



ประสิทธิภาพทางกลสมบัติของมอร์ต้าผสมเม็ดโฟม

The Effective of Mechanical Properties of Foamed Mortar

ไตรทศ ขำสุวรรณ (Trithos Kamsuwan)¹ และ ภาคภูมิ มงคลสังข์ (Phakphum Mongkhonsang)²

^{1,2} สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

skamsuwan@yahoo.com, phakphumm@yahoo.com

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาผลของการใช้เม็ดโฟมต่อคุณสมบัติด้านการรับกำลังในมอร์ต้า เพื่อให้ได้คุณสมบัติของมอร์ต้าที่มีน้ำหนักเบา และสามารถรับกำลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยพิจารณาตามสัดส่วนการผสมเพิ่มของเม็ดโฟมแทนที่ปริมาตรทรายที่ใช้ในมอร์ต้า ในการทดสอบควบคุมอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C) ที่ 0.6 โดยทดสอบค่ากำลังแรงอัด แรงดัด การดูดซึมน้ำ การไหลผ่าน และความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างมอร์ต้าที่ออกแบบ โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM และจากผลการทดสอบ พบว่า ค่ากำลังแรงอัดมีค่าลดลงแปรผันตามอัตราส่วนของเม็ดโฟมที่ผสมเพิ่ม โดยเป็นผลให้ค่าความหนาแน่นของวัสดุลดลงเช่นกัน สำหรับผลที่น่าสนใจคือค่ากำลังแรงดัดในช่วงของการผสมเม็ดโฟมแทนที่ทรายในอัตราส่วนระหว่างร้อยละ 50-60 สามารถเพิ่มค่าแรงดัดได้โดยมีนัยสำคัญและสอดคล้องกับการทดสอบการดูดซึมน้ำในก้อนตัวอย่าง

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพ, กลสมบัติ, มอร์ต้า, เม็ดโฟม

Abstract

This is the study of the using foam in mortar their mechanical properties. The objective of the study is investigations of the efficacy of mortar to reduce the weight and good strength. By considering the proportion of mixing sand was replaced by foam, the water/cement ratio was fixed at 0.6. The samples were tested by following ASTM standards compression testing, flexural testing, flow able, water abortion and density. The results shows that the Expanded Polystyrene (EPS) beads foam decrease the compressive strength depending on the percentage foam addition. The density of mortar was decreased by the foam volume addition. In this study, results shows interesting mechanical properties of foam mortar in range of 50-60 percentage foam additions. It can increase the flexural strength and improve the water absorption of the samples testing.

Keywords: Effective, Mechanical Properties, Mortar, Foamed

1. บทนำ

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาองค์ความรู้ความเข้าใจในประสิทธิภาพในเรื่องของวัสดุให้สามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสมและคุ้มค่า มอร์ต้าเป็นวัสดุที่เกิดจากการผสมปูนซีเมนต์เชื่อมประสานระหว่างเม็ดทรายและการผสมน้ำเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันให้สามารถแข็งตัวในแบบหล่อได้ ตามปกติการใช้งานของมอร์ต้า จะใช้เป็นปูนก่อและปูนฉาบ หรือจะใช้เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างบางประเภทที่สามารถรับกำลังได้ด้วย เช่น ผนังรับกำลัง เป็นต้น การพัฒนาคุณสมบัติของมอร์ต้า เพื่อการใช้งานเฉพาะด้านให้เหมาะสมกับคุณสมบัติในตัววัสดุ เป็นสิ่งที่น่าสนใจและศึกษาก่อให้เกิดประโยชน์ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง

ในการก่อสร้างปัจจุบันระบบผนังรับกำลัง ได้เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป ด้วยคุณสมบัติที่สามารถก่อสร้างได้เร็วและมีความสะดวกต่อการใช้งาน ในการออกแบบการใช้งานวัสดุ ปัจจุบันในด้านน้ำหนักของตัววัสดุเองมีความสำคัญในการพิจารณาเลือกใช้วัสดุนั้น การนำวัสดุแทนที่ที่มีน้ำหนักเบามาใช้ผสมเพื่อลดปริมาณของทรายที่ใช้ ทำให้ได้มอร์ต้าที่มีน้ำหนักเบาแต่ยังคงต้องอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ในด้านปัจจัยการรับกำลังและการใช้งานได้โดยสะดวก พร้อมกับควบคุมค่าในเรื่องของราคาด้วย มีหลายงานวิจัยที่ได้เลือกใช้วัสดุประเภทต่างๆที่มีน้ำหนักเบามาใช้ผสมเพิ่มในมอร์ต้าเพื่อศึกษาคุณสมบัติการรับกำลัง และการเลือกเม็ดโฟมที่นำมาผสมในมอร์ต้าก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ มีงานวิจัยที่ผ่านมาได้พยายามศึกษาคุณสมบัติของเม็ดโฟมที่นำมาใช้ผสมในมอร์ต้า พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นของการใช้งานคือการลอยตัวของเม็ดโฟมในขณะผสมกับมอร์ต้า จึงไม่สามารถใช้งานได้ อย่างมีประสิทธิภาพ ในการศึกษาครั้งนี้ ได้นำเม็ดโฟม Expanded Polystyrene (EPS) ชนิด Economic Recycle ซึ่งมีคุณสมบัติการผสมเข้าได้กับมอร์ต้า มาทดสอบคุณสมบัติด้านกำลังและการดูดซึมน้ำ เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของปริมาณสัดส่วนที่เหมาะสมของเม็ดโฟมที่ผสมเพิ่มหรือแทนที่ปริมาตรของทรายในอัตราส่วนร้อยละ 0-100 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเม็ดโฟมที่ผสมในมอร์ต้าในเรื่องของการรับกำลังและการใช้งาน และเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อขององค์ความรู้ในวัสดุซีเมนต์ผสมเม็ดโฟม ต่อไป

2. การทดสอบ

วัสดุที่ใช้ในการศึกษา

- ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ตราร้าง ของบริษัท สยามซีเมนต์ จำกัด(มหาชน) ค่าความถ่วงจำเพาะ 3.15 ดังแสดงในตารางที่ 1
- ทราายน้ำ ผ่านการทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM C128 ผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 4 ค่าโมดูลัสความละเอียด 2.81 ความถ่วงจำเพาะ 2.55 เปอร์เซ็นต์ของการดูดซึมน้ำร้อยละ 1.63 ปริมาณความชื้นร้อยละ 2.51
- เม็ดโฟมชนิด Expanded Polystyrene Beads จำหน่ายโดยบริษัท Cebau Industries จำกัด ประเภท Politem Economic Recycle Type

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติทางเคมีของปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

Composition/Properties	
SiO ₂ (%)	21.45
Al ₂ O ₃ (%)	5.35
Fe ₂ O ₃ (%)	3.01
CaO (%)	67.33
MgO (%)	1.52
K ₂ O (%)	0.33
Na ₂ O (%)	0.11
SO ₃ (%)	2.31
MnO (%)	-
Specific Gravity	3.15
Bulk Density (kg /l)	1.02
Fineness, Retaining 45µm sieve (%)	8.60
Moisture Content (%)	0.11

3. การออกแบบสัดส่วนผสมในการทดสอบ

มอร์ต้ามีอัตราส่วนวัสดุประสาน (ปูนซีเมนต์) ต่อทรายเท่ากับ 1 : 2.75 โดยน้ำหนัก การผสมเม็ดโฟมแทนที่ตามปริมาณของทราย ดังแสดงค่าในตารางที่ 2 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ คงที่ 0.6 ขั้นตอนการผสม เป็นการผสมแห้ง โดยแปรผันการแทนที่ของเม็ดโฟมตามปริมาณของ ทรายที่อัตราส่วนร้อยละระหว่าง 0-100 นำมาผสมกับปูนซีเมนต์ตาม น้ำหนักที่ชั่งไว้ หลังจากนั้นจึงผสมกับน้ำสะอาดที่ชั่งน้ำหนักเตรียมไว้ คลุกเคล้าให้เข้ากัน เทลงในแบบหล่อตัวอย่างที่เตรียมไว้ขนาด 5x5x5 ซม. สำหรับการทดสอบแรงอัด และแบบหล่อขนาด 4x4x16 ซม. สำหรับการทดสอบแรงดัด โดยควบคุมการกระจายตัวของเม็ดโฟมขณะ เทให้ทั่วๆในแบบหล่อ ปล่อยให้แห้งให้แห้ง แล้วนำไปบ่มแช่น้ำตามอายุ การทดสอบที่ 28 วัน

ตารางที่ 2 แสดงสัดส่วนการผสมของก้อนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ

Foam	Proportions (g.)			
	Cement	Water	Sand	Foam
0%	570	340	1,560	แปรผันแทนที่ตามปริมาณของทราย
10%	570	340	1,404	
20%	570	340	1,248	
30%	570	340	1,092	
40%	570	340	936	
50%	570	340	780	
60%	570	340	624	
70%	570	340	468	
80%	570	340	312	
90%	570	340	156	
100%	570	340	0	

4. การทดสอบ

ในการศึกษานี้ได้อ้างอิงมาตรฐานการทดสอบตาม ASTM เพื่อ ทดสอบกำลังรับแรงอัด (ASTM C109) กำลังรับแรงดัด (ASTM C348) เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (ASTM C1403) อัตราการไหลแผ่นของมอร์ต้า (ASTM C230M-08) การทดสอบ ด้วยเครื่องทดสอบ Universal Testing Machine (UTM) ควบคุมอัตราการรอบความเร็วทดสอบที่ 0.6 mm./sec. สำหรับการทดสอบได้เตรียมจำนวน 6 ก้อนตัวอย่างในแต่ละ การทดสอบที่อ้างอิงกับมาตรฐาน ASTM ดังกล่าว

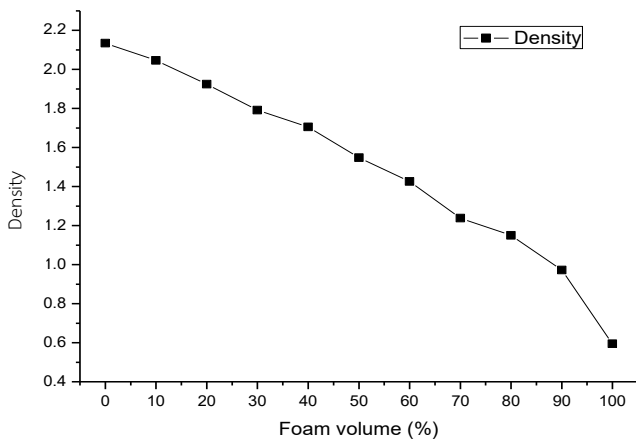
5. ผลการทดสอบ

ตารางที่ 3 แสดงค่าผลการทดสอบต่างๆของคุณสมบัติมอร์ต้าผสม เม็ดโฟม

ปริมาณ เม็ดโฟม	ความหนาแน่น	การไหล	การดูดซึมน้ำ		กำลังแรงอัด	กำลังแรงดัด
			½ hr.	24 hr.		
%	(g/cm ³)	%			ksc.	ksc.
0	2.135	146.84	1.783	3.948	307.24	105.54
10	2.046	140.53	2.081	4.464	265.84	82.70
20	1.924	123.33	1.998	4.290	195.78	68.63
30	1.791	110.00	2.377	4.997	174.57	59.86
40	1.705	80.00	3.080	5.869	154.38	51.80
50	1.548	140.00	4.725	6.980	95.55	51.09
60	1.426	180.00	3.672	4.269	73.72	79.94
70	1.238	166.67	1.901	3.650	52.21	77.40
80	1.150	153.33	1.934	3.854	33.65	65.98

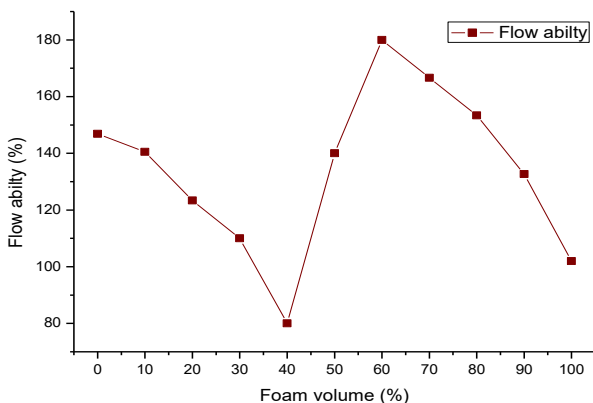
90	0.972	132.67	1.556	2.689	32.83	40.07
100	0.595	102.00	1.574	2.774	23.55	37.22

