

## บทที่ 3

### อุปกรณ์ เครื่องมือและวิธีการดำเนินการวิจัย

การปรับปรุงคุณภาพดินด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์นั้น จะทำการศึกษาถึงคุณสมบัติของดินก่อนและหลังการผสม สำหรับการทดสอบคุณภาพจะคำนึงถึง สมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และสมบัติทางวิศวกรรม ซึ่งจะเป็นคุณสมบัติที่จะใช้ในการพิจารณาก่อนนำไปใช้งาน ดังนั้น จึงใช้อุปกรณ์ เครื่องมือและวิธีการวิจัย ดังนี้

#### 3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ดังนี้

1. อุปกรณ์การทดสอบการบดอัด
2. เครื่องมือทดสอบกำลังของดิน
3. อุปกรณ์ทดสอบ atterberg ' s limits
4. อุปกรณ์หาความถ่วงจำเพาะของดิน
5. อุปกรณ์การหาขนาดของเม็ดดิน
6. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

#### 3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีทำการวิจัย สามารถลำดับขั้นตอนการวิจัยได้ตามแผนภูมิการปฏิบัติทดสอบตามที่แสดงในภาพที่

15

#### 1. การสุ่มตัวอย่างดิน

ตัวอย่างดินที่ใช้ในการศึกษาวิจัย ได้จากการสุ่มตัวอย่างของดินที่ได้จากการขุดหน้าดินของการตัดเสาะเข็มของโครงการสร้างตึกคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ดังแสดงในรูปที่ 1 และเตรียมการทดลองต่อไป

## 2. ศึกษาหาคุณสมบัติของดินก่อนการผสม แยกเป็นดังนี้คือ

2.1 หาค่า water content

2.2 หาค่า liquid limit

2.3 หาค่า plastic limit

2.4 หาค่า plastic index

2.5 หาค่า grain size โดย hydrometer analysis

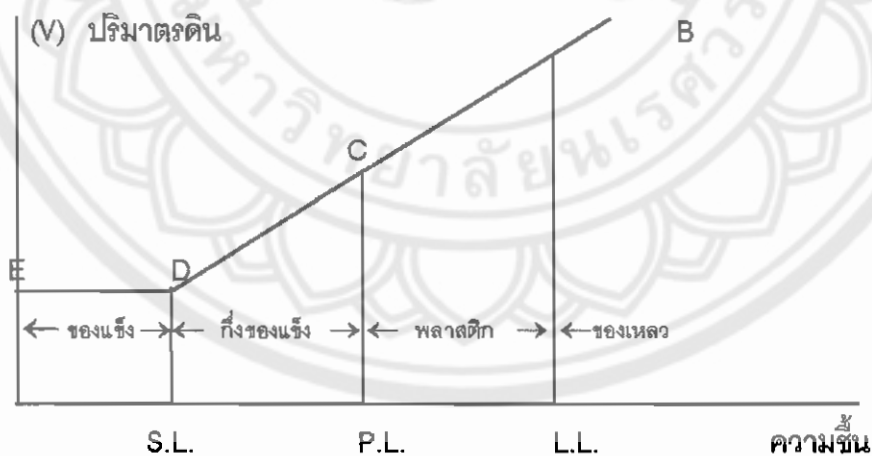
2.6 หาค่า specific gravity

สำหรับการทดสอบค่า Liquid Limit และการทดสอบค่า Plastic Limit ทำการทดลองเปรียบเทียบกับ การทดลองมาตรฐาน

ASTM D 423 - 66

ASTM D 424 - 59

ความชื้นในมวลดินขณะที่เปลี่ยนสภาพ จากของเหลวไปเป็นสารตัวเหนียวในสภาพพลาสติก และจากสภาพพลาสติกเป็นสารกึ่งของแข็ง ตามลำดับดังรูป



รูปที่ สถานภาพต่างๆ ของมวลดินเหนียว

สำหรับการทดสอบความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินจะเปรียบเทียบกับมาตรฐาน

ASTM D 854 - 58

การหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินทำได้โดยใช้ขวดหา ถ.พ. ซึ่งมีอยู่ 2 ขนาด

