



การประชุมนำเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษาระดับชาติ
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ครั้งที่ 13

The 13th UDRU National Graduate Research Conference
“Disruption in Academic Research”

31 ตุลาคม 2563 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000

โทรศัพท์ : 0-4221-1040 ต่อ 1701 โทรสาร : 0-4224-8680

E-mail : udru.ngrc@gmail.com , <https://graduate.udru.ac.th/ngrc2020>

รณบภาควิชาการประยุบนำสอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษาารดบชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ครังที่ 13

NGRC2020

2012

ประสิทธิภาพกรรมวิธีการบ่มที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต CURING EFFICIENCY AFFECTS THE COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE

ขจรเกียรติ แสงพวง¹, ณัฐกิตต์ ทาสี², พิศุทธิ์ บัวเปรม³,
สุชิรา นวลกำแหง⁴, ภูวิรัตน์ ทรัพย์สิน⁵
Kajornkeat Seangpoung¹, Nattakit Thasee², Pisut Bourpream³,
Suchira nounkomhang⁴, Puwirat Sapsin⁵

บทคัดย่อ

การบ่มคอนกรีตเป็นกรรมวิธีการทำคอนกรีตให้แข็งแรง ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยการบ่ม (Curing) คือ วิธีการที่ช่วยให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันของซีเมนต์ เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ซึ่งจะส่งผลให้การพัฒนา กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต เป็นไปอย่างต่อเนื่อง โดยหน้าที่ความสำคัญของการบ่มคอนกรีตมีด้วยกัน 2 ประการ คือ ป้องกันการสูญเสีย ความชื้นจากเนื้อคอนกรีตเพื่อป้องกันการแตกร้าวของคอนกรีต โดยรักษาอุณหภูมิให้เหมาะสม และลดการระเหย ของน้ำให้น้อยที่สุดซึ่งปัจจุบันมีหลากหลายวิธีที่ใช้ โดยงานวิจัยนี้เป็นการหาประสิทธิภาพกรรมวิธีการบ่มแบบต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ประกอบด้วยการทดสอบการบ่มทั้งหมด 4 กรรมวิธี อันได้แก่ การบ่มแบบ แช่น้ำ การบ่มแบบการใช้วัสดุเปียกชื้นคลุม การบ่มแบบใช้พลาสติกคลุม และการบ่มโดยใช้สารเคมี ทำการทดสอบ กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต จำนวนคอนกรีตทดสอบรวม 36 ลูก ทรงลูกบาศก์ขนาด 15 ซม. x 15 ซม. x 15 ซม. และทำการทดสอบการรับแรงอัดของคอนกรีตที่ 7 วัน, 14 วัน และ 28 วัน

จากผลการทดสอบพบว่า ที่การทดสอบกำลังรับแรงอัด 7 วัน กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่บ่มด้วยการใช้ พลาสติกคลุมให้กำลังรับแรงอัดมากที่สุด โดยเพิ่มขึ้นจากการบ่มแบบแช่น้ำ 7.46 เปอร์เซ็นต์ ที่การทดสอบกำลังรับ แรงอัด 14 วัน กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่บ่มด้วยการใช้กระสอบให้กำลังรับแรงอัดมากที่สุด โดยเพิ่มขึ้นจากการ บ่มแบบแช่น้ำ 1.2 เปอร์เซ็นต์ ที่การทดสอบกำลังรับแรงอัด 28 วัน กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่บ่มด้วยการแช่น้ำ ให้กำลังรับแรงอัดมากที่สุด

คำสำคัญ: การบ่มคอนกรีต, กำลังรับแรงอัด

ABSTRACT

concrete curing is a strong concrete process, which is especially important by curing, a method that allows for the hydration reaction of cement. This will result in the continuous development of concrete compression. The importance of concrete curing is to prevent moisture

^{1,2} นักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

^{3,4} สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

⁵ วิทยาลัยเทคนิคเพชรบูรณ์

from the concrete to prevent concrete cracking by maintaining the temperature accordingly and to minimize water evaporation, which is currently used in a variety of methods. We are required to use water-soaked curing, wet materials, plastic coverings, and chemical curing. Test the compressive strength of concrete. A total of 36 specimen concretes test, 15cm x 15cm x 15cm cube and 7-day, 14-day and 28-day compressive strength test.

