บทความวิจัย

ผลของวัสดุปอซโซลานเถ้าแกลบต่อสมบัติของอิฐมวลเบา

ทัศริยา กลิ่นขจร[1] สิรินญา กุลวงค์[1] จิดาภา ปัททุม[1] สิทธิชัย ใจขาน[2,*] สมเจตน์ ทองดำรงธรรม[2] และถนัดกิจ ชารีรัตน์[3]

[1]หลักสูตร วท.บ. อนามัยสิ่งแวดล้อม วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

[2]กลุ่มวิชาสาธารณสุขศาสตร์ วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

[3]สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

**Email: sitthichai.c@ubu.ac.th*

รับบทความ: 15 กุมภาพันธ์ 2565 แก้ไขบทความ: 30 มีนาคม 2565 ยอมรับตีพิมพ์: 30 เมษายน 2565

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้เถ้าแกลบเป็นวัสดุเสริมกำลังในการผลิตอิฐมวลเบาขนาดความกว้าง 20 ซม. ความยาว 60 ซม. และความหนา 7.5 ซม. (ขนาดอิฐมวลเบาตามมาตรฐานของกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม) การผลิตอิฐมวลเบาที่ไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำ ประเภทที่ 1 ใช้วัสดุเบาร่วมในกระบวนการผลิต ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทรายละเอียด ผงอะลูมิเนียม ปูนขาว ยิปซั่ม และวัสดุเสริมกำลัง (แกลบบดละเอียด เผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส สำหรับแทนที่ทราย จำนวน 3 สูตร ได้แก่ ร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก) การบ่มอิฐใช้วิธีการขังน้ำเป็นระยะเวลา 7 วัน การทดสอบสมบัติของอิฐมวลเบา ได้แก่ ความต้านแรงอัด อัตราการดูดซึมน้ำ และความหนาแน่น วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษา พบว่า อิฐมวลเบาที่ผลิตขึ้นทั้งหมดมีความต้านแรงอัดระหว่าง 7.38 ± 0.42 ถึง 12.68 ± 1.27 เมกะพาสคัล ตัวอย่างที่ใช้เถ้าแกลบร้อยละ 10 ให้ค่าความต้านแรงอัดเฉลี่ย (12.68±1.27 เมกะพาสคัล) ใกล้เคียงกับชุดควบคุม (13.28 ± 0.42 เมกะพาสคัล) อัตราการดูดซึมน้ำ 15.4 ± 1.48 % ความหนาแน่น 1.47 ± 0.01 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร และมีต้นทุนการผลิตด้านวัสดุประมาณ 16.47 บาท (137.2 บาทต่อตารางเมตร) ดังนั้น เถ้าแกลบสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากขึ้นด้วยการเป็นวัตถุดิบผลิตอิฐมวลเบา และสัดส่วนของเถ้าแกลบ ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก สามารถใช้ในการผลิตอิฐก่อผนังหรือกั้นห้องภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรับน้ำหนักโครงสร้างอาคารได้

คำสำคัญ: เถ้าแกลบ วัสดุเสริมกำลัง ปอซโซลาน อิฐมวลเบา

อ้างอิงบทความนี้

ทัศริยา กลิ่นขจร, สิรินญา กุลวงค์, จิดาภา ปัททุม, สิทธิชัย ใจขาน, สมเจตน์ ทองดำรงธรรม, และถนัดกิจ ชารีรัตน์. (2565). ผลของวัสดุปอซโซลานเถ้าแกลบต่อสมบัติของอิฐมวลเบา. **วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา**, 5(2), 182-190. http://doi.org/10.14456/jsse.2022.21

ลิขสิทธิ์โดย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Research Article

Effect of rice husk ash used as pozzolan material on properties of lightweight bricks

Tatsariya Kinkachon[1], Sirinya Kunlawong[1], Jidapa Pattum[1], Sitthichai Chaikhan[2,*], Somjate Thongdamrongtham[2] and Thanudkij Chareerat[3]

[1]Environmental Health Program, College of Medicine and Public Health, Ubon Ratchathani University

[2]College of Medicine and Public Health, Ubon Ratchathani University

[3]Environmental Engineering Program, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University

