พฤติกรรมและความสามารถของเสาบล็อกประสานภายใต้น้ำหนักกระทำผ่านจุดศูนย์กลาง กรณีทดสอบเท่าขนาดจริง

BEHAVIOR AND CAPACITY OF INTERLOCKING BLOCK COLUMNS UNDER CONCENTRIC LOAD IN CASE OF FULL SCALE TESTING

วัฒนพงศ์ หิรัญมาลย์ (Watanapong Hiranmarn)[1]

พรเทพ พวงประโคน (Porntep Puangprakhon)[2]

วุฒินัย กกกำแหง (Wutinai Kokkamhaeng)[3]

[1]อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร (watanapo@mut.ac.th)

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

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

บทคัดย่อ : บทความนี้เป็นการทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักรวมศูนย์ของเสาบล็อกประสาน โดยแบ่งเสาออกเป็น 2 ประเภท คือ เสาประเภทไม่เสริมเหล็กและเสริมเหล็ก ซึ่งเสาทั้งสองแบบมีขนาดหน้าตัดเท่ากันคือ 0.25x0.25 เมตร ภายใต้การทดสอบเท่าขนาดจริง (full scale testing) ที่ความสูง 2.40 เมตร จำนวน 4 เสา ผลจากการทดสอบพบว่า เสาแบบไม่เสริมเหล็กสามารถรับน้ำหนักสูงสุดได้เท่ากับ 17.6 ตัน ส่วนเสาแบบเสริมเหล็กรับน้ำหนักสูงสุดได้เท่ากับ 22.5 ตัน ในขณะที่ผลการคำนวณกำลังรับน้ำหนักที่ยอมให้ใช้งานของเสา ตามมาตรฐานสำหรับอาคารวัสดุก่อ (ว.ส.ท.1005-18) พบว่า ค่าที่ได้สำหรับเสาแบบเสริมเหล็กและไม่เสริมเหล็กคือ 5.4 และ 7.9 ตัน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 31 และ ร้อยละ 35 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับค่าสูงสุดที่ได้จากการทดสอบ

ABSTRACT : This research paper presents the test result of interlocking block column under concentric load. The column specimens with cross section of 0.25x0.25 m is constructed with and without reinforcing steel. The column length is 2.4-m. The test result shows that the unreinforced and reinforced columns can withstand the maximum load of 17.6 and 22.5 tons, respectively. While calculation results according to the EIT standard (1005-18) shows that allowable load for unreinforced and reinforced columns are 5.4 and 7.9 tons, respectively. Therefore, the maximum load from test compared with the EIT (1005-18) is 31% for unreinforced column and 35% for reinforced column.

KEYWORDS : Interlocking block, Interlocking block column, Masonry structure, Masonry column

1. บทนำ

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ได้พัฒนาและเผยแพร่เทคโนโลยีการผลิตและใช้งาน บล็อกประสาน (Interlocking block) ภายในประเทศไทยมานานหลายปี จนได้รูปแบบของบล็อกและอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบต่างๆ ที่ลงตัวดังเช่นในปัจจุบัน ตลอดระยะเวลาที่พัฒนาจนกระทั่งปัจจุบันนี้ ก่อให้เกิดผู้ผลิตบล็อกประสานในเชิงอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดย่อม กระจายอยู่ตามภาคต่างๆของประเทศไทยเป็นจำนวนมาก เหตุผลหลักของการเติบโตนี้ อาจจะเนื่องมาจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตบล็อกนั้นสามารถหาได้ง่าย

ในแต่ละท้องถิ่น และรูปลักษณ์ที่โดดเด่นเป็นเอกลักษณ์ของบล็อกประสาน ผนวกกับความสะดวกในการก่อสร้าง ที่ไม่ต้องการเครื่องจักรหนัก จึงส่งผลให้ปัจจุบันมีผู้ที่สนใจนำบล็อกประสาน ไปใช้งานก่อสร้างอาคารที่อยู่อาศัยเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ ซึ่งใช้เป็นชิ้นส่วนโครงสร้างหลักของอาคาร เช่น ผนังรับน้ำหนัก เสา คาน เป็นต้น แต่หากย้อนมองทางด้านองค์ความรู้ในการออกแบบ คงมีเพียงมาตรฐานการออกแบบ อาคารวัสดุก่อ (ว.ส.ท. 1005-18) [1] เท่านั้นที่พอจะอ้างอิงได้ ซึ่งตัวมาตรฐานเองก็ไม่ได้รับการปรับปรุงให้สอดคล้องกับความเป็นจริงของวัสดุก่อบล็อกประสานมาเป็นเวลานาน จึงทำให้เกิดความกังวลถึงความปลอดภัย ของอาคารต่างๆที่สร้างจากบล็อกประสาน หรือพฤติกรรมและความสามารถที่แท้จริงขององค์อาคารที่สร้างจากบล็อกประสาน

จึงเกิดการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับ พฤติกรรมและความสามารถของบล็อกประสานออกมาเป็นลำดับ เช่น การศึกษาพฤติกรรมและความสามารถของคานบล็อกประสานที่เสริมกำลังด้วยเหล็กเส้น [2] และคานที่เสริมกำลังด้วยเหล็กแผ่นลาย [3] ผนังบล็อกประสานที่มีลักษณะทึบ [4, 5] หรือผนังบล็อกประสานที่มีช่องเปิดเป็นช่องหน้าต่าง [6] ตลอดจนการนำมาตรฐานอาคารวัสดุก่อ (ว.ส.ท. 1005-18) มาลองใช้ออกแบบอาคารเหมือนจริง [7] ทั้งนี้นั้นก็เพื่อความรู้และความเข้าใจอย่างแท้จริงในการนำบล็อกประสานไปใช้งานอย่างถูกต้องและปลอดภัย

บทความนี้จึงนำเสนอผลการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับ การทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาบล็อกประสานจากตัวอย่างทดสอบขนาดเท่าของจริง ซึ่งผลการศึกษาทำให้ทราบถึงความสามารถในการรับกำลัง และพฤติกรรมของเสาบล็อกประสาน อีกทั้งได้แนวทางในการพัฒนาโครงสร้างที่ทำจากบล็อกประสานต่อไปในอนาคต

2. ทฤษฎี

2.1 กำลังของวัสดุก่อคอนกรีต[1]

หน่วยแรงอัดที่ยอมให้สำหรับวัสดุก่อคอนกรีตเสริมเหล็ก (บล็อกประสาน) ได้ใช้ตามมาตรฐานสำหรับอาคารวัสดุก่อของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ว.ส.ท. (1005-18) ซึ่งถือเอากำลังอัดที่ 28 วัน ของวัสดุก่อคอนกรีตเป็นค่ากำลังอัดสูงสุด (f'_m)

ค่ากำลังอัดสูงสุดของบล็อกประสาน สามารถหาได้โดยใช้ปริซึม ซึ่งทำขึ้นจากวัสดุที่เหมือนกันและภายใต้สภาวะเดียวกัน (ถ้าทำได้) โดยใช้การยึดหน่วงแบบเดียวกับที่ใช้ในโครงสร้าง ในการทำปริซึม ปริมาณความชื้นในขณะก่อตลอดจนความข้นเหลวของมอร์ต้า และฝีมือการก่อจะต้องเหมือนกับที่จะใช้กับโครงสร้างจริง ช่องในก้อนวัสดุก่อกลวงไม่ต้องอุด ยกเว้นในกรณีงานก่อสร้างชนิดเชิงตัน กำลังอัด (f'_m) ให้คำนวณโดยหารแรงอัดสูงสุดด้วยเนื้อที่สุทธิของปริซึมซึ่งทำขึ้นด้วยวัสดุก่อคอนกรีตกลวง และด้วยเนื้อที่รวมสำหรับปริซึมงานก่อสร้างที่ใช้ก้อนตันหรือเกร้าท์เต็มช่อง

ชิ้นตัวอย่างทุกชิ้นจะต้องมีอัตราส่วนความสูงต่อความหนา (h/t) ไม่น้อยกว่า 2 และต้องมีความสูงไม่น้อยกว่า 40 เซนติเมตร ในกรณีที่ค่าอัตราส่วน $\frac{h}{t}$ ต่างจากเงื่อนไขข้างต้น ค่า f'_m ให้ถือว่าเท่ากับกำลังอัดของชิ้นตัวอย่างคูณด้วยแฟคเตอร์สำหรับแก้ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 สัมประสิทธิ์กำลังอัด ความสูงต่อความหนาของแท่งปริซึม

