

การใช้ฝุ่นหินภูเขาไฟในผลิตภัณฑ์บล็อกประสาน

The Use of Volcanic Rock Dust in Interlocking Block Products

ประชุม คำพุ่ม^{1/} กิตติพงษ์ สุวีโร^{2/} อมเรศ บกสุวรรณ^{1/} และนิรมล ปั่นลาย^{3/}
Prachoom Khamput^{1/}, Kittipong Suweero^{2/}, Amares Boksuwan^{1/} and Niramol Panlai^{3/}

(Received: 8 December 2014; Accepted: 12 February 2015)

Abstract: This research aims to study the using of volcanic rock (vesicular basalt) dust in interlocking block products. The mixture ratios of Portland cement type 1: volcanic rock dust are 1:6, 1:7, 1:8, 1:9, 1:10, and 1:11 by weight and 10% by total mixture weight of tap water. The interlocking block samples were cast into 10 x 10 x 20 centimeter cubes with a manual compression molding machine. The interlocking block samples were tested in accordance with TCPS 602-2547 (2004) standard for interlocking blocks. The results showed that the weight, compressive strength, and thermal conductivity of interlocking blocks with high quantity of volcanic rock dust were lower than interlocking blocks with low quantity of volcanic rock dust while water absorption of interlocking blocks with high quantity of volcanic rock dust were higher. However, all of volcanic rock dust interlocking block samples with the ratio less than 1:8 met the quality standards.

Keywords: Interlocking block, volcanic rock dust, vesicular basalt, compressive strength

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ฝุ่นหินภูเขาไฟ (หินบะซอลต์เนื้อโพรงขุ่น) ในผลิตภัณฑ์บล็อกประสาน กำหนดอัตราส่วนผสมซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1: ฝุ่นหินภูเขาไฟ: เท่ากับ 1:6, 1:7, 1:8, 1:9, 1:10 และ 1:11 โดยน้ำหนัก ใช้ปริมาณน้ำประปา ร้อยละ 10 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ขึ้นรูปบล็อกประสาน ขนาด 10 x 10 x 20 เซนติเมตร ด้วยเครื่องอัดแบบมือโยก ทดสอบตามมาตรฐาน มผช. 602 – 2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน ผลการทดสอบพบว่า บล็อกประสานฝุ่นหินภูเขาไฟ มีความหนาแน่น ความต้านทานแรงอัด และสัมประสิทธิ์ การนำความร้อนลดลง ส่วนการดูดกลืนน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม บล็อกประสานอัตราส่วนที่มีฝุ่นหินภูเขาไฟน้อยกว่าอัตราส่วน 1:8 มีสมบัติ ผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด

คำสำคัญ: บล็อกประสาน ฝุ่นหินภูเขาไฟ หินบะซอลต์เนื้อโพรงขุ่น ความต้านทานแรงอัด

^{1/} ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

^{1/} Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani 12110, Thailand

^{2/} หน่วยจัดการทรัพยากรสิ่งแวดล้อมและถ่ายทอดเทคโนโลยี แห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

^{2/} Technology Licensing Office Rajamangala University of Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani 12110, Thailand

^{3/} คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

^{3/} Faculty of Architecture, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani 12110, Thailand

คำนำ

หินบะซอลต์ (basalt) เป็นหินภูเขาไฟหรือหินอัคนีที่มีเนื้อละเอียด ส่วนมากมีสีเทาถึงดำ น้ำตาลแกมแดง ม่วงปนดำ เกิดจากหินหนืด ขึ้นมาเย็นตัวบนพื้นโลกโดยอาศัยรอยแตกของเปลือกโลกหรือปล่องภูเขาไฟ องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ ซิลิกา อะลูมินา เหล็ก แคลไซต์ และแมกนีไซต์ (El-Alfi *et al.*, 2004) ในประเทศไทยมีปริมาณหินบะซอลต์สำรองพิสูจน์ (proven reserve) 152.8 ล้านตัน และมีแหล่งหินศักยภาพ (potential reserve) 42,252.8 ล้านตัน พบได้ในจังหวัดกาญจนบุรี แพร่ ลำปาง ศรีสะเกษ จันทบุรี ตราด เชียงราย ลำปาง เพชรบูรณ์ ลพบุรี นครราชสีมา ชลบุรี สระบุรี อุทัยธานี บุรีรัมย์ อุบลราชธานี และสุรินทร์ (ดนุพล, 2553) ทั้งนี้ หินบะซอลต์ชนิดปนโทไลต์หรือหินไดอะเบส (diabase) เป็นหินที่นิยมนำมาใช้ในงานก่อสร้าง เช่น ทำถนน ถมที่ดิน และประดับสวน เป็นต้น แต่ต้องมีการคัดหินบะซอลต์

