

ผลของเปลือกไข่ต่อค่ากำลังรับแรงอัดและสมบัติทางกายภาพของมอร์ตาร์

Effect of eggshell on the compressive strength and physical properties of mortar

จินตนา พวงสันเทียะ¹ ชลิตา โตสนั่น¹ มธรรดา นามนนท์¹
และวัชรพงษ์ วงศ์เขียว^{1,*}

Jintana Puangsantia, Chalita Tosanan, Mathurada Namnon
and Watcharapong Wongkhew^{1,*}

รับบทความ 18 พฤศจิกายน 2563/ ปรับแก้ไข 22 ธันวาคม 2563/ ตอรับบทความ 22 ธันวาคม 2563
Received: November 18, 2020/ Revised: December 22, 2020/ Accepted: December 22, 2020

บทคัดย่อ

ในการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลเปลือกไข่ต่อค่ากำลังรับแรงอัดและสมบัติทางกายภาพของมอร์ตาร์ โดยการนำเปลือกไข่ที่เหลือทิ้งจากภาคอุตสาหกรรมมาเผาที่อุณหภูมิสูง 1,100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และนำเปลือกไข่ที่ผ่านการเผาเป็นส่วนผสมในการผลิตมอร์ตาร์ โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ : ทราย เท่ากับ 1 : 2 และปูนต่อน้ำ เท่ากับ 1 : 1 ตามลำดับ และแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกไข่เผาในอัตราส่วนร้อยละ 0,10,20,30,40 และ 50 โดยปริมาตร ผลการทดสอบพบว่าค่าความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นปรากฏ และค่ากำลังรับแรงอัดมีค่ามากกว่ามอร์ตาร์ควบคุม เมื่อเพิ่มปริมาณของเปลือกไข่ส่งผลให้ค่าความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นปรากฏ ค่าการดูดซึมน้ำ และค่ากำลังรับแรงอัดลดลง ขึ้นงานทดสอบที่อายุการบ่ม 7 วัน โดยค่ากำลังรับแรงอัดอยู่ในช่วง 1.13-6.97 MPa ความหนาแน่นรวมอยู่ในช่วง 1.18-1.51 g/cm³ ความหนาแน่นปรากฏอยู่ในช่วง 2.08-2.74 g/cm³ และการดูดซึมน้ำอยู่ในช่วง 27.38-41.35 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ขึ้นงานทดสอบที่อายุการบ่ม 28 วัน มีค่ากำลังรับแรงอัดอยู่ในช่วง 3.40-7.63 MPa ความหนาแน่นทั้งรวมอยู่ในช่วง 1.21-1.68 g/cm³ ความหนาแน่นปรากฏอยู่ในช่วง 2.26-2.86 g/cm³ และการดูดซึมน้ำในช่วง 26.93-40.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลจากการทดสอบพบว่า เปลือกไข่เผามีศักยภาพในการใช้เป็นส่วนผสมในมอร์ตาร์โดยทดแทนปูนซีเมนต์เพื่อเป็นทางเลือกในงานวัสดุก่อสร้างต่อไป

คำสำคัญ : เปลือกไข่เผา มอร์ตาร์ กำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ

Abstract

This study aimed to investigate the effect of calcined egg shell on compressive strength and physical properties of mortar. The egg shell from industrial was calcined at 1,100 °C for 4 hrs. Calcined eggshell was used as a precursor for mortar production.

¹ สาขาวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา 340 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา 30000

Physics and General Sciences Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, 340 Suranarai road, Maueng District, Nakhon Ratchasima, 30000

* Corresponding author: watcharapong_l@hotmail.com

วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม - ธันวาคม 2563)

Science and Technology Research Journal Nakhon Ratchasima Rajabhat University Vol.5 No.2 (July – December 2020)

The cement to sand ratio at 1 : 2 and cement to water ratio at 1 : 1 were designed. The calcined eggshell was used to replace part of cement at 0, 10, 20, 30, 40 and 50 % by volume. Results showed that bulk density, apparent density and compressive strength of mortar were higher than mortar control. However, bulk density, apparent density, water absorption, and compressive strength were decreased with increasing eggshell contents. For sample at 7 days, the compressive strength was in the range of 1.13 – 6.97 MPa. The bulk density was in the range of 1.18 – 1.51 g/cm³. The apparent density was in the range of 2.08 – 2.74 g/cm³. The water absorption was in the range of 27.38 – 41.35 %. For sample at 28 days, the compressive strength was in the range of 3.40 – 7.63 MPa. The bulk density was in the range of 1.21 – 1.68 g/cm³. The apparent density was in the range of 2.26 – 2.86 g/cm³. The water absorption was in the range of 26.93 – 40.70 %. As from the results, the calcined eggshell could be used as potential alternative cement for mortar production and building material applications.

