

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

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

- 1) ทดสอบผนังอิฐก่อโบราณตัวอย่าง ภายใต้แรงกระทำทางด้านข้างแบบวัฏจักร (Cyclic Lateral Loading) จำนวน 1 ตัวอย่าง
- 2) ทดสอบผนังอิฐก่อโบราณ เมื่อเกิดการวิบัติเนื่องจากแรงกระทำทางด้านข้างแบบวัฏจักร แต่เสริมด้วย Fiber-Reinforced Polymer ชนิดเส้นใยแก้ว Glass Fiber (GFRP) ภายใต้แรงกระทำทางด้านข้างแบบวัฏจักร จำนวน 1 ตัวอย่าง
- 3) ทดสอบผนังอิฐก่อโบราณ เสริมด้วย Fiber-Reinforced Polymer ชนิดเส้นใยแก้ว Glass Fiber (GFRP) ภายใต้แรงกระทำทางด้านข้างแบบวัฏจักรจำนวน 2 ตัวอย่าง

3.1 แผนการดำเนินงาน

จัดหาทฤษฎีอ้างอิงในการทดสอบและวิจัยการเสริมวัสดุ Fiber Reinforced Polymer ชนิดเส้นใยแก้ว Glass Fiber (GFRP) การรับแรงกระทำทางด้านข้างแบบวัฏจักร Cyclic Lateral Loading ของผนังก่ออิฐทดแทนอิฐโบราณ จัดเตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ สถานที่ในการทดสอบ ออกแบบแท่นยึดชิ้นงาน เทคาน ทับหลังบนชิ้นงานแล้วขนย้ายชิ้นงานเข้าตำแหน่งที่จะทดสอบ เริ่มทำการทดสอบชิ้นงานที่ AMW01, AMW03_FRP.C, AMW05_FRP.E และ AMW01_FRP.A แล้วสรุปวิเคราะห์ผลการทดสอบ จัดทำรูปเล่มรายงานผลงานการวิจัย

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงานของโครงการ

ลำดับที่	รายการ	ธ.ค.-55	ม.ค.-56	ก.พ.-56	มี.ค.-56
1	จัดหาทฤษฎีอ้างอิงในการทดสอบและวิจัย	-----			
2	จัดเตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ สถานที่ในการทดสอบ	-----			
3	ออกแบบแท่นยึดชิ้นงานและส่วนประกอบอื่นๆ		-----		
4	เทคนัทบหลังบนชิ้นงาน		-----		
5	ขนย้ายชิ้นงานเข้าตำแหน่งที่จะทดสอบ		-----		
6	ทดสอบชิ้นงานที่ 1 (AMW01)			-----	
7	ทดสอบชิ้นงานที่ 2 (AMW03_FRP.C)			-----	
8	ทดสอบชิ้นงานที่ 3 (AMW05_FRP.E)				-----
9	ทดสอบชิ้นงานที่ 4 (AMW01_FRP.A)				-----
10	สรุป วิเคราะห์ผลการทดสอบ จัดทำรูปเล่มรายงาน ผลงานการวิจัย				-----

----- แผนการดำเนินงาน
 _____ การดำเนินงานจริง

3.2 ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Property) ของอิฐโบราณตัวอย่าง

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



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างของอิฐที่ใช้ในการทดสอบ

3.2.1 การวัดขนาด

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



รูปที่ 3.2 การวัดขนาดของอิฐที่ใช้ในการทดสอบ

3.2.2 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



รูปที่ 3.3 การทดสอบการหาน้ำหนักโดยการอบแห้ง

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



รูปที่ 3.4 การทดสอบการหาน้ำหนักหลังจากการอบแห้ง

3) วิธีการคำนวณและรายงานผล

- คำนวณหาน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ของอิฐตัวอย่าง ที่ได้จากข้อ 2) โดยน้ำหนักเป็นกิโลกรัมหารด้วยพื้นที่เฉลี่ยระหว่างหน้าทั้งสองของอิฐตัวอย่างเป็นตารางเมตร ตามลักษณะที่ก่อในกำแพง
- การรายงานผลจะรายงานผลการคำนวณแต่ละก้อนและผลเฉลี่ยจาก 5 ก้อน

3.2.3 การทดสอบการดูดซึมน้ำ

- 1) เครื่องมือ เครื่องชั่งที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้ ใช้เครื่องชั่งที่สามารถชั่งน้ำหนักได้ 2000 กรัม และมีความละเอียดถึง 0.5 กรัม
- 2) จำนวนและลักษณะก้อนตัวอย่างใช้อิฐตัวอย่างเต็มก้อนจำนวน 5 ก้อนที่เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดในข้อ 3.2.2 และอยู่ในสภาพสมบูรณ์ ไม่มีแตกหัก หรือบิ่น

