

กำลังอัดของปริซึมผนังคอนกรีตมวลเบา
เสริมกำลังด้วยเฟอร์โรซีเมนต์และตะแกรงเหล็กฉีก
Compressive Strength of Lightweight Concrete Block Prism
Strengthened with Ferrocement and Expanded Metal

ไพบูลย์ ปัญญาคะโป^{1,*} และ มัลลิกา ปัญญาคะโป²

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม กรุงเทพฯ

² ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร จ.นครปฐม

*Corresponding author; E-mail address: phaiboon.pa@spu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอกำลังอัดของปริซึมผนังคอนกรีตมวลเบาที่เสริมกำลังด้วยเทคนิคเฟอร์โรซีเมนต์เสริมตะแกรงเหล็กฉีก เพื่อปรับปรุงกำลังต้านทานแรงกระทำทางด้านข้างเนื่องจากแรงแผ่นดินไหว โดยใช้ตะแกรงเหล็กฉีก No.22, No.23 XS31, XS32 ที่มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะแตกต่างกัน 4 ขนาด และตะแกรงลวดตาข่ายสี่เหลี่ยม (SM) 1 ขนาด เพื่อเปรียบเทียบวิธีการยึดตะแกรงเหล็กกับแผ่นปริซึมคอนกรีตมวลเบาระหว่างวิธีที่ 1 การยึดด้วยสกรูและวิธีที่ 2 การยึดด้วยสลักขันเกลียว การจัดเตรียมตัวอย่างปริซึมและการทดสอบกำลังอัดดำเนินการตามมาตรฐานการทดสอบกำลังอัดของปริซึมผนังก่อ ผลการทดสอบพบว่ากำลังอัดของปริซึมเสริมกำลังด้วยตะแกรงเหล็กฉีกมีค่าสูงกว่ากำลังอัดของผนังที่เสริมด้วยตะแกรงลวดตาข่ายสี่เหลี่ยม 72% เมื่อเทียบปริมาณค่าน้ำหนักของตะแกรงที่ใช้เสริมกำลังที่เท่ากัน เนื่องจากตะแกรงเหล็กฉีกมีกำลังดึงสูงกว่าตะแกรงลวดตาข่ายสี่เหลี่ยม ผลของการใช้วิธีการยึดตะแกรงเหล็กที่แตกต่างกัน พบว่าวิธียึดตะแกรงด้วยสลักขันเกลียวให้ค่ากำลังสูงกว่าวิธีการยึดด้วยสกรู เนื่องจากสกรูมีการคลายตัวและดีดออกทำให้คลายการยึดจับได้ง่ายกว่าการขันยึดด้วยสลักเกลียว ดังนั้น วิธีขันยึดด้วยสลักเกลียวจึงช่วยให้ตะแกรงเหล็กมีประสิทธิภาพการรับกำลังอัดได้ดีกว่าการยึดด้วยสกรู

คำสำคัญ: กำลังอัด, คอนกรีตมวลเบา, ตะแกรงเหล็กฉีก, การเสริมกำลัง

Abstract

This research article presents the compressive strength of lightweight concrete block prism strengthened with ferrocement and expanded metal for improving the lateral strength due to earthquake load. The expanded metal No.22, No.23 XS31, XS32 with 4 types of different specific surface of reinforcement and 1 type of the square wire mesh were employed. Two types of the connection methods between the

mesh and the prism were compared, i.e., a) screw and b) bolt-nut. The preparation of specimens and the method of test were conducted according to the standard test method for compressive strength of masonry prisms. It was found that the compressive strength of prism strengthened with expanded metal was 72% greater than that of the square wire mesh compared with the same weight of reinforcement. This is due to the tensile strength of expanded metal is higher than that of the square wire mesh. For the effect of connection method, the bolt-nut method provided the greater compressive strength than that of the screw method due to the loosen and ejection of the screw. Therefore, the bolt-nut method of connection enhances the efficiency of the concrete block prism strength which is better than the screw method.

Keywords: compressive strength, lightweight concrete, expanded metal, strengthening.