**Email: sitthichai.c@ubu.ac.th*

Received <15 February 2022>; Revised <30 March 2022>; Accepted <30 April 2022>

Abstract

This research aimed to investigate the effect of rice husk ash as a reinforcing material (Pozzolan) in the production of lightweight bricks with dimensions of width 20 cm, length 60 cm, and thickness 7.5 cm (lightweight brick size according to the standards of the Department of Industrial Promotion). Production of non-autoclaved system type 1 uses light materials in the production process include portland cement, fine sand, aluminum powder, lime, gypsum, and reinforcing materials (finely rice husk sintered at 600°C for replacing sand in the amount of 3 formulas, such as 5 wt%, 10 wt% and 15 wt%). The brick was cured with water for seven days. Testing properties of lightweight bricks include compressive strength, water absorption rate, and density. The data were analyzed using descriptive statistics such as mean and standard deviation. The results showed that all lightweight bricks had compressive strengths between 7.38 ± 0.42 to 12.68 ± 1.27 MPa. The means compressive strength of the sample with 10 wt% of rice husk ash (12.68±1.27 MPa) was approximately the same as the control unit (13.28 ± 0.42 MPa), water absorption rate 15.4 ± 1.48%, density 1.47 ± 0.01 kg/m^3, and the production cost of materials is approximately 16.47 baht (137.2 baht/m^2). Therefore, rice husk ash can be used as a raw material for producing lightweight bricks, and the bricks with a 10 wt% of rice husk ash can be used to produce bricks for masonry walls or indoor partitions that are not part that supports the weight of the building structure.

Keywords: Rice husk ash, Reinforcing material, Pozzolan, Lightweight Brick

Cite this article:

Kinkachon, T., Kunlawong, S., Pattum, J., Chaikhan, S., Thongdamrongtham, S. and Chareerat, T. (2022). Effect of rice husk ash used as pozzolan material on properties of lightweight bricks (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 5(2), 182-190. http://doi.org/10.14456/jsse.2022.21

บทนำ

อิฐมวลเบาเป็นวัสดุก่อสร้างที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในวงการก่อสร้าง ซึ่งเป็นที่ยอมรับในด้านคุณสมบัติที่โดดเด่นและยังเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้ที่ต้องการลดต้นทุนในการผลิต (Panel hoszigeteles Co.,Ltd., 2017) แต่อิฐมวลเบายังมีข้อจำกัดในการปรับแต่งได้น้อย รับน้ำหนักได้ไม่มาก ด้วยลักษณะของวัสดุที่มีรูพรุนทำให้อิฐดูดซับน้ำซึ่งจะมีผลต่อความชื้น หากมีการเจาะผนังอาจทำให้เกิดความเสียหายหรือแตกร้าวได้ง่าย (Onprom, 2021) การใช้วัสดุเสริมกำลัง (Pozzolan) จะช่วยเพิ่มความสามารถในการใช้งานของอิฐช่วยทำให้อิฐมีความคงทนและแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น (Muangtong, Kongpun, and Nekhamanurak, 2014) การนำปอซโซลานจากธรรมชาติมาประยุกต์ใช้กับงานคอนกรีตสามารถทำได้หลากหลาย เช่น นำมาใช้ในงานคอนกรีตมวลเบา ทำเป็นสารผสมเพิ่มเพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาอัลคาไลในคอนกรีต ลดปัญหาการเกิดการเยิ้ม ลดการแยกตัว ลดการซึมผ่าน เพิ่มความทนทาน และเพิ่มกำลัง เป็นต้น วิธีการใช้งานจะนำมาใช้แทนที่ทรายหรือแทนที่ปูนซีเมนต์ตามอัตราส่วน คุณสมบัติของวัสดุปอซโซลานธรรมชาติมีคุณสมบัติที่ดี คือ มีน้ำหนักเบา ความหนาแน่นต่ำ มีความพรุนสูง มีความแข็งแรง จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปเป็นส่วนประกอบในคอนกรีต และได้คอนกรีตที่มีหน่วยน้ำหนักที่เบาลง เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นสารผสมแบบแร่ธาตุ เช่น ขี้เถ้าลอย เถ้าแกลบ ขี้ตะกรันจากเตาถลุงซิลิกาฟูม และเถ้าตะกอนสลัดจ์จากโรงบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น (Sinsiri, 2014)

