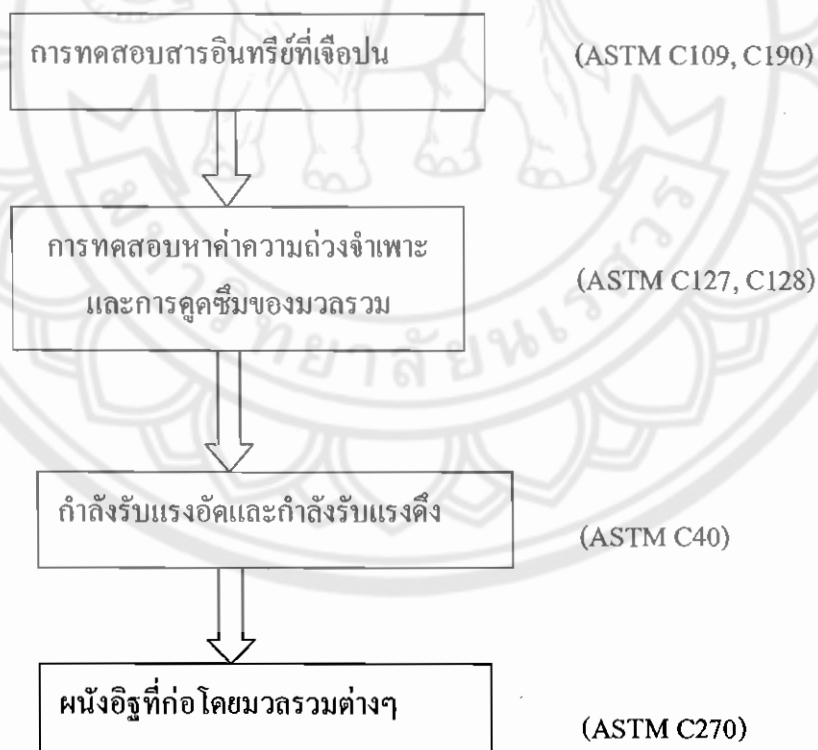


บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 การทำการทดสอบ

งานวิจัยนี้เสนอแนวคิดที่จะนำผงเศษหินมาใช้ทดแทนทรายหยาบได้เริ่มดำเนินการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้น ได้แก่การทดสอบสารอินทรีย์ที่เจือปนตามมาตรฐาน ASTM C40 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึ่มของมวลรวม (ASTM C127, C128) และจะทำการปรับส่วนผสมของมอร์ต้า ในสัดส่วนต่างๆ กัน เพื่อทดลองหาสัดส่วนที่เหมาะสมในด้านกำลังรับแรงอัด (ASTM C109) กำลังรับแรงดึง (ASTM C190) จากนั้นจะเลือกสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ก่อกับอิฐมอญตามมาตรฐาน ASTM C270 แล้วทำการทดสอบเสถียรภาพโดยรวมของผนังที่ได้อีกครั้งหนึ่งโดยเปรียบเทียบกันระหว่างผนังอิฐที่ก่อโดย มอร์ต้าของงานวิจัยนี้, มอร์ต้าปกติ และมอร์ต้าผงสำเร็จรูปสำหรับงานก่อในท้องตลาด เพื่อเป็นการยืนยันว่ามอร์ต้าที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถใช้งานได้จริงและมีความแข็งแรงเพียงพอหรือไม่ โดยกรอบแนวความคิดของงานวิจัยนี้อาจแสดงเป็นแผนภาพ ในรูปที่ 3.1 ดังนี้



รูปที่ 3.1 กรอบแนวความคิดของงานวิจัยนี้

3.2 การทดสอบสารอินทรีย์ในทรายและผงเศษหิน (Test for Organic Impurities in Sands and Rock Dust , ASTM C40)

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบหาปริมาณสารอินทรีย์โดยประมาณในทรายและผงเศษหินจากการวัดความเข้มของสี

วัสดุ

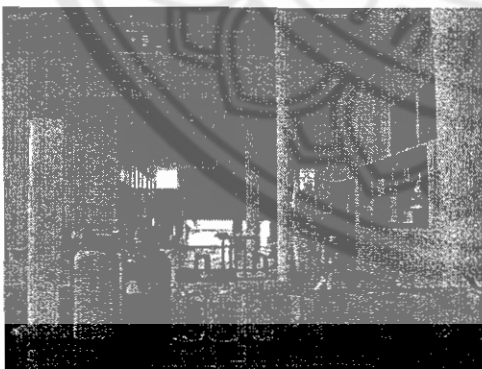
- 1) ทรายที่ต้องการทดสอบน้ำหนักประมาณ 450 g. หรือ 130 ml.
- 2) ผงเศษหินที่ต้องการทดสอบน้ำหนักประมาณ 450 g. หรือ 130 ml.
- 3) โซเดียมไฮดรอกไซด์ ชนิดเข้มข้นร้อยละ 3 (โดยน้ำหนัก)

เครื่องมือ

- 1) ขวดแก้วใสที่มีจุดบิคแน่นและสามารถวัดความจุได้ขนาดประมาณ 350 ml.
- 2) แผ่นกระดาษสารอินทรีย์มาตรฐาน

วิธีทดลอง

- 1) ใช้กระบอกตวงตวงทรายและผงเศษหินอย่างละประมาณ 130 ml. แล้วเทใส่ขวดแก้ว
- 2) เติมน้ำละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก พร้อมกับเขย่าขวดเล็กน้อย ขณะเติมเพื่อไล่ฟองอากาศ จนได้ระดับความจุ 200 ml.
- 3) ปิดขวดแล้วเขย่าอย่างแรงหลายๆ ครั้ง แล้วทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
- 4) เปรียบเทียบสีของของเหลวในขวดกับสีมาตรฐานว่ามีสีอ่อนหรือแก่อย่างไร



