

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ทดสอบหาขนาดผละของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล่าง (Sieve Analysis) ตามมาตรฐานการทดสอบ ทล.-ท. 205/2517
2. อุปกรณ์ทดสอบหาค่าดัชนีพลาสติกของวัสดุตัวอย่าง (Atterberg's Limits) ตามมาตรฐานการทดสอบ ทล.-ท. 102/2515 และ ทล.-ท. 102/2515
3. อุปกรณ์ทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ตามมาตรฐานการทดสอบ ทล.-ท. 101/2515
4. อุปกรณ์ทดสอบการบดอัด (Compaction Test) แบบสูงกว่ามาตรฐาน ตามมาตรฐานการทดสอบ ทล.-ท. 108/2517
5. อุปกรณ์ทดสอบการแบกทาน (California Bearing Ratio) ตามมาตรฐานการทดสอบ ทล.-ท. 109/2517
6. อุปกรณ์ทดสอบกำลังรับแรงอัดแบบไม่ถูกจำกัด (Unconfined Compressive Strength) ตามมาตรฐานการทดสอบ ทล.-ท. 105/2515
7. อุปกรณ์ทดสอบการอัดตัวคลายนํ้า (Consolidation Test) ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D2435-65T

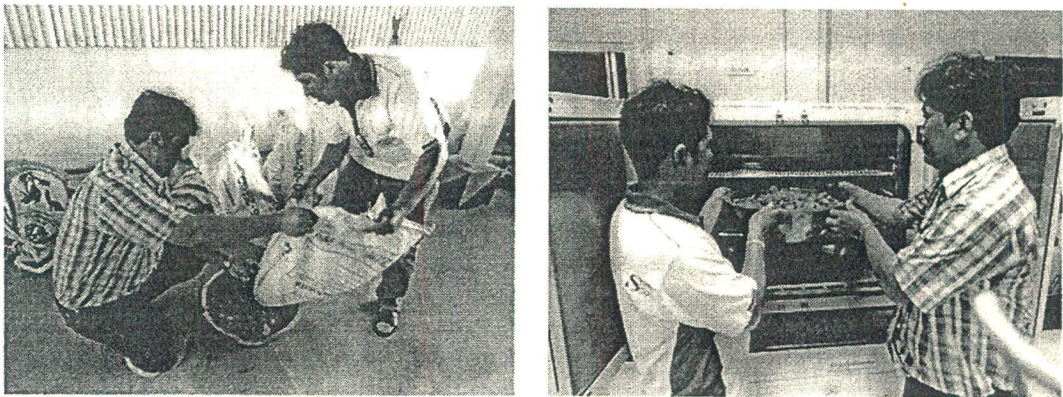
3.2 วัสดุ

1. ดินลูกรังจากแหล่ง บนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3209 กม.32 + 500 ช้ายทาง บ.หนองข้าวเหนียว ต.หนองตากยา อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี
2. แอสฟัลต์คอนกรีตเกรด AC 60-70 ตามมาตรฐาน ทล.-ก.401/2531
3. นํ้ายางพารา สวนยางพารา บนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3209 กม.42 + 000 ช้ายทาง ต.หนองตากยา อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี

3.3 วิธีการทดสอบ

3.3.1 การเตรียมตัวอย่าง

นำดินลูกรังมาเทลงในภาชนะที่เตรียมไว้แล้วทำการตากดินลูกรังในสถานที่โล่งแจ้ง อากาศถ่ายเทประมาณ 2-3 วัน เพื่อลดปริมาณความชื้นในดินลูกรังเพื่อให้ดินลูกรังมีปริมาณความชื้น น้อยที่สุดก่อนนำไปทดสอบ