Keywords : Calcined egg shell, Mortar, Compressive strength, Bulk density, Water absorption

บทนำ

ปัจจุบัน วัสดุจำพวกซีเมนต์ มอร์ตาร์ และคอนกรีตมีความต้องการใช้กันอย่างกว้างขวางเนื่องจากวัสดุประเภทนี้เป็นวัสดุหลักในอุตสาหกรรมก่อสร้าง มอร์ตาร์เป็นวัสดุที่เกิดจากการการผสมของปูนซีเมนต์ ทราย และน้ำเข้าด้วยกัน และเป็นวัสดุที่ใช้สำหรับการก่อ การฉาบ และตกแต่งผิวโครงสร้าง (เอกลักษณ์ และคณะ, 2552) ปัจจุบันมีการนำของเสียประเภทต่างๆ มาเป็นส่วนผสมต่อสมบัติของมอร์ตาร์กันอย่างแพร่หลาย เช่น เถ้าลอย ตะกรันเตาถลุง กะลาปาล์ม น้ำมัน ของเสียประเภทยางหรือวัสดุเหลือใช้ที่ทำจากยางพารา วัสดุปอชโซลาน เป็นต้น วัสดุเหล่านี้นำมาใช้เพื่อพัฒนาคุณสมบัติของมอร์ตาร์โดยใช้เป็นวัสดุทดแทนมวลละเอียดและมวลหยาบ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการทำเกษตรกรรม การเลี้ยงสัตว์เป็นจำนวนมาก หนึ่งในสัตว์ที่เลี้ยงกันอย่างแพร่หลายนั้นก็คือ การเลี้ยงไก่ไข่ ซึ่งตามฟาร์มเลี้ยงไก่หรือโรงฟักไข่ก็จะมีเปลือกไข่ที่เหลือจากการฟักจำนวนมากที่ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ โดยทั่วไปการกำจัดเปลือกไข่จะใช้วิธีฝังกลบซึ่งในอนาคตจำเป็นต้องใช้พื้นที่ที่ว่างเปล่าในการฝังกลบ และหากมีกระบวนการฝังกลบที่ไม่ดีอาจส่งผลกระทบต่อมลพิษทางอากาศได้ เนื่องจากเปลือกไข่สามารถปลดปล่อยก๊าซแอมโมเนียและก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้อีกทั้งแหล่งทิ้งขยะจากเปลือกไข่ก็ยังสามารถก่อให้เกิดแหล่งสะสมเชื้อโรคอีกด้วย (เอกลักษณ์ และคณะ, 2552)

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเปลือกไข่สามารถนำมาทดแทนปูนซีเมนต์และทรายในการผลิตมอร์ตาร์ได้ เอกลักษณ์ และคณะ (2552) ศึกษาการใช้เปลือกไข่เผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ทดแทนทรายในมอร์ตาร์พบว่า เปลือกไข่ไก่เผามีศักยภาพในการใช้เป็นส่วนผสมแทนทรายในมอร์ตาร์ Al-Safy (2015) ศึกษาการทดแทนปูนซีเมนต์ด้วยผงเปลือกไข่ในอัตราส่วน 0, 1, 3, 5, 7 และ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก พบว่า ในช่วงต้น (7 และ 28 วัน) การแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกไข่ส่งผลทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดและค่ากำลังรับแรงดัดเพิ่มขึ้น Tan et al. (2018) ได้ศึกษาการทดแทนปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกไข่ในอัตราส่วน 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร พบว่าค่ากำลังรับแรงอัดและค่ากำลังรับแรงดัดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Shiferaw et al. (2019) ศึกษาลักษณะเฉพาะของปูนซีเมนต์เพสต์ที่ทดแทนด้วยเปลือกไข่ที่อัตราส่วน 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ด้วยเทคนิค XRD, TGA, FT-IR และ SEM พบว่า แคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกไข่สามารถทำปฏิกิริยากับ C₃A ในปูนซีเมนต์เกิดเป็น monosulfoaluminate ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาปูนซีเมนต์ และ monocarboaluminate ได้