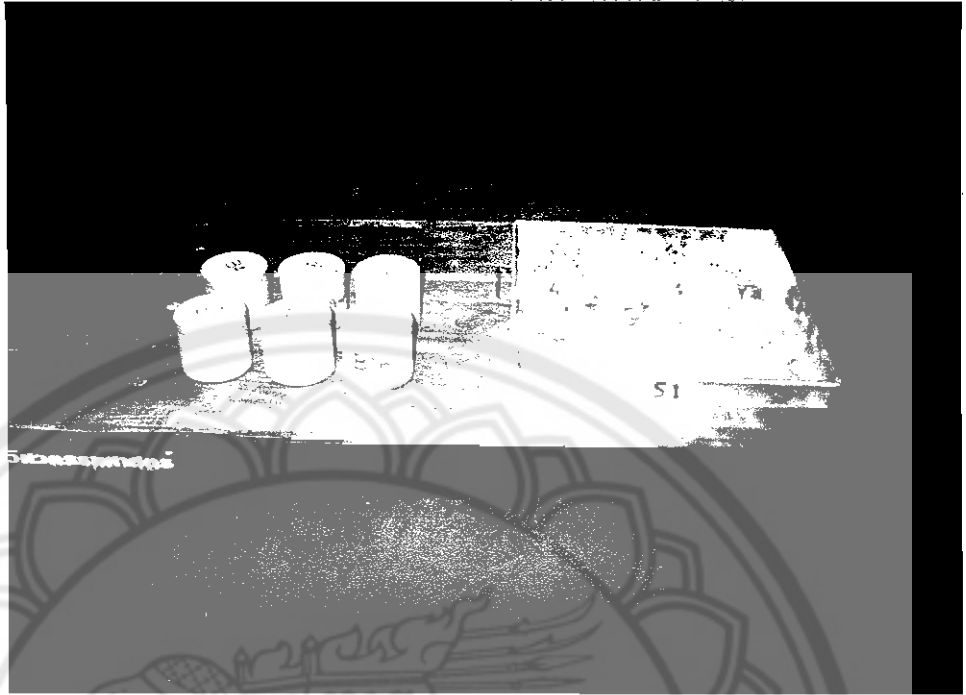
1. ขวดตวงปากเล็ก สำหรับดินที่มีขนาดเม็ดใหญ่
2. ขวดจุกแก้วขนาด 25-100 ล.บ.ซ.ม. สำหรับเม็ดดินละเอียด

เพื่อที่จะสามารถคำนวณหาปริมาตรช่องว่าง ความอิ่มตัว ความพรุน และอื่นๆ

สำหรับทดสอบการบดอัด ทำการเปรียบเทียบผลการบดอัดแบบมาตรฐาน (standard compaction test) กับการบดอัดตัวอย่างขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว สูง 4 นิ้ว เพื่อหาจำนวนครั้ง จำนวนชั้น และพลังงานการบดอัด ให้ตัวอย่างมีความใกล้เคียงกับมาตรฐาน สำหรับดินที่ได้จากการบดอัดจากทรงกระบอกขนาดเล็กเพื่อใช้ทดสอบกำลังของดิน และการทดสอบความคงทน



