



การเปรียบเทียบพฤติกรรมของปริซึมคอนกรีตบล็อก ที่ก่อแบบแนวเดียวและเรียงสลับภายใต้แรงตามแนวแกน

Comparison of the Behaviors of Stack Bond and Running Bond Concrete Masonry Prisms Subjected to Axial Load

มนต์ชัย ปัญญาทอง¹ และ อนุสรณ์ อินทร์งษ์²

Monchai Panyatong and Anusorn Intarangsi

¹ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ E-mail : art_gear33@hotmail.com

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ E-mail : anuson@chiangmai.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นรายงานการศึกษาความแตกต่างของพฤติกรรมปริซึมคอนกรีตบล็อกที่ก่อแบบแนวเดียวและเรียงสลับภายใต้แรงตามแนวแกน โดยการทดสอบปริซึมคอนกรีตบล็อกและการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จากการศึกษาพบว่า กำลังอัดของปริซึมคอนกรีตบล็อกที่ก่อแบบแนวเดียวมีค่ามากกว่ากำลังอัดของปริซึมคอนกรีตบล็อกที่ก่อแบบเรียงสลับ ทั้งจากการทดสอบและจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยการทดสอบมีค่ามากกว่าประมาณ 14 % และการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่ามากกว่าประมาณ 12 % การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถทำนายพฤติกรรมการแตกร้าวของปริซึมได้ใกล้เคียงกับผลการทดสอบแต่กำลังอัดที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่าน้อยกว่ากำลังอัดที่ได้จากการทดสอบ การก่อปูนก่อเฉพาะเปลือกบล็อกทำให้รูปแบบการแตกร้าวและลักษณะการวิบัติของปริซึมทั้งที่ก่อแบบแนวเดียวและก่อแบบเรียงสลับมีรูปแบบที่เหมือนกัน

ABSTRACT

This paper is a report on the study of the difference in the behavior of stack-bonded and running-bonded concrete masonry prisms subjected to axial load by experiment and finite element analysis. The results showed that the compressive strength of stack-bonded concrete masonry prisms was about 14% greater than that of running-bonded concrete masonry prisms by experiment and 12% by analysis. The cracking behavior of concrete masonry prisms predicted by the analysis was similar to that obtained by the experiment but the compressive strength was less than that obtained by the experiment. Cracking and failure behavior of stack-bonded and running-bonded concrete masonry prisms were similar when they were face-shell-bedded.

KEYWORDS: CONCRETE MASONRY PRISM, CONCRETE BLOCK, STACK BOND, RUNNING BOND, AXIAL LOAD

1. บทนำ

การก่อสร้างอาคาร สำนักงาน บ้านพักอาศัยในประเทศตะวันตกได้มีการใช้ระบบกำแพงกอนรับน้ำหนัก (Load bearing masonry wall) ซึ่งโครงสร้างชนิดนี้ยังมีข้อดีอื่นๆ อีกเช่น มีความแข็งแรงสูง มีความทนทานต่อไฟไหม้สูง เก็บรักษาอุณหภูมิภายในตัวโครงสร้างได้ดี มีราคาค่อนข้างถูก ค่าบำรุงรักษาค่า

