พฤติกรรมและความสามารถในการรับน้ำหนักของผนังบล็อกประสานที่มีช่องเปิดขนาดใหญ่

BEHAVIOR AND LOAD CAPACITY OF INTERLOCKING BLOCK WALLS WITH LARGE OPENING

พรเทพ พวงประโคน (Porntep Puangprakhon)[1]

วัฒนพงศ์ หิรัญมาลย์ (Watanapong Hiranmarn)[2]

วุฒินัย กกกำแหง (Wutinai Kokkamhaeng)[3]

[1]อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร (puangprakhon@gmail.com)

[2]อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร (watanapong@gmail.com)

[3]นักวิชาการ 6 ฝ่ายนวัตกรรมวัสดุ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (wutinai@hotmail.com)

บทคัดย่อ : ปัจจุบันมีโครงสร้างจำนวนมากที่ออกแบบและก่อสร้างโดยใช้บล็อกประสานเป็นองค์อาคารหลักทั้งที่ยังขาดข้อมูลอ้างอิงถึงพฤติกรรมและความสามารถในการรับน้ำหนักขององค์อาคารดังกล่าว การกระทำโดยขาดความเข้าใจเช่นนี้ย่อมส่งผลต่อความความสามารถในการใช้งานรวมถึงความปลอดภัยของโครงสร้างอย่างมาก ดังนั้นเพื่อเป็นการส่งเสริมการใช้บล็อกประสานในงานวิศวกรรมโครงสร้างอย่างเหมาะสม บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอผลการศึกษาเชิงทดลองของผนังบล็อกประสานที่มีช่องเปิดขนาดใหญ่ โดยทำการทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมและความสามารถในการรับน้ำหนักของผนังบล็อกประสานขนาด กว้าง 2.50 เมตร สูง 2.50 เมตร มีช่องเปิดเป็นช่องประตูที่กึ่งกลางผนังขนาดกว้าง 1.00 เมตร สูง 2.00 เมตร จำนวน 3 ผนัง ผลจากการทดสอบนี้จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับกำลังและพฤติกรรมของผนังบล็อกประสาน อีกทั้งสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาโครงสร้างและงานก่อสร้างที่ทำจากบล็อกประสานต่อไป

ABSTRACT : At present, many buildings were designed and constructed using interlocking block members as main member in the structural system. However, little information on the design and construction of interlocking block members are available to ensure safe and reliable practices. Without sound understanding of the behaviour of interlocking block, the safety could be greatly affected. In order to enhance properly utilization of interlocking block in structural works, this paper is aimed to present results from experimental study on full scale testing of interlocking block wall with large opening. In this study, three 2.50 m. × 2.50 m. (width×height) interlocking block walls with 1.00 m. × 2.00 m. (width×height) door opening were constructed and tested under the same load condition as real structures. Results from this study will give information about strength and behavior of interlocking block wall and ideas for further incorporating interlocking block members into structural works as well.

KEYWORDS : Interlocking block wall, Interlocking block, Load bearing wall, Masonry wall, Opening

