

### บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน

ในการศึกษาวิจัยนี้จะดำเนินการทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางกลของอิฐโบราณ ตามมาตรฐานของสมาคมทดสอบและวัสดุอเมริกัน (American Society for Testing and Materials) : ASTM C67 ได้แก่ การวัดขนาด การวัดความบิดเบี้ยว การหาค่าหน้าหนักโมดูลัสแตกร้าว กำลังต้านแรงอัด การดูดซึมน้ำ และอัตราการดูดซึมน้ำเริ่มต้น และทำการทดสอบผนังอิฐก่อโบราณในกรณีดังต่อไปนี้

- 1) ทดสอบผนังอิฐก่อโบราณ ภายใต้แรงกระทำทางค้ำบน
- 2) ทดสอบผนังอิฐก่อโบราณ เสริมด้วย Glass Fiber-Reinforced Polymer (GFRP) ภายใต้แรงกระทำทางค้ำบน

โดยกำหนดวิธีการทดสอบเป็นลำดับขั้นตอนดังนี้

#### 3.1 ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Property) ของอิฐโบราณตัวอย่าง

ทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Property) ของอิฐโบราณตัวอย่าง ตามมาตรฐาน ASTM C67 โดยอิฐโบราณที่นำมาทดสอบในครั้งนี้มีลักษณะคล้ายคลึงกับอิฐส่วนใหญ่ในสมัยอยุธยา [1], [2] จากแหล่งทำอิฐปัจจุบัน บริเวณริมคลองสระบัว ตำบลลุมพินี อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยวิธีการดังต่อไปนี้

##### 3.1.1 การวัดขนาด

- 1) เครื่องมือ  
บรรทัดเหล็กมีความยาว 30 เซนติเมตร และมีความละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร
- 2) จำนวนและลักษณะก้อนตัวอย่าง  
ใช้อิฐเต็มก้อนขณะแห้ง จำนวน 10 ก้อน มีขนาดและสีแตกต่างกันมากที่สุดเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า
- 3) วิธีทดสอบ  
ใช้เครื่องมือวัดในข้อ 1) วัดความยาวของอิฐทางหน้ายาวทั้ง 4 หน้า บันทึกผลการวัดทั้ง 4 หน้าให้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร และบันทึกค่าเฉลี่ยความยาวให้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร วัดความกว้างและความหนาของก้อนในลักษณะเช่นเดียวกับการวัดความยาว และบันทึกผลการวัดในทำนองเดียวกัน

### 3.1.2 การวัดความบิดเบี้ยว

#### 1) เครื่องมือ

- บรรทัดเหล็ก สามารถแบ่งละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร
- ลิ่มสำหรับวัด ทำด้วยเหล็กยาว 60 มิลลิเมตร กว้าง 12.5 มิลลิเมตร ปลายด้านหนึ่งหนา 12.5 มิลลิเมตร และเรียวยาวไปจนความหนาเท่ากับศูนย์ที่ปลายอีกด้านหนึ่ง ลิ่มแบ่งละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร และมีตัวเลขบอกความหนาของลิ่มตามรูปที่ 3.1
- กระจกที่มีขนาดไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร × 300 มิลลิเมตร ผิวเรียบอยู่ภายใน 0.025 มิลลิเมตร

#### 2) วิธีทดสอบ

ใช้อิฐเต็มก้อนจำนวน 10 ก้อน ที่เลือกไว้สำหรับการวัดขนาด เมื่อการบิดเบี้ยวเข้า ให้วางบรรทัดเหล็กลงบนผิวที่จะวัดตามยาวหรือตามเส้นทแยงมุม โดยเลือกตำแหน่งที่จะให้ค่าความลึกลงมากที่สุด ใช้บรรทัดเหล็กหรือลิ่มวัดก็ได้ โดยเลือกจุดที่ให้ค่าความบิดเบี้ยวสูงสุด คือจุดที่มีความลึกระหว่างผิวอิฐถึงเส้นของบรรทัดเหล็กมากที่สุด วัดละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร แล้วบันทึกความบิดเบี้ยวในลักษณะว่า

### 3.1.3 การหาน้ำหนัก

#### 1) เครื่องมือ

- เครื่องชั่ง มีความละเอียดภายในร้อยละ 0.2 ของน้ำหนักของก้อนตัวอย่างที่เล็กที่สุดที่ถูกทดสอบ
- ตู้อบแห้ง มีอุณหภูมิระหว่าง 110 ถึง 115 องศาเซลเซียส
- พัดลม

#### 2) วิธีทดสอบ

- ทำให้อิฐตัวอย่างแห้งในตู้อบแห้ง ที่อุณหภูมิ 110 ถึง 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง แล้วนำออกมาชั่งน้ำหนัก และนำเข้าอบใหม่นาน 2 ชั่วโมง นำออกมาชั่งน้ำหนักใหม่ หากปรากฏว่าน้ำหนักที่สูญเสียไปไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนักอิฐตัวอย่างในการชั่งครั้งก่อนถือว่าน้ำหนักนั้นแห้งใช้ทดสอบต่อไปได้ หากน้ำหนักที่สูญเสียไปเกินเกณฑ์ดังกล่าว ให้อบแห้งซ้ำอีกจนกว่าจะได้ผลว่าน้ำหนักที่สูญเสียไปในระหว่างการอบแห้งนานครั้งละ 2 ชั่วโมง ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนักอิฐตัวอย่างที่ชั่งครั้งก่อน

