

การศึกษาการพัฒนา กำลังอัดประลัยของมอร์ตาร์ด้วยเถ้าแกลบสด A STUDY OF COMPRESSIVE STRENGTH OF MOTAR MIXED WITH GROUND RICE HUK ASH

สุรเชษฐ์ วรรณนา^{1*}

Surachet Wanna^{1*}

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

¹Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University,

Mueang Phitsanulok, Phitsanulok, Thailand, 65000

*Corresponding author E-mail: w.surachet24@psru.ac.th

วันที่เข้ารับ 19 สิงหาคม 2563

วันที่แก้ไขบทความ 20 ตุลาคม 2563

วันที่ตอบรับบทความ 20 ตุลาคม 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนา กำลังอัดประลัยของก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ที่มีส่วนผสมของเถ้าแกลบ โดยนำมาบด 2 ขนาดคือ บด 2 ชั่วโมงและ 4 ชั่วโมงตามลำดับ โดยมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 25 และ 50 ก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ที่ใช้ในการทดลองใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.65 จากผลการวิจัยพบว่าที่ก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ที่อายุ 90 วัน การแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบบด 4 ชั่วโมงร้อยละ 25 (M70RHA-4-25) ให้ค่ากำลังอัดประลัยสูงสุดเท่ากับ 298.88 กก.ต่อตร.ซม. และก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ (M50RHA-4-50) ค่ากำลังอัดประลัยน้อยที่สุดเท่ากับ 257.06 กก.ต่อตร.ซม. นอกจากนี้พบว่าการแทนที่ร้อยละ 25 ของเถ้าแกลบบดที่ 2 ชั่วโมงและ 4 ชั่วโมงสามารถผ่านข้อกำหนดการใช้วัสดุปอซโซลานตามมาตรฐาน ASTM C 618 แต่การแทนที่ร้อยละ 50 ของเถ้าแกลบบดที่ 2 ชั่วโมงและ 4 ชั่วโมงไม่สามารถผ่านข้อกำหนดการใช้วัสดุปอซโซลานตามมาตรฐาน ASTM C 618

คำสำคัญ: ก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์, การพัฒนา กำลังอัดประลัย, เถ้าแกลบสด, วัสดุปอซโซลาน

Abstract

This research aims to study the compressive strength development of motor mixed with ground rice husk ash. There are two grindings: 2-hour grinding and 4-hour grinding. Cement was replaced by 25% and 50%. Mortars were cast by using w/b 0.65. The results showed that the 90-day mortar with 25% cement replacement with ground rice husk ash for 4 hours (M70RHA-4-25) showed the highest compressive strength, 298.88 ksc. On the other hand, the mortar, M50RHA-4-50, showed the lowest compressive strength, 257.06 ksc. In this study, it was also found that the replacement by 25% with 2-hour and 4-hour ground rice husk ash could be under the regulations of Pozzolana materials according to ASTM C 618 standard. However, the replacement by 50% with 2-hour and 4-hour ground rice husk ash could not be under the regulations of Pozzolana materials according to ASTM C 618 standard.

