คู่มือการจำแนกประเภทงานตัดคันทาง (ดิน-หินผุ-หินแข็ง)

โดยวิธีการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห

ปีที่จัดทำ 2557

คลังความรู้

มาตรฐาน ข้อกำหนด
คู่มือกลาง

คู่มือด้านสำรวจและออกแบบ
คู่มือปฏิบัติงานด้านสำรวจและออกแบบ

สำนักสำรวจและออกแบบ
กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม

คู่มือการจำแนกงานตัดคันทาง (ดิน – หินผุ – หินแข็ง)

โดยวิธีการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห

ส่วนสำรวจและวิเคราะห์ทางธรณีวิทยา

สำนักสำรวจและออกแบบ กรมทางหลวง

กันยายน 2557

คำนำ

การสร้างถนนในแนวใหม่หรือการปรับปรุงเพิ่มช่องจราจรของถนนเดิม หลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องทำการสร้างผ่านพื้นที่ภูเขา ที่มีชั้นหินหรือมวลหิน ในกรณีที่เป็นชั้นดิน หรือหินผุ สามารถใช้เครื่องจักรขุดตักออกไปได้ แต่ถ้าเป็นหินแข็ง จำเป็นต้องทำการเจาะและระเบิดออกไป การใช้เครื่องจักรขุดตักดิน หรือหินผุ จะมีมูลค่างานแตกต่างกัน มูลค่างานของงานเจาะ และระเบิด มีมูลค่างานสูงที่สุด

การสำรวจเพื่อหาปริมาณของดิน หินผุหรือหินแข็ง จะทำให้การประมาณการมูลค่าของวัสดุแต่ละประเภทได้ใกล้เคียงกับสภาพการก่อสร้างจริง ทำให้การบริหารจัดการก่อสร้างทำได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และนอกจากนี้ ยังสามารถใช้เป็นแนวทางเลือกเพื่อกำหนดแนวการก่อสร้างแนวเส้นทางอื่น ที่หลีกเลี่ยงบริเวณหินแข็ง เพื่อลดงบประมาณในการก่อสร้าง

ในการสำรวจใต้พื้นดิน ส่วนใหญ่จะใช้วิธีทางธรณีเทคนิค เช่น การเก็บตัวอย่างจากหลุมเจาะสว่าน การเจาะสำรวจ การสำรวจด้วยวิธีเจาะหยั่งด้วยหัวกรวย หรือใช้วิธีการสำรวจด้วยธรณีฟิสิกส์ เช่น การสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือน การสำรวจด้านความโน้มถ่วง แต่การสำรวจโดยพื้นฐานส่วนใหญ่แล้ว จะใช้การสำรวจด้วยวิธีทางธรณีฟิสิกส์ก่อน เนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้เวลาในการสำรวจน้อยกว่า ประหยัดงบประมาณมากกว่า โดยเฉพาะการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือน เป็นการสำรวจที่นิยมมากสำหรับหลายๆ โครงการ เช่น การสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนเพื่อหาแหล่งน้ำมัน หาแหล่งถ่านหิน หรือแหล่งแร่ประเภทต่างๆ

การสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือน จะสามารถทราบถึงความหนาของวัสดุ และความเร็วคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านวัสดุแต่ละชั้น เมื่อเราทราบความเร็วคลื่นของวัสดุแล้ว ก็นำไปเปรียบเทียบกับความสามารถของเครื่องจักร เพื่อกำหนดประเภทของวัสดุ ว่าเป็นชั้นดิน ชั้นหินผุหรือชั้นหินแข็ง และนำข้อมูลดังกล่าวไปวิเคราะห์ร่วมกับ Cross-section ของพื้นที่ที่ทำการสำรวจ ก็จะได้ปริมาณของดิน หินผุ และหินแข็งของแต่ละพื้นที่สำรวจ หรือเป็นปริมาณของดิน หินผุหรือหินแข็ง ของแต่ละโครงการก่อสร้าง ทำให้ประเมินมูลค่างานหรืองบประมาณ สำหรับงานตัดแต่ละชนิดวัสดุ ในโครงการก่อสร้างต่างๆ ได้ใกล้เคียงกับสภาพงานก่อสร้างจริง

สารบัญ

คำนำ ก

สารบัญ ข

สารบัญรูป ง

สารบัญตาราง ฉ

สารบัญแผนภูมิ ช

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 กรอบแนวความคิด 1

1.3 วัตถุประสงค์ของคู่มือ 2

1.4 ขอบเขตของคู่มือ 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ 3

บทที่ 2 การเปรียบเทียบความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเหกับความสามารถของเครื่องจักร 4

2.1 การสำรวจธรณีวิทยาใต้พื้นผิวด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห 4

2.2 ประเภทของงานตัดคันทาง 7

2.2.1 งานตัดดิน 7

2.2.2 งานตัดหินผุ 7

2.2.3 งานตัดหินแข็ง 7

2.2.4 งานขุดวัสดุที่ไม่เหมาะสม 7

2.2.5 งานขุดบริเวณดินอ่อน 7

2.3 การเปรียบเทียบความเร็วคลื่นไหวสะเทือนกับความสามารถของเครื่องจักร 7

บทที่ 3 วิธีการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห 11

3.1 การคัดเลือกสายทางเพื่อสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห 11

3.1.1 ศึกษาแผนการก่อสร้าง 11

3.1.2 คัดเลือกสายทาง 11

3.1.3 ลำดับความสำคัญของสายทาง 11

3.1.4 ศึกษาข้อมูลการสำรวจแนวทาง 11

3.1.5 ติดต่อประสานงานกับวิศวกรผู้ออกแบบ 11

3.2 การเตรียมการก่อนการสำรวจ 11
3.2.1 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลเบื้องต้น 11
3.2.2 เตรียมข้อมูล Alignment, Profile, Cross-Section ของพื้นที่การสำรวจ 12
3.2.3 การกำหนดปริมาณงาน และระยะเวลาในการสำรวจ 12
3.2.4 การกำหนดงบประมาณในการสำรวจ 12
3.2.5 การกำหนดเวลาการสำรวจ 13
3.3 การจัดเตรียมอุปกรณ์การสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห 13
3.3.1 แหล่งกำเนิดคลื่นยืดหยุ่น 13
3.3.2 ตัวรับคลื่นยืดหยุ่น 14
3.3.3 ชุดเครื่องมือบันทึกสัญญาณ 15
3.3.4 สายนำสัญญาณ Trigger 15
3.3.5 เทปวัดระยะทาง 16
3.3.6 กล้องสำรวจ 16
3.3.7 เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา 16
3.4 ขั้นตอนการสำรวจ 16
3.4.1 ขั้นตอนเตรียมการสำรวจ 16
3.4.2 การเตรียมพื้นที่การสำรวจ 18
3.4.3 ขั้นตอนการสำรวจ 18
บทที่ 4 การแปลผลข้อมูลจากการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห 27
4.1 การแปลผลจากโปรแกรม Surface Wave Analysis 27
4.2 การแปลผลจากโปรแกรม Plotrefa 35
บทที่ 5 การรายงานผล 44
5.1 การรายงานผลในรูปแบบ Profile Grade ของพื้นที่สำรวจ 44
5.2 การรายงานผลในรูปแบบตาราง 45
5.3 การรายงานผลในรูปแบบ Cross – Section 46
เอกสารอ้างอิง 48

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะภาพจำลองโดยการสำรวจ ธรณีวิทยาใต้พื้นผิวด้วย
คลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห 6

รูปที่ 2.2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของความเร็วคลื่นไหวสะเทือนและ
ความสามารถของเครื่องจักร 8

รูปที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบชนิดดิน ความเร็วคลื่นและความสามารถของเครื่องจักร 9

รูปที่ 3.1 แสดงการใช้ค้อนทุบแผ่นเหล็ก เพื่อเป็นแหล่งกำเนิดคลื่น 13

รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะรูปร่างของ จีโอโฟน และสายนำสัญญาณ 14

รูปที่ 3.3 แสดงชุดเครื่องมือบันทึกสัญญาณ และแบตเตอรี่ 15

รูปที่ 3.4 แสดงสายนำสัญญาณ Trigger 15

รูปที่ 3.5 แสดงการวัดระยะ และกำหนดจุดวางตัวรับสัญญาณ ในการสำรวจ 18

รูปที่ 3.6 แสดงการปักจีโอโฟน และการเชื่อมต่อสายนำสัญญาณ 19

รูปที่ 3.7 แสดงตำแหน่งของการเชื่อมต่อสายสัญญาณต่างๆ
เครื่องมือสำรวจยี่ห้อ OYO รุ่น 1125A 20

รูปที่ 3.8 แสดงปุ่มฟังค์ชันต่างๆในการใช้งาน 21

รูปที่ 3.9 แสดงฟังค์ชันการตั้งค่าของปุ่ม F2 22

รูปที่ 3.10 แสดงฟังชันก์ต่างๆของปุ่ม F4 22

รูปที่ 3.11 แสดงการวางแนวสำรวจสำหรับการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห 24

รูปที่ 3.12 แสดงภาพหน้าจอที่เตรียมพร้อมการรับสัญญาณคลื่น 24

รูปที่ 3.13 แสดงคลื่นที่ได้จากแหล่งกำเนิดคลื่น ในบริเวณจุดกึ่งกลางของแนวสำรวจ 25

รูปที่ 4.1 แสดงขั้นตอนการเปิดโปรแกรม Surface Wave Analysis 27

รูปที่ 4.2 แสดงขั้นตอนการเลือกข้อมูลที่ต้องการแปลผล 28

รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะคลื่นที่ได้จากการสำรวจ 28

รูปที่ 4.4 แสดงการกำหนดระยะห่างจีโอโฟน และระยะแหล่งกำเนิดคลื่น 29

รูปที่ 4.5 แสดงตำแหน่งของการกำหนดระยะห่างของจีโอโฟนและแหล่งกำเนิดคลื่น 30

รูปที่ 4.6 แสดงระยะของแหล่งกำเนิดคลื่นและจีโอโฟน 30

รูปที่ 4.7 แสดงรูปร่างของคลื่น ตามระยะในการดำเนินการสำรวจ 31

รูปที่ 4.8 แสดงคลื่นตัวแรกที่ถูกเลือกจากโปรแกรม 31

รูปที่ 4.9 แสดงคลื่นตัวแรกหลังจากทำการแก้ไข 32

รูปที่ 4.10 แสดงTravel Time Curve ของแหล่ง กำเนิดคลื่น ณ จุดกำเนิดคลื่นแรก 32

รูปที่ 4.11 แสดงTravel Time Curve ของแหล่ง กำเนิดคลื่น แต่ละตำแหน่งจุดกำเนิดคลื่น 33

รูปที่ 4.12 แสดงขั้นตอนการบันทึกข้อมูล Travel Time curve 33
รูปที่ 4.13 แสดงขั้นตอนการตั้งชื่อ ข้อมูลที่บันทึก 34
รูปที่ 4.14 แสดงขั้นตอนสุดท้ายของการบันทึกข้อมูล Travel Time curve 34
รูปที่ 4.15 แสดงการเปิดโปรแกรม Plotrefa และการเลือกไฟล์จากโปรแกรม
Surface Wave Analysis 35
รูปที่ 4.16 แสดงการเลือกและเปิดไฟล์ที่ได้จากโปรแกรม Surface Wave Analysis 36
รูปที่ 4.17 แสดง Travel Time Curve ของคลื่นจากแหล่งกำเนิดทั้ง 5 จุด 36
รูปที่ 4.18 แสดงการ Import ค่าระดับที่ได้จากการสำรวจ 37
รูปที่ 4.19 แสดงรูปแบบตำแหน่งและค่าระดับ ของจีโอโฟนและแหล่งกำเนิดคลื่น 38
รูปที่ 4.20 แสดงค่าระดับที่ถูก Import เข้ามา 39
รูปที่ 4.21 แสดงเมนูบาร์ที่ใช้ในการแก้ไข Travel Time Curve 40
รูปที่ 4.22 แสดงเมนูบาร์ที่ใช้ในการกำหนดจำนวนชั้นของชั้นดิน ชั้นหินในการแปลผล 40
รูปที่ 4.23 แสดงลักษณะเส้นความชันและจุดเปลี่ยนความชันของ Travel Time Curve 41
รูปที่ 4.24 แสดงการใช้คำสั่ง Do Time – Term Inversion เพื่อหาค่าความเร็วคลื่น 41
รูปที่ 4.25 แสดงค่าความเร็วคลื่นและระดับความลึกชั้นดิน 42
รูปที่ 4.26 แสดงค่าความลึกของชั้นดิน หรือชั้นหินชั้นที่สอง 43
รูปที่ 5.1 แสดงการรายงานผลในรูปแบบ Profile Grade ของพื้นที่สำรวจ 44
รูปที่ 5.2 แสดงค่าความหนาของชั้นดินหรือชั้นหินชั้นแรก ณ ตำแหน่งต่างๆของจีโอโฟน 45
รูปที่ 5.3 แสดงพื้นที่หน้าตัดคันทางของแต่ละ Cross-Section ในพื้นที่ (เส้นทางสาย
ตะนาวศรี – กอกะเร็ก กม.25+175) 47

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าความหนาแน่น ค่าความเร็วของคลื่น ในตัวกลางชนิดต่าง ๆ 5
ตารางที่ 2.2 แสดงการแบ่งระยะของรอยแตกเรียบ 10
ตารางที่ 5.1 ตารางจำแนกประเภท ดิน หินผุและหินแข็ง จากการเปรียบเทียบความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนกับความสามารถของเครื่องจักร 46

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ 2.1 แสดง Flow Chat ขั้นตอนการสำรวจ 17

บทคัดย่อ

งานตัดคันทางประเภท ดิน หินผุและหินแข็ง อาจจะพบได้ในบางสายทางที่มีการสร้างถนนผ่านพื้นที่ภูเขา การกำหนดประเภทของงานตัดคันทางดังกล่าว ตามมาตรฐานของกรมทางหลวง ถูกกำหนดโดยกำลังของเครื่องจักร แต่ในขั้นตอนของการออกแบบ ไม่สามารถนำเครื่องจักรมาใช้ในการวัดได้ ต้องนำวิธีการอื่นมากำหนดประเภทของงานตัดคันทาง

ส่วนสำรวจและวิเคราะห์ทางธรณีวิทยา สำนักสำรวจและออกแบบ กรมทางหลวง จึงได้นำเสนอวิธีการสำรวจปริมาณของงานตัดคันทางแต่ละประเภท โดยประยุกต์การสำรวจธรณีวิทยาใต้พื้นผิวด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห เปรียบเทียบกับความสามารถของเครื่องจักร ตามมาตรฐานของ Caterpillar Performance Handbook Edition 12 ในการกำหนดประเภทของงานตัดคันทาง เพื่อแก้ไขปัญหาการกำหนดปริมาณงานตัดคันทาง

การสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเหจะเริ่มจาก จัดทำข้อมูลเบื้องต้นก่อนการออกสำรวจการเป็นการเก็บข้อมูลเบื้องต้นก่อนทำการสำรวจ เช่น การใช้แผนที่ธรณีวิทยา แผนที่ภูมิประเทศหรือศึกษาจากรายงานเก่าๆ ที่มีพื้นที่ใกล้เคียงกับพื้นที่ที่จะทำการสำรวจ เพื่อทราบข้อมูลของชนิดหิน ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาหรือข้อมูลอื่นๆ ตามต้องการ ทำการวางแผนการสำรวจ จัดเตรียมงบประมาณและจัดเตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็น เมื่อได้ข้อมูลเบื้องต้นดังกล่าวแล้ว ก็ทำการสำรวจ โดยการกำหนดแนวสำรวจ ถ้าเป็นสายทางที่ตัดใหม่จะเน้นการสำรวจบริเวณแนวกึ่งกลางถนน (Center Line) ส่วนในบริเวณสายทางที่ทำการขยายผิวการจราจร จะเน้นบริเวณที่มีงานตัดในปริมาณที่มากก่อน ซึ่งต้องอาศัย Cross - Section ของพื้นที่ เพื่อกำหนดแนวสำรวจ หลังจากนั้นก็ทำการสำรวจ โดยในแต่ละแนวสำรวจจะต้องมีแหล่งกำเนิดคลื่น 5 จุด พร้อมทั้งทำการสำรวจธรณีวิทยาในพื้นที่สำรวจ และวัดค่าระดับในแนวสำรวจด้วย

เมื่อได้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจแล้ว นำข้อมูลดังกล่าวมาแปลผล ผลที่ได้จะทำให้ทราบชนิด ความหนาและความเร็วคลื่นของชั้นดิน ชั้นหินที่ทำการสำรวจ จากนั้นนำความเร็วคลื่นไหวสะเทือน ของชั้นดิน ชั้นหินแต่ละชั้น มาเปรียบเทียบกับตารางเปรียบเทียบความเร็วคลื่นไหวสะเทือนกับความสามารถของเครื่องจักร จะทำให้ทราบว่า ชั้นดิน ชั้นหินที่ทำการสำรวจบริเวณใดเป็นงานตัดคันทางประเภทใด (ดิน – หินผุ – หินแข็ง) และมีความหนาเท่าใด

นำข้อมูลความหนาของวัสดุแต่ละประเภท มากำหนดพื้นที่ของวัสดุตาม Cross -Section ของพื้นที่ ทำให้ทราบปริมาณงานของงานตัดคันทางว่าเป็นประเภทใดบ้าง (ดิน – หินผุ – หินแข็ง) ของพื้นที่สำรวจและสามารถไปคำนวณหางบประมาณที่ใช้ในงานตัดคันทางแต่ละประเภทได้

การกำหนดปริมาณงานตัดคันทางแต่ละประเภทด้วยวิธีนี้ จะทำให้การกำหนดปริมาณงานตัดคันทางในงานก่อสร้างได้ใกล้เคียงกับสภาพพื้นที่จริง ทำให้การบริหารงานก่อสร้างได้สะดวกรวดเร็ว และสามารถกำหนดวิธีการทำงานในพื้นที่งานตัดแต่ละประเภทได้เหมาะสมยิ่งขึ้น

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การก่อสร้างถนนของกรมทางหลวง ในบริเวณที่ตัดผ่านพื้นที่ภูเขา จะพบชั้นดิน หินผุ หินแข็ง ในปริมาณที่แตกต่างกัน และมีมูลค่าของงานที่แตกต่างกัน ในบางพื้นที่ หินแข็งที่จำเป็นต้องใช้การระเบิด อาจมีมูลค่างานมากกว่างานตัดหินผุ 2 – 3 เท่า และอาจมากกว่างานตัดดินถึง 5 เท่า จะเห็นได้ว่า งานระเบิดหินแข็ง มีมูลค่าของงานมากกว่างานตัดคันทางชนิดอื่นๆ การกำหนดปริมาณงานของหินผุ หรือหินแข็ง น้อยกว่าสภาพพื้นที่จริง ส่งผลต่องบประมาณที่ได้รับและจำเป็นต้องหางบประมาณเพิ่มเติม หรือต้องตัดทอนงบประมาณของงานบางอย่างออกไป ทำให้การบริหารการก่อสร้างทำได้ยากยิ่งขึ้น

เนื่องจากการกำหนดประเภทของงานตัดคันทาง (ดิน หินผุ หรือหินแข็ง) ตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง ถูกกำหนดจากกำลังของเครื่องจักร ทำให้เป็นการยากในการกำหนดปริมาณได้อย่างถูกต้องในขั้นตอนของการออกแบบ ส่งผลต่องบประมาณที่ได้รับไม่ตรงกับปริมาณงานที่มี

1.2 กรอบแนวความคิด

การสำรวจด้านธรณีวิทยา ส่วนใหญ่เป็นการสำรวจใต้ผิวดิน วิธีที่นิยมอันดับต้นๆ คือ การสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือน ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการสำรวจเบื้องต้น ก่อนจะสำรวจรายละเอียดในขั้นต่อไป ในหน่วยงานราชการบางหน่วยงาน นำเอาการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนมาใช้ในการปฏิบัติงาน เช่น กรมเชื้อเพลิงพลังงาน ใช้การสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือน เพื่อทราบขอบเขตการวางตัวของชั้นถ่านหิน ลำดับการวางตัวของตะกอนในแอ่งถ่านหิน ความต่อเนื่องของการวางตัวหรือสะสมตัวของชั้นถ่านหิน รวมไปถึงลักษณะโครงสร้างสำคัญอื่น ๆ เช่น แนวรอยเลื่อน หรือรอยโค้งของชั้นหิน, กรมชลประทาน ใช้การสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือน ในการสำรวจข้อมูลทางด้านธรณีวิทยาของแนวศูนย์กลางเขื่อน และอาคารประกอบในบริเวณโครงการ เพื่อให้สามารถแปลความหมายข้อมูลทางด้านธรณีวิทยาโดยเปรียบเทียบกับหลุมเจาะสำรวจ เป็นอีกทางหนึ่งที่ทำให้การประเมินสภาพธรณีวิทยาฐานรากบริเวณโครงการ ระหว่างหลุมเจาะสำรวจที่ห่างกันได้ถูกต้องใกล้เคียงมากยิ่งขึ้น และสามารถลดต้นทุนในการสำรวจได้

ส่วนสำรวจและวิเคราะห์ทางธรณีวิทยา สำนักสำรวจและออกแบบ กรมทางหลวง จึงได้นำเสนอวิธีการสำรวจปริมาณของงานตัดคันทางแต่ละประเภท โดยประยุกต์การสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห เปรียบเทียบกับความสามารถของเครื่องจักร ตามมาตรฐานของ Caterpillar Performance Handbook Edition 12 ในการกำหนดประเภทของงานตัดคันทาง เพื่อแก้ไขปัญหาการกำหนดปริมาณงานตัดคันทาง

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห ทำให้ทราบความเร็วคลื่น, ความหนา, ลักษณะการวางตัว หรือลักษณะโครงสร้างของชั้นดิน, ชั้นหิน การสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห (Seismic Refraction Exploration) อาศัยลักษณะปรากฏการณ์เฉพาะตัวของคลื่นหักเหที่เรียกว่า คลื่นเฮด เมื่อเราให้แหล่งกำเนิดคลื่น คลื่นจะเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อ ระหว่างชั้นดินชั้นหิน และเคลื่อนขนานไปกับรอยต่อของชั้นดิน – ชั้นหิน โดยเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วคลื่นของชั้นตัวหินด้านล่างพร้อมกับหักเห และเดินทางกลับขึ้นสู่ผิวดิน เมื่อเราทราบเวลา, ระยะทางการเคลื่อนที่ และความเร็วของคลื่น นำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ ทำให้สามารถทราบความหนาของชั้นดิน, ชั้นหินที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่าน

ความเร็วคลื่นไหวสะเทือนที่ได้จากการสำรวจสามารถนำมาเปรียบเทียบกับความสามารถของเครื่องจักร เพื่อจัดแบ่งประเภทของงานตัดคันทาง (ดิน หินผุ หรือหินแข็ง) ทำให้ผู้ออกแบบสามารถกำหนดปริมาณงานตัดคันทางแต่ละประเภท ได้ใกล้เคียงสภาพพื้นที่ก่อสร้างจริง และยังทำให้การก่อสร้างสามารถทำได้ง่ายขึ้น จากงบประมาณที่ได้รับใกล้เคียงกับปริมาณงานที่มี

1.3 วัตถุประสงค์ของคู่มือ

วัตถุประสงค์ของคู่มือ สามารถแบ่งออกได้เป็นหัวข้อ ดังนี้

1.3.1 ทำให้ผู้ที่มีความรู้พื้นฐานด้านธรณีวิทยา สามารถนำคู่มือไปปฏิบัติงานได้

1.3.2 ทำให้วิศวกรผู้ออกแบบสามารถกำหนดปริมาณงานตัดคันทาง ของวัสดุแต่ละประเภทได้ใกล้เคียงกับสภาพพื้นที่

1.3.3 ทำให้วิศวกรผู้ออกแบบสามารถนำผลการสำรวจไปใช้ประโยชน์ในการพิจารณาเลือกแนวทางที่เหมาะสม เพื่อหลีกเลี่ยงปริมาณงานตัดคันทางที่มีปริมาณมาก หรือใช้งบประมาณสำหรับงานตัดคันทางสูง

1.3.4 เป็นการรวบรวม, ถ่ายทอดความรู้ และประสบการณ์การทำงาน เพื่อให้บุคลากรรุ่นต่อไปพัฒนาผลงานให้ดียิ่งขึ้น

