

บทที่ 3

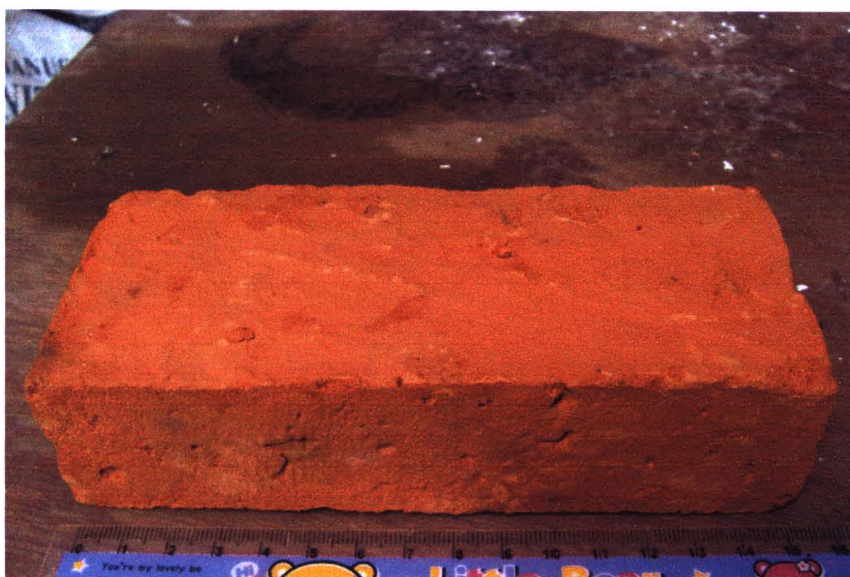
วิธีการวิจัย

3.1 การเตรียมวัสดุอุปกรณ์และตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบ อิฐ มอर्टาร์ และปรีซึมอิฐก่อ โดยเลือกใช้วัสดุประเภท อิฐดินเผา ปูนขาวสด ทราย กรวดกำมะถัน และอีพ็อกซี่ เป็นวัสดุหลักในการทดสอบ ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดมีแหล่งที่มาและการจัดเก็บต่างกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. อิฐดินเผา

อิฐดินเผาที่ใช้ในการทดสอบเป็นอิฐดินเผาที่ใช้ในการบูรณะซ่อมแซมโบราณสถานในปัจจุบัน ซึ่งผลิตจากร้านช่างทอง จังหวัดเชียงใหม่ ลักษณะของอิฐที่ใช้ทดสอบมีขนาดประมาณ $6 \times 15 \times 3.5$ เซนติเมตร ดังรูป 3.1 มีอายุหลังการผลิตประมาณ 7 วัน ไม่มีรูกลวง ไม่มีลวดลาย มีรอยแตกและโพรงช่องว่างเล็กน้อย การจัดเก็บอิฐของแหล่งผลิต จะนำมากองซ้อนกันบนพื้นดินโดยไม่มีการปกคลุมและห่อหุ้ม



รูป 3.1 ลักษณะของอิฐดินเผาที่ใช้ในการทดสอบ

2. ปูนขาวสด

งานวิจัยนี้ใช้ปูนขาวสดที่ได้จากการเผาหินปูน (แคลเซียมคาร์บอเนต) ซึ่งผลิตจากร้านกิติ ภัณฑ์ (ปูนขาว) จังหวัดเชียงใหม่ ลักษณะเป็นผงสีขาวดังรูป 3.2 การจัดเก็บปูนขาวสดของแหล่งผลิต จะห่อหุ้มด้วยถุงพลาสติกใส 1 ชั้น แล้วมัดปากถุงให้แน่น จากนั้นนำไปวางซ้อนกันบนพื้นคอนกรีตโดยไม่มีไม้รองพื้น สำหรับสถานที่จัดเก็บมีการมุงหลังคาเพื่อปกคลุมปูนขาวที่จัดเก็บ



รูป 3.2 ลักษณะของปูนขาวสดที่ใช้ในการทดสอบ

3. ทราย

ทรายที่ใช้ผสมเป็นทรายแม่น้ำที่ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป โดยไม่ผ่านการร่อน การอบหรือกระบวนการคัดแยกใดๆ ทั้งสิ้น

4. น้ำ

ในการทำวิจัยครั้งนี้ใช้น้ำประปาที่ผลิตโดยโครงการประปาของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยไม่ผ่านการกรองหรือต้มเพื่อฆ่าเชื้อใดๆ ทั้งสิ้น

5. กรดกำมะถัน

ใช้สารละลายกรดกำมะถัน (H_2SO_4) ชนิด Commercial Grade ความเข้มข้นร้อยละ 98 ดังรูป 3.3 การจัดเก็บวัสดุ จะเก็บไว้ในห้องเก็บวัสดุโดยปิดฝาภาชนะบรรจุให้แน่น และอุณหภูมิที่ใช้เก็บวัสดุจะเท่ากับอุณหภูมิห้องทั่วไป



รูป 3.3 ลักษณะของกรटक้ำมะถันที่ใช้ในการทดสอบ

6. อีพ็อกซี่

งานวิจัยนี้ใช้อีพ็อกซี่ชนิดเคลือบนิ่มดังรูป 3.4 ซึ่งหาซื้อได้จากร้านเคมีทั่วไป โดยผลิตภัณฑ์จะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นยาง (Resin) และส่วนที่จะทำให้ยางแข็งตัว (Hardener) การจัดเก็บวัสดุ จะเก็บไว้ในห้องเก็บวัสดุโดยปิดฝาภาชนะบรรจุให้แน่น และอุณหภูมิที่ใช้เก็บวัสดุจะเท่ากับอุณหภูมิห้องทั่วไป



รูป 3.4 ลักษณะของอีพ็อกซี่ที่ใช้ในการทดสอบ

3.1.1 การเตรียมตัวอย่างอิฐ

ก. อุปกรณ์สำหรับการเตรียมตัวอย่างอิฐ

1. วัสดุดิบ ได้แก่ อิฐดินเผาจำนวน 630 ก้อน
2. เครื่องชั่งน้ำหนักขนาด 2,000 กรัม และอ่านได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม

ข. ขั้นตอนสำหรับการเตรียมตัวอย่างอิฐ

1. นำอิฐที่ได้จัดซื้อมาคัดเลือกว่าดีด้วยตาเปล่าเบื้องต้น โดยทำการคัดเอาอิฐก้อนที่มีตำหนิ มีรอยร้าว มีรูปร่างผิดปกติทรงออก โดยจะไม่นำมาทำการทดสอบ
2. นำอิฐส่วนที่เหลือทุกก้อนมาชั่งด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักขนาด 4,000 กรัม โดยทำการระบุหมายเลขไว้ที่อิฐทุกก้อน
3. นำข้อมูลน้ำหนักของอิฐที่ได้จากการชั่งมาพล็อตกราฟเพื่อหาการกระจายตัวของน้ำหนักอิฐทั้งหมด
4. คัดเอาอิฐก้อนที่มีน้ำหนักมากเกินไปและก้อนที่มีน้ำหนักน้อยเกินไปออก โดยจะใช้อิฐก้อนที่มีน้ำหนักต่างกันไม่เกิน 100 กรัม มาใช้ในการทดสอบ



รูป 3.5 การเตรียมตัวอย่างอิฐที่ใช้ในการทดสอบ

3.1.2 การเตรียมตัวอย่างมอร์ตาร์ปูนหมัก

ก. อุปกรณ์สำหรับการเตรียมตัวอย่างมอร์ตาร์ปูนหมัก

1. วัสดุดิบ ได้แก่ ปูนขาวสด และทรายหยาบ
2. ถังหรือกะละมังขนาดใหญ่
3. แบบหล่อมอร์ตาร์ขนาด $5 \times 5 \times 5$ เซนติเมตร

ข. ขั้นตอนสำหรับการเตรียมตัวอย่างมอร์ตาร์ปูนหมัก

1. ทำการหมักปูนขาว โดยเทพูนขาวสดลงในถังที่เตรียมไว้ แล้วเติมน้ำให้ท่วมปูนขาว ประมาณ 3-5 เซนติเมตร จากนั้นปล่อยทิ้งประมาณ 1 เดือน โดยต้องให้น้ำท่วมปูนขาวตลอด
2. นำปูนขาวที่แช่น้ำครบ 1 เดือนแล้ว ผสมกับทรายหยาบ ในอัตราส่วน ทราย 2 ส่วน ปูนขาวหมัก 1 ส่วน จากนั้น คลุกเคล้าทรายและปูนขาวให้เข้ากัน
3. นำปูนทรายที่คลุกเคล้าเข้ากันดีแล้ว ไปใส่ในแบบหล่อขนาด $5 \times 5 \times 5$ เซนติเมตร แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้แห้งและแข็งตัวประมาณ 1 สัปดาห์ เมื่อครบ 1 สัปดาห์ จึงถอดแบบออก จากนั้นรอนอายุของตัวอย่างครบ 28 วัน จึงนำไปทดสอบตามแผนการทดสอบต่อไป



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูป 3.6 การเตรียมตัวอย่างมอร์ตาร์ปูนหมักที่ใช้ในการทดสอบ

- (ก) ลักษณะการหมักปูนขาวสด
- (ข) ลักษณะของเนื้อปูนหลังการผสม
- (ค) ส่วนผสมที่ถูกเทลงในแบบหล่อ
- (ง) ลักษณะมอร์ตาร์หลังจากการแข็งตัว

3.1.3 การเตรียมการทดสอบอัตราการกักกร่อน

ก. อุปกรณ์สำหรับการเตรียมการทดสอบอัตราการกักกร่อน

1. ถังพลาสติกประเภทโพลีโพรพีลีน (Polypropylene, PP)
2. ส่วนเจาะรู

ข. ขั้นตอนสำหรับการเตรียมการทดสอบอัตราการกักกร่อน

1. การทดสอบจะแบ่งเป็น 3 รูปแบบ คือ (1) การทดสอบอัตราการกักกร่อนตามกระบวนการของธรรมชาติ (2) การทดสอบอัตราการกักกร่อนแบบเร่งปฏิกิริยา และ (3) การทดสอบอัตราการกักกร่อนตามกระบวนการของธรรมชาติสลับกับการทดสอบแบบเร่งปฏิกิริยา

2. ลักษณะของการทดสอบอัตราการกักกร่อนตามกระบวนการของธรรมชาติ ทดสอบโดยวางตัวอย่างทดสอบให้สัมผัสสภาพอากาศตามฤดูกาลของจังหวัดเชียงใหม่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 – เมษายน พ.ศ. 2553 (มีอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่าง $22.47 - 31.60^{\circ}\text{C}$ และมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยระหว่าง 47.8 – 78.3%) เป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์ ดังรูป 3.7

3. ลักษณะของการทดสอบอัตราการกักกร่อนแบบเร่งปฏิกิริยา ทดสอบโดยแช่ในกรดกำมะถันที่มีความเข้มข้นร้อยละ 3 (แช่กรดกำมะถัน 1 วัน สลับกับอบที่อุณหภูมิ 110°C อีก 1 วัน) เป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์ โดยตัวอย่างทดสอบทั้งหมดจะนำไปใส่ในถังที่เจาะรู แล้วนำไปแช่ในถังน้ำกรดอีกถังหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 3.8

4. ลักษณะของการทดสอบอัตราการกักกร่อนแบบธรรมชาติสลับเร่ง จะทดสอบแบบธรรมชาติ 10 สัปดาห์ ทดสอบแบบเร่งปฏิกิริยา 4 สัปดาห์และทดสอบแบบธรรมชาติอีก 10 สัปดาห์



(ก)



(ข)

รูป 3.7 ลักษณะการเตรียมการทดสอบอัตราการกักกร่อนตามกระบวนการของธรรมชาติ

(ก) ลักษณะของพื้นที่ที่ใช้ในการทดสอบ

(ข) ลักษณะการวางตัวอย่างทดสอบ



(ก)



(ข)



(ค)

