บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

หลังจากที่ได้พิจารณาคุณภาพของหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องที่ต้องการ รวมทั้งทบทวนงานวิจัยและหลักการที่เกี่ยวข้อง ดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 1 และบทที่ 2 ข้างต้น เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำของเสียจากการผลิตกระเบื้องซีเมนต์ไยหิน(Sludge Waste) มาใช้ในการผลิตหมอนคอนกรีตรองกระเบื้อง จึงได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

1. การเตรียมชิ้นงานตัวอย่างทดสอบ
    1.1) วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย
    1.2) การขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่างทดสอบ
2. การตรวจสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพของวัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย
    2.1) การตรวจสอบขนาดคละและโมดูลัสยืดหยุ่นของทราย
    2.2) การตรวจสอบขนาดคละและโมดูลัสยืดหยุ่นของหินเกล็ด
    2.3) การตรวจสอบความชื้น ความหนาแน่น และคุณสมบัติทางเคมีของ Sludge Waste
3. การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล
    3.1) กำลังอัด (Compression Strength)
    3.2) กำลังดัด (Bending Strength)
    3.3) ความหนาแน่น (Density)
    3.4) การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)
4. การวิเคราะห์ผลด้านต้นทุนวัตถุดิบและค่าใช้จ่ายในการกำจัด Sludge Waste
5. การทดสอบการใช้งานจริงของหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องที่มี Sludge Waste เป็นองค์ประกอบ

3.1 การเตรียมชิ้นงานตัวอย่างทดสอบ

3.1.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมและขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่างทดสอบ สำหรับการวิจัยนี้ ได้แก่

1) ซีเมนต์ เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา ผลิตขึ้นโดยมีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มอก. 15-2514/2517 ประเภทที่ 1 และตามมาตรฐานอเมริกัน ASTM C 150-71 Type I

2) ทราย เป็นทรายแม่น้ำที่ใช้ในงานคอนกรีตทั่วไป มีขนาดความคละตามมาตรฐาน ASTM C 33

3) หินเกล็ด เป็นหินปูนขนาด 3/8 นิ้ว ที่ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป มีขนาดความคละตามมาตรฐาน ASTM C 33

4) น้ำเป็นน้ำประปาที่สะอาด

5) ของเสียจากการผลิตกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน (Sludge Waste) ได้จากบ่อทิ้งเศษของโรงงานผลิตกระเบื้องซีเมนต์ใยหินที่ผลิตด้วยระบบเปียก

6) แบบหล่อ (Molds) ทำจากวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ ไม่ทำปฏิกริยากับปูนซีเมนต์ ใช้วัสดุอุดยาเพื่อไม่ให้น้ำรั่วซึมออกจากแบบหล่อและยึดแบบหล่อกับแผ่นรองให้แน่น ซึ่งแบบหล่อที่ใช้ในการวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

- แบบหล่อทรงกระบอก ใช้สำหรับการทดสอบกำลังอัด ความหนาแน่น และอัตราการดูดซึมน้ำของส่วนผสมคอนกรีต มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม. สูง 5 ซม.

- แบบหล่อรูปคาน ใช้สำหรับการทดสอบกำลังดัดของส่วนผสมคอนกรีต มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมด้านขนาน ขนาด 5 x 50 x 5 ซม.ซึ่งขนาดดังกล่าวกำหนดจากขนาดของหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องที่ใช้งานจริง

7) แท่งกระทุ้ง เป็นแท่งเหล็กกลมเส้นตรง ปลายกลมมน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม. ความยาวประมาณ 305 มม.

