

บล็อกปูถนนคอนกรีตพรุน

ยูวดี หิรัญ (Yuwadee Hirun)¹

ธวัชชัย ตันชัยสวัสดิ์ (Tawatchai Tanchaisawat)²

พลยุกต์ มุลรังษี (Polyuk Mulrungsee)³

วิชัย บำรุงนาม (Vichai Bumlungnam)³

อัญชลี เพ็ญสุระ (Ancharee Peasura)³

¹อาจารย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร csnydh@ku.ac.th

²อาจารย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร tawatchai.t@ku.ac.th

³นิสิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

บทคัดย่อ : งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาส่วนผสมของคอนกรีตพรุนที่สามารถอัดขึ้นรูปเป็นบล็อกปูถนนได้ โดยทำการศึกษาความสัมพันธ์ด้านกำลังรับแรงอัด ความชื้นน้ำ และความสามารถในการอัดขึ้นรูปบล็อกของบล็อกปูถนน ส่วนผสมของคอนกรีตพรุนใช้หินกรวดที่ร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน ASTM และเลือกใช้หินกรวดที่ค้างบนตะแกรงเบอร์ 2 (3/8") , เบอร์ 4 และ เบอร์ 8 มาผสมกัน โดยใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ 18% , 20% และ 22% โดยน้ำหนักหินและอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (W/C)เท่ากับ 0.35 และ 0.40 จากการวิจัยพบว่าส่วนผสมคอนกรีตพรุนที่ใช้สัดส่วนละเอียดของหินกรวดที่ค้างบนตะแกรงเบอร์ 2 (3/8") และเบอร์ 8 อย่างละเท่าๆกันโดยน้ำหนักหิน และส่วนผสมคอนกรีตพรุนที่ใช้สัดส่วนละเอียดของหินกรวดที่ค้างบนตะแกรงเบอร์ 2 (3/8") , เบอร์ 4 และเบอร์ 8 อย่างละเท่าๆกันโดยน้ำหนักหิน และใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ 20% หรือ 22% โดยน้ำหนักหิน จะมีความสามารถในการอัดขึ้นรูปบล็อกปูถนนได้ดี และส่วนผสมที่มีอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (W/C) 0.40 ซีเมนต์เพสต์จะเคลือบผิวมวลรวมได้ดี

ABSTRACT : This research aimed to study the composition of pervious concrete used in moldable concrete block for parking area. The study is focused on compressive strength, water permeability, and moldable. The mixing composes of gravel stone that sieve retained on sieve sizes #2(3/8"), #4 and #8 and Portland cement of 18%, 20% and 22% by gravel stone weight. The water cement ratio for these mixing is varied by 0.35 and 0.40 . The results indicated that the mixing ratio of 50:50 gravel stone retained on #2 and #8 with 20-22% Portland cement yielded the most moldable concrete block. The mixing of gravel stone retained on #2, #4 and #8 of same ratio by weight with 20-22% Portland cement yielded the most moldable concrete block also. The mixing with water cement ratio of 0.4 provide sufficiently thick layer of cement paste covering the gravel stone.

KEYWORDS : Pervious concrete, Porous concrete, Compressive strength, Gravel stone

1. บทนำ

คอนกรีตพูนเป็นคอนกรีตที่ไม่มีมวลรวมละเอียดในส่วนผสมเพื่อต้องการให้มีโพรงที่ต่อเนื่องอยู่ภายใน ซึ่งน้ำหรือของเหลวสามารถซึมผ่านได้ ในต่างประเทศมีการนำคอนกรีตพูนไปใช้งานมากมาย เช่น ทางเดินเท้า ผิวถนน ลานจอดรถ คอนกรีตพูนเป็นคอนกรีตที่รักษาสภาพสิ่งแวดล้อม เพราะพืชและสัตว์ขนาดเล็กสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ระบายน้ำได้อย่างรวดเร็ว ป้องกันการลื่นล้มได้เป็นอย่างดี ลดความร้อนที่สะท้อนกลับออกมาสู่บรรยากาศได้ดีกว่าการใช้คอนกรีตปกติ [1]

