



ISSN 2985-0835

KOCH CHA SARN JOURNAL OF SCIENCE

Vol. 46 (2); July-December (2024), pp. 13-18

<https://science.srru.ac.th/kochasarn>

Research Article

Compressive strength and porosity of mortar containing ground basalt

กำลังอัดและความพรุนของมอร์ตาร์ผสมหินบะซอลต์บด

กนิษฐา เหลืองงามขำ¹, สำเริง รักษ์ซอน^{1,*}Kanittha Luengngamkham¹, Sumrerng Rukzon^{1,*}¹สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ นครปฐม 73170¹Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Nakhon Pathom, 73170 Thailand

Article Info

Received 7 June 2024

Revised 29 October 2024

Accepted 6 November 2024

Abstract

This research presents a study of the compressive strength and porosity of mortar containing ground basalt (BS). Portland cement type 1 (OPC) was partially replaced at 0-40% of BS by weight of cementitious materials. Water to binder ratio (W/B) with constant of 0.43 was used. Superplasticizer (SP) was used to improve the workability of mortar. Test results found that the use of BS mixed in amounts of 10-20% as a partial cement replacement by weight of the cementitious material results in higher compressive strength and low porosity when compared to control mortar (CT) at 28 days. The ground basalt (BS) can be used as a pozzolanic material or cementitious materials. This is due to the strength activity index of the mortar that was replaced at 20% of BS by weight of cementitious materials is higher than 75% of the control mortar at the age of 7 and 28 days. The results of this research are a reduction in the amount of waste materials, reduce the burden of disposal and reduce environmental problems.

Keywords: Compressive strength, Porosity, Basalt, Pozzolanic material

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอการศึกษา กำลังอัดและความพรุนของมอร์ตาร์ผสมหินบะซอลต์บด ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ชนิดที่ 1 (OPC) แทนที่ด้วยหินบะซอลต์บด (BS) ในปริมาณร้อยละ 0-40 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน (W/B) คงที่เท่ากับ 0.43 ส่วนผสมของมอร์ตาร์ใช้สารลดน้ำพิเศษ (SP) เพื่อควบคุมการทำงานได้และการไหลแผ่ ผลการทดสอบพบว่า การใช้หินบะซอลต์บด (BS) แทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณร้อยละ 10-20 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน ส่งผลให้กำลังอัดสูงขึ้นและความพรุนลดลงเมื่อเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุม (CT) ที่อายุ 28 วัน หินบะซอลต์บดสามารถใช้เป็นวัสดุปอซโซลานหรือวัสดุประสานสำหรับผลิตมอร์ตาร์ได้เนื่องจากค่าร้อยละกำลังอัดของมอร์ตาร์ที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วย BS โดยน้ำหนักวัสดุประสาน มีค่าสูงกว่าร้อยละ 75 ของมอร์ตาร์ CT ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้ง ลดภาระในการกำจัดทิ้ง และลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: กำลังอัด ความพรุน บะซอลต์ วัสดุปอซโซลาน

1. บทนำ

มอร์ตาร์คือส่วนประกอบหลักของคอนกรีต มอร์ตาร์อาจใช้เป็นวัสดุซ่อมแซม งานก่อและงานฉาบ หรืองานอื่นๆ ตามวัตถุประสงค์ของโครงการก่อสร้างนั้น มอร์ตาร์นิยมใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เช่น การก่อสร้างบ้านพักอาศัย อาคารสาธารณะ เนื่องจากคอนกรีตเป็นองค์อาคารสำคัญในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ดังนั้นปัจจุบันนักวิจัยพยายามศึกษาวัสดุอื่นนำมาใช้ทดแทนหรือแทนที่ซีเมนต์บางส่วนเพื่อลดการใช้ซีเมนต์เพื่อปรับปรุงความทนทานของคอนกรีตหรือมอร์ตาร์ โดยวัสดุที่นิยมศึกษา คือ วัสดุพอซโซลาน (Pozzolanic Materials)