3) วิธีการทดสอบ

- การทดสอบการแช่น้ำ

แช่อิฐตัวอย่างในสถานะที่มีอุณหภูมิ 15.5 ถึง 30 °C เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง นำอิฐตัวอย่างขึ้นจากน้ำและเช็ดอิฐตัวอย่างด้วยผ้าที่ขึ้น เพื่อเอาน้ำส่วนเกินที่ผิวของอิฐตัวอย่างออก แล้วชั่งน้ำหนักของอิฐตัวอย่าง ขั้นตอนที่น่าอิฐตัวอย่างขึ้นจากน้ำและชั่งน้ำหนักจะต้องทำให้เสร็จภายใน 5 นาที

ค่าการดูดซึมน้ำของอิฐตัวอย่างจะหาได้จากสมการ

$$\text{Absorption, (\%)} = \frac{100(W_s - W_d)}{W_d} \quad (3.3)$$

โดยที่

W_d = น้ำหนักของอิฐตัวอย่างที่แห้ง

W_s = น้ำหนักของอิฐตัวอย่างหลังแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง



รูปที่ 3.5 การทดสอบการดูดซึมน้ำโดยการแช่น้ำ

- การทดสอบการต้มเดือด แบบ 2 ชั่วโมง

ในการทดสอบครั้งนี้ อิฐตัวอย่างจะใช้อิฐตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบการแช่น้ำ ซึ่งดูดซึมน้ำจนอิ่มตัวแล้วต้มน้ำที่มีอิฐตัวอย่างแช่อยู่จนเดือดภายใน 1 ชั่วโมง แล้วทำการต้มต่อไปเป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง จากนั้นดับไฟรอจน อุณหภูมิของน้ำลดลงอยู่ในช่วง 15.5 ถึง 30 °C แล้วนำอิฐตัวอย่างขึ้นจากน้ำและเช็ดอิฐตัวอย่างด้วยผ้าที่ขึ้น เพื่อเอาน้ำส่วนเกินที่ผิวของอิฐตัวอย่างออก แล้วชั่งน้ำหนักของอิฐตัวอย่าง ขั้นตอนที่น่าอิฐตัวอย่างขึ้นจากน้ำและชั่งน้ำหนักจะต้องทำให้เสร็จภายใน 5 นาที