บล็อกปูถนนหรือทางเท้าที่มีการนำมาใช้ปัจจุบันสามารถแบ่งได้ 2 ประเภทคือ บล็อกปูถนนแบบก้อนทึบไม่มีช่องเปิด และบล็อกปูถนนแบบมีช่องเปิด(บล็อกปูหญ้า) ซึ่งบล็อกปูถนนแบบก้อนทึบจะมีคุณสมบัติที่บดน้ำ ส่วนบล็อกปูถนนแบบมีช่องเปิดแม้ว่าจะสามารถระบายน้ำได้ แต่จะมีความแตกต่างของเนื้อวัสดุสองชนิดคือคอนกรีตและดินที่อยู่ในช่องเปิด ทำให้พื้นผิวไม่เรียบเป็นอุปสรรคต่อการเดินเท้า การวิ่ง การวางสิ่งของ เพื่อให้เกิดทางเลือกใหม่สำหรับการปูผิวทางเท้า ลานจอดรถ หรือลานเอนกประสงค์ คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาการทำบล็อกปูผิวถนนคอนกรีตพูน

โดยทำการศึกษาส่วนผสมของคอนกรีตพูน ที่เหมาะสมสำหรับอัดขึ้นรูปบล็อกปูถนนรูปตัวหนอน โดยใช้เครื่องอัดบล็อกปูถนนแบบมือโยก มวลรวมหยาบที่ในส่วนผสมคือหินกรวดซึ่งเป็นวัสดุที่หาง่ายในท้องถิ่น และจากศึกษาพบว่าการใช้หินกรวดเป็นมวลรวมในคอนกรีตพูน จะให้กำลังรับแรงอัดสูงกว่าการใช้หินเกล็ด(หินปูน)[2] โดยงานวิจัยนี้จะใช้มวลรวมที่มีขนาดกลางคละตอน และไม่มีส่วนผสมของมวลรวมละเอียด เพื่อให้คอนกรีตเกิดความพูนและยังยึดเกาะและจับตัวกันได้ดี

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาหาส่วนผสมของคอนกรีตพูนที่ทำจากหินกรวดที่สามารถนำมาอัดขึ้นรูปเป็นบล็อกปูถนนรูปตัวหนอนได้อย่างเหมาะสม

3. ขอบเขตการศึกษา

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาคุณสมบัติของบล็อกปูถนนคอนกรีตพูน 3 ค่าคือ ความสามารถในการอัดขึ้นรูปเป็นบล็อกปูถนนรูปตัวหนอน(ขนาด 22.5 x 11.5 x 10.0 cm) กำลังรับแรงอัด และความชื้นน้ำ



ภาพที่ 2.1 ขนาดและรูปร่างของบล็อกปูถนนรูปตัวหนอน

โดยมวลรวมของคอนกรีตพูนจะใช้หินกรวดเบอร์ 2 (คือหินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1/2 นิ้ว และค้างบนตะแกรงขนาด 3/8 นิ้ว), หินกรวดเบอร์ 4 (คือหินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 3/8 นิ้ว และค้างบนตะแกรงเบอร์ 4) และหินกรวดเบอร์ 8 (คือหินที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 และค้างบนตะแกรงเบอร์ 8) ซึ่งร่อนผ่านขนาดตะแกรงมาตรฐาน ASTM[3] นำหินกรวดเบอร์ต่างๆ มาผสมกันโดยใช้หิน 2 เบอร์ และ 3 เบอร์ในปริมาณที่เท่ากัน โดยน้ำหนัก เพื่อเพิ่มผิวสัมผัสระหว่างมวลรวมทำให้ยึดเกาะตัวได้ดีและสามารถอัดขึ้นรูปบล็อกปูถนนได้โดยยังคงมีความพูน และปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้คือ 18, 20 และ 22 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักหิน และอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (W/C)เท่ากับ 0.35 และ 0.40

4. การเตรียมตัวอย่าง

4.1 การเตรียมวัสดุ

ร่อนหินกรวดเพื่อแยกขนาดหินกรวดเบอร์ 2, 4 และ 8 และล้างทำความสะอาดหิน หาบเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของหินกรวด[4]เพื่อใช้ปรับแก้ปริมาณน้ำที่ใช้ผสม และอบหินในตู้อบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ส่วนผสมของคอนกรีตพูน ที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปบล็อกปูถนนแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงส่วนผสมของคอนกรีตพูนที่ใช้สำหรับอัดขึ้นรูปเป็นบล็อกปูถนนรูปตัวหนอนหนึ่งก้อน