1.4 ขอบเขตของคู่มือ

คู่มือนี้ ใช้สำหรับเครื่องมือการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห และโปรแกรมประมวลผลเฉพาะรุ่นที่ ส่วนสำรวจและวิเคราะห์ทางธรณีวิทยา สำนักสำรวจและออกแบบ กรมทางหลวง ใช้ในการปฏิบัติงานปัจจุบัน คือ เครื่องมือสำรวจยี่ห้อ **OYO รุ่น 1125A** ทำการเก็บข้อมูลของคลื่นในการสำรวจแต่ละพื้นที่ โดยพื้นที่การสำรวจเป็นพื้นที่ภูเขา ในสายทางที่ตัดใหม่ หรือสายทางที่ทำการขยายความกว้างของคันทาง หรือเพิ่มมาตรฐานความกว้างผิวการจราจร เมื่อเก็บข้อมูลสำรวจเสร็จสิ้น ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาแปลผลโดยใช้โปรแกรม **Surface Wave Analysis** ร่วมกับโปรแกรม **Plotrefa** เพื่อหาความเร็วคลื่น และความหนาของชั้นดิน หรือชั้นหิน ความเร็วคลื่นที่ได้จากการสำรวจ จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับความสามารถของเครื่องจักร ตามมาตรฐานของ Caterpillar Performance Handbook Edition 12 เพื่อกำหนดประเภทของงานตัดคันทาง (ดิน – หินผุ – หินแข็ง) ตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทำให้วิศวกรผู้ออกแบบ จัดสรรงบประมาณได้เหมาะสมกับปริมาณงานที่มี

1.5.2 ทำให้สามารถวางแผนการก่อสร้างได้สะดวกขึ้น

1.5.3 ทำให้สามารถจัดสรรงบประมาณในขณะก่อสร้างได้ง่ายขึ้น

1.5.4 ในกรณีที่ปริมาณงานตัดคันทาง มีปริมาณงานมาก ใช้งบประมาณสูง สามารถเลือกแนวทางอื่น หรือเปลี่ยนแปลงแก้ไขแนวทางในการก่อสร้างได้

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 การสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห (Seismic Refraction Exploration) เป็นการสำรวจเพื่อวัดความเร็ว และเวลาเคลื่อนที่ของคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านชั้นดิน, ชั้นหินชนิดต่างๆ เพื่อนำดังกล่าว มาแปลผลไปสู่การจัดจำแนกชนิด และความหนาของชั้นดิน, ชั้นหินในแต่ละชั้น

1.6.2 จีโอโฟน (Geophone) เป็นอุปกรณ์รับคลื่นยืดหยุ่น ที่เดินทางผ่านชั้นดิน, ชั้นหิน และหักเห ขึ้นมาสู่ผิวดิน

1.6.3 เครื่องบันทึกสัญญาณ ในที่นี้ คือ เครื่องมือสำรวจยี่ห้อ **OYO รุ่น 1125A** ใช้สำหรับบันทึกสัญญาณคลื่นที่ จีโอโฟน ได้รับ

1.6.4 สายนำสัญญาณ เป็นสายสำหรับต่อ เชื่อม จีโอโฟนไปสู่เครื่องบันทึกสัญญาณ

1.6.5 แหล่งกำเนิดคลื่น หมายถึง แหล่งกำเนิดคลื่นเสียง ที่สามารถทำให้จีโอโฟนรับสัญญาณคลื่นที่ถูกส่งออกมาได้ ขึ้นอยู่กับผู้ควบคุมงานเลือกให้เหมาะสมกับการสำรวจ

1.6.6 สาย Trigger เป็นสายที่เชื่อมต่อกับแหล่งกำเนิดคลื่น เพื่อให้เครื่องบันทึกสัญญาณเริ่มนับเวลา เมื่อแหล่งกำเนิดคลื่นส่งคลื่นผ่านชั้นดิน, ชั้นหิน

บทที่ 2
การเปรียบเทียบความเร็วคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเหกับความสามารถของเครื่องจักร

2.1 การสำรวจธรณีวิทยาใต้พื้นผิวด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห (Seismic Refraction Exploration)

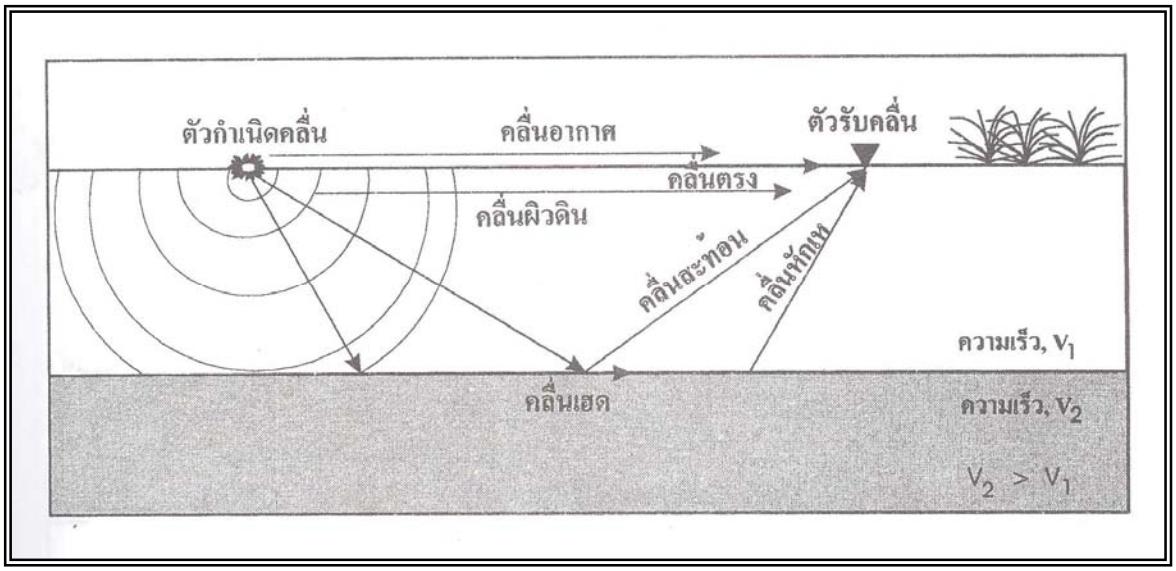
การสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยคลื่นไหวสะเทือน (Seismic Exploration) อาศัยหลักการการเคลื่อนที่ของคลื่นผ่านตัวกลางยืดหยุ่น การเคลื่อนที่ของคลื่นจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับค่าความยืดหยุ่นของตัวกลางที่ใช้ในการเคลื่อนที่ โดยอาศัยทฤษฎีความยืดหยุ่นของวัตถุ (Theory of Elasticity) ซึ่งกล่าวถึงปริมาณของแรง (Force) ภายนอกที่มากระทำต่อวัตถุตัวกลาง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง (Deformation) เป็นการเปลี่ยนแปลงทั้งขนาด และรูปร่าง หรืออย่างใดอย่างหนึ่ง โดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่แรงกระทำจะสัมพันธ์กับค่าความเค้น (Stress) และค่าความเครียด (Strain) การเปลี่ยนแปลงแบบยืดหยุ่นเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ถาวร เมื่อความเค้นหายไปผลของการเปลี่ยนแปลงหรือความเครียดก็จะหายไปด้วย ถ้าวัตถุมีการคืนสภาพเดิมทันที และความเค้นหายไป ถือว่าวัตถุนั้นมีความยืดหยุ่นแบบสมบูรณ์ ชั้นดิน และชั้นหินถือว่ามีคุณสมบัติความยืดหยุ่นแบบสมบูรณ์เช่นเดียวกัน

การสำรวจคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห เป็นกระบวนการสำรวจโครงสร้างทางธรณีวิทยาใต้พื้นผิว โดยอาศัยลักษณะปรากฏการณ์เฉพาะตัวของคลื่นหักเหที่เรียกว่า คลื่นเฮด (Head Wave) แสดงดังรูปที่ 2.1 คลื่นเฮดเป็นคลื่นหักเหที่เกิดจากพลังงานที่เคลื่อนที่ไปพร้อม ๆ กับการเคลื่อนของคลื่น เคลื่อนที่ผ่านจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง ตัวกลางหลังจะต้องมีค่าความเร็วคลื่นสูงกว่าตัวกลางแรกจึงจะเกิดคลื่นเฮด คลื่นที่ออกจากตัวกำเนิดคลื่นเรียกว่า คลื่นสัญญาณ (Seismic Signal) จะเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อ (Interface) ระหว่างสองตัวกลาง ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น จะเปลี่ยนแปลงทิศทางเมื่อเคลื่อนที่เข้าสู่ตัวกลางที่สอง เรียกการเปลี่ยนแปลงของคลื่นว่าการหักเหของเคลื่อน คลื่นเฮดมีการเคลื่อนขนานไปกับขอบเขตรอยต่อของตัวกลาง โดยเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วคลื่นของชั้นตัวกลางด้านล่างพร้อมกับเดินทางกลับขึ้นสู่ผิวดิน จาก ปรากฏการณ์นี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ โดยในการสำรวจเราจะศึกษาหาความสัมพันธ์ของคลื่นเฮดเทียบกับเวลา และระยะทางจากจุดปล่อยคลื่นออกจากตัวกำเนิดคลื่น เคลื่อนที่ลงสู่ตัวกลางใต้ผิวดิน โดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาระยะเวลาตั้งแต่ปล่อยคลื่นจนกระทั่งปรากฏการณ์ของคลื่นเฮด เดินทางกลับขึ้นมาสู่ผิวดินในตำแหน่งต่างๆ จากการทราบระยะทาง และเวลาในการเคลื่อนที่ของคลื่นนั้นสามารถนำมาหาค่าความลึกของชั้นรอยต่อที่สามารถทำให้คลื่นเฮดเคลื่อนที่ผ่านกลับมาสู่ผิวดิน ความเร็วของคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางชนิดต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าความหนาแน่น ค่าความเร็วของคลื่น (Primary Wave and Secondary Wave) ในตัวกลางชนิดต่าง ๆ (4)

Formation	Density (Kg/m^3)	Primary Wave (m/sec)	Secondary Wave (m/sec)
Air	-	330 - 350	-
Water	1000	1,400 - 1600	0
Sediment and Sedimentary rock			
Sand (wet)	1,600 – 2200	800 – 2,200	300 - 750
Sand (dry)	1,600 – 2200	200 – 1,800	100 - 800
Gravelly Sand (wet)	1,600 – 2200	500 – 1,800	200 - 700
Gravelly Sand (dry)	1,600 – 2200	400 – 1,500	160 - 600
Sandy Clay	1,400 – 1800	250 - 600	120 - 300
Clay (Wet)	1,900 – 2000	1,200 – 1,800	400 - 600
Clay (Dry)	1,900 – 2000	700 – 1,200	300 - 600
Sandstone	2,400 – 2700	1,400 – 4,200	700 - 2200
Limestone	2,200 – 2800	3,000 – 4,800	1,800 – 2,800
Dolomite	2,400 – 2800	3,500 – 4,800	2,000 – 3,000
Shale	2,200 – 2700	1,800 – 2,800	800 – 1,600
Rock salt	2,100 – 2200	4,200 – 5,000	2,100 – 2,800
Anhydrite	2,800 – 3000	5,500 – 6,500	-
Igneous rocks			
Granite	2,600 – 2700	4,500 – 5,500	2,500 – 3,300
Basalt	2,800 – 2900	5,000 – 6,000	2,800 – 3,600
Diorite	2,600 – 2900	5,000 – 5,700	-
Rhyolite	2,500 – 2600	3,800 – 5,000	-
Tuff	1,800 – 2000	2,800 – 3,500	1,100 – 1,900
Metamorphic rocks			
Gneiss	2,500 – 2700	3,500 – 4,800	1,700 – 2,800
Quartzite	2,500 – 2700	5,000 – 5,800	2,900 – 3,600

การสำรวจด้วยวิธีคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห (Seismic Refraction Exploration) นับว่ามีความสำคัญในงานทางหลวงมากมายหลายประการ เช่น การสำรวจลักษณะความลึกหรือการวางตัวของชั้นดิน – หิน , รอยต่อระว่างชั้นดิน – หิน , ความไม่ต่อเนื่องทางธรณีวิทยา , สภาพการผุพังของชั้นหิน , การจำแนกชนิดดิน – หิน และ ระนาบการเคลื่อนที่ของพื้นที่ลาดชัน (Slide Surface) ซึ่งสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการประเมินงาน เช่น ปริมาณงานตัดงานถม (Cut & Fill) , ปริมาณหินผุหินแข็ง (Soft Rock & Hard Rock) , การประมาณค่าการขุดเจาะหรือระเบิดหิน และอื่นๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในการออกแบบ



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะภาพจำลองโดยการสำรวจ ธรณีวิทยาใต้พื้นผิวด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห (Seismic Refraction Exploration) (4)

2.2 ประเภทของงานตัดคันทาง

ตามรายละเอียดควบคุมการก่อสร้างทางหลวง พ.ศ. 2528 ได้จัดจำแนกงานตัดคันทาง (Excavation) ตามชนิดที่ระบุประเภทวัสดุ (Classified Excavation) ในงานตัดชนิดที่ระบุประเภทวัสดุนั้น จำแนกออกได้เป็น 5 ชนิด คือ

2.2.1 งานตัดดิน (earth Excavation) หมายถึง งานตัดคันทางโดยวัสดุที่ขุดนั้นเป็นวัสดุดินทั่วๆไป ซึ่งไม่ได้จำแนกประเภทตาม งานตัดหินผุ งานตัดหินแข็ง งานขุดวัสดุที่ไม่เหมาะสมและงานขุดบริเวณดินอ่อน หรือไม่ได้กำหนดในแบบเป็นอย่างอื่น

2.2.2 งานตัดหินผุ (Soft Rocks Excavation) หมายถึง งานตัดคันทางโดยวัสดุที่ขุดขึ้นเป็นหินผุ ซึ่งพิสูจน์ทราบได้โดยใช้รถคันดินตีนตะขาบ (Crawler Tractor) พร้อมติดตั้งอุปกรณ์ใบคราด (Ripper) มีขนาดกำลังเครื่องยนต์ไม่น้อยกว่า 270 แรงม้า อยู่ในสภาพใช้งานได้ดี โดยมีน้ำหนักไม่น้อยกว่า 28 เมตริกตัน จึงจะสามารถขุดออกได้

2.2.3 งานตัดหินแข็ง (Hard Rocks Excavation) หมายถึง งานตัดคันทางโดยวัสดุที่ขุดขึ้นมานั้นเป็นหินแข็ง ซึ่งต้องใช้วิธีการเจาะ และระเบิด (Drilling and Blasting) หรือเป็นวัสดุหินลอย (Boulder) ซึ่งมีขนาดก้อนละตั้งแต่ 0.75 ลูกบาศก์เมตรขึ้นไปด้วย

2.2.4 งานขุดวัสดุที่ไม่เหมาะสม (Unsuitable Material Excavation) หมายถึง งานขุดวัสดุที่มีคุณภาพต่ำไม่เหมาะสมสำหรับงานก่อสร้างนอกคันทางเดิมแต่อยู่ภายในขอบเขตคันทางใหม่ อันได้แก่ เศษวัสดุต่างๆ ดินเลน ดินอินทรีย์ วัสดุที่ไม่พึงประสงค์ หรือวัสดุที่มีคุณภาพต่ำกว่าชั้นทางนั้นๆ แต่ไม่รวมถึง งานขุดบริเวณดินอ่อน

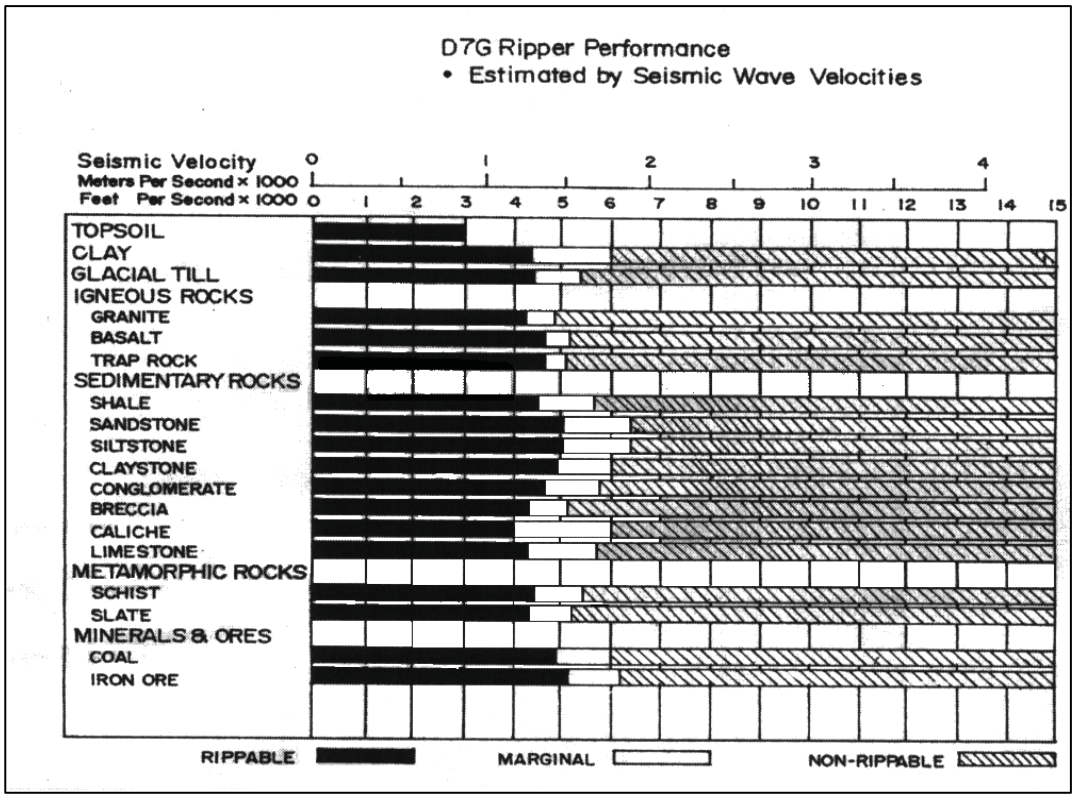
2.2.5 งานขุดบริเวณดินอ่อน (Soft Rock Excavation) หมายถึง งานตัดคันทางโดยวัสดุในบริเวณคันทางเดิมซึ่งอ่อนตัว และไม่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ เพื่อเปลี่ยนวัสดุใหม่ที่มีคุณภาพตามกำหนดไว้มาแทนที่

2.3 การเปรียบเทียบความเร็วคลื่นไหวสะเทือนกับความสามารถของเครื่องจักร

การสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนจะได้ข้อมูลของความเร็วคลื่น และความหนาของชั้นดินในแต่ละชั้นดิน และชั้นหินเท่านั้น การจำแนกประเภทของหินผุ และหินแข็ง ต้องใช้ความเร็วของคลื่นไหวสะเทือน (Seismic Velocity) เปรียบเทียบกับความสามารถของเครื่องจักร เพื่อกำหนดประเภทของวัสดุ

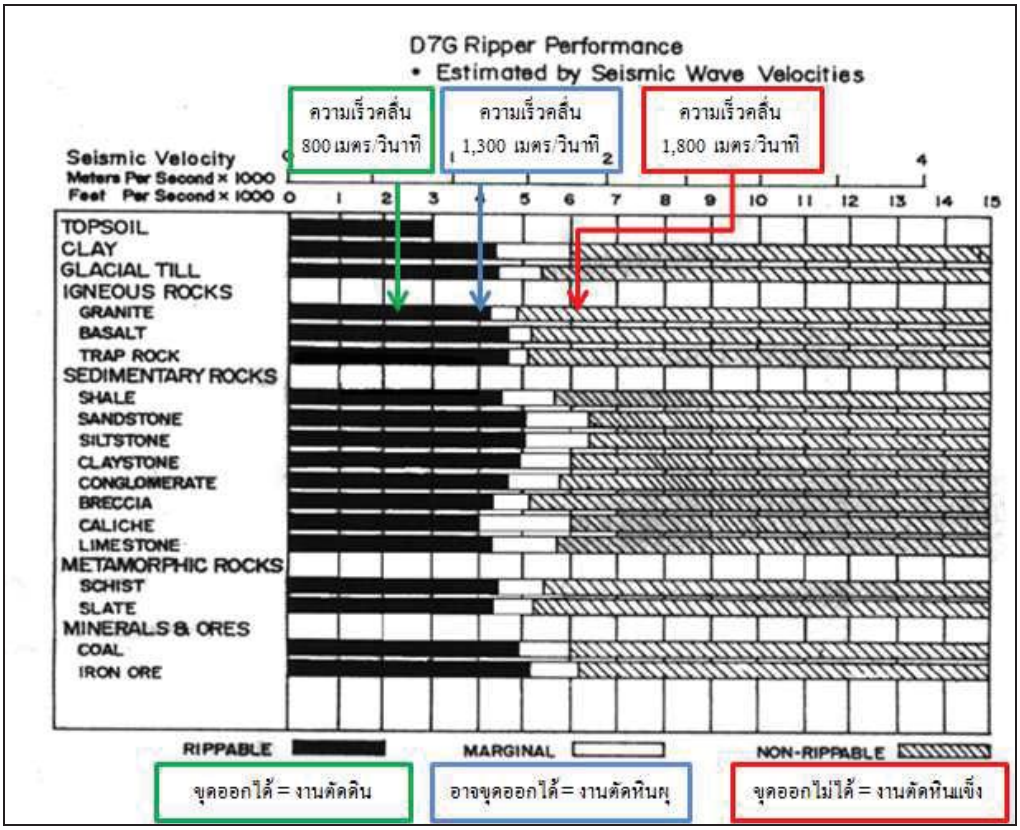
จากข้อกำหนดงานตัดคันทางของกรมทางหลวง ในส่วนของงานตัดหินผุ การจะพิสูจน์ว่าบริเวณใดเป็นหินผุ ต้องใช้การพิสูจน์ด้วยรถคันดินตีนตะขาบ (Crawler Tractor) พร้อมติดตั้งอุปกรณ์ใบคราด (Ripper) มีขนาดกำลังเครื่องยนต์ไม่น้อยกว่า 270 แรงม้า อยู่ในสภาพใช้งานได้ดี โดยมีน้ำหนักไม่น้อยกว่า 28 เมตริกตัน จึงจะสามารถขุดออกได้ เครื่องจักรตามมาตรฐานของ Caterpillar Performance Handbook Edition 12 ที่มีน้ำหนัก และกำลังเครื่องยนต์ตามมาตรฐานของ

กรมทางหลวง คือ เครื่องจักรรุ่น Caterpillar D7G ปัจจุบันเครื่องจักรชนิดนี้ ไม่เป็นที่นิยม หรือไม่มีการใช้งาน แต่จำเป็นต้องใช้กราฟเปรียบเทียบความสามารถของเครื่องจักร และความเร็วคลื่นไหวสะเทือนของเครื่องจักรดังกล่าว เนื่องจากชนิด และกำลังของเครื่องยนต์ เป็นไปตามมาตรฐานของกรมทางหลวง กราฟเปรียบเทียบความสามารถของเครื่องจักร และความเร็วคลื่นไหวสะเทือนของเครื่องจักร แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของความเร็วคลื่นไหวสะเทือนและ
ความสามารถของเครื่องจักร (1)

ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้เพื่อนำมาระบุประเภทของหินผุ หินแข็ง คือ ความเร็วคลื่นของชั้นดินหรือชั้นหิน (จากการแปลผลการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห) และข้อมูลชนิดของดิน, หิน (จากการสำรวจธรณีวิทยา) เมื่อทราบชนิดของดินหรือหิน และความเร็วคลื่นไหวสะเทือนของดินหรือหินในแต่ละชั้นแล้ว สามารถนำข้อมูลดังกล่าว มาเปรียบเทียบ ประเภทของวัสดุ



รูปที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบชนิดดิน ความเร็วคลื่นและความสามารถของเครื่องจักร