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การทดแทนปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกไข่ยังมีการศึกษาที่ไม่กว้างขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแทนที่ที่ปริมาณสูง ด้วยเหตุผลดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำเปลือกไข่ไก่มาเป็นส่วนผสมในการผลิตมอร์ตาร์เพื่อสามารถนำไปประยุกต์ใช้

ในงานก่อสร้างได้ โดยทำการศึกษาผลของปริมาณเปลือกไข่เผื่อต่อค่ากำลังรับแรงอัดและสมบัติทางกายภาพของมอร์ตาร์

วิธีการดำเนินการวิจัย

วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย มอก. 15-2547
2. เปลือกไข่ไก่สายพันธุ์เบทาโกร เลเยอร์ จากโรงฟักไข่เบทาโกร ปากช่อง จ.นครราชสีมา
3. ทรายละเอียด จากร้านขายวัสดุก่อสร้าง
4. น้ำประปาสำหรับผสมมอร์ตาร์

วิธีการเตรียมชิ้นงาน

1. นำเปลือกไข่ประมาณ 100 kg ล้างและตากเปลือกไข่ให้แห้งเพื่อไล่ความชื้น
2. นำไปบดให้ละเอียด แล้วนำไปเผาด้วยเตาเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส แล้วนำมาบดให้ละเอียดอีกครั้ง แล้วนำไปทดสอบองค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง X-ray fluorescence spectrometer (XRF)
3. นำเปลือกไข่ที่เตรียมไว้มาไปผสมกับปูนซีเมนต์ : ทราย เท่ากับ 1 : 2 และอัตราส่วนปูนต่อน้ำ เท่ากับ 1 : 1 และใช้เปลือกไข่เผาแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร โดยอัตราส่วนผสมของมอร์ตาร์ทั้งหมด แสดงในตารางที่ 1
4. บ่มชิ้นงานจนมีอายุครบ 7 และ 28 วัน แล้วนำไปทดสอบความหนาแน่น ค่าการดูดซึมน้ำ และค่ากำลังรับแรงอัด โดยค่าความหนาแน่น และค่าการดูดซึมน้ำ ถูกทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 642 ส่วนค่ากำลังรับแรงอัดถูกทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 109 ค่าความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นปรากฏ และค่าการดูดซึมน้ำ สามารถคำนวณได้ตามสมการ 1 - 3 ตามลำดับ

$$\text{Bulk density} = \left(\frac{A}{B-D} \right) \times \rho \quad (1)$$

$$\text{Apparent density} = \left(\frac{A}{A-D} \right) \times \rho \quad (2)$$

เมื่อ A = น้ำหนักก่อนแช่น้ำ มีหน่วยเป็นกรัม (g)
 B = น้ำหนักหลังแช่น้ำ มีหน่วยเป็น กรัม (g)
 D = น้ำหนักชั่งในน้ำ มีหน่วยเป็น กรัม (g)
 ρ = ความหนาแน่นของน้ำ = 1g/cm³

$$\text{Water absorption} = \left(\frac{W_2 - W_1}{W_1} \right) \times \rho \quad (3)$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักก่อนแช่น้ำ มีหน่วยเป็น กรัม (g)

W_2 = น้ำหนักหลังแช่น้ำ มีหน่วยเป็น กรัม (g)

ตารางที่ 1 แสดงอัตราส่วนผสมของ ปูนซีเมนต์ เปลือกไข่ ทราย และ น้ำในการผสมมอร์ตาร์

ร้อยละการแทนที่ด้วยเปลือกไข่	น้ำหนักของวัสดุผสม (kg/m ³)			
	ปูนซีเมนต์	เปลือกไข่	น้ำ	ทราย
0%	488.9	0	488.9	977.7
10%	488.0	48.8	488.0	976.0
20%	487.1	97.4	487.1	974.2
30%	486.2	145.9	486.2	972.4
40%	485.3	194.1	485.3	970.6
50%	484.4	242.2	484.4	968.9