1. คำนำ

ความเสียหายของอาคารจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ผ่านมา พบว่าโครงสร้างอาคารที่มีผนังก่ออิฐเกิดความเสียหายเป็นจำนวนมาก โดยเป็นการแตกร้าวของเสาและผนังก่ออิฐในโครงสร้างอาคาร เนื่องจากผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและผนังก่ออิฐ ทั้งนี้ผนังก่ออิฐไม่ได้พิจารณาเป็นส่วนรับแรงด้านข้างในการออกแบบอาคาร เมื่อมีแรงแผ่นดินไหวมากระทำต่ออาคาร จะเกิดแรงอัดกระทำในแนวทแยงมุมของผนังก่ออิฐ และแรงดึงกระทำในทิศทางตั้งฉากกับแนวแรงอัดทำให้ผนังก่ออิฐเกิดการแตกร้าวเสียหายได้ เนื่องจากคุณสมบัติของผนังก่ออิฐโดยทั่วไป กำลังอัดประลัยและกำลังดึงแนวทแยงมุมมีค่าต่ำ การเสริมกำลังผนังก่ออิฐเพื่อปรับปรุงให้ผนังก่ออิฐมีค่ากำลังอัดประลัยและความเหนียวสูงขึ้น จะช่วยทำให้โครงสร้างอาคารสามารถต้านทานแรงแผ่นดินไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยที่ผ่านมา ได้มีการศึกษาการเสริมกำลังผนังก่ออิฐด้วยเทคนิคเพอร์ซิเมนต์เสริมตะแกรงเหล็กฉีก [1] พบว่า การเสริมกำลังผนังด้วยตะแกรงเหล็กฉีกชนิด No.22, No.23, XS-31, XS-32 ให้ค่าการประเมินกำลังที่เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 53.10, 38.54, 42.50, 45.19 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับผนังที่ก่อนเสริมกำลัง ผลการศึกษา [2-3] โครงสร้างที่ก่อด้วยผนังอิฐมวลเบาและอิฐมวลเบาที่มีกำลังรับแรงสูงขึ้นไปเป็น 5.62 และ 3.95 เท่า ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ โครงสร้างที่ไม่มีผนังอิฐก่อ และโครงสร้างที่ก่อด้วยอิฐมวลเบาให้ค่ากำลังรับแรง ทางด้านข้าง ค่าสตีเฟนส์ และการสลายพลังงานที่ดีกว่าตัวอย่างที่ก่อผนัง ด้วยอิฐมวลเบาและตัวอย่างที่ไม่มีมีการก่อผนัง ผลการศึกษา [4] เมื่อเปรียบเทียบผลกระทบของขนาดตะแกรงเหล็กฉีกที่มีช่องรูตะแกรงที่แตกต่างกัน พบว่า ตะแกรงเหล็กฉีกที่มีช่องรูตะแกรงขนาดเล็ก จะมีพื้นที่ผิวจำเพาะของการเสริมกำลังมีค่าสูง ทำให้การยึดเกาะระหว่างตะแกรงเหล็กและผิวผนังก่ออิฐก่อที่ตะแกรงเหล็กที่มีช่องรูตะแกรงขนาดใหญ่ ซึ่งตะแกรงเหล็กขนาดใหญ่จะหลุดร่อนจากผิวผนังก่อได้ง่ายกว่าตะแกรงเหล็กขนาดเล็ก หากสามารถเพิ่มการยึดเกาะระหว่างตะแกรงเหล็กฉีกและผิวผนังก่อ จะทำให้ประสิทธิภาพการเสริมกำลังเพิ่มมากขึ้นได้

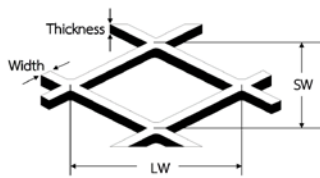
ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบวิธีการยึดตะแกรงเหล็กกับแผ่นปริซึมคอนกรีตมวลเบาระหว่างวิธีที่ 1 การยึดด้วยสกรูและวิธีที่ 2 การยึดด้วยสลักขันเกลียว เพื่อพัฒนากำลังอัดของผนังก่อคอนกรีตมวลเบาที่เสริมกำลังด้วยเพอร์ซิเมนต์และตะแกรงเหล็กฉีก โดยใช้ตะแกรงเหล็กฉีก No.22, No.23 XS31, XS32 ที่มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะแตกต่างกัน 4 ขนาด และตะแกรงลวดตาข่ายสี่เหลี่ยม (SM) 1 ขนาด

2. วัสดุและวิธีการ

2.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

ก) คอนกรีตมวลเบาขนาด 7.5x20x60 cm คุณภาพ G2 มาตรฐาน มอก. 1505-2541 [5]

ข) ตะแกรงเหล็กฉีกขนาด No.22, No.23 XS31, XS32 ตามมาตรฐาน JIS G3351-1987 [6] กำลังดึงประลัย 350 MPa แสดงรายละเอียดในตารางที่ 1 สำหรับค่า S, คือ ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของการเสริมกำลัง (Specific surface of reinforcement)