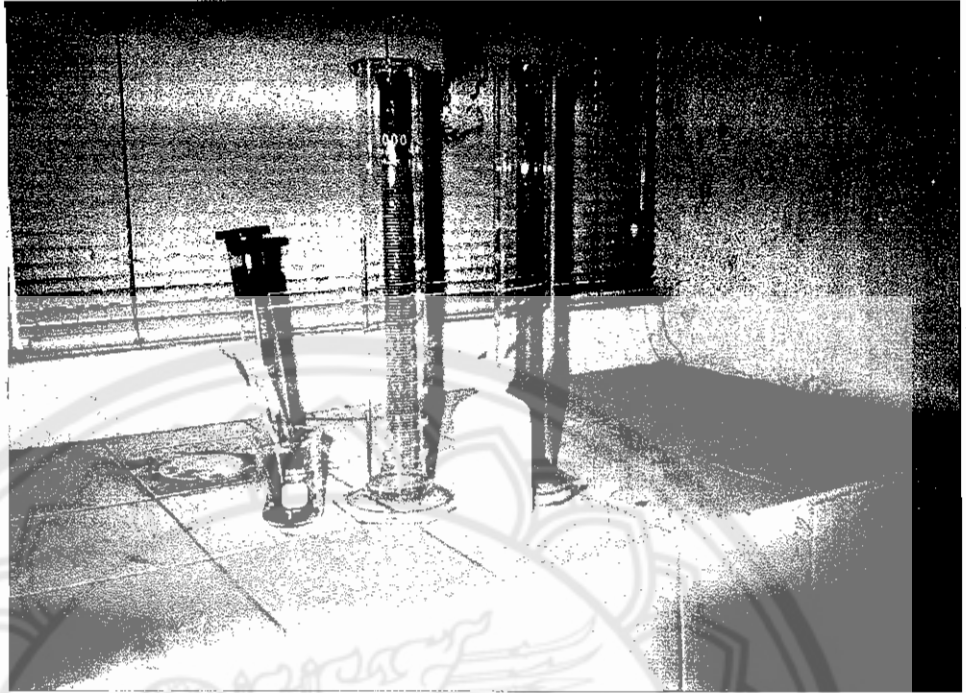
ภาพที่ 1 แหล่งดินที่ใช้ในการทดลอง



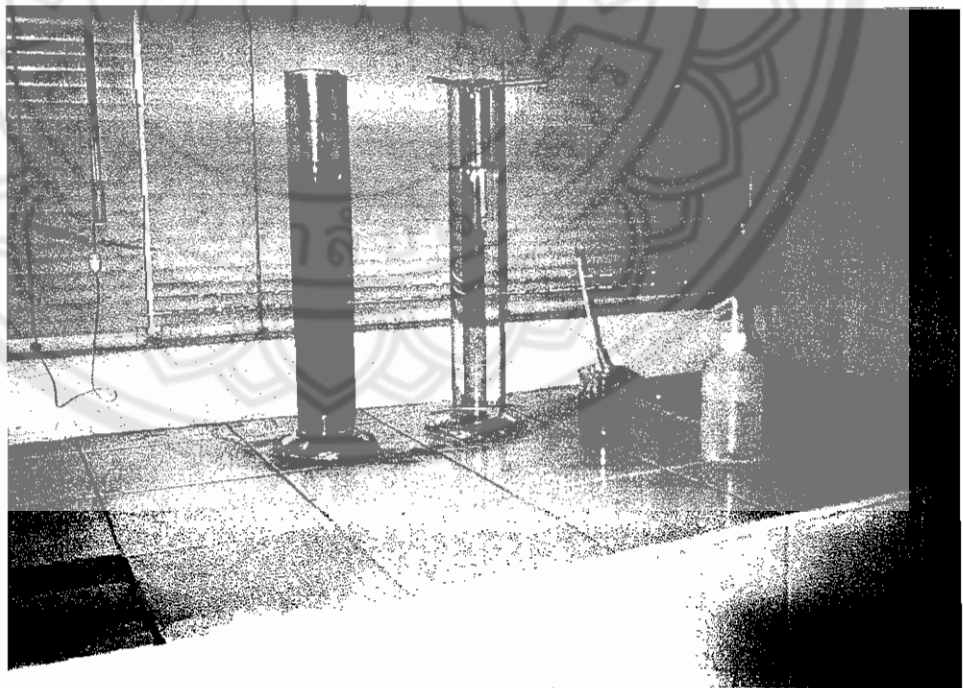
ภาพที่ 2 การหาค่าความชื้นของดิน



ภาพที่ 3 การหาค่าค่า Liquid limit



ภาพที่ 4 อุปกรณ์การทดลอง Hydrometer



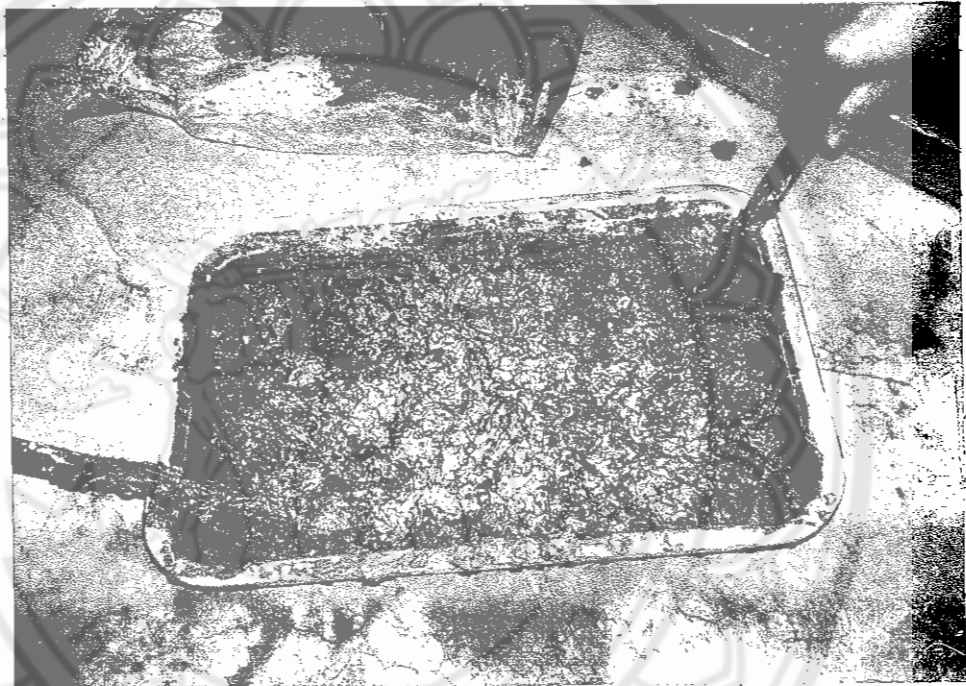
ภาพที่ 5 แสดงการทดสอบ Hydrometer

### 3. การเตรียมตัวอย่างดิน

-คำนวณปริมาณ น้ำที่ตองเติม ที่ความชื้นที่ LL. และ PL. ตามลำดับ

-คลุกเคล้าดินกับน้ำให้สม่ำเสมอ

-หมักตัวอย่างดิน 2 ชุด ด้วยความชื้นที่ต้องการประมาณ 24 ชม. (โดย สเปร์ย์ และ คลุมด้วยพลาสติก)



ภาพที่ 6 แสดงการเตรียมตัวอย่างดิน

### 4. หาอัตราส่วนผสมของดินกับปูนซีเมนต์ในลักษณะต่างๆ ดังนี้

#### 4.1 ที่สภาวะ Liquid Limit

1.1 ส่วนผสมที่ใช้ปูนซีเมนต์ 9%

