

กำลังรับแรงเฉือนของผนังอิฐบล็อกประสาน

Shear Strength of Interlocking Block Wall

ปฏิกาน จันต๊ะวงศ์¹ เนตรชนก ยิ้มแย้ม² จักรภัทร เพิ่มพูล³ นพรัตน์ เตชะพันธุ์รัตนกุล⁴ และ บุปผเวช พันธุ์ศรี^{5*}

^{1,2,3,4,5*}มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่

*E-mail: bupavech@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาความสามารถในการรับแรงเฉือนของผนังอิฐบล็อกประสานแบบไม่เสริมกำลังกับแบบเสริมกำลัง เพื่อเป็นแนวทางในการเสริมกำลังให้กับผนังอิฐบล็อกประสาน โดยเริ่มจากการทดสอบคุณสมบัติทางกลของอิฐบล็อกประสาน จากนั้นนำอิฐบล็อกประสานมาก่อเป็นผนังเพื่อทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของผนังแบบไม่เสริมและเสริมกำลังผ่านการทดสอบกำลังรับแรงอัดในแนวทแยงตามมาตรฐาน Mexico Complementary Technical Norms Masonry ผลการทดสอบพบว่าผนังที่ไม่ได้เสริมกำลังสามารถรับแรงเฉือนได้ 4.40 กก./ตร.ซม. สำหรับผนังที่เสริมกำลังด้วยเหล็กข้ออ้อย เสริมในแนวตั้ง ,เสริมด้วยเหล็กเส้นกลมในแนวนอน และเสริมด้วยเหล็กข้ออ้อยและเหล็กเส้นกลม ในแนวตั้งและแนวนอน สามารถรับกำลังเฉือนได้เท่ากับ 5.02 กก./ตร.ซม., 8.14 กก./ตร.ซม. และ 9.04 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ

คำสำคัญ: อิฐบล็อกประสาน เสริมกำลัง กำลังรับแรงเฉือน

Abstract

The purpose of this research is to study the shear load capacity of interlocking block wall in before and after strengthening. The study comprises the determination of characteristic properties of interlocking block and the shear load capacity of wall samples via the diagonal compressive strength test according to Mexico Complementary Technical Norms Masonry. For the result of shear strength wall, the non-strengthening wall can resist the shear stress of 4.40 ksc. The shear load capacity strengthening wall jointed with deformed bar steel in the vertical line, round bar steel in horizontal line and mixed with deform bar and round bar steel are 5.02 ksc, 8.14 ksc and 9.04 ksc respectively.

Keywords: Interlocking Brick, Strengthening, Shear Strength

* Corresponding author, e-mail: bupavech@rmutl.ac.th

1. ที่มาและความสำคัญ

เนื่องด้วยแผ่นดินไหวมีโอกาสเกิดขึ้นในประเทศไทยอยู่บ่อยครั้งโดยมีศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหวที่อยู่ในประเทศไทยและประเทศใกล้เคียง ผลที่ตามมาทำให้โครงสร้างของอาคารบ้านเรือนทั้งในส่วนโครงสร้างหลักและโครงสร้างรองได้รับความเสียหาย ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากเหตุแผ่นดินไหวครั้งใหญ่ล่าสุดที่เกิดขึ้นที่ อ.แม่ลาว จ.เชียงราย [1] พบว่าในส่วนของผนังอิฐก่อ ที่เป็นส่วนวิหารและบ้านเรือนที่พักอาศัย เกิดรอยร้าวและเสียหายเป็นจำนวนมาก ดังแสดงตัวอย่างรูปที่ 1