- ทำให้อิฐตัวอย่างเย็นเท่าอุณหภูมิห้อง โดยการเก็บอิฐตัวอย่างวางแยกๆ กัน ในห้องที่อากาศถ่ายเทได้สะดวกเป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยเปิดพัดลมให้กระแสลมพัดผ่านอิฐตัวอย่างเป็นเวลาอย่างน้อย 2 ชั่วโมง เมื่อสัมผัสไม่รู้สึกร้อนจึงนำไปชั่งน้ำหนักต่อไปได้
- นำอิฐตัวอย่างที่ได้จากการอบแห้ง และทำให้เย็นตัวลงแล้ว ไปชั่งน้ำหนัก เรียกว่าน้ำหนักแห้ง

### 3) วิธีการคำนวณและรายงานผล

- คำนวณหาน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ของอิฐตัวอย่าง ที่ได้จากข้อ ค. โดยน้ำหนัก เป็นกิโลกรัมหารด้วยพื้นที่เฉลี่ยระหว่างหน้าทั้งสองของอิฐตัวอย่างเป็นตารางเมตร ตามลักษณะที่ถือในกำแพง
- การรายงานผลจะรายงานผลการคำนวณแต่ละก้อนและผลเฉลี่ยจาก 5 ก้อน

#### 3.1.4 การทดสอบการดูดซึมน้ำ

##### 1) เครื่องมือ

เครื่องชั่งที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้ ใช้เครื่องชั่งที่สามารถชั่งน้ำหนักได้ 2000 กรัม และมีความละเอียดถึง 0.5 กรัม

##### 2) จำนวนและลักษณะก้อนตัวอย่าง

ใช้อิฐตัวอย่างเต็มก้อนจำนวน 5 ก้อน ที่เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดในข้อ 3.1.3 และอยู่ในสภาพสมบูรณ์ ไม่มีแตกหัก หรือบิ่น

##### 3) วิธีการทดสอบ

- การทดสอบการแช่น้ำ

นำอิฐตัวอย่างแช่น้ำประมาณ 1 ชั่วโมงหลังจากนั้นนำอิฐตัวอย่างขึ้นจากน้ำและเช็ดอิฐตัวอย่างด้วยผ้าที่ขึ้น เพื่อเอาน้ำส่วนเกินที่ผิวของอิฐตัวอย่างออก แล้วชั่งน้ำหนักของอิฐตัวอย่าง ขึ้นตอนที่นำอิฐตัวอย่างขึ้นจากน้ำและชั่งน้ำหนัก จะต้องทำให้เสร็จภายใน 5 นาที ค่าการดูดซึมน้ำของอิฐตัวอย่างจะหาได้จากสมการ

$$\text{Absorption (\%)} = \frac{100(w_s - w_d)}{w_d} \quad (3.1)$$

โดยที่

$W_d$  = น้ำหนักของอิฐตัวอย่างที่แห้ง

$W_s$  = น้ำหนักของอิฐตัวอย่างหลังแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

● การทดสอบการต้มเคือด แบบ 2 ชั่วโมง

ในการทดสอบครั้งนี้ อิฐตัวอย่างจะใช้อิฐตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบการแช่น้ำ ซึ่งดูดซึมน้ำจนอิ่มตัวแล้ว หลังจากนั้นต้มน้ำที่มีอิฐตัวอย่างแช่อยู่จนเคือดภายใน 1 ชั่วโมง แล้วทำการต้มต่อไปเป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง จากนั้นดับไฟรอจน อุณหภูมิของน้ำลดลงอยู่ในช่วง 15.5 ถึง 30 องศาเซลเซียส แล้วนำอิฐตัวอย่างขึ้นจากน้ำและเช็ดอิฐตัวอย่างด้วยผ้าที่ขึ้น เพื่อเอาน้ำส่วนเกินที่ผิวของอิฐตัวอย่างออก แล้วชั่งน้ำหนักของอิฐตัวอย่าง ขั้นตอนที่น่าอิฐตัวอย่างขึ้นจากน้ำและชั่งน้ำหนักจะต้องทำให้เสร็จภายใน 5 นาที ค่าการดูดซึมน้ำของอิฐตัวอย่างจะหาได้จากสมการ

$$\text{Absorption, (\%)} = \frac{100(W_b - W_d)}{W_d} \quad (3.2)$$

โดยที่

$W_d$  = น้ำหนักของอิฐตัวอย่างที่แห้ง

$W_b$  = น้ำหนักของอิฐตัวอย่างที่อิ่มตัวหลังจากการต้ม

4) การรายงาน

การรายงานผลจะรายงานผลการคำนวณแต่ละก้อนและผลเฉลี่ยจาก 5 ก้อน

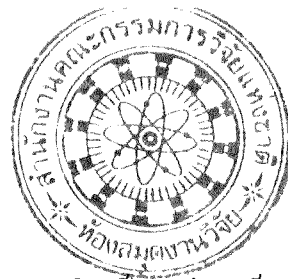
3.1.5 การทดสอบหาอัตราการดูดซึมน้ำเริ่มต้น