ตัวอย่างจัดจำแนกงานตัดคันทางตามชนิดที่ระบุประเภทวัสดุ เมื่อทำการแปลผลข้อมูลจากการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห ได้ค่าความเร็วคลื่นดังนี้ ค่าความเร็วคลื่นไหวสะเทือนของชั้นสำรวจชั้นแรกมีความเร็วคลื่น 800 เมตร/วินาที ชั้นสำรวจชั้นที่สองมีความเร็วคลื่น 1,300 เมตร/วินาที ชั้นสำรวจชั้นที่สามมีความเร็วคลื่น 1,800 เมตร/วินาที และจากการสำรวจธรณีวิทยา ทำให้ทราบว่า พื้นที่ดังกล่าวเป็นชั้นหินแกรนิต เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปเปรียบเทียบกับจากกราฟความสัมพันธ์ของความเร็วคลื่นไหวสะเทือนและความสามารถของเครื่องจักร (แสดงดังรูปที่ 2.2) จะได้ผลลัพธ์คือ ชั้นสำรวจชั้นแรก ค่าความเร็วปรากฏอยู่ในชั้นขุดออกได้ (Rippable) จัดจำแนกให้เป็นงานตัดดิน ชั้นสำรวจชั้นที่สอง ค่าความเร็วปรากฏอยู่ในชั้นอาจขุดออกได้ (Marginal) จัดจำแนกให้เป็นงานตัดหินผุ ส่วนชั้นสำรวจชั้นที่สาม ค่าความเร็วปรากฏอยู่ในชั้นขุดออกไม่ได้ (Non-Rippable) จัดจำแนกให้เป็นงานตัดหินแข็ง

จากกราฟความสัมพันธ์ของความเร็วคลื่นไหวสะเทือน และความสามารถของเครื่องจักร (แสดงดังรูปที่ 2.2) ช่วงความเร็วคลื่นที่เครื่องจักรอาจขุดออกได้ในหินบางชนิด เป็นช่วงที่แคบ มีค่าความเร็วคลื่นใกล้เคียงกับช่วงขุดออกไม่ได้ (หินแข็ง) ในบางกรณี เครื่องจักรสามารถขุดตักหินแข็งออกได้ แสดงให้เห็นว่า ต้องเอาปัจจัยอื่นมาพิจารณาร่วมด้วย ปัจจัยที่นำมาใช้ร่วมกับความเร็วคลื่นไหวสะเทือน ได้แก่ ระยะห่างของรอยแตกเรียบ (Spacing of Joint) และจำนวนแนวของรอยแตกเรียบ (Set of Joint) ในกรณีของหินที่อยู่ในพื้นที่เดียวกัน และเป็นหินชนิดเดียวกัน มวลหินระยะห่างของช่องว่างมาก จะมีความแข็งแรงมากกว่ามวลหินที่มีระยะห่างของช่องว่างน้อย

ตารางที่ 2.2 แสดงการแบ่งระยะของรอยแตกเรียบ (2)

Description	**Spacing of Joint**		**Rock Mass Rating**
Very Wide	＞3 m.	＞10 ft.	Solid
Wide	1 m. to 3 m.	3 ft. to 10 ft.	Massive
Moderate Close	0.3 m. to 1 m.	1 ft. to 3 ft.	Blocky / Seamy
Close	50 mm. to 300 mm.	2 in to 1 ft	Fractured
Very Close	＜50 mm.	＜2 in	Crushed and Shattered

จากตารางที่ 2.2 แสดงให้เห็นว่า ยิ่งมวลหินมีระยะห่างของแนวรอยแตกเรียบมาก มวลหินก็จะมีความแข็งมาก มวลหินมีระยะห่างของแนวรอยแตกเรียบน้อย ความแข็งแรงของมวลหินจะลดลง *ในบางกรณีของช่วงความเร็วคลื่นที่อยู่ในบริเวณขุดออกไม่ได้ (หินแข็ง) แต่มีระยะห่างของรอยแตกเรียบน้อย (น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร) และมีแนวรอยแตกเรียบหลายแนว ควรนำระยะห่างและจำนวนแนวของรอยแตกเรียบมาใช้ร่วม เพื่อจัดจำแนกประเภทของงานตัดคันทางด้วย*

บทที่ 3
วิธีการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห

3.1 การคัดเลือกสายทางเพื่อสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห

3.1.1 ศึกษาแผนการก่อสร้าง จากแผนงานประจำปีงบประมาณ จากสำนักแผนงาน กรมทางหลวง ซึ่งจะมีแผนการก่อสร้างของแต่ละปีงบประมาณกำหนดไว้

3.1.2 คัดเลือกสายทางจากแผนการก่อสร้างที่ได้รับจากสำนักแผนงาน โดยคัดเลือกสายทางที่ตัดผ่านพื้นที่ภูเขา โดยศึกษาข้อมูลสายทาง จากส่วนสำรวจทางและภูมิประเทศ ซึ่งมีแผนที่ภูมิประเทศ โดยระบุจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของสายทางแต่ละสายทางไว้

3.1.3 ลำดับความสำคัญของสายทาง โดยสายทางที่ทำการตัดแนวทางใหม่ จะถูกให้ความสำคัญเป็นลำดับต้น ในลำดับต่อไปจะเป็นสายทางที่ทำการขยายเขตทางและมีงานตัดคันทางในปริมาณมาก

3.1.4 ศึกษาข้อมูลการสำรวจแนวทางจาก ส่วนสำรวจทางและภูมิประเทศ ของพื้นที่ที่จะทำการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห ถ้ามีข้อมูลการสำรวจ ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล Road Alignment, Profile และCross-Section ของพื้นที่ที่ต้องการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห เพื่อนำไปใช้ในการวัดค่าระดับของแนวสำรวจต่อไป ในกรณีที่พื้นที่ในสายทางยังไม่มีการสำรวจทำแผนที่แนวทางและภูมิประเทศ ควรจะวางแผนงานการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห ไปพร้อมๆ กับแผนงานการสำรวจทำแผนที่แนวทางและภูมิประเทศ เพื่อเป็นการง่ายต่อการจัดทำระดับตามแนวสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห

3.1.5 ติดต่อประสานงานกับวิศวกรผู้ออกแบบ ของแต่ละสายทางที่จะสำรวจเพื่อสอบถามความต้องการ ระดับความสำคัญ หรือข้อมูลรายละเอียดอื่นๆ ที่วิศวกรโครงการนั้นๆ ต้องการตามสายทางที่จะทำการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห เพื่อวางแผนงานอื่นควบคู่กันไปกับแผนการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห เป็นการประหยัดเวลา และงบประมาณที่ใช้

3.2 การเตรียมการก่อนการสำรวจ

เป็นการจัดเตรียมข้อมูลเบื้องต้น การวางแผนการสำรวจ คำนวณงบประมาณรายจ่าย จัดเตรียมอุปกรณ์ และสิ่งต่างๆตามความต้องการ เพื่อความพร้อมก่อนทำการสำรวจ การเตรียมการสามารถแบ่งได้เป็นดังนี้

3.2.1 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลเบื้องต้น เป็นการจัดเตรียมข้อมูล เบื้องต้นก่อนออกปฏิบัติงาน ทำให้ใช้เวลาในการสำรวจน้อยลง การเตรียมข้อมูลเบื้องต้นเริ่มจาก การค้นคว้ารายงานเดิมของพื้นที่ใกล้เคียง, แผนที่ภูมิประเทศ, แผนที่ธรณีวิทยา, ข้อมูลหลุมเจาะสำรวจ เพื่อทราบถึง

ลักษณะภูมิประเทศ, ลักษณะชั้นดิน, ชนิดหิน รวมทั้งโครงสร้างทางธรณีวิทยาต่างๆ ที่พบในพื้นที่โครงการ เช่น แนวรอยเลื่อน เป็นต้น

3.2.2 เตรียมข้อมูล Alignment, Profile, Cross-Section ของพื้นที่การสำรวจ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงตำแหน่ง และค่าระดับของการสำรวจ ถ้าข้อมูลดังกล่าวยังไม่มีการสำรวจ ควรวางแผนการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนให้พร้อมกับหน่วยสำรวจทางและภูมิประเทศ สำนักสำรวจและออกแบบ เพื่อให้ง่ายต่อการกำหนดตำแหน่ง และวัดค่าระดับ

3.2.3 การกำหนดปริมาณงาน และระยะเวลาในการสำรวจ ปริมาณงานในการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห ขึ้นอยู่กับปริมาณงานตัดคันทางในพื้นที่โครงการ ปริมาณงานในการสำรวจแยกประเภทได้ดังนี้

- การสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนในกรณีทั่วไปจะใช้ความห่าง (Spacing) ของจีโอโฟน 3 เมตร และในแนวสำรวจใช้ จีโอโฟน 24 ตัว จะครอบคลุมความยาวประมาณ 72 เมตร พร้อมทั้งวัดค่าระดับพื้นดิน และค่าระดับของจีโอโฟนด้วย
- การสำรวจธรณีวิทยา โดยทั่วไปจะกำหนดให้งานสำรวจธรณีวิทยาในพื้นที่แนวทาง 1 วัน ทำการสำรวจได้ 2 กิโลเมตร
- ระยะเวลาในการเดินทางไป-กลับ พื้นที่โครงการ
- การติดต่อราชการ ส่วนใหญ่ใช้ระยะเวลาประมาณ 2-3 วัน ในการรายงานตัวไปปฏิบัติราชการ การรายงานตัวกลับจากปฏิบัติราชการ และงานอื่นๆ
- งานอื่นๆ ที่ได้รับมอบหมายตามความต้องการของวิศวกรผู้ออกแบบ
- เมื่อทราบปริมาณงานต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว และทราบระยะทางที่มีงานตัดคันทาง จะทำให้ทราบระยะเวลาที่ใช้ในการสำรวจในแต่ละโครงการ

3.2.4 การกำหนดงบประมาณในการสำรวจ งบประมาณการสำรวจจะขึ้นกับระยะเวลาในการสำรวจ ปัจจัยที่ใช้คำนวณงบประมาณนอกเหนือจากระยะเวลาที่ใช้ในการสำรวจมีดังนี้

- เบี้ยเลี้ยง และค่าที่พักของบุคลากร ประกอบไปด้วย นักธรณีวิทยา 2 คน นายช่างสำรวจ 1 คน พนักงานขับรถ 2 คน โดยบุคลากรในส่วนนี้จะมีเบี้ยเลี้ยงวันละ 240 บาทและค่าที่พักวันละ 300 บาท (อัตราสำหรับ ปีงบประมาณ 2557)
- ค่าจ้างคนงาน ในแต่ละโครงการจะใช้คนงาน 6 คน เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ทั้งหมดต้องทำการแบกหามเข้าสู่พื้นที่การสำรวจ บางครั้งอาจเป็นพื้นที่ภูเขาชัน และห่างไกลจากเส้นทางการสัญจร อัตราค่าจ้างคนงาน 377.85 บาท/วัน/คน (อัตราสำหรับ ปีงบประมาณ 2557)

- ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง คิดในอัตราสิ้นเปลืองประมาณ 10กิโลเมตร/ลิตร ต้องประมาณการระยะทางในการเดินทางไปกลับระหว่างสำนักงาน และพื้นที่โครงการ รวมทั้งการเดินทางในพื้นที่โครงการในแต่ละวันด้วย

- ค่าซ่อมบำรุงรักษารถยนต์ ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์ในการสำรวจ และค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่มีในการดำเนินการสำรวจ

3.2.5 การกำหนดเวลาการสำรวจ จากปริมาณงานและระยะเวลาในการสำรวจที่กำหนดไว้ ใช้เป็นตัวกำหนดวันเริ่มและวันสิ้นสุดการสำรวจ ลำดับขั้นตอนของการสำรวจประเภทต่างๆ เนื่องจากอุปกรณ์ในการสำรวจ ส่วนใหญ่เป็นเครื่องมืออิเลคทรอนิคส์ การกำหนดระยะเวลาในการสำรวจควรหลีกเลี่ยงการสำรวจในฤดูฝน นอกเหนือจากความชื้นจากละอองฝนจะทำให้เครื่องมือมีโอกาสเสียหายแล้ว การเข้าถึงพื้นที่สำรวจยังยากลำบาก เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย บุคลากรอาจเกิดการบาดเจ็บ อุปกรณ์เสียหาย รวมทั้งการที่ฝนตกยังทำให้เกิดคลื่นเสียงรบกวนขณะทำการสำรวจด้วย

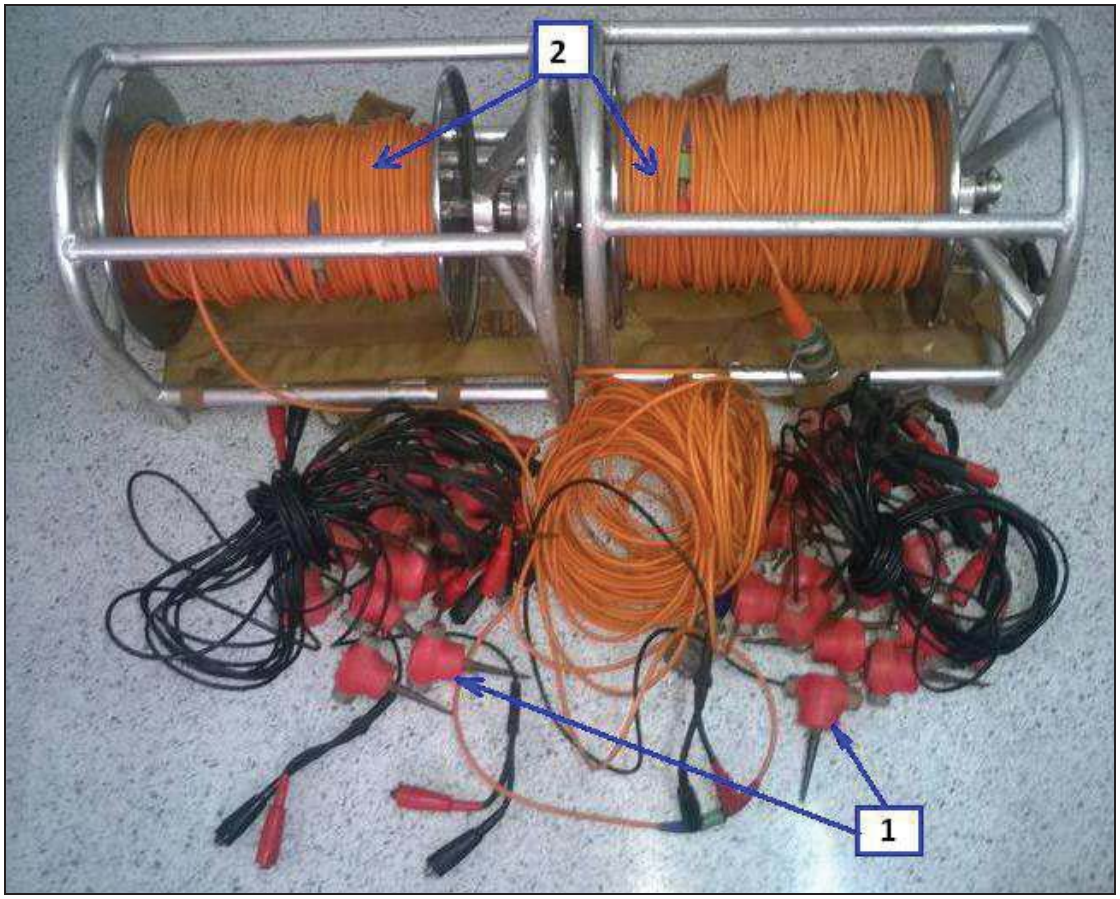
3.3 การจัดเตรียมอุปกรณ์การสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห

การจัดเตรียมอุปกรณ์การสำรวจ ถือเป็นลำดับสุดท้ายก่อนการออกสำรวจ แต่มีความสำคัญมาก เนื่องจากการขาดอุปกรณ์ชิ้นใดชิ้นหนึ่ง อาจทำให้ไม่สามารถทำการสำรวจได้ อุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจมีดังนี้

3.3.1 แหล่งกำเนิดคลื่นยืดหยุ่น แสดงดังรูปที่ 3.1 ใช้เพื่อเป็นแหล่งกำเนิดคลื่น ถ้าแหล่งกำเนิดคลื่นได้แรง จะทำให้การสำรวจได้กว้างขึ้น ลึกขึ้นและคลื่นมีความชัดเจนยิ่งขึ้น ในการสำรวจนี้จะใช้และแผ่นเหล็กในการกำเนิดคลื่น

รูปที่ 3.1 แสดงการใช้ค้อนทุบแผ่นเหล็ก เพื่อเป็นแหล่งกำเนิดคลื่น

3.3.2 ตัวรับคลื่นยืดหยุ่น แสดงดังรูปที่ 3.2 ใช้ในการรับสัญญาณคลื่น จากแหล่งกำเนิดคลื่นสู่เครื่องมือบันทึกสัญญาณตัวรับคลื่นยืดหยุ่น โดยทั่วไปเรียกว่า ไซโมมิเตอร์ (Seismometer) ซึ่งไซโมมิเตอร์ที่ใช้ในการสำรวจด้านแผ่นดินไหวบนผิวดิน จะเรียกว่า จีโอโฟน (Geophone หมายเลข 1) ในที่นี้จะใช้จีโอโฟนทั้งหมด 24 ตัว (จะใช้คำว่า จีโอโฟน แทนคำว่าตัวรับคลื่นยืดหยุ่น เพื่อความเข้าใจง่ายและเป็นสากล) พร้อมสายนำส่งสัญญาณ (หมายเลข 2)



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะรูปร่างของ จีโอโฟน และสายนำสัญญาณ

3.3.3 ชุดเครื่องมือบันทึกสัญญาณ แสดงดังรูปที่ 3.3 (1) พร้อมแบตเตอรี่ แสดงดังรูปที่ 3.3 (2) ใช้เพื่อบันทึกสัญญาณคลื่นที่ส่งมาจากจีโอโฟน และยังสามารถขยายสัญญาณคลื่นหรือตัดสัญญาณคลื่นรบกวน (Noise) ออกไปได้ และมีหน่วยความจำสำหรับบันทึกข้อมูลสัญญาณคลื่น เพื่อนำไปแปลผลข้อมูลต่อไป

รูปที่ 3.3 แสดงชุดเครื่องมือบันทึกสัญญาณ และแบตเตอรี่

3.3.4 สายนำสัญญาณ Trigger แสดงดังรูปที่ 3.4 ใช้สำหรับต่อกับแหล่งกำเนิดคลื่น ใช้เป็นตัวกำหนดการนับระยะเวลาเริ่มต้น ของแหล่งกำเนิดคลื่นแต่ละจุด

รูปที่ 3.4 แสดงสายนำสัญญาณ Trigger

3.3.5 เทปวัดระยะทาง ใช้สำหรับการวางแนวการสำรวจ ให้ระยะทางของแหล่งกำเนิดคลื่นยืดหยุ่น และตัวรับคลื่นยืดหยุ่น ซึ่งระยะห่างระหว่างตัวรับคลื่นยืดหยุ่นแต่ละตัว จะมีผลต่อการแปลความหมาย

3.3.6 กล้องสำรวจ ใช้สำหรับวัดระดับของพื้นดินที่ทำการสำรวจ, ค่าระดับของแหล่งกำเนิดคลื่นยืดหยุ่น และตัวรับคลื่นยืดหยุ่นทุกจุด เพื่อใช้ในการแปลความหมาย

3.3.7 เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา ใช้สำหรับเก็บข้อมูลจากเครื่องบันทึกสัญญาณ พร้อมทั้งมีโปรแกรมสำหรับใช้แปลความหมายข้อมูลที่ได้จากเครื่องบันทึกสัญญาณด้วย

3.4 ขั้นตอนการสำรวจ

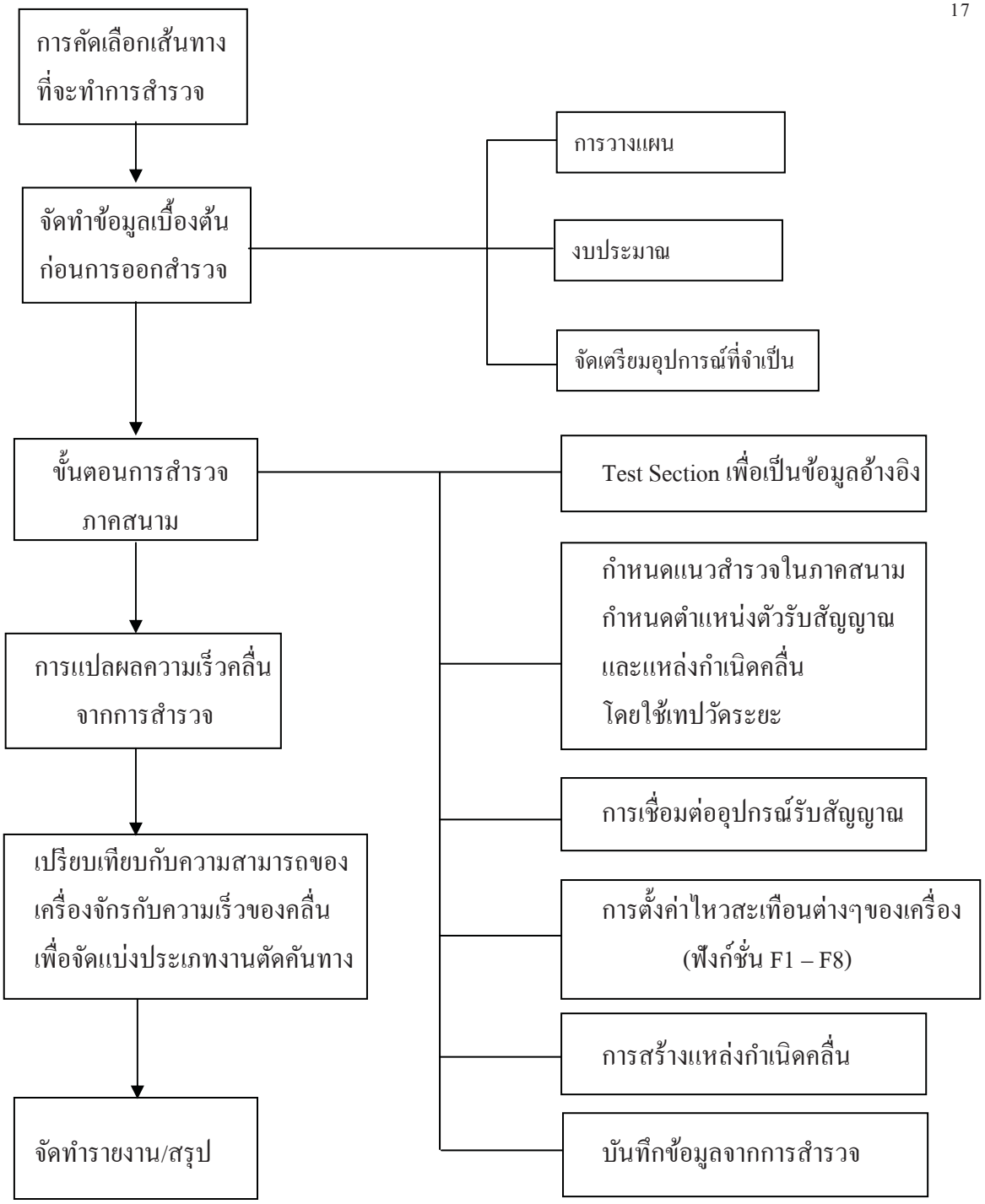
การสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห มีขั้นตอน ดังนี้ (แสดงดังแผนภูมิที่ 2.1)

3.4.1 ขั้นตอนเตรียมการสำรวจ เป็นขั้นตอนเริ่มต้นเพื่อเป็นการเก็บข้อมูลเบื้องต้น ก่อนลงมือปฏิบัติงาน เริ่มด้วยการสำรวจพื้นที่อย่างคร่าวๆ (Reconnaissance) เพื่อที่จะกำหนดหรือจัดกลุ่มบริเวณพื้นที่ที่เราสนใจ เช่น บริเวณ กม. 10+000 – กม. 12+000 เป็นหินทรายแข็ง กม.12+000 – กม. 14+000 เป็นหินดินดาน เป็นต้น

การกำหนดแนวสำรวจในพื้นที่ *แนวสำรวจต้องอยู่ในแนวเขตทาง ถ้าเป็นแนวทางตัดใหม่ ควรเลือกแนวกึ่งกลางเขตทาง (Center Line) เป็นแนวสำรวจในลำดับแรก หรือพิจารณาจาก Typical Cross-Section จากแบบสำรวจของพื้นที่ทำทราบได้ว่า บริเวณใดมีการตัดคันทางเท่าใด ในกรณีที่เป็นการขยายเขตทางเดิม ควรให้ความสำคัญกับพื้นที่ที่ปริมาณงานตัดที่มาก หรือมีงานตัดคันทางที่สูงเป็นอันดับแรก*

