

กระเบื้องหินทรายเทียมจากผงหินอ่อน พรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร ARTIFICIAL SANDSTONE TILES FROM MARBLE POWDER PHRAN KRATAI KAMPHAENG PHET PROVINCE

เอกสิทธิ์ เทียนมาศ^{1*}, มานพ ต้นเคน¹, พัชรรัตน์ ทารไชย¹,

ศิริวัฒน์ แสนธรรมมา¹, ประภัสสร ห่อทอง²

Aekasit Thianmas^{1*}, Manop Tonken¹, Patchareerat HaraChai¹,

Siriwat Saenthamma¹, Prapatsara Hothong²

¹ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร อ.เมือง จ.กำแพงเพชร ประเทศไทย 62000

² คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร อ.เมือง จ.กำแพงเพชร ประเทศไทย 62000

¹ Faculty of Industrial Technology, Kamphaeng Phet Rajabhat University, Muang, Kamphaeng Phet, Thailand, 62000

² Faculty of Humanities and Social Sciences, Kamphaeng Phet Rajabhat University,

Muang, Kamphaeng Phet, Thailand, 62000

*Corresponding author e-mail: muznui33@gmail.com

วันที่เข้าระบบ 24 พฤศจิกายน 2566

วันที่แก้ไขบทความ 14 พฤษภาคม 2567

วันที่ตอบรับบทความ 22 พฤษภาคม 2567

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อ 1) เพื่อหาสัดส่วนผสมที่เหมาะสมของกระเบื้องหินทรายเทียมจากผงหินอ่อน และ 2) เพื่อตรวจสอบกระเบื้องหินทรายเทียมจากผงหินอ่อนตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยผงหินอ่อนที่ใช้เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมหินอ่อน อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร มีลักษณะเป็นสีขาว มีค่าความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.) เท่ากับ 2.92 และมีองค์ประกอบของธาตุแคลไซต์เป็นหลัก (CaCO_3) ผู้วิจัยได้นำผงหินอ่อนมาอบให้แห้ง และนำมาบด จากนั้นนำมาขึ้นรูปร่วมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ขาว และทรายละเอียด เพื่อทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล ได้แก่ ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ กำลังแรงอัด และกำลังแรงดัด จากนั้นทำขึ้นรูปจริงเป็นกระเบื้องหินทรายเทียมจากผงหินอ่อนเพื่อนำไปตรวจสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพข. 194/2546 ผลิตภัณฑ์หินทราย ผลการทดสอบ พบว่า สูตร M - 4 ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ขาว : ผงหินอ่อน : ทรายละเอียด : น้ำ เท่ากับ 1 : 1.5 : 1.5 : 1 ส่วน ตามลำดับ มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีค่ากำลังรับแรงอัดและแรงดัดสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 179.25 และ 71.97 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ และค่าร้อยละการดูดซึมน้ำ เท่ากับ 2.63 เมื่อนำไปตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน พบว่า ได้คะแนนเท่ากับ 3.08 จาก 4 คะแนน โดยกระเบื้องหินทรายเทียมจากผงหินอ่อนที่ได้ มีน้ำหนักเบา มีความแข็งแรง รวมทั้งมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าท้องตลาด ถึงร้อยละ 50 อีกทั้งยังเป็นการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งจากท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

คำสำคัญ: ผงหินอ่อน, กระเบื้องหินทราย, ผลิตภัณฑ์ชุมชน

Abstract

The purpose of this research is to 1) determine the appropriate mixing proportion of artificial sandstone tiles from marble powder and 2) inspect the produced artificial sandstone tiles against community product standards. The marble powder used is a byproduct from the marble industry in Phran Kratai district, Kamphaeng Phet province, characterized by its white color with a specific gravity of 2.92, primarily composed of calcium carbonate (CaCO_3). The researchers dried and ground the marble powder, then combined it with white Portland cement and fine sand to test its physical and mechanical properties, including density, water absorption, compressive strength, and flexural strength." Subsequently, the researchers actually fabricated the tiles from the marble powder mixture for evaluation based on community product standards (M.Po.Ch. 194/2546). The tests showed that the M-4 formula, which is made up of white Portland cement, marble powder, and fine sand in a ratio of 1:1.5:1.5, had the best properties, with maximum compressive strengths of 179.25 kg/cm² and flexural strengths of 71.97 kg/cm². The water absorption rate found was 2.63%. Expert assessments based on community product standards yielded a score of 3.08 out of 4. The resulting artificial sandstone tiles showed a lightweight design and high strength, with their production costs being fifty percent lower than those found in the market. Furthermore, this also represents the sustainable use of local waste materials for future benefits.

