลลิเมตร

3.2.3.4.5 การบ่มและการเปิดจราจร

หลังก่อสร้างเสร็จให้บ่มหินคลุกผสมซีเมนต์ทุกชั้น โดยพ่นน้ำบาง ๆ ลงไปบนผิวหน้าของหินคลุกผสมซีเมนต์ที่ก่อสร้างเสร็จแล้วให้ชุ่มชื้นตลอดเวลาติดต่อกันนานอย่างน้อยที่สุด 3 วัน นับจากวันที่บดทับเสร็จ ในช่วงเวลาของการบ่มหากมีความจำเป็นให้ปิดการจราจรได้

ให้ผู้รับจ้างทำการลาดแอสฟัลต์ Prime Coat หรือก่อสร้างชั้นผิวทางชั้นถัดไปได้ภายหลังจากที่ได้ทำการก่อสร้างชั้นพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์เสร็จในเวลาอันสมควร

3.2.3.4.6 การเจาะเก็บตัวอย่างหินคลุกผสมซีเมนต์

ผู้รับจ้างจะต้องจัดเตรียมเครื่องมือเจาะเก็บตัวอย่างหินคลุกผสมซีเมนต์ ประจำไว้ที่หน้างานเมื่อมีความจำเป็นต้องเจาะเก็บตัวอย่างหินคลุกผสมซีเมนต์

3.2.3.5 การตรวจสอบ

3.2.3.5.1 การตรวจสอบค่าระดับ

งานพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ ที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อทำการตรวจสอบด้วยบรรทัด ยาว 3.00 เมตร ทั้งตามแนวขนานและตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางทาง มีความแตกต่างได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร และมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่แสดงไว้ในแบบได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข โดยการปาดออก หรือรื้อ แล้วก่อสร้างใหม่ให้เสร็จภายในเวลาที่กำหนดไว้สำหรับการบดทับหากพ้นกำหนดเวลาแล้วจะต้องรื้อออกทิ้งไป และก่อสร้างใหม่

3.2.3.6 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

3.2.3.6.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานรองพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ ให้ทำการวัดเมื่อทำการตรวจสอบค่าระดับและทดสอบความแน่นของการบดทับถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่น ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

3.2.3.6.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ เช่น หินคลุก ปูนซีเมนต์ เป็นต้น ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

3.2.4 งานพื้นทางดินซีเมนต์ (Soil Cement Base)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นพื้นทางบนชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้วด้วยดินผสมกับปูนซีเมนต์ และน้ำ ที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการปูหรือเกลี่ยแต่ง และบดทับให้ได้แนวระดับ และรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ ดินซีเมนต์นี้อาจมีปูนขาวผสมด้วยก็ได้

3.2.4.1 วัสดุ

3.2.4.1.1 ดิน

ดินที่ใช้ผสมกับปูนซีเมนต์ต้องเป็นวัสดุที่ปราศจากหน้าดิน วัชพืช หรืออินทรียวัตถุอื่น ๆ และไม่มีสารอื่นที่อาจเป็นอันตรายต่อคุณภาพของดินซีเมนต์เจือปนอยู่ วัสดุจำพวก Shale ห้ามนำมาใช้

3.2.4.1.2 ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ต-แลนด์ มาตรฐานเลขที่ มอก. 15 หรือปูนซีเมนต์ที่ใช้อาจบรรจุอยู่ในไซโล หรือแบบบรรจุถุงก็ได้ ถ้าเป็นแบบบรรจุถุงผู้รับจ้างจะต้องจัดทำโรงเก็บปูนซีเมนต์ที่เหมาะสม เพื่อป้องกันไม่ให้ปูนซีเมนต์ชื้น ห้ามนำปูนซีเมนต์ที่จับตัวเป็นก้อนปนอยู่มาใช้งาน

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ตลอดงานตามสัญญาต้องเป็นตรา และประเภทเดียวกัน เว้นแต่จะได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานเป็นอย่างอื่น

3.2.4.1.3 ปูนขาว

ในกรณีที่ดินมีค่า Liquid Limit หรือ Plasticity Index เกินกว่าค่าที่กำหนดผู้รับจ้างจะต้องใช้ปูนขาวผสมกับดินเพื่อลดค่า Liquid Limit หรือ Plasticity Index ก่อนการผสมกับปูนซีเมนต์ ปูนขาวที่ใช้เมื่อทดลองตาม ทล.- ท. 205 “วิธีการทดลองหาขนาดของเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง” ต้องมีส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 0.075 มิลลิเมตร ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 และปริมาณปูนขาวที่ใช้ผสมเพื่อลดค่าดังกล่าวให้อยู่ในกำหนดนี้ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 2 โดยมวลของดิน

3.2.4.1.4 น้ำ

น้ำที่จะนำมาใช้ผสมหรือบ่มชั้นพื้นทางดินซีเมนต์ จะต้องสะอาดปราศจากสารต่าง ๆ เช่น เกลือ น้ำมัน กรด ด่าง และอินทรียวัตถุ หรือสารอื่นใด ที่จะเป็นอันตรายต่อชั้นพื้นทางดินซีเมนต์ ทั้งนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อนนำมาใช้งาน ห้ามใช้น้ำทะเลในการผสมหรือบ่มชั้นพื้นทางดินซีเมนต์

3.2.4.2 **เครื่องจักรและเครื่องมือ**

ก่อนเริ่มงานผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่าง ๆ ที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินงานทางด้านวัสดุและการก่อสร้างไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็นแบบ ขนาดและอยู่ในสภาพที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

3.2.4.2.1 **โรงผสมดินซีเมนต์**

วัสดุต่าง ๆ ของส่วนผสมดินซีเมนต์ ให้จัดอัตราส่วนเป็นน้ำหนักทั้งหมด โดยวัสดุดินปูนซีเมนต์ ปูนขาว และน้ำ จะผสมรวมกันในโรงผสม การชั่งวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ในการผสมดินซีเมนต์จะต้องดำเนินการตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

ปริมาณของวัสดุที่ใส่เข้าไปในเครื่องผสมจะต้องไม่มากเกินไป จนทำให้ดินซีเมนต์ผสมไม่เข้ากัน และถ้าหากพบว่าดินซีเมนต์ผสมไม่เข้ากัน ผู้รับจ้างจะต้องลดอัตราการใส่วัสดุเข้าไปในเครื่องผสมลงตามสัดส่วนของวัสดุแต่ละอย่าง

ผู้รับจ้างอาจเลือกใช้โรงผสมแบบชุด (Batch Mixer) หรือโรงผสมแบบผสมต่อเนื่อง (Continuous Mixer) ก็ได้ โดยเครื่องจักรที่จะใช้งานจะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน โรงผสมแบบชุดหรือแบบผสมต่อเนื่องต้องมีเครื่องป้อนวัสดุ และมาตรวัดปริมาณวัสดุที่ผ่านเข้าไปในเครื่องผสมตามปริมาณที่ได้กำหนดไว้จากการออกแบบ

(1) โรงผสมดินซีเมนต์แบบชุด

โรงผสมแบบชุดจะประกอบด้วย เครื่องผสมที่มีตัวผสมเหมาะสม ทำหน้าที่คลุกเคล้าดินซีเมนต์ให้เข้ากันดี จะต้องมีเครื่องจับเวลาของการผสม ติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ผู้ควบคุมสามารถจะมองเห็นได้อย่างชัดเจน เครื่องจับเวลาจะต้องสามารถอ่านเวลาละเอียด ถึง 2 วินาที นอกจากนี้โรงผสมจะต้องติดตั้งเครื่องนับจำนวนชุดที่ผสมแล้วเสร็จติดอยู่กับโม่ด้วย

เวลาของการผสมให้เริ่มนับเมื่อวัสดุทุกอย่างถูกใส่ลงในห้องผสม จนถึงเวลาเมื่อดินซีเมนต์ถูกปล่อยออกจากห้องผสม การผสมจะต้องดำเนินต่อเนื่องกันไปจนกระทั่งดินซีเมนต์มีลักษณะคลุกเคล้าเข้ากันอย่างดี โดยสังเกตจากสีและลักษณะของส่วนผสมที่ควรจะกลมกลืนกันดี โดยปกติเวลาของการผสมไม่ควรจะน้อยกว่า 30 วินาที

เครื่องชั่งที่ใช้ชั่งปูนซีเมนต์ในแต่ละชุดจะต้องอ่านได้ละเอียดกว่าเครื่องชั่งที่ใช้ชั่งดิน

(2) โรงผสมดินซีเมนต์แบบผสมต่อเนื่อง

โรงผสมแบบนี้จะต้องจัดสัดส่วนของดิน ปูนซีเมนต์ และปูนขาว โดยส่งจากยุ้งผ่านสายพานหรือเครื่องป้อนอื่นใด ผ่านเข้าไปยังโรงผสมอย่างต่อเนื่อง ปริมาณของดิน ปูนซีเมนต์ ปูนขาว และน้ำจะถูกควบคุมโดยเครื่องควบคุมอัตโนมัติ ระบบการป้อนดินเข้าสู่โรงผสมอาจจะเป็นระบบทางกลหรือทางไฟฟ้าก็ได้ แต่ควรเป็นระบบเดียวกันกับระบบการป้อนปูนซีเมนต์

ในการผสมดินซีเมนต์แบบผสมต่อเนื่อง ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องชั่งสำหรับชั่งหามวลของดิน ปูนซีเมนต์ ปูนขาว และน้ำ เพื่อตรวจสอบส่วนผสมให้ถูกต้อง

3.2.4.2.2 **เครื่องชั่ง**

เครื่องชั่งที่ใช้ชั่งหามวลดิน ปูนซีเมนต์ ปูนขาว และน้ำ จะต้องเป็นแบบคาน มีความละเอียดผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 0.5 ของมวลที่ชั่ง ห้ามใช้เครื่องชั่งซึ่งเป็นแบบที่ใช้สปริง กรณีควบคุมปริมาณน้ำโดยใช้ปริมาตร เครื่องมือควบคุมจะต้องมีความละเอียดผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 0.5 ของปริมาตรที่ตวง และผู้รับจ้างจะต้องจัดหาตุ้มน้ำหนักมาตรฐานขนาด 25 กิโลกรัม อย่างน้อย 10 ตุ้ม ไว้ที่หน้างาน เพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องชั่ง

การคิดน้ำหนักปูนซีเมนต์อาจจะใช้วิธีชั่งโดยตรง หรือจากการนับจำนวนถุงบรรจุมาตรฐานก็ได้ โดยทั่วไปปูนซีเมนต์บรรจุในถุงมาตรฐานจะหนัก 50 กิโลกรัม ถ้าใช้วิธีชั่งก็จะต้องมีเครื่องชั่งและถังสำหรับชั่งปูนซีเมนต์ต่างหาก พร้อมทั้งรางและเครื่องมืออื่น ๆ เพื่อใช้สำหรับปล่อยให้ปูนซีเมนต์ออกจากถังชั่งไปสู่ห้องผสม การดำเนินงานในเรื่องนี้จะต้องใช้วิธีการที่เหมาะสม และได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงาน

3.2.4.3 ข้อกำหนดในการออกแบบส่วนผสมดินซีเมนต์

3.2.4.3.1 อัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ ปูนขาว และน้ำ ที่ใช้ผสมกับดินนั้น นายช่างผู้ควบคุมงานจะเป็นผู้กำหนดให้ที่หน้างาน และอาจจะสั่งเปลี่ยนแปลงได้ ขึ้นอยู่กับการทดลองหาความต้านแรงอัดของแท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ ทั้งในห้องทดลองและจากการทำพื้นทางในสนาม

3.2.4.3.2 ในการออกแบบส่วนผสมของดินซีเมนต์เพื่อหาปริมาณปูนซีเมนต์ที่จะผสมกับดิน และน้ำ ให้ถือเอาค่า Unconfined Compressive Strength ของแท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ที่ได้จากการทดลองตาม ทล.-ท. 105 “วิธีการทดลองหาค่า Unconfined Compressive Strength ของดิน” โดยอนุโลม ซึ่งแท่งตัวอย่างทดสอบจะถูกบดอัดในแบบตาม ทล.-ท. 108 “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน” ภายหลังการบ่มในถุงพลาสติก เพื่อมิให้ความชื้นเปลี่ยนแปลงนาน 7 วัน แล้วนำไปแช่น้ำนาน 2 ชั่วโมง จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 1.7 เมกะพาสคัล หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบ

3.2.4.3.3 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ เพื่อการทดสอบหาความต้านแรงอัดตามข้อ 3.2.4.3.2 ให้ใช้ปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content ซึ่งหาได้จากการทดลองบดอัดดินตาม ทล.-ท. 108 “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน” ปริมาณน้ำที่ได้นี้ใช้เป็นแนวทางในการควบคุมการบดทับในสนามขณะทำการก่อสร้างชั้นพื้นทางดินซีเมนต์

3.2.4.4 วิธีการก่อสร้าง

3.2.4.4.1 การทดลองในแปลงทดลองแปลงแรก

ก่อนดำเนินการก่อสร้างชั้นพื้นทางดินซีเมนต์ ผู้รับจ้างจะต้องทำการทดลองก่อสร้างในแปลงทดลองแปลงแรก โดยปริมาณปูนซีเมนต์ที่จะใช้เป็นส่วนผสมดินซีเมนต์ระหว่างการทดลองก่อสร้างแปลงแรก จะหาได้จากการทดลองผสมดินซีเมนต์ในห้องทดลอง โดยใช้ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนต่าง ๆ ที่ปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content ตามข้อ 3.2.4.3.3 แล้วเตรียมแท่งตัวอย่างทดสอบและบ่มอยู่ในถุงพลาสติก โดยไม่ให้ความชื้นเปลี่ยนแปลงตามวิธีการต่าง ๆ เช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้วในข้อ 3.2.4.3.2 และเลือกส่วนผสมทดลองที่ให้ค่าความต้านแรงอัดในช่วงร้อยละ 105 ถึงร้อยละ 125 (โดยทั่วไปควรเลือกที่ประมาณค่าตัวกลาง คือ ร้อยละ 115) ของค่าความต้านแรงอัดที่ 1.7 เมกะพาสคัล หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบเป็นส่วนผสมที่จะใช้ระหว่างก่อสร้างในแปลงทดลองแปลงแรก ซึ่งควรจะมีความยาวประมาณ 200 - 500 เมตร

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสมในระหว่างการก่อสร้างแปลงต่อ ๆ ไป จะต้องคิดเผื่อประสิทธิภาพของการผสมด้วย เมื่อใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ตามที่ได้เลือกไว้แล้วจากแปลงทดลองแปลงแรก ประสิทธิภาพของการ
ผสมสามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

ประสิทธิภาพของการผสม = A / B

เมื่อ A = ความต้านแรงอัดของดินซีเมนต์จากการผสมด้วยเครื่องผสม หาได้จากการทดลองความต้านแรงอัดของแท่งตัวอย่างที่เตรียมจากเครื่องผสม

เมื่อ B = ความต้านแรงอัดของดินซีเมนต์จากการผสมในห้องทดลอง คือ ค่าความต้านแรงอัดของดินซีเมนต์ที่ได้เลือกไว้ของแปลงทดลองแปลงแรก

โดยทั่วไป การผสมในสนามจะมีประสิทธิภาพของการผสมน้อยกว่าการผสมในห้องทดลอง กล่าวอีกนัยหนึ่ง แท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ที่เตรียมจากการผสมจะให้ค่าความต้านแรงอัดน้อยกว่าแท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ที่เตรียมจากห้องทดลองเมื่อใช้ปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากัน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการก่อสร้างจะต้องเพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้ความต้านแรงอัดตามที่ต้องการ และปริมาณปูนซีเมนต์ที่ต้องการเพิ่มขึ้นนี้ คือ ปริมาณปูนซีเมนต์ ณ จุดที่ได้ทำการปรับแก้ค่าความต้านแรงอัด ตามข้อ 3.2.4.3.2 ด้วยประสิทธิภาพของการผสม

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะเป็นแหล่งวัสดุ เครื่องจักร เครื่องมือ หรือสิ่งอื่นใดที่มีผลทำให้ประสิทธิภาพของการผสมเปลี่ยนไป จะต้องทำการตรวจสอบหาประสิทธิภาพของการผสมใหม่ทุกครั้ง เพื่อปรับส่วนผสมให้ถูกต้องอยู่เสมอ

การบดทับและปริมาณน้ำเปลี่ยนแปลงไประหว่างการก่อสร้าง ก็มีผลทำให้ต้องมีการปรับปริมาณปูนซีเมนต์ให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงด้วย

3.2.4.4.2 การก่อสร้าง

ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้สำหรับแปลงก่อสร้างต่อ ๆ ไปให้คิดเผื่อประสิทธิภาพของการผสมจากปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ในแปลงทดลองแปลงแรก

ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมดินซีเมนต์ในสนาม ให้ใช้ที่ Optimum Moisture Content โดยประมาณ

ภายหลังที่ได้ผสมดินซีเมนต์เข้ากันดีแล้ว ให้ใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมยกขนดินซีเมนต์จากโรงผสมไปปูลงบนพื้นชั้นรองพื้นทางหรือชั้นทางอื่นใดที่ได้เตรียมไว้ แล้วทำการบดทับให้แน่น โดยใช้เครื่องมือบดทับที่เหมาะสม ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มผสมจนกระทั่งเสร็จการบดทับไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง

ควรทำการพ่นน้ำเลี้ยงผิวหน้าของรองพื้นทางดินซีเมนต์ในขณะบดทับ และภายหลังการบดทับให้ชื้นอยู่ตลอดเวลา น้ำที่พ่นลงไปนี้นอกจากจะช่วยให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์ ดิน และน้ำให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น อันจะมีผลทำให้ความต้านแรงอัดของดินซีเมนต์เพิ่มขึ้นแล้ว ยังจะช่วยลดรอยแตกผิวอันเนื่องจากการสูญเสียความชื้นหลังการบดทับด้วย

ภายหลังการบดทับ ให้ทำการแต่งระดับขั้นสุดท้ายทันที และให้ทำการพ่นน้ำเลี้ยงผิวหน้าของรองพื้นทางดินซีเมนต์ติดต่อกันในช่วง 3 วันแรก เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวข้างต้น

3.2.4.4.3 การควบคุมคุณภาพขณะก่อสร้าง

การก่อสร้างรองพื้นทางดินซีเมนต์ ให้ก่อสร้างเป็นชั้น ๆ โดยให้มีความหนาหลังบดทับชั้นละไม่เกิน 150 มิลลิเมตร

ผู้รับจ้างอาจก่อสร้างชั้นพื้นทางดินซีเมนต์ ให้มีความหนาแต่ละชั้นเกินกว่า 150 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 200 มิลลิเมตร ก็ได้ ทั้งนี้ต้องแสดงรายการเครื่องจักรและเครื่องมือที่เหมาะสมแสดงวิธีการปฏิบัติงาน และต้องก่อสร้างแปลงทดลองยาวประมาณ 200 - 500 เมตร เพื่อตรวจสอบคุณภาพ หากพบว่าระหว่างการก่อสร้างมีปัญหาเกี่ยวกับความแน่นของพื้นทางดินซีเมนต์ส่วนบน และส่วนล่างหรือความต้านแรงอัดไม่ได้ตามข้อกำหนด นายช่างผู้ควบคุมงานอาจพิจารณาระงับการก่อสร้างพื้นทางดินซีเมนต์หนาชั้นละมากกว่า 150 มิลลิเมตร

3.2.4.4.4 การบ่มและการเปิดจราจร

หลังก่อสร้างเสร็จให้บ่มดินซีเมนต์ทุกชั้น โดยพ่นน้ำบาง ๆ ลงไปบนผิวหน้าของดินซีเมนต์ที่ก่อสร้างเสร็จแล้วให้ชุ่มชื้นตลอดเวลาติดต่อกันนานอย่างน้อยที่สุด 3 วัน นับจากวันที่บดทับเสร็จ ในช่วงเวลาของการบ่มหากมีความจำเป็นให้ปิดการจราจรได้

ให้ผู้รับจ้างทำการลาดแอสฟัลต์ Prime Coat หรือก่อสร้างชั้นผิวทางชั้นถัดไปได้ภายหลังจากที่ได้ทำการก่อสร้างชั้นพื้นทางดินซีเมนต์เสร็จเป็นระยะเวลานานไม่น้อยกว่า 15 วัน ทั้งนี้เพื่อให้พื้นทางดินซีเมนต์อยู่ตัว

3.2.4.4.5 **การเจาะเก็บตัวอย่างดินซีเมนต์**

ผู้รับจ้างจะต้องจัดเตรียมเครื่องมือเจาะเก็บตัวอย่างดินซีเมนต์ ประจำไว้ที่หน้างาน เมื่อมีความจำเป็นต้องเจาะเก็บตัวอย่างดินซีเมนต์

3.2.4.5 การตรวจสอบ

3.2.4.5.1 **การตรวจสอบค่าระดับ**

งานพื้นทางดินซีเมนต์ ที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อทำการตรวจสอบด้วยบรรทัดตรงยาว 3.00 เมตร ทั้งตามแนวขนานและตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางทางมีความแตกต่างได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร และมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่แสดงไว้ในแบบได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข โดยการปาดออก หรือรื้อ แล้วก่อสร้างใหม่ให้เสร็จภายในเวลาที่กำหนดไว้สำหรับการบดทับหากพ้นกำหนดเวลาแล้วจะต้องรื้อออกทิ้งไป และก่อสร้างใหม่

3.2.4.6 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

3.2.4.6.1 **วิธีการวัดปริมาณงาน**

การวัดปริมาณงานพื้นทางดินซีเมนต์ ให้ทำการวัดเมื่อทำการตรวจสอบค่าระดับ และทดสอบความแน่นของการบดทับถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่น ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

3.2.4.6.2 **วิธีการจ่ายค่างาน**

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ เช่น ดิน ปูนซีเมนต์ รวมทั้งปูนขาวที่อาจต้องผสมด้วย เป็นต้น ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

3.3 งานไหล่ทาง (Shoulder)

3.3.1 งานไหล่ทางวัสดุมวลรวม (Soil-Aggregate Shoulder)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นไหล่ทางบนชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้วด้วยวัสดุมวลรวมที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ และรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

3.3.1.1 วัสดุ

วัสดุมวลรวมต้องเป็นวัสดุที่มีเม็ดแข็ง ทนทาน มีส่วนหยาบผสมกับส่วนละเอียดที่มีคุณสมบัติเป็นวัสดุเชื้อประสานที่ดี ปราศจากก้อนดินเหนียว และวัชพืชอื่น ๆ จากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมควบคุมงานแล้ว หากมีส่วนที่จับตัวกันเป็นก้อนแข็ง หรือยึดเกาะกันมีขนาดโตกว่า 50 มิลลิเมตร จะต้องกำจัดออกไป หรือทำให้แตก และผสมเข้าด้วยกันให้มีลักษณะสม่ำเสมอ

3.3.1.2 เครื่องจักรและเครื่องมือ

ก่อนเริ่มงานผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่าง ๆ ที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินงานทางด้านวัสดุและการก่อสร้างไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็นแบบ ขนาดและอยู่ในสภาพที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

3.3.1.3 วิธีการก่อสร้าง

3.3.1.3.1 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

(1) การเตรียมวัสดุ

วัสดุมวลรวมที่จะนำมาใช้เป็นชั้นไหล่ทาง จะต้องถูกคลุกเคล้าให้มีลักษณะสม่ำเสมอกัน แล้วกองไว้เป็นกอง ๆ ในปริมาณที่พอสมควรเพื่อการทดสอบคุณภาพก่อน

บริเวณที่เตรียมไว้กองวัสดุ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานโดยปราศจากสิ่งไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ

วัสดุมวลรวมจากกองวัสดุในแหล่งเมื่อผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้ว และเตรียมที่จะนำมาใช้งานไหล่ทาง หากไม่ได้นำมาลงบนชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นอื่นใด ที่ได้เตรียมไว้โดยตรงให้กองไว้เป็นกอง ๆ ในปริมาณที่พอสมควร

วัสดุมวลรวมที่จะนำมาใช้จะต้องทำการผสมน้ำให้เรียบร้อยก่อนที่กองวัสดุ โดยที่ประมาณว่าให้มีปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content ± 3%

การตักวัสดุมวลรวมออกจากกอง และการขนส่งวัสดุมวลรวม จะต้องกระทำด้วยความระมัดระวังไม่ให้เกิดการแยกตัวของส่วนหยาบและส่วนละเอียด ในกรณีที่วัสดุมวลรวมซึ่งขนส่งไปเกิดการแยกตัว จะต้องเปลี่ยนหรือปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้อง

ห้ามทำการผสมวัสดุมวลรวมเพื่อทำไหล่ทางบนชั้นพื้นทาง ชั้น Prime Coat ชั้นรองผิวทาง หรือชั้นผิวทาง

(2) การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

ชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่จะต้องรองรับชั้นไหล่ทางวัสดุมวลรวม จะต้องเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้ แนว ระดับ ความลาด ขนาด รูปร่าง และความแน่นตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ

ก่อนลงวัสดุมวลรวม ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมพร้อมในด้านต่าง ๆ เช่น เครื่องจักร และเครื่องมือในการทำงาน และเครื่องหมายควบคุมการจราจรที่เกี่ยวกับการก่อสร้าง ทั้งนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

3.3.1.3.2 การก่อสร้าง

ภายหลังจากที่ได้ดำเนินการตามข้อ 3.3.1.3.1 แล้วให้ราดน้ำชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใด ที่รองรับชั้นไหล่ทางให้เปียกชื้นสม่ำเสมอโดยทั่วตลอด ใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมขนวัสดุมวลรวมจากกองวัสดุไปปูลงบนชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้ แล้วตีแผ่ เกลี่ยแต่ง และบดทับทันทีด้วยเครื่องมือที่เหมาะสม บดทับจนทั่วผิวหน้าอย่างสม่ำเสมอ จนได้ความแน่นตลอดความหนาตามข้อกำหนด เกลี่ยแต่งชั้นไหล่ทางวัสดุมวลรวมให้ได้แนว ระดับ ความลาด ขนาด และรูปตัดตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ ไม่มีหลุมบ่อหรือวัสดุที่หลุดหลวมไม่แน่นอยู่บนผิว

ถ้าวัสดุมวลรวมที่นำมาใช้แห้งเกินไปให้พรมน้ำช่วย และต้องใช้ความระมัดระวังในการก่อสร้างและบดทับตรงบริเวณรอยต่อระหว่างชั้นไหล่ทางกับชั้นพื้นทาง เพื่อให้ได้ความแน่นสม่ำเสมอดีตลอดแนว บริเวณใดที่วัสดุส่วนหยาบและส่วนละเอียดแยกตัวออกจากกัน ผู้รับจ้างจะต้องทำการแก้ไข

3.3.1.3.3 การควบคุมคุณภาพขณะก่อสร้าง

การก่อสร้างชั้นไหล่ทางวัสดุมวลรวมให้ก่อสร้างเป็นชั้น ๆ โดยให้มีความหนาหลังบดทับชั้นละไม่เกิน 150 มิลลิเมตร

ผู้รับจ้างอาจก่อสร้างชั้นไหล่ทางวัสดุมวลรวม ให้มีความหนาแต่ละชั้นเกินกว่า 150 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 200 มิลลิเมตร ก็ได้ ทั้งนี้ต้องแสดงรายการเครื่องจักรและเครื่องมือที่เหมาะสม แสดงวิธีการปฏิบัติงานและต้องก่อสร้างแปลงทดลองยาวประมาณ 200 - 500 เมตร เพื่อตรวจสอบคุณภาพ หากพบว่าระหว่างการก่อสร้างเม็ดวัสดุที่ผิวหน้าของไหล่ทางวัสดุมวลรวมแตกละเอียดมากเกินไป หรือมีปัญหาเกี่ยวกับความแน่นของไหล่ทางส่วนบนและส่วนล่างไม่ได้ตามข้อกำหนด นายช่างผู้ควบคุมงานอาจพิจารณาระงับการก่อสร้างไหล่ทางวัสดุมวลรวมหนาชั้นละมากกว่า 150 มิลลิเมตร

นายช่างผู้ควบคุมงาน จะตรวจสอบคุณภาพหลังจากการตีแผ่แล้ว หากพบว่าตอนใดคุณภาพไม่ถูกต้องตามข้อกำหนด ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไข จนได้วัสดุที่มีคุณภาพถูกต้อง

3.3.1.4 การตรวจสอบ

3.3.1.4.1 การตรวจสอบค่าระดับ

งานไหล่ทางวัสดุมวลรวมที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบโดยเมื่อทำการตรวจสอบด้วยบรรทัดตรงยาว 3.00 เมตร ทั้งตามแนวขนาน และตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางทาง มีความแตกต่างได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร และมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่แสดงไว้ในแบบได้ไม่เกิน 15 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข โดยการปาดออกหรือรื้อ แล้วก่อสร้างใหม่

3.3.1.5 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

3.3.1.5.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานไหล่ทางวัสดุมวลรวม ให้ทำการวัดเมื่อทำการตรวจสอบค่าระดับ และทดสอบความแน่นของการบดทับถูกต้องตามที่กำหนดแล้วโดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่นตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

3.3.1.5.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

3.4 งานวัสดุรองใต้ผิวทางคอนกรีต

(Material To Control Pumping Under Concrete Pavement)

3.4.1 งานทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีต

หมายถึง การก่อสร้างชั้นรองใต้ผิวทางคอนกรีตบนชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้วด้วยทรายที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ และรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

3.4.1.1 วัสดุ

ทรายหรือวัสดุอื่นใด ต้องเป็นวัสดุที่มีเม็ดแข็ง ทนทาน สะอาด ปราศจากสิ่งไม่พึงประสงค์ต่างๆ จากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

3.4.1.2 เครื่องจักรและเครื่องมือ

ก่อนเริ่มงานผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่าง ๆ ที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินงานทางด้านวัสดุและการก่อสร้างไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็นแบบ ขนาดและอยู่ในสภาพที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

3.4.1.3 วิธีการก่อสร้าง

3.4.1.3.1 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

(1) การเตรียมวัสดุ

ทรายจากแหล่งเมื่อผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้ว และเตรียมที่จะนำมาใช้งานรองใต้ผิวทางคอนกรีต หากมิได้นำลงมาบนชั้นรองพื้นทางหรือชั้นทางอื่นใดที่ได้เตรียมไว้โดยตรงให้กองไว้เป็นกอง ๆ ในปริมาณที่พอสมควร ห้ามนำทรายที่ยังไม่ผ่านการทดสอบคุณภาพมาลงบนชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นทางอื่นใดที่ได้เตรียมไว้โดยตรง

บริเวณที่เตรียมไว้กองวัสดุจะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงาน โดยปราศจากสิ่งไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ

(2) การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

ชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่จะรองรับชั้นทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีต จะต้องเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้ แนว ระดับ ความลาด ขนาด รูปร่าง และความแน่นตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ

ก่อนลงทราย ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมพร้อมในด้านต่าง ๆ เช่น เครื่องจักรและเครื่องมือในที่ใช้ในการทำงานและเครื่องหมายควบคุมการจราจรที่เกี่ยวกับการก่อสร้าง

ผู้รับจ้างอาจดำเนินการตั้งแบบเพื่อเทคอนกรีตก่อนลงทรายรองใต้พื้นผิวทางคอนกรีตก็ได้

3.4.1.3.2 **การก่อสร้าง**

ภายหลังจากที่ได้ดำเนินการตามข้อ 3.4.1.3.1 แล้วให้ราดน้ำชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นทางอื่นใดที่รองรับชั้นทรายรองใต้พื้นผิวทางคอนกรีตให้เปียกชื้นสม่ำเสมอโดยทั่วตลอด ใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมขนทรายจากกองวัสดุไปปูลงบนชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้ แล้วตีแผ่ เกลี่ยและเพิ่มน้ำจนมีปริมาณน้ำที่พอเหมาะ

หลังจากเกลี่ยแต่งวัสดุจนได้ที่แล้วให้ทำการบดทับทันทีด้วยเครื่องมือบดทับที่เหมาะสมบดทับทั่วผิวหน้าอย่างสม่ำเสมอ เกลี่ยแต่งให้ได้ระดับ ตามที่กำหนดไว้ในแบบ

เมื่อได้ก่อสร้างชั้นทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีต จนได้ความยาวพอเหมาะแล้วให้ตรวจสอบค่าระดับหากผลที่ได้เป็นไปตามข้อกำหนด ก็ให้ดำเนินการเตรียมการเทคอนกรีตต่อไปได้

3.4.1.4 **การตรวจสอบ**

3..1.4.1 **การตรวจสอบค่าระดับ**

งานทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีตที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อทำการตรวจสอบด้วยบรรทัดตรงยาว 3.00 เมตร ทั้งตามแนวขนานและตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางทาง มีความแตกต่างได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร และมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่แสดงไว้ในแบบได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข

3.4.1.5 **การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน**

3.4.1.5.1 **วิธีการวัดปริมาณงาน**

การวัดปริมาณงานทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีต ให้ทำการวัดเมื่อทำการตรวจสอบค่าระดับแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่น ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

3.4.1.5.2 **วิธีการจ่ายค่างาน**

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

3.4.2 งานหินคลุกรองใต้ผิวทางคอนกรีต

หมายถึง การก่อสร้างชั้นรองใต้ผิวทางคอนกรีตบนชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้วด้วยวัสดุหินคลุกที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการเกลี่ยแต่ง และบดทับ ให้ได้แนว ระดับ และรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

3.4.2.1 **วัสดุ**

วัสดุหินคลุกต้องเป็นหินโม่มวลรวมที่มีเนื้อแข็ง เหนียว ไม่ผุ สะอาดปราศจากวัสดุอื่นเจือปนจากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว วัสดุจำพวก Shale ห้ามนำมาใช้

3.4.2.2 **เครื่องจักรและเครื่องมือ**

ก่อนเริ่มงานผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่าง ๆ ที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินงานทางด้านวัสดุและการก่อสร้างไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็นแบบ ขนาดและอยู่ในสภาพที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

3.4.2.3 **วิธีการก่อสร้าง**

3.4.2.3.1 **การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง**

(1) การเตรียมวัสดุ

บริเวณที่เตรียมไว้กองวัสดุ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานโดยปราศจากสิ่งไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ

หินคลุกจากแหล่งผลิต เมื่อได้ผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้ว และเตรียมที่จะนำมาใช้งานชั้นรองใต้ผิวทางคอนกรีต หากมิได้นำมาลงบนชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้โดยตรง ให้กองไว้เป็นกอง ๆ ในปริมาณที่พอสมควร

สำหรับหินคลุกที่ได้จากแหล่งผลิตหลายๆ แห่ง ซึ่งผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้ว ถ้าจะนำมาลงบนชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้วโดยตรง ให้แยกลงแต่ละแหล่งผลิตเป็นแต่ละช่วงไปช่วงละประมาณ 500 เมตร หรือตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานกำหนดถ้าประสงค์จะนำมากองเพื่อเตรียมไว้ใช้งานก็ให้แยกกองวัสดุแต่ละแหล่งผลิตออกจากกัน ในปริมาณที่พอสมควร หากไม่สะดวกในการควบคุมคุณภาพจากแหล่งผลิตก็ให้กองวัสดุเป็นกองๆแยกกันไปแต่ละแหล่งผลิต แล้วดำเนินการเก็บตัวอย่างทดสอบคุณภาพ ห้ามนำหินคลุกจากแหล่งผลิตที่ยังไม่ผ่านการทดสอบคุณภาพมาลงบนชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้โดยตรง

ให้ระวังการเกิดการแยกตัวของส่วนหยาบและส่วนละเอียดในการกองวัสดุ หากพิจารณาพบเห็นนายช่างผู้ควบคุมงานอาจจะเก็บตัวอย่างทดสอบคุณภาพใหม่ได้

ก่อนขนส่งหินคลุกไปใช้ ให้พ่นน้ำเข้าไปที่กองวัสดุและคลุกเคล้าให้เข้ากันโดยมีปริมาณน้ำใกล้เคียงOptimum Moisture Content การตักหินคลุกออกจากกองและขนส่งจะต้องทำด้วยความระมัดระวังไม่ให้เกิดการแยกตัวของส่วนหยาบและส่วนละเอียดได้ ในกรณีที่หินคลุกซึ่งขนส่งไปเกิดการแยกตัวให้ทำการผสมใหม่ในสนาม

(2) การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

ชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่จะต้องรองรับชั้นหินคลุกรองใต้ผิวทางคอนกรีต จะต้องเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้ แนว ระดับ ความลาด ขนาด รูปร่าง และความแน่นตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ

ก่อนลงหินคลุก ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมพร้อมในด้านต่าง ๆ เช่น เครื่องจักรและเครื่องมือในการทำงาน และเครื่องหมายควบคุมการจราจรที่เกี่ยวกับการก่อสร้าง ทั้งนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

3.4.2.3.2 การก่อสร้าง

ภายหลังจากที่ได้ดำเนินการตามข้อ 3.4.2.3.1 แล้ว ให้ราดน้ำชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่รองรับชั้นหินคลุกรองใต้ผิวทางคอนกรีตโดยทั่วตลอด ใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมขนหินคลุกจากกองวัสดุไปปูลงบนชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้ แล้วตีแผ่ เกลี่ยหินคลุก คลุกเคล้าและอาจผสมน้ำเพิ่มให้มีปริมาณน้ำใกล้เคียง Optimum Moisture Content

หลังจากเกลี่ยแต่งหินคลุกจนได้ที่แล้วให้ทำการบดทับทันทีด้วยรถบดล้อยาง หรือเครื่องมือบดทับอื่นใดที่เหมาะสม บดทับทั่วผิวหน้าอย่างสม่ำเสมอจนได้ความแน่นตามข้อกำหนด เกลี่ยแต่งหินคลุกให้ได้ แนว ระดับ ความลาด ขนาด และรูปตัด ตามที่ได้แสดงไว้ในแบบไม่มีหลุมบ่อหรือวัสดุที่หลุดหลวมไม่แน่นอยู่บนผิว การบดทับขั้นสุดท้าย ถ้าทำการบดแต่งด้วยรถบดล้อเหล็กห้ามบดทับจนเม็ดหินแตก บริเวณใดที่วัสดุส่วนหยาบและส่วนละเอียดแยกตัวออกจากกับผู้รับจ้างจะต้องทำการแก้ไข

ในกรณีที่ผู้รับจ้างไม่สามารถจะก่อสร้างหินคลุกรองใต้ผิวทางคอนกรีตเต็มความกว้างของถนนตามแบบได้หรือจำเป็นจะต้องก่อสร้างทีละ 1 ช่องจราจร อาจทำการก่อสร้างชั้นหินคลุกรองใต้ผิวทางคอนกรีตเท่ากับความกว้างของช่องที่ต้องการจะเทคอนกรีตและเผื่อไว้สำหรับฐานของแบบอีกข้างละประมาณ 300 มิลลิเมตร นายช่างผู้ควบคุมงานจะตรวจสอบคุณภาพหลังการผสมคลุกเคล้าแล้วหากพบว่า คุณภาพไม่ถูกต้องตามข้อกำหนด ผู้รับจ้างจะต้องขนวัสดุเหล่านั้นออกไปและนำวัสดุที่มีคุณภาพถูกต้องมาใส่แทน

3.4.2.3.3 การบำรุงรักษาและการเปิดจราจร

หลังจากการก่อสร้างเสร็จและคุณภาพผ่านข้อกำหนดทุกอย่างแล้ว ในกรณีที่ผู้รับจ้างยังไม่สามารถเทคอนกรีตได้ ถ้าต้องการเปิดให้การจราจรผ่าน ให้ทำการบำรุงรักษาด้วยการพ่นน้ำบาง ๆ ลงไปบนผิวหน้าของหินคลุกรองใต้ผิวทางคอนกรีตที่ก่อสร้างเสร็จแล้วให้ชุ่มชื้นตลอดเวลา เพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นฟุ้งกระจาย เป็นมลภาวะต่อประชาชนสองข้างทางขณะเปิดการจราจร

3.4.2.4 **การตรวจสอบ**

3.4.2.4.1 **การตรวจสอบค่าระดับ**

งานหินคลุกรองใต้ผิวทางคอนกรีตที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อทำการตรวจสอบด้วยบรรทัดตรงยาว 3.00 เมตร ทั้งตามแนวขนาน และตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางทาง มีความแตกต่างได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร และมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่แสดงไว้ในแบบได้ไม่เกิน 15 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข โดยการปาดออก หรือรื้อแล้วก่อสร้างใหม่

3.4.2.5 **การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน**

3.4.2.5.1 **วิธีการวัดปริมาณงาน**

การวัดปริมาณงานหินคลุกรองใต้ผิวทางคอนกรีต ให้ทำการวัดเมื่อทำการตรวจสอบค่าระดับและทดสอบความแน่นของการบดทับถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่นตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

3.4.2.5.2 **วิธีการจ่ายค่างาน**

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

3.5 งานรื้อชั้นทางเดิมและก่อสร้างใหม่

(Scarification & Reconstruction Of Existing Pavement)

หมายถึง การรื้อชั้นทางเดิม เช่น ชั้นรองพื้นทาง พื้นทาง ผิวทาง ฯลฯ และคัดวัสดุที่ใช้ไม่ได้หรือวัสดุที่ไม่ต้องการออกแล้วทำการคลุกเคล้า เกลี่ยแต่ง และบดทับให้ได้แนว ระดับ รูปร่างและความแน่นตามที่กำหนด

3.5.1 วัสดุ

ใช้วัสดุเดิมที่รื้อออกมาแล้วคัดวัสดุที่ใช้ไม่ได้หรือวัสดุที่ไม่ต้องการออก แล้วย่อยส่วนที่ใช้ได้ให้แตก โดยมีก้อนโตสุดไม่เกิน 50 มิลลิเมตร และคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน

3.5.2 เครื่องจักรและเครื่องมือ

ก่อนเริ่มงานผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่าง ๆ ที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินงานทางด้านวัสดุและการก่อสร้างไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็นแบบ ขนาดและอยู่ในสภาพที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

3.5.3 วิธีการก่อสร้าง

ให้ทำการรื้อชั้นทางเดิมออกจนถึงระดับความลึกอย่างน้อย 100 มิลลิเมตร ตลอดความกว้างของชั้นนั้นหรือตามที่กำหนดไว้ในแบบ และในระหว่างการรื้อชั้นทางเดิมจะต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างทาง และสาธารณูปโภคอื่นๆ

ทำการบดย่อยวัสดุที่รื้อออก พร้อมทั้งคัดวัสดุที่ใช้ไม่ได้ หรือวัสดุที่ไม่ต้องการออกให้หมดและคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกันพร้อมทั้งพรมน้ำให้ได้ความชื้นพอเหมาะ แล้วทำการบดทับให้ได้รูปร่างราบเรียบและความแน่นตามที่กำหนด

3.5.4 การตรวจสอบ

3.5.4.1 การทดสอบความแน่นของการบดทับ

ความแน่นที่บดทับเรียบร้อยแล้วจะต้องได้ความแน่นแห้งสม่ำเสมอตลอด ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตัวอย่างวัสดุเก็บจากหน้างานสนามหลังจากคลุกเคล้าผสมและปูลงบนถนนแล้วตาม ทล.-ท. 108 “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”

การทดสอบความแน่นของการบดทับให้ดำเนินการทดสอบตาม ทล. – ท. 603 “วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยใช้ทราย” ทุกระยะประมาณ 100 เมตร ต่อ 1 ช่องจราจร หรือประมาณพื้นที่ 500 ตารางเมตร ต่อ 1 หลุมตัวอย่าง

3.5.5 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

3.5.5.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานรื้อชั้นทางเดิมหรือก่อสร้างใหม่ให้คิดจากพื้นที่ตามที่ได้ก่อสร้างจริง ปริมาณงานมีหน่วยเป็นตารางเมตร

3.5.5.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

3.6 งานผิวทางวัสดุมวลรวม

(Soil- aggregate temporary surface)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นผิวทางบนชั้นวัสดุคัดเลือก หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้วด้วยวัสดุมวลรวม ที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับและรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

3.6.1 **วัสดุ**

วัสดุมวลรวมต้องเป็นวัสดุที่มีเม็ดแข็ง ทนทาน มีส่วนหยาบผสมกับส่วนละเอียดที่มีคุณสมบัติเป็นวัสดุเชื้อประสานที่ดี ปราศจากก้อนดินเหนียว และวัชพืชอื่น ๆ จากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมควบคุมงานแล้ว หากมีส่วนที่จับตัวกันเป็นก้อนแข็ง หรือยึดเกาะกันมีขนาดโตกว่า 50 มิลลิเมตร จะต้องกำจัดออกไป หรือทำให้แตก และผสมเข้าด้วยกันให้มีลักษณะสม่ำเสมอ วัสดุจำพวก Shale ห้ามนำมาใช้

3.6.2 **เครื่องจักรและเครื่องมือ**

ก่อนเริ่มงานผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่าง ๆ ที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินงานทางด้านวัสดุและการก่อสร้างไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็นแบบ ขนาดและอยู่ในสภาพที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

3.6.3 **วิธีการก่อสร้าง**

3.6.3.1 **การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง**

(1) การเตรียมวัสดุ

วัสดุมวลรวมที่จะนำมาใช้เป็นชั้นผิวทางวัสดุมวลรวม จะต้องถูกคลุกเคล้าให้มีลักษณะสม่ำเสมอกัน (Uniform) แล้วกองไว้เป็นกอง ๆ ในปริมาณที่พอสมควรเพื่อการทดสอบคุณภาพก่อน

บริเวณที่เตรียมไว้กองวัสดุ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานโดยปราศจากสิ่งไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ

วัสดุมวลรวมจากกองวัสดุในแหล่งเมื่อผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้ว และเตรียมที่จะนำมาใช้งานผิวทาง หากไม่ได้นำมาลงบนชั้นวัสดุคัดเลือก หรือชั้นอื่นใด ที่ได้เตรียมไว้โดยตรง ให้กองไว้เป็นกอง ๆ ในปริมาณที่พอสมควร

สำหรับวัสดุมวลรวมที่ได้จากแหล่งหลายๆ แห่ง ซึ่งผ่านการทดสอบว่าใช้ได้แล้วถ้าจะนำมาลงบนชั้นวัสดุคัดเลือกหรือชั้นอื่นใด ที่ได้เตรียมไว้โดยตรง ให้แยกลงแต่ละแหล่งเป็นแต่ละช่วงไป ช่วงละประมาณ 500 เมตร หรือตามที่นายช่างผู้ควบคุมกำหนด ถ้าประสงค์จะนำมากองเพื่อเตรียมไว้ใช้งานผิวทางก็ให้แยกกองวัสดุแต่ละแหล่งออกจากกันในปริมาณที่พอสมควร หากไม่สะดวกในการควบคุมคุณภาพ

จากกองวัสดุในแหล่ง ก็ให้กองวัสดุเป็นกอง ๆ แยกกันไปแต่ละแหล่งแล้วดำเนินการเก็บตัวอย่างทดสอบคุณภาพ ห้ามนำวัสดุมวลรวมที่ยังไม่ผ่านการทดสอบคุณภาพลงบนชั้นวัสดุคัดเลือก หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้โดยตรง

การตักวัสดุมวลรวมออกจากกอง และการขนส่งวัสดุมวลรวม จะต้องกระทำด้วยความระมัดระวังไม่ให้เกิดการแยกตัวของส่วนหยาบและส่วนละเอียด ในกรณีที่วัสดุมวลรวมซึ่งขนส่งไปเกิดการแยกตัว ให้ทำการผสมใหม่ในสนาม

(2) การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

ชั้นวัสดุคัดเลือกหรือชั้นอื่นใดที่จะต้องรองรับชั้นผิวทาง จะต้องเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ ความลาด ขนาด รูปร่าง และความแน่นตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ

ก่อนลงวัสดุมวลรวม ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมพร้อมในด้านต่าง ๆ เช่น เครื่องจักร และเครื่องมือในการทำงาน และเครื่องหมายควบคุมการจราจรที่เกี่ยวกับการก่อสร้าง ทั้งนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

3.6.3.2 **การก่อสร้าง**

ภายหลังจากที่ได้ดำเนินการตามข้อ 3.6.3.1 แล้วให้ราดน้ำชั้นวัสดุคัดเลือกหรือชั้นอื่นใด ที่รองรับชั้นผิวทางให้เปียกชื้นสม่ำเสมอโดยทั่วตลอด ใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมขนวัสดุมวลรวมจากกองวัสดุไปปูลงบนชั้นวัสดุคัดเลือกหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้วตีแผ่ เกลี่ยวัสดุมวลรวมคลุกเคล้าผสมน้ำ โดยที่ประมาณว่าให้มีปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content ± 3 %

หลังจากเกลี่ยแต่งวัสดุมวลรวมจนได้ที่แล้วให้ทำการบดทับทันทีด้วยเครื่องมือบดทับที่เหมาะสม บดทับทั่วผิวหน้าอย่างสม่ำเสมอจนได้ความแน่น ตลอดความหนาตามข้อกำหนดเกลี่ยแต่งวัสดุมวลรวมให้ได้แนว ระดับความลาด ขนาด และรูปตัดตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ ไม่มีหลุมบ่อหรือวัสดุที่หลุดหลวมไม่แน่นอยู่บนผิว บริเวณใดที่วัสดุส่วนหยาบและส่วนละเอียดแยกตัวออกจากกัน ผู้รับจ้างจะต้องทำการแก้ไข

3.6.3.3 **การควบคุมคุณภาพขณะก่อสร้าง**

การก่อสร้างชั้นผิวทางวัสดุมวลรวมให้ก่อสร้างเป็นชั้น ๆ โดยให้มีความหนาหลังบดทับชั้นละไม่เกิน 150 มิลลิเมตร

ผู้รับจ้างอาจก่อสร้างชั้นผิวทางวัสดุมวลรวม ให้มีความหนาแต่ละชั้นเกินกว่า 150 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 200 มิลลิเมตร ก็ได้ ทั้งนี้ต้องแสดงรายการเครื่องจักรและเครื่องมือที่เหมาะสม แสดงวิธีการปฏิบัติงานและต้องก่อสร้างแปลงทดลองยาวประมาณ 200 - 500 เมตร เพื่อตรวจสอบคุณภาพ หากพบว่าระหว่างการก่อสร้างเม็ดวัสดุที่ผิวหน้าของผิวทางวัสดุมวลรวมแตกละเอียดมากเกินไป หรือมีปัญหาเกี่ยวกับความแน่นของผิวทางส่วนบนและส่วนล่างไม่ได้ตามข้อกำหนด นายช่างผู้ควบคุมงานอาจพิจารณาระงับการก่อสร้างผิวทางวัสดุมวลรวมหนาชั้นละมากกว่า 150 มิลลิเมตร

นายช่างผู้ควบคุมงาน จะตรวจสอบคุณภาพหลังจากผสมคลุกเคล้าแล้ว หากพบว่าตอนใดคุณภาพไม่ถูกต้องตามข้อกำหนด ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไข จนได้วัสดุที่มีคุณภาพถูกต้อง

3.6.4 การตรวจสอบ

3.6.4.1 การตรวจสอบค่าระดับ

งานผิวทางวัสดุมวลรวมที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อทำการตรวจสอบด้วยบรรทัดตรงยาว 3.00 เมตร ทั้งตามแนวขนาน และตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางทาง มีความแตกต่างได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร และมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่แสดงไว้ในแบบได้ไม่เกิน 15 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข โดยการปาดออกหรือรื้อแล้วก่อสร้างใหม่

3.6.5 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

3.6.5.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานผิวทางวัสดุมวลรวม ให้ทำการวัดเมื่อทำการตรวจสอบค่าระดับ และทดสอบความแน่นของการบดทับถูกต้องตามที่กำหนดแล้วโดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่นตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

3.6.5.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

3.7 การก่อสร้างและควบคุมคุณภาพงานบูรณะและปรับปรุงถนนลาดยางเดิม โดยวิธี Pavement Recycling

เป็นการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ หมายถึงการนำวัสดุจากชั้นทางเดิมมาปรับปรุงคุณภาพแล้วนำมาใช้งานใหม่ โดยให้มีคุณภาพตามรูปแบบและข้อกำหนด อาจจะเพิ่มวัสดุผสมเพิ่ม เพื่อปรับปรุงขนาดคละและเพิ่มปริมาณ เช่น หิน ทราย วัสดุมวลรวม ฯลฯ และวัสดุผสมเพิ่มเพื่อปรับปรุงคุณภาพ เช่น ปูนซีเมนต์ ปูนขาว และสารผสมเพิ่ม ทั้งนี้อาจจะกระทำได้ทั้งในที่ (In-Place) หรือที่โรงงาน (Central Plant) และปิดทับด้วยผิวทางใหม่

1 วัสดุ

1.1 วัสดุชั้นทางเดิม หมายถึง วัสดุที่ได้จากการขุดรื้อ ขูดไส จากชั้นทางเดิมเพื่อเตรียมนำมาใช้ปรับปรุงคุณภาพ

1.2 วัสดุผสมเพิ่ม เป็นวัสดุที่ต้องมีคุณสมบัติเหมาะสมและเข้ากันได้ดีกับวัสดุชั้นทางเดิม เพื่อทำให้คุณสมบัติของส่วนผสมเป็นไปตามข้อกำหนดที่ผู้ออกแบบได้ระบุไว้

1.2.1 วัสดุผสมเพิ่มเพื่อปรับปรุงขนาดคละและเพิ่มปริมาณ เช่น หิน ทราย วัสดุมวลรวม ฯลฯ

1.2.2 วัสดุผสมเพิ่มเพื่อปรับปรุงคุณภาพ มีคุณสมบัติตามที่กำหนดในมาตรฐานที่ ทล.-ม 213/2543

ก) ปูนซีเมนต์

ข) ปูนขาว

ค) เถ้าลอย

ง) แอสฟัลต์

1.3 สารผสมเพิ่ม สารผสมเพิ่มที่นำมาใช้ จะต้องเสนอชนิดของสารผสมเพิ่มและส่วนผสม เพื่อพิจารณาเห็นชอบก่อนนำมาใช้งาน

1.4 น้ำ น้ำที่นำมาใช้งานจะต้องสะอาดปราศจากสารไม่พึงประสงค์ เช่น เกลือ น้ำตาล น้ำมัน กรด ด่าง และอินทรียวัตถุ หรือ สารเคมีที่อาจจะมีผลกระทบต่อคุณภาพของวัสดุผสม

2 การออกแบบปรับปรุง ชั้นทางเดิม

การออกแบบส่วนผสม จะต้องดำเนินการตาม มาตรฐานที่ ทล.-ม213/2543

3 เครื่องจักรเครื่องมือที่ใช้ในการก่อสร้าง

ชุดเครื่องจักรเครื่องมือที่ใช้ในการก่อสร้างชั้น Pavement Recycling ประกอบด้วย

- โรงงานผสมประจำที่
- ชุดเครื่องจักรผสมวัสดุในที่

- ชุดเครื่องจักรประกอบการก่อสร้าง เช่น เครื่องจักรอุปกรณ์เกี่ยวกับวัสดุผสมเพิ่ม และน้ำ เครื่องจักรเกลี่ยปรับระดับ รถบรรทุกวัสดุ เครื่องจักรปูวัสดุ เครื่องจักรบดทับ เป็นต้น

ชุดเครื่องจักรเครื่องมือที่นำมาใช้ในการก่อสร้างแต่ละประเภทนั้น จะต้องจัดให้เหมาะสมกับลักษณะงาน วิธีการก่อสร้างทั้งชนิด ขนาด และมีขีดความสามารถเพียงพอที่จะทำงานให้แล้วเสร็จในแต่ละวัน ตามคุณสมบัติที่ได้กำหนดไว้ใน ทล.- ม. 213/2543

เครื่องจักรที่นำมาใช้ในการก่อสร้าง สำหรับชุดเครื่องจักรผสมวัสดุในที่ จะต้องสามารถขุดตัด ขุดตัดผสมหรือขุดไสผสม กับชั้นทางเดิมได้ลึกตามที่กำหนด หรือผสมวัสดุชั้นทางเดิมพร้อมวัสดุใหม่ได้โดยสม่ำเสมอและถูกต้องตามข้อกำหนด

เครื่องจักรขุด Recycling

4 การตรวจสอบเครื่องจักรเครื่องมือและอุปกรณ์ก่อนการก่อสร้าง

ผู้ควบคุมงานจะต้องจัดทำแผน วิธีการก่อสร้างพร้อมทั้งรายละเอียดเครื่องจักรเครื่องมือและอุปกรณ์ทุกชนิดที่จะนำมาใช้ในการก่อสร้างโดยจะต้องตรวจสอบให้มีสภาพการใช้งานได้ดีและมีประสิทธิภาพในการทำงานอย่างเพียงพอพร้อมใช้งานได้ตลอดเวลา

5 การเตรียมงานก่อนทำการก่อสร้าง

ผู้ควบคุมงานจะต้องดำเนินการดังนี้

5.1 จัดเตรียม สถานที่ตั้งโรงงานผสมวัสดุและพื้นที่กองวัสดุ ทั้งที่โรงงานและในระหว่างสายทาง จะต้องเหมาะสม มีพื้นที่กว้างพอที่จะปฏิบัติงานได้โดยสะดวก น้ำไม่ท่วมขัง พื้นที่กองวัสดุจะต้องสะอาดปราศจากวัสดุไม่พึงประสงค์ กองวัสดุแต่ละชนิดต้องแยกกันไว้อย่างชัดเจน โดยดำเนินการให้ถูกต้องไม่ให้วัสดุเกิดการแยกตัว และมีมาตรการป้องกันวัสดุเปียกน้ำ

5.2 พื้นที่ทำการก่อสร้าง

- กำจัดวัชพืชและวัสดุไม่พึงประสงค์ออกไปตลอดความกว้างของพื้นที่ที่จะดำเนินการ
- ทำการสำรวจสภาพผิวทางเดิมโดยละเอียด เพื่อกำหนดตำแหน่งพื้นที่ของผิวทางเดิมที่เกิดความเสียหายจากจุดอ่อนตัวในชั้นทางเดิม
- แก้ไขจุดอ่อนตัวใต้คันทางโดยการขุดรื้อเอาวัสดุที่มีปัญหาออกให้หมด แล้วแทนที่ด้วยวัสดุที่มีคุณภาพไม่ต่ำกว่าชั้นทางที่จะแก้ไข พร้อมบดทับให้แน่นตามข้อกำหนด และใช้วัสดุเดิมในแต่ละชั้นทางที่ขุดออกกลับมาปูลงไว้ตามเดิมและบดทับให้แน่นตามข้อกำหนดทีละชั้น
- ปรับระดับของผิวถนนให้เรียบสม่ำเสมอ โดยการขูดปาด หรือขูดไสบริเวณจุดที่มีลักษณะนูนสูงซึ่งเป็นปัญหาต่อการก่อสร้างออก
- วางแผนดำเนินการทำงาน โดยกำหนดแนวขุดตัด ตามยาวไว้ล่วงหน้าบนผิวชั้นทางเดิม เพื่อลดปัญหาการจราจรที่เกิดขึ้นขณะทำการก่อสร้าง
- ตรวจสอบความชื้นของวัสดุคันทางเดิมเพื่อเตรียมใช้เป็นข้อมูลในการปรับแก้ความชื้นในส่วนผสมให้ถูกต้องขณะดำเนินการ

จุดอ่อนตัวที่ต้องแก้ไข

6 การก่อสร้าง

ลักษณะของงานจะรวมถึงการวางแผนปฏิบัติการ การทำแปลงทดลอง การควบคุมการก่อสร้าง และการควบคุมคุณภาพวัสดุ

6.1 การบริหารจัดการ การก่อสร้างจะต้องมีการวางแผนและการจัดการที่ดี เพื่อให้การดำเนินการสามารถทำได้อย่างต่อเนื่องไม่ติดขัด หรือหยุดชะงักระหว่างการก่อสร้าง ซึ่งมีปัจจัยในการพิจารณาดังนี้

- สภาพลมฟ้าอากาศที่เหมาะสม
- การจัดการจราจรระหว่างก่อสร้าง
- ประสิทธิภาพและการเตรียมความพร้อมในส่วนเครื่องมือเครื่องจักร

6.2 การก่อสร้างแปลงทดลองในสนาม เมื่อได้กำหนดวิธีการก่อสร้างแล้วก่อนทำการก่อสร้างจริงจะต้องทำการก่อสร้างแปลงทดลอง โดยมีความยาวไม่น้อยกว่า 100 เมตร เพื่อหาข้อมูลที่จำเป็นต้องทราบและใช้เป็นแบบอย่างในการก่อสร้างแปลงต่อไป

6.2.1 ข้อมูลที่สำคัญที่ต้องพิจารณาจากการทำแปลงทดลอง

ในการทำแปลงทดลอง มีสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาและติดตามตรวจสอบและบันทึก เพื่อจะได้ใช้เป็นรูปแบบในการปฏิบัติงานจริงต่อไป

1) ชนิดและประสิทธิภาพ ของเครื่องมือเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ สามารถทำงานให้ได้คุณภาพของชั้นทางตลอดความหนา ตามที่ต้องการหรือไม่

2) ระดับและความลาดเอียงถูกต้องตามรูปแบบที่กำหนดหรือไม่ ทำการแก้ไขได้อย่างไร ควรมีเครื่องมือหรือเครื่องจักรใดมาเสริม เพื่อให้ได้รูปแบบและคุณภาพตามข้อกำหนด

3) งานที่ต้องทำ หรือแก้ไข ก่อนที่จะดำเนินการ Recycling ได้แก่

- งานซ่อมจุดอ่อนตัว (Soft Spot) บนถนนเดิม
- งานขุดรื้อสิ่งที่เป็นอุปสรรคต่อการทำ Recycling เช่น ขอบบ่อพัก และท่อ ต่าง ๆ
- งานขุดไสในการรื้อผิวถนนเดิม เพื่อปรับระดับตามต้องการ โดยต้องพิจารณาถึงระดับหลังทางหลังการก่อสร้างเสร็จสมบูรณ์
- งานขนย้ายวัสดุใหม่มาลงเสริมบนถนน มีปริมาณมากน้อยเพียงใด ให้คำนึงถึงระดับของหลังทางตามรูปแบบ

4) การจัดรูปขบวนของเครื่องจักร ที่จะดำเนินการ Recycling โดยให้เฝ้าติดตามอย่างใกล้ชิดและบันทึกการทำงานแต่ละขั้นตอนของเครื่องมือเครื่องจักร เช่น การเข้า- ออก การดำเนินการก่อนหลัง จำนวนเที่ยวการเดินเครื่องจักร อัตราการทำงานของเครื่องจักร ฯลฯ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาในการดำเนินการต่อไป

5) การจัดเตรียมวัสดุต่างๆ เช่น ปูนซีเมนต์ น้ำ วัสดุผสมอื่นๆ ให้มีปริมาณพอเพียงสามารถดำเนินการอย่างต่อเนื่อง

6) งานอำนวยการจราจรขณะทำงาน นอกจากมีป้ายจราจร และ สิ่งอำนวยความสะดวกในการจราจรแล้ว ยังมีสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาคือ การวางแผนลำดับก่อนหลัง ของแนวร่องที่จะขุดรื้อและปูกลับพร้อมที่จะบดทับ ว่าควรเริ่มงานในแนวใดของถนน โดยใช้ข้อมูลความกว้างของถนน ความกว้างของเครื่องจักร ระยะเหลื่อมทับของรอยต่อตามยาว และสิ่งที่กำหนดไว้ในรูปแบบและข้อกำหนดและข้อมูลอื่น ๆ ที่มีผลกระทบต่อการจราจรขณะดำเนินการ

7) การตรวจสอบและการประเมิน ภายหลังการทำแปลงทดลอง ควรมีการตรวจสอบความเรียบ ระดับ ความลาดเอียง และความแน่น เป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่ มีสิ่งใดที่ต้องแก้ไข

6.3 การดำเนินงาน

ภายหลังที่ได้ทำแปลงทดลอง และได้ข้อมูลเพื่อการปรับปรุงแก้ไขในการปฏิบัติงานจริงแล้ว การดำเนินการมีขั้นตอนในการควบคุมการก่อสร้างดังนี้

6.3.1 สิ่งที่ต้องพิจารณาก่อนเริ่มงาน

- สภาพอากาศ มีความเหมาะสมต่อการปฏิบัติงาน
- เครื่องมือเครื่องจักร มีความพร้อมที่จะปฏิบัติงานได้ดีเริ่มตั้งแต่ ระบบขุดไส รื้อผสมปูและบดทับ อุปกรณ์วัดความหนา ค่าระดับ และระบบการควบคุมอัตราการป้อนวัสดุต่าง ๆ รวมถึงปริมาณเครื่องจักรที่เพียงพอต่อการดำเนินงาน
- มีการแก้ไข ซ่อมแซม ความเสียหายในผิวทางเดิมที่ได้กำหนดไว้ ให้แล้วเสร็จก่อนดำเนินการ
- มีการเตรียมวัสดุที่จำเป็นต้องใช้ให้มีปริมาณอย่างเพียงพอ ต่อการทำงานในแต่ละวัน
- ตรวจสอบความชื้นของวัสดุชั้นทางเดิม เพื่อปรับปริมาณน้ำที่ใช้ในวัสดุผสม
- ตรวจสอบระดับและความลาดเอียงของผิวทางเดิม เพื่อพิจารณาจัดเสริมวัสดุผสมเพิ่มได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

6.3.2 การควบคุมขณะดำเนินการ มีขั้นตอนที่ต้องควบคุมอย่างใกล้ชิดดังนี้

- การขุดรื้อ(Scarifying / Ripping)หรือการขูดไส (Milling) ต้องควบคุมให้ได้ความลึกของการขุดรื้อหรือการขูดไสตามต้องการ ชนิดวัสดุต้องเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด และต้องไม่มีผลกระทบที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อชั้นทางที่อยู่ใต้ลงไป
- การเคลื่อนย้ายวัสดุ จะต้องมีการเคลื่อนย้ายวัสดุ เพื่อไปปรับปรุงคุณภาพ ขึ้นอยู่กับวิธีการ Recycling จะเป็นแบบในที่หรือแบบโรงงานผสม ซึ่งจะต้องควบคุมให้เป็นไปตามชนิดที่ได้ระบุไว้
- การปรับปรุงชั้นทางที่คงเหลือหลังจากขุดรื้อ ในการขุดรื้อจะกระทบจะกระทบต่อชั้นทางที่อยู่ใต้ลงไปได้ง่าย จึงควรจะมีการบดทับให้เรียบร้อย ได้ระดับก่อนทำงานต่อไป (ขั้นตอนนี้มีเฉพาะการดำเนินการที่ใช้โรงงานผสม) สำหรับ Recycling แบบในที่จะไม่มีขั้นตอนนี้
- การย่อยวัสดุชั้นทางเดิม หากไม่ได้ตามขนาดที่ต้องการ ให้ทำการแก้ไขระบบขุดไสของเครื่องจักร
- การผสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพวัสดุ จะต้องควบคุมให้ได้อัตราส่วน ของการใช้วัสดุต่าง ๆ และให้เป็นไปตามสัดส่วนการผสมที่ออกแบบ ซึ่งนอกจากจะต้องพิจารณาถึง ประสิทธิภาพของเครื่องจักรแล้ว จะรวมถึงความชื้นและช่วงเวลา ที่เหมาะสมด้วย
- การบดทับ การบดทับเป็นขั้นตอนที่ผู้ควบคุมงาน ต้องมีความรู้ความชำนาญทั้งการจัดการ ในการใช้เครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพในช่วงเวลาที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ความแน่นของชั้นวัสดุเป็นไปตามที่กำหนดตลอดความหนาชั้น และสม่ำเสมอ

- การก่อสร้างรอยต่อ ในรอยต่อตามยาว ควรจะจัดแนวรอยต่อไม่ให้อยู่ในแนวล้อรถโดยมีความกว้างของการเหลื่อมทับของแนวขุดตัดตามยาวประมาณ 0.05 – 0.10 เมตร ส่วนในรอยต่อตามขวาง ที่เกิดจากการเริ่มทำงานหรือหยุด ควรหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดขึ้นมาก จึงควรทำการก่อสร้างอย่างต่อเนื่อง ไม่ควรหยุดการก่อสร้างโดยไม่จำเป็น เมื่อเริ่มงานใหม่ ให้ทำการขุดตัดเหลื่อมทับรอยต่อ เข้าไปในชั้นทางที่ได้ปรับปรุงแล้ว ไม่น้อยกว่าความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางของอุปกรณ์ขุดตัด
หรือไม่น้อยกว่า 1.50 เมตร

- การควบคุมให้เป็นไปตามรูปแบบ ทั้งระดับ ความลาดเอียง และความเรียบ โดยเฉพาะตะเข็บรอยต่อตามยาว และคลื่นที่เกิดจากรถบดสั่นสะเทือน ซึ่งอาจจะต้องมีการเกลี่ยแต่งด้วยรถเกรด

- การปิดการจราจรและการบ่ม ให้ดำเนินการตามที่ระบุในข้อกำหนดซึ่งหากไม่ได้ระบุไว้ให้เป็นอย่างอื่น วัสดุผสมโดยทั่วไปที่ใช้ซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพ สามารถเปิดการจราจรได้ทันที แต่การบ่มควรบ่มโดยใช้ น้ำราดสเปรย์ อย่างต่อเนื่อง จากนั้นควรรีบทำการ Prime Coat และชั้นผิวทางโดยเร็ว เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดหลุมบ่อซึ่งยากต่อการแก้ไข

6.3.3 การควบคุมและตรวจสอบภายหลังดำเนินการ ภายหลังการทำงานแล้วเสร็จในแต่ละวัน สิ่งที่ควรตรวจสอบมีดังนี้

- ความกว้าง ความหนา ระดับและความลาดเอียงเป็นไปตามรูปแบบที่กำหนด

- ลักษณะผิวหน้ามีความสม่ำเสมอตลอดทั้งผืน ไม่เกิดการแยกตัวของวัสดุปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจน ไม่เกิดการเสียหาย แตกร้าวหรือหลุดร่อน

- ความเรียบของผิวหน้า ไม่เกิดเป็นคลื่นหรือแนวร่อง เป็นไปตามมาตรฐานและข้อกำหนด

- คุณภาพและความหนาแน่น จะต้องมีการควบคุมคุณภาพ และทดสอบความหนาแน่น ของชั้นวัสดุ Recycling ตามที่ระบุไว้ในมาตรฐานและข้อกำหนด

- ตรวจสอบปริมาณงานที่ทำได้ และปริมาณของวัสดุชนิดต่างๆ ที่ใช้งานไป เพื่อหาสัดส่วนของวัสดุที่ใช้งานจริงเป็นภาพรวม เปรียบเทียบกับอัตราส่วนผสมตามข้อกำหนด

การปู บดอัด และการปรับระดับ งาน Recycling

7 การควบคุมคุณภาพวัสดุ

การควบคุมคุณภาพวัสดุมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

7.1 การเก็บตัวอย่าง ของวัสดุชั้นทางเดิมเพื่อทดสอบคุณภาพและออกแบบส่วนผสม จะต้องดำเนินการตามมาตรฐานวิธีเก็บตัวอย่างที่ระบุไว้ เพื่อให้ได้ตัวอย่างซึ่งเป็นตัวแทนของวัสดุที่นำมาใช้งานจริง

7.2 การออกแบบส่วนผสม ต้องทำการศึกษามาตรฐานและข้อกำหนดให้ชัดเจน โดยพิจารณาถึงคุณสมบัติวัสดุของชั้นทางเดิม มีคุณสมบัติคงที่สม่ำเสมอเพียงใด จะพิจารณาออกแบบส่วนผสม ไว้ทั้งหมดกี่ส่วนผสม ในแต่ละส่วนผสมครอบคลุมช่วง กม.ใดบ้าง

7.3 การทดสอบคุณภาพวัสดุ ต้องมีการตรวจตราและทดสอบคุณภาพวัสดุ ทั้งก่อน หลัง และขณะดำเนินการ โดยการตรวจสอบคุณภาพแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน

7.3.1 การทดสอบคุณภาพวัสดุก่อนการผสม ต้องตรวจดูความแปรเปลี่ยนในวัสดุที่จะนำมาใช้งาน ว่ามีลักษณะเช่นเดียวกับที่นำมาออกแบบส่วนผสมหรือไม่ โดยจะต้องเก็บตัวอย่าง ในชั้นทางเดิมที่จะดำเนินการเพื่อหา ขนาดคละ ความชื้น และชนิดวัสดุ เป็นประจำทุกวัน

7.3.2 การตรวจและควบคุมการผสมวัสดุ เป็นขั้นตอนที่จะต้องควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิด นับตั้งแต่การป้อนวัสดุให้สม่ำเสมอต่อเนื่อง ระยะเวลาผสม การผสมให้เข้ากันได้ดี ไม่เกิดแยกตัว ระยะเวลาขนส่งสม่ำเสมอ ช่วงเวลาการปูและบดทับ จะต้องอยู่ในเกณฑ์ข้อกำหนดของส่วนผสมชนิดนั้นๆ

7.3.3 การทดสอบคุณภาพในส่วนผสม จะต้องทำการเก็บตัวอย่างของส่วนผสมในระหว่างดำเนินการ เพื่อทำการทดสอบหาคุณภาพให้เป็นไปตามข้อกำหนดและมาตรฐาน

7.3.4 การทดสอบความหนาแน่นของชั้นวัสดุ Recycling จะต้องมีการควบคุม และตรวจสอบระดับ ความหนา และความหนาแน่นให้เป็นไปตามข้อกำหนดและรูปแบบ

การควบคุมคุณภาพ

7.4 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

การวัดปริมาณงานให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการก่อสร้างถูกต้องตามแบบและข้อกำหนดเรียบร้อยแล้ว มีหน่วยวัดตามที่กำหนดในแบบและวัดปริมาณตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบที่กำหนด

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายถึง ค่างานที่รวมทั้งค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่นๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

8 การอำนวยการจราจรระหว่างก่อสร้าง

ในระหว่างการก่อสร้าง จะต้องควบคุมการจราจรไม่ให้เกิดความเสียหาย ต่อชั้นทางที่กำลังก่อสร้าง โดยติดตั้งป้ายจราจรและสิ่งอำนวยความปลอดภัยที่จำเป็น พร้อมจัดบุคลากรเพื่ออำนวยการจราจรให้ผ่านพื้นที่ก่อสร้างได้โดยสะดวกและปลอดภัย

4.1 งานลาดแอสฟัลต์

4.1.1 งานลาดแอสฟัลต์ PRIME COAT

หมายถึง การลาดแอสฟัลต์ชนิดเหลว ลงบนพื้นทางที่เตรียมไว้ และได้ตกแต่งปรับปรุงถูกต้องแล้วเพื่อให้แอสฟัลต์ซึมลงไปในช่องว่างของพื้นทางทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ความชื้นผ่าน และเป็นตัวยึดเหนี่ยวให้พื้นทางเชื่อมต่อกับผิวทาง

4.1.1.1 วัสดุ

แอสฟัลต์ที่ใช้ต้องเป็น ประเภท และชนิดอย่างหนึ่งอย่างใด ดังต่อไปนี้ และต้องผ่านการวิเคราะห์คุณภาพให้ใช้ได้แล้ว

คัตแบกแอสฟัลต์ MC – 30 หรือ MC – 70 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คัตแบกแอสฟัลต์ มาตรฐานเลขที่ มอก.865 หรือ

แอสฟัลต์อิมัลชัน CSS – 1 หรือ CSS – 1h ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแคตอิออนนิกแอสฟัลต์อิมัลชันสำหรับถนน มาตรฐานเลขที่ มอก.371

4.1.1.2 วิธีการก่อสร้าง

4.1.1.2.1 การเตรียมการก่อนการลาดแอสฟัลต์ Prime Coat

(1) การตรวจสอบอุปกรณ์และตรวจปรับเครื่องพ่นแอสฟัลต์

ก่อนนำเครื่องพ่นแอสฟัลต์ไปใช้งาน จะต้องตรวจสอบและตรวจปรับอุปกรณ์ต่างๆ ให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ดี เพื่อให้สามารถลาดแอสฟัลต์ได้ปริมาณที่ถูกต้องและสม่ำเสมอทั้งตามแนวขวางและตามยาวถนน โดยเมื่อทดลองตาม ทล. – ท.401 “วิธีการทดลองหาปริมาณแอสฟัลต์ที่ลาดตามขวางถนนจากเครื่อง Distributor” และตาม ทล. – ท.402 “วิธีการทดลองหาปริมาณแอสฟัลต์ที่ลาดตามยาวถนนจากเครื่อง Distributor” แล้ว ปริมาณแอสฟัลต์จะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 17 และ 15 ตามลำดับ

(2) การเตรียมพื้นทาง

- พื้นทาง จะต้องตัดให้ได้ระดับและความลาดตามแบบ วัสดุส่วนที่เหลือจากการตัดจะต้องกำจัดออกจากพื้นทางให้หมด

-ใช้เครื่องกวาดฝุ่น กวาดฝุ่นหรือส่วนละเอียดที่ค้างบนพื้นทางออกจนหมดและให้มีหน้าหินโผล่เป็นพื้นที่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของพื้นที่ที่ดำเนินการ อัตราเร็วการหมุนของเครื่องกวาดฝุ่นและน้ำหนักเครื่องกวาดฝุ่นที่กดลงบนพื้นทาง จะต้องปรับให้ได้พอดีที่จะไม่ทำให้เครื่องกวาดฝุ่น กวาดหินที่จมอยู่ในพื้นทางอยู่แล้วหลุดออกมาหรือกวาดฝุ่นมาตกกองข้างหน้าเครื่องกวาดฝุ่น

กรณีที่ผิวพื้นทางมีฝุ่นหรือวัสดุส่วนละเอียดฉาบหน้าเรียบแน่น หรือมีวัสดุอื่นที่เป็นคราบแข็งติดพื้นทาง ซึ่งหลังจากใช้เครื่องกวาดฝุ่นกวาดแล้วยังมีหน้าหินโผล่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของพื้นที่

ดำเนินการ ให้กำจัดคราบฝุ่นแข็งที่ยังปรากฏอยู่ โดยการใช้เครื่องมือใด ๆ ที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นชอบขูดออก หรือใช้ใบมีดรถเกรดขูดออกให้หมดแล้วแต่ความเหมาะสมแล้วใช้เครื่องกวาดฝุ่นกวาดออกให้หมด หากยังมีหน้าหินโผล่น้อยกว่าที่กำหนดก็ให้ดำเนินการซ้ำจนกว่าจะมีหน้าหินโผล่เป็นพื้นที่ไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ หรืออาจเปิดให้รถยนต์วิ่งต่อไปประมาณ 3 วัน หรือมากกว่า โดยให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน เพื่อให้คราบฝุ่นแข็งหลุดออกไป

-ใช้เครื่องเป่าลม เป่าฝุ่นออกให้หมด

-พรมน้ำบางๆ ที่ผิวพื้นทางพอชื้นๆ ถ้าเปียกมากเกินไปจะต้องทิ้งไว้ให้แห้งหมาด ถ้ามีน้ำขังเป็นแห่ง ๆ ให้กำจัดออกให้หมด

4.1.1.2.2 **การก่อสร้าง**

เมื่อได้เตรียมเครื่องจักร อุปกรณ์ต่างๆ และพื้นที่ที่จะก่อสร้างเรียบร้อยแล้ว ให้ดำเนินการก่อสร้างดังต่อไปนี้

(1) ก่อนเริ่มลาดแอสฟัลต์ ให้จอดเครื่องพ่นแอสฟัลต์ห่างจากจุดเริ่มต้นแปลงที่จะลาดแอสฟัลต์พอประมาณ เพื่อให้เครื่องพ่นแอสฟัลต์ทำความเร็วของการลาดแอสฟัลต์ได้ตามที่กำหนดไว้

(2) ที่จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการลาดแอสฟัลต์แต่ละแปลง ให้ใช้กระดาษหนาหรือวัสดุใด ๆ กว้างอย่างน้อย 500 มิลลิเมตร วางยาวตลอดความกว้างของการลาดแอสฟัลต์เพื่อป้องกันไม่ให้ลาดแอสฟัลต์ซ้ำโดยต้องเริ่มและหยุดลาดแอสฟัลต์บนกระดาษ หรือวัสดุใดๆ เพื่อให้ได้รอยต่อการลาดแอสฟัลต์ที่เรียบร้อย ไม่มีแอสฟัลต์เลอะล้ำเข้าไปในแปลงที่ได้ลาดแอสฟัลต์ไว้แล้ว

(3) ความสูงของท่อพ่นแอสฟัลต์ก่อนและหลังจากการลาดแอสฟัลต์ในแปลงใด ๆ ไม่ควรมีความแตกต่างเกิน 12.5 มิลลิเมตร

(4) การลาดแอสฟัลต์ควรวิ่งสวนทิศทางลมเพื่อให้ควันของแอสฟัลต์ไปทางด้านซ้ายของเครื่องพ่นแอสฟัลต์

(5) ใช้เครื่องพ่นแอสฟัลต์ ลาดแอสฟัลต์ตามอุณหภูมิที่กำหนดไว้

(6) การลาดแอสฟัลต์แต่ละครั้งให้ลาดทับเหลื่อมกันไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตรตลอดความยาวของแปลงที่ได้ลาดแอสฟัลต์ไว้แล้ว

(7) การลาดแอสฟัลต์ไม่ควรลาดจนหมดถัง ควรเหลือแอสฟัลต์ในถังไว้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของความจุของถัง ทั้งนี้เพราะแอสฟัลต์ที่ออกจากเครื่องสูบแอสฟัลต์จะมีปริมาณลดลงทำให้อัตราแอสฟัลต์พ่นออกมาผิดไปจากที่กำหนดไว้ได้

(8) หลังจากลาดแอสฟัลต์แล้วต้องปิดการจราจรอย่างน้อย 24 ชั่วโมง สำหรับสภาวะอากาศที่ดี หรือ 48 ชั่วโมง สำหรับสภาวะที่อากาศที่เลว และหลังจากปิดการจราจรจนครบกำหนดแล้ว ถ้ามีแอสฟัลต์ซึมลงไปในพื้นทางไม่หมดให้ใช้ทรายสาด เพื่อซับแอสฟัลต์และเป็นการป้องกันแอสฟัลต์ติดล้อรถ

ทรายที่ใช้สาดต้องเป็นทรายสะอาด ในกรณีที่ยังไม่ได้ลาดแอสฟัลต์ อีกข้างหนึ่งของถนนให้สาดทรายโดยเว้นห่างจากแนวรอยต่อ 150 มิลลิเมตร ห้ามสาดทรายก่อน 24 ชั่วโมง หลังจากการลาดแอสฟัลต์

(9) หลังจากลาดแอสฟัลต์ Prime Coat แล้ว ให้ทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 48 ชั่วโมงจึงจะทำผิวได้ และต้องทำผิวภายใน 1 เดือน

4.1.1.2.2.1 ข้อควรระวัง

(1) ในการใช้คัตแบกแอสฟัลต์ เนื่องจากคัตแบกแอสฟัลต์นั้นติดไฟได้ง่าย การปฏิบัติงานจะต้องระมัดระวังมิให้เปลวไฟมาถูกได้ ทั้งในขณะต้มหรือขณะลาดคัตแบกแอสฟัลต์

(2) การขนส่งคัตแบกแอสฟัลต์อิมัลชันแบบบรรจุถัง Drum โดยเฉพาะการขนขึ้นและขนลงต้องระมัดระวังไม่ให้ถังบรรจุแอสฟัลต์อิมัลชันถูกกระทบกระเทือนรุนแรง เพราะอาจจะทำให้แอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัวได้

(3) การใช้แอสฟัลต์อิมัลชันแบบบรรจุถัง Drum ก่อนถ่ายแอสฟัลต์อิมัลชันลงในเครื่องพ่นแอสฟัลต์ ควรกลิ้งถังไปมาหรือกวนให้เข้ากันเสียก่อนทั้งนี้เพื่อให้แอสฟัลต์อิมัลชันมีลักษณะเดียวกันทั่วถัง หากใช้ไม่หมดถังควรปิดฝาให้แน่น เพื่อป้องกันน้ำในแอสฟัลต์อิมัลชันระเหยออกไป ทำให้แอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัว และหมดคุณภาพการเป็นแอสฟัลต์อิมัลชันได้

(4) หลังจากลาดแอสฟัลต์ประจำวัน ควรดูดแอสฟัลต์ในเครื่องพ่นแอสฟัลต์ออกให้หมดแล้วล้างเครื่องพ่นแอสฟัลต์โดยเฉพาะที่ท่อพ่นแอสฟัลต์ การล้างควรใช้น้ำมันก๊าดหรือสารทำละลายใด ๆ สูบผ่านท่อต่าง ๆ ของเครื่องพ่นแอสฟัลต์เพื่อส่วนที่ตกค้างอยู่ออกให้หมดทั้งนี้เพื่อป้องกันแอสฟัลต์เกาะติดแน่น ทำให้ไม่สะดวกในการใช้งานต่อไป และช่วยป้องกันไม่ให้ถังบรรจุแอสฟัลต์ในเครื่องพ่นแอสฟัลต์ถูกกรดในแอสฟัลต์อิมัลชันบางชนิดกัดทะลุเสียหายได้

4.1.1.3 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

4.1.1.3.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานลาดแอสฟัลต์ Prime Coat ให้คิดจากพื้นที่ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบปริมาณงานมีหน่วยเป็นตารางเมตร

4.1.1.3.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่นๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

งานลาดแอสฟัลต์ PRIME COAT

4.1.2 งานลาดแอสฟัลต์ TACK COAT

หมายถึง การลาดแอสฟัลต์ชนิดเหลวลงบน ผิวทางเดิม Prime Coat ที่ทิ้งไว้นานจนไม่สามารถเป็นตัวยึดเหนี่ยวกับชั้นผิวทางที่จะก่อสร้างใหม่ หรือลงบนชั้นรองผิวทางที่จะก่อสร้างผิวทางทับลงไป

4.1.2.1 วัสดุ

แอสฟัลต์ที่ใช้ต้องเป็น ประเภทและชนิด อย่างหนึ่งอย่างใด ดังต่อไปนี้ และต้องผ่านการวิเคราะห์คุณภาพให้ใช้ได้แล้ว

คัตแบกแอสฟัลต์ RC – 70 หรือ RC – 250 ตามมาตรฐานลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคัตแบกแอสฟัลต์ มาตรฐานเลขที่ มอก. 865 หรือ

แอสฟัลต์อิมัลชัน CRS – 1 หรือ CRS – 2 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแคตอิออนนิกแอสฟัลต์อิมัลชันสำหรับถนน มาตรฐานเลขที่ มอก. 371

การเลือกชนิดของแอสฟัลต์ให้พิจารณาสภาพของพื้นหรือทางเดิมที่จะทำ Tack Coat อุณหภูมิที่ใช้ลาดแอสฟัลต์ชนิดต่างๆ

4.1.2.2 วิธีการก่อสร้าง

4.1.2.2.1 การเตรียมการก่อน Tack Coat

(1) การตรวจสอบอุปกรณ์และตรวจปรับเครื่องพ่นแอสฟัลต์

ก่อนนำเครื่องพ่นแอสฟัลต์ไปใช้งานจะต้องตรวจสอบและตรวจปรับอุปกรณ์ต่างๆ ให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ดีเพื่อให้สามารถลาดแอสฟัลต์ได้ปริมาณที่ถูกต้องและสม่ำเสมอทั้งตามขวางและตามยาวถนน โดยเมื่อทดลอง ตาม ทล. – ท. 401 “วิธีการทดลองหาปริมาณแอสฟัลต์ที่ลาดตามขวางถนนลากเครื่อง Distributor” และ ทล. – ท. 402 “วิธีการทดลองหาปริมาณแอสฟัลต์ที่ลาดตามยาวถนนจากเครื่อง Distributor” แล้วปริมาณแอสฟัลต์ที่ลาดจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 17 และ 15 ตามลำดับ

(2) การเตรียมผิวทางเดิม Prime Coat ที่ทิ้งไว้นาน หรือชั้นรองผิวทาง

- กรณีที่พื้นผิวเดิมที่จะทำ Tack Coat ไม่สม่ำเสมอ หรือเป็นคลื่นให้ตัดแต่งให้สม่ำเสมอ ถ้ามีหลุมบ่อจะต้องตัดหรือขุดออกแล้วทำการซ่อมแบบ Skin Patch หรือ Deep Patch แล้วแต่กรณี แล้วบดทับให้แน่นเสียก่อน เพื่อให้มีผิวที่เรียบสม่ำเสมอ ก่อนการทำ Tack Coat

- พื้นผิวเดิมที่จะทำ Tack Coat จะต้องสะอาด ปราศจากฝุ่นและวัสดุอื่น ๆ ปะปน ผู้รับจ้างจะต้องกำจัดวัชพืช ฝุ่นสกปรก หรือดินออกจากขอบพื้นผิวเดิมเสียก่อน

- กรณีที่พื้นทางเดิมได้ทำ Prime Coat ทิ้งไว้นานจนกระทั่งไม่สามารถยึดเหนี่ยว (Bonding) กับผิวทางที่จะก่อสร้างภายหลัง หรือสกปรกจนไม่สามารถทำให้สะอาดได้โดยการขูด การล้าง และวิธีการทำความสะอาดที่ได้กำหนดไว้ ก็ให้ทำTack Coat โดยให้อยู่ในดุลพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

- การทำความสะอาดพื้นทางเดิมที่ได้ทำ Prime Coat ทิ้งไว้นาน หรือผิวทางเดิมที่จะทำ Tack Coat โดยการกวาดฝุ่นหรือวัสดุที่หลุดหลวมด้วยเครื่องกวาดฝุ่น อัตราเร็วการหมุนและน้ำหนักกดที่กดลงบนพื้นทางหรือผิวทางเดิม จะต้องปรับให้พอดีที่จะไม่ทำให้ Prime Coat หรือผิวทางเดิมเสียหาย แล้วใช้เครื่องเป่าลมเป่าฝุ่นหรือวัสดุที่หลุดหลวมออกจนหมด

- กรณีที่มีคราบฝุ่นหรือวัสดุแข็งอยู่ที่พื้นทางหรือผิวทางหรือผิวทางที่จะทำ Tack Coat ให้กำจัดคราบแข็งดังกล่าว โดยการใช้เครื่องมือใด ๆ ที่เหมาะสม ตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นชอบทำการขูดออกและล้างให้สะอาด ทิ้งไว้ให้แห้ง ใช้เครื่องกวาดฝุ่นกวาด แล้วใช้เครื่องเป่าลมเป่าฝุ่นหรือวัสดุที่หลุดหลวมออกให้หมด

4.1.2.2.2 การก่อสร้าง

(1) ใช้เครื่องพ่นแอสฟัลต์ลาดแอสฟัลต์ตามอุณหภูมิที่กำหนดไว้ ในอัตราการลาดที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิด และสภาพของพื้นทางหรือผิวทางที่จะทำ Tack Coat โดยนายช่างผู้ควบคุมงานกำหนดให้

(2) กรณีที่พื้นที่ที่จะทำ Tack Coat เป็นพื้นที่ที่รถพ่นแอสฟัลต์เข้าไปไม่ได้ ให้ใช้ท่อพ่นแอสฟัลต์แบบมือถือได้

(3) การทำ Tack Coat บริเวณที่จะปะซ่อม หรือพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมที่จะใช้เครื่องพ่นแอสฟัลต์หรือท่อพ่นแอสฟัลต์แบบมือถือได้ เช่น พื้นที่ที่จะซ่อมที่ไม่ต่อเนื่อง ให้ใช้แปรงทาแอสฟัลต์ได้โดยความเห็นชอบของนายช่างผู้ควบคุมงาน โดยอัตราแอสฟัลต์ที่ใช้จะต้องเหมาะสมกับสภาพพื้นทางหรือผิวทางเดิม และตามอัตราที่กำหนดไว้

(4) การทำ Tack Coat ให้ดำเนินการล่วงหน้าก่อนการสร้างชั้นผิวทางใดๆ ภายในระยะเวลาที่เหมาะสมโดยกำหนดพื้นที่ที่จะทำ Tack Coat ให้พอดีที่จะก่อสร้างชั้นผิวทางเสร็จภายในวันเดียวกัน ไม่อนุญาตให้ทิ้งไว้ข้ามคืนเพราะอาจจะทำให้พื้นทางหรือผิวทางเดิมสกปรกได้

(5) ภายหลังจากการลาดแอสฟัลต์ Tack Coat แล้วให้ปิดการจราจรไว้ เพื่อให้น้ำมันในคัตแบกแอสฟัลต์ระเหยออกไป หรือแอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัวและน้ำระเหยออกไป แล้วจึงก่อสร้างชั้นผิวทาง

(6) กรณีที่มีพื้นที่ที่ได้ Tack Coat ไว้แล้วเหลืออยู่ เนื่องจากมีอุปสรรคอันเป็นเหตุให้ไม่สามารถก่อสร้างชั้นผิวทางจนหมดพื้นที่ Tack Coat ได้ ให้ปิดการจราจรในช่วง Tack Coat ที่ยังเหลืออยู่ และให้ดำเนินการก่อสร้างชั้นผิวทางโดยเร็วที่สุดในทันทีที่สามารถดำเนินการต่อได้

4.1.2.2.2.1 **ข้อควรระวัง**

(1) การเก็บและการใช้แอสฟัลต์อิมัลชันแบบบรรจุถัง Bulk

- ถังเก็บแอสฟัลต์อิมัลชันแบบบรรจุถัง Bulk ควรเป็นถังที่บุด้วยวัสดุกันความร้อน และเป็นแบบที่มีระบบหมุนเวียนแอสฟัลต์อิมัลชันในถัง ระบบหมุนเวียนอาจเป็นแบบใช้ปั๊มแอสฟัลต์โดยการหมุนเวียนแอสฟัลต์อิมัลชันจากด้านบนไปสู่ด้านล่างของถังเก็บ หรือเป็นแบบใช้ใบพัดกวนที่มีรอบการหมุนช้า ๆ ถ้าถังเก็บแอสฟัลต์อิมัลชันเป็นแบบไม่มีระบบหมุนเวียนหรือไม่มีใบพัดกวน การเก็บควรเติมน้ำมันก๊าดลงในถังปริมาณเล็กน้อย พอที่น้ำมันก๊าดจะลอยปิดผิวหน้าแอสฟัลต์อิมัลชันในถังเพียงบาง ๆ เพื่อลดการเกิดแอสฟัลต์ลอยเป็นฝ้าที่ผิวหน้าของแอสฟัลต์อิมัลชันในถัง

- ควรบรรจุแอสฟัลต์อิมัลชันให้เต็มถัง เพื่อให้ผิวหน้าของแอสฟัลต์อิมัลชันที่สัมผัสกับอากาศเป็นพื้นที่ที่น้อยที่สุด เพื่อลดการรวมตัวของแอสฟัลต์เป็นแผ่นฝ้าที่ผิวหน้า

- ควรเก็บแอสฟัลต์อิมัลชันที่ช่วงอุณหภูมิ 10 – 85 องศาเซลเซียส (50 – 185 องศาฟาเรนไฮต์)

- อย่าให้ความร้อนแอสฟัลต์อิมัลชันจนกระทั่งอุณหภูมิที่พื้นผิวสัมผัสกับพื้นผิวที่ความร้อนจากอุปกรณ์ให้ความร้อน มีอุณหภูมิสูงถึง 96 องศาเซลเซียส (205 องศาฟาเรนไฮต์) มิฉะนั้นแอสฟัลต์อิมัลชันบริเวณที่สัมผัสกับพื้นผิวที่ความร้อนผ่านจากอุปกรณ์ให้ความร้อนจะแตกตัวได้

- ขณะให้ความร้อนแอสฟัลต์อิมัลชันในถังเก็บ ให้กวนแอสฟัลต์อิมัลชันไปด้วยเพื่อลดการรวมตัวของแอสฟัลต์เป็นแผ่นฝ้าที่ผิวหน้า

- การกวนแอสฟัลต์อิมัลชัน ห้ามใช้วิธีการอัดอากาศเข้าไปในถังเก็บ

- การหมุนเวียนแอสฟัลต์อิมัลชันในถัง ไม่ควรทำให้แอสฟัลต์อิมัลชันไหลเวียนเร็วและรุนแรงเกินไป เพราะจะทำให้อากาศเข้าไปแทรกในแอสฟัลต์อิมัลชัน อันเป็นเหตุให้แอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัวได้ง่าย

- การผสมน้ำกับแอสฟัลต์อิมัลชัน CRS – 1 หรือ CRS – 2 ห้ามเติมแอสฟัลต์อิมัลชันลงในน้ำ แต่ให้เติมน้ำสะอาดอย่างช้า ๆ ลงในแอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัว

(2) การใช้แอสฟัลต์อิมัลชันแบบบรรจุถัง Drum

- การขนส่งแอสฟัลต์อิมัลชัน โดยเฉพาะการขนขึ้นและขนลง ต้องระมัดระวังไม่ให้ถังบรรจุแอสฟัลต์อิมัลชัน ถูกกระทบกระเทือนรุนแรง เพราะอาจทำให้แอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัวได้

- ก่อนใช้แอสฟัลต์อิมัลชันที่เก็บตั้งรอไว้นาน ๆ ควรกลิ้งถังไปมาอย่างน้อยด้านละ 5 ครั้ง เป็นประจำ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยเฉพาะเมื่อก่อนบรรจุลงเครื่องพ่นแอสฟัลต์ ทั้งนี้เพื่อให้แอสฟัลต์อิมัลชันผสมเป็นเนื้อเดียวกันทั่วถัง ถ้าเปิดถังบรรจุแอสฟัลต์อิมัลชันออกใช้แล้วควรใช้ให้หมดถัง หรือถ้าใช้ไม่หมดต้องปิดไว้ให้แน่นเพื่อป้องกันน้ำในถังระเหยออกไป ทำให้แอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัว และหมดคุณภาพการเป็นแอสฟัลต์อิมัลชันได้

- ทุกครั้งที่บรรจุแอสฟัลต์อิมัลชันลงในเครื่องพ่นแอสฟัลต์ ควรใช้ให้หมดแล้วล้างเครื่องพ่นแอสฟัลต์ด้วย โดยเฉพาะที่ท่อพ่นแอสฟัลต์ เพราะมิฉะนั้นแอสฟัลต์อิมัลชันจะแตกตัวและติดแน่น ทำให้ไม่สะดวกในการทำงานวันต่อวัน และเป็นการป้องกันไม่ให้ถังบรรจุแอสฟัลต์ในเครื่องพ่นแอสฟัลต์ถูกกรดในแอสฟัลต์อิมัลชันบางชนิด กัดทะลุเสียหายได้

4.1.2.3 **การวัดปริมาณและการจ่ายค่างาน**

4.1.2.3.1 **วิธีการวัดปริมาณงาน**

การวัดปริมาณงานลาดแอสฟัลต์ Tack Coat ให้คิดจากพื้นที่ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นตารางเมตร

4.1.2.3.2 **วิธีการจ่ายค่างาน**

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่นๆ ที่จำเป็น เพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อตกลง โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

งานลาดแอสฟัลต์ TACK COAT

4.2 งานผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์
(SURFACE TREATMENT)

หมายถึง การก่อสร้าง ผิวทาง หรือผิวไหล่ทาง ด้วยการลาดแอสฟัลต์และเกลี่ยวัสดุหินย่อย หรือกรวดย่อยปิดทับ โดยจะก่อสร้างเป็นชั้นเดียวหรือหลายชั้นบนชั้นพื้นทางที่ได้ลาดแอสฟัลต์ Prime Coat แล้ว หรือบนพื้นที่อื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้ว

4.2.1 วัสดุ

4.2.1.1 แอสฟัลต์

แอสฟัลต์ที่ใช้ต้องเป็น ประเภท และชนิด อย่างหนึ่งอย่างใดดังต่อไปนี้และต้องผ่านการวิเคราะห์คุณภาพให้ใช้ได้แล้ว

แอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60-70 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แอสฟัลต์ซีเมนต์สำหรับงานทาง มาตรฐานเลขที่ มอก.851หรือ

คัตแบกแอสฟัลต์ RC -800 RC-3000 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคัตแบกแอสฟัลต์ มาตรฐานเลขที่ มอก. 865 หรือ

แอสฟัลต์อิมัลชัน CRS -2 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แคตอิออนนิกแอสฟัลต์อิมัลชันสำหรับถนน มาตรฐานเลขที่ มอก. 371

4.2.1.1.1 การใช้แอสฟัลต์อื่น ๆ หรือแอสฟัลต์ที่ปรับปรุงคุณสมบัติด้วยสารใดๆ นอกเหนือจากนี้ต้องมีคุณภาพเทียบเท่าหรือดีกว่า ทั้งนี้ต้องผ่านการทดสอบคุณภาพและพิจารณาความเหมาะสม รวมทั้งจะต้องได้รับอนุญาตให้ใช้ได้จากกรมทางหลวงเป็นกรณีไป

4.2.1.1.2 กรณีที่มีความลาดชันมาก หรือมีปัญหาแอสฟัลต์ไหลก่อนลงหินย่อย หรือกรวดย่อย นายช่างผู้ควบคุมงานอาจห้ามใช้แอสฟัลต์อิมัลชัน หรือคัตแบกแอสฟัลต์ชนิดนั้นๆ

4.2.1.1.3 กรณีที่มีปริมาณการจราจรมากหรือไม่สามารถปิดการจราจรได้นาน นายช่างผู้ควบคุมงานหรือเจ้าของงานอาจกำหนดให้ใช้เฉพาะแอสฟัลต์ซีเมนต์เท่านั้น

4.2.1.1.4 กรณีที่อุณหภูมิของผิวทางต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส ห้ามใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์ หากมีความจำเป็นต้องใช้ จะต้องใช้น้ำมัน (Cutter) ผสม และได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน ปริมาณของน้ำมันที่ใช้ให้เป็นไปตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานกำหนดแต่ไม่มากกว่าค่าที่แสดงไว้

การผสมน้ำมันลงในแอสฟัลต์ซีเมนต์นั้น ในการปฏิบัติการในสนาม ต้องให้ความร้อนแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่อุณหภูมิระหว่าง 160 - 185 องศาเซลเซียส จากนั้นใช้เครื่องสูบ (Pump) สูบน้ำมันจากถังเก็บน้ำมันไปใส่ในถังบรรจุแอสฟัลต์ของเครื่องพ่นแอสฟัลต์ ตามปริมาณที่ได้คำนวณไว้ เสร็จแล้วให้เวียนส่วนผสมแอสฟัลต์ซีเมนต์กับน้ำมันในถังบรรจุแอสฟัลต์ประมาณ 20 นาที จึงนำไปลาดได้

ในระหว่างที่สูบน้ำมันเติมในถังบรรจุแอสฟัลต์ของเครื่องพ่นแอสฟัลต์ เพื่อผสมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์นั้น ต้องระมัดระวังไม่ให้มีประกายไฟเกิดขึ้น เช่น การจุดไฟ การสูบบุหรี่ หรือการใช้เตาฟู่ ภายในรัศมี 15 เมตร จากเครื่องพ่นแอสฟัลต์ เพราะระหว่างการผสมนี้ จะมีไอระเหยของน้ำมันและแอสฟัลต์ซีเมนต์ซึ่งติดไฟได้ง่ายเกิดขึ้น นอกจากนั้นจะต้องระมัดระวังไม่ให้มีการติดเครื่องยนต์ที่มีการสันดาปภายในบริเวณดังกล่าว ซึ่งจะทำให้เกิดประกายไฟที่สามารถจุดไอระเหยน้ำมันให้ลุกเป็นไฟได้

4.2.1.2 หินย่อยหรือกรวดย่อย

หินย่อยหรือกรวดย่อยต้องสะอาด แข็ง คงทน ไม่มีขนาดยาวหรือแบนมากเกินไปปราศจากฝุ่น ดิน หรือวัสดุไม่พึงประสงค์ใดๆ และมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

(1) มีค่าความสึกหรอ เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 202 “วิธีการทดลองความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion “ ไม่เกินร้อยละ 35

(2) มีค่าของการหลุดออก เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 605 “วิธการทดลองหลุดออก (Stripping) โดยวิธี Plate Test” ไม่เกินร้อยละ 20

(3) มีค่าดรรชนีความแบน เมื่อทดลองตาม ทล.- ท.201 “วิธการทดลองหาค่าดรรชนีความแบน (Flakiness Index)” ไม่เกินร้อยละ 35

(4) ในกรณีที่ใช้กรวดย่อย ส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร ของกรวดย่อยแต่ละขนาดเมื่อทดลองตาม ทล. – ท. 212 “วิธีหาปริมาณร้อยละที่แตกของกรวดโม่” ต้องมีหน้าแตกเพราะการย่อยเป็นจำนวนไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 โดยมวล

(5) มีค่าของส่วนที่ไม่คงทน (Loss) เมื่อทดลองตาม ทล. – ท. 213 “วิธีการทดลองหาค่าความคงทน (Soundness) ของมวลรวม” โดยใช้โซเดียมซัลเฟต จำนวน 5 รอบ แล้วไม่เกินร้อยละ 5

หินย่อยหรือกรวดย่อยจากแหล่งเดิม ที่มีหลักฐานแสดงผลทดลองหาความคงทนว่าใช้ได้ อาจจะยกเว้นไม่ต้องทดลองอีกก็ได้ ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของกรมทางหลวง ที่จะใช้ผลการทดลองที่มีอยู่

(6) มีขนาดแต่ละขนาด เมื่อทดลองตาม ทล. – ท. 204 “วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง”

4.2.1.3 สารเคลือบผิวหินย่อยหรือกรวดย่อย (Pre-Coating Material)

สารที่ใช้เคลือบผิวหินย่อยหรือกรวดย่อย อาจเป็นน้ำมันก๊าดหรือน้ำมันดีเซล ซึ่งเป็นเกรดที่ใช้กันทั่วไป หรือสารอื่นใดที่ได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวงให้ใช้ได้

4.2.1.4 **สารผสมแอสฟัลต์** (Additive)

สารผสมแอสฟัลต์ที่นำมาใช้ต้องเป็นชนิดที่กรมทางหลวงตรวจสอบแล้วและอนุญาตให้ใช้ได้

4.2.2 การเลือกใช้ขนาดของหินย่อยหรือกรวดย่อย

4.2.2.1 **ผิวทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ชั้นเดียว** (Single Surface Treatment)

- ให้ใช้ขนาด 12.5 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว)

4.2.2.2 **ผิวทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์สองชั้น** (Double Surface Treatment)

- ชั้นที่หนึ่ง ให้ใช้ขนาด 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว)
- ชั้นที่สอง ให้ใช้ขนาด 9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว)

4.2.2.3 **ผิวไหล่ทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ชั้นเดียว**

- ให้ใช้ขนาด 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) หรือ 12.5 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว)

4.2.2.4 **ผิวไหล่ทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์สองชั้น**

- ชั้นที่หนึ่ง ให้ใช้ขนาด 19.00 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว)
- ชั้นที่สอง ให้ใช้ขนาด 9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว)

4.2.3 วิธีก่อสร้าง

4.2.3.1 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

4.2.3.1.1 การเตรียมวัสดุ

ให้แยกกองหินย่อยหรือกรวดย่อยแต่ละขนาดไว้โดยไม่ปะปนกัน และห้ามไม่ให้มีวัสดุไม่พึงประสงค์อื่นใดมาปะปน

บริเวณที่เตรียมไว้กองวัสดุจะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานโดยปราศจากสิ่งไม่พึงประสงค์ต่างๆ

4.2.3.1.2 การตรวจสอบ ตรวจปรับเครื่องจักร เครื่องมือและอุปกรณ์

(1) เครื่องพ่นแอสฟัลต์ ก่อนนำเครื่องพ่นแอสฟัลต์ไปใช้งานจะต้องตรวจสอบ และตรวจปรับอุปกรณ์ต่างๆ ให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ดี เพื่อให้สามารถลาดแอสฟัลต์ได้ปริมาณที่ถูกต้องปรับอุปกรณ์ต่างๆ ให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ดี เพื่อให้สามารถลาดแอสฟัลต์ได้ปริมาณที่ถูกต้องและสม่ำเสมอ ทั้งตามขวางและตามยาวถนน โดยเมื่อทดลองตาม ทล. – ท. 401 “วิธีการทดลองหาปริมาณแอสฟัลต์ที่ลาดตามขวางถนนจากเครื่อง Distributor” และ ทล. – ท. 402 “วิธีการทดลองหาปริมาณแอสฟัลต์ที่ลาดตามยาวถนนจากเครื่อง Distributor” แล้วปริมาณแอสฟัลต์ที่ลาดจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 17 และ 15 ตามลำดับ

(2) เครื่องโรยหิน ก่อนจะนำไปใช้งานต้องตรวจสอบให้ถูกต้อง และตรวจปรับให้สามารถโรยหินย่อยหรือกรวดย่อยได้ตามปริมาณที่กำหนดและสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ที่โรย

(3) รถบดล้อยาง ก่อนจะนำไปใช้งานต้องตรวจสอบให้ถูกต้อง น้ำหนักรถและความดันลมยางให้นายช่างผู้ควบคุมงานกำหนดให้เหมาะสมกับการก่อสร้าง

(4) รถกระบะเทท้าย ก่อนจะนำไปใช้งานต้องตรวจสอบให้ถูกต้องและจะต้องมีจำนวนพอเพียงที่จะขนส่งหินย่อยหรือกรวดย่อยไปใช้ในการก่อสร้างได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่ทำให้การโรยหินย่อยหรือกรวดย่อยหยุดชะงักเมื่อได้ลาดแอสฟัลต์ไปแล้ว

(5) เครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์อื่นๆ นอกเหนือจากที่ได้กำหนดไว้แล้วหากจำเป็นต้องนำมาใช้งานให้อยู่ในดุลพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน โดยจะต้องตรวจสอบและตรวจปรับให้ถูกต้องก่อนนำไปใช้งาน

4.2.3.1.3 การเตรียมพื้นทางหรือผิวทางเดิม

(1) กรณีพื้นทาง หรือผิวทางเดิม ที่จะทำผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ ไม่สม่ำเสมอหรือเป็นคลื่นให้ปรับแต่งให้สม่ำเสมอ ถ้ามีหลุมบ่อจะต้องตัด หรือขุดออก แล้วซ่อมแบบ Skin Patch หรือ Deep Patch แล้วแต่กรณี แล้วบดทับให้แน่น และมีผิวที่เรียบสม่ำเสมอ วัสดุที่นำมาใช้จะต้องมีคุณภาพดี ขนาดและปริมาณวัสดุที่ใช้ต้องเหมาะสมกับลักษณะความเสียหายและพื้นที่ที่จะซ่อม

(2) กรณีพื้นทางที่มี Prime Coat หลุดหรือเสียหายต้องซ่อมแซมใหม่ให้เรียบร้อยตามวิธีการที่นายช่างผู้ควบคุมงานกำหนด แล้วทิ้งไว้จนครบกำหนดที่ต้องการบ่มตัวของแอสฟัลต์ที่ใช้ซ่อมเสียก่อน จึงทำผิวทางได้

(3) กรณีพื้นทางที่ทำ Prime Coat ทิ้งไว้นานมีผิวหลุดเสียหาย เป็นพื้นที่ต่อเนื่องหรือมากเกินกว่าที่ซ่อม ให้ได้ผลดี ให้พิจารณาคราด (Scarify) พื้นทางออกแล้วบดทับใหม่ให้แน่นตามที่กำหนดทำ Prime Coat ใหม่ ทิ้งไว้จนครบกำหนดที่ต้องการบ่มตัวของแอสฟัลต์ที่ใช้ทำ Prime Coat เสียก่อน จึงทำผิวทางได้

(4) กรณีผิวทางเดิมมีแอสฟัลต์เยิ้ม ก่อนทำผิวทางจะต้องแก้ไขให้เรียบร้อยเสียก่อนโดยการปาดออก หรือโดยวิธีการอื่นใดที่เหมาะสมที่นายช่างผู้ควบคุมงานกำหนด หรือเห็นชอบ

(5) ขอบพื้นทาง พื้นทาง หรือผิวทางเดิม ต้องสะอาด ปราศจากฝุ่น และวัสดุสกปรกอื่นๆ ปะปน

(6) การทำความสะอาดพื้นทาง หรือผิวทางเดิม โดยการกวาดฝุ่น วัสดุหลุดหลวม ทรายที่สาดทับ Prime Coat ให้ออกจนหมด ด้วยเครื่องกวาดฝุ่นต้องปรับอัตราเร็วการหมุนและน้ำหนักกดที่กดลงบนพื้นทางหรือผิวทางเดิมให้พอดีโดยไม่ทำให้พื้นทางหรือผิวทางเดิมเสียหาย เสร็จแล้วให้ใช้เครื่องเป่าลมเป่าฝุ่น หรือวัสดุที่หลุดหลวมออกจนหมด

(7) กรณีที่มีคราบฝุ่น หรือวัสดุจับตัวแข็งที่พื้นทาง หรือผิวทางเดิม ให้กำจัดคราบแข็งดังกล่าวออกเสียก่อน โดยการใช้เครื่องมือใดๆ ที่เหมาะสมตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานกำหนดหรือเห็นชอบขูดออก

ล้างให้สะอาด ทิ้งไว้ให้แห้ง ใช้เครื่องกวาดฝุ่นกวาด แล้วใช้เครื่องเป่าลมเป่าฝุ่นหรือวัสดุที่หลุดหลวมออกให้หมด

4.2.3.1.4 การเคลือบผิวหรือการล้างหินย่อยหรือกรวดย่อย

(1) ในกรณีที่ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์หรือคัตแบกแอสฟัลต์ การเคลือบผิวหินย่อยหรือกรวดย่อย ให้ปฏิบัติดังนี้

(1.1) หินย่อยหรือกรวดย่อยต้องไม่มีความชื้นมากเกินไป จนทำให้เคลือบผิวได้ไม่ทั่วถึง ถ้าหินมีความชื้นมากเกินไป นายช่างผู้ควบคุมงานอาจใช้ผสมสารผสมแอสฟัลต์ ซึ่งกรมทางหลวงได้ตรวจสอบและอนุญาตแล้วลงในสารเคลือบผิวหินย่อยหรือกรวดย่อย ด้วยปริมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยปริมาตรของสารเคลือบที่ใช้ จนทำให้เคลือบผิวได้ทั่วถึง

(1.2) การเคลือบผิว ให้ทำการเคลือบผิวหินหินย่อยหรือกรวดย่อย โดยใช้เครื่องเคลือบผิวหินย่อยหรือกรวดย่อย และใช้สารเคลือบผิวหินย่อยหรือกรวดย่อย ปริมาณ 4 – 10 ลิตรต่อลูกบาศก์เมตร ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับชนิดและการดูดซึมของวัสดุหินย่อยหรือกรวดย่อยและชนิดของสารที่ใช้เคลือบผิว

(1.3) เครื่องเคลือบผิวหินย่อยหรือกรวดย่อยจะร่อนคัดขนาดของหินย่อยหรือกรวดย่อยแยกเอาฝุ่นและขนาดที่ไม่ต้องการออกแล้วนำส่วนที่เหลือมาเคลือบผิวให้ทั่วถึง ด้วยการใช้หัวฉีดพ่นสารเคลือบผิวลงบนหินย่อยหรือกรวดย่อย การเคลือบผิวต้องเคลือบบางๆ ไม่ให้มีสารเคลือบผิวเยิ้ม

(1.4) เมื่อเคลือบผิวหินย่อยหรือกรวดย่อยเสร็จแล้ว ควรนำไปใช้งานทันที หากเก็บไว้นานจนสารเคลือบผิวแห้งต้องเคลือบผิวใหม่ ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

(2) ในกรณีที่ใช้แอสฟัลต์อิมัลชัน ไม่ต้องเคลือบผิว แต่ต้องล้างหินย่อยหรือกรวดย่อยให้สะอาดโดยใช้เครื่องล้างหินย่อยหรือกรวดย่อย แล้วให้รีบนำไปใช้โดยเร็ว หากปล่อยทิ้งไว้จนแห้งหรือสกปรก ต้องล้างใหม่

4.2.3.1.5 การใช้สารผสมแอสฟัลต์

สารผสมแอสฟัลต์ อาจใช้ผสมกับสารเคลือบผิวหินย่อยหรือกรวดย่อย หรือผสมกับแอสฟัลต์โดยตรงก็ได้ แล้วแต่ชนิดและความเหมาะสม โดยให้เป็นไปตามคำแนะนำของผู้ผลิต

ถ้าผสมสารผสมแอสฟัลต์ลงในแอสฟัลต์โดยตรง ควรผสมก่อนใช้งานเล็กน้อย แล้วทำให้แอสฟัลต์ในถังบรรจุแอสฟัลต์ประจำรถพ่นแอสฟัลต์ไหลเวียนผสมเข้ากันดีโดยใช้เวลาประมาณ 20 นาที แล้วจึงนำไปใช้งานทันที ห้ามต้มแอสฟัลต์ที่ผสมสารผสมแอสฟัลต์แล้วที่ช่วงอุณหภูมิสำหรับพ่นแอสฟัลต์ทิ้งไว้นาน เพราะสารผสมแอสฟัลต์อาจเสื่อมคุณภาพได้ภายในไม่กี่ชั่วโมงเท่านั้น

หากจำเป็นที่จะต้องนำแอสฟัลต์ที่ผสมสารผสมแอสฟัลต์และต้มที่อุณหภูมิที่ใช้ลาดทิ้งไว้เกินกว่า 3 ชั่วโมงมาใช้ใหม่ ต้องดำเนินการตามข้อแนะนำของผู้ผลิตสารผสมแอสฟัลต์โดยความเห็นชอบของนายช่างผู้ควบคุมงาน

4.2.3.2 การก่อสร้าง

4.2.3.2.1 การก่อสร้างผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ชั้นเดียว (Single Surface Treatment)

คือการลาดแอสฟัลต์ 1 ครั้ง และโรยหินย่อยหรือกรวดย่อยทับหน้า 1 ครั้ง แล้วบดทับให้แน่น โดยดำเนินการดังต่อไปนี้

(1) ใช้เครื่องพ่นแอสฟัลต์ลาดแอสฟัลต์ตามอุณหภูมิที่กำหนดไว้

(2) เมื่อลาดแอสฟัลต์แล้ว ให้โรยหินย่อยหรือกรวดย่อยปิดทับแอสฟัลต์ทันที ตามปริมาณที่กำหนด ถ้าในพื้นที่บางส่วนไม่มีหินย่อยหรือกรวดย่อยปิดทับหน้าหรือหินย่อยหรือกรวดย่อยไม่เรียงก้อนสม่ำเสมอ ให้ใช้คนตักสาดหรือเกลี่ยช่วยทันที จนหินย่อยหรือกรวดย่อยเรียงก้อนติดกันแน่นสม่ำเสมอ

(3) ในกรณีที่ลาดแอสฟัลต์แต่ละครั้ง ในการลาดแอสฟัลต์ครั้งแรก การโรยหินย่อยหรือกรวดย่อย ให้โรยเว้นไว้ 100 หรือ 150 มิลลิเมตร เข้ามาจากขอบด้านในของแอสฟัลต์ที่ลาดเพื่อให้แอสฟัลต์จากการลาดแอสฟัลต์ครั้งต่อไปเข้ามาซ้อนทับบนพื้นที่ที่เว้นไว้นี้ ทั้งนี้เพื่อจะได้ปริมาณแอสฟัลต์ที่ถูกต้องและสม่ำเสมอทั่วพื้นที่

ในกรณีที่ใช้หัวฉีดชนิดพิเศษที่ริมท่อพ่นแอสฟัลต์ด้านนอกสุด ซึ่งหัวฉีดพิเศษชนิดนี้จะทำให้มีปริมาณแอสฟัลต์ที่พ่นออกมาสม่ำเสมอเท่ากับปริมาณแอสฟัลต์ด้านในแล้ว ก็ให้โรยหินย่อย หรือกรวดย่อยเต็มความกว้างของพื้นที่ที่ลาดแอสฟัลต์ได้ แต่ทั้งนี้หัวฉีดชนิดพิเศษที่นำมาใช้จะต้องผ่านการตรวจสอบความสม่ำเสมอของการลาดแอสฟัลต์ตามขวาง ตาม ทล. – ท. 401 “วิธีการทดลองหาปริมาณแอสฟัลต์ที่ลาดตามขวางถนนจากเครื่อง Distributor” และได้รับอนุญาตจากนายช่างผู้ควบคุมงานให้ใช้ได้เสียก่อน

(4) ขณะที่กำลังโรยหินย่อยหรือกรวดย่อยปิดทับแอสฟัลต์ ให้ใช้รถบดล้อยางบดทับตามให้เต็มผิวหน้าทันที ประมาณ 2 – 3 เที่ยว

(5) รถบดล้อยางที่ใช้ต้องมีจำนวนอย่างน้อย 2 คัน และหากในเวลา 1 ชั่วโมงทำผิวทางได้เกิน 500 เมตร สำหรับ 1 ช่องจราจรแล้ว จะต้องเพิ่มรถบดล้อยางอีกไม่น้อยกว่า 1 คัน จำนวนรถบดล้อยางที่เพิ่มให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

(6) หลังจากที่รถบดล้อยางบดทับเต็มหน้าผิวทางประมาณ 2–3 เที่ยวแล้วให้ใช้เครื่องเกลี่ยหิน เกลี่ยหินย่อยหรือกรวดย่อยที่เหลือค้างซ้อนกันอยู่ให้กระจายลงบนส่วนที่ขาดจนหินย่อยหรือกรวดย่อยปิดทับผิวหน้าแอสฟัลต์สม่ำเสมอ และต้องไม่ให้มีหินย่อยหรือกรวดย่อยที่ติดแอสฟัลต์อยู่แล้วหลุดออกการเกลี่ยนี้ให้เกลี่ยเต็มหน้าประมาณ 2 เที่ยว

(7) ให้ใช้รถบดล้อยางบดทับต่อไปอีกจนกระทั่งหินย่อยหรือกรวดย่อยฝังตัวลงไปในเนื้อแอสฟัลต์เป็นอย่างดี มีลักษณะผิวที่สม่ำเสมอ และแอสฟัลต์ที่ใช้นั้นแข็งตัวหรือแตกตัวเรียบร้อยแล้ว

(8) ในบางกรณีที่จำเป็นอาจใช้รถบดล้อเหล็ก 2 ล้อ ชนิดขับเคลื่อนได้ด้วยตัวเองขนาด 4-6 ตัน บดทับเป็นครั้งสุดท้ายได้ โดยบดทับให้เต็มหน้าไม่เกิน 2 เที่ยว และต้องไม่ทำให้หินย่อย หรือกรวดย่อยแตก ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

(9) ให้ปิดการจราจรไว้ให้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้ หากสามารถเบี่ยงการจราจรไม่ให้ผ่านพื้นที่ที่ก่อสร้างผิวทางได้ แต่ถ้าไม่สามารถปิดการจราจรได้ก็ให้ควบคุมความเร็วของการจราจรที่ผ่านไม่ให้เกิน 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

(10) หลังจากแอสฟัลต์ยึดหินย่อยหรือกรวดย่อยแน่นและแห้งดีแล้วให้ใช้เครื่องกวาดฝุ่นหรือเครื่องมืออื่นใดที่เหมาะสม กำจัดหินย่อยหรือกรวดย่อยที่อาจหลงเหลืออยู่บนผิวทางออกให้หมด โดยไม่ทำให้หินย่อยหรือกรวดย่อยที่ติดแน่นแล้วหลุดออก

4.2.3.2.2 **การก่อสร้างผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์สองชั้น** (Double Surface Treatment)

คือ การลาดแอสฟัลต์แล้วโรยหินย่อยหรือกรวดย่อย แล้วบดทับให้แน่นสลับกันไปโดยดำเนินการก่อสร้างเป็นสองชั้น ดังต่อไปนี้

(1) สำหรับการลาดแอสฟัลต์ครั้งที่หนึ่ง และการโรยหินย่อยหรือกรวดย่อยชั้นที่หนึ่งพร้อมทั้งบดทับแน่นเรียบร้อยแล้ว ให้ปล่อยทิ้งไว้จนกว่าแอสฟัลต์ยึดหินย่อยหรือกรวดย่อยแน่น ก่อนที่จะก่อสร้างชั้นต่อไป ระยะเวลาที่ปล่อยทิ้งไว้ควรเป็นดังนี้

สำหรับแอสฟัลต์ซีเมนต์ ควรปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง

สำหรับแอสฟัลต์อิมัลชัน ควรปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 10 ชั่วโมง

สำหรับคัตแบกแอสฟัลต์ ควรปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 18 ชั่วโมง

ทั้งนี้หมายถึงภาวะอากาศปกติ เพื่อให้น้ำมันหรือน้ำแล้วแต่ชนิดของแอสฟัลต์ ระเหยออกไปเกือบหมด แต่ถ้ามีฝนตก หรือสภาวะอากาศที่มีความชื้นมาก อาจต้องทิ้งไว้เป็นเวลานานกว่าที่ได้กำหนดไว้ข้างต้นก็ได้ โดยให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

(3) ก่อนที่จะลาดแอสฟัลต์ครั้งที่สอง ให้ทำความสะอาดผิวทางชั้นที่หนึ่งด้วยเครื่องมือที่เหมาะสม เช่น ใช้เครื่องกวาดฝุ่น การหินย่อยหรือกรวดย่อยที่หลุดหลวม หรือค้างอยู่บนผิวทางชั้นที่หนึ่งออก แล้วใช้เครื่องเป่าลม เป่าฝุ่น หรือวัสดุที่หลุดหลวมออกให้หมด ในกรณีที่มีสิ่งสกปรกเกาะติดแน่นให้ล้างออกให้หมดแล้วจึงลาดแอสฟัลต์ตามอุณหภูมิที่กำหนดไว้

(4) ในบางกรณี โดยดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน อาจพิจารณาให้ทำผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์เพียงชั้นที่หนึ่งก่อน แล้วเปิดการจราจรไว้เป็นระยะเวลาหนึ่งที่เหมาะสม โดยพิจารณาถึงสภาพพื้นที่ที่ก่อสร้าง สภาวะอากาศ สภาพ ลักษณะ และปริมาณการจราจร เป็นต้น เพื่อให้ผิวทางชั้นที่หนึ่งปรับตัวเสียก่อน แล้วจึงทำผิวชั้นที่สอง โดยก่อนที่จะทำผิวชั้นที่สองให้ความความสะอาดผิวชั้นที่หนึ่งก่อน

(5) ทันทีที่ลาดแอสฟัลต์ครั้งที่สองให้โรยหินย่อยหรือกรวดย่อยตามปริมาณที่ถูกต้องซึ่งได้เตรียมไว้แล้วปิดทับแอสฟัลต์ทันที ขั้นตอนการก่อสร้างให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับการก่อสร้างผิวแบบเซอร์เฟส-ทรีตเมนต์ชั้นเดียว

4.2.3.2.3 ข้อกำหนดเพิ่มเติมในการก่อสร้าง

(1) การทำผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ จะต้องพิจารณาสภาพของดินฟ้าอากาศให้เหมาะสม ห้ามลาดแอสฟัลต์ในขณะที่มีลมพัดแรงหรือในขณะที่มีเค้าว่าฝนจะตกหรือระหว่างฝนตก ถ้าผิวหน้าของพื้นที่ที่จะลาดแอสฟัลต์เปียก ห้ามลาดแอสฟัลต์ซีเมนต์ หรือคัตแบกแอสฟัลต์

(2) ความยาวของแปลงที่จะลาดแอสฟัลต์ ควรกำหนดให้เหมาะสมกับชนิดของแอสฟัลต์ที่ใช้ ปริมาณการจราจร สภาวะอากาศ เครื่องจักร และหินย่อยหรือกรวดย่อยที่ได้เตรียมไว้

(3) ก่อนเริ่มลาดแอสฟัลต์ ให้จอดเครื่องพ่นแอสฟัลต์ห่างจากจุดเริ่มต้นแปลงที่จะลาดแอสฟัลต์พอประมาณ เพื่อให้เครื่องพ่นแอสฟัลต์ทำความเร็วของการลาดแอสฟัลต์ได้ตามที่กำหนดไว้

(4) ที่จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการลาดแอสฟัลต์แต่ละแปลง ให้ใช้กระดาษหนาหรือวัสดุใด ๆ กว้างอย่างน้อย 500 มิลลิเมตร วางยาวตลอดความกว้างของการลาดแอสฟัลต์เพื่อป้องกันไม่ให้ลาดแอสฟัลต์ซ้ำ โดยต้องเริ่มและหยุดลาดแอสฟัลต์แปลงนั้นบนกระดาษหรือวัสดุใดๆ เพื่อให้ได้รอยต่อการลาดแอสฟัลต์ที่เรียบร้อย ไม่มีแอสฟัลต์เลอะล้ำเข้าไปในแปลงที่ได้ลาดแอสฟัลต์ไว้แล้ว

(5) การลาดแอสฟัลต์ไม่ควรลาดจนหมดถัง ควรเหลือแอสฟัลต์ในถังไว้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของความจุของถัง ทั้งนี้เพราะแอสฟัลต์ที่ออกจากเครื่องสูบแอสฟัลต์จะมีปริมาณลดลงทำให้อัตราแอสฟัลต์ที่พ่นออกมาผิดไปจากที่กำหนดไว้ได้

(6) ความสูงของท่อพ่นแอสฟัลต์ ก่อนและหลังจากการลาดแอสฟัลต์ในแปลงใดๆ ไม่ควรมีความแตกต่างเกิน 12.5 มิลลิเมตร

(7) การลาดแอสฟัลต์ ควรวิ่งสวนทิศทางลม เพื่อให้ควันของแอสฟัลต์ออกไปทางด้านท้ายของเครื่องพ่นแอสฟัลต์

(8) ในการทำผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์สองชั้น ควรลาดแอสฟัลต์ชั้นที่หนึ่งและชั้นที่สองให้สวนทางกัน ทั้งนี้เพื่อเป็นการเฉลี่ยปริมาณแอสฟัลต์ให้สม่ำเสมอทั่วทั้งแปลง

(9) เมื่อก่อสร้างผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์เสร็จแล้ว ห้ามเปิดการจราจรจนกว่าแอสฟัลต์จะยึดหินย่อยหรือกรวดย่อยแน่นดีแล้ว แต่ถ้ามีความจำเป็นต้องเปิดการจราจรให้จำกัดความเร็วของการจราจรไม่ให้เกิน 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

(10) เมื่อก่อสร้างผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์เสร็จเรียบร้อยแล้ว ควรเปิดการจราจรขณะที่ผิวทางมีอุณหภูมิต่ำ เช่น ตอนเย็นหรือค่ำ ห้ามเปิดการจราจรในขณะที่มีฝนตก

4.2.3.2.4 ข้อควรระวัง

4.2.3.2.4.1 ในการใช้คัตแบกแอสฟัลต์ เนื่องจากคัตแบกแอสฟัลต์นั้นติดไฟได้ง่าย การปฏิบัติงานจะต้องระมัดระวังมิให้เปลวไฟมาถูกได้ ทั้งในขณะต้มหรือขณะลาดคัตแบกแอสฟัลต์

4.2.3.2.4.2 การขนส่งคัตแบกแอสฟัลต์อิมัลชันแบบบรรจุถัง Drum โดยเฉพาะการขนขึ้นและขนลงต้องระมัดระวังไม่ให้ถังบรรจุแอสฟัลต์อิมัลชันถูกกระทบกระเทือนรุนแรง เพราะอาจจะทำให้แอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัวได้

4.2.3.2.4.3 การใช้แอสฟัลต์อิมัลชันแบบบรรจุถัง Drum ก่อนถ่ายแอสฟัลต์อิมัลชันลงในเครื่องพ่นแอสฟัลต์ ควรกลิ้งถังไปมาหรือกวนให้เข้ากันเสียก่อนทั้งนี้เพื่อให้แอสฟัลต์อิมัลชันมีลักษณะเดียวกันทั่วถัง หากใช้ไม่หมดถังควรปิดฝาให้แน่น เพื่อป้องกันน้ำในแอสฟัลต์อิมัลชันระเหยออกไป ทำให้แอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัว และหมดคุณภาพการเป็นแอสฟัลต์อิมัลชันได้

4.2.3.2.4.4 หลังจากลาดแอสฟัลต์ประจำวัน ควรดูดแอสฟัลต์ในเครื่องพ่นแอสฟัลต์ออกให้หมดแล้วล้างเครื่องพ่นแอสฟัลต์โดยเฉพาะที่ท่อพ่นแอสฟัลต์ การล้างควรใช้น้ำมันก๊าดหรือสารทำละลายใด ๆ สูบผ่านท่อต่าง ๆ ของเครื่องพ่นแอสฟัลต์เพื่อส่วนที่ตกค้างอยู่ออกให้หมดทั้งนี้เพื่อป้องกันแอสฟัลต์เกาะติดแน่น ทำให้ไม่สะดวกในการใช้งานต่อไป และช่วยป้องกันไม่ให้ถังบรรจุแอสฟัลต์ในเครื่องพ่นแอสฟัลต์ถูกกรดในแอสฟัลต์อิมัลชันบางชนิดกัดทะลุเสียหายได้

4.2.3.2.4.5 ในการผสมน้ำมัน (Cutter) กับแอสฟัลต์ ให้ดำเนินการตามรายละเอียดในข้อ 4.2.2.2.4.4 โดยเคร่งครัด เพื่อป้องกันอันตรายจากการลุกไหม้

4.2.4 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

4.2.4.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ให้คิดจากพื้นที่ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นตารางเมตร

4.2.4.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่นๆ ที่จำเป็น เพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

สำหรับงานผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์สองชั้น สามารถแบ่งจ่ายได้โดยเมื่อทำงานชั้นแรกแล้วเสร็จ ให้จ่ายได้ร้อยละ 50

4.3 งานผิวทางแบบเพนเนเตรชันแมคคาดัม
(PENETRATION MACADAM)

หมายถึง การก่อสร้างผิวทางเป็นชั้นๆ โดยการปูหินย่อยหรือกรวดย่อยที่ได้บดทับและลาดทับด้วยแอสฟัลต์ บนพื้นทางที่ได้ลาดแอสฟัลต์ Prime Coat แล้ว หรือบนพื้นที่อื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้ว

4.3.1 วัสดุ

4.3.1.1 แอสฟัลต์

แอสฟัลต์ที่ใช้ต้องเป็นแอสฟัลต์ซีเมนต์ชนิด AC 60-70 หรือ AC 80-100 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแอสฟัลต์ซีเมนต์สำหรับงานทาง มาตรฐานเลขที่ มอก. 851 และต้องผ่านการวิเคราะห์คุณภาพให้ใช้ได้แล้ว

4.3.1.2 หินย่อยหรือกรวดย่อย

หินย่อยหรือกรวดย่อยต้องสะอาด แข็ง คงทน ปราศจากสิ่งสกปรก เช่น ดิน หรือวัสดุไม่พึงประสงค์ใดๆ เจือปน หรือเคลือบอยู่ ซึ่งจะทำให้แอสฟัลต์ไม่สามารถเกาะติดกับหินย่อยหรือกรวดย่อยได้ และมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

(1) มีค่าความสึกหรอ เมื่อทดลองตาม ทล. – ท.202 “วิธีการทดลองหาความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion ” ไม่เกินร้อยละ 40

(2) มีค่าดรรชนีความแบน เมื่อทดลองตาม ทล. – ท. 210 “วิธีการทดลองหาค่าดรรชนีความแบน (Flakiness Index)” ไม่เกินร้อยละ 35 สำหรับหินย่อยหรือกรวดย่อยขนาดที่โตกว่า 9.5 มิลลิเมตร และไม่เกินร้อยละ 45 สำหรับหินย่อยหรือกรวดย่อยขนาดที่เล็กกว่า 9.5 มิลลิเมตร

(3) มีค่าดรรชนีความยาว เมื่อทดลองตาม ทล. – ท. 211 “วิธีการทดลองหาค่าดรรชนีความยาว (Elongation Index)” ไม่เกินร้อยละ 40

(4) ในกรณีที่ใช้กรวดย่อย ส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร ของกรวดย่อยแต่ละขนาด เมื่อทดลองตาม ทล. – ท. 212 “วิธีหาปริมาณร้อยละที่แตกของกรวดโม่” ต้องมีหน้าแตกเพราะการย่อยเป็นจำนวนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 โดยมวล

(5) มีค่าของส่วนที่ไม่คงทน (Loss) เมื่อทดลองตาม ทล. – ท. 213 “วิธีการทดลองหาความคงทน (Soundness) ของมวลรวม” โดยใช้โซเดียมซัลเฟต จำนวน 5 รอบแล้ว ไม่เกินร้อยละ 9

หินย่อยหรือกรวดย่อยจากแหล่งเดิม ที่มีหลักฐานแสดงผลทดลองหาคามคงทนว่าใช้ได้อาจยกเว้นไม่ต้องทดลองอีกก็ได้ ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของกรมทางหลวง ที่จะใช้ผลการทดลองเดิมที่มีอยู่

(6) มีขนาดแต่ละขนาด เมื่อทดลองตาม ทล. – ท. 204 “วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง”

4.3.2 วิธีการก่อสร้าง

4.3.2.1 การเตรียมการก่อนก่อสร้าง

4.3.2.1.1 การเตรียมวัสดุ

ให้แยกกองหินย่อยหรือกรวดย่อยแต่ละขนาดโดยไม่ปะปนกัน และห้ามไม่ให้มีวัสดุไม่พึงประสงค์อื่นใดมาปะปน

บริเวณที่เตรียมไว้กองวัสดุจะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานโดยปราศจากสิ่งไม่พึงประสงค์ต่างๆ

4.3.2.1.2 การตรวจสอบ ตรวจปรับเครื่องจักร เครื่องมือและอุปกรณ์

(1) เครื่องพ่นแอสฟัลต์ ก่อนนำเครื่องพ่นแอสฟัลต์ไปใช้งานจะต้องตรวจสอบ และตรวจปรับอุปกรณ์ต่างๆ ให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ดี เพื่อให้สามารถลาดแอสฟัลต์ได้ปริมาณที่ถูกต้อง ปรับอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ดี เพื่อให้สามารถลาดแอสฟัลต์ได้ปริมาณที่ถูกต้องและสม่ำเสมอ ทั้งตามขวางและตามยาวถนน โดยเมื่อทดลองตาม ทล. – ท. 401 “วิธีการทดลองหาปริมาณแอสฟัลต์ที่ลาดตามขวางถนนจากเครื่อง Distributor” และ ทล. – ท. 402 “วิธีการทดลองหาปริมาณแอสฟัลต์ที่ลาดตามยาวถนนจากเครื่อง Distributor” แล้วปริมาณแอสฟัลต์ที่ลาดจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 17 และ 15 ตามลำดับ

(2) เครื่องโรยหิน ก่อนจะนำไปใช้งานต้องตรวจสอบให้ถูกต้อง และตรวจปรับให้สามารถโรยหินย่อยหรือกรวดย่อยได้ตามปริมาณที่กำหนดและสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ที่โรยหินย่อยหรือกรวดย่อยนั้น

(3) รถบดล้อยาง ก่อนจะนำไปใช้งานต้องตรวจสอบให้ถูกต้อง น้ำหนักรถและความดันลมยาง ให้นายช่างผู้ควบคุมงานกำหนดให้เหมาะสม

(4) รถบดล้อเหล็ก ก่อนนำไปใช้งานต้องตรวจสอบให้ถูกต้อง น้ำหนักรถ นายช่างผู้ควบคุมงานจะเป็นผู้กำหนดตามความเหมาะสม

(5) รถกระบะเทท้าย ก่อนจะนำไปใช้งานต้องตรวจสอบให้ถูกต้องและจะต้องมีจำนวนพอเพียงที่จะขนส่งหินย่อยหรือกรวดย่อยไปใช้ในการก่อสร้างได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่ทำให้การโรยหินย่อยหรือกรวดย่อยหยุดชะงักเมื่อได้ลาดแอสฟัลต์ไปแล้ว

(6) เครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์อื่นๆ นอกเหนือจากที่ได้กำหนดไว้แล้วหากจำเป็นต้องนำมาใช้งานให้อยู่ในดุลพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน โดยจะต้องตรวจสอบและตรวจปรับให้ถูกต้องก่อนนำไปใช้งาน

4.3.2.1.3 การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

ก่อนทำผิวทางชนิดนี้ ผิวทางเดิมหรือพื้นทางที่ Prime Coat ไว้แล้วจะต้องสะอาดแห้งและได้ระดับถูกต้องตามแบบ ให้ใช้เครื่องกวาดฝุ่นกวาดวัสดุ เช่น หินที่หลุด ทรายที่สาดทับ Prime Coat ดินที่เคลือบผิวหน้า หรือวัสดุอื่นใด ที่หลุดตัวออกให้หมดจนผิวหน้าที่จะทำผิวทางสะอาดในบางครั้งถ้าจำเป็นก็ต้องใช้น้ำล้าง ในกรณีที่ Prime Coat หลุดเสียหายต้องซ่อมแซมใหม่ให้เรียบร้อย

ในกรณีที่เกิดหลุมบ่อที่พื้นทาง ก่อนจะทำผิวทาง ต้องปรับและแต่งให้ขอบหลุดบ่อตั้งฉากตลอดความลึกของหลุมนั้น กวาดวัสดุที่หลุดร่วงในหลุมบ่อออกให้หมด แล้ว Prime Coat ใช้ Pre – Mixed ที่มีคุณภาพดีบดทับให้แน่นจนได้ระดับเดียวกับพื้นเดิมในกรณีที่เกิดหลุมบ่อเป็นจำนวนมาก ให้ทำการรื้อพื้นทางเดิมใหม่ ให้มีความลึกอย่างน้อย 100 มิลลิเมตร บดทับให้ได้ระดับและความแน่นตามที่กำหนดแล้วลาดแอสฟัลต์ Prime Coat ใหม่

ในกรณีที่ใช้ทรายสาดทับ Prime Coat แล้วทำให้ทรายผสมกับแอสฟัลต์เคลือบอยู่ผิวหน้าให้ขูดชั้นทรายที่ผสมแอสฟัลต์ออกให้หมด

4.3.2.2 การก่อสร้าง

4.3.2.2.1 ข้อกำหนดทั่วไปในการก่อสร้าง

(1) โรยหินชั้นที่หนึ่ง และเกลี่ยแต่งให้หินชิดติดกันอย่างสม่ำเสมอ

(2) ใช้รถบดล้อยางหรอล้อเหล็กบดทับจนวัสดุหินย่อยหรือกรวดย่อยอัดตัวกันแน่นสังเกตได้โดยเมื่อรถบดผ่านแล้ววัสดุหินจะไม่เคลื่อนตัว (Flow) ถ้าการใช้รดบดล้อเหล็กบดทับแล้วทำให้วัสดุหินแตกให้ใช้รถบดล้อยางบดทับแทนจนแน่น ถ้าวัสดุหินยังไม่อัดตัวกันแน่นเต็มที่ให้เพิ่มวัสดุหินหรือลดปริมาณหินลงเล็กน้อยแล้วบดทับจนแน่น

(3) ในการบดทับ ถ้าหินย่อยหรือกรวดย่อยแตกเป็นฝุ่น ให้ใช้เครื่องเป่าฝุ่นเป่าออก

(4) เมื่อหินย่อยหรือกรวดย่อยของชั้นที่สอง พร้อมที่จะโรยอยู่บริเวณหน้างานแล้วให้ลาดแอสฟัลต์แล้วห้ามหยุดการก่อสร้าง ต้องโรยหินชั้นต่อไปปิดทับและบดทับจนแน่น

(5) ทันทีที่ลาดแอสฟัลต์ครั้งที่หนึ่ง ให้โรยหินชั้นที่สองปิดทับทันที

(6) เกลี่ยแต่งหินให้สม่ำเสมอ

(7) ใช้รถบดล้อยางบดทับทันที ด้วยความเร็วประมาณ 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในขณะที่แอสฟัลต์ยังร้อนอยู่ จนหินฝังตัวแน่นไม่น้อยกว่า 10 เที่ยว

(8) เมื่อวัสดุหินย่อยหรือกรวดย่อยชั้นที่สาม พร้อมที่จะโรยอยู่บริเวณหน้างานแล้วให้ลาดแอสฟัลต์ครั้งที่สองด้วยเครื่องพ่นแอสฟัลต์ตามอุณหภูมิ และปริมาณที่กำหนด เมื่อลาดแอสฟัลต์แล้วห้ามหยุดการก่อสร้างต้องโรยหินปิดทับ และบดทับจนแน่น

(9) ทันทีที่ลาดแอสฟัลต์ครั้งที่สองแล้ว ให้โรยหินชั้นที่สามปิดทับทันที

(10) ใช้รถบดล้อยางบดทับทันที ด้วยความเร็วประมาณ 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมงในขณะที่แอสฟัลต์ยังร้อนอยู่ จนหินฝังตัวแน่นไม่น้อยกว่า 10 เที่ยว

(11) การนวด (Kneading) เมื่อก่อสร้างชั้นสุดท้ายเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นให้ใช้รถบดล้อยางบดทับผิวหน้าของชั้นผิวทางให้ทั่วตลอดความกว้างอย่างน้อย 30 เที่ยว ติดต่อกันจนกระทั่งผิวทางเรียบและแน่นเสมอกันดี

ในกรณีที่ผิวทางมีลักษณะที่แสดงว่าไม่เรียบ และเคลื่อนตัวได้บ้างขณะที่นวดให้ใช้รถบดล้อเหล็กช่วยบดทับเท่าที่จำเป็นก็ได้

4.3.2.2.2 ข้อกำหนดเพิ่มเติมในการก่อสร้าง

(1) จะต้องพิจารณาสภาพอากาศให้เหมาะสมห้ามลาดแอสฟัลต์ในขณะที่มีลมพัดแรงหรือคาดว่าฝนจะตก หรือระหว่างฝนตก หรือวัสดุหินย่อยกรวดย่อยเปียกชื้น

(2) การโรยหิน ห้ามโรยหินจากรถบรรทุกลงบนพื้นทางที่ก่อสร้าง โดยไม่ผ่านเครื่องโรยหิน กรณีที่ใช้คนโรยหิน จะต้องได้รับอนุญาตจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

(3) เมื่อโรยหินชั้นที่หนึ่ง และบดทับเสร็จเรียบร้อยแล้ว ห้ามเปิดการจราจร

(4) เมื่อโรยหินและบดทับจนแน่นแล้ว ไม่ควรเปิดการจราจร หากจำเป็น จะต้องควบคุมความเร็วของยานพาหนะให้น้อยกว่า 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง กรณีทีเกิดการเสียหายเนื่องจากการจราจรจะต้องแก้ไขให้เรียบร้อยก่อนก่อสร้างชั้นต่อไป

(5) ระหว่างการก่อสร้าง ถ้าฝนตกห้ามเปิดการจราจร และจะทำการก่อสร้างต่อไปได้เมื่อวัสดุหินแห้ง และไม่มีน้ำขังตามช่องว่างระหว่างหิน

(6) ในการก่อสร้างให้ทำเครื่องหมายกำหนดจุดเป็นแนว เช่น การขึงเชือกเพื่อให้การเกลี่ยแต่งวัสดุหินย่อยหรือกรวดย่อย รวมทั้งการพ่นแอสฟัลต์ให้ได้เป็นแนวตรงหรือโค้งตามต้องการทั้งแนวขอบและรอยต่อตามยาวระหว่างช่องจราจร

(7) ที่รอยต่อของการลาดแอสฟัลต์ให้ใช้กระดาษ หรือวัสดุอื่นใดที่เหมาะสมกว้างอย่างน้อย 500 มิลลิเมตร ยาวตลอดความกว้างของพื้นที่ที่จะลาดแอสฟัลต์ครั้งนั้นๆ ปูบนผิวที่ลาดแอสฟัลต์ไว้แล้วเพื่อป้องกันไม่ให้ลาดแอสฟัลต์ซ้ำและต้องเริ่มลาดแอสฟัลต์ทุกครั้งบนกระดาษหรือวัสดุดังกล่าว

(8) ต้องมี ป้ายเตือน และป้ายจำกัดความเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตลอดแนวที่ทำการก่อสร้าง

(9) หลังจากโรยหินย่อยหรือกรวดย่อยชั้นสุดท้ายปิดทับหน้า และบดทับเรียบร้อยแล้วให้เปิดการจราจรได้ โดยจำกัดความเร็วของยานพาหนะในสองวันแรก ให้มีความเร็วไม่มากกว่า 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แต่ถ้าฝนตกเมื่อบดทับเสร็จใหม่ ๆ ไม่ควรเปิดการจราจร

4.3.3 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

4.3.3.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานผิวทางแบบเพนเนเตรชันแมคคาดัมให้คิดจากพื้นที่ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นตารางเมตร

4.3.3.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่นๆ ที่จำเป็นเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้อง เรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

4.4 งานแอสฟัลต์คอนกรีต
(ASPHALT CONCRETE)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นพื้นทาง ปรับระดับ รองผิวทาง ผิวทางหรือไหล่ทางด้วยวัสดุผสมที่ได้จากการผสมร้อนระหว่างมวลรวมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์ โดยการปูหรือเกลี่ยแต่งและบดทับบนชั้นทางใดๆ ที่ได้เตรียมไว้แล้ว ให้ได้แนวและรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

4.4.1 วัสดุ

4.4.1.1 แอสฟัลต์

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุชนิดของแอสฟัลต์ไว้เป็นอย่างอื่น ให้ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60-70 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแอสฟัลต์ซีเมนต์สำหรับงานทาง มาตรฐานเลขที่ มอก. 851 และต้องผ่านการวิเคราะห์คุณภาพให้ได้แล้ว

การใช้แอสฟัลต์อื่นๆ หรือแอสฟัลต์ที่ปรับปรุงคุณสมบัติด้วยสารใดๆ นอกเหนือจากนี้ต้องมีคุณภาพเท่าหรือดีกว่า ทั้งนี้ต้องผ่านการทดสอบคุณภาพและพิจารณาความเหมาะสมรวมทั้งต้องได้รับอนุญาตให้ใช้ได้จากกรมทางหลวงเป็นกรณีไป

4.4.1.2 มวลรวม

มวลรวมประกอบด้วยมวลหยาบ (Coarse Aggregate) และมวลละเอียด (Fine Aggregate) กรณีที่มวลละเอียดมีส่วนละเอียดไม่พอหรือต้องปรับปรุงคุณภาพและความแข็งแรงของแอสฟัลต์คอนกรีตอาจเพิ่มวัสดุผสมแทรก (Mineral Filler) ด้วยก็ได้

4.4.1.2.1 **มวลหยาบ** หมายถึง ส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร เป็นหินย่อย (Crushed Rock) หรือวัสดุอื่นใดที่กรมทางหลวงอนุมัติให้ใช้ได้ ต้องเป็นวัสดุที่แข็งและคงทน (Hard and Durable) สะอาด ปราศจากวัสดุไม่พึงประสงค์ใดๆ ปะปนอยู่

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุคุณสมบัติไว้เป็นอย่างอื่น มวลหยาบต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

(1) มีค่าความสึกหรอ เมื่อทดลองตาม ทล. – ท. 202 “วิธีการทดลองหาความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion” ไม่เกินร้อยละ 40

(2) มีค่าของส่วนที่ไม่คงทน (Loss) เมื่อทดลองตาม ทล. –ท. 213 “วิธีการทดลองหาความคงทน (Soundness) ของมวลรวม” โดยใช้โซเดียมซัลเฟต จำนวน 5 รอบ ไม่เกินร้อยละ 9

(3) ผิวของมวลหยาบต้องมีแอสฟัลต์เคลือบ เมื่อทดลองตาม AASHTO T 182: Coating and Stripping of Bitumen - Aggregate Mixtures ไม่น้อยกว่าร้อยละ 95

4.4.1.2.2 **มวลละเอียด** หมายถึง ส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) เป็นหินฝุ่นหรือทรายที่สะอาด ปราศจากสิ่งสกปรกหรือวัสดุอันไม่พึงประสงค์ใด ๆ ปะปนอยู่

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุคุณสมบัติไว้เป็นอย่างอื่น มวลละเอียดต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

(1) มีค่า Sand Eguivalent เมื่อทดลองตาม ทล. – ท. 203 "วิธีการทดลองหาค่า Sand Equivalent" ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50

(2) มีค่าของส่วนที่ไม่คงทน (Loss) เมื่อทดลองตาม ทล. – ท. 213 "วิธีการทดลองหาความคงทน (Soundness) ของมวลรวม" โดยใช้โซเดียมซัลเฟต จำนวน 5 รอบ ไม่เกินร้อยละ 9

มวลละเอียดจากแหล่งเดิมที่มีหลักฐานแสดงผลทดลองหาความคงทนว่าให้ได้ อาจจะยกเว้นไม่ต้องทดลองอีกก็ได้ ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของกรมทางหลวง ที่จะใช้ผลการทดลองเดิมที่มีอยู่

4.4.1.2.3 **วัสดุผสมแทรก** ใช้ผสมเพิ่มในกรณีเมื่อผสมมวลหยาบกับมวลละเอียดเป็นมวลรวมแล้วส่วนละเอียดในมวลรวมยังมีไม่พอ หรือใช้ผสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของแอสฟัลต์คอนกรีต วัสดุผสมแทรกอาจเป็น Stone Dust, Portland Cement, Silica Cement, Hydrated Lime หรือวัสดุอื่นใดที่กรมทางหลวงอนุมัติให้ใช้ได้

วัสดุผสมแทรกต้องแห้งไม่จับกันเป็นก้อน เมื่อทดลองตาม ทล. – ท. 205 "วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง"

4.4.2 วิธีการก่อสร้าง

4.4.2.1 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

4.4.2.1.1 การเตรียมมวลรวมและวัสดุผสมแทรก

บริเวณกองวัสดุจะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน โดยปราศจากวัสดุไม่พึงประสงค์ต่างๆ

การกองวัสดุแต่ละขนาด จะต้องกองแยกไว้อย่างชัดเจน โดยการกองแยกให้ห่างกันตามสมควร หรือทำยุ้งกั้นไว้เพื่อป้องกันวัสดุที่จะใช้แต่ละชนิด แต่ละขนาด ไม่ให้ปะปนกัน หรือปะปนกับวัสดุอื่นใด การกองวัสดุต้องดำเนินการให้ถูกต้องเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการแยกตัว โดยการกองวัสดุเป็นชั้นๆ สูงชั้นละไม่เกินความสูงของกองวัสดุกองเดี่ยวๆ เมื่อเทจากรถบรรทุกเทท้ายคันหนึ่งๆ ถ้าจะกองวัสดุชั้นต่อไปจะต้องแต่งระดับยอดกองให้เสมอและไม่ควรกองวัสดุสูงเป็นรูปกรวย

กองวัสดุที่ใช้ทุกชนิด จะต้องมีมาตรการป้องกันไม่ให้วัสดุเปียกน้ำฝน โดยการกองวัสดุในโรงที่มีหลังคาคลุม หรือคลุมด้วยผ้าใบ หรือแผ่นวัสดุอื่นใดที่เหมาะสม หรือโดยวิธีอื่นใดที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงาน

วัสดุที่ใช้ทุกชนิดเมื่อป้อนเข้าโรงงานผสม ต้องไม่มีความชื้นเกินกำหนดตามข้อแนะนำของบริษัทผู้ผลิตโรงงานผสมที่ใช้งานนั้นๆ ทั้งนี้เพื่อให้โรงงานผสมทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มวลรวมที่ใช้แต่ละชนิด ก่อนนำไปใช้งานจะต้องบรรจุในยุ้งหินเย็นเท่านั้น ห้ามนำมาผสมกันภายนอกยุ้งหินเย็นในทุกกรณีวัสดุผสมแทรก หากนำมาใช้จะต้องแยกใส่ยุ้งวัสดุผสมแทรกโดยเฉพาะการป้อนวัสดุผสมแทรกจะต้องแยกต่างหากโดยไม่ปะปนกับวัสดุอื่นๆ และจะต้องป้อนเข้าห้องผสมโดยตรง

4.4.2.1.2 การเตรียมแอสฟัลต์

แอสฟัลต์ซีเมนต์ในถังเก็บแอสฟัลต์ต้องมีอุณหภูมิไม่สูงกว่า 100 องศาเซลเซียส (212 องศาฟาเรนไฮต์) เมื่อผสมกับมวลรวมที่โรงงานผสมจะต้องให้ความร้อนจนได้อุณหภูมิ 159±8 องศาเซลเซียส (318±15 องศาฟาเรนไฮต์) หรือมีอุณหภูมิที่แอสฟัลต์มีความหนืด 170±20 เซนติสโตกส์ (Centistokes) หรือมีอุณหภูมิตรงตามที่ระบุไว้ในสูตรส่วนผสมเฉพาะงานการจ่ายแอสฟัลต์ซีเมนต์ไปยังห้องผสม จะต้องเป็นไปโดยต่อเนื่องและมีอุณหภูมิที่กำหนดสม่ำเสมอตลอดเวลา

4.4.2.1.3 การเตรียมเครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้าง

เครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ทุกชนิดที่นำมาใช้งานต้องมีสภาพใช้งานได้ดีโดยจะต้องผ่านการตรวจสอบและหรือตรวจปรับ ตามรายการและวิธีการที่กำหนด และนายช่างผู้ควบคุมงานอนุญาตให้ใช้ได้ก่อน เครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ทุกชนิด ต้องมีจำนวนพอเพียงที่จะอำนวยให้การก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต ดำเนินไปโดยต่อเนื่องไม่ติดขัดหรือหยุดชะงัก และในระหว่างการก่อสร้างจะต้องบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพดีอยู่เสมอตลอดระยะเวลาทำงาน

4.4.2.1.4 การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

(1) รองพื้นทาง พื้นทาง หรือไหล่ทาง จะต้องเรียบสม่ำเสมอ ได้ระดับและความลาดตามรูปแบบก่อนทำชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตทับ กรณีที่รองพื้นทางหรือพื้นทางหรือไหล่ทางมีความเสียหายเป็นคลื่น เป็นหลุมบ่อ มีจุดอ่อนตัว หรือไม่ถูกต้องตามรูปแบบให้แก้ไขให้ถูกต้องก่อนโดยได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงาน

(2) ผิวทางลาดยางเดิมที่จะทำชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตทับ มีผิวหน้าไม่สม่ำเสมอหรือเป็นคลื่น และไม่มีการทำชั้นปรับระดับ ให้ปรับแต่งให้สม่ำเสมอ ถ้ามีหลุมบ่อ รอยแตก จุดอ่อนตัวหรือความเสียหายของชั้นทางใด ๆ จะต้องตัดหรือขุดออก แล้วปะซ่อมหรือขุดซ่อมแล้วแต่กรณี แล้วบดทับให้แน่นและมีผิวหน้าที่เรียบสม่ำเสมอ โดยให้มีระดับและความลาดถูกต้องตามแบบ วัสดุที่นำมาใช้จะต้องมีคุณภาพดี ขนาดและปริมาณวัสดุที่ใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะความเสียหายและพื้นที่ที่จะซ่อม

(3) พื้นทางหรือไหล่ทางที่มี Prime Coat หลุดหรือเสียหาย ต้องแก้ไขใหม่ให้เรียบร้อยตามวิธีการที่นายช่างผู้ควบคุมงานกำหนด แล้วทิ้งไว้จนครบกำหนดเวลาบ่มตัวของแอสฟัลต์ที่ใช้ซ่อมก่อน จึงทำชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตทับได้

(4) พื้นทางหรือไหล่ทางที่ทำ Prime Coat ทิ้งไว้ มีผิวหลุดเสียหายเป็นพื้นที่ต่อเนื่องมากเกินกว่าที่จะซ่อม ให้ได้ผลดีให้พิจารณาคราด (Scarify) พื้นทางหรือไหล่ทางนั้น แล้วบดทับใหม่ให้ได้ความแน่นตามที่กำหนด แล้วทำ Prime Coat ใหม่ ทิ้งไว้จนครบกำหนดเวลาบ่มตัวของแอสฟัลต์ที่ใช้ทำ Prime Coat ก่อน จึงทำชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตทับได้

(5) พื้นทางหรือไหล่ทางที่ทำ Prime Coat ทิ้งไว้นานโดยไม่ได้ทำชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตตามขั้นตอนก่อนการก่อสร้างปกติ แต่ Prime Coat ไม่หลุดเสียหาย ก่อนทำชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตทับอาจพิจารณาให้ทำ Tack Coat ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

(6) ในงานเสริมผิวทาง (Overlay) ด้วยแอสฟัลต์คอนกรีตบนผิวทางเดิมซึ่งเกิดการยุบตัว (Sag and Depression) หรือเป็นแอ่งเฉพาะแห่ง แต่ไม่ใช่จุดอ่อนตัว (Soft Spot) ให้ดำเนินการดังนี้

- กรณียุบตัวหรือเป็นแอ่งลึกไม่เกิน 30 มิลลิเมตร อาจแยกปูเสริมเพื่อปรับระดับเฉพาะส่วนที่ยุบตัวหรือเป็นแอ่งก่อน หรือจะปูรวมไปพร้อมกับการปูชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตก็ได้โดยให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน แต่ทั้งนี้ความหนารวมที่ปูจะต้องไม่เกิน 80 มิลลิเมตร หากความหนารวมเกิน 80 มิลลิเมตร จะต้องแยกปูเสริมเพื่อปรับระดับเฉพาะส่วนที่ยุบตัวหรือเป็นแอ่งก่อน

- กรณียุบตัวหรือเป็นแอ่งลึกเกิน 50 มิลลิเมตร จะต้องแยกปูเสริมปรับระดับเฉพาะส่วนที่ยุบตัวหรือเป็นแอ่งก่อน โดยให้ปูเป็นชั้น ๆ หนาไม่เกินชั้นละ 50 มิลลิเมตร

การแยกปูเสริมปรับระดับเฉพาะที่ส่วนที่ยุบตัวหรือเป็นแอ่งด้วยแอสฟัลต์คอนกรีตนี้ให้บดทับด้วยรถบดล้อยางจนได้ความแน่นตามที่กำหนด แล้วจึงปูชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตต่อไป

(7) รองพื้นทาง พื้นทาง ไหล่ทาง หรือผิวทางลาดยางเดิมที่จะทำชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตทับต้องสะอาดปราศจากฝุ่น วัสดุสกปรก หรือวัสดุไม่พึงประสงค์อื่นๆ ปะปน

(8) การทำความสะอาดรองพื้นทาง พื้นทาง ไหล่ทาง หรือผิวทางลาดยางเดิมที่จะทำชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตคอนกรีตทับ โดยการกวาดฝุ่น วัสดุหลุดหลวม ทรายที่สาดทับ Prime Coat ออกจนหมด ด้วยเครื่องกวาดฝุ่นต้องปรับอัตราเร็วการหมุนและน้ำหนักกดที่กดลงบนรองพื้นทางพื้นทาง ไหล่ทาง หรือผิวทางลาดยางเดิมให้พอดีโดยไม่ทำให้รองพื้นทาง พื้นทาง ไหล่ทาง หรือผิวทางลาดยางเดิมเสียหาย แล้วใช้เครื่องเป่าลมเป่าฝุ่นหรือวัสดุที่หลุดหลวมออกจนหมด

(9) กรณีที่มีคราบฝุ่นหรือวัสดุจับตัวแข็งอยู่ที่พื้นทางไหล่ทาง ไหล่ทาง หรือผิวทางลาดยางเดิมที่จะทำชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตทับ ให้กำจัดคราบแข็งดังกล่าวออกโดยการใช้เครื่องมือใด ๆ ที่เหมาะสมตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานกำหนดหรือเห็นชอบ ขูดออก ล้างให้สะอาด ทิ้งไว้ให้แห้ง ใช้เครื่องกวาดฝุ่นกวาด แล้วใช้เครื่องเป่าลมเป่าฝุ่นหรือวัสดุที่หลุดหลวมออกให้หมด

(10) ผิวทางลาดยางเดิมที่มีแอสฟัลต์เยิ้ม ก่อนทำชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตทับจะต้องแก้ไขให้เรียบร้อยก่อน โดยการปาดแอสฟัลต์ที่เยิ้มออก หรือโดยวิธีการอื่นใดที่เหมาะสมที่นายช่างผู้ควบคุมงานกำหนดหรือเห็นชอบ

(11) ผิวทางลาดยางเดิมหรือชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตใด ๆ ที่จะทำทางแอสฟัลต์คอนกรีตทับจะต้องทำ Tack Coat ก่อน

(12) ขอบโครงสร้างคอนกรีตใด ๆ หรือผิวหน้าตัดชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิมที่ต่อเชื่อมกับแอสฟัลต์คอนกรีตที่จะก่อสร้างใหม่ จะต้องทำ Tack Coat ก่อน

(13) ผิวพื้นสะพานคอนกรีต ที่จะต้องปูชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต จะต้องขูดวัสดุยาแนวรอยแตกและรอยต่อส่วนเกินที่ติดอยู่ที่ผิวพื้นคอนกรีตออกให้หมด ล้างทำความสะอาดทิ้งไว้ให้แห้งแล้วใช้เครื่องเป่าลมเป่าฝุ่นออกให้หมด แล้วทำ Tack Coat

4.4.2.2 การก่อสร้าง

4.4.2.2.1 การควบคุมการผลิตส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่โรงงานผสม

(1) การควบคุมคุณภาพส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต มวลรวม และแอสฟัลต์ซีเมนต์ต้องมีคุณสมบัติตามข้อกำหนดและ คุณภาพของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตต้องสม่ำเสมอ ตรงตามสูตรส่วนผสมเฉพาะงานที่ได้กำหนดขึ้นสำหรับแอสฟัลต์คอนกรีตนั้น ๆ

(2) การควบคุมเวลาในการผสมส่วนแอสฟัลต์คอนกรีต โรงงานผสมต้องมีเครื่องตั้งเวลาและควบคุมเวลาแบบอัตโนมัติ ที่สามารถตั้งและปรับเวลาในการผสมแห้งและผสมเปียกได้ตามต้องการ สำหรับโรงงานผสมแบบชุด ระยะเวลาในการผสมแห้งและผสมเปียกควรใช้ประมาณ 15 วินาที และ 30 วินาที ตามลำดับ สำหรับโรงงานผสมแบบต่อเนื่อง ระยะเวลาในการผสมให้คำนวณจากสูตรตามข้อกำหนด

ในการผสมส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตโดยโรงงานผสมทั้ง 2 แบบ ต้องได้ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่สม่ำเสมอ ในกรณีที่ผสมกันตามเวลาที่กำหนดไว้แล้ว แต่ส่วนแอสฟัลต์คอนกรีตยังผสมกันได้ไม่สม่ำเสมอตามต้องการ ก็ให้เพิ่มเวลาในการผสมนี้ขึ้นอีกก็ได้ แต่เวลาที่ใช้ในการผสมทั้งหมดต้องไม่เกิน 60 วินาที ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

การกำหนดเวลาในการผสมของโรงงานผสมใด ๆ ให้กำหนดโดยการทดลองหาปริมาณที่แอสฟัลต์เคลือบผิวมวลรวมตาม AASHTO T 195 : Determining Degree of Particle Coating of Bituminous-Aggregate Mixtures โดยให้เป็นไปตามตารางที่ 4.4 – 1

ตารางที่ 4.4 – 1 ปริมาณที่แอสฟัลต์เคลือบผิวมวลรวม

ชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต	ปริมาณที่แอสฟัลต์เคลือบผิวมวลรวม ร้อยละโดยพื้นที่
พื้นทาง	ไม่น้อยกว่า 90
ผิวทาง รองผิวทาง ไหล่ทาง ปรับระดับ	ไม่น้อยกว่า 95

(3) การควบคุมอุณหภูมิของวัสดุก่อนการผสมและอุณหภูมิของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต

- มวลรวม ก่อนการผสมต้องให้ความร้อนจนได้อุณหภูมิ 163±8 องศาเซลเซียส (325±15 องศาฟาเรนไฮต์) และมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 1 โดยมวลของมวลรวม และเมื่อขณะผสมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่โรงงานผสมจะต้องมีอุณหภูมิตรงตามที่ระบุไว้ในสูตรส่วนผสมเฉพาะงาน

- แอสฟัลต์ซีเมนต์ ขณะเก็บในถังเก็บแอสฟัลต์ต้องมีอุณหภูมิไม่สูงกว่า 100 องศาเซลเซียส (212 องศาฟาเรนไฮต์) เมื่อจะผสมกับมวลรวมที่โรงงานผสมจะต้องให้ความร้อนจนได้อุณหภูมิ 159±8 องศาเซลเซียส (318±15 องศาฟาเรนไฮต์) หรือมีอุณหภูมิที่แอสฟัลต์ซีเมนต์มีความหนืด 170±20 เซนติสโตกส์ หรือมีอุณหภูมิตรงตามที่ระบุไว้ในสูตรส่วนผสมเฉพาะงาน

- ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตเมื่อผสมเสร็จ ก่อนนำออกจากโรงงานผสมจะต้องมีอุณหภูมิระหว่าง 121 – 168 องศาเซลเซียส (250-335 องศาฟาเรนไฮต์) หรือตามที่ระบุไว้ในสูตรส่วนผสมเฉพาะงาน ถ้ามีอุณหภูมิแตกต่างไปกว่าที่กำหนดนี้ ห้ามนำส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตดังกล่าวไปใช้งาน

- ต้องมีการบันทึกอุณหภูมิของมวลรวมที่ผ่านหม้อเผา อุณหภูมิของแอสฟัลต์ซีเมนต์ขณะก่อนผสมกับมวลรวม และอุณหภูมิของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน โดยใช้เครื่องบันทึกอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ พร้อมที่จะให้ตรวจสอบได้ตลอดเวลา และผู้รับจ้างจะต้องส่งบันทึกรายการอุณหภูมิดังกล่าวประจำวัน แก่นายช่างผู้ควบคุมงานทุกวันที่ปฏิบัติงาน

- การวัดอุณหภูมิของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่อยู่ในรถบรรทุก ต้องใช้เครื่องวัดอุณหภูมิที่อ่านอุณหภูมิได้อย่างรวดเร็ว การวัดอุณหภูมิให้วัดผ่านรูที่เจาะไว้ข้างกระบะรถบรรทุกทั้ง 2 ด้าน ที่ประมาณกึ่งกลางความยาวของกระบะและสูงจากพื้นกระบะประมาณ 150 มิลลิเมตร การวัดอุณหภูมิมิให้วัดจากรถบรรทุกทุกคันแล้วจดบันทึกอุณหภูมิไว้

4.4.2.2.2 **การขนส่งส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต**

จากโรงงานผสมไปยังสถานที่ก่อสร้าง ต้องใช้รถบรรทุกที่เตรียมไว้แล้ว ในการขนส่งจะต้องมีผ้าใบหรือแผ่นวัสดุอื่นใดที่ใช้ได้อย่างเหมาะสมคลุมส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต เพื่อรักษาอุณหภูมิและป้องกันน้ำฝนหรือสิ่งสกปรกประกอบอื่น ๆ

4.4.2.2.3 **การปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต**

การปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตจะต้องคำนวณความเร็วของเครื่องปูให้เหมาะสมกับกำลังผลิตของโรงงานผสมและปัจจัยเกี่ยวข้องอื่นๆ การปูจะต้องดำเนินการไปโดยต่อเนื่องมากที่สุด ด้วยความเร็วการปูที่สม่ำเสมอ ปริมาณส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่ออกจากเตารีดของเครื่องปูจะต้องมีปริมาณสม่ำเสมอตลอดความกว้างของพื้นที่ที่ปู โดยขณะปูควรป้อนส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตจากกระบะบรรจุผ่านไปยังเกลียวเกลี่ยจ่ายทั้ง 2 ข้าง จนถึงส่วนเตารีดโดยสม่ำเสมอ มีระดับส่วนผสม

แอสฟัลต์คอนกรีตคงที่ และในการปฏิบัตินี้ให้เป็นไปโดยต่อเนื่องมากที่สุด ในส่วนของเตารีด อัตราเร็วการกระแทกของคานกระแทก และจำนวนรอบการสั่นสะเทือนของเตารีดแบบสั่นสะเทือน ตลอดจนระยะเต้นจะต้องคงที่และใช้ให้เหมาะสมกับชนิดลักษณะของชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต ความหนาของชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตและอื่นๆ ในการปูส่วนผสมขณะยังไม่ได้บดทับ จะต้องมีลักษณะผิวหน้าที่มีความเรียบแน่นสม่ำเสมอทั้งทางด้านตามขวางและตามยาว โดยไม่มีรอยฉีก (Tearing) รอยเคลื่อนตัวเป็นแอ่ง (Shoving) การแยกตัวของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต หรือลักษณะความเสียหายอื่น ๆ ขณะปูหากปรากฏว่ามีความเสียหายใด ๆ เกิดขึ้นให้รีบแก้ไขในทันที ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีลักษณะจับตัวเป็นก้อนแข็ง ห้ามนำมาใช้

สภาพผิวชั้นทางก่อนการปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตจะต้องแห้ง ห้ามปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตขณะฝนตกหรือเมื่อผิวชั้นทางที่จะปูเปียกชื้น อุณหภูมิของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตขณะปู ไม่ควรคลาดเคลื่อนไปจากอุณหภูมิเมื่อออกจากโรงงานผสม ที่กำหนดให้โดยนายช่างผู้ควบคุมงานเกินกว่า 14 องศาเซลเซียส (25 องศาฟาเรนไฮต์) แต่ทั้งนี้จะต้องไม่ต่ำกว่า 120 องศาเซลเซียส การตรวจวัดอุณหภูมิของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่ปูแล้วจะต้องดำเนินการเป็นระยะ ๆ ตลอดเวลาของการปู หากปรากฏว่าอุณหภูมิของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตไม่ถูกต้องตามที่กำหนด ให้ตรวจสอบหาสาเหตุและแก้ไขโดยทันที

ก่อนการก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตทุกชั้น จะต้องวางแนวขอบชั้นทางที่จะปูก่อนโดยการใช้เชือกขึงขวางแนว และยึดติดกับพื้นที่ที่จะปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตให้แน่นหรือวิธีการกำหนดแนวอื่นใดที่เหมาะสมตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นชอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อจะปูชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตช่องจราจรแรกของชั้นทางแต่ละชั้น ทั้งนี้เพื่อให้ได้ชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ตรงแนวเรียบร้อยตามแบบ การดำเนินการนี้ไม่รวมถึงการปูชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตติดกับ Curb และ Gutter หรือส่วนของโครงสร้างใด ๆ ที่มีแนวถูกต้องตามแบบอยู่แล้ว

(1) การก่อสร้างรอยต่อตามขวาง รอยต่อตามขวางหมายถึง แนวก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตตามขวางที่ปลายแปลงก่อสร้างที่สิ้นสุดการก่อสร้างประจำวัน

การก่อสร้างรอยต่อตามขวาง อาจดำเนินการได้หลายวิธี ดังนี้

- การใช้ไม้แบบ โดยใช้ไม้แบบที่มีความหนาเท่ากับความหนาของชั้นทางที่ปูวางที่จุดสิ้นสุดของการปูแต่ละแปลงให้ตั้งฉากกับแนวการปู เมื่อปูแอสฟัลต์คอนกรีตถึงไม้แบบนี้ให้ปูเลยไปเป็นทางลาดที่มีความยาวเพียงพอที่จะไม่ทำให้ยวดยานสะดุดเมื่อแล่นผ่าน และอาจอนุญาตให้ใช้ทรายรองพื้นส่วนทางลาดได้ เพื่อความสะดวกในการลอกแอสฟัลต์คอนกรีตส่วนที่เป็นทางลาดออก โดยให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

- การใช้กระดาษแข็งสำเร็จรูปหรือแผ่นวัสดุสำเร็จรูปใด ๆ ที่ใช้สำหรับทำรอยต่อตามขวางโดยเฉพาะ ซึ่งใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์และนายช่างผู้ควบคุมงานเห็นชอบ โดยนำมาวางที่จุดสิ้นสุดของ

การปูแต่ละแปลงให้ตั้งฉากกับแนวการปูแล้วปูแอสฟัลต์คอนกรีตทับเป็นทางลาดที่มีความยาวเพียงพอที่จะไม่ทำให้ยวดยานสะดุดเมื่อแล่นผ่าน

เมื่อจะปูชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตต่อจากรอยต่อตามขวางนั้น ก็ให้ยกไม้แบบ แผ่นกระดาษแข็ง หรือแผ่นวัสดุสำเร็จรูปนั้น รวมทั้งชั้นทางส่วนที่ปูเป็นทางลาดออกไป ตรวจสอบระดับด้วยไม้บรรทัดวัดความเรียบ หากระดับหรือความหนาของชั้นทางส่วนใดไม่ถูกต้องตามแบบให้ตัดชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตส่วนนั้นออกไปจนถึงชั้นทางส่วนที่มีระดับและความหนาถูกต้องตามแบบด้วยเครื่องตัดรอยต่อแอสฟัลต์คอนกรีตให้ได้แนวตรงและตั้งฉากโดยเรียบร้อย ก่อนที่จะปูชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตต่อไป ให้ทารอยต่อตามขวางนั้นด้วยการทำแอสฟัลต์ Tack Coat บาง ๆ เพื่อให้รอยต่อเชื่อมกับชั้นทางที่จะปูใหม่ได้ดี

กรณีการปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต หยุดชะงักด้วยเหตุใดก็ตามระหว่างการก่อสร้างประจำวัน จนทำให้อุณหภูมิของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตบริเวณหน้าเตารีดลดลงต่ำกว่าที่กำหนดก็ให้ทำรอยต่อตามขวางที่บริเวณนั้นด้วย โดยให้ตัดรอยต่อถึงบริเวณที่มีความหนาตามแบบและได้บดทับเรียบร้อยแล้ว โดยตัดให้ตั้งฉากพร้อมกับตักส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตส่วนที่ตัดออกทิ้งไป ให้ทารอยต่อตามขวางนั้นด้วยการทำแอสฟัลต์ Tack Coat บาง ๆ เพื่อให้รอยต่อเชื่อมกับชั้นทางที่จะปูใหม่ได้ดี

การปูชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตต่อเชื่อมกับรอยต่อตามขวางในครั้งใด ๆ เมื่อเริ่มปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตไปได้กระบะแรกให้ใช้ไม้บรรทัดวัดความเรียบตรวจสอบระดับที่รอยต่อหากไม่ได้ระดับตามที่กำหนด ให้ดำเนินการแก้ไขโดยด่วนขณะที่ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่ปูใหม่นั้นยังร้อนอยู่

ในการปูชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตแต่ละช่องจราจร รอยต่อตามขวางของการก่อสร้างชั้นทางที่ช่องจราจรข้างเคียงต้องไม่อยู่ในแนวเดียวกัน โดยต้องก่อสร้างให้มีระยะห่างกันไม่น้อยกว่า 5 เมตร ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดเป็นจุดอ่อนทำให้เกิดความเสียหายภายหลังได้

กรณีที่ปูแอสฟัลต์คอนกรีตหลายชั้น รอยต่อตามขวางของแต่ละชั้นจะต้องห่างกันไม่น้อยกว่า 5 เมตร และจะต้องห่างจากรอยต่อตามขวางของช่องจราจรข้างเคียงไม่น้อยกว่า 5 เมตร ด้วย

(2) การก่อสร้างรอยต่อตามยาว ก่อนจะปูชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตใหม่ประกอบชั้นทางของช่องจราจรที่ได้ดำเนินการเรียบร้อยแล้ว ให้ตัดแต่งรอยต่อตามยาวนั้นด้วยเครื่องมือตัดรอยต่อ โดยตัดให้ตั้งฉากกับชั้นทางที่ปูทับและรอยต่อนั้นจะต้องตรงแนว เรียบร้อย คมไม่ฉีกขาด เสร็จแล้วให้ทารอยต่อนั้นด้วยการทำแอสฟัลต์ Tack Coat บาง ๆ เพื่อให้รอยต่อต่อเชื่อมกันได้ดีกับชั้นทางที่ประกบ ในการปูชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตประกบกับชั้นทางช่องจราจรข้างเคียงที่ได้ดำเนินการเรียบร้อยแล้วนั้น อาจทำได้ 2 วิธี ดังนี้

(2.1) การปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตให้เหลื่อมเข้าไปในชั้นทางช่องจราจรข้างเคียงที่ได้ดำเนินการเรียบร้อยแล้ว 25-50 มิลลิเมตร แล้วดันส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตส่วนที่เหลื่อมเข้าไปนี้ให้ชนแนวรอยต่อ โดยให้สูงกว่าระดับที่ด้านนอกถัดไปให้มากพอที่เมื่อบดทับแล้ว รถบดจะไปอัดส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตตรงรอยต่อนั้นแน่นและเรียบได้ระดับสม่ำเสมอกับผิวชั้นทางที่ก่อสร้างประกบนั้น

(2.2) การปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตให้เหลื่อมเข้าไปในชั้นทางช่องจราจรข้างเคียงที่ได้ดำเนินการเรียบร้อยแล้ว 25-50 มิลลิเมตร คัดเม็ดวัสดุก้อนโตบริเวณที่เหลื่อมกันตรงรอยต่อนั้นออกทิ้งไป ซึ่งเมื่อบดทับแล้วจะได้รอยต่อตามยาวที่แน่น ไม่ขรุขระและเรียบได้ระดับสม่ำเสมอกับผิวทางที่ก่อสร้างประกบนั้น

ในการปูชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตหลายชั้น แต่ละชั้นให้ก่อสร้างให้มีรอยต่อตามยาวเหลื่อมกันไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร ถ้าเป็นชั้นทาง 2 ช่องจราจร รอยต่อตามยาวของชั้นทางชั้นบนสุดให้อยู่ที่เส้นแบ่งกึ่งกลางถนน แต่ถ้าเป็นชั้นทางหลายช่องจราจร รอยต่อตามยาวของชั้นทางชั้นบนสุดให้อยู่ที่แนวขอบช่องจราจรตามแบบ

การปูชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตหลายช่องจราจรพร้อมกันโดยใช้เครื่องปูหลายเครื่องการปูชั้นทางโดยเครื่องปูที่ตามหลัง ให้ปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตเหลื่อมเข้าไปในชั้นทางที่กำลังปูโดยเครื่องปูเครื่องหน้า 25-50 มิลลิเมตร ในกรณีเช่นนี้ไม่จำเป็นต้องตัดรอยต่อตามยาวและไม่ต้องทำ Tack Coat

(3) การปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตในทางโค้ง ให้ปูช่องจราจรด้านโค้งในก่อนไปตามลำดับจนถึงโค้งออก แต่ถ้าก่อสร้างฤดูฝนจะต้องดำเนินการก่อสร้างให้เสร็จเต็มโค้งโดยเร็วที่สุดเพื่อป้องกันน้ำขังบนชั้นทาง

(4) การตรวจวัดความหนาของชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต ให้ตรวจวัดความหนาของชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ปูแล้วแต่ยังไม่ได้บดทับเป็นระยะ ๆ ช่วงละไม่เกิน 8 เมตร โดยให้ตรวจวัดความหนาตลอดความกว้างของชั้นทาง หากปรากฏว่าความหนาของชั้นทางคลาดเคลื่อนไปจากความหนาที่กำหนดให้คราดผิวแล้วนำส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีคุณภาพถูกต้องมาปูเสริมเกลี่ยให้ได้ระดับสม่ำเสมอ แล้วตรวจสอบระดับให้ถูกต้อง

(5) การปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยรถเกลี่ยปรับระดับ โดยปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตบริเวณที่เครื่องปูไม่สามารถเข้าไปดำเนินการได้ หรือไม่เหมาะสมที่จะเข้าไปดำเนินการ อาจพิจารณาให้ใช้รถเกลี่ยปรับระดับดำเนินการได้ แล้วตรวจสอบด้วยไม้บรรทัดวัดความเรียบให้ได้ระดับถูกต้อง ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

(6) การปูด้วยแรงคน กรณีเป็นพื้นที่จำกัด หรือพื้นที่ที่ต้องการปรับระดับ พื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวางและอื่น ๆ ที่เครื่องปูและรถเกลี่ยปรับระดับเข้าไปดำเนินการไม่ได้ ไม่เหมาะสม หรือไม่สะดวกที่จะเข้าไปดำเนินการ อาจพิจารณาใช้คนปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตในบริเวณดังกล่าวได้ ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน ในการใช้คนดำเนินการนี้ ให้ใช้พลั่วตักส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตไปกองเรียงกันบนพื้นที่ที่ต้องการปู แต่ละกองเป็นกองเดี่ยว ๆ ห้ามกองทับกันเป็นกองสูงเกลี่ยแต่งให้เรียบสม่ำเสมอ แล้วตรวจสอบด้วยไม้บรรทัดวัดความเรียบให้ได้ระดับถูกต้อง

(7) การตรวจสอบความเรียบร้อยในการปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต ให้ดำเนินการตรวจสอบภายหลังจากการบดทับเที่ยวแรก โดยใช้ไม้บรรทัดวัดความเรียบวางทาบไปบนผิวหน้าชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต หากต้องเสริมแต่ปรับระดับใหม่ ให้ดำเนินการขณะที่ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตยังมีอุณหภูมิตามที่กำหนด

4.4.2.2.4 การบดทับชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต

การบดทับชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตนั้น จะต้องใช้เครื่องจักรบดทับที่ถูกต้องตามที่กำหนดและมีจำนวนเพียงพอที่จะอำนวยให้การก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตดำเนินไปได้โดยปกติ ไม่ติดขัดหรือหยุดชะงัก เครื่องจักรบดทับต่าง ๆ ก่อนนำไปใช้งานจะต้องผ่านการตรวจสอบ ตรวจปรับ ให้เหมาะสมตามรายการและวิธีการตามที่กำหนด และอนุญาตให้ใช้ได้จากนายช่างผู้ควบคุมงาน

การบดทับจะต้องกระทำทันทีหลังจากการปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต และเริ่มบดทับขณะที่ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตยังร้อนอยู่ โดยมีอุณหภูมิระหว่าง 120-150 องศาเซลเซียส (248-302 องศาฟาเรนไฮต์) เมื่อบดทับแล้วจะต้องได้ชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความแน่นความเรียบสม่ำเสมอได้ระดับและความลาดตามแบบ ไม่มีรอยแตก รอยเคลื่อนตัวเป็นแอ่ง รอยคลื่น รอยล้อรถบด หรือความเสียหายของผิวชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตอื่น ๆ

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุวิธีการบดทับเป็นอย่างอื่น การบดทับให้พิจารณาดำเนินการดังนี้

(1) หลังการบดทับโดยทั่ว ๆ ไป ในเบื้องต้นให้บดทับรอยต่อต่าง ๆ ก่อนโดยทันทีต่อจากนั้นก็ให้บดทับขั้นต้น (Initial or Breakdown Rolling) โดยให้รถบดทับตามหลังเครื่องปูให้ใกล้ชิดเครื่องปูมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ และในการบดทับชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่กำลังบดทับต้องไม่มีรอยแตกไม่มีส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตติดล้อรถบด ต่อไปเป็นการบดทับขั้นกลาง (Intermediate Rolling) โดยให้บดทับตามติดการบดทับในขั้นต้นให้ใกล้ชิดที่สุดเท่าที่สามารถจะทำได้ และต้องดำเนินการขณะที่ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตยังมีอุณหภูมิเหมาะสมที่จะทำให้ได้ความแน่นตามที่กำหนด ต่อจากนั้นเป็นการบดทับขั้นสุดท้าย (Finish Rolling) ซึ่งจะต้องดำเนินการขณะที่ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตยังมีอุณหภูมิเหมาะสมที่รถบดจะสามารถลบรอยล้อรถในการบดทับที่ผ่านมาได้เรียบร้อย

ในการบดทับจะต้องเริ่มบดทับที่ขอบชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตด้านต่ำ หรือด้านขอบนอกก่อนแล้วจึงค่อย ๆ บดทับเหลื่อมเข้าไปสู่ด้านเส้นแบ่งกึ่งกลางถนน เว้นแต่การบดทับช่วงการยกโค้งซึ่งจะต้องบดทับทางด้านต่ำก่อนแล้วจึงบดทับเหลื่อมไปทางด้านสูง การบดทับแต่ละเที่ยวให้บดทับขนานไปกับเส้นแบ่งกึ่งกลางถนน และให้แนวบดทับเหลื่อมกัน (Overlap) ประมาณ 150 มิลลิเมตร แต่ถ้าบดทับแล้วเกิดเป็นคลื่นตามขวางหรือส่วนผสมเคลื่อนตัวเป็นแอ่งก็ให้เปลี่ยนเป็นบดทับเหลื่อมกันครึ่งหนึ่งของความกว้างของล้อรถบด การหยุดรถบดแต่ละเที่ยวของการบดทับ ต้องไม่หยุดที่แนวเดียวกับรอยหยุดของรถบดเที่ยวก่อน แต่ควรหยุดรถบดให้เหลื่อมกันเป็นระยะห่างพอสมควร

ในระหว่างการบดทับ หากมีส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตติดล้อรถบด ควรใช้น้ำหรือสารสำหรับเคลือบล้อรถบดใด ๆ ที่เหมาะสมที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นชอบ พ่นล้อรถบดบาง ๆ เพียงเพื่อเคลือบผิวหน้าล้อรถบดให้เปียกชื้น เพื่อป้องกันไม่ให้ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตติดล้อรถบด หากหมดความจำเป็นแล้วให้เลิกใช้ การบดทับรถบดจะต้องวิ่งด้วยความเร็วต่ำและสม่ำเสมอโดยใช้ล้อขับ (Drive Wheel) นำหน้าให้ใกล้ชิดเครื่องปูมากที่สุด หากมีการเปลี่ยนความเร็วรถบดขณะบดทับจะต้องค่อย ๆ เปลี่ยนความเร็วทีละน้อย ในช่องทางการบดทับช่องทางใด ๆ การบดทับเดินหน้าและถอยหลังให้อยู่ในแนวช่องทางการบดทับเดียวกัน ก่อนเดินหน้า และถอยหลังรถบดจะต้องหยุดนิ่งก่อน ถ้าเป็นรถบดสั่นสะเทือนจะต้องหยุดการสั่นสะเทือนก่อนด้วยการเปลี่ยนแนวช่องทางบดทับจะต้องค่อย ๆ เปลี่ยนโดยให้ไปเปลี่ยนบนชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตบริเวณที่ได้บดทับและเย็นตัวแล้ว ห้ามเปลี่ยนบนผิวชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่กำลังบดทับหรือบดทับเสร็จแล้ว ให้จอดบนผิวชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตบริเวณที่เย็นตัวแล้ว ห้ามจอดบนผิวชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ยังร้อนอยู่ ถ้าในการบดทับทำให้ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตเกิดการเคลื่อนตัวออกไปต้องแก้ไขโดยด่วน โดยการคราดส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตบริเวณดังกล่าวให้หลวมแล้วนำส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีคุณภาพและอุณหภูมิถูกต้องมาเพิ่มพร้อมกับแต่งระดับให้สม่ำเสมอได้ระดับถูกต้อง แล้วจึงบดทับใหม่

(2) ความเร็วของรถบดในการบดทับ ในการบดทับโดยทั่ว ๆ ไป รถบดจะต้องวิ่งด้วยความเร็วต่ำและสม่ำเสมอ ความเร็วสูงสุดที่ใช้ในการบดทับขึ้นอยู่กับชนิดของรถบด อุณหภูมิ ชนิดลักษณะ และความหนาของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต ขั้นตอนการบดทับ และปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ความเร็วสูงสุดในการบดทับ สำหรับรถบดล้อเหล็กแบบไม่สั่นสะเทือน รถบดล้อเหล็กแบบสั่นสะเทือนซึ่งบดทับโดยไม่สั่นสะเทือน และรถบดล้อยาง ควรจะเป็นไปตามตารางที่ 4.4 - 2

ความเร็วสูงสุดของการบดทับ สำหรับรถบดสั่นสะเทือนที่มีความถี่ในการสั่นสะเทือนใด ๆ ขึ้นอยู่กับระยะกระแทกของล้อรถบด (Impact Spacing) ซึ่งตามปกติระยะการกระแทกของล้อรถบดจะน้อยกว่าความหนาของชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่บดทับแล้ว ในการบดทับระยะกระแทกของล้อรถบดไม่ควรน้อยกว่า 10 ครั้ง ต่อระยะทาง 300 มิลลิเมตร (33 ครั้งต่อระยะทาง 1 เมตร) ที่รถบดเคลื่อนตัวไป สำหรับความเร็วที่เหมาะสมในการบดทับของรถบดสั่นสะเทือนที่ความถี่การสั่นสะเทือนใด ๆ ที่ใช้ และระยะกระแทกของล้อรถบดที่กำหนด ควรจะเป็นไปตามตารางที่ 4.4 – 3

ตารางที่ 4.4 – 2 ความเร็วของรถบดในการบดทับ

ชนิดของรถบด	ความเร็วของรถบดในการบดทับ					
	การบดทับขั้นต้น		การบดทับขั้นกลาง		การบดทับขั้นสุดท้าย	
	กม. / ชม.	ไมล์ / ชม.	กม. / ชม.	ไมล์ / ชม.	กม. / ชม.	ไมล์ / ชม.
รถบดล้อเหล็กชนิด 2 ล้อ	3	2	5	3	5*	3*
รถบดล้อยาง	5	3	5	3	8	5
รถบดสั่นสะเทือน**	4 – 5	2.5 – 3	4 – 5	2.5 – 3	-	-

* รวมถึงรถบดสั่นสะเทือนบดทับโดยไม่สั่นสะเทือน

** ดูตารางที่ 4.4 – 3 ประกอบ

ตารางที่ 4.4 – 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว ความถี่ และจำนวนครั้งการกระแทก

ความถี่ การสั่นสะเทือน เฮิรตซ์ (รอบต่อนาที)	จำนวนครั้งการกระแทกต่อระยะ 1 เมตร* (จำนวนครั้งการกระแทกต่อระยะ 1 ฟุต)				
30 (1,800)	45.0	33.8	27.0	22.5	19.3
	(13.6)	(10.2)	(8.2)	(6.8)	(5.8)
33 (2,000)	50.0	37.5	30.0	25.0	21.4
	(15.2)	(11.4)	(9.1)	(7.6)	(6.5)
37 (2,200)	55.0	41.3	33.0	27.5	23.6
	(16.7)	(12.5)	(10.0)	(8.3)	(7.1)
40 (2,400)	60.0	45.0	36.0	30.0	25.7
	(18.2)	(13.6)	(10.9)	(9.1)	(7.8)
43 (2,600)	65.0	48.8	39.0	32.5	27.9
	(19.7)	(14.8)	(11.8)	(9.8)	(8.4)
47 (2,800)	70.0	52.5	42.0	35.0	30.0
	(21.2)	(15.9)	(12.7)	(10.6)	(9.1)
50 (3,000)	75.0	56.3	45.0	37.5	32.1
	(22.7)	(17.0)	(13.6)	(11.4)	(9.7)
ความเร็วรถบด					
กม. / ชม.	2.4	3.2	4.0	4.8	5.6
ไมล์ / ชม.	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
เมตร / นาที	40.0	53.3	66.7	80.0	93.3
ฟุต / นาที	132	176	220	264	308

*ช่วงที่ควรใช้คือตัวเลขที่พิมพ์ตัวหนา

(3) การทำแปลงทดลองเพื่อกำหนดรูปแบบของการกดทับ ก่อนเริ่มการก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต เพื่อให้ใช้เครื่องจักรบดทับที่มีอยู่ได้ถูกต้องเหมาะสมต่องานและเกิดประโยชน์สูงสุด ควรทำแปลงทดลองในสนามยาวประมาณ 100-150 เมตร เพื่อกำหนดรูปแบบของการบดทับ (Pattern of Rolling) ที่เหมาะสมกับชนิด จำนวน สภาพเครื่องจักรที่นำมาใช้งาน โดยเมื่อบดทับเสร็จแล้ว จะต้องได้ชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความเรียบร้อย ความแน่นสม่ำเสมอ ได้ระดับ ความลาดตามแบบ และมีคุณสมบัติอื่น ๆ ที่ถูกต้องตามที่กำหนด การทำแปลงทดลองบดทับนี้ให้ดำเนินการแก้ไขปรับการใช้งานหรือเพิ่มจำนวนเครื่องจักรบดทับได้แล้วแต่กรณี จนกว่าจะสามารถบดทับได้ถูกต้องตามที่กำหนดและนายช่างผู้ควบคุมงานเห็นชอบ จึงนำไปเป็นบรรทัดฐานในการก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตในงานนั้น ๆ ต่อไปในระหว่างการก่อสร้างหากมีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ เกี่ยวกับส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตหรือเครื่องจักรบดทับที่ใช้งาน และอื่น ๆ นายช่างผู้ควบคุมงานอาจพิจารณาให้ปรับปรุงแก้ไขหรือทำแปลงทดลองในสนามเพื่อทดลองหาความเหมาะสมใหม่ก็ได้ ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

การกำหนดรูปแบบการบดทับที่เหมาะสมสำหรับเครื่องจักรบดทับที่เหมาะสมสำหรับเครื่องจักรบดทับชุดใด ๆ ที่ใช้งานนั้นให้ผู้รับจ้างดำเนินการทดลองบดทับ เพื่อกำหนดขนาดพื้นที่บดทับที่สัมพันธ์กับกำลังผลิตส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตของโรงงานผสม อัตราการปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต และเพื่อทราบจำนวนเที่ยวการบดทับเต็มผิวแอสฟัลต์คอนกรีต (Coverage) จำนวนเที่ยวการบดทับซ้ำที่ช่องทางบดทับแต่ละช่อง (Pass) ความเร็วของรถบดแต่ละชนิดในการบดทับ และอื่น ๆ

(4) ลำดับขั้นตอนการบดทับชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต เมื่อปูชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตช่องจราจรแรกหรือเต็มผิวจราจรในคราวเดียว การบดทับจะต้องดำเนินการตามลำดับคือ ก.บดทับรอยต่อตามขวาง ข.บดทับขอบผิวชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตด้านนอก ค.บดทับขั้นต้น ง.บดทับขั้นกลาง และ จ.บดทับขั้นสุดท้าย

เมื่อปูชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตหลายช่องจราจรพร้อมกันหรือปูชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตใหม่ประกบกับช่องจราจรเดิมที่ได้ดำเนินการเรียบร้อยแล้ว หรือประกบกับช่องจราจรเดิมที่ได้ดำเนินการเรียบร้อยแล้ว หรือประกบกับแนวโครงสร้างใดที่มีอยู่แล้ว การบดทับจะต้องดำเนินการตามลำดับดังนี้

- ก. บดทับรอยต่อตามขวาง
- ข.บดทับรอยต่อตามยาว
- ค.บดทับของผิวชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตด้านนอก
- ง.บดทับขั้นต้น
- จ.บดทับขั้นกลาง
- ฉ.บดทับขั้นสุดท้าย

(4.1) การบดทับรอยต่อตามขวางให้ใช้รถบดล้อเหล็ก 2 ล้อ หรือรถบดสั่นสะเทือนแต่ให้บดทับโดยไม่สั่นสะเทือน สำหรับการก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตช่องจราจรแรกก่อนการบดทับรอยต่อตามขวาง ควรใช้แผ่นไม้ที่มีความหนาเหมาะสมวางรองชิดขอบชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตบริเวณ

รอยต่อตามขวางทั้ง 2 ด้าน เพื่อรองรับล้อรถบดเวลาบดทับเลยขอบชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตออกไปเป็นการป้องกันมิให้ขอบชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ปลายรอยต่อตามขวางเสียหาย เสร็จแล้วจึงบดทับรอยต่อตามขวางโดยในการบดทับเที่ยวแรกให้รถบดวิ่งบนชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว และให้ล้อรถบดเหลื่อมเข้าในบริเวณชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ปูใหม่ประมาณ 50 มิลลิเมตร ใช้ไม้บรรทัดวัดความเรียบตรวจสอบความเรียบของรอยต่อ หากไม่ถูกต้องให้แก้ไขให้เรียบร้อยทันที และในการบดทับเที่ยวต่อๆ ไปให้แนวบดทับค่อยๆ เลื่อนเข้าไปในบริเวณชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ปูใหม่เที่ยวละ 150-200 มิลลิเมตร จนในที่สุดล้อรถบดจะเข้าไปบดทับบนชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ปูใหม่ทั้งหมด

สำหรับการก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตช่องจราจรประกบกับชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตช่องจราจรที่ได้ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว การบดทับในครั้งแรกให้บดทับบริเวณปลายรอยต่อตามขวางด้านที่บรรจบกับรอยต่อความยาว โดยให้บดทับขนานไปตามรอยต่อตามยาวเป็นระยะประมาณ 0.5-1 เมตร แล้วใช้ไม้บรรทัดวัดความเรียบตรวจสอบความเรียบของรอยต่อ หากไม่ถูกต้องให้แก้ไขให้เรียบร้อยทันที ต่อจากนั้นให้เริ่มบดทับรอยต่อตามขวางก่อนบดทับควรใช้แผ่นไม้ที่มีความหนาเหมาะสมวางรองชิดขอบชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตบริเวณรอยต่อตามขวางด้านนอก เสร็จแล้วให้บดทับรอยต่อตามขวาง โดยให้ดำเนินการตามวิธีการบดทับดังกล่าวข้างต้น

(4.2) การบดทับรอยต่อตามยาว รอยต่อตามยาวแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

- รอยต่อเย็นหรือรอยต่อเก่า (Cold Joint) หมายถึง รอยต่อตามยาวระหว่างช่องจราจรที่ได้ก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตและบดทับเรียบร้อยแล้ว กับชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตใหม่ที่ก่อสร้างประกบกัน

ในการบดทับรอยต่อตามยาว เมื่อใช้รถบดล้อเหล็กชนิดไม่สั่นสะเทือน การบดทับเที่ยวแรกให้ล้อบดส่วนใหญ่อยู่บนชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ก่อสร้างเสร็จแล้ว โดยให้ล้อรถบดเหลื่อมเข้าไปบนชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ก่อสร้างใหม่ 100 - 150 มิลลิเมตร และในการบดทับเที่ยวต่อๆ ไปให้ล้อรถบดค่อยๆ เลื่อนแนวบดทับเหลื่อมเข้าไปบนชั้นทางที่ก่อสร้างใหม่เพิ่มขึ้นจนกระทั่งล้อรถบดจะอยู่บนชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ก่อสร้างใหม่ ในกรณีใช้รถบดสั่นสะเทือนบดทับ การบดทับจะต้องให้ล้อรถส่วนใหญ่อยู่บนชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ก่อสร้างใหม่ โดยใช้ล้อรถบดเหลื่อมเข้าไปบนชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ก่อสร้างแล้ว 100 -150 มิลลิเมตร และให้ดำเนินการบดทับซ้ำตามแนวบดทับดังกล่าว จนกระทั่งได้รอยต่อตามยาวที่เรียบร้อยและได้ความแน่นตามที่กำหนด

- รอยต่อร้อนหรือรอยต่อใหม่ (Hot Joint) หมายถึง รอยต่อตามยาวของชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตระหว่างช่องจราจร 2 ช่อง ที่ก่อสร้างพร้อมกันปูด้วยเครื่องปู 2 ชุด

ในการบดทับรอยต่อตามยาวแบบนี้ ให้ใช้รถบดล้อเหล็กเข้าบดทับพื้นที่บริเวณรอยต่อทั้ง 2 ข้างของรอยต่อตามยาวกว้างประมาณ 400 มิลลิเมตร ที่เว้นไว้ในการบดทับขั้นต้นการบดทับให้แนวรอยต่อตามยาวอยู่กึ่งกลางความกว้างของล้อรถบด โดยให้บดทับจนกว่าจะได้รอยต่อตามยาวที่เรียบร้อยและได้ความแน่นตามที่กำหนด

(4.3) การบดทับขั้นต้น (Initial of Breakdown Rolling) ภายหลังจากที่ได้บดทับรอยต่อต่างๆ เสร็จเรียบรอยแล้วให้ดำเนินการบดทับขั้นต้นเมื่อส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตมีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 120 องศาเซลเซียส (248 องศาฟาเรนไฮต์) การบดทับให้ใช้ได้ทั้งรถบดล้อเหล็กแบบไม่สั่นสะเทือนหรือรถบดสั่นสะเทือน โดยน้ำหนักรถบด น้ำหนักบดทับ น้ำหนักต่อความกว้างของล้อรถบด ความถี่การสั่นสะเทือน ระยะเต้นของล้อรถบด ความเร็วของรถบดและปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆ จะต้องพิจารณาใช้ให้เหมาะสมกับชนิด ลักษณะ ความคงตัว อุณหภูมิ ความหนาของชั้นทางที่ปู และสภาพของชั้นทางที่อยู่ภายใต้ที่จะก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตทับ การบดทับให้เริ่มบดทับจากขอบชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตด้านต่ำหรือขอบชั้นทางด้านนอกไปหาขอบชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตด้านสูงหรือขอบชั้นทางด้านใน

การบดทับโดยใช้รถบดสั่นสะเทือน ควรใช้ความถี่การสั่นสะเทือน และระยะเต้นของรถบดให้เหมาะสม ความถี่การสั่นสะเทือนควรอยู่ระหว่าง 33 - 50 เฮิรตซ์ (2,000 - 3,000 รอต่อนาที) และระยะเต้นของล้อรถบดควรอยู่ระหว่าง 0.2 - 0.8 มิลลิเมตร สำหรับการบดทับชั้นผิวทางหรือผิวไหล่ทางแอสฟัลต์คอนกรีตควรใช้ค่าความถี่การสั่นสะเทือนด้านสูง และใช้ค่าระยะเต้นด้านต่ำ แต่ถ้าเป็นชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ไม่ใช่ชั้นผิวทางและมีความหนามากกว่า 50 มิลลิเมตร อาจใช้ค่าความถี่การสั่นสะเทือนด้านต่ำ และใช้ค่าระยะเต้นด้านสูงได้ อย่างไรก็ตามการใช้ค่าความถี่การสั่นสะเทือนและค่าระยะเต้นของรถบดในการบดทับ ให้พิจารณาจากผลการทำแปลงทดลองตามข้อ 4.4.5.2.4 (3)

การบดทับทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาน้อยกว่า 25 มิลลิเมตร ต้องพิจารณาความเหมาะสมเป็นพิเศษ หากใช้รถล้อเหล็กไม่ควรบดทับโดยการสั่นสะเทือน หากจะใช้รถบดบดทับโดยการสั่นสะเทือนก็ให้ใช้ค่าระยะเต้นของล้อรถบดด้านต่ำ โดยเมื่อบดทับแล้วจะต้องไม่เกิดความเสียหายของชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต เช่น เกิดการยุบตัว ทั้งนี้ต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

การบดทับชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาระหว่าง 25 - 50 มิลลิเมตร หากใช้รถบดสั่นสะเทือนบดทับ ควรใช้ค่าความถี่การสั่นสะเทือนด้านสูงและใช้ค่าระยะเต้นของล้อรถบดด้านต่ำ

การบดทับชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนามากกว่า 50 มิลลิเมตร ด้วยรถบดสั่นสะเทือน สำหรับการบดทับชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ไม่ใช่ชั้นผิวทาง อาจใช้ค่าระยะเต้นของล้อรถบดด้านสูงได้ แต่สำหรับชั้นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ควรจะใช้ค่าความถี่การสั่นสะเทือนด้านสูง และใช้ค่าระยะเต้นของล้อรถบดด้านต่ำ

การบดทับชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนามากกว่า 50 มิลลิเมตร และไม่มีแนวสิ่งก่อสร้าง เช่น Curb หรือชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ก่อสร้างแล้วช่วยอัดด้านข้างไว้หากบดทับตามวิธีการปกติแล้วปรากฏว่ามีการเคลื่อนตัวของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตด้านข้างให้เปลี่ยนวิธีการบดทับใหม่ โดยให้ร่นแนวบดทับเที่ยวแรกเข้าไปให้ห่างจากขอบชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตประมาณ 300 มิลลิเมตร หลังจากนั้นให้บดทับต่อไปตามปกติเสร็จแล้วจึงมาบดทับขอบชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตส่วนที่เว้นไว้นั้นในเที่ยวสุดท้ายของการบดทับเต็มหน้าเที่ยวแรกต่อไป

การก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต 2 ช่องจราจรพร้อมกัน การบดทับในชั้นต้นนี้ให้ดำเนินการพร้อมกันทั้ง 2 ช่องจราจร โดยให้เว้นระยะของแนวบดทับให้ห่างจากรอยต่อร้อนหรือรอยต่อใหม่ของแต่ละช่องจราจรไว้ข้างละประมาณ 200 มิลลิเมตร พื้นที่แนวรอยต่อดังกล่าวนี้ให้ดำเนินการบดทับ แบบการบดทับรอยต่อร้อนหรือรอยต่อใหม่ต่อเนื่องกันไป

(4.4) การบดทับขั้นกลาง (Intermediate Rolling) ให้เริ่มดำเนินการบดทับเมื่อชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตมีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 95 องศาเซลเซียส (203 องศาฟาเรนไฮต์) การบดทับขั้นกลางควรดำเนินการตามรูปแบบการบดทับขั้นต้น โดยให้บดทับตามหลังการบดทับขั้นต้นให้ใกล้ชิดที่สุด และให้บดทับโดยต่อเนื่องไปจนกว่าจะได้ความแน่นตามที่กำหนดและสม่ำเสมอทั่วทั้งแปลงที่ก่อสร้าง

การบดทับขั้นกลาง ตามปกติให้รถบดล้อยางเป็นหลัก โดยเฉพาะชั้นผิวทางและผิวไหล่ทางแอสฟัลต์คอนกรีต ให้ปรับน้ำหนักรถบด และความดันลมยาง เพื่อให้แรงอัดที่ผิวหน้าสัมผัสของล้อรถบดที่เหมาะสมกับชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่กำลังบดทับ

สำหรับชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตอื่นๆ หรือชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนามากกว่า 50 มิลลิเมตร ที่ไม่ใช่ชั้นผิวทางและผิวไหล่ทางแอสฟัลต์คอนกรีต อาจพิจารณาให้ใช้รถบดล้อเหล็ก รถบดสั่นสะเทือน บดทับร่วมกับรถบดล้อยางด้วยได้ตามเหมาะสมโดยมีน้ำหนักรถบด น้ำหนักบดทับ น้ำหนักต่อความกว้างของล้อรถบด ความถี่การสั่นสะเทือน ระยะเต้นของล้อรถบด และปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆ เหมาะสมกับชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่กำลังบดทับ ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

(4.5) การบดขั้นสุดท้าย (Finish Rolling) มีจุดประสงค์เพื่อลบรอยล้อรถบดที่ผิวหน้า และทำให้ผิวหน้าเรียบสม่ำเสมอเท่านั้น ทั้งนี้ให้เริ่มดำเนินการเมื่อชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตมีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 66 องศาเซลเซียส (150 องศาฟาเรนไฮต์) ให้ใช้รถบดล้อเหล็กแบบไม่สั่นสะเทือน หรือใช้รถบดสั่นสะเทือนแต่บดทับโดยไม่สั่นสะเทือนเท่านั้น โดยน้ำหนักรถบด น้ำหนักบดทับ น้ำหนักต่อความกว้างของล้อรถบด และปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆ เหมาะสมกับชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่กำลังบดทับ

(4.6) การบดทับพื้นที่พิเศษ

- การบดทับบนพื้นที่ลาดชันสูง (Steep Grade) สำหรับชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ก่อสร้างบนพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง หรือในทางโค้งที่มีการยกโค้งสูง การบดทับโดยรถล้อเหล็กแบบไม่สั่นสะเทือนให้ใช้ล้อตาม (Tiller Wheel) เดินหน้าโดยให้บดทับตามหลังเครื่องปูโดยใกล้ชิดที่สุด ไม่ว่าเครื่องปูจะปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตขึ้นทางลาดชันหรือปูลงตามทางลาดชันก็ตาม ในการบดทับโดยใช้รถล้อบดสั่นสะเทือนนั้น การบดทับในเที่ยวแรกให้บดทับโดยไม่สั่นสะเทือนแต่หลังจากที่ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตของชั้นทางมีความคงตัว (Stability) สูงขึ้นมากพอที่บดทับโดยการสั่นสะเทือนได้ ก็ให้บดทับต่อไปโดยการสั่นสะเทือน โดยให้ใช้ค่าระยะเต้นของล้อรถบดด้านต่ำ

- การบดบนทับพื้นที่ที่รถบดเข้าไปดำเนินการไม่ได้ (Inacessible Area) สำหรับพื้นที่ก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีรถบดเข้าไปดำเนินการไม่ได้ เช่น บริเวณที่ชิดกับ Curb และ Gutter

สะพาน ขอบบ่อพัก (Manhole) และสิ่งกีดขวางอื่นๆ จะต้องใช้เครื่องจักรหรือเครื่องมือบดทับขนาดเล็กที่ถูกต้อง การนำมาใช้ และการใช้งานให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

- การบดทับบริเวณทางแยก ทางเชื่อม (Bell Mouth Area) อาจดำเนินการได้ 2 วิธี คือ

ก. การบดทับทะแยงมุม ในขั้นแรกให้ดำเนินการบดทับที่มุม ต่อจากนั้นจึงบดทับขนานกับขอบทางโค้ง

ข. การบดทับขนาน ในขั้นแรกให้ดำเนินการบดทับตั้งฉากแนวเส้นแบ่งกึ่งกลางทางแยก ต่อจากนั้นจึงบดทับขนานกับขอบทางโค้ง

4.4.2.2.5 การควบคุมการจราจรระหว่างการก่อสร้าง

ในระหว่างการก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตจะต้องจัดและควบคุมการจราจรไม่ให้ผ่านชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ก่อสร้างใหม่ จนกว่าชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตจะเย็นตัวลงมากพอที่เมื่อเปิดให้การจราจรผ่านแล้วจะไม่ทำให้เกิดร่องรอยบนชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตนั้น โดยจะต้องติดตั้งป้ายจราจรพร้อมอุปกรณ์ควบคุมการจราจรอื่นๆ ที่จำเป็นตามที่กำหนดพร้อมจัดบุคลากรเพื่ออำนวยการจราจรให้ผ่านพื้นที่ก่อสร้างได้โดยสะดวกปลอดภัย และไม่ทำให้ชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ก่อสร้างใหม่นั้นเสียหาย ระยะเวลาในการปิดและเปิดการจราจรให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

4.4.3 การตรวจสอบ

4.4.3.1 การตรวจสอบลักษณะผิว (Surface Texture)

ชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยร้อยแล้ว จะต้องได้ระดับและความลาดตามแบบ มีลักษณะผิว และลักษณะการบดทับที่สม่ำเสมอ ไม่ปรากฏความเสียหาย เช่น แอสฟัลต์คอนกรีตที่ผิวหน้าหลุด (Pull) รอยฉีก (Torn) ผิวหน้าหลวมหรือแยกตัว (Segregation) เป็นคลื่น (Ripple) หรือความเสียหายอื่นๆ หากตรวจสอบแล้วปรากฏความเสียหายดังกล่าวจะต้องดำเนินการแก้ไขให้ถูกต้องเรียบร้อยตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

4.4.3.2 การตรวจสอบความเรียบที่ผิว (Surface Tolerance)

เมื่อใช้ไม้บรรทัดวัดความเรียบวางทาบบนผิวของชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตในแนวตั้งฉากและในแนวขนานเส้นแบ่งกึ่งกลางถนน ระดับผิวของชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตภายใต้ไม้บรรทัดวัดความเรียบจะแตกต่างจากระดับของไม้บรรทัดวัดความเรียบได้ไม่เกิน 6 มิลลิเมตร และ 3 มิลลิเมตร ตามลำดับ

4.4.3.3 **การตรวจสอบความแน่น** (Density)

การตรวจสอบความแน่นของชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต ที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว ได้จากการเปรียบเทียบค่าความแน่นของตัวอย่างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต กับค่าความแน่นของตัวอย่างที่บดอัดในห้องทดลองตาม ทล.-ท. 604 "วิธีการทดลองแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธี Marshall" โดยคำนวณเป็นค่าความแน่นร้อยละของค่าความแน่นของตัวอย่างที่บดอัดในห้องทดลอง

4.4.3.3.1 **การจัดเตรียมก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตในห้องทดลอง**

ให้เก็บตัวอย่างส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตจากรถบรรทุกที่โรงงานผสมก่อนขนส่งออกไปยังสถานที่ก่อสร้าง โดยการสุ่มตัวอย่างจากรถบรรทุก จากการผลิตส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตประจำวันเป็นระยะ ๆ แล้วนำไปดำเนินการในห้องทดลอง โดยให้ได้ก้อนตัวอย่างอย่างน้อย 8 ก้อนตัวอย่างในแต่ละวันที่ปฏิบัติงาน ทดลองหาค่าความแน่นแล้วนำค่าความแน่นที่ทดลองได้จากก้อนตัวอย่างทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยเป็นค่าความแน่นในห้องทดลองประจำวันสำหรับใช้ในการคำนวณเปรียบเทียบเป็นค่าความแน่นร้อยละของตัวอย่างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตในสนาม

การเก็บตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่างส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตให้ดำเนินการตามรายละเอียดและวิธีการที่กำหนด การทดลองหาค่าความแน่นให้ดำเนินการตาม ทล.-ท. 604 "วิธีการทดลองแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธี Marshall" สำหรับอุณหภูมิส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตในขณะบดอัดก้อนตัวอย่างในห้องทดลอง จะต้องตรงตามที่ระบุไว้ในสูตรส่วนผสมเฉพาะงาน สำหรับตัวอย่างส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตระหว่างดำเนินการ ในห้องทดลองนั้นอนุญาตให้นำเข้าอบในเตาอบเพื่อรักษาอุณหภูมิสำหรับการบดอัดที่กำหนดได้นานไม่เกิน 30 นาที ในระหว่างดำเนินการถ้าอุณหภูมิของตัวอย่างส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิการบดอัดที่กำหนดให้ทิ้งตัวอย่างส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตดังกล่าว ห้ามนำไปอบเพื่อเพิ่มอุณหภูมิเพื่อนำมาใช้บดอัดทำก้อนตัวอย่างทดลองอีกต่อไป

4.4.3.3.2 **การเตรียมก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตในสนาม**

ให้เจาะก้อนตัวอย่างของชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วด้วยเครื่องเจาะตัวอย่าง โดยให้เจาะเก็บตัวอย่างจำนวน 1 ก้อนตัวอย่างทุกๆ ระยะทางประมาณ 250 เมตร หรือทุกๆ ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่นำมาใช้งานประมาณ 100 ตัน แล้วนำไปทดลองหาค่าความแน่นตาม ทล.-ท. 604 "วิธีการทดลองแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธี Marshall"

สำหรับชั้นผิวทาง ชั้นรองผิวทาง และชั้นปรับระดับแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาไม่น้อยกว่า 25มิลลิเมตร ค่าความแน่นของชั้นแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามจะต้องไม่น้อยกว่า ร้อยละ 98 ของค่าความแน่นเฉลี่ยของก้อนตัวอย่างจากห้องทดลองที่ใช้เปรียบเทียบประจำวัน

สำหรับชั้นพื้นทาง และผิวไหล่ทางแอสฟัลต์คอนกรีต ค่าความแน่นของชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามจะต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 97 และ 96 ของค่าความแน่นของเฉลี่ยของก้อนตัวอย่างจากห้องทดลองที่ใช้เปรียบเทียบประจำวัน ตามลำดับ

4.4.4 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

4.4.4.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานแอสฟัลต์คอนกรีต ให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการก่อสร้างถูกต้องตามแบบและข้อกำหนดเรียบร้อยแล้ว มีหน่วยวัดตามที่กำหนดไว้ในแบบ ซึ่งมีวิธีการวัดแต่ละหน่วยวัดดังนี้

(1) การวัดปริมาณงานเป็นหน่วยน้ำหนัก การวัดปริมาณงานแบบนี้ ใช้วิธีการชั่งหานำหนักแอสฟัลต์คอนกรีตที่นำไปปูบนชั้นทางใดๆ โดยการชั่งจากเครื่องชั่งที่ได้มาตรฐานผ่านการรับรองและถูกต้องตลอดระยะเวลาที่ใช้งานโดยสามารถบันทึกน้ำหนักตีพิมพ์ออกมาได้โดยอัตโนมัติ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นเมตริกตัน

(2) การวัดปริมาณงานเป็นหน่วยพื้นที่ การวัดปริมาณงานแบบนี้ให้คิดจากพื้นที่ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นตารางเมตร

(3) การวัดปริมาณงานเป็นหน่วยปริมาตร การวัดปริมาณงานแบบนี้ให้การวัดโดยการตรวจสอบค่าระดับก่อนการก่อสร้าง และเมื่อก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตถูกต้องตามข้อกำหนดแล้ว โดยใช้ระยะตามแนวตั้งฉากกับศูนย์กลางทางทุกระยะ 1 เมตร หรือน้อยกว่าและระยะตามแนวศูนย์กลางทางทุกระยะ 12.50 เมตร หรือน้อยกว่า ตามดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงานคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดด้วยวิธีคูณไขว้และใช้วิธีเฉลี่ยพื้นที่หน้าตัดในการคำนวณหาปริมาตร ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

4.4.4.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่นๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

งาน ASPHALT CONCRETE BINDER COURSE

4.5 งานขอบผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต
(ASPHALT CONCRETE SURFACE EDGE)

หมายถึง การก่อสร้างขอบผิวทางด้วยวัสดุที่ได้จากการผสมร้อน ระหว่างมวลรวมกับแอสฟัลต์คอนกรีต โดยการปูหรือเกลี่ยแต่งและบดทับบนชั้นทางใด ๆ ที่ได้เตรียมไว้แล้วไปพร้อมกับชั้นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตให้ได้แนว และรูปร่าง ตามที่แสดงไว้ในแบบ

4.5.1 วัสดุ

หากไม่ได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่นให้ใช้ส่วนผสมของมวลรวม และแอสฟัลต์คอนกรีตที่เป็นส่วนผสมเดียวกันกับส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตของผิวทางในช่วงนั้นๆ

4.5.2 วิธีการก่อสร้าง

การก่อสร้างขอบผิวทางให้ก่อสร้างไปพร้อมๆ กับการก่อสร้างผิวทาง โดยการปูหรือเกลี่ยแต่งและบดทับแน่นให้ได้แนว และรูปร่าง ตามที่แสดงไว้ในแบบ

4.5.2 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

4.5.2.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานแอสฟัลต์คอนกรีต ให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการก่อสร้างถูกต้องตามแบบและข้อกำหนดแล้ว ซึ่งมีวิธีการวัดแต่ละหน่วยวัดดังนี้

(1) การวัดปริมาณงานเป็นหน่วยความยาว การวัดปริมาณงานแบบนี้ ให้วัดจากความยาวตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นเมตร

(2) การวัดปริมาณงานเป็นหน่วยพื้นที่ การวัดปริมาณงานแบบนี้ให้คิดจากพื้นที่ตามได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นตารางเมตร

4.5.2.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่นๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

4.6 งานผิวแบบโคลด์มิกซ์แอสฟัลต์
(COLD MIXED ASPHALT)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นปรับระดับ รองผิวทาง หรือผิวทาง ด้วยวัสดุผสมที่ได้จากการผสมเย็นระหว่างมวลกับแอสฟัลต์อิมัลชัน โดยการปูหรือเกลี่ยแต่ง และบดทับบนชั้นทางใดๆ ที่ได้เตรียมไว้แล้วให้ได้แนว และรูปร่าง ตามที่แสดงไว้ในแบบ

4.6.1 วัสดุ

4.6.1.1 แอสฟัลต์

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุชนิดของแอสฟัลต์ไว้เป็นอย่างอื่น ให้ใช้แอสฟัลต์ CMS-2h ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แคตอิออนนิกแอสฟัลต์อิมัลชันสำหรับถนน มาตรฐานเลขที่ มอก.371 และต้องผ่านการวิเคราะห์คุณภาพให้ใช้ได้แล้ว

ปริมาณการใช้แอสฟัลต์อิมัลชันโดยประมาณ สำหรับงานก่อสร้างทาง งานปรับระดับและงานเสริมผิว ให้เป็นไปตามค่ากำหนด ส่วนปริมาณแอสฟัลต์อิมัลชันที่ใช้จริงในสนามได้จากการทดลองเพื่อออกแบบ (Mix Design)

ปริมาณการใช้แอสฟัลต์อิมัลชันโดยประมาณ สำหรับงานซ่อมผิวมวลรวมให้เป็นไปตามค่ากำหนด

4.6.1.2 มวลรวม

มวลรวมต้องเป็นหินโม่หรือกรวดโม่ที่สะอาด แข็งและคงทน ปราศจากดินหรือวัสดุไม่พึงประสงค์ใดๆ

ขนาดคละของมวลรวม สำหรับงานก่อสร้างทาง งานปรับระดับและงานเสริมผิว

ขนาดคละของมวลรวม สำหรับงานซ่อมผิว ให้เป็นไปตามตารางที่ 4.6-2

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุคุณสมบัติไว้เป็นอย่างอื่น มวลรวมต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

(1) มีค่าความสึกหรอ เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 202 “วิธีการทดลองหาความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion” ไม่เกินร้อยละ 40

(2) มีค่าของส่วนที่ไม่คงทน (Los) เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 213 “วิธีการทดลองหาความคงทน(Soundness) ของมวลรวม” โดยใช้โซเดียมซัลเฟต จำนวน 5 รอบ ไม่เกินร้อยละ 9

มวลรวมจากแหล่งเดิมที่มีหลักฐานแลดงผงทดลองหาความคงทนว่าใช้ได้ อาจจะยกเว้นไม่ต้องทดลองอีกก็ได้ ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของกรมทางหลวงที่จะใช้ผลการทดลองเดิมที่มีอยู่

(3) ในกรณีที่ใช้กรวดโม่ ส่วนที่ค้างตระแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตรของกรวดโม่แต่ละขนาด เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 212 “วิธีการทดลองหาปริมาณร้อยละที่แตกของกรวดโม่” ต้องมีหน้าแตกเพราะการโม่ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 โดยมวล

(4) ส่วนละเอียดที่ผ่านตะแกรง 4.75 มิลลิเมตร เมื่อทดลองตาม ทล. – ท.203"วิธีการทดลองหาค่า Sand Equivalent" ต้องมีค่า Sand Equivalent ต้องมีค่า Sand Equivalent ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50

4.6.2 วิธีการก่อสร้าง

4.6.2.1 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

ก่อนเริ่มงานจ้างเหมาปรับระดับ และก่อสร้างผิวทาง ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องจักร เครื่องมือและเครื่องใช้ต่างๆ ไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ชั้นพื้นทางหรือผิวทางเดิม ที่จะทำผิวทางใหม่ หรือเสริมผิว หรือปรับระดับ จะต้องทำความสะอาดฝุ่นผง และคราบน้ำมันต่างๆ ออกให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยการใช้เครื่องกวาดฝุ่นหรือใช้เครื่องเป่าลม การลาดแอสฟัลต์ Tack Coat ในงานซ่อมบำรุงผิวทางเดิมให้ใช้แอสฟัลต์อิมัลชันกับน้ำในอัตราส่วน 1:1 ลาดในอัตรา 0.2 - 0.5 ลิตรต่อตารางเมตร ถ้าเป็นงานก่อสร้างที่ชั้นพื้นทางได้ Prime Coat ไว้เป็นหรือผิวทางที่มีแอสฟัลต์มากก็ไม่ต้องทำ ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

4.6.2.2 การก่อสร้าง

ปูส่วนผสมโคลด์มิกซ์แอสฟัลต์ด้วยเครื่องปู ที่ได้ตรวจสอบและตรวจปรับแล้ว ทันทีที่ปูส่วนผสมโคลด์มิกซ์แอสฟัลต์ให้ใช้รถบดล้อเหล็กบดทับขั้นต้น 2 - 40 เที่ยว (Initial Breakdown Rolling) ด้วยความเร็วประมาณ 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยบดจากขอบทางเข้าหาศูนย์กลางทางเมื่อเสร็จแล้วให้ใช้หินฝุ่น หรือทรายหยาบแห้งสาดเกลี่ยให้สม่ำเสมอทับหน้าในอัตรา 2 - 4 กิโลเมตรต่อตารางเมตร แล้วใช้รถบดล้อยางขึ้นบดทับ โดยบดทับจากด้านขอบทางเข้าหาศูนย์กลางด้วยความเร็วไม่เกิน 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมงประมาณ 6 – 10 เที่ยว ต่อจากนั้น ใช้รถบดล้อเหล็กบดทับแต่งผิวให้เรียบ ปิดการจราจรประมาณครึ่งชั่วโมง จึงเปิดให้การจราจรผ่านได้

4.6.2.3 การผสมโคลด์มิกซ์แอสฟัลต์เพื่อซ่อมบำรุงทาง

4.6.2.3.1 การผสมเพื่อซ่อมบำรุงทั่วไป

ในการซ่อมบำรุงทั่วๆ ไปที่กรมทางหลวงดำเนินการเอง เช่น การซ่อมผิว งานปรับระดับ งานเสริมผิว การผสมโคลด์มิกซ์แอสฟัลต์ เพื่อนำไปซ่อมผิว หรือผสมกองรวมเข้าเป็นกองวัสดุเก็บไว้ใช้ อาจจะใช้เครื่องผสมคอนกรีต หรือเครื่องผสมอื่นๆ ที่ปฏิบัติงานแทนและได้ผลดี หรือใช้คนผสมโดยใช้เครื่องมือ เช่น พลั่ว จอบ ฯลฯ ทำการผสมมวลรวมและแอสฟัลต์อิมัลชันเข้าด้วยกันในกระบะผสมหรือสถานที่ที่ได้เตรียมไว้อย่างเหมาะสมแล้วก็ได้

ขนาดคละของมวลรวม และอัตราส่วนผสมของแอสฟัลต์อิมัลชัน ให้อยู่ในพิกัดที่ให้ไว้

ในการผสมโคลด์มิกซ์แอสฟัลต์ โดยต้องดำเนินการเองดังกล่าว ควรผสมด้วยปริมาณพอเหมาะแต่ละครั้ง ไม่ควรให้มากเกินไป อันจะเป็นเหตุให้ไม่สามารถผสมให้มวลรวมและแอสฟัลต์อิมัลชัน

เข้ากันได้ดี มวลรวมที่พร้อมจะผสมกับแอสฟัลต์อิมัลชันนั้น ควรจะมีความชื้นอยู่ประมาณร้อยละ 0.5 - 3.0 โดยมวลของมวลรวม

เมื่อได้มวลรวมที่มีความชื้นพอเหมาะแล้ว ให้กวนหรือคน หรือผสมมวลรวมนั้นต่อไปและในขณะที่กำลังดำเนินการดังกล่าว ให้ราดแอสฟัลต์อิมัลชันปริมาณเท่าที่ได้กำหนดลงบนมวลรวมให้ทั่วมากที่สุดเท่าที่จะได้ทำ แล้วผสมต่อ จนกระทั่งส่วนผสมคลุกเคล้าเป็นเนื้อเดียวกัน จึงนำไปใช้งาน หรือกองรวมก่อนนำไปใช้งาน ระยะเวลาในการผสมมวลรวม และแอสฟัลต์อิมัลชันจนกระทั่งแล้วเสร็จไม่ควรเกิน 4 นาที

4.6.2.3.2 ข้อควรระวังในการผสมโคลด์มิกซ์แอสฟัลต์

(1) ต้องผสมน้ำกับมวลรวมจนกระทั่งเข้ากันดีจึงนำแอสฟัลต์อิมัลชันมาผสมกับมวลรวมต่อไป

(2) ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมกับมวลรวม ไม่ควรเกินร้อยละ 3.0 โดยมวลรวมของมวลรวมเพราะถ้าน้ำมากเกินไปแอสฟัลต์บางส่วนจะไม่จับติดผิวมวลรวม

(3) ต้องผสมกับมวลรวมกับแอสฟัลต์ให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ภายในเวลา 4 นาที เพราะถ้านานเกินไปแอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัวก่อนผสมเสร็จ ทำให้ส่วนผสมไม่ถูกต้องและทันทีที่ผสมเข้ากันแล้วต้องหยุด อย่าผสมต่อไป

4.6.2.3.3 การทำกองรวม

เมื่อได้ส่วนผสมที่ถูกต้องแล้ว ควรนำโคลด์มิกซ์แอสฟัลต์ไปกองรวมกันไว้ใต้หลังคาที่กันแดดกันฝนได้และควรใช้ให้หมดภายใน 2 สัปดาห์

4.6.2.4 การซ่อมบำรุงและการก่อสร้างทางดำเนินการเอง

4.6.2.4.1 งานซ่อมผิว

ใช้ส่วนผสมโคลด์มิกซ์แอสฟัลต์ ปะซ่อมผิวขุดซ่อมผิว ให้แต่งขอบบริเวณที่จะซ่อมเป็นรูปเหลี่ยมมุมฉาก ต้องเตรียมชั้นล่างให้เรียบร้อยแข็งแรงก่อน แล้วจึงทำการลาด Tack Coat บางๆ ด้วยแอสฟัลต์อิมัลชันผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:1 ลาดให้ทั่วตามขอบรอยตัดทุกแห่งและให้เลยขอบหลุมบริเวณที่จะซ่อมออกไปประมาณ 70-100 มิลลิเมตร ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าได้ป้องกันน้ำซึมลงรอยต่อพอเพียง แล้วนำส่วนผสมโคลด์มิกซ์แอสฟัลต์ปูลงไปได้แต่ละชั้นไม่ควรหนาเกิน 50 มิลลิเมตร ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าได้ป้องกันน้ำซึมลงรอยต่อพอเพียง แล้วนำส่วนผสมโคลด์มิกซ์แอสฟัลต์ปูลงไปได้แต่ละชั้นไม่ควรหนาเกิน 50 มิลลิเมตร ทั้งนี้เพื่อให้โอกาสส่วนผสม Set ตัวได้เร็ว หากต้องการซ่อมด้วยโคลด์มิกซ์แอสฟัลต์หนาเกินกว่านี้ ก็ควรปูและบดทับเป็นชั้น ๆ หลายชั้น ขอบเขตของการปูควรปูให้ปิดทับรอยที่ได้ลาดแอสฟัลต์เอาไว้แล้ว งานซ่อมบำรุงทางขนาดเล็ก หากไม่สามารถใช้รถบดขนาดใหญ่ได้ ก็ให้ใช้รถบดล้อเหล็กขนาดเล็กหรือเครื่องบดอัดสั่นสะเทือน (Plate Vibrator) หรือเหล็กกระทุ้งเท้าช้างชนิดสี่เหลี่ยมเพื่อให้เข้าบดตามขอบมุมได้ การบดทับลักษณะนี้จะตรวจสอบความแน่นด้วยการกะประมาณจากประสบการณ์เมื่อบดทับเสร็จแล้วสำหรับชั้นสุดท้ายที่จะเป็นผิว

จราจร จะต้องสาดหรือพ่นบางๆ ด้วยส่วนผสมของแอสฟัลต์อิมัลชันในอัตรา 0.5 - 0.7 ลิตรต่อตารางเมตร แล้วโรยหรือสาดด้วยหินฝุ่นหรือทรายเกลี่ยให้สม่ำเสมอแล้วจึงเปิดให้การจราจรผ่านได้

4.6.2.4.2 งานปรับระดับและงานเสริมผิว

งานปรับระดับและงานเสริมผิวที่ดำเนินการเองให้ใช้เครื่องจักรและเครื่องมือที่เหมาะสมในการปูและบดทับ โดยให้พยายามยึดแนวทางในการดำเนินการตามข้อ 4.6.5.2

4.6.2.5 การฉาบผิวป้องกันน้ำซึม (Seal)

ในกรณีที่จะต้องทำฉาบป้องกันน้ำซึม ให้ดำเนินการตามแบบหรือข้อกำหนดเฉพาะการฉาบผิว ให้ดำเนินการหลังจากทำโคลด์มิกซ์แอสฟัลต์เสร็จแล้วอย่างน้อย 3 สัปดาห์ และจะต้องทำชั้นป้องกันน้ำซึมนี้ก่อนฤดูฝน

4.6.3 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

4.6.3.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานผิวทางแบบโคลด์มิกซ์แอสฟัลต์ ให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการก่อสร้างถูกต้องตามแบบและข้อกำหนดเรียบร้อยแล้ว มีหน่วยวัดตามที่กำหนดไว้ในแบบ ซึ่งมีวิธีการวัดแต่ละหน่วยวัดดังนี้

(1) การวัดปริมาณงานเป็นหน่วยน้ำหนัก การวัดปริมาณงานแบบนี้ใช้วิธีการชั่งหานำหนักแอสฟัลต์คอนกรีตที่นำไปปูบนชั้นทางใดๆ โดยการชั่งจากเครื่องชั่งที่ได้มาตรฐานผ่านการรับรองและถูกต้องตลอดระยะที่ใช้งานโดยสามารถบันทึกน้ำหนักตีพิมพ์ออกมาได้โดยอัตโนมัติ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นเมตริกตัน

(2) การวัดปริมาณงานเป็นหน่วยพื้นที่ การวัดปริมาณงานแบบนี้ให้คิดจากพื้นที่ตามได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นตารางเมตร

(3) การวัดปริมาณงานเป็นหน่วยปริมาตร การวัดปริมาณงานแบบนี้ให้ทำการวัดโดยการตรวจสอบค่าระดับก่อนการก่อสร้าง และเมื่อก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตถูกต้องตามข้อกำหนดแล้ว โดยใช้ระยะตามแนวตั้งฉากกับศูนย์กลางทางทุกระยะ 1 เมตร หรือน้อยกว่าและระยะตามแนวศูนย์กลางทางทุกระยะ 12.50 เมตร หรือน้อยกว่า ตามดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดด้วยวิธีคูณไขว้และใช้วิธีเฉลี่ยพื้นที่หน้าตัดในการคำนวณหาปริมาตร ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

4.6.3.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่นๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

4.7 งานผิวแบบสเลอรีซีล (SLURRY SEAL)

หมายถึง การก่อสร้าง ผิวทาง หรือผิวไหล่ทาง ด้วยส่วนผสมของมวลรวมกับแอสฟัลต์อิมัลชัน โดยการฉาบบนชั้นทางใดๆ ที่เตรียมไว้แล้ว

4.7.1 วัสดุ

4.7.1.1 แอสฟัลต์

แอสฟัลต์ที่ต้องใช้แอสฟัลต์อิมัลชัน CSS - 1h ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแคตอิออนนิกแอสฟัลต์อิมัลชันสำหรับถนน มาตราฐานเลขที่ มอก. 371 ซึ่งต้องผ่านการวิเคราะห์คุณภาพให้ใช้ได้แล้ว หรือแอสฟัลต์อิมัลชันชนิดอื่นใด ซึ่งกรมทางหลวงได้เห็นชอบให้ใช้ได้แล้ว

ปริมาณเนื้อยางแอสฟัลต์อิมัลชันที่ใช้โดยประมาณ ให้เป็นไปตามค่ากำหนด

4.7.1.2 สารผสมเพิ่ม

การใช้สารผสมเพิ่ม ก็เพื่อทำให้แอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัวเร็วขึ้นหรือช้าลง หรือใช้เพื่อให้แอสฟัลต์เคลือบมวลรวมดียิ่งขึ้น ปริมาณที่จะใช้พอเหมาะ เพื่อสามารถเปิดการจราจรได้ในเวลาที่ต้องการ การใช้สารผสมเพิ่มขึ้นอยู่กับการออกแบบ ซึ่งจะต้องได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวงก่อน

4.7.1.3 น้ำ

น้ำที่ใช้ต้องสะอาด และปราศจากสิ่งเจือปนที่จำให้เกิดผลเสียต่อส่วนผสมสเลอรี

4.7.1.4 มวลรวม

มวลรวมต้องเป็นหินโม่ ถ้าจำเป็นต้องใช้หินโม่ไม่ผสมทราย แต่จะใช้ทรายได้ไม่เกินร้อยละ 50 โดยมวลของมวลรวมทั้งหมด และทรายนั้นจะต้องมีค่าความดูดน้ำไม่เกินร้อยละ 1.25

สำหรับผิวทางที่มีปริมาณการจราจรเฉลี่ย (ADT) เกินกว่า 500 คันต่อวัน ให้ใช้มวลรวมเป็นหินโม่เท่านั้น มวลรวมต้องแข็ง คงทน สะอาด ปราศจากดินหรือวัสดุไม่พึงประสงค์ใด ๆ

ในกรณีที่ต้องปรับปรุงความสะอาดในการทำงาน (Workability) หรือขนาดคละของมวลรวมที่มีส่วนระเอียดไม่พอ อาจผสมวัสดุผสมแทรกด้วยก็ได้

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุคุณสมบัติไว้เป็นอย่างอื่น มวลรวมต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. มีค่าความสึกหรอเมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 202 “วิธีการทดลองหาความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion” ไม่เกินร้อยละ 35

2. มีค่า (Sand Equivalent) เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 213 “วิธีการทดลองหาความคงทน (Sand Equivalent) ไม่เกินร้อยละ 50

4.7.1.5 **วัสดุผสมแทรก** (Mineral Filler)

วัสดุผสมแทรกเป็นส่วนหนึ่งของส่วนผสมมวลรวม ต้องใช้ในปริมาณน้อยที่สุดเท่าที่จำเป็น และจะใช้เมื่อต้องการปรับปรุงความสะอาดในการทำงาน หรือขนาดคละของมวลรวม มีส่วนละเอียดไม่พอ วัสดุผสมแทรกที่อาจใช้เป็น ปูนซิเมตร ปูนขาว หรือวัสดุอื่นใดที่กรมทางหลวงอนุมัติให้ใช้ได้

4.7.2 วิธีการก่อสร้าง

4.7.2.1 **การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง**

การกองวัสดุมวลรวมให้กองไว้ให้เป็นระเบียบ ถ้าหากมีการผสมมวลรวมต้องทำการผสมกันให้ได้ส่วนคละอย่างถูกต้องสม่ำเสมอ ก่อนนำขึ้นเครื่องผสมสเลอรีซีล

บริเวณที่เตรียมไว้กองวัสดุจะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานโดยปราศจากสิ่งไม่พึงประสงค์ใดๆ

ก่อนทำการก่อสร้างให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

(1) พิจารณาตรวจสอบพื้นที่ที่ก่อสร้าง และแก้ไขความบกพร่องต่างๆ ก่อนฉาบผิว เช่น ถ้าผิวเดิมมีความเสียหายไม่แข็งแรงพอเป็นแห่งๆ ให้ทำการขุดซ่อม (Deep Patching) ถ้าระดับไม่ดีให้ทำการปะซ่อม (Skin Patching)

(2) ตรวจสอบเครื่องวัดปริมาณวัสดุต่างๆ ก่อนเริ่มงาน เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนวัสดุที่เปิดลงในถังผสม โดยอ่านจากเครื่องหรือคู่มือการใช้เครื่อง กับวัสดุที่ปล่อยลงไปจริง

(3) ตรวจสอบเครื่องจักรเครื่องมือและอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพที่พร้อมจะนำออกใช้งานและผลิตส่วนผสมสเลอรี ได้ตามที่ออกแบบไว้

(4) หากจำเป็นต้องกวาดฝุ่นให้ใช้เครื่องกวาดฝุ่น กวาดวัสดุ เช่น หินที่หลุด ดินที่เกาะติดผิวออกให้หมดจนผิวทางสะอาด ถ้าจำเป็นให้ใช้น้ำล้างด้วย

(5) จะต้องพิจารณาของดินฟ้าอากาศให้เหมาะสม ห้ามทำการฉาบผิวในระหว่างฝนตกและอุณหภูมิบรรยากาศต้องไม่ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส

4.7.2.2 การก่อสร้าง

4.7.2.2.1 **ข้อกำหนดทั่วไปในการก่อสร้าง**

(1) ในกรณีที่ผิวทางเดิม เป็นผิวแห้งมีหินโผล่โดยไม่มีแอสฟัลต์เหลืออยู่ หรือเป็นผิวคอนกรีตต้องทำให้ผิวเปียกอย่างสม่ำเสมอด้วยเครื่องฉีดน้ำเป็นฝอยหรือละอองทันทีก่อนฉาบผิว

(2) วัสดุผสมแล้วต้องกระจายอย่างสม่ำเสมอในเครื่องฉาบ และต้องมีปริมาณมากพอตลอดเวลา เพื่อให้การฉาบ ฉาบได้เต็มความกว้างที่ต้องการ

4.7.2.2.2 การฉาบ

(1) ส่วนผสมสเลอรีซีล เมื่อฉาบบนผิวทางแล้ว ต้องมีส่วนผสมคงที่ตามต้องการ

(2) วัสดุผสมแล้วต้องไม่เป็นกอง ไม่เป็นก้อน หรือมีหิน ไม่ถูกผสมกับแอสฟัลต์อิมัลชันต้องไม่มีการแยกตัวระหว่างแอสฟัลต์อิมัลชันและส่วนละเอียดออก จากหินหยาบ ต้องไม่มีหินหยาบตกอยู่ส่วนล่างของวัสดุผสม ถ้ามีกรณีดังกล่าวขึ้นจะต้องตักวัสดุผสมนี้ออกจากผิวทาง

(3) ต้องไม่มีรอยครูด เช่น อาจเกิดจากหินก้อนใหญ่เกินไปปรากฏให้เห็นบนผิวที่ฉาบเรียบร้อยแล้ว ถ้าเกิดกรณีเช่นนี้ต้องทำการตกแต่งและแก้ไขให้เรียบร้อย นายช่างผู้ควบคุมอาจสั่งให้ใช้ตะแกรงร่อนมวลรวมก่อนนำมาผสม

4.7.2.2.3 รอยต่อ

รอยต่อตามยาวหรือตามขวางต้องไม่เป็นสันนูนสูงเกินไป หรือมองเห็นชัดเจนดูไม่เรียบร้อยถ้าเกิดกรณีดังกล่าวเช่นนี้ และจำเป็นต้องใช้กระสอบลากหรือเครื่องลากชนิดอื่น ต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงาน

4.7.2.2.4 การฉาบด้วยมือ

ในกรณีเครื่องฉาบทำการฉาบไม่ได้ เพราะสถานที่จำกัด การใช้เครื่องฉาบด้วยมือต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

4.7.2.2.5 การบดทับ

(1) การก่อสร้างสเลอรีซีล ชนิดที่ 1 ชนิดที่ 2 และ ชนิดที่ 3 ไม่จำเป็นต้องบดทับ สำหรับลานจอดรถ และทางวิ่ง ทางขับของสนามบินต้องทำการบดทับ

(2) การฉาบผิวชนิดที่ 4 ต้องบดทับขณะที่แอสฟัลต์กำลังแข็งตัว (ขณะบ่ม) โดยใช้รถบดล้อยาง บดทับไม่น้อยกว่า 5 เที่ยว ด้วยความเร็ว 5 – 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

4.7.2.2.6 การบ่ม

ให้บ่มผิวสเลอรีซีล ไว้ระยะเวลาหนึ่งก่อนเปิดให้การจราจรผ่าน ถ้ามีความจำเป็นอาจต้องใช้ทรายหรือหินฝุ่นสาด เพื่อรถยนต์ผ่านได้ เช่น ทางแยก ทางเชื่อม

ให้ตรวจสอบการแตกตัวของแอสฟัลต์อิมัลชันในสเลอรีซีล โดยการดูการเปลี่ยนสีของส่วนผสมจากสีน้ำตาลเป็นมีดำ และปราศจากน้ำในส่วนผสม ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยใช้กระดาษซับน้ำบนผิวสเลอรีซีล ถ้าไม่มีน้ำเหลือปรากฏ ให้เปิดการจราจรได้ โดยปกติไม่ควรเกิน 3 ชั่งโมง ระยะเวลาในการบ่มให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

4.7.2.3 ข้อควรระวัง

4.7.2.3.1 การขนส่งแอสฟัลต์อิมัลชัน แบบบรรจุถัง Drum โดยเฉพาะการขนขึ้นและการขนลงต้องระมัดระวังไม่ให้ถังบรรจุแอสฟัลต์อิมัลชัน ได้รับการกระทบกระเทือนรุนแรงมาก เพราะอาจจะทำให้แอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัวได้

4.7.2.3.2 ก่อนใช้แอสฟัลต์อิมัลชัน แบบบรรจุถัง Drum ที่ตั้งเก็บรอไว้นานๆ ควรกลิ้งถังไปมาอย่างน้อยด้านละ 5 ครั้ง ก่อนบรรจุลงในเครื่องผสมสเลอรี ทั้งนี้เพื่อให้แอสฟัลต์อิมัลชันมีลักษณะเดียวกันทั่วถัง ถ้าเปิดถังบรรจุแอสฟัลต์อิมัลชันออกใช้ควรใช้ให้หมดถังหรือต้องปิดฝาอย่างดี มิฉะนั้นน้ำในถังจะระเหย ซึ่งจะทำให้แอสฟัลต์อิมัลชันหมดสภาพเป็นแอสฟัลต์อิมัลชันได้

4.7.2.3.3 ทุกครั้งที่ทำการผสมส่วนผสมสเลอรีเสร็จแล้ว ควรล้างเครื่องผสมให้สะอาด มิฉะนั้นจะมีแอสฟัลต์เกาะติดแน่นในเครื่อง ทำให้ไม่สะดวกในการทำงานวันต่อไป

4.7.3 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

4.7.3.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานผิวแบบสเลอรีซีล ให้คิดจากพื้นที่ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามปริมาณงานมีหน่วยเป็นตารางเมตร

4.7.3.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่นๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

4.8 งานผิวแบบเคพซีล (CAPE SEAL)

หมายถึง การก่อสร้าง ผิวทาง หรือผิวไหล่ทาง ด้วยการก่อสร้างผิวทางชั้นแรกแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ชั้นเดียว บนชั้นทางใดๆ ที่เตรียมไว้ แล้วฉาบด้วยผิวแบบสเลอรีซีลทับลงไปอีก 1 ชั้น หรือ 2 ชั้น

4.8.1 ผิวทางชั้นแรก (เซอร์เฟสทรีตเมนต์ชั้นเดียว)

4.8.1.1 วัสดุ

หากไม่ได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น คุณสมบัติของวัสดุที่ทำผิวทางชั้นแรก ให้เป็นไปตามข้อ 4.2.1 วัสดุ หัวข้อ 4.2 งานผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์

ขนาดของหินย่อยหรือกรวดย่อย สำหรับผิวทางชั้นแรก ให้เป็นไปตามค่ากำหนด

4.8.1.2 การเลือกใช้ขนาดของหินย่อยหรือกรวดย่อย

การเลือกใช้ขนาดของหินย่อยหรือกรวดย่อยสำหรับผิวทางชั้นแรก

-ให้ใช้ขนาด 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) หรือขนาด 12.5 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว)

4.8.1.3 วิธีการก่อสร้าง

คือการลาดแอสฟัลต์ 1 ครั้ง และโรยหินย่อยหรือกรวดย่อยทับหน้า 1 ครั้ง แล้วบดทับให้แน่น โดยดำเนินการดังต่อไปนี้

(1) ใช้เครื่องพ่นแอสฟัลต์ลาดแอสฟัลต์ตามอุณหภูมิที่กำหนดไว้

(2) เมื่อลาดแอสฟัลต์แล้ว ให้โรยหินย่อยหรือกรวดย่อยปิดทับแอสฟัลต์ทันที ตามปริมาณที่กำหนด ถ้าในพื้นที่บางส่วนไม่มีหินย่อยหรือกรวดย่อยปิดทับหน้าหรือหินย่อยหรือกรวดย่อยไม่เรียงก้อนสม่ำเสมอ ให้ใช้คนตักสาดหรือเกลี่ยช่วยทันที จนหินย่อยหรือกรวดย่อยเรียงก้อนติดกันแน่นสม่ำเสมอ

(3) ในกรณีที่ลาดแอสฟัลต์แต่ละครั้ง ในการลาดแอสฟัลต์ครั้งแรก การโรยหินย่อยหรือกรวดย่อย ให้โรยเว้นไว้ 100 หรือ 150 มิลลิเมตร เข้ามาจากขอบด้านในของแอสฟัลต์ที่ลาดเพื่อให้แอสฟัลต์จากการลาดแอสฟัลต์ครั้งต่อไปเข้ามาซ้อนทับบนพื้นที่ที่เว้นไว้นี้ ทั้งนี้เพื่อจะได้ปริมาณแอสฟัลต์ที่ถูกต้องและสม่ำเสมอทั่วพื้นที่

ในกรณีที่ใช้หัวฉีดชนิดพิเศษที่ริมท่อพ่นแอสฟัลต์ด้านนอกสุด ซึ่งหัวฉีดพิเศษชนิดนี้จะทำให้มีปริมาณแอสฟัลต์ที่พ่นออกมาสม่ำเสมอเท่ากับปริมาณแอสฟัลต์ด้านในแล้ว ก็ให้โรยหินย่อย หรือกรวดย่อยเต็มความกว้างของพื้นที่ที่ลาดแอสฟัลต์ได้ แต่ทั้งนี้หัวฉีดชนิดพิเศษที่นำมาใช้จะต้องผ่านการตรวจสอบความสม่ำเสมอของการลาดแอสฟัลต์ตามขวาง ตาม ทล. – ท. 401 “วิธีการทดลองหาปริมาณแอสฟัลต์ที่ลาดตามขวางถนนจากเครื่อง Distributor” และได้รับอนุญาตจากนายช่างผู้ควบคุมงานให้ใช้ได้เสียก่อน

(4) ขณะที่กำลังโรยหินย่อยหรือกรวดย่อยปิดทับแอสฟัลต์ ให้ใช้รถบดล้อยางบดทับตามให้เต็มผิวหน้าทันที ประมาณ 2 – 3 เที่ยว

(5) รถบดล้อยางที่ใช้ต้องมีจำนวนอย่างน้อย 2 คัน และหากในเวลา 1 ชั่วโมงทำผิวทางได้เกิน 500 เมตร สำหรับ 1 ช่องจราจรแล้ว จะต้องเพิ่มรถบดล้อยางอีกไม่น้อยกว่า 1 คัน จำนวนรถบดล้อยางที่เพิ่มให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

(6) หลังจากที่รถบดล้อยางบดทับเต็มหน้าผิวทางประมาณ 2–3 เที่ยวแล้วให้ใช้เครื่องเกลี่ยหิน เกลี่ยหินย่อยหรือกรวดย่อยที่เหลือค้างซ้อนกันอยู่ให้กระจายลงบนส่วนที่ขาดจนหินย่อยหรือกรวดย่อยปิดทับผิวหน้าแอสฟัลต์สม่ำเสมอ และต้องไม่ให้มีหินย่อยหรือกรวดย่อยที่ติดแอสฟัลต์อยู่แล้วหลุดออกการเกลี่ยนี้ให้เกลี่ยเต็มหน้าประมาณ 2 เที่ยว

(7) ให้ใช้รถบดล้อยางบดทับต่อไปอีกจนกระทั่งหินย่อยหรือกรวดย่อยฝังตัวลงไปในเนื้อแอสฟัลต์เป็นอย่างดี มีลักษณะผิวที่สม่ำเสมอ และแอสฟัลต์ที่ใช้นั้นแข็งตัวหรือแตกตัวเรียบร้อยแล้ว

(8) ในบางกรณีที่จำเป็นอาจใช้รถบดล้อเหล็ก 2 ล้อ ชนิดขับเคลื่อนได้ด้วยตัวเองขนาด 4-6 ตัน บดทับเป็นครั้งสุดท้ายได้ โดยบดทับให้เต็มหน้าไม่เกิน 2 เที่ยว และต้องไม่ทำให้หินย่อย หรือกรวดย่อยแตก ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

(9) ให้ปิดการจราจรไว้ให้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้ หากสามารถเบี่ยงการจราจรไม่ให้ผ่านพื้นที่ที่ก่อสร้างผิวทางได้ แต่ถ้าไม่สามารถปิดการจราจรได้ก็ให้ควบคุมความเร็วของการจราจรที่ผ่านไม่ให้เกิน 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

(10) หลังจากแอสฟัลต์ยึดหินย่อยหรือกรวดย่อยแน่นและแห้งดีแล้วให้ใช้เครื่องกวาดฝุ่นหรือเครื่องมืออื่นใดที่เหมาะสม กำจัดหินย่อยหรือกรวดย่อยที่อาจหลงเหลืออยู่บนผิวทางออกให้หมด โดยไม่ทำให้หินย่อยหรือกรวดย่อยที่ติดแน่นแล้วหลุดออก

4.8.2 ผิวทางชั้นที่สอง (สเลอรีซีล)

หากไม่ได้ระบุเป็นอย่างอื่น คุณสมบัติของวัสดุที่ทำผิวทางชั้นที่สอง ให้เป็นไปตามข้อกำหนดวัสดุงานผิวแบบสเลอรีซีล

4.8.2.1 วิธีการก่อสร้าง

4.8.2.1.1 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

การเตรียมการก่อนการก่อสร้างผิวทางชั้นที่สอง ให้เป็นไปตามข้อกำหนด การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง งานผิวแบบสเลอรีซีล

4.8.2.1.2 การก่อสร้าง

ให้ดำเนินการก่อสร้างผิวทางชั้นที่สอง (สเลอรีซีล) ดังต่อไปนี้

(1) ลาดแอสฟัลต์อิมัลชัน ชนิด CSS - 1 หรือ CSS - 1h ที่ผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1 ลงบนผิวทางชั้นแรก ด้วยอัตราไม่น้อย 0.6 ลิตรต่อตารางเมตร โดยวิธี Fog Spray หลังจากนั้นจึงดำเนินการฉาบผิวสเลอรีซีลต่อไป

(2) ดำเนินการฉาบผิวสเลอรีซีลทับบนผิวทางชั้นแรก สำหรับผิวทางชั้นแรกที่ก่อสร้างใหม่ การฉาบผิวสเลอรีซีลทับ ควรดำเนินการในระยะเวลาไม่น้อยกว่า 4 วัน และไม่มากกว่า 4 สัปดาห์ ฉะนั้น การลาดฉาบแอสฟัลต์อิมัลชัน โดยวิธี Fog Spray ควรดำเนินการในระยะเวลาที่เหมาะสมก่อนฉาบผิวสเลอรีซีล

(3) ก่อนที่จะฉาบผิวสเลอรีซีล ให้ทำความสะอาดผิวทางที่จะฉาบผิวสเลอรีซีลทับด้วยเครื่องกวาดฝุ่น และถ้าจำเป็นให้ใช้น้ำล้างเพื่อกำจัดวัสดุที่หลุดหลวมสิ่งสกปรกต่างๆ ออกให้หมด

(4) การฉาบผิวสเลอรีซีล ถ้าผิวทางที่จะฉาบนั้นแห้ง ให้พ่นน้ำลงไปแต่เพียงบาง ๆ พอเปียกชื้นเท่านั้น อย่าให้มีน้ำขังบนผิวทางที่จะฉาบทับ

(5) ส่วนผสมสเลอรี เมื่อฉาบบนผิวทางแล้ว ต้องมีส่วนผสมคงที่ตามที่ต้องการ

(6) วัสดุที่ผสมแล้วต้องกระจายอย่างสม่ำเสมอในเครื่องฉาบ และต้องมีปริมาณมากพอตลอดเวลา เพื่อให้ฉาบได้เต็มความกว้างที่ต้องการ

(7) วัสดุที่ผสมแล้วต้องไม่เป็นกอง ไม่เป็นก้อน หรือมีหินที่ ไม่ถูกผสมกับแอสฟัลต์อิมัลชันต้องไม่มีการแยกตัวระหว่างแอสฟัลต์อิมัลชันและส่วนละเอียดออกจากหินหยาบ ต้องไม่มีหินหยาบตกอยู่ส่วนล่างของวัสดุผสม ถ้ามีกรณีดังกล่าวขึ้นจะต้องตักวัสดุผสมนี้ออกจากผิวทาง

(8) ต้องไม่มีรอยครูด เช่น อาจเกิดจากหินก้อนใหญ่เกินไปปรากฏให้เห็นบนผิวที่ฉาบเรียบร้อยแล้ว ถ้าเกิดกรณีเช่นนี้ต้องทำการตกแต่งและแก้ไขให้เรียบร้อย นายช่างผู้ควบคุมงานอาจสั่งให้ใช้ตะแกรงร่อนมวลรวมก่อนนำมาผสม

(9) การก่อสร้างรอยต่อ รอยต่อตามยาวหรือตามขวางต้องไม่เป็นสันนูนสูงเกินไป หรือมองเห็นชัดเจนดูไม่เรียบร้อยถ้าเกิดกรณีดังกล่าวเช่นนี้ และจำเป็นต้องใช้กระสอบลากหรือเครื่องลากชนิดอื่น ต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างจากนายช่างผู้ควบคุมงาน

(10) การฉาบด้วยมือ ในกรณีเครื่องฉาบทำการฉาบไม่ได้ เพราะสถานที่จำกัด การใช้เครื่องฉาบด้วยมือต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

(11) ในการฉาบผิวสเลอรีซีล ชนิดที่ 2 หรือการฉาบผิวสเลอรีซีล ชนิดที่ 3 ครั้งที่ 1 แล้ว ให้บดทับด้วยรถบดล้อยางเต็มผิวหน้าไม่น้อยกว่า 5 เที่ยว โดยเริ่มบดทับได้เมื่อไม่มีส่วนผสมสเลอรีติดล้อรถบด แต่ต้องไม่ข้ามวัน

สำหรับการฉาบผิวสเลอรีซีล ชนิดที่ 3 ครั้งที่ 2 ให้ดำเนินการฉาบผิวโดยเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ แต่ต้องไม่เกินกว่า 4 สัปดาห์ หลังจากฉาบผิวครั้งที่ 1 เสร็จเรียบร้อยแล้ว การฉาบผิวครั้งที่ 2 นี้ โดยปกติไม่ต้องบดทับ

(12) การบ่ม ให้บ่มผิวสเลอรีซีล ไว้ระยะเวลาหนึ่งก่อนเปิดให้การจราจรผ่าน จนกว่าผิวสเลอรีจะแตกตัวโดยสมบูรณ์ แล้วเปิดให้การจราจรผ่าน บริเวณที่มีความจำเป็นต้องให้การจราจรผ่านได้ก่อน เช่น ทางแยก ทางเชื่อม ก็อาจใช้ ทรายหรือหินฝุ่นสาดทับได้

ให้ตรวจสอบการแตกตัวของแอสฟัลต์อิมัลชันในสเลอรีซีล โดยการดูการเปลี่ยนสีของส่วนผสมจากสีน้ำตาลเป็นมีดำ และปราศจากน้ำในส่วนผสม ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยใช้กระดาษซับน้ำบนผิวสเลอรีซีล ถ้าไม่มีน้ำเหลือปรากฏ ให้เปิดการจราจรได้ โดยปกติไม่ควรเกิน 3 ชั่งโมง ระยะเวลาในการบ่มให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

4.8.2.1.3 ข้อควรระวัง

4.8.2.1.3.1 ในการใช้คัตแบกแอสฟัลต์ เนื่องจากคัตแบกแอสฟัลต์นั้นติดไฟได้ง่าย การปฏิบัติงานจะต้องระมัดระวังมิให้เปลวไฟมาถูกได้ ทั้งในขณะต้มหรือขณะลาดคัตแบกแอสฟัลต์

4.8.2.1.3.2 การขนส่งคัตแบกแอสฟัลต์อิมัลชันแบบบรรจุถัง Drum โดยเฉพาะการขนขึ้นและขนลงต้องระมัดระวังไม่ให้ถังบรรจุแอสฟัลต์อิมัลชันถูกกระทบกระเทือนรุนแรง เพราะอาจจะทำให้แอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัวได้

4.8.2.1.3.3 การใช้แอสฟัลต์อิมัลชันแบบบรรจุถัง Drum ก่อนถ่ายแอสฟัลต์อิมัลชันลงในเครื่องพ่นแอสฟัลต์ ควรกลิ้งถังไปมาหรือกวนให้เข้ากันเสียก่อนทั้งนี้เพื่อให้แอสฟัลต์อิมัลชันมีลักษณะเดียวกันทั่วถัง หากใช้ไม่หมดถังควรปิดฝาให้แน่น เพื่อป้องกันน้ำในแอสฟัลต์อิมัลชันระเหยออกไป ทำให้แอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัว และหมดคุณภาพการเป็นแอสฟัลต์อิมัลชันได้

4.8.2.1.3.4 หลังจากลาดแอสฟัลต์ประจำวัน ควรดูดแอสฟัลต์ในเครื่องพ่นแอสฟัลต์ออกให้หมดแล้วล้างเครื่องพ่นแอสฟัลต์โดยเฉพาะที่ท่อพ่นแอสฟัลต์ การล้างควรใช้น้ำมันก๊าดหรือสารทำละลายใด ๆ สูบผ่านท่อต่าง ๆ ของเครื่องพ่นแอสฟัลต์เพื่อส่วนที่ตกค้างอยู่ออกให้หมดทั้งนี้เพื่อป้องกันแอสฟัลต์เกาะติดแน่น ทำให้ไม่สะดวกในการใช้งานต่อไป และช่วยป้องกันไม่ให้ถังบรรจุแอสฟัลต์ในเครื่องพ่นแอสฟัลต์ถูกกรดในแอสฟัลต์อิมัลชันบางชนิดกัดทะลุเสียหายได้

4.8.2.1.3.5 ในการผสมน้ำมัน (Cutter) กับแอสฟัลต์ ให้ดำเนินการตามรายละเอียดในข้อ 4.8.2.1.3.4 โดยเคร่งครัด เพื่อป้องกันอันตรายจากการลุกไหม้

4.8.3 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

4.8.3.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานผิวแบบเคพซีล ให้คิดจากพื้นที่ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามปริมาณงานมีหน่วยเป็นตารางเมตร

4.8.3.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่นๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

สำหรับงานผิวแบบเคพซีล สามารถแบ่งจ่ายได้โดยเมื่อทำการก่อสร้างผิวทางชั้นแรก (ชั้นเซอร์เฟสทรีตเมนต์) แล้วเสร็จ ให้จ่ายได้ร้อยละ 40 (สี่สิบ)

4.9 งานผิวทางปอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีต
(PORTLAND CEMENT CONCRETE PAVEMENT)

หมายถึง การก่อสร้างผิวทางคอนกรีต ทั้งที่เสริมเหล็กและไม่เสริมเหล็ก บนชั้นทางใดๆ ที่เตรียมไว้แล้ว ด้วยส่วนผสมปอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีตที่มีคุณภาพที่กำหนดให้ได้แนว และรูปร่าง ตามที่แสดงไว้ในแบบ

4.9.1 วัสดุ

4.9.1.1 ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ ที่ใช้ต้องเป็นไปตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มาตรฐานเลขที่ มอก. 15 ปูนซีเมนต์ที่ใช้ต้องเป็น ประเภท อย่างหนึ่งอย่างใด ดังต่อไปนี้

ประเภทที่ 1 ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการก่อสร้างทำคอนกรีตหรือทำผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษ

ประเภทที่ 3 ปูนซีเมนต์ที่ให้ความต้านแรงสูงเร็วในระยะแรก

ประเภทที่ 5 ปูนซีเมนต์ที่ทนซัลเฟสสูงได้

หรือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์อื่นใด ที่มีคุณสมบัติเทียบเท่า หรือระบุไว้ในแบบเป็นอย่างอื่น โดยทั่วไปแล้ว ให้ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 ในงานก่อสร้างผิวทางคอนกรีตแล้วใช้ปูนซีเมนต์ ประเภทที่ 5 ในส่วนผสมคอนกรีตของส่วนที่ป้องกันการกัดกร่อนของน้ำเค็ม ดินเค็ม หรือสภาวะแวดล้อมที่มีซัลเฟสสูงดังระบุในแบบ สำหรับปูนซีเมนต์ ประเภทที่ 3 นั้น จะใช้แทนปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 ในกรณีพิเศษและโดยได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรนายช่างผู้ควบคุมงานเท่านั้น

ปูนซีเมนต์ที่ใช้จะต้องเป็นประเภทและเครื่องหมายการค้าเดียวกัน ผลิตจากโรงงานและแหล่งวัสดุเดียวกัน เว้นแต่จะได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานเป็นอย่างอื่น

ปูนซีเมนต์ผงหรือปูนซีเมนต์ถุงซึ่งใช้ในแต่ละครั้ง จะต้องไม่เป็นเม็ดหรือเป็นก้อนห้ามนำปูนซีเมนต์ถุงเก่าที่เปิดใช้แล้วมาใช้

4.9.1.2 น้ำ

น้ำที่ใช้ในการผสมละบ่มคอนกรีตต้องสะอาด ปราศจาก น้ำมัน กรด ด่าง เกลือ น้ำตาล วัชพืช หรือสารอื่นใดซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อคอนกรีตหรือเหล็กเสริม

น้ำที่นำมาใช้ต้องเป็นน้ำจากแหล่งเดียวกันและเมื่อทำการทดสอบ AASHTO T 26 :Quality of Water to be used Concrete ต้องมีความเข้มข้นของสารละลายต่างๆ ในน้ำได้ไม่เกินกว่ากำหนด น้ำจากต่างแหล่งนำมาใช้จะต้องได้รับความยินยอมจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

น้ำที่ขุ่นหากจะนำมาใช้ต้องทำให้ตกตะกอนเสียก่อนและความขุ่นของน้ำต้องไม่เกิน 2,000 ppm.

