การทดลองที่ ทล.-ท. 213/2531

วิธีการทดลองหาค่าความคงทน (Soundness) ของมวลรวม โดยการใช้โซเดียมซัลเฟตหรือแมกนีเซียมซัลเฟต

ปีที่จัดทำ พ.ศ. 2531

คลังความรู้

มาตรฐาน ข้อกำหนด
คู่มือกลาง

มาตรฐานวิธีการทดลอง (ทล.-ท.)

สำนักมาตรฐานและประเมินผล
กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม

กรมทางหลวง
กองวิเคราะห์และวิจัย
วิธีการทดลองหาค่าความคงทน (Soundness) ของมวลรวม โดยการใช้โซเดียมซัลเฟต หรือ แมกนีเซียมซัลเฟต (เทียบเท่า AASHTO T 104 หรือ ASTM C 88)

* * * * * * *

1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้ครอบคลุมถึงวิธีการทดลองเพื่อหาค่าความต้านทานต่อการแตกแยกของมวลรวมในสารละลายอิ่มตัว โซเดียมซัลเฟต หรือ แมกนีเซียมซัลเฟต เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการช่วยพิจารณาค่าความคงทนของมวลรวมที่ถูกกระทำโดยสภาพดินฟ้าอากาศ โดยเฉพาะมวลรวมที่ได้จากแหล่งที่มีข้อมูลในการทนต่อกระบวนการถูกทำลายทางธรรมชาติมีไม่เพียงพอ วิธีการทดลองโดยใช้สารละลายอิ่มตัวแต่ละชนิดดังกล่าว จะให้ผลทดลองมีค่าแตกต่างกัน ดังนั้น ในการกำหนดค่าความคงทนจะต้องระบุชนิดของสารละลายและจำนวนรอบของการทดลองอย่างชัดเจน

2. วิธีทำ

2.1 เครื่องมือ

เครื่องมือทดลองประกอบด้วย

2.1.1 ตะแกรง ช่องผ่านเป็นสี่เหลี่ยมจตุรัส ขนาดช่องผ่านของตะแกรงจะต้องสอดคล้องกับ ASTM E 11 หรือเทียบเท่า โดยมีขนาดต่างๆ ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขนาดตะแกรงที่ใช้

ขนาดตะแกรงที่ใช้ มิลลิเมตร	
มวลรวมเม็ดละเอียด	**มวลรวมเม็ดหยาบ**
0.150 (เบอร์ 100)	8.0 (5/16″)
0.30 (เบอร์ 50)	9.5 (3/8″)
0.60 (เบอร์ 30)	12.5 (1/2″)
1.18 (เบอร์ 16)	16.0 (5/8″)
2.36 (เบอร์ 8)	19.0 (3/4″)
4.00 (เบอร์ 5)	25.0 (1″)
4.75 (เบอร์ 4)	31.5 (1 1/4″)
	37.5 (1 1/4″)
	50 (2″)
	63 (2 1/2″)
	ขนาดโตกว่านี้ให้ใช้ตะแกรงที่มีขนาดใหญ่ขึ้นทีละ 1/2 นิ้ว

2.1.2 ภาชนะบรรจุสำหรับใส่ตัวอย่างมวลรวมแช่ลงในสารละลาย จะต้องมีรูพรุนเพียงพอเพื่อที่จะให้สารละลายไหลเข้าได้สะดวก และสามารถระบายออกได้โดยที่ไม่ทำให้มวลรวมสูญหาย ภาชนะบรรจุตัวอย่างอาจใช้ตะกร้าที่ทำจากลวดตาข่าย หรือตะแกรงที่มีช่องเปิดที่เหมาะสมได้

2.1.3 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ ใช้ควบคุมอุณหภูมิของตัวอย่างให้อยู่ในช่วงที่กำหนดตลอดเวลาที่แช่อยู่ในสารละลายโซเดียมซัลเฟต หรือแมกนีเซียมซัลเฟต

2.1.4 ตาชั่ง

(1) สำหรับมวลรวมเม็ดละเอียด ตาชั่งต้องชั่งได้ไม่น้อยกว่า 500 กรัม และชั่งได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

(2) สำหรับมวลรวมเม็ดหยาบ ตาชั่งต้องชั่งได้ไม่น้อยกว่า 5000 กรัม และชั่งได้ละเอียดถึง 1 กรัม