ค่าการดูดซึมน้ำของอิฐตัวอย่างจะหาได้จากสมการ

$$\text{Absorption, (\%)} = \frac{100(W_b - W_d)}{W_d} \quad (3.4)$$

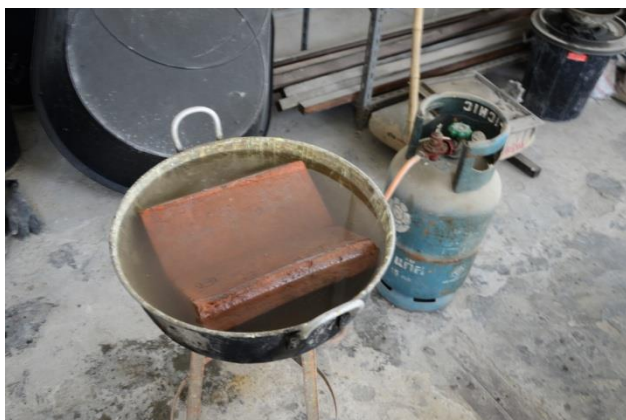
โดยที่

W_d = น้ำหนักของอิฐตัวอย่างที่แห้ง

W_b = น้ำหนักของอิฐตัวอย่างที่อิ่มตัวหลังจากการต้ม

4) การรายงาน การรายงานผลจะรายงานผลการคำนวณแต่ละก้อนและผลเฉลี่ย

จาก 5 ก้อน



รูปที่ 3.6 การทดสอบการดูดซึมน้ำโดยการต้มเดือดแบบ 2 ชั่วโมง

3.3 ทดสอบคุณสมบัติทางกล (Mechanical Property) ของอิฐโบราณตัวอย่าง

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

3.3.1 การทดสอบกำลังต้านแรงอัด

- 1) เครื่องมือ เครื่องวัด เป็นไปตามมาตรฐานของสมาคมเพื่อทดสอบและวัสดุของอเมริกัน ASTM E4-1973
- 2) จำนวนและลักษณะก้อนตัวอย่าง ใช้อิฐตัวอย่างเดิมก้อนจำนวน 5 ก้อน ที่ได้จากข้อ 3.1.3 และอยู่ในสภาพสมบูรณ์ ไม่มีแตกหัก หรือบิ่น
- 3) การปรับผิวอิฐตัวอย่าง การปรับผิวอิฐอย่างนี้เป็นการปรับผิวด้วยปูนปลาสเตอร์ (Gypsum capping) ส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ทำการปรับผิว ได้แก่ปูนปลาสเตอร์และน้ำ ในอัตราส่วน 2:1 โดยน้ำหนัก การปรับผิวจะมีความหนาประมาณ 3 มม. และผิวดังกล่าวจะต้องมีความลาดเอียงไม่เกิน 0.076 มม. ต่อ 406.4 มม. จากนั้น ทำการบ่มปูนปลาสเตอร์อย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนทดสอบ
- 4) วิธีการทดสอบ
 - ก. วางอิฐตัวอย่างโดยให้จุดกึ่งกลางของอิฐตัวอย่างทางด้านแบน อยู่ตรงจุดกึ่งกลางของหัวกด โดยยอมให้เอียงกันไม่เกิน 1.6 มม.
 - ข. อัตราความเร็วที่ใช้ในการทดสอบเมื่อแรงกระทำมีค่าน้อยกว่าแรงกดอัดประลัยของอิฐตัวอย่าง มาตรฐาน ASTM กำหนดให้ความเร็วในการทดสอบมีค่าเท่าใดก็ได้ ตามความเหมาะสมของเครื่องทดสอบ และเมื่อแรงกระทำมีค่ามากกว่าครึ่งหนึ่งของแรงกดอัดประลัย

มาตรฐาน ASTM กำหนดให้ความเร็วในการทดสอบจะต้องอยู่ในช่วงที่ทำให้ตัวอย่างทดสอบเกิดการวิบัติในเวลาไม่เร็วกว่า 1 นาที แต่ไม่เกิน 2 นาที



รูปที่ 3.7 การทดสอบการรับแรงกดอัด

5) การคำนวณและการรายงาน

ก. คำนวณหาค่ากำลังต้านแรงอัด ของอิฐตัวอย่างได้จากสมการ

$$f'_{br} = \frac{F}{A} \quad (3.2)$$

โดยที่

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

F = แรงกระทำสูงสุด มีหน่วยเป็น N

A = พื้นที่เฉลี่ยของผิวด้านบนและด้านล่างของอิฐตัวอย่างที่รองรับแรงกดอัด มีหน่วยเป็น m^2

ข. การรายงานผลจะรายงานผลการคำนวณแต่ละก้อนและผลเฉลี่ยจาก 5 ก้อน

3.3.2 ปูนก่อ (Mortar) ที่ใช้ในการทดสอบ

ปูนก่อที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดสำหรับผนังอิฐก่อโบราณก็คือ ปูนก่อแบบโบราณ ซึ่งหมักจากปูนขาว เพราะมีความแข็งแรงพอประมาณ มีความพรุน และความยืดหยุ่นค่อนข้างสูงพอเหมาะสำหรับกำแพงอิฐโบราณ ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับอิฐโบราณ แตกต่างจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่มีความแข็งและทึบตันสูง มีการหดตัวมากและขาดความยืดหยุ่น โดยการเตรียมปูนก่อแบบโบราณ มีขั้นตอนและรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การเตรียมปูนขาวเพื่อใช้ทำปูนหมัก

เริ่มจากการเผาหินปูนด้วยความร้อนสูง เพื่อไล่คาร์บอนไดออกไซด์ หินปูนจะแตกออกเป็นก้อนสีขาวใหญ่บ้างเล็กบ้างเรียกว่า ปูนดิบ ซึ่งจะนำไปดำเนินการเป็นมอร์ต้าต่อไป

2) การหมักปูนดิบ เพื่อทำให้ปูนดิบดูดน้ำแล้วกลายสภาพเป็นปูนเหนียว

- ถ้าปูนดิบที่ได้มาจากโรงงานมีขนาดก้อนใหญ่เกินไป ให้เคาะออกเป็นก้อนเล็กๆ ก่อนหมัก เพื่อลดความรุนแรงจากปฏิกิริยาของก้อนปูนขาวในน้ำ

- นำปูนดิบไปแช่ในบ่อหมักปูน ใส่ น้ำในบ่อหมักให้สูงกว่าปูนประมาณ 2.5 เซนติเมตรเป็นอย่างน้อย เมื่อใส่ปูนดิบลงในน้ำแล้วจะเกิดปฏิกิริยาปูนแตกตัวอย่างรุนแรง น้ำและปูนร้อนจัดจนอุณหภูมิขึ้นสูงถึงจุดเดือด

