การใช้เทคโนโลยีสำหรับชุมชนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้น ลดอุณหภูมิจากเศษหินพัมมิช

Community Technology for Development Temperature Reduction Paving Block Product by Pumice Rock Fragments

สัจจะชาญ พรัดมะลิ

ประชุม คำพุฒ

ธนันท์ ศัลยวุฒิ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2559

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง การใช้เทคโนโลยีสำหรับชุมชนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นลดอุณหภูมิจากเศษหินพัมมิซ
ผู้วิจัย สัจจะชาญ พรัดมะลิ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร. พระนคร
ประชุม คำพุฒ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร. ธัญบุรี
ธนันท์ ลยวุฒิ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร. พระนคร

พ.ศ. 2559

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการใช้เศษหินพัมมิซพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นสำหรับชุมชน กำหนดอัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1: ทราย: หินฝุ่น: เศษหินพัมมิซ: น้ำประปา รวมทั้งสิ้น 6 อัตราส่วน ขึ้นรูปบล็อกปูพื้น ขนาด 30 x 30 x 5 เซนติเมตร ทำการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.378 – 2531 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น ผลการทดสอบพบว่า บล็อกปูพื้นที่มีปริมาณเศษหินพัมมิซมาก มีความต้านทานแรงดัดตามขวาง และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่าบล็อกปูพื้นที่มีปริมาณเศษหินพัมมิซน้อย ส่วนการดูดซึมน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อบล็อกปูพื้นมีปริมาณเศษหินพัมมิซมาก อย่างไรก็ตามบล็อกปูพื้นอัตราส่วนที่มีเศษหินพัมมิซน้อยกว่าอัตราส่วน 1: 2: 2.4: 0.6: 0.6 มีสมบัติผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด และมีอุณหภูมิผิวพื้นต่ำกว่าวัสดุอื่น ๆ ที่นำมาทดสอบถึงกว่า 2 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ : เทคโนโลยีชุมชน; บล็อกปูพื้น; เศษหินพัมมิซ

Title Community Technology for Development Temperature Reduction Paving Block Product by Pumice Rock Fragments

Researcher Sajjachan Pradmali Faculty of Engineering, RMUTP
Prachoom Khamput Faculty of Engineering, RMUTT
Thanan Sanyawuth Faculty of Engineering, RMUTP

Year 2016

Abstract

This research aims to study the usage pumice rock fragments to develop paving block product for community. The mixture ratios of Portland cement type1: sand: quarry dust: pumice rock fragments: water that there are 6 ratios. The paving block samples are casted in 30 x 30 x 5 centimeter in dimension. The paving block sample testing follows the TIS 378-2531 on concrete flooring tiles. From the experiment, bending strength, and thermal conductivity of paving blocks with high quantity of pumice rock fragments are lower than paving blocks with low quantity of pumice rock fragments but the water absorption of paving blocks with high quantity of pumice rock fragments are higher. However, all of pumice rock fragments paving block samples with lower than 1: 2: 2.4: 0.6: 0.6 of ratio can pass the standard and the surface temperature is lower than other covering materials about 2 degree Celsius.

Key Words : Community Technology; Paving Block; Pumice Rock Fragments

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยประเภทงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2559 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และ ความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้รับทุน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	จ
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ทฤษฎี	5
2.2 สมมุติฐาน	8
2.3 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง	9
2.4 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	11
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	12
3.1 การดำเนินการทดลอง	12
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย	15
บทที่ 4 ผลการวิจัย	19
4.1 โมดูลัสความละเอียดและความถ่วงจำเพาะของมวลรวม	19
4.2 ลักษณะทั่วไป ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ	20
4.3 ความต้านทานแรงดัดตามขวาง	21
4.4 อุณหภูมิที่ผิวหน้าของบล็อกปูพื้น	22
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	23
5.1 สรุปผล	23
5.2 ข้อเสนอแนะ	23
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	
ก. วัสดุ อุปกรณ์ และการดำเดินงานวิจัย	
ข. การถ่ายทอดเทคโนโลยีจากงานวิจัย/บทความวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่	
ประวัติผู้วิจัย	

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	ลาวาที่เป็นกำเนิดหินพัมมิซ	1
2	ลักษณะของหินพัมมิซ	6
3	แบบสำหรับบล็อกปูพื้น	7
4	การเทหล่อพื้นบล็อกปูพื้น	8
5	ลักษณะทั่วไปของหินฝุ่นหินปูน	16
6	ลักษณะทั่วไปของหินพัมมิซผ่านตะแกรงเบอร์ 4	16
7	เครื่องอัดบล็อกปูพื้นกึ่งอัตโนมัติแบบสั่นเขย่า	17
8	ผสมส่วนผสมทั้งหมดด้วยเครื่องผสมคอนกรีตแบบกระทะ	18
9	ทดสอบความต้านทานแรงดัดตามขวางของบล็อกปูพื้น	18
10	ภาพขยายหินพัมมิซ 200 เท่า	19
11	ความต้านทานแรงดัดตามขวางของบล็อกปูพื้น	21
12	อุณหภูมิผิวหน้าเฉลี่ยของวัสดุปูพื้นชนิดต่าง ๆ	22

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบทางเคมีของหินพัมมิซโดยทั่วไป	5
2	อัตราส่วนผสมของบล็อกปูพื้น	15
3	โมดูลัสความละเอียดและความถ่วงจำเพาะ	19
4	ลักษณะทั่วไปและความหนาแน่นของบล็อกปูพื้นจากเศษหินพัมมิซ	20

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

โครงการวิจัย “การใช้เทคโนโลยีสำหรับชุมชนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บล็อกปู พื้ น ล ด อุณหภูมิจากเศษหินพัมมิซ” เป็นนวัตกรรมวัสดุปูพื้นอาคารที่มีค่าการประหยัดพลังงานสูง สามารถลดอุณหภูมิโดยวิธีการระเหยและการระบายน้ำได้ดี ทั้งมีกระบวนการผลิตที่เหมาะสมในระดับภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยเน้นการใช้วัสดุที่เหลือใช้และวัสดุที่เป็นผลพลอยได้จากการแปรรูปของผลผลิตทางการย่อยคัดขนาดของหินพัมมิซ มาประยุกต์ใช้ในวัสดุอาคารเพื่อตอบสนองความต้องการอาคารที่อยู่อาศัยในชุมชนในการพัฒนาสิ่งแวดล้อมที่อยู่อาศัยในชุมชนท้องถิ่นให้น่าอยู่มีสภาพแวดล้อมคุณภาพชีวิตที่ดี ลดการใช้พลังงานที่เพิ่มมากขึ้น และการเพิ่มมูลค่าของวัสดุที่เหลือใช้และวัสดุที่เป็นผลพลอยได้จากการแปรรูปที่มูลค่าต่ำหรือไม่มีมูลค่าเลย ในรูปแบบของวัสดุอาคารที่มีคุณลักษณะเป็นบล็อกปูพื้นที่มีรูปลักษณ์สามารถลดอุณหภูมิโดยวิธีการระเหยและการระบายน้ำได้ดี และมีคุณสมบัติเพิ่มประสิทธิภาพ ในการต้านทานความร้อนได้ดีที่สุด ไม่ลามไฟ ไร้สารพิษ ได้ดีเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยที่เป็นเมืองร้อนมีความชื้นสูง ซึ่งมีแนวโน้มราคาและความต้องการที่เพิ่มสูงขึ้น

หินพัมมิซ (Pumice stone หรือ Pinatubo stones) หินพัมมิส หรือ พูไมส์ เป็นวัตถุดิบภายในประเทศ เป็น หินภูเขาไฟ พัมมิซ” (Pumice) ลักษณะเป็นหินมีเส้นใย และ ช่องว่างจำนวนมาก ซึ่งเกิดจากการถูกรีดขณะ ที่เป็น ของเหลว และ เคลื่อนตัดผ่านปล่องภูเขาไฟ ซึ่งช่องว่างนั้นก็คือ รูพรุน ของโพรงก๊าซต่าง ๆ และ ไอน้ำ ที่หนีหายไป โดยส่วน ที่เป็นเส้นใยก็คือ เนื้อหินซึ่งประกอบขึ้นด้วยแก้วภูเขาไฟ ที่ยังปรากฏมีรูเป็นท่อขนาดจิ๋วอยู่ภายในเนื้ออีก

รูปที่ 1 ลาวาที่เป็นกำเนิดหินพัมมิซ

หินพัมมิซจาก แหล่งลพบุรีประกอบด้วย ส่วนประกอบ ที่สำคัญ 3 ส่วน ส่วน ที่เป็นแก้วภูเขาไฟ ส่วน ที่เป็นแร่ดิน ส่วน ที่เป็นแร่ซีโอไลต์ (Zeolite) และ แร่ซีลไวต์(Sylvite) โดย แต่ละส่วนมีคุณสมบัติซึ่งเป็นประโยชน์ต่ดังต่อไปนี้

ส่วนแก้วภูเขาไฟ ส่วนนี้เป็น ของแข็งมีรูพรุนหลายขนาด ตั้ง แต่ใหญ่เป็นมิลลิเมตรถึงเล็กเป็นไมครอน รูพรุนเหล่านี้มีทั้ง ที่ติดต่อถึงกัน และ ไม่ติดต่อถึงกัน แม้จะบดจนละเอียดเป็นแป้งใน แต่จะเม็ด ที่ละเอียดนั้นก็ยังคงมีช่องว่าง และ รูพรุนอยู่ ที่จะ ดูดซึม เก็บความชื้น และ เก็บ ของเหลวต่างๆ ไว้ เหมือนแหล่งกักเก็บ เนื่องจากแก้วภูเขาไฟมีอยู่มาก ที่สุดเฉพาะ กับหินภูเขาไฟในประเภทนี้เท่านั้น และ เพราะเหตุ ที่มีลักษณะเป็นอะมอฟัส (Amorphous) คือไม่มีรูปผลึก แต่มีรูพรุน และ มีพื้น ที่ผิวจำนวนมาก จึงสามารถละลายน้ำได้ง่ายกว่าหินทั่วๆไป ซึ่งประกอบด้วยแร่ต่าง ๆ ที่มีรูปผลึก และ เพราะสาเหตุ ที่มีส่วนประกอบเป็นซิลิก้าเปอร์เซ็นต์สูงจึงทำให้เกิดการละลาย ของธาตุซิลิก้าออกมาในรูป ของซิลิซิค แอซิค (เป็นกรด ที่อ่อนมาก ไม่มีผลต่อค่าpH ในดิน และ ไม่มีพลังในการกัดกร่อนอย่างกรดทั่ว ๆ ไป) ด้านการมีความคม ซึ่งให้ระคายเคืองต่อผิว ของสัตว์จำพวกคืบคลาน เมื่อสัตว์ดังกล่าวมาถูกต้องเข้าจะพยายามคืบคลานหลบหนีไม่กล้าเข้าใกล้ หินพัมมิส สามารถนำไปใช้ปรับเข้ากับอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้หลากหลายแขนง ยกตัวอย่าง เช่น (1) อุตสาหกรรมฟอก เสื้อผ้า และ กางเกงยีนส์ ปัจจุบันอุตสาหกรรมฟอกกางเกงยีนส์ และ เสื้อผ้า ได้ใช้หินพัมมิซอย่างแพร่หลายในการฟอก (2) อุตสาหกรรมเพาะปลูก และไม้ดอก ไม้ประดับ ในปัจจุบันอุตสาหกรรมเพาะปลูกไม้ดอก ไม้ประดับ ในประเทศไทยกำลังรุดหน้าไปอย่างมาก ซึ่งนอกเหนือไปจากพันธุ์ไม้ชั้นดีแล้ว อุปกรณ์การเลี้ยงดู การเอาใจใส่ และ วัสดุปลูกที่ดี ย่อมมีผลต่อผลผลิตของเกษตรกร ซึ่งหินภูเขาไฟ ได้เข้ามามีบทบาทในฐานะของ วัสดุปลูกชนิดใหม่ (3) วัสดุกรองสำหรับบ่อกรองปลา สำหรับการเพาะพันธุ์ปลาสวยงาม ประเภทต่างๆ โดยเฉพาะ ปลาคาร์พ หรือ Koi หินพัมมิซนับได้ว่าเป็นก้าวใหม่ ที่จะเข้ามาเป็นวัสดุกรองแห่งอนาคต แทนที่ปะการัง ภายใต้ชื่อ สมาร์ทพอนด์ (Smart Pond) ผลิตภัณฑ์ที่จะสร้างความสะดวกสบายให้แก่ผู้ใช้ และเป็นบันไดขั้นใหม่ไปสู่การเลี้ยงปลาในอนาคต(4) วัสดุสำหรับเตาย่าง เตาเผา หรือเตาบาร์บิคิว ต้นกำเนิดของหินภูเขาไฟนั้น มาจากหินหลอมเหลวที่มีอุณหภูมิสูง ด้วยเหตุนี้จึงไม่เป็นที่น่าแปลกใจเลยว่า หินภูเขาไฟ สามารถใช้เป็นวัสดุเพิ่มความร้อน และช่วยเก็บกักความร้อน สำหรับใช้ในเตาย่าง เตาเผา หรือเตาบาร์บิคิว ได้เป็นอย่างดี

ในกระบวนการบดย่อยหินพัมมิซเพื่อการคัดขนาด จะเหลือเป็นหินเม็ดละเอียด หินฝุ่น ที่เชื่อกันว่าไม่แข็งแรงไม่สามารถที่ใช้วัสดุใน งานก่อสร้างได้ หรือใช้เป็นวัสดุสมในคอนกรีตบล็อกสำหรับก่อผนังหรืออิฐบล็อกปูพื้นได้ โดยที่ชุมชนบริเวณ แหล่งเหมืองหินต้องสั่งซื้อวัสดุจากจังหวัดในเขตภาคกลาง เพื่อนำมาก่อสร้างบ้านพักอาศัยในพื้นที่ ซึ่งหินฝุ่น ที่ใช้ในการผลิตบล็อกต่าง ๆ ที่จำหน่ายตามท้องตลาดในปัจจุบันได้มาจากเหมืองหินปูนของจังหวัดสระบุรี การนำวัตถุดิบจากภายนอกพื้นที่มาใช้แทนวัตถุดิบที่มีอยู่แล้วในพื้นที่ เพียงเพราะไม่มั่นใจหรือไม่ทราบว่า ทรัพยากรในท้องถิ่นนั้นมีศักยภาพเพียงใด ย่อมเป็นการสูญเสียโอกาส ในการเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากร ภายในท้องถิ่นให้กับชุมชนอย่างน่าเสียดาย ดังนั้นโครงการวิจัยเพื่อศึกษา ถึงการใช้เศษหินพัมมิซมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบา จึงเป็นการตอบสนองความต้องการของชุมชนภายในพื้นที่ ที่เป็นเหมืองหินภูเขาไฟ อีกทั้งชุมชนในพื้นที่เหมืองหินพัมมิซของจังหวัดอื่น ๆ ซึ่งเมื่อดำเนินการวิจัย สำเร็จแล้ว จะทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับชุมชนท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องและสนใจ สามารถพัฒนาให้เป็น ผลิตภัณฑ์ของ

ชุมชน เพื่อสร้างรายได้ให้กับประชากรในพื้นที่อย่างยั่งยืนตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง เชิงสร้างสรรค์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการผลิตบล็อกปูพื้นผสมเศษหินพัมมิซ

1.2.2 เพื่อทราบอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการผลิตบล็อกปูพื้นผสมเศษหินพัมมิซเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชน

1.2.3 เพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นผสมเศษหินพัมมิซ

1.2.4 เพื่อทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นผสมเศษหินพัมมิซสู่ชุมชนท้องถิ่น

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ทำการวิจัยบล็อกปูพื้นจากเศษหินพัมมิซจังหวัดจังหวัดบุรีรัมย์

1.3.2 ทำการอัดตัวอย่างบล็อกปูพื้นขนาด 30 x 30 x 5 ลบ.ซม. โดยเครื่องอัดแบบกึ่งไฮโดรลิก

1.3.3 ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเศษหินพัมมิซตามมาตรฐาน ASTM

1.3.4 ทำการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของเศษหินพัมมิซโดยส่งตัวอย่างทดสอบด้วยวิธี XRF

1.3.5 ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลของบล็อกปูพื้นตามมาตรฐาน มอก. และ ASTM

1.3.6 ทำการทดสอบอุณหภูมิที่ผิวหน้าของบล็อกปูพื้น ด้วยอินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์

1.3.7 ทำการผลิตและทดสอบตัวอย่างผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นจากเศษเศษหินพัมมิซ

1.3.8 ทดสอบการใช้งานผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นจากเศษหินพัมมิซ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ด้านวิชาการ

1) สามารถเผยแพร่บทความวิจัยในวารสารวิชาการภายในประเทศหรือต่างประเทศ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 บทความ

2) สามารถเผยแพร่บทความวิจัยในงานประชุมสัมมนาวิชาการภายในประเทศหรือต่างประเทศ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 เรื่อง

3) เข้าร่วมจัดนิทรรศการในงานที่เกี่ยวข้องกับด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

4) จดสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร เรื่อง “ผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นจากเศษหินพัมมิซ”

1.4.2 ด้านนโยบาย

1) ช่วยเป็นข้อมูลในการเสนอนโยบายการพัฒนาชุมชนขององค์การปกครองส่วนท้องถิ่นภายในพื้นที่แหล่งเหมืองหินพัมมิซได้

2) สามารถนำเสนอเป็นแผนพัฒนาการใช้ทรัพยากรของจังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดใกล้เคียงได้

3) ส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นของกลุ่มชุมชนในพื้นที่ได้ในอนาคต

1.4.3 ด้านเศรษฐกิจ/พาณิชย์

1) เพิ่มรายได้ให้กับชุมชนท้องถิ่นภายในพื้นที่แหล่งเหมืองหินพัมมิซ

2) ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างจากแหล่งอื่น

3) ส่งเสริมให้เป็นผลิตภัณฑ์วิสาหกิจชุมชน และเป็นแนวทางในการนำไปขยายผล สู่เชิงพาณิชย์

1.4.4 ด้านสังคมและชุมชน

1) สามารถสร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชนในการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมและสร้างความสามัคคีร่วมมือร่วมใจกัน ในการผลิตสินค้าของชุมชน