ในการออกแบบกำแพงคอนกรีตบล็อกเพื่อให้สามารถรับน้ำหนักหรือแรงกระทำนั้นเราจำเป็นต้องรู้ถึงคุณสมบัติการรับแรงของกำแพงคอนกรีตบล็อก วิธีการศึกษาหนึ่งที่ให้ข้อมูลและคุณสมบัติของกำแพงคอนกรีตบล็อกได้ดีคือ การทดสอบกำแพงคอนกรีตบล็อกด้วยขนาดจริง แต่อย่างไรก็ตามในการทดสอบด้วยขนาดจริงนั้นมีข้อจำกัดหลายอย่าง และในบางกรณีก็ไม่สามารถทดสอบได้ อีกทั้งยังต้องเสียค่าใช้จ่ายมาก ที่ผ่านมาการทดสอบปริซึมคอนกรีตบล็อก (Prism test) ซึ่งเสมือนเป็นตัวแทนของกำแพงคอนกรีตบล็อกให้ผลเป็นที่น่าพอใจในเรื่องของค่าใช้จ่ายและสะดวกในการทดสอบ Hamid and Chuckwunye (1986) ได้ทำการวิเคราะห์ปริซึมคอนกรีตบล็อกขนาด 1 ก้อน x 3 ชั้น ในช่วงยืดหยุ่นด้วยวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์เพื่อศึกษาผลกระทบของลักษณะการก่อปูนก่อ คุณสมบัติของปูนก่อ ขนาดของคอนกรีตบล็อก อัตราส่วนความสูงต่อความหนาของปริซึม ต่อพฤติกรรมของปริซึมคอนกรีตบล็อกภายใต้แรงตามแนวแกน Ganesan and Ramamurthy (1992) ได้ทำการวิเคราะห์ปริซึมคอนกรีตบล็อกขนาด 1 ก้อน x 3 ชั้นในช่วงยืดหยุ่น โดยใช้วิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ โดยศึกษาผลของชนิดของก้อนคอนกรีตบล็อก ลักษณะของการก่อปริซึม ลักษณะการก่อปูนก่อและชนิดของปูนก่อต่อพฤติกรรมปริซึมคอนกรีตบล็อกภายใต้แรงตามแนวแกน Sayed-Ahmed and Shrive (1996) ได้ทำการวิเคราะห์ปริซึมคอนกรีตบล็อกขนาด 1 ก้อน x 3 ชั้นและก่อปูนก่อเฉพาะเปลือกบล็อกด้วยวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์โดยใช้แบบจำลองแบบแผ่น (Shell) เปรียบเทียบกับแบบจำลองแบบก้อน (Continuum) Ramamurthy et al. (2000) ได้ศึกษา

ลักษณะการจัดวางของผนังกันโครงของคอนกรีตบล็อกต่อพฤติกรรมของปริซึมคอนกรีตบล็อกโดยการทดสอบปริซึมคอนกรีตบล็อก ในส่วนของมาตรฐานการทดสอบปริซึมคอนกรีตบล็อกจะกำหนดให้ก่อปริซึมแบบแนวเดียวเรียงขึ้นไป ซึ่งสะดวกและรวดเร็วในการทดสอบ จะเห็นได้ว่าที่ผ่านมาปริซึมคอนกรีตบล็อกที่ได้ทำการศึกษาจะมีลักษณะการก่อแบบแนวเดียวและก่อเรียงกันขึ้นไปแต่ในความเป็นจริงคอนกรีตบล็อกแต่ละก้อนในกำแพงจริงจะถูกผลกระทบจากคอนกรีตบล็อกข้างเคียงร่วมด้วย และมีลักษณะการก่อแบบเรียงสลับ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะใช้คอนกรีตบล็อกสองก้อนเรียงกันในการก่อปริซึมและเปรียบเทียบกับพฤติกรรมของปริซึมที่ก่อแบบแนวเดียวและเรียงสลับภายใต้แรงตามแนวแกน

2. วิธีการวิจัย

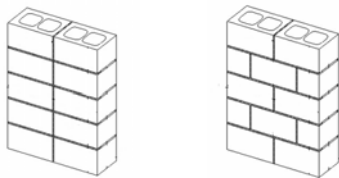
2.1 การทดสอบปริซึมคอนกรีตบล็อก

คอนกรีตบล็อกที่ใช้ในการสร้างปริซึมมีขนาด 14x14x29 ซม. แสดงดังรูปที่ 1 โดยได้ทำการสร้างปริซึมคอนกรีตบล็อกที่ก่อแบบแนวเดียวและก่อแบบเรียงสลับขนาด 2 ก้อน x 5 ชั้น อย่างละ 9 ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 2 การสร้างปริซึมได้คัดเลือกคอนกรีตบล็อกก้อนที่สมบูรณ์ ไม่มีรอยแตกร้าว รอยบิ่นหรือบิดเบี้ยวก่อนการก่อปริซึมได้ปูพลาสติกรองพื้นก่อนเพื่อป้องกันการเปื้อน จากนั้นใช้ปูนก่อปรับระดับพื้น ความหนาของปูนก่อ 1 ซม. ลักษณะการก่อปูนก่อจะก่อแบบเฉพาะที่เปลือกบล็อก (Face-Shell Bedding) และไม่มีการเชาะร่องปูนก่อ (Flush joint) การทดสอบกระทำบนแท่นทดสอบ (Reaction floor) หนา 0.50 ม. มีรางเหล็กกึ่งฐานเพื่อใช้ยึดโครงเหล็กให้ติดกับพื้น ระยะห่างระหว่างรางเหล็กเท่ากับ 1.00 ม. แสดงดังรูปที่ 3 ตำแหน่งของปริซึมที่ทดสอบจะอยู่กึ่งกลางระหว่างรางเหล็ก ก่อนการทดสอบได้ติดตั้งโครงเหล็กให้อยู่กึ่งกลางความกว้างของปริซึม ใช้ปูนพลาสติกอร์ปรับระดับผิวบนของปริซึมให้เรียบโดยใช้แผ่นกระจกปิดหน้าปูนพลาสติกอร์ขณะปูนไม่แข็งตัวและปรับระดับด้วยลูกน้ำจนอยู่ในแนวระดับ รอให้ปูนแห้งแล้วเอาแผ่นกระจกออก