เถ้าแกลบเป็นวัสดุถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมของวัสดุก่อสร้างหลายชนิด เช่น อิฐมวลเบา อิฐมอญ อิฐตัวหนอน เนื่องจากการมีองค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วยซิลิกาซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาปอซโซลาน (Pozzolanic reaction) กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เป็นผลผลิตจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น (Hydration reaction) ระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำก่อให้เกิดสารเชื่อมประสานแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตได้ (Chindaprasirtand Jaturapitakkul, 2013) โดยมีการศึกษาทดสอบสมบัติของคอนกรีตมวลเบาผสมเถ้าแกลบในการเป็นวัสดุเสริมกำลัง ซึ่งพบว่ามีค่าความต้านแรงอัดของการบ่มอิฐนาน 14 วัน ใกล้เคียงกับอิฐมอญที่นิยมใช้ในการก่อสร้าง (Chaichana, 2019) ในปัจจุบันการนำวัสดุเหลือใช้มาเป็นส่วนผสมในการผลิตวัสดุก่อสร้าง จึงมีความนิยมเพิ่มมากขึ้น หากมีการใช้งานในปริมาณที่เหมาะสมโดยแทนที่วัตถุดิบไม่เกินร้อยละ 20 จะทำให้ได้กำลังอัดเท่ากับปูนซีเมนต์ (Sata *et al*., 2012) งานวิจัยนี้จึงวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสมบัติของอิฐมวลเบาที่มีส่วนผสมวัสดุเสริมกำลังจากเถ้าแกลบที่อบภายใต้อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ในการผลิตอิฐมวลเบาที่มีส่วนผสม ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทรายละเอียด ผงอะลูมิเนียม ปูนขาว และยิปซัม เพื่อเป็นแนวทางการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์และลดปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาสมบัติของอิฐมวลเบาที่มีส่วนผสมวัสดุเสริมกำลังจากเถ้าแกลบ

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1

2) ทรายแม่น้ำที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงเบอร์ 4

3) ยิปซัม ($CaSO_4.2H_2O$)

4) ผงอะลูมิเนียม (Aluminum Paste)

5) ปูนขาว (CaO)

6) วัสดุทดแทน คือ เถ้าแกลบที่ผ่านการปรับสภาพ โดยผ่านกระบวนการเผาด้วยเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง (ภาพที่ 1ก) คัดแยกแกลบที่เผาไหม้สมบูรณ์ (เถ้าแกลบสีเทา/ขาว) ซึ่งมีสมบัติสามารถใช้เป็นวัสดุปอซโซลานได้ (Sirisurawong, 2015) (ภาพที่ 1ข) บดให้ละเอียดและคัดขนาดโดยการร่อนด้วยตะแกรงเบอร์ 325

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

1) แม่พิมพ์อัดอิฐขนาด 20 x 60 x 7.5 เซนติเมตร (ขนาดอิฐมวลเบาตามมาตรฐานของกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม)

2) เตาเผาไฟฟ้าอุณหภูมิสูง (เตาเผาเซรามิก) (ภาพที่ 1ก)

3) อุปกรณ์ทั่วไปสำหรับงานก่อสร้าง ได้แก่ เกรียงโบก ถังน้ำ พลั่ว ถังผสมปูน กระบอกตวง และอ่างผสมปูน

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

(ก) (ข)

ภาพที่ 1 (ก) เตาเผาไฟฟ้าอุณหภูมิสูง (ข) เถ้าแกลบที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส

การผลิตอิฐมวลเบา

การผลิตอิฐมวลเบาวิธีการผลิตโดยใช้ระบบที่ไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำ (Non-Autoclaved system) ประเภทที่ 1 โดยผสมวัตถุดิบตามอัตราส่วน ได้แก่ ปูนซีเมนต์และปูนขาวในอัตราส่วน (30:9) ยิปซัมและผงอะลูมิเนียมในอัตราส่วน (9:2) ทราย และแกลบ จำนวน 3 อัตราส่วน (ตารางที่ 1) ผสมเข้าด้วยกันและใส่ลงในแบบพิมพ์ตาก (ภาพที่ 2ก) จากนั้นนำไปตากในที่ร่ม เป็นระยะเวลา 3 วัน (Sirisurawong, 2015) หลังจากเสร็จสิ้นการขึ้นรูปนำอิฐไปบ่มโดยใช้วิธีการขังน้ำเป็นระยะเวลา 7 วัน (ภาพที่ 2ข) (Senaart, N. and Nonthawee, P., 2019) และทำให้แห้งเพื่อนำไปทดสอบต่อไป

ตารางที่ 1 อัตราส่วนวัตถุดิบผสมในการผลิตอิฐมวลเบา

Sampler	Component (%)					
	Rice husk ash	Fine Sand	Portland Cement	Aluminum Paste	CaO	Gypsum
S0	0	50	30	2	9	9
S1	5	45	30	2	9	9
S2	10	40	30	2	9	9
S3	15	35	30	2	9	9

(ก) (ข)