ในกรณีที่ไม่สามารถจะหาน้ำที่มีคุณสมบัติตามข้อกำหนดนี้ได้หรือในกรณีที่สงสัยว่าอาจมีคุณภาพคุณสมบัติไม่เหมาะสมหรือบ่มคอนกรีต ให้ทำการทดสอบคุณภาพน้ำตาม AASHTO T 106 : Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortar โดยการหล่อแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์ถ้าความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์ ซึ่งหล่อโดยน้ำที่เก็บทดสอบมีอายุ 7 วัน และ 28 วัน มีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ของความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์ ที่หล่อโดยน้ำกลั่น ก็ให้ถือว่าน้ำนั้นสามารถจะใช้ผสมหรือบ่มคอนกรีตได้

ในกรณีน้ำจากแหล่งธรรมชาติมาใช้ผสมหรือบ่มคอนกรีต ให้ทำการทดสอบคุณภาพน้ำอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง

4.9.1.3 สารผสมเพิ่ม

สารผสมเพิ่มที่ใช้ในงานคอนกรีตหากมีระบุให้ใช้ไว้ในแบบจะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

สารผสมเพิ่มที่ใช้ควรมีคุณสมบัติในการลดปริมาณน้ำที่ใช้ในส่วนผสมคอนกรีตหรือเพิ่มความคล่องตัวในการเท หรือการเยิ้มตัว หรือการขยายตัวของคอนกรีต

สารผสมเพิ่มที่ใช้จะต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุสาหกรรมสารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก. 733 ส่วนประกอบของสารเคมีเพิ่มจะต้องไม่มีสารเคมีในปริมาณที่อาจจะเป็นอันตรายต่อเหล็กเสริมและปูนซิเมนต์

สำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก ส่วนผสมเพิ่มที่ใช้จะต้องไม่มีแคลเซียมคลอไรด์ผสมอยู่ในองค์ประกอบทางเคมีของสารผสมเพิ่มนั้น และต้องไม่มีอนุมูลคลอไรด์ชนิดอื่น ๆ ปนอยู่เกิน ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักของสารผสมเพิ่มนั้น

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุปริมาณของฟองอากาศในส่วนผสมคอนกรีตไว้ในแบบ อัตราส่วนของสารผสมเพิ่มที่ใช้จะต้องไม่ก่อให้เกิดการกักกระจายฟองอากาศในส่วนผสมคอนกรีตเกินร้อยละ 3 โดยปริมาตร

สารผสมเพิ่มทุกชนิดต้องใช้ตามคำแนะนำของโรงงานผู้ผลิต หากผลการใช้สารผสมเพิ่มในงานคอนกรีตไม่เป็นไปตามที่ต้องการ นายช่างผู้ควบคุมงานอาจพิจารณาระงับการใช้สารผสมเพิ่มชนิดดังกล่าว

ผู้รับจ้างต้องเสนอตัวอย่างข้อมูลจำเพาะ และองค์ประกอบทางเคมีของสารผสมเพิ่มที่ต้องการใช้ รวมทั้งหลักฐานการทดลองคุณสมบัติต่างๆ ของคอนกรีตที่ใช้สารผสมเพิ่มดังกล่าวให้นายช่างผู้ควบคุมงานอาจพิจารณาเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 30 วัน ก่อนจะเริ่มงานก่อสร้าง ซึ่งผู้รับจ้างมีความประสงค์จะใช้สารผสมเพิ่มนั้น

ข้อมูลจำเพาะของสารผสมเพิ่ม อย่างน้อยต้องมีรายละเอียด ดังนี้

(1) ชนิดของสารผสมเพิ่ม ชื่อและองค์ประกอบทางเคมี เครื่องหมายการค้า และโรงงานผู้ผลิต

(2) ปริมาณ วิธีการใช้ และผลกระทบการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิธีการใช้

(3) ปริมาณของอนุมูลคลอไรด์ ในสารผสมเพิ่ม

(4) ปริมาณฟองอากาศที่เกิดขึ้น ในคอนกรีตเมื่อใช้สารผสมเพิ่ม

1.9.1.4 มวลรวมละเอียด

มวลรวมละเอียดต้องประกอบด้วย เม็ดทรายธรรมชาติหรืออนุภาคของหิน ที่มีลักษณะเป็นก้อนกลม หรือเหลี่ยม ไม่แบนเป็นเกล็ด มีผิวหยาบ และเม็ดแข็ง ทนทาน สะอาด ปราศจากฝุ่นผงเคลือบมวลรวมละเอียดจากแหล่งวัสดุต่างแหล่งกัน ห้ามนำมาผสมกัน หรือกองรวมกันเป็นกองเดียวกัน หรือใช้ร่วมกันในงานก่อสร้างที่ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง โดยไม่ได้รับอนุญาตจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

หากไม่ได้ระบุคุณสมบัติเป็นอย่างอื่น มวลรวมละเอียดที่ต้องคุณสมบัติดังต่อไปนี้

(1) ต้องไม่มี ดิน เถ้าถ่าน สารอินทรีย์ต่าง ๆ ด่าง สารอนินทรีย์จำพวกอนุมูลคลอไรด์ หรือสิ่งปลอมปนอื่นใด ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลอันไม่พึงประสงค์กับคอนกรีต หรือเหล็กเสริมได้เกินกว่าที่กำหนดไว้ใน

สิ่งปลอมปนอื่นๆ เช่น Shale, Alkali, Coated Grains, Soft and Flaky Particles ที่ทำให้ความแข็งแรงของคอนกรีตลดลงเกินกว่าร้อยละ 5 เมื่อเทียบกับความแข็งแรงของคอนกรีตที่ปราศจากสิ่งแปลกปลอมนั้นๆ

การทดสอบหาปริมาณสูงสุดของสิ่งปลอมปนในมวลรวมละเอียด ให้ดำเนินการอย่างน้อยทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแหล่งวัสดุหรือตามความจำเป็น

(2) มีค่าของส่วนที่ไม่คงทน (Loss) เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 213 “วิธีการทดลองหาค่าความคงทน (Soundness) ของมวลรวม” โดยใช้โซเดียมซัลเฟต จำนวน 5 รอบ ไม่เกินร้อยละ 9

มวลรวมละเอียดจากแหล่งเดิม ที่มีหลักฐานแสดงผลการทดลองหาความคงทนว่าใช้ได้อาจจะยกเว้นไม่ต้องทดลองอีกก็ได้ ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของกรมทางหลวง ที่จะใช้ผลการทดลองเดิมที่มีอยู่

(3) สะอาด ปราศจากอินทรียวัตถุเจือปนในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อคอนกรีตโดยเมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 201 “วิธีการทดลองหา Organic Impurities ในทรายสำหรับคอนกรีต” แล้วให้สีซึ่งไม่แก่กว่าสีมาตรฐาน

(4) มีขนาดคละ เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 201 “วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง”

4.9.1.5 มวลรวมหยาบ

มวลรวมหยาบต้องประกอบด้วย หินย่อย กรวด หรือกรวดย่อย ที่มีลักษณะที่ก้อนเหลี่ยมหรือก้อนกลม มีเนื้อแข็ง เหนียว ไม่ผุ ไม่มีลักษณะแบนหรือยาวมากเกินไป สะอาด ไม่มีฝุ่นผง หรือสิ่งอื่นใดเคลือบผิว มวลรวมหยาบต่างชนิดกันห้ามนำมาผสมกันหรือกองรวมกันเป็นกองเดียวกัน หรือร่วมกันในงานก่อสร้างที่ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง โดยไม่ได้รับอนุญาตจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

หากมิได้ระบุคุณสมบัติไว้เป็นอย่างอื่น มวลรวมหยาบที่ต้องใช้ มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

(1) มีค่าความสึกหรอ เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 202 “วิธีการทดลองหาความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion” ไม่เกินร้อยละ 40

(2) ไม่เป็นหิน หรือกรวด ชนิดเนื้อหยาบพรุนโดยที่เมื่อผ่านการทดลองแช่น้ำไว้เป็น เวลา 24 ชั่วโมง น้ำหนักของมวลรวมนั้นจะต้องไม่เพิ่มขึ้นจากเดิมเกินกว่าร้อยละ 10

(3) มีค่าของส่วนที่ไม่คงทน (Los) เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 213 “วิธีการทดลองหาความคงทน(Soundness) ของมวลรวม” โดยใช้โซเดียมซัลเฟต จำนวน 5 รอบ ไม่เกินร้อยละ 9

มวลรวมหยาบจากแหล่งเดิมที่มีหลักฐานแสดงผังทดลองหาความคงทนว่าใช้ได้ อาจจะยกเว้นไม่ต้องทดลองอีกก็ได้ ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของกรมทางหลวงที่จะใช้ผลการทดลองเดิมที่มีอยู่

(4) ต้องไม่มีวัสดุอันไม่พึงประสงค์อื่นใดเจือปนอยู่เกินกว่าปริมาณที่กำหนดไว้

การทดสอบหาปริมาณสูงสุดของวัสดุไม่พึงประสงค์ในมวลหยาบ ให้ดำเนินการอย่างน้อยทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงแหล่งวัสดุหรือตามความจำเป็น

(5) มีขนาดคละ เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 202 “วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง’’ เป็นไปตารางที่ 4.9-5 ส่วนขนาดของมวลรวมหยาบที่ใช้ที่ไม่ได้ระบุในแบบ หรือนายช่างผู้ควบคุมงานไม่ได้แนะนำให้ใช้ ควรเลือกขนาดให้เหมาะสม

(6) ห้ามกองมวลรวมหยาบกีดขวางการจราจร การกองมวลรวมหยาบจะต้องป้องกันไม่มีวัสดุปะปน หากต้องล้างให้สะอาดก่อนนำมาใช้งาน มวลรวมหยาบต่างชนิดและขนาดให้แยกคนละกอง ถ้าเกิดการแยกตัวก็ให้คลุกเคล้าให้เข้ากันใหม่

4.9.1.6 เหล็กเสริม

เหล็กเสริมในงานผิวทางคอนกรีต จะต้องเป็นตระแกรงเหล็กกล้า หรือตะแกรงเหล็กเส้น และจะต้องมีเหล็กเดือย เหล็กยึด และส่วนประกอบอื่น ๆ ที่จำเป็นตามที่กำหนดไว้ในแบบ ปลายแผงตะแกรงลวดเหล็กกล้า หรือตะแกรงเหล็กเส้น จะต้องอยู่ห่างจากขอบของแผงคอนกรีตทุกด้านไม่เกิน 50 มิลลิเมตร

4.9.1.6.1 ตะแกรงลวดเหล็กกล้า

หากไม่ได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น ตะแกรงลวดเหล็กกล้าจะต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ตะแกรงลวดเหล็กกล้าเชื่อมติดเสริมคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก 737

ลวดที่ใช้ต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ลวดเหล็กกล้าดึงเย็นเสริมคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก 747 และขนาดของลวดที่เล็กที่สุดที่จะนำมาใช้จะต้องไม่มีขนาดเล็กกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ 3.15 มิลลิเมตร และพื้นที่หน้าตัดระบุ 7.74 ตารางมิลลิเมตร

ในกรณีที่ลวดเหล็กของตะแกรงลวดเหล็กกล้ามีการทาบเหลื่อม (Lapped Splices) ต้องจัดให้มีการทาบเหลื่อม โดยมีความยาวของการทาบเหลื่อมไม่น้อยกว่า 40 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นลวดและไม่น้อยกว่าระยะเรียงของเส้นลวดตามขวางในแนวตั้งฉาก (Cross Wire) + 50 มิลลิเมตร

ปริมาณของลวดเหล็กที่คิดคำนวณจากพื้นที่หน้าตัดระบุ และการจัดระยะเรียงระหว่างลวดเหล็กในแต่ละทิศทาง ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในแบบ

จุดเชื่อมของตะแกรงลวดเหล็กกล้าจะต้องมีความแข็งแรงและไม่หลุดจากกันในระหว่างการขนส่งและการจับวางในขณะทำงาน การหลุดจากจุดเชื่อมในขณะทำงานไม่ว่าจะมีสาเหตุมาจากอะไรก็ตามไม่ถือเป็นสาเหตุของการไม่ยอมรับของ (Reject) ถ้าปริมาณจุดเชื่อมที่หลุดต่อตะแกรงลวดเหล็กกล้า 1 แผงมีจำนวนไม่เกินร้อยละ 1 ของจำนวนจุดเชื่อมทั้งหมด หรือตะแกรงลวดเหล็กกล้าที่มีลักษณะเป็นม้วนจะยอมให้มีปริมาณของจุดเชื่อมที่หลุดจากกันได้ไม่เกินร้อยละ 1 ของจุดเชื่อมในพื้นที่ 14 ตารางเมตร นอกจากนี้ตลอดความยาวของเส้นลวดเส้นหนึ่งเส้นใดจะยอมให้มีจุดเชื่อมหลุดจากกันได้ ไม่เกินครึ่งหนึ่งของจำนวนจุดเชื่อมทั้งหมดที่ยอมให้หลุดจากกันได้ในแผงนั้น ๆ

ในขณะที่ทำการวางตะแกรงลวดเหล็กกล้าเพื่อก่อสร้างผิวทางคอนกรีต แผงตะแกรงลวดเหล็กกล้าจะต้องมีลักษณะเป็นแผงเรียบ ไม่ม้วนงอ หรือบิดเบี้ยวในทุกทิศทาง

ความหนาของคอนกรีตที่ปิดทับตะแกรงลวดเหล็กกล้า ให้ถือตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ เช่นเดียวกับกรณีของการใช้ตะแกรงเหล็กเส้นเป็นเหล็กเสริมทุกประการ

4.9.1.6.2 ตะแกรงเหล็กเส้น

เหล็กเส้นที่ทำตะแกรงเหล็กเส้นจะต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เหล็กเส้นกลม มาตรฐานเลขที่ มอก. 20 หรือมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เหล็กข้ออ้อย มาตรฐานเลขที่ มอก. 24 มีขนาดและระยะเรียงตามที่แสดงไว้ในแบบ

4.9.1.6.3 เหล็กเดือย

เหล็กเดือยต้องเป็นเหล็กเส้นกลมที่มีคุณสมบัติตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เหล็กเส้นกลม มาตรฐานเลขที่ มอก. 20 มีผิวเรียบ ปราศจากครีบ บั้ง หรือส่วนคดงออื่น ๆ ซึ่งจะทำให้เกิดการยึดติดในคอนกรีต ก่อนที่จะนำมาใช้งาน ครึ่งหนึ่งของความยาวของเหล็กเดือยแต่ละท่อนจะต้องทาด้วยแอสฟัลต์ หรือจะใช้สีน้ำมันทาก่อนแล้วทาทับด้วยจาระบีอีกชั้นหนึ่งก็ได้

4.9.1.6.4 **เหล็กยึด**

เหล็กยึดต้องเป็นเหล็กข้ออ้อยที่มีคุณสมบัติ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เหล็กข้ออ้อย มาตรฐานเลขที่ มอก. 24

4.9.1.7 **ปลอกเหล็กเดือย**

ปลอกเหล็กเดือยจะต้องเป็นโลหะหรือวัสดุสังเคราะห์ที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อนจะนำมาใช้งาน ปลอกเหล็กเดือยจะต้องออกแบบให้สวมเหล็กเดือยเข้าไปได้ลึกไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร ปลายข้างหนึ่งปิด และยึดปลอกให้มีช่องว่างภายในจากปลายเหล็กเดือยที่สวมไว้ถึงปลายปลอกเหล็กเดือยข้างที่ปิดเป็นระยะเท่ากับความกว้างของรอยต่อหรืออย่างน้อย 25 มิลลิเมตร ปลอกเหล็กเดือยจะต้องเป็นแบบที่ไม่โก่ง หรือชำรุดเสียหายในระหว่างการก่อสร้าง การจัดวางจะต้องเป็นไปตามที่กำหนด หนาไม่น้อยกว่า 2.5 มิลลิเมตร

4.9.1.8 วัสดุสำหรับใส่รอยต่อ

4.9.1.8.1 **วัสดุอุดรอยต่อ** (Joint Filler)

วัสดุที่ใช้อุดรอยต่อเผื่อขยายจะต้องมีคุณสมบัติตาม ทล.- ก. 301 “ข้อกำหนดของวัสดุสำเร็จรูปอุดรอยต่อเผื่อขยายสำหรับงานคอนกรีต ชนิดไม่ปลิ้นและยืดหยุ่น มีแอสฟัลต์เป็นส่วนประกอบ” และจะต้องเจาะรูให้สอดเหล็กเดือยได้ วัสดุอุดรอยต่อแต่ละรอยจะต้องเป็นแผ่นเดียวตลอด มีความยาวและความลึกตามที่ระบุไว้ในแบบ เว้นแต่นายช่างผู้ควบคุมงานจะอนุญาตเป็นอย่างอื่น

ในกรณีที่ได้รับอนุญาตให้ใช้วัสดุอุดรอยต่อมากกว่า 1 แผ่นในรอยต่อเดียวกัน จะต้องเป็นปลายที่ต่อกันให้แน่นสนิท หรือทำให้ต่อกันแน่นโดยวิธีการอื่นใดที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

4.9.1.8.2 **วัสดุทารอยต่อ** (Joint Primer)

วัสดุทารอยต่อ ต้องเป็นวัสดุที่มีความสามารถในการไหลแทรกซึมเข้าไปในรูพรุนของคอนกรีตได้สูง เมื่อทดลองทาทาบทับไปบนผิวคอนกรีตจะต้องแห้งภายใน 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และเมื่อนำมอร์ตาร์บล๊อกที่ทาด้วยวัสดุทารอยต่อ ประกบชิ้นทดสอบของวัสดุยาแนวรอยต่อชนิดเทร้อนที่ผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้ว มาดำเนินการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวโดยวิธีการทดสอบการยึดเหนี่ยวโดยสมบูรณ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวัสดุยารอยต่อคอนกรีตแบบยืดหยุ่นชนิดเทร้อน มาตรฐานเลขที่ มอก. 479 โดยอนุโลมแล้ว ต้องไม่เกิดรอยร้าว (Cracking) หรือการแยกตัว (Separating) หรือร่อง (Opening) อย่างหนึ่งอย่างใดลึกเกินกว่า 6.4 มิลลิเมตร ณ จุดหนึ่งจุดใดระหว่างชิ้นทดสอบมอร์ตาร์บล็อกในระหว่างการทดสอบ

ห้ามใช้แอสฟัลต์อิมัลชันเป็นวัสดุทารอยต่อ วัสดุอื่นใดที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุทารอยต่อได้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากวิศวกรผู้ออกแบบก่อน

4.9.1.8.3 **วัสดุยาแนวรอยต่อ** (Concrete Joint Sealer)

วัสดุยาแนวรอยต่อต้องเป็นชนิดเทร้อน (Hot Poured Elastic Type) มีคุณสมบัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวัสดุยารอยต่อ คอนกรีตแบบยืดหยุ่นชนิดเทร้อน มาตรฐานเลขที่ มอก. 479 และได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อนนำมาใช้งาน

4.9.1.9 **วัสดุที่ใช้คลุมในการบ่มคอนกรีต**

หากไม่ได้ระบุหรือขออนุญาตไว้เป็นอย่างอื่น วัสดุที่ใช้คลุมในการบ่มคอนกรีตให้เป็นดังนี้

4.9.1.9.1 **กระสอบ**

กระสอบที่ใช้ต้องทำมาจากป่านหรือปอ และในขณะที่นำมาใช้ จะต้องอยู่ในสภาพดีไม่เปรอะเปื้อนดินโคลนหรือวัสดุอื่นใด ซึ่งจะทำให้กระสอบนั้นดูดซึมน้ำไม่ดี ไม่ประกอบด้วยวัสดุที่อันตรายต่อคอนกรีต เมื่อจุ่มหรือลาดน้ำสามารถดูดน้ำได้ดีมีคุณสมบัติตาม AASHTO M 182 : Burlap Cloth made From Jute or kenaf หรือเทียบเท่า

4.9.1.9.2 **สารเหลวบ่มคอนกรีต** (Liquid Membrane - forming Compounds)

สารเหลวบ่มคอนกรีตจะต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสารเหลวบ่มคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก. 841

4.9.2 **เครื่องจักรและเครื่องมือ**

เครื่องจักรและเครื่องมือทุกชนิดที่จะนำมาใช้งานจะต้องมีสภาพได้ดี โดยจะต้องผ่านการตรวจสอบและหรือตรวจปรับ และนายช่างผู้ควบคุมงานอนุญาตให้ใช้ได้ ในระหว่างการก่อสร้างผู้รับจ้างต้องบำรุงรักษาเครื่องจักรและเครื่องมือทุกชนิดให้อยู่ในสภาพดีอยู่เสมอ

4.9.2.1 **โรงงานผสมคอนกรีตแบบชุดและเครื่องมืออื่น ๆ** (Batching Plant and Equipment)

วัสดุต่างๆ ของส่วนผสมคอนกรีตให้จัดอัตราส่วนเป็นน้ำหนักทั้งหมด โรงงานผสมคอนกรีตแบบชุดจะต้องมียุ้งใส่วัสดุ (Bin) และถังชั่งน้ำหนัก (Hopper) หรือมีที่กองเก็บวัสดุให้เป็นสัดส่วนโดยไม่ผสมกัน โดยให้มีเครื่องชั่งสำหรับชั่ง ทราย หิน หรือกรวดแต่ละขนาด ถ้าใช้ปูนซีเมนต์เป็นถังใหญ่ก็จะต้องมีถังเก็บที่ป้องกันความชื้นได้ และเครื่องชั่งน้ำหนักปูนซีเมนต์ด้วย

การชั่งวัสดุอื่น ๆ ที่ใช้ในการผสมคอนกรีต จะต้องดำเนินการตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร โดยจะชั่งที่โรงผสมหรือเครื่องผสมก็ได้ตามความเหมาะสม โรงงานผสมคอนกรีตแบบชุดนี้อาจเป็นแบบอยู่กับที่ก็ได้ หรือแบบเคลื่อนที่ก็ได้ และจะต้องติดตั้งให้ได้ระดับเพื่อให้เครื่องชั่งทำงานได้ละเอียดและถูกต้อง

4.9.2.1.1 **ยุ้งใส่วัสดุและถังน้ำหนัก**

ภายในยุ้งใส่วัสดุที่โรงงานผสม จะต้องแบ่งเป็นช่อง ๆ ให้มากพอที่จะใส่วัสดุพวก หิน กรวด ทราย ที่ใช้ทุกขนาดได้ และสามารถปล่อยวัสดุลงในถังชั่งน้ำหนักได้สะดวกแน่นอนต้องมีที่บังคับให้การปล่อยวัสดุช้าลงได้ เมื่อได้ปริมาณของวัสดุในถังน้ำหนักเกือบพอกับความต้องการและปิดให้สนิทเมื่อได้ปริมาณที่ต้องการแล้ว

ถังชั่งน้ำหนักจะต้องจัดให้มีช่องเปิดไว้สำหรับให้วัสดุที่เกินความต้องการไหลออกไป และจะต้องสร้างให้สามารถปล่อยวัสดุออกจากถังได้หมด

4.9.2.1.2 **เครื่องชั่ง**

เครื่องชั่งที่ใช้ในการชั่งน้ำหนักวัสดุพวก หิน กรวด ทราย และปูนซีเมนต์ จะต้องเป็นแบบคาน และจะต้องมีความละเอียดผิดพลาดได้ไม่เกินร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักที่ชั่ง ห้ามใช้เครื่องชั่งซึ่งเป็นแบบที่ใช้สปริง และจะต้องจัดให้มีเครื่องเตือนให้ทราบด้วยว่า วัสดุในถังชั่งน้ำหนักมีปริมาณมากเกือบจะพอกับความต้องการแล้ว เครื่องชั่งจะต้องเริ่มเตือนเมื่อน้ำหนักยังขาดอยู่อีกอย่างน้อย 100 กิโลกรัม ก่อนจะเต็มพิกัดและเมื่อน้ำหนักเกินพิกัด 25 กิโลกรัม เครื่องชั่งและเครื่องเตือนจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ผู้ควบคุมเครื่องผสมมองเห็นได้ชัดเจนในขณะทำงานและสามารถจะเข้าถึงจุดควบคุมต่าง ๆ ได้สะดวก

ผู้รับจ้างจะต้องจัดหาตุ้มน้ำหนักมาตรฐานขนาด 25 กิโลกรัม เป็นจำนวนอย่างน้อย 10 ตุ้ม ไว้ที่หน้างาน เพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องชั่ง

การคิดน้ำหนักปูนซีเมนต์ อาจจะใช้วิธีชั่งโดยตรง หรือการนับจำนวนถุงบรรจุมาตรฐานก็ได้ โดยทั่วไปปูนซีเมนต์บรรจุถุงมาตรฐานจะหนัก 50 กิโลกรัม ถ้าใช้วิธีชั่งก็จะมีเครื่องชั่งและถังสำหรับชั่งปูนซีเมนต์ต่างหากพร้อมทั้งรางและเครื่องมืออื่น ๆ เพื่อใช้สำหรับปล่อยให้ปูนซีเมนต์ออกจากถังชั่งไปสู่เครื่องผสม การดำเนินการในเรื่องนี้จะต้องใช้วิธีการที่เหมาะสม และได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงาน

การชั่งวัสดุลงผสมในเครื่องผสมแต่ละเครื่อง จะต้องให้ได้ตามที่กำหนดโดยย่อมให้มีความคลาดเคลื่อนในการชั่งปูนซีเมนต์ไม่เกินร้อยละ 1 และวัสดุหิน กรวด และทรายไม่เกินร้อยละ 2

4.9.2.2 **เครื่องผสมคอนกรีต** (Mixer)

การผสมคอนกรีตทั้งหมดจะต้องใช้เครื่องผสม ซึ่งจะผสมในโรงผสมที่หน้างานหรือใช้รถผสมก็ได้ เครื่องผสมแต่ละเครื่องจะต้องมีแผ่นป้ายของบริษัทผู้ผลิต แสดงถึงความจุของโม่ที่ใช้ผสมคอนกรีต และความเร็วของการหมุนโม่

4.9.2.2.1 **เครื่องผสมที่หน้างาน** (Mixer at Construction Site)

ต้องเป็นเครื่องผสมซึ่งสามารถผสมวัสดุหิน กรวด ทราย ปูนซีเมนต์และน้ำ ให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันโดยสม่ำเสมอภายในระยะเวลาที่กำหนด และสามารถเทคอนกรีตออกได้ โดยไม่เกิดการแยกตัว จะต้องจัดให้ถังชั่งน้ำหนักต่าง ๆ ถังใส่น้ำและที่วัดปริมาณของน้ำ ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 1 อยู่ใกล้กับเครื่องผสม ในการผสมคอนกรีตจะต้องผสมวัสดุต่าง ๆ ให้เข้ากันดีก่อน แล้วจึงผสมน้ำลงไป ต้องมีคันบังคับอัตโนมัติบังคับไม่ให้คอนกรีตออกจากเครื่องผสมจนกว่าวัสดุทุกอย่างจะผสมกันครบตามกำหนดเวลาที่ต้องการ และจะต้องมีเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการเทคอนกรีตลงบนชั้นทางที่เตรียมไว้แล้ว

ให้ทำความสะอาดเครื่องผสมเป็นครั้งคราวและให้ตรวจสอบสภาพภายในของเครื่องผสมทุกวัน ใบมีดในเครื่องผสมจะต้องเปลี่ยนใหม่ ถ้าสึกหรอเกินกว่าร้อยละ 10

4.9.2.2.2 **เครื่องผสมแบบโรงผสม** (Central Plant Mixer)

เครื่องผสมแบบโรงผสม จะต้องเป็นแบบซึ่งได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว สามารถผสมวัสดุหิน กรวด ทราย ปูนซีเมนต์และน้ำ ให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันสม่ำเสมอภายในระยะเวลาที่กำหนด และสามารถเทคอนกรีตออกได้ โดยไม่เกิดการแยกตัว เครื่องผสมจะต้องมีที่ตั้งเวลาซึ่งได้รับความเห็นชอบแล้ว โดยที่ตั้งเวลานี้จะบังคับให้การผสมวัสดุต่าง ๆ เข้ากันดีจนครบตามเวลาที่กำหนด ระบบการใส่น้ำจะใช้ถังตวงที่ขีดบอกปริมาตรที่แน่นอนหรือจะใช้มาตรวัดก็ได้ ซึ่งไม่จำเป็นจะต้องเป็นส่วนประกอบของเครื่องผสม

ให้ทำความสะอาดเครื่องผสมเป็นครั้งคราวและให้ตรวจสอบสภาพภายในของเครื่องผสมทุกวัน ใบมีดในเครื่องผสมจะต้องเปลี่ยนใหม่ ถ้าสึกหรอเกินกว่าร้อยละ 10

4.9.2.2.3 **รถผสมคอนกรีต** (Truck or Transit Mixers)

รถผสมคอนกรีตจะต้องมีเครื่องนับจำนวนรอบ สำหรับนับจำนวนรอบที่โม่ หรือใบมีดในโม่หมุนได้อย่างถูกต้อง เครื่องนับจำนวนรอบจะทำงานเมื่อเริ่มผสมคอนกรีตตามอัตราความเร็วของโม่หรือใบมีดในโม่ที่กำหนดขึ้น สำหรับการผสมคอนกรีตนั้น ๆ ปริมาณของคอนกรีตในโม่ที่ผสมแต่ละครั้งต้องไม่เกินร้อยละ 60 ของความจุของโม่ เครื่องผสมนี้ต้องสามารถคลุกเคล้าวัสดุต่าง ๆ ให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้อย่างสม่ำเสมอ และเนื้อคอนกรีตเมื่อเทออกจากโม่ก็ยังคงสม่ำเสมอดี โดยไม่เกิดการแยกตัว

ต้องมีเครื่องวัดปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในแต่ละโม่ได้อย่างละเอียด ปริมาณของน้ำที่จะใช้จะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 1 ของปริมาณน้ำที่กำหนด เว้นแต่รถนี้จะใช้ในการกวนคอนกรีตเท่านั้น

4.9.2.3 เครื่องปูและแต่งผิวคอนกรีต (Finishing Equipments)

4.9.2.3.1 เครื่องปูและแต่งผิวชนิดตั้งแบบหล่อ (Fixed - Form Paving Equipments)

เครื่องปูและแต่งผิวชนิดตั้งแบบหล่อประกอบด้วยเครื่องจักรและเครื่องมือดังต่อไปนี้

(1) เครื่องปูคอนกรีตจะต้องเป็นแบบที่เลื่อนไปมาบนแบบหล่อหรือบนรางที่ได้ติดตั้งไว้ข้างแบบหล่อได้ด้วยตัวเอง (Self - Propelled) จะต้องมีเครื่องเกลี่ยคอนกรีตตั้งอยู่ เพื่อทำการเกลี่ยคอนกรีตให้แผ่กระจายเต็มผิวหน้าของแบบได้โดยคอนกรีตไม่เกิดการแยกตัว เครื่องเกลี่ยคอนกรีตอาจเป็นแบบเกลียว (Auger) หรือแบบใบพาย (Paddle) ก็ได้ เครื่องเกลี่ยคอนกรีตแบบเกลียวจะต้องสามารถเกลี่ยคอนกรีตให้กระจายออกด้านข้างซ้ายและขวาอย่างสม่ำเสมอโดยไม่เกิดการแยกตัว สำหรับเครื่องเกลี่ยคอนกรีตแบบใบพายจะต้องสามารถเลื่อนไปมาตามขวาง ยกขึ้นลงและหมุนรอบตัวเองได้โดยบังคับด้วยระบบเครื่องกล หรือระบบไฟฟ้า หรือระบบไฮดรอลิก

(2) เครื่องสั่นสะเทือน จะต้องสั่นสะเทือนให้ได้เต็มความกว้างของแผ่นพื้นคอนกรีตที่หล่อประกอบด้วยทุ่นสะเทือนภายในและแผ่นสั่นสะเทือน เครื่องสั่นสะเทือนนี้จะต้องเป็นแบบที่ติดตั้งกับเครื่องปูคอนกรีต หรือติดกับเครื่องแต่งผิวคอนกรีต หรืออาจติดกับเครื่องมืออื่นใดที่เคลื่อนตามต่างหากก็ได้ แต่ทั้งนี้ขณะทำงานจะต้องระมัดระวังไม่ให้ไปกระทบกับขอบแบบหล่อรอยต่อ เหล็กเดือยหรือเหล็กยึด และส่วนประกอบอื่น ๆ ที่จัดเตรียมไว้

ทุ่นสั่นสะเทือนภายในจะต้องติดตั้งเรียงแถวเต็มความกว้างของแผ่นพื้นคอนกรีตที่หล่อ ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวจี้ไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) ความถี่ของทุ่นสั่นสะเทือนต้องไม่น้อยกว่า 5,000 ครั้งต่อนาที ระยะเรียง (Spacing) เป็นไปตามที่ผู้ผลิตแนะนำและนายช่างผู้ควบคุมงานเห็นชอบแล้ว การจี้ทุ่นสั่นสะเทือนลงบนคอนกรีตจะต้องกระทำด้วยระบบเครื่องกล หรือระบบไฟฟ้า หรือระบบไฮดรอลิก ห้ามใช้คนงานย่ำบนคอนกรีตเพื่อจี้ทุ่นสั่นสะเทือนและผู้รับจ้างจะต้องจัดเตรียมทุ่นสั่นสะเทือนสำรองไว้อย่างน้อยอีก 2 ทุ่น เพื่อช่วยอัดแต่งคอนกรีตข้างขอบแบบหล่อให้แน่นตัวตลอดแนวที่เทคอนกรีตด้วย

แผ่นสั่นสะเทือน จะต้องติดตั้งไว้กับเครื่องแต่งผิวคอนกรีต หรือเครื่องมืออื่นใดที่เคลื่อนตามต่างหาก ความถี่ของแผ่นสั่นสะเทือนต้องไม่น้อยกว่า 3,000 ครั้งต่อนาที สามารถยกขึ้นลงได้โดยไม่แตะกับผิวคอนกรีตขณะหยุดรอ

(3) เครื่องแต่งผิวคอนกรีตตามขวาง จะต้องเป็นชนิดที่เลื่อนไปมาตามขวางได้ด้วยตัวเอง ใช้ปาดและแต่งผิวคอนกรีตได้ดี จะต้องเป็นชนิดที่ได้ออกแบบไว้สำหรับใช้แต่งผิวคอนกรีต ซึ่งสามารถลบรอยคลื่นบาง ๆ ที่เกิดจากแผ่นสั่นสะเทือนได้ เครื่องแต่งผิวคอนกรีตจะต้องวางอยู่ในระดับที่เอียงลงสู่ด้านหลังเล็กน้อยไม่เกิน 1.5 มิลลิเมตร

(4) แผ่นสั่นสะเทือนชนิดยกเคลื่อนได้ ต้องทำด้วยโลหะหรือวัสดุอื่นใดที่แข็งแรงและคงรูปอยู่ได้ในขณะสั่นสะเทือน ทั้งนี้ต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อนนำมาใช้

(5) เครื่องปรับแต่งความเรียบที่ผิวหน้า อาจเป็นชนิดท่อนเหล็กกลม หรือกล่องชักวัดความเรียบก็ได้ ต้องมีความยาวมากกว่าความกว้างของแผ่นพื้นคอนกรีตที่จะปรับแต่งไม่น้อย 600 มิลลิเมตร เครื่องมือชุดนี้ก่อนนำมาใช้จะต้องตรวจสอบและตรวจปรับให้ได้ความเรียบถูกต้องตามแนวขวางของถนน และนายช่างผู้ควบคุมงานเห็นชอบให้ใช้ได้ก่อน การใช้จะต้องระมัดระวังในการปรับแก้ความเรียบและระดับที่เกี่ยวข้อง โดยจะใช้ก็ต่อเมื่อเริ่มงานตบแต่งผิวคอนกรีตแล้ว

(6) เครื่องมือตบแต่งชนิดอื่น ๆ จะต้องจัดหาไว้ให้พร้อมเมื่อจะเริ่มเทคอนกรีต

4.9.2.3.2 **เครื่องปูและแต่งผิวชนิดเลื่อน** (Slip - Form Paving Equipments)

เครื่องปูและแต่งผิวชนิดเลื่อน ต้องเป็นแบบที่เคลื่อนที่ได้ด้วยตัวเอง สามารถเกลี่ยกระจายคอนกรีต ทำคอนกรีตให้แน่น และรีดคอนกรีตให้ออกมาเป็นรูปร่างตามต้องการได้ ตลอดจนสามารถตบแต่งคอนกรีตได้ เพื่อให้ความเรียบและรูปร่างของแผ่นพื้นคอนกรีตตามที่กำหนดไว้

อุปกรณ์สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องปูและแต่งผิวแบบเลื่อน อย่างน้อยจะต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

(1) อุปกรณ์ควบคุมความเร็ว (Velocity Control)

(2) เครื่องเกลี่ยกระจายคอนกรีตแบบเกลียว (Auger) เครื่องปาด (Oscillating Screed) และระบบควบคุม

(3) เครื่องทุ่นสั่นสะเทือนแบบทุ่นสั่นสะเทือนและระบบควบคุมการจี้และการสั่นสะเทือน

(4) เตารีดและระบบควบคุมการรีดคอนกรีต

(5) ระบบควบคุมทิศทางและระดับ (Alignment and Level) โดยใช้ระบบ Hydraulic Sensor หรือระบบอื่นใดที่เหมาะสม

(6) เครื่องยิงเหล็กยึด (Tie Bar) และอาจติดตั้งเครื่องวางเหล็กเดือย (Dowel Bar) ด้วยก็ได้

(7) เครื่องปาดแต่งผิวคอนกรีต (Auto - Float Attachment หรือ Extrusion Plate)

เครื่องปูและแต่งผิวชนิดเลื่อน จะต้องได้รับการตรวจสอบ และตรวจปรับให้สอดคล้องกับข้อแนะนำของบริษัทผู้ผลิต และนายช่างผู้ควบคุมงานเห็นชอบแล้ว ก่อนที่จะดำเนินงานคอนกรีต

4.9.2.4 **เลื่อยตัดรอยต่อ**

เลื่อยที่ใช้ตัดรอยต่อจะต้องเป็นเครื่องที่มีกำลังสูงเพียงพอ สามารถตัดให้ได้ความลึกตามต้องการได้อย่างรวดเร็ว โดยใช้ใบเลื่อยหัวเพชร หรือใบเลื่อยกลมชนิดแข็งอื่นใด ต้องจัดให้มีน้ำหล่อเลี้ยงขณะตัด และผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเลื่อยอีกอย่างน้อยหนึ่งเครื่องสำรองไว้ที่หน้างานในขณะที่ทำงานตัดรอยต่อ

4.9.2.5 แบบหล่อคอนกรีต

แบบหล่อที่ใช้ต้องมีผนังและขอบตรงทำด้วยโลหะที่มีความหนาไม่น้อยกว่า 5 มิลลิเมตร ยกเว้นแบบหล่อที่ใช้ในแนวโค้ง อาจทำด้วยวัสดุอย่างอื่นได้ โดยได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงาน แบบหล่อต้องมีความสูงมากพอที่จะทำให้ความหนาของผิวทางคอนกรีตได้ตามที่กำหนดไว้ในแบบ

แบบโลหะแต่ละท่อนต้องยาวไม่น้อยกว่า 3 เมตร ห้ามนำแบบมาตั้งซ้อนกันเพื่อให้ได้ความลึกของแบบตามที่กำหนดมาใช้งาน ในกรณีที่มีชั้นทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีตความลึกของแบบต้องมากกว่าความหนาของคอนกรีตที่เทอย่างน้อย 25 มิลลิเมตร เพื่อเผื่อไว้สำหรับบางส่วนของแบบที่จมลงไปในชั้นทราย ส่วนในกรณีที่ใช้ชั้นหินคลุกรองใต้ผิวทางคอนกรีต ความลึกของแบบจะน้อยกว่าความหนาของคอนกรีตที่เทได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร และจะต้องตั้งแบบให้มั่นคงแข็งแรง การหมุนแบบหล่อเพื่อปรับระดับจะต้องใช้แผ่นวัสดุที่แข็งแรงหนุนรองรับแบบหล่อห้ามใช้ลิ่มในการปรับระดับ สำหรับร่องที่เกิดจากการหนุนแบบหากจะเกิดอุดเพื่อป้องกันคอนกรีตไหลออก ให้ใช้มอร์ตาร์ หรือทรายผสมคอนกรีตอุด ห้ามใช้หินฝุ่นอุดร่อง

แบบต้องมีส่วนประกอบสำหรับยึดปลายแบบให้แน่นสนิทเมื่อต่อกัน และให้มีความมั่นคงแข็งแรงเมื่อตั้งแบบ ในกรณีที่พบว่ามีผิวด้านบนเยิน บิดงอหรือแตก ผู้รับจ้างต้องขนย้ายออกโดยทันที การซ่อมแซมจะทำได้ ถ้าได้รับอนุญาตนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

การติดตั้งแบบจะต้องทำให้รัดกุม แข็งแรง และจะต้องแน่ใจว่าไม่เกิดการรั่วไหลของคอนกรีตออกนอกแบบ ไม่ว่ากรณีใด ๆ ผิวบนของแบบต้องได้ระนาบ จะแตกต่างกันเกิน 3 มิลลิเมตร ในระยะ 3 เมตรไม่ได้ ไม่ว่าที่จุดใดก็ตามจะคลาดเคลื่อนไปจากแนวที่กำหนดได้ไม่เกิน 6 มิลลิเมตร แบบจะต้องตรึงให้แน่นจนแน่ใจว่าไม่มีการเคลื่อนไหว ในขณะเทคอนกรีตแบบจะต้องคงที่ไว้ ตามระยะเวลาที่เหมาะสมที่นายช่างผู้ควบคุมงานกำหนด ก่อนการดำเนินการถอดแบบอย่างไรก็ตามนายช่างผู้ควบคุมงานจะเป็นผู้ตรวจสอบและอนุมัติ แนว ระดับ ความแข็งแรงของแบบ ก่อนดำเนินการเทคอนกรีตทุกครั้ง แต่การอนุมัติเทคอนกรีตมิได้หมายความว่าผู้รับจ้างจะพ้นความรับผิดชอบเมื่อเกิดความเสียหายต่อคอนกรีตอันเนื่องมาจากแบบชำรุดไม่แข็งแรงเพียงพอ

4.9.3 ข้อกำหนดในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

4.9.3.1 ข้อกำหนดของส่วนผสมคอนกรีต

หากไม่ได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น ส่วนผสมคอนกรีตจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

(1) คอนกรีตจะต้องมีค่าความต้านแรงอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีตรูปลูกบาศก์ขนาด 150x150x150 มิลลิเมตร ที่อายุ 28 วันไม่น้อยกว่า 32 เมกะพาสคัล และต้องมีค่าความต้านแรงดัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีตรูปคานขนาด 150x150x600 มิลลิเมตร ที่อายุ 28 วันไม่น้อยกว่า 4.2 เมกะพาสคัล

(2) ขนาดคละของมวลรวมหยาบและละเอียด อันได้แก่ หิน หรือกรวด และทรายที่ใช้ในงานต้องอยู่ในขอบเขตที่กำหนดไว้ เมื่อได้กำหนดขนาดคละของมวลรวมที่เหมาะสมตามเกณฑ์ที่กำหนด และได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว ให้ใช้ขนาดคละของมวลรวมนั้นในการทำงาน โดยมิให้มีการเปลี่ยนแปลง และหักค่าโมดูลัสความละเอียดของทรายเปลี่ยนแปลงเกินจากค่าที่กำหนด 0.20 แล้วจะต้องทำการออกแบบส่วนผสมใหม่

(3) องค์ประกอบของส่วนผสมคอนกรีต วัสดุต่าง ๆ ของส่วนผสมคอนกรีต ให้วัดอัตราส่วนเป็นน้ำหนักทั้งหมดของปูนซีเมนต์ วัสดุหิน กรวด ทราย ต้องเป็นไปตามคุณสมบัติที่กำหนด ขนาดหิน หรือกรวดที่ใช้ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ อัตราส่วนระหว่าง วัสดุหิน กรวด ทรายกับปูนซีเมนต์จะต้องไม่มากกว่า 7 : 1 โดยน้ำหนัก และปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสมคอนกรีต จะต้องมีน้ำหนักไม่น้อยกว่า 350 กิโลกรัมต่อคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร

(4) อัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ คอนกรีตที่ใช้ต้องมีอัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ไม่มากกว่า 0.55 โดยน้ำหนัก ปริมาณน้ำที่ใช้ในการคิดคำนวณอัตราส่วนระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ ให้คิดเมื่อวัสดุหิน กรวด ทราย อยู่ในสภาพอิ่มน้ำผิวแห้ง

(5) พิกัดความสามารถเทได้ของคอนกรีต คอนกรีตที่ผสมเสร็จแล้วต้องมีความสามารถเทได้พอเหมาะที่จะอัดให้แน่นโดยใช้เครื่องมือเท่านั้น ค่าความยุบตัวของคอนกรีตเมื่อทดลองตาม ทล.- ท. 304 “ วิธีทดลองหาความยุบตัวของคอนกรีต ” ไม่น้อยกว่า 30 มิลลิเมตร และไม่มากกว่า 70 มิลลิเมตร

ในกรณีที่เทคอนกรีตโดยใช้เครื่องปูและแต่งผิวชนิดเลื่อน ค่าความยุบตัวของคอนกรีตต้องอยู่ในช่วง $\pm$ 20 มิลลิเมตร จากค่าความยุบตัวของส่วนผสมคอนกรีตที่ได้ออกแบบไว้

(6) การหล่อแท่งตัวอย่างคอนกรีตรูปลูกบาศก์ขนาด 150x150x150 มิลลิเมตร ให้ดำเนินการตาม ทล.- ม. 303 “ มาตรฐานการหล่อแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์ ” การทดสอบหาความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์ให้ดำเนินการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก. 409 และการหล่อแท่งตัวอย่างคอนกรีตรูปคานขนาด 150x150x600 มิลลิเมตร ให้ดำเนินการตาม ทล.- ม. 305 “ มาตรฐานการหล่อแท่งคอนกรีตรูปคาน ” การทดสอบหาความต้านแรงดัดของแท่งคอนกรีตรูปคานให้ดำเนินการตาม AASHTO T 97 : Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Third – Point Loading)

4.9.3.2 การคำนวณออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

ก่อนเริ่มงานคอนกรีตอย่างน้อย 30 วัน ผู้รับจ้างจะต้องส่งรายงานการคำนวณออกแบบส่วนผสมคอนกรีตให้นายช่างผู้ควบคุมงาน เพื่อตรวจสอบและอนุญาตให้ใช้ได้ก่อนรายการคำนวณประกอบด้วยสัดส่วนต่าง ๆ ของส่วนผสมคอนกรีต เป็นน้ำหนักทั้งหมด และการผสมทดลองตัวอย่างคอนกรีต ซึ่งต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดต่าง ๆ ดังนี้

(1) คุณภาพต่าง ๆ ของวัสดุส่วนผสม ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดคุณภาพวัสดุ

(2) คอนกรีตต้องมีค่าความต้านแรงอัดเฉลี่ย และค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยที่อายุการบ่ม 28 วัน เป็นไปตามที่ข้อกำหนด

(3) จำนวนแท่งตัวอย่างทดสอบของการทดสอบแต่ละตัวอย่างไม่น้อยกว่า 27 แท่ง

4.9.4 วิธีการก่อสร้าง

4.9.4.1 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

4.9.4.1.1 การเตรียมชั้นรองใต้ผิวทางคอนกรีต

ก่อนการตั้งแบบเพื่อเทคอนกรีตชั้นรองพื้นทางในช่วงที่เทคอนกรีต จะต้องเกลี่ยแต่งปรับระดับและทำการบดทับให้ได้แนว ความลาด ระดับและความแน่นที่ถูกต้องตามแบบ โดยได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน งานโครงสร้างทุกชนิดจะต้องปรับปรุงระดับ และแนวให้ถูกต้อง จะต้องปาดแต่งคันทางส่วนที่กว้างเลยจากขอบ บริเวณที่จะเทคอนกรีตออกไปเป็นระยะไม่น้อยกว่า 600 มิลลิเมตร หรือตามที่ระบุไว้ในแบบ ให้ได้ระดับและแนวด้วย โดยทั่วไปให้เตรียมพื้นที่เพื่อตั้งแบบ เพื่อเทคอนกรีตให้ได้ระยะอย่างน้อย 50 เมตร ล่วงหน้าไปจากจุดที่กำลังเทคอนกรีต นอกจากได้รับความเห็นชอบนายช่างผู้ควบคุมงานเป็นอย่างอื่น

ในกรณีที่ต้องใส่ชั้นทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีตตามที่ระบุไว้ในแบบ ทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีตต้องสะอาดปราศจากก้อนดินเหนียว หรือสารเคมี ซึ่งเป็นอันตรายต่อคอนกรีตหรือวัสดุไม่พึงประสงค์อื่นใด เช่น รากไม้ วัชพืช เป็นต้น

ก่อนเทคอนกรีตต้องเกลี่ยทรายให้เรียบ พ่นน้ำให้ทรายอิ่มตัว พร้อมทั้งบดทับให้แน่นภายหลังการบดทับระดับของชั้นทรายต้องไม่มีจุดใดสูงกว่าระดับที่กำหนดไว้ในแบบ และไม่มีจุดต่ำกว่าระดับที่แบบกำหนดเกิน 10 มิลลิเมตร

ในกรณีที่แบบกำหนดให้มีชั้นหินคลุกรองใต้ผิวทางคอนกรีต จะต้องปาดแต่งหินคลุกให้ได้รูปร่าง ระดับความแน่น ตามที่กำหนดไว้ เป็นระยะทางอย่างน้อย 50 เมตร ล่วงหน้าไปจากจุดที่กำลังเทคอนกรีต เพื่อตั้งแบบ

ในกรณีเทคอนกรีตแบบเลื่อน (Slip - Form) จะต้องมีพื้นที่เตรียมไว้ล่วงหน้าอย่างน้อย 100 เมตร ไปจากจุดที่กำลังเทคอนกรีต

4.9.4.1.2 การตั้งแบบ

(1) ฐานรองรับแบบในกรณีที่มีชั้นทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีต ฐานรองรับแบบที่อยู่ใต้ชั้นทรายรองใต้ผิวทางคอนกรีตจะต้องมีความแข็งแรง ซึ่งเมื่อตอกหมุนยึดแบบ หรือเมื่อวางแผ่นรองรับแบบแล้วจะต้องมีความมั่นคงแข็งแรง ไม่เกิดการขยับตัว และเมื่อลงชั้นทรายรองคอนกรีตแล้วขอบแบบจะต้องจมลงไปในชั้นทรายอย่างน้อย 20 มิลลิเมตร เพื่อป้องกันมิให้คอนกรีตไหลออกไปนอกแบบ ชั้นรองพื้น

ทาง หรือชั้นทรายทางรองใต้ผิวทางคอนกรีตในแนวที่ตั้งแบบตอนใดต่ำไป ก็ให้ลงวัสดุเสริมขึ้นเป็นชั้น ๆ จนได้ระดับต่ำกว่าแบบไม่เกิน 10 มิลลิเมตร

ในกรณีที่มีชั้นหินคลุกรองใต้ผิวทางคอนกรีต ฐานรองรับแบบจะต้องบดทับแน่นและได้ระดับ โดยที่เมื่อตั้งแบบแล้วจะต้องได้ระดับตามที่กำหนดไว้ในแบบ

(2) การตั้งแบบล่วงหน้า ก่อนเริ่มเทคอนกรีตแต่ละวันจะต้องตั้งแบบให้เสร็จเรียบร้อยไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของที่จะเทคอนกรีตได้ในวันนั้น ๆ ในแต่ละวัน เมื่อถึงเวลาที่จะเริ่มเทคอนกรีตจะต้องตั้งแบบให้เสร็จเป็นระยะทางไม่น้อย 100 เมตร เว้นแต่ในวันใดที่จะเทคอนกรีตระยะสั้นจะต้องได้รับความเห็นชอบล่วงหน้าจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

ในกรณีที่มีผิวทางเกินกว่าข้างละหนึ่งช่องจราจร ให้เทคอนกรีตในช่องจราจรที่มีค่าระดับสูงไปหาค่าระดับต่ำสุดตามลำดับ ทั้งนี้นอกจากนายช่างผู้ควบคุมงานสั่งการเป็นอย่างอื่น

(3) การตอกยึดแบบ แบบจะต้องยึดแน่นให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง โดยใช้หมุดไม่น้อยกว่า 3 ตัวต่อความยาว 3 เมตร ปลายทุกปลายของแบบแต่ละท่อนให้ตอกหมุดยึดให้แน่น ต้องยึดแบบให้แน่นไม่เคลื่อนที่ หรือเลื่อนหลุดแนวของแบบ ไม่ว่าที่จุดใดก็ตามจะคลาดเคลื่อนไปจากแนวที่กำหนดได้ไม่เกิน 6 มิลลิเมตร ให้ทำความสะอาดแบบและทาน้ำมันที่แบบก่อนเทคอนกรีต

(4) ระดับและแนว ให้ตรวจสอบระดับและแนวของแบบที่ตั้งไว้ โดยทดลองให้เครื่องปูและเครื่องแต่งผิวคอนกรีตผ่านไปบนแบบ ถ้าปรากฏว่าแบบที่ตั้งไว้หรือฐานรองรับแบบไม่มั่นคงแข็งแรง ก็ให้ทำการแก้ไขและตรวจสอบใหม่ให้เรียบร้อย ภายหลังจากที่เครื่องปูและเครื่องแต่งผิวคอนกรีตผ่านไปบนแบบแล้ว ขอบบนของแบบเมื่อวัดสอบด้วยบรรทัดตรงยาว 3.00 เมตร คร่อมรอยต่อของแบบตอนใดก็ตาม ระดับจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 3 มิลลิเมตร และแนวจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 6 มิลลิเมตร จากที่ได้ระบุไว้

(5) สภาพชั้นทางรองใต้ผิวทางคอนกรีต หลังจากตั้งแบบแล้ว ก่อนเทคอนกรีตชั้นทางที่ตบแต่งไว้แล้วนั้นในขณะเทคอนกรีตต้องอยู่ในสภาพที่เรียบ แน่นและมีความชื้นที่พอเหมาะ ห้ามเทคอนกรีตบนชั้นทางที่มีระดับไม่เรียบและไม่แน่น ถ้าชั้นทางในขณะที่เทคอนกรีตแห้งก็ให้พรมน้ำให้ชุ่ม ห้ามปล่อยให้มีน้ำขังอยู่บนผิวของชั้นทาง หากมีความจำเป็นอันเนื่องมาจากสภาพดินฟ้าอากาศ นายช่างผู้ควบคุมงานอาจจะสั่งให้พรมน้ำเพิ่มความชื้นแก่ชั้นทางล่วงหน้าชั่วระยะเวลาหนึ่ง ก่อนเทคอนกรีต

4.9.4.2 การก่อสร้าง

4.9.4.2.1 เกณฑ์กำหนดในการผสมและเทคอนกรีต

ห้ามผสม เท และตบแต่งคอนกรีต หากไม่มีแสงสว่างตามธรรมชาติเพียงพอ ในกรณีดังกล่าวถ้าผู้รับจ้างมีความประสงค์จะผสม เท และตบแต่งคอนกรีต ผู้รับจ้างต้องจัดให้มีแสงสว่างมากพอในขณะปฏิบัติงานและต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงาน การผสมคอนกรีตให้ผสมคอนกรีตให้มีปริมาณมากพอที่จะใช้ในการเทแต่ละครั้ง ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้รับผิดชอบในการผสมคอนกรีตให้ได้ความข้น

เหลวตามที่ต้องการ ถ้าปรากฏว่าคอนกรีตที่ผสมจากโรงผสมแล้วขนมาเพื่อที่จะเทลงและตบแต่งให้เรียบร้อยไม่ทันตามกำหนดเวลา เพราะเกิดแข็งตัวเสียก่อน นายช่างผู้ควบคุมงานอาจกำหนดให้ผู้รับจ้างทำการผสมคอนกรีตที่หน้างานก็ได้

การเทคอนกรีตในช่วงฤดูฝน ผู้รับจ้างจะต้องจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับป้องกันน้ำฝน เช่น ผ้าใบ เต็นท์ หรืออื่น ๆ สำรองไว้ที่หน้างาน อุปกรณ์สำหรับป้องกันน้ำฝนจะต้องอยู่ในสภาพพร้อมที่จะใช้งานได้ทันที ในกรณีเกิดฝนตกกะทันหันระหว่างเท หรือตบแต่งคอนกรีตเรียบร้อยแต่คอนกรีตยังไม่แข็งตัวให้รีบดำเนินการทำรอยต่อก่อสร้างตามขวางเพื่อหยุดงานคอนกรีต อุปกรณ์สำหรับป้องกันน้ำฝนจะต้องเป็นแบบที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานการก่อนนำมาใช้งาน

4.9.4.2.2 **การผสมคอนกรีต**

(1) การผสมที่หน้างาน สำหรับคอนกรีตซึ่งผสมที่หน้างาน เครื่องผสมต้องอยู่นอกช่องทางที่กำลังจะทำการเทคอนกรีต เว้นแต่นายช่างผู้ควบคุมงานจะสั่งการเป็นอย่างอื่น ถ้ามีการใช้สารผสมเพิ่มรวมทั้งปริมาณที่จะใช้ จะต้องได้รับความเห็นชอบนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

เครื่องผสม และเทคอนกรีตที่หน้างาน จะต้องเดินเครื่องให้โม่ผสมหมุนด้วยความเร็วระหว่าง 14 - 20 รอบ ต่อนาที การปล่อยวัสดุผสมต่าง ๆ ลงในโม่ จะต้องเปิดให้น้ำบางส่วนลงไปในโม่ก่อนเทวัสดุหิน กรวด ทราย และปูนซีเมนต์จากถังและภาชนะบรรจุ และน้ำจะต้องไหลลงติดต่อกันไป หลังจากที่ปล่อยวัสดุหิน กรวด ทราย และปูนซีเมนต์ในโม่หมดแล้วอย่างน้อย 5 วินาที ระยะเวลาผสมให้เริ่มนับหลังจากใส่วัสดุส่วนผสมต่าง ๆ นอกจากน้ำลงในโม่หมดแล้วเครื่องผสมที่มีขนาดความจุผสมไม่มากกว่า 1 ลูกบาศก์เมตร ระยะเวลาผสมจะต้องไม่น้อยกว่า 50 วินาที และไม่มากกว่า 70 วินาที สำหรับเครื่องผสมที่มีขนาดความจุผสมมากกว่า 1 ลูกบาศก์เมตร ระยะเวลาผสมให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน ถ้าเครื่องเป็นแบบโม่คู่ระยะเวลาที่เหลื่อมกันระหว่างโม่ไม่นับรวมเป็นระยะเวลาผสม ให้เทคอนกรีตที่ผสมเสร็จแล้วออกจากโม่แต่ละโม่ให้หมดก่อนที่จะใส่วัสดุส่วนผสมสำหรับโม่ต่อไป คอนกรีตที่ผสมไม่ถึงระยะเวลาผสมอย่างต่ำที่กำหนดห้ามนำมาใช้งาน

ปริมาณคอนกรีตที่ผสมในแต่ละโม่ จะต้องไม่มากกว่าขนาดความจุ ซึ่งเครื่องผสมนั้นผสมได้ตามที่ระบุไว้บนแผ่นป้ายรับรองขนาดความจุของบริษัทผู้ผลิตซึ่งติดอยู่ที่เครื่องผสม แต่ก็อาจได้รับอนุญาตให้ผสมได้เกินอีกถึงร้อยละ 10 ของขนาดความจุดังกล่าว ถ้าหากผสมเกินแล้วผลการทดสอบความต้านแรงของแท่งคอนกรีตและความข้นเหลวของคอนกรีตจะต้องสม่ำเสมอ และเป็นไปตามข้อกำหนด อีกทั้งคอนกรีตจะต้องไม่แยกตัว และไม่ล้นออกจากโม่

คอนกรีตที่มีความข้นเหลวไม่ถูกต้องตามที่กำหนดขณะที่จะเทห้ามนำมาใช้งาน คอนกรีตที่ผสมเสร็จแล้วห้ามทำการผสมใหม่โดยการเติมน้ำ หรือวิธีอื่นใดก็ตาม

(2) การผสมในโรงผสม นอกจากจะถือปฏิบัติตามข้อ 4.9.4.2.2 (1) แล้ว ถ้าเครื่องผสมมีขนาดความจุในการผสมได้ระหว่าง 2 - 5 ลูกบาศก์เมตร ระยะเวลาผสมจะต้องไม่น้อยกว่า 50 วินาที

ส่วนเครื่องผสมมีขนาดความจุในการผสมได้มากกว่า 5 ลูกบาศก์เมตร ระยะเวลาผสมจะต้องไม่น้อยกว่า 120 วินาที

(3) การผสมโดยรถผสมคอนกรีต อาจจะใช้รถผสมคอนกรีตทำการผสมให้แล้วเสร็จที่โรงงานผสม แล้วใช้รถผสมนั้นขนคอนกรีตไปเทที่หน้างาน โดยในระหว่างการขนส่งให้กวนคอนกรีตไปด้วย หรืออาจจะใช้รถผสมคอนกรีตให้แล้วเสร็จที่หน้างานก็ได้ ถังผสมคอนกรีตอาจเป็นแบบโม่หมุนแบบใบมีด หรือแบบใบพายหมุนกวนคอนกรีตก็ได้

ระยะเวลาการผสมให้กำหนดจากจำนวนรอบหมุนของโม่ผสม ในกรณีที่รถผสมคอนกรีตเมื่อผสมคอนกรีตจนแล้วเสร็จ ให้ผสมคอนกรีตแต่ละโม่โดยให้โม่หรือใบมีดหมุนไม่น้อยกว่า 70 รอบ และไม่มากกว่า 100 รอบ โดยหมุนด้วยอัตราความเร็วในการผสมซึ่งผู้ผลิตโม่หมุนได้ระบุไว้บนแผ่นป้ายโลหะในการผสมคอนกรีตแต่ละครั้ง ถ้าปริมาณจากการผสมคอนกรีตในแต่ละโม่ลดลงมากกว่า 0.4 ลูกบาศก์-เมตร จากปริมาณที่ผู้ผลิตได้ระบุไว้บนแผ่นป้ายโลหะ ก็อาจจะลดจำนวนรอบในการผสมลงได้ แต่จะต้องไม่น้อยกว่า 50 รอบ จำนวนรอบในการผสมที่เกิน 100 รอบ ให้ใช้อัตราความเร็วเท่ากับอัตราความเร็วในการกวนคอนกรีต การนับจำนวนรอบของโม่หรือใบมีดในโม่ให้ใช้เครื่องนับรอบ และให้เริ่มนับจำนวนรอบเมื่อใส่วัสดุทั้งหมด รวมทั้งน้ำลงในโม่ผสมเสร็จแล้ว

ในกรณีที่จะใช้น้ำล้างโม่เป็นส่วนหนึ่งของปริมาณน้ำที่จะใช้ผสมคอนกรีตในโม่ต่อไป ก็จะต้องวัดปริมาณของน้ำนั้นให้ถูกต้องแน่นอน เพื่อคิดคำนวณน้ำที่จะใส่เพิ่มให้ถูกต้องสำหรับผสมคอนกรีตในโม่ต่อไปตามที่ต้องการ โดยนายช่างผู้ควบคุมงานจะเป็นผู้กำหนดปริมาณน้ำส่วนนี้แต่ถ้าไม่สามารถจะวัดหรือควบคุมปริมาณของน้ำส่วนนี้ได้ ก็ต้องโม่ไม่ให้มีน้ำเหลืออยู่ในโม่ก่อนการผสมครั้งต่อไป

ในกรณีที่ใช้รถผสมทำการผสมคอนกรีตจนแล้วเสร็จที่โรงผสม จะต้องเริ่มทำการผสมภายในระยะเวลา 30 นาที นับจากที่ใส่ปูนซีเมนต์ลงผสมกับวัสดุหิน กรวด ทราย แล้วหลังจากผสมเสร็จแล้วให้ใช้รถผสมนั้นเป็นเครื่องกวนคอนกรีตในระหว่างการขนส่ง ความเร็วในการกวนคอนกรีตให้เป็นไปตามผู้ผลิตรถผสมคอนกรีตได้กำหนดไว้ จะต้องเทคอนกรีตจากโม่ให้หมดภายในระยะเวลา 45 นาที นับจากเวลาที่เริ่มผสมปูนซีเมนต์ดังกล่าวข้างต้น คอนกรีตแต่ละโม่ที่ขนส่งไปที่หน้างาน ทางโรงผสมจะต้องออกใบแจ้งเวลาที่รถผสมเริ่มออกเดินทางกำกับไปด้วย

ถ้าใช้รถผสมทำการผสมคอนกรีตจนแล้วเสร็จที่หน้างานจะต้องผสมภายในระยะเวลา 30 นาที นับจากเวลาที่ใส่ปูนซีเมนต์ลงผสมกับวัสดุหิน กรวด ทราย แล้ว

ในขณะที่ทำเทคอนกรีตออกจากโม่ผสมให้เปิดปากช่องที่เทออกให้เต็ม อัตราการเทให้ควบคุมด้วยความเร็วของโม่ตามที่ได้กำหนดไว้

4.9.4.2.3 การขนส่งคอนกรีต

การขนส่งคอนกรีตที่ผสมเสร็จแล้ว ออกจากโรงผสมไปถึงหน้างาน ให้ใช้รถบรรทุกที่มีเครื่องกวนคอนกรีต ในกรณีที่จะใช้รถบรรทุกชนิดที่ไม่มีเครื่องกวนคอนกรีต จะต้องได้รับอนุญาตจากนายช่างควบคุมงานก่อน การขนส่งคอนกรีตนั้นจะต้องดำเนินการให้เทคอนกรีตติดต่อกันได้ตลอดเวลา เว้นแต่จะมีเหตุขัดข้องทางด้านการเทเท่านั้น ในขณะเทคอนกรีตถ้าจำเป็นต้องหยุดรอจะต้องไม่นานจนทำคอนกรีตที่เทไว้แล้วเริ่มแข็งตัว หรือทำให้คอนกรีตที่จะเทลงไปใหม่แข็งตัวก่อนงานที่ทำจะแล้วเสร็จ ระยะเวลาดังกล่าวนั้นจะต้องไม่มากกว่า 30 นาที

ในการทดสอบความสม่ำเสมอของคอนกรีตที่ขนมาแต่ละเที่ยว ให้ทำการทดสอบความยุบตัวของคอนกรีตโดยดำเนินการตาม ทล.- ท.304 " วิธีการทดลองหาความยุบตัวของคอนกรีต " ถ้าความยุบตัวของตัวอย่างคอนกรีตจากส่วนหนึ่งในสี่ส่วน แตกต่างจากส่วนที่เหลืออีกสามส่วนตามวิธีแบ่งสี่ของคอนกรีตที่ขนมาแต่ละเที่ยวไม่มากกว่า 20 มิลลิเมตร และอยู่พิกัดตามที่กำหนดไว้ก็ให้ถือว่าความสม่ำเสมอของคอนกรีตนั้นใช้ได้

หากผู้รับจ้างไม่สามารถจะทำการขนส่งคอนกรีตได้ภายในระยะเวลาที่กำหนด หรือเป็นเหตุให้คอนกรีตเริ่มแข็งตัวก่อนงานตกแต่งจะแล้วเสร็จ นายช่างผู้ควบคุมงานมีสิทธิ์สั่งให้ผู้รับจ้างใส่สารผสมเพิ่มชนิดสารหน่วงก่อตัว (Retarder) ลงในส่วนผสมคอนกรีต โดยผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายนี้

(1) รถบรรทุกชนิดมีเครื่องกวนคอนกรีต ในกรณีที่นายช่างผู้ควบคุมงานไม่ได้อนุญาตเป็นอย่างอื่น รถบรรทุกชนิดนี้ต้องเป็นแบบที่มีโม่หมุนได้ติดตั้งไว้อย่างเหมาะสม ปราศจากรอยรั่วซึ่งน้ำจะไหลซึมออกมาได้ ต้องสามารถขนส่งและเทคอนกรีตออกได้โดยไม่ให้เกิดการแยกตัว ความเร็วในการกวนคอนกรีตต้องไม่น้อยกว่า 2 รอบ ต่อนาที และไม่มากกว่า 6 รอบ ต่อนาที ปริมาณของคอนกรีตที่ใส่ลงไปในโม่ของรถบรรทุกต้องไม่เกินอัตราที่โรงงานผู้ผลิตกำหนดไว้ ซึ่งต้องไม่มากกว่าร้อยละ 80 ของปริมาณความจุของโม่นั้น และต้องมีรายการแสดงปริมาณของโม่กวนคอนกรีตเป็นลูกบาศก์เมตร ซึ่งออกโดยโรงงานผู้ผลิตไว้ด้วย

เมื่อได้รับเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก็อาจใช้รถบรรทุกซึ่งมีที่ผสมคอนกรีตชนิดใช้ใบมีดกวน แทนรถบรรทุกชนิดที่มีโม่หนุนในการขนส่งคอนกรีตจากโรงผสมได้

ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มปล่อยน้ำลงในโม่ผสมคอนกรีตจนถึงเวลาที่เทคอนกรีตออกจนหมดโม่ที่กวนคอนกรีตของรถบรรทุก ต้องไม่มากกว่า 45 นาที ในช่วงเวลานี้จะต้องกวนคอนกรีตให้คลุกเคล้าติดต่อกันอยู่ตลอดเวลา

(2) รถบรรทุกชนิดที่ไม่มีเครื่องกวนคอนกรีต ถังบรรจุคอนกรีตของรถบรรทุกชนิดนี้ต้องเป็นโลหะผิวเรียบไม่มีรอย อันทำให้เกิดการรั่วไหลซึม มีที่เปิดซึ่งสามารถควบคุมการเทคอนกรีตได้ถ้ามีความจำเป็นจะต้องป้องกันเกี่ยวกับลมฟ้าอากาศ ก็ให้มีฝาปิดถังบรรจุคอนกรีตด้วย

ถังบรรจุคอนกรีตชนิดไม่มีเครื่องกวนนี้ จะต้องสามารถขนส่งคอนกรีตไปถึงหน้างานได้โดยที่คอนกรีตนั้นยังอยู่ในสภาพที่ผสมเข้ากันดี มีเนื้อคอนกรีตสม่ำเสมอ และสามารถเทออกได้สะดวก การเท

คอนกรีตออกจากถังบรรจุที่ขนส่งมาจะต้องให้แล้วเสร็จ ภายใน 30 นาที นับตั้งแต่ปล่อยน้ำลงผสมกับวัสดุหิน กรวด ทราย และปูนซีเมนต์ที่เครื่องผสม

4.9.4.2.4 การเทคอนกรีต

ในขณะที่ทำการเทคอนกรีต จะต้องมีผู้ควบคุมงานควบคุมการปฏิบัติงานของผู้รับจ้างอย่างใกล้ชิดทุกขั้นตอน จนกว่าจะสิ้นสุดการเทคอนกรีตในแต่ละช่วง

ให้เทคอนกรีตลงบนชั้นทางที่ได้เตรียมไว้เรียบร้อยแล้วเท่านั้น ห้ามเทคอนกรีตในบริเวณรอบโครงสร้างสาธารณูปโภคอื่น ๆ เช่น บ่อพัก เป็นต้น จนกว่าจะปรับแนวระดับของโครงสร้างนั้น ๆ ให้ถูกต้องตามที่กำหนด และใส่วัสดุอุดรอยต่อรอบโครงสร้างนั้น ๆ เสร็จเรียบร้อยเสียก่อน

ในกรณีที่ไม่ได้เทคอนกรีตจากรถผสมคอนกรีต รถกวนคอนกรีตหรือเครื่องมืออื่นใดที่ใช้ขนและเทคอนกรีต ซึ่งได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้วว่า จะต้องมีอุปกรณ์ที่จะช่วยให้เทคอนกรีตออกได้โดยไม่เกิดการแยกตัวแล้วก็ให้เทคอนกรีตที่ขนมาลงในถัง ซึ่งยกหรือเลื่อนไปเทลงบนชั้นทางได้ โดยที่จะไม่ทำให้คอนกรีตนั้นแยกตัวหรืออัดตัวแน่นเสียก่อน

หากจำเป็นต้องเทคอนกรีตเสริมเหล็กเป็น 2 ชั้น ชั้นล่างจะต้องอัดแต่งให้ได้ระดับที่จะวางเหล็กหรือระดับที่ได้กำหนดไว้ในแบบ และคอนกรีตจะต้องมีผิวหน้าที่มีเม็ดหินโผล่ขรุขระพอที่ยึดติดกับคอนกรีตที่เททับชั้นบน ให้วางเหล็กเสริมลงบนพื้นคอนกรีตชั้นล่างแล้วรีบเทคอนกรีตชั้นบนก่อนที่คอนกรีตชั้นล่างจะเริ่มแข็งตัว แต่ทั้งนี้ต้องไม่เกิน 30 นาที ในระหว่างการเทคอนกรีตชั้นบนจะต้องป้องกันไม่ให้เหล็กเสริมเคลื่อนที่ ผู้รับจ้างจะต้องแสดงวิธีการปฏิบัติงาน และต้องก่อสร้างแปลงทดลองให้นายช่างผู้ควบคุมงานตรวจสอบและอนุญาตก่อน หากพบว่าระหว่างก่อสร้างมีปัญหาคอนกรีตชั้นบนและชั้นล่างไม่ยึดติดเป็นเนื้อเดียวกัน หรือตำแหน่งของเหล็กเสริมไม่เป็นไปตามที่กำหนด นายช่างผู้ควบคุมงานอาจพิจารณาระงับการเทคอนกรีต 2 ชั้น

ในกรณีที่จะเทคอนกรีตชั้นเดียว ถ้าวางเหล็กเสริมไว้ในตำแหน่งและระดับเรียบร้อยแล้วจะต้องจัดเตรียมแท่งคอนกรีตหรือเหล็กขาหยั่ง เพื่อหนุนเหล็กเสริมไม่ให้แอ่นตัวตลอดแผงของเหล็กเสริมและต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน แท่งคอนกรีตที่ใช้หนุนแผงเหล็กเสริมจะต้องมีความต้านแรงเป็นไปตามที่กำหนด

เมื่อเทคอนกรีตลงไปแล้ว ห้ามใช้เครื่องสั่นสะเทือนในการทะลายกองคอนกรีต ในการเกลี่ยแต่งคอนกรีตให้ใช้เครื่องเกลี่ยตามประเภทและแบบที่ได้รับความเห็นชอบแล้ว เว้นแต่นายช่างผู้ควบคุมงานจะกำหนดให้เป็นอย่างอื่น ให้เกลี่ยคอนกรีตที่เทแล้วให้แผ่กระจายอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งเมื่อทำให้ยุบตัวและแต่งเสร็จแล้ว จะได้ความหนาไม่น้อยกว่าที่กำหนด โดยที่ไม่มีผิวตอนใดต่ำกว่าระดับที่ต้องการ การนำคอนกรีตมาปรับแต่งเพิ่มเติมให้มีน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ จะใช้คนเกลี่ยแต่งคอนกรีตที่รอยต่อโดยใช้พลั่วก็ได้ แต่ห้ามใช้คราด และห้ามเดินบนคอนกรีตที่เทเสร็จใหม่ ๆ

การเทคอนกรีตระหว่างรอยต่อตามขวาง 2 รอย จะต้องเทติดต่อกันโดยตลอด เว้นแต่ในกรณีที่มีเหตุฉุกเฉิน การเทคอนกรีตจะต้องเทให้ต่อเนื่องกันตลอดเวลา ในระหว่างการเทคอนกรีตถ้าต้องหยุดรอคอนกรีตนานเกิน 30 นาที นายช่างผู้ควบคุมงานจะสั่งหยุดงานและสั่งทำรอยต่อก่อสร้างตามขวางโดยที่ผู้รับจ้างต้องเสียค่าใช้จ่ายเอง

จะต้องทำให้คอนกรีตยุบตัวมีเนื้อแน่นโดยทั่วถึง และเต็มตลอดผิวหน้าของแบบหล่อ โดยใช้เครื่องสั่นสะเทือนกดลงในคอนกรีต ห้ามกดเครื่องสั่นสะเทือนที่ส่วนต่าง ๆ ของรอยต่อที่ชั้นทางใต้คอนกรีตหรือที่แบบหล่อ และไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้นห้ามใช้เครื่องสั่นสะเทือนกด ณ ที่หนึ่งที่ใดนานเกิน 30 วินาที

ในกรณีที่จะต้องเทคอนกรีตต่อจากแผ่นคอนกรีตที่ได้ก่อสร้างไว้เดิม ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการต่าง ๆ ที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นว่าจำเป็นเพื่อให้ได้รอยต่อที่ดี รวมทั้งการทำการเจาะสอดเหล็กเดือย และเหล็กยึดเข้าไปในแผ่นคอนกรีตที่ได้สร้างไว้เดิม รวมทั้งการอุดรูรอบเหล็กเหล่านั้น

ถ้าปรากฏว่ามีคอนกรีตตกหล่นอยู่บนผิวคอนกรีตที่เทเสร็จแล้ว หรือคอนกรีตที่กำลังเทใหม่ล้นเข้าไปในคอนกรีตเก่า ผู้รับจ้างจะต้องรีบเอาออกทันทีด้วยวิธีซึ่งนายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

ให้เทคอนกรีตใกล้รอยต่อเผื่อขยาย และรอยต่อเผื่อหดให้มากที่สุดท่าที่จะทำได้แต่อย่าทำให้กระทบกระเทือนรอยต่อนั้น ๆ ห้ามเทคอนกรีตจากถังลงบนส่วนประกอบรอยต่อ

บริเวณรอยต่อเผื่อขยาย และรอยต่อเผื่อหดทุกแห่ง ยกเว้นที่บริเวณรอยต่อกับคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว หรือแบบหล่อ ให้ตักคอนกรีตโรยให้ยันผนังทั้งสองข้างของรอยต่อไปพร้อม ๆ กัน เพื่อให้แรงดันของคอนกรีตทั้งสองด้านเท่ากันและจะต้องใส่คอนกรีตให้สูงกว่าความลึกของรอยต่อประมาณ 50 มิลลิเมตร แล้วทำให้คอนกรีตยุบตัวแน่น ไม่เป็นรูพรุนหรือมีฟองอากาศ โดยใช้เครื่องสั่นสะเทือน ให้กดเครื่องสั่นสะเทือนลงในคอนกรีต และทำติดต่อกันไปตลอดความยาวของรอยต่อทั้งสองข้าง

4.9.4.2.5 การอัดแต่งครั้งแรกและการวางเหล็กเสริม

(1) การอัดแต่งคอนกรีตสองชั้น จะต้องอัดแต่งคอนกรีตชั้นล่างตลอดความกว้างให้ได้รูปตัดหลังทาง และต่ำกว่าระดับผิวทางตามที่กำหนด เมื่อสร้างเสร็จเพื่อวางเหล็กเสริมและเพื่อเทคอนกรีตชั้นบนให้ได้ความหนาตามที่ต้องการ การอัดแต่งนี้ให้ใช้เครื่องอัดแต่งคอนกรีตหรือยินยอมให้อัดแต่งโดยใช้แรงคนเฉพาะบางแห่ง เช่น ตอนที่ความกว้างเปลี่ยนหรือในกรณีฉุกเฉิน

ให้วางตะแกรงลวดเหล็ก หรือตะแกรงเหล็กเส้นลงบนผิวหน้าของคอนกรีตชั้นล่างโดยให้มีระยะห่างจากขอบแผ่นคอนกรีตเท่า ๆ กัน ตะแกรงลวดเหล็กกล้าหรือตะแกรงเหล็กเส้นที่วางต่อกัน จะต้องให้เหลื่อมทับกันตามที่ได้กำหนดไว้ ปลายเหล็กเสริมจะต้องอยู่ห่างจากรอยต่อเผื่อขยายตามขวางหรือรอยต่อเผื่อหดไม่เกิน 50 มิลลิเมตร และจะต้องไม่ยื่นล้ำรอยต่อนั้น ๆ ออกไปตรงรอยต่อของตะแกรงลวดเหล็กกล้า หรือตะแกรงเหล็กเส้นที่เหลื่อมทับกัน ให้ผูกด้วยลวดเพื่อให้ยึดติดแน่นเป็นระยะ ๆ ห่างไม่เกิน 1 เมตร เหล็กเสริมที่นำมาวางจะต้องไม่เปื้อนดินโคลน หรือวัสดุที่ไม่พึงประสงค์อย่างอื่นและไม่เป็นสนิม

จนทำให้ความยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กกับคอนกรีตเสียไป การต่อตะแกรงเหล็กเส้นหรือต่อเหล็กแต่ละเส้นในตะแกรงจะต้องเหลื่อมทาบกันไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร

(2) การอัดแต่งคอนกรีตชั้นเดียว ในกรณีที่จะเทคอนกรีตชั้นเดียว จะต้องจัดเตรียมแท่งคอนกรีตหรือเหล็กขาหยั่งเพื่อให้หนุนเหล็กเสริมไม่ให้แอ่นตลอดแผงเหล็กเสริม แท่งคอนกรีตที่ใช้หนุนแผงเหล็กเสริมจะต้องมีความต้านแรงเป็นไปตามที่กำหนด การเทคอนกรีตให้ดำเนินการตามข้อ 4.9.4.2.4 การอัดแต่งคอนกรีตให้ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 4.9.4.2.5 (1)

4.9.4.2.6 การก่อสร้างรอยต่อ

รอยต่อต่าง ๆ จะต้องเป็นประเภทที่แสดงไว้ในแบบและจะต้องก่อสร้างให้เป็นไปตามแบบหรือตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานกำหนด ก่อนที่จะนำวัสดุสำหรับรอยต่อเข้าติดตั้งในที่ชั้นทางตรงตำแหน่งนั้น ๆ จะต้องมีสภาพเรียบร้อยโดยได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว ให้ใส่วัสดุรอยต่อสำหรับรอยต่อเผื่อขยาย ตลอดแนวโครงสร้างที่ติดกับแผ่นคอนกรีตให้เสร็จก่อนที่จะทำการคอนกรีตต่อไป

(1) รอยต่อเผื่อขยายตามขวาง วัสดุที่ใช้สำหรับทำเป็นรอยต่อเผื่อขยายตามขวางจะต้องประกอบนอกช่องทางที่จะเทคอนกรีต และจะต้องประกอบให้เสร็จเรียบร้อยก่อนนำมาติดตั้งในแบบ วัสดุอุดรอยต่อแต่ละชุดจะต้องประกอบด้วยแผงสำหรับยกที่ให้ติดตั้งในที่ หรือสิ่งอื่นที่ได้รับความเห็นชอบให้ใช้แทนได้ วัสดุอุดรอยต่อขนาดตามที่กำหนด ปลอกเหล็กเดือยหนาไม่น้อยกว่า 2.5 มิลลิเมตร ทำด้วยโลหะหรือวัสดุสังเคราะห์ที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงาน ก่อนนำมาใช้งาน และมีช่องว่างภายในระหว่างปลายเหล็กเดือยถึงก้นปลอกไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร เหล็กเดือยซึ่งมีขนาดและความยาวถูกต้องติดตั้งไว้ตามตำแหน่งที่ต้องการ ปลอกเหล็กเดือยและสิ่งที่ช่วยรองรับและยึดเหล็กเดือยให้มีระยะถูกต้องติดตั้งไว้ที่ปลายหรือใกล้ปลายของเหล็กเดือย

แผงสำหรับยก จะต้องเป็นแผ่นโลหะที่มีความมั่นคงแข็งแรง ตัดให้ได้ตามความลึกของรูปตัดหลังทางของแผ่นพื้นคอนกรีตนั้น ๆ ส่วนยาวของแผงให้น้อยกว่าความยาวของรอยต่อที่กำหนดประมาณ 10 มิลลิเมตร ส่วนล่างให้เจาะเป็นร่องขึ้นมาเท่าที่จำเป็น เพื่อให้ถอดออกได้และมีส่วนประกอบอย่างอื่นอีกเพื่อให้ถอดแผงสำหรับยกได้สะดวก

ปลอกเหล็กเดือยอาจจะแยกเป็นอีกส่วนหนึ่งต่างหาก หรือติดรวมเป็นส่วนของแผงสำหรับยกก็ได้ ให้ทำความสะอาดแผงสำหรับยกปลอกเหล็กเดือยและทาน้ำมันหล่อลื่นก่อนนำไปงาน ครึ่งหนึ่งของความยาวเหล็กเดือยแต่ละท่อน ให้ทาด้วยยางแอสฟัลต์หนึ่งชั้น หรือจะใช้สีน้ำมันทาก่อนแล้วทาทับด้วยจาระบีอีกชั้นหนึ่งก็ได้หรือวัสดุอื่นที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นว่าเหมาะสมที่จะช่วยป้องกันมิให้คอนกรีตยึดหน่วงปลายเหล็กเดือย ให้สวมปลอกเหล็กเดือยเข้าที่ปลายเหล็กเดือยข้างที่ทาแล้วทุกปลาย แล้วอุดด้วยวัสดุที่เหมาะสมเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำปูนไหลเข้าไปในปลอกเหล็กเดือย และช่วยให้เหล็กเดือยอยู่ตรงกลางของปลอกเหล็กเดือย

ที่รองรับและยึดเหล็กเดือย จะต้องเป็นแบบที่จัดทำไว้ให้สามารถยึดเหล็กเดือยให้อยู่ในแนวที่ถูกต้องทั้งทางดิ่งและทางราบ โดยยอมให้มีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 1 มิลลิเมตรต่อระยะ 100 มิลลิเมตร

เมื่อนำส่วนต่าง ๆ มาประกอบเข้าด้วยกัน ขอบบนของแผงสำหรับยกจะต้องสูงกว่าขอบบนของแผ่นวัสดุอุดรอยต่อประมาณ 2 มิลลิเมตร วัสดุอุดรอยต่อจะต้องอยู่แนวดิ่งเมื่อเหล็กเดือยอยู่ในแนวราบ ผิวหน้าของแผ่นวัสดุอุดรอยต่อจะต้องอยู่ในระนาบตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางถนน และยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 5 มิลลิเมตร ในช่วงความกว้างของช่องจราจร 1 ช่อง เหล็กเดือยทุกอันจะต้องขนานกันและจะต้องตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นวัสดุอุดรอยต่อ

การติดตั้งส่วนประกอบวัสดุอุดรอยต่อทั้งชุดนี้ ให้แผงสำหรับยกอยู่ทางด้านที่ไม่ได้เทคอนกรีต ขอบบนของวัสดุอุดรอยต่อจะต้องต่ำกว่าระดับผิวคอนกรีตที่กำหนดไว้ไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร ขอบล่างตั้งอยู่บนหรือฝังลงไปในชั้นทางเล็กน้อยและจะต้องอยู่ในแนวดิ่ง ให้ตอกหมุดยึดส่วนประกอบวัสดุอุดรอยต่อทั้งชุดให้มั่นคงแข็งแรง และอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องตลอดเวลาการก่อสร้าง

หมุดยึดจะต้องมีรูปตัดและความยาว ตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ถ้าเป็นโลหะรูปตัว U ความหนาของโลหะนั้น จะต้องไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร หมุดยึดจะต้องยาว 400 มิลลิเมตร หรือมากกว่าถ้าจำเป็น เพื่อตอกยึดส่วนประกอบให้มีความมั่นคงแข็งแรง

ส่วนประกอบวัสดุอุดรอยต่อและการติดตั้ง จะต้องได้รับการตรวจสอบและความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อนที่จะเริ่มเทคอนกรีต

(2) รอยต่อเผื่อหดตามขวาง ให้ทำรอยต่อเผื่อหดตามขวางโดยใช้เลื่อยตัดให้เป็นร่องลงไปจากผิวของคอนกรีต เพื่อทำให้เกิดระนาบที่มีความแข็งแรงน้อยลง รอยต่อแบบนี้จะรวมไปถึงเหล็กเดือยสำหรับถ่ายน้ำหนักด้วย ถ้ามีระบุไว้ในแนบ

(2.1) ระนาบที่มีความแข็งแรงน้อยลง การทำร่องสำหรับระนาบดังกล่าวให้ใช้เลื่อยตัดหลังจากเทคอนกรีตแล้ว 6 ชั่วโมง หรือในกรณีที่ใช้คอนกรีตชนิดพิเศษการใช้เลื่อยตัดร่องซึ่งจำเป็นต้องตัดให้เร็วกว่าเวลาที่กำหนดสามารถทำได้แต่ต้องได้รับอนุญาตจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน แนวร่องจะต้องตั้งได้ฉากกับแนวศูนย์กลางถนน และจะต้องได้แนวที่ถูกต้อง ซึ่งยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 5 มิลลิเมตร ต่อความกว้างของแผ่นพื้นคอนกรีตนั้น

โดยปกติให้เริ่มทำการตัดเพื่อทำรอยต่อเผื่อหดในระหว่าง 6 - 24 ชั่วโมง หลังจากเทคอนกรีตแล้ว โดยให้เริ่มทำการตัดรอยต่อที่มีระยะห่างกันประมาณ 30 เมตร ให้เสร็จก่อนที่คอนกรีตจะมีรอยแตกร้าวเพราะการหดตัว และแนวรอยต่อที่อยู่ระหว่างรอยต่อที่ได้ตัดไปแล้วนั้นให้จัดการทำให้เสร็จก่อนสิ้นสุดระยะเวลาการบ่มคอนกรีต หรือหลังจากนั้นเล็กน้อย ระยะระหว่างรอยต่อที่จะต้องทำการตัดก่อนขึ้นอยู่กับเหตุผลหลายประการ โดยระยะห่างนั้นจะต้องอยู่ในช่วงที่พอเหมาะ รอยต่อเผื่อหดทุกรอยในช่วงที่อยู่ติดกับพื้นคอนกรีตที่แล้วเสร็จ ให้รีบเลื่อยตัดตรงแนวรอยต่อที่มีรอยแตกอยู่แล้ว หรือรอยต่อก่อสร้างของพื้นคอนกรีตเดิมให้เสร็จก่อน

ในกรณีที่แบบมิได้ระบุความกว้าง และความลึกของรอยต่อไว้เป็นอย่างอื่น รอยต่อที่ใช้เลื่อยตัดจะต้องลึกไม่น้อยกว่า 1 ใน 4 ของความหนาของแผ่นคอนกรีต ความกว้างของรอยต่อจะต้องไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร

วิธีการใด ๆ ก็ตาม ที่ใช้ในการเลื่อยตัดรอยต่อ ถ้าเป็นผลทำให้เกิดรอยแตกร้าวก่อนกำหนดจะต้องรีบปรับปรุงแก้ไขทันที ซึ่งวิธีการแก้ไขอาจจะทำได้โดยการจัดลำดับรอยต่อที่จะทำการเลื่อยตัด หรือระยะเวลาที่เกี่ยวกับการเทคอนกรีต หรือการเอาวัสดุบ่มคอนกรีตออก รวมทั้งวิธีการเลื่อยตัดรอยต่อด้วย

รอยต่อที่ตัดแล้วแตกหักหรือหินหลุดเสียหาย ให้ทำการซ่อมแซมรอยต่อ โดยใช้วัสดุอีพอกซีอุดและตกแต่งให้ตรงแนวและเรียบร้อย ตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

(2.2) ชุดอุปกรณ์ถ่ายน้ำหนัก ชุดอุปกรณ์ถ่ายน้ำหนักสำหรับรอยต่อเผื่อหดตามขวาง ประกอบด้วยเหล็กเดือยไม่มีปลอก อุปกรณ์บังคับระยะ และที่รองรับเหล็กเดือยซึ่งได้รับความเห็นชอบแล้ว ครึ่งหนึ่งของความยาวของเหล็กเดือยแต่ละท่อนให้ทาด้วยคัตแบกแอสฟัลต์ หรือทาด้วยสีน้ำมันแล้วเคลือบด้วยจาระบี หรือจะใช้วัสดุอื่นใดที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นว่าเหมาะสม เพื่อป้องกันมิให้คอนกรีตยึดหน่วงปลายเหล็กเดือยนั้น ที่รองรับเหล็กเดือยต้องสามารถยึดเหล็กเดือยให้อยู่ในแนวที่ถูกต้องทั้งทางดิ่งและทางราบได้ โดยให้มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 1 มิลลิเมตร ต่อระยะ 100 มิลลิเมตร

ให้ติดตั้งอุปกรณ์ถ่ายน้ำหนักแต่ละชุดในตำแหน่งที่ถูกต้อง โดยให้แนวของเหล็กเดือยขนานกับแนวศูนย์กลางถนน และตอกยึดให้มั่นคงแข็งแรงอยู่ในตำแหน่งนั้นตลอดช่วงเวลาของการก่อสร้าง การติดตั้งชุดอุปกรณ์นี้ ต้องให้นายช่างผู้ควบคุมงานตรวจสอบเห็นชอบเสียก่อนที่จะทำการเทคอนกรีต

(3) รอยต่อตามยาว ต้องก่อสร้างรอยต่อตามยาวให้เป็นไปตามรายละเอียดที่แสดงไว้ในแบบ โดยใช้เลื่อยตัดให้เป็นร่องเพื่อทำให้เกิดระนาบที่มีความแข็งแรงน้อยลง

เหล็กยึดที่รอยต่อตามยาว ต้องวางให้ตั้งได้ฉากกับแนวรอยต่อ และอยู่ในตำแหน่งตามที่ระบุไว้ในแบบ ห้ามทาสีหรือทาด้วยยางแอสฟัลต์ หรือวัสดุอื่นใดที่เหล็กยึด ในกรณีที่แผ่นพื้นคอนกรีตในช่องที่ติดกันนั้นสร้างไม่พร้อมกัน ให้ใช้แบบเหล็กแบบลิ้นรางตลอดความยาวของรอยต่อก่อสร้างเหล็กยึดอาจจะงอให้ตั้งฉากกับแบบได้ก็ต่อเมื่อได้หล่อคอนกรีตช่องแรกเสร็จแล้ว หลังจากนั้นให้ตัดให้ตรงอย่างเดิมก่อนที่จะทำการหล่อแผ่นพื้นคอนกรีตในช่องที่อยู่ถัดไป

(4) รอยต่อก่อสร้างตามขวาง จะเป็นแบบต่อชน (Butt Type) หรือเป็นแบบลิ้นรางก็ได้ และให้มีเหล็กเดือยตรงบริเวณที่ทำรอยต่อก่อสร้างตามขวาง รอยต่อก่อสร้างตามขวางจะทำตรงที่เป็นรอยต่อระหว่างคอนกรีตเก่ากับคอนกรีตใหม่ โดยปกติจะทำตรงที่สิ้นสุดการเทคอนกรีตตลอดช่วงความยาวของแผ่นพื้นคอนกรีตแผ่นสุดท้ายในแต่ละวัน

ในกรณีเหตุฉุกเฉิน ต้องหยุดเทคอนกรีตนานเกินกว่า 30 นาที ให้ทำรอยต่อก่อสร้างตามขวางทันที ห้ามทำรอยต่อก่อสร้างตามขวางภายในระยะ 3 เมตร ใกล้กับรอยต่อเผื่อขยายรอยต่อเผื่อหดหรือระนาบที่มีความแข็งแรงน้อยลง ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

4.9.4.2.7 การอัดแต่งครั้งสุดท้าย การทำให้ยุบตัวและการตกแต่งผิวคอนกรีต

(1) การอัดแต่ง หลังจากเทพื้นคอนกรีตชั้นบนเสร็จแล้ว ให้รีบอัดแต่งและปาดด้วยเครื่องแต่งคอนกรีตชนิดสั่นสะเทือนเคลื่อนที่ได้ด้วยตัวเองโดยเร็ว ผิวคอนกรีตที่ตบแต่งเรียบร้อยแล้วจะต้องไม่มีเนื้อที่มีรูพรุน ให้เดินเครื่องแต่งคอนกรีตไปบนพื้นที่แต่ละตอนในช่วงระยะเวลาที่พอเหมาะ เพื่อให้เนื้อคอนกรีตแน่นและมีเนื้อผิวสม่ำเสมอ อย่าใช้เครื่องแต่งในพื้นที่ตอนหนึ่งตอนใดนานเกินสมควร เครื่องแต่งที่เลื่อนไปบนแบบ จะต้องเลื่อนได้เรียบสม่ำเสมอตรงแนวและไม่มีความคลาดเคลื่อนอื่นใดอันจะเป็นผลให้ได้ผิวคอนกรีตที่ไม่สม่ำเสมอ

ในตอนหนึ่งตอนใดที่ความกว้างของแผ่นพื้นคอนกรีตเปลี่ยนหรือมีเหตุฉุกเฉินอื่นใดการอัดแต่งคอนกรีตอาจจะกระทำได้ด้วยแผ่นสั่นสะเทือนชนิดยกเคลื่อนที่ได้ หากได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงาน

(2) การแต่งผิวคอนกรีตและการแก้ไขผิวคอนกรีต หลังจากที่ได้อัดแต่งคอนกรีตให้ยุบตัวและอัดแน่นดีแล้วให้ใช้อุปกรณ์แต่งผิว เช่น ไม้สามเหลี่ยม แต่งต่อจนได้ผิวเรียบและได้ระดับตามแบบ อุปกรณ์แต่งผิวต้องเป็นแบบที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว ต้องระมัดระวังที่จะเริ่มแต่งผิวในช่วงเวลาที่พอเหมาะ ห้ามพรมน้ำช่วยในการแต่งผิวคอนกรีตเพราะจะทำให้ความคงทนของผิวคอนกรีตลดลง หรืออาจเกิดการแตกร้าวที่ผิวหน้าได้ในภายหลัง

การแต่งผิวคอนกรีตตรงบริเวณรอยต่อก่อสร้างตามขวาง ให้กวาดคอนกรีตส่วนเกินซึ่งล้ำเกินไปในคอนกรีตเก่าที่ได้เทไว้ก่อนแล้วออกให้หมด และปรับระดับให้เสมอกับคอนกรีตเก่าก่อนที่คอนกรีตใหม่จะเริ่มแข็งตัว

ในการแต่งผิวคอนกรีตตรงบริเวณรอยต่อตามยาว จะต้องกระทำด้วยความระมัดระวังเป็นพิเศษเพื่อให้ได้รอยต่อที่เรียบทั้งสองข้างขอบรอยต่อ ในกรณีที่สงสัยว่าการตบแต่งบริเวณรอยต่อยังไม่เรียบร้อยพอ นายช่างผู้ควบคุมงานอาจสั่งการให้ตรวจสอบความเรียบของผิวคอนกรีตตรงบริเวณรอยต่อโดยใช้บรรทัดตรงวัดตรวจสอบ

ในการแต่งผิวคอนกรีต ถ้าพบว่าตอนใดต่ำไปก็ให้รีบเสริมด้วยคอนกรีต ห้ามใช้มอร์ตาร์เสริม และตอนใดสูงไปก็ให้รีบปาดออก แล้วจึงอัดแต่งและตบแต่งผิวอีกครั้งหนึ่ง การแต่งผิวและการแก้ไขผิวคอนกรีตให้กระทำต่อเนื่องกันไปจนกระทั่งผิวพื้นคอนกรีตทั้งหมดนั้นเรียบมีความลาด และรูปร่างถูกต้องตามแบบ

(3) การกวาด ให้กวาดผิวคอนกรีตในช่วงเวลาที่พอเหมาะ ไม้กวาดที่จะใช้จะต้องมีคุณภาพ ขนาด และจัดทำตามแบบหรือตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

ให้ทำการกวาดจากขอบพื้นข้างหนึ่งไปยังอีกข้างหนึ่ง โดยให้แนวที่กวาดแต่ละแนวทับกันเล็กน้อยและทำให้เกิดรอยกวาดบนผิวหน้าสม่ำเสมอลึกประมาณ 2 - 3 มิลลิเมตร การกวาดนี้จะต้องทำให้แล้วเสร็จก่อนที่คอนกรีตจะอยู่ในสภาพซึ่งเมื่อกวาดจะทำให้ผิวหลุดออกหรือหยาบเกินสมควร ผิวหน้าที่

กวาดเสร็จแล้ว จะต้องไม่หยาบมาก ไม่มีรูพรุนหรือไม่สม่ำเสมอและจะต้องอยู่ในสภาพที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

(4) การทำขอบที่รอยต่อ หลังจากที่กวาดคอนกรีตเสร็จแล้ว และก่อนที่คอนกรีตนั้นจะเริ่มแข็งตัว ให้ใช้เครื่องมือซึ่งได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้วแต่งขอบพื้นคอนกรีตทุกด้านของรอยต่อให้มน มีรัศมี 5 มิลลิเมตร หรือตามแบบ ยกเว้นรอยต่อที่ใช้เลื่อยตัดตอนที่มนนั้นจะต้องมีรัศมีถูกต้องต่อเนื่องกันไปโดยตลอดความยาวของผิวที่เรียบแน่นด้วยมอร์ตาร์ การเลื่อนเครื่องมือในขณะที่แต่งจะต้องไม่กระทบกระเทือนต่อผิวหน้าของแผ่นพื้นคอนกรีตนั้นเกินสมควร โดยรอยที่ทำขึ้นต้องเรียบ กว้างไม่เกิน 3 มิลลิเมตร และลึกไม่เกิน 10 มิลลิเมตร

รอยต่อทุกรอยให้วัดสอบด้วยบรรทัดตรงก่อนที่คอนกรีตนั้นจะแข็งตัว และให้ทำการแก้ไขถ้าขอบข้างหนึ่งของรอยต่อสูงกว่าอีกข้างหนึ่งหรือถ้ารอยต่อสูงหรือต่ำกว่าแผ่นพื้นคอนกรีตที่อยู่ข้างเคียงรอยต่อนั้น

4.9.4.2.8 การบ่ม

หลังจากกวาดและแต่งคอนกรีตเสร็จแล้ว ให้รีบบ่มคอนกรีตด้วยวิธีการอย่างหนึ่งอย่างใดตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

ในการบ่มคอนกรีต ให้คลุมผิวพื้นคอนกรีตให้เต็มผิวหน้าด้วยวัสดุที่ใช้คลุมในการบ่มคอนกรีต ถ้าปรากฏว่าส่วนใดหลุดออกหรือสูญหายไปในระหว่างระยะเวลาที่บ่ม จะต้องรีบใส่ปิดให้ใหม่โดยทันที ระหว่างระยะเวลาที่บ่มห้ามปล่อยผิวหน้าของแผ่นพื้นคอนกรีตทิ้งไว้โดยไม่มีสิ่งใดปกคลุม

ในกรณีที่ยังมีน้ำไม่เพียงพอสำหรับการบ่ม หรือมีวัสดุที่ใช้คลุมในการบ่มคอนกรีตไว้ที่หน้างานไม่เพียงพอ ก็ให้หยุดงานคอนกรีตไว้ก่อน

ในกรณีที่ปิดคลุมผิวหน้าของแผ่นพื้นคอนกรีตด้วยกระสอบ 2 ชั้น จะใช้กระสอบปิดคลุมไว้ตลอดเวลาอย่างน้อย 72 ชั่วโมง ตลอดระยะเวลา 72 ชั่วโมง ดังกล่าวนี้ให้ใช้น้ำฉีดกระสอบให้เปียกชื้นติดต่อกันไป ห้ามใช้น้ำเค็มหรือน้ำกร่อยบ่มคอนกรีต อาจจะใช้วิธีขังน้ำไว้บนแผ่นพื้นคอนกรีตโดยตลอด 72 ชั่วโมงแทนก็ได้

ในกรณีที่ใช้สารเหลวบ่มคอนกรีตเคลือบผิวคอนกรีต หากสารเหลวบ่มคอนกรีตเคลือบเหล็กยึด ก่อนจะเทคอนกรีตประกบอีกข้างหนึ่ง จะต้องทำความสะอาดเหล็กยึดให้สารเหลวบ่มคอนกรีตออกจากเหล็กยึดให้หมด มิฉะนั้นเหล็กยึดอาจจะเสียคุณสมบัติการยึดเหนี่ยวได้

4.9.4.2.9 การรื้อแบบ

ห้ามรื้อแบบออกหลังจากเทคอนกรีตเสร็จเรียบร้อยแล้วเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 12 ชั่วโมง การรื้อแบบจะต้องระมัดระวังมิให้เกิดการเสียหายต่อแผ่นพื้นคอนกรีตนั้น

เมื่อรื้อแบบออกแล้ว ถ้าพบว่าคอนกรีตตอนใดผิวหน้าเป็นรูพรุนเล็กน้อยก็ให้แต่งให้เรียบโดยใช้มอร์ตาร์ ซึ่งมีส่วนผสมปูนซีเมนต์ 1 ส่วน และทราย 2 ส่วน โดยน้ำหนัก ถ้านายช่างผู้ควบคุมงาน

พิจารณาเห็นว่า คอนกรีตตอนใดมีรูพรุนมากเกินสมควร ให้ถือว่าแผ่นคอนกรีตตอนนั้นใช้ไม่ได้ ผู้รับจ้างจะต้องรื้อออกแล้วหล่อให้ใหม่ ส่วนที่รื้อออกนี้ต้องเต็มความหนาและความกว้างของแผ่นพื้นคอนกรีตนั้น โดยให้มีรอยต่อก่อสร้างตามขวางตามแบบ ค่าใช้จ่ายในการนี้ ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้รับผิดชอบเองทั้งสิ้น

4.9.4.2.10 การป้องกันแผ่นพื้นคอนกรีต

ผู้รับจ้างจะต้องจัดทำ ติดตั้ง และบำรุงรักษาแผงกั้น และจัดให้มีคนเฝ้าให้สัญญาณมิให้ยวดยานต่าง ๆ ผ่านไปบนแผ่นพื้นคอนกรีตที่หล่อเสร็จใหม่ ๆ จนกว่าแผ่นพื้นคอนกรีตตอนนั้นจะมีอายุครบและรับน้ำหนักการจราจรได้ การตั้งแผงกั้นเหล่านี้จะต้องให้เป็นไปตามแบบมาตรฐานการติดตั้งป้ายจราจรระหว่างก่อสร้างของกรมทางหลวง ในกรณีที่จำเป็นต้องเปิดการจราจรให้แล่นทับแผ่นพื้นคอนกรีต ผู้รับจ้างจะต้องจัดสร้างที่ข้ามที่เหมาะสมและมั่นคงแข็งแรง สำหรับให้ยวดยานแล่นข้ามได้โดยเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายเองทั้งสิ้น

ในกรณีที่ช่องทางซึ่งเปิดให้การจราจรผ่านได้อยู่ติดกับแผ่นพื้นคอนกรีตหรือช่องทางที่กำลังเทคอนกรีต ผู้รับจ้างจะต้องจัดหา ติดตั้งรั้วกั้นชั่วคราวที่มั่นคงแข็งแรงเป็นแนวแบ่งแยกช่องทางดังกล่าวและจะต้องดูแลรักษารั้วกั้นนั้นจนกว่าจะเปิดการจราจรได้แล้วจึงรื้อออก ผู้รับจ้างจะต้องจัดทำแผนดำเนินการก่อสร้างให้เป็นไปโดยมิให้กีดขวางช่องทางที่เปิดการจราจรอยู่

แผ่นพื้นคอนกรีตตอนใดชำรุดเสียหาย อันเนื่องมาจากการจราจรหรือด้วยเหตุอื่นใดผู้รับจ้างจะต้องซ่อมแซมหรือทุบทิ้งแล้วหล่อคอนกรีตให้ใหม่ตามที่นายช่างควบคุมงานเห็นสมควรโดยผู้รับจ้างเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น วิธีการซ่อมนายช่างผู้ควบคุมงานจะเป็นผู้กำหนด

4.9.4.2.11 การยาแนวรอยต่อ

(1) การเตรียมรอยต่อ ก่อนจะทำการลงวัสดุยาแนวรอยต่อ รอยต่อจะต้องแห้งปราศจากฝุ่น กรวด ทราย และจะต้องขัดซีเมนต์ส่วนเกินออกจากผนังรอยต่อให้หมดและเป่าด้วยลมแรงที่แห้ง เพื่อให้วัสดุยาแนวรอยต่อติดกับผนังรอยต่ออย่างแน่นหนาโดยไม่มีช่องว่าง

(2) การทาแนวรอยต่อด้วยวัสดุทารอยต่อ ก่อนที่จะลงวัสดุยาแนวรอยต่อจะต้องทาผนังรอยต่อด้วยวัสดุทารอยต่อที่เหมาะสมกับวัสดุยาแนวรอยต่อที่จะใช้ การทาวัสดุทารอยต่อสามารถกระทำได้โดยใช้แปรง หรือจะใช้เครื่องพ่นก็ได้ ก่อนที่จะหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อจะต้องรอให้วัสดุทารอยต่อแห้งสนิทเสียก่อน

(3) การให้ความร้อนวัสดุยาแนวรอยต่อ ถังที่จะใช้ต้มวัสดุยาแนวรอยต่อจะต้องเป็นถัง 2 ชั้น โดยมีน้ำมันหรือของเหลวอื่นใดเป็นตัวกลางระหว่างชั้น เพื่อให้อุณหภูมิของวัสดุยาแนวรอยต่อสม่ำเสมอโดยทั่วกัน ถังต้มวัสดุยาแนวรอยต่อจะต้องมีเทอร์โมมิเตอร์ติดไว้ เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิทั้งขณะต้มและขณะหยอด

การทำให้วัสดุยาแนวรอยต่อหลอมละลาย จะต้องค่อย ๆ ทำ โดยในระยะแรกจะต้องตัดวัสดุยาแนวรอยต่อที่อยู่ในสภาพแข็งให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ด้วยใบมีดที่ร้อน หรือมีดที่คมและถูด้วยพาราฟิน หลังจากนั้นเอาวัสดุยาแนวรอยต่อที่ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ บางส่วนลงไปหลอมละลายในถังต้มพร้อมทั้งกวนอยู่ตลอดเวลา และในขณะเดียวกันก็ค่อย ๆ ใส่วัสดุยาแนวรอยต่อที่ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ส่วนที่เหลือลงไปในถังต้มทีละน้อย พร้อมกับกวนไปด้วย เมื่อวัสดุยาแนวรอยต่อหลอมละลายและมีอุณหภูมิสูงถึงอุณหภูมิที่จะหยอดได้ก็ให้หยอดลงไปในรอยต่อทันที ควรระมัดระวังอย่าให้อุณหภูมิของวัสดุยาแนวรอยต่อสูงเกินไป เพราะจะทำให้วัสดุยาแนวรอยต่อเสื่อมคุณภาพ

(4) การหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อ อุณหภูมิในขณะที่หยอดวัสดุยาแนวรอยต่อให้เป็นไปตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตวัสดุยาแนวรอยต่อนั้น ๆ การหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อจากถังต้มให้กระทำให้เสร็จโดยเร็ว ก่อนเริ่มงานหยอดใหม่ในแต่ละครั้งจะต้องเผาหัวสำหรับหยอดให้ร้อน เพื่อละลายวัสดุเก่าที่เกาะติดอยู่ออกให้หมด

(5) การหลอมละลายซ้ำ วัสดุยาแนวรอยต่อ ซึ่งได้นำไปหลอมละลายแล้วปล่อยให้เย็นจนแข็งตัว จะเอามาหลอมละลายใหม่เพื่อใช้งานต่อไปอีกไม่ได้ วัสดุยาแนวรอยต่อถ้าหลอมละลายแล้วใช้ไม่หมดจะต้องเอาออกทิ้งไป

(6) ระดับของการหยอด ควรหยอดวัสดุยาแนวรอยต่อให้ต่ำกว่าขอบของรอยต่อเล็กน้อยเพื่อป้องกันไม่ให้วัสดุยาแนวรอยต่อทะลักล้นขึ้นมาบนผิวคอนกรีตภายหลังเปิดการจราจรแล้ว

4.9.4.2.12 **การเปิดการจราจร**

ห้ามเปิดการจราจรบนแผ่นพื้นคอนกรีตที่สร้างเสร็จจนกว่าจะมีอายุครบ 14 วัน แต่ในกรณีจำเป็น เช่น บริเวณทางแยก และ ทางเชื่อม เป็นต้น อาจยอมให้เปิดการจราจรได้ถ้าผลการทดสอบความต้านแรงของแท่งคอนกรีตไม่ต่ำกว่าที่กำหนดไว้ในแบบ การเปิดการจราจรจะกระทำได้เมื่อได้หยอดวัสดุยาแนวรอยต่อเรียบร้อย และได้รับอนุญาตจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

ในกรณีแบบก่อสร้างที่มีผิวไหล่ทาง ให้ก่อสร้างผิวไหล่ทางให้เสร็จเรียบร้อยก่อนเปิดการจราจร หากจำเป็นต้องเปิดการจราจร จะต้องทำการป้องกันขอบผิวทางคอนกรีตไม่ให้เกิดการแตกหักบิ่น จากการจราจร และห้ามกองวัสดุที่ใช้ทำไหล่ทางไว้บนผิวคอนกรีต หรือผสมหรือเกลี่ยตีแผ่วัสดุ ที่ใช้ทำไหล่ทางบนผิวคอนกรีต เพราะจะทำให้ผิวคอนกรีตเสียหายได้

4.9.5 การตรวจสอบ

4.9.5.1 การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของผิวคอนกรีต

เมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้วให้วัดสอบผิวหน้าคอนกรีตทั้งหมด โดยเฉพาะที่รอยต่อนั้นด้วยบรรทัดตรงยาว 3.00 เมตร การวัดให้วัดติดต่อกันไปโดยเลื่อนบรรทัดไปทีละ 1.50 เมตร และมีระยะเหลื่อมกัน 1.50 เมตร ถ้าผิวหน้าตอนใดเมื่อวัดสอบในทิศทางตามยาวปรากฏว่าไม่สม่ำเสมอ หรือห่างจากขอบบรรทัดที่วัดสอบเกินกว่า 3.5 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 7 มิลลิเมตร ก็ให้ทำเครื่องหมายไว้ และใช้เครื่องฝนคอนกรีตที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว รีบฝนออกให้ต่ำลงจนกระทั่งความไม่สม่ำเสมอนั้นเหลือไม่เกิน 3.5 มิลลิเมตร

ถ้าผิวหน้าของพื้นคอนกรีตตอนใดไม่สม่ำเสมอหรือห่างจากขอบบรรทัดที่วัดสอบเกินกว่า 7 มิลลิเมตร ผู้รับจ้างจะต้องรื้อแผ่นพื้นคอนกรีตแผ่นนั้นออก แล้วหล่อคอนกรีตใหม่โดยให้มีรอยต่อก่อสร้างตามขวางตามแบบ ค่าใช้จ่ายในการนี้ ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้รับผิดชอบเองทั้งสิ้น

4.9.5.2 การทดสอบความต้านแรงของคอนกรีต

ในระหว่างการเทคอนกรีตนายช่างผู้ควบคุมงานจะเก็บตัวอย่างคอนกรีตโดยให้ผู้รับจ้างหล่อแท่งตัวอย่างเพื่อเก็บไว้ทดสอบความต้านแรงของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน การเก็บตัวอย่างคอนกรีตให้ดำเนินการตาม ทล. – ม.302 “ มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตสดในสนาม ” สำหรับการบ่มแท่งตัวอย่างคอนกรีตให้ทำการบ่มในสภาวะเดียวกันกับการบ่มพื้นผิวทางคอนกรีต

4.9.5.2.1 การทดสอบความต้านแรงอัด

การเก็บตัวอย่างเพื่อการทดสอบความต้านแรงอัด ให้เก็บอย่างน้อย 1 ครั้งต่อคอนกรีตที่เท 100 ลูกบาศก์เมตร หรือทุก ๆ ครั้งที่มีการเทคอนกรีต (ในกรณีที่เทน้อยกว่า 100 ลูกบาศก์เมตร) นำตัวอย่างคอนกรีตที่เก็บแต่ละครั้งมาหล่อแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์ขนาด 150X150X150 มิลลิเมตร ตาม ทล. – ม. 303 “ มาตรฐานการหล่อแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์ ” จำนวน 3 แท่ง (1 ชุด) เพื่อเก็บไว้ทดสอบหาความต้านแรงอัด ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีการทดสอบความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก.409

ผลการทดสอบเมื่อแท่งคอนกรีตมีอายุครบ 28 วันของแต่ละชุด จะต้องให้ค่าความต้านแรงอัดเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 32 เมกะพาสคัล หรือที่กำหนดไว้ในแบบ ทั้งนี้อนุญาตให้มีแท่งคอนกรีตที่ให้ค่าความต้านแรงอัดต่ำกว่า 32 เมกะพาสคัล หรือที่กำหนดไวในแบบ ได้ไม่เกิน 1 แท่ง แต่ต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 85 ของค่าที่กำหนด

ในกรณีที่ผลทดสอบแท่งคอนกรีตหล่อให้ค่าความต้านแรงอัดต่ำกว่าค่าที่กำหนด ผู้รับจ้างมีสิทธิ์จะขอให้ทำการตรวจสอบความต้านแรงอัดของคอนกรีตในช่วงงานนั้น ๆเพิ่มเติม โดยการเจาะเก็บตัวอย่างมาทดสอบใหม่ การเจาะตัวอย่างทดสอบจะต้องดำเนินการโดยเร็วภายใน 60 วัน นับจากวันที่

เทคอนกรีตช่วงนั้น ๆ ตำแหน่งที่เจาะและจำนวนตัวอย่างที่ต้องการนายช่างผู้ควบคุมงานจะเป็นผู้กำหนด ขนาดของตัวอย่างที่เจาะจะต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร และมีอัตราส่วนระหว่างความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 : 1 ค่าความต้านแรงอัด ของตัวอย่างที่เจาะเมื่อแปลงกลับไปเป็นค่าความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีตมาตรฐาน ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีการทดสอบความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีต มาตรฐานเลขที่ มอก. 409 แล้ว จะต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 ของความต้านแรงอัดที่กำหนด จึงจะถือว่าคอนกรีตในช่วงนั้น ๆ ใช้ได้ ในกรณีที่ผลทดลองจากตัวอย่างที่เจาะทดสอบน้อยกว่าที่กำหนด ให้ผู้รับจ้างทุบคอนกรีตในช่วงนั้น ๆ ทิ้ง แล้วเทใหม่พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างทดสอบชุดใหม่

ในกรณีที่ผลทดสอบแท่งคอนกรีตให้ค่าความต้านแรงอัดต่ำกว่าค่าที่กำหนด และผู้รับจ้างไม่ประสงค์ที่จะขอเจาะตัวอย่างในสนามมาทดสอบหาความต้านแรงอัดใหม่ นายช่างผู้ควบคุมงานมีอำนาจสั่งรื้อแล้วให้เทคอนกรีตช่วงที่รื้อนั้นใหม่ได้

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทั้งหมดนี้ ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้รับผิดชอบเองทั้งสิ้น

4.9.5.2.2 การทดสอบความต้านแรงดัด

การเก็บตัวอย่างเพื่อการทดสอบความต้านแรงดัดให้เก็บอย่างน้อย 1 ครั้งต่อคอนกรีตที่เท 100 ลูกบาศก์เมตร หรือทุก ๆ ครั้งที่มีการเทคอนกรีต (ในกรณีที่เทน้อยกว่า 100 ลูกบาศก์เมตร) นำตัวอย่างคอนกรีตที่เก็บแต่ละครั้งมาหล่อแท่งคอนกรีตรูปคานขนาด 150X150X600 มิลลิเมตร ตาม ทล. – ม. 305 “ มาตรฐานการหล่อแท่งคอนกรีตรูปคาน ” จำนวน 3 แท่ง (1 ชุด) เพื่อเก็บไว้ทดสอบหาค่าความต้านแรงดัด ตาม AASHTO T 97 : Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Third - Point Loading)

ผลการทดสอบเมื่อแท่งคอนกรีตมีอายุครบ 28 วันของแต่ละชุด จะต้องให้ค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 4.2 เมกะพาสคัล หรือที่กำหนดไว้ในแบบ ทั้งนี้อนุญาตให้มีแท่งคอนกรีตที่ให้ค่าความต้านแรงดัดต่ำกว่า 4.2 เมกะพาสคัล หรือที่กำหนดไว้ในแบบ ได้ไม่เกิน 1 แท่ง แต่ต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 85 ของค่าที่กำหนด

ในกรณีที่ผลทดสอบแท่งคอนกรีตหล่อ ให้ค่าความต้านแรงดัดต่ำกว่าค่าที่กำหนดผู้รับจ้างมีสิทธิ์ที่จะขอให้ทำการตรวจสอบความต้านแรงดัดของคอนกรีตในช่วงงานนั้น ๆ เพิ่มเติม โดยการตัดตัวอย่างมาทดสอบใหม่ การตัดตัวอย่างทดสอบจะต้องดำเนินการโดยเร็วภายใน 60 วัน นับจากวันที่เทคอนกรีตช่วงนั้น ๆ ตำแหน่งที่ตัดและจำนวนตัวอย่างที่ต้องการ นายช่างผู้ควบคุมงานจะเป็นผู้กำหนด ขนาดของตัวอย่างที่ตัดต้องมีขนาด 150X150 มิลลิเมตร และยาวไม่น้อยกว่า 500 มิลลิเมตร ค่าความต้านแรงดัดของตัวอย่างที่ตัด จะต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 ของความต้านแรงดัดที่กำหนด จึงจะถือว่าคอนกรีตในช่วงนั้น ๆ ใช้ได้ ในกรณีที่ผลการทดลองจากตัวอย่างที่ตัดทดสอบน้อยกว่าที่กำหนด ให้ผู้รับจ้างทุบคอนกรีตในช่วงนั้น ๆ ทิ้งแล้วเทใหม่พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างทดสอบชุดใหม่

ในกรณีที่ผลทดสอบแท่งคอนกรีตหล่อ ให้ค่าความต้านแรงดัดต่ำกว่าค่าที่กำหนด และผู้รับ-จ้างไม่ประสงค์ที่จะขอตัดตัวอย่างในสนามมาทดสอบหาความต้านแรงดัดใหม่ นายช่างผู้ควบคุมงานมีอำนาจสั่งรื้อ แล้วให้เทคอนกรีตช่วงที่รื้อนั้นใหม่ได้

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทั้งหมดนี้ ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้รับผิดชอบเองทั้งสิ้น

4.9.6 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

4.9.6.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

4.9.6.1.1 การวัดปริมาณงานผิวทางปอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีต ให้คิดจากพื้นที่ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ทั้งนี้ไม่รวมพื้นที่ส่วนที่เป็นรอยต่อเพื่อขยายตามขวาง ปริมาณงานมีหน่วยเป็นตารางเมตร

4.9.6.1.2 การวัดปริมาณงานรอยต่อทุกชนิด ให้วัดจากความยาวตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบปริมาณงานมีหน่วยเป็นเมตร

4.9.6.2 วิธีการจ่ายค่างาน

4.9.6.2.1 การจ่ายค่างานผิวทางปอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีตตามรายการนี้ หมายรวมถึงค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

4.9.6.2.2 การจ่ายค่างานรอยต่อตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าตัดรอยต่อ ค่าวัสดุ ค่าเครื่องมือ ค่าแรงงานและอื่นๆ ที่จำเป็น เพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

4.10 การก่อสร้างและควบคุมคุณภาพงานบูรณะและปรับปรุงถนนลาดยางเดิม โดยวิธี Asphalt Hot–Mix Recycling

Asphalt Hot–Mix Recycling หมายถึงการผลิต Recycled Asphalt Concrete โดยการใช้แอสฟัลต์คอนกรีตที่ได้จากการรื้อชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิม นำมาใช้เป็นวัตถุดิบ โดยอาจเพิ่มวัสดุใหม่เข้าไปผสมด้วยหรือไม่ก็ได้ตามความจำเป็น วัสดุใหม่ดังกล่าวได้แก่ แอสฟัลต์ซีเมนต์ และหรือสารปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์ (Asphalt Recycling Agent) และหรือมวลรวม และหรือแอสฟัลต์คอนกรีตใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในงาน บำรุงทาง หรืองานบูรณะลาดยาง โดยการปูและบดทับบนชั้นทางใดๆ ที่ได้เตรียมไว้ ให้ถูกต้อง ตามแนว ระดับความลาด ตลอดจนรูปตัดตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ

4.10.1 วัสดุ

วัสดุที่ใช้ทำ Recycled Asphalt Concrete ประกอบด้วยวัสดุเก่า คือ แอสฟัลต์คอนกรีตจากชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิม โดยอาจใช้วัสดุใหม่ คือ แอสฟัลต์ซีเมนต์ และหรือสารปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์และหรือมวลรวม และหรือแอสฟัลต์คอนกรีตใหม่ ผสมเพิ่มด้วยก็ได้ตามความจำเป็น ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัสดุเก่าที่นำมาใช้ โดยจะต้องดำเนินการทดลองและออกแบบส่วนผสมเฉพาะงานที่เหมาะสม วัสดุดังกล่าวที่นำมาใช้จะต้องมีคุณสมบัติ ตาม ทล.-ม. 410/2542

4.10.1.1 แอสฟัลต์คอนกรีตจากชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิม

แอสฟัลต์คอนกรีตจากชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิม ได้จากการขุดรื้อชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต โดยอาจใช้วิธีคราด (Ripping) แล้วนำมาย่อยจนได้ขนาดตามที่ต้องการ หรือวิธีตัดแบบเย็น (Cold Milling) หรือวิธีตัดแบบร้อน (Hot Milling) ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องจักร เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการ และลักษณะการใช้งาน

4.10.1.2 มวลรวมผสมเพิ่ม

มวลรวมผสมเพิ่มประกอบด้วยมวลหยาบ (Coarse Aggregate) และหรือมวลละเอียด (Fine Aggregate) กรณีที่มวลละเอียดมีส่วนละเอียดไม่พอ หรือต้องการปรับปรุงคุณภาพ และความแข็งแรงของ Recycled Asphalt Concrete อาจเพิ่มวัสดุผสมแทรก (Mineral Filler) ด้วยก็ได้

4.10.1.2.1 มวลหยาบ หมายถึงส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) เป็นหินย่อย (Crushed Rock) หรือวัสดุอื่นใดที่กรมทางหลวงอนุมัติให้ใช้ได้ ต้องเป็นวัสดุที่แข็งและคงทน (Hard and Durable) สะอาด ปราศจากวัสดุไม่พึงประสงค์ใดๆ ที่อาจทำให้ Recycled Asphalt Concrete มีคุณภาพด้อยลง

4.10.1.2.2 มวลละเอียด หมายถึงส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) เป็นหินฝุ่นหรือทรายที่สะอาด ปราศจากสิ่งสกปรกหรือวัสดุอันไม่พึงประสงค์ใดๆ ปะปนอยู่ซึ่งอาจทำให้ Recycled Asphalt Concrete มีคุณภาพด้อยลง

4.10.1.2.3 วัสดุผสมแทรก ใช้ผสมเพิ่มในกรณีเมื่อผสมมวลหยาบกับมวลละเอียดเป็นมวลรวมแล้วส่วนละเอียดในมวลรวมยังมีไม่พอ หรือใช้ผสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของ Recycled Asphalt Concrete วัสดุผสมแทรกอาจเป็น Stone Dust, Portland Cement, Silica Cement, Hydrated Lime หรือวัสดุอื่นใดที่กรมทางหลวงอนุมัติให้ใช้ได้

วัสดุผสมแทรกต้องแห้ง ไม่จับกันเป็นก้อน และมีขนาดคละเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด ในกรณีที่กรมทางหลวงเห็นว่าวัสดุที่มีขนาดคละแตกต่างไปจากที่กำหนด แต่เมื่อนำมาใช้เป็นวัสดุผสมแทรกแล้ว จะทำให้ Recycled Asphalt Concrete มีคุณภาพเป็นไปตามที่กำหนดก็อาจอนุมัติให้ใช้วัสดุนั้นเป็นวัสดุผสมแทรกได้

4.10.1.3 แอสฟัลต์

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุชนิดของแอสฟัลต์ไว้เป็นอย่างอื่น ให้ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60 – 70 ตามมาตรฐานเลขที่ มอก.851 “มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแอสฟัลต์ซีเมนต์สำหรับงานทาง”

4.10.1.4 สารปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์ (Asphalt Recycling Agent)

เป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์เหมาะสมที่จะใช้ปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์ซีเมนต์ในแอสฟัลต์คอนกรีตจากชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิมที่เสื่อมคุณภาพ ให้กลับมีคุณภาพตามข้อกำหนดที่ต้องการ สารปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์จะต้องมีคุณสมบัติตามข้อกำหนด ASTMD 4552 – 86 “Standard Practice for Classifying Hot Mix Recycling Agents”

การเก็บรักษาสารปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์ ให้เก็บในถังเก็บชนิดที่ควบคุมอุณหภูมิได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งสามารถรักษาอุณหภูมิของสารปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์ไว้ได้คงที่ตามที่กำหนดระหว่าง 38 – 163 องศาเซลเซียส (100 – 325 องศาฟาเรนไฮต์)

4.10.1.5 แอสฟัลต์คอนกรีตใหม่

ในกรณีที่ต้องใช้แอสฟัลต์คอนกรีตใหม่ผสมกับแอสฟัลต์คอนกรีตจากชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิม แอสฟัลต์คอนกรีตใหม่ที่นำมาใช้จะต้องถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้ และเมื่อผสมกับแอสฟัลต์คอนกรีตเดิมแล้ว จะต้องมีขนาดคละของมวลรวมเป็นไปตามสูตรส่วนผสมเฉพาะงานที่ได้ออกแบบไว้แล้ว และขนาดคละดังกล่าวต้องเป็นไปตามที่กำหนด

4.10.2 การใช้งาน

Recycled Asphalt Concrete นี้ใช้สำหรับงานบำรุงทางเดิม หรืองานบูรณะลาดยาง ให้สามารถใช้งานได้ต่อไป โดยใช้ปรับปรุงชั้นผิวทางเดิมให้เป็นชั้นผิวทางใหม่ หรือปรับปรุงให้เป็นชั้นทางอื่นใด

4.10.3 การออกแบบส่วนผสม Recycled Asphalt Concrete โดยมีหลักเกณฑ์ดังนี้

4.10.3.1 ก่อนเริ่มงานไม่น้อยกว่า 30 วัน ต้องเสนอเอกสารการออกแบบส่วนผสม Recycled Asphalt Concrete

4.10.3.2 คุณภาพทั่วไปของวัสดุที่จะใช้ทำ Recycled Asphalt Concrete ให้เป็นไปตามข้อ 4.10.1

4.10.3.3 ปริมาณของแอสฟัลต์คอนกรีตเดิมที่ใช้ผสมทำชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete ขึ้นอยู่กับคุณภาพของแอสฟัลต์คอนกรีตเดิม และความเหมาะสมกับประเภทชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete ที่จะก่อสร้างซึ่งจะต้องเป็นไปตามผลการทดลองและออกแบบสูตรส่วนผสมเฉพาะงานที่ได้ทำไว้ล่วงหน้าแล้ว

4.10.3.4 การตรวจสอบสูตรส่วนผสม Recycled Asphalt Concrete โดยทดลองตามวิธี Marshall และจะต้องมีคุณภาพเป็นไปตามข้อกำหนด

4.10.3.5 กรณีที่ผู้รับจ้างออกแบบส่วนผสม กรมทางหลวงจะเป็นผู้ตรวจสอบเอกสารการออกแบบ ส่วนผสม Recycled Asphalt Concrete ให้เพื่อใช้ควบคุมงานนั้น

4.10.3.6 ในการผสม Recycled Asphalt Concrete ในสนาม มวลรวมขนาดหนึ่งขนาดใด หรือปริมาณ แอสฟัลต์ซีเมนต์ยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกินค่าที่กำหนด ถ้าคลาดเคลื่อนเกินกว่าที่กำหนดนี้ จะถือว่า Recycled Asphalt Concrete นั้น มีคุณภาพไม่ถูกต้องตามที่กำหนด จะต้องทำการปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้อง

4.10.3.7 ผู้ควบคุมงานอาจขอเปลี่ยนสูตรส่วนผสมเฉพาะงานใหม่ได้ ถ้าวัสดุที่ใช้ผสม Recycled Asphalt Concrete เกิดการเปลี่ยนแปลงไปด้วยสาเหตุใดๆ ก็ตาม การเปลี่ยนสูตรส่วนผสมเฉพาะงานทุกครั้งต้องได้รับความเห็นชอบจากวิศวกรผู้ออกแบบก่อน

4.10.3.8 การทดลองออกแบบและตรวจสอบการออกแบบส่วนผสม Recycled Asphalt Concrete ทุกครั้งหรือทุกสัญญาจ้าง ผู้รับผิดชอบจะต้องชำระค่าธรรมเนียมตามอัตราที่กรมทาง-หลวงกำหนด

4.10.4 เครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ในการก่อสร้าง

4.10.4.1 เครื่องจักรแบบ Central Plant Recycling ประกอบด้วย

4.10.4.1.1 เครื่องจักรรื้อผิวทางเดิม อาจจะใช้แบบใดแบบหนึ่งดังต่อไปนี้

(1) เครื่องจักรรื้อผิวทางเดิมโดยใช้วิธีคราด (Ripping) แล้วนำไปย่อยด้วยเครื่องย่อย (Crusher) จนได้ขนาดตามที่ต้องการ

(2) เครื่องจักรตัดผิวทางแบบตัดร้อน (Heater Planer) มีอุปกรณ์ให้ความร้อนผิวทางเดิมที่จะตัดแบบใช้น้ำมัน ก๊าซ หรือ แสงอินฟราเรด และอุปกรณ์ตัดผิว แบบใดแบบหนึ่งดังต่อไปนี้

- แบบใช้ใบมีดปาดเฉือน (Shearing or Scraping with a Blade)
- แบบใบตัด (Cutting Edges) ซึ่งหมุนรอบแกนดิ่ง
- แบบใช้เขี้ยว (Teeth) ติดรอบ Horizontal Rotating Drum

(3) เครื่องตัดผิวทางแบบตัดเย็บ (Cold Planer) ซึ่งสามารถตัดผิวทางเดิมได้โดยไม่ต้องให้ความร้อนผิวทางเดิมที่จะตัด

4.10.4.1.2 Batch Plant ที่ออกแบบหรือปรับปรุงสำหรับผสมวัสดุ Recycling โดยเฉพาะ

4.10.4.1.3 Drum-Mix Plant ที่ออกแบบสำหรับผสมวัสดุ Recycling โดยเฉพาะ

4.10.4.2 เครื่องจักรแบบ In – Place Recycling ประกอบด้วย

4.10.4.2.1 เครื่อง Preheater แบบ Gas – Fired หรือ Infra – Red Heater สำหรับให้ความร้อนผิวทางเดิมจนได้อุณหภูมิประมาณ 110 – 130 องศาเซลเซียส

4.10.4.2.2 เครื่อง Remixer จะต้องสามารถทำงานได้ดังนี้

(1) ให้ความร้อนผิวทางเดิมต่อเนื่องจากที่ได้ดำเนินการตามข้อ 4.2.1 จนผิวทาง เดิมมีอุณหภูมิ 140 – 170 องศาเซลเซียส

(2) รื้อผิวทางเดิมออกได้ความลึกตามที่ต้องการ โดยดำเนินการต่อจากข้อ 4.10.4.2.1

(3) รวบรวมและปรับระดับวัสดุผิวทางเดิมที่รื้อออกด้วยใบมีดปรับระดับ (Levelling Blade) แล้วส่งต่อไปยังส่วนกลางของเครื่อง Remixer ด้วยระบบ Auger เข้าสู่ห้องผสมซึ่งเป็นแบบ Flow – Through Double – Shaft Mixer

เครื่องจักร In-Place Recycling

(4) มีระบบ Auger เกลี่ยกระจายวัสดุที่ผสมเสร็จแล้ว และปูให้เรียบด้วย Vibrating and/or Tamping Screed สามารถปรับความกว้างได้ 3.00 – 4.50 ม.

4.10.4.2.3 โรงงานผสมแอสฟัลต์คอนกรีต ตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 408/2532 “แอสฟัลต์คอนกรีต (Asphalt Concrete or Hot – Mix Asphalt)”

4.10.4.3 เครื่องจักรบดทับและเครื่องมืออื่นๆ ตามมาตรฐานที่ทล.-ม. 408/2532 “แอสฟัลต์คอนกรีต (Asphalt Concrete or Hot – Mix Asphalt)”

เครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ทุกชนิด จะต้องมีสภาพใช้งานได้ดี โดยผ่านการตรวจสอบและตรวจปรับ และนายช่างผู้ควบคุมงานอนุญาตให้ใช้ได้ ในระหว่างการก่อสร้างผู้รับจ้างจะต้องบำรุงรักษาเครื่องจักรและเครื่องมือดังกล่าว ให้อยู่ในสภาพดีอยู่เสมอ

4.10.5 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

การเตรียมชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิม ก่อนก่อสร้างชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete ผู้ควบคุมงาน จะต้องให้ทำความสะอาดผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิม กำจัดวัสดุหลุดหลวม สิ่งสกปรกและวัสดุไม่พึงประสงค์อื่นๆ ซึ่งจะทำให้คุณภาพของ Recycled Asphalt Concrete ด้อยลงออกให้หมด

4.10.6 การก่อสร้าง

4.10.6.1 งานบูรณะ (Rehabilitation) เป็นงานที่ต้องรื้อชั้นใต้ผิวทางใด ๆ เพื่อก่อสร้างใหม่

4.10.6.1.1 การตัดโดยวิธี Ripping ถ้าต้องการนำผิวทางเดิมมา Recycling ให้ใช้เครื่อง Ripper ขุดเอาผิวทาง Asphalt Concrete โดยไม่ให้มีวัสดุชั้นพื้นทางติดขึ้นมาด้วย แล้วนำไป Stock Pile ไว้เมื่อได้ก่อสร้างชั้นทางอื่นๆ จนถึงชั้นพื้นทางและ Prime Coat เรียบร้อยแล้ว จึงนำเอาแอสฟัลต์ คอนกรีตที่ Stock Pile ไว้ไปทำ Recycled Asphalt Concrete ได้ โดยใช้ Central Plant Mix ที่ได้ออกแบบหรือปรับปรุงสำหรับผสมวัสดุ Recycling โดยเฉพาะส่วนวิธีการก่อสร้างผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ให้เป็นไปตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 408/2532

4.10.6.1.2 การตัดผิวทางแบบเย็น การตัดผิวแบบเย็นนี้ ต้องคัดส่วนที่ไม่เหมาะสมออก เพราะ เครื่องตัดผ่าเม็ดหิน ทำให้ Gradation ของหินเปลี่ยนแปลง เช่นมีปริมาณฝุ่นสูง และการทำ Recycled Asphalt Concrete นี้ต้องใช้ Central Plant Mix ที่ได้ออกแบบหรือปรับปรุงสำหรับผสมวัสดุ Recycling โดยเฉพาะ ส่วนวิธีการก่อสร้างผิวทางให้เป็นไปตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 408/2532

4.10.6.1.3 การตัดผิวทางแบบร้อน การตัดผิวทางแบบร้อนสามารถนำวัสดุที่ตัดออกจากผิวทางเดิม ไปทำ Recycled Asphalt Concrete โดยใช้ Central Plant Mix ที่ได้ออกแบบหรือปรับปรุง สำหรับผสมวัสดุ Recycling โดยเฉพาะ เพื่อไปใช้ในงานบูรณะแทนการ Ripping ในข้อ 4.10.6.1.1 และแทนเครื่องตัดเย็นในข้อ 4.10.6.1.2 ได้

4.10.6.2 งานบำรุงทาง

ในกรณีที่วัสดุแอสฟัลต์ในผิวทางเดิม เสื่อมสภาพ ผิวทางเป็นคลื่น หรือไม่เรียบร้อย มีผิวทางเยิ้มต้องการแก้ไขปรับปรุงโดยตัดออกมาผสมกับวัสดุใหม่ หรือ Asphalt Recycling Agent ด้วยก็ได้ ทั้งนี้ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีต ให้ใช้งานได้แล้วปูวัสดุ Recycled Asphalt Concrete กลับไปดังเดิม

ในกรณีนี้ต้องใช้เครื่องตัดแบบร้อน โดยมี Preheater และเครื่องตัดสามารถให้ความร้อนแก่ผิวทางด้วย Infra–Red Heater จนมีอุณหภูมิ 140 – 170 องศาเซลเซียส เครื่องตัดเป็นแบบใช้เขี้ยว (Teeth) ติดรอบ Horizontal Rotating Drum วิธีนี้จะไม่ทำให้มีการตัดผ่าเม็ดหิน ไม่ทำให้เม็ดหินแตกวัสดุที่ได้ออกมามีลักษณะร่วนแบบ Hot–Mix สำหรับเครื่องผสมและเครื่องปูเป็นแบบเคลื่อนที่ได้ (In–place Recycling) ซึ่งสามารถผสมกับ Hot–Mix ใหม่ และ/หรือ Asphalt Recycling Agent ด้วยก็ได้

4.10.6.3 การปูส่วนผสม Recycled Asphalt Concrete

4.10.6.3.1 การปูด้วยชุดเครื่องผสมพร้อมปูแบบเคลื่อนที่ การก่อสร้างให้ดำเนินการตามคำแนะนำของผู้ผลิตเครื่องจักรที่นำมาใช้งานนั้น โดยได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานวิธีการปูมี 2 วิธี

วิธีที่ 1 ปูแบบชั้นเดียวเมื่อได้ขูดวัสดุเก่าลงในเครื่องผสม โดยจะเพิ่มส่วนผสมใหม่ (Hot–mix และ/หรือ Asphalt Recycling Agent) ให้ตรงตามสูตร ส่วนผสมเฉพาะงาน แล้วปูกลับบนผิวทางดังเดิมเป็นชั้นเดียว

วิธีที่ 2 ปูแบบสองชั้น เมื่อได้ขูดวัสดุเก่าลงในเครื่องผสมและอาจผสม Asphalt Recycling Agent ด้วยก็ได้ ให้ปูส่วนผสม Recycled Asphalt Concrete นี้ กลับลงบนผิวทางทันที และพร้อมกันนั้นให้ปูทับด้วย Asphalt Concrete ใหม่ ที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 408/2532

4.10.6.3.2 การปูด้วยเครื่องปู การปูส่วนผสม Recycled Asphalt Concrete ที่ผลิตจากโรงงานผสม ให้ดำเนินการตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 408/2532 “แอสฟัลต์คอนกรีต (Asphalt Concrete or Hot–Mix Asphalt)”

4.10.6.4 การเตรียมและการผลิตแอสฟัลต์คอนกรีตใหม่ โดยโรงงานผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่จะนำมาผสมทำ Recycled Asphalt Concrete ให้เป็นไปตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 408/2532 โดยอนุโลม

4.10.6.5 การบดทับชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete

การบดทับชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete ให้ดำเนินการบดทับตามมาตรฐานที่ ทล.-ม. 408/2532 “แอสฟัลต์คอนกรีต (Asphalt Concrete or Hot–Mix Asphalt)” โดยอนุโลม

การปูและบดทับ

4.10.7 การตรวจสอบชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete

การตรวจสอบชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete ที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วมีหลักเกณฑ์อย่างน้อยดังต่อไปนี้

4.10.7.1 ลักษณะผิว (Surface Texture)

ชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete ที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องได้ระดับและความลาดตามแบบ มีลักษณะผิวและลักษณะการบดทับที่สม่ำเสมอ ไม่ปรากฏความเสียหาย เช่น Recycled Asphalt Concrete ที่ผิวหน้าหลุด (Pull) รอยฉีก (Torn) ผิวหน้าหลวมหรือแยกตัว (Segregation) เป็นคลื่น (Ripple) หรือความเสียหายอื่นๆ หากตรวจสอบแล้วปรากฏความเสียหายดังกล่าว ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการแก้ไขให้ถูกต้องเรียบร้อยตามที่นายช่าง-ผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

4.10.7.2 ความเรียบที่ผิว (Surface Tolerance)

เมื่อใช้ไม้บรรทัดวัดความเรียบ ยาว 3.00 เมตร วางทาบบนผิวของชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete ในแนวตั้งฉากและในแนวขนานกับเส้นแบ่งกึ่งกลางถนน ระดับผิวชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete ภายใต้ไม้บรรทัดวัดความเรียบ จะแตกต่างจากระดับของไม้บรรทัดวัดความเรียบได้ไม่เกิน 6 มิลลิเมตร และ 3 มิลลิเมตร ตามลำดับ

4.10.7.3 ความแน่น (Density)

สำหรับชั้นผิวทาง ชั้นรองผิวทาง ที่มีความหนาไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร ค่าความแน่นของชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete ในสนามจะต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 98 ของค่าความแน่นเฉลี่ยของก้อนตัวอย่างที่บดอัดในห้องทดลอง

สำหรับชั้นพื้นทาง และผิวไหล่ทาง Recycled Asphalt Concrete ค่าความแน่นของชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete ในสนามจะต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 97 และ 96 ของค่าความแน่นเฉลี่ย ของก้อนตัวอย่างที่บดอัดในห้องทดลองที่ใช้เปรียบเทียบ ตามลำดับ

หากความแน่น (Density) แตกต่างไปจากที่ระบุไว้ข้างต้น ให้ถือปฏิบัติตามข้อกำหนดในสัญญา

4.10.7.4 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

การวัดปริมาณงานให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการก่อสร้างถูกต้องตามแบบและข้อกำหนดเรียบร้อยแล้ว มีหน่วยวัดตามที่กำหนดในแบบและวัดปริมาณตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบที่กำหนด

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายถึง ค่างานที่รวมทั้งค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่นๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

4.10.8. การอำนวยการและควบคุมการจราจรระหว่างการก่อสร้าง

ในระหว่างการก่อสร้างชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete ผู้ควบคุมงานจะต้องจัดและควบคุมการจราจรไม่ให้ผ่านชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete ที่ก่อสร้างใหม่ จนกว่าชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete จะเย็นตัวลงมากพอที่เมื่อเปิดให้การจราจรผ่านแล้วจะไม่ทำให้เกิดร่องรอยบนชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete โดยจะต้องติดตั้งป้ายจราจรพร้อมอุปกรณ์ควบคุมการจราจรอื่นๆ ที่จำเป็นตามที่กรมทางหลวงกำหนด พร้อมจัดบุคลากรเพื่ออำนวยการจราจรให้ผ่านพื้นที่ก่อสร้างได้โดยสะดวกปลอดภัย และไม่ทำให้ชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete ที่ก่อสร้างใหม่นั้นเกิดความเสียหาย ระยะเวลาในการปิดและเปิดการจรจรให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

บทที่ 5
การปรับปรุงคันทางบนดินอ่อน

5.1 การก่อสร้าง Deep Stabilization โดยใช้ Cement Column

การก่อสร้าง Deep Stabilization เป็นการปรับปรุงคุณสมบัติของดินเหนียวซึ่งเป็นดินเดิม โดยการนำสารผสมจำพวกปูนขาวหรือปูนซีเมนต์หรือปูนขาวและปูนซีเมนต์รวมกันผสมกับดินเดิม การก่อสร้าง Deep Stabilization นี้ จะใช้วิธี Wet Mixing หรือ Dry Mixing ก็ได้ ทั้งนี้การกวนหรือผสมดินกับสารผสมที่ระดับต่างๆ ของดิน จะต้องทำให้ดินเหนียวซึ่งเป็นดินเดิมเกิดเป็นแท่งดิน (Column) ที่มีความแข็งแรง มีขนาดและความลึกตามที่ได้กำหนดไว้ในแบบและข้อกำหนดนี้

1. สารผสมที่ใช้ผสมกับดินเดิม

สารผสมที่ใช้ผสมกับดินเดิมจะเป็นปูนขาวหรือปูนซีเมนต์ หรือปูนขาวและปูนซีเมนต์รวมกันก็ได้ ปริมาณของสารผสมนี้จะต้องเป็นไปตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณสารผสมที่ใช้ในการทำ Deep Stabilization

สารผสม	**ปริมาณที่ใช้ต่อลูกบาศก์เมตรของดินเดิม (กิโลกรัม / ลูกบาศก์เมตร)**
ปูนขาว	100-200
ปูนซีเมนต์	150-250
ปูนขาว + ปูนซีเมนต์	150-250

1.1 ปูนขาว

ปูนขาวที่ใช้ต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้

- ปริมาณ Calcium Oxide (CaO) และ Magnesium Oxide (MgO) รวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 85
- Ignition Loss ไม่มากกว่าร้อยละ 10
- ขนาดของเม็ดปูนขาวต้องผ่านตะแกรงขนาด 0.425 มม.(ตะแกรง 40) ร้อยละ 100

1.2 ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ที่ใช้จะต้องเป็นปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ประเภท 1 ตามมาตรฐาน มอก. 15

สารผสมจะต้องเก็บไว้ในถังที่ปิดมิดชิดความชื้นไม่สามารถเข้าไปทำให้สารผสมเสียหายหรือเสื่อมสภาพหรือแข็งตัวก่อนที่ใช้งาน

2. การเจาะสำรวจและการผสมทดลอง

ทำการเจาะสำรวจชั้นดินเดิมทุกระยะประมาณ 500 เมตร ตามแนวทางขนาน และรายงานผลการทดลอง

2.1 การเจาะสำรวจชั้นดินเดิม

การเจาะสำรวจชั้นดินเดิม ต้องเจาะสำรวจทุกระยะประมาณ 500 เมตร ตามแนวทางขนานแต่ละหลุมเจาะมีความลึกไม่น้อยกว่า 20 เมตร และลึกลงไปชั้นดินแข็ง (ดินเหนียวแข็งหรือชั้นทราย) ไม่น้อยกว่า 3 เมตร ทำการเก็บตัวอย่าง Undisturbed Sample โดยการใช้ Piston Sampler ทุกระยะ 1.50 เมตร เมื่อดินเดิมเป็นชั้นดินอ่อน (Soft to Medium Clay) และเก็บตัวอย่างพร้อมทั้งหาค่า Standard Penetration Test (SPT) โดยใช้ Split Spoon Sampler ทุกระยะ 1.50 เมตร เมื่อดินเดิมเป็นดินแข็ง

ภาพแสดงการเจาะเก็บตัวอย่างดินเดิม

การทดสอบตัวอย่างดินในแต่ละหลุมเจาะ เป็นดังนี้

- หา Natural Moisture Content , Undrained Shear Strength จาก Pocket Penetrometer Test (เฉพาะดินเหนียว) และ Sieve Analysis สำหรับตัวอย่างดินทุกตัวอย่าง
- หา Undrained Shear Strength และ Modulus of Elasticity จาก Unconfined Compression Test รวมทั้ง Unit Weight ของตัวอย่างดินทุกตัวอย่างที่เก็บ แบบ Undisturbed Sample

- หา Liquid Limit , Plastic Limit และ Plasticity Index จำนวน 4 ตัวอย่าง จากตัวอย่างที่เก็บ แบบ Undisturbed Sample และ 1 – 2 ตัวอย่าง จากตัวอย่างดินที่เป็นดินเหนียวแข็ง

- ทำ Consolidation Test จำนวน 2 ตัวอย่าง จากตัวอย่างดินที่เก็บแบบ Undisturbed Sample

- หาปริมาณ Sodium Chloride (NaCl) ของตัวอย่างดินจำนวน 4 ตัวอย่าง จากตัวอย่างที่เก็บแบบ Undisturbed Sample

- หาปริมาณ Organic Content ในตัวอย่างดินจำนวน 4 ตัวอย่าง จากตัวอย่างที่เก็บแบบ Undisturbed Sample

การรายงานผลการเจาะสำรวจดิน ให้แสดงไว้เป็นตารางสรุปผลของการเจาะและทดสอบดินและเป็น Boring Log ของชั้นดิน ซึ่งจะแสดงผลของค่าต่างๆ ในรูปกราฟของแต่ละหลุมเจาะพร้อมทั้งแนบผลการทดสอบมาไว้ในรายงานด้วย รายงานนี้จะต้องวิเคราะห์หาการทรุดตัว อัตราการทรุดตัว และความมั่นคงของคันทางทรายถม เมื่อยังมิได้ปรับปรุงคุณภาพของดินเดิม และเมื่อได้ปรับปรุงคุณภาพของดินเดิมโดย Deep Stabilization ตามที่ได้กำหนดไว้ในแบบด้วย คันทางที่ใช้วิเคราะห์จะมีความสูง 1.80 เมตร คันทางกว้าง 12.0 เมตร Side Slope ของคันทาง 2:1 (H:V) และมี Live Load 10 กิโลปาสกาล อยู่บนคันทาง ข้อมูลการสำรวจดินเดิมจากการทำ Vane Shear Test

2.2 การผสมทดลอง

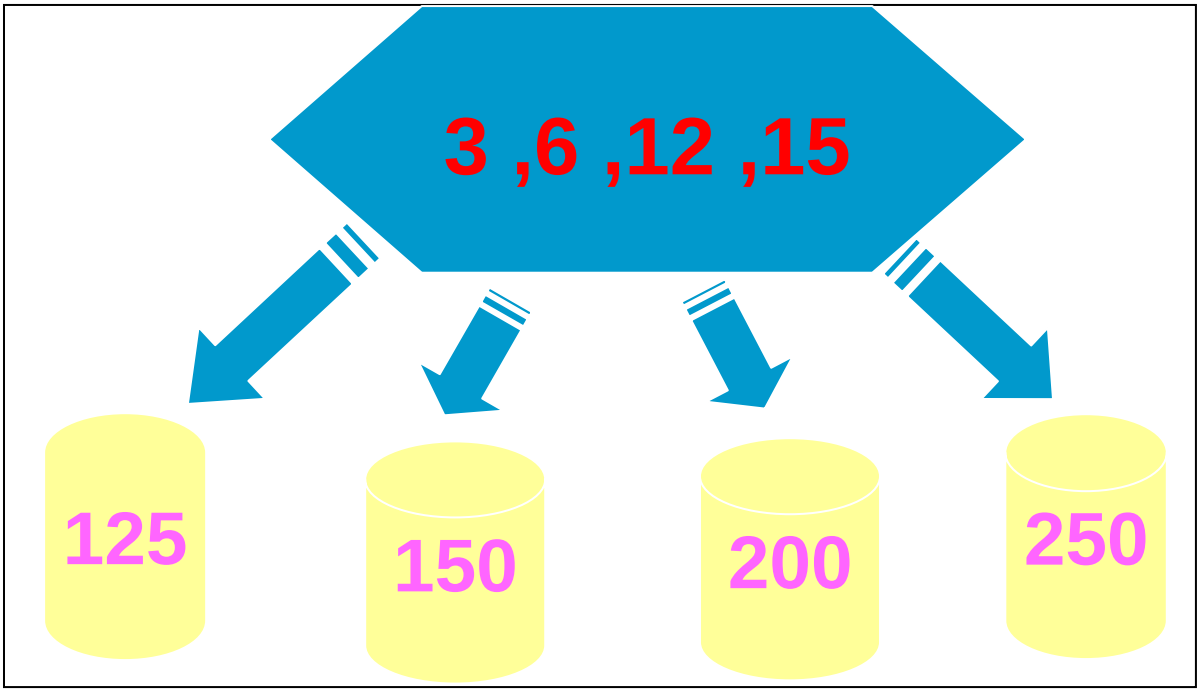
ดินเดิมที่ใช้ผสมจะต้องเป็นดินเหนียวซึ่งเป็นดินเดิมในสายทางนี้มีสภาพเช่นเดียวกับในสนาม ให้นำดินเดิมที่ระดับความลึก 3 เมตร 6 เมตร 12 เมตร และ15 เมตร มาทำการผสมกับสารผสมเพื่อทดลองหาคุณสมบัติในห้องปฏิบัติการสารผสมจะต้องเป็นสารซึ่งจะใช้ในการทำ Deep Stabilization ปริมาณสารผสมที่ใช้ในการทำผสมทดลองเป็นดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

ภาพแสดงการนำตัวอย่างดินเดิมผสมกับสารผสมในห้องทดลอง

ตารางที่ 2 ปริมาณของสารผสมที่ใช้ในการทำผสมทดลอง

สารผสม	**ปริมาณการผสมที่ใช้ (กก./ลบ.ม.)**			
ปูนขาว	75	100	150	200
ปูนซีเมนต์	125	150	200	250
ปูนขาว + ปูนซีเมนต์	125	150	200	250

การผสมทดลองให้ทำเป็นชุดตัวอย่างเป็นชุดๆ สำหรับปริมาณที่ใช้สารผสมที่ต่างกันแต่ละชุดตัวอย่างจะต้องทำไม่น้อยกว่า 15 ตัวอย่าง การทำผสมทดลองนี้จะต้องใช้ดินเดิมผสมกับสารผสม สารผสมจะต้องเป็นชนิดและลักษณะเดียวกับที่จะใช้ผสมจริงในสนามดังแสดงในตารางที่ 3



ตารางที่ 3 ลักษณะของสารผสมที่จะใช้ทำผสมทดลอง

วิธีการก่อสร้าง	**การทำตัวอย่างผสมทดลอง**
Wet Mixing	- นำ Slurry ของสารผสมตามอัตราส่วนของน้ำต่อสารผสมที่จะใช้จริงในสนามมาผสมกับดินเดิม
Dry Mixing	- นำสารผสมมาผสมกับดินเดิม

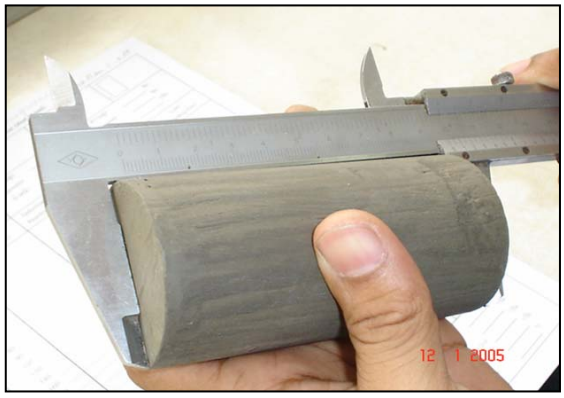
การผสมทดลองนี้เพื่อใช้ในการพิจารณาหาปริมาณของสารผสมที่ใช้ในสนาม ค่า Undrained Shear Strength ที่หาจาก Unconfined Compression Test ต้องไม่น้อยกว่า 500 กิโล

ปาสกาล ที่ 28 วัน อย่างไรก็ดีปริมาณสารผสมที่ใช้จริงในสนามจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่าค่าต่ำสุดที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1

วิธีการทดลอง Unconfined Compression Test ให้ทำตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.105/2525 หรือ ASTM D 2166-85 สำหรับการเตรียมตัวอย่างของการผสมทดลองจะต้องใช้แบบซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 30 มิลลิเมตร สูงไม่น้อยกว่า 2 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวอย่าง แบบที่ใช้จะต้องเป็นชนิดซึ่งสามารถถอดจากกันได้โดยที่ไม่รบกวนตัวอย่างดิน การบ่มตัวอย่างดินให้บ่มโดยการคลุมด้วยพลาสติกเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำออกจากดินตัวอย่าง

ภาพแสดงการทำแท่งตัวอย่างและการบ่มตัวอย่าง

นำมาทดสอบ Unconfined Compression Test เมื่อบ่มตัวอย่างไว้ 1 วัน 3 วัน 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน ให้ทดสอบ Unconfined Compression Test ที่เวลาต่างๆ กัน ครั้งละไม่น้อยกว่า 3 ตัวอย่าง

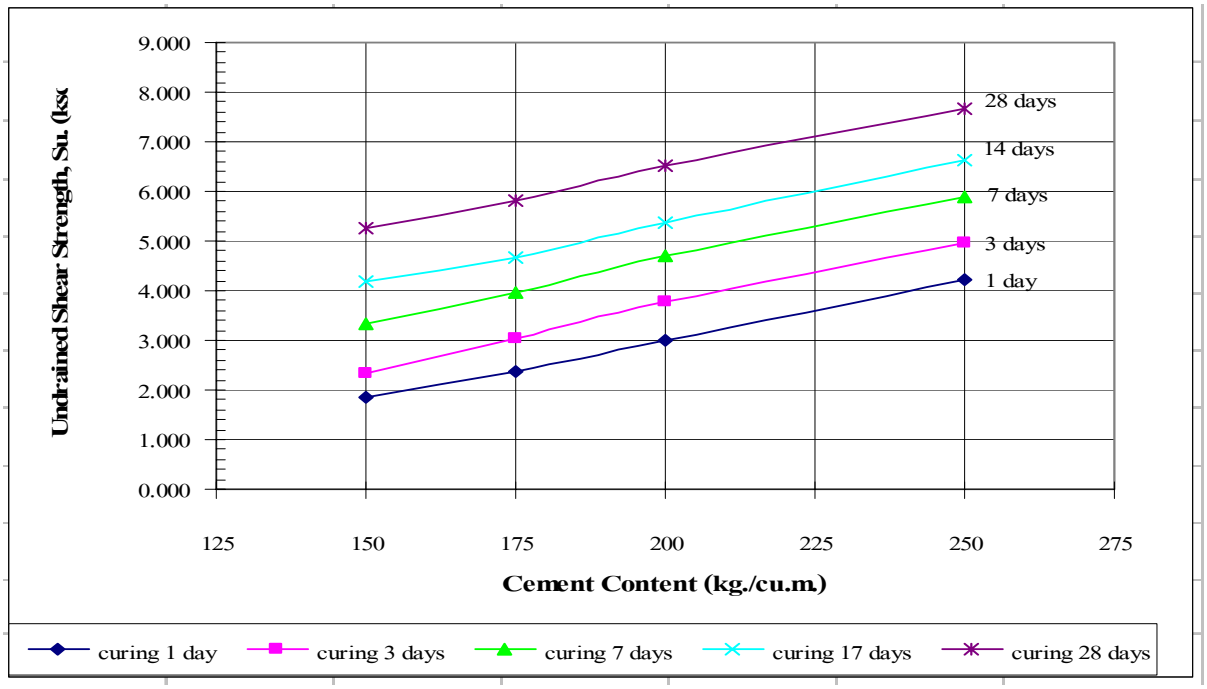


ภาพแสดงการทดสอบ Unconfined Compression Test

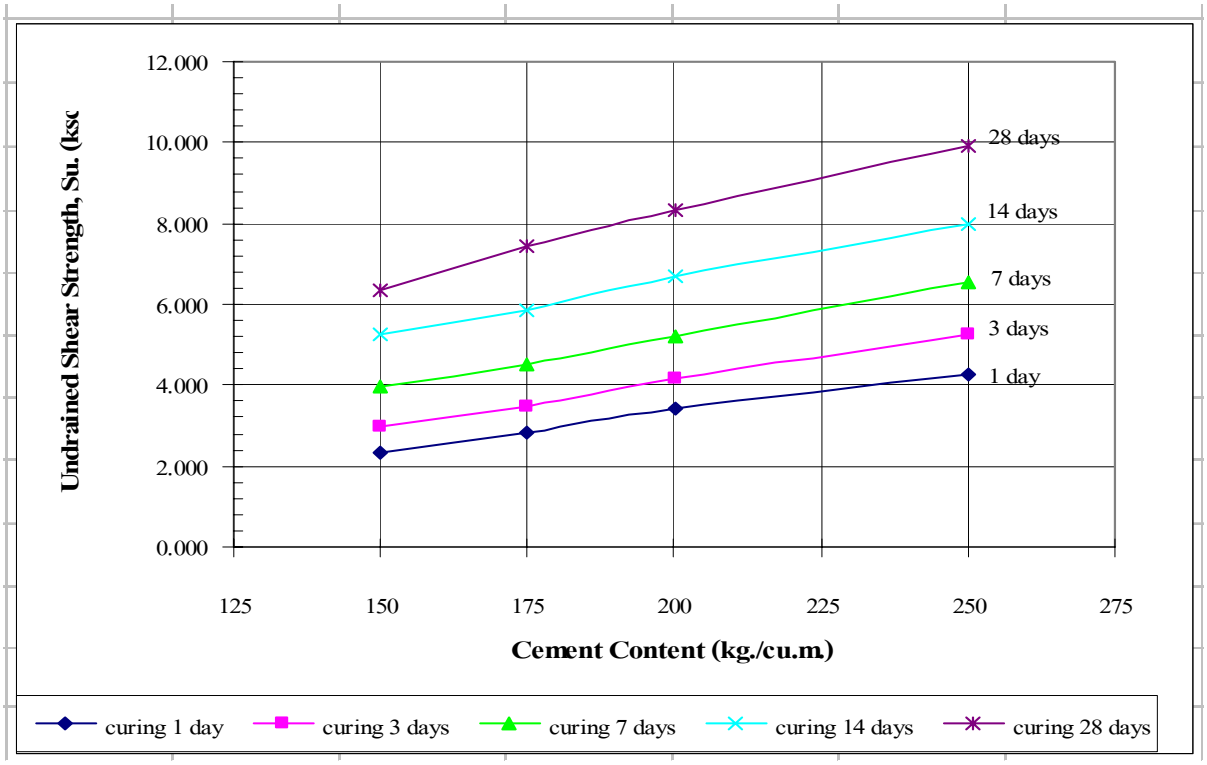
รายงานการทดลองประกอบด้วย การทดลองเพื่อหา Undrained Shear Strength และ Modulus of Elasticity (ทดสอบแบบ Unconfined Compression Test) สำหรับของผสม (Mixture) ซึ่งจะได้จากดินเหนียว ซึ่งเป็นดินเดิมผสมกับปูนขาว หรือปูนซีเมนต์ หรือปูนขาวและปูนซีเมนต์ รายงานนี้จะต้องอธิบายถึงสารผสมที่ใช้ผสมกับดินเดิม วิธีการผสม ปริมาณสารผสมที่ใช้ วิธีการบ่ม วิธีการทดสอบและให้แนบผลของการทดสอบมาในรายงานด้วย

ผลการทดลองจะต้องแสดงไว้ในตารางและรูปกราฟดังนี้

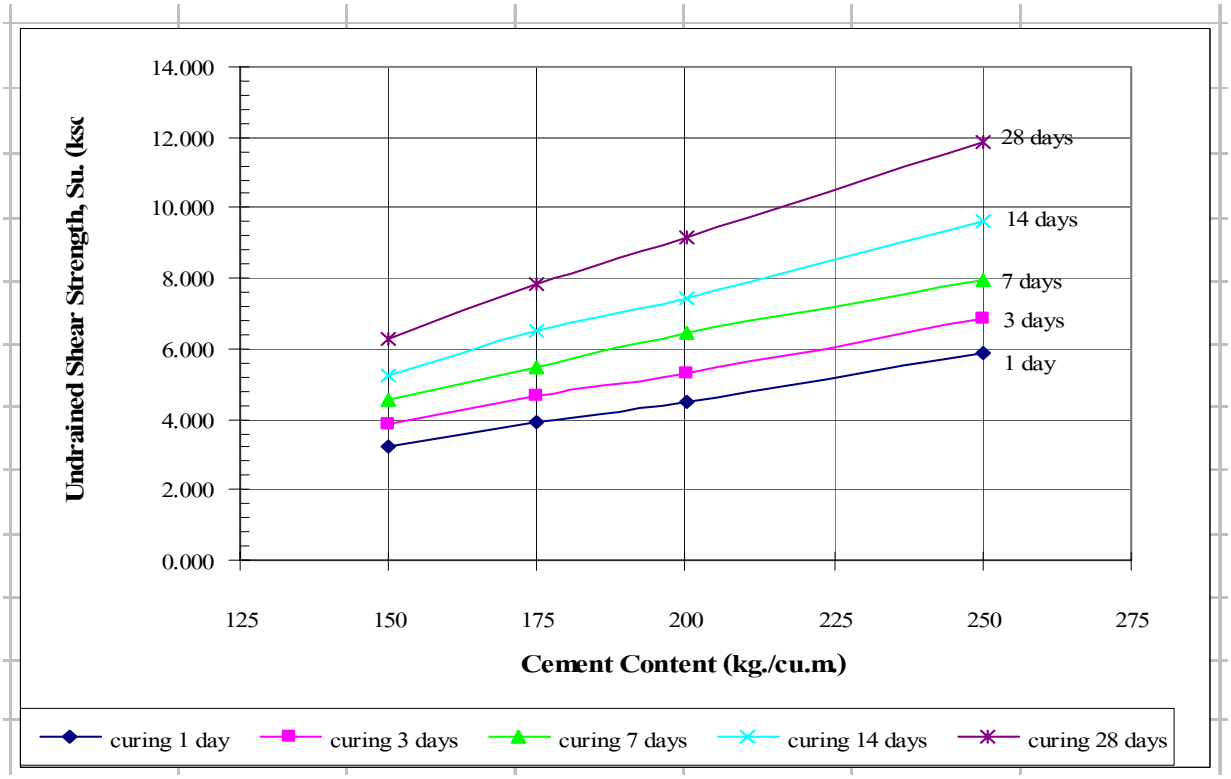
- ตารางสรุปผลการทดลองประกอบด้วย Natural Water Content ของดินเดิมก่อนทำการผสม Water Content หลังจากการผสมกับสารผสม Undrained Shear Strength, Modulus of Elasticity และ Unit Weight ของตัวอย่างดินที่ผสมกับสารผสมแล้ว
- กราฟแสดงค่า Undrained Shear Strength ของของผสมกับปริมาณสารผสม กราฟแสดงค่า Undrained Shear Strength ของของผสมกับเวลาที่ใช้ในการบ่ม



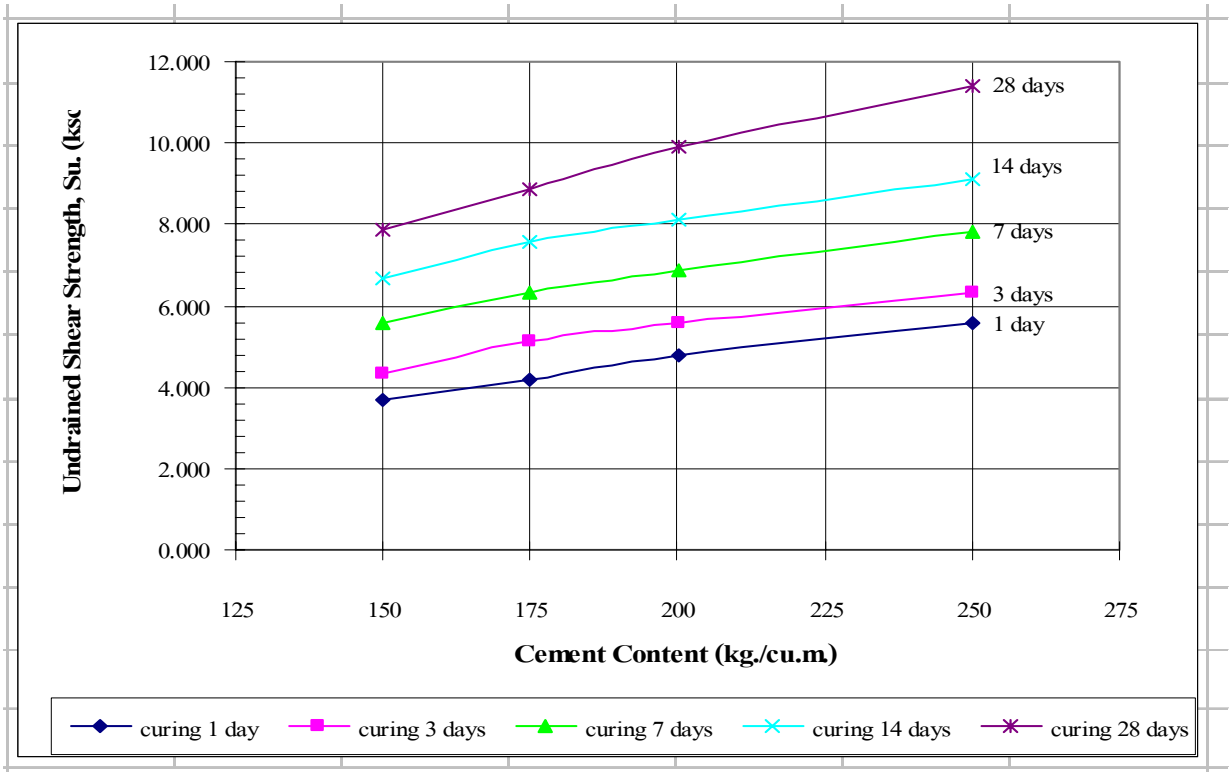
Show relationship between undrained shear strength and cement content for dry mixedmethod of soil cement column at 3.00 m. depth



Show relationship between undrained shear strength and cement content for dry mixedmethod of soil cement column at 6.00 m. depth



Show relationship between undrained shear strength and cement content for dry mixedmethod of soil cement column at 12.00 m. depth



Show relationship between undrained shear strength and cement content for dry mixedmethod of soil cement column at 15.00 m. depth

ผู้รับจ้างจะทำการทดลองโดยใช้ปริมาณสารผสมแตกต่างจากที่ได้กำหนดไว้ในตารางที่ 2 ก็ได้ แต่อย่างน้อยจะต้องมีการทดลองโดยใช้ปริมาณสารผสมที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2

3. วิธีการก่อสร้าง

การก่อสร้าง Deep Stabilization จะต้องใช้เครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ให้เหมาะสม เพื่อให้ได้ Column ที่ดีตามที่กำหนดไว้ในแบบและข้อกำหนด จะต้องมี Computer ควบคุมการทำงานและจะต้องมีรายงานการทำ Column ที่ได้จาก Printout ในแต่ละต้นจะต้องได้ผลออกมาทันทีที่ทำต้นนั้นๆ แล้วเสร็จ และจะต้องแสดงความยาวหรือความลึกของ Column ปริมาณสารผสมที่ใช้จริงหรือปริมาณสารผสมกราฟแสดงปริมาณสารผสมที่ใช้ที่ความลึกต่างๆ ใน Printout ด้วย

ผู้รับจ้างจะต้องเสนอเครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ ที่จะใช้ในการทำ Deep Stabilization ตลอดจนอธิบายวิธีการทำงานของเครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้กรมทางหลวงพิจารณาอนุมัติก่อนที่จะดำเนินการไม่น้อยกว่า 2 สัปดาห์ เมื่อผู้รับจ้างได้รับอนุมัติแล้วจะต้องทดลองทำการก่อสร้างในสนามจริงไม่น้อยกว่า 4 ต้นติดต่อกัน ขนาดและความลึกให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในแบบ

จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ต้น เพื่อตรวจสอบความสามารถของเครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งวิธีการก่อสร้างด้วยและอีกไม่น้อยกว่า 1 ต้น โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตามแบบ

และความยาวไม่น้อยกว่า 8.0 เมตร ปริมาณสารผสมและชนิดของสารผสมที่ใช้จริงจะต้องได้รับอนุมัติให้ใช้ได้ก่อนดำเนินการซึ่งอาจหาได้จากการทำผสมทดลอง อย่างไรก็ดีปริมาณสารผสมจะต้องไม่น้อยกว่าค่าต่ำสุดที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 ให้ทำการทดสอบหาค่า Undrained Shear Strength ของ Column ที่ระดับต่างๆ เมื่ออายุครบ 3 วัน หรือ 14 วัน หรือ 28 วัน ค่า Undrained Shear Strength ของ Column ทุกระดับจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 150 กิโลปาสกาล หรือ 200 กิโลปาสกาล หรือ 300 กิโลปาสกาล ตามลำดับ (กรณีใดกรณีหนึ่ง) ให้ถือว่าใช้ได้ นอกจากนี้จะต้องทดสอบหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความลึกของ Column ว่ามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เล็กกว่า 95% ของที่กำหนดไว้ในแบบ และความลึกหรือความยาวไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในแบบ จึงถือว่าใช้ได้

3.1 Wet Mixing

การทำ Deep Stabilization โดยวิธี Wet Mixing นั้น จะต้องมีถังสำหรับเก็บสารผสม ถังเก็บน้ำ ปั๊มน้ำ เครื่องผสมและเครื่องกวนสารผสมซึ่งผสมกับน้ำให้เป็น Slurry เครื่องเจาะ/ฉีดและผสม Slurry ลงไปในดิน รวมทั้งอุปกรณ์วัดปริมาณสารผสมที่ใช้ และวัดความดันของ Slurry ที่ฉีดลงไปผสมในดิน นอกจากนี้จะต้องมีอุปกรณ์วัดอัตราความเร็วของการหมุนและการยกขึ้นของก้านเจาะหรือท่อเหล็กที่ใช้สำหรับลำเลียง Slurry ลงไปผสมในดินด้วย

ภาพแสดงลักษณะของเครื่องจักรระบบ Wet Mixing

ถังเก็บสารผสมจะต้องเป็นถังที่มีฝาปิดมิดชิด เพื่อมิให้ความชื้นเข้าไปทำให้สารผสมเสื่อมคุณภาพก่อนที่จะนำไปใช้งาน

ภาพแสดงถังเก็บสารผสม

สารผสมที่ผสมกับน้ำจะต้องถูกกวนตลอดเวลาเพื่อให้ได้ความข้นสม่ำเสมอ น้ำที่ใช้ต้องเป็นน้ำที่สะอาดปราศจากสารอินทรีย์ ไขมัน และไม่เป็นอันตรายต่อสารผสมที่ใช้ ปริมาณสารผสมต่อน้ำต้องไม่เหลวเกินกว่า 1:1.5 และต้องเป็นอัตราส่วนที่ใช้ทำการผสมทดลองและได้รับอนุมัติให้ใช้ได้แล้วจากผู้ควบคุมงาน ผู้ควบคุมงานจะเก็บตัวอย่าง Slurry ของสารผสมเพื่อตรวจสอบอัตราส่วนของสารผสมกับน้ำเพื่อให้เป็นไปตามที่ได้อนุมัติให้ใช้ทำงานเมื่อใดก็ได้

มาตรวัดสารผสมและปริมาณ Slurry ของสารผสมจะต้องมีความละเอียดอ่านได้ถึง 2 กิโลกรัม

ภาพแสดงเครื่องผสม Slurry

สารผสมเมื่อผสมกับน้ำแล้วต้องใช้ให้หมดภายในสองชั่วโมง Slurry ของสารผสมที่ผสมไว้เกินกว่าที่กำหนดห้ามนำมาใช้ ยกเว้นจะใช้สารผสมเพิ่ม (Admixture) เพื่อหน่วงการ Set ตัวของสารผสม แต่ทั้งนี้ต้องได้รับอนุมัติจากผู้ควบคุมงานก่อน

ภาพแสดงถังผสม Slurry

ปั๊มสำหรับอัดฉีด Slurry ลงไปในดินจะต้องมีความดันสูงพอที่จะฉีด Slurry ลงไปในดินได้อย่างต่อเนื่อง อัตราการฉีด Slurry นี้ ต้องไม่น้อยกว่า 100 ลิตรต่อนาที

ภาพแสดงปั๊มอัดฉีด Slurry

ก้านเจาะหรือท่อเหล็กที่ใช้ลำเลียง Slurry ลงไปฉีดผสมกับดินเดิมนี้ จะต้องเป็นท่อยาวต่อเนื่องเป็นท่อเดียว มีความยาวไม่น้อยกว่าความลึกของการทำ Deep Stabilization ที่กำหนดไว้ในแบบ อัตราความเร็วในการหมุนของก้านเจาะ และฉีด และการยกขึ้นจะต้องกำหนดในระหว่างการทดลองก่อสร้างจริงในสนาม

ภาพแสดงลักษณะหัวเจาะของระบบ Wet Mixing

3.2 Dry Mixing

การทำ Deep Stabilization โดยวิธี Dry Mixing นั้น จะต้องมีถังเก็บสารผสม ปั๊มลม เครื่องจักรสำหรับหมุนแกนเหล็กที่มีใบผสมที่ปลายรวมทั้ง อุปกรณ์วัดปริมาณสารผสมที่ใช้ อุปกรณ์วัดความดันลม อุปกรณ์วัดความเร็วของการหมุนแกนเหล็กและใบผสม และอุปกรณ์วัดการยกขึ้นของแกนเหล็กเดิมด้วยความเร็วไม่น้อยกว่า 140 รอบต่อนาที และอัตราการยกขึ้นของแกนเหล็ก และใบผสมจะต้องกำหนดในระหว่างการทดลองก่อสร้างจริงในสนาม

ภาพแสดงลักษณะของเครื่องจักรในระบบ Dry Mixing

ปั๊มลมจะต้องสามารถให้ความดันลมเพียงพอที่จะฉีดผงสารผสมให้ไหลเข้าไปผสมกับดินเดิมได้อย่างต่อเนื่อง

ภาพแสดงเครื่องปั๊มลม

ถังเก็บสารผสมจะต้องปิดมิดชิดเพื่อป้องกันความชื้นเข้าไปทำให้สารผสมเสื่อมคุณภาพก่อนที่จะใช้งาน ถังเก็บสารผสมจะต้องมีมาตรวัดปริมาณสารผสมที่เหลืออยู่ในถัง และสามารถอ่านได้ละเอียดถึง 2 กิโลกรัม

ภาพแสดงถังเก็บสารผสม

ใบผสมจะต้องเป็นแบบซึ่งสามารถผสมและกวนดินกับสารผสมให้เข้ากันได้อย่างดี แกนเหล็กซึ่งมีใบผสมอยู่ที่ปลายจะต้องมีความยาวไม่น้อยกว่าความลึกของการทำ Deep Stabilization ขนาดของใบผสมจะต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกไม่น้อยกว่าขนาดของ Column ที่กำหนดไว้ในแบบ ความคลาดเคลื่อนของเส้นผ่าศูนย์กลางของใบผสมจะต้องไม่มากกว่า 5%

ภาพแสดงลักษณะใบกวนผสมระบบ Dry Mixing และการจัดขนาดของใบการผสม

4. การทดสอบในสนาม

4.1 การทดสอบ Column ทดลอง

การทดสอบต่างๆ ใน Column ทดลองที่ได้ทำในสนามเป็นดังนี้

4.1.1 ทดสอบหาขนาดของ Column จำนวน 1 ต้น ตามวิธีการที่ผู้รับจ้างเสนอ

- ตรวจสอบความสม่ำเสมอในการผสม ขนาดและรูปร่างของ Column ทดลองซึ่งก่อสร้างไว้ยาวไม่น้อยกว่า 8.0 เมตร จำนวน 1 ต้น โดยการดึง Column ขึ้นมาทั้งต้น

ภาพแสดงการดึง Column ขึ้นมาทั้งต้น

ภาพแสดงการวัดความยาวและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ Column
โดยตัดเป็นท่อน ๆ ละไม่เกิน 0.50 เมตร

การดึง Column ขึ้นมาทั้งต้นตามที่กล่าวมาข้างต้นจะต้องไม่ทำให้ Column เกิดการแตกหักหรือเสียหาย ทำการตัด Column ที่ดึงขึ้นออกเป็นชิ้นๆ ตามขวาง ชิ้นละยาวไม่มากกว่า 0.50 เมตร ตรวจสอบขนาดรูปร่างก่อนตัด และความสม่ำเสมอในการผสมตลอดตามความยาวของ Column อย่างไรก็ดีอาจเสนอวิธีการอื่น เช่น การขุดรอบ Column เพื่อลงไปดูขนาด รูปร่างและตัดขึ้นมาเป็นชิ้นๆ หรือวิธีการอื่นใดก็ได้

4.1.2 **ทดสอบหาค่า** Undrained Shear Strength โดยวิธีการที่ผู้รับจ้างเสนอจำนวนไม่น้อยกว่า 1 ต้น

ภาพแสดงการทำ Column ตัวอย่าง

ภาพแสดงการเจาะเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปทดสอบ

ภาพแสดงการทดสอบ Pile Load test ที่อายุครบ 28 วัน

4.2 การทดสอบ Column ที่ก่อสร้าง

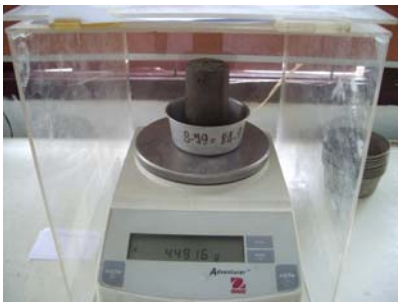
หลังจากผู้รับจ้างเริ่มก่อสร้าง Cement Column ในสนามจะต้องทำการทดสอบ Column ที่ก่อสร้างดังต่อไปนี้

4.2.1 การทดสอบหา Undrained Shear Strength ของ Column จำนวน 1 ต้น ต่อ Column ทุกๆ สามพันต้น

การทดสอบหา Undrained Shear Strength ของ Column กระทำโดยทดสอบทุกระยะไม่มากกว่า 1.0 เมตร ตามความลึกของ Column การทดสอบหา Undrained Shear Strength นี้ ให้ทำเมื่อ Column มีอายุครบ 3 วัน หรือ 14 วัน หรือ 28 วัน Undrained Shear Strength จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 150 กิโลปาสกาล หรือ 200 กิโลปาสกาล หรือ 300 กิโลปาสกาล ตามลำดับ (กรณีใดกรณีหนึ่ง) ให้ถือว่าใช้ได้ อย่างไรก็ดี Column ที่ทำการทดลองก่อสร้างในสนามจำนวน 1 ต้น เพื่อทดสอบหา Undrained Shear Strength นั้น จะต้องทำการหาที่ 3 วัน 14 วัน และ 28 วัน โดยค่า Undrained Shear Strength ที่ 28 วัน จะต้องไม่น้อยกว่า 300 กิโลปาสกาลจึงจะถือว่าใช้ได้

ในการหา Undrained Shear Strength ของ Column นั้น อาจใช้วิธีต่างๆ อาทิ การ Coring เก็บตัวอย่างของผสมขึ้นมาและทดลองหา Undrained Shear Strength จากการทำ Unconfined Compression Test การใช้แผ่นโลหะเพื่อเฉือน Column ให้ขาดตามแนวยาวของ Column และหา Undrained Shear Strength การใช้ Non-Destructive Test เช่น การใช้ Sonic Pulse เพื่อตรวจสอบความแข็งแรงของ Column ซึ่งจำเป็นต้องมี Correlation ระหว่างค่าที่วัดได้จากเครื่องมือกับ Undrained Shear Strength เป็นต้น

ภาพแสดงการ Coring Cement Column เก็บตัวอย่างไปทดสอบในห้องทดลอง



ภาพแสดงการทดสอบหาค่า Undrained Shear Strength

โดยปกติระหว่างการก่อสร้าง Cement column จะต้องมีการทดสอบหาค่าUndrained Shear Strength ของ Column ที่ระดับต่างๆ และหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวของ Column ถ้าหากผลการทดสอบหาค่า Undrained Shear Strength ของ Column ไม่เป็นไปตามที่กำหนดให้ทดสอบหากำลังรับน้ำหนักของ Column โดยวิธี Pile Load Test เมื่อ Column มีอายุครบ 28 วัน

4.2.2 **การทดสอบหาขนาดของ Column** จำนวน 1 ต้น ต่อ Column ทุกๆ 3,000 ต้น

การทดสอบหาขนาดของ Column จะเป็นการหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความลึกหรือความยาวของ Column ที่ทำขึ้นในสนาม เพื่อให้ได้ขนาดตามที่ได้กำหนดไว้ในแบบ

สำหรับการหาขนาดของ Column อาจใช้วิธีการต่างๆ อาทิ การ Coring เก็บตัวอย่างตลอดความลึกจำนวนไม่น้อยกว่า 4 จุด ใน Column ต้นใดต้นหนึ่ง การดึง Column ขึ้นมาทั้งต้นเพื่อตรวจสอบ การใช้ Non-Destructive Test เช่น Sonic Pulse เพื่อหาขนาดของ Column เป็นต้น

ภาพแสดง การเจาะริม Column 4 รู ตลอดความลึก

4 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

ต้องก่อสร้าง Column ให้ได้ขนาด ความลึก ระยะห่าง แนวดิ่ง ตำแหน่งและมี Undrained Shear Strength ตามที่ได้กำหนดในแบบและข้อกำหนดนี้ ในกรณีที่พบว่า Column มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่าหรือมีค่า Shear Strength ต่ำกว่าที่กำหนด ให้ทำการเสริม Column เพิ่มเติมตามตำแหน่งที่จะกำหนดให้ หรือก่อสร้าง Column ต้นนั้นใหม่

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เป็นดังนี้

- เส้นผ่าศูนย์กลางของ Column ต้องไม่น้อยกว่า 95 % ของที่ได้ออกแบบไว้
- Undrained Shear Strength ไม่น้อยกว่าที่กำหนดหรือเมื่อทดสอบ Pile Load Test แล้วได้ Pile Load ไม่น้อยกว่า 200 กิโลนิวตัน เมื่อการทรุดตัวที่หัว Column เท่ากับ 10 % ของเส้นผ่าศูนย์กลาง Column
- ความเบี่ยงเบนจากแนวดิ่งของ Column ต้องไม่มากกว่า 1 %
- ตำแหน่งและระยะห่างระหว่าง Column เบี่ยงเบนไปจากที่แบบกำหนดไม่เกินกว่า 100 มิลลิเมตร ในทิศทางใดทางหนึ่ง

6 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

6.1 วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงาน Cement Column ให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการทดสอบหาค่า Undrained Shear Strength และทดสอบหาขนาดของ Column ถูกต้องตามข้อกำหนดแล้ว โดยวัดปริมาณงานตามที่ก่อสร้างจริงตามแบบมีหน่วยเป็นเมตร

6.2 วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่น ๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

คำสั่งแต่งตั้ง

คณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง

คำสั่ง คณะกรรมการพัฒนาระบบบริหารความรู้ในองค์กรกรมทางหลวง

ที่ ม.1/28/50

เรื่อง แต่งตั้งคณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง

เพื่อประโยชน์ต่อทางราชการ และให้กรมทางหลวงมีฐานความรู้และมีระบบการบริหารองค์ความรู้ที่ยั่งยืน บรรลุเป้าหมายในการส่งเสริมและพัฒนาความรู้ในส่วนราชการ เพื่อให้การควบคุมงานก่อสร้างทางหลวงของหน่วยงานต่าง ๆ ในกรมทางหลวงมีคุณภาพและมาตรฐานเป็นแนวทางเดียวกัน จึงแต่งตั้งคณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง ดังนี้

1. องค์ประกอบ

<u>คณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทาง</u>

1 ผู้อำนวยการสำนักก่อสร้างทางที่ 2		ที่ปรึกษา
2 ผู้อำนวยการกองนิติการ		ที่ปรึกษา
3 นายศักดิ์ชัย ขำเจริญ	นักวิชาการพัสดุ 8 ว	ที่ปรึกษา
4 นายวิษณุ ใจเผื่อแผ่	นายช่างโยธา 8	ที่ปรึกษา
5 นายบุญชัย ศรีธาราธิคุณ	วิศวกรวิชาชีพ 9 วช	ประธานคณะทำงาน
6 นายอภิชาติ จันทร์ทรัพย์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
7 นายวิศาล วัชรานนท์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
8 นายกฤษดา ศรีดามา	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
9 นายไพฑูรย์ พงษ์ชวลิต	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
10 นายพงศ์เทพ ทองพัฒน์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
11 นายชัยวัฒน์ ตันหัน	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
12 นายอาณัฐ นิธิวัฒนพงษ์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
13 ดร.อรรถสิทธิ์ สวัสดิ์พานิช	วิศวกรโยธา 5	คณะทำงาน
14 นายจตุรงค์ เลาวภาคย์ไพบูลย์	วิศวกรโยธา 3	คณะทำงาน
15 นายอภิรัฐ ไชยวงศ์น้อย	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงานและเลขานุการ
16 นายกฤตภาส อุตรวีระการ	วิศวกรโยธา 7 วช	คณะทำงาน และผู้ช่วยเลขานุการ

/คณะทำงาน...

คณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างสะพาน

1	ผู้อำนวยการสำนักก่อสร้างสะพาน		ที่ปรึกษา
2	ผู้อำนวยการกองนิติการ		ที่ปรึกษา
3	นายศักดิ์ชัย ขำเจริญ	นักวิชาการพัสดุ 8 ว	ที่ปรึกษา
4	นายวิษณุ ใจเผื่อแผ่	นายช่างโยธา 8	ที่ปรึกษา
5	นายวิชัย กังอุบล	รก.วิศวกรวิชาชีพ 9 วช	ประธานคณะทำงาน
6	นายกมล หมั่นทำ	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
7	นายธงไชย วีระสมัย	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
8	นายสุระพล มณีวงศ์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
9	นายธานินทร์ ริรัตน์พงษ์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
10	นายณัฐสม สงวนวงษ์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
11	นายธนพล วิโรจน์จรัส	วิศวกรโยธา 3	คณะทำงาน
12	นายชวเลิศ เลิศชวนะกุล	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงานและเลขานุการ
13	นายพรชัย ศิลารมย์	วิศวกรโยธา 5	คณะทำงาน และผู้ช่วยเลขานุการ

คณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมคุณภาพวัสดุงานก่อสร้าง

1	ผู้อำนวยการสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ		ที่ปรึกษา
2	ผู้อำนวยการกองนิติการ		ที่ปรึกษา
3	นายศักดิ์ชัย ขำเจริญ	นักวิชาการพัสดุ 8 ว	ที่ปรึกษา
4	นายวิษณุ ใจเผื่อแผ่	นายช่างโยธา 8	ที่ปรึกษา
5	นายเหม โง้วศิริ	รก.วิศวกรวิชาชีพ 9 วช	ประธานคณะทำงาน
6	นายวีระ พลอยกระจ่าง	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
7	นายสมัคร สนทอง	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
8	นายปกรณ์ มิลินทะเลข	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
9	นายสว่าง บูรณธนานุกิจ	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
10	นายลิทธิชัย บุญสะอาด	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
11	ดร.พลเทพ เลิศวรวนิช	วิศวกรโยธา 5	คณะทำงาน
12	นายนะบีลย์ เจ๊ะแว	วิศวกรโยธา 3	คณะทำงาน
13	นายนิคม เทพบุตร	รก.วิศวกรโยธา 7 วช	คณะทำงานและเลขานุการ
14	นายวุฒิพงศ์ คำภูแสน	รก.วิศวกรโยธา 7 วช	คณะทำงาน และผู้ช่วยเลขานุการ

/2.ขอบข่าย...

2. ขอบข่าย

จัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวงให้สอดคล้องกับกฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับ มติคณะรัฐมนตรี และแบบแผนการปฏิบัติงาน เพื่อให้ทุกหน่วยงานของกรมทางหลวงสามารถใช้เป็นคู่มือในการควบคุมงานก่อสร้างของกรมทางหลวงให้มีคุณภาพและมาตรฐานเป็นแนวทางเดียวกัน

3. หน้าที่ความรับผิดชอบ

ที่ปรึกษา

- ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการดำเนินการและอุปสรรคต่างๆที่เกิดขึ้นกับคณะทำงาน

คณะทำงาน

- ศึกษาและรวบรวม กฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับ มติคณะรัฐมนตรี ที่เกี่ยวข้องในการควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง
- จัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวงให้ผู้มีหน้าที่สามารถใช้เป็นแนวทางปฏิบัติในการควบคุมงานก่อสร้างให้มีคุณภาพและเป็นไปตามมาตรฐาน
- ดำเนินการจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวงให้แล้วเสร็จเสนอคณะกรรมการพัฒนาระบบบริหารความรู้ในองค์กรกรมทางหลวงพิจารณาภายในเดือนเมษายน พ.ศ. 2550 และแก้ไขปรับปรุงจนสามารถใช้เป็นคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวงได้
- ปฏิบัติงานอื่น ๆ ที่ได้รับมอบหมาย

ทั้งนี้ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๕ กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550

(นายเอนก อัมระปาล)
รองอธิบดีฝ่ายบริหาร
ประธานคณะกรรมการพัฒนาระบบบริหารความรู้
ในองค์กรกรมทางหลวง

คู่มือการควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง

เล่มที่ 3

การควบคุมงานก่อสร้างสะพาน และอาคารระบายน้ำ

กันยายน
2550

คำนำ

กรมทางหลวง เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบการวางแผน ก่อสร้าง บำรุงรักษา รวมไปถึงการบริหารจัดการโครงข่ายทางหลวงสายหลักของประเทศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และความมั่นคง ในการที่จะได้มาซึ่งโครงสร้างถนนที่มีคุณภาพนั้น องค์ความรู้ด้านงานก่อสร้างทางหลวงซึ่งรวมทั้งการก่อสร้างถนนและสะพาน จึงเป็นองค์ความรู้ที่สำคัญด้านหนึ่งขององค์กรที่บุคลากรจะต้องได้รับการถ่ายทอด และเรียนรู้ ผ่านกระบวนการจัดการความรู้ที่ดีและมีประสิทธิภาพ

ชุดเอกสาร “คู่มือการควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง” เป็นผลงานส่วนหนึ่งในขั้นตอนการจัดการความรู้ด้านงานก่อสร้างของกรมทางหลวง มุ่งหวังให้ทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการรวบรวมความรู้ความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านที่มีอยู่ในองค์กร ถ่ายทอดสู่บุคลากรที่เกี่ยวข้อง เพื่อรักษาและยกระดับมาตรฐานการทำงานอย่างต่อเนื่อง โดยชุดเอกสารจะแบ่งเนื้อหาออกเป็น 4 เล่ม ประกอบด้วย การบริหารโครงการ การควบคุมงานก่อสร้างทาง การควบคุมงานก่อสร้างสะพานและอาคารระบายน้ำ และการควบคุมคุณภาพวัสดุ

กรมทางหลวงหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ชุดเอกสาร “คู่มือการควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง” นี้ จะเป็นสื่อกลางในการถ่ายทอดความรู้ด้านงานก่อสร้างทางหลวงอย่างต่อเนื่องสู่บุคลากรของกรมทางหลวงและผู้ที่สนใจ เกิดประโยชน์อย่างสูงสุดต่อองค์กรและประเทศชาติสืบต่อไป

(นายทรงศักดิ์ แพเจริญ)
อธิบดีกรมทางหลวง

สารบัญ

หน้า

คำนำ

สารบัญ

บทที่ 1	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับงานก่อสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก	1
บทที่ 2	การสำรวจ วางแนว และงานระดับ	15
บทที่ 3	สะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete Bridge)	21
บทที่ 4	สะพานคอนกรีตอัดแรง (Prestressed Concrete Bridge)	31
บทที่ 5	ทางลอด (Underpass)	69
บทที่ 6	โครงสร้างคอสะพาน (Bridge Approach Structure)	83
บทที่ 7	Bearing Unit	99
บทที่ 8	กำแพงกันดินแบบเสริมกำลังรับน้ำหนักของดิน (Reinforced Earth Wall)	103
บทที่ 9	งานเบ็ดเตล็ด (Miscellaneous)	107
บทที่ 10	ท่อเหลี่ยมคอนกรีตเสริมเหล็ก (R.C. Box Culvert)	111
บทที่ 11	ท่อกลมคอนกรีตเสริมเหล็ก (R.C. Pipe Culvert)	119
บรรณานุกรม		127
ภาคผนวก		129
	ภาคผนวก ก การสำรวจระบบพิกัด โค้งแนวราบ โค้งแนวดิ่ง และงานระดับ	*131*
	ภาคผนวก ข แบบหล่อคอนกรีตและค้ำยัน	*157*
	ภาคผนวก ค การผสม การลำเลียง การเทลงแบบ และการอัดแน่น	*179*
	ภาคผนวก ง การเตรียมงานก่อนเทคอนกรีต งานเทคอนกรีต และการบ่มคอนกรีต	*195*
	ภาคผนวก จ ปัญหาของเสาเข็มตอก การคำนวณกำลังรับน้ำหนัก การทดสอบน้ำหนักบรรทุก การทดสอบความสมบูรณ์ของเข็มเจาะ การตรวจสอบความสมบูรณ์ของหลุมเจาะ และความปลอดภัย	*201*
	ภาคผนวก ฉ แผ่นยางรองคาน	*215*
	ภาคผนวก ช คานคอนกรีตอัดแรง	*221*
	ภาคผนวก ซ การแต่งผิวพื้นสะพาน ระยะ Camber การติดตั้ง Joint และผลกระทบต่อวัสดุคอนกรีตจากสารเคมี	*233*
คำสั่งแต่งตั้งคณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง		245

บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับงานก่อสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก

สะพานคอนกรีตเสริมเหล็กหรือสะพาน คสล. เป็นส่วนประกอบที่สำคัญยิ่งของงานก่อสร้างทาง ทำหน้าที่หลักคือ ระบายน้ำผิวดิน เรียกว่า Drainage Structure หรือบางกรณีก่อสร้างข้ามหรือลอดสิ่งกีดขวาง เช่น ทางแยก (Overpass หรือ Underpass) หรือทางแยกต่างระดับ (Interchange) รวมทั้งงานก่อสร้างทางยกระดับ สะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก จัดเป็นโครงสร้างถาวร (Permanent Structure) ที่มีอายุบริการยาวนานกว่าตัวคันทาง การสำรวจข้อมูลในสนาม การออกแบบและการก่อสร้างจึงต้องพิจารณาดำเนินการอย่างละเอียดรอบคอบเพื่อให้ได้ผลงานที่ดีมั่นคงแข็งแรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการอย่างคุ้มค่า เนื่องจากราคาค่าก่อสร้างสูงและมีอายุบริการยาวนานกว่าตัวคันทาง

1.1 ลักษณะของงานก่อสร้างสะพาน

งานก่อสร้างสะพาน แยกออกได้ตามลักษณะของโครงการ ดังนี้

1.1.1 งานก่อสร้างสะพานในงานโครงการก่อสร้างทาง

1.1.1.1 การวางแผนก่อสร้างจะต้องสอดคล้องกับงานก่อสร้างตัวคันทาง

1.1.1.2 สะพานขนาดเล็กช่วงความยาว (Span) ไม่มาก ก่อสร้างโดยใช้แบบมาตรฐาน

1.1.1.3 สะพานขนาดใหญ่ ข้ามแม่น้ำ ข้ามทางแยก (Overpass)

1.1.2 โครงการก่อสร้างสะพาน โดยทั่วไปจะเป็นการก่อสร้างสะพานขนาดใหญ่ ข้ามแม่น้ำ หรือทางแยก (Overpass) แบบก่อสร้างจะเป็นแบบเฉพาะแห่ง ออกแบบให้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่ มีแบบรายละเอียดประกอบมาก ซึ่งจะต้องศึกษาทำความเข้าใจอย่างรอบคอบก่อนลงมือก่อสร้าง

1.1.3 โครงการก่อสร้างทางแยกต่างระดับ (Interchange) เป็นงานก่อสร้างที่มีความยุ่งยากซับซ้อนทั้งแนวและระดับ เนื่องจากโดยทั่วไป การออกแบบจะถูกจำกัด โดยเงื่อนไขของสภาพพื้นที่ จึงต้องศึกษาแบบรายละเอียดอย่างรอบครอบ

1.2 หลักปฏิบัติและขั้นตอนดำเนินการในงานก่อสร้างสะพาน

1.2.1 งานที่จะต้องดำเนินการก่อนการก่อสร้าง

1.2.1.1 งานในสำนักงาน

1.2.1.1.1 ตรวจสอบรายละเอียดของสัญญา

1.2.1.1.2 ตรวจสอบปริมาณงานและค่างาน

1.2.1.1.3 ตรวจสอบแบบรายละเอียดครบถ้วนหรือไม่

1.2.1.1.4 ตรวจสอบพิจารณาแบบก่อสร้างว่าสอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศหรือไม่เพียงใด

1.2.1.1.5 ประสานงานกับหน่วยงานสาธารณูปโภคที่มีแนวสาธารณูปโภคอยู่ในพื้นที่ก่อสร้าง เพื่อประชุมหาแนวทางในการรื้อย้ายหรือหลบหลีกระหว่างการทำงาน

1.2.1.1.6 เตรียมแผนการจัดทำทางเบี่ยง การจัดการจราจรและการอำนวยความปลอดภัยบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง

1.2.1.2 งานสนาม

1.2.1.2.1 สำรวจแนวศูนย์กลางสะพานเปรียบเทียบกับสภาพจริงในสนาม

1.2.1.2.2 ตรวจสอบ หมุดหลักฐานของแนวและระดับ และซ่อมแซมให้ครบถ้วน

1.2.1.2.3 ตรวจสอบระดับก่อสร้าง

1.2.1.2.4 ตรวจสอบรูปตัดลำน้ำ ระดับน้ำสูงสุด ต่ำสุด ช่องลอด

1.2.1.2.5 ตรวจสอบตำแหน่งตอม่อ สอดคล้องกับสภาพจริงในสนาม

1.2.1.2.6 สำรวจสิ่งกีดขวาง งานก่อสร้าง เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับวางแผนงานก่อสร้าง

1.2.2 งานที่จะต้องดำเนินการระหว่างการก่อสร้าง

1.2.2.1 งานในสำนักงาน เป็นงานติดตาม ตรวจสอบ ประสานงาน และรายงาน เพื่อให้เป็นไปตามวิธีการและขั้นตอนของการก่อสร้าง

1.2.2.1.1 ตรวจสอบ Request ของงานที่จะดำเนินทุกงาน และทุกขั้นตอนให้เป็นไปตามวิธีการที่กำหนด

1.2.2.1.2 ทดสอบและวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้ทั้งมวลรวมหยาบ และมวลรวมละเอียด

1.2.2.1.3 ทดสอบกำลังรับน้ำหนักของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง

1.2.2.1.4 จัดชุดเจ้าหน้าที่ควบคุมงานทุกกิจกรรมที่ดำเนินการ ตั้งแต่การก่อสร้างฐานราก ตอม่อ จนกระทั่งงานแล้วเสร็จ

1.2.2.1.5 การรายงาน ให้รายงานสภาพดิน ฟ้า อากาศ ปริมาณฝน ความก้าวหน้า ปัญหา อุปสรรค และการแก้ไข

1.2.2.2 งานสนาม

1.2.2.1.1 ตรวจสอบสภาพของชั้นดิน เพื่อพิจารณากำหนดชนิดของฐานราก

1.2.2.2.2 กำหนดตำแหน่งของตอม่อให้สอดคล้องกับสภาพจริงในสนาม

1.2.2.2.3 กรณีเป็นตอม่อฐานแผ่ต้องกำหนดระดับฐานตอม่อ

1.2.2.2.4 กรณีตอม่อเป็นแบบ Caisson ต้องตรวจสอบวิธีการก่อสร้าง

1.2.2.2.5 กรณีตอม่อเป็นแบบ Bored Pile ต้องตรวจสอบวิธีการก่อสร้าง

1.2.2.2.6 กรณีตอม่อเป็นแบบ เข็มตอก ต้องตรวจสอบวิธีการตอก และอุปกรณ์ที่ใช้ให้เป็นไปตามที่กำหนด ตรวจสอบระดับปลายเสาเข็ม และคำนวณ การรับน้ำหนัก ตลอดจนการทำ Load Test หากจำเป็น

1.2.2.2.7 ตรวจแบบก่อนเทคอนกรีตทุกครั้ง เพื่อให้แน่ใจว่า นั่งร้านและแบบมีความแข็งแรงเพียงพอ ระดับและเหล็กเสริมถูกต้อง

1.2.2.2.8 ตรวจสอบการติดตั้งวัสดุอุปกรณ์ประกอบครบถ้วนและถูกต้องทุกส่วนของงานก่อสร้าง

1.2.2.2.9 ควบคุมอัตราส่วนผสม การใช้สารผสม (Admixture) และวิธีการเทคอนกรีต

1.2.2.2.10 ตรวจสอบและควบคุมส่วนยุบ (Slump) ของคอนกรีตระหว่างการก่อสร้าง

1.2.2.2.11 เก็บตัวอย่างแท่งคอนกรีต เพื่อทำการทดสอบกำลังรับน้ำหนักเมื่อคอนกรีตครบอายุ เป็น Control Test

1.2.2.2.12 ควบคุมการบ่มคอนกรีต

1.2.2.2.13 ควบคุมและกำหนดเวลารื้อแบบ และนั่งร้าน

1.3 องค์ประกอบของงานก่อสร้างสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก

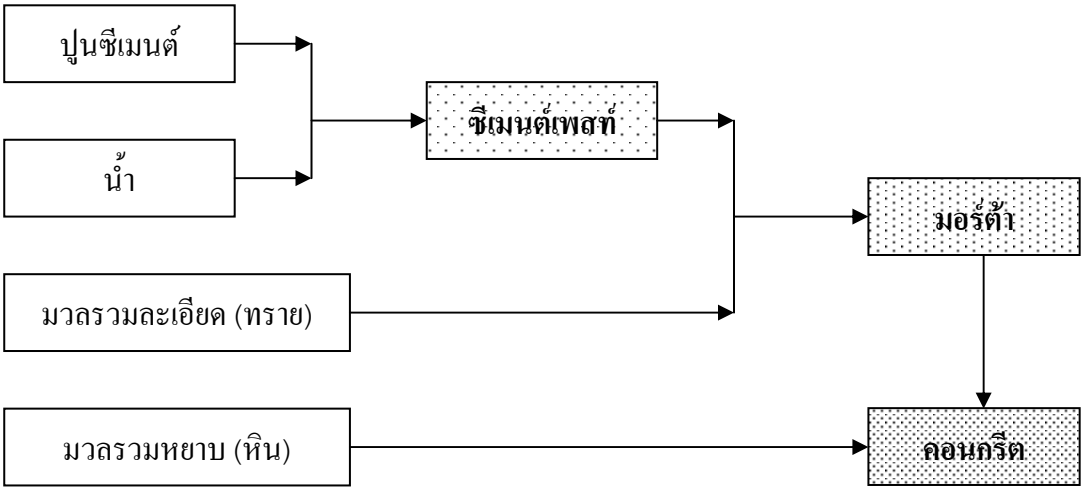
สะพานคอนกรีตเสริมเหล็กหรือสะพาน คสล. เป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วย คอนกรีต และเหล็กเสริม เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุด ทำหน้าที่รับแรงที่มากระทำร่วมกัน โดยที่คอนกรีตมีคุณสมบัติรับแรงอัด (Compression) ได้ดี ขณะที่เหล็กเสริมมีคุณสมบัติรับแรงดึง (Tension) และแรงเฉือน (Shear) ได้ดี แรงหรือน้ำหนักที่มากระทำบนโครงสร้างมีทั้งแรงอัด แรงดึง และแรงเฉือนในเวลาเดียวกัน ทั้งคอนกรีตและเหล็กเสริมต่างรับแรงที่มากระทำตามคุณสมบัติเฉพาะตัว โดยการถ่ายเทแรงที่มากระทำผ่านแรงยึดเหนี่ยว (Bond) ระหว่างคอนกรีตและเหล็กเสริมซึ่งเกิดขึ้นหลังจากคอนกรีตก่อตัวจนกระทั่งมีขีดความสามารถรับแรงได้ตามที่กำหนด องค์ประกอบของงานก่อสร้างสะพาน คสล. แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

- คอนกรีต
- เหล็กเสริม
- นั่งร้านและแบบ

1.3.1 คอนกรีต

คอนกรีตซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมของปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ มวลรวมหยาบ มวลรวมละเอียด และน้ำ อยู่ในสภาพที่เป็นของเหลวขณะผสมเท หลังจากซีเมนต์และน้ำ ทำปฏิกิริยาทางเคมีโดยสมบูรณ์แล้ว จะกลายเป็นของแข็งที่มีคุณสมบัติรับแรงอัดและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตและเหล็กเสริมตามที่ต้องการ

ส่วนประกอบหลักโดยทั่วไปของคอนกรีตประกอบด้วยส่วนผสมของ ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ มวลรวม และน้ำ ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ส่วนประกอบโดยทั่วไปของวัสดุคอนกรีต

1.3.1.1 ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ (Portland Cement)

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มาตรฐานเลขที่ มอก.15 มี 5 ประเภทด้วยกัน คือ

1.3.1.1.1 ประเภท 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Ordinary Portland Cement) สำหรับใช้ในงานคอนกรีตที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษกว่าธรรมดา ใช้ในการก่อสร้างตามปกติทั่วไป

1.3.1.1.2 ประเภท 2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (Modified Portland Cement) สำหรับใช้ในงานคอนกรีตที่เกิดความร้อนและทนซัลเฟตได้ปานกลาง

1.3.1.1.3 ประเภท 3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์แข็งเร็ว (High-Early Strength Portland Cement) ให้กำลังสูงในระยะแรกมีเนื้อเป็นผงละเอียดกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา สำหรับทำคอนกรีตที่ต้องการจะใช้เร็ว หรือรื้อแบบเร็ว เช่น งานคอนกรีตอัดแรง เป็นต้น การใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 3 นี้ ควรระวังในเรื่องควบคุมอุณหภูมิของคอนกรีตไม่ให้สูงเกินขอบเขต ด้วยมิฉะนั้นจะทำให้คอนกรีตเกิดรอยร้าวได้ง่าย

1.3.1.1.4 ประเภท 4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทเกิดความร้อนต่ำ (Low-Heat Portland Cement) ปูนซีเมนต์ชนิดนี้ใช้มากในงานก่อสร้างคอนกรีตหลา (Mass Concrete) เนื่องจากเกิดความร้อนของคอนกรีตต่ำกว่าประเภทอื่นขณะแข็งตัว

1.3.1.1.5 ประเภท 5 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟต (Sulphate Resistance Portland Cement) เหมาะสำหรับใช้กับโครงสร้างที่อยู่ในที่มีการกระทำของซัลเฟตรุนแรง เช่น น้ำหรือดินที่เป็นด่าง(Alkaline)สูง ปูนซีเมนต์ประเภท 5 นี้มีระยะเวลาการแข็งตัวช้ากว่าประเภท 1

การใช้งานโดยทั่วไป ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ในส่วนผสมคอนกรีต และใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท 5 ในส่วนผสมคอนกรีตของโครงสร้างที่ต้องป้องกันการกัดกร่อนของดินเค็ม

ปูนซีเมนต์ผงหรือปูนซีเมนต์ถุงซึ่งใช้ในแต่ละครั้ง จะต้องไม่เป็นเม็ดหรือเป็นก้อน ห้ามนำปูนซีเมนต์ถุงเก่าที่เปิดแล้วมาใช้ เนื่องจากซีเมนต์ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำในส่วนผสมของคอนกรีต กลายเป็นของแข็งที่มีคุณสมบัติรับแรงอัดตามต้องการหลังจากเกิดปฏิกิริยาทางเคมีโดยสมบูรณ์ หากซีเมนต์ที่นำมาใช้เสื่อมคุณภาพ เป็นเม็ดหรือเป็นก้อน จะทำให้เป็นอุปสรรคต่อขบวนการทางเคมีดังกล่าว

1.3.1.2 มวลรวม (Aggregate)

ประกอบด้วย

1.3.1.2.1 มวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) ได้แก่ หินย่อย กรวด หรือกรวดย่อย ที่มีลักษณะเป็นก้อนเหลี่ยมหรือกลม มีเนื้อแข็ง เหนียว ไม่ผุ ไม่มีลักษณะแบนหรือยาวมากเกินไป สะอาด ไม่มีฝุ่นผง หรือสิ่งอื่นใดเคลือบผิว มวลรวมหยาบต่างชนิดกันห้ามนำมาผสมกัน คุณสมบัติตามที่กำหนดสำหรับมวลหยาบ ได้แก่

(1) ความสึกหรอ (Abrasion Test)

(2) ความพรุน (Porosity)

(3) ความคงทน (Soundness Test)

(4) ความแบน (Flakiness Index)

(5) ความยาว (Longitudinal Index)

(6) ความปนเปื้อน

(7) ขนาดคละ (Gradation) ขนาดใหญ่สุดของมวลที่ใช้ ควรมีขนาดไม่เกิน 1 ใน 5 ของส่วนที่บางที่สุดของโครงสร้างและต้องไม่เกิน 3 ใน 4 ของช่องว่างระหว่างเหล็กเสริม

1.3.1.2.2 มวลรวมละเอียด (Fine Aggregate) ได้แก่ ทราย หรืออนุภาคของหินหรือที่มีลักษณะเป็นก้อนกลมหรือเหลี่ยม ไม่แบนเป็นเกล็ด มีผิวหยาบและเม็ดแข็ง ทนทาน สะอาดปราศจากฝุ่นผงเคลือบ มวลรวมละเอียดจากแหล่ง

วัสดุต่างแหล่งกันห้ามนำมาผสมกัน คุณสมบัติตามที่กำหนดสำหรับมวลละเอียด ได้แก่

(1) ความปนเปื้อน ปราศจากดิน เถ้าถ่าน และสารอินทรีย์ต่างๆ ตลอดจนด่าง สารอนินทรีย์จำพวกอนุมูลคลอไรด์

(2) ความคงทน (Soundness Test)

(3) Organic Impurities Test ให้สีซึ่งไม่แก่กว่าสีมาตรฐาน

(4) ขนาดคละ

1.3.2 เหล็กเสริม

เหล็กเสริม สำหรับงานก่อสร้างสะพาน คสล. เป็นผลิตภัณฑ์ที่ควบคุมตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ซึ่งประกอบด้วย เหล็กเสริมธรรมดา และเหล็กเสริมสำหรับคอนกรีตอัดแรง ทำหน้าที่รับแรงที่มากระทำตามที่ออกแบบ

1.3.2.1 เหล็กเสริมธรรมดา (Reinforcing Steel)

1.3.2.1.1 เหล็กเส้น ประเภทเหล็กเส้นกลม (Round Bar) จะต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กเส้นกลม มาตรฐาน เลขที่ มอก.20

1.3.2.1.2 เหล็กเส้น ประเภทเหล็กเส้นข้ออ้อย (Deformed Bar) จะต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กข้ออ้อย มาตรฐานเลขที่ มอก.24

1.3.2.2 เหล็กเสริมสำหรับคอนกรีตอัดแรง

1.3.2.2.1 ลวดเหล็กแรงดึงสูง เป็นลวดแบบกลมมีรอยย้ำประเภทคลายแรงมีคุณภาพตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมลวดเหล็กสำหรับงานคอนกรีตอัดแรงมาตรฐานเลขที่ มอก.95 ลวดเหล็กแรงดึงสูงจะต้องม้วนเป็นขดกลมมัดแน่น ผิวลวดต้องมีฉลากระบุขนาดแบบประเภท น้ำหนักสุทธิ, ความยาว, ชั้นคุณภาพ, หมายเลขขด, หมายเลขการหลอมและชื่อหรือเครื่องหมายของผู้ผลิตติดแน่นไว้ที่ขดลวดทุกขด

1.3.2.2.2 ลวดเหล็กตีเกลียวแรงดึงสูง ประกอบด้วยเส้นลวด 7 เส้น ไม่เคลือบผิวและเป็นประเภทคลายแรงมีคุณภาพถูกต้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ลวดเหล็กตีเกลียวชนิด 7 เส้น สำหรับงานคอนกรีตอัดแรง มาตรฐานเลขที่ มอก.420 โดยมีขนาดระบุเป็นนิ้วหรือมิลลิเมตร ลวดเหล็กตีเกลียวต้องม้วนเป็นขดกลมมัดแน่นมีฉลากที่

แข็งแรงระบุน้ำหนักสุทธิ, ขนาด, ชั้นคุณภาพ, หมายเลขขด, หมายเลขการหลอม และชื่อหรือเครื่องหมายของผู้ผลิตติดไว้อย่างมั่นคง และเห็นได้ชัดเจนที่ขดลวดทุกขด ผิวของลวดเหล็กตีเกลียวจะต้องปราศจากคราบน้ำมันหรือสารอื่นใดที่จะมีผลทำให้แรงยึดระหว่างคอนกรีตกับลวดเหล็กเสียไป และไม่เป็นสนิมขุม

1.3.2.3 ลวดผูกเหล็ก (Binding Wire)

ลวดผูกเหล็กต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมลวดผูกเหล็ก มาตรฐานเลขที่ มอก.138

1.3.3 นั่งร้านและแบบ

นั่งร้านและแบบทำหน้าที่รองรับน้ำหนักของโครงสร้าง รวมทั้งทำหน้าที่กำหนดขอบเขตและรูปร่างของโครงสร้างคอนกรีต คสล. ให้เป็นไปตามแบบที่กำหนดจนกระทั่งคอนกรีตเกิดการก่อตัวมีคุณสมบัติรับแรงตามที่ออกแบบ ผลสำเร็จของงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กไม่ว่าจะเป็นงาน อาคาร สะพาน หรืองานอื่นใดจะประณีตเรียบร้อยตามแบบและบรรลุวัตถุประสงค์ย่อมขึ้นอยู่กับนั่งร้านและแบบที่ประณีต แข็งแรง หากเกิดความผิดพลาดขึ้นกับแบบและนั่งร้านย่อมหมายถึงเกิดความผิดพลาดขึ้นกับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วย หลังจากคอนกรีตก่อตัวมีคุณสมบัติตามต้องการแล้ว การแก้ไขย่อมกระทำได้ยากลำบาก เพราะจะต้องทุบส่วนที่ผิดพลาดออกและทำการก่อสร้างใหม่ หรืออาจจะต้องทุบโครงสร้างทั้งหมดออก ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายโดยไม่สมควร ดังนั้น การก่อสร้างนั่งร้านประกอบแบบจะต้องกระทำโดยรอบคอบประณีต ตรวจสอบจนกระทั่งมั่นใจว่าถูกต้องแล้วจึงเทคอนกรีต

การถอดแบบ อนุญาตให้ทำได้ก็ต่อเมื่อคอนกรีตครบอายุ ตามข้อกำหนด ต่อไปนี้

(1) แบบประกอบข้างคาน เสาและกำแพง 2 วัน
(2) แบบประกอบด้านล่างรองรับคาน พื้นบน 14 วัน
(3) ในกรณีที่ผู้รับจ้างต้องการถอดแบบเร็วกว่าข้อกำหนด ความสามารถรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างของโครงสร้างนั้นต้องไม่น้อยกว่าความสามารถรับแรงอัดที่ 28 วัน

1.4 การแบ่งประเภทและส่วนประกอบของโครงสร้างสะพาน

1.4.1 การแบ่งประเภทของสะพาน

การแบ่งประเภทของสะพาน เมื่อแบ่งตามความยาวช่วง จะแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ

1.4.1.1 สะพานช่วงสั้น ความยาวช่วงระหว่าง 5.00 - 15.00 ม.

1.4.1.2 สะพานช่วงยาว ความยาวช่วงระหว่าง 16.00 - 30.00 ม.

1.4.1.3 สะพานช่วงยาวพิเศษ ความยาวช่วงเกิน 30.00 ม.

1.4.2 ส่วนประกอบของโครงสร้างสะพาน

ส่วนประกอบของสะพาน ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ โครงสร้างส่วนบน (Superstructure) โครงสร้างส่วนล่าง (Substructure) และ ฐานราก (Foundation)

1.4.2.1 โครงสร้างส่วนบน (Superstructure) หมายถึง ส่วนประกอบของสะพานที่อยู่เหนือจุดรองรับ (Support) โดยทั่วไปจะประกอบด้วย

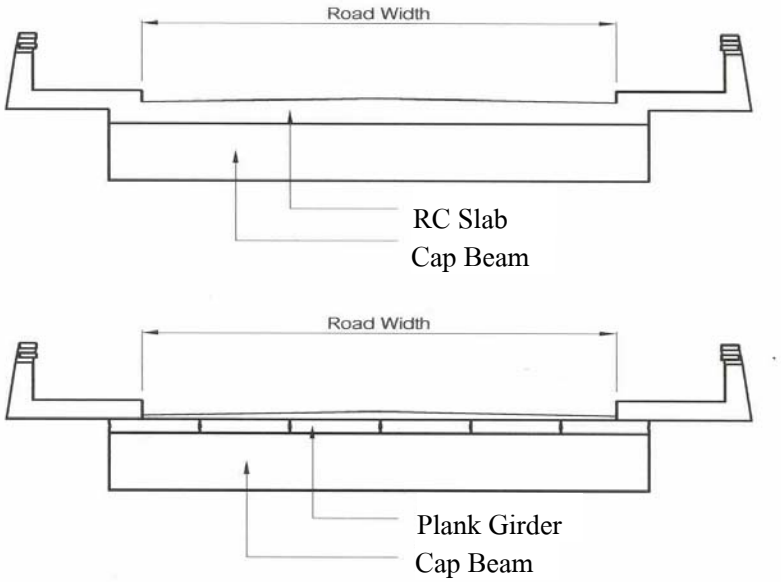
1.4.2.1.1 Slab

1.4.2.1.2 Side Walks

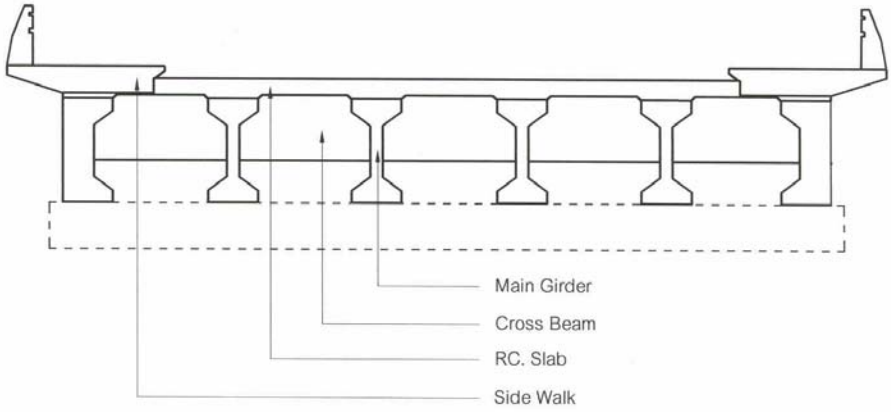
1.4.2.1.3 Railing

1.4.2.1.4 Cross Beam และ Main Girder (ในกรณีเป็น Girder Type)

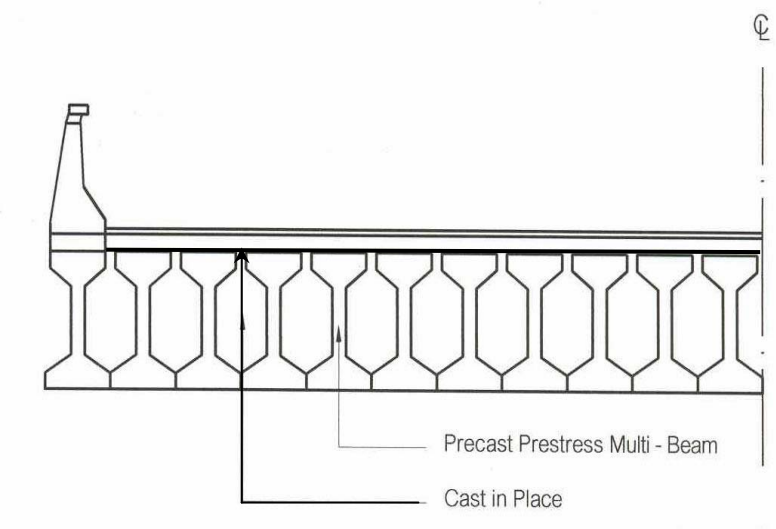
1.4.2.1.5 Bearings



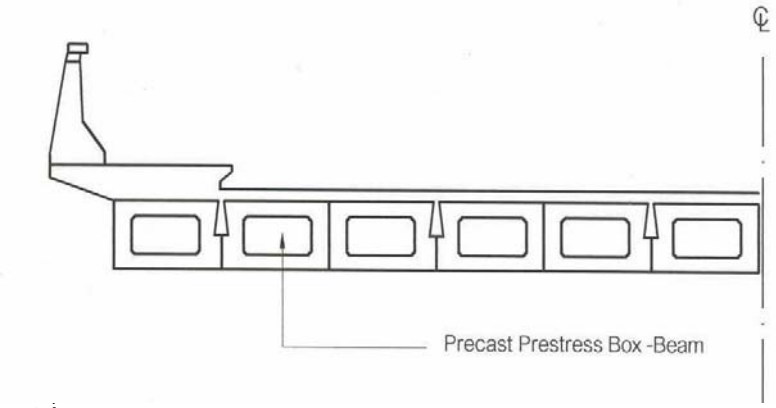
รูปที่ 1.2 Superstructure ของ RC. Bridge Slab Type



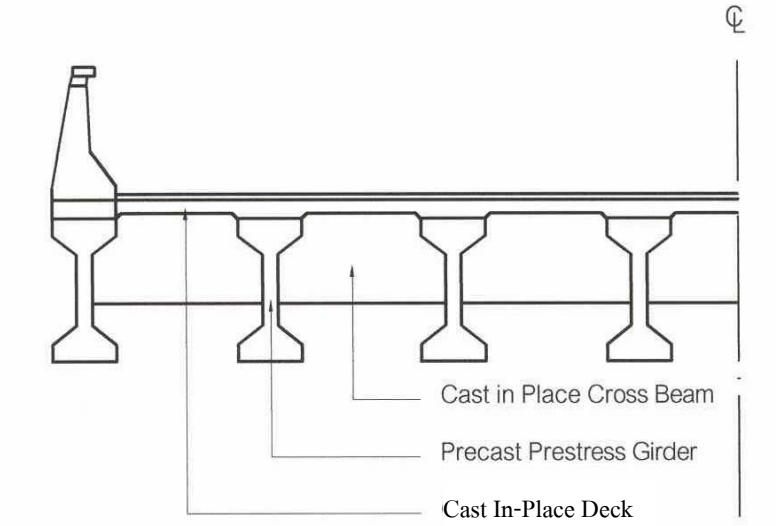
รูปที่ 1.3 Superstructure ของ Girder Type Maximum Span 20.00 m



รูปที่ 1.4 Superstructure ของ Multi - Beam Maximum Span 30.00 m.



รูปที่ 1.5 Superstructure ของ Box Beam Maximum Span 20.00 m.



รูปที่ 1.6 Superstructure ของ RC. Bridge Girder Type

พื้น ทางเท้า และราวสะพาน ซึ่งเป็นส่วนของ Superstructure

- พื้น (Slab) ซึ่งเป็นส่วนของโครงสร้างที่รับน้ำหนักการจราจรโดยตรง ก่อนถ่ายน้ำหนักบรรทุกลงสู่โครงสร้างชั้นล่าง (Substructure) นอกจากทำหน้าที่รับน้ำหนักดังกล่าวแล้ว ยังเป็นตัวกำหนดระดับก่อสร้างให้เป็นไปตามที่กำหนดในแบบ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่การจราจร ดังนั้นการก่อสร้างพื้นสะพาน คสล. จะต้องประณีตเรียบร้อย เพื่ออำนวยความสะดวกแก่การจราจรดังกล่าว หากการก่อสร้างขาดความประณีต พื้น สะพานไม่เรียบ นอกจากจะทำให้ผู้ใช้ทางรู้สึก ไม่สะดวก สบาย แล้วยังเป็นการเพิ่มแรงกระแทก (Impact) บนโครงสร้าง โดยไม่จำเป็น ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้อายุบริการของโครงสร้างลดลงอีกด้วย

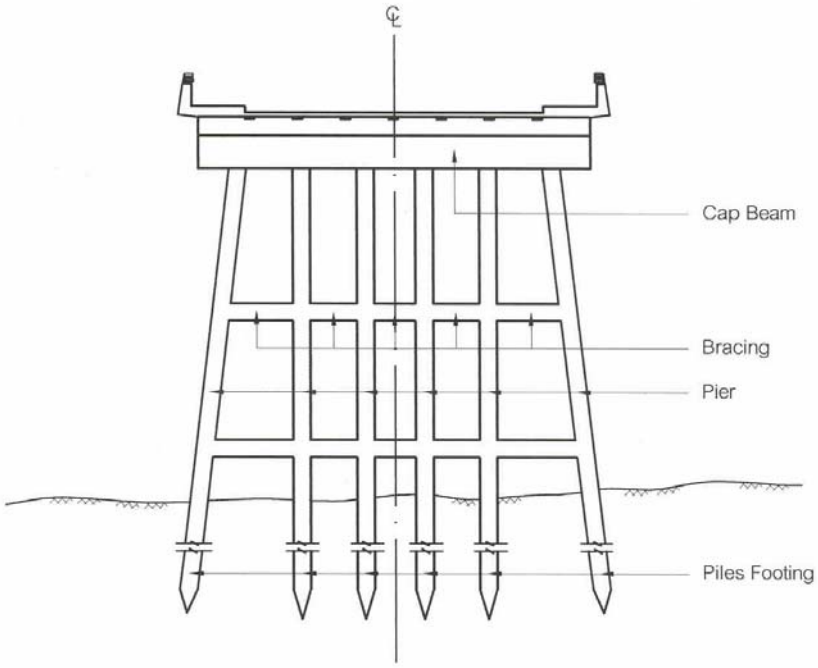
  - พื้นสะพาน Slab Type ตามแบบมาตรฐานของกรมทางหลวง มี 2 แบบ คือ
    (1) แบบคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ (RC. Slab Cast In-Place) โดยการสร้างนั่งร้านและประกอบแบบรองรับงานเทแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยทั่วไปใช้ในกรณีที่ไม่สะดวกที่จะขนย้ายแผ่นพื้นสำเร็จ (Plank Girder) เข้ามายังหน้างาน
    (2) แบบแผ่นพื้นสำเร็จรูป (Plank Girder) ซึ่งเป็นวิธีการที่สะดวก และรวดเร็ว โดยการวางแผ่นพื้นสำเร็จบนคานรับพื้นระหว่างตอม่อ แล้วเทคอนกรีตเสริมเหล็กปิดทับบนแผ่นพื้นสำเร็จ เป็นผิวจราจรโดยไม่ต้องก่อสร้างนั่งร้านรองรับ ซึ่งเป็นการประหยัด ทั้งเวลาและราคาค่าก่อสร้าง
  - พื้นสะพาน Multi - Beam หรือ Box Beam Type เป็นการเทคอนกรีตเสริมเหล็กปิดทับบน Multi - Beam หรือ Box Beam ซึ่งพาดบนคานระหว่างตอม่อเป็นผิวจราจร
  - พื้นสะพาน Girder Type เป็นการเทคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นผิวจราจรบน I-Beam ซึ่งพาดบนคานระหว่างตอม่อ โดยมีคานซอย (Cross Beam) เป็นตัวยึด I-Beam

- ทางเท้า และราวสะพาน เป็นงานประกอบเพื่อความเรียบร้อยและทำหน้าที่ตามวัตถุประสงค์ของแต่ละส่วน ซึ่งต้องการความประณีตเรียบร้อย

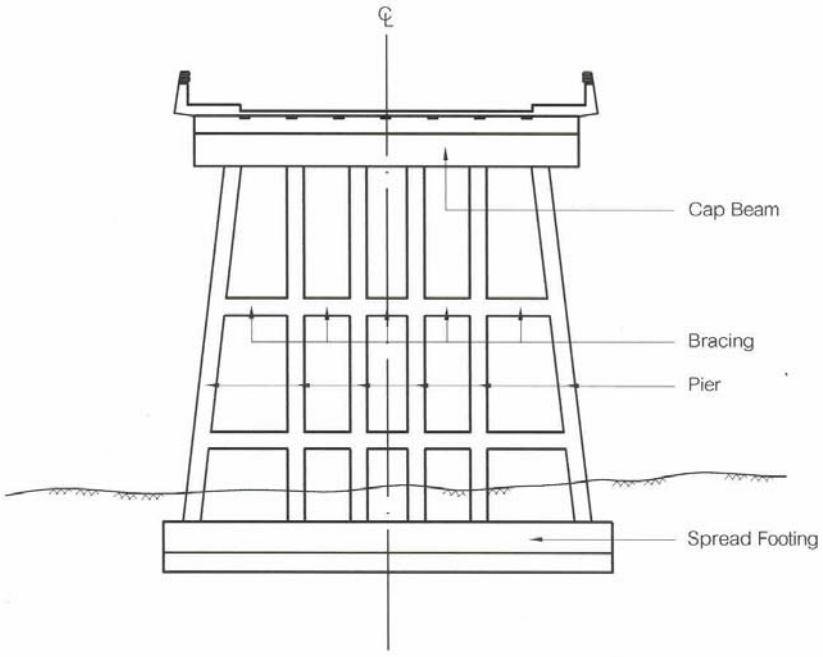
1.4.2.2 โครงสร้างส่วนล่าง (Substructure) หมายถึง ส่วนที่รองรับ (Support) โครงสร้างส่วนบนโดยทั่วไป ได้แก่

1.4.2.2.1 คานรับพื้น (Cap Beam)

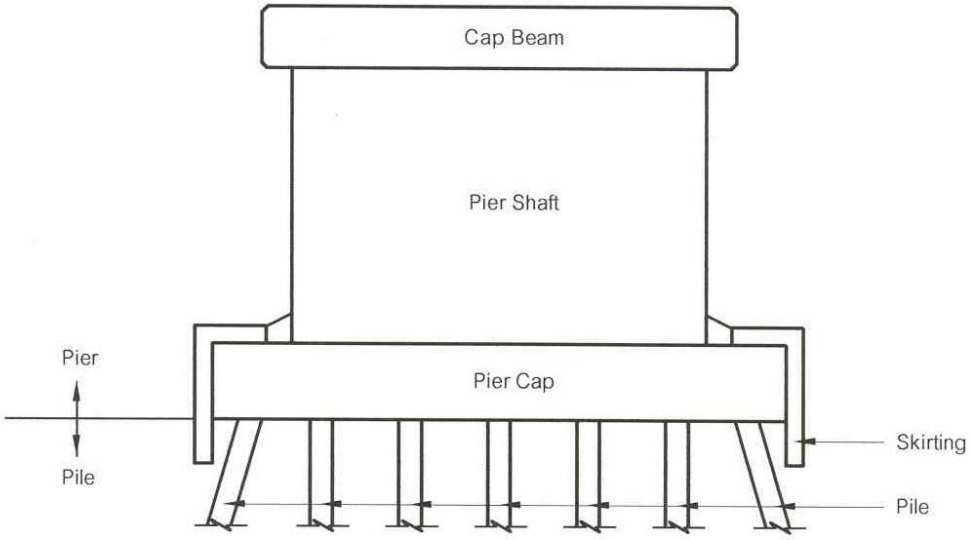
1.4.2.2.2 ตอม่อ (Pier หรือ Pier Shaft)



รูปที่ 1.7 Substructure และ ฐานรากของตอม่อเสาเข็มตอก (Piles Footing)



รูปที่ 1.8 Substructure และ ฐานรากของตอม่อฐานแผ่ (Spread Footing Foundation)



รูปที่ 1.9 Substructure และ ฐานรากของสะพาน PC. Box Girder Span 20.00 m.

