

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

สำหรับในการศึกษาวิจัยนี้ได้แบ่งรายละเอียดในการดำเนินการศึกษาวิจัยออกเป็น 10 ขั้นตอน ซึ่งได้แสดงเป็น Flow Chart เรียงลำดับตามขั้นตอนต่างๆ ดังแสดงในภาพ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 วิธีการดำเนินงาน

3.1.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง จากงานวิจัยและโครงการอื่น ๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียง

3.1.2 ขั้นตอนการเตรียมดินและขั้นตอนการเตรียมถุงพลาสติก

- 1) สั่งซื้อดินและสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับดิน แล้วทำการฝังให้แห้งโดยธรรมชาติ
- 2) ดินไปอบเพื่อไล่ความชื้นก่อนการทดสอบ
- 3) หาข้อมูลคุณสมบัติของขยะพลาสติก
- 4) ทำการย่อยจนมีขนาดคละกัน



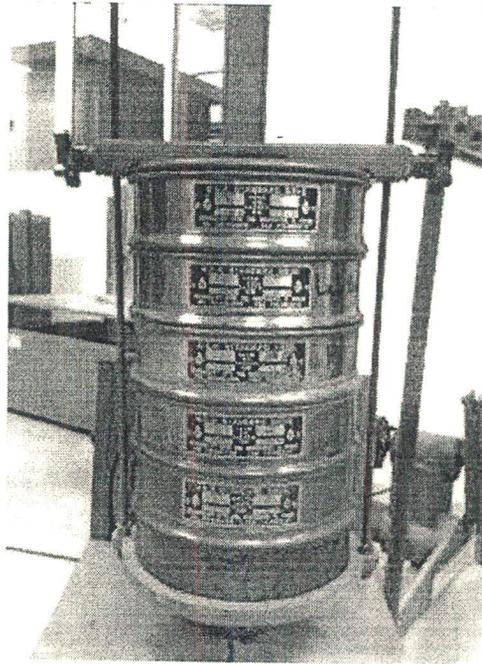
ภาพที่ 3.1 แสดงถุงพลาสติกที่ใช้ในโครงการ

3.1.3 ขั้นตอนการทำการทดสอบการหาขนาดของเม็ดดินโดยวิธีร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน

- 1) ชั่งตะแกรงทุกๆขนาดที่ใช้โดยตาชั่งอ่านได้ถึง 0.1 กรัม โดยมีขนาดละเอียดถึงเบอร์200 อยู่ด้วยทุกครั้ง
- 2) ทุบดินตัวอย่างดินที่เกาะเป็นก้อนใหญ่ให้แยกดินออกเป็นเม็ดอิสระด้วยค้อนยาง แต่ต้องระวังอย่าให้แรงมากจนเม็ดดินแตก

3) นำตัวอย่างดินที่อบซึ่งน้ำหนักแล้วใส่ลงในตะแกรงที่เรียงลำดับจากหยาบไปละเอียด โดยมีฝาปิดด้านบนและมีถาด (PAN) รองด้านล่าง นำไปเข้าเครื่องเขย่า เขย่าประมาณ 10-15 นาที

4) ชั่งน้ำหนักดินที่ค้างอยู่ในแต่ละตะแกรงรวมทั้งน้ำหนักตะแกรง แล้วนำไปคำนวณหาค่า %F



ภาพที่ 3.2 แสดงการทดสอบการหาขนาดของเม็ดดินโดยวิธีร้อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน

3.1.4 ขั้นตอนการทดสอบการหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน

- 1) ล้างขวด ถ.พ. ให้สะอาดเติมน้ำกลั่นลงไปจนถึงขีดที่คอขวด (อ่านที่ระดับท้องน้ำ)
- 2) ต้มน้ำในขวดไล่ฟองอากาศประมาณ 10 นาที จนฟองอากาศหมด
- 3) เติมน้ำปรับระดับน้ำจนเสมอระดับที่คอขวดพอดี เช็ดภายนอกขวดให้แห้ง แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก
- 4) วัดอุณหภูมิของน้ำภายในขวดให้ละเอียด โดยวัดที่ 3 ระดับ
- 5) ทำเช่นเดียวกับข้อ 3 และ 4 โดยให้ความร้อนหรือทำให้เย็นลงในช่วงอุณหภูมิที่ใช้งาน (20 ถึง 40°C) ประมาณ 4-5 จุด นำค่าที่ได้ไปทำการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักขวดที่มีน้ำเต็ม และอุณหภูมิ

6) นำดินตัวอย่างที่แห้งประมาณ 50 กรัม ผสมน้ำกลั่นแล้วกวนให้เข้ากัน โดยใช้เครื่องปั่น (Mixer Machine)

7) เทส่วนผสมน้ำดินลงในขวดหาค.พ. ขนาด 250 ลบ.ซม. แล้วใช้น้ำกลั่นล้างดินที่ติดในภาชนะผสมลงในขวด ค.พ. ให้หมดระวังอย่าให้ระดับน้ำเกินขีดวัดปริมาตรที่คอขวด

8) ใส่ฟองอากาศโดยการต้ม ประมาณ 10 นาที จนฟองอากาศหมด แล้วเติมน้ำกลั่นให้ถึงระดับขีดที่คอขวด แล้วปล่อยให้เย็นถึงอุณหภูมิห้องทดลอง เติมน้ำให้ได้ระดับและนำไปชั่งน้ำหนักพร้อมวัดอุณหภูมิของน้ำดินในขวด

9) เทแล้วล้างส่วนผสมในขวด ค.พ. ลงในภาชนะ นำไปอบให้แห้งเพื่อชั่งน้ำหนักดินที่แน่นอน

3.1.5 ขั้นตอนการทดสอบการหาขนาดเม็ดดินโดยไฮโดรมิเตอร์

1) นำตัวอย่างดินแห้งประมาณ 50 กรัม ผสมน้ำกลั่นและน้ำยา Dispersing Agent (4% สารละลาย Sodium hexa meta phosphate) จนได้น้ำผสมประมาณ 300 – 500 ลบ.ซม.