รูป 3.8 ลักษณะการเตรียมการทดสอบอัตราการกัดกร่อนแบบเร่งปฏิกิริยา

(ก) ลักษณะของถังโพลีโพรพิลีนที่นำมาเจาะรู

(ข) ลักษณะการบรรจุตัวอย่างทดสอบลงในถัง

(ค) ลักษณะการแช่ตัวอย่างทดสอบในกรดกำมะถัน

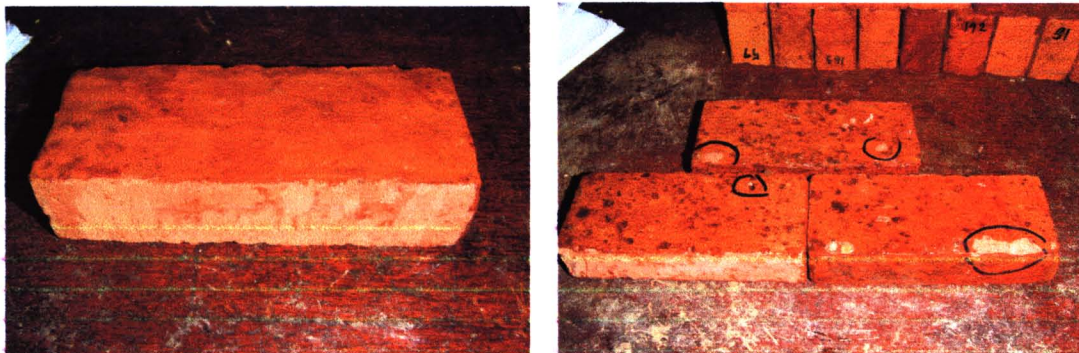
3.1.4 การเตรียมตัวอย่างการทดสอบกำลังอัดของอิฐขนาดเล็ก

ก. อุปกรณ์สำหรับการเตรียมตัวอย่างอิฐขนาดเล็ก

1. วัตถุคืบ ได้แก่ อิฐดินเผา
2. อีพ็อกซี่

ข. ขั้นตอนสำหรับการเตรียมตัวอย่างอิฐขนาดเล็ก

1. นำอิฐที่ได้จากการคัดเลือกเบื้องต้นมาเคลือบด้วยอีพ็อกซี่ อีพ็อกซี่ที่ใช้เคลือบจะผสมในอัตราส่วน Resin 3 ส่วน Hardener 1 ส่วน โดยจะทำการเคลือบหนา 1 มิลลิเมตร ทั้งหมด 5 ด้าน เว้นด้านหน้าไว้ 1 ด้าน ดังรูป 3.9 จากนั้นปล่อยให้แห้งไว้ 1 วัน เพื่อให้อีพ็อกซี่ แข็งตัว
2. ทำการตรวจสอบอีพ็อกซี่หลังการเคลือบ หากมีอีพ็อกซี่หลุดลอกเนื่องจากการหยดย้อยหรือเกิดรอยร้าวเนื่องจากการทาไม่ทั่ว ให้ทาเคลือบใหม่อีกครั้งหนึ่ง



(ก)

(ข)

รูป 3.9 การเตรียมตัวอย่างการทดสอบกำลังอัดของอิฐขนาดเล็ก

(ก) ลักษณะของอิฐหลังจากเคลือบด้วยอีพ็อกซี่

(ข) ลักษณะของอีพ็อกซี่ที่หลุดลอก

3.1.5 การเตรียมตัวอย่างการทดสอบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ขนาดเล็ก

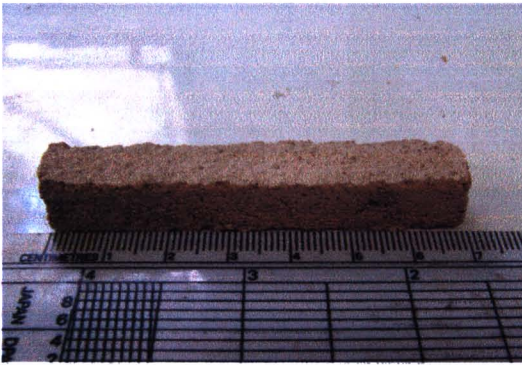
ก. อุปกรณ์สำหรับการเตรียมตัวอย่างมอร์ต้าร์ขนาดเล็ก

1. วัสดุดิบ ได้แก่ ปูนขาวหมัก และทรายหยาบ
2. อีพ็อกซี่
3. แผ่นอะคลีติกหนา 3 มิลลิเมตร และกาวติดแผ่นอะคลีติก
4. เลื่อยฉลุ

ข. ขั้นตอนสำหรับการเตรียมตัวอย่างมอร์ต้าร์ขนาดเล็ก

1. ทำแบบหล่อด้วยแผ่นอะคลีติกให้ได้แบบหล่อขนาด $1 \times 1 \times 7$ เซนติเมตร
2. ผสมปูนขาวหมักกับทรายในอัตราส่วน ทราย 2 ส่วน ปูนขาวหมัก 1 ส่วน คลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเทส่วนผสมเข้าแบบหล่อ แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้แห้งและแข็งตัวประมาณ 1 สัปดาห์ เมื่อครบ 1 สัปดาห์ จึงถอดแบบออก จากนั้นรอนอายุของตัวอย่างครบ 28 วัน จึงนำไปทดสอบตามแผนการทดสอบต่อไป

3. ก่อนการทดสอบได้ทำการเคลือบด้วยอีพ็อกซี่ อีพ็อกซี่ที่ใช้เคลือบจะผสมในอัตราส่วน Resin 3 ส่วน Hardener 1 ส่วน โดยจะทำการเคลือบหนา 1 มิลลิเมตร ทั้งหมด 5 ด้าน เว้นด้านหน้าไว้ 1 ด้าน ดังรูป 3.10 จากนั้นปล่อยทิ้งไว้ 1 วัน เพื่อให้อีพ็อกซี่ แข็งตัว แล้วจึงนำตัวอย่างไปทดสอบต่อไป



(ก)



(ข)