นำคานเหล็กขนาด 200x200x15 มม. วางบนปรีซึมโดยให้ศูนย์กลางของคานเหล็กตรงกับศูนย์กลางของปรีซึม ในการวัดระยะทรุดตัวและการเคลื่อนตัวของปรีซึมได้ใช้ Linear Variable Displacement Transducer (LVDT) และเกจวัด (Dial Gage) ตามลำดับ



รูปที่ 1 คอนกรีตบล็อกที่ใช้ในการวิจัย



รูปที่ 2 ลักษณะปรีซึมคอนกรีตบล็อกที่ก่อแบบแนวเดียว และก่อแบบเรียงสลับที่ใช้ในการวิจัย



รูปที่ 3 การติดตั้งอุปกรณ์การทดสอบปรีซึม

2.2 การวิเคราะห์ปรีซึมด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

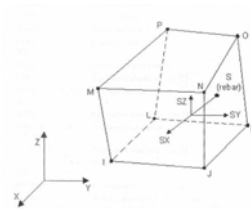
สมมุติฐานและขอบเขตที่ใช้ในการวิเคราะห์

- คอนกรีตบล็อกจะถูกจำลองให้มีรูปร่างเป็นเหลี่ยมซึ่งจะตัดส่วนโค้ง ส่วนเว้าของคอนกรีตบล็อกออกและจะพิจารณาการเรียวยาว (Taper) ของคอนกรีตบล็อกด้วย
- ผิวสัมผัสระหว่างคอนกรีตบล็อกกับปูนก่อถือว่ายึดติดกันแบบสมบูรณ์ ไม่สามารถลื่นไถล

ระหว่างผิวสัมผัสได้เนื่องจากถูกจำลองให้ยึดติดกันด้วยโหนด (Node)

- ทำการควบคุมให้โหนด (Node) ที่อยู่ผิวบนของปรีซึมคอนกรีตบล็อกมีการทรุดตัวที่เท่ากัน ในระหว่างการให้น้ำหนักบรรทุกทุกเพื่อให้เหมือนกับการทดสอบจริง

อีลิเมนต์ที่ใช้เป็นแบบจำลองของคอนกรีตเป็นแบบจำลอง 3 มิติประกอบด้วยโหนด (Node) 8 โหนด โดยแต่ละโหนดมีความเป็นอิสระ (Degree of Freedom) เท่ากับ 3 แสดงดังรูปที่ 4 ซึ่งแบบจำลองนี้สามารถวิเคราะห์ผลของการแตกร้าว (Cracking) และการแตกหลุด (Crushing) ของเนื้อคอนกรีต ถ้าหากเกิดการแตกร้าวเกิดขึ้น การถ่ายโอนแรงเฉือนที่ส่งผ่านรอยแตกจะมีค่าลดลง และจะถูกปรับค่าด้วย สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนแรงเฉือนแบบเปิดและแบบปิด (β_o, β_c) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้ค่าเท่ากับ 0.1 และ 0.8 ตามลำดับ



รูปที่ 4 ลักษณะของอีลิเมนต์ที่ใช้เป็นแบบจำลอง

คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. คุณสมบัติของคอนกรีตบล็อก

- กำลังอัด ของ เนื้อ คอนกรีต (Uniaxial Compressive Strength, f'_c)