Keywords: Marble powder, Artificial sandstone tiles, Community products

1. บทนำ

หินทรายเป็นวัสดุธรรมชาติได้มาจากการรวมตัวของหินที่อัดแน่นจากเม็ดทรายทับถมกันเป็นเวลานานหลายร้อยล้านปี และเมื่อมีวัสดุสมาน อันเกิดจากธรรมชาติทำให้เกิดการรวมตัวกันเป็นก้อนหิน จึงเรียกว่า “หินทราย” สีของหินทรายแตกต่างกันตามแร่ธาตุอื่น ๆ ที่พบในเนื้อทราย เช่น แคลไซต์ ที่ทำให้ออกสีเหลือง หรือเหล็กทำให้หินออกสีแดง เป็นต้น

กระเบื้องหินทราย เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการนำหินทรายมาทำการตัด หรือตกแต่งเพื่อให้ดูมีคุณค่าและสวยงามยิ่งขึ้น มักถูกนำมาใช้เป็นวัสดุสำหรับตกแต่งผนังหรือพื้น เนื่องจากมีผิวสัมผัสที่เป็นเอกลักษณ์ และมีความสวยงามอยู่ในตัว อย่างไรก็ตามกระเบื้องหินทรายจัดเป็นวัสดุธรรมชาติ มีอัตรา

การดูดซึมน้ำสูงถึงร้อยละ 6 ซึ่งทำให้เสี่ยงต่อความเสียหายจากคราบของเหลว เชื้อรา ไมโครแบคทีเรีย และแม้กระทั่งการบิดเบี้ยวในกรณีที่รุนแรง



ภาพที่ 1 กระเบื้องหินทรายตกแต่งเสาที่เกิดความเสียหายจากคราบต่าง ๆ

อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชรเป็นหนึ่งในจังหวัดที่มีหินอ่อนเกิดขึ้นตามธรรมชาติ การนำหินอ่อนมาใช้นั้นเป็นกระบวนการที่ไม่ยุ่งยากนัก สำหรับเศษหินอ่อนจากการแปรรูป จะทำให้เกิดเศษหินอ่อนขึ้นเป็นจำนวนมากมีทั้งเศษขนาดใหญ่และที่เป็นฝุ่นผงซึ่งเศษหินอ่อนส่วนใหญ่จะนำไปทิ้งไม่ได้นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์



ภาพที่ 2 เศษผงหินอ่อนที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมหินอ่อน

อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร

แนวคิด“เปลี่ยนขยะให้เหลือศูนย์” (Zero waste) กำลังให้ความสนใจเป็นจำนวนมากและแพร่หลายทั่วโลกเป็นแนวทางในการลดการเกิดขยะตั้งแต่ต้นทาง ทำให้ปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัดให้ลดเหลือน้อยที่สุดจนเป็นศูนย์ ซึ่งหัวใจสำคัญของแนวคิดขยะเหลือศูนย์ คือ การจัดการขยะที่ต้นทาง เน้นการลดขยะ การใช้ซ้ำ และการคัดแยกเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ก่อนนำไปกำจัด ซึ่งแตกต่างจากการจัดการขยะในปัจจุบันที่เน้นการกำจัด หรือจัดการขยะที่ปลายทางมากกว่าการแก้ไขที่ต้นทาง (เนติยา กริธาชาติ, 2564)



ภาพที่ 3 แนวคิดการจัดการขยะในรูปแบบ 1A3R (ที่มา: Summerteas, 2564)