รูป 3.10 การเตรียมตัวอย่างการทดสอบกำลังอัดของมอร์ตาร์ขนาดเล็ก

(ก) ลักษณะของมอร์ตาร์หลังจากการแข็งตัว

(ข) ลักษณะของมอร์ตาร์หลังจากเคลือบด้วยอีพ็อกซี่

3.1.6 การเตรียมตัวอย่างปริซึมอิฐก่อ

ก. อุปกรณ์สำหรับการเตรียมตัวอย่างปริซึมอิฐก่อ

1. วัสดุดิบ ได้แก่ อิฐดินเผา และมอร์ตาร์ปูนหมัก
2. ตลับเมตร
3. ระดับน้ำ
4. เกรียงเหล็กและถังปูน

ข. ขั้นตอนสำหรับการเตรียมตัวอย่างปริซึมอิฐก่อ

1. นำอิฐที่ได้จากการคัดเลือกเบื้องต้นมาก่อเป็นปริซึม โดยใช้ปูนขาวหมักที่ผสมกับทรายในอัตราส่วน ทราย 2 ส่วน ปูนขาวหมัก 1 ส่วน เป็นตัวเชื่อมประสาน
2. ก่อนที่จะนำอิฐไปก่อ ให้นำไปแช่น้ำประมาณ 5 นาที เพื่อให้อิฐเกิดความอืดตัว
3. ก่ออิฐ 5 ก้อน โดยเริ่มจากอิฐและปูนก่อสลับกันไปจนครบ 5 ก้อน ในการก่อแต่ละก้อนได้ควบคุมให้ได้ตั้งและอัตราส่วนความขรุขระประมาณ 3.5 จากนั้นรอนอายุของตัวอย่างครบ 28 วัน จึงนำไปทดสอบตามแผนการทดสอบต่อไป
4. ก่อนทำการทดสอบได้ทำการปรับระดับด้วยปูนปลาสเตอร์ทั้งสองข้าง



รูป 3.11 ลักษณะของปรีซึมอิฐก่อที่ใช้ในการทดสอบ

3.1.7 การเตรียมเครื่องตัดชิ้นตัวอย่างของอิฐขนาดเล็ก

ในการตัดชิ้นตัวอย่างทดสอบของอิฐให้มีขนาดเล็ก จะต้องใช้เครื่องตัดที่มีกลไกในการจับที่ดีและมั่นคง เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีเหลี่ยมมุมตามต้องการ ยกตัวอย่างเช่น เครื่องตัดละเอียด (Micromet) โดยเครื่องตัดดังกล่าวสามารถเลื่อนจับชิ้นงานได้ในหน่วยไมโครมิลลิเมตร แต่ก็มีข้อเสียเช่นกัน คือ มีค่าใช้จ่ายสูงในการใช้งานและดูแลรักษา ซึ่งไม่เหมาะสำหรับการตัดชิ้นงานที่มีจำนวนมาก ดังนั้น เนื่องจากงานวิจัยนี้มีจำนวนชิ้นงานที่ต้องตัดเป็นจำนวนมาก จึงประยุกต์ใช้เครื่องเจียรแบบตั้งโต๊ะที่ใช้ในโรงงานทั่วไป ร่วมกับใบเลื่อยของเครื่องตัดละเอียด (Micromet) และสร้างแท่นจับชิ้นงานขึ้นมาใหม่ รายละเอียดดูในภาคผนวก ค



(ก)



(ข)

รูป 3.12 เครื่องตัดชิ้นตัวอย่างของอิฐขนาดเล็ก

(ก) เครื่องตัดละเอียด (Micromet)

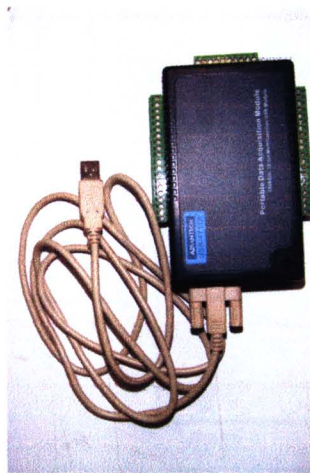
(ข) เครื่องเจียรแบบตั้งโต๊ะ

3.1.8 การเตรียมเครื่องทดสอบกำลังอัดสำหรับหินตัวอย่างขนาดเล็ก

เนื่องการทดสอบกำลังอัดของหินตัวอย่างขนาดเล็ก ตัวอย่างที่ทดสอบจะใช้แรงกดน้อยมากในการกดอัดให้วัตถุเกิดการประลัย และการประลัยก็จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในเวลาไม่กี่วินาที ดังนั้น เพื่อให้ได้ข้อมูลของผลการทดสอบที่มากพอต่อการสร้างกราฟความสัมพันธ์ของความเค้นกับความเครียด จึงประยุกต์ใช้เครื่องทดสอบ Triaxial ให้ทำงานร่วมกับเครื่อง Data Logger โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเก็บข้อมูล รายละเอียดดูในภาคผนวก ง



(ก)



(ข)