1) เครื่องมือ

● ถาดหรือภาชนะ

ถาดหรือภาชนะที่มีความลึกด้านใน 12.7 มิลลิเมตร และพื้นที่ไม่ต่ำกว่า 193.55 ตารางเซนติเมตร ก้นภาชนะจะต้องมีลักษณะแบนราบและมีความยาวไม่ต่ำกว่า 203.2 มิลลิเมตร และมีความกว้างไม่ต่ำกว่า 152.4 มิลลิเมตร

● เครื่องมือที่รองรับตัวอย่างทดสอบอิฐ



เครื่องมือที่ใช้รองรับตัวอย่างทดสอบอิฐเป็นแท่งเหลี่ยมยาวระหว่าง 127 มิลลิเมตร ถึง 152.5 มิลลิเมตร มีหน้าตัดสี่เหลี่ยมและมีความหนาประมาณ 6.35 มิลลิเมตร และมีความกว้างไม่เกิน 1.94 มิลลิเมตร

- เครื่องชั่ง

เครื่องชั่งที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้ ใช้เครื่องชั่งที่สามารถชั่งน้ำหนักได้ 2000 กรัม และมีความละเอียดถึง 0.5 กรัม

- นาฬิกาจับเวลา

เป็นนาฬิกาจับเวลาที่บอกเวลาเป็นวินาที

## 2) จำนวนและลักษณะก้อนตัวอย่าง

ใช้อิฐตัวอย่างเต็มก้อนจำนวน 5 ก้อน ที่เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดในข้อ 3.1.3 และอยู่ในสภาพสมบูรณ์ ไม่มีแตกหัก หรือบิ่น

## 3) วิธีการทดสอบ

- ทำการวัดความยาวและความกว้างของอิฐตัวอย่างด้านแบนให้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร และทำการชั่งน้ำหนักของอิฐตัวอย่างให้ละเอียดถึง 0.5 กรัม
- ปรับตำแหน่งตาชั่งให้ได้ระดับ และวางตัวอย่างทดสอบอ้างอิงที่อิมด้วยน้ำบนที่รองรับ จากนั้นเติมน้ำให้ได้ระดับ  $3.18 \pm 0.25$  มิลลิเมตร เหนือระดับของที่รองรับอิฐตัวอย่าง
- นำอิฐตัวอย่างอ้างอิงออก จากนั้นวางตัวอย่างทดสอบโดยเอาด้านแบนวางลง เริ่มจับเวลาเมื่ออิฐตัวอย่างทดสอบสัมผัสกับผิวน้ำ เป็นเวลา 1 นาที  $\pm 1$  วินาที ในช่วงเวลานี้พยายามรักษาระดับน้ำให้คงที่ไว้ที่ระดับ  $3.18 \pm 0.25$  มิลลิเมตร โดยการเติมน้ำลงในตาชั่ง เมื่อครบ 1 นาที  $\pm 1$  วินาที ให้ยกอิฐตัวอย่างขึ้นจากผิวน้ำ แล้วเช็ดเอาน้ำส่วนเกินที่ติดผิวออกโดยใช้ผ้าที่ซับน้ำ ทำการชั่งน้ำหนักอิฐให้ละเอียดถึง 0.5 กรัม การเช็ดน้ำดังกล่าวจะต้องทำให้เสร็จภายในเวลา 10 วินาที และขั้นตอนที่ย้ายอิฐออกและการชั่งน้ำหนักต้องทำให้เสร็จภายใน 2 นาที

## 4) การคำนวณ

หาค่าความแตกต่างของน้ำหนักเริ่มต้นและน้ำหนักสุดท้ายในหน่วยกรัม ค่าที่ได้คือน้ำหนักของน้ำที่ดูดซึมโดยอิฐตัวอย่างในช่วงเวลา 1 นาที ที่สัมผัสน้ำ ถ้าพื้นที่ผิวด้านแบนมีความแตกต่างจากค่า 193.33 ตารางเซนติเมตร  $\pm 4.84$  ตารางเซนติเมตร ( $\pm 2.5\%$ ) แล้ว ค่าน้ำหนัก

ของอิฐตัวอย่างที่เพิ่มขึ้นหรือน้ำหนักของน้ำที่ถูกดูดซึมบนพื้นที่ 193.55 ตารางเซนติเมตร ของอิฐตัวอย่างได้จากสมการ

$$X = \frac{193.55W}{LB} \quad (3.3)$$

โดยที่

X = น้ำหนักของน้ำที่ถูกดูดซึมบนพื้นที่ 193.55 เซนติเมตร<sup>2</sup> ของอิฐตัวอย่าง

W = น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจริงหรือน้ำหนักของน้ำที่ถูกดูดซึมจริงของตัวอย่างทดสอบ มีหน่วยเป็น กรัม

