

J. Res. Unit Sci. Technol. Environ. Learning Vol. 4 No. 1 (2013)

การถ่ายเทความร้อนของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก ที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา

โพธิ์ วาจิ ซูฮายา หะยี้หามะ และอาบีดีน ดะแซสาเมาะ*

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

*E-mail: dabeding@gmail.com

รับบทความ: 12 มีนาคม 2556 ยอมรับตีพิมพ์: 17 พฤษภาคม 2556

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา โดยมีสัดส่วนของเถ้าไม้ยางพารา : ดินลูกรัง : ปูนซีเมนต์ เท่ากับ 3:3:1 ผลการศึกษา พบว่า อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักสามารถขึ้นรูปได้ มีลักษณะของสีเป็นสีดำต่างจากอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักในปัจจุบันที่มีเป็นสีเทา การเกิดปฏิกิริยาเคมีของเถ้าไม้ยางพารา ปูนซีเมนต์ และน้ำทำให้เกิดสมบัติในการเชื่อมประสานเพิ่มขึ้น ทำให้อิฐมีความแข็งแรงมากขึ้น มีความหนาแน่นของอิฐเท่ากับ $1,914 \text{ kg/m}^3$ มีค่าอัตราการดูดน้ำเท่ากับ 342 kg/m^3 และความต้านแรงอัดอยู่ในชั้นคุณภาพชนิดไม่รับน้ำหนัก มีค่าความต้านแรงอัดเฉลี่ยจากพื้นที่รวมเท่ากับ 31.7 kg/cm^2 และมีค่าความต้านแรงอัดต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 29.4 kg/cm^2 เมื่อศึกษาสมบัติการถ่ายโอนความร้อน พบว่า อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารามีผลต่อการลดอุณหภูมิของอิฐบล็อกประสาน อธิบายได้ว่า การเติมเถ้าไม้ยางพาราทำให้อิฐบล็อกประสานมีลักษณะโครงสร้างเป็นฟองอากาศที่มีรูพรุน ทำให้มีคุณสมบัติต้านทานความร้อนได้สูงและนำความร้อนได้ต่ำ

คำสำคัญ: อิฐไม่รับน้ำหนัก เถ้าไม้ยางพารา การถ่ายโอนความร้อน

Heat Transfer of Non-Load-Bearing Interlocking Block with Mixture of Para Rubber Wood Fly Ash

Posee Vaji, Suhaya Hayeehama and Abedeen Dasaesamoh*

Department of Science Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University 95000, Thailand

*E-mail: dabeding@gmail.com

Abstract

This research aimed to investigate the physical and mechanical properties of the non-load-bearing interlocking block containing Para rubber wood ash. The proportion ratio of ash wood: gravel: cement was 3:3:1. The finding showed that ratio of mixture can be formable. The non-load-bearing interlocking blocks containing the wood ash were black and differed from the existing blocks that were gray. The reaction of wood ash, cement and water assisted better soldering characteristics to be stronger blocks. The density and water absorption of the blocks were equal to $1,914 \text{ kg/m}^3$ and 342 kg/m^3 , respectively. The compressive strength has been in the non-loading quality. The average compressive strength and the minimum compressive strength to total area of the block were 31.7 kg/cm^2 and 29.4 kg/cm^2 , respectively. From the

study of heat transfer, the non-load-bearing interlocking block containing Para rubber wood ash affected the temperature reduction of the block. It revealed that the Para rubber wood ash assisted the non-load-bearing interlocking blocks having air-porous structure to give high heat resistance and low thermal conductivity.

Keywords: Non-load-bearing interlocking block, Para rubber wood ash, Heat transfer