เปอร์เซ็นต์	ของ	สัดส่วน	ปริมาณ	ปริมาณน้ำ		
				ปริมาณ	ปริมาณน้ำ	
ปูนซีเมนต์	โดย	ของหิน	กรวด	ปูนซีเมนต์	(kg)	
					w/c	w/c
น้ำหนัก	กรวด	หิน	(kg)	(kg)	0.35	0.40
					0.35	0.40
	M24					
18	M48	4.500	0.810	0.284	0.324	
	M28					
	M248					
	M24					
20	M48	4.500	0.900	0.315	0.360	
	M28					
	M248					
	M24					
22	M48	4.500	0.990	0.347	0.396	
	M28					
	M248					

หมายเหตุ

- (1) M24 คือ สัดส่วนคละของหินกรวดเบอร์ 2 และเบอร์ 4 อย่างละ 50% โดยน้ำหนักหิน
- (2) M28 คือ สัดส่วนคละของหินกรวดเบอร์ 2 และเบอร์ 8 อย่างละ 50% โดยน้ำหนักหิน
- (3) M48 คือ สัดส่วนคละของหินกรวดเบอร์ 4 และเบอร์ 8 อย่างละ 50% โดยน้ำหนักหิน
- (4) M248 คือ สัดส่วนคละของหินกรวดเบอร์ 2, เบอร์ 4 และเบอร์ 8 อย่างละ 33.33% โดยน้ำหนักหิน
- (5) จำนวนก้อนบล็อกตัวอย่าง 4 ก้อน ในแต่ละส่วนผสม

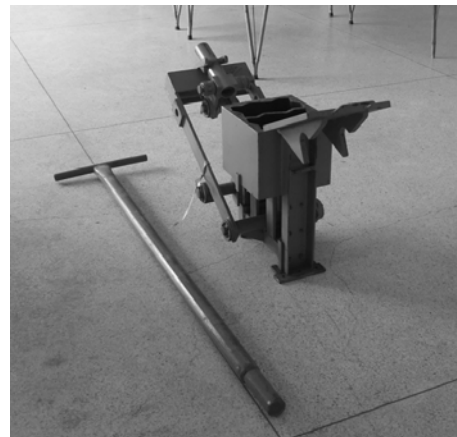
4.2 การผสมตัวอย่างและการอัดขึ้นรูปบล็อก

ผสมคอนกรีตด้วยมือเป็นเวลา 5 นาที โดยให้ซีเมนต์เพสต์เคลือบผิวมวลรวมให้สม่ำเสมอ ดังภาพที่ 4.1 อัดส่วนผสมของคอนกรีตพูนลงในแบบ โดยอาศัยเครื่องอัดบล็อกปูถนนแบบมือโยกดังภาพที่ 4.2 โดยมีแผ่นไม้อัดรองด้านล่างของบล็อกเพื่อใช้สำหรับยกบล็อกออกจากแบบและวัดความสามารถในการอัดขึ้นรูปบล็อก จากนั้นนำก้อนบล็อกคอนกรีตพูนขึ้นมาวางไว้บริเวณที่จัดเตรียมไว้

เพื่อให้คอนกรีตแข็งตัวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำการบ่มด้วยการแช่น้ำจนอายุครบ 28 วัน



ภาพที่ 4.1 การผสมคอนกรีตพูนด้วยมือ



ภาพที่ 4.2 เครื่องอัดบล็อกปูถนนแบบมือโยก

5. วิธีการทดสอบตัวอย่าง

5.1 ความสามารถในการอัดขึ้นรูปบล็อก

ความสามารถในการอัดขึ้นรูปบล็อกคือ ความสามารถของก้อนบล็อกที่อัดแล้วสามารถดันขึ้นจากแบบและยกไปวางได้โดยไม่เสียรูป โดยมีเกณฑ์การวัดด้วยระดับคะแนน ดังนี้ คือ

