

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึง อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง วัสดุที่ใช้ในการทดลอง ขั้นตอนการเตรียม วัสดุที่ใช้ในการทดลอง วิธีการทดลอง และขั้นตอนการทดสอบตัวอย่างมอร์ต้า ซึ่งเป็นบทที่สำคัญที่สุดของโครงการวิจัยนี้ โดยมีการอ้างอิงถึงมาตรฐานดังต่อไปนี้

- การทดสอบหาค่ากำลังอัดของมอร์ต้าซีเมนต์

เอกสารอ้างอิง

1. มาตรฐาน ASTM C 109
2. มาตรฐาน ASTM C 305
3. มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 15 เล่มที่ 1
4. มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 15 เล่มที่ 12
5. มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 15 เล่มที่ 19

- การทดสอบหาระยะเวลาก่อตัวของซีเมนต์โดยใช้เข็มแบบไวแลต

เอกสารอ้างอิง

1. มาตรฐาน ASTM C 191
2. มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 9

ซึ่งก่อนทำการทดลองจะต้องมีการเตรียมการเกี่ยวกับอุปกรณ์และวัสดุในการทดลอง เพื่อให้ได้ทำการทดลองได้ทันทีและยังช่วยให้การดำเนินงานในการทำโครงการวิจัยเป็นไปตามแผนการดำเนินงานที่วางไว้ อีกทั้งการเตรียมวัสดุที่ดีและการทำการทดลองเป็นขั้นตอน จะทำให้ผลการทดลองที่ได้มีประสิทธิภาพ เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 3.1.1 เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler Teledo รุ่น PB 302 ผลิตจากประเทศสวิตเซอร์แลนด์
- 3.1.2 ถาดอลูมิเนียม
- 3.1.3 ตู้อบยี่ห้อ SHELLAB รุ่น 1390 FX ผลิตจากประเทศอเมริกา
- 3.1.4 เครื่องเขย่าตะแกรงร่อนทราย ของบริษัท ENDECOTTS รุ่น EFL 2000/2 ผลิตจากประเทศอังกฤษ
- 3.1.5 แบบหล่อมอร์ต้าเพื่อทดสอบกำลังอัด ขนาด 5 x 5 x 5 cm.
- 3.1.6 ชุดทดสอบกำลังอัด ยี่ห้อ TECHNOSTEST ผลิตจากประเทศอิตาลี
- 3.1.7 เกรียง
- 3.1.8 แท่งเหล็ก
- 3.1.9 กระบอกตวงน้ำ
- 3.1.10 เครื่องมือทดสอบระยะก่อดัวไวกเกต
- 3.1.11 นาฬิกาจับเวลา

3.2 วัสดุที่ใช้

- 3.2.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ตราเพชร ผลิตจากบริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) ประเทศไทย แต่ละถุงมีน้ำหนัก 50 กิโลกรัม บรรจุในถุงกระดาษเสริมพลาสติกกันความชื้น ไม่มีรอยร้าว และถูกเก็บไว้ในที่แห้ง มีเม็ดละเอียดไม่จับตัวกันเป็นก้อน
- 3.2.2 ทราย
- 3.2.3 น้ำประปาที่สะอาด
- 3.2.4 ซีเมนต์กลบ
โดยได้นำซีเมนต์กลบจากโรงสี ณ ตำแหน่งต่างๆของจังหวัดพิษณุโลกดังนี้
โรงที่ 1 โรงสีไฟสิงหวัฒน์
โรงที่ 2 โรงสีไฟพรพิษณุ
โรงที่ 3 โรงสีไฟเบญจพิช

3.3 การเตรียมวัสดุ

3.3.1 ทราบ

นำทราบที่ซื้อมาล้างให้สะอาดโดยน้ำที่สะอาด โดยสังเกตจากสีของน้ำที่ใช้ล้างทราบ ให้มีความสะอาด และนำไปผึ่งแดดให้ทราบอยู่ในสภาพอิมตัวผิวแห้ง โดยแบ่งทราบเป็น 2 ขนาด

ขนาดที่ 1 ที่ใช้ผสมมอร์ต้าเพื่อทดสอบกำลังอัด โดยทราบต้องมีขนาดคละดังแสดงในตารางที่ 3.3.1

ตารางที่ 3.1 ขนาดคละของทราบ

ขนาดตะแกรง	ร้อยละที่ค้างบนตะแกรง
16	0
30	2 ± 2
50	72 ± 5
100	98 ± 2

ขนาดที่ 2 ใช้ผสมมอร์ต้าสำหรับทดสอบกำลังดึง โดยทราบที่ใช้ต้องผ่านตะแกรงตะแกรงเบอร์ 20 และค้างตะแกรงเบอร์ 30