เนื้อโพรงข่าย (vesicular basalt) และตะกักรัณภูเขาไฟ (scoria) ออก ซึ่งเป็นหินที่มีเนื้อละเอียด สีดำ และมีความพรุนมาก (กรมทรัพยากรธรณี, 2553) เนื่องจากชาวบ้านเชื่อว่า ไม่แข็งแรง และไม่สามารถใช้งานได้ ทำให้เสียโอกาสในการเพิ่มมูลค่าแก่ทรัพยากรภายในท้องถิ่น ดังนั้นการศึกษาวิจัยการใช้หินภูเขาไฟอย่างหินบะซอลต์จากเหมืองในจังหวัดบุรีรัมย์ (ภาพที่ 1) สำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บล็อกประสาน จึงเป็นแนวทางการเพิ่มมูลค่าทรัพยากรในท้องถิ่นอย่างหินภูเขาไฟ รวมทั้งลดการใช้พลังงานในการผลิตโดยรวมได้อีกทางหนึ่ง (ประชุม และกิตติพงษ์, 2556) ช่วยสร้างรายได้ให้ชาวบ้านในจังหวัดบุรีรัมย์และพื้นที่อื่น ๆ อย่างยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการใช้หินภูเขาไฟจากจังหวัดบุรีรัมย์ สำหรับผลิตเป็นผลิตภัณฑ์บล็อกประสาน



Figure 1 Basalt quarry from Buriram province



Figure 2 Vesicular basalt from Buriram province

อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุและอุปกรณ์

- 1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1
- 2) ฝุ่นหินภูเขาไฟหรือหินบะซอลต์เนื้อโพรงขำย ตำบลเจริญสุข อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์ ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ดังภาพที่ 2
- 3) น้ำประปา
- 4) เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล
- 5) เครื่องผสมคอนกรีต
- 6) เครื่องอัดบล็อกประสานแบบมือโยก ดังภาพที่ 3
- 7) แบบหล่อบล็อกประสาน ขนาด 10 x 10 x 20 เซนติเมตร
- 8) แบบหล่อบล็อกประสาน ขนาด 30 x 30 x 2.5 เซนติเมตร
- 9) ชุดอุปกรณ์วิเคราะห์ขนาดมวลรวม
- 10) ชุดอุปกรณ์ทดสอบการดูดกลืนน้ำ
- 11) ชุดทดสอบสัมประสิทธิ์ การนำความร้อน
- 12) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (UTM)

อัตราส่วนในการขึ้นรูป

ออกแบบอัตราส่วนผสมจากอัตราส่วนของบล็อกประสานที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด แล้วทำการปรับเปลี่ยนส่วนผสมจากดินลูกรังให้เป็นฝุ่นหินภูเขาไฟหรือหินบะซอลต์ในปริมาณที่น้อยและเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ดังตารางที่ 1

การขึ้นรูปและการบ่ม

เริ่มจากการตวงส่วนผสมตามที่กำหนด จากนั้นผสมฝุ่นหินภูเขาไฟกับปูนซีเมนต์ให้เข้ากันก่อน แล้วค่อย ๆ เติมน้ำโดยใช้ฝักบัวหรือหัวฉีดพ่นให้เป็นละอองกว้างในปริมาณที่พอเหมาะ ซึ่งสามารถสังเกตปริมาณน้ำที่พอเหมาะได้