ภาพที่ 2 (ก) การขึ้นรูปอิฐด้วยแม่พิมพ์ (ข) การบ่มอิฐวิธีการขังน้ำ

วิธีการทดสอบ

การทดสอบความต้านแรงอัดวิเคราะห์สมบัติเชิงกล ด้วยเครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล (Universal Testing Machine) (ภาพที่ 3ก) โดยนำอิฐมวลเบาตัวอย่างที่มีอายุไม่น้อยกว่า 14 วัน (ภาพที่ 3ข) มาทดสอบการรับแรงกด แบ่งเป็นอัตราส่วนละ 2 ชิ้นงาน

(ก)

(ข)

ภาพที่ 3 (ก) เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล (ข) อิฐมวลเบาที่ผ่านการทดสอบการต้านแรงอัด

การวิเคราะห์ข้อมูล

ค่าความต้านแรงอัดของอิฐมวลเบาที่ผลิตขึ้น (P) หน่วย เมกะพาสคัล (MPa) สามารถหาได้จากสมการ (1)

$$P = \frac{F \times C}{A} \quad (1)$$

เมื่อ F คือ แรงกดสูงสุดที่คอนกรีตบล็อกตัวอย่างรับได้ หน่วยเป็น นิวตัน

C คือ ค่าตัวประกอบปรับค่าความต้านแรงอัดของอิฐ

A คือ พื้นที่ผิวหน้าที่รับแรงกดของคอนกรีตบล็อกตัวอย่าง หน่วยเป็น ตารางเมตร

การประเมินชั้นคุณภาพของอิฐมวลเบาเทียบความต้านแรงอัดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 1505-2541) จำแนกได้ 4 ชั้นคุณภาพ (Ministry of Industry, 1998) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ชั้นคุณภาพและชนิดของคอนกรีตมวลเบา

ชั้นคุณภาพ	ความต้านแรงอัด (นิวตัน/มล.^{2})		ชนิด	ความหนาแน่นเชิงปริมาตรเฉลี่ย (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร)
	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด		
2	2.5	2.0	0.4	0.31 – 0.40
			0.5	0.41 – 0.50
4	5.0	4.0	0.6	0.51 -0.60
			0.7	0.61 – 0.70
			0.8	0.71 – 0.80
6	7.5	6.0	0.7	0.61 – 0.70
			0.8	0.71 – 0.80
8	10.0	8.0	0.8	0.71 – 0.80
			0.9	0.81 – 0.90
			1.0	0.91 – 1.00

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ความต้านแรงอัดและการดูดซึมน้ำ

ผลการทดสอบความต้านแรงอัดของอิฐมวลเบาที่มีพื้นที่หน้าตัด 10,000 ตารางมิลลิเมตร ตัวประกอบปรับค่าความต้านแรงอัดของวัสดุคอนกรีตที่ไม่มีการลบมุม เท่ากับ 1.18 ด้วยการทดสอบด้วยตัวอย่างอิฐที่ไม่มีการผสมด้วยเถ้าแกลบ (S0) และอิฐที่มีการผสมเถ้าแกลบในอัตราส่วนระหว่าง ร้อยละ 5.0-15.0 (S1-S3) อัตราส่วนละ 2 ก้อน จำนวนรวม 8 ก้อน พบว่า อิฐมวลเบาแต่ละการทดลอง (S0-S4) สามารถรับน้ำหนักแรงกดสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 112,502, 62,508, 107,501 และ 72,500 นิวตัน ตามลำดับ และมีความต้านแรงอัดเฉลี่ย เท่ากับ 13.28, 7.38, 12.68 และ 8.71 เมกะพาสคัล ตามลำดับ โดยอิฐที่มีการผสมเถ้า

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

แกลบที่มีความต้านแรงอัดมากที่สุด คือ อัตราส่วนของวัสดุเสริมกำลังจากเถ้าแกลบ ร้อยละ 10 (S2) สามารถรับน้ำหนักแรงกดสูงสุดที่ 115,002 นิวตัน และมีความต้านแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 12.28 เมกะพาสคัล (ตารางที่ 3) สำหรับผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของอิฐมวลเบาของแต่ละการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 16.0, 14.1, 15.4, และ 14.9 ตามลำดับ โดยมีความหนาแน่นเฉลี่ยของแต่ละการทดลองเท่ากับ 1.45, 1.46, 1.47 และ 1.45 กก./ม.^{3} ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 3 ความต้านแรงอัดของอิฐมวลเบาที่มีส่วนผสมวัสดุเสริมกำลังเถ้าแกลบ