บทนำ

ในปัจจุบันโลกของเราต้องเผชิญกับวิกฤติการณ์มากมาย โดยเฉพาะด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะภาวะโลกร้อน (global warming) วิกฤติการณ์ที่เกิดขึ้น ส่งผลกระทบต่อมนุษย์ทุกคนในโลกรวมถึงประเทศไทย ในด้านเศรษฐกิจที่เกิดขึ้น เช่น ปัญหาน้ำมันราคาแพง ทำให้ราคาน้ำมันในตลาดโลกสูงขึ้น ทำลายสถิติสูงสุดอย่างต่อเนื่อง ทำให้สินค้าอุปโภคบริโภคปรับราคาสูงขึ้นตาม โดยเฉพาะสินค้าด้านอุตสาหกรรมและการเกษตร ถึงแม้ว่าวิกฤติการณ์ด้านเศรษฐกิจทำให้ราคาสินค้าสูงขึ้น มนุษย์ยังจำเป็นต้องดำรงชีวิตและต้องการปัจจัยพื้นฐานคือ ปัจจัย 4 ได้แก่ อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย และยารักษาโรค มนุษย์จำเป็นต้องมีที่อยู่ แต่วัสดุที่นำมาใช้ก่อสร้างที่อยู่อาศัย เช่น เหล็ก หิน ปูนซีเมนต์ ทราย มีราคาสูงขึ้นตามภาวะทางเศรษฐกิจ ทำให้การเลือกใช้วัสดุก่อสร้างสำหรับที่อยู่อาศัยต้องคำนึงถึงราคาและคุณภาพมากขึ้น

การนำวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรมาผสมในวัสดุก่อสร้างชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะคอนกรีตและผลิตภัณฑ์คอนกรีต เช่น คอนกรีตบล็อก และคอนกรีตมวลเบา จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะทำให้ราคาวัสดุก่อสร้างลดลง และเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์จากของเสียที่ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายในระดับอุตสาหกรรม นอกจากจะช่วยลดปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ต้องกำจัดแล้ว ยังทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำลง และวัสดุเหลือใช้บางชนิดอาจปรับปรุงสมบัติของคอนกรีตและผลิตภัณฑ์คอนกรีตให้ดีขึ้นด้วย (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555; โยธิน อึ้งกุล และคณะ, 2548; Chirattananon et al., 2002)

วิธีการดำเนินการวิจัย

การเตรียมอิฐ

คัดขนาดของเถาไม้ยางพาราและดินด้วยการร่อนเถาไม้ยางพาราและดินผ่านตะแกรงเบอร์ 4 โดยมีส่วนผสมในการทำอิฐ ได้แก่ เถาไม้ยางพารา ดินลูกรัง และปูนซีเมนต์ ในอัตราส่วน 3:3:1 โดยนำหนักคลุกเคล้าส่วนผสมให้สม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกันจากนั้นชั่งส่วนผสมให้ได้ 4,750 g ไปอัดด้วย

เครื่องอัดโดยใช้แรงคนนำอิฐบล็อกประสานออก จากนั้นบ่มในที่ร่ม เป็นเวลา 1 วัน และบ่มในถุงพลาสติกให้ครบ 28 วัน

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของอิฐ

ความหนาแน่น: นำอิฐบล็อกประสานเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ $105 \pm 2^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 24 h จากนั้นชั่งน้ำหนัก และนำค่ามวลและปริมาตรของอิฐมาคำนวณหาความหนาแน่น (ρ) ของอิฐหลังแช่น้ำ ดังสมการที่ (1)

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{--- (1)}$$

อัตราการดูดซึมน้ำ: นำชิ้นทดสอบมาอบแห้งให้มีน้ำหนักคงที่ เป็นเวลา 24 h ที่อุณหภูมิ $105 \pm 2^\circ\text{C}$ วัดมวล (m_1) หรือน้ำหนักอิฐหลังการอบแห้ง จากนั้นนำชิ้นทดสอบไปแช่ในน้ำสะอาดให้น้ำท่วม เป็นเวลา 24 h โดยให้ชิ้นทดสอบจมจากผิวหน้า 3 cm เมื่อครบ 24 h ชั่งมวลของอิฐ (m_2) ภายใน 3 นาที น้ำหนักที่ได้เป็นน้ำหนักอิฐหลังอบแห้งขณะเปียก คำนวณอัตราการดูดซึมน้ำ (s) ตามสมการที่ (2)