1.4.2.3 ฐานราก (Foundation) หมายถึง ส่วนล่างสุดของโครงสร้างทำหน้าที่รับน้ำหนักทั้งหมดของโครงสร้างส่วนที่อยู่ข้างบน แบ่งออกเป็นหลายประเภท ขึ้นอยู่กับชนิดและชั้นของดินที่รองรับฐานรากนั้นอยู่ จัดเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ 2 กลุ่ม ได้แก่ ฐานรากตื้น (Shallow Foundation) คือ ฐานรากที่มีความลึกจากระดับดินเท่ากับหรือน้อยกว่าส่วนกว้างของฐานราก และ ฐานรากลึก (Deep Foundation) คือ ฐานรากที่มีความลึกจากระดับดินมากกว่าส่วนกว้างของฐานราก

ชนิดของฐานรากที่จะเลือกใช้ต้องสอดคล้องกับสภาพพื้นที่ และคุณสมบัติของดินฐานราก เช่น กรณีที่ดินเดิมเป็นดินดานแข็ง หรือ พื้นที่เป็นหินพืดไม่สามารถตอกเสาเข็มได้ ก็จำเป็นจะต้องเลือกใช้ฐานแผ่ ถ้าดินเดิมเป็นดินอ่อนหรือสภาพพื้นที่ไม่เหมาะสมที่จะทำฐานแผ่ เช่น มีน้ำขังก็จำเป็นที่จะต้องเลือกใช้ฐานรากเสาเข็ม นอกจากนี้ยังมีฐานรากชนิดอื่นที่เลือกใช้ในงานก่อสร้างสะพาน คสล. อีกหลายชนิด การเลือกใช้ชนิดของฐานรากขึ้นอยู่กับเหตุผลและความจำเป็นของสภาพพื้นที่ ฐานรากที่ใช้กันโดยทั่วไป ได้แก่

1.4.2.3.1 ฐานรากแผ่ (Spread Footing) แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

(1) ฐานรากแบบแพ (Raft Footing)

(2) ฐานรากแบบแยก (Isolated Footing, Pedestal Footing)

1.4.2.3.2 ฐานรากเสาเข็ม (Pile Footing) มีหลายประเภท คือ

(1) เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก คอนกรีตหล่อสำเร็จ (Reinforced Concrete Pile)

(2) เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จ (Prestressed Concrete Pile)

(3) เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จ แบบแรงเหวี่ยง (Spun Concrete Pile)

ฐานรากเสาเข็มเจาะ (Bored Pile) ดำเนินการเป็น 2 วิธี ตามลักษณะดิน

(1) Wet Process ใช้ในกรณีที่มีชั้นทราย หรือน้ำใต้ดิน จำเป็นต้องใช้ของเหลวเพิ่มแรงดันในหลุมเจาะ เพื่อป้องกันไม่ให้ผนังหลุมเจาะพังทลาย โดยทั่วไปใช้ Bentonite หรือ Polymer Base Slurry เป็นตัวป้องกัน ใช้กับเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 600 มิลลิเมตร ขนาดมาตรฐานโดยทั่วไป คือ 800 900 1,000 1,200 และ 1,500 มิลลิเมตร

(2) Dry Process ใช้ในกรณีที่ไม่พบน้ำใต้ดิน ไม่มีปัญหาการพังทลายของผนังหลุมเจาะ จึงไม่จำเป็นต้องใช้ของเหลวป้องกันผนังหลุมเจาะ ใช้กับเสาเข็มเจาะขนาดเล็ก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่าหรือเท่ากับ 600 มิลลิเมตร

ตอม่อ คือ โครงสร้างส่วนล่างของสะพาน (Substructure) ซึ่งก่อสร้างต่อขึ้นมาจากฐานราก (Foundation) เพื่อรองรับโครงสร้างส่วนบน (Superstructure) มีหลายชนิด แต่ที่ใช้กันโดยทั่วไป มีดังนี้

(1) ตอม่อชนิดฐานแผ่ (Spread Footing) ซึ่งก่อสร้างต่อขึ้นมาจากฐานราก ชนิดฐานแผ่ มีทั้งแบบธรรมดา แบบกันซุง และตอม่อตับริมสุด ที่หล่อกำแพงกันดินคอสะพาน และหูช้าง (Wing Wall)

(2) ตอม่อชนิดเสาตับ (Pile Bents) ซึ่งก่อสร้างต่อขึ้นมาจากฐานรากชนิดฐานรากเสาเข็ม หรืออาจจะเป็น Bored Pile ก็ได้ มีทั้งแบบธรรมดา แบบกันซุง และตอม่อตับริมสุด ที่หล่อกำแพงกันดินคอสะพาน และหูช้าง (Wing Wall)

(3) ตอม่อเสากลุ่ม (Pile Group) เป็นตอม่อที่รองรับด้วยกลุ่มของเสาเข็ม โดยหัวเสาเข็มอยู่เหนือน้ำ กลุ่มเสาเข็มจะทำหน้าที่คล้ายขาโต๊ะ หรือเก้าอี้ ซึ่งทำให้โครงสร้างมีเสถียรภาพที่จะรับน้ำหนักหรือแรงที่มากระทำ แต่อย่างไรก็ตามจะต้องพิจารณาเกี่ยวกับพฤติกรรมของ Long Column ด้วย

(4) ตอม่อชนิดบ่อจม (Caisson Type) คือ กล่อง หรือ ถัง หรือ วงบ่อ ซึ่งหล่อด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก ปล่อยให้จมลงไปในพื้นท้องน้ำ ณ ตำแหน่งที่กำหนดเป็นตอม่อสะพาน แล้วขุดตักดินที่อยู่ในกล่องออกด้วยเครื่องจักรกล ให้ตัวกล่องจมด้วยน้ำหนักของตัวเองลงไปในชั้นดินข้างล่าง จนได้ระดับแล้วจึงเทคอนกรีตพื้นกล่องด้วยวิธีใต้น้ำ (Underwater Placement) หลังจากนั้นเมื่อคอนกรีตแข็งตัวจึงสูบน้ำออก แล้วดำเนินการก่อสร้างโครงสร้างของตอม่อตามแบบก่อสร้างต่อไป

(5) ตอม่อแบบนอนทราย เป็นตอม่อที่ใช้ไม้กลมหรือไม้ซุงวางเรียงยึดกันเป็นฐานรองรับเสาค้ำสะพาน ซึ่งใช้กันสำหรับสะพานไม้ชั่วคราวโดยทั่วไป

(6) ตอม่อแบบเสาเจาะ (Cast in Drilled Holes) หรืออีกนัยหนึ่งคือ เข็มเจาะ (Bored Piles) ซึ่งเป็นอีกทางเลือกที่จะใช้ตอม่อแบบเสาเจาะ โดยทำการออกแบบตามความเหมาะสม และความจำเป็นของสภาพพื้นที่ หรือรูปแบบของโครงสร้าง

บทที่ 2 การสำรวจ วางแนว และงานระดับ

2.1 ภาพรวมงานสำรวจ วางแนว และงานระดับในเบื้องต้น

2.1.1 สำรวจตำแหน่ง ค่าระดับ หมุดหลักฐาน จัดทำหมุดหลักฐานชั่วคราวไว้ในบริเวณก่อสร้างในตำแหน่งที่ไม่ถูกรบกวนได้โดยง่าย ควรมีการตรวจสอบความถูกต้องของหมุดหลักฐานและปรับแก้โดยวิธีการทำวงรอบ (Close Traverse) อย่างสม่ำเสมอ

2.1.2 ตรวจสอบและกำหนดวางแนวแนวศูนย์กลางทาง เขตทาง ท่อ และตอม่อสะพาน พร้อมทั้งกำหนดค่าระดับหมุดหลักฐาน (Bench Mark) รวมทั้งควรมีการตรวจสอบความถูกต้องของหมุดหลักฐาน และปรับแก้อย่างสม่ำเสมอ ในกรณีที่พบว่าเขตทางคลาดเคลื่อนให้ประสานงานแขวงการทางหรือสำนักงานบำรุงทางเจ้าของพื้นที่ กรณีตำแหน่งโครงสร้างคลาดเคลื่อนจากสภาพความเป็นจริงในสนาม ให้รายงานสำนักฯเจ้าของงาน

2.1.3 จัดทำ Plan และ Profile ของถนน และลำน้ำ ตามสภาพความเป็นจริงในสนาม ระยะห่างจากท่อเหลี่ยมที่เหมาะสม และห่างจากคอสะพานข้างละ 300 เมตร เปรียบเทียบรูปตัดของลำน้ำตามสภาพความเป็นจริงกับรูปตัดใน บ. 4.1 หรือ บ. 4.2 หากคลาดเคลื่อนในสาระสำคัญ ให้รายงานสำนักฯเจ้าของงาน

2.1.4 จัดทำรูปตัดสภาพคันทางเดิม (Existing Cross Section) ทุกระยะ 25.00 ม. 12.50 ม. หรือ 5.00 ม. ตามสภาพความเหมาะสม เพื่อนำมาคำนวณปริมาณงานและรวบรวมไว้เป็นหลักฐานและการดำเนินงานขั้นต่อไป

2.1.5 ตรวจสอบสภาพจริงในสนามเทียบกับแบบก่อสร้าง และความเหมาะสมเป็นไปได้ในการก่อสร้าง อาทิเช่น สภาพในสนามเปลี่ยนไปจากเดิม พื้นที่ข้างเคียงมีน้ำท่วม ระดับน้ำสูงสุด เพื่อพิจารณากำหนดช่องลอด

2.1.6 เก็บค่าตำแหน่งพิกัดของสาธารณูปโภค และสิ่งกีดขวางต่างๆในพื้นที่ก่อสร้าง เช่น เสาไฟฟ้า ต้นไม้ใหญ่ เป็นต้น

2.1.7 ตรวจสอบอุปสรรคในการก่อสร้าง เช่น สาธารณูปโภคต่างๆ กรรมสิทธิ์ที่ดิน และเขตทาง เส้นทางก่อสร้างที่ตัดกับทางรถไฟ ข้ามคลองชลประทาน ผ่านป่าสงวน ผ่านเขตทางของส่วนราชการอื่น ผ่านลอดสายไฟฟ้าแรงสูง แล้วติดต่อประสานงานกับส่วนราชการที่เกี่ยวข้องโดยเร็ว

2.1.8 ระหว่างการก่อสร้าง ให้จัดทำป้ายแสดงตำแหน่ง กม. หมายเลขตอม่อสะพานทุกตับ พร้อมแสดงค่าระดับหลังสะพาน ระดับน้ำสูงสุดและความสูงช่องลอด เพื่อความสะดวกในการตรวจสอบ

2.2 การสำรวจและวางแนว

2.2.1 การเก็บข้อมูลภาคสนามก่อนการก่อสร้าง

2.2.1.1 ระบุตำแหน่งหรือจัดทำหมุดหลักฐานเพื่อใช้อ้างอิงตำแหน่งระบบพิกัด

2.2.1.2 เก็บค่าตำแหน่งของแนวเขตทางเดิม

2.2.1.3 เก็บค่าตำแหน่งของสาธารณูปโภค สิ่งปลูกสร้าง และอุปสรรคต่างๆในพื้นที่ก่อสร้าง

2.2.1.4 จัดทำเครื่องหมายกำกับระยะทางตลอดแนวโครงการฯ

2.2.2 การเตรียมข้อมูลในสำนักงาน

2.2.2.1 จากข้อมูลพื้นฐานทางตำแหน่งที่กำหนดให้ในแบบ จะสามารถคำนวณหาตำแหน่งทางพิกัดของแนวศูนย์กลางการก่อสร้าง เขตทาง หรือตำแหน่งโครงสร้างที่สำคัญ เช่น ตำแหน่งท่อลอด และตอม่อ เป็นต้น

2.2.2.2 ตรวจสอบข้อมูลตำแหน่งที่สำรวจได้จากหน้างานเทียบกับข้อมูลจากแบบก่อสร้าง (ถ้ามี)

2.2.2.3 จัดเก็บข้อมูลต่างๆข้างต้นให้เป็นระบบและสะดวกต่อการใช้งาน เช่น รูปแบบ Digital File

2.2.3 ระหว่างการก่อสร้าง

2.2.3.1 จากการคำนวณพิกัดของตำแหน่งแนวแนวศูนย์กลางการก่อสร้าง เขตทาง ท่อ และตอม่อสะพาน ให้นำค่าพิกัดเหล่านี้ไประบุตำแหน่งลงบนพื้นที่ก่อสร้างให้ชัดเจนและแม่นยำ พร้อมจัดทำเครื่องหมายหรือป้ายกำกับ เช่น ตำแหน่งของเขตทาง ตำแหน่งของท่อลอด ตำแหน่งของตอม่อ ป้ายบอกหมายเลขของตอม่อ เป็นต้น

2.2.3.2 สร้างหมุดอ้างอิงชั่วคราวจากการอ้างอิงจากพิกัดที่ทราบค่า โดยจัดทำบนวัตถุถาวรเพื่อสะดวกในการอ้างอิงต่อไปในอนาคต

2.2.3.3 ถ่ายค่าพิกัดไปยังตำแหน่งที่ใช้อ้างอิงกับโครงสร้างในแต่ละบริเวณ ซึ่งอาจเป็นบนโครงสร้างนั้นๆ พร้อมตรวจสอบจุดอ้างอิงเหล่านี้อย่างสม่ำเสมอ

2.2.3.4 ตรวจสอบตำแหน่งทางพิกัดของทุกโครงสร้าง ในทุกครั้งที่เริ่มงานโครงสร้างใหม่

รูปที่ 2.1 การทำจุดอ้างอิงสำหรับการสำรวจและวางแนวด้วยระบบพิกัด

รูปที่ 2.2 การเขียนเลขระยะทางของโครงการฯ

2.3 งานระดับ

2.3.1 การเก็บข้อมูลภาคสนามก่อนการก่อสร้าง

2.3.1.1 กำหนดค่าระดับหมุดหลักฐาน (Bench Mark) เพื่อใช้อ้างอิง

2.3.1.2 สำรวจค่าระดับตลอดแนวก่อสร้างของโครงการ ทุกระยะ 25.00 เมตร 12.50 เมตร และ 5.00 เมตร สำหรับแนวทางตรง ทางโค้ง และทางโค้งมาก ตามลำดับ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของพื้นที่

2.3.1.3 ที่แต่ละหน้าตัดของการเก็บค่าระดับข้างต้น ให้เก็บค่าระดับครอบคลุมตลอดหน้าตัด พร้อมบันทึกระยะทางตามขวางของทุกตำแหน่งที่เก็บค่าระดับที่หน้าตัดนั้นๆ

2.3.1.4 เพื่อให้ได้ภาพของแต่ละหน้าตัดสำหรับนำไปคำนวณพื้นที่หน้าตัดที่ครบถ้วนและถูกต้อง ดังนั้นอย่าละเลยการเก็บค่าระดับของทุกจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงความสูง เช่น พื้นถนนเดิม/ขอบทางเท้า เป็นต้น

รูปที่ 2.3 การถ่ายค่าระดับไปไว้ที่หมุดหลักฐานชั่วคราว

รูปที่ 2.4 การเก็บค่าระดับเพื่อจัดทำรูปตัดสภาพคันทางเดิม (Existing Cross Section)

2.3.2 การเตรียมข้อมูลในสำนักงาน

2.3.2.1 จัดทำรูปตัดสภาพคันทางเดิม (Existing Cross Section) ทุกระยะ 25.00 เมตร 12.50 เมตร และ 5.00 เมตร สำหรับแนวทางตรง ทางโค้ง และทางโค้งมาก ตามลำดับ ขึ้นอยู่กับสภาพความเหมาะสม เพื่อนำมาคำนวณปริมาณงานและรวบรวมไว้เป็นหลักฐานและการดำเนินงานขั้นต่อไป

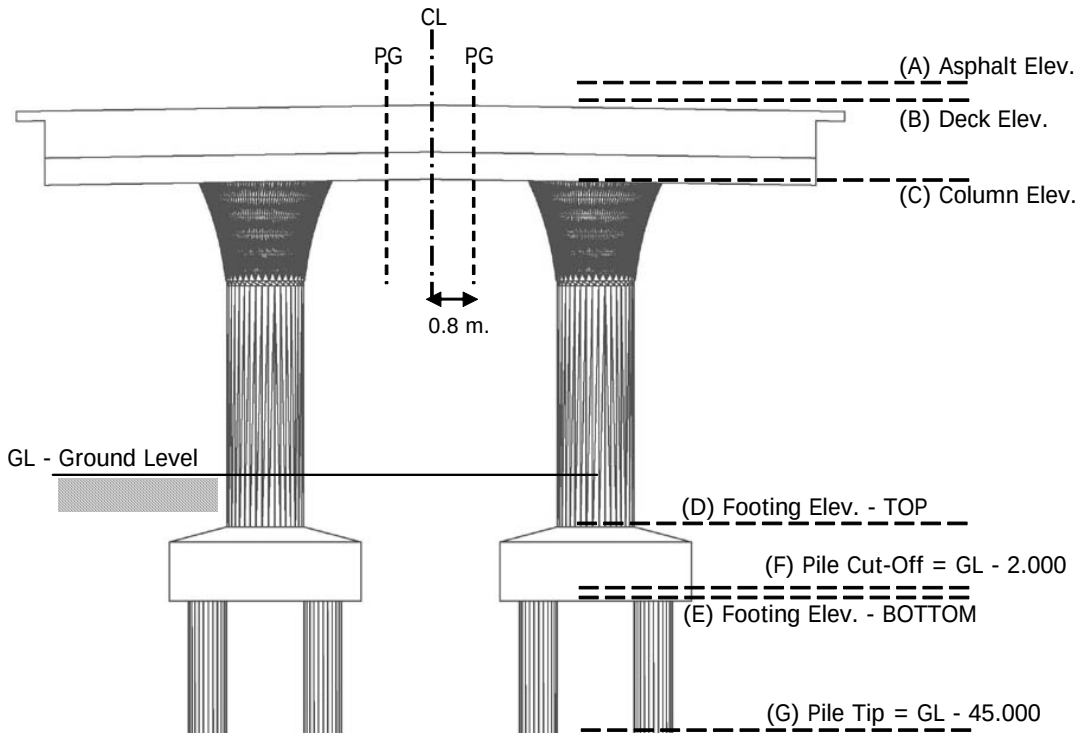
2.3.2.2 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานทางระดับที่ระบุไว้ในแบบ

2.3.2.3 คำนวณค่าระดับของ Profile Grade ทุกระยะ 2 เมตร และ 1 เมตร สำหรับทางลาดที่มีความลาดชันคงที่ และช่วงที่อยู่ในโค้งทางดิ่ง ตามลำดับ

2.3.2.4 คำนวณค่าระดับของ Profile Grade ที่ทุกตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง เช่น ตำแหน่งที่วางคาน จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของคานหัวเสา (Deck) จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของพื้นสะพาน และตำแหน่งหัวเสา เป็นต้น

2.3.2.5 ถ่ายค่าระดับที่คำนวณได้ข้างต้น เพื่อคำนวณค่าระดับของตำแหน่งต่างๆบนชั้นโครงสร้างเดียวกัน เช่น ริมซ้าย/ขวา ของพื้นสะพาน เป็นต้น โดยใช้ความลาดเอียงตามขวางหรือ Crown Slope เป็นข้อมูลประกอบการคำนวณ

2.3.2.6 จากความหนาหรือความสูงของโครงสร้างที่กำหนดตามแบบ ทำการคำนวณถ่ายค่าระดับที่คำนวณได้ข้างต้น มายังระดับของแต่ละโครงสร้างที่ต้องการ เช่น ระดับการวางคาน ระดับหัวเสา เป็นต้น โดยจัดทำให้เป็นระบบเพื่อสะดวกต่อการอ้างอิงและตรวจสอบ



รูปที่ 2.5 การเตรียมข้อมูลทางระดับสำหรับโครงสร้างแต่ละส่วน

2.3.3 ระหว่างการก่อสร้าง

2.3.3.1 สร้างหมุดอ้างอิงชั่วคราวจากจุดที่ทราบค่าระดับ โดยจัดทำบนวัตถุถาวร เพื่อสะดวกในการอ้างอิงสำหรับการก่อสร้างในแต่ละบริเวณ

2.3.3.2 ใช้ข้อมูลค่าระดับที่คำนวณได้ในสำนักงาน เป็นข้อมูลประกอบการทำงานระดับของทุกโครงสร้าง โดยตรวจสอบทุกระยะหรือทุกตำแหน่งที่ได้คำนวณไว้

บทที่ 3 สะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete Bridge)

งานสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete Bridge) หรือสะพาน คสล. เป็นงานคอนกรีตเปลือยโดยเมื่อทำการถอดแบบหล่อออกแล้ว ส่วนของโครงสร้างจะได้ขนาด รูปทรง มิติต่างๆ ตรงตามแบบกำหนด โดยไม่มีการตกแต่งฉาบผิวด้วยปูนทราย โครงสร้างที่แล้วเสร็จสมบูรณ์ต้องแข็งแรง ทนทาน สวยงาม ตลอดอายุการใช้งาน

ก่อนดำเนินการใด ๆ นายช่างควบคุมงานต้องพิจารณาตรวจสอบแบบก่อสร้างเปรียบเทียบสภาพจริงในสนาม เกี่ยวกับความยาวของสะพาน ระดับน้ำสูงสุด ระดับน้ำต่ำสุด ช่องลอด ตำแหน่งของตอม่อแต่ละตับ การทำมุมเฉียงกับลำน้ำ และขนาดช่วงสะพานว่า เหมาะสมตามที่สำนักสำรวจและออกแบบ ออกแบบไปหรือไม่ ถ้าเห็นว่าไม่เหมาะสม เช่นสะพานสั้นเกินไป ช่องลอดต่ำ เรือผ่านไม่ได้หรืออื่นๆ ให้รีบรายงานสำนักฯเจ้าของงานโดยด่วน

3.1 การดำเนินงานโครงสร้างส่วนล่าง (Substructures)

3.1.1 ฐานรากสะพาน (Pile Cap or Footing)

ก่อนเริ่มดำเนินการให้ผู้รับจ้างสำรวจและศึกษาทางด้านธรณีวิทยาและอื่นๆ ที่จำเป็นแล้วกำหนดประเภทของฐานรากที่เหมาะสมตามความเห็นชอบของช่างควบคุมงาน ประเภทของฐานราก แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

3.1.1.1 ฐานแผ่ (Spread Footing)

3.1.1.1.1 เหมาะสำหรับหินพืด ดินดาน

3.1.1.1.2 ระดับฐานรากต้องฝังลึกจากท้องคลองอย่างน้อย 2.50 เมตร หรือตามที่กำหนดในแบบก่อสร้าง หากวางฐานรากลึกน้อยกว่า 2.50 เมตร สำหรับตอม่อริมฝั่งต้องฝังให้ระดับฐานราก ลึกใกล้เคียงกับตอม่อกลางน้ำ เพื่อให้พ้นการกัดเซาะของกระแสน้ำ

3.1.1.1.3 ตรวจสอบ Bearing Capacity ต้องไม่น้อยกว่า 10 Ton/m^2 หรือเป็นไปตามแบบกำหนด

3.1.1.1.4 กรณีผู้รับจ้างไม่สามารถขุดดินได้ลึกถึงระดับที่กำหนด ให้รายงานสำนักฯ เจ้าของงาน

3.1.1.1.5 กรณีที่ช่างควบคุมงานเห็นว่าต้องทำการทดสอบการรับน้ำหนักตามรายการในสัญญา ผู้รับจ้างต้องจัดทำโดยทุนทรัพย์ของผู้รับจ้างทั้งสิ้น

3.1.1.1.6 บันทึกระดับฐานรากแต่ละตับ เพื่อรายงานในแบบ บ.4.2 พร้อมระบายสี

3.1.1.1.7 บันทึกลักษณะดินแต่ละชั้น ที่ตรวจพบในการก่อสร้างฐานรากลงในแบบ บ.4.2 โดยละเอียด

3.1.1.1.8 กรณีที่เป็นหินพืดให้เจาะดูความหนาของหินต้องไม่น้อยกว่า 2.00 ม. โดยส่วนของฐานแผ่ ต้องฝังอยู่ในหินพืดไม่น้อยกว่า 0.50 เมตร

3.1.1.2 ฐานรากชนิดเสาตอก (Driving Pile Footing)

3.1.1.2.1 เหมาะสำหรับดินทั่วๆ ไป

3.1.1.2.2 การตอกเสาเข็ม คสล. และเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง จะต้องใช้เครื่องกว้านยนต์และลูกตุ้มหนักไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 ของน้ำหนักเสาเข็มที่ใช้ตอก แต่อย่างไรก็ตามลูกตุ้มต้องหนักไม่น้อยกว่า 3 ตัน ส่วนเครื่องตอกเสาเข็มชนิด Diesel Hammer อัดลมหรือชนิดอื่นใดให้เสนอรายละเอียดเพื่อขออนุมัติต่อนายช่างโครงการฯ

3.1.1.2.3 การตอกเสาเข็มต้องไม่ให้คลาดเคลื่อนจากตำแหน่งที่กำหนดไว้ในแบบเกินกว่า 7.50 ซม. ตามข้อกำหนด AASHTO ถ้าเกินกว่านี้ให้รายงานสำนักฯเพื่อพิจารณา

3.1.1.2.4 ถ้าตอกเสาเข็ม คสล. หรือเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง จมได้ความลึกน้อยกว่า 4 เมตร จากท้องคลอง หรือระยะที่ลึกไม่พ้นจากการกัดเซาะของกระแสน้ำ ให้รีบรายงานสำนักฯ โดยด่วนพร้อมเสนอความเห็น

3.1.1.2.5 กรณีตอกเสาเข็มผ่านชั้นดินแข็งหรือทราย หรือดินปนทราย ให้ใช้ความระมัดระวังให้มาก เพราะเสาเข็มอาจหักได้ง่าย กรณีต้องตอกเสาเข็มอย่างรุนแรง (Hard Driving) ควรเสริมหัวเสาเข็ม โดยใช้เหล็กแผ่นขนาดประมาณ 1/8x1½ ทำเป็นปลอกรัดหล่อฝังเสมอกับผิวนอกของหัวเสาเข็มวางห่างกันประมาณ 15 ซม. ภายในระยะ 1.50 ม. จากหัวเสาเข็ม

3.1.1.2.6 ห้ามนำเสาเข็มที่มีรอยแตกร้าวไปทำการตอกเป็นอันขาด

3.1.1.2.7 การหาความยาวเสาเข็มก่อนทำการก่อสร้าง

(1) ตรวจสอบข้อมูลการก่อสร้างเสาเข็มในพื้นที่ใกล้เคียงสถานที่ก่อสร้าง

(2) เจาะสำรวจสภาพชั้นดินเพื่อทำ Boring Log อย่างน้อย 3 แห่ง หรือเท่าจำนวนตอม่อสะพานกรณีสะพานขนาดใหญ่

(3) เจาะสำรวจสภาพชั้นดินบริเวณใกล้เคียงตำแหน่งฐานราก ทดสอบค่า SPT (Standard Penetration Test) เพื่อใช้คำนวณกำลังรับน้ำหนักโดยประมาณของเสาเข็ม การเจาะสำรวจต้องเจาะลึกมากพอ เพื่อทราบความหนาของชั้นดินใต้ปลายเสาเข็ม

(4) คำนวณกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็มที่แบบกำหนดโดยพิจารณาลักษณะชั้นดินและสมมติความยาวเสาเข็ม ค่าความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็มที่คำนวณได้ต้องไม่น้อยกว่า 3 เท่าของน้ำหนักบรรทุกที่ออกแบบไว้ (Design Load) หรือตามที่วิธีการคำนวณแต่ละวิธีกำหนดไว้เป็นอย่างอื่น

(5) กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มประกอบด้วยแรงเสียดทานผิวระหว่างเสาเข็มกับชั้นดินแต่ละชั้น และแรงต้านที่ปลายเสาเข็ม

(6) ตรวจสอบข้อมูล และการคำนวณก่อนเสนอให้สำนักสำรวจและออกแบบพิจารณาให้ความเห็นชอบ ในกรณีเสาเข็มเจาะ

(7) ตรวจสอบความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็มชนิดเสาเข็มตอกด้วยสูตร Hiley's Formula หรือทดสอบด้วย Static Load Test ทั้งในกรณีเสาเข็มตอก และเสาเข็มเจาะ

3.1.1.2.8 ขณะตอกเสาเข็ม ถ้าปรากฏว่ามีรอยแตกร้าวหรือเสาเข็มหักด้วยเหตุประการใดๆ ก็ตามผู้รับจ้างจะต้องปฏิบัติดังนี้

(1) ในกรณีของเสาเข็ม คสล. ถ้ารอยแตกร้าวเกิดขึ้นที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของเสาเข็มเหนือระดับน้ำหรือระดับดิน ให้สกัดส่วนที่แตกร้าวหรือหักออกแล้วหล่อคอนกรีตใหม่ เมื่อครบอายุคอนกรีตแล้วจึงจะทำการตอกต่อไปได้

(2) ในกรณีของเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงให้ปรึกษาสำนักฯเจ้าของงาน

(3) ถ้าส่วนแตกร้าว หรือหักอยู่ใต้ระดับน้ำ หรือระดับดิน ให้ทำการถอนเสาเข็มต้นนั้นทิ้ง แล้วนำเสาเข็มต้นอื่นมาตอกใหม่ ถ้าถอนเสาเข็มไม่ได้ ช่างควบคุมงานจะต้องรีบรายงานสำนักฯ พร้อมความเห็นโดยด่วนเพื่อพิจารณาและสั่งการ

(4) บันทึกระดับปลายเสาเข็มในแบบ บ 4.2 และรายละเอียดในการตอกเสาเข็มในแบบ ก. 1 รวบรวมนำส่งสำนักฯเจ้าของงาน

3.1.1.3 ฐานรากชนิดเสาเข็มเจาะระบบเจาะแห้ง (Dry Process Bored Pile)

งานก่อสร้างในบริเวณที่มีพื้นที่จำกัด ย่านชุมนุมชน งานก่อสร้างชิดอาคารเดิม หรือมีปัญหาเส้นทางลำเลียงวัสดุที่จำกัด จำเป็นที่จะต้องใช้เสาเข็มเจาะ เนื่องจากสามารถทำได้ในที่แคบ และชิดอาคารเดิมได้ ไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่ออาคารข้างเคียง ขนาดและความยาวของเสาเข็มเจาะสามารถผลิตได้ตามข้อกำหนดการรับน้ำหนักของวิศวกรผู้ออกแบบหรือตามสภาพชั้นดินของภูมิภาคนั้น ปัจจุบันนี้เสาเข็มเจาะเป็นที่นิยมใช้ทั่วไป เนื่องจาก

สามารถทำได้ทุกสภาพพื้นที่ทั่วประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเหมาะกับการก่อสร้างในเขตชุมชน ที่ไม่ต้องการให้เกิดแรงสั่นสะเทือน เสาเข็มเจาะขนาดเล็กที่ใช้กันทั่วไปมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35, 40, 50 และ 60 เซนติเมตร ความยาวของเสาเข็มตามสภาพดินและข้อกำหนดการรับน้ำหนักบรรทุก ความลึกควรถึงระดับชั้นทราย เสาเข็มเจาะขนาดเล็กทำในระบบเจาะแห้ง (Dry Process) เสาเข็มชนิดนี้ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ขนาดเล็ก ไม่ยุ่งยากเคลื่อนย้ายได้สะดวกและไม่ต้องการบริเวณทำงานมากนัก ใช้ในกรณีที่กำหนดไว้ในแบบหรือกรณีที่ไม่สามารถใช้ฐานรากชนิดเสาตอกได้ ทั้งนี้ต้องใส่เหล็กเสริมอย่างน้อย 1 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่หน้าตัด ตลอดความยาวของเสาเข็ม และต้องเสนอรูปแบบพร้อมรายการคำนวณ ให้สำนักสำรวจและออกแบบพิจารณาให้ความเห็นชอบเป็นลายลักษณ์อักษรก่อนทำการก่อสร้าง

เสาเข็มเจาะระบบเจาะแห้ง (Dry Process) ในสภาพดินบางแห่งเมื่อเจาะแล้วไม่พบน้ำใต้ดิน หรือเป็นชั้นทรายอัดตัวแน่นไม่เกิดการพังทลายของผนังหลุมเจาะ ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้ของเหลวป้องกันผนังหลุมเจาะ อุปกรณ์หลักประกอบด้วย ขาหยั่งเหล็ก 3 ขา ปลายบนติดรอกเดี่ยว เรียกสั้น ๆ ว่า Tripod Rig ใช้เครื่องอัดลมเป็นเครื่องจักรกลหลักในการเจาะ ยก ดึง หรือถอดปลอกเหล็ก มีขั้นตอนปฏิบัติควบคุมดังนี้

<u>ก่อนเจาะ</u>

(1) ตรวจสอบศูนย์กลางของตำแหน่งเสาเข็มและขนาดให้ได้ตามแบบ
(2) ตรวจสอบความมั่นคงของจุดยืนของเครื่องเจาะและทางสำหรับรถลำเลียงดินออก
(3) ตรวจสอบระยะห่างของหลุมที่จะเจาะใหม่กับหลุมของเสาเข็มที่เทคอนกรีตเสร็จใหม่ ๆ ต้องมีระยะห่างมากพอไม่ทำให้เกิดความเสียหาย
(4) ตรวจสอบสภาพและรอยต่อของปลอกเหล็ก ในกรณีที่ช่วงแรกของการขุดเจาะมักพบเป็นดินอ่อนต้องใส่ปลอกเหล็ก (Steel Casing) เพื่อป้องกันดินส่วนบนพังและใช้หัวขุดเจาะแบบสว่าน (Auger Type)

<u>การเจาะ</u>

(1) เมื่อจัดเครื่องมือเข้าศูนย์กลางเสาเข็มเจาะแล้วใช้กระเช้า (Boring Tackle) เจาะนำเป็นหลุมลึกประมาณ 1.00 เมตร เรียกว่า Pre – Bored
(2) ตอกปลอกเหล็ก (Casing) ซึ่งโดยปกติจะทำเป็นท่อน ๆ ยาวประมาณ 1.20 เมตร ถึง 1.30 เมตร ต่อกันด้วยเกลียวลงไปในรูเจาะด้วยความระมัดระวังอย่าให้ปลอกเหล็กเอียงให้ตั้งอยู่ในแนวดิ่งจนกระทั่งถึงชั้นดินแข็งปานกลาง (Medium Clay) ในบริเวณกรุงเทพมหานคร อยู่ในชั้นลึกประมาณ 12.00 – 15.00 เมตร

(3) เจาะเอาดินออกโดยใช้กระเช้าชนิดที่มีลิ้นที่ปลาย อาศัยน้ำหนักของตัวมันเอง เมื่อกระเช้าถูกทิ้งลงไปในรูเจาะ ดินจะถูกอัดเข้าไปอยู่ในกระเช้าและจะไม่หลุดออกเพราะมีลิ้นกั้นอยู่เวลายกขึ้นมา ทำซ้ำเช่นนี้จนกระทั้งดินถูกอัดเต็มกระเช้าจึงนำขึ้นมาเทออก การเจาะเช่นนี้จะดำเนินไปถึงชั้นดินทรายชั้นแรก ซึ่งในกรุงเทพมหานครอยู่ในชั้นความลึกประมาณ 18.00 – 23.00 เมตร และตรวจสอบสภาพความสมบูรณ์ของหลุมเจาะ

(4) ตรวจสอบแนวดิ่งของปลอกเหล็กตลอดเวลาขณะตอก

(5) ตรวจสอบและวัดความลึกของชั้นดินในหลุมเจาะที่เปลี่ยนไประหว่างการขุดเจาะ

(6) สังเกตการพังของดินผนังหลุมเจาะ และห้ามนำดินที่ขุดขึ้นมากองไว้ข้างหลุม

(7) ตรวจสอบก้นหลุม และทำให้หลุมเจาะแห้ง (ถ้าหากก้นหลุมมีน้ำใต้ดินซึมเข้าในหลุม) โดยทั่วไปจะใส่ปูนซีเมนต์ผงลงไปซับน้ำให้ก้นหลุมแห้ง

(8) วัดระดับก้นหลุมเจาะ ความลาดเอียง และสภาพของหลุมเจาะเมื่อความลึกของหลุมเจาะได้ตามต้องการ

(9) หย่อนโครงเหล็กที่ผูกเตรียมไว้ตามขนาดและจำนวนที่วิศวกรผู้ออกแบบได้กำหนดไว้ลงไปจนกระทั่งถึงระดับที่ต้องการ

(10)รีบดำเนินการเทคอนกรีตโดยเร็วอย่าทิ้งหลุมเจาะไว้นาน

<u>การเทคอนกรีต</u>

(1) ตรวจสอบความสะอาดก้นหลุมเจาะก่อนเทคอนกรีต

(2) ตรวจสอบขนาด จำนวน และตำแหน่งของเหล็กเสริมในหลุมเจาะ ให้เป็นไปตามแบบ

(3) ตรวจสอบตำแหน่งและปลายท่อส่งคอนกรีต (Tremie) ต้องไม่ห่างจากก้นหลุมเจาะหรือระดับของคอนกรีตในหลุมเจาะมาก เพื่อป้องกันคอนกรีตแยกตัว

(4) ตรวจสอบคุณภาพของคอนกรีตให้เป็นไปตามข้อกำหนด

(5) ตรวจสอบระดับของคอนกรีตที่เทได้ในหลุมเจาะแต่ละครั้ง เปรียบเทียบกับปริมาณตามแบบ

(6) ตรวจสอบระยะเผื่อของระดับคอนกรีตหัวเข็ม

(7) เทคอนกรีตลงไปในหลุมเจาะโดยต้องผ่านกรวย Hopper ปลายกรวยควรเป็นท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 150 – 200 มิลลิเมตร ยาวท่อนละประมาณ 1.00 เมตร จนถึงก้นหลุมเพื่อให้คอนกรีตหล่นสู่ก้นหลุมตรง ๆ ไม่ปะทะผนังเสาเข็มเจาะ ซึ่งจะทำให้คอนกรีตแยกตัวได้ คอนกรีตที่ใช้ในเสาเข็มเจาะโดยปกติจะเป็นคอนกรีตที่ไม่ใช้เครื่องเขย่า หรือเครื่องจี้คอนกรีต แต่จะใช้อัดลมแทน

ดังนั้น จึงต้องให้มี Workability สูงโดยใช้ค่าการยุบตัว (Slump) ระหว่าง 10 – 15 เซนติเมตร

(8) เมื่อเทคอนกรีตจนกระทั่งถึงระดับประมาณ 5.00 เมตรจากหลุมเจาะ เริ่มถอนปลอกเหล็กออกเป็นท่อน ๆ ก่อนที่คอนกรีตจะแข็งตัว

(9) ดึงปลอกเหล็กขึ้นจากหลุมก่อนคอนกรีตก่อตัว และต้องระวังมิให้ปลอกเหล็กเกี่ยวเหล็กเสริมขึ้นมา

(10) เมื่อถอนปลอกเหล็กขึ้น คอนกรีตจะยุบตัวลงตามปริมาณความหนาของปลอกเหล็กที่ใช้รวมกับการอัดตัวของคอนกรีตแน่น ดังนั้น เข็มเจาะทุกต้นจึงควรเทคอนกรีตให้สูงกว่าระดับหัวเข็มตามแบบเผื่อไว้ด้วย หากพบว่าคอนกรีตยุบตัวลงไปต่ำกว่าระดับที่ต้องการ จะต้องเติมคอนกรีตจนพอก่อนที่จะถอนปลอกเหล็กออกหมด

ตารางที่ 3.1 ขนาดเสาเข็มเจาะ และความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยในเขตกรุงเทพฯ

ขนาดของเสา Pile Size (cm)	พื้นที่หน้าตัด Cross Section (cm^2)	เส้นรอบรูป Perimeter (cm)	ระดับความลึก Depth (m)	รับน้ำหนักปลอดภัย Safe Load (Ton)	หมายเหตุ
∅ 35	962	110	18 – 13	25 – 35	Dry Process
∅ 40	1,257	126	18 - 25	40 – 50	Dry Process
∅ 50	1,964	157	18 – 25	60 – 80	Dry Process
∅ 60	2,828	188	18 – 25	90 –120	Dry Process
∅ 0.80	5,028	251	40 – 44	325 – 385	Wet Process
∅ 1.20	11,314	377	44 – 46	450 – 480	Wet Process
∅ 1.50	17,678	471	45 – 48	600 – 640	Wet Process
∅ 2.00	31,428	628	55 – 61	1,600	Wet Process

<u>หมายเหตุ</u>

1) ความยาวของเสาเข็มเปลี่ยนแปลงได้ตามคุณสมบัติของชั้นดิน ค่าการรับน้ำหนักบรรทุกที่ต้องการ จะทำการเจาะสำรวจดิน Soil Investigation ก่อนที่จะลงมือทำเสาเข็มเจาะ
2) ระดับความลึกและความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยของเสาเข็มเจาะในตารางเป็นค่าโดยประมาณของพื้นที่กรุงเทพฯ และปริมณฑล

สำหรับคานยึด (Bracing) เสาตอม่อ (Column)และคานหัวเสานั้นต้องดำเนินการตรวจสอบ แนวตอม่อ ระยะช่วง (Span) และระยะห่างของเสาเข็มแต่ละต้นในฐานตอม่อ กรณีตำแหน่งเสามีความคลาดเคลื่อน ให้ผู้รับจ้างเสนอรายการคำนวณและแบบแก้ไขต่อผู้ควบคุมงาน และรายงานสำนักสำรวจและออกแบบเพื่อพิจารณา

3.1.2 คานยึด (Bracing)

3.1.2.1 ตรวจสอบตำแหน่งแนวก่อสร้าง ระยะช่วง (Span) ศูนย์กลางของฐานราก และศูนย์กลางเสาตอม่อ

3.1.2.2 ตรวจสอบความสูงของเสาตอม่อจากท้องคลองถึงท้องคานหัวเสา (Cap Beam) หากสูงเกินกว่า 3.00 เมตร ต้องก่อสร้างคานยึด

3.1.2.3 กรณีเสาเข็มที่ตอกหนีศูนย์ ต้องขยายขนาดความกว้างคานยึด ให้ครอบคลุมเสาเข็มทั้งต้น ห้ามดัดเสาเข็มเข้าหาแนวคานยึด

3.1.2.4 ตรวจสอบและกำหนดระดับท้องคานยึด เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดหัวเสาเข็ม

3.1.2.5 ควบคุมการตัดคอนกรีตหัวเสาเข็ม โดยขีดเส้นแนวให้ชัดเจนก่อนใช้ใบตัดคอนกรีตตัดให้รอบหัวเสาเข็ม ทำการทุบหัวเสาเข็มส่วนเกินออก

3.1.2.6 ตรวจสอบการดำเนินการก่อสร้างนั่งร้าน ค้ำยัน และไม้แบบที่จะใช้หล่อคอนกรีตต้องอยู่ในสภาพสมบูรณ์และมีปริมาณเพียงพอและต้องใช้น้ำมันทาแบบที่ผ่านการเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานแล้วว่า จะไม่มีผลกระทบกับคุณภาพของคอนกรีตและไม่ทำให้ผิวคอนกรีตเสียหายหรือไม่สวยงามเมื่อถอดแบบก่อสร้าง

3.1.2.7 ตรวจสอบชนิด ขนาด จำนวน ตำแหน่งของเหล็กเสริมต่างๆ ให้เป็นไปตามแบบก่อสร้างกำหนด และได้ระยะ Covering

3.1.2.8 การเชื่อม ต่อทาบ ดัดงอ การผูกเหล็กเสริมต้องเป็นไปตามหลักวิชาการ หรือตามที่แบบก่อสร้างกำหนดไว้

3.1.2.9 เหล็กเสริมต้องไม่มีสนิมขุม เปื้อนน้ำมัน คราบโคลน หากมี ให้ดำเนินการแก้ไขก่อนนำไปใช้

3.1.2.10 ตรวจสอบการเข้าแบบหล่อคอนกรีต ให้ได้ขนาดและแนวตามแบบก่อสร้าง มีการยึดและค้ำยันที่แข็งแรงเพียงพอที่จะรับแรงจากการกระทำขณะเทคอนกรีต

3.1.2.11 แบบข้างของคานยึด ต้องติดบัวลบเหลี่ยมขนาด 2.0 ซม. ทั้ง 4 มุม

3.1.2.12 ตรวจสอบความเรียบร้อยอื่นๆ ก่อนดำเนินการเทคอนกรีต เช่น ความสะอาด การหนุนลูกปูน การอุดรอยต่อแบบ การเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องจักร บุคลากร และบริเวณที่จะดำเนินการเทคอนกรีต

3.1.3 เสาตอม่อ (Column)

3.1.3.1 เมื่อเทคอนกรีตคานยึดแล้วเสร็จ ก่อนดำเนินการหล่อเสาต่อไป ต้องตรวจสอบแนวตอม่อ ระยะช่วง (Span) และระยะห่างของเสาแต่ละต้นให้ถูกต้องตามแบบ

3.1.3.2 เหล็กแกนเสา และเหล็กปลอกจะต้องไม่เป็นสนิม คราบโคลน น้ำมัน ถ้ามีจะต้องทำความสะอาดให้เรียบร้อยก่อนนำไปใช้งาน

3.1.3.3 การดัดเหล็ก งอเหล็ก จะต้องเป็นไปตามแบบและข้อกำหนด ห้ามใช้ความร้อนในการดัดเหล็ก

3.1.3.4 ผิวแบบจะต้องเรียบปราศจากคราบสนิม คราบคอนกรีต ถ้ามี ต้องขัดออกแล้วล้างด้วยน้ำก่อนทาน้ำมันทาแบบ

3.1.3.5 ตรวจสอบตำแหน่งของแบบหล่อให้ได้ระยะ ดิ่งและแนวฉากตามแบบก่อสร้าง

3.1.3.6 ตรวจสอบความแข็งแรงของค้ำยัน ถ้าเป็นแบบเหล็กต้องให้ขันน็อตให้แน่นทุกตัว

3.1.3.7 ตรวจสอบระยะหุ้มคอนกรีต (Covering) ให้ถูกต้อง

3.1.3.8 ติดบัวลบเหลี่ยมเสาทุกต้น

3.1.3.9 ตรวจสอบและให้ระดับการหยุดเทคอนกรีตเสาทุกต้น

3.1.3.10 เมื่อตรวจสอบระดับ ขนาด ดิ่ง ฉาก ความสะอาด ระยะ Covering ระยะและจำนวนเหล็กเสริมเรียบร้อยถูกต้องตามแบบและข้อกำหนดแล้ว จึงอนุญาตให้เทคอนกรีตต่อไป

3.1.4 คานหัวเสา (Cap Beam)

3.1.4.1 ตรวจสอบขนาดและระดับของคานหัวเสาหรือคานรับพื้น (Cap Beam) ให้ถูกต้องตามแบบก่อนดำเนินงานขั้นต่อไป

3.1.4.2 กำหนดระดับเสาทุกต้น ตามแบบกำหนด

3.1.4.3 เหล็กเสริมที่ใช้ต้องสะอาดไม่มีสนิมขุม คราบโคลน น้ำมัน หรือสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ ถ้ามีจะต้องทำความสะอาดก่อน

3.1.4.4 ก่อนลงเหล็กเสริมจะต้องทาน้ำมันทาแบบท้องพื้นก่อน

3.1.4.5 การผูกเหล็ก งอเหล็ก ให้เป็นไปตามแบบหรือข้อกำหนดการก่อสร้าง

3.1.4.6 ถ้ามีการต่อทาบเหล็ก จะต้องต่อทาบตามแบบหรือข้อกำหนดและหลักวิชาการ

3.1.4.7 ตรวจชนิด ขนาด จำนวน ระยะห่างของเหล็กเสริมและเหล็กปลอกให้ถูกต้องตามแบบ

3.1.4.8 ตรวจแบบข้างที่จะนำมาใช้ ผิวจะต้องเรียบไม่มีรอยรั่วและอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดี

3.1.4.9 ก่อนประกอบแบบข้างจะต้องทาน้ำมันทาแบบให้เรียบร้อยก่อน

3.1.4.10 เมื่อประกอบแบบข้างแล้วตรวจสอบความแข็งแรงของค้ำยันกรณีใช้ Form Tie ให้ขันน็อตให้แน่นทุกตัวและมีจำนวนเพียงพอ

3.1.4.11 ตรวจสอบ ขนาด ตำแหน่ง และระดับหลัง Cap Beam ให้ถูกต้องตามแบบ

3.1.4.12 ตรวจสอบระยะ Covering ให้ตรงตามรายการประกอบแบบ พร้อมติดบัวลบเหลี่ยม

3.1.4.13 ตรวจอุปกรณ์ที่จะต้องฝังและช่องเจาะต่าง ๆ ให้มีครบถ้วนตามแบบ เช่น บัวลบเหลี่ยม รูเสียบเหล็ก Dowel เป็นต้น

3.1.4.14 ตรวจสอบระดับ ขนาด ดิ่ง ฉาก ความสะอาด ระยะ Covering ระยะและจำนวนเหล็กเสริม เรียบร้อยถูกต้องตามแบบและข้อกำหนดแล้ว จึงอนุญาตให้เทคอนกรีตต่อไป

3.2 การดำเนินงานโครงสร้างส่วนบน (Superstructures)

การควบคุมงานก่อสร้าง Superstructures ซึ่งได้แก่ แผ่นยางรองรับพื้นสะพาน พื้นสะพาน(ทั้งหล่อในที่และหล่อจากโรงงาน) รวมไปถึงทางเท้า ขอบทาง และราวสะพาน ต้องดำเนินการตรวจสอบระดับและตำแหน่งของระบบระบายน้ำบนพื้นสะพานและใต้สะพานให้เหมาะสมกับสภาพในแต่ละพื้นที่ หรือเป็นไปตามแบบดังนี้

3.2.1 แผ่นยางรองรับพื้นสะพาน (Elastomeric Bearing Pad)

แผ่นยางรองรับพื้นสะพานนั้นเป็นส่วนสำคัญที่จะรองรับการถ่ายน้ำหนักทั้งหมดจากโครงสร้างส่วนบนของสะพานรวมถึงน้ำหนักจรในการใช้งานจริงด้วย ดังนั้นผู้ควบคุมงานจะต้องดำเนินการตรวจสอบควบคุมการติดตั้งให้ถูกต้อง เพื่อผลในการใช้งานที่มีประสิทธิภาพดังนี้

3.2.1.1 ตรวจสอบขนาดมิติต่างๆ ของแผ่นยางให้เป็นไปตามแบบกำหนด

3.2.1.2 แผ่นยางรองรับพื้นสะพาน ต้องมีความยาวต่อเนื่อง เท่าความกว้างพื้นสะพาน

3.2.1.3 ตรวจสอบคุณสมบัติแผ่นยางรองรับพื้นสะพาน เช่น Hardness ให้เป็นไปตามแบบกำหนด

3.2.2 พื้นสะพานชนิด R.C. Slab Bridge

3.2.2.1 เมื่อก่อสร้างคานตอม่อ (Cap Beam) เสร็จแล้วจึงทำการตรวจสอบและวางแนวต่างๆ เพื่อจะทำการก่อสร้างพื้นสะพาน

3.2.2.2 ตรวจสอบค่ามุม Skew (ถ้ามี) พร้อมตรวจสอบและกำหนดระดับต่างๆ เพื่อติดตั้งแบบสำหรับหล่อคอนกรีตพื้นสะพาน

3.2.2.3 ติดตั้งแบบหล่อพื้นสะพาน ไม้แบบและค้ำยันต่างๆ พร้อมด้วยเครื่องมือเครื่องจักรต้องมีการจัดเตรียมตรวจสอบให้อยู่ในสภาพดีพร้อมใช้งาน และมีปริมาณเพียงพอ

3.2.2.4 พื้นที่และวัสดุที่จะรองรับค้ำยัน นั่งร้าน ต้องมีการเตรียมการเพื่อให้ง่ายต่อการดำเนินการและสามารถรองรับน้ำหนักได้เป็นอย่างดีที่จะไม่ทำให้พื้นทรุดตัวเสียระดับ ต้องมีการตรวจสอบระดับการทรุดตัวขณะเทคอนกรีตด้วย พร้อมมีการวางแผนป้องกันแก้ไข

3.2.2.5 กำหนดและตรวจสอบระยะในการติดตั้งไม้แบบ นั่งร้าน ค้ำยัน การยึดรัดโครงสร้างของแบบหล่อให้มีความแข็งแรงเพียงพอ โดยไม่ทำให้แนวและระดับของพื้นสะพานเปลี่ยนไป

3.2.2.6 ตรวจสอบตำแหน่งช่องเจาะต่างๆ เช่น ช่องหรือท่อร้อยสายไฟฟ้าต่างๆ รวมทั้งขนาดของท่อช่องระบายน้ำ ระยะห่างและการยึดให้มีความแข็งแรงไม่ขยับเลื่อนได้ขณะเทคอนกรีต

3.2.2.7 ก่อนทำการลงเหล็กเสริม ควรตรวจสอบความเรียบร้อยของแบบหล่อพื้นที่ดำเนินการแล้วเสร็จอีกครั้ง เช่น ตรวจสอบแนว ระดับ การยึด นั่งร้านค้ำยัน การติดตั้งบัว ร่องกันน้ำหยด (Water Drip) ให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง

3.2.2.8 กำหนดตำแหน่งและระยะของเหล็กเสริมต่างๆ ให้ชัดเจนและถูกต้องตามแบบก่อสร้าง

3.2.2.9 เหล็กเสริมที่ใช้ต้องสะอาดไม่มีสนิมขุม คราบโคลน น้ำมัน หรือสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ ถ้ามีต้องทำการแก้ไขก่อนนำไปใช้

3.2.2.10 ก่อนลงเหล็กเสริมจะต้องทาน้ำมันทาแบบท้องพื้นก่อน

3.2.2.11 ตรวจสอบการเชื่อม ต่อทาบ ดัดงอและการผูกเหล็กเสริมรวมไปถึงระยะ Covering ให้ได้ตามหลักวิชาการ หรือตามที่แบบก่อสร้างกำหนด

3.2.2.12 ติดตั้งเหล็ก Bar Chair เพื่อให้เหล็กอยู่ในตำแหน่งและให้พื้นได้ความหนาที่ถูกต้อง

3.2.2.13 เหล็กเสริมบริเวณที่จะก่อสร้างทางเท้าและราวสะพานต่อไปนั้น ต้องตรวจสอบจำนวนและลักษณะให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง

3.2.2.14 กำหนดระดับพื้น วางตำแหน่งเหล็กทำระดับพื้น เพื่อใช้ในการปรับแต่งหน้าปูนเวลาเทคอนกรีต เหล็กระดับต้องมีการผูกยึดติดอย่างแข็งแรงและสามารถเอาออกได้สะดวกเมื่อปรับแต่งคอนกรีตได้ระดับแล้ว

3.2.2.15 ตรวจสอบความเรียบร้อยอื่นๆ ก่อนดำเนินการเทคอนกรีต เช่น ความสะอาด การหนุนลูกปูน การอุดรอยต่อแบบ การเตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องจักร บุคลากร และบริเวณที่จะดำเนินการเทคอนกรีต

3.2.3 ทางเท้า ขอบทางและราวสะพาน

3.2.3.1 ตรวจสอบแนว และระดับให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง

3.2.3.2 ตรวจสอบขนาดต่างๆ ของแบบ รวมถึงตำแหน่งที่ติดตั้งให้ถูกต้องตามแบบ

3.2.3.3 ตรวจสอบและควบคุมงานเทคอนกรีตให้เป็นไปตามข้อกำหนด

บทที่ 4 สะพานคอนกรีตอัดแรง (Prestressed Concrete Bridge)

ก่อนดำเนินการใด ๆ นายช่างควบคุมงานต้องพิจารณาตรวจสอบแบบก่อสร้างเปรียบเทียบสภาพเป็นจริงในสนาม เกี่ยวกับความยาวของสะพาน ระดับน้ำสูงสุด ระดับน้ำต่ำสุด ช่องลอด ตำแหน่งของตอม่อแต่ละตับ การทำมุมเฉียงกับลำน้ำ และขนาดช่วงสะพานว่า เหมาะสมตามที่สำนักสำรวจและออกแบบได้ออกแบบไปหรือไม่ ถ้าเห็นว่าไม่เหมาะสม เช่นสะพานสั้นเกินไป ช่องลอดต่ำ เรือผ่านไม่ได้หรืออื่น ๆ ให้รีบรายงานสำนักฯเจ้าของงานโดยด่วน

4.1 การดำเนินงานโครงสร้างส่วนล่าง (Substructures)

4.1.1 ฐานรากสะพาน (Pile Cap or Footing)

ประเภทของฐานราก แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

4.1.1.1 ฐานแผ่ (Spread Footing)

ก่อนเริ่มดำเนินการให้ผู้รับจ้างสำรวจและศึกษาทางด้านธรณีวิทยาและอื่นๆที่จำเป็นแล้วกำหนดประเภทของฐานรากที่เหมาะสมตามความเห็นชอบของนายช่างผู้ควบคุมงาน

4.1.1.1.1 เหมาะสำหรับหินพืด ดินดาน

4.1.1.1.2 ระดับฐานรากต้องฝังลึกจากท้องคลองอย่างน้อย 2.50 เมตร หรือตามที่กำหนดในแบบก่อสร้าง หากวางฐานรากลึกน้อยกว่า 2.50 เมตร สำหรับตอม่อริมฝั่งต้องฝังให้ระดับฐานรากลึกใกล้เคียงกับตอม่อกลางน้ำ เพื่อให้พ้นการกัดเซาะของกระแสน้ำ

4.1.1.1.3 ตรวจสอบ Bearing Capacity ต้องไม่น้อยกว่า 10 Ton/m^2 หรือเป็นไปตามแบบกำหนด

4.1.1.1.4 กรณีผู้รับจ้างไม่สามารถขุดดินได้ลึกถึงระดับที่กำหนด ให้รายงานสำนักฯเจ้าของงาน

4.1.1.1.5 กรณีที่ผู้ควบคุมงานเห็นว่าต้องทำการทดสอบการรับน้ำหนักตามรายการในสัญญา ผู้รับจ้างต้องจัดทำโดยทุนทรัพย์ของผู้รับจ้างทั้งสิ้น

4.1.1.1.6 บันทึกระดับฐานรากแต่ละตับ เพื่อรายงานในแบบ บ.4.2 พร้อมระบายสี

4.1.1.1.7 บันทึกลักษณะดินแต่ละชั้น ที่ตรวจพบในการก่อสร้างฐานรากลงในแบบ บ.4.2 โดยละเอียด

4.1.1.1.8 กรณีที่เป็นหินพืดให้เจาะดูความหนาของหินต้องไม่น้อยกว่า 2.00 ม. โดยส่วนของฐานแผ่ ต้องฝังอยู่ในหินพืดไม่น้อยกว่า 0.50 เมตร

4.1.1.2 ฐานรากชนิดเสาตอก (Driving Pile Footing)

4.1.1.2.1 เหมาะสำหรับดินทั่วๆ ไป

4.1.1.2.2 การตอกเสาเข็ม คสล. และเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง จะต้องใช้เครื่องกว้านยนต์และลูกตุ้มที่มีน้ำหนักไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของน้ำหนักเสาเข็มที่ใช้ตอก และต้องมีน้ำหนักไม่น้อยกว่า 3 ตัน ส่วนเครื่องตอกเสาเข็มชนิด Diesel Hammer ชนิดอัดลม หรือชนิดอื่นใด ต้องเสนอรายละเอียดเพื่อขออนุมัติต่อนายช่างโครงการฯ

4.1.1.2.3 ควบคุมการตอกเสาเข็มต้องไม่ให้ผิดจากตำแหน่งเสาเข็มที่กำหนดไว้ในแบบ เกินกว่า 7.50 ซม. ตามข้อกำหนด AASHTO ถ้าเกินกว่านี้ให้รายงานสำนักฯเพื่อพิจารณา

4.1.1.2.4 ตรวจสอบความลึกของการตอกเสาเข็ม หากตอกได้ความลึกน้อยกว่า 4.0 เมตรจากท้องคลองหรือท้องฐานราก หรือระยะที่ตอกลึกไม่พ้นจากการกัดเซาะของกระแสน้ำ ให้รายงานสำนักฯเจ้าของงาน

4.1.1.2.5 กรณีตอกเสาเข็มผ่านชั้นดินแข็งหรือทราย หรือดินปนทราย และดินดาน ให้ใช้ความระมัดระวัง เพราะเสาเข็มอาจหักได้ง่าย กรณีต้องตอกเสาเข็มอย่างรุนแรง (Hard Driving) ต้องเสริมเหล็กที่หัวเสาเข็ม โดยใช้เหล็กแผ่นขนาดประมาณ 1/8"x1½" ทำเป็นปลอกรัดหล่อฝังเสมอกับผิวนอกของหัวเสาเข็ม วางห่างกันประมาณ 15 ซม. ภายในระยะ 1.50 ม. จากหัวเสาเข็ม

4.1.1.2.6 ห้ามนำเสาเข็มที่มีรอยแตกร้าวไปทำการตอกเป็นอันขาด

4.1.1.2.7 การหาความยาวเสาเข็มก่อนทำการก่อสร้าง

(1) ตรวจสอบข้อมูลการก่อสร้างเสาเข็มในพื้นที่ใกล้เคียงสถานที่ก่อสร้าง

(2) เจาะสำรวจสภาพชั้นดินเพื่อทำ Boring Log อย่างน้อย 3 แห่ง หรือเท่าจำนวนตอม่อสะพานกรณีสะพานขนาดใหญ่

(3) เจาะสำรวจสภาพชั้นดินบริเวณใกล้เคียงตำแหน่งฐานราก ทดสอบค่า SPT (Standard Penetration Test) เพื่อใช้คำนวณกำลังรับน้ำหนักโดยประมาณของเสาเข็ม การเจาะสำรวจต้องเจาะลึกมากพอ เพื่อทราบความหนาของชั้นดินใต้ปลายเสาเข็ม

(4) คำนวณกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็มที่แบบกำหนดโดยพิจารณาลักษณะชั้นดินและสมมติความยาวเสาเข็ม ค่าความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็มที่คำนวณได้ต้องไม่น้อยกว่า 3 เท่าของน้ำหนักบรรทุกที่ออกแบบไว้ (Design Load) หรือตามที่วิธีการคำนวณแต่ละวิธีกำหนดไว้เป็นอย่างอื่น

(5) กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มประกอบด้วยแรงเสียดทานผิวระหว่างเสาเข็มกับชั้นดินแต่ละชั้น และแรงต้านที่ปลายเสาเข็ม

(6) ตรวจสอบข้อมูล และการคำนวณก่อนเสนอให้สำนักสำรวจและออกแบบพิจารณาให้ความเห็นชอบ ในกรณีเสาเข็มเจาะ

(7) ตรวจสอบความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็มชนิดเสาเข็มตอกด้วยสูตร Hiley's Formula หรือทดสอบด้วย Static Load Test ทั้งในกรณีเสาเข็มตอก และเสาเข็มเจาะ

4.1.1.2.8 ขณะตอกเสาเข็ม ถ้าปรากฏว่ามีรอยแตกร้าวหรือเสาเข็มหักด้วยเหตุประการใดๆ ก็ตามผู้รับจ้างจะต้องปฏิบัติดังนี้

(1) ในกรณีของเสาเข็ม คสล. ถ้ารอยแตกร้าวเกิดขึ้นที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของเสาเข็มเหนือระดับน้ำหรือระดับดิน ให้สกัดส่วนที่แตกร้าวหรือหักออกแล้วหล่อคอนกรีตใหม่ เมื่อครบอายุคอนกรีตแล้วจึงจะทำการตอกต่อไปได้

(2) ในกรณีของเสาเข็มคอนกรีตอัดแรงให้ปรึกษาสำนักฯเจ้าของงาน

(3) ถ้าส่วนแตกร้าว หรือแตกหักเสียหายอยู่ใต้ระดับน้ำ หรือระดับดิน ให้ทำการถอนเสาเข็มต้นนั้นทิ้ง แล้วนำเสาเข็มต้นอื่นมาตอกใหม่ ถ้าถอนเสาเข็มไม่ได้ ช่างควบคุมงานจะต้องรีบรายงานสำนักฯ พร้อมความเห็นโดยด่วนเพื่อพิจารณาและสั่งการ

(4) บันทึกระดับปลายเสาเข็มในแบบ บ 4.2 และรายละเอียดในการตอกเสาเข็มในแบบ ก. 1 รวบรวมนำส่งสำนักฯเจ้าของงาน

4.1.1.3 ฐานรากชนิดเสาเข็มเจาะ (Bored Pile)

ใช้ในกรณีที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง หรือกรณีที่ไม่สามารถใช้ฐานรากชนิดเสาเข็มตอกได้ ทั้งนี้ ต้องใช้เหล็กเสริมอย่างน้อยร้อยละ 1 ของพื้นที่หน้าตัด ยาวตลอดความยาวของเสาเข็ม และต้องเสนอรูปแบบและรายการคำนวณ ให้สำนักสำรวจและออกแบบเห็นชอบเป็นลายลักษณ์อักษรก่อน

กรณี เสาเข็มเจาะระบบเจาะเปียก (Wet Process) ใช้กับสภาพดินที่มีชั้นทรายและมีระดับน้ำใต้ดินสูง จำเป็นต้องใช้ของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะ (Support Fluid) เพิ่มแรงดันภายในหลุมเจาะ เพื่อป้องกันมิให้ผนังหลุมเจาะพัง เช่น สารละลายเบนโทไนท์ (Bentonite) เป็นต้น ซึ่งมีขั้นตอนการควบคุมงานดังนี้

4.1.1.3.1 ข้อกำหนดทั่วไป

(1) ขนาดและความยาวเสาเข็มเจาะ เป็นไปตามรายละเอียดที่ระบุในแบบ

(2) วัสดุที่ใช้เป็นไปตามรายละเอียดในแบบ

(3) วิธีการเจาะให้ใช้ปลอกเหล็กชั่วคราว (Temporary Casing) เพื่อป้องกันการพังของดินในหลุมหรือปากหลุมขณะเจาะ โดยใช้ของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะเป็นตัวป้องกันหลุมเจาะพังทลาย

(4) เสาเข็มเจาะเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กตามแบบซึ่งหล่อในที่ก่อสร้าง

(5) ผู้รับจ้างต้องเสนอรายละเอียดวิธีการก่อสร้างเสาเข็มเจาะประกอบด้วย ระยะเวลาและวิธีการใส่โครงเหล็ก ภายหลังจากเจาะดินจนถึงปลายเสาเข็ม ระยะเวลาและวิธีการกำจัดตะกอนก้นหลุม ระยะเวลาในการเทคอนกรีต วิธีการตรวจสอบตะกอนก้นหลุม รายละเอียดวัสดุ Shop Drawing และอื่นๆ เพื่อให้วิศวกรผู้ควบคุมงานและผู้ออกแบบอนุมัติ 7 วันก่อนทำเสาเข็มต้นแรก อย่างไรก็ตามผู้รับจ้างและวิศวกรผู้ควบคุมงานอาจจะร่วมกันพิจารณาทบทวนวิธีการดังกล่าวเพื่อปรับปรุงให้เหมาะสมกับสภาพจริง เพื่อให้คุณภาพเสาเข็มดีขึ้น และขออนุมัติต่อวิศวกรผู้ออกแบบ หลังจากดำเนินการก่อสร้างเสาเข็มต้นแรกแล้ว ผู้รับจ้างต้องนำเสนอเหตุผลในการเสนอเปลี่ยนแปลงนี้

4.1.1.3.2 วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง

(1) ปลอกเหล็กเพื่อป้องกันดินข้างหลุมพังทลาย

- เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (เฉลี่ยจากการวัด 3 ครั้ง ซึ่งทำมุมระหว่างกัน 120 องศา) ของปลอกเหล็ก ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดในแบบ
- ก่อนดำเนินการก่อสร้างผู้รับจ้างต้องเสนอความยาวของเหล็กปลอกที่ใช้เพื่อขออนุมัติต่อวิศวกรผู้ควบคุมงานและผู้ออกแบบ
- กรณีการต่อปลอกเหล็ก ต้องเรียบร้อยและแน่นหนา และได้แนวตรงตลอดความยาวของเหล็กปลอก
- ความหนาของเหล็กปลอกต้องเพียงพอสำหรับการขนส่งและการทำงาน โดยผู้รับจ้างต้องเสนอขออนุมัติคุณสมบัติของเหล็กปลอกก่อนนำมาใช้งาน
- ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบต่อการป้องกันการพังทลายของดินบริเวณที่ขุดทั้งก่อนที่จะเทคอนกรีต จนกระทั่งคอนกรีตแข็งตัว

- กรณีที่ดินข้างในปลอกเหล็กเกิดการพังทลายบางส่วนหรือทั้งหมด ในระหว่างการขุดหรือภายหลังการขุดแล้วเสร็จ ผู้รับจ้างต้องแจ้งให้วิศวกรผู้ควบคุมงานทราบทันที พร้อมเสนอแนวทางแก้ไข และวิธีในการซ่อมแซมแก้ไขต้องปฏิบัติตามข้อแนะนำหรือคำสั่งของวิศวกรผู้ควบคุมงาน ค่าใช้จ่ายใดๆอันเกิดจากผลดังกล่าว ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบเอง ไม่สามารถเรียกร้องจากผู้ว่าจ้างได้ นอกจากนี้ ผู้รับจ้างต้องเสนอรายงาน บันทึกรายละเอียดของการพังทลายและวิธีการแก้ไข ถึงวิศวกรผู้ออกแบบด้วย

(2) คอนกรีตที่ใช้ในงานเสาเข็มเจาะ

- ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 หรือเป็นไปตามแบบกำหนด
- กำลังอัดของแท่งคอนกรีตลูกบาศก์ขนาด 15x15x15 ซม. จะต้องไม่น้อยกว่า 30 MPa. (หรือประมาณ 300 กก./ตร.ซม.) เมื่ออายุ 28 วัน ตามมาตรฐาน ASTM C39
- ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ในคอนกรีต 1 ลูกบาศก์เมตร ต้องไม่น้อยกว่า 375 กิโลกรัม
- ค่ายุบตัว(Slump) ของคอนกรีตอยู่ระหว่าง 17.5-22.5 ซม.
- ขนาดหินใหญ่สุดไม่เกิน 25 มม.
- สารผสมเพิ่ม(Admixture)คอนกรีต เพื่อให้คอนกรีตแข็งตัวช้า จะต้องเสนอ ชนิด ปริมาณ เวลาแข็งตัวและผลการทดลองต่างๆที่จำเป็น เพื่อพิจารณาอนุมัติภายในระยะเวลาไม่น้อยกว่า 7 วันก่อนใช้งาน และหากเป็นวัสดุที่ไม่เคยใช้และไม่มีข้อมูลที่เพียงพอต้องทดลองทำแท่งตัวอย่างอย่างน้อยจำนวน 3 ชุดชุดละ 3 ตัวอย่างและทดสอบกำลังรับแรงอัด ไม่น้อยว่า 14 วันก่อนใช้งาน
- คอนกรีตที่ใช้ในงานเสาเข็มเจาะจะต้องมีเวลาก่อตัวขั้นแรก (Initial Setting Time) ไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมงและต้องเหมาะสมกับระยะเวลาการเทคอนกรีต
- ผู้รับจ้างต้องเสนอ Mixed Design ของคอนกรีตให้วิศวกรผู้ควบคุมงานพิจารณาอนุมัติอย่างน้อย 7 วันก่อนเริ่มงาน อาจเปลี่ยนแปลง Mixed Design ให้เหมาะสมในระหว่างการก่อสร้าง แต่ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบคุณภาพและคุณสมบัติ

- การเก็บตัวอย่างแท่งคอนกรีตลูกบาศก์ขนาด 15x15x15 ซม. เสาเข็ม 1 ต้นเก็บตัวอย่างไม่น้อยกว่า 3 ชุดชุดละ 3 ตัวอย่าง และวิศวกรผู้ควบคุมงานอาจต้องการให้เก็บมากกว่า 3 ชุดได้ เมื่อเห็นสมควร โดยผู้รับจ้างรับผิดชอบในการเก็บตัวอย่าง และนำส่งห้องปฏิบัติการที่เชื่อถือได้เพื่อทำการทดสอบ
- การเทเสาเข็มคอนกรีตแต่ละต้น ต้องเทต่อเนื่องโดยจะหยุดชะงักนานเกินควรไม่ได้ กรณีที่หยุดนานเกินควร วิศวกรผู้ควบคุมงานมีความเห็นว่าเสาเข็มต้นนั้นเป็นเสาเข็มชำรุด ผู้รับจ้างต้องนำเสนอวิธีการแก้ไขและรับผิดชอบต่อค่าใช้จ่ายทั้งหมด

(3) เหล็กเสริมรับแรง

- เหล็กข้ออ้อยทุกขนาดใช้ SD 40 ตามมาตรฐาน มอก.24 หรือตามที่ระบุไว้ในแบบ
- เหล็กกลมทุกขนาดใช้ SR 24 ตามมาตรฐาน มอก.20 หรือตามที่ระบุไว้ในแบบ
- รอยเชื่อมเหล็กและวิธีการต่อเหล็ก ต้องเสนอให้วิศวกรผู้ควบคุมงานตรวจพิจารณาและอนุมัติ
- ข้อกำหนดต่างๆให้ถือตามมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กฉบับที่ 1007-34 ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
- ขณะหล่อคอนกรีต ผู้รับจ้างต้องป้องกันและระวังอย่าให้เหล็กเสริมเคลื่อนตัวผิดตำแหน่ง
- ระยะหุ้มผิวนอกสุดของเหล็ก (Concrete Covering) จะต้องไม่น้อยกว่า 7.5 เซนติเมตร
- ระยะเรียงถึงผิวของเหล็กยืนจะต้องไม่น้อยกว่า 3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็ก หรือ 3 เท่าของขนาดหินใหญ่สุด
- เหล็กเสริมยืนและเหล็กปลอก ให้เป็นไปตามแบบกำหนด
- การเสริมเหล็กยืน ต้องให้ปลายของเหล็กอยู่ที่ระดับสูงกว่า Pile Cut-off ไม่น้อยกว่า 40 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริม หรือเป็นไปตามแบบกำหนด
- ระยะต่อทาบเหล็กต้องไม่น้อยกว่า 40 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริม และต้องผูกยึดเชื่อมแน่นติดกัน

(4) ของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะ (Support Fluid)

- ต้องเสนอชนิดวัสดุและรายละเอียดต่างๆที่เกี่ยวกับของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะเพื่อให้วิศวกรพิจารณาและอนุมัติก่อนนำมาใช้งาน
- ตารางที่ 4.1 แสดงการทดสอบคุณสมบัติของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะ
- ในระหว่างการก่อสร้างจะต้องรักษาระดับของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะที่อยู่ในปลอกเหล็กกันดินพังหรือในหลุมเจาะที่มีเสถียรภาพให้สูงกว่าระดับน้ำใต้ดินไม่น้อยกว่า 2 เมตร ตลอดเวลาการก่อสร้างเสาเข็มเจาะต้นนั้น (เว้นแต่จะระบุเป็นอย่างอื่นในข้อกำหนดเฉพาะงาน) ในขณะทำการเจาะต้องเติมอยู่เสมอ เพื่อรักษาระดับของเหลวในหลุมเจาะให้คงที่

ตารางที่ 4.1 การทดสอบคุณสมบัติของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะ

คุณสมบัติที่ต้องทดสอบ	**วิธีการและเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ**	**API RP 13 Section**	**ทดสอบคุณสมบัติที่อุณหภูมิ 20 °c**	
			เมื่อเติมลงในหลุมเจาะ	ตัวอย่างเก็บจากก้นหลุมเจาะก่อนเทคอนกรีต
Density for Bentonite for Polymer	Mud Balance	1	 Maximum 1.10 g/ml Maximum 1.02 g/ml	 Maximum 1.15 g/ml Maximum 1.02 g/ml
Fluid Loss (30 minute test) for Bentonite and Polymer	Low Temperature Test	3	Maximum 30 ml	Maximum 40 ml
Viscosity for Bentonite for Polymer	Marsh Cone Test	2	 30 – 45 second 40 – 90* second	 30 – 55 second 40 – 90* second
Shear Strength (10 minute gel) for Bentonite only	Fan Viscosmeter	2	4 – 40 N/m^2	4 – 40 N/m^2
Sand Content for Bentonite for Polymer	Sand Screen	4	 Maximum 3% Maximum 1%	 Maximum 3% Maximum 1%
pH, during excavation for Bentonite for Polymer	Electric pH Meter or Lismas Paper		 9.5 – 10.8 8.0 – 10.0	 9.5 – 11.7 8.0 – 11.0

* or as recommended by manufacturer and approved by Geotechnical Engineer.

(5) ท่อเทคอนกรีต (Tremie Pipe)

- ท่อเทที่นำมาใช้ ต้องส่งรายละเอียด เช่น ขนาดท่อ วิธีต่อท่อ วิธีป้องกันไม่ให้น้ำเข้าไปในท่อ ความยาวของท่อแต่ละช่วง เสนอต่อวิศวกรผู้ควบคุมงานพิจารณาอนุมัติก่อนนำมาใช้งาน
- ท่อเททุกท่อน ต้องมีหมายเลขกำกับ เพื่อความสะดวกในการตรวจสอบความยาวและการตัดต่อท่อ และการชักท่อขึ้นจากคอนกรีต
- ท่อเททุกท่อน ต้องแข็งแรง ป้องกันน้ำได้ และรอยต่อต้องอยู่ในสภาพดี สามารถถอดหรือต่อได้โดยสะดวกขณะทำการเทคอนกรีต
- วิศวกรผู้ควบคุมงานมีสิทธิเปลี่ยนท่อเทได้ เมื่อมีความเห็นว่าใช้การไม่ได้
- ผู้รับจ้างต้องจัดให้มีท่อเทสำรองไว้ พร้อมที่จะนำมาใช้ได้ทันทีเมื่อจำเป็น
- ขณะเทคอนกรีต ปลายท่อเทต้องจมอยู่ในเนื้อคอนกรีตไม่น้อยกว่า 3.0 เมตร เพื่อป้องกันมิให้ของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะแทรกเข้าไปในเนื้อคอนกรีต (ในทางปฏิบัติพบว่า ระยะฝังปลายของปลายท่อเทให้จมอยู่ในคอนกรีตประมาณ 2 เมตร เป็นความยาวที่เพียงพอที่จะป้องกันไม่ให้คอนกรีตที่เทลงไปเกิดการผสมกับของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะ)
- การใช้ Plug กั้นคอนกรีตเพื่อไล่ของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะออกจากท่อเท ต้องเสนอวัสดุและวิธีการให้วิศวกรผู้ควบคุมงานพิจารณาอนุมัติก่อนใช้งาน

4.1.1.3.3 ค่าผิดพลาดที่ยอมให้ของเสาเข็มเจาะ

(1) ค่าผิดพลาดในแนวดิ่งจะต้องไม่เกิน 1: 100 ของความลึกเสาเข็ม

(2) ระยะมากที่สุดที่ยอมให้เสาเข็มผิดตำแหน่งจากที่กำหนดไว้ในแบบต้องไม่เกิน 7.5 เซนติเมตร โดยวัดขนานกับแกน Co-Ordinate ทั้งสองแกน โดยวัดที่ระดับตัดหัวเสาเข็ม (Pile Cut-Off)

4.1.1.3.4 เสาเข็มเจาะชำรุด

เสาเข็มเจาะจะถือว่าชำรุดเมื่อ

(1) กำลังอัดของคอนกรีตแท่งตัวอย่าง ต่ำกว่าที่ระบุไว้ในแบบหรือข้อกำหนด

(2) ความยาวของเสาเข็มเจาะไม่ได้ตามที่ระบุไว้ในแบบ หรือตามที่วิศวกรผู้ออกแบบ หรือตามที่วิศวกรผู้ควบคุมงานกำหนด

(3) การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม ไม่ได้ตามที่แบบกำหนด

(4) จากการทดสอบหรือการสังเกตของวิศวกรผู้ควบคุมงาน มีความเห็นว่า เสาเข็มมีสภาพที่ไม่สามารถรับน้ำหนักได้ตามที่แบบกำหนด หรือวิศวกรผู้ออกแบบมีความเห็นว่า เสาเข็มชำรุด เนื่องจาก วิธีการเจาะ การเทคอนกรีต ไม่ถูกต้อง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่าที่แบบกำหนด หรือมีสิ่งแปลกปลอมแทรกอยู่ภายในเนื้อคอนกรีต เช่น ดิน ของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะ หรือลักษณะของคอนกรีตมีการแยกตัว

4.1.1.3.5 การแก้ไข ซ่อมแซม เสาเข็มเจาะชำรุด

วิธีการแก้ไขหรือซ่อมแซมเสาเข็มเจาะชำรุด วิศวกรผู้ออกแบบจะเป็นผู้กำหนดหลักเกณฑ์ โดยผู้รับจ้างเป็นผู้รับผิดชอบ ทำรายงาน แบบแก้ไขในสนาม (Shop Drawings) รายการคำนวณ พร้อมลงนามโดยวิศวกรหรือผู้รับจ้างนำเสนอวิธีการแก้ไข ซ่อมแซม ให้ทางวิศวกรผู้ออกแบบพิจารณาอนุมัติ โดยผู้รับจ้างเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมทั้งหมด

4.1.1.3.6 รายงานการก่อสร้างเสาเข็มเจาะ

ผู้รับจ้างต้องทำรายงานการก่อสร้างเสาเข็มเจาะ นำส่งให้วิศวกรผู้ควบคุมงาน ภายใน 24 ชั่วโมง นับหลังจากเทคอนกรีตแล้วเสร็จ ข้อมูลในรายงานประกอบด้วย

(1) วันที่และเวลา ที่เริ่มติดตั้งปลอกเหล็ก เริ่มเจาะดิน และเทคอนกรีต

(2) หมายเลขกำกับตำแหน่งของเสาเข็ม

(3) ระดับดินเดิม และปากปลอกเหล็ก

(4) ระดับหัวเสาเข็ม และตัดเสาเข็ม (Pile Cut-off)

(5) ระดับปลายเสาเข็ม (Pile Tip, Pile Toe)

(6) ระดับชั้นดินแน่น ทราย หรือหิน

(7) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลุมเจาะ

(8) ตำแหน่ง และค่าความคลาดเคลื่อนจากที่กำหนดในแบบ

(9) ความยาวของปลอกเหล็ก

(10) รายละเอียดของชั้นดินที่เจาะลงไป

(11) ผลการตรวจสอบคุณสมบัติของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะ

(12) ปริมาณคอนกรีตที่ใช้เท พร้อมกราฟเปรียบเทียบกับความลึก

(13) เวลาเริ่ม และเวลาแล้วเสร็จของการเจาะ การใส่โครงเหล็กและการเทคอนกรีต

(14) รายละเอียดของอุปสรรคและสาเหตุความล่าช้าที่เกิดขึ้น

(15) รายละเอียดความผิดปกติที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน

(16) ข้อมูลอื่นๆที่วิศวกรผู้ควบคุมงานต้องการ

รายงานนี้ต้องมีวิศวกรตัวแทนผู้รับจ้างและผู้ควบคุมงานลงนามรับรองทั้งสองฝ่าย

4.1.1.3.7 ระยะช่วงเวลาห่างในการก่อสร้างเสาเข็มเจาะต้นถัดไป หรือใกล้เคียง

ระยะช่วงเวลาห่างในการก่อสร้างเสาเข็มต้นถัดไปหรือใกล้เคียง ต้องไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง โดยอาศัยผลจากการทดสอบกำลังอัดแท่งคอนกรีตตัวอย่างประกอบการพิจารณา หรือระยะห่างระหว่างเสาเข็มที่จะก่อสร้างกับเสาเข็มข้างเคียงทุกต้น ต้องไม่น้อยกว่า 6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม

4.1.1.3.8 หลุมเจาะของงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ

(1) ก้นหลุมเจาะต้องสะอาด แน่นและปราศจากวัสดุที่ไม่เหมาะสม หรือตะกอนในปริมาณมากเกินสมควร หรือวัสดุที่ทำให้อ่อนตัวจนมีกำลังต่ำกว่าค่าของตัวอย่าง ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ในการคำนวณหาความลึกของก้นหลุมเจาะ และก้นหลุมเจาะต้องได้ระดับ

(2) ต้องทำความสะอาดก้นหลุมเจาะด้วยวิธีที่แบบกำหนด หรือวิศวกรผู้ควบคุมงานแนะนำ หรือที่ผู้รับจ้างเสนอขออนุมัติต่อวิศวกรผู้ออกแบบ ซึ่งวิศวกรผู้ควบคุมงานได้อนุมัติแล้ว และก่อนทำการเทคอนกรีตต้องได้รับการตรวจสอบและเห็นชอบจากวิศวกรผู้ควบคุมงานก่อน

(3) ผู้รับจ้างต้องจัดหาอุปกรณ์เกี่ยวกับความปลอดภัย ตลอดจนอุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่างๆ เพื่อให้ตัวแทนผู้ว่าจ้าง วิศวกรผู้ออกแบบและวิศวกรผู้ควบคุมงาน สามารถเข้าไปตรวจงานได้อย่างปลอดภัย

(4) หลังจากเจาะจนถึงระดับที่ต้องการแล้ว วิศวกรผู้ควบคุมงานและผู้รับจ้าง ต้องร่วมกันวัดความลึกตามแนวดิ่งของหลุมเจาะ โดยใช้ลูกดิ่งหรือวิธีการอื่นใดที่วิศวกรผู้ควบคุมงานเห็นชอบ และค่าใช้จ่ายเป็นความรับผิดชอบของผู้รับจ้างทั้งสิ้น

(5) ขณะเทคอนกรีต วิศวกรผู้ควบคุมงานและผู้รับจ้าง ต้องร่วมกันตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของหลุมเจาะ โดยใช้วิธีคำนวณปริมาตรของคอนกรีตที่เทลงไปกับความลึกของคอนกรีตที่ได้ หรือโดยวิธีอื่นใดที่วิศวกรผู้ควบคุมงานเห็นชอบ

4.1.1.3.9 วิธีการก่อสร้าง

กรณีที่ผู้รับจ้างเป็นผู้เสนอวิธีการทำเสาเข็มเจาะ วิธีที่ผู้รับจ้างเสนอมาบางขั้นตอน วิศวกรผู้ออกแบบหรือวิศวกรผู้ควบคุมงาน มีสิทธิ์สั่งให้แก้ไขหรือเพิ่มเติมเพื่อให้ได้งานที่สมบูรณ์เรียบร้อยและถูกต้อง โดยผู้รับจ้างไม่มีสิทธิ์เรียกร้องค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมจากการแก้ไขนี้ หลักเกณฑ์ในการพิจารณาและอนุมัติวิธีการก่อสร้างเสาเข็มเจาะ คือวิธีการก่อสร้างต้องไม่ทำให้เสาเข็มเสียกำลังเนื่องจากคอนกรีตสกปรก หรือจากการลดหน้าตัดของเสาเข็ม หรือปูนซีเมนต์ถูกล้างออกไปหรือจากการชำรุดเสียหายขณะถอนปลอกเหล็กออก หรือเหตุการณ์อื่นๆ รวมทั้งผลกระทบจากการก่อสร้างเสาเข็มข้างเคียงด้วย ถึงแม้ว่าผู้รับจ้างจะทำงานตามขั้นตอนที่เสนอมา หรือตามขั้นตอนที่ได้รับการแก้ไขจากวิศวกรผู้ออกแบบ หรือวิศวกรผู้ควบคุมงานและผู้รับจ้างเห็นชอบด้วยแล้วก็ตาม ความรับผิดชอบและค่าเสียหายต่างๆ ในงานเสาเข็มยังคงเป็นของผู้รับจ้างเพียงผู้เดียวและค่าเสียหายต่างๆ ที่เกิดขึ้น ผู้รับจ้างเป็นผู้จ่ายเพียงผู้เดียว

วิธีการก่อสร้างเสาเข็มเจาะทั่วไปให้ถือปฏิบัติดังนี้

(1) การลงปลอกเหล็กผู้รับจ้างจะต้องลงปลอกเหล็กตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ในแบบ และ ระหว่างลงปลอกเหล็กจะต้องตรวจสอบความดิ่งโดยใช้กล้องแนว ลูกดิ่ง หรือระดับน้ำ โดยให้ถือค่าผิดพลาดที่ยอมให้เป็นเกณฑ์

(2) หลังจากกดปลอกเหล็กอยู่ในตำแหน่งเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการเจาะดินภายในปลอกเหล็กออกโดยใช้เครื่องเจาะซึ่งติดตั้งบนรถเครน หัวเจาะอาจใช้ Flight Auger หรือ Bucket Type ตามสภาพความเหมาะสม ช่วงบนของเสาเข็มผู้รับจ้างอาจทำการเจาะแบบ Dry Process ได้แต่การเจาะโดยวิธี Dry Process นี้ภาคกลางไม่ควรเจาะ

เกินระดับ 21.00 - 22.00 หรือพ้นชั้น Stiff Clay เพราะจะมีน้ำทะลักเข้ามา เมื่อเจาะถึงขั้นนี้แล้วจะต้องทำการเติมของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะ และเมื่อเจาะได้ความลึกเพิ่มขึ้นให้เติมของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะเพิ่มขึ้นตามความลึกจนได้ระดับที่กำหนดตามแบบก่อนที่จะชักก้านเจาะ (Kelly Bar) ขึ้น จากนั้นให้ทำความสะอาดก้นหลุม (Cleaning) ด้วย Cleanout Bucket อีกครั้งหนึ่งทั้งนี้ Bucket จะต้องเป็นแบบ One-Way Flap Gate

(3) หลังจากจะชักก้านเจาะ (Kelly Bar) ขึ้นแล้ว ให้ผู้รับจ้างทำการตรวจสอบหลุมเจาะซึ่งมีของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะอยู่เต็มอีกครั้งหนึ่งด้วยลูกดิ่ง เพื่อหาความลึกที่แน่นอน และตรวจสอบการพังทลายของรูเจาะโดยใช้เครื่องมือ หรือวิธีการใดๆที่เหมาะสม การตรวจสอบให้ตรวจสอบไม่น้อยกว่า 4 จุด หากผลการตรวจสอบพบว่ามีการพังทลายของหลุมเจาะ ผู้รับจ้างต้องทำความสะอาดอีกครั้งหนึ่งด้วย Bucket จนแน่ใจว่าก้นหลุมสะอาดและได้ระดับ กรณีที่มีตะกอนเกินกว่าที่ยอมรับได้ ผู้รับจ้างต้องขจัดตะกอนด้วยวิธีที่เหมาะสม ความหนาของตะกอนที่ยอมให้ได้ วิศวกรผู้ออกแบบหรือวิศวกรผู้ควบคุมงานจะกำหนดให้เป็นกรณีไปตามแต่ชนิดของตะกอน

(4) หลังจากตรวจสอบหลุมเจาะเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการหย่อนโครงเหล็กเสริมตัวเสาเข็มตามแบบ และลง Tremie Pipe สำหรับเทคอนกรีต ระหว่างลง Tremie Pipe ให้วัดความยาวเพื่อตรวจสอบความลึกของหลุมเจาะ เมื่อลงท่อแล้วเสร็จให้ตรวจสอบด้านข้างของหลุมเจาะด้วยลูกดิ่งอย่างน้อย 4 จุด หรืออาจใช้วิธีเลื่อนท่อไปรอบๆหลุมเจาะ ส่วนจะใช้วิธีการใดๆขึ้นอยู่กับสภาพความเหมาะสมในระหว่างการทำงาน และการลงโครงเหล็ก หากเกิดการพังทลายต้องดึงโครงเหล็กขึ้นและทำความสะอาด และลงโครงเหล็กใหม่และทำการตรวจสอบอีกครั้งหนึ่ง

(5) เมื่อทำการตรวจสอบก้นหลุมเจาะแล้ว จึงทำการเทคอนกรีตผ่าน Tremie Pipe ซึ่งมี Plug อยู่ในท่อลอยอยู่เหนือของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะ (Plug อาจใช้ลูกบอลยาง โฟม หรือสารชนิดอื่นใด ที่วิศวกรผู้ควบคุมงานเห็นชอบก่อนนำมาใช้งาน) คอนกรีตเมื่อเทเข้าไปในท่อ จะดัน Plug และของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะออกทางปลายท่อซึ่งจะดันตะกอนก้นหลุมเจาะให้ลอยขึ้นและ

คอนกรีตจะตกลงสู่ก้นหลุมแทนที่ และต้องรักษาให้ปลายท่อฝังอยู่ภายในคอนกรีตตลอดเวลา เมื่อเทคอนกรีตเพิ่มขึ้นจะทำการตัดท่อให้สั้นลง สัมพันธ์กับปริมาตรคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น โดยปลายท่อต้องฝังอยู่ในเนื้อคอนกรีตอย่างน้อย 3 เมตร ตลอดเวลาการเทคอนกรีตจนกระทั่งแล้วเสร็จ และในการเทคอนกรีตเสาเข็มแต่ละต้นต้องเทอย่างต่อเนื่องจนแล้วเสร็จ

(6) ก่อนลงมือเทคอนกรีตเสาเข็มแต่ละต้น ผู้รับจ้างต้องทำการคำนวณปริมาณคอนกรีตสำหรับเสาเข็มแต่ละขนาดและเขียนออกมาเป็นกราฟ หรือตารางเปรียบเทียบความสูงของคอนกรีตที่เทลงไปในรูเจาะกับปริมาณที่คำนวณได้ เสนอวิศวกรผู้ควบคุมงานก่อน และในระหว่างการเทคอนกรีตจะต้องตรวจสอบปริมาตรคอนกรีตที่เทลงไปจริง และวัดความสูงของคอนกรีตในรูเจาะเป็นระยะๆ เพื่อนำมาเขียนกราฟ หรือตารางเปรียบเทียบที่คำนวณไว้และจากการตรวจสอบนี้จะทำให้สามารถคำนวณเส้นผ่านศูนย์กลางจริงของเสาเข็มได้เป็นระยะๆ การวัดตรวจสอบดังกล่าวนี้จะวัดตรวจสอบกี่ครั้งในเสาเข็มแต่ละต้นแต่ละขนาดให้ผู้รับจ้างหารือกับวิศวกรผู้ควบคุมงานในระหว่างทำงานตามสภาพความเหมาะสม

(7) ระหว่างที่เทคอนกรีตลงในหลุมเจาะ ของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะในหลุมจะล้นออกมา ผู้รับจ้างจะต้องทำการสูบนำไปทำความสะอาดตามกรรมวิธีที่เหมาะสมถูกต้องตามหลักวิชาการ ซึ่งวิศวกรผู้ควบคุมงานเห็นชอบ แล้วจึงนำไปเก็บไว้ในที่เก็บรอทำการตรวจสอบคุณสมบัติก่อนที่จะนำไปใช้กับเสาเข็มต้นอื่นๆ

(8) เมื่อเทคอนกรีตจนได้ระดับที่ต้องการแล้ว จึงทำการถอนปลอกเหล็กขึ้น เสาเข็มที่เจาะใหม่จะต้องห่างจากต้นที่เพิ่งทำเสร็จแล้วอย่างน้อย 6 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเสาเข็มต้นที่ใหญ่กว่า หากเว้นระยะน้อยกว่านั้น จะต้องทิ้งระยะเวลาให้ห่างกันไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง

(9) ระหว่างทำงานหากผู้รับจ้างเห็นว่าควรจะมีการเปลี่ยนแปลง หรือเพิ่มเติมวิธีการใดๆ เพื่อให้งานมีคุณภาพดีขึ้น ผู้รับจ้างจะต้องเสนอต่อวิศวกรผู้ออกแบบ หรือวิศวกรผู้ควบคุมงานเพื่อเห็นชอบก่อนทุกครั้ง

(10) กรณีที่ผู้รับจ้างเจาะเสาเข็มจนถึงระดับที่ต้องการแล้ว ผู้รับจ้างจะต้องเทคอนกรีตต้นนั้นๆให้เสร็จสิ้นภายในวันนั้นๆ จะทิ้งไว้ข้าม

วันไม่ได้เป็นอันขาด ผู้รับจ้างจะสามารถทิ้งเสาเข็มที่เจาะไว้ข้ามวันไว้ได้ในกรณีเดียว คือยังเจาะไม่ถึงระดับและสามารถพิสูจน์ได้ว่ารูเจาะที่เจาะค้างไว้ไม่เกิดการพังทลาย

(11) ถ้าพบสิ่งกีดขวางในขณะทำเสาเข็มเจาะ เช่น ฐานรากเดิมหรือเสาเข็มเดิม ผู้รับจ้างต้องแจ้งให้วิศวกรผู้ควบคุมงานทราบทันที และร่วมปรึกษาวิธีการแก้ไขปัญหาต่างๆ

(12) การทดสอบการบรรทุกน้ำหนักของเสาเข็ม ผู้รับจ้างทำเสาเข็มต้องดำเนินการทดสอบขนาดเสาเข็มและความลึกตามกำหนดในแบบก่อสร้างอย่างน้อยจำนวน 1 ต้น ณ สถานที่ก่อสร้าง ตามตำแหน่งที่ได้รับอนุมัติจากวิศวกรผู้ออกแบบพร้อมทั้งส่งรายงานผลการทดลองเสาเข็มนั้นจำนวน 5 ชุด ต่อผู้ว่าจ้าง

ตารางที่ 4.2 ขนาดเสาเข็มเจาะ และความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยในเขตกรุงเทพฯ

ขนาดของเสา Pile Size (cm)	พื้นที่หน้าตัด Cross Section (cm^2)	เส้นรอบรูป Perimeter (cm)	ระดับความลึก Depth (m)	รับน้ำหนักปลอดภัย Safe Load (Ton)	หมายเหตุ
∅ 35	962	110	18 – 13	25 – 35	Dry Process
∅ 40	1,257	126	18 - 25	40 – 50	Dry Process
∅ 50	1,964	157	18 – 25	60 – 80	Dry Process
∅ 60	2,828	188	18 – 25	90 –120	Dry Process
∅ 0.80	5,028	251	40 – 44	325 – 385	Wet Process
∅ 1.20	11,314	377	44 – 46	450 – 480	Wet Process
∅ 1.50	17,678	471	45 – 48	600 – 640	Wet Process
∅ 2.00	31,428	628	55 – 61	1,600	Wet Process

<u>หมายเหตุ</u>

1) ความยาวของเสาเข็มเปลี่ยนแปลงได้ตามคุณสมบัติของชั้นดิน ค่าการรับน้ำหนักบรรทุกที่ต้องการ จะทำการเจาะสำรวจดิน Soil Investigation ก่อนที่จะลงมือทำเสาเข็มเจาะ
2) ระดับความลึกและความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยของเสาเข็มเจาะในตารางเป็นค่าโดยประมาณของพื้นที่กรุงเทพฯ และปริมณฑล

สำหรับคานยึด (Bracing) เสาตอม่อ (Column)และคานหัวเสานั้นต้องดำเนินการตรวจสอบ แนวตอม่อ ระยะช่วง (Span) และระยะห่างของเสาเข็มแต่ละต้นในฐานตอม่อ กรณีตำแหน่งเสามีความคลาดเคลื่อน ให้ผู้รับจ้างเสนอรายการคำนวณและแบบแก้ไขต่อผู้ควบคุมงาน และรายงานสำนักสำรวจและออกแบบเพื่อพิจารณา

4.1.2 คานยึด (Bracing)

4.1.2.1 ตรวจสอบตำแหน่งแนวก่อสร้าง ระยะช่วง (Span) ศูนย์กลางของฐานราก และศูนย์กลาง เสาตอม่อ

4.1.2.2 ตรวจสอบและกำหนดขนาดคานยึด และจำนวนเสาเข็มของแต่ละตับ

4.1.2.3 ถ้าเข็มที่ตอกหนีศูนย์ซึ่งจะต้องขยายขนาดความกว้างคานยึด เพื่อยึดเข็มที่หนีศูนย์ โดยเสาเข็มที่หนีศูนย์จะต้องหนีศูนย์ไม่เกิน 75 มม. ห้ามดำเนินการหล่อต่อเสาเข็มโดยวิธีการเบนแนวเสาต่อเข้าหาแนวคานยึด

4.1.2.4 ตรวจสอบและให้ระดับท้องฐานรากเพื่อที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดหัวเสาเข็มของฐานราก

4.1.2.5 ควบคุมการตัดคอนกรีตหัวเสาเข็ม โดยกำหนดขีดเส้นแนวให้ชัดเจนก่อนใช้ใบตัดคอนกรีตตัดให้รอบหัวเสาเข็ม ทำการทุบหัวเสาเข็มที่ตัดแล้วเสร็จ

4.1.2.6 ตรวจสอบการดำเนินการก่อสร้างนั่งร้าน ค้ำยัน และแบบหล่อ ที่จะใช้หล่อคอนกรีตต้องอยู่ในสภาพสมบูรณ์ มีปริมาณเพียงพอ และต้องใช้น้ำมันทาแบบที่ผ่านการเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานให้ใช้ได้ โดยต้องไม่มีผลกระทบกับคุณภาพของคอนกรีต ไม่ทำให้ผิวคอนกรีตเสียหาย และมีความสวยงามเมื่อถอดแบบก่อสร้าง

4.1.2.7 ตรวจสอบชนิด ขนาด จำนวน ตำแหน่ง ระยะ Covering ของเหล็กเสริม ให้เป็นไปตามแบบก่อสร้างกำหนด

4.1.2.8 การเชื่อม ต่อทาบ ดัดงอ และการผูกเหล็กเสริม ต้องเป็นไปตามหลักวิชาการ หรือตามที่แบบก่อสร้างกำหนดไว้

4.1.2.9 เหล็กเสริมต้องไม่มีสนิมขุม เปื้อนน้ำมัน คราบโคลน หากมีให้ดำเนินแก้ไขก่อนนำไปใช้

4.1.2.10 ตรวจสอบการเข้าแบบหล่อคอนกรีต ให้ได้ขนาดและตำแหน่งตามแบบก่อสร้าง มีการยึดและค้ำยันที่แข็งแรงเพียงพอที่จะรับแรงจากการกระทำขณะเทคอนกรีต

4.1.2.11 ระดับหลัง ท้อง มุม ของคานยึด ต้องติดบัวลบเหลี่ยมขนาด 2.0 ซม.

4.1.2.12 ตรวจสอบความเรียบร้อย ก่อนดำเนินการเทคอนกรีต เช่น ความสะอาด การหนุนลูกปูน การอุดรอยต่อแบบหล่อ การจัดเตรียมการอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องจักร บุคลากร และจัดเตรียมบริเวณที่จะดำเนินการเทคอนกรีต รวมถึงการจัดการจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง

4.1.3 เสาตอม่อ (Column)

ดำเนินการตรวจสอบแนวตอม่อ ระยะช่วง (Span) ของตำแหน่งตอม่อทุกตับรวมถึงตรวจสอบขนาดระยะห่างของเสาแต่ละต้นในตอม่อ ให้ถูกต้องตามแบบก่อนและดำเนินขั้นตอนควบคุมตรวจสอบงานต่อไปนี้

4.1.3.1 เมื่อเทคอนกรีตคานยึดเรียบร้อย ก่อนดำเนินการหล่อเสา ต้องตรวจสอบแนวตอม่อ ระยะช่วง (Span) ระยะห่างของเสาแต่ละต้นให้ถูกต้องตามแบบ

4.1.3.2 เหล็กแกนเสา และเหล็กปลอกจะต้องไม่เป็นสนิม คราบโคลน น้ำมัน ถ้ามีจะต้องทำความสะอาดให้เรียบร้อยก่อนนำไปใช้งาน

4.1.3.3 การดัด งอ เหล็กเสริม ต้องเป็นไปตามแบบและข้อกำหนด ห้ามใช้ความร้อนในการดัดเหล็ก

4.1.3.4 ผิวแบบจะต้องเรียบปราศจากคราบสนิม คราบคอนกรีต ถ้ามี ต้องขัดออกแล้วล้างด้วยน้ำก่อนทาน้ำมันทาแบบ

4.1.3.5 ตรวจสอบตำแหน่งของแบบหล่อให้ได้ระยะ ดิ่งและแนวฉากตามแบบก่อสร้าง

4.1.3.6 ตรวจสอบความแข็งแรงของค้ำยัน ถ้าเป็นแบบเหล็กต้องขันน็อตให้แน่นทุกตัว

4.1.3.7 ตรวจสอบระยะหุ้มคอนกรีต (Covering) ให้ถูกต้อง

4.1.3.8 ติดบัวลบเหลี่ยมเสาทุกต้น

4.1.3.9 ตรวจสอบและให้ระดับการหยุดเทคอนกรีตเสาทุกต้น

4.1.3.10 เมื่อตรวจสอบระดับ ขนาด ดิ่ง ฉาก ความสะอาด ระยะ Covering ระยะเหล็กเสริม เรียบร้อยถูกต้องตามแบบและข้อกำหนดแล้ว จึงอนุญาตให้เทคอนกรีตต่อไป

4.2 โครงสร้างส่วนบน (Superstructures)

การควบคุมงานก่อสร้างโครงสร้างส่วนบน ได้แก่ แผ่นยางรองรับพื้นสะพาน คานคอนกรีตอัดแรง คานหัวเสา พื้นสะพาน(ทั้งหล่อในที่และหล่อจากโรงงาน) รวมไปถึงทางเท้า ขอบทาง และราวสะพาน ต้องดำเนินการตรวจสอบระดับและตำแหน่งของระบบระบายน้ำบนพื้นสะพานและใต้สะพานให้เป็นไปตามแบบและต้องเหมาะสมกับสภาพในแต่ละพื้นที่

4.2.1 แผ่นยางรองรับพื้นสะพาน (Bearing Pad)

แผ่นยางรองรับพื้นสะพานนั้นเป็นส่วนสำคัญที่จะรองรับการถ่ายน้ำหนักทั้งหมดจากโครงสร้างส่วนบนของสะพานรวมถึงน้ำหนักจรในการใช้งานจริงด้วย ดังนั้นผู้ควบคุมงานจะต้องดำเนินการตรวจสอบควบคุมการติดตั้งให้ถูกต้อง เพื่อผลในการใช้งานที่มีประสิทธิภาพดังนี้

4.2.1.1 ตรวจสอบคุณสมบัติและขนาดมิติต่างๆ ของแผ่นยางให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในแบบ หรือตามที่ผู้รับจ้างได้ออกแบบตามมาตรฐาน BS, ASTM หรือมาตรฐาน

AASHTO ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด และต้องได้รับความเห็นชอบจากสำนักสำรวจและออกแบบ

4.2.1.2 ทดลองตัวอย่างจากแหล่งผลิต (General Test) โดยให้ผู้รับจ้างส่งแผ่นตัวอย่างจำนวน 1 ตัวอย่าง ของแผ่นยางแต่ละชนิด เพื่อทดสอบคุณสมบัติก่อนการผลิตใช้งานจริง

4.2.1.3 ทดลองตัวอย่างจากแผ่นยางที่ผลิตแล้ว (Control Test) โดยให้ผู้รับจ้างส่งแผ่นตัวอย่างจำนวนร้อยละ 1 หรืออย่างน้อย 3 แผ่น จากจำนวนที่ผลิต

4.2.1.4 การทดสอบเพื่อการใช้งาน (Quick Production Test) โดยผู้ควบคุมงานต้องควบคุมการทดสอบแผ่นยางที่จะนำมาใช้งานทุกแผ่น โดยต้องให้ผลใช้ได้ตามข้อกำหนด

4.2.1.5 โรงงานผู้ผลิตระบุ Code แทนชื่อสายทางหรือโครงการฯ และเรียงลำดับหมายเลขการผลิตบนแผ่นยางที่ผลิตทุกแผ่น

4.2.1.6 เมื่อนำมาใช้งาน ต้องตรวจสอบตำแหน่งการติดตั้ง ระดับ ให้ถูกต้องตามแบบ โดยการปรับระดับที่เต้ารับ ซึ่งใช้วัสดุ Non-Shrink Mortar ก่อนที่จะวางติดตั้ง

4.2.2 คานคอนกรีตอัดแรง (Prestressed Concrete Girder)

งานก่อสร้างสะพานในปัจจุบันใช้คอนกรีตอัดแรงในการก่อสร้างชิ้นส่วนต่างๆมากขึ้น เช่น เสาเข็ม ตอม่อ คาน เป็นต้น จำเป็นต้องใช้ความรู้ด้านคอนกรีตอัดแรงในการปฏิบัติเพื่อให้ผลงานก่อสร้างเป็นไปตามที่ออกแบบไว้

งานคอนกรีตอัดแรง คือ กรรมวิธีการผลิตและออกแบบโครงสร้างคอนกรีตชนิดหนึ่งที่อาศัยการอัดแรงเข้าไปในโครงสร้างคอนกรีต (Prestressing Force) เพื่อให้เกิดหน่วยแรง (Stress) ขึ้นในตัวโครงสร้างคอนกรีตและหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในตัวโครงสร้างคอนกรีตนี้ จะเป็นตัวไปต้านทานหน่วยแรงที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักของโครงสร้างคอนกรีตเอง และการบรรทุกน้ำหนักจรของโครงสร้างคอนกรีตอีกทีหนึ่ง โครงสร้างคอนกรีตอัดแรงจะรับน้ำหนักได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของแรงอัดที่อัดเข้าไปในโครงสร้างคอนกรีต โดยการใช้ลวดเหล็กแรงดึงสูงอัดแรงเข้าไปในคอนกรีต

<u>คานคอนกรีตอัดแรงแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ</u>

4.2.2.1 การอัดแรงแบบดึงลวดอัดแรงก่อน (Pre–Tensioned Method)

4.2.2.2 การอัดแรงแบบดึงลวดอัดแรงภายหลัง (Post–Tensioned Method)

<u>ขั้นตอนเตรียมการก่อสร้าง</u>

1) รายละเอียดรูปแบบของคานคอนกรีตอัดแรง เช่น ความยาวคาน ลักษณะปลายคานเป็นแบบ Half Joint หรือ Full Joint
2) รายละเอียดของการอัดแรงเป็นแบบดึงลวดอัดแรงก่อน (Pre-Tensioned) หรือแบบดึงลวดอัดแรงภายหลัง (Post-Tensioned)

3) รายละเอียดของชนิด ขนาด ประเภทและชั้นคุณภาพของลวดอัดแรงตามแบบกำหนด
4) คำนวณหาค่าการยืดตัว (Elongation) ของลวดอัดแรง จากแรงดึงตามแบบกำหนด

4.2.2.1 คานคอนกรีตอัดแรงแบบดึงลวดอัดแรงก่อน (Pre-Tensioned)

การอัดแรงแบบดึงลวดอัดแรงก่อนหมายถึงการดึงลวดอัดแรงก่อนเทคอนกรีต เป็นวิธีการอัดแรงที่ใช้กันแพร่หลาย เหมาะสำหรับการผลิตในโรงงานซึ่งมีการก่อสร้างฐานหล่อคอนกรีตถาวร (Bed) ที่มีความยาวมาก สามารถหล่อคานคอนกรีตได้จำนวนมากต่อการดึงลวดอัดแรงหนึ่งครั้ง ซึ่งปกติเป็นคานคอนกรีตที่มีความยาวตั้งแต่ 5.0 - 25.0 เมตร

<u>ขั้นตอนเตรียมการก่อสร้าง</u>

1) ตรวจสอบแบบรายละเอียดของคานคอนกรีต อัดแรง(Prestressed Concrete Girder)
2) ตรวจสอบแนวและระดับฐานหล่อ (Bed)
3) ตรวจสอบขนาด จำนวน ตำแหน่ง ระยะทาบ ระยะห่างของเหล็กเสริมและต้องสะอาดไม่เป็นสนิมขุม
4) ตรวจสอบชนิด ขนาด จำนวน ตำแหน่ง ความสะอาด ของลวดอัดแรง (Tendon) ให้เป็นไปตามแบบรายละเอียด
5) ตรวจสอบเครื่องมือและอุปกรณ์การดึงลวดอัดแรง ต้องมีเอกสารรับรองการทดลองปรับเทียบและมีระยะเวลาครอบคลุมระหว่างการปฏิบัติงาน
6) ตรวจสอบรายการคำนวณการดึงลวดอัดแรงและการยืดตัว Elongation ให้เป็นไปตามแบบกำหนด
7) ตรวจสอบอัตราส่วนผสมของคอนกรีต (Concrete Mixed Design) และทำการ ทดสอบกำลังรับ แรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง เป็นไปตามแบบกำหนด

<u>ขั้นตอนการหล่อคานคอนกรีต</u>

1) ตรวจสอบการร้อยลวดอัดแรง พร้อมใส่ท่อหุ้มลวดอัดแรง (Debond) ตามแบบ
2) ตรวจสอบการประกอบเหล็กเสริม และติดตั้งลูกปูนให้ได้ระยะ Covering ตามแบบ
3) ควบคุมการดึงลวดอัดแรงทุกเส้นให้ตึง (Pre-Load) ตรวจสอบรอยแตก ตำเหน่งท่อหุ้มของลวดอัดแรงตลอดแนว ทำเครื่องหมายไว้ จากนั้นดึงลวดอัดแรงตามค่าแรงดึงที่แบบกำหนด วัดระยะการยืดตัว ตามที่กำหนดไว้ จดบันทึกการดึงลวดอัดแรงทุกเส้น
4) ประกอบแบบหล่อที่ทาน้ำมันทาแบบ และยึดค้ำยันให้แข็งแรง กรณีคานไม่วางอยู่ในระดับให้ทำการปรับคานและจุดรองรับให้เหมาะสม
5) การเทคอนกรีตต้องได้รับอนุญาตจากนายช่างควบคุมงานก่อนทุกครั้ง
6) ขณะเทคอนกรีตต้องตรวจสอบแบบหล่อ ไม่ให้เกิดการเคลื่อนตัว

7) ตรวจสอบความข้นเหลวของคอนกรีต (Slump Test) ตามข้อกำหนด และเก็บแท่งคอนกรีตตัวอย่าง เพื่อการทดสอบความสามารถรับแรงอัด
8) ควบคุมการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ที่ทำให้คอนกรีตแน่นตัว (Vibrator) อย่างถูกวิธี
9) บันทึก วัน เดือน ปี หมายเลขลำดับการหล่อ ตำแหน่งติดตั้งของคานคอนกรีตอัดแรง เพื่อความสะดวก ถูกต้อง ในการกองเก็บ และขนส่งไปใช้งานขั้นตอนต่อไป
10) ก่อนการตัดลวดอัดแรง ต้องตรวจสอบผลการทดสอบความสามารถการรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง ให้ได้ค่าตามแบบกำหนด
11) ลดแรงดึงอย่างช้าๆ โดยคลายแม่แรงสำหรับลดแรงดึง จนกระทั่งแรงดึงลวดอัดแรงหมดไป จากนั้นจึงทำการตัดลวดอัดแรง
12) กรณีหล่อคานคอนกรีตอัดแรงในฐานหล่อมากกว่าหนึ่งคาน การตัดลวดอัดแรง ให้ตัดลวดระหว่างคานคอนกรีตแต่ละคาน ให้ตัดสลับเส้น เพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดจากการเคลื่อนตัวของคานคอนกรีตอัดแรง
13) การตัดลวดอัดแรงที่บริเวณปลายคาน ให้ใช้เครื่องตัดชนิดแผ่นไฟเบอร์ ห้ามใช้ความร้อนในการตัดลวดอัดแรง

4.2.2.2 การอัดแรงแบบดึงลวดอัดแรงภายหลัง (Post-Tensioned)

การอัดแรงแบบดึงลวดอัดแรงภายหลัง หมายถึง การเทคอนกรีตในแบบหล่อก่อนจนคอนกรีตมีกำลังสูงเพียงพอจึงทำการอัดแรง เหมาะสำหรับโครงสร้างขนาดใหญ่ที่มีช่วงความยาวคานมากกว่า 25.0 เมตร สำหรับคานแบบดึงลวดอัดแรงภายหลังนั้นส่วนมากจะมีขนาดใหญ่ การขนส่งค่อนข้างลำบาก จึงต้องทำการหล่อคานในสนามเป็นส่วนใหญ่ การควบคุมการหล่อคานมีดังนี้

<u>ขั้นตอนการหล่อคานคอนกรีต</u>

1) ศึกษาแบบรายละเอียดของคานคอนกรีตพร้อมทั้งตรวจระดับของท่อร้อยลวดเหล็กอัดแรงและเหล็กเสริมให้เป็นไปตามที่ผู้ออกแบบได้คำนวณไว้
2) ตรวจสอบการติดตั้งสมอยึด(Anchor) ลวดเหล็กอัดแรง ให้เป็นไปตามแบบและข้อกำหนด
3) ตรวจสอบ ตำแหน่ง ระดับ การติดตั้งท่อร้อยลวดเหล็กอัดแรง (Sheath) ให้เป็นไปตามแบบและข้อกำหนด
4) ท่อร้อยกลุ่มลวดเหล็กอัดแรงต้องมีพื้นที่หน้าตัดภายในไม่น้อยกว่า 2 เท่าของพื้นที่หน้าตัดสุทธิของกลุ่มลวดเหล็กอัดแรง
5) ตรวจสอบรอยต่อของท่อร้อยลวดอัดแรงและข้อต่อสำหรับตรวจสอบการอัดน้ำปูน ต้องไม่มีรอยรั่วและแข็งแรงดีพอ

6) ตรวจสอบและควบคุมการใช้หัวสั่นสะเทือนในการเทคอนกรีต ไม่ให้กระทบกับท่อร้อยลวดเหล็กอัดแรงเสียหายเกิดรอยรั่วได้
7) ตรวจสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีต ให้เป็นไปตามข้อกำหนดก่อนที่ทำการดึงลวดเหล็กอัดแรง
8) ควบคุมการดึงลวดเหล็กอัดแรงต้องทำการดึงลวดที่ปลายคานคอนกรีตทั้งสองด้านเป็นไปตามค่าแรงดึงตามแบบกำหนด
9) ตรวจสอบการอัดน้ำปูน (Grouting) ต้องเป็นตามหลักเกณฑ์
10) ทำความสะอาดภายในท่อร้อยลวดเหล็กอัดแรง โดยการอัดน้ำและอัดลมเพื่อตรวจสอบว่ามีรอยรั่วและข้อต่อระบายน้ำปูน
11) น้ำปูนต้องผสมในเครื่องผสมที่ทำงานและกวนส่วนผสมได้อย่างต่อเนื่อง
12) อัตราส่วนผสมน้ำปูนเท่ากับปูนซีเมนต์ 50 กก. ต่อน้ำ 17 ลิตร
13) ตรวจสอบความข้นเหลว (Viscosity) ต้องไม่เกิน 13 วินาที โดยใช้กรวยวัดมาตรฐาน
14) อุณหภูมิของน้ำปูนขณะที่กำลังอัดน้ำปูนต้องไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส
15) เครื่องอัดน้ำปูนต้องมีกำลังแรงดึงไม่น้อยกว่า 5 Bar.
16) ต้องใช้สารผสมเพิ่มเพื่อการขยายตัวของน้ำปูนภายในท่อร้อยลวดเหล็กแรงดึง โดยใช้ปริมาณ 100 กรัม เท่ากับปูนซีเมนต์ 50 กก.
17) ต้องเก็บแท่งตัวอย่างน้ำปูนที่ปลายท่อร้อยหรือข้อต่อสำหรับให้น้ำปูนไหลออก

<u>ขั้นตอนการตรวจสอบอุปกรณ์การอัดแรง</u>

<u>สมอยึดเหล็กเสริมอัดแรงและหัวต่อ (Coupler)</u>

1) ตรวจสอบสมอยึดสำหรับการอัดแรงชนิดยึดเหนี่ยว ต้องสามารถรับแรงได้ไม่น้อยกว่า 90 % ของกำลังประลัยระบุของเหล็กเสริมอัดแรง โดยไม่มีการรูดกลับเกินกำหนดเมื่อทดสอบในสภาพไม่ยึดเหนี่ยว อย่างไรก็ตาม ภายหลังที่เหล็กเสริมอัดแรงยึดเหนี่ยวกับองค์อาคารแล้ว สมอยึดจะต้องรับแรงได้ไม่น้อยกว่า 100 % ของกำลังประลัยระบุของเหล็กเสริมอัดแรง
2) ตรวจสอบสมอยึดและหัวต่อสำหรับระบบอัดแรงชนิดไม่ยึดเหนี่ยวต้องสามารถรับแรงได้ไม่น้อยกว่า 95% ของกำลังประลัยระบุของเหล็กเสริมอัดแรง โดยไม่มีการรูดกลับเกินกำหนด
3) ตำแหน่งการวางหัวต่อ ต้องได้รับความเห็นชอบจากวิศวกร และต้องอยู่ภายในช่องซึ่งมีขนาดความยาวเพียงพอที่จะไม่ขัดขวางการเคลื่อนที่อันเกิดจากการดึงเหล็กเสริมอัดแรง
4) ในงานคอนกรีตอัดแรงชนิดไม่ยึดเหนี่ยวซึ่งต้องรับน้ำหนักบรรทุกซ้ำซาก (Reputed loading) นั้น จำเป็นต้องพิจารณาถึงผลของการล้าของสมอยึดและหัวต่อสมอยึดและ

อุปกรณ์ที่ปลายเหล็กเสริมอัดแรง ต้องมีอุปกรณ์ป้องกันต่อการผุกร่อน (Corrosion) อย่างถาวร

5) สมอยึดเหล็กเสริมอัดแรงชนิดไม่ยึดหน่วง ต้องมีความสามารถรับแรงกระทำครบวงจรจาก 60% - 66% - 60% ของกำลังดึงประลัยระบุของเหล็กเสริมอัดแรงได้ไม่น้อยกว่า 500,000 รอบโดยไม่วิบัติ และสามารถรับแรงกระทำครบวงจรจาก 40% - 80% - 40% ของกำลังดึงประลัยระบุของเหล็กเสริมอัดแรงได้ไม่น้อยกว่า 50 รอบโดยไม่วิบัติ

<u>ท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรง (Sheath) สำหรับคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงที่หลัง</u>

1) ท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรงสำหรับคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงที่หลังทุกชนิด จะต้องสามารถป้องกันการรั่วซึมของน้ำปูนเข้าภายในท่อได้อย่างดี และต้องไม่ทำปฏิกิริยากับคอนกรีต เหล็กเสริมอัดแรง รวมทั้งวัสดุอัดอุดท่อ
2) ท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรงชนิดที่มีการอัดอุดภายหลัง ซึ่งใช้ท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรงเพียงเส้นเดียวจะต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในใหญ่กว่าเหล็กเสริมอัดแรงไม่น้อยกว่า 6.0 มิลลิเมตร
3) ท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรงชนิดที่มีการอัดอุดภายหลัง ซึ่งใช้ร้อยกลุ่มเหล็กเสริมอัดแรง จะต้องมีพื้นที่หน้าตัดภายในไม่น้อยกว่า 2 เท่าของพื้นที่หน้าตัดสุทธิของกลุ่มเหล็กเสริมอัดแรง

<u>การป้องกันการผุกร่อนของเหล็กเสริมอัดแรงชนิดไร้การยึดเหนี่ยว</u>

เหล็กเสริมอัดแรงชนิดไร้การยึดเหนี่ยว จะต้องเคลือบผิวด้วยสารป้องกันการผุกร่อนอย่างทั่วถึง โดยมีคุณสมบัติด้านเสถียรภาพทางเคมี และไม่ทำปฏิกิริยากับเหล็กเสริมอัดแรง มีความคงตัว ไม่เยิ้มไหลหรือแข็งตัวภายใต้อุณหภูมิใช้งาน สามารถป้องกันการผุกร่อนของเหล็กเสริมอัดแรงอย่างได้ผลตลอดระยะเวลาใช้งาน และลดความเสียดทานระหว่างเหล็กเสริมอัดแรงกับท่อร้อยลวดอัดแรง

<u>การอัดน้ำปูน (Grouting) ของงานคอนกรีตอัดแรงชนิดยึดเหนี่ยว</u>

วัสดุที่ใช้ในการอัดอุด ควรเป็นส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และน้ำ หรือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทรายและน้ำ วัสดุต่างๆซึ่งใช้ในการอัดน้ำปูน จะต้องได้ตามข้อกำหนดดังนี้

1) ปูนซีเมนต์ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มอก.15
2) น้ำที่ใช้ต้องสะอาด ปราศจากสิ่งซึ่งอาจมีผลกระทบต่อคอนกรีต และเหล็กเสริมอัดแรง

3) หากใช้ทรายเป็นส่วนผสมด้วย ต้องใช้ทรายที่เป็นไปตามมาตรฐานสำหรับงานก่อหรืองานฉาบตามมาตรฐาน ASTM C 144 หรือเทียบเท่า ยกเว้นส่วนคละอาจเปลี่ยนแปลงได้ โดยไม่มีอันตรายต่อเหล็กเสริมอัดแรง
4) สารผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุสาหกรรม ในกรณีที่ยังไม่ประกาศใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุสาหกรรม ให้ใช้มาตรฐาน ASTM C 494 และต้องไม่มีอันตรายต่อเหล็กเสริมอัดแรง

<u>ส่วนผสมน้ำปูน</u>

1) อัตราส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ จะต้องได้มาจากวิธีใดวิธีหนึ่งดังต่อไปนี้
2) ผลการทดสอบน้ำปูนอัด ทั้งในสภาพที่ยังสดอยู่ และแข็งตัวแล้วก่อนการทำงานจริง
3) เอกสารอ้างอิงในเชิงเทคนิคสำหรับลักษณะของวัสดุต่างๆ ตลอดจนอุปกรณ์ที่คล้ายคลึงกันในสภาพที่เทียบเคียงกันได้
4) ปริมาณน้ำที่ใช้ผสม ควรจะน้อยที่สุดเท่าที่จะทำให้การอัดน้ำปูนเป็นไปด้วยดี โดยที่อัตราส่วนของน้ำต่อปูนซีเมนต์โดยน้ำหนักจะต้องไม่เกิน 0.45
5) ห้ามเติมน้ำภายหลังเพื่อเพิ่มความเหลวของน้ำปูนอัด ซึ่งลดลงเนื่องมาจากความล่าช้าในการใช้งาน

<u>การผสมและการอัดน้ำปูน</u>

1) น้ำปูนอัดต้องผสมในเครื่องซึ่งสามารถทำงานและกวนได้อย่างต่อเนื่องและสามารถก่อให้เกิดการผสมตัวกันของวัสดุต่างๆได้อย่างสม่ำเสมอ น้ำปูนอัดจะต้องมีการกรองผ่านตะแกรง และต้องอัดให้เต็มช่องว่างในท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรงได้อย่างสมบูรณ์
2) อุณหภูมิขององค์อาคาร ต้องสูงกว่าจุดเยือกแข็งในขณะทำการอัดน้ำปูน และจะต้องรักษาอุณหภูมิให้สูงกว่าจุดเยือกแข็งจนกระทั่ง ตัวอย่าง รูปลูกบาศก์ขนาด 5 ซม. ของน้ำปูนอัดซึ่งบ่มในสภาพมีกำลังอัดเกิด 55 กก./ตร.ซม.
3) หากองค์อาคาร หรือชิ้นส่วนโครงสร้าง ต้องสัมผัสกับอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ก่อนการอัดอุดจะต้องไม่มีน้ำอยู่ภายในท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรง
4) ก่อนการอัดน้ำปูน ต้องตรวจสอบการรั่วไหลและทำการแก้ไข (ถ้ามี)
5) อุณหภูมิของน้ำปูนอัด เมื่อไหลออกจากเครื่องอัดจะต้องไม่สูงกว่า 32 องศาเซลเซียส

<u>การดึงลวดอัดแรงและการวัดขนาดของแรงอัด</u>

1) ใส่ Jack ดึงที่ปลายคานทั้ง 2 ข้าง แล้วทำการ Preload ที่ 5 MPa ก่อน เพื่อให้ลวดเหล็กอัดแรงที่ตกท้องช้าง และม้วนเป็นเกลียวอยู่ได้คลายตัวและตึงขึ้น
2) นำ Jack ออกแล้วพ่นสีที่ลวดเหล็กอัดแรงที่ปลายลวดทั้ง 2 ข้าง

3) ทำการเริ่มดึงเพิ่มทีละ 5 MPa โดยหยุดและวัดระยะสีทุกๆ ช่อง 5 MPa โดยวัดสีทั้ง 2 ข้าง
4) ใช้แรงดึงจนถึงแรงดึงที่กำหนดไว้ของแต่ละข้าง
5) นำ Jack ออกแล้ววัดระยะค่าสีที่ปลายลวดเหล็กอัดแรงทั้ง 2 ข้าง
6) ขนาดของแรงอัด จะต้องวัดทั้งสองวิธีดังนี้
7) อ่านขนาดของแรงอัดจากมาตรวัดซึ่งปรับเทียบ (Calibrate) แล้ว หรือจากเซลเทียบน้ำหนัก (Load Cell) หรือโดยการใช้ไดนาโมมิเตอร์
8) วัดระยะยืดของเหล็กเสริมอัดแรง แล้วหาขนาดของแรงจากเส้นแสดงความสัมพันธ์เฉลี่ยของแรงกับระยะยืดของเหล็กเสริมอัดแรง หากขนาดของแรงที่ได้จากวิธีทั้งสองแตกต่างกันเกินกว่าร้อยละ 5 ต้องทำการตรวจสอบและแก้ไข
9) สำหรับงานคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงก่อน (Pre-Tensioned) นั้น หากจากถ่ายแรงจากแท่นดึงสู่คอนกรีต กระทำโดยวิธีการตัดเหล็กเสริมอัดแรงที่ละเส้น จุดตัดและลำดับการตัดจะต้องพิจารณาให้ดี เพื่อหลีกเลี่ยงหน่วยแรงชั่วคราวที่ไม่พึงประสงค์
10) เหล็กเสริมอัดแรงสำหรับงานคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงก่อน ต้องทำการตัดเหล็กเสริมอัดแรงให้ใกล้กับชิ้นส่วน เพื่อลดแรงกระแทกที่อาจเกิดขึ้นกับเนื้อคอนกรีต
11) การสูญหายของแรงอัด อันเนื่องมาจากการมิได้ทดสอบเหล็กเสริมอัดแรงซึ่งดึงขาดไปจะมีไม่เกินร้อยละ 2 ของแรงอัดทั้งหมดของส่วนองค์อาคารที่พิจารณา ทั้งนี้ต้องไม่ให้เกินความวิบัติเฉพาะจุด (Load Failure) ในองค์อาคาร

<u>การจัดวางเหล็กเสริมอัดแรง</u>

1) เหล็กเสริมในงานคอนกรีตอัดแรง ทั้งชนิดเหล็กเสริมอัดแรงและเหล็กเสริมธรรมดา รวมทั้งท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรง จะต้องวางในตำแหน่งที่ถูกต้องตามที่กำหนดในแบบ และมีการจับยึด หรือรองรับอย่างมั่นคงทั้งก่อนและระหว่างการเทคอนกรีต ความคลาดเคลื่อนไปจากตำแหน่งที่กำหนดในแบบให้เป็นไปตามรายละเอียดในหัวข้อถัดไป
2) ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของระยะจากผิวนอกสุดด้านที่เป็นแรงอัดถึงศูนย์กลางของเหล็กเสริมอัดแรง d ให้เป็นไปตามตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของการวางเหล็กเสริมอัดแรง

ความหนาของชิ้นส่วน	ความคลาดเคลื่อนของเหล็กเสริมอัดแรง	
h	แนวดิ่ง	แนวราบ
ไม่เกินกว่า 400 มิลลิเมตร	± (h/40) มิลลิเมตร	± 20 มิลลิเมตร
มากกว่า 400 มิลลิเมตร	± 10 มิลลิเมตร	± 20 มิลลิเมตร

ระยะห่างของการจัดเหล็กเสริมอัดแรงและท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรง

1) ในงานคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงเหล็กก่อน ระยะห่างสุทธิระหว่างเหล็กเสริมอัดแรงที่ปลายของชิ้นส่วนจะต้องไม่น้อยกว่า 4 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางระบุสำหรับลวดเหล็กอัดแรง หรือ 3 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางระบุสำหรับลวดเกลียวอัดแรง แต่ทั้งนั้นระยะห่างสุทธิดังกล่าวต้องไม่น้อยกว่า 3/4 เท่าของขนาดมวลรวมหยาบที่ใหญ่ที่สุด ระยะห่างระหว่างเหล็กเสริมที่น้อยกว่านี้ หรือการรวมกลุ่มของเหล็กเสริมอัดแรง อาจยอมให้กระทำได้ในส่วนที่อยู่ใกล้กึ่งกลางช่วงความยาว
2) ท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรงสำหรับงานคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงเหล็กที่หลัง อาจรวมกลุ่มกันได้ถ้าสามารถแสดงให้เห็นว่า การเทคอนกรีตสามารถกระทำได้อย่างดี และมีการป้องกันมิให้เหล็กเสริมอัดแรงที่ถูกดึงแล้วแตกทะลุท่อร้อยออกมาได้

ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม

(1) ระยะคอนกรีตหุ้มที่น้อยที่สุดสำหรับเหล็กเสริมธรรมดา เหล็กเสริมอัดแรง ท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรง และอุปกรณ์ยึดเหล็กเสริมในงานคอนกรีตอัดแรงเป็นดังตารางที่ 4.4 (ยกเว้นที่ระบุไว้ในข้อถัดไป)

(2) สำหรับชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรงซึ่งสัมผัสกับดิน บรรยากาศภายนอก หรือสภาพแวดล้อมที่รุนแรงและใช้หน่วยแรงดึงที่ยอมให้มากเกินกว่า $1.59\sqrt{f_c'}$ และระยะคอนกรีตหุ้มที่น้อยที่สุด จะต้องเพิ่มขึ้นจากตารางที่ 4.4 อีกร้อยละ 50

ตารางที่ 4.4 ระยะคอนกรีตหุ้มที่น้อยที่สุดสำหรับเหล็กเสริมธรรมดา เหล็กเสริมอัดแรง ท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรง และอุปกรณ์ยึดเหล็กเสริมในงานคอนกรีตอัดแรง

ชนิดชิ้นส่วนและสภาวะแวดล้อม	ระยะคอนกรีตหุ้มที่น้อยที่สุด(มิลลิเมตร)
ก. คอนกรีตซึ่งหล่อกับดินและสัมผัสกับดินตลอดเวลา	75
ข. คอนกรีตซึ่งสัมผัสดินหรือบรรยากาศภายนอก	38
ผนัง พื้น ตง ชิ้นส่วนชนิดอื่น	
ค. คอนกรีตซึ่งไม่สัมผัสดินหรือบรรยากาศภายนอก	25
ผนัง พื้น ตง คานเสา	
เหล็กเสริมหลัก	38
เหล็กปลอก	20
โครงสร้างเปลือกบาง (Shell) หลังคาจีบ	25
เหล็กเสริมธรรมดา 16 มิลลิเมตร	10
และเล็กกว่าเหล็กเสริมอื่นๆ	เท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระบุ แต่ไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร

การควบคุมการวางคาน

1) ตรวจสอบระยะ ระดับของ Bearing Support ให้ถูกต้อง
2) ตรวจสอบระยะระหว่างตอม่อ (Span) ให้ถูกต้องเนื่องจากตอม่ออาจเคลื่อนตัวผิดไปจากตำแหน่งเดิม
3) ตรวจสอบวิธีวางคานและประสิทธิภาพของเครื่องจักรว่าเหมาะสมหรือไม่
4) ตรวจสอบความแข็งแรงของพื้นที่ ที่จะใช้ในการวางคาน
5) ก่อนที่จะนำคานไปวางยังตำแหน่งให้ตรวจสอบหมายเลขและทิศทางการวางคานที่หน้างานอีกครั้งหนึ่งให้ถูกต้อง
6) ควบคุมระยะของปลายคานทั้งสองที่วางอยู่บน Cantilever Deck รับคานนั้นให้มีระยะห่างพอดีตามข้อกำหนด

4.2.3 คานหัวเสารูปทรงพื้นยื่น (Cantilever Deck)

คานหัวเสารูปทรงพื้นยื่น เป็นโครงสร้างส่วนบนของเสาตอม่อที่ทำหน้าที่รองรับคาน ออกแบบเพื่อเพิ่มความยาวช่วงสะพาน หรือลดความยาวของคานคอนกรีตอัดแรง มีรูปแบบเป็น คานหัวเสารูปทรงพื้นยื่นแบบตัน(Solid Type) หรือคานหัวเสารูปทรงพื้นยื่นแบบกลวง (Hollow Type)

ก่อนเริ่มดำเนินการให้ผู้รับจ้างเสนอแบบสำหรับก่อสร้าง (Shop Drawings) โดยมีรายละเอียดได้แก่ ความสูงช่องลอด ระดับหัวเสา ระดับบ่ารองรับคาน ระดับหลังพื้นสะพาน (Finished Grade) ค่าพิกัด (Coordinate) รายละเอียดการเสริมเหล็ก ลำดับขั้นตอนการทำงาน พร้อมแบบและรายการคำนวณการรับน้ำหนักของนั่งร้าน

กรณี เป็นคานหัวเสารูปทรงพื้นยื่นแบบคอนกรีตอัดแรง (Post Tensioned Cantilever Deck) ให้ผู้รับจ้างนำเสนอรายละเอียด พร้อมขั้นตอน และวิธีการทำงาน ให้เป็นไปตามแบบและข้อกำหนด

4.2.3.1 การก่อสร้างคานหัวเสารูปทรงพื้นยื่น แบบตัน (Solid Type)

คานหัวเสารูปทรงพื้นยื่น แบบตัน (Solid Type) เป็นโครงสร้างคอนกรีตชิ้นเดียว ยื่นออกโดยรอบหัวเสา ทำหน้าที่รองรับคาน โดยมีส่วนบนเป็นพื้นสะพาน

การเตรียมงานก่อนเทคอนกรีต

1) ตรวจสอบความแข็งแรงของฐานรากที่รองรับนั่งร้านให้สามารถรับน้ำหนักได้ตามที่คำนวณไว้
2) ตรวจนั่งร้านให้เป็นไปตามแบบที่ได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงาน
3) ตรวจสอบอัตราส่วนผสม กะบะตวง ถ้าใช้คอนกรีตผสมเสร็จ (Ready Mixed Concrete) ต้องทำการ Calibrate เครื่องชั่งให้ถูกต้อง กรณีที่แบบก่อสร้างไม่ได้กำหนดอัตราส่วนผสมไว้หรือกรณีเทคอนกรีตด้วยเครื่อง Concrete Pump ผู้รับจ้างต้องเสนอขออนุมัติ

Mixed Design และทำการทดสอบความสามารถการรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างให้เป็นไปตามข้อกำหนด

4) ตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุส่วนผสมคอนกรีต คือ ประเภทปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และสารผสมเพิ่มให้ถูกต้องตามข้อกำหนด
5) ตรวจสอบขนาดคละ (Gradation) ความต้านทานการสึกหรอ (Abrasion) และความสะอาดของหิน หรือ กรวด ทราย ให้เป็นไปตามข้อกำหนด
6) น้ำมันทาแบบต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานก่อนใช้
7) ตรวจสอบตำแหน่งและระดับ เพื่อประกอบแบบพื้นล่าง โดยเผื่อการทรุดตัวของนั่งร้าน
8) ตรวจแบบหล่อให้ได้ ตำแหน่ง ระดับ ขนาดบัวลบเหลี่ยม ไม่มีรอยรั่ว มีสภาพสมบูรณ์แข็งแรง เหมาะสมในการใช้งาน
9) ตรวจสอบ ชนิด ขนาด จำนวน ตำแหน่ง ระยะห่างของเหล็กเสริม ให้ถูกต้อง
10) ตรวจสอบ ตำแหน่งและระยะทาบ การต่อเหล็กเสริมให้ถูกต้องตามแบบหรือข้อกำหนด
11) กรณี คานหัวเสารูปทรงพื้นยื่นแบบคอนกรีตอัดแรง (Post Tensioned Cantilever Deck) ตรวจแนวและระดับของท่อร้อยลวดเหล็กอัดแรง การติดตั้งสมอยึด (Anchor) ให้เป็นไปตามแบบและข้อกำหนด
12) ตรวจสอบเหล็กเสริมที่ใช้ต้องสะอาด ไม่มีสนิมขุม ถ้ามีคราบโคลน น้ำมัน หรือสิ่งแปลกปลอมอื่นๆติดอยู่ ให้ทำความสะอาดก่อน
13) ตรวจระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม (Covering) ให้ตรงตามรายการประกอบแบบ เหล็กเสริมชั้นบนต้องมีขาหยั่ง (Bar Chair) รองรับให้แข็งแรง ไม่ทรุด
14) ตรวจการติดตั้งเครื่องมือ อุปกรณ์ เพื่อตรวจสอบการทรุดตัวของนั่งร้าน ในระหว่างการเทคอนกรีต
15) ตรวจ ตำแหน่ง ขนาด อุปกรณ์ เหล็ก Dowel ท่อระบายน้ำ และท่อร้อยสายไฟฟ้าแสงสว่าง ที่ต้องฝัง และช่องเจาะต่างๆให้ครบถ้วนตามแบบ
16) จัดเตรียม จำนวนคนงาน ช่าง เครื่องมือ อุปกรณ์ในการเทคอนกรีต ให้เหมาะสม
17) ตรวจแบบหล่อแท่งคอนกรีตตัวอย่าง อุปกรณ์ทดสอบความยุบตัว (Slump Test) ให้พร้อม
18) ตรวจความสะอาดครั้งสุดท้ายก่อนเทคอนกรีต และเตรียมอุปกรณ์ป้องกันกรณีฝนตกขณะเทคอนกรีต

<u>งานเทคอนกรีต</u>

1) การเทคอนกรีตต้องได้รับอนุญาตจากผู้ควบคุมงานก่อนทุกครั้ง
2) ตรวจสอบส่วนผสมให้เป็นไปตามอัตราส่วน (Mixed Design) ตามข้อกำหนด
3) ควบคุมที่โรงงานผสมคอนกรีต ตรวจสอบเวลาในการผสม (Mixing Time) ให้เหมาะสม
4) ห้ามนำคอนกรีตที่ผสมแล้วนานเกินกว่า 45 นาทีมาใช้ ยกเว้นในกรณีที่ใส่สารหน่วงการก่อตัว

5) ควบคุมการขนส่งคอนกรีตและการเทคอนกรีต ไม่ให้เกิดการแยกตัว กรณีระยะปล่อยคอนกรีตสูงกว่า 2.00 เมตร ต้องใช้อุปกรณ์ช่วยในการเท
6) ตรวจสอบความข้นเหลว (Slump Test) ให้เหมาะสมกับงานที่จะเทและเป็นไปตามข้อกำหนด
7) ควบคุมให้มีการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ ทำให้คอนกรีตแน่นตัว (Compaction) อย่างถูกวิธี และต้องทำให้คอนกรีตแน่นตัว ก่อนการก่อตัว (Initial Setting Time)
8) กรณี คานหัวเสารูปทรงพื้นยื่นแบบคอนกรีตอัดแรง (Post Tensioned Cantilever Deck) ต้องควบคุมไม่ให้เครื่องมือ อุปกรณ์ทำให้คอนกรีตแน่นตัว กระทบท่อร้อยลวดเหล็กอัดแรง
9) ขณะเทคอนกรีต ควบคุมการเก็บตัวอย่าง เพื่อทำการทดสอบความสามารถการรับแรงอัด โดยเขียนรายละเอียดลงในเนื้อคอนกรีต
10) การเทคอนกรีตควรเทเป็นชั้น อย่างต่อเนื่อง และเทให้กระจายสม่ำเสมอ หากมีเศษคอนกรีตที่ติดค้างที่เหล็กเสริมด้านบนต้องขจัดออกทันที
11) ก่อนเทคอนกรีตใหม่ เชื่อมกับคอนกรีตเก่าทุกครั้ง ให้ทำการสกัดผิวคอนกรีตเก่าให้ถึงหิน ทำความสะอาดและราดน้ำให้ชุ่มไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง จากนั้นทำการราดน้ำปูนหรือน้ำยาประสานคอนกรีต แล้วเทคอนกรีตใหม่
12) ขณะที่เทคอนกรีต ต้องตรวจสอบอุปกรณ์หรือวัสดุที่ฝังไว้ มิให้มีการเคลื่อนที่จากเดิม
13) กรณีนั่งร้านมีการทรุดตัวมากผิดปกติ ให้ผู้รับจ้างดำเนินการแก้ไขโดยทันที
14) แต่งผิวคอนกรีตให้เป็นไปตามแบบกำหนด
15) เมื่อคอนกรีตเริ่มแข็งตัวให้บ่มทันที การบ่มคอนกรีตให้เป็นไปตามรายละเอียด และข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวง

<u>งานหลังเทคอนกรีต</u>

1) ควบคุมการถอดแบบ เมื่อคอนกรีตครบอายุตามข้อกำหนดต่อไปนี้
   - แบบประกอบข้างคาน เสาและกำแพง 2 วัน
   - แบบประกอบรองรับท้องคาน พื้น 14 วัน
   - กรณีที่ผู้รับจ้างต้องการถอดแบบเร็วกว่าข้อกำหนด ความสามารถการรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างของโครงสร้างนั้น ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่ 28 วัน
2) ตรวจสอบผลทดลองความสามารถการรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างให้เป็นไปตามข้อกำหนด
3) เมื่อถอดแบบแล้ว หากพบว่ามีความบกพร่องของคอนกรีต ให้ผู้รับจ้างเสนอวิธีการแก้ไขต่อผู้ควบคุมงานโดยทันที
4) กรณี คานหัวเสารูปทรงพื้นยื่นแบบคอนกรีตอัดแรง (Post Tensioned Cantilever Deck) ควบคุมการดึงลวดเหล็กอัดแรงให้ได้แรงตามข้อกำหนด และเป็นไปตามลำดับ

ตรวจสอบการอัดน้ำปูนข้นที่ผสมสารเพิ่มการขยายตัว เก็บตัวอย่างน้ำปูนเพื่อตรวจสอบการขยายตัว และเก็บแท่งตัวอย่างเพื่อทดสอบความสามารถการรับแรงอัด ห้ามวางคานก่อนน้ำปูนแข็งตัว

5) การวางคาน ผู้รับจ้างต้องเสนอขั้นตอนและวิธีการต่อผู้ควบคุมงานก่อน ในกรณีวางคานเพียงด้านเดียว ต้องวางน้ำหนักด้านที่จะวางคานภายหลัง เพื่อป้องกันความเสียหายต่อโครงสร้าง

4.2.3.2 การก่อสร้างคานหัวเสารูปทรงพื้นยื่น แบบกลวง (Hollow Type)

คานหัวเสารูปทรงพื้นยื่น แบบกลวง (Hollow Type) เป็นโครงสร้างคอนกรีตที่ มีลักษณะเป็นกล่องด้านในตามความยาวสะพาน ประกอบไปด้วย คานหัวเสา (Crosshead) พื้นล่าง (Bottom Slab) คานหลัก (Web) คานซอย (Diaphragm) และพื้นบน (Top Slab)

<u>การเตรียมงานก่อนเทคอนกรีต</u>

1) ตรวจสอบฐานรากรองรับนั่งร้านให้สามารถรับน้ำหนักได้ตามที่คำนวณไว้
2) ตรวจการประกอบนั่งร้านตามแบบที่กำหนดไว้ โดยตรวจสอบจุดต่อให้แข็งแรง
3) ตรวจสอบอัตราส่วนผสม กะบะตวง ถ้าใช้คอนกรีตผสมเสร็จ (Ready Mixed Concrete) ต้องทำการ Calibrate เครื่องชั่งให้ถูกต้อง กรณีที่แบบก่อสร้างไม่ได้กำหนดอัตราส่วนผสมไว้หรือกรณีเทคอนกรีตด้วยเครื่อง Concrete Pump ผู้รับจ้างต้องเสนอขออนุมัติ Mixed Design และทำการทดสอบความสามารถการรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างให้เป็นไปตามข้อกำหนด
4) ตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุส่วนผสมคอนกรีต คือ ประเภทปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และสารผสมเพิ่มให้ถูกต้องตามข้อกำหนด
5) ตรวจสอบขนาดคละ (Gradation) ความต้านทานการสึกหรอ (Abrasion) และความสะอาดของหิน หรือ กรวด ทราย ให้เป็นไปตามข้อกำหนด
6) น้ำมันทาแบบต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานก่อนใช้
7) กำหนดตำแหน่งและระดับ เพื่อประกอบแบบพื้นล่าง โดยเผื่อการทรุดตัวของนั่งร้าน
8) ติดตั้งท่อระบายน้ำพื้นล่าง (Bottom slab) ตามที่แบบกำหนด
9) ตรวจแบบหล่อให้ได้ ตำแหน่ง ระดับ ขนาดบัวลบเหลี่ยม ไม่มีรอยรั่ว มีสภาพสมบูรณ์แข็งแรง เหมาะสมในการใช้งาน
10) ตรวจสอบ ชนิด ขนาด จำนวน ตำแหน่ง ระยะห่างของเหล็กเสริม ให้ถูกต้อง
11) ตรวจสอบ ตำแหน่งและระยะทาบ การต่อเหล็กเสริมให้ถูกต้องตามแบบหรือข้อกำหนด
12) กรณี คานหัวเสารูปทรงพื้นยื่นแบบคอนกรีตอัดแรง (Post Tensioned Cantilever Deck) ตรวจแนวและระดับของท่อร้อยลวดเหล็กอัดแรง การติดตั้งสมอยึด (Anchor) ให้เป็นไปตามแบบและข้อกำหนด

13) ตรวจสอบเหล็กเสริมที่ใช้ต้องสะอาด ไม่มีสนิมขุม ถ้ามีคราบโคลน น้ำมัน หรือสิ่งแปลกปลอมอื่นๆติดอยู่ ให้ทำความสะอาดก่อน
14) ตรวจระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม (Covering) ให้ตรงตามรายการประกอบแบบ เหล็กเสริมชั้นบนต้องมีขาหยั่ง (Bar Chair) รองรับให้แข็งแรง ไม่ทรุด
15) ตรวจการติดตั้งเครื่องมือ อุปกรณ์ เพื่อตรวจสอบการทรุดตัวของนั่งร้าน ในระหว่างการเทคอนกรีต
16) ตรวจ ตำแหน่ง ขนาด อุปกรณ์ เหล็ก Dowel ท่อระบายน้ำ และท่อร้อยสายไฟฟ้าแสงสว่าง ที่ต้องฝัง และช่องเจาะต่างๆให้ครบถ้วนตามแบบ
17) จัดเตรียม จำนวนคนงาน ช่าง เครื่องมือ อุปกรณ์ในการเทคอนกรีต ให้เหมาะสม
18) ตรวจแบบหล่อแท่งคอนกรีตตัวอย่าง อุปกรณ์ทดสอบความยุบตัว (Slump Test) ให้พร้อม
19) ตรวจความสะอาดครั้งสุดท้ายก่อนเทคอนกรีต และเตรียมอุปกรณ์ป้องกันกรณีฝนตกขณะเทคอนกรีต

<u>งานเทคอนกรีต</u>

1) การเทคอนกรีตต้องได้รับอนุญาตจากผู้ควบคุมงานก่อนทุกครั้ง
2) ตรวจสอบส่วนผสมให้เป็นไปตามอัตราส่วน (Mixed Design) ตามข้อกำหนด
3) ควบคุมที่โรงงานผสมคอนกรีต ตรวจสอบเวลาในการผสม (Mixing Time) ให้เหมาะสม
4) ห้ามนำคอนกรีตที่ผสมแล้วนานเกินกว่า 45 นาทีมาใช้ ยกเว้นในกรณีที่ใส่สารหน่วงการก่อตัว
5) ควบคุมการขนส่งคอนกรีตและการเทคอนกรีต ไม่ให้เกิดการแยกตัว กรณีระยะปล่อยคอนกรีตสูงกว่า 2.00 เมตร ต้องใช้อุปกรณ์ช่วยในการเท
6) ตรวจสอบความข้นเหลว (Slump Test) ให้เหมาะสมกับงานที่จะเทและเป็นไปตามข้อกำหนด
7) ควบคุมให้มีการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ ทำให้คอนกรีตแน่นตัว (Compaction) อย่างถูกวิธี และต้องทำให้คอนกรีตแน่นตัว ก่อนการก่อตัว (Initial Setting Time)
8) กรณี คานหัวเสารูปทรงพื้นยื่นแบบคอนกรีตอัดแรง (Post Tensioned Cantilever Deck) ต้องควบคุมไม่ให้เครื่องมือ อุปกรณ์ทำให้คอนกรีตแน่นตัว กระทบท่อร้อยลวดเหล็กอัดแรง
9) ขณะเทคอนกรีต ควบคุมการเก็บตัวอย่าง เพื่อทำการทดสอบความสามารถการรับแรงอัด โดยเขียนรายละเอียดลงในเนื้อคอนกรีต
10) การเทคอนกรีตโครงสร้าง คานหัวเสา (Crosshead) คานหลัก (Web) คานซอย (Diaphragm) ควรเทเป็นชั้น อย่างต่อเนื่อง และเทให้กระจายสม่ำเสมอ หากมีเศษคอนกรีตที่ติดค้างที่เหล็กเสริมด้านบนต้องขจัดออกทันที

11) ก่อนเทคอนกรีตใหม่ เชื่อมกับคอนกรีตเก่าทุกครั้ง ให้ทำการสกัดผิวคอนกรีตเก่าให้ถึงหิน ทำความสะอาดและราดน้ำให้ชุ่มไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง จากนั้นทำการราดน้ำปูนหรือน้ำยาประสานคอนกรีต แล้วเทคอนกรีตใหม่
12) ขณะที่เทคอนกรีต ต้องตรวจสอบอุปกรณ์หรือวัสดุที่ฝังไว้ มิให้มีการเคลื่อนที่จากเดิม
13) กรณี นั่งร้านมีการทรุดตัวมากผิดปกติ ให้ผู้รับจ้างดำเนินการแก้ไขโดยทันที
14) แต่งผิวคอนกรีตให้เป็นไปตามแบบกำหนด
15) เมื่อคอนกรีตเริ่มแข็งตัวให้บ่มทันที การบ่มคอนกรีตให้เป็นไปตามรายละเอียด และข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวง

<u>งานหลังเทคอนกรีต</u>

1) ควบคุมการถอดแบบ เมื่อคอนกรีตครบอายุตามข้อกำหนดต่อไปนี้
   - แบบประกอบข้างคาน เสาและกำแพง 2 วัน
   - แบบประกอบรองรับท้องคาน พื้น 14 วัน
   - กรณีที่ผู้รับจ้างต้องการถอดแบบเร็วกว่าข้อกำหนด ความสามารถการรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างของโครงสร้างนั้น ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่ 28 วัน
2) ตรวจสอบผลความสามารถการรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างให้เป็นไปตามข้อกำหนด
3) เมื่อถอดแบบแล้ว หากพบว่ามีความบกพร่องของคอนกรีต ให้ผู้รับจ้างเสนอวิธีการแก้ไขต่อผู้ควบคุมงานโดยทันที
4) ตรวจสอบท่อระบายน้ำพื้นล่าง (Bottom Slab) หากอุดตันต้องทำการแก้ไขทันที
5) กรณีคานหัวเสารูปทรงพื้นยื่นแบบคอนกรีตอัดแรง (Post Tensioned Cantilever Deck) ควบคุมการดึงลวดเหล็กอัดแรงให้ได้แรงตามข้อกำหนด และเป็นไปตามลำดับ ตรวจสอบการอัดน้ำปูนข้นที่ผสมสารเพิ่มการขยายตัว เก็บตัวอย่างน้ำปูนเพื่อตรวจสอบการขยายตัว และเก็บแท่งตัวอย่างเพื่อทดสอบความสามารถการรับแรงอัด ห้ามวางคานก่อนน้ำปูนแข็งตัว
6) การวางคานให้ผู้รับจ้างเสนอขั้นตอนและวิธีการต่อผู้ควบคุมงานก่อน ในกรณีวางคานเพียงด้านเดียว ต้องวางน้ำหนักด้านที่จะวางคานภายหลัง เพื่อป้องกันความเสียหายต่อโครงสร้าง

4.2.4 คานพื้นสะพานระบบ Segment

รูปแบบการก่อสร้างสะพานได้มีการพัฒนารูปแบบจากคาน Box–Girder, I–Girder หรือ Multi–Beam มาเป็น Segment โดยใช้กระบวนการหล่อชิ้นส่วนแต่ละชิ้นในแบบหล่อที่ทำขึ้นเป็นพิเศษ (Casting Mould) มีแบบปิดคงที่ ที่ด้านหัวของชิ้นส่วน (Bulkhead) ในขณะที่อีกด้านหนึ่งจะมีชิ้นส่วนที่หล่อแล้วเสร็จมาวางติดกัน เพื่อเป็นแบบให้อีกด้าน ซึ่งเรียกกระบวนการผลิตนี้ว่า Short Line Match Casting Method โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) ก่อนดำเนินก่อสร้าง ผู้รับจ้างต้องเสนอแบบรายละเอียดสำหรับก่อสร้าง (Shop Drawings) รายการคำนวณ (Calculation Sheets) ผู้ผลิตหรือผู้แทนจำหน่าย (Supplier) และข้อกำหนด (Specification) ให้ทางโครงการตรวจสอบเพื่อเสนอขอความเห็นชอบจากสำนักสำรวจและออกแบบ หรือเป็นไปตามที่แบบกำหนด
2) ตรวจสอบการจัดเตรียมเหล็กเสริม ตามขนาด และความยาวต่างๆ ที่ระบุไว้ใน Shop Drawings และกองเก็บไว้เพื่อนำไปประกอบเป็นโครงเหล็กเสริมของ Segment ใน Rebar Jig ซึ่งการกองเก็บนี้ต้องทำในพื้นที่ที่มีหลังคา หรือผ้าใบคลุมเพื่อป้องกันฝน หลังจากนั้นจะยกชิ้นส่วนที่ประกอบเป็นรูป Segment ใน Rebar Jig เข้าในแบบหล่อโดย Tower Crane
3) ตรวจสอบโรงดัดเหล็กเสริม ชนิด ขนาด ของลวดอัดแรงและอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ ของ Post Tensioning System ที่จะนำมาใช้งาน
4) ตรวจสอบการติดตั้งแบบหล่อด้านล่าง (Bottom Form) ตามกระบวนการผลิตโดยวิธี Short Line Match Casting Method โดยใช้การสลับตำแหน่งของ Segment เพื่อให้เกิดการหมุนเวียนเปลี่ยนตำแหน่ง โดยนำ Segment ที่หล่อแล้วเสร็จมาทำหน้าที่เป็นแบบให้กับ Segment ตัวใหม่
5) ควบคุมการย้าย New Segment มาอยู่ในตำแหน่ง Match Cast ด้วยชุดล้อเลื่อน และแบบหล่อด้านล่างยังอยู่ลักษณะเดิม นำแบบหล่อด้านล่างของ Old Segment มาวางใน New Segment เพื่อหล่อตัวใหม่ต่อไป แบบหล่อด้านล่าง (Bottom Form) นี้ มี Jack 4 ตัว รองรับในตำแหน่งเดิม อาจจะต้องมีการปรับแก้ค่าระดับและแนวเล็กน้อย ในกรณีที่ Bottom Form มีการเคลื่อนตัวเอียงไป แนว Center Line ของแบบหล่อด้านกับแนวสำรวจความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 1 มิลลิเมตร
6) ตรวจสอบระดับและแนวของ Match Cast เมื่อเคลื่อนย้าย Segment จากตำแหน่ง New Segment เข้าประจำในตำแหน่ง Match Cast เรียบร้อยแล้วจึงทำการปรับค่าระดับ และแนว Center Line ของ Match Cast Segment ให้ถูกต้อง การตรวจสอบค่าระดับจะตรวจสอบ จากหมุดควบคุม (Pin Point Survey) บน Deck Slab จำนวน 6 ตำแหน่ง โดยสมมติว่าจุดทั้ง 6 จุด บน Deck Slab นี้ไม่ได้รับผลกระทบจากการโก่งตัว อันเนื่องมาจากการดึงลวดอัดแรงตามขวาง หรือการหดตัวของคอนกรีต

7) ตรวจสอบค่าระดับ ต้องมีความละเอียดวัดได้ถึง 0.1 มิลลิเมตร
8) เมื่อจุดควบคุมต่างๆ อยู่ในระดับที่ต้องการ ต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่า Hydraulic Jack ทั้งหมด ได้ถูกยึดแน่นไว้อย่างดีด้วยแหวนล็อค และจะไม่เกิดการทรุดตัวของ Segment และต้องตรวจสอบแนว Center Line อีกครั้ง ความคลาดเคลื่อนของค่าระดับไม่เกิน 0.50 มิลลิเมตร
9) ตรวจสอบตำแหน่ง แนว และค่าระดับ ของแบบปิดท้าย (Bulkhead) แบบปิดท้าย (Bulkhead) เป็นชิ้นส่วนที่ติดตั้งให้อยู่กับที่ซึ่งไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ก่อนทำการหล่อ Wet Segmentแต่ละครั้งต้องตรวจสอบแนว ระดับ และตำแหน่งของแบบปิดท้าย ซึ่งอาจเกิดความคลาดเคลื่อนจากการหล่อในครั้งก่อน
10) ควบคุมการติดตั้งแบบด้านนอก (External Form หรือ Side Form) ที่ติดตั้งอยู่ด้านข้างทั้งสองด้าน โดยแต่ละด้านสามารถปรับระดับขึ้นลงได้ ซึ่งช่วยในการเลื่อน New Segment ออกมาได้โดยไม่เสียหาย เมื่อกำหนดค่าระดับ และแนวของ Match Cast แล้วเสร็จ จึงทำการปรับเลื่อน External Form เข้าสู่ตำแหน่งจะมีระยะซ้อนทับกับ Match Cast (New Segment) อยู่ประมาณ 10 Cm. การประกบแบบด้านนอกกับ Match Cast (New Segment) ต้องให้แนบสนิท และอุดช่องว่างด้วยซิลิโคนเพื่อป้องกันการ รั่วไหลของน้ำปูน ขณะเทคอนกรีต ภายหลังการจัดตำแหน่ง External Form เรียบร้อยแล้ว จะทำการยึดตำแหน่งอุปกรณ์ชุดปรับให้มั่นคงแข็งแรง และให้แน่ใจว่าจะไม่เกิดการทรุดตัว
11) ควบคุมการติดตั้งแบบด้านใน (Inner Form) จะต้องติดตั้งไว้บนรางเลื่อนสามารถเคลื่อนเข้า-ออก บริเวณแกนกลางของ Segment ได้ การเลื่อน Inner Form เข้าที่จะกระทำในขณะที่ Tower Crane กำลังยกเหล็กเสริม ก่อนการติดตั้ง Inner Form ต้องติดแถบฟองน้ำบน Match Cast (New Segment) ตรงบริเวณที่ซ้อนทับกับแบบหล่อ เพื่อป้องกันน้ำปูนไหลออกขณะเทคอนกรีต เมื่อเคลื่อน Inner Form เข้าไปในระยะที่ทำการปรับระดับด้วย Hydraulic Jack ส่วนปลายคาน Inner Form เข้าไป จะค้ำอยู่บนพื้นว่างของ New Segment เมื่อ Inner Form มีการค้ำยันมั่นคงดีแล้ว จึงวางโครงเหล็กลง โดยมีลูกปูนผูกรองรับไว้เรียบร้อยแล้ว (ระยะหุ้ม 30 มิลลิเมตร 4-5 ชิ้นต่อตารางเมตร)

<u>งานเทคอนกรีต</u>

ควบคุมการเทคอนกรีตในส่วน Bottom Slab ก่อนโดยเว้นด้านครึ่งบนและด้านข้างที่อยู่ใต้ Webทั้งสองข้างไว้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) เทคอนกรีตในส่วน Web โดยเทผ่านท่อที่ยาวถึงด้านล่าง ซึ่งต่อเนื่องกับ Bottom Slab จนกระทั่ง บริเวณมุมระหว่าง Web และ Bottom Slab คอนกรีตแต่ละชั้นต้องสูงไม่เกิน 1 เมตร จากนั้นย้ายไปเทคอนกรีตชั้นที่ 2 เต็ม แต่งคอนกรีตส่วนที่ทะลักเกินบริเวณมุมออกมาซึ่งนี้เป็น สาเหตุที่ต้องเหลือพื้นที่ ส่วนหนึ่งของ Bottom Slab ไว้ พร้อมทั้งจี้

คอนกรีตให้ไหลเต็มแล้วย้ายไปทำเช่นเดียวกับ Web อีกข้างหนึ่ง ซึ่งสมมติเรียกคอนกรีตชั้นนี้ ใน Web เป็นชั้นที่ 1 ในส่วนของ Web

2) เมื่อเสร็จชั้นที่ 1 ของ Web ทั้งสองข้างแล้วจึงกลับมาเทใน Web ข้างที่เทครั้งแรกต่อไปอีกเป็นชั้นที่ 2
3) เทคอนกรีตชั้นต่อๆ ไปใน Web ทั้ง 2 ข้างสลับไปมา จนกระทั่งเต็มถึงด้านบน การเทสลับเพื่อรักษาสมดุลของน้ำหนักที่กระทำต่อแบบ Web ทั้ง 2 ข้าง

ขั้นตอนการติดตั้ง (Erection)

1) ควบคุมการติดตั้ง Pot Bearing ใน Column เดียวกันจะมี 2 แบบ Bearing ข้างหนึ่งจะเป็นแบบ Fix อีกข้างจะเป็นแบบ Free โดยทำการติดตั้งลงในรูซึ่งได้ Block out เตรียมไว้ล่วงหน้า แล้วตรวจสอบให้ได้แนวและค่าระดับ และ Grout ที่ด้านล่างของ Bearing แล้วตั้ง Pre-Set ตามค่าที่แบบกำหนด
2) ควบคุมการติดตั้ง Pier Segment วาง Hydraulic jacks จำนวน 4 ตัวบน Pier bracket และอีก 4 ตัวบน Columnโดยให้ตำแหน่งของ Jacks บน Column ใกล้กับตำแหน่งของ Pot bearings มากที่สุด ใช้ Crane ยก Pier Segment วางบน Jacks ที่อยู่บน Pier bracket ตรวจสอบตำแหน่งของ Pier Segment ถ้าพบว่าคลาดเคลื่อนจากแนวมากกว่า 25 mm. ให้ทำการยกและปรับแนวใหม่
3) เมื่อตรวจสอบแนวและระดับเรียบร้อยแล้วใส่ Tie down bars ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 32 mm. แล้วดึงด้วยแรงขนาด 45 ตันปรับ Hydraulic jacks ทั้ง 4 ตัวบน Column ขึ้นจนกว่า Jacks จะสัมผัสผิวล่างของ Segment แล้ว Lock ด้วย Safety ring

4.2.5 พื้นสะพาน (Deck Slab)

พื้นสะพานที่ก่อสร้างบนคานคอนกรีตอัดแรงที่เรียกว่า Deck Slab ซึ่งมักเป็นพื้นคอนกรีตบนคานคอนกรีตอัดแรง มีทั้งหลายช่วง Span เป็นพื้นชนิดต่อเนื่องกัน (Continuous Deck Slab) หรือเรียกว่า Link Slab และเป็นพื้นในแต่ละช่วง Span (Simple Span) เรียกว่า Simple Deck Slab

ก่อนการก่อสร้างพื้นสะพานของสะพานคอนกรีตอัดแรงให้ดำเนินการควบคุมการเชื่อมยึดคานที่วางรับพื้น ก่อนให้เรียบร้อยโดยตรวจสอบจากแบบก่อสร้างว่าให้ก่อสร้างคานยึด (Cross Beam) ระหว่างคาน ขนาดกว้าง ยาว สูงเท่าไร การสอดเหล็กใส่ยึดในช่องระหว่างคานให้ครบ และเชื่อมต่อกันให้แน่นตามแบบ ก่อนที่จะเข้าแบบ และเทคอนกรีตต่อไป จากนั้นจึงทำการก่อสร้างพื้นสะพานได้ การตรวจสอบควบคุมการก่อสร้างพื้นสะพานมีดังนี้

ขั้นตอนเตรียมการก่อสร้าง

แบบหล่อพื้นสะพาน ใช้แผ่นพื้นสำเร็จรูป (Precast Form)

ปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้เพราะทำงานสะดวก ลดเวลาและขั้นตอนการทำงาน มีหลักการสำคัญในการตรวจสอบและปฏิบัติ ดังนี้

1) ตรวจสอบขนาดแผ่นพื้นสำเร็จให้ถูกต้อง ไม่มีรอยแตกหักและต้องมีรายการคำนวณการรับน้ำหนักของ Precast Form ที่นำมาใช้ สำหรับงานก่อสร้างสะพานในปัจจุบันกำลังรับน้ำหนักของ Precast Form เป็นแบบหล่อต้องไม่น้อยกว่า 750 kg./m2 ส่วนคุณสมบัติอื่นๆ ให้เป็นไปตามแบบก่อสร้างกำหนด
2) ตรวจสอบทิศทางและตำแหน่งการวาง Precast Form ปลายของ Precast Form จะต้องวางอยู่บนที่รองรับหลังคาน โดยให้เกยเข้ามาไม่น้อยว่า 7.5 cm. และใช้ Mortar ปรับระดับให้ได้ตามแบบและตบแต่งให้เรียบ
3) อุดรอยต่อระหว่าง Precast Form โดยใช้แผ่นพลาสติกรองที่รอยต่อเพื่อไม่ให้เกิดการรั่วซึมแล้วจึงใช้ Mortar อุดปิดทับรอยต่อก่อนที่จะทำการหล่อคอนกรีตพื้นสะพานตามแบบ
4) ตรวจสอบระดับการติดตั้งโดยให้มีระดับความหนาของพื้นคอนกรีตที่หล่อทับบน Precast Form คงที่และเป็นไปตามแบบอาจใช้ Mortar หนุนเสริมใต้ Precast Form เพื่อให้วางอยู่ในระดับ Grade line ตลอดซึ่งทำให้ระดับความหนาของพื้นคอนกรีตที่หล่อคงที่ได้

<u>แบบหล่อพื้นสะพานตงคอนกรีตสำเร็จรูป</u>

ลักษณะจะเป็นคานขวางคู่จัดเป็นชุดๆ กล่าวคือ คู่ล่างจะวางบนปีกล่างของคานคอนกรีตอัดแรง แล้วใช้ค้ำยันเหล็กปรับระดับ (Shoring) วางพาดบนคานคู่ล่างเพื่อรองรับคานคู่บนซึ่งจะใช้เป็นตงรับแผ่นผิวท้องแบบ และขาค้ำยันที่ใช้พื้นปลายล่างจะมีแป้นเพื่อวางบนคานและมีแป้นล็อครูปตัวยูเพื่อรองรับคานตัวบน ส่วนขาประกอบด้วย ท่อสองส่วนสอดกันมีน็อตและสกรู ปรับระดับตามต้องการ และสามารถใช้ลดระดับเพื่อการถอดแบบอีกด้วย

<u>แบบหล่อพื้นสะพานนั่งร้านไม้</u>

ลักษณะการก่อสร้างจะเป็นคานไม้ขนาด 5" วางพาดระหว่างปีกล่างคานคอนกรีตอัดแรงแล้วปูไม้ 1" x 6" เพื่อรองรับเสาไม้ขนาด 5" ที่ตั้งขึ้นเพื่อรองรับตงไม้และมีไม้ 1" x 3" ค้ำยันทแยงเพื่อกันการเกิดการเคลื่อนตัวด้านข้างระหว่างเสา และจะมีคานขนาด 1" x 6" วิ่งยาวตลอดแนวคาน ตงไม้ขนาด 1" x 4" รองรับพื้นไม้ขนาดไม้ 1" x 4" และด้านบนสุดใช้ไม้อัดขนาดความหนาไม่น้อยกว่า 4 มิลลิเมตร ปูให้ผิวท้องพื้นเรียบตามแบบกำหนด

แบบหล่อพื้นสะพานทั้งสองแบบข้างต้น ต้องตรวจสอบความมั่นคง แข็งแรงของค้ำยันและโครงสร้างรองรับน้ำหนัก และเป็นไปตามที่คำนวณออกแบบไว้

ตรวจสอบการจัดวางเหล็กเสริมพื้นคอนกรีต

การเสริมเหล็กเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่ง ซึ่งมีขั้นตอนการตรวจสอบ ดังนี้

1) ตรวจสอบการจัดวางเหล็กเสริมหลัก ให้มีขนาด ความยาว ตำแหน่ง ทิศทาง ตามแบบกำหนด
2) ตรวจสอบเหล็กเสริมพิเศษ บนหลังคาน หรือจุดรับกำลังอื่นๆ ตามแบบกำหนด
3) ตรวจสอบระยะ Covering ระหว่างเหล็กกับผิวคอนกรีตทั้งด้านล่างและด้านบนให้เพียงพอ ส่วน Covering ด้านบนควรต้องเผื่อ เพื่อให้เพียงพอกับการวางเหล็กระดับด้านบนด้วย และ Covering ด้านล่างต้องมีลูกปูนหนุนเพื่อให้ได้ระยะ Covering ตามกำหนด

การเตรียมงานก่อนเทคอนกรีต

1) ตรวจสอบการลดระดับของบ่ารับคานบริเวณตอม่อที่เผื่อไว้สำหรับการโก่งของคานให้ถูกต้องเพื่อการเทคอนกรีตให้ได้ระดับและความหนาของพื้นสะพานที่กึ่งกลาง Span ตามแบบต่อไป ทั้งนี้ให้ถือว่าระดับที่ลดเผื่อนั้น คือ ระยะที่คานโก่งสูงสุดบริเวณกึ่งกลางคาน
2) ตรวจสอบระดับพื้นคอนกรีตก่อนการเทให้ถูกต้อง โดยต้องเผื่อระดับ (Camber) เนื่องจากการทรุดตัวของนั่งร้านและน้ำหนัก Dead load ตามภาพแสดงในภาคผนวก และใช้เหล็กระดับที่แข็งแรงพอเป็นระดับอ้างอิงที่ใช้เท (ส่วนใหญ่ใช้ท่อเหล็กแป๊บ) ซึ่งมีความยาวเพียงพอตลอดแนวการเทตามแนวขวางหรือตามแนวขนานกับ Traffic Direction โดยต้องจัดวางด้วยระยะ (Spacing) ในแนวขนานหรือตั้งฉากกับแนว Traffic Direction ตามลำดับและไม่ให้ระยะเกินกว่าความสามารถของคนงานที่ใช้ไม้สามเหลี่ยมปาดแต่งระดับ และขาหยั่ง (Bar Chair) เหล็กระดับต้องเชื่อมยึดให้มั่นคง และติดตั้งตามจำนวนที่เหมาะสม
3) ตรวจสอบแนวและระดับของแบบพื้นรวมทั้งระยะเผื่อการทรุดตัว
4) ตรวจสอบระดับของพื้นบนที่จะเทให้ถูกต้องตามแบบและความหนาให้ได้
5) ตรวจสอบค้ำยันรองรับพื้นแบบบนคานที่จะเท การฝัง Bolt Nut กับคานให้แน่นและแข็งแรง
6) ตรวจสอบการเสริมเหล็ก ชนิด ชั้นคุณภาพ จำนวน ระยะห่างและตำแหน่งให้ถูกต้องตามแบบ
7) ตรวจสอบขนาดและระยะห่างของเหล็กที่เสียบไว้สำหรับยึดราวสะพาน และท่อต่าง ๆ ตามแนวและตำแหน่งที่กำหนด
8) ตรวจสอบระบบการระบายน้ำบนพื้นสะพาน
9) ตรวจสอบความสะอาดของแบบพื้นก่อนเทคอนกรีต
10) ตรวจสอบรอยต่อบนพื้นสะพานให้ถูกต้องตามแบบ

งานเทคอนกรีต

1) ควบคุมให้ทำการเทคอนกรีตในแนวตั้งฉากหรือขนานกับ Traffic Direction จากส่วนล่างไปหาส่วนบนที่ระดับเหนือกว่าและในขณะเดียวกันเริ่มจาก Grade ต่ำไปหา Grade ที่สูงกว่า ทั้งนี้จะเทตามขวาง (ตั้งฉาก) หรือตามยาว(ขนาน)กับแนว Traffic Direction ให้พิจารณาถึงช่วง Span ที่เหมาะสมและชนิดของพื้นสะพานด้วย โดยให้เทตามช่องของเหล็กระดับที่จัดวาง
2) ตรวจสอบคอนกรีตที่จะเทบริเวณเดียวกันนั้นให้มีความข้นเหลว (Slump) คงที่เหมือนกัน
3) ควบคุมการจี้คอนกรีตให้ถูกวิธีตามมาตรฐานและห้ามจี้คอนกรีตที่เริ่มก่อตัวแล้ว
4) ให้ใช้ตัวรีด ปรับระดับคอนกรีตที่เทให้เป็นไปตามระดับที่ให้ไว้ (ตัวรีดคอนกรีตเหมือนกับที่ใช้ในงาน Concrete Pavement) โดยให้ตัวรีดวางในแนวตั้งฉากกับ Traffic Direction หรือวางในแนวตั้งฉากกับเหล็กระดับนั้นเอง และทิศทางการไสรีดก็อยู่ในแนวนี้เช่นกัน
5) ควบคุมการเทคอนกรีต โดยเฉพาะวัสดุ Non-Shrink Concrete

งานหลังเทคอนกรีต

1) ควบคุมการปาดแต่งระดับโดยให้ใช้อุปกรณ์ที่มีน้ำหนักเพียงพอที่จะกดปาดแต่งระดับได้ เช่น ไม้สามเหลี่ยม ขนาดประมาณ 1.5 – 2.0 เมตร การปาดแต่งระดับต้องให้ระดับที่ปาดแต่งพอดีกับระดับของเหล็กระดับที่วางไว้ถ้าต่ำไปให้เสริมคอนกรีตเพิ่มเข้าไป ถ้าสูงไปให้พยายามกดแล้วปาดคอนกรีตออกก่อนที่จะปาดแต่งระดับอีกครั้งหนึ่ง
2) การขัดแต่งผิวหน้าให้กระทำเมื่อคอนกรีตก่อตัวไปแล้วพอสมควรแต่บริเวณผิวหน้าต้องไม่แห้งถึงขั้นที่ขัดแต่งไม่ได้ สังเกตได้จากยังมีส่วนที่เป็นน้ำจากคอนกรีตอยู่บริเวณผิว
3) การขีดเส้นแต่งผิวหน้าให้รีบกระทำหลังจากขัดแต่งผิวหน้าก่อนที่คอนกรีตจะแข็งตัว
4) การบ่มคอนกรีตต้องให้สม่ำเสมอทั่วถึงกันตลอดพื้นที่ที่เทคอนกรีตแล้วเสร็จ
5) การถอดแบบและค้ำยันให้ทำได้ก็ต่อเมื่อคอนกรีตได้อายุมากพอหรือตามที่กำหนดไว้
6) การตรวจสอบระดับพื้นสะพานที่เทเสร็จแล้วอีกครั้งหนึ่งเพื่อดูว่าการเผื่อระดับไว้ก่อนเทคอนกรีตนั้นถูกต้องหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องให้ปรับเพิ่ม-ลด ตามความเหมาะสมเพื่อให้ระดับพื้นหลังก่อสร้างเสร็จเป็นไปตามแบบ

4.2.6 รอยต่อพื้นสะพาน (Expansion Joint)

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทำให้เกิดการยืดและหดตัวของพื้นสะพาน ซึ่งการยืดตัวและหดตัวมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่นำมาก่อสร้างพื้นสะพาน และความยาวช่วงของพื้นสะพาน รวมทั้งลักษณะพื้นสะพานที่ผู้ออกแบบได้กำหนดไว้ ปัจจุบันมีการพัฒนารูปแบบและวัสดุเพื่อ

ติดตั้งที่รอยต่อพื้นสะพาน ผลิตสำเร็จรูปจากโรงงานเป็นหลายรูปแบบ สามารถพิจารณาเลือกใช้ตามความเหมาะสมกับขนาดความกว้างของรอยต่อพื้นสะพาน และได้ออกแบบโดยใช้แผ่นยางสังเคราะห์เป็นส่วนประกอบป้องกันน้ำไหลผ่านรอยต่อพื้นสะพาน

<u>การเตรียมงานก่อสร้าง</u>

1) ศึกษารูปแบบการก่อสร้าง และข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องโดยละเอียด
2) เสนอ ชนิด รูปแบบ วิธีการติดตั้งและเอกสารประกอบ Expansion Joint ให้สำนักสำรวจและออกแบบ พิจารณาและให้ความเห็นชอบก่อนนำไปใช้งาน
3) ส่งตัวอย่างวัสดุเพื่อทดสอบคุณสมบัติตามข้อกำหนดในแบบ

<u>ขั้นตอนการก่อสร้าง</u>

1) ตรวจสอบตำแหน่งและขนาด Block Out Concrete บริเวณรอยต่อพื้นสะพานที่ทำการติดตั้ง Expansion Joint
2) ควบคุมการใส่หินคลุกหรือวัสดุอื่นให้เต็มพื้นที่ที่ Block Out Concrete บดอัดให้แน่น
3) ปูแอสฟัลต์คอนกรีตบนพื้นสะพานโดยต่อเนื่องตามแบบกำหนด (ถ้ามี) รวมทั้งบริเวณพื้นที่ที่ Block Out Concrete
4) ตัดผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตตามแนวที่ Block Out ให้ตรงตามตำแหน่งที่กำหนด
5) รื้อวัสดุผิวทางและหินคลุกออกจากบริเวณพื้นที่ที่ Block Out ไว้ให้หมด พร้อมทำความสะอาด
6) ติดตั้งเหล็กเสริมในบริเวณรอยต่อพื้นสะพานตามแบบกำหนด
7) ติดตั้ง Joint ทั้งสองด้านให้ได้ตำแหน่งและระดับโดยยึดติดกับอุปกรณ์ Setting Rulers ปรับความกว้างของ Joint ให้เหมาะสมกับอุณหภูมิและรายการคำนวณตามแบบกำหนด
8) ตรวจสอบความถูกต้องตามแบบรายละเอียด และใช้น้ำยาประสานระหว่างคอนกรีตเก่าและใหม่ก่อนเทคอนกรีต
9) ขณะเทคอนกรีตต้องทำให้คอนกรีตแน่นตัว (Compaction) และได้ระดับตามแบบกำหนด
10) บ่มคอนกรีตรอยต่อพื้นสะพาน โดยคลุมด้วยกระสอบชุ่มน้ำหรือฉีดน้ำยาบ่มคอนกรีต
11) กรณีเป็น Expansion Joint แบบที่มีสลักเกลียวยึดให้ดำเนินการขันสลักเกลียวเมื่อความสามารถรับแรงอัดของคอนกรีตเกิน 80% ของกำลังอัดที่ 28 วัน หยอดปิดหัวสลักเกลียวด้วย Pure tar
12) ใส่ยางกันน้ำในรอยต่อ Expansion Joint ตามแบบกำหนด

<u>ข้อควรระวัง</u>

1) การติดตั้ง Joint ต่างๆ บนพื้นสะพานนั้น หลักสำคัญต้องตรวจสอบระดับให้ถูกต้องเพื่อให้รอยต่อเสมอกัน และยังต้องคำนึงถึงวิธีการในการติดตั้งให้สมบูรณ์เป็นไปตามข้อกำหนดจากแบบก่อสร้างด้วย

2) การเชื่อมสำหรับรอยต่อชนิดใช้แผ่นเหล็กจะต้องทำให้เหล็กรูปตัว U ที่ใช้เสริมยึดระหว่างแผ่นเหล็กกับเนื้อคอนกรีตเชื่อมติดกับแผ่นเหล็กให้สนิทและสมบูรณ์อย่าให้หลุดได้ พร้อมทั้งตรวจสอบระดับที่ติดตั้งให้ถูกต้องตามแบบ
3) ส่วนที่เป็นคอนกรีตใน Block Out บริเวณ Joint ต้องใช้วัสดุที่ไม่หดตัว ให้ใช้ Non Shrink Concrete เป็นตัวประสานระหว่าง คอนกรีตกับ Joint เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดรอยแยกระหว่างคอนกรีตกับ Joint และน้ำซึมลงไปใน Joint ได้ อีกทั้งยังป้องกันไม่ให้เกิดรอยแยกระหว่างคอนกรีตเดิมกับคอนกรีตที่เทใหม่
4) การเทคอนกรีตใน Block Out หากไม่สามารถใช้น้ำยาประสาน (Epoxy Bonding) เพื่อประสานระหว่างคอนกรีตเดิมกับคอนกรีตใหม่ ควรจะรดน้ำให้คอนกรีตเดิมชุ่มน้ำอย่างน้อย 2 ชั่วโมง ก่อนเทคอนกรีตใหม่ลงใน Block Out และหากมีการใช้น้ำยาประสานคอนกรีตต้องดำเนินการให้เป็นไปตามคำแนะนำของผู้ผลิตผลิตภัณฑ์นั้นโดยเคร่งครัด
5) ต้องตรวจสอบการปรับระดับคอนกรีตให้ถูกต้องและเสมอกับระดับบนของ Joint
6) การติดตั้งรอยต่อต้องให้ Joint แนบสนิทกับเนื้อคอนกรีตไม่ให้เกิดช่องว่างใต้ Joint ได้ เพราะถ้าติดตั้งไม่แนบสนิทแล้ว เมื่อเปิดการจราจรแล้วอาจเกิดแรงกระแทก ทำให้คอนกรีตบริเวณรอยต่อเกิดการแตกร้าวได้
7) กรณีกำหนดให้ปูยางแอสฟัลต์คอนกรีตทับบนผิวสะพานคอนกรีต ต้องหลีกเลี่ยงวิธีการก่อสร้าง Expansion Joint ก่อนการปูยางแอสฟัลต์คอนกรีต เพราะจะทำให้รอยต่อพื้นสะพานไม่เรียบ เมื่อรถวิ่งผ่านจะทำให้สะดุดหรือกระโดด ให้ปูยางแอสฟัลต์คอนกรีตก่อน ตลอดพื้นสะพานและบริเวณ Block Out ของรอยต่อพื้นสะพาน แล้วจึงตัดรื้อยางออกเพื่อติดตั้ง Expansion Joint และเทคอนกรีต

4.2.7 ทางเท้า ขอบทางและราวสะพาน

1) ตรวจสอบแนว และระดับให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง
2) ตรวจสอบขนาดต่าง ๆ ของแบบ รวมถึงตำแหน่งที่ติดตั้งให้ถูกต้องตามแบบ
3) ตรวจสอบและควบคุมงานเทคอนกรีตให้เป็นไปตามภาคผนวก ก

บทที่ 5 ทางลอด (Underpass)

การแก้ไขปัญหาจราจรบริเวณทางแยก ที่มีปริมาณการจราจรสูง ส่วนใหญ่แก้ไขปัญหาโดยการก่อสร้างสะพานลอยข้ามทางแยก (Overpass) หรือก่อสร้างเป็นทางแยกต่างระดับ (Interchange) เพื่อลดจุดตัดของทิศทางการจราจร แต่ปัจจุบันในเมืองใหญ่ๆที่มีการจราจรคับคั่ง กรมทางหลวงได้เริ่มดำเนินการออกแบบและก่อสร้างทางลอด (Underpass) เพื่อแก้ปัญหาการจราจรบริเวณทางแยก ทั้งยังเป็นการลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม การบดบังทัศนียภาพ และการใช้ประโยชน์ของอาคารบริเวณทางแยก การก่อสร้างทางลอดของกรมทางหลวงในปัจจุบันใช้วิธีการแบบขุดเปิด (Open Cut) โดยมีรูปแบบการก่อสร้างโครงสร้างที่เป็นส่วนป้องกันดินพังคือ กำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กขุดเจาะหล่อในที่ เช่น Diaphragm Wall, Tangent Pile Wall และ Secant Pile Wall และบริเวณส่วนปลายทางลอดทั้งสองด้านต้องมีงานปรับระดับเพื่อเชื่อมกับถนนช่วงขึ้นลงทางลอดโดยออกแบบเป็นกำแพงกันดิน (Retaining Wall) ให้ทำหน้าที่ป้องกันดินถมบริเวณเชิงลาดนั้น สำหรับงานก่อสร้างทางลอดจะก่อสร้างกำแพงกันดิน(Retaining Wall) ให้เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างด้านปลายทางลอด โดยตั้งอยู่บนพื้นคอนกรีตทางลอด (Bottom Slab) งานก่อสร้างทางลอดต้องใช้เครื่องมือ เครื่องจักร วัสดุ อุปกรณ์เฉพาะ ระหว่างก่อสร้างต้องมีการตรวจสอบความสมบูรณ์คุณภาพในการทำงานอย่างสม่ำเสมอ

5.1 ข้อมูลเบื้องต้น

5.1.1 รูปแบบและสัญญาก่อสร้างที่ประกอบไปด้วยค่าระดับดินเดิมและค่าระดับก่อสร้าง ค่าระดับและมิติของโครงสร้าง ความสูงของช่องลอด (Clearance) หรือรายละเอียดอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

5.1.1.1 ข้อมูลชั้นดิน (Boring log) ของสภาพดินเดิม บริเวณก่อสร้าง

5.1.1.2 ขนาดและรายละเอียดของผนังนำร่อง(Guide Wall) ค่า k การเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่ยอมให้ไม่เกิน 1:200 และเบี่ยงเบนจากแนวศูนย์กลางได้ไม่เกิน 15 มม. หรือตามแบบกำหนด

5.1.1.3 ขนาดและความกว้างของผนังพืด (Diaphragm Wall)

5.1.1.4 รายละเอียดรอยต่อ ระบบกันซึมระหว่างผนังพืด

5.1.1.5 ขั้นตอนการขุดและการเทคอนกรีตผนังพืด

5.1.2 ข้อมูลประกอบของของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะ (Drilling Fluid หรือ Support Fluid)

5.1.2.1 รายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการผสม การใช้งาน การขนถ่าย

5.1.2.2 การทำความสะอาด การตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีและทางกลศาสตร์เพื่อนำมาใช้อีก

5.1.3 ข้อมูลประกอบในการตรวจสอบการทำงาน

5.1.3.1 การตรวจสอบสภาพของโครงสร้างอาคารบริเวณใกล้เคียงก่อนและหลังการก่อสร้าง

5.1.3.2 ค่าพิกัดต่างๆของผนังพืด (Diaphragm Wall) และค่าการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่ยอมให้ของผนังพืดที่เกิดจากการขุด ไม่เกิน 1:120 หรือตามแบบกำหนด

5.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

5.2.1 เครื่องจักรขุดดินสำหรับก่อสร้างผนังพืดแบบ Cable hang Grab (รูปที่ 5.1)

5.2.2 เครื่องแยกตะกอนทรายออกจากของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะ (Desander Unit) (รูปที่ 5.2)

5.2.3 เครื่องผสมของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะ (รูปที่ 5.3)

5.2.4 เครื่องสูบของเหลวพยุงเสถียรภาพออกจากหลุมเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 8" เพื่อนำมาปรับปรุงคุณสมบัติให้เป็นไปตามข้อกำหนด (รูปที่ 5.4)

5.2.5 เครื่องสูบของเหลวพยุงเสถียรภาพเข้าไปในหลุมเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 4" เพื่อนำของเหลวพยุงเสถียรภาพที่ได้มาตรฐานเข้าไปแทนที่ดินที่ขุดออก (รูปที่ 5.5)

5.2.6. รถยกตีนตะขาบ (Crawler Crane) (รูปที่ 5.6)

5.2.7 ถังเก็บพร้อมของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะที่มีความจุไม่น้อยกว่า 2.5 เท่าของปริมาณที่ใช้สำหรับหลุมเจาะแต่ละครั้ง (รูปที่ 5.7)

5.2.8 ชุดทดสอบคุณสมบัติของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะ (รูปที่ 5.8)

5.2.9 แบบหล่อปิดปลายผนังพืด (Stop End Plates) ที่มีช่องสำหรับติดตั้งแผ่นยางกันน้ำรั่วซึมใช้สำหรับกั้นปลายร่องขุดเพื่อเทคอนกรีต (รูปที่ 5.9)

5.2.10 ท่อสำหรับเทคอนกรีต (Tremie Pipe) ใช้สำหรับเทคอนกรีตลงในหลุมที่ขุดเจาะ (รูปที่ 5.10)

5.2.11 แผ่นยางกันน้ำรั่วซึมระหว่างผนังพืด (Water Stop) (รูปที่ 5.11)

5.2.12 รถ Backhoe ทำหน้าที่ขุดดินและแต่งดินคันทาง

5.2.13 รถบดอัดชั้นดิน ล้อยางและล้อเหล็ก

5.2.14 รถ Grader ทำหน้าที่ปรับระดับดินให้ได้ตามแบบที่กำหนด

รูปที่ 5.1 เครื่องจักรขุดดินสำหรับก่อสร้างผนังพืดแบบ Cable Hang Grab

รูปที่ 5.2 เครื่องแยกตะกอนทรายออกจากของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะ (Desander Unit)

รูปที่ 5.3 เครื่องผสมของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะ

รูปที่ 5.4 เครื่องสูบของเหลวพยุงเสถียรภาพออกจากหลุมเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 8"

รูปที่ 5.5 เครื่องสูบของเหลวพยุงเสถียรภาพเข้าไปในหลุมเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 4"

รูปที่ 5.6 รถยกตีนตะขาบ (Crawler Crane)

รูปที่ 5.7 ถังเก็บของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะ

รูปที่ 5.8 ชุดทดสอบคุณสมบัติของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะ

รูปที่ 5.9 แบบหล่อปิดปลายผนังพืด (Stop End Plates)

รูปที่ 5.10 ท่อสำหรับเทคอนกรีต (Tremie Pipe)

รูปที่ 5.11 แผ่นยางกันน้ำรั่วซึม (Water Stop)

5.3 การก่อสร้างแบบเปิดหน้าดิน (Open Cut)

5.3.1 วางแนวศูนย์กลางและแนวความกว้างของทางลอดที่จะขุด พร้อมทั้งตรวจสอบระดับในแต่ละจุดตามแนวที่จะขุดว่ามีความลึกเท่าใด โดยตรวจสอบจากแบบและวางหมุดเครื่องหมายต่าง ๆ ลงบนพื้นที่จะก่อสร้างให้เห็นชัดเจนและง่ายต่อการตรวจสอบ

5.3.2 ก่อสร้าง Guide Wall โดยทำเป็นกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กสูงประมาณ 1.00 เมตร หนาประมาณ 0.30 - 0.50 เมตร หรือแล้วแต่แบบกำหนด และระยะกว้างกว่าตัวกำแพงที่จะทำการก่อสร้างเล็กน้อย โครงสร้างกำแพงที่จะก่อสร้างนี้ เรียกว่า Diaphragm Wall ซึ่งจะขุดลึกลงไปต่ำกว่าระดับท้องของทางลอดประมาณ 10 เมตร หรือแล้วแต่แบบกำหนด และ Diaphragm Wall นี้จะก่อสร้างเป็นแผง (Panel) โดยแต่ละแผงจะยาวไม่เกิน 6.5 เมตร ส่วนความหนาหรือความกว้าง ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบกำหนด แต่ละแผง จะก่อสร้างตามชนิดของแผง ได้แก่ Primary Panel, Secondary Panel, Closure Panel เพื่อสะดวกต่อการจัดระบบขั้นตอนในการทำงาน โดยแต่ละแผง มีลำดับการก่อสร้างที่อาจจะแตกต่างกันในระหว่างการทำงาน เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่และปัญหาอุปสรรคในสนาม

5.3.3 การขุดดินเพื่อก่อสร้าง Diaphragm Wall ในแต่ละแผง Diaphragm Wall จะขุดดินขึ้นมาโดยใช้เครื่องจักรแบบไฮดรอลิค (Hydraulic Grab Machine) ซึ่งอยู่ติดกับ Boom ของรถเครนตีนตะขาบ และยึดติดด้วยสายสลิงโดยมีสายไฮดรอลิค เป็นตัวบังคับตัว Grab สำหรับเปิดและปิดในการขุดดิน และในระหว่างขุดจะต้องรักษาระดับของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะให้อยู่เหนือส่วนล่างสุดของ Guide Wall เพื่อป้องกันการพังทลายของดิน โดยขุดไปต้องเติมของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะลงไปเรื่อย ๆ และค่าความเข้มข้นของของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะต้องเป็นไปตามข้อกำหนด ในการก่อสร้าง Panel ต้องมีการติดตั้ง Water Stop พร้อมกับ Stop End ไว้ที่ปลายที่จะก่อสร้างแผงถัดไป

5.3.4 การตรวจสอบ

5.3.4.1 ตรวจสอบแนวดิ่งของการขุด โดยสังเกตจากสายไฮดรอลิคหรือสายสลิง เทียบกับ Guide Wall หรือจะใช้กล้องแนวก็ได้ ปกติในห้องคนขับเครื่องมือขุดจะมี Meter สำหรับบอกความลึก และแนวดิ่งที่ขุดอยู่ด้วย แต่ถึงอย่างไรจะต้องตรวจสอบความลึกอีกครั้งหนึ่ง โดยใช้เทปวัดอย่างน้อย 6 จุด คือ ที่มุมทั้งสี่ด้านและกึ่งกลาง Panel ทั้ง 2 ข้างเปรียบเทียบกับ Meter จากเครื่องขุดว่าตรงกันหรือไม่

5.3.4.2 ตรวจสอบของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะทันทีที่การขุดแผง Diaphragm Wall แล้วเสร็จแต่ละ Panel ของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะที่ดูดขึ้นมาจากก้นหลุมของแต่ละ Panel อาจมีสิ่งปลอมปนทำให้คุณภาพไม่ดีต้องส่งผ่านไปยังเครื่องแยกทราย (Desander) แล้วทำการตรวจสอบคุณสมบัติก่อนที่จะนำไปใช้ต่อไป โดยทำการทดสอบหาค่า Viscosity, Density, Sand Content และ PH ให้เป็นไปตามข้อกำหนด ถ้าหากค่าตัวใดมีคุณสมบัติไม่ได้ตามข้อกำหนด ให้ทำการปรับปรุงให้ได้เสียก่อน โดยการเพิ่มของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะเข้าไปจนกระทั่งสารละลายที่ Recycle มีคุณสมบัติได้ตามข้อกำหนดแล้วจึงนำไปใช้ต่อได้ และเมื่อนำไปใช้ให้ตรวจสอบคุณสมบัติของของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะในหลุมที่ขุดอีกครั้งให้ได้ตามข้อกำหนดก่อนใส่เหล็กเสริม

5.3.5 เหล็กเสริม

5.3.5.1 เมื่อตรวจสอบความลึก ความกว้าง และแนวดิ่งเรียบร้อยแล้วจึงนำเอาเหล็กเสริมที่ผูกเตรียมไว้ใส่ลงไปใน Panel ที่ขุดไว้ บางครั้ง Panel มีความลึกมากจำเป็นต้องมีการต่อเหล็กเสริม อาจจะใช้วิธีเชื่อมหรือใช้ตัว Clamp ยึดติด ทั้งนี้ให้เป็นไปตามข้อกำหนดการต่อเหล็กเสริมทั่วไป และในการใส่เหล็กจะต้องมีลูกปูนผูกเป็นระยะ โดยมีความหนาเท่ากับความหนาของคอนกรีต Covering

5.3.5.2 สำหรับตำแหน่งที่ยึดพื้นทางลอดเข้ากับ Diaphragm Wall นั้นจะต้องมี Coupler สำหรับต่อเหล็กเสริมของพื้นทางลอดกับแผง Diaphragm Wall เข้าด้วยกันตามระดับที่แบบกำหนดและตรงจุดดังกล่าวจะต้องทำเป็น Block Out โดยใช้ไม้อัดและโฟมผูกยึดติดกับแผงเหล็กไว้เพื่อสะดวกในการหาตำแหน่ง Coupler ภายหลังจากการขุดเปิดหน้าดิน

5.3.6 คอนกรีต

ส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้จะต้องมี Cement ไม่น้อยกว่า 400 กก./ม.^{3} และสามารถรับแรงกดได้ไม่น้อยกว่า 40 MPa โดยอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ไม่เกิน 0.50 และ Slump ประมาณ 20 เซนติเมตร ซึ่งต้องมีการใส่สารผสมเพิ่มค่า Slump เพื่อให้สะดวกในการเท เพราะไม่สามารถที่จะใช้เครื่องเขย่าคอนกรีตในระหว่างเทได้ การเก็บตัวอย่างจะต้องเก็บตัวอย่างคอนกรีตจากทุกๆ แผง โดยทำการทดสอบอย่างน้อย ตัวอย่างละ 3 ชุด หรือแล้วแต่ความจำเป็น ซึ่งอาจจะมากกว่านี้ได้ เพื่อที่จะทราบผลและปรับปรุงสำหรับการก่อสร้าง Panel อื่นต่อไป

5.3.7 การเทคอนกรีต

การเทคอนกรีตโดยใช้คอนกรีตผสมเสร็จและเทโดยใช้ท่อ Tremie เพื่อหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนและให้แน่ใจว่าคอนกรีตคุณภาพดีมีความหนาแน่นในการเทอย่างต่อเนื่อง ก่อนเทควรทดสอบ Slump ให้ได้ตามที่กำหนด โดยการเทผ่านท่อ Tremie Pipe ขนาด ∅10" ที่มี Plug ซึ่งใช้วัสดุโฟมเพื่อป้องกันมิให้คอนกรีตแยกตัว (Segregation) และป้องกันคอนกรีตไม่ให้ไปสัมผัสกับสารละลาย Slurry ที่ทำหน้าที่ป้องกันผนังหลุมเจาะพังโดยตรง เมื่อเทคอนกรีตลงใน Tremie Pipe คอนกรีตจะดัน Plug ออกไปทางปลายท่อด้านล่างซึ่งอยู่เหนือก้นหลุมเพียงเล็กน้อยพอให้คอนกรีตไหลได้สะดวก คอนกรีตที่พุ่งออกมาอย่างแรงจะดันตะกอนก้นหลุมที่อาจมีอยู่บ้าง และ Plug ให้ลอยขึ้นมาจึงจะมีแต่คอนกรีตดีลงไปแทนที่อยู่ก้นหลุม และเพื่อป้องกันมิให้ตะกอนหรือสาร Slurry เข้ามาปะปนกับคอนกรีตดีได้ ในระหว่างการเทคอนกรีตจะต้องรักษาปลาย Tremie Pipe ให้จมอยู่ในคอนกรีตตลอดเวลา โดยมีระยะจมอย่างน้อย 2.0 เมตร ตะกอนและสาร Slurry จึงจะถูกดันลอยขึ้นมาตลอดเวลา จนมาอยู่ส่วนบน Panel เมื่อเทคอนกรีตจนได้ระดับแล้วจะต้องมีส่วนเผื่อสำหรับสกัดเอาส่วนบนของ Panel ออกประมาณ 1เมตร หรือถึงส่วนของเนื้อคอนกรีตที่มีคุณภาพดีตามข้อกำหนด

5.3.8 เสาเข็มรับพื้นทางลอด (Base Slab)

อาจจะเป็นเสาเข็มตอกหรือเสาเข็มเจาะ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแบบก่อสร้าง แต่ระดับหัวเสาเข็มจะต้องตัด ให้ได้ระดับตาม Profile ของระดับพื้นทางลอด และให้สูงกว่าเล็กน้อย โดยระหว่างก่อสร้างเสาเข็ม จะตรวจสอบและวัดระดับความลึก โดยอ้างอิงจากระดับผิวดินเดิมเป็นหลัก ให้ได้ระดับหัวเสาเข็มตามต้องการ เมื่อแล้วเสร็จแล้วจะต้องกลบหลุม เพื่อป้องกันคนหรือสิ่งของตกหล่นลงไปในหลุมหัวเสาเข็ม

5.3.9 การขุดดินออกเพื่อก่อสร้าง Base Slab

5.3.9.1 ก่อนขุดจะต้องสกัดผนัง Guide Wall ออก

5.3.9.2 ก่อสร้าง Waling Beam ยึดบนกำแพง Diaphragm Wall โดย Block Out ช่องสำหรับเทคอนกรีต Finishing ภายหลังทุก ๆ ระยะ 2 เมตร ด้วย

5.3.9.3 ก่อนขุดดินจะต้องคำนวณหาแรงดันของดินที่กระทำต่อ Diaphragm Wall ในแต่ละเมตรที่ขุดลึกลงไปจนถึงระดับที่ต้องการตามแบบเพื่อป้องกันไม่ให้ Diaphragm Wall เคลื่อนตัวต้องใส่ Bracing ชั่วคราวในแต่ละชั้นของความลึก (ประมาณ 2.5 - 3.0 เมตร) ถ้าระยะระหว่างกำแพงถึงกำแพงห่างกันมาก ต้องทำเสาชั่วคราว (King Post) รองรับตัว Bracing เพื่อป้องกันการเกิด Buckling ของ

Bracing หากมีเครื่องจักรขึ้นไปยืนอยู่บนพื้น (Plat Form) เพื่อขุดดินออกต้องเพิ่มจำนวนเสาชั่วคราว (King Post) รองรับน้ำหนักเครื่องจักรด้วย

5.3.9.4 เมื่อขุดถึงระดับที่จะทำ Base Slab แล้วจึงปรับแต่งด้วยทรายและเทคอนกรีตหยาบให้ได้ตามรูปแบบของท้องพื้น Base Slab ที่จะก่อสร้าง

5.3.10 การรื้อ Bracing ชั่วคราวและเสาชั่วคราวออกจะกระทำได้ต่อเมื่อได้เทคอนกรีตพื้น Base Slab และทำ Bracing ถาวรตามตำแหน่งและสามารถรับน้ำหนักได้ตามที่กำหนดไว้ในแบบเรียบร้อยแล้ว ในการเทคอนกรีตพื้น Base Slab ต้องทำ Block Out บริเวณรอบเสาชั่วคราว (King Post) เพื่อความสะดวก ในการเชื่อมเหล็กเสริมและเทคอนกรีตพื้น Base Slab ตรงที่ Block Out ไว้ตามแบบหลังจากที่ได้ถอนเสาชั่วคราวออกแล้ว ทั้งนี้ควรใส่ Water Stop ไว้โดยรอบแนวที่ Block Out ของพื้น Base Slab เพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำบริเวณรอยต่อคอนกรีต

5.3.11 การตกแต่ง (Finishing)

ผิวของ Diaphragm Wall ด้านในอาจไม่เรียบร้อย เนื่องจากการพังทลายของผนังดิน จึงต้องมีการตกแต่งผิวใหม่ดังนี้

5.3.11.1 สกัดผิวส่วนที่นูนและล้างทำความสะอาดโดยการฉีดน้ำแรงดันสูง

5.3.11.2 ซ่อมรอยรั่วต่างๆ ที่เกิดขึ้นใน Diaphragm Wall โดยใช้น้ำยา Epoxy หรือสารที่ฉีดเข้าไปป้องกันการรั่วซึมต่างๆ

5.3.11.3 เจาะผนังเพื่อเสียบเหล็ก Dowel และเข้าแบบเพื่อเทคอนกรีต Finishing หนาประมาณ 20 เซนติเมตร หรือตามแบบกำหนด

5.3.11.4 เทคอนกรีต Finishing ทางช่องที่ Block Out ไว้บน Welding Beam

5.3.11.5 หลังจากถอดแบบถ้าผิวยังไม่เรียบร้อยให้ตกแต่งผิวอีกครั้งให้เรียบร้อย

5.4 ขั้นตอนเตรียมการก่อสร้าง

5.4.1 ศึกษารูปแบบรายละเอียดการก่อสร้าง และข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องโดยละเอียด

5.4.2 ตรวจสอบหมุดหลักฐานที่ใช้วางแนวการสำรวจและหมุดระดับทุกตัวที่พบในบริเวณก่อสร้างว่าถูกต้องตามแบบกำหนดหรือไม่ หากมีการคลาดเคลื่อนเกินกว่าการแก้ไขปรับปรุงที่ยอมให้ต้องแจ้งสำนักฯเจ้าของงาน

5.4.3 ทำการสำรวจวางแนวศูนย์กลางและแนวความกว้าง ยาว ของทางลอดที่จะขุดเปิดให้เป็นไปตามแบบกำหนด รวมถึงการสำรวจระบบสาธารณูปโภคที่กีดขวางการก่อสร้างอย่างละเอียดทั่วถึงเพื่อการรื้อย้าย

5.4.4 จัดทำค่าระดับจากหมุดหลักฐานอ้างอิงในบริเวณพื้นที่ก่อสร้างและตรวจสอบค่าระดับโดยละเอียด เพื่อให้เกิดความถูกต้องในการกำหนดระดับความสูงของโครงสร้างทางลอดต่าง ๆ รวมทั้งกำแพงกันดินด้วย

5.4.5 จัดทำแบบรายละเอียดก่อสร้าง (Shop Drawings) ก่อนเริ่มปฏิบัติงาน

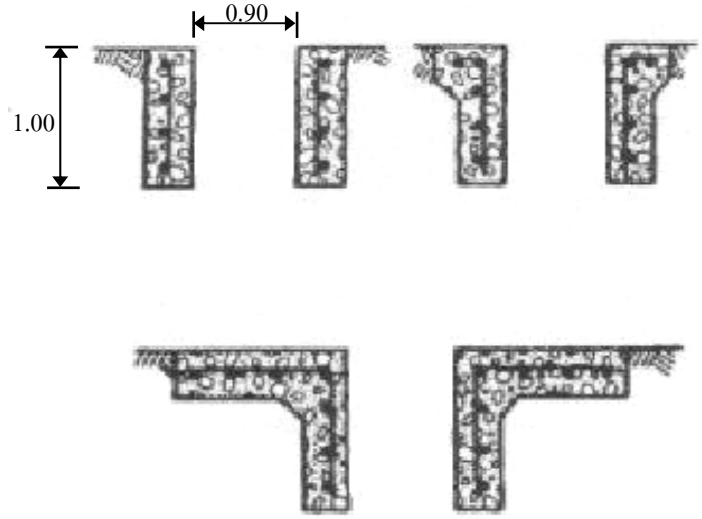
5.4.6 จัดเตรียมแผนการจราจรระหว่างการก่อสร้างพร้อมติดตั้งป้ายสัญญาณจราจร ไฟฟ้าแสงสว่าง ตามแบบของกรมทางหลวงเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้ถนน

5.4.7 ตรวจสอบความพร้อมของผู้รับจ้างเช่น การจัดเตรียมวัสดุ เครื่องจักร เครื่องมืออุปกรณ์ก่อสร้าง รวมทั้งบุคลากร ให้เป็นไปตามรายละเอียดแผนการดำเนินงานที่ได้รับการอนุมัติเห็นชอบ

5.4.8 กำหนดแนว ขนาด ผนังนำร่อง (Guide Wall) เพื่อความสะดวกในการทำงาน

5.5 ขั้นตอนการก่อสร้าง

5.5.1 ก่อสร้างผนังนำร่อง (Guide Wall) เป็นกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กลึกประมาณ 1.00 เมตร หนาประมาณ 0.3-0.50 เมตร และระยะห่างระหว่างผนังนำร่อง ควรกว้างกว่ากำแพงผนังพืด (Diaphragm Wall) ประมาณ 25 - 50 มม. มีความคลาดเคลื่อนในแนวดิ่งของผนังนำร่องไม่เกิน 1:200 และเบี่ยงเบนจากแนวศูนย์กลางได้ไม่เกิน 15 มม. ต่อความยาวผนัง 3 เมตร

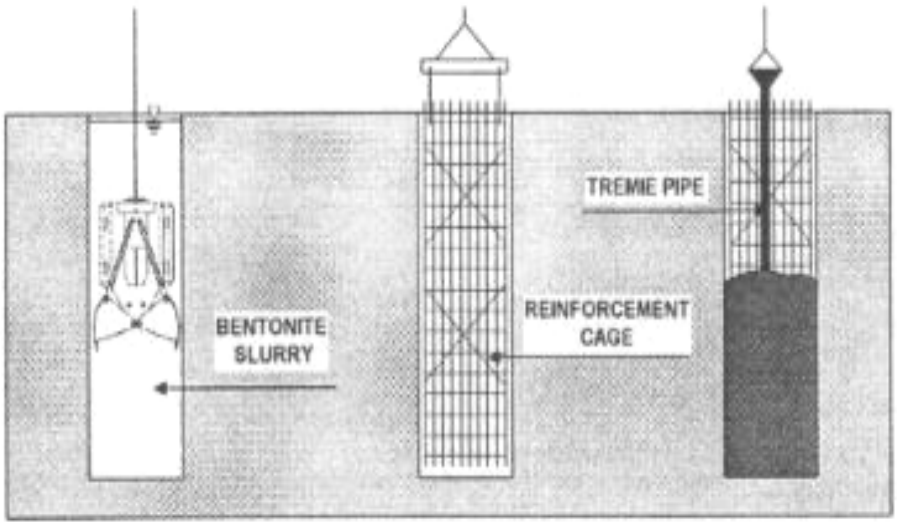


รูปที่ 5.12 แบบต่างๆของ Guide Wall

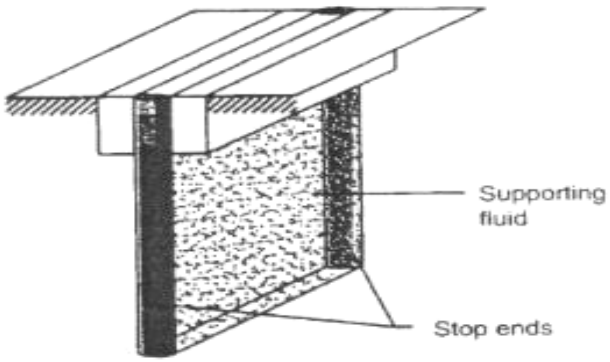
5.5.2 ขุดดินระหว่างช่องผนังนำร่อง (Guide Wall) เพื่อก่อสร้างผนังพืด (Diaphragm Wall) ให้ได้ความลึกตามที่กำหนด ในระหว่างการขุดต้องเติมของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะแทนที่ดินขุด เพื่อป้องกันผนังหลุมขุดพัง ต้องรักษาคุณภาพของของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะให้เป็นไปตามข้อกำหนดและให้มีระดับความสูงไม่ต่ำกว่าส่วนล่างของผนังนำร่อง

5.5.3 อ่านค่าความลึกหลุมขุดจาก Meter ที่ติดตั้งบนเครื่องมือขุดและอาจตรวจสอบความลึกโดยใช้เทปวัดอย่างน้อย 6 จุด คือที่มุมทั้งสี่ด้าน และกึ่งกลาง Panel ทั้งสองข้าง

5.5.4 จดบันทึกรายละเอียด ข้อมูลความหนาของชั้นดิน ความลึกของหลุมขุด คุณสมบัติของของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะ



รูปที่ 5.13 ขั้นตอนการก่อสร้าง Diaphragm Walls



รูปที่ 5.14 การติดตั้ง Stop End Plates

5.5.5 ติดตั้งแบบหล่อปิดปลายผนังพืด (Stop End Plate) ที่ออกแบบให้สามารถติดตั้งแผ่นยางกันน้ำ (Water Stop) ในแนวดิ่งได้ และนำของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะที่มีคุณสมบัติตามข้อกำหนด ลงในของเหลวในหลุมเจาะ

5.5.6 ตรวจสอบความลึก ความกว้าง และความดิ่งแล้ว นำเหล็กเสริมที่ผูกเตรียมไว้ตามแบบกำหนดติดตั้งในหลุมเจาะที่ขุดไว้

5.5.7 ทำการเทคอนกรีตผ่านท่อ Tremie ที่ต่อยาวลงไปถึงก้นหลุมเพื่อป้องกันการแยกตัว (Segregation) ของส่วนผสมคอนกรีต ก่อนเทต้องทดสอบ Slump ให้ได้ตามข้อกำหนดและเก็บตัวอย่างทุกครั้งเมื่อมีการเทคอนกรีต ระหว่างการเทคอนกรีตต้องควบคุมให้ปลายของท่อ Tremie จมอยู่ในคอนกรีตอย่างน้อย 1 เมตรตลอดเวลา เพื่อป้องกันไม่ให้ตะกอนดินหรือตะกอนของของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะเข้ามาปะปนกับคอนกรีต ต้องเทคอนกรีตให้สูงกว่าระดับที่ต้องการ (Cut-Off) ไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร ในกรณีที่พบคอนกรีตไม่ดีใต้ระดับ Cut off ให้สกัดออกจนถึงคอนกรีตที่ดี

5.5.8 ภายหลังจากก่อสร้างผนังพืดแล้วเสร็จและสามารถรับกำลังได้ตามข้อกำหนด ให้สกัดผนังนำร่อง (Guide Wall) ออกแล้วทำการก่อสร้างคานยึด (Cap Beam) บนผนังพืด

5.5.9 กรณีที่แบบให้ก่อสร้างเสาเข็มรับพื้นทางลอด (Base Slab) วิธีการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามรายละเอียดงานเสาเข็มตอกหรือเสาเข็มเจาะตามแบบกำหนด

5.5.10 ขณะทำการขุดดินระหว่างผนังพืดเพื่อก่อสร้างพื้นทางลอด (Base Slab) ต้องตรวจสอบการเคลื่อนตัวของผนังพืด (Diaphragm Wall) หากมีการเคลื่อนตัวของผนังพืดเกินกว่า 10 มิลลิเมตรที่ระดับความลึกไม่เกิน 3 เมตร หรือเกินกว่า 20 มิลลิเมตร ที่ระดับความลึกระหว่าง 3 ถึง 6 เมตรหรือเกินกว่า 25 มิลลิเมตร ที่ระดับความลึกเกิน 6 เมตร ต้องหยุดดำเนินการขุดดินและหาแนวทางวิธีการป้องกันแก้ไข

5.5.11 ขุดดินออกพร้อมทั้งปรับดินพื้นที่ก่อสร้างหลังจากขุดดินแล้วตามค่าระดับที่กำหนดจากแบบรายละเอียดก่อสร้าง (Shop Drawings) แล้วทำการก่อสร้างพื้นทางลอด (Base Slab) โดยให้ขุดลึกจนถึงระดับตามแบบกำหนด พร้อมทั้งให้มีวิธีป้องกันการรั่วซึมของน้ำผ่านพื้นทางลอดเนื่องจากไม่สามารถเทคอนกรีตให้แล้วเสร็จในคราวเดียว

5.5.12 กำหนดระดับและความกว้าง ความยาว ระดับคอนกรีตหยาบ แล้วเทคอนกรีตหยาบ (Lean Concrete) รองพื้นทางลอด

5.5.13 กำหนดตำแหน่งของพื้นทางลอด (Base Slab) และแนวกำแพงกันดิน (Retaining Wall) เพื่อความถูกต้องในการผูกเหล็ก

5.5.14 ประกอบแบบพื้นพร้อมกับการผูกเหล็กเสริมพื้น ส่วนเหล็กกำแพงกันดินให้ผูกยึดกับเหล็กพื้นทางลอด ตามแนวตำแหน่งกำแพงกันดินที่ได้กำหนดไว้ เหล็กกำแพงกันดินถ้ามีความสูงมากต้องยึดและค้ำไว้ไม่ให้ล้มหรือเอียง

5.5.15 กำหนดระดับเทคอนกรีตของพื้นทางลอดโดยความหนาต้องไม่น้อยกว่าแบบกำหนด

5.5.16 เทคอนกรีตพื้นทางลอดโดยให้เทต่อเนื่องจนแล้วเสร็จ

5.5.17 เมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้วจึงทำการบ่มคอนกรีต อาจใช้วิธีขังน้ำหรือคลุมด้วยกระสอบชุ่มน้ำ

5.5.18 กำหนดระดับความสูงกำแพงกันดินตามแบบรายละเอียด (Shop Drawings)

5.5.19 ผูกเหล็กเสริมกำแพงกันดิน ตรวจสอบให้มีระยะหุ้มของคอนกรีต (Covering) ตามแบบกำหนด

5.5.20 ประกอบแบบกำแพงกันดินทั้ง 2 ด้าน ตรวจสอบความดิ่ง ต้องไม่เกิน 1:200 พร้อมรัดแบบยึดและค้ำยันให้แข็งแรง ระยะคลาดเคลื่อนของแนวกำแพงต้องไม่มากกว่า 15 มิลลิเมตร หรือตามที่แบบกำหนดไว้เป็นอย่างอื่น

5.5.21 รอยต่อแบบทุกแผ่นต้องใส่ฟองน้ำอุดรอยรั่ว เพื่อป้องกันน้ำปูนไหลออกขณะเทคอนกรีต

5.5.22 ขอบ และมุมของกำแพงทุกส่วนต้องใส่บัวลบมุมตามแบบกำหนดเพื่อป้องกันมุมคอนกรีตแตก

5.5.23 กรณีต้องมีการหยุดเทคอนกรีต และเทต่อภายหลัง ควรมีการป้องกันรอยต่อคอนกรีตไม่ให้น้ำซึมผ่านได้โดยทำเป็น Key ให้น้ำซึมผ่านได้ยาก หรือใส่แผ่นยางกั้นน้ำ (Water Stop) หรือตามข้อกำหนดระบุไว้ในแบบ

5.5.24 การเทคอนกรีตกำแพงแต่ละจุด ควรมีความหนาคอนกรีตไม่เกิน 0.50 เมตร ต้องเทคอนกรีตอย่างต่อเนื่อง และใช้อุปกรณ์ทำให้คอนกรีตแน่นตัวขณะเท

5.5.25 การเทคอนกรีตหากผนังกำแพงกันดินมีความสูงเกินกว่า 2.00 เมตร การเทคอนกรีตต้องใช้ท่อกรวยช่วยในการเทคอนกรีตเพื่อป้องกันการแยกตัวของส่วนผสม

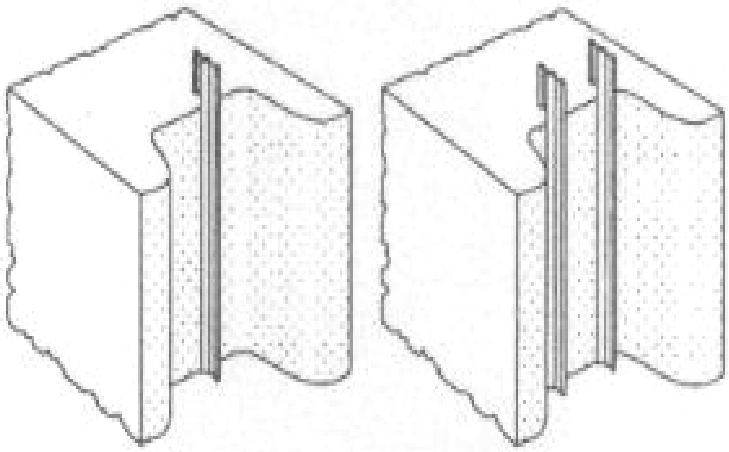
5.5.26 คอนกรีตส่วนที่ยังคงมีการก่อสร้างคอนกรีตต่อเนื่องให้ทำผิวปูนเป็นรอยขรุขระเพื่อการประสานกันของคอนกรีตเก่าและใหม่

5.5.27 เมื่อคอนกรีตได้อายุครบกำหนดสามารถถอดแบบได้แล้วต้องรีบทำการบ่มคอนกรีตทันทีเพื่อป้องกันการแตกร้าว

5.5.28 ภายหลังการถอดแบบ หากคอนกรีตมีความบกพร่อง ต้องรีบดำเนินการแก้ไขซ่อมแซมโดยความเห็นชอบของนายช่างควบคุมงาน

5.5.29 ตกแต่งผิวของผนังพืดหรือกำแพงกันดิน (Finishing) ด้านในด้วยแผ่นหินแกรนิตแผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จหรือตามแบบกำหนด

5.5.30 ตรวจสอบการแตกร้าวของผนัง การรั่วซึมของน้ำในอุโมงค์ทางลอด หากเกิดขึ้นให้ดำเนินการแก้ไข



รูปที่ 5.15 วิธีการติดตั้งแผ่นยางกันน้ำรั่วซึมกับแบบปิดปลายหลุมขุด

บทที่ 6 โครงสร้างคอสะพาน (Bridge Approach Structure)

โครงสร้างคอสะพาน (Bridge Approach Structure) เป็นโครงสร้างเชิงลาดที่ต่อเชื่อมระหว่างโครงสร้างสะพานกับถนน อาจใช้โครงสร้างส่วนนี้ให้เกิดประโยชน์ในงานบำรุงทาง โดยใช้เป็นที่เก็บวัสดุหรือห้องปฏิบัติงาน เมื่อเปรียบเทียบ Bridge Approach Structure ชนิดมีกำแพงหล่อในที่กับสะพานแบบมีช่วงคานคอนกรีตอัดแรงในช่วงระยะที่เท่ากันแล้ว Bridge Approach Structure มีขั้นตอนและระยะเวลาก่อสร้างที่มากกว่า เนื่องจากต้องใช้แบบหล่อในที่ตลอดช่วงความยาว ซึ่งแบบหล่อโครงสร้างส่วนบนทั้งหมดจะต้องรองรับด้วยระบบค้ำยันและนั่งร้าน

6.1 องค์ประกอบของ Bridge Approach Structure

6.1.1 โครงสร้างส่วนล่าง (Substructure)

6.1.1.1 ฐานราก เป็นเสาเข็มตอก (Driving Pile) หรือเสาเข็มเจาะ (Bored Pile) ในกรณีที่ก่อสร้างในเขตชุมชม หรือชิดกับโครงสร้างอื่นที่อาจเกิดความเสียหายจากการตอกเสาเข็ม

6.1.1.2 คานคอดิน (Ground Beam) และ**แท่นหัวเข็ม** (Pile Cap) เป็นโครงสร้าง คสล. ส่วนล่างของ Bridge Approach Structure คานคอดินมีทั้งแนวตามยาวและตามขวาง ทำหน้าที่โยงยึดระบบโครงสร้าง ระดับท้องคานคอดินควรอยู่ที่ระดับดินเดิม หรือตามแบบกำหนด

6.1.1.3 เสา (Column) เสาภายใน Bridge Approach Structure ถูกออกแบบให้มีช่วงระยะห่างไม่มากนักเพื่อกระจายการรับน้ำหนักเสาอาจมีแถวเดียว หรือหลายแถวขึ้นอยู่กับความกว้างสะพาน

6.1.1.4 กำแพง (Wall) เป็นโครงสร้างด้านข้างตามแนวยาวของสะพาน ทำหน้าที่กระจายน้ำหนักลงสู่คานคอดินและฐานราก อาจมีช่องเปิดตามแบบกำหนด

6.1.1.5 คานบน (Upper Beam) เป็นคาน คสล. ตามแนวยาวและอาจมีตามแนวขวางออกแบบให้รองรับและกระจายน้ำหนักจากโครงสร้างส่วนบน (Superstructure) ลงสู่เสา

6.1.2 โครงสร้างส่วนบน (Superstructure)

6.1.2.1 พื้นสะพาน (Topping Slab) เป็นโครงสร้างส่วนบนสุดที่เป็นผิวจราจร

6.2 ขั้นตอนเตรียมการก่อสร้าง

- ทำการสำรวจและศึกษาทางด้านธรณีวิทยา และอื่นๆ ที่จำเป็นตรวจสอบความเหมาะสมของแบบกับสภาพจริงในสนาม หากไม่เหมาะสมให้รายงานสำนักฯเจ้าของงาน
- ตรวจสอบแนว พิกัด ระดับของโครงสร้างที่กำหนดในแบบก่อสร้างและข้อมูลในสนามให้มีความสอดคล้องถูกต้องเหมาะสมและเป็นไปตามแบบรายละเอียด และข้อกำหนด เช่น ระยะความสูงมากที่สุดของ Bridge Approach Structure ที่ก่อสร้างต้องไม่เกินที่ระบุไว้ในแบบ หากสูงเกินจากแบบกำหนดให้รีบรายงานสำนักฯเจ้าของงาน

6.2.1 การดำเนินงานโครงสร้างส่วนล่าง (Substructure)

6.2.1.1 ฐานรากชนิดเสาตอก (Driving Pile)

การปฏิบัติงานให้ดำเนินการตามวิธีการผลิต การขนส่งและการตอกเสาเข็มตามลักษณะของเสาเข็มที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง ตามรายละเอียดในหัวข้อเสาเข็มตอก (Driving Pile) ดังนี้

<u>การตอกเสาเข็ม</u>

(1) ตรวจสอบขนาด ผังตำแหน่ง ของเสาเข็ม ให้เป็นไปตามแบบรายละเอียดและลำดับการตอกต้องเหมาะสม

(2) ดำเนินการตอกเสาเข็ม ให้เป็นไปตามแบบรายละเอียดและข้อกำหนด ลำดับการตอกต้องเหมาะสม

(3) ตรวจสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตตัวอย่างของเสาเข็มที่จะใช้ตอกก่อนนำไปใช้งาน

(4) ตรวจสอบค่าระดับดินเดิมบริเวณผังเสาเข็ม

(5) ตรวจสอบความแข็งแรงของนั่งร้านปั้นจั่น

(6) ตรวจสอบฐานปั้นจั่นให้อยู่ในแนวระนาบ และรางบังคับลูกตุ้มของปั้นจั่นต้องไม่คดงอ

(7) กรณีตอกเสาเข็มในแนวดิ่งรางบังคับลูกตุ้มของปั้นจั่น ต้องอยู่ในแนวดิ่งทั้ง 2 ทิศทาง

(8) เตรียมพื้นที่สำหรับการกองเสาเข็มเพื่อใช้ประโยชน์ในการชักลากตลอดการยกเสาเข็มขึ้นตั้งเพื่อตอกและต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดความเสียหาย

(9) ทำเครื่องหมายทุกระยะ 0.50 เมตร ตลอดความยาวของเสาเข็ม

(10) ทำหมุดหลักฐานไว้สำหรับตรวจสอบตำแหน่งเสาเข็มทุกต้นอย่างน้อย 2 ทิศทาง

(11) ตรวจสอบแนวแกนเสาเข็มให้ขนานกับรางบังคับลูกตุ้มทั้ง 2 ทิศทาง ทั้งในกรณีตอกเข็มในแนวดิ่ง และตอกเข็มในแนวเอียง

(12) ก่อนตอกเสาเข็ม ให้ตรวจสอบสภาพความสมบูรณ์ของเสาเข็ม ไม่มีรอยแตกร้าว

(13) เมื่อเริ่มตอกเสาเข็มให้บันทึก ระยะยกลูกตุ้ม จำนวนครั้งที่ตอก และระยะจมของเสาเข็ม

(14) ขณะเริ่มตอกเสาเข็ม หรือระหว่างการตอกเมื่อพบความคลาดเคลื่อนข้อบกพร่องให้ทำการแก้ไขก่อนดำเนินการตอกเสาเข็มต่อไป ให้ตรวจสอบตำแหน่งเสาเข็มกับหมุดหลักฐานและสภาพความสมบูรณ์ของเสาเข็มเป็นระยะ ๆ

(15) เมื่ออัตราการจมของเสาเข็มจากการตอก ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการคำนวณจากความสามารถการรับน้ำหนักของเสาเข็มตามแบบ ให้ทำการวัดอัตราการจมเฉลี่ยต่อการตอก 5 ครั้ง จำนวน 3 ค่า หากได้ค่าเฉลี่ยอัตราการจมน้อยกว่าจากการคำนวณให้คำนวณค่าความสามารถการรับน้ำหนักของเสาเข็มจากค่าเฉลี่ยอัตราการจม

(16) ตรวจสอบค่าการคลาดเคลื่อนของหมุดอ้างอิง

(17) รวบรวมข้อมูลของเสาเข็มและบันทึกตามแบบฟอร์ม ก.1 พร้อมบันทึกค่าระดับปลายเสาเข็มในแบบ บ.4.2 ของกรมทางหลวง

(18) เนื่องจากเสาเข็มของฐานราก Bridge Approach Structure มีลักษณะเป็นกลุ่มเรียงเป็นระเบียบ เป็นลำดับการตอกเสาเข็ม ในลักษณะกลุ่มเสาเข็มบริเวณดินอ่อนให้กำหนดแผนลำดับการตอกเสาเข็ม โดยมีลำดับการตอกที่มีทิศทางออกไปจากกลุ่มเสาเข็มที่ได้ตอกเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทั้งนี้ รวมถึงกลุ่มเสาเข็มของตอม่อที่อยู่ประชิดใกล้เคียงที่ตอกเสร็จแล้วด้วย เพื่อให้แรงดันสะสมที่เกิดจากมวลดินใต้ดินที่ถูกแทนที่โดยกลุ่มเสาเข็มมีทิศทางของแรงออกจากกลุ่มเสาเข็มที่ตอกแล้ว ไม่ให้กระทำต่อเสาเข็มที่ตอกเสร็จแล้วเป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนตำแหน่งหรือหนีศูนย์

6.2.1.2 ฐานรากชนิดเสาเข็มเจาะ (Bored Pile)

ให้ใช้ในกรณีที่กำหนดไว้ในแบบหรือไม่สามารถใช้ฐานรากชนิดเสาตอกได้ ทั้งนี้ โดยต้องใส่เหล็กเสริมอย่างน้อย 1 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่หน้าตัดยาวตลอดความยาวของเสาเข็ม และต้องเสนอรูปแบบและรายการคำนวณให้สำนักสำรวจและออกแบบเห็นชอบเป็นลายลักษณ์อักษร

6.2.1.2.1 เสาเข็มเจาะระบบเจาะเปียก (Wet Process) จะใช้กับสภาพดินที่มีชั้นทรายหรือมีน้ำใต้ดิน ซึ่งจำเป็นต้องใช้ของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะเพิ่มแรงดันในหลุมเจาะ เพื่อป้องกันมิให้ผนังหลุมเจาะพังเช่น สารละลายเบนโทไนท์ (Bentonite) เป็นต้น ซึ่งขั้นตอนปฏิบัติควบคุมดังนี้

<u>ก่อนเจาะ</u>

(1) ตรวจสอบศูนย์กลางของตำแหน่งเสาเข็มและขนาดให้ได้ตามแบบ

(2) ตรวจสอบความมั่นคงของจุดยืน ของเครื่องเจาะ และทางที่รถลำเรียงดินออก

(3) ตรวจสอบระยะห่างของหลุมที่จะเจาะใหม่กับหลุมของเสาเข็มที่เทคอนกรีตเสร็จใหม่

<u>การเจาะ</u>

(1) ตรวจสอบแนวดิ่งของเครื่องเจาะตลอดเวลา

(2) ตรวจสอบคุณภาพของ Drilling liquid และเติม Drilling liquid ในหลุมเจาะเมื่อระดับลดลง

(3) ตรวจสอบและวัดความลึกของชั้นดินที่เปลี่ยนไปของหลุมเจาะ (Drill Hole Monitoring) ระหว่างขุดเจาะ

(4) สังเกตการพังทลายดินข้างผนังหลุมเจาะพัง และอย่านำดินที่ขุดขึ้นมากองไว้ข้างหลุม

(5) วัดระดับก้นหลุมเจาะ ความลาดเอียง และสภาพของหลุมเจาะ เมื่อความลึกที่วัดได้ของหลุมเจาะได้ตามต้องการ รวมทั้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลุมเจาะ

(6) ให้รีบดำเนินการเทคอนกรีตโดยเร็ว อย่าทิ้งหลุมเจาะไว้นาน

<u>การเทคอนกรีต</u>

(1) ตรวจความสะอาดของหลุมเจาะอีกครั้ง

(2) ตรวจสอบตำแหน่งเหล็กเสริม และลูกปูน ก่อนนำลงในหลุมเจาะให้เป็นไปตามแบบ

(3) ตรวจข้อต่อของท่อส่งคอนกรีตอย่าให้น้ำซึมได้ พร้อมทั้งตรวจสอบความยาว

(4) ตรวจสอบตำแหน่งและปลายท่อส่งคอนกรีต ให้ห่างจากก้นหลุมเจาะไม่เกิน 20-30 ซม.เพื่อป้องกันคอนกรีตแยกตัว และดันตะกอนที่ก้นหลุมขึ้นมาได้

(5) ตรวจสอบคุณภาพของคอนกรีตให้เป็นไปตามข้อกำหนด

(6) ตรวจสอบระดับของคอนกรีตที่เทได้ในหลุมเจาะแต่ละครั้ง เปรียบเทียบกับปริมาณตามแบบ และจดบันทึก

(7) ตรวจสอบระยะฝังในคอนกรีตของท่อส่งคอนกรีต ควรจมอยู่ในคอนกรีต 2.00 เมตร

(8) ตรวจสอบระยะเผื่อของระดับคอนกรีตหัวเสาเข็ม

6.2.1.2.2 เสาเข็มเจาะระบบเจาะแห้ง (Dry Process) ในสภาพดินบางแห่งเมื่อเจาะแล้วไม่พบน้ำใต้ดิน หรือเป็นชั้นทรายอัดตัวแน่นไม่เกิดการพังทลายของผนังหลุมเจาะ ไม่จำเป็นต้องใช้ของเหลวป้องกันผนังหลุมเจาะ มีขั้นตอนปฏิบัติควบคุมดังนี้

<u>ก่อนเจาะ</u>

(1) ตรวจสอบศูนย์กลางของตำแหน่งเสาเข็มและขนาดให้ได้ตามแบบ

(2) ตรวจสอบความมั่นคงของจุดยืนของเครื่องเจาะ และทางที่รถลำเลียงดินออก

(3) ตรวจสอบระยะห่างของหลุมที่จะเจาะใหม่กับหลุมของเสาเข็มที่เทคอนกรีตเสร็จใหม่

(4) ตรวจสอบสภาพและรอยต่อของปลอกเหล็กในกรณีที่ช่วงแรกของการขุดเจาะซึ่งส่วน มากเป็นดินอ่อนจึงมักจะใส่ปลอกเหล็ก (Steel Casing) เพื่อป้องกันดินส่วนบนพังและ ใช้หัวขุดเจาะแบบสว่าน (Auger Type)

<u>การเจาะ</u>

(1) ตรวจสอบแนวดิ่งของปลอกเหล็กตลอดเวลาขณะตอก

(2) ตรวจสอบ และวัดความลึกของชั้นดินที่เปลี่ยนไปของหลุมเจาะระหว่างการขุดเจาะ

(3) สังเกตว่ามีดินข้างหลุมพังหรือไม่ และอย่านำดินที่ขุดขึ้นมากองไว้ข้างหลุม

(4) ตรวจสอบก้นหลุมและทำให้หลุมเจาะแห้ง (ถ้าหากก้นหลุมมีน้ำใต้ดินซึมเข้าในหลุม) โดยทั่วไปจะใส่ปูนซีเมนต์ผงลงไปซับน้ำให้ก้นหลุมแห้ง

(5) วัดระดับก้นหลุมเจาะความลาดเอียงและสภาพของหลุมเจาะ เมื่อความลึกของหลุมเจาะได้ตามต้องการ

(6) ให้รีบดำเนินการเทคอนกรีตโดยเร็ว อย่าทิ้งหลุมเจาะไว้นาน

<u>การเทคอนกรีต</u>

(1) ตรวจสอบความสะอาดก้นหลุมเจาะอีกครั้ง

(2) ตรวจสอบตำแหน่งเหล็กเสริมในหลุมเจาะให้เป็นไปตามแบบ

(3) ตรวจสอบตำแหน่งและปลายท่อส่งคอนกรีต อย่าให้ห่างจากก้นหลุมเจาะหรือระดับของคอนกรีตในหลุมเจาะมากนักเพื่อป้องกันคอนกรีตแยกตัว

(4) ตรวจสอบคุณภาพของคอนกรีตให้เป็นไปตามข้อกำหนด

(5) ตรวจสอบระดับของคอนกรีต ที่เทได้ในหลุมเจาะแต่ละครั้งเปรียบเทียบกับปริมาณตามแบบ

(6) ตรวจสอบระยะเผื่อของระดับคอนกรีตหัวเข็ม

(7) ดึงปลอกเหล็กออกก่อนคอนกรีตก่อตัวด้วยหัวจับยึดแบบสั่น และต้องระวังมิให้ปลอกเหล็กเกี่ยวเหล็กเสริมขึ้นมาด้วย

6.2.1.3 คานคอดิน (Ground Beam) และ แท่นหัวเข็ม (Pile Cap)

เป็นโครงสร้าง คสล. ส่วนล่างของ Bridge Approach Structure คานคอดินมีแนวตามยาวและตามขวาง ทำหน้าที่โยงยึดระบบโครงสร้างไว้ โดยปกติระดับหลังคานคอดินและระดับหลังแท่นหัวเสาเข็ม (Pile Cap) จะอยู่ในระดับดินเดิมหรือสูงกว่าเล็กน้อยหรือตามแบบกำหนด

<u>การเตรียมงานก่อนเทคอนกรีต</u>

(1) ตรวจสอบอัตราส่วนผสม กระบะตวง ถ้าใช้คอนกรีตผสมเสร็จ (Ready Mixed Concrete) ต้องทำการ Calibrate เครื่องชั่งให้ถูกต้อง กรณีที่แบบก่อสร้างไม่ได้กำหนดอัตราส่วนผสมไว้หรือกรณีเทคอนกรีตด้วยเครื่อง Concrete Pump ผู้รับจ้างต้องเสนอขออนุมัติ Mixed Design และทำการทดสอบความสามารถการรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง ให้เป็นไปตามข้อกำหนด

(2) ตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุส่วนผสมคอนกรีต คือ ประเภทปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และสารผสมเพิ่มให้ถูกต้องตามข้อกำหนด

(3) ตรวจสอบขนาดคละ(Gradation) ความต้านทานการสึกหรอ(Abrasion) และความสะอาดของ หิน หรือ กรวด ทราย ให้เป็นไปตามข้อกำหนด

(4) ตรวจแบบหล่อให้ได้ ขนาด ตำแหน่ง ระดับ ขนาดบัวลบเหลี่ยม ไม่มีรอยรั่ว มีสภาพสมบูรณ์ แข็งแรง เหมาะสมในการใช้งาน

(5) น้ำมันทาแบบต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานก่อนใช้

(6) ตรวจสอบ ชนิด ขนาด จำนวน ตำแหน่ง ระยะห่างของเหล็กเสริม ให้ถูกต้อง

(7) ตรวจสอบ ตำแหน่งและระยะทาบ การต่อเหล็กเสริมให้ถูกต้องตามแบบหรือข้อกำหนดและหลักวิชา

(8) ตรวจสอบเหล็กเสริมที่ใช้ต้องสะอาด ไม่มีสนิมขุม ถ้ามีคราบโคลน น้ำมัน หรือสิ่งแปลกปลอมอื่นๆติดอยู่ ให้ทำความสะอาดก่อน

(9) ตรวจสอบ ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม (Covering) ให้ตรงตามรายการประกอบแบบ เหล็กเสริมชั้นบนต้องมีขาหยั่ง(Bar Chair) รองรับให้แข็งแรงไม่ทรุด

(10) ตรวจสอบ ตำแหน่ง ขนาด อุปกรณ์ เหล็ก Dowel ที่ต้องฝัง และช่องเจาะต่างๆ ให้ครบถ้วนตามแบบ

(11) จัดเตรียม จำนวนคนงาน ช่าง เครื่องมือ อุปกรณ์ในการเทคอนกรีต ให้เหมาะสม

(12) ตรวจแบบหล่อแท่งคอนกรีตตัวอย่าง อุปกรณ์ทดสอบความยุบตัว (Slump Test) ให้พร้อม

(13) ตรวจความสะอาดครั้งสุดท้ายก่อนเทคอนกรีต และเตรียมอุปกรณ์ป้องกันกรณีฝนตกขณะเทคอนกรีต

<u>งานเทคอนกรีต</u>

(1) การเทคอนกรีตต้องได้รับอนุญาตจากผู้ควบคุมงานก่อนทุกครั้ง

(2) ตรวจสอบส่วนผสมให้เป็นไปตามอัตราส่วน (Mixed Design) ตามข้อกำหนด

(3) ควบคุมที่โรงงานผสมคอนกรีต ตรวจสอบเวลาในการผสม (Mixing Time) ให้เหมาะสม

(4) ห้ามนำคอนกรีตที่ผสมแล้วนานเกินกว่า 45 นาทีมาใช้ ยกเว้นในกรณีที่ใส่สารหน่วงการก่อตัว

(5) ควบคุมการขนส่งคอนกรีตและการเทคอนกรีต ไม่ให้เกิดการแยกตัว กรณีระยะปล่อยคอนกรีตสูงกว่า 2.00 เมตร ต้องใช้อุปกรณ์ช่วยในการเท

(6) ตรวจสอบความข้นเหลว(Slump Test) ให้เหมาะสมกับงานที่จะเทและเป็นไปตามข้อกำหนด

(7) ควบคุมให้มีการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ ทำให้คอนกรีตแน่นตัว (Compaction) อย่างถูกวิธี และต้องทำให้คอนกรีตแน่นตัว ก่อนการก่อตัว (Initial Setting Time)

(8) ขณะเทคอนกรีต ควบคุมการเก็บตัวอย่าง เพื่อทำการทดสอบความสามารถการรับแรงอัด โดยเขียนรายละเอียดต่างๆลงในเนื้อคอนกรีต

(9) ก่อนเทคอนกรีตใหม่ เชื่อมกับคอนกรีตเก่าทุกครั้ง ให้ทำการสกัดผิวคอนกรีตเก่าให้ถึงหิน ทำความสะอาดและราดน้ำให้ชุ่มไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง จากนั้นทำการราดน้ำปูนหรือน้ำยาประสานคอนกรีต แล้วเทคอนกรีตใหม่

(10) ขณะที่เทคอนกรีต ต้องตรวจสอบอุปกรณ์หรือวัสดุที่ฝังไว้ มิให้มีการเคลื่อนที่จากเดิม

(11) แต่งผิวคอนกรีตให้เป็นไปตามแบบกำหนด

(12) เมื่อคอนกรีตเริ่มแข็งตัวให้บ่มทันที การบ่มคอนกรีตให้เป็นไปตามรายละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวง

งานหลังเทคอนกรีต

(1) ควบคุมการถอดแบบ เมื่อคอนกรีตครบอายุตามข้อกำหนดต่อไปนี้
   - แบบประกอบข้างคาน เสาและกำแพง 2 วัน
   - แบบประกอบรองรับท้องคาน พื้น 14 วัน
   - กรณีที่ผู้รับจ้างต้องการถอดแบบเร็วกว่าข้อกำหนด ความสามารถการรับแรงอัดของตัวอย่างแท่งคอนกรีตของโครงสร้างนั้น ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่ 28 วัน

(2) ตรวจสอบผลความสามารถการรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างให้เป็นไปตามข้อกำหนด

(3) เมื่อถอดแบบแล้ว หากพบว่ามีความบกพร่องของคอนกรีต ให้ผู้รับจ้างเสนอวิธีการแก้ไขต่อผู้ควบคุมงานโดยทันที

(4) ควบคุมให้มีการบ่มคอนกรีตอย่างต่อเนื่อง ตลอดระยะเวลา 7 วัน หรือความสามารถการรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง ต้องไม่น้อยกว่า 70% ของค่าที่กำหนดไว้ กรณีค่าอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อปูนซีมนต์ (Water Cement Ratio, W/C) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.40 ห้ามใช้สารเหลวบ่มคอนกรีตโดยเด็ดขาด

6.2.1.4 เสา (Column)

ให้ดำเนินการตรวจสอบตำแหน่งระยะระหว่างเสาและแนวดิ่งของเสาทุกต้น ให้ถูกต้องตามแบบก่อนและดำเนินขั้นตอนควบคุมตรวจสอบงานต่อไปดังนี้

การเตรียมงานก่อนเทคอนกรีต

(1) ตรวจสอบอัตราส่วนผสม กระบะตวง ถ้าใช้คอนกรีตผสมเสร็จ (Ready Mixed Concrete) ต้องทำการ Calibrate เครื่องชั่งให้ถูกต้อง กรณีที่แบบก่อสร้างไม่ได้กำหนดอัตราส่วนผสมไว้หรือกรณีเทคอนกรีตด้วยเครื่อง Concrete Pump ผู้รับจ้างต้องเสนอขออนุมัติ Mixed Design และทำการทดสอบความสามารถการรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง ให้เป็นไปตามข้อกำหนด

(2) ตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุส่วนผสมคอนกรีต คือ ประเภทปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และสารผสมเพิ่มให้ถูกต้องตามข้อกำหนด

(3) ตรวจสอบขนาดคละ(Gradation) ความต้านทานการสึกหรอ(Abrasion) และความสะอาดของ หิน หรือ กรวด ทราย ให้เป็นไปตามข้อกำหนด

(4) ตรวจแบบหล่อให้ได้ ตำแหน่ง ระดับ ขนาดบัวลบเหลี่ยม ไม่มีรอยรั่ว มีสภาพสมบูรณ์ แข็งแรง เหมาะสมในการใช้งาน

(5) น้ำมันทาแบบต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานก่อนใช้

(6) ตรวจสอบ ชนิด ขนาด จำนวน ตำแหน่ง ระยะห่างของเหล็กเสริม ให้ถูกต้อง

(7) ตรวจสอบ ตำแหน่งและระยะทาบ การต่อเหล็กเสริมให้ถูกต้องตามแบบหรือข้อกำหนดและหลักวิชา

(8) ตรวจสอบเหล็กเสริมที่ใช้ต้องสะอาด ไม่มีสนิมขุม ถ้ามีคราบโคลน น้ำมัน หรือสิ่งแปลกปลอมอื่นๆติดอยู่ ให้ทำความสะอาดก่อน

(9) ตรวจระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม (Covering) ให้ตรงตามรายการประกอบแบบ

(10) ตรวจ ตำแหน่ง ขนาด อุปกรณ์ เหล็ก Dowel ที่ต้องฝัง และช่องเจาะต่างๆให้ครบถ้วนตามแบบ

(11) จัดเตรียม จำนวนคนงาน ช่าง เครื่องมือ อุปกรณ์ในการเทคอนกรีต ให้เหมาะสม

(12) ตรวจแบบหล่อแท่งคอนกรีตตัวอย่าง อุปกรณ์ทดสอบความยุบตัว (Slump Test) ให้พร้อม

(13) ตรวจความสะอาดครั้งสุดท้ายก่อนเทคอนกรีต และเตรียมอุปกรณ์ป้องกันกรณีฝนตกขณะเทคอนกรีต

<u>งานเทคอนกรีต</u>

(1) การเทคอนกรีตต้องได้รับอนุญาตจากผู้ควบคุมงานก่อนทุกครั้ง

(2) ตรวจสอบส่วนผสมให้เป็นไปตามอัตราส่วน (Mixed Design) ตามข้อกำหนด

(3) ควบคุมที่โรงงานผสมคอนกรีต ตรวจสอบเวลาในการผสม (Mixing Time) ให้เหมาะสม

(4) ห้ามนำคอนกรีตที่ผสมแล้วนานเกินกว่า 45 นาทีมาใช้ ยกเว้นในกรณีที่ใส่สารหน่วงการก่อตัว

(5) ควบคุมการขนส่งคอนกรีตและการเทคอนกรีต ไม่ให้เกิดการแยกตัว กรณีระยะปล่อยคอนกรีตสูงกว่า 2.00 เมตร ต้องใช้อุปกรณ์ช่วยในการเท

(6) ตรวจสอบความข้นเหลว (Slump Test) ให้เหมาะสมกับงานที่จะเทและเป็นไปตามข้อกำหนด

(7) ควบคุมให้มีการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ ทำให้คอนกรีตแน่นตัว (Compaction) อย่างถูกวิธี และต้องทำให้คอนกรีตแน่นตัว ก่อนการก่อตัว (Initial Setting Time)

(8) ขณะเทคอนกรีต ควบคุมการเก็บตัวอย่าง เพื่อทำการทดสอบความสามารถการรับแรงอัด โดยเขียนรายละเอียดต่างๆลงในเนื้อคอนกรีต

(9) ก่อนเทคอนกรีตใหม่ เชื่อมกับคอนกรีตเก่าทุกครั้ง ให้ทำการสกัดผิวคอนกรีตเก่าให้ถึงหิน ทำความสะอาดและราดน้ำให้ชุ่มไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง จากนั้นทำการราดน้ำปูนหรือน้ำยาประสานคอนกรีต แล้วเทคอนกรีตใหม่

(10) ขณะที่เทคอนกรีต ต้องตรวจสอบอุปกรณ์หรือวัสดุที่ฝังไว้ มิให้มีการเคลื่อนที่จากเดิม

(11) แต่งผิวคอนกรีตให้เป็นไปตามแบบกำหนด

(12) เมื่อคอนกรีตเริ่มแข็งตัวให้บ่มทันที การบ่มคอนกรีตให้เป็นไปตามรายละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวง

<u>งานหลังเทคอนกรีต</u>

(1) ควบคุมการถอดแบบ เมื่อคอนกรีตครบอายุตามข้อกำหนดต่อไปนี้
- แบบประกอบข้างคาน เสาและกำแพง 2 วัน
- กรณีที่ผู้รับจ้างต้องการถอดแบบเร็วกว่าข้อกำหนด ความสามารถการรับแรงอัดของตัวอย่างแท่งคอนกรีตของโครงสร้างนั้น ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่ 28 วัน

(2) ตรวจสอบผลความสามารถการรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างให้เป็นไปตามข้อกำหนด

(3) เมื่อถอดแบบแล้ว หากพบว่ามีความบกพร่องของคอนกรีต ให้ผู้รับจ้างเสนอวิธีการแก้ไขต่อผู้ควบคุมงานโดยทันที

(4) ควบคุมให้มีการบ่มคอนกรีตอย่างต่อเนื่อง ตลอดระยะเวลา 7 วัน หรือความสามารถการรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง ต้องไม่น้อยกว่า 70% ของค่าที่กำหนดไว้ กรณีค่าอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อปูนซีมนต์ (Water Cement Ratio, W/C) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.40 ห้ามใช้สารเหลวบ่มคอนกรีตโดยเด็ดขาด

6.2.1.5 กำแพง (Wall)

ให้ดำเนินการตรวจสอบ แนว ระดับ ความสูง ความหนา และความยาวของกำแพงให้ถูกต้องตามแบบก่อน การก่อสร้างในส่วนของเหล็กยืนของกำแพง จะต้องดำเนินการพร้อมๆกับการก่อสร้างคานคอดิน และแท่นหัวเข็มที่รองรับกำแพง ตามแนวยาวของกำแพงแล้วจึงดำเนินขั้นตอนควบคุมตรวจสอบงานต่อไปดังนี้

<u>การเตรียมงานก่อนเทคอนกรีต</u>

(1) ตรวจสอบอัตราส่วนผสม กระบะตวง ถ้าใช้คอนกรีตผสมเสร็จ (Ready Mixed Concrete) ต้องทำการ Calibrate เครื่องชั่งให้ถูกต้อง กรณีที่แบบก่อสร้างไม่ได้กำหนดอัตราส่วนผสมไว้หรือกรณีเทคอนกรีตด้วยเครื่อง Concrete Pump

ผู้รับจ้างต้องเสนอขออนุมัติ Mixed Design และทำการทดสอบความสามารถการรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง ให้เป็นไปตามข้อกำหนด

(2) ตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุส่วนผสมคอนกรีต คือ ประเภทปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และสารผสมเพิ่มให้ถูกต้องตามข้อกำหนด

(3) ตรวจสอบขนาดคละ(Gradation) ความต้านทานการสึกหรอ(Abrasion) และความสะอาดของ หิน หรือ กรวด ทราย ให้เป็นไปตามข้อกำหนด

(4) ตรวจแบบหล่อให้ได้ แนว ดิ่ง ตำแหน่ง ระดับ ขนาดบัวลบเหลี่ยม ไม่มีรอยรั่ว มีสภาพสมบูรณ์ แข็งแรง เหมาะสมในการใช้งาน

(5) น้ำมันทาแบบต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานก่อนใช้

(6) ตรวจสอบ ชนิด ขนาด จำนวน ตำแหน่ง ระยะห่างของเหล็กเสริม ให้ถูกต้อง

(7) ตรวจสอบ ตำแหน่งและระยะทาบ การต่อเหล็กเสริมให้ถูกต้องตามแบบหรือข้อกำหนดและหลักวิชา

(8) ตรวจสอบเหล็กเสริมที่ใช้ต้องสะอาด ไม่มีสนิมขุม ถ้ามีคราบโคลน น้ำมัน หรือสิ่งแปลกปลอมอื่นๆติดอยู่ ให้ทำความสะอาดก่อน

(9) ตรวจระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม (Covering) ให้ตรงตามรายการประกอบแบบ

(10) ตรวจ ตำแหน่ง ขนาด อุปกรณ์ เหล็ก Dowel ที่ต้องฝัง และช่องเจาะต่างๆให้ครบถ้วนตามแบบ

(11) จัดเตรียม จำนวนคนงาน ช่าง เครื่องมือ อุปกรณ์ในการเทคอนกรีต ให้เหมาะสม

(12) ตรวจแบบหล่อแท่งคอนกรีตตัวอย่าง อุปกรณ์ทดสอบความยุบตัว (Slump Test) ให้พร้อม

(13) ตรวจความสะอาดครั้งสุดท้ายก่อนเทคอนกรีต และเตรียมอุปกรณ์ป้องกันกรณีฝนตกขณะเทคอนกรีต

<u>งานเทคอนกรีต</u>

(1) การเทคอนกรีตต้องได้รับอนุญาตจากผู้ควบคุมงานก่อนทุกครั้ง

(2) ตรวจสอบส่วนผสมให้เป็นไปตามอัตราส่วน (Mixed Design) ตามข้อกำหนด

(3) ควบคุมที่โรงงานผสมคอนกรีต ตรวจสอบเวลาในการผสม (Mixing Time) ให้เหมาะสม

(4) ห้ามนำคอนกรีตที่ผสมแล้วนานเกินกว่า 45 นาทีมาใช้ ยกเว้นในกรณีที่ใส่สารหน่วงการก่อตัว

(5) ควบคุมการขนส่งคอนกรีตและการเทคอนกรีต ไม่ให้เกิดการแยกตัว กรณีระยะปล่อยคอนกรีตสูงกว่า 2.00 เมตร ต้องใช้อุปกรณ์ช่วยในการเท

(6) ตรวจสอบความข้นเหลว (Slump Test) ให้เหมาะสมกับงานที่จะเทและเป็นไปตามข้อกำหนด

(7) ควบคุมให้มีการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ ทำให้คอนกรีตแน่นตัว (Compaction) อย่างถูกวิธี และต้องทำให้คอนกรีตแน่นตัว ก่อนการก่อตัว (Initial Setting Time)

(8) ขณะเทคอนกรีต ควบคุมการเก็บตัวอย่าง เพื่อทำการทดสอบความสามารถการรับแรงอัด โดยเขียนรายละเอียดต่างๆลงในเนื้อคอนกรีต

(9) ก่อนเทคอนกรีตใหม่ เชื่อมกับคอนกรีตเก่าทุกครั้ง ให้ทำการสกัดผิวคอนกรีตเก่าให้ถึงหิน ทำความสะอาดและราดน้ำให้ชุ่มไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง จากนั้นทำการราดน้ำปูนหรือน้ำยาประสานคอนกรีต แล้วเทคอนกรีตใหม่

(10) ขณะที่เทคอนกรีต ต้องตรวจสอบอุปกรณ์หรือวัสดุที่ฝังไว้ มิให้มีการเคลื่อนที่จากเดิม

(11) แต่งผิวคอนกรีตให้เป็นไปตามแบบกำหนด

(12) เมื่อคอนกรีตเริ่มแข็งตัวให้บ่มทันที การบ่มคอนกรีตให้เป็นไปตามรายละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวง

<u>งานหลังเทคอนกรีต</u>

(1) ควบคุมการถอดแบบ เมื่อคอนกรีตครบอายุตามข้อกำหนดต่อไปนี้
- แบบประกอบข้างคาน เสาและกำแพง 2 วัน
- กรณีที่ผู้รับจ้างต้องการถอดแบบเร็วกว่าข้อกำหนด ความสามารถการรับแรงอัดของตัวอย่างแท่งคอนกรีตของโครงสร้างนั้น ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่ 28 วัน

(2) ตรวจสอบผลความสามารถการรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างให้เป็นไปตามข้อกำหนด

(3) เมื่อถอดแบบแล้ว หากพบว่ามีความบกพร่องของคอนกรีต ให้ผู้รับจ้างเสนอวิธีการแก้ไขต่อผู้ควบคุมงานโดยทันที

(4) ควบคุมให้มีการบ่มคอนกรีตอย่างต่อเนื่อง ตลอดระยะเวลา 7 วัน หรือความสามารถการรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง ต้องไม่น้อยกว่า 70% ของค่าที่กำหนดไว้ กรณีค่าอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อปูนซีมนต์ (Water Cement Ratio, W/C) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.40 ห้ามใช้สารเหลวบ่มคอนกรีตโดยเด็ดขาด

6.2.1.6 คานบน (Upper Beam)

ให้ดำเนินการตรวจสอบขนาดและระดับของคานบนรวมทั้งแนวและตำแหน่งที่ก่อสร้างเพื่อรองรับน้ำหนักจากพื้น ให้ถูกต้องตามแบบก่อน และดำเนินขั้นตอนควบคุมตรวจสอบงานต่อไปดังนี้

<u>การเตรียมงานก่อนเทคอนกรีต</u>

(1) ตรวจสอบอัตราส่วนผสม กระบะตวง ถ้าใช้คอนกรีตผสมเสร็จ (Ready Mixed Concrete) ต้องทำการ Calibrate เครื่องชั่งให้ถูกต้อง กรณีที่แบบก่อสร้างไม่ได้กำหนดอัตราส่วนผสมไว้หรือกรณีเทคอนกรีตด้วยเครื่อง Concrete Pump ผู้รับจ้างต้องเสนอขออนุมัติ Mixed Design และทำการทดสอบความสามารถการรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง ให้เป็นไปตามข้อกำหนด

(2) ตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุส่วนผสมคอนกรีต คือ ประเภทปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และสารผสมเพิ่มให้ถูกต้องตามข้อกำหนด

(3) ตรวจสอบขนาดคละ(Gradation) ความต้านทานการสึกหรอ(Abrasion) และความสะอาดของ หิน หรือ กรวด ทราย ให้เป็นไปตามข้อกำหนด

(4) ตรวจแบบหล่อให้ได้ ตำแหน่ง ระดับ ขนาดบัวลบเหลี่ยม ไม่มีรอยรั่ว มีสภาพสมบูรณ์ แข็งแรง เหมาะสมในการใช้งาน

(5) น้ำมันทาแบบต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานก่อนใช้

(6) ตรวจสอบ ชนิด ขนาด จำนวน ตำแหน่ง ระยะห่างของเหล็กเสริม ให้ถูกต้อง

(7) ตรวจสอบ ตำแหน่งและระยะทาบ การต่อเหล็กเสริมให้ถูกต้องตามแบบหรือข้อกำหนดและหลักวิชา

(8) ตรวจสอบเหล็กเสริมที่ใช้ต้องสะอาด ไม่มีสนิมขุม ถ้ามีคราบโคลน น้ำมัน หรือสิ่งแปลกปลอมอื่นๆติดอยู่ ให้ทำความสะอาดก่อน

(9) ตรวจระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม (Covering) ให้ตรงตามรายการประกอบแบบ

(10) ตรวจ ตำแหน่ง ขนาด อุปกรณ์ เหล็ก Dowel ที่ต้องฝัง และช่องเจาะต่างๆให้ครบถ้วนตามแบบ

(11) จัดเตรียม จำนวนคนงาน ช่าง เครื่องมือ อุปกรณ์ในการเทคอนกรีต ให้เหมาะสม

(12) ตรวจแบบหล่อแท่งคอนกรีตตัวอย่าง อุปกรณ์ทดสอบความยุบตัว (Slump Test) ให้พร้อม

(13) ตรวจความสะอาดครั้งสุดท้ายก่อนเทคอนกรีต และเตรียมอุปกรณ์ป้องกันกรณีฝนตกขณะเทคอนกรีต

งานเทคอนกรีต

(1) การเทคอนกรีตต้องได้รับอนุญาตจากผู้ควบคุมงานก่อนทุกครั้ง

(2) ตรวจสอบส่วนผสมให้เป็นไปตามอัตราส่วน (Mixed Design) ตามข้อกำหนด

(3) ควบคุมที่โรงงานผสมคอนกรีต ตรวจสอบเวลาในการผสม(Mixing Time) ให้เหมาะสม

(4) ห้ามนำคอนกรีตที่ผสมแล้วนานเกินกว่า 45 นาทีมาใช้ ยกเว้นในกรณีที่ใส่สารหน่วงการก่อตัว

(5) ควบคุมการขนส่งคอนกรีตและการเทคอนกรีต ไม่ให้เกิดการแยกตัว กรณีระยะปล่อยคอนกรีตสูงกว่า 2.00 เมตร ต้องใช้อุปกรณ์ช่วยในการเท

(6) ตรวจสอบความข้นเหลว(Slump Test) ให้เหมาะสมกับงานที่จะเทและเป็นไปตามข้อกำหนด

(7) ควบคุมให้มีการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ ทำให้คอนกรีตแน่นตัว (Compaction) อย่างถูกวิธี และต้องทำให้คอนกรีตแน่นตัว ก่อนการก่อตัว (Initial Setting Time)

(8) ขณะเทคอนกรีต ควบคุมการเก็บตัวอย่าง เพื่อทำการทดสอบความสามารถการรับแรงอัด โดยเขียนรายละเอียดลงในเนื้อคอนกรีต

(9) ก่อนเทคอนกรีตใหม่ เชื่อมกับคอนกรีตเก่าทุกครั้ง ให้ทำการสกัดผิวคอนกรีตเก่าให้ถึงหิน ทำความสะอาดและราดน้ำให้ชุ่มไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง จากนั้นทำการราดน้ำปูนหรือน้ำยาประสานคอนกรีต แล้วเทคอนกรีตใหม่

(10) ขณะที่เทคอนกรีต ต้องตรวจสอบอุปกรณ์หรือวัสดุที่ฝังไว้ มิให้มีการเคลื่อนที่จากเดิม

(11) แต่งผิวคอนกรีตให้เป็นไปตามแบบกำหนด

(12) เมื่อคอนกรีตเริ่มแข็งตัวให้บ่มทันที การบ่มคอนกรีตให้เป็นไปตามรายละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวง

งานหลังเทคอนกรีต

(1) ควบคุมการถอดแบบ เมื่อคอนกรีตครบอายุตามข้อกำหนดต่อไปนี้
- แบบประกอบข้างคาน เสาและกำแพง 2 วัน
- แบบประกอบรองรับท้องคาน พื้น 14 วัน
- กรณีที่ผู้รับจ้างต้องการถอดแบบเร็วกว่าข้อกำหนด ความสามารถการรับแรงอัดของตัวอย่างแท่งคอนกรีตของโครงสร้างนั้น ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่ 28 วัน

(2) ตรวจสอบผลความสามารถการรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างให้เป็นไปตามข้อกำหนด

(3) เมื่อถอดแบบแล้ว หากพบว่ามีความบกพร่องของคอนกรีต ให้ผู้รับจ้างเสนอวิธีการแก้ไขต่อผู้ควบคุมงานโดยทันที

(4) ควบคุมให้มีการบ่มคอนกรีตอย่างต่อเนื่อง ตลอดระยะเวลา 7 วัน หรือความสามารถการรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง ต้องไม่น้อยกว่า 70% ของค่าที่กำหนดไว้ กรณีค่าอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อปูนซีมนต์ (Water Cement Ratio, W/C) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.40 ห้ามใช้สารเหลวบ่มคอนกรีตโดยเด็ดขาด

6.2.2 การดำเนินงานโครงสร้างส่วนบน (Superstructure)

การควบคุมงานก่อสร้าง Superstructure ซึ่งได้แก่ พื้น รอยต่อ (Joint) ระบบระบายน้ำ เสาและราว ให้ดำเนินการตรวจสอบระดับ ตำแหน่งและแนวให้ถูกต้องตามแบบ

6.2.2.1 พื้น (Slab)

ให้ดำเนินการตรวจสอบควบคุมงานตามขั้นตอนการเตรียมงานก่อนเทคอนกรีต งานเทคอนกรีต งานหลังเทคอนกรีต โดยเน้นในเรื่องการตรวจสอบแนว ระดับ ระบบระบายน้ำ นั่งร้านและค้ำยันให้ถูกต้อง และมีความแข็งแรงก่อนการเทเสมอ เมื่อเทคอนกรีตแล้วเสร็จต้องทำการตกแต่งผิวหน้าให้เรียบร้อย สวยงาม ตามแบบกำหนด และทำการบ่มคอนกรีตทันที

6.2.2.2 ขอบทาง เสาและราว

ให้ดำเนินการตรวจสอบควบคุมงานตามขั้นตอน เหมือนหัวข้อขอบทางและราวสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก

6.2.2.3 รอยต่อ (Joint)

6.2.2.3.1 ตรวจสอบชนิดของรอยต่อที่ใช้ให้เป็นไปตามที่ระบุในแบบหรือรายการ

6.2.2.3.2 ตรวจสอบการติดตั้ง ตำแหน่ง ระดับ รวมไปถึงวิธีการติดตั้งให้เป็นไปตามแบบ

6.2.2.3.3 ตรวจสอบวัสดุที่ใช้อุดรอยต่อต้องได้คุณสมบัติตามข้อกำหนดตรวจสอบแบบรอยต่อ ระยะความกว้าง และความลึกตามที่ระบุ

6.3 ปัญหาและวิธีการแก้ไข

6.3.1 ปัญหา: ระดับและความสูงของ Bridge Approach Structure ที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง เมื่อตรวจสอบข้อมูลสำรวจจากสภาพจริงหน้างานแล้วพบว่ามีค่ามากเกินไปไม่สอดคล้องหรือเหมาะสมกับสภาพจริงหน้างาน

แนวทางป้องกันและแก้ไข: ก่อนที่จะเริ่มเข้าทำการก่อสร้างสะพาน จะต้องเร่งสำรวจและตรวจสอบค่าระดับและพิกัดตำแหน่ง ที่จำเป็นจากสภาพหน้างานจริง เช่น ค่าระดับของถนนที่สะพานพาดข้ามทั้งหมด ค่าระดับของดินเดิมและถนนข้างเคียง ค่าระดับน้ำสูงสุด และตรวจความสูง

ของช่องลอดก่อนการก่อสร้าง อาจต้องทำการปรับค่าระดับจากที่แบบกำหนด หากมีค่าต่ำกว่าค่าความสูงมาตรฐานที่น้อยที่สุดที่ยอมรับได้ของกรมทางหลวง และอาจเผื่อการยกระดับขึ้นเล็กน้อยสำหรับการยกระดับ และการปรับปรุงถนนใต้จุดลอดนั้นๆ ในอนาคต นอกเหนือจากนั้นต้องตรวจสอบความสูงที่จะต้องก่อสร้างจริงของกำแพงส่วนที่สูงที่สุดตรง Abutment ที่รองรับคานไม่ให้เกินค่าสูงสุดที่กำหนดไว้ในแบบ หากค่าระดับดินเดิมและถนนเดิมในแบบมีความผิดพลาดมากอาจทำให้ระดับ Bridge Approach Structure มีระดับจมดินเดิมหรือสูงเกินไปและมีผลต่อการจะต้องทำการปรับแก้ไขรูปตัดแนวดิ่ง (Profile) ของสะพานและตำแหน่งตอม่อ ใหม่

6.3.2 ปัญหา: พื้น Topping Slab หลังจากเทแล้วไม่ราบเรียบหลังเปิดใช้งาน หรือเกิดการทรุดตัวหรือแอ่นลงของระบบค้ำยันและนั่งร้านขณะเทหรือเทคอนกรีตเสร็จใหม่

แนวทางการป้องกันแก้ไข : สาเหตุเกิดจากความบกพร่องและขาดความมั่นคงแข็งแรงของอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

(1) ขาค้ำยันยืนอยู่บนดินที่ไม่มีแผ่นกระจายแรง (เช่น แผ่นเหล็ก แผ่น Sheet Pile) หรือแผ่นคอนกรีตรองรับบนพื้นดินสามารถรับแรงและถ่ายกระจายน้ำหนักลงสู่พื้นดินเดิมได้อย่างเพียงพอ อาจตอกเสาเข็มสั้นเป็นกลุ่มช่วยเสริมในการรับน้ำหนัก

(2) ระยะห่างของค้ำยันและตรงรับพื้นมีระยะห่างมากเกินไป หรือขาดการโยงยึด Bracing ตามยาวและขวางอย่างเพียงพอ

(3) วัสดุที่นำมาประกอบเป็นค้ำยันและนั่งร้านผ่านการใช้งานมานานจนเสื่อมสภาพหรือเป็นวัสดุที่ไม่มีความแข็งแรงพอ เช่น นำไม้เนื้ออ่อนมาใช้เป็นตงรับพื้นกระดานหรือใช้แผ่นวัสดุที่มีบางเกินไปหรือ มีขนาดเล็กเกินไป

6.3.3 ปัญหา: ภายหลังการก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วไม่บรรลุวัตถุประสงค์ ของผู้ออกแบบที่กำหนดไว้เนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น มีน้ำท่วมขังที่ระดับพื้นภายในอาคาร และระดับภายนอกโครงสร้างมีระดับสูงขึ้นจากดินถม

แนวทางป้องกันแก้ไข: ก่อนดำเนินการก่อสร้างจะต้อง ทำการตรวจสอบค่าระดับสภาพหน้างานจริง เช่น ระดับดินเดิม ระดับถนนเดิมและความสูงของช่องลอดที่สามารถก่อสร้างได้จริงหน้างานรวมถึงระดับน้ำสูงสุดหากแบบที่จะก่อสร้างมีรายละเอียดข้อมูลต่างๆ ที่ไม่ตรงหรือคลาดเคลื่อนจากค่าสำรวจจริงจากหน้างานเช่นค่าระดับดินเดิม ระดับถนนเดิมพิกัดและระดับโครงสร้างเดิมที่จะต้องเชื่อมต่อ หรือไม่ได้แสดงข้อมูลไว้ ให้เร่งแจ้งสำนักฯเพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขแบบด่วนเพื่อให้เส้นแนวระดับ (Profile) มีความเหมาะสม สามารถนำมาใช้ได้ตามวัตถุประสงค์ของผู้ออกแบบ โดยปกติภายในอาคาร Bridge Approach จะกำหนดให้มีดินถมเต็มถึงระดับหลังคานคอดินเพื่อไม่ให้ระดับน้ำท่วมขังภายใน

บทที่ 7 Bearing Unit

เป็นโครงสร้างที่อยู่ต่อจาก Bridge Approach Structure หรือตอม่อริมของสะพาน (Abutment) โดยปกติระดับพื้นของ Bearing Unit จะอยู่ที่ระดับดินเดิมและอยู่ในระนาบราบ ระดับปลายเสาเข็มรองรับ Bearing Unit 2 แถวแรก จะเท่ากับระดับปลายเสาเข็มของตอม่อตับริมหรือสูงกว่าไม่เกิน 2.00 เมตร และความยาวเสาเข็มแถวถัดๆไปจะค่อยๆสั้นลงจนถึงปลาย Bearing Unit ตามที่กำหนดในแบบ ความกว้างของพื้น Bearing Unit กว้างเท่ากับความกว้างของปลายลาดคันทาง (Toe Slope) ส่วนที่อยู่บน Bearing Unit

7.1 การตอกเสาเข็มฐานราก

7.1.1 ตรวจสอบแนวศูนย์กลาง ระยะ กว้างยาว ที่จะก่อสร้างให้เป็นไปตามแบบ

7.1.2 ตรวจสอบแผนลำดับการตอกเสาเข็มให้มีความเหมาะสม เนื่องจากเสาเข็มของ Bearing Unit มีลักษณะเป็นกลุ่มเรียงเป็นระเบียบ โดยเฉพาะบริเวณดินอ่อน ลำดับการตอกให้มีทิศทางออกไปจากกลุ่มเสาเข็มที่ได้ตอกเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทั้งนี้รวมถึงกลุ่มเสาเข็มของตอม่อที่อยู่ประชิดใกล้เคียงที่ตอกเสร็จแล้วด้วย เพื่อให้แรงดันสะสมที่เกิดจากมวลดินใต้ดินที่ถูกแทนที่โดยกลุ่มเสาเข็ม มีทิศทางของแรงออกจากกลุ่มเสาเข็มที่ตอกแล้ว ไม่ให้กระทำต่อเสาเข็มที่ตอกแล้วเป็นการป้องกันการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งหรือการหนีศูนย์ของเสาเข็ม

7.1.3 ตรวจสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตตัวอย่างของเสาเข็มที่จะใช้ตอก

7.1.4 ตรวจสอบค่าระดับดินเดิมบริเวณผังเสาเข็ม

7.1.5 ตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนของหมุดหลักฐานและหมุดอ้างอิง

7.1.6 ตรวจสอบขนาดเสาเข็ม และจำนวนต้นที่จะตอกให้ครบในแต่ละตับ

7.1.7 ตรวจสอบตำแหน่งของเสาเข็มตามที่กำหนดในแบบไม่ให้คลาดเคลื่อน หากคลาดเคลื่อนจากแบบให้ปรึกษาผู้ออกแบบทันที

7.1.8 ควบคุมความยาวของเสาเข็มที่จะมาตอกในแต่ละตับให้ถูกต้องตรงตามแบบ

7.1.9 ตรวจสอบความแข็งแรงของนั่งร้านปั้นจั่น

7.1.10 ตรวจสอบฐานปั้นจั่นให้อยู่ในแนวระนาบและรางบังคับลูกตุ้มของปั้นจั่นต้องไม่คดงอ

7.1.11 กรณีตอกเสาเข็มในแนวดิ่ง รางบังคับลูกตุ้มของปั้นจั่นต้องอยู่ในแนวดิ่งทั้ง 2 ทิศทาง

7.1.12 ตรวจสอบแนวแกนเสาเข็มให้ขนานกับรางบังคับลูกตุ้มทั้ง 2 ทิศทาง

7.1.13 ขณะเริ่มตอกเสาเข็ม และระหว่างการตอก ให้ทำการตรวจสอบความคลาดเคลื่อน หรือข้อบกพร่อง ก่อนดำเนินการตอกเสาเข็มต่อไป ให้ตรวจสอบตำแหน่งเสาเข็มกับหมุดหลักฐานและสภาพความสมบูรณ์ของเสาเข็มเป็นระยะอย่างต่อเนื่อง

7.1.14 ตรวจสอบระดับหัวเสาเข็มหลังตอกเสร็จให้พอดีระดับที่จะเข้าแบบพื้น

7.1.15 ตรวจสอบการรวบรวมข้อมูลของเสาเข็มและการบันทึกตามแบบฟอร์ม ก.1 พร้อมการบันทึกค่าระดับปลายเสาเข็มในแบบ บ.4.2 ของกรมทางหลวง

7.2 การดำเนินงานก่อสร้างพื้น

7.2.1 ตรวจสอบระดับล่างของพื้น ความลึกของหลุมบริเวณหัวเสาเข็ม พร้อมปรับทรายหยาบรองพื้น

7.2.2 ตรวจสอบระดับบนของพื้นให้ถูกต้องก่อนเทคอนกรีตอีกครั้ง เพื่อให้ความหนาได้ตามแบบ

7.2.3 ตรวจสอบเหล็กเสริม ขนาด และระยะห่าง รวมถึงระยะหุ้ม (Covering)

7.2.4 ตรวจสอบแบบตำแหน่ง และความแข็งแรง

7.2.5 ควบคุมงานเทคอนกรีต

7.3 การดำเนินงานก่อสร้างกำแพงกันดินบริเวณตอม่อริมของสะพาน

7.3.1 ตรวจสอบแบบและระดับ

7.3.2 ควบคุมงานเทคอนกรีต

7.4 การดำเนินงานก่อสร้างกำแพง

ใช้กรณีสภาพหน้างานแคบ หรือแบบกำหนด ก่อนดำเนินการก่อสร้าง ให้ตรวจสอบระดับความสูง ความหนา ยาวของกำแพงให้ถูกต้อง รวมทั้งแนวกำแพงให้รับกับ Bridge Approach และโครงสร้างสะพาน หรือให้เป็นไปตามแบบ และสอดคล้องกับสภาพในสนาม ส่วนขั้นตอนควบคุมตรวจสอบงานมีดังนี้

7.4.1 ก่อนการเทคอนกรีต

7.4.1.1 ตรวจสอบอัตราส่วนผสม กระบะตวง หรือเครื่องชั่ง ถ้าใช้คอนกรีตผสมเสร็จจากโรงผสมต้องทำการ Calibrate ให้ถูกต้อง ถ้าในกรณีที่แบบก่อสร้างไม่ได้กำหนดอัตราส่วนผสมไว้จะต้องทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตให้เป็นไปตามข้อกำหนด

7.4.1.2 ตรวจสอบชนิดของปูนซีเมนต์ที่ใช้ให้ถูกต้องตามข้อกำหนด

7.4.1.3 ตรวจสอบคุณสมบัติของส่วนผสม คือ หิน ทราย น้ำ และสารผสมเพิ่มให้ถูกต้องตามข้อกำหนด

7.4.1.4 ควบคุมขนาดคละ (Gradation) และความสะอาดของหิน หรือกรวด ทราย ให้เป็นไปข้อกำหนด

7.4.1.5 ตรวจสอบตำแหน่งของแบบหล่อให้ได้ดิ่ง หรือเอียงฉากตามที่กำหนดไว้ในแบบกำหนดตำแหน่งและระดับที่จะหยุดเทคอนกรีตให้เหมาะสม

7.4.1.6 ตรวจผิวของแบบหล่อให้เป็นไปตามความประสงค์ของแบบ

7.4.1.7 ตรวจสอบความแข็งแรงของค้ำยัน กรณีที่ใช้ Form Tie ต้องขันน็อตให้แน่นทุกตัว และมีจำนวนเพียงพอ

7.4.1.8 น้ำมันทาไม้แบบหรือเหล็กต้องได้รับความเห็นชอบก่อนใช้งาน

7.4.1.9 ตรวจแบบหล่อไม่ให้มีรอยรั่ว

7.4.1.10 ราดน้ำไม้แบบก่อนเทเพื่อป้องกันไม้แบบดูดน้ำจากส่วนผสมคอนกรีต

7.4.1.11 ตรวจสภาพของแบบหล่อให้เหมาะสมในการใช้งาน

7.4.1.12 ตรวจชนิด ขนาด จำนวน และระยะห่างเหล็กเสริมให้ถูกต้อง

7.4.1.13 เหล็กเสริมที่ใช้ต้องสะอาดไม่มีสนิมขุม ถ้ามีคราบโคลน น้ำมัน หรือสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ ติดอยู่ให้ทำความสะอาดก่อน

7.4.1.14 ตรวจ Covering ให้ตรงตามรายการประกอบแบบ

7.4.1.15 ตรวจตำแหน่งการต่อเหล็กเสริมให้ถูกต้องตามแบบหรือข้อกำหนดและหลักวิชาการ

7.4.1.16 ตรวจอุปกรณ์ที่ต้องฝังและช่องเจาะต่างๆ ให้มีครบถ้วนตามแบบ เช่น บัวลบเหลี่ยม เหล็ก Dowel ท่อร้อยสายไฟ เป็นต้น

7.4.1.17 จัดเตรียมเครื่องมือ เช่น เครื่องผสมคอนกรีต เครื่องเขย่าคอนกรีต ให้พอเพียง และต้องมีสำรอง

7.4.1.18 ตรวจจำนวนคนงานและช่างให้เพียงพอกับลักษณะงาน

7.4.1.19 ตรวจแบบหล่อแท่งคอนกรีตตัวอย่าง อุปกรณ์ทดสอบความยุบตัว (Slump Test) ให้พร้อม

7.4.1.20 ตรวจความสะอาดครั้งสุดท้ายก่อนเทคอนกรีต และเตรียมอุปกรณ์ป้องกันกรณีฝนตกขณะเทคอนกรีต

7.4.1.21 ก่อนเทคอนกรีตต้องได้รับอนุญาตจากผู้ควบคุมงานทุกครั้ง

7.4.2 งานเทคอนกรีต

7.4.2.1 ตรวจสอบส่วนผสมให้เป็นไปตามอัตราส่วน (Mixed Design) หรือข้อกำหนด

7.4.2.2 ควบคุมโรงงานที่ผสมคอนกรีต พร้อมทั้งตรวจสอบเวลาในการผสม (Mixing Time) ต้องไม่น้อยกว่า 2 นาที

7.4.2.3 ห้ามนำคอนกรีตที่ผสมแล้วนานเกินกว่า 30 นาที มาใช้ หากขนส่งโดยรถขนส่งคอนกรีตต้องไม่เกินกว่า 45 นาที ยกเว้นในกรณีที่ใส่สารหน่วงการก่อตัว

7.4.2.4 ตรวจสอบการขนส่งคอนกรีตจากรถขนส่ง ไปยังจุดที่จะเทโดยไม่ให้เกิดการแยกตัว กรณีใช้เครื่อง Concrete Pump ต้องตรวจสอบอัตราส่วนผสม (Mixed Design) ให้เหมาะสม

7.4.2.5 ควบคุมระยะปล่อยคอนกรีตไม่สูงกว่า 2.00 เมตร การเทต้องถูกต้องตามวิธีมาตรฐานเพื่อป้องกันการแยกตัว เช่น ใช้ท่อหรือรางช่วยในการเท

7.4.2.6 ตรวจสอบความข้นเหลว (Slump) ให้เหมาะสมกับงานที่จะเทและเป็นไปตามข้อกำหนด

7.4.2.7 ตรวจสอบควบคุมให้มีการจี้คอนกรีต (ทำให้คอนกรีตแน่น) ที่ถูกวิธีตามมาตรฐานและไม่ควรจี้ถูกเหล็กเสริมและไม้แบบ

7.4.2.8 ห้ามจี้คอนกรีตที่ก่อตัวแล้ว

7.4.2.9 ขณะเทคอนกรีตให้เก็บตัวอย่างเพื่อการตรวจสอบกำลังอัด

7.4.2.10 แต่งผิวหน้าคอนกรีตให้เป็นไปตามแบบหรือข้อกำหนด

7.4.2.11 ก่อนเทคอนกรีตใหม่เชื่อมกับคอนกรีตเก่าทุกครั้งให้ทำการสกัดผิวคอนกรีตเก่าให้ถึงหิน ทำความสะอาด และราดน้ำชุ่มไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง จากนั้นทำการราดน้ำปูนหรือน้ำยาประสาน แล้วเทคอนกรีตใหม่ทันที

7.4.2.12 ขณะที่เทคอนกรีตต้องตรวจสอบอุปกรณ์หรือวัสดุที่ฝังไว้มิให้มีการเคลื่อนที่จากเดิม

7.4.2.13 ควบคุมปริมาณที่เท เมื่อขณะใกล้เสร็จงานให้พอดีตามระดับที่ต้องการ

7.4.2.14 เมื่อคอนกรีตเริ่มแข็งตัวให้บ่มทันที

7.4.3 งานหลังเทคอนกรีต

7.4.3.1 การบ่มคอนกรีตให้ดำเนินการตามรายการละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวง

7.4.3.2 การถอดแบบอนุญาตให้ทำได้ก็ต่อเมื่อคอนกรีตครบอายุ 2 วัน

7.4.3.3 ตรวจสอบผลการทดลองกำลังของคอนกรีตที่เทแล้วให้เป็นไปตามข้อกำหนด

7.4.3.4 เมื่อถอดแบบหากพบว่ามีความบกพร่องของเนื้อคอนกรีตให้ผู้รับจ้างเสนอ วิธีการแก้ไขต่อนายช่างควบคุมงานโดยทันที

7.4.3.5 วัสดุที่ใช้สำหรับทำรอยต่อและการติดตั้งต้องควบคุมให้ได้ตามมาตรฐานข้อกำหนดเสมอ

บทที่ 8 กำแพงกันดินแบบเสริมกำลังรับน้ำหนักของดิน

(Reinforced Earth Wall)

โครงสร้างที่เชื่อมต่อระหว่างถนนกับสะพานเรียกกันว่า คอสะพาน (Approach Structure) โดยทั่วไปก่อสร้าง เป็นกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งต้องทำการก่อสร้างในสนาม กรณีกำแพงกันดินแบบเสริมกำลังรับน้ำหนักของดิน เป็นกำแพงกันดินแบบสำเร็จรูป ผลิตชิ้นส่วนในโรงงาน และนำไปติดตั้งในสนาม ลักษณะโครงสร้างดังกล่าว อาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันไป เช่น Reinforced Earth Wall หรือ Mechanically Stabilized Earth Wall หรือ Retained Earth Wall โดยมีหลักการเดียวกันคือ ทำการเสริมกำลังรับน้ำหนักของดินถม และเป็นโครงสร้างที่มีความยืดหยุ่นตัว (Flexible Structure)

8.1 ก่อนเริ่มดำเนินการก่อสร้าง

8.1.1 ผู้รับจ้างต้องเสนอแบบรายละเอียดสำหรับก่อสร้าง (Shop Drawings) รายการคำนวณ (Calculation Sheets) ผู้ผลิตหรือผู้แทนจำหน่าย (Supplier) และข้อกำหนด (Specification) ให้ทางโครงการตรวจสอบเพื่อเสนอขอความเห็นชอบจากสำนักสำรวจและออกแบบ หรือเป็นไปตามที่แบบกำหนด

8.1.2 ตรวจสอบ ให้ฐานของกำแพงฝังอยู่ในดินเดิมไม่น้อยกว่า 10% ของความสูงกำแพง ในกรณีที่ดินเดิมในสนามมีค่าระดับที่แตกต่างกันมาก ต้องกำหนดค่าระดับที่ฐานในลักษณะขั้นบันได ส่วนแผ่นผนังคอนกรีตด้านบนสุดทุกแผ่นต้องเป็นไปตาม Profile Grade

8.1.3 ตรวจสอบการกำหนดเหล็กเสริมยึดแผ่นผนังคอนกรีตให้เป็นไปตามแบบรายละเอียด

8.1.4 ตรวจสอบการกำหนดเหล็กเสริมยึดแผ่นผนังคอนกรีต ให้เป็นไปตามแบบรายละเอียด

8.1.5 ตรวจสอบงานก่อสร้างอื่นที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ Abutment งานเดินสายไฟของเสาไฟฟ้าแสงสว่าง งานระบบระบายน้ำ งาน Approach Slab งาน Concrete Barrier งานโครงสร้างชั้นทางบนกำแพงกันดิน เป็นต้น เพื่อกำหนดขั้นตอนการทำงานให้มีความสอดคล้องกัน

8.1.6 ตรวจสอบแบบหล่อคอนกรีต อุปกรณ์ และเครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้าง

8.1.7 จัดส่งตัวอย่างของวัสดุที่ต้องทำการทดสอบ ก่อนนำมาใช้งาน

8.1.8 ตรวจสอบความสามารถการรับน้ำหนักของดินเดิม (Bearing Capacity) ที่รองรับแผ่นผนังคอนกรีต ตามแบบกำหนด

8.2 งานหล่อแผ่นผนังคอนกรีตกำแพงกันดินแบบเสริมกำลังรับน้ำหนักของดิน

8.2.1 การเตรียมงานก่อนเทคอนกรีต

8.2.1.1 ตรวจสอบอัตราส่วนผสม กะบะตวง ถ้าใช้คอนกรีตผสมเสร็จ (Ready Mixed Concrete) ต้องทำการ Calibrate เครื่องชั่งให้ถูกต้อง กรณีที่แบบก่อสร้างไม่ได้กำหนดอัตราส่วนผสมไว้หรือกรณีเทคอนกรีตด้วยเครื่อง Concrete Pump ผู้รับจ้างต้องเสนอขออนุมัติ Mixed Design และทำการทดสอบความสามารถการรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง ให้เป็นไปตามข้อกำหนด

8.2.1.2 ตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุส่วนผสมคอนกรีต คือ ประเภทปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และสารผสมเพิ่มให้ถูกต้องตามข้อกำหนด

8.2.1.3 ตรวจสอบขนาดคละ(Gradation) ความต้านทานการสึกหรอ(Abrasion) และความสะอาดของ หิน หรือ กรวด ทราย ให้เป็นไปตามข้อกำหนด

8.2.1.4 ตรวจแบบหล่อให้ได้ ตำแหน่ง ระดับ ขนาดบัวลบเหลี่ยม ไม่มีรอยรั่ว มีสภาพสมบูรณ์ แข็งแรง เหมาะสมในการใช้งาน

8.2.1.5 น้ำมันทาแบบต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานก่อนใช้

8.2.1.6 ตรวจสอบ ชนิด ขนาด จำนวน ตำแหน่ง ระยะห่างของเหล็กเสริม ให้ถูกต้อง

8.2.1.7 ตรวจสอบ ตำแหน่งและระยะทาบ การต่อเหล็กเสริมให้ถูกต้องตามแบบและหลักวิชา

8.2.1.8 ตรวจสอบเหล็กเสริมที่ใช้ต้องสะอาด ไม่มีสนิมขุม ถ้ามีคราบโคลน น้ำมัน หรือสิ่งแปลกปลอมอื่นๆติดอยู่ ให้ทำความสะอาดก่อน

8.2.1.9 ตรวจระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม (Covering) ให้ตรงตามรายการประกอบแบบ เหล็กเสริมชั้นบนต้องมีขาหยั่ง(Bar Chair) รองรับให้แข็งแรง ไม่ทรุด

8.2.1.10 ตรวจ ตำแหน่ง ขนาด อุปกรณ์ เหล็ก Dowel ที่ต้องฝัง และช่องเจาะต่างๆให้ครบถ้วนตามแบบ

8.2.1.11 ตรวจสอบรูปแบบแผ่นผนังคอนกรีตให้เป็นไปตามแบบรายละเอียด ซึ่งอาจเป็นแผ่นเต็ม หรือแผ่นไม่เต็ม ที่รหัสแตกต่างกัน

8.2.1.12 ตรวจสอบตำแหน่งหูยกแผ่นผนังคอนกรีต ให้เป็นไปตามแบบรายละเอียด

8.2.1.13 จัดเตรียม จำนวนคนงาน ช่าง เครื่องมือ อุปกรณ์ในการเทคอนกรีต ให้เหมาะสม

8.2.1.14 ตรวจแบบหล่อแท่งคอนกรีตตัวอย่าง อุปกรณ์ทดสอบความยุบตัว (Slump Test) ให้พร้อม

8.2.1.15 ตรวจความสะอาดครั้งสุดท้ายก่อนเทคอนกรีต และเตรียมอุปกรณ์ป้องกันกรณีฝนตกขณะเทคอนกรีต

8.2.2 งานเทคอนกรีต

8.2.2.1 การเทคอนกรีตต้องได้รับอนุญาตจากผู้ควบคุมงานก่อนทุกครั้ง

8.2.2.2 ตรวจสอบส่วนผสมให้เป็นไปตามอัตราส่วน (Mixed Design) หรือข้อกำหนด

8.2.2.3 ควบคุมที่โรงงานผสมคอนกรีต ตรวจสอบเวลาในการผสม (Mixing Time) ให้เหมาะสม

8.2.2.4 ห้ามนำคอนกรีตที่ผสมแล้วนานเกินกว่า 45 นาทีมาใช้ ยกเว้นในกรณีที่ใส่สารหน่วงการก่อตัว

8.2.2.5 ควบคุมการขนส่งคอนกรีตและการเทคอนกรีต ไม่ให้เกิดการแยกตัว กรณีระยะปล่อยคอนกรีตสูงกว่า 2.00 เมตร ต้องใช้อุปกรณ์ช่วยในการเท

8.2.2.6 ตรวจสอบความข้นเหลว(Slump Test) ให้เหมาะสมกับงานที่จะเทและเป็นไปตามข้อกำหนด

8.2.2.7 ตรวจสอบการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ ทำให้คอนกรีตแน่นตัว (Compaction) อย่างถูกวิธี และต้องทำให้คอนกรีตแน่นตัว ก่อนการก่อตัว (Initial Setting Time)

8.2.2.8 ตรวจสอบแบบหล่อขณะเทคอนกรีต หากมีความผิดปกติเกิดขึ้น ต้องแก้ไขในทันที

8.2.2.9 ควบคุมการเก็บตัวอย่าง เพื่อทำการทดสอบความสามารถการรับแรงอัด

8.2.2.10 ตรวจสอบอุปกรณ์หรือวัสดุที่ฝังไว้ มิให้มีการเคลื่อนที่จากเดิม

8.2.2.11 แต่งผิวคอนกรีตให้เป็นไปตามแบบกำหนด

8.2.2.12 เมื่อคอนกรีตเริ่มแข็งตัวให้บ่มทันที

8.2.3 งานหลังเทคอนกรีต

8.2.3.1 ควบคุมการถอดแบบ และการขนย้ายแผ่นผนังคอนกรีตออกจากแบบหล่อ มิให้เกิดความเสียหายเมื่อนำแผ่นผนังคอนกรีตไปติดตั้ง ความสามารถการรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่ 28 วัน

8.2.3.2 เมื่อถอดแบบแล้ว หากพบว่ามีความบกพร่องของคอนกรีต ให้ผู้รับจ้างเสนอวิธีการแก้ไขต่อผู้ควบคุมงานโดยทันที

8.2.3.3 ตรวจสอบผลความสามารถการรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างให้เป็นไปตามข้อกำหนด

8.2.3.4 ควบคุมให้มีการบ่มคอนกรีตอย่างต่อเนื่อง

8.3 งานติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตกำแพงกันดินแบบเสริมกำลังรับน้ำหนักของดิน

8.3.1 ตรวจสอบแนวดิ่งของผนัง Abutment หากมีความคลาดเคลื่อน ให้ทำการแก้ไข

8.3.2 ตรวจสอบแนว ระดับ ของฐานวางแผ่นผนังคอนกรีต ให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้าง

8.3.3 ควบคุมการก่อสร้างฐานวางแผ่นผนังคอนกรีต ตามขั้นตอนการเตรียมงานเทคอนกรีต และงานเทคอนกรีต

8.3.4 ตรวจสอบแนวขอบด้านนอก และกำหนดตำแหน่งของแผ่นผนังคอนกรีต เพื่อเตรียมติดตั้งให้เป็นไปตามแบบก่อสร้าง

8.3.5 ควบคุมลำดับการติดตั้งแผ่นผนังคอนกรีตในสนาม ให้ตรงกับตำแหน่ง ตามหมายเลขประจำแผ่นที่กำหนด

8.3.6 ตรวจสอบรายละเอียดต่างๆของแผ่นผนังคอนกรีตอีกครั้ง หากพบความเสียหายให้แก้ไข

8.3.7 ตรวจสอบการวางแผ่นผนังคอนกรีต ที่ติดตั้งแล้วเสร็จ ต้องอยู่ในแนวดิ่ง รอยต่อระหว่างแผ่นผนังคอนกรีตแต่ละชั้นต้องอยู่ในระดับเดียวกัน ช่องว่างระหว่างแผ่นต้องชิด และระยะห่างโดยรอบสม่ำเสมอ มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5 มม.

