



การศึกษาสมบัติของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าผสมผงหินอ่อน

A Study on Properties of Concrete pavement mixing Marble Powder

เอกสิทธิ์ เทียนมาศ*

Aekasit Thianmas

สุรเชษฐ์ คุ้มมี**

Surachet Toommee

Received : October 1, 2018

Revised : November 13, 2018

Accepted : November 29, 2018

บทคัดย่อ

การศึกษาสมบัติของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าผสมผงหินอ่อน ใช้ผงหินอ่อนแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนัก ผงหินอ่อนที่ใช้เป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมผลิตหินอ่อน อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร กำหนดอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน (W/B) เท่ากับ 0.40 ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกล ได้แก่ การดูดซึมน้ำ และกำลังต้านทานแรงดัดตามขวาง ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.378-2531 จากผลการทดสอบ พบว่า แผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าผสมผงหินอ่อนในอัตราส่วนร้อยละ 10 และ 20 มีสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม โดยมีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำเท่ากับ 3.61 และ 4.12 ซึ่งไม่เกินร้อยละ 10 ในขณะที่ค่ากำลังต้านทานแรงดัดตามขวาง มีค่าเท่ากับ 3.81 และ 3.24 เมกะปาสคาล (ไม่น้อยกว่า 3.00 เมกะปาสคาล) อย่างไรก็ตามถ้าทำการเพิ่มปริมาณผงหินอ่อนมากกว่าร้อยละ 20 ขึ้นไปจะส่งผลให้ค่ากำลังต้านทานแรงดัดตามขวางไม่เป็นไปตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด

คำสำคัญ : ผงหินอ่อน / แผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า / กำลังต้านทานแรงดัดตามขวาง

*อาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

Lecturer in Construction Technology Faculty of Industrial Technology Kamphaeng Phet Rajabhat University

**อาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

Lecturer in Product Design Technology Faculty of Industrial Technology Kamphaeng Phet Rajabhat University

ABSTRACT

A study on properties of concrete combined with marble powder pavement used the marble powder instead of using cement with the ratio 10%, 20%, and 30% by weight. In this case, the marble powder was the industrial waste from the marble production industry at Pran Kra Tai, Kamphangphet province. Determining water and cement ratio (W/B) as 0.40, the researcher tested the physical and mechanical properties, for instance, the water absorption and flexural strength according to Thai Industrial Standards Institute (TISI) no.378-2531. The result of the study showed that concrete combined with marble polishing powder pavement with the ratio 10% and 20% were qualified with the Thai Industrial Standards Institute with the water absorption as 3.61 and 4.12 which was not over 10%. The transverse bending resistance was 3.81 and 3.24 MPa (not less than 3.00 MPa). However, if the marble powder was increased up to 30%, this resulted in the disagreement between the transverse bending resistance and Thai Industrial Standards Institute.

Keywords : Marble Powder / Concrete Pavement / Flexural Strength

บทนำ

จังหวัดกำแพงเพชรมีแหล่งทรัพยากรธรรมชาติหลายชนิด โดยแหล่งของหินอ่อนที่มีคุณภาพสูงพบได้ในบริเวณอำเภอพรานกระต่ายและพื้นที่ใกล้เคียง จึงทำให้อำเภอพรานกระต่ายมีโรงงานทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่จำนวนมากที่แปรรูปและผลิตสินค้ารวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับหินอ่อนหลากหลายรูปแบบออกจำหน่ายจากการที่มีโรงงานแปรรูปหินอ่อนจำนวนมากจึงทำให้มีเศษผงหินอ่อนเหลือทิ้งจำนวนมาก โดยเฉพาะที่มีขนาดใหญ่จะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบอื่นได้ ในขณะที่เศษหินอ่อนที่มีลักษณะเป็นผงไม่สามารถนำไปแปรรูปได้ จึงมักถูกนำไปใช้ถมที่ หรือทิ้งอย่างไร้ค่า และไร้ประโยชน์ (สุทธิณี, 2554)

แผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าถือว่าเป็นวัสดุตกแต่งบ้านที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย โดยมีนักวิจัยได้ออกแบบและพัฒนางานวิจัยมาแล้วอย่างมากมาย เช่น (พร้อมพงศ์, 2556) คุณสมบัติของพื้นคอนกรีตทางเท้าเก้าชัน อ้อย (ศิริินทร์, 2556) การพัฒนาแผ่นคอนกรีตปูทางเท้าจากใบไม้ เป็นต้น โดยจากการศึกษา พบว่า มีงานวิจัยที่นำผงหินอ่อนมาใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ยังมีค่อนข้างน้อย

ดังที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำผงหินอ่อนซึ่งถือว่าเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมที่พบได้มากในอำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร มาใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปเป็นแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม รวมทั้งเพื่อใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าของผงหินอ่อน และเป็นการยกระดับอุตสาหกรรมการก่อสร้างต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

วัสดุที่ใช้สำหรับดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1, ผงหินอ่อนบดละเอียด, ทราย, หิน และน้ำสะอาด โดยผงหินอ่อนที่นำมาใช้เป็นเศษวัสดุที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร โดยนำมาอบให้แห้งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้น

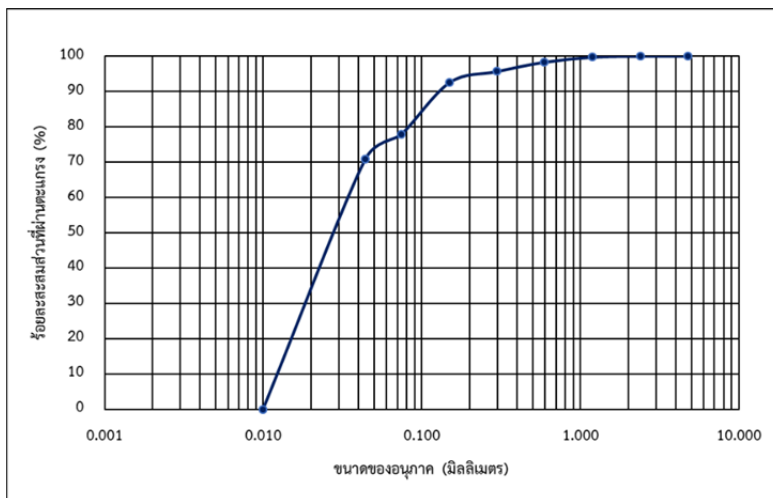
นำมาบดละเอียด และทำการทดสอบการกระจายตัวของผงหินอ่อน เพื่อให้ได้ผงหินอ่อนที่มีความละเอียดสูงผ่านมาตรฐาน ASTM C 430 โดยผงหินอ่อนที่ใช้จะมีลักษณะเป็นสีขาว มีค่าความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 2.75 ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 0.48 (สุทธิณี, 2554) และมีร้อยละที่ค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 325 เท่ากับ 7.00 (น้อยกว่า ร้อยละ 34) ซึ่งสามารถใช้เป็นวัสดุปอซโซลานได้



ก) เศษผงหินอ่อนที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์

ข) ผงหินอ่อนกับปูนซีเมนต์ที่ใช้ในงานวิจัย

ภาพที่ 1 ผงหินอ่อนที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม



ภาพที่ 2 การกระจายตัวของอนุภาควัสดุผงหินอ่อน

2. การขึ้นรูปตัวอย่างทดสอบ

การขึ้นรูปตัวอย่างทดสอบแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าผสมผงหินอ่อน ขนาด 30x30x3.0 เซนติเมตร ตามมาตรฐาน มอก.378-2531 โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน (W/B) เท่ากับ 0.40 ซึ่งไม่เกินค่าที่มาตรฐานกำหนด (0.55) (พร้อมพงศ์, 2556) และผงหินอ่อนที่ใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยใช้อัตราส่วนผสมดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัดส่วนผสมของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าผสมผงหินอ่อนที่ใช้ในการศึกษา ต่อ 1 แผ่น