Keywords: Mortars, Compressive strength, Rice husk ash, Pozzolana

1. บทนำ

ปัจจุบันวงการอุตสาหกรรมคอนกรีตได้ตื่นตัวในเรื่องการนำวัสดุปอซโซลานมาใช้ประโยชน์ในงานคอนกรีตโดยเฉพาะอย่างการนำเถ้าลอย (Pulverized Fuel Ash ; PFA) ตะกรันเหล็ก (Ground Granular Blast Furnace Slag ; GGBS) ผงฝุ่นซิลิกา (Microsilica ; MS หรือ Silica Fume ; SF) การใช้วัสดุปอซโซลานนี้สามารถทำให้คอนกรีตมีคุณภาพที่ดีขึ้นหลายด้าน ได้แก่ การทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่เป็นกรด (Aydin *et al.*, 2007) สภาวะแวดล้อมที่เป็นซัลเฟต (Sirisawat, 2014) การลดการหดตัว (บวร มณีรัตน์, 2559) และการพัฒนากำลังอัดในระยะยาว เป็นต้น (ปีติสานต์ กร้ามาตร, 2553) ด้วยเหตุนี้เองทำให้วัสดุปอซโซลานแต่ละประเภทมีราคาสูงขึ้นมาก ทั้ง ๆ ที่เมื่อก่อนเป็นวัสดุเหลือใช้ที่ไม่มีความต้องการ แต่อย่างไรก็ดีวัสดุปอซโซลานอีกชนิดหนึ่ง ได้แก่ เถ้าแกลบ (Rice Husk Ash ; RHA) ยังคงเป็นวัสดุปอซโซลานที่ยังไม่มีราคาและยังเป็นวัสดุเหลือใช้ที่ไม่ต้องการของวงการผลิตอิฐมอญเถ้าแกลบมี 2 ชนิด ได้แก่เถ้าแกลบดำและเถ้าแกลบขาว ซึ่งเถ้าแกลบทั้ง 2 ชนิดนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของแกลบที่นำมาเป็นเชื้อเพลิงในการเผา (ชีเถ้าแกลบ, 2014) ในงานวิจัยครั้งนี้จะทำการทดลองเกี่ยวกับประสิทธิภาพของการนำเถ้าแกลบขาวมาใช้ในงานคอนกรีต เพื่อจะเป็นใช้เป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนางานคอนกรีตต่อไปในอนาคต

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาการพัฒนากำลังอัดประลัยของมอร์ตาร์ด้วยเถ้าแกลบบดที่อายุ 7 28 และ 90 วัน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุที่ใช้ในการศึกษา

3.1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตามมาตรฐานมาตรฐาน มอก. 15 หรือ ASTM C150

3.1.2 แก้วแลบ เป็นวัสดุที่เหลือใช้การเผาในอุตสาหกรรมอิฐมอญในจังหวัดพิจิตร ซึ่งในการทดลองได้ทำการบดให้มีขนาดเล็กลงโดยทำการบด 2 ขนาดคือบดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องบดที่มีมอเตอร์ความเร็วรอบที่ 800 รอบ/นาที

3.1.3 ทรายเป็นทรายหยาบแม่น้ำที่มีอยู่ในจังหวัดพิษณุโลกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-4 มิลลิเมตร โดยการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 30 มีค่าโมดูลัสความละเอียดของทราย 2.60

3.1.4 น้ำที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำประปาที่มีความสะอาด

3.2 วิธีการทดลอง

ทำการหล่อก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ขนาด 50x50x50 มิลลิเมตร โดยใช้แก้วแลบบด 2 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมง แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ร้อยละ 25 และร้อยละ 50 ตามลำดับ อัตราส่วนในต่อวัสดุประสาน (w/b) ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้เท่ากับ 0.65 และอัตราส่วนวัสดุประสานต่อ มวลรวมละเอียด(ทราย) เท่ากับ 1:1.75 เพื่อทำการทดสอบกำลังอัดตามมาตรฐาน ASTM C 109 (American Society for Testing and Materials, 2008) ที่อายุ 7 28 และ 90 วัน ตามลำดับ

3.3 ส่วนผสมที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองครั้งนี้จะใช้ส่วนผสมทั้งหมด 5 ส่วนผสม ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงส่วนผสมของก้อนตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

ลำดับ	ส่วนผสม	อัตราส่วน ส่วนผสมน้ำต่อ วัสดุ	อัตราส่วนผสมโดยปริมาตร			
			ปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1	แก้วแลบบด 2 ชั่วโมง	แก้วแลบบด 4 ชั่วโมง	ทราย
1	M100	0.65	1.00	0.00	0.00	1.75
2	M70RHA-2-25	0.65	0.75	0.25	-	1.75
3	M70RHA-4-25	0.65	0.75	0.25	-	1.75
4	M50RHA-2-50	0.65	0.50	-	0.50	1.75
5	M50RHA-4-50	0.65	0.50	-	0.50	1.75

หมายเหตุ: RHA-2-25 หมายถึง ก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ด้วยซีเมนต์
แก้วแลบบด 2 ชั่วโมงในอัตราส่วนร้อยละ 25