จากการใช้มือกำส่วนผสมว่า สามารถจับตัวกันเป็นก้อนได้ดี ทั้งนี้ปริมาณน้ำอาจต่ำกว่าที่กำหนดได้โดยเฉพาะเมื่อส่วนผสมมีความชื้นสูง ในการผสมมีการหยุดเครื่องเพื่อเกลี่ยส่วนผสมที่ติดอยู่ข้างเครื่องผสมออกเป็นระยะ ๆ ภายหลังจากผสมหินภูเขาไฟและปูนซีเมนต์เข้ากันแล้ว นำส่วนผสมดังกล่าวเข้าเครื่องอัดบล็อกประสานทันที (ภาพที่ 4) เพื่อป้องกันการกระเหຍของน้ำ เมื่อบล็อกประสานถอดออกจากแบบได้ยาก ได้ทำการพรมน้ำหรือทาน้ำมันบริเวณแบบเพื่อให้ถอดแบบออกได้ง่ายขึ้น บล็อกประสานที่ได้นำมาจัดเรียงในที่ร่มจนมีอายุครบ 1 วัน เริ่มบ่มโดยการรดน้ำด้วยฝักบัวหรือฉีดพ่นเป็นละอองให้ชุ่ม แล้วคลุมด้วยผ้าพลาสติกไม่ให้ไอน้ำระเหยออกทิ้งไว้ตามอายุที่ต้องการ จึงนำไปทดสอบต่อไป

การทดสอบสมบัติ

ทำการทดสอบขนาดของฝุ่นหินภูเขาไฟ และสมบัติของบล็อกประสาน ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 602-2547) เรื่องอิฐบล็อกประสาน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) และอื่น ๆ ดังนี้

- 1) โม่ดูลักษณะละเอียด และความถ่วงจำเพาะของฝุ่นหินภูเขาไฟ
- 2) ลักษณะทั่วไป และมิติของบล็อกประสาน ที่อายุการบ่ม 28 วัน จำนวนอัตราส่วนละ 5 ตัวอย่าง
- 3) น้ำหนักเมื่ออบแห้ง และการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสาน ที่อายุการบ่ม 28 วัน จำนวนอัตราส่วนละ 5 ตัวอย่าง
- 4) ความต้านทานแรงอัดของบล็อกประสาน ที่อายุการบ่ม 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน จำนวนอัตราส่วนละ 10 ตัวอย่าง ดังภาพที่ 5
- 5) สัมประสิทธิ์ การนำความร้อนของบล็อกประสาน ตามมาตรฐาน ASTM C 177-10 (ASTM, 2010) ที่อายุ 28 วัน จำนวนอัตราส่วนละ 5 ตัวอย่าง



Figure 3 Manual compression molding machine



Figure 4 Interlocking block after molding



Figure 5 Compressive test of interlocking block

Table 1 Ratios of vesicular basalt interlocking blocks (by weight)

Ratios	Cement	Vesicular basalt	Water
1:6	1	6	0.16
1:7	1	7	0.17
1:8	1	8	0.18
1:9	1	9	0.19
1:10	1	10	0.20
1:11	1	11	0.21

ผลการทดลองและวิจารณ์

โมดูลัสความละเอียดและความถ่วงจำเพาะ

ฝุ่นหินภูเขาไฟหรือหินบะซอลต์ที่นำมาผสมเป็นบล็อกประสานนั้น มีโมดูลัสความละเอียดและความถ่วงจำเพาะ ดังตารางที่ 2