8.3.8 ตรวจสอบการติดตั้งแผ่นรองรอยต่อ (Joint Pad) ระหว่างแผ่นผนังคอนกรีตในแนวระนาบราบ ให้มีจำนวนอย่างน้อย 2 แผ่น

8.3.9 ตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของอุปกรณ์การยึดและค้ำยันแผ่นผนังคอนกรีต ในขณะติดตั้ง

8.3.10 ตรวจสอบการติดตั้งแผ่นใยสังเคราะห์ (Geotextile) บริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นผนังคอนกรีตและบริเวณด้านข้าง Abutment ให้ยึดติดแน่นกับแผ่นผนังคอนกรีต

8.3.11 ตรวจสอบวัสดุดินถม เครื่องมือ เครื่องจักร และวิธีการบดอัด ให้ได้ความแน่นตามข้อกำหนด การบดอัดให้ดำเนินการตามรายละเอียดและข้อกำหนดของการก่อสร้างทางหลวง โดยทำการบดอัดดินแต่ละชั้น จนถึงระดับที่ต้องติดตั้งสมอยึด (Anchor)

8.3.12 ตรวจสอบจำนวน ความยาวของสมอยึด (Anchor) การใส่สลักยึดต่อกับแผ่นผนังคอนกรีต ให้เป็นไปตามที่กำหนดในแบบ

8.3.13 ตรวจสอบการก่อสร้างโครงสร้างส่วนบน ให้เป็นไปตามแบบ

บทที่ 9 งานเบ็ดเตล็ด (Miscellaneous)

9.1 งานเบ็ดเตล็ดในการก่อสร้างสะพาน

ตรวจสอบรายละเอียดประกอบแบบก่อสร้างของงานแต่ละรายการจากแบบก่อสร้าง และควบคุมให้ผู้รับจ้างดำเนินการให้เป็นไปตามข้อกำหนด

9.2 การตกแต่งรื้อถอน

ภายหลังจากที่ได้ดำเนินการก่อสร้างโครงสร้างส่วนต่างๆ เช่น เสา พื้น ราวสะพาน แล้วเสร็จ ซึ่งโครงสร้างดังกล่าวนั้นมองเห็นได้ด้วยสายตา ควรทำการตกแต่งให้เรียบร้อยทันที เมื่องานแล้วเสร็จ

เมื่อถอดแบบหล่อแล้ว ต้องแต่งผิวคอนกรีตที่เป็นรูพรุน ด้วยปูนซีเมนต์ผสมทรายละเอียด อัตราส่วน 1 : 1 เพื่ออุดรูพรุน ทำให้ผิวคอนกรีตเรียบและเกลี้ยงเท่านั้น ห้ามฉาบปูนทรายเป็นอันขาด ถ้าหากคอนกรีตเป็นรูโพรงจำนวนมาก จนเห็นว่าการอุดด้วยปูนผสมทรายละเอียด จะทำให้กำลังคอนกรีตส่วนนั้นเสื่อมไปให้สกัดส่วนนั้นออกทำการหล่อคอนกรีตใหม่

9.3 การรายงานผลงาน

9.3.1 รายงานรูปตัดของลำน้ำสภาพที่แท้จริงและค่าระดับว่าตรงกับแบบ บ.4.2 หรือไม่ โดยเขียนรูปตัดลำน้ำใหม่ทับลงไปในแบบ บ.4.2 และระบุตำแหน่งของตอม่อ

9.3.2 รายงานขั้นต้น

9.3.2.1 รายงานเริ่มดำเนินงานก่อสร้างของผู้รับจ้างให้เป็นไปตามสัญญา

9.3.2.2 รายงานชื่อของช่างควบคุมงานของบริษัทผู้รับจ้างที่ประจำอยู่หน้างาน

9.3.2.3 รายงานการตรวจสอบจำนวนกรรมกรไทย

9.3.3 การรายงานผลงานก้าวหน้าประจำเดือน โดยแบบ บ.4.2 ระบายสี

9.3.3.1 ส่งแบบ บ.4.2 ของแต่ละสะพาน ระบายสีแสดงผลงานก้าวหน้าประจำเดือน เดือนละ 1 ครั้ง

9.3.3.2 การระบายสีแสดงความก้าวหน้าของผลงานประจำเดือน ควรจะใช้สีละเดือนให้ระบุด้วยสีนั้นหมายถึงเดือนใด

9.3.3.3 ทุกครั้งที่มีการเทคอนกรีตส่วนต่างๆ เมื่อระบายสีแสดงผลงานก้าวหน้า ให้ระบุวันที่เทคอนกรีตด้วยทุกครั้ง

9.3.3.4 การตอกเสาเข็ม ให้บันทึกระดับปลายเสาเข็ม และวันที่ตอก สำหรับฐานแผ่ต้องบันทึกระดับที่ก้นฐานด้วย

9.3.3.5 แสดงลักษณะดินแต่ละชั้นที่ตรวจพบในการขุดดิน เพื่อทำการก่อสร้างฐานแผ่ลงระดับให้ชัดเจน

9.3.3.6 แบบ บ.4.2 ควรมีอย่างน้อย 3 ชุด ระบายสีประจำเดือนพร้อมกัน ส่งให้สำนักฯ 1 ชุด เพื่อบันทึกสถิติ โดยช่างควบคุมงานเก็บไว้เป็นสำเนา 1 ชุด อีก 1 ชุด ให้สำหรับรายงานเดือนต่อไป

หมายเหตุ : ต้องส่งรายงานทันที อย่างช้าวันที่ 2 ของเดือนถัดไป

9.3.4 กรณีเกิดปัญหาขึ้นในระหว่างการก่อสร้าง ซึ่งช่างควบคุมงานไม่อาจวินิจฉัยให้ถูกต้องได้ให้รายงานสำนักฯเจ้าของงาน เพื่อพิจารณาสั่งการโดยด่วน

9.3.5 ช่างควบคุมงานทุกคนต้องมีสมุดบันทึกประจำวัน (Diary) เพื่อประโยชน์ในการทำรายงานและเพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบในบางโอกาส ให้บันทึกรายละเอียดประจำวันต่อไปนี้

9.3.5.1 บันทึกวันที่ให้เรียบร้อย

9.3.5.2 ลักษณะดินฟ้าอากาศ เป็นต้นว่า ฝนตก เมฆมาก แจ่มใส ฯลฯ

9.3.5.3 งานที่ช่างควบคุมปฏิบัติ

9.3.5.4 งานที่ผู้รับจ้างทำได้

9.3.5.5 อุปสรรค (ถ้ามี)

9.3.5.6 กรณีที่ผู้รับจ้างหยุดงานหรือไม่ทำงาน ให้ลงหมายเหตุไว้ให้ชัดเจนว่าเพราะเหตุใด

หมายเหตุ : การทำบันทึกประจำวัน เป็นประโยชน์ต่อการตรวจสอบงานเป็น ช่างควบคุมงานจะต้องลงบันทึกการปฏิบัติงานประจำวันทุกวัน เมื่อเรียกตรวจสอบจะต้องแสดงได้ทันที และเมื่องานก่อสร้างแล้วเสร็จให้ส่งสมุดบันทึกประจำวันเก็บพร้อม กับประวัติงานก่อสร้างด้วย

9.4 การตรวจรับงานและการจ่ายค่างาน

9.4.1 งานจ้างเหมาก่อสร้างสะพาน เป็นไปตามระเบียบของสำนักนายกรัฐมนตรี เรื่องการจ้าง ซึ่งจะต้องมีกรรมการตรวจการจ้างอย่างน้อย 3 ท่าน โดยปกติจะมีเจ้าหน้าที่จากสำนักทางหลวง แขวงการทางหรือสำนักงานบำรุงทาง และตัวแทนของสำนักฯ หรือนายช่างโครงการฯ กรรมการตรวจการจ้างมีหน้าที่รับผิดชอบร่วมกันในการควบคุมตรวจสอบให้การจ้างเป็นไปตามข้อกำหนดในสัญญา

9.4.2 การตรวจรับงานตามงวดการจ่ายเงิน ผู้รับจ้างจะต้องทำหนังสือถึงนายช่างโครงการฯ ว่าได้ทำงานเสร็จเรียบร้อยตามงวดการจ่ายเงิน ขอให้ตรวจรับ โดยนายช่างโครงการฯ ต้องทำบันทึกเสนอประธานกรรมการตรวจการจ้าง เพื่อนัดคณะกรรมการตรวจการจ้างให้ทำการตรวจรับงานต่อไป

9.4.3 การตรวจรับงานจ่ายเงินงวดสุดท้าย ซึ่งงานจะต้องเสร็จครบถ้วนบริบูรณ์ตามสัญญา และแบบแปลนทุกประการ และได้ส่งมอบงานให้แก่ผู้ว่าจ้าง หรือผู้แทนรับไว้เรียบร้อยแล้ว ให้ปฏิบัติดังนี้

9.4.3.1 ช่างควบคุมงานตรวจสอบโดยละเอียดว่างานที่ผู้รับจ้างได้ก่อสร้างแล้วเสร็จนั้นถูกต้องตามสัญญาครบถ้วนบริบูรณ์ทุกประการ เป็นต้นว่า ได้ถอดแบบรื้อนั่งร้าน รื้อโรงงาน รื้อสะพานเบี่ยง รื้อบ้านพัก และได้ขนออกจากบริเวณเรียบร้อยแล้วเกลี่ยและตกแต่งดินให้เป็นไปตามสภาพเดิมหรือตามที่แบบกำหนดแล้วเสร็จ

9.4.3.2 เมื่อผู้รับจ้างได้ทำหนังสือถึงช่างควบคุมงานว่าได้ทำงานเสร็จเรียบร้อยแล้วตามสัญญาทุกประการแล้ว และขอให้ทำการตรวจรับ ให้ช่างควบคุมงานบันทึกรับรองว่าผู้รับจ้างได้ทำงานแล้วเสร็จบริบูรณ์ตามสัญญา เมื่อวันที่เท่าใด ขอให้คณะกรรมการทำการตรวจรับต่อไป และพร้อมกันนั้น ให้ผู้รับจ้างทำหนังสือขอมอบงานให้ผู้ว่าจ้างหรือผู้แทนด้วย ในหนังสือมอบงานจะต้องระบุวันที่ทำงานแล้วเสร็จบริบูรณ์ตามสัญญาให้ชัดเจน การลงนามรับมอบงาน คณะกรรมการตรวจรับต้องลงนามร่วมกันในวันที่ทำการตรวจรับงาน

หมายเหตุ:

(1) งานจะต้องเสร็จเรียบร้อยตามงวดจ่ายเงินจริงๆ เป็นต้นว่า งวดที่ 1 ก่อสร้างตอม่อแล้วเสร็จ 4 ตับ และหล่อพื้นสะพานได้ยาว 20.00 เมตร นั้น หมายถึงผู้รับจ้างได้ทำการก่อสร้างแล้วเสร็จตามเนื้องานดังกล่าว รวมทั้งได้ถอดแบบเมื่อครบกำหนดอายุ และได้ตกแต่งเรียบร้อยแล้วทุกประการ อย่าทำบันทึกล่วงหน้าเสนอคณะกรรมการให้ตรวจรับ โดยเชื่อว่างานจะเสร็จเรียบร้อยทันเวลา เมื่อคณะกรรมการทำการตรวจรับหรือเพราะเห็นว่าคณะกรรมการกว่าจะพร้อมกันมาทำการตรวจรับอีกหลายวัน การกระทำดังกล่าวให้ละเว้นโดยเด็ดขาด

(2) สำนักฯ จะดำเนินการเบิกจ่ายเงินค่างานของแต่ละงวดให้แก่ผู้รับจ้าง ก็ต่อเมื่อผลการทดลองแท่งคอนกรีตของเนื้องานในงวดนั้นๆที่อายุ 28 วัน มีผลการทดลองใช้ได้ (สำนักฯ จะเป็นผู้ตรวจสอบผลการทดลอง)

(3) กรณีที่ผู้รับจ้างไม่สามารถจะรื้อสะพานเบี่ยงได้ เนื่องจากทางแขวงการทางหรือสำนักงานบำรุงทาง ไม่ดำเนินการถมดินคอสะพาน เพื่อให้การจราจรผ่านไปมาได้ ให้นัดประชุมคณะกรรมการตรวจการจ้าง เพื่อหาข้อสรุป

(4) กรณีที่ผู้รับจ้างจะทำงานแล้วเสร็จ ในระยะเวลาใกล้เคียงกับวันสิ้นสุดสัญญาหรือไม่สามารถทำงานแล้วเสร็จในกำหนดสัญญา เพื่อขจัดปัญหาในเรื่องวันทำการแล้วเสร็จ และเพื่อความรอบคอบ เพราะจะสืบเนื่องเกี่ยวกับการปรับให้ช่างควบคุมงานทำบันทึก (สำเนาเก็บไว้ด้วย) แจ้งคณะกรรมการตรวจการจ้างล่วงหน้าอย่างน้อยประมาณ 7 วัน ว่างานจะแล้วเสร็จบริบูรณ์ตามสัญญาประมาณเมื่อใด ขอให้มาตรวจสอบ เพื่อเห็นชอบในวันทำการแล้วเสร็จร่วมกัน

บทที่ 10 ท่อเหลี่ยมคอนกรีตเสริมเหล็ก (R.C. Box Culvert)

ท่อเหลี่ยมคอนกรีตเสริมเหล็ก (R.C. Box Culvert) หรือท่อเหลี่ยม คสล. เป็นส่วนประกอบที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งในการทำหน้าที่ระบายน้ำผิวดิน หรือทำหน้าที่อาคารระบายน้ำ (Drainage Structure) ท่อเหลี่ยม คสล. จัดเป็นโครงสร้างถาวร (Permanent Structure) เช่นเดียวกับสะพาน คสล. ที่มีอายุบริการยาวนานกว่าตัวคันทาง การสำรวจข้อมูลในสนาม การออกแบบและการก่อสร้างจึงต้องพิจารณาดำเนินการอย่างละเอียดรอบคอบเพื่อให้ได้ผลงานที่ดีมั่นคงแข็งแรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการอย่างคุ้มค่า

ขนาดของท่อเหลี่ยมเป็นไปตามที่ออกแบบให้เพียงพอสำหรับการระบายน้ำ โดยก่อสร้างตามแบบมาตรฐานของกรมทางหลวง ซึ่งมีขนาดที่จะเลือกใช้ให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำและสภาพพื้นที่ ทั้งแบบและวิธีการก่อสร้างไม่ยุ่งยากใช้เวลาดำเนินการสั้น

ท่อเหลี่ยม คสล. (R.C. Box Culvert) สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ

(1) ชนิดหล่อในที่ (Cast In-Place หรือ Cast In-Situ) ซึ่งมีทั้งแบบท่อเดียว (Single Cell) และแบบท่อตับ (Multiple Cells)

(2) ชนิดหล่อสำเร็จรูปจากโรงงาน (Pre-Cast Box Culvert) ซึ่งคุณลักษณะและมิติต่างๆ ของท่อเหลี่ยม คสล. ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง

ท่อเหลี่ยมคอนกรีตเสริมเหล็กตามมาตรฐานของกรมทางหลวง (STANDARD DRAWINGS, 1994) มีสาระสำคัญโดยย่อ ดังนี้

(1) ท่อเหลี่ยมชนิดก่อสร้างในที่ (Cast In-Place)

- Rigid Frame R.C. Box Culverts มีทั้งแบบ Single Box และ Multiple Boxes สำหรับขนาด (Clear Span x Clear Depth) มีตั้งแต่ 2.10 ม. x 1.80 ม. จนถึง 3.60 ม. x 3.60 ม. ออกแบบรับดินถมหลังท่อสูงตั้งแต่ 0 ถึง 15 ม.
- Simple Span RC. Box Culverts มีทั้งแบบ Single Box และ Multiple Boxes ขนาดตั้งแต่ 0.60 ม. x 0.60 ม. จนถึง 1.80 ม. x 1.80 ม. ออกแบบรับดินหลังท่อสูงตั้งแต่ 0 ถึง 2.25 ม.

(2) ท่อเหลี่ยมชนิดหล่อสำเร็จรูป (Pre-Cast Box Culvert)

ท่อเหลี่ยม คสล. สำเร็จรูปมี 2 แบบ คือ แบบที่รับดินถมหลังท่อสูงไม่เกิน 0.60 ม. และแบบที่รับดินถมหลังท่อสูง 0.60 ม. ถึง 5.50 ม. สำหรับขนาดของท่อมีตั้งแต่ขนาด 1.20 ม. x 1.20 ม. จนถึง 2.40 ม. x 2.40 ม. และท่อเหลี่ยม คสล. สำเร็จรูปนี้สามารถวางเรียงชิดกันได้

(3) ฐานสำหรับท่อเหลี่ยม คสล.

ก่อนเริ่มดำเนินงานฐานราก ให้ผู้รับจ้างสำรวจและศึกษาด้านธรณีวิทยาและอื่นๆ ที่จำเป็นแล้วกำหนดประเภทของฐานรากที่เหมาะสมตามความเห็นชอบของผู้ควบคุมงาน

- กรณีไม่ใช้เสาเข็ม ผู้รับจ้างต้องขุดเลนทิ้งจนถึงดินแข็งแล้วใส่กรวดปนทรายหรือทรายหยาบ หรือวัสดุมวลรวม (Soil Aggregate) แล้วบดทับให้แน่น โดยมีความหนาตามที่ผู้ควบคุมงานเห็นชอบ ปรับระดับพื้นรองรับท่อให้เรียบร้อย ทำรองพื้นเพื่อวางท่อให้แนบสนิท แล้วเทคอนกรีตหยาบให้ได้ความหนาตามที่ระบุไว้ในแบบ กรณีที่ไม่ได้ระบุไว้ในแบบให้ใช้ความหนาอย่างน้อย 100 มิลลิเมตร โดยมีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ : ทราย : หิน เท่ากับ 1 : 3 : 6 โดยปริมาตร
- กรณีใช้เสาเข็ม ซึ่งจะใช้ในกรณีท้องคลองเป็นดินอ่อนมาก หรือเป็นดินเลนลึก ให้ผู้รับจ้างทำฐานรากชนิดใช้เสาเข็มตามความเห็นชอบของผู้ควบคุมงาน

10.1 ขั้นตอนก่อนเริ่มดำเนินการก่อสร้าง

ก่อนเริ่มดำเนินการก่อสร้างท่อเหลี่ยม คสล. ควรดำเนินการดังต่อไปนี้

10.1.1 ตรวจสอบรายการก่อสร้าง รายละเอียดสัญญา รายละเอียดต่อท้ายสัญญา

10.1.2 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น เช่น ลักษณะภูมิประเทศ ขนาดและลักษณะของลำน้ำ ข้อมูลทางธรณีวิทยา ค่าระดับน้ำต่ำสุดและสูงสุด แนวลำน้ำทำมุมกับแนวทาง ความกว้างของเขตทาง ต้องตรวจสอบความหนาดินถมหลังท่อ ขนาดและความยาวของท่อเหลี่ยมให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ

10.2 ท่อเหลี่ยมคอนกรีตเสริมเหล็กแบบหล่อในที่ (Cast In-Place)

10.2.1 การเตรียมงานฐานราก (Bedding)

10.2.1.1 สำรวจสภาพดินเดิมบริเวณที่จะก่อสร้าง

10.2.1.2 กรณีที่ระดับพื้นล่างท่อเหลี่ยมสูงกว่าระดับทางน้ำไหลให้พิจารณาลดระดับพื้นล่างท่อเหลี่ยมลงโดยมีความหนาดินถมหลังท่อ (Back Fill) เป็นไปตามที่กำหนดไว้ ในแบบมาตรฐานของกรมทางหลวง และไม่ทำให้ส่วนต่างๆ ของโครงสร้างเปลี่ยนแปลง หากโครงสร้างของท่อเหลี่ยมเปลี่ยนแปลง ให้รายงานสำนักฯ เจ้าของงานก่อนดำเนินการ

10.2.1.3 กรณีที่ระดับพื้นล่างท่อเหลี่ยม ต่ำกว่าระดับทางน้ำไหล ให้พิจารณายกระดับพื้นล่างท่อเหลี่ยมขึ้น โดยมีความหนาดินถมหลังท่อ (Back Fill) เป็นไปตามที่กำหนดไว้ ในแบบมาตรฐานของกรมทางฯ และไม่ทำให้ส่วนต่างๆ ของโครงสร้างเปลี่ยนแปลง หากดินถมหลังท่อเพิ่มขึ้นจนเป็นเหตุให้จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของท่อเหลี่ยมให้รายงานสำนักฯเจ้าของงานก่อนดำเนินการ

10.2.1.4 กรณีที่ระดับพื้นล่างท่อเหลี่ยมสูงกว่าหรือต่ำกว่าระดับทางน้ำไหลให้พิจารณาปรับระดับพื้นล่างท่อเหลี่ยมให้เหมาะสม

10.2.1.5 กำหนดตำแหน่งของท่อเหลี่ยมให้สอดคล้องกับทิศทางการไหลของน้ำทั้งทางด้านที่น้ำไหลเข้า (Inlet) และทางด้านที่น้ำไหลออก (Outlet) ให้เหมาะสมกับสภาพความเป็นจริงในสนาม โดยให้พิจารณาหากมีการก่อสร้างเต็มเขตทางด้วย

10.2.1.6 กรณีที่ท่อเหลี่ยมทำมุมกับแนวทาง (Skew) คลาดเคลื่อนกับแบบก่อสร้าง ทำให้มีปริมาณงานเปลี่ยนแปลงให้แจ้งสำนักฯเจ้าของงานก่อนดำเนินการ

10.2.1.7 ปรับระดับพื้นดินรองรับท่อเหลี่ยมให้เรียบร้อยพร้อมเทคอนกรีตหยาบส่วนผสม 1:3:6 โดยปริมาตร ความหนา 10 ซม. เว้นแต่แบบกำหนดเป็นอย่างอื่น

10.2.1.8 ถ้าดินใต้ระดับพื้นท่อเหลี่ยมที่เตรียมเทคอนกรีตหยาบเป็นดินอ่อนมากให้ขุดออก แล้วแทนที่ด้วยวัสดุทรายถมให้แข็งแรงพอต่อการเทคอนกรีตหยาบรองพื้น

10.2.2 การเตรียมงานก่อนเทคอนกรีต

10.2.2.1 ตรวจสอบอัตราส่วนผสม การใช้คอนกรีตผสมเสร็จ (Ready Mixed Concrete) ต้องทำการ Calibrate เครื่องชั่งให้ถูกต้อง กรณีที่แบบก่อสร้างไม่ได้กำหนดอัตราส่วนผสมไว้ ผู้รับจ้างต้องเสนอขออนุมัติ Mixed Design และทำการทดสอบความสามารถรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง ให้เป็นไปตามข้อกำหนด

10.2.2.2 ตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุส่วนผสมคอนกรีต คือ ประเภทปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และสารผสมเพิ่มให้ถูกต้องตามข้อกำหนด

10.2.2.3 ตรวจสอบขนาดคละ (Gradation) ความต้านทานต่อการสึกหรอ (Abrasion) ความสะอาด ของหินหรือกรวด และทราย ให้เป็นไปตามข้อกำหนด

10.2.2.4 ตรวจสอบแบบหล่อให้ได้ ขนาด ตำแหน่ง ระดับ ขนาดบัวลบเหลี่ยม ไม่มีรอยรั่ว มีสภาพสมบูรณ์ มีความแข็งแรง เหมาะสมในการใช้งาน

10.2.2.5 น้ำมันทาแบบต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานก่อนนำมาใช้

10.2.2.6 ตรวจชนิด ขนาด จำนวน ระยะห่าง ระยะทาบ ตำแหน่งการทาบ ความสะอาด ไม่มีสนิมขุม ของเหล็กเสริม ให้เป็นไปตามแบบรายละเอียดและข้อกำหนด

10.2.2.7 ตรวจระยะหุ้มคอนกรีต (Covering) ให้ตรงตามข้อกำหนด เหล็กเสริมชั้นบนต้องมีขาหยั่ง (Bar Chair) รองรับให้แข็งแรงไม่ทรุด

10.2.2.8 ตรวจตำแหน่ง ขนาดเหล็ก Dowel และช่องเจาะต่างๆ ให้ครบถ้วนตามแบบ

10.2.2.9 ตรวจจำนวนคนงาน,ช่างและเครื่องมืออุปกรณ์ในการเทคอนกรีต ให้เพียงพอกับลักษณะงานและปริมาณงาน

10.2.2.10 ตรวจแบบหล่อแท่งคอนกรีตตัวอย่าง อุปกรณ์ทดสอบความยุบตัว (Slump Test) ให้พร้อม

10.2.2.11 ตรวจความสะอาดครั้งสุดท้ายก่อนเทคอนกรีตและต้องเตรียมอุปกรณ์ป้องกันกรณีฝนตกขณะเทคอนกรีต

10.2.3 การเทคอนกรีต

10.2.3.1 การเทคอนกรีตต้องได้รับอนุญาตจากช่างผู้ควบคุมงานก่อนทุกครั้ง

10.2.3.2 ตรวจสอบส่วนผสมให้เป็นไปตามอัตราส่วนผสมหรือข้อกำหนด

10.2.3.3 หากใช้คอนกรีตผสมเสร็จ (Ready Mixed Concrete) ให้ควบคุมเวลาในการผสมคอนกรีตให้เหมาะสม ห้ามนำคอนกรีตที่ผสมนานเกินกว่า 45 นาทีมาใช้ ยกเว้นในกรณีที่ใส่สารหน่วงการก่อตัว

10.2.3.4 ตรวจสอบการขนส่งคอนกรีตจากรถขนส่งไปยังจุดที่ต้องการเทโดยไม่ให้เกิดการแยกตัว ให้ใช้อุปกรณ์ช่วยในการเทคอนกรีตเพื่อป้องกันการแยกตัวในกรณีที่ระยะปล่อยคอนกรีตสูงเกินกว่า 2.00 เมตร

10.2.3.5 ตรวจสอบความข้นเหลว (Slump)ให้เหมาะสมกับงานที่จะเทและเป็นไปตามข้อกำหนด

10.2.3.6 ควบคุมให้มีการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ที่ทำให้คอนกรีตแน่นตัว (Vibrator) อย่างถูกวิธี

10.2.3.7 ควบคุมการเก็บแท่งคอนกรีตตัวอย่าง เพื่อทดสอบความสามารถการรับแรงอัด

10.2.3.8 การเทคอนกรีตใหม่เชื่อมกับคอนกรีตเก่าทุกครั้งให้ทำการสกัดผิวคอนกรีตเก่าให้ถึงหิน พร้อมกับทำความสะอาดและราดน้ำให้ชุ่มไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง จากนั้นทำการราดน้ำปูน หรือน้ำยาประสานคอนกรีตบนผิวบริเวณที่เตรียมไว้แล้วเทคอนกรีตใหม่ทันที

10.2.3.9 ขณะที่เทคอนกรีตต้องตรวจสอบเหล็ก Dowel และช่องเจาะต่างๆ ไม่ให้มีการเคลื่อนที่จากตำแหน่งเดิม

10.2.3.10 เมื่อคอนกรีตเริ่มแข็งตัวให้บ่มทันที

10.2.3.11 การถอดแบบอนุญาตให้ทำได้ก็ต่อเมื่อคอนกรีตครบอายุ ตามข้อกำหนด ต่อไปนี้

10.2.3.11.1 แบบประกอบข้างคาน เสาและกำแพง 2 วัน

10.2.3.11.2 แบบประกอบด้านล่างรองรับคาน พื้นบน 14 วัน

10.2.3.11.3 ในกรณีที่ผู้รับจ้างต้องการถอดแบบเร็วกว่าข้อกำหนด ความสามารถรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างของโครงสร้างนั้นต้องไม่น้อยกว่าความสามารถรับแรงอัดที่ 28 วัน

10.2.3.12 ภายหลังถอดแบบหากพบว่ามีความบกพร่องของคอนกรีตให้ผู้รับจ้างเสนอวิธีการแก้ไขต่อนายช่างควบคุมงานโดยทันทีเพื่อพิจารณาให้ความเห็นชอบก่อนดำเนินการ

10.2.3.13 วัสดุที่ใช้สำหรับทำรอยต่อระหว่างตัวท่อเหลี่ยมและปากท่อ การติดตั้งต้องปฏิบัติให้ได้ตามมาตรฐานและข้อกำหนด

10.2.3.14 ตรวจสอบผลการทดลองความสามารถรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างให้เป็นไปตามข้อกำหนด

10.2.3.15 หากผลการทดลองไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ให้ผู้ควบคุมงานรายงานสำนักฯ เจ้าของงานทราบโดยทันที

10.2.3.16 ลงวัสดุถมด้านข้างและด้านบนตามที่ระบุในแบบเป็นชั้นๆ ชั้นละไม่เกิน 15 ซม. แต่ละชั้นให้บดทับด้วย Mechanical Tamper Vibratory Compactor จนได้ระดับและความหนาแน่นตามที่ระบุไว้ในแบบและรายละเอียดและข้อกำหนดก่อสร้างทางหลวง

10.2.3.17 ทำความสะอาดให้เรียบร้อย รวมทั้งการปรับแต่งทางน้ำและกำจัดเศษวัสดุเมื่องานแล้วเสร็จ (Final Clean–Up)

10.3 ท่อเหลี่ยมคอนกรีตเสริมเหล็กแบบหล่อสำเร็จรูปจากโรงงาน (Pre-Cast Box Culvert)

10.3.1 ตรวจสอบสภาพทั่วไปของโรงงาน

10.3.1.1 ตรวจสอบสภาพทั่วไปของโรงงาน สภาพการทำงาน ขั้นตอนการผลิต ที่มีผลต่องานโครงสร้าง Box Culvert

10.3.1.2 ตรวจสอบแบบหล่อและขนาด ให้ได้มิติตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง

10.3.2 การเตรียมงานก่อนเทคอนกรีตในโรงงาน

10.3.2.1 ตรวจสอบอัตราส่วนผสม การใช้คอนกรีตผสมเสร็จ (Ready Mixed Concrete) ต้องทำการ Calibrate เครื่องชั่งให้ถูกต้อง กรณีที่แบบก่อสร้างไม่ได้กำหนดอัตราส่วนผสมไว้ ผู้รับจ้างต้องเสนอขออนุมัติ Mixed Design และทำการทดสอบความสามารถรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง ให้เป็นไปตามข้อกำหนด

10.3.2.2 ตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุส่วนผสมคอนกรีต คือ ประเภทปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และสารผสมเพิ่มให้ถูกต้องตามข้อกำหนด

10.3.2.3 ตรวจสอบขนาดคละ (Gradation) ความต้านทานต่อการสึกหรอ (Abrasion) ความสะอาด ของหินหรือกรวด และทราย ให้เป็นไปตามข้อกำหนด

10.3.2.4 ตรวจสอบแบบหล่อให้ได้ ขนาด ตำแหน่ง ระดับ ขนาดบัวลบเหลี่ยม ไม่มีรอยรั่ว มีสภาพสมบูรณ์ มีความแข็งแรง เหมาะสมในการใช้งาน

10.3.2.5 น้ำมันทาแบบต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานก่อนใช้

10.3.2.6 ตรวจชนิด ขนาด จำนวน ระยะห่าง ระยะทาบ ตำแหน่งการทาบ ความสะอาด ไม่มีสนิมขุม ของเหล็กเสริม ให้เป็นไปตามแบบรายละเอียดและข้อกำหนด

10.3.2.7 ตรวจระยะ Covering ให้ตรงตามข้อกำหนด

10.3.2.8 ตรวจตำแหน่ง ขนาด อุปกรณ์เหล็ก Dowel ที่ต้องฝัง และช่องเจาะต่างๆ ให้ครบถ้วนตามแบบ

10.3.2.9 กรณี Box Culvert ที่เป็นท่อนปลายต้องเสริมเหล็ก Dowel ให้ยาวยื่นออกมาไม่น้อยกว่า 40 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริม เพื่อใช้ต่อชานปากท่อและกำแพงกันดิน

10.3.2.10 จัดเตรียมจำนวนคนงานและช่าง เครื่องมืออุปกรณ์ในการเทคอนกรีตให้เพียงพอกับลักษณะงานและปริมาณงาน

10.3.2.11 ตรวจแบบหล่อแท่งคอนกรีตตัวอย่าง อุปกรณ์ทดสอบความยุบตัว (Slump Test) ให้พร้อม

10.3.3 การเทคอนกรีต

10.3.3.1 การเทคอนกรีตต้องได้รับอนุญาตจากช่างผู้ควบคุมงานก่อนทุกครั้ง

10.3.3.2 ตรวจสอบแบบหล่อและขนาด แบบรายละเอียดให้เป็นไปตามแบบก่อสร้างที่กำหนดไว้ หากมีการเปลี่ยนแปลงชนิดและขนาดของเหล็กเสริมต้องได้รับความเห็นชอบจากสำนักฯเจ้าของงาน

10.3.3.3 เทคอนกรีต ในแบบที่เตรียมไว้และตรวจสอบวิธีการที่ทำให้คอนกรีตแน่นตัว โดยไม่ให้เหล็กเสริมเคลื่อนจากตำแหน่งที่กำหนด

10.3.3.4 ตรวจสอบสภาพคอนกรีตหลังการถอดแบบ หากพบว่ามีความบกพร่องของคอนกรีตให้ผู้รับจ้างเสนอวิธีการแก้ไข ต่อนายช่างควบคุมงาน

10.3.3.5 ตรวจสอบผลการทดลองความสามารถการรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างให้เป็นไปตามข้อกำหนด หากผลการทดลองไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ให้ผู้ควบคุมงานรายงานสำนักฯเจ้าของงานทราบโดยทันที

10.3.3.6 ควบคุมการบ่มคอนกรีต การกองเก็บ และการขนส่ง

10.3.4 การเตรียมงานฐานราก (Bedding)

10.3.4.1 ปรับระดับพื้นดินรองรับท่อเหลี่ยมให้เรียบร้อยพร้อมเทคอนกรีตหยาบส่วนผสม 1:3:6 โดยปริมาตร ความหนาไม่น้อยกว่า 12 ซม. เว้นแต่แบบกำหนดเป็นอย่างอื่นถ้าดินใต้ระดับพื้นท่อเหลี่ยมที่เตรียมเทคอนกรีตหยาบเป็นดินอ่อนมากให้ขุดออก แล้วแทนที่ด้วยวัสดุทรายถมให้แข็งแรงพอต่อการเทคอนกรีตหยาบรองพื้น

10.3.4.2 การกำหนดระดับการเทคอนกรีตหยาบต้องให้ต่ำกว่าระดับจริงประมาณ 3 ซม. เมื่อคอนกรีตหยาบแข็งตัวสามารถรับน้ำหนักได้แล้ว ทำการติดตั้ง Box Culvert โดยการใช้Cement Mortar อัตราส่วนผสม 1:2 (โดยปริมาตร) แล้วเทลงบนคอนกรีตหยาบที่ได้ดำเนินการไว้แล้ว โดยต้องให้มีปริมาณและความหนาเพียงพอที่จะอุดช่องว่างรอยต่อระหว่าง Box Culvert แต่ละท่อนกับคอนกรีตหยาบ

10.3.5 งานติดตั้งในสนาม

10.3.5.1 ตรวจสอบแนวของท่อเหลี่ยม และวิธีการติดตั้งท่อเหลี่ยมให้ถูกต้องตามข้อกำหนด

10.3.5.2 กำหนดตำแหน่งและจัดลำดับ ในการวางของท่อเหลี่ยมหล่อสำเร็จและท่อเหลี่ยมหล่อในที่ให้ได้ความยาวตามที่แบบกำหนด

10.3.5.3 ก่อนติดตั้งให้ตรวจสอบจำนวนคนงานและเครื่องไม้เครื่องมือที่จะใช้ให้สมบูรณ์ครบถ้วน

10.3.5.4 ทำการเข้าแบบเทคอนกรีตต่อความยาวของท่อเหลี่ยมให้ได้ตามแบบ (กรณีไม่ได้สั่งหล่อท่อนปลายจากโรงงาน) พร้อมฝังเหล็ก Dowel สำหรับเชื่อมต่อกับกำแพงปีกและพื้นชานหน้าท่อ

10.3.5.5 ควบคุมการก่อสร้างต่อความยาวส่วนปลายของท่อเหลี่ยมทั้ง 2 ข้าง ให้ได้ตามแบบกำหนดพร้อมฝังเหล็ก Dowel เพื่อก่อสร้างกำแพงปีกและพื้นชานหน้าท่อ

10.3.5.6 ควบคุมการอุดรอยต่อ (Joint Sealer) ของท่อเหลี่ยมด้านนอกและด้านในด้วย Cement Mortar และเทคอนกรีตทับบนหลังท่อให้เป็นไปตามแบบกำหนด

10.3.5.7 ควบคุมการบ่มคอนกรีตที่เททับบนหลังท่อเหลี่ยม

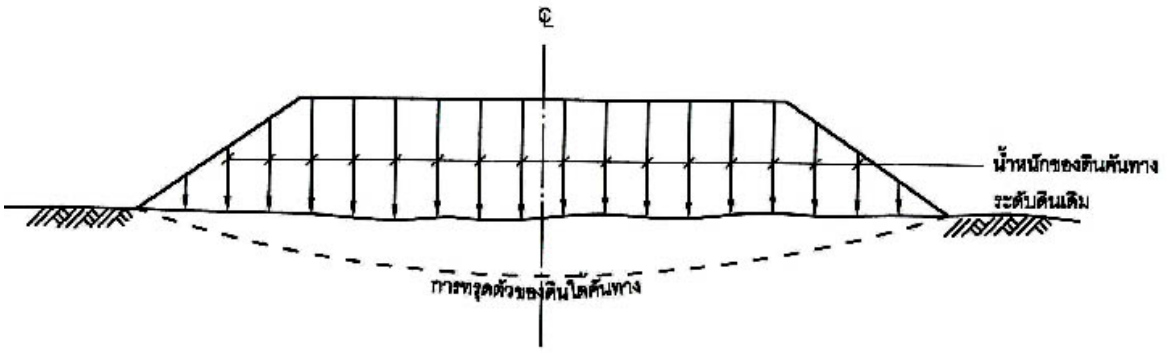
10.3.5.8 ลงวัสดุถมด้านข้างและด้านบนตามที่ระบุในแบบเป็นชั้นๆ ชั้นละไม่เกิน 15 เซนติเมตร แต่ละชั้นให้บดทับด้วย Mechanical Tamper Vibratory Compactor จนได้ระดับและความหนาแน่นตามที่ระบุไว้ในแบบและรายละเอียดและข้อกำหนดก่อสร้างทางหลวง

10.3.5.9 ทำความสะอาดให้เรียบร้อย รวมทั้งการปรับแต่งทางน้ำและกำจัดเศษวัสดุเมื่องานแล้วเสร็จ (Final Clean–Up)

10.4 การก่อสร้างในพื้นที่ดินอ่อน (Soft Clay)

ในกรณีพื้นที่ก่อสร้างที่เป็นดินอ่อน (Soft Clay) ซึ่งมีปัญหาการทรุดตัวของดินเดิมใต้คันทาง ควรพิจารณาใช้ท่อเหลี่ยม แทนท่อกลมคอนกรีตเสริมเหล็ก (R.C. Pipe Culvert) เพื่อลดปัญหาการชำรุดของท่อเนื่องจากการทรุดตัวของดินใต้คันทาง การทรุดตัวของดินที่รองรับคันทาง อาจวิเคราะห์ปริมาณหรือ

ลักษณะการทรุดตัว รวมทั้งระยะเวลาในการทรุดตัวได้ โดยอาศัยข้อมูลจากการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินชั้นต่างๆ ที่รองรับคันทางรวมทั้งจากการทดสอบการยุบตัวของตัวอย่างดิน



รูปที่ 10.1 การทรุดตัวของดินคันทางบนดินอ่อน

จากรูปที่ 10.1 ทางการทรุดตัวของดินคันทางบริเวณช่วงกลางจะมากกว่าด้านขอบทาง ดังนั้นท่อลอดคันทางถ้าไม่แข็งมาก (Stiff) ก็ย่อมจะเกิดการแอ่นตัวตามการทรุดตัวของชั้นดินใต้ทาง จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น โครงสร้างของท่อลอดคันทางซึ่งมีดินฐานรากเป็นดินอ่อนจะต้องมี Beam Strength หรือ Flexural Strength เพื่อต่อสู้กับการแอ่นตัวอันเนื่องมาจากการทรุดตัวของดินใต้คันทาง ดังนั้นตัวท่อจึงควรเป็นท่อยาว เต็มความกว้างของคันทาง เช่นใช้ Corrugated Steel Pipe หรือก่อสร้างเป็นเนื้อเดียวกัน (Monolithic Construction) เช่น ท่อเหลี่ยม คสล. เป็นต้น

กล่าวโดยสรุป การวางท่อใต้คันทางบนดินอ่อน จะต้องมีการปรับปรุงชั้นดินอ่อนก่อน (วิธี Preloading เป็นวิธีที่เหมาะสมและประหยัดอีกทางเลือกหนึ่ง แต่จะต้องใช้เวลาในการดำเนินการค่อนข้างยาวนาน) แล้วจึงดำเนินการวางท่อตามแบบก่อสร้างและข้อกำหนดต่อไป สำหรับชนิดของท่อควรใช้ท่อเหลี่ยม คสล. แบบหล่อในที่ เพราะมี Stiffness สูง และถ้าเป็นไปได้ ในการกำหนดแบบท่อหากพิจารณาใช้ขนาดท่อ ซึ่งมีน้ำหนักเท่ากับน้ำหนักของดินคันทางที่ถูกแทนที่โดยท่อโดยประมาณ จะทำให้การยุบตัวของดินฐานรากสม่ำเสมอ ซึ่งหมายถึงผิวจราจรจะราบเรียบตามที่ต้องการ

หากจะมีแนวคิดว่า ถ้าตอกเสาเข็มรองรับทั้งคันทางและท่อเพื่อไม่ให้เกิดการทรุดตัวก็อาจทำได้ ดังเช่น คันทางรถไฟสายฉะเชิงเทรา-ชลบุรี บางตอนมีการใช้เสาเข็ม คสล. ตอกลงถึงชั้นดินแข็งเพื่อรองรับเฉพาะท่อ ก็ควรจะต้องพิจารณาให้ถี่ถ้วนถึงผลดีผลเสีย กล่าวคือ ถ้าใช้เสาเข็มยาวถึงชั้นดินแข็งเพื่อรองรับท่อ (เพื่อไม่ให้ท่อทรุดหรือแอ่นตัว) ก็จะเกิดความแตกต่างในระดับผิวทางบริเวณตำแหน่งท่อ เพราะคันทางยังทรุดตัว แต่ถ้าจะใช้ Friction Piles เพื่อพยุงท่อ การทรุดตัวซึ่งทำให้เกิดความไม่ราบเรียบของระดับผิวทางก็ยังมีอยู่ และการแอ่นตัวของท่อ (ในทิศทางตั้งฉากกับการจราจร) อันเนื่องมาจากน้ำหนักของคันทางก็ยังคงเกิดขึ้น ดังนั้นถ้าหากใช้ท่อ คสล. (เป็นท่อน) ก็ย่อมเกิดความชำรุดเสียหายอย่างแน่นอน

บทที่ 11 ท่อกลมคอนกรีตเสริมเหล็ก (R.C. Pipe Culvert)

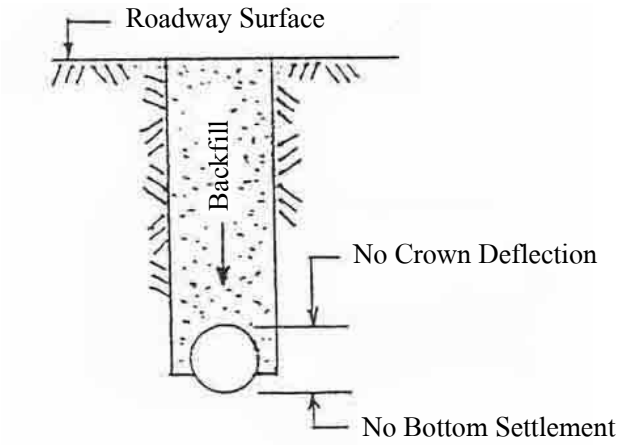
ท่อกลมคอนกรีตเสริมเหล็ก (R.C. Pipe Culvert) หรือท่อกลม คสล. เป็นส่วนประกอบที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งในการทำหน้าที่ระบายน้ำผิวดิน หรือทำหน้าที่เป็นอาคารระบายน้ำ (Drainage Structure) ถึงแม้ว่าความมั่นคงถาวรจะเทียบไม่ได้กับสะพาน คสล. และ ท่อเหลี่ยม คสล. การสำรวจข้อมูลในสนาม การออกแบบและการก่อสร้างก็ควรพิจารณาดำเนินการอย่างละเอียดรอบคอบเช่นกัน เพื่อให้ได้ผลงานที่ดีมั่นคงแข็งแรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการอย่างคุ้มค่า

11.1 พฤติกรรมเชื่อมโยงระหว่างดินกับท่อ (Soil-Culvert Interactions)

ท่อในงานก่อสร้างทางในปัจจุบันเป็น Rigid Culvert ทั้งหมด ดังนั้นพฤติกรรมเชื่อมโยงระหว่างดินกับท่อ (Soil-Culvert Interactions) ที่จะกล่าวถึงนี้ จะมุ่งเน้นเฉพาะ Rigid Culvert เท่านั้น

11.1.1 วางในร่องบนฐานรากที่ไม่ทรุดตัว (Rigid Culvert in Trench, Unyielding Foundation)

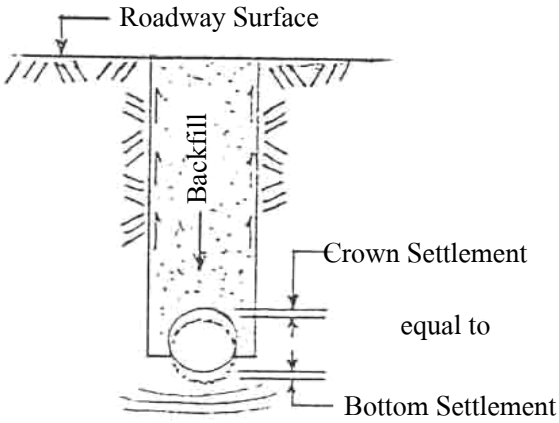
เนื่องจากการวางท่อกรณีนี้พื้นไม่ทรุด และไม่มี Crown Deflection เพราะเป็น Rigid Culvert ดังนั้น Frictional Resistance ที่ผิวผนังของร่องที่ขุดไว้จึงไม่เกิดขึ้น ด้วยเหตุนี้น้ำหนักของดินที่กดหลังท่อประเภท Rigid Type จึงมากกว่าประเภท Flexible Type



รูปที่ 11.1 กรณีวางในร่องบนฐานรากที่ไม่ทรุดตัว
(Rigid Culvert in Trench, Unyielding Foundation)

11.1.2 วางในร่องบนฐานรากที่ทรุดตัวได้ (Rigid Culvert in Trench, Yielding Foundation)

กรณีนี้ Rigid Culvert ทรุดตัวเนื่องจากเกิด Settlement เพราะ Yielding Foundation ดังนั้น Frictional Resistance ตามผิวผนังของร่องที่ขุดไว้ จึงมีบทบาทในการพยุง Backfill ที่ทรุดตัวตามท่อ กรณีนี้ท่อจะรับน้ำหนักดินหลังท่อน้อยกว่า Rigid Culvert In Trench, Unyielding Foundation ส่วนกรณีเปรียบเทียบกับ Flexible Culvert in Trench, Unyielding Foundation นั้นขึ้นอยู่กับ Crown Deflection กับ Crown Settlement ว่ากรณีใดจะมากหรือน้อยกว่ากัน



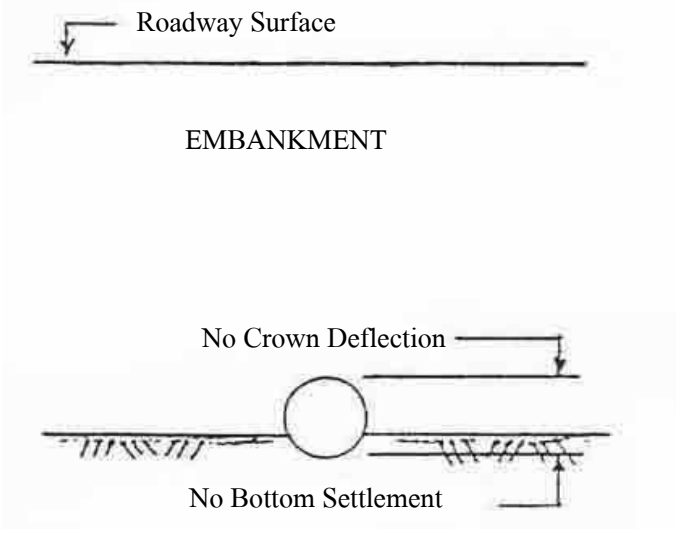
รูปที่ 11.2 กรณีวางในร่องบนฐานรากที่ทรุดตัวได้

(Rigid Culvert in Trench, Yielding Foundation)

11.1.3 วางใต้คันทางบนฐานรากที่ไม่ทรุดตัว

(Rigid Culvert under Embankment, Unyielding Foundation)

กรณีนี้เห็นชัดว่าดินข้างท่อจะยุบตัวมากกว่าดินหลังท่อตามหลัก Mechanics แต่เนื่องจากไม่มี Crown Deflection เพราะเป็น Rigid Culvert และไม่มี Bottom Settlement เพราะเป็น Unyielding Foundation กรณีนี้จึงร้ายแรงที่สุด คือ น้ำหนักดินกดหลังท่อจะมากที่สุดมากกว่าทุกรูปแบบของการวางท่อ



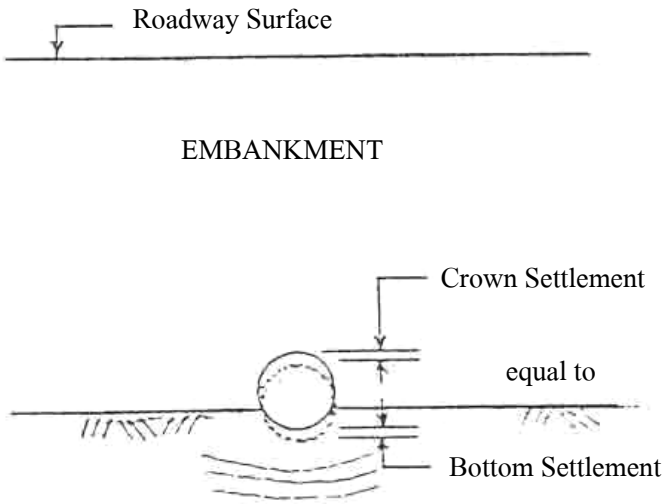
รูปที่ 11.3 วางใต้คันทางบนฐานรากที่ไม่ทรุดตัว

(Rigid Culvert under Embankment, Unyielding Foundation)

11.1.4 วางใต้คันทางบนฐานรากที่ทรุดตัวได้

(Rigid Culvert under Embankment, Yielding Foundation)

กรณีนี้ท่อทรุดตัวเนื่องจาก Yielding Foundation ดังนั้นน้ำหนักดินกดหลังท่อจะน้อยกว่า Rigid Culvert under Embankment, Unyielding Foundation แต่จะมากกว่าหรือน้อยกว่า Flexible Culvert under Embankment, Yielding Foundation ขึ้นอยู่กับระยะเคลื่อนตัวของหลังท่อว่ากรณีไหนจะมากกว่ากัน



รูปที่ 11.4 วางใต้คันทางบนฐานรากที่ทรุดตัวได้

(Rigid Culvert under Embankment, Yielding Foundation)

11.2 การวางท่อตามมาตรฐานการก่อสร้างทาง

หลักปฏิบัติที่ใช้ในการวางท่อในทางหลวงโดยทั่วไป มักจะกำหนดเป็นรูปแบบการวางท่อโดยดำเนินการตามข้อกำหนดการก่อสร้าง รูปแบบการวางท่อที่ถือปฏิบัติโดยทั่วไป มีดังนี้

11.2.1 Trench or Ditch Method ซึ่งหมายถึงการวางท่อโดยติดตั้งฝังท่ออยู่ในร่องดินแคบๆ ซึ่งได้เตรียมไว้แล้วตามข้อกำหนด

11.2.2 Embankment or Projection Method หมายถึง การวางท่อโดยวิธีติดตั้งท่อบนดินหรือฐานที่ได้ปรับไว้รองรับ โดยตัวท่อหรือส่วนบนของท่ออยู่เหนือระดับพื้นดินเดิมแล้วจึงดำเนินการก่อสร้างดินคันทางปิดทับ การวางท่อโดยวิธี Embankment แบ่งย่อยละเอียดลงไปอีกตามสภาพของสนามหรือที่ตั้งของท่อ กล่าวคือ การวางท่อตามกระบวนการที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น เรียกว่า Positive Projecting Type ส่วนการก่อสร้างแบบ Embankment อีกวิธีหนึ่งเป็นกรณีที่จำเป็นต้องติดตั้งฝังท่อลงในร่องตื้นๆ เพื่อให้เหมาะสมกับร่องน้ำ หลังจากนั้นจึงก่อสร้างดินคันทางเหนือท่อต่อไป การวางท่อโดยวิธีนี้เรียกว่า Negative Projecting Type การที่แบ่งวิธีการวางท่อแบบ Embankment ย่อยลงไปเป็น Positive และ

Negative Projecting Type นี้ สืบเนื่องมาจากพฤติกรรมที่เกี่ยวโยงระหว่างดินกับท่อ (Soil-Culvert Interaction) แตกต่างกัน ดังนั้นในการวิเคราะห์น้ำหนักดินกดท่อหรือ Direct Design จึงต้องจำแนกชนิดออกไป แต่ในด้านการก่อสร้างแล้วถือว่าเป็น Embankment Method โดยรวม

11.2.3 Induced Trench Or Incomplete Trench Method เป็นวิธีการวางท่อเพื่อลดน้ำหนักดินที่กดลงท่อในกรณีที่เป็น High Fill หรือดินคันทางสูง โดยกำหนดวิธีการวางท่อและการก่อสร้างคันทางเหนือท่อให้เกิด Earth Arch หรือ Arching Action ซึ่งจะช่วยพยุงดินเหนือท่อ ทำให้น้ำหนักดินกดลงท่อลดน้อยลง

11.2.4 Jacking/Drilling/Tunneling Methods เป็นวิธีการเฉพาะในการวางท่อลอดคันทางโดยการดัน การเจาะหรือการขุดอุโมงค์ เป็นต้น ซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรม ความปลอดภัยของการจราจร และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ซึ่งจะต้องมีการพิจารณาในรายละเอียดเป็นรายๆ ไป

11.3 การปรับพื้นที่เพื่อรองรับท่อกลม คสล.

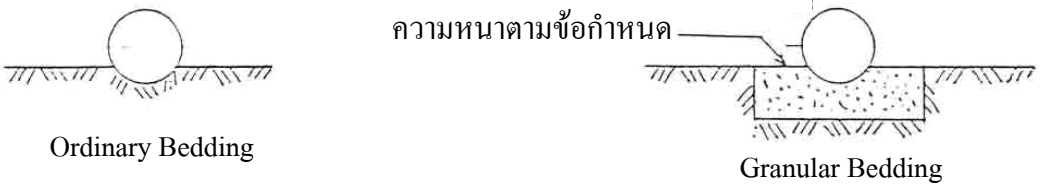
พื้นรองรับท่อ (Bedding) ที่ใช้กันมีหลายแบบ ความสำคัญของพื้นรองรับท่อก็คือมีผลกระทบโดยตรงกับ Supporting Strength ของท่อ เพราะถ้าหากไม่ปรับดินหรือวัสดุที่เป็นฐานรองรับท่อให้ส่วนล่างของท่อวางได้แนบสนิทแล้ว ท่อคงไม่สามารถที่จะรับแรงหรือน้ำหนักตามที่ได้คาดหรือกำหนดไว้ในการออกแบบ กล่าวคือ ในการวิเคราะห์โครงสร้างของท่อ ท่อจะต้องอยู่ในสภาพ ‘Uniformly Supported’ เป็นสมมติฐานที่สำคัญ

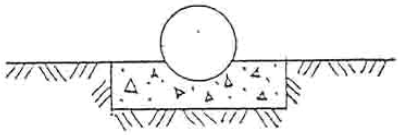
จะเห็นได้ว่า Bedding สำหรับท่อเป็นองค์ประกอบที่สำคัญประการหนึ่งในการวางท่อ ซึ่งโดยทั่วไปข้อกำหนดในการก่อสร้างทางเกี่ยวกับการวางท่อ จะระบุให้เตรียมพื้นสำหรับรองรับท่อตามที่กำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง ซึ่งอาจจะมีรายละเอียดแตกต่างกันตาม Practice ของหน่วยงาน แต่ Typical Bedding ที่ใช้กันทั่วไปมีดังนี้

11.3.1 Ordinary Bedding เป็นการปรับพื้นดินเดิมให้เรียบแล้วขุดเป็นรางหรือร่องโค้งรับท้องท่อที่จะนำมาวาง แต่วิธีนี้หน่วยงานหลายแห่งไม่นิยมใช้ เพราะการทำรางรองรับท่อให้ดีทำได้ยากอาจทำให้ Supporting Strength ของท่อลดน้อยลงหรือทำให้ท่อแตกหักได้ง่าย

11.3.2 Granular Bedding หรือ Compacted Granular Material Foundation เพราะก่อสร้างง่าย และรองรับท่อได้ดี จึงใช้กันโดยทั่วไปทั้งกรณี Yielding และ Unyielding Foundation

11.3.3 Concrete Cradle หรือ Concrete Saddle เป็น Bedding ที่ไม่อยู่ในคำแนะนำของ AASHTO เข้าใจว่ามีเหตุผลสำคัญคือ เมื่อเทียบกับ Granular Foundation แล้วจะก่อสร้างยากกว่า และมีค่าก่อสร้างสูงกว่า ประกอบกับในด้าน Supporting Strength ก็ไม่เหนือกว่าแต่ประการใด





รูปที่ 11.5 รูปแบบการปรับพื้นที่เพื่อรองรับท่อ

11.4 การติดตั้งท่อกลม คสล.

ขั้นตอนการติดตั้งท่อกลม คสล. โดยทั่วไปมีดังนี้

11.4.1 ตรวจสอบระดับการระบายน้ำให้เหมาะสมกับสภาพหน้างาน

11.4.2 เตรียมพื้นที่รองรับ (Bedding) ตามที่ระบุในแบบ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะคือ

11.4.2.1 ถ้าดินเดิมเป็นดินอ่อน ให้ใช้ Concrete Cradle Bedding

11.4.2.2 ถ้าดินเดิมเป็นดินแข็งทั่วไป ให้ใช้ Ordinary Bedding

11.4.2.3 ถ้าดินเดิมเป็นหิน ให้ใช้ Bedding for Rock or Unyielding Foundation

11.4.3 ตรวจสอบระดับของพื้นที่รองรับ

11.4.4 ตรวจสอบความหนาแน่น (กรณีที่ระบุ) ของพื้นที่รองรับ

11.4.5 กำหนดและตรวจสอบแนวการวางตัวของท่อกลม คสล.

11.4.6 จัดวางท่อกลม คสล. ตามลำดับ

11.4.7 ยาแนวอุดรอยต่อให้เรียบร้อยทั้งภายนอกและภายในท่อกลม คสล.

11.4.8 ลงวัสดุถมด้านข้างและด้านบนตามที่ระบุในแบบเป็นชั้นๆ ชั้นละไม่เกิน 15 เซนติเมตร แต่ละชั้นให้บดทับด้วย Mechanical Tamper Vibratory Compactor จนได้ระดับและความหนาแน่นตามที่ระบุไว้ในแบบและรายละเอียดและข้อกำหนดก่อสร้างทางหลวง

11.4.9 ทำความสะอาดให้เรียบร้อย รวมทั้งการปรับแต่งทางน้ำและกำจัดเศษวัสดุเมื่องานแล้วเสร็จ (Final Clean–Up)

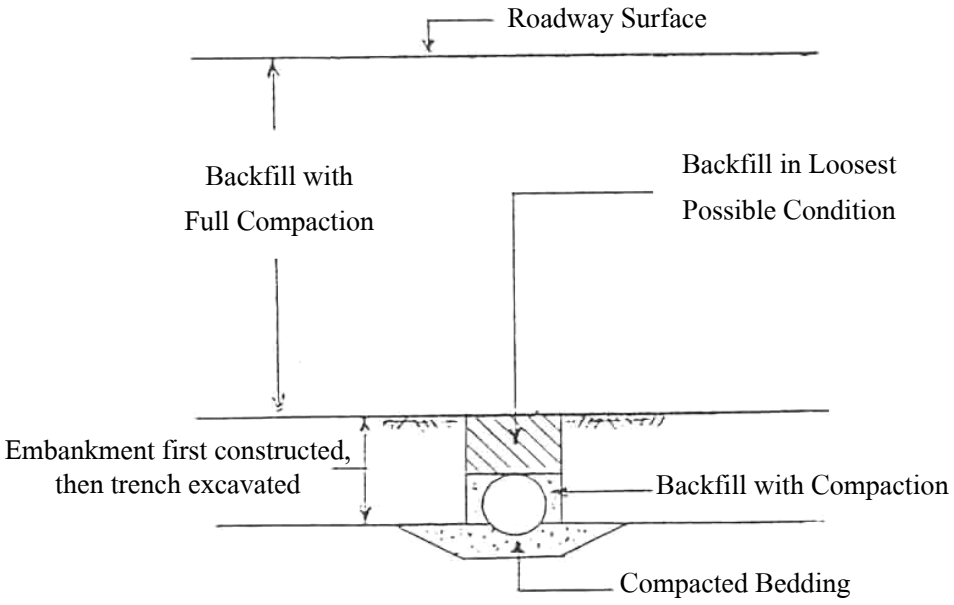
11.5 การวางท่อบนดินอ่อน

การก่อสร้างทางบนดินอ่อน เช่น ในบริเวณกรุงเทพมหานครและปริมณฑลหรือบริเวณชายฝั่งทะเล ปัญหาใหญ่คือ การทรุดตัวของคันทาง ซึ่งย่อมมีผลกระทบโดยตรงต่อท่อลอดคันทางอย่างแน่นอน ในเส้นทางบางนา-บางปะกง หรือเส้นทางธนบุรี-ปากท่อ ซึ่งเป็นตัวอย่างของทางหลวงที่ได้ก่อสร้างบนดินอ่อน จะเห็นการทรุดตัวของคันทางอย่างชัดเจนจนบางแห่งระดับผิวทางจมลงไปเกือบเท่ากับระดับท้องนาที่อยู่ข้างทาง ผิวทางตรงกลางจะทรุดต่ำกว่าด้านนอก มีน้ำขังเมื่อฝนตก ดินคอสะพานทรุดจนรถวิ่งสะดุดเพราะระดับคันทางกับคอสะพานทรุดตัวไม่เท่ากัน

ปัจจุบันเทคโนโลยีการก่อสร้างทางบนดินอ่อนมีวิธีการปรับปรุงชั้นดินอ่อนหลายรูปแบบ เช่น การบรรทุกน้ำหนัก (Pre-Loading) เพื่อเร่งให้ดินยุบตัว (Consolidation) เร็วขึ้น การใช้ Prefabricated Vertical Drains (PVD) เพื่อช่วยระบายน้ำในดินให้เร็วขึ้น การใช้ Cement Column คือ การกวนผสมซีเมนต์กับดินในที่ (คล้ายๆ กับการทำให้เป็นเสาเข็มช่วยรับน้ำหนักดินคันทาง) เป็นต้น ซึ่งวิธีการดังกล่าวเป็นสิ่งจำเป็นในการก่อสร้างทางบนดินอ่อน เพราะเป็นการเพิ่มกำลังในการรับน้ำหนักให้กับดินฐานรากด้วย แต่ถึงอย่างไรก็ตามชั้นดินอ่อนก็ยังคงทรุดตัวต่อไปอีกแต่จะช้าลง ดังนั้นประเด็นสำคัญที่เกี่ยวกับการวางท่อบนดินอ่อนก็คือจะต้องมีการปรับปรุงชั้นดินอ่อนก่อนจะโดยวิธีการใดก็ตาม ทั้งนี้เพื่อลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับท่อจากการยุบตัวของชั้นดินอ่อนในคาบเวลาข้างหน้า

11.6 การลดผลกระทบจากดินถมหลังท่อ (Induced or Imperfect Trench)

ในกรณีที่จะต้องก่อสร้างดินถมหลังท่อสูงมาก มีข้อแนะนำในการปฏิบัติเพื่อลดน้ำหนักดินกดหลังท่อ โดยอาศัยหลักการ Arch หรือ Arching Action ของดินพยุงน้ำหนักดินเหนือท่อ กล่าวคือ หลังจากเตรียมดินรองรับท่อแล้วทำการก่อสร้างคันทาง (Compacted Embankment) สูงประมาณ 2 เท่าของขนาดท่อ แล้วขุดร่อง วางท่อ ถมดินข้างท่อและบดอัดให้แน่นส่วนที่อยู่หลังท่ออาจใช้ฟาง ขี้เลื่อย ใบไม้ ผสมดินถมหลังท่อโดยไม่ต้องบดอัดมาก (เพื่อให้เกิด Loosest Possible Condition) ก็เพื่อต้องการให้เกิด Earth Arch นั่นเอง



รูปที่ 11.6 การลดผลกระทบจากดินถมหลังท่อ (Induced or Imperfect Trench)

บรรณานุกรม

กรมทางหลวง. **ชุดฝึกอบรมหมวดวิศวกรรม ชุดที่ 8** . กรมทางหลวง, กระทรวงคมนาคม.

กรมทางหลวง. **รายละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวง เล่มที่ 2**. กรมทางหลวง, กระทรวงคมนาคม กรุงเทพฯ. 2536.

กรมทางหลวง. **แบบมาตรฐานกรมทางหลวง**. กรมทางหลวง, กระทรวงคมนาคม. 2538.

ก่อสร้างทางหลวงแผ่นดินและทางหลวงพิเศษ. **คู่มือการควบคุมงานก่อสร้างสะพาน และท่อคอนกรีตเสริมเหล็ก**. ปรับปรุงครั้งที่ 3. กรมทางหลวง, กระทรวงคมนาคม. กรุงเทพฯ. 2518.

ต่อกุล กาญจนาลัย. **การออกแบบคอนกรีตอัดแรง**. หจก.สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซนเตอร์. 2528. หน้า 198 – 200.

วิชัย เยี่ยงวีรชน. **การสำรวจรังวัด: ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2549.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมป์. **ข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กันยายน 2548.

สนั่น เจริญเผ่า, วินิต ช่อวิเชียร. **การออกแบบโครงสร้างไม้และโครงสร้างเหล็ก**. พิมพ์ครั้งที่ 7. หจก. ป.สัมพันธ์พานิช. 2530.

สนั่น เจริญเผ่า, วินิต ช่อวิเชียร. **คอนกรีตเสริมเหล็ก**. พิมพ์ครั้งที่ 8. หจก. ป.สัมพันธ์พานิช.

เสรี สุงาม. **Reinforced Earth Wall**. ศูนย์สร้างและบูรณะสะพานที่ 2, สำนักก่อสร้างสะพาน, กรมทางหลวง. 2541.

สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวง. **คู่มือควบคุมงานก่อสร้างสะพานและท่อเหลี่ยม คสล**. ฉบับปรับปรุงและแก้ไขครั้งที่ 4. 2550.

สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวง. **คู่มือวิธีการปฏิบัติงานก่อสร้างสะพานและท่อเหลี่ยม**. 2549.

เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ. **แบบหล่อคอนกรีต**. คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 2529.

Bowles , J.E., **Foundation Analysis and Design**, Fourth Edition , McGraw–Hill Book Company, 1988, P.P. 409.

Colin J.F.P. Jones, **Earth Reinforcement and Soil Structures**, Butterworths Advanced Series in Geotechnical Engineering, 1985.

Manfred R. Hansmann, **Engineering Principle of Ground Modification**, McGraw-Hill Publishing Company, 1990.

Reinforced Earth (S.E.A.) PTE Ltd, **Reinforced Earth and Bridge Abutment**, 1996.

Reinforced Earth (S.E.A.) PTE Ltd, **Reinforced Earth and Retaining Walls**, 1996.

Timoshenko , S.P. and Gere , J.M., **Theory of Elastic Stability**, Second Edition , McGraw–Hill Book Company, 1986, P.P. 6-10 , P.P. 46-53 , P.P. 94 – 98.

T.S. lngold, **Reinforced Earth**, Thomas Telford Ltd, London, 1982.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การสำรวจระบบพิกัด โค้งแนวราบ โค้งแนวดิ่ง และงานระดับ

ก.1 การสำรวจระบบพิกัด

ในปัจจุบันนิยมใช้ระบบพิกัดในการสำรวจเพื่อการก่อสร้างทางแยกต่างระดับ (Interchange) สะพานข้ามทางแยก สะพานข้ามแม่น้ำ ทางลอด และอุโมงค์ เพราะมีความสะดวก รวดเร็ว ถูกต้อง แม่นยำ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานโดยการนำคอมพิวเตอร์ และซอฟแวร์ทางวิศวกรรมสำรวจ มาใช้ทำงานร่วมกับเครื่องมือสำรวจที่เรียกว่า Total Station ซึ่งสามารถคำนวณค่าพิกัด (N, E) หรือค่าพิกัด และระดับ (X,Y,Z) ของจุดต่าง ๆ รวมทั้งสามารถตรวจสอบปรับแก้ค่าผิดพลาด จัดเก็บข้อมูลสำรวจต่าง ๆ ไว้ในหน่วยความจำ และนำมาใช้ภายหลังได้

ก.1.1 เครื่องมือสำรวจและวิธีการสำรวจในสนาม

การสำรวจระบบพิกัดระยะแรกเครื่องมือที่ใช้เป็นเครื่องวัดระยะทางอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Distance Measurement, EDM) ติดตั้งบนกล้องวัดมุมแบบ Optical Theodolite ต่อมามีการพัฒนากล้องวัดมุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics Theodolite) รวมเข้ากับเครื่องวัดระยะทางอิเล็กทรอนิกส์เป็นกล้องระบบ Total Station ซึ่งมีซอฟต์แวร์และฟังก์ชั่นต่าง ๆ สามารถคำนวณ ตรวจสอบ ปรับแก้ค่าผิดพลาด ประมวลผล และจัดเก็บข้อมูลสำรวจต่าง ๆ ไว้ในหน่วยความจำ (Electronics Field Book) ภายในตัวกล้อง และสามารถถ่ายโอนข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อใช้งานอื่น ๆ ในลำดับต่อไป

รูปที่ ก.1 กล้อง Total Station รุ่นต่าง ๆ

(www.surveyinstru.com)

ก.1.2 ขั้นตอนการให้ตำแหน่งจุดต่างๆ ในสนาม (Layout of Point)

ก.1.2.1 วิธี Coordinates Stakeout หรือ Setting out

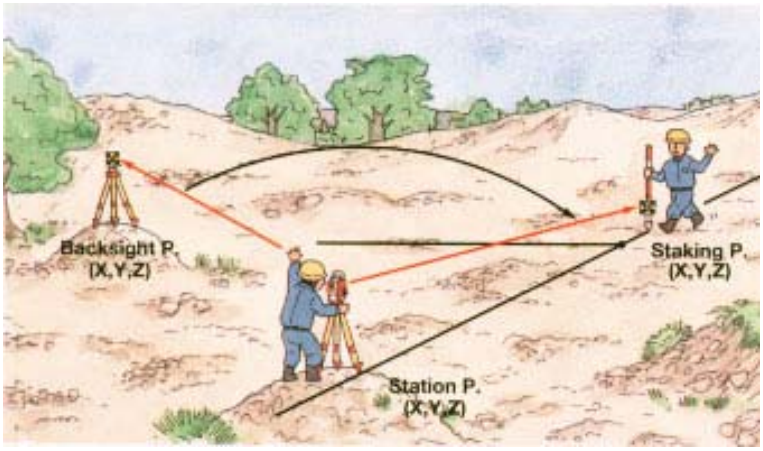
(1) ตั้งกล้องที่จุดทราบค่าพิกัดหรือจุดอ้างอิง (Reference Point) และป้อนค่าพิกัดของจุดตั้งกล้อง (Station Point)

(2) ตั้งเป้าปริซึม (Prism & Tripod) ที่จุดทราบค่าพิกัดหรือจุดอ้างอิง (Reference Point) หมุนกล้องส่องเป้าปริซึม และป้อนค่าพิกัดของจุด Backsight Point

(3) จากค่าพิกัดของจุดที่ต้องการ Layout (Staking Point) คำนวณหาค่ามุมราบระหว่าง Backsight Point กับ Staking Point และค่าระยะทางจากจุดตั้งกล้องกับจุด Staking Point

(4) หมุนกล้องเปิดมุมราบที่คำนวณได้จากขั้นตอนที่ 3 ใช้ Pole & Prism ล่อเป้า และขยับตำแหน่งตามแนวเล็ง วัดระยะทางให้ได้ตามที่คำนวณได้จากขั้นตอนที่ 3 แล้วตอกหมุดไว้

(5) ตั้งเป้าปริซึม (Prism & Tripod) ที่หมุด Staking Point เล็งแนวและวัดระยะทางอีกครั้ง แล้วขยับหมุดให้ได้ตำแหน่งที่ถูกต้อง



รูปที่ ก.2 การให้ตำแหน่งจุดต่าง ๆ ในสนามโดยวิธี Coordinates Stakeout

(www.surveyinstru.com)

ก.1.3 การหาค่าพิกัดของจุดต่าง ๆ ในสนาม

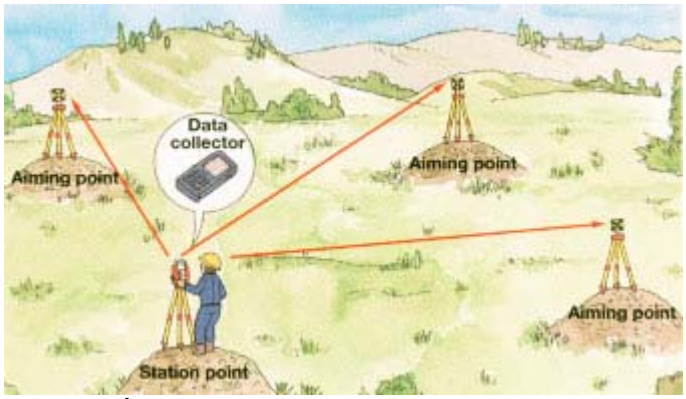
ก.1.3.1 วิธี Side Shot

(1) ตั้งกล้องที่จุดทราบค่าพิกัดหรือจุดอ้างอิง (Reference Point) และป้อนค่าพิกัดของจุดตั้งกล้อง (Station Point)

(2) ตั้งเป้าปริซึม (Prism & Tripod) ที่จุดทราบค่าพิกัดหรือจุดอ้างอิง (Reference Point) หมุนกล้องส่องเป้าปริซึม และป้อนค่าพิกัดของจุด Backsight Point

(3) ตั้งเป้าปริซึม (Prism & Tripod) ที่จุดต้องการหาค่าพิกัด

(4) หมุนกล้องส่องเป้าปริซึม บันทึกค่าพิกัดที่กล้องอ่านค่า และคำนวณได้

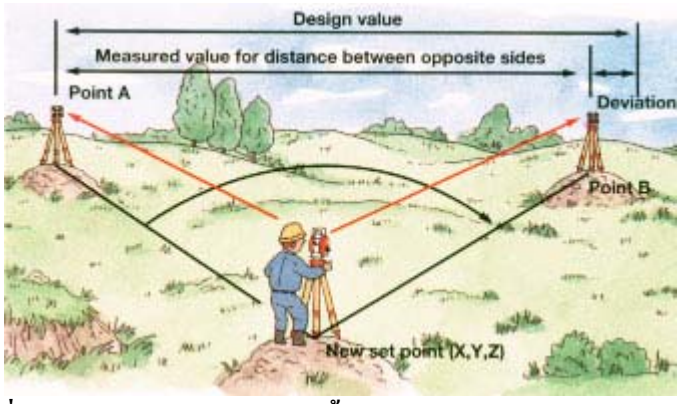


รูปที่ ก.3 การหาค่าพิกัดของจุดต่าง ๆ ในสนาม

(www.surveyinstru.com)

ก.1.3.2 วิธี Resection

เป็นการคำนวณค่าพิกัดของจุดตั้งกล้อง โดยใช้ข้อมูลค่าพิกัดของจุดที่ทราบค่าพิกัด เช่นจุดอ้างอิงต่างๆ อย่างน้อย 2 จุด เป็นจุดตั้งเป้าปริซึม (Prism & Tripod) มาคำนวณหาค่าพิกัดโดยวิธี Least Squares

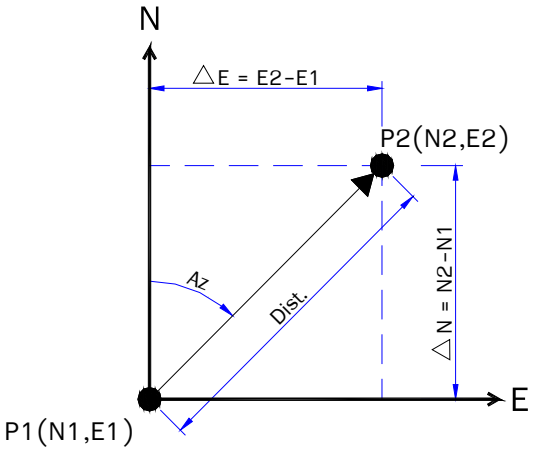


รูปที่ ก.4 การหาค่าพิกัดของจุดตั้งกล้อง โดยวิธี Resection

(www.surveyinstru.com)

ก.1.4 การคำนวณระบบพิกัด

ก.1.4.1 การหาค่าพิกัดของจุดที่ 2 โดยคำนวณจากพิกัดของจุดที่ 1 เมื่อทราบค่าระยะทาง (Distance) และมุม Azimuth (Az) จากจุดที่1 ไปยังจุดที่ 2 ดังรูปที่ ก.5



รูปที่ ก.5 การคำนวณระบบพิกัด

จากรูปที่ ก.5 ให้จุด P1 มีค่าพิกัดเป็น N1, E1 เมื่อทราบค่าระยะทาง (Dist) และมุม Azimuth (Az) จากจุด P1 ไปยังจุด P2 สามารถคำนวณหาค่าพิกัดของจุด P2 ได้ดังนี้

$$N2 = N1 + \Delta N$$

$$\Delta N = Dist \times Cos(Az)$$

$$\therefore \quad N2 = N1 + Dist.x\ Cos(Az) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(ก.1)}$$

$$E2 = E1 + \Delta E$$

$$\Delta E = Dist \times Sin(Az)$$

$$\therefore \quad E2 = E1 + Dist \times Sin(Az) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(ก.2)}$$

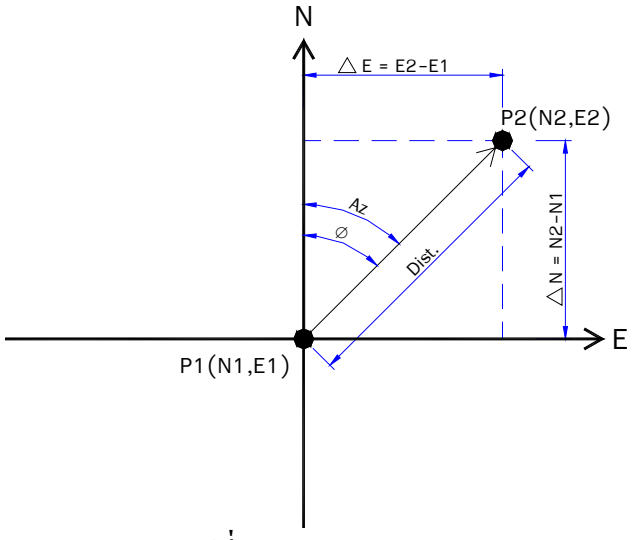
ก.1.4.2 การหาค่าระยะทาง Distance และมุม Azimuth (Az) จากจุดที่1 ไปยังจุดที่ 2 เมื่อทราบค่าพิกัดของจุดที่ 1 และ จุดที่ 2

$$\Delta N = N2 - N1$$

$$\Delta E = E2 - E1$$

$$Dist. = \sqrt{(\Delta N)^2 + (\Delta E)^2} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(ก.3)}$$

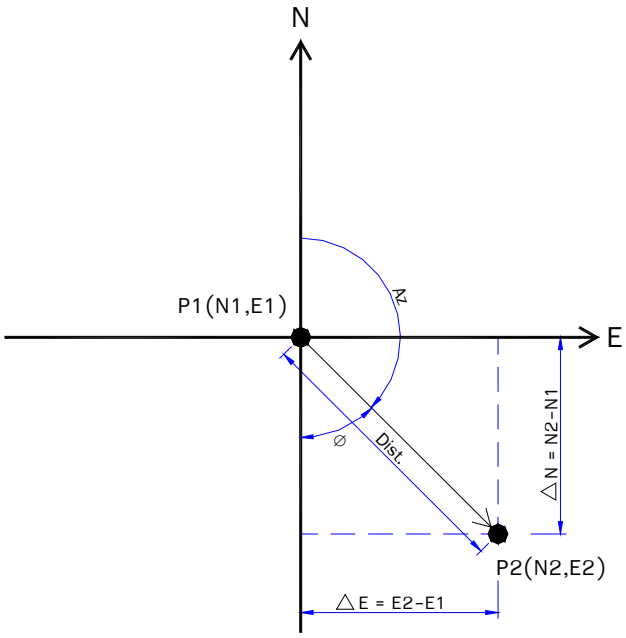
$$\phi = Tan^{-1}\left(\frac{|\Delta E|}{|\Delta N|}\right) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(ก.4)}$$



รูปที่ ก.6 Quadrant 1

จากรูปที่ ก.6 กรณี ΔN เป็น + และ ΔE เป็น + มุม ϕ อยู่ใน Quadrant 1

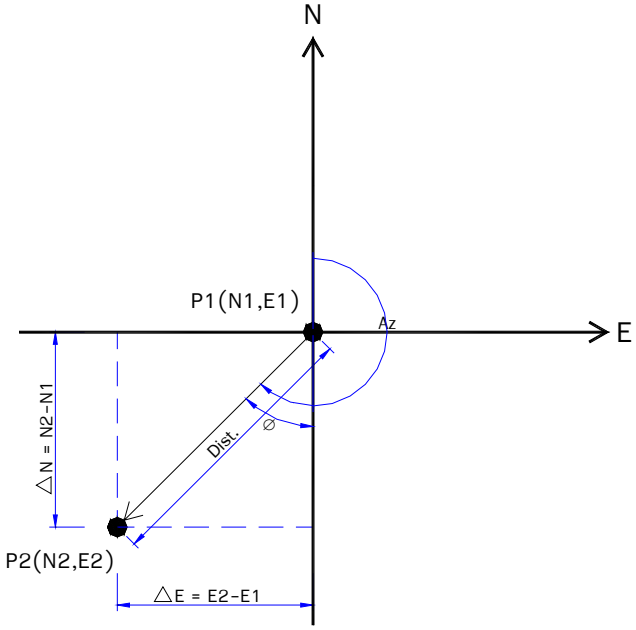
Azimuth (Az) = ϕ ..... (ก.5)



รูปที่ ก.7 Quadrant 2

จากรูปที่ ก.7 กรณี ΔN เป็น – และ ΔE เป็น + มุม ϕ อยู่ใน Quadrant 2

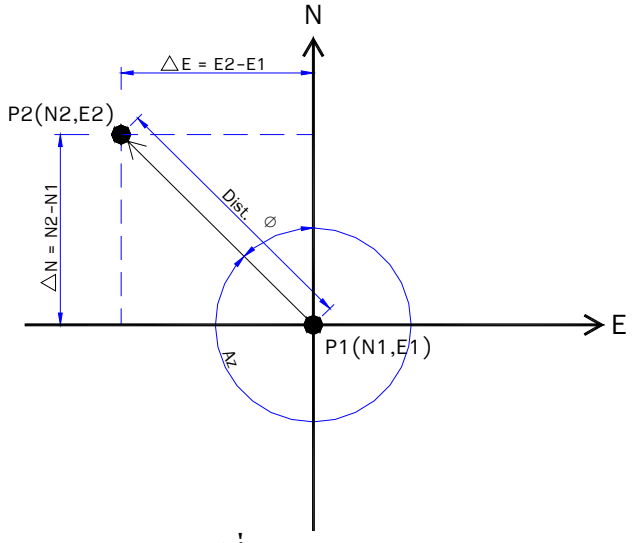
Azimuth (Az) = 180^0 - ϕ ..... (ก.6)



รูปที่ ก.8 Quadrant 3

จากรูปที่ ก.8 กรณี ΔN เป็น – และ ΔE เป็น - มุม ϕ อยู่ใน Quadrant 3

Azimuth (Az) = $180^0 + \phi$ ..... (ก.7)

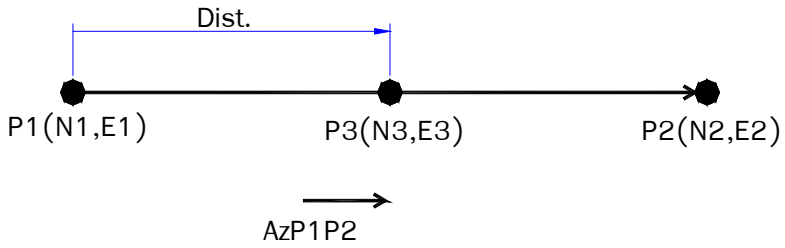


รูปที่ ก.9 Quadrant 4

จากรูปที่ ก.9 กรณี ΔN เป็น + และ ΔE เป็น – มุม ϕ อยู่ใน Quadrant 4

Azimuth (Az) = $360^0 - \phi$ ..... (ก.8)

ก.1.4.3 การคำนวณหาพิกัดของจุดที่ 3 และมุม Azimuth ของแนว Alignment เมื่อทราบค่าพิกัดของจุดที่ 1 และ จุดที่ 2



รูปที่ ก.10 การคำนวณพิกัดในแนวเส้นตรง

$$\Delta N = N2-N1$$

$$\Delta E = E2-E1$$

$$\phi = Tan^{-1}\left(\frac{|\Delta E|}{|\Delta N|}\right)$$

กรณี ΔN เป็น + และ ΔE เป็น + (Quadrant 1) AzP1P2 = ϕ ..... (ก.9)

กรณี ΔN เป็น - และ ΔE เป็น + (Quadrant 2) AzP1P2 = $180^{o} - \phi$ ..... (ก.10)

กรณี ΔN เป็น - และ ΔE เป็น - (Quadrant 3) AzP1P2 = $180^{o} + \phi$ .....(ก.11)

กรณี ΔN เป็น + และ ΔE เป็น - (Quadrant 4) AzP1P2 = $360^{o} - \phi$ .....(ก.12)

$$N3 = N1 + Dist \times Cos(AzP1P2) \quad \text{..... (ก.13)}$$

$$E3 = E1 + Dist \times Sin(AzP1P2) \quad \text{..... (ก.14)}$$

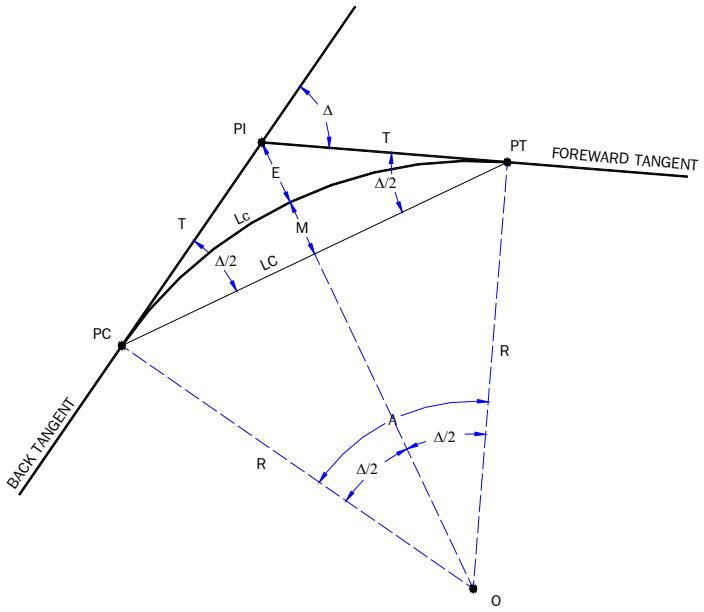
ก.2 โค้งแนวราบ (Horizontal Alignment)

การวางแนวถนนในแนวราบ เป็นการวางแนวโค้งเพื่อเชื่อมระหว่างการเคลื่อนที่ในทิศทางตรง 2 ทิศทาง เพื่อให้ยานพาหนะสามารถเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ภายในอัตราเร็วที่ใช้ในการออกแบบได้อย่างปลอดภัย โดยลักษณะของโค้งในแนวราบจะเป็นส่วนหนึ่งของเส้นรอบวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางวงกลม ซึ่งโค้งในแนวราบมีหลายลักษณะด้วยกัน ดังนี้

- โค้งวงกลม (Simple Circular Curve) คือโค้งในแนวราบที่เชื่อมต่อระหว่างแนวเส้นตรง 2 แนว โดยมีค่ารัศมีของโค้งคงที่
- โค้งก้นหอย (Spiral Curve) หรือ โค้งปรับช่วง (Transition Spiral Curve) คือ โค้งในแนวราบที่อยู่ระหว่างแนวตรงและแนวโค้งวงกลมของถนน หน้าที่ของโค้งปรับช่วง คือ ปรับแนวถนนจากทิศทางตรงสู่ทิศทางโค้ง เพื่อเพิ่มความนิ่มนวลในการขับขี่ก่อนที่จะเคลื่อนที่เข้าสู่โค้งวงกลม
- โค้งผสม (Compound Curve) คือ โค้งวงกลมในแนวราบที่อยู่ติดกัน แต่มีค่ารัศมีที่แตกต่างกัน การออกแบบโค้งแบบผสมนี้ถือว่าเป็นการออกแบบที่ไม่เหมาะสม แต่ถ้าไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ก็ควรออกแบบให้รัศมีความโค้งของโค้งวงกลมทั้งสองต่างกันไม่เกิน 50 %
- โค้งดีดกลับ (Reverse Curve) เป็นโค้งที่มีลักษณะเดียวกันกับโค้งผสม เพียงแต่ทิศทางของโค้งทั้งสองที่อยู่ติดกันจะมีทิศทางตรงกันข้าม
- โค้งหลังหัก (Broken Back Curve) เป็นโค้งที่มีลักษณะเดียวกันกับโค้งผสม เพียงแต่จะมีระยะทางตรงสั้นๆ เป็นตัวเชื่อมระหว่างโค้งวงกลมทั้งสอง ซึ่งโค้งในลักษณะนี้อาจจะไม่ได้ช่วยให้มีการขับขี่ที่ดีนัก ถ้าหากระยะทางตรงที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างโค้งวงกลมทั้งสองนั้นสั้นเกินไป

ในเอกสารนี้จะกล่าวถึงเฉพาะโค้งวงกลมและโค้งก้นหอยเท่านั้น

ก.2.1 โค้งวงกลม (Simple Circular Curve)



รูปที่ ก.11 โค้งวงกลม

สัญลักษณ์ต่าง ๆ

PC = Point of Curve

PI = Point of Intersection

PT = Point of Tangency

T = Tangent Distance

E = External Distance

M = Middle Ordinate

R = Radius of Curve

O = Center point of Curve

Δ = Angle of Intersection

D = Degree of Curve

Lc = Length of Curve

LC = Length of Chord

L = Arc Length ระหว่างจุดใดๆ บนโค้ง

ϕ = มุมที่ Center Point of Curve ที่มีความยาวโค้ง L

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$T = R \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad \ldots \text{(ก.15)}$$

$$E = R\left[\sec\left(\frac{\Delta}{2}\right)-1\right] = T \tan\left(\frac{\Delta}{4}\right) \quad \ldots \text{(ก.16)}$$

$$M = R\left[1-\cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)\right] = R \operatorname{vers}\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad \ldots \text{(ก.17)}$$

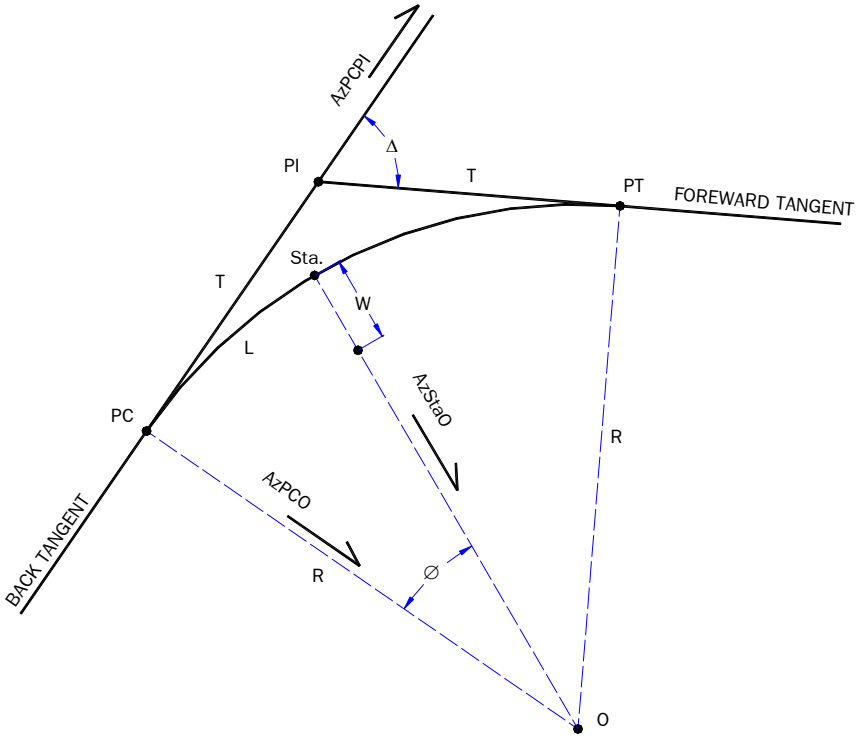
$$R = \frac{5729.57795}{D} \text{ (Arc definition)} \quad \ldots \text{(ก.18)}$$

$$Lc = 100\left(\frac{\Delta}{D}\right) \quad \ldots \text{(ก.19)}$$

$$LC = 2R \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad \ldots \text{(ก.20)}$$

$$\text{PC sta.} = \text{PI sta.} - T \quad \ldots \text{(ก.21)}$$

$$\text{PT sta.} = \text{PC sta.} + Lc \quad \ldots \text{(ก.22)}$$



รูปที่ ก.12 การคำนวณพิกัดโค้งวงกลม

ก.2.1.1 หาพิกัดของจุด PC

คำนวณจาก
- พิกัดของ PI
- มุม Azimuth ของแนว PC $\rightarrow$ PI (Az PCPI)
- ระยะ -T

ก.2.1.2 หาพิกัดของจุด O

คำนวณจาก
- พิกัดของ PC
- มุม Azimuth ของแนว PC $\rightarrow$ O (Az PCO)

Az PCO = Az PCPI + 90^0 กรณี โค้งเลี้ยวขวา

= Az PCPI - 90^0 กรณี โค้งเลี้ยวซ้าย

- ระยะ R

ก.2.1.3 หาพิกัดของ Sta. ใด ๆ

คำนวณจาก
- พิกัดของ O
- มุม Azimuth ของแนว Sta. $\rightarrow$ O (Az Sta 0)

Az Sta O = Az PCO + ϕ กรณี โค้งเลี้ยวขวา

= Az PCO – ϕ กรณี โค้งเลี้ยวซ้าย

$$\phi = \frac{DL}{100}$$

L = Sta. ใด ๆ – PC Sta.

- ระยะ –R

ก.2.1.4 หาพิกัดที่จุด Offset ของ Sta. ใด ๆ (ระยะ Offset W)

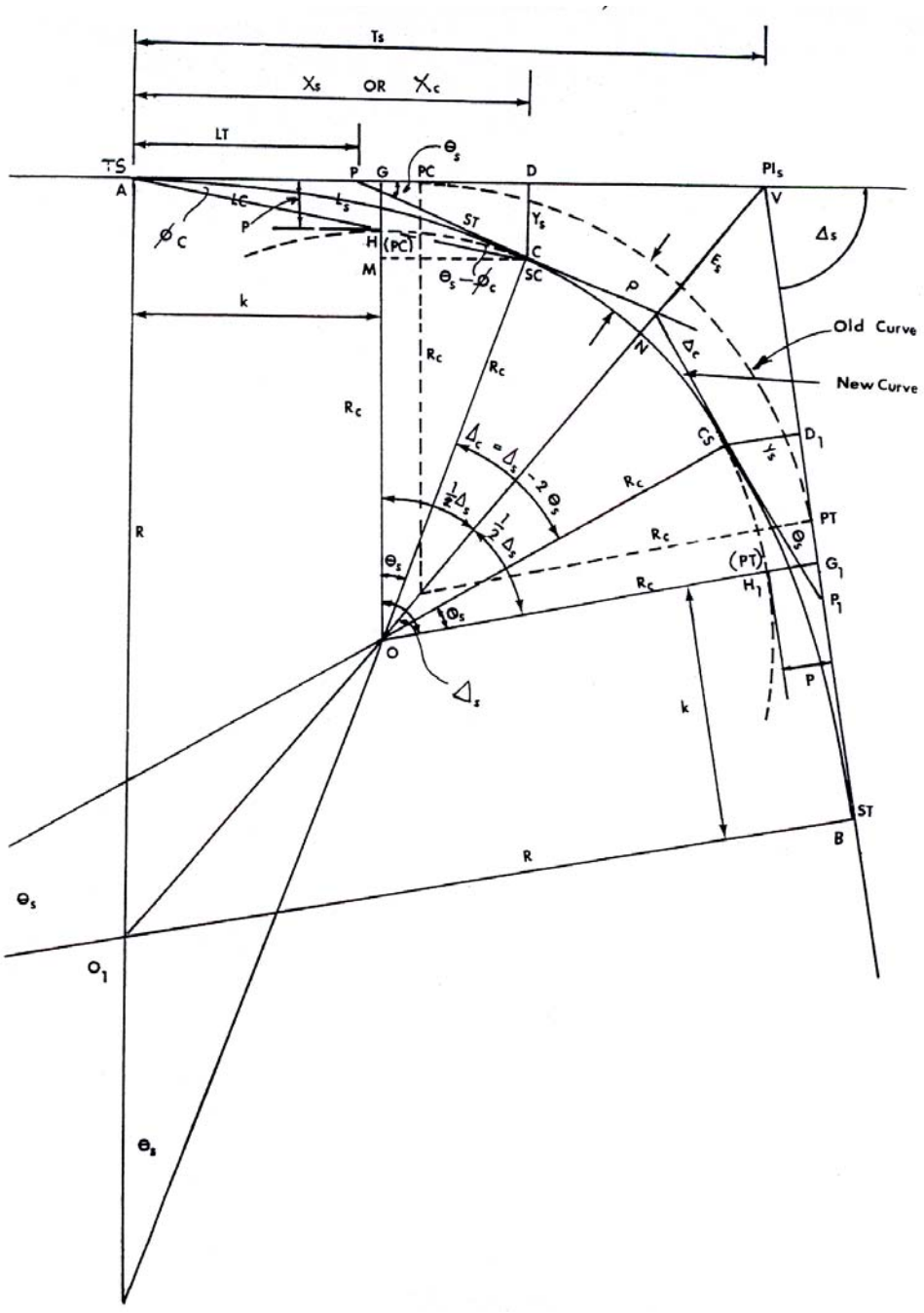
คำนวณจาก
- พิกัดของ O
- มุม Azimuth ของแนว Sta. $\rightarrow$ O (Az Sta O)
- ระยะ = -(R-W) กรณี Offset ด้านในโค้ง

= -(R+W) กรณี Offset ด้านนอกโค้ง

ก.2.2 โค้งก้นหอย (Spiral Curve)

โค้งก้นหอยนิยมใช้เป็นโค้งแนวนอนสำหรับทางหลวง ออกแบบไว้สำหรับความเร็วสูง เพราะโค้งชนิดนี้ค่อย ๆ เปลี่ยนความโค้งจากแนวเส้นตรงจนเป็นทางโค้งของโค้งวงกลม ทำให้การบังคับเลี้ยวเป็นไปได้ง่ายกว่าการใช้โค้งวงกลมต่อเชื่อมกับทางตรง เพราะแรงหนีศูนย์กลางค่อยๆ เพิ่มทำให้ผู้ขับขี่ปรับตัวได้ง่าย โค้งก้นหอยมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน เช่น Clothoid Cubic Parabola Lemniscate เป็นต้น ในเอกสารนี้จะได้กล่าวถึงโค้งก้นหอย Clothoid เท่านั้น

โค้งก้นหอยแบบสมมาตร (Symmetrical Spiral Curve) $L_{S1} = L_{S2}$



รูปที่ ก.13 โค้งก้นหอย แบบสมมาตร

สัญลักษณ์ต่าง ๆ

TS = จุดเปลี่ยนจากเส้นตรงเป็นโค้งก้นหอย (Tangent to Spiral)

SC = จุดเปลี่ยนจากโค้งก้นหอยเป็นโค้งวงกลม (Spiral to Circular Curve)

CS = จุดเปลี่ยนจากโค้งวงกลมเป็นโค้งก้นหอย (Circular Curve to Spiral)

ST = จุดเปลี่ยนจากโค้งก้นหอยเป็นเส้นตรง (Spiral to Tangent)

L = ความยาวส่วนโค้งก้นหอยจากจุด TS ถึง จุดใด ๆ บนโค้งก้นหอย

L_{S1} = ความยาวส่วนโค้งก้นหอยจากจุด TS ถึง จุด SC

L_{S2} = ความยาวส่วนโค้งก้นหอยจากจุด CS ถึง จุด ST

θ = มุมที่จุดศูนย์กลาง (Central Angle)ของโค้งก้นหอยซึ่งรองรับด้วยส่วนโค้งยาว L

θ_{S1} = มุมที่จุดศูนย์กลาง (Central Angle) ของโค้งก้นหอยซึ่งรองรับด้วยส่วนโค้งยาว L_{S1} หรือมุมสไปรอล (Spiral Angle)

θ_{S2} = มุมที่จุดศูนย์กลาง (Central Angle) ของโค้งก้นหอยซึ่งรองรับด้วยส่วนโค้งยาว L_{S2} หรือมุมสไปรอล (Spiral Angle)

ϕ = มุมหักเห (Deflection Angle) ของโค้งก้นหอยจากจุด TS ของเส้นสัมผัสเส้นแรกไปยังจุด L

ϕ_C = มุมหักเห (Deflection Angle) ของโค้งก้นหอยจากจุด TS ของเส้นสัมผัสเส้นแรกไปยังจุด SC

D = Degree of Spiral Curve ของโค้งก้นหอยที่จุด L

D_C = Degree of Curve ของโค้งวงกลม

R = Radius of Spiral Curve ของโค้งก้นหอยที่จุด L

R_C = Radius of Circular Curve

Y = ระยะ Offset จาก Tangent ไปยังจุด L

Y_{S1} = ระยะ Offset จาก Tangent ไปยังจุด SC

Y_{S2} = ระยะ Offset จาก Tangent ไปยังจุด CS

X = ระยะจากจุด TS ไปยังจุด Offset ของระยะ Y

X_{S1} = ระยะจากจุด TS ไปยังจุด Offset ของระยะ Y_{S1}

X_{S2} = ระยะจากจุด TS ไปยังจุด Offset ของระยะ Y_{S2}

P = ระยะ Offset จาก Tangent ไปยังจุด PC ของ New Curve

k_1 = ระยะจากจุด TS ไปยัง PC ของ New Curve

k_2 = ระยะจากจุด ST ไปยัง PC ของ New Curve

T_{S1} = ความยาวของ Tangent Line จาก TS ถึง PI_S

T_{S2} = ความยาวของ Tangent Line จาก PI_S ถึง ST

E_S = External Distance

Δ_S = Intersection Angle ของ Spiral Curve

Δ_C = มุมที่จุดศูนย์กลาง (Central Angle) ของโค้งวงกลมซึ่งรองรับด้วยส่วนโค้ง LC จากจุด SC ถึงจุด CS

LC = Length of Chord ของ L ใด ๆ บนโค้งก้นหอย

L.T. = Long Tangent

S.T. = Short Tangent

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$\theta_S = \frac{L_S}{2R_C} \quad \text{(Radian)} \qquad \ldots \text{(ก.23)}$$

$$\theta = \left(\frac{L}{L_S}\right)^2 \theta_S \quad \text{(Radian)} \qquad \ldots \text{(ก.24)}$$

$$Y = L\left[\frac{\theta}{3} - \frac{\theta^3}{42} + \frac{\theta^5}{1{,}320} - \frac{\theta^7}{75{,}600} + \frac{\theta^9}{6{,}894{,}720}\right] \qquad \ldots \text{(ก.25)}$$

$$X = L\left[1 - \frac{\theta^2}{10} + \frac{\theta^4}{216} - \frac{\theta^6}{9{,}360} + \frac{\theta^8}{685{,}440}\right] \qquad \ldots \text{(ก.26)}$$

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{Y}{X}\right) \qquad \ldots \text{(ก.27)}$$

$$T_S = k + (R_C + P)\tan\left(\frac{\Delta_S}{2}\right) \qquad \ldots \text{(ก.28)}$$

$$k = X_S - R_C \sin(\theta_S) \qquad \ldots \text{(ก.29)}$$

$$p = Y_S - R_C[1 - \cos(\theta_S)] \qquad \ldots \text{(ก.30)}$$

$$L.T. = X_S - \frac{Y_S}{\tan(\theta_S)} \qquad \ldots \text{(ก.31)}$$

$$S.T. = \frac{Y_S}{\sin(\theta_S)} \qquad \ldots \text{(ก.32)}$$

$$\Delta_C = \Delta_S - 2\theta_S \qquad \ldots \text{(ก.33)}$$

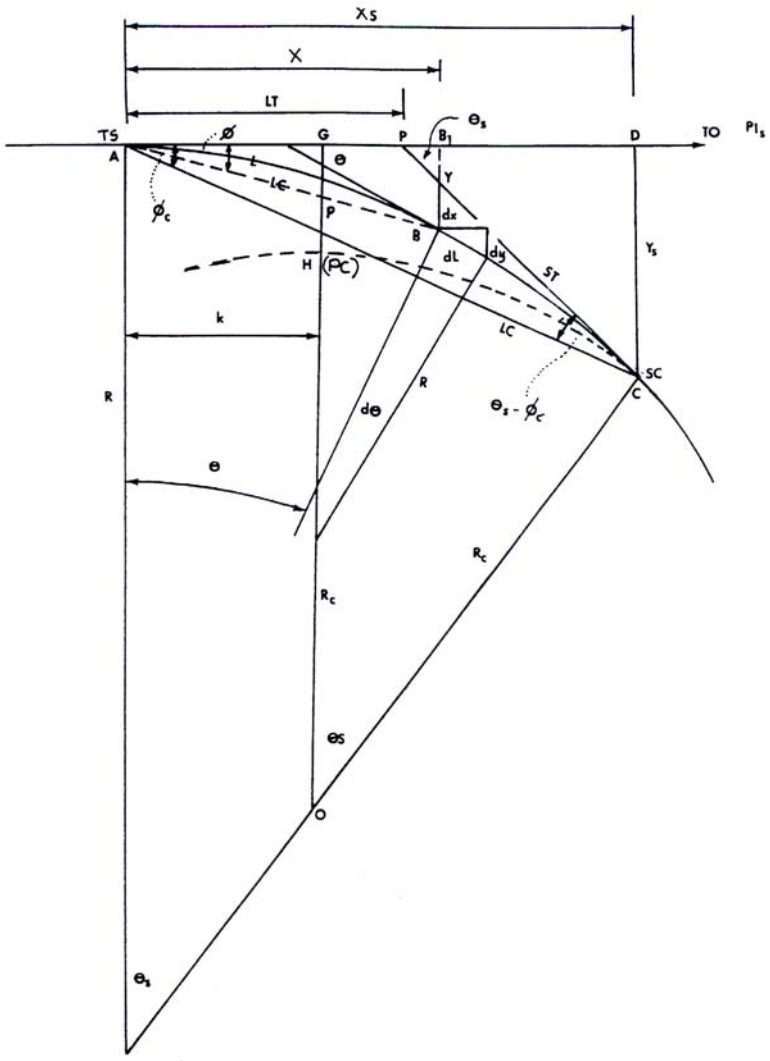
$$Lc = 100\left(\frac{\Delta_C}{D_C}\right) = \frac{\Delta_C R_C \pi}{180} \qquad \ldots \text{(ก.34)}$$

TS Sta. = PI Sta. - T_S … (ก.35)

SC Sta .= TS Sta. + L_{S1} … (ก.36)

CS Sta. = SC Sta. + L_C … (ก.37)

ST Sta. = CS Sta. + L_{S2} … (ก.38)



รูปที่ ก.14 การคำนวณพิกัดโค้งก้นหอย

ในการคำนวณหาพิกัดโค้งก้นหอยที่กำหนดค่า L_{S1}, L_{S2}, R_c หรือ D_C และ Δ_S ให้ สามารถหาพิกัดของจุดต่าง ๆ ได้ ดังนี้

ก.2.2.1 หาพิกัดของจุด TS

คำนวณจาก
- พิกัดของ PI
- มุม Azimuth ของแนว TS → PI (Az TSPI)
- ระยะ $-T_S$

ก.2.2.2 หาพิกัดของจุด Sta.ใด ๆ ใน Spiral Curve ในช่วง TS $\rightarrow$ SC

คำนวณจาก
- หา L (= Sta.ใด ๆ - TS Sta.) , θ, X. Y, $\square$, L.C.
- พิกัดของ TS
- มุม Azimuth ของแนว TS $\rightarrow$ Sta. (Az TSSta)

Az TSSta = Az TSSta + ϕ กรณี โค้งเลี้ยวขวา

= Az TSSta - ϕ กรณี โค้งเลี้ยวซ้าย

- ระยะ L.C.

ก.2.2.3 หาพิกัดของจุด Sta.ใดๆ ในช่วงโค้ง Simple Curve คำนวณเหมือนโค้งวงกลม (Simple Curve) โดย SC = PC และ CS = PT

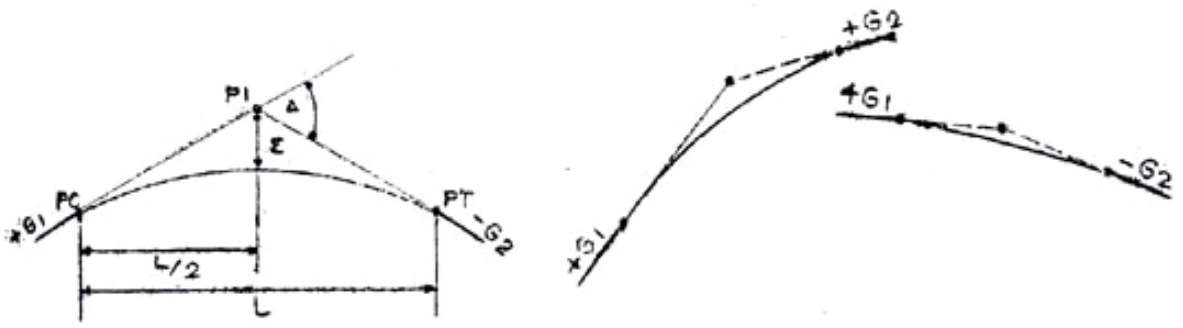
ก.2.2.4 หาพิกัดของจุด Sta.ใด ๆ ใน Spiral Curve ในช่วง ST $\rightarrow$ CS คำนวณเหมือนในช่วง TS $\rightarrow$ SC โดย L = ST Sta. – Sta.ใด ๆ

ก.3 โค้งแนวดิ่ง (Vertical Alignment)

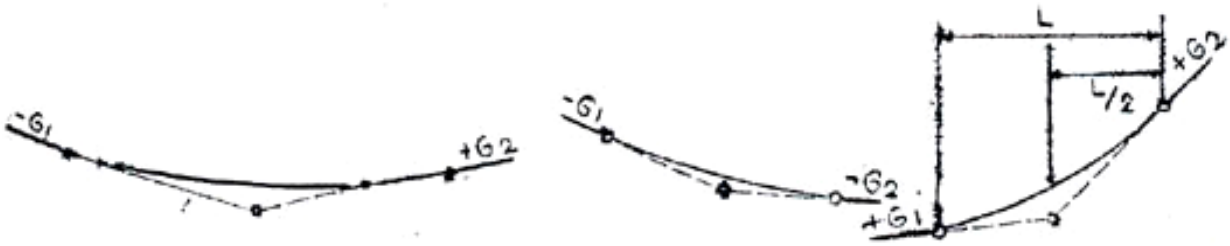
การวางโค้งในแนวดิ่ง หมายถึง การวางแนวโค้งเชื่อมความชัน 2 ค่า โดยลักษณะของโค้งที่เชื่อมความชันทั้ง 2 ค่านั้น ต้องมีอัตราการเปลี่ยนแปลงความชันจากความชันเริ่มต้น (Initial Slope) จนถึงความชันสุดท้าย (Terminal Slope) อย่างคงที่ และในกรณีที่ความชันเริ่มต้นและความชันสุดท้ายมีค่าต่างกันไม่เกิน 0.5 % ไม่จำเป็นต้องวางโค้งในแนวดิ่ง แต่สามารถวางแนวถนนในแนวราบได้เลย

โค้งในแนวดิ่งแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

- โค้งทางดิ่งคว่ำ (Crest Vertical Curve) หมายถึง โค้งในแนวดิ่งที่มีความชันเริ่มต้นมากว่าความชันสุดท้าย ($G_1 > G_2$)
- โค้งทางดิ่งหงาย (Sag Vertical Curve) หมายถึง โค้งในแนวดิ่งที่มีความชันสุดท้ายมากกว่าความชันเริ่มต้น ($G_2 > G_1$)



รูปที่ ก.15 โค้งทางดิ่งคว่ำ (Crest Vertical Curve)

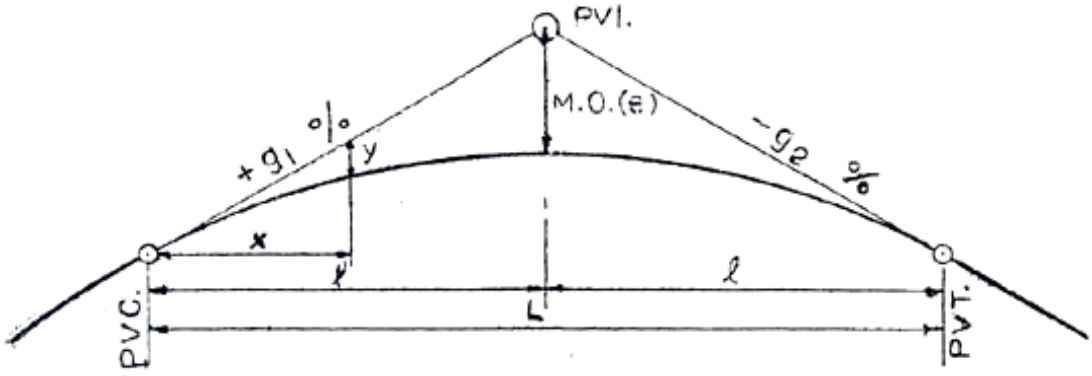


รูปที่ ก.16 โค้งทางดิ่งหงาย (Sag Vertical Curve)

และในแต่ละลักษณะ จะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

- โค้งสมมาตร (Symmetrical Curve) คือโค้งที่มีความยาวแต่ละข้างของจุดตัดโค้งดิ่งยาวเท่ากัน
- โค้งไม่สมมาตร (Unsymmetrical Curve) คือโค้งที่มีความยาวแต่ละข้างของจุดตัดโค้งดิ่งยาวไม่เท่ากัน ปกติจะยอมให้ความยาวโค้งแต่ละข้างยาวต่างกันไม่เกิน 2 เท่า

ก.3.1 โค้งสมมาตร (Symmetrical Curve)



รูปที่ ก.17 โค้งสมมาตร (Symmetrical Curve)

$$y = (x/l)^2 .e \quad \ldots \text{(ก.39)}$$

$$e = AL/800 \quad \ldots \text{(ก.40)}$$

เมื่อ e = ระยะห่างของโค้งจากจุดตัดโค้งมายังจุดยอดโค้ง

A = ผลรวมทางพีชคณิตของลาดชัน (Algebraic Difference Grade)

= $G_2 - G_1$ เมื่อ G_1, G_2 = เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน โดย ขึ้นลาดมีเครื่องหมาย (+) ลงลาดมีเครื่องหมาย (-)

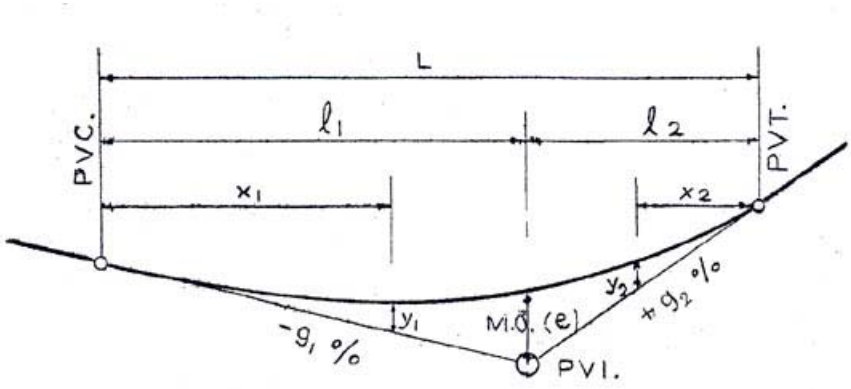
L = ความยาวของโค้งวัดไปตามทางราบทั้งหมด

l = ความยาวของโค้งวัดไปตามทางราบจงถึงจุดกึ่งกลางโค้ง หรือ PVI

y = ระยะห่างจากจุดต่างๆบนลาดมายังโค้ง

x = ระยะห่างจากจุดต้นโค้งหรือปลายโค้งมายังจุดต่างๆ

ก.3.2 โค้งไม่สมมาตร (Unsymmetrical Curve)



รูปที่ ก.18 โค้งไม่สมมาตร (Unsymmetrical Curve)

$$y_1 = (x_1 / l_1)^2 . e \quad \ldots \text{(ก.41)}$$

$$y_2 = (x_2 / l_2) . e \quad \ldots \text{(ก.42)}$$

$$e = A l_1 l_2 / 200 L \quad \ldots \text{(ก.43)}$$

เมื่อ e = ระยะห่างของโค้งจากจุดตัดโค้งมายังจุดยอดโค้ง

A = ผลรวมทางพีชคณิตของลาดชัน (Algebraic Difference Grade)

= $G_2 - G_1$ เมื่อ G_1, G_2 = เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน โดยขึ้นลาดมีเครื่องหมาย (+) ลงลาดมีเครื่องหมาย (-)

L = ความยาวของโค้งวัดไปตามทางราบทั้งหมด (รูปที่ ก.18)

l_1, l_2 = ความยาวของโค้งตามทางราบจากปลายแต่ละด้านถึง PVI (รูปที่ ก.18)

y_1, y_2 = ระยะห่างจากจุดต่างๆบนลาดมายังโค้งของลาดแต่ละด้าน (รูปที่ ก.18)

x_1, x_2 = ระยะห่างจากจุดต้นโค้งหรือปลายโค้งมายังจุดต่างๆบนปลายแต่ละด้าน (รูปที่ ก.18)

ตัวอย่างการคำนวณค่าระดับบนโค้งดิ่ง

การคำนวณหาค่าระดับบนโค้งทางดิ่ง ชนิดหงาย (Sag Vertical Curve) กรณีทางเลี่ยงเมืองแม่ฮ่องสอน

วิธีทำ PVC. STA. = 9+625.000 ค่า ELEV. = 233.190

PVI. STA. = 9+750.000 ค่า ELEV. = 222.000

PVT.STA. = 9+875.000 ค่า ELEV. = 218.875

ค่า g_1 = -8.952 % ค่า g_2 = -2.500%

ค่า V.C. = L = PVT. STA. - PVC.STA.

= (9+875.000)-(9+625.000) = 250 เมตร

สูตรหาค่า e หรือ M.O. = AL/800

A $= g_2 - g_1$ = (-2.500) – (-8.952) = -2.500+8.952

= + 6.452 %

ฉะนั้น ค่า e หรือ M.O. = 6.452 x 250 / 800 = +2.016

วิธีหาค่าระดับบนโค้งทางดิ่งที่จุดใดๆหรือที่ระยะ x (วัดจากจุด PVC. STA.)
จะหาได้จากค่าความสูง y (วัดจากเส้นความลาดชันที่ผ่านจุด PVC. STA)

(1) ในกรณีที่ต้องการหาค่าระดับบนโค้งทางดิ่งที่ STA. 9+663 (ตอม่อริมตับที่ 1)

ค่า x = (9+663) – (9+625) = 38.00 เมตร

จากสูตร $y = (x/l)^2 . e$

ค่า 1 = PVI. STA. – PVC.STA. = (9+750) - (9+625) = 125 เมตร

y = $(38/125)^2$ x (2.016) = 0.186 (ค่าเป็นบวก)

STA. 9+663 อยู่ในช่วงความลาดชัน g_1

ค่าระดับบนความลาดชัน g_1 (-8.952 %) ที่ระยะ x = 38.00 เมตรคือ (233.190)-((38 x 8.952)/100)
= 229.788

∴ ฉะนั้นค่าระดับบนโค้งทางดิ่งที่ STA. 9+663 คือ 229.788 + 0.186 = 229.974

(2) ในกรณีที่ต้องการหาค่าระดับบนโค้งทางดิ่ง ที่ STA. 9+791 (ตอม่อริมตับที่ 7)

ค่า x = (9+791) – (9+625) = 166 เมตร

y = $(166/125)^2$ x (2.016) = 3.555 (ค่าเป็นบวก)

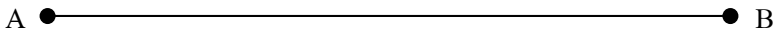
ฉะนั้นค่า ELEV. บนเส้นความลาด g 1 ที่ STA. 9+791 คือ (233.190) – ((166 x 8.952)/100)

= 218.885

∴ ฉะนั้นค่าระดับบนโค้งทางดิ่งที่ STA. 9+791 คือ 218.330 + 3.555 = 221.885

หมายเหตุ:

- ในกรณีที่โค้งทางดิ่งเป็นชนิดคว่ำ (Crest Vertical Curve) ให้คำนวณแบบเดียวกัน แต่ค่า y ที่คำนวณได้จะเป็นค่าติด**ลบ (-)**
- วิธีสังเกตว่า g_1 และ g_2 เป็นค่า **บวก (+)** หรือ **ลบ (-)** คือ ให้ดูว่าเส้นที่เชื่อมจุด 2 จุด เช่น จุด A และจุด B จะมีค่าความลาดชันระหว่างจุด A และ จุด B = g %



ถ้าจุด A สูงกว่าจุด B ค่าความลาดชันของเส้น AB จะเท่ากับ -g%

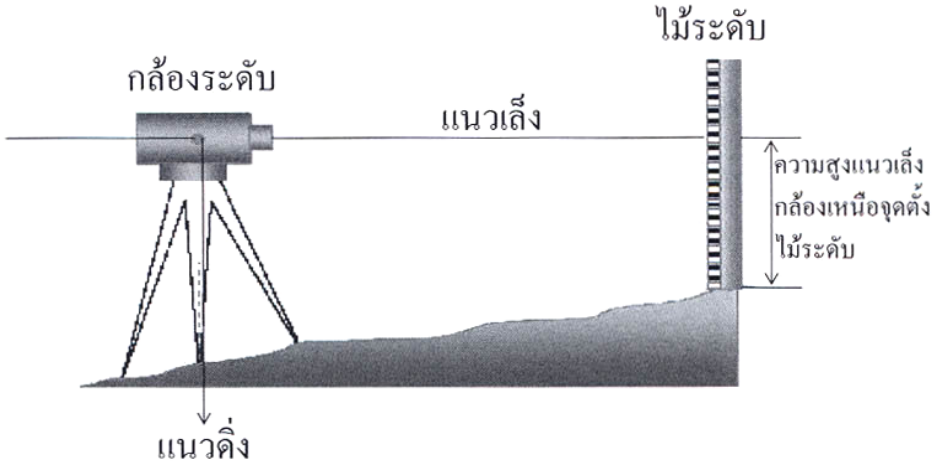
ถ้าจุด A ต่ำกว่าจุด B ค่าความลาดชันของเส้น AB จะเท่ากับ +g%

(ดูรูปที่ ก.15 และ ก.16 ประกอบ)

ก.4 งานระดับ (Leveling)

ก.4.1 กล้องระดับ

กล้องระดับ คือ เครื่องมือที่ใช้ในการอ่านค่าความสูงของแนวเล็งกล้องจากไม้ระดับเหนือพื้นผิวที่ไม้ระดับตั้งอยู่ ดังนั้น เมื่อกล้องระดับติดตั้งให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานแล้ว แกนดิ่งของแนวกล้องระดับจะอยู่ในแนวดิ่ง และแนวเล็งของกล้อง ซึ่งตั้งฉากกับแกนดิ่งจะอยู่ในแนวราบหรือแนวระดับ (รูป ก.19)

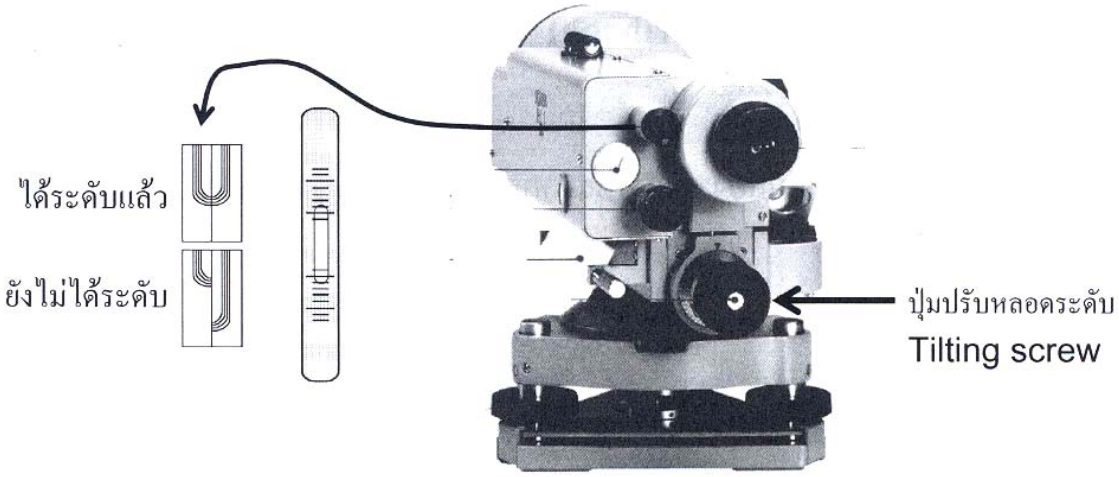


รูปที่ ก.19 นิยามกล้องระดับ

ก.4.2 การปรับระดับกล้อง

ก.4.2.1 กรณีกล้องระดับธรรมดา

สำหรับกล้องระดับธรรมดา คือกล้องระดับที่ใช้หลอดระดับยาวในการปรับระดับกล้อง หลังจากที่ได้ทำการตั้งระดับกล้องด้วยลูกน้ำฟองกลมแล้ว การใช้หลอดระดับยาวซึ่งจะมีช่องมองเห็นเป็นลักษณะปลายสองข้างของหลอดระดับชนกัน (รูปที่ ก.20) ให้ทำการปรับทุกครั้ง ก่อนการอ่านค่าไม้ระดับด้วยสกรูหลอดระดับ (Tilting Screw)

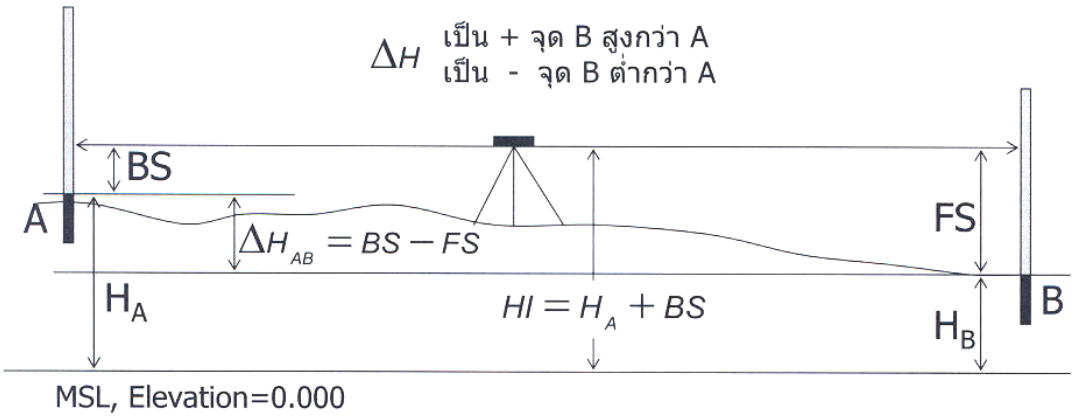


รูปที่ ก.20 การปรับหลอดระดับยาว

ก.4.2.2 กรณีกล้องระดับอัตโนมัติ

กล้องระดับอัตโนมัติ เมื่อทำการตั้งระดับกล้องด้วยลูกน้ำฟองกลมแล้ว ตัวชดเชยระบบอัตโนมัติจะอยู่ในสภาพพร้อมที่ทำงานได้ การตรวจสอบการทำงานของตัวชดเชยระดับอัตโนมัติสามารถทำได้โดยการกดปุ่มทดสอบที่กล้อง ซึ่งเมื่อกดขณะมองภาพในกล้องจะเห็นภาพสั่นเคลื่อนไหวขึ้นลงจนกระทั่งนิ่ง แสดงว่าระบบทำงานปกติ การใช้งานไม่จำเป็นต้องกดปุ่มนี้ทุกครั้งเพราะระบบจะทำงานตลอดเวลาที่กล้องตั้งได้ระดับโดยประมาณ

ก.4.3 การหาค่าระดับความสูงด้วยกล้องระดับ



รูปที่ ก.21 การหาค่าระดับความสูงด้วยกล้องระดับ

จากรูปที่ ก.21 จุด A เป็นจุดที่ทราบค่าระดับเหนือน้ำทะเลปานกลาง (MSL) เท่ากับ H_A ต้องการหาค่าระดับความสูงที่จุด B ทำการตั้งกล้องระดับอยู่ระหว่าง A และ B ตั้งไม้ระดับที่ A และ B อ่านค่าไม้ระดับที่จุด A ดังนั้นค่าไม้ระดับที่อ่านได้เรียกว่า ค่าไม้ระดับหลัง (Back – Sight,

BS) อ่านค่าไม้ระดับที่จุด B เรียกว่า ค่าไม้ระดับหน้า (Fore-Sight, FS) จะสามารถคำนวณค่าระดับความสูงของจุด B เหนือระดับน้ำทะเลปานกลางได้ดังนี้

คำนวณหาค่าสูงของกล้องเหนือระดับน้ำทะเลปานกลางจาก $HI = H_A + BS$ …… (ก.44)

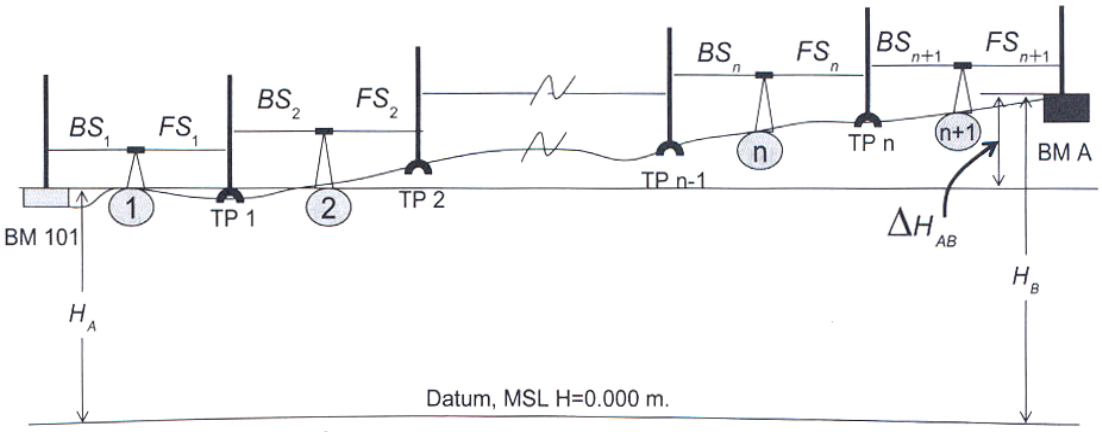
คำนวณหาค่าระดับของจุด B จาก $H_B = HI - FS$ ……. (ก.45)

หรือคำนวณค่าต่างระดับจาก A ไป B $\Delta H_{AB} = BS - FS$ …… (ก.46)

ดังนั้น ค่าระดับของจุด B คือ $H_B = H_A + \Delta H_{AB}$ …(ก.47)

ก.4.4 การระดับโดยวิธีหาค่าต่างระดับ (Differential Leveling)

การระดับโดยวิธีหาค่าต่างระดับ คือ การถ่ายระดับจากหมุดระดับที่ทราบค่าระดับ ซึ่งเรียกว่า “ Bench Mark’’ (BM) ไปยังหมุดระดับที่ต้องการทราบค่า ซึ่งจะถูกใช้เป็นหมุดระดับอ้างอิงในการดำเนินการต่างๆในบริเวณนั้น ด้วยการวัดและคำนวณค่าต่างระดับระหว่างหมุดทั้งสอง โดยปกติแล้ว BM ที่ทราบค่าระดับมักจะไม่อยู่ใกล้พื้นที่โครงการ การสร้างหมุดระดับสำหรับใช้เป็นหมุดอ้างอิงทางระดับในพื้นที่โครงการจึงจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานตลอดระยะเวลาโครงการ ซึ่งการระดับวิธีนี้จะให้ค่าความถูกต้องสูงเพียงพอตามความต้องการขึ้นอยู่กับการเลือกใช้เครื่องมือ กรรมวิธีการคำนวณ และการควบคุมคุณภาพในการทำงาน



รูปที่ ก.22 การระดับโดยวิธีหาค่าต่างระดับ

จากรูปที่ ก.22 BM 101 เป็นหมุดหลักฐานทางดิ่ง (Vertical Control Point) ที่ทราบค่าระดับ และ BMA เป็นหมุดระดับที่ต้องทราบค่าระดับ ซึ่งอยู่ไกลจากหมุด BM101 ระยะทางหนึ่ง เนื่องจากแนวเล็งของกล้องสามารถมองเห็นได้ดีในระยะไม่เกิน 70-80 เมตร ดังนั้นการถ่ายระดับจาก BM101 ไปยัง BMA จึงต้องมีการตั้งกล้องหลายครั้ง เริ่มต้นจากการตั้งกล้องครั้งที่ 1 ถ่ายค่าระดับไปยังจุดพักระดับหรือจุดถ่ายระดับ (Turning Point) TP1 และย้ายจุดตั้งกล้องครั้งที่ 2 เพื่อถ่ายค่าระดับต่อไปข้างหน้าไปยังจุดพักระดับ TP 2 โดยทำเช่นนี้อย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งถ่ายค่าระดับเข้าหมุดระดับ BMA ฉะนั้นจากสมการที่ ก.46

ค่าต่างระดับของการตั้งกล้องแต่ละครั้ง เท่ากับ $\Delta H_i = BS_i - FS_i$

ดังนั้น ค่าต่างระดับจาก BM101 ไปยัง BMA คือ

$$\Delta H_{BM101\text{-}BMA} = \sum BS_{BM101\text{-}BMA} - \sum FS_{BM101\text{-}BMA} \quad \ldots\ldots \text{(ก.48)}$$

และค่าต่างระดับหมุด BMA คือ $H_{BMA} = H_{BM101} + \Delta H_{BM101\text{-}BMA}$

ก.4.5 การตรวจสอบความถูกต้อง

การตรวจสอบความถูกต้องงานระดับโดยวิธีหาค่าต่างระดับ สามารถทำได้โดยการเดินระดับย้อนกลับจากหมุด BMA มายังหมุด BM101 อีกครั้ง ซึ่งจะใช้ได้ว่า

$$\Delta H_{BMA\text{-}BM101} = \sum BS_{BMA\text{-}BM101} - \sum FS_{BMA\text{-}BM101}$$

หากไม่มีความคลาดเคลื่อนใดๆในการเดินระดับไปและกลับจะได้ว่า ค่าความแตกต่างของค่าต่างระดับไปและกลับเท่ากับ 0 หรือ

$$\Delta H_{BM101\text{-}BMA} - \Delta H_{BMA\text{-}BM101} = 0$$

แต่ในการวัดจะมีความคลาดเคลื่อนต่างๆเกิดขึ้นโดยเฉพาะความคลาดเคลื่อนสุ่มที่ไม่สามารถขจัดออกไปได้โดยตรง การยอมรับได้ของค่าความแตกต่างดังกล่าว จะพิจารณาได้จากข้อกำหนดความคลาดเคลื่อนบรรจบที่ยอมได้ในแต่ละชั้นงานตามมาตรฐานที่ระบุไว้ เช่น งานชั้นที่สามเท่ากับ $\pm 12(K)^{0.5}$ มิลลิเมตร เป็นต้น เมื่อ K คือระยะทางเฉลี่ยของการเดินระดับไปและกลับระหว่างหมุด BM101 และ BMA หน่วยเป็นกิโลเมตร ดังนั้น หากค่าความแตกต่างของค่าต่างระดับไปและกลับไม่เกินค่าดังกล่าว ก็สามารถยอมรับผลการทำระดับนั้นได้ โดยจะใช้ค่าเฉลี่ยของค่าต่างระดับไปและกลับเป็นค่าที่ยอมรับได้ของการวัดค่าต่างระดับนั้น

ก.4.6 ข้อกำหนดชั้นงานระดับ

ข้อกำหนดหรือเกณฑ์ชั้นงานของการระดับ ส่วนใหญ่นิยมใช้ตามเกณฑ์มาตรฐานของ Federal Geodetic Control Committee, FGCC ปี 1984 ซึ่งแบ่งเป็น 3 ชั้นงานตามระดับความถูกต้องของการใช้งานประเภทต่างๆ ในแต่ละชั้นงานยังสามารถแบ่งเป็นคลาสที่มีระดับความถูกต้องลดหลั่นกันไป ดังรายละเอียดในตารางที่ ก.1

ตารางที่ ก.1 เกณฑ์ชั้นงานระดับมาตรฐาน FGCC 1984

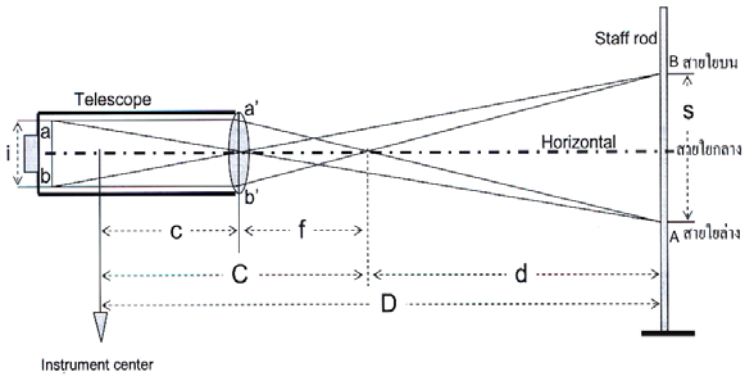
Classification	First Order	Second Order		Third Order
	Class I , Class II	Class I	Class II	
Principle uses Minimum standard; higher accuracies may be used for special purposes	Basic framework of the National Network and of metropolitan area control Extensive engineering project Regional crustal movement investigations Determining geopotential values	Secondary control of the National Network and of metropolitan area control Large engineering project Local crustal movement and subsidence investigations Support for lower order control	Control densification, usually adjusted to the National Network Local engineering projects Topographic mapping Studies of rapid subsidence Support for localsurveys	Miscellaneous local control; may not be adjusted to the National Network , Small engineering projects Small-scale topographic mapping Drainage studies and gradient establishment in mountainous areas
Recommended spacing of lines : national network Metropolitan control ; other purposes	Net A; 100 to 300 km Class 1 Net B; 50 to 100 km Class II 2 to 8 km As needed	Secondary network; 20 to 50 km 0.5 to 1 km As needed	Area control; 10 to 25 km As needed As needed	As needed As needed As needed
spacing of marks along lines	1 to 3 km	1 to 3 km	not more than 3 km	not more than 3 km
Gravity requirement	0.20 x 10^{-3} gpu	-	-	-
Instrument standards	Automatic or tilting levels with parallel plate micrometers; invar scale rods	Automatic or tilting levels with optical micrometers or three-wire level; invar scale rods	Geodetic levels and scale rods	Geodetic levels and rods
Field procedures Section length	Double-run; forward and backward ; each section 1 to 2 km	Double-run; forward and backward ; each section 1 to 2 km	Double or single run 1 to 3 km for double run	Double or single run 1 to 3 km for double run
Maximum length of sight	50 m Class I 60 m Class II	60 m	70 m	90 m
Field procedures [b] Max difference in lengths Forward and backward sights per setup per section (Cumulative) Max. length of line between connections	 2 m Class I ; 5 m Class II 4 m Class I ; 10 m Class II Net A ; 300 km Net B ; 100 km	 5 m 10 m 50 km	 10 m 10 m 50 km double run 25 km double run	 10 m 10 m 25 km double run 10 km single run
Maximum closures [c] Section : forward and backward loop or line	 3 mm $(k)^{0.5}$ Class I ; 4 mm $(k)^{0.5}$ Class II; 4 mm $(k)^{0.5}$ Class I ; 5 mm $(k)^{0.5}$ Class II ;	 6 mm $(k)^{0.5}$ 6 mm $(k)^{0.5}$	 8 mm $(k)^{0.5}$ 8 mm $(k)^{0.5}$	 12 mm $(k)^{0.5}$ 12 mm $(k)^{0.5}$

[b] The maximum length of line between connections may be decreased to 100 km double run for second order, class II, and to 50 km for double run for third order in those areas where the first order control has not been fully established.

[c] Check between forward and backward running where k is the distance in kilometers.

ก.4.7 การอ่านไม้ระดับ

การอ่านค่าไม้ระดับด้วยกล้องระดับซึ่งมีสายใยสามสายใย เมื่อตั้งกล้องได้ระดับและอ่านค่าไม้ระดับได้สามค่า คือ ค่าสายใยบน กลาง และล่าง (รูปที่ ก.23) แนวสายใยกลางจะเป็นแนวเล็งกล้องที่อยู่ในแนวราบ และช่วงระยะระหว่างสายใยบนและล่างที่เรียกว่า ช่วงสเตเดีย (Stadia Interval) จะสามารถใช้ในการคำนวณระยะระหว่างกล้องถึงไม้ระดับ (D) หรือเรียกว่าระยะสเตเดียได้ ดังนี้



รูปที่ ก.23 ระยะสเตเดีย

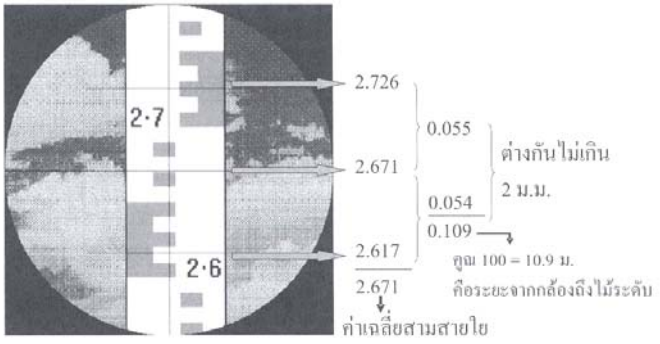
จากรูป ก.23 จะได้ว่า $d = fs/i$ เมื่อ s เป็นค่าช่วงสเตเดียบนไม้ระดับที่อ่านได้ i เป็นระยะระหว่างสายใยบนและล่างของกล้องระดับ f เป็นความยาวโฟกัสของกล้องระดับ ซึ่งทั้ง i และ f มีค่าคงที่สำหรับกล้องแต่ละกล้อง ถ้าให้ $k = f/i$ ฉะนั้น $d = ks$ และได้ว่า

$$d = ks + c \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(ก.49)}$$

ในการผลิตกล้องระดับจะผลิตให้กล้องมีค่า $k = 100$ และ $c = 0$ ดังนั้น สมการที่ 2.6 จะเป็น

$$d = 100s \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(ก.50)}$$

การอ่านค่าไม้ระดับทั้งสามสายใยด้วยกล้องระดับ ตัวเลขหลักสุดท้ายจะเป็นตัวเลขที่ได้จากการประมาณของผู้อ่าน เมื่อนำค่าทั้งสามมาเฉลี่ยจะเป็นค่าของสายใยกลาง การตรวจสอบผลที่อ่านว่ายอมรับได้หรือไม่นั้นพิจารณาจากค่าผลต่างระหว่างค่าต่างสายใยบนและกลาง และค่าต่างสายใยกลางและล่างว่าเกิน 2 มิลลิเมตรหรือไม่ หากไม่เกินถือว่ายอมรับได้ และถ้าเกินต้องทำการอ่านใหม่จนได้ผลต่างไม่เกิน 2 มิลลิเมตร ตัวอย่างดังแสดงในรูป ก.24



รูปที่ ก.24 การอ่านและคำนวณค่าไม้ระดับ

ภาคผนวก ข แบบหล่อคอนกรีตและค้ำยัน

ข.1 แบบหล่อคอนกรีตงานสะพาน

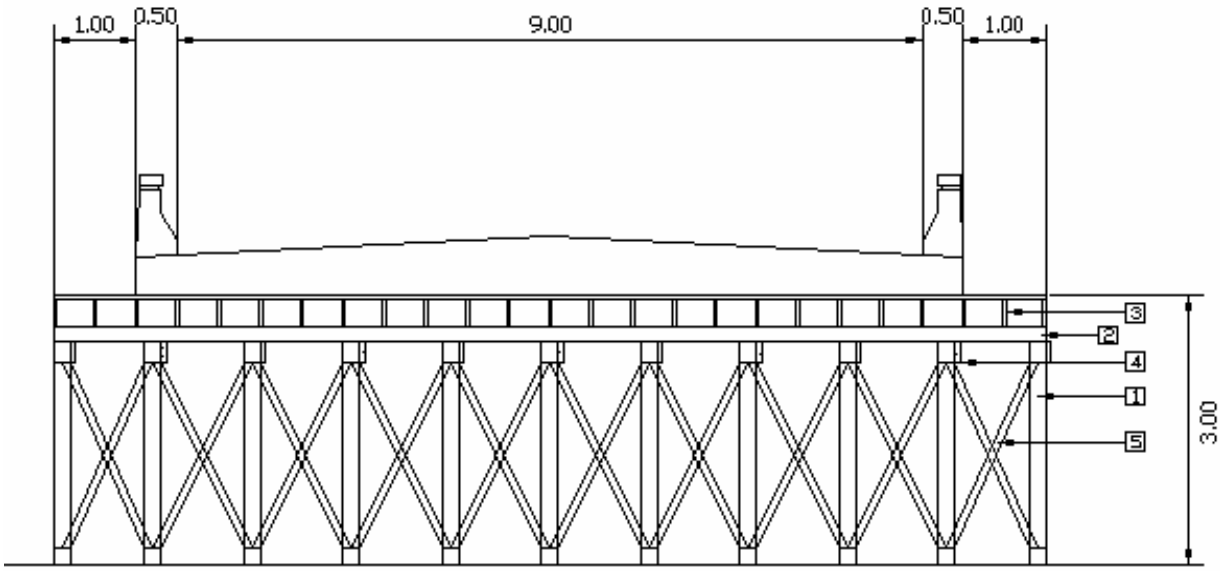
การก่อสร้างสะพานในปัจจุบันมีแตกต่างกันหลายระบบทั้งนี้อยู่กับช่วงความยาวและสภาพภูมิประเทศในบริเวณที่จะทำการก่อสร้าง ช่วงยาวของสะพานได้เพิ่มมากขึ้น ๆ ตามความเจริญทางเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในการออกแบบและการก่อสร้าง การใช้แบบหล่อคอนกรีตจึงต้องพัฒนาไปตามเทคนิคการก่อสร้างเพื่อให้การก่อสร้างเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว ประหยัดและให้ความมั่นคงแข็งแรงทางโครงสร้างตลอดระยะการใช้งานอันยาวนาน การที่จะใช้แบบหล่อกับที่โดยการวางค้ำยันจากพื้นดิน หรือท้องลำธารเบื้องล่างต่อขึ้นไปสูง ๆ เพื่อรับท้องแบบคานและพื้นสะพานดังแสดงในรูปที่ ข.1 เป็นการไม่ประหยัดและสิ้นเปลืองมากอีกทั้งอาจทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการทรุดตัวของพื้นรองรับเนื่องจากฝนหรือกระแสน้ำนำไปสู่การวิบัติได้ การทดแทนแบบหล่อกับที่ในลักษณะดังกล่าวจึงได้เริ่มขยายตัวพัฒนาเรื่อยไปอย่างไม่หยุดยั้ง ในที่นี้จะได้กล่าวเฉพาะระบบที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายทั่ว ๆ ไปตามความเหมาะสมเฉพาะแห่ง เช่น แบบหล่อในที่พื้นสะพานในระบบตงเหล็ก พื้นสะพานในระบบตงคอนกรีตสำเร็จรูปแบบหล่อสะพานระบบก่อสร้างปลายยื่น แบบหล่อสะพานดันเข้าที่ และแบบหล่อสะพานระบบหล่อทีละชิ้น

รูปที่ ข.1 การก่อสร้างสะพานด้วยการตั้งแบบหล่อในที่

ข.1.1 แบบหล่อในที่

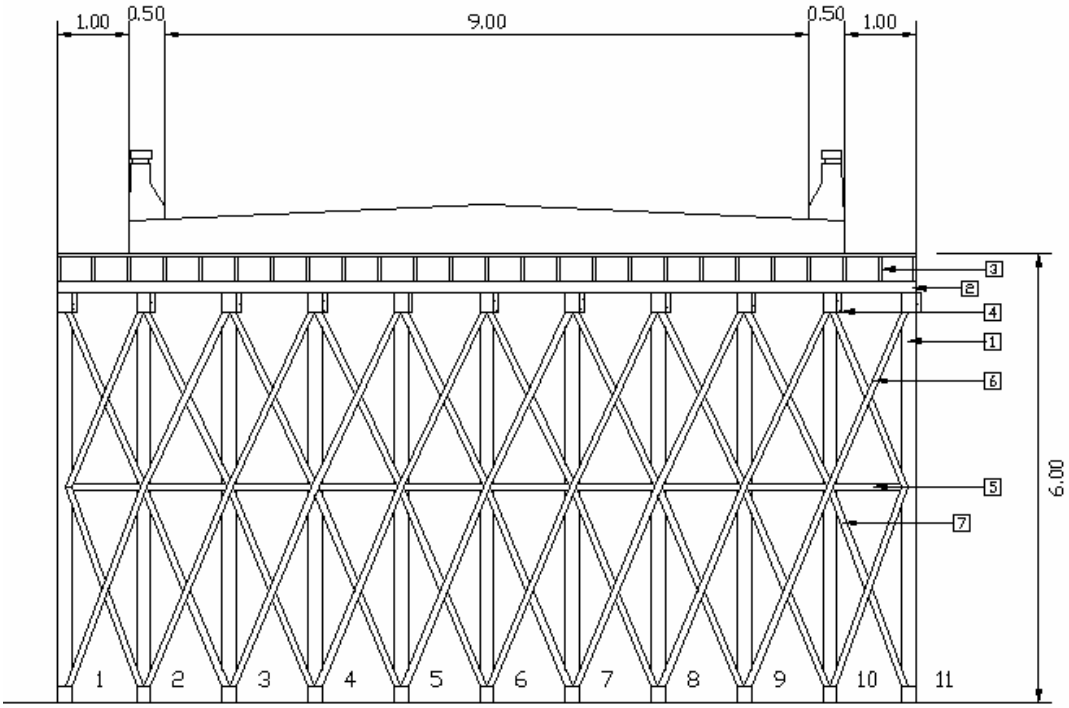
สะพานที่ใช้วิธีการหล่อกับที่ ส่วนมากจะเป็นสะพานช่วงสั้น พื้นสะพานไม่สูงจากระดับพื้นดินมากและมีพื้นดินที่แข็งแรงพอเพียงในการตั้งค้ำยันได้สะพานแบบนี้โดยทั่วไปจะเป็นแบบแผ่นพื้นทางเดียวหรือแบบคานซอยรูปทีวางพาดระหว่างตอม่อตามแนวสะพานซึ่งมีช่วงยาวไม่เกิน 12 เมตร ยกเว้นในกรณีของสะพานรูปโค้งลักษณะของค้ำยันส่วนมากจะไม่ได้วางกับพื้นดินขึ้นมาโดยตรง ทั้งนี้เพราะพื้นที่ส่วนมากขรุขระและมีน้ำไหลผ่าน จึงนิยมตอกเข็มไม้ทำเป็นนั่งร้านเพื่อวางปั้นจั่นตอกเข็ม คาน ตง และท้องแบบคอนกรีตอุปสรรคมักจะเกิดขึ้นในกรณีที่ท้องลำธารเป็นหิน ดินดาน หรือดินกรวดทำให้ตอกเข็มไม้ไม่ได้จึงต้องรอถึงหน้าแล้งมีน้ำน้อย แล้วจึงวางคานค้ำยันกับพื้นขึ้นมารับนั่งร้านอย่างไรก็ดีจะต้องมีการยึดรั้งและหนุนพื้นตามสภาพพื้นดินเพื่อให้นั่งร้านซึ่งเป็นค้ำยันด้วยมีความแข็งแรงพอเพียงต่อการรับน้ำหนักและทนต่อกระแสน้ำที่ไหลผ่าน ในกรณีที่ระดับพื้นสะพานสูงกว่าระดับดินเดิมมาก ๆ อาจมีอุปสรรคเกี่ยวกับเสถียรภาพของเสาค้ำยันหรือเข็มไม้บางครั้งต้องจัดให้ถี่มากขึ้น และมีการยึดรั้งกันหลายทิศทางเพื่อรับแรงทั้งในแนวตั้งและแนวนอน

นั่งร้านควรตอกเสาหรือค้ำยันลงดินในกรณีที่ตอกเสียบไม่ได้ให้ใช้วิธีขุดแล้วฝังหรือใช้สว่านเจาะตามความเหมาะสม แต่ห้ามวางหรือหนุนไว้กับพื้นดินเปล่า ๆ ทั้งนี้เพราะอาจจะหลุดออกได้โดยเฉพาะถ้ามีกระแสน้ำพัดผ่านขนาดของคานรองซึ่งจะยึดหัวเสาขึ้นอยู่กับระยะของเสา และน้ำหนักคอนกรีตที่จะหล่อ ซึ่งอาจใช้เป็นคานคู่การใช้เสาเหล็กหรือนั่งร้านเหล็กอาจพบอุปสรรคบ้างเกี่ยวกับพื้นดินรองรับมีระดับไม่เสมอกันควรแยกออกเป็น 2 ส่วน ระบบส่วนล่างเป็นเข็มที่ตัดปลายได้อาจจะเป็นไม้หรือเหล็กใช้แล้วเพื่อปรับระดับให้เสมอกันและส่วนบนเป็นระบบค้ำยันหรือนั่งร้านตามปกติธรรมดาที่ใช้กันทั่วไปทั้งนี้โดยใช้คานรูปโอ คานปีกกว้าง (Wide Flange) หรือคานไม้ขนาดใหญ่เพื่อถ่ายแรงจากค้ำยันหรือนั่งร้านลงสู่ฐานรากข้างล่าง



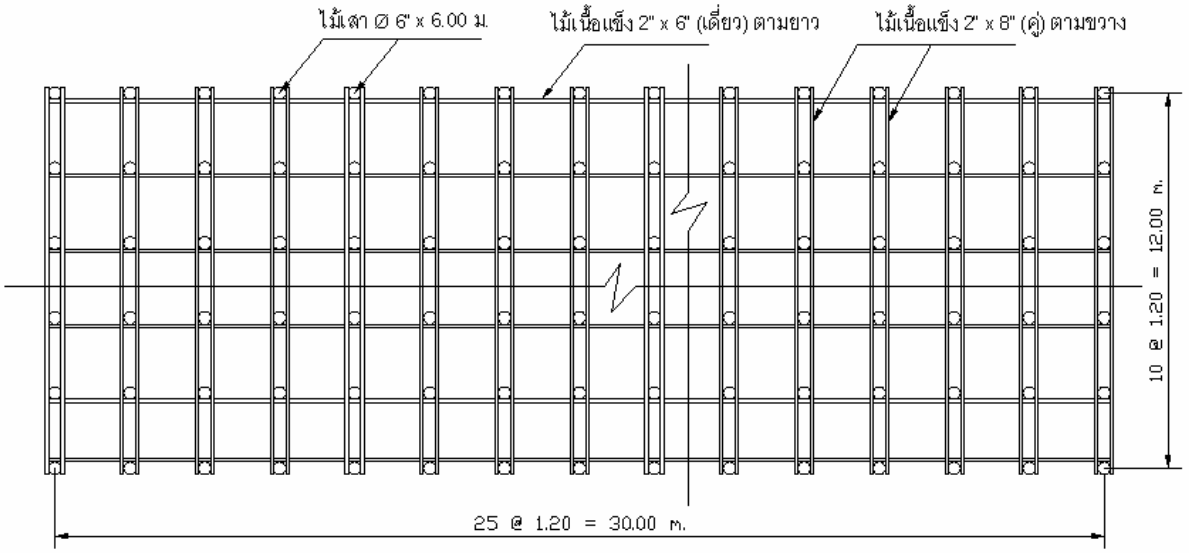
1	เสาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6" x 6.00 m. @1.20 m. Max.
2	คานไม้เนื้อแข็ง 2" x 8" คีบคู่
3	ตงไม้เนื้อแข็ง 1-1/2" x 6" @0.50 m.
4	คานรัดคอตามยาวไม้เนื้อแข็ง 1-1/2" x 6" ทุกแถว
5	ไม้ค้ำยันเฉียง 1-1/2" x 3" x 3.50 m. (ไม้เนื้ออ่อน)

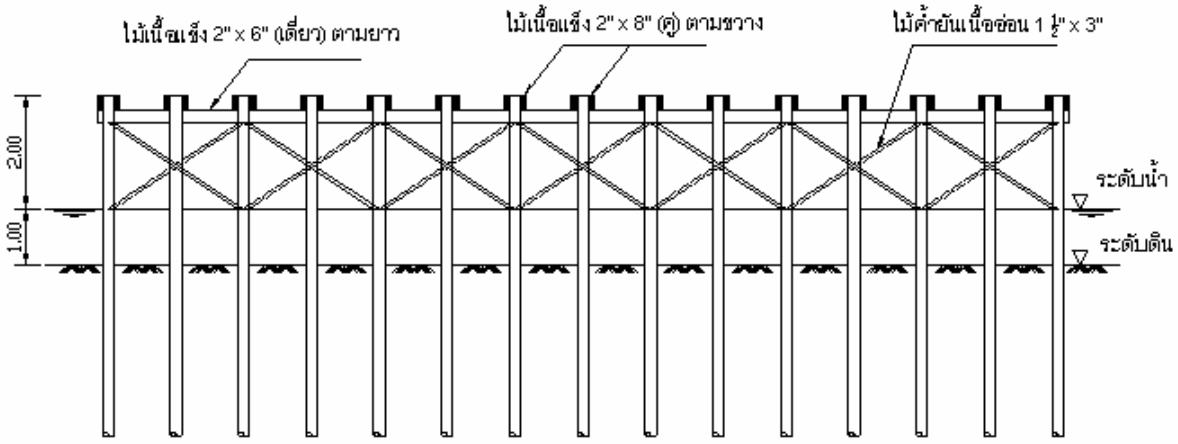
รูปที่ ข.2 ชิ้นส่วนของระบบแบบหล่อในที่ของงานสะพาน



1	เสาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6" x 6.00 m. @1.20 m. Max.
2	คานไม้เนื้อแข็ง 2" x 8" คีบคู่
3	ตงไม้เนื้อแข็ง 1-1/2" x 6" @0.50 m.
4	คานรัดคอตามยาวไม้เนื้อแข็ง 1-1/2" x 6" ทุกแถว
5	ไม้ค้ำยันกลาง 1-1/2" x 3" (ไม้เนื้ออ่อน)
6	ไม้ค้ำยันเฉียง 1-1/2" x 3" x 3.50 m. (ไม้เนื้ออ่อน)
7	ไม้ค้ำยันเฉียง 1-1/2" x 3" x 3.50 m. (ไม้เนื้ออ่อน)

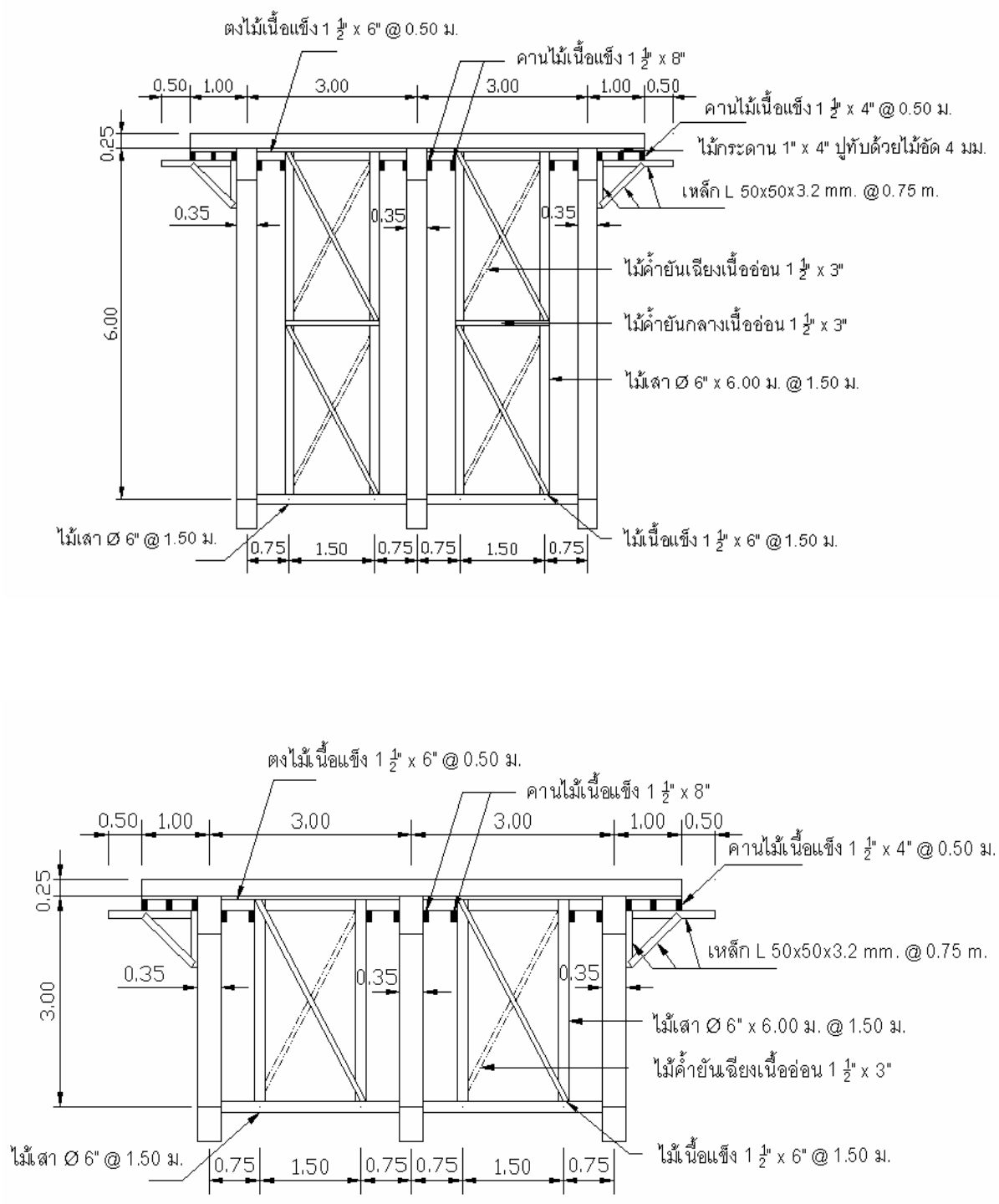
รูปที่ ข.3 ชิ้นส่วนนั่งร้านของงานสะพานแบบ Slab Type





รูปที่ ข.4 นั่งร้านและระบบค้ำยันของงานสะพานข้ามแม่น้ำ

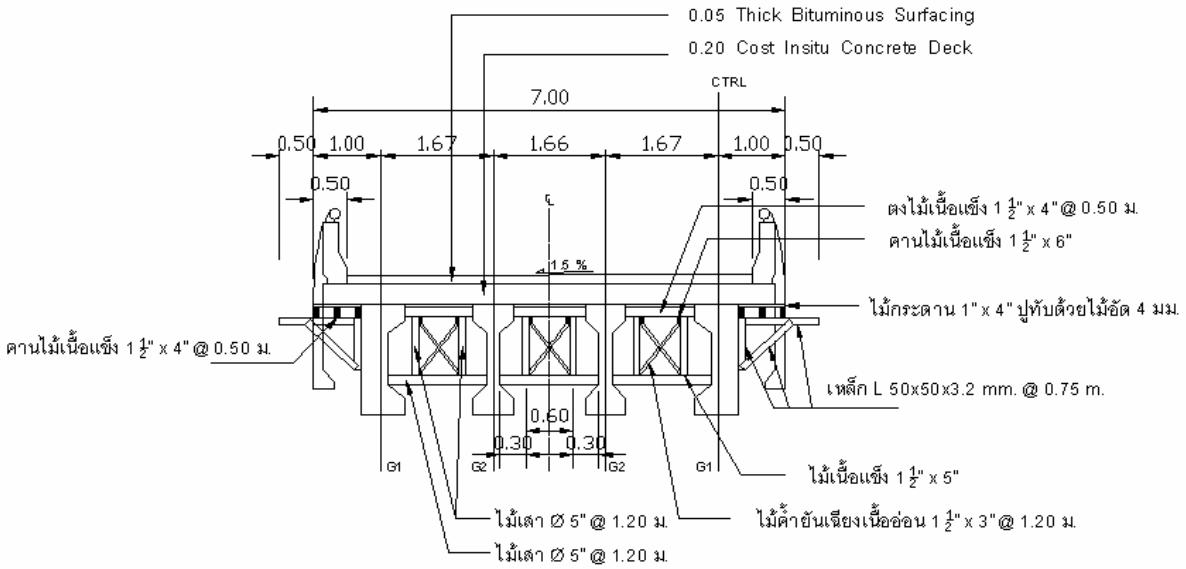
ข.1.2 แบบหล่อ Approach Structure



รูปที่ ข.5 การติดตั้งนั่งร้าน และท้องแบบ งาน Approach Structure

ข.1.3 แบบหล่อพื้นสะพานโดยใช้ตงเหล็ก

สะพานที่มีตงเป็นเหล็กตัวไอ (I) และตงเหล็กแผ่น (Plate Girder) ผนวกกับพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กออกแบบไว้เพื่อให้ก่อสร้างได้รวดเร็ว และลดจำนวนแบบหล่อคอนกรีตให้น้อยลง ทั้งนี้โดยพยายามใช้ตงเป็นตัวแบกรับน้ำหนักค้ำยัน โดยไม่ต้องตั้งค้ำยันขึ้นมาจากพื้นดิน ในทางปฏิบัติจะใช้ลิ่มหรือตัวหนุนรองรับตงเพื่อให้สามารถถอดแบบได้ง่ายแล้วจึงวางแผ่นไม้อัด หรือแผ่นเหล็กเพื่อใช้เป็นท้องแบบวางอีกครั้งหนึ่ง นอกจากนี้ยังมีระบบที่ใช้เชื่อมยึดกับตงเหล็กที่ปีกบนแล้วหิ้วคานรับดังแสดงในรูปที่ ข.6 ตัวแขวนยึดจะเป็นน็อตเกลียวปล่อยที่มีความยาวสอดคล้องกับขนาดคานและตงรับท้องแบบที่เกลียวปล่อยอาจจะต้องทาจาระบีที่ปลายทุกครั้ง เพื่อสามารถถอดแบบได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว ส่วนล่างของปลายตัวแขวนยึดจะเป็นเหล็กแผ่นที่มีความหนาและขนาดแข็งแรงพอที่จะแบกรับน้ำหนักของคานได้



รูปที่ ข.6 การติดตั้งคานรองรับ และตงรับท้องแบบพื้นสะพาน

ระบบพื้นสะพานที่ใช้เหล็กพับเป็นแบบหล่อ และทิ้งไว้กับที่ทั้งนี้เพื่อประหยัดเวลาในการประกอบแบบพอสมควร แต่เหล็กพับจะต้องมีความสอดคล้องกับระยะห่างระหว่างตงเหล็ก อีกทั้งควรจะมีการชุบสังกะสีกันสนิมหรือฉาบผิวด้วยสีอย่างดี เหล็กแผ่นพับอันนี้บางครั้งอาจใช้เพื่อเป็นแบบหล่อเพียงอย่างเดียว โดยที่จะมีเหล็กเสริมน้ำหนักทางโครงสร้างต่างหาก กรณีคำนวณออกแบบให้แผ่นเหล็กพับรับน้ำหนักด้วย ต้องมีการย้ำผิวให้ขรุขระหรือมีแผ่นคั่นเพื่อป้องกันการแยกตัวจากแรงเฉือน ระหว่างแผ่นเหล็กและคอนกรีตในการบรรทุกน้ำหนักที่ปีกของตงเหล็กจะต้องมีเหล็กฉากเชื่อมตลอดแนว เพื่อเป็นบ่าวางแผ่นเหล็กพับและกันน้ำปูนทะลักออกหรือจะวางแผ่นเหล็กพับพาดผ่านตงเหล็กไปเลย ทั้งนี้จะต้องไม่ใช้ผลเกี่ยวกับกำลังเชิงประกอบของตงเหล็กกับพื้นคอนกรีต

ข.1.4 แบบหล่อพื้นสะพานตงคอนกรีตสำเร็จรูป

การหล่อพื้นสะพานตงคอนกรีตสำเร็จรูป นิยมใช้ในลักษณะคล้ายกับกรณีของตงเหล็กรูปพรรณแต่อาจจะยุ่งยากกว่าเล็กน้อยเพราะตงคอนกรีตโดยเฉพาะที่เป็นคอนกรีตอัดแรงถ้าไม่ได้ฝังเหล็กเดือยหรือหัวน็อตไว้ก่อนจะทำให้การเชื่อมยึดต่าง ๆ ยุ่งยากกว่าในการก่อสร้างที่ดีจึงต้องมีการวางแผนงานที่ดีและจะต้องเตรียมการไว้ก่อนเสมอหลังจากที่ตงคอนกรีตวางเข้าที่เรียบร้อยแล้ว การที่จะเทพื้นสะพานนิยมก่อสร้างแบบหล่อใน 2 ลักษณะ คือ

ข.1.4.1 การจัดแบบหล่อพื้นสะพานในกรณีที่แบบระบุให้ใช้แผ่นพื้นสำเร็จรูป (Panel) เป็นแบบรองพื้นหลักการสำคัญในแนวทางปฏิบัติมีดังนี้.-

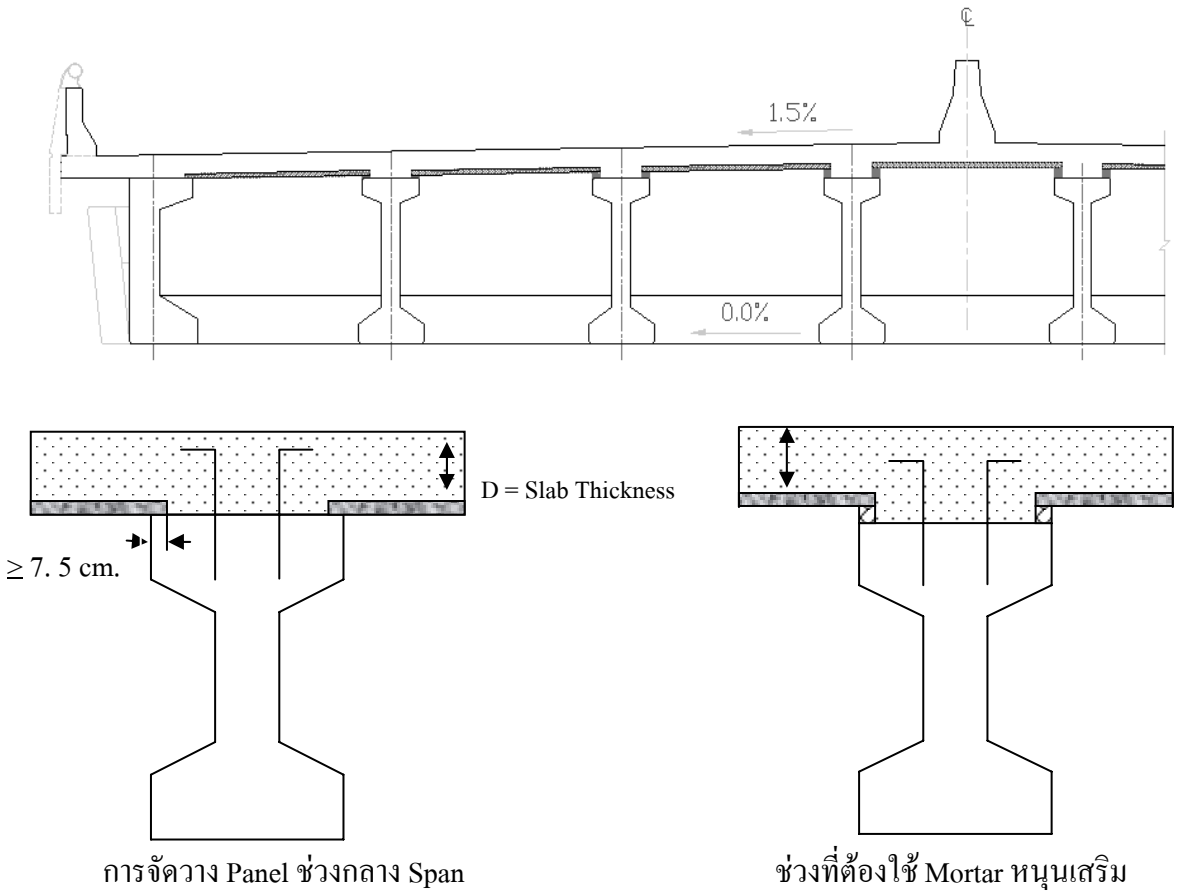
ข.1.4.1.1 ตรวจสอบแผ่นพื้นสำเร็จให้ถูกต้องเรียบร้อยไม่มีรอยแตกหัก และต้องมีรายการคำนวณการรับน้ำหนักของ Panel ที่นำมาใช้ สำหรับงานก่อสร้างสะพานในปัจจุบันกำลังรับน้ำหนักของ Panel ที่เป็นแบบหล่อต้องไม่น้อยกว่า 750 Kg/m.^{2} ส่วนคุณสมบัติอื่น ๆ ให้เป็นไปตามแบบก่อสร้างกำหนด

ข.1.4.1.2 ต้องตรวจสอบระดับการติดตั้งโดยให้มีระดับความหนาของพื้นคอนกรีตที่หล่อทับบน Panel คงที่ และเป็นไปตามแบบอาจใช้ Mortar หนุนเสริมใต้ Panel เพื่อให้วางอยู่ในระดับ Grade Line ตลอดซึ่งทำให้ระดับความหนาของพื้นคอนกรีตที่หล่อคงที่ได้

ข.1.4.1.3 ตรวจสอบทิศทางและตำแหน่งการวาง Panel ปลายของ Panel จะต้องวางอยู่บนที่รองรับหลังคานโดยให้เกยเข้ามาไม่น้อยกว่า 7.5 cm. และใช้ Mortar ปรับระดับให้ได้ตามแบบและตบแต่งให้เรียบร้อย

ข.1.4.1.4 อุดรอยต่อระหว่าง Panel โดยใช้แผ่นพลาสติกกรองที่รอยต่อเพื่อไม่ให้เกิดการรั่วซึมแล้วจึงใช้ Mortar อุดปิดทับรอยต่อก่อนที่จะทำการหล่อคานคอนกรีตพื้นสะพานตามแบบต่อไป

การจัดแบบหล่อพื้นสะพานโดยใช้แผ่นพื้นสำเร็จรูป (Panel) เป็นแบบหล่อแสดงในรูปที่ ข.7



รูปที่ ข.7 แบบหล่อพื้นสะพานโดยใช้แผ่นพื้นสำเร็จรูป (Panel)

หมายเหตุ : การใช้แบบหล่อพื้นสะพานแบบนี้ถ้าในกรณีที่แบบไม่ได้ระบุให้ใช้ ต้องให้ผู้รับจ้างเสนอแบบรายละเอียดพร้อมรายการคำนวณให้สำนักสำรวจและออกแบบพิจารณาเห็นชอบก่อน

ข.1.4.2 การจัดแบบหล่อพื้นสะพานตงคอนกรีตสำเร็จรูปในลักษณะของคานขวางคู่จะจัดเป็นชุด ๆ กล่าวคือ คู่ล่างจะวางบนปีกล่างของคานคอนกรีตอัดแรงแล้วใช้ขาวางพาดบนคานคู่ล่างเพื่อรองรับคานคู่บนซึ่งจะใช้เป็นตงรับแผ่นผิวท้องแบบ พื้นขานี้มีแป้นที่ปลายล่างเพื่อวางบนคานขวางคู่ล่างข้างบนจะมีแป้นเช่นกันเพื่อวางคานคู่บนซึ่งอาจใช้เป็นตงได้ขาประกอบด้วยท่อสองส่วนสอดกันอยู่และมีน็อตปรับระดับให้ได้ตามความต้องการ และสามารถใช้เพื่อการลดระดับในการถอดแบบอีกด้วย

ข.1.5 แบบหล่อสะพานในระบบก่อสร้างแบบปลายยื่น

ในปัจจุบันสะพานได้ขยายความยาวช่วงออกไปมาก สะพานรูปกล่องขนาดใหญ่สามารถทำการก่อสร้างได้ด้วยการก่อสร้างตอม่อ โดยขึ้นรูปแบบที่ตอม่อและค่อยๆ ก่อสร้างยื่นออกไปข้างละเท่าๆ กัน ทั้งสองด้าน (Cantilevered Construction) ดังแสดงในรูปที่ ข.8 ข.9 และ ข.10 การก่อสร้างสะพานรูปกล่องทั่วไปจะหล่อพื้นล่างก่อนจะประกอบแบบข้างล่างและท้องแบบพื้นบนแล้วจึงเทคอนกรีตส่วนเอว (Web) และพื้นบนพร้อมกัน เนื่องจากโครงสร้างยื่นออกมาจากตอม่อ การประกอบแบบหล่อสะพานของส่วนที่ยื่นออกมานี้ จะต้องหิ้วไว้ด้วยโครงเฟรมขนาดใหญ่ซึ่งจะมีรายละเอียดการยึดติดกับพื้นโครงสร้างที่แล้วเสร็จ รายละเอียดการขับเคลื่อนไปข้างหน้าตามความก้าวหน้าของการก่อสร้าง รายละเอียดการแขวนหิ้วท้องแบบข้างแบบและโครงสร้างขณะที่ยังรับน้ำหนักไม่ได้แสดงในรูปที่ ข.11

รูปที่ ข.8 แบบหล่อสะพานยื่น

รูปที่ ข.9 แบบหล่อสะพานยื่น

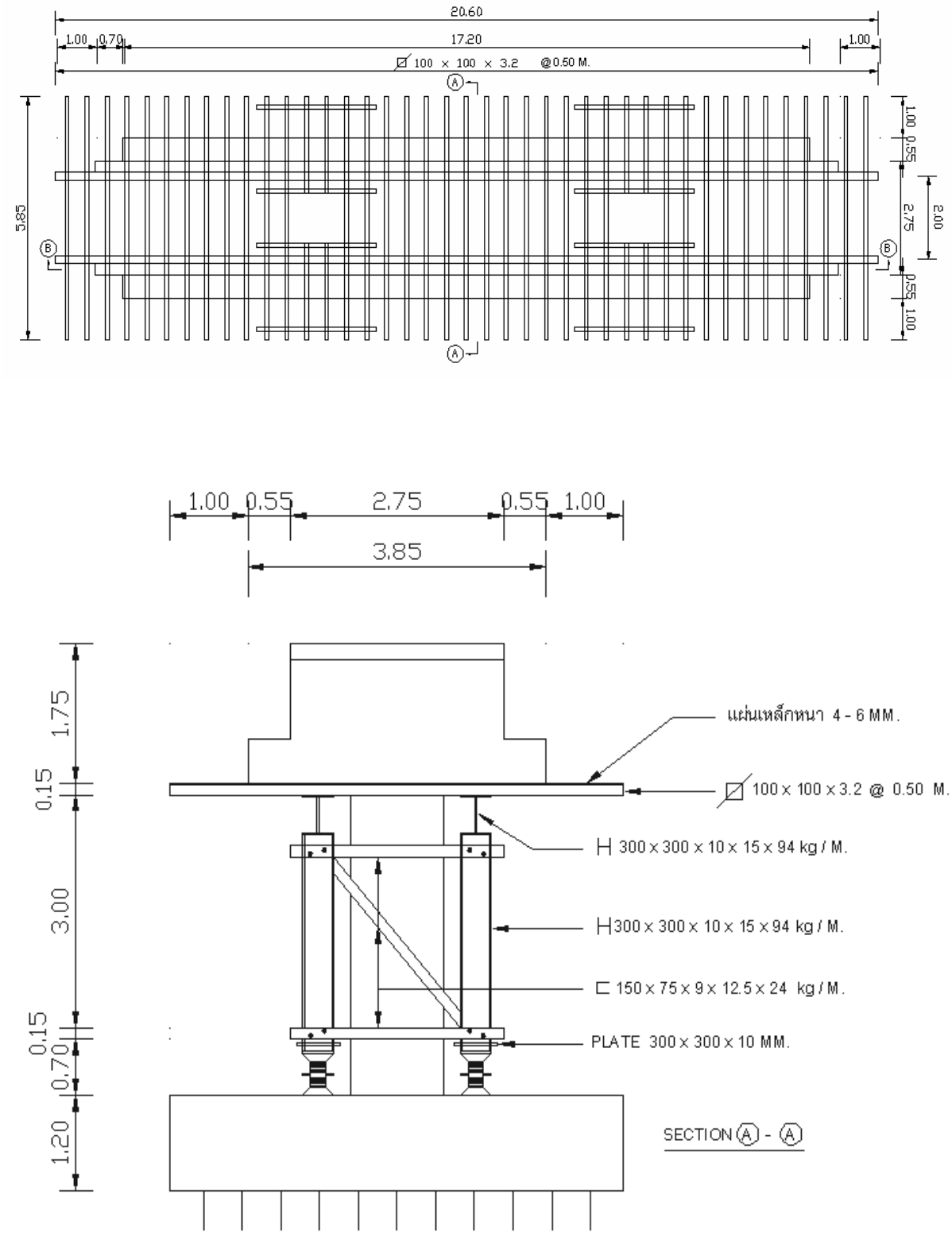
รูปที่ ข.10 ลักษณะภายในของหน้าตัดรูปกล่อง

รูปที่ ข.11 แบบหล่อและนั่งร้านทำงาน

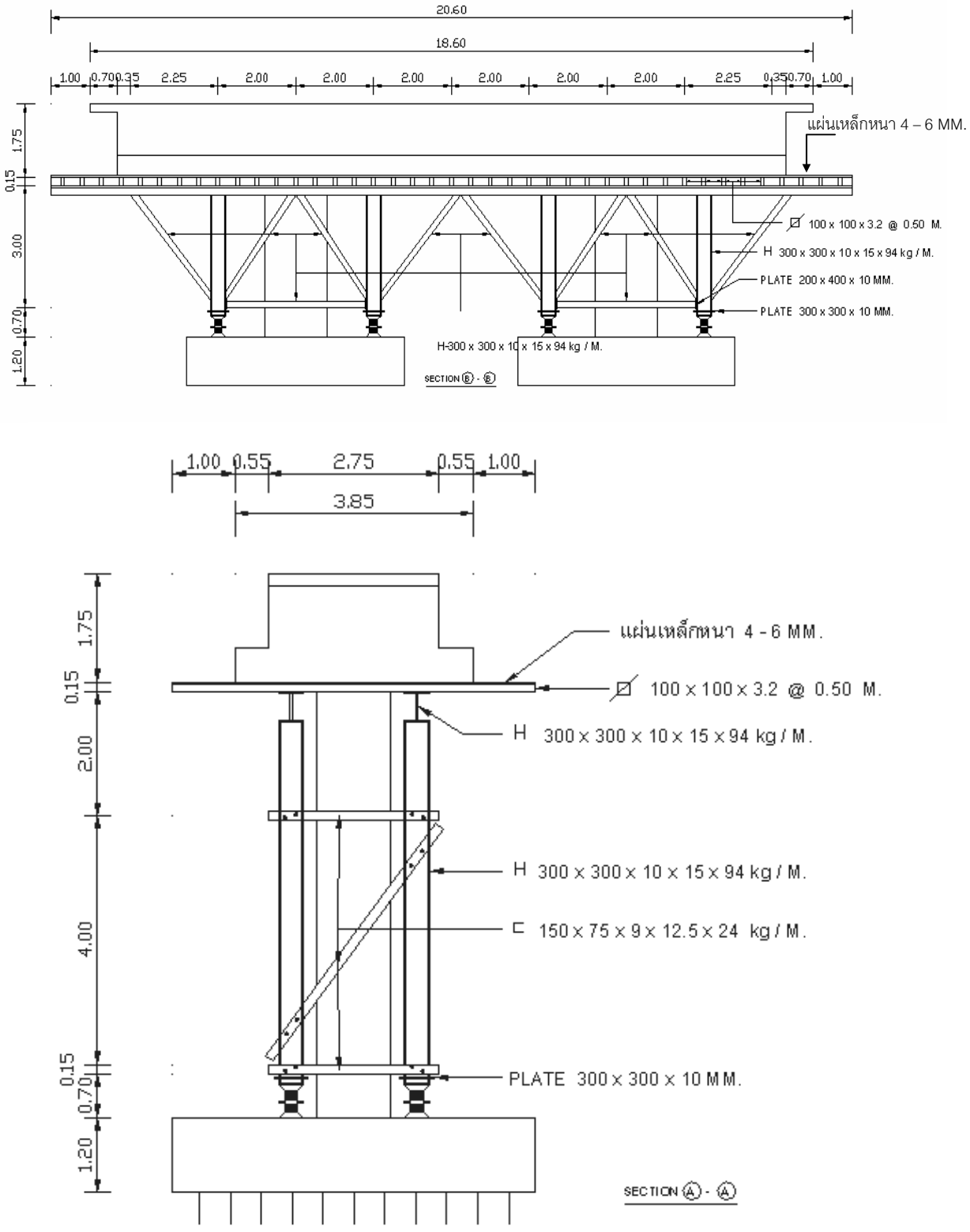
รูปที่ ข.12 รายละเอียดของโครงยื่นเพื่อรับน้ำหนักส่วนของสะพานยื่น

รูปที่ ข.13 แบบหล่อสะพานยื่นที่ใช้แบบเหล็ก

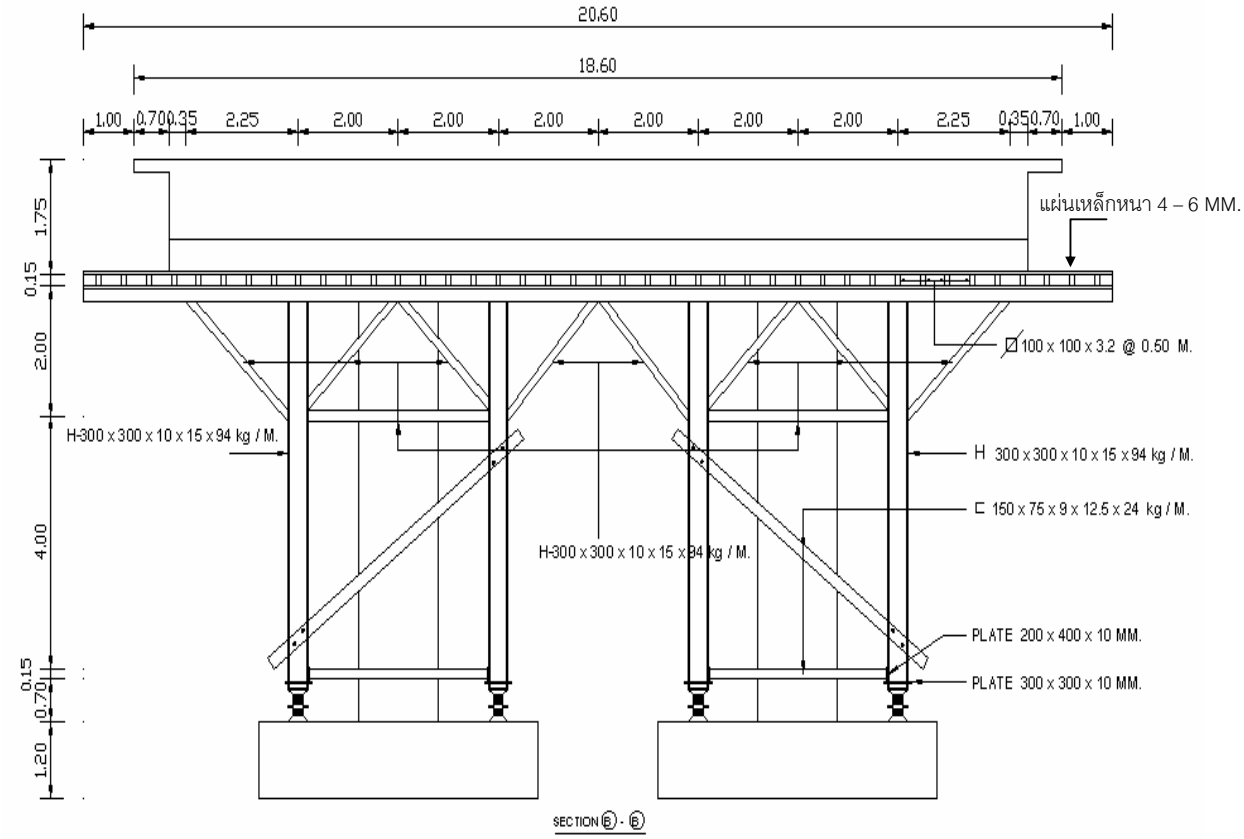
รูปที่ ข.14 แบบหล่อสะพานยื่นที่ใช้แบบไม้



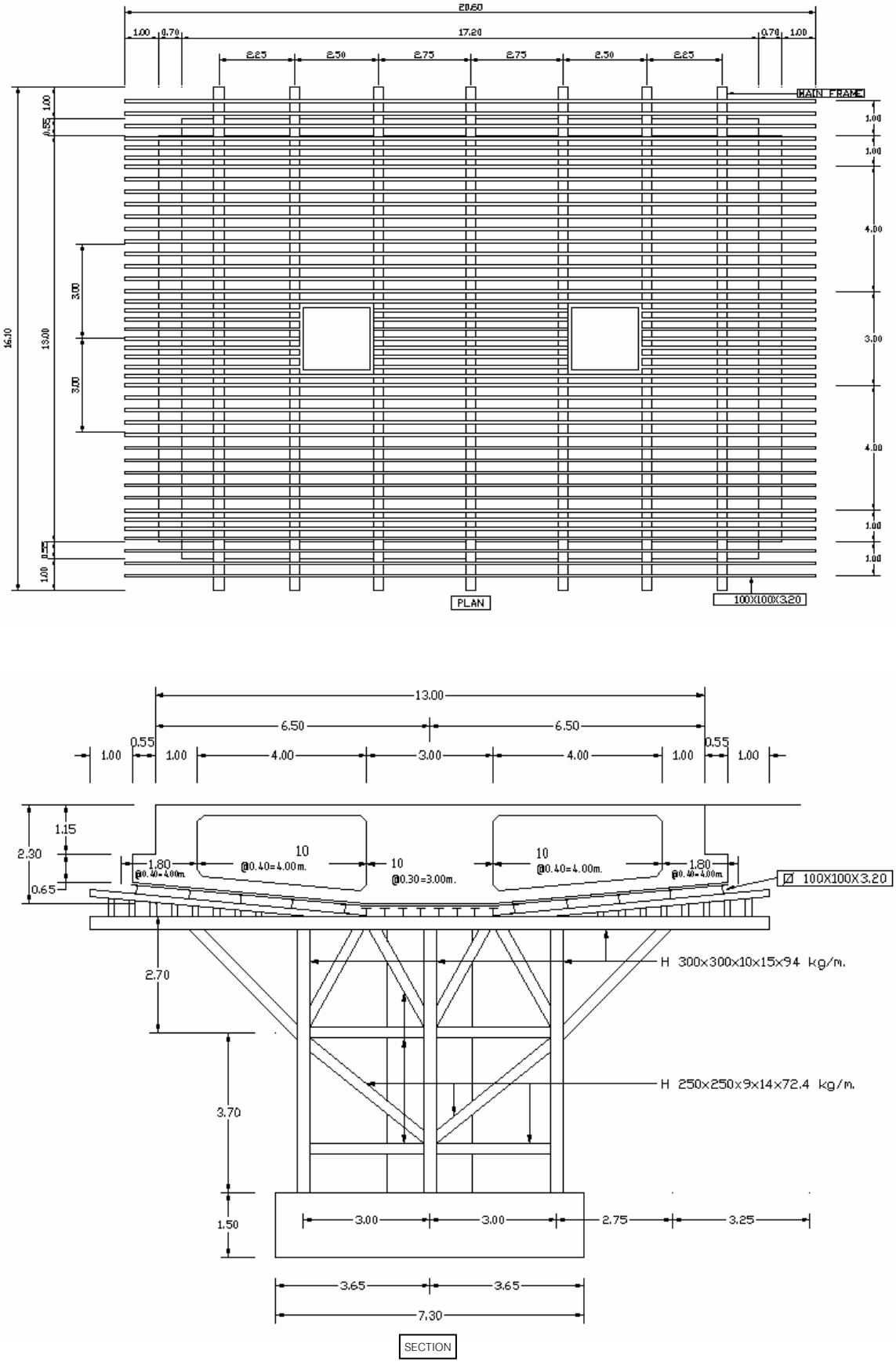
รูปที่ ข.15 (ก) การติดตั้งนั่งร้าน และท้องแบบ งาน Cantilever Deck



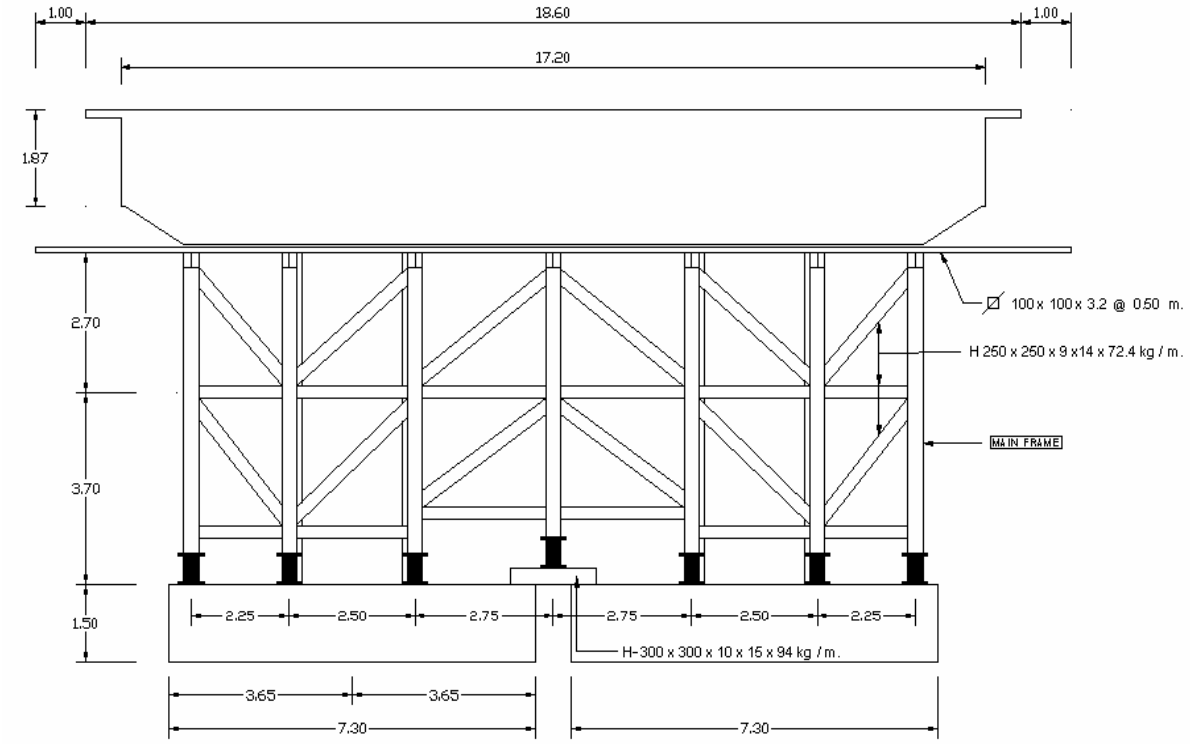
รูปที่ ข.15 (ข) การติดตั้งนั่งร้าน และท้องแบบ งาน Cantilever Deck



รูปที่ ข.15 (ค) การติดตั้งนั่งร้าน และท้องแบบ งาน Cantilever Deck



รูปที่ ข.16 (ก) การติดตั้งนั่งร้าน และท้องแบบ งาน Cantilever Deck (Hollow Type)



รูปที่ ข.16 (ข) การติดตั้งนั่งร้าน และท้องแบบ งาน Cantilever Deck (Hollow Type)

ข.2 ค้ำยัน (Shoring)

ค้ำยันสำหรับแบบหล่อคอนกรีต ทำหน้าที่เป็นเสาถ่ายน้ำหนักของแบบหล่อคอนกรีตและส่วนประกอบต่างๆ ลงสู่พื้นล่างที่ยันไว้ อาจใช้ไม้ เหล็กแป๊บ หรือเหล็กรูปพรรณก็ได้ ค้ำยันแบ่งออกได้ 4 ส่วน คือ แป้นขาหยั่ง ตัวเสา ตัวปรับความสูง และแป้นรองรับ ปัญหาของค้ำยัน คือเรื่อง การบิดเบี้ยว, คดงอ (Buckling) เพราะทำหน้าที่เสมือนเสาซึ่งเป็นชิ้นส่วนโครงสร้างรับน้ำหนัก ดังนั้น จึงต้องมีการยึดรั้งเพื่อป้องกันการดุ้งที่บริเวณกึ่งกลางความสูงหรือระหว่างช่วงความสูงของค้ำยันนั้น ในกรณีที่ใช้ค้ำยันหรือนั่งร้านเหล็กต้องตรวจสอบสภาพไม่ให้บิดเบี้ยว คดงอ หรือเป็นสนิม

การใช้ค้ำยันไม้ที่เป็นเสาต้องมีลักษณะตรงไม่คดงอ ส่วนของโคนต้นต้องอยู่ข้างล่างและตัดให้เสมอแนวราบดังแสดงในรูปที่ ข.17 (ก) แป้นขาหยั่งที่นิยมใช้แผ่นไม้ขนาดอย่างน้อย 2 x 8 หรือแผ่นเหล็กหนาไม่น้อยกว่า 1/2 ที่มีรายการคำนวณพร้อมด้วยวางแบนราบเพื่อกระจายแรงให้ถ่ายแผ่มากขึ้น สำหรับแป้นรองรับส่วนบนควรใช้ไม้ขนาด 2 x 6 หรือ 1 1/2 x 8 ส่วนการยึดรั้งระหว่างค้ำยันแต่ละตัวจะต้องได้รับการตรวจสอบเกี่ยวกับการดุ้งให้ละเอียดโดยยึดในแนวราบทุกๆ 2 เมตร เพื่อลดความชะลูดของค้ำยันลงและยึดในแนวทแยงเพื่อป้องกันนั่งร้านโย้ ตามลำดับ

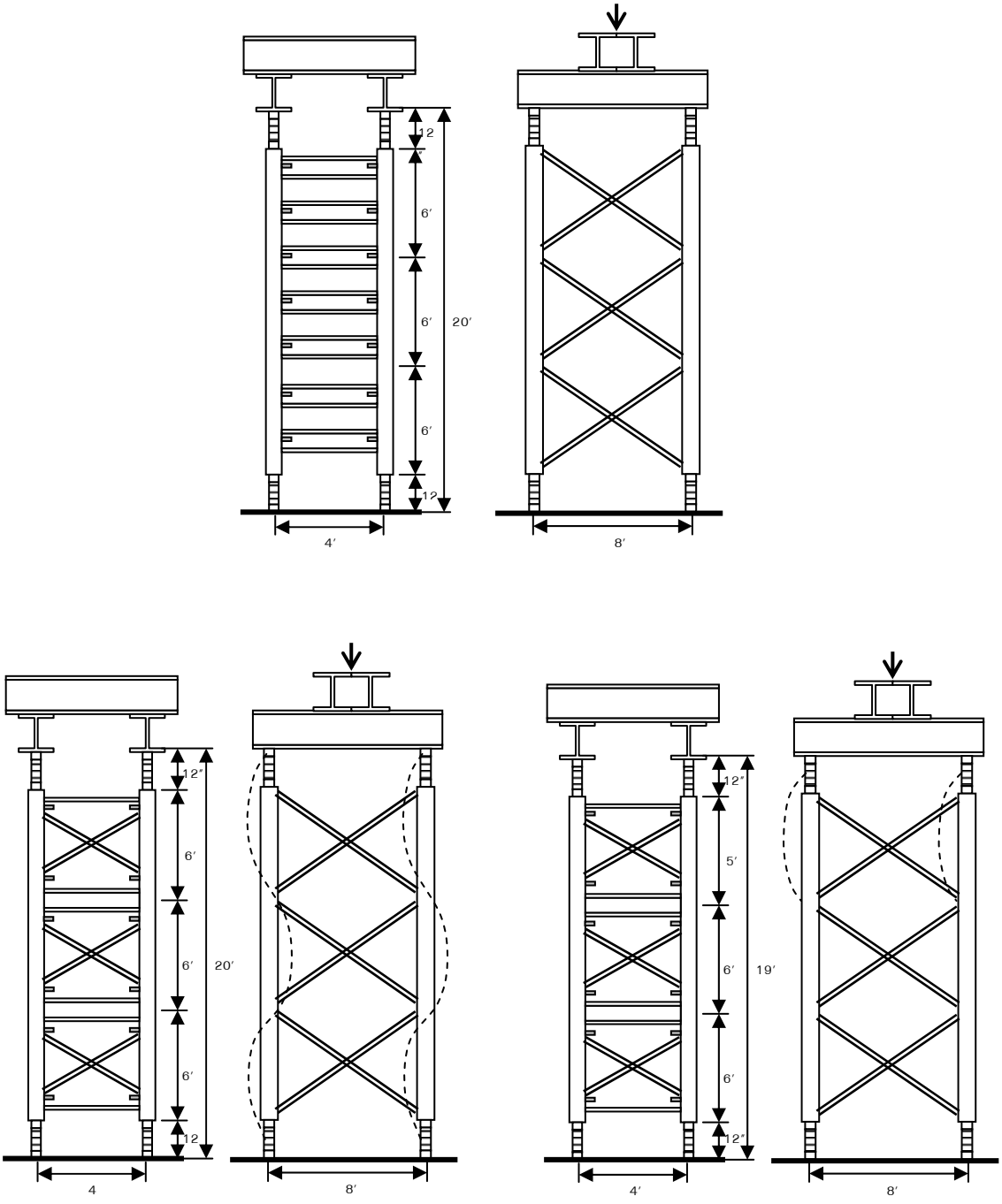
รูปที่ ข.17 (ก) ค้ำยันไม้

ค้ำยันเหล็กส่วนใหญ่จะเป็นเหล็กแป๊บขนาดเดียวตลอดความยาวหรือสองขนาดสวมกันได้พอเหมาะปรับระยะได้โดยใช้สลักเสียบผ่านรูที่เจาะไว้ที่แป๊บตัวนอกและแป๊บตัวในจะนิ่งอยู่บนสลักนี้ หรืออาจจะปรับด้วยเกลียวโดยให้แป๊บตัวนอกนั่งอยู่บนแป้นเกลียวที่ปรับแป้นรองรับตัวบนมักจะสวมไว้ในตัวเสายันซึ่งอาจปรับหน้าแปลนได้เล็กน้อยแป้นขาหยั่งส่วนล่างอาจเป็นเหล็กหล่อรูปกลวงสำหรับเสียบท่อแป๊บลงได้พอดี หรืออาจเป็นเกลียวระยะสั้นๆ เพื่อการยึดกับเสาค้ำยันได้อย่างมั่นคง การยึดระหว่างเสาเพื่อป้องกันการดุ้งอาจทำได้ด้วยการใช้ตัวรัดทั้งแป้นบน แป้นขาหยั่งและตัวปรับระดับดังแสดงไว้ในรูปที่ ข.17 (ข)

การใช้นั่งร้านเหล็กเป็นค้ำยันใช้ได้ในหลาย ๆ กรณี เพราะนั่งร้านสำเร็จรูปส่วนใหญ่จะเบาแต่อาจเป็นปัญหาเกี่ยวกับระดับได้ เพราะค้ำยันแต่ละท่อนจะมีความยาวคงที่อาจจะเป็น 1.20 1.50 1.80 2.00 หรือ 2.40 เมตรแล้วแต่บริษัทผู้ผลิต ดังนั้นจึงต้องดัดแปลงให้มีการปรับระดับได้ที่แป้นรับส่วนบนและแป้นขาหยั่งส่วนล่าง ดังแสดงในรูปที่ ข.17 (ค) ข้อควรพิจารณาประกอบการใช้นั่งร้านเหล็กเป็นค้ำยันคือความสามารถรับแรงในแนวแกน จึงต้องศึกษารายละเอียดของผู้ผลิตอย่างถี่ถ้วน และพิจารณาถึงเสถียรภาพตลอดถึงวิธีการยึดเกาะกับตัวโครงสร้างข้างเคียง เช่น ตอม่อ เพื่อลดค่าความชะลูดและเพิ่มความสามารถในการรับแรง มิฉะนั้นอาจจะเกิดการวิบัติของนั่งร้านได้ ดังแสดงในรูปที่ ข.18

รูปที่ ข.17 (ข) ลักษณะค้ำยันเหล็ก

รูปที่ ข.17 (ค) การใช้นั่งร้านเหล็ก



รูปที่ ข.18 ลักษณะการวิบัติแบบต่าง ๆ ของนั่งร้าน

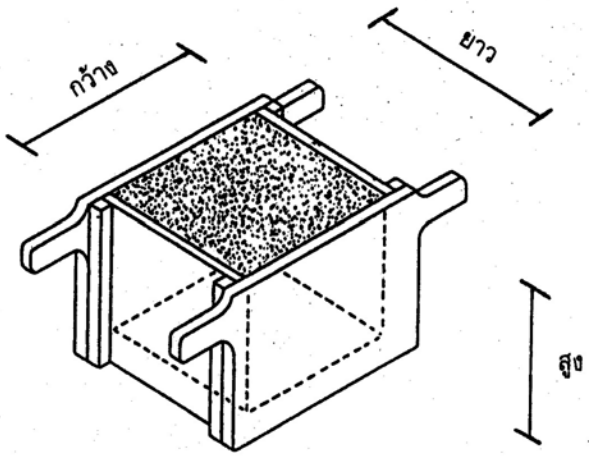
ภาคผนวก ค การผสม การลำเลียง การเทลงแบบ และการอัดแน่น

การที่จะทำให้คอนกรีตในโครงสร้างมีคุณภาพสม่ำเสมอปราศจากช่องว่าง และรอยต่อ ได้กำลังอัดและความทนทานตามข้อกำหนด ไม่ได้เกิดจากการออกแบบสัดส่วนผสมของคอนกรีตที่ดี และการทดสอบตามวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการเท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงวิธีการและขั้นตอนในการทำงานอันได้แก่ การชั่งตวงสัดส่วนผสม วิธีการผสม การลำเลียง การเตรียมการสำหรับการเทคอนกรีต การเท การทำให้คอนกรีตอัดแน่น การแต่งผิวตลอดจนการบ่ม

ค.1 การวัดส่วนผสม

การวัดส่วนผสมอาจทำได้ 2 วิธี คือ การตวงส่วนผสมโดยปริมาตรและการชั่งส่วนผสมโดยน้ำหนัก

ค.1.1 การวัดส่วนผสมโดยปริมาตร เหมาะสำหรับงานก่อสร้างขนาดเล็ก และคอนกรีตที่กำลังอัดค่อนข้างต่ำ แต่หากทำให้ถูกต้องก็สามารถผลิตคอนกรีตที่มีคุณภาพได้พอสมควร โดยผู้รับเหมาควรใช้กระบะมาตรฐานในการตวงปริมาตรของ หิน ทราย อย่างไรก็ตามความชื้นบนผิวมวลรวมจะมีผลต่อหน่วยน้ำหนักอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของมวลรวมละเอียด ซึ่งอาจมีหน่วยน้ำหนักเมื่อชื้นต่างจากเมื่อแห้งถึง 30 % การวัดปริมาณปูนซีเมนต์โดยทั่วไปจะประมาณจากจำนวนถุงเพราะปูนซีเมนต์มีน้ำหนักแน่นอน คือ 1 ถุงหนัก 50 กิโลกรัม ส่วนปริมาณน้ำอาจใช้ค่ายุบตัวเป็นเกณฑ์ควบคุม



รูปที่ ค.1 ตัวอย่างถังไม้ใช้ในการตวงปริมาตร หิน ทราย (กว้าง x ยาว x สูง)

ค.1.2 การวัดส่วนผสมด้วยการชั่งน้ำหนัก เป็นวิธีที่แน่นอนกว่าการตวงปริมาตรมาก เหมาะสำหรับงานก่อสร้างขนาดใหญ่งานคอนกรีตกำลังอัดปานกลาง – สูง การวัดด้วยน้ำหนักยังมีผลดีต่อการปรับน้ำหนักส่วนผสมตามสภาพความชื้นของมวลรวมอีกด้วย ทั้งนี้ให้เป็นไปตาม ทล.ม.409 สำหรับมาตรฐานผลิตภัณฑ์คอนกรีตผสมเสร็จตาม มอก.213 สรุปในตารางที่ ค.1 ดังนี้

ตารางที่ ค.1 ขอบเขตความคลาดเคลื่อนของการชั่งน้ำหนักวัสดุ
เพื่อใช้ผสมคอนกรีตตาม มอก. 213-2520

วัตถุดิบ	ปริมาณ	ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้
1. ปูนซีเมนต์	น้อยกว่า 200 กก.	± 2%
	มากกว่าหรือเท่ากับ 200 กก.	± 1%
2. มวลรวม	น้อยกว่า 500 กก.	± 3%
	มากกว่าหรือเท่ากับ 500 กก.	± 2%
3. น้ำ	-	± 3%
4. สารผสมเพิ่ม	-	± 3%

ค.2 การผสมคอนกรีต

การผสมคอนกรีตเป็นการนำปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ น้ำยาผสมคอนกรีตและวัสดุผสมอื่น ๆ ผสมคลุกเคล้าเข้าด้วยกันในอัตราส่วนที่พอเหมาะ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเคลือบหรือหุ้มผิวของมวลรวมทั้งหมดด้วยซีเมนต์เพสต์ และเพื่อผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เป็นเนื้อเดียวกัน อันจะส่งผลให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพดี ถ้าการผสมไม่ทั่วถึงจะทำให้คุณภาพของคอนกรีตไม่สม่ำเสมอ กำลังและคุณสมบัติต่าง ๆ ไม่เป็นไปตามต้องการ

ค.2.1 วิธีการผสมคอนกรีต

จะผสมด้วยเครื่อง เครื่องที่ใช้ทั่วๆ ไปจะเป็นแบบ Batch Mixer คือ ส่วนผสมจะถูกลำเลียงเข้าไปผสม จากนั้นจะถูกปล่อยออกแล้วจึงลำเลียงส่วนผสมอีกส่วนหนึ่งเข้าไปใหม่

ค.2.2 เครื่องผสมคอนกรีต

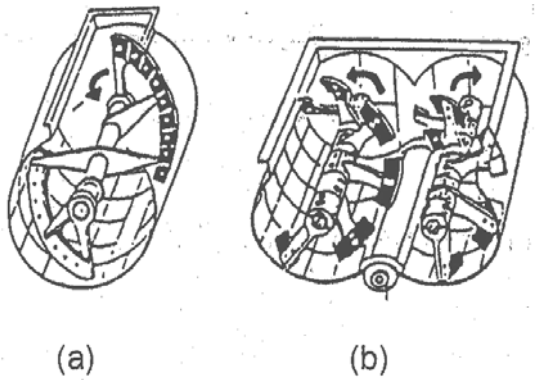
เครื่องผสมคอนกรีต ถ้าจำแนกตามลักษณะการผสมสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ

1) Batch Mixer เป็นเครื่องผสมที่ผสมครั้งละ 0.5 หรือ 1 ลูกบาศก์เมตร หรืออื่น ๆ ตามที่เครื่องสามารถจุได้
2) Continuous Mixer เครื่องผสมชนิดนี้จะผสมคอนกรีตอย่างต่อเนื่องส่วนมากจะออกแบบไว้ใช้กับงานเฉพาะ เช่น ใช้กับงานเทคอนกรีตถนน หรือสนามบิน เป็นต้น

แต่ถ้าจำแนกตามรูปลักษณะของเครื่องผสม สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ Drum Mixer และ Pan Mixer

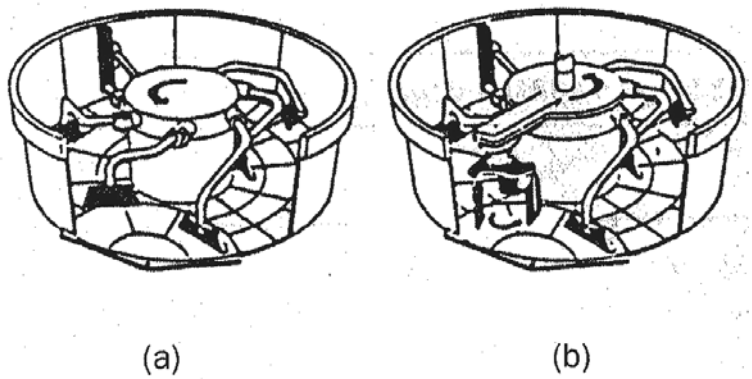
1) Drum Mixer สามารถจำแนกออกได้อีก 4 ประเภท คือ
   - Tilting Drum Mixer
   - Non-Tilting Drum Mixer

- Stationery Drum Mixer หรือ Horizontal Shaft Mixer
- Dual Drum Mixer



รูปที่ ค.2 Drum Mixer แบบเพลาเดี่ยว (a) และแบบเพลาคู่ (b)

2.) Pan-Type Mixer



รูปที่ ค.3 Pan-Type Mixer แบบธรรมดา (a) และแบบที่มีใบกวนเพิ่ม (b)

นอกจากเครื่องผสมที่กล่าวมาแล้ว ยังมีการใช้รถผสมคอนกรีต ผสมคอนกรีตอีกด้วย โดยภายในตัวโม่จะมีใบกวนและใบผสม ประสิทธิภาพการผสมจะขึ้นอยู่กับใบกวนและใบผสมรวมทั้งจำนวนวัตถุดิบที่ใส่เข้าไปโดยทั่ว ๆ ไปจะผสมคอนกรีตครั้งละ 1 ลูกบาศก์เมตร จนครบจำนวน 5 – 6 ลูกบาศก์เมตร

ค.2.3 การป้อนวัตถุดิบลงเครื่องผสม

ไม่มีกฎแน่นอนเกี่ยวกับลำดับของการป้อนวัตถุดิบลงเครื่องผสม แต่โดยทั่วไปจะมีขั้นตอนดังนี้

(1) เติมน้ำประมาณ 10% ลงในเครื่องผสมเสียก่อน

(2) ป้อนมวลรวม อันได้แก่ หิน และทราย เข้าเครื่องผสม

(3) เริ่มเติมปูนซีเมนต์หลังจากป้อนมวลรวมเข้าไปแล้ว 10%

(4) เติมน้ำ 80% ระหว่างการป้อนวัสดุอื่น ๆ และเติมน้ำ 10% สุดท้าย เมื่อป้อนวัสดุอื่น ๆ ทั้งหมดเข้าเครื่องแล้ว

(5) หากมีการใส่น้ำยาผสมคอนกรีตประเภทผง ควรผสมรวมกับปูนซีเมนต์ก่อน หากเป็นของเหลวควรละลายน้ำยาผสมกับน้ำ

สำหรับในห้องปฏิบัติการ จะเริ่มจากการใส่ทรายก่อนตามด้วยหินบางส่วน ปูนซีเมนต์ น้ำ และใส่หินที่เหลือลงไปสุดท้าย เพื่อที่จะทำให้มอร์ต้าที่จับกันอยู่แตกตัวออก

ค.2.4 เวลาในการผสม

เวลาที่ใช้ในการผสมขึ้นอยู่กับ

- ชนิดและขนาดของเครื่องผสม
- สภาพของเครื่องผสม
- อัตราการหมุนของเครื่อง
- ปริมาณคอนกรีตที่ผสม
- ลักษณะของวัตถุดิบที่ใช้

เวลาที่เหมาะสมที่สุด คือ เวลาที่ทำให้ได้ส่วนผสมที่สม่ำเสมอทุก ๆ ครั้งที่ผสม ซึ่งจะได้จากการทดสอบผสมในสภาพใช้งานจริง โดยสรุปได้ดังนี้

1) ส่วนผสมที่แห้ง ขาดซีเมนต์ จะต้องผสมเป็นเวลานาน

2) มวลรวมที่เป็นเหลี่ยมมุม ต้องผสมนานกว่ามวลรวมที่กลม

ตามมาตรฐานของอเมริกา แนะนำให้ใช้เวลาอย่างน้อย 1 นาที ในการผสมคอนกรีตภายใน 1 ลูกบาศก์เมตรแรก และเพิ่มเวลา 20 วินาที ต่อปริมาณคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น 1 ลูกบาศก์เมตร เวลาผสมสูงสุดไม่ควรเกิน 5 นาที ดังแสดงในตารางที่ ค.2

ตารางที่ ค.2 เวลาขั้นต่ำในการผสมคอนกรีตตามมาตรฐานอเมริกา

ความจุของเครื่องผสม (ลบ.ม.)	เวลาขั้นต่ำในการผสม (นาที)
1	1.00
1.5	1.25
2.5	1.50
3.0	1.75
4.0	2.00
4.5	2.25

ค.3 การลำเลียง

เมื่อผสมคอนกรีตเสร็จเรียบร้อย จำเป็นที่จะต้องทำการลำเลียงคอนกรีตจากเครื่องผสมหรือจากบริเวณที่ผสมไปยังบริเวณที่จะเทลงแบบ การลำเลียงที่ถูกต้องควรทำในลักษณะที่จะให้ได้คอนกรีตที่สม่ำเสมอไม่แยกตัวก่อนเทลงแบบ และต้องมีวิธีป้องกันคอนกรีตจากสภาพแวดล้อมที่จะมีผลเสีย เช่น ความร้อนและความชื้น เป็นต้น

การเลือกวิธีการลำเลียง ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

- ปริมาณและอัตราความเร็วในการเทคอนกรีต
- ขนาดและชนิดของงานก่อสร้าง
- ลักษณะภูมิประเทศ, สถานที่ทำงาน, เส้นทางในการขนส่ง
- ค่าใช้จ่าย อันได้แก่ ค่าแรงงาน ราคาค่าเครื่องจักร

วิธีการลำเลียงที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน มีดังนี้ การใช้รถเข็น รถดัมพ์ รถคอนกรีตผสมเสร็จ สายพานและคอนกรีตปั๊ม โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) ที่ผสมคอนกรีตอยู่ในระดับเดียวกับบริเวณที่ต้องการจะเทคอนกรีต

- โดยการใช้รถเข็น เมื่อเข็นไปถึงที่ก่อสร้างแล้วควรจะเทใส่กระบะแล้วคลุกเคล้าอีกครั้งหนึ่งก่อนที่จะนำไปเท แต่ถ้าระยะทางสั้น ๆ ไม่จำเป็นต้องทำการคลุกเคล้าอีกสำหรับพื้นที่ที่ไม่มีการเสริมเหล็กจำนวนมากและยุ่งยากก็จัดการเทลงไปในแบบได้เลย
- โดยการใช้รถคอนกรีตผสมเสร็จ ซึ่งเหมาะกับงานก่อสร้างที่รถผสมคอนกรีตสามารถเข้าเทได้ถึงหน่วยงาน

(2) ที่ผสมคอนกรีตอยู่ในระดับสูงกว่าบริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต

สำหรับงานก่อสร้างบางชนิด จำเป็นจะต้องตั้งเครื่องผสมคอนกรีตไว้สูงกว่างานที่ต้องการเทคอนกรีต วิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการขนคอนกรีต มักจะใช้รางลำเลียงอาจเป็นรางเหล็ก หรือไม้ก็ได้ สิ่งที่ต้องระวังสำหรับการขนคอนกรีตด้วยวิธีนี้ก็คือ ส่วนผสมของคอนกรีตจะต้องไม่แห้งหรือเหลวเกินไป จะต้องเหลวพอดีที่จะไหลในรางได้ง่าย และไม่เกิดการแยกตัว และคอนกรีตสามารถที่จะไหลลงไปในที่ ๆ ต้องการอย่างสม่ำเสมอได้

(3) ที่ผสมคอนกรีตอยู่ในระดับต่ำกว่าบริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต

- โดยการใช้รอกเข้าช่วย งานก่อสร้างอาคารหลาย ๆ ชั้นไม่สามารถนำเครื่องผสมคอนกรีตขึ้นไปผสมแต่ละชั้นได้ จำเป็นจะต้องผสมชั้นล่างแล้วใช้เชือกดึงถึงเหล็กที่มีคอนกรีตอยู่เต็มขึ้นไป ข้อควรระวังในการใช้วิธีใช้รอกนี้ นั่งร้านที่รับรอกต้องแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักคอนกรีตในถัง และการดึงเชือกได้