3 คะแนน คือ สามารถเคลื่อนย้ายก้อนตัวอย่างได้ทันที

2 คะแนน คือ สามารถเคลื่อนย้ายก้อนตัวอย่างหลังจากทิ้งไว้ในเครื่องอัด 30 นาที

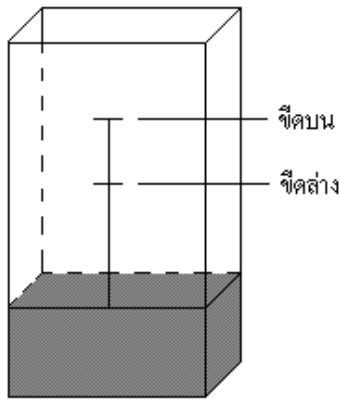
1 คะแนน คือ สามารถเคลื่อนย้ายก้อนตัวอย่างหลังจากทิ้งไว้ในเครื่องอัด 1 ชั่วโมง

5.2 ความชื้นน้ำ

ใช้แบบพลาสติกที่มีขนาด 22.5 x 11.5 x 35.0 cm ครอบก้อนตัวอย่าง แล้วเทน้ำลงด้านบนจนเต็มแบบ และจับเวลา

เมื่อระดับน้ำลดลงจากขีดบนจนกระทั่งถึงขีดล่าง ดังภาพที่

5.1 หาค่าความชื้นน้ำโดยปริมาตรน้ำหารด้วยเวลา



ภาพที่ 5.1 แบบจำลองวิธีการทดสอบหาค่าความชื้นน้ำ

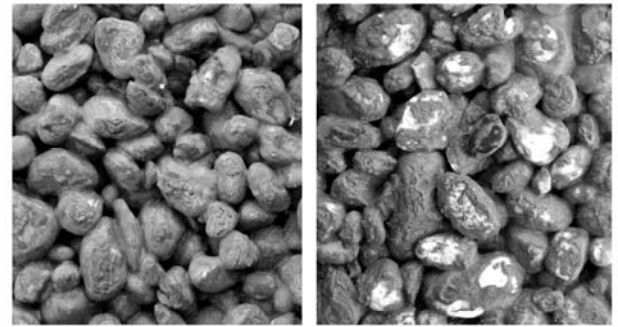
5.3 กำลังรับแรงอัด

นำก้อนตัวอย่างที่มีอายุการบ่มครบ 28 วันมาทำการเคลือบผิวด้วยกัมมะถันทั้งด้านบนและด้านล่างของก้อนตัวอย่าง เพื่อให้ผิวหน้าเรียบ จากนั้นนำไปทำการทดสอบกำลังอัด โดยมีอัตราการการกด คือ 0.15-0.35 MPa/s [5]

6. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

6.1 ความสามารถในการอัดขึ้นรูปบล็อก

ความสามารถในการอัดขึ้นรูปบล็อกปูถนนรูปตัวหนอนแสดงดังตารางที่ 6.1 พบว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์ปูนซีเมนต์เพิ่มขึ้นจะทำให้ความสามารถในการอัดขึ้นรูปบล็อกเพิ่มขึ้นด้วย โดยส่วนผสมคอนกรีตพูนที่มีอัตราส่วนปริมาณน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.35 จะมีความสามารถในการอัดขึ้นรูปได้ดีกว่าส่วนผสมที่อัตราส่วนปริมาณน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.40 ทั้งนี้เนื่องจากซีเมนต์เพสต์หนืดมากกว่าเพราะมีปริมาณน้ำน้อยกว่า แต่ลักษณะของการเคลือบผิวของมวลรวมจะไม่ดี คือการกระจายของซีเมนต์เพสต์ไม่ทั่ว เนื่องจากซีเมนต์เพสต์ค่อนข้างแห้ง สำหรับส่วนผสมที่อัตราส่วนปริมาณน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.40 จะมีลักษณะของการเคลือบผิวของมวลรวมดีคือซีเมนต์เพสต์จะกระจายสม่ำเสมอทั่วทั้งก้อนมีลักษณะคล้ายคาราเมลเคลือบ



เคลือบผิวมวลรวมดี เคลือบผิวของมวลรวมไม่ดี

ภาพที่ 6.1 ซีเมนต์เพสต์เคลือบผิวมวลรวม

ตารางที่ 6.1 แสดงคะแนนความสามารถในการอัดขึ้นรูปบล็อก

เปอร์เซ็นต์ของ ปูนซีเมนต์โดย น้ำหนักหิน (%)	สัดส่วนกละ ของหินกรวด	คะแนนความสามารถใน การอัดขึ้นรูปบล็อก (คะแนน)	
		w/c	w/c
		0.35	0.40
18	M24	1	1
	M48	1	1
	M28	2	2
	M248	2	1
20	M24	2	2
	M48	2	2
	M28	3	3
	M248	3	2
22	M24	2	2
	M48	2	2
	M28	3	3
	M248	3	2