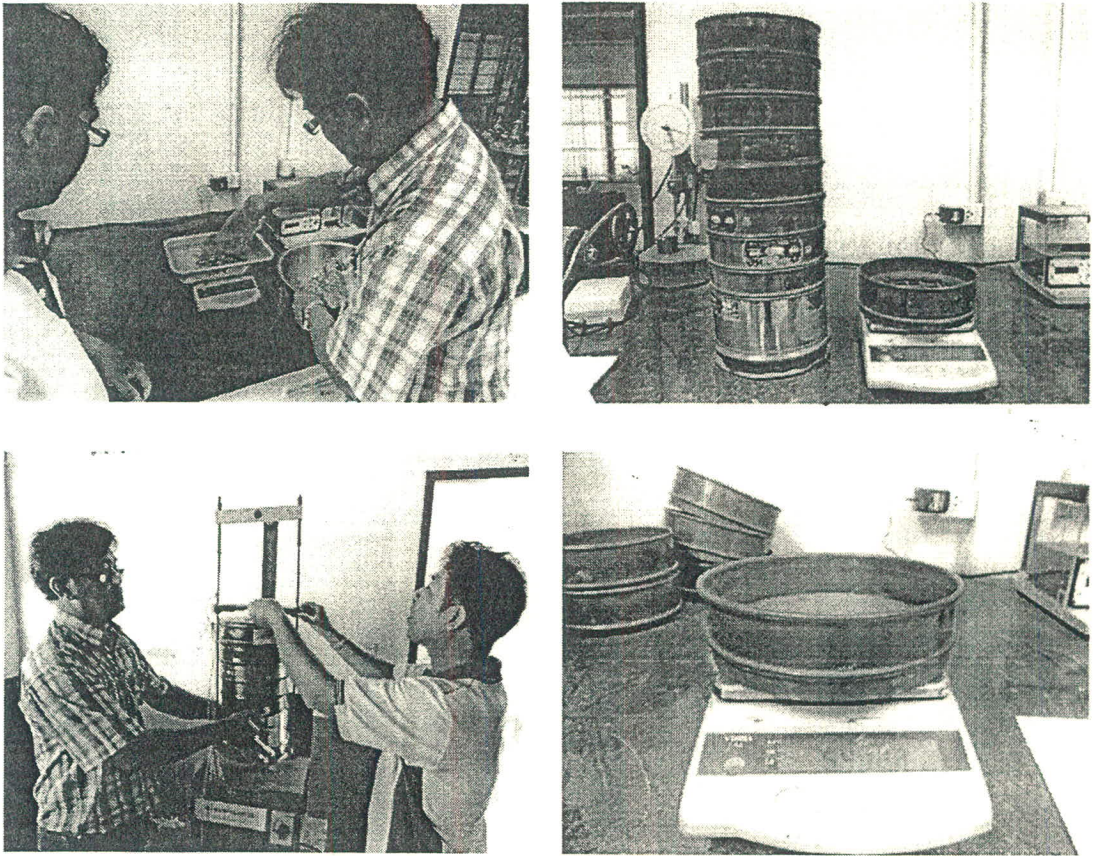
รูปที่ 4 การเตรียมตัวอย่างวัสดุดินลูกรัง

3.3.2 ทดสอบหาขนาดคละ (Sieve Analysis)

ทดสอบหาขนาดคละ (Sieve Analysis) ดินลูกรังโดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง เพื่อหาขนาดคละของมวลรวม (Gradation) แล้วเปรียบเทียบมวลรวมของของตัวอย่างที่ผ่านตะแกรง หรือค้ำบนตะแกรงตามขนาดต่างๆ กับมวลรวมทั้งหมดของตัวอย่าง ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$P = \frac{R}{T} \times 100 \tag{3.1}$$

- เมื่อ P = เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงโดยน้ำหนัก
- R = มวลของตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงแต่ละขนาด
- T = มวลของตัวอย่างทั้งหมด



รูปที่ 5 การทดสอบหาขนาดคละ (Sieve Analysis)

3.3.3 ทดสอบหาค่าดัชนีพลาสติกของวัสดุ

ทดสอบหาค่าดัชนีพลาสติกของวัสดุดินลูกรัง เพื่อหาค่าปริมาณน้ำต่ำสุดในวัสดุตัวอย่าง เมื่อวัสดุตัวอย่างนั้นยังคงอยู่ในสภาพพลาสติก ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{Liquid Limit (LL)} = \frac{\text{มวลของน้ำในดิน (gm)}}{\text{มวลของดินอบแห้ง (gm)}} \times 100 \quad (3.2)$$