วัสดุพอซโซลาน (Pozzolanic Materials) แบ่งได้ 2 ประเภท คือ วัสดุพอซโซลานธรรมชาติ (Natural Pozzolan) และ วัสดุพอซโซลานสังเคราะห์ (Artificial Pozzolan) โดยวัสดุพอซโซลานธรรมชาติที่มีในประเทศไทย เช่น เถ้าลอย เถ้ากำเฒ่า เถ้าแกลบ เถ้าขานอ้อย และซิลิกาฟุ้ง เป็นต้น วัสดุเหล่านี้มีสารจำพวกซิลิกา (Silica) หรือ ซิลิกาและอลูมินา (Silica and Alumina) ปนอยู่ [1-4] โดยองค์ประกอบทางเคมีหลัก SiO_2 ที่มีอยู่ในวัสดุพอซโซลานสามารถทำปฏิกิริยาเพิ่มเติมจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน และจากนั้นได้เป็นปฏิกิริยาพอซโซลานส่งผลให้เกิดเป็นแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (CSH) กระจายอยู่ในคอนกรีต ลดขนาดเฉื่อยของโพรงในคอนกรีต คอนกรีตจึงมีเนื้อแน่นและแข็งแรงขึ้น [5-7]

หินบะซอลต์ (Basalt) เป็นผลพลอยได้ของอุตสาหกรรมโรงโม่หินในประเทศไทยพบได้ทางตะวันออกเฉียงเหนือ ผลพลอยได้หินบะซอลต์อาจเป็นปัญหาด้านวัสดุเหลือทิ้ง การกองทิ้ง ซึ่งส่งผลกระทบต่อพื้นที่กำจัดทิ้ง การศึกษาที่ผ่านพบว่าหินบะซอลต์ มีองค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วย SiO_2 , Al_2O_3 และ Fe_2O_3 เป็นออกไซด์หลัก [8, 9] ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในการเกิดปฏิกิริยาพอซโซลาน จึงน่าสนใจในการศึกษาเป็นวัสดุแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน ซึ่งจากการศึกษา งานวิจัยที่ผ่านมาของ El-Didamony และคณะ [7] พบว่าการใช้หินฝุ่นบะซอลต์แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ในปริมาณร้อยละ 20 ส่งผลให้กำลังอัดสูงกว่าซีเมนต์เพลตที่ใช้ปูนซีเมนต์เพียงอย่างเดียว การใช้หินฝุ่นบะซอลต์ส่งผลให้กำลังรับแรงอัดในช่วงเริ่มต้นน้อยกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วนแต่กำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอายุการทดสอบ [7] งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์พัฒนาหินบะซอลต์ในประเทศไทยเป็นวัสดุพอซโซลานเพื่อใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน จากนั้นศึกษาผลของปริมาณการแทนที่บางส่วนในปูนซีเมนต์ต่อกำลังอัดและร้อยละกำลังอัดและความพรุนของมอร์ตาร์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ในการพัฒนาต่อยอดส่วนผสมคอนกรีตต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากำลังอัดและความพรุนของมอร์ตาร์ผสมหินบะซอลต์บดสำหรับแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่ 1 บางส่วน

3. วิธีการวิจัย

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้วัสดุประสานเป็น ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่ 1 (OPC) มีค่าความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 3.14 และใช้หินบะซอลต์บด (BS) ที่ได้จากโรงโม่หิน ในตำบลลิสาณ อำเภอมือง จังหวัดบุรีรัมย์ โดยบดให้มีความละเอียดที่มีปริมาณสัดส่วนข้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 325 [10] ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก วัสดุมวลรวมละเอียดใช้ทรายเป็นวัสดุมวลรวมละเอียด โดยเป็นทรายสำหรับงานวิศวกรรมโครงสร้างซึ่งมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.59 มีขนาดโมดูลัสความละเอียด (F.M.) เท่ากับ 2.85 และมีขนาดละเอียดเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM [11-12] การศึกษานี้ใช้สารลดน้ำพิเศษ (Superplasticizer, SP) เพื่อปรับค่าการไหลและความสามารถในการทำงานได้ของมอร์ตาร์ [13] ในภาพที่ 1 แสดงหินบะซอลต์ขนาดเดิมจากโรงโม่หิน