1.2 ส่วนผสมที่ใช้ปูนซีเมนต์ 6%

1.3 ส่วนผสมที่ใช้ปูนซีเมนต์ 3%

#### 4.2 ที่สภาวะ Plastic Limit

2.1 ส่วนผสมที่ใช้ปูนซีเมนต์ 9%

2.2 ส่วนผสมที่ใช้ปูนซีเมนต์ 6%

2.3 ส่วนผสมที่ใช้ปูนซีเมนต์ 3%

#### 4.3 ที่สภาวะดินธรรมชาติ

#### 5. ผสมตัวอย่างดินกับปูนซีเมนต์

5.1 ชั่งปูนซีเมนต์ 3,6, และ 9% โดยน้ำหนักดินแห้ง

5.2 หาปริมาณความชื้นที่แท้จริงก่อนการผสม

5.3 ผสมใน soil mixer ให้คลุกเคล้ากันจนทั่ว

5.4 ให้นำตัวอย่างใส่ใน mold  $\varnothing$  5 cm. สูง 10 cm. คลุมด้วยผ้าพลาสติก รััดด้วยยางให้แน่น

5.5 การอัดใส่ mold นั้นต้องควบคุมค่าความหนาแน่นของ ดินใน mold ให้คงที่ ทุกๆ ตัวอย่าง