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำแนวคิดการเปลี่ยนขยะให้เหลือศูนย์ โดยนำเศษผงอ่อนเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมหินอ่อน อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยนำมาเป็นวัสดุตั้งต้นร่วมกับปูนซีเมนต์ ทำการขึ้นรูปเป็นกระเบื้องหินทรายเทียมจากผงหินอ่อน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าของเศษผงหินอ่อนและเป็นการยกระดับอุตสาหกรรมการก่อสร้างต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 2.1 เพื่อหาสัดส่วนผสมที่เหมาะสมของกระเบื้องหินทรายเทียมจากผงหินอ่อน
- 2.2 เพื่อตรวจสอบกระเบื้องหินทรายเทียมจากผงหินอ่อนตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

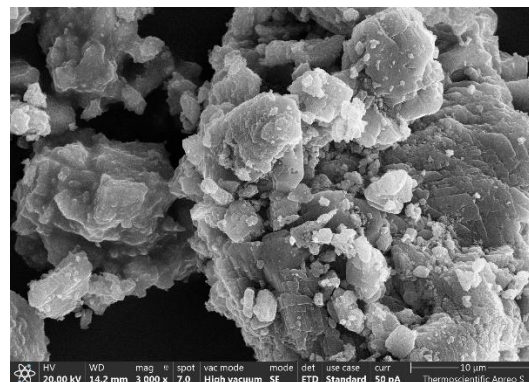
3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ขาว ผงหินอ่อน ทรายละเอียด และน้ำสะอาด ดังภาพที่ 4 โดยผงหินอ่อนที่ใช้เป็นวัสดุเหลือทิ้งอุตสาหกรรมหินอ่อน อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร โดยนำมาอบให้แห้ง จากนั้นนำมาบดให้ละเอียด แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 16 ได้ผงหินอ่อนที่มีลักษณะเป็นสีขาว มีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.92 และมีองค์ประกอบของธาตุแคลไซต์เป็นหลัก (CaCO_3) ดังภาพที่ 5 และ 6



ภาพที่ 4 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย



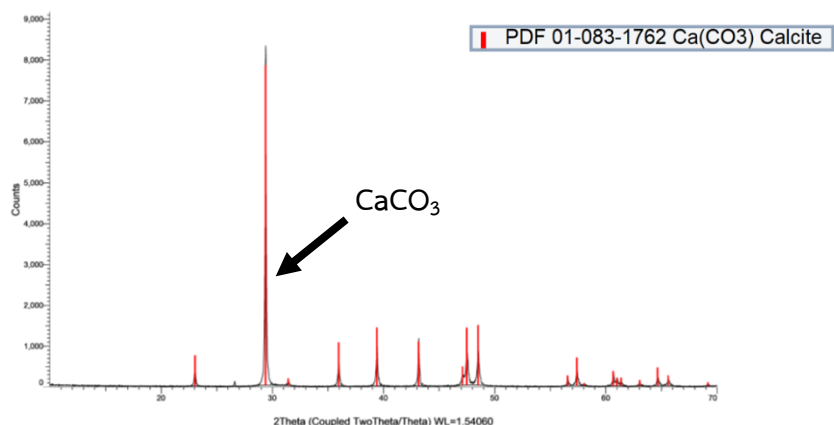
(ก)



(ข)

ภาพที่ 5 ลักษณะของผงหินอ่อนที่ใช้ในงานวิจัย

(ก) ลักษณะทั่วไป (ข) โครงสร้างจุลภาค ด้วยเทคนิค SEM



ภาพที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของผงหินอ่อนด้วยเครื่อง XRD

3.2 การเตรียมตัวอย่าง

กำหนดสัดส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อทรายละเอียด เท่ากับ 1 ต่อ 3 ส่วน ใช้ผงหินอ่อนแทนที่ ทรายละเอียดในสัดส่วนต่าง ๆ ดังตารางที่ 1 จากนั้นทำการขึ้นรูปตัวอย่างทดสอบขนาด 5x5x5 ซม. ขนาด 4x4x16 ซม. และขนาดจริง 5x20 ซม. หนาประมาณ 1 – 1.5 ซม. เพื่อรอการทดสอบต่อไป

ตารางที่ 1 สัดส่วนผสมของตัวอย่างทดสอบ (ต่อ 4 ส่วน)