รูปที่ 1 ตะแกรงเหล็กฉีก

ตารางที่ 1 ขนาดของตะแกรงเหล็กฉีก (JIS G 3351-1987) [6]

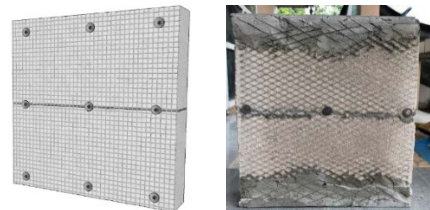
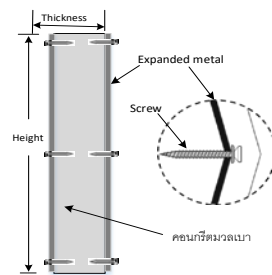
Type	SW (mm)	LW (mm)	T (mm)	W (mm)	Weight (kg/m ²)	S _r (1/m)
No.22	8.6	20.0	0.6	0.6	0.69	0.0486
No.23	12.7	25.4	0.6	0.6	0.57	0.0338
XS-31	15.0	32.0	1.2	1.2	1.51	0.0565
XS-32	15.0	32.0	1.5	1.5	2.35	0.0707

ค) ตะแกรงลวดตาข่ายสี่เหลี่ยม (Square Wire Mesh) เป็นลวดชุบสังกะสี ตามมาตรฐาน JIS G3532 [7] กำลังดึงประลัย 260 MPa ใช้จำนวน 3 ชั้น มีค่าน้ำหนักเทียบเท่ากับตะแกรงเหล็กฉีก No.22

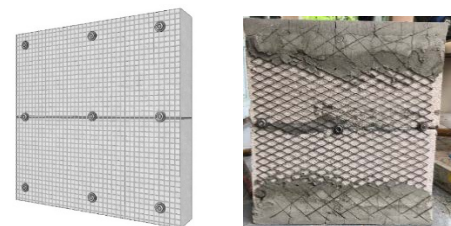
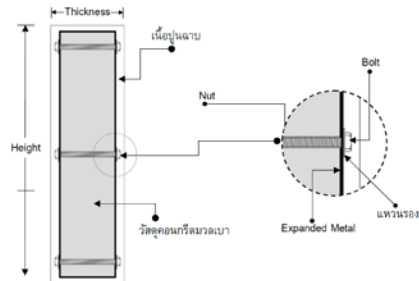
ง) วัสดุก่อประสานคอนกรีตมวลเบา ใช้ปูนก่อสำเร็จมอร์ตาร์ (Mortar) สำหรับก่ออิฐมวลเบา เหมาะสำหรับงานก่อบล็อกคอนกรีตมวลเบา มีสารผสมเพิ่มความอึดเหนี่ยว มีส่วนประกอบของสารผสมเพิ่ม ช่วยทำให้แรงยึดเกาะสูง มาตรฐาน Bonding strength ASTM C952-91 [8]

2.2 ตัวอย่างในการทดสอบ

การเตรียมตัวอย่างทดสอบแบบ Prism นำคอนกรีตมวลเบาขนาด 20x60x7.5 ซม. มาตัดและก่อให้ได้ขนาด 40 x 40 x 7.5 ซม. จากนั้นยึดด้วยตะแกรงเหล็กเสริม แต่ละขนาด SM, No22, No23, XS31, XS32 กับคอนกรีตมวลเบา โดยมีการยึด 2 วิธี วิธีที่หนึ่งยึดตะแกรงเข้ากับคอนกรีตมวลเบาด้วย Screw ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การยึดตะแกรงด้วย Screw



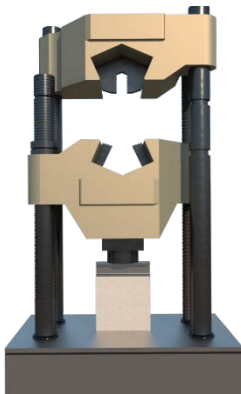
รูปที่ 3 การยึดตะแกรงด้วย Bolt and nut

วิธีที่สองยึดตะแกรงเข้ากับคอนกรีตมวลเบาด้วย การใช้ดอกเจาะปูน เจาะทะลุแล้วยึดด้วย Bolt and nut ดังแสดงในรูปที่ 3 การเตรียมตัวอย่าง ทดสอบทั้ง 2 วิธี จัดเตรียมไว้อย่างละ 3 ตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 2 ตารางที่ 2 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