อัตราส่วนความสูงต่อความหนา $\left(\frac{h}{t}\right)$	1.5	2.0	2.5	3.0
แฟคเตอร์สำหรับแก้	0.86	1.00	1.11	1.20
แฟคเตอร์ที่มีค่าอยู่ระหว่างค่าที่ให้ไว้ให้หาโดยวิธีค่าเฉลี่ยโดยตรง				

2.2 หน่วยแรงที่ยอมให้ในเหล็กเสริม [1]

ค่าหน่วยแรงดึงต่างๆในเหล็กเสริมจะต้องไม่เกินค่าที่กำหนดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ในเหล็กเสริม

รายละเอียด	หน่วยแรงที่ยอมให้, ksc
เหล็กเส้นกลม เป็นเหล็กกล้าละมุน	1,200
เหล็กข้ออ้อย มีกำลังคราก 4200 ksc ขึ้นไป และมีขนาดตั้งแต่ 28 มม. ลงมา	1,700
สำหรับเหล็กเกรดพิเศษ ต้องไม่เกิน	2,100
สำหรับเหล็กเสริมอื่นๆ ทั้งหมด	1,400

ค่าหน่วยแรงอัดที่ยอมให้จะต้องไม่เกินหน่วยแรงดึงที่ยอมให้ตามที่แสดงไว้ข้างบน และโมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กเสริมมีค่าเท่ากับ 2,040,000 กก./ซม^2.

2.3 การคำนวณออกแบบเสาวัสดุก่อตามมาตรฐาน วสท.[1]

มาตรฐาน วสท. ได้เสนอสมการเพื่อคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกตามแนวแกนที่ยอมให้ซึ่งกระทำบนเสาวัสดุก่อคอนกรีตแบบไม่เสริมเหล็ก และแบบเสริมเหล็ก ไว้ในสมการที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ดังนี้

- น้ำหนักบรรทุกที่ยอมให้สำหรับเสาวัสดุก่อไม่เสริมเหล็ก

$$P = 0.18 f_m' \left[1 - \left(\frac{h}{30t}\right)^3\right] A_n \qquad (1)$$

- น้ำหนักบรรทุกที่ยอมให้สำหรับเสาวัสดุก่อเสริมเหล็ก

$$P = A_g (0.2 f_m' + 0.65 P_g f_s) \left[1 - \left(\frac{h}{30t}\right)^3\right] \qquad (2)$$

3. การเตรียมตัวอย่างและการทดสอบ

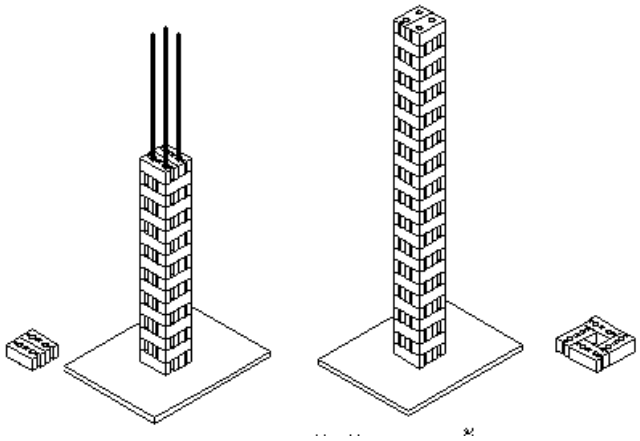
3.1 การทดสอบกำลังอัดของแท่งก่อปริซึม

กำลังอัดประลัยของบล็อกประสาน เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่จำเป็นต้องใช้ประกอบการศึกษา ซึ่งหาได้โดยก่อแท่งปริซึมขนาด 0.25x0.25x0.50 เมตร และติดตั้งเครื่องมือวัดการยืด/หดตัวตามภาพที่ 1 จากนั้นนำแท่งปริซึมมาทดสอบหาค่ากำลังรังแรงอัดตามมาตรฐานมาตรฐาน วสท. และวัดการหดตัว