เนื่องจากรูปทรงทางเรขาคณิตของก้อนคอนกรีตบล็อกมีความซับซ้อนหน่วยแรงในส่วนต่างๆ จึงมีค่าแตกต่างกันไปและต่างจากค่าหน่วยแรงอัดเฉลี่ย ซึ่งเห็นได้ชัดเจนจากผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ดังนั้นจึงต้องนำค่ากำลังอัดของก้อนคอนกรีตบล็อกจากการทดสอบไปปรับค่า (Calibrate) เพื่อหาค่ากำลังอัดของเนื้อคอนกรีตที่แท้จริงแล้วจึงนำไปทำการวิเคราะห์ปรีซึมต่อไปในการปรับค่าทำได้โดยการวิเคราะห์ก้อนคอนกรีตบล็อก

และเปลี่ยนค่ากำลังอัดของเนื้อคอนกรีต (f'_c) ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้กำลังอัดของก้อนคอนกรีตบล็อกจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ตรงกับกำลังอัดที่ได้จากการทดสอบ ซึ่งจากการทดสอบได้กำลังอัดเฉลี่ยของก้อนคอนกรีตบล็อกเท่ากับ 146 กก./ชม.² และจากการปรับค่ากำลังอัดของเนื้อคอนกรีตพบว่ากำลังอัดของเนื้อคอนกรีตที่ต้องป้อนให้กับโปรแกรมมีค่าเท่ากับ 270 กก./ชม.²

- ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเริ่มต้นของเนื้อคอนกรีตบล็อก (Initial Modulus of Elasticity)

ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเริ่มต้นที่ได้จากการทดสอบก้อนบล็อกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 102,000 กก./ชม.² ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้ของก้อนคอนกรีตบล็อกทั้งก้อน จึงไม่ใช่ค่าของโมดูลัสยืดหยุ่นเริ่มต้นของเนื้อคอนกรีต ดังนั้นจึงต้องนำโมดูลัสยืดหยุ่นเริ่มต้นของก้อนคอนกรีตบล็อกจากการทดสอบไปปรับค่า (Calibrate) เช่นเดียวกับกำลังอัดของเนื้อคอนกรีตเมื่อปรับค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเริ่มต้นของเนื้อคอนกรีตพบว่าโมดูลัสยืดหยุ่นเริ่มต้นของเนื้อคอนกรีตมีค่าเท่ากับ 112,000 กก./ชม.²

- ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของเนื้อคอนกรีต (Stress-Strain Relation)

เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของคอนกรีตมีพฤติกรรมแบบไม่เชิงเส้น ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จะกำหนดให้ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของเนื้อคอนกรีตเป็นแบบ Multilinear แสดงดังรูปที่ 5 โดยที่จุดที่ 1 กำหนดให้มีความเค้นเท่ากับ $0.3f'_c$ หรือเท่ากับ 81 กก./ชม.² และมีค่าความชันเท่ากับโมดูลัสยืดหยุ่นเริ่มต้นของเนื้อคอนกรีตซึ่งมีค่าเท่ากับ 112,000 กก./ชม.² จุดที่ 2, 3, และ 4 ค่าความเค้นและความเครียดจะกำหนดให้เป็นไปตามสมการของ Desayi and Krishnan (1964) แสดงดังสมการที่ 1 และ 2 ส่วนจุดที่ 5 ค่าความเค้นกำหนดให้มีความเค้นเท่ากับ f'_c หรือเท่ากับ 270 กก./ชม.² และความเครียดมีค่าเท่ากับ ϵ_o ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2

$$\sigma = \frac{E_c \epsilon}{1 + \left(\frac{\epsilon}{\epsilon_o}\right)^2} \quad (1)$$

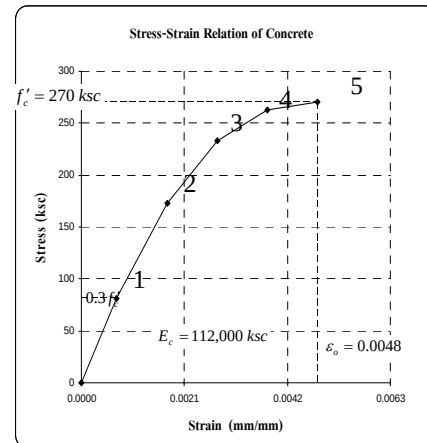
$$\epsilon_o = \frac{2f'_c}{E_c} \quad (2)$$

