

วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ลักษณะสถานที่ทดลอง (Description of site)

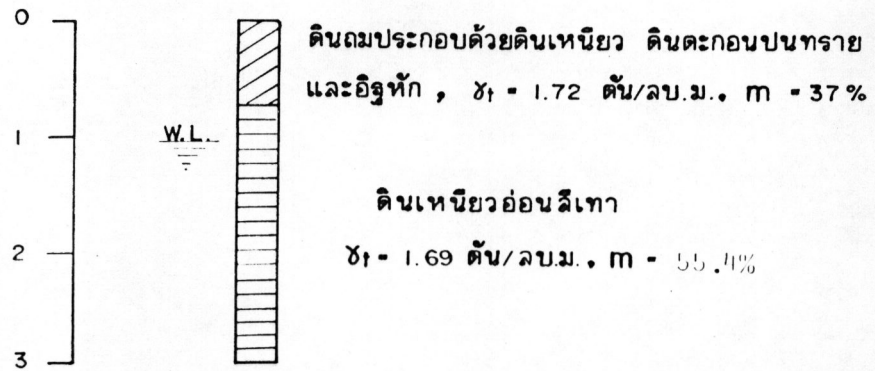
4.1.1 สถานที่ทดลอง (site) เป็นพื้นที่ราบอยู่ทางด้านหลังตึกคณะสัตวศาสตร์ พื้นที่ประมาณ 250 ตารางเมตร ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงรูปถ่ายสถานที่ทดลอง

4.1.2 ลักษณะของดิน (soil) บริเวณสถานที่ทดลองเป็นดินถม ชั้นของดินแสดงไว้ในรูปที่ 4.2 จากผิวดินถึงระยะ 3 เมตร แบ่งเป็นล่องชั้น จาก 0 ถึง 0.70 เมตร เป็นดินถม จาก 0.70 ถึง 3.00 เมตร เป็นดินเหนียวอ่อนสีเทา (soft grey clay) มีระดับน้ำใต้ดิน 1.05 เมตรจากระดับผิวดิน

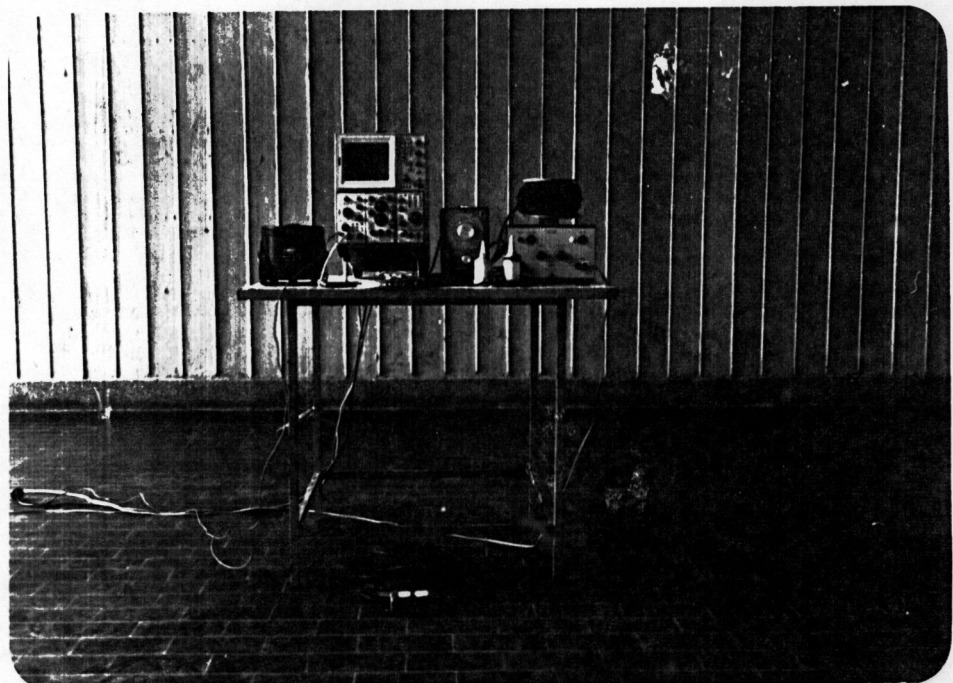
ความลึก (เมตร)



รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะของดิน (SOIL PROFILE)