L = ความยาวของอิฐตัวอย่าง มีหน่วยเป็น เซนติเมตร

B = ความกว้างของอิฐตัวอย่าง มีหน่วยเป็น เซนติเมตร

### 3.2 ทดสอบคุณสมบัติทางกล (Mechanical Property) ของอิฐโบราณตัวอย่าง

ทดสอบหาคณะสมบัติทางกล (Mechanical Property) ของอิฐโบราณตัวอย่าง ตามมาตรฐาน ASTM C67 โดยอิฐโบราณที่นำมาทดสอบในครั้งนี้มีลักษณะคล้ายคลึงกับอิฐส่วนใหญ่ในสมัยอยุธยา จากแหล่งทำอิฐปัจจุบัน บริเวณริมคลองสระบัว ตำบลลุมพลี อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยวิธีการดังต่อไปนี้

#### 3.2.1 การทดสอบโมดูลัสแตกร้าว

##### 1) เครื่องมือ

เครื่องกด เป็นไปตามมาตรฐานของสมาคมเพื่อการทดสอบและวัสดุของอเมริกัน

ASTM E4-1973

##### 2) จำนวนและลักษณะก้อนตัวอย่าง

ใช้อิฐตัวอย่างเต็มก้อนจำนวน 5 ก้อน ที่ได้จากข้อ 3.1.3

##### 3) วิธีทดสอบ

- วางอิฐตัวอย่างทางด้านแบนบนจตุรกรงรับสองจุด (เพื่อให้น้ำหนักกดตามทิศทางของความหนาของตัวอย่าง) โดยระยะช่วงจตุรกรงรับน้อยกว่าความยาวระบุงของก้อนตัวอย่าง 25 มิลลิเมตร กดน้ำหนักที่จุดกึ่งกลางช่วง ถ้าอิฐตัวอย่างนั้นมีส่วนเว้าเข้าไป จะจัดวางส่วนเว้านั้นอยู่บนด้านที่รับแรงอัด ให้น้ำหนักกดลงที่พื้นผิวด้านบนของอิฐตัวอย่างจนอิฐตัวอย่างเกิดการวิบัติ โดยผ่านแผ่น

เหล็กซึ่งมีความหนา 6 มิลลิเมตร กว้าง 38 มิลลิเมตร และความยาวเท่ากับความกว้างของอิฐตัวอย่าง

- จุดรองรับอิฐตัวอย่างทั้งสองจุด เป็นแท่งเหล็กกลมหมุนได้อย่างอิสระในทิศทางตามยาว และตามขวางของอิฐตัวอย่าง
- ความเร็วในการทดสอบ อัตราการเพิ่มน้ำหนักไม่เกิน 10 kN/นาที หรือความเร็วของหัวกดของเครื่องทดสอบที่กำลังเคลื่อนที่ ก่อนที่น้ำหนักจะกดบนก้อนตัวอย่างไม่เกิน 1.27 มิลลิเมตร/นาที

#### 4) การคำนวณและการรายงาน

- ค่าโมดูลัสแตกร้าว ของอิฐตัวอย่างจะหาได้จากสมการ

$$S = 3WL / 2bd^2 \quad (3.4)$$

โดยที่

$S$  = โมดูลัสแตกร้าวในอิฐตัวอย่าง มีหน่วยเป็น MPa (1 MPa = 10 kg/cm<sup>2</sup>)

$W$  = แรงกดสูงสุด มีหน่วยเป็น N

$L$  = ระยะห่างระหว่างจุดรองรับของอิฐตัวอย่าง มีหน่วยเป็น mm

$b$  = ความกว้างโดยเฉลี่ยของอิฐตัวอย่าง มีหน่วยเป็น mm

$d$  = ความลึกโดยเฉลี่ยของอิฐตัวอย่าง มีหน่วยเป็น mm

- การรายงานผลจะรายงานผลการคำนวณแต่ละก้อนและผลเฉลี่ยจาก 5 ก้อน

#### 3.2.2 การทดสอบกำลังต้านแรงอัด

##### 1) เครื่องมือ

เครื่องกด เป็นไปตามมาตรฐานของสมาคมเพื่อทดสอบและวัสดุของอเมริกัน

ASTM E4-1973

##### 2) จำนวนและลักษณะก้อนตัวอย่าง

ใช้อิฐตัวอย่างเต็มก้อนจำนวน 5 ก้อน ที่ได้จากข้อ 3.1.3 และอยู่ในสภาพสมบูรณ์ ไม่มีแตกหัก หรือบิ่น

##### 3) การปรับผิวอิฐตัวอย่าง

การปรับผิวอิฐอย่างนี้เป็นการปรับผิวด้วยปูนปลาสเตอร์ (Gypsum capping) หรือ ก้ำมะถัน ส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ทำการปรับผิว ได้แก่ปูนปลาสเตอร์และน้ำ ในอัตราส่วน 2:1 โดยน้ำหนัก การปรับผิวจะมีความหนาประมาณ 3 มิลลิเมตร และผิวดังกล่าวจะต้องมีความลาดเอียงไม่