โดยที่ σ = ความเค้น

ϵ = ความเครียด

E_c = โมดูลัสยืดหยุ่นเริ่มต้น

ϵ_o = ความเครียดที่กําลังอัดประลัย



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของเนื้อคอนกรีต

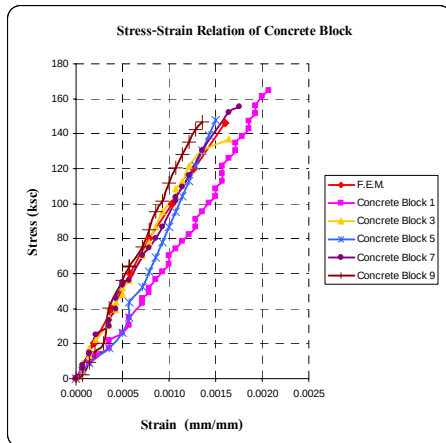
- กำลังดึงของเนื้อคอนกรีต

ในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดให้กำลังดึงของคอนกรีตมีค่า 10% ของกำลังอัด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 27.0 กก./ชม.² เมื่อคิดจากกำลังอัดของเนื้อคอนกรีตที่ปรับค่าแล้ว

- อัตราส่วนปัวซองส์ของคอนกรีต

ในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดให้อัตราส่วนปัวซองส์ของคอนกรีตมีค่าเท่ากับ 0.20

รูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของก้อนคอนกรีตบล็อกจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์กับการทดสอบจากรูปแสดงให้เห็นว่าผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ให้ผลที่สอดคล้องกับผลการทดสอบได้ดี



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดตามแนวแกนโดยเฉลี่ยของก้อนคอนกรีตบล็อกจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์และจากการทดสอบ

2. คุณสมบัติของปูนก่อ

- กำลังอัดของปูนก่อ

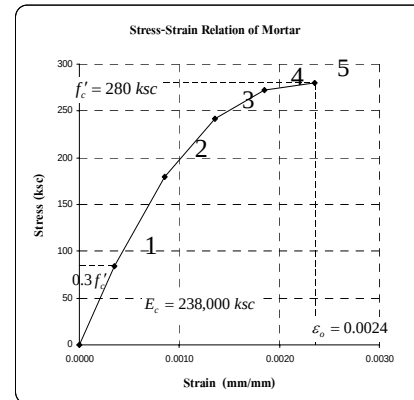
กำลังอัดของปูนก่อกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 280 กก./ชม.² ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบกำลังอัดของตัวอย่างปูนก่อขนาด 5x5x5 ซม.ตามมาตรฐานการทดสอบของ ASTM C 109

- โมดูลัสยืดหยุ่นเริ่มต้นของปูนก่อ

จากผลการทดสอบกำลังอัดของปูนก่อพบว่าค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเริ่มต้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 238,000 กก./ชม.²

- ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของปูนก่อ

ขั้นตอนการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของปูนก่อก็ทำเช่นเดียวกับการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของเนื้อคอนกรีต ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของปูนก่อแสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของปูนก่อ

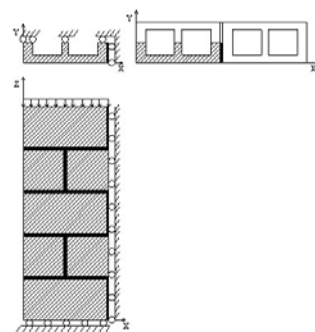
- กำลังดึงของปูนก่อ

ในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดให้กำลังดึงของปูนก่อมีค่า 10 % ของกำลังอัด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 28.0 กก./ชม.²

- อัตราส่วนปัวของสของปูนก่อ

ในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดให้อัตราส่วนปัวของสของปูนก่อมีค่าเท่ากับ 0.20

เนื่องจากปริซึมคอนกรีตบล็อกมีความสมมาตรทั้งสองแกน ดังนั้นจะทำการวิเคราะห์เพียง หนึ่งในสี่ส่วนของปริซึมแสดงดังรูปที่ 8 ทั้งยังเป็นการช่วยในการประหยัดเวลาในการคำนวณด้วย



