ผลกระทบของวิธีการบ่มและอัตราส่วนความสูงต่อความหนาต่อกำลังอัดของปริซึมบล็อกประสาน

Effect of Curing Methods and Height-to-Thickness Ratios on Compressive Strength of Interlocking Block Masonry Prisms

อนุกูล ศรีหริ่ง, กริสน์ ชัยมูล และ สหลาภ หอมวุฒิวงศ์

Anukool Sriring, Krit Chaimoon and Sahalap Homwuttiwong

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

โทร. 043-754333 ต่อ 3074 โทรสาร 043-754316

E-mail: k.chaimoon@msu.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของบทความวิจัยนี้ คือ เพื่อศึกษาผลกระทบของวิธีการบ่มปริซึมและอัตราส่วนความสูงต่อความหนาของปริซึมต่อกำลังอัดของปริซึมบล็อกประสาน โดยวิธีบ่มปริซึมมี 6 กรณี คือ บ่มในร่ม 7, 14, 28 วัน และบ่มชื้น 7, 14, 28 วัน และอัตราส่วนความสูงต่อความหนาของปริซึมมี 5 ค่า คือ 1.6, 2.4, 3.2, 4.0 และ 4.8 การทดสอบกำลังอัดปริซึมบล็อกประสาน ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 1314-02a จากผลการทดสอบพบว่า วิธีการบ่มปริซึมมีผลต่อกำลังอัดของปริซึมอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามการบ่มในร่มกลับมีแนวโน้มให้กำลังอัดที่สูงกว่าการบ่มชื้นที่ทุกอายุการบ่ม การเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนความสูงต่อความหนาของปริซึมมีผลให้กำลังอัดของปริซึมลดลงแบบไม่เชิงเส้น และมาตรฐานต่างๆ ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับวัสดุก่อแบบดั้งเดิมไม่สามารถประยุกต์ใช้ได้โดยตรงกับวัสดุก่อบล็อกประสาน

Abstract

The aim of this research is to study the effect of curing methods and height-to-thickness ratios on compressive strength of interlocking block masonry prisms. The curing methods chosen were indoor curing for 7, 14, 28 days and moist curing for 7, 14, 28 days. The height-to-thickness ratios of 1.6, 2.4, 3.2, 4.0 and 4.8 were studies. Prism compressive strength was determined according to ASTM C 1314. From the test results, it was found that the curing method considerably affected the prism compressive strength. However, the indoor curing tended to give higher compressive strength as compared with the moist curing for all curing ages. Increasing prism height-to-thickness ratio decreased prism compressive strength nonlinearly. In addition, the related standards for conventional masonry cannot directly apply to interlocking block masonry.

1. คำนำ

พฤติกรรมทางกลของวัสดุก่อ (masonry) ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น คุณสมบัติและรูปร่างของ ก้อนวัสดุก่อ (masonry unit) ของปูนก่อ และของตัวอย่างวัสดุก่อที่ใช้ทดสอบ [1] บล็อกประสาน (interlocking block) เป็นก้อนวัสดุก่อรูปแบบหนึ่งที่พัฒนาขึ้นโดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) เพื่อใช้ก่อเป็นผนังรับน้ำหนัก (load bearing wall) [2] บล็อกประสานมีรูปร่างแตกต่างจากก้อนวัสดุก่อแบบดั้งเดิม โดยมีรูและเดือยบนก้อนบล็อกทำให้สะดวกในการก่อสร้างและไม่ต้องใช้ปูนก่อระหว่างก้อนบล็อกแต่ปูนก่อถูกเทลงในรูของก้อนบล็อกแทนซึ่งต่อเนื่องทั้งผนัง วัสดุก่อบล็อกประสานจึงมีความแตกต่างจากวัสดุก่อแบบดั้งเดิม กริสน์ [3-5] ได้ศึกษาเกี่ยวกับกำลังอัดของวัสดุก่อบล็อกประสานพบว่าวัสดุก่อบล็อกประสานมีพฤติกรรมแตกต่างจากวัสดุก่อแบบดั้งเดิม