1. บทนำ

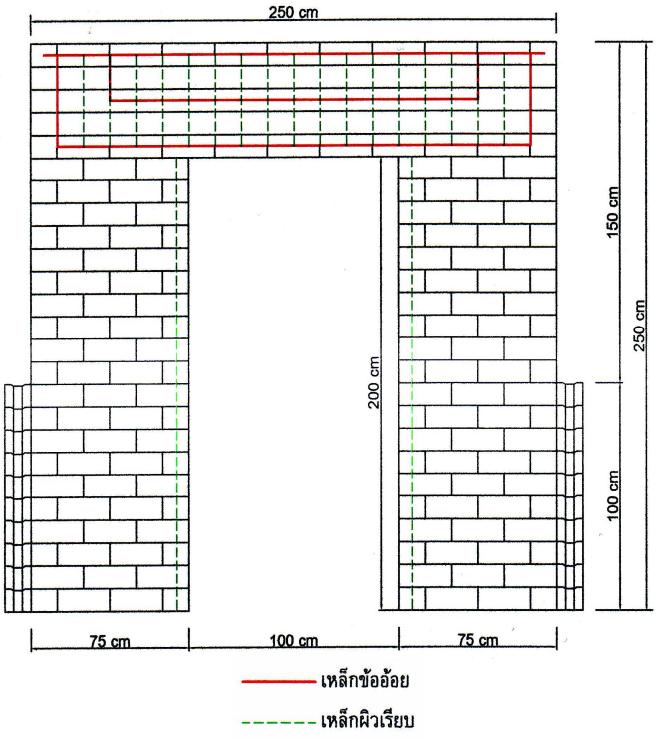
ประเทศไทยมีการผลิตและใช้บล็อกประสานมานานกว่า 40 ปี แล้ว ในระยะแรกการใช้บล็อกประสานยังอยู่ในวงจำกัดโดยส่วนใหญ่ใช้กับงานตกแต่ง และโครงสร้างที่ไม่ต้องรับน้ำหนักบรรทุกมากนัก จากข้อดีของบล็อกประสานที่สามารถนำมาก่อเป็นผนังรับน้ำหนัก หรือโครงสร้างวัสดุก่อได้ อีกทั้งมีความสวยงามตามธรรมชาติ ร่วมกับการเผยแพร่ความรู้และการสนับสนุนโดยฝ่ายนวัตกรรมวัสดุ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ทำให้บล็อกประสานได้รับความนิยมในการใช้งานเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ลักษณะการใช้งานของบล็อกประสานก็เปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน ปัจจุบันพบว่ามีการนำบล็อกประสานไปใช้เป็นชิ้นส่วนโครงสร้างหลักของอาคาร เช่น ผนังรับแรงตามแนวแกน คาน หรือเสา ทั้งที่ยังขาดข้อมูลจากการทดสอบและข้อมูลทางทฤษฎีถึงพฤติกรรมและความสามารถขององค์อาคารที่ทำจากบล็อกประสาน นอกจากนี้มาตรฐานในการออกแบบอาคารวัสดุก่อ (มาตรฐาน ว.ส.ท. 1005-18) [1] ซึ่งเป็นมาตรฐานอ้างอิง ไม่ได้รับการปรับปรุงมาเป็นเวลานานกว่า 30 ปี แล้ว ทำให้เกิดความกังวลถึงความปลอดภัยของอาคารที่ก่อสร้างโดยใช้บล็อกประสานโดยขาดความรู้และความเข้าใจอย่างแท้จริง อันอาจนำไปสู่ความสูญเสียทั้งในด้านทรัพย์สิน ความปลอดภัยของผู้อยู่อาศัยภายในอาคาร

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับโครงสร้างบล็อกประสานที่ผ่านมาส่วนใหญ่เป็นการศึกษาองค์อาคารที่รับแรงเฉพาะอย่าง เช่น การศึกษาเสาบล็อกประสานเสริมเหล็กและไม่เสริมเหล็ก [2] คานบล็อกประสานที่ทำจากบล็อกรูปตัวยู [3] และคานที่เสริมกำลังด้วยเหล็กแผ่นลาย [4] ผนังและกำแพงบล็อกประสานที่มีลักษณะทึบ [5, 6] นอกจากนี้ได้มีการศึกษาผนังบล็อกประสานที่มีช่องเปิดเป็นลักษณะช่องหน้าต่างโดยมีคานทับหลังเสริมเหล็ก [7] ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ประกอบขึ้นจากผนังทึบและคาน ทำให้พฤติกรรมและความสามารถในการรับกำลังรวมทั้งลักษณะการวิบัติของโครงสร้างซับซ้อนขึ้นตามไปด้วย บทความนี้นำเสนอผลการศึกษาเชิงทดลองของผนังบล็อกประสานที่มีช่องเปิดขนาดใหญ่ เป็นช่องเปิดประตูที่กึ่งกลางผนัง โดยทำการทดสอบพฤติกรรมและความสามารถในการรับน้ำหนักของตัวอย่างขนาดเท่าโครงสร้างจริง ผลจากการทดสอบนี้จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับกำลังและพฤติกรรมของผนังบล็อกประสาน อีกทั้งสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาโครงสร้างและงานก่อสร้างที่ทำจากบล็อกประสานต่อไป