รูปที่ 8 เส้นไขว้ขอบเขตของแบบจำลองปริซึมคอนกรีตบล็อกที่ทำการวิเคราะห์

3. ผลการวิจัย

3.1 กำลังอัดและหน่วยแรงอัดขณะเริ่มมีการแตกร้าวจากการวิจัยแสดงดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบปริซึมคอนกรีตบล็อก

ลักษณะการก่อ ปริซึม	กำลังอัด เฉลี่ย (ksc)	S.D.	หน่วยแรงอัด เฉลี่ยขณะเริ่มมี การแตกร้าวจาก การสังเกต (ksc)	S.D.
ก่อแบบแนวเดียว	56.6	3.8	33.9	4.1
ก่อแบบเรียงสลับ	49.6	5.4	26.4	3.9

หมายเหตุ กำลังที่ปรากฏได้จากพื้นที่หน้าตัดรวม

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ปริซึมคอนกรีตบล็อก

ตัวอย่าง	กำลังอัด (ksc)	หน่วยแรงอัดขณะเริ่มมีการ แตกร้าว (ksc)
St-Face-A	38.6	15.6
St-Face-B	38.6	15.6
Run-Face-A	34.3	15.1

หมายเหตุ กำลังที่ปรากฏได้จากพื้นที่หน้าตัดรวม
ความหมายของสัญลักษณ์แบบจำลอง

- St คือ ปริซึมที่ก่อแบบแนวเดียวหรือ Stack Bond
Run คือ ปริซึมที่ก่อแบบเรียงสลับหรือ Running Bond
Face คือ การก่อปูนก่อเฉพาะเปลือกบล็อกรหรือ Face-Shell Bedding
A คือ การยึดรั้งที่ฐานเฉพาะแนวตั้ง (แกน Z)
B คือ การยึดทั้งสามแกน (แกน X, Y, Z)

3.2 รูปแบบการแตกร้าวและการวิบัติของปริซึม

จากผลการทดสอบพบว่าปริซึมทั้งที่ก่อแบบแนวเดียวและเรียงสลับมีรูปแบบการแตกร้าวและการวิบัติที่คล้ายกัน รอยร้าวเริ่มต้นทางด้านหน้าของปริซึมทั้งสองข้าง โดยเริ่มที่คอนกรีตบล็อกก่อนบนสุดบริเวณด้านล่างของก้อนก่อน แล้วจึงขยายไปด้านบนและด้านล่างของปริซึม ซึ่งลักษณะ

การขยายรอยร้าวเกือบเป็นเส้นตรงในแนวดิ่ง ส่วนในด้านกว้างของปริซึมไม่พบรอยร้าวเกิดขึ้นและไม่พบการแตกร้าวของปูนก่อซึ่งหลังจากที่ผนังกันโพรง (Web) เกิดการแตกร้าว เป็นผลทำให้เปลือกบล็อกร (Face-Shell) เกิดการโก่งตัวอย่างมากส่งผลให้ลักษณะการวิบัติสุดท้ายของปริซึมเกิดจากความไม่มีเสถียรภาพของเปลือกบล็อกร (Face-Shell Instability) แสดงดังรูปที่ 9

จากผลการวิเคราะห์พบว่าการแตกร้าวเริ่มต้นเกิดที่คอนกรีตบล็อกก่อนบนสุดบริเวณผนังกันโพรงด้านล่างของก้อนบล็อกร ระบายของรอยแตกจะขนานกับระนาบของปริซึม เมื่อเพิ่มแรงขึ้นเรื่อยๆ พบว่าเกิดรอยแตกร้าวที่ผนังกันโพรงของบล็อกรทุกก้อนและจะขยายไปเกือบเป็นแนวดิ่งซึ่งไม่พบการแตกร้าวของปูนก่อ การวิบัติของปริซึมเกิดเนื่องจากการแตกร้าวของผนังกันโพรง



รูปที่ 9 ลักษณะการวิบัติของปริซึมเนื่องมาจากความไม่มีเสถียรภาพของเปลือกบล็อกรจากการทดสอบ