ตัวอย่างทดสอบ	ผงหินอ่อนที่ใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ (ร้อยละ)	ปูนซีเมนต์ (กรัม)	ผงหินอ่อน (กรัม)	ทราย (กรัม)	หิน (กรัม)
Ref.	-	2,000	-	2,000	2,000
M-10	10	1,800	200	2,000	2,000
M-20	20	1,600	400	2,000	2,000
M-30	30	1,400	600	2,000	2,000

หมายเหตุ : Ref. หมายถึง แผ่นปูพื้นทางเท้าคอนกรีตอ้างอิง

M-XX หมายถึง แผ่นปูพื้นทางเท้าคอนกรีตใช้ผงหินอ่อนแทนที่ปูนซีเมนต์ ร้อยละ XX

3. การทดสอบแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าผสมผงหินอ่อน

การทดสอบการดูดซึมน้ำตามมาตรฐาน มอก. 378-2531 โดยนำตัวอย่างทดสอบมาทำการแช่น้ำ 24 ชั่วโมง แล้วซับด้วยผ้าแห้งให้หมด ๆ ซึ่งน้ำหนักเริ่มต้น (M1) แล้วนำเข้าสู่ตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักสุดท้าย (M2) จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณเพื่อหาร้อยละการดูดซึมน้ำ จากสมการ

$$\text{ร้อยละการดูดซึมน้ำ} = \left(\frac{M_1 - M_2}{M_1} \right) \times 100$$

การทดสอบสมบัติเชิงกล ทำการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดตามขวาง ตามมาตรฐาน มอก.378-2531 โดยทำการทดสอบที่อายุ 28 วัน ชุดละ 3 ตัวอย่าง จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณเพื่อหาค่ากำลังต้านทานแรงดัดตามขวาง ดังภาพที่ 3



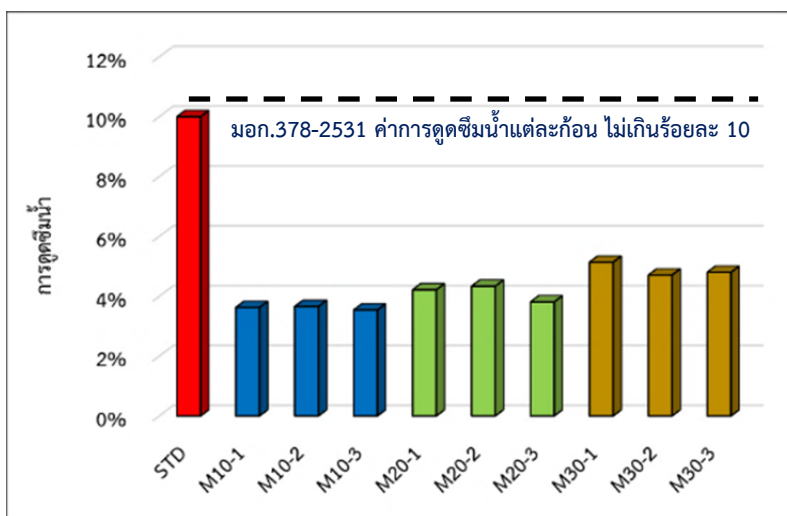
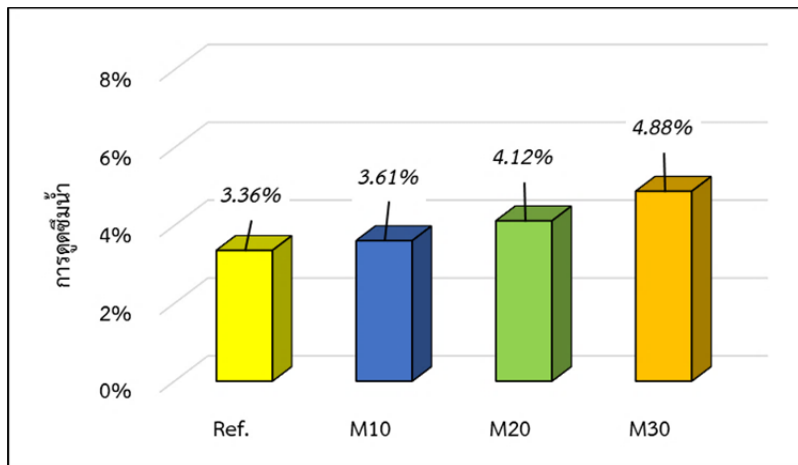
ภาพที่ 3 การทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดตามขวางของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าผสมผงหินอ่อน