ฝุ่นหินภูเขาไฟหรือหินบะซอลต์ที่ใช้ มีค่าโมดูลัสความละเอียด เท่ากับ 4.77 ถือว่าเป็นมวลรวมที่มีความละเอียดกว่าหินปูนจากหินปูนที่นิยมใช้ในคอนกรีตบล็อก ซึ่งมีค่าโมดูลัสความละเอียด เท่ากับ ประมาณ 5.4 – 5.6 แต่จะหยากกว่าดินลูกรังที่ใช้ในบล็อกประสานทั่วไป ซึ่งมีค่าโมดูลัสความละเอียด เท่ากับ 2.3 – 3.1 สำหรับน้ำหนักของฝุ่นหินภูเขาไฟ พบว่าฝุ่นหินภูเขาไฟมีความถ่วงจำเพาะต่ำที่สุด คือ 2.50 ทำให้มีน้ำหนักเบาที่สุดเมื่อเทียบกับมวลรวมอย่างหินปูนที่มีความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 2.60 – 2.80 และดินลูกรังที่มีความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 2.67 – 2.90 (دنุพล, 2552; 2553)

ลักษณะทั่วไปและมิติ

จากผลการขึ้นรูปและบ่มบล็อกประสานฝุ่นหินภูเขาไฟ ทั้ง 6 อัตราส่วน ที่อายุการบ่ม 28 วัน สามารถสรุปลักษณะและมิติโดยทั่วไปจากการตรวจพินิจได้ ดังตารางที่ 3

ลักษณะทั่วไปและมิติของบล็อกประสานฝุ่นหินภูเขาไฟในตารางที่ 3 แสดงว่า บล็อกประสานทุกอัตราส่วนมีขนาดหรือมิติเป็นไปตามต้องการโดยไม่มีการขยายหรือหดตัว แต่ในด้านลักษณะทั่วไปของบล็อกประสานที่มีปริมาณฝุ่นหินภูเขาไฟมากเท่ากับอัตราส่วน

1:10 และ 1:11 นั้น ขอบของบล็อกประสานมีการแตกบิ่นได้ง่าย เนื่องจากปูนซีเมนต์ทำหน้าที่ยึดเกาะมวลรวมมีปริมาณไม่เพียงพอ ทำให้ฝุ่นหินภูเขาไฟเกิดการหลุดและแตกบิ่นโดยเฉพาะบริเวณขอบที่มีพื้นที่การยึดเกาะน้อย และมีการไหลของส่วนผสมเข้าแบบได้ไม่ค่อยดี (ชัชวาลย์ และคณะ, 2547)

น้ำหนักเมื่ออบแห้งและการดูดกลืนน้ำ

เมื่อนำบล็อกประสานฝุ่นหินภูเขาไฟมาชั่งน้ำหนัก ภายหลังจากการอบแห้งและทดสอบการดูดกลืนน้ำแล้ว สามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังตารางที่ 4

น้ำหนักเมื่ออบแห้งและการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานฝุ่นหินภูเขาไฟในตารางที่ 4 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของการเพิ่มปริมาณของหินภูเขาไฟ ที่ส่งผลให้บล็อกประสานมีน้ำหนักต่อก่อนลดลง และน้ำที่ถูกดูดเข้าไปภายในบล็อก โดยอัตราส่วน 1:6 เป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณฝุ่นหินภูเขาไฟต่ำที่สุด มีน้ำหนักอบแห้งต่อก่อนมากที่สุด และมีการดูดกลืนน้ำน้อยที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน 1:7, 1:8, 1:9, 1:10 และ 1:11 เป็นอัตราส่วนที่มีน้ำหนักอบแห้งต่อก่อนน้อยที่สุด และมีการดูดกลืนน้ำสูงที่สุด ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลมาจากความพรุนของฝุ่นหินภูเขาไฟหรือหินบะซอลต์ที่นำมาผสม (El-Alfi *et al.*, 2004; Youssef *et al.*, 2004) ซึ่งความพรุนที่มาก จะมีช่องว่างสำหรับอากาศ และการดูดกลืนน้ำมาก อย่างไรก็ตามทุกอัตราส่วนยังคงมีการดูดกลืนน้ำที่ไม่เกินจากมาตรฐาน มผช.602-2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) กำหนดไว้