According to the test results, the 7-day compressive force test is the most compressive force of the cured concrete using plastic cover to obtain the most compressive strength. This was up from 7.46 percent at a 14-day compressive force test. This was up from a 1.2 percent incubation at the 28-day compressive force test, the compressive strength of the water-soaked curing with the infusion provides the most compressive strength.

KEYWORDS: concrete curing, compressive strength

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การบ่มคอนกรีตมีความสำคัญต่อการเพิ่มขึ้นของกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเป็นอย่างมาก โดยการบ่ม (Curing) คือวิธีการที่ช่วยให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันของซีเมนต์ เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ซึ่งจะส่งผลให้การพัฒนา กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเป็นไปอย่างต่อเนื่อง โดยหน้าที่ความสำคัญของการบ่มคอนกรีตมีด้วยกัน 2 ประการ คือ ป้องกันการสูญเสียความชื้นจากเนื้อคอนกรีตเพื่อป้องกันการแตกร้าวของคอนกรีต โดยรักษาอุณหภูมิให้เหมาะสม และลดการระเหยของน้ำให้น้อยที่สุด (วินิต, 2544) การบ่มส่งผลต่อกำลังอัดของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงระยะแรกของการบ่ม และเมื่อถึงจำนวน 28 วัน อัตราการเพิ่มขึ้นของกำลังอัดของคอนกรีตจะลดลง แต่ก็ยังสามารถเพิ่มขึ้นได้หากได้รับการบ่มที่ดี โดยหากคอนกรีตขาดการบ่ม หรือขาดความชื้น กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นต่อเนื่องในระยะหนึ่งเพราะความชื้นที่เหลือน้อย แต่หลังจากความชื้นหมดไปกำลังรับแรงอัดจะไม่เพิ่มขึ้นอีกเลย ดังนั้นจึงความบ่มคอนกรีตให้นานเท่าที่สามารถทำได้จึงจะมีปริมาณความชื้นที่เพียงพอ โดยบ่มจนกว่าจะได้คอนกรีตที่มีกำลังสูงตามที่ต้องการ จากมาตรฐานอเมริกาแนะนำให้บ่มขึ้นเป็นเวลา 7 วัน ที่ทำให้สามารถรับกำลังอัดของคอนกรีตสูงทัดเทียมกับกำลังของคอนกรีตที่บ่มและทดสอบในสภาพขึ้นที่ 28 วัน โดยปัจจุบันกรรมวิธีการบ่มของคอนกรีตที่ใช้โดยทั่วไปเป็นการบ่มที่อุณหภูมิปกติ ซึ่งมีหลากหลายกรรมวิธี เช่น การชั่งน้ำซึ่งวิธีนี้ได้กำลังอัดที่ดีเหมาะสมกับงานคอนกรีตพื้นราบ การฉีดน้ำหรือพรมน้ำเป็นกรรมวิธีที่ใช้อย่างแพร่หลายได้ทั้งแนวราบและแนวตั้ง แต่อาจควบคุมความชื้นได้ยาก การใช้วัสดุเปียกชื้นคลุมซึ่งตามมาตรฐานการบ่มคอนกรีต วัสดุคลุมควรหนาไม่น้อยกว่า 15 mm. และฉีดน้ำให้ทั่วอยู่เสมอ เนื่องจากวิธีนี้ควบคุมความชื้นได้ยากเช่นกัน การใช้แผ่นพลาสติกคลุมเป็นวิธีป้องกันความชื้นออกจากคอนกรีต สามารถกระทำได้ง่ายแต่พลาสติกคลุมมีราคาแพงและบอบบาง ซ้ำรุดง่าย และการบ่มด้วยน้ำยาเคมีเคลือบผิวคอนกรีตซึ่งเป็นวิธีการบ่มที่มีประสิทธิภาพ รวดเร็ว แต่มีค่าใช้จ่ายสูง (ชัชวาลย์, 2540) ดังนั้นการเลือกวิธีการบ่มคอนกรีตจะเลือกตามความเคยชิน ความคุ้มค่าด้านค่าใช้จ่าย แต่ทั้งนี้ยังไม่มีข้อสรุปได้ว่า วิธีการบ่มคอนกรีตที่อุณหภูมิปกติ วิธีใดสามารถทำให้กำลังรับแรงอัดได้ดีที่สุด