ในการพิจาณากำลังอัดของวัสดุก่อโดยการทดสอบปริซึม อัตราส่วนความสูงต่อความหนา (height-to-thickness ratio, h/t) ของปริซึมจะต้องถูกพิจารณาและใช้ในการปรับแก้ค่ากำลังอัดที่ได้จากการทดสอบโดยตรง มาตรฐานต่างๆ เช่น

RECEIVED 30 June, 2011

ACCEPTED 25 October, 2011

ASTM C1314-02a [6], AS 3700-2001 Appendix C [7] และ ว.ส.ท. 1005-18 [8] ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับวัสดุก่อแบบดั้งเดิมได้ให้ค่าปรับแก้สำหรับค่า h/t ต่างๆ นอกจากนั้น ในกรณีที่ทราบความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดที่อายุต่างๆ มาตรฐาน ว.ส.ท. 1005-18 [8] ก็ยอมให้ใช้ความสัมพันธ์นั้นในการปรับแก้กำลังอัดได้ด้วย แต่ก็ไม่ได้ให้ค่าปรับแก้เอาไว้สำหรับวัสดุก่อบล็อกประสานซึ่งแตกต่างจากวัสดุก่อแบบดั้งเดิมยังไม่มีมาตรฐานหรือคำแนะนำใดๆ งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาผลกระทบของอายุและวิธีการบ่มปริซึมและอัตราส่วนความสูงต่อความหนาของปริซึมต่อกำลังอัดของปริซึมบล็อกประสาน โดยใช้มาตรฐาน ASTM C1314-02a [6] เป็นแนวทางในการทดสอบ

2. วัสดุและปริซึม

2.1 บล็อกประสาน

บล็อกที่ใช้เป็นบล็อกตรงทรงสี่เหลี่ยมชนิดดอกกลมมีรูหยอดปูนก่อ มีขนาดประมาณ 12.5×25×10 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 1 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตบล็อก คือ ปูนซีเมนต์ : ดินลูกรังบดละเอียด เท่ากับ 1 : 7 โดยน้ำหนัก

รูปที่ 1 บล็อกประสานที่ใช้

2.2 ปูนก่อ

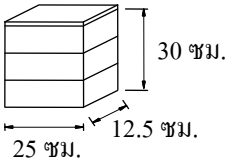
ปูนก่อที่ใช้มีอัตราส่วนผสมคือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่หนึ่ง : ทราย : น้ำ = 1 : 2 : 0.55 โดยน้ำหนัก น้ำที่ใช้ในส่วนผสมทำให้ปูนก่อมีความสามารถในการใช้งานที่เหมาะสมโดยมีร้อยละการไหลแผ่ประมาณ 132 ตามมาตรฐาน ASTM C1437-01 [9] ทรายที่ใช้เป็นทรายแม่น้ำชี

2.3 ปริซึม

ปริซึมทั้งหมดถูกก่อแบบเรียงตามขวางเต็มแผ่น (stack bond) ในห้องปฏิบัติการ การบ่มทำโดยวางปริซึมที่ก่อแล้วเสร็จไว้ในห้องปฏิบัติการซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดระยะเวลาที่บ่มประมาณ 29 องศาเซลเซียส แต่ปริซึมที่บ่มชื้นถูกห่อหุ้มด้วยถุงพลาสติกซึ่งรองไว้ตั้งแต่ขั้นตอนการก่อ วิธีการบ่มในถุงพลาสติกนี้เป็นวิธีที่กำหนดไว้ใน มาตรฐาน ASTM C 1314-02a [6]