8) เครื่องมืออื่นๆ เป็นเครื่องมือเบ็ดเตล็ด ได้แก่ ถาดผสมคอนกรีต เกรียงเหล็ก พลั่วตักส่วนผสม กระบอกตวง ถังน้ำ ถุงมือยาง

9) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบอิเล็คทรอนิค มีความเที่ยงตรง 0.3 % ของน้ำหนักที่ชั่ง

3.1.2 การขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่างทดสอบ

วิธีการในการขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่างทดสอบสำหรับงานวิจัยนี้ มีขั้นตอนดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักส่วนผสมต่างๆ ตามสัดส่วนที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.1 ถึง 3.4
2. ผสมปูนซีเมนต์ ทราย และ Sludge Waste โดยยังไม่เติมน้ำ คลุกเคล้าจนเข้ากัน
3. เติมหินเกล็ด แล้วคลุกเคล้าส่วนผสมให้เข้ากันดี โดยยังไม่เติมน้ำ
4. เติมน้ำ แล้วคลุกเคล้าส่วนผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน
5. นำส่วนผสมที่เตรียมไว้ไปเทลงในแบบหล่อชิ้นงานตัวอย่างทดสอบ แล้วใช้เหล็กกระทุ้งเกลี่ยคอนกรีตให้แผ่กระจาย เริ่มตำคอนกรีตให้แน่น การใส่คอนกรีตลงในแบบหล่อจะแบ่งเป็น 3 ชั้น และแต่ละชั้นใช้เหล็กกระทุ้งจำนวน 25 ครั้งต่อชั้น
6. หลังจากทำการกระทุ้งคอนกรีตให้แน่นแล้วใช้เกรียงปาดผิวหน้าคอนกรีตให้เรียบได้ระดับกับขอบของแบบหล่อ และไม่มีส่วนยื่นนูนขึ้นมาหรือเว้าลง ด้วยเกรียงเหล็ก
7. ใช้ผ้าเปียกปิดคลุม และใช้พลาสติกคลุมทับอีกชั้นหนึ่ง หลังจากปาดผิวหน้า เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำในส่วนผสมคอนกรีตขณะที่ยังไม่แข็งตัว
8. ทำการถอดชิ้นงานตัวอย่างทดสอบออกจากแบบหล่อหลังจากการเทคอนกรีตลงในแบบหล่อได้ครบ 24 ชั่วโมง ซึ่งลักษณะของชิ้นงานตัวอย่างทดสอบที่ได้หลังจากการถอดแบบหล่อสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.1
9. บ่มชิ้นงานตัวอย่างทดสอบให้มีอายุครบตามวันที่ทดสอบโดยแช่ในน้ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์	อัตราส่วน(โดยน้ำหนัก) ของ ซีเมนต์ : ทราย : หินเกล็ด	Sludge Waste แทนซีเมนต์ (% โดยน้ำหนัก)
0.4	1 : 1 : 2	0 10 20 30 40 50
0.5	1 : 1 : 2	0 10 20 30 40 50
0.6	1 : 1 : 2	0 10 20 30 40 50

ตารางที่ 3.1 การแทนที่ซีเมนต์ด้วย Sludge Waste

อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์	อัตราส่วน(โดยน้ำหนัก) ของ ซีเมนต์ : ทราย : หินเกล็ด	Sludge Waste แทนทราย (% โดยน้ำหนัก)
0.4	1 : 1 : 2	15 30 45 60 100
0.5	1 : 1 : 2	15 30 45 60 100
0.6	1 : 1 : 2	15 30 45 60 100

ตารางที่ 3.2 การแทนที่ทรายด้วย Sludge Waste

อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์	อัตราส่วน(โดยน้ำหนัก) ของ ซีเมนต์ : ทราย : หินเกล็ด	Sludge Waste แทนหินเกล็ด (% โดยน้ำหนัก)
0.4	1 : 1 : 2	15 30 45 60 100
0.5	1 : 1 : 2	15 30 45 60 100
0.6	1 : 1 : 2	15 30 45 60 100

