

อิทธิพลของขนาดเม็ดโฟมโพลีสไตรีนต่อคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา
Influence of EPS Aggregate Sizes on Properties of Lightweight Concrete

รมย์ธีรา จิตอารีย์¹ และมงคล นามลักษณ์^{2*}

^{* 12} ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

Received : 4 April 2019
Revised : 17 April 2019
Accepted : 2 May 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาอิทธิพลของปริมาณและขนาดเม็ดโฟมโพลีสไตรีนต่อสมบัติด้านความหนาแน่น กำลังรับแรงอัด และการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมวลเบา โดยศึกษาอัตราส่วนผสมคอนกรีต 3 อัตราส่วน คือ ปูนซีเมนต์-ทราย-เม็ดโฟม (C-S-F) เท่ากับ 1-1-1, 1-1-1.5 และ 1-1-2.0 สำหรับแต่ละอัตราส่วนผสม จะใช้เม็ดโฟมโพลีสไตรีน 3 ขนาด คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 2.0 มิลลิเมตร 4.75 มิลลิเมตร และ 9.50 มิลลิเมตร โดยกำหนดอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์คงที่เท่ากับ 0.40 ผลการศึกษาพบว่า การผสมเม็ดโฟมขนาดเล็กจะทำให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมีค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เม็ดโฟมขนาดใหญ่ การใช้เม็ดโฟมขนาดต่างกันส่งผลต่อค่าความหนาแน่นของคอนกรีตเพียงเล็กน้อย กำลังรับแรงอัดและความหนาแน่นของคอนกรีตจะลดต่ำลงตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณเม็ดโฟมที่ใช้ คอนกรีตที่ผสมเม็ดโฟมจะมีค่าการดูดซึมน้ำสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตควบคุม

คำสำคัญ : คอนกรีตมวลเบา, โฟม, โพลีสไตรีน, ความหนาแน่น

Abstract

This research aims to study the influences of volume fraction and particle size of expanded polystyrene (EPS) foam beads on properties of lightweight concrete. Three concrete mixtures with different volume fractions of cement-sand-EPS foam bead

(C-S-F) of 1-1-1, 1-1-1.5, and 1-1-2 were produced. For each concrete mixture, three EPS foam beads with diameters of 2.0 mm, 4.75 mm, and 9.5 mm, were used in order to study the effect of its particle size. Water to cement ratio (w/c) was kept constant at 0.40 (by weight of cement). Test results revealed that addition of small size EPS foam bead (2.0 mm) diminished compressive strength of the concrete, as compared to larger EPS particle sizes. While compressive strength and density of the concrete reduced proportionally as the volume fraction of EPS foam increases, the use of different EPS foam sizes caused only marginal difference in concrete density. It was also found that the concrete mixed with EPS foam exhibited remarkably higher water absorption than that of the control mixture.

Keywords : Lightweight concrete, Foam, Polystyrene, Density.

1. บทนำ

คอนกรีตมวลเบาหรือคอนกรีตน้ำหนักเบา เป็นวัสดุก่อสร้างที่กำลังได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน โดยเฉพาะในงานก่อสร้างอาคารสูง [1] เนื่องจากหากใช้คอนกรีตมวลเบาในการก่อสร้างพื้นหรือผนัง จะช่วยลดน้ำหนักของอาคารในภาพรวม ส่งผลให้สามารถลดขนาด

^{*}มงคล นามลักษณ์

E-mail address: mongkhon.nar@kmutt.ac.th

ขององค์อาคารซึ่งรองรับน้ำหนัก เช่น คานและเสา ลงได้มาก เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้คอนกรีตแบบดั้งเดิม