2.3.1 ปริซึมการทดสอบผลกระทบของวิธีการบ่ม

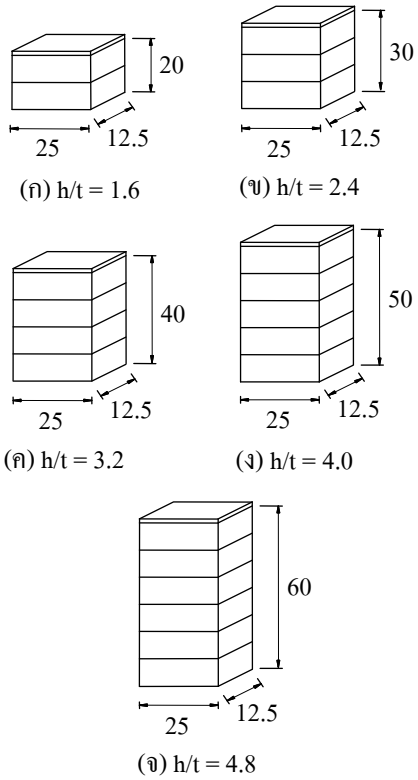
ปริซึมทั้งหมดมีอัตราส่วน h/t เท่ากับ 2.4 (สูง 3 ก้อน) ดังแสดงในรูปที่ 2 ปริซึมถูกก่อโดยกรอกปูนก่อในรูและถูกบ่มตามที่กำหนดซึ่งมี 6 แบบ คือ บ่มในร่ม 7, 14, 28 วัน และบ่มชื้น 7, 14, 28 วัน



รูปที่ 2 รูปร่างและขนาดของปริซึมสำหรับการศึกษาผลกระทบของวิธีการบ่มปริซึม

2.3.2 ปริซึมการทดสอบผลกระทบของ h/t

ปริซึมถูกก่อโดยกรอกปูนก่อในรูและให้มีอัตราส่วน h/t ตามที่กำหนด ซึ่งมี 5 ค่า คือ 1.6 (สูง 2 ก้อน), 2.4 (สูง 3 ก้อน), 3.2 (สูง 4 ก้อน), 4.0 (สูง 5 ก้อน) และ 4.8 (สูง 6 ก้อน) ดังแสดงในรูปที่ 3 ปริซึมทั้งหมดถูกบ่มชื้น 28 วัน รายละเอียดถูกรายงานใน อนุกูล และคณะ [10]

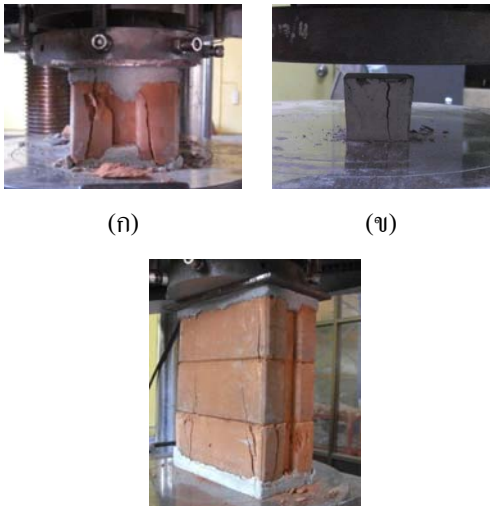


รูปที่ 3 รูปร่างและขนาดของปริซึมสำหรับการศึกษาผลกระทบของ h/t (หน่วยเป็นซม.)

3. การทดสอบ

กำลังอัดของก้อนบล็อกประสานถูกทดสอบหาตามมาตรฐาน ASTM C140-02a [11] โดยใช้ตัวอย่างทดสอบขนาดจริง จำนวน 5 ก้อนต่อชุดทดสอบ ตัวอย่างก้อนบล็อกทั้งหมดถูกบ่มชื้นตั้งแต่เริ่มก่อปริซึมจนมีอายุครบตามกำหนด การทดสอบหากำลังอัดของปูนก่อทำตามมาตรฐาน ASTM C109/C109M-02 [12] โดยใช้ตัวอย่างทดสอบจำนวนอย่างน้อย 6 ก้อนต่อชุดทดสอบ ตัวอย่างปูนก่อแต่ละก้อนมีขนาด 5×5×5 ซม. ซึ่งถูกหล่อในแบบหล่อเหล็กในวันที่ทำการก่อปริซึมและถูกบ่มในน้ำหลังจากแกะออกจากแบบจนกระทั่งทดสอบ การทดสอบกำลังอัดของก้อนบล็อกประสานและปูนก่อถูกทำในช่วงเวลาเดียวกันกับการทดสอบหากำลังอัดของปริซึม