Table 2 Fineness modulus (F.M.) and specific gravity (S.G.) of vesicular basalt

Type	F.M.	S.G.
Vesicular basalt	4.77	2.50

Table 3 Characteristic and dimensions of vesicular basalt interlocking blocks

Ratios	Characteristic	Dimension
1:6	Normal	No error
1:7	Normal	No error
1:8	Normal	No error
1:9	Normal	No error
1:10	Easy crack on edge	No error
1:11	Easy crack on edge	No error

Table 4 Drying weight and water absorption of vesicular basalt interlocking blocks

Ratios	Drying weight (kg)	Average water absorption (5 pieces) (kg/cm ³)
1:6	1.721	175
1:7	1.702	181
1:8	1.689	184
1:9	1.547	194
1:10	1.523	201
1:11	1.467	208

ความต้านทานแรงอัด

จากผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดหรือกำลังอัดของบล็อกประสานฝุ่นหินภูเขาไฟหรือหินบะซอลต์ ที่อายุการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน สามารถสรุปได้ ดังภาพที่ 5

จากภาพที่ 5 พบว่า ความต้านทานแรงอัดของบล็อกประสานที่มีปริมาณมวลรวมจากฝุ่นหินภูเขาไฟหรือหินบะซอลต์น้อยที่สุดอย่างอัตราส่วน 1:6 นั้นมีค่าความต้านทานแรงอัดสูงที่สุด รองลงมา คือ อัตราส่วน 1:7, 1:8, 1:9, 1:10 และ 1:11 เป็นอัตราส่วนที่มีความต้านทานแรงอัดต่ำที่สุด ทั้งนี้เมื่อเทียบความต้านทานแรงอัดของบล็อกประสานที่ได้กับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 602-2547) เรื่องอิฐบล็อกประสานที่กำหนดให้ความ

ต้านทานแรงอัดของบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักมีค่าไม่ต่ำกว่า 2.5 เมกะพาสคัล ที่อายุการบ่ม 28 วัน เห็นได้ว่าอัตราส่วนที่มีปริมาณฝุ่นหินภูเขาไฟไม่เกิน 1:8 ที่อายุการบ่ม 28 วัน สามารถผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด โดยอัตราส่วน 1:8 มีความต้านทานแรงอัด เท่ากับ 2.51 เมกะพาสคัล อัตราส่วน 1:7 เท่ากับ 2.98 เมกะพาสคัล และอัตราส่วน 1:6 เท่ากับ 3.05 เมกะพาสคัล เป็นผลมาจากลักษณะเนื้อหินบะซอลต์ที่นำมาผสมมีความพรุนค่อนข้างสูง ทำให้มีพื้นที่รับแรงค่อนข้างต่ำ เมื่อผสมหินบะซอลต์ในปริมาณมาก จึงมีพื้นที่รับแรงอัดลดลงและความต้านทานแรงอัดมีค่าลดลง (El-Alfi *et al.*, 2004; Youssef *et al.*, 2004; ประชุม และกิตติพงษ์, 2557; นันทชัย, 2556)

สัมประสิทธิ์การนำความร้อน

ความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของบล็อกประสานฟูนินภูเขาไฟ สามารถวัดได้จากค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ซึ่งมีผลการทดสอบ ดังภาพที่ 6 พบว่า บล็อกประสานผสมฟูนินภูเขาไฟมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี โดยเฉพาะเมื่อมีการผสมฟูนินภูเขาไฟในปริมาณที่มากขึ้น สังเกตได้จากค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ลดต่ำลง ทั้งนี้เป็นผลมาจากลักษณะของฟูนินภูเขาไฟที่มีรูพรุนมาก (El-Alfi *et al.*, 2004;

Youssef *et al.*, 2004) ทำให้สมบัติด้านการนำความร้อนต่ำ ความร้อนจึงผ่านเนื้อหินภูเขาไฟได้ช้า (สมพิศ และคณะ, 2555) ดังนั้นฟูนินภูเขาไฟหรือหินบะซอลต์จึงเป็นมวลรวมที่ดี ซึ่งมีคุณสมบัติในด้านความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน โดยเฉพาะเมื่อเทียบกับคอนกรีต อิฐมอญ และคอนกรีตบล็อกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน เท่ากับ 1.28, 1.15 และ 0.519 วัตต์/เมตร-เคลวิน ตามลำดับ (Young, 1992)