2) ใช้เป็นเครื่องมือและเป็นแนวทางในการสร้างชุมชนให้เป็นชุมชนที่มีสังคมสันติสุข

3) มีความเป็นไปได้ที่จะลดปัญหาความยากจนของประชากรในชุมชน ลดปัญหาการลักขโมย ลดปัญหายาเสพติด และลดคดีอาญชญากรรม ทำให้ชุมชนมีความปลอดภัยมากขึ้น

1.4.5 หน่วยงานภาครัฐที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ คือ องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นภายในอำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์ ชุมชนต่าง ๆ ในพื้นที่ ตลอดจนหน่วยงานภาครัฐอื่น ๆ ทั่วไปที่สนใจ

1.4.6 หน่วยงานภาคเอกชนที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ ที่ผลิตและจำหน่ายวัสดุก่อสร้างทั่วไป

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี

2.1.1 ทฤษฎี

2.1.1.1 หินพัมมิซ (Pumice)

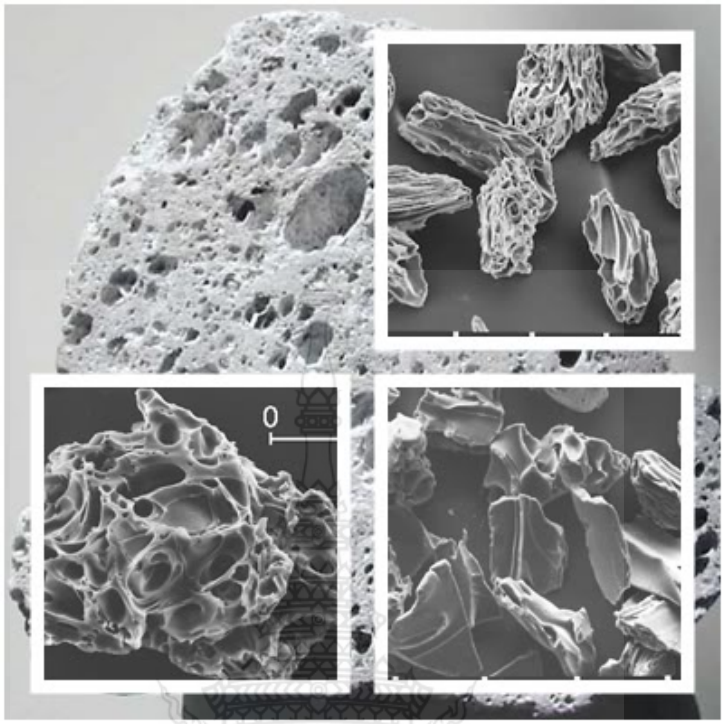
เป็นหินภูเขาไฟที่มีรูพรุนเป็นจำนวนมาก มีน้ำหนักเบามาก มีลักษณะขรุขระ มีความเหนียวแน่นเมื่อผสมกับกรวดและทราย รูพรุนในเนื้อหินพัมมิซทำให้สามารถลอยน้ำได้ มีอนุภาคเส้นผ่านสูงถึง 65 มม. แต่อนุภาคช่วง 1-16 มม. มีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง หินพัมมิซสามารถจัดเป็นวัสดุปอซโซลานได้เนื่องจากมีซิลิกาและอลูมินาเป็นจำนวนมาก ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของหินพัมมิซโดยทั่วไป (ดนุพล, 2552)

องค์ประกอบทางเคมี	สูตรทางเคมี	ปริมาณร้อยละ
ซิลิกา	SiO_2	55
อะลูมินา	Al_2O_3	22
แอลคาไลน์	K_2O+Na_2O	12
เหล็กออกไซด์	Fe_2O_3	3
ปูนขาว	CaO	2
แมกนีเซีย	MgO	1
ไททาเนีย	TiO_2	0.5

หินพัมมิซพบส่วนมากบริเวณภูเขาไฟโดยเฉพาะบริเวณเชิงเขาในทิศทางเดียวกับลมพัด โดยส่วนใหญ่การทับถมแบบหลวมๆ มีความหนาประมาณ 50-300 เซนติเมตร ความหนาของหินพัมมิซลดลงเมื่อระยะห่างออกไปจากศูนย์กลางการระเบิด ขนาดอนุภาคหินพัมมิซที่เป็นผงอยู่ในช่วง 0-2 มม. ทราย 2-8 มม. และกรวด 8-65 มม. มีรูพรุนมากถึงร้อยละ 85 ซึ่งในร้อยละ 85 จะเป็นปริมาตรอากาศ และอีกร้อยละ 15 เป็นของแข็ง การที่หินพัมมิซมีรูพรุนสูง ทำให้มีสมบัติความเป็นฉนวนกันความร้อนได้ดีและมีน้ำหนักเบามาก (ดนุพล, 2553)

หินพัมมิซ มีคุณสมบัติที่ดีเยี่ยมในการใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง อันได้แก่ มีน้ำหนักเบามาก ราคาไม่แพง ทนความร้อนได้ดี มีความทนทาน ใช้งานง่าย ดูดซับเสียงได้ดี เป็นฉนวนป้องกันความร้อน ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ลักษณะของหินพัมมิซ

หินพัมมิซไม่ควรนำไปใช้งานในงานก่อสร้างประเภทต่อไปนี้ เช่น ฐานราก ใช้เป็นส่วนประกอบในส่วนที่สัมผัสน้ำ ใช้เป็นส่วนประกอบในส่วนที่การจราจรหนาแน่น เช่น บันได พื้น เป็นต้น ในปัจจุบันหินพัมมิซถูกนำไปใช้เป็นจำนวนมาก ซึ่งปริมาณหินพัมมิซที่ใช้อยู่ทั่วโลกประมาณ 17.5 ล้านเมตริกตันต่อปี ปี 2005 เฉพาะประเทศอิตาลีประเทศเดียวใช้ประมาณ 4.6 ล้านเมตริกตันต่อปี ประเทศที่มีการใช้หินพัมมิซในปริมาณมาก เช่น ชิลี เอกวาดอ เอธิโอเปีย ฝรั่งเศส เยอรมนี กรีซ สเปน ตุรกี และอเมริกา โดยใช้หินพัมมิซเป็นมวลรวมเพื่อผลิตคอนกรีตมวลเบาและคอนกรีตโครงสร้าง ในประเทศเยอรมนีใช้หินพัมมิซในคอนกรีตมวลเบา ประมาณร้อยละ 3 ของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้มากถึงร้อยละ 70

แหล่งหินพัมมิซในประเทศไทยพบมากในแหล่งเดียวกับหินเพอร์ไลต์ ซึ่งมีอยู่ตามแนวรอยตะเข็บของภูเขาไฟเก่าเป็นส่วนใหญ่ เช่น แถวลำนารายณ์ อำเภอชัยบาดาล สระโบสถ์ โคกเจริญ จังหวัดลพบุรี และนครนายก นอกจากนี้ยังพบในภาคอีสานตอนใต้ เช่น บุรีรัมย์ ศรีษะเกษ พบปะปนกับหินตะกรันภูเขาไฟ และหินบะซอลล์

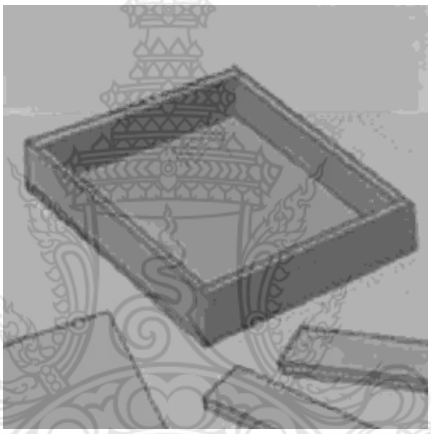
2.1.1.2 บล็อกปูพื้น

บล็อกปูพื้นประกอบไปด้วยส่วนผสมที่สำคัญ คือ ปูนซีเมนต์ หินฝุ่น และ น้ำ แล้วนำมาผสมขึ้นรูปในอัตราส่วนที่เหมาะสม ใช้หลักการกลไกการยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโดยการนำส่วนผสมเข้าเครื่องอัดบล็อกปูพื้น หลังจากนั้นบล็อกปูพื้นจะแปรสภาพเป็นของแข็ง มีความแข็งแรงและสามารถรับน้ำหนักได้ตามอายุของคอนกรีตที่มากขึ้น ซึ่งในบล็อกปูพื้นนั้นมีมวลรวมเป็นส่วนผสมที่สำคัญ เนื่องจากมวลรวมมีปริมาตร 70% - 80% ของปริมาณของส่วนผสมทั้งหมด เห็นได้ว่ามวล

รวมมีผลอย่างมากต่อคุณภาพของบล็อกปูพื้น โดยมวลรวมจะเป็นตัวแทรกประสานที่กระจายอยู่ทั่วบล็อกปูพื้น และมวลรวมต้องไม่มีสิ่งเจือปนที่มีผลเสียต่อกำลังและความคงตัวของบล็อกปูพื้น

มาตรฐานในการผลิตบล็อกปูพื้น สามารถทำการผลิตและทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม มอก.827-2531 เรื่องคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (สมอ., 2531) และตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.378-2531 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น (สมอ., 2531 โดยวิธีการทำบล็อกปูพื้นมีการดำเนินการ อย่างง่ายดังนี้

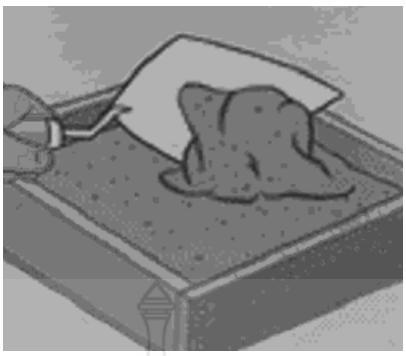
ขั้นตอนที่ 1 สร้างแบบ กำหนดขนาดของแผ่นปูทางเดิน (ไม่ควรมีขนาดใหญ่มากเกินไป เพราะจะทำให้แผ่นปูที่ได้มีน้ำหนักมาก) ในที่นี้เลือกเศษไม้มาเลื่อยเป็น 4 ชิ้น เพื่อเป็นขอบและความหนาของแผ่นปู โดยให้มีขนาดความยาวประมาณ 25-30 เซนติเมตร และเตรียมแผ่นไม้บางทำเป็นพื้นรองปูน โดยตอกตะปูให้ไม้ทั้ง 5 ชิ้นนี้ เป็นแบบเริ่มต้นของพื้นทางเดิน หรือตัวแบบ



รูปที่ 3 แบบสำหรับบล็อกปูพื้น

ขั้นตอนที่ 2 จากนั้นลงมือผสมปูนโดยใช้ปูนขาวสำเร็จรูปผสมกับทรายละเอียด อาจใช้ทรายหยาบก็ได้แล้วแต่ความชอบ เพราะหากใช้เนื้อทรายที่หยาบ แผ่นปูพื้นจะมี TEXTURE ที่หยาบ ใช้อัตราส่วนปูนกับทรายเท่ากับ 1:1 แล้วผสมน้ำลงไป ในขณะผสมปูนอย่าให้ปูนเหลวจนเกินไป จะทำให้ต้องใช้ระยะเวลานานกว่าจะแห้ง และแผ่นปูพื้นอาจกร่อนง่าย

ขั้นตอนที่ 3 หล่อพื้นปูนตามตัวแบบ - เมื่อผสมปูนเรียบร้อยแล้ว เทหรือตักปูนที่ผสมลงในแบบ โดยในขณะที่ทำควรใช้ไม้กวนปูน ไล่ฟองอากาศเพื่อให้แผ่นปูพื้น มีผิวหน้าที่ค่อนข้างเรียบไม่เป็นหลุมเป็นฟองอากาศมากจนเกินไป



รูปที่ 4 การเทหล่อพื้นบล็อกปูพื้น

ขั้นตอนที่ 4 สร้างลวดลาย - ควรออกแบบคร่าวๆ ไว้ในใจแล้วว่าลักษณะของแผ่นปูพื้นในส่วนสวยจะเป็นรูปแบบใด ซึ่งหากเป็นแบบเรียบ-เก๋ เล่นลวดลายของรูปทรงใบไม้แปลก ๆ อาจผสมสีในขั้นตอนการผสมปูนได้เลย โดยมีเทคนิคว่า ควรใช้สีแม่สีผสมให้ได้สีที่ต้องการ เมื่อผสมในปูนเปียก ควรให้สีมีความเข้มหนักกว่าที่ต้องการ เพราะเมื่อปูนแห้งสีที่ได้จะจางลงไปอีกและเมื่อต้องการแต่งผิวหน้าของแผ่นปูพื้น ควรรอเวลาที่ปูนเริ่มเกาะตัวแต่ยังไม่แห้งสนิท มีความหนืดยืดหยุ่น ซึ่งลวดลายบนแผ่นทางเดินในสวนมีหลายรูปแบบ

ขั้นตอนที่ 5 สร้างเส้นทางในสวน - จากนั้นปล่อยให้แผ่นปูทางเดินที่ตกแต่งเล่นลวดลายตามใจชอบเมื่อแห้งสนิท จึงค่อย ๆ เคาะเอาแบบที่สร้างขึ้นออกจากแผ่นไม้แล้วนำแผ่นปูพื้นทั้งหมดที่ได้สร้างขึ้นแต่งเติมตามมุม ต่าง ๆ ไม่จำเป็นต้องใช้แบบเพียงแบบเดียว อาจทำแบบสวยสมบูรณ์เพียงหนึ่งแผ่น ใช้พื้นปูพื้นประกอบกับแผ่นหินทรายที่มีอยู่เดิมหรือปูในส่วนทางเข้าสวน วางประดับใกล้กับมุมนั่งเล่น หรือตามมุมที่ชื่นชอบ สำหรับคนที่มีสวนริมระเบียงห้องคอนโดฯ หรือมุมเล็ก ๆ ในสำนักงาน แผ่นปูพื้นก็เป็นส่วนหนึ่งที่เพิ่มรายละเอียดให้สวนเล็ก ๆ น่าสนใจขึ้น

2.2 สมมุติฐาน

2.2.1 เศษหินพัมมิซสามารถนำมาใช้เป็นมวลรวมในผลิตภัณฑ์ บล็อกปูพื้นทดแทนหินปูนหรือหินเกร็ดได้ เมื่อทำการออกแบบส่วนผสมให้เหมาะสมกับการอัดขึ้นรูป

2.2.2 ผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นจากเศษหินพัมมิซ สามารถมีสมบัติ ทางกายภาพและสมบัติ ทางกล ผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.)

2.2.3 ผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นจากเศษหินพัมมิซ สามารถนำไป ใช้งานได้จริงและพัฒนาส่งเสริมให้เป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนท้องถิ่นได้

2.3 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันในประเทศไทยยังประสบปัญหาในการขนส่งวัสดุก่อสร้างต่าง ๆ อาทิเช่น คอนกรีตบล็อก บล็อกปูพื้น บล็อกประสาน จากแหล่งพื้นที่อื่น ๆ มาใช้ในพื้นชุมชนของตนเอง ทั้ง ๆ ที่หลายพื้นที่ก็เป็นแหล่งของเหมือนหิน เพียงแต่พื้นที่นั้นไม่ใช่เป็นเหมืองหินปูน ซึ่งความเชื่อที่สั่งสมมาช้านาน เกี่ยวกับหินปูน มีสารที่ช่วยทำให้ยึดติดวัสดุมวลรวมอื่นได้ ทั้ง ๆ ที่การจะทำหินปูน ให้มีคุณสมบัติในการเป็นตัวประสานได้นั้น ต้องผ่านการเผาและบดละเอียดก่อน ดังนั้น เศษหินที่เหลือทิ้งจากกระบวนการบดย่อยหินจากเหมืองหินทุกประเภท อาทิเช่น เหมืองดินขาว เหมืองโดโลไมต์ หรือเหมืองหินภูเขาไฟ ฯลฯ เหล่านี้เป็นต้น ก็มีความเป็นไปได้ที่จะนำมาผสมในผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างประเภทต่าง ๆ เทียบเคียงกับหินปูน เพียงแต่ต้องมีการวิจัยพัฒนาถึงส่วนผสมที่พอเหมาะกับการขึ้นรูป และมีการทดสอบสมบัติในด้านต่าง ๆ ตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หากผ่านเกณฑ์ข้อ กำหนดตามมาตรฐานดังกล่าว ก็จะสามารถนำมาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