รูปที่ 3.2 การทดลองหาสารอินทรีย์ในทราย

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลและผลการทดลอง (ทราย)

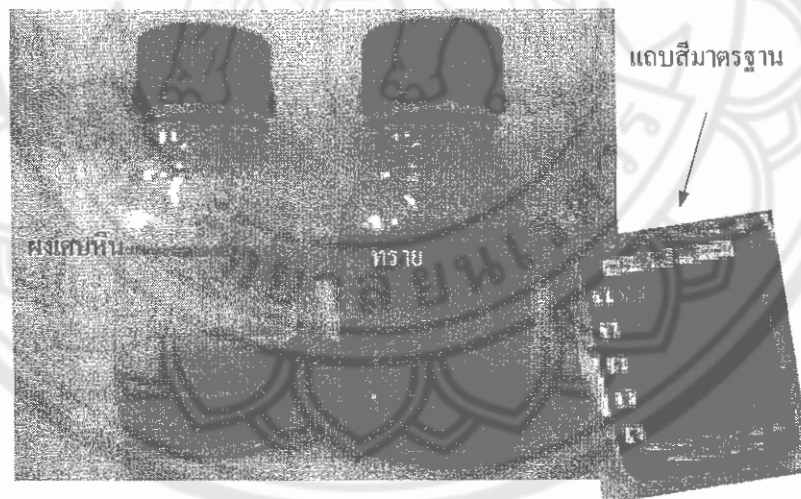
แหล่งของทราย - ทรายบก

การทดลองที่	ลักษณะสีของ สารละลายที่เห็น	สีของสารละลายเทียบกับสี ของกระจกสารอินทรีย์	สีของสารละลายเทียบกับ สีมาตรฐานการ์ดเนอร์
1	สีเหลืองอ่อนจาง ๆ	2	8
2	สีเหลืองอ่อนจาง ๆ	2	8

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลและผลการทดลอง (ผงเศษหิน)

แหล่งของผงเศษหิน - โรงไม้หิน (บริษัท เจ.คอนสตรัคชั่น จำกัด)

การทดลองที่	ลักษณะสีของ สารละลายที่เห็น	สีของสารละลายเทียบกับสี ของกระจกสารอินทรีย์	สีของสารละลายเทียบกับ สีมาตรฐานการ์ดเนอร์
1	ขาวใส	ไม่มีในแถบสี	ไม่มีในแถบสี
2	ขาวใส	ไม่มีในแถบสี	ไม่มีในแถบสี



รูปที่ 3.3 การทดสอบหาสารอินทรีย์ในทรายและผงเศษหิน

3.3 การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึ่มของมวลรวม (Test for Specific Gravity and Absorption of Aggregates , ASTM C127, C128)

วัตถุประสงค์

เพื่อหาค่าความถ่วงจำเพาะทั้งหมดและความถ่วงเพาะปรากฏ รวมทั้งค่าการดูดซึ่มของทรายและผงเศษหิน

วัสดุ

- 1) ทรายที่ต้องการทดสอบประมาณ 1 kg.
- 2) ผงเศษหินที่ต้องการทดสอบประมาณ 1 kg.

เครื่องมือ

- 1) เครื่องชั่งที่สามารถชั่งได้ละเอียด 0.1 g.
- 2) กระจกตวง ขนาด 1000 ml.
- 3) กรวยโลหะ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางส่วนบน 3.75 cm. เส้นผ่าศูนย์กลางส่วนล่าง 8.9 cm. ความสูง 7.4 cm. ทำด้วยแผ่นโลหะหนาประมาณ 0.9 mm.
- 4) เหล็กกระทู้ ปลายเรียบเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 cm. น้ำหนัก 340 g.
- 5) เครื่องเป่าลม
- 6) ถาดโลหะ
- 7) เตอบ

วิธีทดลอง

- 1) นำทราย/ผงเศษหินที่ต้องการทดสอบประมาณ 1 kg. แช่น้ำทิ้งไว้ 24 hr.
- 2) แ่ทราย/ผงเศษหินเปียกในถาดใช้เครื่องเป่าลมเป่าทราย/ผงเศษหินให้ทั่วจนทราย/ผงเศษหินเริ่มแห้ง
- 3) ทดสอบว่าทรายอยู่ในสถานะไหลอิสระ(Free flow)หรือไม่ (ซึ่งเป็นสถานะที่ทราย/ผงเศษหินอ้อมตัวผิวแห้ง ไม่มีความชื้นที่ผิว) โดยเททราย/ผงเศษหินลงในกรวยโลหะคว่ำจนเต็ม ใช้เหล็กกระทู้ กระทู้เบาๆ 25 ครั้ง แล้วยกกรวยขึ้นในแนวตั้ง หากทราย/ผงเศษหินยังคงรูปกรวยอยู่ แสดงว่ายังมีความชื้นที่ผิว ให้เป่าไล่ความชื้นสลับกับทดสอบในกรวยโลหะอีก จนเมื่อยกกรวยขึ้นแล้วทราย/ผงเศษหินยุบตัวลงเล็กน้อย แสดงว่าอยู่ในสถานะไหลอิสระ
- 4) ชั่งทราย/ผงเศษหินที่อ้อมตัวผิวแห้งประมาณ 500 g. ในกระจกตวง แล้วเติมน้ำจนถึงขีดระดับประมาณ 450 ml.
- 5) เขย่ากระจกตวงไล่ฟองอากาศ เติมน้ำจนถึงระดับ 500 ml. ชั่งน้ำหนัก
- 6) อบทราย/ผงเศษหินในเตอบที่อุณหภูมิ 100 °C. ประมาณ 1 วันทิ้งให้เย็นชั่งน้ำหนัก
- 7) ชั่งน้ำหนักของกระจกตวงที่มีแต่น้ำที่ระดับ 500 ml.