ภาพที่ 1 การทดสอบปริซึม

3.2 เสาบล็อกประสานในการศึกษา

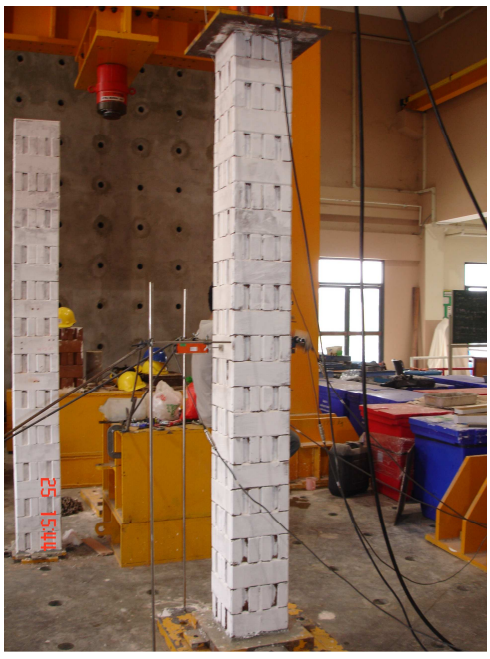
ลักษณะของเสาบล็อกประสานที่ใช้ในการทดสอบนี้ เป็นเสาสูง 2.40 เมตร จำนวน 4 ต้น ลักษณะการก่อแสดงในภาพที่ 2 โดยมีบล็อกประสานเป็นส่วนประกอบหลัก (ขนาดก้อนบล็อกประสาน กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 12.5x25x10 เซนติเมตร) และใช้ปูนทราย (Grout, ปูน 1 ส่วนต่อทราย 2 ส่วน อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) คือ 0.70) เป็นตัวประสาน หน้าตัดของเสาเท่ากับ 0.25x0.25 เมตร แต่แบ่งเสา 2 ต้นเป็นแบบไม่เสริมเหล็ก และอีก 2 ต้นเป็นแบบเสริมเหล็ก



ภาพที่ 2 รูปแบบการก่อเรียงบล็อกของเสาที่ใช้สำหรับการทดสอบ

การเสริมเหล็ก กำหนดให้ใช้เหล็กเสริมยืนขนาด Ø 9 มม. จำนวน 4 เส้น และเสริมเหล็กปลอกขนาด Ø 6 มม. เสริมหนึ่งปลอกต่อบล็อกหนึ่งชั้น ทั้งหมดเป็นเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ ชั้นคุณภาพ SR24

กำหนดให้เสารับน้ำหนักแบบรวมศูนย์ ซึ่งน้ำหนักบรรทุกที่กระทำกับเสาเป็นแบบสถิตย์ โดยการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกทีละน้อย ตัวอย่างเสาบล็อกประสานที่พร้อมทดสอบแสดงดังภาพที่ 3

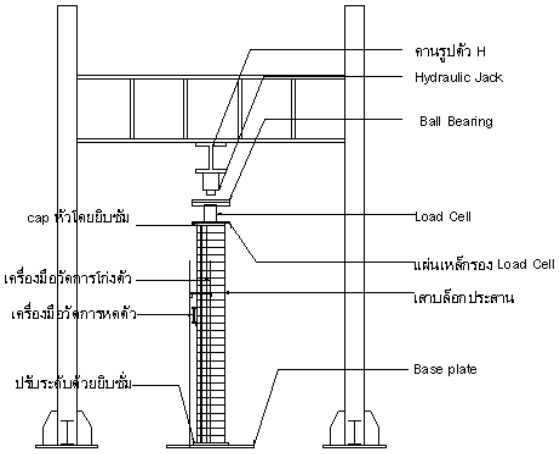


ภาพที่ 3 เสาบล็อกประสานที่ใช้เป็นตัวอย่างทดสอบ

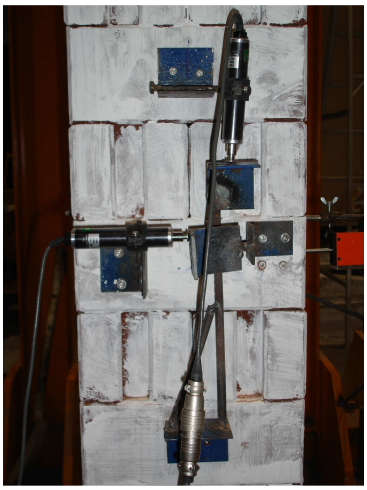
3.3 วิธีการศึกษาและอุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูล

การทดสอบกระทำโดยการให้แรงกดจาก Hydraulic Jack ผ่าน Load Cell ขนาด 100 ตัน เพื่อวัดค่าน้ำหนักบรรทุก ดังแสดงในภาพที่ 4 และในขณะเดียวกันก็บันทึกการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเสาด้วย Linear Variable Displacement Transducer (LVDT) (ภาพที่ 5) รวมทั้งวัดความเครียดในเหล็กเสริมหลักด้วย Strain Gage และข้อมูลทั้งหมดถูกบันถึงโดยเครื่องคอมพิวเตอร์ ผ่านเครื่อง Data Acquisition