ตัวอย่าง	การเสริมกำลัง	วิธีการยึดตะแกรง
CT	-	-
SM (S)	ตะแกรงลวดตาข่ายสี่เหลี่ยม	Screw
NO.22 (S)	ตะแกรงเหล็กฉีก No.22	Screw
NO.23 (S)	ตะแกรงเหล็กฉีก No.23	Screw
XS31 (S)	ตะแกรงเหล็กฉีก XS31	Screw
XS32 (S)	ตะแกรงเหล็กฉีก XS32	Screw
SM (BN)	ตะแกรงลวดตาข่ายสี่เหลี่ยม	Bolt and Nut
NO.22 (BN)	ตะแกรงเหล็กฉีก No.22	Bolt and Nut
NO.23 (BN)	ตะแกรงเหล็กฉีก No.23	Bolt and Nut
XS31 (BN)	ตะแกรงเหล็กฉีก XS31	Bolt and Nut
XS32 (BN)	ตะแกรงเหล็กฉีก XS32	Bolt and Nut

2.3 วิธีการทดสอบกำลังอัดของปริซึมผนังก่อ

นำตัวอย่างมาทดสอบกำลังอัดด้วยเครื่อง Universal testing Machine ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C1314 [9] โดยการนำเหล็ก H-10x10x40 ซม. วางบนหลังตัวอย่างการทดสอบดัง รูปที่ 4 เพื่อให้แรงกระทำกระจายสม่ำเสมอ จากนั้นปล่อยน้ำหนักกระทำอย่างสม่ำเสมอ โดย น้ำหนักเริ่มแรกกระทำที่ 50% ของกำลังที่คาดว่าปริซึมจะรับได้สูงสุด หลังจากนั้น เพิ่มน้ำหนักกระทำที่เหลืออยู่ด้วยอัตราสม่ำเสมอภายในระยะเวลาในการทดสอบ 1-2 นาที จากนั้นนำค่า Load/displacement ที่อ่านค่าได้จากเครื่องทดสอบไปบันทึกผล



รูปที่ 4 การทดสอบกำลังอัดด้วยเครื่อง Universal testing Machine

ในการคำนวณกำลังอัดของผนังก่ออิฐ จะมีการปรับแก้ค่าเนื่องจาก ความขรุขระของผนังทดสอบ คือ อัตราส่วนระหว่างความสูงต่อความหนา ของผนังก่อ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่าปรับแก้เนื่องจาก h/t มาตรฐาน ASTM C1314-07 [9]

h/t	1.3	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
Factor	0.75	0.86	1.0	1.04	1.07	1.15	1.22

โดยที่ h คือ ความสูงของผนังตัวอย่างทดสอบ

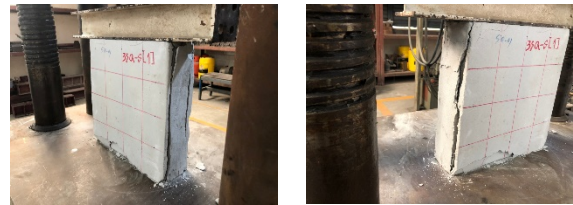
t คือ ความหนาของผนังตัวอย่างทดสอบ

3. ผลการทดสอบ

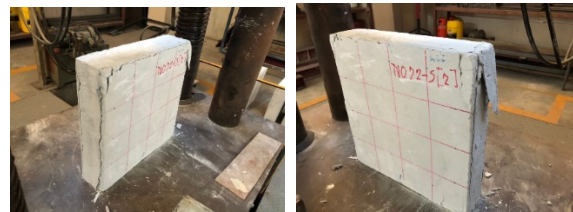
การวิบัติของปริซึมผนังก่อ สำหรับตัวอย่างควบคุม (CT) แสดงในรูปที่ 5 สำหรับตัวอย่างการเสริมกำลังด้วยตะแกรงและชั้นยึดด้วยสกรู แสดงในรูปที่ 6-10