หมายเหตุ

3 คะแนน คือ สามารถเคลื่อนย้ายก้อนตัวอย่างได้ทันที

2 คะแนน คือ สามารถเคลื่อนย้ายก้อนตัวอย่างหลังจากทิ้งไว้ในเครื่องอัด 30 นาที

1 คะแนน คือ สามารถเคลื่อนย้ายก้อนตัวอย่างหลังจากทิ้งไว้ในเครื่องอัด 1 ชั่วโมง

เมื่อพิจารณาสัดส่วนกละของหินกรวดพบว่า M28 และ M248 คือส่วนผสมที่มีความสามารถในการอัดขึ้นรูปได้ดี โดยต้องมีเปอร์เซ็นต์ปูนซีเมนต์ 20% หรือ 22% ทั้งนี้สัดส่วนกละ M28 จะมีความสามารถในการอัดขึ้นรูปบล็อก

ได้ดีที่สุด เนื่องจากหินกรวดขนาดเล็กสามารถแทรกอยู่ในช่องว่างของมวลรวมขนาดใหญ่ได้อย่างเหมาะสมทำให้ส่วนผสมคอนกรีตยัดเกาะและการอัดตัวได้ดี สำหรับสัดส่วนคละ M248 จะมีหินขนาดเล็กอยู่น้อยกว่าทำให้ความสามารถในการอัดขึ้นรูปไม่ดีเท่าสัดส่วนคละ M28 สำหรับส่วนผสมที่ใช้สัดส่วนของหินกรวดเป็น M24 และ M48 จะให้ความสามารถในการอัดขึ้นรูปที่ไม่ดี แม้ว่าเปอร์เซ็นต์ปูนซีเมนต์จะเพิ่มขึ้นก็ไม่สามารถดันบล็อกออกจากแบบได้ทันที ทั้งนี้เนื่องจากสัดส่วนคละ M24 และ M48 จะเป็นส่วนผสมที่มีขนาดคละช่วงเดียว และขนาดมวลรวมขนาดเล็กที่สามารถอยู่ในช่องว่างระหว่างมวลรวมขนาดใหญ่ ส่งผลให้การยัดเกาะและการอัดตัวของคอนกรีตพูนไม่ดี



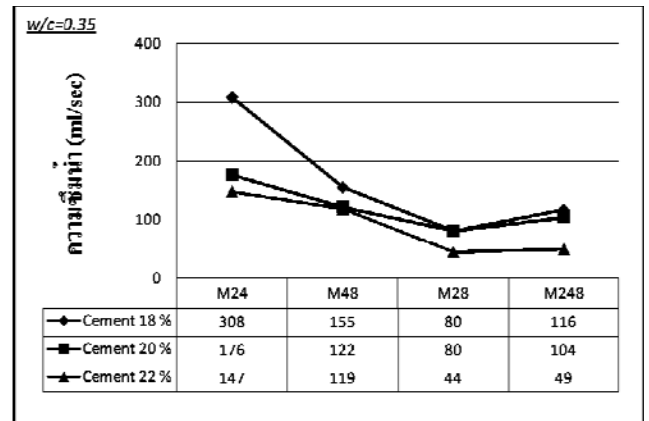
ภาพที่ 6.6 บล็อกปูถนนคอนกรีตพูนที่ใช้เปอร์เซ็นต์ปูนซีเมนต์ 20 % และอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.40