ขั้นตอนการทดสอบเริ่มจากการให้น้ำหนักกดตามแนวแกนแก่เสาทีละน้อย พร้อมทั้งสังเกตุการเกิดขึ้นของรอยร้าวขณะทำการทดสอบ จากนั้นเมื่อให้น้ำหนักบรรทุก ไปชักระยะนึงจึงถอดอุปกรณ์ LVDT ออก และทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกต่อไปจนกระทั้งเสาไม่สามารถรับน้ำหนักได้จึงหยุดการทดสอบ



ภาพที่ 4 การติดตั้งเสาและอุปกรณ์ทดสอบ



ภาพที่ 5 การติดตั้งอุปกรณ์วัดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเสา

4. ผลและการวิเคราะห์การศึกษา

4.1 กำลังรับแรงอัดของปริซึมบล็อกประสาน

จากการทดสอบตัวอย่างแท่งปริซึมทั้ง 3 ตัวอย่าง ที่อายุ 28 วัน ได้ค่ากำลังอัดประลัยดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งสัดส่วน $\frac{h}{t}$ เท่ากับ 2 จึงใช้แฟคเตอร์สำหรับแก้เท่ากับ 1.0 สรุปได้ว่าค่ากำลังอัดประลัย (f'_m) ของบล็อกเท่ากับ 49.6 กก./ซม^2.

ตารางที่ 3 กำลังรับแรงอัดประลัยของแท่งปริซึม

ตัวอย่างที่	น้ำหนักบรรทุกประลัย (ตัน)	หน่วยแรงอัดประลัย (กก./ซม.^{2})
1	29.3	46.9
2	30.2	48.3
3	33.5	53.6
ค่าเฉลี่ย	31.0	49.6

4.2 กำลังของเสาบล็อกประสานจากการทดสอบ

เนื้อหาในส่วนนี้กล่าวถึงความสามารถในการรับกำลังของเสาบล็อกประสานทั้งสองแบบ คือแบบไม่เสริมเหล็กและแบบเสริมเหล็ก โดยมีรายละเอียดดังนี้

<u>การทดสอบเสาบล็อกประสานแบบไม่เสริมเหล็ก</u>

จากการทดสอบเสาบล็อกประสานแบบไม่เสริมเหล็ก 2 ต้น ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4

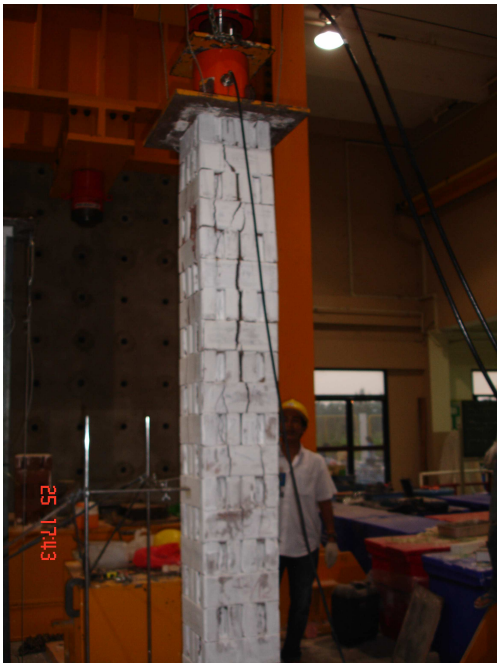
ตารางที่ 4 ผลการทดสอบเสาบล็อกประสานแบบไม่เสริมเหล็ก

เสา	น้ำหนักบรรทุก (ตัน)		หน่วยแรงอัด (กก./ซม.^{2})	
	ประลัย	* แตกร้าว	ประลัย	* แตกร้าว
1	19.3	9.2	30.9	14.7
2	15.8	8.8	25.3	14.1
ค่าเฉลี่ย	17.6	9.0	28.1	14.4