โดยทั่วไปเทคนิคการทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักเบาอาจใช้การเติมฟองอากาศลงในซีเมนต์เพสต์หรือการแทนที่มวลรวมปกติบางส่วนหรือทั้งหมดด้วยมวลรวมน้ำหนักเบา (Lightweight aggregate) กรณีคอนกรีตมวลเบาที่ผลิตด้วยการเติมฟองอากาศจะนิยมใช้ในงานก่อสร้างชิ้นส่วนที่ไม่ใช่โครงสร้างอาคาร [2-4] ส่วนคอนกรีตมวลเบาที่ผลิตด้วยการใช้มวลรวมเบานิยมใช้สำหรับงานโครงสร้าง มวลรวมเบาสำหรับงานคอนกรีตสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ 1) มวลรวมเบาจากธรรมชาติ เช่น หินพัมมิช ดินเบาไดอะโตไมต์ และหินพูนภูเขาไฟ เป็นต้น และ 2) มวลรวมเบาประดิษฐ์ซึ่งอาจทำจาก เพอร์ไลต์ ดินเหนียวเผา ถั่วลอยสังเคราะห์ และ หินเซลล์เผา เป็นต้น

เม็ดโฟมโพลีสไตรีน (Expanded polystyrene beads, EPS) เป็นวัสดุสังเคราะห์ชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเม็ดรูปทรงกลมและถูกนำมาใช้เป็นมวลรวมในการผลิตคอนกรีตมวลเบา ซึ่งสามารถทำให้คอนกรีตมีความหนาแน่นต่ำลง เพิ่มความเป็นฉนวนความร้อน และป้องกันเสียง [5-9] คอนกรีตผสมเม็ดโฟมโพลีสไตรีน (EPS concrete) คือ คอนกรีตที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ ทราย และเม็ดโฟมโพลีสไตรีน ปัจจุบัน EPS concrete ได้ถูกนำมาใช้ในงานโครงสร้างหลายประเภท เช่น แผ่นผนัง แผ่นพื้นเชิงประกอบ บล็อกคอนกรีตรับแรง และชิ้นวัสดุในโครงสร้างรับแรงกระแทก เป็นต้น

จากการค้นคว้าพบว่า มีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาคุณสมบัติของ EPS concrete [5-9] แต่มีเพียงส่วนน้อยที่ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของคอนกรีตที่ทำจากเม็ดโฟมขนาดแตกต่างกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของขนาดเม็ด (Bead size) และอัตราส่วนปริมาตร (Volume fraction) ของโฟมโพลีสไตรีน ที่มีต่อสมบัติของคอนกรีตมวลเบา ซึ่งผลการวิจัยนี้จะทำให้สามารถเลือกใช้ขนาดเม็ดโฟมได้อย่างเหมาะสมสำหรับทั้งกรณีการทำคอนกรีตมวลเบาสำหรับงานโครงสร้างและการผลิตบล็อกคอนกรีตมวลเบา

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาอิทธิพลของขนาดเม็ด (Bead size) และอัตราส่วนปริมาตร (Volume fraction) ของโฟมโพลีสไตรีนที่มีต่อสมบัติของคอนกรีตมวลเบา

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 ปูนซีเมนต์ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตามมาตรฐาน มอก. 15-2555 [10]

3.1.2 ทรายละเอียด ใช้ทรายแม่น้ำลำสะอาด ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 16 มีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.61

3.1.3 มวลรวมเบา ใช้ เม็ดโฟมโพลีสไตรีน (Expanded polystyrene beads) รูปทรงกลมที่ทำขึ้นได้ในตลาด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาคแตกต่างกัน 3 ขนาด คือ 2.0 มิลลิเมตร 4.78 มิลลิเมตร และ 9.50 มิลลิเมตร ดังแสดงการเปรียบเทียบลักษณะของอนุภาคในรูปที่ 1 สำหรับงานวิจัยนี้ใช้เม็ดโฟมที่ผลิตจากแหล่งเดียวกัน

3.1.4 น้ำ ใช้น้ำประปาสะอาดในการผสมคอนกรีต



รูปที่ 1 เม็ดโฟมโพลีสไตรีนที่ใช้ในการวิจัย : (ซ้าย)-เม็ดโฟมขนาด 2 มิลลิเมตร (กลาง)-เม็ดโฟมขนาด 4.75 มิลลิเมตร และ (ขวา)-เม็ดโฟมขนาด 9.5 มิลลิเมตร