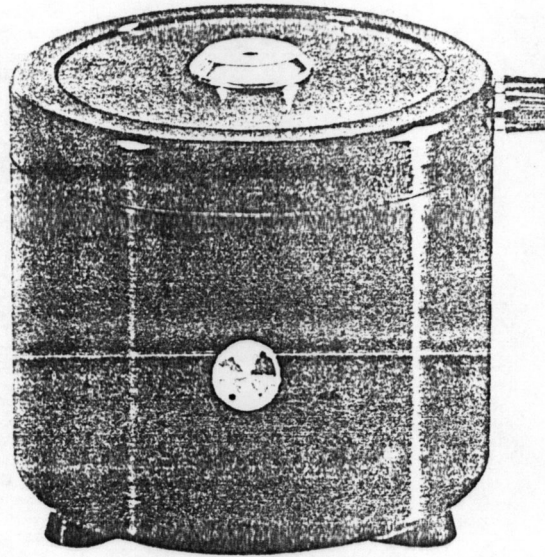
4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง (Instrumentation)

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองทั้งชุดแสดงรวมกันในรูปที่ 4.3 ประกอบด้วยชิ้นส่วนต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 4.3 แสดงรูปถ่ายอุปกรณ์การทดลองทั้งชุด

4.2.1 Vibration exciter type 4809 เป็นแหล่งกำเนิดคลื่น (source of vibration) ดังรูปที่ 4.4 และตารางที่ 4.1 ซึ่งควบคุมความถี่ (frequency) ของการสั่นโดยใช้ frequency model ESG 1 ผ่าน power amplifier type 2706 ให้กำเนิดความสั่นสะเทือนในลักษณะของ sine wave



รูปที่ 4.4 Vibration exciter type 4809

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของ vibration exciter type 4809

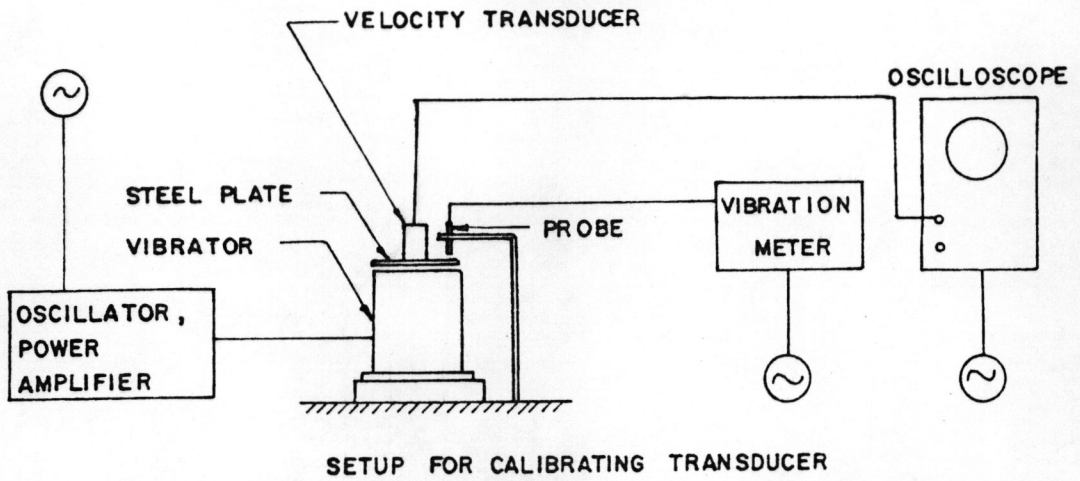
Frequency range	10-20 KHz
Method of cooling	air cooling
Dimension:-	
Diameter	149 mm (5.87 inches)
Height	143 mm (5.63 inches)
Total weight	8.3 kg (18.3 lb)

4.2.2 Velocity transducer MENDEL รุ่น EVS-3A ดังรูปที่ 4.5 เป็นเครื่องมือวัดแอมพลิจูด (amplitude) ในแนวตั้งของการเคลื่อนที่ของผิวดิน (soil surface motion) สัญญาณความสั่นสะเทือนจะเข้าสู่ velocity transducer แล้วผ่าน R.C. filter เพื่อลดความรบกวนจากความถี่ของสัญญาณภายนอกอื่น ๆ ก่อนไปปรากฏบนจอของ oscilloscope