ข้อระวังของการวางแนวการสำรวจก็คือ *ให้หลีกเลี่ยงพื้นที่ที่มีเสียงดัง* อย่างเช่น น้ำตก หรือลำธาร เพราะเมื่อเราวางแนวการสำรวจใกล้บริเวณเหล่านี้ เสียงที่เกิดจากการไหลของน้ำจะรบกวนแหล่งกำเนิดคลื่นที่เราส่งไป สัญญาณคลื่นที่เครื่องรับคลื่นบันทึกได้ อาจจะหักล้างกันหรือเสริมกัน ทำให้การสำรวจผิดพลาดได้ *การวางแนวการสำรวจ ควรวางเป็นแนวที่ตรง* เนื่องจากคลื่นเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง การวางแนวการสำรวจเป็นแนวโค้ง ทำให้ตัวรับคลื่นที่อยู่ตัวต้นๆ หรือตัวท้ายๆ ได้รับสัญญาณคลื่นก่อน ทำให้ข้อมูลที่ได้ผิดพลาด และ*การวางแนวสำรวจควรวางแนวสำรวจให้ความแตกต่างของระดับระหว่างต้นทางและปลายทางการสำรวจไม่ควรเกิน 10 เมตร เนื่องจากถ้าความสูงของพื้นที่มีความแตกต่างกันมาก จะทำให้ข้อมูลที่ได้รับผิดพลาด*

นอกจากนี้ *ควรมี Test Section* ของการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห โดยอาศัยการสำรวจในพื้นที่ที่พบหินโผล่ (Outcrop) นำข้อมูลมาแปลผลให้ทราบความเร็วคลื่นของดินหรือหินในตำแหน่งสำรวจ *เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการจำแนกชนิดของชั้นดิน, ชั้นหิน* ในพื้นที่สำรวจ Test Section ควรมีหลายแนว ตามลักษณะธรณีวิทยาที่เปลี่ยนแปลงไป



แผนภูมิที่ 2.1 แสดง Flow Chat ขั้นตอนการสำรวจ

3.4.2 การเตรียมพื้นที่การสำรวจ เมื่อเรากำหนดแนวเส้นการสำรวจได้แล้ว ทำการเตรียมพื้นที่เพื่อให้พร้อมกับการสำรวจ เช่น วัดระยะแนวสำรวจ ว่าเพียงพอสำหรับการวางแนวหรือไม่ โดยส่วนใหญ่ ถ้าใช้ระยะห่างของจีโอโฟน 3 เมตร จะต้องมีพื้นที่การสำรวจประมาณ 78 เมตร และทำการถางต้นไม้ หรือวัชพืชที่ขึ้นปกคลุมแนวสำรวจ เพื่อทำให้การสำรวจ และการวัดระดับง่ายขึ้น

3.4.3 ขั้นตอนการสำรวจ ขั้นตอนการสำรวจจะเริ่มจาก

- การกำหนดระยะห่างของของจีโอโฟน แหล่งกำเนิดคลื่น และเครื่องรับสัญญาณ โดยใช้เทปวัดระยะ ส่วนใหญ่เครื่องรับสัญญาณจะกำหนดให้อยู่กึ่งกลางของแนวสำรวจ พร้อมทั้งทำการระบุตำแหน่งของจีโอโฟนตัวที่ 1 อยู่ตำแหน่งใด มีระยะแยก (Offset) อยู่ในตำแหน่งซ้ายทาง หรือขวาทาง เป็นระยะเท่าใด แสดงดังรูปที่ 3.6

การกำหนดระยะห่างของจีโอโฟน กำหนดให้ระยะห่างระหว่างจีโอโฟนใกล้เคียงกับความลึกของชั้นดิน หรือชั้นหินในชั้นแรก กรณีดังกล่าว จะต้องทำการสำรวจเบื้องต้นก่อน เพื่อจะทราบความหนาของชั้นดิน หรือชั้นหินชั้นแรก ในกรณีที่พื้นที่มีความแตกต่างของความหนา ทำให้การสำรวจเสียเวลา และนอกจากนี้ ถ้าชั้นดินชั้นแรกมีความหนามาก ระยะห่างของจีโอโฟนจะมากขึ้น ทำให้คลื่นจากแหล่งกำเนิดคลื่นเดินทางไปไม่ถึงจีโอโฟนตัวที่อยู่ไกลจากแหล่งกำเนิดคลื่น จากประสบการณ์ของผู้เขียน *ระยะห่างที่เหมาะสมของจีโอโฟนคือระยะ 3 เมตร* เป็นระยะที่ครอบคลุมความลึกของชั้นดินหรือชั้นหินชั้นแรก และเป็นระยะที่คลื่นจากแหล่งกำเนิดคลื่นที่มาจากการใช้ทุบแผ่นเหล็ก สามารถเดินทางไปถึงจีโอโฟนทุกตัว

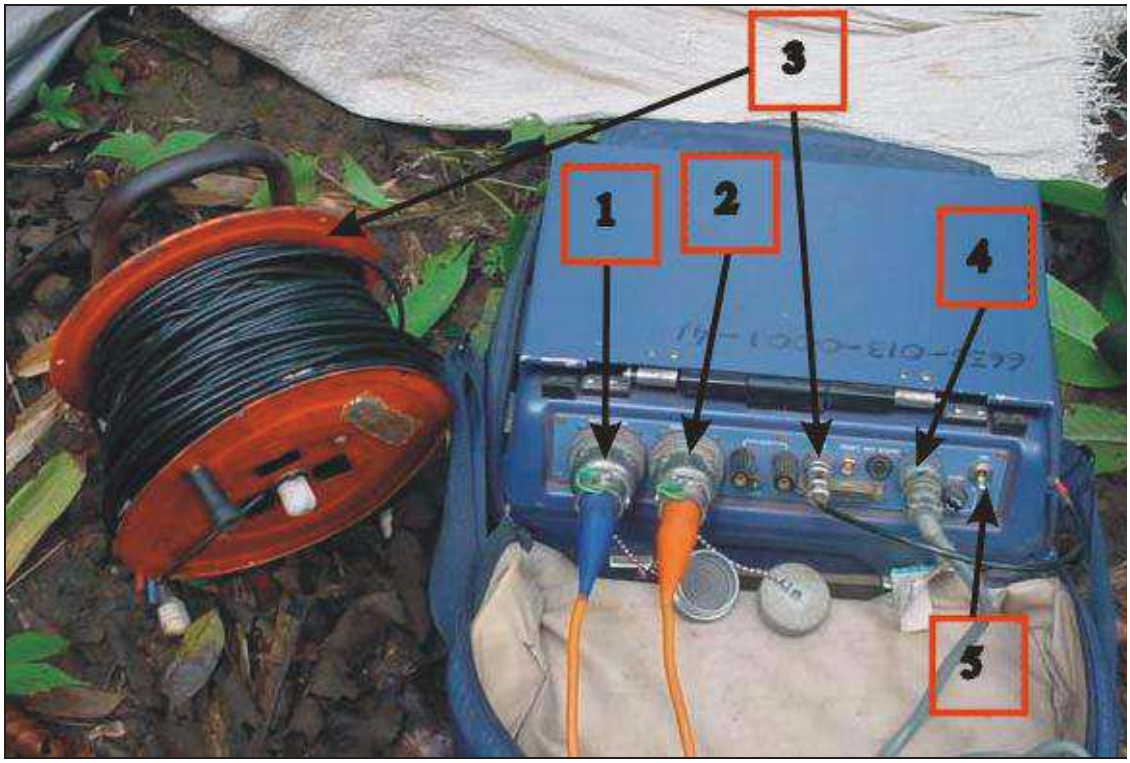
รูปที่ 3.5 แสดงการวัดระยะ และกำหนดจุดวางตัวรับสัญญาณ ในการสำรวจ

- ทำการเชื่อมต่อสายนำสัญญาณ และจีโอโฟน แสดงดังรูปที่ 3.6 เข้าด้วยกัน โดยใช้ตัวหนีบสีแดงต่อเข้ากับช่องรับสีแดง และตัวหนีบสีดำต่อเข้ากับช่องรับสีดำ พร้อมตั้ง*ปักตัวรับสัญญาณเข้าไปในผิวดิน ให้ตั้งฉากกับผิวดิน และต้องปักด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากตัวรับสัญญาณมีราคาแพง อีกทั้งยังไม่สามารถที่จะสั่งมาทดแทนเป็นชิ้นได้ ต้องสั่งมาเป็นชุดเท่านั้น*

รูปที่ 3.6 แสดงการปักจีโอโฟน และการเชื่อมต่อสายนำสัญญาณ

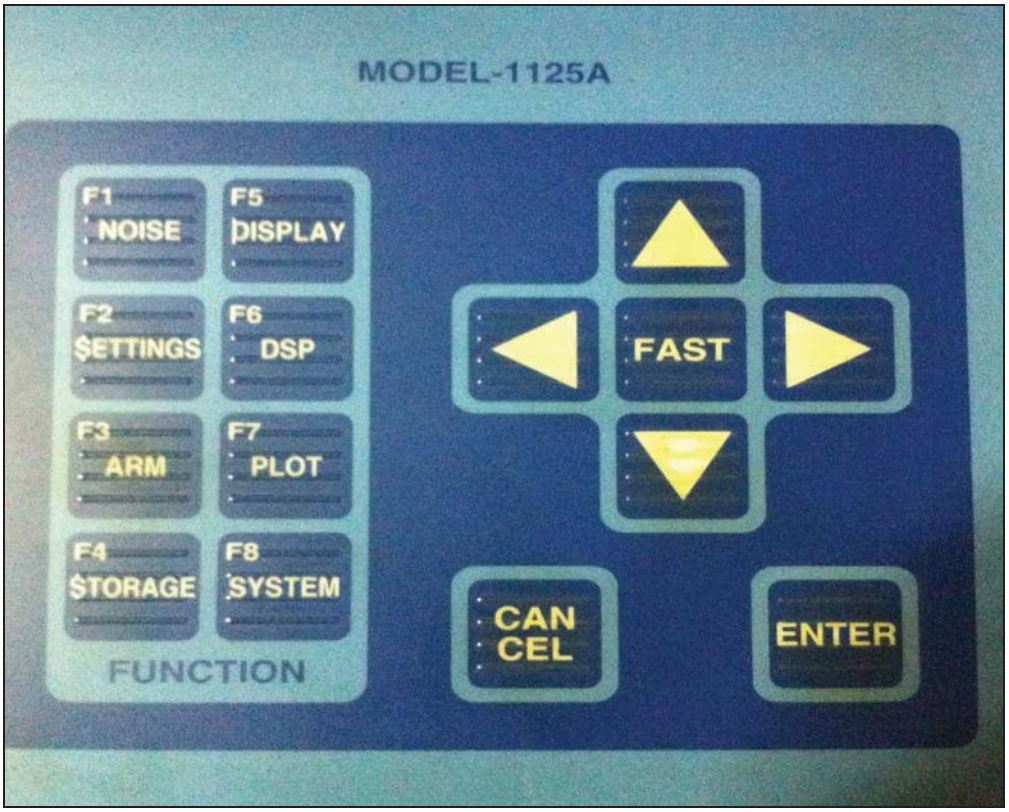
- ทำการต่อสายนำสัญญาณตัวรับคลื่น สายสัญญาณแหล่งกำเนิดคลื่น และแบตเตอรี่เข้ากับเครื่องรับสัญญาณ แสดงดังรูปที่ 3.7 ได้ดังนี้

- หมายเลข 1 เป็นช่องต่อสำหรับ สายนำสัญญาณ ชุดที่ 13 – 24
- หมายเลข 2 เป็นช่องต่อสำหรับ สายนำสัญญาณ ชุดที่ 1 – 12
- หมายเลข 3 เป็นช่องต่อสำหรับ สายสัญญาณแหล่งกำเนิดคลื่น
- หมายเลข 4 เป็นช่องต่อสำหรับ แบตเตอรี่
- หมายเลข 5 เป็นสวิทซ์สำหรับ เปิด – ปิด เครื่องบันทึกสัญญาณ



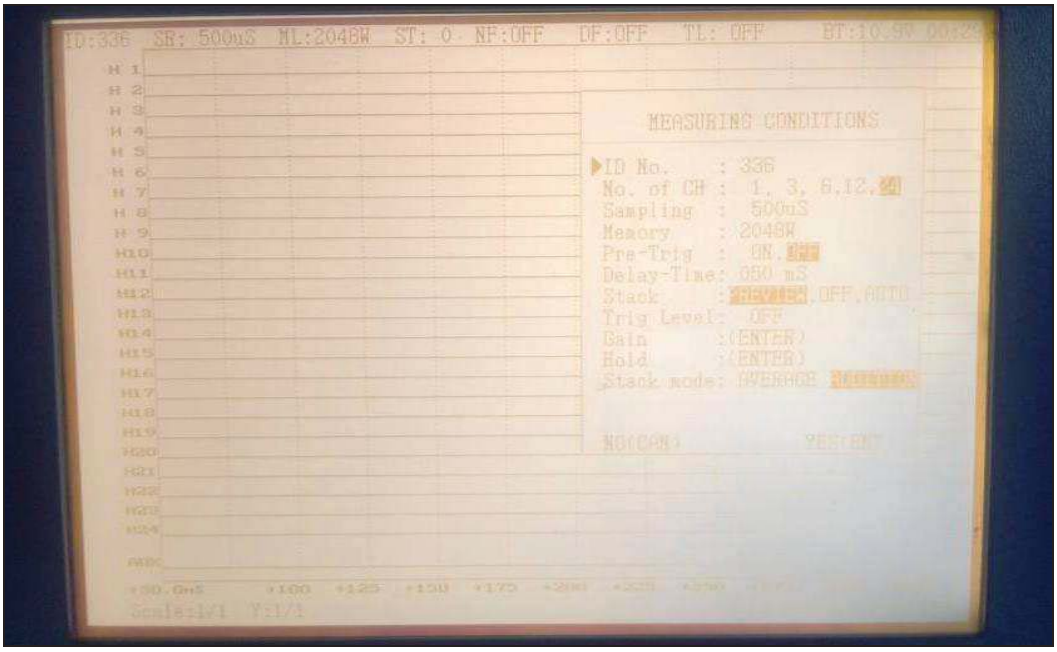
รูปที่ 3.7 แสดงตำแหน่งของการเชื่อมต่อสายสัญญาณต่างๆ เครื่องมือสำรวจยี่ห้อ OYO รุ่น 1125A

- ทำการเซทค่าต่างๆ ของเครื่อง ตามฟังค์ชัน ต่างๆ แสดงดังในรูปที่ 3.8 ได้แก่
  - ปุ่ม F1 (Noise) ใช้สำหรับเช็คสัญญาณของตัวรับ เข้าสู่เครื่องบันทึก
  - ปุ่ม F2 (Setting) ใช้เซทค่าต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.9 ได้แก่
    - ID No. ใช้สำหรับตั้งหมายเลขข้อมูลที่ถูกจัดเก็บ (ID)
    - No. of CH ใช้สำหรับเลือกจำนวนช่องสัญญาณของตัวรับ ส่วนใหญ่ใช้ช่องสัญญาณของตัวรับ จำนวน 24 ช่อง
    - Sampling ใช้สำหรับเลือกช่วงเวลาเก็บข้อมูล ให้เก็บข้อมูลทุกๆ กี่ไมโครวินาที ตั้งค่าได้ตั้งแค่ 25 – 2,000 ไมโครวินาที ส่วนใหญ่จะใช้ 500 ไมโครวินาที
    - Memory ใช้สำหรับเลือกเก็บข้อมูลเป็นจำนวนกี่คำ เลือกได้ 1,024 หรือ 2,048 คำ
    - Stack ใช้สำหรับเลือกการรวมข้อมูลคลื่น ที่เครื่องบันทึกสัญญาณรับไว้จะทำการ Stack หรือการรวมคลื่น เพื่อให้คลื่นชัดเจนยิ่งขึ้น ในที่นี้ เมื่อทำการรวมคลื่นแล้ว จะให้หน้าจอแสดงผลแบบไหน เลือกได้แบบ แสดง, ไม่แสดง, หรือแบบออโต้ ส่วนใหญ่จะเลือกแสดง เพื่อให้สามารถเลือกได้ว่า ข้อมูลคลื่นที่บันทึกได้ ดีขึ้น หรือไม่ ถ้าไม่ดีขึ้นให้ทำการสำรวจใหม่
    - -Trig Level ใช้สำหรับเลือกขนาดความเข้มของ Trig ตั้งได้ตั้งแต่ 100 mV – 1,000 mV ส่วนใหญ่เลือก ปิดในส่วนนี้ เพื่อให้สัญญาณเข้าได้หลายช่วงคลื่น



รูปที่ 3.8 แสดงปุ่มฟังค์ชันต่างๆในการใช้งาน

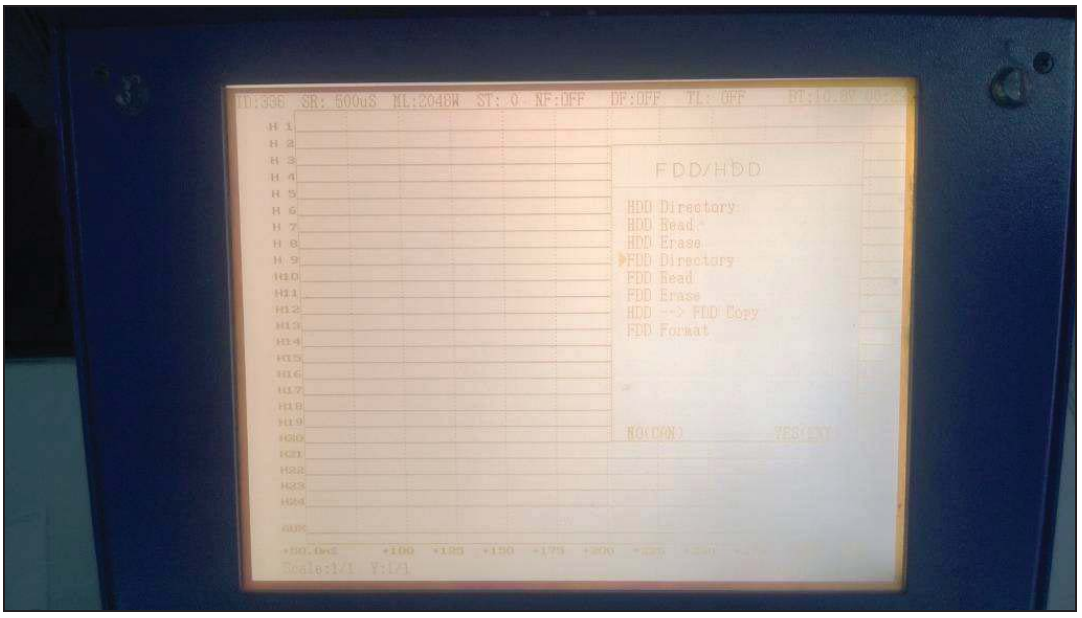
- Gain ใช้สำหรับขยายคลื่นของตัวรับสัญญาณ สามารถเลือกได้ว่า ให้จีโอโฟนตัวใด รับความเข้มของคลื่นเท่าใด เลือกได้ 3 ระดับ คือ น้อย กลาง และมาก
- Hold ใช้สำหรับเลือกจีโอโฟนตัวใดให้ทำงาน หรือไม่ทำงาน กล่าวคือ ถ้ามีการสำรวจโดยแหล่งกำเนิดคลื่นที่เดียวกัน เมื่อทำการส่งสัญญาณจากแหล่งกำเนิดคลื่นในครั้งแรกแล้ว ถ้าจีโฮโฟนตัวใด มองเห็นได้ว่าได้รับคลื่นที่มีความคมชัดดีแล้ว ก็กด Hold ไว้ เพื่อไม่ให้รับคลื่น ณ จุดกำเนิดคลื่นจุดเดียวกัน แต่ให้กำเนิดคลื่นในลำดับที่สอง หรือที่สาม
- Stack Mode ใช้สำหรับการเลือกวิธีการรวมข้อมูล สามารถเลือกการรวมข้อมูลได้ 2 แบบคือ **แบบ Average** *คือ รวมข้อมูลคลื่นที่ได้จากการสำรวจสองครั้งมาเฉลี่ยกัน* **แบบ Adding** คือ *รวมข้อมูลคลื่นที่ได้ทั้งสองครั้งมารวมกัน ในกรณีนี้ ถ้ายอดคลื่นหรือท้องคลื่นของคลื่นที่ได้รับทั้งสองครั้งตรงกัน ทั้งยอดคลื่นหรือท้องคลื่นนั้น ก็จะได้ความสูงของคลื่นเพิ่มขึ้น แต่ถ้าคลื่นทั้งสองมียอดคลื่นตรงกับท้องคลื่น ก็จะทำให้คลื่นหักล้างกัน ทำให้ความสูงของคลื่นลดลง ส่วนใหญ่จะเลือกใช้การ Adding คลื่นมากกว่า*



รูปที่ 3.9 แสดงฟังค์ชันการตั้งค่าของปุ่ม F2 (Setting)

○ ปุ่ม F3 (Arm) ใช้สำหรับรอสัญญาณ Trigger เพื่อรับคลื่นจากแหล่งกำเนิดคลื่น ผ่านตัวรับสัญญาณ และนำมาสู่เครื่องรับ (ขอกล่าวรายละเอียดการใช้งานในลำดับถัดไป)

○ ปุ่ม F4 (Storage) เป็นฟังชั่นก์ที่ใช้จัดการหน่วยความจำต่างๆ ภายในเครื่องบันทึกสัญญาณ เช่น อ่านข้อมูล, ลบข้อมูล, ส่งข้อมูลไปยังดิสเก็ต เป็นต้น ซึ่งฟังค์ชันต่างๆ แสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดงฟังชันก์ต่างๆของปุ่ม F4 (Storage)

○ ปุ่ม F5 (Display) ใช้สำหรับเลือกขนาดของจอภาพ ให้มีสัดส่วนตามความเหมาะสม สามารถเลือกได้ตั้งแต่ x0.5 x1 x2 หรือ x4 สามารถเลือกได้โดยใช้เคอร์เซอร์ ขึ้น – ลง

○ ปุ่ม F6 (DPS) ใช้สำหรับเลือกความถี่ที่น้อยที่สุดที่เข้าสู่เครื่องรับ หรือไม่เลือกก็ได้ ในกรณีที่ไม่เลือก ทำให้ความถี่ในทุกช่วงคลื่นเข้าสู่เครื่องรับ คลื่นรบกวนก็สามารถเข้าสู่เรื่องรับได้ ในกรณีที่เลือกความถี่ ส่วนมากจะให้ความถี่ที่สูงกว่า 160 เฮิรตซ์ เข้าสู่เครื่องรับ

○ ปุ่ม F7 (Plot) ใช้สั่งการเครื่องพิมพ์ พิมพ์ข้อมูลคลื่นที่ได้จากการสำรวจ แต่ปุ่มนี้ส่วนใหญ่จะไม่ได้ใช้งาน เพราะการพิมพ์นั้น ต้องมีเครื่องพิมพ์ติดไปด้วย เป็นการยากที่จะนำเครื่องพิมพ์ไปใช้งานในขณะทำการสำรวจ

○ ปุ่ม F8 (System) เป็นฟังค์ชันสำหรับเลือกรูปแบบการสำรวจ เลือกได้ 2 แบบคือ

■ Refraction (การสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห) การสำรวจ ทำการสำรวจด้วยด้วยวิธีนี้

■ Simple Refection (การสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบสะท้อนอย่างง่าย)

เมื่อทำการเซทค่าฟังค์ชันต่างๆ เรียบร้อยแล้ว เริ่มการสำรวจ แสดงดังรูปที่ 3.11 โดยกำหนดตำแหน่งของแหล่งกำเนิดของคลื่นในแต่ละระยะไว้ (จุดกำเนิดคลื่น 5 จุด) ตำแหน่งกำเนิดคลื่นจะอยู่ห่างจาก จีโอโฟนตัวที่ 1 และ 24 ด้านละ 3 เมตร (2 จุด) จุดกึ่งกลาง (ระหว่างจีโอโฟนตัวที่ 12 และ 13 จำนวน 1 จุด) กึ่งกลางระหว่างจีโอโฟนตัวแรก และจุดกึ่งกลาง (ระหว่างจีโอโฟนตัวที่ 6 และ 7 จำนวน 1 จุด) กึ่งกลางระหว่างจีโอโฟนตัวสุดท้าย และจุดกึ่งกลาง (ระหว่างจีโอโฟนตัวที่ 18 และ 19 จำนวน 1 จุด)