3.2 ตัวแปรการทดลองและอัตราส่วนผสมคอนกรีต

ตัวแปรต้นในการวิจัย ประกอบด้วย 2 ตัวแปร คือ 1) อัตราส่วนปริมาตร (Volume fraction) ของเม็ดโพลีโพลีสไตรีน ที่เติมลงในมอร์ตาร์ ซึ่งแปรผัน 3 ระดับ คือ 1.0 1.5 และ 2.0 ส่วน เมื่อเทียบกับปริมาตรทราย และ 2) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดโพลีโพลีสไตรีน ซึ่งแปรผัน 3 ระดับ คือ 2.0 4.75 และ 9.5 มิลลิเมตร สำหรับตัวแปรตาม คือ คุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้เม็ดโพลีโพลีสไตรีนเป็นส่วนผสม ได้แก่ ค่ากำลังรับแรงอัด ค่าความหนาแน่น และค่าการดูดซึมน้ำ จากข้อมูลข้างต้นได้กำหนดอัตราส่วนผสมของคอนกรีต ดังแสดงในตารางที่ 1

3.3 การผสมคอนกรีตและการเตรียมตัวอย่าง

งานวิจัยนี้ผสมคอนกรีตด้วยเครื่องผสมในแนวนอน (Horizontal pan mixer) โดยเริ่มจากการผสมทรายและปูนซีเมนต์ในเครื่องผสมเป็นเวลา 2 นาที จากนั้นค่อยๆ เติมน้ำทั้งหมด ในขณะที่เครื่องผสมทำงานอย่างต่อเนื่อง และผสมต่อไปอีก 2 นาที เมื่อได้มอร์ตาร์เหลวที่มีเนื้อสม่ำเสมอแล้วจึงค่อยๆ เติมน้ำโพลีโพลีสไตรีนลงในมอร์ตาร์ให้เกิดการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ โดยใช้เวลาในการผสมต่อไปอีกประมาณ 3 นาที

การเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดสอบกำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ ใช้ก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ขนาดเดียวกัน คือ 15x15x15 เซนติเมตร เมื่อเทคอนกรีตลงในแบบหล่อแล้ว ทำการถอดแบบเมื่ออายุครบ 24 ชั่วโมง จากนั้นบ่มแห้งตัวอย่างด้วยฟิล์มพลาสติกเพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นจนถึงอายุทดสอบ

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมคอนกรีต

สัญลักษณ์	อัตราส่วนปริมาตรวัสดุ			ขนาดเม็ดโพลี (มิลลิเมตร)	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์
	ซีเมนต์	ทราย	เม็ดโพลี		
C-S = 1-1	1	1	0	-	0.4
				2.0	0.4
C-S-F = 1-1-1	1	1	1	4.75	0.4
				9.5	0.4

				2.0	0.4
C-S-F = 1-1-1.5	1	1	1.5	4.75	0.4
				9.5	0.4
				2.0	0.4
C-S-F = 1-1-2	1	1	2.0	4.75	0.4
				9.5	0.4

3.4 วิธีการทดสอบ

การทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัด ได้ทำตามมาตรฐาน BS EN 12390-3:2009 [11] โดยใช้ก้อนตัวอย่างทดสอบขนาด 15x15x15 เซนติเมตร และทำการทดสอบเมื่อตัวอย่างทดสอบมีอายุ 7 วัน และ 28 วัน กำลังรับแรงอัดที่รายงานในบทความนี้เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากตัวอย่างทดสอบ 3 ตัวอย่าง ค่าความหนาแน่นของคอนกรีตที่แสดงในงานวิจัยนี้คำนวณได้จากน้ำหนักและปริมาตรจริงของก้อนตัวอย่างก่อนการทดสอบกำลังรับแรงอัด ส่วนการทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำ ได้ประยุกต์วิธีการตามมาตรฐาน BS 1881-122:2011 [12] โดยค่าร้อยละการดูดซึมน้ำหาได้จากผลต่างของน้ำหนักคอนกรีตก่อนและหลังแช่น้ำจนอิ่มตัว

