

### บทที่ 3

#### ขั้นตอนและวิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาถึงความเหมาะสมในการนำสารเคมี RRP ไปใช้ เป็นสารปรับปรุงคุณภาพดิน (stabilizer) และศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรม ของดินเหนียวจาก บางปู และทรายละเอียดปนดินเหนียว จากแหลมฉบัง ซึ่งเป็นชนิดของดินที่จะทำการปรับปรุงเสถียรภาพด้วยสารเคมี RRP งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดยจัดแบ่งขั้นตอนการวิจัยออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

- ศึกษาสมบัติพื้นฐานของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง อันได้แก่สารเคมี RRP ดินเหนียวจากบางปู และทรายละเอียดปนดินเหนียว จากแหลมฉบัง
- ศึกษาสมบัติและพฤติกรรมของส่วนผสม ดิน-สารเคมี RRP โดยกำหนดปริมาณสารเคมี ช่วงระยะเวลาการผสมก่อนทำการบดอัด และระยะเวลาการบ่มหลังการบดอัด เป็นตัวแปร สำหรับการศึกษา

#### 3.1 การศึกษาสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ตัวอย่างดินจาก 2 แห่ง และ สารเคมีปรับปรุงเสถียรภาพดิน RRP

3.1.1 ตัวอย่างดิน 2 ชนิด จากสถานที่ 2 แห่ง ทำการบดอัดโดยวิธีการสุ่มตัวอย่าง เพื่อให้ตัวอย่างดินมีความสม่ำเสมอ ชนิดละประมาณ 1,000 กิโลกรัม หลังจากนั้น จะนำตัวอย่างดินไปทำให้แห้งในอากาศ ร้อนผ่านตะแกรงมุ้งลวด แล้วจึงทำการทดสอบเพื่อศึกษาสมบัติของวัสดุ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- ก. การศึกษาสมบัติทางด้านวิศวกรรม ประกอบด้วย สมบัติทางด้าน การบดอัด สมบัติด้านกำลัง ความคงทน การดูดซึมน้ำ และการพองตัวของดิน
- ข. การศึกษาสมบัติทางด้านฟิสิกส์และเคมี โดยทำการทดสอบเพื่อหาค่า pH



ทดสอบสมบัติด้านพลาสติก การกระจายขนาดผลของเม็ดดิน ทดสอบเพื่อหาค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินและพิจารณาส่วนประกอบแร่ดินเหนียว ด้วยวิธี X-ray Diffraction

### 3.1.2 สารเคมี RRP

จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา พบว่า สารเคมี RRP มีฤทธิ์เป็นกรด ทำให้เกิดปฏิกิริยา Ion Exchange สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบบรรจุในขวดที่มีฝาปิดเกลียว เพื่อป้องกันการระเหย และขณะทำการทดสอบ ต้องควบคุมความเข้มข้นของสารเคมี ด้วยการทดสอบวัดค่าความถ่วงจำเพาะ และทดสอบค่า pH ของสารเคมี ซึ่งมีประสิทธิภาพในการทำปฏิกิริยาเคมี

ส่วนการวิเคราะห์ส่วนประกอบเคมี จะทำการทดสอบด้วยวิธีการทางเคมี เพื่อวิเคราะห์สารประกอบ เชิงปริมาณ และคุณภาพ (Qualitative and Quantitative analysis of chemical compounds) โดย กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์ นอกจากนั้นจะวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างสาร RRP ด้วยวิธี X-ray Fluorescence Analysis โดยทำการทดสอบที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งรายละเอียดการทดสอบจะได้กล่าวในบทต่อไป