RHA-2-50 หมายถึง ก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ด้วยซีเมนต์
แกลบบด 2 ชั่วโมงในอัตราส่วนร้อยละ 50

RHA-4-25 หมายถึง ก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ด้วยซีเมนต์
แกลบบด 4 ชั่วโมงในอัตราส่วนร้อยละ 25

RHA-4-50 หมายถึง ก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ด้วยซีเมนต์
แกลบบด 4 ชั่วโมงในอัตราส่วนร้อยละ 50

4. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และแกลบ
แกลบบดแสดงในตารางที่ 2 โดยวิธี X-ray Fluorescence (XRF) พบว่าแกลบบดมีองค์ประกอบ
หลักคือ SiO_2 ปริมาณร้อยละ 91.6 ส่วนองค์ประกอบรองคือ Al_2O_3 Fe_2O_3 และ CaO ปริมาณร้อยละ
0.4 0.6 และ 0.8 ตามลำดับ ซึ่งจากปริมาณของ SiO_2 Al_2O_3 และ Fe_2O_3 ของแกลบบดถูก
จัดเป็น วัสดุปอซโซลานคลาส N เนื่องจากมีองค์ประกอบหลักทางเคมีเข้าเกณฑ์ตามมาตรฐาน ASTM
C618 กล่าวคือ สารประกอบ $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ รวมกันแล้วมีค่าร้อยละ 93.4 มากกว่าร้อยละ
70 และมีค่า SO_3 เท่ากับ 2.2 ซึ่งไม่เกินร้อยละ 4 LOI มีค่าร้อยละ 3.4 ซึ่งไม่เกินร้อยละ 10 ซึ่งไม่เกิน
ตาม ค่าที่มาตรฐานกำหนดไว้

ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุประสาน

องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุ ประสาน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1	แกลบบด
SiO_2	19.7	91.6
Al_2O_3	5.19	0.4
Fe_2O_3	3.34	0.6
CaO	64.8	0.8
MgO	1.2	0.2
Na_2O	0.16	-
K_2O	0.44	3.0
SO_3	2.54	2.2
Free lime	0.87	-
LOI	2.1	2.2
Specific gravity	3.15	-



4.2 การรับกำลังอัดประลัยของก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์

หลังจากการบ่มก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์เป็นระยะเวลา 7 28 และ 90 วัน ก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ถูกนำไปทดสอบการรับกำลังอัดประลัยตามมาตรฐาน ASTM C109 ซึ่งมีค่าดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุประสาน

ส่วนผสม Mix proportion	ร้อยละการแทนที่ ในปูนซีเมนต์ปอร์ต แลนด์ประเภทที่ 1 (RH/C ratio)	กำลังอัดประลัย (กก./ตร.ม.) (ksc)		
		7 วัน	28 วัน	90 วัน
M100	0	214.40	248.21	262.05
M70RHA-2-25	50	176.00	213.47	267.42
M70RHA-4-25	25	197.53	223.66	298.88
M50RHA-2-50	25	107.13	178.25	248.18
M50RHA-4-50	50	145.80	195.58	257.06