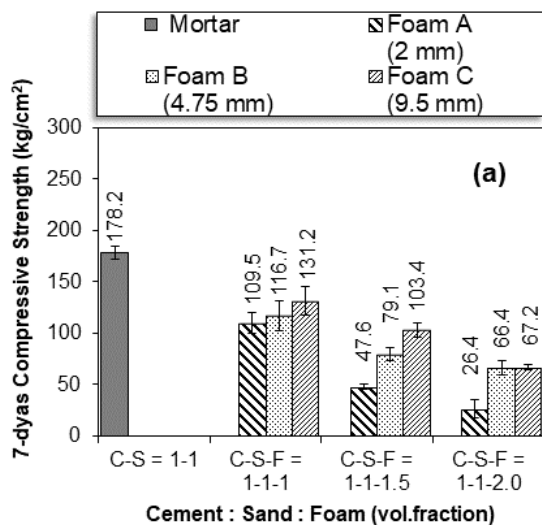
4. ผลการทดลอง

4.1 กำลังรับแรงอัด

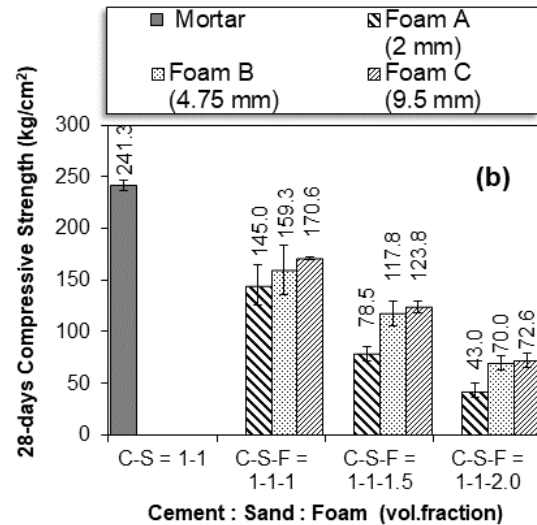
จากรูปที่ 2 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของก้อนคอนกรีตมวลเบาผสมเม็ดโพลีโพลีสไตรีนเปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุมจากรูปที่ 2 เมื่อพิจารณาที่อายุ 7 วัน พบว่ามอร์ตาร์ควบคุม (ซึ่งเป็นส่วนผสมของปูนซีเมนต์และทราย (C-S) ในอัตราส่วน 1-1 โดยปริมาตร) มีค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 178.2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (17.5 เมกะปาสกาล) เมื่อผสมเม็ดโพลีโพลีสไตรีนลงในมอร์ตาร์ข้างต้น โดยกำหนดอัตราส่วนปริมาตร (Volume fraction) ของ ปูนซีเมนต์-ทราย-โพลี (C-S-F) เท่ากับ 1-1-1 1-1-1.5 และ 1-1-2 จะทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตต่ำลง ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยในอดีต [5,9] ทั้งนี้เนื่องจากโพลีเป็นวัสดุที่มีความต้านทานต่อแรงต่ำ ประกอบกับปริมาตรของซีเมนต์เพสต์ซึ่งเป็นวัสดุประสานหลัก มีสัดส่วนลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาตรรวมของก้อนคอนกรีต จึงส่งผลให้ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตต่ำลงด้วย เมื่อ