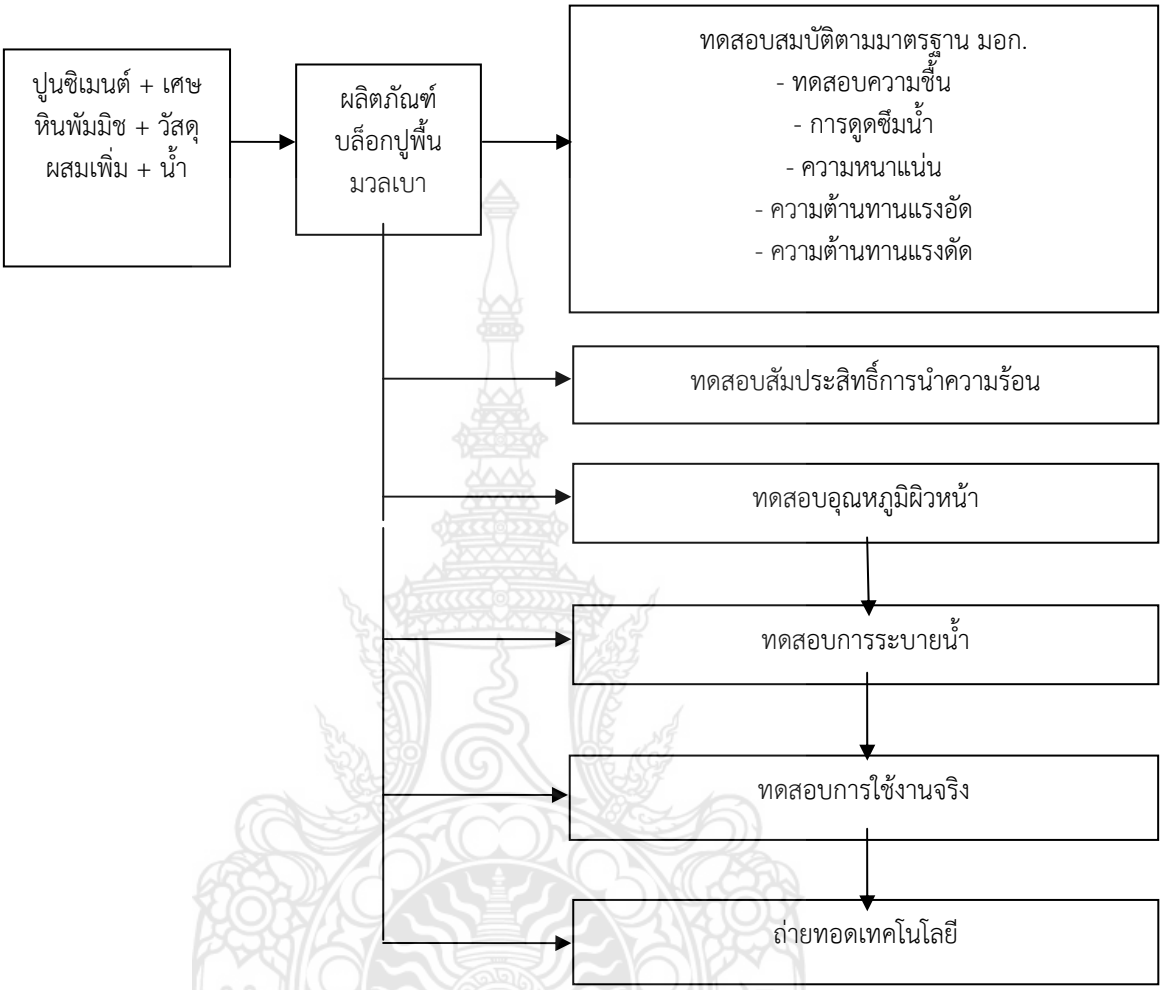
ในอดีตพบว่ามีการบันทึกถึงการใช้เถ้าจากภูเขาไฟเป็นวัสดุสำคัญในการทำคอนกรีต โดยชาวกรีกและชาวโรมันโบราณ ใช้เถ้าภูเขาไฟที่บดละเอียดผสมกับปูนขาวและทรายทำเป็นมอต้าร์ที่มี ความแข็งแรงขึ้น และสามารถทนทานต่อการละลายของน้ำได้ดี ชาวกรีกใช้เถ้าภูเขาไฟจากเกาะซานทอริน (Santorin Island) ส่วนชาวโรมันใช้เถ้าภูเขาไฟจากบริเวณอ่าวเนเปิลส์ (Bay of Naples) ในเถ้าภูเขาไฟ มีธาตุซิลิกาและอลูมินาที่พร้อมจะทำปฏิกิริยากับปูนขาว ปฏิกิริยานี้มีชื่อว่า “ปฏิกิริยาปอซโซลาน (pozzolanic reaction)” เนื่องจากเถ้าภูเขาไฟที่ดีที่สุดมาจากหมู่บ้านปอซซูโอลิ (Pozzuoli) ใกล้กับ ภูเขาไฟวิซูเวียส (Vesuvius) ซึ่งเคยระเบิดพ่นลาวา (lava) และเถ้าถ่านออกมาอย่างมากมายในอดีต ดังนั้นคำว่า “ปอซโซลาน” จึงใช้ต่อกันมา และหมายถึงวัสดุที่ละเอียดคล้ายเถ้าภูเขาไฟเมื่อใช้ผสมกับ ปูนขาว และน้ำ ทำให้ได้สารซีเมนต์ ซึ่งมีคุณสมบัติในการยึดประสาน (ปริญญาและชัย, 2555)

ซึ่งจากหลักฐานดังกล่าวย่อมเป็นการบ่งชี้ถึงความเป็นไปได้ว่า หินภูเขาไฟจากแหล่งเหมืองแร่พัมมิซ ก็ย่อมที่จะมีศักยภาพในการเป็นวัสดุที่ใช้สำหรับผสมกับปูนซีเมนต์ในงานวัสดุก่อสร้าง เช่นดียวกัน โดยในปัจจุบันงานวิจัยที่เกี่ยวกับการนำหินพัมมิซมาใช้ในงานวัสดุก่อสร้างยังมีอยู่น้อยมาก คณะผู้วิจัย ได้มีโอกาสดำเนินวิจัยเกี่ยวกับอิฐบล็อกปูพื้นภายนอกอาคารเพื่อลดอุณหภูมิ จึงได้นำมาเป็น ข้อมูลพื้นฐาน ในการดำเนินโครงการและวิเคราะห์ผลการดำเนินงานให้เป็นไปในแนวทางที่เกิดประสิทธิผลมากที่สุด ดังต่อไปนี้ โครงการพัฒนาอิฐปูพื้นภายนอกอาคารเพื่อลดอุณหภูมิ (ประชุม, 2552)งานวิจัยนี้ได้ทำการเลือกใช้เทคโนโลยีคอนกรีตพรุนมาใช้เป็นเนื้อวัสดุของอิฐปูพื้นภายนอกอาคารเพื่อลดอุณหภูมิ เพื่อให้ความชื้นใต้อิฐปูพื้นสามารถผ่านขึ้นมาระบายความร้อนที่ผิวหน้าและสามารถระบายน้ำที่ท่วมขังผิวหน้าวัสดุได้ดี ส่วนผิวหน้ายังใช้เทคโนโลยีของหินล้าง โดยการเลือกใช้กรวดสีเหลืองทองจากงานวิจัยเดิมมาเป็นวัสดุผสม ซึ่งกรวดสีเหลืองทองได้ผ่านการทดสอบมาแล้วว่าสามารถช่วยลดอุณหภูมิที่ผิวหน้าได้ดีที่สุด ทำการศึกษาพัฒนาคุณสมบัติของบล็อกคอนกรีตพรุน (ขนาด 30 x 30 x 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร) ให้มีสมบัติต่าง ๆ ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) และสามารถระบายน้ำได้ดี ซึ่งงานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบวัสดุมวลรวมหยาบ 2 ชนิด คือ หินเกล็ดสีขาว-ดำและหินเหลือง-ขาว โดยหินที่ใช้จะมีขนาดคละช่วงแคบ ๆ หรือมีขนาดใกล้เคียงกัน เพื่อให้โครงสร้างของคอนกรีตเกิดความพรุน ขนาดคละที่เลือกใช้คือ หิน

เบอร์ 4 (คือ หินเกล็ดที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 3/8 นิ้ว และค้างบนตะแกรงเบอร์ 4), หินเบอร์ 8 (คือ หินเกล็ดที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 และค้างบนตะแกรงเบอร์ 8) และปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้อยู่ระหว่าง ร้อยละ 15-20 ของน้ำหนักหิน โดยทุกส่วนผสมจะมีค่าอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์โดยน้ำหนักเท่ากับ 0.4 และปริมาณมวลรวมละเอียดหรือทรายใช้ประมาณ ร้อยละ 5 ของน้ำหนักหิน เพื่อไม่ให้มีปริมาณซีเมนต์เพสต์ไปอุดช่องว่างทำให้ความพรุนของเนื้อคอนกรีตลดลง ผสมส่วนผสมทั้งหมด แล้วเทขึ้นรูปเป็นแผ่นตัวอย่างอิฐปูพื้น ทำผิวหน้าหินล้าง ทิ้งไว้ให้แห้งในบรรยากาศ แล้วทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และสมบัติอื่น ที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ส่วนงานอื่นที่ใกล้เคียงกับโครงการวิจัยนี้ ยกตัวอย่าง 2 โครงการ ดังต่อไปนี้ คือ การศึกษาอัตราส่วนผสมและชนิดของหินที่เหมาะสมในการทำคอนกรีตระบายน้ำได้ เพื่อใช้ในการทำบล็อกปูถนนเพื่อก่อสร้างลานจอดรถหรือทางเดินเท้าในเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร เพื่อลดการก่อสร้างพื้นที่ทึบน้ำ ทำให้น้ำผิวดินสามารถไหลซึมผ่านผิวลงสู่ชั้นดินได้ ช่วยลดปัญหาเรื่องการระบายน้ำ และปัญหาน้ำท่วมการไหลนองของน้ำฝนได้ โดยได้ทำการวิจัยคุณสมบัติด้านกำลังอัดและความซึมน้ำของส่วนผสมคอนกรีตที่ทำจากหินเกล็ดและหินกรวดที่มีขนาดอยู่ระหว่างตะแกรงเบอร์ 4 และเบอร์ 8 ซึ่งจากการวิจัยพบว่า ส่วนผสมคอนกรีตมีความเหมาะสมคือ ส่วนผสมที่ใช้หินกรวดที่มีขนาดคละและมีอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ 20% โดยน้ำหนักหิน และจะมีค่าความซึมน้ำของคอนกรีตเหมาะสมกับค่าความซึมน้ำของดินในเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร และมีกำลังอัดเฉลี่ย 242 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (ยุวดี และคณะฯ, 2550) และการศึกษาการใช้เถ้าตะกรันลิกไนต์เป็นมวลรวมในการทำบล็อกปูถนน โดยนำเถ้าตะกรันลิกไนต์มาเป็นวัสดุใช้ทดแทนหินฝุ่น ที่อัตราส่วนการแทนที่หินฝุ่นต่อเถ้าตะกรันลิกไนต์ เท่ากับ 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 โดยน้ำหนัก ทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์วิธีการชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีตตามมาตรฐาน มอก. 109-2517 คุณสมบัติที่ทดสอบประกอบด้วย คุณสมบัติทางเคมี หน่วยน้ำหนัก ค่าปริมาณความชื้น การทดสอบการดูดซึมน้ำ การทดสอบกำลังรับแรงอัดและความคงทนสภาวะเปียกสลับแห้งของบล็อกปูถนน จากการทดสอบพบว่าการแทนที่เถ้าตะกรันในบล็อกปูถนนที่ร้อยละ 10 และ 20 มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้ตามมาตรฐาน มอก.57-2530 ในขณะที่อัตราการแทนที่ของเถ้าตะกรันลิกไนต์มากขึ้นค่าการดูดซึมน้ำและปริมาณความชื้นจะเพิ่มมากขึ้น (ภาคภูมิ, 2550)

2.4 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย



ปัจจุบันชุมชนในพื้นที่แหล่งเหมืองหินพัมมิซ ยังต้องซื้อผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างชนิดต่าง ๆ เพื่อทำการก่อสร้างอาคารบ้านเรือนจากจังหวัดอื่น ซึ่งทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งเป็นอย่างมาก และเมื่อพิจารณาจากฝุ่นหินพัมมิซที่เหลือทิ้งเป็นปริมาณมากแล้ว หากนำมาพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นสำหรับภายนอกและภายในอาคาร เพื่อใช้ภายในพื้นที่ชุมชนได้นั้น นอกจากจะเป็นการใช้ทรัพยากร ธรรมชาติที่มีมากมายในพื้นที่ให้เกิดประโยชน์แล้ว ยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งวัสดุและช่วยสร้างรายได้ให้แก่ชุมชนได้

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการทดลอง โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและทำการทดสอบใน ห้องปฏิบัติการ (ดำเนินการออกแบบส่วนผสม ทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล) ทำการทดสอบการนำผลิตภัณฑ์ ไปใช้งานในสภาพจริง โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การดำเนินการทดลอง

3.1.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
2) ปูนซีเมนต์ขาว
3) ทรายหยาบ
4) หินเกล็ด ขนาดเบอร์ 4 ถึง เบอร์ 8
5) เศษหินพัมมิซ ขนาดเบอร์ 4 ถึง เบอร์ 8
6) น้ำประปา
7) กรดไฮโดรคลอริก (HCl)
8) แบบหล่ออิฐปูพื้น ขนาด 30 x 30 x 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร
9) แบบหล่อคอนกรีตทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 x สูง 30 เซนติเมตร
10) แบบหล่อคอนกรีตทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 x สูง 10 เซนติเมตร
11) เครื่องทดสอบ UTM (Universal Testing Machine)
12) อินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์
13) เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง
14) แปรงน้ำ
15) อุปกรณ์ผสมคอนกรีตทั่ว ๆ ไป
16) วัสดุปูพื้นชนิดอื่น ๆ ได้แก่ กระเบื้องคอนกรีตแผ่นเรียบสีเขียว (FG), กระเบื้องคอนกรีตแผ่นเรียบสีดำ (FB), กระเบื้องคอนกรีตลายดอก (RF), กระเบื้องคอนกรีตลายนูนสีแดง (RR), หินล้างสีเหลือง (GY), หินล้างสีดำ (GB), และหินล้างสีแดง (GR) โดยวงเล็บด้านหลัง คือ สัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

3.1.2 การออกแบบส่วนผสมของอิฐปูพื้นภายนอกอาคารเพื่อลดอุณหภูมิ โดยการประยุกต์แทนที่หินพัมมิซในอัตราส่วนของบล็อกปูพื้นแบบเดิมให้เหมาะสมกับการขึ้นรูปอิฐปูพื้น แบ่งเป็น 2 ส่วนผสมหลัก ๆ คือ การใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ต่อน้ำหนักหิน เท่ากับ ร้อยละ 15 จำนวน 4 อัตราส่วน และการใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ต่อน้ำหนักหิน เท่ากับ ร้อยละ 20 อีกจำนวน 4 อัตราส่วน พร้อมทั้งมีการปรับเปลี่ยนขนาด และปริมาณของหินภูเขาไฟ เพื่อให้ทราบถึงผลจากการผสมหินพัมมิซ ที่มีความแตกต่างกัน รวมทั้งหมด 8 อัตราส่วน

3.1.3 การขึ้นรูปตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นที่ใช้ในการทดสอบต่าง ๆ มีความใกล้เคียงกัน จะแตกต่างกันที่รูปร่างและขนาดของตัวอย่าง เนื่องจากแต่ละการทดสอบใช้รูปร่างและขนาดของตัวอย่างทดสอบแตกต่างกัน ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนการขึ้นรูปตัวอย่างได้ ดังนี้

1) เตรียมแบบหล่อสำหรับขึ้นรูปตัวอย่างอิฐปูพื้นตามแต่ละการทดสอบ ซึ่งมีความแตกต่างกันตามมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ

2) ทำความสะอาด และเตรียมส่วนผสม ตามอัตราส่วนที่ออกแบบไว้ โดยทำการผสมแยกเป็น 2 ส่วน ตามชนิดของปูนซีเมนต์ คือ ส่วนที่ 1 ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และส่วนที่ 2 ใช้ปูนซีเมนต์ขาว โดยให้ส่วนผสมอื่นเหมือนกันตามที่ออกแบบไว้

3) ทำการผสมส่วนผสมที่จัดเตรียมทั้งหมดให้เข้ากัน โดยแยกตามชนิดของปูนซีเมนต์ที่ใช้ 4) ขึ้นรูปตัวอย่างบล็อกอิฐปูพื้นจากเศษหินพัมมิซ โดยแบ่งเป็น 2 ชั้น ได้แก่ วัสดุส่วนฐาน (ชั้นล่าง) โดยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ความหนาเท่ากับ ร้อยละ 60 ของความสูงตัวอย่างนั้น และเททับด้วยวัสดุผิวหน้า (ชั้นบน) ด้วยอัตราส่วนเช่นเดียวกัน แต่ใช้ปูนซีเมนต์ขาว ความหนาเท่ากับ ร้อยละ 40 ของความสูงตัวอย่างนั้น พร้อมใช้เกรียงเหล็กตกแต่งผิวหน้าให้เรียบ

5) ทิ้งไว้ 1 คืน หรือ 12 ชั่วโมง แล้วจึงทำการล้างผิวหน้าตามกรรมวิธีการทำหินล้างทั่ว ๆ ไป ด้วยกรดไฮโดรคลอริก (HCl) และแปรงน้ำ จากนั้นทำการบ่มด้วยการคลุมด้วยกระสอบ แล้วรดน้ำจนบล็อกปูพื้นมีอายุตามที่กำหนด จึงนำชิ้นตัวอย่างไปทดสอบต่อไป

3.1.4 การทดสอบความต้านทานแรงอัด ทำการขึ้นรูปตัวอย่างด้วยแบบหล่อบล็อกปูพื้นขนาด 30 x 30 x 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามขั้นตอนที่กล่าวไว้แล้ว ทำการบ่ม โดยการคลุมด้วยกระสอบ แล้วรดน้ำจนบล็อกมีอายุตามที่กำหนด จากนั้นจึงนำบล็อกปูพื้นไปทดสอบความต้านทานแรงอัด (Compressive Strength) ด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.827-2531 เรื่อง คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ทดสอบที่อายุ 7, 14, 21, และ 28 วัน จำนวนอัตราส่วนละ 30 ตัวอย่าง

3.1.5 การทดสอบการดูดซึมน้ำ ทำการขึ้นรูปตัวอย่างด้วยแบบหล่อบล็อกปูพื้น ขนาด 30 x 30 x 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามขั้นตอนเดียวกันกับการทดสอบความต้านทานแรงอัด แล้วจึงทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.827-2531 เรื่อง คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ทดสอบที่อายุ 28 วัน จำนวนอัตราส่วนละ 30 ตัวอย่าง

3.1.6 การทดสอบความต้านทานแรงดัด ทำการขึ้นรูปตัวอย่างด้วยแบบหล่อบล็อกปูพื้นขนาด 30 x 30 x 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามขั้นตอน แล้วจึงทำการทดสอบความต้านทานแรงดัด (Bending Strength) หรือโมดูลัสการแตกหัก (Modulus of Rupture) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.378-2531 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น ทดสอบที่อายุ 28 วัน จำนวนอัตราส่วนละ 30 ตัวอย่าง

3.1.7 การทดสอบเวลาที่ใช้ในการระบายน้ำ จะทำการขึ้นรูปตัวอย่างด้วยแบบหล่อคอนกรีตทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ทำการทดสอบการซึมผ่านของน้ำ โดยตวงน้ำให้ได้ปริมาตร 500 ลูกบาศก์เซนติเมตรหรือซีซี เทน้ำลงบนคอนกรีต แล้วทำการจับเวลาการซึมผ่านของน้ำ พร้อมบันทึกผล ทดสอบที่อายุ 28 วัน จำนวนอัตราส่วนละ 30 ตัวอย่าง

3.1.8 การทดสอบอัตราส่วนโพรงรวม ส่วนการหาค่าโพรงหรือช่องว่างระหว่างมวลรวมในชั้นต่าง ๆ สามารถหาได้ด้วยค่าอัตราส่วนโพรงรวม โดยวิธีปริมาตร (At; Total void ratio) ตามมาตรฐาน ASTM C138 ซึ่งทำการขึ้นรูปตัวอย่างด้วยแบบหล่อคอนกรีตทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร ทดสอบที่อายุ 28 วัน จำนวนอัตราส่วนละ 30 ตัวอย่าง มีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$At\ (\%) = 1 - [(W_2 - W_1) / V_1] \times 100\%$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่งในน้ำภายหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง

W_2 = น้ำหนักที่ชั่งในอากาศภายหลังทิ้งให้แห้ง 24 ชั่วโมง

V_1 = ปริมาตรของตัวอย่างบล็อกปูพื้น

3.1.9 การทดสอบอุณหภูมิผิวหน้าของบล็อกปูพื้น นำบล็อกปูพื้นอัตราส่วนต่าง ๆ ที่ขึ้นรูปตัวอย่างด้วยแบบหล่อบล็อกปูพื้น ขนาด 30 x 30 x 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ไปวางกลางแจ้ง แล้วทำการวัดอุณหภูมิด้วยอินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์ ทุก ๆ 1 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง พร้อมบันทึกผล ทดสอบที่อายุ 28 วัน จำนวนอัตราส่วนละ 5 ตัวอย่าง

3.1.10 การทดสอบอุณหภูมิผิวหน้าของบล็อกปูพื้นและวัสดุอื่น ๆ นำบล็อกปูพื้นอัตราส่วนที่เหมาะสมจากการทดสอบอุณหภูมิผิวหน้าของบล็อกปูพื้น ขนาด 30 x 30 x 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่อายุ 28 วัน และวัสดุอื่น ๆ ได้แก่ กระเบื้องคอนกรีตแผ่นเรียบสีเขียว (FG), กระเบื้องคอนกรีตแผ่นเรียบสีดำ (FB), กระเบื้องคอนกรีตลายดอก (RF), กระเบื้องคอนกรีตลายนูนสีแดง (RR), หินล้างสีเหลือง (GY), หินล้างสีดำ (GB), และหินล้างสีแดง (GR) ไปวางกลางแจ้ง แล้วทำการวัดอุณหภูมิด้วยอินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์ ทุก 1 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง พร้อมบันทึกผล จำนวนชนิดละ 5 ตัวอย่าง

3.1.11 วิเคราะห์ผลการทดสอบ และจัดทำให้อยู่ในรูปของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าต่าง ๆ ทั้งกราฟเส้น และแผนภูมิแท่ง เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1.12 สรุปผลการดำเนินงาน ยื่นคำขอจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา

3.1.13 เขียนบทความวิจัยเพื่อเผยแพร่ และจัดการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับชุมชน

3.1.14 จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ และทำการปิดโครงการวิจัย

3.2. วิธีดำเนินการวิจัย

3.2.1. กำหนดอัตราส่วนผสม

ส่วนผสมของบล็อกปูพื้น ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ ทราย หินฝุ่น และหินพัมมิซ (แทนที่หินฝุ่นบางส่วน) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 : อัตราส่วนผสมของบล็อกปูพื้น (โดยน้ำหนัก)

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	ทราย	หินฝุ่น	หินพัมมิซ	น้ำ
P-0 (ปกติ)	1	2	3	0	0.60
P-300	1	2	2.70	0.30	0.60
P-450	1	2	2.55	0.45	0.60
P-600	1	2	2.40	0.60	0.60
P-750	1	2	2.25	0.75	0.60
P-900	1	2	2.10	0.90	0.60

3.2.2. วัสดุและอุปกรณ์

- วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย ประกอบด้วย 1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1, 2) ทรายก่อสร้าง, 3) ฝุ่นหินปูนจากเหมืองหินปูน จังหวัดสระบุรี ไม่ร่อนผ่านตะแกรง (รูปที่ 5), 4) หินพัมมิซที่จำหน่ายตามท้องตลาด ซึ่งนำเข้าจากประเทศอินโดนีเซีย ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (รูปที่ 6), และ 5) น้ำประปา

- อุปกรณ์ที่มีความจำเป็นในการขึ้นรูปบล็อกปูพื้นและทดสอบสมบัติต่าง ๆ มีดังนี้ 1) เครื่องชั่งน้ำหนัก, 2) เครื่องอัดบล็อกปูพื้นกึ่งอัตโนมัติแบบสั่นเขย่า (รูปที่ 7), 3) แบบหล่อบล็อกปูพื้นขนาด 30 x 30 x 5 เซนติเมตร, 4) เครื่องผสมคอนกรีต, 5) ชุดอุปกรณ์วิเคราะห์ขนาดมวลรวม (Sieve), 6) ชุดอุปกรณ์ทดสอบความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ, 7) เครื่องทดสอบสภาพการนำความร้อน, 8) อุปกรณ์วัดอุณหภูมิอินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์ และ 9) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine)

รูปที่ 5 : ลักษณะทั่วไปของหินฝุ่นหินปูน

รูปที่ 6 : ลักษณะทั่วไปของหินพัมมิซผ่านตะแกรงเบอร์ 4

รูปที่ 7 : เครื่องอัดบล็อกปูพื้นกึ่งอัตโนมัติแบบสั่นเขย่า

3.2.3. การขึ้นรูปและทดสอบสมบัติต่าง ๆ

ทำการทดสอบโมดูลัสความละเอียดและความถ่วงจำเพาะของมวลรวม คือ จากนั้นเริ่มกระบวนการขึ้นรูปบล็อกปูพื้นจากงานวิจัยโดยใช้เทคโนโลยีระดับชุมชน ที่สามารถใช้เครื่องมือราคาถูก ขึ้นรูปได้สะดวกรวดเร็ว ต้นทุนต่ำ โดยทำการเตรียมส่วนผสมตามกำหนดในตารางที่ 2 โดยนำปูนซีเมนต์ ทราย หินฝุ่น และหินพัมมิซ ใส่รวมกันในเครื่องผสมคอนกรีตแบบกระทะ (รูปที่ 8) เติมน้ำประปาตามที่กำหนด แล้วผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันจนสามารถใช้มือกำส่วนผสมติดกันได้ ขึ้นรูปบล็อกปูพื้นด้วยเครื่องอัดบล็อกปูพื้นกึ่งอัตโนมัติแบบสั่นเขย่า ได้ตัวอย่างบล็อกปูพื้นและบ่มในที่ร่มจนได้อายุที่ต้องการ นำตัวอย่างบล็อกปูพื้นไปทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล ตามมาตรฐาน มอก.378–2531 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น [10] ประกอบด้วย ลักษณะทั่วไป ความหนาแน่น การดูดกลืนน้ำเฉลี่ย และความต้านทานแรงดัดตามขวาง (รูปที่ 9) ทดสอบอุณหภูมิที่ผิวหน้าของบล็อกปูพื้นจากเศษหินพัมมิซเปรียบเทียบกับวัสดุปูพื้นชนิดอื่น ๆ วิเคราะห์ผลการทดสอบ และสรุปผลการดำเนินงาน

รูปที่ 8 : ผสมส่วนผสมทั้งหมดด้วยเครื่องผสมคอนกรีตแบบกระทะ

รูปที่ 9 : ทดสอบความต้านทานแรงดัดตามขวางของบล็อกปูพื้น

บทที่ 4
ผลการวิจัย

จากผลการดำเนินงานของโครงการ “การใช้เทคโนโลยีสำหรับชุมชนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นลดอุณหภูมิจากเศษหินพัมมิช” สามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

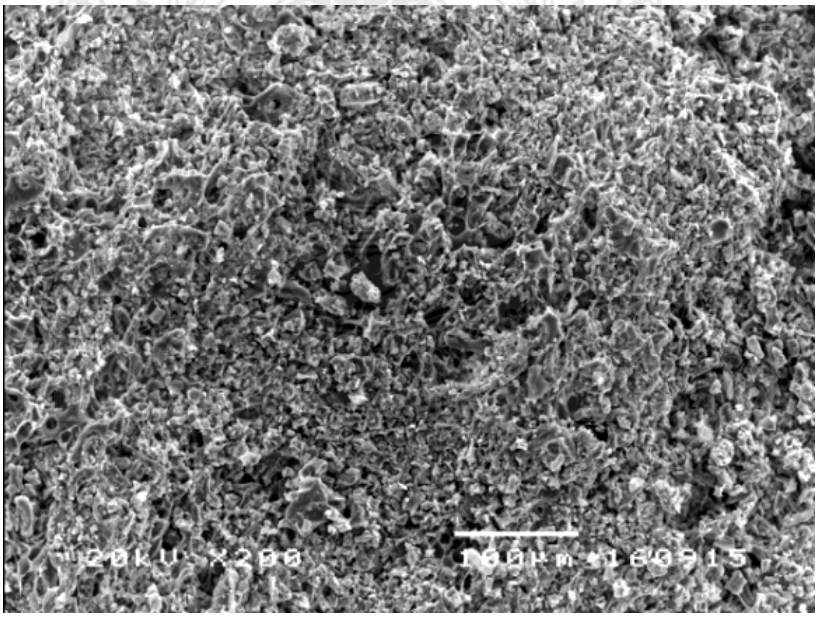
4.1 โมดูลัสความละเอียดและความถ่วงจำเพาะของมวลรวม

จากค่าโมดูลัสความละเอียดและความถ่วงจำเพาะของมวลรวม สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 : โมดูลัสความละเอียดและความถ่วงจำเพาะ

มวลรวม	โมดูลัสความละเอียด	ความถ่วงจำเพาะ
หินฝุ่น	5.46	2.71
หินพัมมิช	5.89	0.69

จากตารางที่ 3 พบว่าหินพัมมิชเป็นหินที่มีขนาดใหญ่กว่าหินฝุ่นเล็กน้อย เมื่อนำมาแทนที่หินฝุ่นในมวลรวมของบล็อกปูพื้น จะไม่สามารถช่วยให้ขนาดคละของส่วนผสมดีขึ้นหรือมีเนื้อที่แน่นมากขึ้นได้ และด้วยค่าความถ่วงจำเพาะของหินพัมมิชที่ต่ำกว่าหินฝุ่นอย่างมาก จึงทำให้ตัวอย่างบล็อกปูพื้นจากงานวิจัยมีน้ำหนักเบา และความพรุนภายในก้อนเพิ่มมากขึ้น [11] ดังลักษณะภาพถ่ายขยายของเศษหินพัมมิชที่แสดงในรูปที่ 10 พบว่ามีรูพรุนกระจายอยู่ทั่วไป



รูปที่ 10 : ภาพขยายหินพัมมิช 200 เท่า

4.2 ลักษณะทั่วไป ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ

ลักษณะทั่วไปของบล็อกปูพื้นในทุกอัตราส่วนผสม ได้แก่ ความเรียบของผิวหน้า ความได้ฉากของขอบมุม และความสมบูรณ์ของบล็อกปูพื้น ตามมาตรฐาน มอก.378 – 2531 เรื่อง กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น และค่าความหนาแน่น แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 : ลักษณะทั่วไปและความหนาแน่นของบล็อกปูพื้นจากเศษหินพัมมิซ

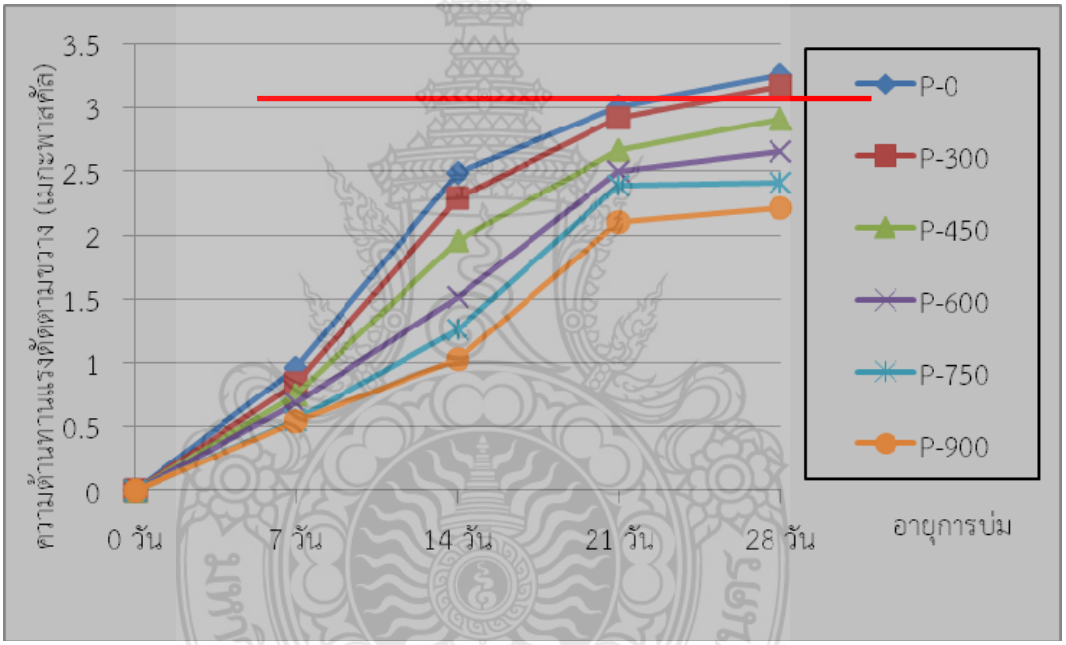
อัตราส่วน	ความหนาและความเรียบ	ความไม่ร้าว ได้ฉาก และขอบคม	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	การดูดกลืนน้ำเฉลี่ย (ร้อยละ)
P-0	เรียบและหนาเท่ากัน	ไม่แตกร้าว ได้ฉาก และขอบคม	2,329	2.2
P-300	เรียบและหนาเท่ากัน	ไม่แตกร้าว ได้ฉาก และขอบคม	2,144	3
P-450	เรียบและหนาเท่ากัน	ไม่แตกร้าว ได้ฉาก และขอบคม	2,133	3.55
P-600	เรียบและหนาเท่ากัน	ไม่แตกร้าว ได้ฉาก และขอบคม	2,000	3.69
P-750	เรียบและหนาเท่ากัน	ขอบบิ่นได้ง่าย	1,916	3.89
P-900	เรียบและหนาเท่ากัน	ขอบบิ่นได้ง่าย	1,887	4.19

จากตารางที่ 4 พบว่าบล็อกปูพื้นจากเศษหินพัมมิซทุกอัตราส่วน สามารถขึ้นรูปตามที่ต้องการได้ทั้งหมด แต่จากการตรวจพินิจลักษณะโดยทั่วไป พบว่าอัตราส่วนที่มีปริมาณเศษหินพัมมิซมากตั้งแต่อัตราส่วน P-750 ขึ้นไป ถึง P-900 มีการบิ่นของขอบบล็อกปูพื้นได้ง่าย จึงไม่เหมาะกับการนำไปใช้งานจริง ส่วนด้านความหนาแน่นของบล็อกปูพื้นนั้น หินพัมมิซที่นำมาผสมมีค่าโมดูลัสความละเอียด เท่ากับ 5.89 ถือว่าเป็นมวลรวมที่มีความละเอียดใกล้เคียงกับหินฝุ่นหินปูน ซึ่งมีค่าโมดูลัสความละเอียดอยู่ที่ประมาณ 5.46– 5.6 และในส่วนของค่าความถ่วงจำเพาะของเศษหินพัมมิซ พบว่าเศษหินพัมมิซมีความถ่วงจำเพาะต่ำเพียง 0.69 ซึ่งต่ำกว่าหินฝุ่นที่มีความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 2.60 – 2.80 [1] ทำให้บล็อกปูพื้นที่มีส่วนผสมของเศษหินพัมมิซมีแนวโน้มของน้ำหนักที่เบากว่าบล็อกปูพื้นทั่วไปซึ่งใช้หินฝุ่นหินปูนเป็นส่วนผสม ทั้งนี้ผลการทดสอบความหนาแน่นของบล็อกปูพื้นพบว่า บล็อกปูพื้นที่มีปริมาณเศษหินพัมมิซมากจะมีความหนาแน่นที่ต่ำ ส่วนบล็อกปูพื้นที่มีปริมาณเศษหินพัมมิซน้อยจะมีความหนาแน่นที่สูง โดยอัตราส่วน P-300 เป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณเศษหินพัมมิซน้อยที่สุด มีค่าความหนาแน่นสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน P-450, P-600, P-750, และ P-900 เป็นอัตราส่วนที่มีความหนาแน่นต่ำที่สุด ตามลำดับ เป็นผลมาจากขนาดคละ การยึดเกาะและแทรกตัวของปูนซีเมนต์ รวมทั้งการเรียงตัวของส่วนผสม [8] โดยอัตราส่วนที่มีปริมาณมวลรวมหรือเศษหินพัมมิซค่อนข้างมาก ส่งผลทำให้การเรียงตัวของส่วนผสมไม่ค่อยดีนักเมื่อทำการขึ้นรูป เนื่องจากขนาดของเศษหินพัมมิซที่นำมาผสมมีขนาดใกล้เคียงกัน จึงมีช่องว่างภายในบล็อกปูพื้นมาก ทำให้ความ

หนาแน่นลดลงดังกล่าว ส่วนด้านการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยของบล็อกปูพื้นผสมเศษหินพัมมิซที่อัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า เมื่อผสมเศษหินพัมมิซในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้การดูดกลืนน้ำมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากช่องว่างหรือโพรงของบล็อกปูพื้น [8] โดยที่น้ำจะซึมเข้าไปในเนื้อของบล็อกปูพื้นผ่านทางช่องว่างดังกล่าว จากการเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนน้ำ ตามมาตรฐาน มอก.378 – 2531 ที่กำหนดให้การดูดกลืนน้ำเฉลี่ยต้องไม่เกินร้อยละ 10 พบว่า การดูดกลืนน้ำเฉลี่ยของบล็อกปูพื้นทุกอัตราส่วนมีค่าไม่เกินมาตรฐาน

4.3 ความต้านทานแรงดัดตามขวาง

การทดสอบความต้านทานแรงดัดตามขวางของบล็อกปูพื้นจากเศษหินพัมมิซ ที่อายุการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน สามารถสรุปผลได้ ดังรูปที่ 11