การทดสอบกำลังอัดของปริซึมทำเมื่อปริซึมมีอายุครบตามกำหนด โดยทำตามมาตรฐาน ASTM C1314-02a [6] แต่ละการทดสอบใช้ตัวอย่างทดสอบจำนวน 5 ตัวอย่าง รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างการทดสอบหากำลังอัดของก้อนบล็อก, ปูนก่อและปริซึม



รูปที่ 4 ตัวอย่างการทดสอบหากำลังอัดของ (ก) ก้อนบล็อก, (ข) ปูนก่อ และ (ค) ปริซึม

4. ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยพร้อมด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.1 ผลกระทบของวิธีการบ่ม

ผลการทดสอบกำลังอัดของปริซึมที่บ่มแบบต่างๆ พร้อมด้วยกำลังอัดของก้อนบล็อกและปูนก่อแสดงในตารางที่ 1 และผลกระทบของวิธีการบ่มปริซึมต่อกำลังอัดของปริซึมแสดงใน รูปที่ 5

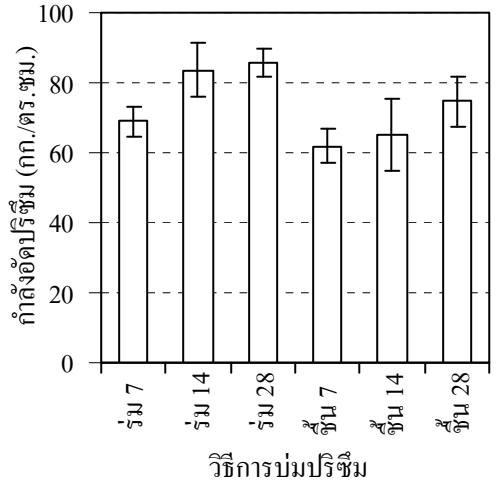
จากผลการทดสอบพบว่า กำลังอัดเฉลี่ยของปริซึมที่บ่มในร่ม 7, 14, 28 วัน และบ่มชื้น 7, 14, 28 วัน มีค่าเท่ากับ 69.0, 83.6, 85.7, 62.0, 65.3 และ 74.6 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ วิธีการบ่มปริซึมมีผลต่อกำลังอัดของปริซึมชัดเจน อย่างไรก็ตามการบ่มในร่มกลับมีแนวโน้มให้กำลังอัดที่สูงกว่าการบ่มชื้นที่ทุกอายุการบ่ม ทั้งนี้อาจเนื่องจากผลของความชื้นทำให้กำลังอัดลดลง ซึ่งสังเกตเห็นได้หลังจากการทดสอบโดยบล็อกจากตัวอย่างปริซึมที่บ่มชื้นจะยังคงมีความชื้นสูง ทั้งนี้ปริซึมที่บ่มในร่ม 7, 14 และ 28 วัน มีกำลังอัดสูงกว่าปริซึมที่บ่มชื้น 7, 14

และ 28 วัน ประมาณร้อยละ 11, 28 และ 15 ตามลำดับ และปริซึมที่บ่มในร่ม 14 และ 28 วัน มีกำลังอัดสูงกว่าที่บ่มในร่ม 7 วัน ประมาณร้อยละ 21 และ 24 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบผลกระทบของวิธีการบ่ม

การบ่ม (วัน)	กำลังอัด, กก./ตร.ซม.		
	บล็อก	ปูนก่อ	ปริซึม
ร่ม 7	90.2 (5.7)	240.6 (6.7)	69.0 (4.4)
ร่ม 14	100.4 (2.3)	349.2 (23.3)	83.6 (7.7)
ร่ม 28	106.7 (5.5)	384.4 (20.0)	85.7 (4.2)
ชื้น 7	90.2 (5.7)	240.6 (6.7)	62.0 (5.0)
ชื้น 14	100.4 (2.3)	349.2 (23.3)	65.3 (10.4)
ชื้น 28	106.7 (5.5)	384.4 (20.0)	74.6 (7.2)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บคือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูปที่ 5 ผลกระทบของวิธีการบ่มต่อกำลังอัดปริซึม