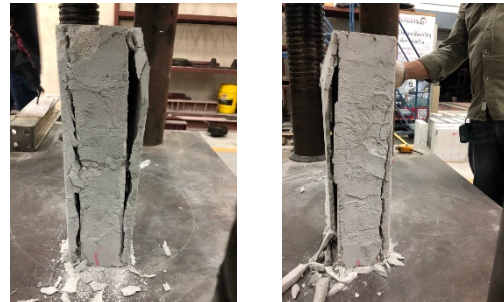
รูปที่ 5 การวิบัติของผนังด้านข้าง CT



รูปที่ 6 การวิบัติของผนังด้านข้าง SM-S



รูปที่ 7 การวิบัติของผนังด้านข้าง No22-S



รูปที่ 8 การวิบัติของผนังด้านข้าง No23-S



รูปที่ 9 การวิบัติของผนังด้านข้าง XS31-S



รูปที่ 10 การวิบัติของผนังด้านข้าง XS32-S

สำหรับตัวอย่างการเสริมกำลังด้วยตะแกรงและขันยึดด้วยสลักเกลียว แสดงในรูปที่ 11-15



รูปที่ 11 การวิบัติของผนังด้านข้าง SM-BN



รูปที่ 12 การวิบัติของผนังด้านข้าง No22-BN



รูปที่ 13 การวิบัติของผนังด้านข้าง No23-BN



รูปที่ 14 การวิบัติของผนังด้านข้าง XS31-BN

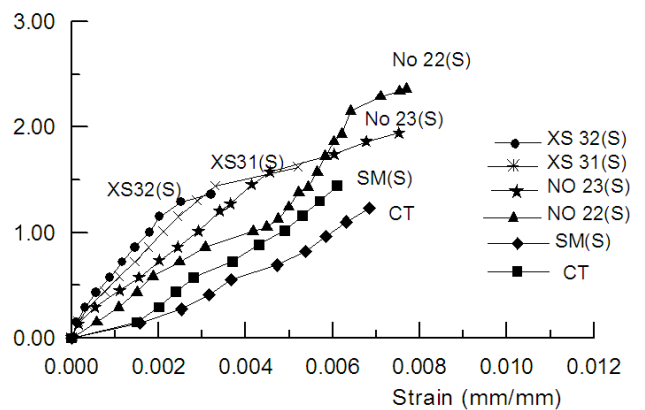


รูปที่ 15 การวิบัติของผนังด้านข้าง XS32-BN

ลักษณะการวิบัติของตัวอย่างควบคุม (CT) ซึ่งไม่ได้มีการเสริมกำลัง เป็นการปริแตกของผิวปูนฉาบหลุดร่อนออกจากผนังก่อ เป็นรูปแบบการปริแตกของเปลือกผิวหน้า Face Shell Separation ตามรูปแบบการวิบัติที่แสดงในเอกสาร ASTM C1314 [9] สำหรับตัวอย่างที่มีการเสริมกำลังด้วยตะแกรงเหล็กฉีกและยึดด้วยสกรู มีการปริแตกของผิวปูนฉาบเช่นเดียวกัน แต่การหลุดร่อนออกจากผนังก่อมีน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม เนื่องจากผลของการยึดตะแกรงเหล็กฉีกด้วยสกรู ช่วยยึดเกาะเนื้อผิวปูนฉาบได้ดีขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างเสริมกำลังที่มีการยึดตะแกรงเหล็กฉีกด้วยสลักขันเกลียวด้วยแหวน (Bolt and Nut) ผลของการยึดด้วยสลักขันเกลียว ช่วยยึดเกาะเนื้อตะแกรงและผิวปูนฉาบได้ดียิ่งขึ้นกว่าการยึดด้วยสกรู ทำให้การปริแตกและการร่อนหลุดออกจากผนังก่อมีน้อยกว่าตัวอย่างที่ยึดด้วยสกรูมาก

ผลการทดสอบกำลังอัดของปริซึมผนังก่อ นำไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Stress-Strain เปรียบเทียบระหว่างผนังที่เสริมกำลังด้วยการยึดตะแกรงด้วย Screw และการยึดตะแกรงด้วย Bolt and Nut แสดงในรูปที่ 16-17

Stress (MPa)

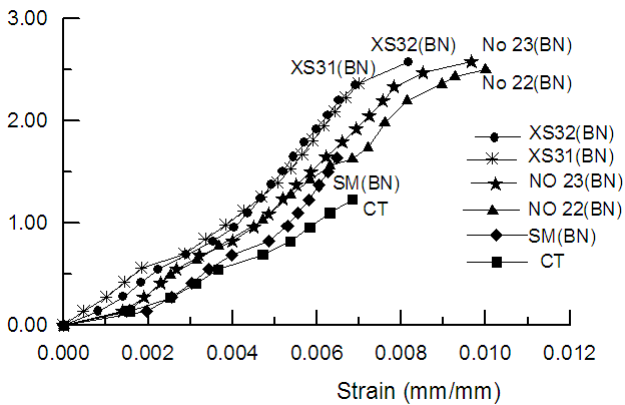


รูปที่ 16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Stress-Strain เปรียบเทียบผนังที่เสริมกำลังด้วยการยึดตะแกรงด้วย Screw