รูป 3.13 เครื่องทดสอบกำลังอัดสำหรับหินตัวอย่างขนาดเล็ก

(ก) เครื่องทดสอบ Triaxial

(ข) เครื่อง Data Logger

3.1.9 การเตรียมสารละลายกรดกำมะถัน

ก. อุปกรณ์สำหรับการเตรียมสารละลายกรดกำมะถัน

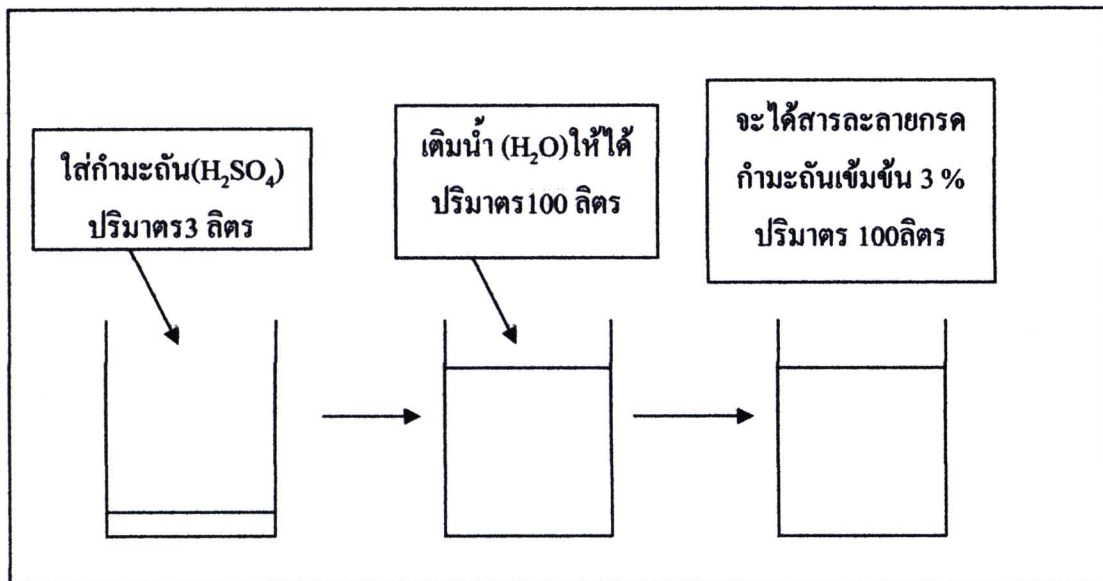
1. วัตถุดิบ ได้แก่ กรดกำมะถัน
2. แท่งแก้ว และถุงมือกันกรด
3. กระดาษตรวจวัดค่า pH

ข. ขั้นตอนสำหรับการเตรียมสารละลายกรดกำมะถัน

1. เตรียมสารละลายกรดกำมะถันที่มีความเข้มข้น 3% โดยปริมาตรของตัวทำละลาย ซึ่งมีค่า pH เท่ากับ 0.5 ในงานวิจัยนี้ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย นั่นหมายความว่าถ้ามีปริมาตรของกรดที่ถูกละลายแล้ว 100 ลิตร จะมีเนื่อกรดอยู่ 3 ลิตร และมีตัวทำละลายอยู่ 97 ลิตร

2. ใช้แท่งแก้วคนเนื้อกรดให้เข้ากับตัวทำละลาย แล้วใช้กระดาษตรวจวัดค่า pH เพื่อตรวจวัดค่า pH โดยประมาณ โดยจะทำการตรวจวัดทุกๆ 1 สัปดาห์ หากพบว่าสารละลายกรดมีความเป็นกรดลดลง ($\text{pH} > 0.5$) จะทำการเปลี่ยนสารละลายกรดใหม่ทันที

3. สารละลายกรดก้ามะถันทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบ จะถูกเปลี่ยนใหม่ทุกๆ 1 เดือน เพื่อให้กรดมีความเข้มข้นคงที่



(ก)



(ข)



(ค)

รูป 3.14 การเตรียมสารละลายกรดก้ามะถัน

(ก) แสดงอัตราส่วนในการผสม

(ข) ลักษณะของน้ำกรดหลังจากผสมกับตัวทำละลาย

(ค) แสดงการวัดค่า pH ด้วยกระดาษตรวจวัดค่า pH

3.2 ขั้นตอนในการทดสอบ

3.2.1 การทดสอบการสูญเสียน้ำหนัก (Weight loss)

ก. อุปกรณ์สำหรับการทดสอบการสูญเสียน้ำหนัก

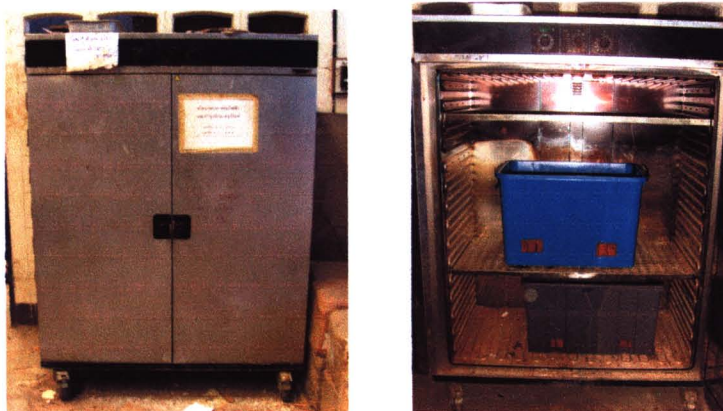
1. ตู้อบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้สูงสุดประมาณ 120°C (รูป 3.15)
2. เครื่องชั่งน้ำหนักขนาด 4,000 กรัม และอ่านได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม
3. แปลงปิดฝุ่นชนิดขนอ่อน

ข. ขั้นตอนสำหรับการทดสอบการสูญเสียน้ำหนัก

1. อิฐที่ใช้ทดสอบขนาด 6 × 15 × 3.5 เซนติเมตร, มอร์ต้าร์ที่ใช้ทดสอบขนาด 5 × 5 × 5 เซนติเมตร และปริซึมอิฐก่อกที่ใช้ทดสอบมีลักษณะตามหัวข้อ 3.1.6
2. นำตัวอย่างทั้งหมดไปอบที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อบันทึกค่าเป็นน้ำหนักตั้งต้นก่อนการทดสอบ แล้วนำตัวอย่างไปทดสอบตามแผนการทดสอบตามตาราง 3.1
3. เมื่อครบกำหนดเวลาตามตารางการทดสอบตามตาราง 3.1 นำตัวอย่างไปอบเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นตัวที่อุณหภูมิห้อง ปิดเอาฝุ่นผงออกด้วยแปรง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไปตามสมการ 3.1

$$WL = \left(\frac{W_0 - W_1}{W_0} \right) \times 100 \quad (3.1)$$

โดยที่	WL	คือ ค่าน้ำหนักที่หายไป (% Weight Loss)
	W_0	คือ น้ำหนักก่อนการทดสอบ
	W_1	คือ น้ำหนักหลังการทดสอบ



