สมบัติของมอร์ต้าร์ชนิดอัดแน่นได้ด้วยตัวเองผสมเศษอิฐมวลเบาบดร่วมกับเถ้าลอย

กฤษดา เสือเอี่ยม[1*], ประกาศิต โสไกร[2], ณัฏฐ์ มากุล[2]

[1*]สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
Email: gritsada.s@rmutp.ac.th[1*], psokrai@pnru.ac.th[2], natt@pnru.ac.th[2]

Received: May 24, 2019
Revised: June 6, 2019
Accepted: June 10, 2019

บทคัดย่อ

การนำวัสดุเหลือทิ้งกลับมาใช้เป็นวัสดุก่อสร้างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและยังช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศอีกด้วย มอร์ต้าร์ชนิดอัดแน่นได้ด้วยตัวเองนี้ถูกทำขึ้นโดยการใช้วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตไฟฟ้าและอุตสาหกรรมการก่อสร้าง ได้แก่ เถ้าลอยและเศษอิฐมวลเบา เพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุประสานแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน เศษอิฐมวลเบานำมาทำการบดละเอียดโดยเครื่องลอสแองเจลีส และแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 10 และ 20 โดยน้ำหนัก และ/หรือผสมร่วมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 40 และ 60 โดยน้ำหนัก ส่วนผสมคอนกรีตใช้ปริมาณวัสดุประสานรวมเท่ากับ 591 กก/ลบ.ม. อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน (w/b) เท่ากับ 0.40 ค่าการไหลแผ่ของมอร์ต้าร์ให้เส้นผ่านศูนย์กลางในช่วง 25$\pm$2.5 ซม. โดยการปรับปริมาณสารเคมีผสมเพิ่มและทำการทดสอบความสามารถในการทำงานได้ สมบัติของมอร์ต้าร์ในสภาวะสด และแข็งตัว จากผลการศึกษาพบว่า มอร์ต้าร์ชนิดอัดแน่นได้ด้วยตัวเองผสมเศษอิฐมวลเบาร้อยละ 10 (FA0LB10) หรือผสมเถ้าลอยร้อยละ 40 (FA40LB0) มีกำลังอัดกำลังดึง และมีความเร็วในการส่งผ่านคลื่นอัลตร้าโซนิคที่สูงกว่าคอนกรีตควบคุม (FA0LB0) สอดคล้องกับผลการทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำที่ต่ำ ทั้งนี้เมื่อผสมร่วมเศษอิฐมวลเบา และเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณสูงถึงร้อยละ 60 (FA40LB20) การพัฒนากำลังอัดได้สูงมากกว่าร้อยละ 80 เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตควบคุมที่อายุ 91 วัน

คำสำคัญ : มอร์ต้าร์ชนิดไหลอัดแน่นได้ด้วยตัวเอง, เถ้าลอย, อิฐมวลเบา, กำลังอัด, กำลังดึง

Properties of Self-Compacting Mortar Mixed with Ground-Recycled Lightweight Concrete Block Incorporating Fly Ash

Gritsada Sua-iam[1*], Prakasit Sokrai[2], Natt Makul[2]

[1*]Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
[2]Department of Building Technology, Faculty of Industrial Technology, Phranakhon Rajabhat University
Email: gritsada.s@rmutp.ac.th[1*], psokrai@pnru.ac.th[2], natt@pnru.ac.th[2]