2.1.5 เตาอบต้องสามารถให้ความร้อนได้อย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 110±5 องศาเซลเซียส และอัตราการระเหยที่ช่วงอุณหภูมิดังกล่าว จะต้องไม่น้อยกว่า 25 กรัมต่อชั่วโมง เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ซึ่งตลอดช่วงเวลานี้ประตูของเตาอบจะต้องปิดสนิท อัตราการระเหยดังกล่าวสามารถหาได้จากการระเหยของน้ำที่บรรจุในถ้วยแก้วทนความร้อนทรงเตี้ย (Griffin low-form Beakers) ขนาด 1 ลิตร จำนวนของน้ำ 500 กรัม อุณหภูมิ 21±2 องศาเซลเซียส แล้วนำถ้วยแก้วที่บรรจุน้ำวางไว้ทุกมุมและตรงกลางของทุกชั้นของเตาอบ ให้ความร้อนจนได้อุณหภูมิคงที่ที่ 110±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมงติดต่อกัน ค่าการระเหยหาได้จากค่าเฉลี่ยของน้ำที่หายไปในทุกจุด และขณะทดลองหาค่าการระเหยนี้ ภายในเตาอบ จะต้องมีเฉพาะถ้วยแก้วบรรจุน้ำอยู่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น

2.1.6 เครื่องมือวัดความถ่วงจำเพาะ ต้องเป็นเครื่องมือที่เหมาะสม ทำจากแก้วอย่างดี เช่น ไฮโดรมิเตอร์ มีความเที่ยงตรงแม่นยำ สามารถอ่านค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลายได้ละเอียดถึง 0.001

2.2 วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

2.2.1 เตรียมสารละลายที่ใช้ในการทดลองโซเดียมซัลเฟต หรือ แมกนีเซียมซัลเฟตอย่างหนึ่งอย่างใดตามข้อ 2.2.2 หรือ 2.2.3 ให้มีปริมาตรอย่างน้อย 5 เท่าของปริมาตรของตัวอย่างที่จะนำมาแช่ในการทดลองแต่ละครั้ง

2.2.2 สารละลายโซเดียมซัลเฟต เตรียมสารละลายอิ่มตัวได้จากการละลายเกลือ-โซเดียมซัลเฟต เกรด USP หรือเทียบเท่า ในน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส เพิ่มจำนวนของเกลือผง (Na_2SO_4) หรือเกลือผลึก ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$) ให้พอเพียงจนแน่ใจว่าสารละลายไม่เพียงแต่จะอิ่มตัวเท่านั้นแต่จะต้องตกผลึกส่วนเกินให้เห็นด้วย เมื่อพร้อมที่จะใช้ในการทดลองคนให้เข้ากันขณะผสมเกลือลงไป และจะต้องหมั่นคนอยู่เสมอจนกว่าจะใช้งาน เพื่อป้องกันการระเหยและสิ่งสกปรก

ตกลงไปให้ปิดฝาภาชนะบรรจุไว้ ทำสารละลายให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 21±1 องศาเซลเซียส คนอีกครั้งหนึ่ง แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง ก่อนจะนำไปใช้ทดลอง หากมีผลึกเกลือปรากฏให้เห็นก่อนการใช้ในแต่ละครั้งต้องทำผลึกเกลือให้แตกคนให้ทั่ว แล้วจึงตรวจสอบค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลาย ขณะใช้งานสารละลายจะต้องมีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.151-1.174 สารละลายที่มีสีผิดไปจากเดิมให้นำทิ้งไป หรืออาจกรองแล้วตรวจสอบค่าความถ่วงจำเพาะใหม่ก่อนนำมาใช้

สำหรับสารละลายโซเดียมซัลเฟต ถ้าใช้เกลือผง (Na_2SO_4) 215 กรัม หรือเกลือผลึก ($Na_2SO_4.10H_2O$) 700 กรัม ผสมกับน้ำ 1 ลิตร แล้วจะอิ่มตัวที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าสารละลายนี้จะอิ่มตัว แต่ก็อาจจะยังไม่คงตัวเต็มที่ดังกล่าว คือ ยิ่งถ้าต้องการให้มีการตกผลึกส่วนเกินให้เห็นด้วยแล้ว ก็ควรเพิ่มการใช้เกลือผงเป็นไม่น้อยกว่า 350 กรัม หรือเพิ่มเกลือผลึกเป็นไม่น้อยกว่า 750 กรัม ผสมกับน้ำ 1 ลิตร