2) ปั่นส่วนผสมโดยใช้เครื่องผสมไฟฟ้าประมาณ 10 นาที เพื่อให้เม็ดดินที่จับกันเป็นก้อนแยกออกจากกัน แล้วเทลงในกระบอกตักตะกอน ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างเศษดินจากเครื่องผสมลงให้หมด เติมน้ำให้ได้ระดับ 1000 ลบ.ซม.

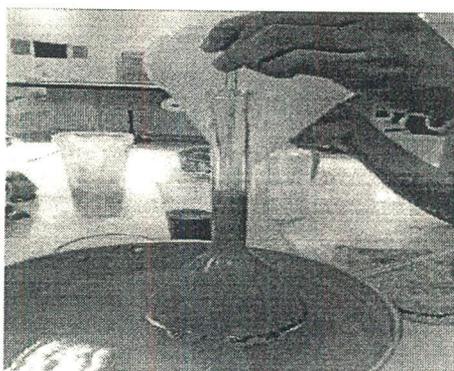
3) ใส่ น้ำกลั่นในกระบอกตวงไว้ข้างๆ อีกหนึ่งกระบอกไว้เพื่ออ่านค่าปรับแก้ เนื่องจากอุณหภูมิและแซไฮโดรมิเตอร์ในระหว่างที่ไม่ใช้วัด

4) ใช้จุกยางปิดปากกระบอกตักตะกอน เขย่าส่วนผสมให้เข้าโดยสม่ำเสมอ แล้ววางลง เริ่มจับเวลาทันที

5) หย่อนไฮโดรมิเตอร์ไปอ่านค่า Ra ที่เวลา 0.25, 0.5, 1 และ 2 นาที โดยไม่ยกไฮโดรมิเตอร์ออก จนกระทั่ง 2 นาที ให้ยกไฮโดรมิเตอร์ออก แล้วเขย่ากระบอกใหม่

6) วางกระบอกให้เกิดการตกตะกอนอีกครั้ง แล้ววัด R1 ที่ 2, 5, 10, 20,... ฯลฯ จนไฮโดรมิเตอร์อ่านประมาณ 8 ถึง 15 ซีดี

7) เมื่อทดลองเสร็จแล้ว เทส่วนผสมลงในภาชนะ นำเข้าเตาอบเพื่อหาน้ำหนักดินแห้งที่แน่นอน

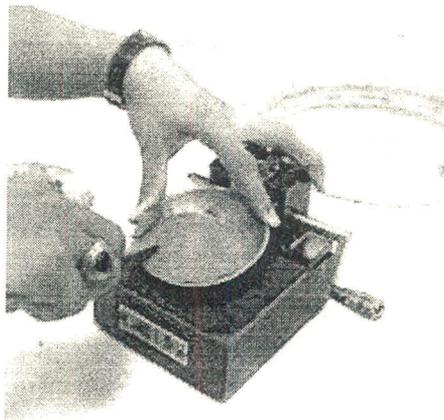


ภาพที่ 3.3 แสดงการทดสอบการหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน

3.1.6 ขั้นตอนการทดสอบหาขีดจำกัดของ อัดเตอร์เบอร์ก

การทดสอบหาค่า Liquid Limit

- 1) ร่อนตัวอย่างดินแห้งผ่านตะแกรงเบอร์ 40 ประมาณ 200 กรัม
- 2) นำตัวอย่างดินมาผสมน้ำโดยให้น้ำเข้าไปในเนื้อดินอย่างทั่วถึงใช้มีดปาด (Spatula) ตักดินปาดลงบนถ้วยทองเหลือง โดยความหนาของดินตรงกลางประมาณ 1 ซม. แล้วบากโดยเครื่องมือบาก (Grooving Tool) ให้เป็นร่องตรงกลาง
- 3) เคาะถ้วยทองเหลืองด้วยความเร็วสม่ำเสมอ 2 ครั้งต่อวินาที จนกระทั่งดินตอนล่างของรอยบากเคลื่อนเข้าบรรจบกัน 1 ซม. นำดินบริเวณรอยบากไปหาปริมาณความชื้น แล้วจดบันทึกจำนวนครั้งของการเคาะไว้
- 4) ผสมน้ำในดินแล้วทำตามข้อ 3 โดยให้มีจำนวนครั้งของการเคาะน้อยลงประมาณ 10 ครั้ง แล้วนำดินไปหาความชื้น ทำเช่นนี้จนได้จำนวนครั้งของการเคาะอย่างน้อย 4 ค่า



ภาพที่ 3.4 แสดงการทดสอบหาขีดจำกัดของ อัดเตอร์เบอร์ก

การทดสอบหาค่า Plastic Limit

- 5) นำดินที่เหลือจากการทดลอง Liquid Limit มาผึ่งให้หมาดๆ แล้วนำมาปั้นคลึงเป็นแท่งยาวขนาดประมาณ 1 ซม. แล้วค่อย ๆ คลึงให้ดินเล็กลงจนมีขนาดเท่ากับ 3 mm. แล้วคลึงต่อไปเรื่อยๆ โดยพยายามรักษารูปร่างดังกล่าวจนดินเริ่มแตกปริออก
- 6) เมื่อดินเริ่มแตก นำดินไปอบหาความชื้น ทำซ้ำอีกครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย

3.1.7 ขั้นตอนทดสอบการบดอัดดิน (Compaction Test)

โดยจะใส่พลาสติกตามอัตราส่วนที่ทำการออกแบบส่วนผสมคือ ที่การผสมพลาสติก 2.00%, 2.40%, 2.80%, 3.20%, 3.60% และ 4.00% ของน้ำหนักดินลูกรังแห้งวิธีการคือ

1) วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูงของโมลพร้อมทั้งคำนวณหาปริมาตรของดินในโมล แล้วชั่งน้ำหนักของตัวโมลให้ได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

2) ชั่งดินเตรียมไว้ 6 กก. ผสมน้ำลงไป 4 เปอร์เซ็นต์ และในอัตราส่วนที่ทำการผสมขยะ ถุงพลาสติกก็ทำการชั่งน้ำหนักขยะถุงพลาสติกตามอัตราส่วนที่ 0%, 0.4%, 0.8%, 1.2%, 1.6% ของน้ำหนักดินแห้ง แล้วทำการคลุกเคล้ากันให้ทั่วจนได้ความชื้นในดินสม่ำเสมอทั้งหมด

3) ตักดินใส่ในโมลที่ประกอบด้วย Collar, base plate และ spacer disc เรียบร้อยแล้วก็แบ่งปริมาณดินที่ใส่ให้ได้จำนวน 5 ชั้นเท่าๆ กันใช้ hammer ขนาด 10 lb. compact ดินในโมลในแต่ละชั้นให้ได้ชั้นละ 56 ครั้ง

4) เมื่อ compact ครบจำนวนครั้งแล้วถอด collar ของโมลออก ใช้บรรทัดเหล็กปาดดินส่วนที่สูงเกินปากโมลออก และอุดแต่งผิวดินให้เรียบเสมอกปากโมล ใช้แปรงปัดทำความสะอาดดินที่ค้างอยู่บนอกโมล ถอด base plate ออก นำโมลไปชั่งน้ำหนักให้ได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

5) ดันตัวอย่างดินออกจากโมลแล้วผ่ากลางตามแนวตั้ง เก็บดินตัวอย่าง ไปชั่งหาน้ำหนักแล้วเข้าเตาอบเพื่อคำนวณหาปริมาณความชื้นต่อไป

6) เอาตัวอย่างที่เตรียมไว้มาอย่างน้อย 6 กก. แล้วผสมน้ำเพิ่มอีกประมาณ 3% ลงไปคลุกเคล้าให้ทั่ว แล้วทำการทดลองซ้ำตามข้อ 2 ถึง 5 จนกระทั่งน้ำหนักดินในโมลที่ชั่งได้ครั้งสุดท้ายลดลง และอย่างน้อยควรจะเปลี่ยนหรือเพิ่มปริมาณน้ำถึง 5 ครั้ง



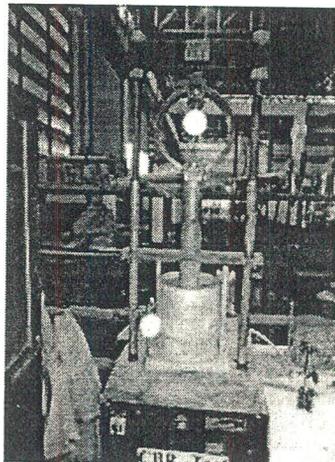
ภาพที่ 3.5 แสดงการทดสอบการบดอัดดิน

3.1.8 ขั้นตอนการทดสอบหาค่า CBR(California Bearing Ratio)

โดยจะใส่พลาสติกตามอัตราส่วนที่ทำการออกแบบส่วนผสมคือ ที่การผสมพลาสติก 2.00%, 2.40%, 2.80%, 3.20%, 3.60% และ 4.00% ของน้ำหนักดินลูกรังแห้ง แล้วจึงทำการทดสอบหาค่า CBR โดยทดสอบแบบไม่แช่น้ำ (Unsoaked Sample) และทดสอบแบบแช่น้ำ (Soaked Sample) และหาค่าการบวมตัวของดินลูกรัง

ทดสอบแบบไม่แช่น้ำ (Unsoaked Sample)

- 1) ชั่งดินเตรียมไว้ประมาณ 6 กก. และเตรียมโมลพร้อมวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูงของโมล พร้อมทั้งคำนวณหาปริมาตรของดินในโมล แล้วชั่งน้ำหนักของตัวโมล (เฉพาะ mold ไม่รวม base plate)
- 2) ประกอบโมลเข้ากับ base plate และ spacer ใช้กระดาษกรอง ปูทับบน spacer เพื่อป้องกันไม่ให้ดินเกาะติดกับแผ่นเหล็กและทำการกระทุ้งดินอัดแน่นในโมล
- 3) หลังจากบดอัดจนครบจำนวนชั้นและจำนวนครั้งแล้วถอด collar ออก ใช้ไม้บรรทัดเหล็กปาดดินส่วนที่สูงเกินขอบโมลพร้อมกับซ่อมแต่ผิวบนของดินตัวอย่างให้เรียบเสมอกับปากโมลแล้วถอด base plate และ spacer disc ออก นำโมลและดินไปยังหาน้ำหนักเพื่อจะนำไปหา wet density
- 4) เอากระดาษกรองวางบน base plate เพื่อป้องกันไม่ให้ดินเกาะติดแผ่นเหล็กประกอบโมลที่มีดินอัดแน่นนี้เข้ากับ base plate โดยให้ปากโมลด้านที่มีดินเสมอกว้างบน base plate และส่วนที่มีช่องว่าง 2.5 นิ้วอยู่ด้านบน พร้อมวางแผ่นเหล็ก surcharge อย่างน้อย 10 ปอนด์ ลงบนดินตัวอย่างในโมล
- 5) จัดวางโมลพร้อมดินตัวอย่างเข้าเครื่องกดทดลองซึ่งมี piston ขนาดพื้นที่หน้าตัด 3 ตร.นิ้ว ประกอบติดอยู่ จัดให้ผิวหน้าของดินในโมลแตะสัมผัสกับ piston ดังกล่าว จัดเข็ม dial gauge ทั้งสองตัวให้อยู่ที่จุดศูนย์ทำการกดเพื่อหาค่า CBR
- 6) เสร็จแล้วถอด mold ออกจากเครื่องกดทดลองเก็บตัวอย่างดินตรงกลางตามแนวตั้งประมาณ 100 กรัมนำไปหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น (water content)