การทดลอง	วัสดุเสริมกำลัง (ร้อยละ)	แรงกดสูงสุดที่ตัวอย่างอิฐรับได้		ความต้านแรงอัดของอิฐมวลเบา (เมกะพาสคัล)	ความต้านแรงอัดเฉลี่ย (เมกะพาสคัล)
		กิโลกรัมแรง	นิวตัน		
S0	0.0	11,217	110,001	12.98	13.28 ± 0.42
		11,727	115,002	13.57	
S1	5.0	6,630	65,018	7.67	7.38 ± 0.42
		6,118	59,997	7.08	
S2	10.0	10,197	99,998	11.78	12.68 ± 1.27
		11,727	115,002	13.57	
S3	15.0	7,138	69,999	8.56	8.71 ± 0.42
		7,648	75,001	8.85	

ตารางที่ 4 การดูดซึมน้ำของอิฐมวลเบาที่มีส่วนผสมวัสดุเสริมกำลังเถ้าแกลบ

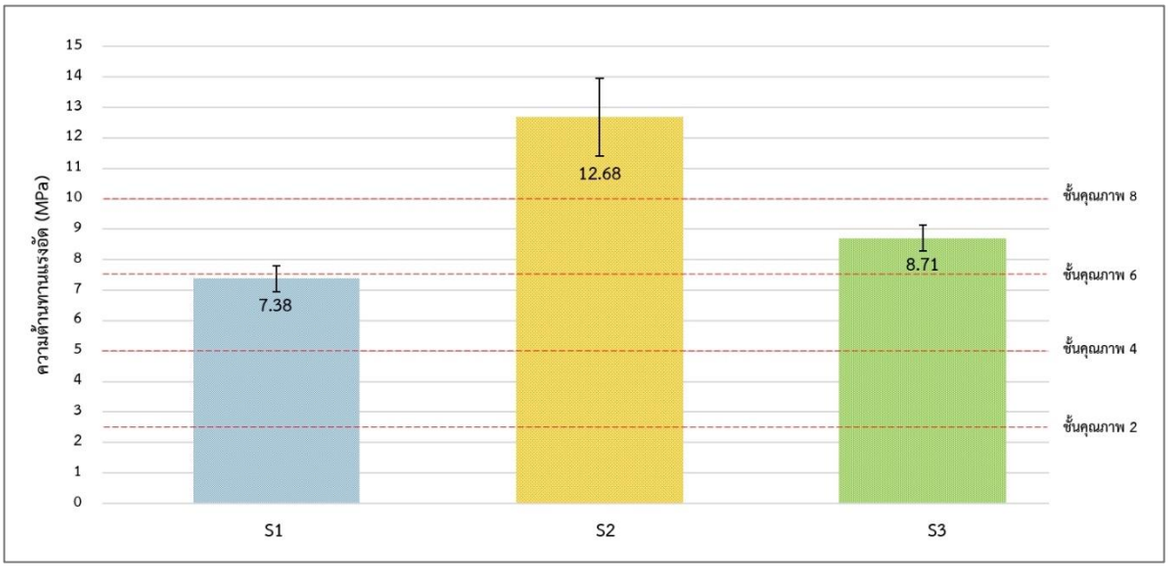
การทดลอง	วัสดุเสริมกำลัง (ร้อยละ)	W_1 น้ำหนักแห้ง (กิโลกรัม)	W_2 น้ำหนักเปียก (กิโลกรัม)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	การดูดซึมน้ำเฉลี่ย (ร้อยละ)	ความหนาแน่น (กก./ม.^{3})
S0	0.0	13.2	15.3	15.9	16.0 ± 0.14	1.45 ± 0.02
		13.0	15.1	16.1		
S1	5.0	13.3	15.1	13.5	14.1 ± 0.78	1.46 ± 0.02
		13.0	14.9	14.6		
S2	10.0	13.3	15.5	16.5	15.4 ± 1.48.	1.47 ± 0.01
		13.2	15.1	14.4		
S3	15.0	13.0	14.9	14.6	14.9 ± 0.42	1.45 ± 0.01
		13.1	15.1	15.2		