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกไข่

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกไข่เผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส และปูนซีเมนต์ ด้วยเครื่อง X-ray fluorescence spectrometer (XRF) แสดงดังตารางที่ 2 จากผลการทดสอบพบว่าเปลือกไข่ที่เผาที่มีปริมาณแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ร้อยละ 96.6 ซึ่งในเปลือกไข่ที่เผ่าจะเปลี่ยนรูปจากแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นแคลเซียมออกไซด์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของปูนซีเมนต์ และเมื่อเปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์พบว่า เปลือกไข่เผ่ามีปริมาณ CaO มากกว่าจากผลการทดสอบพบว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pliya และ Cree (2015) โดยพบว่าเปลือกไข่จะประกอบไปด้วย CaO ร้อยละ 98

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกไข่เผาและปูนซีเมนต์

องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	วัสดุ	
	ปูนซีเมนต์	เปลือกไข่เผา
CaO	63.2	96.6
SiO ₂	19.6	-
Al ₂ O ₃	7.3	3.1
Fe ₂ O ₃	3.3	0.1
MgO	2.5	-
SO ₃	2.1	0.03

2. ค่าความถ่วงจำเพาะ

ผลการหาค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ด้วยวิธีการใช้ขวด Pycnometer แสดงดังตารางที่ 3 ผลการทดลองพบว่า ค่าความถ่วงจำเพาะของเปลือกไข่แห้งมีค่าเท่ากับ 2.64 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าปูนซีเมนต์ โดยผลการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Pliya & Cree (2015) ที่พบว่าค่าความถ่วงจำเพาะของเปลือกไข่มีค่าเท่ากับ 2.5

ตารางที่ 3 ค่าความถ่วงจำเพาะ

ชนิด	ค่าความถ่วงจำเพาะ (g/cm ³)
ทราย	2.84
ปูนซีเมนต์	2.93
เปลือกไข่	2.64

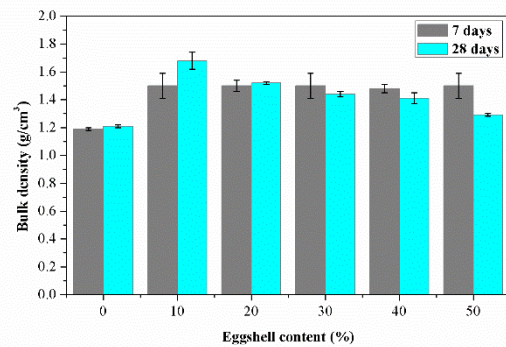
3. ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ

3.1 ผลการทดสอบความหนาแน่นรวม

ผลการทดสอบความหนาแน่นรวม (Bulk density) ของมอร์ตาร์ที่ใช้เปลือกไข่เป็นส่วนผสม แสดงดังภาพที่ 1 พบว่า มอร์ตาร์ที่มีการทดแทนปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกไข่เผาทุกอัตราส่วนผสมมีค่าความหนาแน่นรวมมากกว่าปูนซีเมนต์ควบคุม (ร้อยละการแทนที่ด้วยเปลือกไข่ 0%) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่เปลือกไข่เผาประกอบไปด้วย CaO ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับซิลิกาที่อยู่ในปูนซีเมนต์ส่งผลทำให้เกิดแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) เพิ่มขึ้น โดย C-S-H ที่เกิดขึ้นจะทำหน้าที่อุดรูพรุนภายในเนื้อซีเมนต์ส่งผลทำให้รูพรุนลดลงส่งผลให้มีค่าความหนาแน่นรวมเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ CaO ที่ไม่ทำปฏิกิริยาจะทำหน้าที่อุดช่องว่างหรือเรียกว่า filling effect ส่งผลให้รูพรุนลดลง ความหนาแน่นรวมเพิ่มขึ้น (Jaber et al., 2019)

นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความหนาแน่นรวมจะมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเปลือกไข่เผาจาก 10 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ทั้งนี้เนื่องจาก เปลือกไข่มีค่าความถ่วงจำเพาะที่น้อยกว่าทราย และปูน จึงเป็นผลทำให้ความหนาแน่นลดลงเมื่อปริมาณเปลือกไข่เพิ่มขึ้น (ศักดิ์ดา, 2555) นอกจากนี้ค่าความหนืดยังส่งผลต่อการอัดตัวของก้อนมอร์ตาร์ คือความหนืดมากส่งผลให้การอัดตัวของก้อนมอร์ตาร์ต่ำ จากการสังเกตการทดลองพบว่าส่วนผสมมอร์ตาร์จะมีความชื้นเหลวลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเปลือกไข่เผา ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำที่ลดลงเมื่อทดแทนปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกไข่เผา

มอร์ตาร์ที่มีระยะเวลาการบ่ม 7 วัน มีค่าความหนาแน่นรวมเท่ากับ 1.18 g/cm³ ที่ผสมกับเปลือกไข่ร้อยละ 0 และมีค่าความหนาแน่นรวมเท่ากับ 1.51 g/cm³ ที่ผสมกับเปลือกไข่ร้อยละ 10 ส่วนมอร์ตาร์ที่มีระยะเวลาการบ่ม 28 วัน มีความหนาแน่นรวมเท่ากับ 1.21 g/cm³ ที่ผสมกับเปลือกไข่ร้อยละ 0 และมีค่าความหนาแน่นรวมเท่ากับ 1.68 g/cm³ ที่ผสมกับเปลือกไข่ร้อยละ 10



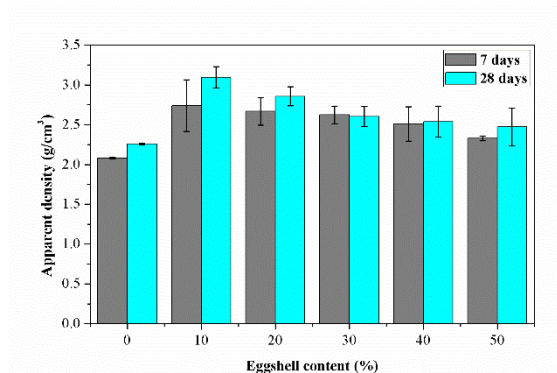
ภาพที่ 1 ผลการทดสอบหาค่าความหนาแน่นรวม

3.2 ผลการทดสอบความหนาแน่นปรากฏ

ผลการทดสอบความหนาแน่นปรากฏ (Apparent density) ของมอร์ตาร์ที่ใช้เปลือกไข่เป็นส่วนผสม แสดงดังภาพที่ 2 ความหนาแน่นปรากฏเป็นความหนาแน่นที่คิดเฉพาะส่วนที่เป็นของแข็ง (solid phase) โดยไม่คิดรวมรูพรุนหรือช่องว่างในเนื้อมอร์ตาร์ จากผลการทดลองพบว่า มอร์ตาร์ที่มีการทดแทนปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกไข่เผาทุกอัตราส่วนผสมมีค่าความหนาแน่นปรากฏมากกว่าปูนซีเมนต์ควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบค่าความหนาแน่นรวม ทั้งนี้อาจสรุปได้ว่า C-S-H ที่เกิดขึ้นจะทำหน้าที่อุดรูพรุนภายในเนื้อซีเมนต์ส่งผลทำให้รูพรุนลดลง filling effect ของ CaO ก็ส่งผลให้รูพรุนลดลงได้ด้วยเช่นกัน จึงส่งผลให้มีค่าความหนาแน่นปรากฏเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความหนาแน่นปรากฏจะมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเปลือกไข่เผาจาก 10 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ทั้งนี้เนื่องจาก เปลือกไข่มีค่าความถ่วงจำเพาะที่น้อยกว่าทราย และปูน จึงเป็นผลทำให้ ความหนาแน่นปรากฏลดลงเมื่อปริมาณเปลือกไข่เพิ่มขึ้น

มอร์ตาร์ที่มีระยะเวลาการบ่ม 7 วัน มีค่าความหนาแน่นปรากฏเท่ากับ 2.08 g/cm³ ที่ผสมกับเปลือกไข่ร้อยละ 0 และมีค่าความหนาแน่นปรากฏเท่ากับ 2.74 g/cm³ ที่ผสมกับเปลือกไข่ร้อยละ 10 ส่วนมอร์ตาร์ที่มีระยะเวลาการบ่ม 28 วัน มีความหนาแน่นปรากฏเท่ากับ 2.26 g/cm³ ที่ผสมกับเปลือกไข่ร้อยละ 0