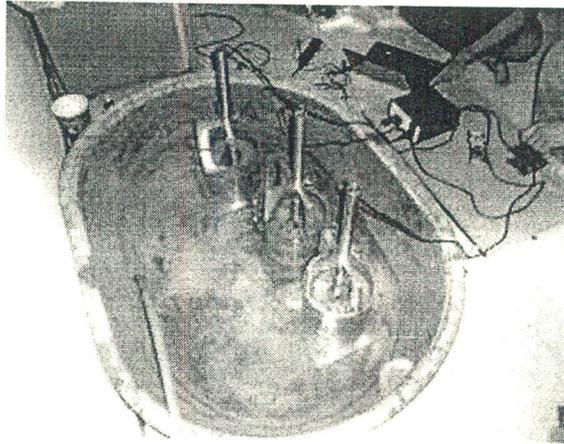
ภาพที่ 3.6 แสดงการทดสอบหาค่า CBR(California Bearing Ratio)

ทดสอบแบบแช่น้ำ (Soaked sample)

7) ทำตามขั้นตอนที่1-4 แล้ววางใส่ swell plate สำหรับวัดอัตราการบวมของดิน ซึ่งมีด้านชั้นเกลียวขึ้นลงได้ติดอยู่กลาง plate ก่อนวางแผ่นเหล็ก surcharge ลงบนดินตัวอย่างจะต้องเอากระดาษกรองวางคั่นใต้แผ่น surcharge เสียก่อนเพื่อป้องกันไม่ให้ดินติดแน่นกับแผ่นเหล็กหลังจากแช่น้ำแล้ว

8) เซมิโกลที่เตรียมไว้ในข้อ 7 นี้ ในภาชนะที่เตรียมไว้ ให้น้ำท่วม surcharge ประมาณ 1 นิ้ว ใช้ dial gauge อ่านได้ละเอียด 0.001 นิ้ว ยึดติดกับสามขา แล้ววางบนปากโกลจัดให้ปลายของ dial gaugeแตะสัมผัสกับก้าน swelling plate เพื่อวัดค่าการบวมตัวของดินต่อไป

9) แช่ดินตัวอย่างไว้ประมาณ 4 วัน จดค่าการบวมตัวจาก dial gauge หลังจาก4วันยกโกลออกจากน้ำและวางตะแคงโกลเพื่อรินน้ำทิ้ง และปล่อยทิ้งไว้ 15 นาที เพื่อให้น้ำไหลออกจากโกลจนหมดแล้วนำโกลพร้อมดินไปชั่งน้ำหนักและทำตามขั้นตอนที่5.5-5.6



ภาพที่ 3.7 แสดงการทดสอบแบบแช่น้ำ (Soaked sample)

3.1.9 ขั้นตอนการทดสอบ Unconfined Compression Test

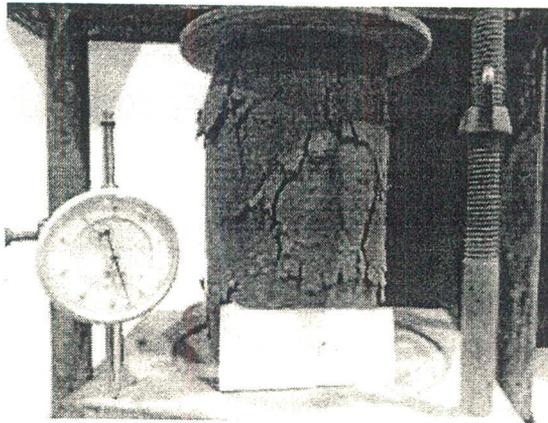
โดยจะใส่พลาสติกตามอัตราส่วนที่ทำการออกแบบส่วนผสมคือ ที่การผสมพลาสติก 2.00%, 2.40%, 2.80%, 3.20%, 3.60% และ4.00%ของน้ำหนักดินลูกรังแห้ง ในการทดสอบครั้งนี้เป็นตัวอย่างดินเตรียมสภาพ ซึ่งเป็นตัวอย่างที่เตรียมใหม่จากการบดอัดให้มีความหนาแน่นและความชื้นตามต้องการ ซึ่งวิธีเตรียมก็คล้ายกับการบดอัดแบบ Modified ต่างกันที่รูปร่างของแบบโกลจะต้องเปลี่ยนไปให้เหมาะสมกับขนาดมาตรฐานสำหรับ Unconfined Compression Test

1) เตรียมโกลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm.สูง 20 cm. ทำการบดอัดคล้ายๆกับวิธี Modified

2) เมื่อบดอัดเสร็จก็ทำการเปิดหรือดันตัวอย่างออกจากแบบสำหรับบดอัดแล้วอาจจะต้องแต่งด้านบนและด้านล่างให้เรียบได้ระดับแล้วทำการวัดขนาดพร้อมทั้งชั่งน้ำหนัก