ตัวอย่างทดสอบ	ปูนซีเมนต์	ทรายละเอียด	ผงหินอ่อน	น้ำ
M - 1	1.0	3.0	-	1.0
M - 2	1.0	2.5	0.5	1.0
M - 3	1.0	2.0	1.0	1.0
M - 4	1.0	1.5	1.5	1.0
M - 5	1.0	1.0	2.0	1.0
M - 6	1.0	0.5	2.5	1.0



ภาพที่ 7 กระเบื้องหินทรายเทียมจากผงหินอ่อนที่ขึ้นรูปจริง

3.3 การทดสอบ

3.3.1 ความหนาแน่น (Density) สามารถหาได้จากการนำตัวอย่างทดสอบมาทำการวัดขนาด ชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาความหนาแน่น ดังสมการที่ (1)

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของตัวอย่างทดสอบ, ก./ลบ.ซม.
 m คือ มวลของตัวอย่างทดสอบ, ก.
 v คือ ปริมาตรที่ได้จากการวัดตัวอย่างทดสอบ, ลบ.ซม.

3.3.2 การดูดซึมน้ำ (Absorption) สามารถบอกถึงความคงทนของตัวอย่างทดสอบ นำตัวอย่างทดสอบที่ได้มาแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักเปียก แล้วนำไปอบแห้งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนักหลังอบแห้ง ทำการคำนวณหาร้อยละการดูดซึมน้ำ อ้างอิงตามมาตรฐาน มอก.109-2517 และ ASTM C 140-70 ดังสมการที่ (2)

$$\text{ร้อยละการดูดซึมน้ำ} = \frac{W_w - W_s}{W_s} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ W_w คือ น้ำหนักหลังแช่น้ำ, กก.
 W_s คือ น้ำหนักที่อบแห้ง, กก.

3.3.3 กำลังรับแรงอัด (Compressive Strength) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างแรงอัดต่อพื้นที่รับแรง มีหน่วยเป็น กก./ตร.ซม. ดังสมการที่ (3)

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3)$$

เมื่อ σ คือ กำลังรับแรงอัด, กก./ตร.ซม.
 P คือ แรงอัดสูงสุด, กก.
 A คือ พื้นที่รับแรงอัดของตัวอย่างทดสอบ, ตร.ซม.

3.3.4 กำลังรับแรงดัด (Flexural Strength) หมายถึง ความต้านทานการโก่งเมื่อมีแรงกระทำเป็นจุด การทดสอบกำลังรับแรงดัดเป็นการทดสอบเพื่อหาค่าโมดูลัสของการแตกร้าว (modulus of rupture) ของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง สามารถคำนวณดังสมการที่ (4)

$$R = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (4)$$

เมื่อ	R	คือ กำลังรับแรงดัด, กก./ตร.ซม
	P	คือ แรงกดสูงสุด, กก.
	L	คือ ความยาวของตัวอย่างทดสอบ, ซม.
	b	คือ ความกว้างของตัวอย่างทดสอบ, ซม.
	d	คือ ความหนาของตัวอย่างทดสอบ, ซม.



(ก)



(ข)

ภาพที่ 8 การทดสอบสมบัติทางกล

(ก) การทดสอบกำลังรับแรงอัด (ข) การทดสอบกำลังรับแรงดัด

3.4 การตรวจสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลิตภัณฑ์หินทราย

การตรวจสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 194/2546 ครอบคลุมเฉพาะผลิตภัณฑ์หินทรายที่ประดิษฐ์ขึ้นโดยใช้หินทรายธรรมชาติ และหินทรายเทียมเป็นวัสดุหลัก กำหนดให้ มีการแต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญ ไม่น้อยกว่า 5 ท่าน (จำนวน 6 ท่าน) แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ โดยมีรายนามผู้เชี่ยวชาญวิเคราะห์ผลวิจัย ดังนี้

- นางสาวตีกานต์ เรือศรีจันทร์ ตำแหน่งสถาปนิก
- นางสาวกชพรรณ พงษ์พยัคเลิศ ตำแหน่งสถาปนิกชำนาญการ
- อาจารย์มานพ ต้นเคน ตำแหน่งอาจารย์คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ความเชี่ยวชาญด้านวัสดุตกแต่ง และวัสดุประหยัลดพลังงาน