- กวนปูนอยู่เรื่อยๆ จนกว่าปฏิกิริยาจะหยุดและน้ำในบ่อหมักแห้งจะได้ปูนขาวเหนียว

- นำปูนขาวเหนียวขึ้นจากบ่อหมัก ล้างน้ำร้อนผ่านตะแกรงขนาดตา 5 มิลลิเมตร เพื่อกรองเอาสิ่งปนเปื้อนหรือก้อนปูนที่ไม่ทำปฏิกิริยาหรือก้อนปูนขนาดใหญ่ออกไป

- เก็บปูนขาวเหนียวนี้ไว้ได้น้ำ ให้น้ำอยู่สูงจากผิวปูนไม่น้อยกว่า 2.5 เซนติเมตรเป็นอย่างน้อย

- หมักทิ้งไว้ประมาณ 14 - 60 วัน ปูนหมักที่มีอายุการหมักนานๆ จะแข็งตัวแต่ก็สามารถนำมาใช้งานได้เมื่อผสมน้ำแล้วทำให้ได้ที่

3) การผสมปูนกับทราย

เมื่อหมักปูนจนได้ระยะเวลากำหนดแล้วให้นำปูนหมักมาผสมกับทรายและปูนซิเมนต์ขาวโดยปริมาตร ในอัตราส่วน 1 : 2 : 9 ผสมน้ำพอให้ปูนทรายเข้ากันดี จึงนำไปใช้ก่ออิฐ

3.3.3 เส้นใยไฟเบอร์ ชนิดเส้นใยแก้ว Glass Fiber (GFRP) แบบแผ่นเส้นใย (Fiber Sheet)

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลทางด้านเทคนิคของ GFRP

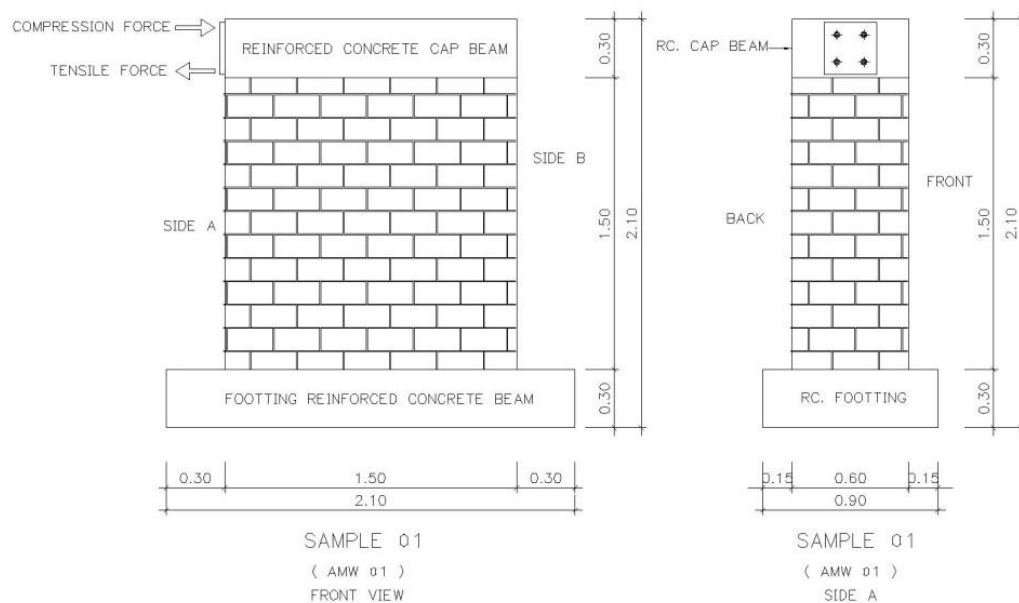
Property	Typical test value
Width (mm)	1,000
Thickness (mm)	0.5
Warp x Weft (each/inch)	6 x 6
Weight (g/m^2)	150
Filament Diameter (μm)	14
Nominal row length (m)	50 (+ 0.50 - 0)
Nominal row width (m)	1 (+0.50 - 0)*
Moisture content (%)	< 0.3
Loss on Lognition (L.O.I.)	15
Mesh Density (%)	10 x 10 strands (warp & weft)
Nominal strand tensile Per 10 cm	
strength 1,700 Mpa	
Elastic Modulus 72 Gpa	