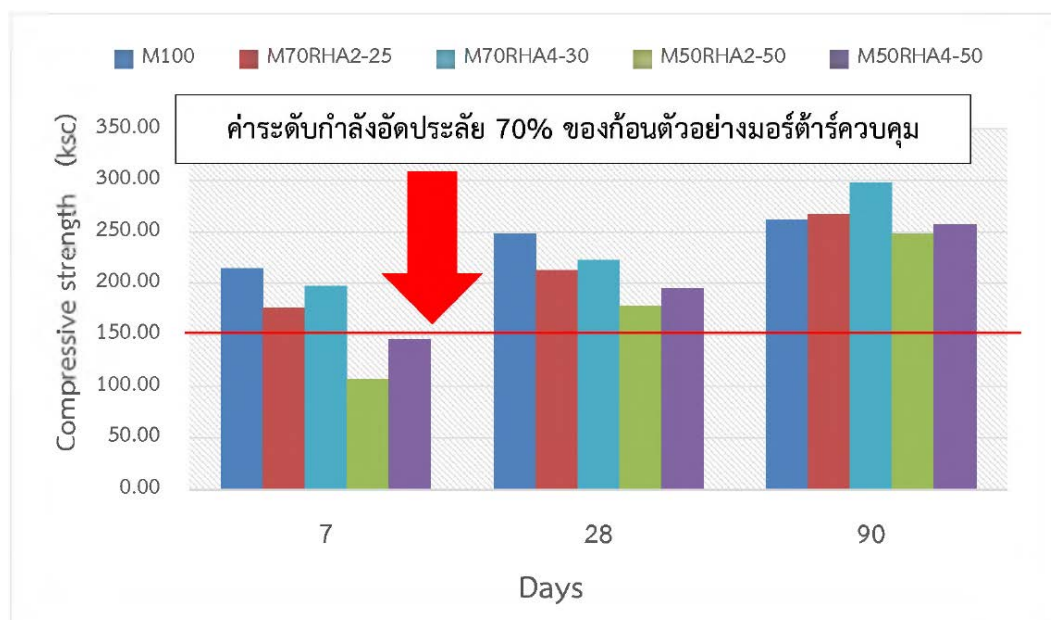
จากตารางที่ 3 พบว่าค่ากำลังอัดประลัยที่อายุ 7 วัน ก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ควบคุมมีค่ากำลังอัดประลัยสูงที่สุดคือ มีค่าเท่ากับ 214.40 กก.ต่อตร.ซม. ตามด้วยก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ M70RHA-4-25 มีค่ากำลังอัดเท่ากับ 197.53 กก.ต่อตร.ซม. ต่อด้วยก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ M70RHA-2-25 มีค่ากำลังอัดประลัยเท่ากับ 176.00 กก.ต่อตร.ซม. และก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ M50RHA-4-50 เท่ากับ 145.80 ส่วนก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ M50RHA-2-50 มีค่ากำลังอัดประลัยต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 107.13 กก.ต่อตร.ซม. ที่อายุ 28 วัน ก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ควบคุม (M100) ยังคงมีค่ากำลังอัดประลัยสูงที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 248.2 กก.ต่อตร.ซม.และติดตามด้วยก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ M70RHA-4-25 M70RHA-2-25 และ M50RHA-4-50 ที่มีค่ากำลังอัดประลัย เท่ากับ 223.66 กก.ต่อตร.ซม. 213.47 กก.ต่อตร.ซม. และ 195.58 กก.ต่อตร.ซม. ตามลำดับ ส่วนก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ M50RHA-2-50 ยังคงมีค่ากำลังอัดประลัยต่ำสุด คือ มีค่าเท่ากับ 178.25 กก.ต่อตร.ซม. อย่างไรก็ตามการบ่ม 90 วัน ก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ M70RHA-4-25 มีค่ากำลังอัดประลัยสูงที่สุด คือ เท่ากับ 298.88 กก.ต่อตร.ซม. ตามด้วยก้อนตัวอย่าง M70RHA-2-25 ซึ่งมีค่ากำลังอัดประลัยเท่ากับ 267.42 กก.ต่อตร.ซม. ค่ากำลังอัดประลัยของก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ควบคุม (M100) มีค่าเท่ากับ 262.05 กก.ต่อตร.ซม. ซึ่งมีค่ามากกว่ากำลังอัดประลัยของก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ M50RHA-4-50 และ M50RHA-2-50 ที่มีค่ากำลังอัดประลัยเท่ากับ 257.06 กก.ต่อตร.ซม.และ 248.18 กก.ต่อตร.ซม. ตามลำดับ

จากผลทดสอบจะเห็นได้ว่าผลจากการบดซีเมนต์แล้วกลบมีผลต่อค่ากำลังอัดประลัย ทั้งนี้เนื่องจากอนุภาคของซีเมนต์กลบที่มีขนาดเล็กมากสามารถแทรกเข้าไปในช่องว่างของก้อนตัวอย่าง