การคำนวณ

จากทฤษฎีความถ่วงจำเพาะจะเท่ากับ น้ำหนักทราย/ผงเซพิน 500 g ต่อน้ำหนักน้ำใน ปริมาณที่เท่ากับทราย/ผงเซพิน

1) ความถ่วงจำเพาะทั้งหมด (Bulk Specific Gravity) ที่สถานะแห้งด้วยเตอบ

$$\text{ถพ.ทั้งหมด} = \frac{\text{นน.ทราย/ผงเซพินแห้งด้วยเตอบ}}{\text{นน.น้ำ 500 มล.} - (\text{นน.ทราย/ผงเซพินอิมตัว 500 กรัม} + \text{นน.น้ำ 500 มล.})}$$

$$\text{หรือ} = A / (B - C + S)$$

$$\text{โดย } A = \text{น้ำหนักของมวลรวมที่แห้งด้วยเตอบ (g.)}$$

$$B = \text{น้ำหนักของกระบอกตวงที่มีน้ำที่ระดับ 500 ml. (g.)}$$

$$C = \text{น้ำหนักของกระบอกตวงที่มีมวลรวมและน้ำที่ระดับ 500 ml. (g.)}$$

$$S = \text{น้ำหนักทรายหรือผงเซพินในสถานะอิมตัวผิวแห้ง (g.)}$$

2) ความถ่วงจำเพาะทั้งหมด (Bulk Specific Gravity) ที่สถานะอิมตัวผิวแห้ง = $S / (B - C + S)$

3) ความถ่วงจำเพาะปรากฏ (Apparent Specific Gravity) = $A / (B - C + A)$

4) ร้อยละการดูดซึม (% Absorption) = $100 * (S - A) / A$

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลและผลการทดลอง (ทราย)

ชนิดและแหล่งที่มาของทราย - ทรายบก

รายการ	ตัวอย่าง	ผลการทดสอบ
		ครั้งที่ 1
1. น้ำหนักของกระบอกตวง, g.	150	200
2. น้ำหนักของทรายอิมตัวผิวแห้ง, g. (S)	500	500
3. น้ำหนักกระบอกตวงที่ใส่น้ำและทราย, g. (C)	950	1030
4. น้ำหนักกระบอกตวงที่ใส่น้ำ, g. (B)	650	700
5. น้ำหนักของทรายแห้งด้วยเตอบ, g. (A)	495	490.05
6. ความถ่วงจำเพาะทั้งหมดในสถานะแห้งด้วยเตอบ	2.475	2.883
7. ความถ่วงจำเพาะทั้งหมดในสถานะอิมตัวผิวแห้ง	2.5	2.941
8. ความถ่วงจำเพาะปรากฏ	2.538	3.062
9. ร้อยละของการดูดซึม	1	2.030

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลและผลการทดลอง (ผงเซพหิน)

ชนิดและแหล่งที่มาของผงเซพหิน - โรง โม่ (บริษัท เจ.คอนสตรัคชั่นจำกัด)

รายการ	ตัวอย่าง	ผลการทดสอบ
		ครั้งที่ 1
1. น้ำหนักของกระบอกตวง, กรัม	150	200
2. น้ำหนักของทรายอิมตัวผิวแห้ง, กรัม (S)	500	500
3. น้ำหนักกระบอกตวงที่ใส่น้ำและทราย, กรัม (C)	950	1030
4. น้ำหนักกระบอกตวงที่ใส่น้ำ, กรัม (B)	650	700
5. น้ำหนักของทรายแห้งด้วยเตาอบ, กรัม (A)	495	490
6. ความถ่วงจำเพาะทั้งหมดในสถานะแห้งด้วยเตาอบ	2.475	2.882
7. ความถ่วงจำเพาะทั้งหมดในสถานะอิมตัวผิวแห้ง	2.5	2.941
8. ความถ่วงจำเพาะปรากฏ	2.538	3.063
9. ร้อยละของการดูดซึม	1	2.041

ตัวอย่างการคำนวณ

1) ความถ่วงจำเพาะทั้งหมด (Bulk Specific Gravity) ที่สถานะแห้งด้วยเตาอบ

$$\text{ถพ.ทั้งหมด} = \frac{\text{นน.ทราย/ผงเซพหินแห้งด้วยเตาอบ}}{\text{นน.น้ำ 500 มล. - (นน.ทราย/ผงเซพหินอิมตัว 500 กรัม + นน.น้ำ 500 มล.)}}$$

$$\begin{aligned} \text{หรือ} &= A / (B - C + S) \\ &= 490 / (700 - 1030 + 500) \\ &= 2.882 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \text{ความถ่วงจำเพาะทั้งหมด (Bulk Specific Gravity) ที่สถานะอิมตัวผิวแห้ง} &= S / (B - C + S) \\ &= 500 / (700 - 1030 + 500) \\ &= 2.941 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \text{ความถ่วงจำเพาะปรากฏ (Apparent Specific Gravity)} &= A / (B - C + A) \\ &= 490 / (700 - 1030 + 490) \\ &= 3.063 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4) \text{ร้อยละการดูดซึม (\% Absorption)} &= 100 * (S - A) / A \\ &= 100 * (500 - 490) / 490 \\ &= 2.041 \end{aligned}$$

3.4 การหาค่ากำลังอัดของมอร์ต้าปูนซีเมนต์ (Test for Compressive Strength of Cement Mortars) (ASTM C109)

วัตถุประสงค์

เพื่อทำการทดสอบหาค่ากำลังอัดของมอร์ต้าปูนซีเมนต์โดยใช้ตัวอย่างรูปลูกบาศก์ขนาด 50 ml. (2 in.)