ภาพที่ 1 หินบะซอลต์ขนาดเดิมจากโรงโม่หิน

3.2 ส่วนผสมของมอร์ตาร์และการบ่ม

ใช้อัตราส่วนวัสดุประสานต่อมวลรวมละเอียดของมอร์ตาร์เท่ากับ 1:2.75 ใช้หินบะซอลต์บด (BS) แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่ 1 (OPC) ในปริมาณร้อยละ 0, 10, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน การศึกษานี้ใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานใช้ค่าคงที่เท่ากับ 0.43 ส่วนผสมของงานวิจัยนี้ใช้สารลดน้ำพิเศษเพื่อปรับค่าการไหลเพื่อให้มีความสามารถทำงานได้ ใช้สารลดน้ำพิเศษเพื่อควบคุมค่าการไหลให้ได้เท่ากับร้อยละ 105-115 ตามมาตรฐานของ ASTM C230 [13] งานวิจัยนี้ใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานคงที่เนื่องจากต้องการศึกษาความต้องการสารลดน้ำพิเศษเพื่อส่งผลให้มีความกำลังอัดที่สูงและลดความพรุน เนื่องจากปริมาณความต้องการน้ำที่มากอาจส่งผลกระทบต่อ

ให้ความพรุนสูงขึ้นได้ นำส่วนผสมของมอร์ตาร์ที่หล่อไว้ในแบบหล่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องควบคุมอุณหภูมิที่ $25 \pm 3^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นถอดแบบและบ่มจนครบอายุการทดสอบที่ 7 และ 28 วัน จากนั้นนำไปทดสอบกำลังอัดและความพรุน ในตารางที่ 1 แสดงส่วนผสมของมอร์ตาร์

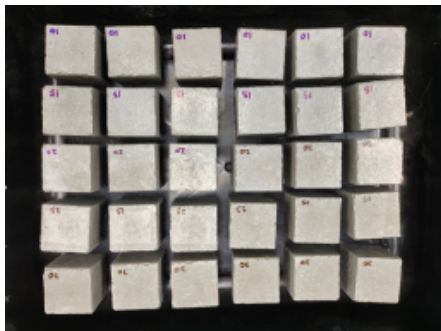
ตารางที่ 1 ส่วนผสมของมอร์ตาร์ (% by weight)

Sample ID	Cement W/B	Cement (OPC) (%)	BS (%)	Sand (%)	Flow (%)	SP (%)
CT	0.43	100	-	275	115	0.37
10%BS	0.43	90	10	275	105	0.36
20%BS	0.43	80	20	275	115	0.32
30%BS	0.43	70	30	275	108	0.31
40%BS	0.43	60	40	275	109	0.29

สัญลักษณ์: OPC คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่ 1, BS คือ หินบะซอลต์บด, SP คือ สารลดน้ำพิเศษ และ XX%BS คือ ร้อยละของปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วย BS

3.3 การทดสอบกำลังอัดของมอร์ตาร์

กำลังอัดของมอร์ตาร์ใช้แบบหล่อทรงลูกบาศก์ขนาด $50 \times 50 \times 50$ มิลลิเมตร ตามมาตรฐานของ ASTM C109 [14] เมื่อหล่อส่วนผสมของมอร์ตาร์แล้วทิ้งไว้ที่ห้องอุณหภูมิปกติที่ $25 \pm 3^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นแกะแบบและบ่มตัวอย่างในน้ำสะอาด เมื่อครบอายุที่ 7 และ 28 วัน นำไปทดสอบกำลังอัดโดยใช้ก้อนตัวอย่างการทดสอบมอร์ตาร์จำนวน 6 ก้อน เพื่อดำเนินการหาค่าเฉลี่ยกำลังอัด ในภาพที่ 2 และ 3 แสดงก้อนตัวอย่างทดสอบและการทดสอบกำลังอัดของมอร์ตาร์ด้วยเครื่องทดสอบกำลังอัด



ภาพที่ 2 การทดสอบกำลังอัดของมอร์ตาร์



ภาพที่ 3 การทดสอบกำลังอัดของมอร์ตาร์ด้วยเครื่องทดสอบกำลังอัด

3.4 การทดสอบความพรุนของมอร์ตาร์

การทดสอบความพรุนของมอร์ตาร์ประยุกต์ใช้มอร์ตาร์ขนาด $50 \times 50 \times 50$ ลูกบาศก์มิลลิเมตร การทดสอบใช้วิธีของงานวิจัยที่ผ่านมาของ Makaratat และคณะ [1] กล่าวคือ ภายหลังจากการหล่อส่วนผสมของมอร์ตาร์ในแบบหล่อและทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเท่ากับ $25 \pm 3^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้น ดำเนินการถอดแบบและนำตัวอย่างมอร์ตาร์บ่มในน้ำสะอาด ทดสอบความพรุนที่อายุการทดสอบ 7 และ 28 วัน โดยใช้ก้อนตัวอย่างมอร์ตาร์เพื่อทดสอบจำนวน 6 ก้อน เพื่อดำเนินการหาค่าเฉลี่ยการคำนวณความพรุนแสดงไว้ในสมการที่ (1)

