

สมบัติเชิงกายภาพของอิฐปูพื้นที่มีส่วนผสมของผงหินอ่อนและเกล็ดหินอ่อน Physical Properties of Paving Bricks Mixed with Marble Powder and Marble Flakes

สุทธินันท์ สมীরาย¹, นงลักษณ์ จันทร์พิชัย^{1,*},
ณัฐพงศ์ ดิษฐเจริญ¹, ไพโรจน์ เอกอุหาร¹, วิจิตร ฤทธิธรรม¹

¹ โปรแกรมวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร กำแพงเพชร ประเทศไทย 62000

Suthinan Sameeray¹, Nongluk Chanpichai^{1,*},
Nutthapong Discharoen¹, Phairot Ekauran¹, Wijit Rittidhum¹

¹ Physics Program, Faculty of Science and Technology,
Kamphaeng Phet Rajabhat University, Kamphaeng Phet, Thailand 62000

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประโยชน์ผงหินอ่อนและเกล็ดหินอ่อนที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมหินอ่อน ในอำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร โดยการนำไปเป็นส่วนผสมเพื่อผลิตอิฐปูพื้นรูปคดกริช ขึ้นรูปขนาด $11 \times 22 \times 6$ เซนติเมตร เมื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของอิฐปูพื้นที่ผลิตได้ พบว่าอิฐปูพื้นที่มีอัตราส่วนผสมโดยมวล ระหว่างปูนซีเมนต์ : ทราย : ผงหินอ่อน : เกล็ดหินอ่อน เท่ากับ $0.5 : 0.4 : 0 : 0.1$ กิโลกรัม เป็นอัตราส่วนที่ทำให้ค่าทดสอบที่ดีที่สุด มีความหนาแน่น 1.90 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร อัตราการดูดซึมน้ำร้อยละ 6.85 และค่ารับกำลังอัด 34.06 เมกะปาสกาล เนื่องจากมีปูนซีเมนต์เป็นตัวยึดเกาะระหว่างส่วนผสมและเพิ่มความแข็งแรงของอิฐปูพื้น เกล็ดหินอ่อนช่วยเพิ่มช่องว่างภายในอิฐทำให้มีการระบายน้ำได้ดีลดการดูดซึมน้ำ สามารถใช้เป็นอิฐปูพื้นทางเดินเท้า ประดับตกแต่งได้

คำสำคัญ : อิฐปูพื้น, ผงหินอ่อน, เกล็ดหินอ่อน

* Corresponding author : nongluk_j@kpru.ac.th

Received : 10/03/2022

Revised : 08/06/2022

Accepted : 17/06/2022

Abstract

The purpose of this research is to make use of waste marble powder and shards from the marble business in Prankratai District, Kamphaeng Phet Province. by fabricating a paving block in the Uni Pave 11 x 22 x 6 cm shape. Investigate the physical qualities of the brick paving that is possible. It was discovered that the paving bricks with the highest mass ratio of mixture were the best test values are obtained when the ratio of cement to sand, marble powder, and marble flake is 0.5: 0.4: 0: 0.1 kg. It is 1.90 g/cm³ dense, 6.85% water absorption rate, and has 34.06 MPa compressive strength. The use of cement as an adhesive agent between the mixture and the paving bricks increases the hardness of the paving bricks. Marble flakes increase the gaps within the brick, enhancing drainage and decreasing water absorption. The use of cement as an adhesive agent between the mixture and the paving bricks increases the hardness of the paving bricks. Marble flakes expand the gaps within the brick, enhancing drainage and decreasing water absorption. it is suitable for usage as a brick-paved pathway or decorative purposes.