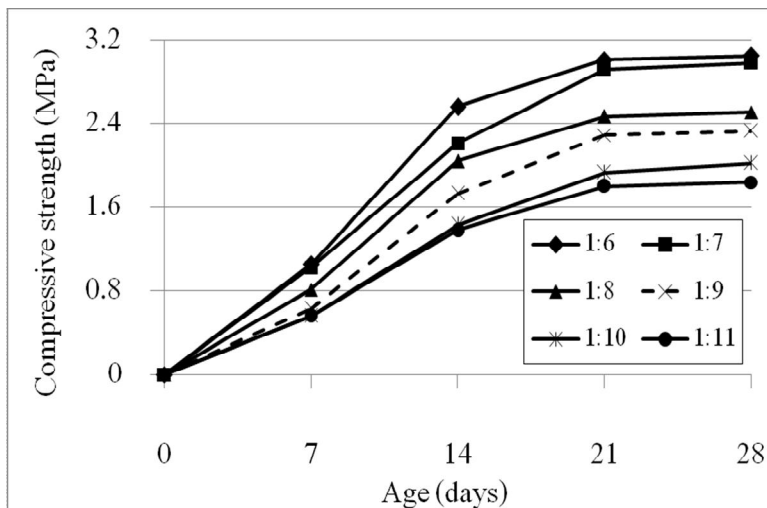


Figure 5 Compressive strength of vesicular basalt interlocking blocks

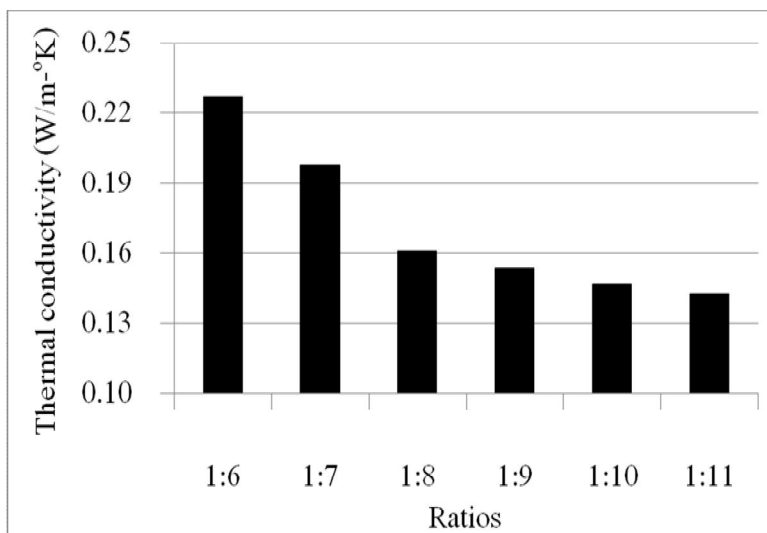


Figure 6 Thermal conductivity of vesicular basalt interlocking blocks

สรุป

ผลการวิจัยเรื่อง การใช้ฝุ่นหินภูเขาไฟสำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บล็อกประสาน สามารถสรุปได้ว่า ฝุ่นหินภูเขาไฟ หรือหินบะซอลต์เนื้อโพรงชาย จากเหมืองหินจังหวัดบุรีรัมย์ ขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 สามารถนำมาขึ้นรูปและใช้งานเป็นบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักได้ดี โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมในการวิจัยนี้ คือ อัตราส่วน 1:8 หรืออัตราส่วนที่มีปริมาณปูนซีเมนต์ต่อเศษหินภูเขาไฟ เท่ากับ 1:8 โดยน้ำหนัก และเติมน้ำประปา ร้อยละ 10 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด อัตราส่วนดังกล่าวนี้สามารถผ่านตามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.602-2547) เรื่องอิฐบล็อกประสาน กำหนดได้ และจากผลการทดสอบทั้งหมด พบว่าปริมาณ ฝุ่นหินภูเขาไฟที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้น้ำหนักต่อก้อนลดลง การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น ความต้านทานแรงอัดลดลง และค่าสัมประสิทธิ์ การนำความร้อนลดลง ทั้งนี้การผสมฝุ่นหินภูเขาไฟในปริมาณมาก ยังสามารถลดต้นทุนในการผลิต บล็อกประสานภายในชุมชนได้ และเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ภายในท้องถิ่น ได้อย่างยั่งยืนอีกประการหนึ่ง สำหรับข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป ควรทำสืบล็อกประสานฝุ่นหินภูเขาไฟให้มีความหลากหลายมากขึ้นเพื่อให้สามารถใช้ก่อเป็นผนังประดับและตกแต่งในงานต่าง ๆ ได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณแผ่นดิน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปี 2557 ผู้วิจัย
ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรธรณี. 2553. การจำแนกเขตเพื่อการจัดการ
ด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี จังหวัดบุรีรัมย์.
กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากร ธรรมชาติและ
สิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร สมหวัง แม้นพิมลชัย สมชาย
จิตต์วโรดม และธีระยุทธ พันธุ์มีเขาว. 2547.
ปูนซีเมนต์และการประยุกต์ใช้งาน. บริษัท
ปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด, กรุงเทพฯ.