3) นำดินตัวอย่างเข้าเครื่องทดสอบทำการกดเพื่อหาค่าแรงเฉือน โดยบันทึกข้อมูลจากวงแหวนวัดแรงทุก ๆ การกดตัว 1mm. เมื่อแรงในวงแหวนวัดแรงเพิ่มขึ้นไปสูงสุดแล้วเริ่มจะลดลง ซึ่งแสดงว่าถึงจุดสูงสุดของกำลังของดิน ให้ยังคงอ่านผลต่อไปจนเห็นแนวเฉือน (Failure plane) บนตัวอย่างได้ชัดเจน ทำการเขียนรูปตัวอย่างพร้อมทั้งวัดมุมที่รอบเฉือนทำกับแนวราบ แล้วทำการวัดขนาดหลังทำการทดสอบ

4) หลังจากทำการทดสอบเสร็จเรียบร้อย เก็บตัวอย่างดินเพื่อหาปริมาณความชื้น (Moisture Content)



ภาพที่ 3.8 แสดงการทดสอบ Unconfined Compression Test

3.1.10 ทำการเก็บรวมข้อมูลต่างๆที่ได้ทำการศึกษาและสรุปผลการศึกษาวิจัย และจัดทำรูปเล่มวิจัย

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

3.3.1. เครื่องมือที่ใช้ทดสอบหาขนาดของเม็ดดินโดยใช้ตะแกรงมาตรฐาน

3.3.2. เครื่องมือที่ใช้ทดสอบการหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน

3.3.3. เครื่องมือที่ใช้ทดสอบการหาขนาดเม็ดดินโดยไฮโดรมิเตอร์

3.3.4. เครื่องมือที่ใช้ทดสอบการหาขีดจำกัดของอัตราเตอร์เบอร์ก

3.3.4.1 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับทดสอบหา Liquid Limit

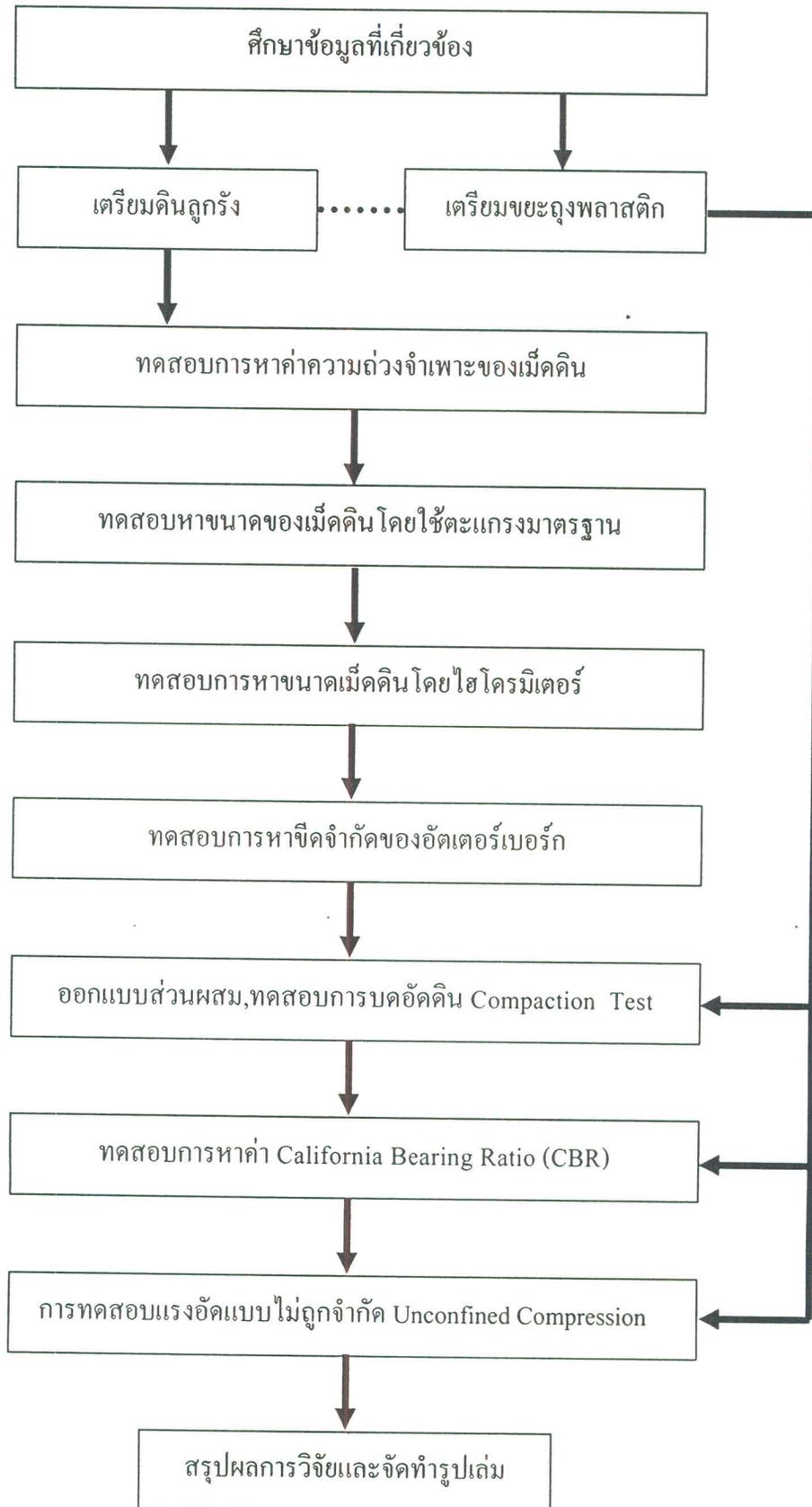
3.3.4.2 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับทดสอบหา Plastic Limit