Keywords : paving block, marble powder, marble flakes

ที่มาและความสำคัญ

หินอ่อนเกิดจากหินปูนถูกแปรสภาพและมีการตกผลึกใหม่ ส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของหินอ่อนก็คล้ายๆ กับของหินปูนหรือหินโดโลไมต์ แต่ที่แตกต่างกัน คือมีการตกผลึกใหม่ของเม็ดแร่ โดยหินอ่อนที่ประกอบด้วยเม็ดผลึกแร่ละเอียดย่อมมีความคงทนกว่าหินอ่อนที่ประกอบด้วยเม็ดผลึกแร่หยาบ สามารถขัดเงาและนำมาแกะสลักได้ดีกว่า แหล่งหินอ่อนที่สำคัญในจังหวัดกำแพงเพชร อยู่ที่อำเภอพรานกระต่าย บริเวณทิวเขาสว่างอารมณ์ ในทางธรณีวิทยา หินอ่อนที่เขาสว่างอารมณ์ เป็นหินอ่อนในแง่การค้า โดยทั่วไปมีชั้นหนา ลักษณะการเรียงตัวลดหลั่นของขนาดเม็ดตะกอนในบริเวณช่วงต่อกับหินทัพพ แหล่งหินอ่อนที่เขาสว่างเป็นแหล่งที่พบหินอ่อนมาก และมีการแปรรูปผลิตภัณฑ์หินอ่อน ทำให้พบกากเหลือทิ้งจำนวนมากมีลักษณะเป็นผงหรือเรียกว่าผงหินอ่อน เกิดจากการตัดหินอ่อนเป็นแผ่นและขัดหินให้เรียบในแต่ละเดือนจะมีผงหินอ่อนเพิ่มปริมาณมากขึ้นเรื่อย ๆ ผงหินอ่อนสามารถฟุ้งกระจายตัวไปในอากาศได้ทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมทั่วบริเวณรอบข้างและไม่มีประโยชน์ ซึ่งผงหินอ่อนเป็นเศษจากอุตสาหกรรมการผลิตหินอ่อนมีทั้งเนื้อละเอียดและเนื้อหยาบมีคุณสมบัตินำความร้อนต่ำ[1] โดยผงหินอ่อนที่ใช้จะมีลักษณะเป็นสีขาว มีค่าความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 2.75 ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 0.48 และมีร้อยละที่ค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 325 เท่ากับ 7.00 (น้อยกว่า ร้อยละ 34) ซึ่งสามารถใช้เป็นวัสดุพอลิโพรพิลีนได้[2] ด้วยสมบัติข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้นำเกร็ดและผงหินอ่อนมาใช้ประโยชน์ในการเป็นส่วนผสมของอิฐปูพื้น เพื่อลดต้นทุนในการผลิตอิฐปูพื้น ลดการใช้ปูนซีเมนต์ และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผงหินอ่อนในจังหวัดกำแพงเพชร จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าผงหินอ่อนสามารถนำมาเป็นส่วนผสมอิฐปูพื้นได้[3] โดยรูปแบบของอิฐปูพื้นที่ผลิตขึ้นในโรงงานวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบรูปคดกริชหนา 6 เซนติเมตร ผิวเรียบ เหมาะสำหรับปูพื้นทางเดินเท้า[4]



ภาพที่ 1: แสดงการร่อนผงหินอ่อน



ภาพที่ 2: แสดงการตากไล่ความชื้นของเกล็ดหินอ่อน

ตารางที่ 1: แสดงอัตราส่วนผสม

สูตรที่	อัตราส่วนผสม (ร้อยละ)			
	ปูน	ทราย	ผงหินอ่อน	เกล็ดหินอ่อน
1	0.3	0.7	0	0
2	0.4	0.5	0.1	0
3	0.3	0.5	0.2	0
4	0.5	0.4	0	0.1
5	0.5	0.3	0	0.2
6	0.4	0.4	0.1	0.1
7	0.3	0.3	0.2	0.2

ด้วยเหตุผลนี้โครงการวิจัยเรื่องนี้จึงมีแนวคิดที่จะทำการศึกษาเกี่ยวกับความเหมาะสมในการใช้งานบริเวณภายนอกอาคารของอิฐปูพื้น และเพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์ของเกร็ดและผงหินอ่อนที่เขาสว่างอารมณ์ อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร ที่เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมผงหินอ่อน เพื่อเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้ง สร้างผลิตภัณฑ์ที่มีเอกลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร

วิธีการดำเนินการวิจัย

การผลิตอิฐปูพื้น

1) นำผงหินอ่อนและเกล็ดหินอ่อนไปตากเพื่อไล่ความชื้นออกและร่อนเอาสิ่งปนเปื้อนออก ดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2



ภาพที่ 3: แสดงการนำส่วนผสมมารวมให้เข้ากัน

2) นำทราย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ผงหินอ่อน และเกล็ดหินอ่อน มาชั่งในอัตราส่วนที่กำหนด ดังตารางที่ 1 แล้วนำไปผสมในภาชนะให้เข้ากัน

โดยส่วนผสมสูตรที่ 1 เป็นอัตราส่วนที่ได้มาจากโรงผลิตอิฐปูพื้นที่ผู้วิจัยใช้ทดสอบเปรียบเทียบกับส่วนผสมอื่น ๆ ที่มีผงหินอ่อนและเกล็ดหินอ่อนเป็นส่วนผสมเพิ่มเติม

การขึ้นรูปอิฐปูพื้น

1) เตรียมแม่พิมพ์โดยการทาน้ำมันเบนซินให้ทั่ว เพื่อให้แกะอิฐจากแม่พิมพ์ได้ง่ายขึ้น โดยเลือกใช้แม่พิมพ์รูปคดกริช มีขนาดยาว 22 เซนติเมตร กว้าง 11 เซนติเมตร หนา 6 เซนติเมตร เหมาะสำหรับปูทางเท้า ที่จอดรถ ทำถนนภายในสวน

2) นำ ทราย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ผงหินอ่อน เกล็ดหินอ่อน มาคลุกเค้าให้เข้ากัน ทอยยเติมน้ำโดยหมั่นสังเกตให้ส่วนผสมมีความเหนียว สามารถขึ้นรูปได้ ดังภาพที่ 3

3) นำส่วนผสมอัดใส่ในแม่พิมพ์ขนาด $11 \times 22 \times 6$ เซนติเมตร ที่เตรียมไว้ โดยอัดส่วนผสมเข้าแบบด้วยมือและไม้ให้แน่นแล้วปาดให้เรียบ ดังภาพที่ 4 โดยการวิจัยครั้งนี้ จัดทำชิ้นงานในอัตราส่วนผสมละ 10 ชิ้นงานตัวอย่าง เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพต่อไป

4) นำชิ้นงานตัวอย่างไปตากแดดให้แห้งเพื่อให้สามารถนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ได้ จากนั้นนำอิฐไปตากแดดจำนวน 24 ชั่วโมง เมื่อหมดแสงแดดเก็บเข้าอาคารที่มีอากาศถ่ายเท และนำชิ้นงานออกตากแดดในวันถัด ๆ ไปโดยสลับให้อิฐโดนแดดทุกด้าน

การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

1) ความหนาแน่นของอิฐ [5]

ความหนาแน่นของอิฐ หมายถึง อัตราส่วนระหว่างมวลของอิฐต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของอิฐ เมื่อมวลของอิฐ



ภาพที่ 4: (ก) แสดงลักษณะแม่พิมพ์



(ข) แสดงการใส่ส่วนผสมลงไปในแม่พิมพ์

หาได้โดยการชั่ง ซึ่งมีหน่วยเป็น กรัม (g) ส่วนปริมาตรของอิฐนั้นมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3) แสดงความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ (1)

จากความสัมพันธ์ดังกล่าวจะได้ว่า

$$P = \frac{m}{V} \quad (1)$$

เมื่อ P คือ ความหนาแน่นของอิฐ (g/cm^3)

m คือ มวลของอิฐหาได้โดยการชั่ง (g)

V คือ ปริมาตรของอิฐ (cm^3)