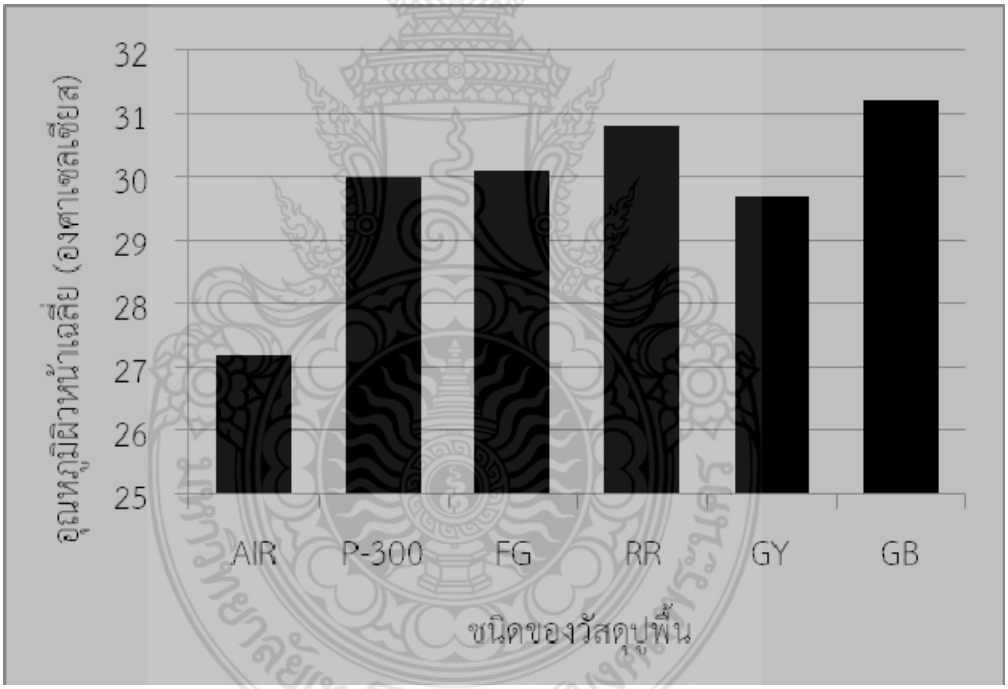


รูปที่ 11 : ความต้านทานแรงดัดตามขวางของบล็อกปูพื้น

จากรูปที่ 11 พบว่า ความต้านทานแรงดัดตามขวางของบล็อกปูพื้นที่มีปริมาณมวลรวมจากเศษหินพัมมิซน้อยที่สุด มีค่าความต้านทานแรงดัดตามขวางสูงที่สุด และมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณหินพัมมิซเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากลักษณะเนื้อหินพัมมิซที่นำมาผสมมีความพรุนสูง ทำให้มีพื้นที่รับแรงต่ำ เมื่อผสมหินพัมมิซในปริมาณมาก จึงมีพื้นที่รับแรงดัดลดลง และความต้านทานแรงดัดตามขวางมีค่าลดลง [7, 13, 21] เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.378 – 2531 ที่กำหนดให้ความต้านทานแรงดัดตามขวางของบล็อกปูพื้นต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 2.5 เมกะพาสคัล และค่าเฉลี่ยต้องไม่ต่ำกว่า 3 เมกะพาสคัล เห็นได้ว่า อัตราส่วนที่มีปริมาณเศษหินพัมมิซต่ำกว่า P-300 ลงไป ที่อายุการบ่ม 28 วัน สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้ โดยอัตราส่วน P-300 มีความต้านทานแรงดัดตามขวาง เท่ากับ 3.25 เมกะพาสคัล

4.4 อุณหภูมิที่ผิวหน้าของบล็อกปูพื้น

การทดสอบอุณหภูมิผิวหน้าของบล็อกปูพื้นจากเศษหินพัมมิซเปรียบเทียบกับวัสดุปูพื้นชนิดต่าง ๆ ทำการทดสอบในวันที่ 10-11 พฤษภาคม 2559 ณ บริษัท อริยะสุทธิอินเตอร์เทรด จำกัด จังหวัดปทุมธานี ผลการทดสอบอุณหภูมิผิวหน้าของบล็อกปูพื้นจากเศษหินพัมมิซ อัตราส่วน P-300 และวัสดุปูพื้นชนิดต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 12 พบว่า บล็อกปูพื้นที่อัตราส่วน P-300 มีอุณหภูมิผิวหน้าใกล้เคียงกับกระเบื้องคอนกรีตแผ่นเรียบทั่วไป (FG) แต่มีอุณหภูมิต่ำกว่าแผ่นหินล้างสีดำ (GB) และกระเบื้องคอนกรีตลายนูนสีแดง (RR) ส่วนแผ่นหินล้างสีเหลือง (GY) จะมีอุณหภูมิผิวหน้าต่ำกว่าบล็อกปูพื้นอัตราส่วน P-300 เล็กน้อย ทั้งนี้เป็นผลมาจากคุณสมบัติด้านการสะสม การสะท้อน และการคลายความร้อน ซึ่งแตกต่างกันในแต่ละวัสดุ [24] เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบอุณหภูมิผิวหน้ากับมาตรฐาน มอก.378-2531 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น พบว่า คุณสมบัติดังกล่าวไม่มีกำหนดไว้ในมาตรฐาน อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิผิวหน้าของบล็อกปูพื้นที่ต่ำลง จะช่วยให้ผู้ใช้งานมีความรู้สึกร้อนจากการสัมผัสพื้นผิวของบล็อกปูพื้นน้อยกว่าบล็อกปูพื้นชนิดอื่นที่มีอุณหภูมิผิวหน้าสูง



รูปที่ 12 : อุณหภูมิผิวหน้าเฉลี่ยของวัสดุปูพื้นชนิดต่าง ๆ

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากผลการวิจัยการศึกษาใช้เศษหินพัมมิซเป็นมวลรวมในการผลิตบล็อกปูพื้น โดยใช้เทคโนโลยีระดับชุมชนในการผลิตนั้น พบว่าเศษหินพัมมิซสามารถนำมาเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาทดแทนหินฝุ่นหินปูนบางส่วนสำหรับผลิตบล็อกปูพื้นได้ดี โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมและมีการใช้เศษหินพัมมิซมากที่สุด คือ อัตราส่วนที่มีปริมาณปูนซีเมนต์ต่อทรายต่อหินฝุ่นต่อหินพัมมิซต่อน้ำ เท่ากับ 1: 2: 2.7: 0.3: 0.6 โดยน้ำหนัก ซึ่งอัตราส่วนดังกล่าวมีสมบัติผ่านตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.378-2531) เรื่อง กระเบื้องคอนกรีตปูพื้นกำหนด และจากแนวโน้มของผลการทดสอบทั้งหมด พบว่าปริมาณเศษหินพัมมิซที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้การดูดกลืนน้ำเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ความต้านทานแรงดัดตามขวางลดลง และอุณหภูมิที่ผิวหน้าลดลง โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับชุมชนเป้าหมายและยื่นจดทรัพย์สินทางปัญญาเรียบร้อยแล้ว ซึ่งการศึกษาวิจัยต่อไปควรมีการทดสอบการทำสีบนผิวหน้าบล็อกปูพื้น เพื่อให้สามารถใช้ในงานตกแต่งพื้นในสวนหรือพื้นที่ต่าง ๆ ได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับการศึกษาใช้เศษหินพัมมิซเป็นมวลรวมในการผลิตบล็อกปูพื้น ต่อไปนั้นควรสนับสนุนให้มีการนำองค์ความรู้ที่ได้ ไปพัฒนาต่อยอดในงานอื่นเพิ่มเติม เพื่อส่งเสริมให้มีการใช้ประโยชน์จากเศษหินยิปซัม ซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างคุ้มค่ามากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

[1] ดนุพล ตันนโยภาส, 2553. แร่และหิน. พิมพ์ครั้งที่ 2, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[2] ดนุพล ตันนโยภาส และวีรศักดิ์ วรรณโสภา, 2545. "การประเมินและผลกระทบของมวลรวมหินพัมมิซที่มีต่อสมบัติของงานก่อฉาบคอนกรีต". การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 8, หน้า 18-23.

[3] ดนุพล ตันนโยภาส และสุรเดช จุตระชล, 2551. "อิทธิพลของเถ้าเชื้อเพลิงปาล์มน้ำมันที่มีต่อสมบัติคอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบาหินพัมมิซ". การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 6, 8-9 พฤษภาคม 2551, หน้า 13-18.

[4] ประชุม คำพุฒ, 2552. โครงการพัฒนาอิฐปูพื้นภายนอกอาคารเพื่อลดอุณหภูมิ. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัยภาครัฐร่วมเอกชนเชิงพาณิชย์ ประจำปี 2552, เครือข่ายการวิจัยเครือข่ายภาคกลางตอนบน, สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา.

[5] ประชุม คำพุฒ, ปราโมทย์ วีรานุกูล, สัจจะชาญ พรัดมะลิ และกิตติพงษ์ สุวีโร, 2555. "การใช้วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรออกแบบบล็อกปูพื้นภายนอกอาคารเพื่อลดอุณหภูมิ". การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 17, ณ โรงแรมเซ็นทารา แอนด์คอนเวนชั่นเซ็นเตอร์, อุดรธานี, 9-11 พฤษภาคม 2555, หน้า MAT-20

[6] ประชุม คำพุฒ, 2555. "การพัฒนาอิฐปูพื้นภายนอกอาคารอุณหภูมิต่ำระบายน้ำได้". การประชุมวิชาการโครงการวิจัยและพัฒนาภาครัฐร่วมเอกชนในเชิงพาณิชย์ระดับชาติ ประจำปี 2555, ณ อาคารเรียนรวมเฉลิมพระเกียรติ 72 พรรษาฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก, 28-30 กรกฎาคม 2555, หน้า 52.

[7] ประชุม คำพุฒ และกิตติพงษ์ สุวีโร, 2557. "การใช้เศษหินภูเขาไฟสำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก". การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19, ณ โรงแรมพูลแมน ขอนแก่น ราชา ออคิด, ขอนแก่น, 9-11 พฤษภาคม 2557.

[8] ปริญญา จินดาประเสริฐ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2555. ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ:สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย. 381 หน้า.

[9] เลิศลักษณ์ วุฒิสุวรรณ, 2544. "การลดอุณหภูมิวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารโดยวิธีการระเหย". วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[10] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2531. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.378-2531 เรื่อง กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น, กรุงเทพฯ, กระทรวงอุตสาหกรรม.

[11] อาปีเด็ง ฮาวา. 2551. "สมบัติของคอนกรีตมวลเบาหินพัมมิซผสมเถ้าลอยไม้ยางพาราและเถ้าแกลบ". วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[12] ภาคภูมิ มงคลสังข์, 2550. การศึกษาการใช้เถ้าตะกรันลิกไนต์เป็นมวลรวมในการทำบล็อกปูถนน. การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 3, ณ โรงแรม ลองบีช การ์เด้น โฮเทล แอนด์ สปา, พัทยา, ชลบุรี, MAT-01-MAT-06.

[13] ยุวดี หิรัญ, พีรพงษ์ ศิวินา และสุรชาติ ราโชติ, 2550, การศึกษาส่วนผสมของคอนกรีตสำหรับผลิตบล็อกปูผิวทางระบายน้ำได้, การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 3, ณ โรงแรม ลองบีช การ์เด้น โฮเทล แอนด์ สปา, พัทยา, ชลบุรี, MAT-145-MAT-149.

[14] วิกิพิเดียสารานุกรมเสรี, 2555. หินภูเขาไฟ. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก www.wikipedia.org/wiki/. 15 สิงหาคม 2555.

[15] Cavaleri, L. Miraglia, N. and Papia, M., 2003. Pumice concrete for structure wall panels. Engineering Structures. 25(1) : 115-125.

[16] El-Alfi, E.A., Radwan, A.M. and Ali, M.H., 2004. Physico-mechanical properties of basalt bricks. International Ceramic Review, 53(3). pp.178–181.

[17] Gunduz, L. and Ugur, I., 2005. The effect of different fine and coarse pumice aggregate/cement ratio on the structural concrete properties without using any admixtures. Cement and Concrete Research. 35(9) : 1859-1864.

[18] Gunduz, L., 2008. Use of quartet blends containing fly ash, scoria, perlitic pumice and cement to produce cellular hollow lightweight masonry blocks for non-load bearing walls. Construction and Building Materials. 22(5) : 747-754.

[19] Gunduz, L., 2008. The effects of pumice aggregate/cement ratios on the low-strength concrete properties. Construction and Building Materials. 22(5) : 721-728.

[20] Hossain, K.M.A., 2003. Blended cement using volcanic ash and pumice. Cement and Concrete Research. 33(10) : 1601-1605.

[21] Hossain, K.M.A., 2004. Potential use of volcanic pumice as a construction material. Journal of materials in Civil Engineering. 16(6) : 573-577.

[22] Hossain, K.M.A., 2005. Chloride induced corrosion of reinforcement in volcanic ash and pumice based blended concrete. Cement and Concrete Composite. 27(3) : 381-390.

[23] Hossain, K.M.A., 2008. bond characteristics of plain and deformed bars in lightweight pumice concrete. Construction and Building Materials. 22(7) : 1491-1499.

[24] Youssef, N.F., Osman, T.A. and El-Shimy, E., 2004. Utilization of granite–basalt fine quarry waste in a ceramic floor tile mixture. Journal Silicate Industries. 69 (1–2). 7–13.

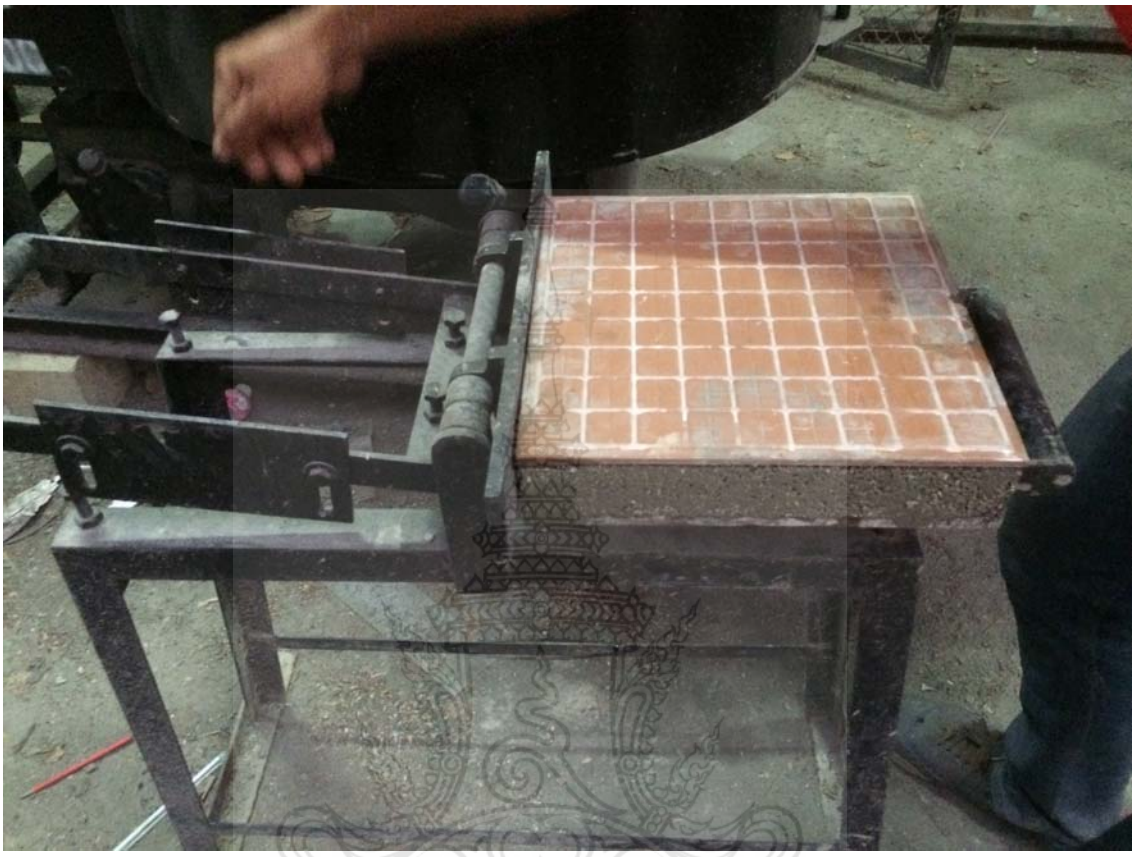
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

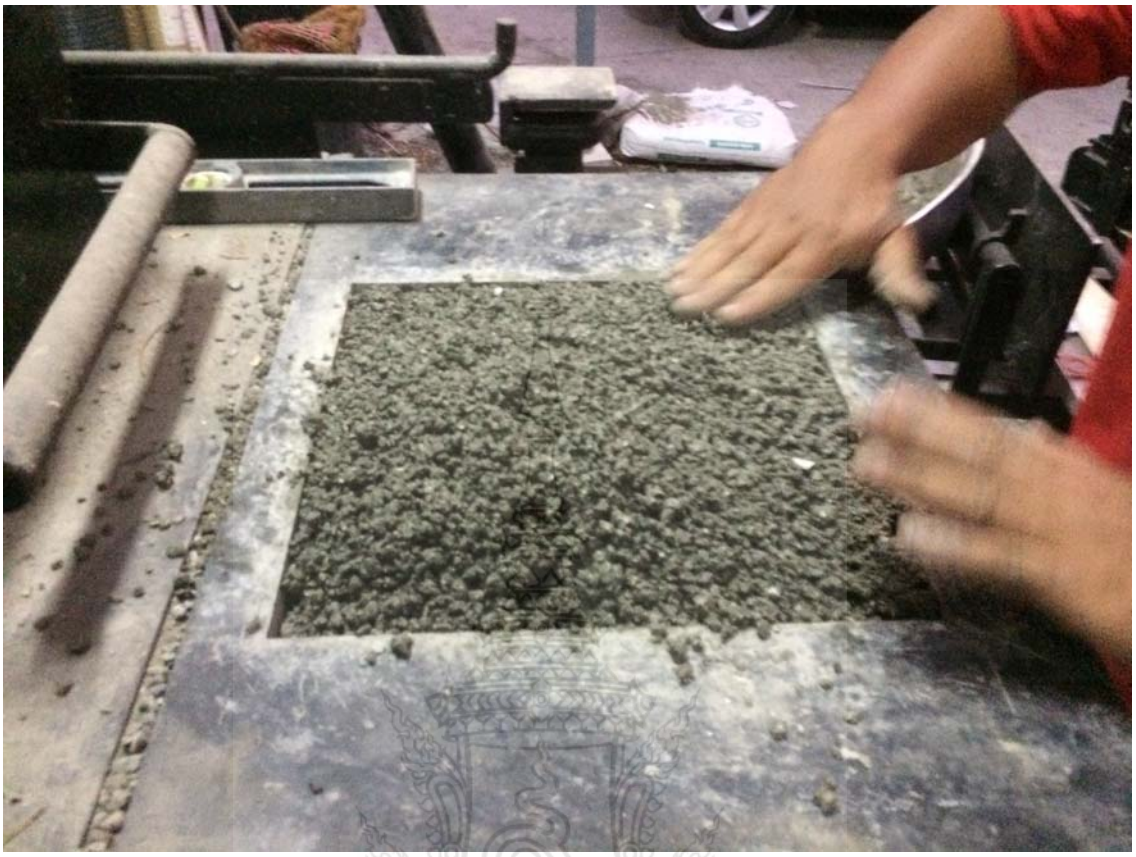
รูป: วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้, วิธีการดำเนินงาน

