

### บทที่ 3

## วิธีการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึง อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง แหล่งวัสดุที่ใช้ในการทดลอง ขั้นตอนการเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดลอง วิธีการทดลอง และขั้นตอนการทดลองเพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์ที่เหมาะสมระหว่างมวลรวมที่ได้จากการเก็บตัวอย่างจากระเบิดไซคลิงแบบเย็น (Cold Recycler) และมวลรวมที่ได้จากการเก็บตัวอย่างจากการขุดเจาะถนน โดยแรงงานคน เพื่อนำมาศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบกันซึ่งเป็นบทที่สำคัญที่สุดของโครงการวิจัยครั้งนี้

โดยการศึกษาครั้งนี้ได้มีการเก็บตัวอย่างจากสองแหล่งดังที่กล่าวข้างต้นซึ่งในแต่ละตัวอย่างนั้นได้ทำการแบ่งออกเป็น 9 ส่วน เพื่อเป็นตัวแทนในการทดลองเพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์ปูนซีเมนต์ที่เหมาะสม โดยกำหนดค่ากำลัง Unconfined Compressive Strength (UCS.) ที่ต้องการที่ 17.5 KSC. ที่ 7 วัน และมีวิธีการทดลองโดยอ้างอิงถึงมาตรฐานดังต่อไปนี้

#### ตัวอย่างที่ 1

วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบต่าง  
ทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.205/2517

#### ตัวอย่างที่ 2

วิธีการทดลอง Compaction test แบบสูงกว่ามาตรฐาน  
ทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.108/2517

#### ตัวอย่างที่ 3 ถึง 9

วิธีการทดลองหาค่า Unconfined Compressive Strength (UCS.) ของดิน  
ทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.105/2515

โดยต้องทำการทดลองในลักษณะเดียวกันทั้งสองตัวอย่างจากแหล่งตัวอย่างข้างต้นแล้วนำค่าที่ได้จากการทดลองมาศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบกัน

ซึ่งวิธีการทดลองดังกล่าวทั้งหมดได้อ้างอิงจากมาตรฐานวิธีการทดลอง (STANDARD TEST METHODS) ของสำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนาทาง (BUREAU OF MATERIALS, RESEARCH AND DEVELOPMENT) กรมทางหลวง

### 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 ตะแกรงช่องผ่านเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดช่องผ่านต่างๆตามต้องการพร้อมเครื่องเขย่าตะแกรง

3.1.2 เครื่องชั่ง สามารถชั่งได้ละเอียดถึง 0.2% ของตัวอย่างทั้งหมด

3.1.3 เตาอบ สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่  $110 \pm 5$  องศาเซลเซียส

3.1.4 เครื่องแบ่งตัวอย่าง (Sample Splitter) ขนาดต่างๆ

3.1.5 แปรงทำความสะอาดตะแกรงชนิดลวดทองเหลือง แปรงพลาสติก

3.1.6 ภาชนะสำหรับ ไซ้แ่งและล้างตัวอย่างด้วยมือ

3.1.7 ภาชนะล้างตัวอย่างชนิดเครื่องเขย่า

3.1.8 แบบ (mold) ทำด้วยโลหะแข็งและเหนียวลักษณะทรงกระบอกกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 101.6 มิลลิเมตร (4 นิ้ว) สูง 116.4 มิลลิเมตร (4.584 นิ้ว) และจะต้องมีปลอก (Collar) ขนาดเดียวกันสูง 50.8 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) มีฐานทึบ

3.1.9 แท่งโลหะรอง เป็นโลหะรูปทรงกระบอก เพื่อใช้กับแบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152.4 มิลลิเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 150.8 มิลลิเมตร ( 5 15/16 นิ้ว) และสูงขนาดต่างๆซึ่งเมื่อใช้กับแบบตามข้อ 2.1.1 (2) แล้วจะเหลือเป็นตัวอย่างสูงเท่ากับ 116.4 มิลลิเมตร ( 4.584 นิ้ว)

3.1.10 ค้อน (Hammer) ทำด้วยโลหะมีลักษณะดังนี้เป็นรูปทรงกระบอก มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50.8 มิลลิเมตร ( 2 นิ้ว) มีมวลรวมทั้งด้ามถือ 4.537 กิโลกรัม ( 10.0 ปอนด์) ต้องมีปลอกที่ทำไว้อย่างเหมาะสม เป็นตัวบังคับให้ระยะตกเท่ากับ 457.2 มิลลิเมตร (18 นิ้ว) เหนือระดับดินที่ต้องการบดทับจะต้องมีรูระบายอากาศอย่างน้อย 4 รู แต่ละรูมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 9.5 มิลลิเมตร เจาะห่างจากปลายของปลอกทั้ง 2 ข้าง ประมาณ 19 มิลลิเมตร