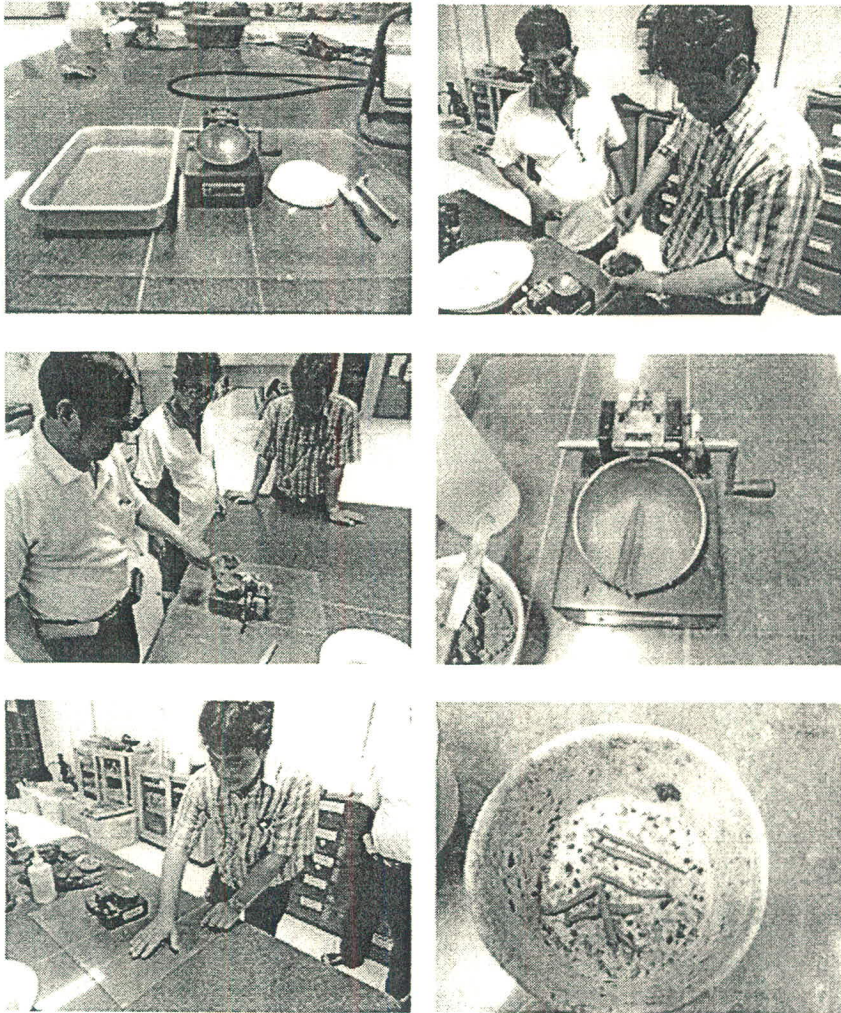
เมื่อ Liquid Limit (LL) = ปริมาณของน้ำที่มีอยู่พอดีในดินซึ่งทำให้ดินเปลี่ยนจากภาวะ Plastic เป็นภาวะ Liquid

$$\text{Plastic Limit (PL)} = \frac{\text{มวลของน้ำ (gm)}}{\text{มวลของดินแห้ง (gm)}} \times 100 \quad (3.3)$$