ตารางที่ 2 ค่าปรับแก้ของกำลังอัดปริซึมเนื่องจากวิธีการบ่ม ตามผลการทดสอบ

การบ่ม	บ่มร่ม (วัน)			บ่มชื้น (วัน)		
	7	14	28	7	14	28
ค่าปรับแก้	1.08	0.89	0.87	1.20	1.14	1.00

การทดสอบกำลังอัดของปริซึม มาตรฐานต่างๆ มักจะกำหนดให้ทำการบ่มชื้น และทำการทดสอบที่อายุ 28 วัน จากผลการทดสอบจึงอาจประมาณค่าปรับแก้เนื่องจากวิธีการบ่มและอายุของปริซึมได้ โดยใช้กำลังอัดของปริซึมบ่มชื้น 28 วัน เป็นค่าอ้างอิง ค่าปรับแก้ที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 2

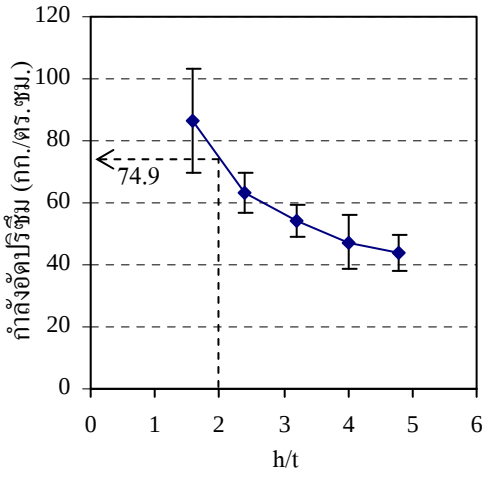
4.2 ผลกระทบของอัตราส่วนความสูงต่อความหนา

ผลการทดสอบกำลังอัดของปริซึมที่มี h/t แตกต่างกัน พร้อมด้วยกำลังอัดของก้อนบล็อกและปูนก่อแสดงในตารางที่ 3 และความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดของปริซึมกับอัตราส่วน h/t แสดงในรูปที่ 6

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบผลกระทบของ h/t

h/t	กำลังอัด, กก./ตร.ซม.		
	บล็อก	ปูนก่อ	ปริซึม
1.6	93.4 (8.3)	423.0 (31.0)	86.5 (16.9)
2.4			63.2 (6.6)
3.2			54.2 (4.9)
4.0			47.2 (8.7)
4.8			44.0 (5.7)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บคือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับอัตราส่วน h/t ของปริซึม

จากผลการทดสอบพบว่า ปริซึมที่มีอัตราส่วน h/t เท่ากับ 1.6, 2.4, 3.2, 4.0 และ 4.8 มีกำลังอัดเฉลี่ยเท่ากับ 86.5, 63.2, 54.2, 47.2 และ 44.0 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ ซึ่งลดลงแบบไม่

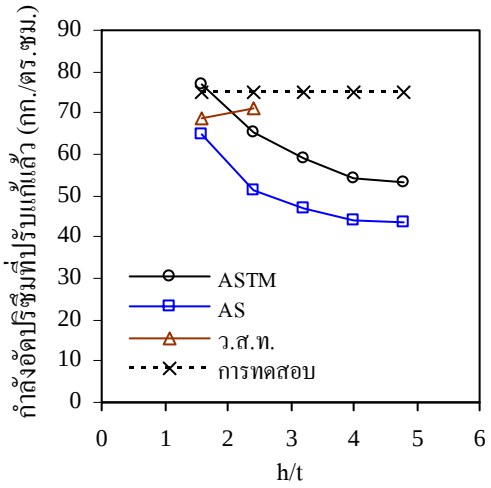
เชิงเส้นตามการเพิ่มขึ้นของค่า h/t หรือความชะลูด โดยมีอัตราการลดลงน้อยลงเรื่อยๆ