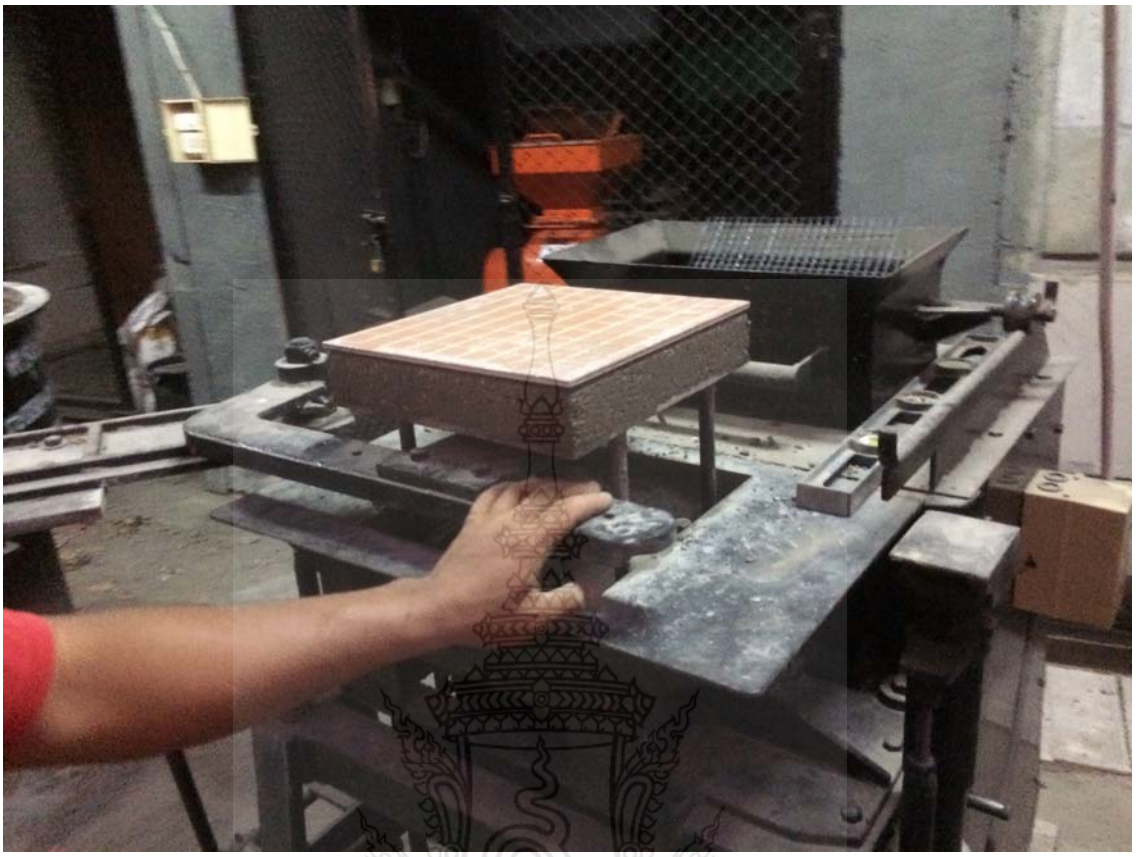
แบบหล่อพื้น

การแกราะแบบ



การขึ้นรูปแบบสั่นเขย่า





การอัดผสมสี

032-221876

เครื่องจักร

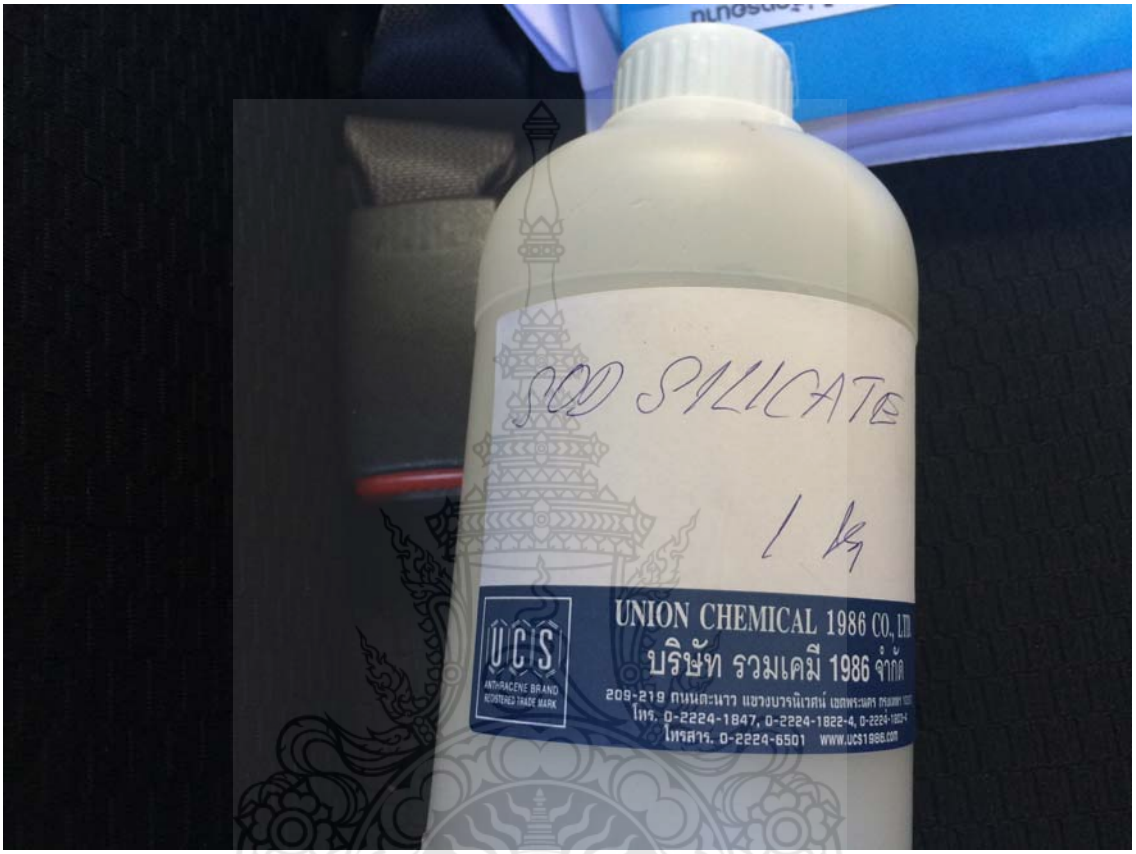
OVEN
BINDER

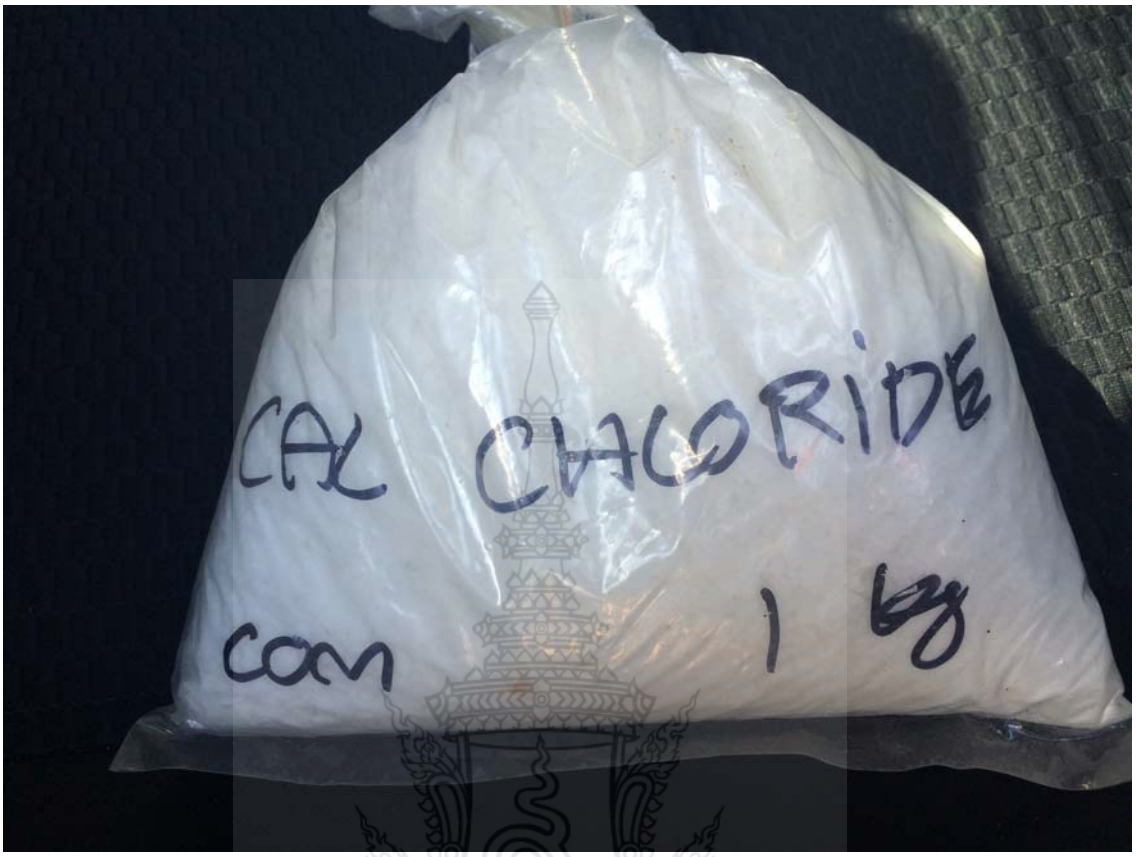
ตะแกรง

ผิวหน้าวัสดุ

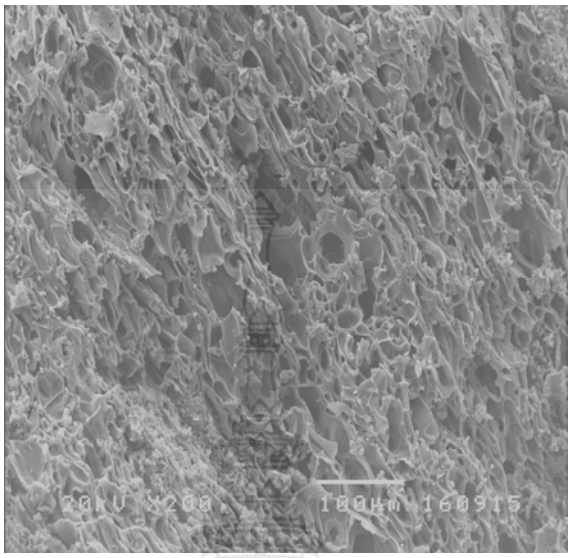
0 11 12 13 14 15 16 17 18
16
5
6
7

สารเร่งการก่อตัว




CAL CHLORIDE
1 kg

ส่องขยาย



ภาคผนวก ข

การถ่ายทอดเทคโนโลยีจากงานวิจัย/บทความวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่

การใช้เทคโนโลยีสำหรับชุมชนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นลดอุณหภูมิจากเศษหินพัมมิซ

Community Technology for Development Temperature Reduction Paving Block Product by Pumice Rock Fragments

สัจจะชาญ พรัดมะลิ[1], ประชุม คำพุฒ[2]*

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 10800
E-mail: sajjachan_p@rmutp.ac.th
[2] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 12110
E-mail: prachoom.k@en.rmutt.ac.th, choomy_gtc@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการใช้เศษหินพัมมิซพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นสำหรับชุมชน กำหนดอัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1: ทราย: หินฝุ่น: เศษหินพัมมิซ: น้ำประปา รวมทั้งสิ้น 6 อัตราส่วน ขึ้นรูปบล็อกปูพื้น ขนาด 30 x 30 x 5 เซนติเมตร ทำการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.378 – 2531 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น ผลการทดสอบพบว่า บล็อกปูพื้นที่มีปริมาณเศษหินพัมมิซมาก มีความต้านทานแรงดัดตามขวาง และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่าบล็อกปูพื้นที่มีปริมาณเศษหินพัมมิซน้อย ส่วนการดูดซึมน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อบล็อกปูพื้นมีปริมาณเศษหินพัมมิซมาก อย่างไรก็ตามบล็อกปูพื้นอัตราส่วนที่มีเศษหินพัมมิซน้อยกว่าอัตราส่วน 1: 2: 2.4: 0.6: 0.6 มีสมบัติผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด และมีอุณหภูมิผิวพื้นต่ำกว่าวัสดุอื่น ๆ ที่นำมาทดสอบถึงกว่า 2 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: เทคโนโลยีชุมชน; บล็อกปูพื้น; เศษหินพัมมิซ

Abstract

This research aims to study the usage pumice rock fragments to develop paving block product for community. The mixture ratios of Portland cement type1: sand: quarry dust: pumice rock fragments: water that there are 6 ratios. The paving block samples are casted in 30 x 30 x 5 centimeter in dimension. The paving block sample testing follows the TIS 378-2531 on concrete flooring tiles. From the experiment, bending strength, and thermal conductivity of paving blocks with high quantity of pumice rock fragments are lower than paving blocks with low quantity of pumice rock fragments but the water absorption of paving blocks with high quantity of pumice rock fragments are higher. However, all of pumice rock fragments paving block samples with lower than 1: 2: 2.4: 0.6: 0.6 of ratio can pass the standard and the surface temperature is lower than other covering materials about 2 degree Celsius.

Keywords : Community Technology; Paving Block; Pumice Rock Fragments

1. ที่มาและความสำคัญ

บล็อกปูพื้น เป็นวัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งใช้สำหรับปูทับลงบนพื้นผิวในแนวราบ ใช้ในการปกปิดชั้นดินเดิม การเพิ่มความสะดวกสบายในการเดิน การวางสิ่งของ การตกแต่ง และการให้ความสวยงาม นิยมผลิตจากวัสดุที่มีความแข็งแรง เช่น คอนกรีต หินธรรมชาติ และเซรามิก เป็นต้น จากการที่วัสดุส่วนใหญ่เป็นหินหรือเซรามิก จึงมีปัญหาน้ำหนักมาก ทำให้ขนย้ายไม่สะดวก และแตกหัก

ง่ายเมื่อตกกระแทก [4] ปัจจุบันความต้องการวัสดุก่อสร้างประเภทต่าง ๆ ที่มีน้ำหนักเบาและมีอุณหภูมิต่ำ ได้รับความนิยมมากขึ้นเป็นลำดับ เนื่องจากการที่มีน้ำหนักเบา ขนย้ายได้สะดวกในปริมาณที่มาก และการสะท้อนความร้อนภายนอกอาคารที่ดี

หินพัมมิซ เป็นหินที่มีรูพรุนสูง เกิดจากการเย็นตัวของหินหลอมเหลวใต้พื้นผิวโลก หรือ “ลาวา” มีองค์ประกอบคล้ายหินไรโอไลต์ คือ มี SiO_2 ร้อยละ 55 Al_2O_3 ร้อยละ 22 K_2Oและ Na_2O ร้อยละ 12 และอื่น ๆ อีกร้อยละ 12 [1] สามารถพบได้ในพื้นที่ภาคกลางและภาคอีสาน เช่น จังหวัดลพบุรี นครนายก บุรีรัมย์ และศรีษะเกษ เป็นต้น หินชนิดนี้ถูกนำมาใช้ในงานด้านการฟอกกางเกงยีนส์ การเลี้ยงปลา และการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากเนื้อหินมีน้ำหนักเบา ไม่แตกหักง่าย ต้านทานการกัดกร่อนจากสารเคมี และอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าหินพัมมิซมีโพรงอากาศขนาดเล็กกระจายอยู่ในเนื้อมากจนคล้ายฟองน้ำ น้ำหนักเบา และลอยน้ำได้ในระยะหนึ่ง จึงมีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นมวลรวม [2-3, 12, 14-20] เพื่อพัฒนาคุณสมบัติของบล็อกปูพื้นให้มีน้ำหนักเบา และมีอุณหภูมิที่ผิวหน้าต่ำ สามารถใช้เทคโนโลยีระดับชุมชนในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษากระบวนการผลิตโดยใช้เทคโนโลยีสำหรับชุมชนในการผลิตบล็อกปูพื้นลดอุณหภูมิจากเศษหินพัมมิซ การหาอัตราส่วนที่เหมาะสม ทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่อง กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น พร้อมทั้งทดสอบอุณหภูมิที่ผิวหน้าเปรียบเทียบกับวัสดุปูพื้นทั่วไป

3. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการวิจัย การใช้เทคโนโลยีสำหรับชุมชนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บล็อกปูพื้นลดอุณหภูมิจากเศษหินพัมมิซ ได้ทำการเลือกใช้ทฤษฎีเทคโนโลยีคอนกรีตพรุนมาใช้เป็นเนื้อวัสดุของอิฐปูพื้นภายนอกอาคารเพื่อลดอุณหภูมิ [9] และใช้มวลรวมที่มีความหนาแน่นต่ำเพื่อการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี [4] โดยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่จะเป็นของคณะผู้วิจัย ซึ่งได้ทำงานวิจัยเกี่ยวข้องกับบล็อกปูพื้นน้ำหนักเบาจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทั้งจากภาคการเกษตรและอุตสาหกรรม มาอย่างต่อเนื่อง [4-5, 6] โดยผลจากการดำเนินงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าบล็อกปูพื้นที่ได้มีคุณสมบัติด้านความหนาแน่นต่ำ น้ำหนักเบา มีอุณหภูมิที่ผิวหน้าบล็อกปูพื้นต่ำกว่าทั่วไป จึงลดการสะท้อนความร้อนจากภายนอกอาคารเข้าสู่ตัวอาคาร ส่งผลให้สามารถประหยัดการใช้พลังงานได้