พิจารณาผลของขนาดเม็ดโฟมโพลีสไตรีน พบว่าคอนกรีตมวลเบาผสมเม็ดโฟมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.0 มิลลิเมตร ให้ค่ากำลังรับแรงอัดต่ำสุด และคอนกรีตมวลเบาผสมเม็ดโฟมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.5 มิลลิเมตร ให้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุด สำหรับทุกส่วนผสม ดังนั้น จากผลการทดลองข้างต้น จึงกล่าวโดยสรุปได้ว่า ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตมวลเบาที่มีค่าเพิ่มขึ้นตามขนาดเม็ดโฟมโพลีสไตรีน เมื่อพิจารณาผลการทดสอบที่อายุ 28 วัน จากรูปที่ 3) พบว่า อิทธิพลของอัตราส่วนปริมาตรและขนาดเม็ดโฟมต่อกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต ยังคงมีลักษณะคล้ายคลึงกับปรากฏการณ์ที่พบในอายุ 7 วัน กล่าวคือ ค่ากำลังรับแรงอัดจะแปรผันตรงกับขนาดเม็ดโฟมและแปรผกผันกับอัตราส่วนปริมาตรของเม็ดโฟมที่ใช้

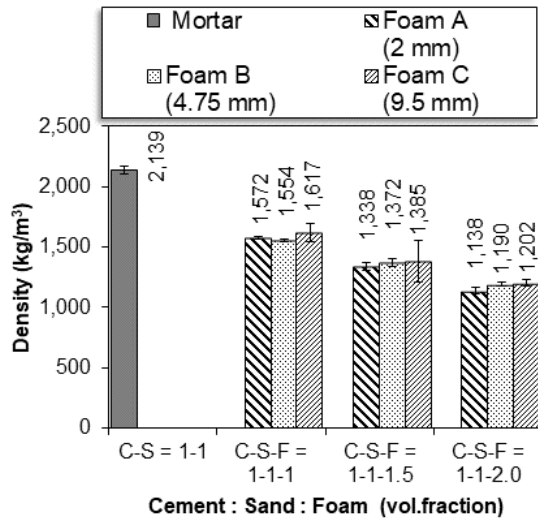


รูปที่ 2 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมเม็ดโฟมโพลีสไตรีน ที่อายุ 7 วัน



รูปที่ 3 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมเม็ดโฟมโพลีสไตรีน ที่อายุ 28 วัน

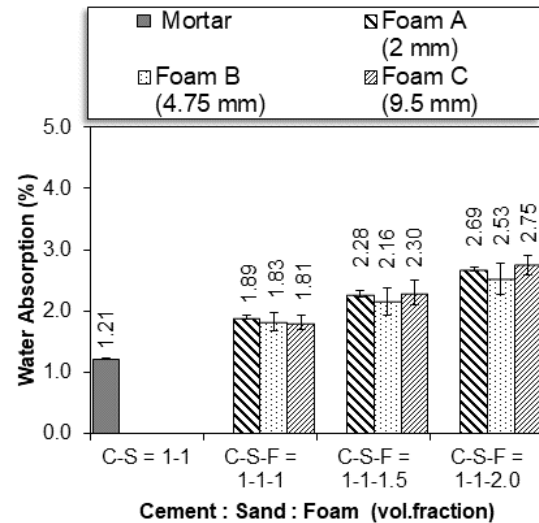
หากเปรียบเทียบผลการทดลองข้างต้นกับผลการวิจัยของ Tang และคณะ [13] ซึ่งรายงานค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมเม็ดโฟมโพลีสไตรีนสำหรับงานโครงสร้าง ในช่วง 13-40 เมกะปาสคาล จะเห็นว่าค่ากำลังรับแรงอัดที่อายุ 28 วัน ของคอนกรีต กลุ่ม C-S-F = 1-1-1 ในงานวิจัยนี้ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 145.0-170.6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือ 14.2-17.6 เมกะปาสคาล สามารถใช้เป็นคอนกรีตมวลเบาสำหรับงานโครงสร้างได้ นอกจากนี้ ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตกลุ่ม C-S-F=1-1-1.5 และ 1-1-2 ในงานวิจัยนี้ มีค่าสูงกว่า 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งเป็นมาตรฐานขั้นต่ำสำหรับผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533 [14] ดังนั้นคอนกรีตมวลเบาผสมเม็ดโฟมโพลีสไตรีน ในงานวิจัยนี้จึงสามารถใช้ทำอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักได้