รูปที่ 1 ความเสียหายในผนังอิฐก่อเนื่องจากแรงแผ่นดินไหว

อาคารโดยทั่วไปในประเทศไทยเป็นอาคารลักษณะโครงต้านแรงดัดคอนกรีตที่มีผนัง (concrete frames with infills) ซึ่งจากการศึกษาผลของแบบจำลองของผนังตาม มยพ.1303-57 [2] พบว่าผนังอิฐก่อมีส่วนช่วยในการต้านทานแรงแผ่นดินไหวที่มากกระทำได้ ทั้งนี้ถ้าผนังก่อเกิดการแตกร้าวเสียหาย จะส่งผลให้ความสามารถในการต้านทานแรงต้านข้างลดลง ซึ่งถ้าผนังก่อได้รับการเสริมความแข็งแรงเข้าไปตั้งแต่แรกจะสามารถช่วยลดความเสียหายที่เกิดขึ้นในผนังก่อนนั้นได้ ในปัจจุบันบ้านพักอาศัยได้นิยมหันมาเลือกใช้ อิฐบล็อกประสาน เพราะอิฐบล็อกประสานเป็นวัสดุจากธรรมชาติ มีความแข็งแรงทนทาน ก่อสร้างง่าย รวดเร็ว และประหยัดราคาในการก่อสร้าง ทางผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นให้ความสำคัญของผลที่ได้จากผนังอิฐบล็อกประสานที่รับแรงเฉือน โดยผ่านการทดสอบกำลังอัดในแนวทแยง ซึ่งเป็นกลสมบัติในการพิจารณารับแรงแผ่นดินไหว อีกทั้งยังศึกษาถึงแนวทางของการเสริมกำลังของผนังอิฐบล็อกประสาน เพื่อทราบถึงความสามารถในการรับแรงเฉือนต่อไป

2. วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากำลังรับแรงเฉือนของผนังก่ออิฐบล็อกประสานทั้งก่อนและหลังเสริมความแข็งแรง อีกทั้งยังได้ศึกษาพฤติกรรมการรับแรงเฉือนของผนังก่ออิฐบล็อกประสาน และทราบถึงวิธีการเสริมกำลังให้กับผนังก่ออิฐบล็อกประสาน

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 คุณสมบัติอิฐบล็อกประสาน

อิฐบล็อกประสาน ที่ใช้ในการทดสอบเป็น อิฐบล็อกทรงหรือทรงสี่เหลี่ยมใช้สำหรับการก่อสร้างอาคาร และบ้านพักอาศัยในระบบผนังรับน้ำหนัก ไร้เสา คาน ขนาดมาตรฐานที่ วว. แนะนำให้ใช้สำหรับการก่อสร้างอาคารคือ ขนาด กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 12.5 ซม.x25.0 ซม.x10.0 ซม. และ 15.0 ซม.x30.0 ซม.x 10.0 ซม. แต่ในปัจจุบันยังมีขนาดอื่นๆ ที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดอีกคือขนาด 7.5 ซม.x30.0 ซม.x 10.0 ซม. และ 10.0 ซม. x 30.0 ซม. x10.0 ซม.

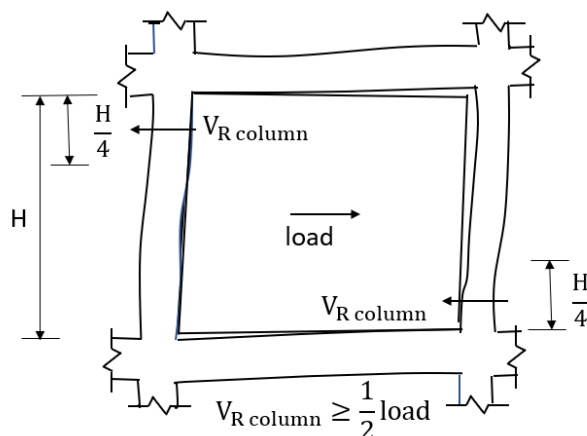
สำหรับคุณสมบัติอิฐบล็อกประสานได้ดำเนินการทดสอบตาม มผช.602/2547 [3] ในด้านหน่วยน้ำหนัก การรับกำลังอัด และการดูดกลืนน้ำ โดยอิฐบล็อกประสานที่ผ่านเกณฑ์จะมีหน่วยน้ำหนักไม่น้อยกว่า 2,000 กก./ลบ.ม. ค่ากำลังอัดของอิฐบล็อกประสานเฉลี่ยมากกว่า 7.0 เมกะพาสกาล (70 กก./ตร.ซม.) และน้ำหนักอิฐบล็อกประสานเมื่ออบแห้งมากกว่า 2,000 กก./ลบ.ม. จะมีค่าดูดซึมน้ำสูงสุดเฉลี่ยไม่เกิน 208 กก./ลบ.ม.