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการทดสอบประสิทธิภาพกรรมวิธีการบ่มคอนกรีตแบบต่างๆ ที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพกรรมวิธีการบ่มแบบต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัย (Scope of Research) ไว้ดังนี้

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา ศึกษาประสิทธิภาพกรรมวิธีการบ่มแบบต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

2. ขอบเขตด้านประชากร

2.1 การบ่มเป็นการบ่มที่อุณหภูมิปกติ

2.2 การทดสอบการบ่ม ประกอบด้วย การบ่มแบบแช่น้ำ การบ่มแบบการใช้วัสดุเปียกชื้นคลุม การบ่มแบบใช้พลาสติกคลุม และการบ่มโดยใช้สารเคมี

2.3 ปูนซีเมนต์ที่ใช้คือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตามมาตรฐาน ASTM C150-78A

2.4 ขนาดหินที่ใช้เป็นส่วนผสมใช้หินเบอร์ 2 และทรายเป็นทรายหยาบที่ขายทั่วไปตามท้องตลาด โดยมีค่าความละเอียด (Fineness Modulus) อยู่ระหว่าง 2.3-3.2

2.5 ตัวอย่างคอนกรีตทดสอบเป็นทรงลูกบาศก์ขนาด 15×15×15 เซนติเมตร จำนวน 36 ลูก

3. ขอบเขตด้านสถานที่

สถานที่ทำการทดสอบ อาคารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 18/3 สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา

วิธีดำเนินการวิจัย

ออกแบบขั้นตอนการทดสอบ

การหาประสิทธิภาพกรรมวิธีการบ่มที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ประกอบด้วยการทดสอบการบ่มทั้งหมด 4 กรรมวิธี อันได้แก่ การบ่มแบบแช่น้ำ การบ่มแบบการใช้วัสดุเปียกชื้นคลุม การบ่มแบบใช้พลาสติกคลุม และการบ่มโดยใช้สารเคมี ทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ 7 วัน, 14 วัน และ 28 วัน อัตราส่วนผสมคอนกรีตคือ 1 : 2 : 4 มีวัสดุผสมดังนี้ ปูนซีเมนต์ : ทราย : หิน โดยใช้จำนวนลูกทดสอบรวม 36 ลูก ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนคอนกรีตทดสอบ

ระยะเวลา (วัน)	บ่มน้ำ	บ่มกระสอบ	บ่มพลาสติก	บ่มสารเคมี
7	3 ลูก	3 ลูก	3 ลูก	3 ลูก
14	3 ลูก	3 ลูก	3 ลูก	3 ลูก
28	3 ลูก	3 ลูก	3 ลูก	3 ลูก

การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

คอนกรีตทดสอบใช้อัตราส่วนผสมคอนกรีตตามมาตรฐานคือ 1 : 2 : 4 ทำการผสมตามอัตราส่วนและทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีต ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดค่ายุบตัวของคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่เหมาะสมตามข้อกำหนด วสท. ดังตารางที่ 2 และดำเนินการจัดทำคอนกรีตทดสอบ ทั้งหมด 36 ลูก โดยบ่มด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ดังภาพที่ 1-4