รูปที่ 4 ผลการทดสอบความหนาแน่นของคอนกรีตผสมเม็ดโฟมโพลีสไตรีน ที่อายุ 28 วัน

4.2 ความหนาแน่น

รูปที่ 4 แสดงผลการทดสอบค่าความหนาแน่นของก้อนคอนกรีตมวลเบาผสมเม็ดโฟมโพลีสไตรีน ที่อายุ 28 วัน เปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุม จากรูปจะเห็นว่ามอร์ตาร์ควบคุม (C-S = 1-1) มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 2,139 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อผสมเม็ดโฟมเข้าไปในมอร์ตาร์ข้างต้น ด้วยอัตราส่วนปริมาตร C-S-F เท่ากับ 1-1-1 1-1-1.5 และ 1-1-2 จะทำให้ค่าความหนาแน่นของคอนกรีตต่ำลง ตามลำดับ แต่การใช้เม็ดโฟมขนาดแตกต่างกัน (2.0, 4.75 และ 9.50 มิลลิเมตร) ไม่ทำให้ค่าความหนาแน่นแตกต่างกันมากนัก อาจเป็นผลมาจากเม็ดโฟมแต่ละขนาดผลิตขึ้นจากวัสดุและกรรมวิธีเดียวกัน เมื่อใช้ในปริมาณที่เท่ากัน จึงไม่ทำให้เกิดความแตกต่างด้านความหนาแน่นของคอนกรีต

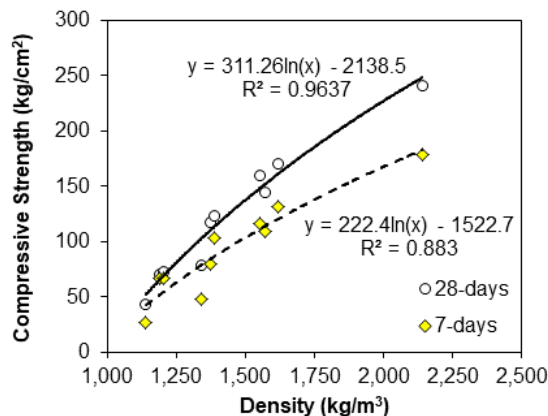


รูปที่ 5 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตผสมเม็ดโฟมโพลีสไตรีน ที่อายุ 28 วัน

4.3 การดูดซึมน้ำ

รูปที่ 5 แสดงผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของก้อนคอนกรีตมวลเบาผสมเม็ดโฟมโพลีสไตรีน ที่อายุ 28 วัน เปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุม จากรูปจะเห็นว่ามอร์ตาร์ควบคุม (C-S = 1-1) มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุด คือ ร้อยละ 1.21 ของน้ำหนักคอนกรีต เมื่อผสมเม็ดโฟมเข้าไปในมอร์ตาร์ข้างต้น ด้วยอัตราส่วนปริมาตร C-S-F เท่ากับ 1-1-1 1-1-1.5 และ 1-1-2 จะทำให้ค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตสูงขึ้น ตามลำดับ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Allahverdi และคณะ [15] ที่พบว่าค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตสูงขึ้นเมื่อ ปริมาตรของเม็ดโฟมโพลีสไตรีนเพิ่มขึ้น ซึ่งคาดว่าจะเกิด จากการมีฟองอากาศถูกกักอยู่ในคอนกรีตมากขึ้น ดัง งานวิจัยของ Tang และคณะ [13] ที่พบว่า การแทนที่ มวลรวมหยาบปกติด้วยมวลรวมโพลีสไตรีน ในช่วงร้อยละ 20-80 ทำให้มีฟองอากาศถูกกักในคอนกรีตเพิ่มขึ้น ร้อยละ 4.5-16 ตามลำดับ ด้วยเหตุนี้ คอนกรีตผสมเม็ด โฟมโพลีสไตรีนจึงดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการใช้ เม็ดโฟมขนาดแตกต่างกัน (2.0, 4.75 และ 9.50 มิลลิเมตร) ไม่ทำให้ค่าการดูดซึมน้ำแตกต่างกัน ทั้งนี้ เนื่องจากเม็ดโฟมแต่ละขนาดผลิตขึ้นจากวัสดุและ กรรมวิธีเดียวกัน ดังกล่าวข้างต้น