$$P = \left(\frac{W_a - W_d}{W_a - W_w} \right) \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ P คือ ร้อยละความพรุน (%), W_a คือ น้ำหนักมอร์ตาร์ที่อิมมิด (กก.), W_d คือ น้ำหนักมอร์ตาร์อบแห้ง (กก.) และ W_w คือ น้ำหนักมอร์ตาร์ซึ่งในน้ำ (กก.)

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุ

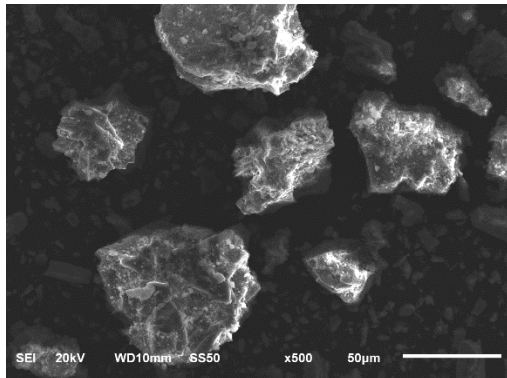
ตารางที่ 2 แสดงสมบัติพื้นฐานของวัสดุที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ชนิดที่ 1 (OPC) และหินบะซอลต์บด (BS) ผลการทดสอบพบว่า หินบะซอลต์บด (BS) ที่ผ่านการบดมีค่าความถ่วงจำเพาะและพื้นที่ผิวที่มากขึ้น [15] ในตารางที่ 3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของ BS ด้วยเครื่อง SEM-EDS microstructural analysis พบว่ามีปริมาณของ SiO_2 เท่ากับร้อยละ 54 และผลรวมของ SiO_2 , Al_2O_3 และ Fe_2O_3 กับ ร้อยละ 70 ซึ่งเป็นวัสดุปอซโซลานประเภททั่วไป [16] ภาพที่ 4 แสดงภาพขยายกำลังสูง (SEM photograph) ด้วยเครื่องทดสอบ SEM-EDS microstructural analysis ของหินบะซอลต์บด ซึ่งพบว่าผงบะซอลต์ที่ผ่านการบดมีรูปร่างมีลักษณะรูปร่างเป็นเหลี่ยมมุมไม่แน่นอน ส่วนในภาพที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์ BS ด้วย EDS pattern (SEM-EDS microstructural analysis) พบว่ามี BS ปริมาณของ SiO_2 เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งงานวิจัยจะใช้องค์ประกอบทางเคมีนี้เพื่อวิเคราะห์การเกิดปฏิกิริยาปอซโซลาน ซึ่งจะส่งผลต่อกำลังอัด

ตารางที่ 2 สมบัติทางกายภาพของ OPC และ BS

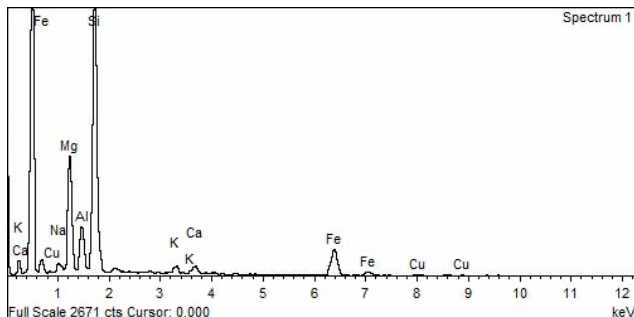
สมบัติทางกายภาพ	ปูนซีเมนต์ พอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 (OPC)	หินบะซอลต์บด (BS)
ค่าแรงมาตรฐาน เบอร์ 325 (%)	-	20
ความถ่วงจำเพาะ	3.14	2.90
พื้นที่ผิวจำเพาะโดย Blaine Fineness (cm ² /gram)	3,400	7,400

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของ OPC และ BS

Oxides	ปูนซีเมนต์ พอร์ตแลนด์ ชนิดที่ 1 (OPC)	หินบะซอลต์บด (BS)
SiO ₂	17	54
Al ₂ O ₃	5.5	14
Fe ₂ O ₃	16.5	2
CaO	49	1.9
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	-	70



ภาพที่ 4 SEM photograph ของ BS.