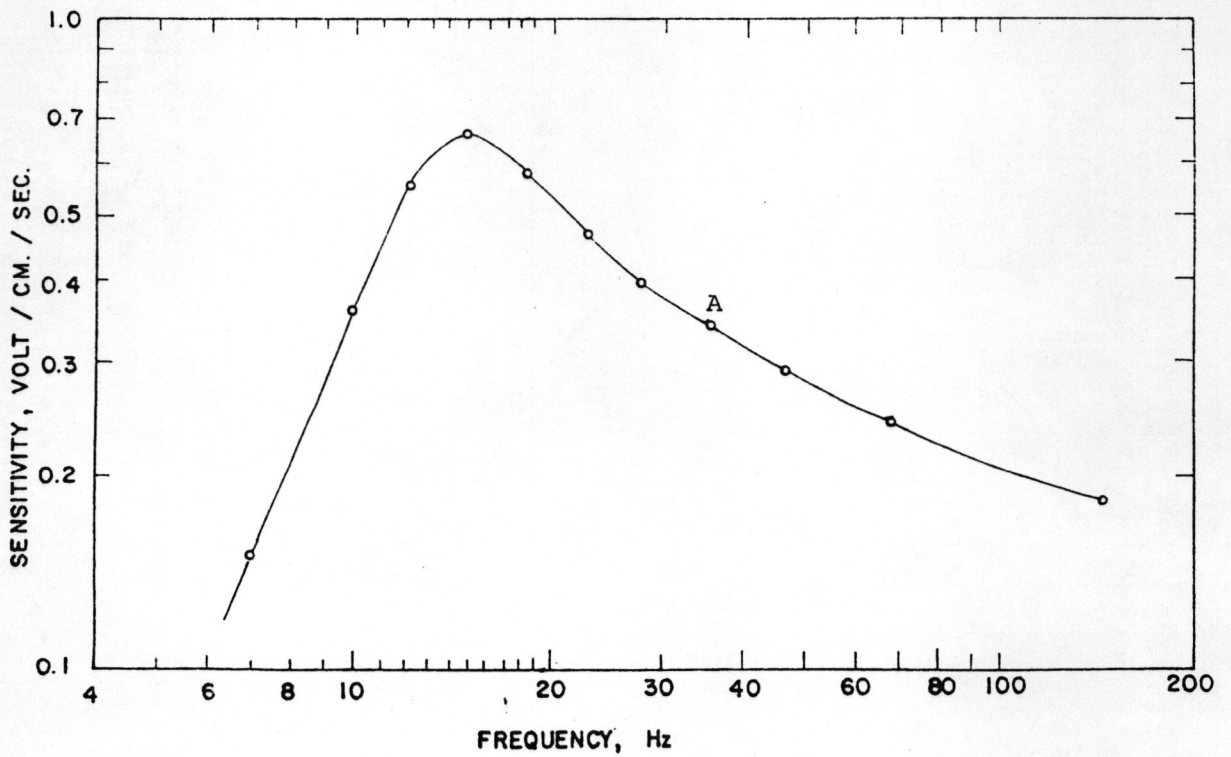
รูปที่ 4.6 แสดงการติดตั้งเครื่องมือสำหรับ calibration velocity transducer โดยนำ velocity transducer ติดแน่นบนแผ่นเหล็กของ vibration exciter ซึ่งใช้สำหรับเป็นแหล่งกำเนิดความสั่นสะเทือน (source of vibration) vibration meter เป็นเครื่องมือใช้วัดแอมพลิจูดของ vibration exciter โดย Probe ซึ่งวางอยู่บนผิวดินของแผ่นเหล็กพอดี จะต่อมายัง vibration meter เมื่อเปลี่ยนค่าแอมพลิจูดและความถี่ของ vibration exciter สามารถอ่านแอมพลิจูดของ vibration exciter (ในรูปของ peak to peak) ได้ที่ vibration meter และอ่าน out put ของ velocity transducer ที่ปรากฏบนจอของ oscilloscope ได้ ดังนั้น sensitivity (volts/cm/sec) ของ velocity transducer และตำแหน่งความถี่ต่าง ๆ กันก็สามารถหาค่าได้ calibration และการคำนวณหา sensitivity ของ velocity transducer แสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.5 แสดงรูปถ่ายของ Velocity transducer



รูปที่ 4.6 แผนผังการติดตั้งเครื่องมือสำหรับ CALIBRATION VELOCITY TRANSDUCER



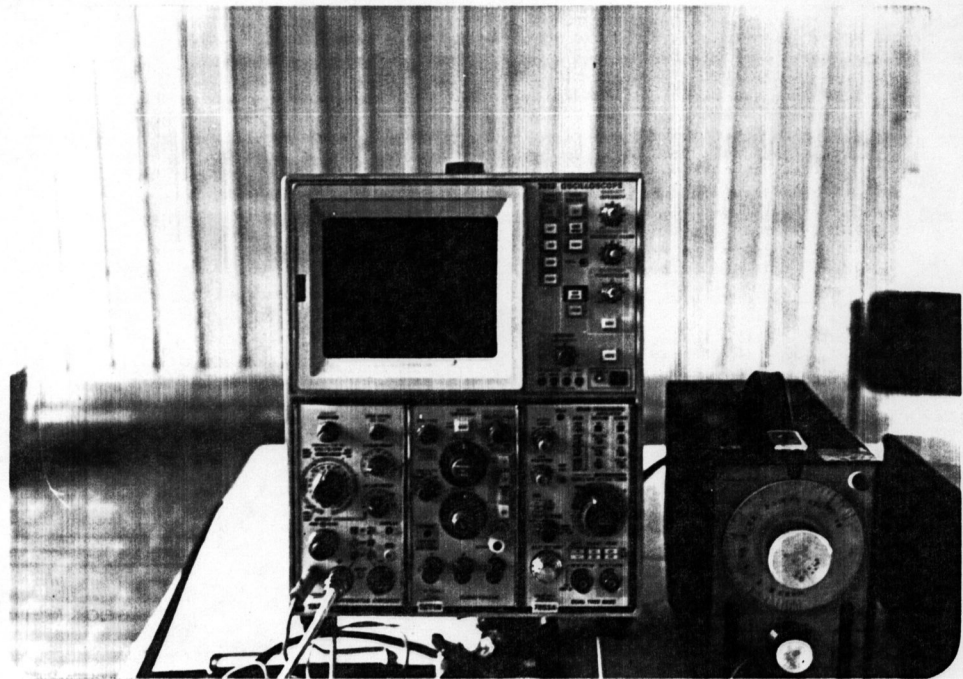
รูปที่ 4.7 CALIBRATION CURVE ของ VELOCITY TRANSDUCER