5.6 ปม mold เป็นเวลา 24 ชม. ถอดแบบ แล้วปมในกระบะจนถึงทดสอบกำลังอัด

5.7 วัดขนาด ชั่งน้ำหนัก ของตัวอย่างโดยเฉลี่ย

5.8 ทดสอบกำลังอัดที่ 3, 7, 14, และ 28 วัน โดยวิธี unconfined compression test

5.9 หาค่า moisture content ของตัวอย่างที่ fail แล้ว บริเวณรอยแตก

5.10 หาค่า PL. และ LL. ที่ 28 วันเพื่อเปรียบเทียบค่า PI. ที่เปลี่ยนแปลง

#### 6. การทดสอบคุณสมบัติของดินเมื่อผสมกับปูนซีเมนต์

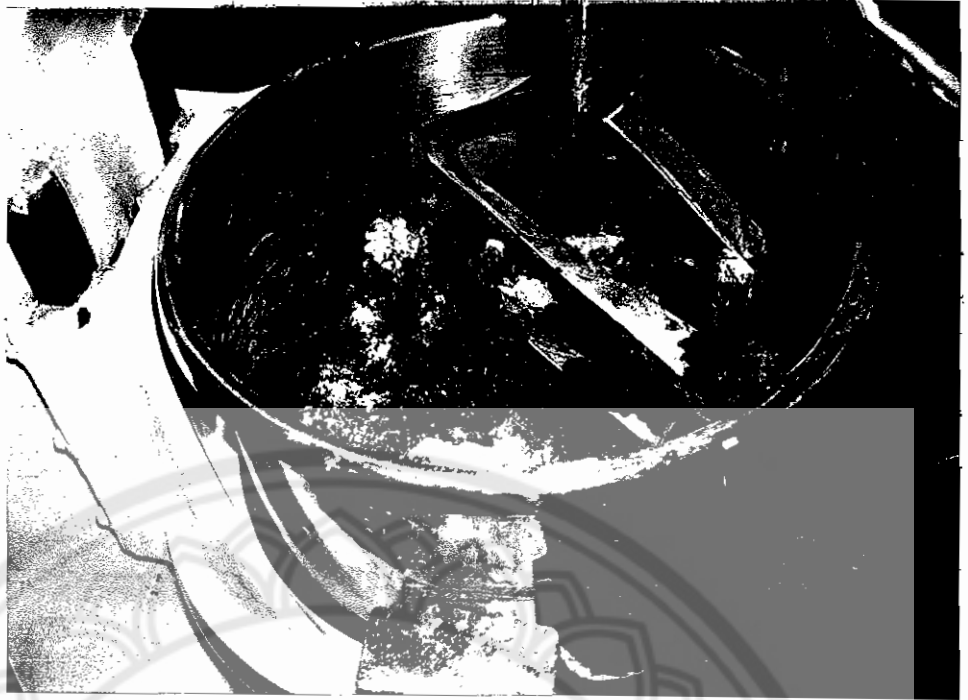
##### การเตรียมตัวอย่าง

1. ผสมดินเหนียวกับปูนซีเมนต์ ในสภาวะต่างๆ ตามข้อ 4.1 , 4.2 และ 4.3 บดอัดในทรงกระบอกขนาดเล็ก โดยควบคุมการบดอัดให้มีความหนาแน่นแห้งไม่น้อยกว่าร้อยละ 97.00 และความชื้นที่เหมาะสมที่ ร้อยละ +2 ถึง -1 ของการบดอัด

2. ทำการชั่งน้ำหนักและบันทึกผล

3. ตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานแล้วทำการปม โดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมโดยรอบและใช้กระดาษอลูมิเนียมพันรอบอีกครึ่งหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่

4. ทำการทดสอบหาลำกำลังของดินเหนียวผสมกับปูนซีเมนต์ ที่อายุของการปมต่างๆ ดังนี้ 3 , 7 , 14 และ 28 วัน