โดยทั่วไปเกลือโซเดียมซัลเฟตชนิดผงที่มีอยู่ในท้องตลาด ซึ่งพอจะอนุโลมเรียกเป็นเกลือผง (Na_2SO_4) ได้นั้น สามารถใช้ทำสารละลายได้ดีที่สุด ทั้งยังประหยัดกว่าเกลือผงที่แท้จริงอีกด้วย ส่วนเกลือผลึก ($Na_2SO_4 . 10H_2O$) นั้น เมื่อผสมกับน้ำจะทำให้สารละลายที่ได้เย็นตัวลงเร็วกว่าปกติ ทำให้การผสมให้เข้ากันเป็นไปได้ค่อนข้างยาก

2.2.3 สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต เตรียมสารละลายอิ่มตัวได้จากการละลายเกลือแมกนีเซียมซัลเฟต เกรด USP หรือ เทียบเท่าในน้ำที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส เพิ่มจำนวนของเกลือผง ($MgSO_4$) หรือเกลือผลึก ($MgSO_4 . 7H_2O$) ให้เพียงพอจนแน่ใจว่าสารละลายไม่เพียงแต่จะอิ่มตัวเท่านั้น แต่จะต้องตกผลึกส่วนเกินให้เห็นด้วยเมื่อพร้อมที่จะใช้ในการทดลอง คนให้เข้ากันขณะผสมเกลือลงไป และจะต้องหมั่นคนอยู่เสมอจนกว่า จะใช้งานเพื่อป้องกันการระเหยและสิ่งสกปรกตกลงไปให้ปิดฝาภาชนะบรรจุไว้ ทำสารละลายให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 21±1 องศาเซลเซียส คนอีกครั้งหนึ่งแล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง ก่อนจะนำไปใช้ทดลอง หากมีผลึกเกลือปรากฏให้เห็นก่อนการใช้ในแต่ละครั้งต้องทำผลึกเกลือให้แตกคนให้ทั่ว แล้วจึงตรวจสอบค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลาย ขณะใช้งานสารละลายจะต้องมีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.295-1.308 สารละลายที่มีสีผิดไปจากเดิมให้นำทิ้งไป หรืออาจกรองแล้วตรวจสอบค่าความถ่วงจำเพาะใหม่ก่อนนำมาใช้

สำหรับสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต ถ้าใช้เกลือผง ($MgSO_4$) 350 กรัม หรือเกลือผลึก ($MgSO_4 . 7H_2O$) 1230 กรัม ผสมกับน้ำ 1 ลิตร แล้ว จะอิ่มตัวที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าสารละลายนี้จะอิ่มตัว แต่ก็อาจจะยังไม่คงตัวเต็มที่นัก ซึ่งเกลือผงจะให้สารละลายที่คงตัวเต็มที่ดีกว่าเกลือผลึก กล่าวคือ ยิ่งถ้าต้องการให้มีการตกผลึกส่วนเกินให้เห็นด้วยแล้ว ก็ควรเพิ่มเกลือผลึกเป็นไม่น้อยกว่า 1,400 กรัม ผสมกับน้ำ 1 ลิตร

2.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ ว. 2-01 สำหรับหา % Retained ของตัวอย่าง และแบบฟอร์ม ที่ ว. 3-20 สำหรับหาส่วนที่ไม่คงทนของมวลรวม

2.4 การเตรียมตัวอย่าง

2.4.1 มวลรวมเม็ดละเอียด สำหรับมวลรวมเม็ดละเอียดที่จะนำมาใช้ในการทดลองจะต้องผ่านตะแกรงขนาด 9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว) ทั้งหมด นำมวลรวมเม็ดละเอียดดังกล่าวมาร่อนผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ ตามตารางที่ 2 จากผลการทดลอง การแบ่งขนาดส่วนของมวลรวมเม็ดละเอียดที่จะนำมาใช้ในการทดลองหาค่าความคงทน จะต้องมีปริมาณตั้งแต่ร้อยละ 5 ขึ้นไป และมวลที่ใช้ในการทดลอง แต่ละช่วงขนาดตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2 จะต้องไม่น้อยกว่า 100 กรัม

ตารางที่ 2 ขนาดตะแกรงและมวลของมวลรวมเม็ดละเอียดที่ใช้ในการทดลอง

ขนาดตะแกรง มิลลิเมตร		มวลเป็นกรัม
ผ่าน	ค้าง	
0.60 (เบอร์ 30)	0.30 (เบอร์ 50)	100
1.18 (เบอร์ 16)	0.60 (เบอร์ 30)	100
2.36 (เบอร์ 8)	1.18 (เบอร์ 16)	100
4.75 (เบอร์ 4)	2.36 (เบอร์ 8)	100
9.5 (3/8″)	4.75 (เบอร์ 4)	100