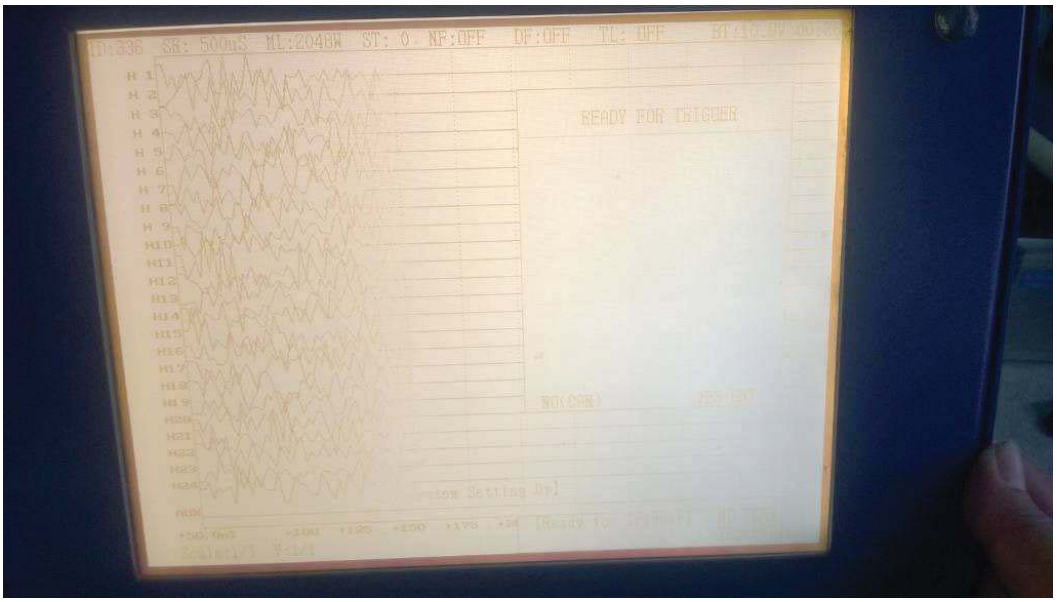
ทำการต่อสาย Trigger และติด Trigger ไว้กับตัวกำเนิดคลื่น (ในที่นี้ แหล่งกำเนิดคลื่นคือค้อน และแผ่นเหล็ก) เนื่องจากตัว Trigger นั้นมีราคาแพง (ประมาณตัวละสองหมื่นบาท) และพังได้ง่ายเมื่อนำไปใช้งาน ทางหน่วยสำรวจจึงทำการประยุกต์วิธีการอื่นมาทำหน้าที่แทนตัว Trigger ซึ่งมี 2 วิธีคือ

- **ใช้ใบมีดคัทเตอร์ 2 อัน** โดยใช้ใบมีดต่อเข้ากับขั้วสายนำสัญญาณ Trigger ไว้ ใบมีดละ สายนำสัญญาณ โดยให้ใบมีดทั้งสองมีระยะห่างกันเล็กน้อย และนำไปผูกกับตัวค้อน และเมื่อนำค้อนทุบกับแผ่นเหล็ก ใบมีดทั้งสองก็จะแตะกัน ทำหน้าที่แทนตัว Trigger ได้

- **ใช้จีโอโฟน ทำหน้าที่แทน Trigger** เนื่องจากจีโอโฟนทำหน้าที่รับสัญญาณ คล้ายกับ Trigger จึงได้นำจีโอโฟนต่อกับขั้วสายนำสัญญาณ Trigger และนำจีโอโฟนไปปักไว้ใกล้ๆ กับแผ่นเหล็ก เมื่อทำการทุบแผ่นเหล็ก จีโอโฟนก็จะทำการตัดสัญญาณ ทำหน้าที่แทน Trigger ได้เช่นกัน วิธีนี้จะเป็นวิธีที่ง่ายกว่าการใช้วิธีใบมีดคัทเตอร์ แต่มีข้อควรระวังคือ เวลาใช้ค้อนทุบแผ่นเหล็กต้องระมัดระวังไม้ให้ค้อนไปทุบจีโอโฟน

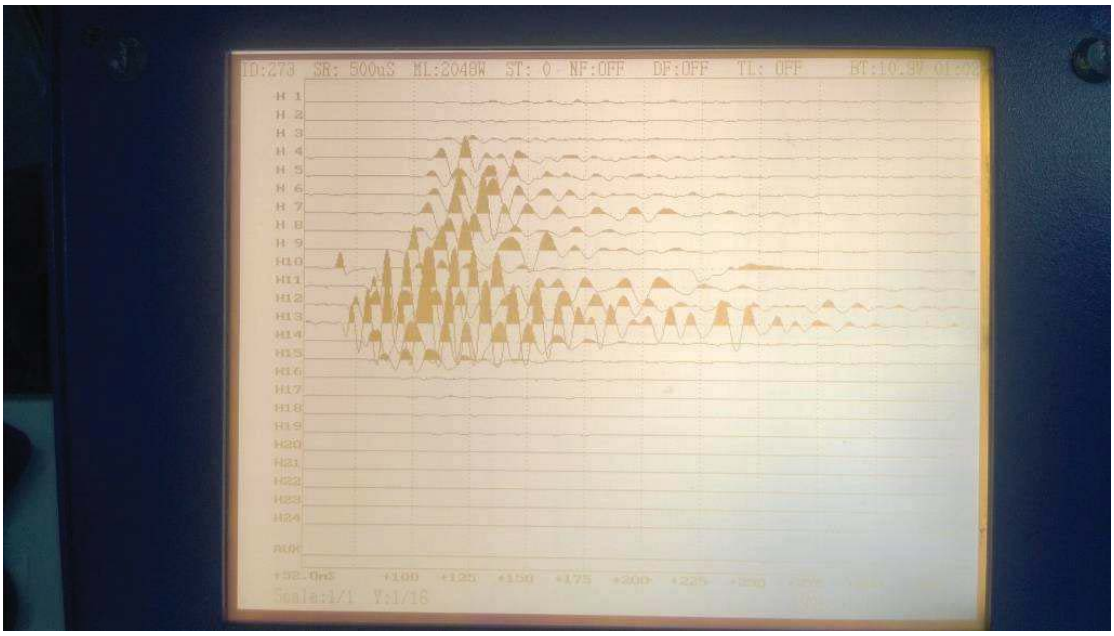
รูปที่ 3.11 แสดงการวางแนวสำรวจสำหรับการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห

เมื่อทำการเตรียมการตามข้างต้นเสร็จสิ้นแล้ว ทำการสั่งการให้บุคลากรในพื้นที่การสำรวจให้อยู่นิ่ง ห้ามเคลื่อนที่ หรือห้ามเดิน เนื่องจากจะทำให้จีโอโฟนได้รับเสียงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ หรือการเดินด้วย และทำการกดปุ่มฟังค์ชั่น F3 (Arm) เพื่อให้เครื่องเตรียมพร้อมรับสัญญาณคลื่นที่จะเข้ามา หน้าจอจะขึ้นข้อความ Ready for Trigger แสดงดังรูปที่ 3.12 และมีรูปคลื่นเคลื่อนที่ผ่านจีโอโฟนเข้ามายังตัวเครื่องบันทึกสัญญาณให้เห็น



รูปที่ 3.12 แสดงภาพหน้าจอที่เตรียมพร้อมการรับสัญญาณคลื่น

เมื่อหน้าจอขึ้นดังรูปที่ 3.12 ให้ทำการใช้ค้อนทุบแผ่นเหล็ก เพื่อเป็นแหล่งกำเนิดคลื่น ส่งคลื่นผ่านชั้นดิน และหักเหไปยังตัวรับ เมื่อคลื่นเดินทางเข้าสู่ตัวรับแล้ว ลักษณะของคลื่นแสดงดังรูปที่ 3.13 ถ้าคลื่นที่รับได้ไม่ชัดเจน ทำการกด CANCEL เพื่อลบข้อมูล ถ้าคลื่นชุดนั้นให้ลักษณะคลื่นที่ชัดเจน ให้ทำการกดปุ่ม ENTER เพื่อเก็บข้อมูลคลื่นไว้รอรวมคลื่นกับคลื่นชุดอื่น ณ จุดกำเนิดคลื่นเดียวกัน (Stack) หลังจากนั้น ทำการกดปุ่ม F3 (Arm) เพื่อให้ได้คลื่นชุดใหม่จากแหล่งกำเนิดคลื่นจุดเดิม และเมื่อรวมคลื่นได้ชัดเจนแล้ว กดปุ่ม FAST เป็นการเสร็จสิ้นการเก็บข้อมูลในจุดกำเนิดคลื่นนั้นๆ ข้อมูลจะถูกจัดเก็บ ณ ตำแหน่งของ ID No. ที่เรากำหนดไว้ และทำการเก็บข้อมูลของแนวสำรวจให้ครบทั้ง 5 จุดกำเนิดคลื่น



รูปที่ 3.13 แสดงคลื่นที่ได้จากแหล่งกำเนิดคลื่น ในบริเวณจุดกึ่งกลางของแนวสำรวจ

เมื่อได้ข้อมูลครบทั้ง 5 จุดกำเนิดคลื่นแล้ว ทำการวัดค่าระดับ และระยะทาง หรือตำแหน่งหลักกิโลเมตรของแหล่งกำเนิดคลื่นในแต่ละจุด (แหล่งกำเนิดคลื่น 5 จุด) จากนั้นวัดค่าระดับและระยะทางหรือตำแหน่งหลักกิโลเมตรของตัวรับสัญญาณ (ตัวรับสัญญาณ 24 จุด) เพื่ออ้างอิงตำแหน่ง และระดับความสูงของการสำรวจได้ตรงกับตำแหน่ง ณ สายทางนั้นๆ ได้ถูกต้อง ถือว่าเสร็จสิ้นการเก็บข้อมูล

แต่นอกจากเก็บข้อมูลของการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแล้ว ยังจำเป็นต้องทำการสำรวจลักษณะทางธรณีวิทยาในพื้นที่แนวสำรวจด้วย เช่น บริเวณแนวสำรวจเป็นหินอะไร, มีลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยา เช่น แนวรอยเลื่อน, แนวคดโค้งของชั้นหินหรือไม่, ระดับการผุพังของหินอยู่ในระดับไหน แต่ถ้าไม่สามารถสังเกตเห็นหินโผล่ในบริเวณแนวสำรวจ ต้องสังเกตชนิดของหินจากพื้นดิน ต้องเป็นดินที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ ทำให้สามารถประเมินชนิดของหินอย่างคร่าวๆ ได้จาก เศษดินหรือเศษหิน (Rock Fragment) ที่พบในบริเวณนั้น แต่ที่สำคัญต้อง*แยกให้ได้ว่าดินที่อยู่ในบริเวณนั้น เป็นดินที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ หรือการถูกพัดพา* ถ้าเป็นดินที่ถูกพัดพามา จะไม่สามารถบอกชนิดของหินที่อยู่บริเวณนั้นได้

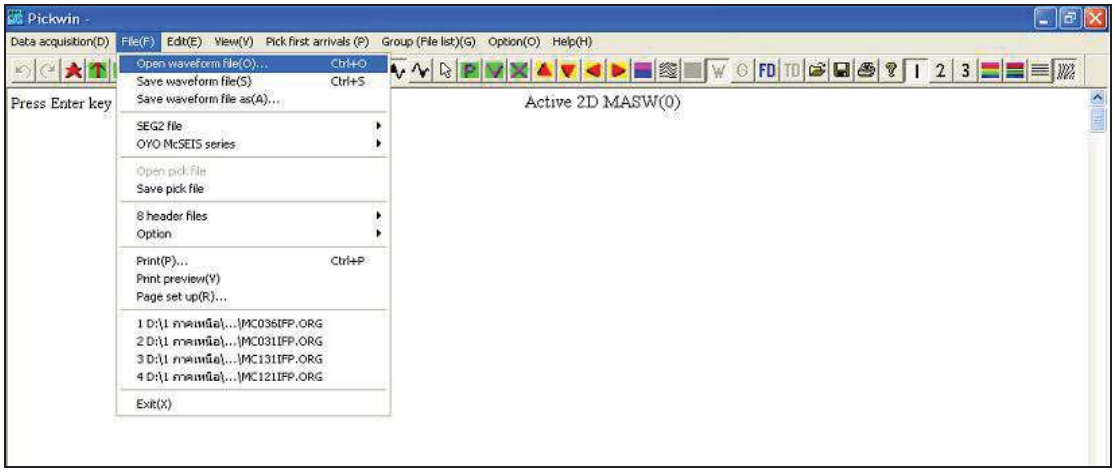
บทที่ 4
การแปลผลข้อมูลจากการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ จะเป็นข้อมูลคลื่นที่เครื่องได้ทำการบันทึกไว้ ยังไม่สามารถนำมาใช้งานได้ในทันที จะต้องนำข้อมูลที่ได้มาแปลผลเสียก่อน จึงจะสามารถนำข้อมูลมาใช้ได้ ขั้นตอนการแปลผลนั้น จะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นตัวช่วยในการแปลผล โปรแกรมที่ใช้เรียกว่าโปรแกรม Surface Wave Analysis และโปรแกรม Plotrefa ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

4.1 การแปลผลจากโปรแกรม Surface Wave Analysis

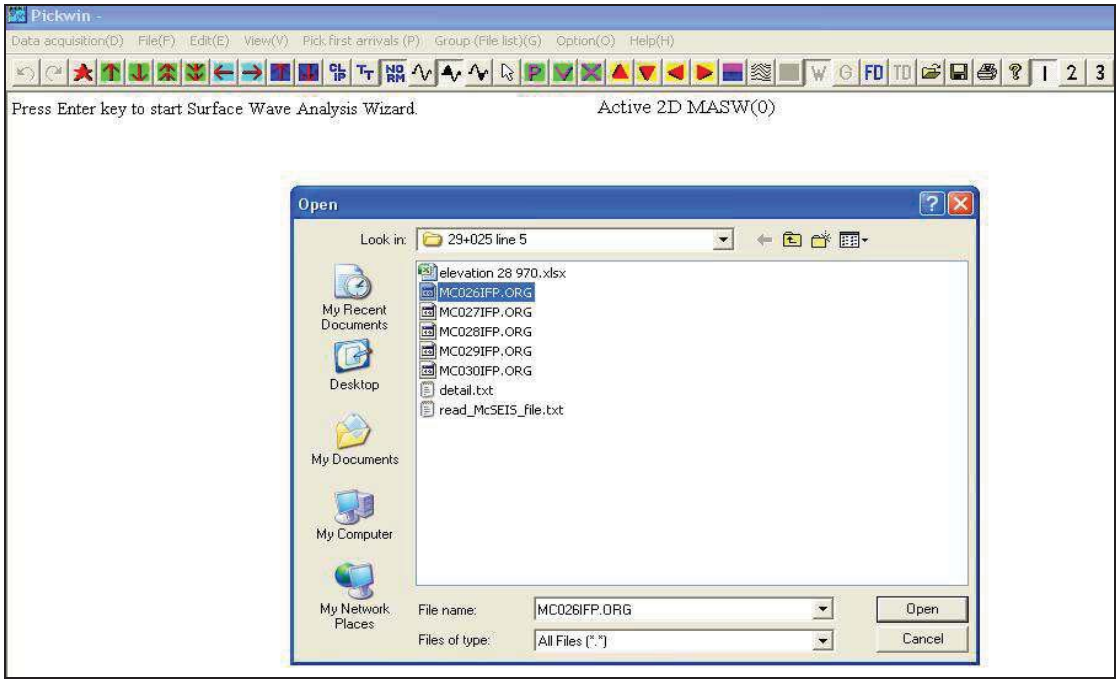
ขั้นตอนนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลคลื่นจากจุดกำเนิดคลื่นทั้ง 5 จุด ให้มาอยู่ในไฟล์เดียวกัน มีขั้นตอนดังนี้

4.1.1 เปิดโปรแกรม Surface Wave Analysis คลิ๊กเลือก File menu เลือก Open wavefrom file (O) แสดงดังรูปที่ 4.1



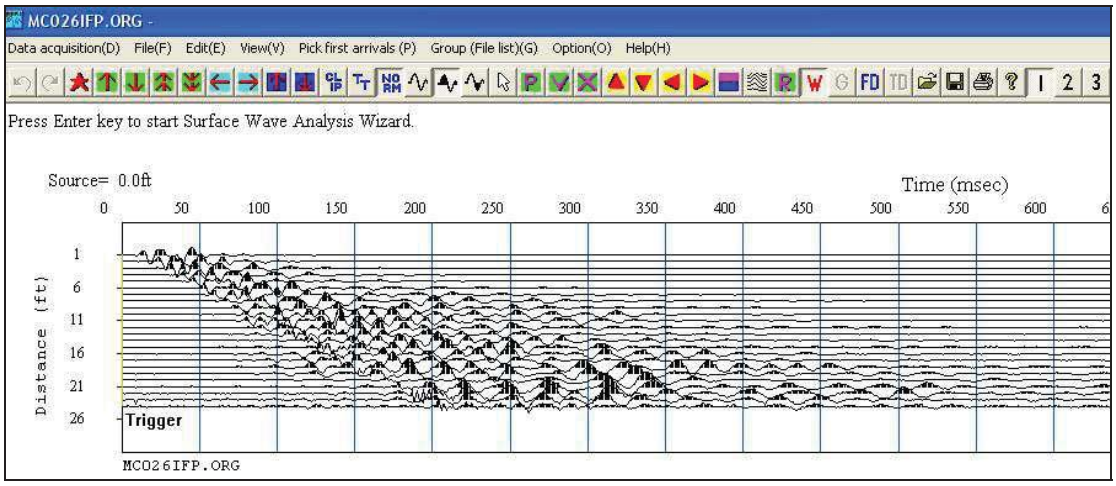
รูปที่ 4.1 แสดงขั้นตอนการเปิดโปรแกรม Surface Wave Analysis

4.1.2 เลือกไฟล์จากการสำรวจที่ต้องการแปลผล



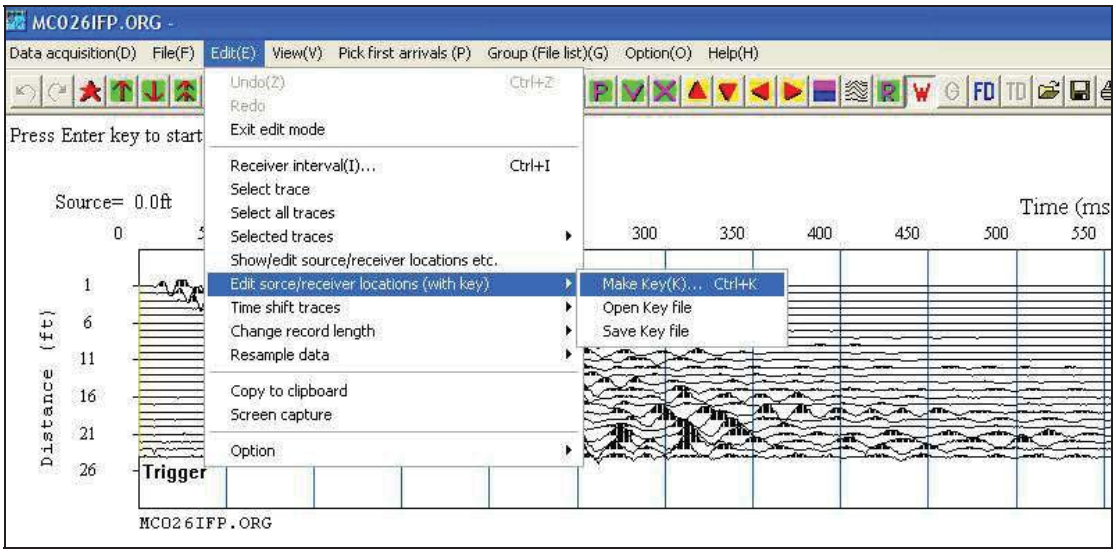
รูปที่ 4.2 แสดงขั้นตอนการเลือกข้อมูลที่ต้องการแปลผล

4.1.3 เปิดไฟล์ที่ต้องการ ได้ลักษณะรูปคลื่น แสดงดังรูปที่ 4.3 แต่รูปคลื่นดังกล่าวยังไม่ถูกต้อง เนื่องจากยังไม่ได้กำหนดระยะห่างที่แท้จริง ของจีโอโฟนจากการสำรวจ



รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะคลื่นที่ได้จากการสำรวจ

4.1.4 ทำการกำหนดระยะจีโอโฟน ระยะแหล่งกำเนิดคลื่น โดยไปที่เมนู Edit, Edit source/ receiver location (with key), Make key.



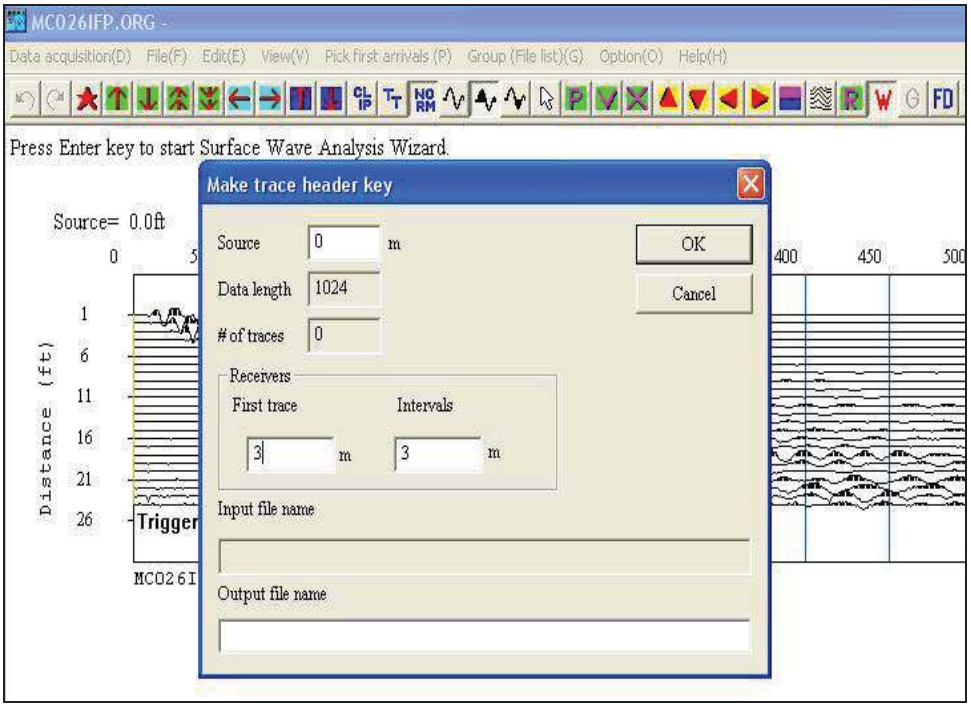
รูปที่ 4.4 แสดงการกำหนดระยะห่างจีโอโฟน และระยะแหล่งกำเนิดคลื่น

4.1.5. หน้าต่างการนำเข้าข้อมูล แสดงดังรูปที่ 4.5 ค่าที่ต้องกำหนดมี 3 ค่า คือ

- ช่องว่างแรก (Source) เป็นระยะทางของจุดกำเนิดคลื่น จุดกำเนิดคลื่นนั้นๆ อยู่ที่ระยะเท่าไรของแนวสำรวจ ส่วนใหญ่จุดกำเนิดคลื่น จุดที่ 1 จะกำหนดให้เป็นระยะเริ่มของการสำรวจ คือ จุดที่ระยะทางเป็น 0 (ระยะทางในที่นี้มีหน่วยเป็นเมตร)