2. วิธีการศึกษา

2.1 ผนังบล็อกประสานในการศึกษา

ผนังบล็อกประสานที่ใช้ในการศึกษามีจำนวน 3 ผนัง โดยทุกผนังมีลักษณะเหมือนกันคือ มีความกว้าง 250 เซนติเมตร สูง 250 เซนติเมตร มีช่องเปิดประตูที่กึ่งกลางผนังขนาดกว้าง 100 เซนติเมตร สูง 200 เซนติเมตร ในการก่อสร้างผนังใช้บล็อกประสานขนาดมาตรฐานที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) แนะนำ คือ ขนาด 12.5×25×10 เซนติเมตร มีการเสริมเหล็กที่ผนังเฉพาะส่วนที่เป็นคานทับหลังเท่านั้น โดยเหล็กบน กลาง และล่างของคานทับหลัง ใช้เหล็ก DB 12 ชั้นคุณภาพ SD 30 เสริมที่แถวบนสุด แถวกลาง และแถวล่างสุดของคานทับหลัง แถวละ 1 เส้น ส่วนเหล็กปลอกเป็นเหล็ก RB 6 ชั้นคุณภาพ SR 24 ทำการเสริมในรูบล็อกทุกรูของคานทับหลัง ดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2

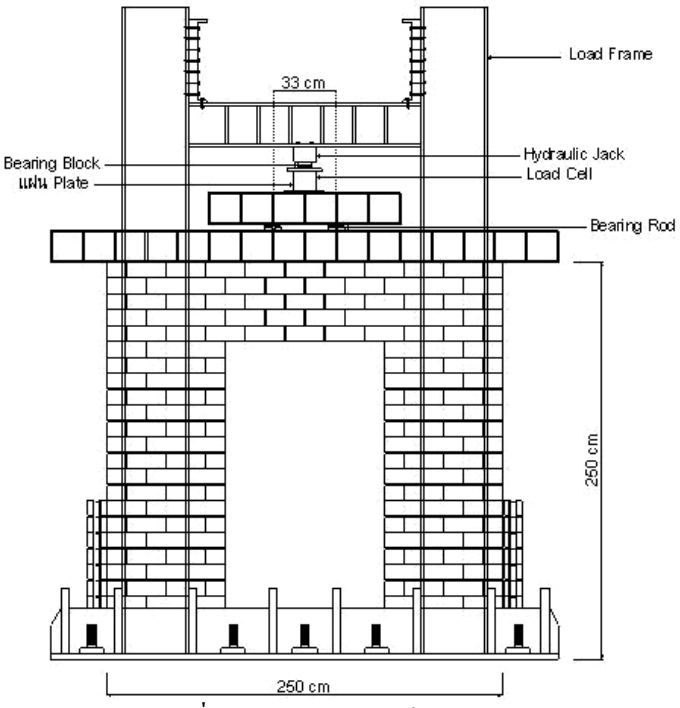


ภาพที่ 1 ผนังบล็อกประสานในการศึกษา

(ก) (ข)

ภาพที่ 2 การเสริมเหล็กในคานทับหลัง (ก) การเสริมเหล็กปลอกและเหล็กตามยาวที่บล็อกแถวกลาง (ข) การเสริมเหล็กตามยาวที่บล็อกแถวบนสุดและการหยอดปูนทรายลงในผนังบล็อกประสาน

ส่วนผสมของปูนทราย (Cement Mortars) ที่ใช้หยอดในผนังบล็อกประสานมีค่าคงที่ตลอดการศึกษา (ปูนซีเมนต์1 ส่วน : ทราย 2 ส่วน อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.7) การให้น้ำหนักกับผนังเป็นแบบ Static ผ่านชุดคานเหล็กถ่ายแรง ดังภาพที่ 3 และภาพที่ 4



ภาพที่ 3 ชุดทดสอบผนังบล็อกประสาน

ภาพที่ 4 ผนังบล็อกประสานที่พร้อมทำการทดสอบ

2.2 วิธีการทดสอบและอุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูล

การทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมและความสามารถในการรับกำลังของผนังบล็อกประสาน กระทำโดยให้แรงอัดจาก Hydraulic Jack ผ่าน Load Cell เพื่อวัดค่าน้ำหนักบรรทุก ส่วนการวัดการเปลี่ยนรูปของผนังทำโดยการติดตั้ง Linear Variable Displacement Transducer (LVDT) ที่ผนัง รวมทั้งติดตั้ง Strain Gauge ที่เหล็กบน เหล็กกลาง และเหล็กล่างของคานทับหลัง เพื่อวัดการเปลี่ยนรูปของเหล็ก และทำการเก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger)