ตัวอย่างการคำนวณหาค่า sensitivity

ที่จุด A

- (1) ความถี่ $f = 34.5 \text{ Hz.}$ (จาก vibration exciter)
- (2) ความถี่เชิงมุม $\omega = 2\pi f = 217 \text{ เรเดียน/วินาที}$
- (3) Pk-Pk amplitude $A = 0.0428 \text{ cm.}$ (จาก vibration meter)
- (4) output ของ velocity transducer = 3.25 volts. (จาก Oscilloscope)
- (5) peak particle velocity = $A\omega = 9.30 \text{ cm/sec}$
- (6) sensitivity = $(4)/(5) = 0.35 \text{ volt/cm/sec.}$

4.2.3 Oscilloscope TEKTRONIX รุ่น 7613 พร้อมทั้ง DIFFERENTIAL AMPLIFIER รุ่น 7422 ดังรูปที่ 4.8 เป็นเครื่องมือรับสัญญาณการสั่นสะเทือนของพื้นดิน จาก velocity transducer ให้ปรากฏเป็นภาพบนจอโดยอยู่ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างคาบเวลาและ voltages



รูปที่ 4.8 รูปถ่าย Oscilloscope

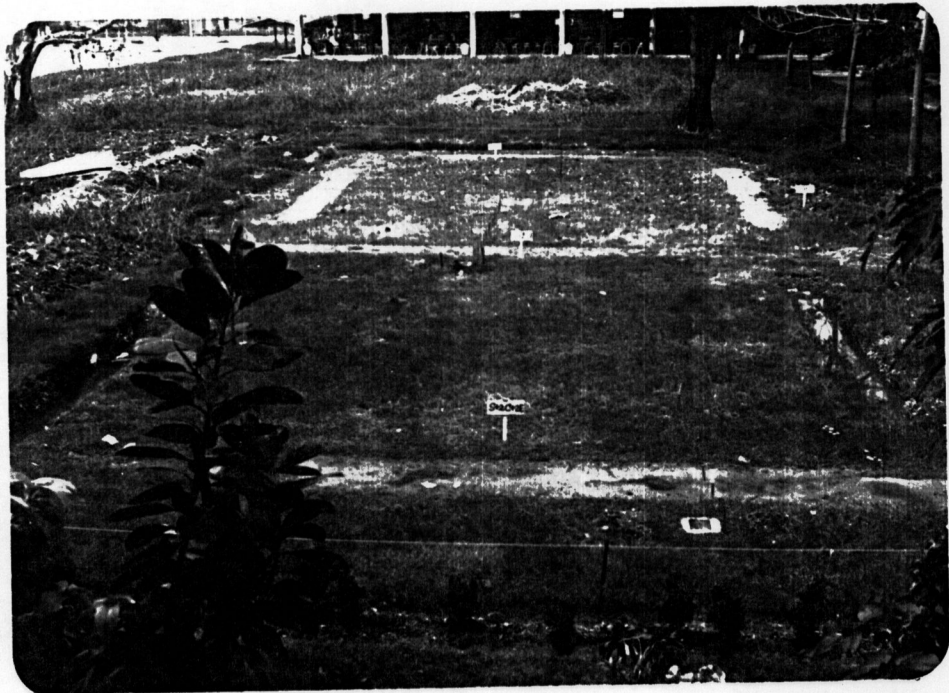
Oscilloscope ที่ใช้ควรเป็นชนิดที่สามารถรับสัญญาณต่ำ ๆ ได้ เพื่อความละเอียดในการอ่านค่าแอมพลิจูดจากสัญญาณที่เกิดขึ้นจาก vibration exciter (กล่าวคือสามารถที่จะรับสัญญาณ input voltage ได้ละเอียดถึง 0.1 มิลลิโวลต์) เพราะสัญญาณที่เกิดจาก vibration exciter อยู่ระยะไกลจะให้สัญญาณต่ำมาก ถ้าใช้ oscilloscope ชนิดที่อ่านค่าไม่ละเอียดแล้ว จะอ่านค่าแอมพลิจูดผิดไปจากความจริง