2.4.2 มวลรวมเม็ดหยาบ สำหรับมวลรวมเม็ดหยาบที่จะนำมาใช้ในการทดลองจะต้องร่อนเอาส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) ออกให้หมด นำมวลรวมเม็ดหยาบดังกล่าวมาร่อนผ่านตะแกรงต่าง ๆ ตามตารางที่ 3 จากผลการทดลองการแบ่งขนาดส่วนของมวลรวมเม็ดหยาบที่จะนำมาใช้ในการทดลองหาค่าความคงทน จะต้องมีปริมาณในแต่ละช่วงขนาดที่ใช้ทดลองตั้งแต่ร้อยละ 5 ขึ้นไป และมวลที่ใช้ในการทดลองแต่ละช่วงขนาดตามตารางที่ 3

2.4.3 เมื่อมวลรวมที่จะใช้ทดลองประกอบด้วยมวลรวมเม็ดละเอียด และมวลรวมเม็ดหยาบโดยที่มีส่วนค้างตะแกรงขนาด 9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว) มากกว่าร้อยละ 10 โดยมวล และมีส่วนผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) มากกว่าร้อยละ 10 โดยมวลแล้ว ให้แบ่งตัวอย่างออกเป็นส่วนละเอียดที่ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) และทดลองตามวิธีการทดลองมวลรวมเม็ดหยาบกับส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) ตามลำดับ การรายงานผลให้แยกรายงานค่าส่วนที่ไม่คงทนของส่วนละเอียดและส่วนหยาบ และรายงานร้อยละของส่วนละเอียดและส่วนหยาบที่มีอยู่ในมวลรวมทั้งหมดด้วย

ตารางที่ 3 มวลของมวลรวมเม็ดหยาบที่ใช้ในการทดลอง

ขนาดที่ใช้ทดลอง มิลลิเมตร	ขนาดตะแกรง มิลลิเมตร		มวลเป็นกรัม
	ผ่าน	ค้าง	
9.5 (3/8″)-4.75 (เบอร์ 4)	9.5 (3/8″)	4.75 (เบอร์ 4)	300±5
19.0 (3/4″)-9.5 (3/8″) ประกอบด้วย			1000±10
	12.5 (1/2″)	9.5 (3/8″)	330±5
	19.0 (3/4″)	12.5 (1/2″)	670±10
37.5 (1 1/2″)-19.0 (3/4″) ประกอบด้วย			1500±50
	25.0 (1″)	19.0 (3/4″)	500±30
	37.5 (1 1/2″)	25.0 (1″)	1000±50
63 (2 1/2″)-37.5 (1 1/2″) ประกอบด้วย			5000±300
	50 (2″)	37.5 (1 1/2″)	2000±200
	63 (2 1/2″)	50 (2″)	3000±300
ขนาดที่โตกว่านี้ให้แบ่งเป็นช่วง ช่วงละ 25 มิลลิเมตร (1 นิ้ว) และใช้มวลในแต่ละช่วง			7000±1000

หมายเหตุ (1) ในกรณีของขนาดที่ใช้ทดลอง ประกอบด้วยมวลรวมเม็ดหยาบ 2 ช่วง แต่มวลของช่วงหนึ่งช่วงใดขาดหายไปบ้าง โดยมวลไม่เป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 3 ไม่ควรเอามวลของอีกขนาดหนึ่งมาทดแทนกัน ให้ดำเนินการขอตัวอย่างเพิ่มจนได้มวลตามที่กำหนด

(2) ในกรณีของขนาดที่ใช้ทดลองอยู่ในช่วงที่ตารางที่ 3 กำหนดว่า ประกอบด้วยมวลรวมเม็ดหยาบ 2 ช่วงแล้ว แต่ขนาดของช่วงหนึ่งช่วงใดขาดหายไปหมด เช่น ในกรณีของวัสดุ Single Size อาจใช้มวลของขนาดที่มีอยู่มาทำการทดลองแทนโดยอนุโลม