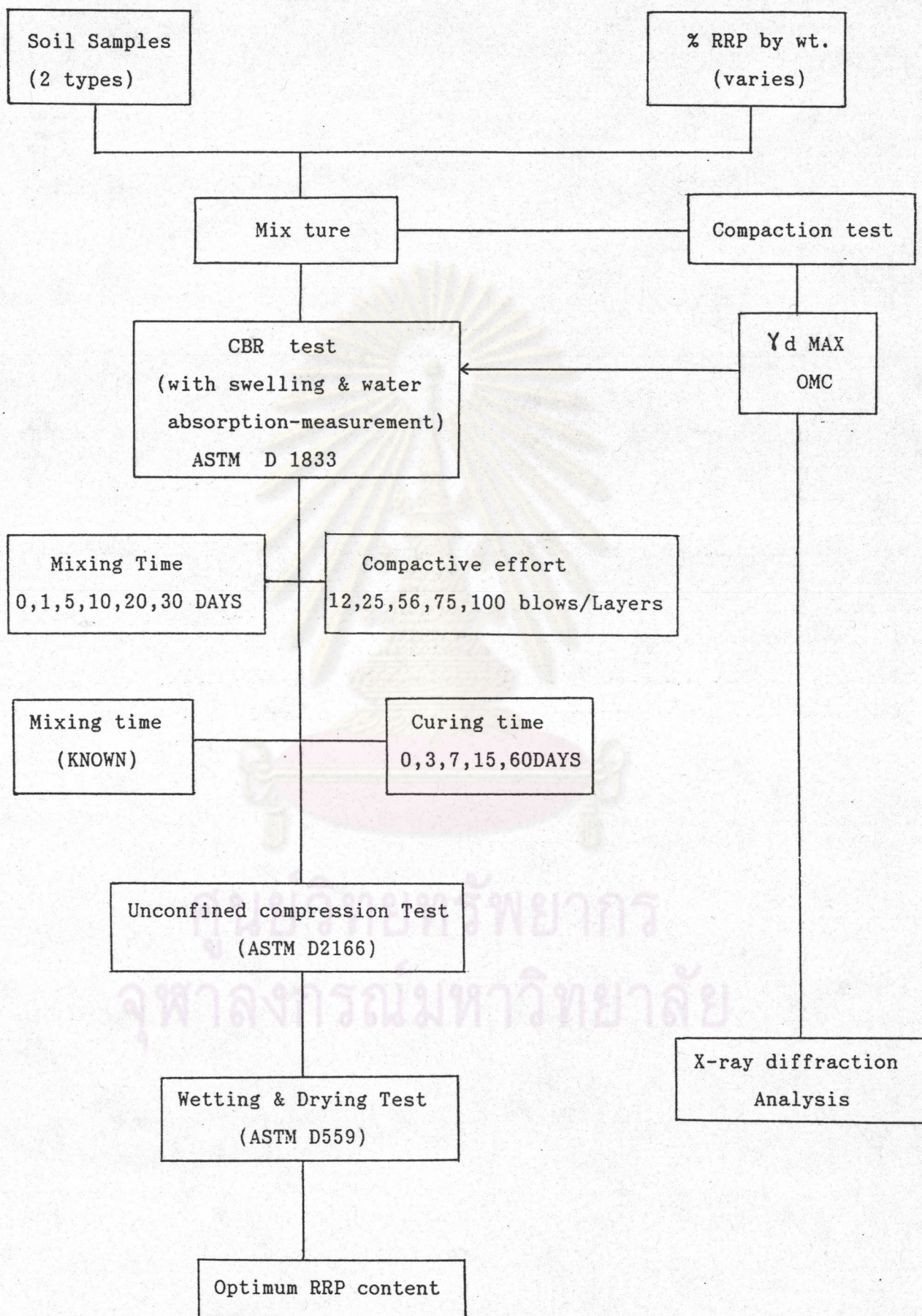
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 3.1 แผนภูมิศึกษา และ วิเคราะห์สมบัติพื้นฐานของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง





รูปที่ 3.2 แผนภูมิการศึกษาสมบัติของส่วนผสมดิน - สารเคมี RRP



### 3.2 การศึกษาสมบัติทางวิศวกรรมของตัวอย่างดินที่ผสมด้วยสารเคมี RRP

นำตัวอย่างดินทั้ง 2 ชนิดที่ร่อนผ่านตะแกรง มาทำการผสมดินแต่ละชนิดด้วยสารเคมี RRP ให้มีปริมาณความเข้มข้นต่าง ๆ กัน แล้วจึงทดสอบเพื่อหาความหนาแน่นภายหลังการบดอัดตามวิธีมาตรฐาน ASTM D1557 โดยเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในส่วนผสม จะทำให้ทราบค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด ( $\gamma_d \text{ max}$ ) และปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content) ของส่วนผสมที่มีปริมาณสารเคมี RRP ต่าง ๆ จากนั้นจึงเตรียมตัวอย่าง ส่วนผสมที่ให้ค่าความหนาแน่นสูงสุด เพื่อหาปริมาณสารเคมี RRP ที่เหมาะสมที่จะใช้ในการปรับปรุงเสถียรภาพ โดยพิจารณาสมบัติทั้งทางด้านวิศวกรรมและทางด้านฟิสิกส์และเคมี