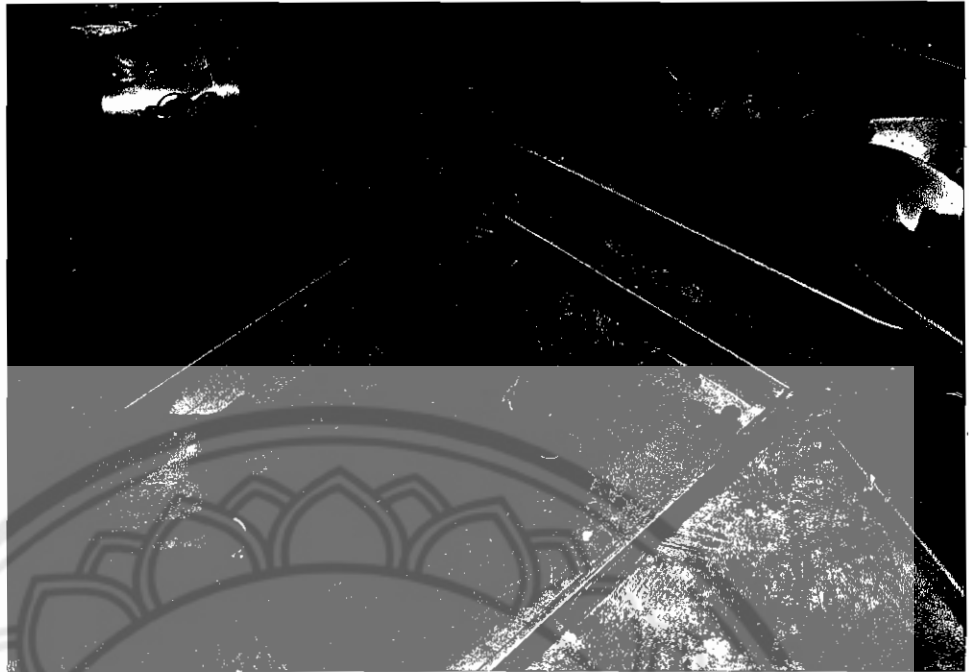


ภาพที่ 7 แสดงการผสมดินใน Mixer

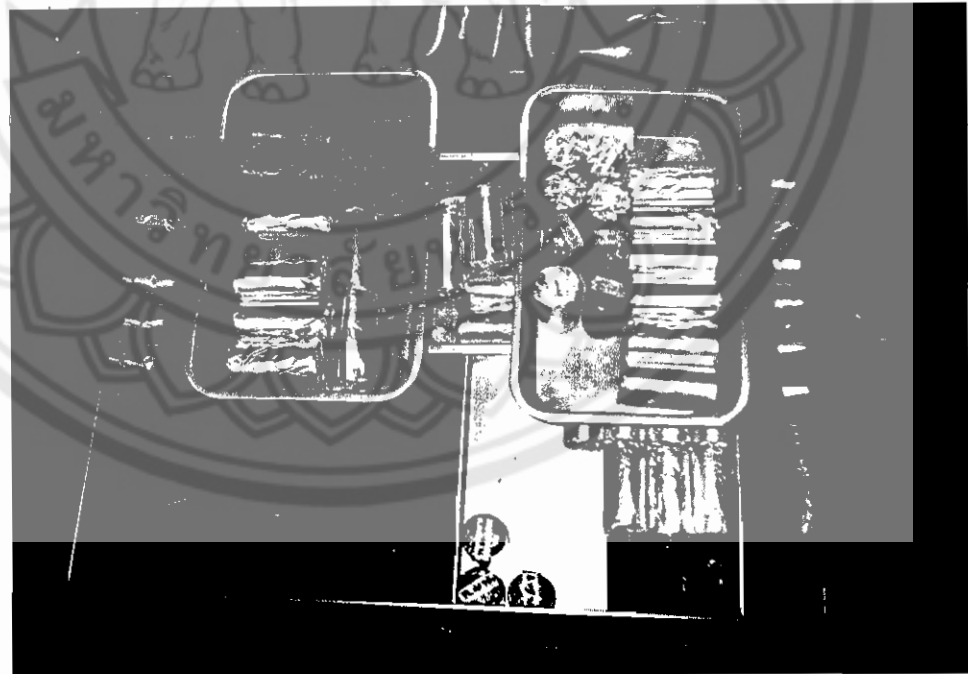


ภาพที่ 8 แสดงการบดอัดดิน





ภาพที่ 9 การแต่งผิวหน้าหลังการบดอัด



ภาพที่ 10 แสดงการปมตัวอย่างดิน

## 7. การทดสอบกำลังของดินเหนียวที่ผสมกับปูนซีเมนต์

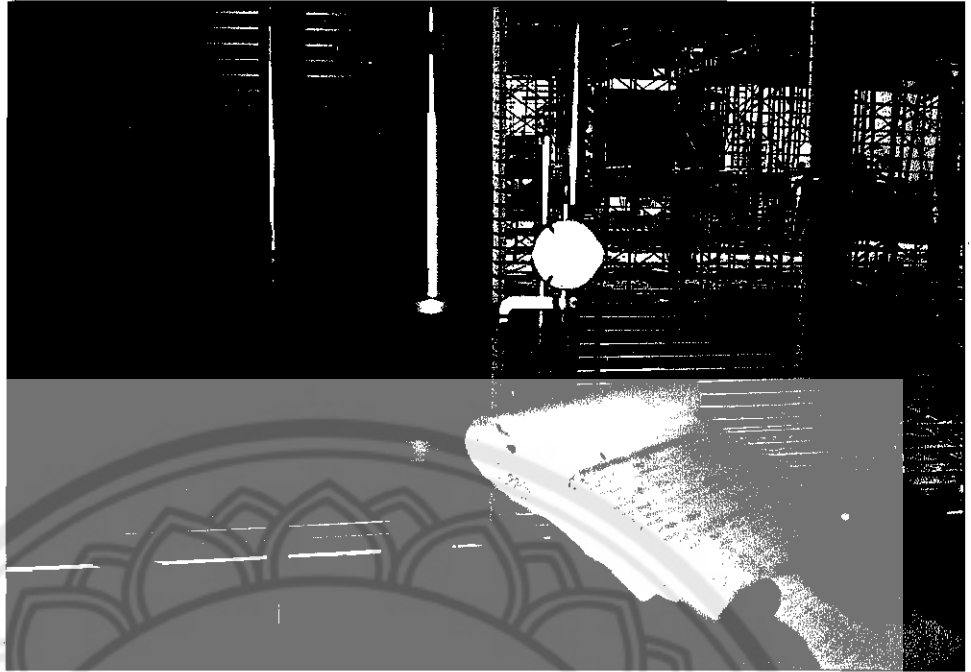
ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการเปลี่ยนแปลงตามสภาวะอากาศ แล้วนำมาทดสอบหาลำดับของดินที่รอบต่างๆ โดยใช้ตัวอย่างที่จะใช้ทดสอบในหัวข้อที่ 6 โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้

1. นำตัวอย่างดินในข้อที่ 6 มาแล้วนำกระดาษอลูมิเนียมและแผ่นพลาสติกออก
2. แล้วนำตัวอย่างดินในข้อ 1 ไปชั่งหาน้ำหนักและวัดขนาดก่อนที่จะทำการทดสอบ
3. นำตัวอย่างดินในข้อ 2 มาทำการทดสอบหาลำดับของดินโดยใช้เครื่อง Unconfined Compression Test
4. อ่านค่าและบันทึกผลการทดลอง
5. นำดินที่ถูกทดสอบแล้วใส่ภาชนะเพื่อนำไปหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่อไป

