ผลกระทบของความละเอียดของผงฝุ่นหินปูนต่อการกำลังอัดประลัยของมอร์ต้าร์ในระยะต้น

EFFECT OF FINENESS OF LIMESTONE POWDER ON COMPRESSIVE STRENGTH IN FIRST STATE

สุรเชษฐ์ วรรณา[1*], วรางคณา แสงสร้อย[2] และ สมนึก ตั้งเติมสิริกุล[3]

Surachet Wanna[1*] Warangkana Saengsoy[2] and Somnuk Tangtermsirikul[2]

[1]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

[2]ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

อ. คลองหลวง จ.ปทุมธานี ประเทศไทย 12120

[1]Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Ratjabhat University, Maeung, Phitsanulok, Thailand 65000

[2]School of Civil Engineering and Technology, Sirindhorn International Institute of Technology,

Thammasat University, Klong Luang, Pathumthani, Thailand, 12120

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

วันที่เข้าระบบ 22 มกราคม 2562
วันที่แก้ไขบทความ 22 กุมภาพันธ์ 2562
วันที่ตอบรับบทความ 19 เมษายน 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของความละเอียดและร้อยละของผงฝุ่นหินปูนในการแทนที่ในปูนซีเมนต์ต่อการพัฒนาการรับกำลังอัดประลัยในช่วงต้นของคอนกรีต โดยใช้มอร์ต้าร์ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.45 และอัตราส่วนวัสดุประสานต่อทราย 1:2.75เป็นตัวทดสอบในการวิจัยและมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยผงฝุ่นหินปูนที่มีค่าความละเอียด 5 ไมครอนและ 8 ไมครอน ในสัดส่วนร้อยละ 5 และ 10 การหล่อตัวอย่างมอร์ต้าร์เพื่อทดสอบการรับกำลังอัดประลัยเป็นตามมาตรฐาน ASTM C 618 จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าค่าความละเอียดและร้อยละการแทนที่ในปูนซีเมนต์มีผลต่อค่าการพัฒนากำลังประลัยของมอร์ต้าร์ โดยค่ากำลังอัดประลัยของมอร์ต้าร์ที่มีการแทนที่ด้วยผงฝุ่นหินปูนขนาด 5 ไมครอน ร้อยละ 10 (M95LP5-10) ที่อายุบ่ม 3 วัน 7 วันและ 28 วัน มีค่าสูงที่สุดคือ 46 MPa, 59 MPa และ 65 MPa

คำสำคัญ: ผงฝุ่นหินปูน, มอร์ต้าร์, การพัฒนากำลังอัดประลัย

Abstract

This research aims to study the effect of fineness and percentage of limestone powder for cement replacement on the development of compressive strength in the first state of the concrete. Mortars cast at water to binder ratio (w/b 0.45) and at binder to sand ratio 1:2.75 were tested in this research. The cement was replaced with the limestone powders whose fineness were 5 microns and 8 microns in the proportion of 5% and 10%. Casting of the mortar samples to perform compressive strength testing was conformed to the standard test of the American Society for Testing and Materials (ASTM) C 168. The test result revealed that the fineness and the percentage of cement replacement affected the development of compressive strength of mortars. The result found that M95LP5-10 showed its highest compressive strength, 46 MPa, 59 MPa and 65 MPa at 3 days, 7 days and 28 days, respectively.