ในการทดสอบค่าความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างมอร์ต้าผสมเม็ดโม่ พบว่า การผสมสัดส่วนปริมาณเม็ดโม่เพิ่มตามร้อยละ ระหว่าง 0-100 แทนที่ปริมาตรของทรายนั้น ทำให้ค่าความหนาแน่นที่ได้มีค่าลดลงตามลำดับ โดยค่าความหนาแน่นสูงสุด เป็นก้อนตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมทรายไม่ได้ผสมเม็ดโม่เท่ากับ 2.135 g/cm³. และค่าต่ำสุด เป็นก้อนตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเม็ดโม่ 100 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีส่วนผสมของทรายเท่ากับ 0.595 g/cm³. จึงสามารถสรุปได้ว่า ความหนาแน่นของเม็ดโม่ที่มีค่าต่ำทำให้ค่าความหนาแน่นในก้อนตัวอย่างมอร์ต้าลดลงตามลำดับของการผสมเพิ่ม



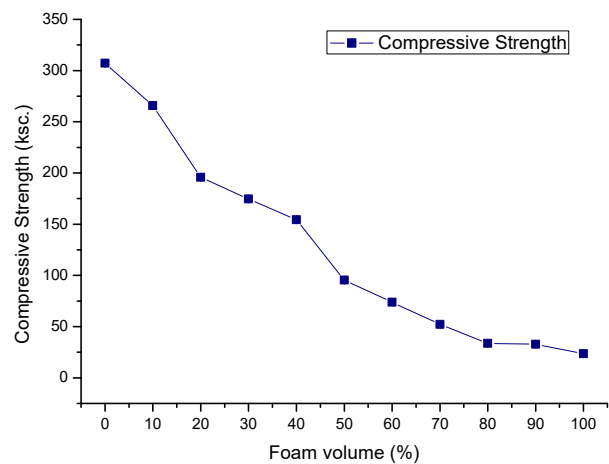
รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับร้อยละเปอร์เซ็นต์ของเม็ดโม่

สำหรับอัตราการไหลแผ่ของมอร์ต้าผสมเม็ดโม่ โดยทดสอบตามวิธี Flow Table ที่ควบคุมอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.6 พบว่า ปริมาณของเม็ดโม่ที่ผสมเพิ่มในมอร์ต้า มีผลทำให้ค่าอัตราการไหลแผ่ลดลงในช่วงระยะแรกระหว่าง เปอร์เซ็นต์ร้อยละ 10-40 และมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงเปอร์เซ็นต์ร้อยละ 50-60 หลังจากนั้น จึงลดลงในช่วงการผสมเม็ดโม่เปอร์เซ็นต์ร้อยละ 70-100 แต่เมื่ออ้างอิงจากค่ามาตรฐานการทดสอบของอัตราการไหลแผ่ที่เหมาะสม ควรอยู่ระหว่างร้อยละ 110 ± 5 ซึ่งคือค่าของการผสมเม็ดโม่เพิ่มที่ร้อยละ 30

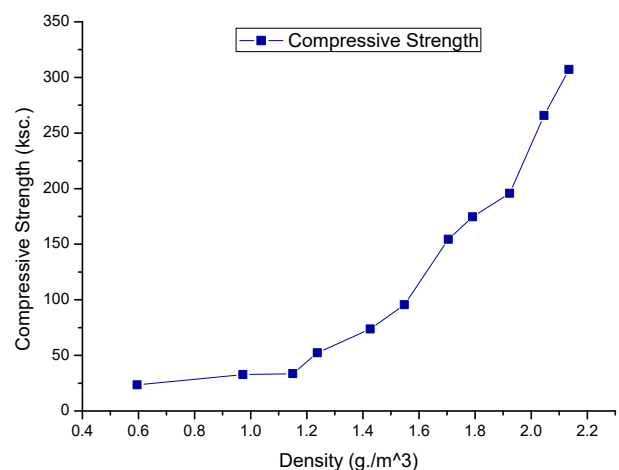


รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลแผ่ กับร้อยละเปอร์เซ็นต์ของเม็ดโม่

ในการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าผสมเม็ดโม่ พบว่า ปริมาณของเปอร์เซ็นต์ร้อยละเม็ดโม่ที่ถูกผสมเพิ่มแทนที่ทรายตาม ปริมาณนั้น มีผลทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดลดลงตามลำดับ โดยค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดคือก้อนตัวอย่างมอร์ต้าที่ไม่ได้ผสมเม็ดโม่ มีค่าเท่ากับ 307.24 กก./ตร.ซม. และค่ากำลังรับแรงอัดลดลงต่ำสุดที่เปอร์เซ็นต์ร้อยละ 100 ของเม็ดโม่ที่แทนปริมาตรทราย มีค่าเท่ากับ 23.55 กก./ตร.ซม. โดยค่ามาตรฐาน กำลังรับแรงกด ของ มอก. และอาคารวัสดุก่อของ วสท. กำหนดเท่ากับ 70 กก./ตร.ซม. (สำหรับประเภทรับน้ำหนัก) และไม่น้อยกว่า 25 กก./ตร.ซม. (สำหรับประเภทไม่รับน้ำหนัก) ดังนั้น สัดส่วนการผสมเม็ดโม่ที่เหมาะสมอยู่ประมาณอัตราร้อยละ 60 เปอร์เซ็นต์โดยแทนที่ปริมาตรทรายที่ใช้ (73.72 กก./ตร.ซม.)



(ก) ความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดกับ % ปริมาตรของเม็ดโม่



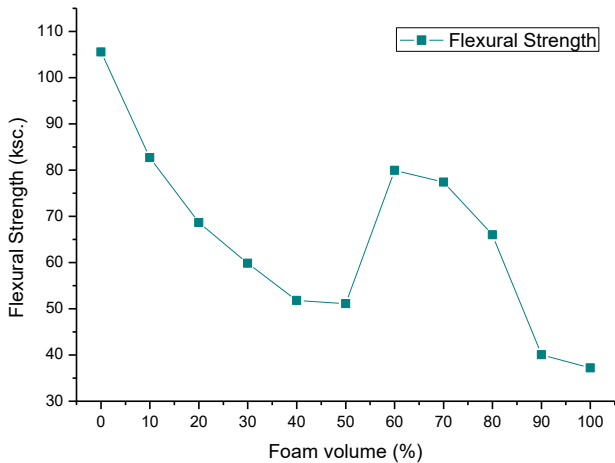
(ข) ความสัมพันธ์กำลังรับแรงอัดกับความหนาแน่นของมอร์ต้า

รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ค่ากำลังรับแรงอัด ของมอร์ต้าผสมเม็ดโม่

นอกจากนี้ พบว่า ปัจจัยของความหนาแน่นในมวลวัสดุมีผลต่อประสิทธิภาพการรับกำลังแรงอัดของก้อนมอร์ต้าที่ผสมด้วยเม็ดโม่ เนื่องจากค่าความหนาแน่นที่ลดลงตามปฏิภาคของเปอร์เซ็นต์ร้อยละเม็ดโม่ที่มีจำนวนมากขึ้นตามลำดับ ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า

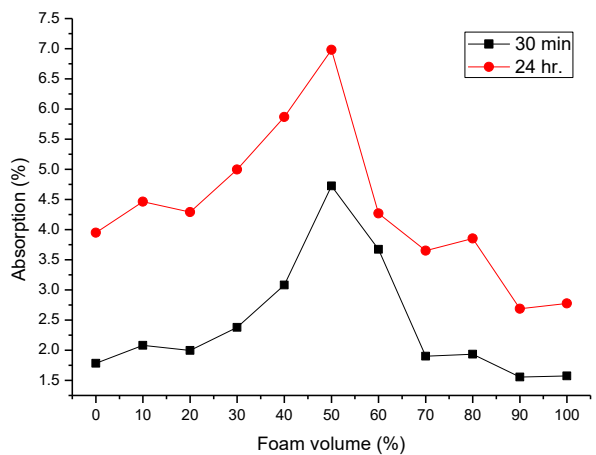
ความหนาแน่นสูงขึ้นกับค่ากำลังรับแรงอัดของก้อนมอร์ต้ามีค่าเพิ่มขึ้นตามกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.

สำหรับผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงดัดของก้อนมอร์ต้าผสมเม็ดโฟมนี้ พบว่า บั๊จัยการผสมเพิ่มของเม็ดโฟมในเปอร์เซ็นต์ร้อยละ 10-50 มีค่ากำลังรับแรงดัดที่ลดลง อยู่ระหว่าง 82.7-51.09 กก./ตร.ซม. โดยเปรียบเทียบกับค่ากำลังรับแรงดัดของก้อนมอร์ต้าที่ไม่ได้ผสมเม็ดโฟมที่มีค่าเท่ากับ 105.54 กก./ตร.ซม. และที่อัตราเปอร์เซ็นต์ร้อยละ 60 ของการผสมเม็ดโฟมในมอร์ต้า มีค่ากำลังรับแรงดัดที่สูงเพิ่มขึ้น เท่ากับ 79.94 กก./ตร.ซม. แล้วจึงลดค่ากำลังรับแรงดัดลงอย่างต่อเนื่องภายหลังที่เปอร์เซ็นต์ร้อยละ 70-100 ซึ่งทั้งนี้ มีความน่าจะเป็นของการที่ค่ากำลังรับแรงดัดในช่วงเปอร์เซ็นต์เม็ดโฟมร้อยละ 60 เพิ่มขึ้นหลังจากช่วงระหว่างเปอร์เซ็นต์ร้อยละ 10-50 ของเม็ดโฟมที่มีค่ากำลังรับแรงดัดลดลงต่อเนื่องจากในทฤษฎีหลักการของวัสดุเชิงประกอบ ก้อนตัวอย่างการทดสอบแรงดัดของมอร์ต้าที่มีเม็ดโฟมอยู่ ในส่วนของเม็ดโฟมจะทำหน้าที่เสริมเพิ่มการรับแรงดึง จึงทำให้ประสิทธิภาพการต้านแรงดึงได้สูงเพิ่มขึ้นกว่าช่วงในระยะเปอร์เซ็นต์ร้อยละ 10-50

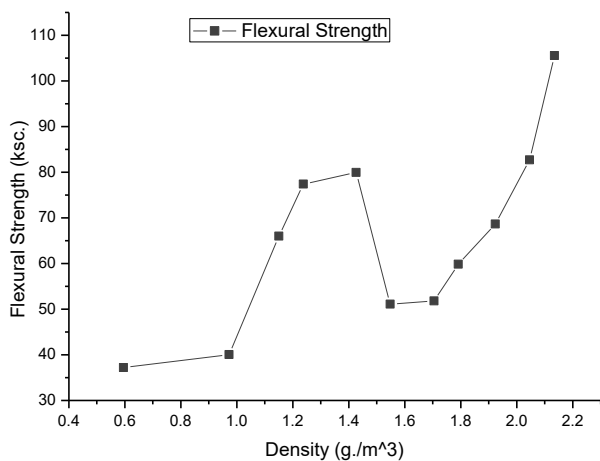


(ก) ความสัมพันธ์กำลังรับแรงดัดกับ % ปริมาตรของเม็ดโฟม

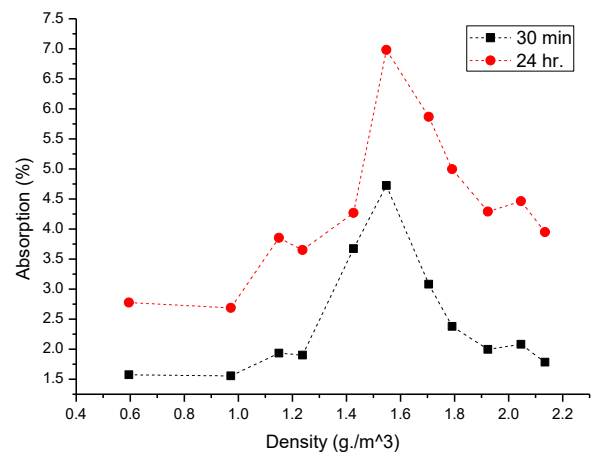
การทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำในก้อนตัวอย่างทดสอบ ที่ช่วงเวลา 30 นาที และภายหลัง 24 ชั่วโมงนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ร้อยละของเม็ดโฟมที่ผสมเพิ่มเพื่อแทนที่ทรายในมอร์ต้า พบว่า อัตราการดูดซึมน้ำของก้อนเม็ดโฟมผสมมอร์ต้ามีค่าเพิ่มสูงขึ้นต่อเนื่องในช่วงเปอร์เซ็นต์ร้อยละ 10-50 ของการผสมเม็ดโฟมในมอร์ต้า และหลังจากนั้นที่เปอร์เซ็นต์ร้อยละ 60-100 อัตราการดูดซึมน้ำได้ลดลงต่อเนื่อง ทั้งผลการทดสอบทั้งสองช่วงเวลาดังกล่าว ผลของอัตราการดูดซึมน้ำที่เพิ่มขึ้นในการทดสอบนั้น เกิดจากความเป็นรูพรุนของเนื้อวัสดุที่ผสมระหว่างเม็ดโฟมกับมอร์ต้ายังคงมีอัตราช่องว่างเกิดขึ้นที่ทำให้การแทนที่ของน้ำเกิดขึ้น จนกระทั่งอัตราการเพิ่มของเม็ดโฟมแน่นเต็มที่เพียงพอจนทำให้ช่องว่างในเนื้อมอร์ต้าลดลงทำให้น้ำไม่สามารถเข้าไปแทนที่ได้เนื่องจากโฟมมีคุณสมบัติที่บีบน้ำ ซึ่งสังเกตได้จากในรูปที่ 6 การกระจายตัวของเม็ดโฟมในแต่ละสัดส่วนปริมาตรการผสม