3.3.4.3 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับทดสอบ Shrinkage Limit

3.3.5. เครื่องมือที่ใช้ทดสอบการบดอัดดิน

3.3.6. เครื่องมือที่ใช้ทดสอบการหาค่า ซี.บี.อาร์

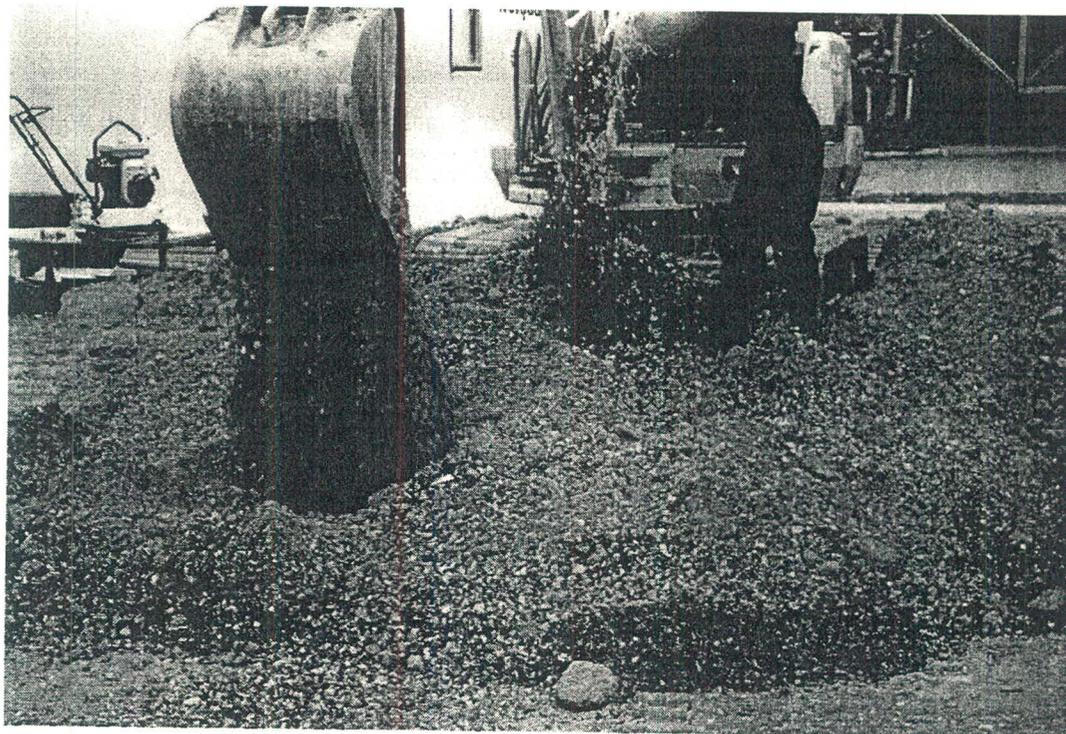
3.3 แผนผังการดำเนินงาน



หลังจากได้ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้สร้างแปลงทดลองขนาด 5 x 20 ม. บริเวณหลังอาคารสำนักงานอธิการบดี เพื่อศึกษาผลการบวมตัวที่เกิดขึ้นจริงหลังการวิจัยแล้วเสร็จ



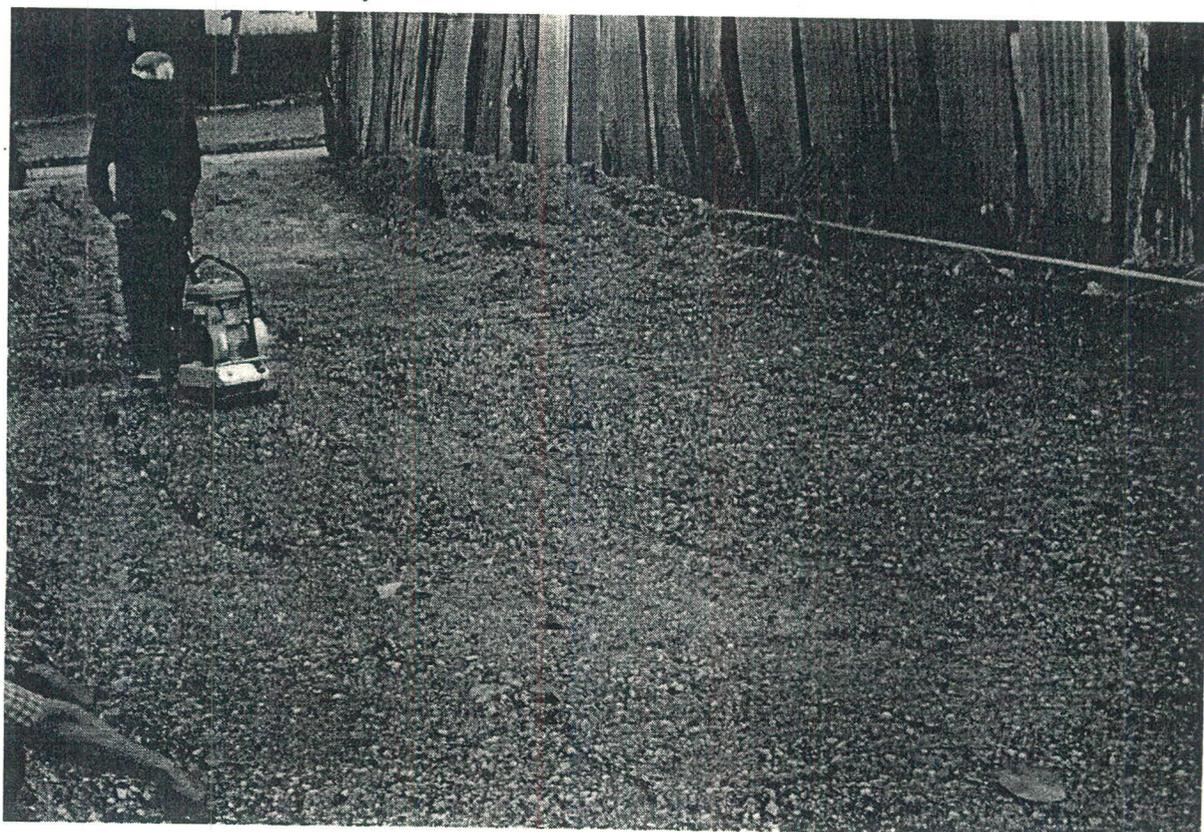
รูปที่ 3.9 แสดงการเปิดหน้าดิน พื้นที่ 5x20 ม. ลึก 30 ซม. เพื่อสร้างแปลงวิจัย