- โดยการใช้คนยืนเรียงแถว โดยใช้วิธีการส่งถังเหล็กที่บรรจุคอนกรีตขึ้นไปเป็นช่วง ๆ จากคนหนึ่งไปยังอีกคนหนึ่ง
- อาจใช้ลิฟท์ ทาวเวอร์เครน หรือรถเครน เป็นต้น

รูปที่ ค.4 การลำเลียงคอนกรีตโดยใช้ราง

รูปที่ ค.5 การลำเลียงคอนกรีตโดยใช้เครน

(4) ที่ผสมคอนกรีตอยู่ห่างจากบริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต

ปัจจุบันสถานที่ก่อสร้างมีจำกัดไม่สามารถผสมคอนกรีต ณ หน่วยงานก่อสร้างได้ จำเป็นต้องใช้คอนกรีตผสมเสร็จ ซึ่งมีโรงงานที่ใช้ในการผสมคอนกรีตอยู่นอกหน่วยงานก่อสร้าง แล้วลำเลียงโดยรถผสมคอนกรีตสู่บริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต วิธีการปฏิบัติคือ คอนกรีตจะถูกผสมเสร็จเรียบร้อยจากโรงงานลำเลียงใส่รถ และจัดส่งไปที่หน่วยงานก่อสร้าง เมื่อถึงที่ก่อสร้างก็จะทำการผสมอีกครั้งก่อนเทลงแบบ หรือภาชนะที่รองรับ

(5) การใช้คอนกรีตปั๊ม

เหมาะสำหรับงานขนาดใหญ่ และต้องใช้ปริมาณของคอนกรีตเป็นจำนวนมาก และสถานที่ทำงานจำกัดโดยการต่อท่อส่ง ซึ่งท่อส่งนี้จะเลี้ยวหรือโค้งได้ตามต้องการสำหรับระยะทางที่จะปั๊มคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องปั๊ม

รูปที่ ค.6 การลำเลียงคอนกรีตโดยใช้คอนกรีตปั๊ม

(6) การใช้สายพานส่งคอนกรีต

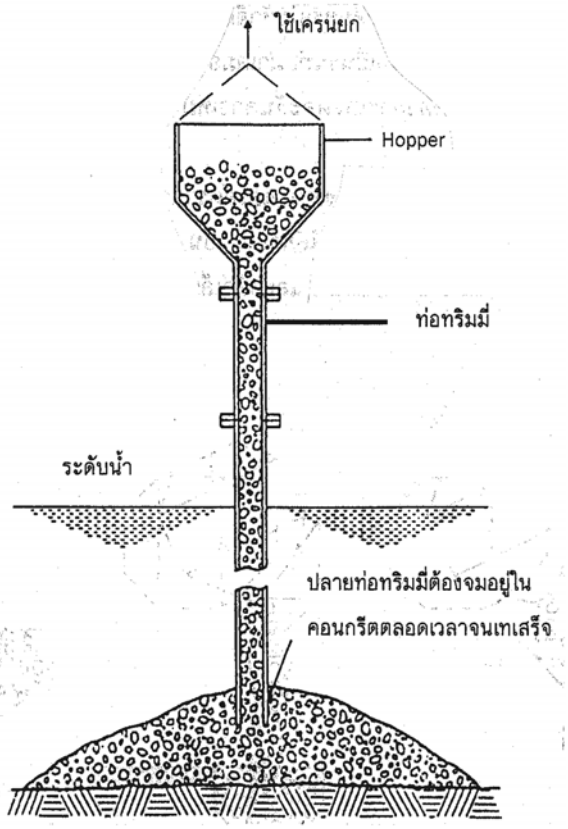
การใช้วิธีนี้สามารถใช้ได้ผลดีทั้งระดับที่อยู่ต่ำและสูงกว่า หรือระดับราบการแยกตัวของมวลรวมมีไม่มาก เพราะทุกจุดจะเคลื่อนไปพร้อมกันบนสายพาน สำหรับการส่งคอนกรีตด้วยวิธีนี้ต้องหาทางระวังการสูญเสียของน้ำ เนื่องจากแสงแดด และลม

(7) การใช้ท่ออัดส่งหรือฉีด (Shortcrete)

สำหรับวิธีนี้เหมาะกับงานทำท่ออุโมงค์ ห้องใต้ดิน โครงสร้างเปลือกบาง หรือโครงสร้างที่มีส่วนโค้งเว้ามาก ๆ โดยใช้เครื่องฉีด หรือพ่นคอนกรีตทีละน้อยสู่บริเวณที่ต้องการจากนั้นต้องทำการตบแต่งผนังคอนกรีตอีกครั้ง

(8) การเทคอนกรีตในน้ำ (Underwater Concreting)

ใช้ในงานก่อสร้างท่าเรือ หรือเขื่อน หรือรากฐานก่อสร้างในทะเล หรือแม่น้ำ ซึ่งต้องทำอย่างระมัดระวังเพื่อมิให้คอนกรีตแยกตัวก็ต้องใช้วิธีเทคอนกรีตลงไปตามท่อ หรือส่งคอนกรีตลงไปยังที่ก่อสร้างนั้นอย่างช้า ๆ



รูปที่ ค.7 การเทคอนกรีตในน้ำ

ค.4 การเทและการอัดแน่น

การเทและการอัดแน่นคอนกรีตที่ถูกวิธี จะเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในขบวนการผลิตคอนกรีต อันรวมตั้งแต่การชั่งตวงส่วนผสม การผสม การลำเลียง และการบ่มคอนกรีต ความสำเร็จของการเท และการอัดแน่นจะเกิดได้เฉพาะหน่วยงานก่อสร้างที่มีการวางแผน และการเตรียมงานที่ดีเท่านั้น เนื่องจากวิธีการทั้งสองดำเนินไปพร้อม ๆ กัน และเป็นอิสระต่อกัน ดังนั้น ควรถือว่าการเทและการอัดแน่นเป็นขั้นตอนเดียวเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามในที่นี้เราจะแยกพิจารณาเพื่อให้เกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

ค.4.1 การเทคอนกรีต

วัตถุประสงค์หลักของการเทคอนกรีตคือ การนำคอนกรีตไปให้ใกล้จุดที่ต้องการจะเทมากที่สุด โดยต้องทำอย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการแยกตัวและคอนกรีตสามารถถูกอัดแน่นได้อย่างเต็มที่ วิธีการเทคอนกรีตที่ถูกและไม่ถูกแสดงดังในรูปที่ ค.8 ถึงรูปที่ ค.14

การลำเลียงคอนกรีตอาจทำได้หลายวิธี ตั้งแต่การใช้รถเข็น Drumper รถผสมคอนกรีต หรือใช้ปั๊มโดยต้องการเทให้ตรงตามจุดที่ต้องการมากที่สุด แต่ในหลายกรณีไม่สามารถทำได้เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ข้างต้น ข้อเสนอแนะเหล่านี้ควรระลึกไว้เสมอ

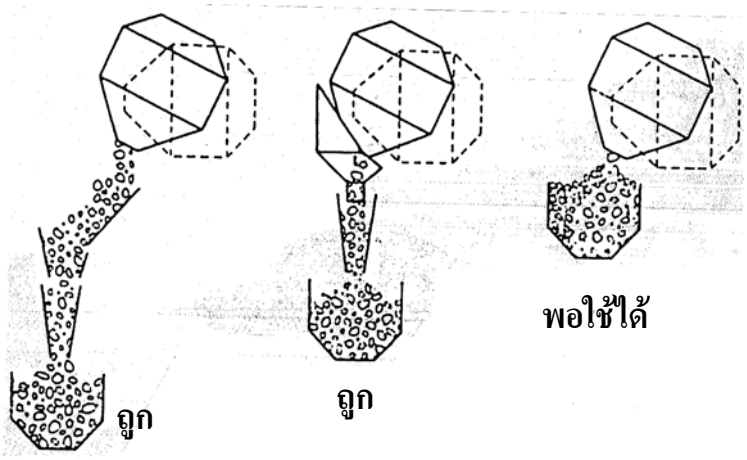
(1) หลีกเลี่ยงการใช้มือดันหรือใช้หัวจี้ดันคอนกรีตให้เคลื่อนที่

(2) ควรเทคอนกรีตให้เป็นชั้นที่สม่ำเสมอไม่ใช่กองเป็นภูเขา หรือเป็นชั้นตามแนวเอียง

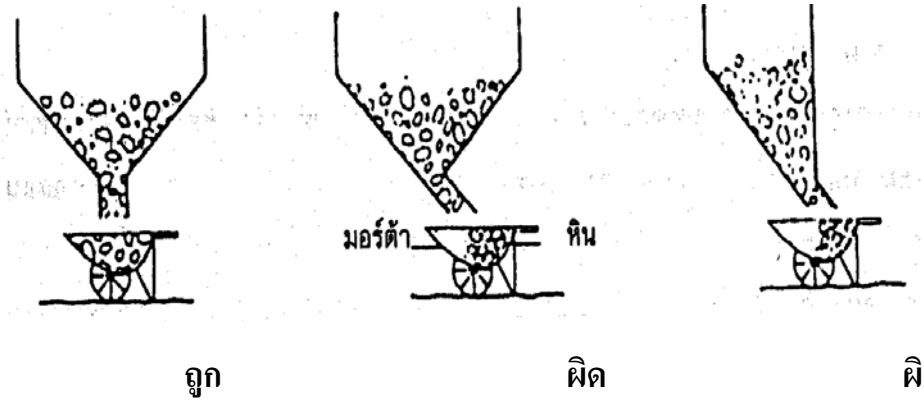
(3) ความหนาของการเทแต่ละชั้นควรเหมาะสมกับวิธีการจี้ เพื่อให้มั่นใจว่าฟองอากาศหนีออกจากด้านล่างของชั้นนั้น ๆ ได้

(4) อัตราการเทคอนกรีตลงแบบ และอัตราการเขย่าเข้าแบบควรเท่ากัน

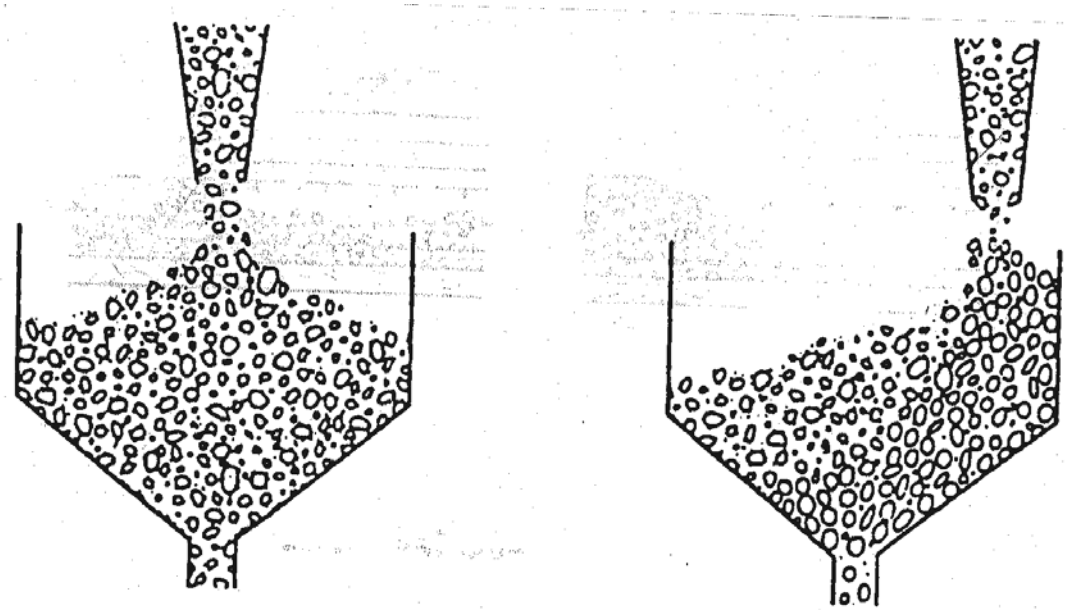
(5) โครงสร้างที่สามารถเห็นได้ชัดเจน เช่น เสา กำแพงของสะพาน หรือทางยกระดับ ควรเทคอนกรีตเข้าแบบด้วยอัตราอย่างน้อย 2 เมตร/ชั่วโมง และหลีกเลี่ยงการล่าช้าอันจะทำให้เกิด Cold Joint



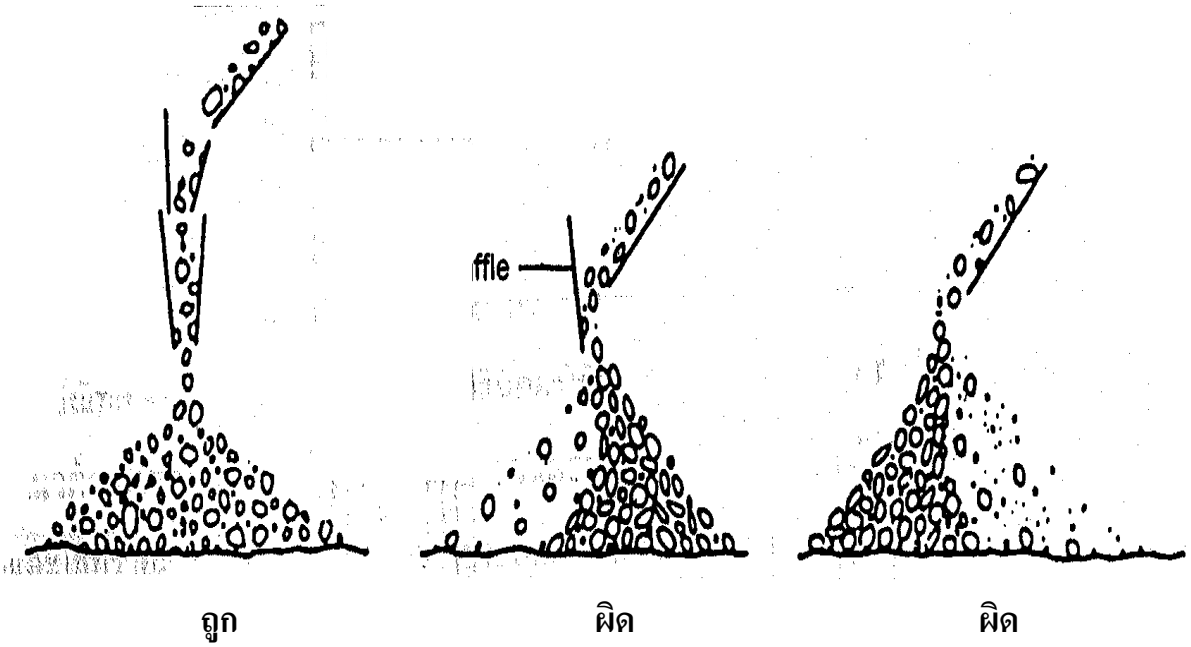
รูปที่ ค.8 การป้องกันการแยกตัวจากการเทคอนกรีตออกจากเครื่องผสม



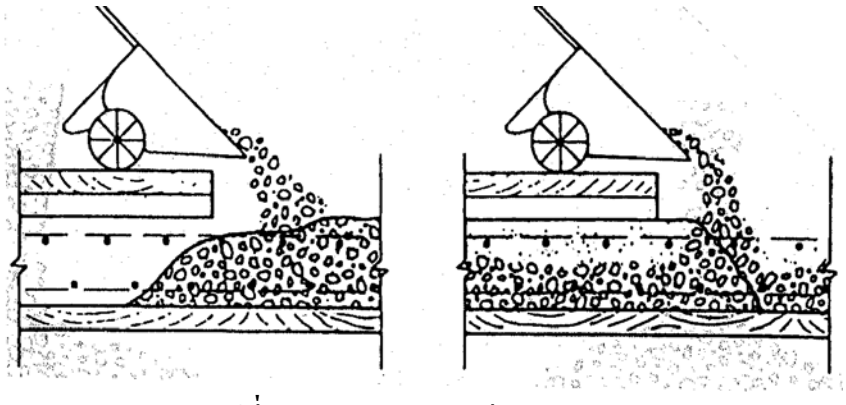
รูปที่ ค.9 การป้องกันการแยกตัวจากการเทคอนกรีตออกจาก Hopper



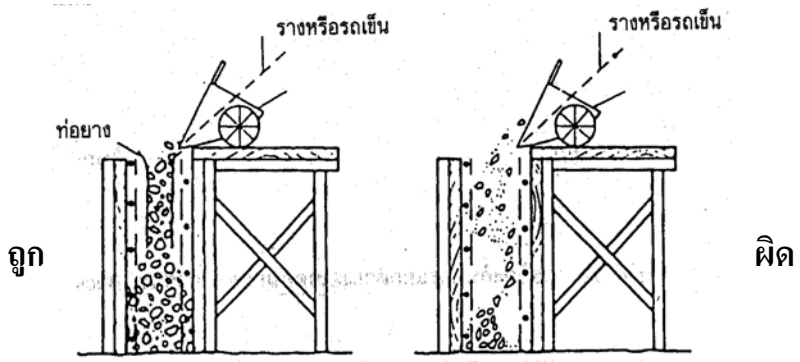
รูปที่ ค.10 การป้องกันการแยกตัวเมื่อเทคอนกรีตลงภาชนะ (Bucket)

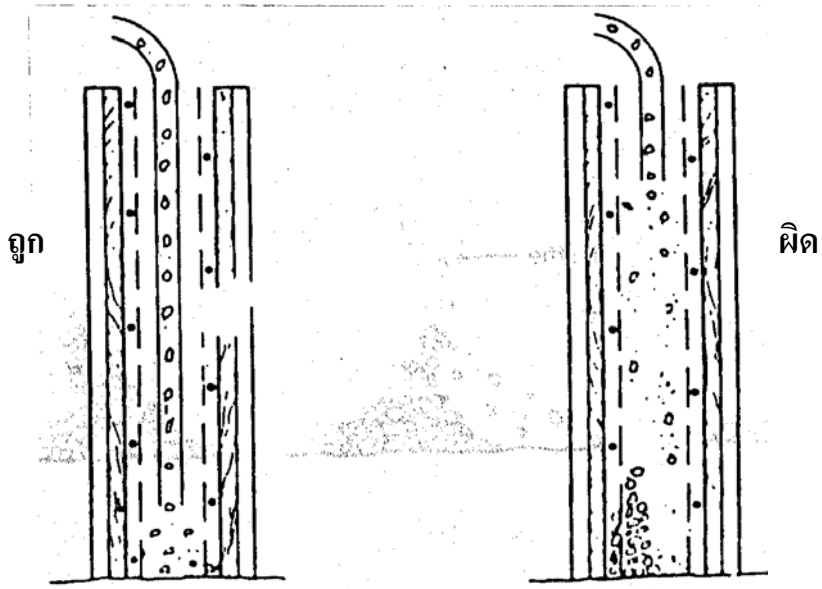


รูปที่ ค.11 การป้องกันการแยกตัวบริเวณปลายราง

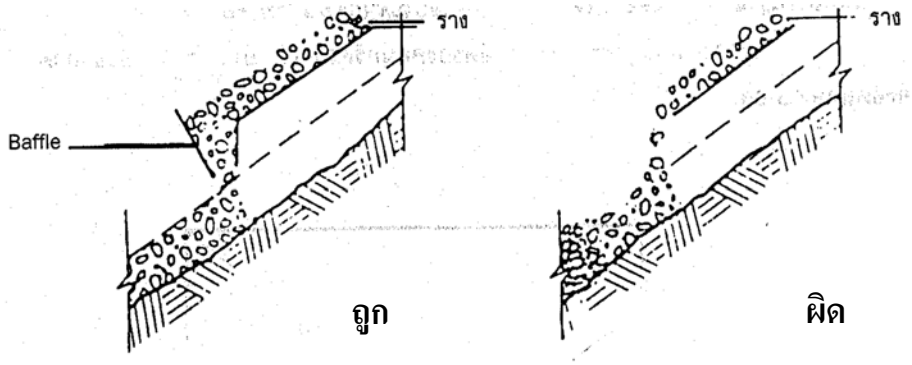


รูปที่ ค.12 การเทคอนกรีตจากรถเข็น





รูปที่ ค.13 การเทคอนกรีตสำหรับเสาหรือกำแพง



รูปที่ ค.14 การเทคอนกรีตพื้นเอียง

(6) คอนกรีตในแต่ละชั้น ควรจะได้รับการจี้ให้อัดแน่นก่อนที่จะเทคอนกรีตชั้นต่อ ๆ ไป และควรเทในขณะที่คอนกรีตชั้นล่างยังเหลวอยู่เพื่อจะได้โครงสร้างที่มีเนื้อเดียวกัน

(7) การเทคอนกรีตต้องระมัดระวังอย่าให้ไปปะทะไม้แบบ หรือเหล็กเสริม สำหรับโครงสร้างที่มีความสูงควรต่อท่อเทคอนกรีต (Tremie) เพื่อให้มั่นใจว่าเทคอนกรีตได้ถูกตำแหน่งที่ต้องการและลดการแยกตัว

(8) ควรเทคอนกรีตในแนวตั้งฉากกับแกนของโครงสร้าง

งานคอนกรีตในปัจจุบันมีวิธีการเทที่ใช้เทคนิคพิเศษ เช่น Slip-Forming, Tremie Method, Shotcreting, Preplaced Aggregate หรือ Roller Compacted Concrete ซึ่งรายละเอียดบางเรื่องอยู่ในส่วนของเรื่องงานคอนกรีตพิเศษต่าง ๆ ที่นิยมใช้กันก็คือ

(1) Slip-Forming เป็นวิธีการเทคอนกรีตและการเขย่าแบบอย่างต่อเนื่อง โดยใช้คอนกรีตที่มีความสามารถเทได้ต่ำ ซึ่งต้องมีการควบคุมคุณสมบัติอย่างดี วิธีนี้สามารถเทคอนกรีตได้ทั้งในแนวตั้ง และแนวนอน Slip-Forming ในแนวตั้งจะเคลื่อนตัวอย่างช้า ๆ รอให้คอนกรีตมีกำลังเพียงพอเพื่อรองรับคอนกรีตใหม่ที่เทลงอย่างต่อเนื่อง

(2) Tremie Method เหมาะสำหรับเทคอนกรีตในที่ลึกๆ ที่การอัดแน่นโดยวิธีทั่วไปทำไม่ได้ และในกรณีที่เทคอนกรีตในน้ำ การเทโดยวิธีนี้ต้องใช้คอนกรีตที่มีความสามารถเทได้สูง ไหลลงผ่านท่อด้วยแรงดึงดูดไปในแนวตั้งของท่อซึ่งจะดึงขึ้นทีละเล็กน้อย ส่วนผสมควรจะมีการเกาะยึดกันดีไม่แยกตัว โดยทั่วไปใช้ปริมาณซีเมนต์ที่สูงและใช้ทรายมากรวมทั้งมีการใช้น้ำยาช่วยเพิ่มความสามารถเทได้ด้วย

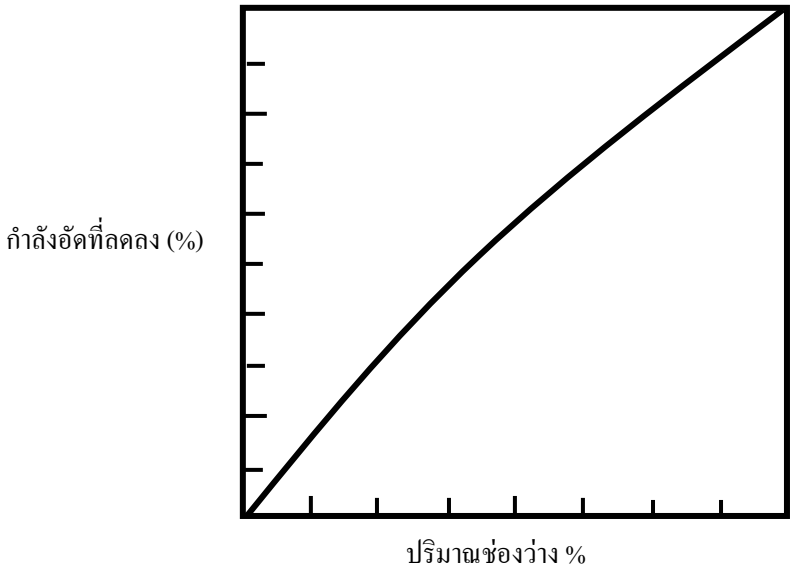
ค.4.2 การอัดแน่น

วัตถุประสงค์ของการอัดแน่นก็เพื่อที่จะไล่อากาศ (Entrapped Air) ออกจากส่วนผสมคอนกรีตให้มากที่สุด เท่าที่จะทำได้ และบังคับให้ส่วนผสมต่างๆ เข้าใกล้กันเพื่อจะได้คอนกรีตที่แข็งตัวที่มีช่องว่างน้อยที่สุด

ปริมาณของ Entrapped Air จะสัมพันธ์โดยตรงต่อความสามารถเทได้ของคอนกรีต ตัวอย่างเช่น คอนกรีตที่มีค่ายุบตัว 7.5 เซนติเมตร จะมีอากาศอยู่ประมาณ 5% ในขณะที่คอนกรีตที่มีค่ายุบตัว 2.5 เซนติเมตร จะมีอากาศอยู่ถึง 20% นั่นคือเหตุผลที่จะต้องทำการอัดแน่นอย่างดี สำหรับคอนกรีตที่มีค่ายุบตัวน้อย

เหตุผลที่สำคัญในการที่จะต้องขจัดฟองอากาศออกไปจากคอนกรีต คือ

(1) ช่องว่าง (Void) จะทำให้กำลังอัดของคอนกรีตลดลงโดยทุกๆ 1% ของอากาศ (Entrapped Air) จะทำให้กำลังอัดลดลง 5.6 %



รูปที่ ค.15 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดที่ลดลงกับช่องว่างในเนื้อคอนกรีต

(2) ช่องว่างจะเพิ่มความสามารถซึมผ่านได้ของน้ำ (Permeability) ซึ่งส่งผลให้ความทนทานลดลง

(3) ช่องว่างที่อยู่ใต้เหล็กเสริมจะลดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กเสริมกับมอร์ต้า

(4) ช่องว่างทำให้ผิวคอนกรีตดูไม่สวยงามหรืออาจก่อให้เกิดรูโพรง (Honeycombing)

สรุป คอนกรีตที่อัดแน่นอย่างสมบูรณ์จะมีเนื้อแน่นมีความแข็งแรง ทนทาน และป้องกันการซึมผ่านของน้ำสู่คอนกรีต ส่วนคอนกรีตที่อัดแน่นไม่ดีจะไม่แข็งแรงทนทานเกิดรูโพรง และมีความพรุนมาก

ค.4.3 เครื่องสะเทือนคอนกรีต

เครื่องสะเทือนคอนกรีต อาจแบ่งตามการใช้งานได้ 3 ประเภท คือ

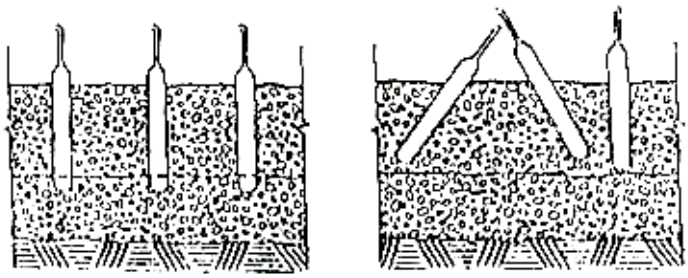
ค.4.3.1 สายจี้ (Internal Vibrators)

เป็นเครื่องมือที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ประกอบด้วยหัวจี้ (Poker) ซึ่งต่อสายมาจากมอเตอร์ วิธีใช้จะจุ่มหัวจี้ลงในคอนกรีตที่เหลวโดยหัวจี้จะปล่อยคลื่นความถี่ที่เหมาะสมลงไป บางที่เรียกเครื่องสะเทือนแบบนี้ว่า Poker Vibrator หรือ Immersion Vibrator

ความถี่ที่ใช้ทั่วไป คือ 70-200 Hz อุปกรณ์นี้ควรจะง่ายต่อการเคลื่อนย้าย เพื่อที่ว่าคอนกรีตจะได้ถูกเขย่าทุกๆ 0.5-1 เมตร ในเวลา 5 วินาที – 2 นาที ขึ้นอยู่กับความข้นเหลวของส่วนผสมการพิจารณาว่าคอนกรีตอัดแน่นสมบูรณ์ทำได้โดยดูจากผิวหน้าของคอนกรีต ซึ่งจะต้องไม่เป็นรูพรุนและต้องไม่มีมอร์ต้ามากเกินไป

การใช้เครื่องสะเทือนคอนกรีตอย่างถูกต้อง

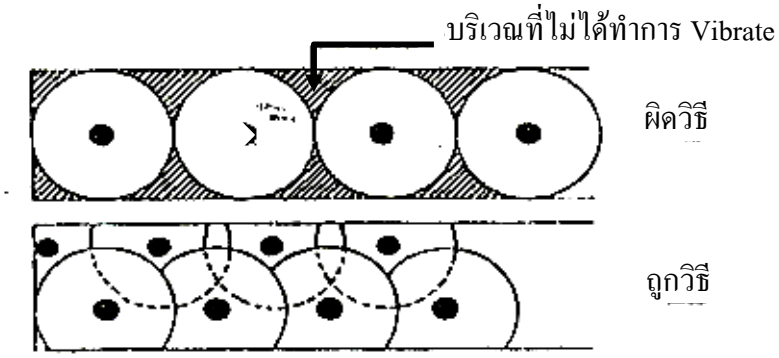
(1) ต้องจุ่มหัวจี้ลงไปตลอดความลึกของคอนกรีตสด และจี้ไปถึงชั้นล่างด้วย ถ้าคอนกรีตในชั้นล่างยังเหลวอยู่



ถูก ไม่ถูก

รูปที่ ค.16 การใช้หัวจี้

(2) การจี้ต้องให้ทั่วบริเวณคอนกรีต โดยต้องกำหนดระยะการจี้ที่ถูกต้องเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการอัดแน่น



รูปที่ ค.17 การจี้คอนกรีต

(3) เมื่อจี้เสร็จแล้ว ควรดึงหัวจี้ขึ้นอย่างช้า เพื่อให้ช่องเปิดที่เกิดจากหัวจี้ปิดตัวเองได้สนิท ไม่มีฟองอากาศยังอยู่

ตารางที่ ค.3 สรุปขนาดที่เหมาะสมของหัวจี้ (Poker) สำหรับงานแต่ละประเภท

ขนาดของหัวจี้ (มิลลิเมตร)	รัศมีทำการ (มิลลิเมตร)	อัตราการเทลบ.ม./ชั่วโมง	การใช้งาน
20-30	80-150	0.8-2	โครงสร้างบาง ๆ หรือในที่ ๆ ทำงานยากที่ใช้คอนกรีต ที่มีค่ายุบตัวมากกว่า 5 เซนติเมตร ในบางครั้งจะใช้ร่วมกับเครื่องเขย่าแบบ ในบริเวณที่มีเหล็กเสริม ท่อ หรืออุปสรรคต่อการอัดแน่น
35-40	130-250	2-4	สำหรับ เสากำแพง ที่ใช้คอนกรีตที่มีค่ายุบตัวมากกว่า 5 เซนติเมตร
50-75	180-350	3-8	โครงสร้างขนาดใหญ่ที่มีเหล็กเสริมไม่มากนักที่ใช้คอนกรีตที่มีค่ายุบตัวตั้งแต่ 2.5 เซนติเมตร ขึ้นไป

ค.4.3.2 เครื่องเขย่าแบบภายนอก (External Vibrators)

เครื่องเขย่าแบบนี้ติดอยู่กับไม้แบบ ซึ่งวางอยู่บนจุดวางที่ยืดหยุ่นได้ ดังนั้นทั้งแบบหล่อและคอนกรีตจะถูกเขย่าไปพร้อม ๆ กัน ผลคือ คอนกรีตจะถูกอัดแน่นโดยการเขย่าของไม้แบบซึ่งไม้แบบประเภทนี้จะต้องออกแบบให้มีความแข็งแรงไม่บิดงอหรือมีการรั่วไหลของน้ำปูน

เครื่องเขย่าประเภทนี้จะใช้ความถี่ในช่วง 50-150 Hz ส่วนมากมักใช้งานคอนกรีตอัดแรงหรือโครงสร้างขนาดบางที่มีรูปร่างและความหนาไม่เหมาะสมที่จะใช้ Internal Vibrator

การทำงานต้องเทคอนกรีตใส่แบบเป็นชั้นบาง ๆ เนื่องจากฟองอากาศไม่สามารถถูกขับออกจากคอนกรีตที่มีความหนามาก ๆ ได้ และตำแหน่งของเครื่องเขย่าแบบอาจเปลี่ยนแปลงได้ในขณะเทคอนกรีต

ค.4.3.3 โต๊ะเขย่า (Vibrating Table)

เป็นวิธีการเขย่าที่เหมาะสมสำหรับงานชั้นล่างคอนกรีตอัดแรงโดยมีประโยชน์ในแง่ที่การเขย่าทำได้อย่างสม่ำเสมอ วิธีการนี้อาจพิจารณาได้เหมือนกับกล่องหรือไม้แบบยึดติดกับเครื่องเขย่าแบบซึ่งตรงข้ามกับ External Vibrators แต่หลักการในการเขย่าคอนกรีตและไม้แบบไปพร้อมๆ กันเหมือนกันความถี่ที่ใช้อยู่ในช่วง 25-120 Hz

ภาคผนวก ง การเตรียมงานก่อนเทคอนกรีต งานเทคอนกรีต และการบ่มคอนกรีต

ง.1 การเตรียมงานก่อนเทคอนกรีต

(1) ตรวจสอบอัตราส่วนผสม การใช้คอนกรีตผสมเสร็จ (Ready Mixed Concrete) ต้องทำการ Calibrate เครื่องชั่งให้ถูกต้อง กรณีที่แบบก่อสร้างไม่ได้กำหนดอัตราส่วนผสมไว้ ผู้รับจ้างต้องเสนอขออนุมัติ Mixed Design และทำการทดสอบความสามารถรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง ให้เป็นไปตามข้อกำหนด

(2) ตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุส่วนผสมคอนกรีต คือ ประเภทปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และสารผสมเพิ่มให้ถูกต้องตามข้อกำหนด

(3) ตรวจสอบขนาดคละ (Gradation) ความต้านทานต่อการสึกหรอ (Abrasion) ความสะอาด ของหินหรือกรวด และทราย ให้เป็นไปตามข้อกำหนด

(4) ตรวจสอบแบบหล่อให้ได้ ขนาด ตำแหน่ง ระดับ ขนาดบัวลบเหลี่ยม ไม่มีรอยรั่ว มีสภาพสมบูรณ์ มีความแข็งแรง เหมาะสมในการใช้งาน

(5) น้ำมันทาแบบต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้ควบคุมงานก่อนนำมาใช้

(6) ตรวจชนิด ขนาด จำนวน ระยะห่าง ระยะทาบ ตำแหน่งการทาบ ความสะอาด ไม่มีสนิมขุม ของเหล็กเสริม ให้เป็นไปตามแบบรายละเอียดและข้อกำหนด

(7) ตรวจระยะหุ้มคอนกรีต (Covering) ให้ตรงตามข้อกำหนด เหล็กเสริมชั้นบนต้องมีขาหยั่ง (Bar Chair) รองรับให้แข็งแรงไม่ทรุด

(8) ตรวจตำแหน่ง ขนาดเหล็ก Dowel และช่องเจาะต่างๆ ให้ครบถ้วนตามแบบ

(9) ตรวจจำนวนคนงาน,ช่างและเครื่องมืออุปกรณ์ในการเทคอนกรีต ให้เพียงพอกับลักษณะงานและปริมาณงาน

(10) ตรวจแบบหล่อแท่งคอนกรีตตัวอย่าง อุปกรณ์ทดสอบความยุบตัว (Slump Test) ให้พร้อม

(11) ตรวจความสะอาดครั้งสุดท้ายก่อนเทคอนกรีตและต้องเตรียมอุปกรณ์ป้องกันกรณีฝนตกขณะเทคอนกรีต

ง.2 งานเทคอนกรีต

(1) การเทคอนกรีตต้องได้รับอนุญาตจากช่างผู้ควบคุมงานก่อนทุกครั้ง

(2) ตรวจสอบส่วนผสมให้เป็นไปตามอัตราส่วนผสมหรือข้อกำหนด

(3) หากใช้คอนกรีตผสมเสร็จ (Ready Mixed Concrete) ให้ควบคุมเวลาในการผสมคอนกรีตให้เหมาะสม ห้ามนำคอนกรีตที่ผสมนานเกินกว่า 45 นาทีมาใช้ ยกเว้นในกรณีที่ใส่สารหน่วงการก่อตัว

(4) ตรวจสอบการขนส่งคอนกรีตจากรถขนส่งไปยังจุดที่ต้องการเทโดยไม่ให้เกิดการแยกตัว ให้ใช้อุปกรณ์ช่วยในการเทคอนกรีตเพื่อป้องกันการแยกตัวในกรณีที่ระยะปล่อยคอนกรีตสูงเกินกว่า 2.00 เมตร

(5) ตรวจสอบความข้นเหลว (Slump)ให้เหมาะสมกับงานที่จะเทและเป็นไปตามข้อกำหนด

(6) ควบคุมให้มีการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ที่ทำให้คอนกรีตแน่นตัว (Vibrator) อย่างถูกวิธี

(7) ควบคุมการเก็บแท่งคอนกรีตตัวอย่าง เพื่อทดสอบความสามารถการรับแรงอัด

(8) การเทคอนกรีตใหม่เชื่อมกับคอนกรีตเก่าทุกครั้งให้ทำการสกัดผิวคอนกรีตเก่าให้ถึงหิน พร้อมกับทำความสะอาดและราดน้ำให้ชุ่มไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง จากนั้นทำการราดน้ำปูน หรือน้ำยาประสานคอนกรีตบนผิวบริเวณที่เตรียมไว้แล้วเทคอนกรีตใหม่ทันที

(9) ขณะที่เทคอนกรีตต้องตรวจสอบเหล็ก Dowel และช่องเจาะต่างๆ ไม่ให้มีการเคลื่อนที่จากตำแหน่งเดิม

(10) เมื่อคอนกรีตเริ่มแข็งตัวให้บ่มทันที

(11) การถอดแบบอนุญาตให้ทำได้ก็ต่อเมื่อคอนกรีตครบอายุ ตามข้อกำหนด ต่อไปนี้

- แบบประกอบข้างคาน เสาและกำแพง 2 วัน
- แบบประกอบด้านล่างรองรับคาน พื้นบน 14 วัน
- ในกรณีที่ผู้รับจ้างต้องการถอดแบบเร็วกว่าข้อกำหนด ความสามารถรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างของโครงสร้างนั้นต้องไม่น้อยกว่าความสามารถรับแรงอัดที่ 28 วัน

(12) ภายหลังถอดแบบหากพบว่ามีความบกพร่องของคอนกรีตให้ผู้รับจ้างเสนอวิธีการแก้ไขต่อนายช่างควบคุมงานโดยทันทีเพื่อพิจารณาให้ความเห็นชอบก่อนดำเนินการ

(13) วัสดุที่ใช้สำหรับทำรอยต่อระหว่างตัวท่อเหลี่ยมและปากท่อ การติดตั้งต้องปฏิบัติให้ได้ตามมาตรฐานและข้อกำหนด

(14) ตรวจสอบผลการทดลองความสามารถรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างให้เป็นไปตามข้อกำหนด

(15) หากผลการทดลองไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ให้ผู้ควบคุมงานรายงานสำนักฯเจ้าของงานทราบโดยทันที

ง.3 การบ่มคอนกรีต

คอนกรีตต้องการน้ำสำหรับปฏิกิริยาไฮเดรชัน ถ้ามีน้ำในส่วนผสมคอนกรีตมากเกินไปจะทำให้เกิดช่องว่างในโครงสร้างของซีเมนต์เพสต์มากและการรับกำลังจะลดลง ดังนั้นจึงพยายามที่จะใส่น้ำให้พอเพียงกับการทำปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์เท่านั้น ในทางทฤษฎีปริมาณในอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.42 ก็พอดีที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันที่สมบูรณ์ แต่ในทางปฏิบัติส่วนผสมต้องการน้ำมากกว่าเพราะมีการสูญเสียในระหว่างการทำปฏิกิริยา ถ้าผสมน้ำน้อยไป เช่นที่อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ต่ำกว่า 0.45 ถึง 0. 50 คอนกรีตจะใช้น้ำจนแห้งเรียกว่า “การแห้งตัว” (Self- Desiccation) ต่อจากนั้นคอนกรีตจะไม่สามารถทำปฏิกิริยาได้อีกยกเว้นว่าจะได้น้ำมาจากภายนอก นอกจากนี้คอนกรีตอาจสูญเสียน้ำจากการระเหยหรือจากการดูดซับน้ำของไม้แบบรองคอนกรีต หากมีการสูญเสียน้ำจนทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในคอนกรีตลดลงต่ำกว่าร้อยละ 80 คอนกรีตจะเกิดการแห้งตัว ดังนั้นจะต้องมีการบ่มคอนกรีตเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันและการพัฒนากำลังของคอนกรีตเกิดขึ้นอย่างเต็มที่ โดยการป้องกันการสูญเสียน้ำของคอนกรีตในขณะที่เทด้วยการกำบังลมและกำบังแดดและบ่มอย่างต่อเนื่องเมื่อคอนกรีตก่อตัวและแข็งตัวแล้ว นอกจากนี้การบ่มยังสามารถช่วยควบคุมอุณหภูมิของคอนกรีตได้ด้วย

ง.3.1 ระยะเวลาของการบ่ม

การบ่มทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์เกิดขึ้นได้ต่อเนื่อง โครงสร้างของเนื้อซีเมนต์จะแน่นขึ้นและคอนกรีตจะมีความแข็งแรง การบ่มเปียกตลอดเวลาให้กำลังอัดของคอนกรีตสูงสุด ขณะที่การบ่มในอากาศทำให้การเพิ่มกำลังอัดของคอนกรีตเป็นไปอย่างช้าและมีค่าต่ำกว่า กรณีที่บ่มเปียกมาก อิทธิพลของการบ่มมีผลมากในคอนกรีตที่มีพื้นผิวมาก เช่น แผ่นพื้น ถนน และคอนกรีตที่ขนาดเล็ก เนื่องจากน้ำระเหยออกได้ง่าย นอกจากนี้คอนกรีตที่ผสมวัสดุปอซโซลาน เช่น เถ้าถ่านหินและตะกรันเตาถลุงเหล็ก ต้องการการบ่มที่นานกว่าเนื่องจากปฏิกิริยาปอซโซลานเกิดได้ช้า ปฏิกิริยาไฮเดรชันของซีเมนต์เพสต์จะลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้นแต่ยังคงมีอยู่ต่อไปตราบที่ยังมีน้ำให้ทำปฏิกิริยาอยู่ ดังนั้นจึงควรบ่มคอนกรีตให้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้

เวลาสำหรับการบ่มคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ ที่สำคัญได้แก่ประเภทของปูนซีเมนต์และอุณหภูมิ ปูนซีเมนต์ที่ทำปฏิกิริยาไฮเดรชันได้เร็วและมีการพัฒนากำลังได้เร็วจะต้องการเวลาสำหรับการบ่มน้อยกว่าปูนซีเมนต์ที่ทำปฏิกิริยาช้า และที่อุณหภูมิต่ำคอนกรีตจะทำปฏิกิริยาได้ช้าและต้องการเวลาบ่มนานขึ้น อุณหภูมิของคอนกรีตที่ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียสพบว่ามีการพัฒนากำลังที่อายุต้นๆค่อนข้างต่ำ หากคอนกรีตมีอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส การพัฒนากำลังของคอนกรีตที่อายุต้นมีค่าน้อยมาก และที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส พบว่าคอนกรีตแทบไม่มีการพัฒนากำลังเลย ดังนั้นมาตรฐานสำหรับการบ่มคอนกรีตของสถาบันคอนกรีตอเมริกา ACI 308 (2) จึงระบุว่าเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 10 องศาเซลเซียส ให้มีการบ่มคอนกรีตอย่างน้อย 3 7 และ 14 วัน เมื่อใช้ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3 ประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 ตามลำดับ สำหรับมาตรฐาน BS 8110

ระบุเวลาในการบ่มขึ้นอยู่กับชนิดของปูนซีเมนต์และสภาพของอากาศ ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

ตารางที่ ง.1 เวลาในการบ่มสำหรับสภาพอากาศต่างๆ ตาม BS 8110

สภาพของอากาศ	เวลาในการบ่ม		
	5-10 °C	10 °C ขึ้นไป	5-25 °C
1. ความชื้นสัมพัทธ์เกินร้อยละ 80 มีกำบังแดดและลม - ปูนซีเมนต์ทุกชนิด	ไม่ต้องการดูแลเป็นพิเศษ		
2. ความชื้นสัมพัทธ์เกินร้อยละ 50 ถึง80 มีกำบังแดดและลมปานกลาง			
- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ,3, และ 5	4	3	60/ (t+10)
- ปูนซีเมนต์อื่น	6	4	80/ (t+10)
3. ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าร้อยละ 50 ไม่มีกำบังแดดและลม			
- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ,3, และ 5	6	4	80/ (t+10)
- ปูนซีเมนต์อื่น	10	7	140/ (t+10)

หมายเหตุ ในกรณีใช้สูตรในการคำนวณ t คืออุณหภูมิการบ่มองศาเซลเซียส

ง.3.2 การบ่มปกติ

การบ่มปกติสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ การป้องกันการสูญเสียน้ำและการบ่มเปียกหรือบ่มชื้น การบ่มเปียกที่ดีคือการบ่มในน้ำซึ่งจะให้คอนกรีตมีกำลังสูงขึ้นโดยเฉพาะที่อัตราส่วนต่อปูนซีเมนต์ต่ำ ดังแสดงในรูปที่ ค.2 เนื่องจากคอนกรีตต้องการน้ำในการทำปฏิกิริยาต่อไป

ง.3.2.1 การบ่มโดยการป้องกันการสูญเสียน้ำ

ในการเทคอนกรีตต้องป้องกันการสูญเสียน้ำของคอนกรีต ซึ่งสามารถทำได้โดยการทำกำบังแดดและกำบังลม มาตรฐาน BS 8110 ระบุว่าถ้ามีการกำบังแดดและลมและความชื้นสัมพัทธ์เกินร้อยละ 80 ก็ไม่จำเป็นต้องมีการบ่มหรือการดูแลเป็นพิเศษ อย่างไรก็ตามการวัดและการควบคุมความชื้นในภาคสนามทำได้ยากจึงควรที่จะมีการบ่มคอนกรีต การบ่มโดยการป้องกันการสูญเสียน้ำจะใช้วัสดุที่เป็นแผ่นคลุมหรือใช้สารบ่มคอนกรีตพ่นทับหน้าคอนกรีตเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำออกจากคอนกรีต

(1) แผ่นกันความชื้น

การบ่มโดยป้องกันการสูญเสียความชื้นสามารถทำได้หลายวิธี วิธีที่นิยมกันคือการใช้แผ่นกันความชื้น เช่น แผ่นพลาสติกประเภทโพลิเอทิลีน (Polyethylene) หรือกระดาษกันน้ำ (Water Proof Paper หรือ Kraft) คลุมหรือหุ้มโดยวางให้แนบกับผิวของคอนกรีต

รอยต่อระหว่างแผ่นจะต้องวางให้สนิทและมีระยะเหลื่อมมากพอเพื่อป้องกันความชื้นหนีออกไป สำหรับคอนกรีตที่ต้องการผิวหน้าที่ดี เช่น พื้นที่ชั้นดาดฟ้าหรือผิวถนน เมื่อตกแต่งผิวหน้าเสร็จและคอนกรีตแข็งตัวก็สามารถปูแผ่นกันความชื้นได้แต่ต้องทำด้วยความระมัดระวัง ในระหว่างการบ่มควรตรวจดูความเรียบร้อยของแผ่นกันความชื้น แผ่นกันความชื้นที่เสียหายจะต้องซ่อมแซมหรือปิดทับให้เรียบร้อย นอกจากนี้หากตรวจสอบพบว่าผิวหน้าของคอนกรีตแห้งจะต้องรดน้ำเพิ่ม การใช้แผ่นกันความชื้นจะทำให้ความชื้นภายใต้แผ่นเกิดการควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำโดยเฉพาะภายใต้แผ่นพลาสติกที่ย่นซึ่งจะทำให้สีของผิวหน้าคอนกรีตไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นจึงไม่นิยมใช้กับกรณีที่ต้องการโชว์ผิวหน้าคอนกรีตการใช้แผ่นกันความชื้นยังสามารถช่วยป้องกันความเสียหายของคอนกรีตโดยเฉพาะที่ผิวหน้าในระหว่างการก่อสร้างด้วย รายละเอียดข้อกำหนดของแผ่นกันความชื้นมีอยู่ในมาตรฐาน ASTM C171

(2) สารบ่มคอนกรีต

สารบ่มคอนกรีต (Curing Compound) สามารถใช้ในการป้องกันการสูญเสียน้ำของคอนกรีตได้ รายละเอียดข้อกำหนดของสารบ่มคอนกรีตมีอยู่ในมาตรฐาน ASTM C 309 การบ่มด้วยวิธีนี้เริ่มต้นด้วยการพ่นสารบ่มคอนกรีตให้เป็นแผ่นบางๆ (Membrane) คลุมผิวหน้าคอนกรีตไว้ สารที่นิยมใช้จะเป็นสารบ่มคอนกรีตสีขาว เนื่องจากสามารถตรวจสอบความสมบูรณ์ในการเคลือบผิวหน้าคอนกรีตได้ง่ายรวมทั้งสีขาวสามารถสะท้อนแสงและไม่เกิดปัญหาเรื่องการสะสมความร้อนนอกจากนี้ยังมีสารบ่มที่มีลักษณะโปร่งแสงแต่มีสีเพื่อที่จะสามารถตรวจสอบความสมบูรณ์ในการเคลือบ และสีดังกล่าวจะจางหายไปเองเมื่อเวลานานขึ้น

ในการพ่นสารบ่มต้องเตรียมผิวหน้าของคอนกรีตให้มีความชื้นอยู่ ถ้าผิวแห้งจะต้องให้ความชื้นกับคอนกรีตและถ้าคอนกรีตแห้งมากจะต้องขังน้ำบนผิวคอนกรีตดังกล่าวอย่างน้อย 2 ถึง 3 ชั่วโมงเพื่อให้คอนกรีตชื้น โดยเฉพาะในส่วนผสมที่มีปริมาณปูนซีเมนต์สูงซึ่งต้องการน้ำสำหรับทำปฏิกิริยามาก การพ่นสารบ่มให้พ่นสองชั้นในทิศทางตั้งฉากหรือขวางกัน และถ้าอากาศแห้งมากให้เคลือบสองชั้นสองเที่ยว ทั้งนี้เพราะการเคลือบเพียงสองชั้นยังอาจมีรูเล็กๆ ขนาดรูเข็มเหลืออยู่ ซึ่งในสภาวะอากาศที่แห้งมากน้ำจะสามารถระเหยออกได้ง่าย ในการพ่นสารบ่มลงบนผิวคอนกรีตต้องควบคุมให้สม่ำเสมอและควบคุมปริมาณสารบ่มที่ใช้ต่อพื้นที่ ในช่วงสัปดาห์แรกควรตรวจสอบและซ่อมแซมแผ่นบางที่เคลือบผิวหน้าคอนกรีตทุกวัน ทั้งนี้สามารถใช้ทรายคลุมทับผิวหน้าของแผ่นบางเพื่อให้สามารถทำงานได้ต่อไปโดยไม่เกิดความเสียหายต่อแผ่นบาง

ง.3.2.2 การบ่มชื้น

วิธีการบ่มคอนกรีตที่นิยมทำกันได้แก่การใช้น้ำพ่น การขังน้ำ และการใช้กระสอบชื้นหรือวัสดุเปียกชื้นคลุมทับคอนกรีต เนื่องจากผิวหน้าของคอนกรีตที่สัมผัสกับอากาศจะสูญเสียความชื้นได้ง่ายจึงควรให้ความชื้นหรือน้ำทันทีที่คอนกรีตแข็งแรงพอหรือทันทีที่ถอดแบบ น้ำที่ใช้ในการบ่มคอนกรีตควรเป็นน้ำที่ไม่ก่อให้เกิดคราบสกปรกบนผิวหน้าของคอนกรีต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ต้องการโชว์ผิวหน้าคอนกรีต รอยคราบสกปรกเหล่านี้มักเกิดจากการใช้น้ำที่มีสนิมเหล็กสูงหรือใช้น้ำที่ไหลผ่านท่อเหล็กในการฉีดน้ำเพื่อบ่มคอนกรีต การใช้สายยางในการลำเลียงน้ำเพื่อใช้ในการบ่มคอนกรีตสามารถลดปัญหาดังกล่าวได้ดี

การใช้กระสอบเปียกเพื่อบ่มคอนรีตเป็นที่นิยมกันมากเพราะสามารถใช้บ่มคอนกรีตหลังจากที่ตบแต่งผิวเสร็จไม่นานโดยไม่ทำอันตรายแก่ผิวหน้าคอนกรีต ในกรณีที่ใช้น้ำพ่นบนผิวคอนกรีตควรใช้กระสอบหรือผ้าเปียกปูทับผิวหน้าคอนรีตก่อนเพื่อป้องกันการชะล้างของผิวหน้าคอนกรีตอันเนื่องมาจากแรงฉีดของน้ำ และควรทิ้งกระสอบหรือผ้านี้ไว้จนแน่ใจว่าคอนกรีตแข็งตัวและไม่เป็นอันตรายเนื่องจากการชะล้างของน้ำแล้ว ควรใช้กระสอบ 2 ชั้นเพื่อให้สามารถเก็บความชื้นได้นานและต้องให้ความชื้นแก่คอนกรีตตลอดระยะเวลาที่ระบุในการบ่ม ทั้งนี้การใช้ท่อ หรือสายยางเจาะรูวางบนบริเวณด้านบนของคอนกรีตเพื่อจ่ายน้ำให้แก่กระสอบหรือผ้าเป็นวิธีการที่ดีมากวิธีหนึ่งที่ทำให้กระสอบหรือผ้าเปียกชื้นตลอดเวลา ควรปล่อยให้กระสอบหรือผ้าเปียกแห้งไปเองเมื่อครบเวลาของการบ่ม หลังจากนั้นคอนกรีตจะค่อยๆแห้งและไม่ค่อยเกิดการแตกร้าว กระสอบหรือวัสดุคลุมหรือผ้าคลุมที่ใช้เพื่อการบ่มคอนกรีตควรสะอาดและไม่ก่อให้เกิดคราบสกปรกติดอยู่บนผิวหน้าคอนกรีต การใช้กระสอบใหม่มีแนวโน้มว่าอาจเกิดคราบสกปรกเกาะบนผิวหน้าคอนกรีตได้เพราะการละลายของสารเคมีจากกระสอบ กระสอบเก่าที่ใช้บรรจุพืชผลมักจะมีความสกปรกสูงจึงไม่ควรนำมาใช้เพราะจะเกิดคราบสกปรกบนผิวหน้าคอนกรีตได้ง่าย

วัสดุเปียกชื้นที่นิยมใช้ทับผิวหน้าเพื่อบ่มคอนกรีต คือ ดินและทรายเปียกเพราะหาได้ง่าย ทั้งนี้ควรหลีกเลี่ยงการใช้หินหรือก้อนดินขนาดใหญ่เพราะน้ำในดินหรือในหินดังกล่าวจะระเหยออกได้ง่ายทำให้จุดดังกล่าวแห้ง และต้องทำให้ดินและทรายเปียกอยู่ตลอดเวลาขณะที่ทำการบ่มอยู่ นอกจากนี้ยังสามารถใช้แบบหล่อหรือไม้แบบป้องกันการสูญเสียน้ำและช่วยบ่มคอนกรีตได้โดยการฉีดน้ำลงบนคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วและแบบหล่อให้ชุ่มน้ำอย่างเพียงพอ เพื่อให้น้ำสามารถไหลลงภายในแบบหล่อคอนกรีตหรือไม้แบบเพื่อเป็นการบ่มชื้น

ภาคผนวก จ ปัญหาของเสาเข็มตอก การคำนวณกำลังรับน้ำหนัก การทดสอบน้ำหนักบรรทุก การทดสอบความสมบูรณ์ของเข็มเจาะ การตรวจสอบความสมบูรณ์ของหลุมเจาะ และความปลอดภัย

จ.1 ปัญหาของเสาเข็มตอก

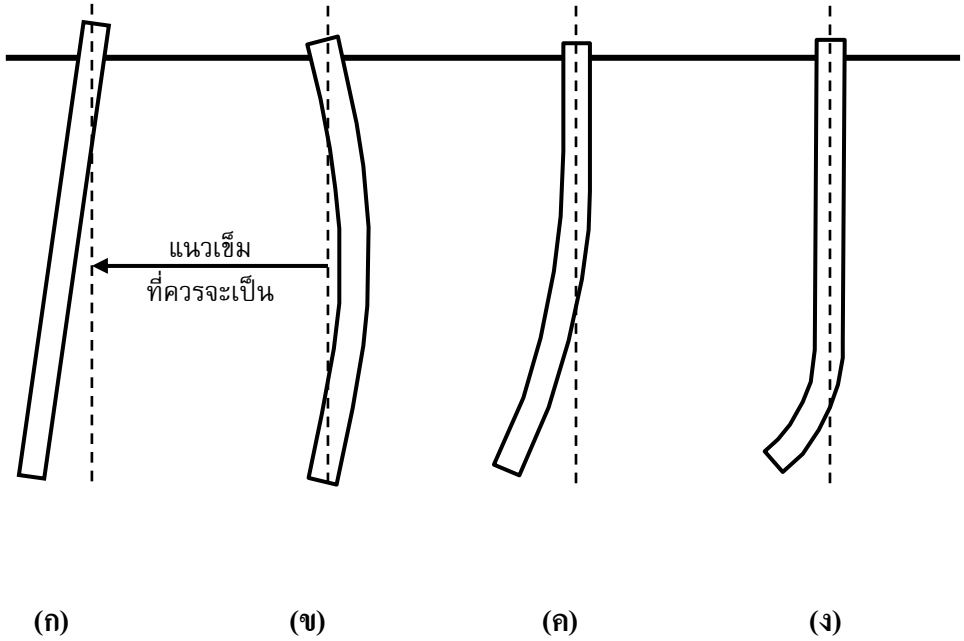
สามารถอธิบายถึงสาเหตุและการแก้ไขได้ดังนี้

ปัญหา	สาเหตุ	การป้องกัน การแก้ไข
1. เสาเข็มแตก	- คุณภาพคอนกรีตของเสาเข็ม	- ตรวจสอบคุณภาพ บางครั้งอายุเสาเข็มคอนกรีตอาจจะไม่ได้ครบกำหนด
	- Tensile Stress เกิดขึ้น มากเกินไป เนื่องจากการตอกเสาเข็ม Prestressed Concrete ที่มีขนาดยาวผ่านชั้นดินอ่อนซึ่งมีความหนามาก หรือ กรณีตอกไปยังชั้นดินแข็งบางๆ ที่ขวางกั้นหรือชั้นดินแข็งมากๆ หรือหิน	- ลดระยะยก Stroke - การเพิ่มไม้เนื้ออ่อน เป็น Cushion Material ระหว่าง Helmet กับเสาเข็ม - ควบคุม Tensile Stress
	- จาก Tensile Stress รวมกับ Torsional Stress อันเนื่องมากจากการจำกัดการเคลื่อนไหวระหว่างเสาเข็มกับปั้นจั่นโดยประกับหัวเสาเข็มหรือช่องว่างระหว่างหมวกกับตัวเสาเข็ม แน่นและคับมาก	- ปรับให้เสาเข็มสามารถเคลื่อนตัวได้ขณะทำการตอกเสาเข็ม
2. หัวเสาเข็มแตก	- Over Compressive Stress จากแรง Impact ของปั้นจั่นที่มากเกินไป หรือ Pile Cushion ไม่พอเพียงหรือ Pile Cushion หมดสภาพการใช้งาน	- โดยการใช้น้ำหนักตุ้มและปั้นจั่นให้เหมาะสมกับน้ำหนักเสาเข็ม - โดยการควบคุมระยะยก ใช้ตุ้มขนาดใหญ่ยกต่ำๆ ดีกว่า ตุ้มเล็กยกสูง - โดยการเพิ่ม Pile Cushion ให้หนาขึ้น
	- Bending stress อันเนื่องมาจากพื้นที่หน้าตัดหัวเข็มไม่สม่ำเสมอหรือไม่ตั้งฉาก แรงกระแทกจากปั้นจั่นนั้น จะไปยังจุดหนึ่งจุดใดของหัวเข็มแทนที่จะทั่วทั้งพื้นที่ของหัวเข็ม	- จัดระนาบให้ตั้งฉากกับหน้าปั้นจั่น ที่กระแทกลงบนพื้นที่หัวเสาเข็มอย่างเต็มระนาบ ตรวจดูPile Alignment และตรวจดู Hammer, Lead Alignment
	- Prestressing Steel ไม่ไปสุดที่ปลายเสา เข็มทำให้เกิด Stress มากเกินไปบริเวณหัวเสาเข็ม	- การผลิตเสาเข็ม และ การควบคุมให้เป็นไปตามแบบ
	- มี Spiral หรือ Stirrup Reinforcement ไม่พอ	- เพิ่มเหล็กเสริม Spiral หรือ Stirrup ส่วนที่ยังไม่พอเพียง โดยเฉพาะส่วนหัว
	- หัวเสาเข็มแตกจากการที่เครื่องจักรเหยียบย่ำ	- หลีกเลี่ยง

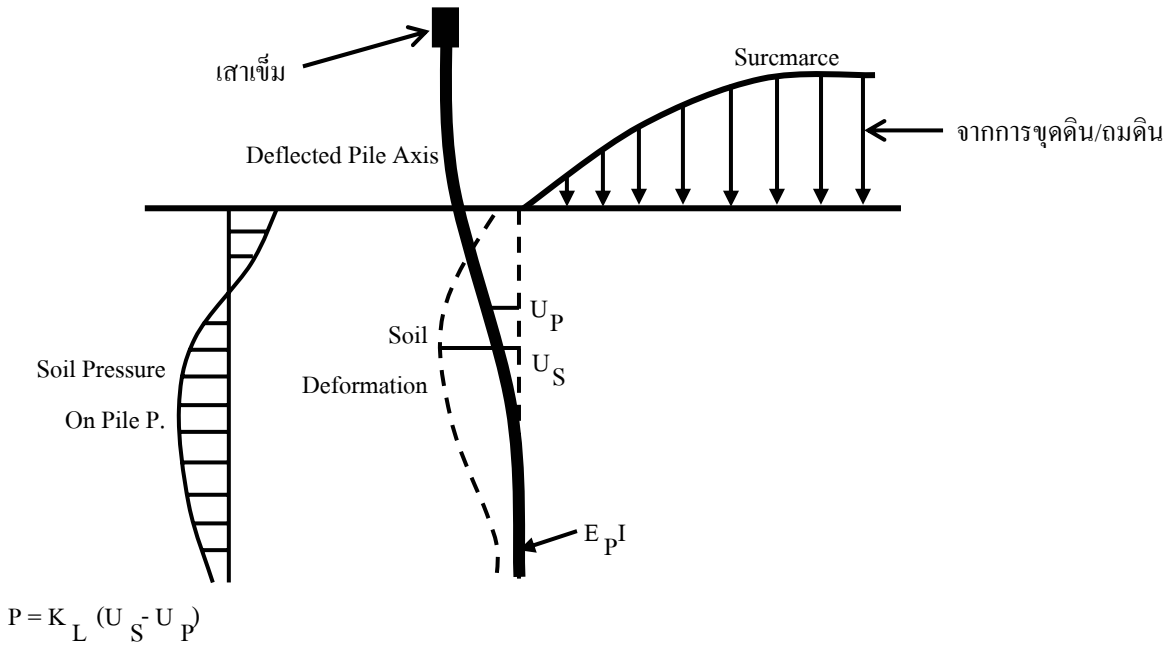
ปัญหา	สาเหตุ	การป้องกัน การแก้ไข
3. เสาเข็มบิ่น	- Over Bending Stress จากความไม่ราบเรียบของพื้นที่หน้าตัดของหัวเสาเข็ม อาจเนื่องจากด้านบนและด้านข้างของเสาเข็มคอนกรีต มี Chamfer ไม่เท่ากัน	- ควบคุมการผลิตเสาเข็มให้เป็นไปตามแบบ
	- Over Bending Stress จากการกระแทกของปั้นจั่นลงพื้นที่หน้าตัดด้านบนของเสาเข็มไม่เต็มพื้นที่	- รักษาแนว Alignment ของเสาเข็มและปั้นจั่นให้ตั้งฉาก
	- Over Compressive Stress เนื่องจาก Pile Cushion ไม่เพียงพอ บางเกินไป หรือหมดสภาพการใช้งาน	- เพิ่มความหนา และเปลี่ยนเมื่อหมดอายุ
	- บิ่นเนื่องจากการขนส่ง ความไม่เข้าใจในการวางเสาเข็ม การยกเสาเข็ม เข้าไปยังบริเวณก่อสร้างให้รับการกระแทก	- ทำความเข้าใจในการยกเสาเข็ม การขนส่งเสาเข็ม การวางเสาเข็มให้ถูกต้อง
4. เสาเข็มหัก	- Over Compressive Stress จากแรงกระแทกของปั้นจั่นมากเกินไปหรือ Pile Cushion น้อยเกินไปหรือหมดสภาพการใช้งาน	- ควบคุมการตอกเสาเข็ม - เพิ่ม/เปลี่ยน Pile Cushion
	- Over Tensile Stress จาก Wave Up/Wave Down ในการตอกเสาเข็มคอนกรีตขนาดยาวผ่านชั้นดินอ่อน	- ควบคุมการตอกเสาเข็ม - ตรวจวัด Tensile Stress
	- รอยเชื่อม รอยต่อขณะทำการตอก - หน้าตัดเสาเข็มไม่สม่ำเสมอโดยเฉพาะอย่างยิ่งเสาเข็มกลวง	- ปรับปรุงคุณภาพของการเชื่อมเสาเข็มต่อมาตรฐาน AWS - ควบคุมการผลิต ความแข็งแรงของแบบแกนใน
	- เสาเข็มหักที่ปลายเสาเข็ม เนื่องจากการตอกเสาเข็มไปยังชั้นดิน แข็งมากๆ หรือชั้นหิน	- ใส่ Pile Shoe หรือ Pile Tip หรือเพิ่มเหล็กเสริมตรงปลายเสาเข็ม
	- เสาเข็มส่วนบนหัก เนื่องมาจากความพยายามใช้ Black Hoe ดึง เพื่อให้ถึง Cut Off Elevation ทำอันตรายกับเสาเข็ม	- หลีกเลี่ยงการใช้ Back Hoe ใช้ใบมีดตัดหัวเสาเข็ม
5. เสาเข็มผุ	- เสาเข็มไม้ผุจากสภาพอากาศและธรรมชาติที่แปรปรวน เช่น ระดับน้ำใต้ดิน	- กรณีที่เสาเข็มไม่จมดินทั้งหมด ให้ใช้เสาเข็มไม้ที่ได้ทำ Preservative Treatment แล้ว
	- เสาเข็มเหล็กผุ จาก สภาพธรรมชาติ เช่น จากน้ำทะเล	- จัดทำ Corrosion Protection ให้เพียงพอก่อนใช้งาน
	- เหล็กเสริมในเสาเข็มเป็นสนิม เนื่องจากรอยร้าวในเสาเข็ม	- ป้องกันไม่ให้เสาเข็มแตกหรือร้าว เพิ่ม Covering

ปัญหา	สาเหตุ	การป้องกัน การแก้ไข
6. เสาเข็มร้าว	- การบ่ม คอนกรีต ไม่เพียงพอคอนกรีตยังไม่ได้อายุ	- ควบคุมการผลิต
	- การขนส่ง การวางเสาเข็ม การยกไปใช้งานไม่อยู่ในตำแหน่งจุดยกตามแบบ	- ควบคุม Handling Stress
	- Over Tensile Stress จากแรงกระแทกของปั้นจั่นมากเกินไป หรือ Pile Cushion น้อยเกินไป/หมดสภาพการใช้งาน	- ควบคุมการตอกเสาเข็ม - เพิ่ม/เปลี่ยน Pile Cushion - ควบคุม Tensile Stress
	- Over Compressive Stress จาก Wave Up/Wave Down ในการตอกเสาเข็มคอนกรีตขนาดยาวผ่านชั้นดินอ่อน หนาๆ หรือไปกระทบชั้นดินแข็ง	- ควบคุมการตอกเสาเข็ม
7. เสาเข็มเอียง	- เนื่องจากแรงดันด้านข้างของดินอ่อนจากการเปิดหน้าดินจากการขุด	- ระมัดระวังในการก่อสร้าง Surcharge ที่มีผลต่อเสาเข็มที่ตอกไปแล้ว
	- เนื่องจากรอยเชื่อมต่อระหว่างเสาเข็ม 2 ท่อนได้หลุดออก - ตอกเสาเข็มบนดินถม Embankment ที่เพิ่งถมเสร็จ อาจทำให้เกิด Lateral Squeeze ทำให้เสาเข็มเอียง	- เช็ค Pile Integrity เพื่อหาสภาพความสมบูรณ์ของเสาเข็ม - รอดินถมให้เกิด Settlement จนถึง 90 % Consolidation ก่อนทำการตอกเสาเข็ม
8. เสาเข็มหนีศูนย์	- จาก Pile Alignment กับแนวของปั้นจั่นขณะทำการตอกไม่ตรงกัน	- ควบคุมการตอกเสาเข็มให้ถูกต้อง
	- ความผิดพลาดเนื่องจาก การกำหนดตำแหน่งเสาเข็ม	- หา Reference หมุดหลักที่ถูกต้อง - ตรวจสอบการวัดระยะให้ถูกต้อง
	- แรงดันด้านข้างของดิน จากการตอกเสาเข็มทำให้เสาเข็มต้นที่ตอกก่อนมีการเคลื่อนตัว	- จัดแผนภูมิการตอกเสาเข็ม ให้เกิดการเคลื่อนที่ของดินน้อยที่สุด
	- แรงดันดินด้านข้าง ซึ่งเกิดจากดินถมช่วงเปิดหน้าดิน	- หลีกเลี่ยง Surcharge บริเวณที่ตอกเสาเข็ม

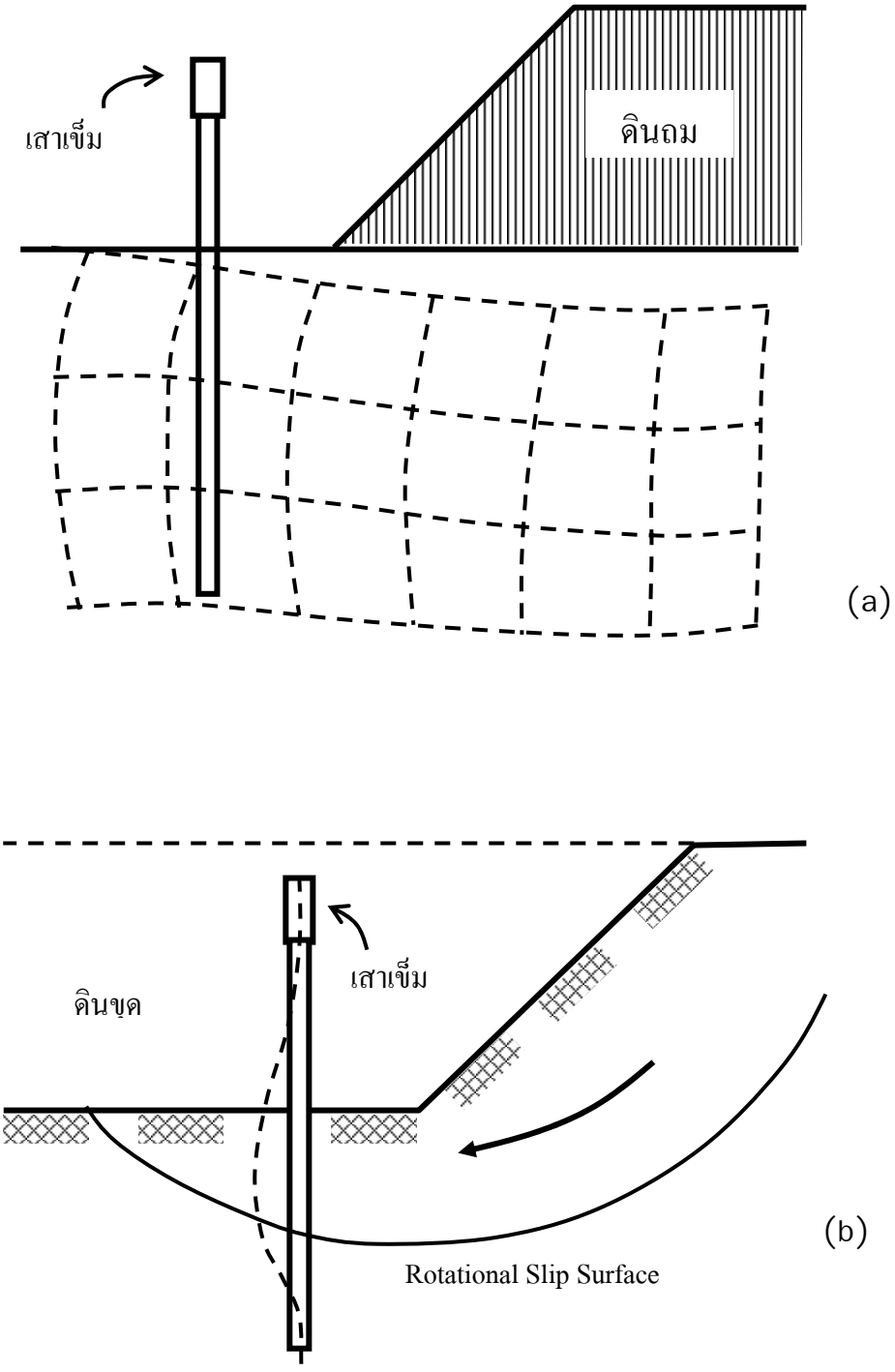
ปัญหา	สาเหตุ	การป้องกัน การแก้ไข
9. เสาเข็มไม่ได้ Blow / เข็มไม่ได้ Set	- ขึ้นอยู่กับ Criteria ที่ต่างกันส่วนใหญ่ที่มาจาก Dynamic Formula จากปั้นจั่น และอุปกรณ์ การตอกทำให้ค่าที่ได้ Over Conservative เช่น การใช้ Hiley Formula	- ใช้ Wave Equation Analysis of Pile ในการวิเคราะห์หาจำนวน Blow Count โดยอาจเปรียบเทียบกับสูตร Dynamic Formula หลายๆสูตร - หากตอกไปลึกพอสมควรยังไม่ได้ Blow Count อาจจะหยุดที่ความลึกของเสาเข็มขณะนั้นแต่ให้Verify หาการรับน้ำหนักของเสาเข็ม โดยการใช้ Static หรือ Dynamic Load Test
	- ความผิดปกติของชั้นดิน ที่ไม่มี Soil Boring เลย	- เจาะสำรวจดินบริเวณนั้น
	- เสาเข็มอาจจะหัก	- เช็คโดย Pile Integrity Test หาความสมบูรณ์
10. เสาเข็มไม่ได้ Pile Tip ที่กำหนด	- ไม่มีข้อมูล Structure Subsurface Investigation เลย	- เจาะสำรวจดินทำ Soil Boring
	- ความผิดพลาด จากวิศวกรผู้ออกแบบ/คุมงานที่ระดับชั้นทรายจาก Soil Boring เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา Tip Elevation เข็มจะเสียหาย เนื่องจากพยายามเข่นเสาเข็มให้ลงไปถึง Tip ที่ต้องการทำให้เกิด Overstress ทำอันตรายต่อเสาเข็ม	- Redesign/Analysis ในการพิจารณาให้ใช้ Blow Count ประกอบ หาก Blow Count ได้ก่อนถึง Tip ที่ต้องการให้หยุดแล้ว Verify โดยการใช้ Static หรือ Dynamic Load Test
11. เสาเข็มสั้นเกินไป	- ไม่มี Soil Boring	- ให้เจาะสำรวจดิน
	- เสาเข็มยังไม่ได้ Blow Count	- ให้ต่อความยาวของเสาเข็มให้ยาวขึ้นหากสงสัยให้หาน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มโดยวิธี Static หรือ Dynamic Load Test
12. เสาเข็มยาวเกินความจำเป็น	- Over Conservative จากการใช้ Dynamic Formula ในการคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม	- Redesign/Analysis - หากขัดแย้งกับ Soil Boring ให้ Verify Load หาน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม โดยใช้ Dynamic หรือ Static Load Test - ถ้าหัวเสาเข็มโผล่เกินระยะกว่าที่ฝัง Dowel ไว้ให้เจาะหัวเสาเข็มลงไปลึกไม่น้อยกว่า 1 เมตร แล้ว จึงเสียบเหล็ก Dowel ใหม่พร้อมกับอุดรูเจาะด้วย Epoxy



รูปที่ จ.1 เสาเข็มหนีศูนย์ (ก) เสาเข็มตรงแต่แกนเสาเข็มเอียง
(ข) เสาเข็มงอที่หัว และปลาย
(ค) ปลายเสาเข็มงอ
(ง) ปลายเสาเข็มคดเนื่องจากชั้นหินที่ปลาย



รูปที่ จ.2 ปัญหาเสาเข็มเอียงเนื่องจากการเคลื่อนตัวของดินทางด้านข้าง



รูปที่ จ.3 ปัญหาเสาเข็มเอียงเนื่องจากการเคลื่อนตัวของดินทางด้านข้าง

จ.2 ตัวอย่าง การคำนวณหากำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มโดยใช้ Hiley's Formula

(ตามแบบมาตรฐาน Sheet No.177)

สูตร $R = \frac{n.W.H.E}{S+C/2}$

$C = C_1 + C_2 + C_3$

เมื่อ R = Ultimate Bearing Capacity

$n = \frac{W + Pe^2}{W + P}$

W = Weight of Drop Hammer (Ton)

P = Weight of Pile (Ton)

e = Coefficient of Pile Head and Cushion

= 0.25 for Concrete Pile with Jute Mat Head Cushion

H = Hammer Drop Height (cm.)

E = Equipment Loss Factor = 1.00 for Free Falling Hammer

= 0.80 for Drop Hammer with Friction Winch

C = Temporary Compression

C_1 = Pile Shortening for Pile Length of L = $0.72 \frac{R}{A} L$ (cm.)

C_2 = Compression in Pile Head Cushion of L_2 = $1.1 \frac{R}{A} L_2$ (cm.)

C_3 = Compression in the Soil Underneath and Surrounding the Pile = $3.6 \frac{R}{A}$ (cm.)

L = Length of Pile (m.)

L_2 = Thickness of Pile Head Cushion (m.)

S = Penetration (cm.)

ตัวอย่าง เสาเข็มยาว 15 ม. ลูกตุ้มหนัก 4.0 ตัน เสาเข็มขนาด 0.40 x 0.40 ม.

L = 15 ม. W = 4.0 ตัน

p = 0.40 x 0.40 x 15 x 2.4 = 5.76 ตัน

e = 0.25 h = 100 ซม. E = 0.80

$$n = \frac{w + pe^2}{w + p} = \frac{4 + ((5.76)(0.25)^2)}{4 + 5.76} = \frac{4.36}{9.76} = 0.44672$$

$A = 40 \times 40 = 1{,}600$ ซม.^{2}

$L_2 = 0.05$ ม. S = 1.0 ซม.

$$C_1 = 0.72 \frac{R}{A} L = \frac{072 \times R \times 15}{1{,}600} = 0.00675\ R$$

$$C_2 = 1.1 \frac{R}{A} L_2 = \frac{1.1 \times R \times 0.05}{1{,}600} = 0.00003\ R$$

$$C_3 = 3.6 \frac{R}{A} = \frac{3.6 \times R}{1{,}600} = 0.00225\ R$$

$C = C_1 + C_2 + C_3 = 0.00903\ R$

สูตร $$R = \frac{n.W.H.E}{S + C/2} \qquad R = \frac{044672 \times 4 \times 100 \times 0.8}{1.0 + 0.004515\ R}$$

$0.004515\ R^2 + R - 142.9504 = 0$

$$R = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$R = \frac{-1 \pm \sqrt{(1)^2 - 4(0.004515)(-142.9504)}}{2(0.004515)}$$

$$R = \frac{-1 \pm \sqrt{3.58168}}{0.00903}$$

$$R = \frac{-1 + 1.892534}{0.00903}$$

$$R = \frac{0.892534}{0.00903}$$

R = 98.84 ตัน ใช้ 99 ตัน

จ.3 วิธีการทดสอบการบรรทุกน้ำหนักของเสาเข็ม

ผู้รับจ้างจะต้องเสนอรายละเอียดการทดสอบเสาเข็มเจาะเพื่อให้วิศวกรผู้ออกแบบอนุมัติ 14 วัน ก่อนทำการเจาะเสาเข็มและเสาเข็มสมอ (Anchor Piles) รายละเอียดต้องประกอบด้วย Shop Drawings ของเสาเข็มทดสอบและเสาเข็มสมอ รายละเอียด Test Beams และ Cross Beam วิธีการ Jack วิธีการวัดค่าการทรุดตัว และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เสาเข็มทดสอบจะต้องใช้คอนกรีตที่มีกำลังอัดของแท่งคอนกรีตลูกบาศก์มาตรฐานไม่น้อยกว่า 300 กก./ตร.ซม. เสาเข็มสมอต้องมีจำนวนและเหล็กเสริมเพียงพอที่จะรับแรงดึงสูงสุดที่ใช้ในการทดสอบโดยผู้รับจ้างจะต้องทำรายการคำนวณเสนอต่อวิศวกรผู้ออกแบบและได้รับการอนุมัติก่อนทำการทดสอบ

กรณีที่ไม่มีข้อกำหนดไว้เป็นอย่างอื่น การทดสอบให้กระทำเป็น 2 ชุด ได้แก่

<u>ชุดแรก</u> ให้บรรทุกน้ำหนักถึง 1.25 เท่าของค่าน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยที่คำนวณไว้แล้วลดลงเหลือศูนย์

<u>ชุดที่สอง</u> ให้บรรทุกน้ำหนักใหม่จากศูนย์ถึง 2.5 เท่าของน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยแล้วลดลงเหลือศูนย์

ขั้นตอนการทดสอบ

การจดบันทึกลักษณะรายละเอียดของเสาเข็มที่ทดสอบให้ปฏิบัติดังนี้

- <u>ชุดแรก</u>
  - เพิ่มน้ำหนักทดสอบเท่ากับค่าน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยที่คำนวณออกแบบไว้โดยให้เพิ่มน้ำหนักเป็นขั้นๆ ดังนี้ 25% 50% 75% 100% 125%
  - การเพิ่มน้ำหนักแต่ละขั้น ให้ใช้อัตราการเพิ่มการทรุดตัวประมาณ 1 มม. ต่อนาทีเป็นเกณฑ์ อ่านค่าการทรุดตัวของเสาเข็มที่ 1 2 4 8 15 30 60 90 120 180 240 นาทีและทุกๆ 2 ชั่วโมงให้ละเอียดถึง 0.01 มม. เป็นอย่างน้อย
  - การเพิ่มน้ำหนักแต่ละขั้นกระทำได้ต่อเมื่ออัตราการทรุดตัวลดลงถึง 0.25 มม. ต่อชั่วโมง แต่ต้องมีเวลาของการบรรทุกน้ำหนักในขั้นนั้นๆ ไม่น้อยกว่า 60 นาที
  - น้ำหนัก 125% ต้องรักษาน้ำหนักทดสอบไว้ เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง
  - ลดน้ำหนักทดสอบทุกๆ ชั่วโมงและเป็นขั้นๆ ดังนี้ 100% 50% 25% 0%
  - บันทึกค่าคืนตัว ที่ 1 2 4 8 15 30 45 และ 60 นาที ที่น้ำหนัก 0% ให้บันทึกต่อไปทุกๆ ชั่วโมงจนกระทั่งค่าของการคืนตัวคงที่
- <u>ชุดที่สอง</u>
  - เพิ่มน้ำหนักทดสอบให้เป็นจำนวน 2.5 เท่าของค่าน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยที่ออกแบบไว้โดยให้เพิ่มน้ำหนักเป็นขั้นๆ ดังนี้ 25% 50% 75% 100% 125% 150% 175% 200% 250%

- การเพิ่มน้ำหนักแต่ละขั้นให้ใช้อัตราการเพิ่มการทรุดตัวประมาณ 1 มม. ต่อนาทีเป็นเกณฑ์ อ่านค่าทรุดตัวของเสาเข็มที่ 1 2 4 8 15 30 60 90 120 180 240 นาที และทุกๆ 2 ชั่วโมง
- การเพิ่มน้ำหนักแต่ละขั้นกระทำได้ต่อเมื่ออัตราการทรุดตัวลดลงถึง 0.25 มม. แต่ต้องมีเวลาของการบรรทุกน้ำหนักในขั้นนั้นๆ ไม่น้อยกว่า 60 นาที
- ที่น้ำหนัก 250% ต้องรักษาน้ำหนักทดสอบไว้เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง
- ให้ลดน้ำหนักทดสอบทุกๆ ชั่วโมงและเป็นขั้นๆ ดังนี้ 200% 175% 150% 125% 100% 75% 50% 25% และ 0%
- บันทึกค่าคืนตัวของเสาเข็ม ที่ 1 2 4 8 15 30 45 และ 60 นาที ที่น้ำหนัก 0% ให้อ่านต่อไปทุกๆ ชั่วโมงจนกระทั่งค่าของการคืนตัวคงที่

หลักเกณฑ์การพิจารณาผลการทดสอบ

- กรณีที่เกิดการเสียหายของเสาเข็ม โดยสังเกตจากค่าการทรุดตัว อัตราการทรุดตัวหรืออื่นๆ โดยที่ไม่ได้เกิดจากสาเหตุในข้อ 14 ผู้ทดสอบจะต้องทำการกดเสาเข็มต่อไปจนกระทั่งค่าการทรุดตัวเท่ากับ 15% ของเส้นผ่าศูนย์กลางของเสาเข็ม (ยกเว้นกรณีที่มีเหตุผลสนับสนุนว่าจะทำให้เกิดอันตรายได้) โดยที่ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมการไว้ล่วงหน้าในกรณีนี้
- กรณีที่เกิดความผิดพลาด ผู้รับจ้างจะต้องแจ้งให้วิศวกรผู้ควบคุมงานและวิศวกรผู้ออกแบบทราบโดยทันที
- หลังจากสิ้นสุดการทดสอบ ผู้รับจ้างจะต้องเสนอกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและการทรุดตัวต่อวิศวกรผู้ออกแบบโดยทันที เพื่อขออนุมัติก่อนการรื้อถอนอุปกรณ์การทดสอบ

การรายงาน

หลังจากที่การทดสอบการบรรทุกน้ำหนักได้เสร็จสิ้นลง ผู้รับจ้างจะต้องส่งรายงานผลการทดสอบเสาเข็มนั้นต่อผู้ว่าจ้าง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- รายละเอียดของเสาเข็ม
- ตารางแสดงค่าน้ำหนักบรรทุก และการทรุดตัวที่อ่านได้ในระหว่างการบรรทุก และการลดน้ำหนักที่กระทำบนเสาเข็ม
- กราฟแสดงผลการทดลองในรูปของเวลา-น้ำหนักบรรทุก-การทรุดตัว
- หมายเหตุเกี่ยวกับสิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบการบรรทุกน้ำหนักของเสาเข็ม
- รายงานผลการทดสอบเสาเข็มจะต้องได้รับการลงนามรับรองโดยวิศวกรของผู้รับจ้าง
- การคำนวณค่า Ultimate load capacity โดยวิธี Chin’s Method
- การคำนวณค่า Friction และ Bearing load จากผลการทดสอบโดยวิธีที่เป็นที่ยอมรับได้

การยกเลิกการทดสอบเสาเข็ม

ในกรณีที่การทดสอบเสาเข็มจำเป็นต้องหยุดชะงักด้วยเหตุผลดังนี้

- แม่แรงหรือมาตรวัดชำรุด
- การยึดกับเสาเข็มสมอไม่เพียงพอ หรือไม่มั่นคงพอ หรือเหล็กเสริมในเสาเข็มสมอถึงจุดครากก่อนที่ควร
- หัวเสาเข็มร้าว หรือชำรุด
- การตั้งระดับพื้นฐานไม่ถูกต้อง หรือมีการกระทบกระเทือนต่อระดับและมาตรวัด
- คานโก่งตัวมากเกินไป หรือเสาเข็มสมอลอยตัว

ให้ยกเลิกการทดสอบและผลการทดสอบนั้นๆ เสีย และดำเนินการทดสอบการบรรทุกน้ำหนักอีกชุดหนึ่ง ตามคำแนะนำของวิศวกรผู้ควบคุมงานโดยผู้รับจ้างจะต้องออกค่าใช้จ่ายในการนี้เองทั้งสิ้น

ความประลัยของเสาเข็ม

เสาเข็มจะถือว่าประลัยเมื่อเกิดกรณีใดกรณีหนึ่งดังต่อไปนี้

- ส่วนหนึ่งส่วนใดของเสาเข็มโก่ง แตก หรือบิดเบี้ยวจากรูปเดิม หรือแนว หรือตำแหน่งเดิม
- ระยะทรุดตัวสูงสุดที่เสาเข็มเกิน 25 มิลลิเมตร เมื่อรับน้ำหนัก 2 เท่าของน้ำหนักบรรทุกใช้งานเป็นเวลา 24 ชั่วโมงหรือระยะทรุดตัวหลังจากการคืนตัว (Permanent Settlement) เมื่อลดน้ำหนักบรรทุกออกหมดแล้วมีค่าเกิน 6 มิลลิเมตร

ความสามารถในการรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็ม

หากไม่ระบุเป็นอย่างอื่น ให้คิดค่าน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยที่ยอมให้เสาเข็มทดสอบตามเกณฑ์ต่อไปนี้

- ร้อยละ 40 ของน้ำหนักบรรทุกที่ทำให้เกิดการทรุดตัวเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยที่น้ำหนักบรรทุกไม่เปลี่ยนแปลงหรือ ณ จุดที่น้ำหนักทดสอบค่อยๆ ลดลงหรืออยู่คงที่ในขณะที่เสาเข็มทรุดตัวในอัตราสม่ำเสมอ
- ร้อยละ 40 ของน้ำหนักบรรทุก ณ จุดที่การทรุดตัวทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.25 มม. ต่อตัน
- ร้อยละ 40 ของน้ำหนักบรรทุกที่จุดตัดกันระหว่างเส้นสัมผัสสองเส้น ซึ่งลากจากส่วนที่เป็นเส้นตรงของกราฟระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับระยะทรุดตัว

ทั้งนี้แล้วแต่ว่าค่าไหนจะน้อยกว่ากัน

จ.4 การทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มเจาะ (Cross Hole Sonic Logging Test)

การทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มเจาะด้วยวิธี Cross-Hole Sonic Logging เป็นการทดสอบความสมบูรณ์ของเนื้อคอนกรีตโดยการส่งผ่านคลื่นเสียง (Ultra Sonic Pulse) จากหัวส่งสัญญาณไปยังหัวรับสัญญาณ โดยที่ระยะเวลาที่คลื่นใช้ในการเดินทางผ่านเนื้อคอนกรีตที่มีคุณสมบัติคงที่ จะมีค่าเท่ากันตลอดช่วงความยาวเสาเข็ม แต่ในกรณีที่ช่วงใดช่วงหนึ่งมีสภาพเนื้อคอนกรีตเปลี่ยนแปลงไประยะเวลาที่คลื่นใช้ในการเดินทาง จากหัวส่งสัญญาณไปยังตัวรับสัญญาณ จะมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เนื่องจากความเร็วคลื่นที่ใช้ในการเคลื่อนที่มีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นกรณีเสาเข็มเจาะมีเนื้อคอนกรีตดีสม่ำเสมอ เครื่องจะพิมพ์ผลเป็นแถบสีที่มีความสม่ำเสมอตลอดทั้งต้น

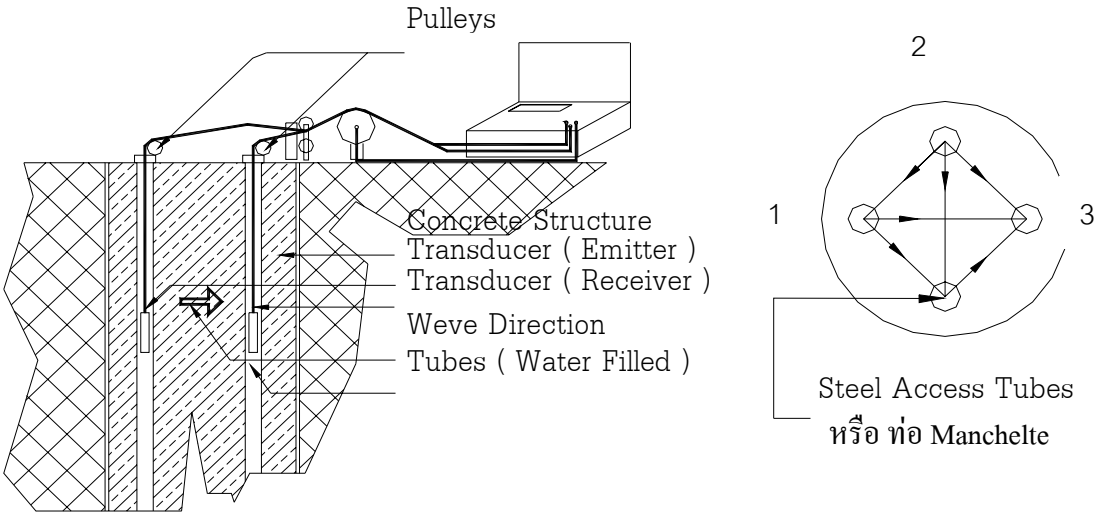
การทดสอบด้วยวิธีนี้เป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน เพราะสะดวกรวดเร็วและสามารถทำการทดสอบได้โดยตลอดเสาเข็มทั้งต้น สามารถทดสอบได้ทั้งในโครงสร้างเสาเข็มเจาะ Caisson เสาเข็ม Barrette และโครงสร้างกำแพงกันดิน (Diaphragm Wall) ซึ่งโครงสร้างในลักษณะนี้มีสาเหตุของสภาพความไม่สมบูรณ์ที่อาจเกิดขึ้น พอสรุปได้ดังนี้

- ความเป็นโพรงของเนื้อคอนกรีต เนื่องจากการจี้ (Vibration) ไม่เพียงพอในขณะเทคอนกรีต
- การแยกตัวที่เกิดขึ้นจากการจี้ (Vibration)ที่มากเกินไประหว่างส่วนผสมในคอนกรีต
- การชะล้างของปูนซีเมนต์ที่เกิดจากการที่น้ำใต้ดินไหลผ่าน
- รอยแตกร้าวที่เกิดจากการหดตัวของเนื้อคอนกรีต
- สิ่งแปลกปลอมที่ผสมอยู่ในเนื้อคอนกรีต
- รอยคอดหรือการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเสาเข็มที่เกิดจากการพังทลายขอบดินรองข้างในระหว่างที่ทำการถอนปลอกเหล็กกันดินพังทลาย (Casing)

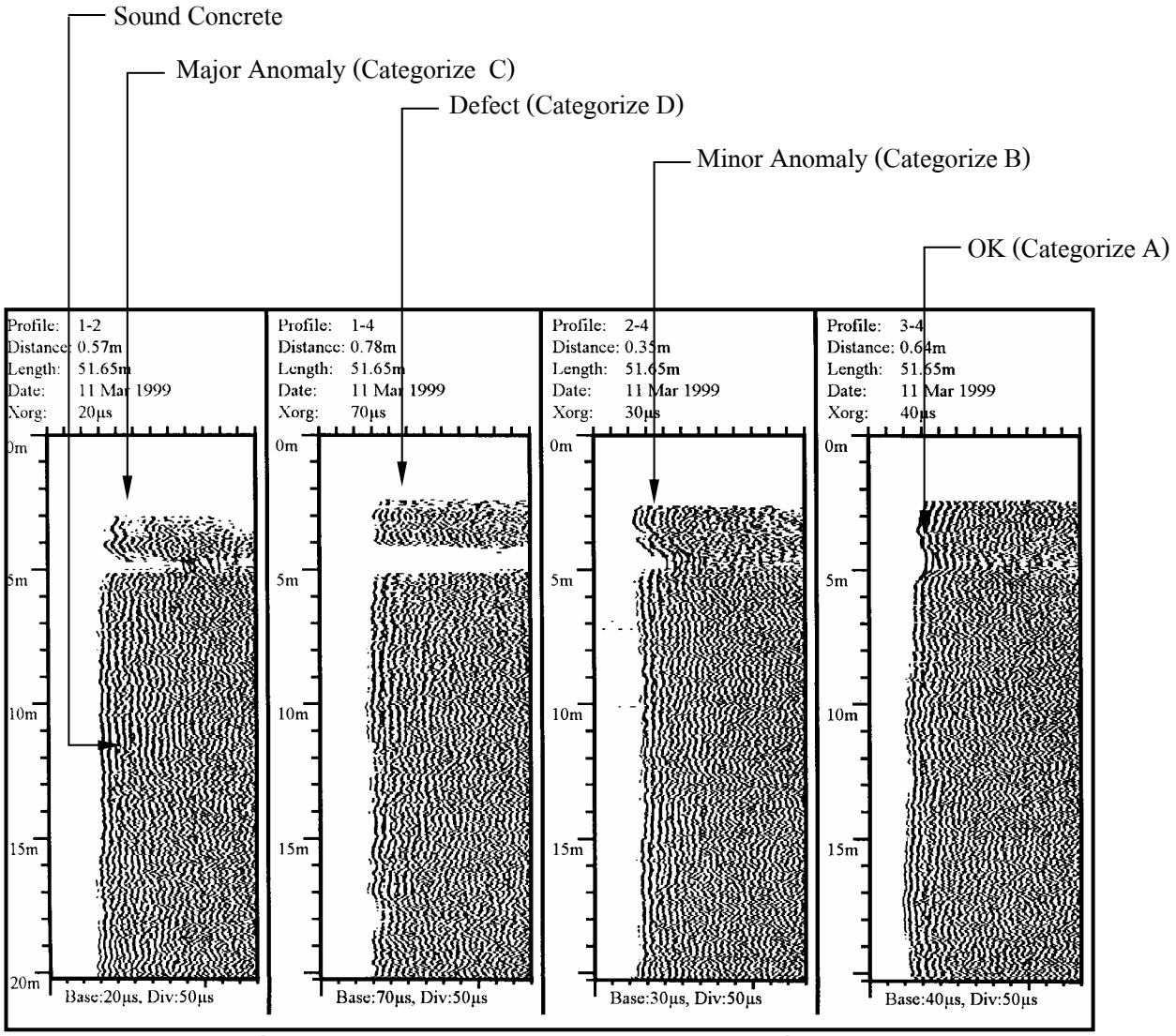
การทดสอบจะกระทำหลังจากที่เทคอนกรีตแล้วเสร็จประมาณ 14 วัน หรือเมื่อกำลังอัดของแท่งคอนกรีตตัวอย่างเป็นไปตามข้อกำหนดได้ โดยทดสอบผ่านท่อ Manchette ที่เตรียมไว้ จำนวนท่อขึ้นอยู่กับขนาดเสาเข็มเจาะ

รูปที่ จ.4 การทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มเจาะโดยวิธี Sonic Logging Test

รูปที่ จ.5 เครื่องมือทดสอบ Sonic Logging Test



รูปที่ จ.6 รูปการติดตั้งเครื่องมือทดสอบ



รูปที่ จ.7 รูปตัวอย่างแถบสีแสดงสภาพเนื้อคอนกรีตที่ทำการทดสอบ

จ.5 การตรวจสอบความสมบูรณ์ของหลุมเจาะ (Sonic Caliper Measurement)

การตรวจสอบความสมบูรณ์ของหลุมเจาะเสาเข็ม สามารถทำได้ด้วยวิธี Sonic Caliper Measurement หรือ Koden Test โดยทำการทดสอบในระหว่างการขุดเจาะ หรือก่อนที่จะทำการติดตั้งเหล็กเสริมลงไปในหลุมเจาะ ผลที่ได้จากการตรวจสอบ ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลุมเจาะ ความลึก และค่าความลาดเอียงของหลุมเจาะ โดยเครื่องทดสอบจะพิมพ์ภาพลักษณะของหลุมเจาะในสองแนวแกนออกมา สามารถพิจารณาตรวจวัดได้ชัดเจน ดังแสดงในรูป ค่าความลาดเอียงของหลุมเจาะที่ยอมให้ต้องไม่เกิน 1:100 หากผลการตรวจสอบลักษณะหลุมเจาะไม่เป็นตามข้อกำหนดให้พิจารณาขุดเจาะปรับแก้ลักษณะหลุมเจาะและตรวจสอบซ้ำจนกระทั่งหลุมเจาะเสาเข็มมีสภาพที่เหมาะสม

รูปที่ จ.8 การตรวจสอบสภาพผนังหลุมเจาะ (Drilling Monitor) โดยใช้เครื่องมือ KODEN

รูปที่ จ.9 ผลการตรวจสอบสภาพผนังหลุมเจาะที่พิมพ์จากเครื่อง KODEN

จ.6 ความปลอดภัย

หลังจากเทคอนกรีตเสาเข็มเสร็จแต่ละต้นในกรณีที่เจาะดินทิ้งไว้โดยไม่มีผู้ดูแล ผู้รับจ้างจะต้องใช้แผ่นเหล็กปิดรูเจาะทุกรู หรือใช้กรงเหล็กครอบไว้หรือวิธีอื่นใดที่เหมาะสมเพื่อป้องกันมิให้คนตกลงไปได้ นอกจากนั้นต้องมีอุปกรณ์ให้ความปลอดภัย เช่น กระเช้า กว้าน และอื่นๆ เพื่อป้องกันอันตรายและช่วยเหลือคนงานในกรณีฉุกเฉินหรือเกิดอุบัติเหตุ

ภาคผนวก ฉ แผ่นยางรองคาน

ฉ.1 การทดสอบแผ่น Elastomeric Bearing Pad ชนิดเสริมเหล็ก

วิธีการทดลองโดยวิธี Quick Production Test มีจุดประสงค์ ดังนี้คือ

(1) Check for Misplaced Reinforcing Plate

(2) Bond Failure at Steel/ Elastomer Interface

(3) Surface Defects

(4) ค่า Stiffness ของแผ่น Elastomeric Bearing

เครื่องมือที่ทำการทดลองประกอบด้วยเครื่อง Compression มีประสิทธิภาพที่สามารถกดด้วยแรงมากกว่า Max Design Load ประมาณ 1.5 – 2 เท่า และ Dial Guage ที่สามารถอ่านค่า Deflection ได้ละเอียดถึง 1/100 มิลลิเมตร

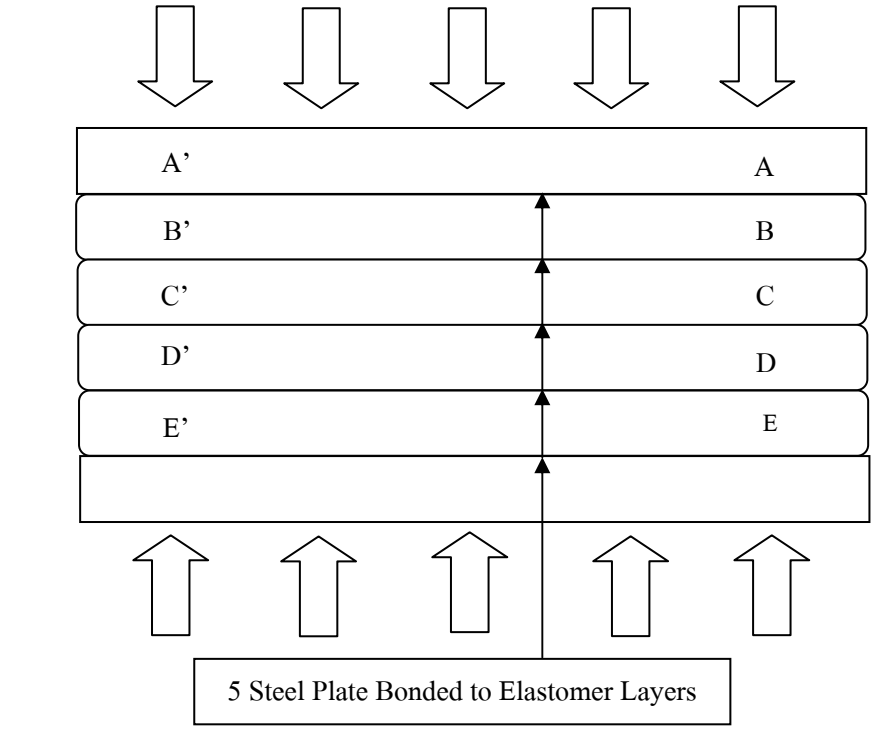
ก่อนทำการทดลองกดแผ่น Elastomeric Bearing ให้ค่อยๆเพิ่ม Load ถึง Max Design Load ตามที่ Design ไว้แล้วค่อยๆ ปล่อย Load ลงทีละน้อย วิธีการนี้เพื่อให้แผ่น Bearing ปรับตัวก่อนแล้วจึงจะเริ่มการทดลอง โดยเพิ่ม Load ขึ้นทีละน้อยและจดบันทึกค่า Load และ Deflection เมื่อ Load ถึง 1/3 ของ Max Design Load ให้จดค่า Deflection ($\Delta 1$) ของ Bearing ไว้แล้วค่อยๆ เพิ่ม Load จนถึง Max Design Load ให้จดค่า Deflection ($\Delta 2$) อีกครั้งหนึ่ง นำค่าที่ได้มาหาค่า Compressive Stiffness (KC)

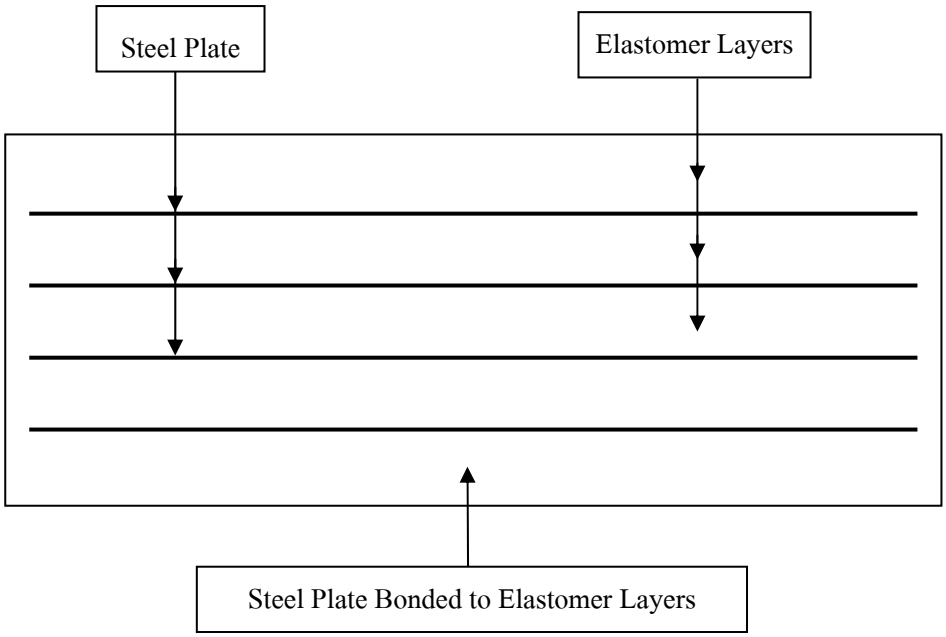
$$\text{Stiffness (KC)} = \frac{\text{Max Design Load - 1/3 Max Design Load}}{\text{Total Deflection } (\Delta 2 - \Delta 1)}$$

ค่า KC (Compressive Stiffness หรือ Vertical Stiffness) จากการทดลองต้องอยู่ใน Range $\pm$20% ของค่า KC เฉลี่ยใน Batch ที่ผลิต และไม่เกิน $\pm$ 20% ของค่า KC ที่ออกแบบด้วยจึงจะถือว่าผ่านการทดลองเฉพาะในค่า Compressive Stiffness และในระหว่างเพิ่ม Load ถึง Full Load ให้ค้าง Load ไว้เพื่อทำการตรวจสอบด้วยสายตาว่ามีสิ่งผิดปกติอื่นๆ หรือไม่ ดังนี้

- ตรวจสอบว่าการเรียงแผ่นเหล็กภายในแผ่น Bearing วางเรียงตรงตามตำแหน่งที่ออกแบบไว้หรือไม่ และสามารถตรวจนับจำนวนแผ่นเหล็กเสริมภายในแผ่น Bearing ได้

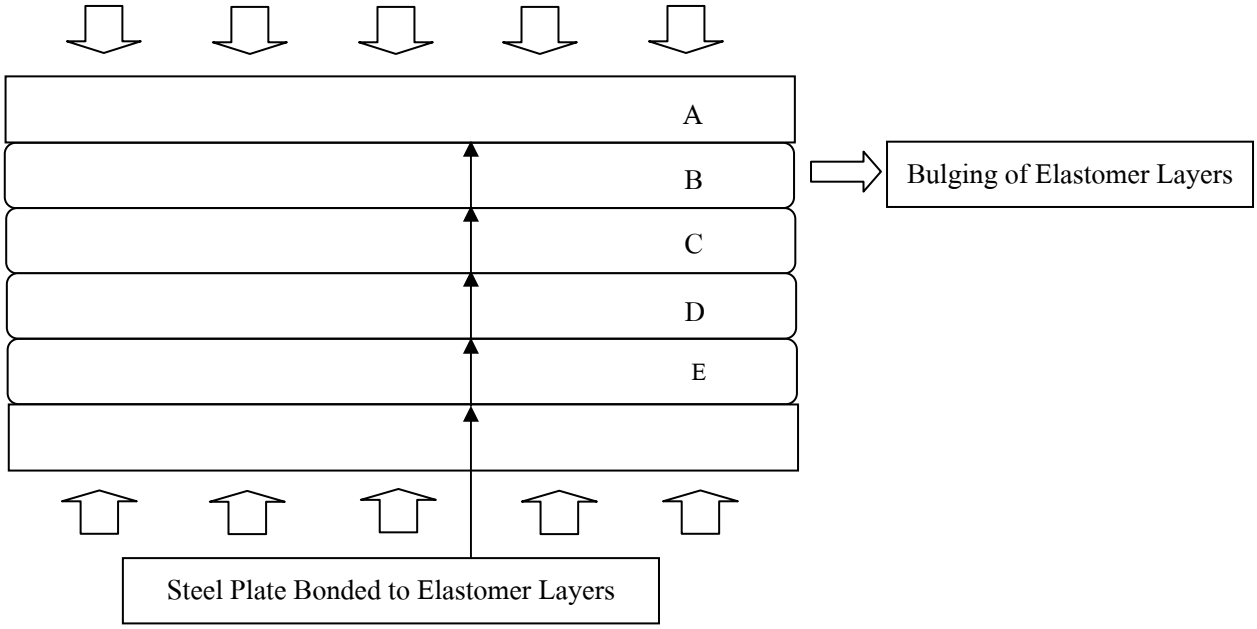
  จากรูปที่ ค-1 ตรวจสอบการเสริมแผ่นเหล็กที่แนว A′A, B′B, C′C, D′D, E′E ครบจำนวนตามที่ออกแบบไว้





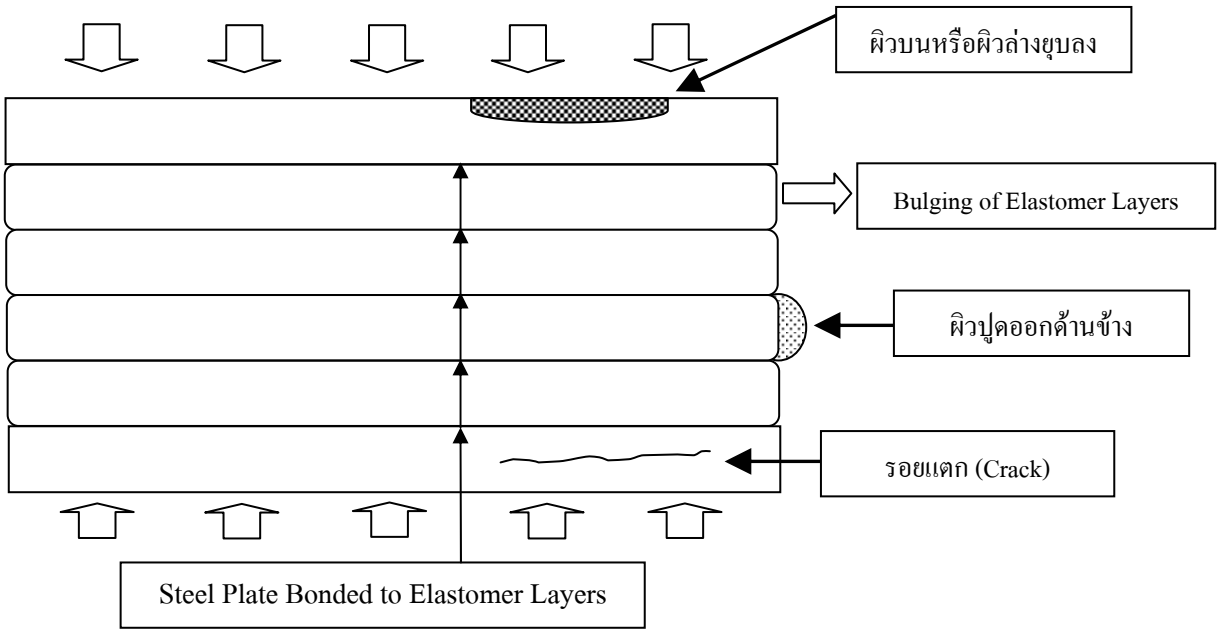
รูปที่ ฉ.1 Steel Plate Bonded to Elastomer Layers

- ถ้าแผ่นเหล็กวางไม่ตรงตำแหน่งเมื่อเวลากด Load จะสังเกตเห็นลักษณะของการพอง(Bulging) จะโย้ไปมาไม่อยู่ในแนวดิ่ง ตามรูปจุด A B C D E ถ้าอยู่ในแนวดิ่ง เมื่อเวลาใส่ Load จะสังเกตได้ง่าย Bulging จะปูดออกมาเท่าๆ กันถือว่าผ่านการทดสอบไปอีก 1 ขั้น ดังรูปที่ ค-2



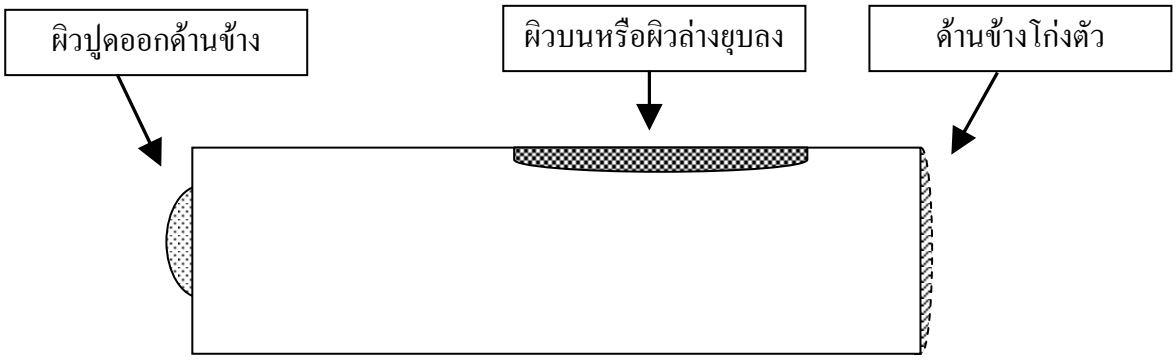
รูปที่ ฉ.2 Loaded Bearing Pad

- กรณีไม่เกิด Bond Failure at the Steel / Elastomer ลักษณะการพอง (Bulging) ทุกอันจะโป่งออกมาเท่าๆ กัน หากมี Bond Failure ที่ใด Bulging ที่อยู่ติดกับแผ่นเหล็กนั้นจะโป่งออกมากกว่าที่อื่น ดังรูปที่ ค-3



รูปที่ ฉ.3 แสดงลักษณะความเสียหายของแผ่นยางในกรณียางมีคุณภาพไม่คงที่

- ตรวจสอบรอยแตก (Crack) บนแผ่นยางขณะทดสอบ และภายหลังการทดสอบ ดังรูปที่ ค-3
- กรณีเกิด Surface Defects เนื่องจากการผลิตหรือภายหลังการทดสอบ โดยสังเกตจากผิวหน้าของแผ่นยางยุบลงหรือโป่งออก ดังรูปที่ ค-4



รูปที่ ฉ.4 แสดง Surface Defects ของแผ่นยางทั่วไป

ฉ.2 การทดสอบแผ่น Plain Bearing ชนิดไม่เสริมแผ่นเหล็ก

ตามมาตรฐาน BS 5400 : Section 9.2 ให้ทำ Load Test เพื่อตรวจสอบการแสดงผลของ Bearing ทั้งความสามารถของการใช้งาน (Serviceability) และ Ultimate Limit Stage ก่อนการทดสอบควรทำการกดแผ่น Bearing ถึง Load ที่ใช้งานแล้วปล่อย Load จากนั้นจึงทำการทดลองแผ่น Bearing โดยการเพิ่มแรงกดอย่างช้าๆ และจดค่า Load และค่า Deflection ทุกๆ ค่าตาม Rate ที่เพิ่มขึ้นจนถึง Maximum Load และค้างไว้จนกระทั่ง Creep ที่เกิดขึ้นยุติลง (ขณะที่เข็มของ Dial Gauge อ่านค่าของ Deflection หยุดนิ่ง) จากนั้นคลาย Load ลงตาม Rate เหมือนการเพิ่ม Load ตรวจสอบและบันทึกค่า Deflection ของทุกๆ Load เดียวกันขณะเพิ่มขึ้นและลดลง หากค่า Deflection ไม่เกิน 20 % แสดงว่าแผ่น Bearing นั้น ผ่านการทดสอบ

ตัวอย่าง การบันทึกการตรวจสอบค่า Load – Deflection ขณะเพิ่ม Load ขึ้น และคลาย Load ลง (Rebound) เป็น Cycle ดังนี้

ตารางทดสอบ Cycle ที่ 1

ขณะเพิ่ม Load		ขณะคลาย Load		เปรียบเทียบ
Load (kN)	Deflection (mm.)	Load (kN)	Deflection (mm.)	Deflection ขณะเพิ่มและลด Load
100 ↓	0.10	100	0.11	10 % *
200 ↓	0.20	200	0.20	0 % *
300	0.30	300	0.33	10 % *
400	0.40	400 ↑	0.45	12.5 % *
500	0.50	500	0.50	0 % *

หมายเหตุ * ค่าที่ได้ต้องไม่เกิน 20 % ผลการทดสอบจึงใช้ได้

ตารางทดสอบ Cycle ที่ 2

ขณะเพิ่ม Load		เปรียบเทียบ ค่า Deflection Cycle1และ Cycle 2	ขณะคลาย Load		เปรียบเทียบ ค่า Deflection Cycle 1 และ Cycle 2
Load (kN)	Deflection (mm)		Load (kN)	Deflection (mm.)	
100	0.10 *	0%	100	0.11	0 % *
200	0.20 *	0%	200	0.21	5 % *
300	0.30 *	0%	300	0.34	3 % *
400	0.40 *	0%	400	0.47	4 % *
500	0.50 *	0%	500	0.52	4 % *

หมายเหตุ * ค่าที่ได้ต้องไม่เกิน 5 % ผลการทดสอบจึงใช้ได้

จากตัวอย่างจะเห็นว่าค่า Deflection ขณะเพิ่ม Load และขณะคลาย Load ที่ Load ค่าเดียวกันใดๆ แตกต่างกันไม่เกิน 20 % แสดงว่าแผ่น Bearing ตัวอย่างนี้ ผ่านการทดสอบใน Cycle แรกนี้ และทดสอบต่อใน Cycle ที่สอง ถ้าผลที่ได้ให้ค่าแตกต่างจาก Cycle แรก ไม่เกิน 5 % ที่ Load เดียวกันแสดงว่าตัวอย่างนี้ผ่านการทดสอบโดยสมบูรณ์สามารถนำไปใช้ได้

สรุป ลักษณะ Failure ที่พบในขณะทดลองและคุณสมบัติที่ต้องได้จากการทดลองด้วย Max Design Vertical Load กับ Elastomeric Bearing Pad BS 5400 Section 9.2

1. Surface Deface
2. ลักษณะของ Bulging ผิดปกติเพราะ Bond Failure ระหว่างแผ่นเหล็กกับ Elastomer หรือ ความหนาของแผ่น Elastomer ภายในต่างกันมาก (โอกาสเกิดขึ้นน้อย)
3. รอย Crack ของแผ่นยาง
4. ค่า V-Stiffness หรือ Compresive Stiffness ของแต่ละแผ่นจะต้องต่างกันไม่เกิน 20 % ของค่า Average Stiffness ในการผลิต Bearing ใน Batch นั้นๆ และต้องต่างกันไม่เกิน 20 % ของค่า Design Stiffness ด้วยเช่นกันจึงถือว่าใช้ได้
5. ค่า V-Stiffness ต้องทดสอบ 2 ครั้งติดต่อกันและค่าที่ได้ต้องต่างกันไม่เกิน 5 % จึงถือว่าใช้ได้
6. Elastomeric Bearing ทั้งแบบเสริมเหล็กและไม่เสริมเหล็กต้องมีคุณสมบัติพื้นฐานทางกลของวัสดุยางที่ใช้ทำเป็นไปตามข้อกำหนดดังตารางต่อไปนี้

Property	**Rubber**	
	Natural	**Chlorpene**
Tensile Strength, min	15.5 N/mm^2	15.5 N/mm^2
Elongation at break, min		
At Hardness 45-55	450 %	400 %
56-65	400 %	350 %
66-75	300 %	300 %
ค่าเปลี่ยนแปลงหลังอบความร้อน		
Hardness, max	10	15
Tensile Strength, max	15 %	15 %
Elongation at break, max	20 %	40 %
* Compression Set, max	30 %	35 %

* Compression Set หมายถึงการยุบตัวของ Bearing

หมายเหตุ: อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองกดแผ่น Bearing ต้องเป็นแผ่นเหล็ก Stainless Steel หรือแผ่น Chromium ผิวเรียบขัดมัน ลักษณะแบน 2 แผ่นขึ้นไปวางประกบกับแผ่น Bearing ที่ทดสอบ ได้ระนาบขนานกันทุกด้านที่ถูกกด

ภาคผนวก ช คานคอนกรีตอัดแรง

ช.1 การหล่อคานอัดแรงแบบ STRAIGHT TENDON

ตรวจสอบก่อนเริ่มงาน

1. คุณภาพวัสดุ คุณภาพส่วนผสมคอนกรีต สภาพแท่นหล่อ และแบบหล่อ
2. ประสิทธิภาพของอุปกรณ์และเครื่องมือ เช่น เครื่องผสมคอนกรีต เครื่องมือทดลองแท่งคอนกรีต เครื่องมือดึงลวดอัดแรง
3. รายการคำนวณเกี่ยวกับการดึงลวดอัดแรง

ตรวจสอบขณะดำเนินการ

1. ตรวจสอบตำแหน่งของลวดอัดแรงก่อนและหลังการดึง
2. ตรวจสอบการดึงลวดอัดแรงเป็นไปตามรายการคำนวณหรือไม่ หากผิดพลาดมากกว่า ± 5 % ต้องหาสาเหตุและแก้ไขให้ถูกต้อง
3. เก็บตัวอย่างคอนกรีตเพื่อตรวจสอบคุณภาพตามข้อแนะนำในคู่มือฯ
4. จัดลำดับการตัดลวดอัดแรง

CALCULATION OF STRAND ELONGATION

SUBJECT : ELONGATION OF STRAIGHT STRAND ø 3/8" FOR 19.96 M. I-GIRDER

Strand - ø 3/8" Strand comformed to TIS 420 Grade 1860 (270 k)

- Initial prestressing force = 7900 kg. (77.5 Kn)

$D = PL / AE$

$P = P_F + P_1$

$P_F = P - P_1$

When P = Jacking force of strand = 7900 kg. (77.5 Kn)

P_1 = Preload, kg.

P_F = Final Tension, kg.

A = Sectional Area of strand = 71.25 $mm.^2$

E = Modulus of Elassticty = 2×10^6 $kg./cm.^2$

L = Bed length = 124.40 m.

$$\Delta \text{ of } P_F = \frac{(P - P_1) L}{AE}$$

using stressing machine No. 03/94*

Preload of 40 Bars = Actual Load 1,503 kg.

By substituting : = 1,493 kg. (New Calibration)

$$\Delta \text{ of } P_F = \frac{(7{,}900\text{-}1{,}493) \times (12{,}440)}{0.9871 \times 2 \times 10^6} = 40.37 \text{ cm.}$$

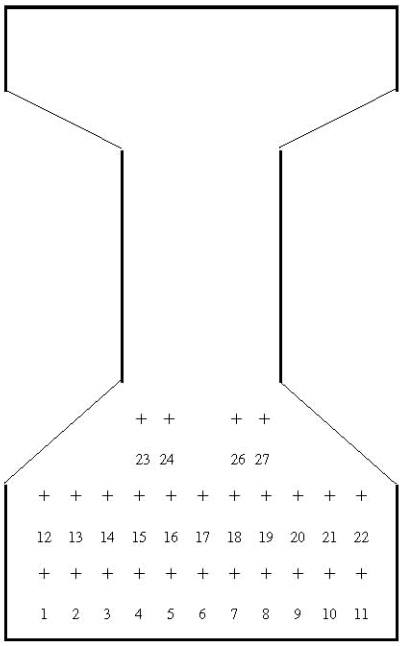
Plus slipage of 0.5 cm.

Total Elongation = 40.37 + 0.5 = 40.87 cm.

$$\text{Guage Reading} = \frac{7{,}900 + 183}{41.902} = 193 \text{ Bars.}$$

Note*Calibration attached.

STRANDS CUTTING SEQUENCE



RELEASE STRAND BY CUTTING +

1. ST NO. 23 , 27
2. nd NO. 24 , 26
3. rd NO. 17 , 6
4. th NO. 12 , 22
5. th NO. 13 , 21
6. th NO. 14 , 20
7. th NO. 15 , 19
8. th NO. 16 , 18
9. th NO. 1 , 11
10. th NO. 2 , 10
11. th NO. 3 , 9
12. th NO. 4 , 8
13. th NO. 5 , 7

ช.2 การหล่อคานอัดแรงแบบ DRAPED TENDON

ตรวจสอบก่อนเริ่มงาน

1. คุณภาพวัสดุ คุณภาพส่วนผสมคอนกรีต สภาพแท่นหล่อ และแบบหล่อ
2. ประสิทธิภาพของอุปกรณ์และเครื่องมือ เช่น เครื่องผสมคอนกรีต เครื่องมือทดลองแท่งคอนกรีต เครื่องมือดึงลวดอัดแรง
3. รายการคำนวณเกี่ยวกับการดึงลวดอัดแรง

ตรวจสอบขณะดำเนินการ

1. ตรวจสอบตำแหน่งของลวดอัดแรงก่อนและหลังการดึง
2. ตรวจสอบการดึงลวดอัดแรงเป็นไปตามรายการคำนวณหรือไม่ หากผิดพลาดมากกว่า ± 5 % ต้องหาสาเหตุและแก้ไขให้ถูกต้อง
3. เก็บตัวอย่างคอนกรีตเพื่อตรวจสอบคุณภาพตามข้อแนะนำในคู่มือฯ
4. จัดลำดับการตัดลวดอัดแรง

CALCULATION OF STRAND ELONGATION

SUBJECT : ELONGATION OF STRAIGHT STRAND Ø 12.7 MM. FOR 19.96 M. I.-GIRDER

Strand : - ø 12.7 mm. Strand comformed to TIS 420 Grade 1860 (270 k)

- Initial prestressing force = 14,024 kg.

$D = PL / AE$

$P = P_F + P_1$

$P_F = P - P_1$

When P = Jacking force of strand = 14,024 kg.

P_1 = Preload, kg.

P_F = Final Tension, kg.

A = Sectional Area of strand = 98.71 $mm.^2$

E = Modulus of Elasticty = 2×10^6 $kg./cm.^2$

L = Bed length = 124.40 m.

$$\Delta \text{ of } P_F = \frac{(P - P_1) L}{AE}$$

using stressing machine No. 03/94*

Preload of 40 Bars = Actual Load 1,503 kg.

By substituting : = 1,493 kg. (New Calibration)

$$\Delta \text{ of } P_F = \frac{(14{,}024\text{-}1{,}493) \times (12{,}440)}{0.9871 \times 2 \times 10^6} = 78.96 \text{ cm.}$$

Plus slipage of 0.5 cm.

Total Elongation = 78.96 + 0.5 = 79.46 cm.

$$\text{Guage Reading} = \frac{14{,}024 + 183}{41.902} = 339 \text{ Bars.}$$

Note*Calibration attached.

CALCULATION OF STRAND ELONGATION

SUBJECT : ELONGATION OF STRAIGHT STRAND Ø12.7 MM. FOR 19.96 M. C. GIRDER

Strand : - ø 12.7 mm. Strand comformed to TIS 420 Grade 1860 (270 k)

- Initial prestressing force = 13,828 kg.

$D = PL / AE$

$P = P_F + P_1$

$P_F = P - P_1$

When P = Jacking force of strand = 13,828 kg.

P_1 = Preload, kg.

P_F = Final Tension, kg.

A = Sectional Area of strand = 98.71 $mm.^2$

E = Modulus of Elasticty = 2×10^6 $kg./cm.^2$

L = Bed length = 124.40 m.

$$\Delta \text{ of } P_F = \frac{(P - P_1)\,L}{AE}$$

using stressing machine No. 05/94*

Preload of 40 Bars = Actual Load 1,503 kg.

By substituting : = 1,493 kg. (New Calibration)

$$\Delta \text{ of } P_F = \frac{(13{,}828\text{-}1{,}493)\text{x}(12{,}440)}{0.9871 \times 2 \times 10^6} = 77.73 \text{ cm.}$$

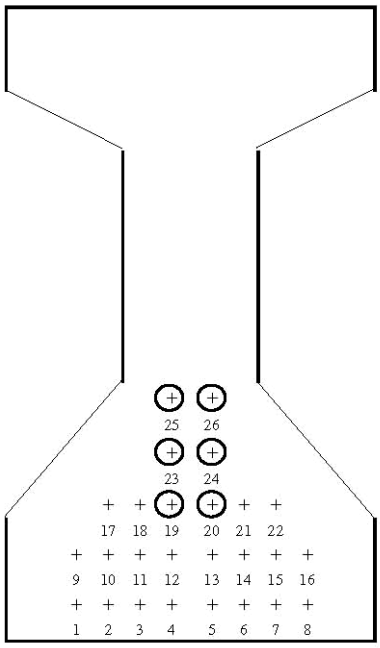
Plus slipage of 0.5 cm.

Total Elongation = 77.73 + 0.5 = 78.23 cm.

$$\text{Guage Reading} = \frac{13{,}828 + 183}{41.902} = 334 \text{ Bars.}$$

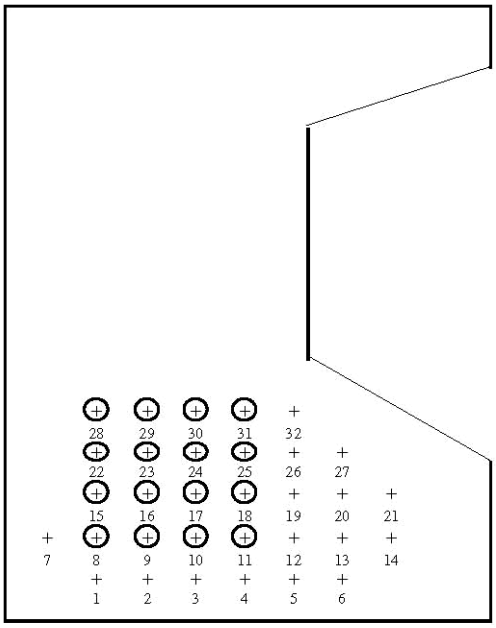
Note*Calibration attached.

STRANDS CUTTING SEQUENCE



1. RELEASE HOLD UP ลงทุกจุด
2. ถอด BOLT HOLD DOWN
3. RELEASE DEFLECTED STRAND ⊕
   1. st NO. 25 , 26
   2. nd NO. 23 , 24
   3. rd NO. 19 , 20
   4. th NO. 12 , 13
4. RELEASE STRANDS +
   1. st NO. 17 , 22
   2. nd NO. 18 , 21
   3. rd NO. 9 , 16
   4. th NO. 10 , 15
   5. th NO. 11 , 14
   6. th NO. 1 , 8
   7. th NO. 2 , 7
   8. th NO. 3 , 6
   9. th NO. 4 , 5

STRANDS CUTTING SEQUENCE



1. RELEASE HOLD UP ลงทุกจุด
2. ถอด BOLT HOLD DOWN
3. RELEASE DEFLECTED STRANDS ⊕
   1. st NO. 28 , 29 - 30 , 31
   2. nd NO. 22 , 23 - 24 , 25
   3. rd NO. 15 , 16 - 17 , 18
   4. th NO. 8 , 9 - 10 , 11
4. RELEASE STRAND +
   1. st NO. 32
   2. nd NO. 26 , 27
   3. rd NO. 19 , 20 - 21
   4. th NO. 7 , 14
   5. th NO. 12 , 15
   6. th NO. 1 , 6
   7. th NO. 2 , 5
   8. th NO. 3 , 4

ช.3 การคำนวณค่าการยืดตัว

งานคานคอนกรีตอัดแรงแบบดึงภายหลัง (Post-Tensioned Girder)

วิธีการคำนวณค่า Elongation

ใช้สูตร $P_1 = P_0 * e^{-(ua+kx)}$

โดยที่ X = ระยะทางจากปลายด้านที่ทำการดึงลวดเหล็กอัดแรง

P_1 = แรงดึงภายในลวดเหล็กอัดแรงที่ระยะ X

P_0 = แรงดึงระบุที่ปลายด้านที่ทำการดึงลวดเหล็กอัดแรง (Jacking Force)

e = ค่าฐานของ Napierian Logarithms = 2.718283

u = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างลวดเหล็กอัดแรงและ Duct

a = ผลรวมของมุมที่เปลี่ยนแปลงจากปลายด้านที่ทำการดึงถึงระยะ X เป็นเรเดียน

k = Wobble Friction Coefficient เนื่องจากความคลาดเคลื่อน ในการวาง Profile ของ Duct

ค่าสัมประสิทธิ์ของ u และ k ขึ้นอยู่กับชนิดของลวดและท่อร้อยลวด และองค์ประกอบอื่นอีก

จากนั้น $P_m = (P_o - P_1) / (ua+kx)$

และค่า Elongation = $(P_m*X*1{,}000{,}000)/(E \text{ of Strand}*\text{No of Strand}*\text{Area of Strand})$, mm.

ตัวอย่างการคำนวณค่าการยืดตัว (Elongation)

กำหนดค่า u = 0.15, X = 27.1 m., k = 0.0008, a = 0.1 rad., P_0 = 2500 kN

No. of Strand = 12 เส้น

Area of Strand = 141.7 $mm.^2$

แทนค่าในสูตร $P_1 = P_0 * e^{-(ua+kx)}$

$= 2500 \text{ X } e^{-(015 \text{ x } 0.1 + 0.0008 \text{ x } 27.1)} = 2409.9$ kN

หา P_m โดยแทนค่าในสูตร $P_m = (P_o - P_1) / (ua+kx)$

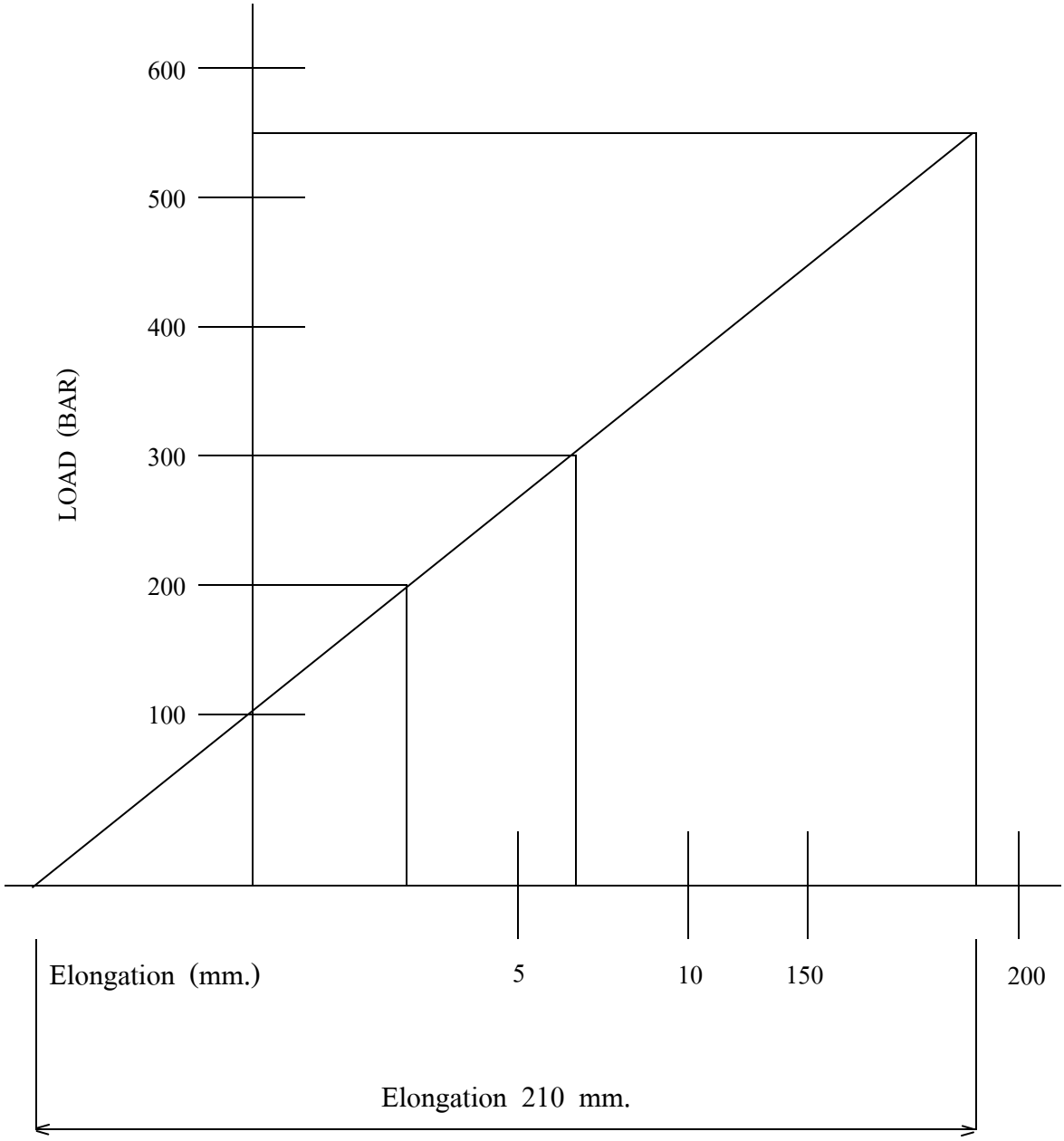
$$= \frac{(2500 - 2409.9)}{(0.15 \text{ x } 0.1 + 0.0008 \text{ x } 27.1)} = 2456.4 \text{ kN}$$

เพราะฉะนั้น ค่า Elongation = $(P_m*X*1000000)/(E \text{ of Strand}*\text{No of Strand}*\text{Area of Strand})$

$$= \frac{(2456 \text{ x } 27.1 \text{ x } 1000000)}{(195000 \text{ x } 12 \text{ x } 141.7)} = 201 \text{ mm.}$$

การดึงลวดเหล็กอัดแรง

ค่า Jacking Force Po	=	2500	KN
Elongation	=	201	mm.
ค่า Wedge Draw-in	=	6	mm.
ค่า Elongation in jack	=	3	mm.
รวมค่า Elongation	=	210	mm.
แปลงค่าจากการ Calibrated	=	523	Bar



ช.4 การปรับหัวคาน

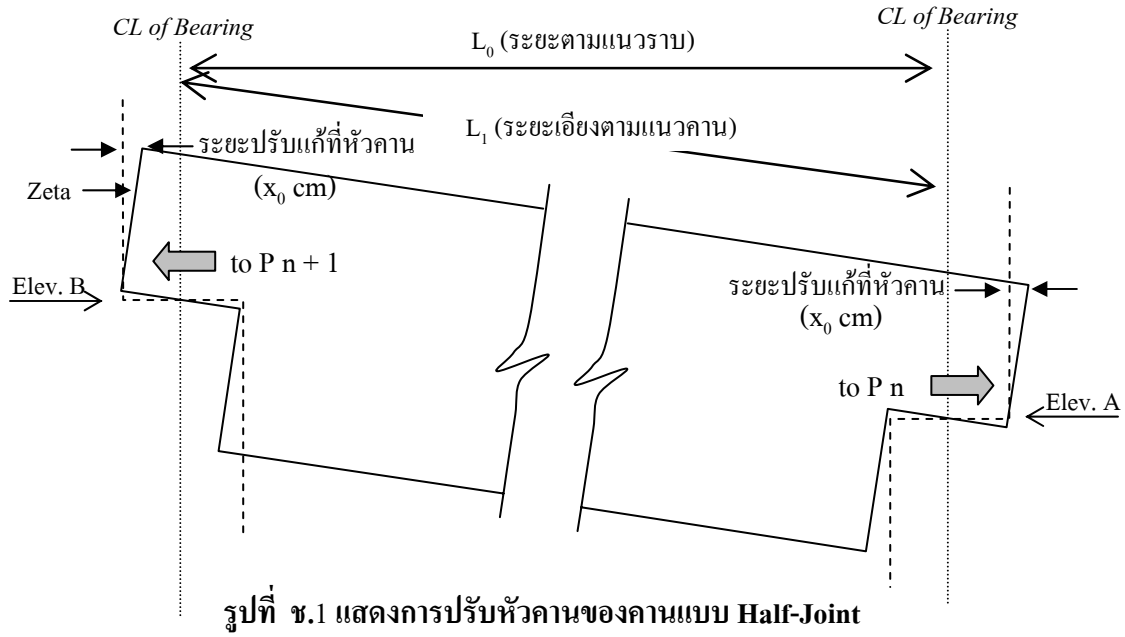
ตำแหน่งของคานคอนกรีตอัดแรงที่จะติดตั้งระหว่างแต่ละช่วงตอม่อ จะวางตัวในแนวเอียงหรือราบตามแต่ Vertical Grade ของช่วงนั้นๆ แต่การวางตัวของแผ่นยางรองคาน (Bearing Pad) ที่จะรองรับการถ่ายน้ำหนักจากคานจะต้องวางตัวอยู่ในแนวราบ (Horizontal Plane) เสมอ เพื่อให้สามารถรับน้ำหนักที่กระทำได้เต็มพื้นที่ของแผ่นยางและน้ำหนักลงสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น

ดังนั้นในกรณีวางคานในแนวเอียง ต้องปรับระดับหัวคานในขณะหล่อคานคอนกรีต เพื่อให้หัวคานที่วางบนแผ่นยางรองคานอยู่ในแนวราบเช่นกัน ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดแรงกดทับแผ่นยางรองคานด้านใดด้านหนึ่งเกิดเป็น Point Load ทำให้แผ่นยางรองคานเกิดความเสียหายได้

วิธีการคำนวณปรับหัวคาน มีขั้นตอนดังนี้

1. คำนวณหาค่าระดับบนศูนย์กลางของแผ่นยางรองคานทั้ง 2 ด้านของช่วงตอม่อที่จะวางคาน (Elev. A และ Elev. B ในรูปที่ ช.1) โดยคำนวณได้จาก Vertical Grade ที่ปรับลดด้วยความหนาของพื้นสะพาน คานคอนกรีต และอื่นๆ (ถ้ามี) ณ ตำแหน่งนั้น (ขึ้นอยู่กับแบบรูปที่กำหนด)
2. คำนวณหาค่าระยะทางตามแนวราบระหว่างตำแหน่งศูนย์กลางของแผ่นยางรองคานทั้ง 2 ด้านของช่วงตอม่อที่จะวางคาน (L_0 ในรูปที่ ช.1) (ในกรณีช่วงคานอยู่ในช่วงทางตรง สามารถใช้ผลต่างของ Sta. ที่ศูนย์กลางของแผ่นยางรองคานทั้ง 2 ด้านได้)
3. คำนวณค่ามุมเอียงในระนาบดิ่งระหว่างศูนย์กลางของแผ่นยางรองคาน: Zeta = $\tan^{-1}$ ((Elev. B - Elev. A)/ L_0)
4. คำนวณหาค่าความหนาของหัวคานคอนกรีตที่ต้องการ ณ ตำแหน่งที่ปลายคาน โดยตรวจสอบจาก Vertical Grade ที่ปรับลดด้วยความหนาของพื้นสะพานเทียบกับค่าระดับบนศูนย์กลางของแผ่นยางรองคาน (ความหนาของหัวคานส่วนที่อยู่เหนือแผ่นยางรองคาน)
5. ค่าการปรับหัวคาน (x_0) สามารถคำนวณได้จากความหนาของหัวคานคอนกรีตคูณด้วยค่า sin(Zeta) (ซึ่งในทางปฏิบัติสามารถปรับค่าที่ได้จากการคำนวณให้เป็นตัวเลขจำนวนเต็มหรือตัวเลขที่สะดวกต่อการทำงานได้ แต่ต้องใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้)
6. จากค่า Zeta จะสามารถคำนวณหาค่าความยาวคานตามแนวลาดเอียง(L_1)ได้โดยหารค่าระยะตามแนวราบ (L_0) ด้วยค่า cos(Zeta)
7. ค่าความยาวรวมของคานสำหรับก่อสร้าง จะได้จากการบวกเพิ่มด้วยระยะหัวคานที่ปรับแก้แล้วทั้ง 2 ด้านของช่วงคาน

รูปที่ ช.1 แสดงการปรับหัวคานของคานแบบ Half-Joint



รูปที่ ช.1 แสดงการปรับหัวคานของคานแบบ Half-Joint

<u>ตัวอย่างการคำนวณปรับหัวคาน</u> (สะพานข้ามแยกที่มีแนวตรง)

- สมมติให้ค่าระดับและ Sta. ช่วงที่ทำการติดตั้งคาน ที่คำนวณได้จากแบบ เป็นดังนี้;

ค่าระดับบนศูนย์กลางของแผ่นยางรองคานที่ตอม่อตับที่ P 01 (Elev. A) = 3.687 ม.

ค่าระดับบนศูนย์กลางของแผ่นยางรองคานที่ตอม่อตับที่ P 02 (Elev. B) = 4.447 ม.

Sta. ศูนย์กลางของแผ่นยางรองคานที่ตอม่อตับที่ P 01 = 6+711.720

Sta. ศูนย์กลางของแผ่นยางรองคานที่ตอม่อตับที่ P 02 = 6+729.720

ค่าระดับที่ด้านบนของคาน (ตอม่อตับที่ P 01) = 4.322 ม.

- ระยะทางตามแนวราบระหว่างตำแหน่งศูนย์กลางของแผ่นยางรองคาน (L_0) = (6+729.720) – (6+711.720)

= 18.000 ม.

- ค่ามุมเอียงระหว่างศูนย์กลางของแผ่นยางรองคาน (Zeta) = $\tan^{-1}((4.447 - 3.687)/ 18)$

= 2.417 Degree

- จากข้อมูลที่กำหนดให้ ค่าระดับที่ด้านบนของคาน (ตอม่อตับที่ P 01) = 4.322 ม.

- ค่าความหนาของหัวคานคอนกรีตที่ต้องการ = 4.322 - 3.687 = 0.635 ม.

- **ค่าการปรับหัวคาน (x_0)** = 0.635x(sin 2.417)x100 ซม.

= <u>2.68</u> ซม.

- ความยาวคานตามแนวลาดเอียง (L_1) = 18 / cos 2.417 ม.

= 18.016 ม.

- ถ้าระยะจากศูนย์กลางของแผ่นยางรองคานถึงปลายคานเท่ากับ 24 ซม. ทั้ง 2 ด้าน

ดังนั้นความยาวคานทั้งหมด = 18.016 + 0.24 + 0.24 ม.

= <u>18.496</u> ม.

ภาคผนวก ซ การแต่งผิวพื้นสะพาน ระยะ Camber การติดตั้ง Joint และผลกระทบต่อวัสดุคอนกรีตจากสารเคมี

ซ.1 วิธีการควบคุมการแต่งผิวพื้นสะพานให้เรียบ

โดยทั่วไปการทำพื้นสะพานให้เรียบนั้น ต้องอาศัยทั้งความรู้หรือวิธีการของผู้ควบคุมงาน ความสามารถของผู้รับจ้าง และเรื่องของ Material หรือวัสดุคอนกรีตที่ใช้ในการก่อสร้าง เพราะทั้ง 3 องค์ประกอบนี้เป็นหลักสำคัญร่วมกันในการที่จะทำให้ผลงานก่อสร้างสะพานสมบูรณ์ขึ้นได้ ซึ่งพอที่จะจำแนกวิธีการก่อสร้างรวมไปถึงคุณภาพหรือลักษณะของวัสดุที่ใช้ประกอบในการก่อสร้างพื้นสะพานได้ดังนี้

ซ.1.1 ก่อนการเทคอนกรีต

(1) ตรวจสอบการลดระดับของบ่ารับคานบริเวณตอม่อที่เผื่อไว้สำหรับการโก่งของคาน ให้ถูกต้องเพื่อการเทคอนกรีตให้ได้ระดับและความหนาของพื้นสะพานที่กึ่งกลาง Span ตามแบบต่อไป ทั้งนี้ให้ถือว่าระดับที่ลดเผื่อนั้น คือระยะที่คานโก่งสูงสุดบริเวณกึ่งกลางคาน

(2) ตรวจสอบระดับพื้นคอนกรีตก่อนการเทให้ถูกต้อง โดยต้องเผื่อระดับเนื่องจากการทรุดตัวของนั่งร้านและน้ำหนัก Dead load (Camber) และใช้เหล็กระดับที่แข็งแรงพอเป็นระดับอ้างอิงที่ใช้เท (ส่วนใหญ่ใช้ท่อเหล็กแป๊บ) ซึ่งมีความยาวเพียงพอตลอดแนวการเทตามขวางหรือตามแนวขนานกับ Traffic Direction โดยต้องจัดวางด้วยระยะ (Spacing) ในแนวขนานหรือตั้งฉากกับแนว Traffic Direction ตามลำดับ และไม่ให้ระยะเกินกว่าความสารถของคนงานที่ใช้ไม้สามเหลี่ยมปาดแต่งระดับได้, ตัวค้ำยันเหล็กระดับนี้ต้องเชื่อมยึดให้มั่นคงด้วยเช่นกัน ทั้งนี้ให้พิจารณาถึงชนิดและความยาวช่วง Span ของพื้นสะพานที่เหมาะสมด้วย ถ้าเป็น Span ยาว ๆ หรือเป็นพื้นสะพานบน Girder (Girder Type) ก็ควรจัดวางเหล็กระดับตามแนวขวางเพื่อที่จะเทคอนกรีตตามแนวขวางต่อไป

ซ.1.2 ขณะทำการเทคอนกรีต

(1) เทคอนกรีตในแนวตั้งฉากหรือขนานกับ Traffic Direction จากส่วนล่างไปหาส่วนบนที่ระดับเหนือกว่าและในขณะเดียวกันเริ่มจาก Grade ต่ำไปหา Grade ที่สูงกว่า ทั้งนี้จะเทตามขวาง(ตั้งฉาก)หรือตามยาว(ขนาน)กับแนว Traffic Direction ให้พิจารณาถึงช่วง Span ที่เหมาะสมและชนิดของพื้นสะพานด้วย โดยให้เทตามช่องของเหล็กระดับที่จัดวางไว้ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อก่อนการเทคอนกรีต

(2) ตรวจสอบคอนกรีตที่จะเทบริเวณเดียวกันนั้นให้มีความข้นเหลว (Slump) คงที่เหมือนกัน

(3) ควบคุมการจี้คอนกรีตให้ถูกวิธีตามมาตรฐานและห้ามจี้คอนกรีตที่เริ่มก่อตัวแล้ว

(4) ให้ใช้ตัวรีด ๆ ระดับคอนกรีตที่เทให้เป็นไปตามระดับที่ให้ไว้ (ตัวรีดคอนกรีตเหมือนกับที่ใช้ในงาน Concrete Pavement) โดยให้ตัวรีดวางในแนวตั้งฉากกับ Traffic Direction หรือวางในแนวตั้งฉากกับเหล็กระดับนั้นเอง และทิศทางการไสรีดก็อยู่ในแนวนี้เช่นกันดังแสดงในรูปที่ ซ.1

รูปที่ ซ.1 แสดงตำแหน่งการวางตัวรีดและทิศทางการรีด
พร้อมทั้งเหล็กระดับในการเทพื้นคอนกรีตสะพาน

ซ.1.3 ภายหลังการเทคอนกรีต

(1) ควบคุมการปาดแต่งระดับโดยให้ใช้อุปกรณ์ที่มีน้ำหนักเพียงพอที่จะกดปาดแต่งระดับได้ เช่น ไม้สามเหลี่ยม ขนาดประมาณ 1.5 – 2.0 เมตร การปาดแต่งระดับต้องให้ระดับที่ปาดแต่งพอดีกับระดับของเหล็กระดับที่วางไว้ถ้าต่ำไปให้เสริมคอนกรีตเพิ่มเข้าไป ถ้าสูงไปให้พยายามกดแล้วปาดคอนกรีตออกก่อนที่จะปาดแต่งระดับอีกครั้งหนึ่ง

(2) การขัดแต่งหน้าให้กระทำเมื่อคอนกรีตก่อตัวไปแล้วพอสมควรแต่บริเวณผิวหน้าต้องไม่แห้งถึงขั้นที่ขัดแต่งไม่ได้ สังเกตได้จากยังมีส่วนที่เป็นน้ำจากคอนกรีตอยู่บริเวณผิว

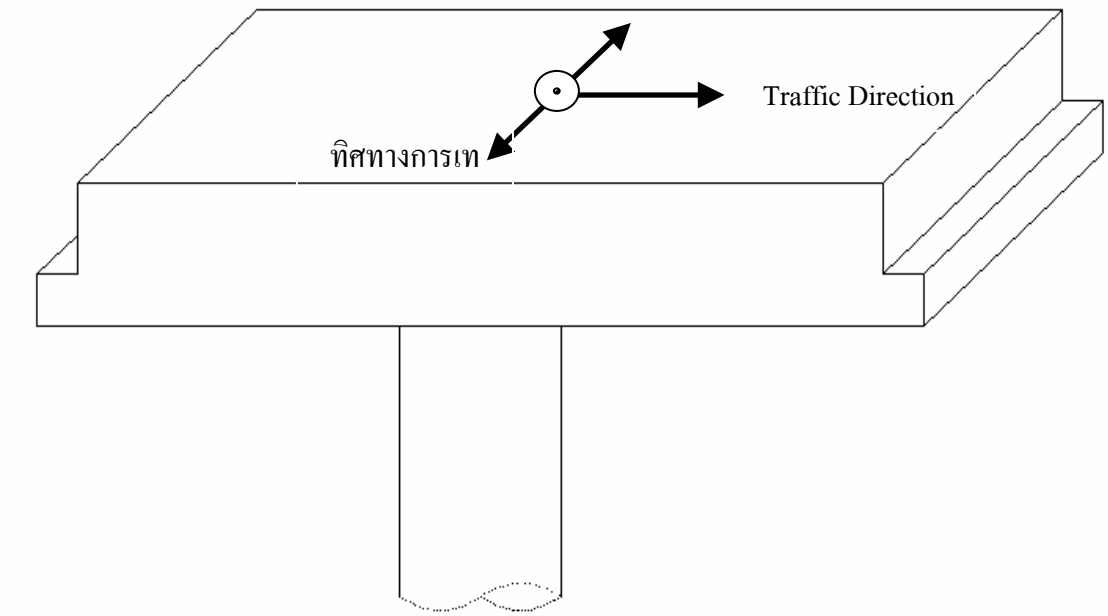
(3) การขีดเส้นแต่งผิวหน้าให้รีบกระทำหลังจากขัดแต่งผิวหน้าก่อนที่จะแข็งตัวโดยสมบูรณ์

(4) การบ่มคอนกรีตต้องให้สม่ำเสมอทั่วถึงกันตลอดพื้นที่ที่เทคอนกรีตเสร็จ

(5) การถอดแบบและค้ำยันแบบให้ทำได้ก็ต่อเมื่อคอนกรีตได้อายุมากพอหรือตามกำหนดไว้เท่านั้น

(6) การตรวจสอบระดับพื้นสะพานที่เทเสร็จแล้วอีกครั้งหนึ่งเพื่อดูว่าการเผื่อระดับไว้ก่อนเทคอนกรีตนั้นถูกต้องหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องให้ปรับเพิ่ม-ลด ตามความเหมาะสมเพื่อให้ระดับพื้นหลังก่อสร้างเสร็จเป็นไปตามแบบ

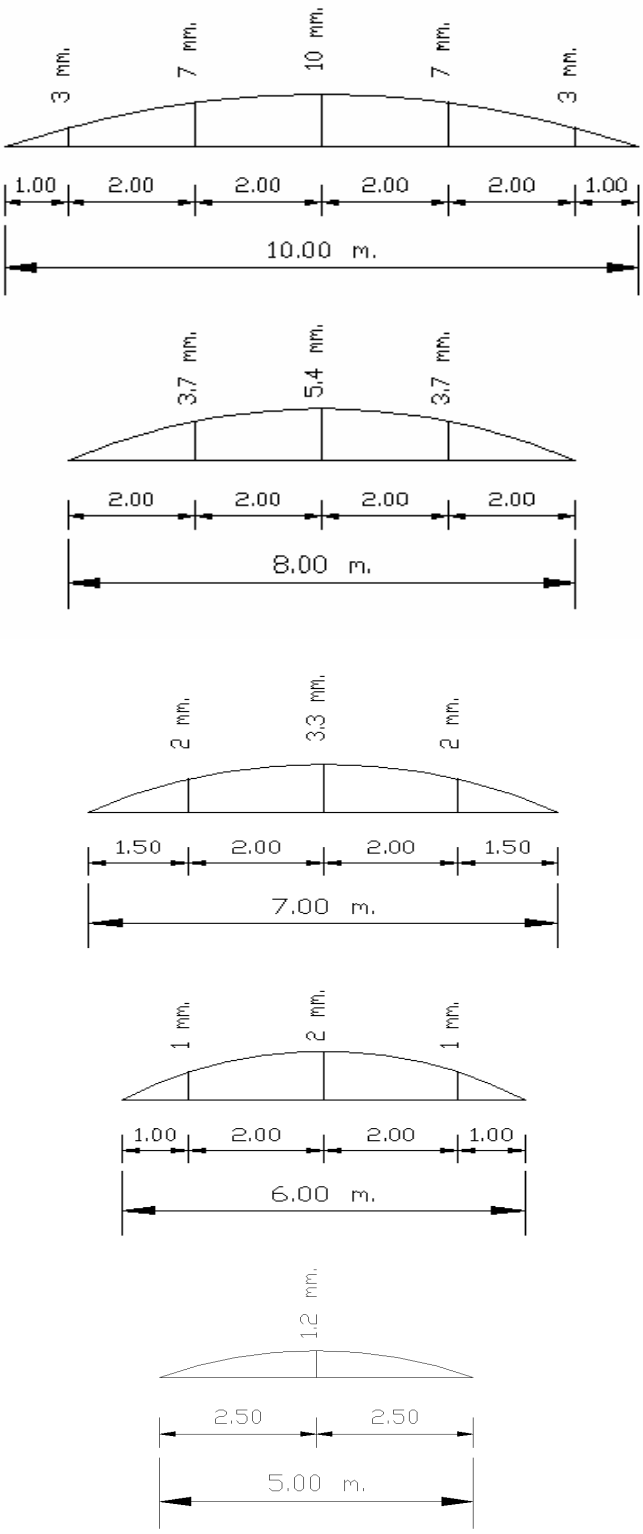
ในกรณีการเท Cantilever Deck หรือโครงสร้างที่ยื่นมากให้เทจากบริเวณหัวเสา กระจายพื้นที่ให้สม่ำเสมอตามแนวตั้งฉากกับทิศทางการจราจร ไปยังปลายของคานหัวเสา และเทคอนกรีตให้สูงขึ้นเป็นชั้นๆเท่าๆกัน



รูปที่ ซ.2 แสดงตำแหน่งการเทคอนกรีต Cantilever Deck ที่ความกว้าง Road Way มากๆ

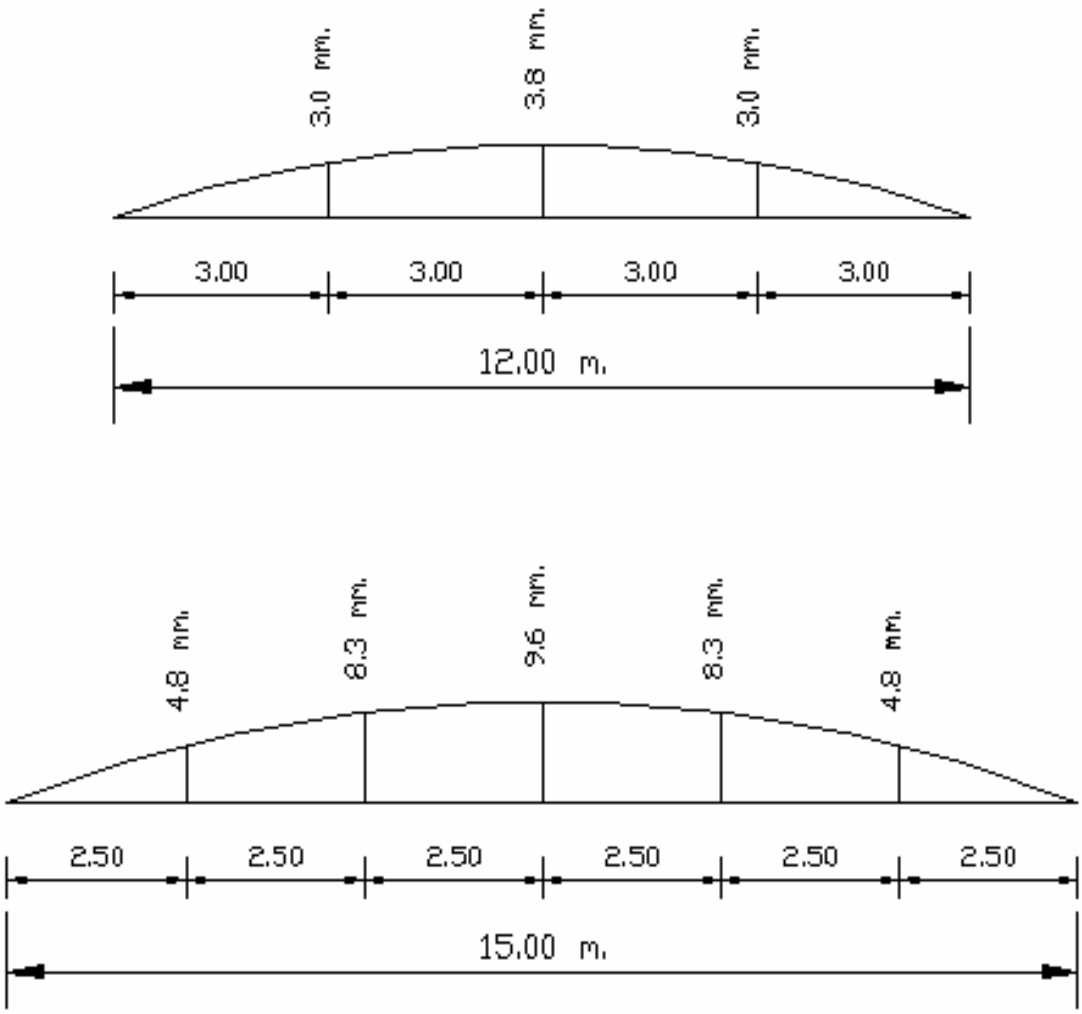
ซ.2 ระยะ Camber ของช่วงพื้นสะพานเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกคงที่

Camber of Slab Bridges : Due to Dead Load : Time Factor = 2.5



หมายเหตุ Camber ระหว่างจุดที่กำหนดให้ใช้ค่าเฉลี่ย (ไม่รวมการทรุดตัวของนั่งร้าน(ถ้ามี) เข้าด้วย)

Camber of Slab Bridges (Simple Span) : Due to Dead Load : Time Factor = 2.5



หมายเหตุ Camber ระหว่างจุดที่กำหนดให้ใช้ค่าเฉลี่ย (ไม่รวมการทรุดตัวของนั่งร้าน (ถ้ามี) เข้าด้วย)

ซ.3 วิธีการติดตั้งรอยต่อ (Joint)

การติดตั้ง Joint ต่าง ๆ บนพื้นสะพานนั้น หลักสำคัญต้องตรวจสอบระดับให้ถูกต้อง เพื่อให้รอยต่อเสมอกันและยังต้องคำนึงถึงวิธีการในการติดตั้งให้สมบูรณ์เป็นไปตามข้อกำหนดจากแบบก่อสร้างด้วย เช่น การเชื่อม การเทคอนกรีตบริเวณรอยต่อ การจัดระดับ Joint ให้เสมอกัน

ข้อควรระวังในการควบคุมตรวจสอบการติดตั้ง Joint มีดังนี้

(1) การเชื่อมสำหรับรอยต่อชนิดใช้แผ่นเหล็กจะต้องทำให้เหล็กรูปตัว U ที่ใช้เสริมยึดระหว่างแผ่นเหล็กกับเนื้อคอนกรีตเชื่อมติดกับแผ่นเหล็กให้สนิทและสมบูรณ์อย่าให้หลุดได้พร้อมทั้งตรวจสอบระดับที่ติดตั้งให้ถูกต้องตามแบบด้วย

(2) ส่วนที่เป็นคอนกรีต Block Out บริเวณ Joint ต้องใช้วัสดุที่ไม่หดตัวเป็นตัวประสานระหว่างคอนกรีตกับ Joint เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดรอยแยกและน้ำซึมลงไปใน Joint ได้

(3) ต้องตรวจสอบการปรับระดับคอนกรีตให้ถูกต้อง และเสมอกับระดับบนของ Joint

(4) การติดตั้งต้องให้ Joint แนบสนิทกับเนื้อคอนกรีตไม่ให้เกิดมีช่องว่างใต้ Joint ได้ เพราะถ้าติดตั้งไม่แนบสนิท เมื่อเปิดการจราจรแล้วอาจเกิดแรงกระแทกทำให้คอนกรีตบริเวณรอยต่อเกิดการแตกร้าวได้

(5) กรณีกำหนดให้ปูยางแอสฟัลต์คอนกรีตบนพื้นสะพาน ให้หลีกเลี่ยงวิธีการก่อสร้าง Joint ก่อนแล้วปูยางแอสฟัลต์คอนกรีตภายหลัง

ซ.4 ผลกระทบต่อวัสดุคอนกรีตที่เกิดจากสารเคมี

EFFECT ON CONCRETE BY VARIOUS CHEMICAL AGENTS ACIDS

Material	Effect on concrete
Acetic	Disintegrates slowly
Acid waters	Natural acid waters may erode surface mortar, but usually action then stop
Carbolic	Disintegrates slowly
Humic	Depends on humus material, but may cause slow disintegration
Hydrochloric	Disintegrates
Hydrofluoric	Disintegrates
Lactic	Disintegrates slowly
Muriatic	Disintegrates
Nitric	Disintegrates
Oxalic	None
Phosphoric	Attacks surface slowly
Sulfuric	Disintegrates
Tannic	Disintegrates slowly

SALTS AND ALKALIES (SOLUTION)

Material		Effect on concrete
Carbonates of	Ammonia	None
	Potassium	
	Sodium	
Chlorides of	Calcium	None unless concrete is alternately wet and dry with Sodium the solution.
	Potassium	
	Strontium	
Chlorides of	Ammonia	Disintegrates slowly
	Copper	
	Iron	
	Magnesium	
	Mercury	
	Zinc	
Fluorides		None except ammonium fluoride
Hydroxides of	Ammonia	None
	Calcium	
	Potassium	
	Sodium	
Nitrates of	Ammonium	Disintegrates
	Calcium	None
	Potassium	
	Sodium	
Potassium permanganate		None
Silicates		None
Sulfates of	Aluminum	Disintegrates however, concrete products cured in high pressure steam are highly resistant to sulfates
	Calcium	
	Cobalt	
	Copper	
	Iron	
	Manganese	
	Nickel	
	Potassium	
	Sodium	
	Zinc	

PETROLEUM OILS

Material	Effect on concrete
Heavy oils*	
Below 35 deg Baume	None
Light oils* Above 35 deg Baume	None – Require impervious Concrete to prevent loss from penetration, and surface treatments are generally used.
Benzine Gasoline Kerosene Naptha High octane gasoline	None – Require impervious concrete to prevent loss from penetration, and surface treatment are generally used.

COAT TAR DISTILLATES

Material	Effect on concrete
Alizarin, Anthracene, Benzol, Cinamol	None
Paraffin, Pitoh, Toluol, Xylol	None
Creosote, Cresol, Phenol	Disintegrates slowly

VEGETABLE OILS

Material	Effect on concrete
Cottonseed	No action if air is excluded: slight disintegration if exposed to air
Raisin	None
Almond	Disintegrates surface slowly
Castor	
Chian wood* *	
Coconut	
Linseed	
Olive	
Peanut	Disintegrates surface slowly
Poppy seed	
Soybean**	
Tung**	
Walnut	
Turpentine	None: considerable penetration

FATS AND FATTY ACIDS (ANIMAL)

Material	Effect on concrete
Fish oil	Most fish oils attack concrete slightly
Foot oil	Disintegrates surface slowly
Lard an lard oil	
Tallow and tallow	

MISCELLANEOUS

Material	Effect on concrete
Alcohol	None
Ammonia water (Ammonium hydroxide)	None
Baking soda	None
Beer	Beer will cause no progressive disintegration of concrete, but in beer storage and fermenting tanks a special coating is used to guard against contamination of beer
Bleaching solution	Usually no effect
Borax, boric acid,	No effect
Brine (salt)	Usually no effect on impervious concrete
Buttermilk	Same as milk
Charged water	Same as carbonic acid ; snow attack
Caustic soda	No effect on calcareous aggregate concrete
Cider	Disintegrates (see acetic acid)
Cinders	May cause some disintegration
Coal	Great majority of structures show no deterioration exceptional cases have been coal high in pyrites(sulfide or iron) and moisture showing some action but the rate is greatly retarded by deposit of an insoluble film ; action may be stopped by surface treatment
Corn syrup	Disintegrates slowly
Cyanide solutions	Disintegrates slowly
Electrolyte	Depends on liquid
Formalin	Aqueous solution of formaldehyde disintegrates concrete
Fruit juices	Most fruit juices have little if any effect as tartaric acid and citric acid do not appreciably affect concrete ; floors under raisin seeding machines have show some effect, probably due to poor concrete
Glucose	Disintegrates slowly
Glycerin	Disintegrates slowly
Honey	None
Lye	See caustic soda
Milk	Sweet milk should have no effect, but if allowed to sour the lactic acid will attack
Molasses	Does not affect impervious, throughly cured concrete ; dark,

	partly refined molasses may attack concrete that is not thoroughly cured
Niter	None
Sal ammonia	Same as ammonium chloride ; causes slow disintegration
Sal soda	None
Saltpeter	None
Sauerkraut	Little, if any effect
Silage	Attacks concrete slowly
Sugar	Dry sugar has no effect on concrete that is thoroughly cured. sugar solution attack concrete.
Sulfite liquor	Attacks concrete slowly
Tanning liquor	Depends on liquid : most of them have no effect ; tanneries using chromium no effects
Trisodium phosphate	None
Vinegar	Disintegrates (see acetic acid)
Washing soda	None
Whey	The lactic acid will attack concrete
Wine	Many wine tanks with no surface coating have given good result but taste of first batch may be affected unless concrete has been given tartaric acid treatment
Wood pulp	None

* Many lubricating and other oils contain some vegetable oils. Concrete exposed to such oils should be protected as for vegetable oils.

* Applied in thin coats the material quickly oxidized and has no effect. Results indicated above are for constant exposure to the material in liquid form.

หมายเหตุ

1. การป้องกันคอนกรีตให้พ้นอันตรายจาก Aggressive Chemical Agents อาจกระทำได้ดังนี้
   ก. อย่าให้สารเคมีที่เป็นอันตรายมาถูกคอนกรีต
   ข. ทำ Preventive Coating
   ค. ใช้ Cement พิเศษบางชนิด
2. คอนกรีตซึ่งมีคุณภาพดี แน่น และบ่ม (Cure) อย่างถูกต้องจะมีความต้านทานต่อ Aggressive Chemical Agents ทำให้เกิดอันตรายน้อยลง
3. น้ำทะเลเป็นภัยต่อคอนกรีต เนื่องจากมีสาร Sulfate รวมอยู่ด้วย น้ำทะเลหรือน้ำเกลือเป็นตัวทำลายเหล็กเสริม

คำสั่งแต่งตั้ง

คณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง

คำสั่ง คณะกรรมการพัฒนาระบบบริหารความรู้ในองค์กรกรมทางหลวง

ที่ ม.1/28/50

เรื่อง แต่งตั้งคณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง

เพื่อประโยชน์ต่อทางราชการ และให้กรมทางหลวงมีฐานความรู้และมีระบบการบริหารองค์ความรู้ที่ยั่งยืน บรรลุเป้าหมายในการส่งเสริมและพัฒนาความรู้ในส่วนราชการ เพื่อให้การควบคุมงานก่อสร้างทางหลวงของหน่วยงานต่าง ๆ ในกรมทางหลวงมีคุณภาพและมาตรฐานเป็นแนวทางเดียวกัน จึงแต่งตั้งคณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง ดังนี้

1. องค์ประกอบ

<u>คณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทาง</u>

1 ผู้อำนวยการสำนักก่อสร้างทางที่ 2		ที่ปรึกษา
2 ผู้อำนวยการกองนิติการ		ที่ปรึกษา
3 นายศักดิ์ชัย ขำเจริญ	นักวิชาการพัสดุ 8 ว	ที่ปรึกษา
4 นายวิษณุ ใจเผื่อแผ่	นายช่างโยธา 8	ที่ปรึกษา
5 นายบุญชัย ศรีธาราธิคุณ	วิศวกรวิชาชีพ 9 วช	ประธานคณะทำงาน
6 นายอภิชาติ จันทร์ทรัพย์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
7 นายวิศาล วัชรานนท์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
8 นายกฤษดา ศรีดามา	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
9 นายไพฑูรย์ พงษ์ชวลิต	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
10 นายพงศ์เทพ ทองพัฒน์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
11 นายชัยวัฒน์ ตันหัน	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
12 นายอาณัฐ นิธิวัฒนพงษ์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
13 ดร.อรรถสิทธิ์ สวัสดิ์พานิช	วิศวกรโยธา 5	คณะทำงาน
14 นายจตุรงค์ เลาวภาคย์ไพบูลย์	วิศวกรโยธา 3	คณะทำงาน
15 นายอภิรัฐ ไชยวงศ์น้อย	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงานและเลขานุการ
16 นายกฤตภาส อุตรวีระการ	วิศวกรโยธา 7 วช	คณะทำงาน และผู้ช่วยเลขานุการ

/คณะทำงาน...

คณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างสะพาน

1	ผู้อำนวยการสำนักก่อสร้างสะพาน		ที่ปรึกษา
2	ผู้อำนวยการกองนิติการ		ที่ปรึกษา
3	นายศักดิ์ชัย ขำเจริญ	นักวิชาการพัสดุ 8 ว	ที่ปรึกษา
4	นายวิษณุ ใจเผื่อแผ่	นายช่างโยธา 8	ที่ปรึกษา
5	นายวิชัย กังอุบล	รก.วิศวกรวิชาชีพ 9 วช	ประธานคณะทำงาน
6	นายกมล หมั่นทำ	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
7	นายธงไชย วีระสมัย	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
8	นายสุระพล มณีวงศ์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
9	นายธานินทร์ ริรัตน์พงษ์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
10	นายณัฐสม สงวนวงษ์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
11	นายธนพล วิโรจน์จรัส	วิศวกรโยธา 3	คณะทำงาน
12	นายชวเลิศ เลิศชวนะกุล	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงานและเลขานุการ
13	นายพรชัย ศิลารมย์	วิศวกรโยธา 5	คณะทำงาน และผู้ช่วยเลขานุการ

คณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมคุณภาพวัสดุงานก่อสร้าง

1	ผู้อำนวยการสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ		ที่ปรึกษา
2	ผู้อำนวยการกองนิติการ		ที่ปรึกษา
3	นายศักดิ์ชัย ขำเจริญ	นักวิชาการพัสดุ 8 ว	ที่ปรึกษา
4	นายวิษณุ ใจเผื่อแผ่	นายช่างโยธา 8	ที่ปรึกษา
5	นายเหม โง้วศิริ	รก.วิศวกรวิชาชีพ 9 วช	ประธานคณะทำงาน
6	นายวีระ พลอยกระจ่าง	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
7	นายสมัคร สนทอง	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
8	นายปกรณ์ มิลินทะเลข	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
9	นายสว่าง บูรณธนานุกิจ	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
10	นายลิทธิชัย บุญสะอาด	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
11	ดร.พลเทพ เลิศวรวนิช	วิศวกรโยธา 5	คณะทำงาน
12	นายนะบีลย์ เจ๊ะแว	วิศวกรโยธา 3	คณะทำงาน
13	นายนิคม เทพบุตร	รก.วิศวกรโยธา 7 วช	คณะทำงานและเลขานุการ
14	นายวุฒิพงศ์ คำภูแสน	รก.วิศวกรโยธา 7 วช	คณะทำงาน และผู้ช่วยเลขานุการ

/2.ขอบข่าย...

2. ขอบข่าย

จัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวงให้สอดคล้องกับกฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับ มติคณะรัฐมนตรี และแบบแผนการปฏิบัติงาน เพื่อให้ทุกหน่วยงานของกรมทางหลวงสามารถใช้เป็นคู่มือในการควบคุมงานก่อสร้างของกรมทางหลวงให้มีคุณภาพและมาตรฐานเป็นแนวทางเดียวกัน

3. หน้าที่ความรับผิดชอบ

ที่ปรึกษา

- ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการดำเนินการและอุปสรรคต่างๆที่เกิดขึ้นกับคณะทำงาน

คณะทำงาน

- ศึกษาและรวบรวม กฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับ มติคณะรัฐมนตรี ที่เกี่ยวข้องในการควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง
- จัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวงให้ผู้มีหน้าที่สามารถใช้เป็นแนวทางปฏิบัติในการควบคุมงานก่อสร้างให้มีคุณภาพและเป็นไปตามมาตรฐาน
- ดำเนินการจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวงให้แล้วเสร็จเสนอคณะกรรมการพัฒนาระบบบริหารความรู้ในองค์กรกรมทางหลวงพิจารณาภายในเดือนเมษายน พ.ศ. 2550 และแก้ไขปรับปรุงจนสามารถใช้เป็นคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวงได้
- ปฏิบัติงานอื่น ๆ ที่ได้รับมอบหมาย

ทั้งนี้ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๕ กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550

(นายเอนก อัมระปาล)
รองอธิบดีฝ่ายบริหาร
ประธานคณะกรรมการพัฒนาระบบบริหารความรู้
ในองค์กรกรมทางหลวง

คู่มือการควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง

เล่มที่ 4
การควบคุมคุณภาพวัสดุ

กันยายน
2550

คำนำ

กรมทางหลวง เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบการวางแผน ก่อสร้าง บำรุงรักษา รวมไปถึงการบริหารจัดการโครงข่ายทางหลวงสายหลักของประเทศ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และความมั่นคง ในการที่จะได้มาซึ่งโครงสร้างถนนที่มีคุณภาพนั้น องค์ความรู้ด้านงานก่อสร้างทางหลวงซึ่งรวมทั้งการก่อสร้างถนนและสะพาน จึงเป็นองค์ความรู้ที่สำคัญด้านหนึ่งขององค์กรที่บุคลากรจะต้องได้รับการถ่ายทอด และเรียนรู้ ผ่านกระบวนการจัดการความรู้ที่ดีและมีประสิทธิภาพ

ชุดเอกสาร “คู่มือการควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง” เป็นผลงานส่วนหนึ่งในขั้นตอนการจัดการความรู้ด้านงานก่อสร้างของกรมทางหลวง มุ่งหวังให้ทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการรวบรวมความรู้ความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านที่มีอยู่ในองค์กร ถ่ายทอดสู่บุคลากรที่เกี่ยวข้อง เพื่อรักษาและยกระดับมาตรฐานการทำงานอย่างต่อเนื่อง โดยชุดเอกสารจะแบ่งเนื้อหาออกเป็น 4 เล่ม ประกอบด้วย การบริหารโครงการ การควบคุมงานก่อสร้างทาง การควบคุมงานก่อสร้างสะพานและอาคารระบายน้ำ และการควบคุมคุณภาพวัสดุ

กรมทางหลวงหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ชุดเอกสาร “คู่มือการควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง” นี้ จะเป็นสื่อกลางในการถ่ายทอดความรู้ด้านงานก่อสร้างทางหลวงอย่างต่อเนื่องสู่บุคลากรของกรมทางหลวงและผู้ที่สนใจ เกิดประโยชน์อย่างสูงสุดต่อองค์กรและประเทศชาติสืบต่อไป

(นายทรงศักดิ์ แพเจริญ)
อธิบดีกรมทางหลวง

สารบัญ

หน้า

คำนำ

สารบัญ

ส่วนที่ 1 งานตรวจสอบและแนะนำวัสดุสร้างทาง

บทที่ 1 - การปฏิบัติงานของหน่วยตรวจสอบและแนะนำประจำโครงการฯ 1

บทที่ 2 - การควบคุมคุณภาพวัสดุสร้างทาง 4

บทที่ 3 - รายละเอียดข้อกำหนดคุณสมบัติวัสดุสร้างทาง 19

บทที่ 4 - การควบคุมการเปิดบ่อวัสดุสร้างทาง 29

บทที่ 5 - วิธีการควบคุมงานก่อสร้างด้านวัสดุ 42

บทที่ 6 - การเก็บตัวอย่างวัสดุ 48

บทที่ 7 - การออกแบบส่วนผสมดินซีเมนต์เพื่อใช้เป็นวัสดุชั้นพื้นทาง 58

บทที่ 8 - การบดอัดวัสดุ 61

บทที่ 9 - การก่อสร้างและควบคุมคุณภาพงาน Pavement Recycling 65

บทที่ 10 - การควบคุมงานก่อสร้างผิวทางคอนกรีต 74

บทที่ 11 - การควบคุมคุณภาพคอนกรีต 83

บทที่ 12 - การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต 94

บทที่ 13 - การจัดทำรายงานการควบคุมคุณภาพวัสดุสร้างทาง 101

ภาคผนวก กฎระเบียบ และคำสั่งที่เกี่ยวข้อง 109

ส่วนที่ 2 งานตรวจสอบผิวทางแอสฟัลต์

บทที่ 1 - งานลาดยางแอสฟัลต์ 151

บทที่ 2 - งานผิวทางแบบเพเนเตรชั่นแมคคาดัม (Penetration Macadam) 183

บทที่ 3 - งานผิวทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ (Surface Tretment) 187

บทที่ 4 - งานแอสฟัลต์คอนกรีต (Asphalt Concrete) 203

บทที่ 5 - งานขอบผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต (Asphalt Concrete Sureface Edge) 261

บทที่ 6 - วัสดุมวลรวมผสมเย็นด้วยแอสฟัลต์อิมัลชัน (Cold Mixed Asphalt) 262

บทที่ 7 - งานฉาบผิวทางแบบสเลอรีซีล (Slurry Seal) 270

บทที่ 8 - งานฉาบผิวทางแบบพาราสเลอรีซีล (Para Slurry Seal) 283

บทที่ 9 - ผิวทางแบบเคพซีล (Cape Seal) 291

บทที่ 10 -Asphalt Hot – Mix Recycling 297

คำสั่งแต่งตั้งคณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง 309

บทที่ 1
การปฏิบัติงานของหน่วยตรวจสอบและแนะนำประจำโครงการฯ

1.เมื่อได้รับคำสั่งให้ออกงานสนาม เจ้าหน้าที่จะถือหนังสือรายงานตัว (จ.-06) ไปรายงานตัวต่อนายช่างโครงการฯ พร้อมทั้งขอทราบและปรึกษาหารือถึงแผนการปฏิบัติงานในโครงการฯ รวมถึงแนวคิดในการปฏิบัติงานร่วมกันระหว่างการควบคุมการก่อสร้างกับการควบคุมตรวจสอบคุณภาพงาน เพื่อให้มีความสอดคล้องกันอย่างเหมาะสม โดยมีเหตุผลและเสริมสร้างความเข้าใจและสัมพันธภาพที่ดีต่อกันทุกฝ่าย คือฝ่ายผู้รับเหมา ฝ่ายควบคุมการก่อสร้าง และฝ่ายควบคุมตรวจสอบคุณภาพ

2.ศึกษาและตรวจสอบรายละเอียดต่างๆ เช่น สัญญา รูปแบบ มาตรฐานและข้อกำหนดทั้งในลักษณะทั่วไป และลักษณะพิเศษเฉพาะแต่ละโครงการฯ ในงานด้านตรวจสอบงานทุกอย่างถ่องแท้ก่อนเริ่มปฏิบัติงาน โดยทำการศึกษาด้วยตนเองหรืออาจหารือกับผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านด้วย เพื่อให้เกิดความชัดเจนในการปฏิบัติงาน

3.วางแผนการปฏิบัติงานการควบคุมและตรวจสอบคุณภาพ โดยติดต่อประสานงานกับนายช่างโครงการฯ ช่างผู้ควบคุมงาน ผู้รับเหมา และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยวางงานให้มีการปฏิบัติการในเชิงรุก เช่นขอทราบแผนของโครงการฯ ว่าจะเริ่มงานจุดใดก่อนจะใช้วัสดุจากแหล่งไหน บางจุดงานดินถมสูงมากจะต้องทำกี่ชั้น เป็นต้น เพื่อจะได้จัดงานด้านควบคุมตรวจสอบคุณภาพได้อย่างเหมาะสม รวมการถึงให้ข้อแนะนำต่างๆกับฝ่ายก่อสร้าง โดยให้บังเกิดประสิทธิภาพในการทำงานมากที่สุด ไม่ให้เกิดความล่าช้าในการรอคอยผลการตรวจสอบโดยปราศจากเหตุผลที่ดีและเหมาะสม

4.ตรวจสอบความพร้อมของห้องปฏิบัติการทดลองในสนาม โดยคำนึงถึงสถานที่ พื้นที่ทำงาน ชนิด และจำนวนของเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง อีกทั้งกำลังคนเพื่อให้มีความสามารถสูงสุดรองรับกับแผนงานโครงการฯได้

5.วางระเบียบ กฎเกณฑ์ในการทดลองและตรวจสอบให้บังเกิดผลงานในการควบคุมคุณภาพได้อย่างสะดวก รวดเร็ว ถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

- 5.1 จัดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ทดสอบและวาง Data ให้เป็นระเบียบเรียบร้อย
- 5.2 ตรวจสอบและสอบเทียบเครื่องมือทดลองทุกชิ้นก่อนเริ่มงาน ให้สอบเทียบเครื่องมือทดลองโดยเป็นไปตามระยะเวลาและปริมาณการใช้งานของเครื่องมือแต่ละชนิด
- 5.3 รักษาห้องปฏิบัติการและเครื่องมือทดลองให้สะอาดถูกต้องและพร้อมที่จะดำเนินการทดลองได้
- 5.4 จัดทำสมุดบันทึกผลการทดลอง General Test และ Control Test และบันทึกในช่องหมายเหตุด้วยว่าผลทดลองใช้ได้หรือไม่ แก้ไขอย่างไร
- 5.5 จัดทำสมุดบันทึกการเก็บตัวอย่าง ให้มีรายละเอียดเท่าที่จำเป็น เช่น

- ลักษณะตัวอย่าง สีของตัวอย่าง
- ความต้องการใช้งาน เช่นจะใช้งาน Subgrade หรือ Subbase
- แผนที่แสดงแหล่งวัสดุ
- วัน เดือน ปี ที่เก็บตัวอย่างวัสดุ
- ผู้เก็บตัวอย่าง ลักษณะการเก็บตัวอย่าง
- Sketch Log Boring ของ Test Hole ฯลฯ

5.6 จัดทำ Chart แสดงผลการปฏิบัติงานด้านควบคุมคุณภาพ ติดไว้ให้เห็นได้ง่ายในห้องทำงาน ทำเครื่องหมายแสดงผลงานก้าวหน้าให้ทันสมัยอยู่เสมอ Chart นี้จะบอกให้ทราบถึง

- จำนวนชั้นทางที่ต้องตรวจสอบ ให้เตรียมที่และทำเครื่องหมายไว้เพื่อกันลืม
- การเก็บตัวอย่าง Control Test เก็บแล้วหรือยัง อันดับทดลองที่เท่าไร เป็นตัวแทนในวัสดุชั้นอะไร จาก กม.ไหน ถึง กม.ไหน จากแหล่งไหนตรงกับ Genaral Test อันดับทดลองที่เท่าไร
- ผ่านการทดสอบ Filed Density เรียบร้อยแล้วหรือยัง ควรมีเครื่องหมายแสดงว่าช่องไหน ได้ผ่านการตรวจสอบหรือยัง และผลการตรวจสอบใช้ได้หรือไม่ เป็นต้น

5.7 จัดทำแผ่นภาพแสดงรูปตัดโครงสร้างชั้นทางพร้อมรายละเอียดข้อกำหนดต่างๆ และแผนที่แหล่งวัสดุพร้อมรายละเอียดของวัสดุจากแหล่งนั้นๆติดไว้ให้เห็นชัดเจนในห้องทำงาน

5.8 จัดให้มีการสับเปลี่ยนเจ้าหน้าที่ออกเก็บตัวอย่างในห้องทดลองและทดสอบในสนามอยู่ตลอดเวลาเพื่อเจ้าหน้าที่ทุกคนทำงานได้ทุกอย่าง รู้ความเคลื่อนไหวของงานต่างๆ ในโครงการฯ และพร้อมที่จะทำงานแทนกันได้

5.9 การเก็บตัวอย่าง Control Test แต่ละครั้งให้ครอบคลุมช่วงการผสมแต่ละครั้งเพื่อให้ตัวอย่างที่นำไปทดสอบเป็นตัวแทนที่ถูกต้องและมีคุณภาพเหมือนกันกับวัสดุบนถนนในช่วงนั้นๆ

5.10 จด Data ทดลองขณะที่ทำการทดลองด้วยปากกา ห้ามจดลงในเศษกระดาษหรือสมุดอื่น แล้วมาลอกที่หลัง เพราะมีโอกาสผิดพลาดได้ง่ายและเสียเวลาโดยไม่จำเป็น

5.11 ข้อมูลผลการทดลอง สมุดบันทึกผลทั้ง General Test และ Control Test จะต้องเก็บไว้ในลักษณะที่เจ้าหน้าที่ทุกคนของหน่วยสามารถติดตามผลการทดลองและดำเนินการต่อไป

5.12 ปฏิบัติการทดลองให้เป็นไปตามมาตรฐานการทดลองของกรมทางหลวงหรือที่ระบุไว้ในแบบหรือสัญญาโดยเคร่งครัด

5.13 เมื่อเสร็จงานโครงการฯ ให้ทำความสะอาดเครื่องมือ และบรรจุหีบห่อไว้เป็นอย่างดี เพื่อให้การขนย้าย และเก็บรักษาทำได้สะดวก และไม่เกิดผลเสียหายต่อเครื่องมือ

6. การสำรวจแหล่งวัสดุ ทั้งจากแหล่งที่อยู่ และแหล่งที่ผลิต เพื่อให้การแนะนำการนำวัสดุมาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งด้านคุณภาพ และการลงทุน

7. การปรับปรุงคุณภาพหรือการออกแบบสูตรส่วนผสมของวัสดุก่อสร้างทางต่างๆ เช่น งาน Soil Cement งานคอนกรีต เป็นต้น

8. การควบคุมตรวจสอบคุณภาพงานให้เป็นไปตามมาตรฐานและข้อกำหนดของงานแต่ละชนิดตามที่ระบุไว้ในรูปแบบและรายละเอียดการก่อสร้าง ยกเว้นงานผิวทางแอสฟัลต์โดยงานทดสอบแบ่งงานทดสอบได้ 2 ลักษณะคือ

8.1 งานทดสอบในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ General Test คือ ทดสอบตัวอย่างวัสดุที่เก็บจากแหล่ง และ Control Test คือ ทดสอบตัวอย่างที่เก็บบนถนน

8.2 งานทดสอบในที่ (In–Situ) ได้แก่งาน Field Density

9. การรวบรวมผลการทดลอง คำนวณและประมวลผล พร้อมทั้งวิเคราะห์ผล แล้วรายงานผลพร้อมทั้งชี้แจงปัญหาอุปสรรรคต่างๆ ของงานตรวจสอบคุณภาพ รวมถึงข้อเสนอแนะแนวทางแก้ไขให้ทางนายช่างโครงการฯ ทราบและพิจารณาดำเนินการต่อไป เป็นประจำทุกวัน

10. จัดทำรายงานการปฏิบัติงานประเดือนของงานด้านตรวจสอบคุณภาพเพื่อให้ผู้อำนวยการสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบเพื่อทราบ พร้อมทั้งสำเนาให้คณะกรรมการตรวจรับงานทุกท่านเพื่อทราบด้วย

11. การปฏิบัติงานตามที่นายช่างโครงการฯ มอบหมายให้

บทที่ 2
การควบคุมคุณภาพวัสดุสร้างทาง (Materials Control)

การควบคุมคุณภาพวัสดุประกอบด้วย การตรวจตรา การเก็บตัวอย่าง การทดสอบ การวัดปริมาณ การควบคุมการทำงาน การวิเคราะห์ผล การรายงาน และการติดตามการปฏิบัติงานต่าง ๆ ที่จำเป็น เช่น วัสดุที่ตรวจสอบแล้วคุณภาพไม่ได้ตามข้อกำหนดการก่อสร้างต้องขนย้ายออกไปหรือทำการปรับปรุงแก้ไขอย่างไร ซึ่งถ้าปราศจากขั้นตอนเหล่านี้แล้วจะขาดความเชื่อถือในการควบคุมคุณภาพวัสดุ

1. วัตถุประสงค์ของการควบคุมคุณภาพวัสดุ

1.1 เพื่อให้คุณภาพวัสดุและผลงานเป็นไปตามแบบและข้อกำหนดการก่อสร้าง การควบคุมคุณภาพวัสดุที่มีประสิทธิภาพเพียงพอในโครงการก่อสร้างจะเป็นสิ่งรับประกันวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างจนแล้วเสร็จโดยผู้รับจ้างให้เป็นไปตามแบบและข้อกำหนดของงานนั้น ๆ

1.2 เพื่อให้การควบคุมงานและการประสานงานกับผู้รับจ้างเป็นมาตรฐานเดียวกัน วิศวกรและผู้ตรวจตราจะต้องปฏิบัติต่อผู้รับจ้างและผู้ขนส่งวัสดุจากโครงการฯอย่างยุติธรรมโดยใช้ข้อกำหนดและแบบก่อสร้างโครงการฯนั้นเป็นคู่มือในการควบคุมงาน

1.3 เป็นเอกสารหลักฐานเพื่อจ่ายเงินให้กับผู้รับจ้าง ผู้ที่มีหน้าที่จ่ายเงินให้แก่ผู้รับจ้างจะต้องใช้ข้อมูลของการทดสอบ บันทึกการควบคุมงานและการวัดปริมาณงานเป็นเอกสารหลักฐานในการจ่ายเงินให้แก่ผู้รับจ้าง

2. การควบคุมคุณภาพวัสดุ ประกอบด้วยหลักการที่สำคัญดังนี้

2.1 ข้อกำหนดต่าง ๆ และการนำไปใช้งาน (Specifications and Application) ในงานก่อสร้างทางนั้นข้อกำหนดต่างๆ จะถูกจัดเตรียมไว้เพื่อใช้ในการควบคุมการก่อสร้างและการควบคุมคุณภาพวัสดุ เช่น รูปแบบการก่อสร้าง มาตรฐานงานทาง มาตรฐานการทดลอง และมาตรฐานข้อกำหนดเป็นต้น วัสดุที่จะนำมาใช้ก่อสร้างต้องได้รับการตรวจสอบและมีคุณภาพตามรูปแบบและมาตรฐานตามข้อกำหนดจึงสามารถนำมาใช้ในงานก่อสร้างได้

การเก็บตัวอย่าง การตรวจสอบ การวัดปริมาณ ต้องปฏิบัติอย่างถูกต้องและเคร่งคัดตามมาตรฐานกำหนด การไม่ปฏิบัติขบวนการต่าง ๆ ตามข้อกำหนดจะทำให้เกิดผลขัดแย้งที่รุนแรงได้

2.2 การตรวจตรา (Inspection) ในการตรวจตราวัสดุที่จะใช้ในการก่อสร้างนั้นผู้ตรวจตราประจำโครงการฯและผู้ตรวจตราที่โรงงานมีหน้าที่และความรับผิดชอบที่สำคัญคือ ต้องตรวจตราการนำวัสดุทุกชนิดมาใช้ก่อสร้างในโครงการฯ วัสดุที่ใช้ในโครงการฯต้องได้รับการตรวจสอบคุณภาพและอนุมัติให้ใช้ได้ก่อนจึงจะขนมาใช้งานได้ ยกเว้นวัสดุบางชนิดซึ่งผลิตโดยโรงงานใหญ่ได้มาตรฐาน มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย มีบันทึกการใช้งานที่ดีและมีใบรับรองจากหน่วยงานของรัฐที่น่าเชื่อถือ โดยอำนาจของวิศวกรโครงการฯ หรือวิศวกรควบคุมวัสดุ จะถือว่าได้มีระบบรับรองคุณภาพที่เป็นสากลแล้วอาจที่จะสั่งให้นำมาใช้ได้เลย

ดังนั้นผู้ตรวจตราต้องมีความรู้และเข้าใจถึงความเหมาะสมว่าวัสดุชนิดใดควรเก็บตัวอย่างและควรเก็บเมื่อใดบริเวณใด ปริมาณตัวอย่างที่ต้องเก็บ วิธีการเก็บที่เหมาะสม และวิธีการตรวจสอบในสนาม การตรวจตราประกอบด้วยขบวนการต่าง ๆ ดังนี้

2.2.1 การตรวจตราแหล่งวัสดุ (Source Inspection) วัสดุจากแหล่งเป็น กรวด หิน ดิน และทรายต้องทำการตรวจสอบโดยผู้ตรวจตราก่อนที่จะส่งไปยังโครงการก่อสร้าง วัดสุบางอย่างอาจต้องนำตัวอย่างส่งทดลองที่ห้องปฏิบัติการกลางเพื่อทดลองเพิ่มเติมบางอย่างตามที่ระบุ วัสดุที่ตรวจสอบว่าใช้ได้แล้วเมื่อส่งไปยังโครงการฯจะต้องระบุให้ตรงกับแหล่งที่ตรวจสอบแล้ว และผู้ตรวจตราต้องรายงานผลการตรวจตราและผลการตรวจสอบให้วิศวกรโครงการ ฯ ทราบ

วัสดุบางอย่างซึ่งได้ใบรับรองจากหน่วยงานของรัฐที่น่าเชื่อถือและผลิตโดยโรงงานใหญ่ ได้มาตรฐานและมีการใช้อย่างแพร่หลาย มีบันทึกการใช้งานที่ดี เช่น ปูนซีเมนต์ วิศวกรโครงการ ฯ หรือ วิศวกรควบคุมวัสดุอาจสั่งให้นำมาใช้งานได้เลยโดยไม่ต้องตรวจสอบคุณภาพที่แหล่ง ในกรณีสงสัยในคุณภาพสามารถสุ่มเก็บตัวอย่างทดสอบได้ วัสดุบางอย่างที่มีระบบการผลิตและควบคุมคุณภาพที่ดีมีการทดลองที่ได้มาตรฐานซึ่งสะดวกที่จะทำการตรวจสอบที่โรงงาน เช่น ยางมะตอย อาจทำการตรวจสอบที่โรงงานโดยผู้ตรวจตรา ซึ่งได้รับอำนาจจากวิศวกรโครงการฯหรือวิศวกรควบคุมวัสดุให้เป็นผู้กำกับการเก็บตัวอย่างและการทดสอบแล้วจึงรายงานผลการทดสอบให้วิศวกรโครงการฯทราบ และต้องมีการสุ่มเก็บตัวอย่างส่งทดลองที่ห้องปฏิบัติการกลางของรัฐ เพื่อตรวจสอบคุณภาพ

2.2.2 การตรวจตราที่โครงการก่อสร้าง (Project inspection) ผู้ตรวจตราต้องตรวจสอบและระบุว่าวัสดุที่นำมาใช้ในโครงการฯ มาจากแหล่งที่ได้รับการตรวจสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้วและจะต้องตรวจสอบคุณภาพตามข้อกำหนด ก่อนจะดำเนินขบวนการก่อสร้างต่อไป

วัสดุที่ได้รับการตรวจสอบคุณภาพจากแหล่งแล้วเมื่อขนส่งเข้ามายังโครงการฯ จะต้องทำการตรวจสอบคุณภาพอีกครั้ง (Control Test) เพื่อตรวจสอบความชำรุดเสียหายและความบกพร่องต่าง ๆ ที่อาจ

ตรวจสอบไม่พบจากการตรวจสอบคุณภาพจากแหล่งครั้งแรก ความบกพร่องเสียหายที่เกิดขึ้นสามารถที่จะปฏิเสธ (Reject) ในการรับวัสดุได้ ยกเว้นมีการแก้ไขปรับปรุงคุณภาพวัสดุให้เป็นไปตามข้อกำหนด

ในกรณีที่มีการนำวัสดุที่ยังไม่ได้ทำการตรวจสอบและรับรองคุณภาพจากแหล่งวัสดุก่อนมาใช้ในโครงการฯ ผู้ตรวจตราประจำโครงการฯต้องดำเนินเก็บตัวอย่างและทดสอบคุณภาพ การทดลองบางอย่างที่ไม่สามารถตรวจสอบในสนามได้ให้ส่งตัวอย่างทดลองที่ห้องปฏิบัติการกลาง วิศวกรโครงการฯเป็นผู้มีอำนาจที่จะสั่งให้ใช้หรือปฏิเสธการรับวัสดุนั้นและต้องแจ้งให้ผู้รับจ้างทราบทันที

วัสดุที่ทำการผลิตที่บริเวณโครงการฯ หรือใกล้เคียงโครงการฯ เช่น หินคลุกจะต้องมีการตรวจตราและทดสอบคุณภาพ สำหรับการทดลองบางอย่างที่ไม่สามารถตรวจสอบในสนามได้ให้ส่งตัวอย่างทดลองที่ห้องปฏิบัติการกลางเช่นเดียวกัน

ระหว่างการตรวจตราและตรวจสอบคุณภาพวัสดุทุกชนิดที่เข้าสู่โครงการฯ ผู้ตรวจตราจะต้องตรวจสอบการปฏิบัติงานของผู้รับจ้างอย่างต่อเนื่องในการขนวัสดุเข้าสู่โครงการฯ ขบวนการใดๆที่ทำให้เกิดความเสียหายหรือเปลี่ยนแปลงคุณภาพวัสดุจนไม่ได้ตามข้อกำหนดจะต้องสั่งระงับทันทีและวัสดุส่วนนั้นจะถูกปฏิเสธในการรับ

ความขยันเอาใจใส่ในการตรวจตราติดตามความก้าวหน้าการปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่องจนงานนั้นสำเร็จอย่างสมบูรณ์มีความสำคัญ จะเป็นสิ่งรับประกันและเป็นที่ยอมรับผลงานอย่างแท้จริง จำนวนตัวอย่างที่เก็บและการทดสอบเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการบันทึกรายงานและใช้ในการตัดสิน ซึ่งจะช่วยประกันคุณภาพได้ระดับหนึ่ง แต่ถ้าละเลยการตรวจตราโดยปฏิบัติเพียงเพื่อให้เป็นไปตามระเบียบข้อบังคับนั้นจะทำให้คุณภาพงานที่ควรจะได้จากการตรวจตราออกมาไม่ดีเท่าที่ควร

2.2.3 การตรวจตราการผสมที่โรงผสมและขบวนการก่อสร้างวัสดุต่าง ๆ (Inspection of Mixtures at Plant and Processed Materials) เมื่อวัสดุถูกผสมเข้าด้วยกันภายในโรงงานหรือขบวนการก่อสร้างวัสดุต่างๆที่บริเวณโครงการฯ หรือใกล้เคียง เช่น คอนกรีต แอสฟัลต์ พื้นทาง เป็นต้น การตรวจตราขบวนการผสมต้องเป็นไปตามมาตรฐานการก่อสร้างนั้น ๆ วัสดุที่จะนำมาใช้ผสมและส่วนผสมที่ได้ต้องมีการตรวจสอบคุณภาพตามข้อกำหนด ในบางกรณีที่ไม่สามารถทดลองในสนามได้ ให้ส่งทดลองห้องปฏิบัติการกลาง

2.2.4 การยอมรับวัสดุที่มีใบรับรอง (Acceptance of Materials on Certification) วัสดุบางประเภทที่ได้ใบรับรองคุณภาพการผลิตจากองค์กรของรัฐที่เชื่อถือได้ มีระบบการผลิตและการควบคุมคุณภาพที่ดี มีการใช้กันอย่างแพร่หลายและมีบันทึกการใช้งานที่ดี เช่น ปูนซีเมนต์ สามารถใช้ใบรับรองในการยอมรับคุณภาพวัสดุได้ โดยต้องมีการสุ่มเก็บตัวอย่างมาตรวจสอบตามความเหมาะสม

2.2.5 การจัดการวัสดุที่ไม่ได้คุณภาพตามข้อกำหนด (Disposition of failing Material) ในกรณีผลทดลองตัวอย่างไม่เป็นไปตามข้อกำหนด วัสดุนั้นอาจจะถูกปฏิเสธใช้ในการก่อสร้างหรือสั่งให้แก้ไขปรับปรุงคุณภาพจนเป็นที่ยอมรับหรืออาจต้องขนไปยังบริเวณที่จัดไว้ตามข้อกำหนดการก่อสร้าง วัสดุที่ถูกปฏิเสธอาจขนไปยังบริเวณที่กำหนดและทำการแก้ไขปรับปรุงคุณภาพจนเป็นที่ยอมรับสามารถนำกลับมาใช้ได้

กรณีงานก่อสร้างแล้วเสร็จพบว่าวัสดุที่ใช้ไม่เป็นตามข้อกำหนดและในข้อกำหนดรายละเอียดการก่อสร้าง ให้เป็นอำนาจวิศวกรโครงการฯในการพิจารณางานที่ได้แล้วเสร็จนั้น โดยปรับปรุงราคาให้เหมาะสมกับราคาในสัญญา หรืออาจสั่งให้แก้ไขจนได้คุณภาพตามข้อกำหนด หรือในกรณีที่คุณภาพบกพร่องมากอาจต้องขนทิ้งแล้วลงวัสดุที่ใช้ได้แทน ซึ่งขบวนการต่างๆเหล่านี้ต้องมีการบันทึกเอกสารรายงานเกี่ยวกับตัวอย่าง ผลการทดลอง การวัดปริมาณ การแก้ไข และข้อตกลงต่าง ๆ ในการปรับราคาโดยถือหลักความยุติธรรมในการดำเนินการ

2.2.6 การบันทึก(Records) ผู้ตรวจตราจะต้องบันทึกและจัดทำเอกสารรายงานซึ่งประกอบด้วยการทดสอบทั้งหมด การวัดปริมาณ การตรวจตราทั้งในโครงการฯและที่แหล่งวัสดุ การทดสอบที่ห้องปฏิบัติการกลาง รวบรวมส่งให้วิศวกรโครงการฯเพื่อจัดเตรียมเป็นเอกสารหลักฐานอย่างพอเพียงเพื่อสนับสนุนการจ่ายเงินให้ผู้รับจ้างสำหรับวัสดุที่เตรียมแล้วเสร็จและงานที่เสร็จสมบูรณ์

รายงานทั้งหมดนี้ถือเป็นบันทึกของโครงการฯและสำเนาจะต้องส่งไปยังสำนักงานใหญ่เพื่อใช้พิจารณาและประเมินอย่างต่อเนื่องในการออกใบรับรองครั้งสุดท้าย นอกจากนี้ผู้ตรวจตราควรจะมีการบันทึกใบรายงานการตรวจตราประจำตัวหรือบันทึกลงในรายงานประจำวันของโครงการฯในการพิจารณาสังเกตการใช้วัสดุและการปฏิบัติงานของผู้รับจ้าง เพื่อเป็นข้อมูลพิเศษไว้ใช้อ้างอิงต่อไป

2.3 การเก็บตัวอย่าง (Sampling) การเก็บตัวอย่างประกอบด้วยขบวนการที่สำคัญดังนี้

2.3.1 ตัวอย่างตัวแทน (Representative Samples) การเก็บตัวอย่างตัวแทนเป็นขั้นตอนการปฏิบัติงานที่สำคัญมากสำหรับผู้ตรวจตราโดยตัวอย่างตัวแทนที่ดีต้องเป็นตัวแทนที่แท้จริงของวัสดุส่วนนั้น หรือ เป็นตัวแทนของปริมาณวัสดุที่เราต้องการตรวจสอบ เช่นการเก็บตัวอย่างวัสดุมวลรวม เป็นเรื่องยุ่งยากที่จะได้ตัวอย่างตัวแทนที่ดีเนื่องจากวัสดุประกอบด้วยขนาดเม็ดวัสดุหลายขนาดทำให้เกิดการแยกตัว โดยเมื่อนำวัสดุมวลรวมมากอง (Stock pile)เม็ดวัสดุที่มีขนาดใหญ่จะกลิ้งมาอยู่ด้านนอกและลงมาสะสมที่ด้านล่างของกอง ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะเก็บตัวอย่างเพียงตัวอย่างเดียวเพื่อเป็นตัวแทนของทั้งกองได้

ในกรณีเดียวกันวัสดุของเหลว เช่น ยางแอสฟัลต์ในถังบรรจุขนาดใหญ่อาจมีการแบ่งเป็นชั้นเป็นผลให้วัสดุที่ระดับความลึกต่างกันของถังมีคุณภาพต่างกัน ดังนั้นการเก็บตัวอย่างที่ระดับใดๆ เพียงหนึ่งตัวอย่างจึงไม่ใช้ตัวแทนของวัสดุทั้งหมดในถังได้

ดังนั้นในการเก็บตัวอย่างวัสดุ ผู้ตรวจตราจะต้องเตรียมพร้อมและระมัดระวังในความผันแปรของวัสดุแต่ละประเภท และต้องมั่นใจว่าตัวอย่างที่เก็บมาได้สามารถเป็นตัวแทนของวัสดุส่วนนั้นได้

2.3.2 จำนวนตัวอย่าง (Number of Samples) เมื่อวัสดุมีปริมาณมากหรือครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่จะต้องมีการแบ่งวัสดุเป็นกองหรือเป็นส่วน ๆ โดยเก็บตัวอย่างตัวแทนแต่ละกองหรือส่วนนั้น ผลทดลองที่ได้จะทำให้ทราบว่าวัสดุแต่ละกองหรือแต่ละส่วนนั้นมีคุณภาพตามข้อกำหนดหรือไม่ และยังทำให้ทราบถึงความสม่ำเสมอและความผันแปรของวัสดุแต่ละกองหรือแต่ละส่วนของพื้นที่หรือความผันแปรของวัสดุเมื่อขนส่งมาในเวลาที่แตกต่างกัน

จำนวนตัวอย่างที่เก็บขึ้นกับธรรมชาติของวัสดุว่ามีความสม่ำเสมอหรือความผันแปรมากน้อยเพียงใดและขึ้นกับความสำคัญของงานที่จะนำวัสดุไปใช้ก่อสร้าง เช่น ลูกรังที่ใช้ในงานแก้ไขบริเวณดินเดิมอ่อนตัวหรือดินเดิมมีคุณภาพไม่เหมาะสม ย่อมมีความสำคัญน้อยกว่าลูกรังที่ใช้ก่อสร้างชั้นรองพื้นทาง ดังนั้นความถี่ในการเก็บตัวอย่างและทดสอบเพื่อควบคุมคุณภาพลูกรังงานรองพื้นทางจึงต้องมีความถี่มากกว่า

นอกจากนี้เมื่อผลการทดสอบวัสดุกระทำอย่างต่อเนื่องหลายตัวอย่างและผลทดลองที่ได้มีความสม่ำเสมอและมีคุณภาพดีตามข้อกำหนดแล้ว จำนวนตัวอย่างและการทดสอบจะมีจำนวนน้อยกว่าวัสดุที่มีความผันแปรและมีคุณภาพต่ำ

อัตราการเก็บตัวอย่างต้องเป็นไปตามมาตรฐานการก่อสร้างนั้นๆและต้องเป็นสัดส่วนที่มีความเหมาะสมกับความสำคัญของแต่ละงาน โดยทั่วไปมี 3 วิธีที่ใช้ในการควบคุมอัตราการเก็บตัวอย่าง

(1) เก็บตัวอย่างเป็นประจำตามช่วงเวลา ระยะทางและปริมาณที่กำหนดไว้ก่อนในแผนงานการควบคุมคุณภาพ เช่น เก็บทุกๆวัน เก็บทุก ๆ 1 กม. หรือเก็บทุก ๆ 500 ลูกบาศก์เมตร ในกรณีที่วัสดุหรือการปฏิบัติงานไม่สม่ำเสมอและมีคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร อาจต้องเพิ่มความถี่ขึ้นจนกว่าการปฏิบัติงานจะมีคุณภาพดีขึ้นหรือมีความสม่ำเสมอนั้น

(2) เลือกเก็บตัวอย่างเฉพาะจุดหรือเฉพาะงานที่คุณภาพบกพร่องหรือกรณีสงสัยว่าจะบกพร่องอย่างชัดเจน วิธีการนี้ต้องใช้ประสบการณ์และการตัดสินใจจากการตรวจตราด้วยสายตาและการเฝ้าสังเกตุการปฏิบัติงานของผู้รับจ้าง ต้องใช้การตรวจตราที่สุขุมรอบคอบเพื่อเลือกจุดที่จะเก็บตัวอย่างและทดสอบเพื่อค้นหาวัสดุที่คุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานซึ่งผลการทดสอบจะเป็นพื้นฐานในการปรับปรุงขบวนการต่างๆเพื่อการป้องกันไม่ให้เกิดความบกพร่องขึ้นมาอีกและให้พึงระลึกอยู่เสมอว่าจะต้องไม่เลือกปฏิบัติเพราะผลประโยชน์หรือความอคติส่วนตัว

(3) ใช้วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่างตามเวลาหรือสุ่มเก็บตามส่วนต่างๆของวัสดุ โดยวิธีการนี้ทุกๆส่วนของวัสดุแต่ละชุดหรือแต่ละหน่วยมีโอกาสที่จะถูกเลือกเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบเท่าๆกัน เมื่อคุณภาพของงานและวัสดุค่อนข้างดีและสม่ำเสมอ การสุ่มเก็บตัวอย่างอาจไม่ต้องมาก แต่เมื่อคุณภาพของงานและวัสดุ

ค่อนข้างต่ำและไม่สม่ำเสมอซึ่งอาจทำให้ผลงานที่ออกมาเสียหายผู้ตรวจตราจะต้องเพิ่มความขยันในการตรวจตราการปฏิบัติงานของผู้รับจ้างและเลือกเก็บตัวอย่างทดสอบงานและวัสดุที่มีปัญหาอย่างเด่นชัด โดยเป็นการปฏิบัติงานเสริมเพิ่มเติมจากการสุ่มเก็บตัวอย่างตามรายการปกติ

จากที่กล่าวมาทั้ง 3 วิธีไม่มีวิธีการใดที่ดีที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดในการเลือกใช้อัตราการเก็บตัวอย่างโดยทั่วไปอาจใช้รวมกันทุกวิธี หรือ 2 วิธีเป็นอย่างน้อย ขึ้นกับคุณภาพการปฏิบัติงานและวัสดุ

2.3.3 วิธีการเก็บตัวอย่าง (Procedures for Sampling) วิธีการเก็บตัวอย่างต้องปฏิบัติตามมาตรฐานงานก่อสร้างที่กำหนด เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาในกรณีผลทดลองใช้ไม่ได้และปฏิเสธที่จะรับวัสดุ ผู้รับจ้างอาจไม่ยอมรับผลทดลองโดยอ้างขั้นตอนการเก็บตัวอย่างไม่ถูกต้อง

มาตรฐานวิธีการเก็บตัวอย่างที่ใช้อย่างแพร่หลายคือของ AASHTO และ ASTM หรืออาจเลือกใช้มาตรฐานการเก็บตัวอย่างที่กำหนดโดยสถาบันที่น่าเชื่อถือโดยทางราชการยอมรับก็ได้ โดยต้องระบุให้ผู้รับจ้างและผู้ส่งวัสดุทราบว่าใช้วิธีใดเพื่อความเข้าใจตรงกัน

ในการเก็บตัวอย่างวัสดุจำพวก Aggregates เช่น หิน และ ทราย ก่อนดำเนินการเก็บตัวอย่างต้องมีการบันทึกสภาพการแยกตัวของวัสดุ เพราะจะมีผลต่อขนาดคละของวัสดุและต้องใช้ความระมัดระวังอย่างสูงในการเก็บตัวอย่างประเภทนี้

เมื่อมีการควบคุมวัสดุที่มีปริมาณมาก เช่น Stock pile การเก็บตัวอย่างต้องเก็บตัวอย่างแต่ละบริเวณที่แตกต่างกันเพื่อตรวจสอบความไม่สม่ำเสมอ การยอมรับในคุณภาพวัสดุทั้งหมดอาจใช้ค่าเฉลี่ยของผลทดสอบตัวอย่างหรืออาจรับแยกเป็นส่วนตามผลทดลองตัวอย่างที่เก็บจากส่วนนั้น

ในกรณีที่ดำเนินการเก็บตัวอย่างวัสดุไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดในงานก่อสร้าง ผู้ตรวจตราไม่สามารถปฏิเสธการรับวัสดุนั้นได้ หรือถ้าดำเนินการลัดขั้นตอนในการเก็บตัวอย่างวัสดุเพื่อเร่งรัดการปฏิบัติงานและผลทดสอบออกมาวัสดุนั้นใช้ไม่ได้ จะต้องดำเนินการเก็บตัวอย่างตามมาตรฐานข้อกำหนดและทดสอบอีกครั้งเพื่อตรวจสอบผลทดสอบก่อนที่จะมีการปฏิเสธการรับวัสดุนั้น

2.3.4 ขนาดของตัวอย่าง (Size of Samples) โดยทั่วไปขนาดของตัวอย่างที่จะใช้ในการทดลองแต่ละประเภทจะถูกกำหนดอยู่ในมาตรฐานการทดลอง ในกรณีของ Aggregate ขนาดของตัวอย่างที่เก็บขึ้นอยู่กับขนาดใหญ่ของเม็ดวัสดุและขนาดเม็ดที่มีมากที่สุดในวัสดุนั้น ถ้าขนาดของเม็ดวัสดุใหญ่ ขนาดของตัวอย่างก็ต้องมากตามซึ่ง AASHTO ได้แนะนำไว้ในวิธีการเก็บตัวอย่างและการทดลอง

ถ้าตัวอย่างวัสดุมีจำนวนมากและต้องการแบ่งตัวอย่างให้มีปริมาณน้อยลงเพื่อให้มีขนาดพอเหมาะกับการทดลอง ต้องใช้วิธีการแบ่งสี่หรือใช้เครื่องแบ่งตัวอย่างเพื่อให้ได้ปริมาณตามต้องการ

2.4 วิธีการทดสอบ (Testing Procedures) อาจใช้มาตรฐานการทดสอบซึ่งถูกพัฒนาโดย AASHTO และ ASTM หรืออาจเลือกใช้มาตรฐานการทดลองซึ่งพัฒนาขึ้นใช้เองก็ได้ โดยการดำเนินการทดสอบคุณภาพต้องปฏิบัติตามวิธีการทดลองที่กำหนดอย่างเคร่งคัด ในบางกรณีการทดลองบางอย่างอาจกำหนดหรือต้องการให้ส่งทดลองที่ห้องปฏิบัติการกลาง โดยไม่อนุญาตให้ทดลองในสนาม

การทดสอบในสนามบางประเภทมีการปรับปรุงมาจากมาตรฐานการทดลอง ในบางกรณีอาจกำหนดให้ใช้ผลทดสอบในสนามเพียงอย่างเดียวปฏิเสธการรับวัสดุได้ หรือถ้าวิธีการทดลองในสนามและในห้องปฏิบัติการมีความเกี่ยวเนื่องกับในมาตรฐานกำหนด อาจใช้ผลทดสอบทั้งสองนี้ในการตัดสินคุณภาพวัสดุเพื่อไม่ให้เกิดการโต้แย้งในกรณีปฏิเสธการรับวัสดุ

2.5 จำนวนตัวอย่างที่ต้องทดสอบ (Required Samples and Tests) ความถี่ในการเก็บตัวอย่างทดสอบ อาจใช้ตามมาตรฐานที่แนะนำโดย AASHTO Guide Specifications for Highway Construction และ Standard Specifications for Transportation Materials and Method of Sampling and Testing หรืออาจใช้ตามมาตรฐานที่หน่วยงานพัฒนาขึ้นใช้เอง

กรณีที่คุณภาพของงานและวัสดุมีคุณภาพดีและมีความสม่ำเสมอ อาจใช้อัตราการเก็บตัวอย่างต่ำสุดตามมาตรฐาน ถ้าคุณภาพของงานและวัสดุผิดปกติและไม่สม่ำเสมอ จะต้องมีการเพิ่มอัตราการเก็บตัวอย่างทดสอบจนได้ระดับคุณภาพที่น่าพอใจตามข้อกำหนด

2.6 การเก็บตัวอย่างและทดสอบโดยอิสระ (Independent Sampling and Testing) จุดมุ่งหมายของขั้นตอนนี้ก็เพื่อพิสูจน์ความถูกต้องและเที่ยงตรงของขบวนการควบคุมคุณภาพและผลทดสอบคุณภาพวัสดุซึ่งกระทำโดยเจ้าหน้าที่โครงการฯและช่วยสนับสนุนในการยอมรับผลทดสอบที่ได้จากการปฏิบัติงานตามปกติ การดำเนินการเก็บตัวอย่าง การทดสอบ และการสังเกตการปฏิบัติงานอย่างอิสระตามแผนที่วางไว้

บุคลากรที่จะปฏิบัติงานเก็บตัวอย่างทดสอบและสังเกตการปฏิบัติงานจะต้องได้รับการคัดเลือกและได้รับการฝึกฝนเป็นอย่างดี อีกทั้งจะต้องมีการประเมินผลอยู่ตลอดเวลา โดยจะเป็นตัวแทนของสำนักงานใหญ่หรือห้องปฏิบัติการซึ่งต้องไม่มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับการควบคุมและจัดการที่โครงการฯ นั้น

ส่วนสำคัญของขบวนการนี้ก็คือ จะต้องระมัดระวังเอกสารที่ใช้ประกอบการปฏิบัติงานทั้งหมด ความพร้อมในการหาค่าผลทดสอบและเปรียบเทียบกับผลทดสอบที่มีอยู่ ทำการวิเคราะห์ผลและต้องมีเอกสารมาประกอบคำอธิบายถึงความบกพร่องและความผิดปกติและการแก้ไขการปฏิบัติให้ถูกต้อง

<u>หมายเหตุ</u> การเก็บตัวอย่าง จำนวนตัวอย่างและวิธีการทดลองที่ต้องการ ให้ดูข้อแนะนำตามตารางในหน้าถัดไป

1. ดินเดิม

ชนิดของการทดลอง	การทดลอง	หมายเหตุ
1.1 ช่วงก่อสร้างที่เป็นงานดินถม ทดลอง : Sieve Analysis : Atterberg Limits : Compaction : CBR. : Swelling	1) สำรวจว่าดินเดิมเป็นดินอะไรมีคุณภาพสม่ำเสมอหรือไม่ 2) เก็บตัวอย่างตัวแทนมาทดลองอย่างน้อย 1 ตัวอย่าง ต่อระยะทาง 1 กม. 3) ถ้าดินเดิมมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอให้เก็บตัวอย่างเพิ่มเพื่อให้ได้ตัวอย่างของดินทุกชนิดและให้ระบุจุดที่ดินเดิมเปลี่ยนคุณสมบัติ	เพื่อจะได้ทราบคุณสมบัติทั่วไปของดินเดิมซึ่งจะรองรับตัวคันทางและอาจนำมาใช้ในงานก่อสร้างทางได้
1.2 ช่วงก่อสร้างที่เป็นงานดินตัด ทดลอง : Sieve Analysis : Atterberg Limits : Compaction : CBR. : Swelling : ระดับน้ำใต้ดิน	1) สำรวจดินเดิมว่าเป็นดินอะไรมีคุณภาพสม่ำเสมอหรือไม่ 2) เก็บตัวอย่างตัวแทนทดลองอย่างน้อย 2 ตัวอย่างต่อ 1 กม. 3) พยายามเก็บตัวอย่างในระดับที่จะเป็น Finished Subgrade อย่างน้อย 2 ตัวอย่างต่อ 1 กม. 4) ขุดหลุมและคอยสังเกตระดับน้ำถ้าระดับน้ำในหลุมต่ำกว่าระดับ Finished Subgrade ไม่ถึง 1 เมตร ให้รายงานสำนักฯโดยด่วน	เพื่อทราบคุณสมบัติทั่วไปของดินตัดที่เป็น Back Slope และอาจนำมาใช้เป็น Subgrade ได้ เพื่อจะได้ทราบคุณภาพของดินล่วงหน้า อาจต้องเตรียมการแก้ไขถ้าคุณภาพต่ำกว่ากำหนดถ้าระดับน้ำใต้ดินสูงจะได้เตรียมออกแบบแก้ไข
1.3 ช่วงก่อสร้างที่ระดับดินคันทางใกล้เคียงกับระดับดินเดิม ทดลอง : Sieve Analysis : Atterberg Limits : Compaction : CBR. : Swelling : ระดับน้ำใต้ดิน	1) สำรวจดินเดิมและภูมิประเทศตามแนวทางบริเวณใกล้เคียงอย่างละเอียด 2) เก็บตัวอย่างตัวแทนทดลอง 2 ตัวอย่างต่อระยะทาง 1 กม. 3) ถ้าคุณสมบัติของดินเปลี่ยนแปลงมากให้เก็บตัวอย่างทดลองเพิ่มเพื่อให้ได้ตัวอย่างของดินทุกชนิดและระบุจุดที่ดินเดิมเปลี่ยนคุณสมบัติ 4) ขุดหลุมและคอยสังเกตระดับน้ำถ้าระดับน้ำในหลุมต่ำกว่าระดับ Finished Subgrade ไม่ถึง 1 เมตร ให้รายงานกองฯด่วน	เพื่อทราบคุณภาพของดินซึ่งอาจต้องเตรียมการแก้ไขถ้าคุณภาพต่ำกว่ากำหนด ถ้าระดับน้ำใต้ดินสูงจะได้เตรียมการออกแบบแก้ไข การสำรวจระดับน้ำใต้ดินนี้ ถ้าสังเกตภูมิประเทศ ต้นไม้และหญ้าในบริเวณใกล้เคียงจะช่วยได้มาก

2. ดินถมและดินเลือกสรร

ชนิดของการทดลอง	การทดลอง	หมายเหตุ
2.1 ดินจากแหล่ง ทดลอง : Compaction : CBR. : Swelling : Sieve Analysis : Atterberg Limits	1) สำรวจ Profile ของดินที่จะนำมาใช้ว่ามีลักษณะ Uniform หรือมีลักษณะเป็นชั้น ๆ ลึกเท่าใด 2) เก็บตัวอย่างตัวแทน (Representative Sample) มาทดลองอย่างน้อย 1 ตัวอย่าง ต่อดิน 500 ม.^{3}	การทดลองนี้ถือเป็น General Test เพราะเป็นการทดลองตรวจสอบคุณภาพของดินว่าจะใช้ได้หรือไม่ ถึงแม้การทดลองจะใช้ได้หรือไม่ได้ก็ตาม ให้ลงอันดับการทดลองและรายงานเสนอผลการปฏิบัติงานด้วย
2.2 ดินบนถนน ทดลอง : Compaction : CBR. : Swelling : Sieve Analysis : Atterberg Limits	เก็บตัวอย่างดินที่ผสมตีแผ่บนถนนแล้วและกำลังเตรียมบดทับ โดยเก็บตัวอย่างดิน 1 ตัวอย่างต่อระยะทาง 500 เมตร นำไปทดลอง ถ้างานก่อสร้างทำเร็วมากหน่วยวิเคราะห์และตรวจสอบมีเจ้าหน้าที่และเครื่องมือจำกัด ไม่สามารถทดลอง CBR.ได้ตามกำหนด ให้ทดลอง Compaction, Sieve Analysis, Atterberg Limits ถ้าผลทดลองออกมาใกล้เคียงกันก็อาจรวมหลาย ๆ ตัวอย่างทำ CBR. ครั้งเดียว	การทดลองนี้ถือเป็น Control Test เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของดินซึ่งจะอยู่บนถนนต่อไปจริง ๆ การรายงานให้แจ้งหมายเลขทดลอง General Test ด้วย ทำการทดลองคันทางที่บดทับทุก ๆ ชั้น ซึ่งชั้นหนึ่ง ๆ กำหนดไว้ไม่เกิน 20 ซม.
2.3 ดินหลังบดทับ ทดลอง : Field Density Moisture Content	1) ทดลองทุก ๆ ชั้นของการบดทับ 2) ทุกระยะ 50 ม. ต่อ 1 หลุม สลับซ้าย - ขวา รวมทั้งช่วงที่เป็นงานตัดด้วย 3) ถ้าคันทางกว้างมาก ทดลองทุกระยะ 50 เมตรต่อ 1 หลุม ต่อความกว้างประมาณ 15 เมตร 4) ถ้าปรากฏว่าดินถมชั้นหนึ่งชั้นใดหนามาก ให้ปาดส่วนบนออกและทดลองในชั้นความหนา 20 ซม. จากด้านล่าง	หลุมทดลอง Field Density ต้องมีความลึกไม่น้อยกว่า 10 ซม. หรือมากกว่านั้นสุดแล้วแต่ปริมาณของทรายในขวดทดลองจะอำนวย ก่อนทดลองตรวจสอบดูให้มีทรายเต็มขวด ทดลองหา Percent Compaction ให้ใช้ค่า Maximum Dry Density จาก General Test หรือ Control Test สุดแล้วแต่อย่างไหนจะมากกว่ากัน ทรายที่ใช้ให้ใช้ทรายสะอาดและแห้ง ทรายที่ใช้แล้วสกปรกมีความชื้นห้ามใช้ซ้ำ ให้เอาไปล้างอบให้แห้ง ร่อนผ่านตะแกรง เบอร์ 20 และค้างเบอร์ 40 เสียก่อนจึงนำกลับมาใช้ใหม่ได้ Calibrate Density ทรายอย่างน้อยเดือนละครั้งปฏิบัติตามการทดลองที่ ทล.-ท. 603/2517

3. วัสดุรองพื้นทาง

ชนิดของการทดลอง	การทดลอง	หมายเหตุ
3.1 วัสดุจากแหล่ง ทดลอง : Sieve Analysis : Atterberg Limits : Compaction : CBR. : Swelling : Abrasion	1) ทำ Boring เพื่อ - หาความหนาของ Top Soil และชั้นของวัสดุ - หาบริเวณและปริมาณของวัสดุ - คัดเลือก Area สำหรับดันเป็น Stock Pile 2) ทดลอง Sieve Analysis และ Atterberg Limits ของวัสดุแต่ละหลุมที่ขุด Boring มา 3) พิจารณา Gradation และ Atterberg Limits ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมเพื่อ Locate Area สำหรับดันเป็น Stock Pile 4) นำวัสดุจากหลุมต่าง ๆ ในบริเวณ Located Area จากข้อ 3 มารวมกันแล้วทำการทดลองหาคุณภาพทุกชนิด 5) เมื่อทดลองตามข้อ 4 แล้วปรากฏว่าใช้ได้หรือโครงการฯจะนำวัสดุแหล่งนี้ไปใช้งาน เก็บตัวอย่างตัวแทนส่งทดลอง Abrasion	การทดลองชั้นนี้เป็นการทดลองขั้น Investigation เพื่อจะตรวจสอบว่าวัสดุมีคุณสมบัติเหมาะสมกับความต้องการหรือไม่ ก่อนที่จะเปิดหน้าดินดันวัสดุเป็น Stock Pile ในบางกรณีอาจจะจัด Area ให้เหมาะสมเพื่อทำให้เกิดการ Blending ขึ้นขณะดันวัสดุดังกล่าวเป็น Stock Pile ผลการทดลองที่ได้ในตอนนี้ถือว่าเป็นแนวทางเท่านั้น เพราะตัวอย่างที่ใช้ทดลองในขณะนี้เป็นตัวอย่างที่เลือกมารวมกัน ส่วนตัวอย่างจริง ๆ อาจจะไม่เหมือนกัน เนื่องจากการเปิด Top Soil และ Area ของบริเวณที่ดันอาจจะแตกต่างกันไป
3.2 วัสดุจาก Stock Pile ทดลอง : Sieve Analysis : Atterberg Limits : Compaction : CBR. : Swelling : Abrasion	1) เก็บตัวอย่าง Reprentative Sample จากจุดต่าง ๆ ของ Stock Pile 1 ตัวอย่างต่อวัสดุ 500 ม.^{3} 2) ทดลอง Sieve Analysis และ Atterberg limits ทุก ๆ ตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบดู Uniformity ของวัสดุ 3) ถ้าผลการทดลองจากข้อ 2 ใกล้เคียงกันให้รวมตัวอย่างแล้วทดลอง Compaction, CBR. & Swelling 4) ถ้าผลการทดลองจากข้อ 2 แตกต่างกันมาก จะต้องพิจารณาผสม Stock Pile ใหม่ 5) ส่งตัวอย่างทดลอง Abrasion 1 ตัวอย่างต่อวัสดุ 5,000 ม.^{3} และเมื่อวัสดุเปลี่ยนไปจากเดิม	Stock Pile ที่เก็บตัวอย่างทดลองครั้งนี้ จะต้องทำการผสมกัน หลังจากการดันเป็นกองในครั้งแรกมิเช่นนั้นวัสดุใน Stock Pile จะแยกเป็นชั้น ๆ กันตามลักษณะของชั้นวัสดุในดิน ทำให้เกิดปัญหาโต้แย้งว่าวัสดุที่เก็บมาจาก Stock Pile เดียวกันแต่มีค่าทดลองไม่เหมือนกัน การทดลองในครั้งนี้ถือว่าเป็นการทดลองแบบ General Test เพื่อตรวจสอบคุณภาพก่อนนำไปใช้
3.3 วัสดุบนถนน ทดลอง : Sieve Analysis : Atterberg Limits	1) เก็บตัวอย่างวัสดุที่ผสมตีแผ่บนถนนแล้วและกำลังเตรียมบดทับทุกระยะทาง 500 เมตร มาทำการทดลอง Sieve Analysis และ Atterberg	การทดลองนี้ถือเป็น Control Test เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของวัสดุซึ่งจะอยู่บนถนนต่อไป การ

ชนิดของการทดลอง	การทดลอง	หมายเหตุ
: Compaction : CBR. : Swelling : Abrasion	limits 2 ตัวอย่าง ทดลอง CBR. และ Swelling 1 ตัวอย่าง 2) ในกรณีที่วัสดุถูกนำมาจากแหล่งโดยตรง ซึ่งไม่ได้มีการทำ Stock Pile ไว้ ให้เก็บตัวอย่างวัสดุที่ผสมดีแผ่บนถนนแล้วและกำลังเตรียมบดทับทุกระยะทาง 200 เมตรมาทำการทดลอง ก. Sieve Analysis และ Atterberg Limits 2 ตัวอย่าง ข. ทดลอง CBR. และ Swelling 1 ตัวอย่าง ค. ส่งทดลอง Abrasion 1 ตัวอย่างต่อวัสดุ 5,000 ม.^{3} ถ้างานก่อสร้างทำเร็วมาก หน่วยตรวจสอบและแนะนำมีเจ้าหน้าที่ ,เครื่องมือจำกัดไม่สามารถทดลอง CBR. ได้ตามที่กำหนด ให้ทำการทดลอง CBR. และ Swelling 1 ตัวอย่างต่อระยะทางที่ก่อสร้าง 500 เมตร	รายงานให้อ้างหมายเลขทดลอง General Test และผลทดลองด้วย เปรียบเทียบผล General Test และ Control Test เพื่อตรวจสอบการทดลองและการทำงาน ถ้าผล Test ทั้งสองไม่ตรงกันให้หาวิธีแก้ไข ถ้ายังแก้ไขไม่ได้ต้องปรึกษาสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบโดยด่วน ถ้าทางกว้างมาก หรือก่อสร้างด้านซ้ายและขวาไม่พร้อมกัน ปรับปรุงการเก็บและจำนวนตัวอย่างให้เหมาะสม
3.4 <u>วัสดุหลังบดทับ</u> ทดลอง : Field Density : Moisture Content	1) ทดลองทุก ๆ ชั้นของการบดทับ 2) ทดลองทุกระยะ 50 ม. ต่อหลุมโดยสลับซ้าย - ขวา 3) หลังจากตักทรายที่ใช้ทดลองเก็บแล้ว ให้ขุดต่อไปจนทะลุชั้นวัสดุ วัดความหนาของวัสดุแล้วบันทึกไว้เป็นหลักฐาน พร้อมกับรายงานใน ว.6 - 07 ถ้าทำหลาย Layer ให้วัดความหนารวม 4) ถ้าชั้นรองพื้นทางกว้างมากทดลองทุกระยะ 50 เมตรต่อ 1 หลุมต่อความกว้างประมาณ 15 เมตร	หลุมทดลอง Field Density ต้องมีความลึกอย่างน้อย 10 ซม.หรือมากกว่านั้น สุดแล้วแต่ปริมาณของทรายในขวดทดลองจะอำนวยก่อนทดลองตรวจสอบดูให้ทรายมีอยู่เต็มขวด การทดลองหา Percent Compaction ให้ใช้ค่า Maximum Dry Density จาก General Test หรือ Control Test สุดแล้วแต่อย่างไหนจะมากกว่ากัน
3.5 <u>Bulk Specific Gravity (G)</u>	วัสดุที่ค้างตะแกรงเบอร์ 19 มม. ถ้ามีมากกว่า 10 % ให้นำวัสดุดังกล่าวมาทดลองหา Bulk Specific Gravity (Saturated Surface Dry) ตามการทดลองที่ ทล.-ท. 207/17 ทั้งนี้เพื่อทดลองหา Volume ของส่วนที่ค้างตะแกรงเบอร์ 19 มม. ในการทดลอง Field Density	ถ้ามีวัสดุหินค้างตะแกรงเบอร์19 มม. มากกว่า 10% การใส่หินกลับลงไปในหลุมเพื่อทดลองหา Density ทำให้เกิด Error ในการทดลองมาก ให้แก้ Error นี้โดยการคำนวณหาปริมาตรจากน้ำหนักของหินดังกล่าวตามการทดลองที่ ทล.-ท.603/2517

ชนิดของการทดลอง	การทดลอง	หมายเหตุ
3.6 <u>ปรับปรุงคุณภาพวัสดุโดยการผสม</u> ทดลอง : Sieve Analysis : Atterberg Limits : Compaction : CBR. : Swelling	1) ออกแบบส่วนผสม (Mixed Design) 2) ให้ทดลองผสมจริงตามที่ออกแบบไว้ โดยใช้ความชื้นเท่ากับผสมในสนาม แล้วนำตัวอย่างนั้นมาทดลอง เพื่อเป็นการตรวจสอบ	การออกแบบส่วนผสมควรใช้อัตราส่วนที่ให้คุณภาพดี มีส่วนเผื่อคลาดเคลื่อนในการทดลอง โดยคำนึงถึงความแข็งแรงประหยัด และ การใช้วัสดุให้เป็นประโยชน์มากที่สุด

4. วัสดุพื้นทาง

ชนิดของการทดลอง	การทดลอง	หมายเหตุ
4.1 วัสดุจากแหล่ง ทดลอง : Abrasion Test	1) แหล่งเปิดใหม่ให้สำรวจดูลักษณะของหน้าผา ดิน Top Soil และดินข้างล่าง ตลอดจนรอยร้าวในหน้าผาว่ามีชั้นดินเหนียวปนหรือไม่ 2) เก็บหินตัวอย่างที่สกัดมาใหม่ ๆ มาทดลอง Abrasion ระวังอย่าเก็บหินที่ผุมา 3) พิจารณาดูว่ามีชั้นหินผุปกคลุมอยู่หนาเท่าไร ที่ต้องเอาออกไปก่อน	ดินที่อยู่บนหน้าผา หรืออยู่ตามซอกหินทำให้เกิดปัญหาขึ้นภายหลัง เพราะในการโม่หินถ้าไม่สามารถกำจัดดินที่ติดหินออกไปได้จะทำให้ PI. ของหินย่อยสูง ปัญหาเหล่านี้จะต้องคาดการณ์ไว้ล่วงหน้าก่อนเสมอ นอกจากนี้หินเปลือกนอกอาจจะเป็นหินผุ ถ้ามีความหนามากทำให้คุณภาพของหินที่ระเบิดออกมาย่อยครั้งแรกมีคุณภาพไม่ดี
4.2 วัสดุจากปากโม่ หรือจาก Stock Pile ทดลอง : Sieve Analysis : Atterberg Limits : Compaction : CBR. : Swelling : Abrasion : หาปริมาณร้อยละที่แตกของกรวดโม่ : Soundness	1) ในกรณีที่ตั้งปากโม่ใหม่ให้เก็บตัวอย่างจากปากโม่เพื่อตรวจสอบการตั้งปากโม่และทำบ่อย ๆ 2) หลังจากกองเป็น Stock Pile แล้ว เก็บตัวอย่าง Representative Sample จากจุดต่าง ๆ ของ Stock pile คิดเฉลี่ย 500 ม.^{3} ต่อ 1 ตัวอย่าง 3) ทดลอง Sieve analysis และ Atterberg limits ทุกๆ ตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบดู Uniformity ของ Gradation ของวัสดุ ในระยะแรกต้องทดลอง Sieve Analysis, Atterberg Limits, Compaction และ CBR. ทุก ๆ ตัวอย่าง อย่างน้อย 3 ตัวอย่างหรือจนกว่าจะแน่ใจว่าค่า CBR. และอื่น ๆ ถูกต้องตาม Spec. จึงปฏิบัติตามข้อ 4 ต่อไป 4) ถ้าผลการทดลองจากข้อ 3 มีค่าใกล้เคียงกัน ให้รวมตัวอย่างแล้วทดลอง Compaction. CBR. และ Swelling 5) ถ้าผลการทดลองในข้อ 3 มีผลแตกต่างกันมาก แสดงว่าวัสดุมีความเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ให้ทำการผสมวัสดุหินที่ Stock Pile ใหม่แล้วดำเนินการทดลองตามข้อ 3 6) ส่งทดลอง Abrasion , Sonndness 5,000 ม.^{3}	ขนาดของหินและอัตราการป้อนหินเข้าปากโม่ ถ้าแตกต่างกันมากจะทำให้คุณภาพของหินที่ผลิตออกมาแตกต่างกันไป การกองหินเป็น Stock Pile สูง ๆ จะทำให้หินรอบ ๆ กองเกิดการแยกตัว ซึ่งเห็นได้ชัด การเก็บตัวอย่างจากกองจะไม่ได้ Representative Sample ที่แท้จริง ควรกองหินไว้หลาย ๆ Stock Pile ถ้าตรวจสอบกองไหนใช้ได้ก็สามารถนำไปใช้ก่อน ส่วนกองที่ตรวจสอบไม่ได้ อาจจะทำการตรวจสอบอีกครั้งหรือทำการแก้ไขอย่างอื่นเพื่อให้ได้คุณภาพที่ถูกต้องเสียก่อนจึงนำไปใช้ ต่อไปการทดลองครั้งนี้ถือเป็น General Test ให้ลงอันดับทดลองด้วยทุกครั้ง

ชนิดของการทดลอง	การทดลอง	หมายเหตุ
	ต่อ 1 ตัวอย่าง และเมื่อสงสัยว่าวัสดุมีคุณภาพเปลี่ยนไปจากเดิม 7) ถ้าเป็นกรวดโม่ ทดลองหาปริมาณร้อยละที่แตกของกรวดโม่ 500 ม.^{3}ต่อ 1 ตัวอย่าง ตามการทดลองที่ ทล.-ท.212/2521	
4.3 <u>วัสดุบนถนน</u> ทดลอง : Gradation : Atterberg Limits : Compaction : CBR. : Swelling : หาปริมาณร้อยละที่แตกของกรวดโม่	1) เก็บตัวอย่างวัสดุบนถนนที่ผสมและตีแผ่บนถนนแล้วและกำลังเตรียมการบดทับทุกระยะทาง 500 เมตร มาทำการทดลอง Sieve Analysis และ Atterberg Limits 2 ตัวอย่าง Compaction, CBR. และ Swelling 1 ตัวอย่าง 2) ในกรณีที่วัสดุถูกนำมาจากโรงโม่ที่อยู่ห่างไกลหน่วยวิเคราะห์และตรวจสอบโครงการฯไม่สามารถไปเก็บตัวอย่างวัสดุจากโรงโม่มาตรวจสอบเป็นการทดลองแบบ General Test ได้ และผู้รับจ้างเหมาก็ไม่ทำ Stock Pile ไว้ใกล้บริเวณที่ก่อสร้างในการนี้ให้เก็บตัวอย่างวัสดุที่ผสมตีแผ่บนถนนและกำลังเตรียมบดทับทุกระยะทาง 200 เมตร มากระทำการทดลอง ก. Sieve Analysis และ Atterberg Limits 2 ตัวอย่าง ข. ทดลอง CBR. และ Swelling 1 ตัวอย่าง	การทดลองนี้ถือเป็นการ Control Test ที่สำคัญที่สุดเพราะคุณภาพของวัสดุขณะนี้คือวัสดุที่จะอยู่บนถนนต่อไปในอนาคตจริง ๆ ถ้าทางกว้างมากหรือก่อสร้างด้านซ้ายและขวาทางไม่พร้อมกันปรับปรุงการเก็บตัวอย่างและจำนวนตัวอย่างให้เหมาะสม
	ค. ส่งทดลอง Abrasion , Soundness 5,000 ม.^{3}ต่อ 1 ตัวอย่าง และเมื่อสงสัยว่าวัสดุมีคุณภาพเปลี่ยนไปจากเดิม ง. ถ้าเป็นกรวดโม่ทดลองหาปริมาณร้อยละที่แตกของกรวดโม่ 500 ม.^{3}ต่อ 1 ตัวอย่าง ตามการทดลองที่ ทล.-ท.212/2521 ถ้างานก่อสร้างทำเร็วมากหน่วยตรวจสอบและแนะนำมีเจ้าหน้าที่และเครื่องมือจำกัดไม่สามารถทดลอง CBR. ได้ตามที่กำหนด ให้ทำการทดลอง CBR. และ Swelling 1 ตัวอย่าง ต่อระยะทางที่ก่อสร้าง 500 เมตร	การทดลอง Abrasion , Soundness และปริมาณร้อยละที่แตกของกรวดโม่ไม่ต้องทดลองอีก ถ้าทดลองจาก Stock Pile หรือจากปากโม่แล้ว ตามข้อ4.2

ชนิดของการทดลอง	การทดลอง	หมายเหตุ
4.4 <u>วัสดุหลังบดทับ</u> ทดลอง : Field Density : Moisture Content	1) ทดลองทุก ๆ ชั้นของการบดทับ (ถ้ามี) ชั้นหนึ่ง ๆ ไม่เกิน 15 ซม. 2) ทดลองทุกระยะ 50 เมตรต่อหลุมโดยสลับซ้าย - ขวา 3) หลังจากตักทรายที่ใช้ทดลองเก็บแล้ว ให้ขุดต่อไปจนทะลุชั้นวัสดุ วัดความหนาของชั้นวัสดุแล้วบันทึกไว้เป็นหลักฐาน พร้อมกับรายงานมาใน ว.6-07 ถ้าทำหลาย Layer ให้วัดความหนารวม 4) ถ้าชั้นพื้นทางกว้างมาก ทดลองทุกระยะ 50 เมตรต่อ 1 หลุม ต่อความกว้างประมาณ 7 เมตร	หลุมทดลอง Field Density ต้องมีความลึกอย่างน้อย 10 ซม.หรือมากกว่านั้น สุดแล้วแต่ปริมาณของทรายในขวดทดลองจะอำนวยก่อนทดลองตรวจสอบดูว่ามีทรายอยู่เต็มขวดหรือไม่ ทรายที่ใช้จะต้องใช้ทรายแห้งสะอาดตลอดเวลา ห้ามใช้ทรายที่ชื้น สกปรก ตรวจสอบดูให้ทรายแห้งสะอาดตลอดเวลา ถ้ามีความจำเป็นต้องเพิ่มทรายใหม่ ต้อง Calibrate หา Density ของทรายใหม่ การCalibrate หา Density ของทรายให้ทำอย่างน้อยเดือนละครั้ง การทดลองหา Percent Compaction ให้ใช้ค่า Maximum Dry Density จาก General Test หรือ Control Test สุดแล้วแต่อย่างไหนจะมากกว่ากัน
4.5 <u>Bulk Specific Gravity (G)</u>	วัสดุที่ค้างตะแกรงเบอร์ 19 มม. ให้นำมาทดลองหา Bulk Specific Gravity (Saturated Surface Dry) ตามการทดลองที่ ทล.-ท.207/17 ทั้งนี้เพื่อทดลองหา Volume ของส่วนที่ค้างตะแกรงเบอร์ 19 มม. ในการทดลอง Field Density	ถ้ามีหินค้าตะแกรงเบอร์ 19 มม. มากกว่า 10 % การใส่หินกลับลงไปในหลุมเพื่อทดลองหา Density ทำให้เกิด Error มาก เนื่องจากทรายไม่สามารถลงถึงก้นหลุม ให้แก้ Error นี้โดยการคำนวณหาปริมาตรจากน้ำหนักของหินดังกล่าวตามการทดลองที่ ทล.-ท.603/2517

บทที่ 3
รายละเอียดข้อกำหนดคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้างทาง

1. งานตัดคันทาง (Roadway Excavation)

- งานตัดดิน (Earth Excavation)
- งานตัดหินผุ (Soft Rock Excavation)
- งานตัดหินแข็ง (Hard Rock Excavation)
- งานขุดวัสดุไม่เหมาะสม (Unsuitable Material Excavation)
- งานขุดบริเวณดินอ่อน (Soft Material Excavation)

2. งานถมคันทาง (Embankment) แบ่งเป็น

งานดินถมคันทาง (Earth Embankment) หมายถึง การก่อสร้างถมคันทาง การทำ Benching โดยวัสดุที่ใช้จะเป็นดิน หรือวัสดุอื่นใดที่ปราศจากหน้าดินและวัชพืช ส่วนที่จับเป็นก้อนต้องมีขนาดไม่ใหญ่กว่า 50 มิลลิเมตร (2") และต้องผ่านคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- มีค่า CBR เมื่อทดลองตาม "วิธีการทดลองหาค่า CBR" ไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในแบบที่ความแน่นแห้งของการบดอัด ร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน"
- มีค่าการขยายตัว (Swell) เมื่อทดลองตาม "วิธีการทดลองหาค่า CBR" ไม่เกินร้อยละ 4 ที่ความแน่นแห้งของการบดอัด ร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน"
- หลังจากทำการ Clearing ดินเดิมแล้วต้องทำการบดทับชั้น 150 มิลลิเมตรสุดท้ายวัดจากดินเดิมลงไปให้ได้ความแน่นแห้งของการบดทับไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน"
- ให้ทำการบดทับเป็นชั้นๆ โดยความหนาหลังการบดทับต้องไม่เกินชั้นละ 150 มิลลิเมตร และต้องรักษาให้ปริมาณน้ำระหว่างการทำงานให้มีปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content $\pm$3.0%
- งานดินถมคันทางจะต้องทำการบดทับให้ได้ความแน่นแห้งสม่ำเสมอตลอด ไม่น้อยกว่า 1.44 กรัมต่อมิลลิลิตร และไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตัวอย่างดินที่เก็บจากหน้างานในสนามหลังจากการคลุกเคล้าและปูลงบนถนนแล้วตาม "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน"
- การทดสอบความแน่นของการบดทับให้ดำเนินการตาม "วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยทราย" ทุกระยะประมาณ 100 เมตร ต่อ 1 ช่องจราจร หรือ

ประมาณพื้นที่ 700 ตารางเมตร ต่อ 1 หลุมตัวอย่างและให้ได้ค่าความแน่นแห้งไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดตาม “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน”

งานทรายถมคันทาง (Sand Embankment) หมายถึง การก่อสร้างถมคันทาง การทำ Benching โดยวัสดุที่ใช้จะเป็นทราย หรือวัสดุอื่นใด ที่มีคุณภาพถูกต้องตามข้อกำหนด และต้องเป็นวัสดุที่ปราศจากก้อนดินเหนียว (Clay Lump) หน้าดิน (Top Soil) และวัชพืชและต้องผ่านคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- ต้องเป็นทรายหรือวัสดุ Non-Plastic อื่นใด ที่มีขนาดเม็ดโตสุดไม่เกิน 9.5 มิลลิเมตร หรือ 3/8”
- เมื่อทดลองตาม “วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง” มีส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 0.075 มิลลิเมตร (Sieve No.200) ไม่เกินร้อยละ 25
- มีค่า CBR เมื่อทดลองตาม “วิธีการทดลองหาค่า CBR” ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ที่ความแน่นแห้งของการบดอัด ร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตามวิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”
- หากมีการถมทรายไล่เลนให้ทำการทดสอบความแน่นของการบดทับชั้นถมทรายไล่เลนนี้ตั้งแต่ชั้นที่อยู่เหนือระดับน้ำ 200 มิลลิเมตรเป็นต้นไป
- ให้ทำการบดทับเป็นชั้นๆ โดยความหนาหลังการบดทับต้องไม่เกินชั้นละ 200 มิลลิเมตร และต้องรักษาให้ปริมาณน้ำระหว่างการทำงานให้มีปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content $\pm$ 3.0%
- งานทรายถมคันทางจะต้องทำการบดทับให้ได้ความแน่นแห้งสม่ำเสมอตลอด ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตัวอย่างทรายเก็บจากหน้างานในสนามตาม “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”
- การทดสอบความแน่นของการบดทับให้ดำเนินการตาม “วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยทราย” ทุกระยะประมาณ 100 เมตร ต่อ 1 ช่องจราจร หรือประมาณพื้นที่ 700 ตารางเมตร ต่อ 1 หลุมตัวอย่างและให้ได้ค่าความแน่นแห้งไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดตาม“วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”

งานวัสดุคัดเลือก ข. (Selected Material B) หมายถึง การก่อสร้างชั้นวัสดุคัดเลือก ข. ลงบนชั้นดินถมคันทาง หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้วด้วยวัสดุที่มีคุณภาพถูกต้องตามข้อกำหนด โดยวัสดุที่ใช้เป็นวัสดุมวลรวม (Soil Aggregate) หรือทราย ที่มีความคงทน ปราศจากก้อนดินเหนียวและวัชพืช ส่วนที่จับเป็นก้อนต้องมีขนาดไม่ใหญ่กว่า 50 มิลลิเมตร (2”) และต้องผ่านคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- เมื่อทดลองโดย “วิธีการหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง” มีขนาดโตสุดไม่เกิน 50 มิลลิเมตร และส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 0.075 มิลิเมตร (Sieve No.200) ไม่เกินร้อยละ 35
- มีค่า CBR เมื่อทดลองตาม “วิธีการทดลองหาค่า CBR” ไม่น้อยกว่าร้อยละ 6 ที่ความแน่นแห้งของการบดอัดร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”
- มีค่าการขยายตัว (Swell) เมื่อทดลองตาม “วิธีการทดลองหาค่า CBR” ไม่เกินร้อยละ 3 ที่ความแน่นแห้งของการบดอัด ร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”
- ให้ทำการบดทับเป็นชั้น ๆ โดยความหนาหลังการบดทับต้องไม่เกินชั้นละ 150 มิลลิเมตร และต้องรักษาให้ปริมาณน้ำระหว่างการทำงานให้มีปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content $\pm$ 3.0%
- งานชั้นวัสดุคัดเลือก ข.จะต้องทำการบดทับให้ได้ความแน่นแห้งสม่ำเสมอตลอด ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตัวอย่างทรายเก็บจากหน้างานในสนามตาม “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”
- การทดสอบความแน่นของการบดทับให้ดำเนินการตาม “วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยทราย” ทุกระยะประมาณ 100 เมตร ต่อ 1 ช่องจราจร หรือประมาณพื้นที่ 500 ตารางเมตรต่อ 1 หลุมตัวอย่างและให้ได้ค่าความแน่นแห้งไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดตาม “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”

งานวัสดุคัดเลือก ก. (Selected Material A) หมายถึง การก่อสร้างชั้นวัสดุคัดเลือก ก. ลงบนชั้นวัสดุคัดเลือก ข. หรือชั้นอื่นใดที่เตรียมไว้แล้วด้วยวัสดุที่มีคุณภาพถูกต้องตามข้อกำหนด โดยวัสดุที่ใช้เป็นวัสดุมวลรวมที่มีความคงทน มีส่วนหยาบผสมกับส่วนละเอียดที่มีคุณภาพ เป็นวัสดุเชื้อประสานที่ดี ปราศจากก้อนดินเหนียวและวัชพืช ส่วนที่จับเป็นก้อนต้องมีขนาดไม่ใหญ่กว่า 50 มิลลิเมตร (2”) และต้องผ่านคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- เมื่อทดลองโดย “วิธีการหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง” มีขนาดโตสุดไม่เกิน 50 มิลลิเมตร และส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 0.075 มิลิเมตร ไม่เกินร้อยละ 30
- ห้ามใช้ทรายที่มีคุณสมบัติที่มีส่วนผ่านตะแกรงขนาด 0.425 มิลลิเมตร (Sieve No.40) เกินกว่าร้อยละ 80 เมื่อทำการทดลองตาม “วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง”
- ห้ามใช้ทรายที่มีคุณสมบัติที่มีส่วนผ่านตะแกรงขนาด 0.075 มิลลิเมตร (Sieve No.200) น้อยกว่าร้อยละ 8 หรือเกินกว่าร้อยละ 30 เมื่อทำการทดลองตาม “วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง”

- มีค่า Liquid Limit เมื่อทดลองตาม “วิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit (L.L) ของดิน” ไม่เกินร้อยละ 40
- มีค่า Plasticity Index เมื่อทดลองตาม “วิธีการทดลองหาค่า Plastic Limit และ Plasticity Index” ไม่เกินร้อยละ 20
- มีค่า CBR เมื่อทดลองตาม “วิธีการทดลองหาค่า CBR” ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ที่ความแน่นแห้งของการบดอัด ร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”
- มีค่าการขยายตัว (Swell) เมื่อทดลองตาม “วิธีการทดลองหาค่า CBR” ไม่เกินร้อยละ 3 ที่ความแน่นแห้งของการบดอัด ร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”
- กรณีใช้วัสดุจำพวก Shale ต้องมีค่าเฉลี่ย Durability Index ของวัสดุทั้งชนิดเม็ดละเอียดและเม็ดหยาบ เมื่อทดลองตาม “วิธีการทดลองหาค่า Durability Index ของวัสดุ” ไม่น้อยกว่าร้อยละ 30
- กรณีใช้วัสดุจำพวก Non Plastic เมื่อทดลองโดย “วิธีการหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง” มีส่วนผ่านตะแกรงขนาด 2.00 มิลลิเมตร (Sieve No.10) เกินกว่าร้อยละ 90 และได้คุณภาพตามที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมด หากนำมาใช้ทำวัสดุคัดเลือก ก. จะต้องทำการบดทับให้ได้ความแน่นแห้งสม่ำเสมอตลอดไม่ต่ำกว่าร้อยละ100 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตัวอย่างทรายเก็บจากหน้างานในสนามตาม “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”
- งานชั้นวัสดุคัดเลือก ก. จะต้องทำการบดทับให้ได้ความแน่นแห้งสม่ำเสมอตลอด ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตัวอย่างทรายเก็บจากหน้างานในสนามตาม “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”
- ให้ทำการบดทับเป็นชั้น ๆ โดยความหนาหลังการบดทับต้องไม่เกินชั้นละ 150 มิลลิเมตร และต้องรักษาให้ปริมาณน้ำระหว่างการทำงานให้มีปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content $\pm$ 3.0%
- งานวัสดุคัดเลือก ก. จะต้องทำการบดทับให้ได้ความแน่นแห้งสม่ำเสมอตลอดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 สำหรับวัสดุมวลรวม และไม่ต่ำกว่าร้อยละ 100 สำหรับ Non Plastic โดยการทดสอบความแน่นของการบดทับให้ดำเนินการตาม “วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยทราย” ทุกระยะประมาณ 100 เมตร ต่อ 1 ช่องจราจร หรือประมาณพื้นที่ 500 ตารางเมตร ต่อ 1 หลุมตัวอย่างและให้ได้ค่าความแน่นแห้งไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดตาม “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”

3. งานรองพื้นทาง (Subbase) แบ่งเป็น

งานรองพื้นทางวัสดุมวลรวม (Soil Aggregate Subbase) หมายถึง การก่อสร้างชั้นรองพื้นทางบนชั้นวัสดุคัดเลือก หรือชั้นอื่นใด ที่ได้เตรียมไว้แล้วด้วยวัสดุมวลรวมที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด เป็นวัสดุมวลรวมเม็ดแข็ง ทนทาน มีส่วนหยาบผสมกับส่วนละเอียดที่มีคุณสมบัติเป็นเชื้อประสานที่ดี ปราศจากก้อนดินเหนียวและวัชพืช ส่วนที่จับเป็นก้อนต้องมีขนาดไม่ใหญ่กว่า 50 มิลลิเมตร (2") และต้องผ่านคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- มีค่าความสึกหรอเมื่อใช้การทดลองโดย "วิธีการทดลองหาค่าความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion" ไม่เกินร้อยละ 60
- มีขนาดคละที่ดี เมื่อทดลองด้วย "วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง" และต้องมีขนาดใดขนาดหนึ่งตาม Grade ที่กำหนด (Grade A,B,C,D,E)
- มีค่า Liquid Limit เมื่อทดลองตาม "วิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit (L.L) ของดิน" ไม่เกินร้อยละ 35
- มีค่า Plasticity Index เมื่อทดลองตาม "วิธีการทดลองหาค่า Plastic Limit และ Plasticity Index" ไม่เกินร้อยละ 11
- มีค่า CBR เมื่อทดลองตาม "วิธีการทดลองหาค่า CBR" ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ที่ความแน่นแห้งของการบดอัดร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน"
- กรณีที่ใช้วัสดุมากกว่า 1 ชนิดผสมกันเพื่อให้ได้คุณภาพถูกต้อง วัสดุแต่ละชนิดจะต้องมีขนาดคละสม่ำเสมอและเมื่อผสมกันแล้วจะต้องมีลักษณะสม่ำเสมอและให้คุณภาพตามข้อกำหนดด้วย
- กรณีใช้วัสดุจำพวก Shale ต้องมีค่าเฉลี่ย Durability Index ของวัสดุทั้งชนิดเม็ดละเอียดและเม็ดหยาบ เมื่อทดลองตาม "วิธีการทดลองหาค่า Durability Index ของวัสดุ" ไม่น้อยกว่าร้อยละ 35
- ให้ทำการบดทับเป็นชั้น ๆ โดยความหนาหลังการบดทับต้องไม่เกินชั้นละ 150 มิลลิเมตร และต้องรักษาให้ปริมาณน้ำระหว่างการทำงานให้มีปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content $\pm$ 3.0%
- การทดสอบความแน่นของการบดทับให้ดำเนินการตาม "วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยทราย" ทุกระยะประมาณ 100 เมตร ต่อ 1 ช่องจราจร หรือประมาณพื้นที่ 500 ตารางเมตร ต่อ 1 หลุมตัวอย่างและให้ได้ค่าความแน่นแห้งไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดตาม"วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน"

งานรองพื้นทางดินซีเมนต์ (Soil Cement Subbase) หมายถึง การก่อสร้างชั้นรองพื้นทางบนชั้นวัสดุคัดเลือก หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้วด้วยดินผสมปูนซีเมนต์ และน้ำที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด ดินที่ใช้ผสมปูนซีเมนต์ต้องเป็นวัสดุที่ปราศจากหน้าดิน วัชพืช หรืออินทรีย์วัตถุและต้องไม่มีสารที่เป็นอันตรายต่อดินซีเมนต์เจือปนอยู่ และต้องผ่านคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- เมื่อทดลองโดย "วิธีการหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง" มีขนาดโตสุดไม่เกิน 50 มิลลิเมตร และส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 0.075 มิลลิเมตร (Sieve No.200) ไม่เกินร้อยละ 40
- มีค่า Liquid Limit เมื่อทดลองตาม "วิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit (L.L) ของดิน" ไม่เกินร้อยละ 20
- มีค่า Plasticity Index เมื่อทดลองตาม "วิธีการทดลองหาค่า Plastic Limit และ Plasticity Index" ไม่เกินร้อยละ 20
- ปูนซีเมนต์ที่ใช้ต้องเป็นไปตาม มอก. 15
- น้ำที่ใช้ในการผสมจะต้องสะอาดปราศจากสารต่าง ๆ เช่น กรด เกลือ ด่าง ฯลฯ
- ต้องทำ Trial Mixed ก่อนทำการก่อสร้างจริงและทำการตรวจสอบด้วยการกดแท่งตัวอย่างที่ทำการบ่มไว้ที่อายุ 7 วันด้วย "วิธี Unconfined Compressive Strength ของดิน"
- ให้ทำการบดทับเป็นชั้น ๆ โดยความหนาหลังการบดทับต้องไม่เกินชั้นละ 150 มิลลิเมตร และต้องรักษาให้ปริมาณน้ำระหว่างการทำงานให้มีปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content $\pm$ 2.0%
- การทดสอบความแน่นของการบดทับให้ดำเนินการตาม "วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยทราย" ทุกระยะประมาณ 100 เมตร ต่อ 1 ช่องจราจร หรือประมาณพื้นที่ 500 ตารางเมตร ต่อ 1 หลุมตัวอย่างและให้ได้ค่าความแน่นแห้งไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุด

4. งานพื้นทาง (Base) แบ่งเป็น

งานพื้นทางหินคลุก (Crushed Rock Soil Aggregate Type Base) หมายถึง การก่อสร้างชั้นพื้นทางบนชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้วด้วยวัสดุหินคลุกที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยวัสดุหินคลุกต้องเป็นหินโม่มวลรวม (Crushed Rock Soil Aggregate Type) ที่มีเนื้อแข็ง เหนียว สะอาด ไม่ผุ ปราศจากวัสดุอื่นเจือปนและต้องผ่านคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- มีค่าความสึกหรอเมื่อทดลองโดย "วิธีการทดลองหาค่าความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion" ไม่เกินร้อยละ 40

- มีค่าของส่วนที่ไม่คงทน(Loss) เมื่อทำตาม “วิธีการทดลองหาค่าความคงทน (Soundness) ของมวลรวม” โดยใช้โซเดียมซัลเฟตจำนวน 5 รอบแล้วไม่เกินร้อยละ 9
- มีส่วนละเอียด(Fine Aggregate) เป็นวัสดุและคุณสมบัติเดียวกันกับส่วนหยาบ (Coarse Aggregate)
- มีขนาดคละที่ดี เมื่อทดลองด้วย “วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง” และต้องมีขนาดใดขนาดหนึ่งตาม Grade ที่กำหนด (Grade A,B)
- ส่วนละเอียดที่ผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 200 (0.075 มิลลิเมตร) ต้องไม่มากกว่าสองในสาม (2/3) ของส่วนละเอียดที่ผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 40 (0.425 มิลลิเมตร)
- มีค่า Liquid Limit เมื่อทดลองตาม “วิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit (L.L) ของดิน” ไม่เกินร้อยละ 25
- มีค่า Plasticity Index เมื่อทดลองตาม “วิธีการทดลองหาค่า Plastic Limit และ Plasticity Index” ไม่เกินร้อยละ 6
- มีค่า CBR เมื่อทดลองตาม “วิธีการทดลองหาค่า CBR” ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ที่ความแน่นแห้งของการบดอัด ร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”
- ให้ทำการบดทับเป็นชั้น ๆ โดยความหนาหลังการบดทับต้องไม่เกินชั้นละ 150 มิลลิเมตร และต้องรักษาให้ปริมาณน้ำระหว่างการทำงานให้มีปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content $\pm$ 2.0%
- การทดสอบความแน่นของการบดทับให้ดำเนินการตาม “วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยทราย” ทุกระยะประมาณ 100 เมตรต่อ 1 ช่องจราจร หรือประมาณพื้นที่ 500 ตารางเมตร ต่อ 1 หลุมตัวอย่างและให้ได้ค่าความแน่นแห้งไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”

งานพื้นทางกรวดโม่ (Crushed Gravel Soil Aggregate Type Base) หมายถึง การก่อสร้างชั้นพื้นทางบนชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้วด้วยวัสดุกรวดโม่มวลรวมที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยวัสดุกรวดโม่มวลรวมต้องเป็นกรวดโม่มวลรวม (Crushed Gravel Soil Aggregate Type Base) ที่มีเนื้อแข็ง เหนียว สะอาด ไม่ผุ ปราศจากวัสดุอื่นเจือปน โดยก่อนนำมาโม่ต้องมีส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด 25.0 มิลลิเมตรไม่น้อยกว่าร้อยละ 50โดยมวลและต้องไม่ใช้วัสดุประเภท Shale และต้องผ่านคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- มีค่าความสึกหรอเมื่อทดลองโดยการใช้ “วิธีการทดลองหาค่าความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion” ไม่เกินร้อยละ 40

- ต้องเป็นวัสดุที่ผ่านการโม่ให้แตก ส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร เมื่อนำมาทดลอง “วิธีการทดลองหาปริมาณร้อยละที่แตกของกรวดโม่” ต้องมีหน้าแตกจากการโม่เป็นจำนวนไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 โดยมวล
- มีส่วนละเอียด (Fine Aggregate) เป็นวัสดุและคุณสมบัติเดียวกันกับส่วนหยาบ (Coarse Aggregate)
- มีขนาดคละที่ดี เมื่อทดลองด้วย “วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง” และต้องมีขนาดใดขนาดหนึ่งตาม Grade ที่กำหนด (Grade A,B,C)
- ส่วนละเอียดที่ผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 200 (0.075 มิลลิเมตร) ต้องไม่มากกว่าสองในสาม (2/3) ของส่วนละเอียดที่ผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 40 (0.425 มิลลิเมตร)
- มีค่า Liquid Limit เมื่อทดลองตาม “วิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit (L.L) ของดิน” ไม่เกินร้อยละ 25
- มีค่า Plasticity Index เมื่อทดลองตาม “วิธีการทดลองหาค่า Plastic Limit และ Plasticity Index” ไม่เกินร้อยละ 6
- มีค่า CBR เมื่อทดลองตาม “วิธีการทดลองหาค่า CBR” ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ที่ความแน่นแห้งของการบดอัดร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”
- ให้ทำการบดทับเป็นชั้น ๆ โดยความหนาหลังการบดทับต้องไม่เกินชั้นละ 150 มิลลิเมตร และต้องรักษาให้ปริมาณน้ำระหว่างการทำงานให้มีปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content $\pm$2.0%
- การทดสอบความแน่นของการบดทับให้ดำเนินการตาม “วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยทราย” ทุกระยะประมาณ 100 เมตร ต่อ 1 ช่องจราจร หรือประมาณพื้นที่ 500 ตารางเมตร ต่อ 1 หลุมตัวอย่างและให้ได้ค่าความแน่นแห้งไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”

งานพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ (Cement Modified Crushed Rock Base) หมายถึง การก่อสร้างชั้นพื้นทางบนชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นอื่นใด ที่ได้เตรียมไว้แล้วด้วยวัสดุหินคลุกผสมซีเมนต์ที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยวัสดุหินคลุกต้องเป็นหินโม่มวลรวม (Crushed Rock Soil Aggregate Type) ที่มีเนื้อแข็ง เหนียว สะอาด ไม่ผุ ปราศจากวัสดุอื่นเจือปน และต้องไม่ใช้วัสดุประเภท Shale และต้องผ่านคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- มีค่าความสึกหรอเมื่อทดลองโดยการใช้ “วิธีการทดลองหาค่าความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion” ไม่เกินร้อยละ 40

- มีค่าของส่วนที่ไม่คงทน(Loss) เมื่อทำตาม “วิธีการทดลองหาค่าความคงทน (Soundness) ของมวลรวม” โดยใช้โซเดียมซัลเฟตจำนวน 5 รอบแล้วไม่เกินร้อยละ 9
- มีส่วนละเอียด (Fine Aggregate) เป็นวัสดุและคุณสมบัติเดียวกันกับส่วนหยาบ (Coarse Aggregate)
- มีขนาดคละที่ดี เมื่อทดลองด้วย “วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง” และต้องมีขนาดใดขนาดหนึ่งตาม Grade ที่กำหนด (Grade B,C,D)
- ส่วนละเอียดที่ผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 200 (0.075 มิลลิเมตร) ต้องไม่มากกว่าสองในสาม (2/3) ของส่วนละเอียดที่ผ่านตะแกรงขนาดเบอร์ 40 (0.425 มิลลิเมตร)
- มีค่า Liquid Limit เมื่อทดลองตาม “วิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit (L.L) ของดิน” ไม่เกินร้อยละ 25
- มีค่า Plasticity Index เมื่อทดลองตาม “วิธีการทดลองหาค่า Plastic Limit และ Plasticity Index” ไม่เกินร้อยละ 6
- มีค่า CBR เมื่อทดลองตาม “วิธีการทดลองหาค่า CBR” ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ที่ความแน่นแห้งของการบดอัด ร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”
- ปูนซีเมนต์ที่ใช้ต้องเป็นไปตาม มอก. 15
- น้ำที่ใช้ในการผสมจะต้องสะอาดปราศจากสารต่าง ๆ เช่น กรด เกลือ ด่าง ฯลฯ
- ต้องทำ Trial Mixed ก่อนทำการก่อสร้างจริงและทำการตรวจสอบด้วยการกดแท่งตัวอย่างที่ทำการบ่มไว้ที่อายุ 7 วันด้วย “วิธี Unconfined Compressive Strength ของดิน”
- ให้ทำการบดทับเป็นชั้น ๆ โดยความหนาหลังการบดทับต้องไม่เกินชั้นละ 150 มิลลิเมตร และต้องรักษาให้ปริมาณน้ำระหว่างการทำงานให้มีปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content $\pm$ 2.0%
- การทดสอบความแน่นของการบดทับให้ดำเนินการตาม “วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยทราย” ทุกระยะประมาณ 100 เมตร ต่อ 1 ช่องจราจรหรือประมาณพื้นที่ 500 ตารางเมตร ต่อ 1 หลุมตัวอย่างและให้ได้ค่าความแน่นแห้งไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”

งานพื้นทางดินซีเมนต์ (Soil Cement Base) หมายถึง การก่อสร้างชั้นพื้นทางบนชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นอื่นใด ที่ได้เตรียมไว้แล้วด้วยวัสดุดินผสมปูนซีเมนต์ และน้ำ ที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยวัสดุดินผสมปูนซีเมนต์ต้องเป็นวัสดุที่ปราศจากหน้าดิน วัชพืช หรืออินทรีย์สารอื่นๆ และไม่มีสารอื่นที่อาจเป็นอันตรายต่อคุณภาพของดินซีเมนต์ที่เจือปนอยู่ และต้องไม่ใช้วัสดุประเภท Shale และต้องผ่านคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- มีค่าความสึกหรอเมื่อทดลองโดยการใช้ “วิธีการทดลองหาค่าความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion” ไม่เกินร้อยละ 60
- เมื่อทดลองโดย “วิธีการหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง” มีขนาดโตสุดไม่เกิน 50 มิลลิเมตรและส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 2.00 มิลลิเมตร (Sieve No.10)ไม่เกินร้อยละ 70 และส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 0.075มิลลิเมตร (Sieve No.200) ไม่เกินร้อยละ 25
- มีค่า Liquid Limit เมื่อทดลองตาม “วิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit (L.L) ของดิน” ไม่เกินร้อยละ 40
- มีค่า Plasticity Index เมื่อทดลองตาม “วิธีการทดลองหาค่า Plastic Limit และ Plasticity Index” ไม่เกินร้อยละ 15
- ปูนซีเมนต์ที่ใช้ต้องเป็นไปตาม มอก. 15
- น้ำที่ใช้ในการผสมจะต้องสะอาดปราศจากสารต่าง ๆ เช่น กรด เกลือ ด่าง ฯลฯ
- ต้องทำ Trial Mixed ก่อนทำการก่อสร้างจริงและทำการตรวจสอบด้วยการกดแท่งตัวอย่างที่ทำการบ่มไว้ที่อายุ 7 วันด้วย “วิธี Unconfined Compressive Strength ของดิน”
- ให้ทำการบดทับเป็นชั้น ๆ โดยความหนาหลังการบดทับต้องไม่เกินชั้นละ 150 มิลลิเมตร และต้องรักษาให้ปริมาณน้ำระหว่างการทำงานให้มีปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content $\pm$ 2.0%
- การทดสอบความแน่นของการบดทับให้ดำเนินการตาม “วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยทราย” ทุกระยะประมาณ 100 เมตร ต่อ 1 ช่องจราจร หรือประมาณพื้นที่ 500 ตารางเมตร ต่อ 1 หลุมตัวอย่างและให้ได้ค่าความแน่นแห้งไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”

บทที่ 4
การควบคุมการเปิดบ่อวัสดุสร้างทาง (Soil – Aggregate)

1. <u>จุดประสงค์</u>

จุดประสงค์ของการเขียนในเรื่องนี้ เพื่อให้เจ้าหน้าที่สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบที่ออกไปควบคุมการก่อสร้างทางด้านวัสดุ ได้เข้าใจถึงวิธีการเปิดบ่อวัสดุ เพื่อควบคุมให้วัสดุมีคุณภาพ Uniform กันทั่ว Stock Pile

2. <u>การสำรวจบ่อวัสดุขั้นละเอียด</u>

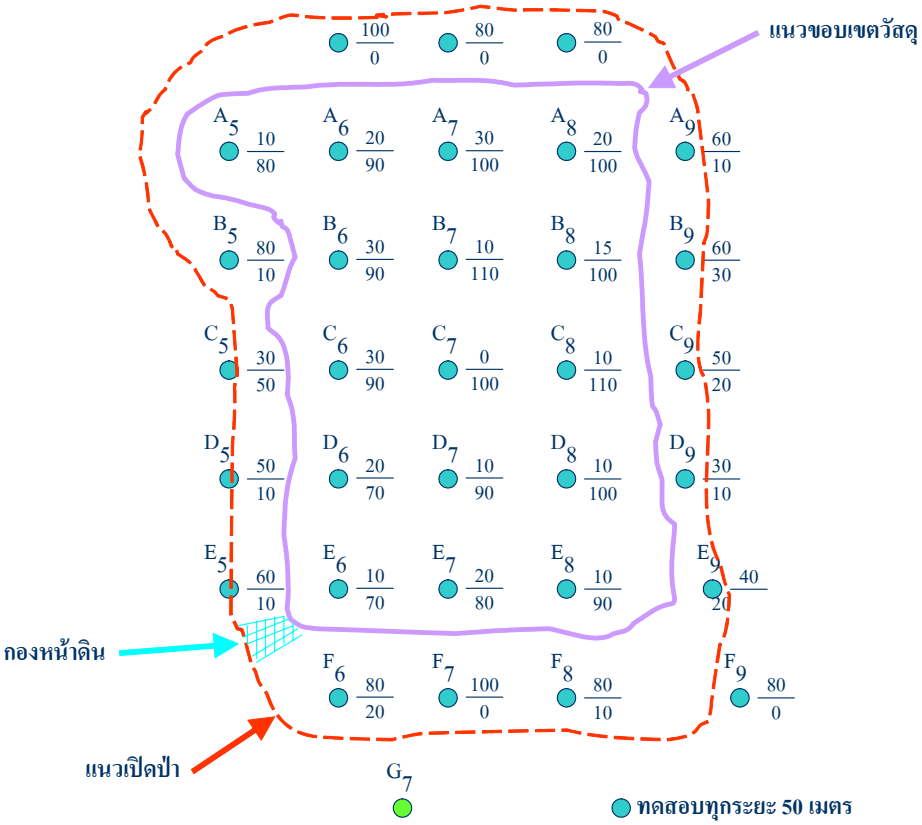
2.1 เนื่องจากคุณภาพและปริมาณที่แสดงไว้ในแบบสำหรับให้บริษัทประเมินราคาประมูลนั้น ได้จากการสำรวจขั้น Preliminary เท่านั้น ซึ่งผลการทดลองที่ได้จะมาเป็นมาตรการควบคุมการก่อสร้างเลยทีเดียวไม่ได้ จะต้องทำการทดลองวัสดุใหม่เพื่อตรวจสอบคุณภาพที่แท้จริงโดยละเอียด

2.2 ให้ทำการ boring โดยใช้คนงานขุดให้ลึกตลอดความหนาของวัสดุ โดยการวางแนวหลุมเจาะเป็นตาหมากรุกดังแสดงในรูปที่ 1 และทำแผนที่แสดงตำแหน่งหลุม ความหนาของ Top soil และของวัสดุ และ log boring ดังแสดงในรูป 2

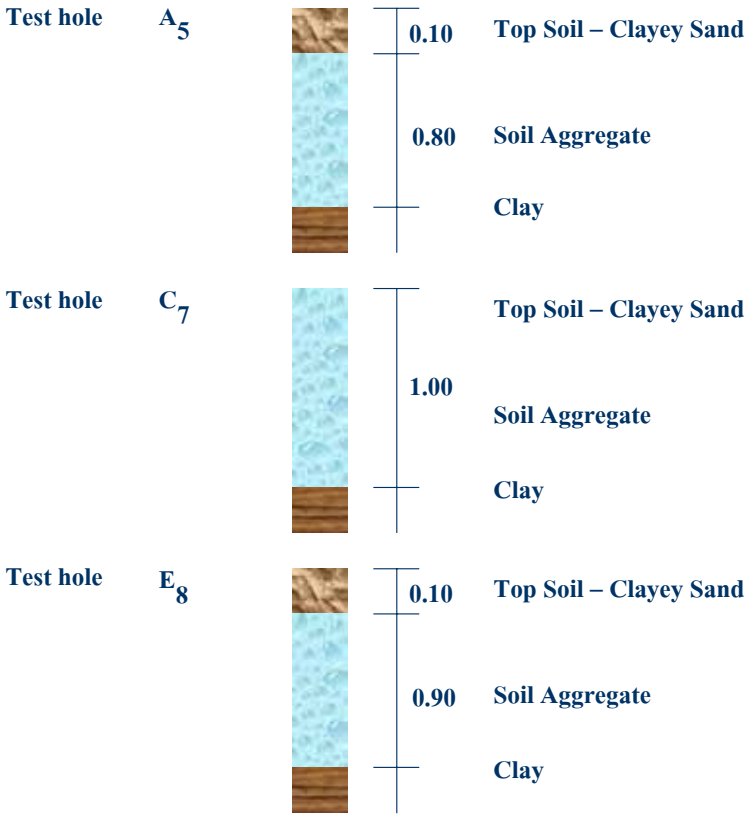
2.3 หาแนวของวัสดุโดยประมาณจากแผนที่ซึ่งทำตาม ข้อ 2.2 แล้วขีดเส้นล้อมรอบไว้กะแนวเปิดป่าซึ่งแนวนี้จะต้องอยู่นอกแนววัสดุ ระยะระหว่างแนววัสดุ และแนวเปิดป่า คือระยะที่จะเก็บไว้ทิ้งหน้าดิน ซึ่งจะกองในรูปของ Stock pile การที่ทำเช่นนี้ก็เพื่อจะให้เครื่องจักรทำงานให้น้อยที่สุด มิเช่นนั้นแล้วอาจจะเปิดป่าและเปิดหน้าดินไม่เป็นระเบียบ เป็นการเปลืองแรงงานโดยเปล่าประโยชน์

2.4 เมื่อทำการ boring จนตลอดบ่อวัสดุตามข้อ 2.2 แล้ว ให้ทำการเก็บตัวอย่างจากหลุม boring เพื่อจะมาทดลองคุณภาพต่อไป การเก็บตัวอย่างนี้จะต้องพิจารณาถึงวิธีการที่จะขุดตัวอย่างไปใช้ด้วย สมมุติว่าวัสดุหนาพอสมควรที่จะใช้รถแทรกเตอร์ดันออกมาให้เป็นกองครั้งเดียวตลอดความหนาก็ให้ทำการเก็บตัวอย่างทีเดียวตลอดความหนาของวัสดุ โดยการใช้ผ้าปูรองรับที่ก้นหลุมแล้วใช้จอบถากวัสดุตั้งแต่ชั้นบนเรื่อยลงมาจนถึงข้างล่าง รวมกันบนผ้าที่ปูไว้เก็บตัวอย่างทั้งหมดมาทดลองต่อไป

2.5 ถ้าหากว่าวัสดุนั้นหนามาก ไม่สามารถจะเปิดเป็นกองได้ในครั้งเดียว จำต้องเปิดออกเป็นชั้น ๆ การเก็บตัวอย่างก็จะต้องเก็บเป็นชั้นๆ ตามที่คาดคะเนว่าจะเปิดเอาไปใช้ทั้งนี้เพื่อให้ตัวอย่างที่เก็บเอามาจะได้คล้ายคลึงกับตัวอย่างที่จะนำไปใช้ การคาดคะเนนี้จะทำได้ดีเพียงใด ขึ้นกับประสบการณ์และการควบคุมอีกทอดหนึ่ง


แนวขอบเขตวัสดุ
กองหน้าดิน
แนวเปิดป่า
ทดสอบทุกระยะ 50 เมตร

รูปที่ 1


Test hole A5
0.10
Top Soil – Clayey Sand
0.80
Soil Aggregate
Clay
Test hole C7
Top Soil – Clayey Sand
1.00
Soil Aggregate
Clay
Test hole E8
0.10
Top Soil – Clayey Sand
0.90
Soil Aggregate
Clay

รูปที่ 2

3. <u>การทดลองวัสดุที่เก็บมาจาก Test Hole (จาก Boring)</u>

3.1 ตัวอย่างที่เก็บมาจากหลุม Test hole แต่ละหลุม จะต้องแบ่งออกโดยใช้ Sample splitter หรือ วิธี quartering ให้ได้ตัวอย่างพอที่จะทดลองทำ Sieve และ Atterberg (ห้ามตักเอาตัวอย่างมาโดยไม่ใช้วิธี quartering หรือใช้ Sample splitter) และให้ทดลอง Sieve และ Atterberg limit ของแต่ละตัวอย่าง

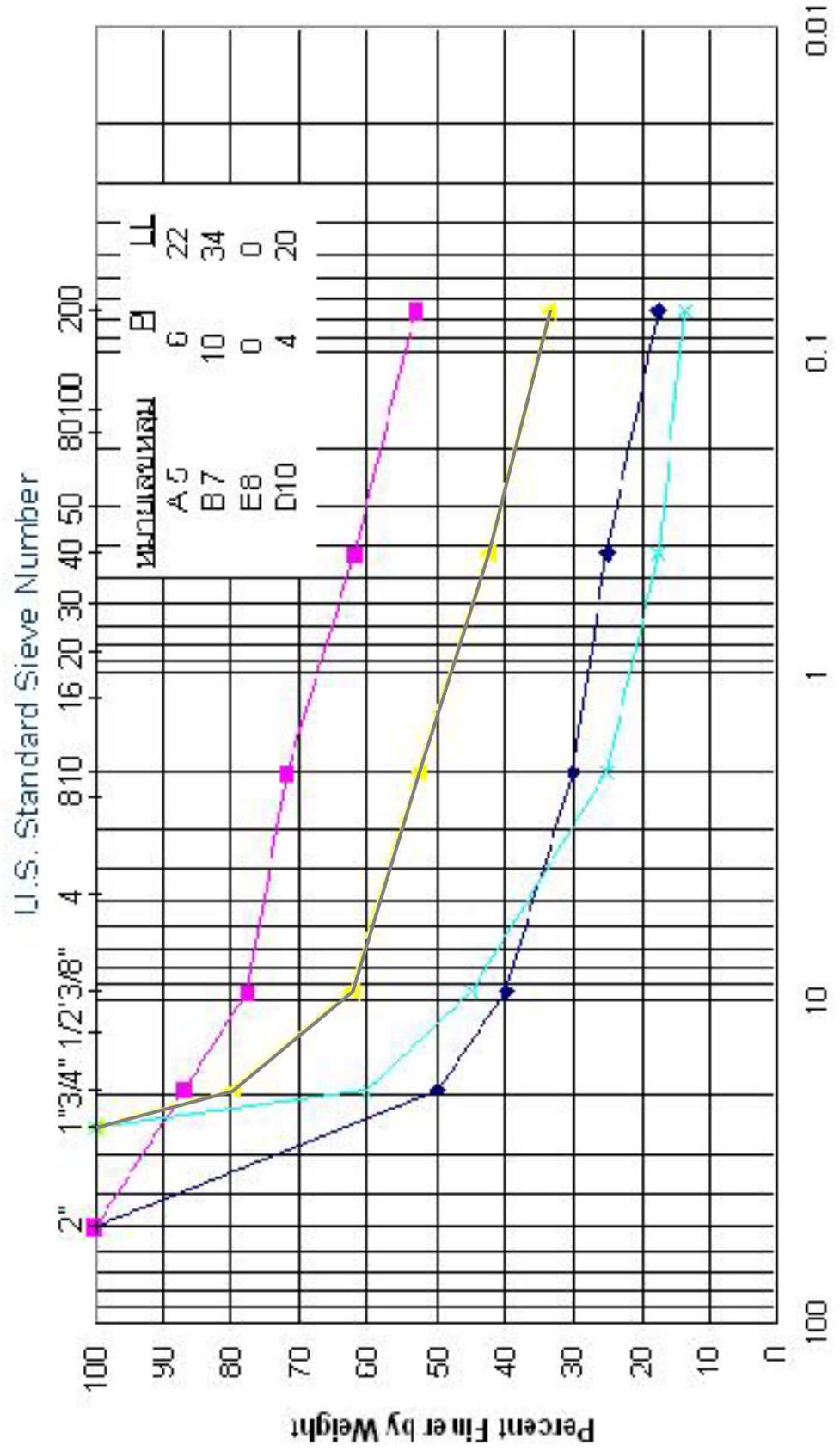
3.2 หลังจากทราบผลการทดลองจากข้อ 3.1 แล้ว ให้นำผลการทดลองที่ได้มา Plot graph ในแบบ SM 18 ดังแสดงในรูป 3 ทั้งนี้เพื่อจะดูความแตกต่างของ “Gradation” ของวัสดุที่มาจากตอนต่างๆ ทั้งๆที่อยู่ในแหล่งเดียวกัน และเป็นการพิจารณาได้ด้วยว่า “Gradation” หนึ่งๆ จะอยู่ในชั้น “Well Grade” , “Poor Grade” หรือ “Gap Grade” โดยดูจาก graph ที่ plot นั้น ๆ ทั้งนี้บางครั้ง “Grade” เหล่านี้อาจจะยังคงอยู่ range ของ specs.