3.4 การเตรียมผนังอิฐก่อโบราณทดสอบ

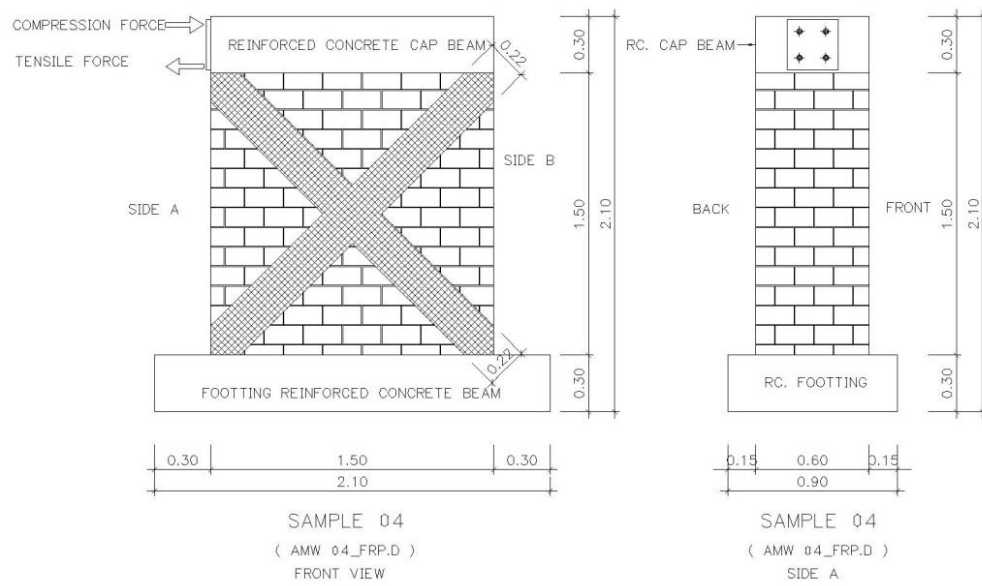
การทดสอบผนังอิฐก่อโบราณ ภายใต้แรงกระทำทางด้านข้างแบบวัฏจักร (Cyclic Lateral Loading) มีความชัดเจนยิ่งขึ้น โดยมีรายละเอียดในการเตรียมผนังอิฐก่อโบราณตัวอย่าง ดังนี้

ตารางที่ 3.3 สรุปชนิดของผนังที่ใช้ทดสอบ

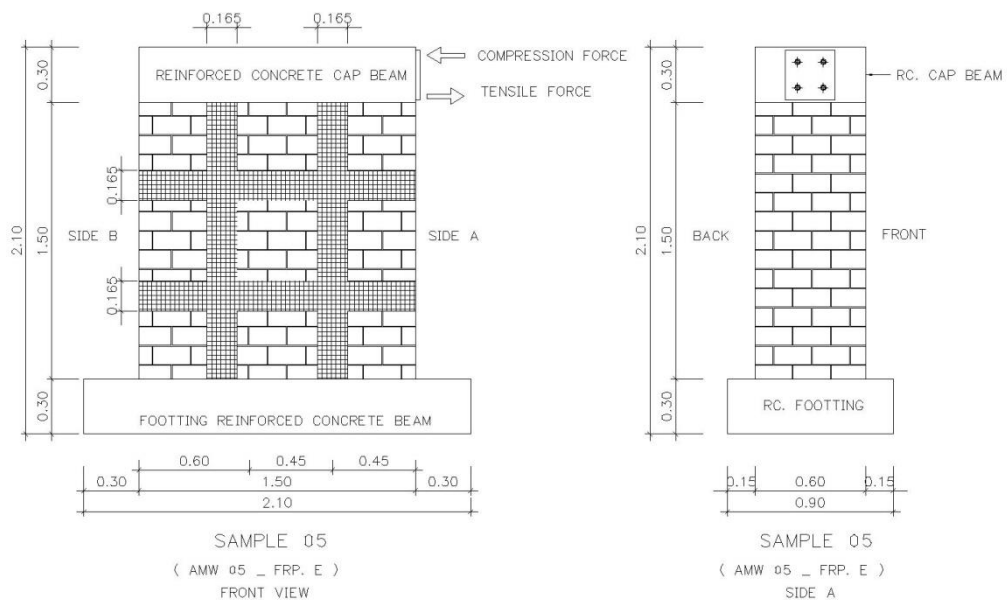
ผนังที่	ชนิดของผนังที่ทำการทดสอบ	หมายเหตุ
AMW01	ผนังก่ออิฐโบราณ ไม่ได้เสริมวัสดุ GFRP	
AMW04_FRP.D	ผนังก่ออิฐโบราณเสริมวัสดุ GFRP 40% ของพื้นที่ผนัง แบบทแยงมุม 45 องศา กว้าง 0.22 ม.	เสริมหนึ่งด้าน
AMW05_FRP.E	ผนังก่ออิฐโบราณเสริมวัสดุ GFRP 40% ของพื้นที่ผนัง แบบ Stripes กว้าง 0.16 ม.	เสริมหนึ่งด้าน
AMW01_FRP.A	ผนังก่ออิฐโบราณ AMW01 เสริมตามรอยแตกด้วย GFRP	เสริมสองด้าน