- นายชนดล บุญลือ ตำแหน่ง วิศวกรสนาม
- นายสมพงษ์ ประเสริฐศรี ช่างปูนกระเบื้อง
- นางสาว ไตรวัชรกุล เจ้าของร้านขายวัสดุก่อสร้าง



ภาพที่ 9 ตัวอย่างการทำแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

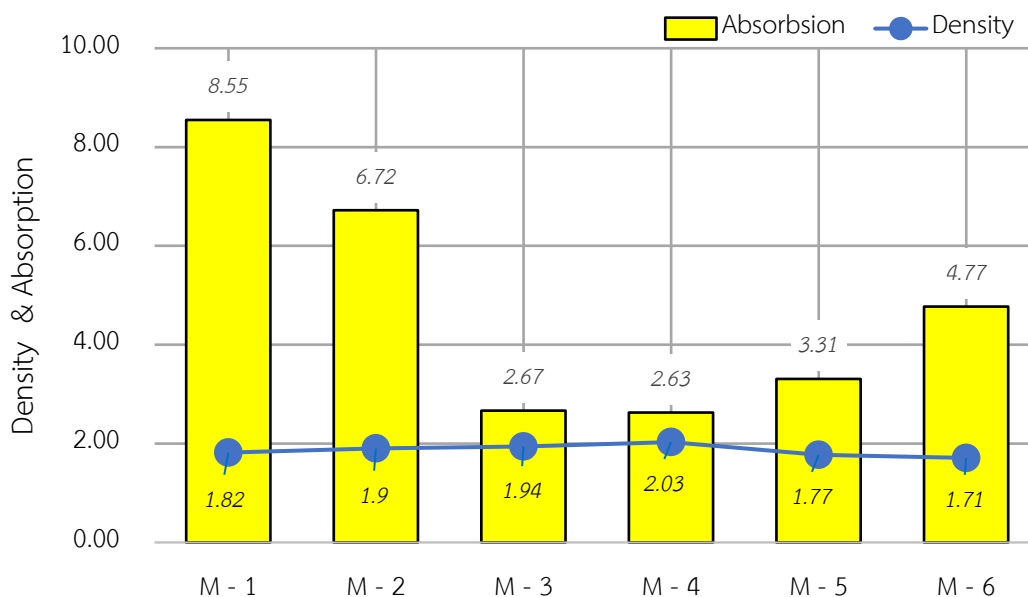
4. ผลการวิจัย

4.1 สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของกระเบื้องหินทรายเทียมจากผงหินอ่อน

ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของกระเบื้องหินทรายเทียมจากผงหินอ่อน โดยใช้ผงหินอ่อนแทนที่ทรายละเอียด ได้ผลการทดสอบ ดังนี้

4.1.1 ความหนาแน่น พบว่า ปริมาณผงหินอ่อนที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความหนาแน่นมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากผงหินอ่อนมีค่าความถ่วงจำเพาะสูงกว่าทราย เมื่อใส่แทนที่จะส่งผลให้ค่าความหนาแน่นมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่ถ้าใส่ในปริมาณที่มากเกินไป (มากกว่าร้อยละ 50) จะส่งผลให้ค่าความหนาแน่นที่ได้มีค่าต่ำลง โดยส่วนผสมสูตรที่ 4 (M-4) มีค่าความหนาแน่นมากที่สุดเท่ากับ 2.03 ก./ลบ.ซม.