$$s = \frac{m_2 - m_1}{m_2} \times 100 \quad \text{--- (2)}$$

กำลังอัด: นำก้อนตัวอย่างที่บ่มไม่น้อยกว่า 28 วัน ที่มีรูปร่างสมบูรณ์ 5 ก้อน หยอดปูนเกร้าที่ด้วยอัตราส่วนผสมปูน : ทรายหยาบ 1: 2 ผสมน้ำ W/C 0.75 ตามช่องว่างต่าง ๆ ของบล็อกให้เต็มทุกระู ใช้แผ่นไม้ประกบด้านข้าง บ่มในร่มเป็นเวลา 14 วัน (ภาพที่ 1) ทดสอบแรงอัดด้วยแรงอัดที่เพิ่มขึ้นอย่างคงที่ (stress control) เป็นเวลา 1-2 นาที จนได้กำลังสูงสุด บันทึกผล และคำนวณกำลังต้านแรงอัดของก้อนวัสดุก่อคอนกรีต จากแรงสูงสุด (kg) ต่อพื้นที่ภาคตัดขวางโดยรวมของก้อนวัสดุ (cm^2) (ขนาดกว้าง×ยาวของก้อนวัสดุ โดยขนาดบล็อกมาตรฐาน = 312.5 cm^2) หากก้อนตัวอย่างรูปแบบอื่นมีขนาดสูงกว่า 2 เท่าของด้านแคบต้องคูณปรับความสูงของก้อนตัวอย่างที่เกิดจากแรงกดจริง บันทึกผลความต้านทานแรงอัดก้อนที่ต่ำที่สุด และหาค่าเฉลี่ย (ฝ่ายนวัตกรรมวัสดุ, 2556)



(ก)

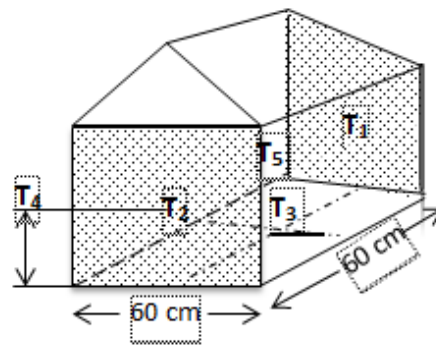


(ข)

ภาพที่ 1 การทดสอบกำลังอัด (ก) การเตรียมก้อนตัวอย่างและ (ข) สภาพก้อนตัวอย่างก่อนทดสอบ



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2 การทดสอบการถ่ายเทความร้อน (ก) ลักษณะบ้านจำลอง และ (ข) การติดตั้งหัววัดอุณหภูมิ

การถ่ายเทความร้อน

สร้างบ้านจำลองขนาด $60 \times 60 \times 60 \text{ cm}^3$ ในแนวตะวันออกถึงตะวันตก โดยให้ผนังของบ้านทั้ง 4 ด้านมีพื้นที่เท่ากับ 1 m^2 หลังคากระเบื้องแผ่นเรียบทำมุมประมาณ 45° จากพื้นเรียบ เพดานใช้แผ่นสมาร์ทบอร์ด เป็นฉนวนป้องกันความร้อนจากห้องใต้หลังคาเข้าสู่บ้าน ผนังไม่ฉาบปูน สถานที่สร้างบ้านจำลอง คือ บริเวณตาดฟ้าอาคาร 9 ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ซึ่งเป็นสถานที่โล่งแจ้ง รับแสงแดดได้เต็มที่ และเหมาะสำหรับทดสอบบ้านวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนของบ้านโดยเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมกับอุณหภูมิภายในบ้าน เก็บข้อมูลเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 6.00 น.–6.00 น. ของวันถัดไป บันทึกข้อมูลด้วยเครื่อง Easy Sense Data Harvest นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในบ้านจำลอง

ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมคัปเบิลชนิด K จำนวน 4 ตำแหน่ง และวัดความชื้น จำนวน 1 ตำแหน่ง คือ อุณหภูมิบนผนังภายใน (T_1) อุณหภูมิบนผนังภายนอก (T_2)

อุณหภูมิภายในบ้าน (T_3) อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมภายนอกบ้าน (T_4) และค่าความชื้นภายในบ้าน (T_5) ดังภาพที่ 2