3.1.11 เครื่องดันตัวอย่าง ( Sample Extruder ) เป็นเครื่องดันดินออกจากแบบ ภายหลังเมื่อทดลองเสร็จแล้ว จะมีหรือไม่มีก็ได้ ประกอบด้วยตัว Jack ทำหน้าที่เป็นตัวดัน และโครงเหล็กทำหน้าที่เป็นตัวจับแบบ ในกรณีที่ไม่มีให้ใช้สิ่วหรือเครื่องมืออย่างอื่นและตัวอย่างออกจากแบบ

3.1.12 ตาชั่งแบบ Balance มีขีดความสามารถชั่งได้ไม่น้อยกว่า 16 กิโลกรัม ชั่งได้ละเอียดถึง 0.001 กิโลกรัม สำหรับชั่งตัวอย่างทดลอง

3.1.13 ตาชั่งแบบ Scale หรือแบบ Balance มีขีดความสามารถชั่งได้ 1000 กรัม ชั่งได้ละเอียดถึง 0.001 กิโลกรัม สำหรับหาปริมาณน้ำในดิน

3.1.14 เหล็กปาด ( Straight Edge ) เป็นเหล็กคล้ายไม้บรรทัด หนา และแข็งเพียงพอในการคัดแต่งตัวอย่างที่ส่วนบนของแบบ มีความยาวไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร แต่ไม่ยาวเกินไปและหนาประมาณ 3.0 มิลลิเมตร

3.1.15 เครื่องมือกด เป็นเครื่องใช้กดแท่งตัวอย่าง มีหลายแบบ เช่น ใช้ Deadweight หรือ Hydraulic เป็นแรงกด หรืออาจใช้เครื่องมือชนิดอื่นๆที่สามารถควบคุมอัตราเร็วของแรงกด และมีกำลังกดเพียงพอ สำหรับดินที่มีค่า Unconfined Compressive Strength(UCS.) น้อยกว่า 1 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ( 0.1 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ) ต้องใช้เครื่องกดที่สามารถอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.01 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ( 0.001 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ) และสำหรับดินที่มีค่า Unconfined Compressive Strength มากกว่า 1 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ( 0.1 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ) เครื่องจะต้องอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.05 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ( 0.005 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร )

3.1.16 เครื่องดันตัวอย่างดิน ใช้ดันแท่งตัวอย่างดินออกจากท่อบาง ( Thin Wall Tube )

3.1.17 Dial Gauge ใช้วัดได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร หรือ 0.001 นิ้ว สามารถอ่านระยะทางเคลื่อนที่ได้ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ของความยาวแท่งตัวอย่าง ที่จะใช้ทดสอบ

3.1.18 Vernier Caliper ใช้วัดขนาดแท่งตัวอย่าง โดยวัดได้ละเอียด ถึง 0.1 มิลลิเมตร หรือ 0.01 นิ้ว

3.1.19 นาฬิกาจับเวลา

3.1.20 เครื่องชั่งที่อ่านได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม ใช้สำหรับตัวอย่างดินที่มีมวลน้อยกว่า 100 กรัม สำหรับตัวอย่างดินที่มีมวลมากกว่า 100 กรัม ให้ใช้เครื่องชั่งชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

3.1.21 เครื่องมือเปิดเตล็ด เครื่องมืออื่นๆที่ต้องใช้คือเครื่องมือตัดและตกแต่งตัวอย่างเครื่องทำตัวอย่าง Remolded และกระป๋องอบดิน

## 3.2 วัสดุที่ใช้

3.2.1 ตัวอย่างที่ 1 มวลรวมหรือผิวทางและชั้นทางที่ได้จากการขุดเจาะถนนโดยแรงงานคน ทางหลวงสายที่ 1 พลโยธิน ช่วง กม.386+000 ถึง กม.387+000 จ.ตาก

3.2.2 ตัวอย่างที่ 2 มวลรวมหรือผิวทางและชั้นทางที่ได้จากการเก็บตัวอย่างจากระกรีไซเคิลแบบเย็น(Cold Recycler) ทางหลวงสายที่ 1 พลโยธิน ช่วง กม.386+000 ถึง กม.387+000 จ.ตาก3

3.2.3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ตราช้าง ผลิตจากบริษัท ปูนซีเมนต์ไทยจำกัด (มหาชน)ประเทศไทย