ภาพที่ 5 EDS patterns of BS.

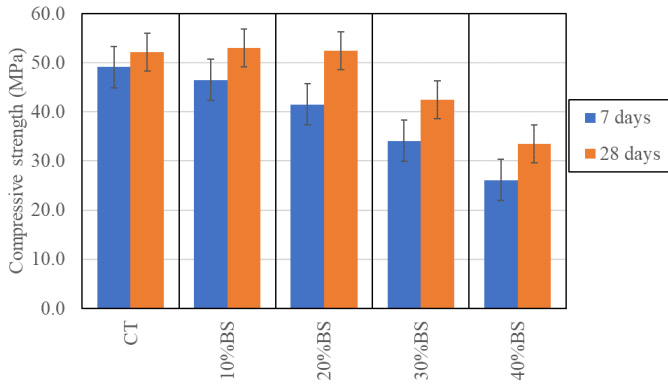
4.2 ผลการทดสอบกำลังอัดและร้อยละกำลังอัดของมอร์ตาร์

ในภาพที่ 6 และ 7 แสดงผลการทดสอบกำลังอัดและค่าร้อยละกำลังอัดของมอร์ตาร์แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วย BS ในปริมาณร้อยละ 0-40 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน ผลการทดสอบพบว่า ที่อายุการทดสอบ 7 วัน กำลังอัดของมอร์ตาร์ที่ใช้ BS แทนที่ปูนซีเมนต์มีค่ากำลังอัดลดลงเมื่อเทียบกับมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ล้วน ดังนั้นการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้ BS ส่งผลให้กำลังอัดของมอร์ตาร์ที่อายุนั้นมีค่าต่ำ [7] ที่อายุเริ่มต้น

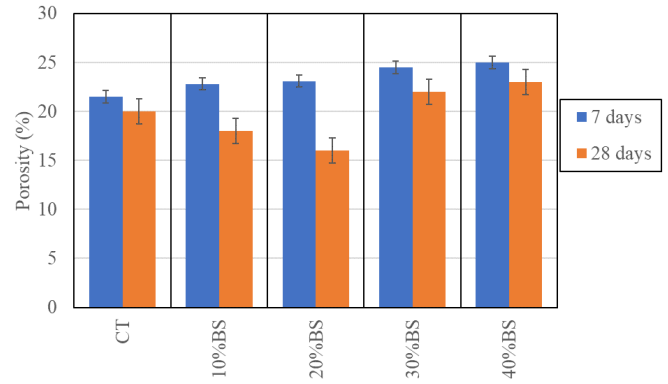
มอร์ตาร์ที่ใช้ BS แทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณร้อยละ 0-40 โดยน้ำหนักวัสดุประสานมีค่าร้อยละกำลังอัดเท่ากับ 53-95 ของมอร์ตาร์ CT อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาร้อยละกำลังอัดที่อายุ 7 วัน พบว่า การแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วย BS ที่ร้อยละ 10 และ 20 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน มีค่าร้อยละกำลังอัดเท่ากับ 95 และ 85 ของมอร์ตาร์ CT เมื่อพิจารณาตามมาตรฐานของ ASTM C618 [16] พบว่า BS สามารถใช้เป็นวัสดุปอซโซลานแทนที่ปูนซีเมนต์ได้เนื่องจากมีค่าร้อยละกำลังอัดสูงกว่าร้อยละ 75 เมื่อเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุม CT อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้ BS แทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณร้อยละ 40 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน กำลังอัดลดลงซึ่งมีค่าร้อยละกำลังอัดเท่ากับร้อยละ 53 ของมอร์ตาร์ CT