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Stress-Strain รูปที่ 16 ตัวอย่างควบคุม (CT) มีค่ากำลังอัดสูงสุด 1.30 MPa ผลของการเสริมกำลัง ทำให้ตัวอย่าง SM(S), NO22 (S), NO23 (S), XS31 (S), XS32 (S) มีค่ากำลังอัดสูงสุด 1.37 MPa, 2.36 MPa, 1.62 MPa, 1.94 MPa, 1.36 MPa ตามลำดับ คิดเป็นกำลังที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 5%, 82%, 25%, 49%, 5% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการยึดตะแกรงเหล็กฉีก NO22 (S) และตะแกรงลวดตาข่ายสี่เหลี่ยม SM (S) ซึ่งมีค่าน้ำหนักของตะแกรงที่ใกล้เคียงกัน พบว่า ผลของการใช้ตะแกรงเหล็กฉีก NO22 (S) ให้ค่ากำลังอัดสูงกว่าตะแกรงลวดตาข่ายสี่เหลี่ยม SM (S) คิดเป็น 72%

เนื่องจากตะแกรงเหล็กฉีกมีกำลังดึงสูงกว่าตะแกรงลวดตาข่ายสี่เหลี่ยม นอกจากนี้ การใช้ตะแกรงลวดตาข่ายจำนวน 3 ชั้น ทำให้การฉาบปูนค่อนข้างยาก เนื่องจากปูนฉาบไม่ประสานกับผิวผนังคอนกรีตมวลเบาเติมพื้นที่ผนังก่อ

ผลของการใช้ตะแกรงเหล็กฉีกที่มีขนาดหน้าหนักแตกต่างกัน ตะแกรงเหล็กฉีกที่มีรูช่องเปิดและความหนาขนาดใหญ่ให้กำลังอัดต่ำกว่าตะแกรงเหล็กฉีกที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากการยึดเกาะระหว่างตะแกรงและผนังก่อของตะแกรงขนาดใหญ่ไม่เท่ากันกับตะแกรงขนาดเล็ก ตะแกรงมีการโค้งงอและดึงตัวออกจากผนังก่อ ทำให้การพัฒนากำลังได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ



รูปที่ 17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Stress-Strain เปรียบเทียบผนังที่เสริมกำลังด้วยการยึดตะแกรงด้วย Bolt and Nut

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Stress-Strain รูปที่ 17 ตัวอย่างควบคุม (CT) มีค่ากำลังอัดสูงสุด 1.30 MPa ผลของการเสริมกำลัง ทำให้ตัวอย่าง SM(BN), NO.22 (BN), NO.23 (BN), XS31 (BN), XS32 (BN) มีค่ากำลังอัด สูงสุด 1.64 MPa, 2.55 MPa, 2.58 MPa, 2.36 MPa, 2.58 MPa ตามลำดับ คิดเป็นกำลังที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 26%, 96%, 98%, 82%, 98% ตามลำดับ พบว่า ผลของวิธีการใช้สลักชั้นเกลียวทำให้มีการพัฒนาค่ากำลังอัดของผนังก่อให้สูงเพิ่มขึ้นกว่าวิธีการใช้สกรูอย่างชัดเจน เนื่องจากตะแกรงที่ยึดด้วยสกรูไม่สามารถต้านทานแรงกดอัดได้ดี ทำให้แผ่นตะแกรงมีการโค้งงอตัวและสกรูเกิดการดึงตัวออกจากผนัง เมื่อน้ำหนักที่กระทำต่อผนังสูงขึ้นตามลำดับ และส่งผลให้ตะแกรงที่ยึดด้วยสกรูหลุดออกจากเนื้อคอนกรีตมวลเบา ซึ่งแตกต่างจากการยึดแน่นด้วยวิธีสลักชั้นเกลียว ที่ทำการยึดตั้งตะแกรงเหล็กได้ดีกว่า ป้องกันไม่ให้เกิดการโก่งตัวทั้งสองด้านของผนังก่อ

ค่ากำลังอัดของปริซึมผนังก่อที่เสริมกำลังด้วยตะแกรงและยึดด้วยสกรู แสดงในตารางที่ 4 ค่า Load capacity เป็น ค่ากำลังอัดสูงสุดที่เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม แสดงให้เห็นว่าวิธีการยึดตะแกรงด้วยสกรู ช่วยทำให้ค่ากำลังอัดสำหรับ SM(S), NO.22 (S), NO.23 (S), XS31 (S), XS32 (S) สูงเพิ่มขึ้นเป็น 1.05 เท่า 1.82 เท่า 1.25 เท่า 1.49 เท่า และ 1.05 เท่า ตามลำดับ และค่ากำลังอัดของปริซึมผนังก่อที่เสริมกำลังด้วยตะแกรงและยึดด้วยสลักชั้นเกลียวแสดงในตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าวิธีการยึดตะแกรงด้วยสลักชั้นเกลียว ช่วยทำให้ค่ากำลังอัดสำหรับ SM(BN), NO.22