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกการผลิตอิฐมวลเบาแบบไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำ ประเภทที่ 1 ผลการทดสอบค่าความต้านแรงอัดของอิฐมวลเบาที่ผลิตขึ้นเป็นไปตามหลักทฤษฎีหรือแนวคิดที่ว่าปริมาณที่เหมาะสมของวัสดุเสริมกำลังโดยแทนที่วัตถุดิบไม่เกินร้อยละ 20 จะมีความแข็งแรงใกล้เคียงกับซีเมนต์ (Muangtong, Kongpun, and Nekhamanurak, 2014) ดังนั้นการใช้เถ้าแกลบเป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐมวลเบาในครั้งนี้ จึงให้ความแข็งแรงของวัสดุได้เทียบเท่ากันกับอิฐที่ใช้ส่วนผสมทั่วไป การที่วัสดุเสริมกำลังซึ่งมีสมบัติเป็นสารปอซโซลานมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐมวลเบาจะมีความต้านแรงอัดที่ดีจะต้องมีองค์ประกอบทางเคมีที่ประกอบด้วยซิลิกาในปริมาณสูงเมื่อมีการปรับปรุงโครงสร้าง โดยการนำไปเผาที่อุณหภูมิสูงมากกว่า 500 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เป็นผลผลิตจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ (Sirisurawong, 2015) ทำให้เกิดสารเชื่อมประสานแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต โดยเป็นการเกิดปฏิกิริยาแบบช้า ๆ เพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้คอนกรีต (Chindaprasirt *et al*., 2020) การผลิตวัสดุเสริมกำลังที่เป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐมวลเบาในครั้งนี้ใช้อุณหภูมิที่ 600 องศาเซลเซียส จึงมีส่วนช่วยให้อิฐที่ได้มีลักษณะที่สามารถรับแรงอัดได้สูงสุด นอกจากนี้ยังพบว่าทุกผลการทดสอบการดูดซึมน้ำมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 14.9-16.0 สอดคล้องกับแนวคิดลักษณะการดูดซึมน้ำ

ของอิฐที่ดีจะต้องดูดน้ำประมาณ 10 – 17 % ของน้ำหนักอิฐ (Faculty of Engineering Civil Engineering University of Phayao, 2016) การทดลองผลิตอิฐมวลเบาในครั้งนี้ทุกชุดการทดลองได้อิฐที่มีความหนาแน่นใกล้เคียงกันระหว่าง 1.45-1.47 กก./ม.^{3} จึงยังทำให้น้ำหนักของอิฐต่อก้อนยังมีค่าค่อนข้างมาก เนื่องจากเป็นวิธีการผลิตแบบไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำ แตกต่างจากการผลิตอิฐด้วยวิธีการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง ซึ่งมีการใช้เครื่องจักรในการผลิตที่สามารถทำให้เกิดรูพรุนภายในเนื้ออิฐและทำให้มีน้ำหนักที่เบากว่าจากการใช้สารเคมีก่อฟองอากาศ (Dolah, 2009) ต้องใช้งบประมาณในการลงทุนสูง จึงนิยมใช้ในการผลิตอิฐมวลเบาระดับอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์ (The securities and exchange commission, 2013)

ชั้นคุณภาพของอิฐมวลเบา

การประเมินชั้นคุณภาพของอิฐมวลเบาที่มีส่วนผสมของวัสดุเสริมกำลังจากเถ้าแกลบเมื่อเทียบกับความต้านแรงอัดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 1505-2541) พบว่า ตัวอย่างสูตร S1 อยู่ในชั้นคุณภาพ 4-6 สำหรับสูตร S2 อยู่ในชั้นคุณภาพ 8 และ สูตร S3 อยู่ในชั้นคุณภาพ 6 ตามลำดับ (ภาพที่ 4) โดยอิฐทั้งสามสูตรมีต้นทุนด้านการผลิตต่อก้อน เท่ากับ 14.74, 16.47 และ 18.19 บาท ตามลำดับ



ภาพที่ 4 การประเมินชั้นคุณภาพของอิฐมวลเบาที่มีส่วนผสมของวัสดุเสริมกำลังจากเถ้าแกลบ