4.2.4 R.C. Filter (Low pass) ใช้สำหรับตัดความถี่สูงของสัญญาณจากแหล่งกำเนิดคลื่นอื่น ๆ ทิ้งไป ให้รับเฉพาะสัญญาณจาก vibration exciter

4.2.5 แท่งทองแดง ยาว 1 เมตร ใช้เป็น ground ของ oscilloscope จะช่วยลดการรบกวนของสัญญาณความถี่อื่นจากภายนอกที่จะเข้า oscilloscope

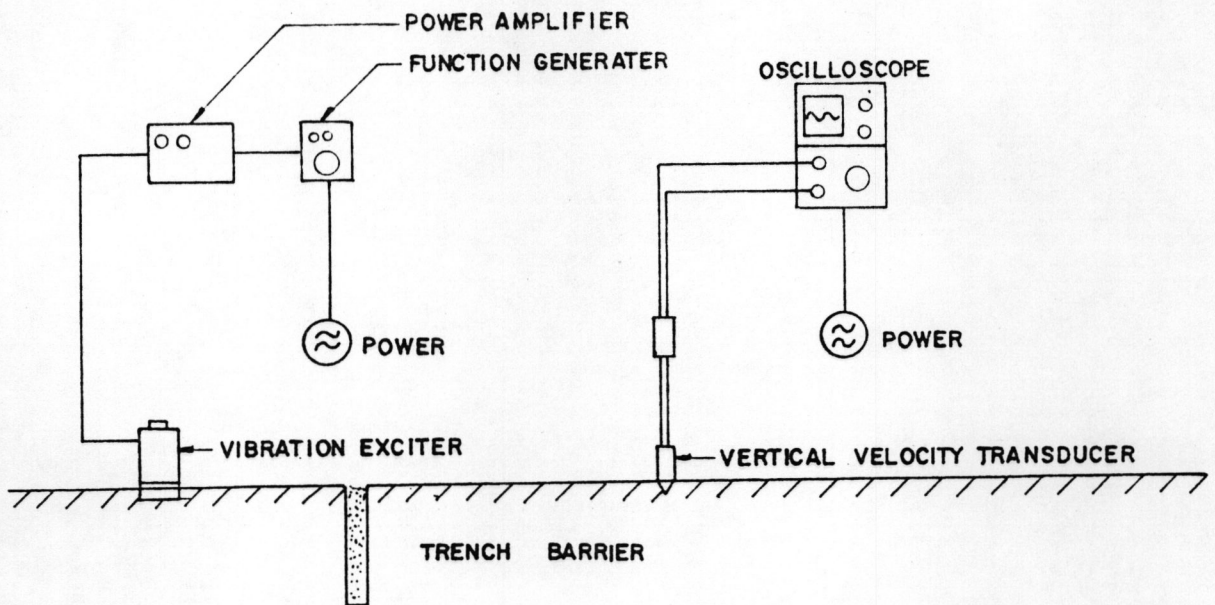
4.3 การติดตั้งสถานที่และเครื่องมือทดลอง (Site arrangement and instrumentation)

ขุดร่อง (open trench) ขนาดกว้าง 0.80 เมตร ยาว 6.00 เมตร ลึก 1.50 เมตร เตรียมไว้ 7 ตัว เพื่อสร้างร่องกันคลื่นชนิดต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แสดงรูปถ่ายการติดตั้งสถานที่ทดลอง

รูปที่ 4.10 แสดงการวางผังเครื่องมือทดลอง โดยใช้ vibration exciter เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นรบกวนคลื่น (trench barrier) เป็นตัวกั้นคลื่น และ vertical velocity transducer เป็นตัวรับคลื่น



รูปที่ 4.10 แสดงการวางผังเครื่องมือทดลอง

4.4 ลำดับขั้นในการวิจัย (testing procedure)

4.4.1 การหาความเร็วของคลื่น Rayleigh (v_R) และ shear modulus (G)

ก) การปรับพิสัยในสนาม (field technique) เมื่อแหล่งกำเนิดคลื่นวางอยู่บนผิวดินสั้นในแนวตั้งด้วยความถี่ที่คงที่ จะเกิด R-waves มากที่สุดซึ่งแผ่ไปตามผิวดินเป็นรูป sine curve ระยะระหว่าง peak ถึง peak ของ sine curve คือความยาวคลื่น (L_R) ซึ่งเป็นค่าแท่งของ velocity transducer ทั้งสอง inphase กัน ดังรูปที่ 4.11

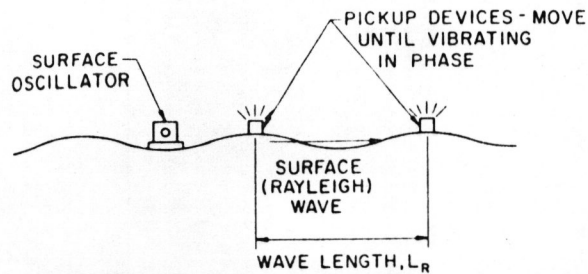


Figure 4.11 Surface Oscillator Test (after ref.25).