Received: May 24, 2019
Revised: June 6, 2019
Accepted: June 10, 2019

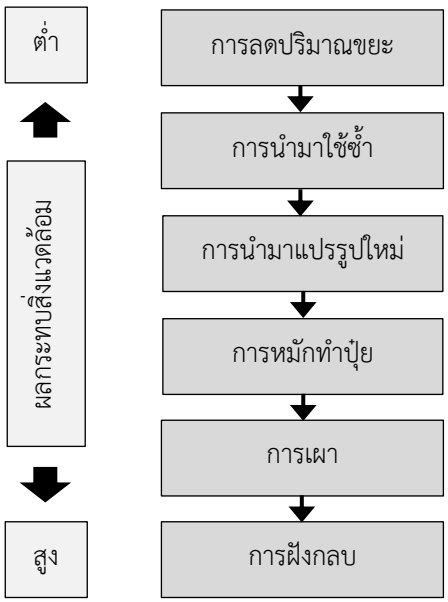
Abstract

Recycling of waste materials in construction materials can make materials environmental friendly and also reduce greenhouse gas emissions to atmosphere. This self-compacting mortar is prepared by using waste materials from thermal power plants and construction industry, including fly ash and lightweight concrete blocks as a cement replacement. Recycled lightweight concrete blocks was finely ground by Los Angeles machine, at replacement ratios of 10 and 20 percent by weight and/or mixed with fly ash at the cement replacement ratios of 40 and 60 percent by weight. Total binder material was maintain at 591 kg/cu.m. with a water-to-binder material ratio of 0.40. Controlling flow slump in the targeted flow slump diameter in the range of 25±2.5 cm by varying the superplasticizer dosage was conducted. The workability-, fresh- and hardened- properties of self-compacting mortars were tested. The results showed that self-compacting mortar mixed with 10 percentage replacement with lightweight concrete blocks (FA0LB10) or 40 percentage replacement of fly ash (FA40LB0), the compressive strength, tensile strength, and ultrasonic pulse velocity was higher than those of the control concrete (FA0LB0) consistent to the lower water absorption results. However, when incorporating lightweight concrete blocks with and fly ash as a cement replacement at 60 percent (FA40LB20), the compressive strengths of self-compacting mortar had higher than 80% compared to the control self-compacting mortar at the age of 91 days.

Keywords : self-compacting mortar, fly ash, lightweight concrete block, compressive strength, tensile strength

บทนำ

ในปัจจุบันการกำหนดมาตรการในการส่งเสริมหรือข้อเรียกร้องในการจัดการสิ่งแวดล้อม เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยการหาวิธีการที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการปกป้องสภาพแวดล้อมจากทุกภาคส่วนอุตสาหกรรมโดยรวมถึงอุตสาหกรรมการก่อสร้างสร้างนั้นมีการตื่นตัวเป็นอย่างมาก อย่างที่ทราบกันดีว่าอุตสาหกรรมการก่อสร้างโดยธรรมชาตินั้นไม่ได้สร้างกิจกรรมที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากนัก โดยทั่วไปลำดับชั้นหรือแนวทางในการกำจัดขยะจากการก่อสร้างหากเรียงลำดับที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากน้อยไปหามาก (Tam & Tam, 2006, p. 210) สรุปได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แนวทางในการกำจัดขยะจากการก่อสร้างที่ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันงานก่อสร้างนิยมใช้คอนกรีตมวลเบาหรืออิฐมวลเบาอย่างแพร่หลายทั้งนี้เนื่องจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจส่งผลให้อุตสาหกรรมการก่อสร้างเติบโตขึ้นรวมถึงคุณสมบัติพิเศษได้แก่ น้ำหนักเบา ขนาดที่ได้มาตรฐาน ทนไฟและป้องกันความร้อนได้ดี ที่สำคัญช่วยในการลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างอีกด้วย (นิตย์รดี ดอเล๊าะ, 2552, น. 51) ในทางกลับกันความต้องการในการใช้งานอิฐมวลเบาที่มากขึ้นส่งผลให้มีเศษอิฐมวลเบาจากกระบวนการผลิตและจากการก่อสร้างมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นเพื่อเป็นการนำเศษวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ เหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น อาทิเช่น การนำกลับมาทำอิฐสำหรับงานผนัง (ธรรมชนก เจรัญทรัพย์ และคณะ, 2561, น. 111) การนำมาเป็นมวลรวมละเอียดในการผลิตคอนกรีต (รัฐพล สมนา และคณะ, 2557, น. 18) หรือการนำกลับมาใช้ในการผลิตคอนกรีตมวลรวมเบา (Fenyvesi & Janhus, 2015, pp. 66) แทนที่จะนำไปถมที่หรือนำไปทิ้งเป็นขยะ ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมได้