$$\text{Plastic Index (PI)} = \text{LL} - \text{PL} \quad (3.4)$$

เมื่อ Plastic Limit (LL) = อัตราส่วนระหว่างมวลของน้ำต่อมวลของดินแห้ง

Plastic Index (PI) = ค่าจำนวนน้ำต่ำสุดในดิน เมื่อดินนั้นยังคงอยู่ในสภาพ Plastic



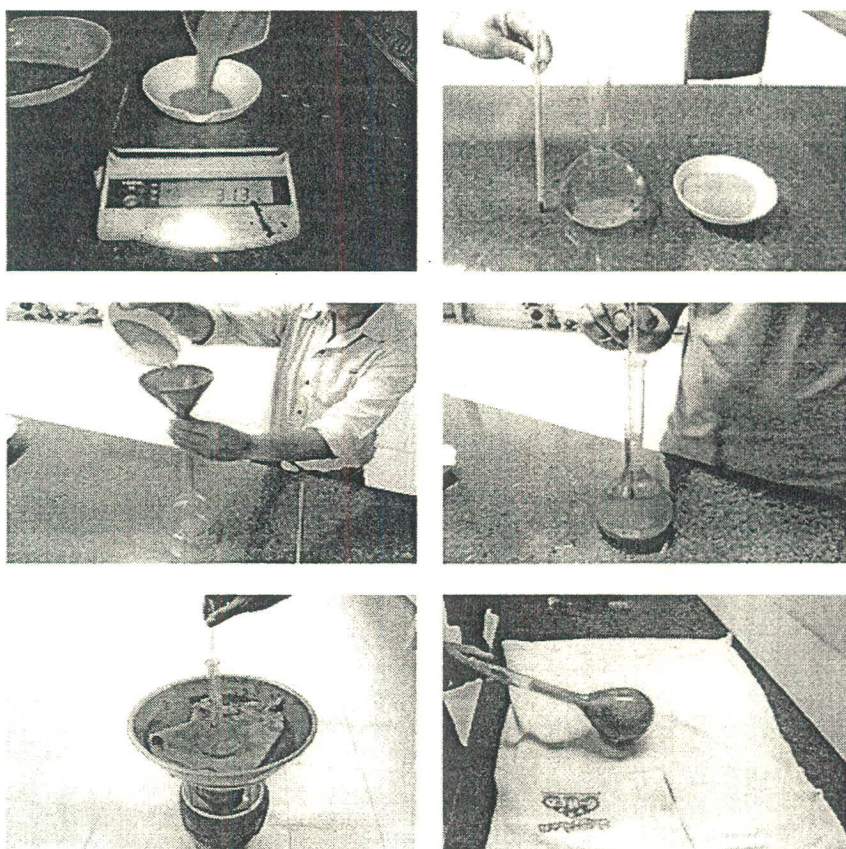
รูปที่ 6 ทดสอบหาค่าดัชนีพลาสติกของวัสดุดินลูกรัง

3.3.4 ทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุ

ทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุดินลูกรังสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$G_s = \frac{G_t \cdot M_s}{M_s - M_1 - M_2} \quad (3.5)$$

- เมื่อ
- G_s = ค่าความถ่วงจำเพาะของดิน
 - G_t = ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิ t (องศาเซลเซียส) (เปิดตารางที่ 1 ตามมาตรฐานการทดสอบ ทล.-ท. 101/2515)
 - M_s = มวลของดินแห้ง (gm)
 - M_1 = มวลของขวด + มวลของน้ำ + มวลของดิน (gm)
 - M_2 = มวลของขวด + มวลของน้ำ (gm)
 - t = อุณหภูมิของของผสมในขวด Pycnometer
- ขณะซึ่งหามวลมีหน่วยเป็น (องศาเซลเซียส)



รูปที่ 7 ทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุ

3.3.5 ทดสอบการบดอัด (Compaction Test)

ทดสอบการบดอัด (Compaction Test) แบบสูงกว่ามาตรฐาน เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแน่นสูงสุดของวัสดุตัวอย่างกับปริมาณน้ำที่ใช้บดอัด สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

ปริมาณน้ำในวัสดุรวมเป็นร้อยละ

$$w = \frac{(M_1 - M_2)}{M_2} \cdot 100 \tag{3.6}$$

เมื่อ W = ปริมาณน้ำในมวลรวมเป็นร้อยละคิดเทียบกับน้ำหนักของมวลรวมอบแห้ง

M_1 = น้ำหนักของมวลรวมเปียก (gm)

M_2 = น้ำหนักของมวลรวมอบแห้ง (gm)

ค่าความแน่นเปียก (Wet Density)

$$\rho_t = \frac{A}{V} \tag{3.7}$$

เมื่อ ρ_t = ความหนาแน่นเปียก (gm/cm³)

A = น้ำหนักของมวลรวมเปียกที่บดทับในแบบ (gm)

V = ปริมาตรของมวลรวมเปียกที่บดทับในแบบ (cm³)