2.5 การทดลอง

2.5.1 การเตรียมตัวอย่างเพื่อการทดลอง

(1) สำหรับมวลรวมละเอียดให้ล้างตัวอย่างบนตะแกรงขนาด 0.30 มิลลิเมตร (เบอร์ 50) อบจนมวลคงที่ที่อุณหภูมิ 110±5 องศาเซลเซียส แยกขนาดของวัสดุ โดยใช้ตะแกรงขนาดต่าง ๆ ตามตารางที่ 2 เลือกตัวอย่างให้มีมวลเกินกว่า 100 กรัม บนแต่ละชั้นของตะแกรงไว้ทำการทดลอง (โดยทั่วไปเตรียมไว้ประมาณ 110 กรัม) อย่านำวัสดุที่ติดค้างอยู่ระหว่างช่องตะแกรงมาทดลอง ชั่งมวลของแต่ละตัวอย่างแยกจากกันให้ได้ตัวอย่างละ 105±5 กรัม แยกบรรจุลงในภาชนะบรรจุตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้ใช้ในการทดลองต่อไป

(2) สำหรับมวลรวมเม็ดหยาบให้ล้างตัวอย่าง แล้วอบจนมีมวลคงที่ที่อุณหภูมิ 110±5 องศาเซลเซียส แยกขนาดของวัสดุโดยใช้ตะแกรงขนาดต่าง ๆ ตามตารางที่ 3 แยกชั่งมวลของตัวอย่างที่ค้างอยู่บนแต่ละชั้นของตะแกรงให้ได้มวลตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3 และถ้าขนาดที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยมวลรวม 2 ช่วงแล้ว ให้รวมมวลกันให้ได้ตามที่กำหนดไว้จดบันทึกมวลที่ใช้ในการทดลอง และมวลของส่วนประกอบแต่ละขนาดด้วย สำหรับตัวอย่างของวัสดุที่มีขนาดโตกว่า 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) จะต้องนับจำนวนก้อนในแต่ละขนาดที่ใช้ทดลองและจดบันทึกไว้ด้วย

2.5.2 การทดลอง

(1) แช่ตัวอย่างลงในสารละลายโซเดียมซัลเฟต หรือแมกนีเซียมซัลเฟต เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 18 ชั่วโมง สารละลายจะต้องท่วมตัวอย่างอย่างน้อย 12.5 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว) ปิดฝาภาชนะบรรจุตัวอย่างที่กำลังทดลอง เพื่อลดการระเหยของสารละลายและป้องกันสิ่งแปลกปลอมอื่นตกลงไปในสารละลาย และตลอดระยะเวลาที่แช่ตัวอย่างทดลองจะต้องรักษาและควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่อุณหภูมิ 21±1 องศาเซลเซียส

สำหรับมวลรวมที่มีมวลเบามากเมื่อแช่ตัวอย่างลงในสารละลายขณะทำการทดลอง อาจใช้ตะแกรงที่มีน้ำหนักเหมาะสมปิดทับเพื่อให้ตัวอย่างจมในสารละลาย

(2) หลังจากแช่จนได้กำหนดเวลาแล้ว ให้นำตัวอย่างมวลรวมออกจากสารละลาย ปล่อยทิ้งไว้อีก 15±5 นาที เพื่อให้สารละลายที่อาจมีติดค้างอยู่ตามเม็ดตัวอย่างไหลออกหมด แล้วนำไปเข้าเตาอบซึ่งได้ทำให้มีความร้อนที่อุณหภูมิคงที่ที่ 110±5 องศาเซลเซียส อยู่ก่อนแล้ว อบตัวอย่างที่อุณหภูมินั้นจนตัวอย่างมีมวลคงที่ สำหรับระยะเวลาในการอบจนมีมวลคงที่นั้นให้ใช้เวลาที่ได้จากการทดลอง โดยเอาตัวอย่างบรรจุจนเต็มเตาอบที่มีอุณหภูมิคงที่ 110±5 องศาเซลเซียส แล้วทำการตรวจสอบมวลที่หายไปของตัวอย่างโดยนำออกมาชั่งทั้งที่ยังร้อนอยู่ หลังจากอบไปแล้วทุกช่วง 2-4 ชั่วโมง ทำการตรวจสอบหลาย ๆ ครั้ง จนแน่ใจว่าได้มวลที่คงที่แล้ว เวลาที่ใช้ในการอบจะขึ้นอยู่กับสภาพของตัวอย่างและตำแหน่งที่วาง ซึ่งควรจะเป็นไปตามข้อ 2.1.5 การพิจารณาว่ามวลคงที่จะคิดไว้เมื่อมวลมีการเปลี่ยนแปลงไปไม่เกิน ร้อยละ 0.1 ในช่วง 4 ชั่วโมง ของการอบ และเมื่อตัวอย่างมีมวลคงที่แล้วให้ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วดำเนินการตามข้อ 2.5.2 (1)