ผลการวิจัย

1. การดูดซึมน้ำ

จากผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของตัวอย่างทดสอบแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าที่ใช้ผงหินอ่อนแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20 และ 30 เปรียบเทียบกับตัวอย่างทดสอบอ้างอิง พบว่าค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าผสมผงหินอ่อนในทุกสัดส่วนมีค่าสูงกว่าตัวอย่างทดสอบอ้างอิง

ในขณะที่เมื่อทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.378-2531 พบว่า ค่าการดูดซึมน้ำของตัวอย่างแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าทุกแผ่นมีค่าเท่ากับร้อยละ 3.63, 3.66, 3.54, 4.22, 4.33, 3.81, 5.14, 4.71 และ 4.80 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าการดูดซึมน้ำตามมาตรฐาน มอก.378-2531 (ค่าการดูดซึมน้ำแต่ละก้อนไม่เกินร้อยละ 10) นอกจากนี้ พบว่า แผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าที่ใช้ผงหินอ่อนแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าการดูดซึมน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

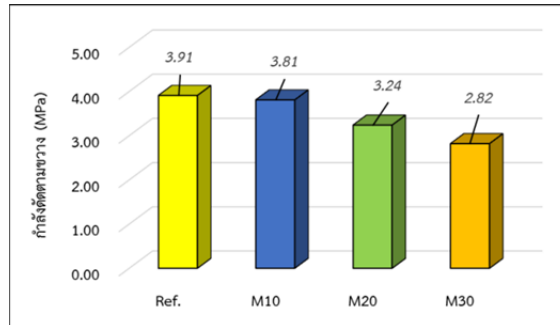


ภาพที่ 4 ค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าผสมผงหินอ่อน

ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2562

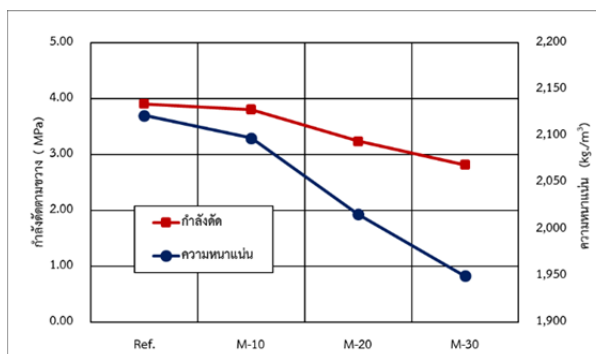
2. กำลังต้านทานแรงดัดตามขวาง

จากผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดตามขวางของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าที่ใช้ผงหินอ่อนแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20 และ 30 เปรียบเทียบกับตัวอย่างทดสอบอ้างอิง พบว่าตัวอย่างทดสอบที่ใช้ผงหินอ่อนแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 10 มีค่ากำลังต้านทานแรงดัดใกล้เคียงกับตัวอย่างทดสอบอ้างอิง ในขณะที่อัตราส่วนอื่นจะมีค่ากำลังต้านทานแรงดัดต่ำกว่าอย่างชัดเจน ดังภาพที่ 5