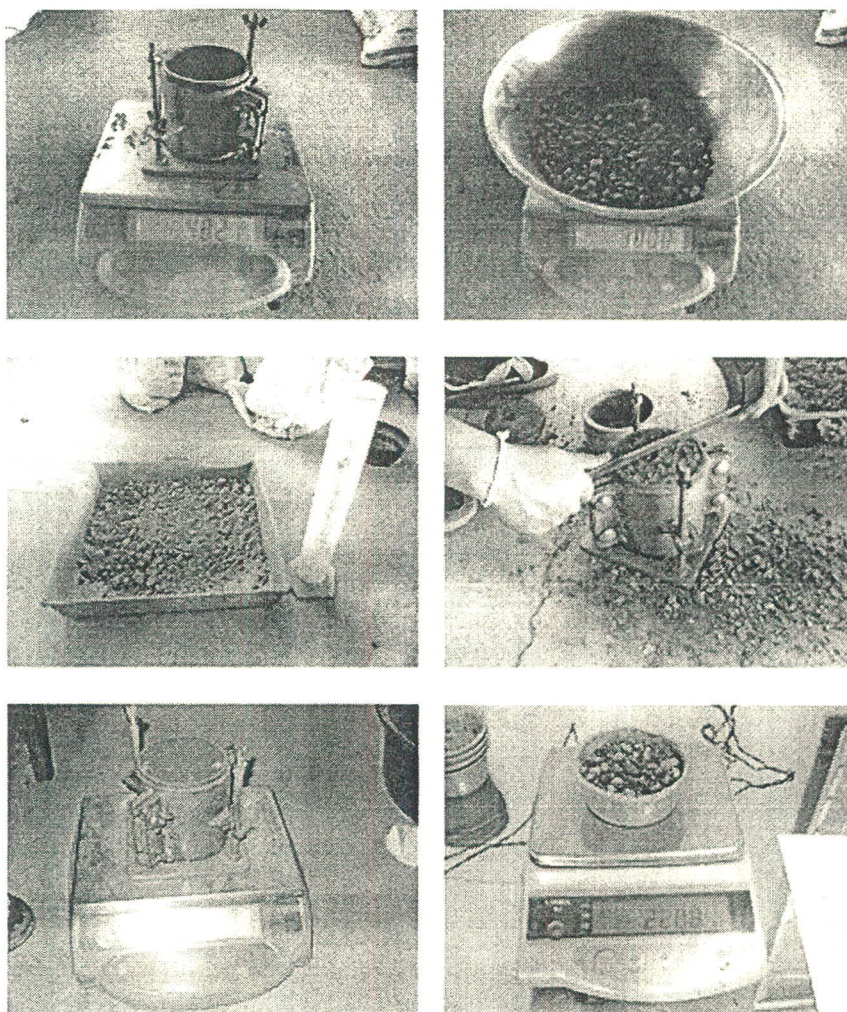
ค่าความแน่นแห้ง (Dry Density)

$$\rho_d = \frac{\rho_t}{1 + \frac{\omega}{100}} \tag{3.8}$$

เมื่อ ρ_d = ความหนาแน่นแห้ง (gm/cm³)

ρ_t = ความหนาแน่นเปียก (gm/cm³)

ω = ปริมาณน้ำในมวลรวมเป็นร้อยละ



รูปที่ 8 ทดสอบการบดอัด (Compaction Test)

3.3.6 ทดสอบหาค่าการแบกทาน (California Bearing Ratio, CBR)

ทดสอบหาค่าการแบกทาน (California Bearing Ratio, CBR) เพื่อเปรียบเทียบกับ Bearing Value ของวัสดุตัวอย่างกับวัสดุหินมาตรฐาน เมื่อทำการทดสอบตัวอย่างนั้นโดยใช้ค้อนบดทับในแบบที่ปริมาณน้ำที่ทำให้วัสดุตัวอย่างมีความแน่นสูงสุด (Optimum Moisture Content, OMC) เพื่อนำมาใช้ออกแบบโครงสร้างของถนนและใช้ควบคุมงานการบดทับให้ได้ความแน่นและความชื้นตามความต้องการ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

ค่าการแบกทาน (CBR) มีหน่วยเป็นร้อยละ

$$\text{CBR (\%)} = \frac{X}{Y} \times 100$$

(3.9)

- เมื่อ
- X

=

ค่าแรงกดที่อ่านได้ต่อหน่วยพื้นที่ของท่อนกด
(สำหรับ Penetration ที่ 2.54 มิลลิเมตร หรือ
0.1 นิ้ว และที่เพิ่มขึ้นอีกทุกๆ 2.54 มิลลิเมตร)
- Y