รูป 3.15 ตู้อบที่ใช้ในงานวิจัย

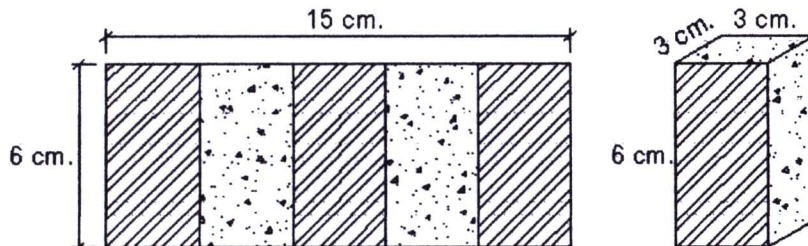
3.2.2 การทดสอบการรับกำลังอัด

ก. อุปกรณ์สำหรับการทดสอบการรับกำลังอัด

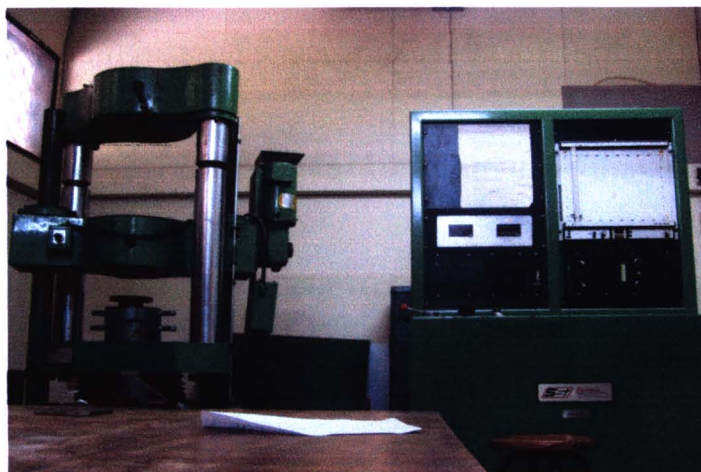
1. เครื่องทดสอบกำลังอัด (Universal Machine) 100 ตัน (รูป 3.17)
2. เครื่องตัดอิฐ
3. เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ที่วัดละเอียดได้ถึง 0.02 มิลลิเมตร
4. ตลับเมตร

ข. ขั้นตอนสำหรับการทดสอบการรับกำลังอัดของอิฐ

1. ใช้อิฐขนาด $6 \times 15 \times 3.5$ เซนติเมตร นำไปทำการทดสอบตามแผนการทดสอบตามตาราง 3.1
2. เมื่อครบกำหนดระยะเวลาที่จะต้องทำการทดสอบ นำอิฐไปตัดให้ได้ขนาด $3 \times 3 \times 6$ เซนติเมตร ดังรูป 3.16 แล้ววัดขนาดของชิ้นตัวอย่างทดสอบด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์
3. นำชิ้นตัวอย่างไปกดหากล้างอัดประลัยด้วยเครื่อง Universal Machine 100 ตัน พร้อมกับวัดการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง



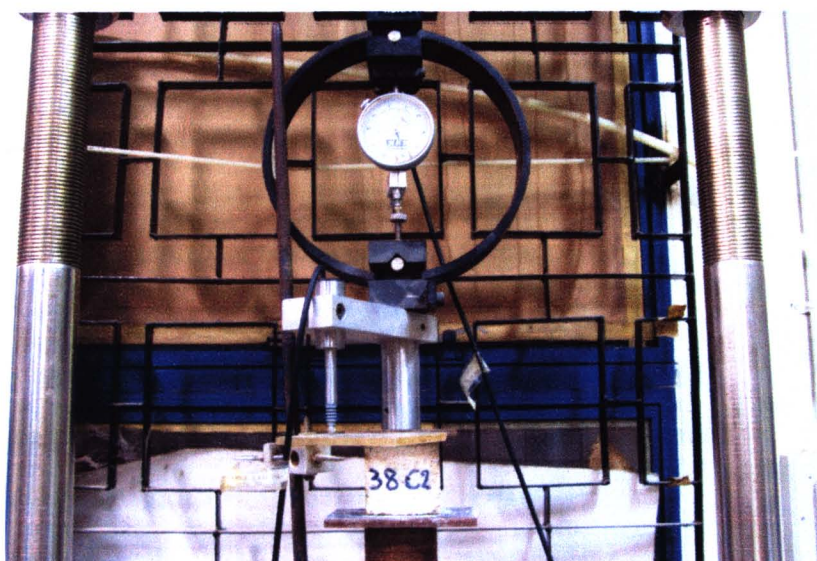
รูปที่ 3.16 แสดงการตัดชิ้นตัวอย่างเพื่อทดสอบหาล้างอัดประลัยของอิฐ



รูป 3.17 เครื่องทดสอบกำลังอัด (Universal Machine)

ก. ขั้นตอนสำหรับการทดสอบการรับกำลังอัดของมอร์ตาร์

1. ใช้มอร์ตาร์ขนาด $5 \times 5 \times 5$ เซนติเมตร นำไปทำการทดสอบตามแผนการทดสอบตามตาราง 3.1
2. เมื่อครบกำหนดระยะเวลาที่จะต้องทำการทดสอบ นำไปทดสอบหาลำดับอัดประลัยของมอร์ตาร์โดยอ้างอิงตาม ASTM. C-109
3. นำตัวอย่างทดสอบไปทดสอบหาลำดับอัดประลัยด้วยเครื่องทดสอบกำลังอัดสำหรับชิ้นตัวอย่างขนาดเล็ก พร้อมกับวัดการเคลื่อนที่ในแนวคิ่งคังรูป 3.18



รูป 3.18 การทดสอบการรับกำลังอัดของมอร์ตาร์

ง. ขั้นตอนสำหรับการทดสอบการรับกำลังอัดของปริซึมอิฐก่อ

1. ปริซึมอิฐก่อที่ใช้ทดสอบมีลักษณะตามหัวข้อ 3.1.6 นำไปทำการทดสอบตามแผนการทดสอบตามตาราง 3.1
2. เมื่อครบกำหนดระยะเวลาที่จะต้องทำการทดสอบ นำไปทดสอบหาลำดับอัดประลัยของปริซึมโดยอ้างอิงตาม ASTM. E – 447
3. วัดขนาดของปริซึมด้วยตลับก่อนการทดสอบ
4. นำตัวอย่างทดสอบไปทดสอบหาลำดับอัดประลัยด้วยเครื่อง Universal Machine 100 ตัน พร้อมกับวัดการเคลื่อนที่ในแนวคิ่งคังรูป 3.19
5. นำข้อมูลผลการทดสอบที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ของความเค้นกับความเครียด