ในการทดสอบสมบัติทางด้านวิศวกรรม จะทำการทดสอบหาค่ากำลังรับน้ำหนัก (CBR TEST) พร้อมกับวัดค่าการดูดซึมน้ำและการพองตัวของดิน และส่วนผสมตามมาตรฐาน ASTM D 1883 จากนั้นจะทำการทดสอบเพื่อศึกษาผลของระยะเวลาบ่มหลังการบดอัด ด้วยการทดสอบกำลังรับแรงอัดโดยยึดถือวิธีมาตรฐาน ASTM D2166 ขั้นตอนสุดท้ายจะทดสอบความคงทนของก้อนตัวอย่างด้วยวิธีการทดสอบ Wetting & Drying ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D559 ผลที่ได้จากการทดสอบจะทำให้ทราบถึงปริมาณสารเคมี RRP ที่เหมาะสม และขั้นตอนการพัฒนากำลังของส่วนผสม

ส่วนการทดสอบสมบัติทางด้าน ฟิสิกส์และเคมี ของส่วนผสมอันประกอบด้วย การทดสอบหาค่า pH ของส่วนผสม การทดสอบหาค่า Atterberg Limit การหาการกระจายขนาดคละของเม็ดดิน การทดสอบเพื่อหาค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (Cation Exchange Capacity, C.E.C.) และเก็บตัวอย่างที่ทำการทดสอบด้านกำลังและความคงทน ที่ระยะเวลาการผสมระยะการบ่ม นำไปวิเคราะห์ส่วนประกอบแร่ และสารประกอบใหม่ที่เกิดขึ้น

#### 3.2.1 การทดสอบการบดอัด (Compaction Test)

การทดสอบกระทำตามมาตรฐาน ASTM D1557 : Moisture density relations of soils and soil-aggregate mixtures using 10 Ib (4.54 kg) Rammer and 18 in (457 mm.) Drop หรือ Modified proctor compaction โดยใช้แบบที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง



ภายใน 4 นิ้ว ส่วนสูง 4.59 นิ้ว ทำการบดอัดเป็น 5 ชั้น แต่ละชั้นจะใช้ตุ้มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว หน้า 10 ปอนด์ ยกสูง 18 นิ้ว ทำการบดอัดเป็นจำนวน 25 ครั้ง

อัตราส่วนผสมของสารเคมี RRP - ดิน ที่ใช้คือ 0, 0.003, 0.006, 0.012, 0.018, 0.024 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง การเตรียมตัวอย่างจะทำการผสมสารเคมี RRP ที่ละ 1 อัตราส่วนในน้ำ แล้วเทใส่กระบอกลด ทำให้เป็นละออง เพื่อผสมให้เข้ากับดินได้อย่างทั่วถึง จากนั้นเก็บดินใส่ถุงพลาสติกปิดปากถุง ทิ้งไว้เป็นเวลา 5 วัน เพื่อให้สารเคมีทำปฏิกิริยาก่อนจึงค่อยนำมาทดลอง การทดลองจะค่อย ๆ เพิ่มปริมาณน้ำเข้าไปจนถึงปริมาณน้ำปริมาณหนึ่งที่ทำให้หน่วยน้ำหนัก (unit weight) ของดินที่ทำการบดอัดลดลงหรือไม่เพิ่มขึ้นมาก นำผลการทดลองที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความหนาแน่นแห้งและปริมาณความชื้นของส่วนผสมภายหลังการบดอัด (Compaction curve) ซึ่งจะทำการหาถึงค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด (Maximum dry density หรือ  $\gamma_{dmax}$  และปริมาณความชื้นเหมาะสม (Optimum Moisture Content หรือ OMC) ของก้อนตัวอย่างที่ทำการทดสอบ