การทดสอบทำโดยเพิ่มแรงอัดตามแนวแกนให้แก่ผนังทีละน้อย พร้อมทั้งทำการบันทึกรอยร้าวที่เกิดขึ้นบนผนังขณะที่ทำการทดสอบ จากนั้นเมื่อน้ำหนักกดจาก Hydraulic Jack เพิ่มขึ้นถึงประมาณ 50 ตัน จึงถอดอุปกรณ์ LVDT ออกเพื่อป้องกันความเสียหาย แต่ทำการกดทดสอบต่อไป เพื่อสังเกตลักษณะการวิบัติของผนังตัวอย่าง จนกระทั่งผนังไม่สามารถรับกำลังได้อีกต่อไป จึงหยุดทำการทดสอบ

3. ผลการศึกษา

3.1 กำลังอัดของมอร์ตาร์

การทดสอบกำลังรับแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้า เพื่อหาค่าความต้านทานแรงอัดของซีเมนต์มอร์ต้า อ้างอิงวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C109 - 08 Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens) [8] โดยทำการทดสอบตัวอย่างมอร์ต้าทรงลูกบาศก์ขนาด 50×50×50 มิลลิเมตร จำนวน 27 ตัวอย่าง ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างจากผนังทั้ง 3 ผนัง ผนังละ 9 ตัวอย่าง ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 1

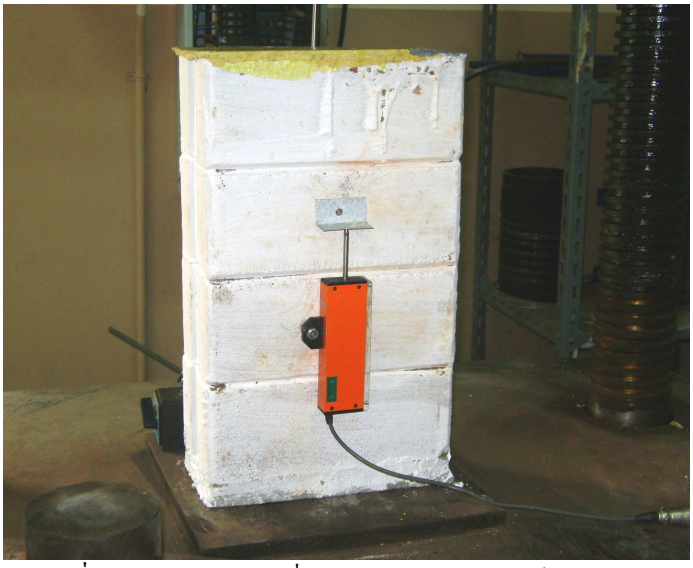
ตารางที่ 1 กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของมอร์ตาร์

ผนังที่	กำลังรับแรงอัดเฉลี่ย (กก./ซม.^{2})	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (กก./ซม.^{2})
1	225.92	30.15
2	220.21	11.54
3	201.08	20.12

ผลจากการทดสอบพบว่ามอร์ตาร์ที่ใช้ในการศึกษาสำหรับผนังที่ 1, 2 และ 3 มีกำลังรับแรงอัด 225.92 ± 30.15 กก./ซม.^{2}, 220.21 ± 11.54 กก./ซม.^{2} และ 201.08 ± 20.12 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่ากำลังรับแรงอัดของบล็อกประสาน (กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานแสดงในส่วน 3.2) แสดงว่าส่วนผสมของมอร์ตาร์ที่ใช้มีความเหมาะสม และสามารถนำมาใช้ก่อสร้างโครงสร้างบล็อกประสานได้ หากพิจารณาจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างพบว่า ตัวอย่างมอร์ตาร์จากผนังที่ 1 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงที่สุดคือ 30.15 กก./ซม.^{2} หรือคิดเป็นร้อยละ 13.3 ของกำลังรับแรงอัด แสดงว่าข้อมูลมีการกระจัดกระจายพอสมควร ซึ่งพบได้ทั่วไปในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการทดสอบ

3.2 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสาน

กำลังรับแรงอัดของวัสดุก่อ $(f_m^{'})$ สามารถหาได้จากการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งปริซึม ตามมาตรฐานวัสดุก่อของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท.1005-18) [1] โดยทำการทดสอบแท่งปริซึมขนาด 12.5×25×40 เซนติเมตร (กว้าง×ยาว×สูง) อัตราส่วนความชะลูด (h/t) เท่ากับ 3.2 และมีค่าปรับแก้อัตราส่วนความชะลูดเท่ากับ 1.28 จำนวนทั้งสิ้น 9 ตัวอย่าง ได้จากผนังทั้ง 3 ผนัง ผนังละ 3 ตัวอย่าง ทำการกดทดสอบโดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine (UTM) ดังภาพที่ 5 ผลจากการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งปริซึมบล็อกประสานแสดงดังตารางที่ 2



