

การใช้เศษหินภูเขาไฟในผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก

Utilization of Volcanic Rock Waste in Concrete Block

ประชุม คำพุฒ^{1/} กิตติพงษ์ สุวีโร^{2/} นีรมล ปันลาย^{3/} และธงเทพ ศิริโสดา^{3/}

Prachoom Khamput^{1/}, Kittipong Suweero^{2/}, Niramol Panlai^{3/} and Thongtep Sirisoda^{3/}

Abstract: This research aims to study the use of quarry dust from volcanic rock mine as aggregate (basalt) in concrete block products. The mixture ratio of Portland cement type 1 : quarry dust : water is 1 : 8 : 0.6 by weight. Four types of quarry dust from volcanic rock mine and limestone mine (general aggregate) were compared in concrete block properties. The concrete block samples were cast in 7 x 19 x 39 cubic centimeter of dimension with concrete block molding machine. The concrete block sample testing followed the TIS 58-2533 on non-load bearing concrete blocks. From the experiment, the density, compressive strength, and thermal insulation of volcanic rock concrete blocks were lower than general concrete blocks. In addition, the water absorption and dry shrinkage were higher than general concrete blocks. However, all of the concrete block samples can be classified as the standard so it can be used as materials for a thermal insulation wall.

Keywords: Concrete block, quarry waste, volcanic rock, basalt, compressive strength

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้หินเหลือทิ้งจากเหมืองหินภูเขาไฟ (หินบะซอลต์) เป็นมวลรวมในผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก กำหนดอัตราส่วนผสมซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 : หินเหลือทิ้ง : น้ำ เท่ากับ 1 : 8 : 0.6 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบสมบัติของคอนกรีตบล็อกที่ใช้หินเหลือทิ้งจากเหมืองหินภูเขาไฟและหินเหลือทิ้งจากเหมืองหินปูน (มวลรวมทั่วไป) รวม 4 ชนิด ขึ้นรูปคอนกรีตบล็อก ขนาด 7 x 19 x 39 เซนติเมตร ด้วยเครื่องอัดคอนกรีตบล็อก ทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 58 – 2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ผลการทดสอบ พบว่าคอนกรีตบล็อกหินภูเขาไฟมีความหนาแน่น ความต้านทานแรงอัด และการนำความร้อนต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกปกติ นอกจากนี้การดูดซึมน้ำและการหดตัวทางยาวมีค่ามากกว่าคอนกรีตบล็อกปกติ อย่างไรก็ตาม คอนกรีตบล็อกทั้งหมดมีสมบัติผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด ทำให้คอนกรีตบล็อกหินภูเขาไฟสามารถใช้เป็นวัสดุสำหรับก่อผนังป้องกันความร้อนได้

คำสำคัญ: คอนกรีตบล็อก หินเหลือทิ้ง เศษหินภูเขาไฟ หินบะซอลต์ กำลังอัด

^{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

หินภูเขาไฟ หรือหินบะซอลต์ (basalt) เป็นหินที่มีอยู่มากในจังหวัดบุรีรัมย์ มีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ ซิลิกา อะลูมินา เหล็ก แคลไซต์ และแมกนีไซต์ (دنพุล, 2553) นิยมใช้เป็นส่วนผสมในงานก่อสร้าง แต่ด้วยกระบวนการไม่หรือย่อยหินทั่วไป (ภาพที่ 1) ทำให้มีหินภูเขาไฟขนาดเล็กเหลือทิ้งค่อนข้างมาก สีเทาค่อนข้างดำ น้ำหนักเบาว่าฝุ่นหินปูน (El-Alfi *et al.*, 2004) และมีมูลค่าค่อนข้างต่ำ ดังภาพที่ 2 เนื่องจากหินภูเขาไฟเหลือทิ้งนี้นิยมนำไปใช้ในงานถนนหรือถมที่ดินเท่านั้น ชุมชนในพื้นที่จึงต้องการนำหินภูเขาไฟเหลือทิ้งนี้ไปใช้ประโยชน์ให้มากขึ้น ประกอบกับปัญหาด้านทุนของคอนกรีตบล็อกที่สูงจากค่าขนส่งหินปูนเหลือทิ้งจากพื้นที่อื่นเพื่อใช้เป็นมวลรวม รวมทั้งลดการใช้พลังงานในการผลิตโดยรวมได้อีกทางหนึ่ง (ประชุม และกิตติพงษ์, 2556) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงนำหินภูเขาไฟเหลือทิ้งมาใช้แทนหินปูนเหลือทิ้งสำหรับผลิตเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้หินฝุ่นเหลือทิ้งจากเหมืองหินภูเขาไฟในจังหวัดบุรีรัมย์ (หินบะซอลต์) เป็นมวลรวมสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก



Figure 1 Crushing process of volcanic rocks

อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุและอุปกรณ์

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 2) หินหินปูนเหลือทิ้งจาก ต.หน้าพระลาน อ.เฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี (ภาพที่ 3) 3) หินภูเขาไฟเหลือทิ้งจาก ต.เจริญสุข อ.เฉลิมพระเกียรติ จ.บุรีรัมย์ (ภาพที่ 4 – 6) 4) น้ำประปา 5) เครื่องชั่งน้ำหนัก 6) เครื่องผสมคอนกรีต 7) เครื่องขึ้นรูปคอนกรีตบล็อก (ภาพที่ 7) 8) แบบหล่อคอนกรีตบล็อกกลวง ขนาด 7x19x39 เซนติเมตร 9) เครื่องวัดความหนาแน่น 10) ชุดทดสอบความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และการหดตัวทางยาว 11) เครื่อง universal testing machine (UTM) 12) ชุดทดสอบสัมประสิทธิ์ การนำความร้อน และความต้านทานความร้อน

อัตราส่วนในการขึ้นรูป

สำหรับอัตราส่วนของคอนกรีตบล็อกที่มีการผสมมวลรวมชนิดต่าง ๆ แบ่งออกเป็นหินปูน เหลือทิ้ง (สำหรับคอนกรีตบล็อก LC) หินภูเขาไฟเหลือทิ้งจากเครื่องย่อยหินที่ 1 (สำหรับคอนกรีตบล็อก VC 1) หินภูเขาไฟเหลือทิ้งจากเครื่องย่อยหินที่ 2 (สำหรับคอนกรีตบล็อก VC2) และหินภูเขาไฟเหลือทิ้งจากบ่อรับน้ำตะกอน (สำหรับคอนกรีตบล็อก VC3) รวมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 และน้ำประปา ดังตารางที่ 1



Figure 2 Volcanic rock waste



Figure 3 Quarry waste from limestone quarry (for LC concrete block)



Figure 4 Quarry waste from volcanic rock quarry (crushing machine no.1) (for VC1 concrete block)



Figure 5 Quarry waste from volcanic rock quarry (crushing machine no.2) (for VC2 concrete block)

Table 1 Ratios of concrete blocks (by weight)

Concrete block symbols	Cement	Quarry waste	Water
LC	1	8	0.6
VC1	1	8	0.6
VC2	1	8	0.6
VC3	1	8	0.6

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1) วิเคราะห์โมดูลัสความละเอียดและความถ่วงจำเพาะของหินเหลือทิ้ง 2) ตวงส่วนผสม 3) นำปูนซีเมนต์และหินเหลือทิ้งใส่เครื่องผสมคอนกรีต 4) เติมน้ำประปาและผสมส่วนผสมให้เข้ากันจนใช้มือกำส่วนผสมให้ติดกันได้ (ภาพที่ 8) 5) ขึ้นรูปด้วยเครื่องขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกได้คอนกรีตบล็อก (ภาพที่ 9) 6) บ่มคอนกรีตบล็อกในที่ร่ม 7) ทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อก จำนวนอัตราส่วนละ 10 ตัวอย่าง ประกอบด้วยความ