### 3.2.2 การทดสอบหาค่า CBR

การทดสอบหาค่า California Bearing Ratio (CBR) ของส่วนผสมดินและสารเคมี RRP กระทำตามวิธีมาตรฐาน ASTM D1833 : CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils ซึ่งเป็นวิธีการทดลองที่กำหนดขึ้นเป็นมาตรฐาน โดยใช้แบบที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 6 นิ้ว สูง 7 นิ้ว เมื่อใช้แผ่นเหล็กทรง (Spacer disc) สูง 2.416 นิ้ว วางรองขณะบดอัดตัวอย่าง จะทำให้ตัวอย่างดินที่บดอัดแล้วมีความสูง 4.58 นิ้ว

ในการทดสอบหาค่า CBR ของส่วนผสมจะทำการทดลองทั้งสภาพแช่น้ำ (soaked) และไม่แช่น้ำ (unsoaked) แต่ในการวิจัยนี้จะทำการศึกษาผลของระยะเวลา ผสมทิ้งไว้ก่อนทำการบดอัดและพลังงานการบดอัด ตัวอย่างดิน-สารเคมี RRP ซึ่งมีอัตราส่วนผสมต่าง ๆ ด้วยการทดลองหาค่า CBR ในสภาพแช่น้ำเป็นเวลา 96 ชั่วโมง โดยมีน้ำหนัก (surcharge) ขนาด 10 ปอนด์ กดทับดินตัวอย่างขณะที่แช่น้ำ พร้อมกับวัดการพองตัว (swelling) โดยใช้ dial gage และชั่งน้ำหนักดินตัวอย่างหลังจากแช่น้ำ เพื่อหาค่าการดูดซึมน้ำของก้อนตัวอย่าง (water absorption)



การเตรียมตัวอย่างทำโดยสูบลำเคมี RRP ด้วยเข็มฉีดยา ตามอัตราส่วนต่าง ๆ (ต่อน้ำหนักของดินแห้ง) ผสมกับน้ำที่มีปริมาณมากพอที่ทำให้ความชื้นของดินสูงกว่าความชื้นพอเหมาะที่ได้จากการทดสอบการบดอัด จากนั้นทำการคลุกเคล้าดินและสารเคมีให้เข้ากัน แล้วจึงเก็บตัวอย่างดินใส่ถุง ปิดปากถุงให้สนิท เพื่อเตรียมตัวอย่างเป็นเวลา 5 วัน จึงนำส่วนผสมมาทำให้ความชื้นใกล้เคียงกับความชื้นพอเหมาะ ทำการบดอัดและทดสอบหาค่า CBR สภาพแช่น้ำ ผลที่ได้จากการทดลองจะทำให้ทราบถึงปริมาณสารเคมีที่พอเหมาะ (Optimum RRP Chemical content)

ส่วนการศึกษาผลของระยะเวลาบ่มก่อนทำการอัด การเตรียมตัวอย่างจะทำเช่นเดียวกัน แต่กำหนดระยะเวลาผสมทิ้งไว้ก่อนบดอัด 0, 1, 3, 5, 20, และ 30 วัน ตามลำดับ เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสม แล้วจึงศึกษาผลของพลังงานการบดอัดก่อนตัวอย่างซึ่งเตรียม โดยใส่ปริมาณสารเคมี RRP พอเหมาะ ความชื้นพอเหมาะ และระยะเวลาผสมก่อนทำการบดอัดที่ได้จากการทดลองข้างต้น การบดอัดจะใช้ตุ้มหนัก 10 ปอนด์ แบ่งชั้นการบดอัดเป็น 5 ชั้นเช่นเดิม แต่เปลี่ยนแปลงจำนวนครั้งการบดอัดเป็นชั้นละ 12, 25, 75 และ 100 ครั้ง ตามลำดับ