ผลการทดลอง

การทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของอิฐบล็อกประสาน

จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลของอิฐประสานที่ผลิตจากส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา โดยใช้สัดส่วนในการผลิตอิฐบล็อกประสานที่ผสมเถ้าไม้ยางพารา ดินลูกรัง และปูนซีเมนต์ ในอัตราส่วน 3:3:1 พบว่า ความหนาแน่นของอิฐมีค่าเท่ากับ 1914 kg/m^3 และอัตราการดูดกลืนน้ำเท่ากับ 342 kg/m^3 ที่อายุการบ่ม 28 วัน เป็นไปตาม มอก. 57-2533 และมอก.58-2530 ซึ่งจัดอยู่ในบล็อกคุณภาพชั้น ข มีความแข็งแรง สามารถทนการกัดกร่อนของน้ำได้ระดับหนึ่ง สามารถใช้งานเป็นโครงสร้างรับน้ำหนักในระดับฐานรากได้ ดินหรือผนังภายนอกที่ไม่มีกันสาดป้องกันที่เพียงพอ และผนังที่ชั้นน้ำตลอดเวลา ดังนั้นบริเวณที่ก่อสร้างอาคารหรือผนังห้องน้ำ

ที่ก่อสร้างด้วยอิฐบล็อกสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ด้วยการฉาบป้องกัน (สุรฉัตร สัมพันธ์รักษ์, 2548) สำหรับความต้านแรงอัดอยู่ในชั้นคุณภาพชนิดไม่รับน้ำหนักตาม มอก.57-2533 และมอก.58-2530 มีค่าความต้านแรงอัดเฉลี่ยต่อพื้นที่รวมเท่ากับ 31.7 kg/cm^2 และมีค่าความต้านแรงอัดต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 29.4 kg/cm^2 ทำให้เป็นอิฐบล็อกประเภทไม่รับน้ำหนักไม่ทนต่อการกัดกร่อนของน้ำ ไม่ควรใช้ก่อสร้างเป็นโครงสร้างรับน้ำหนักสามารถใช้เป็นผนังตกแต่งระดับฐานรากใต้ดินที่ผนังสัมผัสกับดินได้ (สุรฉัตร สัมพันธ์รักษ์, 2548)

การทดสอบสมบัติการถ่ายเทความร้อนของอิฐบล็อกประสาน

จากการทดสอบการถ่ายเทความร้อนของอิฐบล็อกประสานด้วยการวัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบ้านจำลองโดยวัดอุณหภูมิอากาศแวดล้อม อุณหภูมิผนังภายใน อุณหภูมิผนังภายนอก อุณหภูมิอากาศภายในบ้าน และวัดความชื้นภายในบ้านเป็นเวลา 24 h (เริ่มวัดตั้งแต่เวลา 06.03 น. วันที่ 30 ตุลาคม 2555 ถึงเวลา 06.03 น. วันที่ 31 ตุลาคม 2555) (ภาพที่ 3–4) พบว่า ในช่วงเช้าอุณหภูมิของบ้านจำลองทุกช่วงตำแหน่งที่วัดมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตั้งแต่เวลา 07.03 น.–12.30 น. และบ้านจำลองมีอุณหภูมิแวดล้อมสูงสุดเมื่อเวลาประมาณ 12:30 น. เท่ากับ 48.79°C ส่วนอุณหภูมิผนังภายนอกและอุณหภูมิผนังภายในมีค่าอุณหภูมิสูงสุดเมื่อเวลา 14.45 น. และ 15.30 น. เท่ากับ 48.90°C และ 37.20°C ตามลำดับ อุณหภูมิผนังภายนอกมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิผนังภายในช่วงเวลา 07.30 น.–18.00 น. (ภาพที่ 4) เนื่องจากผลจากการใช้เก้าอี้ไม้ยางพาราเป็นส่วนผสมในการทำอิฐบล็อกประสาน ทำให้อิฐบล็อกประสานมีความพรุน จึงมีความต้านทานความร้อนสูง อุณหภูมิผิวภายนอกมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิผิวภายใน โดยอุณหภูมิทั้ง 2 บริเวณต่างกันประมาณ 11.7°C ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ (อาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ (2554, 2555) รายงานการศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของอิฐที่มีส่วนผสมของเก้าอี้ไม้ยางพารา และความแตกต่างของอุณหภูมิมระหว่างผิวภายนอกกับผิวภายในมีค่าสูงสุด 12°C เพื่อวิเคราะห์ช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์ (เริ่มวัดเวลา 19.00 น. วันที่ 30 ตุลาคม 2555 ถึงเวลา 06.03 น. วันที่ 31 ตุลาคม 2555) อิฐบล็อกประสานคายความร้อนเกิดขึ้น ทำให้อุณหภูมิผนังภายในมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิผนังภายนอก และอุณหภูมิอากาศภายในบ้านมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม มีค่าคงที่ประมาณ 2.2°C ส่วนความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นในช่วงเวลา 07.30 น. จนถึง 88.30% และลดลงในช่วงเวลา 13.00 น.–16.40 น.