2) การหาค่าอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐปูพื้น

การดูดซึมน้ำของอิฐสามารถบอกถึงความคงทนต่อความชื้นของอิฐ นิยมบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ [5] ดังสมการที่ (2)

$$(\%) \text{ การดูดซึมน้ำของอิฐ} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ W_1 คือ มวลของมวลอิฐเปียก (แช่น้ำ 24 ชั่วโมง)

W_2 คือ มวลของมวลอิฐแห้ง

นำตัวอย่างทดสอบไปชั่งมวลแห้ง แล้วหลังจากนั้นนำตัวอย่างทดสอบไปแช่ในภาชนะใส่น้ำทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างทดสอบออกจากน้ำควรรนำผ้าซับก้อนตัวอย่างทดสอบ ก่อนนำไปชั่งเพื่อหาค่ามวลขณะเปียก ดังภาพที่ 5

3) การหาค่ากำลังอัด

นำตัวอย่างทดสอบมาวางบนเครื่องทดสอบแรงอัดไฮดรอลิก PT-1100 - 600 ลักษณะดังภาพที่ 6 เครื่องจะ



ภาพที่ 5: แสดงการแช่อิฐตัวอย่าง เพื่อหาค่าอัตรา
การดูดซึมน้ำ



ภาพที่ 6: ตัวอย่างทดสอบบนเครื่องทดสอบ
การรับแรงอัด

ตารางที่ 2: ผลการทดสอบความหนาแน่นของอิฐปูพื้น

สูตรที่	มวลเฉลี่ย(g)	ปริมาตรเฉลี่ย(cm3)	ความหนาแน่นเฉลี่ย(g/cm3)
1	2431.67	1480.50	1.64
2	2621.00	1480.50	1.77
3	2670.33	1480.50	1.80
4	2816.67	1480.50	1.90
5	2777.00	1480.50	1.88
6	2759.33	1480.50	1.86
7	2753.00	1480.50	1.86

ค่อยๆ เพิ่มแรงกระทำต่อตัวอย่างทดสอบจนกระทั่งเกิดการแตกร้าวดังภาพที่ 7 ทำการอ่านค่ากำลังอัดที่กระทำต่ออิฐปูพื้น

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดสอบความหนาแน่นของอิฐปูพื้น

ผลการทดสอบความหนาแน่นของอิฐปูพื้น โดยนำตัวอย่างไปชั่งมวลแล้วทำการวัดขนาดของตัวอย่างทดสอบ สูตรละจำนวน 10 ตัวอย่าง จากนั้นนำไปคำนวณหาค่าปริมาตรรวมของวัตถุ ซึ่งปริมาตรของอิฐเป็นปริมาตรของบล็อกที่ใช้อัดขึ้นงาน จึงทำให้มีค่าปริมาตรเฉลี่ยเท่ากัน ได้ผลการทดสอบความหนาแน่นดังตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นส่วนผสมสูตรที่ 1 ซึ่งเป็นส่วนผสมทั่วไปของโรงผลิตอิฐปูพื้นเพื่อขายทั่วไปตามท้องตลาด[4] เปรียบเทียบกับอัตราส่วนผสมอื่น ๆ ที่เพิ่มผงหินอ่อนและเกร็ดหินอ่อนทดแทนอัตราส่วนระหว่างปูนและทราย พบว่า อัตราส่วนที่ 1 มีความหนาแน่นน้อยที่สุด มวลอิฐหลังตากแห้งหายไปเนื่องจากการระเหยของน้ำ และอัตราส่วนสูตรที่ 4 มีความหนาแน่นมากที่สุด รองลงมาคืออัตราส่วนสูตรที่ 5 เนื่องจาก

ตารางที่ 3: ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐปูพื้น

สูตรที่	มวลแห้งเฉลี่ย (g)	มวลเปียกเฉลี่ย (g)	อัตราการดูดซึมน้ำ (%)
1	2431.67	2697.00	10.92
2	2621.00	2865.67	9.33
3	2670.33	2911.67	9.06
4	2816.67	3009.67	6.85
5	2777.00	2969.33	6.96
6	2759.33	3014.33	9.23
7	2753.00	2988.33	8.56