แล้วนำทราบที่ได้เก็บไว้ในถังเก็บวัสดุเพื่อกันฝุ่น เพื่อให้ได้มาตรฐานที่แน่นอนเตรียมไว้สำหรับการผสมมอร์ต้าต่อไป

3.3.2 ซีเมนต์กลบ

ใช้ซีเมนต์กลบจากโรงสีไฟ 3 แห่ง โดยนำกลบไปผึ่งแดดให้แห้ง แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 100 เก็บไว้ในถังพลาสติกปิดฝาให้สนิท ก่อนที่จะนำมาผสมเป็นมอร์ต้า

3.4 วิธีการทดลอง

- 3.4.1 การทดสอบหาขนาดคละของทรายและค่าโมดูลัสความละเอียดของทราย
- 3.4.1.1 ทำความสะอาดทรายที่ได้จากแหล่งให้สะอาด หลังจากนั้นให้นำทรายไปอบที่อุณหภูมิ 110 - 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
 - 3.4.1.2 นำทรายที่ได้มาชั่งน้ำหนัก 500 กรัม เพื่อใช้หาขนาดคละและโมดูลัสความละเอียด
 - 3.4.1.3 นำตะแกรงมาตรฐาน 4,8,16,50,100 และถัดมาเรียงกันเป็นชุดบนเครื่องเขย่า โดยให้ตะแกรงขนาดใหญ่อยู่ข้างบน วางเรียงกันตามลำดับ
 - 3.4.1.4 เททรายลงบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 ซึ่งอยู่ชั้นบนสุด ปิดฝาให้แน่นแล้วนำเข้าเครื่องเขย่าทราย เปิดสวิทซ์เครื่องเขย่าใช้เวลาประมาณ 10 นาทีแล้วปิดสวิทซ์
 - 3.4.1.5 ชั่งน้ำหนักทรายที่ค้างบนตะแกรงในแต่ละตะแกรง รวมทั้งทรายที่ค้างในถาดรองด้วยเครื่องชั่งที่อ่านค่าละเอียดถึง 0.1 กรัม
 - 3.4.1.6 คำนวณร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกรงในแต่ละขนาด
 - 3.4.1.7 คำนวณหาค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus)
 - 3.4.1.8 นำเอาค่าร้อยละสะสมที่ค้างบนตะแกรงมาตรฐานแต่ละขนาดมาเขียนกราฟและแผนภูมิขนาดคละของทราย
- 3.4.2 การทดสอบหาระยะการก่อตัวของซีเมนต์ และซีเมนต์ผสมซีเถ้ากลบ โดยใช้เจ็มไวแคต
- 3.4.2.1 เตรียมตัวอย่างซีเมนต์และซีเถ้ากลบตามส่วนผสมตามตารางที่ 3.4.2

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนผสมของซีเมนต์เพสต์

ส่วนผสม	ซีเมนต์	แกลบ	น้ำ
100 %	325	0	84.5
10 %	292.5	32.5	84.5
20 %	260	65	84.5
30 %	227.5	97.5	84.5
40 %	19	130	84.5
50 %	162.5	162.5	84.5

3.4.2.1 ผสมอัตราส่วนผสมให้เข้ากัน จากนั้นเกลี่ยให้มีลักษณะเป็นรูปกรวยภูเขาไฟ แล้วใส่น้ำในปริมาณที่ได้คำนวณไว้

3.4.2.2 ผสมน้ำกับซีเมนต์ให้เข้ากันและป็นเป็นก้อนกลมๆอย่างรวดเร็ว

3.4.2.3 กดซีเมนต์ใส่พิมพ์วงแหวนและตกแต่งผิวให้เรียบร้อย

3.4.2.4 ทดสอบหาระยะการก่อตัวจนได้ระยะเข็มจมน้อยกว่า 25 มม.

3.4.2.5 เขียนกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ผ่านไปในขณะที่เข็มจมนลงไป 25 มม. ระยะที่ได้คือระยะการก่อตัวของซีเมนต์นั้นๆ

3.4.3 การทดสอบหาค่ากำลังอัดของมอร์ต้า (Test for Compressive Strength of Cement Mortar)

3.4.3.1 ทาน้ำมันชนิดเหลวภายในแบบหล่อตัวอย่างบางๆเพื่อจะได้แกะแบบออกได้โดยง่าย

3.4.3.2 เตรียมอัตราส่วนผสม ตามตารางที่ 3.4.2

ตารางที่ 3.3 อัตราส่วนผสมมอร์ต้า สำหรับตัวอย่างลูกบาศก์ ขนาด 5 x 5 x 5 ซม.จำนวน ตัวอย่าง