รูปที่ 3.8 ผนังที่ AMW01 และ AMW01_FRP.A



รูปที่ 3.9 ผนังที่ AMW04_FRP.D



รูปที่ 3.10 ผนังที่ AMW05_FRP.E

3.4.1 ก่อผนังอิฐโบราณตัวอย่างแต่ละผนัง ขนาดความสูง 1.50 ม. กว้าง 1.50 ม. หน้า 0.60 ม. ดังแสดงในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ผนังตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ

3.4.2 ผนังอิฐก่อโบราณตัวอย่าง ก่ออยู่บนบนฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด ความกว้าง 0.90 ม. ยาว 2.10 ม. หน้า 0.30 ม. ที่ยึดแน่นด้วยเหล็กเส้นตีเกลียว และขัดแน่นด้วย Bolt โดยการเจาะฝังเหล็กเส้นตีเกลียวดังกล่าวด้วย Chemical Bolt ลงในพื้นที่ห้องปฏิบัติการ เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของผนังอิฐก่อทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.12

3.4.3 ด้านบนของผนังอิฐก่อทดสอบมีเทคานคอนกรีตเสริมเหล็กขนาดหน้าตัด กว้าง 0.60 ม. ลึก 0.30 ม. และยาว 1.50 ม. หรือตลอดความยาวผนังอิฐก่อทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.12

3.4.4 ทำเครื่องหมายบนห้องปฏิบัติการเพื่อวางตำแหน่งและยึดฐานคอนกรีตเสริมเข้ากับ พื้นห้องปฏิบัติการด้วย Bolt โดยมีคานเหล็กรัดหัวท้ายเพื่อไม่ให้ฐานคอนกรีตเสริมเหล็กเคลื่อนตัว ทั้งแนวราบและแนวตั้งดังแสดงในรูปที่ 3.12

3.4.5 ยึดฐานไฮดรอลิกส์แจ็ค (Hydraulic jack) บนโครงเหล็กทดสอบ (Load Frame) ในแนวราบ ระดับเดียวกันกับคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่อยู่ด้านบนของผนังอิฐก่อทดสอบ ผ่านโหลดเซลล์ (Load Cell) เพื่อเป็นแรงกระทำทางด้านข้างแบบซ้ำไปซ้ำมา (Cyclic Lateral Loading) และยึดโหลดเซลล์ (Load Cell) ดังกล่าวเข้ากับตัวผนังอิฐก่อทดสอบด้วยเหล็กแผ่น ประกบเข้ากับคานคอนกรีตเสริมเหล็กโดยมี Bolt ที่ฝังไว้กับคานคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นตัวถ่ายแรง ดังแสดงในรูปที่ 3.12

3.4.6 ติดตั้งเส้นใยไฟเบอร์ (FRP) ชนิดเส้นใยแก้ว Glass Fiber (GFRP) แบบแผ่นเส้นใย (Fiber Sheet) บนผนังอิฐก่อโบราณตัวอย่างดังรูปที่ 3.9 และ 3.10 ตามขั้นตอนดังนี้