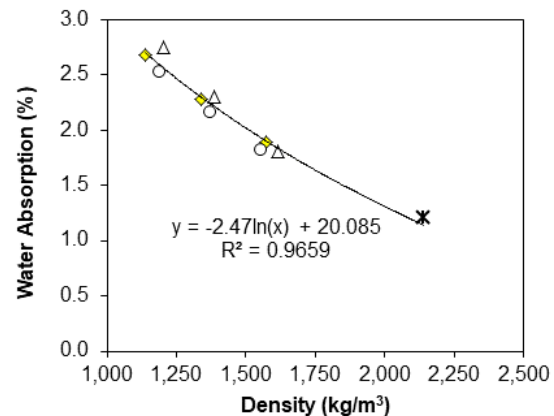
เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533 [14] สำหรับผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ซึ่งกำหนดค่าการดูดซึมน้ำสูงสุดไม่เกินร้อยละ 25 จะเห็นว่าคอนกรีตมวลเบาผสมเม็ดโฟมที่ผลิตขึ้นในงานวิจัยนี้ มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่ามาก จึงสามารถใช้เป็นวัสดุสำหรับการผลิตอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักได้



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมเม็ดโฟมโพลีสไตรีน

4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัด

รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมเม็ดโฟม โพลีสไตรีน จากรูปจะเห็นว่าค่ากำลังรับแรงอัดที่อายุ 7 วัน และ 28 วัน มีความสัมพันธ์ระดับสูงกับค่าความหนาแน่นของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน โดยค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นตามค่าความหนาแน่น สามารถแสดงได้ ด้วยฟังก์ชันลอการิทึม $y = a \ln(x) - b$ เมื่อ y คือ ค่า กำลังรับแรงอัด และ x คือ ค่าความหนาแน่น ส่วน a และ b คือ ค่าคงที่ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Cui และคณะ [16] ที่รายงานว่าความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความหนาแน่นและค่ากำลังรับแรงอัดที่อายุ 28 วัน ของคอนกรีตผสมเม็ดโฟมโพลีสไตรีน สามารถแสดงด้วย สมการ $f_c = 6.46 \ln(p) - 40.18$ เมื่อ f_c คือ ค่ากำลัง รับแรงอัด (เมกะปาสกาล) และ p คือ ค่าความหนาแน่น (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและการดูดซึมน้ำของคอนกรีตผสมเม็ดโฟมโพลีสไตรีน

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและการดูดซึมน้ำ

รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและการดูดซึมน้ำของคอนกรีตผสมเม็ดโฟมโพลีสไตรีน จากรูปจะเห็นว่าค่าการดูดซึมน้ำที่อายุ 28 วัน มีความสัมพันธ์ระดับสูงกับค่าความหนาแน่นของ คอนกรีตที่อายุ 28 วัน โดยค่าการดูดซึมน้ำลดลงเมื่อค่า ความหนาแน่นสูงขึ้น สามารถแสดงได้ด้วยฟังก์ชัน ลอการิทึม $y = -a \ln(x) + b$ เมื่อ y คือ ค่าร้อยละการดูด ซึมน้ำ และ x คือ ค่าความหนาแน่น ส่วน a และ b คือ ค่าคงที่

5. บทสรุป

จากข้อมูลการทดลองข้างต้น สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 ขนาดเม็ดโฟมโพลีสไตรีน มีอิทธิพลอย่างชัดเจนต่อกำลังรับแรงอัดของก้อนคอนกรีตมวลเบาที่ใช้เม็ดโฟมเป็นมวลรวม โดยค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เม็ดโฟมขนาดโตขึ้น แต่ขนาดเม็ดโฟมไม่มีผลกระทบต่อความหนาแน่นและการดูดซึมน้ำของก้อนคอนกรีต