Keywords: Limestone powder, Mortar, Compressive strength

1. บทนำ

ปัจจุบันได้มีการปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตในด้านต่าง ๆ เช่นการพัฒนากำลังอัดในระยะยาว, ความทนทานของคอนกรีตในสภาพวะแวดล้อมที่เป็นกรด, ความทนทานของคอนกรีตในต่อซัลเฟต, น้ำทะเล และสารเคมีต่าง ๆ ด้วยการนำวัสดุปอซโซลาน เช่น เถ้าลอย (Pulverized fuel ash ; PFA), ตะกรันเหล็ก (Ground granular blast furnace slag ; GGBS), ผงฝุ่นซิลิกา (Microsilica ; MS หรือ Silica fume ; SF), เถ้าแกลบ (Rice husk ash ; RHA) มาแทนที่บางส่วนในปูนซีเมนต์ การที่วัสดุปอซโซลานช่วยให้คอนกรีตมีคุณสมบัติดีขึ้นนั้นเพราะมีซิลิก้าไดออกไซด์ (SiO_2) ที่เป็นองค์ประกอบของวัสดุปอซโซลานสามารถทำปฏิกิริยา (Reactive) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (CH) จากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของคอนกรีต เกิดเป็นแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) ที่มีความแข็งแรงมากขึ้นอีกทั้งยังสามารถลดการเยิ้ม (Bleeding) และแนวโน้มการแยกตัวของคอนกรีตลดลงได้ ที่สำคัญการใช้วัสดุปอซโซลานในงานคอนกรีตจะช่วยลดมลภาวะโลกร้อนได้อีกด้วยแต่อย่างไรก็ดีการใช้วัสดุปอซโซลานยังมีข้อด้อยคือ การพัฒนากำลังอัดประลัยในช่วงต้น (28 วันแรก) ของคอนกรีตจะมีการพัฒนาที่ช้ากว่าคอนกรีตทั่วไปเนื่องจากปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (CH) ที่ลดลงเนื่องจากการมีการลดลงของปริมาณของปูนซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีต (Aydın *et al.*, 2007 และ Cyr *et al.*, 2013).

ปัจจุบันได้มีการลดปัญหาดังกล่าวด้วยการใช้ผงฝุ่นหินปูนเพิ่มในส่วนผสมคอนกรีต ซึ่งการใช้ผงฝุ่นหินปูนในงานคอนกรีตนี้จะช่วยให้คอนกรีตมีการพัฒนากำลังในช่วงต้นได้ดีขึ้นเนื่องจากอนุภาคที่

ขนาดเล็กของผงฝุ่นหินปูนนี้เองจะช่วยให้ปูนซีเมนต์สามารถกระจายตัวได้ดีขึ้นส่งผลให้ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นสมบูรณ์ยิ่งขึ้นแต่ปริมาณและความละเอียดของผงฝุ่นหินปูนที่ใช้ในส่วนผสมคอนกรีตควรจะได้รับการศึกษาเพิ่มมากขึ้นเพื่อให้ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นสมบูรณ์มากขึ้นที่สุด (Kaewmanee and Tangtermsirikul, 2014).

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาปริมาณการแทนที่ในปูนซีเมนต์และความละเอียดของผงฝุ่นหินปูนที่ส่งผลให้คอนกรีตมีการพัฒนากำลังได้มากที่สุดในช่วงต้น

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 วัสดุที่ใช้ในการศึกษา

(1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ตามมาตรฐานมาตรฐาน มอก. 15 หรือ ASTM C150

(2) ผงหินปูนที่ใช้ ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท สุรินทร์ ออมย่า จำกัด โดยขนาดอนุภาคเฉลี่ยที่ใช้ คือ 5 ไมครอน และ 8 ไมครอน

(3) ทราย เป็นทรายหยาบแม่น้ำที่มีอยู่ในจังหวัดพิษณุโลกที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-4 มิลลิเมตร โดยการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 30 มีค่าโมดูลัสความละเอียดของทราย 2.58

(4) น้ำ ที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำประปาที่มีความสะอาดคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของวัสดุที่ใช้สามารถแสดงดังตารางที่ 1

2.2 วิธีการทดลอง

(1) ออกแบบส่วนผสมมอร์ต้าร์โดยใช้ส่วนผสมวัสดุประสานต่อทราย เท่ากับ 1:2.75 และอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.45 โดยมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยผงฝุ่นหินปูนร้อยละ 5 กับร้อยละ 10

(2) ทำการหล่อก้อนตัวอย่างมอร์ต้าร์ส่วนผสมละ 9 ก้อน ตามมาตรฐาน ASTM C618 เพื่อทดสอบการรับกำลัง