## 8. มาตรฐานการทดสอบ

ตารางที่ แสดงมาตรฐานการทดสอบต่างๆ

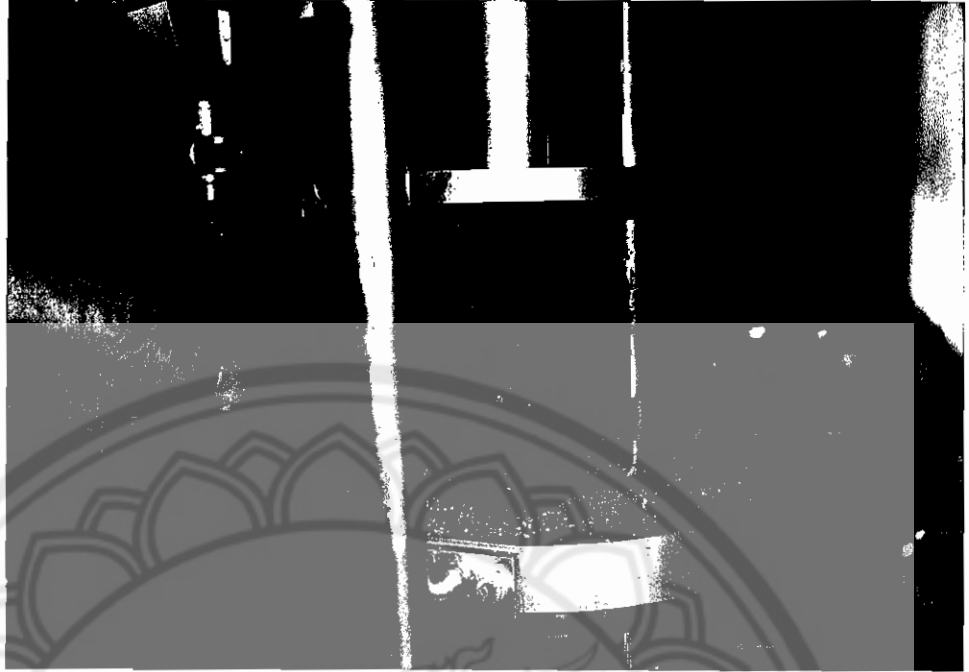
การทดสอบ	มาตรฐาน
ATTERBERG' S LIMITS	-ASTM D 423 - 66
	-ASTM D 424 - 59
SPECIFIC GRAVITY OF SOIL	-ASTM D 854 - 58
GRAIN SIZE ANALYSIS	-ASTM D 422 - 63
COMPACTION	-ASTM D 698 - 70
UNCONFINED COMPRESSION	-ASTM D 2166