(ก) ความสัมพันธ์ การดูดซึม กับ % ปริมาตรของมอร์ต้า



(ข) ความสัมพันธ์กำลังรับแรงดัดกับความหนาแน่นของมอร์ต้า

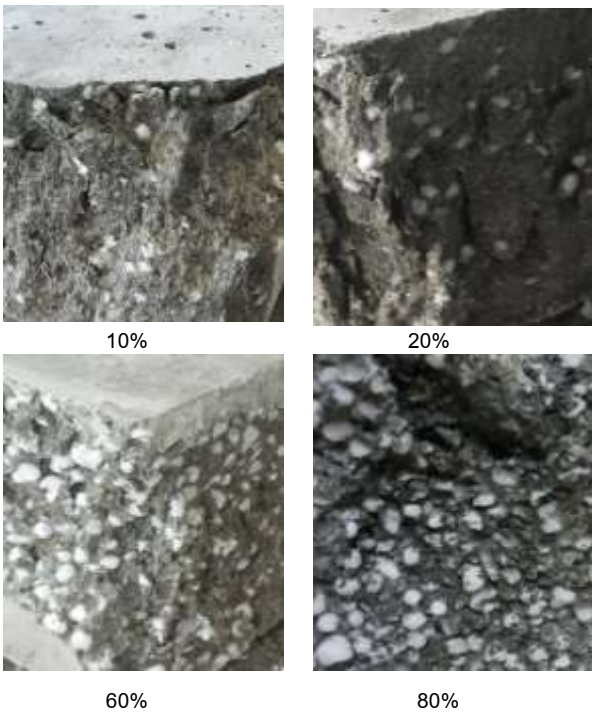


(ข) ความสัมพันธ์ การดูดซึม กับความหนาแน่นของมอร์ต้า

รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ค่ากำลังรับแรงดัด ของมอร์ต้าผสมเม็ดโฟม

รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ค่าการดูดซึมน้ำ ของมอร์ต้าผสมเม็ดโฟม

จากรูปที่ 6 แสดงภาพถ่ายหน้าตัดของก้อนมอร์ต้าผสมเม็ดโฟม ภายหลังจากทดสอบและแตกหัก เพื่อศึกษาการกระจายตัวของเม็ดโฟมตลอดทั่วหน้าตัดของก้อนตัวอย่างที่เพิ่ม เปอร์เซ็นต์ร้อยละการผสมเม็ดโฟม แทนที่ปริมาตรทราย พบว่าเม็ดโฟมชนิด Economic Recycle มีอัตราการกระจายตัวที่ติดตลอดทั่วหน้าตัด และขณะทำการผสมขึ้นรูปก้อนตัวอย่าง การยึดเกาะของเม็ดโฟมกับเนื้อมอร์ต้ามีการจับตัวที่ดี แต่เนื่องจากข้อมูลในด้านคุณสมบัติเฉพาะของเม็ดโฟมดังกล่าวมิได้เปิดเผย จึงทำให้การวิเคราะห์สาเหตุทางกายภาพของเม็ดโฟมผสมมอร์ต้านี้ไม่สามารถระบุได้โดยชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามจากผลการทดสอบด้านคุณสมบัติดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า มอร์ต้าผสมเม็ดโฟมมีประสิทธิภาพทางกลสมบัติการรับแรงต่างๆได้อย่างเหมาะสมตามสัดส่วนการผสมเพิ่มของเม็ดโฟมในก้อนมอร์ต้าที่ทดสอบนี้