หมายเหตุ เวลาที่ใช้ในการอบเพื่อให้มวลของตัวอย่างคงที่จะต้องพิจารณาหลาย ๆ ด้าน ประสิทธิภาพของการอบจะลดลงเรื่อย ๆ ตามจำนวนรอบในการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากเกลือที่ติดที่ผิวของตัวอย่างและอาจจะเนื่องมาจากการเพิ่มพื้นที่ผิวที่แตกของตัวอย่าง ขนาดที่แตกต่างกันของเม็ดตัวอย่างก็ทำให้เวลาในการแห้งของตัวอย่างต่างกันออกไป ตัวอย่างเม็ดเล็กจะแห้งช้ากว่า เนื่องจากพื้นที่ผิวที่มากกว่าและช่องว่างระหว่างเม็ดมีจำกัดกว่า แต่ผลต่าง ๆ เหล่านี้ อาจเปลี่ยนแปลงได้เนื่องจากรูปร่างและขนาดของภาชนะบรรจุ

(3) ให้ทำการทดลองซ้ำโดยการแช่แล้วนำไปอบให้แห้งตามข้อ 2.5.2 (1) และข้อ 2.5.2 (2) จนกระทั่งครบ 5 รอบ หรือตามรอบที่ระบุไว้ในข้อกำหนดของการใช้งานของวัสดุนั้น ๆ

ในกรณีที่ทำการทดลองคร่อมวันหยุด ให้ทิ้งตัวอย่างที่อบแห้งและมีมวลคงที่แล้วที่อุณหภูมิห้องและให้เริ่มทำการทดลองต่อไปในวันเปิดทำการ

(4) หลังจากการทดลองรอบสุดท้ายเสร็จสิ้นและทิ้งตัวอย่างจนเย็นลงที่อุณหภูมิห้องแล้ว ให้ล้างตัวอย่างด้วยน้ำจนปราศจากสารละลายโซเดียมซัลเฟต หรือแมกนีเซียมซัลเฟต ซึ่งจะทดลองให้เห็นได้ว่าสะอาดจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากน้ำที่ล้างผสมแบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2$) วิธีการล้างให้ล้างตัวอย่างในภาชนะด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 43±6 องศาเซลเซียส ให้น้ำไหลเข้าตอนล่างของภาชนะและปล่อยให้น้ำล้นผ่านตัวอย่างจนสะอาด (โดยทั่วไปประมาณ 15 นาที) ในระหว่างการล้างตัวอย่างจะต้องไม่ถูกกระแทก หรือเสียดสีกันจนเกิดการแตกขึ้น

(5) หลังจากล้างตัวอย่างจนสะอาดแล้ว ให้นำตัวอย่างไปอบจนมีมวลคงที่ที่อุณหภูมิ 110±5 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงสำหรับมวลรวมเม็ดละเอียดให้ใช้ตะแกรงที่มวลรวมค้างตามตารางที่ 2 ร่อน สำหรับมวลรวมเม็ดหยาบให้ใช้ตะแกรงตามตารางที่ 4 ร่อน

วิธีการและช่วงเวลาของการร่อนมวลรวมเม็ดละเอียดพยายามให้ใกล้เคียงกับที่ใช้ในตอนร่อนเตรียมตัวอย่างทดลอง สำหรับมวลรวมเม็ดหยาบให้ทำการร่อนด้วยมือ ความแรงของการร่อนให้พอแน่ใจว่าตัวอย่างก้อนที่เล็กกว่าสามารถผ่านตะแกรงได้ โดยไม่มีการกระทำอื่นใดมาช่วยเสริมให้ผ่านตะแกรงหรือทำให้เกิดการแตก

ชั่งมวลของตัวอย่างที่ค้างอยู่บนแต่ละชั้นของตะแกรง บันทึกเปรียบเทียบกับมวลที่ชั่งไว้ก่อนแช่ในสารละลาย ค่าที่แตกต่างกัน คือ ค่าของส่วนที่ไม่คงทนที่เกิดขึ้นจากการทดลอง ให้รายงานเป็นร้อยละเมื่อเทียบกับมวลก่อนการทดลอง

ตารางที่ 4 ขนาดของตะแกรงที่ใช้ร่อนหาส่วนที่ไม่คงทนของมวลรวมเม็ดหยาบ

ขนาดที่ใช้ทดลอง มิลลิเมตร	ขนาดตะแกรงที่ใช้ร่อน มิลลิเมตร
63 (2 1/2 #) -37.5 (1 1/2″)	3.15 (1. 1/4″)
37.5 (1 1/2″)-19.0 (3/4″)	16.0 (5/8″)
19.0 (3/4″)-9.5 (3/8″)	8.0 (5/16″)
9.5 (3/8″)-4.75 (เบอร์ 4)	4.0 (เบอร์ 5)