ภาพที่ 11 แสดงการทดสอบ Unconfined Compression



ภาพที่ 12 แสดงการบันทึกผลของการทดสอบ Unconfined Compression



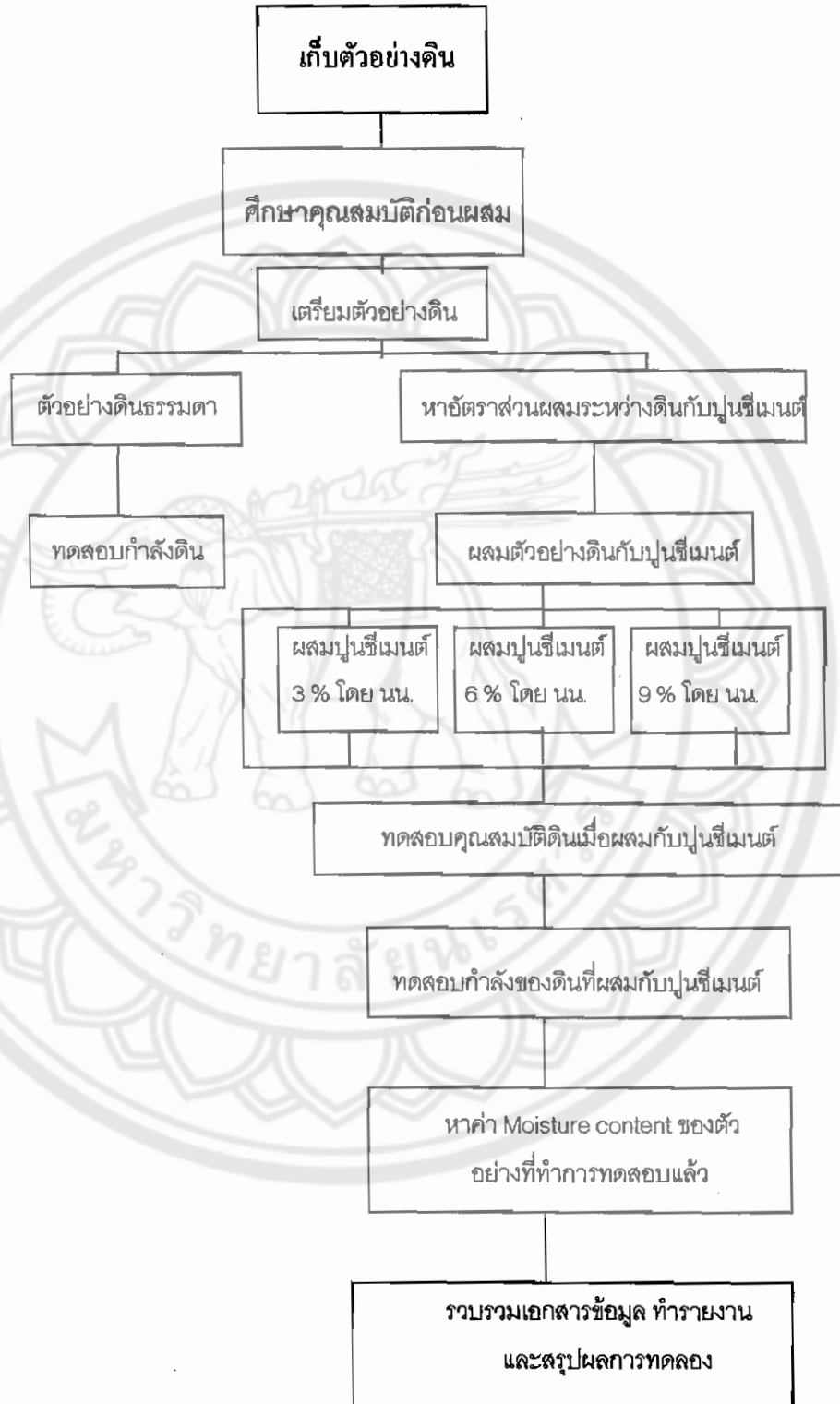
ภาพที่ 13 แสดงการพิมพ์ของดินหลังทดสอบ



ภาพที่ 14 แสดงการจัดเก็บข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์

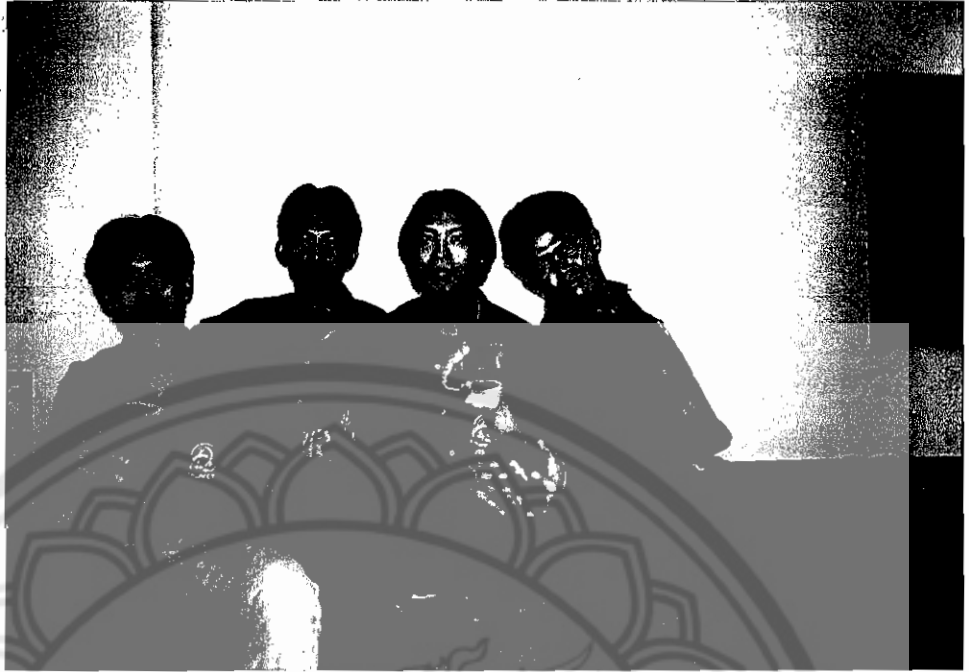
# ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

## แผนภาพแสดงการทำงาน



1310199  
TE  
208  
๑๑๙๑  
25๔๐๐

ภาพที่ 15 แผนภาพแสดงการทำงานที่



ภาพที่ 16 แสดงทีมงานในการทำการทดลอง