คุณพล ตันนโยภาส. 2552. วิทยาแร่. คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

คุณพล ตันนโยภาส. 2553. แะและหิน. พิมพ์ครั้งที่ 2. คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์,
สงขลา.

นันทชัย ชูศิลป์. 2556. หน่วยน้ำหนักและกำลังรับแรงอัด
ของคอนกรีตพูนผสมกะลาปาล์มน้ำมัน. วารสาร
การพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต 1(1): 97-106.

ประชุม คำพูน และกิตติพงษ์ สุวิโร. 2556. การป้องกัน
สารพิษจากบ่อฝังกลบขยะชีวมลน้ำใต้ดินโดยใช้
น้ำยางธรรมชาติ. วารสารการพัฒนาศูนยและ
คุณภาพชีวิต 1(2): 101-109.

ประชุม คำพุ่ม และกิตติพงษ์ สุวีโร. 2557. การใช้เศษหิน
ภูเขาไฟสำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีต
บล็อก. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ
วิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19. 14-16
พฤษภาคม 2557. โรงแรมพลูแมน ขอนแก่น ราช
ออร์คิด, ขอนแก่น.

สมพิศ ต้นตวรนาท ประชุม คำพูน และกิตติพงษ์ สุวีโร.
2555. การเพิ่มประสิทธิภาพการเป็นจนวนความ
ร้อนและการรับกำลังของคอนกรีตบล็อกผสมน้ำ
ยางธรรมชาติ: กรณีผสมมวลรวมขนาดต่างกัน.
เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรม
โยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 17. 9-11 พฤษภาคม 2555.
โรงแรมเซ็นทาราไฮเทล แอนด์คอนเวนชั่นเซ็นเตอร์,
อุดรธานี.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.).
2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องอิฐบดอัด
ประสาน (มพช.602-2547). สำนักงานมาตรฐาน
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม,
กรุงเทพฯ.

American Society for Testing and Materials (ASTM).
2010. Standard Test Method for Steady-State
Heat Flux Measurements and Thermal

- Transmission Properties by means of Guarded Hot Plate Apparatus (ASTM C177 – 10). ASTM International, Conshohocken, PA.
- El-Alfi, E.A., A.M. Radwan, and M.H. Ali. 2004. Physico-mechanical properties of basalt bricks. *International Ceramic Review* 53(3): 178–181.
- Young, H. D. 1992. *Hyper Physics*. University Physics. Addison Wesley, Reading, MA.
- Youssef, N.F., T.A. Osman, E. El-Shimy, and H.F. Abadir. 2004. Utilization of granite–basalt fine quarry waste in a ceramic floor tile mixture. *Silicates Industrials* 69 (1–2): 7–13.
-