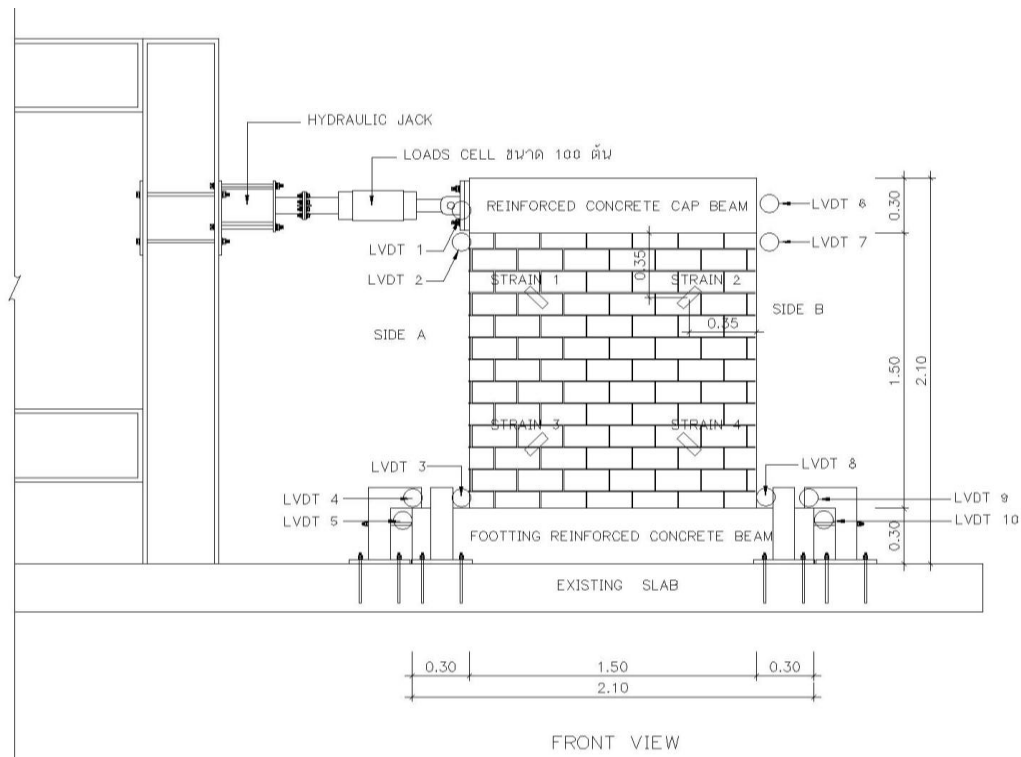
1) ขัดพื้นผิวผนังอิฐก่อโบราณตำแหน่งที่จะติดตั้ง GFRP ให้เรียบ เช็ดทำความสะอาดพื้นผิวด้วยผ้าแห้ง

2) ผสมน้ำยา Resin part A , B ทาด้วยลูกกลิ้งบนพื้นผิวตามข้อ 1) ที่จัดเตรียมไว้ ทิ้งไว้ให้แห้ง อย่างน้อย 1 สัปดาห์ (รอบที่ 1)

3) ผสมน้ำยา Resin part A , B ทาด้วยลูกกลิ้งบนพื้นผิว (รอบที่ 2) ปล่อยให้แห้ง ประมาณ 5 นาที แล้วลงแผ่น GFRP ผสมน้ำยา Resin part A , B ทาด้วยลูกกลิ้งบนพื้นผิว (รอบที่ 3) ทิ้งไว้ให้แห้ง อย่างน้อย 1 สัปดาห์ จึงจะทำการทดสอบผนังนั้นๆต่อไป

3.4.7 ติดตั้ง LVDT (Linear Variable Displacement Transducers) ที่ตำแหน่งคานคอนกรีตเสริมเหล็กด้านบนของผนังอิฐก่อทดสอบ บริเวณด้านฝั่งตรงข้ามกับ ไฮดรอลิกส์แจ็ค (Hydraulic jack) เพื่อสังเกต และควบคุมระยะการเคลื่อนที่ (Displacement Controlled) ของไฮดรอลิกส์แจ็ค (Hydraulic jack) และจุดอื่นๆ จำนวน 10 จุด ดังแสดงในรูปที่ 3.12

3.4.8 ติดตั้ง Electric Strain Gages บนผนังอิฐก่อทดสอบเพื่อวัดค่าความเครียด (Strain) ของผนังอิฐก่อทดสอบ ในแนวทแยงมุม 45 องศา จำนวน 4 จุด ดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 การติดตั้งผนังอิฐก่อโบราณสำหรับการทดสอบ Test setup

3.5 การดำเนินการทดสอบผนังอิฐก่อโบราณ

การดำเนินการทดสอบ โดยให้แรงกระทำทางด้านข้างแบบวัฏจักร (Cyclic Lateral Loading) กับผนังอิฐก่อโบราณตัวอย่าง มีรายละเอียดดังนี้

3.5.1 การให้แรงกระทำ (load) ในช่วงเริ่มต้น จะใช้วิธีการควบคุมด้วยแรง (Force Controlled) ผ่านโหลดเซลล์ (Load Cell) โดยการให้แรงกระทำในรอบการทดสอบที่ 1 ให้แรงกระทำเพิ่มขึ้นทีละ 2 kN ต่อครั้งๆ ละครึ่งรอบจนครบ 1 รอบ (ดัน-ดึง) ของรอบการทดสอบที่ 1 และในรอบการทดสอบที่ 2 ให้แรงกระทำเพิ่มขึ้นเป็น 4 kN ต่อครั้งๆ ละครึ่งรอบจนครบ 1 รอบ (ดัน-ดึง) ของรอบการทดสอบที่ 2 ทำเช่นเดียวกันนี้ในการทดสอบแต่ละรอบ (ดัน-ดึง) โดยค่อยๆ เพิ่มแรงกระทำ รอบการทดสอบละ 2 kN จนผนังอิฐก่อทดสอบจะเกิดรอยแตกร้าว (First Cracking) ดังแสดงในรูปที่ 3.13