หนาแน่นและการดูดซึมน้ำ ตาม มอก.109-2517 (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2517ก) ที่อายุการบ่ม 28 วัน กำลังอัด (ภาพที่ 10) ตาม มอก.58-2533 (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2533) ที่อายุการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน การหดตัวทางยาวตาม มอก.110-2517 (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2517ข) ที่อายุการบ่ม 28 วัน สัมประสิทธิ์การนำความร้อนและความต้านทานความร้อนตาม ASTM C177-10 (American Society for Testing and Materials, 2010) ที่อายุการบ่ม 28 วัน 8) วิเคราะห์และสรุปผล



Figure 8 Suitable moisture test of concrete block mixture



Figure 9 Concrete blocks using volcanic rock waste



Figure 10 Compression test of concrete block

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากตารางที่ 2 พบว่า หินภูเขาไฟเหลือทิ้ง (สำหรับคอนกรีตบล็อก VC 1) มีโมดูลัสความละเอียด (F.M) สูงสุด แสดงว่ามวลรวมโดยเฉลี่ยมีขนาดใหญ่ที่สุด (สมพิศ และคณะ, 2555) ส่วนหินปูนเหลือทิ้ง (สำหรับคอนกรีตบล็อก LC) และหินภูเขาไฟเหลือทิ้ง (สำหรับคอนกรีตบล็อก VC 2) มีโมดูลัสความละเอียดและขนาดมวลรวมโดยเฉลี่ยรองลงมา และหินภูเขาไฟเหลือทิ้ง (สำหรับคอนกรีตบล็อก VC3) มีโมดูลัสความละเอียดต่ำที่สุด รวมทั้งมีมวลรวมโดยเฉลี่ยเล็กที่สุด ทั้งนี้ค่าโมดูลัสความละเอียดของหินเหลือทิ้งที่ได้มานั้น ไม่มีความสัมพันธ์กับค่าความถ่วงจำเพาะ (S.G.)

ความหนาแน่น

ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกในภาพที่ 11 แสดงว่าคอนกรีตบล็อกผสมหินปูนเหลือทิ้ง (LC) มีความหนาแน่นสูงกว่าคอนกรีตบล็อกผสมหินภูเขาไฟเหลือทิ้งทั้ง 3 แหล่ง (VC1, VC2, และ VC3) เป็นผลมาจากความถ่วงจำเพาะหรือน้ำหนักของหินภูเขาไฟเหลือทิ้งที่เบากว่าหินปูนเหลือทิ้ง (El-Alfi *et al.*, 2004; Youssef *et al.*, 2004) ตลอดจนขนาดของหินที่แตกต่างกันมีผลต่อขนาดคละและความหนาแน่นของเนื้อคอนกรีตบล็อก (นันทชัย, 2556)

การดูดซึมน้ำ

จากภาพที่ 12 พบว่า คอนกรีตบล็อกผสมหินภูเขาไฟเหลือทิ้งทุกส่วนผสม มีค่าการดูดซึมน้ำที่สูงกว่าคอนกรีตบล็อกผสมหินปูนเหลือทิ้ง เพราะหินภูเขาไฟเหลือทิ้งมีพรุนขนาดเล็กอยู่ในเนื้อหินจำนวนมาก (ธนุพล, 2553; El-Alfi *et al.*, 2004) น้ำจึงสามารถซึมผ่านเข้าไปในเนื้อของคอนกรีตบล็อกได้มากตามไปด้วย

การหดตัวทางยาว

คอนกรีตบล็อกผสมหินปูนเหลือทิ้ง (LC) มีการหดตัวทางยาวและเปลี่ยนแปลงความยาวน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกที่ผสมหินภูเขาไฟเหลือทิ้งประมาณ 2 เท่า เนื่องจากหินปูนเป็นหินที่มีโพรงหรือรูพรุนของเนื้อน้อย ทำให้เกิดการสูญเสียความชื้นน้อย และเกิดการหดตัวทางยาวที่ต่ำ (สมพิศ และคณะ, 2555) แตกต่างจากหินภูเขาไฟหรือ