=

ค่าหน่วยแรงมาตรฐาน (Standard Unit Load)
กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรค่าการขยายตัว (Swell) มีหน่วยเป็นร้อยละ

$$\text{Swell (\%)} = \frac{S}{H} \times 100$$

(3.10)

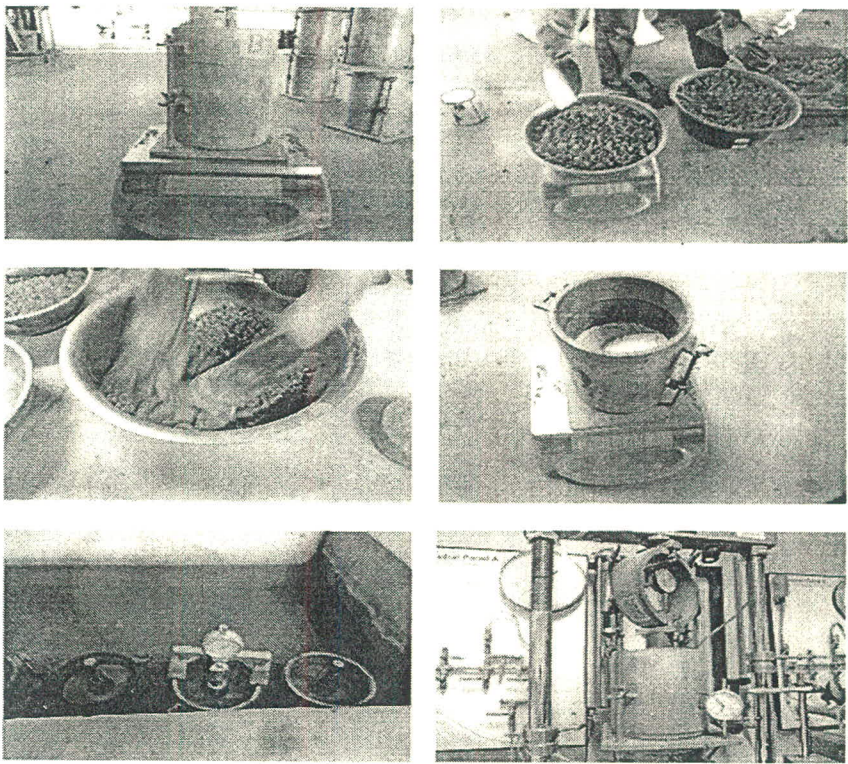
- เมื่อ
- S

=

ผลต่างระหว่างการอ่าน Reading ครั้งแรกและครั้ง
สุดท้ายของ Dial Gauge ที่วัด Swell (mm)
- H

=

ความสูงเริ่มต้น (Initial Height) ของก้อนตัวอย่าง แชน้ำ (mm)



รูปที่ 9 ทดสอบหาค่าการแบกทาน (California Bearing Ratio, CBR)

3.3.7 ทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดแบบไม่ถูกจำกัด (Unconfined Compressive Strength)

ทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดแบบไม่ถูกจำกัด (Unconfined Compressive Strength, UCS) คือค่าแรงอัด (Load) สูงสุดต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งก้อนตัวอย่างเป็นรูปทรงกระบอกการทดสอบจะให้แรงกดในแนวดิ่งเพียงอย่างเดียว ถ้าค่าแรงอัดต่อหน่วยพื้นที่ยังไม่ถึงค่าสูงสุดเมื่อความเครียด (Strain) ในแนวดิ่งเกิน 20 เปอร์เซ็นต์ ให้ใช้ค่าแรงอัดต่อหน่วยพื้นที่ความเครียด 20 เปอร์เซ็นต์ นั้นเป็นค่า Unconfined Compressive Strength (UCS) อัตราการเพิ่มแรงอัดในระหว่างการทดสอบจะควบคุมโดย ความเครียดหรือควบคุมโดยความเค้น (Stress) สามารถคำนวณได้ดังนี้