4. วิเคราะห์ผลการวิจัย

4.1 การเปรียบเทียบกำลังอัดของปริซึม

จากผลการทดสอบกำลังอัดโดยเฉลี่ยของปริซึมคอนกรีตบล็อกที่ก่อแบบแนวเดียวมีค่ามากกว่ากำลังอัดโดยเฉลี่ยของปริซึมคอนกรีตบล็อกที่ก่อแบบเรียงสลับ 14 เปอร์เซ็นต์และจากการวิเคราะห์พบว่าการกำลังอัดของปริซึมคอนกรีตบล็อกที่ก่อแบบแนวเดียวมีค่ามากกว่ากำลังอัดของปริซึมคอนกรีตบล็อกที่ก่อแบบเรียงสลับ 12 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกำลังอัดที่ได้จากการวิเคราะห์พบว่ามีความน้อยกว่ากำลังอัดที่ได้จากการทดสอบ เนื่องจากโปรแกรมจะหยุดการวิเคราะห์เมื่อค่าไม่อยู่เข้าสู่คำตอบ

(Non-Convergence) แต่ในการทดสอบแม้ว่าปริซึมจะเกิดการแตกร้าวอย่างมากแต่ก็ยังสามารถรับน้ำหนักเพิ่มได้อีกซึ่งเกิดเนื่องมาจากปริซึมมีการปรับตัวหรือการกระจายซ้ำของความเค้น (Redistribution Stress) ทำให้ปริซึมรับน้ำหนักได้มาก

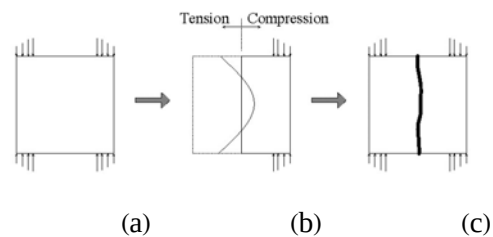
4.2 การเปรียบเทียบหน่วยแรงอัดขณะเริ่มมีการแตกร้าว

จากผลการทดสอบพบว่าหน่วยแรงอัดขณะเริ่มมีการแตกร้าวโดยเฉลี่ยของปริซึมที่ก่อแบบแนวเดี่ยวนั้นมีค่ามากกว่าปริซึมที่ก่อแบบเรียงสลับ 28 เปอร์เซ็นต์แต่จากผลการวิเคราะห์พบว่าหน่วยแรงอัดขณะเริ่มมีการแตกร้าวของปริซึมที่ก่อแบบแนวเดี่ยวนั้นมีค่าใกล้เคียงกับปริซึมที่ก่อแบบเรียงสลับเนื่องมาจากการวิเคราะห์สามารถตรวจพบการแตกร้าวที่อยู่ภายในปริซึมได้ ในขณะที่การทดสอบจริงไม่สามารถเห็นการแตกร้าวที่เกิดขึ้นได้ในปริซึมได้หรือหากมีการแตกร้าวที่ด้านนอกก็ไม่สามารถมองเห็นได้ เนื่องจากการแตกร้าวของคอนกรีตเริ่มแรกจะมีความกว้างน้อยมาก จนกว่ารอยแตกจะขยายใหญ่ขึ้นแล้วเท่านั้นและจากการวิเคราะห์พบว่าการแตกร้าวเริ่มต้นของปริซึมที่ก่อแบบแนวเดี่ยวนั้นจะเกิดขึ้นที่ผนังกันโพรงด้านนอก ในขณะที่การแตกร้าวเริ่มต้นของปริซึมที่ก่อแบบเรียงสลับเกิดขึ้นที่ผนังกันโพรงภายในปริซึมทำให้หน่วยแรงอัดขณะเริ่มมีการแตกร้าวจากการสังเกตด้วยตาจากภายนอกจะพบการแตกร้าวของปริซึมที่ก่อแบบแนวเดี่ยวก่อน

4.3 การเปรียบเทียบการขยายรอยแตกร้าวและรูปแบบการวิบัติของปริซึม

จากการทดสอบปริซึมทุกตัวอย่างพบว่าการแตกร้าวทางด้านหน้าก่อนและเกิดบริเวณก้นบนสุดส่วนล่างของก้นแล้วขยายไปทั้งด้านบนและด้านล่างเกือบเป็นแนวตั้ง การแตกร้าวของปริซึมทั้งที่ก่อแบบแนวเดี่ยวนั้นและเรียงสลับมีลักษณะที่เหมือนกันเพราะการวางตัวของผนังกันโพรงมีลักษณะที่เหมือนกันเนื่องมาจากการก่อปูนเฉพาะเปลือกบล็อกรวมทั้งทำให้ผนังกันโพรงเกิดพฤติกรรมที่เรียกว่า “Deep Beam Action” พฤติกรรมดังกล่าวจะทำให้เกิด