หินบะซอลต์ที่มีรูพรุนในเนื้อมาก ทำให้เกิดการสูญเสียความชื้นได้ง่าย และเกิดการหดตัวทางยาวค่อนข้างสูง (ภาพที่ 13)

กำลังอัด

จากภาพที่ 14 กำลังอัดหรือความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกหินปูนเหลือทิ้ง LC มีค่าสูงที่สุดในขณะที่กำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อกผสมหินภูเขาไฟเหลือทิ้ง ทั้ง VC1, VC2 และ VC3 มีค่าต่ำกว่าประมาณ 2 เท่า เนื่องจากความหนาแน่นและความแข็งแรงของเนื้อหินปูนมีค่าสูงกว่าหินบะซอลต์หรือหินภูเขาไฟค่อนข้างมาก (ธนุพล, 2553; El-Alfi *et al.*, 2004) ทำให้คอนกรีตบล็อกผสมหินปูนเหลือทิ้งมีพื้นที่รับแรงอัดและค่ากำลังอัดที่มากกว่า (สมพิศ และคณะ, 2555) ทั้งนี้คอนกรีตบล็อกผสมหินภูเขาไฟเหลือทิ้ง VC3 มีแนวโน้มความต้านทานแรงอัดสูงกว่า VC1 และ VC2 เล็กน้อย และเมื่อเทียบกับมาตรฐาน มอก.58-2533 ซึ่งกำหนดให้กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกเฉลี่ย 5 ก้อนที่อายุการบ่ม 28 วัน ต้องไม่น้อยกว่า 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2533) พบว่าทั้งหมดสามารถผ่านมาตรฐานได้

สัมประสิทธิ์การนำความร้อน

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ การนำความร้อน (ภาพที่ 15) และค่าความต้านทานความร้อน (ภาพที่ 16) ซึ่งมีผลต่อการใช้คอนกรีตบล็อกเป็นฉนวนป้องกันความร้อนหรือเป็นวัสดุประหยัดพลังงานนั้น พบว่าคอนกรีตบล็อกผสมหินภูเขาไฟเหลือทิ้งมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีกว่าคอนกรีตบล็อกผสมหินปูนเหลือทิ้ง พิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์ การนำความร้อนที่ต่ำ และค่าความต้านทานความร้อนที่สูง ของคอนกรีตบล็อกผสมเหลือทิ้งหินภูเขาไฟ ทั้งนี้เป็นผลมาจากลักษณะของหินภูเขาไฟที่มีรูพรุนมาก (El-Alfi *et al.*, 2004; Youssef *et al.*, 2004) ทำให้สมบัติด้านสภาพการนำความร้อนต่ำ ความร้อนจึงผ่านเนื้อหินภูเขาไฟได้ช้ากว่าหินปูน (สมพิศ และคณะ, 2555) ซึ่งถือได้ว่า หินภูเขาไฟ เป็นมวลรวมที่ดีกว่าหินปูนในสมบัติด้านความเป็นฉนวนความร้อน

Table 2 Fineness modulus (F.M.) and specific gravity (S.G.) of quarry waste from limestone and volcanic rock mine

Types of quarry dust	F.M.	S.G.
For LC concrete block	5.46	2.7
For VC1 concrete block	6.53	2.5
For VC2 concrete block	5.46	2.5
For VC3 concrete block	5.27	2.5