วัสดุ

- 1) ซีเมนต์ที่ต้องการทดสอบคุณภาพประมาณ 1000 g.
- 2) ผงเศษหินประมาณ 3000 g.
- 3) ทรายประมาณ 3000 g.

เครื่องมือ

- 1) เครื่องชั่งอ่านได้ละเอียดไม่น้อยกว่า 1 g.
- 2) ตระแกรงมาตรฐานสำหรับเบอร์ 100, 50, 30 และ 16
- 3) หลอดแก้วสำหรับดวงขนาด 500 ml. จำนวน 1 ใบ
- 4) แบบหล่อตัวอย่างรูปลูกบาศก์ขนาด 50 ml.
- 5) แท่นทดสอบการไหลแผ่ (Flow Table) พร้อมอุปกรณ์
- 6) เครื่องเหล็กจำนวน 1 อัน
- 7) ถูม็อบจำนวน 1 คู่
- 8) ถาดสำหรับผสมมอร์ต้าปูนซีเมนต์จำนวน 1 ใบ
- 9) เครื่องผสมมอร์ต้า
- 10) แท่งกระทุ้งขนาด 13 x 25 ml. ยาวประมาณ 120 ถึง 150 ml.
- 11) เครื่องทดสอบแรงกดทั่วไป (Universal Testing Machine)

วิธีทดลอง

- 1) ให้น้ำมันชนิดเหลวภายในแบบหล่อตัวอย่างบาง ๆ เพื่อจะได้แกะแบบออกได้โดยง่าย และพยายามป้องกันไม่ให้น้ำมันไหลออกจากแบบหล่อตัวอย่างได้
- 2) ให้เตรียมตัวอย่างทรายและผงเศษหินตามตารางที่ 3.5 ให้เพียงพอ สำหรับการทดสอบครั้งนี้สัดส่วนโดยน้ำหนัก และใช้น้ำในอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.485 สำหรับซีเมนต์ซิลิกาที่ไม่มีสารกักกระจายฟองอากาศ และร้อยละการดูดซึมน้ำของทรายเท่ากับ 2.031 ของผงเศษหินเท่ากับ 2.041
- 3) ปริมาณของวัสดุที่จะต้องผสมสำหรับการทดสอบตัวอย่างมอร์ต้าจะผสมตามมาตรฐานที่ไม่เท่าเท่ากัน โดยจะผสมอย่างละ 3 ตัวอย่างได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 สัดส่วนของวัสดุสำหรับการทดลอง

วัสดุ	ก้อนตัวอย่างที่ (S,R)			
	1-3	4-6	7-9	10-12
ซีเมนต์, g	350	300	250	200
ผงทราย, g	650	700	750	800
น้ำ : ทราย (ml: g)	183.0	159.71	136.48	113.24
น้ำ : ผงเศษหิน (ml: g)	183.0	159.71	136.48	113.24

7) เมื่อผสมเสร็จแล้วให้เริ่มเทมอร์ต้าใส่แบบหล่อตัวอย่าง โดยใส่ชั้นแรกหนาประมาณ 25 mm. ในสัดส่วนละ 3 ช่อง กระทุ้งแต่ละช่องจำนวน 32 ครั้งให้เสร็จภายในเวลา 10 วินาที การกระทุ้งเป็น 4 รอบ โดยแต่ละรอบให้ตั้งฉากกับรอบอื่น และกระทุ้งนั้นให้มีน้ำหนักเพียงพอที่จะให้ มอร์ต้าบรรจุได้เต็มแบบหล่อเท่านั้น กระทุ้งให้เสร็จ 4 รอบในแต่ละช่องก่อนที่จะไปกระทุ้งช่องอื่นต่อไป เมื่อกระทุ้งชั้นแรกเสร็จหมดเรียบร้อยแล้ว ให้ใส่มอร์ต้าส่วนที่เหลือให้เต็มครบทุกแบบหล่อแล้วกระทุ้งเช่นเดียวกับชั้นแรก โดยให้มอร์ต้าเมื่อกระทุ้งเสร็จแล้วสูงกว่าแบบเล็กน้อย จากนั้นให้ใช้เกรียงแต่งให้เรียบร้อย

8) หลังจากหล่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้เก็บตัวอย่างซึ่งอยู่ในแบบไว้ในห้องเก็บความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ถอดแบบออกแล้วแช่น้ำสะอาดเป็นเวลา 7 วัน แล้วจึงนำไปตากแดดจนก้อนตัวอย่างแห้งสนิทจึงนำมาทดสอบได้

9) ทดสอบกำลังอัดของตัวอย่างมอร์ต้าลูกบาศก์ ตามอายุที่กำหนดไว้ โดยอนุญาตให้มีความคลาดเคลื่อนของอายุได้ดังนี้

อายุทดสอบ	ความคลาดเคลื่อนได้
24 cm.	$\pm \frac{1}{2}$ cm.
3 day.	± 1 cm.
7 day.	± 3 cm.