มาตรฐานต่างๆ เช่น ASTM C1314-02a [6], AS 3700-2001 Appendix C [7] และ ว.ส.ท. 1005-18 [8] ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับวัสดุก่อแบบดั้งเดิมได้ให้ค่าปรับแก้สำหรับค่า h/t ต่างๆ โดยกำลังอัดของปริซึมจริงให้ถือว่าเท่ากับกำลังอัดที่ได้จากการทดสอบคูณด้วยค่าปรับแก้ โดยมาตรฐานส่วนใหญ่มักกำหนดให้ค่าปรับแก้เท่ากับ 1.00 ถ้า h/t = 2.0 ดังนั้นเพื่อประมาณค่าปรับแก้สำหรับวัสดุก่อบล็อกประสานตามผลการทดสอบ กำลังอัดของปริซึมที่ค่า h/t = 2.0 ถูกประมาณโดยวิธีเฉลี่ยโดยตรงซึ่งพบว่ามีค่าเท่ากับ 74.9 กก./ตร.ซม. ดังแสดงในรูปที่ 6 ค่านี้ถูกใช้ในการคำนวณค่าปรับแก้ซึ่งได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 4

และเพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานสำหรับวัสดุก่อแบบดั้งเดิม ค่ากำลังอัดจากผลการทดสอบถูกปรับแก้ด้วยค่าปรับแก้ที่ให้โดยมาตรฐานเหล่านั้นและด้วยค่าปรับแก้ที่ได้จากการทดสอบ (ตารางที่ 4) ผลการเปรียบเทียบค่าที่ปรับแก้แล้วดังแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งพบว่ามาตรฐานสำหรับวัสดุก่อแบบดั้งเดิมให้ค่าส่วนใหญ่ต่ำกว่าที่ควรจะเป็น (underestimated) หรือให้ค่าที่มีความปลอดภัยสูง (conservative) เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ASTM C1314-02a [6] ซึ่งเป็นมาตรฐานหลักที่ใช้อ้างอิงในการศึกษานี้พบว่า ที่ค่า h/t น้อยกว่า 2 ค่ากำลังอัดที่ปรับแก้แล้วมีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อ h/t มีค่าเท่ากับ 2.4 ถึง 4.8 ค่ากำลังอัดมีค่าแตกต่างกันประมาณร้อยละ 13 ถึง 29 เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน AS 3700-2001 Appendix C [7] พบว่า ค่ากำลังอัดมีค่าแตกต่างกันที่ทุกค่า h/t โดยมีร้อยละความแตกต่างโดยประมาณตั้งแต่ 13 ถึง 42 และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ว.ส.ท. 1005-18 [8] พบว่าค่ากำลังอัดมีค่าใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามมาตรฐานไม่ได้ให้ค่าปรับแก้สำหรับปริซึมที่มีค่า h/t มากกว่า 3

ตารางที่ 4 ค่าปรับแก้ของกำลังอัดปริซึมเนื่องจากอัตราส่วน h/t ตามผลการทดสอบ

h/t	1.6	2.0	2.4	3.2	4.0	4.8
ค่าปรับแก้	0.86	1.00	1.18	1.38	1.58	1.70



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบกำลังอัดปริซึมที่ปรับแก้แล้วตามมาตรฐานต่างๆ กับการทดสอบ ที่ h/t ต่างๆ

5. สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของวิธีการบ่มและอัตราส่วนความสูงต่อความหนา (h/t) ของปริซึมต่อกำลังอัดของปริซึมบล็อกประสาน โดยใช้บล็อกชนิดตรงดอกกลมมีรูปูนก่ออัตราส่วน 1:2 โดยน้ำหนัก ปริซึมก่อแบบเรียงตามขวางเต็มแผ่น และใช้มาตรฐาน ASTM C1314-02a [6] เป็นแนวทางในการทดสอบ จากผลการศึกษาสามารถสรุปผลได้เป็นข้อๆ ดังนี้