รูปที่ 3.10 แสดงผสมพลาสติกย่อยเข้ากับดินวัสดุชั้นทาง



รูปที่ 3.11 แสดงการเกลี่ยดินชั้นทางเพื่อบดอัด



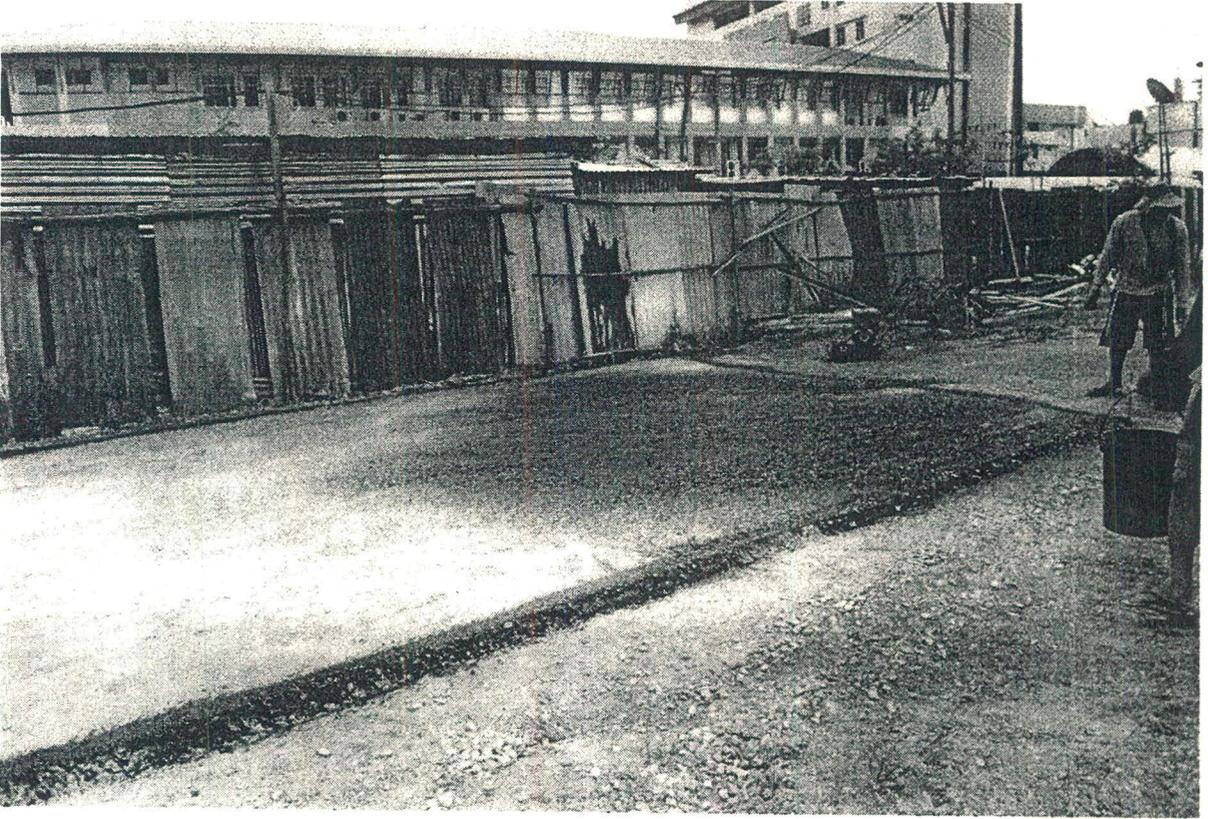
รูปที่ 3.12 แสดงการบดอัดผสมพลาสติกย่อย



รูปที่ 3.13 แสดงการลงหินคลุก



รูปที่ 3.14 แสดงหินคลุกระหว่างการบดอัด



รูปที่ 3.15 แสดงการลาดยางมะตอยก่อนวัสดุชั้นผิวทาง