ตารางที่ 3.3 การแทนที่หินเกล็ดด้วย Sludge Waste

อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์	อัตราส่วน(โดยน้ำหนัก) ของ ซีเมนต์ : ทราย : หินเกล็ด	Sludge Waste ที่ผสมเพิ่ม (% โดยน้ำหนัก)
0.4	1 : 1 : 2	10 20 30 40 50
0.5	1 : 1 : 2	10 20 30 40 50
0.6	1 : 1 : 2	10 20 30 40 50

ตารางที่ 3.4 การผสมเพิ่ม Sludge Waste ในส่วนผสมคอนกรีต

รูปที่ 3.1 ลักษณะของชิ้นตัวอย่างทดสอบที่ได้หลังจากการถอดแบบหล่อ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 การตรวจสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพของวัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 การตรวจสอบขนาดคละและโมดูลัสยืดหยุ่นของทราย

เป็นการศึกษาการกระจายตัวของทราย ด้วยวิธีการเก็บตัวอย่างทรายปริมาณหนึ่งมาร่อนบนตะแกรงมาตรฐานขนาดตั้งแต่ 3/8 นิ้ว ถึง 100 mesh ซึ่งวางเรียงกันตามขนาดช่องว่างของตะแกรง จากขนาดใหญ่สุดข้างบนถึงขนาดเล็กสุด และถาดรองด้านล่าง การร่อนจะทำโดยใช้ตะแกรงเคลื่อนที่ทั้งแนวราบ แนวดิ่ง และการตบเขย่า เพื่อให้ทรายเคลื่อนไหวอยู่บนตะแกรงตลอดเวลา ให้บันทึกค่าน้ำหนักสะสมของทรายที่ค้างอยู่บนตะแกรง เพื่อใช้ในการคำนวณค่าโมดูลัสความละเอียด(Fineness Modulus หรือ F.M.) โดยที่

F.M. ของทราย = 1/100 (ผลบวกของร้อยละสะสมของทรายที่ค้างอยู่บนตะแกรงมาตฐาน)

3.2.2 การตรวจสอบขนาดคละและโมดูลัสยืดหยุ่นของหินเกล็ด

เป็นการศึกษาการกระจายตัวของหินเกล็ด ด้วยวิธีการเก็บตัวอย่างหินเกล็ดปริมาณหนึ่ง มาร่อนบนตะแกรงมาตรฐานขนาดตั้งแต่ 1/2 นิ้ว ถึง 16 mesh ซึ่งวางเรียงกันตามขนาดช่องว่างของตะแกรง จากขนาดใหญ่สุดข้างบนถึงขนาดเล็กสุด และถาดรองด้านล่าง การร่อนจะทำโดยใช้ตะแกรงเคลื่อนที่ทั้งแนวราบ แนวดิ่ง และการตบเขย่า เพื่อให้หินเกล็ดเคลื่อนไหวอยู่บนตะแกรงตลอดเวลา ให้บันทึกค่าน้ำหนักสะสมของหินเกล็ดที่ค้างอยู่บนตะแกรง เพื่อใช้ในการคำนวณค่าโมดูลัสความละเอียด(Fineness Modulus หรือ F.M.) โดยที่

F.M. ของหินเกล็ด = 1/100 (ผลบวกของร้อยละสะสมของทรายที่ค้างอยู่บนตะแกรงมาตฐาน)

3.2.3 การตรวจสอบความชื้น ความหนาแน่น และคุณสมบัติทางเคมีของ Sludge Waste

เป็นการศึกษาลักษณะทั่วไปของ Sludge Waste โดยตรวจสอบหาค่าความชื้น ความหนาแน่น และคุณสมบัติทางเคมี ของตัวอย่าง Sludge Waste ที่สุ่มมาจากบ่อทิ้งเศษของโรงงานผลิตกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน

3.3 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล

คุณสมบัติเชิงกลที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ

1. กำลังอัด (Compression Strength)
2. กำลังดัด (Bending Strength)
3. ความหนาแน่น (Density)
4. การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)

3.3.1 การทดสอบกำลังอัด (Compressive Strength)