ความเครียดในแนวดิ่งสำหรับแรงกดใดๆ

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \tag{3.11}$$

เมื่อ ϵ = ความเครียดในแนวดิ่ง สำหรับแรงกดใดๆ

ΔL = ระยะยุบตัวของแท่งตัวอย่างที่แรงกดใดๆ ที่อ่านค่าจาก Dial Gauge

L_0 = ความยาวเดิมของแท่งตัวอย่าง

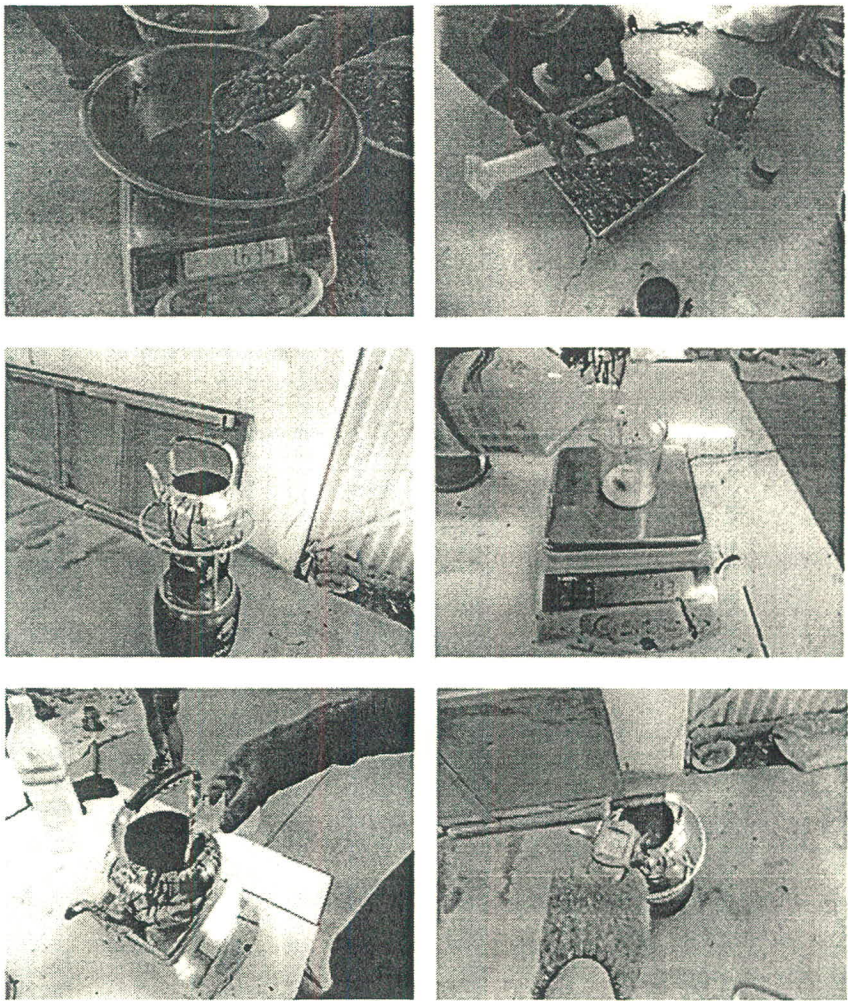
ความเค้นสำหรับแรงกดใดๆ

$$\sigma_c = \frac{P}{A} \tag{3.12}$$

เมื่อ σ_c = ความเค้นสำหรับแรงกดใดๆ

P = แรงกดใดๆ

A = พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยที่แรงกดนั้นๆ



รูปที่ 10 ทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดแบบไม่ถูกจำกัด

3.3.8 ทดสอบการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation Test)

ทดสอบการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation) เพื่อหาค่าความสามารถในการไหลซึมผ่านได้ของน้ำในดิน (Permeability) ทำการทดสอบโดยพิจารณาจากวัสดุดินลูกรังที่ยังไม่ปรับปรุงคุณภาพและวัสดุดินลูกรังที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยแอสฟัลต์คอนกรีตและยางพาราที่ได้ผลการทดสอบค่าการแบกทาน (CBR) สูงสุด และผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดแบบไม่ถูกจำกัด (UCS) สูงสุดสามารถคำนวณได้ดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์การยุบตัวของดิน

$$C_v = 0.848H^2 / t_{90} \tag{3.13}$$

เมื่อ C_v = ค่าสัมประสิทธิ์การยุบตัวของดิน (cm²/min)