(1) วิธีการบ่มปริซึมมีผลต่อกำลังอัดของปริซึมอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามการบ่มในร่มมีแนวโน้มให้กำลังอัดสูงกว่าการบ่มชื้น โดยปริซึมที่บ่มในร่ม 7, 14 และ 28 วัน มีกำลังอัดสูงกว่าที่บ่มชื้น 7, 14 และ 28 วัน ประมาณร้อยละ 11, 28 และ 15 ตามลำดับ

(2) การเพิ่มขึ้นของอัตราส่วน h/t ของปริซึมมีผลให้กำลังอัดของปริซึมลดลงแบบไม่เชิงเส้น โดยปริซึมที่มีอัตราส่วน h/t เท่ากับ 2.4, 3.2, 4.0 และ 4.8 มีกำลังอัดลดลงประมาณร้อยละ 27, 37, 45 และ 49 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับปริซึมที่มี h/t เท่ากับ 1.6

(3) ค่าปรับแก้ของกำลังอัดปริซึมเนื่องจากวิธีการบ่มและอัตราอัตราส่วนความสูงต่อความหนาของปริซึมถูกประมาณจากผลการทดสอบ

(4) มาตรฐานสำหรับวัสดุก่อแบบดั้งเดิมอาจไม่สามารถประยุกต์ใช้ได้โดยตรงกับวัสดุก่อบล็อกประสาน

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2554 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และขอขอบคุณ นายณัฐพงศ์ ชนะชัย และนายอัครพงษ์ คำสุขดี นิสิตปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่มีส่วนช่วยในการทำการทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

[1] A. W. Hendry, “Structural Masonry”, Macmillan, London, 1998.

[2] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เทคโนโลยีบล็อกประสาน. < http://www.technologyblockprasan.com/download/file/003.pdf > มิถุนายน 2554 (สืบค้น).

[3] กริสน์ ชัยมูล, “อิทธิพลของชนิดปริซึมต่อการประเมินกำลังอัดของวัสดุก่อบล็อกประสาน”, วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, ปีที่ 21, ฉบับที่ 2, 2553, หน้า 1-5.

[4] กริสน์ ชัยมูล, “กำลังอัดและพฤติกรรมของวัสดุก่อบล็อกประสานภายใต้แรงเยื้องศูนย์”, วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, ปีที่ 21, ฉบับที่ 2, 2553, หน้า 6-14.

[5] กริสน์ ชัยมูล, “ความสามารถต้านทานแรงอัดของกำแพงบล็อกประสาน”, เอกสารการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 14, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, 13-15 พฤษภาคม 2552, หน้า 1913-1917.

[6] American Society for Testing and Materials, “Annual Book of ASTM Standards, ASTM C1314-02a: Standard Test Method for Compressive Strength of Masonry Prisms”, ASTM International, 2002.

[7] Standard Australia, “Australian Standard, Masonry Structures, AS 3700-2001 APPENDIX C: Method of Test for Compressive Strength”, Standard Australia, 2001.

[8] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, “มาตรฐาน ว.ส.ท. 1005-18: มาตรฐานสำหรับอาคารวัสดุก่อ”, โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

[9] American Society for Testing and Materials, “Annual Book of ASTM Standards, ASTM C1437-01: Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar”, ASTM International, 2001.

[10] อนุกูล ศรีหริ่ง, กริสน์ ชัยมูล และ สหลาภ หอมวุฒิวงศ์, “อิทธิพลของอัตราส่วนความสูงต่อความหนาต่อกำลังอัดของปริซึมบล็อกประสาน”, เอกสารการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 16, พัทยา, 18-20 พฤษภาคม 2554.

[11] American Society for Testing and Materials, “Annual Book of ASTM Standards, ASTM C140-02a: Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units”, ASTM International, 2002.

[12] American Society for Testing and Materials, “Annual Book of ASTM Standards, ASTM C109/C109M-02: Test Methods for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars”, ASTM International, 2002.