ภาพที่ 5 การทดสอบปริซึมเพื่อหากำลังรับแรงอัดของบล็อกประสาน

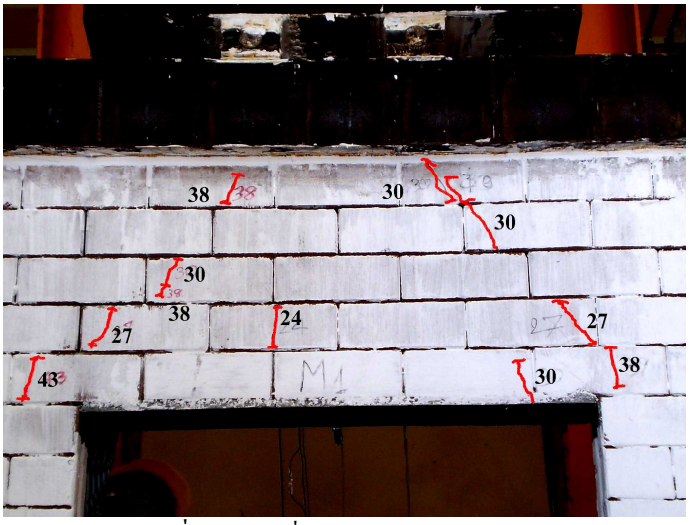
ตารางที่ 2 กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแท่งปริซึม

ผนังที่	กำลังรับแรงอัดเฉลี่ย $(f_m^{'})$ (กก./ซม.^{2})		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (กก./ซม.^{2})
	ก่อนปรับแก้	หลังปรับแก้	
1	63.24	80.95	20.70
2	74.60	95.49	15.77
3	93.37	119.52	4.28

ผลจากการทดสอบพบว่าบล็อกประสานที่ใช้ในการศึกษาสำหรับผนังที่ 1, 2 และ 3 มีกำลังรับแรงอัด 80.95 ± 20.70 กก./ซม.^{2}, 95.49 ± 15.77 กก./ซม.^{2} และ 119.52 ± 4.28 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานซึ่งกำหนดไว้ที่ 70 กก./ซม.^{2} [1] หากพิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างพบว่า ปริซึมจากผนังที่ 1 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงที่สุดคือ 20.70 กก./ซม.^{2} หรือคิดเป็นร้อยละ 25.6 ของกำลังรับแรงอัด แสดงว่าข้อมูลมีการกระจัดกระจายมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปัจจัยหลายประการ เช่น เนื่องจากกระบวนการผลิตบล็อกประสานที่ควบคุณภาพได้ไม่ดีเพียงพอ เนื่องจากการขนส่งที่อาจทำให้บล็อกประสานเสียหายก่อน หรืออาจเนื่องจากการผลิตที่ต่างล็อตกัน เป็นต้น

3.3 พฤติกรรมของผนังบล็อกประสานที่มีช่องเปิด

การทดสอบผนังตัวอย่างที่ 1, 2 และ 3 กระทำโดยเพิ่มแรงอัดตามแนวแกนให้แก่ผนังทีละน้อย พร้อมกับสังเกตและบันทึกร้อยร้าวที่เกิดขึ้นบนผนัง พบว่าทั้งสามผนังมีพฤติกรรมเช่นเดียวกัน คือ พบรอยร้าวแรกในแนวดิ่งซึ่งเกิดจากโมเมนต์ดัดในคานเกิดขึ้นที่กึ่งกลางคานทับหลัง เมื่อแรงอัดมีค่าประมาณร้อยละ 30 ของน้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่ผนังรับได้ จากนั้นเมื่อเพิ่มแรงกดขึ้นอีกเล็กน้อยจะเริ่มสังเกตเห็นรอยร้าวในแนวทแยงเนื่องจากแรงเฉือนเกิดขึ้นที่คานทับหลังเหนือมุมของช่องเปิด รอยร้าวแนวทแยงจะเพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อยๆ โดยเอียงเป็นมุม 45 องศา มีทิศทางจากมุมของช่องเปิดไปยังแนวของแรงกระทำ เมื่อทำการให้น้ำหนักต่อไปพบว่ารอยร้าวในแนวทแยงขยายตัวและมีจำนวนเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงถึงพฤติกรรมของคานลึก ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 รอยร้าวที่คานทับหลังเหนือช่องประตู