จนถึง 62.25% จากนั้นเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยมีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเท่ากับ 85.80% ที่เวลา 5.30 น.ของวันถัดไป ดังภาพที่ 5

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของอิฐบล็อกประสาน การใช้เก้าอี้ไม้ยางพาราในอัตราส่วนเท่ากับดินและมากกว่าปูนทำให้อิฐบล็อกประสานที่ได้มีค่ากำลังอัดน้อยมากจึงจัดอิฐบล็อกประสานอยู่ชั้นคุณภาพชนิดไม่รับน้ำหนักตาม มอก.57-2533 และมอก.58-2530 อิฐบล็อกประเภทไม่รับน้ำหนักไม่ทนต่อการกัดกร่อนของน้ำ ไม่ควรใช้ก่อสร้างเป็นโครงสร้างรับน้ำหนักในระดับฐานรากใต้ดินที่ผนังสัมผัสกับดิน อิฐบล็อกประสานที่ได้มีความหนาแน่น $1,914 \text{ kg/m}^3$ และอัตราการดูดกลืนน้ำเท่ากับ 342 kg/m^3 ซึ่งเป็นไปตาม มอก.57-2533 และ มอก.58-2530 กำหนดไว้ อิฐบล็อกประสานที่มีส่วนผสมของเก้าอี้ไม้ยางพารามีผลในการลดอุณหภูมิของอิฐบล็อกประสาน โดยเก้าอี้ไม้ยางพาราที่เติมลงไปทำให้อิฐบล็อกประสานมีลักษณะโครงสร้างเป็นช่องอากาศมีรูพรุน จึงมีคุณสมบัติต้านทานความร้อนได้สูงและนำความร้อนได้ไม่ดี

ข้อเสนอแนะ

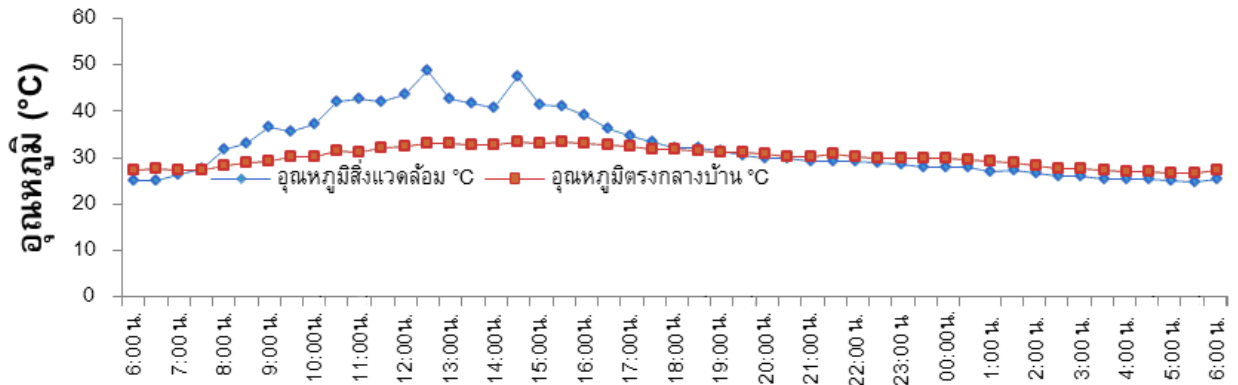
ในการวิจัยในครั้งนี้ ผลที่ได้เป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับแนวทางการนำเก้าอี้ไม้ยางพารามาใช้งานคอนกรีตหรือผลิตอิฐบล็อกประสานมวลเบา โดยศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลเท่านั้น จึงควรศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในด้านอื่น ๆ เช่น ศึกษาอัตราส่วนที่หลากหลายเพื่อเปรียบเทียบกำลังอัดที่เป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรม และศึกษาดินลูกรังจากแหล่งต่าง ๆ