6.2 ความชื้นน้ำ

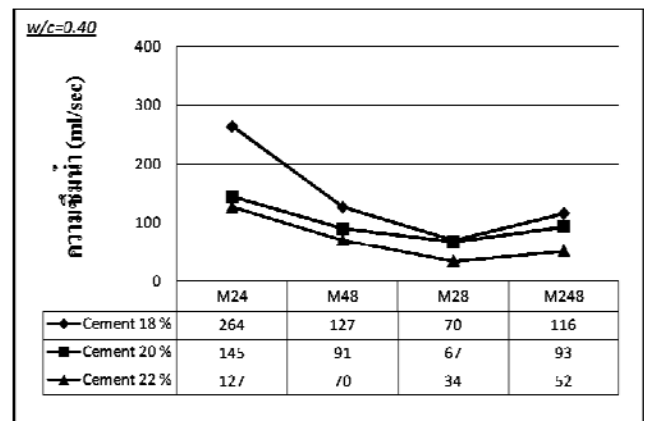
จากการผลการทดลองซึ่งแสดงดังภาพที่ 6.2 และ 6.3 พบว่าบล็อกที่ทำจากสัดส่วนคละ M24 ให้ค่าความชื้นน้ำสูงสุด และรองลงมาคือ M48, M248 และ M28 ตามลำดับ ซึ่งสัดส่วนคละที่ให้ค่าความชื้นน้ำสูงจะมีความพูนมากกว่าทำให้สามารถระบายน้ำได้เร็วกว่า

เมื่อเปอร์เซ็นต์ปูนซีเมนต์เพิ่มมากขึ้น จะทำให้ค่าความชื้นน้ำของก้อนบล็อกลดลง ทั้งนี้เนื่องจากส่วนผสมมีปริมาณซีเมนต์เพสต์เพิ่มมากขึ้นทำให้ไปอุดช่องว่างระหว่างมวลรวม

บล็อกที่ทำจากส่วนผสมที่ใช้อัตราส่วนปริมาณน้ำต่อปูนเท่ากับ 0.35 จะให้ค่าความชื้นน้ำที่สูงกว่าส่วนผสมที่ใช้อัตราส่วนปริมาณน้ำต่อปูนเท่ากับ 0.40 เนื่องจากส่วนผสมมีปริมาณน้ำน้อยทำให้ซีเมนต์เพสต์หนืดกว่าและเคลือบผิวมวลรวมได้ไม่ดี ทำให้เกิดความพูนสูง



ภาพที่ 6.2 เปรียบเทียบค่าความชื้นน้ำของตัวอย่างที่ใช้ w/c=0.35



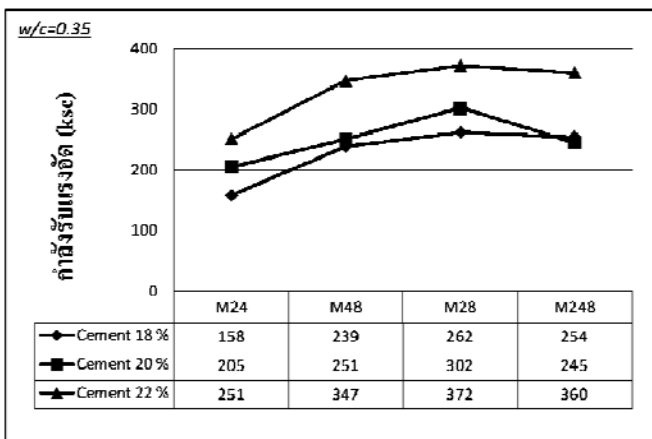
ภาพที่ 6.3 เปรียบเทียบค่าความชื้นน้ำของตัวอย่างที่ใช้ w/c=0.40

6.3 กำลังรับแรงอัด

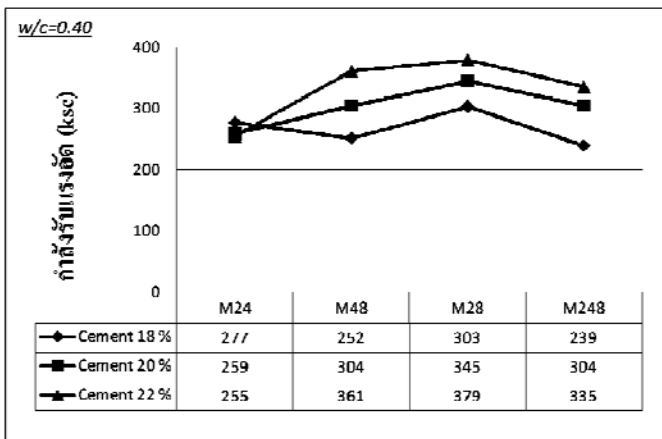
จากการผลการทดลองซึ่งแสดงดังภาพที่ 6.4 และ 6.5 พบว่าส่วนผสมคอนกรีตพูนที่ใช้สัดส่วนคละ M28 จะให้ค่ากำลังรับแรงอัดมากที่สุดรองลงมาคือ M248, M48 และ M24 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากสัดส่วนคละที่สามารถอัดตัวแน่นหรือมีความพูนน้อยจะให้กำลังรับแรงอัดสูง