ทำการให้น้ำหนักต่อไปจนกระทั่งน้ำหนักกดมีค่าสูงสุดจะสังเกตเห็นรอยแตกร้าวในแนวดิ่งเป็นทางยาวขยายตัวอย่างรวดเร็วที่ผนังด้านข้างช่องเปิดประตู โดยเป็นแนวจากบล็อกแถวบนของคานทับหลังลงมาจนกระทั่งถึงด้านล่างของผนังด้านข้างช่องประตู ดังภาพที่ 7 จากนั้นความสามารถในการรับน้ำหนักของผนังจะลดลงอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากแรงอัดตามแนวแกนจะทำให้ผนังยุบตัวลงและขยายตัวออกด้านข้างทำให้เกิดแรงดึงในแนวขวาง เมื่อความเค้นดึงในแนวขวางดังกล่าวมีค่าเกินกว่ากำลังรับแรงดึงของบล็อกประสานจึงทำให้เกิดรอยร้าวในแนวดิ่งขึ้นและทำให้ผนังวิบัติอย่างทันทีทันใด

(ก) (ข)

ภาพที่ 7 รอยร้าวที่ผนังด้านข้างของช่องประตู (ก) ผนังด้านซ้ายของช่องประตู และ (ข) ผนังด้านขวาของช่องประตู

ผลการทดสอบผนังบล็อกประสานที่มีช่องเปิดและมีคานทับหลังเสริมเหล็กครั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่าคานทับหลังเสริมเหล็กเหนือช่องประตูจะแสดงพฤติกรรมแบบคานลึก คือ จะพบรอยร้าวในแนวทแยงเนื่องจากแรงเฉือนเกิดขึ้น โดยเอียงเป็นมุม 45 องศา มีทิศทางจากมุมของช่องเปิดไปยังแนวของแรงกระทำและหากมีการเสริมเหล็กที่คานทับหลังอย่างเหมาะสม จะสามารถสังเกตเห็นรอยร้าวและความเสียหายที่คานทับหลังได้อย่างชัดเจนก่อนการวิบัติของผนังโดยรวม นับเป็นการส่งสัญญาณเตือนให้แก่ผู้ใช้งานอาคารทราบถึงความไม่ปลอดภัยของผนัง แต่อย่างไรก็ตามหากเพิ่มแรงกระทำต่อไปจนกระทั่งมีค่าเกินกว่าความต้านทานของผนังด้านข้างประตูซึ่งไม่มีการเสริมเหล็ก การวิบัติของผนังโดยรวมจะเกิดขึ้นอย่างทันทีทันใด

3.4 กำลังของผนังบล็อกประสานที่มีช่องเปิด

กำลังของผนังบล็อกประสานที่มีช่องเปิดขึ้นอยู่กับกำลังของ 2 ส่วนคือ 1) กำลังของคานทับหลัง และ 2) กำลังของผนังด้านข้างประตู ซึ่งจากการทดสอบครั้งนี้พบว่ากำลังของผนังด้านข้างประตูเป็นตัวควบคุมการวิบัติของผนังโดยรวม เนื่องจากขณะที่เกิดการวิบัติที่ผนังด้านข้างประตู กำลังของผนังโดยรวมจะลดลงทันที

มาตรฐาน วสท.1005-18 ซึ่งเป็นมาตรฐานอ้างอิงในการออกแบบอาคารวัสดุก่อ ไม่ได้ให้สมการประมาณกำลังของคานวัสดุก่อไว้ มีเพียงสมการประมาณกำลังรับแรงอัดตามแนวของผนังก่อคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก ทำให้ไม่สามารถประมาณกำลัง

ของคานทับหลังได้ อย่างไรก็ตามจากผลการทดสอบผนังชุดนี้ พบว่ากำลังของผนังด้านข้างประตูเป็นตัวควบคุมการวิบัติของผนังโดยรวม กำลังของผนังด้านข้างประตูสามารถคำนวณได้ตามมาตรฐาน วสท.1005-18 ดังนี้

$$P = 0.2 f_m^{'} \left[1 - \left(\frac{h}{40t} \right)^3 \right] A_n \qquad (1)$$