เมื่อพิจารณาเทียบค่าความต้านแรงอัดสูงสุดของอิฐที่กับตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 1505-2541) พบว่า อิฐมวลเบาที่ผลิตได้ทั้ง 3สูตรการทดลองอยู่ระหว่างชั้นคุณภาพที่ 4-8 จึงมีความเป็นไปได้ในการนำสูตรอัตราส่วนผสมวัสดุเสริมกำลังจากเถ้าแกลบที่ร้อยละ 10 (S2) นำไปใช้ในการก่อสร้าง เนื่องจากให้ค่าความต้านแรงอัดที่ดีกว่าสูตร S1 และ สูตร S3 โดยที่มีน้ำหนักและปริมาตรใกล้เคียงกัน ซึ่งเหมาะสำหรับงานโครงสร้างอาคารระบบไร้เสา-ไร้คาน (Load Bearing Walls) ในขณะที่สูตร S1 และ S3 เหมาะแก่การใช้งานก่อผนังที่ไม่ต้องรับน้ำหนักเนื่องจากรับแรงต้านได้ค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้ ในประเทศไทยอิฐมวลเบาที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย คือ ชั้นคุณภาพ 2 ตามมาตรฐาน มอก. 1505 – 2541 ชนิด 0.5 จะมีความหนาแน่น (Dry Density) ไม่เกิน 500 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และกำลังแรงอัด (Compressive Strength, fc) ไม่น้อยกว่า 30 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (Dolah, 2009) ซึ่งจากการทดลองผลิตอิฐมวลเบาในครั้งนี้โดยใช้วิธีแบบไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำ (Non-Autoclaved system) ประเภทที่ 1 โดยใช้วัสดุเบากว่ามาทดแทน โดยการนำดินเหนียวมาผสมกับวัสดุธรรมชาติ ยังไม่สามารถให้สมบัติที่ดีของอิฐในด้านความหนาแน่น (โดยมวลต่อปริมาตรของอิฐ) เมื่อเทียบกับการผลิตอิฐมวลเบาที่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำ (Autoclaved System) ซึ่งจะมีลักษณะของอิฐที่มีน้ำหนักเบากว่าในปริมาตรเท่ากัน แต่ต้องใช้เทคโนโลยีการผลิตและต้นทุนที่สูงมากขึ้น การผลิตอิฐด้วยกระบวนการอบไอน้ำจึงใช้ในการผลิตระดับอุตสาหกรรม ซึ่งจะทำให้ได้อิฐมวลเบาถึงชั้นคุณภาพที่ 2 เมื่อพิจารณาในด้านต้นทุนการผลิตพบว่า สูตรการผลิตอิฐมวลเบาที่มีส่วนผสมของเถ้าแกลบที่ดีที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ (S2) มีต้นทุนการผลิตด้านวัสดุเท่ากับ 16.47 บาท หรือ ประมาณ 137.2 บาทต่อตารางเมตร ซึ่งยังไม่เกินกว่าราคาวัสดุคอนกรีตมวลเบาชั้นคุณภาพ 4 (ขนาด 20*60*7.5 เซนติเมตร) ตามบัญชีราคาวัสดุก่อสร้างและค่าแรงงานประจำปี 2565 กำหนดไว้ที่ตารางเมตรละ 203 บาท (Office of the Basic Education Commission, 2021) เนื่องจากแกลบเป็นวัตถุดิบที่มีมูลค่ามากกว่าทราย จึงทำให้ต้นทุนการผลิตอิฐมวลเบาต่อก้อนในการวิจัยครั้งนี้เพิ่มขึ้น หากมีการเลือกใช้เถ้าแกลบ

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

แทนที่วัตถุดิบในการผลิตที่มีมูลค่ามากกว่า คือ ปูนซีเมนต์ จะสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้มากยิ่งขึ้น ดังนั้นการเลือกใช้อิฐมวลเบาในแต่ละครั้งควรศึกษารายละเอียดตามความจำเป็น ตลอดจนพื้นที่ที่ต้องการใช้งานเพื่อสามารถเลือกอิฐได้อย่างเหมาะสมทั้งขนาด จำนวน ที่ใช้ในการก่อสร้างเพื่อให้ได้งานที่มีประสิทธิภาพและประหยัด

ข้อจำกัดของงานวิจัยในครั้งนี้ คือ การบ่มอิฐที่ระยะเวลาเพียง 7 วัน ซึ่งถ้ามีการบ่มอิฐที่ระยะเวลาที่นานมากขึ้นอาจจะส่งผลให้อิฐมวลเบามีความแข็งแรงและค่าความต้านแรงอัดที่สูงขึ้นได้ ดังที่มีผู้ได้ผลการศึกษาอิทธิพลของวัสดุปอซโซลานประเภทวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร โดยใช้ระยะเวลาการบ่มอิฐระหว่าง 7, 14 และ 28 วัน พบว่า ระยะเวลาการบ่มอิฐที่ 28 วัน ให้ผลการทดสอบดีที่สุด (Muangtong, Kongpun, and Nekhamanurak, 2014) หากมีการศึกษาครั้งต่อไปจึงควรใช้วิธีการผลิตอิฐมวลเบาชนิดอบไอน้ำ เพิ่มระยะเวลาการบ่มอิฐให้มากขึ้น และมีการศึกษาลักษณะอนุภาคของวัสดุเสริมกำลังที่สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในงานนำไปใช้ในงานก่อสร้างต่อไป