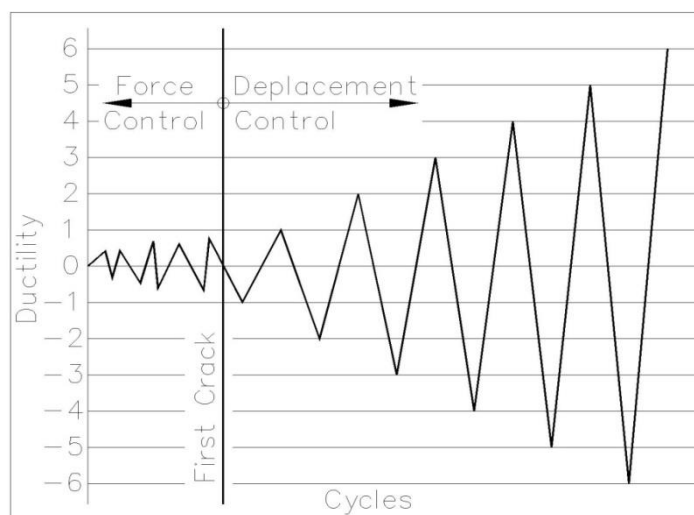
3.5.2 หลังจากผนังอิฐก่อตัวอย่างเกิดรอยแตกร้าว (First Cracking) ให้เปลี่ยนการให้แรงกระทำ (load) จากการควบคุมด้วยแรง (Force Controlled) มาเป็นการควบคุมด้วยระยะการเคลื่อนที่ (Displacement Controlled) ของไฮดรอลิกส์แจ็ค (Hydraulic jack) โดยควบคุมระยะการเคลื่อนที่ในการทดสอบครั้งละจำนวน 1 รอบ (Cycles) ดังแสดงในรูปที่ 3.13 โดยทุก ๆ

ครึ่งรอบ (ดัน หรือดึง) ให้หยุด เพื่อทำการตรวจความเสียหายของผนังอิฐก่อทดสอบ และในกรณีของการเสริมเส้นใยไฟเบอร์ (FRP) ก็ให้ตรวจความเสียหาย (debonding) ของแผ่นเส้นใย (fiber sheet) ด้วย กระทำเช่นเดียวกันนี้ทุกๆ ระยะเวลาเคลื่อนที่ โดยค่อยๆ เพิ่มระยะเวลาเคลื่อนที่ของของไฮดรอลิกส์แจ็ค (Hydraulic jack) ไปเรื่อยๆ จนกว่าผนังจะเกิดการวิบัติ

3.5.3 สำหรับการวัดระยะการเคลื่อนที่ (Displacement Controlled) ของไฮดรอลิกส์แจ็ค (Hydraulic jack) จะดำเนินการควบคุมผ่าน LVDT (Linear Variable Displacement Transducers) ที่ตำแหน่งคานคอนกรีตเสริมเหล็กด้านบนของผนังอิฐก่อทดสอบ และจะดำเนินการเช่นเดียวกันกับการเคลื่อนที่ระหว่างด้านบนและด้านล่างของผนังอิฐก่อทดสอบ ด้านฝั่งตรงข้ามกับไฮดรอลิกส์แจ็ค (Hydraulic jack)

3.5.4 หลังจากผนังอิฐก่อตัวอย่างเกิดรอยแตกร้าว (First Cracking) ด้วยการใช้ควบคุมด้วยแรง (Force Controlled) ทำการวัดค่าระยะการเคลื่อนที่ไว้ด้วย ซึ่งจะเป็นระยะการเคลื่อนที่เริ่มต้นหลังจากผนังอิฐก่อเริ่มแตกร้าว (First Crack Displacement)

3.5.5 การวัดการยืดหดตัวของผนังอิฐก่อทดสอบ และ GFRP สามารถอ่านค่าที่บันทึกได้ในเครื่องแปลงข้อมูล (Data Logger) ผ่าน Electric Strain Gages บนผนังอิฐก่อทดสอบ



รูปที่ 3.13 Loading sequence for static cyclic loading