มอร์ต้าร์ชนิดอัดแน่นได้ด้วยตัวเองเป็นนวัตกรรมของผลิตภัณฑ์รูปแบบหนึ่งสำหรับใช้ในงานซ่อมแซมโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจากการเทมอร์ต้าร์หลังจากผสมใหม่โดยไม่ต้องทำการจี้เขย่าในขณะที่มอร์ต้าร์ซึ่งมีความเหลวยังคงมีความสม่ำเสมอ ไม่แยกตัวและสามารถไหลเข้าแบบได้อย่างทั่วถึง (Natt Makul et al., 2015, p. 15) จากการใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ในปริมาณที่สูงรวมถึงการนำสารเคมีมาผสมร่วมเพื่อช่วยลดแรงตึงผิวของมอร์ต้าร์ ในทางกลับกันกลับส่งผลทำให้ราคาของมอร์ต้าร์ชนิดอัดแน่นได้ด้วยตัวเองสูงขึ้นตามไปด้วย (Güneyisi & Gesoğlu, 2008, p. 1519) ดังนั้นการหาแนวทางในการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ในการผลิตมอร์ต้าร์ชนิดอัดแน่นได้ด้วยตัวเอง จะช่วยลดปัญหากระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมและต้นทุนในงานก่อสร้าง ส่งผลให้เกิดความยั่งยืนในอุตสาหกรรมการก่อสร้างในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาการใช้วัสดุเหลือทิ้งโรงงานผลิตไฟฟ้าและจากการก่อสร้าง ได้แก่

เถ้าลอย และเศษอิฐมวลเบา นำมาใช้เป็นวัสดุประสานแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในการผลิตมอร์ต้าร์ชนิดอัดแน่นได้ด้วยตัวเอง

ระเบียบวิธีวิจัย

วัสดุที่ใช้ในการศึกษา

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (OPC) คุณสมบัติตามมาตรฐาน American Society for Testing and Materials (ASTM) C150

2. เถ้าลอย วัสดุเหลือทิ้งจากการเผาถ่านหินเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ของโรงไฟฟ้า แม่เมาะ จ.ลำปาง มีปริมาณผลรวมของ SiO_2 , Al_2O_3 และ Fe_2O_3 มากกว่าร้อยละ 70 และมีคุณสมบัติอื่นเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C618 ชนิด F (Class F)

3. เศษอิฐมวลเบาระบบการผลิตแบบการอบไอน้ำภายใต้แรงดัน

4. มวลรวมละเอียด ใช้ทรายแม่น้ำที่มีขนาดคละตามมาตรฐาน ASTM C33

5. น้ำประปา ที่มีค่าความเป็นกรดด่าง ในช่วง 6-7

6. สารเคมีผสมเพิ่ม ประเภทสารลดน้ำจำนวนมากชนิดคาร์บอกซีแลค ประเภท F ตามมาตรฐาน ASTM C494

การเตรียมตัวอย่างและส่วนผสม

นำเศษอิฐมวลเบามาทำการบดละเอียดโดยเครื่องลอสแองเจลีส และเลือกใช้เศษอิฐมวลเบาบดละเอียดเฉพาะที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (เล็กกว่า 74 ไมครอน) มาทำการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ในอัตราส่วนร้อยละ 10 และ 20 โดยน้ำหนัก ผสมร่วมเถ้าลอยในอัตราส่วนร้อยละ 40 และ 60 โดยน้ำหนัก ส่วนผสมมอร์ตาร์ใช้ปริมาณวัสดุประสานรวมและทรายเท่ากับ 591 กก/ลบ.ม. และ 810 กก/ลบ.ม. ตามลำดับ คิดเป็นอัตราส่วนปริมาณวัสดุประสานรวมต่อทรายเท่ากับร้อยละ 60:40 โดยปริมาตร อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน (w/b) เท่ากับ 0.40

ตารางที่ 1 สัดส่วนผสมของมอร์ต้าร์ชนิดอัดแน่นได้ด้วยตนเอง (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

ส่วนผสม	วัสดุประสาน						ทราย	น้ำ
	ปริมาณรวม	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	ร้อยละการแทนที่	เถ้าลอย	ร้อยละการแทนที่	เศษอิฐมวลเบา		
*FA0LB0	591	591	-	-	-	-	810	236.4
FA0LB10	591	531.9	-	-	10	59.1	810	236.4
FA0LB20	591	472.8	-	-	20	118.2	810	236.4
FA40LB0	591	354.6	40	236.4	-	-	810	236.4
FA40LB10	591	295.5	40	236.4	10	59.1	810	236.4
FA40LB20	591	236.4	40	236.4	20	118.2	810	236.4
FA60LB0	591	236.4	60	354.6	-	-	810	236.4
FA60LB10	591	177.3	60	354.6	10	59.1	810	236.4
FA60LB20	591	118.2	60	354.6	20	118.2	810	236.4

**หมายเหตุ : สัญลักษณ์ FA หมายถึง ร้อยละการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอย (Fly ash) และ LB หมายถึง ร้อยที่การแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเศษอิฐมวลเบาบดละเอียด (Ground-recycled lightweight concrete block)*