หมายเหตุ : สำหรับการทดสอบนี้จะใช้อายุทดสอบที่ 7 วัน

ก่อนการทดสอบให้เช็ควัสดุตัวอย่างให้แห้งพร้อมทั้งทำความสะอาดตัวอย่างด้วยและในการทดสอบให้ทดสอบในเครื่องทดสอบแรงกดทั่วไปโดยให้แรงอัดทางด้านข้างที่มีผิวเรียบทั้งสองด้าน ให้ทดสอบจนกระทั่งตัวอย่างแตกโดยใช้เวลาทดสอบระหว่าง 20 ถึง 80 วินาที

การคำนวณ

ค่ากำลังอัดของตัวอย่างแต่ละก้อนคำนวณได้จากสูตร

$$f_c = P/A$$

เมื่อ f_c = กำลังอัด , kg./cm².

P = แรงอัดประลัย , kg.

A = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างจริง , cm.²

อนึ่งหากค่ากำลังอัดของแต่ละตัวอย่างแตกต่างไปจากค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบทั้งหมดเกินกว่า 10 % แล้วถือว่าค่านั้นใช้ไม่ได้ อย่างไรก็ตามหลังจากตัดค่าที่ใช้ไม่ได้ออกแล้วจะต้องมีผลการทดสอบเหลือไว้อย่างน้อยสำหรับหาค่าเฉลี่ย หากเหลือน้อยกว่า 2 ค่า จะต้องทำการทดสอบใหม่ทั้งหมด



ข้อมูลและผลการทดลอง (ผงเสขหิน)

ชนิดของซีเมนต์	ซีลิกา
จำนวนตัวอย่างลูกบาศก์	3 ตัวอย่างจำนวน 4 ชุด
น้ำหนักของซีเมนต์, g.	ดังตารางที่ 3.5
น้ำหนักของผงหิน, g.	ดังตารางที่ 3.5
น้ำหนักของน้ำ, g.	ดังตารางที่ 3.5
อุณหภูมิของห้องปฏิบัติการ, °C.	30 °C
วันที่หล่อตัวอย่าง	20 พฤศจิกายน 2551
เวลา	09.00-12.00 น.

ตารางที่ 3.6 กำลังรับแรงอัดปูนซีเมนต์มอร์ต้าที่ใช้ผงเสขหินเป็นส่วนผสม

ตัวอย่าง	น.น. (g)	พ.ท.หน้าตัด (cm ²)	แรงอัด (kg)	กำลังอัดประลัย(ksc)	
				แต่ละก้อน	เฉลี่ย
R1	280	25	5708	228.33	212.02
R2	290	25	5607	224.26	
R3	290	25	4587	183.48	
R4	280	25	5505	220.18	217.46
R5	280	25	5097	203.87	
R6	290	25	5708	228.34	
R7	290	25	6116	244.64	241.92
R8	290	25	6014	240.57	
R9	290	25	6014	240.57	
R10	300	25	4689	187.56	190.28
R11	300	25	4791	191.64	
R12	300	25	4791	191.64	

ข้อมูลและผลการทดลอง (ทราย)

ชนิดของซีเมนต์	ซีลิกา
จำนวนตัวอย่างลูกบาศก์	3 ตัวอย่างจำนวน 4 ชุด
น้ำหนักของซีเมนต์, g.	ดังตารางที่ 3.5
น้ำหนักของผงหิน, g.	ดังตารางที่ 3.5
น้ำหนักของน้ำ, g.	ดังตารางที่ 3.5
อุณหภูมิของห้องปฏิบัติการ, °C.	30 °C.
วันที่หล่อตัวอย่าง	20 พฤศจิกายน 2551
เวลา	09.00-12.00 น.

ตารางที่ 3.7 กำลังรับแรงอัดของปูนซีเมนต์มอร์ต้าที่ใช้ทรายเป็นส่วนผสม

ตัวอย่าง	น.น. (g)	พ.ท.หน้าตัด (cm ²)	แรงอัด (kg)	กำลังอัดประลัย(ksc)	
				แต่ละก้อน	เฉลี่ย
S1	280	25	4383	175.33	188.92
S2	280	25	4689	187.56	
S3	280	25	5097	203.87	
S4	280	25	5199	207.95	199.92
S5	280	25	4689	187.96	
S6	280	25	5097	203.87	
S7	280	25	5199	208.97	197.42
S8	280	25	4587	183.49	
S9	280	25	4995	199.79	
S10	280	25	4791	191.64	190.28
S11	280	25	4383	175.33	
S12	280	25	5097	203.87	

ตัวอย่างการคำนวณ

$$\begin{aligned}
 f_c &= P/A \quad \text{kg./cm}^2. \\
 &= 43/25 \quad \text{kg./cm}^2. \\
 &= 1.72 \quad \text{kg./cm}^2.
 \end{aligned}$$

$$\text{ค่ากำลังอัดประลัยเฉลี่ย } (1.72+1.84+2.00)/3 = 1.85 \quad \text{kg./cm}^2.$$

3.5 การหาค่ากำลังดึงของมอร์ต้าปูนซีเมนต์ (Test for Tensile Strength of Cement Mortars) (ASTM C190)

วัตถุประสงค์

เพื่อทำการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงดึง (Tensile Strength) ของมอร์ต้าซีเมนต์ (Cement Mortars) หรือที่เรียกว่าปูนก่อ โดยใช้ตัวอย่างแบบบริเกต (Briquet – Specimen)

วัสดุ

ซีเมนต์ที่ต้องการทดสอบประมาณ 300 g.