เกิน 0.076 มิลลิเมตร ต่อ 406.4 มิลลิเมตร จากนั้น ทำการบ่มปูนปลาสเตอร์อย่างน้อย 24 ชั่วโมง ก่อนทดสอบ

#### 4) วิธีการทดสอบ

- วางอิฐตัวอย่าง โดยให้จุดกึ่งกลางของอิฐตัวอย่างทางด้านแบน อยู่ตรงจุดกึ่งกลางของหัวกด โดยยอมให้เอียงกันไม่เกิน 1.6 มิลลิเมตร
- อัตราความเร็วที่ใช้ในการทดสอบ  
เมื่อแรงกระทำมีค่าน้อยกว่าแรงกดอัดประลัยของอิฐตัวอย่าง มาตรฐาน ASTM กำหนดให้ความเร็วในการทดสอบมีค่าเท่าใดก็ได้ ตามความเหมาะสมของเครื่องทดสอบ และเมื่อแรงกระทำมีค่ามากกว่าครึ่งหนึ่งของแรงกดอัดประลัย มาตรฐาน ASTM กำหนดให้ความเร็วในการทดสอบจะต้องอยู่ในช่วงที่ทำให้ตัวอย่างทดสอบเกิดการวิบัติในเวลาไม่เร็วกว่า 1 นาที แต่ไม่เกิน 2 นาที

#### 5) การคำนวณและการรายงาน

- คำนวณหาค่ากำลังต้านแรงอัด ของอิฐตัวอย่างได้จากสมการ

$$f'_{br} = \frac{F}{A} \quad (3.5)$$

โดยที่

$f'_{br}$  = กำลังอัดประลัยของอิฐตัวอย่าง มีหน่วยเป็น MPa ( $1 \text{ MPa} = 10 \text{ kg/cm}^2$ )

$F$  = แรงกระทำสูงสุด มีหน่วยเป็น N

$A$  = พื้นที่เฉลี่ยของผิวด้านบนและด้านล่างของอิฐตัวอย่างที่รองรับแรงกด

อัด มีหน่วยเป็น  $m^2$

- การรายงานผลจะรายงานผลการคำนวณแต่ละก้อนและผลเฉลี่ยจาก 5 ก้อน

### 3.3 การทดสอบผนังอิฐก่อโบราณ

ในการวิจัยนี้จะทดสอบผนังอิฐก่อโบราณตัวอย่าง โดยมีน้ำหนักกดทับคงที่ (Constant Axial Load) ด้านบนของผนังอิฐก่อโบราณตัวอย่าง และแรงกระทำทางด้านบนเพื่อเป็นการศึกษาพฤติกรรมการรับแรงอัดตามแนวแกนของผนังก่ออิฐทดแทนอิฐโบราณ อีกทั้งเป็นการทดสอบถึงวิธีการประมาณการรับแรงอัดตามแนวแกนของผนังก่ออิฐทดแทนอิฐโบราณ โดยวัสดุ GFRP ที่ใช้ในการทดสอบมีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 3.1 ผนังที่ทดสอบมีขนาด ความหนาที่ 0.63 เมตร

ความกว้าง 1.54 เมตร ความสูง 1.20 เมตร ผนังอิฐก่อโบราณตัวอย่าง ผนังอิฐก่อทดสอบก่อด้วยอิฐโบราณซึ่งเป็นอิฐโบราณสำหรับการก่อสร้างและบูรณะโบราณสถาน ที่มีการผลิตในปัจจุบันที่ตำบลลุมพินี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ผนังอิฐก่อโบราณทดสอบก่ออยู่บนฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด ความกว้าง 0.90 เมตร ยาว 2.00 เมตร หนา 0.30 เมตร ด้านบนของผนังอิฐก่อทดสอบมีน้ำหนักกดทับด้วย Steel place ขนาด 600×600×1.6 มิลลิเมตร

การทดสอบผนังอิฐก่อโบราณ ใช้ขนาดของผนังอิฐก่อทดสอบในอัตราส่วนความสูงต่อความยาว (Height to length) 1:1 ซึ่งการทดสอบในอัตราส่วนดังกล่าวจะช่วยให้ลักษณะแรงเฉือนใน โดย การทดสอบผนังอิฐก่อตัวอย่าง 2 ผนังแรก เป็นการทดสอบพฤติกรรมและหาค่าแรงอัดตามแนวแกนและการทดสอบผนังอิฐก่อตัวอย่างอีก 2 ผนังที่เหลือ จะทำการติดตั้งเส้นใยไฟเบอร์ (FRP) ชนิดเส้นใยแก้ว Glass Fiber (GFRP) แบบแผ่นเส้นใย (Fiber Sheet) ในแนวตั้งฉากกับแรงที่กระทำ โดยให้แรงอัดตามแนวแกน กับผนังอิฐก่อโบราณ การปล่อยแรงกระทำ (Loading) จะใช้วิธีการควบคุมการเคลื่อนที่ (Displacement Controller) ของไฮดรอลิกแจ็ก (Hydraulic Jack) ในแนวตั้ง โคนเริ่มจากระยะ 0.1 มิลลิเมตร จนวิบัติ ทำการตรวจความเสียหายของผนังอิฐก่อทดสอบ และในกรณีของการเสริมเส้นใยไฟเบอร์ (FRP) ก็ให้ตรวจความเสียหาย (Debonding) ของแผ่นเส้นใย (Fiber Sheet) ด้วย