ควบคุมการไหลแผ่ของมอร์ตาร์ให้อยู่ในช่วง 25±2.5 ซม. โดยการปรับปริมาณสารเคมีผสมเพิ่ม ปริมาณส่วนผสมต่อปริมาตร 1 ลูกบาศก์เมตร ดังแสดงในตารางที่ 1

วิธีการทดสอบ

1. ทดสอบความสามารถในการทำงานได้ของมอร์ต้าร์ ได้แก่ ความสามารถในการไหลแผ่โดย Mini-Slump Flow Cone กำหนดระยะการไหลแผ่ควบคุมของมอร์ตาร์ทุกส่วนผสมให้อยู่ในช่วง 25±2.5 ซม. และการประเมินค่าความหนืดของมอร์ต้าร์จากการไหลผ่านกล่องแบนรูปทรงวี (Mini V-funnel) ตามมาตรฐาน European Federation of National Associations Representing producers and applicators of specialist building products for Concrete (EFNARC)

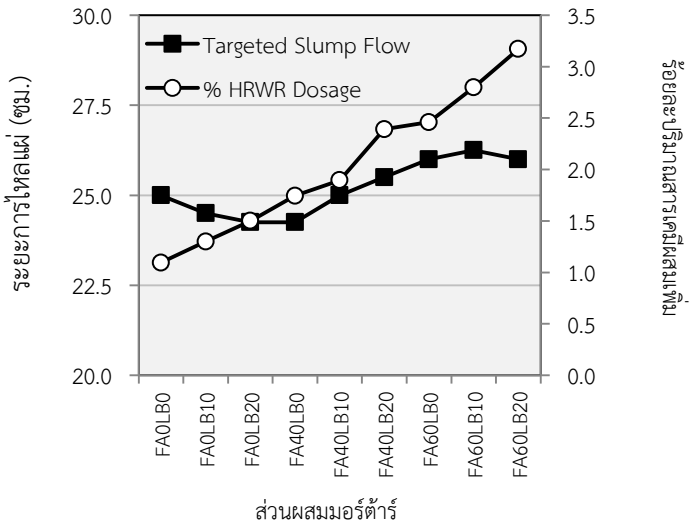
2. ทดสอบสมบัติของมอร์ต้าร์ในสภาวะสด ได้แก่ หน่วยน้ำหนัก (Unit Weight) และระยะเวลาการก่อตัว (Setting Time) ของมอร์ต้าร์ ตามมาตรฐาน ASTM C807

3. ทดสอบสมบัติของมอร์ต้าร์ในสภาวะแข็งตัว ได้แก่ อัตราการดูดซึมน้ำที่อายุ 7 และ 28 วัน ตามมาตรฐาน ASTM C128 ทดสอบกำลังอัดประลัย (Compressive Strength) จากตัวอย่างขนาด 5x5x5 ซม. ทดสอบกำลังดึง (Tensile Strength) จากตัวอย่างแบบบริเคท (Briquette) และทดสอบคุณภาพของมอร์ต้าร์ด้วยวิธี Ultrasonic Pulse Velocity Test ตามระยะเวลาการบ่มน้ำที่อายุ 7, 28, 56 และ 91 วัน ตามมาตรฐาน ASTM C109, ASTM C307 และ ASTM C597 ตามลำดับ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ความสามารถทำงานได้

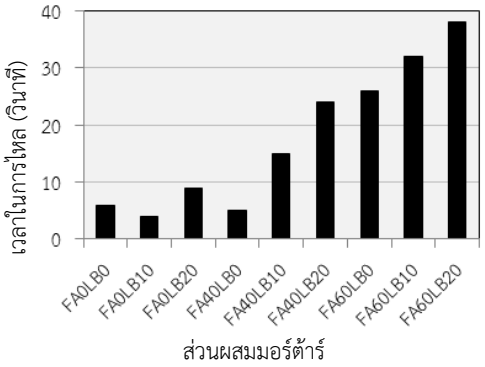
การประเมินความสามารถทำงานได้ จากการทดสอบการไหลแผ่โดย จากการกำหนดระยะการไหลแผ่ควบคุมของมอร์ตาร์อยู่ในช่วง 22.5-27.5 ซม. โดยความสัมพันธ์ของความสามารถในการไหลแผ่ที่กำหนดกับปริมาณสารเคมีผสมเพิ่มดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ของความสามารถในการไหลแผ่ที่กำหนดกับปริมาณสารเคมีผสมเพิ่ม