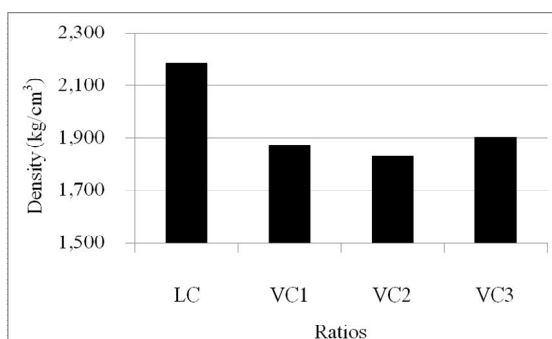


Figure 11 Density of concrete blocks

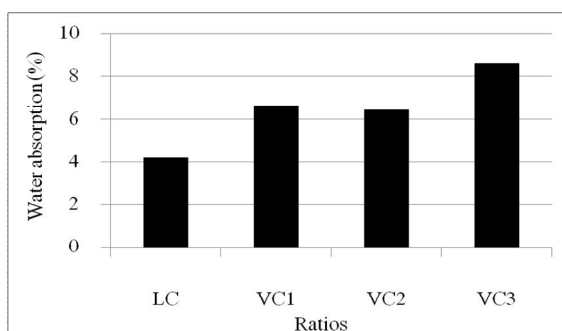


Figure 12 Water absorption of concrete blocks

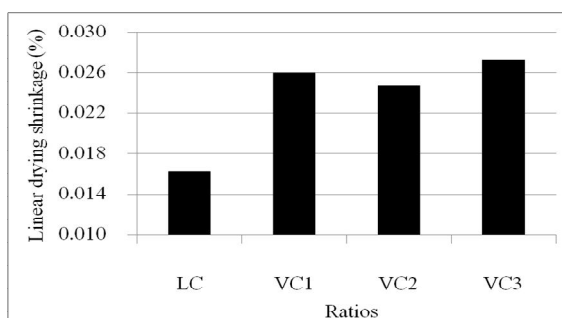


Figure 13 Linear drying shrinkage of concrete blocks

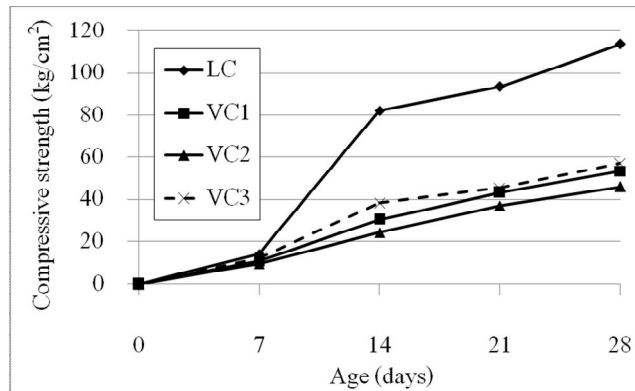


Figure 14 Compressive strength of concrete blocks

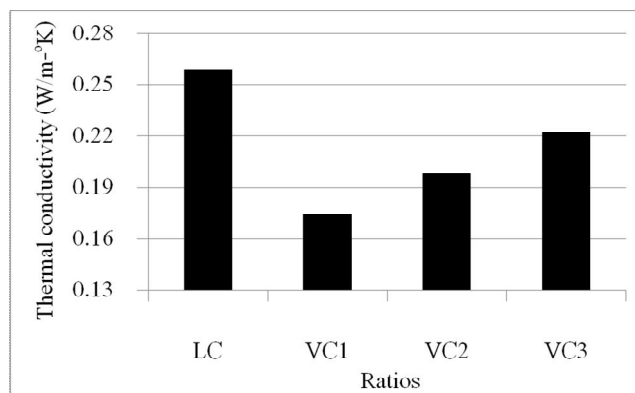


Figure 15 Thermal conductivity of concrete blocks

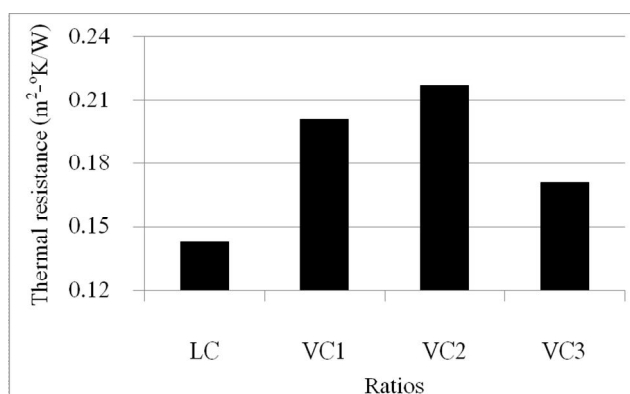


Figure 16 Thermal resistance of concrete blocks

สรุป

จากผลการทดสอบ พบว่าคอนกรีตบล็อกทั้งหมดมีสมบัติทางกายภาพและทางกลผ่านตามที่มาตรฐาน มอก. 58-2533 กำหนด โดยคอนกรีตบล็อกจากหินภูเขาไฟ ทั้ง VC1, VC2 และ VC3 มีค่ากำลังอัดต่ำ ส่วนการดูดซึมน้ำและการหดตัวทางยาวมีค่าสูง ซึ่งถือว่าเป็นข้อด้อยเมื่อเทียบกับคอนกรีตบล็อกผสมหินปูนเหลือทิ้ง อย่างไรก็ตาม สมบัติความต้านทานความร้อนที่ดี ตลอดจนสัมประสิทธิ์การนำความร้อนและความหนาแน่นที่ต่ำของคอนกรีตบล็อกหินภูเขาไฟเหลือทิ้งนั้น เป็นสมบัติที่ดีกว่าคอนกรีตบล็อกผสมหินปูนเหลือทิ้งอย่างมากโดยเฉพาะเมื่อนำมาใช้งานสำหรับอาคารประหยัดพลังงาน ดังนั้นการใช้หินเหลือทิ้งจากเหมืองภูเขาไฟ ที่อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อหินเหลือทิ้งต่อน้ำ เท่ากับ 1 : 8 : 0.6 โดยน้ำหนัก สามารถนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกที่ทดแทนการใช้หินเหลือทิ้งจากเหมืองหินปูนได้ โดยมีสมบัติและความเหมาะสมในการผลิตและใช้งานภายในท้องถิ่น สามารถเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี และน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรเบาว่าคอนกรีตบล็อกผสมหินปูนเหลือทิ้งทั่วไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปี 2557 ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- دنفلد، دننโยภาส. 