3.2.4 น้ำประปาที่สะอาด

### 3.3 การเตรียมวัสดุ

3.3.1 ตัวอย่างที่1 มวลรวมหรือผิวทางและชั้นทางที่ได้จากการชุดเจาะถนนโดยแรงงานคน นั้นต้องนำมาทำการบดให้ร่วนซุยก่อนที่จะนำไปทดลอง โดยการนำผิวทาง AC. ไปอบประมาณ 30 นาทีแล้วนำมาทุบและผสมกับชั้นพื้นทาง(Base)ในอัตราส่วน 1: 2 คือ ผิวทาง1ส่วนต่อชั้นพื้นทาง2ส่วนให้เข้ากันก่อนนำไปร่อนตะแกรงเบอร์ ¼ นิ้ว ส่วนที่ค้างให้ทิ้งไปนำส่วนที่ผ่านไปทำการทดลอง

3.3.2 ตัวอย่างที่2 มวลรวมหรือผิวทางและชั้นทางที่ได้จากการเก็บตัวอย่างจากระณีไซคลิ่ง(Cold Recycler) สำหรับตัวอย่างชนิดนี้ไม่จำเป็นที่จะต้องมีการทำให้ร่วนซุยเนื่องจากรถดังกล่าวจะทำการบดให้ร่วนซุยอยู่แล้วและมีอัตราส่วนที่คงที่เท่ากับตัวอย่างข้างต้นคือ 1:2 สามารถนำมาร่อนให้ผ่านตะแกรงเบอร์ ¼ ได้และคัดเอาส่วนเฉพาะที่ผ่านนำไปทดลองซึ่งมีส่วนที่ค้ำน้อยมากเมื่อเทียบกับตัวอย่างข้างต้น

3.3.3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ คราซัง ใช้แบบบรรจุในถุงกระดาษโดยมีการกันความชื้น ไม่มีรอยร้าว และถูกเก็บไว้ในที่แห้ง มีเม็ดละเอียดไม่จับตัวกันเป็นก้อน

### 3.4 วิธีการทดลอง

การออกแบบหาเปอร์เซ็นต์ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการปรับปรุงชั้นทางเดิมจากการเก็บตัวอย่าง และแบ่งตัวอย่างทั้งหมด ออกเป็น 9 ตัวอย่าง เพื่อเป็นตัวแทนในการทดลองเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ปูนซีเมนต์ที่เหมาะสม ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างชุดที่ 1 ทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. 205/2517 “วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง” ซึ่งข้อกำหนดมาตรฐานระบุให้ขนาดโตสุดไม่เกิน 50 มิลลิเมตร และส่วนละเอียดที่ผ่านตะแกรงขนาด 0.075 มิลลิเมตร (เบอร์ 200) กำหนดให้ไม่เกินร้อยละ 25

ตัวอย่างชุดที่ 2 ทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.108/2517 “วิธีการทดลอง Compaction test แบบสูงกว่ามาตรฐาน” เพื่อหาค่า Optimum Moisture, Content และค่า Max Dry Dertsity

ตัวอย่างชุดที่ 3 ถึง 9 ทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.105/2515 “วิธีการทดลองหาค่า Unconfined Compressive Strength ของดิน” โดยผสมวัสดุมวลรวมกับปูนซีเมนต์ และน้ำในอัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อวัสดุมวลรวม 1%, 2%, 3%,4%,5%,6% และ 7% (โดยน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ โดยแต่ละชุดต้องทดลองตัวอย่าง 2 แท่ง ตัวอย่าง ซึ่งตัวอย่างวัสดุมวลรวมผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำจะถูกกดทับในแบบ (Mold) ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท.108/2517 “วิธีการทดลอง Compaction test แบบสูงกว่ามาตรฐาน” จากนั้นจึงนำแท่งตัวอย่างทั้งหมดใส่ในถุงพลาสติกแล้วรัดให้แน่นสนิทเพื่อป้องกันมิให้ความชื้นเปลี่ยนแปลงเป็นเวลา 7 วัน เมื่อครบกำหนด 7 วัน จึงนำแท่งตัวอย่างออกจากถังพลาสติกไปแช่น้ำนานประมาณ 2 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำแท่งตัวอย่างไปทำการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัด Unconfined Compressive Strength(UCS.) จากนั้นหาค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างแต่ละชุด แล้วนำค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดทั้ง 7 ชุดไปทำการ Plot Curve เพื่อหาปริมาณปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เป็นเปอร์เซ็นต์ต่อวัสดุมวลรวมแห้ง (By Wt. of Dry Aggregate) โดยต้องการค่า Unconfined Compressive Strength (UCS.) ตามมาตรฐานข้อกำหนดที่ 17.5 KSC.