### 3.2.3 การศึกษาการพองตัวและการดูดซึมน้ำของดิน

การทดสอบการพองตัวและการดูดซึมน้ำของดิน จะทำพร้อมกับการทดสอบ CBR แบบแช่น้ำ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยแช่ตัวอย่างส่วนผสมดินเหนียวเป็น 96 ชั่วโมง ส่วนตัวอย่างทรายปนดินเหนียว ใช้เวลาแช่น้ำ 48 ชั่วโมง เนื่องจากหลัง 24 ชั่วโมงแรก ค่าการพองตัวที่วัดได้ไม่เปลี่ยนแปลงแล้ว จากนั้นจะวิเคราะห์ค่าการพองตัวและค่าการดูดซึมน้ำ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

#### 1. การพองตัว

$$\text{ค่าการพองตัว (\%)} = \frac{H_t - H_m}{H_m} \times 100 \quad (\%)$$

$H_t$  = ความสูงของก้อนตัวอย่าง หลังจากการทดสอบแช่น้ำ

$H_m$  = ความสูงของตัวอย่างภายหลังการบดอัด



## 2. การดูดซึมน้ำ

$$\text{การดูดซึมน้ำ (\%)} = \frac{W_t - W_m}{W_s} \times 100 \quad (\%)$$

$$W_s = \text{น้ำหนักแห้งของก้อนตัวอย่างมีค่าเท่ากับ } \frac{W_m}{1+w/100}$$

$$W = \text{ปริมาณความชื้นของก้อนตัวอย่าง}$$

$$W_t = \text{น้ำหนักของก้อนตัวอย่างภายหลังการทดสอบแช่น้ำ}$$

$$W_m = \text{น้ำหนักของก้อนตัวอย่างภายหลังการบดอัด}$$

### 3.2.4 การทดสอบกำลังรับแรงอัด

ในงานวิจัยนี้ จะทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดของดินและส่วนผสม เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาบ่มก้อนตัวอย่างเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างต่อตัวอย่างเท่านั้น เนื่องจากก้อนตัวอย่างมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 101.6 มม. สูงประมาณ 116.6 มม. อัตราส่วนสูงต่อเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1:1.15 เท่า ซึ่งได้จากการทำการบดอัดตามวิธีมาตรฐาน ASTM D1557 เป็นผลทำให้ค่ากำลังอัดที่ได้มีค่าอยู่ในเกณฑ์สูงกว่าขนาดมาตรฐาน ส่วนวิธีการทดสอบทำตามมาตรฐาน ASTM D2166 : Test method for unconfined compressive strength of cohesive soil

ตัวอย่างที่จะทำการทดสอบหาค่า unconfined compressive strength ได้จากการอัดส่วนผสมดิน - สารเคมี RRP อัตราส่วนต่าง ๆ ลงในแบบ ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น โดยควบคุมความหนาแน่นแห้งและปริมาณความชื้นให้ใกล้เคียงกับความหนาแน่นแห้งสูงสุด และปริมาณความชื้นพอเหมาะ (Optimum moisture content) ออกจากแบบโดยใช้ Hydraulic jack นำตัวอย่างส่วนผสมที่ได้ไปชั่งน้ำหนักและใส่ถุงพลาสติก โดยเปิดปากถุงเพื่อบ่มตัวอย่างในอากาศแล้วเก็บไว้ในกระบะ ซึ่งมีน้ำอยู่ข้างล่างเพื่อทำให้ความชื้นในกระบะสูงกว่าในส่วนผสมเป็นการป้องกันการระเหยของน้ำในส่วนผสม

การทดลองค่ากำลังรับแรงอัด จะกระทำเมื่อส่วนผสมที่เตรียมไว้นั้นบ่มที่ระยะเวลา 0, 3, 7, 15, 30 และ 60 วันตามลำดับ นำตัวอย่างที่ทำการบ่มจนครบอายุแล้ว มาทำการทดลอง



ตามขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนแรก ชั่งน้ำหนักและวัดขนาดของก้อนตัวอย่าง โดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 ครั้ง ที่ระดับบน กลางและล่าง พร้อมกับวัดความสูง จากนั้นจึงทำการทดสอบขั้นที่ 2 โดยใช้เครื่อง Unconfined compression machine กดก้อนตัวอย่างด้วยอัตราความเครียดสม่ำเสมอ 0.05 นิ้ว ต่อนาที จนถึงจุดพิบัติ แล้วบันทึกแรงกดสูงสุดและลักษณะการพิบัติ ขั้นตอนสุดท้ายจะนำตัวอย่างที่ทำการทดสอบแล้วไปหาปริมาณความชื้น และแบ่งอีกส่วนไปทำการวิเคราะห์ ส่วนประกอบแร่ ด้วยวิธี X-ray diffraction