และมีค่าความหนาแน่นปรากฏเท่ากับ 3.09 g/cm^3 ที่ผสมกับเปลือกไข่ร้อยละ 10

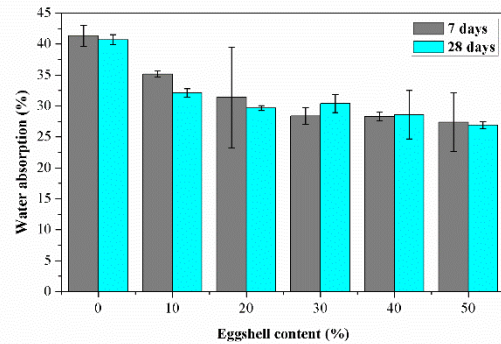


ภาพที่ 2 ผลการทดสอบความหนาแน่นปรากฏ

3.3 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ของมอร์ตาร์ที่ใช้เปลือกไข่เป็นส่วนผสมแสดงดังภาพที่ 3 พบว่า มอร์ตาร์ที่มีการทดแทนปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกไข่ทุกอัตราส่วนผสมมีค่าการดูดซึมน้ำน้อยกว่าปูนซีเมนต์ควบคุม การดูดซึมน้ำของมอร์ตาร์สัมพันธ์กับรูพรุน (Aligizaki, 2006) โดยเฉพาะอย่างยิ่งรูพรุนเปิด ซึ่งกลไกการซึมผ่านน้ำจะซึมผ่านรูพรุนของมอร์ตาร์ ดังนั้นรูพรุนที่มากจะส่งผลต่อการการดูดซึมน้ำที่มากตาม จากผลการทดลองพบว่า การดูดซึมน้ำจะมีความสอดคล้องกับค่าความหนาแน่นรวมและความหนาแน่นปรากฏ การดูดซึมน้ำที่ลดลงเมื่อแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกไข่ เนื่องจากรูพรุนที่ลดลงซึ่งเป็นผลมาจากการทำปฏิกิริยาของ CaO และ filling effect ของเปลือกไข่ นอกจากนี้พบว่าค่าการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเปลือกไข่เผา

มอร์ตาร์ที่มีระยะเวลาการบ่ม 7 วัน มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 27.38 % ที่ผสมกับเปลือกไข่ร้อยละ 50 และมีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 41.35 % ที่ผสมกับเปลือกไข่ร้อยละ 0 ส่วนมอร์ตาร์ที่มีระยะเวลาการบ่ม 28 วัน มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 26.93% ที่ผสมกับเปลือกไข่ร้อยละ 50 และมีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 40.70 % ที่ผสมกับเปลือกไข่ร้อยละ 0