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของวัสดุ GFRP ที่ใช้ในการทดสอบ

วัสดุ	compressive strength MPa	tensile strength MPa	modulus of elasticity GPa
GFRP	-	1700	72
เรซิน	160	-	3.2

3.3.1 การทดสอบการหาค่ากำลังแรงกดอัด (Compressive strength test) ของผนังอิฐก่อโบราณแบบผนังเปล่า ใช้ผนังอิฐก่อโบราณจำนวน 2 ตัวอย่างโดยมีวิธีทดสอบดังนี้

- 1) ทำการปรับผิวอิฐก่อด้านล่างสุด 1 ด้าน ส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ปรับผิว คือ ปูนปลาสเตอร์ และ น้ำ อัตราส่วน 2:1 โดยน้ำหนักการปรับผิวนี้จะมีค่าความหนาประมาณ 3 มิลลิเมตร จากนั้นทำการบ่มปูนปลาสเตอร์เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนนำไปก่อกำแพง
- 2) นำอิฐตัวอย่างที่จะถูกก่อเป็นกำแพง แช่น้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อลดการดูดซึมน้ำของอิฐจากปูนก่อ

- 3) ทำการก่อผนังอิฐโบราณ ให้ได้ที่อัตราส่วนความสูงต่อความกว้าง (h/t) อยู่ระหว่าง 1 ถึง 1 และมีรอยต่อแบบ Flush joint โดยที่ความหนาของรอยต่อมีความหนา 1 เซนติเมตร
- 4) การบ่มหลังจากการก่อจะเป็นการตั้งทิ้งไว้ในอาคารจะเป็นการใช้ถุงพลาสติกคลุมให้มีมิดชิด บ่มทิ้งไว้จนถึงวันทดสอบกำลังรับแรงกดอัด
- 5) การปรับผิวอิฐก่อนบนสุดของผนังก่อที่ทำการทดสอบกำลังรับแรงกดอัดเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง
- 6) ทำการติดตั้ง Linear Variable Displacement Transducers (LVDT) และ Strain Gage ตามตำแหน่งที่กำหนดไว้
- 7) ทำการทดสอบกำลังรับแรงกดอัดที่ 28 วัน โดยบันทึกค่าของแรงกดอัดโดยใช้เครื่องแม่แรงไฮดรอลิกแจ็ก (Hydraulic Jack) ขนาด 100 ตัน พร้อมแท่นยึดกดให้แรงกระทำตามมาตรฐาน ASTM กำหนดให้ความเร็วในการทดสอบจะต้องอยู่ในช่วงที่ทำให้ตัวอย่างทดสอบเกิดการวิบัติภายใน 1 ถึง 2 นาที
- 8) นำผลการทดสอบที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของหน่วยแรงกดอัด และความเครียดของแต่ละผนัง

3.3.2 การทดสอบการหาค่ากำลังแรงกดอัด (Compressive strength test) ของผนังอิฐก่อโบราณ เสริมด้วย Fiber reinforce polymers (FRP)

ใช้ผนังอิฐก่อโบราณเสริมด้วย Glass Fiber reinforce polymers (GFRP) 2 ตัวอย่างโดยมีวิธีทดสอบดังนี้