3.2 พฤติกรรมการรับแรงด้านข้างของผนังอิฐก่อที่มีคานเสาโอบรัด

ผนังอิฐก่อที่มีเสาคานโอบรัดจะต้องมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะต้านทานแรงกระทำทางด้านข้างได้ โดยทั้งนี้โครงสร้างเสาจะต้องสามารถรับแรงเฉือนที่มีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของแรงด้านข้างที่กระทำกับผนัง โดยแรงเฉือนที่กระทำในเสานั้นจะพิจารณาที่ตำแหน่งหนึ่งในสี่ของความสูงเสาที่วัดจากขอบล่างถึงขอบบนของคาน ทั้งนี้แรงด้านข้างที่กระทำกับผนังควรมีค่าน้อยเท่ากับค่ากำลังแรงเฉือนในระนาบของผนังอิฐก่อ ดังแสดงในรูปที่ 2

สำหรับค่ากำลังแรงเฉือนที่ใช้ออกแบบในระนาบของผนังอิฐก่อสามารถพิจารณาตามสมการที่ (1) โดยค่าดังกล่าวจะมีค่ามากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับค่ากำลังแรงอัดออกแบบในแนวทแยง (v_m^*) ซึ่งเป็นลักษณะแรงเฉือนที่กระทำต่อพื้นที่ในแนวทแยง และพื้นที่หน้าตัดของอิฐก่อ (A_T) โดยทั้งนี้ F_R เป็นค่าคงที่สำหรับผนังอิฐที่มีคานเสาโอบรัด มีค่าเท่ากับ 0.7

$$V_{mR} = F_R(0.85v_m^*A_T) \quad (1)$$



รูปที่ 2 พฤติกรรมการรับแรงเฉือนในผนังอิฐก่อ [4]

3.3 กำลังรับแรงอัดออกแบบในแนวทแยง

กำลังรับแรงอัดออกแบบในแนวทแยงแสดงในลักษณะแรงเฉือนที่กระทำต่อพื้นที่ในแนวทแยงแสดงค่าในสมการที่ (2) โดยจะใช้ค่าการทดสอบที่อายุผนังอิฐก่อครบที่ 28 วัน ทั้งนี้ขนาดมิติของผนังอิฐก่อจะใช้ค่าความยาวอย่างน้อย 1.5 เท่าของขนาดด้านยาวของอิฐที่นำมาก่อเป็นผนัง

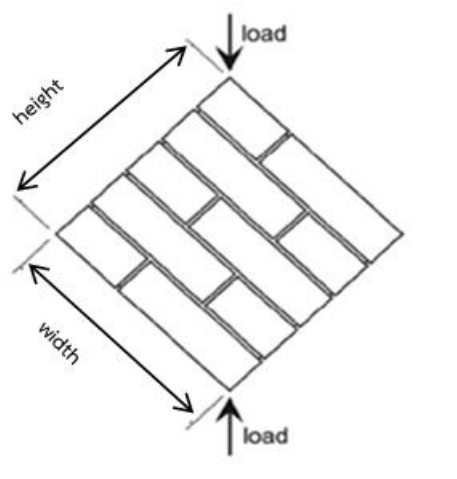
$$v_m^* = \frac{\overline{v_m}}{1+2.5C_v} \quad (2)$$

โดยที่ v_m^* คือ กำลังรับแรงอัดออกแบบในแนวทแยง $\overline{v_m}$ คือ กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยในแนวทแยง โดยมีพื้นที่ที่รับแรงอยู่ในแนวขนานกับแนวแรงที่กระทำ และ C_v คือ สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของผลทดสอบ โดยต้องมีค่าไม่เกิน 0.2