หน่วยแรงดึงที่สูงบริเวณด้านบนและล่างแสดงดังรูปที่ 10 ส่งผลทำให้เกิดการแตกร้าวของผนังกันโพรง โดยที่คุณสมบัติของปูนก่อและรูปแบบของการก่อปริซึมไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อพฤติกรรมนี้ หลังจากผนังกันโพรงเกิดการปริแยกออกจากกัน ทำให้เปลือกบล็อกรวมทั้งสองข้างเป็นอิสระต่อกันและจะมีความชะลุดที่สูงจึงทำให้การวิบัติสุดท้ายของปริซึมเกิดจากความไม่มีเสถียรภาพของเปลือกบล็อกรวม (Face-Shell Instability)



รูปที่ 10 (a) แสดงลักษณะของน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อผนังกันโพรง

(b) แสดงการกระจายของความเค้นในผนังกันโพรง

(c) แสดงการแตกร้าวของผนังกันโพรง

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบและการวิเคราะห์ปริซึมคอนกรีตบล็อกรวม พบว่า

1. กำลังอัดของปริซึมคอนกรีตบล็อกรวมที่ก่อแบบแนวเดี่ยวนั้นมีค่ามากกว่ากำลังอัดของปริซึมคอนกรีตบล็อกรวมที่ก่อแบบเรียงสลับทั้งจากการทดสอบและจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยการทดสอบมีค่ามากกว่าประมาณ 14 % และการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีค่ามากกว่าประมาณ 12 % จากการศึกษพบว่าปริซึมคอนกรีตบล็อกรวมที่ก่อแบบแนวเดี่ยวนั้นมีพฤติกรรมที่แตกต่างจากปริซึมคอนกรีตบล็อกรวมที่ก่อแบบเรียงสลับซึ่งไม่สามารถที่จะเป็นตัวแทนของกำแพงจริงที่ก่อแบบเรียงสลับได้และกำลังอัดที่ได้จากปริซึมคอนกรีตบล็อกรวมที่ก่อแบบแนวเดี่ยวนั้นมีค่ามากกว่าปริซึมที่ก่อแบบเรียงสลับ ดังนั้นในการทดสอบปริซึมควรจะสร้างปริซึมที่มีลักษณะเหมือนกับกำแพงที่ใช้ในการก่อสร้างจริง ทั้งลักษณะการจัดเรียง

ของคอนกรีตบล็อก, ลักษณะการก่อปูนก่อหรือแม่แต่ฝีมือแรงงาน เพื่อให้ปริซึมที่ได้มีพฤติกรรมที่เหมือนกับกำแพงที่ก่อสร้างจริงมากที่สุด

2. การขยายรอยแตกร้าวและรูปแบบการวิบัติของปริซึมปริซึมคอนกรีตบล็อกทั้งที่ก่อแบบแนวเดียวและ ที่ก่อแบบเรียงสลับมีลักษณะที่เหมือนกันเนื่องมาจากการก่อปูนเฉพาะเปลือกบล็อก

เอกสารอ้างอิง

- [1] Desayi, P. and Krishnan, S. (1964), "Equation for the Stress-Strain Curve of Concrete", Journal of the American Concrete Institute, 66, pp. 345-350.
- [2] Ganesan, T. p., and Ramamurthy, K. (1992), "Behavior of Concrete Hollow-Block Masonry Prisms under Axial Compression", Journal of Structural Engineering, 118(7), 1751-1769.
- [3] Hamid, A.A., and Chukwunenye, A.O. (1986), "Compression Behavior of Concrete Masonry Prisms", Journal of Structural Engineering, 112(3), 605-613.
- [4] Ramamurthy, K., Sathish, V., and Ambalavanan, R. (2000), "Compressive Strength Predictions of Hollow Concrete Block Masonry Prisms", Journal of the American Concrete Institute, 97(1), 61-67.
- [5] Sayed-Ahmed, E.Y., and Shrive, N.G. (1996), "Nonlinear Finite Element Model of Hollow Masonry", Journal of Structural Engineering, Vol.122 (6), 683-690.