โดย P คือ น้ำหนักบรรทุกตามแนวแกนที่ยอมให้ $f_m^{'}$ คือ กำลังรับแรงอัดของวัสดุก่อที่อายุ 28 วัน h คือ ความสูงประสิทธิผล t คือ ความหนาประสิทธิผล A_n คือ พื้นที่หน้าตัดสุทธิของวัสดุก่อ (ในการคำนวณพิจารณา A_n เท่ากับพื้นที่หน้าตัดของผนังด้านข้างประตูทั้งสองข้าง)

ตารางที่ 3 แสดงกำลังรับแรงอัดตามแนวแกนของผนังบล็อกประสานที่มีช่องเปิดจากการทดสอบ และกำลังรับแรงอัดตามแนวแกนที่ยอมให้ของผนังด้านข้างประตูซึ่งคำนวณตามมาตรฐาน วสท.1005-18 โดยกำลังรับแรงอัดของผนังที่ 1, 2 และ 3 จากการทดสอบมีค่าเท่ากับ 55.60, 65.77 และ 64.90 ตัน ตามลำดับ หากพิจารณากำลังของผนังร่วมกับกำลังรับแรงอัดจากการทดสอบปริซึมบล็อกประสาน ในตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าผลที่ได้มีความสอดคล้องกัน โดยกำลังของผนังขึ้นอยู่กับกำลังรับแรงอัดของปริซึม หากกำลังรับแรงอัดของปริซึมมีค่าต่ำจะทำให้กำลังรับแรงอัดของผนังมีค่าต่ำตามไปด้วย สามารถสังเกตได้จากตัวอย่างปริซึมของผนังที่ 1ซึ่งมีกำลังรับแรงอัดต่ำที่สุด ส่งผลให้ผนังที่ 1 รับแรงได้น้อยที่สุดด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 3 กำลังรับแรงอัดตามแนวแกนของผนังด้านข้างประตู

ผนังที่	ผลการทดสอบ (ตัน)	วสท. 1005-18 (ตัน)	สัดส่วนความปลอดภัย (F.S.)
1	55.60	28.41	1.96
2	65.77	33.52	1.96
3	64.90	41.95	1.55

เมื่อเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดที่ยอมให้ของผนังซึ่งคำนวณตามมาตรฐาน วสท.1005-18 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 28.41, 33.52 และ 41.95 ตัน สำหรับผนังที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ กับกำลังรับแรงอัดของผนังจากการทดสอบ พบว่าการคำนวณตามมาตรฐาน วสท.1008-15 ให้ค่าต่ำกว่าผลจากการทดสอบมาก โดยมีสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยระหว่าง 1.55-1.96 และมีค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยเฉลี่ยเท่ากับ 1.82

4. สรุป

การวิจัยนี้ทำการศึกษาพฤติกรรมและความสามารถในการรับน้ำหนักของผนังบล็อกประสานขนาดกว้าง 250 เซนติเมตร สูง 250 เซนติเมตร มีช่องเปิดประตูที่กึ่งกลางผนังขนาดกว้าง 100 เซนติเมตร สูง 200 เซนติเมตร และมีคานทับหลังเสริมเหล็ก ผลจากการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

(1) รอยร้าวแรกของผนังที่มีช่องเปิดจะเกิดขึ้นที่กึ่งกลางคานทับหลังโดยเป็นรอยร้าวแนวดิ่งเนื่องจากโมเมนต์ดัดในคานทับหลัง จากนั้นจะเริ่มปรากฏรอยร้าวในแนวทแยงเนื่องจากแรงเฉือนเกิดขึ้นเหนือมุมของช่องเปิด โดยเอียงเป็นมุม 45 องศา และมีทิศทางจากมุมของช่องเปิดไปยังแนวของแรงกระทำแสดงว่าคานทับหลังมีพฤติกรรมแบบคานลึก

(2) การวิบัติของผนังด้านข้างประตู เกิดจากแรงอัดตามแนวแกนทำให้ผนังยุบตัวลงและขยายตัวออกด้านข้างก่อให้เกิดแรงดึงในแนวขวาง เมื่อความเค้นดึงในแนวขวางมีค่าเกินกว่ากำลังรับแรงดึงของบล็อกประสานจึงทำให้เกิดรอยร้าวในแนวดิ่งขึ้นและทำให้ผนังด้านข้างประตูวิบัติอย่างทันทีทันใด