สำหรับค่ากำลังรับแรงอัดในแนวทแยง แสดงพฤติกรรมที่ผนังอิฐก่อรับแรงเฉือนผ่านแนวพื้นที่รับแรงดังแสดงในรูปที่ 3 โดยทั้งนี้สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (3)

$$v_m = \frac{P}{A_{con}} \quad (3)$$

โดยที่ P คือ แรงกระทำสูงสุดที่กระทำกับผนังก่ออิฐ A_{con} คือ พื้นที่ในแนวทแยงมีค่าเท่ากับ ผลคูณของความยาวในแนวทแยงที่วัดจากมุมถึงมุมที่ขนานกับแรง กับ ความหนาของผนัง



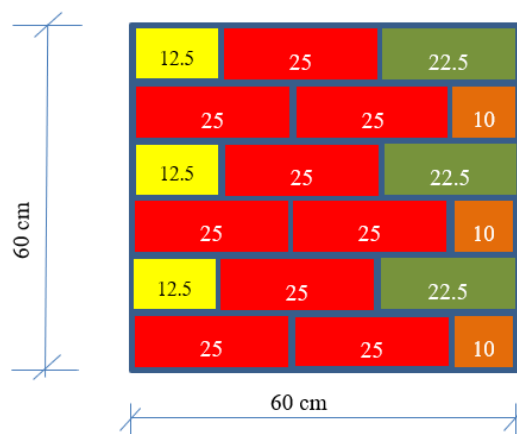
รูปที่ 3 การทดสอบกำลังรับแรงอัดในแนวทแยง

4. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัย ได้เริ่มจากนำอิฐบล็อกประสานที่หาได้ท้องตลาดมาทดสอบคุณสมบัติตามเกณฑ์ มผช.602/2547 เมื่อทดสอบผ่านเกณฑ์แล้วจึงนำไปก่อเป็นผนังและทดสอบความสามารถในการรับแรงเฉือนผ่านการทดสอบกำลังรับแรงอัดในแนวทแยงตามมาตรฐาน Mexico Complementary Technical Norms Masonry ในเรื่องของขนาดผนังตัวอย่าง และการทดสอบกำลังรับแรงเฉือน

4.1 การเตรียมตัวอย่างผนังอิฐบล็อกประสาน

ทำการก่อตัวอย่างผนังอิฐบล็อกประสานเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 0.6 ม. x 0.6 ม. และเนื่องจากขนาดของอิฐบล็อกประสานที่ใช้มีขนาดความยาว 25 ซม. จึงทำให้ต้องตัดอิฐบล็อกประสานให้มีขนาดที่สามารถก่อผนังได้ตามที่ออกแบบ ซึ่งได้มีการใช้ขนาดของอิฐบล็อกประสานเท่ากับ 25 ซม. (ไม่ต้องตัด) 22.5 ซม. 12.5 ซม. และ 10 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แบบการก่อผนังอิฐบล็อกประสาน

สำหรับรูปแบบการก่อผนังจะได้ก่อตัวอย่าง 3 ตัวอย่างต่อ 1 กรณี คือ กรณีผนังอิฐบล็อกประสานที่ไม่ได้เสริมกำลัง กรณีผนังอิฐบล็อกประสานที่เสริมกำลังด้วยเหล็กเสริมในแนวตั้งโดยใช้เหล็กเส้น DB 12 สอดวางตรงรูของริมข้างของผนังทั้งข้าง กรณีที่เสริมกำลังด้วยเหล็กเสริมในแนวนอนโดยใช้เหล็กเส้น RB 9 วางเสริมในแนวนอนชั้นที่ 2 และชั้นที่ 4 ของผนัง และกรณีสุดท้ายที่เสริมกำลังด้วยเหล็กเส้นในแนวตั้งรวมทั้งแนวนอน โดยใช้รูปแบบการเสริมของสองกรณีที่เสริมกำลังมารวมกัน ซึ่งชนิดและขนาดของเหล็กเสริม จนถึงรูปแบบการเสริมได้สอบถามจากประสบการณ์ของช่างผู้ทำงานจริงหน้างาน โดยทั้งนี้ได้แสดงรูปแบบการเสริมกำลังใน รูปที่ 5