มอร์ตาร์ได้ดีทำให้เกิดการอัดแน่นของอนุภาคและลดช่องว่างในมอร์ตาร์ส่งผลให้ก้อนตัวอย่างที่แทนที่ด้วยซีเมนต์ที่บด 4 ชั่วโมงมีกำลังอัดประลัยที่สูงกว่าก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ที่แทนที่ด้วยซีเมนต์ที่บด 2 ชั่วโมง ในขณะเดียวกันการเพิ่มปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยซีเมนต์ที่บดในปริมาณที่เพิ่มขึ้นคือ อัตราส่วนร้อยละ 50 เป็นการแทนที่ส่วนผสมมากเกินไป ส่งผลให้กำลังอัดต่ำลงเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชันขึ้นอยู่กับปูนซีเมนต์ ซึ่งการที่ซีเมนต์สามารถพัฒนาให้ก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์นั้นมีค่ากำลังสูงขึ้นที่ระยะ 90 วัน นั้นเป็นเพราะปฏิกิริยาปอซโซลานิกของซีเมนต์ที่บดซึ่งสามารถได้ดังสมการที่ 1



อย่างไรก็ตามมาตรฐาน ASTM C618 ได้กำหนดไว้ว่าในการนำวัสดุปอซโซลานมาใช้นั้นค่ากำลังอัดประลัยของก้อนตัวอย่างที่มีการแทนที่ด้วยวัสดุปอซโซลานที่อายุ 7 วัน จะต้องมีความมากกว่าค่ากำลังอัดประลัย 70 เปอร์เซ็นต์ของก้อนตัวอย่างควบคุม จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานในการนำค่าแสดงกำลังอัดประลัยของก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ได้แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงค่ากำลังอัดประลัยของก้อนตัวอย่างแต่ละส่วนผสม

ภาพที่ 1 แสดงค่าการเปรียบเทียบกำลังอัดของก้อนตัวอย่างตามข้อกำหนดมาตรฐาน ASTM C618 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ที่แทนที่ด้วยซีเมนต์ที่บด 2 ชั่วโมงและ 4 ชั่วโมง

ในอัตราร้อยละ 25 สามารถผ่านข้อกำหนดตามมาตรฐาน ASTM C618 แต่ก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ที่แทนที่ด้วยเถ้าแกลบ 2 ชั่วโมงและ 4 ชั่วโมง ในอัตราร้อยละ 50 ไม่ผ่านข้อกำหนดตามมาตรฐาน ASTM C 618

5. สรุปผลการทดลอง

5.1 เถ้าแกลบสามารถพัฒนากำลังอัดประลัยของก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ได้เนื่องจากปฏิกิริยาปอซโซลานิกของเถ้าแกลบ

5.2 การแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบไม่ควรเกินร้อยละ 50 เนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชันของก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์ยังคงต้องการปริมาณ C_3S และ C_2S จากปูนซีเมนต์เพื่อใช้ในการผลิตแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($CaOH_2$) ในการพัฒนากำลังอัดประลัยในช่วงต้น

5.3 ค่าความละเอียดของเถ้าแกลบมีผลต่อกำลังอัดประลัยของก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์อย่างมีนัยสำคัญ

6. เอกสารอ้างอิง

- ชีเถ้าแกลบ. (2014). แกลบ แกลบดำ ชีเถ้าแกลบ วิธีทำแกลบดำและประโยชน์แกลบดำ. ค้นจาก <http://www.puechkaset.com>
- บวร มณีรัตน์. (2559). ผลกระทบของชนิดเถ้าลอยต่อความคงทนของคอนกรีตผสมเถ้าลอย. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.
- ปิติศานต์ กร้ามาตร (2553). คุณสมบัติเบื้องต้นของคอนกรีตผสมเถ้าลอยและผงฝุ่นหินปูน. โครงการเสริมสร้างความเข้มแข็งทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.
- Aydın, S., Yazıcı, H., Yiğiter, H., & Baradan, B. (2007). Sulfuric acid resistance of high-volume fly ash concrete. *Building and Environment*, 42(2), 717-721.
- Sirisawat, I. (2014). *Sulfate resisting concrete using various types of binder*. (Doctoral dissertation). Thammasat University, Bangkok.