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ผลจากการทดสอบความความแข็งแรงอิฐมวลเบาโดยใช้เถ้าแกลบแทนที่ส่วนผสมทรายในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล พบว่า ความต้านแรงอัดมีความต้านแรงอัดระหว่าง 7.38 – 13.28 เมกะพาสคัล การใช้วัสดุแทนที่ร้อยละ 10 มีค่าความต้านแรงอัดมากที่สุด เท่ากับ 12.68 ± 1.27 เมกะพาสคัล อัตราการดูดซึมน้ำ 15.4 ± 1.48 % และความหนาแน่น 1.47 ± 0.01 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จัดอยู่ในอิฐมวลเบาชั้นคุณภาพ 8 (ตาม มอก. 1505-2541) โดยมีต้นทุนการผลิตด้านวัสดุประมาณ 16.47 บาทต่อก้อน ผลจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า การนำแกลบซึ่งเป็นวัสดุทางการเกษตรมาผลิตเป็นวัสดุเสริมกำลังโดยการเผาไหม้เป็นเถ้าแกลบมีความสามารถนำไปใช้ในการผลิตอิฐมวลเบาสำหรับก่อผนังหรือกั้นห้องภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรับน้ำหนักโครงสร้างอาคารได้ โดยมีต้นทุนไม่เกินจากบัญชีราคาวัสดุก่อสร้างและค่าแรงงานประจำปี 2565

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการทดสอบความต้านแรงอัด และขอขอบพระคุณสำนักงานบริหารกายภาพและสิ่งแวดล้อมที่ได้เอื้ออำนวยสถานที่และเครื่องมือในการทดลองของการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Chaichana, V. (2019). Production of light brick using rice husk ash as an ingredient (in Thai). **Research Report**. Bangkok: Rajabhat Maha Sarakham University.

Chindaprasirt, P. and Jaturapitakkul, C. (2013). **Cement Pozzolan and Concrete**, **7th edition** (in Thai). Bangkok: thailand concrete association.

Chindaprasirt, P., Songpiriyakij, S., Rattanasak, U. and Pruksanukul, S. (2020). Dimensional stability of Lightweight Concrete (in Thai). **Research Report.** Bangkok: Thailand Science Research and Innovation.

Dolah, N. (2009). Light materials used in construction Industry (in Thai). Princess of Naradhiwas University Journal, 1(3), 48-62.

Faculty of Engineering Civil Engineering University of Phayao. (2016). Determination of size, density, moisture and water absorption of bricks (in Thai). Retrieved 8 February 2022, from **Faculty of Engineering Civil Engineering University of Phayao** http://engineeringmaterialsproject.blogspot.com/2015/12/1.html

Ministry of Industry. (1998). Thai industrial standard (Tis no. 1505-2541) Autoclaved aerated lightweight concrete elements (in Thai). Retrieved 30 November 2021, from **Ministry of Industry:** http://www.fio.co.th/web/tisi_fio/fulltext/TIS1505-2541.pdf

Muangtong, P., Kongpun, T. and Nekhamanurak, B. (2014). Influence of Pozzolan Materials, Agricultural Waste, on Mechanical Properties of Soil-Cement Brick (in Thai). **Research report**. Bangkok: Rajamangala University of Technology Rattanakosin.

Office of the Basic Education Commission. (2021). Accounting of construction materials and labor costs for the year 2022 (in Thai). Retrieved 28 March 2022, from **Office of the Basic Education Commission**. https://rnedu.go.th/2019/wp-content/uploads/2021/11

Onprom, P. (2021). Influence of Glass Cullet as Partial Replacement of Fine Aggregate on Concrete Block Properties (in Thai). **Vocational Education Innovation and Research Journal**, 5(1), 32-39.

Panel hoszigeteles Co., Ltd. (2017). Properties of heat-insulating bricks or lightweight bricks (in Thai). Retrieved 8 February 2022, from **Panel Hoszigeteles**: https://www.panelhoszigeteles.com/category/%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%95%E0%B8%A0%E0%B8%B1%E0%B8%93%E0%B8%91%E0%B9%8C/page/3

Sata, V., Tangpagasirt, J., Jaturapitakkul, C. and Chindaprasirt, P. (2012). Effect of W/B ratios on pozzolanic reaction of biomass ashes in Portland. **Cement & Concrete Composites**, 34(1), 94-100.

Sinsiri, T. (2014). High strength cellular aerated concrete (in Thai). **Research report**. Bangkok: Science and Technology Infrastructure Databank (STDB).

Sirisurawong, E. (2015). Development of the cement replacement material from water treatment sludge and rice husk ash (in Thai). **Master's Thesis.** Nakhon Ratchasima: Suranaree University of Technology.

Senaart, N. and Nonthawee, P. (2019). Production of worm bricks from water supply sludge, Ubon Ratchathani University (in Thai). **Research report.** Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani University.

The securities and exchange commission. (2013). Smart concrete public company limited (in Thai). Retrieved 28 April 2022, from **The Securities and Exchange Commission**: http://capital.sec.or.th/webapp/corp_fin/datafile/69/2013/132800110401012013-04-

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University