เนื่องจากการเตรียมตัวอย่างในชุดหนึ่ง ๆ ระยะเวลาบ่ม และอัตราส่วนผสมต่าง ๆ ต้องใช้ดินตัวอย่างเป็นปริมาณมาก อาจทำให้เกิดความผิดพลาด และเกิดความไม่สะดวกในการเตรียมตัวอย่าง ดังนั้น ในการเตรียมตัวอย่างในการวิจัยนี้จึงใช้เพียงตัวอย่างเดียวเป็นเกณฑ์

### 3.2.5 การทดสอบความคงทน

การทดสอบความคงทนของก้อนตัวอย่างส่วนผสมดิน-สารเคมี RRP กระทำการทดสอบ ด้วยวิธีการ Wetting & Drying test โดยเตรียมตัวอย่างส่วนผสมดิน - สารเคมี RRP จำนวน 6 อัตราส่วน ผสมทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 5 วัน ก่อนจะทำการบดอัด ที่ปริมาณความชื้นเหมาะสม เช่นเดียวกับตัวอย่างที่ทำการทดสอบกำลังรับแรงอัด (Unconfined Compression test)

ขั้นตอนการทดลองกระทำตามมาตรฐาน ASTM D559 โดยนำตัวอย่างไปแช่น้ำกลั่นเป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นนำไปอบแห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 42 ชั่วโมง แล้วนำก้อนตัวอย่างมาขัดด้วยแปรงลวดทองเหลืองรอบตัวอย่าง 2 รอบ การนำตัวอย่างไปแช่น้ำและอบให้แห้งดังกล่าว 1 ครั้ง ถือว่าเป็น 1 รอบ (Cycle) ซึ่งการทดสอบจะกระทำจนครบ 12 รอบ แล้วหาค่าน้ำหนักของก้อนตัวอย่างที่สูญเสียเมื่อเทียบกับก่อนเริ่มทำการทดสอบ

ส่วนการวิเคราะห์ความคงทนของก้อนตัวอย่าง จะใช้ค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาตร , การดูดซึมน้ำ และน้ำหนักที่สูญเสียเป็นตัวบ่งชี้ ซึ่งค่าดังกล่าวสามารถหาได้ดังนี้



### 1. การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของก้อนตัวอย่าง

ปริมาตรของก้อนตัวอย่าง จะใช้ค่าเฉลี่ยความสูงของก้อนตัวอย่างแทน เนื่องจากไม่สามารถวัดปริมาตรที่แท้จริงได้

$$\text{ค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาตร (\%)} = \frac{H_t - H_m}{H_m} \times 100 \quad (\%)$$

$H_t$  = ความสูงของก้อนตัวอย่างหลังจากการทดสอบ

$H_m$  = ความสูงของก้อนตัวอย่างภายหลังการบดอัด

### 2. การดูดซึมน้ำ

เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ถูกดูดซึมในช่วงเวลาการทดสอบขบวนการเปียก

$$\text{ค่าการดูดซึมน้ำ, (\%)} = \frac{W_t - W_m}{W_s} \times 100 \quad (\%)$$

โดยที่

$$W_s = \frac{W_m}{1 + W/100}$$

$W$  = ปริมาณความชื้นของก้อนตัวอย่าง

$W_t$  = น้ำหนักของก้อนตัวอย่างภายหลังการทดสอบขบวนการเปียก

$W_m$  = น้ำหนักของก้อนตัวอย่างภายหลังการบดอัด

$W_s$  = น้ำหนักแห้งของก้อนตัวอย่าง

### 3. น้ำหนักที่สูญเสีย

หลังจากนำก้อนตัวอย่างที่แช่น้ำแล้ว ให้ชั่งน้ำหนักของก้อนตัวอย่างและทำการปรับแก้ปริมาณน้ำที่คงเหลืออยู่ในก้อนตัวอย่าง

$$\text{น้ำหนักที่สูญเสีย, (\%)} = \frac{W_s - W_{sc}}{W_s} \times 100$$



$$\begin{aligned}
 W_s &= \text{น้ำหนักแห้งของก้อนตัวอย่างเริ่มต้น} \\
 W_{sc} &= \text{ค่าปรับแก้น้ำหนักแห้ง} = A/B \times 100 \\
 A &= \text{น้ำหนักของก้อนตัวอย่างภายหลังการอบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส} \\
 B &= \text{เปอร์เซ็นต์ของน้ำที่คงเหลือในก้อนตัวอย่างบวกด้วย 100}
 \end{aligned}$$