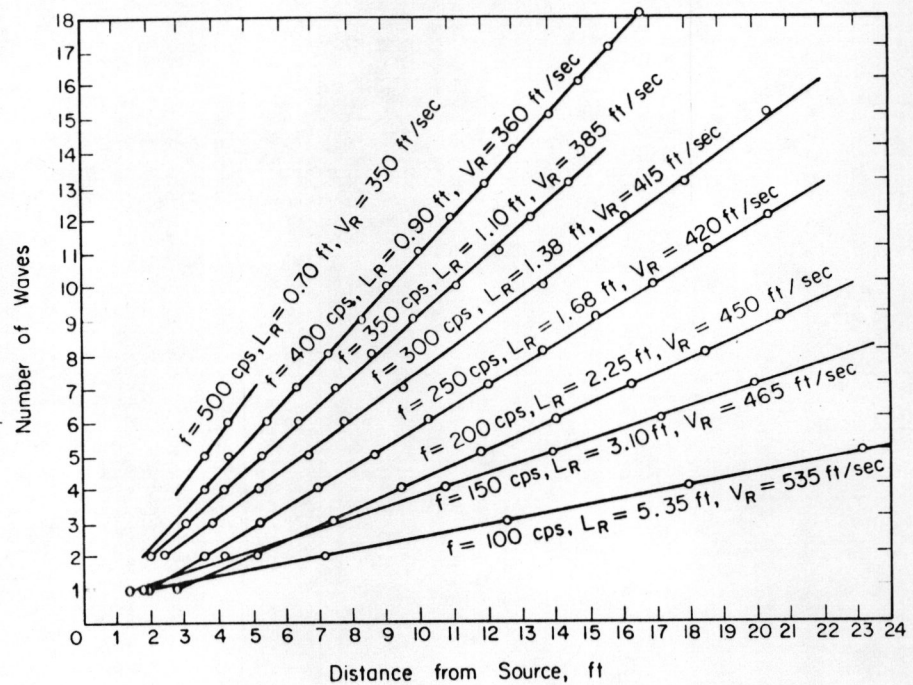
รูปที่ 4.11 แสดงตำแหน่งของ velocity transducer ทั้งสอง inphase กัน

การปฏิบัติโดยการปล่อยคลื่นด้วยความถี่ที่คงที่ผ่าน velocity transducer สองตัว โดยให้ velocity transducer ตัวแรกวางใกล้แหล่งกำเนิดคลื่นซึ่งเป็นตำแหน่งที่คงที่ (fixed point) เคลื่อน velocity transducer ตัวที่สองไปตามแนวรัศมีเดียวกันในตำแหน่งต่าง ๆ (moving point) จนกระทั่ง out put ของ velocity transducer ทั้งสองตัว inphase กันครั้งแรก ระยะห่างระหว่าง velocity transducer ทั้งสองตัวเป็นความยาวคลื่นหนึ่งลูก (one wave length) เคลื่อน velocity transducer ตัวที่สองห่างออกไปตามแนวรัศมีเดียวกันอีกจนกระทั่ง out put ของ velocity transducer ทั้งสอง inphase กันอีก เคลื่อน velocity transducer ตัวที่สองห่างออกไปเรื่อย ๆ จะได้ความยาวคลื่นหลายลูก เปลี่ยนความถี่ใหม่แล้ว ปฏิบัติการในทำนองเดียวกัน เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนคลื่น (number of waves) กับระยะห่างระหว่าง velocity transducer ทั้งสอง inphase กัน ในแต่ละครั้งที่ความถี่ต่าง ๆ ซึ่งสามารถหาค่าเฉลี่ยของความยาวคลื่น Rayleigh ได้ จากส่วนกลับของความชันในกราฟแต่ละเส้น ดังรูปที่ 4.12 และสามารถหาความเร็วของคลื่น (V_R) , shear modulus (G) ได้จากความสัมพันธ์ดังนี้