(BN), NO.23 (BN), XS31 (BN), XS32 (BN) สูงเพิ่มขึ้นเป็น 1.26 เท่า 1.96 เท่า 1.98 เท่า 1.82 เท่า และ 198 เท่า ตามลำดับ

ตารางที่ 4 กำลังอัดของปริซึมผนังก่อยึดด้วยสกรู

Specimen	Maximum Strength (MPa)	Maximum Strain	Load Capacity
CT	1.30	0.0057	1.00
SM S	1.37	0.0072	1.05
NO.22 (S)	2.36	0.0077	1.82
NO.23 (S)	1.62	0.0052	1.25
XS31 (S)	1.94	0.0075	1.49
XS32 (S)	1.36	0.0032	1.05

ตารางที่ 5 กำลังอัดของปริซึมผนังก่อยึดด้วยสลักเกลียว

Specimen	Maximum Strength (MPa)	Maximum Strain	Load Capacity
CT	1.30	0.0057	1.00
SM (BN)	1.64	0.0067	1.26
NO.22 (BN)	2.55	0.0088	1.96
NO.23 (BN)	2.58	0.0097	1.98
XS31 (BN)	2.36	0.0070	1.82
XS32 (BN)	2.58	0.0082	1.98

ผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าความเครียดสูงสุดระหว่างวิธีการยึดตะแกรงทั้ง 2 วิธีนี้ แสดงในตารางที่ 4-5 แสดงให้เห็นว่า วิธีการยึดตะแกรงด้วยสลักและแหวน ทำให้ค่าการยึดตัวเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการยึดแน่นด้วยวิธีสลักชั้นเกลียว ทำให้การยึดตั้งตะแกรงเหล็กมีประสิทธิภาพดีกว่า ส่งผลให้ผนังก่อมีความเหนียวมากขึ้นกว่าวิธีการยึดตะแกรงด้วยสกรู

4.บทสรุป

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของผนังคอนกรีตมวลเบาเสริมกำลังด้วยวิธีเฟอร์โรซีเมนต์และตะแกรงเหล็กฉีก สรุปผลได้ ดังนี้

ก) ค่ากำลังอัดของผนังก่อปริซึมคอนกรีตมวลเบาเสริมกำลังใช้วิธีการยึดตะแกรงด้วยสกรู ช่วยทำให้ค่ากำลังอัดสำหรับ SM(S), NO.22 (S), NO.23 (S), XS31 (S), XS32 (S) สูงเพิ่มขึ้นกว่าตัวอย่างควบคุม คิดเป็น 1.05 เท่า 1.82 เท่า 1.25 เท่า 1.49 เท่า และ 1.05 เท่า ตามลำดับ ส่วนวิธีการยึดตะแกรงด้วยสลักชั้นเกลียว ช่วยทำให้ค่ากำลังอัดสำหรับ SM(BN), NO.22 (BN), NO.23 (BN), XS31 (BN), XS32 (BN) สูงเพิ่มขึ้นเป็น 1.26 เท่า 1.96 เท่า 1.98 เท่า 1.82 เท่า และ 198 เท่า ตามลำดับ

ข) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้ตะแกรงเหล็กฉีก NO.22 เสริมเพียงชั้นเดียวและตะแกรงลวดตาข่ายสี่เหลี่ยม SM เสริม 3 ชั้น ซึ่งมีค่าน้ำหนักของตะแกรงที่ใกล้เคียงกัน พบว่า ผลของการใช้ตะแกรงเหล็กฉีก NO.22 ให้ค่ากำลังอัดสูงกว่าตะแกรงลวดตาข่ายสี่เหลี่ยม SM คิดเป็น 72% และ 56% สำหรับวิธีการยึดด้วยสกรู และวิธีการยึดด้วยสลักชั้นเกลียว ตามลำดับ เนื่องจากตะแกรงเหล็กฉีกมีกำลังดึงสูงกว่าตะแกรงลวดตาข่ายสี่เหลี่ยม นอกจากนี้ การใช้ตะแกรงลวดตาข่ายจำนวน 3 ชั้น ทำให้การฉาบปูน

ค่อนข้างยาก เมื่อปูนฉาบไม่ประสานกับผิวผนังคอนกรีตมวลเบาเต็มพื้นที่ผนังก่อ ดังนั้น การใช้ตะแกรงเหล็กฉีกจึงเป็นทางเลือกที่ดีกว่าตะแกรงลวดตาข่าย