รูป 3.19 การทดสอบการรับกำลังอัดของปริซึมอิฐก่อ

3.2.3 การทดสอบการรับกำลังอัดของตัวอย่างขนาดเล็ก

ก. อุปกรณ์สำหรับการทดสอบการรับกำลังอัดของตัวอย่างขนาดเล็ก

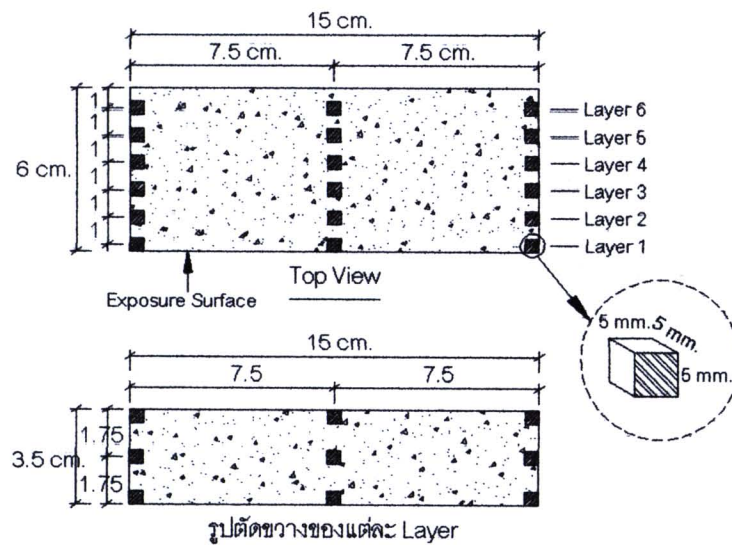
1. เครื่องทดสอบกำลังอัดสำหรับชิ้นตัวอย่างขนาดเล็ก
2. เวอร์เนียคาลิเปอร์ที่วัดละเอียดได้ถึง 0.02 มิลลิเมตร

ข. ขั้นตอนสำหรับการทดสอบการรับกำลังอัดของอิฐขนาดเล็ก

1. ใช้ตัวอย่างอิฐที่เคลือบด้วย Epoxy นำไปทำการทดสอบตามแผนการทดสอบตามตาราง 3.1

2. เมื่อครบกำหนดระยะเวลาที่จะต้องทำการทดสอบ นำอิฐไปตัดให้ได้ขนาด $5 \times 5 \times 5$ มิลลิเมตร [29] แล้วทำการทดสอบกำลังอัดของอิฐขนาดเล็กที่ 6 ระดับความลึก ได้แก่ ความลึก ระดับที่ 1 (0.25 ซม.), 2 (1.25 ซม.), 3 (2.25 ซม.), 4 (3.25 ซม.), 5 (4.25 ซม.) และ 6 (5.25 ซม.) จากผิวหน้าสัมผัส ความลึกละ 9 ตัวอย่าง โดยให้ความลึกระดับที่ 1 เป็นด้านที่มีผิวสัมผัสชั้นนอกสุด ดังรูป 3.20 (ก)

3. วัดขนาดของชิ้นตัวอย่างด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ แล้วนำไปทดสอบกำลังอัดประลัยด้วยเครื่องทดสอบกำลังอัดสำหรับชิ้นตัวอย่างขนาดเล็ก



(ก)



(ข)

รูป 3.20 การทดสอบการรับกำลังอัดของอิฐขนาดเล็ก

(ก) ตำแหน่งการตัดชิ้นตัวอย่างทดสอบของอิฐขนาดเล็ก

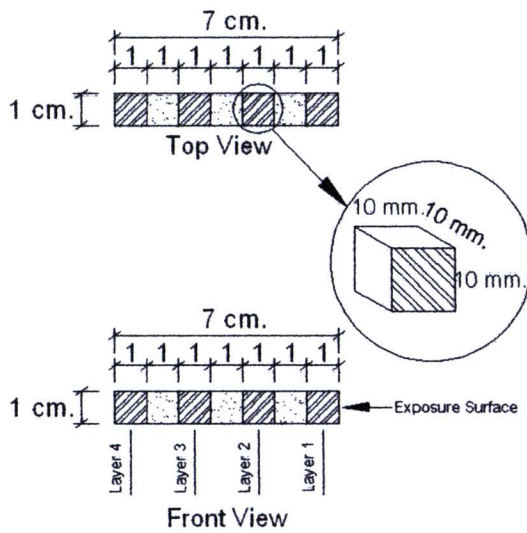
(ข) ลักษณะชิ้นตัวอย่างทดสอบของอิฐขนาดเล็ก

ค. ขั้นตอนสำหรับการทดสอบการรับกำลังอัดของมอร์ตาร์ขนาดเล็ก

1. ใช้ตัวอย่างมอร์ตาร์ที่เคลือบด้วย Epoxy นำไปทำการทดสอบตามแผนการทดสอบตามตาราง 3.1

2. เมื่อครบกำหนดระยะเวลาที่จะต้องทำการทดสอบ นำมอร์ตาร์ไปตัดให้ได้ขนาด $10 \times 10 \times 10$ มิลลิเมตร แล้วทำการทดสอบกำลังอัดของมอร์ตาร์ขนาดเล็กที่ 4 ระดับความลึก ได้แก่ ความลึกระดับที่ 1 (0.50 ซม.), 2 (2.50 ซม.), 3 (4.50 ซม.) และ 4 (6.50 ซม.) จากผิวหน้าสัมผัสความลึกละ 3 ตัวอย่าง โดยให้ความลึกระดับที่ 1 เป็นผิวสัมผัสชั้นนอกสุดดังรูป 3.21 (ก)

3. วัดขนาดของชิ้นตัวอย่างด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ แล้วนำไปทดสอบกำลังอัดด้วยเครื่องทดสอบกำลังอัดสำหรับชิ้นตัวอย่างขนาดเล็ก



(ก)



(ข)

รูป 3.21 การทดสอบการรับกำลังอัดของมอร์ต้าร์ขนาดเล็ก

(ก) ตำแหน่งการตัดชิ้นตัวอย่างทดสอบของมอร์ต้าร์ขนาดเล็ก

(ข) ลักษณะชิ้นตัวอย่างทดสอบของมอร์ต้าร์ขนาดเล็ก

3.2.4 การทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำของอิฐ

ก. อุปกรณ์สำหรับการทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำของอิฐ

1. ตู้อบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้สูงสุดประมาณ 120°C
2. เครื่องชั่งน้ำหนักขนาด 2,000 กรัม และอ่านได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม

ข. ขั้นตอนสำหรับการทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำของอิฐ

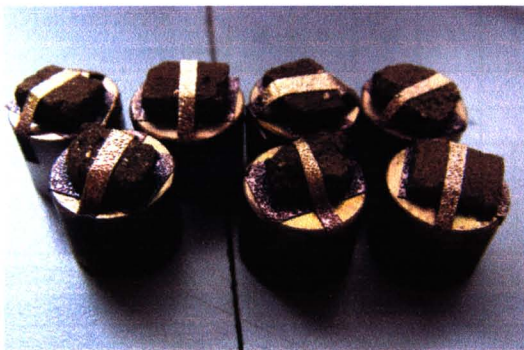
1. ตุ่มตัวอย่างของอิฐมาจำนวน 5 ก้อน
2. นำอิฐไปทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำของอิฐ โดยอ้างอิงตาม ASTM. C - 67



รูป 3.22 ลักษณะของอิฐที่ใช้ในการทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำของอิฐ

3.2.5 การวิเคราะห์การกัดกร่อน

1. ทำการตรวจสอบลักษณะภายนอกของวัสดุตัวอย่าง โดยสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นด้วยตาเปล่า แล้วบันทึกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นด้วยกล้องดิจิทัล
2. ทำการตรวจสอบโครงสร้างภายในของวัสดุตัวอย่าง โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ลักษณะของตัวอย่างที่นำไปทดสอบ จะต้องตัดให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 มิลลิเมตร และหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร
3. นำชิ้นตัวอย่างเดียวกันกับข้อ 2. มาตรวจสอบหาชนิดและปริมาณธาตุภายในของวัสดุตัวอย่าง โดยใช้เครื่องวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณธาตุโดยรังสีเอ็กซ์ (Energy Dispersive X-ray Spectrometer, EDS)
4. ทำการตรวจสอบองค์ประกอบของวัสดุตัวอย่าง โดยใช้เครื่องวิเคราะห์โครงสร้างด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray Diffraction, XRD) ลักษณะของตัวอย่างที่นำไปทดสอบ จะต้องบดให้ละเอียด แล้วร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 100 ให้ได้น้ำหนักไม่ต่ำกว่า 1 กรัม ต่อหนึ่งตัวอย่าง



(ก)



(ข)

รูป 3.23 ลักษณะตัวอย่างสำหรับการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ

(ก) ลักษณะตัวอย่างสำหรับตรวจสอบโครงสร้างภายในของวัสดุ

(ข) ลักษณะตัวอย่างสำหรับตรวจสอบองค์ประกอบของวัสดุ



3.3 แผนการทดสอบ

ตาราง 3.1 แผนการทดสอบ

	จำนวนตัวอย่างทดสอบ																								รวม
เดือน	1				2				3				4				5				6				
สัปดาห์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
ทดสอบอัตราการกัดกร่อน																									
(1) แบบธรรมชาติ																									
- อิฐ	3				3				3				3				3				3				18
- มอร์ต้าร์	3				3				3				3				3				3				18
(2) แบบแรงปฏิกิริยา																									
- อิฐ	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	72
- มอร์ต้าร์	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	72
(3) แบบธรรมชาติ+แรง+แบบธรรมชาติ																									
- อิฐ	3		3		3		3		3	2*	2*	2*	2*	2		2		2		2		2		2	33
- มอร์ต้าร์	3		3		3		3		3	2*	2*	2*	2*	2		2		2		2		2		2	33
- ปริซึมอิฐก่อ	3		3		3		3		3	2*	2*	2*	2*	2		2		2		2		2		2	33
ทดสอบกำลังอัดประลัยของอิฐ																									
(1) แบบธรรมชาติ	3				3				3				3				3				3				18
(2) แบบแรงปฏิกิริยา	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	72
(3) แบบธรรมชาติ+แรง+แบบธรรมชาติ	3		3		3		3		3	3*	3*	3*	3*	3		3		3		3		3		3	42
ทดสอบกำลังอัดประลัยของมอร์ต้าร์																									
(1) แบบธรรมชาติ	3				3				3				3				3				3				18
(2) แบบแรงปฏิกิริยา	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	3*	72
(3) แบบธรรมชาติ+แรง+แบบธรรมชาติ	3		3		3		3		3	2*	2*	2*	2*	2		2		2		2		2		2	33
ทดสอบกำลังอัดประลัยของปริซึมอิฐก่อ																									
(1) แบบธรรมชาติ	3		3		3		3		3	2*	2*	2*	2*	2		2		2		2		2		2	33
ทดสอบกำลังอัดประลัยของหินตัวอย่างขนาดเล็ก																									
(1) แบบธรรมชาติ																									
- อิฐ	54				54				54				54				54				54				216
- มอร์ต้าร์					12								12												24
(2) แบบแรงปฏิกิริยา																									
- อิฐ	54*		54*		54*		54*		54*		54*		54*		54*		54*		54*		54*		54*		648
- มอร์ต้าร์					12								12												24
(3) แบบธรรมชาติ+แรง+แบบธรรมชาติ																									
- อิฐ	54		54		54		54		54	54*	54*	54*	54*	54		54		54		54		54		54	756
- มอร์ต้าร์	12		12		12		12		12	12*	12*	12*	12*	12		12		12		12		12		12	168

หมายเหตุ

การทดสอบอัตราการเกิดกร่อนแบบธรรมชาติ ทดสอบโดยปล่อยตัวอย่างทดสอบให้สัมผัสสภาพอากาศตามฤดูกาลของจังหวัดเชียงใหม่

* = การทดสอบแบบแรงปฏิกิริยา ทดสอบโดยแช่ในกรดกำมะถันที่มีความเข้มข้นร้อยละ 3 (แช่ในกรดกำมะถัน 1 วัน สลับกับอบที่อุณหภูมิ 110°C อีก 1 วัน)