H = ครึ่งหนึ่งของความสูงก้อนตัวอย่าง (cm)

T_{90} = เวลาในการเกิดร้อยละของการอัดตัวคายน้ำ
ในช่วงต่างๆ (min)

ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียด (Strain) กับความเค้น (stress)

$$m_v = \frac{\epsilon}{\log \sigma_c} \quad (3.14)$$

เมื่อ m_v = ความลาดชันของความสัมพันธ์ระหว่าง
ความเครียด (Strain) กับความเค้น (stress)

ϵ = ความเครียดในแนวดิ่ง สำหรับแรงกดใดๆ

σ_c = ความเค้นสำหรับแรงกดใดๆ

ความสามารถในการไหลซึมผ่านของน้ำในดิน

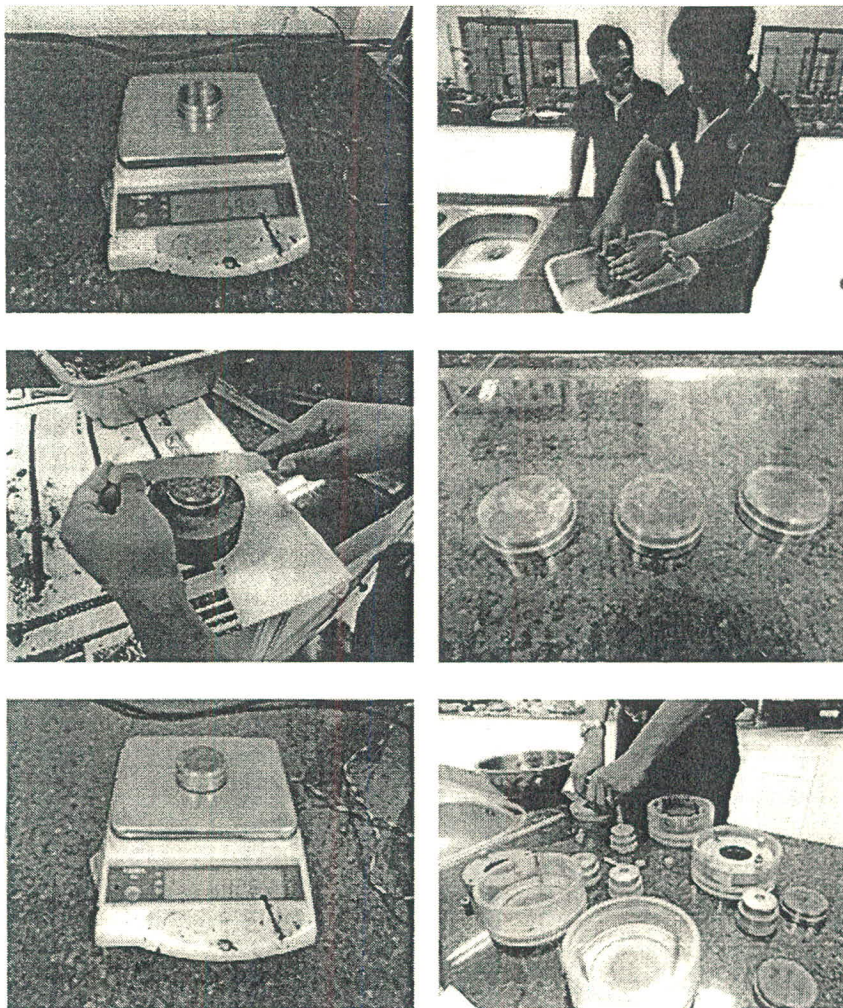
$$k = C_v * m_v * r_w \quad (3.15)$$

เมื่อ k = ความสามารถในการไหลซึมผ่านของน้ำในดิน
มีหน่วยเป็น (cm/min)

C_v = ค่าสัมประสิทธิ์การยุบตัวของดิน (cm²/min)

m_v = ความลาดชันของความสัมพันธ์ระหว่าง
ความเครียด (Strain) กับความเค้น (stress)
มีหน่วยเป็น (cm²/kg)

r_w = ความหนาแน่นของน้ำ (kg/cm³)



รูปที่ 11 ทดสอบการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation)

3.4 ขั้นตอนการดำเนินงานทดสอบ