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1. กำหนดอัตราส่วนผสม

ส่วนผสมของบล็อกปูพื้น ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ ทราย หินฝุ่น และหินพัมมิซ (แทนที่หินฝุ่นบางส่วน) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 : อัตราส่วนผสมของบล็อกปูพื้น (โดยน้ำหนัก)

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	ทราย	หินฝุ่น	หินพัมมิซ	น้ำ
P-0 (ปกติ)	1	2	3	0	0.60
P-300	1	2	2.70	0.30	0.60
P-450	1	2	2.55	0.45	0.60
P-600	1	2	2.40	0.60	0.60
P-750	1	2	2.25	0.75	0.60
P-900	1	2	2.10	0.90	0.60

4.2. วัสดุและอุปกรณ์

- วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย ประกอบด้วย 1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1, 2) ทรายก่อสร้าง, 3) ฝุ่นหินปูนจากเหมืองหินปูน จังหวัดสระบุรี ไม่ร่อนผ่านตะแกรง (รูปที่ 1), 4) หินพัมมิซที่จำหน่ายตามท้องตลาด ซึ่งนำเข้าจากประเทศอินโดนีเซีย ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (รูปที่ 2), และ 5) น้ำประปา

- อุปกรณ์ที่มีความจำเป็นในการขึ้นรูปบล็อกปูพื้นและทดสอบสมบัติต่าง ๆ มีดังนี้ 1) เครื่องชั่งน้ำหนัก, 2) เครื่องอัดบล็อกปูพื้นกึ่งอัตโนมัติแบบสั่นเขย่า (รูปที่ 3), 3) แบบหล่อบล็อกปูพื้น ขนาด 30 x 30 x 5 เซนติเมตร, 4) เครื่องผสมคอนกรีต, 5) ชุดอุปกรณ์วิเคราะห์ขนาดมวลรวม (Sieve), 6) ชุดอุปกรณ์ทดสอบความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ, 7) เครื่องทดสอบสภาพการนำความร้อน, 8) อุปกรณ์วัดอุณหภูมิอินฟาเรดเทอร์โมมิเตอร์ และ 9) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine)

รูปที่ 1 : ลักษณะทั่วไปของหินฝุ่นหินปูน

รูปที่ 2 : ลักษณะทั่วไปของหินพัมมิซ

รูปที่ 3 : เครื่องอัดบล็อกปูพื้นกึ่งอัตโนมัติแบบสั่นเขย่า

4.3. การขึ้นรูปและทดสอบสมบัติต่าง ๆ

ทำการทดสอบโมดูลัสความละเอียดและความถ่วงจำเพาะของมวลรวม คือ จากนั้นเริ่มกระบวนการขึ้นรูปบล็อกปูพื้นจากงานวิจัยโดยใช้เทคโนโลยีระดับชุมชน ที่สามารถใช้เครื่องมือราคาถูก ขึ้นรูปได้สะดวกรวดเร็ว ต้นทุนต่ำ โดยทำการเตรียมส่วนผสมตามกำหนดในตารางที่ 1 โดยนำปูนซีเมนต์ ทราย หินฝุ่น และหินพัมมิซ ใส่รวมกันในเครื่องผสมคอนกรีตแบบกระทะ (รูปที่ 4) เติมน้ำประปาตามที่กำหนด แล้วผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันจนสามารถใช้มือกำส่วนผสมติดกันได้ ขึ้นรูปบล็อกปูพื้นด้วยเครื่องอัดบล็อกปูพื้นกึ่งอัตโนมัติแบบสั่นเขย่า ได้ตัวอย่างบล็อกปูพื้นและบ่มในที่ร่มจนได้อายุที่ต้องการ นำตัวอย่างบล็อกปูพื้นไปทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล ตามมาตรฐาน มอก.378–2531 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น [10] ประกอบด้วย ลักษณะทั่วไป ความหนาแน่น การดูดกลืนน้ำเฉลี่ย และความต้านทานแรงดัดตามขวาง (รูปที่ 5) ทดสอบอุณหภูมิที่ผิวหน้าของบล็อกปูพื้นจากเศษหินพัมมิซเปรียบเทียบกับวัสดุปูพื้นชนิดอื่น ๆ วิเคราะห์ผลการทดสอบ และสรุปผลการดำเนินงาน

รูปที่ 4 : ผสมส่วนผสมทั้งหมดด้วยเครื่องผสมคอนกรีตแบบกระทะ

รูปที่ 5 : ทดสอบความต้านทานแรงดัดตามขวางของบล็อกปูพื้น

5. ผลและวิจารณ์

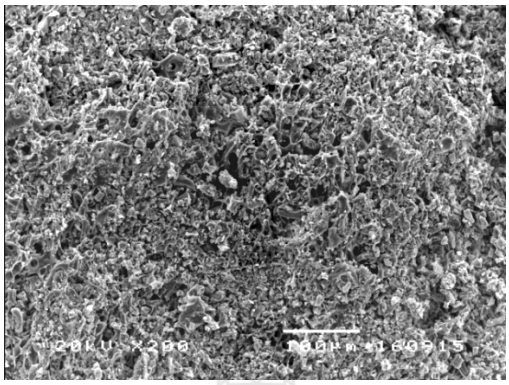
5.1 โมดูลัสความละเอียดและความถ่วงจำเพาะของมวลรวม

จากค่าโมดูลัสความละเอียดและความถ่วงจำเพาะของมวลรวม สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 : โมดูลัสความละเอียดและความถ่วงจำเพาะ

มวลรวม	โมดูลัสความละเอียด	ความถ่วงจำเพาะ
หินฝุ่น	5.46	2.71
หินพัมมิซ	5.89	0.69

จากตารางที่ 2 พบว่าหินพัมมิซเป็นหินที่มีขนาดใหญ่กว่าหินฝุ่นเล็กน้อย เมื่อนำมาแทนที่หินฝุ่นในมวลรวมของบล็อกปูพื้น จะไม่สามารถช่วยให้ขนาดคละของส่วนผสมดีขึ้นหรือมีเนื้อที่แน่นมากขึ้นได้ และด้วยค่าความถ่วงจำเพาะของหินพัมมิซที่ต่ำกว่าหินฝุ่นอย่างมาก จึงทำให้ตัวอย่างบล็อกปูพื้นจากงานวิจัยมีน้ำหนักเบา และความพรุนภายในก้อนเพิ่มมากขึ้น [11] ดังลักษณะภาพถ่ายขยายของเศษหินพัมมิซที่แสดงในรูปที่ 6 พบว่ามีรูพรุนกระจายอยู่ทั่วไป



รูปที่ 6 : ภาพขยายหินพัมมิซ 200 เท่า

5.2 ลักษณะทั่วไป ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ

ลักษณะทั่วไปของบล็อกปูพื้นในทุกอัตราส่วนผสม ได้แก่ ความเรียบของผิวหน้า ความได้ฉากของขอบมุม และความสมบูรณ์ของบล็อกปูพื้น ตามมาตรฐาน มอก.378 – 2531 เรื่อง กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น และค่าความหนาแน่น แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 : ลักษณะทั่วไปและความหนาแน่นของบล็อกปูพื้นจากเศษหินพัมมิซ

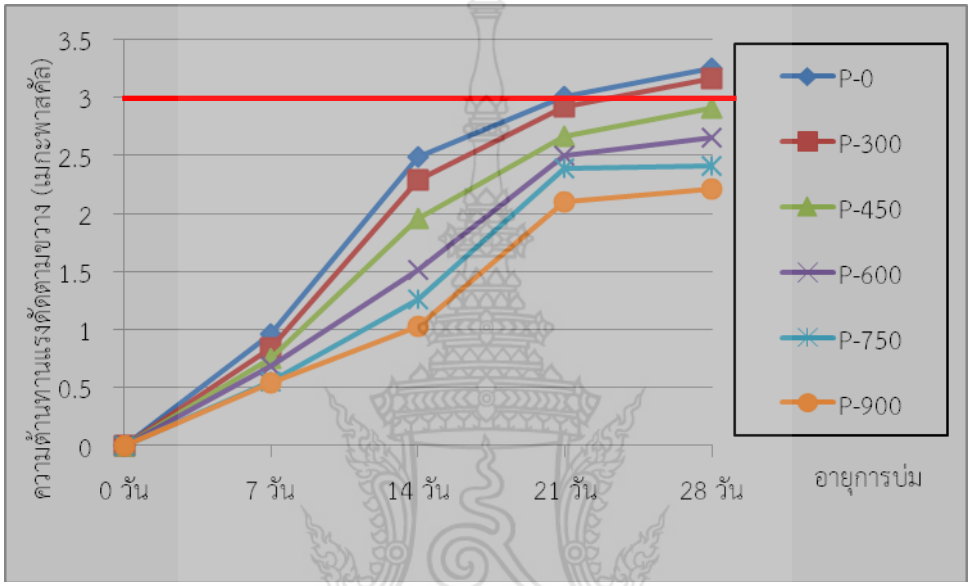
อัตราส่วน	ความหนาและความเรียบ	ความไม่ร้าว ได้ฉาก และขอบคม	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	การดูดกลืนน้ำเฉลี่ย (ร้อยละ)
P-0	เรียบและหนาเท่ากัน	ไม่แตกร้าว ได้ฉาก และขอบคม	2,329	2.2
P-300	เรียบและหนาเท่ากัน	ไม่แตกร้าว ได้ฉาก และขอบคม	2,144	3
P-450	เรียบและหนาเท่ากัน	ไม่แตกร้าว ได้ฉาก และขอบคม	2,133	3.55
P-600	เรียบและหนาเท่ากัน	ไม่แตกร้าว ได้ฉาก และขอบคม	2,000	3.69
P-750	เรียบและหนาเท่ากัน	ขอบบิ่นได้ง่าย	1,916	3.89
P-900	เรียบและหนาเท่ากัน	ขอบบิ่นได้ง่าย	1,887	4.19

จากตารางที่ 3 พบว่าบล็อกปูพื้นจากเศษหินพัมมิซทุกอัตราส่วน สามารถขึ้นรูปตามที่ต้องการได้ทั้งหมด แต่จากการตรวจพินิจลักษณะโดยทั่วไป พบว่าอัตราส่วนที่มีปริมาณเศษหินพัมมิซมาก ตั้งแต่อัตราส่วน P-750 ขึ้นไป ถึง P-900 มีการบิ่นของขอบบล็อกปูพื้นได้ง่าย จึงไม่เหมาะกับการนำไปใช้งานจริง ส่วนด้านความหนาแน่นของบล็อกปูพื้นนั้น หินพัมมิซที่นำมาผสมมีค่าโมดูลัสความละเอียด เท่ากับ 5.89 ถือว่าเป็นมวลรวมที่มีความละเอียดใกล้เคียงกับหินฝุ่นหินปูน ซึ่งมีค่าโมดูลัสความละเอียดอยู่ที่ประมาณ 5.46–5.6 และในส่วนของค่าความถ่วงจำเพาะของเศษหินพัมมิซ พบว่าเศษหินพัมมิซมีความถ่วงจำเพาะต่ำเพียง 0.69 ซึ่งต่ำกว่าหินฝุ่นที่มีความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 2.60 – 2.80 [1] ทำให้บล็อกปูพื้นที่มีส่วนผสมของเศษหินพัมมิซมีแนวโน้มของน้ำหนักที่เบากว่าบล็อกปูพื้นทั่วไปซึ่งใช้หินฝุ่นหินปูนเป็นส่วนผสม ทั้งนี้ผลการทดสอบความหนาแน่นของบล็อกปูพื้นพบว่า บล็อกปูพื้นที่มีปริมาณเศษหินพัมมิซมากจะมีความหนาแน่นที่ต่ำ ส่วนบล็อกปูพื้นที่มีปริมาณเศษหินพัมมิซน้อยจะมีความหนาแน่นที่สูง โดยอัตราส่วน P-300 เป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณเศษหินพัมมิซน้อยที่สุด มีค่าความหนาแน่นสูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน P-450, P-600, P-750, และ P-900 เป็นอัตราส่วนที่มีความหนาแน่นต่ำที่สุด ตามลำดับ เป็นผลมาจากขนาดคละ การยึดเกาะและแทรกตัวของปูนซีเมนต์ รวมทั้งการเรียงตัวของส่วนผสม [8] โดยอัตราส่วนที่มีปริมาณมวลรวมหรือเศษหินพัมมิซค่อนข้างมาก ส่งผลทำให้การเรียงตัวของส่วนผสมไม่ค่อยดีนักเมื่อทำการขึ้นรูป เนื่องจากขนาดของเศษหินพัมมิซที่นำมาผสมมีขนาดใกล้เคียงกัน จึงมีช่องว่างภายในบล็อกปูพื้นมาก ทำให้ความ

หนาแน่นลดลงดังกล่าว ส่วนด้านการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยของบล็อกปูพื้นผสมเศษหินพัมมิซที่อัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า เมื่อผสมเศษหินพัมมิซในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้การดูดกลืนน้ำมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากช่องว่างหรือโพรงของบล็อกปูพื้น [8] โดยที่น้ำจะซึมเข้าไปในเนื้อของบล็อกปูพื้นผ่านทางช่องว่างดังกล่าว จากการเปรียบเทียบค่าการดูดกลืนน้ำ ตามมาตรฐาน มอก.378 – 2531 ที่กำหนดให้การดูดกลืนน้ำเฉลี่ยต้องไม่เกินร้อยละ 10 พบว่า การดูดกลืนน้ำเฉลี่ยของบล็อกปูพื้นทุกอัตราส่วนมีค่าไม่เกินมาตรฐาน

5.3 ความต้านทานแรงดัดตามขวาง

การทดสอบความต้านทานแรงดัดตามขวางของบล็อกปูพื้นจากเศษหินพัมมิซ ที่อายุการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน สามารถสรุปผลได้ ดังรูปที่ 7

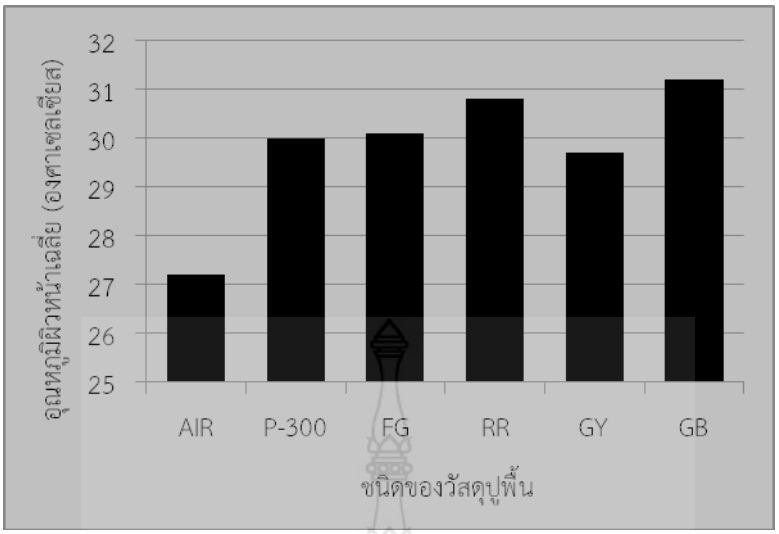


รูปที่ 7 : ความต้านทานแรงดัดตามขวางของบล็อกปูพื้น

จากรูปที่ 7 พบว่า ความต้านทานแรงดัดตามขวางของบล็อกปูพื้นที่มีปริมาณมวลรวมจากเศษหินพัมมิซน้อยที่สุด มีค่าความต้านทานแรงดัดตามขวางสูงที่สุด และมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณหินพัมมิซเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากลักษณะเนื้อหินพัมมิซที่นำมาผสมมีความพรุนสูง ทำให้มีพื้นที่รับแรงต่ำ เมื่อผสมหินพัมมิซในปริมาณมาก จึงมีพื้นที่รับแรงดัดลดลง และความต้านทานแรงดัดตามขวางมีค่าลดลง [7, 13, 21] เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.378 – 2531 ที่กำหนดให้ความต้านทานแรงดัดตามขวางของบล็อกปูพื้นต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 2.5 เมกะพาสคัล และค่าเฉลี่ยต้องไม่ต่ำกว่า 3 เมกะพาสคัล เห็นได้ว่า อัตราส่วนที่มีปริมาณเศษหินพัมมิซต่ำกว่า P-300 ลงไป ที่อายุการบ่ม 28 วัน สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้ โดยอัตราส่วน P-300 มีความต้านทานแรงดัดตามขวาง เท่ากับ 3.25 เมกะพาสคัล

5.4 อุณหภูมิที่ผิวหน้าของบล็อกปูพื้น

การทดสอบอุณหภูมิผิวหน้าของบล็อกปูพื้นจากเศษหินพัมมิซเปรียบเทียบกับวัสดุปูพื้นชนิดต่าง ๆ ทำการทดสอบในวันที่ 10-11 พฤษภาคม 2559 ณ บริษัท อริยะสุทธิอินเตอร์เทรด จำกัด จังหวัดปทุมธานี ผลการทดสอบอุณหภูมิผิวหน้าของบล็อกปูพื้นจากเศษหินพัมมิซ อัตราส่วน P-300 และวัสดุปูพื้นชนิดต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 8 พบว่า บล็อกปูพื้นที่อัตราส่วน P-300 มีอุณหภูมิผิวหน้าใกล้เคียงกับกระเบื้องคอนกรีตแผ่นเรียบทั่วไป (FG) แต่มีอุณหภูมิต่ำกว่าแผ่นหินล้างสีดำ (GB) และกระเบื้องคอนกรีตลายนูนสีแดง (RR) ส่วนแผ่นหินล้างสีเหลือง (GY) จะมีอุณหภูมิผิวหน้าต่ำกว่าบล็อกปูพื้นอัตราส่วน P-300 เล็กน้อย ทั้งนี้เป็นผลมาจากคุณสมบัติด้านการสะสม การสะท้อน และการคลายความร้อน ซึ่งแตกต่างกันในแต่ละวัสดุ [21] เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบอุณหภูมิผิวหน้ากับมาตรฐาน มอก.378-2531 เรื่องกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น พบว่า คุณสมบัติดังกล่าวไม่มีกำหนดไว้ในมาตรฐาน อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิผิวหน้าของบล็อกปูพื้นที่ต่ำลง จะช่วยให้ผู้ใช้งานมีความรู้สึกร้อนจากการสัมผัสพื้นผิวของบล็อกปูพื้นน้อยกว่าบล็อกปูพื้นชนิดอื่นที่มีอุณหภูมิผิวหน้าสูง