พบว่ามอร์ต้าร์ทุกส่วนผสมมีความสามารถในการไหลแผ่ได้ตามกำหนด ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณสารเคมีผสมเพิ่มที่ปรับตามส่วนผสมที่เปลี่ยนไป โดยอัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ที่เพิ่มสูงขึ้น ปริมาณสารเคมีผสมเพิ่มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วยอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 1.09-3.17

การประเมินความสามารถทำงานได้ จากการทดสอบเพื่อประเมินค่าความหนืดของมอร์ต้าร์ ทำโดยการวัดระยะเวลาในการไหลผ่านกล่องที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างดังแสดงผลในรูปที่ 3 พบว่ามอร์ต้าร์มีแนวโน้มความหนืดเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากระยะใช้เวลาในการไหลเพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับอัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ที่เพิ่มสูงขึ้น

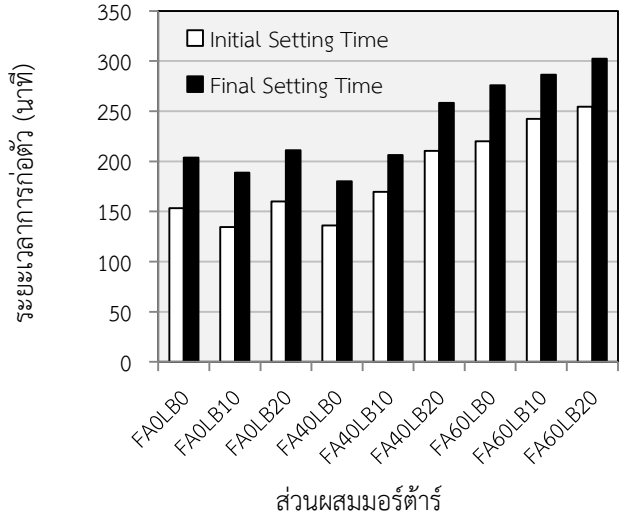


รูปที่ 3 เวลาในไหลผ่านกล่องแบนรูปทรงวี

ทั้งนี้เนื่องจากความละเอียดและอัตราการดูดกลืนน้ำของเถ้าลอยและเศษอิฐมวลเบาส่งผลให้มีความต้องการน้ำในส่วนผสมมากขึ้น มอร์ต้าร์มีความหนืดสูงขึ้นตามไปด้วย (Natt Makul et al., 2015, p. 21; Güneyisi & Gesoğlu, 2008, p. 1525)

สมบัติของมอร์ต้าร์ในสภาวะสด

การวัดหน่วยน้ำหนักของมอร์ต้าร์ชนิดอัดแน่นได้ด้วยตนเอง พบว่ามอร์ต้าร์ทุกส่วนผสมที่มีการนำเถ้าลอยและเศษอิฐมวลเบามาแทนที่ปูนซีเมนต์ หน่วยน้ำหนักมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับมอร์ต้าร์ควบคุม (FA0LB0) และมีแนวโน้มลดลงมากขึ้นเมื่ออัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ที่เพิ่มสูงขึ้น ผลเนื่องจากความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์เถ้าลอยและเศษอิฐมวลเบามีความแตกต่างกัน ส่วนผลการทดสอบระยะการก่อตัวของมอร์ต้าร์ชนิดอัดแน่นได้ด้วยตนเองดังแสดงในรูปที่ 4

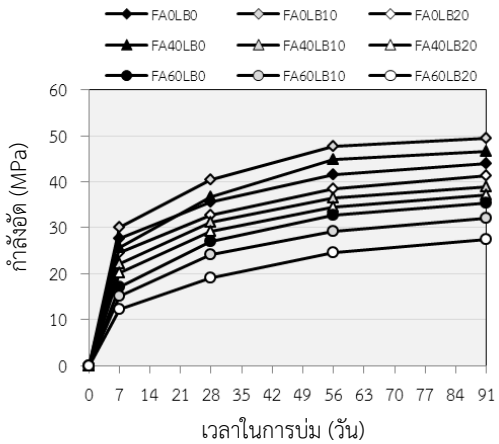


รูปที่ 4 ระยะเวลาการก่อตัวของมอร์ต้าร์

พบว่าการก่อตัวระยะต้นอยู่ในช่วง 134-254 นาที และการก่อตัวระยะปลายอยู่ในช่วง 180-302 นาที ทั้งนี้อัตราส่วนการแทนที่ของเถ้าลอยและเศษอิฐมวลเบาในปูนซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ระยะเวลาการก่อตัวของมอร์ต้าร์เพิ่มขึ้นเนื่องจากปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสมที่ลดลงส่งผลต่อความสมบูรณ์ของการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นในแต่ละส่วนผสมที่แตกต่างกัน (Natt Makul et al., 2015, p. 20; Güneyisi & Gesoğlu, 2008, p. 1525)