3.3 นอกจาก Plot gradation ลงใน SM 18 ตามข้อ3.2 แล้ว ให้เขียน L.L และ P.I. กำกับลงไปด้วย ทั้งนี้เพื่อเป็นการพิจารณา AREA ที่จะดันวัสดุเป็น Stock Pile โดยการแบ่ง AREA ตามคุณภาพของวัสดุที่ศึกษาจาก graph ที่ plot ตามข้อ 3.2

3.4 AREA ที่จะแบ่งออกเพื่อดันเป็น Stock Pile นี้จะพิจารณาดูความเร่งด่วนของงานเป็นสำคัญ ถ้าหากจำเป็นจะต้องใช้วัสดุโดยเร่งด่วน ให้แบ่ง AREA ที่คุณภาพของวัสดุทาง P.I. และ Gradation ถูกต้อง

บ่อวัสดุบางแห่งอาจจะมีพวกวัสดุที่มีคุณภาพถูกต้อง และมีคุณภาพไม่ถูกต้อง บางครั้งอาจจะเอาวัสดุทั้งสองชนิดนี้ผสมกันในบ่อ หรือ Blending กันในบ่อ ก็จะได้วัสดุที่มีคุณภาพดีขึ้น และเป็นการเปลืองแรงงานน้อยกว่าที่จะใช้วัสดุอย่างอื่น เช่น ทราย เอามาผสมกันภายหลัง

3.5 เมื่อได้แบ่ง AREA ของบ่อวัสดุแล้ว ให้เอาตัวอย่างที่เก็บมาจาก Test hole ของแต่ละ AREA มาผสมกันทั้งหมดเพื่อทำ compaction และหาค่า C.B.R. ค่า C.B.R. ที่ได้นี้จะเป็นค่าโดยประมาณ แต่ใกล้เคียงความเป็นจริงของวัสดุ เหตุที่ค่า C.B.R. ที่ได้นี้ไม่ถูกต้องนัก เป็นเพราะอัตราส่วนผสมของวัสดุที่เก็บมาจาก Test hole จะแตกต่างกับอัตราส่วนจริง ๆ ในสนาม ค่า C.B.R. ที่ถูกต้องจริง ๆ จะต้องมาจากวัสดุที่เก็บมาจาก Stock Pile ที่ให้คลุกผสมกันเป็นอย่างดีแล้ว ก่อนที่จะนำไปลงบนถนน


U.S. Standard Sieve Number
2"
1"3/4"
1/2"
3/8"
4
8
10
16
20
30
40
50
80
100
200
Percent Finer by Weight
Diameter in mm.
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
100
10
1
0.1
0.01
A 5
B 7
E 8
D10
B
6
10
0
4
LL
22
34
0
20

รูปที่ 3

4. <u>หลักการแบ่ง AREA เพื่อความเหมาะสม</u>

4.1.ถ้าการแบ่ง AREA ตามข้อ 3 และทราบผลการทดลอง C.B.R. แล้ว และค่า C.B.R. ระหว่าง AREA หนึ่งๆ แตกต่างกันมาก ก็อาจจะแบ่ง AREA ใหม่ โดยใช้ค่า C.B.R. เป็นหลักพิจารณา (การแบ่ง AREA ตามข้อ3 ใช้ค่า Atterberg limit และ Sieve เป็นหลักพิจารณา)

4.2 สมมุติว่า ได้ค่า C.B.R. ของ AREA ต่าง ๆ ดังนี้ (ดูรูป 3 A)

AREA	1	ค่า	C.B.R.=10%
AREA	2	ค่า	C.B.R.=80%
AREA	3	ค่า	C.B.R.=30%

ถ้าพิจารณาแต่ค่า C.B.R. แต่เพียงอย่างเดียว จะเห็นว่า AREA 1 มีค่าต่ำไปส่วน AREA 2 มีค่าสูง และอาจจะสูงเกินความต้องการ สำหรับการออกแบบทำเป็น Subbase ถ้าหากว่าใช้วัสดุจาก AREA 1 และ AREA 2 ผสมกัน อาจจะทำให้ค่า C.B.R. เมื่อผสมแล้วสูงขึ้น ซึ่งมีคุณภาพเหมาะสมทั้งหมด ดูการแบ่ง AREA ใหม่ที่แสดงในรูป 4

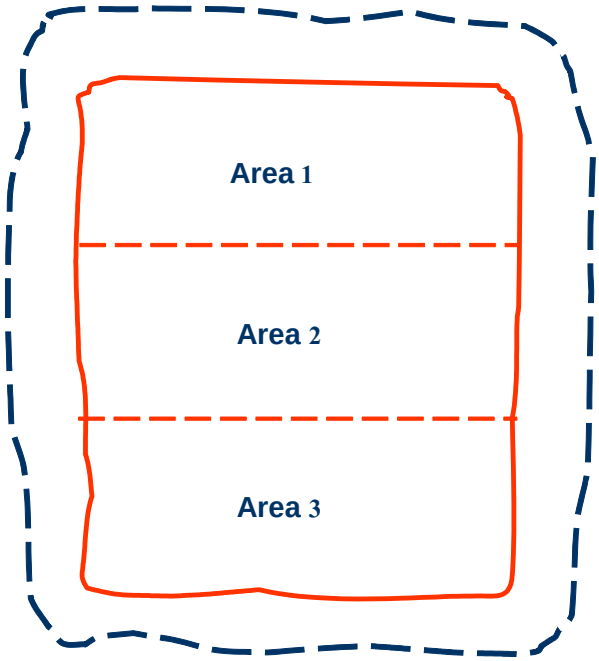
4.3 นอกจากการแบ่ง AREA เพื่อปรับปรุงคุณภาพทาง C.B.R. ดังกล่าวมาแล้ว ข้างต้นยังสามารถใช้หลักการเดียวกันนี้

4.3.1 ใช้วัสดุจาก AREA ที่มี P.I. มาก ผสมกับวัสดุจาก AREA ที่มี P.I. น้อย เพื่อเป็นการปรับปรุง P.I. ให้มีคุณภาพทั่วๆไปดีขึ้น

4.3.2 ใช้วัสดุจาก AREA ที่มี fine portion มาก ผสมกับวัสดุจาก AREA ที่มี fine portion น้อย เพื่อปรับปรุงคุณภาพด้าน fine portion ของวัสดุ

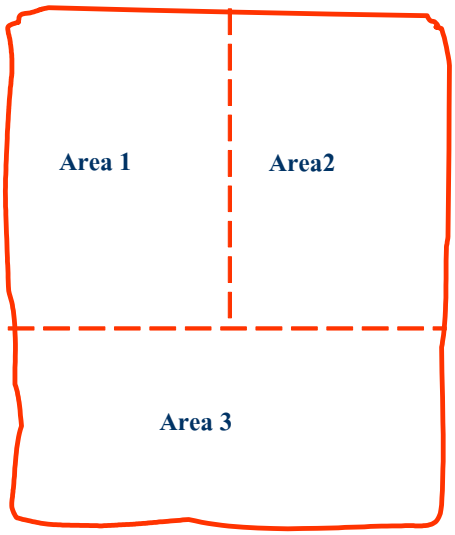
โอกาสที่จะกระทำแบบนี้ จะต้องใช้เครื่องจักรพวกรถแทรกเตอร์ และทำในบริเวณบ่อวัสดุขณะกำลังเปิดบ่อเท่านั้น จึงจะกระทำได้ผลเต็มที่

การแบ่งพื้นที่ของแหล่งลูกรัง



รูปที่ 3a

การแบ่งพื้นที่ของแหล่งลูกรัง



รูปที่ 4

5. <u>การดันวัสดุเป็นรูป Stock Pile</u>

5.1 ก่อนที่จะทำการดันวัสดุขึ้นมาเป็น Stock Pile นั้นจะต้องทำการเปิดหน้าดินให้หมดก่อน เพราะหน้าดินจะทำให้ P.I. และ fine portion ของวัสดุเปลี่ยนแปลงไปและจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรนั้นก็สุดแท้แต่ชนิดของหน้าดิน ถ้าหน้าดินเป็นพวก Clay จะทำให้ P.I. และ fine ของวัสดุมากยิ่งขึ้น ถ้าเป็นพวก Sand ก็อาจจะลด P.I. ฯลฯ การเปิดหน้าดินนี้ โดยปกตินิสัยของพนักงานขับเครื่องจักร ชอบไถหน้าดินออกเรียบเป็นหน้ากระดาน ซึ่งบางแห่งหน้าดินจะไม่เรียบ อาจจะมีอยู่เป็นสูงๆ ต่ำๆ การไถหน้าดินเรียบเป็นหน้ากระดานอาจจะไถวัสดุออกทิ้งมากเกินสมควร ควรจะไถหน้าดินออกตามความหนาของหน้าดินที่แท้จริง คือถ้าดินตรงไหนลึกก็ขุดไถออกเป็นบริเวณพิเศษ ตรงไหนไถหน้าดินออกจนถึงวัสดุจริงๆแล้วก็ควรจะหยุด

5.2 เมื่อเปิดหน้าดินหมดแล้ว เริ่มดันวัสดุตามแนวสนามที่ได้กำหนดเอาไว้จากทิศต่างๆ เพื่อให้วัสดุมารวมกันอย่างหยาบๆ Stock Pile ควรจะเป็นรูปยาวๆ ความยาวประมาณ 30 – 40 เมตร และความสูงประมาณ 3 – 5 เมตร การดันวัสดุในระยะที่จวนจะหมดวัสดุ และถึงพื้นดินชั้นล่างจะเป็นระยะที่สำคัญที่สุด จะต้องได้รับการควบคุมดูแลที่ใกล้ชิดพอควร เพราะถ้าดันเอาดินชั้นล่างปนมาด้วย ก็จะทำให้คุณสมบัติของวัสดุเปลี่ยนแปลงไปดังกล่าวในข้อ 5.1

5.3 หลังจากดันผสมอย่างหยาบๆ ในรูป Stock Pile ดังกล่าวแล้ว จะสังเกตเห็นได้ว่าวัสดุจะไม่เหมือนทั่วกันหมดทั้งกอง และเพื่อที่จะให้วัสดุได้มีคุณภาพเหมือนกันทั่วกองจะต้องทำการผสมกันอีกครั้งหนึ่งโดยวิธีการดันย้ายกอง ดังแสดงในรูป 5 วิธีการทำอย่างนี้ก็คือการคลุกผสมกันนั่นเองและการคลุกผสมกันจะเข้ากันดีเพียงไร ขึ้นอยู่กับทิศทางของวัสดุที่ดันมาผสมกัน สังเกตดูทิศทางลูกศรที่แสดงแนะไว้ในรูป 5

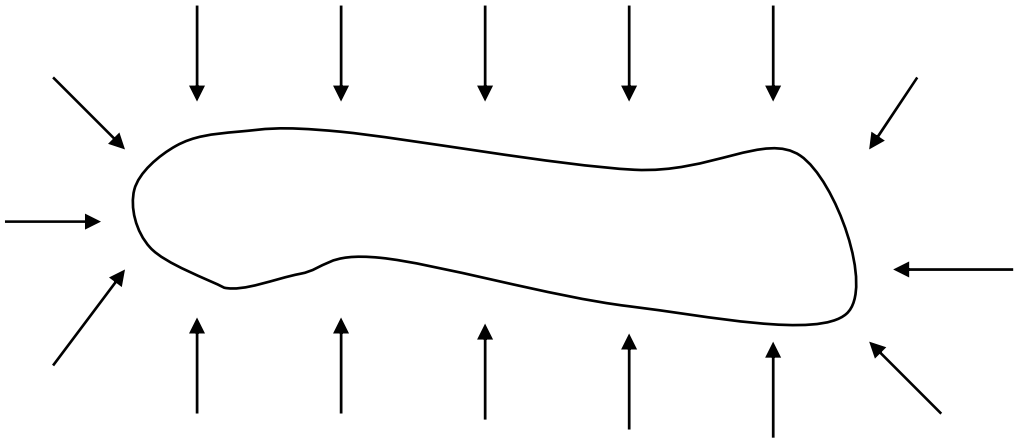
6. <u>การเก็บตัวอย่างจาก Stock Pile เพื่อทดลอง</u>

6.1 เมื่อทำการ blend แล้ว จะต้องทำการเก็บตัวอย่างมาทดลองอีกครั้งหนึ่งเพื่อตรวจสอบคุณภาพ การทดลองครั้งนี้ถือเป็น general Test การเก็บตัวอย่างจะต้องเก็บจากแนวต่างๆ ให้ได้ตัวอย่างครบตามที่แนะไว้ใน “หลักควบคุมวัสดุสร้างทาง” ดูการเก็บตัวอย่างดังแสดงในรูป 6

6.2 ทำการทดลองหา Gradation และ Atterberg limit แล้ว plot ผลการทดลองนี้ใน SM18 เพื่อจะพิจารณาดูว่า Gradation ของวัสดุ Uniform หรือไม่ ในรูป 7 แสดง Gradation , P.I. และ L.L. ของวัสดุที่เก็บมาจาก Stock Pile แนวต่าง ๆ มีคุณภาพไม่ Uniform

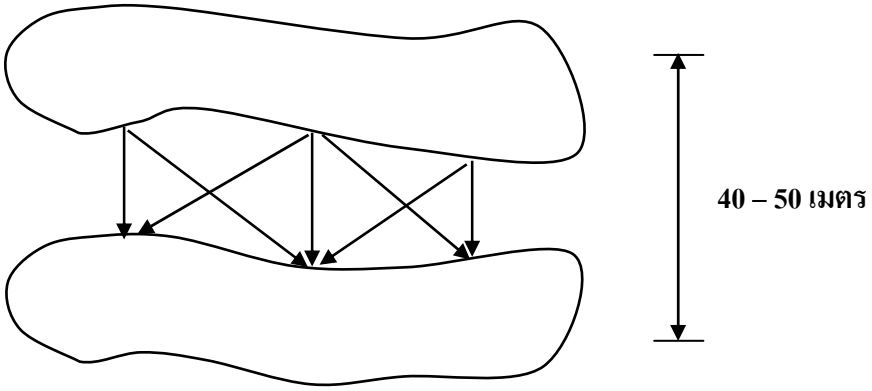
6.3 เมื่อทดลองคุณภาพตาม ข้อ 6.2 แล้ว ให้เอาตัวอย่างทั้งหมดรวมกันเพื่อทำ Compaction และ C.B.R. ต่อไป

AREA ที่มีค่า C.B.R. ต่ำ



AREA ที่มีค่า C.B.R. สูง

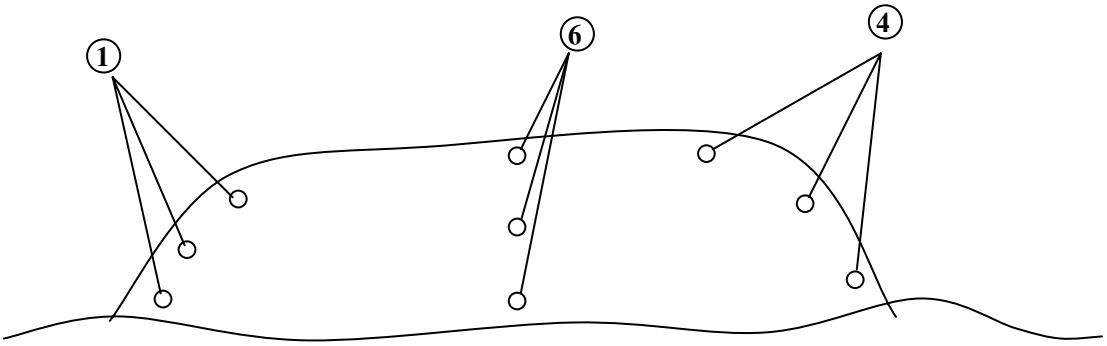
<u>ขั้นที่ 1</u> ดันวัสดุมาจากทิศต่างๆกัน เพื่อผสมกันอย่างหยาบๆ และเป็นรูป Stock pile ยาวประมาณ 30 – 40 เมตร สูงประมาณ 3 – 5 เมตร



<u>ขั้นที่ 2</u> เมื่อดันผสมกันอย่างหยาบๆ ครั้งแรกแล้ว ทำการผสมขั้นต่อไปโดยการย้ายกอง Stock Pile โดยวิธีดันจากจุดต่างๆ ของ Stock Pile เดิม มารวมกันเป็น Stock Pile ใหม่ ระยะระหว่าง Stock Pile เดิมและ Stock Pileใหม่ ห่างกันประมาณ 30 – 40 เมตร ทั้งนี้เพื่อให้วัสดุผสมกับหน้าใบมีดระหว่างการดัน

<u>รูปที่ 5</u>

Plan ของ Stock Pile

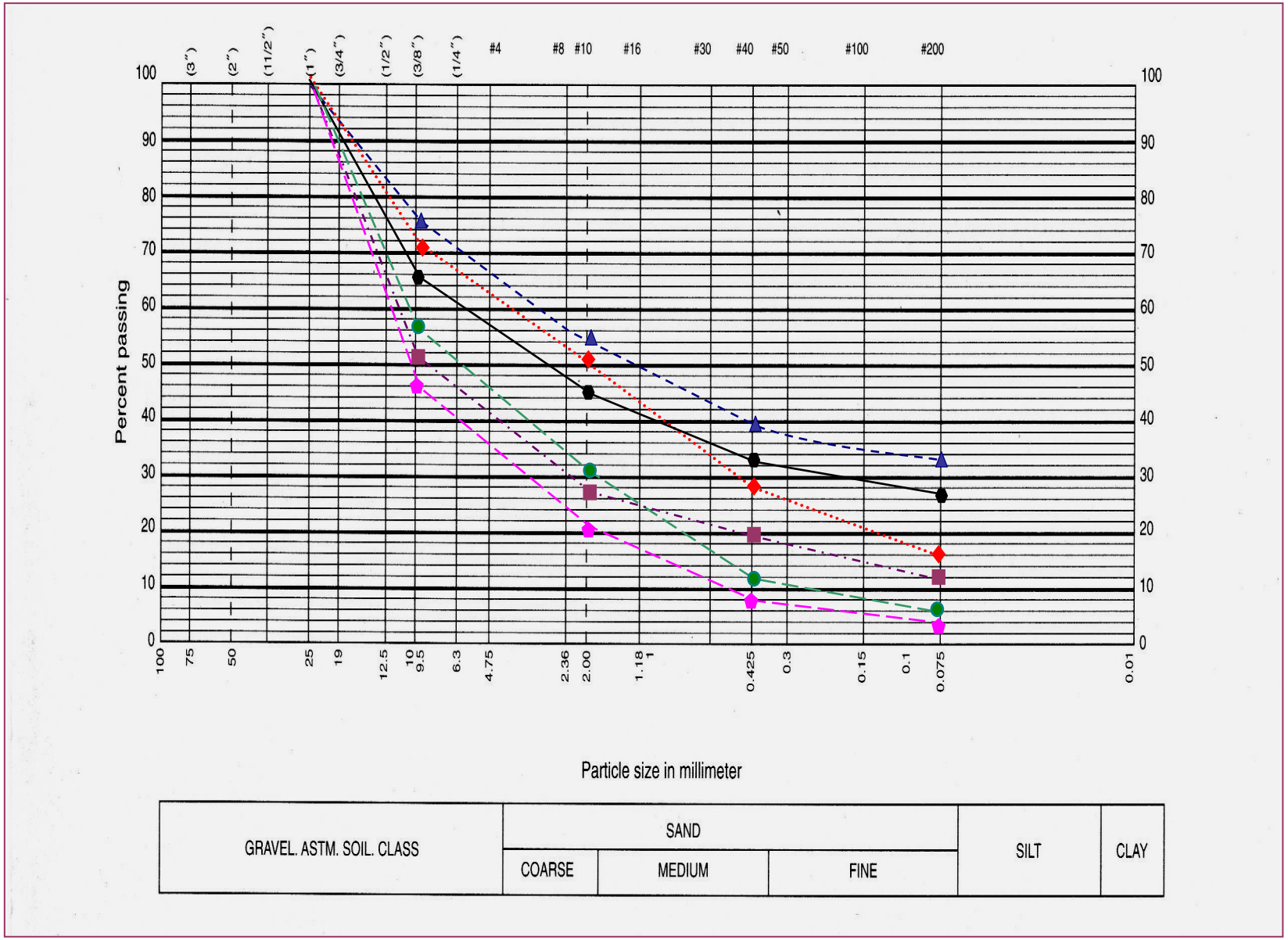


Profile ของ Stock Pile

<u>รูปที่ 6</u>

แสดงการเก็บตัวอย่างจาก Stock Pile ที่ Blend แล้วจากแนวต่างๆ ภาพนี้แสดงการเก็บทั้งหมด 6 แนว

ใน Profile แสดงจุดที่เก็บสำหรับแนวหนึ่งๆ จะต้องเก็บทั้งหมด 3 จุด คือ จุดล่าง จุดกลาง จุดบน ของ Stock Pile แล้วนำมารวมกันเป็นหนึ่งตัวอย่าง



		P.I.	L.L.
แนวที่ 1		10	30
แนวที่ 2		15	40
แนวที่ 3		3	20
แนวที่ 4		0	0
แนวที่ 5		6	22
แนวที่ 6		8	35

แสดงคุณภาพของ Gradation , P.I. , และ L.L. ของวัสดุที่เก็บมาจาก Stock Pile ซึ่งมีคุณภาพไม่ Uniform

รูปที่ 7

7. <u>การขนวัสดุจาก Stock Pile</u>

7.1 การขนวัสดุจาก Stock Pile ไปลงบนถนน ถ้าวางระบบการขนให้ดีแล้วจะเกิดการผสมวัสดุบนถนนอีกครั้งหนึ่งซึ่งจะทำให้วัสดุมีคุณภาพ Uniform มากขึ้นและการทำแบบนี้จะไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเลย

7.2 ถ้าได้วาง Stock Pile เป็นรูปยาวๆ แล้ว การขนวัสดุรถคันแรกให้ตักจากหัวกอง พอรถคันต่อไปให้เลื่อนจุดตักออกไปอีก และทำอย่างนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะถึงหางกอง ดังแสดงไว้ในรูปที่8 ซึ่งจะตักถึง10คันรถ จึงจะทั่วกอง โดยทั่วไปแล้วระยะระหว่างรถคันหนึ่งๆที่จะลงบนถนนมักจะประมาณ 3 เมตร ถ้ามี10 คันรถ ระยะระหว่างรถคันที่หนึ่งและคันที่10 จะห่างกัน 27 เมตร ซึ่งเมื่อรถเกรดล้มวัสดุแล้ว วัสดุจากคันที่หนึ่งมีโอกาสจะไปผสมถึงคันที่10 หรือกล่าวอย่างง่ายๆว่า วัสดุทั้ง 10 คันรถนี้ จะผสมกันอีกครั้งหนึ่งเนื่องจากการทำงานโดยปกติของรถเกรดเท่ากับว่าเอาวัสดุทั้ง Stock Pile มาผสมกันอีกครั้งหนึ่งนั่นเอง

7.3 ให้เก็บวัสดุบนถนนหลังจากรถเกรดผสมแล้วไปทดลองหา Gradation และ Atterberg limit แล้ว plot ลงใน graph เพื่อเปรียบดู Uniformity ของวัสดุที่เก็บมาจากถนน และที่เก็บมาจาก Stock Pile จะเห็นได้ว่าวัสดุที่เก็บมาจากถนนโดยวิธีการทำดังกล่าวมาแล้ว จะมีคุณภาพ Uniform มาก ซึ่งการ Uniform ของคุณภาพของวัสดุจะเป็นความสำเร็จสูงสุดของการควบคุมคุณภาพของวัสดุสร้างทาง

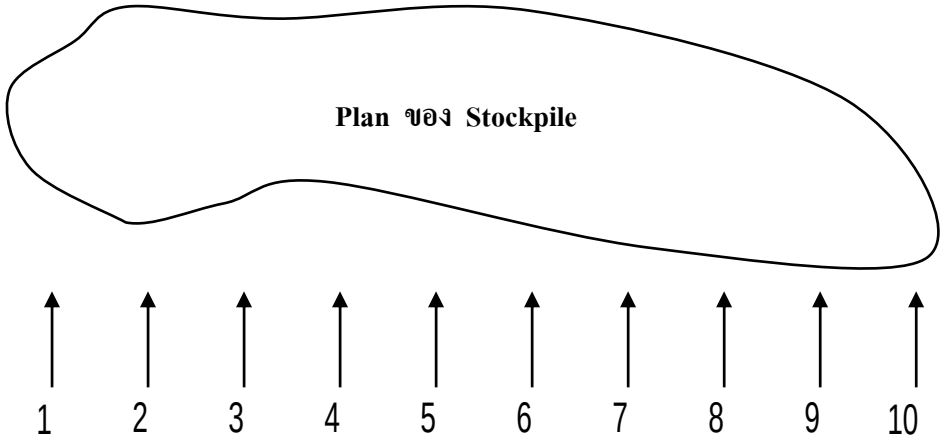
8. <u>การศึกษา Gradation ของวัสดุโดยการ Plot graph</u>

เนื่องจากในปัจจุบันนี้ การพิจารณา gradation ของวัสดุ ใช้การดูแต่ตัวเลขเท่านั้นซึ่งการพิจารณาดูแต่ตัวเลขอาจจะได้ gradation ที่ไม่เหมาะสม ทั้งๆที่ gradation นั้นๆก็ยังคงถูกต้องตามข้อกำหนด ดังแสดง gradation 3 ตัวอย่างไว้ในรูปที่9 พร้อมกับ range ของ specs.

“Gap grade” Gradation อันนี้ถึงแม้จะถูกต้องตาม specs. ก็ตาม แต่ถ้าพิจารณาวัสดุช่วงจากตะแกรงเบอร์10 ถึงตะแกรงเบอร์100 จะเห็นว่าช่วงนี้ไม่ค่อยจะมีวัสดุขนาดนี้อยู่ถือได้ว่ามี “Gap” อยู่ จึงเรียกว่า Gap grade

“Poor Grade” Gradation อันนี้ก็ยังคงอยู่ใน range ของ Specs. แต่ทว่ามองดูจาก Curve แล้ว เส้น Curve จะหักไปหักมาไม่ smooth เท่าที่ควรแสดงว่าเมล็ดก้อนของวัสดุไม่เรียบจากใหญ่ไปหาเล็กเท่าที่ควรจะเป็น จึงเรียกว่า Poor grade

“Well Grade” Gradation อันนี้ดูจาก Curve แล้วจะเห็นว่า smooth ดีและแทบจะขนานกับ range ของ specs. ซึ่งแสดงว่า gradation อันนี้ มีพวกเมล็ดก้อนเรียงตัวจากใหญ่ไปหาเล็ก ทำให้เกิดเป็น Dense grade และเมื่อบดอัดทับให้แน่นดีแล้วจะเพิ่ม Strength ของวัสดุขึ้นสูงได้



รูปที่ 8

แสดงการตักวัสดุจาก Stock Pile หมายเลขที่แสดงไว้คือตำแหน่งที่ตักวัสดุใส่รถ ตำแหน่งที่ตักวัสดุนี้จะไม่อยู่คงที่ แต่จะย้ายไปเรื่อยๆ กล่าวคือ เมื่อตักวัสดุจุดที่1 แล้วย้ายไปเรื่อยๆ จนถึงจุดที่10 เมื่อหมดจุดที่10 แล้ว ก็กลับมาเริ่มจุดที่1 ต่อไปใหม่ จุดหนึ่งๆ หมายถึงวัสดุที่บรรทุกรถคันหนึ่งๆ

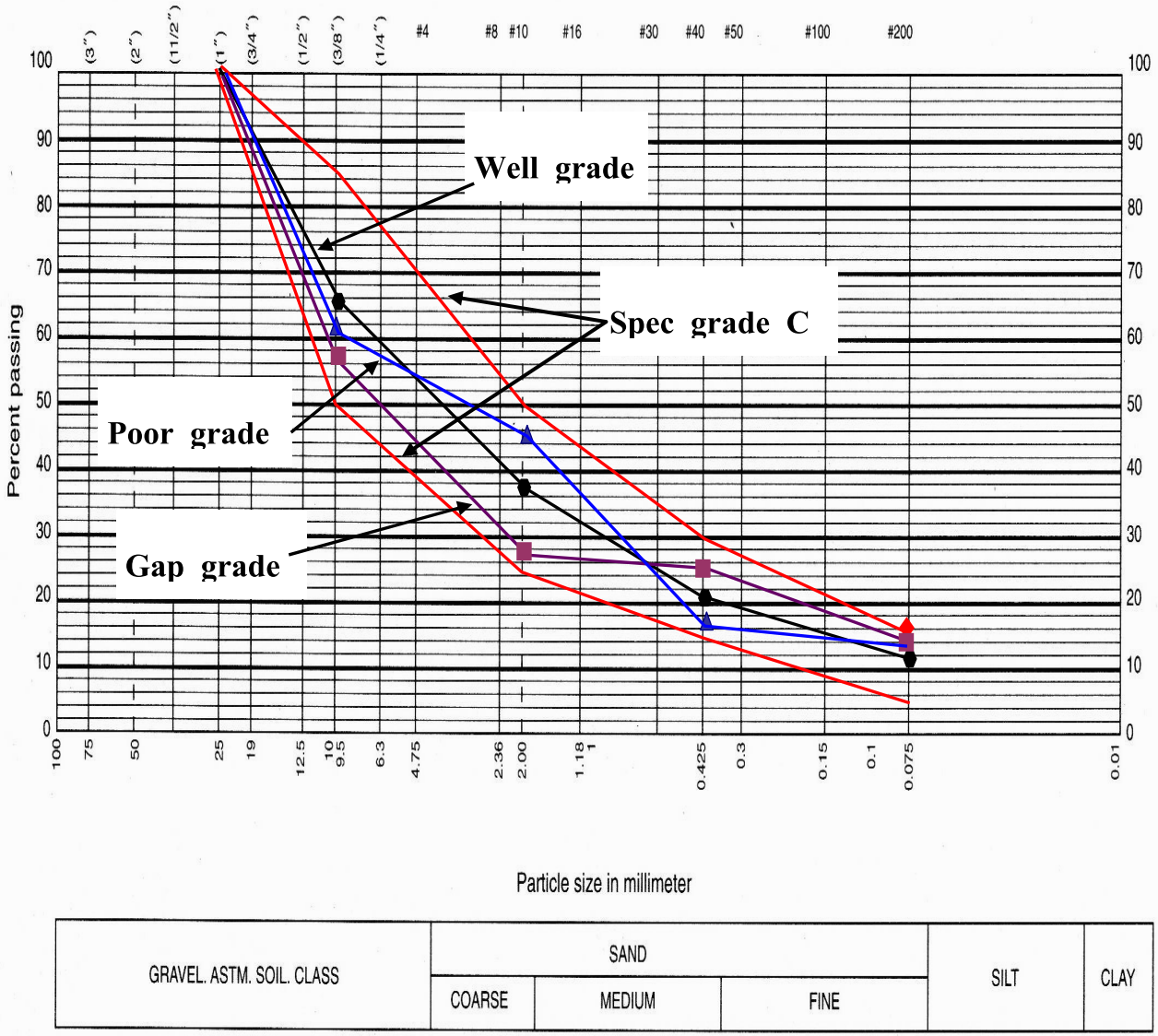
การที่ทำเช่นนี้คือ การตักวัสดุจากทั่วกองไปลงบนถนน ซึ่งจะเป็นการผสมกันไปในตัวเมื่อรถเกรดเกลี่ยวัสดุลงบนพื้นถนน

จึงขอกล่าวย้ำอีกว่า การที่ดูแต่ตัวเลขของ Gradation อย่างเดียวจะไม่ทราบเลยว่าวัสดุนั้นๆมี Grade ดีหรือไม่ ถึงแม้จะถูกต้องตาม specs. ก็ตาม ควรที่จะเขียนกราฟและพิจารณาดูความ smooth ของเส้นเพื่อตัดสินว่าจะได้วัสดุ Grade ดีหรือไม่

9. <u>สรุป</u>

การควบคุมอย่างนี้จะได้คุณภาพของวัสดุที่ค่อนข้าง Uniform มาก ถึงแม้จะต้องมีการแก้ไขประการใดเพื่อปรับปรุงคุณภาพของวัสดุ เช่น การผสมทรายก็จะทำได้สะดวกเพราะมีการแก้ไขที่เหมือนๆ กันตลอดช่วงที่ใช้วัสดุจากกองเดียวกัน

การ Control ในสนามจะไม่มีปัญหาอะไรอีก เพราะทุกอย่างก็ได้ทำการควบคุมจากบ่อวัสดุแล้ว และคุณภาพก็รู้เป็นที่แน่นอน การควบคุมขั้นสุดท้ายก็ให้บดทับให้ได้ตามที่ต้องการเท่านั้น



แสดง Gradation ของวัสดุ 3 Grade ซึ่งต่างก็อยู่ใน Spect ของ Grade C แต่ความแตกต่างมีดังนี้

- Well Grade
- Gap Grade
- Poor Grade

รูปที่ 9

บทที่ 5
วิธีควบคุมการก่อสร้างด้านวัสดุ

1. งานก่อสร้าง

1.1 งานวางท่อ

ก) การเตรียมพื้นฐานรองรับท่อ (Bedding) จะใช้แบบ Concrete Cradle หรือ Ordinary Bedding แล้วแต่ลักษณะของดินเดิม ถ้าดินเดิมเป็นดินแข็ง ควรใช้ Ordinary Bedding โดยการใช้วัสดุที่เหมาะสม เช่น ทราย หรือ Soil Aggregate ที่มีคุณภาพตามที่ระบุในแบบ(ถ้ามี) ปรับระดับหนาประมาณ 20 ซม. บดทับให้ได้ความแน่นที่95% ของการทดลองที่ ทล. – ท. 107/2517 ถ้าหากดินเดิมเป็นดินอ่อนควรใช้ Concrete Cradle Bedding

ข) เมื่อได้แต่งพื้นฐานและวางท่อลงไปตามที่กำหนดในแบบแล้ว ให้ถมดินเป็นชั้นๆ ชั้นหนึ่งไม่เกิน 20 ซม. แต่ละชั้นให้บดทับด้วย Mechanical Tampers หรือ Vibratory Compactors จนได้ความแน่นตามที่ระบุไว้ในแบบและรายละเอียดควบคุมการก่อสร้าง

การบดทับดินหลังท่อจะต้องเข้มงวดกวดขันมากที่สุด และถ้าเป็นไปได้ควรวางท่อก่อนขึ้นงานดิน เพราะหลังจากบดทับบริเวณท่อตามที่กล่าวข้างต้นแล้ว ขณะที่เครื่องจักรวิ่งทำงานผ่านก็จะช่วยเพิ่มการบดทับมากขึ้น แต่ถ้าทำงานดินจนเสร็จหรือลงวัสดุชั้นอื่นๆไปแล้ว และมาขุดวางท่อภายหลังการทำงานแบบนี้ มักจะเป็นการทำงานที่เร่งรีบ การบดทับทำได้ไม่ดีเท่างานดินถมใกล้เคียง เนื่องจากเครื่องจักรบดทับมีขนาดเล็กและช่องว่างสำหรับบดทับไม่เพียงพอ การทำงานไม่สะดวกยิ่งทำ Surface ปิดเร็วจะทำให้การทรุดตัวของดินหลังท่อเห็นได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังที่จะสังเกตได้จากการทรุดตัวของหลังท่อทั่วๆ ไปในขณะนี้ ซึ่งมักจะต้องแก้ไขโดยการใช้ Pre – Mix ปรับระดับ ยกเว้นงานก่อสร้างที่ผ่านดินอ่อน และช่วงที่มีดินถมสูงมากๆ ซึ่งผู้ออกแบบจะกำหนดวิธีวางท่อไว้เป็นพิเศษ

1.2 งาน Subgrade

งานดินที่ทำถึงชั้น Finished Subgrade แล้วและยังไม่ได้ก่อสร้างชั้นอื่นต่อไป ซึ่งต้องทิ้งไว้ผ่านหน้าฝนที่มียวดยานวิ่งผ่าน ควรใช้วัสดุ Soil Aggregate ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะใช้ในชั้นต่อไปปิดทับหน้าไว้เพื่อป้องกัน Subgrade เสียหาย เพราะถ้าไม่ลง Soil Aggregate ป้องกันไว้และดิน Subgrade ถูกทำลายเป็นร่องล้อและบวม เมื่อเริ่มงานก่อสร้างใหม่จะต้องScarify แล้วบดทับและควรตรวจสอบความแน่นใหม่อีก

1.3 Transition Zones

จุดที่ Cut และ Fill ตัดกัน การก่อสร้างบริเวณนี้จะต้องได้รับการกระทำเป็นพิเศษ โดยการ Cut บริเวณ Transition Zones ประมาณความลึก 30 ซม. และยาวประมาณ 10 ม.

ถ้าพื้นถนนช่วง Cut และดินเดิมมี Density ต่ำกว่าที่ระบุไว้จะต้องทำการ Recompaction ใหม่หรือรื้อของเก่าออก แล้วเอาของที่ดีกว่ามาใส่ถ้าขณะจะบดทับ Natural Moisture Content ของดินสูงเกินไป

การทำงานของเครื่องจักรขนาดหนักอาจจะทำให้เกิดร่องล้อ ซึ่งเป็นการทำลาย Strength ของดิน ดังนั้นเพื่อการบดทับให้ได้ผล จะต้องตากดินให้มีความชื้นพอดี เพื่อความสะดวกในการบดทับ

ในกรณีที่ระเบิดหินตรงระดับ Finished Subgrade ระดับอาจจะไม่เรียบ ควรแต่งระดับด้วย Soil Aggregate ที่คุณภาพใช้ได้ก่อนแล้วจึงก่อสร้างต่อไป

กรณีที่ตัดถนนเลียบไหล่เขาที่พื้นถนนมีทั้ง Half - Cut และ Half - Fill จะต้องจัดการTransition ด้วย โดยการทำ Benching เพื่อป้องกันไม่ให้จุด Cut และ Fill ตัดกันเป็นจุดที่อ่อนแอที่สุดของพื้นถนน

1.4 งานก่อสร้างอื่น ๆ

ให้ใช้หลักการเดียวกับงานบูรณะลาดยาง

2. งานบูรณะลาดยาง

2.1 ขยายคันทางหรือไหล่ทาง

ในกรณีที่ต้องขยายคันทาง หรือไหล่ทางออกไปด้วยการเสริมวัสดุใหม่ เพื่อป้องกันการแตกของคันทางหรือพื้นทางตามแนวความยาวของถนน เนื่องจากการไถล (Slip) ออกของวัสดุใหม่

ถ้าความแน่นของการบดทับระหว่างวัสดุเก่าและวัสดุเสริมใหม่ต่างกันมาก การทรุดตัวของดินคันทางภายหลังระหว่างวัสดุทั้งสองไม่เท่ากัน (Differential Settlement) ทำให้เกิดรอยแตกตามยาวขึ้นได้ตามแนวร่วมระหว่างวัสดุทั้งสอง การป้องกันสาเหตุนี้ทำได้โดยการบดทับวัสดุเสริมใหม่ให้แน่นมากที่สุดเท่าที่จะทำได้และการเสริมวัสดุเหนือขึ้นไป (เช่นSelected Materials หรือ Subbase) ให้หนายิ่งขึ้นก็จะช่วยป้องกันได้บ้าง

2.2 การเสริมความหนาของวัสดุ

ในกรณีที่ต้องเสริมความหนาของชั้นวัสดุขึ้น และความหนาที่จะเสริมใหม่นี้ น้อยกว่า 10 ซม. จะต้อง Scarify วัสดุเก่าขึ้นมาแล้วใส่วัสดุใหม่ลงไป ทำการผสมให้เข้ากันแล้วบดทับความหนาหลังการบดทับจะต้องไม่ต่ำกว่า 10 ซม. และคุณภาพของวัสดุที่ผสมกันใหม่จะต้องมีคุณภาพถูกต้องตามที่ออกแบบไว้

ในกรณีที่ความหนาของวัสดุที่เสริมใหม่เกิน 10 ซม. ให้ลงเพิ่มโดยไม่ต้อง Scarify ของเก่า

2.3 Finished Subgrade

งานบูรณะลาดยางที่เปลี่ยนระดับ Subgrade ใหม่ ถ้ายกระดับสูงขึ้น (fill) การควบคุมคุณภาพของดิน Subgrade ใช้ค่าที่ทดลองได้จากห้องทดลอง โดยการควบคุม Percent Compaction ให้ได้ตามที่ออกแบบไว้ แต่ถ้าระดับ Subgrade ใหม่จะต้องตัดลงไป (Cut) Subgrade เดิมจะต้องตรวจสอบดังนี้

ก. เก็บดิน Subgrade เดิมมาตรวจสอบคุณภาพ CBR. ว่าใช้ได้หรือไม่

ข. ทดลอง Field Density ของดิน Subgrade เดิม

ค. ถ้า Subgrade เดิมมีค่า CBR. และ Field Density ถูกต้องตามที่ออกแบบไว้ ให้ดำเนินการก่อสร้างชั้นต่อไป

ง. ถ้า Subgrade เดิมมีค่า Field Density หรือ CBR. ไม่ถูกต้องตามที่ออกแบบไว้ จะต้องทำการแก้ไขใหม่ โดยการเพิ่มความแน่นหรือเปลี่ยนวัสดุใหม่แล้วแต่กรณี

การตรวจสอบควรทำก่อนที่จะเริ่มงาน โดยศึกษาจากแบบว่าต้องตรวจสอบที่ใดบ้าง

2.4 Existing Materials

ถ้าจะใช้วัสดุที่มีอยู่เดิม (Existing Materials) เป็นชั้น Selected Materials หรือชั้น Subbase ก็ตาม ให้ทดสอบ

ก. ความหนาของชั้นวัสดุ

ข. คุณภาพของวัสดุถูกต้องตามแบบที่ออกไว้หรือไม่

พิจารณาผลการทดลองจากข้อ ก และ ข จัดการแก้ไขวัสดุให้มีคุณภาพถูกต้องและก่อสร้างให้ถูกวิธีต่อไป

2.5 คุณภาพของวัสดุ Soil Aggregate

วัสดุ Soil Aggregate ทุกชนิด จะต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพให้ถูกต้องก่อนนำมาใช้และจะต้องมีลักษณะ Uniform สำหรับวัสดุกองหรือ Stock Pile หนึ่งๆ

ถ้าหากจะมีการปรับปรุงแก้ไขคุณภาพของวัสดุ ต้องจัดการปรับปรุงแก้ไขก่อนนำมาใช้ หรือหาวิธีแก้ไขไว้ก่อนนำวัสดุมากองบนถนน มิฉะนั้นจะเป็นเหตุให้เกิดขัดแย้งขึ้นภายหลัง

2.6 การควบคุมการบดทับ

ก่อนที่จะลงวัสดุชั้นใดๆต่อไป วัสดุที่ลงไว้ชั้นแรกจะต้องผ่านการตรวจสอบความหนาแน่นของการบดทับก่อน และผลการทดลองต้องถูกต้องตามที่กำหนดไว้ หลังการทดสอบแล้วให้กลบหลุม และบดทับให้ได้ความหนาแน่นเหมือนเดิม

ถ้าผลการทดลอง Field Density บางจุดใช้ได้ แต่บางจุดใช้ไม่ได้หรือผลการทดลองแตกต่างกันมาก ทั้งที่เป็นช่วงที่ก่อสร้างแปลงเดียวกัน และใช้วัสดุแหล่งเดียวกัน ให้หาสาเหตุว่าทำไมเป็นเช่นนั้น เพราะถ้าออกผลทดลองให้ Recompaction เพียงช่วงที่ผลทดลองใช้ไม่ได้ เป็นการตัดสินใจที่ไม่ถูกต้อง

การก่อสร้างที่ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพผลทดลอง Field Density ควรออกมามีค่าใกล้เคียงกันทั้งแปลงที่ทำงานครั้งหนึ่งๆ คือถ้าใช้ได้ก็ควรจะได้ทั้งแปลง ตกก็ควรตกทั้งแปลง การที่ผลทดลอง Field Density ในแปลงหนึ่งๆ บางจุดตก บางจุดได้ อาจเกิดจากสาเหตุต่างๆ เช่น

ก. การทดลองคลาดเคลื่อน เพื่อให้แน่ใจควรทดลอง Field Density ซ้ำอีกใกล้ๆ บริเวณเดิมและเก็บตัวอย่างมาทดลอง เพื่อเปรียบเทียบกับผลทดลองที่ใช้ควบคุมอยู่

ข. การผสมระหว่างวัสดุกับน้ำไม่ดีพอ ความชื้นไม่สม่ำเสมอ อาจดูได้จากผลทดลอง Moisture Content

ค. วัสดุมีคุณภาพเปลี่ยนไป เช่น เกิด Segregation ควบคุมการผลิต การดัน การขนวัสดุ Stock piling ฯลฯ ไม่ดีพอหรือไม่ถูกต้อง

ง. การบดทับไม่ทั่วถึง อาจเป็นเพราะไม่ควบคุมพนักงานขับรถบดให้ทำการบดให้ถูกวิธี ทำให้บางแห่งถูกบดทับจนความแน่นมาก แต่บางแห่งยังไม่ได้รับการบดทับเลย

จ. วัสดุบางแหล่งมีก้อนใหญ่มาก และควบคุมเก็บออกขณะก่อสร้างไม่หมด ค่าของ Field Density จะผิดไปจากความจริง

2.7 การบดทับ Base Course ด้วย Vibrating Roller

เครื่องบดทับที่นิยมใช้กับวัสดุพวก Granular Materials ในขณะนี้คือ พวก Vibrating Roller ซึ่งให้ผลในการบดทับที่ค่อนข้างเร็วแต่การใช้เครื่องบดทับนี้นานเกินควร เพื่อจะเพิ่มความแน่นของวัสดุมีส่วนเสียคือ

ก. เมื่อบดทับจนได้ความแน่นเกือบสูงสุดแล้ว การบดทับเที่ยวต่อๆไป แทนที่จะได้ความแน่นของวัสดุเพิ่มมากขึ้น แต่กลับทำให้วัสดุชั้นผิวข้างบนแตกตัวออกมาในลักษณะเป็นฝุ่น ซึ่งความแน่นของชั้นล่างเพิ่มขึ้นแต่เพียงเล็กน้อย

ข. การบดทับจนแตกเป็นฝุ่น หรือที่ในสนามนิยมเรียกกันว่า “ตบจนเป็นฝุ่น” นั้น ถ้าวัสดุเป็นพวก Lime Stone จะยิ่งแลเห็นได้ชัดเจน ยิ่งตบมากขึ้นชั้นของฝุ่นยิ่งหนาขึ้น ถ้าภาวะเป็นเช่นนี้เกิดขึ้นแล้ว การ “ตบ” มากยิ่งขึ้นไม่ได้ทำให้ความแน่นของวัสดุเพิ่มขึ้น แต่กลับเปลี่ยน Structure ชั้นผิวของวัสดุไป ซึ่งเป็นผลร้ายแก่ผิวถนน ดังจะได้กล่าวต่อไปในข้ออันตรายของ Over Compaction ของ Base Course

2.8 การตัด Fine Grade ของ Base Course

การทำ Base Course ถึงแม้จะเตรียมให้ดีสักเพียงใดก็ตาม หลังจากการบดทับแล้วจะปรากฏเป็น “คลื่น” หรือ “ลอน” เล็กน้อย ดังนั้นจึงมีการตัด “Fine grade” เพื่อจะ “ลบคลื่น” เหล่านี้

“วัสดุ” ที่ออกมาจากการ “ลบคลื่น” แทนที่จะถูกนำออกไปทิ้งนอกเส้นทาง แต่กลับนำไปกลบ “ท้องคลื่น” “วัสดุ” ดังกล่าวนี้ส่วนมากจะเป็นพวกก้อนเล็กๆหรือ “ฝุ่น” และหลังจากการตัด “Fine grade” แล้วมักจะมีการ “ตบ” เพิ่มเติมเพื่อให้ผิวเรียบขึ้น

โดยเหตุผลดังกล่าวนี้จะทำให้ “ท้องคลื่น” มีวัสดุชั้นฝุ่นหนากว่าที่แห่งอื่นและจะได้กล่าวถึง “อันตราย” ของชั้นฝุ่นนี้ภายหลัง

2.9 การกวาดฝุ่นก่อนลงชั้น Prime Cost

การกวาดฝุ่นทั่วๆ ไปในขณะนี้มักจะใช้แรงคนกวาดด้วยไม้กวาดประดิษฐ์ขึ้นเอง แล้วตามด้วยการใช้ลมเป่าฝุ่น “ฝุ่น” ที่ออกมาในลักษณะนี้ส่วนมากเป็น “ฝุ่นอิสระ” ที่ลอยบนผิวแต่ “ฝุ่น” ที่เกิดจาก “การตบจนเป็นฝุ่น” หรือ “ฝุ่นท้องคลื่น” จากการตัด Fine grade ซึ่งเกาะตัวกันและอัดแน่นเป็นแผ่นบางๆ อยู่ข้างบน จะไม่หลุดไปโดยการกวาดฝุ่นวิธีนี้

บางแห่งอาจจะใช้ Rotary Broom แต่น้ำหนักที่ใช้กดไม้กวาดไม่มากพอ อาจเพราะเนื่องจากกลัวหินหลุดออกมาหรือมีความประสงค์แต่เพียงกวาด “ฝุ่นอิสระ” ออกเท่านั้น ผลที่ได้ออกมาจึงไม่แตกต่างกันจากการกวาดทั้ง 2 วิธี

2.10 อันตรายของ Over Compaction ของ Base Course และการตัด Fine Grade

ชั้นของฝุ่นที่อัดตัวแน่นเป็นแผ่นบางๆ อยู่ข้างบน เนื่องจาก Over Compaction หรือจากการ “ตบ” หลังจากการตัด Fine grade จะมีอันตรายดังนี้

ก. ยางที่ใช้ทำ Prime Coat จะไม่ซึมลงไปเท่าที่ควร

ข. ถ้า Prime ทิ้งไว้นาน และเปิดการจราจรจะเกิดการกระเทาะออกเป็นหน้าข้าวตังเนื่องจาก “ชั้นฝุ่น” หลุดออกจากชั้นหินข้างล่างบางแห่งเป็นหลุมบ่อจนต้องซ่อมด้วย Pre–Mix ภายหลังก่อนลงชั้น Surface ต่อไป

ค. สาเหตุจากข้อ ก และ ข ผิวทางจะเกิดการชำรุดเสียหายเร็วกว่ากำหนด

การก่อสร้างไหล่ทางนอกจากจะทำตามรายละเอียดควบคุมการก่อสร้างแล้ว ในฤดูฝนจะต้องทำการก่อสร้างไหล่ทางหลังจากก่อสร้างชั้นพื้นทาง และ Prime Coat เสร็จเรียบร้อยแล้ว เพราะวัสดุ Soil - aggregate ไหล่ทางส่วนใหญ่น้ำซึมผ่านได้ยาก จะดักน้ำไว้ทำให้รองพื้นทางอ่อน นอกจากจะใช้ไหล่ทางชนิดที่มีน้ำซึมได้ดีกว่า หรือเท่ากับวัสดุชั้นพื้นทาง

ในกรณีที่ใส่ไหล่ทางไว้ก่อนทำพื้นทาง เกิดฝนตกระหว่างการทำงาน หรือมีน้ำในพื้นทางมาก ให้รื้อพื้นทางและไหล่ทางออก แล้วทำการบดทับรองพื้นทาง และตรวจสอบให้มีคุณภาพถูกต้องเสียก่อนจึงจะดำเนินการก่อสร้างต่อไปได้

2.11 ชั้นที่ก่อสร้างทิ้งไว้นาน

ชั้นทางต่างๆ ที่ก่อสร้างทิ้งไว้นาน และเกิดเสียหายเป็นหลุมบ่อ หรือร่องล้อ หรือเสียระดับ เนื่องจากน้ำหนักจะทำให้น้ำขังได้ ควรแนะนำให้แก้ไขเสียก่อนทำการก่อสร้างชั้นต่อไปเพราะน้ำที่ผสมกับชั้นใหม่จะลงไปขังบนชั้นที่ก่อสร้างไว้แล้ว ทำให้เกิด Soft ขึ้นได้

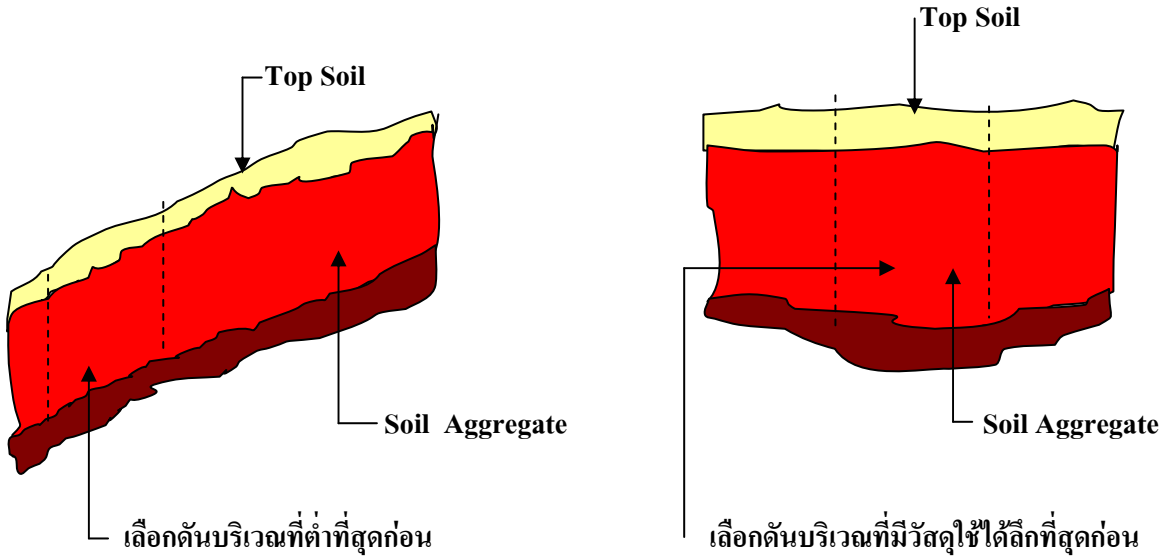
3. การดันและการกองวัสดุ

3.1 การดันและกองวัสดุในแหล่ง

เพื่อจะได้วัสดุคุณภาพสม่ำเสมอ ใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด ให้ปฏิบัติตามคำแนะนำ เรื่อง “การควบคุมการเปิดบ่อวัสดุสร้างทาง (Soil–aggregate)” ในบทที่ 4

นอกจากนั้นควรหาทางระบายน้ำออกจากบ่อวัสดุ หรือป้องกันน้ำท่วมวัสดุ เมื่อเกิดฝนตก เพื่อให้วัสดุไม่แช่น้ำและนำออกไปใช้ได้ในฤดูฝน เช่น ถ้าบริเวณแหล่งวัสดุเป็นที่ลาดเอียงก็เลือกดันบริเวณที่ต่ำที่สุดก่อน แล้วกองวัสดุไว้บนที่สูง เมื่อถึงฤดูฝนน้ำจะไม่ท่วมกองวัสดุแต่จะขังอยู่บริเวณที่ต่ำ ซึ่งดันวัสดุออกไปแล้วน้ำจะไม่รบกวนวัสดุที่เหลือ หรือรบกวนน้อย และหาทางระบายออกได้ง่าย ถ้าบริเวณแหล่งวัสดุเป็นที่ราบให้ดันชั้นวัสดุที่จะนำไปใช้ได้ลึกที่สุดก่อน และนำวัสดุไปกองไว้บนที่สูง เมื่อมีน้ำขังก็สามารถสูบออกจนระดับน้ำไม่รบกวนวัสดุส่วนที่เหลือได้

การเลือกบริเวณที่ดันวัสดุและกองวัสดุนี้สำคัญมาก เพราะฤดูฝนงาน Subgrade ทำไม่ได้ถ้าไม่สามารถหา Soil-aggregate ไปปิดหน้าชั้น Subgrade ไว้ ก็จะทำให้ Subgrade ที่ทำเสร็จแล้วเสียหาย เช่น บางแห่งอาจต้อง Benching ใหม่ บางแห่งต้องปาดทิ้งเพราะอ่อนตัว รถผ่านไม่ได้ เป็นต้น



บริเวณแหล่งวัสดุเป็นที่ลาดเอียง **บริเวณแหล่งวัสดุเป็นที่ราบ**

3.2 การกองวัสดุใกล้หน้างาน

ก) สถานที่ที่จะกองวัสดุต้องไม่มีวัชพืชหรือสิ่งอื่นใดที่เข้าไปปะปนกับ Soil aggregate ในกองได้ ปรับระดับให้เรียบ ระบายน้ำได้ดี แน่น แข็งแรง เป็นที่สูงน้ำไม่ท่วม ทางเข้าออกไม่เป็นหล่มจนทำให้ดินโคลนติดล้อรถบรรทุกและไม่อยู่ในทำเลที่จะถูกรบกวนจากการจราจรหรือสิ่งอื่นใดที่ทำให้มีวัสดุที่ไม่ต้องการเข้ามาปะปนได้

ข) การนำวัสดุ Soil-aggregate เข้ากอง กองวัสดุ Soil–aggregate ที่มีปริมาณตั้งแต่ 500 $ม^3$ ขึ้นไปจะต้องทำเป็นชั้นๆ แต่ละชั้นหนาไม่เกิน 1 เมตร โดยทำลาดเอียงให้รถบรรทุกสามารถขึ้นไปเทได้ ถ้าใช้รถ Bulldozer ดันวัสดุขึ้นกองควรใช้ใบมีดชนิดงองุ้มเพื่อป้องกัน Segregation และอย่าทำให้กองเป็นรูปกรวยเป็นอันขาด กองชั้นล่างให้เสร็จแล้วจึงเริ่มชั้นใหม่ ชั้นบนต้องมีพื้นที่เล็กกว่าชั้นล่าง จนไม่ทำให้วัสดุชั้นบนตกลงไปตาม Slope ของชั้นล่าง การขยายกองให้เริ่มจากชั้นล่างขึ้นไปเป็นชั้นๆ เช่นเดียวกับเริ่มกองใหม่ ไม่ทำการใดๆ ที่เห็นว่าอาจทำให้ก้อนวัสดุแตก Segregate หรือวัสดุเสื่อมคุณภาพ

ค) การนำไปใช้ ให้ระมัดระวัง Segregation และสิ่งแปลกปลอมเข้าไปปนกับ Soil aggregate อาจเพิ่มความชื้นเพื่อช่วยให้ทำงานง่ายขึ้น เมื่อถึงวัสดุชั้นล่างสุด ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ โดยเฉพาะในฤดูฝนถ้าสถานที่กองวัสดุทำไว้ไม่ดีพอ เมื่อพื้นล่างมีความชื้นสูงจะอ่อนตัว และเข้าไปรวมกับ Soil Aggregate ได้ง่าย

บทที่ 6
การเก็บตัวอย่าง (Sampling)

<u>บทนำ</u>

ในการควบคุมคุณภาพวัสดุ (Material Control) การเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบคุณภาพเป็นขบวนการที่ต้องปฏิบัติด้วยความระมัดระวังอย่างสูงทุกขั้นตอน เพื่อให้ผลทดสอบที่ได้เป็นตัวแทนคุณลักษณะที่แท้จริงของวัสดุนั้น โดยการเก็บตัวอย่างต้องปฏิบัติตามขบวนการที่งานก่อสร้างนั้นๆกำหนด เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาในกรณีที่ผลการทดลองใช้ไม่ได้และปฏิเสธที่จะรับวัสดุ ซึ่งผู้รับจ้างหรือผู้ส่งวัสดุอาจไม่ยอมรับผลทดลองโดยอ้างขั้นตอนในการเก็บตัวอย่างไม่ถูกต้อง ในกรณีที่ไม่สามารถดำเนินการเก็บตัวอย่างตามขบวนการที่กำหนดได้ จะต้องบันทึกรายละเอียดการเก็บตัวอย่างทั้งหมด และรายงานมาพร้อมกับผลการทดลองด้วย

สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาเสมอในการเก็บตัวอย่าง คือ การเลือกจุดเก็บตัวอย่างและจำนวนตัวอย่างที่จะเก็บ ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณวัสดุทั้งหมด เช่น ปริมาณวัสดุมากจุดเก็บตัวอย่างและจำนวนตัวอย่างที่เก็บก็จะมากตามไปด้วย นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการตรวจสอบคุณภาพ คือ ถ้าต้องการประเมินคุณภาพวัสดุทั้งหมด จะนำตัวอย่างทั้งหมดมารวมกันแล้วตรวจสอบคุณภาพ แต่ถ้าต้องการประเมินความสม่ำเสมอและความผันแปรของวัสดุ จะต้องทำการตรวจสอบคุณภาพทุก ๆ ตัวอย่างที่เก็บมา

การลดทอนปริมาณตัวอย่างเพื่อให้มีปริมาณพอเหมาะกับการทดลองแต่ละประเภท จะต้องปฏิบัติตามวิธีการที่ถูกต้องด้วย

วิธีการเก็บตัวอย่างที่จะนำมาเสนอต่อไปนี้เป็นของ COUNTRY ROAD BOARD (CRB.) ประเทศออสเตรเลีย ซึ่งเป็นวิธีการเก็บตัวอย่างวัสดุจากโรงโม่ (Quarry Plants) กองวัสดุ (Stockpile) รถขนวัสดุ (Trucks) และ ชั้นวัสดุบนถนน (Roadbed)

1. ขอบข่าย (SCOPE)

กระบวนการนี้ใช้สำหรับเก็บตัวอย่างวัสดุประเภท วัสดุมวลรวม และวัสดุชั้นทางจากโรงโม่ (Quarry Plant) กองวัสดุ (Stock Pile) รถขนวัสดุ (Trucks) และชั้นวัสดุบนถนน (Roadbed)

2. เครื่องมือ (APPARATUS)

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง ขึ้นกับชนิดของวัสดุและขบวนการที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

(1) ถาดเก็บตัวอย่างสำหรับสายพานเคลื่อนที่รับวัสดุจากยุ้งปล่อยวัสดุ (Moving Conveyor Belt) ขนาดเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับความกว้างของสายพานและปริมาณของวัสดุที่ต้องการ (รูปที่ 6.1)

(2) แผ่นกันสำหรับเก็บตัวอย่างจากสายพานที่หยุด (Stopped Conveyor Belt) ควรจะมีรูปร่างที่พอเหมาะกับสายพานและความกว้างเปลี่ยนแปลงได้

(3) ท่อเก็บตัวอย่าง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 80 มิลลิเมตร และยาวประมาณ 1.4 เมตร (รูปที่ 6.8)

(4) พลั่วตักดิน

(5) แผ่นกั้นสำหรับเก็บตัวอย่างจากกองวัสดุ เป็นแผ่นโลหะซึ่งมีขนาดประมาณ 700 x 300 มิลลิเมตร เชื่อมติดกับเหล็กเดือย 2 อัน เพื่อยึดแผ่นกั้นให้อยู่กับตำแหน่งที่ต้องการ (รูปที่ 6.7)

(6) ตาชั่ง (Balance) สามารถชั่งได้ 25 กก. และมีความละเอียด 50 กรัม

(7) Quartering Sheet เป็นแผ่นพลาสติกหรือผ้าใบขนาดประมาณ 1.5 x 1.5 ม. หรือ เครื่องแบ่งตัวอย่าง (Sample Splitters)

(8) แปรง เกรียง

(9) ถุงเก็บตัวอย่าง

3. ปริมาณตัวอย่าง (QUANTITY OF MATERIAL REQUIRED)

ปริมาณตัวอย่างน้อยสุดที่ต้องเก็บจากวัสดุทั้งหมด ขึ้นกับขนาดใหญ่สุดของเม็ดวัสดุนั้น ปริมาณตัวอย่างต่ำสุดที่ต้องเก็บแสดงดังตารางที่ 6.1 ซึ่งปริมาณวัสดุดังกล่าวนี้เพียงพอสำหรับการทดลองที่ทำกันโดยทั่วไปอย่าง เช่น การจำแนกวัสดุ (Classification) ถ้ามีการทดสอบเพิ่มขึ้น ปริมาณของตัวอย่างที่ทำการเก็บ จะต้องเพิ่มขึ้นตามปริมาณที่ต้องการใช้ในการทดสอบนั้น ๆ (ซึ่งสามารถดูจากวิธีการทดสอบนั้น ๆ ว่าต้องการปริมาณเท่าใด)

ขนาดเม็ดวัสดุใหญ่สุด (มิลลิเมตร)	วัสดุมวลรวม (กิโลกรัม)	วัสดุขนาดเดียว (กิโลกรัม)
75.0	40	20
53.0	35	15
37.5	30	10
19.0	20	10
9.50	10	5
4.75	5	5
< 4.75	3	3

ตารางที่ 6.1 ปริมาณตัวอย่างต่ำสุด

<u>หมายเหตุ</u> ขนาดเม็ดวัสดุใหญ่สุด คือ ขนาดช่องเปิดตะแกรงใหญ่สุดซึ่งมีวัสดุค้างอยู่

4. วิธีการเก็บตัวอย่าง (PROCEDURE)

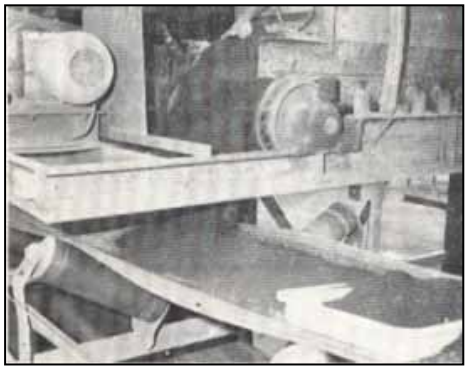
4.1 การเก็บตัวอย่างจากถังปล่อยวัสดุ หรือสายพานลำเลียงส่งวัสดุที่กำลังเคลื่อนที่ (Sampling From a Bin or From a Moving Conveyor Belt)

ใช้เครื่องมือและวิธีการดังต่อไปนี้ในการเก็บตัวอย่าง :

(1) ทำการเก็บตัวอย่างจากสายพานอัตโนมัติที่ติดตั้งไว้ เพื่อรับวัสดุทั้งหมดออกมาจากถังปล่อยวัสดุ หรือสายพานลำเลียงวัสดุ โดยอาจเก็บครั้งเดียวหรือหลายครั้งก็ได้ จนได้ปริมาณตัวอย่างตามตารางที่ 6.1

(2) วางถาดเก็บตัวอย่างที่มีขนาดเหมาะสมลงบนสายพาน แล้วปล่อยให้เคลื่อนที่ผ่านจุดปล่อยวัสดุที่มาจากสายพานลำเลียง หรือถังปล่อยวัสดุเพียงครั้งเดียว หรือทำซ้ำหลายครั้งก็ได้ จนได้ปริมาณตัวอย่างตามตารางที่ 6.1 (รูปที่ 6.1)

(3) ปล่อยวัสดุจากถังปล่อยวัสดุหรือสายพานลำเลียงลงบนรถบรรทุกจนกระทั่งได้ปริมาณใกล้เคียง 1 ลูกบาศก์เมตร เกลี่ยปาดยอดกองให้ได้ระดับสม่ำเสมอ ทำการเก็บตัวอย่างใช้พลั่วขุดลงในแนวดิ่งบริเวณจุดศูนย์กลางของกองแล้วเก็บตัวอย่างจากหลุมที่ขุด โดยขนาดของหลุมขุดต้องให้ได้ปริมาณตัวอย่างเพียงพอตาม ตารางที่ 6.1 (รูปที่ 6.2)



เก็บตัวอย่างวัสดุเม็ดละเอียดจากถังปล่อยวัสดุ

เก็บตัวอย่างวัสดุเม็ดหยาบจากถังปล่อยวัสดุ

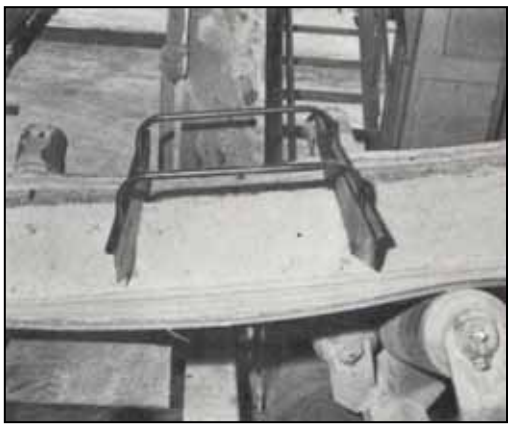
รูปที่ 6.1 การเก็บตัวอย่างจากสายพานเคลื่อนที่

รูปที่ 6.2 เก็บตัวอย่างวัสดุจากปริมาณวัสดุ 1 ลูกบาศก์เมตร

เพื่อหลีกเลี่ยงการแยกตัวของวัสดุขณะเก็บตัวอย่างถังปล่อยวัสดุจะต้องมีวัสดุบรรจุอยู่ไม่น้อยว่าสามในสี่ของขนาดบรรจุ

4.2 การเก็บตัวอย่างจากสายพานลำเลียงที่หยุด (Sampling From a Stopped Conveyor Belt)

ใช้แผ่นกั้นกั้นส่วนของวัสดุบนสายพานโดยแผ่นกั้นมีขนาดความกว้างพอดีกับสายพานเก็บตัวอย่างวัสดุระหว่างแผ่นกั้นทั้งหมด โดยเฉพาะส่วนละเอียดต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ และเพื่อให้ได้ปริมาณตัวอย่างตามตารางที่6.1 อาจจำเป็นต้องปฏิบัติซ้ำจากส่วนอื่นๆบนสายพานแล้วนำมารวมกันเพื่อให้ได้ปริมาณตามต้องการ (รูปที่ 6.3)



วางแผ่นกั้น

ใช้พลั่วเก็บตัวอย่างวัสดุ

ใช้แปรงช่วยเก็บรายละเอียด

รูปที่ 6.3 เก็บตัวอย่างจากสายพานที่หยุด

4.3 การเก็บตัวอย่างจากห้องผสม (Sampling From a Pug Mill)

ใช้กระบวนการเก็บตัวอย่าง เช่นเดียวกับข้อ 4.1 (3)

4.4 การเก็บตัวอย่างจากรถบรรทุก (Sampling From a Loaded Truck)

เกลี่ยวัสดุให้สม่ำเสมอตลอดกระบะบรรทุก ใช้พลั่วตักเก็บวัสดุตัวอย่างไม่ต่ำกว่า 5 หลุม กระจายให้ทั่ว โดยแต่ละหลุมต้องห่างกันไม่ต่ำกว่า 1 เมตร ตักวัสดุ 20 เซนติเมตรแรกจากผิวบนทิ้งไป แล้วจึงขุดเก็บตัวอย่างวัสดุแต่ละหลุมมารวมกันจนได้ปริมาณตัวอย่างตามตารางที่6.1 ห้ามไม่ให้เก็บตัวอย่างที่ระยะใกล้กว่า 30 เซนติเมตร จากด้านข้าง และด้านล่างกระบะบรรทุก (รูปที่ 6.4)

รูปที่ 6.4 เก็บตัวอย่างจากรถบรรทุก

<u>หมายเหตุ</u> การเก็บตัวอย่างเพื่อให้ได้ตัวอย่างตัวแทนที่ดีจากรถบรรทุกทำได้ยากควรปฏิบัติเมื่อไม่สามารถหาวิธีการเก็บตัวอย่างที่ดีกว่าได้

4.5 การเก็บตัวอย่างจากเครื่องปูวัสดุ (Sampling a Paving Machine)

ใช้พลั่วตักเก็บตัวอย่างวัสดุจากส่วนที่เก็บกักก่อนที่จะปูอย่างน้อย 3 จุด โดยให้ได้ปริมาณตัวอย่างรวมกันตามรางที่ 6.1

4.6 การเก็บตัวอย่างจากกองวัสดุขนาดเล็กหรือวัสดุที่กองเป็นแนวยาว (Sampling From Small Heaps or Windrows)

เกลี่ยยอดบนของกองให้เรียบแบนแล้วจึงใช้พลั่วเก็บตัวอย่างวัสดุโดยขุดลงในแนวดิ่งจากระดับบนตลอดความลึกของกองวัสดุ โดยขนาดของหลุมขุดต้องให้ได้ปริมาณตัวอย่างเพียงพอตาม ตารางที่ 6.1 (รูปที่ 6.5)

รูปที่ 6.5 เก็บตัวอย่างจาก Wind Row

4.7 การเก็บตัวอย่างจากกองวัสดุก่อสร้าง (Sampling from a Stockpile)

การเก็บตัวอย่างตัวแทนที่ดีจากกองวัสดุนั้นทำได้ยาก นอกเสียจากจะมีเครื่องจักรขนาดใหญ่ช่วยจึงจะทำให้ได้ตัวอย่างที่ดี ดังนั้นควรเก็บตัวอย่างก่อนหรือระหว่างการทำกองวัสดุ ในกรณีจำเป็นต้องเก็บตัวอย่างจากกองวัสดุขนาดใหญ่ ควรใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ เช่น รถตัก (Front-End Loader) ช่วยในการเก็บตัวอย่าง (รูปที่ 6.6)

การเก็บตัวอย่างจากกองวัสดุ เมื่อต้องการคุณสมบัติโดยรวมของวัสดุทั้งหมด จะต้องเก็บตัวอย่างส่วนต่างๆ ของกองวัสดุ 5-6 ตำแหน่ง แล้วนำมารวมกันให้ได้ปริมาณตามตารางที่6.1 แต่เมื่อต้องการทราบความสม่ำเสมอและความผันแปรของวัสดุด้วย ปริมาณตัวอย่างที่เก็บแต่ละส่วนต้องเป็นไปตามตารางที่ 6.1

การเลือกขบวนการเก็บตัวอย่างวิธีใดขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความสูงของกองวัสดุ ชนิดวัสดุ วิธีการทำกองวัสดุ ลักษณะการแยกตัวของกองวัสดุ และจุดมุ่งหมายของการเก็บตัวอย่างว่าต้องการหาคุณสมบัติโดยรวม หรือต้องการหาความสม่ำเสมอและความผันแปร (Variation) ของวัสดุแต่ละกอง

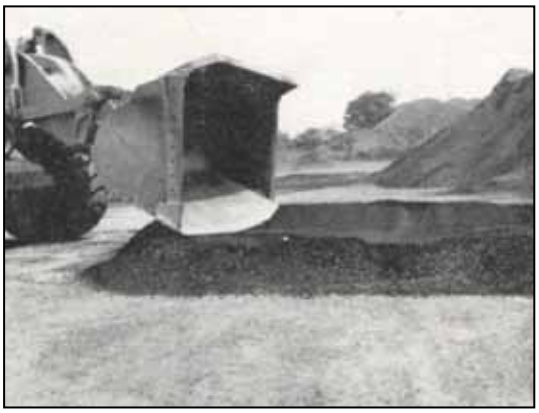
ในการหาคุณสมบัติโดยรวมของกองวัสดุ ควรเก็บตัวอย่างทดสอบทุก ๆ 500 ตัน แต่ถ้ามีการทำกองวัสดุขนาดใหญ่มาก เช่น 10,000 ตัน หรือมากกว่า อาจปรับการเก็บตัวอย่างโดยเก็บตัวอย่างทดสอบทุก ๆ 1,000 ตัน

โดยทั่วไปเพื่อความง่าย สะดวก และ ความถูกต้องในการเก็บตัวอย่าง กองวัสดุควรมีขนาดประมาณ 2,000 ตัน การเก็บตัวอย่างตัวแทนแต่ละกองวัสดุขนาดเล็กหลาย ๆ กอง ดีกว่าเก็บตัวอย่างเดียวจากกองวัสดุขนาดใหญ่

(1) การเก็บตัวอย่างจากกองวัสดุโดยใช้เครื่องจักรหนัก เช่น รถตัก (Sampling From a Stockpile With The Aid of Power Equipment Such as a Front-End Loader) ใช้รถตัก ตักวัสดุจากฐานขึ้นด้านบนประมาณ 2 - 3 ตัก จนกระทั่งพบผิวหน้าด้านในของวัสดุ (Fresh Face) ต่อจากนั้นตักวัสดุ 1 ตักหรือมากกว่าโดยตักจุดเดียวหรือมากกว่า เทวัสดุจากรถตักกองลงบนพื้นที่สะอาดใช้รถตักเกลี่ยกองวัสดุให้แบนเรียบเก็บตัวอย่างโดยใช้พลั่วขุดตักวัสดุในแนวดิ่งตลอดความหนาวัสดุ โดยขนาดหลุมที่ขุดเก็บตัวอย่างต้องมีขนาดใหญ่พอเพื่อให้ได้ตัวอย่างตามตารางที่ 6.1 (รูปที่ 6.6)

ตักวัสดุจนพบผิวหน้าด้านใน (Fresh face)

ตักวัสดุเต็มตัก



ทำให้กองแบนราบ

ใช้พลั่วตักเก็บตัวอย่างวัสดุ

รูปที่ 6.6 เก็บตัวอย่างจากกองวัสดุโดยใช้รถตัก

(2) เก็บตัวอย่างจากกองวัสดุโดยใช้มือ (Sampling From a Stockpile by Hand)

เลือกบริเวณที่จะเก็บตัวอย่างวัสดุจากบริเวณด้านบน กลาง และฐานของกองวัสดุ เสียบแผ่นกั้นเพื่อป้องกันไม่ให้วัสดุจากด้านบนไหลลงมาบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่าง เปิดผิวหน้าวัสดุบริเวณเก็บตัวอย่างประมาณ 20 เซนติเมตรจากผิวหน้าและยาวประมาณ 1 เมตรจากแผ่นกั้นจนพบผิวด้านในของวัสดุ เก็บตัวอย่างโดยใช้พลั่วตัดเซาะวัสดุเป็นร่องจากด้านล่างขึ้นบนบริเวณพื้นที่ที่เปิด รวบรวมวัสดุที่ตัดเซาะออกมาจนได้ปริมาณตามตารางที่6.1 ซึ่งอาจจะเก็บจากจุดเดียวหรือจากหลายๆจุดรอบกองวัสดุ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและขบวนการในการเก็บตัวอย่าง (รูปที่ 6.7)

เปิดผิวหน้าจนพบผิวหน้าด้านใน

ใช้พลั่วตักเก็บตัวอย่างวัสดุโดยตักเป็นแนวร่อง

รูปที่ 6.7 เก็บตัวอย่างจากกองวัสดุโดยใช้มือ

(3) การเก็บตัวอย่างจากกองวัสดุชนิดเม็ดละเอียด (ขนาดเล็กกว่า 10 มิลลิเมตร) โดยใช้ท่อเก็บตัวอย่าง (Sampling from a stockpile (10 mm. or less) by mean of sampling tube) สอดท่อตามแนวราบเข้าไปในกองวัสดุ โดยให้ด้านที่มีช่องเปิดอยู่ด้านล่าง จากนั้นหมุนท่อ 180 องศาและดึงออกมาจากกองวัสดุ เก็บตัวอย่างโดยรวบรวมวัสดุที่ค้างในท่อเก็บตัวอย่างจากหลายๆจุดจนได้ปริมาณตามตารางที่ 6.1 (รูปที่ 6.8)

4.8 การเก็บตัวอย่าง Sealing Aggregate (Sampling Sealing Aggregate Stacked Template)

ควรเก็บตัวอย่างทุกๆ 50-70 ลูกบาศก์เมตร ในกรณีที่แนวโน้มวัสดุคุณภาพไม่สม่ำเสมอ มีความผันแปรมากต้องเพิ่มความถี่ในการเก็บตัวอย่าง โดยแต่ละตัวอย่างต้องได้ปริมาณตามตารางที่ 6.1

(1) การเก็บตัวอย่าง Fine Sealing Aggregate (ขนาดเล็กกกว่า 10 มิลลิเมตร)โดยใช้ท่อเก็บตัวอย่าง (Sampling Sealing Aggregate (10 mm. or less) by Mean of Sampling Tube)

สอดท่อตามแนวราบเข้าไปในกองวัสดุโดยให้ด้านที่มีช่องเปิดอยู่ด้านล่าง จากนั้นหมุนท่อ 180 องศาและดึงออกมาจากกองวัสดุ เก็บตัวอย่างโดยรวบรวมวัสดุที่ค้างในท่อและเก็บตัวอย่างที่ความสูงต่างๆกันตลอดความยาวของกองจนได้ปริมาณตามตารางที่ 6.1 (รูปที่ 6.8)

(2) การเก็บตัวอย่าง Sealing Aggregate โดยใช้พลั่ว (Sampling Sealing Aggregate Means of a Shovel)สำหรับAggregateที่มีขนาดใหญ่กว่า 10 มิลลิเมตร ไม่สามารถใช้ท่อเก็บตัวอย่างได้ ต้องใช้พลั่วในการเก็บตัวอย่าง โดยเก็บจากด้านข้างทั้งสองของกองและด้านบนของกองจนได้ปริมาณตามตารางที่ 6.1

เก็บตัวอย่างข้างกองโดยเปิดหน้าวัสดุด้านข้างกองออกลึกประมาณ 20 เซนติเมตรตั้งแต่ยอดกองจนถึงฐานกองแล้วเก็บวัสดุบริเวณฐานกองโดยขุดเก็บเข้าไปในผิวหน้าที่เปิดใหม่ ส่วนด้านบนของกองก็เปิดหน้าวัสดุออก 20 เซนติเมตรแล้วขุดเก็บวัสดุในผิวหน้าที่เปิดใหม่

สอดท่อเข้าไปในกองวัสดุ

ดึงท่อออก

เก็บตัวอย่างวัสดุ

เครื่องมือ

รูปที่ 6.8 เก็บตัวอย่าง Sealing Aggregate โดยใช้ Sampling Tube

4.9 การเก็บตัวอย่างบนชั้นทางของถนน (Layer in The Roadbed)

ในกรณีจำเป็นให้ทำชั้นทางที่จะเก็บตัวอย่างให้หลวมก่อนแล้วจึงใช้พลั่วขุดลงในแนวดิ่งตลอดความลึกของชั้นที่ต้องการเก็บตัวอย่างโดยเก็บจาก 1 หลุม หรือหลายๆหลุมโดยขนาดหลุมต้องกว้างเพียงพอ เพื่อให้ได้ปริมาณตามตารางที่ 6.1

5. การบรรจุตัวอย่าง และการระบุแหล่งวัสดุ (Packaging and Identification)

5.1 ภาชนะบรรจุ (Containers)

การบรรจุแต่ละตัวอย่าง อาจจะใช้ภาชนะบรรจุอันเดียวหรือหลายภาชนะก็ได้ ขึ้นกับความสะดวกในการเก็บตัวอย่าง ภาชนะบรรจุต้องทำจากวัสดุที่ป้องกันการสูญหายของวัสดุตัวอย่าง โดยเฉพาะวัสดุส่วนละเอียด ทั้งระหว่างการจัดเก็บและการขนส่ง นอกจากนี้จะต้องมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะป้องกันไม่ให้คุณสมบัติของวัสดุตัวอย่างเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพเดิม

5.2 ป้ายชื่อระบุแหล่งวัสดุ (Labeling)

ภาชนะบรรจุตัวอย่างทุกภาชนะจะต้องมีป้ายแสดงข้อมูลต่าง ๆ อย่างละเอียดและเด่นชัด

(1.) ที่อยู่ซึ่งตัวอย่างจะถูกส่งไป

(2.) เครื่องหมายระบุตัวอย่าง

(3.) จำนวนภาชนะบรรจุที่บรรจุตัวอย่างแต่ละตัวอย่าง

(4.) ชนิดและแหล่งวัสดุ

(5.) ชื่อและตำแหน่งของบุคคลที่จะรับตัวอย่าง

บทที่ 7
การออกแบบส่วนผสมดินซีเมนต์ เพื่อใช้เป็นวัสดุชั้นพื้นทาง

<u>บทนำ</u>

การปรับปรุงคุณภาพดินโดยวิธีการผสมปูนซีเมนต์เพื่อใช้เป็นวัสดุชั้นพื้นทางแทนหินคลุกโดยมีการกำหนดให้พื้นทางดินซีเมนต์จะต้องมีค่า Unconfined Compressive Strength เท่ากับ 17.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) หรือตามที่กำหนดไว้ในแบบนั้น

ค่า Unconfined Compressive Strength ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญซึ่งมีผลต่อลักษณะการแข็งตัวของดินซีเมนต์ มีดังนี้

1. คุณสมบัติของดิน

ดินตามธรรมชาติจะมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีเฉพาะตัวซึ่งมีความสำคัญต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน คุณสมบัติของดินสามารถวิเคราะห์โดยอาศัยพื้นฐานทางด้านฟิสิกส์และเคมี โดยอาจกล่าวสรุปได้ว่า การกระจายของขนาดเม็ดดิน (Particle Size Distribution) คือสัดส่วนของทราย (Sand) ดินตะกอน (Silt) และดินเหนียว (Clay) อินทรีย์สาร สารประกอบอื่นๆ เช่น เกลือซัลเฟตหรือคลอไรด์ และองค์ประกอบทางเคมี เป็นองค์ประกอบหลักที่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของดินซีเมนต์

2. ปริมาณและประเภทของปูนซีเมนต์

ปริมาณและประเภทปูนซีเมนต์ที่ใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพดินมีผลอย่างมากต่อการพัฒนาคุณสมบัติของวัสดุ โดยหลักทั่วไปแล้วปูนซีเมนต์ชนิดเดียวกัน ปริมาณปูนซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้คุณสมบัติของดินซีเมนต์ดีขึ้นด้วยภายใต้เงื่อนไขตัวแปรชนิดอื่นมีค่าคงที่และดินมีความชื้นเพียงพอต่อปฏิกิริยา Hydration ในกรณีปูนซีเมนต์ต่างประเภทกันย่อมมีผลต่อการพัฒนากำลังของดินซีเมนต์ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของสาร (Cementitious Compounds) และชนิดรวมทั้งปริมาณของ Hydration Products ที่เกิดขึ้นเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำและดิน

3. น้ำ

น้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอันหนึ่งในการปรับปรุงคุณภาพดินด้วยวิธีเคมี เพราะว่าน้ำเป็นตัวควบคุมการเกิดปฏิกิริยา Hydration และการเพิ่มขึ้นของกำลังในดิน โดยปกติปริมาณน้ำขณะเริ่มผสมจะมีความสัมพันธ์กับค่า Unconfined Compressive Strength ของดินซีเมนต์ ปริมาณความชื้นในดินที่น้อยเกินไปจะไปทำให้ปฏิกิริยาดำเนินไม่สมบูรณ์ เนื่องจากปฏิกิริยาดังกล่าวอาจจะหยุดชะงักก่อนที่ปูนซีเมนต์ที่มีอยู่จะเปลี่ยนไปเป็นสารเชื่อมประสานเม็ดดิน (Cementitious Materials) ในกรณีปริมาณความชื้นในดินมากเกินไปจะทำให้น้ำส่วนเกินจากปฏิกิริยายังคงเหลืออยู่กระจัดกระจายทั่วโครงสร้างของดินที่แข็งตัวแล้ว และก่อให้แรงดันน้ำภายในช่องว่างเม็ดดิน (Internal Excess Pore Pressure) เมื่อมีแรงจากภายนอกมากระทำเป็นผลนำไปสู่การวิบัติของดินที่ค่ากำลังที่ต่ำกว่าความเป็นจริง

4. เทคนิคการปรับปรุง

นอกจากองค์ประกอบที่กล่าวมาแล้ว คุณสมบัติของดินซีเมนต์ยังขึ้นอยู่กับเทคนิคการปรับปรุงคุณภาพ ระยะเวลาผสมที่ต่างกัน ความเร็วในการผสม วิธีการบดทับ เงื่อนไขการบ่ม ตลอดจนการปรับปรุงสภาพดินก่อนการปรับปรุง และการดูแลหลังการผสม

องค์ประกอบทั้งหมดที่ได้กล่าวมานั้น จะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ดังนั้นในการออกแบบส่วนผสมดินซีเมนต์ ควรจะมีค่าความปลอดภัยไว้ โดยกำหนดให้ค่า Unconfined Compressive Strength ของส่วนผสมซีเมนต์มีค่าระหว่างร้อยละ 105 ถึง ร้อยละ 125 ของค่า Unconfined Compressive Strength ของพื้นทางดินซีเมนต์ที่ต้องการ

<u>วิธีการออกแบบส่วนผสมดินซีเมนต์</u>

1. ตรวจสอบคุณสมบัติของดิน ดังต่อไปนี้

1.1 ตรวจสอบขนาดคละของดิน ตามวิธีทดลองที่ ทล.– ท. 205/2517 “ วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง” ดินที่นำมาใช้จะต้องมีขนาดเม็ดโตสุดไม่เกิน50 มิลลิเมตร มีส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 2.00 มิลลิเมตร (เบอร์ 10) ไม่เกินร้อยละ 70 และส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 0.075 มิลลิเมตร (เบอร์ 200) ไม่เกินร้อยละ 25

1.2 ตรวจสอบค่า Liquid Limit ตามวิธีการทดลองที่ ทล. - ท. 102/2515 “ วิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit (L.L) ของดิน ” ไม่เกินร้อยละ 40

1.3 ตรวจสอบค่า Plasticity Index ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 103/2515 “วิธีการทดลองหาค่า Plastic Limit (P.L) และ Plasticity Index (P.I.) ของดิน” ไม่เกินร้อยละ 15

1.4 ตรวจสอบค่าความสึกหรอตามวิธีการทดลองที่ ทล. - ท. 202/2515 “วิธีการทดลองหาค่าความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion” ไม่เกินร้อยละ 60

1.5 ในกรณีที่ค่า Liquid Limit หรือ ค่า Plasticity Index เกินกว่าค่าที่กำหนดจะต้องใช้ปูนขาวไม่น้อยกว่าร้อยละ 2 โดยน้ำหนักของดินแห้ง ผสมเพื่อลดค่าดังกล่าวให้อยู่ในข้อกำหนด ปูนขาวที่ใช้จะต้องมีส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 0.075 มิลลิเมตร (เบอร์ 200) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70

2. ทดสอบหาค่าความแน่นแห้งสูงสุดของดิน และปริมาณน้ำในดินที่ Optimum Moisture Content ตามวิธีการทดลองที่ ทล. – ท. 108/2517 “วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน”

3. เตรียมแท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ จากส่วนผสมของดินซีเมนต์ที่เติมปริมาณปูนซีเมนต์ (ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ประเภท 1) ร้อยละ 3 ,4 ,5 ,6 และ 7 โดยน้ำหนักของดินแห้ง ในแต่ละส่วนผสมให้เตรียม 6 แท่งตัวอย่าง ในการบดอัดแท่งตัวอย่างให้บดอัดแบบสูงสุดกว่ามาตรฐานและปริมาณความชื้นของส่วนผสมในขณะบดอัดควรมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับค่า Optimum Moisture Content ที่ได้จากข้อ 2

4. นำแท่งตัวอย่างของดินซีเมนต์ที่ได้จากข้อ 3 บ่มในถุงพลาสติกเพื่อไม่ให้ความชื้นเปลี่ยนแปลง นาน 7 วัน แล้วนำไปแช่น้ำนาน 2 ชั่วโมง จึงทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล.– ท. 105/2517 “วิธีการทดลองหาค่า Unconfined Compressive Strength ของดิน”

5. หาค่าเฉลี่ย Unconfined Compressive Strength ของดินซีเมนต์ที่ปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากันจากนั้นนำมาเขียนกราฟระหว่างค่าเฉลี่ย Unconfined Compressive Strength กับปริมาณปูนซีเมนต์

6. โดยทั่วไปแล้วแท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ที่เตรียมจากเครื่องผสม จะให้ค่า Unconfined Compressive Strength ต่ำกว่าแท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ที่เตรียมในห้องทดลอง จึงต้องคิดเผื่อประสิทธิภาพของการผสมด้วย เพื่อให้พื้นทางดินซีเมนต์มีค่า Unconfined Compressive Strength ตามที่กำหนดไว้ ในที่นี้ให้ค่าประสิทธิภาพเครื่องผสมเท่ากับ 85– 90 % ฉะนั้นปริมาณปูนซีเมนต์ที่ต้องการคือ ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ได้ทำการปรับแก้ค่า Unconfined Compressive Strength ตามที่กำหนดไว้ด้วยประสิทธิภาพเครื่องผสม โดยที่ค่า Unconfined Compressive Strength ปรับแก้แล้วนั้นต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 105 – 125 % ของค่าที่ต้องการด้วย

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถหาปริมาณปูนซีเมนต์ที่ต้องการได้โดยหาจากรูปกราฟในหัวข้อ 5

<u>สรุปและข้อเสนอแนะ</u>

ในการออกแบบส่วนผสมดินซีเมนต์ ต้องกำหนดคุณสมบัติดินไว้ด้วย หากจะกำหนดเฉพาะค่า Unconfined Compressive Strength ไว้เพียงอย่างเดียว การปรับปรุงดินด้วยปูนซีเมนต์ซึ่งสามารถทำได้กับดินเกือบทุกชนิด ยกเว้นดินเหนียวซึ่งต้องปรับปรุงด้วยปูนขาวก่อนจึงจะทำการปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์ แต่ในการปรับปรุงต้องใช้ปริมาณปูนซีเมนต์มากเกินไป ทำให้สิ้นเปลืองและคุณสมบัติด้านอื่นๆไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นพื้นทางดินซีเมนต์ได้ ทำให้เกิดรอยแตกผิวได้และค่าความคงทนลดลง

เนื่องจากทุกองค์ประกอบตามที่ได้กล่าวไว้ในบทนำ จะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ในการทำงานจึงยากที่จะทำให้ได้ผลสมบูรณ์เต็มที่ จึงมีการกำหนดค่าความปลอดภัยไว้ในการออกแบบส่วนผสมไว้ในช่วงร้อยละ 105 ถึงร้อยละ 125 ของค่า Unconfined Compressive Strength ที่กำหนดไว้เพื่อให้ค่าในสนามได้ตามข้อกำหนด หากค่าในสนามแตกต่างไปจากช่วงของค่าความปลอดภัยที่ให้ไว้ ควรจะทำการออกแบบส่วนผสมใหม่

สำหรับในการออกแบบส่วนผสมดินซีเมนต์ เพื่อใช้งานชั้นทางอื่น ๆ ก็สามารถที่จะนำวิธีการการออกแบบตามที่กล่าวไว้ เพียงแต่ต้องพิจารณาปรับค่าตามข้อกำหนดและประสิทธิภาพของเทคนิคการปรับปรุงเพื่อให้ได้คุณภาพตามที่ต้องการ

บทที่ 8
การบดอัดวัสดุ

การบดอัดวัสดุ เป็นขบวนการปรับปรุงคุณภาพดินทางกล โดยการใช้พลังงานบดอัดทำให้เม็ดดินอยู่ชิดกันมากขึ้น ทำให้ช่องว่างระหว่างเม็ดดินลดลง มวลดินจะมีความแน่นขึ้น จุดประสงค์ของการบดอัดวัสดุคือ

1. เพื่อลดการทรุดตัว หรือยุบตัวของมวลดินที่จะเกิดขึ้นในภายหลัง
2. เพื่อเพิ่มกำลังรับน้ำหนักของมวลดิน
3. เพื่อลดการซึมผ่านของน้ำในมวลดิน

ขบวนการบดอัดวัสดุมีความสำคัญต่อการก่อสร้างถนน

ในการก่อสร้างถนนเพื่อต้องการให้ถนนสามารถบริการรับใช้การจราจรให้ผ่านไป – มา ได้สะดวกสบายและปลอดภัย เพราะฉะนั้นตัวคันทางและโครงสร้างชั้นทางจะต้องมีความแน่นและความแข็งแรงพอเพียงที่สภาพพื้นผิวถนนจะต้องไม่ทรุดตัวเป็นคลื่น ร่องล้อ รอยแตก หลุมบ่อ ฯลฯ ในการก่อสร้างถนนถึงแม้ว่านำวัสดุที่มีคุณภาพดีมาเป็นวัสดุคันทางหรือโครงสร้างชั้นทางก็ตาม หากขาดขบวนการบดอัดที่ดีและเหมาะสม ก็จะได้ถนนที่มีคุณภาพไม่ดีเช่นกัน โดยเฉพาะสาเหตุมาจากดินคันทาง หรือดินเดิม ซึ่งจะแก้ไขยากกว่าความเสียหายที่เกิดจากความบกพร่องของการก่อสร้างชั้นผิวทาง

<u>กา</u>รบดอัดวัสดุในสนาม

การบดอัดวัสดุในสนาม เป็นการเคลื่อนน้ำหนักไปบนดินที่ต้องการบดอัดเป็นจำนวนหลาย ๆ เที่ยว การบดอัดด้วยการเคลื่อนน้ำหนักไปบนดินจะทำให้ดินมีความแน่นเพิ่มขึ้นตามจำนวนเที่ยวที่รถบดผ่าน การคิดพลังงานในการบดอัดในภาคสนามจึงค่อนข้างยุ่งยาก เนื่องจากจะต้องทราบแรงที่ทำให้น้ำหนักรถบดอัดเคลื่อนไป องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อผลที่ได้จากการบดอัดดินในสนามนอกเหนือจากที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว มีดังนี้

1. อิทธิพลของวิธีการเตรียมวัสดุ

วิธีการกระทำต่อวัสดุก่อนบดอัดนั้น คือ การขุด ขนส่ง การปู หรือการตีแผ่ดินในหน้างาน การผสมดินกับน้ำ หรือทำให้ดินแห้งก่อนการบดอัดนั้น จะมีอิทธิพลต่อความแน่นในสนาม การผสมดินกับน้ำให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันเป็นสิ่งสำคัญและมักจะทำได้ไม่ดี ต้องเสียค่าใช้จ่ายและมักทำได้ยาก โดยเฉพาะในดินเหนียว การผสมน้ำในดินไม่ทั่วถึงจะทำให้ความแน่นแห้งลดลงได้

การคลุกเคล้าของดินกับน้ำนั้นควรเริ่มระหว่างการขุด ในกรณีที่ทราบว่าดินค่อนข้างแห้ง เพื่อให้ดินสามารถดูดซึมน้ำก่อนที่จะนำไปตีแผ่บนถนน การทำ Stock Pile เป็นวิธีการเตรียมดินที่ดี เนื่องจากจะทำให้ดินที่ขุดเกิดการคลุกเคล้ากันได้ดียิ่งขึ้น และหากวัสดุที่จะนำมาใช้ยังไม่เข้ากันดี หรือต้องการผสมน้ำก่อนนำไปลงหน้างาน เราอาจทำการคลุกเคล้าดินในระหว่างการทำ Stock Pile หลายๆ ครั้งได้ อย่างไรก็ดีการตีแผ่และคลุกเคล้ากันที่หน้างาน เป็นสิ่งจำเป็นและจะต้องกระทำให้ดีที่สุด เพื่อให้เม็ดดินคลุกเคล้าเข้าเป็นเนื้อเดียวกันและเพื่อให้ได้ความแน่นสม่ำเสมอ

2. อิทธิพลของความสม่ำเสมอของการทำงาน

ขั้นตอนการทำงานที่ไม่สม่ำเสมอ มักจะเป็นสิ่งที่ทำให้ความหนาแน่นเปลี่ยนแปลงจากแปลงหนึ่งไปอีกแปลงหนึ่งได้ ในธรรมชาติจะหาดินที่เป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) ได้ยากจึงมีความจำเป็นที่จะต้องให้มีขั้นตอนในการทำงานที่สม่ำเสมอเพื่อให้ดินทุกแปลงเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ในขณะตีแผ่และคลุกเคล้าในสนาม ความหนาที่ปูมักจะไม่สม่ำเสมออันจะทำให้ความหนาแน่นเปลี่ยนแปลงไป รูปแบบของขบวนการบดอัดโดยรถบด จะเป็นสาเหตุที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของความแน่นของดินที่ถูกบดอัดได้

3. อิทธิพลของสิ่งแวดล้อม

สภาพแวดล้อมระหว่างการทำงาน เช่น การเปลี่ยนจากดินที่แห้งไปเปียก หรือจากเปียกไปแห้ง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติของดินที่ถูกบดอัด อันจะเป็นผลทำให้ความแน่นของดินนั้นไม่สม่ำเสมอในขณะบดอัดได้

4. อิทธิพลของชนิดของรถบดอัดมีอยู่ด้วยกันหลายชนิดและบางครั้งอาจไม่สามารถจำแนกชนิดของรถบดที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันได้อย่างชัดเจน นั่นคือ รถบดนั้นอาจเป็นทั้งรถบดล้อเหล็ก หรือรถบดตีนแกะพร้อมทั้งมีความสั่นสะเทือนอยู่ในตัวได้ เราอาจแบ่งชนิดของรถบดได้ดังนี้

- รถบดล้อเหล็ก (ล้อเรียบ)
- รถบดล้อยาง
- รถบดตีนแกะ
- รถบดประเภท Grid
- รถบดสั่นสะเทือน

หลักการบดอัดด้วยรถบดสั่นสะเทือนค่อนข้างยุ่งยาก และเข้าใจได้ยากกว่ารถบดชนิดอื่น อาจกล่าวกว้าง ๆ ได้ว่ารถบดสั่นสะเทือนใช้กับดินประเภทที่เป็นดินทราย การเขย่าทำให้ดินทรายขยับตัวได้ดี ทั้งนี้เพราะดินทรายไม่มีแรงเกาะยึดระหว่างเม็ดดิน ส่วนรถบดตีนแกะจะใช้ในดินเหนียว รถบดตีนแกะจะตีดินที่เกาะตัวกันเป็นก้อนให้แตกเป็นก้อนเล็กลง ทำให้ช่องว่างระหว่างก้อนดินลดลงเป็นลำดับ ทำให้ความแน่นเพิ่มขึ้น

ในปัจจุบันยังไม่มีรถบดชนิดใดที่มีความสามารถบดอัดดินทุกประเภทให้ดีเท่าๆกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้รถบดหลายชนิดในการก่อสร้างทาง ประสิทธิภาพและการประหยัดในการเลือกใช้รถบดจึงขึ้นอยู่กับดินที่ต้องการบดอัด

เราอาจเพิ่มประสิทธิภาพหรือเพิ่มพลังงานของแต่ละเที่ยวของรถบดได้ในรถบดบางชนิด เช่น การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของรถบดล้อเหล็ก ความกว้างของล้อรถบด ความดันลมในล้อรถบดล้อยาง และความถี่ในการสั่นสะเทือนของรถบดสั่นสะเทือน เป็นต้น

พลังงานที่ใช้ต่อหน่วยปริมาตรของดินที่ถูกบดอัดนั้น จะขึ้นอยู่กับจำนวนเที่ยวที่บดทับ ในปัจจุบันการใช้รถบดที่เหมาะสมจะทำให้ความหนาแน่นแห้งของดินสูงเท่าที่เรากำหนด โดยทั่วไปใช้การบดประมาณ 8 – 16 เที่ยว ถ้าประสิทธิภาพของการบดอัดต่ำ ซึ่งทำให้ไม่สามารถทำให้ความหนาแน่นแห้งสูงขึ้นได้ในการบดอัด 4 – 8 เที่ยวแล้ว ควรต้องพิจารณาเปลี่ยนรถบดหรือเปลี่ยนสภาพของดิน (เช่น ดินเปียกไป)

5. อิทธิพลของชั้นดินที่อยู่ใต้ชั้นที่ต้องการบดอัด

พื้นล่างของชั้นดินที่ต้องการบดอัดมีอิทธิพลต่อความแน่นของชั้นที่ต้องการบดอัดเช่นเดียวกับการบดอัดดินในห้องทดลอง ซึ่งต้องการพื้นหรือฐานที่มั่นคง ในกรณีที่ดินชั้นล่างแน่น การบดอัดดินชั้นบนที่หลวมจะทำให้ดินแน่นได้ เนื่องจากการถ่ายน้ำหนักของรถกระทำได้เต็มที่ อย่างไรก็ดี ในกรณีที่ชั้นดินบางมากเกินไป อาจทำให้ชั้นที่ต้องการบดอัดไม่ได้ความแน่นตามต้องการได้ เพราะแรงสั่นสะเทือนของรถบดทำให้ดินที่แน่นกลับหลวมตัวได้

6. อิทธิพลของความหนาของชั้นที่ต้องการบดอัด

โดยปกติความหนาแน่นแห้ง จะลดลงเมื่อเพิ่มความหนาของชั้นที่ต้องการบดอัดมากขึ้น ยกตัวอย่าง เช่น มีการทดลองในสนามพบว่า ความหนาแน่นแห้งลดลง 0.96-0.128 กรัม/มิลลิเมตร เมื่อความหนาเพิ่มจาก 150 มม. เป็น 300 มม. การเพิ่มความหนาของชั้นดินที่ต้องการบดอัดจะทำให้ความแน่นของชั้นดินตามความลึกมีความสม่ำเสมอน้อยลง นั่นคือ ดินที่อยู่ล่าง ๆ จะแน่นน้อยกว่าที่อยู่ใกล้ผิวหน้าเพราะการกระจายน้ำหนักของรถบดถูกทอนลงด้วยความแน่นและความหนาของดินที่อยู่ชั้นบน ในขณะที่ดินถูกปูและบดอัดชั้นดินที่อยู่ใต้ล่างจะถูกบดอัดด้วย การทดลองในสนามพบว่า ชั้นดินที่หนา 150 มม. ถึง 300 มม. การปูและบดอัดดินที่อยู่ด้านบน 2-6 ชั้น จะทำให้ความแน่นของชั้นแรกเพิ่มขึ้นได้ อย่างไรก็ดีเรามักจะไม่พิจารณาการเพิ่มของความแน่นในส่วนนี้ ในการควบคุมงาน เนื่องจากพลังงานที่ถ่ายลงในชั้นล่างเนื่องจากรถบดนั้นมีไม่มาก

7. อิทธิพลของอัตราความเร็วในการบดอัด

ดิน เป็นวัสดุที่อ่อนไหวต่ออัตราความเครียดที่กระทำ โดยเฉพาะในดินเหนียว อย่างไรก็ดี อัตราความเร็วในการบดอัดจะถูกควบคุมโดยความเร็วของรถบด ในรถบดสั่นสะเทือนการลดความเร็วของรถบดจะทำให้การบดอัดดีขึ้น ทั้งนี้เพราะจำนวนครั้งที่ตบ หรือกระแทกดินที่จุดเดิมจะเพิ่มขึ้น

<u>บทสรุป</u>

การบดอัดวัสดุ มีหลายองค์ประกอบที่เกี่ยวพันกัน ฉะนั้นในการกำหนดความหนาแน่นแห้งของดินในสนามเป็นร้อยละของความแน่นแห้งของการบดอัดในห้องทดลอง ซึ่งเป็นข้อกำหนดควบคุมเฉพาะผลเมื่อทำเสร็จแล้ว (End result Specification) เพียงอย่างเดียวแล้ว มิใช่จะได้คุณภาพที่ดีเสมอไป จะต้องมีการกำหนดควบคุมวิธีการทำงาน (Methods Specification) ด้วย เพราะองค์ประกอบการบดอัดดินในสนามเกี่ยวพันถึงวิธีการทำงานด้วย

การบดอัดดินไม่ควรคำนึงถึง Percent Compaction เพียงอย่างเดียว บางทีการบดอัดมากเกินไป (Over compaction) จนเกิน 100 % จะทำให้รูปร่างของเม็ดดิน และโครงสร้างของเม็ดดินเปลี่ยนไป ทำให้คุณสมบัติด้านวิศวกรรมแปรเปลี่ยนไปได้เช่นกัน

บทที่ 9
การก่อสร้างและควบคุมคุณภาพงานบูรณะปรับปรุงถนนลาดยางเดิม โดยวิธี Pavement Recycling

1. บทนำ

ตามที่ได้เขียนบทความเรื่อง "การสำรวจและออกแบบเพื่อบูรณะปรับปรุงถนนลาดยางเดิม โดยวิธี Pavement Recycling" ซึ่งได้ตีพิมพ์ในหนังสือ "บทความวิชาการการสัมมนาเจ้าหน้าที่วิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง ประจำปีงบประมาณ 2547" นั้น เพราะตระหนักอยู่เสมอว่า หลักการที่จะทำการบูรณะปรับปรุงถนนเดิมเราจะต้องตั้งคำถามเกี่ยวกับถนนเดิมในช่วงที่เราจะปรับปรุงด้วยประเด็นสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาทุกครั้ง คือ

1.1 เราต้องการให้ถนนเดิมในช่วงที่เราจะปรับปรุง สามารถให้บริการในระดับใด เป็นเวลากี่ปี มีการบำรุงดูแลอย่างไร

1.2 สภาพถนนเดิมในช่วงที่เราจะปรับปรุง มีสภาพและสมรรถนะทางด้านวิศวกรรมเป็นเช่นไร

จากประเด็นสำคัญ 2 ข้อข้างต้น จะเป็นคำถามที่ทำให้มีการวางแผนการวิเคราะห์เพื่อทำการสำรวจและออกแบบให้เป็นไปตามหลักวิชาการ เพื่อให้ได้คำตอบทางด้านวิศวกรรมงานทาง แต่อาจจะไม่เป็นคำตอบสุดท้ายก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับนโยบายและสถานะงบประมาณด้วยเช่นกัน แต่ก็ไม่ควรละเลยขั้นตอนการสำรวจและออกแบบ การกำหนดรูปแบบควรที่สอดรับกับสภาพความเป็นจริงที่ปรากฏบนถนนเดิม มิฉะนั้นการก่อสร้างและการควบคุมคุณภาพ จะมีปัญหาอุปสรรค มีความขัดแย้งในรูปแบบและสัญญา ทำให้งานไม่สัมฤทธิ์ผล

2. การก่อสร้างและควบคุมคุณภาพงาน Pavement Recycling

เพื่อให้การก่อสร้างและควบคุมคุณภาพในงานบูรณะปรับปรุงถนนลาดยางเดิม โดยวิธี Pavement Recycling ได้ผลดี มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องนั้น ในเบื้องต้นควรที่จะมีระบบบริหารงานบำรุงทางที่ดี (Pavement Management System) มีการวางแผน ศึกษาความเหมาะสม จัดลำดับความเหมาะสมโดยมีการสำรวจประเมินสภาพทาง และกำหนดรูปแบบจากวิศวกรผู้ออกแบบทางที่สอดคล้องกับนโยบายและการใช้งานจริง นอกจากนั้นพิจารณาการใช้งบประมาณให้คุ้มค่าด้วย

ในบทความนี้ จะถือว่าขบวนการจัดการข้างต้น คือ การวางแผน การสำรวจและออกแบบ และการจัดงบประมาณเป็นไปอย่างดีและเหมาะสมแล้ว จึงขอกล่าวถึงการดำเนินงานก่อสร้างและการควบคุมคุณภาพงานเพียงเท่านั้น ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

2.1 การศึกษารายละเอียด รูปแบบ ข้อกำหนด และสัญญา

ก่อนที่จะเริ่มงานก่อสร้างนั้น ควรที่จะทำความเข้าใจ รูปแบบข้อกำหนดและสัญญา เพื่อที่จะได้ทราบถึงสิ่งที่ควรปฏิบัติต่อไป เช่น วิธีการ Recycling จะนำวัสดุชั้นทางส่วนใดมาใช้งานบ้าง จะต้องมีการใช้วัสดุใหม่ และ/หรือ สารที่ใช้ปรับปรุงเป็นแบบชนิดใด ความหนาของชั้นทางที่จะปรับปรุง กำหนดให้ปรับปรุงในที่หรือแบบในโรงงานผสม มีการกำหนดขั้นตอนทำงานตั้งแต่การขุดรื้อ การขนย้าย การย่อยวัสดุให้ได้ขนาด การผสมปรับปรุง การปูและบดทับโดยใช้เครื่องมือและเครื่องจักรชนิดและแบบใดบ้าง ระดับและความลาดเอียงของถนนได้มีการกำหนดไว้อย่างไร

ทั้งนี้ในการศึกษาควรจะออกสำรวจพื้นที่ก่อสร้างจริงด้วย เพื่อให้การทำงานจริงนั้นสามารถกระทำได้ตามรายละเอียด รูปแบบ ข้อกำหนดและสัญญา รวมถึงการตรวจสอบปริมาณงานจริงด้วย

หากการศึกษาและสำรวจพื้นที่แล้ว เห็นว่ามีข้อขัดแย้งกับรายละเอียด รูปแบบข้อกำหนด และสัญญา ควรทำการนำข้อมูลที่ตรวจพบพร้อมเสนอความคิดเห็นต่อวิศวกรผู้ออกแบบ เพื่อจะได้กำหนดแนวปฏิบัติที่ชัดเจนขึ้น และสิ่งสำคัญยิ่งที่ต้องทำคือการทำแปลงทดสอบก่อนเริ่มงานก่อสร้างจริง จะทำให้แก้ไขข้อขัดแย้งและข้อสงสัยซึ่งจะเป็นข้อสรุปได้ดีที่สุด

2.2 การวางแผนการปฏิบัติการ

ภายหลังจากการศึกษารายละเอียดและได้หารือเกี่ยวกับรูปแบบมาตรฐานข้อกำหนดและสัญญาต่างๆ เป็นที่เข้าใจในระดับต้นแล้ว ต่อไปควรมีการวางแผนปฏิบัติการ โดยทำแปลงทดสอบเพื่อเป็นการรับรองว่าการศึกษาและข้อคิดเห็นที่เกิดขึ้นตามข้อ2.1นั้น เวลามาปฏิบัติจริงจะมีปัญหาอุปสรรคใดเกิดขึ้นได้บ้าง และจะดำเนินการแก้ไขอย่างไร เพื่อที่จะได้รูปแบบขั้นตอนในการทำงานก่อสร้างต่อไป

2.3 สิ่งที่ต้องพิจารณาและติดตามขณะทำแปลงทดสอบ

เพื่อให้รูปแบบในการทำงานก่อสร้าง Pavement Recycling ได้ผลดี ในขณะที่ทำแปลงทดสอบมีสาระสำคัญที่ต้องพิจารณาและติดตามตรวจสอบและบันทึกไว้เป็นรูปแบบการปฏิบัติงานต่อไป ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

2.3.1 ชนิดและประสิทธิภาพของเครื่องมือเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ว่าสามารถที่จะทำงานให้ได้คุณภาพชั้นทางตลอดความหนาตามที่ต้องการได้หรือไม่

2.3.2 ระดับและความลาดเอียงถูกต้องตามรูปแบบหรือไม่ จะแก้ไขได้อย่างไร ควรมีเครื่องจักรหรือเครื่องมือใดมาเสริมเพื่อทำให้ระดับความลาดเอียงและความหนาให้ได้ตามข้อกำหนด เช่น รถเกรด รถบด เป็นต้น ตามต้องการ

2.3.3 งานที่ต้องทำหรือแก้ไขก่อนจะดำเนินการ Recycling ได้แก่

- งานซ่อมจุดอ่อน (Soft Spot) บนถนนเดิม
- งานขุดรื้อสิ่งก่อสร้างอื่นที่เป็นอุปสรรคในการขุดรื้อ หรือการไสของเครื่องจักร Recycling และภายหลังจะติดตั้งกลับเข้าไปใหม่อย่างไร เช่น ขอบบ่อพัก ท่อต่าง ๆ เป็นต้น

- งานขุดไสรื้อผิวถนนเดิม เพื่อปรับระดับตามที่ต้องการ โดยต้องพิจารณาถึงระดับหลังทางภายหลังการก่อสร้างเสร็จครบถ้วนสมบูรณ์แล้วได้ค่าตามรูปแบบกำหนดไว้

- งานที่ต้องขนย้ายวัสดุใหม่มาลงเสริมบนถนน มีปริมาณมากน้อยเพียงใด ให้คำนึงถึงระดับหลังทางเมื่อแล้วเสร็จถูกต้องตามที่ต้องการในรูปแบบ

2.3.4 การจัดรูปขบวนการทำงานของเครื่องมือเครื่องจักรที่จะดำเนินการ Recycling โดยให้เฝ้าติดตามการทำงานอย่างใกล้ชิด และบันทึกการทำงานแต่ละขั้นตอนของเครื่องจักร เช่น การเข้า – ออก, ก่อน – หลัง จำนวนเที่ยวการเดินเครื่องจักร, อัตราการทำงานของเครื่องจักร ฯลฯ เพราะข้อมูลเหล่านี้จะได้นำมาวิเคราะห์เพื่อจัดรูปแบบการทำงาน Recycling ต่อไป

2.3.5 การจัดเตรียมวัสดุต่าง ๆ เช่น ปูนซีเมนต์, น้ำ, วัสดุผสมเพิ่มอื่น ๆ ให้มีปริมาณพอเพียงและสามารถป้อนเข้าสู่ขบวนการทำงาน Recycling ได้อย่างต่อเนื่อง เหมาะสมและพอเพียงกับความต้องการ โดยเฉพาะงาน Recycling แบบในที่ (In – Place) ควรตะหนักข้อนี้ให้มากมิฉะนั้นจะทำให้การทำงานสะดุดหยุดลงได้

2.3.6 งานอำนวยการจราจรขณะทำงาน นอกจากมีป้าย, สัญญาณหรือคนคอยช่วยในงานการจราจร ยังมีสิ่งสำคัญจะต้องพิจารณา คือ การวางแผนกำหนดลำดับก่อนหลังของแนวร่องที่จะขุดรื้อและปูกลับพร้อมบดทับว่าควรเริ่มงานในแนวใดของถนน เพื่อให้รถสามารถสัญจรทั้งสองทิศทางได้หรือไม่ โดยให้ใช้ข้อมูลความกว้างของถนน ความกว้างของเครื่องจักร ระยะเหลื่อมทับของรอยต่อความยาว และสิ่งที่กำหนดไว้ในรูปแบบและข้อกำหนด หรือข้อมูลอื่น ๆ ที่คิดว่ามีผลกระทบต่อการกระทำงานและการจราจรขณะทำงานได้ มาใช้ในการพิจารณาวางแผนด้วย

2.3.7 งานตรวจสอบและประเมิน ภายหลังการทำแปลงทดสอบควรมีการตรวจสอบความเรียบ ระดับ ความลาดเอียง และความหนาแน่นว่าได้ตามที่ต้องการหรือไม่ มีสิ่งใดต้องแก้ไข โดยพิจารณาภาพรวมโดยใช้หัวข้อ 2.3.1 ถึง 2.3.6 ร่วมในการพิจารณา

2.4 การปฏิบัติงาน Recycling

แม้ว่าการทำแปลงทดสอบได้รูปแบบการทำงานที่เหมาะสมแล้ว และได้นำมาปฏิบัติงาน Recycling ต่อไปแล้วนั้น การปฏิบัติงาน Recycling ยังคงต้องมีการควบคุมและตรวจตราอย่างใกล้ชิด เพื่อให้การปฏิบัติงาน Recycling สามารถดำเนินการได้ผลตามที่ต้องการดังที่เคยทำในแปลงทดสอบ

ในการปฏิบัติงานทุกครั้งในแต่ละวันของการปฏิบัติงานควรมีการควบคุมเพื่อเฝ้าระวังและ/หรือตรวจตรา พอสรุปได้ดังนี้

2.4.1 การควบคุมและตรวจตราก่อนเริ่มงาน

- สภาพอากาศมีความเหมาะสมต่อการปฏิบัติงาน

- เครื่องมือเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างมีสภาพพร้อมที่ปฏิบัติงานได้ดีหรือไม่ โดยเริ่มตั้งแต่ระบบขุดไส รื้อผสม ปูและบดทับ รวมถึงอุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้วัดความหนา ค่าระดับและวัดอัตรา

ป้อนวัสดุต่างๆ นอกจากนั้นปริมาณเครื่องจักรประกอบมีจำนวนเพียงพอและสภาพสมบูรณ์พร้อมที่จะทำงานดังเช่น การทำแปลงทดสอบหรือไม่

- การตรวจตราสภาพพื้นที่ที่จะทำ Recycling มีการแก้ไข ซ่อมแซม ความเสียหายที่ระบุไว้ให้ทำแล้วเสร็จก่อนการปฏิบัติงาน Recycling รวมทั้งการรื้อถอนสิ่งกีดขวางออกเป็นที่เรียบร้อยหรือยัง

-การตรวจตราการจัดเตรียมปริมาณวัสดุทุกชนิดที่ต้องใช้ไว้มีปริมาณอย่างเพียงพอต่อการทำงานในแต่ละวัน

- การหาค่าความชื้นของวัสดุชั้นทางเดิม เพื่อจะได้ปรับแก้ปริมาณน้ำที่จะต้องใช้ผสมไว้ได้อย่างเหมาะสม

- การตรวจสอบระดับ ความลาดเอียงหลังถนนเดิม เพื่อกำหนดว่าช่วงใดสูง – ต่ำกว่าระดับที่ต้องการ เพื่อจะได้พิจารณาจัดเสริมวัสดุผสมได้อย่างถูกต้อง

2.4.2 การควบคุมและตรวจสอบขณะทำงาน

ขั้นตอนในการทำงาน Pavement Recycling ในแต่ละขั้นตอนนั้นจะต้องมีการสำรวจและตรวจสอบอย่างใกล้ชิด ซึ่งพอสรุปตามขั้นตอนดังนี้

1) การขุดรื้อ (Scarifying / Ripping) หรือ การขุดไส (Milling) ต้องควบคุมให้ได้ความลึกของการขุดรื้อ หรือการขุดไสตามที่ต้องการ ชนิดวัสดุที่ขุดขึ้นมาต้องตรงตามเป้าหมายที่ระบุไว้ ในกรณีการขุดรื้อจะกระทบต่อชั้นทางที่อยู่ชั้นล่างลงไปได้ง่าย ซึ่งไม่เหมาะกับการทำงาน Recycling แบบในที่ ต้องใช้เครื่องมือเครื่องจักรพิเศษที่สามารถขุดไสได้โดยไม่กระทบต่อชั้นล่างเพื่อใช้ในงาน Recycling แบบในที่จึงเหมาะสม

2) การเคลื่อนย้ายวัสดุ เมื่อมีการขุดรื้อหรือการขุดไสแล้ว จะต้องมีการเคลื่อนย้ายวัสดุ เพื่อไปปรับปรุงคุณภาพ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการ Recycling จะเป็นแบบในที่หรือแบบที่โรงงานผสม จะต้องควบคุมให้การเคลื่อนย้ายวัสดุเป็นแบบชนิดตามที่ได้ระบุไว้ สำหรับการปรับปรุงในที่การเคลื่อนย้ายวัสดุจะอยู่ภายในเครื่องจักรที่เดินผ่านในที่โดยทำการผสมเสร็จในที่

3) การปรับปรุงชั้นทางที่คงเหลือหลังจากขุดรื้อ ตามที่ได้กล่าวไว้ในข้อ 1) การขุดรื้อจะกระทบต่อชั้นทางที่อยู่ชั้นล่างลงไปได้ง่าย จึงเห็นควรให้มีการปรับปรุงการบดทับให้เรียบและได้ระดับก่อนทำงานต่อไป ซึ่งขั้นตอนนี้จะมีเฉพาะวิธีการ Recycling แบบที่โรงงานผสม ข้อดีคือสามารถแก้ไขจุดอ่อนหรือความเสียหายที่มีความลึกกว่าความหนาชั้นที่ต้องการ Recycling ได้สะดวกขึ้น สำหรับการ Recycling แบบในที่จะไม่มีขั้นตอนนี้

4) การย่อยวัสดุชั้นทางเดิมให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ วัสดุชั้นทางเดิมที่ถูกขุดรื้อ จะมีขนาดใหญ่กว่าความต้องการ โดยเฉพาะวัสดุชั้นผิวทางแอสฟัลต์ ที่มีการยึดเกาะตัวกัน จึงต้องมีการย่อยวัสดุเพื่อให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ สำหรับวิธีการขุดไสด้วยเครื่องจักรพิเศษ จะทำให้วัสดุชั้นทางเดิมได้ผ่านการย่อยไป

ด้วย แต่อาจจะมีวัสดุขนาดใหญ่กว่าความต้องการปนอยู่บ้าง ให้ใช้วิธีการคัดออกแทน ถ้ามีจำนวนมากให้แก้ไขระบบขุดไสของเครื่องจักรดังกล่าว

5) การผสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพวัสดุ ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสำคัญยิ่งต่อคุณภาพวัสดุต้องมีการควบคุมให้ได้อัตราส่วนการใช้วัสดุต่าง ๆ ได้ตรงตามแบบของส่วนผสมโดยมีการผสมคลุกเคล้าเข้ากันได้ดีฉะนั้น ต้องควบคุมตรวจตราถึงระบบการป้อนวัสดุที่แม่นยำ ประสิทธิภาพของเครื่องผสม ระยะเวลาผสมที่เหมาะสมรวมถึงการปรับแก้ไขความชื้นของส่วนผสมให้เหมาะสมเฉพาะสถานะนั้น ๆ โดยเฉพาะในฤดูฝน

6) การบดทับ ในการบดทับเป็นขั้นตอนที่สำคัญจะต้องมีความรู้ความชำนาญงาน ทั้ง Operator และ Inspector การจัดขบวนรถบด จำนวนเที่ยวในการบด ช่วงจังหวะเวลาที่เหมาะสม ประสิทธิภาพของรถบด การใช้รถบดชนิดและขนาดได้อย่างเหมาะสม โดยเฉพาะรถบดสั่นสะเทือนนั้น มีทั้งผลดีและผลเสียควรศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของน้ำหนักรถบด ความถี่และความกว้างของคลื่นสั่นสะเทือน และความเร็วในการเคลื่อนตัวของรถบด เพื่อจะได้ใช้งานได้อย่างถูกต้องตามข้อแนะนำการใช้เครื่องจักรตามที่ผู้ผลิตได้แนะนำไว้

7) การปรับเกลี่ย แต่งให้ได้ระดับ ความลาดเอียง และความเรียบ เนื่องจากขั้นตอนการปูและการบดทับ อาจจะได้ระดับและความลาดเอียงใกล้เคียงตามต้องการ แต่ความเรียบโดยเฉพาะตะเข็บรอยต่อตามยาวและคลื่นที่เกิดจากรถบดสั่นสะเทือน ซึ่งอาจจะต้องมีการเกลี่ยแต่งด้วยรถเกรด ในกรณีปล่อยผ่านจะต้องเข้มงวดเรื่องระดับ ความลาดเอียง และความเรียบ ในขณะทำงานก่อสร้างชั้นทางที่อยู่บนชั้นทาง Recycling ซึ่งโดยส่วนใหญ่ จะเป็นชั้นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต

8) การปิดการจราจรและการบ่ม ขั้นตอนนี้จะต้องพิจารณาสิ่งที่กำหนดไว้ในมาตรฐานข้อกำหนดหรือข้อกำหนดในรูปแบบว่าระบุให้ใช้วัสดุใดเป็นสารปรับปรุงคุณภาพ มีระยะเวลาการก่อตัวเพื่อรับกำลังที่ยอมรับได้ก่อนเปิดการจราจรเท่าไร มีวิธีการบ่มตัวอย่างโดยวิธีใดบ้าง การ Recycling ของกรมทางหลวงในขณะนี้ ส่วนใหญ่จะใช้ปูนซีเมนต์เป็นสารปรับปรุงคุณภาพ ซึ่งสามารถเปิดการจราจรได้ทันที แต่การบ่มตัวด้วยการราดน้ำควรกระทำให้ต่อเนื่อง และควรรีบทำการ Prime Coat และทำชั้นผิวทางเพราะการทิ้งไว้นานโดยเปิดการจราจรจะทำให้เกิดหลุมบ่อได้ง่ายและยากต่อการแก้ไข

ตามที่สรุปขั้นตอนการทำงาน Recycling ไว้ 8 ขั้นตอนนั้น ถ้าเป็นการทำงานแบบในโรงงานผสม เราจะเห็นแต่ละขั้นตอนที่ชัดเจน แต่จะใช้เครื่องมือเครื่องจักรมากกว่า และระยะเวลาการทำงานจะใช้เวลามากกว่า สำหรับการทำงาน Recycling แบบในที่จะใช้เครื่องมือเครื่องจักรโดยเฉพาะที่มีความพิเศษ สามารถทำงานตามขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 6 โดยขบวนการเคลื่อนเดินของเครื่องจักรภายในเที่ยวเดียวทำให้สามารถเปิดจราจรได้เร็ว สำหรับการเลือกใช้แบบไหนนั้น ขึ้นอยู่กับวิศวกรผู้ออกแบบจะต้องมีประสบการณ์ และข้อมูลเพียงพอ ที่จะตัดสินใจกำหนดไว้ในรูปแบบหรือเปิดไว้เป็นทางเลือกได้ เพราะทั้ง 2 วิธี มีข้อเด่น – ข้อด้อย ขึ้นอยู่กับเลือกใช้ได้เหมาะสมกับงาน สถานที่ เวลา ฤดูกาล และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากน้อยเพียงใด

2.4.3 การควบคุมและตรวจสอบภายหลังการทำงาน

ภายหลังการทำงานแล้วเสร็จในแต่ละวัน สิ่งที่ควรจะทำการตรวจสอบพอสรุปได้ดังนี้

1) ความกว้าง ความหนา ระดับและความลาดเอียง เป็นไปตามรูปแบบข้อกำหนด

2) ลักษณะผิวหน้า มีสภาพกลมกลืนสม่ำเสมอตลอดทั้งผืน ไม่มีการแยกตัวของวัสดุอย่างชัดเจน และไม่ปรากฏความเสียหาย แตกร้าวหรือหลุดร่อน

3) ความเรียบของผิวหน้า ไม่เกิดเป็นลอนคลื่นหรือแนวร่อง โดยการวัดด้วยไม้บรรทัดยาว 3 เมตร วางทาบบนผิวหน้าทั้งในแนวยาวและแนวขวางถนน กำหนดค่าความแตกต่างที่วัดได้ต้องไม่เกิน 10 มิลลิเมตร หรือตามที่ระบุไว้ในรูปแบบและข้อกำหนด

4) ความหนาแน่น จะต้องมีการทดสอบความหนาแน่นชั้นทาง Recycling ตามที่ระบุไว้ในมาตรฐานข้อกำหนดและรูปแบบ

5) กำลังรับแรงของวัสดุที่ปรับปรุงแล้ว ในขณะที่ทำงานจะมีการเก็บตัวอย่าง มาจัดเตรียมและจัดทำชิ้นตัวอย่างทดลอง ซึ่งมีระบุไว้ในมาตรฐานข้อกำหนด และ / หรือรูปแบบได้กำหนดไว้

6) การตรวจสอบปริมาณงานที่ทำได้ และปริมาณวัสดุชนิดต่าง ๆ ที่ใช้งาน เพื่อเป็นการตรวจสอบซ้ำว่าอัตราส่วนผสมมีความใกล้เคียงกับแบบส่วนผสมหรือไม่

7) การตรวจสอบอื่น ๆ ที่ได้กำหนดไว้เป็นกรณีพิเศษ โดยวิศวกรผู้ออกแบบ

2.5 การควบคุมคุณภาพวัสดุ

โดยทั่วไปการควบคุมคุณภาพวัสดุประกอบด้วย การตรวจตรา การเก็บตัวอย่าง การทดสอบ การวัดปริมาณ การควบคุมการทำงาน การวิเคราะห์ผล การรายงาน และการติดตามผลการปฏิบัติงานต่าง ๆ ที่จำเป็น เช่น วัสดุที่ตรวจสอบแล้วคุณภาพไม่ได้ตามข้อกำหนด ต้องมีการขนย้ายออกไป หรือมีการปรับปรุงแก้ไขอย่างไร ซึ่งถ้าปราศจากการดูแลและปฏิบัติงานตามขั้นตอนเหล่านี้แล้ว จะขาดความน่าเชื่อถือในการควบคุมคุณภาพวัสดุ

สำหรับการควบคุมคุณภาพวัสดุที่จะกล่าวถึง จะขอสรุปขั้นตอนที่สำคัญเป็นพิเศษในงาน Pavement Recycling นอกเหนืองานควบคุมคุณภาพวัสดุโดยทั่วไป ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

2.5.1 การเก็บตัวอย่าง

ในการเก็บตัวอย่าง เพื่อทดสอบคุณภาพและการออกแบบส่วนผสมเป็นขั้นตอนที่สำคัญเพื่อให้ได้ตัวอย่างตัวแทน (Representative Samples) ของวัสดุที่จะนำมาใช้งานจริง จึงควรปฏิบัติตามมาตรฐานวิธีการเก็บตัวอย่างตามที่ระบุไว้ หากไม่ระบุไว้อาจใช้มาตรฐานของ AASHTO และ ASTM เป็นเกณฑ์ก็ได้ นอกจากนี้แล้วจำนวนและขนาดของตัวอย่างตัวแทนที่ต้องทำการทดสอบควรมีเกณฑ์ที่เหมาะสมกับปริมาณวัสดุที่นำมาใช้งาน

สำหรับงาน Pavement Recycling การเก็บตัวอย่างตัวแทนเพื่อมาทดสอบและออกแบบส่วนผสมบางครั้งได้เก็บตัวอย่างก่อนจะมีการเคลื่อนย้ายเครื่องมือเครื่องจักรเข้ามาที่หน้างานของโครงการฯ ทำให้การเก็บตัวอย่างต้องมีการขุดเจาะเก็บก้อนตัวอย่างมาย่อยเองก่อนมักมีปัญหาว่าขนาดที่ย่อยได้ ไม่อยู่ใน

สภาพเดียวกับวัสดุที่ได้จากการทำงานของเครื่องจักร โดยเฉพาะวัสดุชั้นผิวทางซึ่งมีการเชื่อมยึดกันจะยังคงจับตัวเป็นก้อน ๆ เมื่อทำงานจริงอัตราส่วนการใช้วัสดุเชื้อประสานอย่างเช่นปูนซีเมนต์ จะผิดจากที่ทดสอบและออกแบบไว้ในห้องทดลอง ทั้งนี้ถ้ามีความจำเป็นที่จะต้องทำการออกแบบส่วนผสมไว้ก่อนเพื่อเป็นแนวทางการทำงาน ในขณะทำแปลงทดสอบ ต้องมีการตรวจสอบส่วนผสมให้ได้คุณภาพตามเกณฑ์กำหนด สามารถปรับแก้แบบส่วนผสม ตามเกณฑ์ยอมรับได้หรือไม่ ถ้าหากไม่ได้จะต้องทำการออกแบบส่วนผสมใหม่ ปัญหานี้ควรจัดหาเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพการย่อยวัสดุได้เช่นเดียวกับการทำงานจริงของเครื่องจักร หรือต้องเก็บตัวอย่างตัวแทนที่ได้จากหน้างานที่ได้จากการขุดและย่อยจากเครื่องจักรที่ใช้งานจริง ซึ่งต้องเสียเวลารอผลการออกแบบส่วนผสมแล้วเสร็จก่อนจึงจะทราบถึงอัตราการใช้วัสดุแต่ละชนิด แต่จะได้แบบอัตราส่วนผสมใกล้เคียงของจริงมากกว่าวิธีจากการขุดตัวอย่างมาย่อยในห้องปฏิบัติการ เพราะสภาพของตัวอย่างตัวแทนที่เก็บมาออกแบบมีสภาพเหมือนกับที่หน้างาน

2.5.2 การออกแบบส่วนผสม

ก่อนอื่น ต้องทำการศึกษามาตรฐานข้อกำหนด รูปแบบและสัญญาเกี่ยวกับคุณสมบัติวัสดุที่จะนำมาใช้งานถูกกำหนดไว้อย่างไรบ้าง และคุณภาพภายหลังการผสมปรับปรุงว่าจะต้องปฏิบัติการทดสอบและออกแบบส่วนผสมโดยมาตรฐานวิธีการทดสอบของสถาบันใด เช่น AASHTO, ASTM หรือที่กำหนดขึ้นของหน่วยงานใด ในการที่ได้กำหนดอัตราส่วนการใช้วัสดุ โดยเฉพาะสารปรับปรุงคุณภาพไว้ในรูปแบบและสัญญานั้นอาจจะเป็นการไม่ถูกต้องนัก ยกเว้นแต่ว่าในการสำรวจและออกแบบได้มีการทดลองออกแบบส่วนผสมไว้เป็นแนวทางก่อนแล้ว ซึ่งจะเป็นขั้นตอนการสำรวจและออกแบบในขั้นตอนที่8ก่อนคิดประมาณราคาต้นทุนของโครงการ ตามที่ได้แนะนำไว้ในบทความเรื่อง “การสำรวจและออกแบบเพื่อบูรณะปรับปรุงถนนลาดยางเดิม โดยวิธี Pavement Recycling แต่ในที่สุดแล้ว การออกแบบส่วนผสมที่หน้างานจริง ยังเป็นสิ่งที่ต้องปฏิบัติจะละเลยเสียมิได้

หลังจากนั้นก็ให้ทำการสำรวจวัสดุดูว่ามีคุณสมบัติคงที่สม่ำเสมอเพียงใด และวิธีการทำงานสามารถคัดเลือกวัสดุได้สม่ำเสมอมากน้อยเพียงใด เพื่อจะได้นำมาพิจารณาในการออกแบบส่วนผสมว่าควรจะออกแบบส่วนผสมไว้ทั้งหมดกี่แบบส่วนผสมด้วยกัน ขอให้พึงระลึกไว้อยู่เสมอว่าแบบส่วนผสมสามารถจะปรับแก้ได้ แต่ต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ และเมื่อคุณสมบัติผิดแปลกไปจากเดิมจนเกินกว่าที่จะอนุญาตให้ปรับแก้ตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จะต้องทำการออกแบบส่วนผสมใหม่ สิ่งที่ผิดแปลกตามที่ได้กล่าวมานี้จะทราบได้ จากการตรวจตรา การควบคุม และการวิเคราะห์เป็นประจำ ทุก ๆ วันของการทำงาน

วิธีการออกแบบส่วนผสมนั้น ต้องศึกษาและพิจารณาจากรูปแบบได้ระบุว่ากำหนดให้ใช้วัสดุชนิดใดบ้างมาปรับปรุงคุณภาพ ก็ให้ไปค้นคว้าศึกษาตำราหนังสือแนะนำการออกแบบส่วนผสมซึ่งมีให้ศึกษาได้โดยทั่วไปอยู่แล้ว ในขณะนี้งานปรับปรุงคุณภาพวัสดุมักจะใช้ปูนซีเมนต์ก็ให้ไปศึกษาการออกแบบส่วนผสมดินซีเมนต์ ถึงแม้ว่าจะใช้วัสดุอื่นๆ มาใช้ผสมด้วยก็ไม่ใช่สิ่งที่ยุ่งยากเกินไป หลักการโดยทั่วไปในการออกแบบส่วนผสมให้พิจารณาจากมาตรฐานข้อกำหนดได้มีการแนะนำปริมาณการใช้วัสดุอย่างไร ต่ำสุดเท่าไร สูงสุดเท่าไร หากไม่มีระบุไว้ชัดเจน ก็ให้ลองสุ่มตั้งอัตราส่วนผสมโดยปรับเปลี่ยนจากการใช้ปริมาณ

สารปรับปรุงคุณภาพ จากปริมาณต่ำและขยับปริมาณที่สูงขึ้นจนถึงปริมาณมากเกินพอ แล้วก็ทดสอบคุณภาพของแต่ละส่วนผสมดูว่าค่ากำลังรับแรงของวัสดุส่วนผสมมีค่าเท่าไร เมื่อมีการปรับลดลงด้วยค่าประสิทธิภาพการผสมที่หน้างาน จะมีค่ากำลังแรงรับเหลือเท่าไร จากนั้นจึงพิจารณาเลือกอัตราส่วนผสม โดยให้อยู่ในเกณฑ์ข้อกำหนด ในกรณีที่ประสิทธิภาพการผสมที่หน้างาน ต่ำกว่าร้อยละ 80 ควรดำเนินการแก้ไขวิธีการผสมที่หน้างานไม่ควรใช้วิธีคิดปรับลดตามที่ได้แนะนำไว้ในการออกแบบส่วนผสมเพราะจะทำให้สิ้นเปลืองวัสดุและได้คุณภาพงานที่ไม่สม่ำเสมอ

2.5.3 การตรวจตราและการทดสอบคุณภาพวัสดุ

ในการทำงาน Recycling จะต้องมีการตรวจตราและการทดสอบคุณภาพวัสดุทั้งก่อนทำงาน ขณะทำงาน และภายหลังการทำงาน ซึ่งได้กล่าวไปบ้างแล้วในหัวข้อ 2.4 ซึ่งจะต้องกระทำควบคู่กับการควบคุมปฏิบัติงาน Recycling ต้องมีการตรวจตราและทดสอบคุณภาพวัสดุประจำวันและพอสรุปขั้นตอนในการตรวจตราและการทดสอบคุณภาพวัสดุเป็น 4 ระยะ

1) การตรวจตราและทดสอบคุณภาพวัสดุก่อนการผสม จะต้องมีการตรวจตราดูความแปรเปลี่ยนของวัสดุที่จะนำมาใช้งานว่ายังคงเดิมเช่นเดียวกับที่นำมาออกแบบส่วนผสมหรือเปลี่ยนแปลงไป สิ่งที่ต้องกระทำทุกวันคือการเก็บวัสดุมวลรวมทั้งที่อยู่ในชั้นทางเดิมหรือผสมเพิ่มเข้าไปมาทดสอบหาค่าความชื้นเพื่อจะปรับแก้อัตราส่วนของน้ำที่จะเติมเข้าไปในส่วนผสม การทดสอบหาขนาดคละและตรวจตราดูเนื้อวัสดุว่ายังเป็นประเภทเดียวกันกับวัสดุที่ใช้ออกแบบส่วนผสมหรือไม่

2) การตรวจตราและควบคุมการผสมวัสดุ เป็นขั้นตอนที่จะต้องตรวจตราและควบคุมอย่างใกล้ชิด ตั้งแต่การป้อนวัสดุให้ได้ตามอัตราส่วนที่กำหนด การป้อนวัสดุแต่ละชนิดต้องมีความต่อเนื่องสม่ำเสมอ ระยะเวลาผสม การคลุกเคล้าเข้ากันได้ดีไม่เกิดการแยกตัว ระยะเวลาขนส่ง ระยะเวลาการปูและบดทับ โดยเวลาทั้งหมดตั้งแต่การผสมจนถึงการปูและบดทับจะต้องอยู่ในเกณฑ์ข้อกำหนดของส่วนผสมชนิดนั้นๆ เพราะมิฉะนั้นจะมีผลกระทบต่อการเชื่อมยึดติดของเชื้อประสานจะทำให้ด้อยคุณภาพลง

3) การทดสอบคุณภาพวัสดุส่วนผสมขณะที่มีการควบคุมและตรวจตราการผสมวัสดุจนถึงการปูและบดทับ จะต้องมีการสุ่มเก็บตัวอย่างส่วนผสม เพื่อไปทำการทดสอบหาคุณภาพภายหลังการผสมอีกครั้ง ทั้งนี้ต้องศึกษารายละเอียดของมาตรฐานข้อกำหนด รูปแบบและสัญญาว่าได้กำหนดเกณฑ์วิธีการทดลองไว้อย่างไร หากระบุไว้ไม่ชัดเจนก็ให้ยึดถือตามเกณฑ์ระเบียบปฏิบัติของหน่วยงานหรือสถาบันที่น่าเชื่อถือและเป็นหลักสากล

4) การตรวจตราและการทดสอบความหนาแน่นชั้นทาง Recycling ในขณะปูและบดทับส่วนผสมเป็นชั้นทาง Recycling จะต้องมีการควบคุมงานอย่างใกล้ชิดเพื่อให้ได้ความหนา ระดับความลาดเอียงและความเรียบได้ตามรูปแบบแล้ว สิ่งสำคัญในการควบคุมงานคือการป้องกันการแยกตัวของส่วนผสมและความต่อเนื่องของขบวนการปูและบดทับ แต่ก็ยังต้องมีขั้นตอนการตรวจตราและทดสอบความหนาแน่นภายหลังการปูและบดทับแล้วเสร็จ โดยมีการตรวจตราว่ามีความเสียหายปรากฏบนผิวหน้าหรือไม่ ความเรียบได้ตามข้อกำหนดหรือไม่ และจากการทดสอบจะได้ความหนาและความแน่นตามข้อกำหนดหรือไม่

3. บทส่งท้าย

วิธีการ Pavement Recycling เหมาะสมที่จะใช้งานบูรณะปรับปรุงถนนลาดยางเดิม โดยการปรับปรุงแก้ไขความเสียหายที่เกิดขึ้นบนชั้นผิวทางและชั้นพื้นทางเท่านั้น ในกรณีความเสียหายที่เกิดจากรากฐาน คันทางและรองพื้นทาง ต้องทำการปรับปรุงแก้ไขชั้นล่าง คือรากฐานหรือคันทางหรือชั้นรองพื้นทางที่มีปัญหาด้วย ในปัจจุบันถนนที่อยู่ในความดูแลของกรมทางหลวงจะมีรากฐานและตัวคันทางที่มีเสถียรภาพมั่นคง ยกเว้นบริเวณพื้นที่ดินอ่อน หรือมีปัญหาทางด้านธรณีวิทยา ความเสียหายของถนนจึงมักเกิดจากอายุการใช้งานที่จะปรากฏความเสียหายในชั้นผิวทางและชั้นพื้นทาง การนำวิธีการ Pavement Recycling มาใช้งานบูรณะปรับปรุงถนนลาดยางเดิมจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมยิ่งกับสภาวะปัจจุบันที่ต้องคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อสังคมมากขึ้น อีกทั้งแก้ไขปัญหาการใช้วัสดุให้คุ้มค่าคุ้มทุน ลดความสิ้นเปลืองโดยใช้องค์ความรู้และความสามารถมากขึ้น

แต่อย่างไรก็ตามจากแนวคิดข้างต้น เราจะต้องทำความเข้าใจถึงองค์ความรู้ที่จะมาใช้ซึ่งต้องมีระบบจัดการองค์ความรู้ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งอาจเรียกว่าเป็นการใช้ศาสตร์และศิลป์ ในการบริหารจัดการที่ดีอย่างเป็นระบบ (State of The Art) ตั้งแต่การวางแผนโครงการ การพิจารณาความเหมาะสม การสำรวจและออกแบบ การประมาณราคาต้นทุนและการจัดตั้งงบประมาณ โดยจัดมุมมองให้เห็นภาพรวมถึงการลงทุนอย่างคุ้มค่า มีการบริหารทรัพยากรได้อย่างลงตัวและมีคุณภาพ

ในงาน Pavement Recycling เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ได้มีการออกแบบและผลิตเครื่องมือเครื่องจักรพิเศษที่มีความทันสมัยเพื่อให้เหมาะสมกับระบบการทำงาน Recycling โดยใช้ความรู้ทางด้านเครื่องจักรกลด้านอิเล็คทรอนิค มาใช้เพื่อสนองให้ได้ตามแนวความคิดในการบูรณะปรับปรุงถนนลาดยางเดิมโดยใช้วิธี Pavement Recycling ถึงแม้ว่าสามารถผลิตเครื่องมือเครื่องจักรเพื่อสนองการนี้ได้แล้ว แต่สิ่งที่เป็นปัจจัยสำคัญคือคน จะต้องมีความใฝ่รู้ ความเอาใจใส่ ไม่ละเลยขั้นตอนของระบบตามแนวคิดการทำงาน Pavement Recycling จึงทำให้งานบรรลุผลสำเร็จ การพัฒนาคนอย่างต่อเนื่องให้มีความรู้เท่าทันกับการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยี โดยให้มีพื้นฐานความรู้ที่ดีพอที่จะสามารถมีกระบวนการทางความคิดแบบมองรอบด้านเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นจึงจะเกิดประโยชน์ต่อส่วนรวม

บทที่ 10
การควบคุมงานก่อสร้างผิวทางคอนกรีต

1. บทนำ

ในการควบคุมการก่อสร้างถนนคอนกรีตของกรมทางหลวง ใช้มาตรฐานทางที่ ทล.-ม. 309/2544 ‘‘มาตรฐานถนนปอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีต’’ เป็นคู่มือในการควบคุมงาน ซึ่ง ทล.-ม. 309 เป็นมาตรฐานที่ได้จากการนำ ทล.-ม. 409/2530 ‘‘มาตรฐานข้อกำหนดการควบคุมงานก่อสร้างถนนปอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีต’’ มาปรับปรุงให้ทันสมัยและเพื่อให้เหมาะสมกับอนุกรมรหัสหมายเลขทะเบียนมาตรฐานของกรมทางหลวง ซึ่งถ้าขึ้นต้นด้วยเลข 3 หมายถึงวัสดุคอนกรีต ส่วนถ้าขึ้นต้นด้วยเลข 4 หมายถึง วัสดุแอสฟัลต์ จึงเปลี่ยนเป็น ทล.-ม. 309

2. โครงสร้างถนนคอนกรีตของกรมทางหลวง

โครงสร้างถนนคอนกรีตที่กรมทางหลวงได้จัดสร้างขึ้น แบ่งได้เป็น 5 แบบ คือ

2.1 ผิวทางคอนกรีต + รองพื้นทาง Soil Aggregate ถนนที่ก่อสร้างแบบนี้ คือ ถนนพหลโยธินช่วงอนุสาวรีย์ – ลาดพร้าว และถนนเพชรเกษม ช่วง กรุงเทพฯ – นครปฐม ถนนพหลโยธินช่วงอนุสาวรีย์ – ลาดพร้าว เมื่อสร้างเสร็จและเปิดใช้งานไม่เกิด Pumping และปัญหาในการซ่อมบำรุง เนื่องจากใช้รองพื้นทางเป็นหินผุ Gradation ที่ดีและมีค่า PI ต่ำ

ส่วนถนนสายเพชรเกษมช่วง บางแค ─ นครปฐม เปิดใช้ได้ไม่นานก็เกิด Pumping หลายจุดสาเหตุเกิดจากใช้ลูกรังที่มี PI สูงมากผสมกับทรายเพื่อใช้ทำชั้นรองพื้นทาง

Pumping เกิดจากการที่น้ำซึมลงตามรอยแตกและรอยต่อของถนนคอนกรีตที่ชำรุดใต้แผ่นพื้นคอนกรีต และวัสดุส่วนละเอียดใต้แผ่นพื้นคอนกรีตจะอุ้มน้ำสะสมไว้ เมื่อมีรถวิ่งผ่านแผ่นพื้นคอนกรีตบ่อย ๆ จะทำให้พื้นคอนกรีตเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ และกระแทกน้ำผสมกับส่วนละเอียดขึ้นมาด้านบนถนนทำให้เกิดโพรงใต้แผ่นพื้นคอนกรีต เป็นสาเหตุทำให้คอนกรีตแตกหักหรืออาจทำให้คอนกรีตที่ติดกันสองแผ่นระดับต่างกัน

2.2 ผิวทางคอนกรีต + Soil Cushion + รองพื้นทางแบบ Lime Stabilized Clay ผลการเกิด Pumping สายกรุงเทพ- นครปฐม ทำให้วิศวกรที่ออกแบบใช้ชั้น Sand Cushion ในโครงสร้างถนนคอนกรีต โครงสร้างถนนคอนกรีตที่มีลักษณะนี้มีสายเดียว คือ ถนนวิภาวดีรังสิต ช่วง ดินแดง – ดอนเมือง (ช่องจราจรเก่า) ถนนสายนี้เมื่อเปิดใช้งานก็ไม่เกิด Pumping และไม่สร้างปัญหาในการซ่อมบำรุง

2.3 ผิวทางคอนกรีต + Soil Cushion + รองพื้นทางแบบ Soil Aggregate โครงสร้างของถนนคอนกรีตแบบนี้ใช้เป็นครั้งแรกกับสายจรัลสนิทวงศ์ ใช้งานได้ดีไม่เกิด Pumping หลังจากนั้นมา กรมทางหลวงก็ใช้โครงสร้างในลักษณะนี้ก่อสร้างถนนคอนกรีตในแถบกรุงเทพ ซึ่งทุกสายไม่ปรากฏความเสียหายเนื่องจาก Pumping

2.4 ผิวทางคอนกรีต + พื้นทางหินคลุก + รองพื้นทางแบบ Soil Aggregate เป็นโครงสร้างถนนคอนกรีตที่ก่อสร้างตั้งแต่ปี 2535 เป็นต้นมา เช่น สายบางปะอิน – นครสวรรค์ และสระบุรี – โคราช

2.5 ผิวทางคอนกรีต + Cement Modified Crushed Rock Base + รองพื้นทางแบบ Soil Aggregate เป็นโครงสร้างถนนคอนกรีตที่มีปริมาณจราจรสูงมาก และมีรถบรรทุกหนักผ่านมากเป็นประจำ เช่น สายรังสิต – สระบุรี

จากลักษณะโครงสร้างถนนคอนกรีตทั้ง 5 แบบ ปัจจุบันถนนคอนกรีตของกรมทางหลวงส่วนใหญ่จะใช้ลักษณะโครงสร้างตามแบบที่ 3 คือ ผิวคอนกรีต + Sand Cushion + รองพื้นทางแบบ Soil Aggregate

ซึ่งใน ทล. -ม. 309/2544 “ถนนปอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีต” จะเขียนวิธีควบคุมการก่อสร้างถนนคอนกรีตไว้อย่างละเอียด ซึ่งนายช่างควบคุมงานถ้าอ่านมาตรฐานก็จะสามารถควบคุมงานได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นบทความนี้จะเขียนถึงเฉพาะประเด็นสำคัญที่ควรระมัดระวังในการควบคุมงานก่อสร้างถนนคอนกรีต

3. การควบคุมงานก่อสร้างถนนคอนกรีต

ในการควบคุมคุณภาพคอนกรีต อาจแบ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญได้ 4 ขั้นตอน คือ

- การควบคุมคุณภาพวัสดุที่ใช้ในการผสมคอนกรีต
- การควบคุมการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต
- การควบคุมโรงผสมคอนกรีต
- การควบคุมงานก่อสร้างที่หน้างาน

3.1 การควบคุมคุณภาพวัสดุ

3.1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ต้องเป็นปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ประเภท 1 ที่มีคุณภาพตาม มอก.15 เนื่องจากปูนซีเมนต์ในบ้านเราผลิตโดยโรงงานใหญ่ได้มาตรฐาน มีการใช้อย่างแพร่หลายมีผลบันทึกการใช้งานที่ดี ปูนซีเมนต์ที่ได้รับ มอก. สามารถนำมาใช้ได้เลย โดยไม่ต้องทำการทดสอบอีก ในกรณีสงสัยในคุณภาพให้สุ่มเก็บตัวอย่างทดลอง ในงานก่อสร้างถนนคอนกรีต ถ้าปูนซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีตน้อยจะทำให้คอนกรีตไม่แกร่ง เกิดการหลุดร่อนทำให้หินใหญ่โผล่เกิดหน้าที่หยาบทำให้ผิวถนนไม่เรียบ และถ้าเกิดมากจะทำให้ถนนแตกได้ในเวลาเดียวกัน

3.1.2 มวลรวมละเอียดหรือทรายผสมคอนกรีต ต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานข้อกำหนดที่ ทล.– ก 201/2544 “ข้อกำหนดมวลรวมละเอียดสำหรับผสมคอนกรีต” ทรายผสมคอนกรีตที่ละเอียดมากและสกปรกมีดินปน จะทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าวได้ เนื่องจากดินจะหดตัวมาก และทำให้ผิวหลุดเป็นหน้าข้าวตังได้ภายหลังเปิดการจราจร

3.1.3 มวลรวมหยาบ หรือหินผสมคอนกรีต ต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานข้อกำหนดที่ ทล. – ก.202/2544 “ข้อกำหนดมวลรวมหยาบสำหรับผสมคอนกรีต” หินที่สกปรกและดินปนจะทำให้คอนกรีตหลุดจากหิน จะทำให้เกิดหน้าที่หยาบถนนไม่เรียบ ความเสียหายอาจเกิดมากจนทำให้ถนนแตกในที่สุด

3.1.4 น้ำ ที่จะนำมาใช้ผสมคอนกรีตต้องสะอาดปราศจากสารต่าง ๆ ที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีต น้ำที่ไม่สะอาดจะทำให้คอนกรีตมีกำลังรับแรงต่ำ การพัฒนากำลังอัดช้า เมื่อเปิดใช้งานผิวหน้าถนนจะหลุดลอกทำให้เกิดผิวหน้าที่ไม่เรียบและทำให้ถนนแตกได้ง่าย ถ้าสงสัยในคุณภาพน้ำให้ส่งทดลองคุณภาพ

3.1.5 สารผสมเพิ่ม ปัจจุบันสารผสมเพิ่มได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในงานคอนกรีตบ้านเรา เนื่องจากคอนกรีตที่ใช้สารผสมเพิ่มจะมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการทำงานมากขึ้น เช่น เพิ่มความสามารถในการเทได้ หน่วงการก่อตัว เนื่องจากบ้านเราเป็นเมืองร้อน คอนกรีตจะ Set ตัวเร็ว การหน่วงการก่อตัวจะให้มีเวลาทำงานมากขึ้นและแก้ปัญหาการเกิด Cold joint

สารเคมีผสมเพิ่มที่ใช้ต้องมีคุณสมบัติตาม มอก.733 ซึ่ง มอก. 733 ได้แบ่งสารเคมีผสมเพิ่มตามลักษณะการใช้งานได้ 7 ประเภท คือ

(1) สารลดน้ำ หรือ Plasticizer คุณลักษณะการใช้งานที่สำคัญต้องลดน้ำได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 5

(2) สารหน่วงการก่อตัว คุณลักษณะการใช้งานที่สำคัญต้องหน่วงการก่อตัวของคอนกรีตไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 3 ชั่งโมงครึ่ง

(3) สารเร่งการก่อตัว ต้องเร่งการก่อตัวระยะต้นเร็วขึ้นไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 3 ชั่วโมงครึ่ง

(4) สารลดน้ำและหน่วงการก่อตัว เป็นสารเคมีผสมเพิ่มที่ใช้มากที่สุดในบ้านเรา มีคุณลักษณะการใช้งานเช่นเดียวกับสารลดน้ำและหน่วงการก่อตัว

(5) สารลดน้ำและเร่งการก่อตัว มีคุณลักษณะการใช้งานเช่นเดียวกับสารลดน้ำและเร่งการก่อตัว

(6) สารลดน้ำพิเศษ หรือ Superplasticizer ต้องลดน้ำได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 12 ส่วนใหญ่ใช้กับคอนกรีตที่ต้องการกำลังสูง เช่น คานคอนกรีตอัดแรง

(7) สารลดน้ำพิเศษและหน่วงการก่อตัว มีคุณลักษณะการใช้งานเช่นเดียวกับสารลดน้ำพิเศษและหน่วงการก่อตัว

ใน Brochure เอกสารผู้ผลิตน้ำยาผสมคอนกรีตส่วนใหญ่จะอ้างประเภทน้ำยาผสมคอนกรีตตาม ASTM ซึ่ง ASTM จะแบ่งเป็น 7 ประเภท คือ Type A – G ซึ่ง มอก. ก็ใช้ ASTM อ้างอิง Type A จะตรงกับประเภท 1 และเรียงตามลำดับ โดย Type G ตรงกับประเภท 7

ข้อควรระวังในการใช้งาน สารเคมีผสมเพิ่ม

(1) สารเคมีผสมเพิ่มที่นำมาใช้ต้องมีคุณสมบัติตาม มอก. 733 และต้องมีข้อมูลเทคนิคที่สำคัญ เช่น

- ผลของสารผสมเพิ่มต่อคอนกรีต
- ส่วนประกอบที่สำคัญ
- ปริมาณที่ควรใช้ และข้อเสียที่เกิดจากการใช้ปริมาณเกินกำหนด

(2) ควรใช้ปริมาณตามที่ผู้ผลิตแนะนำ พร้อมทั้งตรวจดูผลจะเป็นไปตามข้อกำหนดหรือไม่

(3) ต้องวัดการผสมที่แน่นอน เนื่องจากอัตราการใช้สารเคมีผสมเพิ่มประมาณ 0.1 – 0.3 เปอร์เซ็นต์ ถ้าปริมาณที่เติมลงไปไม่แน่นอน เช่น สารหน่วงการก่อตัว ซึ่งถ้าใส่มากเกินไป จะทำให้คอนกรีตไม่แข็งตัว ซึ่งเกิดขึ้นบ่อย ๆ

(4) ผลของสารผสมเพิ่มต่อคุณสมบัติอื่น ๆ

3.1.6 แผงลวดตาข่าย เป็น Temperature Steel ใส่แผ่นพื้นคอนกรีตทำหน้าที่ป้องกันการแตกร้าวจากการขยายตัวที่เกิดขึ้นในแผ่นพื้นคอนกรีต เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตลอดวัน เหล็กเสริมขนาดเล็ก และ Spacing แคบ จะทำน้าที่ Temperature Steel ได้ดีกว่าเหล็กขนาดใหญ่แต่ Spacing กว้าง

การวางตำแหน่งแผงลวดตาข่ายต้องวางให้ถูกต้อง ตามแบบเพื่อให้ทำหน้าที่ Temperature Steel ได้อย่างถูกต้อง

3.1.7 เหล็กเดือย (Dowel Bar) เป็นเหล็กที่ใช้ตามแนวรอยต่อตามขวางซึ่งประกอบด้วย รอยต่อเผื่อหด รอยต่อเผื่อขยายและรอยต่อก่อสร้าง ซึ่งในงานก่อสร้างถนนคอนกรีตรอยต่อตามขวางถือเป็นรอยต่อวิกฤต ซึ่งจะเกิดเสียหายได้ง่ายเมื่อเปิดใช้งาน เหล็กเดือยเป็นเหล็กผิวเรียบกลม ทำหน้าที่เป็นตัวถ่ายน้ำหนักของล้อรถ ระหว่างแผ่นพื้นคอนกรีตแผ่นหนึ่งไปยังแผ่นพื้นคอนกรีตอีกแผ่นหนึ่ง เหล็กเดือยมีปลายสองปลายฝังอยู่ในแผ่นพื้นคอนกรีต ปลายด้านหนึ่งเนื้อเหล็กจะสัมผัสกับคอนกรีตโดยตรง เรียกปลายด้านนี้ Fixed End ปลายอีกด้านหนึ่งจะเคลือบด้วยยางมะตอยหรือทาสีและทาจาระบีทับ เพื่อป้องกันไม่ให้เนื้อคอนกรีตสัมผัสกับคอนกรีตโดยตรง ช่วยให้แผ่นพื้นคอนกรีตที่ห่อหุ้มปลายด้านนี้สามารถเคลื่อนที่ได้บ้างเล็กน้อย ซึ่งเรียกปลายด้านนี้ว่า Free End

เนื่องจากรอยต่อตามขวางจะต้องขยับตัวได้บ้างเล็กน้อย โดยมีเหล็กเดือยเป็นตัวถ้ายน้ำหนักระหว่างแผ่นพื้นคอนกรีตที่อยู่ติดกัน ดังนั้นเหล็กเดือยจะต้องวางให้ขนานกับแนวกึ่งกลางถนนไม่เอียงในแนวราบและแนวดิ่ง

เหล็กเดือยที่วางเอียงไม่ว่าในแนวราบหรือแนวดิ่ง หรือเหล็กเดือยที่ผิวไม่เรียบจะทำให้แผ่นพื้นคอนกรีตตรงบริเวณรอยต่อขยับตัวไม่ได้ ทำให้เกิดรอยต่อยึด (Freeze joint) เป็นสาเหตุให้แผ่นพื้นคอนกรีตแตกได้ การเกิดรอยต่อยึดที่รุนแรง จะทำให้แผ่นพื้นคอนกรีตแสดงพฤติกรรมของแผ่นพื้นยาว อาจทำให้คอนกรีตเกิดรอยแตกระหว่างรอยต่อได้

3.1.8 เหล็กยึด (Tie Bar) เหล็กยึดใส่ตามแนวรอยต่อตามยาว เพื่อป้องกันการขยับตัวทางด้านข้างของแผ่นพื้นคอนกรีต ซึ่งอาจเกิดจากการบิดตัวของแผ่นพื้นคอนกรีต เนื่องจากการยึดหดตัว หรือน้ำหนักรถ เหล็กยึดจะเป็นเหล็กข้ออ้อย ทำหน้าที่ยึดแผ่นพื้นคอนกรีตให้อยู่ในที่ โดยปกติดเหล็กยึดจะไม่สร้างปัญหาในงานถนนคอนกรีตเหมือนเหล็กเดือย

3.1.9 ปลอกเหล็กเดือย เป็นโลหะหรือวัสดุสังเคราะห์ที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างโครงการฯ ใช้สำหรับสวมเหล็กเดือย เพื่อก่อสร้างรอยต่อเพื่อเผื่อขยาย เพื่อช่วยให้คอนกรีตขยายตัวได้ ป้องกันความเสียหายจากการเกิด Blow Out

3.1.10 วัสดุอุดรอยต่อคอนกรีต (Joint Filler) ใช้สำหรับอุดรอยต่อเพื่อขยาย เช่นชานอ้อย

3.1.11 วัสดุทารอยต่อ (Joint Primer) วัสดุทารอยต่อ จะช่วยให้เกิดการยึดจับระหว่างผิวคอนกรีตและวัสดุยารอยต่อ

3.1.12 วัสดุยารอยต่อ (Concrete Joint Sealer) ทำหน้าที่ป้องกันน้ำซึมลงตามแนวรอยต่อ วัสดุอุดรอยต่อที่หมดอายุจะทำให้เกิดการไหลซึมของน้ำผ่านตามแนวรอยต่อผ่านไปสะสมในชั้นทางใต้แผ่นพื้นคอนกรีตอันเป็นสาเหตุของการเกิด Pumping ก่อให้เกิดโพรงใต้แผ่นพื้นคอนกรีต ทำให้คอนกรีตแตกได้ นอกจากนี้วัสดุยารอยต่อที่หมดอายุจะเป็นวัสดุที่ไม่มีการคืนตัวทำให้กรวดและหินก้อนเล็กๆ เข้าไปอุดในช่องว่างเป็นเหตุให้เกิดร้อยบิ่นตามขอบรอยต่อทำให้การขับขี่ยวดยานไม่ราบเรียบ การควบคุมคุณภาพวัสดุยารอยต่อควรนำวัสดุยารอยต่อมาสต๊อกก่อนแล้วสุ่มเก็บตัวอย่างทดลองเพื่อป้องกันการนำวัสดุยารอยต่อที่ไม่มีคุณภาพมาใช้

3.2 การควบคุมการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

วัตถุประสงค์ของการควบคุมการออกแบบส่วนผสมเพื่อให้ได้คอนกรีตสดและคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วมีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อกำหนด ของงานก่อสร้าง เช่น คอนกรีตสดจะมีการกำหนดความสามารถเทได้ หรือ Slump ส่วนคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วจะมีการกำหนด กำลังรับแรงอัด เป็นต้น

ก่อนเริ่มดำเนินการก่อสร้างถนนคอนกรีต ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต ให้มีคุณสมบัติตามที่ระบุไว้ในแบบ ซึ่งมีขั้นตอนในการตรวจสอบการออกแบบส่วนผสมดังนี้

3.2.1 พิจารณาศึกษา ทบทวน ข้อกำหนด เช่น กำลังรับแรงอัดต่ำสุด ปริมาณซีเมนต์ต่ำสุดต่อ 1 ลูกบาศก์เมตร ค่าความยุบตัว และ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์

ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต ข้อกำหนดของกรมทางหลวง กำลังรับแรงอัดที่ใช้ในการออกแบบต้องสูงกว่าค่ากำลังรับแรงอัดที่กำหนดในแบบ โดยใช้สมการดังนี้

$$f_{cr} = f_c' + ks$$

โดยที่

f_{cr} คือ กำลังรับแรงอัดเป้าหมายที่ต้องการ หรือ รับแรงอัดที่ใช้ในการออกแบบ

f_c' คือ กำลังรับแรงอัดที่กำหนดในแบบ

k คือ ค่าคงที่

s คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกำลังรับแรงอัดจากก้อนตัวอย่าง 30 ค่าหรือมากกว่า

ค่า k ได้มาจากหลักวิชาสถิติในเรื่องเกี่ยวกับการแจกแจงความถี่ ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1

ค่าร้อยละของกำลังที่ต่ำกว่า f_c'	ค่า K
20	0.842
10	1.282
5	1.645
2.5	1.960
2	2.054
1	2.326
0	3.000

ตามมาตรฐานทั่วไปจะต้องออกแบบให้โอกาสที่กำลังอัดเฉลี่ยต่ำกว่ากำลังอัดที่ออกแบบไม่เกิน 5%

ในกรณีไม่มีข้อมูลเก่าของส่วนผสมคอนกรีต แนะนำให้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีตเพื่อให้มีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าความต้านทานแรงอัดที่กำนดไม่น้อยกว่า 5 เมกะปาสคาล เช่น แบบกำหนดแรงอัด 325 กก./ซม.^{2}

3.2.2 ทดลองผสมและตรวจสอบผลที่ได้เพื่ออนุมัติการใช้งาน เมื่อเห็นชอบในรายการคำนวณและผลการทดสอบวัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีตแล้ว ผู้รับจ้างจะต้องทำการทดลองผสมคอนกรีตเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น ความสามารถเทได้ กำลังรับแรงอัด Modulus of Rupture เพื่อตรวจสอบว่าคอนกรีตดังกล่าวมีความเหมาะสม

3.3 การควบคุมโรงผสมคอนกรีต

การควบคุมโรงผสมคอนกรีตเป็นขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งเพื่อจะให้ได้คอนกรีตที่มีส่วนผสมตามที่ออกแบบส่วนผสมไว้ ถ้าการออกแบบส่วนผสมดีแต่ในโรงผสม มาสามารถผสมได้ตามที่ออกแบบก็จะทำให้ได้คอนกรีตมีคุณภาพไม่ดี ขั้นตอนในการควบคุมโรงผสมคอนกรีตมีดังนี้

3.3.1 สุ่มเก็บตัวอย่างวัสดุจากโรงผสมคอนกรีต นำมาตรวจสอบคุณภาพตามมาตรฐานเช่น หิน, ทราย สกปรกหรือไม่ และต้องมีขนาดคละที่ดี ตรวจสอบถังบรรจุซีเมนต์มีเถ้าลอยหรือไม่ ถ้ายุ้งใดบรรจุเถ้าลอยห้าม Load ปูนยุ้งนั้นเข้าห้องผสม

3.3.2 ตรวจสอบโรงงานผสมคอนกรีต

(1) การตรวจสอบอุปกรณ์ของโรงผสม

- ยุ้งใส่วัสดุ (Bin) ต้องมีความแข็งแรงสามารถกักเก็บวัสดุแต่ละชนิดไม่ปะปนกัน พื้นล่างของยุ้งใส่วัสดุควรเทคอนกรีต หรือลงวัสดุปรับรองพื้น เพื่อไม่ให้วัสดุพื้นดินเดิมมาปะปนขณะทำการลากวัสดุขึ้นยุ้ง

- ช่องปล่อยวัสดุจากยุ้งและถังชั่งน้ำหนัก ทำการตรวจสอบช่องปล่อยวัสดุจากยุ้งลงถังชั่งน้ำหนัก จะต้องสามารถบังคับเปิดให้ได้จำนวนวัสดุที่ปล่อยลงถังชั่งน้ำหนักได้แน่นอนและสามารถปิดได้สนิทเมื่อได้ปริมาณวัสดุที่ต้องการ ถังชั่งน้ำหนักต้องสามารถปล่อยวัสดุออกจากถังเข้าเครื่องผสมได้หมดขณะทำงาน

- เครื่องผสม (Mixer) ทำการตรวจสอบเครื่องผสม โดยต้องมีเครื่องตั้งเวลาผสมและทำการปรับตั้งเวลาในการผสมให้เหมาะสม ตรวจสอบใบมีดหลังผสมต้องมีความสึกหรอไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์

(2) ตรวจสอบเครื่องชั่งน้ำหนัก

- เครื่องชั่งน้ำหนักวัสดุมวลรวม ทำการตรวจสอบเครื่องชั่งน้ำหนัก หิน และทราย โดยใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน จะต้องมีความละเอียดผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักที่ชั่ง

- เครื่องชั่งน้ำหนักปูนซีเมนต์ ทำการตรวจสอบเครื่องชั่งน้ำหนักปูนซีเมนต์ โดยใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน จะต้องมีความละเอียดผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักเช่นกัน และทำการตรวจสอบการปล่อยปูนซีเมนต์จากยุ้งชั่ง จะต้องปล่อยให้หมดทุกครั้ง โดยเครื่อง Vibrate ของถังชั่งปูนซีเมนต์จะต้องทำงานขณะปล่อยปูนซีเมนต์

- มาตรวัดปริมาณน้ำ ทำการตรวจสอบมาตรวัดปริมาณน้ำที่จะใช้ผสมคอนกรีตให้ได้ปริมาตรถูกต้อง

3.3.3 การควบคุมการผสม

- ปรับสัดส่วนการผสมเนื่องจากความชื้นของวัสดุผสมวัสดุ โดยทั่วไปในการออกแบบคอนกรีตจะใช้น้ำหนักวัสดุที่สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง ซึ่งวัสดุที่ใช้ผสมอาจจะมีความชื้นมากขึ้นหรือน้อยกว่าสภาวะดังกล่าว จะต้องปรับลดหรือเพิ่มน้ำหนักเนื่องจากความชื้น

- เวลาที่ใช้จะต้องเหมาะสม ตามมาตรฐานคอนกรีตหนึ่งลูกบาศก์เมตรควรใช้เวลาผสม 1 นาที การผสมนานเกินไป ทำให้เกิดผลเสียคือ วัสดุมวลรวมที่ใช้ผสมจะแตก ทำให้ส่วนละเอียดเพิ่มขึ้นและทำให้ความสามารถเทได้ลดลง ผลของแรงเสียดทานทำให้ความร้อนของคอนกรีตเพิ่มขึ้นกำลังคอนกรีตจะลดลง

3.3.4 การควบคุมคอนกรีต ในการผสมคอนกรีตจากโรงผสม ผู้ควบคุมการผสมจะต้องแจ้งข้อมูลการผสมและติดตามตรวจสอบคุณภาพของคอนกรีต ที่ออกจากโรงผสมให้ได้สัดส่วนตามที่ออกแบบไว้ดังนี้

- การออกใบนำส่งคอนกรีตจากโรงผสม เพื่อเป็นการให้ข้อมูลแก่ช่างควบคุมงานว่าเป็น Mix ใด , ปริมาตรคอนกรีตเท่าไร ออกจากโรงผสมเวลาใด เพื่อให้ช่างควบคุมงานตรวจสอบที่หน้างานและใช้เทคอนกรีตโครงสร้างที่ถูกต้อง

- ตรวจสอบค่าการยุบตัวและเก็บตัวอย่างทดสอบเปรียบเทียบ เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของคอนกรีตก่อนออกจากโรงผสมกับคอนกรีตหน้างาน

3.4 การควบคุมคุณภาพที่หน้างาน

3.4.1 การเตรียมชั้นทรายรองถนนคอนกรีต

ทรายรองพื้นทางคอนกรีตจะทำหน้าที่ระบายน้ำออกจากใต้แผ่นพื้นคอนกรีต เพื่อป้องกันการเกิด Pumping และยังช่วยป้องกันการแทรกตัวของวัสดุส่วนละเอียดในชั้นรองพื้นทาง (ในกรณีวัสดุชั้นรองพื้นทางมี PI สูง และมีส่วนละเอียดมาก) ดังนั้นทรายรองพื้นทางคอนกรีตจะต้องสะอาดและปราศจากก้อนดินเหนียวเพื่อให้สามารถระบายน้ำได้ดี ทรายที่สกปรกจะระบายน้ำไม่ดี

ก่อนเทคอนกรีตต้องเกลี่ยทรายให้เรียบ พ่นน้ำให้ทรายอิ่มตัวพร้อมทั้งบดทับให้แน่น ถ้าพื้นล่างไม่แน่นคอนกรีตเคลื่อนทรุดตัวลงขณะที่กำลังจะแข็งตัวจะทำให้เกิดการแตกร้าวได้ นอกจากนี้พื้นล่างจะดูดน้ำจากคอนกรีตสดทำให้คอนกรีตสดเสียน้ำอย่างรวดเร็วเป็นสาเหตุให้เกิดการแตกร้าวได้

3.4.2 การตั้งแบบ

ตรวจสอบแบบที่นำมาใช้ต้องไม่บิด โก่ง งอ แบบจะต้องตอกยึดให้มั่นคงแข็งแรงได้ระดับและแนวถูกต้องก่อนเทคอนกรีต การเคลื่อนตัวของแบบอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการแตกร้าวได้

3.4.3 การเทคอนกรีต

อาจเทคอนกรีตชั้นเดียวหรือเทเป็นสองชั้น ถ้าเทคอนกรีตชั้นเดียวเมื่อวางเหล็กเสริมได้ตำแหน่งและระดับเรียบร้อยแล้ว จะต้องจัดเตรียมแท่งคอนกรีตหรือเหล็กขาหยั่ง เพื่อหนุนเหล็กเสริมไม่ให้แอ่นตัวตลอดแผงของเหล็กเสริม ถ้าเทสองชั้น ชั้นล่างจะต้องเทและอัดแท่งคอนกรีตให้ได้ระดับที่จะวางเหล็ก ในการเทคอนกรีตเพื่อป้องกันการแยกตัวการปฏิบัติดังนี้

(1) ห้ามใช้เครื่องสั่นสะเทือนในการทะลายกองคอนกรีต ให้ใช้เครื่องเกลี่ยแต่งที่เหมาะสม

(2) ควรเทคอนกรีตให้เป็นชั้นสม่ำเสมอ ไม่ใช่กองเป็นภูเขาหรือเป็นชั้นตามแนวเอียง

(3) ความหนาของการเทแต่ละชั้น ควรเหมาะสมกับวิธีการใช้เครื่องสั่นสะเทือน

(4) เทคอนกรีตอย่างต่อเนื่อง เพื่อป้องกันการเกิด Cold joint

(5) คอนกรีตในแต่ละชั้น การได้รับจี้เขย่าให้อัดแน่นก่อนที่จะเทคอนกรีตชั้นต่อ ๆ ไป ควรเทในขณะที่คอนกรีตชั้นล่างยังเหลวอยู่ เพื่อจะได้โครงสร้างที่มีเนื้อเดียวกัน

3.3.4 รอยต่อ

รอยต่อต่าง ๆ จะต้องก่อสร้างให้เป็นไปตามแบบ โดยวัสดุที่ใช้ก่อสร้างรอยต่อต้องอยู่ในสภาพที่ถูกต้องเรียบร้อย เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหาย ตามที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อวัสดุ

การตัด Joint ต้องใช้เครื่องตัดห้ามฝังโฟม หรือใช้ใบมีดนำร่อง การบิ่นของรอยต่อคอนกรีตมีสาเหตุสำคัญมาจากกำลังของคอนกรีตบริเวณรอยต่อต่ำกว่าบริเวณอื่น อันเป็นผลมาจากทำรอยต่อโดยไม่ใช้เลื่อยตัด หรือรอยต่อบิ่นของรอยต่ออาจมีสาเหตุมาจากรอยต่อไม่เรียบ ทำให้เกิดแรงกระแทกระหว่างล้อรถกับผิวคอนกรีตอันเป็นเหตุให้ผิวหน้าคอนกรีตแตกได้

โดยปกติให้เริ่มทำการตัดเพื่อทำรอยต่อเผื่อหดในระหว่าง 6 – 24 ชั่วโมงหลังเทคอนกรีตแล้ว การตัดรอยต่อเร็วเกินไปจะทำให้รอยต่อไม่เรียบ การตัดช้าเกินไปจะทำให้เกิดรอยแตกตามขวางถนน

3.4.5 การบ่ม

หลังจากกวาดและแต่งคอนกรีตเสร็จ ให้รีบบ่มคอนกรีตด้วยวิธีการที่ถูกต้องและครบกำหนดเวลา เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีความทนทานรับกำลังได้สูงและเพื่อป้องกันการแตกร้าวของคอนกรีต โดยรักษาระดับอุณหภูมิให้เหมาะสม และลดการระเหยของน้ำให้น้อยที่สุด

ในการบ่มคอนกรีต ความชื้นในคอนกรีตเป็นสิ่งสำคัญมาก ไม่ว่าก่อนหรือหลังการบ่ม ถ้าอัตราการระเหยของน้ำที่ผิวหน้าคอนกรีตเร็วกว่าอัตราการเยิ้มผิวหน้าคอนกรีตจะหดตัวทำให้เกิดการแตกร้าวได้

3.4.6 วัสดุยารอยต่อ

ทำความสะอาดรอยต่อ รอยต่อจะต้องแห้งปราศจาก ฝุ่น กรวด ทราย และจะต้องขจัดซีเมนต์ส่วนเกินออกจากผนังรอยต่อให้หมด การให้ความร้อนวัสดุยารอยต่อต้องเป็นไปตามข้อกำหนดอุณหภูมิขณะที่หยอดวัสดุยารอยต่อให้เป็นไปตามคำแนะนำของผู้ผลิต ระดับการหยอดต้องต่ำกว่าของรอยต่อเล็กน้อย

3.4.7 การเปิดการจราจร

สามารถเปิดการจราจรได้เมื่อคอนกรีตอายุไม่น้อยกว่า 14 วัน ในกรณีที่จำเป็น เช่น บริเวณทางเชื่อม อาจยอมให้เปิดการจราจรได้ถ้าค่ากำลังรับแรงอัดของแท่งคอนกรีตได้ไม่ต่ำกว่าที่กำหนดในแบบ การเปิดการจราจรให้รถบรรทุกหนักผ่านเร็วเกินไปอาจทำให้คอนกรีตเสียหายได้

บทที่ 11
การควบคุมคุณภาพคอนกรีต

ก่อนเริ่มงาน

การควบคุมโรงงานผลิตคอนกรีตสำเร็จรูปและผลิตภัณฑ์คอนกรีตสำเร็จรูปเพื่อนำไปใช้ที่หน้างานของการก่อสร้างของกรมทางหลวงควรยึดถือการปฏิบัติตามข้อแนะนำดังต่อไปนี้

1. การทดสอบวัสดุก่อนการผสมเพื่อใช้งาน

1.1 **ปูนซีเมนต์ผง** ต้องทำการส่งปูนซีเมนต์ผงของผลิตภัณฑ์ซีเมนต์เครื่องหมายการค้าที่จะนำไปใช้ในงานก่อสร้างนั้นๆทั้งหมดเพื่อทำการทดสอบส่วนผสมทางด้านเคมีโดยจะต้องมีส่วนผสมให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 1-2532 หรือ ASTM C – 150 Type I และจะต้องเป็นซีเมนต์ผงปอร์ตแลนด์ธรรมดาประเภทหนึ่งเท่านั้น ในกรณีที่จะใช้ปูนซีเมนต์ผงประเภทอื่น (อาทิ เช่น Type III) จะต้องยึดถือปฏิบัติตามมาตรฐาน มอก. และ ASTM เดียวกัน ในกรณีที่ปูนซีเมนต์ผงถูกนำมาเก็บไว้ใน Silo เกินกว่า 45 วัน ไม่ควรนำมาใช้เนื่องจากอาจจะเกิดการจับตัวกันเป็นก้อนเนื่องมาจากความชื้นใน Silo ก่อนแล้ว

การทดสอบคุณภาพ

- ส่งทดสอบคุณภาพก่อนการใช้งานครั้งแรกไม่ต่ำกว่า 30 วัน
- ส่งทดสอบคุณภาพ 1 ครั้งต่อทุกปริมาณคอนกรีตสำเร็จรูปที่ใช้งานจำนวน 10,000 ลบ.ม.
- เมื่อมีกรณีสงสัยคุณภาพของปูนซีเมนต์ผงที่ใช้งานอยู่

มาตรฐานที่ทดสอบ

- มาตรฐานเลขที่ มอก. 15
- ASTM C 150 Type I “ Specification for Portland Cement ” หรือ ASTM C 150 Type III (กรณีใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 3)

1.2 **วัสดุมวลรวมหยาบ** ที่นำมาใช้ในส่วนผสมจะต้องมาจากแหล่งเดียวกันตลอดการก่อสร้าง หากมีการเปลี่ยนแปลงแหล่งวัสดุใหม่ ต้องทำการตรวจสอบคุณสมบัติใหม่ทั้งหมด โดยหากลักษณะและคุณสมบัติเปลี่ยนไป เช่น ลักษณะผิว รูปร่าง ความละเอียด ความชื้น ความถ่วงจำเพาะ หน่วยน้ำหนัก หรือสิ่งอื่นที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างมากและอาจจะมีผลโดยตรงกับอัตราส่วนระหว่างวัสดุมวลรวมหยาบกับซีเมนต์ที่อาจเปลี่ยนไป (ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากรายการคำนวณหรือ Trial Mix ซึ่งออกแบบไว้ในขั้นตอนแรก) เจ้าหน้าที่ตรวจสอบและแนะนำวัสดุสร้างทางจะต้องทำการแจ้งให้นายช่างโครงการฯทราบเพื่อแจ้งให้ผู้รับจ้างทำการผสมทดลอง (Trial Mix) ใหม่โดยการใช้รายการคำนวณใหม่ตามคุณสมบัติของวัสดุมวลรวมหยาบจากแหล่งวัสดุใหม่ที่ทดสอบได้ โดยการควบคุมงานทั้งหมดจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดและทล.-ม. 309/2544 อย่างเคร่งครัด

การทดสอบคุณภาพ

- ส่งทดสอบขนาดคละของวัสดุ (Sieve Analysis) และความสึกหรอของวัสดุ (Los Angeles Abrasion) ก่อนการใช้งานครั้งแรกไม่ต่ำกว่า 30 วัน
- ทำการทดสอบคุณภาพ 1 ครั้งต่อทุกปริมาณวัสดุมวลรวมหยาบทุก 5,000 ลบ.ม.
- เมื่อมีกรณีสงสัยคุณภาพของวัสดุมวลรวมหยาบควรส่งให้สำนักฯทดสอบทุกๆ 1,000 ลบ.ม.

มาตรฐานที่ทดสอบ

- ทล.-ท.202/2515 " วิธีการทดลองหาความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion "
- ทล.-ท.204/2516 " วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง "
- ทล.-ท.213/2531 " วิธีการทดลองหาค่าความคงทน (Soundness) ของมวลรวม "

1.3 วัสดุมวลรวมละเอียด ที่จะนำมาใช้ในส่วนผสมได้ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดและทล.-ม. 309/2544 โดยจะต้องทำการทดสอบคุณสมบัติต่างๆเช่น ขนาดคละ ความสะอาดของวัสดุ หากวัสดุมวลรวมละเอียดมีปริมาณสิ่งปลอมปนมากและทำให้ความแข็งแรงของคอนกรีตลดลงเกินกว่าร้อยละ 5 จะต้องทำการทดสอบหาเปอร์เซนต์ของสิ่งปลอมปนด้วย หากมีการเปลี่ยนแปลงแหล่งวัสดุหรือมีการตรวจสอบพบว่าคุณสมบัติของวัสดุมวลรวมละเอียดเปลี่ยนแปลงไป เช่น ค่าโมดูลัสความละเอียดเปลี่ยนแปลงไปจากค่าทดสอบได้ในตอนแรกมากกว่า 0.2 จากค่าที่ใช้ในการออกแบบส่วนผสมไว้ให้ผู้ควบคุมงานแจ้งให้นายช่างโครงการฯทราบเพื่อแจ้งให้ผู้รับจ้างทำการผสมทดลอง (Trial Mix) ใหม่โดยใช้รายการคำนวณใหม่ตามคุณสมบัติของวัสดุมวลรวมละเอียดจากแหล่งวัสดุใหม่ที่ทดสอบได้โดยการควบคุมงานทั้งหมดจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดและ ทล.-ม.309/2544 อย่างเคร่งครัด

การทดสอบคุณภาพ

- ส่งเพื่อทดสอบขนาดคละของวัสดุ (Sieve Analysis) และทดสอบ Organic Impurities ก่อนการใช้งานครั้งแรกไม่ต่ากว่า 30 วัน
- ทำการทดสอบคุณภาพ 1 ครั้งต่อทุกปริมาณวัสดุมวลรวมละเอียด 1,000 ลบ.ม.
- เมื่อมีกรณีสงสัยคุณภาพของวัสดุมวลรวมละเอียดควรส่งให้สำนักฯทดสอบทุกๆ 1,000 ลบ.ม.

มาตรฐานที่ทดสอบ

- ทล.-ท.202/2515 " วิธีการทดลองหา Organic Impuritise ในทรายสำหรับคอนกรีต "
- ทล.-ท.204/2516 " วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง "
- ทล.-ท.213/2531 " วิธีการทดลองหาค่าความคงทน (Soundness) ของมวลรวม "

1.4 น้ำ ที่ใช้ผสมจะต้องเป็นน้ำสะอาด ปราศจากสารเจือปนที่อาจมีผลต่อคุณภาพของคอนกรีตและเหล็กเสริมได้ โดยจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวงและมาตรฐาน ทล.-ม.309/2544 หรือ AASHTO T 26:Quality of Water to be used in Concrete และหากมีกรณีที่สงสัยว่าน้ำอาจมีคุณสมบัติ

ไม่เหมาะสมที่ใช้ผสมหรือบ่มคอนกรีตให้ทำการทดลองคุณภาพน้ำตาม AASHTO T 106 :Compressive Strength of Hydraulic Cemen Mortar (โดยทำการตรวจสอบที่หน้างาน)

การทดสอบคุณภาพ

- เมื่อมีกรณีสงสัยคุณภาพของน้ำควรส่งให้สำนักฯทดสอบทันที

มาตรฐานที่ทดสอบ

- AASHTO T 26:Quality of Water to be used in Concrete
- AASHTO T 106:Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortar

1.5 สารผสมเพิ่ม สารผสมเพิ่ม หมายถึงส่วนผสมอื่นๆนอกเหนือไปจากปูนปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ น้ำ มวลรวมหยาบ และมวลรวมละเอียด โดยจะทำการผสมเข้าไปในส่วนผสมก่อนหน้า หรือระหว่างการผสมใช้งาน การใช้สารผสมเพิ่มทุกชนิดจะต้องได้รับอนุมัติจากนายช่างโครงการฯเป็นลายลักษณ์อักษรก่อนการใช้งานจริงไม่ต่ำกว่า 30 วัน สารผสมเพิ่มมีหลายชนิดแบ่งออกเป็นดังนี้

1.5.1 สารกักกระจายฟองอากาศ (Air Entraining Admixtures) เป็นสารผสมเพิ่มที่ก่อให้เกิดฟองอากาศเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.25-1.00 มิลลิเมตร มีปริมาณที่สามารถควบคุมได้ ฟองอากาศเหล่านี้จะช่วยให้คอนกรีตมีความคงทนต่อการแข็งตัวของน้ำ ไม่ค่อยมีความจำเป็นต้องใช้งานในประเทศแถบร้อน

การทดสอบคุณภาพ

- ก่อนการใช้งานครั้งแรกไม่ต่ำกว่า 30 วัน
- เมื่อมีกรณีสงสัยคุณภาพของสารกักกระจายฟองอากาศ

มาตรฐานที่ทดสอบ

- ASTM C 260-77 “ Specification For Air Entraining Admixtures for Concrete ”

1.5.2 สารเคมีผสมคอนกรีต (Chemical Admixtures) เป็นสารละลายเคมีเพื่อลดปริมาณน้ำในส่วนผสม และ/หรือเพื่อเปลี่ยนระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีต สารเคมีผสมคอนกรีตแบ่งออกเป็น 7 ประเภทดังนี้

ประเภท A สารลดปริมาณน้ำ (Water Reducing)

ประเภท B สารยืดเวลาการก่อตัว (Retarding)

ประเภท C สารเร่งเวลาการก่อตัวและแข็งตัว (Accelerating)

ประเภท D สารลดปริมาณน้ำและยืดเวลาการก่อตัว (Water Reducing and Retarding)

ประเภท E สารลดปริมาณน้ำและเร่งการก่อตัว (Water Reducing and Accelerating)

ประเภท F สารลดปริมาณน้ำจำนวนมาก (Water Reducing-High Range)

ประเภท G สารลดปริมาณน้ำจำนวนมากและยืดเวลาการก่อตัว (Water Reducing-High Range and Retarding)

การทดสอบคุณภาพ

- ก่อนการใช้งานครั้งแรกไม่ต่ำกว่า 30 วัน
- ทำการทดสอบคุณภาพ 1 ครั้งทุกๆ 1,000 ลิตรที่ใช้งาน
- เมื่อมีกรณีสงสัยคุณภาพของสารเคมีผสมคอนกรีต

มาตรฐานที่ทดสอบ

- มาตรฐานเลขที่ มอก. 733
- ASTM C 494-82 " Specification For Chemical Admixtures for Concrete "

1.5.3 สารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่ม (Mineral Admixtures) เป็นสารผสมเพิ่มที่มีสภาพเป็นผงละเอียด ช่วยเพิ่ม Workability ของคอนกรีต ช่วยลดความร้อนของคอนกรีตสดได้ ทำให้สามารถช่วยลดการเกิด Shrinkage Crack ได้ สารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่มมีอยู่หลายชนิด เช่น วัสดุเฉื่อย (Inert) ประเภทหินปูนบด และวัสดุประเภทปอซโซลาน (Pozzolan) ซึ่งเป็นวัสดุประเภทซิลิก้าสามารถทำปฏิกิริยาเคมีกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์และเกิดตัวเชื่อมประสาน (Calciumn Silicate Hydrate) ทำให้มีคุณสมบัติที่มีความต้านทานซัลเฟตได้ จัดเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน (Moderate Sulphate Resistant Cement) โดยวัตถุดิบส่วนใหญ่มาจากผงถ่านหินที่ได้จากการผลิตไฟฟ้า โดยจะเรียกว่า Pulverized Fly Ash(PFA) มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีเทา

ในกรณีที่จะนำปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน (Moderrate Sulphate Resistant Cement) มาใช้ในการก่อสร้างนายช่างโครงการฯจะต้องขออนุมัติต่อสำนักฯเจ้าของงานก่อนนำมาใช้ในโครงการก่อสร้างและจะต้องได้รับอนุมัติเป็นลายลักษณ์อักษรด้วย โดยจะต้องทำการแจ้งให้สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบทราบล่วงหน้าอย่างน้อย 30 วันและจะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนด ทล.-ม.309/2544 อย่างเคร่งครัด

การทดสอบคุณภาพ

- ก่อนการใช้งานครั้งแรกไม่ต่ำกว่า 30 วัน
- ส่งสารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่มทดสอบคุณภาพ 1 ครั้งทุกๆ 500 ลบ.ม.ที่ใช้งานหรือทุก 2 เดือนแล้วแต่กรณีใดเกิดขึ้นก่อน
- เมื่อมีกรณีสงสัยคุณภาพหรือความสม่ำเสมอของคุณภาพของสารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่ม

มาตราฐานที่ทดสอบ

- สารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่มจะต้องทดสอบตาม ASTM C 618-84 " Specification For Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use sa a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete "
- คุณภาพของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลานต้องเป็นไปตามมาตรฐานเลขที่ มอก.849
- คุณภาพของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลานต้องเป็นไปตาม ASTM C 595-85 Type IP(MS)
- " Specification For Blended Hydraulic Cement "

1.6 สารประกอบอย่างเหลวสำหรับใช้เคลือบ (Liquid Membrane-forming Compound) เป็นสารประกอบทางเคมีที่เมื่อฉีดพ่นลงบนผิวคอนกรีตแล้วจะเปลี่ยนสภาพเป็นแผ่นลักษณะคล้ายฟิล์มบางๆสี

ขาวขุ่นๆเคลือบผิวคอนกรีตโดยแผ่นลักษณะคล้ายฟิล์มบางๆดังกล่าวจะไม่หลุดร่อนทำให้น้ำไม่สามารถระเหยออกจากคอนกรีตที่จะทำการบ่มช่วยให้เกิดปฏิกิริยา Hydration เป็นไปอย่างสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

การทดสอบคุณภาพ

- ก่อนการใช้งานครั้งแรกไม่ต่ำกว่า 30 วัน
- ส่งทดสอบคุณภาพ 1 ครั้งทุกๆสารประกอบอย่างเหลวสำหรับใช้เคลือบ 2,000 ลิตร ที่ใช้งาน
- เมื่อมีกรณีสงสัยคุณภาพหรือความสม่ำเสมอของคุณภาพของสารประกอบอย่างเหลวสำหรับใช้เคลือบ

มาตรฐานที่ทดสอบ

- มาตรฐานเลขที่ มอก. 841
- ASTM C 309-81 “ Specification for Liquid Membrane-forming Compounds for Curing Concrete ”

1.7 วัสดุประเภทอื่น ที่ใช้งานกับการก่อสร้าง Concrete Pavement

1.7.1 เหล็กเสริม

- แผงลวดตาข่าย(Steel Wire Fabric) จะต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตาม AASHTO M 55-81 หรือ ASTM A 785-79
- ลวดที่ใช้ต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตาม AASHTO M 32-81 หรือ ASTM A 82-79 หรือมาตรฐานเลขที่ มอก.747
- ตะแกรงเหล็กเส้น จะต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐานเลขที่ มอก.20, มอก.24 และมอก.211
- เหล็กเดือย จะต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐานเลขที่ มอก.20
- เหล็กยึด จะต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐานเลขที่ มอก.24
- ลวดแรงดึงสูงเกลียว จะต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐานเลขที่ มอก.420
- ปลอกเหล็กเดือย จะต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามทล.-ม.309/2544

การทดสอบคุณภาพ

- ส่งเพื่อทดสอบคุณภาพก่อนการใช้งานครั้งแรกไม่ต่ำกว่า 30 วัน
- ส่งทดสอบคุณภาพ 1 ครั้ง ต่อปริมาณงานที่ระบุไว้ใน ทลม.-ม.309/2544 และการควบคุมคุณภาพวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้างถนนปอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีต

มาตรฐานที่ทดสอบ

- มาตรฐาน AASHTO , มาตรฐาน ASTM มอก. หรือมาตรฐานอื่นๆที่กำหนดไว้โดยกรมทางหลวงสำหรับวัสดุประเภทนั้นๆ

1.7.2 วัสดุสำหรับใส่รอยต่อ

- วัสดุอุดรอยต่อ (Joint Filler) หรือกระดาษชานอ้อยจะต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐาน AASHTO M213-81 หรือ ASTM D 1751-73

- วัสดุทารอยต่อ (Joint Primer) จะต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐาน ทล.-ม.309/2544 หรือ ทล.-ม. 322/2533 หรือ มาตรฐานเลขที่ มอก.479
- สารประกอบยาแนวรอยต่อ (Joint Sealing Compound) จะต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐานเลขที่ มอก.479

การทดสอบคุณภาพ

- ส่งเพื่อทดสอบคุณภาพก่อนการใช้งานครั้งแรกไม่ต่ำกว่า 30 วัน
- ส่งทดสอบคุณภาพ 1 ครั้ง ต่อปริมาณงานที่ระบุไว้ใน ทลม.-ม.309/2544 และการควบคุมคุณภาพวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้างถนนปอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีต

มาตรฐานที่ทดสอบ

- มาตรฐาน AASHTO , มาตรฐาน ASTM มอก. หรือมาตรฐานอื่นๆที่กำหนดไว้โดยกรมทางหลวงสำหรับวัสดุประเภทนั้นๆ

1.7.3 วัสดุรองพื้นทาง

- วัสดุชั้นรองพื้นทางจะต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามมาตรฐานของกรมทางหลวง
- Sand Cushion ที่ใช้รองใต้ผิวทางคอนกรีตจะต้องเป็นทรายหยาบที่มีเม็ดแข็ง ผ่านตะแกรงขนาด 9.5 ม.ม. ทั้งหมดและผ่านตะแกรงขนาด 0.075 ม.ม. (เบอร์200) ไม่เกินร้อยละ 10

การทดสอบคุณภาพ

- ตามที่ระบุไว้ในข้อกำหนดของกรมทางหลวง

มาตรฐานที่ทดสอบ

- ทดสอบตามที่ระบุไว้ในแบบและตามรายการละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างทางหลวง

1.8 วัสดุใช้ประกอบการบ่มคอนกรีต

- กระสอบ จะต้องมีคุณสมบัติตามที่ระบุไว้ใน ทล.-ม.309/2544 หรือ AASHTO M 182:Burlap Cloth Made form Jute or Kenaf
- ทราย จะต้องมีคุณสมบัติตามที่ระบุไว้ใน ทล.-ม.309/2544
- สารประกอบอย่างเหลวสำหรับใช้เคลือบ (ตามที่ระบุไว้ใน 1.6)

1.9 การ Calibrate อุปกรณ์ตรวจสอบแรงอัด

เครื่องกดแท่งตัวอย่างคอนกรีต หากผู้รับจ้างจะทำการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตที่โครงการฯ จะต้องแจ้งทำการ Calibrate เครื่องทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตก่อนใช้งานจริงอย่างน้อย 20 วัน โดยเครื่องทดสอบคอนกรีตที่ใช้จะต้องอยู่ในสภาพใหม่พอที่จะใช้งานได้ดี และต้องสามารถกดได้แรงกดสูงสุดไม่ต่ำกว่า 200 ตัน

การทดสอบคุณภาพ

- แจ้งสำนักฯเพื่อทำการ Calibrate ก่อนการใช้งานจริงอย่างน้อย 20 วัน

- เมื่อมีกรณีสงสัยคุณภาพหรือความสม่ำเสมอของคุณภาพของเครื่องกดแท่งคอนกรีตตัวอย่าง
- ต้องทำการ Calibrate ระหว่างการใช้งานทุก 6 เดือน

มาตรฐานที่ทดสอบ

- ตรวจสอบตามมาตรฐานของสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง และ ASTM ที่กำหนด

1.10 การผสมทดลองทำ Trial Mix

การผสมทดลองจะต้องเป็นไปตามรายการคำนวณที่ผู้รับจ้างเสนอมาให้โครงการฯตรวจสอบและส่วนผสมดังกล่าวจะต้องเป็นไปตามการใช้งานจริงโดย Cement Content จะต้องไม่ต่ำกว่าที่กำหนดไว้ในข้อกำหนดและจะต้องทำการผสมทดลองทุกส่วนผสมที่ใช้ในโครงการฯโดยคอนกรีตที่ผสมทดลองต้องเป็นไปตามรายละเอียดดังนี้

การทดสอบคุณภาพ

- การผสมทดลองต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จก่อนงานเทคอนกรีตจะเริ่มไม่น้อยกว่า 30 วัน
- แท่งคอนกรีตผสมทดลองขนาด 150x150x150 มม. จำนวนไม่น้อยกว่า 27 แท่งต่อ 1 ส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้ในโครงการฯจะต้องมีกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 325กก./ตร.ซม.ที่อายุการบ่ม 28 วัน
- คานคอนกรีตผสมทดลองขนาด 150x150x600 มม. จำนวนไม่น้อยกว่า 27 แท่งต่อ 1 ส่วนผสม คอนกรีตที่ใช้กับงานผิวทางคอนกรีตในโครงการฯจะต้องมีกำลังรับแรงดัดเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 42 กก./ตร.ซม ที่อายุการบ่ม 28 วัน

มาตรฐานที่ทดสอบ

- ทล.-ม.309/2544
- การทดสอบกำลังรับแรงอัดให้ดำเนินการตามมาตรฐานเลขที่ มอก.409 “ วิธีการทดสอบความต้านทานแรงอัดของแท่งคอนกรีต ”
- การทดสอบกำลังรับแรงดัดให้ดำเนินการตาม AASHTO T 97:Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)

2 การตรวจสอบอุปกรณ์ผสมเพื่อใช้งาน (Ready–Mixed Plant , รถTransit)

โรงผสมคอนกรีตแบบ Ready–Mixed และวัสดุต่างๆของโรงงานผสมคอนกรีตต้องทำการทดสอบดังต่อไปนี้

2.1 ยุ้งใส่วัสดุและถังชั่งน้ำหนัก จะต้องแบ่งเป็นช่องๆและมีจำนวนช่องมากพอที่จะใส่วัสดุหินและทรายทุกขนาดที่ใช้ในส่วนผสม โดยหากมีการใช้หินที่มีขนาดแตกต่างกัน 2 ขนาด (เช่นหินขนาด 1½”-#4) จะต้องทำการ Stock แยกยุ้งไว้ต่างหากห้าม Stock รวมกัน โดยการ Stock วัสดุในยุ้งต้องเป็นไปตามที่กำหนดไว้ใน ทล.-ม.309/2544

2.2 เครื่องชั่ง วัสดุพวกหิน กรวด ทราย และซีเมนต์ จะต้องเป็นแบบคาน จะต้องมีความละเอียดและผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักที่ชั่ง โดยผู้รับจ้างจะต้องจัดหาตุ้มน้ำหนักมาตรฐานขนาด 25 กิโลกรัม อย่างน้อย 10 ตุ้มไว้หน้างานเพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องชั่ง

ในปัจจุบันหน้าปัดเครื่องชั่งจะเป็นตัวเลขจากหน้าจอคอมพิวเตอร์โดยตรงดังนั้นควรทำการตรวจสอบด้วยตุ้มน้ำหนักทั้งขาขึ้นและขาลงในการ Calibrate โดยควรมีช่างปรับแต่งเครื่องชั่งของผู้ผลิตคอนกรีตที่ Plant ดังกล่าวคอยปรับแต่งและแก้ไขเครื่องชั่งไปด้วย

การทดสอบคุณภาพ

- ต้อง Calibrate เครื่องชั่งของโรงผสมคอนกรีตก่อนใช้งานจริงไม่น้อยกว่า 30 วัน และต้องผิดพลาดไม่เกินร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักที่ชั่ง
- ต้องทำการ Calibrate ทุกเดือนที่ใช้งานและแนบเอกสารของการ Calibrate ในรายงานคอนกรีตทุกเดือนด้วย
- เมื่อมีกรณีสงสัยคุณภาพหรือความสม่ำเสมอของคุณภาพของเครื่องชั่ง

มาตรฐานที่ทดสอบ

- คุณภาพของเครื่องชั่งจะต้องเป็นไปตาม ทล.-ม.309/2544

2.3 รถ Transit ควรอยู่ในสภาพที่ใหม่และต้องสามารถที่จะกวนผสมคอนกรีตให้เข้ากันได้ดีและมีแรงพอที่จะหมุนถ่ายคอนกรีตออกจากโม่ได้หมด โดยรถ Transit จะต้องมีคุณสมบัติที่ระบุไว้ใน ทล.-ม.309/2544

2.4 ห้องควบคุมการผลิต จะต้องสะอาดปราศจากฝุ่นสามารถมองเห็นการทำงานของห้องผสมและการถ่ายคอนกรีตผสมเสร็จลงสู่รถ Transit ได้ มีหน้าปัดแสดงน้ำหนักของซีเมนต์ผงที่อ่านได้ละเอียดถึง 1.0 กิโลกรัม โดยหน้าปัดแสดงน้ำหนักซีเมนต์ผงจะต้องสามารถแสดงแหล่งที่มาของปูนผงว่ามาจาก Silo เก็บซีเมนต์ผงอันไหนบ้าง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วไม่มีความจำเป็นที่จะต้องทำการ Load ปูนซีเมนต์ผงจาก 2 Silo พร้อมๆกัน ส่วนหน้าปัดแสดงน้ำหนักของทราย กรวด หิน จะต้องอ่านได้ละเอียดถึง 5 กิโลกรัม และจากจุดที่ควบคุมจะต้องมองเห็นหลอดวัดสารเคมีผสมคอนกรีตเพื่อจะได้สามารถตรวจสอบปริมาณที่ใช้งานได้ โดยต้องมีเครื่องบันทึกอัตโนมัติ หรือเจ้าหน้าที่ของบริษัทคอนกรีตบันทึกส่วนผสมวัสดุที่นำมาใช้ผลิตคอนกรีตทั้งหมดในแต่ละครั้งและควรแนบเอกสารประวัติคอนกรีตที่ผลิตแต่ละครั้ง ซึ่งต้องเป็นเอกสารของโรงงานผสมคอนกรีตไว้ในรายงานคอนกรีตทุกๆเดือนด้วย

ระหว่างการทำงาน

1. การควบคุมคุณภาพระหว่างการผลิต

1.1 ก่อนเริ่มงานผสมคอนกรีตประจำวัน เจ้าหน้าที่หน่วยตรวจสอบและแนะนำวัสดุสร้างทางและเจ้าหน้าที่ผู้ควบคุมการผลิตประจำ Plant ควรปฏิบัติดังต่อไปนี้

1.1.1 บันทึกลักษณะภูมิอากาศและอุณหภูมิทำงาน

1.1.2 ทำการตรวจสอบ Moisture Content ของส่วนผสมมวลรวมหยาบ และมวลรวมละเอียด

1.1.3 ตรวจสอบการทำงานของระบบควบคุมการผลิตว่าเป็นไปตามปกติหรือไม่

1.1.4 ตรวจสอบเครื่องบันทึกประวัติคอนกรีตอัตโนมัติว่าทำงานปกติหรือไม่

1.1.5 ตรวจสอบอัตราส่วนของส่วนผสมคอนกรีตที่จะทำการผลิต

1.1.6 เตรียม Mold เพื่อใช้ในการเก็บตัวอย่างที่หน้างานให้เพียงพอ

1.1.7 ทำการปรับอัตราส่วนผสมมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดภายหลังทราบ Moisture Content ตาม (2) เพื่อให้คุณภาพของคอนกรีตเป็นไปตามที่ออกแบบไว้

1.1.8 หากพบว่ารถ Transit ไม่อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดี ทำการบันทึกและแจ้งให้ผู้รับจ้างเพื่อทำการเปลี่ยนหรือปรับปรุงต่อไป

1.1.9 ตรวจสอบอุปกรณ์ตวงน้ำยาเคมีผสมคอนกรีต

1.1.10 บันทึกชื่อเจ้าหน้าที่ QC ของผู้ผลิตประจำ Plant และที่หน้างาน

1.2 ระหว่างการผลิตคอนกรีต เจ้าหน้าที่หน่วยตรวจสอบและแนะนำวัสดุสร้างทางและเจ้าหน้าที่ผู้ควบคุมการผลิตประจำ Plant ควบคุมโรงงานผสมคอนกรีตจะต้องปฏิบัติดังต่อไปนี้

1.2.1 ตรวจสอบค่าความยุบตัวของคอนกรีตสดในส่วนผสมแรกๆ ที่ผลิตเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดและตรวจสอบว่าได้ทำการปรับ Moisture Content ถูกต้องหรือไม่ เพื่อทำการปรับส่วนผสมเพื่อให้ได้ Slump ที่ต้องการต่อไป

1.2.2 ตรวจสอบค่าความยุบตัวของคอนกรีตสดในปริมาณที่แน่นอน เช่น ทำการตรวจสอบทุกๆ 50 ลบ.ม.ที่ใช้งาน

1.2.3 ตรวจสอบการใช้สารเคมีผสมคอนกรีตประเภทลดปริมาณน้ำให้ถูกต้อง

1.2.4 หากจะทำการเลิกใช้สารเคมีผสมคอนกรีตตาม(3) ให้ทำการปรับปริมาณน้ำใหม่เนื่องจากคอนกรีตส่วนผสมนั้นๆจะต้องใช้น้ำมากกว่าเดิม

1.2.5 ทำการตรวจสอบระยะเวลารถ Transit ออกจาก Plant และกลับ Plant

1.2.6 ทำตั๋วปูนของหน่วยฯเพื่อให้ Inspector ของโครงการฯบันทึกประวัติปูนต่างๆที่หน้างาน เช่น Slump , เวลาถึงหน้างาน , เวลาเทเสร็จ , หมายเลขรถ Transit และอื่นๆ โดยตั๋วดังกล่าวจะแนบไปกับตั๋วปูนของผู้ผลิต

1.2.7 แจ้งให้ Inspector ทำการบันทึกรายละเอียดที่หน้าแท่งตัวอย่างคอนกรีตทุกครั้งที่เก็บตัวอย่างที่หน้างานและให้แจ้งให้โรงงานผลิตทราบเมื่อเห็นว่าลักษณะของคอนกรีตเปลี่ยนแปลงไป

1.2.8 ระหว่างการผลิตให้สังเกตเนื้อคอนกรีตที่ได้ให้บ่อยครั้งมากที่สุด หากมีการเปลี่ยนแปลงของลักษณะสี ความเหนียว ความสม่ำเสมอของเนื้อคอนกรีต ให้หยุดการผลิตและแจ้งให้ผู้รับจ้างตรวจสอบทันที โดยทำการเก็บตัวอย่างคอนกรีตนั้นไว้ตรวจสอบต่อไปในปริมาณที่พอเพียง เช่น 3 แท่งตัวอย่าง เป็นต้น

1.2.9 บันทึกส่วนผสมของคอนกรีตเพื่อจัดทำประวัติและเก็บไว้เป็นหลักฐานในกรณีที่เกิดปัญหาอื่นใด

2. การควบคุมคุณภาพหลังการผลิต

การควบคุมคุณภาพหลังการเทคอนกรีตคือ การบ่มคอนกรีตที่หน้างาน การบ่มแท่งคอนกรีตตัวอย่าง รวมไปถึงการตรวจสอบกำลังอัดของแท่งตัวอย่างที่ทำการเก็บมาจากหน้างาน การบ่มคอนกรีตเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก โดยหน้าที่หลักของการบ่มคอนกรีตคือการทำให้เนื้อคอนกรีตไม่สูญเสียน้ำไปในระยะเวลารวดเร็วเพื่อให้ปฏิกิริยา Hydration เป็นไปอย่างสมบูรณ์ เนื่องจากคอนกรีตจะมีกำลังอัดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะแรกๆซึ่งหมายถึงว่าการบ่มที่ดีในระยะแรกจะทำให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพดีด้วย
ข้อแนะนำในการบ่มคอนกรีตหลังการผลิตมีดังต่อไปนี้

2.1 ในกรณีที่ใช้สารประกอบอย่างเหลวสำหรับใช้เคลือบ (Curing Compound) ให้ทำการคนให้ส่วนผสมที่ตกตะกอนอยู่เข้ากันให้ดีก่อนนำไปใช้งานต่อไป โดยการฉีดพ่นเพื่อทำการบ่มคอนกรีตควรได้รับการเอาใจใส่และอยู่ภายใต้การควบคุมของโครงการฯเป็นอย่างดีและควรเป็นไปตามที่ระบุไว้ในคู่มือประกอบการใช้งานของน้ำยาเครื่องหมายการค้านั้นๆ

2.2 สำหรับการใช้กระสอบในการบ่มผิวทางคอนกรีตควรปิดกระสอบให้ปกคลุมผิวคอนกรีตให้หมดไม่มีช่องเว้นและควรทำการราดน้ำให้กระสอบเปียกชุ่มอย่างน้อยวันละ 3 ครั้งเป็นอย่างน้อย และกระสอบที่ใช้งานจะต้องหนาและหนักเพื่อสามารถเก็บความชื้นไว้ได้นาน

2.3 การบ่ม Column หรือ Deck ของโครงสร้างขนาดใหญ่ ควรใช้ Curing Compound พ่นที่ผิวหน้า 1 ครั้งก่อนใช้แผ่นพลาสติกที่หนาพอสมควรคลุมต่อไป

2.4 วัสดุที่ใช้ในการบ่มคอนกรีตจะต้องไม่เป็นอันตรายต่อเนื้อคอนกรีต

2.5 การบ่มคอนกรีตของโครงสร้างทุกประเภทควรบ่มให้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้แต่ไม่ควรน้อยกว่า 7 วัน

ข้อแนะนำในการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตมีดังต่อไปนี้

- การบ่มแท่งตัวอย่างควรทำตามข้อกำหนด ทล.ม.304/2532 ข้อ 5.1 “ การบ่มแท่งทดสอบแบบมาตรฐาน ” และข้อ 5.2 “ การบ่มแท่งทดสอบในการควบคุมงานก่อสร้าง ”
- ให้พิจารณากำลังอัดของแท่งตัวอย่างว่ามีการแตกกลุ่มออกไปหรือไม่ เช่น ในการเทคอนกรีตในวันนั้นๆ คอนกรีตส่วนผสมเดียวกันควรมีกำลังอัดประลัยที่ใกล้เคียงกัน แท่งตัวอย่างที่มีกำลังอัดแตกต่างออกไปมากในตัวอย่างชุดเดียวกันควรพิจารณาหาสาเหตุได้เช่น การเก็บตัวอย่างผิดพลาด หรือ อื่นๆ
- หากหน้างานบ่มคอนกรีตด้วยการใช้สารประกอบอย่างเหลวสำหรับใช้เคลือบ ควรทำการพ่นแท่งคอนกรีตตัวอย่างเหลวสำหรับใช้เคลือบเช่นเดียวกัน (ในกรณีที่ต้องการใช้งานก่อนครบ 28 วัน)

- ในระหว่างการทดสอบกำลังอัดประลัยให้สังเกตน้ำหนักของคอนกรีตที่ทดสอบ แรงกดที่ได้ ลักษณะการแตกของแท่งตัวอย่าง ลักษณะการจับตัวของเนื้อซีเมนต์กับหินและทราย เพื่อใช้เป็นข้อมูลในกรณีที่เกิดปัญหาแรงอัดประลัยไม่ผ่านข้อกำหนด
- ให้แจ้งผลแรงอัดประลัยที่ไม่ผ่านการทดสอบที่อายุ 28 วันทันทีเพื่อที่จะทำการเจาะแท่งตัวอย่างจากโครงสร้างจริงมาทำการทดสอบแรงอัดประลัยต่อไป
-

ทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นเป็นเพียงรายละเอียดส่วนหนึ่งของการควบคุมงานคอนกรีตที่ควรทราบและปฏิบัติ ในการควบคุมงานจริงผู้ควบคุมงานควรใช้วิจารณญาณในการควบคุมให้มากโดยควรศึกษาข้อมูลต่างๆให้ถี่ถ้วน และควรสังเกตและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยหลักการที่ถูกต้องเพื่อคุณภาพและความคงทนของคอนกรีตและประโยชน์ของราชการต่อไป

บทที่ 12
การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

ตารางที่ 12.1 ค่าความยุบตัวของคอนกรีตที่ใช้สำหรับการก่อสร้างประเภทต่าง ๆ

ประเภทของงาน	ค่าความยุบตัว (ซม.)	
	ค่าสูงสุด *	ค่าต่ำสุด
งานฐานราก กำแพงคอนกรีตเสริมเหล็ก	8.0	2.0
งานฐานรากคอนกรีต ไม่เสริมเหล็ก งานก่อสร้างใต้น้ำ	8.0	2.0
งานพื้นคาน และผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก	10.0	2.0
งานเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	10.0	2.0
งานพื้นถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก	8.0	2.0
งานคอนกรีตขนาดใหญ่	5.0	2.0

* อาจเพิ่มได้อีก 2 ซม. สำหรับการทำคอนกรีตให้แน่นด้วยวิธีการอื่นที่นอกเหนือไปจากการใช้เครื่อง (Vibrator)

ตารางที่ 12.2 ขนาดโตสุดของวัสดุผสมสำหรับงานก่อสร้างประเภทต่าง ๆ

ขนาดความหนาของโครงสร้าง (ซม.)	ขนาดโตสุดของวัสดุผสม							
	คาน ผนัง และเสา คสล.		ผนังคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก		พื้นถนน คสล. รับน้ำหนักมาก		พื้นคอนกรีตรับน้ำหนักน้อย	
	นิ้ว	มม.	นิ้ว	มม.	นิ้ว	มม.	นิ้ว	มม.
5.0 – 15.0	½-3/4	12.5-20.0	¾	20.0	¾-1	20.0-25.0	¾-1 ½	20.0-40.0
15.0 – 30.0	¾-1 ½	20.0-40.0	1 ½	40.0	1 ½	40.0	1 ½-3	40.0-75.0
30.0 – 75.0	1 ½-3	40.0-75.0	3	75.0	1 ½-3	40.0-75.0	3	75.0
มากกว่า 75.0	1 ½-3	40.0-75.0	6	150.0	1 ½-3	40.0-75.0	3-6	75.0-150.0

ตารางที่ 12.3 ปริมาณน้ำที่ต้องการสำหรับค่าความยุบและวัสดุผสมขนาดต่าง ๆ

ค่าความยุบตัว (ซม.)	ปริมาณน้ำเป็นลิตรต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. สำหรับวัสดุผสมต่าง ๆ							
	3/8 ” (9.5 มม.)	1/2” (12.5มม.)	3/4 ” (20 มม.)	1 ” (25 มม.)	1 1/2 ” (40 มม.)	2 ” (50 มม.)	3 ” (75 มม.)	6” (150มม.)
คอนกรีตที่ไม่มีสารกระจายกักฟองอากาศ (Non-Air Entraining Concrete)								
3-5	205	200	185	180	160	155	145	125
8-10	225	215	200	195	175	170	160	140
15-18	240	230	210	205	185	180	170	-
ปริมาณฟองอากาศ % โดยปริมาตร	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
คอนกรีตที่มีสารกระจายกักฟองอากาศ (Air Entraining Concrete)								
3-5	180	175	1465	160	145	140	135	120
8-10	200	190	180	175	160	155	150	135
15-18	215	205	190	185	170	165	160	-
ปริมาณฟองอากาศ % โดยปริมาตร	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

ตารางที่12.4 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์สูงสุดโดยน้ำหนักที่ยอมให้ใช้ได้สำหรับคอนกรีตในสภาวะเปิดเผยรุนแรง

ชนิดของโครงสร้าง	โครงสร้างที่เปียกตลอดเวลา หรือมีการเยือกแข็ง และการละลายของน้ำสลับกันบ่อย ๆ (เฉพาะคอนกรีตกระจายกักฟองอากาศเท่านั้น)	โครงสร้างในน้ำเค็ม หรือ สัมผัสกับซัลเฟตกับซัลเฟต
โครงสร้างบางๆ ที่มีเหล็กหุ้มบางกว่า 3 ซม.	0.45	0.40 *
โครงสร้างอื่น ๆ ทั้งหมด	0.50	0.45 *

* ถ้าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทนซัลเฟต (Type 2 หรือ Type 5) อาจเพิ่มค่าส่วนน้ำต่อซีเมนต์ได้อีก 0.05

ตารางที่ 12.5 ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนน้ำต่อซีเมนต์กับกำลังอัดประลัยของคอนกรีต

กำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ 28 วัน (กก./ตร.ซม.)		อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ โดยน้ำหนัก	
Cylinder Dia 15x30	Cube 15x15x15	คอนกรีตไม่กระจายกักฟองอากาศ	คอนกรีตกระจายกักฟองอากาศ
450	540	0.38	-
400	480	0.43	-
350	420	0.48	0.40
300	360	0.55	0.46
250	300	0.62	0.53
200	240	0.70	0.61
150	180	0.80	0.71

หมายเหตุ ค่าที่ใช้จากตารางนี้ ทำการทดลองจากแท่งตัวอย่างรูปทรงกระบอก ขนาดมาตรฐาน Dia. 15x30 ซม. ถ้าแท่งตัวอย่างเป็นแบบลูกบากศ์ ค่ากำลังอัดประลัยจะสูงกว่าค่าในตารางประมาณ 20 %

ตารางที่ 12.6 ปริมาตรของวัสดุผสมหยาบต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของคอนกรีต

ขนาดโตสุดของหิน	ปริมาตรของวัสดุผสมมวลหยาบในสภาพแห้งและอัดแน่นต่อหน่วยปริมาตรของคอนกรีต สำหรับค่าโมดูลัสความละเอียดของทรายต่าง ๆ กัน						
	2.42.40	2.50	2.60	2.70	2.80	2.90	3.00
3/8 ” (9.5 มม.)	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44
1/2 ” (12.5 มม.)	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53
3/4 ” (20.0 มม.)	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	060
1 ” (25.0 มม.)	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65
1 1/2 ” (40.0 มม.)	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70
2 ” (50.0 มม.)	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72
3 ” (75.0 มม.)	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75
6 ” (150.0 มม.)	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81

ตารางที่ 12.7 หน่วยน้ำหนักคอนกรีตโดยประมาณ

ขนาดโตสุดของหิน	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ โดยน้ำหนัก	
	คอนกรีตที่ไม่ใช้สารกระจายกักฟองอากาศ	คอนกรีตที่ใช้สารกระจายกักฟองอากาศ
3/8 ” (9.5 มม.)	2285	2190
1/2 ” (12.5 มม.)	2315	2235
3/4 ” (20.0 มม.)	2355	2280
1 ” (25.0 มม.)	2375	2315
1 1/2 ” (40.0 มม.)	2420	2353
2 ” (50.0 มม.)	2445	2375
3 ” (75.0 มม.)	2465	2400
6 ” (150.0 มม.)	2505	2435

ตัวอย่างการคำนวณ

ข้อกำหนดของคอนกรีตที่ต้องการ

ค่าความยุบ (Slump)ที่ต้องการไม่เกิน	5.0-7.0	ซม.
ปริมาณคอนกรีตต่อ ลบ.ม. ไม่ต่ำกว่า	350	กก./ลบ.ม.
อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ไม่เกิน	0.55	
ความต้านทานแรงอัดต่ำสุดไม่น้อยกว่า	325	ksc. (Cube)

ข้อมูลของส่วนผสม

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท 1 ค่า ถพ.	3.15	
- มวลรวมหยาบ		
ความถ่วงจำเพาะ	2.700	
ความดูดซับน้ำ (Absorption)	0.50	%
Water Content	0.50	%
ขนาดโตของวัสดุมวลรวมหยาบ	25.0	มม.
หน่วยน้ำหนักอิ่มตัวผิวแห้ง & Dry Rod	1700	Kg.
- มวลรวมละเอียด		
ค่า Fineness Modulus	2.890	
ความถ่วงจำเพาะ	2.660	
ความดูดซับน้ำ (Absorption)	0.97	%

Water Content 2.00 %

Calculation

1) Slump ที่ออกแบบ 5.0 cm.