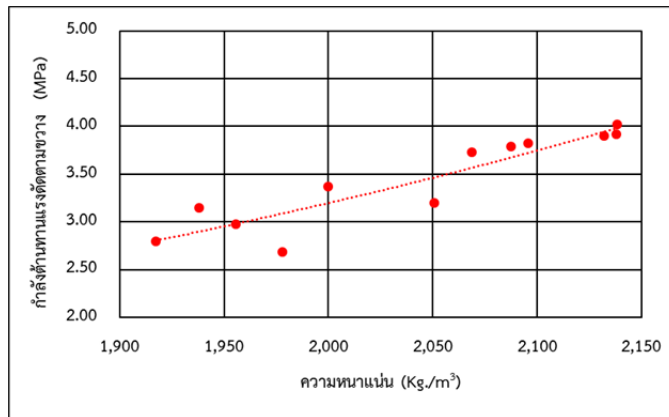


ภาพที่ 5 ค่ากำลังต้านทานแรงดัดของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าผสมผงหินอ่อนเปรียบเทียบกับตัวอย่างทดสอบอ้างอิง

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผงหินอ่อนกับค่ากำลังต้านทานแรงดัด และความหนาแน่นพบว่า ปริมาณผงหินอ่อนที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่ากำลังต้านทานแรงดัดและความหนาแน่นมีค่าต่ำลง ดังภาพที่ 6 นอกจากนี้ค่าความหนาแน่นของตัวอย่างทดสอบยังแปรผันตรงกับค่ากำลังดัด โดยแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าที่มีค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่ากำลังต้านทานแรงดัดมีค่าเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 7



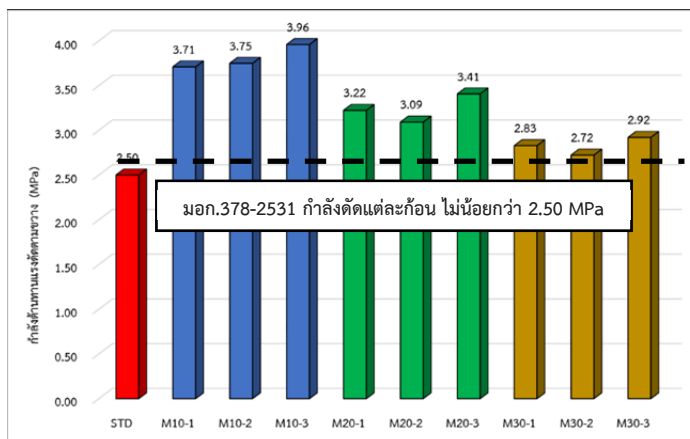
ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณผงหินอ่อน กับกำลังต้านทานแรงดัดและความหนาแน่นของตัวอย่างทดสอบ



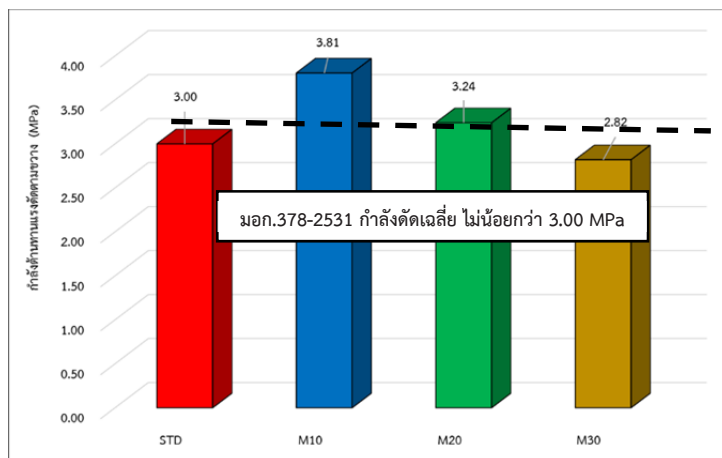
ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังต้านทานแรงดัดและความหนาแน่นของตัวอย่างทดสอบ