ส่วนอายุการทดสอบที่ 28 วัน พบว่ามอร์ตาร์ที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วย BS ในปริมาณร้อยละ 10 และ 20 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน มีค่ากำลังอัดสูงกว่ามอร์ตาร์ CT เนื่องจากการใช้ BS แทนที่ปูนซีเมนต์ส่งผลให้กำลังอัดสูงขึ้นตามอายุการทดสอบที่มากขึ้น [7] กำลังอัดที่สูงขึ้นของมอร์ตาร์เนื่องจากขนาดอนุภาคที่ผ่านการบดให้เล็กลงของ BS ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานได้ดีในอายุที่สูงขึ้น [17] ร้อยละกำลังอัดของมอร์ตาร์ที่ใช้ BS แทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณร้อยละ 10 และ 20 มีค่าเท่ากับร้อยละ 102 และ 101 ของมอร์ตาร์ CT การทดสอบครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า การเพิ่มปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วย BS ในปริมาณร้อยละ 30-40 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน ส่งผลให้กำลังอัดลดลง [18] ทั้งนี้เมื่อเพิ่มปริมาณการแทนที่ด้วย BS อาจเกิดการขัดกันของอนุภาคที่เป็นเหลี่ยมมุมจึงไม่สามารถแทรกตัวเข้าไปในโพรงได้ทั้งหมดและอาจศึกษาด้านโครงสร้างระดับจุลภาคต่อไป ดังนั้นในการใช้หินบะซอลต์บดสามารถใช้แทนที่ได้ในปริมาณร้อยละ 10-20 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน เป็นปริมาณที่เหมาะสม

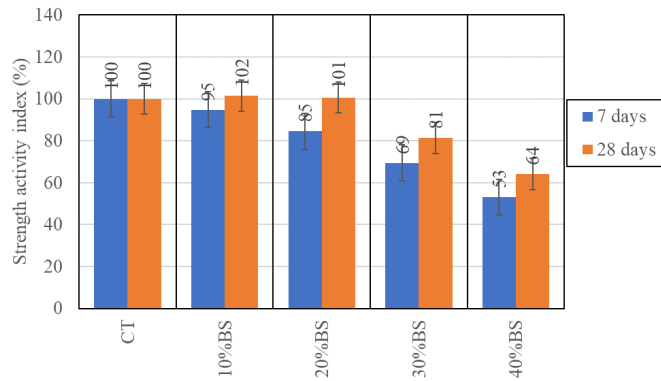
การใช้ประโยชน์หินบะซอลต์สำหรับแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนควรพิจารณาถึงผลของความละเอียดของวัสดุปอซโซลาน [18,20-21] เนื่องจากความละเอียดของวัสดุปอซโซลานส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาต่อจากปฏิกิริยาไฮเดรชันได้ดี กล่าวคือความละเอียดของวัสดุปอซโซลานที่สูงสามารถกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานได้ อย่างไรก็ตาม ยังมีสมบัตಿಯอื่นที่ต้องการการทดสอบเพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างความมั่นใจในการใช้งานวัสดุหินบะซอลต์ที่เหลือทิ้ง เช่น สมบัติด้านความทนทานต่อสารเคมี และกลสมบัติทางวิศวกรรมด้านอื่น



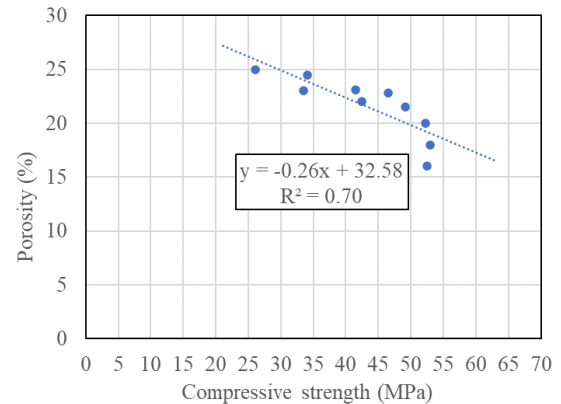
ภาพที่ 6 กำลังอัดของมอร์ตาร์ที่อายุ 7 และ 28 วัน