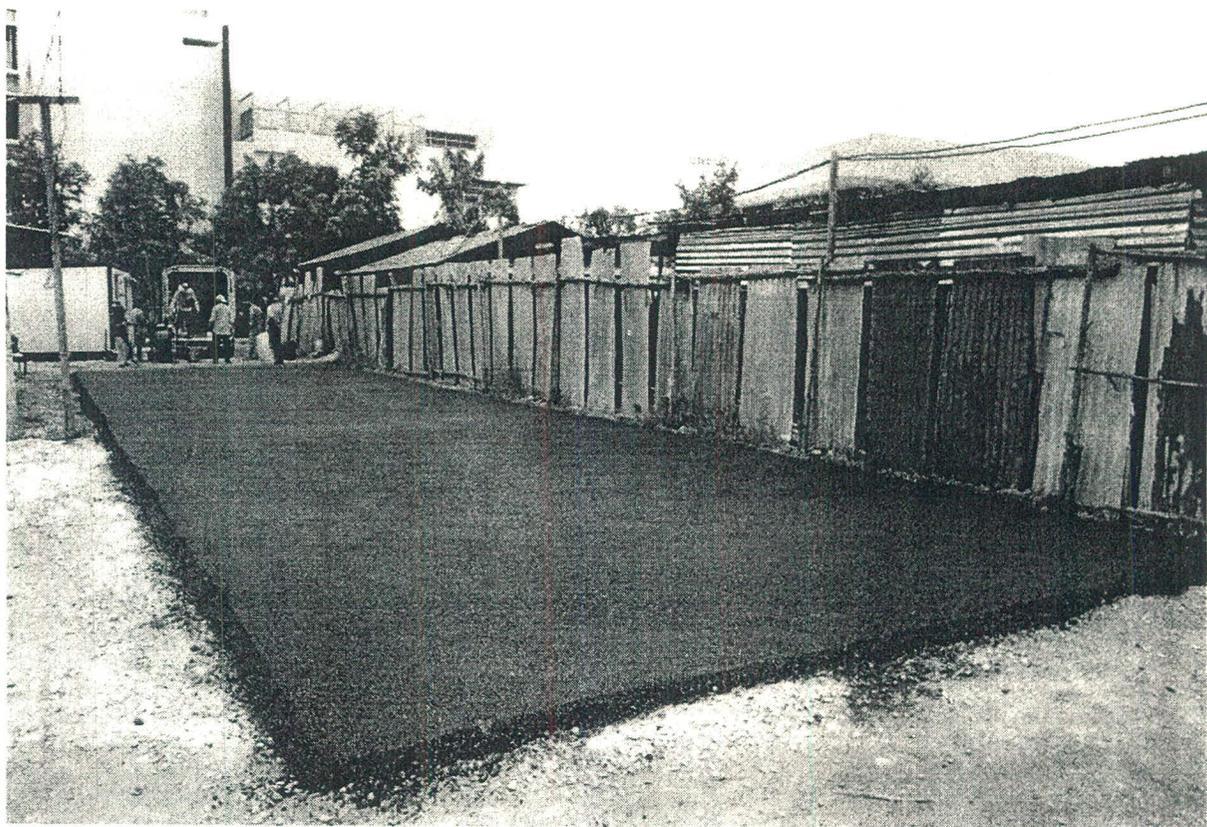
รูปที่ 3.16 แสดงการเทวัสดุชั้นผิวทาง



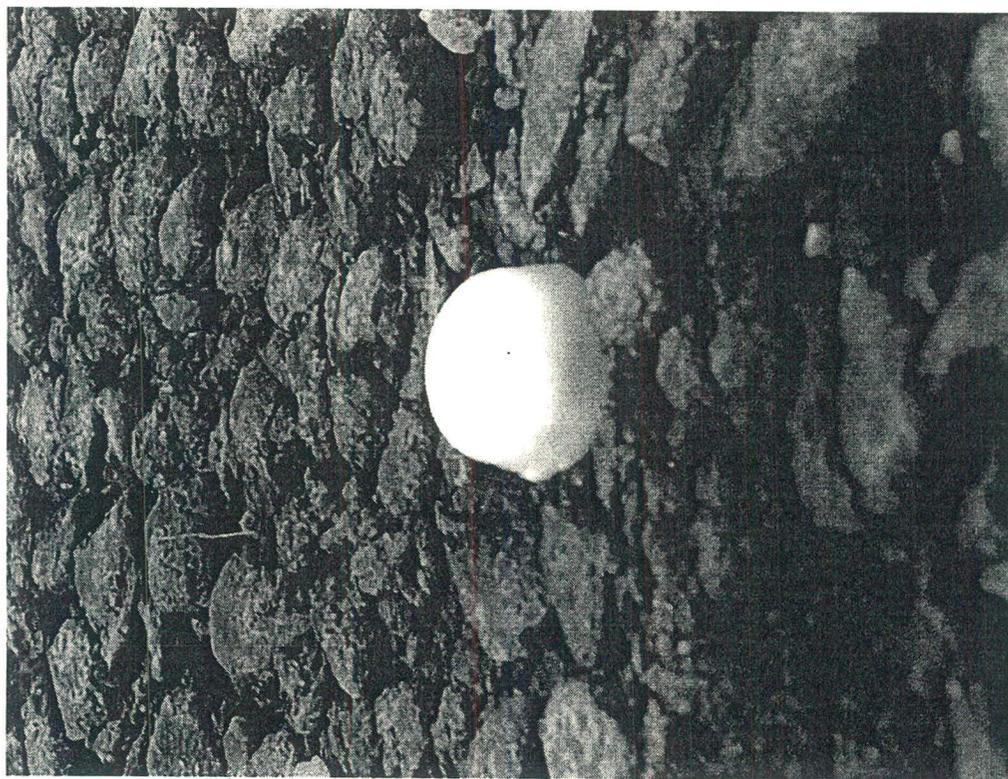
รูปที่ 3.17 แสดงการเกลี่ยแอสฟัลท์และบดอัด



รูปที่ 3.18 แสดงการบดอัดแอสฟัลท์



รูปที่ 3.19 แปลงทดลอง



รูปที่ 3.20 แสดงหัวมุดทดสอบการบวมตัวของดินในระยะสั้น