ตารางที่ 2 ค่ายุบตัวที่เหมาะสมสำหรับคอนกรีตโครงสร้างประเภทต่าง ๆ

ประเภทของโครงสร้าง	ค่าการยุบตัว (ซม.)	
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
งานฐานราก กำแพง คอนกรีตเสริมเหล็ก	8.0	2.0
งานฐานรากคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก งานก่อสร้างใต้น้ำ	8.0	2.0
งานพื้น คาน และผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก	10.0	2.0
งานเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	10.0	2.0
งานพื้นถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก	8.0	2.0
งานคอนกรีตขนาดใหญ่	5.0	2.0

การบ่มแบบแช่น้ำ เป็นการป้องกันการสูญเสียความชื้นและเป็นการเพิ่มความชื้นให้กับคอนกรีต โดยการนำคอนกรีตที่ถอดจากแบบหล่อไปแช่ในน้ำสะอาดที่มีปริมาณน้ำสูงกว่าผิวด้านบนของคอนกรีต ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การบ่มแบบแช่น้ำ

การบ่มแบบใช้กระสอบคลุม เป็นการป้องกันการสูญเสียความชื้นและเป็นการเพิ่มความชื้นให้กับคอนกรีต โดยการนำกระสอบคลุมลูกทดสอบที่ถอดจากแบบหล่อและรดน้ำให้ชุ่มวันละ 1 ครั้ง ดังภาพที่ 2



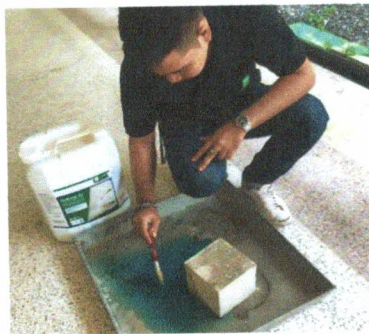
ภาพที่ 2 การบ่มแบบใช้กระสอบคลุม

การบ่มแบบใช้พลาสติกคลุม เป็นการป้องกันการสูญเสียความชื้นจากเนื้อคอนกรีต โดยให้นำพลาสติกใส มาคลุมลูกทดสอบที่ถอดจากแบบหล่อ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การบ่มแบบใช้พลาสติกคลุม

การบ่มแบบใช้สารเคมี เป็นการป้องกันการสูญเสียความชื้นจากเนื้อคอนกรีต โดยให้นำสารเคมีที่ใช้ สำหรับการบ่มคอนกรีตมาทาเคลือบผิวคอนกรีตให้ทั่ว ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การบ่มแบบใช้สารเคมี

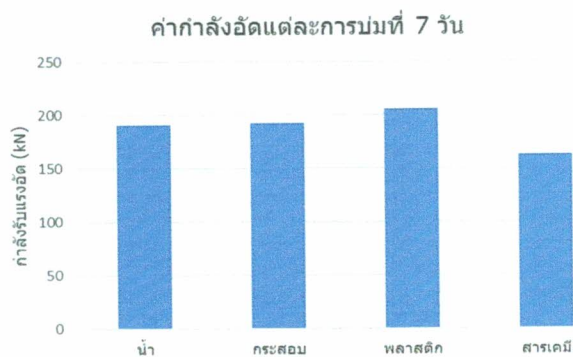
และดำเนินการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ด้วยเครื่องทดสอบการรับแรงอัดของคอนกรีตที่กำหนด 7 วัน, 14 วัน และ 28 วัน

ผลการวิจัย

1. ผลการทดสอบค่ายุบตัว พบว่าค่ายุบตัวของคอนกรีตที่ทำการทดสอบ อยู่ในคอนกรีตประเภทโครงสร้างงานฐานราก กำแพง คอนกรีตเสริมเหล็ก จากทฤษฎีเท่ากับ 8 ± 2 ซม. โดยค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบเท่ากับ 7.5 ซม.

2. กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ 7 วัน

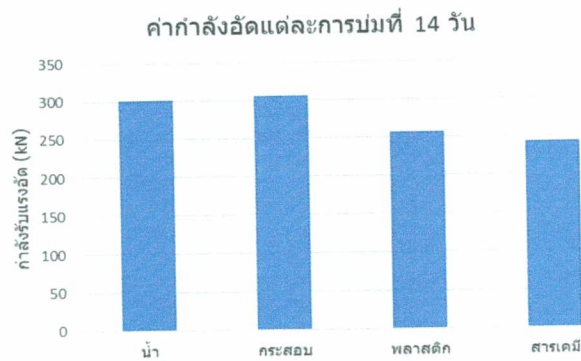
จากการทดสอบกำลังรับแรงอัดของลูกทดสอบจำนวน 12 ลูก ในระยะเวลาการบ่ม 7 วัน ของแต่ละวิธีการบ่ม ซึ่งแยกเป็นวิธีการบ่มละ 3 ลูกทดสอบ ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธีการบ่ม ดังนี้ การบ่มแบบแช่น้ำเท่ากับ 190.73 KN การบ่มแบบใช้กระสอบคลุมเท่ากับ 192.00 KN การบ่มแบบใช้พลาสติกคลุมเท่ากับ 204.96 KN และการบ่มแบบใช้สารเคมีเท่ากับ 162.03 KN จากภาพที่ 5 แสดงให้เห็นว่าการบ่มแบบใช้พลาสติกคลุมทำให้คอนกรีตมีกำลังรับแรงได้สูงที่สุดในระยะเวลาการบ่มที่ 7 วัน



ภาพที่ 5 กราฟค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดที่ 7 วัน

3. กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ 14 วัน

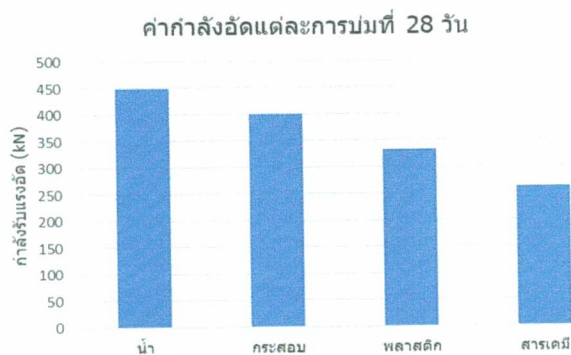
จากการทดสอบกำลังรับแรงอัดของลูกทดสอบจำนวน 12 ลูก ในระยะเวลาการบ่ม 14 วัน ของแต่ละวิธีการบ่ม ซึ่งแยกเป็นวิธีการบ่มละ 3 ลูกทดสอบ ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธีการบ่ม ดังนี้ การบ่มแบบแช่น้ำเท่ากับ 301.30 KN การบ่มแบบใช้กระสอบคลุมเท่ากับ 304.90 KN การบ่มแบบใช้พลาสติกคลุมเท่ากับ 255.90 KN และการบ่มแบบใช้สารเคมีเท่ากับ 242.63 KN จากภาพที่ 6 แสดงให้เห็นว่าการบ่มแบบใช้กระสอบคลุมทำให้คอนกรีตมีกำลังรับแรงได้สูงที่สุดในระยะเวลาการบ่มที่ 14 วัน



ภาพที่ 6 กราฟค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดที่ 14 วัน

4. กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ 28 วัน

จากการทดสอบกำลังรับแรงอัดของลูกทดสอบจำนวน 12 ลูก ในระยะเวลาการบ่ม 28 วัน ของแต่ละวิธีการบ่ม ซึ่งแยกเป็นวิธีการบ่มละ 3 ลูกทดสอบ ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธีการบ่ม ดังนี้ การบ่มแบบแช่น้ำเท่ากับ 448.76 KN การบ่มแบบใช้กระสอบคลุมเท่ากับ 399.40 KN การบ่มแบบใช้พลาสติกคลุมเท่ากับ 331.40 KN และการบ่มแบบใช้สารเคมีเท่ากับ 261.30 KN จากภาพที่ 7 แสดงให้เห็นว่าการบ่มแบบแช่น้ำทำให้คอนกรีตมีกำลังรับแรงได้สูงที่สุดในระยะเวลาการบ่มที่ 28 วัน