2) ขนาดโตสุดของมวลรวมหยาบ 25.0 มม.

3) ปริมาณน้ำที่ใช้ (จากตารางที่ 12.3, จากข้อ 1 และ 2) = 180.0 ลิตร

ปริมาณน้ำที่ใช้ในส่วนผสม	180.0 ลิตร

ปริมาณฟองอากาศร้อยละ	0 .015

4) อัตราส่วน Water /Cement Ratio ที่กำหนดไม่เกิน 0.55 (ข้อกำหนด)

กำลังอัดประลัยที่ต้องการ (Cube) = 325 Ksc. เปลี่ยนเป็นกำลังอัดรูป Cylinder

ขนาด Dia. 15x30 cm. = 325 x(100/120)

= 270.8 Ksc.

การใช้งานในประเทศไทย ม.อ.ก. 213 ให้เพิ่มค่าความต้านทานเฉลี่ยเป็น 1.1 เท่าของความต้านทาน ที่ต้องการ ดังนั้นกำลังอัดประลัยที่ต้องการ = 297.9 Ksc. (Cylinder)

จากตารางที่ 12.5 คอนกรีตที่ไม่กักฟองอากาศ

จะได้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ โดยน้ำหนัก = 0.55

ดังนั้นปริมาณ ซีเมนต์ที่ใช้ = 180/0.55 ก.ก.

= 327.3 ก.ก.

น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในข้อกำหนด ดังนั้น

ปริมาณซีเมนต์ที่ใช้	= 350.0	ก.ก.

5) ปริมาณวัสดุผสมหยาบสามารถหาได้จากตารางที่ 12.6 โดยหาจาก

ค่า Fineness Modulus ของทราย = 2.890

ขนาดโตสุดของมวลรวมหยาบ = 25 ม.ม.

สามารถคำนวณปริมาตรของวัสดุผสมหยาบ (Saturate Surface-Dry Basis และ Dry Rod) ต่อหน่วย

ปริมาตรของคอนกรีต = 0.661 (Interpolated)

หน่วยน้ำหนักของหิน = 1700 ก.ก.

หน่วยน้ำหนักของหินที่ใช้ = 1700x0.661

น้ำหนักของหินที่ใช้	= 1124	ก.ก. (SSD. Basis)

6) หาปริมาณของวัสดุมวลรวมละเอียดที่ใช้

ปริมาตรของน้ำ = 180/1000 = 0.180 ม.^{3}

ปริมาตรของซีเมนต์ = 350/(3.15x1000)= 0.111 ม.^{3}

ปริมาตรของวัสดุผสมหยาบ = 1124/(2.700x1000) = 0.416 ม.^{3}

ปริมาตรของฟองอากาศ = 0.015x1 = 0.015 ม.^{3}

รวมปริมาตรของส่วนผสมทั้งหมดยกเว้นทราย = 0.722 ม.^{3}

ดังนั้นปริมาตรของทรายที่ใช้ = 1 – 0.722 ม.^{3}

= 0.278 ม.^{3}

น้ำหนักของทรายแห้งที่ต้องใช้ = 0.278x2.660x1000 = 739 ก.ก.

น้ำหนักของทรายแห้งที่ใช้ = 739 ก.ก.

7) ฉะนั้น คอนกรีตสด 1 ลูกบาศก์เมตร ต้องใช้

ซีเมนต์	350	ก.ก.
น้ำ	180	ก.ก.
วัสดุผสมหยาบ	1124	ก.ก.
วัสดุผสมละเอียด	739	ก.ก.
รวมน้ำหนักคอนกรีตสด	2395	ก.ก.

8) การปรับส่วนผสมของการทำ Trial Mixed และการผสมใช้งานทั่วไป

ทรายมีความชื้น 2.00 % มีการดูดซึม (Absorbtion) = 0.97 %

หินมีความชื้น 0.50 % มีการดูดซึม (Absorbtion) = 0.50 %

นั่นคือน้ำหนักทราย 100 ก.ก. มีน้ำมากไป = 2.0 – 0.9 = 1.03 ก.ก.

น้ำหนักทราย 739 ก.ก. มีน้ำมากไป 739 x 1.03 / 100

= 8 ก.ก.

ดังนั้นต้องชั่งทรายเพิ่มขึ้นเป็น 747 ก.ก.

ไม่ต้องทำการปรับส่วนผสมของหิน เนื่องจากว่าหินที่คำนวณอยู่ในสภาพอิ่มตัวผิวแห้งแล้ว

ดังนั้นต้องใส่น้ำในส่วนผสมรวม 180 – 8 ลิตร

= 172 ลิตร

สรุปส่วนผสมที่ใช้ในการออกแบบ Trial Mixed และผสมใช้งานทั่วไป

ซีเมนต์	350	ก.ก.
น้ำ	172	ก.ก.
วัสดุผสมหยาบ	1124	ก.ก.
วัสดุผสมละเอียด	747	ก.ก.
รวมน้ำหนักคอนกรีตสด	2393	ก.ก.

9) การปรับส่วนผสมระหว่างการใช้งานหลังจากที่มีฝนตกมาก (M/C ของทราย = 5.30 % , M/C ของหิน = 1.50 %)

ทรายมีความชื้น 5.30 % มีการดูดซึม (Absorbtion) 0.97 %

นั่นคือน้ำหนักทราย 100 ก.ก. มีน้ำมากไป = 5.30 – 0.9 = 4.33 ก.ก.

น้ำหนักทราย 739 ก.ก. มีน้ำมากไป 739 x 4.33 / 100

= 32 ก.ก.

ดังนั้นต้องชั่งทรายเพิ่มขึ้นเป็น 771 ก.ก.

หินมีความชื้น 1.50 % มีการดูดซึม (Absorbtion) 0.50 %

นั่นคือน้ำหนักทราย 100 ก.ก. มีน้ำมากไป = 1.50 – 0.50 = 1.00 ก.ก.

น้ำหนักหิน 1124 ก.ก. มีน้ำมากไป 1124x1.00/100

= 11 ก.ก.

ดังนั้นต้องชั่งหินเพิ่มขึ้นเป็น 1135 ก.ก.

และต้องใส่น้ำในส่วนผสมทั้งสิ้น 180 – 32 – 11 ลิตร

= 137 ลิตร

สรุปส่วนผสมที่ใช้ในการทำงานจริงที่หน้างานภายหลังการปรับค่าความชื้นภายหลังฝนตก

ซีเมนต์	350	ก.ก.
น้ำ	137	ก.ก.
วัสดุผสมหยาบ	1135	ก.ก.
วัสดุผสมละเอียด	771	ก.ก.
รวมน้ำหนักคอนกรีตสด	2393	ก.ก.

บทที่ 13
การจัดทำรายงานการควบคุมคุณภาพวัสดุสร้างทาง

ให้หน่วยตรวจสอบและแนะนำวัสดุสร้างทางประจำโครงการฯ จัดทำรายงาน 3 ชนิด คือ รายงานเมื่อเริ่มงาน รายงานประจำเดือนและรายงานเมื่อเสร็จงาน โดยให้ส่งรายงานถึงสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบตามเวลาที่กำหนด ซึ่งรายงานแต่ละชนิดจะต้องมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. รายงานเมื่อเริ่มงาน

ให้จัดทำรายงานเมื่อหน่วยตรวจสอบและแนะนำได้เข้าประจำโครงการฯ และให้จัดส่งรายงานถึงสำนักฯ หลังจากที่เข้าประจำโครงการฯ แล้วภายใน 20 วัน รายงานนี้มีรายละเอียดดังนี้

1.1 หน้าปก ให้ใช้ปกแบบเย็บหัวของสำนักฯ เติมรายละเอียดให้ครบถ้วนใน " รายงานฉบับที่ ....." ให้เขียน "รายงานฉบับที่ ....เริ่มงาน..." ส่วนใน "เดือน" ให้เว้นว่างไว้

1.2 หนังสือนำ ให้กล่าวถึงสิ่งที่ส่งมาด้วยในฉบับเริ่มงานนี้ และรายงานสถานที่ซึ่งสำนักฯ จะติดต่อกับโครงการฯ และหน่วยฯ ได้สะดวก เช่น วิทยุ โทรเลข จดหมาย โทรศัพท์ การส่งเงินจัดสรรและอื่น ๆ

1.3 รายละเอียดของโครงการฯ ให้รายงานหมายเลขทางหลวง ชื่อโครงการฯ สัญญาเลขที่ วันที่เริ่มต้นสัญญา วันที่สิ้นสุดสัญญา ระยะเวลาทำการ ค่างานในสัญญา ค่าปรับบริษัทผู้รับเหมา ผู้ออกแบบ สำนักฯ เจ้าของงาน และคณะกรรมการตรวจการจ้างหรือรับงาน

1.4 แผนที่แนวทางพร้อมที่ตั้งโครงการฯ และเส้นทางใกล้เคียง

1.5 รูปตัดคันทาง ข้อกำหนดต่างๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับงานควบคุมคุณภาพวัสดุ และการบดอัด เช่น Gradation, Atterberg Limits, Compaction, CBR. ของวัสดุชั้นต่าง ๆ เป็นต้น สำหรับโครงการฯ ที่มีข้อกำหนดพิเศษซึ่งเกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพวัสดุการบดอัดและเกี่ยวกับ Piezometer และ Settlement Plate ให้รายงานข้อกำหนดดังกล่าวมาด้วย

1.6 รายงานสภาพและลักษณะของคันทางเดิมพอสังเขป ประกอบด้วย ความสูง ความกว้าง Side Ditch วัสดุของคันทางเดิม ลักษณะดินเดิมโดยทั่วไป

1.7 รายงานลักษณะของคันทางใหม่ รายงานความสูง ความกว้างของคันทางใหม่ โดยอ่านได้จากแบบ

1.8 รายงานที่ตั้งของสะพานและท่อระบายน้ำตลอดสายทาง โดยอ่านได้จากแบบ

ก. สะพานและท่อเหลี่ยม ให้รายงานชนิดและขนาด รวมทั้งการทำ Bearing Unit และ/หรือ

ข. ท่อกลม ให้รายงานชนิด ขนาด และจำนวนแถวของท่อ

2. รายงานประจำเดือน

รายงานประจำเดือน เป็นการรายงานผลการปฏิบัติงานในการทดลองคุณภาพวัสดุทุกชนิดที่ใช้ก่อสร้าง ผลการตรวจสอบความแน่น ความหนาของชั้นทาง ข้อคิดเห็นหรือแนะนำ สรุปปัญหาและอุปสรรค เป็นประจำทุกเดือน การรายงานจะต้องมีความชัดเจนเข้าใจง่ายและสมบูรณ์ด้วยตัวของมันเอง รายงานประจำเดือนนี้ ต้องส่งถึงสำนักฯ ไม่เกินวันที่ 20 ของเดือนถัดไป ถึงแม้ในเดือนใดไม่มีผลงานก็ต้องส่งรายงานประจำเดือนให้สำนักฯทราบเช่นกัน ให้รายงานผลการปฏิบัติงานตั้งแต่วันที่ 1 ถึงสิ้นเดือน การเรียงลำดับผลการทดลองในรายงานและรายละเอียดของรายงาน เป็นดังนี้

2.1 หน้าปก ให้ใช้ปกเย็บหัวของสำนักฯ เติมรายละเอียดให้ครบถ้วน ให้เริ่มนับตั้งแต่ฉบับที่ 1 เป็นต้นไป สำหรับรายงานประจำเดือนนี้ ถ้าในรายงานฉบับใดมีอยู่หลายเล่มให้ใช้สัญลักษณ์ ก / ข เมื่อ ก คือ เล่มที่ และ ข คือจำนวนเล่มทั้งหมดของรายงานประจำเดือนนั้นยกตัวอย่างเช่น “รายงานฉบับที่ 10 เล่มที่ 1/3 ” หมายถึง รายงานฉบับที่ 10 มีทั้งหมด 3 เล่ม เล่มนี้เป็นเล่มที่ 1 เป็นต้น

2.2 หนังสือนำ ให้ใช้บันทึกข้อความสำหรับใบแรกและกระดาษขาวในใบต่อๆ ไป หนังสือนำนี้จะรายงานสรุปผลงานที่ทำในเดือนนั้น ให้ผู้ที่ได้อ่านรายงานเข้าใจได้ง่าย การสั่งการเป็นอย่างไรและให้มีความสมบูรณ์ด้วยตัวของมันเอง ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขแบบ จะโดยจากการประชุมในสนามหรือวิธีการอื่นใด จะต้องรายงานและสำนาต่อท้ายหนังสือนำนี้ให้ทราบด้วย และเมื่อมีการอ้างถึงในรายละเอียดในสิ่งที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขแบบ ต้องส่งสำเนาส่วนที่แก้ไขมาด้วยโดยต่อท้ายจากหนังสือนำนี้

2.3 สถิติการทดลองและปฏิบัติงานประจำเดือน ให้รายงานจำนวนตัวอย่างของผลการทดลองทั้งหมด ของเดือนนั้นให้ทราบโดยแบ่งเป็นชนิดของการทดลอง

2.4 Bar Chart แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

2.4.1 Bar Chart แสดงการตรวจสอบความแน่น (Bar Chart) ซึ่งแสดงให้เห็นช่วงที่

ก. ทำเสร็จไว้เรียบร้อยแล้ว ก่อนถึงเดือนที่รายงาน

ข. ทำเสร็จเรียบร้อย และตรวจสอบความแน่นใช้ได้แล้วในเดือนที่รายงาน

ค. อยู่ระหว่างการดำเนินการ เช่น ปูวัสดุไว้แล้วแต่ยังไม่ได้แจ้งตรวจสอบความแน่น

ง. สำหรับ Bar Chart แต่ละแผ่นควรแสดงระยะทางของการตรวจสอบความแน่นไม่เกิน 10 กม.

2.4.2 Bar Chart แสดงการทดลองคุณภาพวัสดุ (Bar Chart 2) ซึ่งแสดงถึงหมายเลข General Test และ Control Test ของแต่ละช่วง ให้แบ่ง Bar Chart นี้ออกเป็นแต่ละชั้นทาง

2.5 แผนที่แหล่งวัสดุ ให้จัดทำแผนที่แหล่งวัสดุพอสังเขป สำหรับการใช้วัสดุของโครงการ ฯ บอกปริมาณวัสดุที่เหลือ (โดยประมาณ) ของแหล่งนั้นไว้ด้วย

2.6 รูปตัดและข้อกำหนดของวัสดุชั้นทางต่าง ๆ ให้แสดงรูปตัดและข้อกำหนดของวัสดุชั้นทางต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานควบคุมและแนะนำ รวมทั้งข้อกำหนดพิเศษที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพของวัสดุ การบดทับและเกี่ยวกับ Piezometer และ Settlement Plate ที่ใช้ในการควบคุมการก่อสร้างด้วย

2.7 สำเนารายงานผลการตรวจสอบคุณภาพวัสดุ (ใช้แบบฟอร์มที่สำนักฯ กำหนด) ให้รายงานผลต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองคุณภาพวัสดุ ค่าความแน่น และความหนาของชั้นทางในสำเนานี้จะต้องบันทึกข้อความ แสดงข้อคิดเห็นและคำแนะนำให้ชัดเจน เช่น การลงวัสดุหนา, การก่อสร้าง Raised Median ในฤดูฝน เป็นต้น เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจได้โดยไม่คลาดเคลื่อน ต้องรายงานความหนาของชั้นทางที่วัดได้จริง โดยเฉพาะเมื่อพบว่าความหนามากหรือน้อยกว่าตามที่กำหนด ในใบสำเนานี้จะต้องมีข้อความที่นายช่างโครงการฯ สั่งการพร้อม ลายเซ็นของนายช่างโครงการฯ ด้วย ให้เรียงลำดับสำเนาเหล่านี้ตามวันที่และหมายเลขหนังสือหากมีการบันทึกข้อความที่เขียนถึงนายช่างโครงการฯ โดยเฉพาะให้เรียงลำดับตามวันที่และเลขหมายพร้อมกับสำเนาเหล่านี้ด้วย

2.8 สรุปคุณสมบัติของวัสดุชั้นทาง (แบบ ว.2-12) ให้จัดทำเป็นชุด แต่ละชุดจะแบ่งเป็นของแต่ละชั้นทางและให้แสดงในทุกๆ แผ่นที่มุมขวาว่าเป็น General Test หรือ Control Test ของชั้นใด การเรียงชั้นทางให้เรียงตามหนังสือนำ นั่นคือเรียงชั้น Subgrade จนถึงชั้นพื้นทาง สำหรับในชั้นที่มีการผสมวัสดุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ให้ทำการรายงานคุณสมบัติของวัสดุก่อนผสมและหลังจากการผสมของ General Test ด้วย หากชั้นใดมีผลของ Abrasion Test และการหา Specific Gravity ให้แสดงค่าไว้ด้วย สำหรับในชั้นพื้นทางที่ใช้กรวดโม่ให้แสดงค่าเปอร์เซ็นต์หน้าแตกใน General Test และ Control Test ด้วย

2.9 สรุปคุณสมบัติของวัสดุ Soil Cement ในกรณี ที่มีการดำเนินการทำ Soil Cement ให้รายงานผลของการทำ Mix Design ประกอบด้วย Gradation, Atterberg Limits กำลังของ Soil Cement ที่ได้จากการใช้ปริมาณซีเมนต์ต่าง ๆ ความหนาแน่นแห้งสูงสุด OMC. ที่ค่าปริมาณซีเมนต์ต่างๆ การทำ Mix Design นี้ ให้ถือว่าเป็น General Test สำหรับคุณสมบัติของ Soil Cement เมื่อทำ Control Test นั้น ประกอบด้วย Gradation, Atterberg Limits และ Compaction Test ของ Soil Cement ปริมาณซีเมนต์ที่ใช้รวมทั้งปริมาณน้ำในดิน (Moisture Content) ความหนาแน่นแห้งและกำลังของ Soil Cement ที่ตำในสนาม

2.10 Field Density Test Report (แบบ ว.6-07) ให้จัดทำเป็นชุด แต่ละชุดจะแบ่งเป็นของแต่ละชั้นทาง ให้เรียง กม. ของแต่ละชั้นทางด้วย พร้อมทั้งแสดงที่มุมขวาบนของแต่ละแผ่นว่าเป็นชั้นใด การเรียงชุดให้เรียงตามหนังสือนำ คือ เรียงชั้น Subgrade จนถึงชั้นพื้นทาง การรายงานนี้จะต้องแสดงผลการตรวจสอบความแน่นและความหนาของชั้นทางที่วัดได้จริงในสนามและในช่อง “Acceptance” ให้ใส่คำว่า “ความแน่นใช้ได้” ในกรณีที่ความแน่นไม่ได้ตามข้อกำหนดในกรณีที่ความหนาของ Station ใด ๆ มากหรือน้อยกว่าที่กำหนด ให้หมายเหตุไว้ตอนล่างของแบบฟอร์มว่า “ช่วงที่ความหนาไม่เป็นไปตามแบบ ได้รายงานให้นายช่างโครงการฯ ทราบในรายงานประจำวันแล้ว ” สำหรับช่อง “Remarks” ให้อ้างถึงลำดับการทดลองที่นำมาใช้ในการควบคุมวันที่ตรวจสอบ และถ้าเป็นผลของการตรวจสอบใหม่ ให้ใส่คำว่า “Retest” ไว้ด้วย ถ้าในจุดที่ไม่ได้ตามแบบ จะต้อง Retest ใหม่อยู่คนละฉบับ ให้บอกด้วยว่าจุดที่ไม่ได้ตามแบบนั้นอยู่ในฉบับใด

2.11 ผลการตรวจสอบความหนาแน่นของทราย ที่ใช้ทดสอบความแน่นของชั้นทาง ให้แสดงรายการทดสอบและตรวจเทียบ (Calibration) ของทรายที่ใช้ในเดือนนั้นอย่างน้อย 2 ค่า (คือประมาณ 15 วันหาค่า 1 ค่า) ในแต่ละค่านั้นจะต้องตรวจเทียบไม่น้อยกว่า 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย ในกรณีที่ค่าความหนาแน่นที่ทำแต่ละครั้งแตกต่างไปจากค่าเฉลี่ยเกิน 1 % ให้ทำการตรวจเทียบใหม่

2.12 ผลของการหา Specific Gravity และ Absorption ให้แสดงการทดสอบหา Specific Gravity และหา Absorption ของวัสดุที่ค้างตะแกรงขนาด 3/4 นิ้ว (19 มม.) ไว้ด้วยเดือนละไม่น้อยกว่า 1 ครั้ง/ แหล่ง

2.13 การทดลองหาปริมาณร้อยละที่แตกของกรวดโม่ ในกรณีที่พื้นทางใช้กรวดโม่ ให้แสดงรายการทดลองหาปริมาณร้อยละที่แตกไว้ด้วย

2.14 สำเนาการทดลองตัวอย่างที่ส่งไปทดลองที่ฝ่ายวิเคราะห์และตรวจสอบ สน.ทล. หรือสำนักฯ ให้แนบสำเนาการทดลองของตัวอย่างที่ส่งไปทดลองที่ฝ่ายวิเคราะห์และตรวจสอบประจำ สน.ทล. หรือสำนักฯ ไว้ด้วย เช่น ค่า Abrasion, Organic Impurity, Concrete Strength ของ Concrete Pavement เป็นต้น

2.15 การทดลองวัสดุ ให้จัดทำการทดลองวัสดุไว้เป็นชุด แต่ละชุดจะต้องเรียงลำดับก่อนหลังดังนี้

2.15.1 ในกรณีที่เป็นการทดลองวัสดุดิน หิน ทราย

(1) Summary of Results (แบบ ว.2-15 ก.) ใบสีเหลือง

(2) กราฟของ Gradation (แบบ ว.2-18 สำหรับวัสดุ Soil Aggregate และแบบ ว.3-08 สำหรับหินที่ใช้ในงานคอนกรีต)

(3) Mix Design ถ้ามี (แบบ ว.2-14)

(4) Sieve Analysis (แบบ ว.2-01 ก สำหรับวัสดุพวก Soil Aggregate แบบ ว.2-01 สำหรับดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มม.) ทั้งหมด และแบบ ว.3-10 สำหรับหินและทรายที่ใช้ในงานคอนกรีต)

(5) Atterberg Limits (แบบ ว.2-02)

(6) กราฟของ Compaction Test (แบบ วง2-15 ใบสีเขียว)

(7) ข้อมูลของ Compaction Test (แบบ ว.2-05)

(8) การทดลอง CBR. ให้เรียงจาก Mold ที่มีจำนวน Blows น้อยที่สุดไปหา Mold ที่มี Blows มากที่สุด โดยจัดเป็นชุดแต่ละชุดเป็นดังนี้

(8ก) กราฟของ Load VS. Penetration (แบบ ว.2-05) และเขียนจำนวน Blows ไว้ที่เหนือเส้นกราฟด้านขวาบน

(8ข) ข้อมูลของ CBR. Test (แบบ ว.2-11)

2.15.2 ในกรณีที่เป็นการทดลองวัสดุ Soil Cement Test (Mix Design) ทำแหล่งละ 1 ชุด แต่ละชุดเป็นดังนี้

(1) Summary of Results (แบบ ว.2-15 ก. ใบสีเหลือง)

(2) กราฟของ Strength VS. % Cement โดยใช้ปริมาณน้ำในดินของวัสดุที่OMC. (Optimum Moisture Content)

(3) กราฟของ Gradation (แบบ ว.2-18 สำหรับวัสดุ Soil Aggregate)

(4) Sieve Analysis (แบบ ว.2-01 ก.) สำหรับวัสดุ Soil Aggregate แบบ ว.2-01สำหรับดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ทั้งหมด)

(5) Atterberg Limits (แบบ ว.2-02)

(6) กราฟของ Compaction Test (แบบ วง2-15 ใบสีเขียว)

(7) ข้อมูลของ Compaction Test (แบบ ว.2-05)

(8) การหาส่วนผสมของปูนซีเมนต์ (% Cement) เพื่อให้ได้ Strength ของ Soil Cement ตามที่กำหนด เมื่อบดอัดที่ 100 % Compaction เพื่อทำกราฟของ Strength VS. % Cement ตามข้อ (2)

2.15.3 ในกรณีที่เป็นการทดลองวัสดุ Soil Cement เฉพาะ Control Test แต่ละชุดเป็นดังนี้

(1) Summary of Results (แบบ ว.2-15 ก. ใบสีเหลือง)

(2) กราฟของ Gradation (แบบ ว.2 – 18 สำหรับวัสดุ Soil Aggregate)

(3) Sieve Analysis (แบบว.2-01ก. สำหรับวัสดุ Soil Aggregate แบบ ว.2-01 สำหรับดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ทั้งหมด)

(4) Atterberg Limits (แบบ ว.2-02)

(5) ข้อมูลการหา Dry Density, Strength , ปริมาณน้ำในดินของตัวอย่าง Soil Cement ซึ่งใน Mold ที่หน้างาน

การจัดลำดับของแต่ละชุดในข้อ 2.18 นั้น ให้เรียงตามชั้นทางซึ่งสรุปไว้ในหนังสือนำและเรียงลำดับก่อนหลังของชั้นทางตามหนังสือนำด้วย การเขียน Data ทดลองให้ใช้หมึกทั้งหมด

ในกรณีที่มีการผสมวัสดุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ให้ทำการรายงานผลการทดสอบคุณภาพวัสดุเดิมก่อนผสมและหลังผสม ให้ครบถ้วนด้วย (ทำการทดลองทุกวิธีการทดลอง สำหรับ General Test)

ให้แนบผลการทดลองแต่ละชุด และเรียนให้นายช่างโครงการฯ ทราบ โดยการเขียนลงไปในใบ Summary of Results Results (แบบ ว.2-15 ก. ใบสีเหลือง) กล่าวถึงผลการตรวจสอบข้อคิดเห็น คำแนะนำและเหตุผลว่า ใช้ได้ หรือใช้ไม่ได้ อย่างไร พร้อมทั้งการสั่งการของนายช่างโครงการฯ เป็นลายลักษณ์อักษรและ ลงนามกำกับด้วย

2.16 การทดสอบ Field Density ให้กรอกข้อความลงในแบบฟอร์ม ว.6-03 ก. ให้ครบถ้วนด้วยหมึก ให้เรียงลำดับก่อนหลังโดยแบ่งเป็นชั้น แต่ละชั้นให้เรียงแผ่นที่เริ่มด้วย กม. น้อยไปหา กม. มาก การเรียงชั้นทางให้เรียงตามหนังสือนำด้วย ให้แนบผลการทดสอบให้นายช่างโครงการฯ ทราบทุกครั้ง

2.17 ข้อมูลการผสมคอนกรีต (ถ้ามีการควบคุมการผสมคอนกรีต)

2.18 ข้อมูลการเทคอนกรีตและเก็บตัวอย่างคอนกรีตสด (ถ้ามีการควบคุมการเทและเก็บตัวอย่างคอนกรีตสด)

3. รายงานเมื่อเสร็จงาน

เมื่องานก่อสร้างของโครงการฯ ดำเนินไปจนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้จัดทำและรวบรวมข้อมูลเอกสาร รวมทั้งผลการทดลองต่าง ๆ และทำรายงานสรุปส่งถึงกองฯ ภายใน 1 เดือน หลังจากหลับเข้ารายงานตัวในกอง ฯ ให้เรียงลำดับก่อนหลังของข้อมูลดังนี้

3.1 หน้าปก ให้ใช้ปกแบบเย็บหัวของกองสำนักฯ ใส่รายละเอียดให้ครบถ้วน สำหรับใน “รายงานฉบับที่ ...” ให้เขียน “รายงานฉบับที่ ...สรุป..” ส่วนใน “เดือน ..” ให้เว้นว่างไว้

3.2 ใบปะหน้า ให้ใช้กระดาษบันทึกข้อความเฉพาะใบแรก และกระดาษขาวในใบต่อๆ ไป รายงานถึงการปฏิบัติงานจากเดือนใดถึงเดือนใด บรรยายอย่างย่อๆ เกี่ยวกับโครงการฯ รวมทั้งปัญหาและอุปสรรคที่เกี่ยวกับการดำเนินงาน

3.3 สารบัญ แสดงถึงหัวข้อที่ได้แนบมาพร้อมรายงานนี้

3.6 รายละเอียดของโครงการฯ เช่น ชื่อสายทาง หมายเลขทางหลวง จาก กม. ใด ถึง กม. ใด ระยะทางที่ทำการก่อสร้าง วันที่ที่เริ่มต้นสัญญา วันที่ที่สิ้นสุดสัญญา ระยะเวลาทำงาน ชื่อบริษัทผู้รับเหมา และคณะกรรมการตรวจการจ้าง

3.5 แผนที่ประเทศไทย แสดงตำแหน่งของสายทางที่โครงการฯ ดำเนินการ

3.6 แผนที่แสดงทางหลวงบริเวณใกล้เคียง และทางหลวงในโครงการฯ

3.7 ประวัติสายทาง

3.8 เจ้าหน้าที่โครงการฯ

3.9 เจ้าหน้าที่ของบริษัทผู้รับเหมา

3.10 บัญชีเครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้าง

3.11 ค่างานและปริมาณงานของแต่ละ Item ที่ทำจริงรวมทั้ง Progress Chart เปรียบเทียบระหว่างผลงานและแผนงาน และ / หรือ CPM (Critical Path Method) ของการทำงานเปรียบเทียบกับ CPM ที่เสนอโดยบริษัทผู้รับเหมา

3.12 Bar Chart แสดงปริมาณน้ำฝนย้อนหลัง 5 ปี

3.13 ตารางแสดงวันที่ฝนตกในช่วงเวลาที่ก่อสร้าง

3.14 บรรยายสรุปลักษณะดินคันทาง สภาพภูมิประเทศ และลักษณะดินเดิมของบริเวณที่ก่อสร้าง ถ้ามีข้อมูลทางธรณีวิทยา หรือการสำรวจชั้นดินที่เกี่ยวข้องกับโครงการฯ นี้ ให้แนบรายละเอียดมาด้วย

3.15 แผนที่แนวทางและระดับที่ก่อสร้างจริง (As - Built)

3.16 Typical Cross Section พร้อมข้อกำหนดต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการควบคุมวัสดุ ข้อกำหนดพิเศษ ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการควบคุมวัสดุ รวมทั้งที่เกี่ยวข้องกับ Piezometer และ Settlement Plate ในกรณีที่มีข้อตกลงเนื่องจากการประชุมในสนาม (Site Meeting) หรือจากเหตุอื่นเพื่อแก้ไขเปลี่ยนแปลงแบบ ให้แนบรายละเอียดหรือเอกสารประกอบด้วย

3.17 บัญชีสะพาน Bearing Unit และ ท่อ ให้บอกชนิดและขนาดของสะพาน ท่อเหลี่ยม และท่อกลม ชนิดและขนาดของฐานรากสะพานที่ก่อสร้างใหม่ ระดับปลายเสาเข็มของสะพานและ Bearing Unit ที่ก่อสร้างใหม่ ให้บอกแบบหมายเลขและความยาวของ Bearing Unit ที่ก่อสร้างใหม่ด้วย

3.18 ตารางสรุปสถิติการปฏิบัติงานว่าทดลองอะไรบ้าง แต่ละการทดลองดำเนินการกี่ตัวอย่าง

3.19 ข้อมูลและแผนที่แหล่งวัสดุ

3.20 รายละเอียดเกี่ยวกับคำสั่งของนายช่างโครงการฯ ให้หน่วยตรวจสอบและแนะนำประจำโครงการฯ ปฏิบัติงานเกี่ยวกับงานผิวทางคอนกรีต รายละเอียดของโรงงานผสมคอนกรีต ที่ตั้งพร้อมแผนที่ วิธีการขนส่งคอนกรีตสด การเท การเกลี่ยแต่ง การทำให้แน่น การบ่ม เครื่องมือ เครื่องใช้ในการทำผิวถนนคอนกรีต

3.21 Chart และ / หรือตารางแสดงวันที่ที่เทคอนกรีตในแต่ละช่วง ระยะเวลาของการบ่มคอนกรีต วันที่ที่เปิดการจราจรในแต่ละช่วง

3.22 Chart และ / หรือ ตารางแสดง Concrete Strength , Slump ของแต่ละช่วงของถนนคอนกรีต

3.23 Chart และ / หรือ ตารางแสดงอัตราส่วนผสมคอนกรีต ชนิดปูนซีเมนต์สารผสมเพิ่ม และเครื่องหมายการค้าของปูนซีเมนต์และสารผสมเพิ่ม

3.24 ข้อมูลคุณสมบัติของหินที่ใช้ผสมคอนกรีต

3.25 ข้อมูลคุณสมบัติของทรายที่ใช้ผสมคอนกรีต

3.26 ข้อมูลของเหล็กเสริม

3.27 ข้อมูลของวัสดุสำหรับใส่รอยต่อที่ใช้ในงานผิวทางคอนกรีต

3.28 ตารางแสดงความหนาของชั้นทางแต่ละชั้น

3.29 Bar Chart แสดงหมายเลขของ Control Test ในแต่ละชั้นทาง

3.30 กราฟฟอร์มแบบที่ 2

3.31 กราฟฟอร์มแบบที่ 1

3.32 ข้อมูลของ Soil Cement

3.33 ข้อมูลของคุณสมบัติอื่น ๆ ของชั้นทางที่มิได้กล่าวไว้ข้างต้น เช่น Specific Gravity, % Absorbtion, Abrasion, % หน้าแตก เป็นต้น

3.34 สรุปปัญหา อุปสรรค ข้อเสนอแนะในการทำงานก่อสร้าง ออกแบบ ควบคุมและบำรุงรักษา

ภาคผนวก กฎระเบียบ และคำสั่งที่เกี่ยวข้อง

ด่วนมาก

กรมทางหลวง
เลขที่รับ 00060
วันที่ 23 ส.ค. 2550
เวลา 11.10 น.

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ กลุ่มแผนพัฒนาระบบและวิชาการ กองฝึกอบรม โทร 3025 – 3027 โทรสาร. 0-2664-5050

ที่ กอ.2/159 วันที่ 23 มกราคม 2550

เรื่อง การประชุมคณะกรรมการพัฒนาระบบบริหารความรู้ในองค์กรกรมทางหลวงครั้งที่ 4 / 2550

รับที่ 983
วันที่ 23 ส.ค. 2550
เวลา 15.20

① เรียน รทบ. (CKO)

ตามที่ได้มีการประชุมคณะกรรมการพัฒนาระบบบริหารความรู้ในองค์กรกรมทางหลวง ครั้งที่ 3/2550 ตั้งแต่วันที่ 8 มกราคม 2550 โดยมีสาระสำคัญเกี่ยวกับการคัดเลือกยุทธศาสตร์และองค์ความรู้เพื่อนำไปจัดทำแผนการจัดการความรู้ปีงบประมาณ 2550 ซึ่งได้แก่องค์ความรู้เรื่อง " การควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง " และ " การปรับปรุงถนนผ่านย่านชุมชน " ขณะนี้คณะทำงานดังกล่าวได้จัดทำแผนการจัดการความรู้ฯทั้งสองเรื่องเสร็จสิ้นแล้ว จึงเห็นสมควรนัดประชุมคณะกรรมการฯ หัวหน้าคณะทำงานและเลขานุการ (องค์ความรู้ทั้ง 10 ด้าน) เพื่อร่วมกันพิจารณารายละเอียดต่างๆ ในแผนฯ ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะหรือข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณานัดหมายวัน เวลา และสถานที่ในการประชุมคณะกรรมการฯ และคณะทำงานฯ ครั้งที่ 4/2550 เพื่อทางเลขาฯ จะได้แจ้งเรื่องให้กับผู้เข้าร่วมการประชุมฯ ต่อไป

(น.ส.อมรรัตน์ มีรักดี)
เลขานุการคณะกรรมการพัฒนาระบบ
บริหารความรู้ในองค์กรกรมทางหลวง

② เรียน เลขานุการคณะกรรมการพัฒนาระบบฯ
- ขอเชิญประชุมในวันที่ 25 มกราคม 2550 เวลา 13.30 น. ณ ห้องสัสดีหกิลี
- ดำเนินการต่อไป

(นายเอนก อัมระปาล)
รองอธิบดีกรมทางหลวง

ที่ กอ.2/167 23 ส.ค. 2550

② เรียน คณะกรรมการพัฒนาระบบบริหารความรู้ในองค์กรกรมทางหลวง ทีมวิชาการคณะทำงาน หัวหน้าคณะทำงาน และเลขาฯ คณะทำงาน ทั้ง 10 ด้าน
- เพื่อโปรดทราบ ตาม ① และ ②
- เพื่อโปรดเข้าร่วมประชุม ตามวัน เวลา และสถานที่ที่กำหนด

รอง ผอ.
อ.ดร.ภิรกา เป็นประธานที่ประชุม
แจ้ง สัมมนา ศูนย์ราชการฯ

23 ส.ค. 2550

ด่วนมาก
ที่ กค 2/191 24 มี.ค. 2550

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ
เลขที่รับ 266
วันที่ 25 มี.ค. 2550
เวลา 14.45 น.

⑤ เรียน - คณะกรรมการฝึกอบรมข้าราชการพลเรือน
ในสถาบันการศึกษา
- ฝ่ายเลขานุการคณะกรรมการ
และเลขานุการคณะกรรมการ

ตามที่ กคอ นัดประชุมในวันที่ 3 เมษายน ๒๕๕๐ เนื่องจาก กรมฯ ได้ประชุมผู้บริหารส่วนกลางประชุมพร้อมกับวันและเวลาดังกล่าวแล้ว

เลขานุการคณะกรรมการฯ ได้นำเรียน ท่านรองฯ ซึ่งท่านมอบให้เลื่อนการประชุมเป็น วันจันทร์ที่ 23 เมษายน ๒๕๕๐ เวลา 9.30 น. ณ ห้องประชุมสำนักงานปลัดกระทรวงการคลัง ชั้น 11 ตึกสรรพากรใหม่

(นายชัย พงษ์วิลัยรัตน์)
ผู้อำนวยการสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ
29 มี.ค. 2550

ด่วนที่สุด
(นายอดิเทพ ปัญหา)
ก.พ.ค. คณะกรรมการฝึกอบรมข้าราชการพลเรือน
29 มี.ค. 50

① 28.3.50

เพื่อทราบ และเข้าร่วมประชุมตามวันใหม่ ⑤ ตัวแทน

26 มี.ค. 2550

⑦ เรียน ผอ.

[illegible]

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ส่วนวิเคราะห์วัสดุทางวิทยาศาสตร์ โทร. 0-2354-6668 – 76 ต่อ 4308

ที่ ..... **วันที่** 26 กุมภาพันธ์ 2550

เรื่อง การส่งตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพ

(9) เรียน ผสว.

ตามที่ คณะกรรมการพัฒนาระบบบริหารความรู้ในองค์กรกรมทางหลวง ได้จัดทำแผนการจัดการความรู้ปีงบประมาณ 2550 เป็นองค์ความรู้เรื่อง "การควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง" และ "การปรับปรุงถนนผ่านย่านชุมชน" ซึ่งคณะกรรมการพัฒนาระบบบริหารความรู้ได้พิจารณาแล้วมีมติว่า องค์ความรู้เรื่องการควบคุมงานก่อสร้างทางหลวงมีส่วนที่เกี่ยวข้องกับสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบคือการจัดหาคู่มือควบคุมคุณภาพวัสดุ รายละเอียดตามบันทึกกองฝึกอบรมและผู้แทนสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบข้างต้นนั้น

คณะทำงานวิชาการด้านวัสดุแอสฟัลต์และวัสดุทางวิทยาศาสตร์ได้พิจารณาแล้ว มีความเห็นว่าส่วนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพวัสดุเป็นการส่งตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพวัสดุที่ใช้ในงานทางหลวง เฉพาะที่ส่งทดสอบที่ส่วนวิเคราะห์วัสดุทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น อนึ่งรายการวิเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพวัสดุไม่ได้แสดงไว้เนื่องจากควรเป็นไปตามที่ระบุไว้ในมาตรฐานหรือแบบในสัญญาที่เจ้าของหน่วยงานมีอยู่แล้ว

เพื่อโปรดทราบและพิจารณาดำเนินการ

(นายปรีมนต์ เสถียรกาล)
นักวิทยาศาสตร์ 9 ชช.

(นางสาวทัศนีย์ สุวรรณมงคล)
ผู้อำนวยการส่วนวิเคราะห์วัสดุทางวิทยาศาสตร์

(นายชิต พงษ์พิ...)
ผู้อำนวยการสำนักวิเคราะห์และ...
28 ก.พ. 2550

แนวทางปฏิบัติในการส่งตัวอย่างวิเคราะห์ตรวจสอบ เพื่อการควบคุมคุณภาพวัสดุงานทาง

ส่วนวิเคราะห์วัสดุทางวิทยาศาสตร์
สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ
กรมทางหลวง

คณะทำงานวิชาการด้านวัสดุแอสฟัลต์และวัสดุทางวิทยาศาสตร์
กุมภาพันธ์ 2550

ลำดับที่	ประเภทวัสดุ	ข้อกำหนดที่มี	ปริมาณ/ขนาดต่อ 1 ตัวอย่าง	วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง		จำนวนตัวอย่าง	สิ่งที่ควรระบุหรือแนบ	ค่าทดลอง/ตัวอย่าง		ระยะเวลาทดลอง
								มีใบรับรอง	ไม่มีใบรับรอง	วันทำการ
1	สีจราจร	มอก. 415/2541 มอก. 415/2548	5 แกลลอน (Combine Sample) ตามบันทึกที่ คค 0636/831 ลว. 8 มิถุนายน 2542)	จำนวนสีที่ซื้อ (ถัง)	จำนวนตัวอย่างที่ขัก (ถัง)	1 ตัวอย่าง แต่ละสีต่อสัญญา	1. ชนิดที่ 1 หรือ 2 2. สี 3. ยี่ห้อ 4. Code No. ของสี 5. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา 6. ปริมาณงาน 7. ใบรับรอง (ถ้ามี)	**ชนิดที่ 1** w = 1,850 y = 1,750 **ชนิดที่ 2** w = 2,550 y = 2,350 y = 2,350	**ชนิดที่ 1** w = 5,800 y = 5,650 **ชนิดที่ 2** w = 9,100 y = 8,800 y = 8,800	**มีใบรับรอง** ชนิดที่ 1 , 2 22 วัน **ไม่มีใบรับรอง** ชนิดที่ 1 60 วัน ชนิดที่ 2 110 วัน
				3-20	3					
				21-70	5					
				71-60	8					
				161-400	10					
				401-600	15					
				601-1000	20					
				นำตัวอย่างสีที่ขักแต่ละถังมากวนให้เข้ากัน ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมตักตัวอย่างสีแต่ละถังในปริมาณเท่า ๆ กัน ใส่ภายในภาชนะอีกใบหนึ่ง ประมาณ 15 แกลลอน กวนให้เข้ากันอีกครั้งหนึ่ง แล้วจึงแบ่งสีออกเป็น 3 ส่วน เท่า ๆ กัน แต่ละส่วนประมาณ 5 แกลลอน ให้บรรจุลงในภาชนะที่ปิดสนิทส่งส่วนที่ 1 ทดสอบ ส่วนที่ 2 และ 3 เก็บไว้เพื่อส่งทดสอบในกรณีที่ผลการทดสอบครั้งแรกใช้ไม่ได้				
2	สีรองพื้นตะกั่วแดง สำหรับพื้นผิวเหล็กและเหล็กกล้า	มอก.389-2531	5 แกลลอน	จำนวนสีที่ซื้อ (ถัง)	จำนวนตัวอย่างที่ขัก (ถัง)	1 ตัวอย่างต่อสัญญา	1. ชนิด 2. ยี่ห้อ 3. Code No. 4. บริษัท ผู้ผลิต/คู่สัญญา 5. คำแนะนำเกี่ยวกับวานิช	-	ค่าทดลองคิดตามรายการทดสอบ	54* วัน
				3-20	3					
				21-70	5					
				71-60	8					
				161-400	10					
				401-600	15					
				601-1000	20					
				นำตัวอย่างสีที่ขักแต่ละถังมากวนให้เข้ากัน ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมตักตัวอย่างสีแต่ละถังในปริมาณเท่า ๆ กัน ใส่ภายในภาชนะอีกใบหนึ่ง ประมาณ 15 แกลลอน กวนให้เข้ากันอีกครั้งหนึ่ง แล้วจึงแบ่งสีออกเป็น 3 ส่วน เท่า ๆ กัน แต่ละส่วนประมาณ 5 แกลลอน ให้บรรจุลงในภาชนะที่ปิดสนิทส่งส่วนที่ 1 ทดสอบ ส่วนที่ 2 และ 3 เก็บไว้เพื่อส่งทดสอบในกรณีที่ผลการทดสอบครั้งแรกใช้ไม่ได้				

<table>
<tr><th rowspan="2">ลำดับที่</th><th rowspan="2">ประเภทวัสดุ</th><th rowspan="2">ข้อกำหนดที่มี</th><th rowspan="2">ปริมาณ/ขนาดต่อ 1 ตัวอย่าง</th><th rowspan="2">วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง</th><th rowspan="2">จำนวนตัวอย่าง</th><th rowspan="2">สิ่งที่ควรระบุหรือแนบ</th><th colspan="2">ค่าทดลอง/ตัวอย่าง</th><th rowspan="2">ระยะเวลาทดลอง
วันทำการ</th></tr>
<tr><th>มีใบรับรอง</th><th>ไม่มีใบรับรอง</th></tr>
<tr><td>3</td><td>สีอะลูมิเนียม</td><td>มอก.390-2524</td><td>5 แกลลอน</td><td>
วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง
<table>
<tr><th>จำนวนสีที่ซื้อ (ถัง)</th><th>จำนวนตัวอย่างที่ชัก (ถัง)</th></tr>
<tr><td>3-20</td><td>3</td></tr>
<tr><td>21-70</td><td>5</td></tr>
<tr><td>71-60</td><td>8</td></tr>
<tr><td>161-400</td><td>10</td></tr>
<tr><td>401-600</td><td>15</td></tr>
<tr><td>601-1000</td><td>20</td></tr>
</table>
นำตัวอย่างสีที่ชักแต่ละถังมากวนให้เข้ากัน ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมตักตัวอย่างสีแต่ละถังในปริมาณเท่า ๆ กัน ใส่ภายในภาชนะอีกใบหนึ่งประมาณ 15 แกลลอน กวนให้เข้ากันอีกครั้งหนึ่ง แล้วจึงแบ่งสีออกเป็น 3 ส่วน เท่า ๆ กัน แต่ละส่วนประมาณ 5 แกลลอน ให้บรรจุลงในภาชนะที่ปิดสนิทส่งส่วนที่ 1 ทดสอบ ส่วนที่ 2 และ 3 เก็บไว้เพื่อส่งทดสอบในกรณีที่ผลการทดสอบครั้งแรกใช้ไม่ได้
</td><td>1 ตัวอย่างต่อสัญญา</td><td>1. ยี่ห้อ
2. Code No.
3. บริษัท ผู้ผลิต/คู่สัญญา
4. คำแนะนำเกี่ยวกับวานิช</td><td>-</td><td>ค่าทดลองคิดตามรายการทดสอบ</td><td>54* วัน</td></tr>
<tr><td>4</td><td>วัสดุเทอร์โมพลาสติก</td><td>มอก. 542-2530</td><td>6 กิโลกรัม
(Combine Sample)
ตามบันทึกที่ คค 0636/831
ลว. 8 มิถุนายน 2542)</td><td>
<table>
<tr><th>จำนวนวัสดุฯที่ซื้อ (ถุง)</th><th>จำนวนตัวอย่างที่ชัก (ถุง)</th></tr>
<tr><td>ไม่เกิน 20</td><td>3</td></tr>
<tr><td>21 - 70</td><td>5</td></tr>
<tr><td>71 - 160</td><td>8</td></tr>
<tr><td>ตั้งแต่ 160 ขึ้นไป</td><td>10</td></tr>
</table>
จากจำนวนตัวอย่างที่ชักในแต่ละถุง ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม เก็บตัวอย่างจากทุกถุง ในปริมาณเท่า ๆ กัน ใส่รวมไว้ในภาชนะอีกใบหนึ่งโดยให้มีปริมาณประมาณ 18 กิโลกรัม คลุกผสมกันให้ดี แล้วจึงแบ่งวัสดุฯ ออกเป็น 3 ส่วน เท่า ๆ กัน ส่วนละประมาณ 6 กิโลกรัม บรรจุในถุงหรือภาชนะที่เหมาะสม ผลการทดสอบครั้งแรกใช้ไม่ได้
</td><td>1 ตัวอย่าง แต่ละสีต่อสัญญา</td><td>1. สี
2. ยี่ห้อ
3. Lot No. ของสี
4. ระดับ 1 หรือ ระดับ 2
5. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา
6. ปริมาณงาน
7. ใบรับรอง (ถ้ามี)</td><td>w = 900
y = 850</td><td>w = 1,600
y = 1,350</td><td>มีใบรับรอง
14 วัน
ไม่มีใบรับรอง
22 วัน</td></tr>
</table>

ลำดับที่	ประเภทวัสดุ	ข้อกำหนดที่มี	ปริมาณ/ขนาดต่อ 1 ตัวอย่าง	วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง		จำนวนตัวอย่าง	สิ่งที่ควรระบุหรือแนบ	ค่าทดลอง/ตัวอย่าง		ระยะเวลาทดลอง
								มีใบรับรอง	ไม่มีใบรับรอง	วันทำการ
5	ลูกแก้วสะท้อนแสง สำหรับโรยถนน	มอก. 543-2528	6 กิโลกรัม (Combine Sample) ตามบันทึกที่ คค 0636/831 ลว. 8 มิถุนายน 2542)	จำนวนลูกแก้วที่ซื้อ (ถุง) ไม่เกิน 20 21-70 71-160 ตั้งแต่ 160 ขึ้นไป	จำนวนตัวอย่างที่ชัก (ถุง) 3 5 8 10	1 ตัวอย่างต่อสัญญา	1. ยี่ห้อ 2. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา 3. ปริมาณงาน 4. ใบรับรอง (ถ้ามี)	500	1,100	**มีใบรับรอง** 10 วัน **ไม่มีใบรับรอง** 14 วัน
				นำตัวอย่างที่ชักแต่ละถุง มาแบ่งโดยใช้เครื่องแบ่ง (Reffle Box) หรือใช้วิธีแบ่งสี่ (Quartering) ให้ได้ปริมาณลูกแก้วประมาณ $\frac{24}{n}$ กิโลกรัม (n คือจำนวนตัวอย่างที่ชักออกมา) นำตัวอย่างที่ลดปริมาณแล้ว (ประมาณ $\frac{24}{n}$ กิโลกรัม) ของแต่ละถุง มาผสมรวมกันในภาชนะอีกใบจนได้ตัวอย่างรวม 24 กิโลกรัม นำตัวอย่างรวมมาแบ่งออกเป็น 4 ส่วน โดยใช้เครื่องแบ่ง (Reffle Box) หรือใช้วิธีแบ่งสี่ (Quartering) แต่ละส่วนมีปริมาณประมาณ 6 กิโลกรัม ส่งส่วนที่ 1 ทดสอบ ส่วนที่ 2 และ 3 เก็บไว้เพื่อส่งทดสอบในกรณีที่ผลการทดสอบครั้งแรกใช้ไม่ได้					
6	ลูกแก้วสะท้อนแสง สำหรับโรยป้าย	ทล.ท.607-2532	6 กิโลกรัม (Combine Sample) ตามบันทึกที่ คค 0636/831 ลว. 8 มิถุนายน 2542)	จำนวนลูกแก้วที่ซื้อ (ถุง) ไม่เกิน 20 21 - 70 71 - 160 ตั้งแต่ 160 ขึ้นไป	จำนวนตัวอย่างที่ชัก (ถุง) 3 5 8 10	1 ตัวอย่างต่อสัญญา	1. ยี่ห้อ 2. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา 3. ปริมาณงาน	-	900	14 วัน
				นำตัวอย่างที่ชักแต่ละถุง มาแบ่งโดยใช้เครื่องแบ่ง (Reffle Box) หรือใช้วิธีแบ่งสี่ (Quartering) ให้ได้ปริมาณลูกแก้วประมาณ $\frac{24}{n}$ กิโลกรัม (n คือจำนวนตัวอย่างที่ชักออกมา) นำตัวอย่างที่ลดปริมาณแล้ว (ประมาณ $\frac{24}{n}$ กิโลกรัม) ของแต่ละถุง มาผสมรวมกันในภาชนะอีกใบจนได้ตัวอย่างรวม 24 กิโลกรัม นำตัวอย่างรวมมาแบ่งออกเป็น 4 ส่วน โดยใช้เครื่องแบ่ง (Reffle หรือใช้วิธีแบ่งสี่ (Quartering) แต่ละส่วนมีปริมาณประมาณ 6 กิโลกรัม ส่งส่วนที่ 1 ทดสอบ ส่วนที่ 2 และ 3 เก็บไว้เพื่อส่งทดสอบในกรณีที่ผลการทดสอบครั้งแรกใช้ไม่ได้					

<table>
<tr><th rowspan="2">ลำดับที่</th><th rowspan="2">ประเภทวัสดุ</th><th rowspan="2">ข้อกำหนดที่มี</th><th rowspan="2">ปริมาณ/ขนาดต่อ 1 ตัวอย่าง</th><th rowspan="2">วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง</th><th rowspan="2">จำนวนตัวอย่าง</th><th rowspan="2">สิ่งที่ควรระบุหรือแนบ</th><th colspan="2">ค่าทดลอง/ตัวอย่าง</th><th rowspan="2">ระยะเวลาทดลอง วันทำการ</th></tr>
<tr><th>มีใบรับรอง</th><th>ไม่มีใบรับรอง</th></tr>
<tr><td>7</td><td>แผ่นสะท้อนแสง</td><td>มอก.606-2529</td><td>กว้างเท่าม้วน
พื้นที่ 1 ตารางเมตร</td><td>รุ่น ในที่นี้หมายถึงแผ่นสะท้อนแสง ประเภท ชนิดและสีเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน
การชักตัวอย่าง ตาม มอก. 606-2529
ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มตามจำนวนที่กำหนด โดยตัดออกจากม้วนและเก็บในสภาพที่มีวัสดุปิดหลังเรียบร้อย ผิวด้านหน้าต้องสะอาด ไม่มีรอยเปื้อนและต้องไม่หักพับงอ
<table><tr><th>ขนาดรุ่น (ตารางเมตร)</th><th>ขนาดตัวอย่าง (ตารางเมตร)</th></tr><tr><td>ไม่เกิน 400</td><td>1</td></tr><tr><td>401 - 800</td><td>2</td></tr><tr><td>801 - 22000</td><td>3</td></tr><tr><td>ตั้งแต่ 22001 ขึ้นไป</td><td>5</td></tr></table>หมายเหตุ ตามข้อกำหนด ทล.ก 1 ตัวอย่างต่อทุก 5 ม้วน และเศษของ 5 ม้วน แต่ละชนิด , ประเภท , สี</td><td>ขึ้นอยู่กับปริมาณตามข้อกำหนดงานของแต่ละสัญญา
(แต่ละชนิด ประเภทสี)</td><td>1. สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง
2. ยี่ห้อ,ชื่อเจ้าของผลิตภัณฑ์
3. สี , Lot No.
4. ประเภทกาว
5. ขนาดตัวอย่าง (กว้างxยาว)
6. แนบหนังสือรับรองจากเจ้าของผลิตภัณฑ์เรื่องแต่งตั้งให้ผู้ขายเป็นตัวแทนจำหน่าย,ยี่ห้อ เกรด,สี,สปส.,Invoice No. , หน่วยงาน,เจ้าของตัวอย่าง,
7. บริษัทคู่สัญญา
8. ใบรับรอง (ถ้ามี)</td><td>กาวแห้งระดับ 1 1,750
ระดับ 2 1,750
กาวเปียกระดับ 1 1,650
ระดับ 2 1,650
micropris matic 1,050
ค่าทดลองทั้งหมดไม่รวมการเพาะเชื้อรา</td><td>กาวแห้งระดับ 1 10,500
ระดับ 2 16,500
กาวเปียกระดับ 1 10,400
ระดับ 2 16,400
micropris matic 16,150
ค่าทดลองทั้งหมดไม่รวมการเพาะเชื้อรา</td><td>มีใบรับรอง
ระดับ 1 , 2
18 วัน
ไม่มีใบรับรอง
ระดับ 1
156* วัน
ระดับ 2
300 * วัน
micropris matic
300 * วัน</td></tr>
<tr><td>8</td><td>แผ่นอะลูมิเนียม</td><td>มอก. 331-2523</td><td>เป็นแผ่นอย่างน้อย
ขนาด 60 x 60 ซม.</td><td>อะลูมิเนียมแผ่นบาง (Sheet) หมายถึงอะลูมิเนียมแผ่นที่มีความหนาระบุตั้งแต่ 0.15 - 6.25 มม.
การชักตัวอย่าง
รุ่น หมายถึงอะลูมิเนียมแผ่นที่เป็นประเภท เทมเปอร์และขนาดเดียวกันทำโดยกรรมวิธีเดียวกันและมีคุณภาพอย่างเดียวกัน
อะลูมิเนียมแผ่นบาง ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มมา 1 ชิ้น ทุก ๆ 1000 กก. จากรุ่นเดียวกัน และชิก 1 ชิ้นของเศษที่เหลือจาก 1000 กก. ในกรณีที่มีชิ้นตัวอย่างมากกว่า 1 ชิ้น ชิ้นตัวอย่างเหล่านี้ต้องไม่มาจากแผ่นเดียวกัน</td><td>1 ตัวอย่าง ต่อน้ำหนัก 1000 กก. หรือเศษของ 1000 กก.</td><td>1. ประเภทและเทมเปอร์
2. ความหนา (มม.)
3. ขนาดส่ง,
ขนาดตัวอย่างเดิม
4. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา
5. ปริมาณงาน
6. ใบรับรอง (ถ้ามี)</td><td>50
ไม่รวมส่วนประกอบทางเคมี</td><td>50
ไม่รวมส่วนประกอบทางเคมี</td><td>มีใบรับรอง
8 วัน
ไม่มีใบรับรอง
44* วัน</td></tr>
</table>

ลำดับที่	ประเภทวัสดุ	ข้อกำหนดที่มี	ปริมาณขนาดต่อ 1 ตัวอย่าง	วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	สิ่งที่ควรระบุหรือแนบ	ค่าทดลอง/ตัวอย่าง		ระยะเวลาทดลอง
							มีใบรับรอง	ไม่มีใบรับรอง	วันทำการ
9	แผ่นป้ายจราจรสะท้อนแสง	มอก.674-2530	เป็นแผ่นอย่างน้อย 300 x 300 มม.	รุ่นหมายถึงแผ่นป้ายที่มีสีและสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงระดับเดียวกันที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน การชักตัวอย่างให้ชักตัวอย่างแผ่นป้ายที่ผ่านการพิมพ์ซิลค์สกรีนด้วยหมึกพิมพ์โปร่งแสงเต็มแผ่นด้วยจำนวนสีละ 3 แผ่น แต่ละแผ่นของตัวอย่างควรมีขนาดประมาณ 300 x 300 มิลลิเมตร	จำนวนสีละ 3 แผ่น	1. ระดับหรือสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 2. สี 3. ยี่ห้อ 4. ขนาดตัวอย่าง 5. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา	-	ค่าทดลองคิดตามรายการทดสอบ	48 * วัน
10	แผ่นเหล็กดำ	มอก.528-2540	เป็นแผ่นอย่างน้อย ขนาด 60 x 60 ซม.	เหล็กแผ่นบาง ได้แก่ เหล็กแผ่นที่มีความหนาระบุน้อยกว่า 3.15 มม. ความกว้างและความยาวให้เป็นไปตามข้อกำหนดในการซื้อขาย การชักตัวอย่าง รุ่นหมายถึง เหล็กแผ่นที่มีชนิด ชั้นคุณภาพ และมิติเดียวกัน ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน ขนาดรุ่น (แผ่น) / ขนาดตัวอย่าง (แผ่น) ไม่เกิน 100 / 3 101 ขึ้นไป / 13	1 ตัวอย่างต่อ100 แผ่น	1. ชนิด (แผ่นหนา , แผ่นบางหรือแผ่นแถบ 2. ชั้นคุณภาพ (HR1,HR2,HR3,HR4) 3. ความหนา (มม.) 4. ขนาดส่ง , ขนาดเดิม (หมายเลขการหลอมหรือรหัสรุ่น) 5. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา 6. ปริมาณงาน	-	ค่าทดลองคิดตามรายการทดสอบ	44* วัน
11	แผ่นเหล็กชาบสังกะสี	มอก.50-2538	เป็นแผ่นอย่างน้อย ขนาด 60 x 60 ซม.	รุ่น หมายถึง แผ่นเหล็กเคลือบสังกะสีชนิดเดียวกัน ที่มีความกว้างของแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสี ความหนาระบุของแผ่นเหล็กดำและมวลสังกะสีที่เคลือบอย่างเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน การชักตัวอย่าง แผ่นเหล็กเคลือบสังกะสีชนิดแผ่นเรียบ ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจำนวน 5 แผ่น จากทุก 50 ตัน จำนวนที่น้อยกว่า 50 ตัน ให้ถือเป็น 50 ตัน	1 ตัวอย่างต่อ100 แผ่น	1.ชนิด(แผ่นเรียบหรือลูกฟูก) 2. ความหนา (มม.) 3. ขนาดส่ง, ขนาดตัวอย่างเดิม 4. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา 5. ปริมาณงาน	-	450	14 วัน

<table>
<tr><th rowspan="2">ลำดับที่</th><th rowspan="2">ประเภทวัสดุ</th><th rowspan="2">ข้อกำหนดที่มี</th><th rowspan="2">ปริมาณ/ขนาดต่อ 1 ตัวอย่าง</th><th rowspan="2">วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง</th><th rowspan="2">จำนวนตัวอย่าง</th><th rowspan="2">สิ่งที่ควรระบุหรือแนบ</th><th colspan="2">ค่าทดลอง/ตัวอย่าง</th><th rowspan="2">ระยะเวลาทดลอง</th></tr>
<tr><th>มีใบรับรอง</th><th>ไม่มีใบรับรอง</th></tr>
<tr>
<td>12</td>
<td>ราวกันอันตราย
1 ชุดประกอบด้วย
แผ่นการ์ดเรล
เสาการ์ดเรล
สลักเกลียวยาว
สลักเกลียวสั้น
แป้นเกลียว
แหวนรองกลม
หรือรองเหลี่ยม</td>
<td>มอก.248-2531</td>
<td>ยาวอย่างน้อย 4 เมตร

1 แผ่น
1 ต้น
5 ชิ้น
5 ชิ้น
5 ชิ้น
5 ชิ้น
5 ชิ้น</td>
<td>รุ่น ในที่นี้หมายถึงราวเหล็กลูกฟูกกันรถสำหรับทางหลวง ที่ทำขึ้นหรือส่งมอบในคราวเดียวกันแล้วแต่กรณี ที่มีมิติ ชั้น ชนิดเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบในระยะเวลาเดียวกัน
การชักตัวอย่าง
โดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน ตามที่กำหนดในตาราง
<table>
<tr><th>ขนาดรุ่น (ชิ้น)</th><th>ขนาดตัวอย่าง (ชุดตัวอย่าง)</th></tr>
<tr><td>ไม่เกิน 200</td><td>1</td></tr>
<tr><td>201 - 500</td><td>2</td></tr>
<tr><td>501 - 1000</td><td>3</td></tr>
<tr><td>1001 ขึ้นไป</td><td>4</td></tr>
</table>
1. 1 ชุดตัวอย่างสำหรับราวเหล็กลูกฟูก เท่ากับ 3 ชิ้น
2. 1 ชุดตัวอย่าง สำหรับแผ่นปลายราวเหล็กลูกฟูกเท่ากับ 1 ชิ้น
3. 1 ชุดตัวอย่าง สำหรับแผ่นเสริมกำลังเท่ากับ 1 ชิ้น
4. 1 ชุดตัวอย่าง สำหรับสลักเกลียว แป้นเกลียวและแหวนรอง เท่ากับอย่างละ 3 ชิ้น
ตามบันทึกกองวิเคราะห์และวิจัยที่ คค 0611/2782 ลว. 7 มี.ค. 29
ระบุ 1 ชุดประกอบด้วย
1. แผ่นราวกันอันตราย จำนวน 1 แผ่น
2. เสาราวกันอันตราย จำนวน 1 ต้น
3. สลักเกลียวยาว จำนวน 5 ชิ้น
4. สลักเกลียวสั้น จำนวน 5 ชิ้น
5. แป้นเกลียว จำนวน 5 ชิ้น
6. แหวนรอง จำนวน 5 ชิ้น</td>
<td>1 ชุดต่อสัญญา</td>
<td>1. ชั้นและชนิดของการ์ดเรล
2. สัญญาและแบบ
3. ปริมาณงาน
4. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา
5. ใบรับรอง(ถ้ามี)</td>
<td>2300/ชุด
หรือ2650/ชุด
450
-
-
-
-
-
-</td>
<td>2300/ชุด
หรือ2650/ชุด
450*
450
350
350
350
350
350
(ไม่รวมส่วนประกอบทางเคมี)</td>
<td>มีใบรับรอง
18 วัน
ไม่มีใบรับรอง
50* วัน
อุปกรณ์
14 วัน</td>
</tr>
</table>

ลำดับที่	ประเภทวัสดุ	ข้อกำหนดที่มี	ปริมาณ/ขนาดต่อ 1 ตัวอย่าง	วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	สิ่งที่ควรระบุหรือแนบ	ค่าทดลอง/ตัวอย่าง		ระยะเวลาทดลอง
							มีใบรับรอง	ไม่มีใบรับรอง	วันทำการ
13	ราวสะพาน 1 ชุดประกอบด้วย ท่อราวสะพาน เสาราวสะพาน Toggle Toggle Bolt Spacer Washer Nut สลักเกลียวยาว สลักเกลียวสั้น แป้นเกลียว แหวนรอง	มอก.276-2532 มอก.277-2532 หรือแบบราวสะพาน	1 ท่อนยาวอย่างน้อย 1 เมตร 1 ตัว 5 ชิ้น 5 ชิ้น 5 ชิ้น 5 ชิ้น 5 ชิ้น 5 ชิ้น 5 ชิ้น 5 ชิ้น 5 ชิ้น 5 ชิ้น	เหล็กเสาราวสะพาน ตามแบบ 3 AD 5 -106-14/26 เหล็กเสาราวสะพาน ให้ประกอบด้วย แผ่นเหล็กตัดและเชื่อมตามแบบ เหล็กฉาก และราวสะพานยึดด้วย Bolt และ Toggle Bolt ที่ชุบด้วยสังกะสี โดยปริมาณไม่น้อยกว่า 378 กรัม/ตร.เมตร (125 ออนซ์/ตร.ฟุต) ผู้ผลิตจะต้องนำตัวอย่างมาทดสอบตามจำนวนที่ระบุไว้ดังต่อไปนี้ จำนวนที่ผลิต / จำนวนตัวอย่าง น้อยกว่า 500 — 2 500 - 820 — 3 820 - 1200 — 4 1200 - 1600 — 5 1600 - 2000 — 6	ตามข้อกำหนดในสัญญา	1. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ 2. ประเภทท่อหรือความหนาของท่อ 3. แบบมีหรือไม่มีตะเข็บ 4. ปริมาณงาน 5. บริษัทผู้ผลิตที่ได้เครื่องหมายมาตรฐาน มอก. 6. บริษัทคู่สัญญา	- - - - - - - - - - - - -	4150/ชุด 550 450 350 350 350 350 350 350 350 350 350	14 วัน (ไม่รวมระยะเวลาที่ใช้ในการตัดตัวอย่าง)
14	ท่อเหล็กกล้าไม่อาบสังกะสี	มอก.276-2532	1 ท่อนยาวอย่างน้อย 1 เมตร	1. ประเภทที่ 1 ท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ ผนังท่อบาง 2. ประเภทที่ 2 ท่อเหล็กแบบมีตะเข็บและแบบไม่มีตะเข็บ ผนังท่อหนาปานกลาง 3. ประเภทที่ 3 ท่อเหล็กแบบมีตะเข็บและแบบไม่มีตะเข็บ ผนังท่อหนา 4. ประเภทที่ 4 ท่อเหล็กแบบมีตะเข็บและแบบไม่มีตะเข็บ ผนังท่อหนาพิเศษ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความหนาตามระบุ ความยาว หากมิได้มีการตกลงกันเป็นอย่างอื่นระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย ให้ท่อเหล็กยาวท่อนละ 4 - 7 เมตร การชักตัวอย่าง รุ่น ในที่นี้หมายถึง ท่อเหล็กประเภทและขนาดระบุเดียวกัน ทำจากโรงงานเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือขายในระยะเวลาเดียวกัน ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน ตามจำนวนที่กำหนด ขนาดระบุ / ขนาดรุ่น (ท่อน) / ขนาดตัวอย่าง (ท่อน) 8 ถึง 500 — ทุก ๆ 1500 หรือเศษของ 1500 — 1 65 ถึง 125 — ทุก ๆ 750 หรือเศษของ 750 — 1 150 ถึง 200 — ทุก ๆ 500 หรือเศษของ 500 — 1	ตามข้อกำหนดในสัญญา	1. ขนาดท่อ 2. ประเภทหรือความหนา 4. แบบมีหรือไม่มีตะเข็บ 5. ปริมาณงาน 6. บริษัทผู้ผลิตที่ได้เครื่องมายมาตรฐาน มอก. 7. บริษัทคู่สัญญา	-	450 (ไม่รวมส่วนประกอบทางเคมี)	44* วัน (ไม่รวมระยะเวลาที่ใช้ในการตัดตัวอย่าง)

ลำดับที่	ประเภทวัสดุ	ข้อกำหนดที่มี	ปริมาณ/ขนาดต่อ 1 ตัวอย่าง	วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	สิ่งที่ควรระบุหรือแนบ	ค่าทดลอง/ตัวอย่าง		ระยะเวลาทดลอง
							มีใบรับรอง	ไม่มีใบรับรอง	วันทำการ
15	ท่อเหล็กกล้าอาบสังกะสี	มอก.277-2532	1 ท่อนยาวอย่างน้อย 1 เมตร	1. ประเภทที่ 1 ท่อเหล็กแบบมีตะเข็บ ผนังท่อบาง 2. ประเภทที่ 2 ท่อเหล็กแบบมีตะเข็บและแบบไม่มีตะเข็บ ผนังท่อหนาปานกลาง 3. ประเภทที่ 3 ท่อเหล็กแบบมีตะเข็บและแบบไม่มีตะเข็บ ผนังท่อหนา 4. ประเภทที่ 4 ท่อเหล็กแบบมีตะเข็บและแบบไม่มีตะเข็บ ผนังท่อหนาพิเศษ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความหนาตามระบุ ความยาว หากมิได้มีการตกลงกันเป็นอย่างอื่นระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย ให้ท่อเหล็กยาวท่อนละ 4 - 7 เมตร การชักตัวอย่าง รุ่น ในที่นี้หมายถึง ท่อเหล็กประเภทและขนาดระบุเดียวกัน ทำจากโรงงานเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือขายในระยะเวลาเดียวกัน ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน ตามจำนวนที่กำหนด ขนาดระบุ / ขนาดรุ่น (ท่อน) / ขนาดตัวอย่าง (ท่อน) 8 ถึง 500 / ทุก ๆ 1500 หรือเศษของ 1500 / 1 65 ถึง 125 / ทุก ๆ 750 หรือเศษของ 750 / 1 150 ถึง 200 / ทุก ๆ 500 หรือเศษของ 500 / 1	ตามข้อกำหนดในสัญญา	1. ขนาดท่อ 2. ประเภทหรือความหนา 4. แบบมีหรือไม่มีตะเข็บ 5. ปริมาณงาน 6. บริษัทผู้ผลิตที่ได้เครื่องหมายมาตรฐาน มอก. 7. บริษัทคู่สัญญา	-	550 (ไม่รวมส่วนประกอบทางเคมี)	48* วัน (ไม่รวมระยะเวลาที่ใช้ในการคัดตัวอย่าง)
16	เสาไฟฟ้า หรือ เสาไฟ High Mast	แบบ MD-601 การติดตั้งเสาไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวง ม.ค. 2522	1 ท่อนยาวอย่างน้อย 60 ซม.	ตามรายละเอียดที่กำหนดในแบบหรือสัญญา	1 ท่อนต่อสัญญา	1. ความสูงของเสา 2. ตามข้อกำหนดหรือเสา High Mast 3. ปริมาณงาน 4. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา	-	450	14 วัน (ไม่รวมระยะเวลาที่ใช้ในการคัดตัวอย่าง)
17	การ์ดเคเบิล 1 ชุดประกอบด้วย Cable Bracker ใหญ่ Bracker เล็ก เสา สลักเกลียวยาว แป้นเกลียว แหวนรอง สลักเกลียวสั้น แป้นเกลียว แหวนรอง	แบบ RS201GC	 1 เส้น 1 แผ่น 1 แผ่น 1 ต้น 5 ชิ้น 5 ชิ้น 5 ชิ้น 5 ชิ้น 5 ชิ้น 5 ชิ้น	ตามรายละเอียดที่กำหนดในแบบหรือสัญญา	1 ชุดต่อสัญญา	1. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อและ Cable 2. ประเภทของท่อ 3. ความหนาของท่อ 4. ปริมาณงาน 5. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา	-	4100/ชุด 450 550 550 450 350 350 350 350 350 350	20 วัน (ไม่รวมระยะเวลาที่ใช้ในการคัดตัวอย่าง)

ลำดับที่	ประเภทวัสดุ	ข้อกำหนดที่มี	ปริมาณขนาดต่อ 1 ตัวอย่าง	วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	สิ่งที่ควรระบุหรือแนบ	ค่าทดลอง/ตัวอย่าง		ระยะเวลาทดลอง
							มีใบรับรอง	ไม่มีใบรับรอง	วันทำการ
18	ท่อเหล็กกล้าอาบสังกะสีสำหรับใช้ร้อยสายไฟฟ้า	มอก. 770-2533	1 ท่อน	ท่อร้อยสาย แบ่งเป็น 3 ประเภท 1. ประเภทที่ 1 ผนังท่อบาง ปลายทั้งสองข้างไม่มีเกลียว (EMT) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ 15 ถึง 100 (เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 17.9 - 114.3 มม.) ยาวประมาณ 3 เมตร 2. ประเภทที่ 2 ผนังท่อหนาปานกลาง ปลายทั้งสองข้างมีเกลียว (IMC) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ 15 - 100 (เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 20.7 - 113.4 มม.) ยาวประมาณ 3 เมตร 3. ประเภทที่ 3 ผนังท่อหนา ปลายทั้งสองข้างมีเกลียว (RSC) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ 15 - 150 ((เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 21.3 - 168 มม.) ยาวประมาณ 3 เมตร ท่อร้อยสายมี 2 ชนิด 1. ชนิดที่ 1 ผิวภายนอกเคลือบสังกะสีและผิวภายในเคลือบซินาเมล 2. ชนิดที่ 2 ผิวภายนอกและผิวภายในเคลือบสังกะสี การชักตัวอย่าง รุ่นหมายถึงท่อร้อยสายประเภทและขนาดระบุเดียวกัน ที่ทำด้วยวัสดุและกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน ตามจำนวนที่กำหนด ขนาดรุ่น (ท่อน) / ขนาดตัวอย่าง (ท่อน) ไม่เกิน 1200 — 5 เกิน 1200 — 13	1 ท่อนต่อ 200 ท่อน	1. ประเภท และชนิด 2. ขนาดระบุ 3. กรรมวิธีการผลิต 4. วัสดุ 5. ปริมาณงาน 6. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา	-	550	16 วัน (ไม่รวมระยะเวลาที่ใช้ในการตัดตัวอย่าง)
19	ลวด 1. รีโนแมทเทรล หรือ ลวดตาข่ายเกบิอน	แบบ SP 401 แบบ SP 107	1 ชุดประกอบด้วย - ลวดโครง 6 เมตร - ลวดถัก 6 เมตร - ลวดผูก 6 เมตร - ตะแกรง 1 ตร.ม.	เก็บตัวอย่างเป็นชุด ประกอบด้วย 1. ลวดเส้นตรง 1.1 ลวดโครง 1.2 ลวดถัก 1.3 ลวดผูก 2. ตะแกรงประกอบด้วย ลวดโครง ลวดถัก และลวดผูก	1 ชุดต่อสัญญา หรือตามข้อกำหนดในสัญญา	1. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.แบบ 3.ขนาดช่องตาข่าย 4. การวัดช่องตาข่าย 5. ปริมาณงาน 6. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา	-	2150/ชุด 350 350 350 1100	14 วัน

ลำดับที่	ประเภทวัสดุ	ข้อกำหนดที่มี	ปริมาณ/ขนาดต่อ 1 ตัวอย่าง	วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	สิ่งที่ควรระบุหรือแนบ	ค่าทดลอง/ตัวอย่าง		ระยะเวลาทดลอง
							มีใบรับรอง	ไม่มีใบรับรอง	วันทำการ
	2. ลวดเคลือบสังกะสี	มอก.71-2517	1 ขดอย่างน้อย 6 เมตร	ขดลวดเหล็กเคลือบสังกะสี แต่ละขดต้องมีน้ำหนัก 50 กก. การชักตัวอย่าง ชักด้วยวิธีการสุ่มตามจำนวนที่กำหนดในตาราง จำนวนในรุ่น (ขด) / จำนวนตัวอย่าง (ขด) 6-50 / 5 51-500 / 10 มากกว่า 500 / 15	1 ตัวอย่างต่อสัญญา	1. ประเภท 2. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3. ปริมาณงาน 4. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา	-	350	14 วัน
	3. ลวดตาข่าย	มอก. 208-2520	1 ชุดประกอบด้วย 1. ลวดเส้นตรง 6 เมตร 2. ตะแกรง 1 ตร.ม.	ลวดตาข่ายเคลือบสังกะสี หมายถึง ลวดเหล็กอบอ่อนที่ได้รับการขึ้นรูปเป็นตาข่ายด้วยการถักหรือการเชื่อม เส้นผ่านศูนย์กลางของลวดที่ทำลวดตาข่ายเคลือบสังกะสีตาม มอก. 71-2517 ขนาดของลวดตาข่าย ประเภทของลวดตาข่าย / ความกว้าง(มม) (ขนาดกว้าง ชิ้น,) / ความยาว (เมตร) (ม้วนลวดตาข่ายฯ) ประเภท ก ขึ้นรูปด้วยการถัก มี 4 แบบ ตาหกเหลี่ยม: 900 , 1200 / 45 ตาขนมเปียกปูน: 900,1200,1500 / 30 ตาสี่เหลี่ยมจัตุรัส: 900,1200,1500 / 10 ตาสี่เหลี่ยมผืนผ้า: 900,1200,1500 / 10 ประเภท ข ขึ้นรูปด้วยการเชื่อม มี 2 แบบ ตาสี่เหลี่ยมจัตุรัส: 900,1200 / 30 ตาสี่เหลี่ยมผืนผ้า: 900,1200 / 30 การชักตัวอย่าง ชักด้วยวิธีการสุ่มตามจำนวนที่กำหนดในตาราง รุ่น หมายถึง ลวดตาข่ายเคลือบสังกะสี เป็นม้วนจำนวนหนึ่งซึ่งเป็นประเภทและแบบเดียวกันและผลิตออกมาคราวเดียวกัน นอกจากจะมีการตกลงกันเป็นอย่างอื่นระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย ขนาดตัวอย่าง และวิธีชักตัวอย่างให้เป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้ 1. ขนาดตัวอย่าง จากรุ่นเดียวกันให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดไว้ในตาราง	1 ตัวอย่างต่อสัญญา	1. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2. ประเภท 3. แบบ 4. ขนาดช่องตาข่าย 5. ขนาด กว้าง x ยาว 6. ปริมาณงาน 7. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา	-	450	14 วัน

ลำดับที่	ประเภทวัสดุ	ข้อกำหนดที่มี	ปริมาณ/ขนาดต่อ 1 ตัวอย่าง	วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	สิ่งที่ควรระบุหรือแนบ	ค่าทดลอง/ตัวอย่าง		ระยะเวลาทดลอง
							มีใบรับรอง	ไม่มีใบรับรอง	วันทำการ
				ขนาดรุ่น (ม้วน) / ขนาดตัวอย่าง (ม้วน) 1-5 : 1 6-50 : 5 51-300 : 10 มากกว่า 300 : 25 2. วิธีชักตัวอย่าง ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มจากรุ่น หรือใช้วิธีต่อไปนี้ $r = \frac{N}{n}$ เมื่อ r คือ ลำดับของผลิตภัณฑ์ที่จะชักตัวอย่าง (ถ้ามีเศษให้ตัดทิ้ง) N คือ ขนาดรุ่น n คือ ขนาดตัวอย่าง				
	4. ลวดรีโนแมทเทรส หุ้ม PVC หรือตาข่าย หุ้ม PVC	 แบบ SP 401 แบบ SP 107	1 ชุดประกอบด้วย - ลวดโครง 6 เมตร - ลวดถัก 6 เมตร - ลวดผูก 6 เมตร - ตะแกรง 1 ตร.ม.	เก็บตัวอย่างเป็นชุด ประกอบด้วย 1. ลวดเส้นตรง 1.1 ลวดโครง 1.2 ลวดถัก 1.3 ลวดผูก 2. ตะแกรงประกอบด้วย ลวดโครง ลวดถัก และลวดผูก	1 ชุดต่อสัญญาหรือตามข้อกำหนดในสัญญา	1. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.แบบ 3.ขนาดช่องตาข่าย 4. การวัดช่องตาข่าย 5. ปริมาณงาน 6. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา	-	9350/ชุด 1550 1550 1550 4700	26 วัน
	5. ลวดเหล็ก	มอก.194-2535	1 ขดยาว 6 เมตร หรือ 1 เมตร 6 เส้น	รุ่นในที่นี้ หมายถึง ลวดขนาดเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน การชักตัวอย่าง ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันตามจำนวนที่กำหนดในตาราง ขนาดรุ่น (มัด) / ขนาดตัวอย่าง (มัด) 1 - 5 : 1 6 - 50 : 5 51 - 500 : 10 เกิน 500 : 15	1 ตัวอย่างต่อสัญญา	1. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา 3. ปริมาณงาน	-	100 (ไม่รวมส่วนประกอบทางเคมี)	44* วัน

ลำดับที่	ประเภทวัสดุ	ข้อกำหนดที่มี	ปริมาณ/ขนาดต่อ 1 ตัวอย่าง	วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	สิ่งที่ควรระบุหรือแนบ	ค่าทดลอง/ตัวอย่าง		ระยะเวลาทดลอง
							มีใบรับรอง	ไม่มีใบรับรอง	วันทำการ
				วิธีชักตัวอย่าง ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน หรือใช้วิธีต่อไปนี้ $r = \frac{N}{n}$ เมื่อ r คือ ลำดับของผลิตภัณฑ์ที่จะชักตัวอย่าง (ถ้ามีเศษให้ตัดทิ้ง) N คือ ขนาดรุ่น n คือ ขนาดตัวอย่าง					
20	ใบมีดกลเหลี่ยม	ตามแบบหรือสัญญา	หนักอย่างน้อย 500 กรัม	การชักตัวอย่าง เกณฑ์ตัดสิน การเตรียมตัวอย่างและการทดลอง ใบมีดจะต้องได้รับการตรวจสอบจากคณะกรรมการตรวจรับ ซึ่งทรงสิทธิ์ไว้ที่จะทำการทดสอบเพียงอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทุกอย่างเพื่อให้ตรงกับความต้องการของกรมทางหลวง 1. การชักตัวอย่าง ให้ดำเนินการดังนี้ ให้แบ่งใบมีดออกเป็นกอง ๆ ละ 100 ใบ เศษที่เหลือน้อยกว่า 50 ใบ ให้รวมกับกองสุดท้าย ถ้าเศษที่เหลือมีจำนวน 50 ใบขึ้นไปให้แยกเป็นอีกหนึ่งกอง 1.1 ให้สุ่มตัวอย่างขึ้นมาจากแต่ละกอง จำนวนกองละ 10 ตัวอย่าง เพื่อทำการตรวจสอบความเรียบร้อยภายนอกด้วยตา 1.2 ให้สุ่มตัวอย่างขึ้นมาจากแต่ละกอง จำนวนกองละ 1 ตัวอย่าง เพื่อทำการทดสอบโดยวิธีทดลอง	1 ตัวอย่างต่อ100 ใบมีด	1. แนบข้อกำหนดหรือรายละเอียดสัญญา 2. ปริมาณงาน 3. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา	-	ตามรายการทดสอบ	44* วัน
21	แผ่นเหล็กรอยต่อพื้นสะพาน	ตามแบบหรือสัญญา	ขนาดกว้าง และหนาตามแบบ ยาวอย่างน้อย 1 เมตร	ตามรายละเอียดที่กำหนดในแบบหรือสัญญา	ตามที่กำหนดในแบบหรือสัญญา	1. แบบแผ่นเหล็กรอยต่อสะพาน 2. ความกว้าง 3. ความหนา 4. บริษัทผู้ผลิต/คู่สัญญา 5. ปริมาณงาน	-	500	14 วัน (ไม่รวมระยะเวลาที่ใช้ในการคัดตัวอย่าง)

ลำดับที่	ประเภทวัสดุ	ข้อกำหนดที่มี	ปริมาณ/ขนาดต่อ 1 ตัวอย่าง	วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	สิ่งที่ควรระบุหรือแนบ	ค่าทดลอง/ตัวอย่าง		ระยะเวลาทดลอง
							มีใบรับรอง	ไม่มีใบรับรอง	วันทำการ
22	แผ่นเหล็กรอยต่อพื้นสะพาน เชื่อมติดเหล็ก DB	ตามแบบหรือ สัญญา	ขนาดกว้าง และหนาตามแบบ ยาวอย่างน้อย 1 เมตร	ตามรายละเอียดที่กำหนดในแบบหรือสัญญา	ตามที่กำหนดในแบบ หรือสัญญา	1. แบบแผ่นเหล็กรอยต่อสะพาน 2. ความกว้าง 3. ความหนา 4. บริษัทผู้ผลิต/คู่สัญญา 5. ปริมาณงาน	-	900	14 วัน (ไม่รวมระยะเวลาที่ใช้ในการตัดตัวอย่าง)
23	รั้วลูกกรงเหล็ก	ตามแบบหรือสัญญา	1 ชุดตัวอย่าง 1. รั้วลูกกรง 1 แผ่น 2. เสา 2 ต้น 3.อุปกรณ์ ตัวอย่างละ 5 ชิ้น	ตามรายละเอียดที่กำหนดในแบบหรือสัญญา	1 ชุดตัวอย่างต่อสัญญา	1. เส้นผ่านศูนย์กลางของรั้ว และเสา 2. ความหนาของเสา 3. แนบแบบ 4. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา 5. ปริมาณงาน	-	ตามรายละเอียดการทดลอง	14 วัน (ไม่รวมระยะเวลาที่ใช้ในการตัดตัวอย่าง)
24	เหล็กเส้นแบน - ชุบสังกะสี - ไม่ชุบสังกะสี	มอก.55-2516	กว้าง และ หนาตามแบบ ยาวไม่น้อยกว่า 1 ถึง 1.50 เมตร	ให้ชักตัวอย่างไม่น้อยกว่า 1 ชุดตัวอย่าง (ชุดละสามชิ้น) ต่อทุกๆ 20,000 กิโลกรัม	1 ชุดตัวอย่างต่อสัญญา	1. ความกว้าง 2. ความหนา 3. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา 4. ปริมาณงาน	- -	550 300 (ไม่รวมส่วนประกอบทางเคมี)	48* วัน (ไม่รวมระยะเวลาที่ใช้ในการตัดตัวอย่าง)
25	เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน	มอก. 1227 - 2537	กว้างและหนาตามแบบ ยาวไม่น้อยกว่า 1 ถึง 1.50 เมตร	รุ่นหมายถึงเหล็กโครงสร้างแบบชั้นคุณภาพ ขนาดและความหนาเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือขึ้อขายในระยะเวลาเดียวกัน การชักตัวอย่างให้ชักตัวอย่าง โดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน 3 ท่อน	1 ชุดตัวอย่างต่อสัญญา	1. ชั้นคุณภาพ 2. ขนาดกว้าง 3. หนา 4. ยาว 5. ปริมาณงาน 6. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา	-	ตามรายการทดสอบ	48* วัน

<table>
<tr><th rowspan="2">ลำดับที่</th><th rowspan="2">ประเภทวัสดุ</th><th rowspan="2">ข้อกำหนดที่มี</th><th rowspan="2">ปริมาณ/ขนาดต่อ 1 ตัวอย่าง</th><th rowspan="2">วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง</th><th rowspan="2">จำนวนตัวอย่าง</th><th rowspan="2">สิ่งที่ควรระบุหรือแนบ</th><th colspan="2">ค่าทดลอง/ตัวอย่าง</th><th rowspan="2">ระยะเวลาทดลอง
วันทำการ</th></tr>
<tr><th>มีใบรับรอง</th><th>ไม่มีใบรับรอง</th></tr>
<tr><td>26</td><td>ยางรองคอสะพาน
(Elastomeric BearingPad)</td><td>-มอก.951-2533
- BS 5400
- AASHTO Highway Brige
- AASHTO M251</td><td>Laminate ระบุขนาดตามรายการคำนวน
Plain Pad ยาว 1 เมตร
หรือตามแบบระบุ</td><td>รุ่นในที่นี้ หมายถึง แผ่นยางประเภท ชนิด แบบและขนาดเดียวกัน รูปร่างเหมือนกัน มีส่วนประกอบและการทำอย่างเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือขายในระยะเวลาเดียวกัน
การชักตัวอย่าง
ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันตามจำนวนที่กำหนดในตาราง
<table><tr><th>ขนาดรุ่น (แผ่น)</th><th>ขนาดตัวอย่าง (แผ่น)</th></tr><tr><td>ไม่เกิน 150</td><td>3</td></tr><tr><td>151 ขึ้นไป</td><td>13</td></tr></table></td><td>1 ตัวอย่างแต่ละประเภทต่อสัญญา</td><td>1. ขนาด
2. Hardness
3. เป็น Fix หรือ Free End
4. ชนิดยางเป็นNeoprene หรือ Natural Rubber
5. ประเภท Laminate หรือ Plain Pad
6. แนบแบบหรือรายการคำนวนในกรณีเป็น Laminated
7. บริษัทผู้ผลิต/คู่สัญญา
8. ปริมาณงาน
9. ใบรับรอง (ถ้ามี)</td><td>Laminated
950
Plain
750
เฉพาะ มอก.
951-2533
Laminated
900
Plain
750</td><td>Laminated
2050
Plain
1850
เฉพาะ มอก.
951-2533
Laminated
2000
Plain
1850</td><td>มีใบรับรอง
26 วัน
ไม่มีใบรับรอง
58* วัน</td></tr>
<tr><td>27</td><td>แผ่นใยสังเคราะห์</td><td>- ข้อกำหนดพิเศษแผ่นใยสังเคราะห์
- สำหรับปูก่อนเสริมผิว
- สำหรับระบายน้ำ ตามแบบระบุ เช่น SP 401</td><td>Geotextile ไม่น้อยกว่า 3 ตารางเมตร
Geogrid ไม่น้อยกว่า 4 ตารางเมตร</td><td>ตามรายละเอียดที่กำหนดในแบบหรือสัญญา</td><td>1 ตัวอย่างต่อสัญญา</td><td>1.ใช้งานระบายน้ำหรือเสริมผิว
2.วัสดุที่ใช้ผลิต
3. ชนิดแผ่นใย nonwoven หรือ woven
4. กรรมวิธีการผลิต Needle Punch หรือ Thermally Bond หรือ Chemical Bond
5. ลักษณะเส้นใย Staple หรือ Continuous
6. บริษัทผู้ผลิตยี่ห้อรุ่น ของแผ่นใยสังเคราะห์
7. ปริมาณงานเป็นตารางเมตร</td><td>-</td><td>-ระบายน้ำ
250
หรือ 450
- เสริมผิว
1050</td><td>14 วัน</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th rowspan="2">ลำดับที่</th><th rowspan="2">ประเภทวัสดุ</th><th rowspan="2">ข้อกำหนดที่มี</th><th rowspan="2">ปริมาณ/ขนาดต่อ 1 ตัวอย่าง</th><th rowspan="2">วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง</th><th rowspan="2">จำนวนตัวอย่าง</th><th rowspan="2">สิ่งที่ควรระบุหรือแนบ</th><th colspan="2">ค่าทดลอง/ตัวอย่าง</th><th rowspan="2">ระยะเวลาทดลอง
วันทำการ</th></tr>
<tr><th>มีใบรับรอง</th><th>ไม่มีใบรับรอง</th></tr>
<tr><td>28</td><td>สารยึดอิพ๊อกซีเรซิน
สำหรับคอนกรีต
(Epoxy -resin-base
bonding systems for
concrete)</td><td>มอก.1026 - 2534
ASTM C 881 - 87</td><td>Resin 1 ลิตร
Hardener 1 ลิตร</td><td>รุ่นหมายถึง สารยึดอิพ๊อกซีเรซินประเภท แบบและชนิดเดียวกัน มีส่วนประกอบอย่างเดียวกัน บรรจุในภาชนะชนิดและขนาดเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน
ตัวอย่าง 1 หน่วยภาชนะบรรจุ หมายถึง สารยึดอิพ๊อกซีเรซินที่ประกอบด้วยส่วนประกอบ เอ 1 หน่วย และส่วนประกอบบี 1 หน่วย
การชักตัวอย่าง
ให้ชักตัวอย่าง ส่วนประกอบเอและส่วนประกอบบี จากถังเก็บก่อนการบรรจุ ให้ได้ตัวอย่างรวมแต่ละส่วนประกอบไม่น้อยกว่า 5 ลบ.เดซิเมตร สำหรับประเภท 1 ถึง ประเภท 5 และไม่น้อยกว่า 10 ลบ.เดซิเมตร สำหรับประเภท 6 และ 7 หรือชักตัวอย่างแต่ละส่วนประกอบโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันตามจำนวนที่กำหนดในตารางแล้วนำไปทำเป็นตัวอย่างรวมให้ได้ตัวอย่างรวมแต่ละส่วนประกอบตามที่กำหนดข้างต้น ในกรณีตัวอย่างไม่พอ ให้ชักตัวอย่างเพิ่มจนได้ตัวอย่างรวมแต่ละส่วนประกอบตามที่กำหนดข้างต้น
<table><tr><th>ขนาดรุ่น (หน่วยภาชนะบรรจุ)</th><th>ขนาดตัวอย่าง(หน่วยภาชนะบรรจุ)</th></tr><tr><td>ไม่เกิน 64</td><td>4</td></tr><tr><td>65-125</td><td>5</td></tr><tr><td>126-216</td><td>6</td></tr><tr><td>เกิน 216</td><td>7</td></tr></table></td><td>1 ชุดตัวอย่างต่อสัญญา</td><td>1. อัตราส่วนผสมของ
Resin และ Hardener
2. ระบุ Type
3. Grade
4. Class
5. Color
6. น้ำหนักหรือปริมาตรที่ส่ง
7. คำแนะนำหรือคู่มือเกี่ยวกับการใช้งาน , ข้อควรระวัง ฯลฯ
8. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา
9. ปริมาณงาน
10. ยี่ห้อ</td><td>-</td><td>ตามรายการทดสอบ</td><td>60* วัน</td></tr>
<tr><td>29</td><td>สารเหลวบ่มคอนกรีต
(Curing Compound)</td><td>841-2532
ASTMC 309-81</td><td>ไม่น้อยกว่า 1 กก.
(Combine Sample)</td><td>รุ่นในที่นี้ หมายถึง สารเหลวบ่มคอนกรีตประเภทเดียวกัน มีสิ่งนำชนิดเดียวกัน ทำจากโรงงานเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน
การชักตัวอย่าง
ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน ตามจำนวนที่กำหนดในตาราง แล้วใช้เครื่องมือที่เหมาะสมชักตัวอย่างตลอดความลึกของแต่ละภาชนะบรรจุ ให้ได้ตัวอย่างรวมไม่น้อยกว่า 1 กิโลกรัม
<table><tr><th>ขนาดรุ่น (หน่วยภาชนะบรรจุ)</th><th>ขนาดตัวอย่าง(หน่วยภาชนะบรรจุ)</th></tr><tr><td>ไม่เกิน 8</td><td>2</td></tr><tr><td>9-27</td><td>3</td></tr><tr><td>28-64</td><td>4</td></tr><tr><td>65 ขึ้นไป</td><td>5</td></tr></table></td><td>1 ชุดตัวอย่างต่อสัญญา</td><td>1. ประเภท
2. ชนิดของสิ่งนำ
3. ส่วนที่ไม่ระเหย
4. คำแนะนำหรือคู่มือเกี่ยวกับการใช้งาน
5. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา
6. ยี่ห้อ
7. ปริมาณงาน</td><td>-</td><td>ตามรายการทดสอบ</td><td>44* วัน</td></tr>
</table>

ลำดับที่	ประเภทวัสดุ	ข้อกำหนดที่มี	ปริมาณขนาดต่อ 1 ตัวอย่าง	วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	สิ่งที่ควรระบุหรือแนบ	ค่าทดลอง/ตัวอย่าง		ระยะเวลาทดลอง
							มีใบรับรอง	ไม่มีใบรับรอง	วันทำการ
30	สารเคมีผสมเพิ่ม สำหรับคอนกรีต (Admixture for Concrete) สารเคมีผสมเพิ่ม สำหรับคอนกรีตไหล	มอก. 733 - 2530 ASTM - C 494 - 81 มอก.985-2533	ชนิดผงไม่น้อยกว่า 1 กก. ชนิดเหลวไม่น้อยกว่า 1000 cc. (Combine Sample)	รุ่น ในที่นี้ หมายถึง สารผสมเพิ่มประเภทและชนิดเดียวกัน บรรจุในภาชนะบรรจุชนิดและขนาดเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน การชักตัวอย่าง การชักตัวอย่าง และการยอมรับ สำหรับการวิเคราะห์คุณลักษณะที่ต้องการ สำหรับภาชนะบรรจุที่มีขนาดไม่เกิน 250 กิโลกรัม หรือ 200 ลูกบาศก์เดซิเมตร ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน ตามจำนวนที่กำหนดในตาราง ชนิดผง ใช้ลวดชักตัวอย่างตลอดความลึกของแต่ละภาชนะบรรจุ ภาชนะบรรจุละเท่า ๆ กัน ให้ได้น้ำหนักรวมกันไม่น้อยกว่า 4 กก. แล้วลดตัวอย่างโดยวิธีแบ่งสี่ให้เหลือประมาณ 1 กิโลกรัม เก็บไว้ในภาชนะที่แห้ง สะอาด ปิดสนิท อากาศเข้าไม่ได้ ชนิดเหลว เขย่าหรือกวนตัวอย่างที่นอนก้น ให้กระจาย แล้วใช้เครื่องมือที่เหมาะสมชักตัวอย่างจากแต่ละภาชนะบรรจุ 3 ระดับ คือ ระดับบน ระดับกลาง และระดับล่าง ให้ได้ตัวอย่างไม่น้อยกว่า 500 ลบ.ซม. เก็บในภาชนะที่แห้งสะอาด ปิดสนิท อากาศเข้าไม่ได้ สำหรับภาชนะบรรจุที่มีขนาดไม่เกิน 250 กก. หรือ 200 กก. สำหรับขนส่งทางรถไฟ รถยนต์ หรือถังเก็บ ให้ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมชักตัวอย่าง 3 ระดับ คือ ระดับบน ระดับกลาง และระดับล่าง ให้ได้ตัวอย่างรวมไม่น้อยกว่า 1 กก. และ 1000 ลบ.ซม. สำหรับชนิดผงและชนิดเหลวตามลำดับ	1 ตัวอย่างต่อสัญญา	1. อัตราส่วนผสมต่อซีเมนต์ 2. ประเภท ชนิด สารเคมีหลัก 3. สิ่งที่เหลือจากการอบ 4. ความหนาแน่นสัมพัทธ์ 5. คลอไรด์ 6. ยี่ห้อ 7. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา 8. คำแนะนำหรือคู่มือเกี่ยวกับการใช้งาน 9. ปริมาณงาน	-	ตามรายการทดสอบ	72 *วัน

ขนาดรุ่น(หน่วยภาชนะบรรจุ)	ขนาดตัวอย่าง(หน่วยภาชนะบรรจุ)
ไม่เกิน 20	3
21-50	5
51-98	7
99-162	9
163-242	11
เกิน 242 ขึ้นไป	13

ลำดับที่	ประเภทวัสดุ	ข้อกำหนดที่มี	ปริมาณ/ขนาดต่อ 1 ตัวอย่าง	วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	สิ่งที่ควรระบุหรือแนบ	ค่าทดลอง/ตัวอย่าง		ระยะเวลาทดลอง
							มีใบรับรอง	ไม่มีใบรับรอง	วันทำการ
31	น้ำ	AASHTO T 289 AASHTO T 290 AASHTO T 291	1 แกลลอน (4 ลิตร)	ตามรายละเอียดที่กำหนดในแบบหรือสัญญา	1 ตัวอย่างต่อสัญญา	ข้อกำหนดตามสัญญาหรือแบบ	-	550	20 วัน
32	ดีบุก	ตามสัญญา		ตามรายละเอียดที่กำหนดในแบบหรือสัญญา	1 ตัวอย่างต่อสัญญา	ข้อกำหนดตามสัญญาหรือแบบ	-	ตามรายการทดสอบ	44* วัน
33	ทองเหลือง	ตามสัญญา		ตามรายละเอียดที่กำหนดในแบบหรือสัญญา	1 ตัวอย่างต่อสัญญา	ข้อกำหนดตามสัญญาหรือแบบ	-	ตามรายการทดสอบ	44* วัน
34	ชิ้นก้านเกลบ	ตามสัญญา	ไม่น้อยกว่า 5 กิโลกรัม	ตามรายละเอียดที่กำหนดในแบบหรือสัญญา	1 ตัวอย่างต่อสัญญา	ข้อกำหนดตามสัญญาหรือแบบ	-	ตามรายการทดสอบ	44* วัน
35	ทราย	AASHTO T 289 AASHTO T 290 AASHTO T 291	5 - 10 กก.	ตามรายละเอียดที่กำหนดในแบบหรือสัญญา	1 ตัวอย่างต่อสัญญา	ข้อกำหนดตามสัญญาหรือแบบ	-	ตามรายการทดสอบ	44* วัน
36	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	มอก. 15 เล่ม 1 - 2547	ไม่น้อยกว่า 5 กิโลกรัม	รุ่นหมายถึงปูนซีเมนต์ประเภทเดียวกับที่ทำต่อเนื่องกันคราวเดียวกัน และแหล่งเดียวกันที่ส่งมอบในคราวเดียวกัน หรือที่เข้าไซโลเดียวกันหรือหลายไซโลเรียงกันตามลำดับ หรือที่บรรจุในภาชนะขนส่งซึ่งอาจเป็นรถคันหนึ่งหรือมากกว่าก็ได้ แต่ต้องเป็นปูนซีเมนต์ที่ขนมาจากไซโลเดียวกัน การชักตัวอย่าง จากปูนซีเมนต์บรรจุถุงโดยใช้หลาว ให้สอดหลาว เข้าไปเฉียง ๆ ตรงรอยปากถุงปูนซีเมนต์ ใช้นิ้วหัวแม่มือดูดรูอากาศแล้วดึงหลาวออกมา ให้ชักตัวอย่าง 1 ตัวอย่างจากปูนซีเมนต์ 1 ถุงต่อปูนซีเมนต์ 5 ตันหรือ เศษของ 5 ตัน	1 ตัวอย่างต่อสัญญา	1. ประเภท 2. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา	-	ตามรายการทดสอบ	44* วัน

<table>
<tr><th rowspan="2">ลำดับที่</th><th rowspan="2">ประเภทวัสดุ</th><th rowspan="2">ข้อกำหนดที่มี</th><th rowspan="2">ปริมาณ/ขนาดต่อ 1 ตัวอย่าง</th><th rowspan="2">วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง</th><th rowspan="2">จำนวนตัวอย่าง</th><th rowspan="2">สิ่งที่ควรระบุหรือแนบ</th><th colspan="2">ค่าทดลอง/ตัวอย่าง</th><th rowspan="2">ระยะเวลาทดลอง
วันทำการ</th></tr>
<tr><th>มีใบรับรอง</th><th>ไม่มีใบรับรอง</th></tr>
<tr><td>37</td><td>ปูนขาว</td><td>ตามสัญญา</td><td>ไม่น้อยกว่า 3 กิโลกรัม</td><td>รุ่นหมายถึงปูนขาวชนิดเดียวกับที่ทำจำหน่ายหรือ ปูนขาวหรือขนส่งจากแหล่งในคราวเดียวกัน
การชักตัวอย่าง ชนิดที่บรรจุถุง
ให้ชักตัวอย่างถุงอย่างน้อยร้อยละ 1 แต่จะต้องไม่น้อยกว่า 5 ถุง ให้ชักตัวอย่างถุงตามตำแหน่งต่างๆ กัน เปิดถุงที่เก็บไว้เป็นตัวอย่างแล้วชักตัวอย่างไม่น้อยกว่าครึ่งกิโลกรัมจากแต่ละถุง เก็บไว้ในภาชนะบรรจุผสมตัวอย่างให้เข้ากันแล้วชักตัวอย่างแบ่งเป็น 3 ส่วน โดยวิธีการแบ่ง 4 ในกรณีที่ไม่มีข้อกำหนดขนาดตะแกรง ขนาดตัวอย่างหนึ่งส่วนต้องหนักไม่น้อยกว่า 3 กก. และในกรณีที่มีข้อกำหนดขนาดตะแกรง ขนาดตัวอย่างหนึ่งส่วนต้องเป็นไปตามตารางที่ 1
<table><tr><th rowspan="2">ขนาดตะแกรงที่ผลิตภัณฑ์ผ่านได้
มิลลิเมตร</th><th colspan="2">ขนาดตัวอย่างหนึ่งส่วน</th></tr><tr><th>ต่ำสุด</th><th>กิโลกรัม</th></tr><tr><td>19.0</td><td></td><td>3</td></tr><tr><td>25.0</td><td></td><td>5</td></tr><tr><td>37.5</td><td></td><td>15</td></tr><tr><td>50.0</td><td></td><td>35</td></tr></table>**หมายเหตุ** ถ้ามีข้อกำหนดขนาดตะแกรงใหญ่กว่า 50 มิลลิเมตร ขนาดตัวอย่างหนึ่งส่วนต้องไม่น้อยกว่า 100 เท่าของน้ำหนักก้อนหินที่ใหญ่ที่สุด</td><td>1 ตัวอย่างต่อสัญญา</td><td>1. ประเภท
2. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา</td><td>-</td><td>ตามรายการทดสอบ</td><td>44* วัน</td></tr>
<tr><td>38</td><td>ดินขาว</td><td>ตามรายละเอียด</td><td>ไม่น้อยกว่า 3 กิโลกรัม</td><td>รุ่นหมายถึงดินขาวชนิดและชั้นคุณภาพดินที่ผลิตในคราวเดียวกัน
การชักตัวอย่าง
ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มตามแผนการชักตัวอย่างตามตาราง
<table><tr><th>ขนาดรุ่น(หน่วยภาชนะบรรจุ)</th><th>ขนาดตัวอย่าง(หน่วยภาชนะบรรจุ)</th></tr><tr><td>ไม่เกิน 100</td><td>5 - 10</td></tr><tr><td>101- 500</td><td>15</td></tr><tr><td>501 - 1000</td><td>20</td></tr><tr><td>เกิน 1000</td><td>30</td></tr></table>เปิดปากภาชนะบรรจุที่ชักตัวอย่างได้ตามตาราง แล้วใช้อุปกรณ์ชักตัวอย่างที่เหมาะสมชักตัวอย่างที่ระดับต่างๆของภาชนะบรรจุให้ได้ตัวอย่างจากแต่ละภาชนะบรรจุไม่น้อยกว่า 1 กก. ผสมตัวอย่างที่ได้จากแต่ละภาชนะบรรจุให้เข้ากันแล้วลดปริมาณตัวอย่างโดยวิธีแบ่งสี่จนได้ตัวอย่างประมาณ 4.5 กก.</td><td>1 ตัวอย่างต่อสัญญา</td><td>1. ชนิด
2. บริษัทผู้ผลิต/คู่สัญญา</td><td>-</td><td>ตามรายการ</td><td>44* วัน</td></tr>
</table>

ลำดับที่	ประเภทวัสดุ	ข้อกำหนดที่มี	ปริมาณ/ขนาดต่อ 1 ตัวอย่าง	วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	สิ่งที่ควรระบุหรือแนบ	ค่าทดลอง/ตัวอย่าง		ระยะเวลาทดลอง
							มีใบรับรอง	ไม่มีใบรับรอง	วันทำการ
39	กรด	ตามรายละเอียดแบบสัญญา	1 ลิตร	ตามรายละเอียดในแบบหรือสัญญา	1 ตัวอย่างต่อสัญญา	ข้อกำหนดตามสัญญาหรือที่ระบุ	-	ตามรายการทดสอบ	44* วัน
40	แอสฟัลติกซีเมนต์ (Asphalt Cement)	มอก.851-2542	อย่างน้อย 1 ลิตร	ปฏิบัติตามคำสั่งกรมทางหลวงที่ 61/2541 ลว. 29 กรกฎาคม 2541 1) การชักตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์แอสฟัลต์ กรณีที่ 1 เป็นการออกใบรับรอง สำหรับโรงงานที่ได้รับทั้งมาตรฐาน มอก. และ มอก. ISO 9000 กรณีที่ 2 เป็นการตรวจสอบคุณภาพตัวอย่างตามมาตรฐานของกรมทางหลวง สำหรับโรงงานที่ได้รับเฉพาะมาตรฐานข้อกำหนด มอก. และ มอก. ISO 9000 วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง โดยการประสานงานระหว่างโรงงานผู้ผลิตกับสำนักวิเคราะห์ฯ ในการสุ่มเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์แอสฟัลต์จะเก็บจากถังเก็บ (Storage Tank) ที่มีปริมาณผลิตภัณฑ์แอสฟัลต์ ประมาณไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของถังเก็บ เว้นแต่แอสฟัลต์อิมัลชันจะทำการเก็บตัวอย่างในระหว่างการผลิตด้วย 2) การชักตัวอย่างการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์แอสฟัลต์ จากงานสัญญา กรณีงานสัญญาซื้อขาย จะทำการชักตัวอย่างส่งไปให้สำนักวิเคราะห์วิจัยฯ ทำการทดลองตรวจสอบหรือไม่ ให้อยู่ในดุลยพินิจของคณะกรรมการตรวจรับ กรณีงานสัญญาจ้าง จะทำการชักตัวอย่างส่งไปให้สำนักวิเคราะห์วิจัยฯ ทำการทดลองตรวจสอบหรือไม่ ให้อยู่ในดุลยพินิจของคณะกรรมการตรวจการจ้างหรือผู้ควบคุมงาน (การใช้ดุลยพินิจดังกล่าวอย่างน้อยให้พิจารณาถึงข้อ 2.1.1 และข้อ 2.1.2(ตามคำสั่งกรมฯที่ 61/2541) เป็นหลัก เมื่อได้ตรวจสอบแล้วไม่ปรากฏความบกพร่องหรือข้อพิรุธใด ๆ ให้ดำเนินการตรวจรับตามระเบียบต่อไป) กรณีที่สงสัยว่าจะมีการปลอมปนผลิตภัณฑ์แอสฟัลต์อันเนื่องมาจากการตรวจสอบตามข้อ 2.1.1 หรือ 2.1.2 หรือด้วยสาเหตุอื่นใดก็ตาม ให้เก็บรักษาผลิตภัณฑ์	รากที่ 3 ของจำนวนที่ระบุ	1. ชื่อหน่วยงาน 2. สัญญาซื้อขาย 3. บริษัทคู่สัญญา 4. ลายเซ็นคณะกรรมการตรวจรับ	-	950	10 วัน

รายละเอียดวัสดุเพื่อส่งทดสอบที่ส่วนวิเคราะห์วัสดุทางวิทยาศาสตร์ 20/21

ลำดับที่	ประเภทวัสดุ	ข้อกำหนดที่มี	ปริมาณขนาดต่อ 1 ตัวอย่าง	วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	สิ่งที่ควรระบุหรือแนบ	ค่าทดลอง/ตัวอย่าง		ระยะเวลาทดลอง
							มีใบรับรอง	ไม่มีใบรับรอง	วันทำการ
41	คัทแบคแอสฟัลต์ (Cutback Asphalt)	มอก.865/2544	อย่างน้อย 2 ลิตร	ตามคำสั่งกรมทางหลวงที่ 61/2541 ลว. 29 กรกฎาคม 2541	รากที่ 3 ของจำนวนที่ระบุ	1. ชื่อหน่วยงาน 2. สัญญาซื้อขาย 3. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา 4. ลายเซ็นคณะกรรมการตรวจรับ	-	1,250	12 วัน
42	แอสฟัลต์อิมัลชัน (Asphalt Emulsion)	มอก.371/2530	อย่างน้อย 4 ลิตร	ตามคำสั่งกรมทางหลวงที่ 61/2541 ลว. 29 กรกฎาคม 2541	รากที่ 3 ของจำนวนที่ระบุ	1. ชื่อหน่วยงาน 2. สัญญาซื้อขาย 3. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา 4. ลายเซ็นคณะกรรมการตรวจรับ	-	950	22 วัน
43	โพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลต์ ซีเมนต์ (Polymer Modified Asphalt Cement)	ทล.ท.408/2536 มอก.2156-2547	อย่างน้อย 3 ลิตร	ตามคำสั่งกรมทางหลวงที่ 61/2541 ลว. 29 กรกฎาคม 2541	รากที่ 3 ของจำนวนหรือปริมาณที่รับ	1. ชื่อหน่วยงาน 2. สัญญาซื้อขาย 3. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา 4. ลายเซ็นคณะกรรมการตรวจรับ	-	2,950	22 วัน
44	อิลาสโตเมอร์ลิคโมดิฟายด์แอสฟัลต์อิมัลชัน (Elastomeric Modified Asphalt Emultion)	ทล.ท.408/2536 มอก.2157-2547	อย่างน้อย 3 ลิตร	ตามคำสั่งกรมทางหลวงที่ 61/2541 ลว. 29 กรกฎาคม 2541	รากที่ 3 ของจำนวนหรือปริมาณที่รับ	1. ชื่อหน่วยงาน 2. สัญญาซื้อขาย 3. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา 4. ลายเซ็นคณะกรรมการตรวจรับ	-	1,600 ยกเว้น css-1hp	22 วัน
45	วัสดุยารอยต่อคอนกรีต (Joint Sealer) - แบบยืดหยุ่นชนิดเทร้อน -ชนิดเย็น	มอก.479-2541	ไม่น้อยกว่า 1 กก.หรือ 1 กล่อง (15 กก.)	ตาม มอก. 479-2541 ตาม มอก. 917-2532	1 ตัวอย่างต่อสัญญา	1. ยี่ห้อ ที่ได้รับเครื่องหมาย มอก. 2. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา	500	800	**มีใบรับรอง** 14 วัน **ไม่มีใบรับรอง** 20 วัน
46	วัสดุทารอยต่อคอนกรีต (Joint Primer)	ทล.-ก. 409/2530	ไม่น้อยกว่า 1 ลิตร	ตาม ทล.ท.409-2530	1 ตัวอย่างต่อสัญญา	1. ยี่ห้อ 2.บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา	-	500	12 วัน

ลำดับที่	ประเภทวัสดุ	ข้อกำหนดที่มี	ปริมาณ/ขนาดต่อ 1 ตัวอย่าง	วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	สิ่งที่ควรระบุหรือแนบ	ค่าทดลอง/ตัวอย่าง		ระยะเวลาทดลอง
							มีใบรับรอง	ไม่มีใบรับรอง	วันทำการ
47	วัสดุอุดรอยต่อ (Joint Filler) - ชนิดคืนรูปและไม่ปลิ้น : แอสฟัลต์ - ประเภทยางฟองน้ำ และไม้ก๊อก	AASHTO M 213	1 ตารางฟุต	ตาม มอก. 1041-2534 ตาม มอก. 1079-2535	1 ตัวอย่างต่อสัญญา	1. ยี่ห้อ 2. ความหนาของตัวอย่าง 3. บริษัทผู้ผลิต / คู่สัญญา	-	500	16 วัน
48	น้ำมันเครื่อง	ตามสัญญา	อย่างน้อย 0.5 ลิตร	ชักตัวอย่างจากที่ 3 ของจำนวนที่ระบุ ปริมาณตัวอย่าง 0.5 ลิตร	จากที่ 3 ของจำนวนที่ระบุ	1. ชื่อหน่วยงาน 2. เลขที่ใบสั่งซื้อ 3. ชนิดน้ำมันเครื่อง 4. ยี่ห้อ	-	ตามรายการทดสอบ	12 วัน
49	น้ำมันเกียร์	ตามสัญญา	อย่างน้อย 0.5 ลิตร	ชักตัวอย่างจากที่ 3 ของจำนวนที่ระบุ ปริมาณตัวอย่าง 0.5 ลิตร	จากที่ 3 ของจำนวนที่ระบุ	1. ชื่อหน่วยงาน 2. เลขที่ใบสั่งซื้อ 3. ชนิดน้ำมันเครื่อง 4. ยี่ห้อ	-	ตามรายการทดสอบ	12 วัน
50	น้ำมันเบรค	ตามสัญญา	อย่างน้อย 0.5 ลิตร	ชักตัวอย่างจากที่ 3 ของจำนวนที่ระบุ ปริมาณตัวอย่าง 0.5 ลิตร	จากที่ 3 ของจำนวนที่ระบุ	1. ชื่อหน่วยงาน 2. เลขที่ใบสั่งซื้อ 3. ชนิดน้ำมันเครื่อง 4. ยี่ห้อ	-	ตามรายการทดสอบ	12 วัน

หมายเหตุ * รวมระยะเวลาที่มีการส่งไปทดสอบที่หน่วยงานอื่นแล้วประมาณ 30 วัน ทำการ

ข้อมูล ณ วันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2550
ส่วนวิเคราะห์วัสดุทางวิทยาศาสตร์
สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ
กรมทางหลวง

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ.....สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง.....

ที่ .....คค..0636/01/511.....**วันที่**.....๑๙.....มีนาคม.....2545.....

เรื่อง.....การใช้วัสดุก่อสร้างชั้นพื้นทางหินคลุก.....

เรียน นายช่างโครงการ ฯ สาย.....

เนื่องจากในปัจจุบันสำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง ตรวจพบว่าความเสียหายของทางที่ก่อสร้างหลายสายอาจมีสาเหตุจากการใช้หินคลุกที่มีคุณภาพไม่ถูกต้องเหมาะสม ดังนั้นการก่อสร้างชั้นพื้นทาง (Base Course) โดยใช้วัสดุหินคลุกนั้น ขอให้โครงการ ฯ ดำเนินการดังนี้

1. ขอให้โครงการ ฯ ตรวจสอบแหล่งหินที่นำมาใช้ด้วยว่าเป็นแหล่งหินที่เคยนำมาใช้ในงานพื้นทางแล้วและเป็นหินที่มีคุณภาพถูกต้องตามมาตรฐาน วัสดุจำพวก Shale หรือ แอนไฮไดรต์ ห้ามนำมาใช้ ไม่มีหินที่เป็น Deformed rock ซึ่งไม่แข็งแรงปะปนอยู่ การจะนำมาใช้ทุก ๆ ครั้ง จะต้องตรวจสอบค่าความคงทน (Soundness) ตามมาตรฐานที่ ทล. – ม. 201 / 2544 "มาตรฐานพื้นทางหินคลุก" ที่กรม ฯ ปรับปรุงแก้ไขใหม่ก่อนและให้ใช้เฉพาะหินคลุกเกรด A หรือ B เท่านั้น

2. ถ้าพบว่ามีการเปิดแหล่งหินใหม่หรือแหล่งหินที่ใช้อยู่เดิมมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไป โปรดแจ้งสำนักวิเคราะห์วิจัย ฯ ส่งเจ้าหน้าที่จากสำนัก ฯ ไปทำการตรวจสอบก่อนนำมาใช้งานด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและแจ้งให้หน่วยตรวจสอบและแนะนำวัสดุสร้างทางประจำโครงการ ฯ ทราบและถือปฏิบัติโดยเคร่งครัดด้วย

(นายสุรชัย ชัยสินทรากุล)
ผู้อำนวยการสำนัก
สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง

สำเนาเรียน หัวหน้าหน่วยตรวจสอบและแนะนำวัสดุสร้างทางประจำโครงการ ฯ
เพื่อทราบและถือปฏิบัติโดยเคร่งครัด

คค 0636/01/511 ๑ ๔ มี.ค. 2545

(นายสุรชัย ชัยสินทรากุล)
ผู้อำนวยการสำนัก
สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ.....ส่วนธรณีวิศวกรรม...สำนักวิเคราะห์.ฯ.....

ที่ .....**วันที่**.....27..กุมภาพันธ์..2545.....

เรื่อง.....ข้อเสนอแนะทางธรณีวิทยาในการป้องกันการใช้วัสดุหินที่ไม่เหมาะสม.....

เรียน ผสว.

ผมได้ดำเนินการ จัดทำข้อ เสนอแนะทางธรณีวิทยา เพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันการใช้วัสดุหินที่ไม่เหมาะสมในงานก่อสร้างทาง รายละเอียดตามแนบ จำนวน 3 แผ่น

ขอได้โปรดพิจารณาดำเนินการต่อไปด้วยจักขอบคุณยิ่ง

(นายสุรพล สงวนแก้ว)
ผู้อำนวยการส่วนธรณีวิศวกรรม
สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง

(นายสุรชัย ชัยวิเพชราวุธ)
ผู้อำนวยการสำนัก
สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง
1 มี.ค. 2545

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ.....ส่วนธรณีวิศวกรรม...สำนักวิเคราะห์.ฯ.....

ที่ .....**วันที่**.....25..กุมภาพันธ์..2545.....

เรื่อง.....ข้อเสนอแนะทางธรณีวิทยาในการป้องกันการใช้วัสดุหินที่ไม่เหมาะสม.....

หลักเกณฑ์ข้อบ่งชี้และการปฏิบัติในการพิจารณาประเมินความเหมาะสมเบื้องต้นวัสดุมวลหินโม่ (Crushed Rock Aggregates)

วัสดุหิน (Source Rock) และวัสดุมวลหินโม่ (Crushed Rock Aggregates) ที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุงานทาง ต้องเป็นวัสดุ มีคุณสมบัติและลักษณะทางธรณีวิทยาตามรายละเอียดต่อไปนี้ คือ

1) วัสดุหิน (Source Rock) วัสดุหินที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุงานทาง ต้องมาจากแหล่งโรงโม่ย่อยหินที่มีการเปิดใช้ ซื้อขายในเชิงพาณิชย์และเป็นที่ยอมรับในด้านคุณภาพวัสดุ กรณีที่เป็นวัสดุหินที่มีแหล่งที่มาหรือเป็นการโม่ย่อยหินในลักษณะต่อไปนี้ เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบต้องแจ้งสำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง เพื่อขอให้เจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญจากสำนักวิเคราะห์ ฯ ไปตรวจสอบ วิเคราะห์ ประเมิน ความเหมาะสมก่อนนำมาใช้งาน คือ

1.1 แหล่งวัสดุหินที่เป็นแหล่งหินใหม่หรือเป็นวัสดุหินที่ได้มาจากการตัดคันทาง

1.2 แหล่งวัสดุหินที่ได้มาจากบริเวณเหมืองแร่ หรือ เป็นวัสดุที่ได้จากการทำเหมืองแร่

1.3 โรงโม่ย่อยหินที่เป็นชนิดที่จัดตั้งขึ้นเป็นการชั่วคราวเฉพาะกิจ (Mobile Plant)

2) ลักษณะทางธรณีวิทยา วัสดุมวลหินโม่ (Crushed Rock Aggregates) ต้องเป็นหินแข็งมีขั้นการผุสลาย (Degree of Weathering) อยู่ในขั้นหินสด (Fresh Rock) แร่ในหินไม่มีการผุสลาย วัสดุหินและวัสดุหินโม่ ต้องไม่เป็นชนิดวัสดุหรือมีลักษณะดังนี้

2.1 วัสดุแร่หรือสินแร่ชนิดต่าง ๆ เช่น Anhydrite สินแร่เหล็ก แมงกานีส ฯลฯ

2.2 วัสดุหินที่เป็น Sheared Rock หรือ Deformed Rock หรือ Foliated Rocks ซึ่งเป็นหินที่มีชั้นแนวอ่อนตัว (Plane of weakness) อยู่ในเนื้อมวลหินอันเกิดจากการที่หินถูกแรงกระทำ เป็นผลให้แร่ในหินเกิดการจัดเรียงตัวกันเป็นชั้น ๆ เช่น หิน Phyllite , Schist ,

Slate และหินชนิดอื่น ๆ ที่เกิดอยู่บริเวณที่เป็น Sheared Zone หินเหล่านี้ผิวหน้าหินจะมีลักษณะลื่นมัน เป็นแผ่นเรียบ สามารถจะแยกหรือแตกออกเป็นแผ่นได้ง่าย

2.3 วัสดุหิน Shale , Mudstone

2.4 สีของวัสดุหินหรือวัสดุมวลหินโม่ต้องไม่เป็นสีเหล่านี้ เช่น สีน้ำตาล น้ำตาลแดง เขียว ชมพู ขาว

2.5 รูปร่างลักษณะวัสดุมวลหินโม่ (Aggregate Shape) ต้องไม่มีลักษณะเป็นแผ่น (Flaky) หรือ มีรูปร่างยาว (Elongated)

2 6 ลักษณะพื้นผิวหน้าวัสดุหินหรือวัสดุมวลหินโม่ (Surface Texture of Aggregates) ต้องไม่มีลักษณะลื่นมัน หรือเป็นพื้นผิวของ Sheared Plane ผิวหน้าหินถูกเคลือบด้วยผงแร่ (Coating) , Mica , ถ่าน , แร่ดิน (Clay Minerals)

3) คุณสมบัติของหิน คุณสมบัติบางประการของหินชนิดต่าง ๆ ที่เป็นหินสด (Fresh) มีคุณภาพเหมาะสมนำมาใช้เป็นวัสดุทางควรมีคุณสมบัติเป็นไปตามตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติของหินชนิดต่าง ๆ ที่เหมาะสมใช้เป็นวัสดุหินและมวลหินโม่

ชนิดหิน	Apparent Specific Gravities		Water Absorption (%)	Los Angeles Abrasion (%)
	Average	Range		
หินปูน	2.69	2.684 - 2.766	0.15 - 0.53	25 - 30
หินบะซอลต์	2.85	2.638 - 2.924	0.45 - 1.6	15 - 25
หินแกรนิต	2.69	2.54 - 3.0	0.5 - 0.8	35 - 40
หินควอตไซต์	2.62	2.6 - 2.7	1.8	15 - 30
หินแอนดีไซต์				20 - 25
หินไรโอไรต์				20 - 25

4) การทดสอบตรวจวัดหาปริมาณการขยายตัวของวัสดุมวลหินโม่ ก่อนการนำวัสดุมวลหินโม่หรือหินคลุก (Crushed Rock Aggregates) มาใช้งาน ต้องมีการทดสอบหาปริมาณการขยายตัว (% swell) ซึ่งไม่ควรมีปริมาณการขยายตัวที่ตรวจวัดได้

กรณีที่วัสดุหินหรือวัสดุมวลหินโม่ที่จะนำมาใช้ในการก่อสร้างทางไม่เป็นไปตามรายละเอียดดังกล่าวข้างต้น (ข้อ 1 – 4) ข้อใดข้อหนึ่งหรือหลายข้อเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบ ต้องดำเนินการแจ้งสำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทางเพื่อขอให้เจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญและเจ้าหน้าที่จากสำนัก ฯ ไปตรวจสอบวิเคราะห์ ประเมินความเหมาะสม ของวัสดุหินนี้ก่อนนำมาใช้งาน

(นายสุรพล สงวนแก้ว)
ผู้อำนวยการส่วนธรณีวิศวกรรม
สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง

เลขที่รับ 11799
วันที่ - 7 ธ.ค. 2544
เวลา 11.00

คำสั่งกรมทางหลวง
ที่ จ.1.7/ 3 /2544

เรื่อง การกำหนดหน้าที่และความรับผิดชอบของตำแหน่งนายช่างโครงการ (Project Engineer)

.....

เพื่อประโยชน์แก่ทางราชการ จึงให้ปรับปรุงการกำหนดหน้าที่และความรับผิดชอบของตำแหน่งนายช่างโครงการ (Project Engineer) โดยให้มีหน้าที่และความรับผิดชอบดังนี้.-

1. วางแผนดำเนินงานและกำหนดเจ้าหน้าที่ควบคุมการก่อสร้างพร้อมทั้งกำหนดหน้าที่และความรับผิดชอบของเจ้าหน้าที่ประจำโครงการ

2. ตรวจสอบแผนงาน ปริมาณงานและชุดเครื่องจักรก่อสร้างทาง ตลอดจนคุณสมบัติของเจ้าหน้าที่ของผู้รับจ้างให้เหมาะสมกับงานและสามารถที่จะทำงานตามแผนที่วางไว้

3. ตรวจสอบเสนอข้อมูลการขอรับมอบทางและสถานที่ก่อสร้างให้เหมาะสมกับความสามารถในการก่อสร้างและดูแลรักษาทางของผู้รับจ้าง

4. สำรวจวางแนวทาง ตรวจสอบหมุดหลักฐานต่าง ๆ เพื่อกำหนดแนวทางและระดับก่อสร้างและคำนวณปริมาณงานแต่ละรายการ

5. ตรวจสอบและรายงานปริมาณงานและค่างานในสนามโดยเปรียบเทียบกับปริมาณงานและค่างานในสัญญา ตลอดจนทำบัญชีถัวจ่ายค่างานให้เป็นไปตามปริมาณงานจริงในสนาม

6. ตรวจสอบ ติดตาม เร่งรัด การจัดกรรมสิทธิ์อสังหาริมทรัพย์ เช่น ที่ดิน พืชผล สิ่งปลูกสร้าง ฯลฯ ก่อนหรือระหว่างดำเนินการก่อสร้าง

7. ตรวจสอบและแนะนำแหล่งวัสดุก่อสร้างต่าง ๆ ก่อนที่ผู้รับจ้างจะนำมาใช้งาน

8. เสนอแก้ไขแบบก่อสร้างพร้อมทั้งจัดทำรายละเอียดเสนอหน่วยงานเจ้าของงาน ในกรณีที่แบบคลาดเคลื่อนหรือไม่เหมาะสมกับสภาพและข้อเท็จจริงในสนาม

9. ตรวจสอบ วินิจฉัย สั่งการเกี่ยวกับคุณภาพของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง

10. ปฏิบัติงานในฐานะผู้ควบคุมงานตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพัสดุ พ.ศ.2535 ข้อ 73

11. ตรวจสอบให้มีการติดตั้งป้ายจราจร เครื่องหมายและสัญญาณจราจรให้ถูกต้องเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ และตรวจสอบการดูแลรักษาทางให้การจราจรผ่านได้สะดวกและปลอดภัยในระหว่างการก่อสร้าง

12. ควบคุม ตรวจสอบ และรับรองผลการตรวจสอบคุณภาพและปริมาณงานตลอดจนค่างานที่จะต้องจ่ายให้แก่ผู้รับจ้าง โดยเสนอผ่านผู้จัดการโครงการ

13. ตรวจสอบและเสนอความเห็นการขออนุญาตดำเนินงานเกี่ยวกับสาธารณูปโภคและการทำการอื่นใดในเขตทางหลวง

- 1 -

14. เป็นกรรมการตรวจการจ้างและปฏิบัติหน้าที่ตามที่กำหนดไว้ในระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพัสดุ พ.ศ.2535 ข้อ 72

15. จัดทำรายงานต่าง ๆ เสนอหน่วยงานที่เกี่ยวข้องตามระยะเวลาที่กำหนด เช่น ผลงานก้าวหน้าประจำเดือน ผลการทดลองและตรวจสอบวัสดุ ตลอดจนปัญหาในการปฏิบัติงาน ฯลฯ

16. จัดทำรายงานสุดท้าย (Final Report) รายละเอียดแบบก่อสร้างจริงในสนาม (Asbuilt Drawing) เช่น ความยาวของเสาเข็มสะพาน ตอม่อ และ Bearing Unit ทุกต้น เป็นต้น ตลอดจนประวัติสายทาง (Road Inventory) และรายการสรุปค่างานทั้งโครงการ ฯลฯ ส่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเมื่องานแล้วเสร็จ

17. จัดทำรายประมาณการใช้จ่ายในการควบคุมงาน เช่น ค่าแรง ค่าครุภัณฑ์ วัสดุยานพาหนะ น้ำมันเชื้อเพลิงและหล่อลื่น ฯลฯ เสนอหน่วยงานเจ้าสังกัด

18. รับผิดชอบในการจัดซื้อ จัดจ้าง ตามที่กรมฯ มอบอำนาจให้

19. เสนอปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการปฏิบัติงาน เช่น การจัดกรรมสิทธิ์ที่ดิน การขออนุมัติแก้ไขแบบ การขออนุมัติเปลี่ยนแปลงรายการค่างาน การขอต่ออายุสัญญา เป็นต้น

20. ควบคุม บังคับบัญชา ตลอดจนเสนอบำเหน็จความชอบประจำปีของเจ้าหน้าที่โครงการทุกคนต่อผู้จัดการโครงการ

21. ประสานงานกับส่วนราชการอื่น ๆ และเอกชนที่เกี่ยวข้อง

22. ปฏิบัติงานอื่น ๆ ตามที่ได้รับมอบหมาย

และให้ยกเลิกคำสั่งกรมที่ จ.1.7/1/2526 ลงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2526 เรื่อง การกำหนดหน้าที่และความรับผิดชอบของตำแหน่งเฉพาะตำแหน่งลำดับที่ 2 ตำแหน่งนายช่างโครงการ (Project Engineer)

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2544

(นายจารึก อนุพงษ์)
อธิบดีกรมทางหลวง

ที่ คล 0603/จ.1/ /๕๗๕

เรียน รองอธิบดี, วิศวกรใหญ่, ผู้เชี่ยวชาญ, ทุกกอง, สำนัก, สำนักงาน, ศูนย์, แขวงฯ, โครงการฯ

เพื่อโปรดทราบ

(นางพัธนากรณ์ จันทนวรางกูร)
ผู้อำนวยการกองการเจ้าหน้าที่
22 พ.ย. 2544

วช.วว.1,2, ชช.ธว., ผอ. ทุกส่วน
เพื่อทราบ

(นายสุรชัย ชัยสินทรากุล)
ผู้อำนวยการสำนัก
สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง
- 7 ธ.ค. 2544

สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒน..
เลขที่รับ 4743
วันที่ - 7 ธ.ค. 2544
เวลา 10.50

คำสั่งกรมทางหลวง

ที่ จ.1.7/ 2 /2544

เรื่อง การกำหนดหน้าที่และความรับผิดชอบของตำแหน่งผู้จัดการโครงการ (Project Manager)

.....

เพื่อประโยชน์แก่ทางราชการ จึงให้ปรับปรุงการกำหนดหน้าที่และความรับผิดชอบของตำแหน่งผู้จัดการโครงการ (Project Manager) โดยให้มีหน้าที่และความรับผิดชอบดังนี้.-

1. รับผิดชอบการติดต่อประสานงาน ตรวจสอบและติดตามข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสายทาง เช่น การออกแบบ ความก้าวหน้าของการประกวดราคา การดำเนินการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสาธารณูปโภคในเขตทาง เป็นต้น

2. รับผิดชอบการประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนทราบเกี่ยวกับหลักการ เหตุผลในการก่อสร้างทางหลวง โดยเน้นการดำเนินการที่โปร่งใส เป็นธรรม สามารถชี้แจงให้ข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้อย่างถูกต้อง ชัดเจนและให้ทุกฝ่ายสามารถเข้าถึงข้อมูลข่าวสารได้อย่างสะดวก รวดเร็ว ตาม พ.ร.บ.ข้อมูลข่าวสารราชการ พ.ศ. 2540

3. รับผิดชอบการส่งเสริมและแนะนำให้ประชาชนมีส่วนร่วมบำรุงรักษา และใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้เป็นไปอย่างคุ้มค่าและได้รับประโยชน์สูงสุด เพื่อให้ประชาชนในพื้นที่ที่สายทางก่อสร้างผ่านสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างปกติและต่อเนื่องในสิ่งแวดล้อมที่จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ อนามัย สุวัสดิภาพหรือคุณภาพชีวิต

4. ศึกษา พัฒนา นำเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่เกี่ยวกับการก่อสร้างและการควบคุมการก่อสร้างมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินงานควบคุมการก่อสร้างทางหลวง

5. ควบคุม กำกับดูแล และอำนวยการในการดำเนินงานโครงการก่อสร้างทางหลวง

6. ประสานงานและเร่งรัดการดำเนินการจัดกรรมสิทธิ์อสังหาริมทรัพย์ เช่น ที่ดิน พืชผล สิ่งปลูกสร้าง ฯลฯ ก่อนหรือระหว่างดำเนินการก่อสร้าง

7. ให้ความเห็นชอบการตรวจสอบแผนงาน ปริมาณงาน และชุดเครื่องจักรก่อสร้างทาง ตลอดจนคุณสมบัติของเจ้าหน้าที่ของผู้รับจ้าง ให้เหมาะสมกับงานและสามารถที่จะทำงานตามแผนที่วางไว้เสนอหน่วยงานเจ้าสังกัด

8. เป็นผู้พิจารณารับมอบเส้นทางที่จะก่อสร้างจากแขวงการทางเพื่อมอบให้ผู้รับจ้างตามความเหมาะสม

9. รับผิดชอบในการจัดซื้อ จัดจ้างตามที่กรมมอบอำนาจให้

10. ให้ความเห็นชอบการตรวจสอบปริมาณงานและค่างานในสนามโดยเปรียบเทียบกับปริมาณงานและค่างานในสัญญา. ตลอดจนบัญชีถัวจ่ายค่างาน

11. อนุมัติการตรวจสอบแหล่งวัสดุก่อสร้างต่าง ๆ ก่อนที่ผู้รับจ้างจะนำมาใช้งาน

12. ให้ความเห็นชอบการเสนอแก้ไขแบบก่อสร้าง พร้อมทั้งรายละเอียดที่นายช่างโครงการเสนอต่อหน่วยงานเจ้าของงาน ในกรณีที่แบบคลาดเคลื่อนหรือไม่เหมาะสมกับสภาพและข้อเท็จจริงในสนาม

13. กำกับดูแลงานด้านอำนวยความปลอดภัยในการจราจร เช่น การจัดทำป้ายเครื่องหมายการจราจร การดูแลรักษาสภาพทางในระหว่างการก่อสร้าง เป็นต้น

14. ให้ความเห็นชอบการตรวจสอบและเสนอความเห็นการขออนุญาตดำเนินงานเกี่ยวกับสาธารณูปโภคและการทำการอื่นใดในเขตทางหลวง

15. ตรวจสอบและกำกับดูแลการจัดทำรายงานสุดท้าย (Final Report) รายละเอียดแบบก่อสร้างจริงในสนาม (Asbuilt Drawing) และประวัติสายทาง (Road Inventory) รายการสรุปค่างานทั้งโครงการ ฯลฯ ส่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเมื่องานแล้วเสร็จ

16. ให้ความเห็นชอบการจัดทำรายประมาณการใช้จ่ายในการควบคุมงาน เช่น ค่าแรง ค่าครุภัณฑ์ วัสดุยานพาหนะ น้ำมันเชื้อเพลิงและหล่อลื่น ฯลฯ เสนอหน่วยงานเจ้าสังกัด

17. กำกับดูแลนายช่างโครงการให้ปฏิบัติงานในฐานะผู้ควบคุมงานตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพัสดุ พ.ศ.2535 ข้อ 73

18. พิจารณาเสนอการสับเปลี่ยนหมุนเวียนเจ้าหน้าที่ในโครงการและนายช่างโครงการในความรับผิดชอบ

19. พิจารณาแก้ไขปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการปฏิบัติงาน เช่น การจัดกรรมสิทธิ์ที่ดิน การขออนุมัติแก้ไขแบบ การขออนุมัติเปลี่ยนแปลงรายการค่างาน การขอต่ออายุสัญญา เป็นต้น

20. ให้ความเห็นชอบการจัดทำรายงานต่าง ๆ เช่น ผลงานก้าวหน้าประจำเดือน ผลการทดลองและตรวจสอบวัสดุ ตลอดจนปัญหาในการปฏิบัติงาน ฯลฯ เสนอหน่วยงานที่เกี่ยวข้องตามระยะเวลาที่กำหนด

21. ให้คำแนะนำการควบคุมการดำเนินการก่อสร้างโครงการทางหลวงแก่หน่วยราชการ ที่ขอความร่วมมือมา

22. ให้ความเห็นชอบการเสนอบำเหน็จความชอบและการลงโทษเจ้าหน้าที่ในโครงการของนายช่างโครงการ และเสนอบำเหน็จความชอบของนายช่างโครงการให้เป็นไปตามระเบียบของทางราชการต่อหน่วยงานเจ้าสังกัด

23. ประสานงานกับส่วนราชการอื่น ๆ และเอกชนที่เกี่ยวข้อง

24. ปฏิบัติงานอื่น ๆ ตามที่ได้รับมอบหมาย

และให้ยกเลิกคำสั่งกรมที่ จ.1.7/1/2526 ลงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2526 เรื่อง การกำหนดหน้าที่และความรับผิดชอบของตำแหน่งเฉพาะตำแหน่งลำดับที่ 1 ตำแหน่งผู้จัดการโครงการ (Project Manager)

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ 18 พฤศจิกายน พ.ศ. 2544

(นายจารึก อนุพงษ์)
อธิบดีกรมทางหลวง

ที่ คล 0603/จ.1/ 15177
เรียน รองอธิบดี, วิศวกรใหญ่, ผู้เชี่ยวชาญ, ทุกกอง, สำนัก, สำนักงาน, ศูนย์ฯ, แขวงฯ, โครงการฯ

(นางพัทมากรณ์ พันทวรางกูร)
ผู้อำนวยการกองการเจ้าหน้าที่
22 พ.ย. 2544

วช.วว.1,2, ขร.ขว.
ผอ. ทุกส่วน
เพื่อทราบ

(นายธุรชัย ชัยสินธรากุล)
ผู้อำนวยการสำนัก
สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง
- 7 ธ.ค. 2544

ส่วนที่ 2 งานตรวจสอบผิวทางแอสฟัลต์

บทที่ 1
งานลาดแอสฟัลต์

งานลาดแอสฟัลต์ หมายถึงการลาดแอสฟัลต์ชนิดเหลวลงบนพื้นทางที่ได้ตกแต่งปรับปรุงถูกต้องตามแบบแล้ว เพื่อให้แอสฟัลต์ซึมลงไปในช่องว่างของพื้นทางป้องกันไม่ให้ความชื้นซึมผ่าน หรือลาดแอสฟัลต์ชนิดเหลวลงบนผิวทางเดิม หรือ Prime Coat เดิม ที่ทิ้งไว้นานจนไม่สามารถเป็นตัวยึดเหนี่ยวกับชั้นผิวทางที่จะก่อสร้างใหม่ หรือลาดลงบนรองผิวทางที่จะก่อสร้างผิวทางทับลงไป ทำหน้าที่เป็นตัวยึดเหนี่ยวให้ชั้นทางเดิมเชื่อมติดกับผิวทางที่จะสร้างใหม่ข้างบน

1.1 งาน Prime Coat

งานลาดแอสฟัลต์ Prime Coat ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ความชื้นผ่าน และเป็นตัวยึดเหนี่ยวให้พื้นทางเชื่อมติดกับผิวทางที่จะสร้างไว้ข้างบน

1.1.1 วัสดุ

ก. คัทแบคแอสฟัลต์ใช้ MC-30 หรือ MC-70 ซึ่งมีคุณภาพถูกต้องตาม มอก. 865-2532 “ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคัทแบคแอสฟัลต์”

ข. แอสฟัลต์อิมัลชัน CSS-1 หรือ CSS-1h ซึ่งมีคุณภาพถูกต้องตาม มอก. 371-2530 “มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแคตอิออนิกแอสฟัลต์อิมัลชันสำหรับถนน “

ค. ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ลาดแอสฟัลต์ชนิดต่าง ๆ ให้เป็นไปตามตารางที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 ช่วงอุณหภูมิของแอสฟัลต์ที่ใช้ลาด

ชนิดของแอสฟัลต์	ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ลาด	
	องศา C	องศา F
MC-30	30-90	85-190
MC-70	50-110	120-225
CSS-1	20-70	70-160
CSS-1h	20-70	70-160

ง. การตรวจรับแอสฟัลต์

- ตรวจสอบใบรับรองผลิตภัณฑ์
- ตรวจสอบทะเบียนและน้ำหนักรถ
- ตรวจสอบสภาพและหมายเลขซีล

1.1.2 เครื่องจักรและเครื่องมือ

เครื่องจักรและเครื่องมือประกอบด้วย

ก. เครื่องพ่นแอสฟัลต์หรือรถลาดยาง (Asphalt Distributor) ต้องขับเคลื่อนได้ด้วยตัวเองมีระบบหมุนเวียนแอสฟัลต์ (Circulating System) มีถังบรรจุแอสฟัลต์ติดตั้งบนรถบรรทุกหรือรถพ่วงและประกอบด้วยอุปกรณ์ในการใช้งาน ดังนี้

- ไม้วัด (Dipstick) หรือเครื่องวัดปริมาณแอสฟัลต์ในถัง
- หัวเผาให้ความร้อนแอสฟัลต์ (Burner)
- เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิแอสฟัลต์ (Thermometer)
- ปั๊มแอสฟัลต์ (Asphalt Pump)
  - ดูดแอสฟัลต์ที่เตรียมไว้แล้วเข้าถังบรรจุแอสฟัลต์บนรถ
  - หมุนเวียนแอสฟัลต์ในท่อพ่นแอสฟัลต์ และในถังบรรจุแอสฟัลต์บนรถ
  - พ่นแอสฟัลต์ผ่านทางท่อพ่นแอสฟัลต์ และท่อพ่นแอสฟัลต์แบบมือถือ
  - ดูดแอสฟัลต์จากท่อพ่นแอสฟัลต์หรือท่อพ่นแอสฟัลต์แบบมือถือกลับเข้าสู่ถังบรรจุแอสฟัลต์บนรถ
  - ดูดแอสฟัลต์จากถังบรรจุแอสฟัลต์บนรถไปยังถังเก็บแอสฟัลต์ภายนอก
  - เครื่องปั๊มแอสฟัลต์ ต้องติดเครื่องวัดปริมาณแอสฟัลต์ที่ผ่านปั๊ม โดยวัดเป็นรอบหรือวัดเป็นความดัน
- เครื่องต้นกำลังหรือเครื่องท้าย (Power Unit)
  - เครื่องต้นกำลังหรือเครื่องท้ายต้องมีมาตรบอกความดัน
- ท่อพ่นแอสฟัลต์ (Spray Bar) พร้อมหัวฉีด (Nozzle) ประกอบด้วย
  - ท่อหลายท่อนต่อกัน
  - หัวฉีดติดตั้งโดยมีระยะห่างระหว่างหัวฉีดเท่ากัน
  - หัวฉีดปรับทำมุมกับท่อพ่นแอสฟัลต์ได้
  - มีอุปกรณ์ปิดเปิดท่อพ่นแอสฟัลต์แบบที่แอสฟัลต์หมุนเวียนผ่านได้
  - ต้องมีความดันสม่ำเสมอตลอดความยาวของท่อ
  - ปรับความสูงต่ำได้
  - สามารถปรับให้พ่นแอสฟัลต์ที่ความกว้างต่าง ๆ กันได้
- ท่อพ่นแอสฟัลต์แบบมือถือ (Hand Spray)
  - ท่อพ่นแอสฟัลต์แบบมือถือ ต้องเป็นแบบใช้หัวฉีดเคลื่อนตัวได้อิสระ ใช้พ่นแอสฟัลต์บนพื้นที่ที่รถพ่นแอสฟัลต์เข้าไปไม่ได้
- อุปกรณ์วัดปริมาณการพ่นแอสฟัลต์ (Bitumeter) ประกอบด้วย
  - ล้อวัดความเร็ว (ล้อที่ห้า)

- ต่อสายเชื่อมไปยังมาตรวัดความเร็วในเก๋งรถ
- บอกความเร็วเป็นเมตรต่อนาทีหรือฟุตต่อนาที
- มีตัวเลขบอกระยะทางรวมที่รถวิ่ง

- ถังบรรจุแอสฟัลต์บนรถ (Asphalt Tank)

- เป็นชนิดมีฉนวนหุ้มป้องกันความร้อน
- ภายในถังประกอบด้วยท่อนำความร้อนจากหัวเผา หนึ่งหัวเผาหรือมากกว่า
- แผ่นโลหะช่วยกระจายความร้อน
- ท่อระบายแอสฟัลต์ที่ถังต้องมีเครื่องวัดปริมาณแอสฟัลต์เป็นแบบไม้วัด (Dipstick) เข็มวัดบอกปริมาณหรือทั้งสองชนิด
- เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิเป็นแบบหน้าปัทม์ (Dial) หรือแบบแท่งแก้วหุ้มด้วยโลหะ(Armored Thermometer) หรือทั้งสองชนิด ที่อ่านได้ละเอียดถึง 1 องศาเซลเซียส

ข. เครื่องกวาดฝุ่น (Rotary Broom) อาจเป็นแบบลาก แบบขับเคลื่อนได้ด้วยตัวเอง หรือแบบติดตั้งที่รถไถนา (Farm Tractor) แต่ต้องเป็นแบบไม้กวาดหมุนโดยเครื่องกล ขนไม้กวาดอาจทำด้วยไฟเบอร์ ลวดเหล็ก ไนล่อน หรือหวาย ปรับความเร็วของการหมุนและน้ำหนักที่กดลงบนผิวถนนโดยการปรับระดับความสูงของไม้กวาด

ค. เครื่องเป่าลม (Blower) เป็นแบบติดตั้งท้ายรถไถนา(Farm Tractor) มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะทำให้พื้นที่ที่จะก่อสร้างสะอาด

1.1.3 การเตรียมการก่อนการลาดแอสฟัลต์ Prime Coat

ก. ตรวจสอบอุปกรณ์และตรวจปรับเครื่องพ่นแอสฟัลต์

ก่อนนำเครื่องพ่นแอสฟัลต์ไปใช้งาน จะต้องตรวจสอบและตรวจปรับอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ดี การตรวจสอบมีดังนี้

- สภาพทั่วไป
- อัตราการไหล
- ความเร็ว
- ทดลองหาปริมาณแอสฟัลต์ที่ลาดตามขวางถนน
- ทดลองหาปริมาณแอสฟัลต์ที่ลาดตามความยาวถนน

ข. การเตรียมพื้นทาง

- พื้นทาง จะต้องตัดให้ได้ระดับและความลาดตามแบบ วัสดุส่วนที่เหลือต้องกำจัดออกให้หมดกวาดฝุ่นหรือส่วนละเอียดให้มีหน้าหินโผล่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของพื้นที่ดำเนินการ กรณีที่พื้นทางมีวัสดุฉาบหน้าเป็นคราบแข็งติดอยู่ ซึ่งหลังจากใช้เครื่องกวาดฝุ่นกวาดแล้ว ยังมีวัสดุหน้าหินโผล่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของพื้นที่ดำเนินการ อาจเปิดให้รถยนต์วิ่งต่อไป

ประมาณ 3 วัน หรือมากกว่า เพื่อให้คราบฝุ่นแข็งหลุดออกไปหรือโดยการใช้เครื่องมือหรือเครื่องจักรตัดออก แล้วใช้เครื่องกวาดฝุ่นกวาดออกไป

- พรมน้ำบางๆ ที่ผิวพื้นทางพอชื้นๆ ถ้าเปียกมากเกินไป จะต้องทิ้งไว้ให้แห้งหมาดถ้ามีน้ำขังเป็นแห่ง ๆ ให้กำจัดออกให้หมด

1.1.4 ปริมาณแอสฟัลต์ที่ใช้ลาด

ปริมาณแอสฟัลต์ที่ใช้ประมาณ 0.8-1.4 ลิตรต่อตารางเมตร ปริมาณที่แน่นอนขึ้นอยู่กับความแน่นของพื้นทาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนที่อยู่ชั้นบนสุดและแนะนำให้ใช้สูตรต่อไปนี้เป็นแนวทางในการหาปริมาณแอสฟัลต์ที่จะใช้

อัตราแอสฟัลต์ที่ใช้ทำ Prime Coat = 100P (1-D/G)/R ลิตรต่อตารางเมตร

เมื่อ P = ความลึกที่จะให้แอสฟัลต์ซึมลงไป เป็นมิลลิเมตร

R = ค่าของ Residual Asphalt เป็นร้อยละ

D = ความแน่นแห้งเฉลี่ยที่ตรวจสอบได้จากสนามเป็นกรัมต่อมิลลิเมตร

G = ค่าความถ่วงจำเพาะแบบ Bulk (SSD - Basis) ของวัสดุพื้นทาง

ค่าของ P จะขึ้นอยู่กับความพรุนของพื้นทางและชนิดของแอสฟัลต์ที่ใช้ลาด เมื่อทดลองลาดแอสฟัลต์ครั้งแรก ให้ใช้ค่า P เท่ากับ 4.5 มิลลิเมตร ในการคำนวณ หลังจากเห็นสภาพแอสฟัลต์ที่ลาดออกมาแล้ว จึงพิจารณาเปลี่ยนแปลงค่าของ P หรือเปลี่ยนชนิดของแอสฟัลต์เหลวตามความเหมาะสมต่อไป

ค่าของ Residual Asphalt (R) ที่ใช้สูตรคำนวณ ให้ใช้ค่าตามตารางที่ 1-2

ตารางที่ 1-2 ค่าของ Residual Asphalt (R) ที่ใช้สูตรคำนวณ

ชนิดของแอสฟัลต์	ค่าของ R (ร้อยละ)
MC-30	62
MC-70	73
CSS-1	75
CSS-1h	75

ค่าของ D ให้ใช้ค่าความแน่นแห้งเฉลี่ย ที่ตรวจสอบได้จากสนามในช่วงที่จะดำเนินการตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 603/2517 “ วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยใช้ทราย “

ค่าของ G ให้แยกหาค่า G ของวัสดุพื้นทางชนิดหยาบ ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 207/2517 “ วิธีการทดลองหาความถ่วงจำเพาะของวัสดุชนิดเม็ดหยาบ “ และชนิดละเอียดตาม

วิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 209/2548 “ วิธีการทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของวัสดุเม็ดละเอียด” แล้วหาค่าตามสูตรต่อไปนี้

$$G = \frac{100}{\left(\frac{P_1}{G_1}\right)+\left(\frac{P_2}{G_2}\right)}$$

เมื่อ P_1 = ปริมาณของวัสดุส่วนที่ค้างบนตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร เป็นร้อยละ

P_2 = ปริมาณของวัสดุส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร เป็นร้อยละ

G_1 = ความถ่วงจำเพาะแบบ Bulk (SSD - Basis) ของวัสดุส่วนที่ค้างบนตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร

G_2 = ความถ่วงจำเพาะแบบ Bulk (SSD - Basis) ของวัสดุส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร

1.1.5 วิธีการก่อสร้าง

เมื่อได้เตรียมพื้นที่ที่จะก่อสร้างรวมถึงเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ เรียบร้อยแล้ว ให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

ก. ใช้เครื่องพ่นแอสฟัลต์ ลาดแอสฟัลต์ตามอุณหภูมิที่กำหนดไว้ตามตารางที่ 1-1 ในอัตราการลาดที่คำนวณได้

ข. หลังจากลาดแอสฟัลต์แล้ว ต้องปิดการจราจรอย่างน้อย 24 ชั่วโมง สำหรับสภาวะอากาศที่ดี หรือ 48 ชั่วโมง สำหรับสภาวะอากาศที่เลว

ค. ในกรณีปิดการจราจรครบกำหนดแล้วมีแอสฟัลต์ซึมลงพื้นทางไม่หมดหรือไม่สามารถปิดการจราจรได้นานให้ใช้ทรายสะอาดที่มีส่วนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ไม่เกินร้อยละ 20 สาดทับชั้น Prime Coat

ง. หลังจากการลาดแอสฟัลต์ Prime Coat แล้วให้ทิ้งไม่น้อยกว่า 48 ชั่วโมง จึงจะทำผิวได้และต้องทำผิวภายใน 1 เดือน หลังจากลาดแอสฟัลต์

1.1.6 ข้อแนะนำและข้อควรระวัง

ก. ถ้ามีทางเบี่ยงหรือสามารถปิดการจราจรได้ ให้ลาดแอสฟัลต์ให้เต็มถนน ถ้าจำเป็นต้องลาดแอสฟัลต์ครั้งละครึ่งถนน ให้ลาดแอสฟัลต์ครึ่งแรกเลยแนวกึ่งกลางของถนนประมาณ 50 มิลลิเมตร

ข. ห้ามสาดทรายก่อน 24 ชั่วโมง หลังจากการลาดแอสฟัลต์

ค. หลังจากปิดการจราจร 48 ชั่วโมงแล้วแอสฟัลต์ยังซึมลงไม่หมด อาจใช้หินฝุ่นสาดแทนทรายก็ได้

ง. การใช้คัทแบคแอสฟัลต์ต้องระวังเพราะติดไฟง่าย การปฏิบัติงานจะต้องระมัดระวังไม่ให้ถูกเปลวไฟทั้งในขณะต้มหรือในขณะลาด

จ. การขนส่งแอสฟัลต์อิมัลชันแบบบรรจุถัง Drum โดยเฉพาะการขนขึ้น – ลง ต้องระมัดระวังไม่ให้ถัง Drum ได้รับการกระทบกระเทือนรุนแรง เพราะอาจทำให้แอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัวได้

ฉ. การใช้แอสฟัลต์อิมัลชันแบบบรรจุถัง Drum ก่อนถ่ายเทแอสฟัลต์อิมัลชันลงในเครื่องพ่นแอสฟัลต์ ควรกลิ้งถังไปมาหรือกวนให้เข้ากันเสียก่อน ทั้งนี้เพื่อให้แอสฟัลต์อิมัลชันมีลักษณะเดียวกันทั่วถึงหากใช้ไม่หมดถังควรปิดฝาให้แน่น เพื่อป้องกันน้ำในแอสฟัลต์อิมัลชันระเหยออกไป ทำให้แอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัว และหมดคุณภาพการเป็นแอสฟัลต์อิมัลชันได้

ช. หลังการลาดแอสฟัลต์ประจำวัน ควรดูดแอสฟัลต์ในเครื่องพ่นแอสฟัลต์ออกให้หมด แล้วล้างเครื่องพ่นแอสฟัลต์โดยเฉพาะที่ท่อพ่นแอสฟัลต์ การล้างควรใช้น้ำมันก๊าดหรือสารทำละลายใดๆ สูบผ่านท่อต่างๆ ของเครื่องพ่นแอสฟัลต์ เพื่อล้างส่วนที่ตกค้างอยู่ออกให้หมด ทั้งนี้เพื่อป้องกันแอสฟัลต์เกาะติดแน่น ทำให้ไม่สะดวกในการใช้งานครั้งต่อไปและช่วยป้องกันไม่ให้ถังบรรจุแอสฟัลต์ในเครื่องพ่นแอสฟัลต์ถูกกรดในแอสฟัลต์อิมัลชันบางชนิดกัดทะลุเสียหายได้

1.1.7 การตรวจสอบและการรายงานผล

ก. รายงานผลการลาดยางในแต่ละแปลงใช้แบบฟอร์มตามตัวอย่างท้ายบท แบบฟอร์มที่ 1-1

ข. สรุปอัตราการลาดยางประจำเดือนใช้แบบฟอร์มตามตัวอย่างท้ายบท แบบฟอร์มที่ 1-2

1.2 งาน Tack Coat

งานลาดแอสฟัลต์ Tack Coat ทำหน้าที่เป็นตัวยึดเหนี่ยวชั้นทางเดิมกับผิวทางที่จะก่อสร้างใหม่

1.2.1 วัสดุ

ก. แอสฟัลต์เหลวที่จะใช้เป็นประเภทและชนิดอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้ RC – 70, RC – 250 , CRS – 1 และ CRS – 2

ข. การเลือกชนิดของแอสฟัลต์เหลวให้พิจารณาสภาพของพื้นหรือผิวทางเดิมที่จะทำ Tack Coat อุณหภูมิที่ใช้ลาดแอสฟัลต์ชนิดต่างๆ ให้เป็นไปตามตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1- 3 ช่วงอุณหภูมิของแอสฟัลต์ที่ใช้ลาด

ชนิดของแอสฟัลต์	ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ลาด	
	องศา C	องศา F
RC - 70	50 - 110	120 - 225
RC - 250	75 - 130	165 - 270
CRS - 1	50 - 85	125 - 185
CRS - 2	50 - 85	125 - 185

หมายเหตุ : สำหรับแอสฟัลต์อิมัลชัน ถ้าผสมน้ำให้ลาดที่อุณหภูมิปกติได้

1.2.2 เครื่องจักรและเครื่องมือ

เครื่องจักรและเครื่องมือเป็นไปตามหัวข้อ 1.1.2

1.2.3 การเตรียมการก่อนการลาดแอสฟัลต์ Tack Coat

ก. ตรวจสอบอุปกรณ์และตรวจปรับเครื่องพ่นแอสฟัลต์ เป็นไปตามหัวข้อ 1.1.3

ข. การเตรียมพื้นทางหรือผิวทางเดิม

- กรณีที่พื้นทางหรือผิวทางเดิมไม่สม่ำเสมอหรือเป็นคลื่น ให้ตัดแต่งให้สม่ำเสมอ ถ้ามีหลุมบ่อจะต้องตัดหรือขุดออกแล้วทำการซ่อมแบบ Skin Patch หรือ Deep Patch แล้วแต่กรณีและบดอัดให้แน่นเสียก่อนเพื่อให้มีผิวที่เรียบสม่ำเสมอก่อนการทำ Tack Coat

- พื้นทางหรือผิวทางเดิม จะต้องสะอาดปราศจากฝุ่นและวัสดุอื่นๆ ปะปน

- กรณีที่พื้นทางเดิมทำ Prime Coat ทิ้งไว้นานจนกระทั่งไม่มีการยึดเหนี่ยว (Bonding) กับผิวทางที่จะก่อสร้างภายหลังหรือพื้นเดิมนั้นสกปรกจนไม่สามารถทำให้สะอาดได้ ให้ทำการ Tack Coat

- การทำความสะอาดพื้นทางหรือผิวทางเดิม โดยการกวาดฝุ่นหรือวัสดุที่หลุดหลวมออกจนหมด ด้วยเครื่องกวาดฝุ่นโดยใช้อัตราเร็วการหมุนและน้ำหนักกดที่กดลงบนพื้นทางหรือผิวทางเดิมให้พอดีที่จะไม่ทำให้ Prime Coat หรือผิวทางเดิมเสียหาย เสร็จแล้วให้ใช้เครื่องเป่าลมเป่าฝุ่นหรือวัสดุที่หลุดหลวมออกจนหมด

- กรณีที่มีคราบฝุ่นหรือวัสดุแข็งอยู่ที่พื้นทางหรือผิวทาง ให้กำจัดคราบแข็งโดยการใช้เครื่องมือใดๆ ที่เหมาะสมขูดออกและล้างให้สะอาดทิ้งไว้ให้แห้ง ใช้เครื่องกวาดฝุ่นกวาด แล้วใช้เครื่องเป่าลมเป่าฝุ่นหรือวัสดุที่หลุดหลวมออกให้หมด

1.2.4 ปริมาณแอสฟัลต์ที่ใช้ลาด

ก. กรณีที่พื้นเดิมเป็น Prime Coat หรือผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต

ใช้แอสฟัลต์ RC-70, RC-250 ในอัตรา 0.1 – 0.3 ลิตร/ตร.ม.

ใช้แอสฟัลต์ CRS-1, CRS-2 ในอัตรา 0.1 – 0.3 ลิตร/ตร.ม.

ใช้แอสฟัลต์ CRS-1, CRS-2 ผสมน้ำในอัตราส่วน 1 : 1 แล้วลาดในอัตรา 0.2 – 0.6 ลิตร/ตร.ม.

ข. กรณีที่พื้นเดิมเป็นผิวทางชนิดเซอร์เฟสทรีตเมนต์หรือเพนเนเตรชันแมคคาดัม

ใช้แอสฟัลท์ RC-70 , RC-250 ในอัตรา 0.1 – 0.3 ลิตร/ตร.ม.

1.2.5 วิธีการก่อสร้าง

ก. ใช้เครื่องพ่นแอสฟัลต์ลาดแอสฟัลต์ตามอุณหภูมิที่กำหนดตามตารางที่ 1-3โดยอัตราการลาดตามกำหนด

ข. กรณีที่พื้นที่ที่จะทำ Tack Coat เป็นพื้นที่ที่รถพ่นแอสฟัลต์เข้าไปไม่ได้ ให้ใช้ท่อพ่นแอสฟัลต์แบบมือถือได้หรือพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมที่จะใช้เครื่องพ่นแอสฟัลต์หรือท่อพ่นแอสฟัลต์แบบมือถือได้ให้ใช้แปรงทาแอสฟัลต์ได้

ค. การทำ Tack Coat ให้ดำเนินการล่วงหน้าก่อนการก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตภายในระยะเวลาที่เหมาะสม โดยกำหนดพื้นที่ที่จะทำ Tack Coat ให้พอดีที่จะก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตเสร็จภายในวันเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลดีและไม่อนุญาตให้ทิ้งไว้ข้ามคืน เพราะอาจจะทำให้พื้นทางหรือผิวทางเดิมสกปรกอีกได้

ง. ภายหลังจากการทำ Tack Coat แล้ว ให้ปิดการจราจรไว้จนกว่าจะก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต

จ. กรณีที่มีพื้นที่ที่ได้ Tack Coat ไว้แล้วเหลืออยู่เนื่องจากมีอุปสรรคอันเป็นเหตุให้ไม่สามารถก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตจนหมดพื้นที่ Tack Coat ได้ ให้ปิดการจราจรในช่วง Tack Coat ที่ยังเหลืออยู่และให้ดำเนินการก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตโดยเร็วที่สุดในทันทีที่สามารถดำเนินการต่อได้

ฉ. การทำ Tack Coat เมื่อพ่นแอสฟัลต์ลงบนพื้นที่ที่ดำเนินการถูกต้องตามที่กำหนดแล้วทั้งปริมาณและอุณหภูมิ แต่แอสฟัลต์ยังไม่ทั่วถึงหรือไม่สม่ำเสมอ อาจใช้รถบดล้อยางที่สะอาดช่วยนวดให้แอสฟัลต์กระจายสม่ำเสมอทั่วผิวหน้าของพื้นที่ได้

ช. ภายหลังจากการลาดแอสฟัลต์ Tack Coat แล้วต้องทิ้งไว้ช่วงเวลาหนึ่งเพื่อให้น้ำมันใน Cut Back Asphalt ระเหยออกไปหรือแอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัวและน้ำระเหยออกไปแล้วจึงก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต

1.2.6 ข้อแนะนำและข้อควรระวัง

ก. ถังเก็บแอสฟัลต์อิมัลชันแบบ Bulk

ถังเก็บแอสฟัลต์อิมัลชันควรเป็นถังที่บุด้วยวัสดุกันความร้อนและเป็นแบบที่มีระบบหมุนเวียนแอสฟัลต์อิมัลชันในถังระบบหมุนเวียนอาจเป็นแบบใช้ปั๊มแอสฟัลต์โดยการหมุนเวียนแอสฟัลต์อิมัลชันจากด้านบนไปสู่ด้านล่างของถังเก็บหรือเป็นแบบใช้ใบพัดกวนที่มีรอบการหมุนช้าๆ

ถ้าถังเก็บแอสฟัลต์อิมัลชันเป็นแบบไม่มีระบบหมุนเวียนหรือไม่มีใบกวน การเก็บควรเติมน้ำมันก๊าดลงในถังปริมาณเล็กน้อย พอที่น้ำมันก๊าดจะลอยปิดผิวหน้าแอสฟัลต์อิมัลชันในถังเพียงบางๆ เพื่อลดการเกิดแอสฟัลต์ลอยเป็นฝ้าที่ผิวหน้าของแอสฟัลต์อิมัลชันในถัง

ข. การเก็บและใช้แอสฟัลต์อิมัลชันแบบบรรจุ Bulk

- ควรบรรจุแอสฟัลต์อิมัลชันให้เต็มถัง เพื่อให้มีผิวหน้าของแอสฟัลต์อิมัลชันที่สัมผัสกับอากาศเป็นพื้นที่ที่น้อยสุดทั้งนี้เพื่อลดการรวมตัวของแอสฟัลต์เป็นแผ่นฝ้าที่ผิวหน้าของแอสฟัลต์อิมัลชัน
- ควรเก็บแอสฟัลต์อิมัลชันที่ช่วงอุณหภูมิ 10 – 85 องศาเซลเซียส
- อย่าให้ความร้อนแอสฟัลต์อิมัลชันจนกระทั่งอุณหภูมิที่ผิวสัมผัสกับพื้นผิวที่ความร้อนจากอุปกรณ์ให้ความร้อน มีอุณหภูมิสูงถึง 96 องศาเซลเซียส มิฉะนั้นแอสฟัลต์อิมัลชันบริเวณที่สัมผัสกับพื้นที่ผิวที่ความร้อนผ่านจากอุปกรณ์ให้ความร้อนจะแตกตัวได้
- ขณะให้ความร้อนแอสฟัลต์อิมัลชันในถังเก็บ ให้กวนแอสฟัลต์อิมัลชันไปด้วย เพื่อลดการรวมตัวของแอสฟัลต์เป็นแผ่นฝ้าที่ผิวหน้า
- การกวนแอสฟัลต์อิมัลชันห้ามใช้วิธีการอัดอากาศเข้าไปในถังเก็บ
- การหมุนเวียนแอสฟัลต์อิมัลชันในถัง ไม่ควรทำให้แอสฟัลต์อิมัลชันไหลเวียนเร็วและรุนแรงเกินไปเพราะจะทำให้อากาศเข้าไปแทรกในแอสฟัลต์อิมัลชัน อันเป็นเหตุให้แอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัวได้ง่าย
- การผสมน้ำกับแอสฟัลต์อิมัลชันชนิด CRS-1 หรือ CRS-2 ห้ามเติมแอสฟัลต์อิมัลชันลงในน้ำ แต่ให้เติมน้ำสะอาดอย่างช้าๆ ลงในแอสฟัลต์อิมัลชัน เพื่อป้องกันมิให้แอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัว

ค. การใช้แอสฟัลต์อิมัลชันแบบถังบรรจุ Drum

- การขนส่งแอสฟัลต์อิมัลชัน โดยเฉพาะการขนขึ้นและขนลง ต้องระมัดระวังไม่ให้ถังบรรจุแอสฟัลต์อิมัลชันถูกกระทบกระเทือนรุนแรงมากเกินไป เพราะอาจทำให้แอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัวได้

- ก่อนใช้แอสฟัลต์อิมัลชันแบบถังบรรจุ Drum ที่เก็บตั้งรอไว้นานๆ ควรกลิ้งถังไปมาอย่างน้อยด้านละ 5 ครั้งเป็นประจำสัปดาห์ละ 1 ครั้ง โดยเฉพาะเมื่อก่อนบรรจุลงเครื่องพ่นแอสฟัลต์ ทั้งนี้เพื่อให้แอสฟัลต์อิมัลชันผสมเป็นเนื้อเดียวกันทั่วถึง

- ทุกครั้งที่บรรจุแอสฟัลต์อิมัลชันลงในเครื่องพ่นแอสฟัลต์ควรใช้ให้หมดแล้วล้าง เครื่องพ่นแอสฟัลต์ด้วยโดยเฉพาะที่ท่อพ่นแอสฟัลต์ ถ้าเปิดถังบรรจุแอสฟัลต์อิมัลชันออกใช้แล้วควรใช้ให้หมดถังหรือถ้าใช้ไม่หมดต้องปิดฝาอย่างดีมิฉะนั้นน้ำในถังจะระเหยไปได้ซึ่งจะทำให้แอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัวและหมดคุณภาพการเป็นแอสฟัลต์อิมัลชันได้

1.2.7 การตรวจสอบและการรายงานผล

ก. รายงานผลการลาดยางในแต่ละแปลงใช้แบบฟอร์มตามตัวอย่างท้ายบทแบบฟอร์มที่ 1-1

ข. สรุปอัตราการลาดยางประจำเดือนใช้แบบฟอร์มตามตัวอย่างท้ายบทแบบฟอร์มที่ 1-2

ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 1-1

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

การตรวจสอบอัตราการลาดยาง Prime Coat

หน่วยตรวจสอบผิวทางประจำโครงการฯ บางปะอิน - นครสวรรค์ ตอน 7

สัญญาที่ สท.2/14/2549 ประจำเดือน กุมภาพันธ์ 2550

รถลาดยางยี่ห้อ ..... ทะเบียน .....

ชนิดของยางที่ใช้ .....

Pump Shaft Speed ..... รอบ / นาที

Spray bar Discharge Pressure ..... ลิตร/นาที

Speed ของรถลาดยาง ..... เมตร/นาที

การหาอัตราลาดยางเฉลี่ย

บันทึก ที่ ป.		ป.1	ป.2	ป.3	ป.4
วันที่ทำงาน					
จาก กม.					
ถึง กม.					
ด้าน					
ระยะทางสุทธิ					
ความกว้างที่ลาด	เมตร				
พื้นที่ลาดยาง	ตร.ม.				
พื้นที่ส่วนขยาย	ตร.ม.				
รวมพื้นที่ลาดยาง	ตร.ม.				
อุณหภูมิของยางที่ใช้ลาด	^{o}C				
ปริมาณยางก่อนลาด	ลิตร				
ปริมาณยางหลังลาด	ลิตร				
ปริมาณยางที่ใช้	ลิตร				
อัตราลาดยางเฉลี่ย	ลิตร / ตร.ม.				
ช่างควบคุม					

หมายเหตุ .....

.....

.....

ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 1-2

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

สรุปอัตราการลาดยาง ……..

หน่วยตรวจสอบผิวทางแอสฟัลต์ประจำโครงการฯ .....

สัญญาที่..... ลงวันที่ .....

ประจำเดือน.....

แปลงที่	ช่วงระยะทาง กม.- กม.	ด้าน	อัตราการใช้แอสฟัลต์ (ลิตร / ตร.ม.)	ชนิด แอสฟัลต์	วันที่ทำงาน	หมายเหตุ
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						

ผู้รายงาน.....

ภาคผนวก 1-1

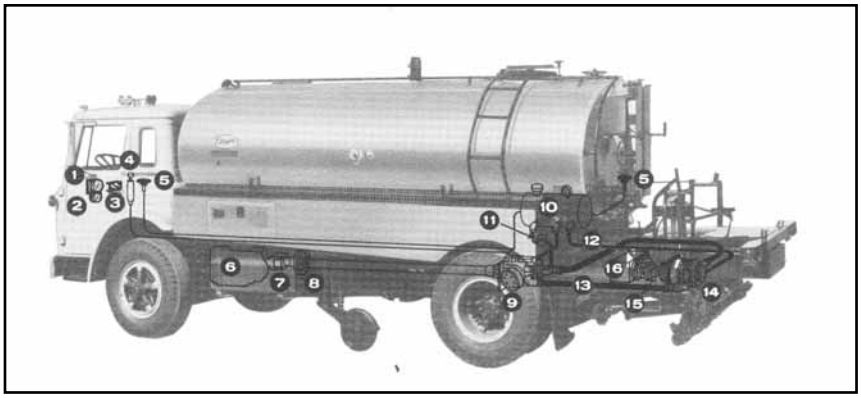
การตรวจสอบรถลาดยาง

ภาคผนวก 1-1

การตรวจสอบรถลาดยาง

รถลาดยางใช้สำหรับการ Prime coat และ Tack coat ก่อนนำมาใช้งานให้ตรวจสอบดังนี้

1. การตรวจสอบรายละเอียดทั่วไป



รูปที่ 1 รถลาดยาง

เป็นการตรวจสอบข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้สามารถกำหนดรูปแบบการใช้งานได้ถูกต้องและแก้ไขปรับปรุงส่วนประกอบที่มีสภาพชำรุดหรือใช้งานไม่ดี ก่อนเริ่มทำงาน โดยจะตรวจสอบตามแบบฟอร์ม “รายละเอียดการตรวจสอบรถลาดยาง” ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 การบันทึกรายละเอียดทั่วไปของรถลาดยาง เช่น หมายเลขทะเบียน , ยี่ห้อรถ , ยี่ห้อเครื่องท้าย , ท่อให้ความร้อน , ไม้เล็งแนว ฯลฯ

รูปที่ 2 ท่อให้ความร้อนและเครื่องท้าย

1.2 การบันทึกรายละเอียดของถังบรรจุแอสฟัลต์ เช่น วิธีการวัดปรับงานแอสฟัลต์ หน่วยที่ใช้วัด , การวัดอุณหภูมิแอสฟัลต์ในถัง

1.3 การบันทึกรายละเอียดของเครื่องท้าย

1.4 การบันทึกรายละเอียดของเครื่องปั้มแอสฟัลต์

1.5 การบันทึกรายละเอียดล้อวัดความเร็ว

รูปที่ 3 เครื่องท้าย

1.6 การบันทึกรายละเอียดท่อพ่นแอสฟัลต์

1.7 การบันทึกรายละเอียดจำนวนหัวฉีดแอสฟัลต์

1.8 รายการตรวจสอบหัวฉีดแอสฟัลต์

รูปที่ 4 หัวฉีดแอสฟัลต์

2 การสอบเทียบมาตรวัดความเร็วของรถลาดยาง (Calibration of Speed Meter)

เป็นการหาความสัมพันธ์ ของความเร็วที่รถวิ่งจริงกับความเร็วที่อ่านได้จากมาตรวัดความเร็วของล้อที่ 5 และนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์สำหรับกำหนดอัตราเร็วของรถลาดยางในการ Prime Coat หรือ Tack Coat เพื่อให้ได้อัตราการลาดยางตรงตามต้องการ

2.1 การตรวจสอบจะกำหนดจุด 2 จุดและวัดระยะทางไว้ จากนั้นให้รถลาดยางวิ่งด้วยอัตราเร็วคงที่ โดยอ่านความเร็วจากมาตรวัดของล้อที่ 5 พร้อมกับจับเวลาที่ใช้วิ่งผ่านจุด 2 จุด

จากนั้นคำนวณหาอัตราเร็วที่วิ่งได้จริงจากระยะทางที่วัดไว้ หารด้วยเวลาที่จับได้ แล้วนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่อ่านได้กับความเร็วรถลาดยาง

2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ

ก. เทปวัดระยะ

ข. นาฬิกาจับเวลา

ค. ตารางบันทึกข้อมูล

2.3 ขั้นตอนการตรวจสอบ

ก. กำหนดจุด 2 จุด พร้อมวัดระยะทาง

ข. กำหนดความเร็วรถลาดยางจากมาตรวัดของล้อที่ 5

ค. ให้รถลาดยางวิ่งผ่านจุดทั้ง 2 ตามข้อ ก) โดยขณะที่รถวิ่งผ่านจุดที่ เพื่อไปยังจุดที่ 2 ต้องมีความเร็วสม่ำเสมอตลอดระยะทาง

ง. จับเวลาที่รถใช้วิ่งผ่านจุด 2 จุด พร้อมบันทึก

จ. คำนวณหาอัตราเร็วจริง

ฉ. สร้างกราฟความสัมพันธ์

3. การสอบเทียบอัตราการไหลของยางแอสฟัลต์ของรถลาดยาง

เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของเครื่องปั๊มแอสฟัลต์กับปริมาณแอสฟัลต์ที่ไหลออกและนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ สำหรับกำหนดความเร็วรอบเครื่องปั๊มแอสฟัลต์ ในการ Prime Coat หรือ Tack Coat เพื่อให้ได้อัตราการไหลตามต้องการ

3.1 หลักการ

การตรวจสอบนี้จะดำเนินการโดยเปิดแอสฟัลต์ตามความเร็วรอบของเครื่องปั๊มที่ได้กำหนดไว้ แล้วใช้ภาชนะรองรับแอสฟัลต์ที่ไหลออกมา พร้อมจับเวลา บันทึกน้ำหนักแอสฟัลต์ที่ไหลและช่วงเวลาที่เปิด เพื่อนำไปคำนวณหาอัตราการไหลของแอสฟัลต์แล้วสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องปั๊มและอัตราการไหล

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ

ก. ภาชนะสำหรับรองรับวัสดุโดยใช้ภาชนะที่มีขนาดเหมาะสม

ข. เครื่องชั่งขนาด ประมาณ 60-100 กิโลกรัม

ค. นาฬิกาจับเวลา

ง. ตารางบันทึกข้อมูล

3.3 ขั้นตอนการตรวจสอบ

ก. กำหนดความเร็วรอบของเครื่องปั๊มแอสฟัลต์

ข. เดินเครื่องท้ายแล้วเปิดวาล์วให้แอสฟัลต์ไหลออกมาจากท่อพ่นยางลงในภาชนะรองรับพร้อมจับเวลา เมื่อได้ปริมาณแอสฟัลต์พอสมควรก็หยุดเครื่องพร้อมหยุดการจับเวลา

รูปที่ 5 แสดงการสอบเทียบอัตราการไหลของยางแอสฟัลต์

ค. ชั่งหาน้ำหนักแอสฟัลต์ที่ไหลออกมาแล้วจดบันทึกพร้อมกับเวลาที่ใช้เปิด – ปิด วาล์ว

ง. ทำซ้ำตามข้อ ข. และ ค. อีกอย่างน้อย 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแอสฟัลต์ไหลออกและเวลาที่ใช้ แล้วคำนวณหาอัตราการไหลของแอสฟัลต์ ที่ความเร็วรอบเครื่องปั๊มนั้นๆ

จ. เปลี่ยนความเร็วรอบมอเตอร์ของเครื่องปั๊มแอสฟัลต์ ให้ครอบคลุมจุดใช้งาน

ฉ. ทำซ้ำ ข้อ ข. ถึง จ.

ช. สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของเครื่องปั๊มแอสฟัลต์กับอัตราการไหล

4. การตรวจสอบอัตราการลาดยางตามขวาง

ตรวจสอบอัตราการลาดยางตามขวาง ตามภาคผนวก 1-2

5. การตรวจสอบอัตราการลาดยางตามยาว

ตรวจสอบอัตราการลาดยางตามยาว ตามภาคผนวก 1-3

6. การตรวจสอบและการรายงานผล

6.1 บันทึกรายละเอียดการตรวจสอบรถลาดยาง ใช้แบบฟอร์มตามตัวอย่างแบบฟอร์มที่ ผ.1-1(1/1) ถึง ผ.1-1(1/3)

6.2 รายงานการตรวจสอบหัวฉีดแอสฟัลต์ ใช้แบบฟอร์มตามตัวอย่างแบบฟอร์มที่ ผ.1-1(2)

6.3 รายงานการตรวจสอบอัตราการไหลของรถลาดยาง ใช้แบบฟอร์มตามตัวอย่างแบบฟอร์มที่ ผ.1-1(3)

6.4 รายงานการตรวจสอบความเร็วของรถลาดยาง ใช้แบบฟอร์มตามตัวอย่างแบบฟอร์มที่ ผ.1-1(4)

ตัวอย่าง แบบฟอร์มที่ ผ.1-1(1/1)

รายละเอียดการตรวจสอบรถลาดยาง

อันดับการตรวจสอบที่ GA -

โครงการฯ_____วันที่_____

1. รถยนต์หมายเลขทะเบียน_____

ยี่ห้อ _____ ☐ แบบผสม

ถังบรรจุแอสฟัลต์ บริษัท _____

เครื่องท้าย บริษัท (ยี่ห้อ) _____

เครื่องปั้มแอสฟัลท์ (ยี่ห้อ)_____

ท่อให้ความร้อน จำนวน_____ท่อ

ไม้เล็งแนว ☐ มี ☐ ไม่มี

ตัวอย่างแบบฟอร์ม

2. ถังบรรจุแอสฟัลต์ ☐ แกลลอน ☐ ลิตร

เครื่องวัดปริมาณแอสฟัลต์เป็นแบบ ☐ แบบไม้วัด ☐ แบบเข็มวัด

ไม้วัดปริมาณแอสฟัลต์ ☐ ดี ☐ ชำรุด

ถ้าชำรุดเป็นอย่างไร_____

อ่านได้ละเอียด_____ ☐ แกลลอน ☐ ลิตร

เข็มวัดปริมาณแอสฟัลต์ ☐ ดี ☐ ชำรุด

ถ้าชำรุดเป็นอย่างไร_____

อ่านได้ละเอียด_____ ☐ แกลลอน ☐ ลิตร

เทอร์โมมิเตอร์เป็นแบบ ☐ แท่งแก้ว ☐ หน้าปัทม์

แบบแท่งแก้ว ยี่ห้อ_____ ☐ ดี ☐ ชำรุด

ถ้าชำรุดเป็นอย่างไร_____

ช่วงอุณหภูมิอ่านได้_____^{o}C

อ่านได้ละเอียด_____^{o}C

แบบหน้าปัทม์ ยี่ห้อ_____ ☐ ดี ☐ ชำรุด

ถ้าชำรุดเป็นอย่างไร_____

ช่วงอุณหภูมิอ่านได้_____^{o}C

อ่านได้ละเอียด_____^{o}C

ตัวอย่าง แบบฟอร์มที่ ผ.1-1(1/2)

3. เครื่องท้าย ☐ ดี ☐ ใช้ได้ ☐ ชำรุด

ถ้าชำรุดเป็นอย่างไร----------

มีเกจ์วัดความดันเป็น ☐ ก.ก./ตร.ซม. ☐ ปอนด์/ตร.นิ้ว

หรือเป็นแบบบอกด้วยตัวเลข----------

4. เครื่องปั้มแอสฟัลต์ ☐ ดี ☐ ใช้ได้ ☐ ชำรุด

ถ้าชำรุดเป็นอย่างไร----------

มีเกจ์วัด อัตราการไหล วัดปริมาณแอสฟัลท์อย่างไร --------. ลิตร/นาที

วัดรอบอย่างไร----------

วัดความดันอย่างไร----------

5. ล้อวัดความเร็ว ☐ มี ☐ ไม่มี

☐ ดี ☐ ใช้ได้ ☐ ชำรุด

ตัวอย่างแบบฟอร์ม

ถ้าชำรุดเป็นอย่างไร----------

เกจ์วัดความเร็วเป็น ☐ เมตร/นาที ☐ ฟุต/นาที

☐ ดี ☐ ใช้ได้ ☐ ชำรุด

ถ้าชำรุดเป็นอย่างไร----------

6. ท่อพ่นยาง มี----------ท่อน

แต่ละท่อนยาว -------- เมตร ---------เมตร ---------เมตร

ท่อพ่นยาง ☐ ดี ☐ ใช้ได้ ☐ ชำรุด

ถ้าชำรุดเป็นอย่างไร----------

ระบบส่งแอสฟัลต์ ☐ ดี ☐ ใช้ได้ ☐ ชำรุด

(เช่น ท่อยาง ข้อต่อ วาวล์)

ถ้าชำรุดเป็นอย่างไร----------

ท่อพ่นยางแบบมือถือ (Hand Spray) ☐ มี ☐ ไม่มี

7. จำนวนหัวฉีดในท่อพ่นยางแต่ละท่อมี ----------หัว---------หัว--------หัว

ความสูงของหัวฉีด----------ซ.ม

ตั้งมุมหัวฉีดโดย ☐ กุญแจพิเศษประจำรถ ☐ ตั้งโดยวัดมุมเอง

การซ้อนของกรวยแอสฟัลต์ที่ลาด----------ชั้น

ตัวอย่าง แบบฟอร์มที่ ผ.1-1(1/3)

การตรวจปรับอุปกรณ์และตรวจสอบการลาดยาง มีดังนี้

ก. การตรวจปรับเครื่องวัดปริมาณแอสฟัลต์ให้อ่านได้ละเอียดขึ้น

ข. การตรวจสอบปริมาณแอสฟัลต์จากปั้ม

ค. การตรวจสอบเกจ์วัดความเร็ว และล้อวัดความเร็ว

ง. การตรวจสอบเทอร์โมมิเตอร์ประจำรถลาดยาง

จ. การตรวจสอบเกจ์วัดความดันเครื่องท้าย

ฉ. การตรวจสอบอัตราการลาดยางตามขวาง โดยวิธีการทดลองตามภาคผนวก 1-2

ช. การตรวจสอบอัตราการลาดยางตามยาว โดยวิธีการทดลองตามภาคผนวก 1-3

ตัวอย่างแบบฟอร์ม

หมายเหตุ

การกำหนดความสูงของหัวฉีด ควรทดลองลาดยางตามขวางเป็นชั้นเดียวก่อน เมื่อถูกต้องจึงเปิดพร้อมกันทุกหัวฉีด

การลาดยางในแปลงใดๆ ความแตกต่างของความสูงของหัวฉีดระหว่างก่อนลาดและหลังลาด ต้องไม่เกิน 1/2 นิ้ว (12.5 ม.ม.)

นายช่างโครงการฯ

ดำเนินการโดย

เจ้าหน้าที่หน่วยผิวทาง

(1) ---

(2) ---

ตัวอย่าง แบบฟอร์มที่ ผ.1-1(2)

การตรวจสอบหัวฉีดแอสฟัลต์

หัวฉีดที่	ยี่ห้อ	แบบ		สภาพ		ขนาดรูหัวฉีด	ระยะหัวฉีด	มุมหัวฉีด
		ร่อง	พ่นฝอย	ดี	ใช้ได้			

ตัวอย่าง แบบฟอร์มที่ ผ.1-1(3)

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

อันดับการตรวจสอบที่ .....

โครงการฯ .....

เจ้าหน้าที่ทดลอง ..... วันที่ทดลอง .....

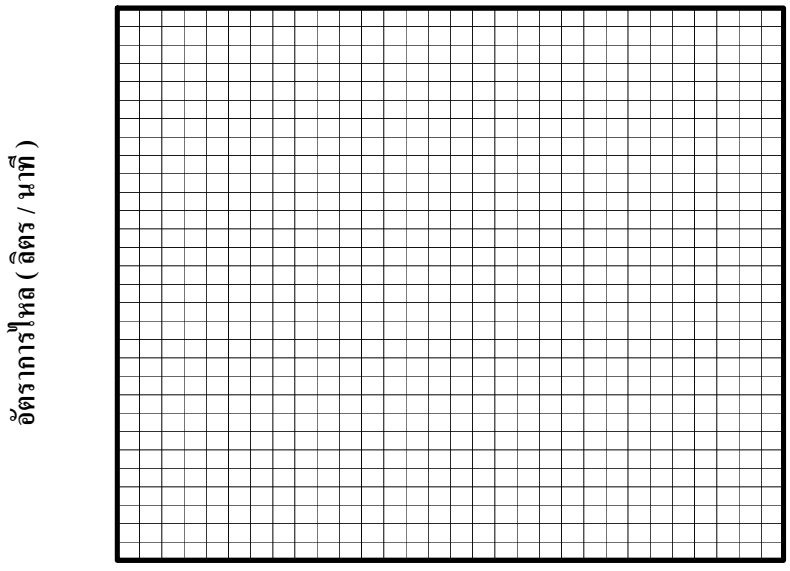
การตรวจสอบอัตราการไหลของรถลาดยาง

รถลาดยางยี่ห้อ ..... หมายเลขทะเบียน .....

เครื่องท้ายยี่ห้อ.....

ลำดับที่	ความเร็วรอบปั๊ม (รอบ/นาที)	เวลา (นาที)	ปริมาณแอสฟัลต์ (ลิตร)				อัตราการไหล (ลิตร / นาที)
			ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	
1							
2							
3							
4							
5							
6							

ตัวอย่างแบบฟอร์ม



หมายเหตุ .....

.....

.....

ตัวอย่าง แบบฟอร์มที่ ผ.1-1(4)

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

อันดับการตรวจสอบที่ .....

โครงการฯ .....

เจ้าหน้าที่ทดลอง..... วันที่ทดลอง .....

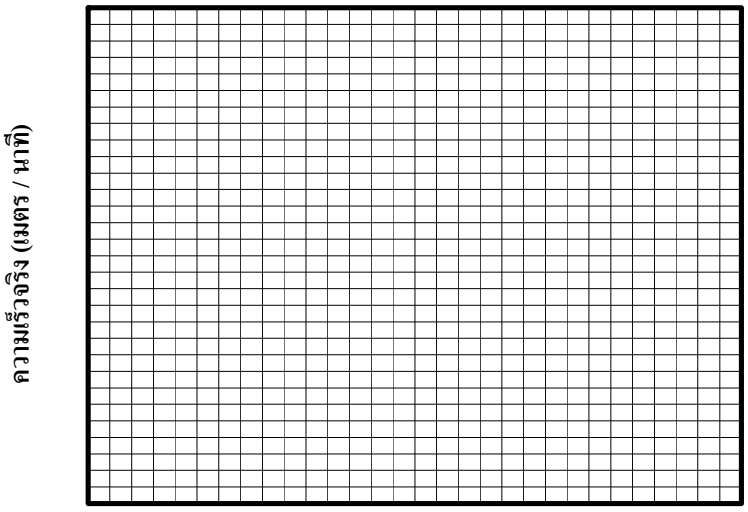
การตรวจสอบความเร็วรถลาดยาง

รถลาดยางยี่ห้อ..... หมายเลขทะเบียน .....

เครื่องท้ายยี่ห้อ .....

ลำดับที่	ความเร็วที่อ่านได้ (เมตร / นาที)	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาที)				ความเร็วจริง (เมตร / นาที)
			ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	
1							
2							
3							
4							
5							
6							

ตัวอย่างแบบฟอร์ม



หมายเหตุ .....

.....

.....

ภาคผนวก 1-2

การตรวจสอบอัตราการลาดยางตามขวางจากเครื่อง Distributor

ภาคผนวก 1-2
การตรวจสอบอัตราการลาดยางตามขวางจากเครื่อง Distributor

1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้อธิบายถึงวิธีการตรวจสอบความสม่ำเสมอของปริมาณแอสฟัลต์ที่ลาดถนนจากเครื่อง Distributor ตามความกว้างของถนน

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือ

เครื่องชั่งที่มีความละเอียด 0.1 กรัม

2.2 วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

2.2.1 กระดาษหนาสี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 500 มิลลิเมตร ยาว 4 เมตร 1 แผ่น

2.2.2 กระดาษวาดเขียนสี่เหลี่ยมขนาด 300 มิลลิเมตร x 100 มิลลิเมตร จำนวน 70 แผ่น พร้อมหมายเลขกำกับ

2.2.3 วัสดุที่ดูดซึมในที่นี้ให้ใช้ผ้า

2.3 การทดลอง

2.3.1 เจาะกระดาษในข้อ 2.2.1 ให้เป็นร่อง 2 ร่อง ตามแนวยาวของกระดาษโดยให้ร่องทั้งสองร่องห่างกัน 200 มิลลิเมตร และขนานกันโดยตลอด

2.3.2 นำกระดาษวาดเขียนตามข้อ 2.2.2 ชั่งหาน้ำหนักประมาณ 10 แผ่น แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นน้ำหนักของแผ่นกระดาษแต่ละแผ่น (Wt. of Paper)

2.3.3 เมื่อทราบน้ำหนักของแผ่นกระดาษแล้วให้นำแผ่นกระดาษวางซ้อนกันในแต่ละแผ่นเหลือพื้นที่ 300X50 มิลลิเมตร การวางซ้อนกันให้ใช้หมุดกลัดหรือใช้เครื่องเย็บกระดาษ

2.3.4 นำกระดาษที่เตรียมไว้ในข้อ 2.3.3 สอดผ่านร่องสองร่องของกระดาษที่เตรียมไว้ตามข้อ 2.3.1 ดังนั้นพื้นที่ของกระดาษที่วางเรียงซ้อนกันมีพื้นที่ๆจะรับแอสฟัลต์ที่ลาดจากเครื่อง Distributor = 50 มิลลิเมตร x 200 เมตร = (area of each paper)

2.3.5 ตัดผ้าให้ได้ขนาด 50 มิลลิเมตร x 200 มิลลิเมตร จำนวน 70 ชิ้น

2.3.6 ชั่งน้ำหนักของผ้าแต่ละชิ้นประมาณ 10 ชิ้น นำมาเฉลี่ยเป็นน้ำหนักของผ้าแต่ละชิ้น (Wt. of cotton pad)

2.3.7 ทากระดาษที่เตรียมไว้ในข้อ 2.3.4 ด้วยกาว แล้วนำผ้าที่ตัดเตรียมไว้ในข้อ 2.3.5 แต่ละชิ้นปิดทับลงบนกระดาษที่ทากาวนั้นแต่ละแผ่น

2.3.8 นำกระดาษและผ้าที่เตรียมจากข้อ 2.3.7 ไปวางบนถนนตามความกว้างของถนนและตั้งฉากกับ Centre line ของถนน

2.3.9 ให้รถ Distributor ที่เตรียมไว้สำหรับแอสฟัลต์เข้าลาดแอสฟัลต์ตามอัตราที่ตั้งไว้

2.3.10 เมื่อรถ Distributor ลาดแอสฟัลต์ผ่านไปให้รีบถอดกระดาษที่มีผ้าติดพร้อมทั้งแอสฟัลต์บนผิวหน้าของผ้า ไปชั่งหาน้ำหนักทุกๆ แผ่น (Wt. of paper + cotton pad + Asphalt)

2.3.11 โดยการทราบน้ำหนักของแอสฟัลต์และพื้นที่ของผ้าก็สามารถคำนวณหาปริมาณแอสฟัลต์ที่ลาดได้

2.3.12 รายการคำนวณดูได้จากตัวอย่างที่แนบมาพร้อมนี้

3. การคำนวณ

$$\text{Average rate of Spread} = \frac{Wt.\ of\ \ asphalt}{area\ of\ \ each\ paper}$$

เมื่อ $area\ of\ \ each\ paper = 20 \times 10 = 200$ Sq.cm.

$$\%\ \text{Variation} = \frac{Wt.\ of\ \ Aspt. - \ \ Average\ wt.\ of\ \ Aspt.}{Average\ \ wt.\ of\ \ asphalt} \times 100$$

4. การตรวจสอบและการรายงานผล

4.1 รายงานปริมาณแอสฟัลต์ที่ต้องการให้ลาดบนถนน เป็นลิตรต่อตารางเมตร

4.2 รายงานปริมาณแอสฟัลต์ที่ตรวจสอบได้โดยการทดลองข้างต้นเป็นลิตรต่อตารางเมตร

4.3 รายงานเปอร์เซ็นต์ของ Variation ที่คำนวณได้แต่ละค่า ข้อกำหนด ± 17 %

4.4 แบบฟอร์มรายงานใช้แบบฟอร์มตามตัวอย่างแบบฟอร์มที่ ผ.1-2(1)

5. ข้อควรระวัง

ให้รีบชั่งน้ำหนักของแผ่นกระดาษภายหลังที่รถ Distributor ได้ลาดแอสฟัลต์ผ่านไปแล้ว โดยเฉพาะในขณะที่อากาศร้อนจัด เพราะสารละลายพวกน้ำมัน (สำหรับแอสฟัลต์พวก Cut back) และน้ำ (สำหรับแอสฟัลต์พวก Emulsified Asphalt) จะระเหยไปทำให้ไม่ได้น้ำหนักที่ถูกต้อง

ตัวอย่าง แบบฟอร์มที่ ผ.1-2(1)

ตรวจสอบหาความสม่ำเสมอของทางที่ลาดตามความกว้างของถนน

TEST OF ASPHALT DISTRIBUTION

ROAD TRAY TEST FOR TRANSVERSE DISTRIBUTION

Paper	Wt. Asphalt +Paper pad (gm.)	Wt. of Paper pad (gm.)	Wt. of Asphalt (gm.)	Variation %
1	24.3	9.6	14.7	-4.5
2	24.4	9.1	15.3	-0.6
3	24	8.9	15.1	-1.9
4	24.1	9.1	15	-2.6
5	24.0	9.1	14.9	-3.2
6	24.0	8.8	15.2	-1.3
7	24.6	9.2	15.4	-0.0
8	24.4	9.2	15.2	-1.3
9	24.7	9.5	15.2	-1.3
10	24.2	9.2	15	-2.6
11	25.5	9.2	16.3	5.8
12	24.6	9.5	15.1	-1.9
13	25.4	9.4	16	3.9
14	26.1	9.4	16.7	8.4
15	25.1	9.5	15.6	1.3
16	24.0	8.8	15.2	-1.3
17	25.1	9.4	15.7	1.9
18	24.4	9.5	14.9	-3.2
19	25.2	9.2	16	3.9
20	25.0	9.2	15.8	2.6
21	27.9	10.6	17.3	12.3
22	24.1	9.2	14.9	-3.2
23	24.2	9	15.2	-1.3
24	25.9	9.5	16.4	6.5
25	25.9	9.6	16.3	5.8
26	23.8	9.1	14.7	-4.5
27	25.0	9.4	15.6	1.3
28	24.4	9.7	14.7	-4.5
29	25	9.2	15.8	2.6
30	24.1	9.6	14.5	-5.8
31	25.0	9.4	15.6	1.3
32	25.6	9.7	15.9	3.2
33	25.0	9.5	15.5	0.6
34	24.5	9.6	14.9	-3.2
35	24.7	9.6	15.1	-1.9
		TOTAL	540.7	
		AVERAGE	15.4	

ตัวอย่างแบบฟอร์ม

MACHINE REC. NO. -

MAKE ISUZU

MODEL

WIDTH OF SPRAY BAR	3.50 m.
NO. OF JETS USED	35
ACTUAL WIDTH SPRAYED	3.50 m.
HEIGHT OF BAR	22 cm.
ROAD SPEED	500 ft./min
PUMP SPEED	1200 rpm
ASPHALT	MC. - 70
TEMPERATURE	80 C
PRESSURE	-
AIR TEMP.	-
ROAD TEMP	-
OUT PUT PER JET / MIN	Kg./ min.

$$\%\text{Variation} = \frac{[\text{Wt.Asphalt} - \text{Avg.Wt.Asphalt.}] \times 100}{\text{Avg. Wt Asphalt}}$$

e.g. paper No. 1

$$\%\text{Variation} = \frac{[\ 14.7 - 15.4\ ] \times 100}{15.4} = -4.5$$

AREA OF EACH PAPER = 20 x 10 Sq.cm.
= 200 Sp.cm.

AVERAGE RATE OF SPREAD = $\frac{\text{Wt. Asphalt}}{\text{Area of each paper}}$
= 0.74 Liter / Sq.m.

N.B. % Varlation = + / - 17 %

ภาคผนวก 1-3

การตรวจสอบอัตราการลาดยางตามยาวจากเครื่อง Distributor

ภาคผนวก 1-3

การตรวจสอบอัตราการลาดยางตามยาวจากเครื่อง Distributor

1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้อธิบายถึงวิธีการตรวจสอบความสม่ำเสมอของปริมาณแอสฟัลต์ที่ลาดถนนจากเครื่อง Distributor ตามความยาวของถนน

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือ

เครื่องชั่งที่มีความละเอียด 0.1 กรัม

2.2 วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

2.2.1 สังกะสีแผ่นเรียบหรือกระดาษแข็งสี่เหลี่ยม 200 x 200 มิลลิเมตร จำนวน 11 แผ่น

2.2.2 วัสดุที่ดูดซึมได้ในที่นี้ให้ใช้ผ้า

2.3 การทดลอง

2.3.1 ตัดผ้าให้ได้ขนาด 200 มิลลิเมตร x 200 มิลลิเมตร จำนวน 11 ชิ้น

2.3.2 ทากาวลงบนผิวหน้าของสังกะสีหรือกระดาษแข็งที่ได้เตรียมไว้ตามข้อ 2.2.1

2.3.3 นำผ้าที่ตัดไว้ในข้อ 2.3.1 ติดทับหน้าสังกะสีหรือกระดาษแข็งที่ทากาวไว้

2.3.4 นำสังกะสีหรือกระดาษแข็งพร้อมกับผ้าที่ติดไว้ใน 2.3.3 ไปชั่งหาน้ำหนักและจดไว้ทุกๆ แผ่น น้ำหนักที่ได้ คือ น้ำหนักของ Tray (Wt. of Tray)

2.3.5 เมื่อชั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้วให้นำไปวางบนถนนที่จะลาดแอสฟัลต์โดยวางตรงกลางระหว่างขอบถนนกับ Centre Line ของถนน แต่ละแผ่นวางห่างกันในระยะ 4 เมตร ไปตามทางยาวของถนน (Longitudinal)

2.3.6 ให้รถลาดยางที่เตรียมไว้สำหรับลาดแอสฟัลต์เข้าลาดแอสฟัลต์ตามอัตราที่ได้ตั้งไว้

2.3.7 เมื่อรถ Distributor ลาดแอสฟัลต์ผ่านไป ให้รีบนำแผ่นสังกะสีที่ถูกลาดแอสฟัลต์ไปชั่งหา คือ (Wt. of Tray + asphalt)

2.3.8 โดยการทราบน้ำหนักของแอสฟัลต์และพื้นที่ของแผ่นสังกะสี (Tray) ก็สามารถคำนวณหาปริมาณแอสฟัลต์ที่ลาดได้

2.3.9 รายการคำนวณดูได้จากตัวอย่างที่แนบมา

3. การคำนวณ

$$\text{Average rate of Spread} = \frac{\text{Wt. of asphalt} \quad \text{gm./mm}^2}{\text{area of tray}}$$

เมื่อ $area\ of\ tray = 20 \times 20 = 400$ Sq.cm.

$average\ rate\ of\ spread = Wt.\ of\ Asphalt / area\ of\ tray$

$$\% \text{ Variation} = \frac{rate\ of\ spread\ on\ each\ tray - Average\ rate\ of\ spread \times 100}{Average\ rate\ of\ spread}$$

4. รายงาน

4.1 รายงานปริมาณแอสฟัลต์ที่ต้องการให้ลาดบนถนน เป็นลิตรต่อตารางเมตร

4.2 รายงานปริมาณแอสฟัลต์ที่ตรวจสอบได้โดยการทดลองข้างต้นเป็นลิตรต่อตารางเมตร

4.3 รายงานเปอร์เซ็นต์ของ Variation ที่คำนวณได้แต่ละค่า ข้อกำหนด ± 15 %

4.4 แบบฟอร์มรายงานใช้แบบฟอร์มตามตัวอย่างแบบฟอร์มที่ ผ.1-3(1)

5. ข้อควรระวัง

5.1 เวลาจดน้ำหนักของแผ่นสังกะสีหรือกระดาษแข็ง (Tray) ระวังอย่าให้เกิดสับสนขึ้น

5.2 ให้รีบชั่งน้ำหนักของแผ่นสังกะสีภายหลังที่รถ Distributor ได้ลาดแอสฟัลต์ผ่านไปแล้ว โดยเฉพาะในขณะที่อากาศร้อนจัดเพราะสารละลายพวกน้ำมัน (สำหรับแอสฟัลต์พวก Cut back) และน้ำ (สำหรับแอสฟัลต์พวก Emulsified Asphalt) จะระเหยไปทำให้ไม่ได้น้ำหนักที่ถูกต้อง

ตัวอย่าง แบบฟอร์มที่ ผ.1-3(1)

ตรวจสอบหาความสม่ำเสมอของยางที่ลาดตามความยาวของถนน
TEST OF ASPHALT DISTRIBUTION
ROAD TRAY TEST FOR LONGITUDINAL DISTRIBUTION

TRAY NO.	WT. OF TRAY gm.	WT. TRAY + ASPHALT gm.	WT. OF ASPHALT gm.	RATE OF SPREAD Kg./Sq.m.	VARIATION %
1	17.6	52.5	34.9	0.87	2.4
2	18.2	53.0	34.8	0.87	2.4
3	18.8	50.0	31.2	0.78	-8.2
4	18.1	51.1	33.0	0.83	-2.4
5	18.3	52.8	34.5	0.86	1.2
6	18.3	53.8	35.5	0.89	4.7
7	17.8	52.1	34.3	0.86	1.2
8	17.8	52.6	34.8	0.87	2.4
9	18.4	54.0	35.6	0.89	4.7
10	18.2	52.2	34.0	0.85	0.0
		TOTAL	341.8	8.55	
		AVERAGE	34.18	0.85	

ตัวอย่างแบบฟอร์ม

AREA OF TRAY = 20 x 20 Sq.cm. = 400 Sq.cm.

***** AVERAGE RATE OF SPREAD = WT. OF ASPHALT / AREA OF TRAY**

e.g. TRAY NO. 1 = 34.9/400 gm./Sq.cm.

= 0.087 gm./Sq.cm.

= 0.87 Kg./Sq.m.

$$\% \text{ VARIATION} = \frac{[\text{RATE OF SPREAD ON EACH TRAY} - \text{AVERAGE OF SPREAD}] \times 100}{\text{AVERAGE RATE OF SPREAD}}$$

e.g. TRAY NO. 1

$$= \frac{[0.87 - 0.85] \times 100}{0.85}$$

= + 2.4 %

N.B. % VARIATION ต้องไม่มากกว่า +/- 15 %

บทที่ 2
งานผิวทางแบบเพนเนเตรชั่นแมคคาดัม (Penetration Macadam)

ผิวทางชนิดเพนเนเตรชันแมคคาดัมเป็นผิวทางที่ก่อสร้างเป็นชั้นๆ โดยการลาดแอสฟัลต์บนวัสดุหินย่อยหรือกรวดย่อยที่บดทับแล้ว

2.1 วัสดุ

2.1.1 วัสดุแอสฟัลต์

ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60-70 หรือ AC 80-100 ที่มีคุณภาพถูกต้องตาม มอก. 851 – 2532 " มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแอสฟัลต์ซีเมนต์สำหรับงานทาง "

2.1.2 วัสดุหินย่อยหรือกรวดย่อย

หินย่อยหรือกรวดย่อย ต้องสะอาด ปราศจากฝุ่นดิน หรือวัสดุไม่พึงประสงค์อย่างอื่น ซึ่งจะทำให้แอสฟัลต์ไม่สามารถเกาะติดกับวัสดุหินได้และต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

ก. ค่าความสึกหรอ (Los Angeles Abrasion) ไม่เกินร้อยละ 40

ข. ค่าดรรชนีความแบน (Flakiness Index)

- ไม่เกินร้อยละ 35 สำหรับวัสดุหินย่อยหรือกรวดย่อยขนาดที่โตกว่า 9.5 มม.
- ไม่เกินร้อยละ 45 สำหรับวัสดุหินย่อยหรือกรวดย่อยขนาดเล็กกว่า 9.5 มม.

ค. ค่าดรรชนีความยาว (Elongation Index) ไม่เกินร้อยละ 40

ง. กรณีเป็นกรวดโม่ ต้องมีปริมาณร้อยละที่แตกไม่น้อยกว่า 80

จ. ค่าความคงทน (Soundness) ต้องไม่เกินร้อยละ 9

2.2 ขนาดของวัสดุหินย่อยหรือกรวดย่อย

วัสดุหินย่อยหรือกรวดย่อยจะต้องมีส่วนผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ ตามตารางที่ 2 – 1

2.3 เครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ในการก่อสร้าง

เครื่องจักรและเครื่องมือดังต่อไปนี้ จะต้องได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้ใช้ได้จากผู้ควบคุมงานก่อนดำเนินการก่อสร้าง

2.3.1 เครื่องลาดแอสฟัลต์ (Asphalt Distributor) ให้เป็นไปตาม บทที่ 1 " งานลาดยางแอสฟัลต์ ข้อ 1.1.2 "

2.3.2 เครื่องโรยหิน (Aggregate Spreader) จะเป็นชนิดที่เคลื่อนที่ด้วยตัวเองหรือแบบเกาะติดท้ายรถก็ได้ ต้องสามารถโรยหินให้ได้สม่ำเสมอตลอดความกว้างและความยาวของถนนตามปริมาณที่ต้องการและสามารถปรับให้ได้ความกว้างของการโรยหินไม่น้อยกว่าความกว้างของช่องจราจร

2.3.3 เครื่องเป่าฝุ่น ให้เป็นไปตาม บทที่ 1 “ งานลาดแอสฟัลต์ข้อ 1.1.2 (ค) “

2.3.4 รถบดล้อยาง

ก. ให้เป็นไปตาม บทที่ 3 “งานผิวทางแบบเซอร์เฟส ทรีตเมนต์ ข้อ 3.4.8 ”

ข. ควรมีอย่างน้อย 2 คัน

2.3.5 รถบดล้อเหล็ก

ก. ต้องเป็นชนิดที่ขับเคลื่อนด้วยตัวเอง

ข. เป็นแบบ 2 ล้อ หรือ 3 ล้อก็ได้

ค. หนักระหว่าง 6 – 10 ตัน

ตารางที่ 2 - 1 ขนาดของวัสดุหินย่อยหรือกรวดย่อย

ขนาดที่ใช้เรียก	ปริมาณร้อยละที่ผ่านตะแกรงโดยน้ำหนัก										
	75 มม.	63 มม.	50 มม.	37.5 มม.	25 มม.	19 มม.	12 มม.	9.5 มม.	เบอร์ 4	เบอร์ 8	เบอร์15
63 - 37.5 มม.	100	90 - 100	30 - 70	0 - 15	-	0 - 5	-	-	-	-	-
50 - 25 มม.		100	90 - 100	30 - 70	0 - 15	-	0 - 5	-	-	-	-
19 - 9.5 มม.					100	90 - 100	20 - 60	0 - 15	0 - 5	-	-
9.5 มม. - # 8							100	90 - 100	10 - 40	0 - 15	0 - 5

หมายเหตุ ขนาด 9.5 มม. - # 8 ไม่ต้องควบคุมปริมาณร้อยละที่แตกของกรวดย่อย

2.4 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

2.4.1 การกองวัสดุหินย่อยหรือกรวดย่อย

ก. ให้แยกกองวัสดุหินย่อยหรือกรวดย่อยของแต่ละขนาด แต่ละแหล่ง แต่ละโรงโม่ไม่ให้ปะปนกัน

ข. บริเวณที่กองวัสดุควรปรับระดับและบดทับให้แน่น เพื่อป้องกันไม่ให้วัสดุนั้นสกปรก จากการปะปนกับพื้นที่กอง

2.4.2 การออกแบบผิวทาง

ผู้รับจ้างจะต้องส่งตัวอย่างหินย่อยหรือกรวดย่อยและแอสฟัลต์ชนิดที่ใช้ให้กรมทางหลวงตรวจสอบและออกแบบกำหนดปริมาณของวัสดุที่ใช้ต่อตารางเมตร

2.4.3 การตรวจสอบและตรวจปรับเครื่องมือและเครื่องจักร

ให้เป็นไปตาม บทที่ 3 “ งานผิวทางแบบเซอร์เฟส ทรีตเมนต์ ข้อ 3.5.3 ”

2.4.5 การเตรียมพื้นทาง

ให้เป็นไปตาม บทที่ 3 “งานผิวทางแบบเซอร์เฟส ทรีตเมนต์ ข้อ3.5.6 ก. ข.และ ค.”

2.5 **การก่อสร้าง**

การก่อสร้างผิวทางแบบเพนเนเตรชันแมคคาดัม คือการโรยหินและเกลี่ยแต่งให้หินชิดติดกันใช้รถบดล้อยางหรือล้อเหล็กบดทับ จนวัสดุอัดตัวกันแน่นแล้วพ่นแอสฟัลต์ตามอุณหภูมิและปริมาณที่กำหนด จากนั้นโรยหินชั้นต่อไปปิดทับเกลี่ยแต่งหินให้สม่ำเสมอและใช้รถบดล้อยางบดทับทันทีในขณะที่แอสฟัลต์ยังร้อนอยู่จนหินฝังตัวแน่นและก่อสร้างชั้นต่อไปในลักษณะเดียวกัน (รายละเอียดการก่อสร้าง ดูในคู่มือการก่อสร้าง)

2.6 **ข้อแนะนำและข้อควรระวัง**

2.6.1 ห้ามโรยหินจากรถบรรทุกลงบนพื้นทางที่ก่อสร้าง โดยไม่ผ่านเครื่องโรยหิน

2.6.2 เมื่อโรยหินชั้นที่หนึ่งและบดทับเสร็จแล้วแต่ยังไม่ได้ลาดแอสฟัลต์และโรยหินชั้นที่สองปิดทับ ห้ามเปิดการจราจร หากจำเป็นต้องเปิดจะต้องควบคุมความเร็วของยานพาหนะให้น้อยกว่า 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และหากเกิดการเสียหายจะต้องแก้ไขให้เรียบร้อยก่อนก่อสร้างชั้นต่อไป

2.6.3 ระหว่างการก่อสร้าง ถ้าฝนตกห้ามเปิดการจราจรและจะทำการก่อสร้างต่อไปได้เมื่อวัสดุหินแห้งและไม่มีน้ำขังตามช่องว่างระหว่างหิน

2.6.4 หลังจากโรยหินย่อยหรือกรวดย่อยชั้นสุดท้ายปิดทับหน้าและบดทับเรียบร้อยแล้ว ให้เปิดการจราจรได้โดยจำกัดความเร็วของยานพาหนะในสองวันแรก ให้มีความเร็วไม่มากกว่า 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แต่ถ้าฝนตกเมื่อบดทับเสร็จใหม่ๆไม่ควรเปิดการจราจร

2.6.5 ที่รอยต่อของการลาดแอสฟัลต์ให้ใช้กระดาษหรือวัสดุใดๆ กว้างอย่างน้อย 500 มม. ยาวตลอดความกว้างของพื้นที่ที่จะลาดแอสฟัลต์ครั้งนั้นๆ ปูบนผิวที่ลาดแอสฟัลต์ไว้แล้ว เพื่อป้องกันไม่ให้ลาดแอสฟัลต์ซ้ำและต้องเริ่มลาดแอสฟัลต์แต่ละครั้งบนกระดาษหรือวัสดุดังกล่าว

2.6.6 ถ้ามีการเปลี่ยนแหล่งโรงโม่หินหรือชนิดของวัสดุ ผู้รับจ้างจะต้องส่งวัสดุหินย่อยหรือกรวดย่อยตรวจสอบคุณภาพ เพื่อหาปริมาณของแอสฟัลต์และปริมาณของวัสดุหินย่อยหรือกรวดย่อยที่จะใช้ก่อสร้างทุกครั้ง

2.6.7 ปริมาณการใช้วัสดุหินย่อยหรือกรวดย่อยและปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ โดยประมาณตามขนาดของวัสดุหินย่อยหรือกรวดย่อยขนาดต่างๆ และตามความหนาของผิวทางให้ใช้ตามตารางที่ 2 - 2

ตารางที่ 2 - 2 ปริมาณของวัสดุหินย่อย หรือกรวดย่อยขนาดต่างๆ
และปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ต่อตารางเมตรที่ใช้ตามความหนาของผิวทาง

ชนิดและขนาดของวัสดุตามลำดับขั้น		ความหนาประมาณ 60 มม.	ความหนาประมาณ 70 มม.
โรยหินชั้นที่ 1			
หิน 63 - 37.5 มม.	กก.	-	110 - 135
หิน 50 - 25 มม.	กก.	80 - 100	-
พ่นแอสฟัลต์ครั้งที่หนึ่ง	ลิตร	4.5 - 7.0	5.0 - 8.0
โรยหินชั้นที่ 2			
หิน 19.0 - 9.5 มม.	กก.	20 - 25	20 - 25
พ่นแอสฟัลต์ครั้งที่สอง	ลิตร	1.0 - 2.0	1.0 - 2.0
โรยหินชั้นที่ 3			
หิน 9.5 มม. - เบอร์ 8	กก.	8 - 10	8 - 10
รวมน้ำหนักหินย่อยหรือกรวดย่อย	กก.	108 - 145	138 - 170
รวมปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์	ลิตร	5.5 - 9.0	6.0 - 10.0
(อุณหภูมิขณะพ่น 150 - 200 องศาเซลเซียส)			

2.7 การรายงานผล

รายงานปริมาณหินและแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ใช้ในแต่ละแปลงต่อตารางเมตร ตามแบบฟอร์มที่ใช้ใน บทที่ 3 “งานผิวทางแบบเซอร์เฟส ทรีตเมนต์ ข้อ 3.8 ”

บทที่ 3
งานผิวทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ (Surface Treatment)

งานผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ หมายถึง การก่อสร้าง ผิวทาง หรือผิวไหล่ทาง ด้วยการลาดแอสฟัลต์และเกลี่ยวัสดุหินย่อยหรือกรวดย่อยปิดทับ โดยจะก่อสร้างเป็นชั้นเดียวหรือหลายชั้นบนชั้นพื้นทางที่ได้ลาดแอสฟัลต์ Prime Coat แล้ว หรือบนพื้นที่อื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้ว

3.1 วัสดุ

3.1.1 แอสฟัลต์

ก. แอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60 -70 , AC 80 - 100 มีคุณภาพตาม มอก. 851 – 2532 “มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแอสฟัลต์ซีเมนต์สำหรับงานทาง “

ข. คัทแบคแอสฟัลต์ RC – 3000 , RC – 800 มีคุณภาพตาม มอก. 865 – 2532 “มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คัทแบคแอสฟัลต์ “

ค. แอสฟัลต์อิมัลชัน CRS – 2 มีคุณภาพตาม มอก. 371 – 2530 “ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แคตอิออนิกแอสฟัลต์อิมัลชันสำหรับถนน “

อุณหภูมิที่ใช้ลาดสำหรับแอสฟัลต์ ให้เป็นไปตามตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ช่วงอุณหภูมิของแอสฟัลต์ที่ใช้ลาด

ชนิดของแอสฟัลต์	ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ลาด	
	องศา C	องศา F
AC 60 - 70	145 - 175	295 - 345
AC 80 - 100	140 - 175	285 - 345
RC - 3000	120 - 160	250 - 310
RC - 800	100 - 120	210 - 250
CRS - 2	50 - 85	125 - 185

3.1.2 หินย่อยหรือกรวดย่อย

หินย่อยหรือกรวดย่อย ต้องมีคุณสมบัติดังนี้

ก. ค่าความสึกหรอต้องไม่เกินร้อยละ 35

ข. ค่าของการหลุดลอกต้องไม่เกินร้อยละ 20

ค. ค่าดรรชนีความแบนต้องไม่เกินร้อยละ 35

ง. ปริมาณหน้าแตกไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 โดยมวล

จ. ค่าความคงทน (Soundness) ต้องไม่เกินร้อยละ 5

3.1.3 สารเคลือบผิวหินย่อยหรือกรวดย่อย (Pre – Coating Material)

เป็นน้ำมันก๊าดหรือน้ำมันดีเซล ซึ่งเป็นเกรดที่ใช้กันทั่วไป

3.1.4 สารผสมแอสฟัลต์ (Additive)

สารผสมแอสฟัลต์ที่นำมาใช้เพื่อปรับปรุงการยึดเกาะของแอสฟัลต์กับมวลรวม ต้องเป็นชนิดที่กรมทางหลวงตรวจสอบแล้วและอนุญาตให้ใช้ได้

3.2 ขนาดของหินย่อยหรือกรวดย่อย

ขนาดของหินย่อยหรือกรวดย่อย ให้เป็นไปตามตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ขนาดของหินย่อยหรือกรวดย่อย

ขนาดที่ใช้เรียก มิลลิเมตร	ปริมาณผ่านตะแกรง ร้อยละโดยมวล						
	25.0 มม.	19.0 มม.	12.5 มม.	9.5 มม.	4.75 มม.	2.36 มม.	1.18 มม.
19.0 (3/4 นิ้ว)	100	90 - 100	0 - 30	0 - 8	-	0 - 2	0 - 0.5
12.5 (1/2 นิ้ว)		100	90 - 100	0 - 30	0 - 4	0 - 2	0 - 0.5
9.5 (3/8 นิ้ว)			100	90 - 100	0 - 30	0 - 8	0-2

3.3 การเลือกใช้ขนาดของหินย่อยหรือกรวดย่อย

3.3.1 ผิวทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ชั้นเดียว (Single Surface Treatment)

ใช้ขนาด 12.5 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว)

3.3.2 ผิวทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์สองชั้น (Double Surface Treatment)

ชั้นที่หนึ่งใช้ขนาด 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) ชั้นที่สองใช้ขนาด 9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว)

3.3.3 ผิวไหล่ทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ชั้นเดียว

ใช้ขนาด 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) หรือ 12.5 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว)

3.3.4 ผิวไหล่ทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์สองชั้น

ชั้นที่หนึ่งใช้ขนาด 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) ชั้นที่สองใช้ขนาด 9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว)

3.4 เครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ในการก่อสร้าง

3.4.1 เครื่องพ่นแอสฟัลต์หรือรถลาดยาง (Asphalt Distributor) ให้เป็นไปตามงานลาดยางแอสฟัลต์ ข้อ 1.1.2 (ก)

3.4.2 เครื่องโรยหิน (Aggregate Spreader) เป็นแบบขับเคลื่อนด้วยตัวเอง (Self Propelled)ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

ก. เครื่องยนต์ขับเคลื่อน

ข. กระบะบรรจุหิน

ค. สายพานลำเลียงหิน เป็นชนิดที่มีประตูปรับปริมาณการไหลของหินได้

ง. เครื่องขับเคลื่อนสายพานลำเลียงหิน สามารถปรับความเร็วสายพานได้

จ. ยุ้งโรยหิน (Spread Hopper)

- ปากยุ้งด้านล่าง ปรับความกว้างได้

- สามารถโรยหินได้แต่ละครั้ง ไม่น้อยกว่าความกว้างของแอสฟัลต์ที่ได้พ่นไว้แล้ว

- ต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุม

3.4.3 เครื่องเคลือบผิวหินย่อยหรือกรวดย่อย ควรมีอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

ก. อุปกรณ์สำหรับป้อนหิน

ข. ตะแกรงร่อนหิน

ค. หัวฉีดสำหรับพ่นสารที่ใช้เคลือบผิว

ง. ถังกวนหรืออุปกรณ์อื่นใดที่สามารถทำให้หินย่อยหรือกรวดย่อยได้รับการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ

จ. สายพานลำเลียง

ฉ .อุปกรณ์อื่นๆ

3.4.4 เครื่องล้างหินย่อยหรือกรวดย่อย ควรมีอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

ก. อุปกรณ์สำหรับป้อนหิน

ข. ตะแกรงร่อนหิน

ค. หัวฉีดน้ำ

ง. อุปกรณ์อื่นๆ

3.4.5 เครื่องกวาดฝุ่น (Rotary Broom) ให้เป็นไปตามงานลาดแอสฟัลต์ข้อ 1.1.2 (ข)

3.4.6 เครื่องเกลี่ยหินชนิดลาก (Drag Broom) สามารถเกลี่ยหินย่อยหรือกรวดย่อยที่ได้โรยจากเครื่องโรยหินแล้ว ให้สม่ำเสมอและกระจายออกไป โดยไม่ทำให้หินย่อยหรือกรวดย่อยส่วนที่เริ่มจับตัวกับแอสฟัลต์แล้วหลุดออก

3.4.7 เครื่องเป่าลม (Blower) ให้เป็นไปตามงานลาดแอสฟัลต์ข้อ 1.1.2 (ค)

3.4.8 รถบดล้อยาง (Pneumatic Tired Roller)

- เป็นแบบขับเคลื่อนได้ด้วยตัวเอง (Self-Propelled)
- มีขนาดน้ำหนักไม่น้อยกว่า 6 ตัน และสามารถเพิ่มน้ำหนักได้ แต่ต้องไม่เกิน 12 ตัน
- มีล้อยางไม่น้อยกว่า 9 ล้อ
- ล้อยางของรถบดต้องเป็นชนิดผิวหน้าเรียบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขอบล้อ (Rim Diameter) ไม่น้อยกว่า 500 มิลลิเมตร
- ผิวหน้าล้อยางกว้างไม่น้อยกว่า 225 มิลลิเมตร
- มีขนาดและจำนวนชั้นผ้าใบเท่ากันทุกล้อ
- ความดันลมยางอยู่ระหว่าง 345–830 กิโลพาสคัล (50–120 ปอนด์) ขึ้นอยู่กับขนาดของยาง ชนิด และน้ำหนักรถ
- ส่วนล้อและเพลาสามารถเคลื่อนตัวขึ้นลงได้อย่างอิสระ

3.4.9 รถตัก (Loader) ต้องมีรถตักสำหรับตักหินย่อยหรือกรวดย่อยจากกองรวมขึ้นรถบรรทุกหรืออุปกรณ์ลำเลียงหินย่อยหรือกรวดย่อยอื่นๆ เพื่อขนส่งไปใช้ที่หน้างานได้ตลอดเวลา

3.4.10 รถกระบะเททำย (Dump Truck) ต้องเป็นแบบที่สามารถเชื่อมต่อเครื่องโรยหินที่ด้านท้ายรถได้อย่างเรียบร้อยและใช้งานได้อย่างถูกต้อง

3.5 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

3.5.1 การกองหินย่อยหรือกรวดย่อย

ก. ให้แยกกองหินย่อยหรือกรวดย่อยแต่ละขนาดไว้ โดยไม่ปะปนกัน

ข. ถ้าบริเวณที่กองหินย่อยหรือกรวดย่อยไม่เรียบร้อย อันอาจจะทำให้มีวัสดุอื่นที่ไม่พึงประสงค์มาปะปน นายช่างผู้ควบคุมงานอาจไม่อนุญาตให้ใช้หินย่อยหรือกรวดย่อยที่มีวัสดุอื่นประปนนั้นได้

ค. บริเวณที่กองหินย่อยหรือกรวดย่อย ต้องมีการระบายน้ำที่ดี อันเป็นการป้องกันมิให้น้ำท่วมกองหินย่อยหรือกรวดย่อยได้

3.5.2 การออกแบบผิวทางเซอร์เฟสทรีตเมนต์

ก. ผู้รับจ้างจะต้องส่งตัวอย่างหินย่อยหรือกรวดย่อย และแอสฟัลต์ชนิดที่ใช้ให้กรมทางหลวงตรวจสอบ และออกแบบกำหนดปริมาณของวัสดุที่ใช้ต่อตารางเมตร ในกรณีที่ใช้คัทแบคแอสฟัลต์หรือแอสฟัลต์ซีเมนต์ ควรส่งตัวอย่างสารเคลือบผิวหินย่อยหรือกรวดย่อยและสารผสมแอสฟัลต์มาด้วย

ข. ขนาดคละของหินย่อยหรือกรวดย่อยให้เป็นไปตามตารางที่ 3-2

ค. ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้ชำระค่าธรรมเนียมการทดลองออกแบบตามอัตราที่กรมทางหลวงกำหนด

3.5.3 การตรวจสอบ ตรวจปรับเครื่องจักร เครื่องมือและอุปกรณ์

ก. เครื่องพ่นแอสฟัลต์ ให้เป็นไปตาม บทที่ 1 “งานลาดแอสฟัลต์” ข้อ 1.1.2 (ก)

ข. เครื่องโรยหิน ก่อนจะนำไปใช้งานต้องตรวจสอบให้ถูกต้องตามข้อ 3.4.2 และตรวจปรับความกว้างที่ปากยุ้งด้านล่างให้สามารถโรยหินย่อยหรือกรวดย่อยได้สม่ำเสมอทั่วพื้นที่ ตามปริมาณที่กำหนด

ค. รถบดล้อยาง ก่อนจะนำไปใช้งาน ต้องตรวจสอบให้ถูกต้องตามข้อ 3.4.8

ง. รถกระบะเทท้าย ก่อนจะนำไปใช้งาน ต้องตรวจสอบให้ถูกต้องตามข้อ 3.4.10 และจะต้องมีจำนวนพอเพียงที่จะขนส่งหินย่อยหรือกรวดย่อยไปใช้ในการก่อสร้างได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่ทำให้การโรยหินย่อยหรือกรวดย่อยหยุดชะงักเมื่อได้ลาดแอสฟัลต์ไปแล้ว

จ. เครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์อื่นๆ นอกเหนือจากที่ได้กำหนดไว้แล้วหากจำเป็นต้องนำมาใช้งาน ให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน โดยจะต้องตรวจสอบและตรวจปรับให้ถูกต้องก่อนนำไปใช้งาน

3.5.4 การเตรียมสารผสมแอสฟัลต์

สารผสมแอสฟัลต์อาจใช้ผสมกับสารเคลือบผิวหินย่อยหรือกรวดย่อยหรือผสมกับแอสฟัลต์โดยตรงก็ได้ แล้วแต่ชนิดและความเหมาะสม โดยให้เป็นไปตามคำแนะนำของผู้ผลิต

3.5.5 การเคลือบผิวหรือการล้างหินย่อยหรือกรวดย่อย

ก. ในกรณีที่ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์หรือคัทแบคแอสฟัลต์ ให้เคลือบผิวหินย่อยหรือกรวดย่อย

- ถ้าหินย่อยหรือกรวดย่อยมีความชื้นมากเกินไป ให้ผสมสารผสมแอสฟัลต์ลงในสารเคลือบผิวหินย่อยหรือกรวดย่อย ด้วยปริมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยปริมาตรของสารเคลือบที่ใช้ จนทำให้เคลือบผิวได้ทั่วถึง

- ต้องใช้เครื่องเคลือบผิวหินย่อยหรือกรวดย่อยเพื่อร่อนคัดขนาดและแยกขนาดที่ไม่ต้องการออก

- ใช้สารเคลือบผิวหินย่อยหรือกรวดย่อยเคลือบผิวไม่ให้มีสารเคลือบย้อยปริมาณ 4-10 ลิตรต่อลูกบาศก์เมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและการดูดซึมของวัสดุหินย่อยหรือกรวดย่อย และชนิดของสารที่ใช้เคลือบผิว

ข. ในกรณีที่ใช้แอสฟัลต์อิมัลชัน ไม่ต้องเคลือบผิว แต่ต้องล้างหินย่อยหรือกรวดย่อยให้สะอาดโดยใช้เครื่องล้างหินย่อยหรือกรวดย่อยตามข้อ 3.4.4

3.5.6 การเตรียมพื้นทางหรือผิวทางเดิม

ก. กรณีพื้นทาง หรือผิวทางเดิม ที่จะทำผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ไม่สม่ำเสมอหรือเป็นคลื่น ให้ปรับแต่งให้สม่ำเสมอ ถ้ามีหลุมบ่อจะต้องตัดหรือขุดออก แล้วซ่อม แบบ Skin Patch หรือ Deep Patch แล้วแต่กรณี แล้วบดอัดให้แน่นและมีผิวที่เรียบสม่ำเสมอ วัสดุที่นำมาใช้จะต้องมีคุณภาพดี ขนาดและปริมาณวัสดุที่ใช้ต้องเหมาะสมกับลักษณะความเสียหายและพื้นที่ที่จะซ่อม

ข. กรณีพื้นทางที่มี Prime Coat หลุดหรือเสียหาย ต้อง Prime Coat ซ่อมใหม่ให้เรียบร้อย แล้วทิ้งไว้จนครบกำหนดที่ต้องการบ่มตัวของแอสฟัลต์ที่ใช้ซ่อมเสียก่อน จึงทำผิวทางได้

ค. กรณีพื้นทางที่ทำ Prime Coat ทิ้งไว้นานมีผิวหลุดเสียหาย เป็นพื้นที่ต่อเนื่องหรือมากเกินกว่าที่จะซ่อมตามข้อ ข. ให้ได้ผลดี ให้พิจารณาคราด (Scarify) พื้นทางออกแล้วบดทับใหม่ให้แน่นตามมาตรฐาน ทำ Prime Coat เสียก่อน จึงทำผิวทางได้

ง. กรณีผิวทางเดิมมีแอสฟัลต์เยิ้มก่อนทำผิวทางจะต้องแก้ไขให้เรียบร้อยเสียก่อนโดยการปาดออก

จ. พื้นทาง หรือผิวทาง ที่จะทำผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ต้องสะอาดปราศจากฝุ่นและวัสดุสกปรกอื่นๆปะปน

3.6 การก่อสร้าง

เมื่อได้ตรวจสอบ ตรวจปรับ เครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ต่าง ๆ และเตรียมพื้นที่ที่จะก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยตามข้อ 3.5 แล้ว ให้ดำเนินการก่อสร้างดังต่อไปนี้

3.6.1 การก่อสร้างผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ชั้นเดียว (Single Surface Treatment) คือ การลาดแอสฟัลต์ 1 ครั้ง และโรยหินย่อยหรือกรวดย่อยทับหน้า 1 ครั้ง แล้วบดทับให้แน่นโดยรถบดล้อยาง

3.6.2 การก่อสร้างผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์สองชั้น (Double Surface Treatment) คือ การลาดแอสฟัลต์แล้วโรยหินย่อยหรือกรวดย่อย แล้วบดทับให้แน่นสลับกันไป โดยดำเนินการก่อสร้างเป็นสองชั้น ทั้งนี้ระยะเวลาที่ปล่อยทิ้งไว้ ในสภาวะปกติควรเป็นดังนี้

สำหรับแอสฟัลต์ซีเมนต์ ควรปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง

สำหรับแอสฟัลต์อิมัลชัน ควรปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 10 ชั่วโมง

สำหรับคัทแบคแอสฟัลต์ ควรปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 18 ชั่วโมง

3.7 ข้อแนะนำและข้อควรระวัง

3.7.1 กรณีที่ทางมีความลาดชันมากหรือกรณีที่มีปัญหาแอสฟัลต์ไหลก่อนลงหินย่อยหรือกรวดย่อย นายช่างผู้ควบคุมงานอาจห้ามใช้แอสฟัลต์อิมัลชันหรือคัทแบคแอสฟัลต์ชนิดนั้นๆ

3.7.2 กรณีที่มีปริมาณการจราจรมากหรือไม่สามารถปิดการจราจรได้นานนายผู้ควบคุมงานหรือเจ้าของงานอาจกำหนดให้ใช้เฉพาะแอสฟัลต์ซีเมนต์เท่านั้น

3.7.3 กรณีที่อุณหภูมิของผิวทางต่ำกว่า 15 ° C ไม่ควรใช้ AC 60 – 70 และ AC 80 – 100 หากมีความจำเป็นต้องใช้หรือจะใช้น้ำมัน (Cutter) ผสม ให้พิจารณาปริมาณการใช้ตามตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ปริมาณน้ำมัน (Cutter) ที่ใช้

หินย่อยหรือกรวดย่อย ขนาดที่ใช้เรียกมิลลิเมตร	ปริมาณน้ำมันที่ใช้ผสมร้อยละ โดยปริมาตรแอสฟัลต์ซีเมนต์ ที่ 15 ° C
19.0 (3/4 นิ้ว)	ไม่เกิน 2
12.5 (1/2 นิ้ว)	ไม่เกิน 4
9.5 (3/8 นิ้ว)	ไม่เกิน 4

การผสมน้ำมันลงในแอสฟัลต์ซีเมนต์นั้น ในการปฏิบัติการในสนาม ต้องให้ความร้อนแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่อุณหภูมิระหว่าง 160 – 185 องศาเซลเซียส จากนั้นใช้เครื่องสูบ (Pump) สูบน้ำมันจากถังเก็บน้ำมันไปใส่ในถังบรรจุแอสฟัลต์ของเครื่องพ่นแอสฟัลต์ ตามปริมาณที่ได้คำนวณไว้ เสร็จแล้วให้เวียนส่วนผสมแอสฟัลต์ซีเมนต์กับน้ำมันในถังบรรจุแอสฟัลต์ประมาณ 20 นาที จึงนำไปลาดได้

ในระหว่างที่สูบน้ำมันเติมลงในถังบรรจุแอสฟัลต์ของเครื่องพ่นแอสฟัลต์ เพื่อผสมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์นั้น ต้องระมัดระวังมิให้มีประกายไฟเกิดขึ้น เช่น การจุดไฟ การสูบบุหรี่หรือการใช้เตาฟู่ ภายในรัศมี 15 เมตร จากเครื่องพ่นแอสฟัลต์ เพราะระหว่างการผสมนี้ จะมีไอระเหยของน้ำมันและแอสฟัลต์ซีเมนต์ซึ่งติดไฟได้ง่ายเกิดขึ้นนอกจากนั้นจะต้องระมัดระวังมิให้มีการติดเครื่องยนต์ที่มีการสันดาปภายใน ในบริเวณดังกล่าว ซึ่งจะทำให้เกิดไอเสียที่สามารถจุดไอระเหยน้ำมันให้ลุกเป็นไฟได้

3.7.4 ในการใช้คัทแบคแอสฟัลต์เนื่องจากคัทแบคแอสฟัลต์นั้นติดไฟได้ง่ายการปฏิบัติงานจะต้องระมัดระวังมิให้เปลวไฟมาถูกได้ทั้งในขณะต้มหรือขณะลาดคัทแบคแอสฟัลต์

3.7.5 การขนส่งแอสฟัลต์อิมัลชันแบบบรรจุถัง Drum โดยเฉพาะการขนขึ้นและขนลงต้องระมัดระวัง ไม่ให้ถังบรรจุแอสฟัลต์อิมัลชันได้รับการกระทบกระเทือนรุนแรง เพราะอาจจะทำให้แอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัวได้

3.7.6 การใช้แอสฟัลต์อิมัลชันแบบบรรจุถัง Drum ก่อนถ่ายเทแอสฟัลต์อิมัลชันลงในเครื่องพ่นแอสฟัลต์ควรกลิ้งถังไปมาหรือกวนให้เข้ากันเสียก่อน ทั้งนี้เพื่อให้แอสฟัลต์อิมัลชันมีลักษณะเดียวกันทั่วถังหากใช้ไม่หมดถังควรปิดฝาให้แน่น เพื่อป้องกันน้ำในแอสฟัลต์อิมัลชันระเหยออกไป ทำให้แอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัวและหมดคุณภาพการเป็นแอสฟัลต์อิมัลชันได้

3.7.7 หลังการลาดแอสฟัลต์ประจำวันควรดูดแอสฟัลต์ในเครื่องพ่นแอสฟัลต์ออกให้หมดแล้วล้างเครื่องพ่นแอสฟัลต์โดยเฉพาะที่ท่อพ่นแอสฟัลต์การล้างควรใช้น้ำมันก๊าดหรือสารทำละลายใดๆ สูบผ่านท่อต่างๆ ของเครื่องพ่นแอสฟัลต์เพื่อล้างส่วนที่ตกค้างอยู่ออกให้หมด ทั้งนี้เพื่อป้องกันแอสฟัลต์เกาะติดแน่นทำให้ไม่สะดวกในการใช้งานครั้งต่อไปและช่วยป้องกันไม่ให้ถังบรรจุแอสฟัลต์ในเครื่องพ่นแอสฟัลต์ ถูกกรดในแอสฟัลต์อิมัลชันบางชนิดกัดทะลุเสียหายได้

3.7.8 ห้ามเทหินจากรถบรรทุกลงบนแอสฟัลต์ที่ลาดไว้แล้วโดยตรง

3.7.9 ปริมาณของหินย่อยหรือกรวดย่อยและแอสฟัลต์โดยประมาณ ให้ใช้ตามตาราง 3-4

ตารางที่ 3-4 ปริมาณวัสดุที่ใช้โดยประมาณ

ขนาดที่ใช้เรียก มิลลิเมตร (นิ้ว)	19.0 (3/4)	12.5 (1/2)	9.5 (3/8)
หินย่อยหรือกรวดย่อย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	16-22	12-18	7-11
แอสฟัลต์ ที่อุณหภูมิ 15 °C			
แอสฟัลต์ซีเมนต์ (ลิตรต่อตารางเมตร)	0.8-2.1	0.6-1.5	0.4-1.0
คัทแบคแอสฟัลต์ (ลิตรต่อตารางเมตร)	1.0-2.6	0.7-1.9	0.4-1.2
แอสฟัลต์อิมัลชัน (ลิตรต่อตารางเมตร)	1.2-3.3	0.9-2.3	0.5-1.5

3.8 การตรวจสอบและการรายงานผล

การตรวจสอบและการรายงานผล ประกอบด้วยการตรวจสอบวัสดุจาก Stock Pile และการตรวจสอบวัสดุในสนาม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.8.1 การตรวจสอบวัสดุจาก Stock Pile เป็นการตรวจสอบทั่วไป เมื่อมีวัสดุล็อตใหม่เข้ามา หรือ วัสดุที่ใช้อยู่มีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม แต่ถ้าวัสดุมีคุณภาพดี มีความสม่ำเสมออาจลดความถี่ของการตรวจสอบลงได้ ซึ่งมีรายการตรวจสอบดังต่อไปนี้

- การตรวจสอบขนาดคละและหาค่าดรรชนีความแบน ตามตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 3–1
- การหาค่า Median Size ตามตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 3 – 2
- การหาค่า A.L.D. ตามตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 3 – 3
- คำนวณ อัตราของหิน และอัตราของยางที่ใช้ ตามตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 3–1
- การหาน้ำหนักหินหลวมและการหาปริมาณวัสดุหิน ตามตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 3 - 4

3.8.2 การตรวจสอบวัสดุในสนาม เป็นการตรวจสอบประจำวัน ที่มีการก่อสร้างผิวทาง ประกอบด้วยการตรวจสอบดังต่อไปนี้

- การหาน้ำหนักหินหลวมและการหาปริมาณวัสดุหิน ตามตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 3 – 4
- การตรวจสอบอัตราเฉลี่ยของการใช้วัสดุลาดผิวทางแบบ Double Surface Treatment ตามตัวอย่าง แบบฟอร์มที่ 3 – 5
- บันทึกการใช้วัสดุทำผิวทางแบบ Surface Treatment ตามตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 3 – 6
- อัตราวัสดุที่ใช้ลาดยางผิวทางในสนามตามตัวอย่าง แบบฟอร์มที่ 3 – 7

ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 3 - 1

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่.....

ทำผิวทางสาย.....

แหล่งหิน.....**ชนิดของหิน**.....

วันที่รับหนังสือ.....**วันที่รับตัวอย่าง**.....

วันที่ทดลอง.....**เจ้าหน้าที่ทดลอง**.....

SIEVE ANALYSIS AND SURFACE TREATMENT DESIGN

Sieve Size	Gradation			Flakiness Index			
	Wt. retained gm.	t. passing gm.	Passing %	Sieve	Wt. retained Sq. opening	Wt. passing Slotted Sieve	F.I %
1 1/2"							
1"				1 1/2"-1"			
3/4"				1"-3/4"			
1/2"				3/4"-1/2"			
3/8"				1/2"-3/8"			
No. 4				3/8"-No.4			
No. 8				Total			
No. 16							
Pan.							

Flakiness Index	%	
Median Size	M	mm
A.L.D.	H	mm
Void fraction	V	
Bulk Sp.Gr.	G	
Traffic Factor	T	
Wasted factor	E	

อัตราของหินที่ใช้ กก./ตร.เมตร

= (1 – 0.4 V) HE กก./ตร.เมตร

= ”

อัตราของยางที่ใช้ ลิตร/ตร.เมตร

$= \frac{0.4\ HTV + S + A \times T_p}{R}$ ลิตร/ตร.เมตร

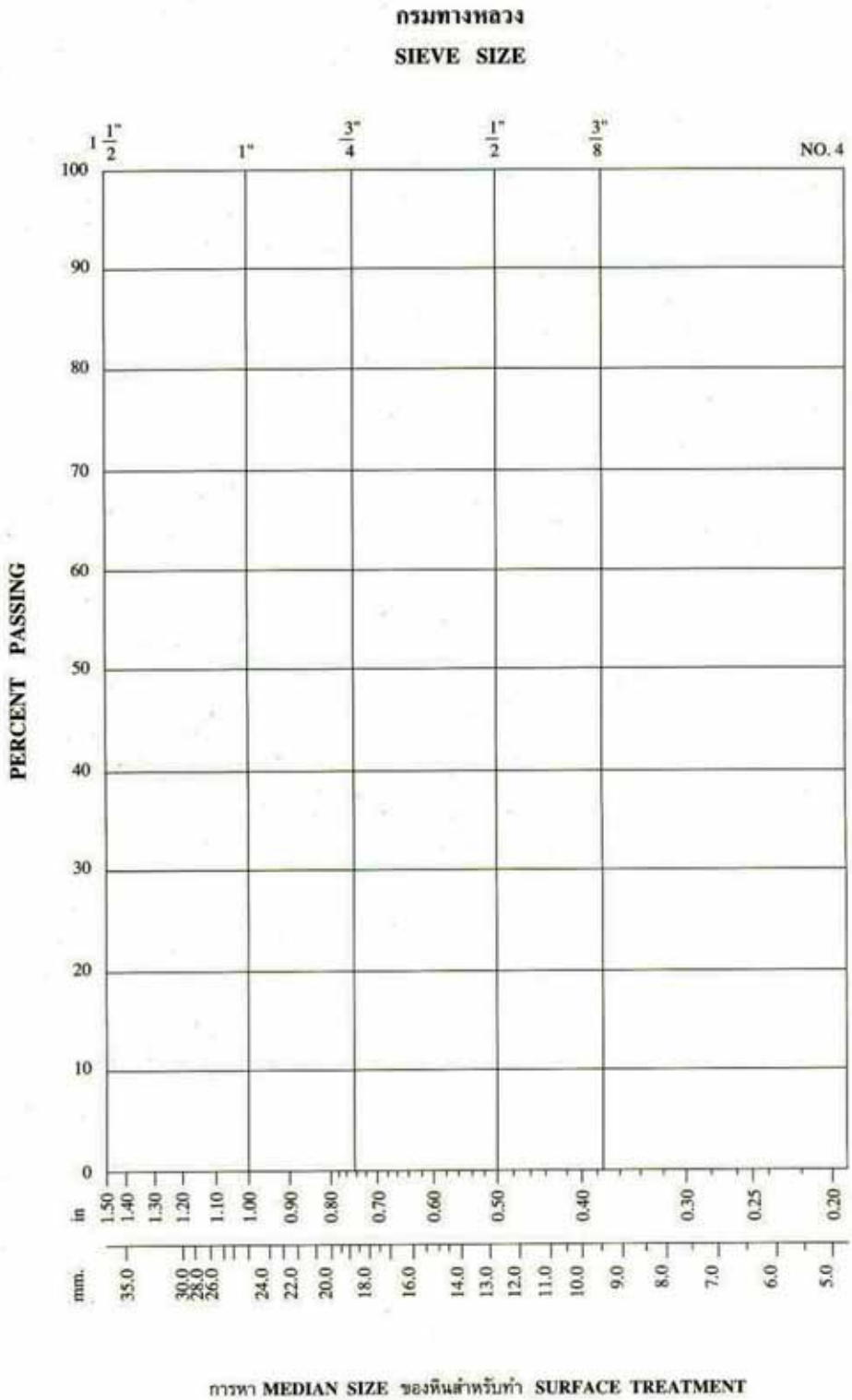
= ”

	AC. (60 – 70)	RC.-3000	RC.800	RC.-250	RC.-5	RC.-4.	RC.-3	RC.-2	RS.-2K	RS.-3K
R	1.00	0.87	0.84	0.79	0.87	0.85	0.82	0.78	0.63	0.69
T_p	1.10	1.08	1.06	1.04	1.08	1.07	1.06	1.04	1.02	1.025

A = Aggregate Absorption = 0 สำหรับหินที่ใช้ในสนามทั่ว ๆ ไป

ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 3 - 2

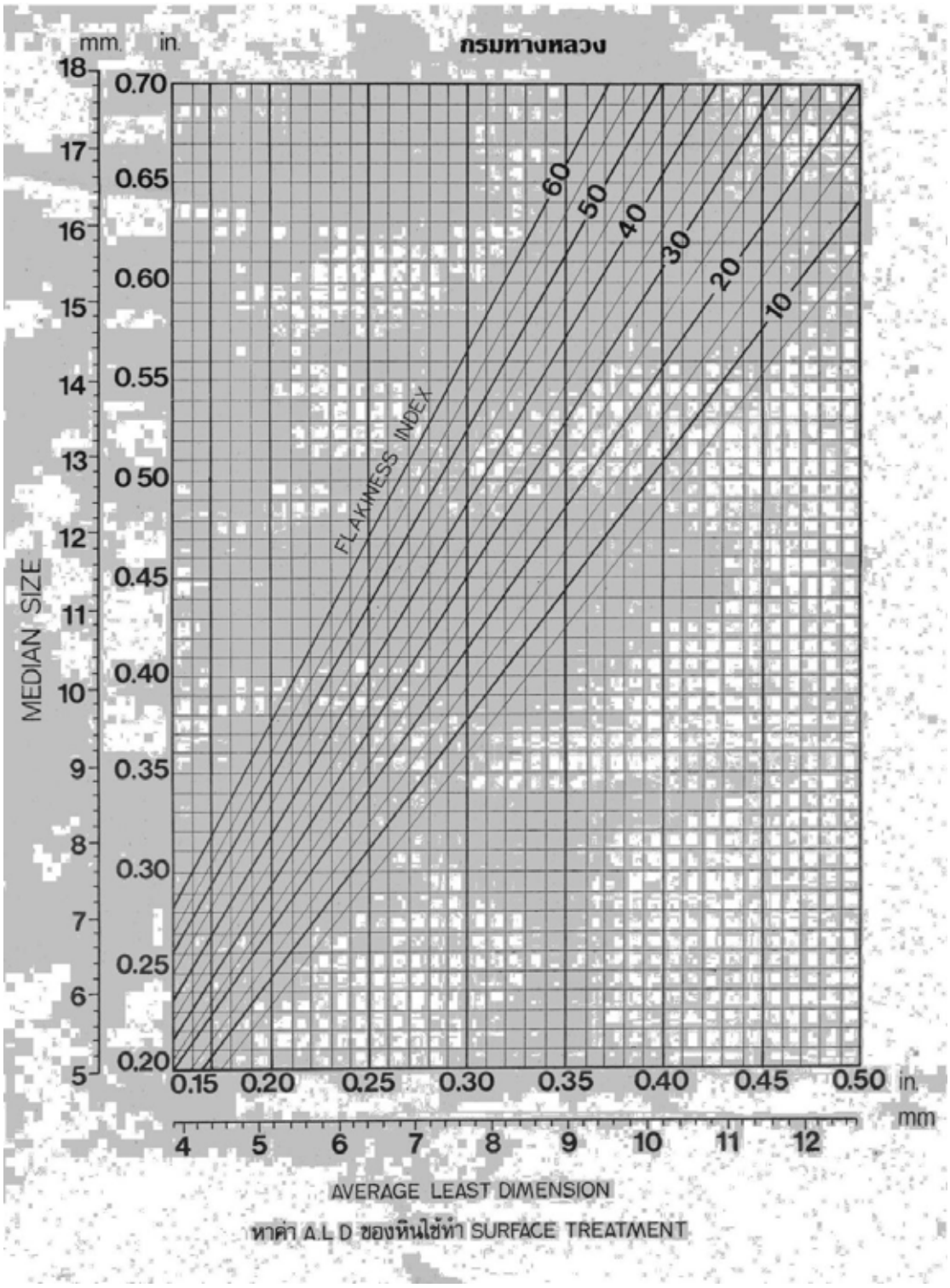
สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ



การหา **MEDIAN SIZE** ของหินสำหรับทำ **SURFACE TREATMENT**

ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 3 - 3

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ



ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 3 - 4

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

อันดับทดลองที่.....