ทรายบกประมาณ 900 g.

ผงเศษหินประมาณ 900 g.

เครื่องมือ

1. แบบหล่อบริเกต (Briquet Mold) จำนวน 3 ชุด ซึ่งแต่ละชุดสามารถหล่อตัวอย่างได้ 3 ตัวอย่าง ความยาวสุดของตัวอย่างเท่ากับ 7.63 cm. (3 in.) ส่วนที่แคบที่สุดเท่ากับ 2.54 cm. (1 in.) และมีความหนาเท่ากับ 2.54 cm. (1 in.)
2. เครื่องชั่งซึ่งอ่านได้ละเอียดไม่น้อยกว่า 1 g.
3. ตะแกรงมาตรฐานสหรัฐอเมริกาซึ่งมีช่องว่าง 0.85 mm. (เบอร์ 20) และ 0.600 mm. (เบอร์ 30)
4. หลอดแก้วสำหรับตวง (Glass Graduate) ซึ่งอ่านได้ละเอียดถึง 1 ml.
5. เครื่องเหล็ก (Trowel)
6. ถุงมือยาง (Rubber Gloves)
7. เครื่องมือทดสอบกำลังดึงแบบบริเกต (Briquet Testing Machine)

อุณหภูมิและความชื้น

- 1) อุณหภูมิของอากาศในบริเวณที่ทำการทดลอง รวมทั้งอุณหภูมิของเครื่องมือควรอยู่ระหว่าง 20 ถึง 27.5 °C. อุณหภูมิของห้องเก็บตัวอย่างบริเกตควรอยู่ระหว่าง 21.3 ถึง 24.7 °C.
- 2) ความชื้นสัมพัทธ์ ของห้องทดลองหรือห้องปฏิบัติการไม่ควรน้อยกว่า ร้อยละ 50 และ ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องเก็บตัวอย่างไม่ควรน้อยกว่าร้อยละ 95

จำนวนตัวอย่างบรีเคท

ในการทดสอบหาผลของกำลังคึงของตัวอย่างแต่ละชุดควรทดสอบไม่น้อยกว่า 3 ตัวอย่าง

วิธีทดลอง

- 1) ให้ทาน้ำมันชนิดเหลวภายในแบบหล่อตัวอย่างบาง ๆ เพื่อจะได้แกะแบบออกได้โดยง่าย และพยายามป้องกันไม่ให้น้ำมันไหลออกจากแบบหล่อตัวอย่างได้
 - 2) ให้เตรียมตัวอย่างทรายและผงเซพินตามตารางที่ 3.8 ให้เพียงพอ สำหรับการทดสอบครั้งนี้สัดส่วนโดยน้ำหนัก และใช้น้ำในอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.485 สำหรับซีเมนต์ซิลิกาที่ไม่มีสารกักกระจายฟองอากาศ และร้อยละการดูดซึ่มของทรายเท่ากับ 2.031 ของผงเซพินเท่ากับ 2.041
 - 3) ปริมาณของวัสดุที่จะต้องผสมสำหรับการทดสอบตัวอย่างมอร์ต้าจะผสมตามมาตราส่วนที่ไม่เท่าเท่ากันโดยจะผสมอย่างละ 3 ตัวอย่างได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.8
 - 4) ค่อยๆ เทน้ำปริมาณเท่ากับที่คำนวณได้จากตารางที่ 3.8 ลงในอ่างผสมมอร์ต้าให้เสร็จสิ้นภายในเวลา 30 วินาที
 - 5) เดินเครื่องไปเรื่อยๆ จนส่วนผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน
 - 6) เทมอร์ต้าซีเมนต์ที่ผสมแล้วลงในแบบบรีเคทจนพูนออกมา แบบบรีเคทนี้จะต้องสะอาดและชโลมน้ำมันให้ทั่วไว้ก่อนแล้ว จากนั้นใช้หั่วแม่มือทั้งสองข้างกดมอร์ต้าให้ทั่วตัวอย่างละ 12 ครั้งแรงที่หั่วแม่มือทั้งสองข้างใช้กดประมาณ 6.8 ถึง 9.1 kg.
 - 7) ตักมอร์ต้าใส่ให้พูนอีกเล็กน้อย จากนั้นใช้เกรียงปาดและกดหน้าให้เรียบ แรงกดจะต้องไม่เกิน 1.8 kg.
 - 8) กลับแบบโดยใช้แผ่นแก้วช่วย จากนั้นให้ทำซ้ำตามข้อ 7 อีกครั้งหนึ่ง (ห้ามกระทุ้งกระแทก หรือใช้เกรียงกดคนอกเหนือไปจากใช้เกรียงทำให้ผิวหน้าเรียบเท่านั้น)
 - 9) เก็บตัวอย่างทั้งหมดในห้องเก็บตัวอย่างเป็นระยะเวลาประมาณ 20 ถึง 24 ชั่วโมง โดยให้ผิวบนของตัวอย่างสัมผัสกับอากาศขึ้นแต่ไม่ให้ถูกหยดน้ำ ห้ามแกะแบบออกก่อนที่ตัวอย่างจะมีอายุครบ 24 ชั่วโมง
- ให้เก็บตัวอย่างไว้ในอากาศชื้นจนครบ 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำเอาตัวอย่างไปแช่ไว้ในน้ำ น้ำที่แช่ควรจะสะอาดโดยมีการเปลี่ยนน้ำอยู่เสมอ
- 10) ทดสอบกำลังคึงของตัวอย่างมอร์ต้าซีเมนต์ ตามอายุที่กำหนดไว้ในมาตรฐานที่อ้างอิง โดยอนุญาตให้มีความคลาดเคลื่อนของอายุได้ดังนี้

อายุทดสอบ	ความคลาดเคลื่อนได้
24 hr.	$\pm \frac{1}{2}$ hr.
3 day.	± 1 cm.
7 day.	± 3 cm.