นำชิ้นงานตัวอย่างทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม. สูง 5 ซม. ที่ครบอายุการบ่ม 3 วัน 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน มาทำสอบกำลังอัดด้วยเครื่อง Universal Tester โดยวางชิ้นทดสอบลงที่แป้นด้านล่าง จากนั้นจึงเลื่อนหัวกดลงมาแนบสัมผัสกับผิวด้านเรียบของชิ้นงานตัวอย่างทดสอบ และจึงให้เครื่องเริ่มทำงาน ซึ่งในระหว่างนี้หัวกดจะเคลื่อนที่ลงด้วยอัตราเร็ว 3 มม.ต่อนาที จนกระทั่งชิ้นตัวอย่างทดสอบแตกหักและเครื่องจะหยุดการทำงานอัตโนมัติ บันทึกค่าแรงกดที่ทำให้ชิ้นงานตัวอย่างทดสอบหักและนำไปคำนวณค่า Compressive Strength โดยใช้สูตร

$$\text{กำลังอัด (Compressive Strength)} = \frac{\text{ค่าแรงกดที่ทำให้ชิ้นตัวอย่างทดสอบหัก}}{\text{พื้นที่หน้าตัดที่ของชิ้นตัวอย่างทดสอบ}}$$

3.3.2 <u>การทดสอบค่ากำลังดัด</u> (Bending Strength)

นำชิ้นงานตัวอย่างทรงสี่เหลี่ยม ขนาด 5x50x 5 ซม. ที่ครบอายุการบ่ม 3 วัน 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน มาทำสอบกำลังดัดแบบ 3 จุด ด้วยเครื่อง Universal Tester โดยวางชิ้นตัวอย่างทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3.2 จากนั้นจึงเลื่อนหัวกดลงมาแนบสัมผัสกับผิวด้านเรียบของชิ้นทดสอบทรงกระบอก และจึงให้เครื่องเริ่มทำงาน ซึ่งในระหว่างนี้หัวกดจะเคลื่อนที่ลงด้วยอัตราเร็ว 3 มม.ต่อนาที จนกระทั่งชิ้นตัวอย่างทดสอบหักและเครื่องจะหยุดการทำงานอัตโนมัติ บันทึกค่าแรงกดที่ทำให้ชิ้นตัวอย่างทดสอบหักและนำไปคำนวณค่า Bending Strength โดยใช้สูตร

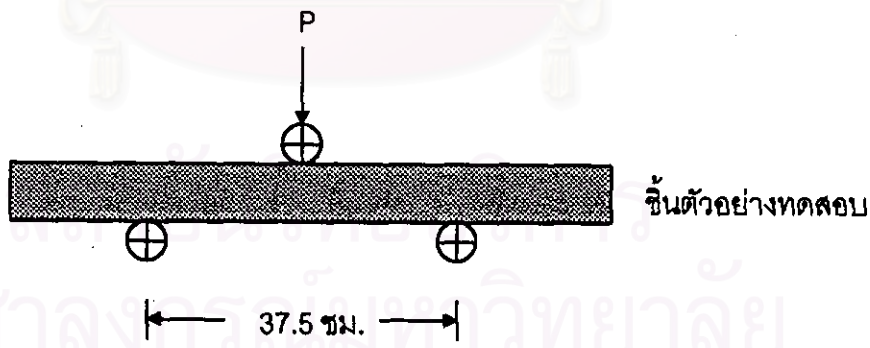
$$\text{กำลังดัด (Bending Strength)} = \frac{3 P x l}{2 b x d^2}$$