ในขณะที่เมื่อพิจารณาผลการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดตามขวางเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 378-2531 พบว่า แผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าที่ใช้ผงหินอ่อนแทนที่ปูนซีเมนต์ทุกแผ่นมีค่ากำลังต้านทานแรงดัดตามขวางเท่ากับ 3.71, 3.75, 3.96, 3.22, 3.09, 3.41, 2.83, 2.72 และ 2.92 MPa ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐาน (กำลังต้านทานแรงดัดตามขวางแต่ละก้อน > 2.50 MPa) ดังภาพที่ 8

นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับค่ากำลังต้านทานแรงดัดตามขวางเฉลี่ย ตามมาตรฐาน มอก.378-2531 พบว่า แผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าที่ใช้ผงหินอ่อนแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 10 และ 20 มีค่ากำลังต้านทานแรงดัดตามขวางเฉลี่ยเท่ากับ 3.81 และ 3.24 MPa ซึ่งสูงกว่าแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าตามมาตรฐาน มอก.378-2531 (ค่ากำลังต้านทานแรงดัดตามขวางเฉลี่ย > 3.00 MPa) ในขณะที่แผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าที่ใช้ผงหินอ่อนแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 30 ค่ากำลังต้านทานแรงดัดตามขวางเฉลี่ยที่ได้มาค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 8 กำลังต้านทานแรงดัดตามขวางแต่ละก้อนของตัวอย่างทดสอบเปรียบเทียบกับมาตรฐาน



ภาพที่ 9 กำลังต้านทานแรงคดตามขวางเฉลี่ยของตัวอย่างทดสอบเปรียบเทียบกับมาตรฐาน

3. การวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า ขนาด 30x30x3.0 เซนติเมตร ซึ่งราคาขึ้นกับค่าวัสดุและค่าแรง โดยแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า 1 แผ่นมีต้นทุนการผลิต ดังตารางที่ 2

เมื่อทำการวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์แล้ว พบว่า แผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าผสมผงหินอ่อน ที่อัตราส่วนร้อยละ 20 มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าที่มีขายตามท้องตลาดถึงร้อยละ 35 โดยมีสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ตารางที่ 2 ต้นทุนการผลิตแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า ขนาด 30x30x3.0 เซนติเมตร ต่อ 1 แผ่น

ตัวอย่างทดสอบ	ราคา							ต้นทุนการผลิต
	ปูนซีเมนต์	ผงหินอ่อน	ทราย	หิน	วัสดุอื่นๆ	รวมราคาค่าวัสดุ	ราคาค่าแรง	
M-10	4.32	0.20	2.00	3.00	0.50	10.00	3.00	13.00
M-20	3.84	0.40	2.00	3.00	0.50	9.74	2.92	12.66

หมายเหตุ : ราคาค่าแรงเท่ากับร้อยละ 30 ของราคาค่าวัสดุ

แผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า 30x30x3.0 ซม. ราคา 20 บาท/แผ่น

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาสมบัติของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าผสมผงหินอ่อน พบว่า ปริมาณผงหินอ่อนที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้ามีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่ากำลังต้านทานแรงคดตามขวางจะมีค่าลดลง เนื่องจากเมื่อใช้ผงหินอ่อนแทนที่ปูนซีเมนต์จะทำให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันที่เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้เนื้อคอนกรีตมีโพรงจึงทำให้ค่าการดูดซึมน้ำมีค่าสูงขึ้น (พร้อมพงศ์, 2556) และค่ากำลังที่ได้จะมีค่าต่ำลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ (พร้อมพงศ์, 2556) และ (อุดมวิทย์, 2558) ที่ใช้เถ้าขานอ้อย และกากตะกอนเหล็กแทนที่ปูนซีเมนต์ ตามลำดับ โดยปริมาณของเถ้าขานอ้อย และกากตะกอนเหล็กที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่า