ในสูตรผสมมีปูน ทรายและเกล็ดหินอ่อนเป็นส่วนผสมหลัก การสูญเสียน้ำจึงมีน้อย เพราะเกล็ดหินอ่อนไม่มีการดูดซึมน้ำไว้ตั้งแต่ขั้นตอนการผสม

ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐปูพื้น

ผลการทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำของอิฐปูพื้นทำการทดสอบโดยนำอิฐปูพื้นซึ่งน้ำหนักแห้งจากนั้นแช่น้ำไว้ 24 ชั่วโมงแล้วชั่งน้ำหนักเปียกทำการคำนวณอัตราการดูดซึมน้ำได้ผลดังตารางที่ 3

จากตารางอัตราส่วนผสมทุกสูตรมีค่าอัตราการดูดซึมน้ำต่ำ เหมาะกับการทำเป็นอิฐปูพื้นภายนอกอาคาร เนื่องจากความชื้นเป็นตัวแปรที่ทำให้ความแข็งแรงของวัสดุมีค่าลดลง[4] หากอิฐมีอัตราการดูดซึมน้ำต่ำ จะช่วยในเรื่องของอายุการใช้งานที่ทนต่อน้ำได้ โดยสูตรที่ 4 และ 5 มีค่าร้อยละอัตราการดูดซึมน้ำต่ำที่สุดอยู่ที่ 6.85% และ 6.96% ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากเป็นสูตรที่มีเกร็ดหินอ่อนเป็นส่วนผสม โดยเกร็ดหินอ่อนไม่มีการดูดซึมน้ำซึ่งเป็นสมบัติเบื้องต้นของหิน ในสูตรที่ 2, 3, 6 และ 7 มีผงหินอ่อนแทนที่ปูนซีเมนต์จะทำให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันที่เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ส่งผลให้น้ำคอนกรีตมีโพรง[3] จึงทำให้ค่าการดูดซึมน้ำมีค่าใกล้เคียงกับสูตรทั่วไป คือสูตรที่ 1

ผลการทดสอบค่ารับกำลังอัดของอิฐปูพื้น

ผลการทดสอบค่ากำลังอัดของอิฐปูพื้น ทำการทดสอบโดยเครื่องทดสอบแรงอัดไฮดรอลิก อ่านค่าจากเครื่องและบันทึกผลการทดสอบได้ผลดังตารางที่ 4

จากตารางอัตราส่วนผสมสูตรที่ 4 ให้ค่าผลการทดสอบค่ารับกำลังอัดได้สูงสุด คือ 34.06 MPa และ 31.41 MPa ตามลำดับ ใกล้เคียงค่ามาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.827-2531[6] ที่กำหนดให้ค่ารับกำลังแรงอัดของอิฐปูพื้นมีค่าไม่น้อยกว่า 35 MPa และค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 40 MPa ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากส่วนผสมที่ 4 และ 5 มีเกล็ดหินอ่อนที่มีความแข็งแรงมากกว่าทราย ซึ่งเป็นส่วนผสมทั่วไป และมีปริมาณปูนซีเมนต์มากกว่าอัตราส่วนอื่นๆ จึงส่งผลให้การยึดเกาะและความแข็งแรงของอิฐปูพื้นมีความแข็งแรงมาก ขณะที่สูตรผสมที่ 2, 3, 6 และ 7 มีส่วนผสมของผงหินอ่อนแทนที่ปูนซีเมนต์ทำให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันที่เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ลดการยึดเกาะ ส่งผลให้มีค่ารับกำลังอัดต่ำ[3] และเนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ใช้การอัดขึ้นรูปด้วยมือ จึงอาจส่งผลต่อความหนาแน่นและการเข้ากันของส่วนผสม