(ก) การเสริมเหล็กในแนวตั้ง



(ข) การเสริมเหล็กในแนวนอน



(ค) การเสริมเหล็กในแนวตั้งและแนวนอน

รูปที่ 5 การเสริมกำลังในผนังอิฐบล็อกประสาน

4.2 การทดสอบความสามารถในการรับแรงเฉือน

การทดสอบหาความสามารถในกำลังเฉือนของผนังก่อ ได้ดำเนินการผ่านการทดสอบกำลังอัดในแนวทแยงตามมาตรฐานการทดสอบ Mexico Complementary Technical Norms Masonry โดยเริ่มจากวัดขนาดมิติของผนังแล้วนำไปติดตั้งประกอบเข้ากับเครื่องมือทดสอบดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 การทดสอบผนังอิฐบล็อกประสานในห้องปฏิบัติการ

พร้อมกับติดตั้งเครื่องอัดไฮดรอลิกสำหรับให้แรงอัด อีกทั้งได้ติดตั้ง Dial Gage สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง เริ่มทำการทดสอบด้วยการให้แรงอัดกับผนังตัวอย่าง จนผนังเกิดความเสียหาย นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์หาความสามารถในการรับกำลังเฉือนของผนังดังสมการที่ (2) – (3) ดังที่กล่าวไว้ด้านบน

5. ผลการดำเนินการ

5.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติอิฐบล็อกประสาน

อิฐบล็อกประสานที่นำมาใช้ในการวิจัยนี้ใช้ขนาด 12.5 ซม. x 25.0 ซม. x 10.0 ซม. นำมาทดสอบคุณสมบัติทั่วไปตามมาตรฐาน มผช.602/2547 ได้ค่ากำลังอัดของอิฐบล็อกประสานได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 231 กก./ตร.ซม. ซึ่งมาค่ามากกว่า 7.0 เมกะพาสคาล (70 กก./ตร.ซม.) ตามเกณฑ์ความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกประสานประเภทรับน้ำหนัก สำหรับค่าการทดสอบการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานเท่ากับ 311.66 กก./ลบ.ม. ที่ความหนาแน่นอิฐบล็อกประสานเมื่ออบแห้งเฉลี่ย 1,560 กก./ลบ.ม. ไม่ผ่านเกณฑ์ในมอก.109-2517 ที่ระบุความหนาแน่นอิฐบล็อกประสานเมื่ออบแห้งน้อยกว่า 1,680 กก./ลบ.ม. จะมีค่าดูดซึมน้ำสูงสุดเฉลี่ยไม่เกิน 288 กก./ลบ.ม.

5.2 ความสามารถในการรับแรงเฉือนและรูปแบบการเสียหาย

จากผลการทดสอบความสามารถในการรับแรงเฉือนของผนังก่ออิฐบล็อกประสานทั้ง 4 รูปแบบรูปแบบละ 3 ตัวอย่าง พบว่าค่าหน่วยแรงเฉือนสูงสุดเฉลี่ยที่ปรับแก้แล้วตามการคำนวณในสมการที่ (2) ของผนังที่ไม่มีการเสริมกำลัง และมีการเสริมกำลังด้วยการเสริมเหล็กในแนวตั้งแนวนอน และแนวตั้งรวมกับ

แนวนอน มีค่าเท่ากับ 4.40 กก./ตร.ซม., 5.02 กก./ตร.ซม., 8.14 กก./ตร.ซม. และ 9.04 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ โดยได้แสดงค่าเปรียบเทียบในเชิงสถิติดังตารางที่ 1

ผนังอิฐบล็อกประสานชนิดเสริมกำลังสามารถรับแรงเฉือนมากกว่าผนังอิฐบล็อกประสานชนิดที่ไม่ได้ทำการเสริมกำลังรับแรงเฉือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 ผนังชนิดเสริมกำลังรับแรงเฉือนในผนังอิฐบล็อกประสานด้วยเหล็กเส้นนั้น เพิ่มความสามารถในการรับกำลังเฉือนในผนังได้สูงสุดถึงร้อยละ 51.33 เมื่อเทียบกับชนิดที่ไม่เสริมเหล็ก ผนังที่ใช้การเสริมกำลังด้วยเหล็กชนิดเสริมทางแนวตั้ง (WV) ชนิดเสริมทางแนวนอน (WH) และชนิดเสริมเหล็กทั้งแนวตั้งและแนวนอน (WA) สามารถรับกำลังเฉือนสูงสุดในผนังได้มากกว่าผนังชนิดที่ไม่เสริมเหล็กได้ถึง 1.14 เท่า, 1.85 เท่า และ 2.05 เท่าตามลำดับ รูปแบบที่เสริมกำลังนั้นมีความสัมพันธ์กับกำลังรับแรงเฉือนสูงสุดในผนังแบบแปรผันตรง โดยผนังที่เสริมกำลังด้วยเหล็กเสริมทางแนวนอน (WH) และชนิดเสริมเหล็กทั้งแนวตั้งและแนวนอน (WA) มีแนวการวางของเหล็กเสริมที่ช่วยต้านทานแรงที่เกิดขึ้นในผนัง ทำให้สามารถรับแรงเฉือนได้มากอย่างเห็นได้ชัดเจน