เมื่อ P = ค่าแรงกดที่ทำให้ชิ้นตัวอย่างทดสอบหัก

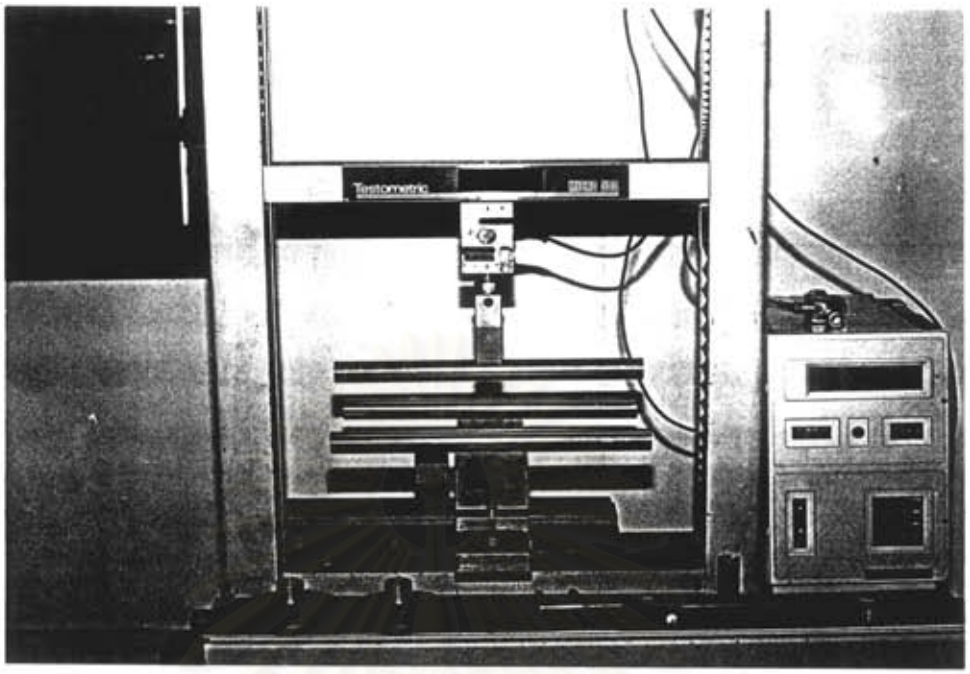
l = ความยาว span = 37.5 ซม.

b = ความกว้างเฉลี่ยของชิ้นตัวอย่างทดสอบ

d = ความหนาเฉลี่ยของชิ้นตัวอย่างทดสอบ



รูปที่ 3.2 การทดสอบกำลังดัดของชิ้นตัวอย่างทดสอบ



รูปที่ 3.3 เครื่อง Universal Tester

3.3.3 <u>การทดสอบความหนาแน่น</u> (Dennsity)

นำชิ้นงานตัวอย่างทดสอบทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม. สูง 5 ซม.ที่มีอายุการบ่มครบ 3 วัน 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน มาวัดค่าความหนาแน่น โดยนำมาชั่งน้ำหนักที่เครื่องชั่งที่สามารถวัดน้ำหนักของก้อนทดสอบที่จุ่มลงไปในน้ำ บันทึกค่าเป็น "น้ำหนักที่ชั่งในน้ำ" และนำชิ้นงานตัวอย่างทดสอบมาชั่งน้ำหนักที่เครื่องชั่งแบบปกติ บันทึกค่าเป็น "น้ำหนักที่ชั่งในอากาศ" จากนั้นนำชิ้นงานตัวอย่างทดสอบไปอบให้แห้งด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง แล้วน้ำชิ้นงานตัวอย่างทดสอบไปชั่งน้ำหนักที่ผ่านการอบบแห้งแล้ว ซึ่งบันทึกค่าเป็น "น้ำหนักหลังอบ" ต่อจากนั้นจึงนำค่าน้ำหนักที่ได้มาคำนวณค่าความหนาแน่นด้วยสูตร

$$\text{ความหนาแน่น (Density)} = \frac{\text{น้ำหนักที่ชั่งในอากาศ} - \text{น้ำหนักที่ชั่งในน้ำ}}{\text{น้ำหนักหลังอบ}}$$