ทางสาย..... ชนิดของหิน.....

แหล่งหิน..... วันที่ทดลอง.....

วันที่รับตัวอย่าง..... เจ้าหน้าที่ทดลอง.....

การหาน้ำหนักหินหลวมและการหาปริมาณวัสดุหิน

การหาน้ำหนักหินหลวม

Mold No……นน. .....กรัม ปริมาตร.....ซม$^{-3}$

นน. หินโรยครั้งที่ 1 .....กรัม

นน. หินโรยครั้งที่ 2 .....กรัม

นน. หินโรยครั้งที่ 3 .....กรัม

นน. หินเฉลี่ย .....กรัม

นน. หินหลวม = นน . หินเฉลี่ย =

ปริมาตร

.....กรัม / ซม.^{3}

.....ตัน / ซม^3

การหาปริมาณวัสดุหิน

ถาดขนาด .....ซม.^{2}

นน. หินโรยครั้งที่ 1 .....กรัม

นน. หินโรยครั้งที่ 2 .....กรัม

นน. หินโรยครั้งที่ 3 .....กรัม

นน. หินเฉลี่ย .....กรัม

ปริมาณวัสดุหิน = นน . หินเฉลี่ย =

พท.ถาด

.....กรัม / ซม.^{2}

.....ตัน / ม^2

กำหนดอัตราการใช้วัสดุ

วัสดุแอสฟัลต์ชนิด.....

อัตราการใช้วัสดุแอสฟัลต์.....ลิตร / ม. ^{2}

อัตราการใช้วัสดุหินขนาด.....กก. / ม. ^{2}

อัตราการใช้ Additive Agent ชนิด.....

ปริมาณ.....% โดย นน. วัสดุแอสฟัลต์

ค่า T. (Traffic Factor) ใช้ .....

ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 3 - 5

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ **บันทึก ป.**.....

กรมทางหลวง

<u>การตรวจสอบอัตราเฉลี่ยของการใช้วัสดุลาดผิวทางแบบ Double Surface Treatment</u>

การลาดยางชั้นที่.....

โครงการบูรณะและก่อสร้างทางสาย .....

ชนิดของยางที่ใช้.....ชนิดของหินที่ใช้.....

หินจาก Stock Pile กม.....

การตรวจสอบคุณภาพของหิน อันดับการทดลองที่..... .....

วันที่.....ช่างควบคุม.....

รถลาดยางยี่ห้อ..... .....

อุณหภูมิขณะที่ทำการลาดยาง.....

Pump Shaft Speed……รอบ/นาที

Spray Bar Discharge Pressure……..ลิตร/นาที

Speed ของรถลาดยาง.....เมตร/นาที

<u>หาอัตราลาดยางเฉลี่ย</u>

…….เต็มถนน .....ครึ่งด้านซ้าย .....ครึ่งด้านขวา

จาก กม. .....ถึง กม. .....รวมยาว.....เมตร

ความกว้างของถนนที่ลาดยาง.....เมตร พื้นที่ของถนนที่ลาดยาง.....ตร.เมตร

ปริมาณของยางก่อนลาด.....ลิตร ปริมาณของยางหลังลาด.....ลิตร

จำนวนยางที่ใช้.....ลิตร

อัตราลาดยางเฉลี่ย = $\frac{\text{จำนวนยางที่ใช้ (ลิตร)}}{\text{พื้นที่ของถนนที่ลาดยาง (ตร.เมตร)}}$ ลิตร/ตร.เมตร

= ”

<u>หาอัตราลงหินเฉลี่ย</u>

จำนวนรถบรรทุกทั้งหมด.....คัน ปริมาตรหินต่อคัน.....ลบ.เมตร

รวมปริมาณหินที่ใช้.....ลบ.เมตร น้ำหนักของหินหลวม.....กก./ลบ.เมตร

รวมน้ำหนักของหินที่ใช้ = รวมปริมาตรหินที่ใช้ X น้ำหนักหินหลวม กก.

= ”

อัตราลงหินเฉลี่ย = $\frac{\text{รวมน้ำหนักของหินที่ใช้ (กก.)}}{\text{พื้นที่ของถนนที่ลาดยาง (ตร.เมตร)}}$ กก./ลบ.เมตร

= ”

อัตราลาดยางกำหนด.....ลิตร/ตร.เมตร

อัตราลงหินกำหนด..... กก./ตร.เมตร

ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 3 - 6

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

กรมทางหลวง

โครงการสาย.....

บันทึกการใช้วัสดุทำผิวทางแบบ Surface Treatment

ช่วงระยะทาง กม. –กม.	ด้าน	ขนาดของวัสดุหิน									อัตราหินที่ใช้ กก./ม.²	อัตรายางที่ใช้ ลิตร/ม.²	ชนิดของยางที่ใช้	บันทึก ป.....
		ขนาดวัสดุที่ใช้เรียก	ปริมาณร้อยละที่ผ่านตะแกรงโดยน้ำหนัก						Median Size (มม.)	FI. (%)	ALD. (มม.)			
			1”	¾”	½”	3/8”	#4	#8	#16						

ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 3 - 7

อัตราวัสดุที่ใช้ลาดยางผิวทางในสนาม

โครงการ ๆ .....

ช่วงระยะทาง กม. –กม.	ชั้นแรก		ชั้นที่สอง		รวมสองชั้น		วันทำงาน	ชนิดของยางที่ใช้	หมายเหตุ
	หิน กก./ตร.ม.	ยาง ลิตร/ตร.ม.	หิน กก./ตร.ม.	ยาง ลิตร/ตร.ม.	หิน กก./ตร.ม.	ยาง ลิตร/ตร.ม.			

บทที่ 4
งานแอสฟัลต์คอนกรีต (Asphalt Concrete)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นพื้นทาง ปรับระดับ รองผิวทาง ผิวทางหรือไหล่ทางด้วยวัสดุผสมที่ได้จากการผสมร้อนระหว่างมวลรวมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์ โดยการปูหรือเกลี่ยแต่งและบดทับบนชั้นทางใดๆ ที่ได้เตรียมไว้แล้ว ให้ได้แนวและรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

4.1 วัสดุ

วัสดุที่จะนำมาใช้ทำแอสฟัลต์คอนกรีตประกอบด้วย มวลรวม และแอสฟัลต์ซีเมนต์

4.1.1 มวลรวม ประกอบด้วยมวลหยาบ (Coarse Aggregate) และมวลละเอียด (Fine Aggregate) อาจเพิ่มวัสดุผสมแทรก (Mineral Filler) ด้วยก็ได้

ขนาดคละ (Gradation) ของมวลรวมให้เป็นไปตามตารางที่ 4 - 1

ก. มวลหยาบ หมายถึงส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) ต้องเป็นวัสดุที่กรมทางหลวงอนุมัติให้ใช้ได้ มีความแข็งและคงทน (Hard and Durable) สะอาด ปราศจากวัสดุไม่พึงประสงค์ใดๆ ที่ทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตมีคุณภาพด้อยลง ในกรณีที่ไม่ได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น มวลหยาบต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- ค่า ความสึกหรอ (Los Angeles Abrasion) ต้องไม่เกินร้อยละ 40
- ค่าความคงทน (Soundness) ต้องไม่เกินร้อยละ 9
- ค่า Coating and Stripping ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 95

รูปที่ 1 มวลรวมขนาดต่างๆ

ข. มวลละเอียด หมายถึงส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) ที่สะอาด ปราศจากสิ่งสกปรกหรือวัสดุอันไม่พึงประสงค์ใดๆ ปะปนอยู่ซึ่งอาจทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตมีคุณภาพด้อยลง ในกรณีที่ไม่ได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น มวลละเอียดต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- ค่า Sand Equivalent ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 50
- ค่าความคงทน (Soundness) ต้องไม่เกินร้อยละ 9

ค. วัสดุผสมแทรก ใช้ผสมเพิ่มในกรณีเมื่อ ส่วนละเอียดในมวลรวมมีไม่พอ หรือใช้ปรับปรุงคุณภาพของแอสฟัลต์คอนกรีต ต้องเป็นวัสดุที่กรมทางหลวงอนุมัติให้ใช้ได้ แห้ง ไม่จับกันเป็นก้อน มีขนาดคละตามตารางที่ 4 - 2

ตารางที่ 4 - 1 ขนาดคละของมวลรวมและปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ใช้

ขนาดที่ใช้เรียก	มิลลิเมตร (นิ้ว)	9.5 (3/8)	12.5 (1/2)	19.0 (3/4)	25.0 (1)
สำหรับชั้นทาง		Wearing Course	Wearing Course	Binder Course	Base Course
ความหนา	มิลลิเมตร	25 – 35	40 - 70	40 - 80	70 - 100
ขนาดตะแกรง มิลลิเมตร	(นิ้ว)	ปริมาณผ่านตะแกรง ร้อยละโดยมวล			
37.5	(1 1/2)				100
25.0	(1)			100	90 - 100
19.0	(3/4)		100	90 - 100	-
12.5	(1/2)	100	80 - 100	-	56 - 80
9.5	(3/8)	90 – 100	-	56 - 80	-
4.75	(เบอร์ 4)	55 – 85	44 - 74	35 - 65	29 - 59
2.36	(เบอร์ 8)	32 – 67	28 - 58	23 - 49	19 - 45
1.18	(เบอร์ 16)	-	-	-	-
0.600	(เบอร์ 30)	-	-	-	-
0.300	(เบอร์ 50)	7 – 23	5 - 21	5 - 19	5 - 17
0.150	(เบอร์ 100)	-	-	-	-
0.075	(เบอร์ 200)	2 – 10	2 - 10	2 - 8	1 - 7
ปริมาณแอสฟัลต์ ร้อยละโดยมวลของมวลรวม		4.0 - 8.0	3.0 - 7.0	3.0 - 6.5	3.0 - 6.0

ตารางที่ 4 - 2 ขนาดคละของวัสดุผสมแทรก

ขนาดตะแกรงมิลลิเมตร		ปริมาณผ่านตะแกรงร้อยละโดยมวล
0.600	(เบอร์ 30)	100
0.300	(เบอร์ 50)	75- 100
0.075	(เบอร์ 200)	55- 100

ในกรณีที่กรมทางหลวงเห็นว่าวัสดุที่มีขนาดคละแตกต่างไปจากตารางที่ 2 แต่เมื่อนำมาใช้เป็นวัสดุผสมแทรกแล้ว จะทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตที่มีคุณภาพดีขึ้น ก็อาจอนุมัติให้ใช้วัสดุนั้นเป็นวัสดุผสมแทรกได้

4.1.2 แอสฟัลต์ ในกรณีที่ไม่ได้ระบุชนิดของแอสฟัลต์ไว้เป็นอย่างอื่น ให้ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60 – 70 ตาม มอก. 851/2532

4.2 การใช้งาน

แอสฟัลต์คอนกรีต ใช้ในงานก่อสร้างและงานบูรณะก่อสร้างทางดังต่อไปนี้

4.2.1 งานซ่อมผิวทาง (Patching) เพื่อซ่อมผิวถนนทางเดิมก่อนการก่อสร้างผิวทางใหม่ทับ

4.2.2 งานปรับระดับ (Leveling) เพื่อปรับผิวถนนเดิมให้ได้ระดับตามที่ต้องการ

4.2.3 งานชั้นพื้นทาง (Base Course) โดยปูแอสฟัลต์คอนกรีตบนชั้นรองพื้นทาง (Subbase) หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้เรียบร้อยแล้ว

4.2.4 งานชั้นรองผิวทาง (Binder Course) โดยปูแอสฟัลต์คอนกรีตบนชั้นพื้นทางที่ได้เตรียมไว้เรียบร้อยแล้วหรือปูบนผิวทางเดิมที่จะบูรณะก่อสร้างใหม่

4.2.5 งานชั้นผิวทาง (Wearing Course) โดยปูแอสฟัลต์คอนกรีตบนชั้นรองผิวทาง ชั้นพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้เรียบร้อยแล้ว

4.2.6 งานไหล่ทาง (Shoulder) ที่มีผิวไหล่ทางเป็นแอสฟัลต์คอนกรีต โดยปูแอสฟัลต์คอนกรีตบนไหล่ทางหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้เรียบร้อยแล้ว

4.3 เครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ในการก่อสร้าง

เครื่องจักรและเครื่องมือทุกชนิดที่จะนำมาใช้งาน จะต้องมีสภาพใช้งานได้ดี โดยจะต้องผ่านการตรวจสอบและหรือตรวจปรับและนายช่างผู้ควบคุมงานอนุญาตให้ใช้ได้ ในระหว่างการก่อสร้างผู้รับจ้างจะต้องบำรุงรักษาเครื่องจักรและเครื่องมือทุกชนิดให้อยู่ในสภาพดีอยู่เสมอ

4.3.1 โรงงานผสมแอสฟัลต์คอนกรีต (Asphalt Concrete Mixing Plant) ผู้รับจ้างต้องมีโรงงานผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีรายละเอียดดังนี้

- มีกำลังผลิต (Rated Capacity) ขนาด 60 – 80 ตันต่อชั่วโมง จำนวน 1 เครื่อง หรือขนาด 40 – 60 ตันต่อชั่วโมง จำนวน 2 เครื่อง
- ตั้งอยู่ในสายทางที่ก่อสร้างหากจำเป็นอาจตั้งอยู่นอกสายทางภายในระยะขนส่งเฉลี่ย 80 กิโลเมตร หรือตามที่กรมทางหลวงเห็นชอบ
- จะเป็นแบบชุด (Batch Type) หรือแบบผสมต่อเนื่อง (Continuous Type) ก็ได้ แต่ต้องสามารถผลิตส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตเพื่อป้อนเครื่องปู (Paver)ให้สามารถปูได้อย่างต่อเนื่องและเป็นส่วนผสมที่มีคุณภาพสม่ำเสมอตรงตามสูตรส่วนผสมเฉพาะงานโดยมีอุณหภูมิถูกต้องตามข้อกำหนดด้วย

รูปที่ 2 โรงงานผสมแอสฟัลต์คอนกรีตแบบชุดและแบบผสมต่อเนื่อง

โรงงานผสมจะต้องมีสภาพใช้งานได้ดีและอย่างน้อยต้องมีเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

ก. อุปกรณ์สำหรับการเตรียมแอสฟัลต์ซีเมนต์

- มีถังเก็บแอสฟัลต์ พร้อมอุปกรณ์ให้ความร้อนประเภทที่ไม่มีเปลวไฟสัมผัสกับถังโดยตรง
- มีระบบทำให้แอสฟัลต์ไหลเวียนพร้อมกับอุปกรณ์ให้หรือรักษาความร้อน เพื่อรักษาอุณหภูมิของแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่อยู่ในระบบไหลเวียนให้มีอุณหภูมิตามที่กำหนด

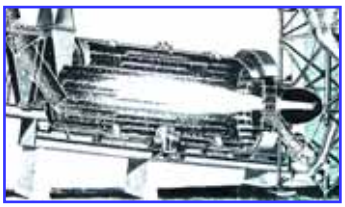
ข. ยุ้งหินเย็น (Cold Bin)

- ต้องมียุ้งหินเย็นไม่น้อยกว่า 4 ยุ้ง สำหรับแยกใส่วัสดุแต่ละขนาด
- ช่องเปิดปากยุ้งเป็นแบบปรับได้
- มีเครื่องป้อนหินเย็น แบบที่เหมาะสมสามารถป้อนหินเย็นไปยังหม้อเผา (Dryer) ได้อย่างสม่ำเสมอและถูกต้องตามอัตราส่วนที่ต้องการ
- เครื่องป้อนหินเย็นสำหรับยุ้งมวลละเอียดต้องเป็นแบบสายพานยางต่อเนื่องหรือสายพานอื่นใดที่ให้ผลเทียบเท่า

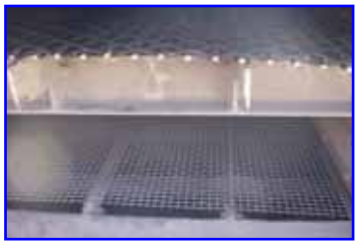
ค. หม้อเผา (Dryer)

- มีประสิทธิภาพดี สามารถทำให้มวลรวมแห้งและมีอุณหภูมิตามที่กำหนด
- มีเครื่องวัดอุณหภูมิที่เหมาะสม เช่น ที่อ่านอุณหภูมิได้ละเอียดถึง 2.5 องศาเซลเซียส ติดตั้งอยู่ที่ปากทางที่มวลรวมเคลื่อนตัวออก
- มีเครื่องบันทึกอุณหภูมิของมวลรวมที่วัดได้โดยอัตโนมัติ

รูปที่ 3 ยุ้งหินเย็นและเครื่องป้อนหิน



รูปที่ 4 หม้อเผาและหัวเผา



รูปที่ 5 ชุดตะแกรงร่อน

ง. ชุดตะแกรงร่อน (Screening Unit) ประกอบด้วย

- ตะแกรงคัด สำหรับคัดมวลรวมก้อนโตเกินขนาดที่กำหนด (Oversize) ออกทิ้ง
- ชุดตะแกรงร่อน เพื่อแยกมวลรวมที่ผ่านมาจากหม้อเผาให้เป็นขนาดต่างๆ ที่ต้องการ
- ตะแกรงทุกขนาดต้องอยู่ในสภาพดีเหล็กตะแกรงไม่ขาดหรือสึกหรอมากเกินไปอันจะทำให้มวลรวมที่ร่อนออกมาผิดขนาดไปจากที่ต้องการ

จ. ยุ้งหินร้อน (Hot Bin)

- ต้องมียุ้งหินร้อนไม่น้อยกว่า 4 ยุ้ง โดยไม่นับรวมยุ้งวัสดุผสมแทรก
- ยุ้งมีผนังแข็งแรงไม่มีรอยรั่วและมีความสูงพอที่จะไม่ให้มวลรวมไหลข้ามยุ้งปนกัน
- มีความจุมากพอที่จะป้อนมวลรวมร้อนให้กับห้องผสม (Pug Mill Mixer) ได้อย่างสม่ำเสมอเมื่อโรงงานผสมทำการผสมเต็มกำลังผลิต
- ในแต่ละยุ้งต้องมีท่อสำหรับให้มวลรวมไหลออกไปข้างนอก เพื่อป้องกันไม่ให้ไปผสมกับมวลรวมที่อยู่ในยุ้งอื่นๆ ในกรณีที่มีมวลรวมในยุ้งนั้นๆ มากเกินไป
- ในกรณีที่จำเป็นต้องใช้วัสดุผสมแทรก ต้องมียุ้งเก็บวัสดุผสมแทรกต่างหาก พร้อมกับมีเครื่องชั่งหรือเครื่องป้อนวัสดุผสมแทรกซึ่งสามารถควบคุมปริมาณวัสดุเข้าสู่ห้องผสมอย่างถูกต้องและสามารถสอบเทียบ (Calibrate) ได้

รูปที่ 6 ยุ้งหินร้อน

รูปที่ 7 เครื่องดักฝุ่น

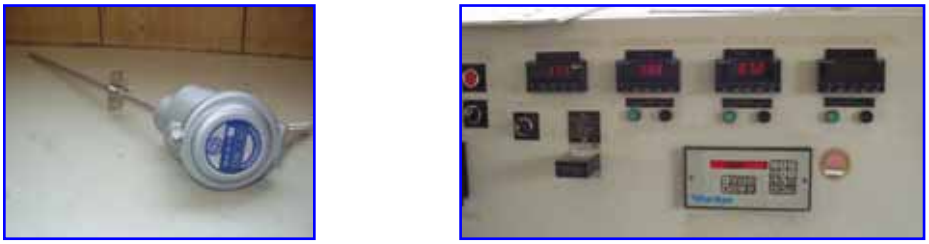
ฉ. เครื่องดักฝุ่น (Dust Collector) ประกอบด้วย

- เครื่องดักฝุ่นชุดปฐมภูมิ (Primary) เป็นแบบแห้ง (Dry Type) ที่มีประสิทธิภาพดีและเหมาะสม สำหรับเก็บวัสดุส่วนละเอียดหรือฝุ่นกลับไปใช้ได้อย่างสม่ำเสมอหรือนำไปทิ้งได้ทั้งหมดหรือบางส่วน

- เครื่องดักฝุ่นชุดทุติยภูมิ (Secondary) ที่สามารถควบคุมไม่ให้มีฝุ่นเหลือออกไปสู่อากาศภายนอกมากจนทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม

ช. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometric Equipment) ประกอบด้วย

- เทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งแก้วหุ้มด้วยปลอกโลหะหรือแบบอื่นๆ ที่วัดอุณหภูมิได้ระหว่าง 90 – 250 องศาเซลเซียส ติดตั้งไว้ที่ท่อส่งแอสฟัลต์ ณ ตำแหน่งที่เหมาะสมใกล้ทางออกของแอสฟัลต์ที่ห้องผสม



รูปที่ 8 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบต่างๆ

- เทอร์โมมิเตอร์แบบใช้ปรอทชนิดมีหน้าปัทม์ เครื่องวัดอุณหภูมิแบบแปรความร้อนเป็นค่าไฟฟ้า หรือ แบบอื่นๆ ติดตั้งที่ปลายทางออกของมวลรวมเพื่อใช้วัดอุณหภูมิของมวลรวมร้อนที่ออกจากหม้อเผา

- เครื่องวัดอุณหภูมิชนิดใดๆ ที่ใช้ต้องมีความสามารถแสดงอุณหภูมิได้อย่างถูกต้องเมื่อมีอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเร็วกว่า 5 องศาเซลเซียสต่อนาที

ซ. ชุดอุปกรณ์ควบคุมปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ ต้องสามารถควบคุมปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ใช้ ให้อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ในสูตรส่วนผสมเฉพาะงาน

- กรณีใช้วิธีชั่งมวล เครื่องชั่งที่ใช้ต้องมีความละเอียดไม่น้อยกว่าร้อยละ 2 ของมวลแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ต้องการใช้ผสม

- กรณีที่ใช้วิธีวัดปริมาตร มาตรที่ใช้วัดอัตราการไหลของแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ปล่อยเข้าสู่ห้องผสมจะต้องเที่ยงตรง โดยยอมให้คลาดเคลื่อนจากปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ต้องการใช้เมื่อเทียบเป็นมวลไม่เกินร้อยละ 2

ข้อกำหนดพิเศษสำหรับโรงงานผสมแบบชุด (Batch Type)

(1) ถังชั่งมวลรวม (Weight Box or Hopper)

- ต้องมีอุปกรณ์สำหรับชั่งมวลรวมที่ปล่อยออกมาแต่ละยุ้งได้อย่างละเอียดถูกต้อง
- ต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะบรรจุมวลรวมได้เต็มชุด (Batch) โดยมวลรวมไม่ล้นถัง
- ประตูยุ้งหินร้อนและถังชั่งมวลรวมต้องแข็งแรงและไม่รั่ว
- กรณีใช้เครื่องชั่งแบบ Load Cell ถังชั่งมวลรวมต้องติดตั้งประกอบกับชุดเครื่องชั่งในลักษณะสมดุลเพื่อไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนขณะชั่ง
- กรณีใช้เครื่องชั่งแบบคาน ถังชั่งมวลรวมจะต้องวางบนฟัลครัม (Fulcrum) ซึ่งวางอยู่บนขอบใบมีด (Knife Edge) อย่างแน่นหนาอีกทีหนึ่ง ขณะทำงาน ฟัลครัมและขอบใบมีดต้องไม่เคลื่อนตัวออกจากแนวเดิม

รูปที่ 9 ถังชั่งมวลรวมและถังชั่งแอสฟัลต์ซีเมนต์

(2) ห้องผสม (Pug Mill Mixer)

- ต้องเป็นชนิดเพลาผสมคู่ สามารถผลิตแอสฟัลต์คอนกรีตได้สม่ำเสมอ
- ประตูปล่อยส่วนผสมขณะปิดจะต้องปิดสนิทไม่มีวัสดุรั่วไหล
- มีเครื่องตั้งและควบคุมเวลาการผสมแบบอัตโนมัติ ทำหน้าที่ควบคุมไม่ให้ประตูห้องผสมเปิดจนกว่าจะได้เวลาตามที่กำหนดไว้
- ภายในห้องผสมประกอบด้วยใบพาย (Paddle Tip) ที่จัดเรียงอย่างเหมาะสมและมีจำนวนเพียงพอที่จะผสมส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตได้ถูกต้องและสม่ำเสมอ ระยะห่างระหว่างปลายใบพายและผนังห้องผสมจะต้องน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของขนาดมวลรวมก้อนโตสุด

รูปที่ 10 ห้องผสม

(3) เครื่องชั่ง (Plant Scale)

- มีความละเอียดไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของมวลรวมสูงสุดที่ต้องการชั่ง
- หน้าปัทม์เครื่องชั่งต้องอยู่ในตำแหน่งที่พนักงานควบคุมเครื่องมองเห็นได้ชัดเจน
- สามารถแสดงมวลของมวลรวมแต่ละยุ้ง
- มีตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน หนักตุ้มละ 25 กิโลกรัม ไม่น้อยกว่า 10 ตุ้มหรือมีจำนวนเพียงพอที่จะใช้ตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องชั่ง

รูปที่ 11 เครื่องชั่ง

(4) การควบคุมปริมาณมวลรวมและแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ใช้ผสมในแต่ละชุดจะต้องเป็นแบบอัตโนมัติ

ข้อกำหนดพิเศษสำหรับโรงงานผสมแบบต่อเนื่อง (Continuous Type)

(1) ชุดอุปกรณ์ควบคุมมวลรวม (Gradation Control Unit)

- มีอุปกรณ์ควบคุมปริมาณมวลรวมที่ไหลออกจากยุ้งหินร้อนแต่ละยุ้งได้อย่างถูกต้อง ประกอบด้วยเครื่องป้อนหิน (Feeder) อยู่ใต้ยุ้งหินร้อน สำหรับการป้อนวัสดุผสมแทรกจะต้องมีอุปกรณ์ควบคุมปริมาณต่างหาก ติดตั้งในตำแหน่งที่ทำให้ควบคุมการป้อนวัสดุผสมแทรกลงในห้องผสมเพื่อผสมกับมวลรวมในจังหวะของการผสมแห้ง (Dry Mixing) ก่อนที่จะผสมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่จ่ายเข้ามาภายหลังในจังหวะของการผสมเปียก(Wet Mixing)

(2) อุปกรณ์ควบคุมการป้อนมวลรวมและแอสฟัลต์ซีเมนต์

- ต้องเป็นแบบขับเคลื่อนที่สัมพันธ์กัน (Synchronization of Aggregate and Asphalt Cement Feed) เพื่อให้ป้อนมวลรวมแต่ละขนาดและแอสฟัลต์ซีเมนต์เข้าสู่ห้องผสมได้อัตราส่วนผสมที่คงที่ตลอดเวลา

(3) ชุดห้องผสม (Pug Mill Mixer Unit)

- ต้องเป็นแบบทำงานต่อเนื่อง (Continuous Mixer) ชนิดเพลาผสมคู่ สามารถผลิตแอสฟัลต์คอนกรีตได้ส่วนผสมที่สม่ำเสมอ
- ใบพายจะต้องเป็นชนิดปรับมุมให้ไปในทางเดียวกันเพื่อให้ส่วนผสมเคลื่อนตัวได้เร็วหรือให้กลับทางกันเพื่อถ่วงเวลาให้ส่วนผสมเคลื่อนตัวช้าลงได้
- ห้องผสมจะต้องมีอุปกรณ์ควบคุมระดับของส่วนผสมด้วย

- ระยะห่างระหว่างปลายใบพายและผนังห้องผสมจะต้องน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของขนาดมวลรวมก้อนโตสุด

- ระยะเวลาในการผสมโดยทั่วไปกำหนดให้ใช้ประมาณ 45 – 60 วินาทีหากคำนวณแล้วไม่เป็นไปตามที่กำหนด ให้พิจารณาปรับระดับความสูงของส่วนผสมหรือปรับมุมของใบพายที่ห้องผสมจะต้องมีแผ่นแสดงปริมาตรของห้องผสมเมื่อมีส่วนผสมบรรจุในห้องผสมที่ความสูงต่างๆ ติดตั้งไว้อย่างถาวร นอกจากนั้นจะต้องมีตารางแสดงอัตราการป้อนวัสดุมวลรวมต่อนาทีเมื่อโรงงานผสมทำงานในอัตราเร็วปกติ เวลาในการผสม ให้นับจากการเริ่มป้อนมวลรวมเข้าห้องผสมและมวลรวมผสมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์เรียบร้อยแล้ว จนถึงส่วนผสมถูกปล่อยออกมาจากห้องผสมซึ่งสามารถคำนวณโดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{เวลาในการผสม (วินาที)} = A / B$$

เมื่อ A = มวลของส่วนผสม ณ เวลาที่ผลิต (Pug Mill Dead Capacity) มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

B = มวลของส่วนผสมที่ปล่อยออกจากห้องผสมใน 1 วินาที (Pug Mill Output) มีหน่วยเป็นกิโลกรัม ต่อวินาที

(4) ยุ้งพักส่วนผสม (Discharge Hopper) สำหรับพักส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่ออกจากห้องผสม มีประตูเปิดที่ด้านล่างของยุ้ง และจะปล่อยส่วนผสมได้เมื่อส่วนผสมเต็มยุ้งแล้ว

(5) อุปกรณ์สัญญาณแจ้งปริมาณมวลรวมในยุ้งหินร้อน สำหรับส่งสัญญาณแจ้งให้ทราบว่าปริมาณมวลรวมในยุ้งหินร้อนมีปริมาณเพียงพอที่จะดำเนินการต่อไปได้หรือไม่ ถ้าปริมาณมวลรวมยุ้งใดขาดหรือน้อยไป สัญญาณดังกล่าวจะทำให้ผู้ควบคุมงานทราบทันทีและต้องหยุดการผลิตแอสฟัลต์คอนกรีตเพื่อทำการแก้ไขจนกว่าผู้ควบคุมงานจะเห็นสมควร จึงจะอนุญาตให้ดำเนินการต่อไปได้

4.3.2 รถบรรทุก (Haul Truck) รถบรรทุกที่นำมาใช้จะต้องเป็นดังนี้

- มีจำนวนเพียงพอกับกำลังผลิตของโรงงานผสมและความสามารถในการปูของเครื่องปู เพื่อให้การก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่องมากที่สุด

- กระบะรถบรรทุกต้องไม่รั่ว พื้นกระบะเป็นแผ่นโลหะเรียบภายในกระบะจะต้องสะอาดปราศจากวัสดุไม่พึงประสงค์อื่นๆ ตกค้างอยู่

- ก่อนใช้ขนส่งส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต ต้องพ่นหรือเคลือบบางๆ ภายในกระบะด้วยน้ำสบู่ น้ำปูนขาว หรือสารเคมี ที่มีน้ำมันผสมไม่เกินร้อยละ 5 โดยได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงาน ห้ามใช้น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล หรือน้ำมันประเภทเดียวกัน

- ก่อนบรรจุส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตลงกระบะ ให้ยกกระบะเทสารเคลือบที่มากเกินความจำเป็นออกให้หมด

- ในการขนส่งจะต้องมีผ้าใบหรือแผ่นวัสดุอื่นใด ที่ใช้ได้อย่างเหมาะสมคลุมส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต เพื่อรักษาอุณหภูมิและป้องกันน้ำฝนหรือสิ่งสกปรกอื่นๆ ด้วย

4.3.3 เครื่องปู (Paver or Finisher) เครื่องปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตจะต้อง

- เป็นแบบขับเคลื่อนได้ด้วยตัวเองโดยจะเป็นชนิดล้อเหล็กตีนตะขาบหรือชนิดล้อยางที่มีคุณภาพเทียบเท่า

- มีกำลังมากพอและสามารถควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ได้อย่างสม่ำเสมอทั้งในขณะที่เคลื่อนตัวไปพร้อมกับรถบรรทุกส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตและในขณะเคลื่อนตัวไปตามลำพัง

- สามารถปรับความเร็วการปูได้หลายอัตราและปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตได้ความลาดผิวทางและได้ระดับถูกต้องตามรูปแบบอย่างเรียบร้อยโดยมีลักษณะผิวเรียบสม่ำเสมอ

รูปที่ 12 เครื่องปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต

ก. ส่วนขับเคลื่อน (Tractor Unit) ประกอบด้วย

- เครื่องยนต์ต้นกำลังมีอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบเครื่องยนต์ (Governor) ให้คงที่ระหว่างทำงาน

- กระบะบรรจุส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต (Hopper) ต้องเป็นแบบหุบข้างกระบะได้

- มีสายพานป้อนส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต (Slat Conveyor)

- มีเกลียวเกลี่ยจ่ายส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต (Auger หรือ Screw Conveyor) 2 ข้าง ซ้ายและขวา สามารถแยกทำงานได้เป็นอิสระ

- สามารถปรับระดับความสูงของประตูควบคุมการไหล (Flow Gate) ของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตได้

รูปที่ 13 รูปตัดแสดงส่วนประกอบของเครื่องปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต

ข. ส่วนเตารีด (Automatic Screed Controls) ประกอบด้วย

- อุปกรณ์ควบคุมความหนา (Thickness Control)
- อุปกรณ์ควบคุมความลาดเอียงที่ผิว (Crown Control)
- อุปกรณ์ให้ความร้อนแผ่นเตารีด (Screed Heater)
- แผ่นเตารีด (Screed Plate) และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ ที่จำเป็น
- แผ่นเตารีดต้องตรงแนวและได้ระดับ ไม่บิดงอหรือสึกหรอมากเกินสมควร ไม่สึกเป็นหลุม มีความยาวไม่น้อยกว่า 2.4 เมตร และสามารถขยายได้ยาวไม่น้อยกว่า 3.5 เมตร
- มีระบบการอัดแอสฟัลต์คอนกรีตขั้นต้นเป็นแบบสั่นสะเทือน(Vibratory Screed) หรือแบบคานกระแทก (Tamper Bar) หรือมีทั้ง 2
- สามารถปรับความถี่ของการสั่นสะเทือนหรือการกระแทกได้ตามต้องการ
- สำหรับระบบการอัดแอสฟัลต์คอนกรีตแบบคานกระแทกจะต้องมีระยะห่างระหว่างแผ่นเตารีดกับคานกระแทก 0.25 – 0.50 มิลลิเมตร ผิวของคานกระแทกด้านล่างที่ใช้อัดแอสฟัลต์คอนกรีตต้องอยู่ในสภาพดี และไม่สึกหรอมากกว่าครึ่งหนึ่งของขนาดความหนาของใหม่
- ระบบการควบคุมความลาดชัน (Grade Control) และระดับแอสฟัลต์คอนกรีตควรเป็นแบบอัตโนมัติ โดยอาจเป็นแบบ

(1) Erected Grade Line

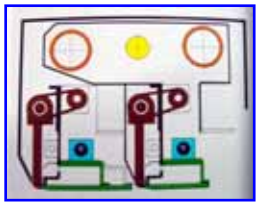
(2) Mobile String Line

(3) Ski

(4) Floating Beam

(5) Joint – matching Shoe

สำหรับแบบที่ (2), (3) และ (4) ต้องมีความยาวไม่น้อยกว่า 9 เมตร



รูปที่ 14 ส่วนเตารีด

4.3.4 รถเกลี่ยปรับระดับ (Motor Grader) การใช้รถเกลี่ยปรับระดับให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน โดยตัวรถต้อง

- เป็นชนิดขับเคลื่อนได้ด้วยตัวเอง
- มีล้อยางผิวเรียบ
- มีใบมีดยาวไม่น้อยกว่า 3.6 เมตร

- มีความยาวของช่วงเพลา (Wheel Base) ไม่น้อยกว่า 4.8 เมตร

4.3.5 เครื่องจักรบดทับ

เครื่องจักรบดทับทุกชนิดต้อง

- เป็นแบบขับเคลื่อนด้วยตัวเอง
- มีน้ำหนักและคุณสมบัติอื่นๆ เป็นไปตามที่ระบุไว้ในรายละเอียด
- มีน้ำหนักบดทับที่เหมาะสมกับชนิดของส่วนผสม ความหนาของชั้นทางที่ปู ขั้นตอนการบดทับและอื่นๆ
- มีจำนวนเพียงพอที่ทำให้การก่อสร้างดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่องไม่ติดขัด
- การตรวจสอบน้ำหนักเครื่องจักร น้ำหนักในการบดทับของเครื่องจักรแต่ละคัน ตลอดจนการเพิ่มจำนวนเครื่องจักรบดทับจากที่กำหนดไว้ ให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

เครื่องจักรบดทับจะต้องประกอบด้วยเครื่องจักรชนิดต่างๆ จำนวนอย่างน้อยดังต่อไปนี้

ก. รถบดล้อเหล็กสั่นสะเทือนชนิด 2 ล้อ 1 คัน

ข. รถบดล้อเหล็กชนิด 2 ล้อ 1 คัน

ค. รถบดล้อยาง 3 คัน

รายละเอียดของเครื่องจักรบดทับชนิดต่าง ๆ เป็นดังนี้

ก. รถบดล้อเหล็กสั่นสะเทือนชนิด 2 ล้อ (Vibratory Roller)

รูปที่ 15 รถบดล้อเหล็กสั่นสะเทือนชนิด 2 ล้อ

- มีน้ำหนักไม่น้อยกว่า 6 ตันอาจเป็นแบบสั่นสะเทือนล้อเดี่ยวหรือสองล้อก็ได้
- อยู่ในสภาพดี สามารถบดทับโดยการเดินหน้าและถอยหลังได้
- ล้อทั้ง 2 ล้อจะต้องตรงแนว
- การขับเคลื่อนไปข้างหน้า การหยุด และการถอยหลังต้องเรียบสม่ำเสมอ
- มีระบบการสั่น สะเทือนที่อยู่ในสภาพดี ความถี่การสั่นสะเทือน (Frequency) ขณะปฏิบัติงานไม่น้อยกว่า 33 เฮิรตซ์ (2,000 รอบต่อนาที)
- มีระยะเต้น (Amplitude) ระหว่าง 0.20 – 0.80 มิลลิเมตร
- ที่ผิวล้อเหล็กจะต้องเรียบไม่เป็นร่อง (Groove) สึกเป็นหลุมหรือเป็นรอยบุ๋ม (Pit)

- สลักยึดล้อ (King Pin) และลูกปืนล้อ (Wheel Bearing) ต้องไม่สึกหรอมากเกินไปจนทำให้ล้อหลวม

- มีถังน้ำ มีระบบฉีดน้ำ (Sprinkler System) มีอุปกรณ์คราดผิวล้อเหล็ก (Scraper) และแผ่นวัสดุสำหรับซึมซับน้ำและเกลี่ยกระจายน้ำสำหรับเลี้ยงล้อรถบด

ข. รถบดล้อเหล็ก 2 ล้อ (Static Steel – Wheeled Tandem Roller)

- มีขนาดน้ำหนักไม่น้อยกว่า 8 ตันและสามารถเพิ่มน้ำหนักได้จนมีน้ำหนักไม่น้อยกว่า 10 ตัน

- มีน้ำหนักต่อความกว้างของล้อรถบดไม่น้อยกว่า 37.9 กิโลกรัมต่อเซนติเมตร

- อยู่ในสภาพดี สามารถบดทับโดยการเดินหน้าและถอยหลังได้

- การขับเคลื่อนไปข้างหน้า การหยุด และการถอยหลัง ต้องเรียบสม่ำเสมอ

- ล้อทั้ง 2 ล้อจะต้องตรงแนว

- ที่ผิวล้อเหล็กจะต้องเรียบไม่เป็นร่อง สึกเป็นหลุม หรือเป็นรอยปุ่ม

- สลักยึดล้อและลูกปืนล้อต้องไม่สึกหรอมากเกินไปจนทำให้ล้อหลวม

- ต้องมีถังน้ำ มีระบบฉีดน้ำ มีอุปกรณ์คราดผิวล้อเหล็กและแผ่นวัสดุสำหรับซึมซับน้ำและเกลี่ยกระจายน้ำสำหรับเลี้ยงล้อรถบด ที่ใช้การได้ดีและถูกต้องตามที่ต้องการ เพื่อป้องกันไม่ให้ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตติดล้อขณะบดทับ

ค. รถบดล้อยาง (Pneumatic–Tired Roller)

- มีขนาดน้ำหนักไม่น้อยกว่า 10 ตัน และสามารถเพิ่มน้ำหนักได้

- มีล้อยางไม่น้อยกว่า 7 ล้อ

- ล้อยางของรถบดต้องเป็นชนิดผิวหน้าเรียบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขอบล้อ (Rim Diameter) ไม่น้อยกว่า 500 มิลลิเมตร

- ผิวหน้าล้อยางกว้างไม่น้อยกว่า 225 มิลลิเมตร

- มีขนาดและจำนวนชั้นผ้าใบเท่ากันทุกล้อ

- ส่วนล้อและเพลาสามารถเคลื่อนตัวขึ้นลงได้อย่างอิสระ

รูปที่ 16 รถบดล้อยาง

4.3.6 เครื่องพ่นแอสฟัลต์ (Asphalt Distributor)

เครื่องพ่นแอสฟัลต์ ให้เป็นไปตาม บทที่ 1 “ งานลาดแอสฟัลต์ ข้อ1.1.2

4.3.7 เครื่องจักรและเครื่องมือทำความสะอาดพื้นที่ที่จะก่อสร้าง

ก. รถบรรทุกน้ำ (Water Truck)

- อยู่ในสภาพดี
- มีท่อพ่นน้ำและอุปกรณ์ฉีดน้ำที่ใช้การได้ดี

ข. เครื่องกวาดฝุ่น ให้เป็นไปตามบทที่ 1 “ งานลาดแอสฟัลต์ ข้อ1.1.2 ”

ค. เครื่องเป่าลม ให้เป็นไปตามบทที่ 1 “ งานลาดแอสฟัลต์ ข้อ1.1.2 ”

4.3.8 เครื่องมือประกอบ

ก. เครื่องมือบดทับแบบสั่นสะเทือนขนาดเล็ก (Small Vibratory Compactor)

- มีขนาดน้ำหนักเหมาะสมที่จะใช้บดทับแอสฟัลต์คอนกรีตบริเวณที่รถบดไม่สามารถเข้าไปดำเนินการได้ หรือใช้ในงานซ่อมขนาดเล็ก
- การใช้งานให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

ข. เครื่องมือกระทุ้งแอสฟัลต์คอนกรีต (Hand Tamper)

- ต้องเป็นแบบและมีขนาดน้ำหนักเหมาะสมที่จะใช้กระทุ้งอัดแอสฟัลต์คอนกรีตบริเวณที่เครื่องบดทับขนาดเล็กเข้าไปบดทับไม่ได้หรือใช้งานซ่อมขนาดย่อย
- การใช้งานให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

ค. เครื่องมือตัดรอยต่อ

- เป็นแบบติดกับรถบดล้อเหล็กหรือเป็นแบบรถเข็นขนาดเล็กหรือจะมีทั้ง 2 แบบก็ได้ หรือมีแบบอื่นๆ ซึ่งสามารถตัดแนวรอยต่อได้เรียบร้อย
- การใช้งานให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

ง. เครื่องมือเจาะตัวอย่าง

- อาจเป็นชนิดใช้เครื่องยนต์หรือใช้ไฟฟ้า
- สามารถใช้เจาะตัวอย่างที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร ได้อย่างเรียบร้อย

จ. ไม้บรรทัดวัดความเรียบ (Straightedge)

- มีขนาดเหมาะสม และมีความยาว 3.00 เมตร

เครื่องจักร เครื่องมือ หรืออุปกรณ์อื่นใด นอกเหนือจากที่กำหนดไว้แล้วข้างต้นการนำมาใช้งานและการใช้งานให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

4.3.9 เครื่องมือทดลองและห้องปฏิบัติการทดลอง

ก. ผู้รับจ้างต้องจัดหาเครื่องมือทดลองที่ได้มาตรฐานและมีสภาพดี เพื่อให้ผู้ควบคุมงานใช้เป็นเครื่องมือตรวจสอบคุณภาพแอสฟัลต์คอนกรีตระหว่างการก่อสร้าง รายการเครื่องมือทดลองดูในภาคผนวก 4 - 1

ข. ผู้รับจ้างต้องจัดสร้างห้องปฏิบัติการทดลอง ให้อยู่ในบริเวณที่สามารถมองเห็นการทำงานของโรงงานผสมแอสฟัลต์คอนกรีตได้ ห้องปฏิบัติการทดลองต้องมีขนาดพื้นที่ไม่น้อยกว่า 20 ตารางเมตร หรือตามแบบที่กรมทางหลวงกำหนด พร้อมทั้งติดตั้งอุปกรณ์อำนวยความสะดวกที่จำเป็นตามที่กำหนด

4.4 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

4.4.1 การเตรียมสถานที่ตั้งโรงงานผสมและกองวัสดุ

- สถานที่ตั้งโรงงานผสมและกองวัสดุจะต้องเหมาะสม โดยมีบริเวณกว้างพอที่จะดำเนินการได้โดยสะดวก ต้องราบเรียบได้ระดับพอควรและมีการระบายน้ำที่ดี มิให้มีน้ำท่วมกองวัสดุได้

รูปที่ 17 สถานที่ตั้งโรงงานผสมต้องเหมาะสม การกองวัสดุต้องถูกต้อง

- พื้นที่สำหรับกองวัสดุที่นำมาใช้งานจะต้องสะอาดปราศจากวัสดุไม่พึงประสงค์ รองพื้นด้วยวัสดุหินหรือปูด้วยแผ่นวัสดุที่เหมาะสม

- การกองวัสดุแต่ละขนาด จะต้องกองแยกไว้อย่างชัดเจน โดยการกองแยกให้ห่างกันตามสมควร หรือทำยุ้งกั้นไว้เพื่อป้องกันวัสดุที่จะใช้แต่ละชนิด แต่ละขนาด ไม่ให้ปะปนกันหรือปะปนกับวัสดุไม่พึงประสงค์อื่นๆ

- การกองวัสดุต้องดำเนินการให้ถูกต้องเพื่อป้องกันไม่ให้วัสดุเกิดการแยกตัวโดยการกองวัสดุเป็นชั้นๆ สูงชั้นละไม่เกินความสูงของกองวัสดุกองเดี่ยวๆ เมื่อเทจากรถบรรทุกเทท้ายคันหนึ่งๆ ถ้าจะกองวัสดุชั้นต่อไปจะต้องแต่งระดับยอดกองให้เสมอ และไม่ควรกองวัสดุสูงเป็นรูปกรวย

4.4.2 การตรวจสอบโรงงานผสม

- ตรวจสอบตามแบบฟอร์ม “การตรวจสอบโรงงานผสมแอสฟัลต์คอนกรีต (Plant)” ของส่วนออกแบบและตรวจสอบผิวทางแอสฟัลต์ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ ในภาคผนวก 4 - 2

4.4.3 การเก็บตัวอย่างเพื่อออกแบบส่วนผสม

- เก็บด้วยวิธีการที่ถูกต้องเพื่อให้ตัวอย่างที่เก็บเป็นตัวอย่างตัวแทน
- เก็บจากโรงงานผสมที่ผ่านการตรวจสอบแล้ว
- ควรดำเนินการก่อนเริ่มทำการก่อสร้างผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ประมาณ 1-2 เดือน

รูปที่ 18 ตัวอย่าง Hot Bin

4.4.4 การออกแบบส่วนผสม

ก. ก่อนเริ่มงานไม่น้อยกว่า 30 วัน ผู้รับจ้างต้องเสนอเอกสารการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตแก่นายช่างผู้ควบคุมงาน และนายช่างผู้ควบคุมงานต้องเก็บตัวอย่างวัสดุพร้อมทั้งเอกสารการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตส่งกรมทางหลวงเพื่อทำการตรวจสอบ ผู้รับจ้างอาจร้องขอให้กรมทางหลวงเป็นผู้ออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตให้ก็ได้

ข. คุณสมบัติทั่วไปของวัสดุที่จะใช้ทำแอสฟัลต์คอนกรีต ขนาดคละและปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ให้เป็นไปตามตารางที่ 1

ค. คุณสมบัติของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต ให้เป็นไปตามตารางที่ 4 - 3

ง. กรมทางหลวงเป็นผู้ตรวจสอบเอกสารการออกแบบหรือทำการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต พร้อมทั้งพิจารณากำหนดสูตรส่วนผสมเฉพาะงาน (Job Mix Formula) ซึ่งมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ (Tolerant Limit) ของวัสดุต่างๆ เพื่อใช้ควบคุมงานนั้นๆ

จ. การผสมแอสฟัลต์คอนกรีตในสนาม ถ้ามวลรวมขนาดหนึ่งขนาดใดหรือปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ หรือคุณสมบัติอื่นใดคลาดเคลื่อนเกินกว่าขอบเขตที่กำหนดไว้ในสูตรส่วนผสมเฉพาะงาน ถือว่าส่วนผสมของแอสฟัลต์คอนกรีตที่ผสมไว้ในครั้งนั้นมีคุณภาพไม่ถูกต้องตามที่กำหนด และผู้รับจ้างต้องทำการปรับปรุงแก้ไข

ฉ. ผู้รับจ้างอาจขอเปลี่ยนสูตรส่วนผสมเฉพาะงานใหม่ได้ ถ้าวัสดุที่ใช้ผสมทำแอสฟัลต์คอนกรีตเกิดการเปลี่ยนแปลงไปด้วยสาเหตุใด ๆ ก็ตาม การเปลี่ยนสูตรส่วนผสมเฉพาะงานทุกครั้งต้องได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวงก่อน

กรมทางหลวงอาจตรวจสอบ แก้ไข เปลี่ยนแปลง ปรับปรุง หรือกำหนดสูตรส่วนผสมเฉพาะงานใหม่ได้ตามความเหมาะสมตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน

ช. การทดลองและตรวจสอบการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตทุกครั้ง หรือทุกสัญญาจ้าง ผู้รับจ้างต้องชำระค่าธรรมเนียมตามอัตราที่กรมทางหลวงกำหนด

ตารางที่ 4 - 3 ข้อกำหนดในการออกแบบแอสฟัลต์คอนกรีต

ชั้นทาง		Wearing Course	Wearing Course	Binder Course	Base Course	Shoulder
ขนาดที่ใช้เรียก	มิลลิเมตร	9.5	12.5	19.0	25.0	-
	(นิ้ว)	(3/8)	(1/2)	(3/4)	(1)	-
ความหนา	มิลลิเมตร	25 – 35	40 - 70	40 - 80	70 - 100	-
Blows		75	75	75	75	50
Stability N		8006	8006	8006	7117	7117
(1b)		(1800)	(1800)	(1800)	(1600)	(1600)
Flown 0.25 mm (0.01 in)		8-16	8-16	8-16	8-16	8-16
Percent Air voids		3-5	3-5	3-6	3-6	3-5
Percent Voids in Mineral Aggregate (VMA)Min		15	14	13	12	14
Stability / Flow Min						
N / 0.25 mm		712	712	712	645	645
(Ib / 0.01 in)		(160)	(160)	(160)	(160)	(145)
Percent Strength Index Min		75	75	75	75	75

4.4.6 การเตรียมมวลรวมและวัสดุผสมแทรก

- มวลรวมทุกชนิดที่ใช้ต้องมาจากแหล่งที่เก็บตัวอย่างเพื่อทำการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต

- กองวัสดุที่ใช้ทุกชนิด ต้องป้องกันไม่ให้วัสดุเปียกน้ำฝน โดยการกองวัสดุในโรงที่มีหลังคาคลุม หรือคลุมด้วยผ้าใบหรือแผ่นวัสดุอื่นๆ ที่เหมาะสม หรือโดยวิธีอื่นใดที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงาน

- วัสดุที่ใช้ทุกชนิดเมื่อป้อนเข้าโรงงานผสมต้องไม่มีความชื้นเกินกำหนด ตามข้อแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ทั้งนี้เพื่อให้โรงงานผสมทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

รูปที่ 19 การเตรียมมวลรวม

- มวลรวมที่ใช้แต่ละชนิด ก่อนนำไปใช้งานต้องบรรจุในยุ้งหินเย็นแยกกันแต่ละยุ้ง และการผสมมวลรวมแต่ละชนิดจะต้องดำเนินการโดยผ่านยุ้งหินเย็นเท่านั้น ห้ามนำมาผสมกันภายนอกยุ้งหินเย็นในทุกกรณี

- วัสดุผสมแทรก หากนำมาใช้จะต้องแยกใส่ยุ้งวัสดุผสมแทรกโดยเฉพาะ การป้อนวัสดุผสมแทรกจะต้องแยกต่างหากโดยไม่ปะปนกับวัสดุอื่นๆ และจะต้องป้อนเข้าห้องผสมโดยตรง

4.4.7 การเตรียมแอสฟัลต์

- ใช้แอสฟัลต์ที่มีใบรับรองผลิตภัณฑ์เท่านั้น

- ตรวจสอบวาล์วปิดเปิด หมายเลขซีล หมายเลขรถบรรทุก ที่ขนส่งแอสฟัลต์

- แอสฟัลต์ซีเมนต์ในถังเก็บแอสฟัลต์ต้องมีอุณหภูมิไม่สูงกว่า 100 องศาเซลเซียส

- ก่อนผสมกับมวลรวมต้องให้ความร้อนจนได้อุณหภูมิ 159 $\pm$ 8 องศาเซลเซียส หรือมีอุณหภูมิตรงตามที่ระบุไว้ในสูตรส่วนผสมเฉพาะงาน

- การจ่ายแอสฟัลต์ซีเมนต์ไปยังห้องผสม ต้องเป็นไปโดยต่อเนื่องและสม่ำเสมอ โดยมีอุณหภูมิตรงตามที่กำหนดตลอดเวลา

รูปที่ 20 การเตรียมแอสฟัลต์

4.4.8 การเตรียมเครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้าง

เครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ทุกชนิดตามที่ระบุไว้ใน ข้อ 3 ที่นำมาใช้งานต้องมีสภาพใช้งานได้ดี โดยจะต้องผ่านการตรวจสอบและหรือตรวจปรับ ตามรายการและวิธีการที่กรมทางหลวงกำหนด และนายช่างผู้ควบคุมงานอนุญาตให้ใช้ได้ก่อน เครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ทุกชนิดต้องมีจำนวนพอเพียงที่จะอำนวยให้การก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตดำเนินไปโดยต่อเนื่องไม่ติดขัดหรือหยุดชะงัก และในระหว่างการก่อสร้างจะต้องบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพดีอยู่เสมอตลอดระยะเวลาทำงาน

4.4.9 การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

ก. รองพื้นทาง พื้นทาง หรือไหล่ทาง ก่อนทำชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตทับ

- ต้องสะอาดปราศจากฝุ่น วัสดุสกปรก หรือวัสดุไม่พึงประสงค์อื่นๆ ปะปน

ข. พื้นทางหรือไหล่ทาง ที่ทำการ Prime Coat ไว้แล้ว

- กรณี ที่ Prime Coat หลุดหรือเสียหาย ต้องแก้ไขใหม่ให้เรียบร้อยก่อนทำชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตทับ

- กรณีที่ Prime Coat ทิ้งไว้นานอาจพิจารณาให้ทำ Tack Coat

รูปที่ 21 การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

ค. ผิวทางลาดยางเดิม

- ต้องสะอาดปราศจากฝุ่น วัสดุสกปรก หรือวัสดุไม่พึงประสงค์อื่นๆ ปะปน

- กรณีผิวหน้าไม่สม่ำเสมอหรือเป็นคลื่นและไม่มีการทำชั้นปรับระดับ ให้ปรับแต่งให้สม่ำเสมอ

- กรณีผิวทางเดิมมีการยุบตัว (Sag and Depression) หรือเป็นแอ่งเฉพาะแห่งแต่ไม่ใช่จุดอ่อนตัว (Soft Spot) ให้ปรับระดับส่วนที่ยุบตัว ตามข้อกำหนดของ ทล.-ม. 408/2532

- กรณีมีหลุมบ่อ รอยแตก จุดอ่อนตัว หรือความเสียหายของชั้นทางใดๆ ต้องตัดหรือขุดออก แล้วปะซ่อมหรือขุดซ่อมแล้วแต่กรณี

- กรณีผิวทางลาดยางเดิมที่มีแอสฟัลต์เยิ้ม ให้แก้ไขโดยการปาดแอสฟัลต์ที่เยิ้มออก

- จะต้องทำ Tack Coat ก่อน ก่อนทำชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตทับ

ง. การปูชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตบนพื้นสะพานคอนกรีตและบริเวณขอบโครงสร้างคอนกรีต

- ต้องขูดวัสดุยาแนวรอยแตกและรอยต่อส่วนเกินที่ติดอยู่ที่ผิวพื้นคอนกรีตออกให้หมด ล้างทำความสะอาด ทิ้งไว้ให้แห้งแล้วใช้เครื่องเป่าลมเป่าฝุ่นออกให้หมด แล้วทำ Tack Coat

จ. การวางแนว

- ก่อนการก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตทุกชั้น จะต้องวางแนวขอบชั้นทางที่จะปู โดยการใช้เชือกขึงวางแนวและยึดติดกับพื้นที่ที่จะปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตให้แน่น หรือวิธีการกำหนดแนวอื่นใดที่เหมาะสมและนายช่างผู้ควบคุมงานเห็นชอบ

- การปูชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตติดกับ Curb และ Gutter หรือส่วนของโครงสร้างใดๆ ที่มีแนวถูกต้องตามแบบอยู่แล้วก็ให้ปูไปตามแนวนั้น

4.4.10 การทำแปลงทดลองเพื่อกำหนดรูปแบบของการบดทับ

- ก่อนเริ่มการก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต เพื่อให้ใช้เครื่องจักรบดทับที่มีอยู่ได้ถูกต้องเหมาะสมต่องานและเกิดประโยชน์สูงสุด ควรทำแปลงทดลองในสนามยาวประมาณ 100 – 150 เมตร เพื่อกำหนดรูปแบบของการบดทับ (Pattern of Rolling) ที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต เมื่อบดทับเสร็จแล้วต้อง มีความเรียบ ความแน่นสม่ำเสมอ ได้ระดับความลาดตามแบบ และมีคุณสมบัติอื่นๆ ถูกต้องตามที่กำหนด

- การกำหนดรูปแบบการบดทับที่เหมาะสมสำหรับเครื่องจักรบดทับ ให้ผู้รับจ้างดำเนินการทดลองบดทับ เพื่อกำหนดขนาดพื้นที่บดทับ ให้สัมพันธ์กับกำลังผลิตส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตของโรงงานผสม อัตราการปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตและเพื่อทราบจำนวนเที่ยวการบดทับเต็มผิวหน้าชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต (Coverage) จำนวนเที่ยวการบดทับซ้ำที่ช่องทางบดทับแต่ละช่อง (Pass) ความเร็วของรถบดแต่ละชนิดในการบดทับและอื่นๆ

- การทำแปลงทดลองบดทับ ให้ดำเนินการแก้ไขปรับการใช้งานหรือเพิ่มจำนวนเครื่องจักรบดทับ จนกว่าจะสามารถบดทับได้ถูกต้องตามที่กำหนดและนายช่างผู้ควบคุมงานเห็นชอบแล้ว จึงนำไปใช้เป็นบรรทัดฐานในการก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตในงานนั้นๆ ต่อไป

- ในระหว่างการก่อสร้าง หากมีการเปลี่ยนแปลงใดๆ เกี่ยวกับส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตหรือเครื่องจักรบดทับที่ใช้งานและอื่นๆ นายช่างผู้ควบคุมงานอาจพิจารณาให้ปรับปรุงแก้ไขหรือทำแปลงทดลองในสนาม เพื่อทดลองหาความเหมาะสมใหม่ก็ได้ ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

รูปที่ 22 รูปแบบของการบดทับ

4.5 การก่อสร้าง

4.5.1 การควบคุมการผลิตส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่โรงงานผสม

ก. การควบคุมอุณหภูมิ

(1) มวลรวม

- ก่อนการผสมต้องให้ความร้อนจนได้อุณหภูมิ 163 $\pm$ 8 องศาเซลเซียส และมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 1 โดยมวลของมวลรวม

- ขณะผสมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่โรงงานผสม จะต้องมีอุณหภูมิตรงตามที่ระบุไว้ในสูตรส่วนผสมเฉพาะงาน

(2) แอสฟัลต์ซีเมนต์

- ขณะเก็บในถังเก็บแอสฟัลต์ต้องมีอุณหภูมิไม่สูงกว่า 100 องศาเซลเซียส
- เมื่อจะผสมกับมวลรวมที่โรงงานผสมต้องให้ความร้อนจนได้อุณหภูมิ 159 $\pm$ 8 องศาเซลเซียส หรือมีอุณหภูมิตรงตามที่ระบุไว้ในสูตรส่วนผสมเฉพาะงาน

(3) ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตเมื่อผสมเสร็จ

- ก่อนนำออกจากโรงงานผสมจะต้องมีอุณหภูมิระหว่าง 121 – 168 องศาเซลเซียส หรือตามที่ระบุไว้ในสูตรส่วนผสมเฉพาะงานถ้ามีอุณหภูมิแตกต่างไปกว่าที่กำหนดนี้ห้ามนำไปใช้งาน

รูปที่ 23 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ

(4) ต้องมีการบันทึกอุณหภูมิของมวลรวมที่ผ่านหม้อเผา อุณหภูมิของแอสฟัลต์ซีเมนต์ขณะก่อนผสมกับมวลรวมและอุณหภูมิของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตตลอดเวลาที่ปฏิบัติงาน โดยใช้เครื่องบันทึกอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ พร้อมที่จะให้ตรวจสอบได้ตลอดเวลาและผู้รับจ้างจะต้องส่งบันทึกรายการอุณหภูมิดังกล่าวประจำวัน แก่นายช่างผู้ควบคุมงานทุกวันที่ปฏิบัติงาน

(5) การวัดอุณหภูมิของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่อยู่ในรถบรรทุกต้องใช้เครื่องวัดอุณหภูมิที่อ่านอุณหภูมิได้อย่างรวดเร็ว การวัดอุณหภูมิให้วัดผ่านรูที่เจาะไว้ข้างกระบะรถบรรทุกทั้ง 2 ด้าน ที่ประมาณกึ่งกลางความยาวของกระบะและสูงจากพื้นกระบะประมาณ 150 มิลลิเมตร การวัดอุณหภูมิให้วัดจากรถบรรทุกทุกคันแล้วจดบันทึกอุณหภูมิไว้

ข. การควบคุมเวลาในการผสม

- โรงงานผสมต้องมี เครื่องตั้งเวลาและควบคุมเวลาแบบอัตโนมัติที่สามารถตั้งและปรับเวลาในการผสมแห้งและผสมเปียกได้ตามต้องการ
- สำหรับโรงงานผสมแบบชุด ระยะเวลาในการผสมแห้งและผสมเปียกควรใช้ประมาณ 15 วินาที และ 30 วินาที ตามลำดับ

- สำหรับโรงงานผสมแบบต่อเนื่อง ระยะเวลาในการผสมให้คำนวณจากสูตรตามข้อ 4.3.1

รูปที่ 24 ห้องควบคุมการทำงาน

- ต้องได้ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่สม่ำเสมอ ในกรณีที่ผสมกันตามเวลาที่กำหนดไว้แล้ว แต่ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตยังผสมกันได้ไม่สม่ำเสมอให้เพิ่มเวลาในการผสมขึ้นอีกก็ได้แต่เวลาที่ใช้ในการผสมทั้งหมดต้องไม่เกิน 60 วินาที ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

- การกำหนดเวลาในการผสมของโรงงานผสมใดๆ ให้กำหนดโดยการทดลองหาปริมาณที่แอสฟัลต์เคลือบผิวมวลรวม ตามวิธีการทดลอง AASHTO T 195-67 “Determining Degree of Particle Coating of Bituminous - Aggregate Mixtures “ โดยให้ถือหลักเกณฑ์กำหนดตามตารางที่ 4 - 5

ตารางที่ 4 - 5 ปริมาณที่แอสฟัลต์เคลือบผิวมวลรวม

ชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต	ปริมาณที่แอสฟัลต์เคลือบผิวมวลรวมร้อยละโดยพื้นที่
พื้นทาง	ไม่น้อยกว่า 90
ผิวทาง รองผิวทาง ไหล่ทาง ปรับระดับ	ไม่น้อยกว่า 95

ค. การควบคุมคุณภาพส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต

- มวลรวมและแอสฟัลต์ซีเมนต์ต้องมีคุณสมบัติตามข้อ 1

- คุณภาพของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตต้องสม่ำเสมอ ตรงตามสูตรส่วนผสมเฉพาะงานที่ได้กำหนดขึ้นสำหรับแอสฟัลต์คอนกรีตนั้นๆ

- สูตรส่วนผสมเฉพาะงานอาจเปลี่ยนแปลงได้ ตามเหตุผลในข้อ 4.4.5 และข้อ 4.4.6

รูปที่ 25 การควบคุมการทำงานของโรงงานผสม

4.5.2 การสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพ

ก. เตรียมก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตในห้องทดลองโดย

- เก็บตัวอย่างส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตจากรถบรรทุกที่โรงงานผสมก่อนขนส่งออกไปยังสถานที่ก่อสร้าง

- สุ่มตัวอย่างประจำวันเป็นระยะๆ แล้วนำไปดำเนินการในห้องทดลองโดยให้ได้ก้อนตัวอย่างอย่างน้อย 8 ก้อน ตัวอย่างในแต่ละวันที่ปฏิบัติงาน

- อุณหภูมิของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตในขณะบดอัดก้อนตัวอย่างในห้องทดลองจะต้องตรงตามที่ระบุไว้ในสูตรส่วนผสมเฉพาะงาน

- ระหว่างดำเนินการในห้องทดลอง อนุญาตให้นำตัวอย่างส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตเข้าอบในเตาอบเพื่อรักษาอุณหภูมิสำหรับการบดอัดที่กำหนด ได้นานไม่เกิน 30 นาที

ข. ทดลองหาความแน่นของก้อนตัวอย่าง

- ดำเนินการตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 604/2517 “วิธีการทดลองแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธี Marshall “

- นำค่าความแน่นที่ทดลองได้จากก้อนตัวอย่างทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย เป็นค่าความแน่นในห้องทดลองประจำวัน สำหรับใช้ในการคำนวณเปรียบเทียบเป็นค่าความแน่นร้อยละของตัวอย่างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตในสนาม

ค. ทดลองหาปริมาณแอสฟัลต์และขนาดคละของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต

- เก็บตัวอย่างส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตจากรถบรรทุกที่โรงงานผสมก่อนขนส่งออกไปยังสถานที่ก่อสร้าง

- ทดลองหาปริมาณแอสฟัลต์และขนาดคละของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตโดยใช้เครื่อง Centrifuge Extractor

ง. ทดลองหาขนาดคละของวัสดุ Hot Bin

ในระหว่างการผลิตหรือเมื่อก่อนเลิกงานแต่ละวัน ต้องทำการเก็บตัวอย่าง Hot Bin เพื่อตรวจสอบขนาดคละว่ายังคงเป็นไปตามแบบส่วนผสมหรือไม่

4.5.3 การขนส่งส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต

- ใช้รถบรรทุกที่เตรียมไว้แล้วโดยถูกต้องตามข้อ 3.2

- ต้องมีผ้าใบหรือแผ่นวัสดุอื่นใดที่ใช้ได้อย่างเหมาะสมคลุมส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต เพื่อรักษาอุณหภูมิและป้องกันน้ำฝนหรือสิ่งสกปรกอื่นๆ

รูปที่ 26 รถขนส่งส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต

4.5.4 การตรวจสอบความพร้อมในการทำงานของเครื่องจักร

- ใช้เครื่องปูและเครื่องจักรบดทับที่ถูกต้องตามที่กำหนด

- มีจำนวนเพียงพอเครื่องจักรบดทับที่จะอำนวยให้การก่อสร้างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตดำเนินไปได้โดยไม่ติดขัดหรือหยุดชะงัก

4.5.5 การปูและการบดทับชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต

ดำเนินการตาม ทล.-ม. 408/2532

4.6 การตรวจสอบชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ก่อสร้างเสร็จแล้ว

หลักเกณฑ์การตรวจสอบชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว มีดังนี้

4.6.1 ลักษณะผิว (Surface Texture)

- ต้องได้ระดับและความลาดตามแบบ

- มีลักษณะผิว และลักษณะการบดทับที่สม่ำเสมอ ไม่ปรากฏความเสียหาย เช่น แอสฟัลต์คอนกรีตที่ผิวหน้าหลุด (Pull) รอยฉีก (Tom) ผิวหน้าหลวมหรือแยกตัว (Segregation) เป็นคลื่น (Ripple) หรือความเสียหายอื่นๆ

- หากตรวจสอบพบความเสียหายดังกล่าว จะต้องดำเนินการแก้ไขให้ถูกต้องเรียบร้อยตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

4.6.2 ความเรียบที่ผิว (Surface Tolerance)

เมื่อใช้ไม้บรรทัดวัดความเรียบตามข้อ 3.8.5 วางทาบบนผิวของชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตในแนวตั้งฉากและในแนวขนานกับแนวเส้นแบ่งกึ่งกลางถนน ระดับผิวของชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตภายใต้ไม้บรรทัดวัดความเรียบ จะแตกต่างจากระดับของไม้บรรทัดวัดความเรียบได้ไม่เกิน 6 มิลลิเมตร และ 3 มิลลิเมตร ตามลำดับ

4.6.3 ความแน่น (Density)

ก. เจาะก้อนตัวอย่างตัวแทนของชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยโดย

- ใช้เครื่องเจาะตัวอย่างที่ถูกต้องตามข้อ 3.8.4
- เจาะเก็บก้อนตัวอย่างจำนวน 1 ก้อนตัวอย่างทุกๆ ระยะทางประมาณ 250 เมตร หรือทุกๆส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่นำมาใช้งานประมาณ 100 ตัน

ข. ทดลองหาค่าความแน่นตามวิธีการทดลองที่ ทล. – ท. 604/2517 "วิธีการทดลองแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธี Marshall"

ค. เปรียบเทียบค่าความแน่นของตัวอย่างชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต กับค่าความแน่นของตัวอย่างที่บดอัดในห้องทดลอง โดยคำนวณเป็นค่าความแน่นร้อยละของค่าความแน่นของตัวอย่างที่บดอัดในห้องทดลอง ตามรายละเอียดดังนี้

- ชั้นผิวทาง ชั้นรองผิวทาง และชั้นปรับระดับแอสฟัลต์คอนกรีตต้องมีความแน่นไม่น้อยกว่าร้อยละ 98 ของค่าความแน่นเฉลี่ยของก้อนตัวอย่างจากห้องทดลองที่ใช้เปรียบเทียบประจำวัน
- ชั้นพื้นทาง ต้องมีความแน่นไม่น้อยกว่าร้อยละ 97 ของค่าความแน่นเฉลี่ยของก้อนตัวอย่างจากห้องทดลองที่ใช้เปรียบเทียบประจำวัน
- ชั้นผิวไหล่ทางต้องมีความแน่นไม่น้อยกว่าร้อยละ 96 ของค่าความแน่นเฉลี่ยของก้อนตัวอย่างจากห้องทดลองที่ใช้เปรียบเทียบประจำวัน

4.6.4 ปริมาณแอสฟัลต์และขนาดคละของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต

ทดลองหาปริมาณแอสฟัลต์และขนาดคละของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตของชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อย โดย

- เจาะก้อนตัวอย่าง ตาม 4.6.3.2
- ทดลองหาปริมาณแอสฟัลต์และขนาดคละของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตโดยใช้เครื่อง Centrifuge Extractor

4.7 ข้อแนะนำและข้อเสนอแนะ

- สภาพผิวชั้นทางก่อนการปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตจะต้องแห้งห้ามปูส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตขณะฝนตกหรือเมื่อผิวชั้นทางที่จะปูเปียกชื้น
- ใช้ความเร็วให้เหมาะสมกับกำลังผลิตของโรงงานผสม และปัจจัยอื่นๆ
- ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีลักษณะจับตัวเป็นก้อนแข็ง ห้ามนำมาใช้
- อุณหภูมิของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตขณะปู ไม่ควรคลาดเคลื่อนไปจากอุณหภูมิเมื่อออกจากโรงงานผสมเกินกว่า 14 องศาเซลเซียส และต้องไม่ต่ำกว่า 120 องศาเซลเซียส

- ตรวจวัดอุณหภูมิแอสฟัลต์คอนกรีตที่ปูแล้วบนถนนจะต้องดำเนินการเป็นระยะๆ ตลอดเวลาของการปูหากปรากฏว่าอุณหภูมิของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตไม่ถูกต้องตามที่กำหนด ให้ตรวจสอบหาสาเหตุและแก้ไขโดยทันที

รูปที่ 27 การปูและตรวจวัดอุณหภูมิ

- การบดทับเริ่มบดทับขณะที่ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตมีอุณหภูมิระหว่าง 120 – 150 องศาเซลเซียส

- การบดทับขั้นต้น ให้ดำเนินการเมื่อส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตมีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 120 องศาเซลเซียส

รูปที่ 28 การบดทับ

- การบดทับขั้นกลาง (Intermediate Rolling) ให้ใช้รถบดล้อยางเริ่มดำเนินการบดทับเมื่อชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตมีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 95 องศาเซลเซียส

-.การบดทับขั้นสุดท้าย (Finish Rolling) ให้ใช้รถบดล้อเหล็กแบบไม่สั่นสะเทือนหรือใช้รถบดสั่นสะเทือนแต่บดทับโดยไม่สั่นสะเทือนทั้งนี้ให้เริ่มดำเนินการเมื่อชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตมีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 66 องศาเซลเซียส

4.8 การรายงานผล

4.8.1 การตรวจสอบคุณภาพวัสดุ Cold Bin

- ทดลองตรวจสอบขนาดคละของวัสดุ Cold Bin ทุกๆ เดือน หรือทุกครั้งเมื่อเห็นว่าวัสดุที่ขนมาใช้มีการเปลี่ยนแปลง โดยรายงานผลตามตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 4 – 2

- ทดลองค่า Sand Equivalent ของวัสดุ Cold Bin หินฝุ่น ทุกๆ เดือน หรือทุกครั้งเมื่อเห็นว่าวัสดุที่ขนมาใช้มีการเปลี่ยนแปลง โดยรายงานผลตามตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 4 – 4

4.8.2 การตรวจสอบคุณภาพวัสดุ Hot Bin

- ทดลองตรวจสอบขนาดคละของวัสดุ Hot Bin ทุกๆ วันทำงาน โดยรายงานผลตามตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 4 – 2

- ทดลองค่า Sand Equivalent ของวัสดุ Hot Bin ทุกๆ วันทำงาน โดยรายงานผลตามตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 4 – 4

4.8.3 การตรวจสอบคุณภาพวัสดุผสมแอสฟัลต์คอนกรีต

- ทดลองวัสดุผสมแอสฟัลต์คอนกรีตตามวิธีมาร์แชล โดยรายงานผลตามตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 4 – 1

- ทดลองล้างยางวัสดุผสมแอสฟัลต์คอนกรีตเพื่อหาเปอร์เซ็นต์แอสฟัลต์ซีเมนต์และขนาดคละของมวลรวม โดยรายงานผลตามตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 4 – 3

4.8.4 การตรวจสอบคุณภาพแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามที่ก่อสร้างเสร็จแล้ว

- เจาะเก็บตัวอย่างจากสนามทุกๆ เช้า หลังวันก่อสร้างผิวทางแล้วเสร็จ

- ทดลองค่าความแน่นของก้อนตัวอย่างจากสนามพร้อมรายงานเปอร์เซ็นต์การบดอัด โดยรายงานผลตามตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 4 – 1

- ทดลองล้างยางก้อนตัวอย่างจากสนามเพื่อหาเปอร์เซ็นต์แอสฟัลต์ซีเมนต์และขนาดคละของมวลรวม โดยรายงานผลตามตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 4 – 3

.

ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 4-1

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

HOT MIX DESIGN DATA BY THE MARSHALL METHOD

TEST NO...... **PROJECT**..... **LAYER** .....

STA.....

INSPECTER..... **DATE**.....

Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 = ... Pen. Grade AC 60 / 70

Avg. Sp.Gr. Aggregate and Filler (Gag) = ... Sp. Gr. AC (Gac) = 1.02

Compaction, number of blows each end = ... Bitumen Absorption (x) = ... %

			LAB				FIELD		
No. of sample									
% AC by Mass of Agg.	(a)								
% AC by Mass of Mix	(b)								
% Eff. AC by Mass of Mix (c):b-$\frac{x\,(100-b)}{100}$									
spec. Hgt. in.	(d)								
DENSITY									
Mass in air gm.	(e)								
Mass sat.surface Dry gm.	(f)								
Mass in water gm.	(g)								
Bulk Volume ml.	(h) : f - g								
Bulk Density gm./ml.	(i) : e/h								
Average Density	(I)								
VOIDS ANALYSIS									
Volume AC %	(j) : c*I/Gac								
Volume Agg. %	(k) : (100-b)*I/Gag								
VMA %	(l) : 100-k								
Air Voids %	(m) : 1 - j								
VFA %	(n) : 100*j/l								
STABILITY									
Meas.	Lbs								
Adjust	Lbs								
Average Stability									
FLOWS									
Meas.	1/100"								
Average Flows									

ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 4-2

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่ .....

โครงการ ฯ .....

เจ้าหน้าที่ทดลอง ..... วันที่ทดลอง .....

SIEVE ANALYSIS & BIN COMBINATION

Layer .....

Material .....

BIN 1				BIN 2			
Sieve Sizes	Retained (gm.)	Passing (gm.)	% Passing	Sieve Sizes	Retained (gm.)	Passing (gm.)	% Passing
3/8"				1/2"			
#4				3/8"			
#8				#4			
#16				#8			
#30				#16			
#50				#30			
#100							
#200							
BIN 3				**BIN 4**			
Sieve Sizes	Retained (gm.)	Passing (gm.)	% Passing	Sieve Sizes	Retained (gm.)	Passing (gm.)	% Passing
3/4"				1"			
1/2"				3/4"			
3/8"				1/2"			
#4				3/8"			
#8				#4			

BIN COMBINATION

Sieve Sizes	%Passing					Combined	Desired	Tolerant Limit
	Filler	Bin 1	Bin 2	Bin 3	Bin 4			
1"								
3/4"								
1/2"								
3/8"								
#4								
#8								
#16								
#30								
#50								
#100								
#200								

Mix Proportion .....

ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 4-3

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่.....

โครงการ ฯ .....

เจ้าหน้าที่ทดลอง..... วันที่ทดลอง.....

ASPHALT CONTENT AND AGGREGATE GRADATION OF MIXTURE

Layer..... **Sta**.....

Asphalt Content		**Lab**	**Field**
Mass of Bowl + Fillter Ring	**(gm.)**		
Mass of Bowl + Fillter Ring + Sample	**(gm.)**		
Mass of Sample ……..…..... … M_1	**(gm.)**		
Mass of Bowl + Fillter Ring + Mass of Extracted Aggregate	**(gm.)**		
Mass of Extracted Aggregate .….M_2	**(gm.)**		
Mass of Ash in Extract ……....M_3	**(gm.)**		
Asphalt Content by Mass of Aggregate $\frac{M_1 - M_2 - M_3}{M_2 + M_3} * 100$	**(%)**		
Correction by Centrifuge Extractor	**(%)**		
Asphalt Content by Correction	**(%)**		

Sieve Sizes	**Lab**			**Field**			**Tolerant Limit**
	Retained gm	**Passing gm**	**Passing %**	**Retained gm**	**Passing gm**	**Passing %**	
1''							
3/4''							
1/2''							
3/8''							
#4							
#8							
#16							
#30							
#50							
#100							
#200							

Remark : .....

.....

ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 4-4

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

เจ้าของตัวอย่าง ..... วันที่รับหนังสือ .....

หนังสือที่ ..... วันที่รับตัวอย่าง .....

ทางสาย .....

เจ้าหน้าที่ทดลอง ..... วันที่ทดลอง .....

Sand Equivalent Test

Material .....

Source .....

Sample No.	Source	Sand Reading	Clay Reading	S.E = $\frac{\text{Sand Reading}}{\text{Clay Reading}} \times 100$

REMARKS .....

.....

.....

.....

ภาคผนวกที่ 4 – 1
เครื่องมือทดลองในสนาม สำหรับควบคุมผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต

ภาคผนวกที่ 4 – 1
เครื่องมือทดลองในสนาม สำหรับควบคุมผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต

ลำดับที่	รายการเครื่องมือทดลอง	หน่วยนับ	จำนวน
1.	Sieve Dia 200 มม. (8 นิ้ว) ขนาด 38.1 มม. (1 ½ นิ้ว)	อัน	1
	Sieve Dia 200 มม. (8 นิ้ว) ขนาด 25.0 มม. (1 นิ้ว)	อัน	1
	Sieve Dia 200 มม. (8 นิ้ว) ขนาด 19.0 มม. (3/4 นิ้ว)	อัน	1
	Sieve Dia 200 มม. (8 นิ้ว) ขนาด 12.5 มม. (1/2 นิ้ว)	อัน	1
	Sieve Dia 200 มม. (8 นิ้ว) ขนาด 9.5 มม. (3/8 นิ้ว)	อัน	1
	Sieve Dia 200 มม. (8 นิ้ว) ขนาด 4.75 มม. (เบอร์ 4)	อัน	1
	Sieve Dia 200 มม. (8 นิ้ว) ขนาด 2.56 มม. (เบอร์ 8)	อัน	1
	Sieve Dia 200 มม. (8 นิ้ว) ขนาด 1.18 มม. (เบอร์ 16)	อัน	1
	Sieve Dia 200 มม. (8 นิ้ว) ขนาด 0.600 มม. (เบอร์ 30)	อัน	1
	Sieve Dia 200 มม. (8 นิ้ว) ขนาด 0.300 มม. (เบอร์ 50)	อัน	1
	Sieve Dia 200 มม. (8 นิ้ว) ขนาด 0.150 มม. (เบอร์ 100)	อัน	1
	Sieve Dia 200 มม. (8 นิ้ว) ขนาด 0.075 มม. (เบอร์200)	อัน	1
	Pan	อัน	1
	Cover	อัน	1
2.	Sieve Shaker	เครื่อง	1
3.	Sample Splitter	เครื่อง	1
4.	Electric Oven (Temperature Rangs 250˚ C)	ตู้	1
5.	Standard Water bath	ใบ	1
6.	Thermometer แบบแท่งแก้ว (200˚C)	อัน	2
7.	Metal Thermometer (250˚C)	อัน	1
8.	เครื่องชั่ง ขนาด 2,610 gm. อ่านละเอียด 0.1 gm.	เครื่อง	1
9.	เครื่องชั่ง ขนาด 20 kg. อ่านได้ละเอียด 0.1 gm.	เครื่อง	1
10.	Hot Plate (200˚C)	ตร.ซม.	900
11.	Double Burner	เครื่อง	1
12.	Bunsen and Tripod	ชุด	1
13.	Compaction Pedestal	ชุด	1
14.	Compaction Mold Holder	ชุด	1

15.	Stability Compaction Mold	ชุด	15
16.	Stability Compaction Hammer	อัน	1
17.	Stability Compression Machine	เครื่อง	1
18.	Proving Ring 10,000 lbs. With dial Indicator 0.0001 in division with 2 in dia. Penetration Piston.	ชุด	1
19.	Asphalt Flow Indicator	ชุด	1
20.	Sand Equivalent Apparatus	ชุด	1
21.	Centrifuge Extractor	เครื่อง	1
22.	Sample Extruder	เครื่อง	1
23.	ชุดทดลอง Specific Gravity of Fine Aggregate and Absorption ประกอบด้วย		
	- Sand Absorption Cone and Tamper	ชุด	1
	- Volumetric Flask 500 ml.	ใบ	2
24.	Vacuum pump	เครื่อง	1
25.	Filtering Flask มีความมาตรฐาน ASTMD-2041(2000 ml.)	ใบ	2
26.	Stability Mold	อัน	1
27.	Core Drilling Machine	เครื่อง	1
28.	เครื่องมือทดลองหา Flakiness Index	อัน	1
29.	เครื่องมือทดลองหา Elongation Index	อัน	1
30.	เบ็ดเตล็ด เช่น Glove , Spatula, Spade } Scoop น้ำยาล้างยาง Trichloroethylene กระดาษกรอง		ตามความจำเป็น

ภาคผนวกที่ 4 – 2
การตรวจสอบโรงงานผสมแอสฟัลต์คอนกรีต

ภาคผนวกที่ 4 – 2
การตรวจสอบโรงงานผสมแอสฟัลต์คอนกรีต

1. การตรวจสอบสภาพรายละเอียดทั่วไป

ทำการตรวจสอบ ข้อมูลต่างๆ ของโรงงานผสม เช่นบริษัทผู้ผลิต รุ่น กำลังผลิต อายุการใช้งานชนิดและสภาพทั่วไปพร้อมรายละเอียดของส่วนประกอบต่างๆ ของโรงงานผสม โดยตรวจสอบตามแบบฟอร์ม “การตรวจสอบโรงงานผสมแอสฟัลต์คอนกรีต (Plant)” ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 บันทึกรายละเอียดทั่วไปของงานที่ก่อสร้าง

- ชื่อโครงการฯ
- ผู้ก่อสร้าง
- ผู้ควบคุมงาน
- สถานที่ตั้งโรงงานผสม

1.2 บันทึกรายละเอียดทั่วไปของโรงงานผสม

- บริษัทผู้ผลิต, รุ่น
- สภาพทั่วไปของโรงงานผสม

1.3 ตรวจสอบระบบจัดเก็บและป้อนวัสดุ

ระบบจัดเก็บและป้อนวัสดุประกอบด้วย ยุ้งหินเย็น (Cold Bin) และถังบรรจุแอสฟัลต์ (Asphalt Tank) ซึ่งมีรายละเอียดการตรวจสอบดังนี้

1.3.1 ยุ้งหินเย็น (Cold Bin)

ก) จำนวนยุ้ง

- มีอย่างน้อย 4 ยุ้ง
- กรณีมีการนำทรายมาใช้ต้องแยกทรายและหินฝุ่นคนละยุ้ง ห้ามนำมาผสมในยุ้งเดียวกันหรือใน Stock Pile
- ใส่มวลรวมในแต่ละยุ้งให้พอดี อย่าให้มีการล้นข้ามไปยุ้งอื่น

รูปที่ 1 ยุ้งหินเย็น (Cold Bin)

ข) ขนาดของมวลรวมที่บรรจุ

- ใช้มวลรวมขนาดใหญ่อยู่ส่วนท้าย เพื่อปล่อยลงสู่สายพานลำเลียงก่อนและรองอยู่ใต้มวลรวมละเอียดเพื่อป้องกันมวลรวมละเอียดติดสายพาน

ค) การติดตั้งเครื่องสั่นสะเทือน

- ติดตั้งบริเวณข้างยุ้งด้านนอก
- ติดที่ยุ้งมวลรวมละเอียด

รูปที่ 2 การติดตั้งเครื่องสั่นสะเทือนและการป้อนวัสดุของยุ้งหินเย็น (Cold Bin)

ง) ลักษณะการป้อนหิน

- ตรวจสอบว่ามีการป้อนวัสดุอย่างไร สำหรับกำหนดวิธีการตรวจสอบอัตราการไหลของมวลรวมในแต่ละยุ้ง เพื่อให้ป้อนมวลรวมเข้าสู่โรงงานผสมได้อย่างถูกต้อง

จ) การตรวจสอบอื่นๆ

- กรณีที่มีรายละเอียดมากกว่าหัวข้อที่กำหนดให้บันทึกการตรวจสอบพร้อมคำแนะนำการแก้ไขด้วย

1.3.2 ถังบรรจุแอสฟัลต์ (Asphalt Tank)

ก) จำนวนถังบรรจุ

- ควรมีถังบรรจุอย่างน้อย 2 ถัง เพื่อความสะดวกในการให้ความร้อน
- มีความจุรวมไม่น้อยกว่าที่ใช้ผลิตส่วนผสมของโรงงานผสมใน 1 วัน
- มีสภาพดีและไม่รั่วซึม

ข) ระบบท่อร้อนในถังบรรจุ

- กรณีการให้ความร้อนแก่แอสฟัลต์ของโรงงานผสมเป็นแบบทางอ้อม (Indirect Heat) ภายในถังบรรจุ ต้องมีท่อให้ความร้อนที่จัดวางได้ขนาดความยาวและตำแหน่งเหมาะสมกับปริมาณแอสฟัลต์ในถัง

ค) ระบบการหมุนเวียนแอสฟัลต์ในถัง

- หากโรงงานผสมไม่มีระบบหมุนเวียนแอสฟัลต์ภายในถังจะใช้วิธีดึงแอสฟัลต์เข้าสู่ระบบท่อนำส่งแล้วปล่อยย้อนกลับสู่ถัง เพื่อให้แอสฟัลต์มีความร้อนตามที่ต้องการได้เร็วขึ้น

รูปที่ 3 ถังบรรจุแอสฟัลต์และระบบท่อหมุนเวียน

ง) ฉนวนกันความร้อนท่อส่งแอสฟัลต์

- ในระบบท่อส่งแอสฟัลต์ควรมีฉนวนหุ้มเพื่อรักษาอุณหภูมิของแอสฟัลต์ให้คงที่

รูปที่ 4 ระบบให้ความร้อนและการรักษาความร้อนของระบบท่อหมุนเวียน

จ) เครื่องควบคุมอุณหภูมิของแอสฟัลต์ในถัง

- หากไม่มีเครื่องควบคุมอุณหภูมิจะต้องเพิ่มความระมัดระวังให้มากขึ้นเพื่อไม่ให้อุณหภูมิสูงเกินไปจนทำลายโครงสร้างโมเลกุลของแอสฟัลต์หรือถูกปล่อยให้อุณหภูมิลดลงจนต่ำกว่าข้อกำหนด

ฉ) ตำแหน่งปลายท่อส่งแอสฟัลต์ไหลกลับ

ช) อุปกรณ์ตัดการทำงานเมื่อแอสฟัลต์หมดถัง

ซ) อุปกรณ์ให้ความร้อนแอสฟัลต์

- ตรวจสอบชนิดและประสิทธิภาพเพื่อวางแผนการผลิตให้เหมาะสม

1.4 การตรวจสอบระบบให้ความร้อนมวลรวม

1.4.1 หม้อเผา (Dryer)

ก) รายละเอียดผู้ผลิต

- บริษัทผู้ผลิต

- รุ่น หรือ แบบ (Model)

ข) ขนาด

ค) การติดตั้ง

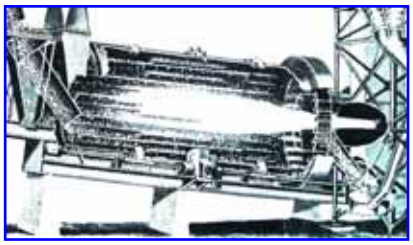
- ความลาดเอียงของหม้อเผา

ง) สภาพทั่วไป

- ต้องอยู่ในสภาพดี ไม่รั่ว

- สามารถหมุนรอบตัวได้ต่อเนื่องไม่ติดขัด

จ) กำลังผลิต



รูปที่ 5 หม้อเผาและลักษณะการให้ความร้อนมวลรวม

ฉ) สภาพห้องเผาไหม้

- เหล็กรางยาว (Flights) ที่ติดตั้งไว้ภายในห้องเผาไหม้ จะต้องอยู่ในสภาพดีไม่โก่งงอ หรือชำรุด หากพบว่าผิดปกติ ควรรีบดำเนินการแก้ไขทันที

1.4.2 หัวเผา

ก) รายละเอียดผู้ผลิต

- ชื่อบริษัทผู้ผลิต

- รุ่น

รูปที่ 6 หัวเผา

ข) ชนิดน้ำมันเชื้อเพลิง

ค) การอุ่นเชื้อเพลิงก่อนเผา

ง) การทำงานของหัวเผา

- สามารถทำความร้อนได้ตามต้องการ
- เพิ่มลดเปลวไฟได้โดยไฟไม่ดับ
- มวลรวมเมื่อเผาแล้วต้องสะอาดไม่มีคราบเขม่า
- ควันที่ออกจากปล่องจะมีลักษณะขาวไม่ดำ

รูปที่ 7 เชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้

1.4.3 เครื่องเก็บฝุ่น (Dust Collector)

โรงงานผสมจะมีเครื่องเก็บฝุ่น 2 ชุด คือ ชุดหลัก (Primary) และชุดรอง (Secondary) ซึ่งมี การตรวจสอบเหมือนกันคือ

ก) <u>รายละเอียดผู้ผลิต</u>

- ชื่อบริษัทผู้ผลิต

ข) <u>จำนวนเครื่องเก็บฝุ่น</u>

รูปที่ 8 ระบบเก็บกักฝุ่น

- จำนวนเครื่องเก็บฝุ่น
- ระบุชนิด

ค) <u>การควบคุมการเก็บฝุ่นไปใช้งาน</u>

-โรงงานผสมบางรุ่นจะเก็บฝุ่นที่ถูกดูดออกทางส่วน ท้ายของหม้อเผา กลับมาใช้ทั้งหมด บางรุ่นสามารถเก็บกลับมาได้บางส่วน ตามแต่ชนิดและขนาดของเครื่องเก็บฝุ่น โดยฝุ่นละเอียดเหล่านี้จะถูกส่งย้อนกลับมาลงที่ Hot Bin 1 ดังนั้นหากระบบการนำฝุ่นกลับมาใช้ไม่สมบูรณ์ จะมีผลให้ขนาดคละของ Hot Bin 1 ไม่คงที่ตลอดเวลาการผลิต ส่งผลให้คุณภาพส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่ผลิตมีคุณภาพไม่คงที่ด้วย

ง) <u>อุปกรณ์การเก็บฝุ่นคืน</u>

รูปที่ 9 อุปกรณ์เก็บฝุ่นกลับคืน

1.4.4 เครื่องวัดอุณหภูมิ ณ.จุดต่างๆ

- ณ หม้อเผา (Dryer) บริเวณส่วนท้ายที่มวลรวมไหลออก
- ณ ถังบรรจุแอสฟัลต์ (Asphalt Tank)
- ณ ท่อส่งแอสฟัลต์ก่อนเข้าหม้อผสม
- ณ ยุ้งหินร้อน (ติดตั้งในยุ้ง Hot Bin 1)

การตรวจสอบเครื่องวัดอุณหภูมิในแต่ละจุดจะมีรายละเอียดการตรวจสอบเหมือนกันคือ

ก) บริษัทผู้ผลิต

รูปที่ 10 เครื่องวัดอุณหภูมิ

ข) ความร้อนสูงสุดที่วัดได้

ค) ความละเอียดในการวัด

ง) ประเภทของเครื่องวัด (หลอดแก้ว , โลหะ)

จ) ตำแหน่งที่ติดตั้ง

1.5 การตรวจสอบระบบการร่อนและจัดเก็บมวลรวม

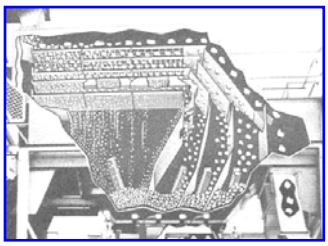
1.5.1 ตะแกรงร่อน (Screen)

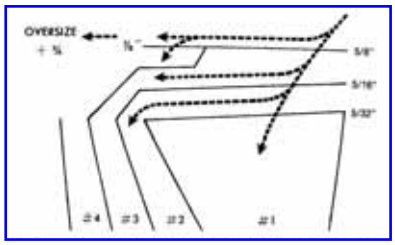
ก) <u>จำนวนตะแกรง</u>

- เป็นกี่ยุ้ง (Bin) ซึ่งจำนวนยุ้งก็จะเป็นไปตามจำนวนตะแกรง

ข) <u>ขนาดตะแกรง</u>

- ตะแกรงชั้นบนสุด ใช้ขนาด 7/8" ถึง 1 1/8"
- ตะแกรงชั้นบนที่ 2 ใช้ขนาด 9/16" ถึง 5/8"
- ตะแกรงชั้นบนที่ 3 ใช้ขนาด 5/16" ถึง 3/8"
- ตะแกรงชั้นบนที่ 4 ใช้ขนาด 5/32" ถึง 3/16"





รูปที่ 11 ตะแกรงร่อน

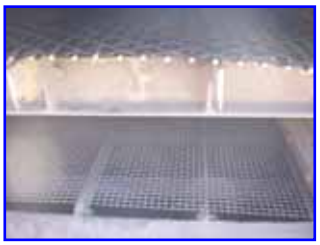
ค) <u>พื้นที่ตะแกรง</u>

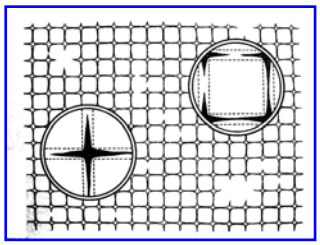
ง) <u>สภาพตะแกรง</u>

- ต้องอยู่ในสภาพดี
- ควรมีสำรองหากเกิดการขาดหรือชำรุด

จ) <u>ระบบการสั่นของตะแกรง</u>

- ตรวจสอบการทำงานของส่วนต่างๆ ให้ทำงานได้สมบูรณ์





รูปที่ 12 การตรวจสภาพตะแกรงร่อน

ฉ) ปริมาณการผ่านเลยไป Bin อื่น

1.5.2 ยุ้งหินร้อน(Hot Bin)

ก) ท่อระบายหินล้นยุ้ง

- ท่อระบายหินล้นยุ้งเปิดตลอดเวลา ไม่มีหินอุดตัน

รูปที่ 13 ท่อระบายหินล้นยุ้ง

ข) สภาพยุ้ง

- สภาพยุ้ง Hot Bin ต้องดี สามารถแยกหิน Hot Bin แต่ละ Bin ออกจากกันได้เด็ดขาดไม่ไหลลงมาปะปนกัน

ค) ท่อเก็บตัวอย่าง

ง) การเปิดปิดปากยุ้ง

- บันทึกลักษณะการบังคับเปิด-ปิดปากยุ้ง

รูปที่ 14 การบังคับเปิด-ปิดปากยุ้ง Hot Bin

1.5.3 ยุ้งวัสดุผสมแทรก

ก) สภาพยุ้ง

- ต้องปิดสนิทไม่มีรอยรั่ว

ข) ลักษณะการทำงาน

- การป้อนส่วนละเอียดเข้าสู่การผสมทำได้หลายวิธี เช่น การชั่งน้ำหนัก การใช้เกลียวดึง ฯลฯ จึงต้องตรวจสอบเพื่อกำหนดวิธีและปริมาณที่จะใช้ขณะผสม

ค) สภาพที่ชำรุดและการแก้ไข

- บันทึกลักษณะการชำรุดและแนวทางแก้ไข

1.6 การตรวจสอบระบบการวัดปริมาณและการผสม

1.6.1 เครื่องชั่ง แบ่งออกเป็น เครื่องชั่งมวลรวม เครื่องชั่งแอสฟัลต์และเครื่องชั่งวัสดุผสมแทรก ซึ่งมีรายการตรวจสอบเหมือนกันคือ

รูปที่ 15 เครื่องชั่ง

ก) <u>รายละเอียดผู้ผลิต</u>

- บันทึกชื่อบริษัทผู้ผลิต
- ชนิดของเครื่องชั่ง

ข) <u>น้ำหนักสูงสุดในการชั่ง</u>

ค) <u>ความละเอียด</u>

ง) <u>การบันทึกน้ำหนัก</u>

1.6.2 ชุดวัดปริมาตรแอสฟัลต์ ในโรงงานผสมแบบต่อเนื่อง การปล่อยแอสฟัลต์เข้าสู่ห้องผสมจะทำแบบต่อเนื่อง ในส่วนของการตรวจสอบสภาพและรายละเอียดทั่วไปนี้ จะทำการตรวจสอบ

ก) <u>รายละเอียดผู้ผลิต</u>

- บันทึกชื่อบริษัทผู้ผลิต

ข) <u>ขนาดของ Pressure</u>

1.6.3 หม้อผสม (Pugmill Mixer)

ก) <u>รายละเอียดผู้ผลิต</u>

- บันทึกชื่อบริษัทผู้ผลิต

ข) <u>กำลังผสมต่อครั้ง</u>

ค) <u>รอบของเครื่องผสม</u>

ง) <u>จำนวนใบพายผสม</u>

จ) <u>สภาพใบพาย</u>

ฉ) <u>ช่องว่างระหว่างใบพายและหม้อผสม</u>

- ต้องตั้งให้มีระยะห่างไม่มากกว่าครึ่งหนึ่งของขนาดมวลรวมก้อนโตสุด

ช) <u>การปิดของหม้อผสม</u>

- ต้องปิดสนิท เพื่อมิให้มวลรวมละเอียดหรือแอสฟัลต์ไหลออกจากหม้อผสม

รูปที่ 16 หม้อผสม

2. การสอบเทียบสำหรับการใช้งาน

2.1 การสอบเทียบระบบการป้อนหินเย็น (Calibration of Cold Bin)

2.1.1 วิธีใช้ภาชนะรองรับวัสดุจากปากยุ้ง

2.1.1.1 หลักการ

เปิดเครื่องป้อนวัสดุที่ปากยุ้งหินเย็น (Cold Bin) แล้วใช้ถาดรองรับวัสดุที่ไหลออกมา พร้อมกับจับเวลา บันทึกน้ำหนักวัสดุที่รองรับได้ และช่วงเวลาที่รองรับได้ขณะเปิดเครื่องป้อนวัสดุ เพื่อนำไปคำนวณหาอัตราการไหลของวัสดุโดยใช้หน่วยเป็น ตัน/ชั่วโมง แล้วสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงช่องเปิดปากยุ้งหรือความเร็วรอบมอเตอร์กับอัตราการไหลของวัสดุ

2.1.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสอบเทียบ

ก) ภาชนะสำหรับรองรับวัสดุ โดยใช้ภาชนะที่มีขนาดเหมาะสม

ข) เครื่องชั่งขนาดน้ำหนักสูงสุด ประมาณ 100 กิโลกรัม

ค) นาฬิกาจับเวลา

ง) ตารางบันทึกข้อมูล

รูปที่ 17 การเตรียมอุปกรณ์สำหรับใช้สอบเทียบเครื่องชั่งมวลรวม

2.1.1.3 ขั้นตอนการสอบเทียบ

ก) กำหนดความสูงของช่องเปิดปากยุ้ง หรือความเร็วรอบมอเตอร์ของเครื่องป้อนวัสดุ หรือทั้ง 2 อย่าง

ข) เดินเครื่องป้อนวัสดุให้วัสดุไหลออกมาจากปากยุ้งจนมีอัตราคงที่ แล้วจึงใช้ภาชนะรองรับวัสดุที่ไหลออกมาพร้อมจับเวลา เมื่อได้ปริมาณวัสดุ พอสมควร ก็หยุดเครื่องพร้อมหยุดเวลา

รูปที่ 18 ขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องชั่งมวลรวม

ค) ชั่งหาน้ำหนักวัสดุที่ไหลออกมาแล้วจดบันทึกพร้อมกับเวลาที่ใช้เดินเครื่องป้อน

ง) ทำซ้ำตามข้อ ข) และ ค) อีกอย่างน้อย 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักวัสดุไหลออก และเวลาที่ใช้ แล้วคำนวณหาอัตราการไหลของวัสดุ ที่ความสูงช่องเปิดหรือที่ความเร็วรวมมอเตอร์เครื่องป้อนวัสดุนั้นๆ

จ) เปลี่ยนความสูงของช่องเปิดหรือความเร็วรอบมอเตอร์ของเครื่องป้อนวัสดุ

ฉ) ทำซ้ำ ข้อ ข) ถึง ง)

ช) สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงช่องเปิดปากยุ้งหรือความเร็วรอบมอเตอร์ของเครื่องป้อนวัสดุกับอัตราการไหลของวัสดุ

2.1.1.4 ข้อแนะนำ

ก) ปริมาณวัสดุที่รองรับจากปากยุ้งซึ่งชั่งเป็นกิโลกรัม และเวลาที่ใช้ซึ่งมีหน่วยเป็นวินาที ต้องมากพอที่จะไม่ทำให้การคำนวณแปลงหน่วยเป็น ตัน/ชั่วโมง มีความคลาดเคลื่อนสูง

ข) น้ำหนักวัสดุที่ชั่งได้ในแต่ละความสูงของช่องเปิดปากยุ้งหรือที่ความเร็วรอบมอเตอร์ของเครื่องป้อนวัสดุนั้น ๆ ควรให้มีค่าเบี่ยงเบนน้อยที่สุด ค่าใดที่น้ำหนักแตกต่างไปมากๆ ควรตัดทิ้งเพราะจะทำให้ค่าอัตราการไหลที่คำนวณได้ผิดพลาดไปจากความจริงมาก

ค) สำหรับโรงงานผสมที่สามารถปรับได้ทั้งความสูงช่องเปิดปากยุ้งและความเร็วรอบมอเตอร์เครื่องป้อนวัสดุ การสร้างกราฟความสัมพันธ์ ควรจะแปรเปลี่ยนทีละค่า ไม่ควร แปรเปลี่ยนค่าทั้ง 2 พร้อมกัน

ง) การตรวจสอบต้องทำทีละยุ้ง และทำให้ครบทุกยุ้งโดยใช้วัสดุขนาดที่จะใช้งานจริงมาบรรจุในยุ้ง

2.1.2 วิธีชั่งน้ำหนักวัสดุบนสายพานลำเลียง

2.1.2.1 หลักการ

ปล่อยให้มวลรวมไหลตกจากปากยุ้งลงบนสายพานที่ลำเลียงวัสดุ เข้าสู้หม้อเผา แล้วหยุดการทำงานของเครื่องป้อนวัสดุ และสายพานลำเลียงให้วัสดุค้างอยู่บนสายพานลำเลียง จากนั้น นำวัสดุที่ค้างอยู่บนสายพานลำเลียงมาชั่งหาน้ำหนัก เพื่อนำไป คำนวณหาอัตราการไหลของวัสดุ และสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างช่องเปิดปากยุ้งหรือความเร็วรอบมอเตอร์กับอัตราการไหลของวัสดุ

2.1.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ

ก) เทปวัดระยะ

ข) นาฬิกาจับเวลา

ค) เครื่องชั่งขนาดน้ำหนักสูงสุดประมาณ 60-100 กิโลกรัม

ง) ภาชนะใส่วัสดุ

จ) ตารางบันทึกข้อมูล

รูปที่ 19 การเตรียมอุปกรณ์สำหรับใช้สอบเทียบเครื่องชั่งมวลรวม

2.1.2.3 ขั้นตอนการตรวจสอบ

ก) วัดความยาวของสายพานลำเลียง

ข) จับเวลาเพื่อหาเวลาที่สายพานลำเลียงหมุนครบ 1 รอบ

ค) กำหนดความสูงของช่องเปิดปากยุ้ง หรือความเร็วรอบมอเตอร์ของเครื่องป้อนวัสดุ หรือทั้ง 2 อย่าง

รูปที่ 20 การกำหนดจุดบนสายพานและการกำหนดความสูงปากยุ้ง Cold Bin

ง) เดินเครื่องป้อนวัสดุพร้อมกับเดินมอเตอร์หมุนสายพานลำเลียงให้วัสดุไหลออกมาจากปากยุ้ง และตกลงบนสายพานลำเลียง รอจนวัสดุที่ตกอยู่บนสายพานลำเลียง มีความสม่ำเสมอ ให้หยุดการป้อนวัสดุลงบนสายพานลำเลียงและหยุดหมุนสายพานลำเลียงพร้อมๆ กัน

รูปที่ 21 เปิดวัสดุจากยุ้งลงสู่สายพาน

จ) เมื่อสายพานหยุดนิ่งแล้วให้เลือกวัสดุที่ค้างอยู่บนสายพานที่มีความสม่ำเสมอที่สุดในระยะความยาว 1 เมตร มาชั่งหาน้ำหนักแล้วจดบันทึกไว้

รูปที่ 22 วัดระยะแล้วชั่งน้ำหนักมวลรวม

ฉ) ทำซ้ำตามข้อ ง) และ จ) อีกอย่างน้อย 3 ครั้ง เพื่อหาคำนวณหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักวัสดุที่อยู่บนสายพาน แล้วคำนวณหาอัตราการไหลของวัสดุที่ความสูงช่องเปิดหรือที่ความเร็วรอบมอเตอร์เครื่องป้อนวัสดุนั้น

ช) เปลี่ยนความสูงของช่องเปิดหรือความเร็วรอบมอเตอร์ของเครื่องป้อนวัสดุ

ซ) ทำซ้ำข้อ ง) ถึง ฉ)

ฌ) สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงช่องเปิดปากยุ้งหรือความเร็วรอบมอเตอร์ของเครื่องป้อนวัสดุ กับอัตราการไหลของวัสดุ

2.1.2.4 ข้อแนะนำ

ก) น้ำหนักวัสดุบนสายพานช่วงความยาว 1 เมตร ที่นำมาชั่งในแต่ละความสูงของช่องเปิดปากยุ้งหรือที่ความเร็วรอบมอเตอร์ของเครื่องป้อนวัสดุนั้น ๆ ควรให้มีค่าเบี่ยงเบนน้อยที่สุด ค่าใดที่แตกต่างออกไปมาก ๆ ควรตัดทิ้ง เพราะจะทำให้ค่าอัตราการไหลที่คำนวณได้ผิดพลาดไปจากความจริงมาก

รูปที่ 23 ลักษณะสายพานและการกำหนดจุดที่จะตักหินมาชั่ง

ข) กรณีสายพานลำเลียงมีความยาวมากจนสามารถเลือกจุดที่กำหนดความยาว 1 เมตร เพื่อตักวัสดุมาชั่ง เกิน 1 ชุดได้ สามารถใช้จุดที่เพิ่มขึ้นนี้ แทนจำนวนครั้งที่ทำในข้อ 2.1.2.3 ฉ) ได้

2.2 การสอบเทียบเครื่องชั่ง (Calibration of Balance)

2.2.1 หลักการ

ใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน วางลงบนเครื่องชั่งและอ่านค่าน้ำหนัก จากหน้าปัทม์ น้ำหนักที่วางจะเริ่มจากน้อยไปหามากโดยมีอัตราเพิ่มที่เท่ากัน และน้ำหนักสูงสุดที่ใช้ทดสอบ ควรจะมากกว่าน้ำหนักที่จะใช้ชั่งวัสดุ จริงเมื่อทำการผสม ในการวางตุ้มน้ำหนักแต่ละครั้งจะบันทึกค่า น้ำหนักที่วาง และน้ำหนักที่อ่านได้จากหน้าปัทม์ในห้องควบคุม (Control Room) ของโรงงานผสม จากนั้นจะนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักที่แท้จริง กับน้ำหนักที่อ่านได้จากหน้าปัทม์

2.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ

2.2.2.1 ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน

รูปที่ 24 ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน

2.2.2.2 ตารางบันทึกค่า

2.2.3 วิธีการ

ก) ตรวจสอบภายในเครื่องชั่งไม่ให้มีวัสดุค้างอยู่ และทำการปรับแต่งให้น้ำหนักที่อ่านให้อยู่ที่ ศูนย์ (Zero Set)

ข) เริ่มวางตุ้มน้ำหนักทีละ 1 ตุ้ม แต่ละครั้งที่วางต้องรอให้หน้าปัทม์หยุดนิ่งและบันทึกค่าน้ำหนักที่อ่านได้จากหน้าปัทม์ แล้วจึงดำเนินการต่อจนครบน้ำหนักที่ต้องการ

รูปที่ 25 การวางตุ้มน้ำหนักมาตรฐานและการอ่านค่า

ค) ทำตาม ข) อย่างน้อย 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย

ง) สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักจริงกับน้ำหนักที่อ่านได้

2.2.4 ข้อแนะนำ

ก) สำหรับเครื่องชั่งแอสฟัลต์และวัสดุผสมแทรก น้ำหนักที่วางเพื่ออ่านค่าแต่ละครั้งไม่ควรเกิน 5 กิโลกรัม และสำหรับเครื่องชั่งมวลรวมน้ำหนักที่วางแต่ละครั้งไม่ควรเกิน 100 กิโลกรัม ทั้งนี้เพื่อให้กราฟความสัมพันธ์ที่จะสร้างขึ้นมีความละเอียดเพียงพอสำหรับการใช้งาน

ข) ก่อนเริ่มวางตุ้มน้ำหนักหน้าปัทม์ของเครื่องชั่งต้องอยู่ที่ตำแหน่งศูนย์ (Zero Set) และเมื่อวางน้ำหนักจนครบตามต้องการแล้วถอนน้ำหนักออก หน้าปัทม์ จะต้องกลับมาที่ศูนย์ ทุกครั้ง

ค) ขณะทำการตรวจสอบเครื่องชั่ง ควรให้ส่วนประกอบอื่น ๆ ของโรงงานผสมทำงานลักษณะคล้ายกับกำลังผลิตจริง เช่น เปิดสั่นตะแกรง หมุนใบพายในหม้อผสม

ง) กราฟความสัมพันธ์ที่ได้ควรจะเป็นกราฟเส้นตรงหากมีการผิดเพี้ยนไปมากควรจะทำการตรวจสอบหรือแก้ไข เครื่องชั่งเสียก่อน

จ) เครื่องชั่งแบบใช้ Load Cell จะต้องวางน้ำหนักทั้งหมดลงในเครื่องชั่งเพื่อตั้งค่ากระแสไฟฟ้าก่อน แล้วจึงทดลองวางตุ้มน้ำหนักตามข้อ ข)

3. การรายงานผล ตามตารางแนบท้ายภาคผนวก

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

รายการตรวจสอบโรงงานผสมแอสฟัลต์คอนกรีต (Plant)

อันดับการตรวจสอบที่

ตรวจสอบวันที่ .....

รายการตรวจสอบ

1. รายละเอียดทั่วไปของโครงการฯ

โครงการฯ .....

อยู่ในพื้นที่แขวงการทาง ..... สำนักทางหลวงที่ .....

บริษัทผู้รับจ้าง ..... สัญญาที่ .....

PLANT ตั้งอยู่ .....

ห่างจุดเริ่มต้นโครงการฯ ..... กม.

ห่างจุดสิ้นสุดโครงการฯ ..... กม.

นายช่างโครงการฯ .....

เจ้าหน้าที่หน่วยผิวทาง 1. .....

2. .....

3. .....

2. รายละเอียดทั่วไปของโรงงานผสม

2.1 บริษัทผู้ผลิต .....

Model and Serial No. .....

Capacity ของ Plant ..... Ton/hr.

Efficiency ของ Capacity ขณะตรวจสอบประมาณ ..... %

อายุของ Plant ..... ปี

2.2 ชนิดของ Plant เป็นแบบ .....

(เป็น Batch type หรือ Continuous type หรือแบบอื่นๆ)

2.3 ลักษณะการติดตั้ง .....

(เป็นแบบติดตั้งอยู่กับที่ Permanent หรือแบบเคลื่อนที่ได้ง่าย Portable)

2.4 สภาพทั่วไปของ Plant (บรรยายว่า ดีมาก ดี พอใช้ หรือไม่ดี ต้องทำการแก้ไข

อะไรบ้าง เป็น Plant ใหม่ หรือซื้อ Plant ที่ใช้มาแล้ว) .....

.....

.....

3. ระบบจัดเก็บและป้อนวัสดุ

3.1 การตรวจสอบยุ้งหินดิบ (Cold Bin)

ยุ้งหินเย็น มีจำนวน ..... Bins					
3.1.1 Bin ที่	1	2	3	4	5
3.1.2 ขนาดหินที่บรรจุ					
3.1.3 ปาก Bin เป็นแบบ					
_ มีเครื่องสั่นสะเทือน					
_ ไม่มีเครื่องสั่นสะเทือน					
3.1.4 ชนิดของสายพานส่งหิน ประเภทสายพานลำเลียง					
_ เป็นสายพานยางแบบต่อเนื่อง					
(Continuous Belt Feeder)					
_ เป็นสายพานเหล็กแบบต่อเนื่อง					
(Apron Feeder)					
_ เป็นแบบแผ่นชัก					
(Reciprocating Plate Feeder)					
_ เป็นแบบสั่นสะเทือน					
(Vibratory Feeder)					
_ ความถี่ของการสั่นสะเทือน(rpm.)					
3.1.5 การตรวจสอบอื่นๆและการแก้ไข					

<u>หมายเหตุ</u> (สำคัญ)

ข้อแนะนำ

(1) การใส่วัสดุใน Cold Bin จะต้องไม่ใส่วัสดุจนล้นยุ้งมาปะปนกัน (สำคัญ)

(2) การผสมทราย ต้องผสมกันตามอัตราส่วนของ Job Mix ใน Cold Bin เท่านั้น ห้ามผสมทรายกับหินฝุ่นใน Stock Pile

(3) ในฤดูฝนควรมีหลังคาคลุมป้องกันหินฝุ่นและทราย ไม่ให้เปียกชื้น

(4) ในช่อง ☐ ให้เติมข้อความ หรือ ✓ กรณีให้เลือก

3.2 ถังบรรจุแอสฟัลต์ (Asphalt tank)

3.2.1 จำนวนความจุต่อถัง ..... ลิตร มีจำนวน ..... ถัง รวม ..... ลิตร

3.2.2 Steam or Coil ในถังบรรจุ (มี หรือ ไม่มี) .....

3.2.3 Circulating System ในถังบรรจุ (มี หรือ ไม่มี) .....

3.2.4 ฉนวนกันความร้อนท่อส่งแอสฟัลต์ (มี หรือ ไม่มี) .....

3.2.5 เครื่องควบคุมอุณหภูมิของแอสฟัลต์ในถัง (มี หรือ ไม่มี) .....

3.2.6 ตำแหน่งปลายท่อส่งแอสฟัลต์ไหลกลับ (อยู่ เหนือ-ใต้ระดับแอสฟัลต์) .....

3.2.7 อุปกรณ์ตัดการทำงานของ Plant เมื่อแอสฟัลต์หมดถัง (มี หรือ ไม่มี) .....

3.28 อุปกรณ์ให้ความร้อนแอสฟัลต์

☐ ใช้ระบบ Hot Oil Heater ที่ให้ความร้อนทางอ้อม ความจุ ..... ลิตร

☐ ใช้ระบบให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า

☐ ใช้ระบบให้ความร้อนแก่แอสฟัลต์โดยตรงโดยใช้ไฟเผา ณ. ถังบรรจุ

☐ ใช้ระบบให้ความร้อนแบบอื่นๆ (อธิบาย) .....

.....

.....

4. ระบบให้ความร้อนมวลรวม

4.1 การตรวจสอบหม้อเผา (Dryer) และหัวเผา (Burner)

4.1.1 หม้อเผา (Dryer)

- บริษัทผู้ผลิต .....
- แบบ (Model) .....
- ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง ..... ซม. ยาว ..... ซม.
- ติดตั้งทำมุม ..... องศากับพื้นราบ
- สภาพ (บอกว่า ดี พอใช้ หรือไม่ดี แล้วอธิบายสภาพ) .....

.....

- กำลังผลิตที่ระบุ (Rate Capacity) ..... Ton / hr

- สภาพห้องเผาไหม้ (Combustion Chamber) .....

.....

.....

4.1.2 หัวเผา (Burner)

- ชนิดของหัวเผา .....

- ใช้เชื้อเพลิงชนิด .....

- การอุ่นเชื้อเพลิงก่อนเผา (Pre heat) ที่อุณหภูมิ .....

- การทำงานของหัวเผา (ระบุว่า ดี พอใช้ หรือไม่ดี อธิบาย) .....

.....

.....

4.1.3 เครื่องเก็บฝุ่น (Dust Collectors)

- บริษัทผู้ผลิต .....

- จำนวนเครื่องเก็บฝุ่น .....

ชุดหลัก (Primary) .....

ชุดเสริม (Secondary) .....

(เช่น Dry type , Wet type , Wet Collector , Cyclone)

- การควบคุมการเก็บฝุ่นไปใช้งาน .....

(ระบุว่าเก็บฝุ่นคืนได้ทั้งหมด หรือ บางส่วน)

- อุปกรณ์การเก็บฝุ่นคืนเป็นแบบ .....

(เช่น แผ่นกระดก , ประตูหมุน , รังผึ้ง หรือ อื่นๆ)

4.1.4 เครื่องวัดอุณหภูมิ ณ. จุดต่างๆ

ก) เครื่องวัดอุณหภูมิ ณ. Dryer (หม้อเผา) (มี หรือ ไม่มี) .....

- บริษัทผู้ผลิต .....

- ความร้อนสูงสุดที่วัดได้ ° C ° F .....

- ความละเอียดในการวัด ° C ° F .....

- ชนิด (ธรรมดา , อัตโนมัติบันทึกอุณหภูมิได้) .....

- การปรับเวลาในการวัด (ปรับได้ , ปรับไม่ได้) .....

- ตำแหน่งที่ติดตั้ง .....

ข) เครื่องวัดอุณหภูมิยาง AC.ณ.Storage tank (มี หรือ ไม่มี) .....

- บริษัทผู้ผลิต .....

- ความร้อนสูงสุดที่วัดได้ ° C ° F .....

- ความละเอียดในการวัด ° C ° F .....

- ชนิด (ธรรมดา , อัตโนมัติบันทึกอุณหภูมิได้) .....

- ตำแหน่งที่ติดตั้ง .....

ค) เครื่องวัดอุณหภูมิ AC.ในท่อส่งก่อนส่งเข้าหม้อผสม(มี,ไม่มี) .....

- บริษัทผู้ผลิต .....

- ความร้อนสูงสุดที่วัดได้ ° C ° F .....

- ความละเอียดในการวัด ° C ° F .....

- ชนิด (ธรรมดา , อัตโนมัติบันทึกอุณหภูมิได้) .....

- การปรับเวลาในการวัด (ปรับได้ , ปรับไม่ได้) .....

- ตำแหน่งที่ติดตั้ง .....

ง) เครื่องวัดอุณหภูมิของหินใน Hot Bin (มี หรือ ไม่มี) .....

- บริษัทผู้ผลิต .....

- ความร้อนสูงสุดที่วัดได้ ° C ° F .....

- ความละเอียดในการวัด ° C ° F .....

- ชนิด (ธรรมดา , อัตโนมัติบันทึกอุณหภูมิได้) .....

- การปรับเวลาในการวัด (ปรับได้ , ปรับไม่ได้) .....

- ตำแหน่งที่ติดตั้ง .....

จ) เครื่องวัดอุณหภูมิแบบก้านโลหะ ใช้วัด Asphalt Concrete

- มีจำนวน ..... อัน

- บริษัทผู้ผลิต .....

- ความร้อนสูงสุดที่วัดได้ ° C ° F .....

ฉ) อื่นๆ .....

.....

.....

.....

.....

5. ระบบการร่อนและจัดเก็บมวลรวม

5.1 ตะแกรงร่อน มีจำนวน ..... Bins

5.1.1 Bin ที่	1	2	3	4	5
5.1.2 ขนาดตะแกรง					
5.1.3 พื้นที่ตะแกรง(ม.^{2})					
5.1.4 สภาพตะแกรง - อยู่ในสภาพดี					
- สภาพชำรุด (ขาด,สึกมาก)					
5.1.5 ชนิดตะแกรง สั่นสะเทือน					
- ไม่สั่นสะเทือน					

5.1.6 ปริมาณการผ่านเลยไปอยู่อีก Bin หนึ่ง (Carry over) ของหิน # 8

Bin 2 ผ่านเลย ..... % (≯10 %)

Bin 3 ผ่านเลย ..... %

Bin 4 ผ่านเลย ..... %

หมายเหตุ

1. ต้องตรวจตะแกรงก่อนเริ่มงานทุกๆ วัน เพื่อดูว่ามีตะแกรงชำรุดหรือไม่
2. ตรวจดูว่าหินเกิดการ Over Flow หรือไม่ และ หาวิธีแก้ไข

5.2 ยุ้งหินร้อน

5.2.1 สภาพท่อระบายหินล้นยุ้ง (เปิด หรือ ปิด) .....

5.2.2 สภาพยุ้ง (Bin) (สภาพดี สภาพชำรุด) .....

5.2.3 ท่อสำหรับเก็บตัวอย่าง (มี หรือ ไม่มี) .....

5.3.4 การปิดเปิดปากยุ้ง (ใช้คนบังคับ , เปิด - ปิดโดยอัตโนมัติ) .....

5.3 ยุ้งวัสดุผสมแทรก

5.3.1 ยุ้งวัสดุผสมแทรก (มี หรือ ไม่มี) .....

5.3.2 สภาพ (ดี , ชำรุด) .....

5.3.3 ลักษณะการทำงาน (การป้อนวัสดุ) .....

5.3.4 ถ้าชำรุดเป็นอย่างไรและแก้ไขอย่างไร .....

.....

.....

.....

6. ระบบจัดปริมาณและผสม

6.1 เครื่องชั่งสำหรับโรงงานผสม แบบ Batch type

6.1.1 เครื่องชั่งแอสฟัลต์

- บริษัทผู้ผลิต ..... ชนิด .....
- น้ำหนักสูงสุดที่ชั่งได้ ..... กก.
- ความละเอียด ..... กก.
- การบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติ (Automatic printer system)

☐ ไม่มี ☐ มีเป็นแบบ .....

6.1.2 เครื่องชั่งหิน

- บริษัทผู้ผลิต ..... ชนิด .....
- น้ำหนักสูงสุดที่ชั่งได้ ..... กก.
- ความละเอียด ..... กก.
- การบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติ (Automatic printer system)

☐ ไม่มี ☐ มีเป็นแบบ .....

6.1.3 เครื่องชั่งวัสดุผสมแทรก

- บริษัทผู้ผลิต ..... ชนิด .....
- น้ำหนักสูงสุดที่ชั่งได้ ..... กก.
- ความละเอียด ..... กก.
- การบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติ (Automatic printer system)

☐ ไม่มี ☐ มีเป็นแบบ .....

6.1.4 ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานสำหรับตรวจสอบเครื่องชั่งตุ้มละ ..... กก.

จำนวน ..... ตุ้ม

6.2 ชุดวัดปริมาตรแอสฟัลต์สำหรับ Plant แบบ Continuous Type

- บริษัทผู้ผลิต .....
- ขนาดของ Pressure .....

6.3 หม้อผสม (Pugmill Mixer)

- บริษัทผู้ผลิต .....
- กำลังผสมต่อครั้ง ..... กก.
- รอบของเครื่องผสม ..... RPM.
- จำนวนใบพายผสม ..... ใบ
- สภาพของใบพาย (ดี , ไม่ดี) .....
- ช่องว่างปลายใบพาย (Paddle Tips) กับผนังหม้อห่างกัน ..... ซม.
- ใบพายสึกไปประมาณ ..... ซม.
- การปิดสนิทของหม้อ (ปิดสนิทวัสดุไม่รั่วหรือรั่ว) .....
- การควบคุมการเปิดปิดของห้องผสมแบบอัตโนมัติ (มี , ไม่มี) .....
- อุปกรณ์ควบคุมเวลาการผสม (Pugmill Timing Devices)

  ☐ ไม่มี ☐ มี เป็นแบบ .....

- ความละเอียดของเวลาในการควบคุมตรวจสอบ ..... วินาที
- การตั้งเวลาในการผสมต่อ Batch DRY MIX ..... วินาที

  WET MIX ..... วินาที

  รวมทั้งหมด ..... วินาที
- เวลาในการผสมของ Continuous mixer ..... วินาที
- เรื่องทั่วไปเกี่ยวกับห้องผสม .....

.....

.....

.....

<u>หมายเหตุ</u>

.....

.....

.....

.....

.....

.....

บทที่ 5
งานขอบผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต (Asphalt Concrete Surface Edge)

งานขอบผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต หมายถึง การก่อสร้างขอบผิวทางด้วยวัสดุที่ได้จากการผสมร้อน ระหว่างมวลรวมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์ โดยการปูหรือเกลี่ยแต่งและบดทับบนชั้นทางใดๆ ที่ได้เตรียมไว้แล้วไปพร้อมกับชั้นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตให้ได้แนว และรูปร่าง ตามที่แสดงไว้ในแบบ

5.1 วัสดุ

หากไม่ได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น ให้ใช้ส่วนผสมของมวลรวม และแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่เป็นส่วนผสมเดียวกันกับส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตของผิวทางในช่วงนั้น ๆ ดูตาม บทที่ 4 “งานแอสฟัลต์คอนกรีต ”

5.2 เครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ในการก่อสร้าง

เครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ ต้องเป็นชุดเดียวกับเครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ก่อสร้างผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตหรืออาจเป็นอุปกรณ์ที่แยกจากกัน แต่ต้องสามารถก่อสร้างขอบผิวทางไปพร้อมๆ กับผิวทางได้ ดูตาม บทที่ 4 “งานแอสฟัลต์คอนกรีต ข้อ 4.3 ”

อุปกรณ์สำหรับทำผิวขอบทาง อาจติดตั้งกับส่วนเตารีดของเครื่องปูแอสฟัลต์คอนกรีตก็ได้ โดยติดตั้งที่ปลายด้านที่จะก่อสร้างขอบผิวทางตามแบบ ทั้งนี้จะต้องได้รูปร่างโดยเมื่ออัดส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตออกมาแล้ว เป็นไปตามที่แสดงไว้ในแบบ

5.3 วิธีการก่อสร้าง

การก่อสร้างขอบผิวทางให้ก่อสร้างไปพร้อมๆ กับการก่อสร้างผิวทาง โดยจะต้องปูหรือเกลี่ยแต่งและบดทับแน่นให้ได้แนว และรูปร่าง ตามที่แสดงไว้ในแบบ ดูตาม บทที่ 4 “งานแอสฟัลต์คอนกรีต ข้อ 4.5 ”

5.4 การรายงานผล

รายงานผลตาม บทที่ 4 “งานแอสฟัลต์คอนกรีต ข้อ 4.8 ”

บทที่ 6
วัสดุมวลรวมผสมเย็นด้วยแอสฟัลต์อิมัลชัน (Cold Mixed Asphalt)

วัสดุมวลรวมผสมเย็นด้วยยางแอสฟัลต์อิมัลชัน (Cold Mixed Asphalt) คือวัสดุผสมที่ได้จากการผสมกันระหว่างวัสดุมวลรวม (Aggregate) และยางแอสฟัลต์อิมัลชัน โดยที่ขบวนการผสมดำเนินไปในอุณหภูมิบรรยากาศปกติ

6.1 วัสดุ

วัสดุที่ใช้ทำวัสดุผสมเย็น ประกอบด้วยวัสดุมวลรวม และแอสฟัลต์อิมัลชัน

6.1.1 มวลรวม ต้องเป็นวัสดุที่กรมทางหลวงอนุมัติให้ใช้ได้ มีความแข็งและคงทน (Hard and Durable) สะอาด ปราศจากวัสดุไม่พึงประสงค์ใดๆ และต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

ก. ค่าความสึกหรอ (Los Angeles Abrasion) ไม่เกินร้อยละ 40

ข. กรณีเป็นกรวดโม่ ต้องมีปริมาณร้อยละที่แตกไม่น้อยกว่า 75

ค. ค่าความคงทน (Soundness) ต้องไม่เกินร้อยละ 9

ง. ค่าทรายสมมูล (Sand Equivalent) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50

6.1.2 แอสฟัลต์ ใช้แอสฟัลต์อิมัลชัน CMS – 2h ซึ่งมีคุณภาพถูกต้องตาม มอก.371 – 2530 “มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แคตอิออนิกแอสฟัลต์อิมัลชันสำหรับถนน”

6.2 การใช้งาน

วัสดุผสมเย็น (Cold Mix) ใช้ในงานทางดังนี้

6.2.1 งานซ่อมผิวทาง (Patching) เพื่อซ่อมผิวถนนทางเดิมก่อนการก่อสร้างผิวทางใหม่ทับ

6.2.2 งานปรับระดับ (Leveling) เพื่อปรับผิวถนนเดิมให้ได้ระดับตามที่ต้องการเดิม

6.2.3 งานเสริมผิว (Overlay) เพื่อเสริมความแข็งแรงให้แก่ผิวทางเดิม

6.2.4 งานชั้นรองผิวทาง (Binder Course) โดยปูบนชั้นพื้นทางที่ได้เตรียมไว้เรียบร้อยแล้ว

6.2.5 งานชั้นผิวทาง (Wearing Course) โดยปูบนชั้นรองผิวทางที่ได้เตรียมไว้เรียบร้อยแล้ว

6.3 การเลือกขนาดของวัสดุมวลรวม

6.3.1 สำหรับงานซ่อมผิว (Patching) ใช้ขนาดคละ (Gradation) ตามตารางที่ 6 - 1

6.3.2 สำหรับงานก่อสร้าง ใช้ขนาดคละ ตามตารางที่ 6 – 2

ตารางที่ 6 - 1 ขนาดของวัสดุมวลรวม สำหรับผสมวัสดุผสมเย็น(งานซ่อมผิว)

ขนาดตะแกรง	ปริมาณผ่านตะแกรง ร้อยละโดยน้ำหนัก			
	เกรด 1	เกรด 2	เกรด 3	เกรด 4
25.0 มม. (1")	100			
19.0 มม. (3/4")	90 - 100	100		
12.5 มม. (1/2")	-	90 - 100	100	100
9.5 มม. (3/8")	60 - 80	-	90 - 100	85 - 100
4.75 มม. (เบอร์ 4)	35 - 65	45 - 70	60 - 80	-
2.36 มม. (เบอร์ 8)	20 - 50	25 - 50	35 - 65	0 - 10
300 ไมครอน (เบอร์ 50)	3 - 20	5 - 20	6 - 25	0 - 5
75 ไมครอน (เบอร์ 200)	0 - 2	0 - 2	0 - 2	0 - 2

ตารางที่ 6 - 2 ขนาดวัสดุมวลรวม (Aggregate) สำหรับผสมวัสดุผสมเย็น (Cold Mix) งานก่อสร้างทาง งานปรับระดับ (Leveling) และงานเสริมผิว (Overlay)

ขนาดตะแกรง	Binder Course		Wearing Course
	เกรดหยาบ	เกรดปานกลาง	เกรดละเอียด
38.1 มม. (1 1/2 ")	100		
25.0 มม. (1 ")	80 - 100	100	
19.0 มม. (3/4 ")	-	80 - 100	
12.5 มม. (1/2 ")	25 - 60	-	100
9.5 มม. (3/8 ")	-	20 - 55	80 - 100
4.75 มม. (เบอร์ 4)	0 - 20	5 - 30	10 - 40
2.36 มม. (เบอร์ 8)	0 - 5	0 - 5	0 - 10
1.18 มม. (เบอร์ 16)	-	-	0 - 5
75 ไมครอน (เบอร์ 200)	0 - 2	0 - 2	0 - 2

หมายเหตุ การเลือกใช้วัสดุมวลรวมเกรดใดให้ขึ้นกับความหนาของชั้นวัสดุผสมเย็นหลังบดทับแล้วของแต่ละชั้น ซึ่งต้องหนาไม่น้อยกว่า 2.5 เท่าของขนาดก้อนโตที่สุด (Maximum Size) ของวัสดุมวลรวมของเกรดนั้นหรือเป็นไปตามแบบก่อสร้าง หรือข้อกำหนดเฉพาะ

6.4 เครื่องจักรและเครื่องมือ

เครื่องจักรและเครื่องมือดังต่อไปนี้ จะต้องได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้ใช้ได้จากผู้ควบคุมงานก่อนดำเนินการก่อสร้าง

6.4.1 Mix – Paver Travel Plant ประกอบด้วย

ก. Hopper สำหรับรับหินที่เทลงมาจากรถ Dump

ข. มีถังบรรจุแอสฟัลต์อิมัลชันอย่างน้อย 1 ถัง และมีความจุรวมไม่น้อยกว่า 1,000 แกลลอน

ค. สายพานลำเลียง (Conveyer)

- มีมาตรวัดปริมาณหิน
- สามารถควบคุมปริมาณหินลงสู่ถังผสมได้คงที่และสม่ำเสมอ

ง. มีท่อลำเลียง เครื่องสูบ (Pump) และอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมปริมาณการไหลของแอสฟัลต์อิมัลชันได้อย่างสม่ำเสมอ

จ. มีมาตรวัดการไหลของยางแอสฟัลต์อิมัลชันเป็นแกลลอนต่อนาที หรือเป็นลิตรต่อนาที และสามารถวัดปริมาณยางแอสฟัลต์อิมัลชันที่ใช้งานทั้งหมดได้ด้วย

ฉ. มีอุปกรณ์ที่สามารถยึดเชื่อม (Interlock) ความเร็วของสายพานลำเลียงหิน กับเครื่องสูบ เพื่อให้การไหลของยางแอสฟัลต์อิมัลชันมีความสัมพันธ์กับอัตราการลำเลียงหินอย่างคงที่

รูปที่ 6.1 Mix – Paver Travel Plant

ช. มีถังผสม (Mixer) ที่

- เป็นชนิดเพลาแฝด (Twin Shaft)
- ผลิตส่วนผสมได้อย่างต่อเนื่อง (Continuous Type)
- มีความสามารถในการผลิตส่วนผสมได้ไม่น้อยกว่า 2 ตันต่อนาที หรือ 120 ตันต่อชั่วโมง

ซ. มีอุปกรณ์สำหรับปาด (Screed) แบบสั่นสะเทือน (Vibrate) ซึ่งสามารถ

- ปรับความถี่ได้
- เครื่องปาดสามารถปรับความกว้างได้อย่างน้อย 1 ช่องจราจร

- มีอุปกรณ์ที่สามารถกระจาย (Spreading Device) วัสดุส่วนผสมให้กระจายสม่ำเสมอ และเพียงพอ

- สามารถปรับระดับความหนา และปรับ Crown ได้

6.4.2 เครื่องลาดแอสฟัลต์ (Asphalt Distributor) ให้เป็นไปตามบทที่ 1 “ งานลาดแอสฟัลต์ ข้อ 1.1.2 “

6.4.3 เครื่องเป่าฝุ่น ให้เป็นไปตาม บทที่ 1 “งานลาดแอสฟัลต์ข้อ 1.1.2 (ค) “

6.4.4 รถบดล้อยาง ให้เป็นไปตาม บทที่ 4 “ งานผิวทางแอสฟัลต์ คอนกรีต ข้อ.....”

6.4.5 รถบดล้อเหล็ก ให้เป็นไปตาม บทที่ 4 “ งานผิวทางแอสฟัลต์ คอนกรีต ข้อ.....”

6.5 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

6.5.1 การกองวัสดุ

ก. ให้แยกกองแต่ละขนาด แต่ละแหล่ง แต่ละโรงโม่ไม่ให้ปะปนกัน

ข. บริเวณที่กองวัสดุควรปรับระดับและบดทับให้แน่น เพื่อป้องกันไม่ให้วัสดุนั้นสกปรก จากการปะปนกับพื้นที่กอง

6.5.2 การออกแบบผิวทาง

ก. ก่อนเริ่มงาน ผู้รับจ้างต้องเก็บตัวอย่างวัสดุส่วนผสมและเสนอเอกสารการออกแบบส่วนผสมพร้อมรายละเอียดผลการทดลองที่เป็นตัวเลขพร้อมกราฟ โดยใช้อัตราส่วนผสมของยางแอสฟัลต์อิมัลชันอย่างน้อย 3 อัตราส่วนให้กรมทางหลวงตรวจสอบเห็นชอบก่อน หรือผู้รับจ้างอาจร้องขอให้กรมทางหลวงเป็นผู้ออกแบบส่วนผสมให้ก็ได้

ข. การออกแบบส่วนผสมต้องใช้วิธีที่กำหนดไว้ใน The Asphalt Institute Manual Series No.19: March 1979

ค. คุณสมบัติของส่วนผสมต้องเป็นไปตามตารางที่ 6 - 3

ง. การทดลองและตรวจสอบการออกแบบวัสดุมวลรวมผสมเย็นทุกครั้งหรือทุกสัญญาจ้าง ผู้รับจ้างต้องชำระค่าธรรมเนียมตามอัตราที่กรมทางหลวงกำหนด

จ. หากวัสดุส่วนผสมมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากวัสดุมวลรวม หรือจากเหตุอื่นใด ผู้รับจ้างอาจขอเปลี่ยนแปลง Job Mix Formula ใหม่ได้ ทั้งนี้ในการเปลี่ยนแปลงทุกครั้งต้องได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวงก่อน

ฉ. ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบแบบส่วนผสมและผลความเสียหายใดๆ ที่เกิดขึ้น รวมทั้งการปฏิบัติงานในสนามต้องสามารถดำเนินการให้เป็นไปตามแบบส่วนผสมด้วย ในกรณีที่ไม่สามารถดำเนินการตามแบบส่วนผสมได้ จะต้องดำเนินการออกแบบส่วนผสมใหม่

ตารางที่ 6 - 3 DESIGN CRITERIA FOR COLD MIXED ASPHALT

Test Method	Binder Course	Wearing Course
Coating, Percent	50 min	75 min
Run off, Percent Residual Asphalt	0.5 max	0.5 max
Wash off, Percent Residual Asphalt	0.5 max	0.5 max
Combined (Run off & Wash off), Percent	0.5 max	0.5 max

ช. ผู้รับจ้างจะต้องมีเครื่องมือทดลอง เพื่อทดสอบหาคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้

*- Compacted Mix Density

- Asphalt Coating (Percent)

- Asphalt Run off (Percent)

- Asphalt Wash off (Percent)

**- Resilient Modulus

**- Moisture Pick–Up by Vacuum Soak (Percent)

หมายเหตุ

*- Compacted Mix Density จะใช้วิธีที่กำหนดไว้ใน Federal Highway administration. IP 79-1. Volume 2. Testing Method for Open Graded Mixes หรือ Mininistry of Public Works and Urbanisms. 1981. Work Design Formulations. Section 541. Bituminous Cold Mixes. หรือ New York State. Department of Transportation. 1985. Standard Specifications. Construction and Materials. Section 405. Cold Mix Bituminous Pavement หรือ วิธีที่กรมทางหลวงเห็นชอบก็ได้

**- Resilient Modulus และ Moisture Pick-Up by Vacuum Soak ใช้สำหรับออกแบบความหนาของวัสดุผสมเย็น (Cold Mix)

6.5.3 การตรวจสอบ เครื่องมือและเครื่องจักร

เครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ทุกชนิดตามที่ระบุไว้ใน ข้อ 6.4 ที่นำมาใช้งานต้องมีสภาพใช้งานได้ดี โดยจะต้องผ่านการตรวจสอบและหรือตรวจปรับ ตามรายการและวิธีการที่กรมทางหลวงกำหนด และนายช่างผู้ควบคุมงานอนุญาตให้ใช้ได้ก่อน เครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ทุกชนิดต้องมีจำนวนพอเพียงที่จะอำนวยให้การก่อสร้างดำเนินไปโดยต่อเนื่องไม่ติดขัดหรือหยุดชะงัก และในระหว่างการก่อสร้างจะต้องบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพดีอยู่เสมอตลอดระยะเวลาทำงาน

6.5.4 การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

ให้เป็นไปตาม บทที่ 4 “งานผิวทางแอสฟัลต์ คอนกรีต ข้อ 4.4.8 “

6.6 การก่อสร้าง

การก่อสร้างผิวทางวัสดุผสมเย็นเป็นการผสมวัสดุมวลรวมกับแอสฟัลต์อิมัลชั่น ด้วยเครื่องปูวัสดุผสมเย็นที่ได้ตรวจสอบ (Calibrate) แล้ว เมื่อเสร็จจะใช้รถบดล้อเหล็กบดทับ 2 – 4 เที่ยว (Initial Breakdown Rolling) จากนั้นใช้หินฝุ่นหรือทรายหยาบแห้งสาดเกลี่ยให้สม่ำเสมอทับหน้าในอัตรา 2 – 4 กม./ตร.ม.แล้วใช้รถบดล้อยาง สุดท้ายใช้รถบดล้อเหล็ก บดทับแต่งผิวให้เรียบ ปิดการจราจรประมาณครึ่งชั่วโมง จึงเปิดให้การจราจรผ่านได้

รูปที่ 6.2 การก่อสร้างผิวทางวัสดุผสมเย็น

6.7 การตรวจสอบชั้นทางวัสดุผสมเย็นที่ก่อสร้างเสร็จแล้ว

6.7.1 ความแน่น (Density)

ก. การทดลองความแน่นในสนาม ใช้วิธีตาม

- ASTM D 2950-82 “Density of Bituminous Concrete in Place by Nuclear Method” หรือ

- ASTM D 1188-83 “Bulk Specific Gravity and Density of Compacted Bituminous Mixtures using Paraffin – Coated Specimens”

ข. เปรียบเทียบค่าความแน่นของวัสดุผสมเย็นที่ได้บดทับแล้ว กับค่าความแน่นของตัวอย่างที่บดอัดในห้องทดลอง โดยคำนวณเป็นค่าความแน่นร้อยละของตัวอย่างที่บดอัดในห้องทดลอง ทั้งนี้ต้องมีความแน่นไม่น้อยกว่าร้อยละ 95

ค. การหาค่า Compacted Mix Density ให้ใช้ Double Plunger Method โดยใช้ Static Load 11,160 กิโลกรัม (25,000 lbs.) กดไว้นาน 30 วินาที

6.7.2 ปริมาณแอสฟัลต์และขนาดคละของวัสดุผสมเย็น

ทดลองหาปริมาณแอสฟัลต์และขนาดคละของวัสดุผสมเย็นในสนามที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อย โดยทดลองหาปริมาณแอสฟัลต์และขนาดคละของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตโดยใช้เครื่อง Centrifuge Extractor

6.8 ข้อแนะนำและข้อควรระวัง

6.8.1 ปริมาณแอสฟัลต์โดยประมาณที่ใช้ในส่วนผสมวัสดุผสมเย็น (Cold Mix)

ก. กรณีใช้กับมวลรวม ตามตารางที่ 6 - 1 (งานซ่อมผิว) ปริมาณแอสฟัลต์อิมัลชันใช้ตามตารางที่ 6 - 4

ข. กรณีใช้กับมวลรวม ตามตารางที่ 6 - 2 (งานก่อสร้างทาง งานปรับระดับ และงานเสริมผิว ปริมาณแอสฟัลต์อิมัลชัน ใช้ตามตารางที่ 6 - 5

ตารางที่ 6 - 4 ปริมาณยางแอสฟัลต์อิมัลชันในส่วนผสมวัสดุผสมเย็น (Cold Mix) สำหรับงานซ่อมผิว (Patching)

ขนาดของวัสดุมวลรวม (Aggregate)	ปริมาณยางแอสฟัลต์อิมัลชัน ร้อยละโดยน้ำหนักของหินแห้ง
เกรด 1	6 - 8
เกรด 2	7 - 9
เกรด 3	9 - 10
เกรด 4	9 - 10

ตารางที่ 6 - 5 ปริมาณยางแอสฟัลต์อิมัลชันในส่วนผสมวัสดุผสมเย็น (Cold Mix) สำหรับงานก่อสร้างทาง งานปรับระดับ (Leveling) และงานเสริมผิว (Overlay)

ขนาดของวัสดุมวลรวม (Aggregate)	ปริมาณยางแอสฟัลต์อิมัลชัน ร้อยละโดยน้ำหนักของหินแห้ง
เกรดหยาบ	4.5 - 6.5
เกรดปานกลาง	5.0 - 7.0
เกรดละเอียด	6.0 - 8.0

ในกรณีที่วัสดุมวลรวมมีลักษณะพรุนและมีความดูดซึมน้ำได้เกินกว่าร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก ให้เพิ่มเพิ่มปริมาณยางแอสฟัลต์อิมัลชันร้อยละ 20 ของตารางที่ 6 - 4 และตารางที่ 6 - 5

6.8.2 กรณีที่ผู้รับจ้างออกแบบ ส่วนผสม เมื่อกรมทางหลวงตรวจสอบเอกสารการออกแบบและวัสดุส่วนผสม และกำหนดค่าผลการทดลองที่เหมาะสมให้แล้ว กรมทางหลวงจะออก Job Mix Formula ซึ่งมีขอบเขตจำกัด (Allowable Tolerance) ให้ ดังนี้

วัสดุมวลรวม

ขนาดผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มม. และใหญ่กว่า	± 6 เปอร์เซ็นต์
ขนาดผ่านตะแกรงขนาด 2.36 มม.	± 5 เปอร์เซ็นต์
ขนาดผ่านตะแกรงขนาด 1.18 มม. - 300 ไมครอน	± 3 เปอร์เซ็นต์
ขนาดผ่านตะแกรงขนาด 75 ไมครอน	± 1 เปอร์เซ็นต์
วัสดุแอสฟัลต์อิมัลชัน	+ 0.5 เปอร์เซ็นต์

6.8.3 ในการผสมวัสดุมวลรวมผสมเย็นในสนาม ถ้ามวลรวมขนาดหนึ่งขนาดใดหรือแอสฟัลต์อิมัลชัน ผิดพลาดเกินกว่าที่กำหนดให้ จะถือว่าส่วนผสมที่ผสมไว้ในแต่ละครั้งนั้นไม่ถูกต้องตามคุณภาพที่ต้องการ ซึ่งผู้รับจ้างจะต้องทำการปรับปรุงหรือแก้ไขใหม่ โดยผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายใดใดทั้งสิ้น

6.8.4 ในกรณีที่จะต้องทำฉาบผิว (Seal) ป้องกันน้ำซึม

- ให้ดำเนินการตามแบบก่อสร้างหรือข้อกำหนดเฉพาะ
- ดำเนินการหลังจากทำวัสดุผสมเย็นเสร็จแล้วอย่างน้อย 3 สัปดาห์
- ต้องทำชั้นป้องกันน้ำซึมก่อนฤดูฝน

บทที่ 7
งานฉาบผิวทางแบบสเลอรีซีล (Slurry Seal)

งานฉาบผิวทางแบบสเลอรีซีล คือ การก่อสร้าง ผิวทาง หรือไหล่ผิวทาง ด้วยส่วนผสมของมวลรวมกับแอสฟัลต์อิมัลชัน โดยการฉาบบนชั้นทางใด ๆ ที่ได้เตรียมไว้แล้ว

7.1 วัสดุ

วัสดุที่ใช้ทำ Slurry Seal ประกอบด้วย

7.1.1 วัสดุแอสฟัลต์อิมัลชัน ซึ่งได้แก่ CSS-1 หรือ CSS-1h จะต้องมีคุณสมบัติถูกต้องตามฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 371-2530

7.1.2 วัสดุสารผสมเพิ่ม เพื่อทำให้แอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัวเร็วขึ้นหรือช้าลงหรือใช้เพื่อให้แอสฟัลต์เคลือบมวลรวมดียิ่งขึ้น ปริมาณที่จะใช้ต้องพอเหมาะเพื่อสามารถเปิดการจราจรได้ภายในเวลาที่ต้องการ วัสดุสารผสมเพิ่มนี้จะใช้หรือไม่ใช้ก็ได้ แล้วแต่การออกแบบซึ่งจะต้องได้รับการเห็นชอบจากสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

7.1.3 น้ำที่ใช้ ต้องสะอาดปราศจากสิ่งเจือปนที่จะก่อให้เกิดผลเสียต่อวัสดุผสมเลอรี่ซีล

7.1.4 มวลรวม (Aggregate) ต้องเป็นหินโม่ ถ้าจำเป็นอาจใช้หินโม่ผสมทราย แต่จะใช้ทรายได้ไม่เกินร้อยละ 50 ของน้ำหนักมวลรวมทั้งหมด และทรายนั้นจะต้องมีค่าดูดซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 1.25

7.1.5 สำหรับผิวทางที่มีปริมาณการจราจรเฉลี่ย (ADT) เกินกว่า 500 คันต่อวัน ให้ใช้มวลรวมเป็นหินโม่เท่านั้น

7.1.6 มวลรวมต้องแข็ง คงทน สะอาด ปราศจากดินหรือวัสดุไม่พึงประสงค์อย่างอื่น และต้องมีคุณสมบัติตามข้อกำหนดต่อไปนี้

ก. Sand Equivalent มีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 50

ข. ความสึกหรอของ Coarse Aggregate มีค่าไม่เกินร้อยละ 35

7.1.7 Mineral Filler เป็นส่วนหนึ่งของส่วนผสมมวลรวม และต้องใช้ในปริมาณน้อยที่สุดเท่าที่จำเป็น และจะใช้เมื่อต้องการปรับปรุง Workability หรือ gradation เช่น ปูนซีเมนต์ปูนขาว

7.2 การใช้งาน

สเลอรี่ซีลใช้สำหรับฉาบผิวทางแบ่งเป็น 3 ชนิด มีลักษณะแตกต่างกันตามที่กำหนดในตารางที่ 7-1 ซึ่งจะแตกต่างกันตามวัตถุประสงค์ในการใช้งาน การที่จะกำหนดให้ฉาบผิวสเลอรี่ซีลชนิดใดขึ้นอยู่กับสภาพผิวทางเดิม ปริมาณการจราจร และวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ซึ่งจะต้องเลือกชนิดที่มีคุณสมบัติเหมาะสมตามความต้องการโดยแบ่งได้ดังต่อไปนี้

7.2.1 ชนิดที่ 1 เป็น Slurry Seal ชนิดที่มีความสามารถในการแทรกซึมรอยแตกได้ดี มีความยืดหยุ่นสูงเหมาะที่จะใช้งานดังต่อไปนี้

ก. ยารอยแตก

ข. ปูเป็นผิวทางชั่วคราวเพื่อรอการก่อสร้างชั้นอื่นต่อไป

ค. ปูเป็นผิวทางที่รับปริมาณการจราจรน้อย ความเร็วต่ำ และพื้นทางระบายน้ำ

7.2.2 ชนิดที่ 2 เป็น Slurry Seal ชนิดที่มีส่วนละเอียดมากพอที่จะซึมลงไปในรอยแตกได้ เหมาะที่จะใช้งานดังต่อไปนี้

ก. ฉาบผิวทางเดิมที่ขรุขระปานกลาง เช่น ผิวเซอร์เฟสทรีตเมนต์หรือเพนเนเตรชั่นแมคคาดัม

ข. ปูเป็นผิวทางชนิดบาง เพื่อป้องกันน้ำซึมลงในพื้นทาง

ค. ใช้แทนผิวทางชนิด Single Surface Treatment

7.2.3 ชนิดที่ 3 เป็น Slurry Seal ชนิดที่มีผิวค่อนข้างหยาบ สามารถอุดรอยที่หินผิวเดิมหลุดได้ดี ปรับระดับผิวเดิมได้เล็กน้อย เหมาะสำหรับใช้งานดังต่อไปนี้

ก. ฉาบผิวเดิมที่มีความขรุขระมาก

ข. ฉาบเป็นชั้นแรก หรือชั้นที่สอง ในการฉาบผิวแบบ Slurry Seal หลายชั้น

ค. ใช้ฉาบผิวเพื่อแก้ Crown Slope ที่ผิดไปเล็กน้อย

ง. ฉาบผิวทางที่ผิวทางเดิมหลุด (Raveling)

ตารางที่ 7-1 ขนาดของหิน ปริมาณแอสฟัลต์ที่ใช้ และอัตราการฉาบ

ชนิดของ Slurry Seal	1	2	3
ขนาดของตะแกรง	ผ่าตะแกรง ร้อยละ		
9.5 มม. (3/8 ")		100	100
4.75 มม. (เบอร์ 4)	100	90-100	70-90
2.36 มม. (เบอร์ 8)	90-100	65-90	45-70
1.18 มม. (เบอร์ 16)	65-90	45-70	28-50
600 ไมครอน (เบอร์ 30)	40-60	30-50	19-34
300 ไมครอน (เบอร์ 50)	25-42	18-30	12-25
150 ไมครอน (เบอร์ 100)	15-30	10-21	7-18
75 ไมครอน (เบอร์ 200)	10-20	5-15	5-15
Residual แอสฟัลต์ร้อยละโดยน้ำหนักของหินแห้ง	10.0-16.0	7.5-13.5	6.5-12.0
อัตราการปู/ฉาบเป็นน้ำหนักของหินแห้ง กก./ตร.ม.	3.0-5.5	5.5-10.0	10.0-16.0

7.3 เครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ในการก่อสร้าง

เครื่องจักรและเครื่องมือต่างๆ ที่จะนำมาใช้จะต้องได้รับการดูแลรักษาให้อยู่ในสภาพที่ใช้การได้ดีตลอดระยะเวลาของการดำเนินงาน หากอุปกรณ์ เครื่องจักร หรือเครื่องมือนั้นไม่สามารถทำงานได้ผลตามต้องการ ผู้รับจ้างจะต้องแก้ไขให้ดีก่อนนำไปใช้งาน

7.3.1 เครื่องจักรสเลอรี่ซีล

เครื่องจักรสเลอรี่ซีลต้องเป็นเครื่องจักรที่ขับเคลื่อนได้ด้วยตัวเอง ประกอบด้วย

- เครื่องผสม (Mixer)
- เครื่องฉีดน้ำ
- เครื่องฉาบ (Spreader)
- เครื่องปั๊มแอสฟัลต์อิมัลชัน น้ำและสารผสมเพิ่ม
- สายพานลำเลียงมวลรวมและวัสดุผสมแทรกไปยังเครื่องผสม
- ถังใส่มวลรวม (Aggregate Bin)
- ถังใส่วัสดุผสมแทรก (Filler Bin)
- ถังใส่น้ำและใส่แอสฟัลต์อิมัลชัน
- ถังใส่สารผสมเพิ่ม (Additive Tank)
- อุปกรณ์ควบคุมอัตราส่วนผสมของวัสดุ

ส่วนประกอบของเครื่องจักรข้างต้น สำหรับรายการซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมีรายละเอียดดังนี้

ก. เครื่องผสม ต้องเป็นเครื่องชนิดที่ผลิตส่วนผสมของสเลอรี่ซีลได้อย่างต่อเนื่องไม่ขาดตอน มีเครื่องลำเลียงวัสดุต่างๆ พร้อมมาตรวัดปริมาณ สามารถลำเลียงมวลรวม วัสดุผสมแทรกลงสู่ถังผสมในตำแหน่งเดียวกัน และลำเลียงน้ำ แอสฟัลต์อิมัลชัน และสารผสมเพิ่มลงสู่ถังผสมตามอัตราส่วนที่กำหนดได้อย่างถูกต้อง เครื่องผสมสามารถลำเลียงวัสดุที่ผสมเข้ากันอย่างดีแล้วลงเครื่องฉาบได้อย่างต่อเนื่องไม่ขาดตอน

ข. เครื่องฉีดน้ำ ติดตั้งอยู่หน้าเครื่องฉาบ เช่น Fog Spray Bar สามารถฉีดน้ำให้เป็นฝอยหรือ ละออง ใช้สำหรับฉีดน้ำให้ผิวทางเปียกได้อย่างทั่วถึง

ค. เครื่องฉาบ ติดอยู่ทางด้านท้ายของเครื่องผสม ต้องสามารถปรับอัตราการฉาบได้ตามที่กำหนด ปรับความกว้างได้ไม่น้อยกว่า 1 ช่องจราจร ฉาบได้เรียบและสม่ำเสมอ

ง. เครื่องปั๊มแอสฟัลต์อิมัลชัน น้ำและสารผสมเพิ่ม ต้องมีมาตรวัดปริมาณและสามารถอ่านมาตรได้ตลอดเวลาในการทำสเลอรี่ซีล

จ. สายพานลำเลียงมวลรวมและวัสดุผสมแทรกไปยังเครื่องผสม ต้องมีมาตรวัดปริมาณและสามารถอ่านมาตรได้ตลอดเวลาในการทำสเลอรี่ซีล

7.3.2 เครื่องกวาดฝุ่น

เครื่องกวาดฝุ่นเป็นแบบขับเคลื่อนได้ด้วยตัวเองหรือแบบลากที่ติดตั้งที่รถไถนา (Farm Tractor) หรือรถอื่นใดซึ่งเป็นชนิดไม้กวาดหมุนโดยเครื่องกล ขนไม้กวาดอาจทำด้วยไฟเบอร์ ลวดเหล็ก ไนล่อน หวายหรือวัสดุอื่นใดที่เหมาะสม ทั้งนี้ต้องมีประสิทธิภาพพอที่จะทำให้พื้นที่ที่จะก่อสร้างสะอาด อาจใช้ร่วมกับเครื่องเป่าฝุ่นและไม้กวาดมือซึ่งสามารถทำความสะอาดผิวทางและรอยแตกได้

7.3.3 เครื่องเป่าลม (Blower)

เป็นแบบติดตั้งที่รถไถนาหรือรถอื่นใด มีใบพัดขนาดใหญ่ให้กำลังลมแรง และมีประสิทธิภาพพอเพียงที่จะทำให้พื้นที่ที่จะก่อสร้างสะอาด

7.3.4 เครื่องจักรบดทับ

เครื่องจักรบดทับต้องเป็นรถบดล้อยางแบบขับเคลื่อนได้ด้วยตัวเองมีน้ำหนักประมาณ 5 ตัน ล้อยางต้องเป็นชนิดผิวหน้ายางเรียบ มีขนาดและจำนวนชั้นผ้าใบเท่ากันทุกล้อความดันลมยางประมาณ 345 กิโลพาสคัล (50 ปอนด์แรงต่อตารางนิ้ว)

7.3.5 อุปกรณ์อื่นๆ

อุปกรณ์อื่นๆ ที่จำเป็นในการดำเนินงาน เช่น เครื่องฉาบด้วยมือ พลั่ว

7.4 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

7.4.1 การกองหินหรือทราย ให้กองหินหรือทรายไว้ให้เป็นระเบียบ ต้องไม่เป็นบริเวณที่มีน้ำขัง ถ้าหากมีการผสมต้องทำการผสมกันให้ได้ส่วนคละอย่างถูกต้องและสม่ำเสมอก่อนนำขึ้นบนเครื่องผสม Slurry Seal

7.4.2 การออกแบบส่วนผสม Slurry Seal

ก. คุณภาพของวัสดุที่จะใช้ออกแบบจะต้องผ่านการทดลองคุณภาพให้ใช้ได้แล้ว การออกแบบส่วนผสมจะต้องออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานและส่วนผสมสเลอรี่ซีลต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- ค่าความข้นเหลว (Flow) อยู่ระหว่าง 20 – 30 มม.
- Initial set ไม่เกิน 12 ชั่วโมง
- เวลาในการบ่ม (Cure Time) ไม่เกิน 24 ชั่วโมง
- Wet Track Abrasion Loss ไม่มากกว่า 800 กรัมต่อ ตร.ม.
- เวลาเปิดให้การจราจรผ่านได้ (Traffic Time) หลังก่อสร้างประมาณ 6 ชั่วโมง

ข. ระหว่างทำการฉาบ Slurry ถ้าผู้ควบคุมงานเห็นว่าส่วนผสม Slurry ที่ออกแบบไว้ไม่เหมาะสมกับสภาพความเป็นจริงในสนาม ให้ส่งออกแบบส่วนผสมใหม่

7.4.3 ข้อกำหนดเพิ่มเติมสำหรับมาตรฐาน " วิธีการฉาบผิวทางแบบ Slurry Seal "

ก. ก่อนเริ่มงาน ผู้รับจ้างต้องเสนอเอกสารการออกแบบส่วนผสมแก่ผู้ควบคุมงาน แล้วให้ผู้ควบคุมงานเก็บตัวอย่างวัสดุส่วนผสมที่จะใช้ในการผสม ส่งสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ เพื่อตรวจสอบพร้อมกับเอกสารการออกแบบส่วนผสมด้วย โดยผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายใดใดทั้งสิ้น

ข. เมื่อสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ ตรวจสอบเอกสารการออกแบบและวัสดุส่วนผสม และกำหนดค่าผลการทดลองที่เหมาะสมให้แล้ว สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบจะออก Job Mix Formula ให้ใช้สำหรับควบคุมงานต่อไป

ค. ในการทำ Slurry Seal ในสนาม ถ้าวัสดุมวลรวมหรือวัสดุผสมแอสฟัลต์ผิดพลาดจากข้อกำหนดจะถือว่าส่วนผสมที่ผสมไว้ในแต่ละครั้งนั้นไม่ถูกต้องตามคุณภาพที่ต้องการ ซึ่งผู้รับจ้างจะต้องทำการปรับปรุงหรือแก้ไขใหม่ โดยผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายใดๆ ทั้งสิ้น

ง. หากวัสดุส่วนผสมมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากวัสดุมวลรวมก็ดีหรือเนื่องจากเหตุอื่นใดก็ดี ผู้รับจ้างอาจขอเปลี่ยนแปลง Job Mix Formula ใหม่ได้ ทั้งนี้ในการเปลี่ยนแปลงทุกครั้งต้องได้รับความเห็นชอบจากสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบก่อน

จ. การทดลองและตรวจสอบการออกแบบการฉาบผิวทางแบบ Slurry Seal ทุกครั้งหรือทุกสัญญาจ้าง ผู้รับจ้างต้องชำระค่าธรรมเนียมตามอัตราที่กรมทางหลวงกำหนด

7.4.4 การตรวจสอบเครื่องจักรและเครื่องมือ

ก. ตรวจสอบอุปกรณ์เครื่องมือและเครื่องจักรให้อยู่ในสภาพที่พร้อมจะนำออกใช้งานและผลิตส่วนผสม Slurry ได้ตามที่ออกแบบไว้

ข. ตรวจสอบเครื่องวัดปริมาณวัสดุต่าง ๆ (Calibrate) ก่อนเริ่มงาน เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนวัสดุที่เปิดลงในถังผสม โดยอ่านจากเครื่องหรือคู่มือการใช้เครื่องกับวัสดุที่ปล่อยลงไปจริง รายละเอียดตามภาคผนวกที่ 7 - 1

7.4.5 การเตรียมพื้นที่

ก. พิจารณาตรวจสอบพื้นที่ที่จะก่อสร้าง และแก้ไขความบกพร่องต่างๆ ก่อนฉาบผิว เช่น ถ้าผิวเดิมมีความเสียหายไม่แข็งแรงพอเป็นแห่งๆ ให้ทำ Deep Patching ถ้าระดับไม่ดีให้ทำ Skin Patching

ข. ใช้เครื่องกวาดฝุ่น กวาดวัสดุ ที่เกาะติดผิวออกให้หมดจนผิวสะอาด อาจจะใช้การล้างถ้ากวาดไม่หมด ในกรณีที่ผิวเดิมมีรอยแตกกว้างห้ามใช้น้ำล้าง

7.5 การก่อสร้าง

7.5.1 ส่วนผสมของ Slurry เมื่อฉาบบนผิวทางแล้ว ต้องมีส่วนผสมคงที่ตามต้องการ

7.5.2 วัสดุที่ผสมแล้วต้องกระจายอย่างสม่ำเสมอในเครื่องฉาบ และต้องมีปริมาณมากพอตลอดเวลา เพื่อให้การฉาบฉาบได้เต็มความกว้างที่ต้องการ

7.5.3 วัสดุที่ผสมแล้วต้องไม่เป็นกองไม่เป็นก้อนหรือมีหินที่ไม่ถูกผสมกับแอสฟัลต์อิมัลชัน ต้องไม่มีการแยกตัวระหว่างแอสฟัลต์อิมัลชันและส่วนละเอียดออกจากหินหยาบ ต้องไม่มีหินหยาบตกอยู่ส่วนล่างของวัสดุผสม ถ้ามีกรณีดังกล่าวเกิดขึ้นจะต้องตักวัสดุผสมนี้ออกจากผิวทาง

7.5.4 ต้องไม่มีรอยขีด เช่น อาจเกิดจากหินก้อนใหญ่เกินไปปรากฏให้เห็นบนผิวที่ฉาบเรียบร้อยแล้ว ถ้าเกิดกรณีเช่นนี้ต้องทำการตกแต่ง และแก้ไขเรียบร้อย ผู้ควบคุมงานอาจสั่งให้ใช้ตะแกรงร่อนมวลรวมก่อนนำมาผสม

7.6 การอำนวยการและการเปิดการจราจร

7.6.1 ผู้รับจ้างจะต้องอำนวยความสะดวกและความปลอดภัยในระหว่างการก่อสร้าง

7.6.2 ติดตั้งป้ายเครื่องหมายและสัญญาณจราจรเตือนล่วงหน้าเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ

7.6.3 ระยะเวลาที่จะเปิดการจราจร พิจารณาตามความจำเป็นในสนาม ควรเปิดการจราจรได้เมื่อบ่มตัวครบ 6 ชั่วโมงแล้ว

7.7 ข้อแนะนำและข้อควรระวัง

7.7.1 จะต้องพิจารณาสภาพของดินฟ้าอากาศให้เหมาะสม ห้ามทำการฉาบผิวในระหว่างฝนตกและอุณหภูมิบรรยากาศต้องไม่ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส

7.7.2 วิธีตรวจสอบการแตกตัวของแอสฟัลต์อิมัลชันใน Slurry Seal ให้ดูการเปลี่ยนสีของส่วนผสมจากสีน้ำตาลเป็นสีดำและปราศจากน้ำในส่วนผสม ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยใช้กระดาษซับน้ำบนผิว Slurry Seal และไม่มีน้ำเหลือปรากฏ

7.7.3 การก่อสร้าง Slurry Seal ทุกชนิดไม่จำเป็นต้องบดทับ ยกเว้นในกรณีการฉาบผิวทางในผิวแบบ Cape Seal

7.7.4 การขนส่งแอสฟัลต์อิมัลชัน ในกรณีเป็นถัง (Drum) โดยเฉพาะการขนขึ้นและลงต้องระมัดระวังไม่ให้ถังบรรจุแอสฟัลต์อิมัลชันได้รับการกระทบกระเทือนรุนแรงมาก เพราะอาจจะทำให้แอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัวได้

7.7.5 ก่อนใช้แอสฟัลต์อิมัลชันที่บรรจุถังตั้งเก็บรอไว้นานๆ ควรกลิ้งถังไปมาอย่างน้อยด้านละ 5 ครั้ง ก่อนบรรจุลงในเครื่องผสม Slurry Seal ทั้งนี้เพื่อให้แอสฟัลต์อิมัลชันมีลักษณะเดียวกันทั่วถึง

7.7.6 ทุกครั้งที่ทำการผสม Slurry เสร็จแล้ว ควรล้างเครื่องผสมให้สะอาดมิฉะนั้นจะมีแอสฟัลต์เกาะติดแน่นในเครื่อง ทำให้ไม่สะดวกในการทำงานวันต่อไป

7.7.7 เมื่อเปิดถังบรรจุแอสฟัลต์อิมัลชันออกใช้ ควรใช้ให้หมดถังหรือต้องปิดฝาอย่างดี มิฉะนั้นน้ำในถังจะระเหยได้ ซึ่งจะทำให้แอสฟัลต์อิมัลชันหมดสภาพเป็นแอสฟัลต์อิมัลชันได้

7.8 การรายงานผล

7.8.1 รายงานการฉาบผิวสเลอรี่ซีลในแต่ละแปลงลงในบันทึกประจำวัน ตามตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 7-1

7.8.2 สรุปรายงานการฉาบผิวสเลอรี่ซีล ตามตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 7-2

7.8.3 รายงานผลการล้างยางและขนาดคละของมวลรวมประจำวัน แบบฟอร์มตาม บทที่ 4 “ งานแอสฟัลต์คอนกรีต ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 4 - 3 “

ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 7 – 1

บันทึกประจำวันงาน Slurry Seal

สัญญาที่.....สำนักทางหลวงที่.....แขวงฯ.....

เจ้าของตัวอย่าง.....วันที่.....

ผู้ควบคุมงาน.....อากาศขณะทำงาน.....

ชนิดวัสดุ……..แหล่งวัสดุ.....

ชนิด E Asphalt……..……Filler…….……..……Additive……..…..……..……

Sta.							
To							
Sta.							
Width (m)							
Length (m)							
Start Time							
Stop Time							
Paving Time							
MATERIAL USED							
M.C. of Agg. %							
Wet. Aggregate Kg.							
Dry Aggregate Kg.							
E Asphalt Kg.							
Filler Kg.							
Water Kg.							
Additive Kg.							
Total Mat. Used Kg.							
Area W x L m^2							
Wt. of Dry Agg. Kg/m^2							
Wt. of Slurry Ton/m^3							
Calculated mm							
% E Asphalt by Wt. of Dry Agg.							

Total E : Asphalt…….……...Kg.

Aggregate……..…….. .Kg./min

Asphalt…….....Kg./min

Filler…….…… .Kg./min

Water……..……Kg./min

Additive……..…Kg./min

AVG. Calculated Thickness……

Total Mater Used…….....Kg.

Total Weight of Dry Agg…….....Kg.

Total Area……..…..……m.

AVG. Wt of Slurry…….……..……Ton/m^2

AVG weight of Dry Agg…….....Kg/m^2

AVG. Asphalt by Wt. of Dry Agg……

Remarks……

……

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ

SUMMARY RESULTS OF SLURRY SEAL

สัญญาที่.....สำนักทางหลวงที่.....แขวงฯ.....ทางสาย.....

ผู้ควบคุมงาน.....ผู้รับจ้าง.....ขนาดวัสดุ.....SE.....% LA.....%

Sample	DATE																
	Sta.- Sta.																
% Passing by Wt. of Agg.			G Agg	C Agg	Ext. Agg	G Agg	C Agg	Ext. Agg	G Agg	C Agg	Ext. Agg	G Agg	C Agg	Ext. Agg	G Agg	C Agg	Ext. Agg
Grading Limits	9.3																
	# 4																
	# 8																
	# 16																
	# 30																
	# 50																
	# 100																
	# 200																
	Residual Asphalt by Wt. of Agg.																
	Wt. of Dry Agg. Kg/m^2																
	Emulsion Asphalt by Wt. of Agg. %																
	Calculated Thickness mm																

ภาคผนวกที่ 7 - 1

ข้อแนะนำขั้นตอนการปรับเทียบเครื่องจักร งาน Slurry seal

ภาคผนวกที่ 7 - 1

ข้อแนะนำขั้นตอนการปรับเทียบเครื่องจักร งาน Slurry seal

1. วัตถุประสงค์:

1.1 เพื่อให้อัตราการปล่อยวัสดุทุกชนิดของเครื่องจักรถูกต้อง และได้ส่วนผสมตามที่กำหนด

1.2 เพื่อให้เกิดความพร้อมในการทำงานของเครื่องจักร

2. ข้อแนะนำที่สำคัญ

2.1 การออกแบบส่วนผสมของงาน Slurry อยู่บนพื้นฐานของ “ น้ำหนักมวลรวมแห้ง” (รวมถึงน้ำหนักของวัสดุผสมแทรก – ปูนซีเมนต์)

2.2 การสอบเทียบจะอาศัย “เครื่องมือมาตรฐาน” (Common Unit) หมายถึง อ้างอิงจากเครื่องมือที่มีอยู่ในที่ทำงาน ที่นิยมใช้อยู่คือ มู่เล่ตัวขับ (Head pulley) ที่จะทำหน้าที่หมุนสายพานลำเลียงหิน (Aggregate Belt) เนื่องจากเครื่องจักรส่วนมากติดตั้งอุปกรณ์วัดรอบของมู่เล่ตัวขับ

2.3 ทำการสอบเทียบ 3 ครั้ง ต่อชนิดของเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับวัสดุนั้น ๆ

2.4 ให้ทำการสอบเทียบในขณะที่รถไม่มีการบรรทุกหินและทำการสอบเทียบวัสดุอื่นๆ ก่อนจนครบ

2.5 ตรวจสอบส่วนสำคัญต่าง ๆ ของเครื่องจักร เช่น ห้องผสม Hopper ของทั้งหินและปูนซีเมนต์ เพื่อให้แน่ใจว่า มีความสะอาด “เพียงพอ” และไม่มีสิ่งใดตกค้างหรืออุดตัน เพราะอาจจะทำให้ผลสอบเทียบคลาดเคลื่อนได้

2.6 ควรทำการสอบเทียบกับเครื่องจักรและวัสดุที่จะใช้กับงานนั้นๆ และทำการสุ่มสอบเทียบเครื่องจักรอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง หรือเมื่อใดก็ตามที่มีการเปลี่ยนชนิดของวัสดุนั้นๆ

3. ขั้นตอนการปรับเทียบปั๊มจ่ายแอสฟัลต์อิมัลชัน

3.1 เติมแอสฟัลต์อิมัลชันและชั่งน้ำหนักรวมของรถ

3.2 ต่อสายจากปั๊มเข้าสู่แท๊งค์หรือรถยาง

3.3 เดินเครื่องปั๊ม หยุดเมื่อมู่เล่ตัวขับหมุนได้รอบตามที่กำหนดไว้ ควรปั๊มแอสฟัลต์อิมัลชันออกมาอย่างน้อย 1,000 ลิตร ต่อการปรับเทียบแต่ละครั้ง

3.4 คำนวณน้ำหนักของแอสฟัลต์อิมัลชันที่จ่ายผ่านปั๊ม โดยชั่งน้ำหนักรวมของรถอีกครั้ง

3.5 คำนวณน้ำหนักของแอสฟัลต์อิมัลชันที่จ่ายผ่านปั๊มต่อ 1 รอบการหมุนของมู่เล่ตัวขับ

3.6 ทำการสอบเทียบ จากข้อ 1-5 ทั้งหมด 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยและยืนยันผลสอบเทียบ

3.7 หากต้องการปรับเทียบอัตราการใช้แอสฟัลต์อิมัลชันในระดับอื่นๆให้ทำการปรับรอบของปั๊มตามต้องการและทำการสอบเทียบ โดยทำการสอบเทียบจนได้ข้อมูลเพียงพอที่จะสามารถนำ

ผลมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการปรับรอบของปั๊มและอัตราการปล่อยแอสฟัลต์อิมัลชัน

รูปที่ 1 เครื่องจักรงาน Slurry Seal ขณะปรับเทียบแอสฟัลต์

3.8 ข้อควรระวัง

3.8.1 ปั๊มที่อยู่ในสภาพยอมรับได้ ต้องให้ผลการปรับเทียบคลาดเคลื่อนจากค่ากลางไม่เกิน 2 %

3.8.2 หากเป็นปั๊มแบบที่สามารถปรับอัตราการจ่ายได้ (variable Pump) หลังจากการทำการสอบเทียบแล้วควรจะทำการ lock ไว้ไม่ให้เกิดการเปลี่ยนโดยบังเอิญในขณะใช้งาน เนื่องจากอัตราการใช้แอสฟัลต์อิมัลชันควรจะคงที่สำหรับงานนั้น ๆ

4. การเปรียบเทียบปั๊มน้ำ

ให้ใช้วิธีการปรับเทียบเช่นเดียวกับปั๊มแอสฟัลต์อิมัลชัน

5. การเปรียบเทียบเครื่องจ่ายซีเมนต์

5.1 ใช้กระบะ เพื่อรองรับซีเมนต์ที่ปล่อยออกมา โดยทำการชั่งน้ำหนักไว้ก่อน

5.2 เดินเครื่องจ่ายซีเมนต์ และหยุดเมื่อมู่เล่ตัวขับหมุนได้รอบตามที่กำหนดไว้ (แนะนำว่าให้จ่ายปูนซีเมนต์ออกมาประมาณ 9 กก. ต่อครั้ง)

5.3 คำนวณน้ำหนักของซีเมนต์ที่จ่ายออกมาต่อ 1 รอบการหมุนของมู่เล่ตัวขับ

5.4 ทำการสอบเทียบ จากข้อ 5.1-5.3 ทั้งหมด 3 ครั้ง โดยแต่ละครั้งใช้ปรับรอบเครื่องจ่ายปูนซีเมนต์ต่างกัน และนำผลที่ได้มาทำกราฟหาความสัมพันธ์

5.5 ข้อแนะนำ เนื่องจากเครื่องจ่ายปูนซีเมนต์ส่วนมากจะปล่อยปูนซีเมนต์มาทางสายพานลำเลียงหิน ดังนั้นก่อนทำการทดสอบ ไม่ควรจะมีหินอยู่บนสายพานลำเลียง

6. การปรับเทียบสายพานลำเลียงหิน

6.1 ตั้งขนาดประตูหินตามที่ต้องการ

6.2 เติมหินลงในรถและเดินเครื่องสายพานลำเลียงหินสักระยะหนึ่งเพื่อให้หินผ่านเต็มประตูหินและให้เกิดการลำเลียงที่ต่อเนื่อง นำส่วนเกินที่ผ่านประตูหินแต่ไม่ลงในห้องผสมออก แล้วจึงชั่งน้ำหนักรวมของรถ และทำการตั้งรอบมู่เล่เป็นศูนย์

6.3 เดินเครื่องสายพานลำเลียงหินและหยุดทันทีที่มู่เล่ตัวขับหมุนเปลี่ยนขึ้นรอบตามที่กำหนดไว้ เพื่อป้องกันการอ่านค่าแบบไม่เต็มรอบ

6.4 นำส่วนเกินที่ผ่านประตูหินแต่ไม่ลงในห้องผสมออก แล้วชั่งน้ำหนักรวมของรถอีกครั้ง

6.5 คำนวณน้ำหนักของหินที่ลำเลียงออกมาและน้ำหนักของหินต่อ 1 รอบการหมุนของมู่เล่ตัวขับ

6.6 ทำการเปรียบเทียบอย่างน้อย 3 ระดับความแตกต่างของขนาดประตูหินและใช้ปริมาณแต่ละครั้ง ประมาณ 3 ตันต่อครั้ง โดยค่าที่ยอมรับได้แต่ละครั้งคลาดเคลื่อนจากค่ากลางไม่เกิน 2 %

รูปที่ 2 เครื่องจักรงาน Slurry Seal ขณะปรับเทียบหิน

บทที่ 8

งานฉาบผิวทางแบบพาราสเลอรี่ซีล (Para Slurry Seal)

พาราสเลอรี่ซีลเป็นวิธีการฉาบผิวทางชนิดหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วยพาราแอสฟัลต์อิมัลชัน (Para Asphalt Emulsion) มวลรวม (Aggregate) วัสดุผสมแทรก (Mineral Filler) และสารผสมเพิ่ม (Additive) มีลักษณะแข็งแรง ช่วยให้ผิวทางมีความคงทนสูง ลักษณะผิวหน้าไม่ลื่น ทนต่อการแปรเปลี่ยนของดินฟ้าอากาศและป้องกันน้ำซึม ในการก่อสร้างสามารถเปิดการจราจรได้รวดเร็วจึงเหมาะสำหรับพื้นที่ก่อสร้างทั่วไปและย่านชุมชน ใช้สำหรับฉาบเป็นชั้นผิวทาง ผิวไหล่ทาง ด้วยจุดประสงค์การใช้งานที่แตกต่างกันไปตามแต่ชนิดของส่วนผสมที่นำมาใช้

8.1 วัสดุ

วัสดุที่ใช้ทำชั้นพาราสเลอรี่ซีลประกอบด้วย

8.1.1 แอสฟัลต์

แอสฟัลต์ที่ใช้คือพาราแอสฟัลต์อิมัลชันที่เป็น Polymer Modified Asphalt Emulsion ชนิด Quick Set ซึ่งผลิตขึ้นมาจากแอสฟัลต์อิมัลชันชนิด CSS-1 หรือ CSS-1h ผสมกับยางธรรมชาติ (Natural Rubber) โดยมีคุณภาพตาม ทล.- ก. 405 “Specification for Elastomeric Modified Asphalt Emulsion”

8.1.2 สารผสมเพิ่ม (Additives)

สารผสมเพิ่มใช้เพื่อทำให้แอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัวเร็วขึ้นหรือช้าลงหรือใช้เพื่อให้แอสฟัลต์อิมัลชันเคลือบมวลรวมได้ดียิ่งขึ้น ปริมาณที่ใช้ต้องพอเหมาะเพื่อให้สามารถเปิดการจราจรได้ภายในเวลาที่ต้องการ สารผสมเพิ่มนี้จะใช้หรือไม่ก็ได้แล้วแต่การออกแบบ ซึ่งจะต้องได้รับการเห็นชอบจากสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบก่อน

8.1.3 น้ำ

น้ำที่ใช้ต้องสะอาดปราศจากสิ่งเจือปนที่จะก่อให้เกิดผลเสียต่อพาราสเลอรี่ซีล

8.1.4 มวลรวม (Aggregate)

มวลรวมต้องเป็นหินโม่ซึ่งแข็ง คงทน สะอาด ปราศจากดินหรือวัสดุไม่พึงประสงค์อื่นใด อาจมีวัสดุผสมแทรกด้วยก็ได้ ในกรณีที่ไม่ได้ระบุคุณสมบัติไว้เป็นอย่างอื่น มวลรวมต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

ก. มีค่า Sand Equivalent ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60

ข. มีค่าความสึกหรอ ไม่มากกว่าร้อยละ 35

ค. มีค่าส่วนที่ไม่คงทน (Loss) ไม่มากกว่าร้อยละ 9

8.1.5 วัสดุผสมแทรก (Mineral Filler)

วัสดุผสมแทรก เช่น ปูนซีเมนต์ ปูนขาว ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของมวลรวมต้องใช้ในปริมาณน้อยที่สุดเท่าที่จำเป็น จะใช้เมื่อต้องการปรับปรุงความสะดวกในการทำงาน (Workability) หรือปรับปรุงขนาดคละ (Gradation)

8.2 การใช้งาน

พาราสเลอรี่ซีลใช้สำหรับฉาบผิวทางแบ่งเป็น 3 ชนิด มีลักษณะแตกต่างกันตามที่กำหนดในตารางที่ 8-1 ซึ่งจะแตกต่างกันตามวัตถุประสงค์ในการใช้งาน การที่จะกำหนดให้ฉาบผิวพาราสเลอรี่ซีลชนิดใด ขึ้นอยู่กับสภาพผิวทางเดิม ปริมาณการจราจร และวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ซึ่งจะต้องเลือกชนิดที่มีคุณสมบัติเหมาะสมตามความต้องการโดยแบ่งได้ดังต่อไปนี้

8.2.1 พาราสเลอรี่ซีลชนิดที่ 1 เป็นชนิดที่สามารถแทรกซึมรอยแตกได้ดีใช้สำหรับฉาบผิวทาง โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

ก. ยารอยแตก

ข. ฉาบเป็นผิวทาง กรณีต้องการปรับปรุง Texture ของผิวทางเดิมเล็กน้อย

ค. ฉาบป้องกันการเกิด Oxidation หรือ Weathering บนผิวทางเดิม

8.2.2 พาราสเลอรี่ซีลชนิดที่ 2 เป็นชนิดที่มีผิวหน้าหยาบกว่าชนิดที่ 1 ใช้สำหรับฉาบผิวทางหรือผิวไหล่ทาง โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

ก. เพิ่ม Skid Resistance ของผิวทางเดิม

ข. ให้ผิวทางระบายน้ำออกไปได้รวดเร็ว

ค. ฉาบป้องกันการเกิด Oxidation หรือ Weathering บนผิวทางเดิม

8.2.3 พาราสเลอรี่ซีลชนิดที่ 3 เป็นชนิดที่มีผิวหน้าหยาบที่สุด ใช้สำหรับฉาบผิวทาง หรือผิวไหล่ทาง โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

ก. เพิ่ม Skid Resistance ของผิวทางเดิม

ข. ให้ผิวทางระบายน้ำออกไปได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

ค. ฉาบป้องกันการเกิด Oxidation หรือ Weathering บนผิวทางเดิม

ง. ฉาบปรับระดับได้เล็กน้อย

จ. ปรับแก้ Crown Slope ได้เล็กน้อย

ฉ. ฉาบปิดผิวทางเดิมที่หลุด (Raveling)

ตารางที่ 8 – 1 ขนาดคละของมวลรวม ปริมาณเนื้อยางแอสฟัลต์ และอัตราการฉาบพาราสเลอรี่ซีล

ผ่านตะแกรงขนาด	ชนิดของพาราสเลอรี่ซีล		
	ชนิดที่ 1	ชนิดที่ 2	ชนิดที่ 3
	ปริมาณผ่านตะแกรง ร้อยละโดยมวล		
9.5 มม. (3/8 นิ้ว)		100	100
4.75 มม. (เบอร์ 4)	100	90 – 100	70 – 90
2.36 มม. (เบอร์ 8)	90 – 100	65 – 90	45 – 70
1.18 มม. (เบอร์ 16)	65 – 90	45 – 70	28 – 50
0.600 มม. (เบอร์ 30)	40 – 65	30 – 50	19 – 34
0.300 มม. (เบอร์ 50)	25 – 42	18 – 30	12 – 25
0.150 มม. (เบอร์ 100)	15 – 30	10 – 21	7 – 18
0.075 มม. (เบอร์ 200)	10 – 20	5 – 15	5 – 15
Residue ของแอสฟัลต์ ร้อยละโดยมวลของมวลรวมแห้ง	10.0 – 16.0	7.5 – 13.5	6.5 – 12.0
อัตราการฉาบ เป็น กก./ตร.ม.	3.0 – 5.5	5.5 – 10.0	10.0 – 16.0

8.3 เครื่องจักรและเครื่องมือ

เครื่องจักรและเครื่องมือต่างๆ ที่จะนำมาใช้จะต้องได้รับการดูแลรักษาให้อยู่ในสภาพที่ใช้การได้ดีตลอดระยะเวลาของการดำเนินงาน หากอุปกรณ์ เครื่องจักรหรือเครื่องมือนั้นไม่สามารถทำงานได้ผลตามต้องการ ผู้รับจ้างจะต้องแก้ไขให้ดีก่อนนำไปใช้งาน

8.3.1 เครื่องจักรพาราสเลอรี่ซีล

เครื่องจักรพาราสเลอรี่ซีลต้องเป็นเครื่องจักรที่ขับเคลื่อนได้ด้วยตัวเอง ประกอบด้วย

- เครื่องผสม (Mixer)
- เครื่องฉีดน้ำ
- เครื่องฉาบ (Spreader)
- เครื่องปั๊มพาราแอสฟัลต์อิมัลชัน น้ำและสารผสมเพิ่ม
- สายพานลำเลียงมวลรวมและวัสดุผสมแทรกไปยังเครื่องผสม
- ถังใส่มวลรวม (Aggregate Bin)
- ถังใส่วัสดุผสมแทรก (Filler Bin)
- ถังใส่น้ำและใส่พาราแอสฟัลต์อิมัลชัน

- ถังใส่สารผสมเพิ่ม (Additive Tank)
- อุปกรณ์ควบคุมอัตราส่วนผสมของวัสดุ

ส่วนประกอบของเครื่องจักรดังกล่าวข้างต้นสำหรับรายการซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ มีรายละเอียดดังนี้

ก. เครื่องผสม ต้องเป็นเครื่องชนิดที่ผลิตส่วนผสมของพาราสเลอรี่ซีลได้อย่างต่อเนื่อง ไม่ขาดตอน มีเครื่องลำเลียงวัสดุต่างๆ พร้อมมาตรวัดปริมาณ สามารถลำเลียงมวลรวม วัสดุผสม แทรกลงสู่ถังผสมในตำแหน่งเดียวกัน และลำเลียงน้ำ พาราแอสฟัลต์อิมัลชัน และสารผสมเพิ่มลงสู่ถังผสมตามอัตราส่วนที่กำหนดได้อย่างถูกต้อง เครื่องผสมสามารถลำเลียงวัสดุที่ผสมเข้ากันอย่างดีแล้วลงเครื่องฉาบได้อย่างต่อเนื่องไม่ขาดตอน

ข. เครื่องฉีดน้ำ ติดตั้งอยู่หน้าเครื่องฉาบ เช่น Fog Spray Bar สามารถฉีดน้ำให้เป็นฝอยหรือ ละออง ใช้สำหรับฉีดน้ำให้ผิวทางเปียกได้อย่างทั่วถึง

ค. เครื่องฉาบ ติดอยู่ทางด้านท้ายของเครื่องผสม ต้องสามารถปรับอัตราการฉาบได้ตามที่กำหนด ปรับความกว้างได้ไม่น้อยกว่า 1 ช่องจราจร ฉาบได้เรียบและสม่ำเสมอ

ง. เครื่องปั๊มแอสฟัลต์อิมัลชัน น้ำและสารผสมเพิ่ม ต้องมีมาตรวัดปริมาณและสามารถอ่านมาตรได้ตลอดเวลาในการทำพาราสเลอรี่ซีล

จ. สายพานลำเลียงมวลรวมและวัสดุผสมแทรกไปยังเครื่องผสม ต้องมีมาตรวัดปริมาณและสามารถอ่านมาตรได้ตลอดเวลาในการทำพาราสเลอรี่ซีล

8.3.2 เครื่องกวาดฝุ่น

เครื่องกวาดฝุ่นเป็นแบบขับเคลื่อนได้ด้วยตัวเองหรือแบบลากที่ติดตั้งที่รถไถนา (Farm Tractor) หรือรถอื่นใดซึ่งเป็นชนิดไม้กวาดหมุนโดยเครื่องกล ขนไม้กวาดอาจทำด้วยไฟเบอร์ ลวดเหล็ก ไนล่อน หวายหรือวัสดุอื่นใดที่เหมาะสม ทั้งนี้ต้องมีประสิทธิภาพพอที่จะทำให้พื้นที่ที่จะก่อสร้างสะอาด อาจใช้ร่วมกับเครื่องเป่าฝุ่นและไม้กวาดมือซึ่งสามารถทำความสะอาดผิวทางและรอยแตกได้

8.3.3 เครื่องเป่าลม (Blower)

เป็นแบบติดตั้งที่รถไถนาหรือรถอื่นใด มีใบพัดขนาดใหญ่ให้กำลังลมแรงและมีประสิทธิภาพพอเพียงที่จะทำให้พื้นที่ที่จะก่อสร้างสะอาด

8.3.4 เครื่องจักรบดทับ

เครื่องจักรบดทับต้องเป็นรถบดล้อยางแบบขับเคลื่อนได้ด้วยตัวเองมีน้ำหนักประมาณ 5 ตัน ล้อยางต้องเป็นชนิดผิวหน้ายางเรียบ มีขนาดและจำนวนชั้นผ้าใบเท่ากันทุกล้อความดันลมยางประมาณ 345 กิโลพาสคัล (50 ปอนด์แรงต่อตารางนิ้ว)

8.3.5 อุปกรณ์อื่นๆ

อุปกรณ์อื่นๆ ที่จำเป็นในการดำเนินงาน เช่น เครื่องฉาบด้วยมือ พลั่ว

8.4 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

8.4.1 การกองมวลรวมให้กองให้เป็นระเบียบ โดยกองในบริเวณที่น้ำไม่ขัง หรือบริเวณที่จะไม่ทำให้มวลรวมมีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไปก่อนนำมวลรวมไปใช้งานจะต้องได้รับการตรวจสอบและได้รับการอนุญาตจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

8.4.2 การออกแบบส่วนผสมพาราสเลอรี่ซีล

ก. ก่อนเริ่มงานให้ผู้รับจ้างทำการออกแบบส่วนผสม แล้วให้นายช่างผู้ควบคุมงานเก็บตัวอย่างวัสดุส่วนผสมที่จะใช้ในการผสม พร้อมทั้งเอกสารการออกแบบ ส่งให้สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ ทำการตรวจสอบ โดยผู้รับจ้างต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายใดๆ ในการนี้ทั้งสิ้น

ข. คุณภาพของวัสดุที่จะใช้ออกแบบจะต้องผ่านการทดลองคุณภาพให้ใช้ได้แล้ว การออกแบบส่วนผสมจะต้องออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานและส่วนผสมพาราสเลอรี่ซีลต้องมีคุณสมบัติดังนี้

- เวลาในการผสม (Mix Time) ที่ 25 องศาเซลเซียส ไม่น้อยกว่า 120 วินาที
- ค่า Flow อยู่ระหว่าง 10-20 มิลลิเมตร
- Initial Set ไม่มากกว่า 30 นาที
- เวลาในการบ่ม (Cure Time) ไม่มากกว่า 2 ชั่วโมง
- ค่า Wet Track Abrasion Loss ไม่มากกว่า 500 กรัมต่อตารางเมตร
- ค่า Hubbard Field Stability ที่ 25 องศาเซลเซียส ไม่น้อยกว่า 11.8 กิโลนิวตัน (1,200 กิโลกรัมแรง)
- เวลาที่เปิดให้การจราจรผ่าน (Traffic Time) หลังการก่อสร้างประมาณ 2 ชั่วโมง

ค. หากวัสดุผสมมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากมวลรวมก็ดีหรือเนื่องจากเหตุอื่นใดก็ดี ผู้รับจ้างต้องเปลี่ยนสูตรส่วนผสมเฉพาะงานและค่าใช้จ่ายในการนี้ผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบทั้งสิ้น

ง. ระหว่างการฉาบพาราสเลอรี่ซีล ถ้านายช่างผู้ควบคุมงานเห็นว่า ส่วนผสมของพาราสเลอรี่ซีลที่ออกแบบไว้ไม่เหมาะสมกับสภาพความเป็นจริงในสนาม มวลรวมหรือวัสดุผสมแอสฟัลต์ผิดพลาดจากข้อกำหนด จะถือว่าส่วนผสมที่กำหนดไว้ในแต่ละครั้งนั้นไม่ถูกต้องตามคุณภาพที่ต้องการ ผู้รับจ้างต้องทำการปรับปรุงแก้ไขแล้วออกแบบใหม่ ค่าใช้จ่ายในการนี้ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้รับผิดชอบทั้งสิ้น

8.4.3 กรณีผิวทางเดิมเป็นผิวทางแอสฟัลต์ ให้ทำการตรวจสอบพื้นที่ที่จะทำการก่อสร้างและแก้ไขความบกพร่องต่างๆ ก่อนฉาบผิว เช่น ถ้าผิวเดิมบางจุดมีความเสียหายหรือระดับไม่ดี ให้ทำ Deep Patching หรือ Skin Patching แล้วแต่กรณี

8.4.4 กรณีผิวทางเดิมเป็นผิวทางคอนกรีต ให้ทำการตรวจสอบรอยต่อและรอยแตกต่าง ๆ แล้วทำการแก้ไขซ่อมแซมตามความเหมาะสม ทำความสะอาดให้เรียบร้อยแล้วทำการ Tack Coat ก่อนทำการฉาบผิวพาราสเลอรี่ซีล

8.4.5 ตรวจสอบอุปกรณ์ เครื่องจักรและเครื่องมือให้อยู่ในสภาพที่พร้อมจะนำออกใช้งาน และผลิตส่วนผสมพาราสเลอรี่ซีลได้ตามที่ออกแบบไว้

8.4.6 ให้ทำการตรวจสอบและตรวจปรับมาตรวัดต่างๆ เพื่อให้ใช้วัสดุได้ตามอัตราส่วนที่ต้องการ

8.4.7 ในกรณีที่จำเป็นต้องกวาดฝุ่น ให้ใช้เครื่องกวาดฝุ่นกวาดวัสดุที่ไม่พึงประสงค์ออกจากผิวทางจนสะอาด ถ้าจำเป็นให้ใช้น้ำล้างด้วย

8.4.8 ต้องพิจารณาสภาวะอากาศให้เหมาะสม ห้ามทำการฉาบผิวในระหว่างฝนตกและอุณหภูมิของอากาศขณะฉาบต้องไม่ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส

8.5 การก่อสร้าง

วัสดุต่างๆ ที่จะนำมาผสมเป็นพาราสเลอรี่ซีล ต้องเป็นวัสดุที่ผ่านการทดลองและมีคุณภาพใช้ได้แล้ว

8.5.1 ข้อกำหนดทั่วไปในการก่อสร้าง

ก. กรณีที่ผิวทางเดิมเป็นผิวทางแอสฟัลต์ที่มีผิวแห้ง ต้องทำให้เปียกสม่ำเสมอด้วยเครื่องฉีดน้ำเป็นฝอยหรือเป็นละอองทันทีก่อนทำการฉาบผิว

ข. กรณีที่ผิวทางเดิมเป็นผิวคอนกรีต ให้ทำการ Tack Coat ด้วยแอสฟัลต์อิมัลชันชนิด CSS-1 หรือ CSS-1h ในอัตรา 0.1 – 0.3 ลิตรต่อตารางเมตรหรือจะผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1 แล้ว Tack Coat ในอัตรา 0.2 – 0.6 ลิตรต่อตารางเมตร ก่อนทำการฉาบผิว

ค. พาราแอสฟัลต์อิมัลชันในส่วนผสมต้องไม่แตกตัวในเครื่องฉาบก่อนที่จะฉาบ

ง. พาราสเลอรี่ซีลที่ผสมแล้ว ต้องสามารถกระจายได้อย่างสม่ำเสมอในเครื่องฉาบ ต้องมีปริมาณมากพอตลอดเวลาเพื่อให้การฉาบ ฉาบได้เต็มความกว้างตามต้องการ

8.5.2 การฉาบ

ก. ส่วนผสมพาราสเลอรี่ซีล เมื่อฉาบบนผิวทางแล้วต้องมีส่วนผสมคงที่ถูกต้องตามสูตรส่วนผสมเฉพาะงาน

ข. ส่วนผสมพาราสเลอรี่ซีลต้องไม่จับกันเป็นก้อนหรือแตกตัวในเครื่องฉาบ ไม่มีมวลรวมใดที่ไม่ถูกเคลือบด้วยพาราแอสฟัลต์อิมัลชัน ไม่เกิดการแยกตัวระหว่างพาราแอสฟัลต์อิมัลชันกับมวลรวมละเอียดออกจากมวลหยาบหรือมีมวลหยาบตกลงสู่ส่วนล่างของวัสดุผสม ถ้ามีกรณีดังกล่าวเกิดขึ้นจะต้องตักวัสดุผสมนี้ออกไปจากผิวทาง

ค. ต้องไม่มีรอยครูด ซึ่งอาจเกิดจากหินก้อนใหญ่เกินไปปรากฏให้เห็นบนผิวทางที่ฉาบเรียบร้อยแล้ว ถ้าเกิดกรณีเช่นนี้ต้องทำการตกแต่งและแก้ไขให้เรียบร้อย นายช่างผู้ควบคุมงานอาจให้ใช้ตะแกรงร่อนมวลรวมก่อนนำมาผสม

ง. กรณีที่ไม่สามารถใช้เครื่องฉาบทำการฉาบได้เพราะสถานที่จำกัด การฉาบด้วยมือต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

8.5.3 รอยต่อ

รอยต่อตามยาวหรือตามขวางต้องไม่เป็นสันนูนหรือมองเห็นชัดเจนว่าไม่เรียบร้อย ถ้าเกิดกรณีเช่นนี้ต้องทำการตกแต่งและแก้ไขให้เรียบร้อย

8.5.4 การบดทับ

ก. พาราสเลอรี่ซีลชนิดที่ 1 และชนิดที่ 2 ไม่ต้องทำการบดทับ

ข. พาราสเลอรี่ซีลชนิดที่ 3 อาจจะทำการบดทับหรือไม่ก็ได้ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน ถ้าเห็นว่าไม่เรียบหากต้องทำการบดทับต้องบดทับขณะที่ส่วนผสมกำลังแข็งตัว (ขณะบ่ม) โดยใช้รถบดล้อยาง บดทับด้วยความเร็วประมาณ 6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จำนวนไม่น้อยกว่า 5 เที่ยว

8.5.5 การบ่ม

เมื่อฉาบเสร็จแล้วต้องปล่อยให้บ่มตัวระยะเวลาหนึ่งก่อนเปิดการจราจร การบ่มตัวจะนานเท่าไรให้ตรวจสอบการแตกตัวของพาราแอสฟัลต์อิมัลชันในส่วนผสมพาราสเลอรี่ซีล โดยดูการเปลี่ยนสีของส่วนผสมจากสีน้ำตาลเป็นสีดำและปราศจากน้ำในส่วนผสม ซึ่งสามารถจะทำการตรวจสอบได้โดยใช้กระดาษซับน้ำบนผิวพาราสเลอรี่ซีล ถ้าไม่มีน้ำปรากฏบนผิวและผิวนั้นเป็นสีดำแล้วก็สามารถเปิดการจราจรได้ โดยปกติจะใช้เวลาบ่มไม่เกิน 2 ชั่วโมง ระหว่างการบ่มตัวถ้าจำเป็นต้องเปิดให้การจราจรผ่าน อาจใช้หินฝุ่นหรือทรายสาดปิดเพื่อให้รถยนต์ผ่านก็ได้

8.6 การอำนวยการและการเปิดการจราจร

8.6.1 ผู้รับจ้างจะต้องอำนวยความสะดวกและความปลอดภัยในระหว่างการก่อสร้าง

8.6.2 ติดตั้งป้าย เครื่องหมายและสัญญาณจราจรเตือนล่วงหน้าเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ

8.6.3 ระยะเวลาที่จะเปิดการจราจร พิจารณาตามความจำเป็นในสนาม จะเปิดการจราจรได้เมื่อบ่มตัวครบ 2 ชั่วโมงแล้ว

8.7 ข้อแนะนำและข้อควรระวัง

8.7.1 การขนส่งพาราแอสฟัลต์อิมัลชันในกรณีที่เป็นถังบรรจุ Drum โดยเฉพาะการขนขึ้นหรือลงต้องระมัดระวังไม่ให้ถังบรรจุพาราแอสฟัลต์อิมัลชันได้รับการกระทบกระเทือนอย่างรุนแรง เพราะอาจทำให้พาราแอสฟัลต์อิมัลชันแตกตัวได้

8.7.2 ก่อนใช้พาราแอสฟัลต์อิมัลชันที่บรรจุถังเก็บไว้เป็นเวลานาน ควรกลิ้งถังไปมาอย่างน้อยด้านละ 5 ครั้ง ก่อนบรรจุลงในเครื่องผสมพาราสเลอรี่ซีล ทั้งนี้เพื่อให้พาราแอสฟัลต์อิมัลชันมีลักษณะเดียวกันอย่างทั่วถึง

8.7.3 ทุกครั้งที่ทำการผสมพาราสเลอรี่ซีลเสร็จแล้วควรล้างเครื่องผสมให้สะอาด มิฉะนั้นจะมีแอสฟัลต์เกาะติดในเครื่อง ทำให้ไม่สะดวกในการทำงานในครั้งต่อไป

8.7.4 เมื่อเปิดถังบรรจุพาราแอสฟัลต์อิมัลชันออกใช้ ควรใช้ให้หมดถังหรือต้องปิดฝาอย่างดี มิฉะนั้นจะทำให้น้ำในถังระเหยได้ ซึ่งจะทำให้พาราแอสฟัลต์อิมัลชันเสื่อมสภาพ

8.8 การรายงานผล

การรายงานการฉาบผิวทางแบบพาราสเลอรี่ซีลเป็นไปตาม บทที่ 7 “ งานงานผิวทางแบบสเลอรีซีล ข้อ 7.8 ”

บทที่ 9
ผิวทางแบบเคพซีล (Cape Seal)

ผิวทางแบบเคพซีล เป็นผิวทาง 2 ชั้น ประกอบด้วยผิวทางชั้นแรกแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ชั้นเดียว (Single Surface Treatment) แล้วปูทับด้วยผิวทางแบบสเลอรีซีล (Slurry Seal) อีก 1 หรือ 2 ชั้น ผิวทางชนิดนี้ใช้ทำเป็นผิวไหล่ทางได้ด้วย

รูปที่ 9.1 ผิวทางแบบเคพซีล

9.1 วัสดุ

9.1.1 ผิวทางชั้นแรก (เซอร์เฟสทรีตเมนต์ชั้นเดียว)

วัสดุที่ใช้ประกอบด้วย

ก. แอสฟัลต์

ข. หินย่อยหรือกรวดย่อย

ค. สารเคลือบผิวหินย่อยหรือกรวดย่อย (Pre-Coating Material)

ง. สารผสมแอสฟัลต์ (Additive)

คุณสมบัติวัสดุให้ให้เป็นไปตาม บทที่ 3 “งานผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์”

9.1.2 ผิวทางชั้นที่สอง (สเลอรี่ซีล)

วัสดุที่ใช้ประกอบด้วย

ก. แอสฟัลต์อิมัลชัน

ข. สารผสมเพิ่ม

ค. น้ำ

ง. มวลรวม

จ. Mineral Filler

คุณสมบัติวัสดุให้ให้เป็นไปตาม บทที่ 7 “งานผิวทางแบบ Slurry Seal “

9.2 ขนาดของหินย่อยหรือกรวดย่อย

9.2.1 ผิวทางชั้นแรก (เซอร์เฟสทรีตเมนต์ชั้นเดียว)

ขนาดของหินย่อยหรือกรวดย่อย สำหรับผิวทางชั้นแรกให้เป็นไปตาม ตารางที่ 9 -1

9.2.2 ผิวทางชั้นที่สอง (สเลอรีซีล)

ขนาดของหินย่อย ให้เป็นไปตามตารางที่ 9 - 2

ตารางที่ 9 - 1 ขนาดของหินย่อยหรือกรวดย่อย

ปริมาณ ผ่านตะแกรง ร้อยละ โดยมวล							
ขนาดที่ใช้เรียกมิลลิเมตร	25.0 มม.	19.0 มม.	12.5 มม.	9.5 มม.	4.75 มม.	2.36 มม.	1.18 มม.
19.0 (3/4 นิ้ว)	100	90-100	0-30	0-8	-	0-2	0-0.5
12.5 (1/2 นิ้ว)		100	90-100	0-30	0-4	0-2	0-0.5

ตารางที่ 9 - 2 ขนาดของหินย่อยที่ใช้ในการฉาบ

ชนิดของ Slurry Seal		2	3
ขนาดของตะแกรง (มม.)		ผ่านตะแกรงร้อยละ	
9.5	(3/8 นิ้ว)	100	100
4.75	(เบอร์ 4)	90 - 100	70 - 90
2.36	(เบอร์ 8)	65 - 90	45 - 70
1.18	(เบอร์ 16)	45 - 70	28 - 50
0.600	(เบอร์ 30)	30 - 50	19 - 24
0.300	(เบอร์ 50)	18 - 30	12 - 25
0.150	(เบอร์ 100)	10 - 21	7 - 18
0.075	(เบอร์ 200)	5 - 15	5 - 15

9.3 การเลือกใช้ขนาดของหินย่อยหรือกรวดย่อย

9.3.1 ผิวทางชั้นแรก (เซอร์เฟสทรีตเมนต์ชั้นเดียว)

การเลือกใช้ขนาดของหินย่อยหรือกรวดย่อย สำหรับผิวทางชั้นแรก ให้ใช้ขนาด 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) หรือ 12.5 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว)

9.3.2 ผิวทางชั้นที่สอง (สเลอรีซีล)

ก. สเลอรีซีล ชนิดที่ 2 ใช้ฉาบบนผิวทางชั้นแรก ที่ใช้หินย่อยหรือกรวดย่อยขนาด 12.5 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว) ตามตารางที่ 9 - 1 โดยการฉาบครั้งเดียว ให้มีปริมาณส่วนผสมสเลอรีซีล ตามตารางที่ 9 - 3

ข. สเลอรีซีล ชนิดที่ 3 ใช้ฉาบบนผิวทางชั้นแรก ที่ใช้หินย่อยหรือกรวดย่อยขนาด 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) ตามตารางที่ 9 - 1 โดยแบ่งการฉาบเป็น 2 ครั้ง ให้มีปริมาณส่วนผสมสเลอรีซีลรวมทั้งหมด ตามตารางที่ 9 - 3

9.4 เครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ในการก่อสร้าง

9.4.1 ผิวทางชั้นแรก (เซอร์เฟสทรีตเมนต์ชั้นเดียว)

เครื่องจักร เครื่องมือที่ใช้ให้เป็นไปตาม บทที่ 3 “งานผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์”

9.4.2 ผิวทางชั้นที่สอง (สเลอรีซีล)

เครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ให้ให้เป็นไปตาม บทที่ 7 “งานผิวทางแบบ Slurry Seal“ ยกเว้น เครื่องจักรที่ใช้บดทับ ต้องเป็นรถบดล้อยางชนิดขับเคลื่อนได้ด้วยตัวเองมีน้ำหนักประมาณ 10 ตัน แบบล้อยางผิวหน้าเรียบ ความดันลมยางประมาณ 50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

9.5 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

9.5.1 ผิวทางชั้นแรก (เซอร์เฟสทรีตเมนต์ชั้นเดียว)

การเตรียมการก่อนการก่อสร้างประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

ก. การกองหินย่อยหรือกรวดย่อย

ข. การออกแบบผิวทางเซอร์เฟสทรีตเมนต์

ค. การตรวจสอบ ตรวจปรับเครื่องจักร เครื่องมือและอุปกรณ์

ง. การเตรียมสารผสมแอสฟัลต์

จ. การเคลือบผิวหรือการล้างหินย่อยหรือกรวดย่อย

ฉ. การเตรียมพื้นทางหรือผิวทางเดิม

ขั้นตอนทั้งหลายให้เป็นไปตาม บทที่ 3 “งานผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์”

9.5.2 ผิวทางชั้นที่สอง (สเลอรีซีล)

การเตรียมการก่อนการก่อสร้างประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

ก. การกองหินหรือทราย

ข. การออกแบบส่วนผสม Slurry Seal

ค. การตรวจสอบเครื่องจักรและเครื่องมือ

ง. การเตรียมพื้นที่

ขั้นตอนทั้งหลายให้เป็นไปตาม บทที่ 7 “งานผิวทางแบบ Slurry Seal “

9.6 การก่อสร้าง

9.6.1 ผิวทางชั้นแรก (เซอร์เฟสทรีตเมนต์ชั้นเดียว)

การก่อสร้างผิวทางเคพซีลชั้นแรกเป็นแบบ การก่อสร้างผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์

9.6.2 ผิวทางชั้นที่สอง (สเลอรีซีล)

ลาดแอสฟัลต์อิมัลชัน ชนิด CSS-1 หรือ CSS-1h ที่ผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1 ลงบนผิวทางชั้นแรก ด้วยอัตราไม่น้อยกว่า 0.6 ลิตรต่อตารางเมตร โดยวิธี Fog Spray หลังจากนั้นจึงดำเนินการก่อสร้างผิวทางเคพซีลชั้นที่สองเป็นแบบ การก่อสร้างผิวแบบ Slurry Seal

รูปที่ 9.2 การก่อสร้างผิวทางแบบเคพซีล

9.7 ข้อแนะนำและข้อควรระวัง

9.7.1 ข้อแนะนำและข้อควรระวังทั่วไป

ก. ผิวทางชั้นแรก (เซอร์เฟสทรีตเมนต์ชั้นเดียว) ให้เป็นไปตาม บทที่ 3 งานผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์

ข. ผิวทางชั้นที่สอง (สเลอรีซีล) ให้เป็นไปตาม บทที่ 7 งานผิวทางแบบ Slurry Seal

9.7.2 ข้อเสนอแนะและข้อควรระวังพิเศษสำหรับงานเคพซีล

ก. ก่อนเริ่มงานผู้รับจ้างต้องเสนอเอกสารการออกแบบส่วนผสมผิวแบบเคพซีล แก่ผู้ควบคุมงาน แล้วให้ผู้ควบคุมงานเก็บตัวอย่างวัสดุส่วนผสมที่จะใช้ในการผสมส่งสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ เพื่อตรวจสอบพร้อมกับเอกสารการออกแบบส่วนผสมด้วย โดยผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายใดๆ ทั้งสิ้น

ข. เมื่อสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ ดำเนินการตรวจสอบเอกสารการออกแบบและวัสดุส่วนผสมและกำหนดค่าผลการทดลองที่เหมาะสมให้แล้ว สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบจะออกสูตรส่วนผสมเฉพาะงาน ให้ใช้สำหรับควบคุมงานต่อไป

ค. ในการทำผิวแบบเคพซีลในสนาม ถ้าวัสดุที่ใช้ผิดพลาดไปจากข้อกำหนด จะถือว่าส่วนผสมที่ผสมไว้ในแต่ละครั้งนั้นไม่ถูกต้องตามคุณภาพที่ต้องการ ซึ่งผู้รับจ้างจะต้องทำการปรับปรุงหรือแก้ไขใหม่โดยผู้รับจ้างจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายใดๆ ทั้งสิ้น

ง. หากวัสดุส่วนผสมมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากเหตุอื่นใดก็ตาม ผู้รับจ้างอาจขอเปลี่ยนแปลงสูตรส่วนผสมเฉพาะงานใหม่ได้ ทั้งนี้ในการเปลี่ยนแปลงทุกครั้ง จะต้องได้รับความเห็นชอบจากสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบก่อน

จ. การทดลองและตรวจสอบการออกแบบผิวแบบเคพซีลทุกครั้งหรือทุกสัญญาจ้าง ผู้รับจ้างต้องชำระค่าธรรมเนียมตามอัตราที่กรมทางหลวงกำหนด

ฉ. การฉาบผิวสเลอรีซีลทับบนผิวทางชั้นแรก ควรดำเนินการภายในระยะเวลาไม่น้อยกว่า 4 วัน และไม่มากกว่า 4 สัปดาห์ ฉะนั้นการลาดแอสฟัลต์อิมัลชัน (Fog Spray) ควรดำเนินการภายในระยะเวลาที่เหมาะสมก่อนฉาบผิวสเลอรีซีล

ช. หลังการฉาบผิวสเลอรีซีล ชนิดที่ 2 หรือฉาบผิวสเลอรีซีล ชนิดที่ 3 ครั้งที่ 1 แล้ว ให้บดทับด้วยรถบดล้อยางเต็มผิวหน้าไม่น้อยกว่า 5 เที่ยว โดยเริ่มบดทับได้เมื่อไม่มีส่วนผสม สเลอรีซีลติดล้อรถบด แต่ต้องไม่ข้ามวัน

ซ. สำหรับการฉาบผิวสเลอรีซีล ชนิดที่ 3 ครั้งที่ 2 ให้ดำเนินการฉาบผิวโดยเร็วที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ แต่ต้องไม่นานเกินกว่า 4 สัปดาห์ หลังจากฉาบผิวครั้งที่ 1 เสร็จเรียบร้อยแล้ว การฉาบผิวครั้งที่ 2 นี้ โดยปกติไม่ต้องบดทับ

9.7.3 ปริมาณวัสดุที่ใช้โดยประมาณ

ก. ผิวทางชั้นแรก (เซอร์เฟสทรีตเมนต์ชั้นเดียว)

ปริมาณของหินย่อยหรือกรวดย่อยและแอสฟัลต์โดยประมาณให้ใช้ตามตารางที่ 9-3 ส่วนปริมาณวัสดุที่ใช้จริง ให้เป็นไปตามการออกแบบตามวิธีการของกรมทางหลวง ปริมาณแอสฟัลต์ที่ออกแบบในชั้นนี้ ได้จากค่า A.L.D. ของหินย่อยหรือกรวดย่อย

ตารางที่ 9 - 3 ปริมาณวัสดุที่ใช้โดยประมาณ

ขนาดที่ใช้เรียก มิลลิเมตร (นิ้ว)	19.0 (3/4)	12.5 (1/2)
หินย่อยหรือกรวดย่อย กิโลกรัมต่อตารางเมตร	16 - 22	12 - 18
แอสฟัลต์ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส		
แอสฟัลต์ซีเมนต์ ลิตรต่อตารางเมตร	0.7 - 1.7	0.5 - 1.3
คัทแบคแอสฟัลต์ ลิตรต่อตารางเมตร	0.9 - 1.9	0.7 - 1.5
แอสฟัลต์อิมัลชัน ลิตรต่อตารางเมตร	1.1 - 2.3	0.8 - 1.6

ข. ผิวทางชั้นที่สอง (สเลอรีซีล)

ปริมาณแอสฟัลต์ที่ใช้ และอัตราการฉาบ เป็นไปตามตารางที่ 9 – 4

ตารางที่ 9 - 4 ขนาดของหินย่อยที่ใช้ในการฉาบ

ชนิดของ Slurry Seal	2	3
Residue ของแอสฟัลต์ ร้อยละโดยน้ำหนักของหิน	7.5 - 13.5	6.5 - 12.0
อัตราการปู / ฉาบเป็นน้ำหนักของส่วนผสมสเลอรีซีล (กก./ตรม.)	6.1 - 9.3	9.3 - 14.6

9.8 การรายงานผล

9.8.1 ผิวทางชั้นแรกให้เป็นไปตาม บทที่ 3 “งานผิวแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์”

9.8.2 ผิวทางชั้นที่สองให้เป็นไปตาม บทที่ 7 “งานผิวทางแบบ Slurry Seal”

บทที่ 10

Asphalt Hot – Mix Recycling

Asphalt Hot – Mix Recycling หมายถึง การผลิต Recycled Asphalt Concrete โดยการใช้แอสฟัลต์คอนกรีตที่ได้จากการรื้อชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบ โดยอาจเพิ่มวัสดุใหม่เข้าไปผสมด้วยหรือไม่ก็ได้ตามความจำเป็น วัสดุใหม่ดังกล่าวได้แก่ แอสฟัลต์ซีเมนต์และหรือสารปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์ (Asphalt Recycling Agent) และหรือมวลรวม และหรือแอสฟัลต์คอนกรีตใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในงานบำรุงทางหรืองานบูรณะลาดยาง โดยการปูและบดทับบนชั้นทางใดๆ ที่ได้เตรียมไว้ให้ถูกต้องตามแนว ระดับ ความลาด ตลอดจนรูปตัดตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ

10.1 วัสดุ

วัสดุที่ใช้ทำ Recycled Asphalt Concrete ประกอบด้วย แอสฟัลต์คอนกรีตจากชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิม โดยอาจใช้วัสดุใหม่ คือ แอสฟัลต์ซีเมนต์และหรือสารปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์และหรือมวลรวม และหรือแอสฟัลต์คอนกรีตใหม่ ผสมเพิ่มด้วยก็ได้ตามความจำเป็น ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัสดุเก่าที่นำมาใช้ โดยจะต้องดำเนินการทดลองและออกแบบส่วนผสมเฉพาะงานที่เหมาะสม

10.1.1 แอสฟัลต์คอนกรีตจากชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิม

แอสฟัลต์คอนกรีตจากชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิม ได้จากการรื้อชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตโดยอาจใช้วิธีคราด (Ripping) แล้วนำมาย่อยจนได้ขนาดตามที่ต้องการหรือวิธีตัดแบบเย็น (Cold Milling) หรือวิธีตัดแบบร้อน (Hot Milling) ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องจักรเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการและลักษณะการใช้งาน วัสดุดังกล่าวที่นำมาใช้จะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

ก. ปราศจากมวลรวมของชั้นทางด้านล่างที่ไม่ใช่แอสฟัลต์คอนกรีต สิ่งสกปรกและวัสดุไม่พึงประสงค์อื่น ๆ ปะปน

ข. มีขนาดค้างตะแกรงโตสุด สำหรับชุดตะแกรงของขนาดคละที่กำหนด ไม่มากกว่าร้อยละ 5 โดยมวล

ค. ขนาดคละของมวลรวมเดิมซึ่งเมื่อผสมกับมวลรวมของแอสฟัลต์คอนกรีตใหม่ และหรือผสมกับมวลรวมใหม่ตามข้อ 10.1.2 แล้วจะต้องได้ขนาดคละของมวลรวมทั้งหมดเป็นไปตาม

สูตรส่วนผสมเฉพาะงานที่ได้ออกแบบไว้แล้ว และขนาดคละดังกล่าวจะต้องเป็นไปตามตารางที่ 10 - 1 ด้วย

ตารางที่ 10 - 1 ขนาดคละของมวลรวมภายหลังการผสม

ขนาดที่ใช้เรียก มิลลิเมตร (นิ้ว)		9.5 (3/8)	12.5 (1/2)	19.0 (3/4)	25.0 (1)
สำหรับชั้นทาง		Wearing Course	Wearing Course	Binder Course	Base Course
ความหนา มิลลิเมตร		25-35	40-70	40-80	70-100
ขนาดตะแกรง มิลลิเมตร	(นิ้ว)	ปริมาณผ่านตะแกรง ร้อยละโดยมวล			
37.5	(1 1/2)				100
25.0	(1)			100	90-100
19.0	(3/4)		100	90-100	-
12.5	(1/2)	100	80-100	-	56-80
9.5	(3/8)	90-100	-	56-80	-
4.75	(เบอร์ 4)	55-85	44-74	35-65	29-59
2.36	(เบอร์ 8)	32-67	28-58	23-49	19-45
1.18	(เบอร์ 16)	-	-	-	-
0.600	(เบอร์ 30)	-	-	-	-
0.300	(เบอร์ 50)	7-23	5-21	5-19	5-17
0.150	(เบอร์ 100)	-	-	-	-
0.075	(เบอร์ 200)	2-10	2-10	2-8	1-7

หมายเหตุ 1. กรมทางหลวงอาจพิจารณาเปลี่ยนแปลงขนาดคละของมวลรวมที่ใช้ แตกต่างจากตารางที่ 10 – 1 ก็ได้ ทั้งนี้ Recycled Asphalt Concrete ที่ได้ต้องมีคุณสมบัติ และความแข็งแรงถูกต้องตามตารางที่ 10 - 3

2. ความหนาตามตารางที่ 10 - 1 เป็นความหนาแนะนำเท่านั้น

10.1.2 มวลรวมผสมเพิ่ม

มวลรวมผสมเพิ่มประกอบด้วยมวลหยาบ (Coarse Aggregate) และหรือมวลละเอียด (Fine Aggregate) กรณีที่มวลละเอียดมีส่วนละเอียดไม่พอ หรือต้องการปรับปรุงคุณภาพ และความแข็งแรงของ Recycled Asphalt Concrete อาจเพิ่มวัสดุผสมแทรก (Mineral Filler) ด้วยก็ได้

ก. มวลหยาบ หมายถึง ส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) ต้องเป็นวัสดุที่กรมทางหลวงอนุมัติให้ใช้ได้ มีความแข็งและคงทน (Hard and Durable) สะอาด ปราศจากวัสดุไม่พึงประสงค์ใดๆที่อาจทำให้ Recycled Asphalt Concrete มีคุณภาพด้อยลง

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่น มวลหยาบต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- ค่าความสึกหรอ ต้องไม่เกินร้อยละ 40
- ค่าความคงทน มีส่วนที่ไม่คงทน (Loss) ต้องไม่เกินร้อยละ 9
- ค่า Coating and Stripping of Bitumen – Aggregate Mixtures ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 95

ข. มวลละเอียด หมายถึง ส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) ต้องสะอาด ปราศจากสิ่งสกปรกหรือวัสดุอันไม่พึงประสงค์ใดๆ ปะปนอยู่ซึ่งอาจทำให้ Recycled Asphalt Concrete มีคุณภาพด้อยลง ในกรณีที่ไม่ได้ระบุไว้เป็นอย่างอื่นมวลละเอียดต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- ค่า Sand Equivalent" ต้องมีค่า ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50
- ค่าความคงทน มีส่วนที่ไม่คงทน ต้องไม่เกินร้อยละ 9

ค. วัสดุผสมแทรก ใช้ผสมเพิ่มในกรณี ส่วนละเอียดในมวลรวมยังมีไม่พอ หรือใช้ผสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของ Recycled Asphalt Concrete วัสดุผสมแทรกอาจเป็น Stone Dust , Portland Cement , Silica Cement , Hydrated Lime หรือวัสดุอื่นใดที่กรมทางหลวงอนุมัติให้ใช้ได้ วัสดุผสมแทรกต้องแห้ง ไม่จับกันเป็นก้อน เมื่อทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 205/2517 "วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง" ต้องมีขนาดคละตามตารางที่ 10 – 2

ตารางที่ 10 - 2 ขนาดคละของวัสดุผสมแทรก

ขนาดตะแกรงมิลลิเมตร	ปริมาณผ่านตะแกรง ร้อยละโดยมวล
0.600 (เบอร์30)	100
0.300 (เบอร์ 50)	75-100
0.075 (เบอร์ 200)	55-100

ในกรณีที่กรมทางหลวงเห็นว่า วัสดุที่มีขนาดคละแตกต่างไปจากตารางที่ 10 - 2 แต่เมื่อนำมาใช้เป็นวัสดุผสมแทรกแล้วจะทำให้ Recycled Asphalt Concrete มีคุณภาพเป็นไปตามที่กำหนด ก็อาจอนุมัติให้ใช้วัสดุนั้นเป็นวัสดุผสมแทรกได้

10.1.3 แอสฟัลต์

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุชนิดของแอสฟัลต์ไว้เป็นอย่างอื่น ให้ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60-70 ตามมาตรฐานเลขที่ มอก.851 “มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแอสฟัลต์ซีเมนต์สำหรับงานทาง”

10.1.4 สารปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์ (Asphalt Recycling Agent)

เป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์เหมาะสม ที่จะใช้ปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์ซีเมนต์ในแอสฟัลต์คอนกรีตจากชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิมที่เสื่อมคุณภาพให้กลับมีคุณภาพตามข้อกำหนดที่ต้องการ สารปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์จะต้องมีคุณสมบัติตามข้อกำหนด ASTM D 4552-86 “Standard Practice for Classifying Hot Mix Recycling Agents”

การเก็บรักษาสารปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์ ให้เก็บในถังเก็บชนิดที่ควบคุมอุณหภูมิได้โดยอัตโนมัติซึ่งสามารถรักษาอุณหภูมิของสารปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์ไว้ได้คงที่ตามที่กำหนด ระหว่าง 38-163 องศาเซลเซียส (100-325 องศาฟาเรนไฮต์)

10.1.5 แอสฟัลต์คอนกรีตใหม่

ในกรณีที่ต้องใช้แอสฟัลต์คอนกรีตใหม่ผสมกับแอสฟัลต์คอนกรีตจากชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิม แอสฟัลต์คอนกรีตใหม่ที่นำมาใช้จะต้องถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้ และเมื่อผสมกับแอสฟัลต์คอนกรีตเดิมแล้ว จะต้องมีขนาดคละของมวลรวมเป็นไปตามสูตรส่วนผสมเฉพาะงานที่ได้ออกแบบไว้แล้วและขนาดคละดังกล่าวต้องเป็นไปตามตารางที่ 10 - 1 คุณสมบัติอื่น ๆ เป็นไปตามตารางที่ 10 - 3

10.2 การใช้งาน

Recycled Asphalt Concrete ใช้สำหรับงานบำรุงทางเดิมหรืองานบูรณะลาดยาง ให้สามารถใช้งานได้ต่อไป โดยใช้ปรับปรุงชั้นผิวทางเดิมให้เป็นชั้นผิวทางใหม่หรือปรับปรุงให้เป็นชั้นทางอื่นใด

10.3 เครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ในการก่อสร้าง

10.3.1 เครื่องจักรแบบ Central Plant Recycling ประกอบด้วย

ก. เครื่องจักรรื้อผิวทางเดิม อาจจะใช้แบบใดแบบหนึ่งดังต่อไปนี้

- เครื่องจักรรื้อผิวทางเดิมโดยใช้วิธีคราด (Ripping) แล้วนำไปย่อยด้วยเครื่องย่อย (Crusher) จนได้ขนาดตามที่ต้องการ

- เครื่องจักรตัดผิวทางแบบตัดร้อน (Heater Planer) มีอุปกรณ์ให้ความร้อนผิวทางเดิมที่จะตัดแบบใช้น้ำมัน ก๊าซ หรือ แสงอินฟราเรด และอุปกรณ์ตัดผิว แบบใดแบบหนึ่งดังต่อไปนี้

- แบบใช้ใบมีดปาดเฉือน (Shearing or Scraping with a Blade)
- แบบใบตัด (Cutting Edges) ซึ่งหมุนรอบแกนดิ่ง
- แบบใช้เขี้ยว (Teeth) ติดรอบ Horizontal Rotating Drum

- เครื่องตัดผิวทางแบบตัดเย็น (Cold Planer) ซึ่งสามารถตัดผิวทางเดิมได้โดยไม่ต้องให้ความร้อนผิวทางเดิมที่จะตัด

ข. Batch Plant ที่ออกแบบหรือปรับปรุงสำหรับผสมวัสดุ Recycling โดยเฉพาะ

รูปที่ 10.1 Central Plant Mix แบบ Batch Plant สำหรับผสมวัสดุ Recycling โดยเฉพาะ

ค. Drum-Mix Plant ที่ออกแบบสำหรับผสมวัสดุ Recycling โดยเฉพาะ

10.3.2 เครื่องจักรแบบ In-Place Recycling ประกอบด้วย

ก. เครื่อง Pre - heater แบบ Gas-Fired หรือ Infra-Red Heater สำหรับให้ความร้อนผิวทางเดิมจนได้อุณหภูมิประมาณ 110-130 องศาเซลเซียส

รูปที่ 10.2 เครื่อง Pre - heater

รูปที่ 10.3 เครื่อง Re-mixer

ข. เครื่อง Re - mixer จะต้องสามารถทำงานได้ดังนี้

- ให้ความร้อนผิวทางเดิมต่อเนื่องจากที่ได้ดำเนินการตามเครื่อง Pre-heater จนผิวทางเดิมมีอุณหภูมิ 140-170 องศาเซลเซียส

- รื้อผิวทางเดิมออกได้ความลึกตามที่ต้องการ โดยดำเนินการต่อจากเครื่อง Re-mixer

- รวบรวมและปรับระดับวัสดุผิวทางเดิม ที่รื้อออก ด้วยใบมีดปรับระดับ (Leveling Blade) แล้วส่งต่อไปยังส่วนกลางของเครื่อง Re-mixer ด้วยระบบ Auger เข้าสู่ห้องผสม ซึ่งเป็นแบบ Flow-Through Double-Shaft Mixer

- มีระบบ Auger เกลี่ยกระจายวัสดุที่ผสมเสร็จแล้วและปูให้เรียบด้วย Vibrating and/or Tamping Screed สามารถปรับความกว้างได้ 3.00-4.50 เมตร

ค. โรงงานผสมแอสฟัลต์คอนกรีต ตาม บทที่ 4 “ งานแอสฟัลต์คอนกรีต ข้อ..... ”

10.3.3 เครื่องจักรบดทับและเครื่องมืออื่นๆ ให้เป็นไปตาม บทที่ 4 “งานแอสฟัลต์คอนกรีต ข้อ 4.3.5 – 4.3.8 “ เครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ทุกชนิดต้องมีสภาพใช้งานได้ดี โดยผ่านการตรวจสอบและตรวจปรับ และนายช่างผู้ควบคุมงานอนุญาตให้ใช้ได้ ในระหว่างการก่อสร้างผู้รับจ้างจะต้องปรับปรุงรักษาเครื่องจักรและเครื่องมือดังกล่าวให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ดีอยู่เสมอ

10.3.4 เครื่องมือทดลองและห้องปฏิบัติการ ให้เป็นไปตาม บทที่ 4 “งานแอสฟัลต์คอนกรีต ข้อ 4.3.9 “

10.4 การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

10.4.1 การเตรียมสถานที่ตั้งโรงงานผสม และกองวัสดุ ให้เป็นไปตาม บทที่ 4 “งานแอสฟัลต์คอนกรีต ข้อ 4.4.1 ”

10.4.2 การตรวจสอบโรงงานผสมให้เป็นไปตามบทที่ 4 “งานแอสฟัลต์คอนกรีต ข้อ 4.4.2“

10.4.3 การเก็บตัวอย่างเพื่อการออกแบบส่วนผสม Recycled Asphalt Concreteให้เป็นไปตาม บทที่ 4 “งานแอสฟัลต์คอนกรีต ข้อ 4.4.3 “

10.4.4 การออกแบบส่วนผสม Recycled Asphalt Concrete

ก. ก่อนเริ่มงานไม่น้อยกว่า 30 วัน ผู้รับจ้างต้องเสนอเอกสารการออกแบบส่วนผสม Recycled Asphalt Concrete แก่นายช่างผู้ควบคุมงานเพื่อตรวจสอบ ผู้รับจ้างอาจร้องขอให้กรมทางหลวงเป็นผู้ออกแบบส่วนผสมให้ก็ได้ ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบผลความเสียหายใดๆ ที่เกิดขึ้น รวมทั้งการปฏิบัติงานในสนามต้องสามารถดำเนินการให้เป็นไปตามการออกแบบส่วนผสม Recycled Asphalt Concrete นั้นด้วย ค่าใช้จ่ายในการนี้ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้รับผิดชอบทั้งสิ้น

ข. คุณภาพทั่วไปของวัสดุที่จะใช้ทำ Recycled Asphalt Concrete ให้เป็นไปตามข้อ 10.1

ค. ปริมาณของแอสฟัลต์คอนกรีตเดิมที่ใช้ผสมทำชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete ขึ้นอยู่กับคุณภาพของแอสฟัลต์คอนกรีตเดิม และความเหมาะสมกับประเภทชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete ที่จะก่อสร้าง ซึ่งจะต้องเป็นไปตามผลการทดลองและออกแบบสูตรส่วนผสมเฉพาะงานที่ได้ทำไว้ล่วงหน้าแล้ว

ง. การตรวจสอบสูตรส่วนผสม Recycled Asphalt Concrete โดยทดลองตามวิธี Marshall และจะต้องมีคุณภาพเป็นไปตามข้อกำหนดในตารางที่ 10 - 3

จ. กรณีที่ผู้รับจ้างออกแบบส่วนผสม กรมทางหลวงจะเป็นผู้ตรวจสอบเอกสารการออกแบบส่วนผสม Recycled Asphalt Concrete ให้เพื่อใช้ควบคุมงานนั้น ๆ

ฉ. ในการผสม Recycled Asphalt Concrete ในสนาม มวลรวมขนาดหนึ่งขนาดใดหรือปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ยอมให้ คลาดเคลื่อนได้ไม่เกินค่าที่กำหนดในตารางที่ 10 – 4 ถ้าคลาดเคลื่อนเกินกว่าที่กำหนดนี้ จะถือว่า Recycled Asphalt Concrete นั้น มีคุณภาพไม่ถูกต้องตามที่กำหนด ผู้รับจ้างจะต้องทำการปรับปรุงแก้ไข ค่าใช้จ่ายในการนี้ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้รับผิดชอบทั้งสิ้น

ช. ผู้รับจ้างอาจขอเปลี่ยนสูตรส่วนผสมเฉพาะงานใหม่ได้ถ้าวัสดุที่ใช้ผสม Recycled Asphalt Concrete เกิดการเปลี่ยนแปลงไปด้วยสาเหตุใดๆ ก็ตาม การเปลี่ยนสูตรส่วนผสมเฉพาะงานทุกครั้งต้องได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวงก่อน

ซ. การทดลองและตรวจสอบการออกแบบส่วนผสม Recycled Asphalt Concrete ทุกครั้งหรือทุกสัญญาจ้าง ผู้รับจ้างออกแบบต้องชำระค่าธรรมเนียมตามอัตราที่กรมทางหลวงกำหนด

ตารางที่ 10 - 3 ข้อกำหนดในการออกแบบ Recycled Asphalt Concrete

		ชั้นทาง				
รายการ		Wearing Course 9.5 มม.	Wearing Course 12.5 มม.	Binder Course	Base Course	Shoulder
Blows		75	75	75	75	50
Stability	Min N	6672	6672	6672	6672	6672
	(1b)	(1500)	(1500)	(1500)	(1500)	(1500)
Flow 0.25 mm (0.01 in)		8-16	8-16	8-16	8-16	8-16
Percent Air Voids		3-5	3-5	3-6	3-6	3-5
Percent Voids in Mineral Aggregate						
(VMA)	Min	15	14	13	12	14
Stability/Flow						
N/0.25 mm	Min	556	556	556	556	556
(lb/0.01 in)	Min	(125)	(125)	(125)	(125)	(125)
Percent Strength Index	Min	75	75	75	75	75

หมายเหตุ การทดลองหาค่า Percent Strength Index ใช้วิธี Ontario Vacuum Immersion Marshall Test หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า การทดลองรายการนี้กรมทางหลวงจะพิจารณาทำการทดลองตามความเหมาะสม

10.4.5 การเตรียมวัสดุมวลรวมและวัสดุผสมแทรก ให้เป็นไปตาม บทที่ 4 “งานแอสฟัลต์คอนกรีต ข้อ 4.4.5 “

10.4.6 การเตรียมเครื่องจักรเครื่องมือและอุปกรณ์ในการก่อสร้าง ให้เป็นไปตาม บทที่ 4 “งานแอสฟัลต์คอนกรีต ข้อ 4.4.7 “

10.4.7 การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

การเตรียมชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิม ก่อนก่อสร้างชั้นทาง Recycled Asphalt concrete ผู้รับจ้างจะต้องทำความสะอาดผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิม กำจัดวัสดุหลุดหลวมสิ่งสกปรกและวัสดุไม่พึงประสงค์อื่นๆซึ่งจะทำให้คุณภาพของ Recycled Asphalt Concrete ด้อยลงออกให้หมด

ตารางที่ 10 - 4 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับสูตรส่วนผสมเฉพาะงาน

ผ่านตะแกรงขนาด	เปอร์เซ็นต์
12.5 มม. (1/2 นิ้ว) และขนาดใหญ่กว่า	$\pm$ 8
9.5 มม. (3/8 นิ้ว) และ 4.75 มม. (เบอร์ 4)	$\pm$ 7
2.36 มม. (เบอร์ 8)	$\pm$ 6
0.300 มม. (เบอร์ 50)	$\pm$ 5
0.075 มม. (เบอร์ 200)	$\pm$ 3
ปริมาณแอสฟัลต์	$\pm$ 0.5

10.5 การก่อสร้าง

10.5.1 การก่อสร้างแบ่งเป็น 2 ลักษณะได้แก่

ก. งานบูรณะ (Rehabilitation) เป็นงานที่ต้องรื้อชั้นใต้ผิวทางใดๆเพื่อก่อสร้างใหม่

- การตัดโดยวิธี Ripping ถ้าต้องการนำผิวทางเดิมมา Recycling ให้ใช้เครื่อง Ripper ขุดเอาผิวทาง Asphalt Concrete โดยไม่ให้มีวัสดุชั้นพื้นทางติดขึ้นมาด้วย แล้วนำไป Stock Pile ไว้ เมื่อได้ก่อสร้างชั้นทางอื่นๆจนถึงชั้นพื้นทาง และ Prime Coat เรียบร้อยแล้ว จึงนำเอาแอสฟัลต์คอนกรีตที่ Stock Pile ไว้ไปทำ Recycled Asphalt Concrete ได้ โดยใช้ Central Plant Mix ที่ได้ออกแบบหรือปรับปรุงสำหรับผสมวัสดุ Recycling โดยเฉพาะส่วนวิธีการก่อสร้างผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตให้เป็นไปตาม บทที่ 4 “งานแอสฟัลต์คอนกรีต “

- การตัดผิวทางแบบเย็น ต้องคัดส่วนที่ไม่เหมาะสมออกเพราะเครื่องตัดจะตัดผ่าเม็ดหิน ทำให้ Gradation ของหินเปลี่ยนแปลง เช่น มีปริมาณฝุ่นสูงและการทำ Recycled Asphalt Concrete นี้ต้องใช้ Central Plant Mix ที่ได้ออกแบบหรือปรับปรุงสำหรับผสมวัสดุ Recycling โดยเฉพาะ ส่วนวิธีการก่อสร้างผิวทางให้เป็นไปตามบทที่ 4 “งานแอสฟัลต์คอนกรีต “

- การตัดผิวทางแบบร้อนสามารถนำวัสดุที่ตัดออกจากผิวทางเดิม ไปทำ Recycled Asphalt Concrete โดยใช้ Central Plant Mix ที่ได้ออกแบบหรือปรับปรุง สำหรับผสมวัสดุ Recycling โดยเฉพาะ เพื่อไปใช้ในงานบูรณะ

รูปที่ 10.4 การรื้อหรือตัดชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิม และการย่อยแล้วนำไป Stock Pile

ในกรณีที่วัสดุแอสฟัลต์ในผิวทางเดิมเสื่อมสภาพ ผิวทางเป็นคลื่นหรือไม่เรียบ มีผิวทางเยิ้มต้องการแก้ไขปรับปรุงโดยตัดออกมาผสมกับวัสดุใหม่ หรือ Asphalt Recycling Agent ด้วยก็ได้ ทั้งนี้เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีต ให้ใช้งานได้แล้วปูวัสดุ Recycled Asphalt Concrete กลับไปดังเดิม

ในกรณีนี้ต้องใช้เครื่องตัดแบบร้อน โดยมี Pre-heater และเครื่องตัดสามารถให้ความร้อนแก่ผิวทางด้วย Infra - Red Heater จนมีอุณหภูมิ 140-170 องศาเซลเซียส เครื่องตัดเป็นแบบใช้เขี้ยว (Teeth) ติดรอบ Horizontal Rotating Drum วิธีนี้จะไม่ทำให้มีการตัดผ่าเม็ดหิน ไม่ทำให้เม็ดหินแตก วัสดุที่ได้ออกมามีลักษณะร่วนแบบ Hot-Mix สำหรับเครื่องผสมและเครื่องปูเป็นแบบเคลื่อนที่ได้ (In-place Recycling) ซึ่งสามารถผสมกับ Hot-Mix ใหม่ และ/หรือ Asphalt Recycling Agent ด้วยก็ได้

10.5.2 ขั้นตอนในการก่อสร้างมีดังนี้

ก. การเตรียม และการผลิตแอสฟัลต์คอนกรีตใหม่ โดยโรงงานผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่จะนำมาผสมทำ Recycled Asphalt Concrete ให้เป็นไปตาม บทที่ 4 “งานแอสฟัลต์คอนกรีต “ โดยอนุโลม

ข. การปูส่วนผสม Recycled Asphalt concrete

- การปูด้วยชุดเครื่องผสมพร้อมปูแบบเคลื่อนที่ การก่อสร้างให้ดำเนินการตามคำแนะนำของผู้ผลิตเครื่องจักรที่นำมาใช้งานนั้น โดยได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงาน วิธีการปูมีสองวิธี คือ

วิธีที่ 1 ปูแบบชั้นเดียว เมื่อได้ขูดวัสดุเก่าลงในเครื่องผสม โดยจะเพิ่มส่วนผสมใหม่ (Hot-Mix และ/หรือ Asphalt Recycling Agent) ให้ตรงตามสูตรส่วนผสมเฉพาะงานแล้วปูกลับบนผิวทางดังเดิมเป็นชั้นเดียว

วิธีที่ 2 ปูแบบสองชั้น เมื่อได้ขูดวัสดุเก่าลงในเครื่องผสมและอาจผสม Asphalt Recycling Agent ด้วยก็ได้ ให้ปูส่วนผสม Recycled Asphalt Concrete นี้ กลับลงบนผิวทางทันทีและพร้อมกันนั้นให้ปูทับด้วย Asphalt Concrete ใหม่ที่มีคุณสมบัติตาม บทที่ 4 “งานแอสฟัลต์คอนกรีต “

- การปูด้วยเครื่องปู การปูส่วนผสม Recycled Asphalt Concrete ที่ผลิตจากโรงงานผสม ให้ดำเนินการตาม บทที่ 4 “งานแอสฟัลต์คอนกรีต ”

ค. การบดทับชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete ให้ดำเนินการบดทับตาม บทที่ 4 “งานแอสฟัลต์คอนกรีต ” โดยอนุโลม

10.6 การตรวจสอบชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete

การตรวจสอบชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete ที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วมีหลักเกณฑ์อย่างน้อยดังต่อไปนี้

10.6.1 ลักษณะผิว (Surface Texture)

ชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete ที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องได้ระดับและความลาดตามแบบ มีลักษณะผิวและลักษณะการบดทับที่สม่ำเสมอ ไม่ปรากฏความเสียหาย เช่น Recycled Asphalt Concrete ที่ผิวหน้าหลุด (Pull) รอยฉีก (Torn) ผิวหน้าหลวมหรือแยกตัว (Segregation) เป็นคลื่น (Ripple) หรือความเสียหายอื่นๆ หากตรวจสอบแล้วปรากฏความเสียหายดังกล่าว ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการแก้ไขให้ถูกต้องเรียบร้อยตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

10.6.2 ความเรียบที่ผิว (Surface Tolerance)

เมื่อใช้ไม้บรรทัดวัดความเรียบยาว 3.00 เมตร วางทาบบนผิวของชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete ในแนวตั้งฉากและในแนวขนานกับเส้นแบ่งกึ่งกลางถนน ระดับผิวชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete ภายใต้ไม้บรรทัดวัดความเรียบจะแตกต่างจากระดับของไม้บรรทัดวัดความเรียบได้ไม่เกิน 6 มิลลิเมตร และ 3 มิลลิเมตร ตามลำดับ

10.6.3 ความแน่น (Density)

สำหรับชั้นผิวทาง ชั้นรองผิวทาง ที่มีความหนาไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร ค่าความแน่นของชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete ในสนามจะต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 98 ของค่าความแน่นเฉลี่ยของก้อนตัวอย่างที่บดอัดในห้องทดลอง

สำหรับชั้นพื้นทาง และผิวไหล่ทาง Recycled Asphalt Concrete ค่าความแน่นของชั้นทาง Recycled Asphalt Concrete ในสนามจะต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 97 และ 96 ของค่าความแน่นเฉลี่ยของก้อนตัวอย่างที่บดอัดในห้องทดลองที่ใช้เปรียบเทียบ ตามลำดับ

หากความแน่น (Density) แตกต่างไปจากที่ระบุไว้ข้างต้นให้ถือปฏิบัติตามข้อกำหนดในสัญญา

10.7 การตรวจสอบและการรายงานผล

การรายงานผลการตรวจสอบงาน ให้ใช้ตามการรายงานผลการตรวจสอบในบทที่ 4 “ งานแอสฟัลต์คอนกรีต ข้อ 4.8 “

คำสั่งแต่งตั้ง

คณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง

คำสั่ง คณะกรรมการพัฒนาระบบบริหารความรู้ในองค์กรกรมทางหลวง

ที่ ม.1/28/50

เรื่อง แต่งตั้งคณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง

เพื่อประโยชน์ต่อทางราชการ และให้กรมทางหลวงมีฐานความรู้และมีระบบการบริหารองค์ความรู้ที่ยั่งยืน บรรลุเป้าหมายในการส่งเสริมและพัฒนาความรู้ในส่วนราชการ เพื่อให้การควบคุมงานก่อสร้างทางหลวงของหน่วยงานต่าง ๆ ในกรมทางหลวงมีคุณภาพและมาตรฐานเป็นแนวทางเดียวกัน จึงแต่งตั้งคณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง ดังนี้

1. องค์ประกอบ

<u>คณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทาง</u>

1 ผู้อำนวยการสำนักก่อสร้างทางที่ 2		ที่ปรึกษา
2 ผู้อำนวยการกองนิติการ		ที่ปรึกษา
3 นายศักดิ์ชัย ขำเจริญ	นักวิชาการพัสดุ 8 ว	ที่ปรึกษา
4 นายวิษณุ ใจเผื่อแผ่	นายช่างโยธา 8	ที่ปรึกษา
5 นายบุญชัย ศรีธาราธิคุณ	วิศวกรวิชาชีพ 9 วช	ประธานคณะทำงาน
6 นายอภิชาติ จันทร์ทรัพย์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
7 นายวิศาล วัชรานนท์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
8 นายกฤษดา ศรีดามา	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
9 นายไพฑูรย์ พงษ์ชวลิต	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
10 นายพงศ์เทพ ทองพัฒน์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
11 นายชัยวัฒน์ ตันหัน	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
12 นายอาณัฐ นิธิวัฒนพงษ์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
13 ดร.อรรถสิทธิ์ สวัสดิ์พานิช	วิศวกรโยธา 5	คณะทำงาน
14 นายจตุรงค์ เลาวภาคย์ไพบูลย์	วิศวกรโยธา 3	คณะทำงาน
15 นายอภิรัฐ ไชยวงศ์น้อย	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงานและเลขานุการ
16 นายกฤตภาส อุตรวีระการ	วิศวกรโยธา 7 วช	คณะทำงาน และผู้ช่วยเลขานุการ

/คณะทำงาน...

คณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างสะพาน

1	ผู้อำนวยการสำนักก่อสร้างสะพาน		ที่ปรึกษา
2	ผู้อำนวยการกองนิติการ		ที่ปรึกษา
3	นายศักดิ์ชัย ขำเจริญ	นักวิชาการพัสดุ 8 ว	ที่ปรึกษา
4	นายวิษณุ ใจเผื่อแผ่	นายช่างโยธา 8	ที่ปรึกษา
5	นายวิชัย กังอุบล	รก.วิศวกรวิชาชีพ 9 วช	ประธานคณะทำงาน
6	นายกมล หมั่นทำ	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
7	นายธงไชย วีระสมัย	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
8	นายสุระพล มณีวงศ์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
9	นายธานินทร์ ริรัตน์พงษ์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
10	นายณัฐสม สงวนวงษ์	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
11	นายธนพล วิโรจน์จรัส	วิศวกรโยธา 3	คณะทำงาน
12	นายชวเลิศ เลิศชวนะกุล	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงานและเลขานุการ
13	นายพรชัย ศิลารมย์	วิศวกรโยธา 5	คณะทำงาน และผู้ช่วยเลขานุการ

คณะทำงานจัดทำคู่มือควบคุมคุณภาพวัสดุงานก่อสร้าง

1	ผู้อำนวยการสำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ		ที่ปรึกษา
2	ผู้อำนวยการกองนิติการ		ที่ปรึกษา
3	นายศักดิ์ชัย ขำเจริญ	นักวิชาการพัสดุ 8 ว	ที่ปรึกษา
4	นายวิษณุ ใจเผื่อแผ่	นายช่างโยธา 8	ที่ปรึกษา
5	นายเหม โง้วศิริ	รก.วิศวกรวิชาชีพ 9 วช	ประธานคณะทำงาน
6	นายวีระ พลอยกระจ่าง	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
7	นายสมัคร สนทอง	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
8	นายปกรณ์ มิลินทะเลข	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
9	นายสว่าง บูรณธนานุกิจ	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
10	นายลิทธิชัย บุญสะอาด	วิศวกรโยธา 8 วช	คณะทำงาน
11	ดร.พลเทพ เลิศวรวนิช	วิศวกรโยธา 5	คณะทำงาน
12	นายนะบีลย์ เจ๊ะแว	วิศวกรโยธา 3	คณะทำงาน
13	นายนิคม เทพบุตร	รก.วิศวกรโยธา 7 วช	คณะทำงานและเลขานุการ
14	นายวุฒิพงศ์ คำภูแสน	รก.วิศวกรโยธา 7 วช	คณะทำงาน และผู้ช่วยเลขานุการ

/2.ขอบข่าย...

2. ขอบข่าย

จัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวงให้สอดคล้องกับกฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับ มติคณะรัฐมนตรี และแบบแผนการปฏิบัติงาน เพื่อให้ทุกหน่วยงานของกรมทางหลวงสามารถใช้เป็นคู่มือในการควบคุมงานก่อสร้างของกรมทางหลวงให้มีคุณภาพและมาตรฐานเป็นแนวทางเดียวกัน

3. หน้าที่ความรับผิดชอบ

ที่ปรึกษา

- ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการดำเนินการและอุปสรรคต่างๆที่เกิดขึ้นกับคณะทำงาน

คณะทำงาน

- ศึกษาและรวบรวม กฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับ มติคณะรัฐมนตรี ที่เกี่ยวข้องในการควบคุมงานก่อสร้างทางหลวง
- จัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวงให้ผู้มีหน้าที่สามารถใช้เป็นแนวทางปฏิบัติในการควบคุมงานก่อสร้างให้มีคุณภาพและเป็นไปตามมาตรฐาน
- ดำเนินการจัดทำคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวงให้แล้วเสร็จเสนอคณะกรรมการพัฒนาระบบบริหารความรู้ในองค์กรกรมทางหลวงพิจารณาภายในเดือนเมษายน พ.ศ. 2550 และแก้ไขปรับปรุงจนสามารถใช้เป็นคู่มือควบคุมงานก่อสร้างทางหลวงได้
- ปฏิบัติงานอื่น ๆ ที่ได้รับมอบหมาย

ทั้งนี้ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๕ กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550

(นายเอนก อัมระปาล)
รองอธิบดีฝ่ายบริหาร
ประธานคณะกรรมการพัฒนาระบบบริหารความรู้
ในองค์กรกรมทางหลวง