ภาพที่ 7 กราฟค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน

การอภิปรายผล

การบ่มคอนกรีตเป็นกรรมวิธีการทำคอนกรีตให้แข็งแรง โดยมีความสำคัญอย่างยิ่ง ซึ่งปัจจุบันมีหลากหลายวิธีที่ใช้ โดยงานวิจัยนี้เป็นการหาประสิทธิภาพกรรมวิธีการบ่มแบบต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ประกอบด้วยการทดสอบการบ่มทั้งหมด 4 กรรมวิธี อันได้แก่ การบ่มแบบแช่น้ำ การบ่มแบบการใช้วัสดุเปียกชื้นคลุม การบ่มแบบใช้พลาสติกคลุม และการบ่มโดยใช้สารเคมี ทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ 7 วัน, 14 วัน และ 28 วัน อัตราส่วนผสมคอนกรีตคือ 1 : 2 : 4 มีวัสดุผสมดังนี้ ปูนซีเมนต์ : ทราย : หิน โดยใช้จำนวนลูกทดสอบรวม 36 ลูก ที่การทดสอบกำลังรับแรงอัด 7 วัน กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่บ่มด้วยการใช้พลาสติกคลุม

ให้กำลังรับแรงอัดมากที่สุด โดยเพิ่มขึ้นจากการบ่มแบบแช่น้ำ 7.46 เปอร์เซ็นต์ ที่การทดสอบกำลังรับแรงอัด 14 วัน กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่บ่มด้วยการใช้กระสอบให้กำลังรับแรงอัดมากที่สุด โดยเพิ่มขึ้นจากการบ่มแบบแช่น้ำ 1.2 เปอร์เซ็นต์ ที่การทดสอบกำลังรับแรงอัด 28 วัน กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่บ่มด้วยการแช่น้ำ ให้กำลังรับแรงอัดมากที่สุด โดยการบ่มด้วยการใช้วัสดุเปียกชื้นคลุม (กระสอบ) ให้กำลังอัดลดลงจากการบ่มด้วยการแช่น้ำ 11 เปอร์เซ็นต์ การบ่มแบบใช้พลาสติกคลุมให้กำลังอัดลดลงจากการบ่มด้วยการแช่น้ำ 26.15 เปอร์เซ็นต์ และการบ่มโดยใช้สารเคมี ให้กำลังอัดลดลงจากการบ่มด้วยการแช่น้ำ 41.77 เปอร์เซ็นต์

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบการบ่มคอนกรีตที่จัดทำขึ้นในห้องทดสอบ ซึ่งมีความแตกต่างจากการบ่มคอนกรีตที่ใช้งานจริง ทั้งทางด้านอุณหภูมิ สถานที่ ความเอาใจใส่ ลักษณะการทำงาน อาจส่งผลต่อผลการทดสอบที่ได้

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การบ่มโดยใช้สารเคมีควรมีการทดสอบเพิ่มเติม โดยเพิ่มจำนวน และเพิ่มผลิตภัณฑ์สารเคมี ซึ่งมีหลากหลายที่อาจส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ธีวินิต ช่อวิเชียร. (2544). **คอนกรีตเทคโนโลยี**. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ไกรสิทธิ์ โลมรัตน์. (2542). **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำยาบ่มคอนกรีตกับการบ่มแบบทั่ว ๆ ไป**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร. (2540). **คอนกรีตเทคโนโลยี**. บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด.
- ณัฐวุฒิ สุวรรณภูมิ. (2548). **การสำรวจเชิงทดลองและการคำนวณเชิงตัวเลขของกระบวนการบ่มคอนกรีตด้วยพลังงานไมโครเวฟ**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ACI Committee 308. (2001). **Guide to curing concrete**. ACI Manual of Concrete Practice, Part2, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich. pp. 1-31.
- Baris Ozer, M. Hulusi Ozkul. (2004). **The influence of initial water curing on the strength development of ordinary portland and pozzolanic cement concretes**. Cement and Concrete Research, Vol. 34, Issue 1, pp. 13-18.