3.3.4 <u>การทดสอบการดูดซึมน้ำ</u>

นำชิ้นงานตัวอย่างทดสอบทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม. สูง 5 ซม.ที่อายุการบ่มครบ 3 วัน 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน มาทำการวัดค่าการดูดซึมน้ำ โดยนำมาทำการอบไล่ความชื้น ในตู้อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักของชิ้นงานตัวอย่างทดสอบ บันทึกค่าเป็น "น้ำหนักแห้ง" จากนั้นจึงนำชิ้นงานตัวอย่างทดสอบไปแช่ในน้ำสะอาด ที่อุณหภูมิห้อง และชั่งน้ำหนักของชิ้นตัวอย่างทดสอบเมื่อแช่น้ำครบ 24 ชั่วโมง บันทึกค่าเป็น "น้ำหนักอิ่มน้ำ" นำค่าน้ำหนักที่ได้มาคำนวณความสามารถในการดูดซึมน้ำของชิ้นงานตัวอย่างทดสอบ โดยใช้สูตร

$$\text{ความสามารถในการดูดซึมน้ำ} = \frac{(\text{น้ำหนักแห้ง} - \text{น้ำหนักอิ่มน้ำ}) \times 100}{\text{น้ำหนักแห้ง}}$$

3.4 <u>การวิเคราะห์ผลด้านต้นทุนวัตถุดิบและค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสีย</u>

พิจารณาส่วนผสมคอนกรีตที่มี Sludge Waste เป็นองค์ประกอบ ที่ให้ผลการทดสอบค่ากำลังอัดมากกว่า 30 กก./ตรซม. เพื่อมาคำนวณต้นทุนวัตถุดิบและปริมาณ Sludge Waste ที่สามารถนำกลับมาใช้ในการผลิตหมอนคอนกรีตรองกระเบื้อง และประมาณการประหยัดต้นทุนวัตถุดิบและค่าใช้จ่ายในการกำจัด Sludge Waste หากมีการนำ Sludge Waste มาใช้ในการผลิตหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องจำนวน 2 ล้านก้อน แล้วทำการเปรียบเทียบผลการประหยัดค่าใช้จ่ายของแต่ละส่วนผสมคอนกรีตที่นำมาพิจารณา พร้อมทั้งคัดเลือกส่วนผสมที่ให้ผลการประหยัดค่าใช้จ่ายสูงสุดไปผลิตเป็นหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องจริง เพื่อนำไปทดสอบใช้งานจริง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5 <u>การทดสอบใช้งานจริงของหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องที่มี Sludge Waste เป็นองค์ประกอบ</u>

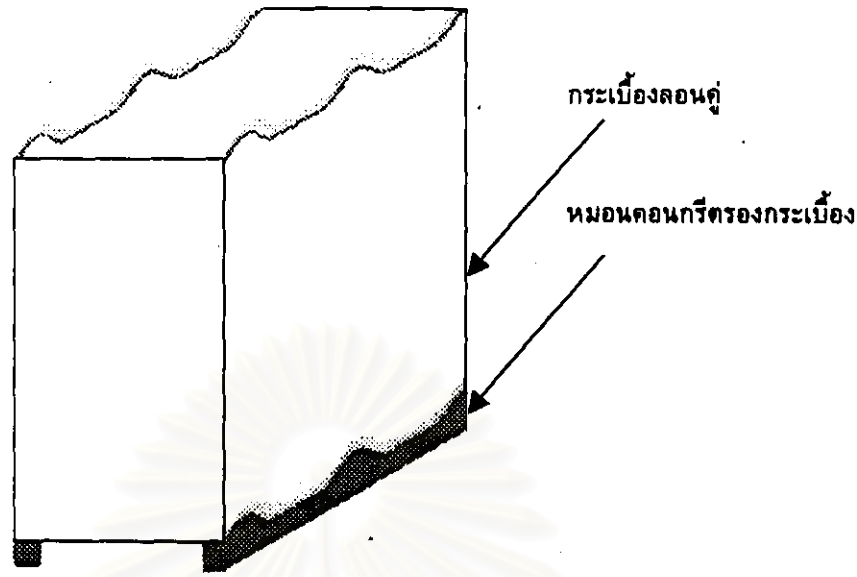
หลังจากทำการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของส่วนผสมหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องที่มี Sludge Waste เป็นองค์ประกอบ จึงทำการคัดเลือกส่วนผสมที่ให้ค่าคุณสมบัติเชิงกลด้านกำลังอัดที่เพียงพอต่อการใช้งาน และนำมาผลิตเป็นหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องขนาดใช้งานจริง คือ 5x50x5 ซม. เพื่อทดลองใช้งานตามสภาพการใช้งานจริงตามขั้นตอนดังนี้