ก่อนการทดสอบให้แช่คิ้วตัวอย่างให้แห้งพร้อมทั้งทำความสะอาดตัวอย่างด้วยจากนั้นจึงใส่ตัวอย่างบริเทท ในเครื่องทดสอบกำลังดึง โดยใช้แรงดึงสม่ำเสมอด้วยในอัตราดึงประมาณ 5.0 มม.ต่อวินาที จนกระทั่งตัวอย่างขาด (Fail)

หมายเหตุ ค่ากำลังดึงของแต่ละตัวอย่าง ถ้าหากว่าแตกต่างไปจากค่าเฉลี่ยเกิน 15% แล้วจะถือว่าค่านั้นใช้ไม่ได้ แต่อย่างน้อยจะต้องเหลือไว้สองค่า สำหรับหาค่าเฉลี่ยของกำลังดึง หากเหลือน้อยกว่า 2 ค่าจะต้องทำการทดสอบใหม่ทั้งหมด

การคำนวณ

ค่ากำลังดึงตัวอย่างบริเททนี้ จะแสดงออกมาในรูปของหน่วยแรงดึงที่ทำให้ตัวอย่างบริเททขาดพอดีคำนวณได้จากสูตร

$$f_t = \frac{P}{A}$$

เมื่อ f_t = ค่ากำลังดึง (Tensile Strength) หรือหน่วยแรงดึง (Tensile Stress) ที่จุดประลัย

P = แรงดึงประลัย

A = พื้นที่หน้าตัดที่เล็กที่สุดของตัวอย่างบริเทท

ตารางที่ 3.8 สัดส่วนของวัสดุสำหรับการทดลอง

วัสดุ	ก้อนตัวอย่างที่ (S,R)			
	1-3	4-6	7-9	10-12
ซีเมนต์, g	350	300	250	200
ผงทราย, g	650	700	750	800
น้ำ : ทราย (ml: g)	183.0	159.71	136.48	113.24
น้ำ : ผงเศษหิน (ml: g)	183.0	159.71	136.48	113.24



ข้อมูลและผลการทดลอง (ผงหิน)

ชนิดของซีเมนต์	ซีลิกา
จำนวนตัวอย่างลูกบาศก์	3 ตัวอย่างจำนวน 4 ชุด
น้ำหนักของซีเมนต์, g.	ดังตารางที่ 3.8
น้ำหนักของผงหิน, g.	ดังตารางที่ 3.8
น้ำหนักของน้ำ, g.	ดังตารางที่ 3.8
อุณหภูมิของห้องปฏิบัติการ, °C.	30 °C.
วันที่หล่อตัวอย่าง	19 พฤศจิกายน 2551
เวลา	09.00-12.00 น.

ตารางที่ 3.9 กำลังรับแรงดึงปูนซีเมนต์มอร์ต้าที่ใช้ผงเศษหินเป็นส่วนผสม

ตัวอย่าง	พ.ท หน้าตัด (cm ²)	แรงดึงประลัย (kg)	กำลังดึงประลัย (ksc)	
			แต่ละก้อน	เฉลี่ย
R1	9	65	16.30	15.10
R2	9	77	15.67	
R3	9	72	13.33	
R4	9	72	19.44	18.44
R5	9	77	21.78	
R6	9	68	14.11	
R7	9	139	13.33	15.96
R8	9	129	17.00	
R9	9	126	17.56	
R10	9	83	17.00	16.89
R11	9	131	17.56	
R12	9	106	16.11	

ข้อมูลและผลการทดลอง (ทราย)

ชนิดของซีเมนต์	ซีลิกา
จำนวนตัวอย่างลูกบาศก์	3 ตัวอย่างจำนวน 4 ชุด
น้ำหนักของซีเมนต์, ก.	คังตารางที่ 3.8
น้ำหนักของผงหิน, ก.	คังตารางที่ 3.8
น้ำหนักของน้ำ, ก.	คังตารางที่ 3.8
อุณหภูมิของห้องปฏิบัติการ, °C.	30 °C.
วันที่หล่อตัวอย่าง	20 พฤศจิกายน 2551
เวลา	09.00-12.00 น.