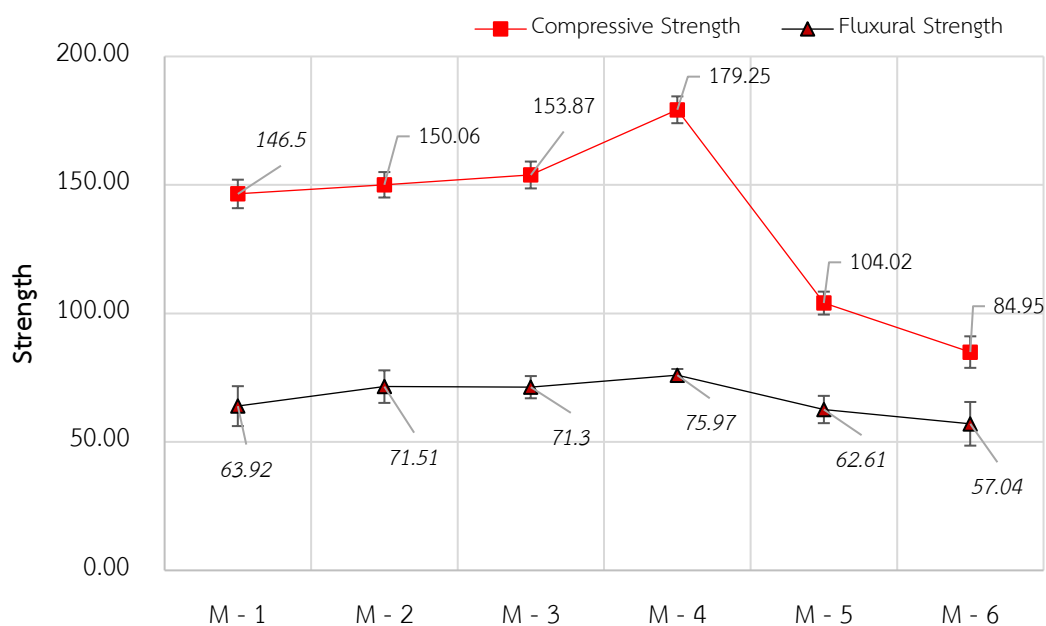
4.1.2 การดูดซึมน้ำ พบว่า ปริมาณผงหินอ่อนที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ตัวอย่างทดสอบมีการดูดซึมน้ำที่ลดลง เนื่องจากผงหินอ่อนมีค่าการดูดซึมน้ำค่อนข้างต่ำ (ร้อยละ 0.48 ; สุทธิณี, 2554) เมื่อใช้แทนที่ทรายจึงส่งผลให้การดูดซึมน้ำต่ำลงตามไปด้วย โดยส่วนผสมสูตรที่ 4 (M-4) มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุด เท่ากับ ร้อยละ 2.63



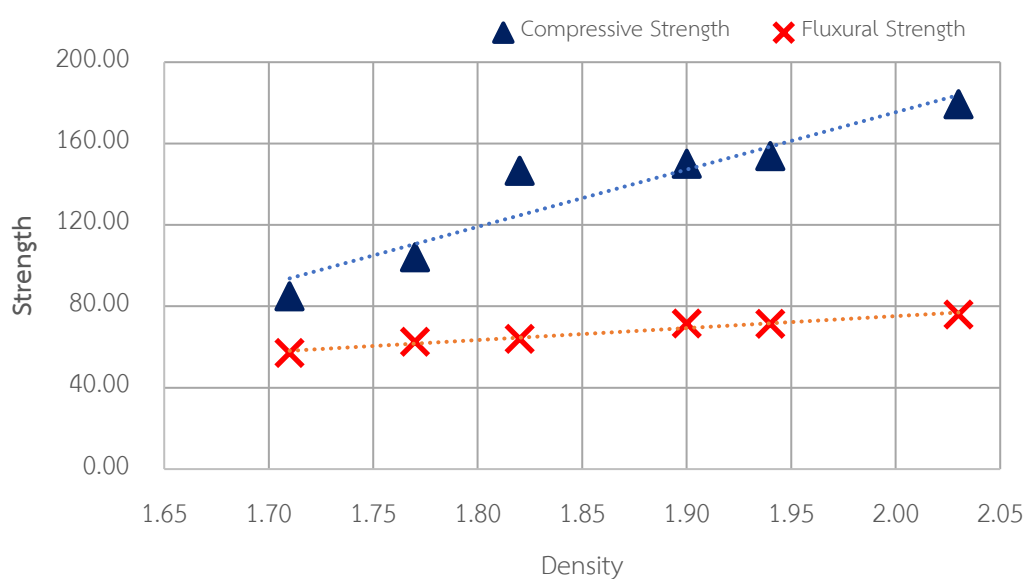
ภาพที่ 10 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ

4.1.3 กำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดัด พบว่า ปริมาณผงหินอ่อนที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่ากำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดัดมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากผงหินอ่อนมีอนุภาคขนาดเล็กจึงเข้าไปกระจายตัวในโครงสร้างส่งผลให้ค่ากำลังมีค่าสูงขึ้น อย่างไรก็ตามถ้าใส่ผงหินอ่อนในปริมาณที่มากเกินไปจะส่งผลให้ค่ากำลังที่ได้มีค่าต่ำลง สังเกตจากค่ากำลังรับแรงอัด และกำลังรับแรงดัดมีผลการทดสอบที่สอดคล้องกัน โดยส่วนผสมสูตรที่ 4 (M-4) มีค่ากำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดัดสูงสุดเท่ากับ 179.25 และ 75.97 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 11

ในขณะที่เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นกับค่ากำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดัด พบว่า ตัวอย่างทดสอบที่มีค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการรับกำลังเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แสดงดังภาพที่ 12



ภาพที่ 11 ผลการทดสอบสมบัติทางกล



ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น และค่ากำลังรับแรง

4.2 การตรวจสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลิตภัณฑ์หินทราย

การตรวจสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพช. 194/2546 ครอบคลุมเฉพาะผลิตภัณฑ์หินทรายที่ประดิษฐ์ขึ้นโดยใช้หินทรายธรรมชาติ และหินทรายเทียมเป็นวัสดุหลัก ผลการตรวจสอบแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการตรวจสอบกระเบื้องหินทรายเทียมจากผงหินอ่อน

ลำดับ	เกณฑ์ที่กำหนด	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
1	มีรูปแบบ รูปทรงและสัดส่วนที่เหมาะสม	3.33	0.47
2	ประณีต สวยงาม ไม่มีรอยแตกร้าว	3.17	0.37
3	ลักษณะผิวต้องคล้ายหินทรายธรรมชาติ	2.83	0.69
4	ไม่ปรากฏรอยพิมพ์หรือรอยต่อ	3.17	0.37
5	เนื้อทรายที่ผิวต้องแน่นไม่หลุดออกง่าย	3.00	0.82
6	ต้องประณีต ติดแน่น คงทน	3.00	0.82
7	บริเวณรอยต่อไม่เปราะเปื้อนสารยึดติด	3.00	0.00
8	ติดแน่น คงทน กลมกลืน และเหมาะสมกับชิ้นงาน	3.17	0.37
รวม		3.08	0.49

จากการตรวจสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 194/2546 โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 ท่าน พบว่า ค่าที่ได้มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.08 จาก 4.00 คะแนน เมื่อพิจารณารายละเอียด พบว่า ประเด็นที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ มีรูปแบบรูปทรงและสัดส่วนที่เหมาะสม (3.33) รองลงมา มี 3 ประเด็น คือ ประณีตสวยงาม ไม่มีรอยแตกร้าว, ไม่ปรากฏรอยพิมพ์หรือรอยต่อ และ ติดแน่น คงทน กลมกลืนและเหมาะสมกับชิ้นงาน (3.17) รองลงมา คือ เนื้อทรายที่ผิวต้องแน่นไม่หลุดออกง่าย, ต้องประณีต ติดแน่น คงทน และบริเวณรอยต่อไม่เปราะเปื้อนสารยึดติด (3.00) โดยประเด็นที่ได้คะแนนต่ำสุด คือ ลักษณะผิวต้องคล้ายหินทรายธรรมชาติ (2.83) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องนำจุดนี้ไปพัฒนาต่อไป

นอกจากนี้จากผลการทดสอบการนำกระเบื้องหินทรายเทียมจากผงหินอ่อนไปใช้งานจริงเป็นระยะเวลา 6 เดือน ยังไม่พบคราบของเหลว หรือเชื้อรา ที่ส่งผลให้ตัวอย่างทดสอบเกิดความเสียหาย



ภาพที่ 13 ตัวอย่างการนำกระเบื้องหินทรายเทียมจากผงหินอ่อนไปใช้งานจริง

4.3 การวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตกระเบื้องหินทรายเทียมจากผงหินอ่อน ขนาด 5x20 ซม. ซึ่งราคาขึ้นอยู่กับค่าวัสดุและค่าแรง เมื่อทำการวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์แล้ว พบว่า กระเบื้องหินทรายเทียมจากผงหินอ่อนมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าราคาขายทั่วไปตามท้องตลาดถึงร้อยละ 50 ขึ้นไป ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ต้นทุนการผลิตกระเบื้องหินทรายเทียมผสมผงหินอ่อน (ต่อ 1 ตร.ม.)