3. การคำนวณ

3.1 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Examination)

3.1.1 คำนวณหามวลที่หายไปหลังจากการทดลอง คือ การหาค่าของส่วนที่ไม่คงทน (Actual Loss) จากแบบฟอร์มที่ ว.3-20 ได้ดังนี้

Actual Loss (4) = Mass of Test Fraction Before Test (2)-Mass of Test Fraction After Test (3)

3.1.2 คำนวณหา Actual Percentage Loss

$$\text{Actual \% Loss (5)} = \frac{\text{Actual Loss (4)}}{\text{Mass of test Fraction Before Test (2)}} \times 100$$

3.1.3 คำนวณหา Weighted Percentage Loss

$$\text{Weighted \% Loss (6)} = \frac{\text{Actual \% Loss (5)} \times \text{\% Retained of Original Sample (1)}}{100}$$

3.1.4 คำนวณหา Total Percentage Loss

Total % Loss = ผลบวกของ Weighted % Loss (6)

3.2 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative Examination)

3.2.1 ให้นับตัวอย่างก้อนที่โตกว่า 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) ตามวิธีต่อไปนี้

(1) ให้แยกชิ้นส่วนของตัวอย่างเป็นกลุ่มตามสภาพการแตกที่เกิดขึ้น สภาพการแตกของตัวอย่างจากการทดสอบตามวิธีนี้ โดยทั่วไปพอจะแยกได้เป็น แตกแยก (Disintegration) หรือแยกออกจากกัน (Splitting) ยุ่ยสลายเป็นชิ้นเล็ก ๆ (Crumbling) เกิดรอยร้าว (Cracking) หลุดเป็นแผ่น ๆ (Flaking)

ขณะที่มีการตรวจสอบตัวอย่างก้อนที่โตกว่า 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) อยู่นั้น อาจจะต้องมีการตรวจสอบก้อนที่มีขนาดเล็กกว่า 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) ลงมาบ้าง ทั้งนี้เพื่อจะได้รู้ถึงสภาพการแตกแยกที่อาจจะมีเพิ่มขึ้น

(2) นับชิ้นส่วนที่ถูกแยกออกในแต่ละกลุ่มที่มีการแตกเกิดขึ้น

(3) เปอร์เซ็นต์ความไม่คงทนของแต่ละกลุ่มหาได้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความไม่คงทนของแต่ละกลุ่ม} = \frac{\text{จำนวนก้อนที่เปลี่ยนสภาพในแต่ละกลุ่ม} \times 100}{\text{จำนวนก้อนทั้งหมดก่อนการทดลอง}}$$

4. การรายงาน

4.1 รายงานค่าส่วนที่ไม่คงทน (Total Percentage Loss) เป็นร้อยละ โดยใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง ในแบบฟอร์มที่ ว.3-20

4.2 ค่าถัวเฉลี่ย (Weighted Average) ซึ่งหาได้จากเปอร์เซ็นต์ของส่วนที่ไม่คงทน (Loss) ของแต่ละขนาด ขึ้นอยู่กับขนาดคละ (Grading) ของตัวอย่างที่นำมาทดลอง หรืออาจกล่าวได้ว่าขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยของขนาดคละของวัสดุจากแต่ละขนาดของตัวอย่างที่ได้รับยกเว้นกรณีต่อไปนี้

4.2.1 สำหรับมวลรวมเม็ดละเอียด (ซึ่งมีขนาดโตกว่าตะแกรงขนาด 9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว) น้อยกว่าร้อยละ 10) ให้ตั้งสมมุติฐานไว้ว่า ขนาดที่เล็กกว่าตะแกรงขนาด 0.30 มิลลิเมตร (เบอร์ 50) มีส่วนที่ไม่คงทน (Loss) เท่ากับร้อยละ ศูนย์ (0%) และขนาดที่โตกว่าตะแกรงขนาด 9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว) มีส่วนที่ไม่คงทนเท่ากับขนาดที่ค้างตะแกรงขนาดเล็กกว่าขนาดถัดไปในรายงานผลการทดลองและต้องมีค่าผลการทดลองด้วย