### 3.3 การศึกษาสมบัติทางด้านฟิสิกส์และเคมีของตัวอย่างดินผสมด้วยสารเคมี RRP

การทดสอบสมบัติทางด้านฟิสิกส์และเคมีของส่วนผสม จะเก็บตัวอย่างส่วนผสมบางส่วนจากการเตรียมตัวอย่างการทดสอบการบดอัด จำนวน 6 อัตราส่วนผสม นำไปทำการทดลอง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 3.3.1 การทดสอบหาค่า pH ของส่วนผสม

การทดสอบหาค่าความเป็นกรด-ด่าง ของตัวอย่างดินที่ทำการผสมด้วยสารเคมี RRP ทั้ง 6 อัตราส่วนผสม แล้วทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D4972 โดยทำให้ดินแห้งในอากาศก่อน แล้วจึงร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 10 จากนั้นชั่งดินแห้งตัวอย่างละ 10 กรัม ผสมด้วยน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันอย่างทั่วถึงแล้วปล่อยให้ทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง จึงจะอ่านค่า pH จากเครื่อง pH meter

#### 3.3.2 การทดสอบสมบัติทางด้านพลาสติก

การทดสอบกระทำตามวิธีมาตรฐาน ASTM D4318 : Test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils การวิจัยนี้จะทำการทดสอบดินโดยควบคุมปริมาณความชื้นและอื่น ๆ ให้อยู่ในสภาพเดียวกันก่อนที่จะทำการทดสอบ สำหรับตัวอย่างทรายละเอียดปนดินเหนียว จะร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 40 (0.425 มม.) ก่อนจะทำการเตรียมตัวอย่างทั้ง 6 อัตราส่วนผสม



### 3.3.3 การทดสอบหาขนาดคละเม็ดดิน

การทดสอบหาการกระจายขนาดคละของส่วนผสม 6 อัตราส่วนที่ทำการผสมทิ้งไว้ก่อนบดอัด กระทำตามวิธีมาตรฐาน ASTM D422 : Method for particle size analysis of soils โดยวิธีร่อนตัวอย่างผ่านตะแกรงมาตรฐาน ส่วนตัวอย่างดินที่ผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 200 (ขนาดเล็กกว่า 0.075 มม.) ก็จะใช้วิธีไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer analysis) แล้วนำผลการทดลองโดยวิธีทั้งสอง นำมารวมกันและแสดงผลในรูปของกราฟการกระจายขนาดคละ (Grain-size distribution curve) ซึ่งเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของตะแกรงหรือขนาดของอนุภาคของตัวอย่างตามแกนนอน กับร้อยละของขนาดที่เล็กกว่าตะแกรงขนาดพื้นที่ตามแกนตั้ง

### 3.3.4 การทดสอบหาค่า Cation Exchange Capacity (C.E.C)

การศึกษาค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวก เพื่อศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเคมีของส่วนผสมดินและสารเคมี RRP 6 อัตราส่วน พร้อมกับหาปริมาณสารอินทรีย์ (organic matter) เป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของแต่ละอัตราส่วน

### 3.3.5 X-ray diffraction Analysis

การวิเคราะห์หาส่วนประกอบทั้งหมดที่เกิดขึ้นในส่วนผสมดิน - สารเคมี RRP ที่ได้กระทำโดยนำตัวอย่างส่วนผสมที่แบ่งมาจากก้อนตัวอย่าง ภายหลังจากการทดลอง Unconfined compression test และ California Bearing Ratio test มาทำการวิเคราะห์ โดยวิธี X-ray diffraction โดยได้กล่าวรายละเอียดของวิธีการวิเคราะห์ไว้ในภาคผนวก ก.