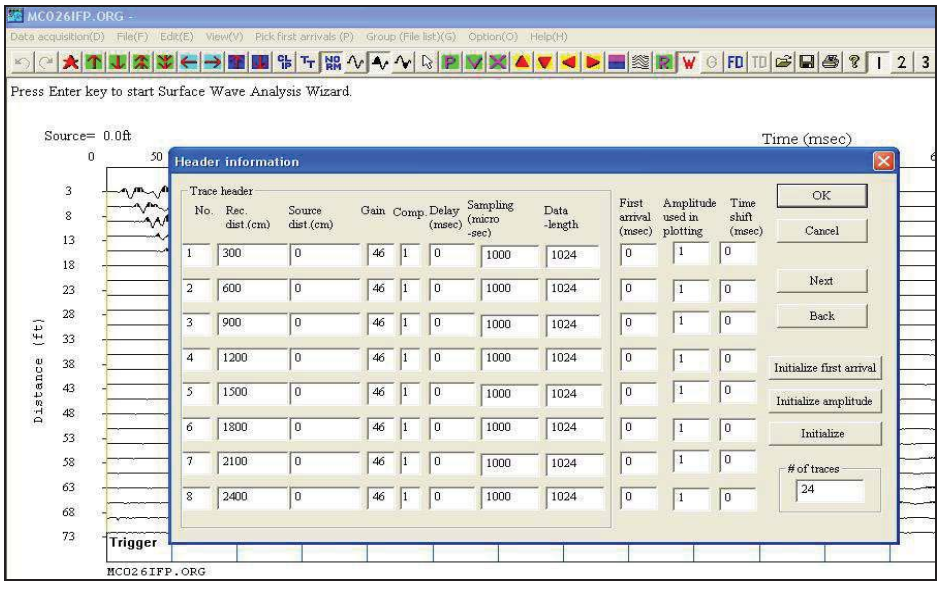
- ช่องว่างที่สอง (First Trace) เป็นระยะทางของจีโอโฟนตัวแรก มีระยะห่างเท่าไรจากจุดกำเนิดคลื่นจุดแรก ในที่นี้จีโอโฟนตัวแรกอยู่ที่ระยะ 3 เมตร จากจุดกำเนิดคลื่นจุดแรก

- ช่องว่างที่สาม คือ ระยะห่างของจีโอโฟนแต่ละตัว ในแนวสำรวจ แนวสำรวจแนวนี้ ใช้ระยะห่าง จีโอโฟนเท่ากันทุกตำแหน่ง และมีระยะห่าง 3 เมตร



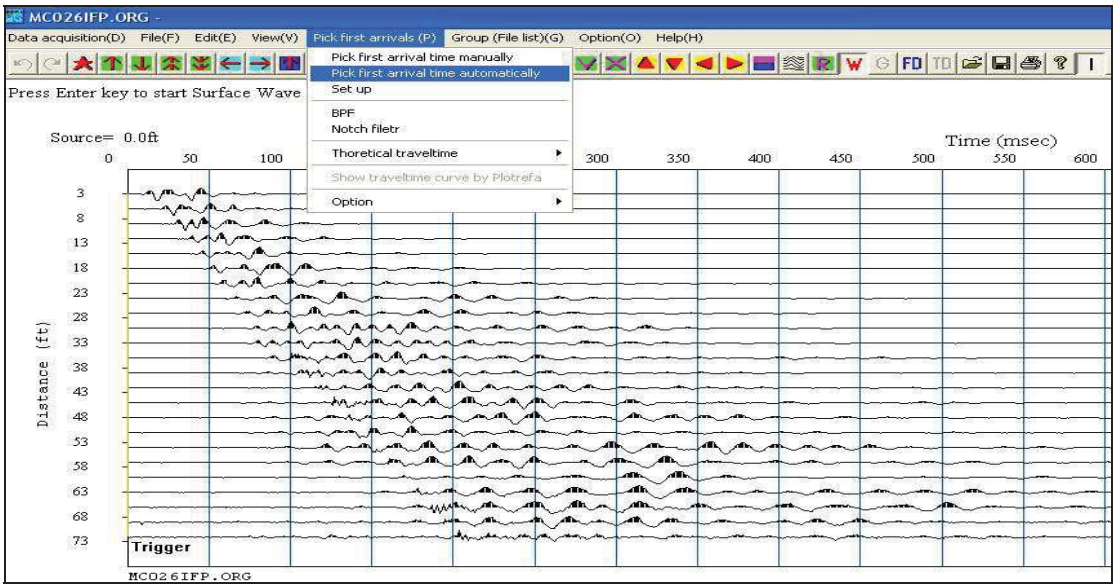
รูปที่ 4.5 แสดงตำแหน่งของการกำหนดระยะห่างของจีโอโฟนและแหล่งกำเนิดคลื่น

4.1.6 เมื่อกำหนดค่าต่างๆไปแล้วข้างต้น คอมพิวเตอร์จะคำนวณระยะต่างๆ ที่เกิดขึ้นในการสำรวจ แสดงดังรูปที่ 4.6 ระยะของจีโอโฟนแต่ละตัวอยู่ที่ระยะกี่เมตร ผู้ใช้งานจำเป็นต้องตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลด้วย โดยกด Next หรือ Back เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของระยะห่างของจีโอโฟนในแต่ละตำแหน่ง



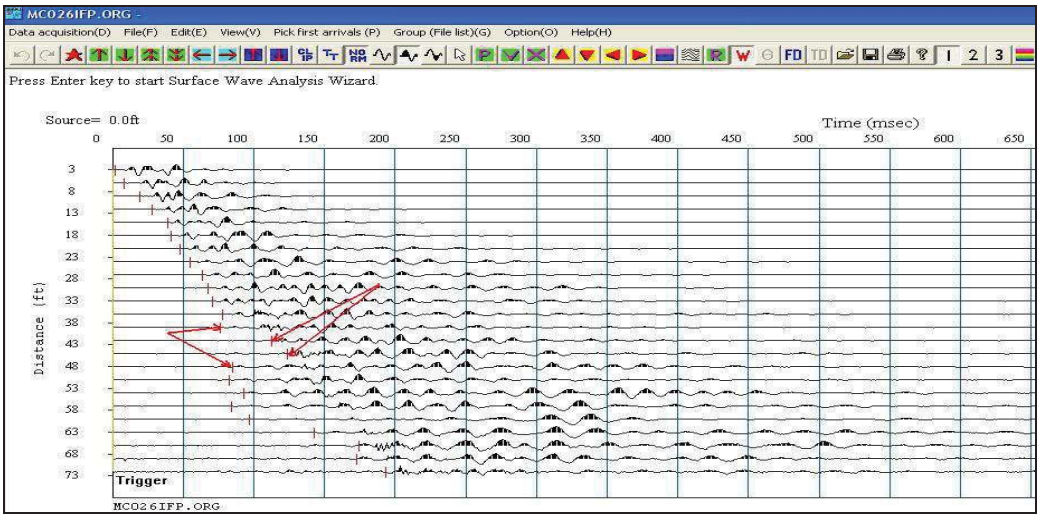
รูปที่ 4.6 แสดงระยะของแหล่งกำเนิดคลื่นและจีโอโฟน

4.1.7 เมื่อได้ระยะที่ถูกต้องแล้ว คลิ๊กปุ่ม OK จะปรากฏภาพของคลื่นที่บันทึกได้ และทำการเลือกคลื่นตัวแรก (First Arrival) ที่เข้ามาสู่ตัวรับสัญญาณ ใช้คำสั่ง Pick first arrival time automatically แสดงดังรูปที่ 4.7



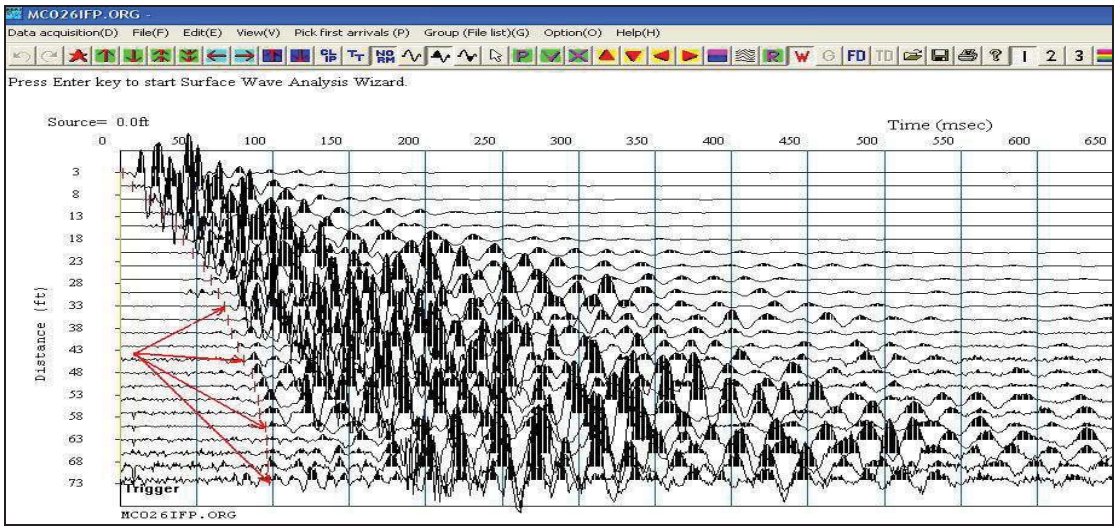
รูปที่ 4.7 แสดงรูปร่างของคลื่น ตามระยะในการดำเนินการสำรวจ

4.1.8 จากนั้นโปรแกรมก็จะทำการเลือก คลื่นตัวแรก (บริเวณลูกศรชี้) โดยอัตโนมัติ ทำให้แต่คลื่นตัวแรกที่ได้จากโปรแกรม ยังไม่ถูกต้อง เป็นเพียงแนวทางเท่านั้น ต้องทำการแก้ไขอีกครั้งแสดงดังรูปที่ 4.8



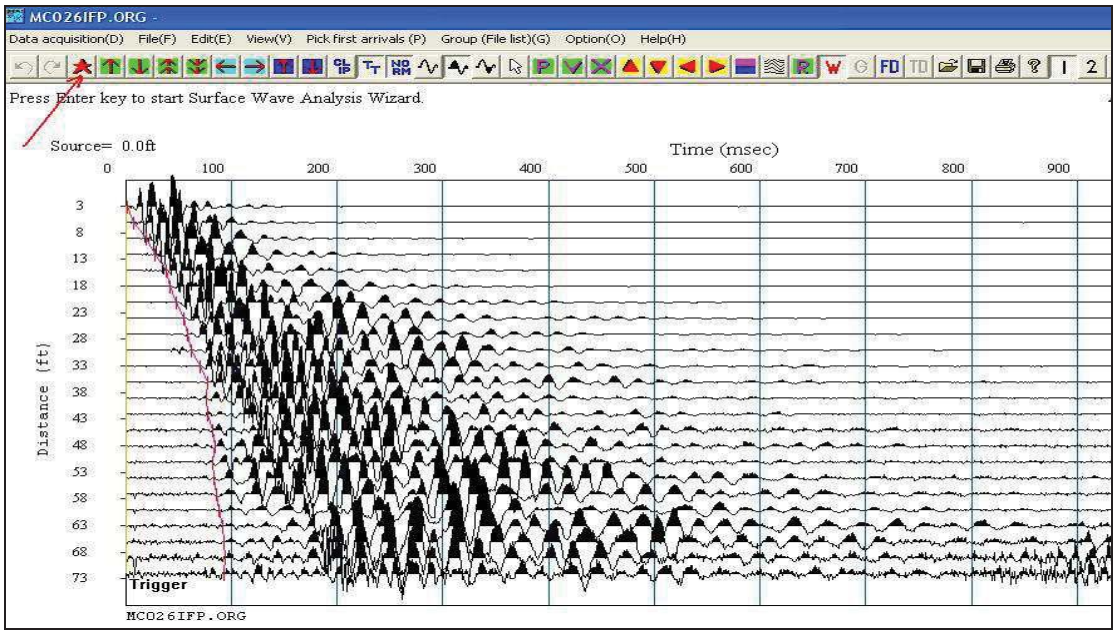
รูปที่ 4.8 แสดงคลื่นตัวแรกที่ถูกเลือกจากโปรแกรม

4.1.9 ทำการแก้ไขคลื่นตัวแรก แสดงดังรูปที่ 4.9 การแก้ไข ทำได้โดยใช้เคอร์เซอร์ของเมาส์คลิ๊กไปในตำแหน่งที่ต้องการ คลื่นตัวแรก (บริเวณลูกศรสีแดง) ถูกย้ายไปอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ ส่วนรูปคลื่นสามารถใช้ปุ่ม ซ้าย ขวา ย่อ และขยายรูปคลื่นได้ตามต้องการ



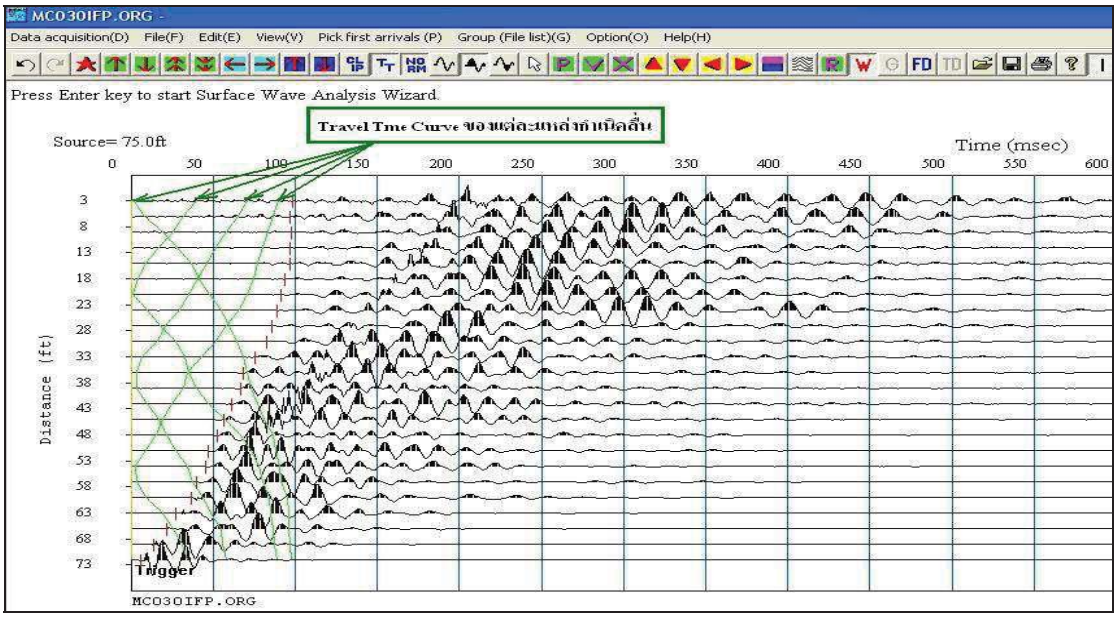
รูปที่ 4.9 แสดงคลื่นตัวแรกหลังจากทำการแก้ไข

4.1.10 ทำการเชื่อมต่อจุดที่ทำการเลือกไว้ โดยคลิกไปยังตำแหน่งรูปดาว (ตามลูกศรสีแดง) บริเวณเมนูบาร์ จะปรากฏเส้น Travel Time Curve ของแหล่ง กำเนิดคลื่น ณ จุดกำเนิดคลื่นนี้



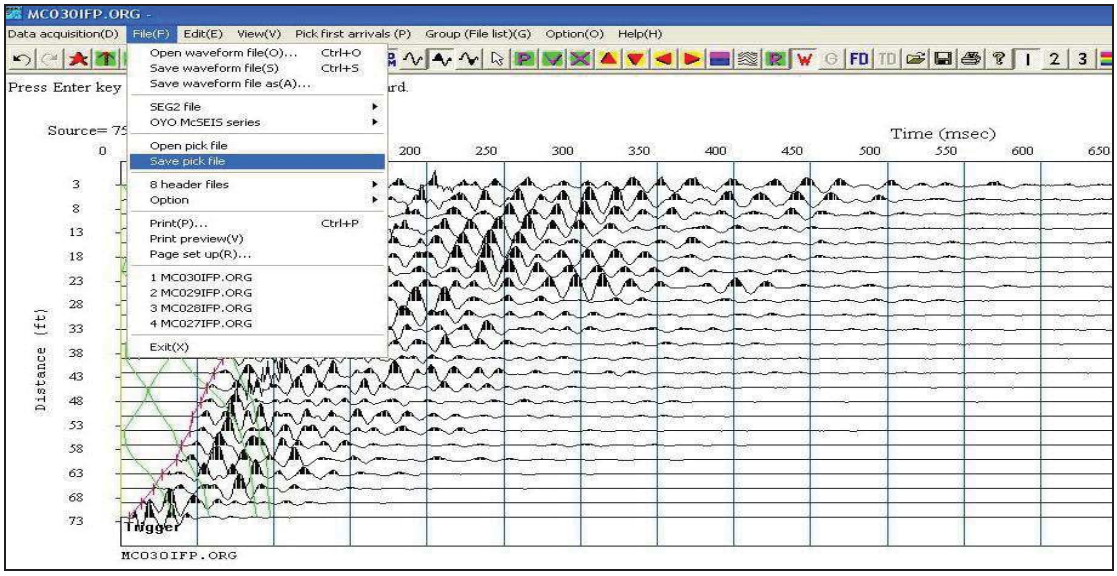
รูปที่ 4.10 แสดงTravel Time Curve ของแหล่ง กำเนิดคลื่น ณ จุดกำเนิดคลื่นแรก

4.1.11 ทำการตามขั้นตอนข้อ 4.1.1 – ข้อ 4.1.10 ให้ครบทั้ง 5 แหล่งกำเนิดคลื่น จะได้เส้น Travel Time Curve ของแต่ละแหล่งกำเนิดคลื่น

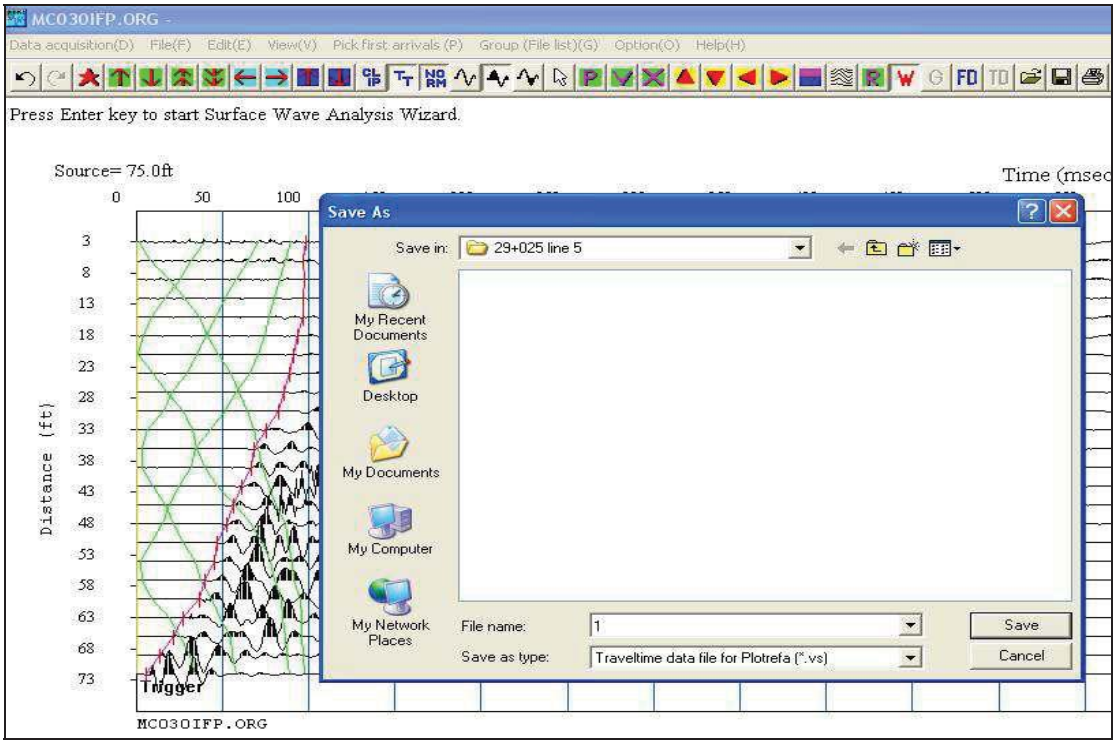


รูปที่ 4.11 แสดงTravel Time Curve ของแหล่ง กำเนิดคลื่น แต่ละตำแหน่งจุดกำเนิดคลื่น

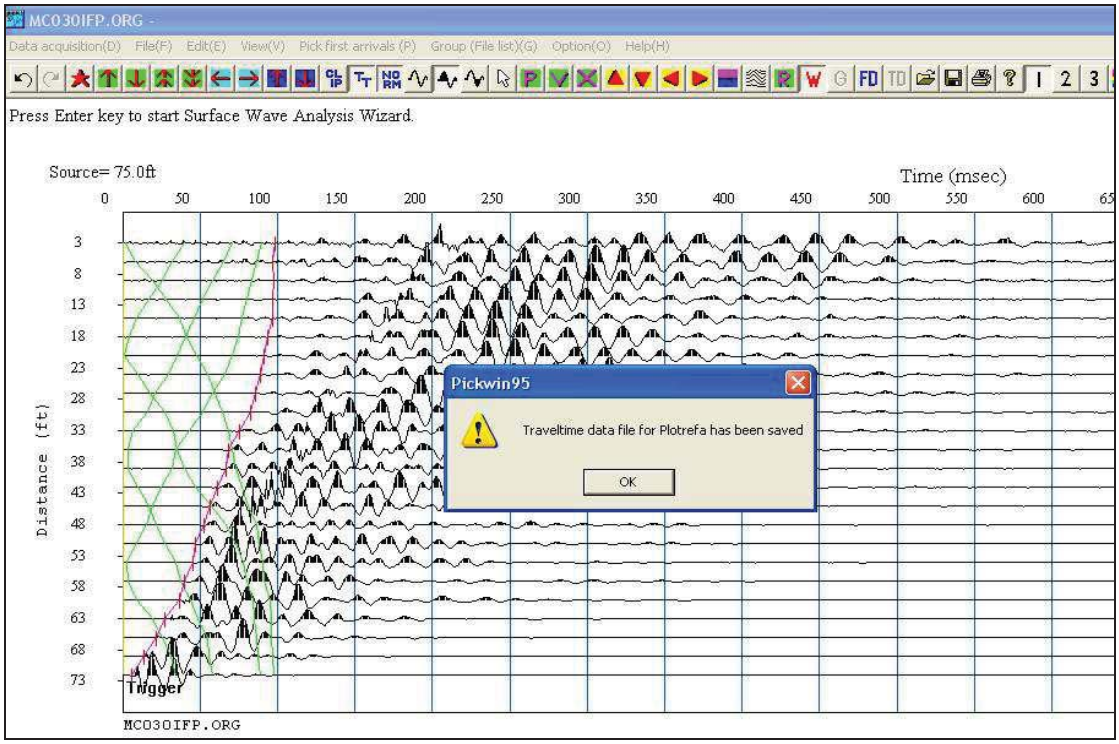
4.1.12 บันทึกข้อมูล Travel Time curve ที่ได้ เพื่อนำไปแปลผลในอีกโปรแกรม โดยใช้คำสั่ง Save Pick file ทำการตั้งชื่อไฟล์ตามเราต้องการ แสดงดังรูปที่ 4.12 – รูปที่ 4.14



รูปที่ 4.12 แสดงขั้นตอนการบันทึกข้อมูล Travel Time curve



รูปที่ 4.13 แสดงขั้นตอนการตั้งชื่อ ข้อมูลที่บันทึก



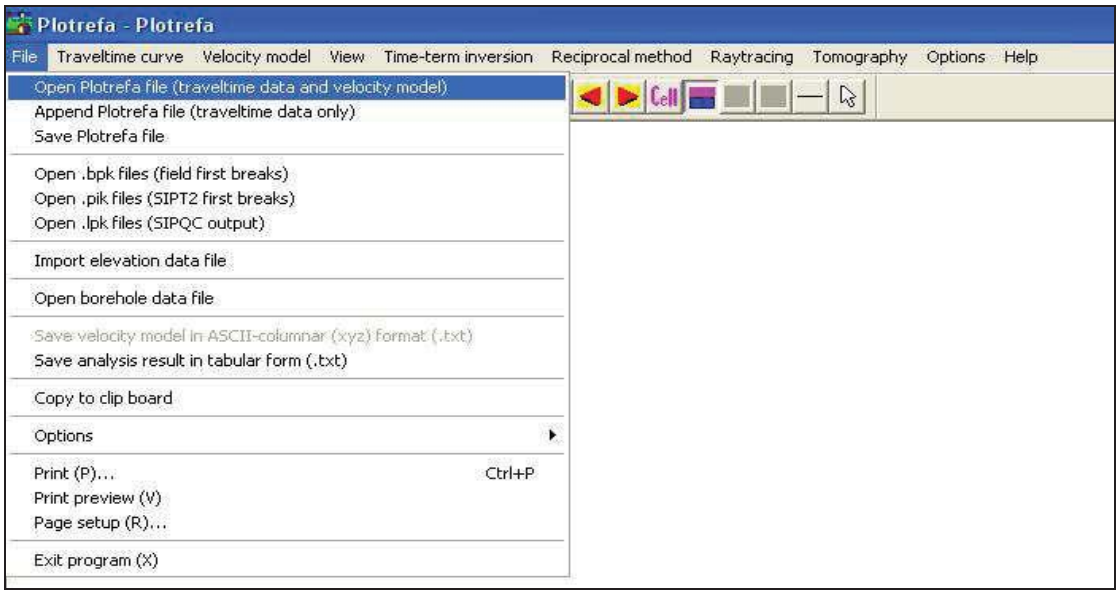
รูปที่ 4.14 แสดงขั้นตอนสุดท้ายของการบันทึกข้อมูล Travel Time curve