ค่ากำลังอัดของก้อนบล็อกจะเพิ่มตามปริมาณเปอร์เซ็นต์ปูนซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณซีเมนต์เพสต์ที่เพิ่มขึ้นจะเข้าไปอุดช่องว่างระหว่างมวลรวม

บล็อกที่ทำจากส่วนผสมที่ใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.35 จะค่ากำลังอัดที่ต่ำกว่าส่วนผสมที่ใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.40 ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับค่าความชื้นน้ำคือส่วนผสมที่ใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.35 จะมีค่าความชื้นน้ำสูงแสดงว่ามีความพรุนสูงกว่าทำให้กำลังรับแรงอัดต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากซีเมนต์เพสต์เหนียวและเคลือบผิวมวลรวมได้ไม่ดี



ภาพที่ 6.4 เปรียบเทียบค่ากำลังอัดของตัวอย่างที่ใช้ $w/c=0.35$



ภาพที่ 6.5 เปรียบเทียบค่ากำลังอัดของตัวอย่างที่ใช้ $w/c=0.40$

7. สรุปผลการทดลอง

บล็อกปูถนนรูปตัวหนอนที่มีความสามารถในการอัดขึ้นรูปได้ดีคือบล็อกที่ใช้สัดส่วนคละของหินกรวด M28 และ M248 โดยมีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ 20 % และ 22 % ซึ่งสัดส่วนคละ M28 จะมีความสามารถในการอัดขึ้นรูปบล็อกได้ดีที่สุด เนื่องจากหินกรวดขนาดเล็กสามารถแทรกอยู่ในช่องว่างของมวลรวมขนาดใหญ่ได้อย่างเหมาะสมทำให้ส่วนผสมคอนกรีตยึดเกาะและการอัดตัวได้ดี และกำลัง

รับแรงอัดสูงแต่ความชื้นน้ำต่ำ ส่วนบล็อกที่ใช้สัดส่วนคละของหินกรวด M24 และ M48 จะมีความสามารถอัดขึ้นรูปบล็อกได้ไม่ดีไม่สามารถดันออกจากแบบและยกขึ้นได้ทันที แต่สัดส่วนคละของหินกรวด M24 จะให้ความชื้นน้ำสูง แสดงว่ามีความพรุนสูง หากมีการเพิ่มปริมาณทรายละเอียดที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 50 และเบอร์ 100 จะช่วยให้การจับตัวของคอนกรีตได้ดียิ่งขึ้น[6] และทุกสัดส่วนคละเมื่อปริมาณปูนซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้กำลังรับแรงอัดของบล็อกเพิ่มขึ้นแต่จะทำให้ความชื้นน้ำลดลง สำหรับบล็อกที่ใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.35 จะทำให้ซีเมนต์เพสต์แห้งเกินไปทำให้การเคลือบผิวมวลรวมไม่สม่ำเสมอ และบล็อกที่ใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.40 ซีเมนต์จะเคลือบผิวมวลรวมได้ดีมีลักษณะคล้ายคาราเมลเคลือบ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานโครงการ “โครงการสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี” (IRPUS) และ คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] ถนัดกิจ ชาริรัตน์ และคณะ, 2551, พฤษภาคม 14-16. คอนกรีตพรุน: คอนกรีตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม. การประชุมวิชาการโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 13 : 296.
- [2] ยุวดี หิรัญ และคณะ, 2550, ตุลาคม 24-26. การศึกษาส่วนผสมของคอนกรีตสำหรับผลิตบล็อกปูผิวทางระบายน้ำได้. การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 3 : MAT-145.
- [3] ASTM C136-96a, Standard Test Method Sieve Analysis of Fine and Coarse aggregate, American Society for Testing and Material, Vol. 4.02, 2001.
- [4] ASTM C127-88(Reapproved 2001), Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate, American Society for Testing and Material, Vol. 4.02, 2001.
- [5] ASTM C39/C39M-01, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, American Society for Testing and Material, Vol. 4.02, 2001.
- [6] ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร. 2545. คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 11. กรุงเทพมหานคร : บริษัท ผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้าง จำกัด.