$$V_R = fL_R$$

$$V_R = KV_S$$

$$G = \rho V_S^2$$



รูปที่ 4.12 แสดงการหาค่าเฉลี่ยของความยาวคลื่น Rayleigh ที่ความถี่ต่าง ๆ

ข. การปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ (lab technique) กระทำได้โดย resonant column test, cyclic triaxial test, cyclic simple shear test ฯลฯ เพื่อหาค่าของ shear modulus (G) เมื่อทราบค่า mass density (ρ) ของดิน ก็สามารถหาความเร็วและความยาวของคลื่น Rayleigh ได้จากความสัมพันธ์ดังนี้

$$V_S = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

$$V_R = KV_S$$

$$V_R = fL_R$$

เนื่องจากการหาความเร็วของคลื่น Rayleigh ประสบปัญหาจากการทดลอง

ในสนาม เช่น เครื่องมือ oscilloscope มีความละเอียดในการอ่านค่าแอมพลิจูดน้อยหรือแรงสั่นสะเทือนซึ่งเกิดจาก vibration exciter น้อย และการทดลองในห้องปฏิบัติการไม่สามารรถหาเครื่องมือทดลองโดยวิธีดังกล่าวได้ ดังนั้น การวิจัยในครั้งนี้พิจารณาจาก soil profile ดังรูปที่ 4.2 ได้กำหนดใช้ค่าเฉลี่ยของ shear modulus (G) ประมาณ 12,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (8,436.98 ตันต่อตารางเมตร) จากตารางที่ 4.2 และค่าเฉลี่ยของหน่วยน้ำหนักของดิน (γ_t) = $1.72+1.69/2 = 1.705$ ตันต่อตารางเมตร ซึ่งจะให้ความเร็วของ S-wave (v_s) $\approx \sqrt{8,436.98/1.705/9.81} \approx 220.33$ เมตรต่อวินาที และความเร็วของ R-wave (v_r) $\approx 0.9145 \times 220.33 \approx 201.49$ เมตรต่อวินาที (ค่าเฉลี่ยของค่า $K = 0.874 + 0.955/2 = 0.9145$)

การวิจัยครั้งนี้จะใช้ค่าเฉลี่ยความเร็วของคลื่นประมาณ 200 เมตรต่อวินาที ซึ่งสอดคล้องกับ Barkan 1962⁽¹⁾ แนะนำไว้

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย shear modulus ของดินชนิดต่าง ๆ (Suresh)⁽³²⁾

Soil Type	Shear Modulus (psi)
Soft Clay	3,000- 5,000
Stiff Clay	10,000-20,000
Very Stiff to Hard Clay	$\geq 20,000$
Medium Dense Sand*	5,000-15,000
Dense Sand*	10,000-20,000
Medium Dense Gravel*	15,000-25,000
Dense Gravel*	20,000-40,000

*For shallow depths.

4.4.2 ขั้นตอนการวิจัย

4.4.2.1 ขั้นตอนการวิจัยโดยทั่วไป

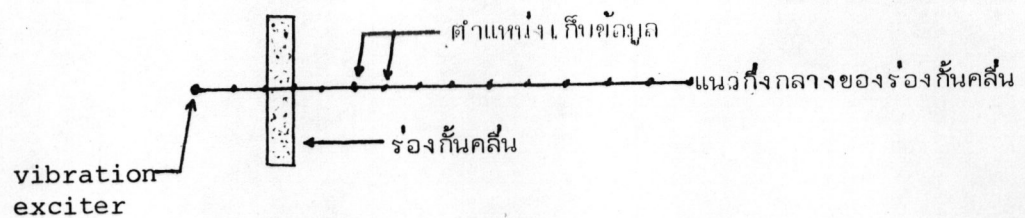
ก. ปล่อยคลื่นที่ความถี่ต่าง ๆ ที่คงที่ วัดแอมพลิจูดในแนวตั้ง (vertical amplitude) ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่สกัดไว้ก่อนติดตั้งร่องกันคลื่นชนิดต่าง ๆ (without trench barrier or before condition)

ข. ขุดร่องเปล่า

ค. ใส่วัสดุที่อัตราส่วนผลมต่าง ๆ ที่ได้เลือกไว้ลงในร่องเปล่าเป็นร่องวัสดุกันคลื่นชนิดต่าง ๆ ที่มีความหนาแน่นต่างกัน