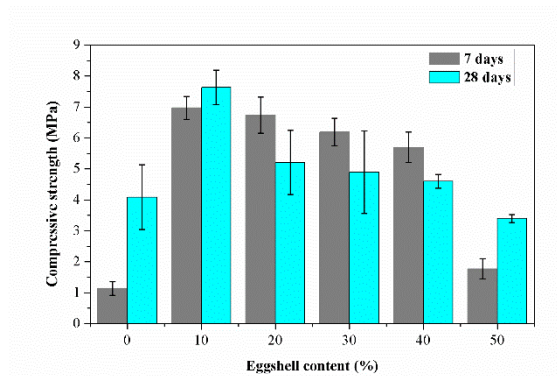


ภาพที่ 3 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

4. ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด

ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด (Compressive strength) ของมอร์ตาร์ แสดงดังภาพที่ 4 พบว่ามอร์ตาร์ที่มีการทดแทนปูนซีเมนต์ด้วยเปลือกไข่เผาทุกอัตราส่วนผสมมีค่ากำลังรับแรงอัดมากกว่าปูนซีเมนต์ควบคุม ทั้งนี้เนื่องมาจากการที่เปลือกไข่เผาประกอบไปด้วย CaO ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับซิลิกาที่อยู่ในปูนซีเมนต์ส่งผลทำให้เกิด C-S-H เพิ่มมากขึ้น โดย C-S-H ที่เกิดขึ้นจะทำให้หน้าตัดรูพรุนภายในเนื้อซีเมนต์เพสต์ส่งผลทำให้รูพรุนลดลงส่งผลให้มีค่าความหนาแน่นรวมเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ CaO ที่ไม่ทำปฏิกิริยาจะทำหน้าที่อุดช่องว่างหรือเรียกว่า filling effect ส่งผลให้รูพรุนลดลง ความหนาแน่นรวมเพิ่มขึ้น (Jaber et al., 2019) แต่อย่างไรก็ตาม ค่ากำลังรับแรงอัดมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเปลือกไข่เผา ถึงแม้ว่าการเพิ่มปริมาณเปลือกไข่เผาจะสามารถเพิ่มการทำปฏิกิริยาและเพิ่มปริมาณ C-S-H แต่การอุดรูพรุนจะเกิดในรูพรุนขนาดเล็กในเมตรจนถึงไมโครเมตร ซึ่งการลดลงของค่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์อาจเนื่องมาจากการเกิดรูพรุนขนาดใหญ่ (air void) ซึ่งเป็นผลมาจากการอัดตัวไม่ดีของมอร์ตาร์

มอร์ตาร์ที่มีระยะเวลาการบ่ม 7 วัน มีค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 1.13 MPa ที่ผสมกับเปลือกไข่ ร้อยละ 0 และมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดเท่ากับ 6.94 MPa ที่ผสมกับเปลือกไข่ร้อยละ 10 ส่วนมอร์ตาร์ที่มีระยะเวลาการบ่ม 28 วันมีค่ากำลังรับแรงอัดต่ำสุดเท่ากับ 3.40 MPa ที่ผสมกับเปลือกไข่ ร้อยละ 50 และมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดเท่ากับ 7.63 MPa ที่ผสมกับเปลือกไข่ร้อยละ 10



ภาพที่ 4 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเปลือกไข่ต่อกำลังอัดและสมบัติทางกายภาพของมอร์ตาร์ โดยใช้เปลือกไข่เผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง พบว่าองค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมออกไซด์ และเมื่อนำไปผสมในมอร์ตาร์ พบว่าเปลือกไข่ช่วยให้ความหนาแน่น และค่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์มีค่ามากกว่ามอร์ตาร์ควบคุม แต่ค่าการดูดซึมน้ำมีค่าต่ำกว่าคอนกรีตควบคุม แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณเปลือกไข่เผาจะส่งผลต่อความหนาแน่นและค่ากำลังอัดที่ลดลง

เอกสารอ้างอิง

1. ศักดิ์ดา ไตรปิฎก. (2555). การใช้เปลือกไข่ไก่เป็นส่วนผสมในการพัฒนาคอนกรีตมวลเบา. (การค้นคว้าอิสระ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร).
2. เอกลักษณ์ มณีทิพย์, ปารเมศ กำแหงฤทธิ์รงค์, สิงห์ อินทรชูโต และจิตติมา ไส้โม้. (2559). อิทธิพลของเปลือกไข่ไก่เผาที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์. ใน *นเรศวรวิจัย ครั้งที่ 12: วิจัยและนวัตกรรมกับการพัฒนาประเทศ* (น.571-580). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
3. Aligizaki K.K. (2006). *Pore structure of cement-based materials*. Taylor & Francis. pp.14-16.
4. Al-Safy, R.A. (2015). Experimental investigation on properties of cement mortar incorporating eggshell powder. *Journal of Engineering and Development*. 19(6), pp. 198-209.

5. Jaber, H.A., Mahdi, R.S. & Hassan, A.K. (2020). Influence of eggshell powder on the Portland cement mortar properties. *Materials Today: Proceeding*. 20(4), pp. 391-396.
6. Pliya, P. & Cree, D. (2015). Limestone derived eggshell powder as a replacement in Portland cement mortar. *Construction and Building Materials*. 95: pp. 1-9.
7. Shiferaw, N., Habte, L., Thenepalli, T. & Ahn, J.W. (2019). Effect of eggshell powder on the hydration of cement paste. *Materials (Basel)*. 12(15), pp. 2483.
8. Tan, Y.Y., Doh, S.I. & Chin, S.C. (2018). Eggshell as a partial cement replacement in concrete development. *Magazine of Concrete Research*. 70(13), pp. 662-670.