4.2.2 สำหรับมวลรวมเม็ดหยาบ (ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) น้อยกว่าร้อยละ 10) ให้ตั้งสมมุติฐานไว้ว่า ขนาดที่เล็กกว่าตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) มีส่วนที่ไม่คงทน (Loss) เท่ากับขนาดที่ค้างตะแกรงขนาดโตกว่าขนาดถัดไปในรายงานผลการทดลอง และต้องมีค่าผลการทดลองด้วย

4.2.3 สำหรับมวลรวมที่ประกอบด้วย มวลรวมเม็ดหยาบและเม็ดละเอียดให้แยกทดลองเป็น 2 ชนิด ตามข้อ 2.4.3 ให้แยกคำนวณค่าถัวเฉลี่ยของส่วนที่ไม่คงทน (Weighted Percentage Loss) สำหรับส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) โดยให้ทำขนาดคละ (Grading) ของส่วนละเอียดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ก่อน การรายงานผลการทดลองให้รายงานแยกจากกัน โดยรายงานเปอร์เซ็นต์ของวัสดุส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) และส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) จริง ๆ มาด้วย

4.2.4 สำหรับการคำนวณค่าถัวเฉลี่ยของตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้ตามข้อ 2.4.1 และ 2.4.2 ถ้ามีขนาดที่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของตัวอย่าง ซึ่งไม่ได้นำไปทดลอง ให้ถือว่ามีส่วนที่ไม่คงทน (Loss) เท่ากับค่าเฉลี่ยของส่วนที่ไม่คงทนของขนาดที่โตกว่าขนาดถัดไป และขนาดที่เล็กกว่าขนาดถัดไป แต่ถ้าหากมีขนาดหนึ่งขนาดใดขาดหายไป ก็ให้ถือเอาค่าของขนาดถัดไปอันหนึ่งอันใด ไม่ว่าโตกว่าหรือเล็กกว่าที่มีค่าผลการทดลองมาใช้เป็นค่าส่วนที่ไม่คงทน

4.3 ในกรณีของก้อนที่มีขนาดโตกว่า 19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว) ก่อนการทดลองให้รายงานจำนวนก้อนก่อนการทดลอง และจำนวนก้อนที่แตกตามสภาพต่าง ๆ หลังการทดลองด้วย

สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง

อันดับทดลองที่ A-18/31 วันที่รับตัวอย่าง 30 มิ.ย. 2531 วันที่ทดลอง 4 ธ.ค. 2531
เจ้าของตัวอย่าง บริษัทวิศวก่อสร้าง นิกส์ หนังสือที่ 0 ก.015/2531 ลว. 21 มิ.ย. 2531
ทางสาย กรุงเทพ-สระบุรี เจ้าหน้าที่ทดลอง วิชา

SOUNDNESS TEST OF AGGREGATE

Sample หิน Lime Stone สีเทาอ่อน (ใช้ผสมคอนกรีต)
Source โรงโม่หินหน้าพระลาน กม. 135+000 ข้างทางสายสระบุรี-ลพบุรี

1. Quantitative Examination ☑ Coarse Aggregate ☐ Fine Aggregate
Plus 4.75 mm. .....% Minus 4.75 mm. .....%

Sieve Size, mm.	%Retained of Original Sample (1)	Mass of Test Fraction Before Test, gm. (2)	Mass of Test Fraction After Test, gm. (3)	Actual Loss, gm. (4)=(2)-(3)	Actual% Loss. $(5)=\frac{(4)}{(2)}\times 100$	Weighted %Loss $(6)=\frac{(1)\times(5)}{100}$
63-37.5	4.8	-	-	-	1.59	0.08
37.5-19.0	43.7	1,510	1,486	24	1.59	0.69
19.0-9.5	37.5	1,005	987	18	1.79	0.67
9.5-4.75	11.0	300	289	11	3.67	0.40
Minus 4.75	3.0	-	-	-	3.67	0.11
					-	
					Total % Loss	2.0

2. Quanlitative Examination of Aggregate Larger than 19.0 mm.

Sieve Size, mm.	Particles Exhibiting of Distress								Total No. of Particles Before Test
	Splitting		Crumbling		Cracking		Flaking		
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	
37.5-19.0	2	3.9	1	2.0	3	5.9	-		51

3. Solution ☑ Sodium Sulfate ☐ Magnesium Sulfate
☐ Freshly Prepared ☑ Previously Used

4. Number of Cycles 5 Cycles.

Remark :

ค่าธรรมเนียมการทดลองเป็นเงิน.....บาท
ผลการทดลองนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทางได้รับเท่านั้น