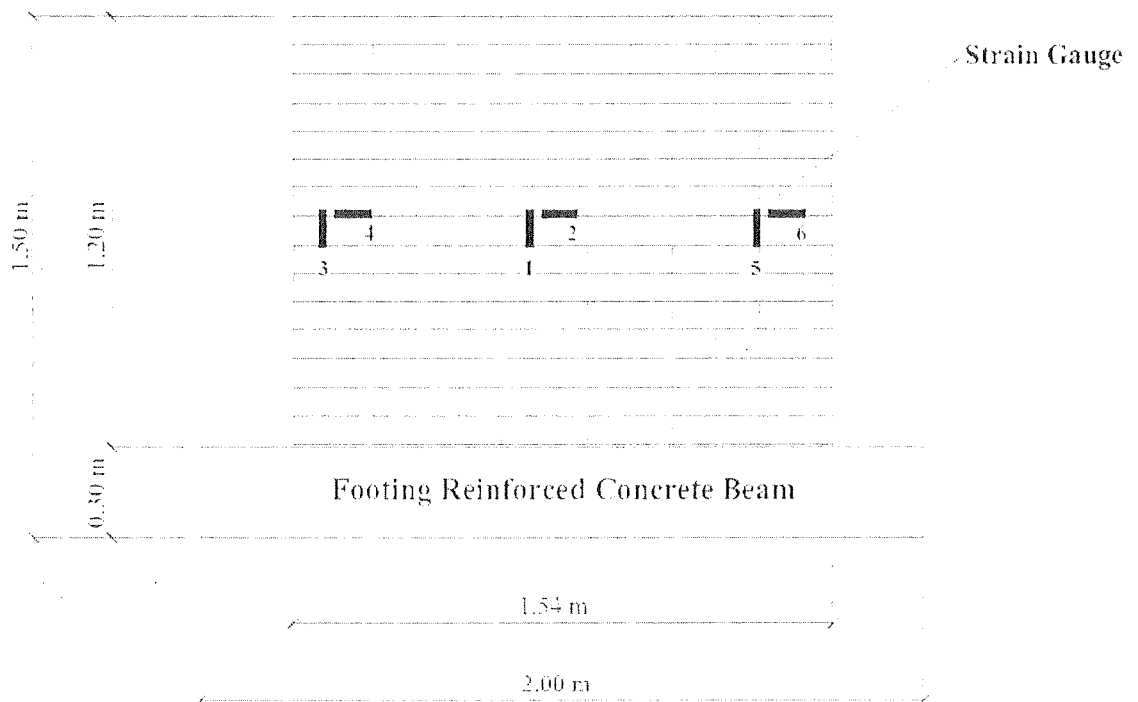
- 1) ทำการปรับผิวอิฐก่อนล่างสุด 1 ด้าน ส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ในการปรับผิว คือ ปูนพลาสเตอร์ และ น้ำ อัตราส่วน 2:1 โดยน้ำหนักการปรับผิวนี้ จะมีความหนาประมาณ 3 มิลลิเมตร จากนั้นทำการบ่มปูนพลาสเตอร์เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนนำไปก่อกำแพง
- 2) นำอิฐตัวอย่างที่จะถูกก่อเป็นกำแพง แช่น้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อลดการดูดซึมน้ำของอิฐจากปูนก่อ
- 3) ทำการก่อผนังอิฐโบราณ ให้ได้ที่อัตราส่วนความสูงต่อความกว้าง (h/t) อยู่ระหว่าง 1 ถึง 1 และมีรอยต่อแบบ Flush joint โดยที่ความหนาของรอยต่อมีความหนา 1 เซนติเมตร
- 4) ทำการปรับแต่งผิวด้านข้างของผนังอิฐทดสอบให้เรียบ แล้วนำแผ่น Glass Fiber reinforce polymers (GFRP) ที่เตรียมไว้ติดยึดกับผนัง
- 5) การบ่มหลังจากการก่อจะเป็นการตั้งทิ้งไว้ในอาคารจะเป็นการใช้ถุงพลาสติกคลุมให้มีมิดชิด บ่มทิ้งไว้จนถึงวันทดสอบกำลังรับแรงกดอัด

6) การปรับผิวอิฐก่อนบนนสุดของผนังก่อที่ทำการทดสอบกำลังรับแรงกดอัดเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

7) ทำการติดตั้ง Linear Variable Displacement Transducers (LVDT) และ Strain Gauge ตามตำแหน่งที่กำหนดไว้

8) ทำการทดสอบกำลังรับแรงกดอัดที่ 28 วัน โดยบันทึกค่าของแรงกดอัดโดยใช้เครื่องแม่แรงไฮดรอลิกแจ็ก (Hydraulic Jack) ขนาด 100 ตัน พร้อมแท่นยึดกดให้แรงกระทำตามมาตรฐาน ASTM กำหนดให้ความเร็วในการทดสอบจะต้องอยู่ในช่วงที่ทำให้ตัวอย่างทดสอบเกิดการวิบัติภายใน 1 ถึง 2 นาที

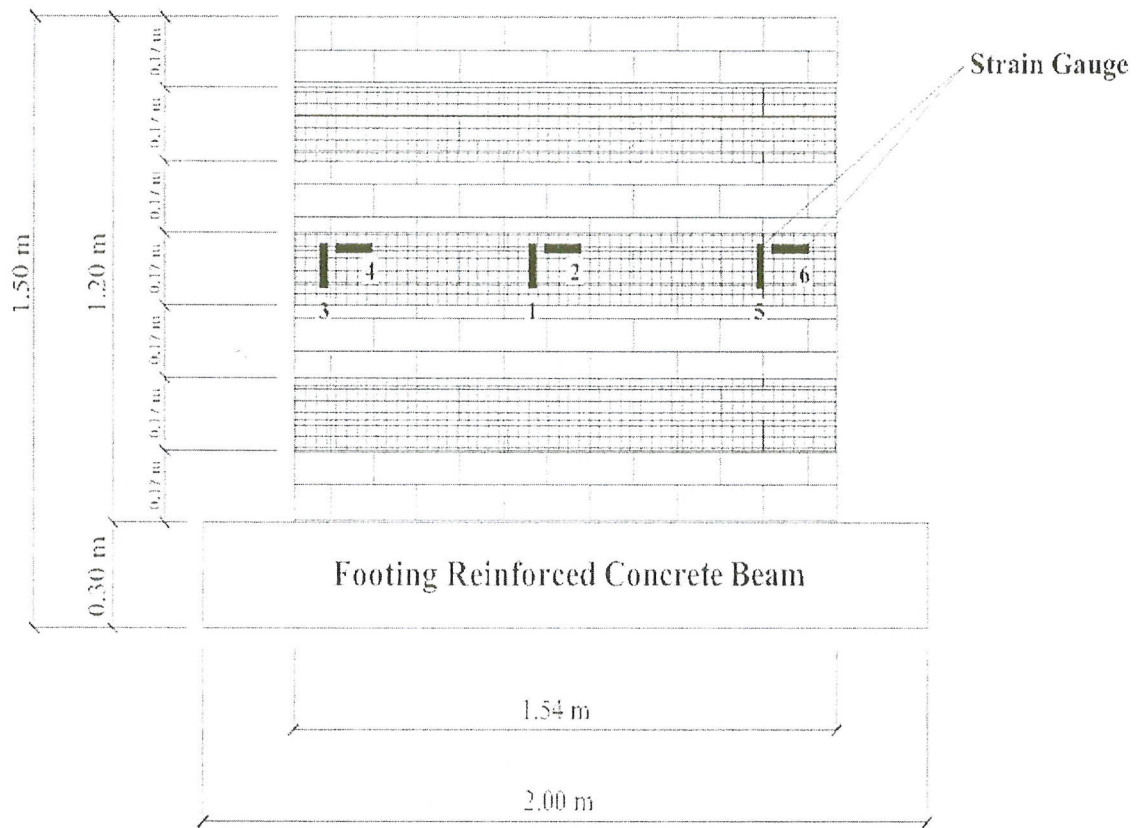
9) นำผลการทดสอบที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของหน่วยแรงกดอัด และความเครียดของแต่ละผนัง