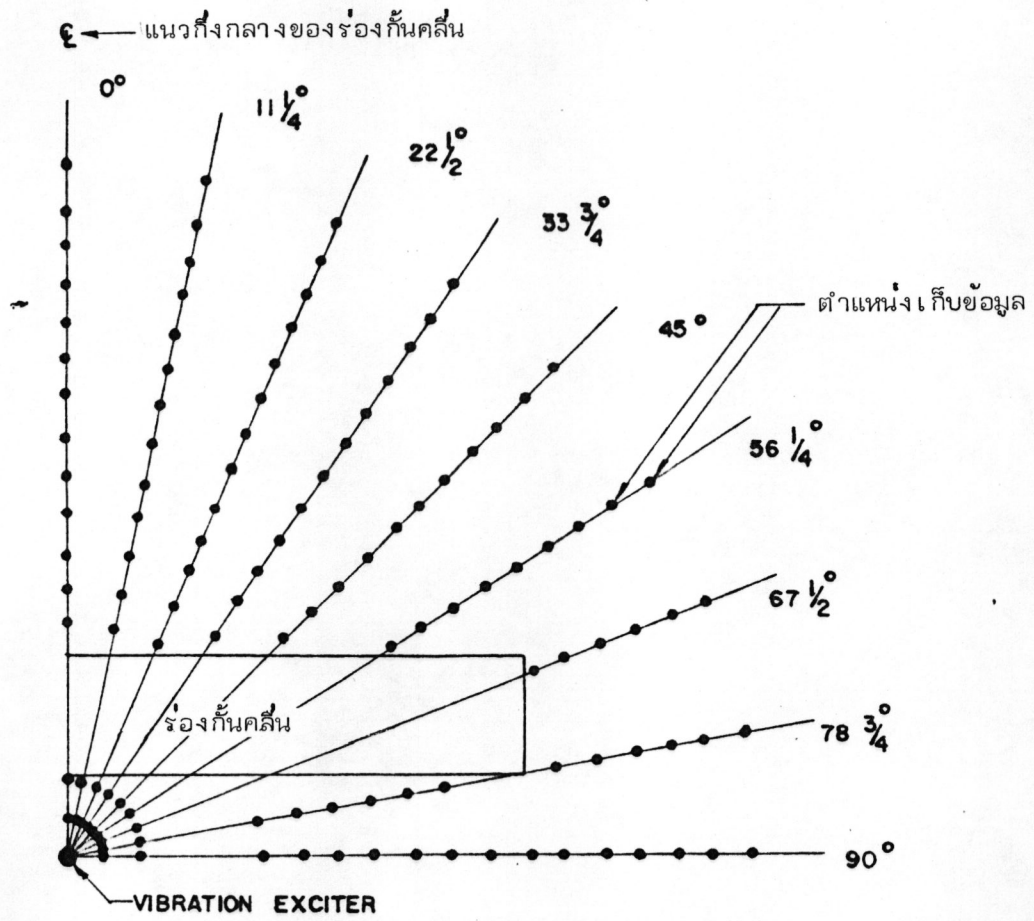
ง. ปล่อยคลื่นที่ความถี่ต่าง ๆ ที่คงที่ วัดอัมพลิจูดในแนวตั้ง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่สัดไว้หลังติดตั้งร่องกันคลื่นชนิดต่าง ๆ (with trench barrier or after condition)

4.4.2.2 ขั้นตอนการวิจัยขั้นแรก เพื่อศึกษาการลดค่าของอัมพลิจูดกับระยะทางจากแหล่งกำเนิดคลื่นที่ความถี่ต่าง ๆ ก่อนติดตั้งร่องกันคลื่นชนิดต่าง ๆ และหาค่าสัมประสิทธิ์การลดลงหรือการเสื่อมกับระยะทางที่ความถี่ต่าง ๆ และเปรียบเทียบอัมพลิจูดก่อนและหลังติดตั้งร่องกันคลื่นชนิดต่าง ๆ ที่ความถี่ต่าง ๆ เพื่อหาร่องกันคลื่นที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการกันคลื่น และหาความถี่ที่เริ่มมีผลต่อการกันคลื่นซึ่งสัมพันธ์กับขนาดของร่องกันคลื่นชนิดต่าง ๆ ที่กำหนด การวางผังการวัดอัมพลิจูดกับระยะทางในขั้นนี้แสดงไว้ ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 แสดงการวางผังการวัดอัมพลิจูดกับระยะทางตามแนวกึ่งกลางของร่องกันคลื่น

4.4.2.3 ขั้นตอนการวิจัยขั้นที่สอง เพื่อหาพื้นที่ที่มีผลต่อการกันคลื่นของร่องกันคลื่นที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการกันคลื่น การวางผังการวัดอัมพลิจูดกับระยะทางจากแหล่งกำเนิดคลื่นตามแนวรัศมีต่าง ๆ แสดงไว้ในรูปที่ 4.14 ซึ่งถือว่าบริเวณที่ลดความสั่นสะเทือนลงมาตรงที่แนวกึ่งกลางของร่องกันคลื่น (แนว 0°) ซึ่งวัดและเก็บข้อมูลในพื้นที่ครึ่งหนึ่งของบริเวณลดความสั่นสะเทือนเท่านั้น



รูปที่ 4.14 แสดงการวางผังการวัดอัมพลิจูดกับระยะทางตามแนวรัศมีต่างๆ จากแหล่งกำเนิดคลื่น