5.2 อัตราส่วนปริมาตรเม็ดโฟมโพลีสไตรีนในส่วนผสมคอนกรีต มีอิทธิพลอย่างชัดเจนต่อกำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ ของก้อนคอนกรีตมวลเบาที่ใช้เม็ดโฟมเป็นมวลรวม โดยค่ากำลังรับแรงอัดและค่าความหนาแน่นของคอนกรีตลดลง

ในขณะที่ค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตสูงขึ้น เมื่ออัตราส่วนปริมาตรเม็ดโฟมในส่วนผสมคอนกรีตมากขึ้น

5.3 ค่ากำลังรับแรงอัดและค่าการดูดซึมน้ำมีความสัมพันธ์กับค่าความหนาแน่นของก้อนคอนกรีตมวลเบาที่ใช้เม็ดโฟมเป็นมวลรวม โดยลักษณะความสัมพันธ์ข้างต้นสามารถแสดงได้ด้วยฟังก์ชันลอการิทึม

บรรณานุกรม

- [1] ACI Committee 213 R-0.3, (2003). "Guide for structural lightweight aggregate concrete", American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
- [2] N. Narayanan and K. Ramamurthy. (2000). "Structure and properties of aerated concrete: a review". Cem Concr Compos, 22, pp. 321-329.
- [3] Tiong-hua Wee, Daneti Saradhi Babu, T. Tamilselvan, and Hwee-sin Lim. (2006). "Air-void system of foamed concrete and its effect on mechanical properties". ACI Mater J, 106, pp. 45-52.
- [4] M.R. Jones and A. McCarthy. (2005). "Preliminary views on the potential of foamed concrete as a structure material". Mag Concr Res, 57, pp.21-31.
- [5] D.S. Babu, K.G. Babu, and T.H. Wee.(2006). "Effect of polystyrene aggregate size on the strength and moisture migration characteristics of lightweight concrete". Cem Concr Compos, 28, pp. 520-527.
- [6] K. Ganesh Babu and D. Saradhi Babu. (2003). "Behaviour of lightweight expanded polystyrene concrete containing silica fume". Cem Concr Res, 33, pp. 755-762.
- [7] D. Saradhi Babu, K. Ganesh Babu, and T.H. Wee. (2005). "Properties of lightweight expanded polystyrene aggregate concretes containing fly ash". Cem Concr Res, 35, pp. 1218-1223, 2005.
- [8] R. Sri Ravindrarajah and A.J. Tuck. (1994). "Properties of hardened concrete containing treated expanded polystyrene beads". Cem Concr Compos, 16, pp. 273-277.
- [9] Ning Liu and Bing Chen. (2014). "Experimental study of the influence of EPS particle size on the mechanical properties of EPS lightweight concrete". Con Build Mat, 68, pp. 227-232.
- [10] Thai Industrial Standard Institute, (2012). "TIS 15: 2555 Thai standard for Portland cement: Part I specification", TISI: Bangkok.
- [11] British Standard Institute, (2009). "BS EN 12390-3 : Testing hardened concrete. Compressive strength of test specimens", BSI: UK.
- [12] British Standard Institute, (2011). "BS 1881-122 : Testing concrete. Method for determination of water absorption", BSI: UK.
- [13] W.C. Tang, Y. Lo, A. Nadeem. (2008). "Mechanical and drying shrinkage properties of structural-graded polystyrene aggregate concrete". Cem Concr Compos, 30, pp. 403-409.
- [14] A. Allahverdi, S.A. Azimi, M. Alibabaei. "Development of multi-strength grade green lightweight reactive powder concrete using expanded polystyrene beads". Con Build Mat, 172, pp. 457-467.

- [15] Thai Industrial Standard Institute, [1990].
“TIS 38: 2533 Standard for hollow non-load bearing concrete masonry units”,
TISI: Bangkok.
- [16] C. Cui, Q. Huang, D. Li, C. Quan, H. Li.
(2016)“Stress-strain relationship in axial compression for EPS concrete”. Con
Build Mat, 105, pp. 377-383.