ตารางที่ 3.10 กำลังรับแรงดึงปูนซีเมนต์มอร์ต้าที่ใช้ทรายเป็นส่วนผสม

ตัวอย่าง	พ.ท หน้าตัด (cm ²)	แรงดึงประลัย (kg)	กำลังดึงประลัย (ksc)	
			แต่ตะก้อน	เฉลี่ย
S1	9	65	7.22	7.93
S2	9	77	8.56	
S3	9	72	8.00	
S4	9	72	8.00	8.04
S5	9	77	8.56	
S6	9	68	7.56	
S7	9	139	15.44	14.59
S8	9	129	14.33	
S9	9	126	14.00	
S10	9	83	9.22	11.85
S11	9	131	14.56	
S12	9	106	11.78	

3.6 การทดลองกำลังรับแรงอัดโดยใช้ปูนซีเมนต์มอร์ต้าก่อผนังอิฐโดยใช้ในมวลรวมชนิดต่างๆ เป็น ส่วนผสม (ASTM C270)

วัตถุประสงค์

เพื่อทำการทดสอบหาค่ากำลังอัดของปูนซีเมนต์มอร์ต้าโดยการการก่อกับอิฐมอญ โดยใช้ มวลรวมต่างๆเป็นส่วนผสม

วัสดุ

- 1) ซีเมนต์ที่ต้องการทดสอบคุณภาพประมาณ 1000 g.
- 2) ผงเศษหินประมาณ 3000 g.
- 3) ทรายประมาณ 3000 g.
- 4) อิฐมอญประมาณ 50 ก้อน

เครื่องมือ

- 1) เครื่องชั่งอ่านได้ละเอียดไม่น้อยกว่า 1 g.
- 3) หลอดแก้วสำหรับตวงขนาด 500 ml. จำนวน 1 ใบ
- 4) แบบหล่อตัวอย่างรูปลูกบาศก์ขนาด 50 ml.
- 5) แท่นทดลองการไหลแผ่ (Flow Table) พร้อมอุปกรณ์
- 6) เครื่องเหล็กจำนวน 1 อัน
- 7) ถังมือยางจำนวน 1 คู่
- 8) ถาดสำหรับผสมมอร์ต้าปูนซีเมนต์จำนวน 1 ใบ
- 9) เครื่องผสมมอร์ต้า
- 10) แท่งกระทุ้งขนาด 13 x 25 ml. ยาวประมาณ 120 ถึง 150 ml.
- 11) เครื่องทดสอบแรงกดทั่วไป (Universal Testing Machine)

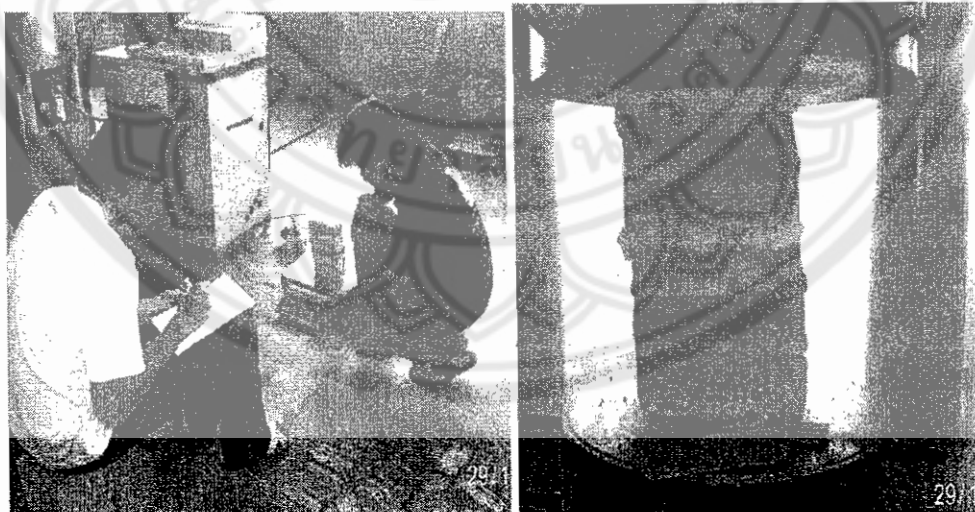
วิธีทดลอง

- 1) จัดเตรียมวัสดุให้พร้อม และนำอิฐมอญไปแช่น้ำ
- 2) สำหรับหัวข้อนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุด ดังนี้
 - ชุดที่ 1 ปูนซีเมนต์ผสมกับผงเศษหินในอัตราส่วน 25:75 โดยน้ำหนัก (ชุดตัวอย่าง R7-R9)
 - ชุดที่ 2 ปูนซีเมนต์ผสมกับทรายในอัตราส่วน 30:70 โดยน้ำหนัก (ชุดตัวอย่าง S4-S6)
 - ชุดที่ 3 ปูนซีเมนต์มอร์ต้าสำเร็จรูปจากท้องตลาดยี่ห้อหนึ่ง (ชุดตัวอย่าง M1-M3 โดย ใช้สัดส่วนปูนซีเมนต์สำเร็จรูป 5 kg ต่อน้ำ 600 ml)

- 3) ทำการผสมตามมาตรฐาน โดยก่อกับอิฐมอญ 5 ชั้น ระหว่างชั้นก่อกหนา 1 cm.และทำการฉาบทับด้านบนและด้านล่างหนา 1 cm.
- 4) บ่มในอากาศชื้นเป็นเวลา 7 วัน

ตารางที่ 3.11 กำลังอัดของผนังอิฐก่อกที่ใช้มวลรวมต่างๆกัน เป็นส่วนผสม

ตัวอย่าง	น.น. (g)	พ.ท.หน้าตัด (cm ²)	แรงอัด (kg)	กำลังอัดประลัย(ksc)	
				แต่ละก้อน	เฉลี่ย
R7	3305	84	2039	24.26	31.53
R8	3520	84	2854	33.94	
R9	3530	84	3058	36.39	
S4	3335	84	1835	21.81	25.85
S5	3060	84	2039	24.26	
S6	3505	84	2650	31.49	
M1	3515	84	1733	20.59	30.31
M2	3205	84	2039	24.26	
M3	3300	84	3874	46.08	



รูปที่ 3.4 การทดลองกำลังรับแรงอัดของผนังอิฐ