2553. แร่และหิน. พิมพ์ครั้งที่ 2. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- นันท์ชัย ชูศิลป์. 2556. หน่วยน้ำหนักและกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตพูนผสมกะลาปาล์มน้ำมัน. วารสารการพัฒนารวมชนและคุณภาพชีวิต 1(1): 97-106.
- ประชุม คำพุ่ม และกิตติพงษ์ สุวีโร. 2556. การป้องกันสารพิษจากบ่อฝังกลบขยะซีเมนต์น้ำใต้ดินโดยใช้
- น้ำยางธรรมชาติ. วารสารการพัฒนารวมชนและคุณภาพชีวิต 1(2): 101-109.
- สมพิศ ต้นตวรนารถ ประชุม คำพุ่ม และกิตติพงษ์ สุวีโร. 2555. การเพิ่มประสิทธิภาพการเป็นฉนวนความร้อนและการรับกำลังของคอนกรีตบล็อกผสมน้ำยางธรรมชาติ: กรณีผสมมวลรวมขนาดต่างกัน. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 17. โรงแรมเซ็นทาราไฮเทล แอนด์คอนเวนชันเซ็นเตอร์, อุตรดิตถ์.
- สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (สมอ.). 2517ก. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต (มอก.109-2517). สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (สมอ.). 2517ข. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบการหดแห้งของคอนกรีตบล็อก (มอก.110-2517). สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (สมอ.). 2533. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (มอก. 58-2533). สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม 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.
- 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.