ตารางที่ 4: ผลการทดสอบค่ารับกำลังอัดของอิฐปูพื้น

สูตรที่	แรงกดเฉลี่ย (kg)	แรงอัดเฉลี่ย (Ksc)	ค่ารับกำลังอัดเฉลี่ย (MPa)
1	20987.67	83.90	8.22
2	50776.00	203.10	19.91
3	43372.67	173.49	17.01
4	86849.00	347.37	34.06
5	80082.00	320.33	31.41
6	45417.00	181.67	17.81
7	40415.00	161.66	15.85

สรุปผลการวิจัย

อิฐปูพื้นจากงานวิจัยนี้ มีคุณภาพน้อยกว่ามาตรฐานความต้านทานรับแรงกำลังอัดของอิฐปูพื้นจากโรงงาน ตามกำหนดเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 40 เมกะปาสคาล อาจเป็นเพราะอิฐปูพื้นที่ได้จากงานวิจัยนี้ทำด้วยมือจึงทำให้การเกาะตัวของวัสดุไม่ดีเท่าที่ควร จากการทดสอบพบว่าสูตรที่ 4 มีค่ารับกำลังแรงอัดเฉลี่ยอยู่ที่ 34.06 เมกะปาสคาลใกล้เคียงกับมาตรฐานอุตสาหกรรม ซึ่งค่ามาตรฐานอุตสาหกรรมมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 40 เมกะปาสคาล มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยร้อยละ 1.90 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และมีอัตราการดูดซึมน้ำร้อยละ 6.85 ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าอิฐปูพื้นที่ผลิตขึ้นยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานในเรื่องของการรับกำลังอัด เป็นเพราะอิฐปูพื้นที่ได้จากงานวิจัยทำด้วยมือจึงทำให้ การเกาะตัวของวัสดุไม่ดี ค่าการทดสอบไม่เป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.827-2531 แต่สามารถใช้เป็นอิฐปูพื้นทางเดินเท้าประดับตกแต่งแบบไม่รองรับน้ำหนักได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บริษัท สว่างหินอ่อน จำกัด อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร ที่ให้ความอนุเคราะห์ผงหินอ่อนและเกล็ดหินอ่อนสำหรับใช้ในงานวิจัย ขอขอบพระคุณโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์การผลิตอิฐปูพื้น และเครื่องมือเพื่อใช้ทดสอบค่ารับกำลังอัด ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และการสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] นงลักษณ์ จันทรพิชัย. (2561). สมบัติทางกายภาพ และ สมบัติเชิงกล ของ หิน อ่อน เขา สว่างอารมณ์ อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร. สักทอง วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 5(2), 55-63.

- [2] สุทธิ นิ โฆจิตา นนท์. (2554). การพัฒนา สูตร น้ำ เคลือบ ผลิตภัณฑ์ กระเบื้อง จาก ผง หิน อ่อน บ้าน เขา สว่าง อำเภอบางสะพาน จังหวัด กาญจนบุรี. กาญจนบุรี: สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเพื่อพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี.
- [3] เอกสิทธิ์ เทียนมาศ และ สุรเชษฐ์ ตุ่มมี. (2562). การศึกษาสมบัติของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าผสมผงหินอ่อน. สักทอง วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 6(1), 73-82.
- [4] อาทร ชูพลสัตย์ และ นิชาภา มินาบูลย์. (2561). การพัฒนาเพื่อเพิ่มคุณสมบัติของบล็อกปูพื้นที่ผลิตจากการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ (รายงานผลการวิจัย). นครปฐม: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.
- [5] ณัฐภูมิ อินทบุตร. (2561). การศึกษาและพัฒนาอิฐบล็อกประสานจากดินตะกอนที่เหลือทิ้งในการผลิตน้ำประปา และผักตบชวา (รายงานการวิจัย). สุพรรณบุรี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.
- [6] สำนักงาน มาตรฐาน ผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม กระทรวง อุตสาหกรรม. (2557). มาตรฐาน เลข ที่ มอก. 827-2531คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม. สืบค้น 25 กุมภาพันธ์ 2562. จาก https://www.tisi.go.th/data/PR/pdf/R827_2531_00.pdf