ตัวอย่างทดสอบ	ราคา (บาท)/ตารางเมตร						ต้นทุนการผลิต
	ปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ขาว	ทราย ละเอียด	ผงหินอ่อน	อื่น ๆ	รวมค่าวัสดุ	ค่าแรง	
M - 1	60	30	-	10	100	30	130
M - 2	60	20	-	10	90	27	117
M - 3	60	16	-	10	86	26	112
M - 4	60	12	-	10	82	25	107
M - 5	60	8	-	10	78	23	101
M - 6	60	4	-	10	74	22	96

หมายเหตุ : 1) ราคาค่าแรงเท่ากับร้อยละ 30 ของราคาวัสดุ

2) ราคากระเบื้องหินทรายตามท้องตลาด 240 บาท/ตร.ม. (ที่มา: ตราช่างศรีเจริญ)

3) อื่น ๆ ในที่นี้ หมายถึง ราคาแบบหล่อ ค่าน้ำ เป็นต้น

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของกระเบื้องหินทรายเทียมจากผงหินอ่อน อำเภอรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร ในสัดส่วนผสมต่าง ๆ พบว่า กระเบื้องหินทรายเทียมจากผงหินอ่อน สูตรที่ 4 ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ขาว 1 ส่วน ผงหินอ่อน 1.5 ส่วน ทรายละเอียด 1.5 ส่วน และน้ำ 1 ส่วน มีความเหมาะสมในการนำไปขึ้นรูปจริง เนื่องจากมีค่าความหนาแน่นสูงสุด (2.03 กก./ลบ.ซม.) ร้อยละการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด (ร้อยละ 2.63) ค่ากำลังรับแรงอัดและแรงดัดสูงที่สุด เท่ากับ 179.25 และ 71.97 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ

เมื่อนำไปทำการตรวจสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 194/2546 พบว่า คະแนนที่ได้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.08 จาก 4.00 คະแนน อยู่ในเกณฑ์ดี โดยกระเบื้องหินทรายเทียมจากผงหินอ่อนที่ได้ มีน้ำหนักเบา มีความแข็งแรง คงทน สามารถนำไปใช้งานได้จริง รวมทั้งมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า

ท้องถิ่นตลาด ประมาณร้อยละ 50 อีกทั้งยังเป็นการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งจากท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท สว่างหินอ่อน จำกัด อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร ที่ให้ความอนุเคราะห์ผงหินอ่อนสำหรับใช้ในงานวิจัย สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่ให้การสนับสนุนในการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และห้องปฏิบัติการสำหรับการทดสอบ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาวัสดุก่อสร้างต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

- พศวีร์ ศรีวัฒนปิยกุล. (2559). การพัฒนาหินทรายที่ใช้เถาถอย. (วิทยานิพนธ์). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.
- สฤชณ์ พรมสายใจ. (2559). การทดลองหาอัตราส่วนผสมระหว่าง ทราย ผงหินอ่อน ปูนซีเมนต์ เพื่อทำผลิตภัณฑ์กระเบื้องหินทราย สำหรับตกแต่งบ้าน. (รายงานการวิจัย). มหาวิทยาลัยราชภัฏ กำแพงเพชร, กำแพงเพชร.
- สุทธิณี โฆษิตานนท์. (2554). การพัฒนาสูตรน้ำเคลือบผลิตภัณฑ์กระเบื้องจากผงหินอ่อนบ้านเขาสว่าง อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร. (ปริญญาานิพนธ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏ กำแพงเพชร, กำแพงเพชร.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). ผลิตภัณฑ์หินทราย. กรุงเทพฯ: สมอ.
- เอกสิทธิ์ เทียนมาศ, และสุรเชษฐ์ ตุ่มมี. (2562). การศึกษาสมบัติของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าผสมผงหินอ่อน. วารสารสักทอง: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 6(1), 73 – 82.
- American Society for Testing and Material. (1996). Annual Book of ASTM Standard, USA: Easton Md.