กำลังของคอนกรีตมีค่าต่ำลง นอกจากนี้ ผงหินอ่อนไม่ใช้วัสดุปอซโซลาน ดังนั้น ในการพัฒนาค่ากำลังจึงขึ้นอยู่กับ การกระจายตัวของอนุภาคมากกว่าการทำปฏิกิริยาเคมี โดยค่ากำลังจะขึ้นอยู่กับความละเอียดของอนุภาคที่ใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ (Kiattikomol, et al., 2001; จตุพล และคนอื่นๆ, 2550)

โดยแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าที่ใช้ผงหินอ่อนแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 10 และ 20 มีสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม โดยมีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำ ไม่เกินร้อยละ 10 และค่ากำลังต้านทานแรงดัดตามขวางเฉลี่ย ไม่น้อยกว่า 3.00 เมกะปาสคาล อย่างไรก็ตามถ้าทำการเพิ่มปริมาณผงหินอ่อนมากกว่าร้อยละ 20 ขึ้นไป จะส่งผลให้ค่ากำลังต้านทานแรงดัดตามขวางไม่เป็นไปตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บริษัท สว่างหินอ่อน จำกัด อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร ที่ให้ความอนุเคราะห์ผงหินอ่อนสำหรับใช้ในงานวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาวัสดุก่อสร้างต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- อุตสาหกรรม, กระทรวง. (2532). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น. มอก. 378-2531. ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 106 ตอนที่ 18. หน้า 1-14.
- จตุพล ตั้งปกาศิต และคนอื่นๆ. (2550). การศึกษาผลกระทบของอนุภาคต่อค่าดัชนีกำลังของมอร์ตาร์ตามมาตรฐาน ASTM C 618 โดยใช้ทรายแม่น้ำบดละเอียด. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร*, 30(1), 141-151.
- พร้อมพงศ์ ฉลาดัญญกิจ. (2556). คุณสมบัติของพื้นคอนกรีตทางเท้าเก่าชานอ้อย. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนครเหนือ*, (ฉบับพิเศษ), 480-488.
- เรืองรุทธิ์ ซีระโรจน์ และคนอื่นๆ. (2546). ผลกระทบของขนาดอนุภาคเก่าผ่านหินแม่เกาะต่อดัชนีกำลังของมอร์ตาร์. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร*, 26(3), 295-310.
- ศิริินทร์ ดวงแก้ว. (2556). การพัฒนาแผ่นคอนกรีตปูทางเท้าจากใบไผ่. *กำแพงเพชร : สาขาวิชาเทคโนโลยีโยธา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร*.
- สัจจะชาวลู พรัตน์มะลิ, ประชุม คำพุ่ม และธนนันท์ ศัลยวุฒิ. (2559). การใช้เทคโนโลยีสำหรับชุมชนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นลดอุณหภูมิจากเศษหินพืชมิมข. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- สุทธิณี ไชยิตานนท์. (2554). การพัฒนาสูตรน้ำเคลือบผลิตภัณฑ์กระเบื้องจากผงหินอ่อนบ้านเขาสว่างอำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร. *กำแพงเพชร : สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเพื่อพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร*.
- อุดมวิทย์ ไชยสกุลเกียรติ และประพันธ์ สีใส. (2558). วัสดุปูพื้นภายนอกอาคารจากขยะอุตสาหกรรมประเภทกากตระกรันเหล็ก. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.
- เอสซีจี. (2561). *กระเบื้องปูพื้น เอสซีจี*. [Online]. Available : <https://www.scgbuildingmaterials.com/th/Download/Catalog/กระเบื้องปูพื้น-เอสซีจี /scg-paving-tile-catalog.aspx> [2561, พฤษภาคม 18].
- American Society for Testing and Material. (1996). *Annual Book of ASTM Standard*, V 04.02, Easton, Md., USA.
- Kiattikomol, K., et al. (2001). A Study of ground coarse fly ashes with different finenesses from various sources as pozzolanic materials. *Cement & Concrete Composites* 23, 335-343.