รูปที่ 6 การกระจายตัวของเม็ดโฟมในมอร์ต้า

6. สรุป และ ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองในการทดสอบของการใช้เม็ดโฟมชนิด Economic Recycle ของบริษัท Cebau Industries จำกัด ผสมในมอร์ต้า เพื่อศึกษาประสิทธิภาพทางกลสมบัติของวัสดุเชิงประกอบดังกล่าว สามารถสรุปได้ดังนี้

- ค่าความหนาแน่นของมอร์ต้าผสมเม็ดโฟมมีค่าความหนาแน่นลดลงตามสัดส่วนของการผสมเม็ดโฟมที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ อยู่ระหว่าง 2.135 - 0.595 กรัม/ลบ.ซม. โดยที่ค่าความหนาแน่นมีผลต่อค่าคุณสมบัติการรับกำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดัด เป็นต้น
- คุณสมบัติทางการรับกำลังแรงอัดของมอร์ต้าผสมเม็ดโฟม มีค่ากำลังลดลงตามสัดส่วนของการผสมเม็ดโฟมที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ อยู่ระหว่าง 307.24-23.55 กก./ตร.ซม. โดยอัตราการผสมของเม็ดโฟมที่เหมาะสม ที่ไม่ทำให้ค่ากำลังแรงอัดต่ำกว่าค่ามาตรฐานวัสดุของ

มอก.(สำหรับประเภทรับกำลัง) อยู่ที่ร้อยละ 60 เปอร์เซ็นต์โดยการแทนที่ปริมาตรของทราย

- คุณสมบัติการรับกำลังแรงดัดของมอร์ต้าผสมเม็ดโฟม มีค่ากำลังแรงดัดที่ลดลงตามสัดส่วนของการผสมเม็ดโฟมที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ อยู่ระหว่าง 105.54 -37.22 กก./ตร.ซม. โดยอัตราการผสมของเม็ดโฟมที่เหมาะสม อยู่ที่ร้อยละ 60 เปอร์เซ็นต์ของการแทนที่ปริมาตรของทราย
- คุณสมบัติการดูดซึมน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุด เมื่อปริมาตรการแทนที่เม็ดโฟมอัตราส่วนการผสมร้อยละ 50 เปอร์เซ็นต์ของการแทนที่ปริมาตรทราย
- อัตราการไหลแผ่ที่เหมาะสมของมอร์ต้าผสมเม็ดโฟมที่เหมาะสม และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดคืออัตราส่วนผสมร้อยละ 30 เปอร์เซ็นต์ของการแทนที่ปริมาตรทราย ในกรณีที่ใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ 0.6

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ครั้งนี้ คณะผู้เขียนใคร่ขอขอบคุณ ภาควิชาโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม สำหรับการอนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่

เอกสารอ้างอิง

- [1] Cook, D.J. (1983), Chapter 2: *Expanded polystyrene concrete*, in the book of *Concrete Technology and Design vol.1, New Concrete Materials*, editor: Swamy, R.N., Surrey University Press, pp 41-68.
- [2] Ravindrarajah, R.S., & Tuck, A.J.(1993), *Lightweight concrete with expanded polystyrene beads*, Civil Engineering Monograph No. C.E. 93/1 M.E, Sydney, March 1993.
- [3] Shah, S.P. and Ahmad, S.H.(1994), *High Performance Concrete: Properties and Applications*, published by: McGraw-Hill, Inc. Great Britain, 1994.
- [4] Ravindrarajah, R.S., Difalco, V., and Surian, S. (2005), *Effect of binder material on the properties of lightweight polystyrene aggregate concrete*, The IV International ACI/CANMET Conference of Quality of Concrete Structures and Recent Advances in Concrete Materials and Testing, Goiania-Brazil, June 1-3, 2005.
- [5] American Society for Testing and Materials. Standard test method for compressive strength hydraulic cement mortars. ASTM C 109/C109M-11a. Book of ASTM Standards. Parte 04.01. ASTM Philadelphia; 2003.
- [6] American Society for Testing and Materials. Standard test method for flexural performance fiber-reinforced concrete (using beam with third-point loading). ASTM C 1609/C1609M-10. Book of ASTM Standards. Parte 04.02. ASTM Philadelphia; 2000.
- [7] American Society for Testing and Materials. Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic

Cement. ASTM C230 / C230M - 08. Book of ASTM Standards.
Parte 04.01. ASTM Philadelphia; 2003.