รูปที่ 8 : อุณหภูมิผิวหน้าเฉลี่ยของวัสดุปูพื้นชนิดต่าง ๆ

6. สรุปผล

จากผลการวิจัยการศึกษาใช้เศษหินพัมมิซเป็นมวลรวมในการผลิตบล็อกปูพื้น โดยใช้เทคโนโลยีระดับชุมชนในการผลิตนั้น พบว่าเศษหินพัมมิซสามารถนำมาเป็นมวลรวมน้ำหนักเบาทดแทนหินฝุ่นหินปูนบางส่วนสำหรับผลิตบล็อกปูพื้นได้ดี โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมและมีการใช้เศษหินพัมมิซมากที่สุด คือ อัตราส่วนที่มีปริมาณปูนซีเมนต์ต่อทรายต่อหินฝุ่นต่อหินพัมมิซต่อน้ำ เท่ากับ 1: 2: 2.7: 0.3: 0.6 โดยน้ำหนัก ซึ่งอัตราส่วนดังกล่าวมีสมบัติผ่านตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม (มอก.378-2531) เรื่อง กระเบื้องคอนกรีตปูพื้นกำหนด และจากแนวโน้มของผลการทดสอบทั้งหมด พบว่าปริมาณเศษหินพัมมิซที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้การดูดกลืนน้ำเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ความต้านทานแรงดัดตามขวางลดลง และอุณหภูมิที่ผิวหน้าลดลง โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับชุมชนเป้าหมายและยื่นจดทรัพย์สินทางปัญญาเรียบร้อยแล้ว **ซึ่ง**การศึกษาวิจัยต่อไปควรมีการทดสอบการทำสีบนผิวหน้าบล็อกปูพื้น เพื่อให้สามารถใช้ในงานตกแต่งพื้นในสวนหรือพื้นที่ต่าง ๆ ได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยประเภทงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2559 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้รับทุน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

8. บรรณานุกรม

[1] ดนุพล ตันนโยภาส, 2553. แร่และหิน. พิมพ์ครั้งที่ 2, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[2] ดนุพล ตันนโยภาส และวีรศักดิ์ วรรณโสภา, 2545. "การประเมินและผลกระทบของมวลรวมหินพัมมิซที่มีต่อสมบัติของงานก่อฉาบคอนกรีต". การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 8, หน้า 18-23.

[3] ดนุพล ตันนโยภาส และสุรเดช จุตระชล, 2551. "อิทธิพลของเถ้าเชื้อเพลิงปาล์มน้ำมันที่มีต่อสมบัติคอนกรีตมวลรวมน้ำหนักเบาหินพัมมิซ". การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 6, 8-9 พฤษภาคม 2551, หน้า 13-18.

[4] ประชุม คำพุฒ, 2552. โครงการพัฒนาอิฐปูพื้นภายนอกอาคารเพื่อลดอุณหภูมิ. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัยภาครัฐร่วมเอกชนเชิงพาณิชย์ ประจำปี 2552, เครือข่ายการวิจัยเครือข่ายภาคกลางตอนบน, สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา.

[5] ประชุม คำพุฒ, ปราโมทย์ วีรานุกูล, สัจจะชาญ พรัดมะลิ และกิตติพงษ์ สุวีโร, 2555. "การใช้วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรออกแบบบล็อกปูพื้นภายนอกอาคารเพื่อลดอุณหภูมิ". การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 17, ณ โรงแรมเซ็นทารา แอนด์คอนเวนชั่นเซ็นเตอร์, อุดรธานี, 9-11 พฤษภาคม 2555, หน้า MAT-20

[6] ประชุม คำพุฒ, 2555. "การพัฒนาอิฐปูพื้นภายนอกอาคารอุณหภูมิต่ำระบายน้ำได้". การประชุมวิชาการโครงการวิจัยและพัฒนาภาครัฐร่วมเอกชนในเชิงพาณิชย์ระดับชาติ ประจำปี 2555, ณ อาคารเรียนรวมเฉลิมพระเกียรติ 72 พรรษาฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก, 28-30 กรกฎาคม 2555, หน้า 52.

[7] ประชุม คำพุฒ และกิตติพงษ์ สุวีโร, 2557. "การใช้เศษหินภูเขาไฟสำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก". การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19, ณ โรงแรมพูลแมน ขอนแก่น ราชา ออคิด, ขอนแก่น, 9-11 พฤษภาคม 2557.

[8] ปริญญา จินดาประเสริฐ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2555. ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ:สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย. 381 หน้า.

[9] เลิศลักษณ์ วุฒิสุวรรณ, 2544. "การลดอุณหภูมิวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารโดยวิธีการระเหย". วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[10] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), 2531. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.378-2531 เรื่อง กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น, กรุงเทพฯ, กระทรวงอุตสาหกรรม.

[11] อาปีเด็ง ฮาวา. 2551. "สมบัติของคอนกรีตมวลเบาหินพัมมิซผสมเถ้าลอยไม้ยางพาราและเถ้าแกลบ". วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[12] Cavaleri, L. Miraglia, N. and Papia, M., 2003. Pumice concrete for structure wall panels. Engineering Structures. 25(1) : 115-125.

[13] El-Alfi, E.A., Radwan, A.M. and Ali, M.H., 2004. Physico-mechanical properties of basalt bricks. International Ceramic Review, 53(3). pp.178–181.

[14] Gunduz, L. and Ugur, I., 2005. The effect of different fine and coarse pumice aggregate/cement ratio on the structural concrete properties without using any admixtures. Cement and Concrete Research. 35(9) : 1859-1864.

[15] Gunduz, L., 2008. Use of quartet blends containing fly ash, scoria, perlitic pumice and cement to produce cellular hollow lightweight masonry blocks for non-load bearing walls. Construction and Building Materials. 22(5) : 747-754.

[16] Gunduz, L., 2008. The effects of pumice aggregate/cement ratios on the low-strength concrete properties. Construction and Building Materials. 22(5) : 721-728.

[17] Hossain, K.M.A., 2003. Blended cement using volcanic ash and pumice. Cement and Concrete Research. 33(10) : 1601-1605.

[18] Hossain, K.M.A., 2004. Potential use of volcanic pumice as a construction material. Journal of materials in Civil Engineering. 16(6) : 573-577.

[19] Hossain, K.M.A., 2005. Chloride induced corrosion of reinforcement in volcanic ash and pumice based blended concrete. Cement and Concrete Composite. 27(3) : 381-390.

[20] Hossain, K.M.A., 2008. bond characteristics of plain and deformed bars in lightweight pumice concrete. Construction and Building Materials. 22(7) : 1491-1499.

[21] Youssef, N.F., Osman, T.A. and El-Shimy, E., 2004. Utilization of granite–basalt fine quarry waste in a ceramic floor tile mixture. Journal Silicate Industries. 69 (1–2). 7–13.

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย) นายสัจจะชาญ พรัดมะลิ
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Sajjachan Pradmali
2. เลขหมายประจำตัวประชาชน 3 8412 00xxx xx x
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
4. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
   สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กระทรวงศึกษาธิการ เลขที่ 1381 ถ.พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ จ.กรุงเทพ 10800
   e– mail: sajachan@gmail.com
5. ประวัติการศึกษา
   วศ.บ. วิศวกรรมโยธา
   วศ.ม. วิศวกรรมโยธา
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   สิ่งประดิษฐ์ คอนกรีตและวัสดุทดแทนคอนกรีต การอนุรักษ์พลังงาน และการสร้างมูลค่าเพิ่ม การบริหารโครงการ และพัฒนาโครงการ
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

1) การใช้ดินขาวผสม เส้นใยมะพร้าว ฟางข้าวและแกลบเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนในผนังคอนกรีตบล็อก(หัวหน้าโครงการ), ปีงบประมาณ2552

2) การใช้ดินขาวผสม กากมะพร้าว เส้นใยจากต้นข้าวโพดและเส้นใยจากเปลือกทุเรียนเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนและลดน้ำหนักในผนังคอนกรีตบล็อก (ผู้ร่วมวิจัย), ปีงบประมาณ2554

3) การพัฒนาวัสดุอาคารจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อการประหยัดพลังงานและลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร (ผู้ร่วมวิจัย), ปีงบประมาณ2554

4) การใช้กากมะพร้าว ต้นข้าวโพดและเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุประกอบชีวภาพทดแทนไม้ในแผ่นใยอัดความหนาแน่นปานกลาง (ผู้ร่วมวิจัย), ปีงบประมาณ2554

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน (อาจมากกว่า 1 เรื่อง) งานวิจัยที่เผยแพร่(วารสาร รายงานการประชุมวิชาการ)

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายประชุม คำพุฒ
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr.Prachoom Khamput
2. เลขหมายประจำตัวประชาชน 3 7201 00xxx xx x
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
   ผู้อำนวยการ หน่วยจัดการทรัพย์สินทางปัญญาฯ แห่ง มทร.
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
   ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ถ.รังสิต-นครนายก ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
   โทรศัพท์ 0-2549-3417 โทรสาร 0-2549-3412
   E–mail: prachoom.k@en.rmutt.ac.th, choomy_gtc@hotmail.com
5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	ปริญญา	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันฯ	ประเทศ
2540	ตรี	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	โยธา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี-พระจอมเกล้าธนบุรี	ไทย
2544	โท	วิศวกรรมศาสตร-มหาบัณฑิต	โยธา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี-พระจอมเกล้าธนบุรี	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   6.1 การทดสอบวัสดุและคุณสมบัติของวัสดุ
   6.2 คอนกรีตและวัสดุทดแทนคอนกรีต
   6.3 การอนุรักษ์พลังงาน และการสร้างมูลค่าเพิ่ม
   6.4 การบริหารโครงการ และพัฒนาโครงการ
   6.5 สิ่งประดิษฐ์ ออกแบบผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย
   7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย
   การพัฒนาวัสดุและสิ่งแวดล้อมอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2552

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

ลำดับที่	ปี งปม.	ชื่อเรื่อง	สถานภาพ	หน่วยงาน
1	2552	การพัฒนาอิฐปูพื้นภายนอกอาคารเพื่อลดอุณหภูมิ	หัวหน้าโครงการ	สกอ. (เชิงพาณิชย์)
2	2553	การศึกษาการป้องกันสารพิษจากบ่อฝังกลบขยะซึมลงน้ำใต้ดินโดยใช้น้ำยางธรรมชาติ	หัวหน้าโครงการ	สกอ. (ภาคกลางตอนบน)
3	2554	โครงการผลิตภัณฑ์บล็อกประสานจากกากดินขาว	หัวหน้าโครงการ	สวทช. (iTAP)
4	2554	โครงการบ้านสำเร็จรูปทรงโดมเพื่อผู้ประสบภัย	หัวหน้าโครงการ	สวทช. (iTAP)
5	2555	การใช้ยางธรรมชาติสำหรับพัฒนาผลิตภัณฑ์พารา ชิงเกิ้ลรูฟ	หัวหน้าโครงการ	งปม.แผ่นดิน มทร.ธัญบุรี
6	2555	การพัฒนาบ้านสำเร็จรูปทรงโดมเพื่อผู้ประสบภัย	หัวหน้าโครงการ	สกอ. (SP2)
7	2555	ผลิตภัณฑ์แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปมวลเบาผสม หินฝุ่น	หัวหน้าโครงการ	สกอ. (SP2)

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน (อาจมากกว่า 1 เรื่อง)

1. Rungthongbaisuree, S., Khamput, P., and Ketratanaborvorn, T. : ***Causes of Damage of Electric Tower in Thailand*;** Proc. of Second Asia/Pacific Conference on Durability of Building Systems : Harmonised Standards and Evaluation, Vol. 1, Bandung, Indonesia, July, 2000, pp. 16-1 ~ 16-9.
2. Rungthongbaisuree, S., and Khamput, P. : ***Methods for Maintenance of Transmission Towers*;** Proc. of the Fourth Regional Symposium on Infrastructure Development in Civil Engineering (RSID4), Bangkok, Thailand, April, 2003, pp. A2-45 ~ A2-54.
3. Khamput, P. : ***A Study of Compressive Strength of Concrete used Quarry Dust to Replace Sand*;** Technology and Innovation for Sustainable Development Conference (TISD2006), Khon Kaen, Thailand, January 25-26, 2006, pp. 108-110.
4. Boksuwan, A., and Khamput, P. : ***A Study of Mixing Natural Rubber in Concrete Block for Developing Strength and Thermal Insulation Properties*;** The 3rd International Symposium on Sustainable Energy System, Kyoto, Japan, August 30-September 1, 2006, pp. 212. (Poster Presentation)

5. Pradmali, S., and Khamput, P. : ***Regional Analysis of Load Duration Curve for Upper Ping River*** **Basin;** 3rd APHW Conference "Wise Water Resource Management towards Sustainable Growth and Poverty Reduction", Bangkok, Thailand, October16-18, 2006, pp. 393. @
6. Khamput, P. : ***Using Latex from Para-Rubber for Developing Strength and Thermal Insulation Properties of Concrete Block;*** Asian Symposium on Materials and Processing 2006 (ASMP 2006), Bangkok, Thailand, November 9-10, 2006, pp. 23.
7. Malai, A., and Khamput, P. : ***Development of Rubber Natural Concrete Block for Thermal Insulation and Energy Saving Purpose;*** The 2nd Joint International Conference on "Sustainable Energy and Environment (SEE 2006)", Bangkok, Thailand, November 21-23, 2006, pp. 1009-1014.
8. Khamput, P. : ***A Study of Using Natural Rubber Mixed in Moderate Lightweight Concrete;*** Asian Workshop on Polymer Processing 2006 (AWPP 2006), Bangkok, Thailand, December 6-8, 2006, pp. 257-260.
9. Khamput, P. and Wanthong, P. : ***Using Para-Rubber Mixed in Moderate Lightweight Concrete;*** International Conference on Mining, Materials, and Petroleum Engineering: The Frontiers of Technology (ICFT-2007), Phuket, Thailand, May 10-12, 2007, pp. 23.
10. Khamput, P. : ***A Study of Properties of Composite Boards Made from Coir Fiber and Polyethylene;*** The 2nd International Conference on Advances in Petrochemicals and Polymers (ICAPP 2007), Bangkok, Thailand, June 25-28, 2007, pp. 329. (Poster Presentation)
11. Khamput, P., Ruayruay, E. and Wanthong, P. : ***A Study of Properties of Composite Boards Made from Coir Fiber and Polyethylene;*** Asian-Pacific Regional Conference on Practical Environmental Technology (APRC 2007), Khon Kaen, Thailand, August 1-2, 2007, pp. 70.
12. Khamput, P., Wanthong, P. and Kumnuantip, Ch. : ***A Study of Para-Rubber Plate as Load-Transfer Material in Compression Test of Concrete Specimens;*** International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology (ICEAST 2007), The Swissôtel Le Concorde, Bangkok, Thailand, November 21-23, 2007, pp. 448-451.
13. Khamput, P. : ***Compressive Strength of Mortars Mixing with Fly Ash and Crushed Dust;*** International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology (ICEAST 2007), The Swissôtel Le Concorde, Bangkok, Thailand, November 21-23, 2007, pp. 452-455.

14. Lawsuriyonta, M., Kumput, P., Rasilamlert, M. and Yamchaiya, P. : ***A Study of Forming Materials from Coir Mixing with Natural Rubber;*** Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium (5th EMSES 2007), Asia Pattaya Hotel, Pattaya, Thailand, November 21-24, 2007, pp. 178-180. (Poster Presentation)
15. Khamput, P. and Wanthong, P. : ***Composite Material from High Density Polyethylene and Coconut Coir Powder;*** Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium (5th EMSES 2007), Asia Pattaya Hotel, Pattaya, Thailand, November 21-24, 2007, pp. 191-194. (Poster Presentation)
16. Khamput, P. and Wanthong, P. : ***A Study of Properties of Lightweight Mortar Mixing with Low Ammonia Concentrated Latex from Natural Rubber;*** The Second GMSARN International Conference 2007 on Sustainable Development: Challenges and Opportunities for the Greater Mekong Subregion, Ambassador City Jomtien Hotel, Pattaya, Thailand, December 12-14, 2007, ME-07.
17. Khamput, P. and Wanthong, P. : ***A Study of Mortar mixing with Medium Ammonia Concentrated Latex;*** The 2nd Technology and Innovation for Sustainable Development Conference (TISD 2008), Khon Kaen, Thailand, January 28-29, 2008, pp. 134-138.
18. Khamput, P. : ***Strength Properties of Adobe Mixing with Rice Husk Ash***; ASEAN COST+3: New Energy Forum for Sustainable Environment (NEFSE), Kyoto, Japan, May 25-27, 2008, pp. 57-58.
19. Khamput, P. and Suweero, K. : ***Properties of Lightweight Mortar Mixing with Low Ammonia Concentrated Latex from Natural Rubber;*** Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium (7th EMSES 2009), Chiang Mai, Thailand, November 19-22, 2009, p. 60. (Poster Presentation)
20. Khamput, P. and Suweero, K. : ***A Study of Compressive Strength of Concrete used Dolomite to Replace Sand;*** The 5th PSU-UNS International Conference on Engineering and Technology (ICET-2011), Merlin Beach Resort Hotel, Tritrang Beach, Phuket, Thailand, May 2-3, 2011, p. 100.

ผู้ร่วมโครงการวิจัย คนที่ 2

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายธนันท์ ศัลยวุฒิ
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr.Thanan Sanyawuth
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3120100570503
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
   เลขที่ 399 ถนนสามเสน แขวงวชิระ เขตดุสิต กรุงเทพ ฯ 10300
   โทรศัพท์..0816595411 E-mail: tanant10@hotmai.com
5. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	ปริญญา	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันฯ
ตรี	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	สถาปัตยกรรม	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
โท	สถาปัตยกรรมมหาบัณฑิต	นวัตกรรมอาคาร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์