เสร็จขั้นตอนดังที่กล่าวมา เป็นการสิ้นสุดการใช้โปรแกรม Surface Wave Analysis และนำไฟล์ที่ได้จากโปรแกรม Surface Wave Analysis ไปแปลผลอีกครั้งโดยใช้โปรแกรม Plotrefa อีกครั้ง

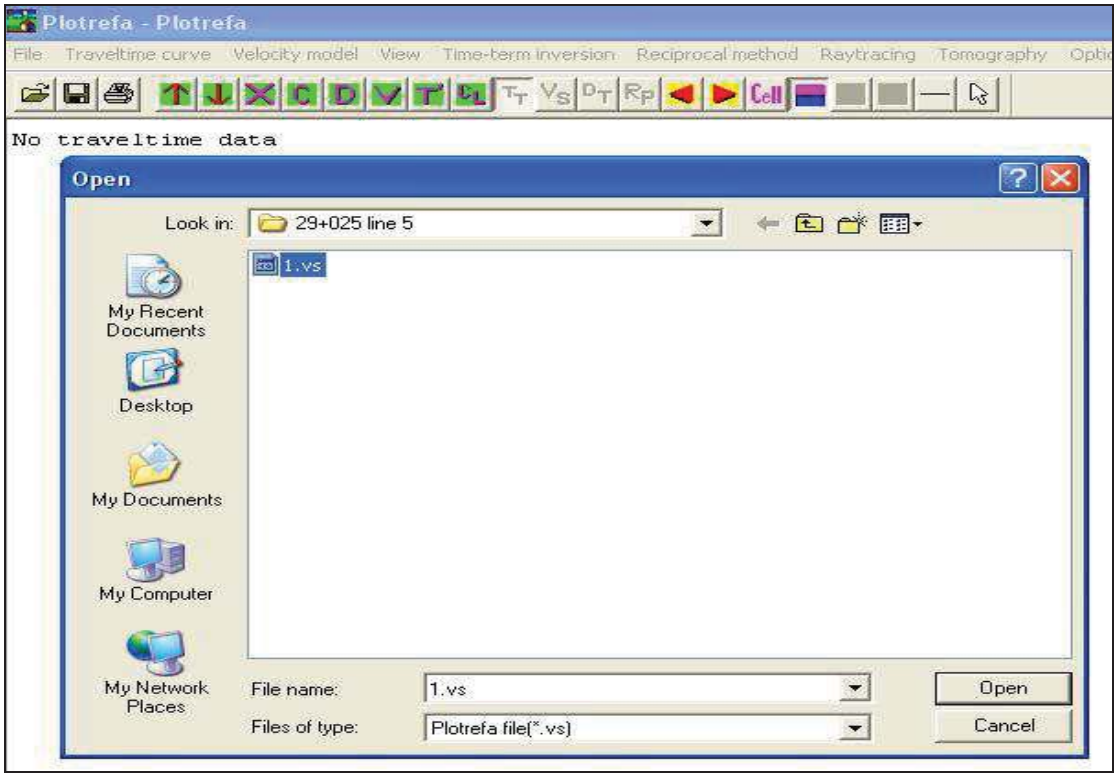
4.2 การแปลผลจากโปรแกรม Plotrefa

เป็นการแปลผล เพื่อให้ได้ความเร็วคลื่น และความหนาของชั้นดิน และชั้นหินของคลื่นในแต่ละชั้น ที่ทำการสำรวจ ทำได้โดย

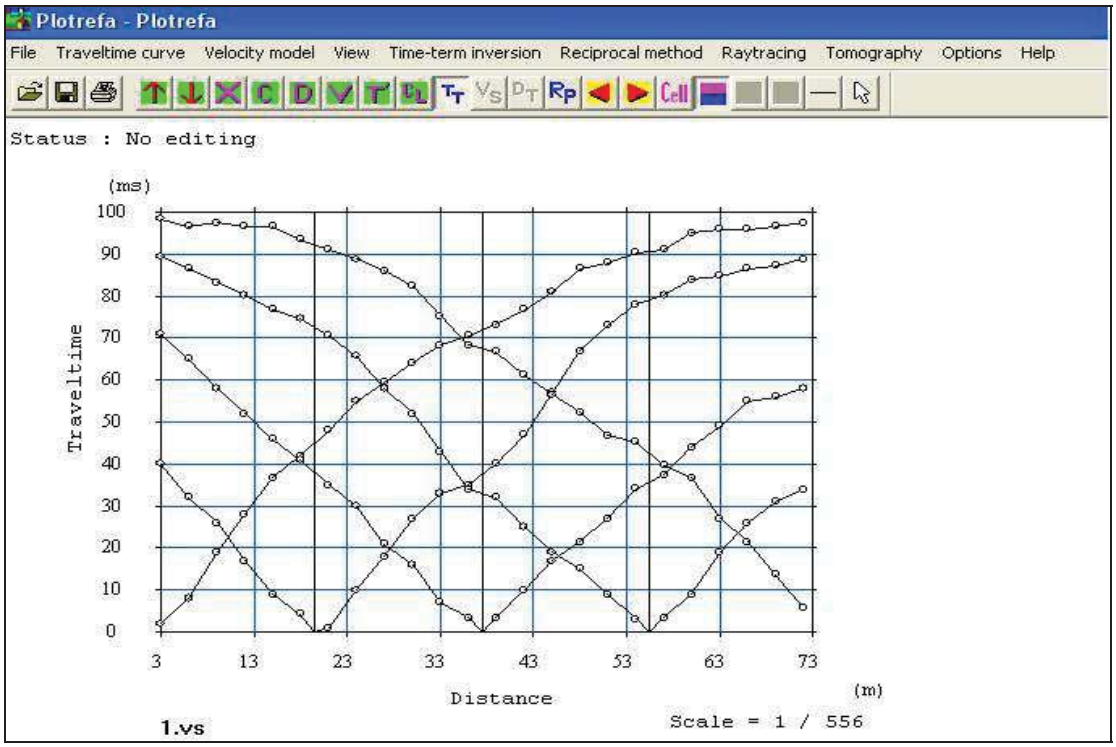
4.2.1 เปิดโปรแกรม Plotrefa และเลือกเปิดไฟล์จากโปรแกรม Surface Wave Analysis แสดงดังรูปที่ 4.15 และรูปที่ 4.16 โดยใช้คำสั่ง File, Open Plotrefa file (Travel time data and velocity model) จากคำสั่งนี้ โปรแกรมจะแสดงลักษณะของคลื่นในแต่ละจุดของจีโอโฟนที่ทำการสำรวจ แสดงดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.15 แสดงการเปิดโปรแกรม Plotrefa และการเลือกไฟล์จากโปรแกรม Surface Wave Analysis

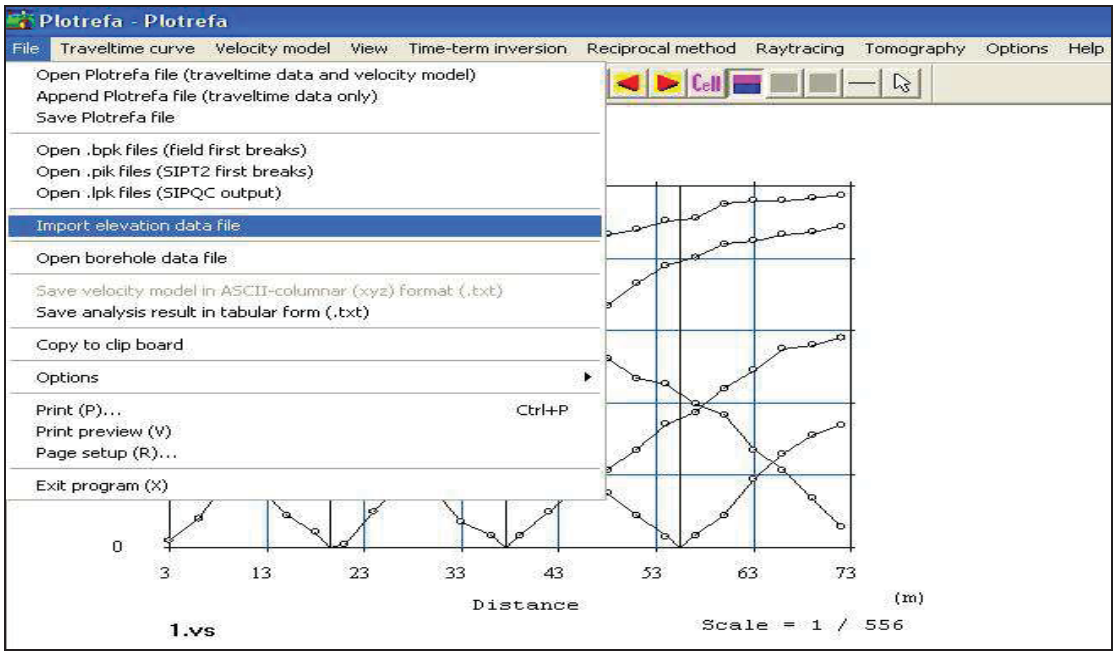


รูปที่ 4.16 แสดงการเลือกและเปิดไฟล์ที่ได้จากโปรแกรม Surface Wave Analysis



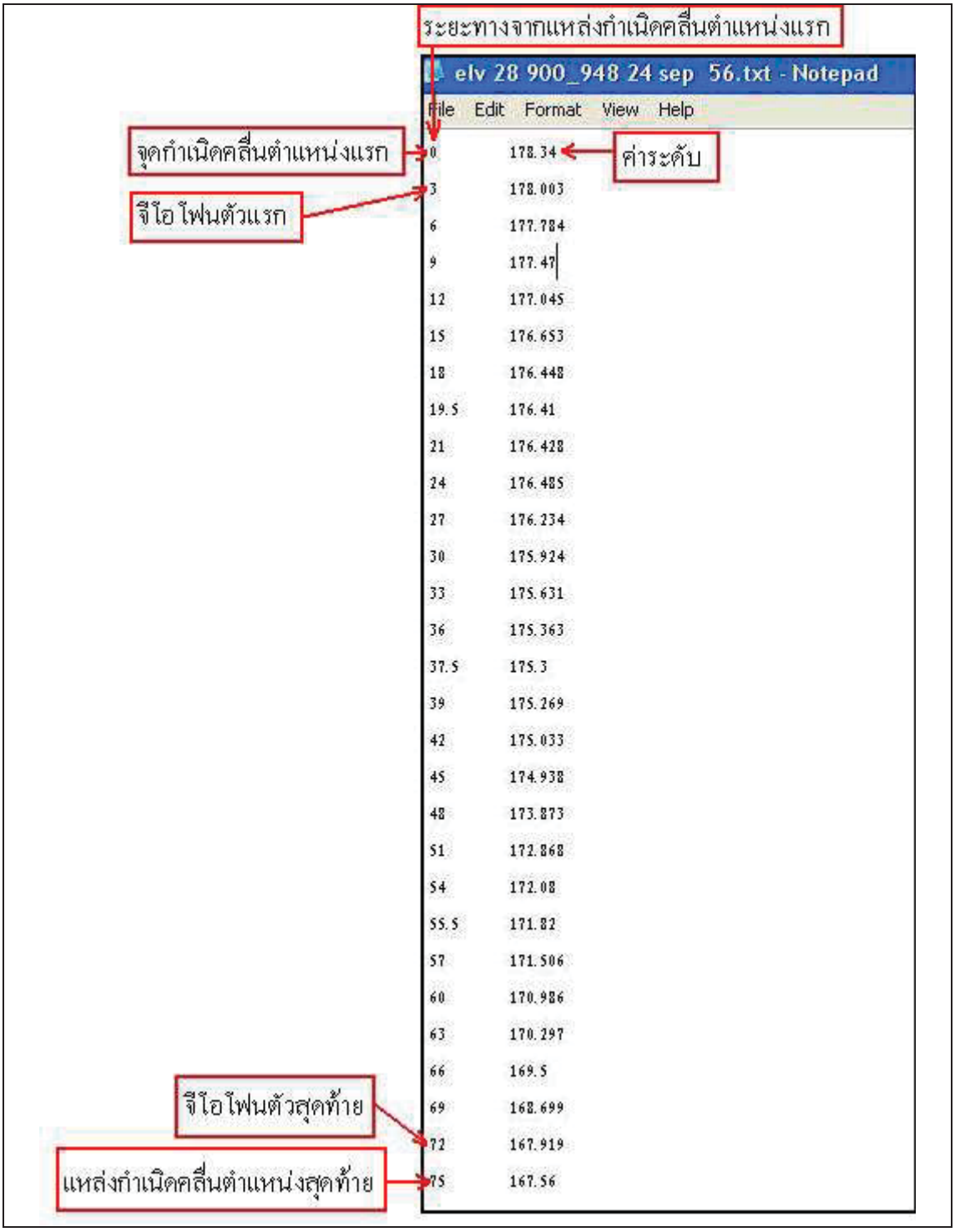
รูปที่ 4.17 แสดง Travel Time Curve ของคลื่นจากแหล่งกำเนิดทั้ง 5 จุด

4.2.2 ทำการ Import ค่าระดับที่ได้จากการสำรวจของแนวสำรวจดังกล่าว โดยใช้คำสั่ง File, Import elevation data file แสดงดังรูปที่ 4.18



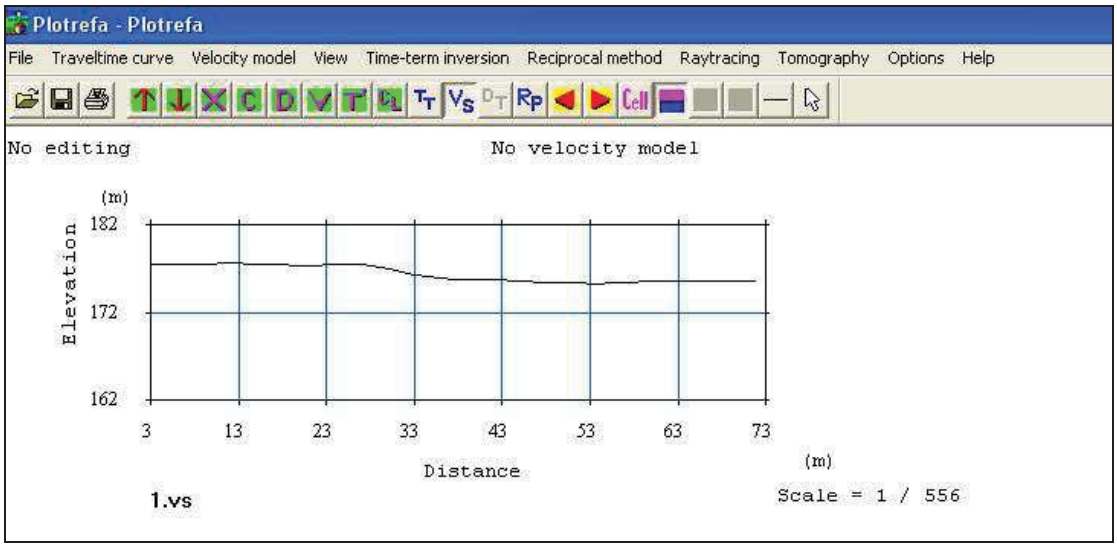
รูปที่ 4.18 แสดงการ Import ค่าระดับที่ได้จากการสำรวจ

ค่าระดับ (Elevation Data) จะอยู่ในรูปของ Note Pad File แสดงได้ตามรูปที่ 4.19 ข้อมูลค่าระดับจะเริ่มจากจุดกำเนิดคลื่นตำแหน่งแรก (ระยะ 0) ต่อไปเป็นระยะ ค่าระดับของจีโอโฟนและจุดกำเนิดคลื่นในระยะถัดไป จนถึงระยะ และค่าระดับของแหล่งกำเนิดคลื่นจุดสุดท้าย



รูปที่ 4.19 แสดงรูปแบบตำแหน่งและค่าระดับ ของจีโอโฟนและแหล่งกำเนิดคลื่น
(ค่าระดับ และระยะทางมีหน่วยเป็นเมตร)

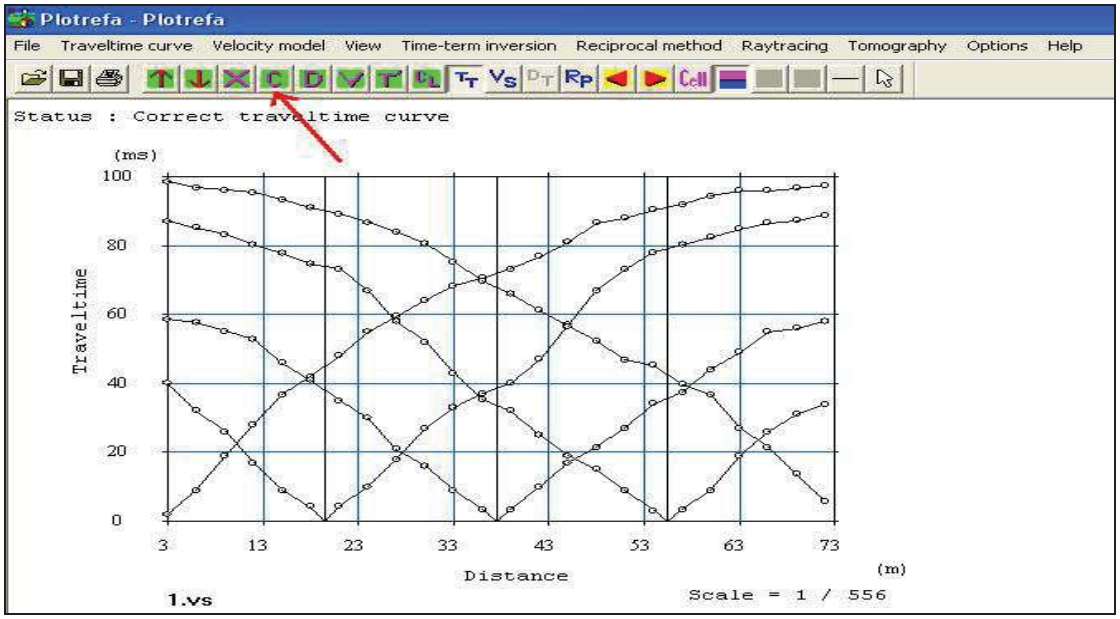
เมื่อนำข้อมูลค่าระดับ และระยะสู่โปรแกรมแล้ว โปรแกรมจะแสดงเส้นของค่าระดับในแนวสำรวจให้เห็น แสดงดังรูปที่ 4.20 และสามารถดู Travel Time Curve ได้โดยใช้ปุ่ม Tt ในเมนูบาร์ และกลับมาดูค่าระดับได้จากปุ่ม Vs ในเมนูบาร์



รูปที่ 4.20 แสดงค่าระดับที่ถูก Import เข้ามา

4.2.3 ปรับแต่งเส้น Travel Time Curve ตามความเหมาะสม แสดงดังรูปที่ 4.21 โดยกดไปที่ ปุ่ม C ในเมนูบาร์ แล้วทำการคลิ๊กเมาส์ซ้าย ไว้ในจุดวงกลมของ Travel Time Curve ในจุดที่เห็นว่าไม่เหมาะสม และลากไปไว้ ณ จุด ที่เหมาะสม และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการนี้ ก็พิจารณา Travel Time Curve ว่า Travel Time Curve ในแต่ละเส้น มีจุดเปลี่ยนความชันกี่จุด ถ้ามีจุดเปลี่ยนความชัน 1 จุด แสดงว่ามีเส้นความชันสองเส้น (มีชั้นดินหรือชั้นหิน 2 ชั้น) หรือถ้ามีจุดเปลี่ยนความชัน 2 จุด แสดงว่ามีเส้นความชันสามเส้น (มีชั้นดินหรือชั้นหิน 3 ชั้น) ส่วนใหญ่ของการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห พบว่ามีเส้นความชันไม่เกิน 3 เส้น (มีชั้นดินหรือชั้นหินไม่เกิน 3 ชั้น)

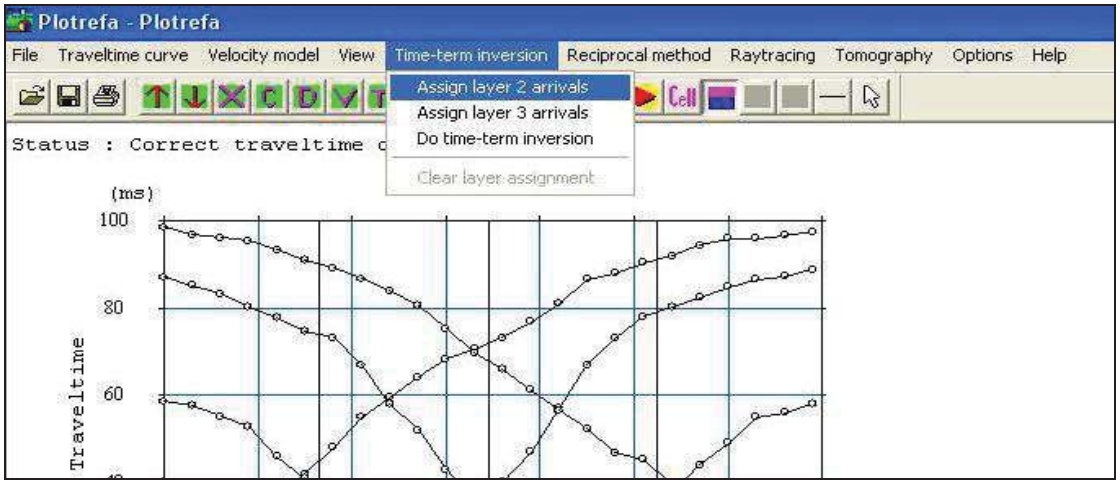
ข้อควรระวังของการพิจารณาจุดเปลี่ยนความชัน และเส้นความชันคือ ณ *จุดเปลี่ยนความชันใดๆ เส้นความชันต้องมีค่าความชันน้อยกว่าเส้นความชันก่อนหน้าเสมอ และค่าเส้นความชันจะต้องไม่ติดลบ* (ค่าแกน X,Y ของจุดเริ่มต้น ต้องมากกว่าค่า ค่าแกน X,Y ของจุดสิ้นสุด) จากภาพจะเห็นได้ว่ามีเส้น Travel Time Curve ส่วนใหญ่จะมีจุดเปลี่ยนความชัน 1 จุด และมีเส้นความชัน 2 เส้น แต่บางเส้นก็ไม่มีจุดเปลี่ยนความชัน เป็นไปได้ว่า ระยะของแนวสำรวจไม่ยาวพอ ไม่สามารถรับคลื่นหักเหที่ขึ้นมาจากชั้นดินหรือชั้นหินด้านล่างได้