(3) ก้อนตัวอย่างมอร์ต้าร์ที่ทำการอัดและขึ้นรูปแล้วจะทำการบ่มในน้ำสะอาดเป็นเวลา 28 วัน

(4) ทำการทดสอบคุณสมบัติการรับการรับกำลังอัดประลัยของก้อนตัวอย่างมอร์ต้าร์ ที่อายุ 3วัน, 7 วันและ 28 วัน ตามมาตรฐาน ASTM C618

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของวัสดุประสาน

องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุประสาน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (C)	ผงฝุ่นหินปูน (LP)
SiO_2	19.7	0.40
Al_2O_3	5.19	0.06
Fe_2O_3	3.34	0.03
CaO	64.8	55.25
MgO	1.2	0.37
Na_2O	0.16	0.01
K_2O	0.44	0.01
SO_3	2.54	0.01
Free lime	0.87	-
LOI	2.1	43.79
ค่าความถ่วงจำเพาะ	3.15	2.70
ค่าความละเอียด (cm^2/g)	3,550	7,500
ขนาดของอนุภาค (ไมครอน)	18	5 และ 8

2.3 ส่วนผสมที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองครั้งนี้จะใช้ส่วนผสมทั้งหมด 4 สัดส่วนผสมซึ่งสามารถแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงส่วนผสมที่ใช้ในการทดลอง

สัดส่วนที่	ชื่อ	อัตราส่วนน้ำ/วัสดุประสาน (w/b)	ประเภทของปูนซีเมนต์	วัสดุประสาน (โดยน้ำหนัก)			
				ปูนซีเมนต์น้ำปูน	ผงฝุ่น	หิน	ทราย
1	M100	0.45	1	1.00	-	0.45	2.75
2	M95LP5-5	0.45	1	0.95	0.05	0.45	2.75
3	M95LP5-10	0.45	1	0.90	0.10	0.45	2.75
4	M90LP8-5	0.45	1	0.95	0.05	0.45	2.75
5	M90LP8-10	0.45	1	0.90	0.10	0.45	

หมายเหตุ: M100 หมายถึง มอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ล้วน

M95LP5-5 หมายถึง มอร์ต้าร์ที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยผงฝุ่นหินปูนขนาด 5 ไมครอน จำนวนร้อยละ 10

M95LP5-10 หมายถึง มอร์ต้าร์ที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยผงฝุ่นหินปูนขนาด 5 ไมครอน จำนวนร้อยละ 5
M90LP5-5 หมายถึง มอร์ต้าร์ที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยผงฝุ่นหินปูนขนาด 8 ไมครอน จำนวนร้อยละ 5
M90LP5-10 หมายถึง มอร์ต้าร์ที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยผงฝุ่นหินปูนขนาด 8 ไมครอน จำนวนร้อยละ10

3. การทดสอบ

การศึกษาหาผลกระทบของความละเอียดของผงฝุ่นหินปูนต่อการกำลังอัดประลัยของมอร์ต้าร์ในระยะต้นในครั้งนี้นั้นได้ทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐาน AASTM C 618 ซึ่งจะทำการทดสอบ 3 ก้อนตัวอย่าง/ส่วนผสมเพื่อหาค่าเฉลี่ย การทดสอบการรับกำลังอัด (Compressive strength) หล่อตัวอย่างมอร์ต้าร์ ขนาด 50x50x50 มิลลิเมตร ที่ส่วนผสมต่าง ๆ จำนวนส่วนผสมละ 3 ก้อนตัวอย่าง หลังจากทำการบ่มในน้ำประปาที่สะอาดเป็นเวลา 28 วัน จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จึงทำการทดสอบการรับน้ำหนักของก้อนตัวอย่างโดยค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากก้อนตัวอย่าง 3 ก้อนตัวอย่าง

4. การอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และเถ้าแกลบบดแสดงในตารางที่ 1 โดยวิธี X-ray fluorescence (XRF) พบว่าผงฝุ่นหินปูนมีองค์ประกอบหลักคือ CaO ปริมาณร้อยละ 55.25 ซึ่งมีปริมาณมที่ใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

ผลการทดสอบการรับกำลังอัดประลัยของมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมของผงฝุ่นหินปูน มีค่าดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลค่ากำลังอัดประลัยของมอร์ต้าร์ที่อายุ 3 วัน, 7 วันและ 28 วัน

ส่วนผสม Mix proportion	ร้อยละการแทนที่ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (LP/C ratio)	กำลังอัดประลัย(เมกะปาสคาล) โดยเฉลี่ย 3 ก้อน		
		3 วัน	7 วัน	28 วัน
M100	-	39	43	57
M95LP5-5	5	44	48	64
M95LP5-10	5	46	59	65
M90LP8-5	10	41	44	56
M90LP8-10	10	40	45	57

จากตารางที่ 3 พบว่าค่ากำลังอัดประลัยของมอร์ต้าร์ที่มีการแทนที่ด้วยผงฝุ่นหินปูนขนาด 5 ไมครอนร้อยละ 10 (M95LP5-10) ที่อายุบ่ม 3 วัน, 7 วันและ 28 วันมีค่าสูงที่สุดคือ 46 MPa, 59 MPa

และ 65 MPaรองลงมาคือ M95LP5-5 มีค่ากำลังอัดประลัยที่ 44 MPa, 48 MPaและ 64 MPa ที่อายุบ่ม 3วัน,7 วันและ 90 วัน ส่วน M90LP8-5 และ M90LP8-10 มีค่ากำลังอัดประลัยที่ 41,40 MPa, 44, 45 MPa และ 56, 57 MPa, ที่อายุบ่ม 3วัน, 7 วัน และ 90 วันตามลำดับ ส่วน M100 มีค่ากำลังอัดประลัยต่ำที่สุดคือ 39 MPa, 43 MPa และ 57 MPa อายุบ่ม 3วัน, 7 วัน และ 90 วัน

จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าค่าความละเอียดและร้อยละการแทนที่ในปูนซีเมนต์มีผลต่อค่าการพัฒนากำลังประลัยของมอร์ต้าร์โดยที่ผงฝุ่นหินปูนขนาดอนุภาค 5 ไมครอนจะส่วนทำให้เม็ดปูนซีเมนต์มีการกระจายตัวได้ดีกว่าผงฝุ่นหินปูนขนาดอนุภาค 8 ไมครอน ทำให้ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นเกิดได้สมบูรณ์มากกว่าส่งผลให้มีการพัฒนากำลังอัดได้มากกว่าที่อายุของมอร์ต้าร์ที่ 3 วัน, 7 วัน และ 28 วัน ส่วนร้อยละการแทนที่ส่งผลต่อปฏิกิริยาไฮเดรชั่นเช่นกันเนื่องจากการแทนที่ผงฝุ่นหินปูนร้อยละ 5 ยังไม่ทำให้ปูนซีเมนต์เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นได้สมบูรณ์มากนักเนื่องจากยังเป็นปริมาณที่น้อยไป

5. สรุป

5.1 ผงหินปูน (LP) สามารถพัฒนากำลังอัดประลัยต้นของมอร์ต้าร์ได้เนื่องจากทำให้ปฏิกิริยาสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

5.2 ค่าความละเอียดและร้อยละการแทนที่ของผงฝุ่นหินปูนมีอิทธิพลต่อการพัฒนากำลังอัดประลัยของมอร์ต้าร์อย่างมีนัยสำคัญ

6. เอกสารอ้างอิง

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.

Cyr, M. (2013). Influence of supplementary cementitious materials (SCMs) on concrete durability. **In Eco-efficient concrete**, 153-197.

Kaewmanee, K., & Tangtermsirikul, S. (2014). Properties of binder systems containing cement, fly ash and limestone powder. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, 36(5), 569-576.