ภาพที่ 8 ความพรุนของมอร์ตาร์ที่อายุ 7 และ 28 วัน



ภาพที่ 7 ร้อยละกำลังอัดของมอร์ตาร์ที่อายุ 7 และ 28 วัน



ภาพที่ 9 กำลังอัดและความพรุนของมอร์ตาร์ที่อายุ 7 และ 28 วัน

4.3 ผลการทดสอบความพรุนของมอร์ตาร์

ภาพที่ 8 แสดงผลการทดสอบความพรุนของมอร์ตาร์ พบว่า ที่อายุ 7 วัน มอร์ตาร์ที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วย BS ในปริมาณร้อยละ 10-40 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน มีค่าร้อยละความพรุนเพิ่มขึ้นตามปริมาณการแทนที่ที่เพิ่มขึ้นในทุกส่วนผสมเมื่อเทียบกับมอร์ตาร์ CT เนื่องจากในช่วงอายุต้นการใช้ BS เกิดปฏิกิริยาช้า มอร์ตาร์จึงยังไม่มี ความทึบแน่น [7] การทดสอบที่อายุ 28 วัน พบว่า มอร์ตาร์ที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วย BS ในปริมาณร้อยละ 10 และ 20 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน มีค่าร้อยละความพรุนลดลงเมื่อเทียบกับมอร์ตาร์ CT อย่างไรก็ตาม เมื่อแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วย BS ในปริมาณร้อยละ 30-40 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน มีค่าร้อยละความพรุนเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับมอร์ตาร์ CT การทดสอบครั้งนี้พบว่า ร้อยละความพรุนของมอร์ตาร์ลดลงตามอายุการทดสอบที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาปอซโซลานของ BS เกิดได้ดีเมื่ออายุมากขึ้น คล้ายงานวิจัยที่ผ่านบางชิ้น [19] ในภาพที่ 9 แสดงให้เห็นว่าในการออกแบบส่วนผสมมอร์ตาร์ควรพิจารณาถึงความพรุนเป็นสำคัญเนื่องจากมีผลต่อกำลังอัด ในอนาคตจะได้มีการศึกษาให้มีอายุการทดสอบที่สูงขึ้น เช่น ที่อายุ 90, 180 วัน เป็นต้น ซึ่งอาจได้ผลการทดสอบในด้านของกำลังอัดและความพรุนที่มากขึ้น ซึ่งโดยปกติแล้วเมื่ออายุการทดสอบเพิ่มขึ้น กำลังอัดอาจสูงขึ้นและความพรุนอาจลดลงเนื่องจากปฏิกิริยาปอซโซลานและปฏิกิริยาไฮเดรชันส่งผลต่อความทึบแน่นของมอร์ตาร์ [7,18-21]