* ค่าดังกล่าวได้จากการสังเกตในขณะทดสอบ

จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า เสาบล็อกประสานแบบไม่เสริมเหล็ก ซึ่งมีอัตราส่วน h/t เท่ากับ 9.6 (ซึ่งมากกว่าปริซึมอยู่ 4.8 เท่า) สามารถรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดได้เท่ากับ 17.6 ตัน ซึ่งหากเทียบกับผลของปริซึมแล้ว พบว่ารับได้เพียงร้อยละ 57 ของปริซึมเท่านั้น ความแตกต่างนี้ น่าจะเป็นผลจากอัตราส่วน h/t

หากเปรียบเทียบ ณ พิกัดแตกร้าวกับค่าประลัย พบว่าเสาจะเริ่มเกิดรอยร้าว (จากการสังเกตด้วยตาขณะทดสอบ) เมื่อรับน้ำหนักไปประมาณร้อยละ 52 ของค่ากำลังอัดสูงสุด หากพิจารณาร่วมกับพฤติกรรมของเสาในขณะทดสอบพบว่าตำแหน่งที่รอยร้าวเริ่มเกิด สามารถเป็นได้ทั้งตำแหน่งที่รับแรงกดหรือ ณ ตำแหน่งใดๆตลอดความยาวเสาก็ได้ โดยลักษณะของรอยร้าว จะขนานกับความยาวเสา ดังภาพที่ 6 แสดงให้เห็นว่าหน่วยแรงดึงที่ตั้งฉากกับความยาวของเสานั้นมีค่ามากกว่ากำลังรับแรงดึงที่บล็อกสามารถรับได้



ภาพที่ 6 ลักษณะการวิบัติของเสาบล็อกประสานแบบไม่เสริมเหล็ก

เมื่อให้น้ำหนักบรรทุกแก่เสามากขึ้น ขนาดและจำนวนของรอยร้าวจะขยายและเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย แต่ค่าการยุบตัว (เสาหดสั้นลง) จะมีค่าไม่มากและเสายังคงตั้งตรงอยู่ เมื่อน้ำหนักบรรทุกใกล้ถึงค่าสูงสุด จะมีการหลุดร่อนของเนื้อวัสดุออกมาอย่างเห็นได้ชัด จนกระทั่งความสามารถในการรับน้ำหนักลดลง โดยรวมแล้ว พฤติกรรมของเสายังคงเหมือนกับเสาสั้น

การทดสอบเสาบล็อกประสานแบบเสริมเหล็ก

จากการทดสอบเสาบล็อกประสานแบบเสริมเหล็ก 2 ต้น ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบเสาบล็อกประสานแบบเสริมเหล็ก

เสา	น้ำหนักบรรทุก (ตัน)		หน่วยแรงอัด (กก./ซม.^{2})	
	ประลัย	* แตกร้าว	ประลัย	* แตกร้าว
1	25	15.5	40	24.8
2	20	11.8	32	18.9
ค่าเฉลี่ย	22.5	13.7	36	21.9

* ค่าดังกล่าวได้จากการสังเกตในขณะทดสอบ

สำหรับเสาบล็อกประสานที่เสริมกำลังด้วยเหล็กยืน 4-RB9 (ρ = 0.004) และเหล็กปลอกรัดรอบ RB6 หนึ่งปลอกต่อบล็อกหนึ่งชั้น สามารถรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดได้เท่ากับ 22.5 ตัน หากเทียบกับเสาแบบไม่เสริมเหล็ก พบว่าสมารถรับน้ำหนักได้มากกว่าประมาณ 4.9 ตัน หรือร้อยละ 28 โดยที่ความสามารถในการรับกำลังที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่เป็นผลจากการเสริมเหล็ก

จากผลต่าง 4.9 ตัน หากนำมาคำนวณเป็นหน่วยแรงอัดในเหล็กเสริมแล้ว จะได้ค่าเท่ากับ 1926 กก/ซม^2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเหล็กเสริมยืนยังไม่คราก

หากเปรียบเทียบ ณ พิกัดแตกร้าวกับค่าประลัย พบว่า เสาจะเริ่มเกิดรอยร้าว เมื่อรับน้ำหนักได้ประมาณร้อยละ 61 ของกำลังอัดสูงสุด ส่วนพฤติกรรม ลักษณะของรอยร้าวและการวิบัติยังคงเหมือนกับเสาบล็อกประสานแบบไม่เสริมเหล็ก ดังแสดงในภาพที่ 7 เพียงแต่พฤติกรรมของเสาแสดงให้เห็นถึงความเหนียวที่มากกว่าเสาแบบไม่เสริมเหล็กอยู่บ้าง แต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ภาพที่ 7 ลักษณะการวิบัติของเสาบล็อกประสานแบบเสริมเหล็ก