(3) ผนังที่มีช่องเปิดประตูประกอบด้วยโครงสร้างสองส่วน คือ 1) คานทับหลัง และ 2) ผนังด้านข้างประตู การทดสอบครั้งนี้พบว่าการวิบัติของผนังโดยรวมขึ้นอยู่กับกำลังของผนังด้านข้างประตู อย่างไรก็ตามหากทำการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของผนังด้านข้างประตูจะทำให้ผนังรับแรงได้มากขึ้น การวิบัติของผนังโดยรวมอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการวิบัติของคานทับหลังได้

(4) การคำนวณกำลังรับแรงอัดที่ยอมให้ของผนังก่อคอนกรีตไม่เสริมเหล็กตามมาตรฐาน วสท. 1008-15 ให้ค่าต่ำกว่าผลจากการทดสอบ โดยมีสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยระหว่าง 1.55-1.96 และมีค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยเฉลี่ยเท่ากับ 1.82

5. ข้อเสนอแนะ

มาตรฐาน วสท. 1005-18 ซึ่งเป็นมาตรฐานอ้างอิงในการออกแบบอาคารวัสดุก่อ ไม่ได้ให้สมการประมาณกำลังของคานวัสดุก่อไว้ มีเพียงสมการประมาณกำลังรับแรงอัดตามแนวของผนังก่อคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก ซึ่งพบว่าผลการคำนวณกำลังของผนังวัสดุก่อตามสมการของ วสท.1005-18 ให้ค่าต่ำกว่าผลการ

ทดสอบมาก ดังนั้นจึงควรมีศึกษาวิจัยและการจัดทำมาตรฐานสำหรับอาคารวัสดุบล็อกประสานเพื่อส่งเสริมให้การใช้งานบล็อกประสานเป็นไปอย่างเหมาะสมและปลอดภัยยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนในการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร และได้รับการสนับสนุนบล็อกประสาน รวมทั้งอุปกรณ์สิ้นเปลืองในการวิจัยจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (วว.) นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณโชคชัย อุปถัมภ์ คุณธวัชชัย แก้วสุข คุณภาสกร ชูพุทธ คุณเสริมพงษ์ นาคจู คุณพงศ์ชยุตม์ ศรีสวัสดิ์ และคุณอรรถพล นาคสีทอง นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานครที่ช่วยทำการทดสอบ และเก็บข้อมูลในการวิจัย ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ในการอำนวยความสะดวกและใช้งานห้องปฏิบัติการทดสอบโครงสร้างและวัสดุ อีกทั้งเครื่องมือต่างๆ ในโครงการวิจัยนี้

7. บรรณานุกรม

[1] สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2526. มาตรฐานสำหรับอาคารวัสดุก่อ (มาตรฐาน ว.ส.ท. 1005-18). กรุงเทพฯ.

[2] ศุลักษณ์ ขวัญนา, ศราวุธ ชูปลอด, พิเชฏ ขุนกำแหง, วีระยุทธ เหลือนุ่นอวบ และ วุฒิชัย สีนวนเอียด, 2548. การศึกษาความสามารถในการรับกำลังและพฤติกรรมของเสาบล็อกประสาน. ปริญญานิพนธ์. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

[3] วสันต์ ล้อมมหาดไทย, บัญชา สุปรินายก, ชีวลัค พงษ์บูรณกิจ และพิสณฑ์ อุดมวรรัตน์, 2548. กำลังรับแรงดัดของคานคอนกรีตบล็อกประสานรูปตัวยู. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10, ชลบุรี.

[4] วิจิตร บุญเจริญ และ วัฒนพงศ์ หิรัญมาลย์, 2552. พฤติกรรมของคานบล็อกประสานที่เสริมกำลังด้วยแผ่นเหล็กลาย : Full Scale Testing. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 14. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

[5] ชีวลัค พงษ์บูรณกิจและตระกูล อร่ามรักษ์, 2548. การตรวจสอบการรับแรงกดตามแนวแกนของผนังคอนกรีตบล็อกประสาน. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10, ชลบุรี.

[6] กริสน์ ชัยมูล, 2552. ความสามารถต้านทานแรงอัดของกำแพงบล็อกประสาน. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 14, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

[7] อนุพงศ์ สุขจิระ และ วัฒนพงศ์ หิรัญมาลย์, 2552. การศึกษาพฤติกรรมและความสามารถในการรับน้ำหนักตามแนวแกนของผนังบล็อกประสานแบบมีช่องหน้าต่าง. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 14, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

[8] ASTM, 2008. ASTM C109 - 08 Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens). American Society for Testing and Materials.