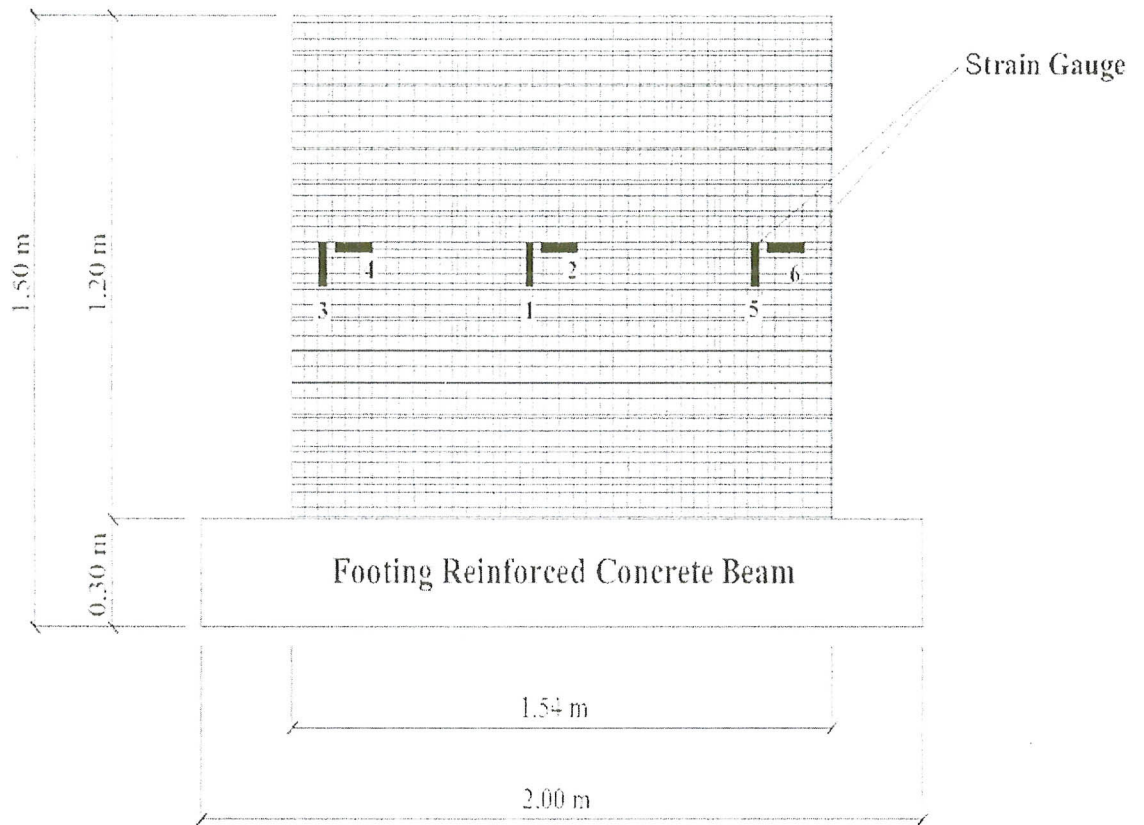
รูปที่ 3.1 ผนังอิฐก่อโบราณและตำแหน่งการติดตั้ง Strain Gauge



รูปที่ 3.3 ตำแหน่งการติดตั้ง LVDT (Side View)



รูปที่ 3.4 ลักษณะการติดตั้ง Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) แบบ 3-stripe



รูปที่ 3.5 ลักษณะการติดตั้ง Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) แบบเต็มผนัง