ตารางที่ 1 ค่าเปรียบเทียบกำลังรับแรงเฉือนผ่านกำลังรับแรงอัดในแนวทแยงของผนังอิฐก่อบล็อกประสาน

ตัวอย่างทดสอบ	กำลังรับแรงอัด ออกแบบในแนวทแยง V_m^* (ksc)	จำนวนเท่า	SD (ksc)	Sig (ksc)
ผนังไม่เสริมกำลัง (W)	4.40	-	0.14	-
ผนังเสริมกำลังด้วยเหล็กเส้นใน แนวตั้ง (WV)	5.02	1.14	0.43	0.02566
ผนังเสริมกำลังด้วยเหล็กเส้นใน แนวนอน (WH)	8.14	1.85	0.25	0.00037
ผนังเสริมกำลังด้วยเหล็กเส้นใน แนวตั้ง+แนวนอน (WA)	9.04	2.05	0.65	0.00506

สำหรับรูปแบบการเสียหายที่สังเกตเห็นได้ชัดทั้งผนังที่ไม่เสริมและเสริมกำลังคือจะเกิดรอยร้าวเริ่มต้นบริเวณในก้อนอิฐที่นำมาก่อในผนังที่รับแรง ตามบริเวณพื้นที่บริเวณรับแรงเฉือนอย่างเห็นได้ชัด จากนั้นจะเกิดรอยร้าวเป็นจำนวนมาก จนกระทั่งผนังไม่สามารถรับแรงต่อไปได้ อย่างไรก็ตามผนังที่เสริมกำลังจะพบรอยร้าวน้อยกว่าผนังที่ไม่เสริมกำลัง



รูปที่ 7 ตัวอย่างแสดงการเสียหายของผนังที่เสริมกำลังด้วยเหล็กเสริมในแนวนอน

6. สรุปผลการดำเนินการ

6.1 คุณสมบัติอิฐบล็อกประสาน

อิฐบล็อกประสานที่นำมาทดสอบ มีกำลังรับแรงอัด เท่ากับ 231.22 กก./ตร.ซม. ค่าการทดสอบการดูดซึมน้ำของอิฐบล็อกประสานเท่ากับ 311.66 กก./ลบ.ม. ซึ่งกำลังรับแรงอัดผ่านมาตรฐาน มพข.602/2547 ในขณะที่การดูดซึมน้ำมากเกินไปเกินเกณฑ์ที่ระบุไว้

6.2 กำลังรับแรงเฉือนของผนังอิฐบล็อกประสาน

การเสริมกำลังรับแรงเฉือนผนังอิฐบล็อกประสานด้วยเหล็กแบบผสมทั้งเสริมในแนวนอน และแนวตั้งรวมแนวนอน ให้ค่าการรับแรงเฉือนเฉลี่ยมากกว่ากรณีที่ไม่เสริมกำลังประมาณ 2 เท่า ในขณะที่เสริมกำลังด้วยแนวตั้งจะส่งผลให้เพิ่มกำลังรับแรงเฉือนจากเดิมค่อนข้างน้อย