4.3 น้ำหนักบรรทุกที่ยอมให้ตามมาตรฐาน ว.ส.ท. (1005-18

หากนำค่ากำลังอัดประลัย (f'_m) ที่ได้จากการทดสอบปริซึมเท่ากับ 49.6 กก./ซม^2 รวมทั้งขนาดเสาขนาดเสาและคุณสมบัติอื่นๆของวัสดุ ที่ประกอบรวมกันเป็นเสา มาคำนวณตามมาตรฐาน วสท. ดังสมการที่ 1 และ 2 พบว่าน้ำหนักบรรทุกที่ยอมให้ใช้งานของเสาบล็อกประสานแบบไม่เสริมเหล็กและเสริมเหล็ก คือ 5.4 ตัน และ 7.9 ตัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดของเสาที่ได้จากการทดสอบคิดเป็น ร้อยละ 31 สำหรับเสาแบบไม่เสริมเหล็ก และร้อยละ 35 สำหรับเสาแบบเสริมเหล็ก

หากพิจารณาในสภาพการใช้งานจริง ผู้ใช้อาจไม่ต้องการเห็นรอยร้าวเกิดขึ้นกับองค์อาคาร ดังนั้น ถ้าเทียบกับค่ากำลังอัดณ จุดแตกร้าว จะได้ค่าเท่ากับร้อยละ 60 และ 58 สำหรับเสาแบบไม่เสริมเหล็กและเสริมเหล็ก ตามลำดับ

5. สรุป

ผลจากการศึกษาได้ข้อสรุปดังต่อไปนี้

(1) ผลของอัตราส่วน ความสูง (h) ต่อความกว้างเสา (t) มีผลต่อความสามารถในการรับกำลังของเสา ยิ่งมีค่ามากความสามารถในการรับกำลังยิ่งลดลง

(2) รอยร้าวที่เกิดขึ้นในเสา เป็นรอยร้าวในแนวดิ่งตามแนวแกนเสา เกิดเนื่องจากหน่วยแรงดึงด้านข้าง (ตั้งฉากกับแนวแกนเสา) ที่เกิดขึ้นในบล็อก มีค่ามากกว่ากำลังรับแรงดึงที่บล็อกสามารถรับได้

(3) พฤติกรรมการวิบัติของเสาบล็อกประสานเหมือนกับเสาสั้น

(4) จากขนาดและปริมาณเหล็กเสริม มีส่วนช่วยให้เสารับน้ำหนักบรรทุกได้มากขึ้น แต่ความเหนียวของเสายังไม่ปรากฏอย่างชัดเจน

(5) น้ำหนักบรรทุกที่ยอมให้ใช้งานตามมาตรฐาน วสท. มีค่าประมาณร้อยละ 31ถึง 35 เมื่อเทียบกับค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุด และประมาณร้อยละ 58 ถึง 60 เมื่อเทียบกับน้ำหนักบรรทุกที่จุดแตกร้าว

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานครในการสนับสนุนเงินทุนเพื่อการวิจัยในโครงการนี้ ขอบคุณสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (วว.) ฝ่ายนวัตกรรมวัสดุ สำหรับบล็อกประสานและวัสดุสิ้นเปลืองอื่นๆ ขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ในการอำนวยความสะดวกและใช้งานห้องปฏิบัติการทดสอบโครงสร้างและวัสดุ อีกทั้งเครื่องมือต่างๆ ในโครงการวิจัยนี้ และสุดท้ายขอขอบคุณ คุณศุลักษณ์ ขวัญนา คุณศราวุธ ชูปลอด คุณพิเชฎ ขุนกำแหง คุณวีระยุทธ เหลือนุ่นขาบ และคุณวุฒิชัย สีนวนเอียด ที่ช่วยทำการทดสอบ

7. บรรณานุกรม

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

[2] วัฒนพงศ์ หิรัญมาลย์, 2552. พฤติกรรมการรับน้ำหนักของคานบล็อกประสาน : Full Scale Testing. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 13. พัทยา, ชลบุรี

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

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

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

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

[7] ศิวกร อรรคดี, 2550. การออกแบบอาคารวัสดุก่อบล็อกประสาน วว. ปริญญานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยมหานคร

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