ประเภท	ปูน (Kg)	ซีเมนต์ (Kg)	ทราย (Kg)	น้ำ (Kg)
100 %	0.090	-	0.248	0.044
10 %	0.081	0.009	0.248	0.044
20 %	0.072	0.018	0.248	0.044
30 %	0.063	0.027	0.248	0.044
40 %	0.054	0.036	0.248	0.044
50 %	0.045	0.045	0.248	0.044

- 3.4.3.3 การผสมมาร์ต้านั้นให้ผสมด้วยเครื่องผสมมอร์ต้า ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 15 เล่น 1 การผสมมอร์ต้าปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกด้วยเครื่องผสม
- 3.4.3.4 หลังจากผสมตามข้อ 3 เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ทิ้งไว้ในอ่างอีก 90 วินาทีแล้วผสมอีกครั้งด้วย ความเร็วปานกลางเป็นเวลา 15 วินาที
- 3.4.3.5 ให้เริ่มเทมอร์ต้าใส่แบบหล่อตัวอย่าง โดยใส่ชั้นแรกหนาประมาณ 25 มม. ให้ครบทุกแบบหล่อ กระทั่งแต่ละแบบหล่อจำนวน 32 ครั้ง ให้เสร็จภายในเวลา 10 วินาที กระทั่งเป็น 4 รอบ โดยแต่ละรอบให้ตั้งฉากกับรอบอื่น และกระทั่งให้มอร์ต้าหนักเพียงพอที่จะให้มอร์ต้าบรรจุได้เต็มแบบหล่อเท่านั้น
- กระทั่งชั้นแรกเสร็จหมดเรียบร้อยแล้ว ให้ใส่มอร์ต้าส่วนที่เหลือให้ครบทุกแบบหล่อ แล้วกระทุ้งเช่นเดียวกันกับชั้นแรก โดยให้มอร์ต้าเมื่อกระทุ้งเสร็จแล้วสูงกว่าแบบเล็กน้อย จากนั้นให้ใช้เกรียงแต่งให้เรียบร้อย
- 3.4.3.6 หลังจากหล่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้เก็บตัวอย่างซึ่งอยู่ในแบบหล่อไว้ในห้องเก็บความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ถอดแบบออกแล้วแช่ในน้ำที่สะอาด และหมั่นเปลี่ยนน้ำอยู่เสมอ
- 3.4.3.7 ทดสอบกำลังอัดของตัวอย่างมอร์ต้าลูกบาศก์ ตามอายุ 3 , 7 , 14 , 28 และ 60 วัน โดยอนุญาตให้มีความเคลื่อนของอายุได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.4 ความคลาดเคลื่อนของอายุ

อายุ	ความคลาดเคลื่อน
24 ชม.	$\pm 1/2$ ชม.
3 วัน	± 1 ชม.
7 วัน	± 3 ชม.
28 วัน	± 12 ชม.

วิธีทดสอบกำลังอัดของมอร์ต้า

1. เช็ดผิวก้อนตัวอย่างของมอร์ต้าให้แห้ง และทำความสะอาดผิวตัวอย่างด้วยผ้าที่สะอาดให้แห้ง
2. วัดขนาด ความกว้าง ความยาว ความสูงของก้อนตัวอย่างลูกบาศก์ และคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดกกด
3. ทำความสะอาดผิวแท่นกกด (Bearing Faces) ทั้งด้านบนและด้านล่างของเครื่องทดสอบแรงกกด
4. วางแท่งตัวอย่างทดสอบให้อยู่ในแนวศูนย์กลางของน้ำหนักรกกดแล้วเลื่อนผิวแท่นกกดสัมผัสกับก้อนตัวอย่างทดสอบให้สนิท
5. ป้อนข้อมูลพื้นที่หน้าตัดและอัตราการกกด ลงในเครื่องทดสอบแรงกกด
6. เปิดเครื่องทดสอบกำลังอัดให้น้ำหนักกกดลงอย่างสม่ำเสมอด้วยอัตราคงที่ 15 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที ตลอดการกกดก้อนตัวอย่างทดสอบและขณะเครื่องทดสอบทำงานให้สังเกตน้ำหนักกกดลงบนก้อนตัวอย่าง บนหน้าจอเครื่องกกดจนกระทั่งก้อนทดสอบถึงจุดประลัยและกำลังอัดตกลงเรื่อยๆจนกระทั่งก้อนตัวอย่างแตก
7. บันทึกที่กกำลังอัดสุดท้าย และค่าความเค้นสูงสุดที่แสดงบนหน้าจอเครื่องกกด และหาค่าเฉลี่ยของกำลังอัดที่จุดประลัย
8. นำค่าน้ำหนักกกด มา plot กราฟกำลังอัดต่อเวลา