รูปที่ 4.21 แสดงเมนูบาร์ที่ใช้ในการแก้ไข Travel Time Curve

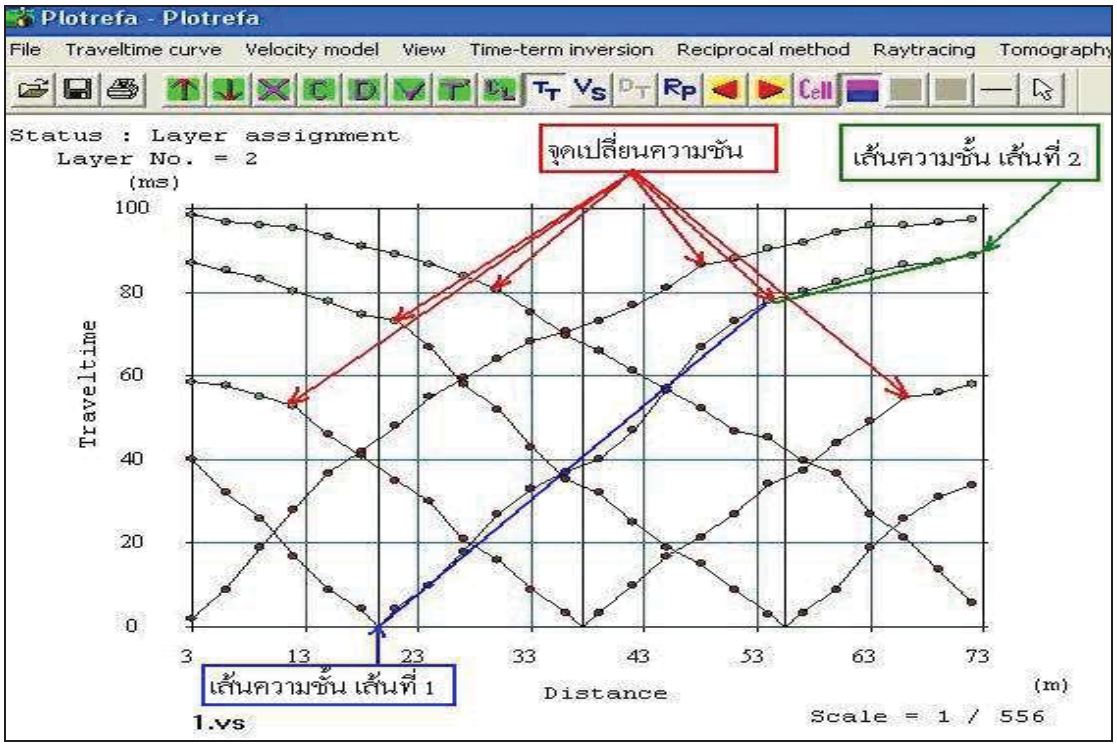
เส้น Travel Time Curve ที่ทำการแก้ไขแล้ว จะปรากฏเส้น Travel Time Curve บางเส้นแสดงจุดเปลี่ยนความชัน 1 จุด และบางเส้นไม่มีจุดเปลี่ยนความชัน เส้นที่มีจุดเปลี่ยนความชัน 1 จุด แสดงว่ามีเส้นความชัน 2 เส้น แสดงถึงลักษณะชั้นดิน ชั้นหิน 2 ชั้นในแนวสำรวจ และนำมาใช้พิจารณาในการแปลผลข้อมูลขั้นต่อไป

4.2.4 จากข้อมูล Travel Time Curve ที่ปรากฏ แสดงชั้นหิน 2 ชั้น และทำการแปลข้อมูลโดยใช้คำสั่ง Time – Term Inversion เลือกไปที่ Assign 2 layer Arrival แสดงดังรูปที่ 4.22 (ถ้าชั้นดิน ชั้นหิน ที่ทำการสำรวจมี 3 ชั้น ให้เลือกไปที่ เมนูบาร์ Assign 3 layer Arrival)



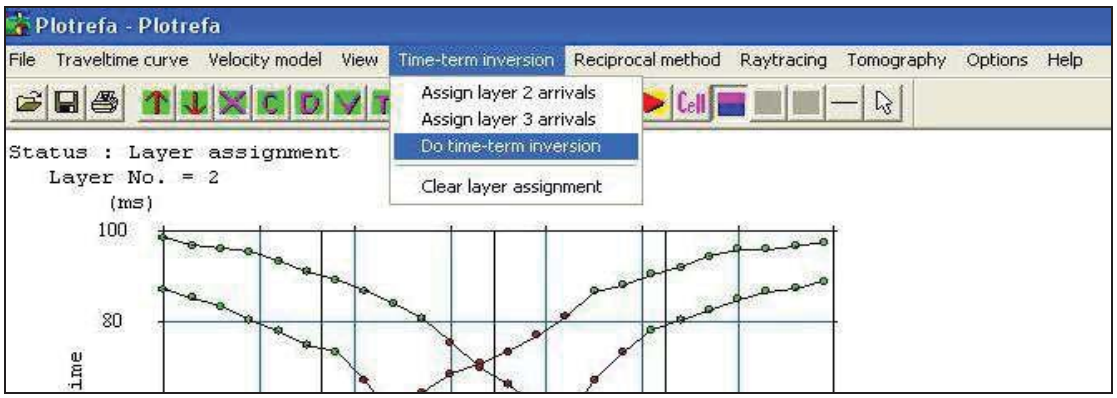
รูปที่ 4.22 แสดงเมนูบาร์ที่ใช้ในการกำหนดจำนวนชั้นของชั้นดิน ชั้นหินในการแปลผล

ผู้ใช้งานสามารถกำหนดจุดเปลี่ยนความชันของแต่ละ Travel Time Curve ได้ โดยคลิ๊กไปที่ตำแหน่งของจุดที่ใช้เป็นจุดสุดท้ายของเส้นความชันที่ 1 และจะเป็นจุดเริ่มต้นของเส้นความชันที่ 2 แสดงดังรูปที่ 4.23

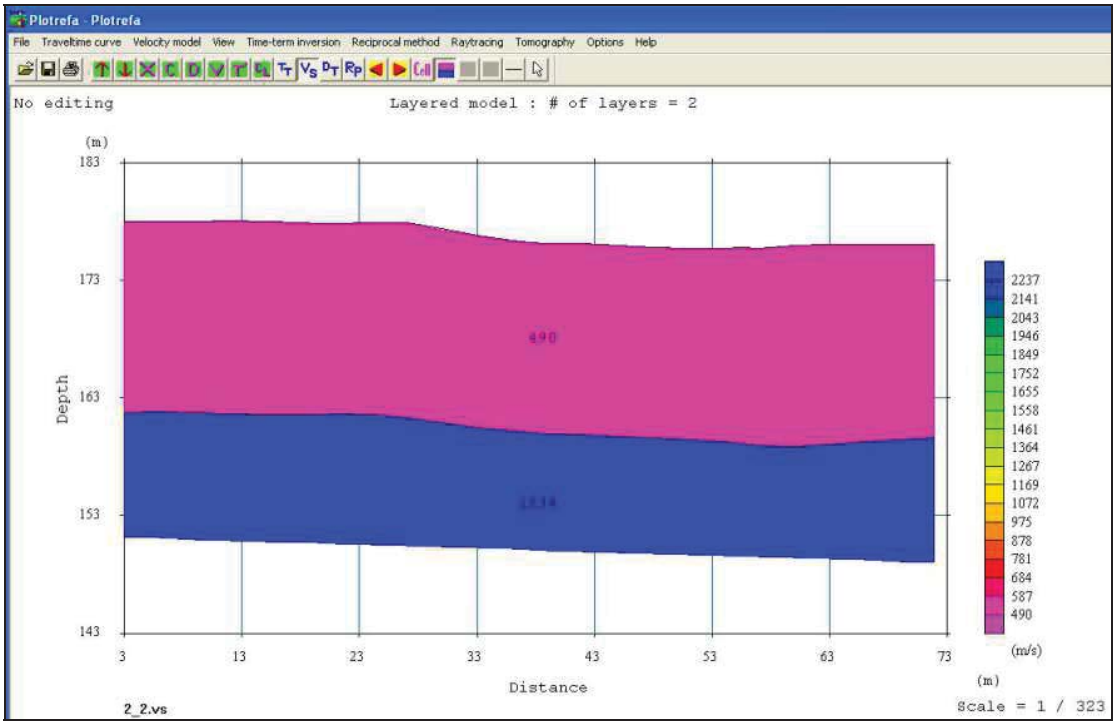


รูปที่ 4.23 แสดงลักษณะเส้นความชันและจุดเปลี่ยนความชันของ Travel Time Curve

จากนั้น ใช้คำสั่ง Time – Term Inversion เลือกไปที่ Do Time – Term Inversion แสดงดังรูปที่ 4.24 เป็นการคำนวณความเร็วคลื่นเฉลี่ยของชั้นดิน ชั้นหินในแต่ละชั้นมา แสดงดังรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.24 แสดงการใช้คำสั่ง Do Time – Term Inversion เพื่อหาค่าความเร็วคลื่น



รูปที่ 4.25 แสดงค่าความเร็วคลื่นและระดับความลึกชั้นดิน

บันทึกข้อมูลที่แปลผลเสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยไปที่เมนูบาร์ ใช้คำสั่ง File, Save Plotrela File ทำการตั้งชื่อไฟล์ และบันทึกข้อมูล ถือว่าเป็นการสิ้นสุดการแปลผลข้อมูลการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห จากการสำรวจ ข้อมูลที่ได้จากการแปลนี้ อาจจะยังไม่ละเอียด เมื่อดูตามรูปภาพ เราสามารถเซพข้อมูลออกมาในรูปแบบ Txt ไฟล์ได้ โดยใช้คำสั่ง File, Save analysis result in tabular form (txt) ได้ไฟล์ในรูปแบบ Note Pad ข้อมูลประกอบไปด้วย รายละเอียดของระดับความลึกของชั้นดิน, ชั้นหิน แสดงได้ดังรูปที่ 4.26

SP	X-loc	Layer 2
1	0.00	0.00
2	19.50	16.26
3	37.50	16.17
4	55.50	16.71
5	75.00	0.00
Geo		
1	3.00	16.26
2	6.00	16.14
3	9.00	16.28
4	12.00	16.41
5	15.00	16.43
6	18.00	16.30
7	21.00	16.22

รูปที่ 4.26 แสดงค่าความลึกของชั้นดิน หรือชั้นหินชั้นที่สอง
(ค่าระดับและระยะทางมีหน่วยเป็นเมตร)

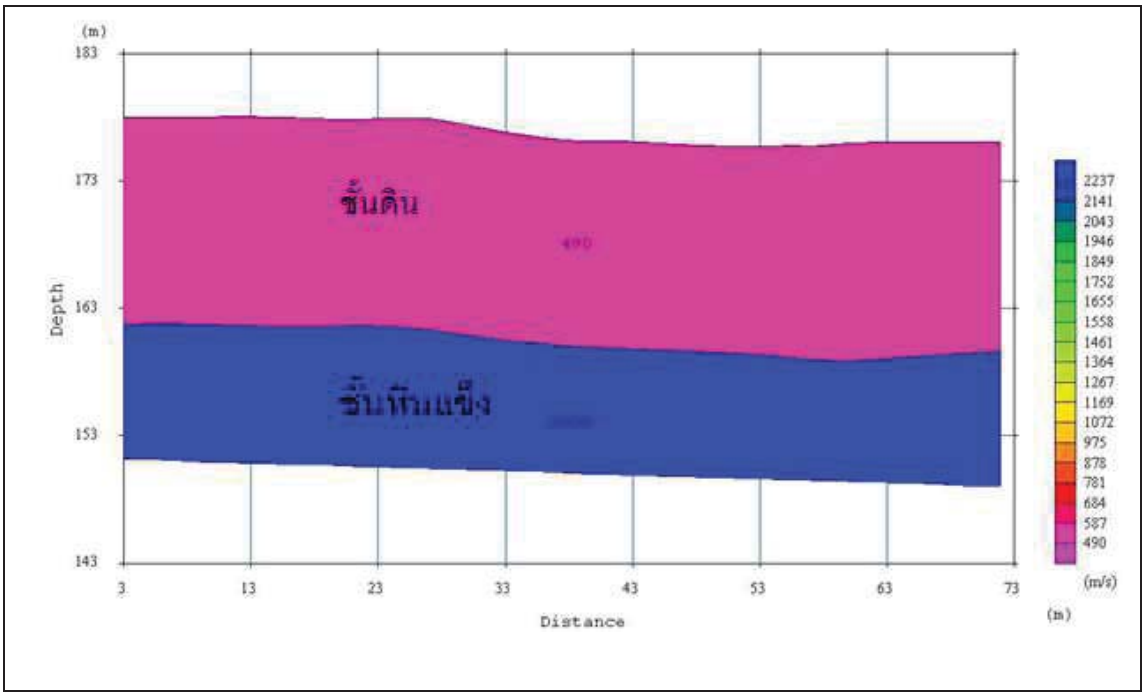
จากข้อมูลที่ได้จากการแปลผลดังกล่าว ทำให้ทราบความลึกของชั้นดิน และชั้นหินในแต่ละจุดของจีโอโฟน และทราบความเร็วคลื่นเฉลี่ยของชั้นดิน ชั้นหินชั้นแรก และชั้นที่สอง ความลึกที่ได้มีหน่วยเป็นเมตร ความเร็วที่ได้นี้มีหน่วยเป็น เมตร/วินาที แต่จากความเร็วที่ได้นั้นไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นชั้นดิน ชั้นหินอะไรต้องอาศัยข้อมูลประกอบจากข้อมูลการสำรวจธรณีวิทยา ในแนวสำรวจ จะได้ข้อมูลของชั้นดินชั้นหินที่แม่นยำที่สุด และความเร็วคลื่นที่ได้นี้ก็ยังไม่สามารถระบุได้ว่าชั้นหินนั้นๆ เป็นชั้นหินผุ หรือชั้นหินแข็ง จะต้องนำความเร็วของชั้นหิน และชนิดของหินไปเปรียบเทียบกับความสามารถของเครื่องจักร ตามหัวข้อที่ 2.3 (การเปรียบเทียบความเร็วคลื่นไหวสะเทือนกับความสามารถของเครื่องจักร) จะทำให้ทราบว่าในแนวสำรวจใด จัดเป็นงานตัดคันทางประเภทใด

บทที่ 5
การรายงานผล

เมื่อทำการแปลผลการสำรวจเส้นสิ้น ผลที่ได้จะสามารถแสดงออกมาได้ดังนี้คือ

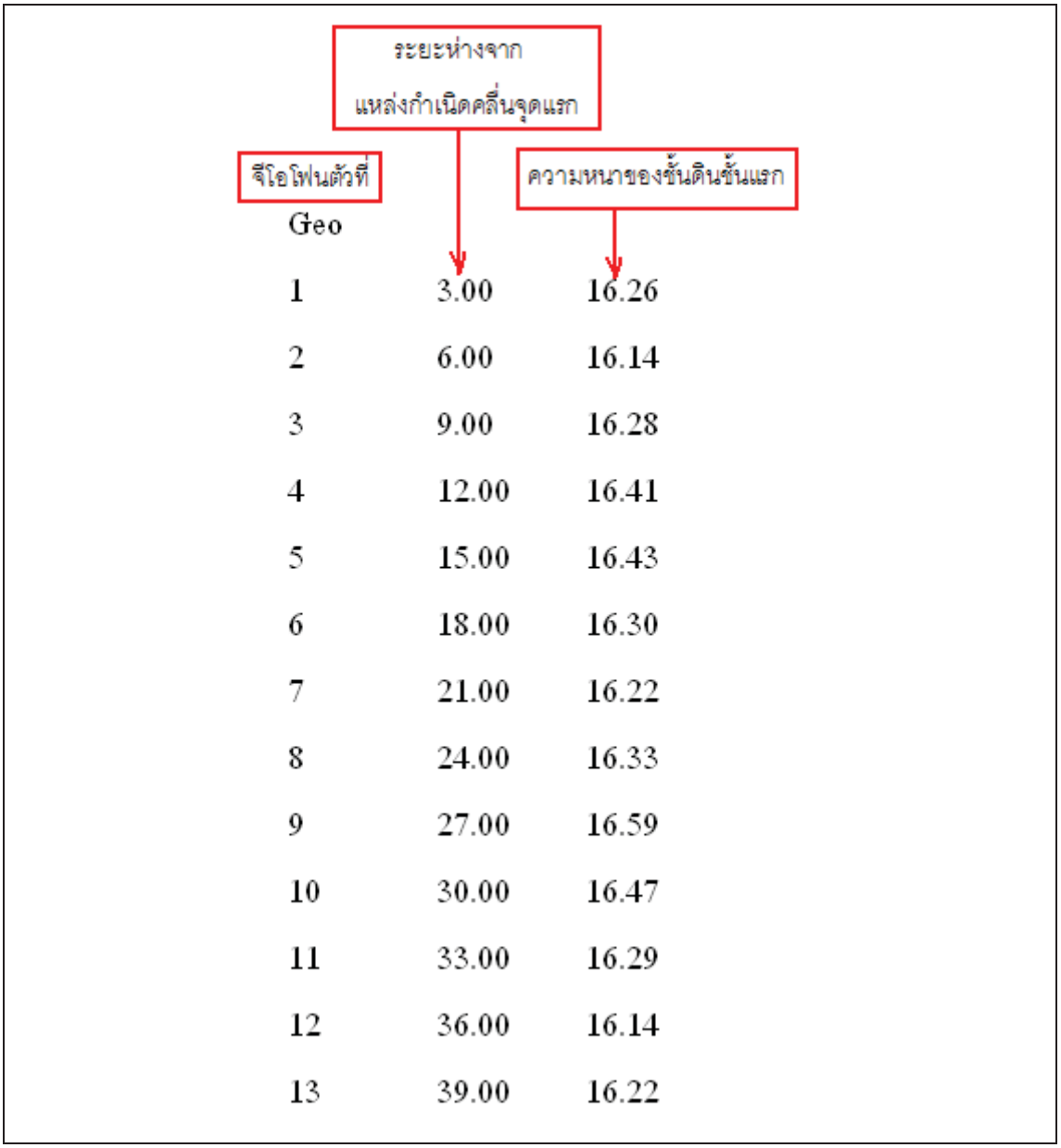
5.1 การรายงานผลในรูปแบบ Profile Grade ของพื้นที่สำรวจ

เป็นการรายงานผลในรูปแบบรูปภาพ แสดงดังรูปที่ 5.1 ข้อมูลประกอบไปด้วย ประเภทของงานตัดคัน, ระยะทางที่ทำการสำรวจ, ค่าระดับผิวดินและค่าระดับของชั้นดิน หรือชั้นหิน ที่ได้จากการแปลผลการสำรวจ จากรูปจะสังเกตได้ว่า ค่าระดับของชั้นดิน หรือชั้นหินที่สองที่ได้จากการแปลผลการสำรวจ ไม่สามารถจะระบุระดับที่แน่ชัดได้ เนื่องจากสัดส่วนของรูปภาพมีขนาดเล็ก จึงต้องนำค่าความลึกในรูปแบบของ Text File มาใช้ควบคู่กันด้วย



รูปที่ 5.1 แสดงการรายงานผลในรูปแบบ Profile Grade ของพื้นที่สำรวจ

การแสดงผลของโปรแกรมเป็นอักษร (Text File) ดังแสดงในรูปที่ 5.2 การแสดงผลในรูปแบบนี้ จะแสดงผลค่าความหนาของชั้นดิน หรือชั้นหินชั้นแรก ณ ตำแหน่งต่างๆ ของจีโอโฟน ค่าความหนาที่แสดงนี้ จะเป็นค่าที่มีความละเอียด ง่ายต่อการใช้งาน



1	3.00	16.26
2	6.00	16.14
3	9.00	16.28
4	12.00	16.41
5	15.00	16.43
6	18.00	16.30
7	21.00	16.22
8	24.00	16.33
9	27.00	16.59
10	30.00	16.47
11	33.00	16.29
12	36.00	16.14
13	39.00	16.22

รูปที่ 5.2 แสดงค่าความหนาของชั้นดินหรือชั้นหินชั้นแรก ณ ตำแหน่งต่างๆของจีโอโฟน (ค่าระดับและระยะมีหน่วยเป็นเมตร)

5.2 การรายงานผลในรูปแบบตาราง

เป็นการรายงานผล ข้อมูลการสำรวจทุกๆ ตำแหน่งในโครงการ โดยข้อมูลจะถูกสรุปให้อยู่ในรูปของตารางเพื่อความสะดวก และเข้าใจง่าย ตารางประกอบไปด้วยตำแหน่งที่ทำการสำรวจ ความเร็วคลื่นไหวสะเทือนของแต่ละชั้นคันทาง ประเภทของงานตัดคันทาง และความหนา หรือความลึกของงานตัดคันทางแต่ละประเภท ดังแสดงได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ตารางจำแนกประเภท ดิน หินผุและหินแข็ง จากการเปรียบเทียบความเร็วของคลื่นไหวสะเทือนกับความสามารถของเครื่องจักร

5.3 การรายงานผลในรูปแบบ Cross – Section

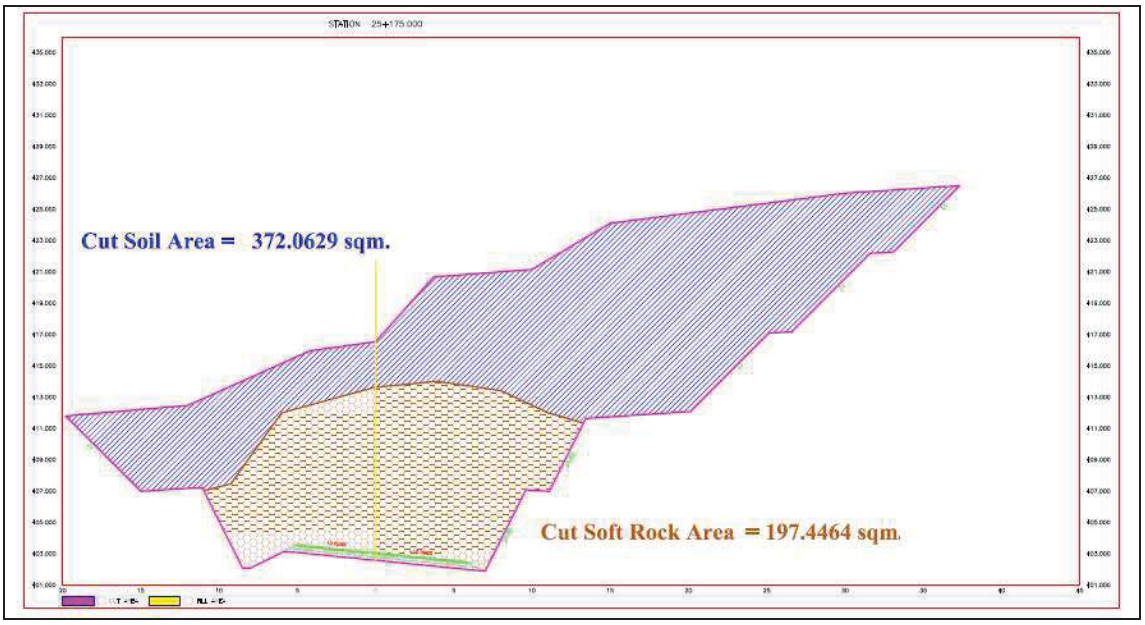
เป็นการรายงานผล โดยเอาความหนาที่ได้จากการแปลผล มาประยุกต์ใช้ร่วมกับ Cross – Section ของพื้นที่ วิธีนี้เป็นวิธีการที่ซับซ้อน เนื่องจากใช้หลายวิธีการมาประยุกต์ร่วมกัน ได้แก่

5.3.1 รวบรวมข้อมูลความหนาของชั้นงานตัดคันทางแต่ละประเภทในแต่ละตำแหน่งของการสำรวจ เตรียมไว้ใช้ร่วมกับโปรแกรม Autocad

5.3.2 นำความหนาของชั้นคันทางแต่ละประเภท วาดลงในโปรแกรม Autocad ที่มีข้อมูล Cross – Section

5.3.3 คำนวณพื้นที่หน้าตัดของชั้นคันทาง ของแต่ละ Cross – Section ในพื้นที่

หลังจากทำตามลำดับเสร็จสิ้นทั้ง 3 กระบวนการแล้ว จะได้พื้นที่หน้าตัดของงานตัดคันทางแต่ละประเภท ในแต่ละตำแหน่ง ดังแสดงในภาพที่ 5.3 จากข้อมูลพื้นที่หน้าตัดของแต่ละพื้นที่จะถูกนำไปคำนวณปริมาณ และงบประมาณของงานตัดคันทางแต่ละประเภทต่อไป



รูปที่ 5.3 แสดงพื้นที่หน้าตัดคันทางของแต่ละ Cross-Section ในพื้นที่ (เส้นทางสาย ตะนาวศรี – กอกะเร็ก กม.25+175)

เอกสารอ้างอิง

(1) Caterpillar Inc, 2013, Caterpillar Performance Handbook, Edition 43, Peoria Illinois, USA.

(2) Hoek.E and Brown. E.T., 1980, Underground Excavation in Rock, The Institution of Mining and Metallurgy, London

(3) ดร. เพียงตา ศาตรักษ์, 2544, การสำรวจใต้ผิวดินด้วยคลื่นไหวสะเทือน, ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น