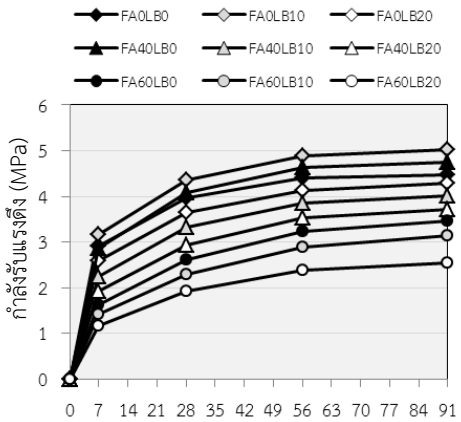
สมบัติของคอนกรีตที่แข็งตัว

จากการทดสอบกำลังอัด และกำลังดึงของมอร์ต้าร์ชนิดอัดแน่นได้ด้วยตนเอง แสดงผลดังรูปที่ 5 และ 6



รูปที่ 5 กำลังอัดประลัยของมอร์ต้าร์

มอร์ต้าร์ควบคุม (FA0LB0) มีกำลังแรงอัดเท่ากับ 28, 36, 41 และ 44 เมกะปาสคาล (MPa) ที่อายุ 7, 28, 56 และ 91 วันตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ต้าร์ที่นำเถ้าลอย และ/หรือเศษอิฐมวลเบามาแทนที่ปูนซีเมนต์ พบว่ามอร์ต้าร์ชนิดอัดแน่นได้ด้วยตัวเองผสมเศษอิฐมวลเบาร้อยละ 10 (FA0LB10) มีค่ากำลังแรงอัดสูงสุด รองลงมาคือมอร์ต้าร์ผสมเถ้าลอยร้อยละ 40 (FA40LB0) มีค่าเท่ากับ 41 และ 37 MPa ที่อายุ 28 วัน และเพิ่มขึ้นเป็น 50 และ 47 MPa ที่อายุ 91 วัน ตามลำดับโดยกำลังแรงอัดที่ได้ดังกล่าวมีค่าสูงกว่ากำลังอัดของมอร์ต้าร์ควบคุม ในขณะที่ส่วนผสมมอร์ต้าร์ที่เหลือมีค่ากำลังแรงอัดต่ำกว่าคอนกรีตควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากขนาดอนุภาคที่ละเอียดของเศษอิฐมวลเบาและเถ้าลอยช่วยเติมแทรกในระหว่างอนุภาคของปูนซีเมนต์ส่งผลให้กำลังอัดสูงขึ้นในช่วงต้น ในขณะเดียวกันกำลังอัดของมอร์ต้าร์ผสมเถ้าลอยยังเกิดจากผลของปฏิกิริยาปอซโซลานอีกด้วย ในขณะที่เมื่อทำการแทนที่เถ้าลอยและ/หรือเศษอิฐมวลเบาปริมาณมากขึ้นทำให้ปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสมลดลงส่งผลให้สารประกอบทางเคมีจากการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นที่สร้างกำลังให้กับคอนกรีตลดน้อยลงตามไปด้วย (Natt Makul et al., 2015, p. 22; Güneyisi & Gesoğlu, 2008, p. 1528)

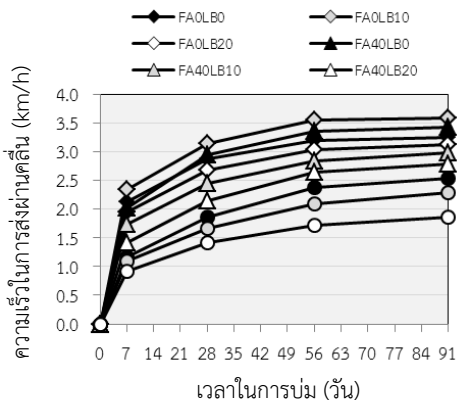


รูปที่ 6 กำลังรับแรงดึงของมอร์ต้าร์

ผลการทดสอบกำลังดึงของมอร์ต้าร์มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับผลการทดสอบกำลังอัด และมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการบ่ม โดยมอร์ต้าร์ควบคุม (FA0LB0) มีกำลังดึงเท่ากับ 2.9, 4.0, 4.4 และ 4.5 MPa ที่อายุ 7, 28, 56 และ 91 วัน