ค) ผลของการใช้ตะแกรงเหล็กฉีกที่มีขนาดน้ำหนักรวมแตกต่างกัน ตะแกรงเหล็กฉีกที่มีรูช่องเปิดและความหนาขนาดใหญ่ให้กำลังอัดต่ำกว่า ตะแกรงเหล็กฉีกที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากการยึดเกาะระหว่างตะแกรงและผนังก่อของตะแกรงขนาดใหญ่ไม่ดีเท่ากับตะแกรงขนาดเล็ก ตะแกรงมีการโค้งและติดตัวออกจากผนังก่อ ทำให้การพัฒนากำลังได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ

ง) ผลของวิธีการใช้สลักและแหวนทำให้มีการพัฒนาค่ากำลังอัดของผนังก่อให้สูงเพิ่มขึ้นกว่าวิธีการใช้สกรูอย่างชัดเจน คิดเป็น 20%, 8%, 59%, 22%, 90% สำหรับผนังก่อ SM, NO.22, NO.23, XS31, XS32 ตามลำดับ เนื่องจาก ตะแกรงที่ยึดด้วยสกรูไม่สามารถต้านทานแรงกดอัดได้ดี ทำให้แผ่นตะแกรงมีการโก่งตัวและสกรูเกิดการติดตัวออกจากผนัง และส่งผลให้ตะแกรงที่ยึดด้วยสกรูหลุดออกจากเนื้อคอนกรีตมวลเบา ผลจากการยึดแน่นด้วยวิธีสลักชั้นเกลียว ทำการยึดตั้งตะแกรงเหล็กได้ดีกว่า ป้องกันไม่ให้เกิดการโก่งตัวทั้งสองด้านของผนังก่อ

จ) ผลการทดสอบเปรียบเทียบค่าความเครียดสูงสุดระหว่างวิธีการยึดตะแกรงทั้ง 2 วิธีนี้ แสดงให้เห็นว่า วิธีการยึดตะแกรงด้วยสลักชั้นเกลียวทำให้ค่าการยึดตัวเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการยึดแน่นด้วยวิธีสลักชั้นเกลียวทำให้การยึดตั้งตะแกรงเหล็กมีประสิทธิภาพดีกว่า ส่งผลให้ผนังก่อมีความเหนียวมากขึ้นกว่าวิธีการยึดตะแกรงด้วยสกรู

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับความเอื้อเฟื้อจากสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ผู้เขียนขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกคน ทำให้งานวิจัยสำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] ไพบูลย์ ปัญญาคะโป และอนุชาติ ลื่อนันต์ศักดิ์ศิริ (2556). การเสริมกำลังผนังก่ออิฐสำหรับอาคารเพื่อต้านทานแผ่นดินไหว. *การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 9*, พิษณุโลก, 20-22 ตุลาคม 2556.
- [2] อนุชาติ ลื่อนันต์ศักดิ์ศิริ ไพบูลย์ ปัญญาคะโป อาณัติ เรืองรัมย์ ธีรวัฒน์ จุฑารัตน์ อภิชาติ วงศ์ดี Vitali Terentjevs และ Phawe Suit Theint (2558). การศึกษากำลังต้านทานแผ่นดินไหวของผนังอิฐก่อภายในโครงเฟรมคอนกรีตเสริมเหล็ก. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 20*, ชลบุรี, 8-10 กรกฎาคม 2558.
- [3] Leeanansaksiri, A., Panyakapo, P., Ruangrassamee, A. (2018). Seismic Capacity of Masonry Infilled RC Frame Strengthening with Expanded Metal Ferrocement, *Engineering Structures*, 159, pp. 110-127.
- [4] Amornpunyapat, R., Panyakapo P. and Panyakapo, M. (2021) Development of Lightweight Concrete Interlocking

- Block Panel with Water Treatment Sludge and Expanded Metal Ferrocement, *Engineering Journal*, 25(1), pp. 81-97.
- [5] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2554) *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชิ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศอบไอน้ำ* มอก 1505-2541 กระทรวงอุตสาหกรรม
- [6] Japanese Standards Association (1987). *Expanded metal standard by Japanese industrial standard*. JIS Standard No. JIS G3351.
- [7] Japanese Standards Association (1993). *Low carbon steel wires standard by Japanese industrial standard*. JIS Standard No. JIS G3532.
- [8] American Society for Testing and Materials (1991). *Standard Test Method for Bond Strength of Mortar to Masonry Units*, ASTM C952.
- [9] American Society for Testing and Materials (2007). *Standard test method for compressive strength of masonry prisms*, ASTM C1314.