1. ผสมวัตถุดิบเพื่อผลิตหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องขนาดใช้งานจริงจำนวน 100 ก้อน
2. เทส่วนผสมลงในแบบหล่อหมอนคอนกรีตรองกระเบื้อง และบ่มในอากาศ(Air Curing) ให้ส่วนผสมมีความแข็งแรงตามที่กำหนด
3. ถอดหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องที่ได้ออกจากแบบหล่อ
4. นำหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องไปทดสอบใช้งานจริงใน 3 ลักษณะ คือ

4.1 <u>ลักษณะที่ 1</u>

ทดลองใช้หมอนคอนกรีตรองกระเบื้องวางบนพื้นราบ แล้วนำกระเบื้องลอนคู่ น้ำหนักแผ่นละประมาณ 6.5 กก. วางซ้อนขึ้นเรื่อยๆ (ดังแสดงในรูปที่ 3.4) จนกว่าหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องแตกหักเสียหาย ทำการทดลอง 5 ครั้ง แต่ละครั้งใช้หมอนคอนกรีตรองกระเบื้อง 2 ก้อน รวม 10 ก้อน บันทึกจำนวนแผ่นกระเบื้องที่หมอนคอนกรีตรองกระเบื้องสามารถทนรับน้ำหนักได้ก่อนแตกหักเสียหาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.4 ลักษณะการทดสอบใช้งานจริงของหมอนคอนกรีตรองกระเบื้องในลักษณะที่ 1

4.2 ลักษณะที่ 2

ทดลองใช้หมอนคอนกรีตรองกระเบื้องวางบนพื้นราบ แล้วนำกระเบื้องลอนคู่ น้ำหนักแผ่นละประมาณ 6.5 กก. วางซ้อนขึ้นเป็น 3 ชั้น ชั้นละ 130 แผ่น แต่ละชั้นมี pallet คั่น บันทึกข้อมูลผลการทดลองหลังการกองกระเบื้อง 7 วัน และ 14 วัน โดยทำการทดลอง 4 ครั้ง แต่ละครั้งใช้หมอนคอนกรีตรองกระเบื้อง 6 ก้อน รวม 24 ก้อน

4.3 ลักษณะที่ 3

ทดลองใช้หมอนคอนกรีตรองกระเบื้องสูตรทดลองเปรียบเทียบกับหมอนคอนกรีตสูตรปกติ ในการกองกระเบื้องลอนคู่ น้ำหนักแผ่นละประมาณ 6.5 กก. วางซ้อนเป็นกอง กองละ 200 แผ่น บนรถบรรทุกคันเดียวกันส่งให้ลูกค้า รวมระยะทางประมาณ 200 กิโลเมตร ทำการทดลองสูตรละ 20 กอง แต่ละกองใช้หมอนคอนกรีตรองกระเบื้อง 2 ก้อน รวมสูตรละ 40 ก้อน หลังจากส่งกระเบื้องถึงลูกค้าแล้วจึงยกกระเบื้องออก และบันทึกสภาพหลังการใช้งานของหมอนคอนกรีตรองกระเบื้อง