ตามลำดับ จากรูปที่ 6 พบว่ามอร์ต้าร์ชนิดอัดแน่นได้ด้วยตัวเองผสมเศษอิฐมวลเบาร้อยละ 10 (FA0LB10) มีค่ากำลังดึงสูงสุด รองลงมาคือมอร์ต้าร์ผสมเถ้าลอยร้อยละ 40 (FA40LB0) มีค่าเท่ากับ 4.4 และ 4.1 MPa ที่อายุ 28 วัน และเพิ่มขึ้นเป็น 5.0 และ 4.7 MPa ที่อายุ 91 วัน ตามลำดับ

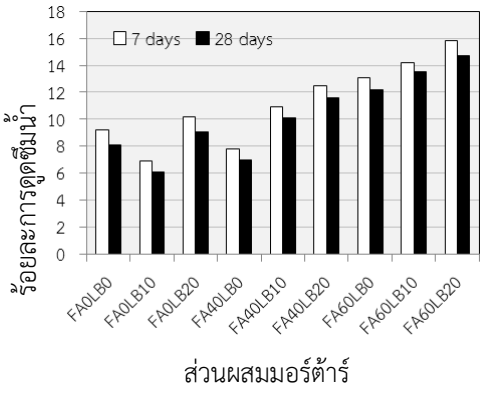
จากรูปที่ 7 แสดงผลการทดสอบคุณภาพของมอร์ต้าร์ด้วยวิธีวัดความเร็วคลื่นอัลตร้าโซนิค



รูปที่ 7 การส่งผ่านคลื่นอัลตร้าโซนิค

เพื่อประเมินความหนาแน่นจากการพัฒนาโครงสร้างภายใน กล่าวคือเมื่อโครงสร้างมีความหนาแน่นเพิ่มสูงขึ้นความเร็วในการส่งผ่านคลื่นอัลตร้าโซนิคย่อมสูงขึ้นตามไปด้วย และพบว่าแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของความเร็วแปรผันตามระยะเวลาในการบ่ม และผลที่ได้สอดคล้องกับผลของกำลังอัด (Güneyisi & Gesoğlu, 2008, p. 1528) และกำลังดึงเนื่องจากขนาดอนุภาคที่เล็กกว่าปูนซีเมนต์เข้าไปแทรกระหว่างอนุภาคส่งผลมอร์ต้าร์มีความหนาแน่นมากขึ้นตามไปด้วย

การทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าร์ที่ระยะเวลาในการบ่ม 7 และ 28 วัน ดังแสดงในรูปที่ 8 พบว่า มอร์ต้าร์มีอัตราการดูดซึมน้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 6.90-15.80 ที่อายุ 7 วัน และลดลงอยู่ระหว่างร้อยละ 6.10-14.70 ที่อายุ 91 วัน ตามลำดับ ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำของมอร์ต้าร์มีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุของมอร์ต้าร์มากขึ้น (ธรรมชนก เจรัญทรัพย์และคณะ, 2561, น. 118) สอดคล้องกลับผลการทดสอบการส่งผ่านคลื่นอัลตร้าโซนิค เนื่องจากโครงสร้างภายในมีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้นโดยขึ้นอยู่กับสัดส่วนผสม



รูปที่ 8 อัตราการดูดซึมน้ำของมอร์ต้าร์

การแทนที่เถ้าลอยหรือเศษอิฐมวลเบาในอัตราส่วนที่เหมาะสมส่งผลให้อัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าร์ลดลง และมีค่าต่ำกว่ามอร์ต้าร์ควบคุม (FA0LB0) ผลจากขนาดอนุภาคของวัสดุทดแทนที่เล็กกว่าเข้าไปอุดช่องว่างในภายในรวมถึงการพัฒนาโครงสร้างภายในจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น เมื่อระยะเวลาในการบ่มเพิ่มขึ้นส่งผลให้ช่องว่างและความพรุนของมอร์ต้าร์ลดลงตามไปด้วย