ค่ากำลังเฉือนที่เพิ่มขึ้นนี้จะส่งผลให้ผนังอิฐก่อสามารถต้านทานแรงด้านข้างที่เกิดจากแรงแผ่นดินไหวกระทำต่อโครงเฟรมคาน-เสาได้เพิ่มขึ้นดังที่ได้แสดงความสัมพันธ์ในสมการที่ (1) ข้างต้น นอกจากนี้ผนังที่ได้รับการเสริมกำลังจะสังเกตเห็นรอยร้าวในเบื้องต้นก่อนแล้วค่อยๆ ร้าวไปเรื่อย ๆ ซึ่งจะทำให้ปลอดภัยกว่าที่ไม่ได้เสริมกำลัง ที่ผนังจะเกิดรอยร้าวลามไปรวดเร็ว ดังนั้นการเสริมกำลังด้วยเหล็กเส้นเข้าไปในผนังก่ออิฐบล็อกประสานสามารถนำมาเป็นทางเลือกหนึ่งในการเสริมกำลังในปัจจุบันได้ต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] กองเฝ้าระวังแผ่นดินไหวกรมอุตุนิยมวิทยา. 2563. สถิติข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีผลกระทบต่อประเทศไทย. www.earthquake.tmd.go.th/earthquakereport.html/ (12 สิงหาคม 2563)
- [2] กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย. 2557. มาตรฐานการประเมินและการเสริมความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างอาคารในเขตที่อาจได้รับแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี:

สหมิตรพรินต์ติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

- [3] มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2547. มผช.602/2547. อิฐบล็อกประสาน. ประเทศไทย.
- [4] Mexico Complementary Technical Norms Masonry. 2004. Complementary Technical Norms for Design and Construction of Masonry Structures.
- [5] จักรภัทร เพิ่มพูล เนตรชนก ยิ้มแย้ม และปฏิภาณ จันดีวงศ์. 2563. พฤติกรรมการรับแรงเฉือนของผนังอิฐบล็อกประสาน. ปรินูญยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่.
- [6] เจนณรงค์ สุนันทะ ชาญวิทย์ พรหมเพชร. 2557. การเสริมความแข็งแรงของผนังก่ออิฐมวลเบาด้วยเดือยล๊อคเพื่อรับแรงเฉือน. ปรินูญยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์ เชียงใหม่.
- [7] เจษฎาพงษ์ ประสาท พิทวัส คำแหล้ง และศุภชัย โกสูงเนิน. 2560. ความสามารถในการรับแรงเฉือนของผนังคอนกรีตมวลเบาประเภทรับน้ำหนัก. ปรินูญยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่.
- [8] ปริญญา ใจปัญญา วรุต เพียรชิน และสิทธิกร บุตรตาคำ. 2556. การเสริมความแข็งแรงให้กับผนังก่ออิฐมวลเบาเพื่อรับแรงเฉือน. ปรินูญยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่.
- [9] ปรีชา จีเรือน. 2559. การพัฒนาผนังมวลเบาเสริมเดือยเพื่อรับแรงเฉือน. ปรินูญยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์ เชียงใหม่.
- [10] ลั่นกรูณ ผดุงกิจ. 2554. พฤติกรรมการรับแรงของผนังที่โอบรัดด้วยโครงข้อแข็งคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้แรงเฉือน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [11] Anderson, D., Brzev, S. 2009. Seismic Design Guide for Masonry Buildings. Canada: Canadian Concrete Masonry Producers Associations.
- [12] Dong, K., Sui, Z., Jiang, J., Zhou, X. 2019. Experimental Study on Seismic Behavior of Masonry Walls Strengthened by Reinforced Mortar Cross Strips. Sustainability. 11: 1-19.
- [13] Milosevic, J., Lopes, M., Gago, A.S., & Bento, R. 2013. Testing and Modeling the Diagonal Tension Strength of Rubble Stone Masonry Panels. Engineering Structure. 52: 581-591.
- [14] Mustafaraj, E., Yardim, Y. 2018. In-plane Shear Strengthening of Unreinforced Masonry Walls Using GFRP Jacketing. Periodica Polytechnica Civil Engineering. 62(2): 330-336.
- [15] Sousa, R., Sousa, H., Guedes, J. 2013. Diagonal Compressive Strength of Masonry Samples-Experimental and Numerical Approach. Materials and Structures. 46: 765-786.