5. สรุปผลการวิจัย

ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพิจารณาศักยภาพ หินบะซอลต์เพื่อเป็นวัสดุก่อสร้าง ผลที่ได้จากงานนี้แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มในทางที่ดีสำหรับการใช้วัสดุเหลือทิ้ง กล่าวคือ มอร์ตาร์ที่ใช้ หินบะซอลต์แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนให้ค่ากำลังอัดที่สามารถใช้งานได้จริงเนื่องจากมีกำลังอัดที่สูงแต่ต้องผ่านการบดละเอียด การใช้ หินบะซอลต์บดสามารถใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ได้ในปริมาณร้อยละ 20 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน ส่งผลให้ประหยัดการใช้ปูนซีเมนต์ในงานผลิตมอร์ตาร์ อีกทั้งการนำหินบะซอลต์บดมาใช้ประโยชน์เป็นการสร้างมูลค่าให้กับของเหลือทิ้งให้มีมูลค่า และสามารถสร้างวิสาหกิจในชุมชนได้อย่างยั่งยืน เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีอยู่ในประเทศและต้องการบริหารจัดการของเสียเพื่อสังคมและสิ่งแวดล้อมที่ดี เป็นทางเลือกสำหรับผู้ประกอบการด้านวัสดุก่อสร้างในการนำของเสียมาใช้ประโยชน์ได้จริง อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาด้านความทนทานของมอร์ตาร์เพิ่มเติมเพื่อพิจารณาการใช้งานในระยะยาวต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรมแผนปฏิบัติการด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน. 66 FRB6612/2566) ที่สนับสนุนทุนวิจัย สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่สนับสนุนห้องปฏิบัติการ ในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Makaratat N, S. Rukzon, P. Chindaprasirt, Effects of delay ime and curing temperature on compressive strength and porosity of ground bottom ash geopolymer mortar, *J. Metal, Mater. Miner.* 31(3) (2021) 134-142
2. Posi P, Kasemsiri P, Lertnimoolchai P, Chindaprasirt P. Effect of fly ash fineness on compressive, flexural and shear strengths of high strength-high volume fly ash jointing mortar. *International Journal of GEOMATE.* 2019; 16(54): 36-41.
3. Rukzon S, Chindaprasirt P. Strength, Chloride Penetration and Corrosion Resistance of Ternary Blends of Portland Cement Self-Compacting Concrete Containing Bagasse Ash and Rice Husk-bark Ash. *Chiang Mai Journal Science.* 2018; 5(4): 1863-1874.
4. Mardani-Aghabaglou A, Inan Sezer G, Ramyar K. Comparison of fly ash, silica fume and metakaolin from mechanical properties and durability performance of mortar mixtures view point. *Construction and Building Materials.* 2014; 70(15): 17-25.
5. Chindaprasirt P, Sujumnongtokulb P, Posi P. Durability and mechanical properties of pavement concrete containing bagasse ash. *Materials Today: Proceedings.* 2019; 17: 1612-1626.
6. Rukzon S, Chindaprasirt P. Use of ternary blend of Portland cement and two pozzolans to improve durability of high-strength concrete. *KSCE Journal of in Civil Engineering,* 2014; 18(6): 1745-1752.
7. El-Didamony H, Helmy IM, Randa M. Osman, Habboud AM. Basalt as pozzolana and filler in Ordinary Portland cement. *American Journal of Engineering and Applied Sciences.* 2015; 8 (2): 263.274.
8. Sayed Mohamed Moawad M, EL-Rahman Ragab A, Younis S. Effect of the natural pozzolanic basalt on high-strength concrete. *Mansoura Engineering Journal.* 2023; 48: 1e16
9. Yu L, Zhou S, Dong J. Investigation into Pozzolanic Activity Component of Basalt and Pumice. *Journal of Materials in Civil Engineering.* 2020; 32(6): 04020135.
10. ASTM C430. Standard Method for Fineness of Hydraulic Cement by the 45 μ m (No. 325) Sieve. *ASTM Standard.* 2005; 04.01: 242-244.
11. ASTM C33. Standard Specification Concrete Aggregates. *Annual Book of ASTM Standards.* 2005; 04.02: 10-20.
12. ASTM C136. Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. *Annual Book of ASTM Standards.* 2005; 04.02: 88-92.
13. ASTM C230. Standard Specification for Flow Table for use in Tests of Hydraulic Cement. *Annual Book of ASTM Standard.* 2005; 04.01: 206- 211.
14. ASTM C109. Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in or [50 mm] Cube Specimens). *Annual Book of ASTM Standards.* 2005; 04.01: 76-81.
15. Rukzon S, Chindaprasirt P, Mahachai R. Effect of grinding on chemical and physical properties of rice husk ash. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials.* 2009; 16(2): 242-247.
16. ASTM C618, Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete, *Annual Book of ASTM Standard,* West Conshohocken, Pennsylvania, United States. 04.02(2005) 323-325.
17. Hassan KE, Cabrera JG, Maliehe RS. The effect of mineral admixtures on the properties of high-performance. *Concrete Cement and Concrete Composites.* 2000; 22: 267-271.
18. AminM, Sudibyo, Ordiana A, Karo Karo P. Effect of basalt mineral concentration as PCC cement substitution material on mortar products. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.* 2020; 483: 012009.
19. Chindaprasirt P, Rukzon S. Strength, porosity and corrosion resistance of blended Portland cement, rice husk ash and fly ash mortar. *Construction and Building Materials.* 2008; 22(8): 1601-1606.
20. Moawad MS, Younis S, Ragab AER. Assessment of the optimal level of basalt pozzolana blended cement replacement against concrete performance. *Journal of Materials in Civil Engineering.* 2021; 68(42): 1-16.
21. Khan K, Amin MN, Muhammad Saleem MU, Qureshi HJ, Al-Faiad MA, Qadir MG. Effect of fineness of basaltic volcanic ash on pozzolanic reactivity, ASR expansion and drying shrinkage of blended cement mortars. *Materials.* 2019; 12(16): 2603: 1-21