สรุปผลการวิจัย

1. ความสามารถทำงานได้ของมอร์ต้าร์ชนิดอัดแน่นได้ด้วยตัวเองขึ้นกับชนิดและปริมาณการแทนที่ของวัสดุเหลือทิ้งที่นำมาทำการทดสอบในแต่ละชนิดโดยอัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ที่เพิ่มสูงขึ้นมอร์ต้าร์มีแนวโน้มความหนืดเพิ่มสูงขึ้นรวมถึงปริมาณการใช้สารเคมีผสมเพิ่มในส่วนผสมเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย

2. หน่วยน้ำหนักของมอร์ต้าร์ชนิดอัดแน่นได้ด้วยตัวเองเมื่อนำเถ้าลอยและ/หรือเศษอิฐมวลเบามาแทนที่ปูนซีเมนต์ในส่วนผสมมีแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราส่วนการแทนที่สูงขึ้น ในขณะที่ระยะเวลาการก่อตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

3. การพัฒนากำลังอัด กำลังดึง และความหนาแน่นของมอร์ต้าร์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาในการบ่มที่เพิ่มขึ้น อายุของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น โดยมอร์ต้าร์ผสมเศษอิฐมวลเบาร้อยละ 10 (FA0LB10) มีการพัฒนาการรับกำลังสูงสุด รองลงมาคือ มอร์ต้าร์ผสมเถ้าลอยร้อยละ 40 (FA40LB0) ในขณะที่มอร์ต้าร์ผสมร่วมเถ้าลอยและเศษอิฐมวลเบาสูงถึงร้อยละ 60 (FA40LB20) สามารถกำลังอัดได้มากกว่าร้อยละ 85 เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตควบคุมที่อายุ 91 วัน สอดคล้องกับผลการทดสอบความเร็วในการส่งคลื่นอัลตร้าโซนิคเพื่อประเมินความหนาแน่นของมอร์ต้าร์มีค่าสูงขึ้นเมื่ออัตราการดูดซึมน้ำของตัวอย่างมอร์ต้าร์มีค่าลดลง

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมีอายุในการใช้งานที่ยาวนานหลายสิบปี ดังนั้นควรมีการพิจารณาถึงสมบัติของคอนกรีตในระยะยาวที่เกิดจากผลกระทบต่อวามคงทนของคอนกรีตในระยะยาว ตลอดจนการนำวัสดุเหลือทิ้งชนิดอื่นกลับมาผสมร่วมเศษอิฐมวลเบาในอัตราส่วนที่สูงสำหรับการผลิตมอร์ต้าร์ชนิดอัดแน่นได้ด้วยตัวเอง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครที่ได้สนับสนุนทุนในงานวิจัยครั้งนี้ รวมถึง นายกฤษฎิธัชญ์ มากุล และ นายเกียรติศักดิ์ วรรณพงษ์ ที่ได้ช่วยจัดเตรียมข้อมูลในการทดสอบ จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

References

Erhan Güneyisi and Mehmet Gesoğlu, (2008). Properties of self-compacting mortars with binary and ternary cementitious blends of fly ash and metakaolin. *Materials and Structures,* 41, 1519–1531.

Natt Makul, Gritsada Sua-iam and Prakasit Sokrai, (2015). Properties of Self-compacting mortar made with binary and ternary cementitious blends of untreated rice husk ash and silica fume. *Engineering Journal of Research and Development.* 26(4), 15-23.

Nitradee Dolah, (2009). Light materials used in construction industry. *Princess of Naradhiwas University Jornal.* 1(3), 48-62.

Olivér FENYVESI and Bence JANKUS, (2015). Opportunities in recycling AAC waste as aggregate for lightweight concrete. *Journal of Silicate Based and Composite Materials.* 67(2), 66-70.

Rattapon Somna, Chutipong Euathitaporn and Suksun Horpibulsuk, (2014). Compressive strength of concrete using recycled lightweight brick as fine. *Technical Education Journal King Mongkut's University of Technology North Bangkok.* 5(1), 18-24.

Thanchanok Charoensap, Pipat Sornwongt, Watcharin Witayakul, (2018). Use of lightweight concrete debris for brick in wall works. *Engineering Journal Kasetsart.* 31(104), 111-120.

Vivian W.Y. Tam and C.M. Tam. (2006). A review on the viable technology for construction waste recycling. *Resources, Conservation and Recycling,* 47, 209-221.