กิตติกรรมประกาศ

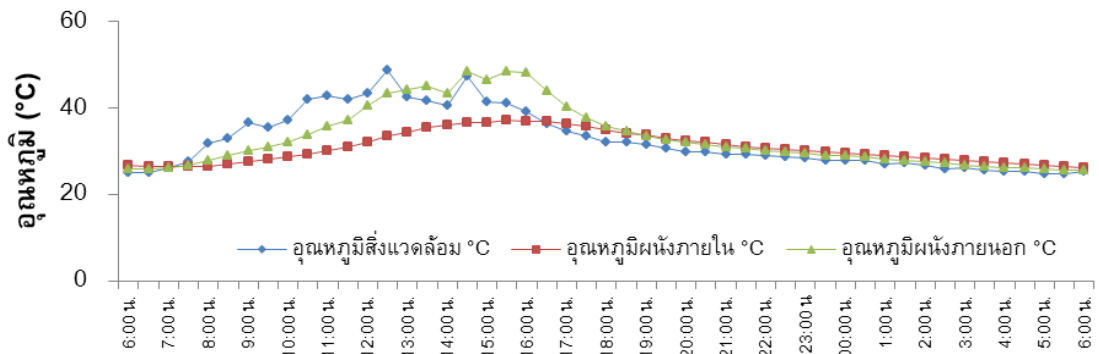
ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ในโครงการ “การสนับสนุนทุนวิจัยสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ (South Pus)” ที่ให้ทุนสนับสนุนในโครงการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

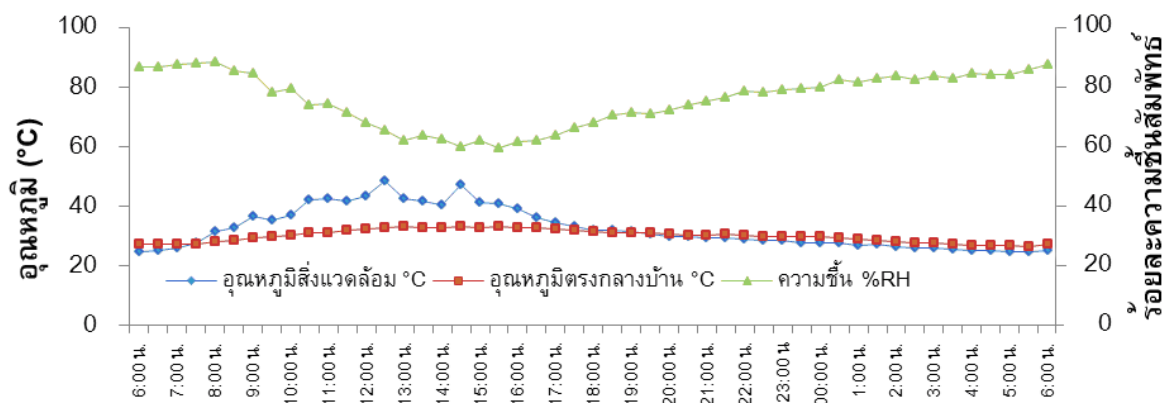
กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2555). **แนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและอิฐบล็อกประสาน**. กรุงเทพฯ: สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม.



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงระหว่างอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมกับอุณหภูมิที่ตรงกลางบ้าน



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงระหว่างอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมกับอุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกและอุณหภูมิผนังภายใน



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของความชื้นกับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม

ฝ่ายนวัตกรรมวัสดุ. (2556). เทคโนโลยีบล็อกประสาน วว. เพื่อการสร้างอาคารราคาประหยัด สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. สืบค้นจาก http://technologyblockprasan.com/information1_1.php เมื่อวันที่ 10 มกราคม 2556.

โยธิน อึ้งกุล จงจตร์ หิรัญลาภ ปัญญา ยอดโอวาท และ โจเซฟ เคตารี. (2548, พฤษภาคม). คุณสมบัติของความร้อนเฉื่อยของคอนกรีตมวลเบา. **การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 10** (หน้า 144-149). ชลบุรี.

สุรฉัตร สัมพันธ์รักษ์. (2548). **วิศวกรรมปฐพี**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย.

อาบีดีน ดะแซสาเมาะ จินดา มะมิง โนรีสะ ราแดง และยาเซ็ง อาแว. (2554). สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา. **วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา** 6(1): 25-35.

อาบีดีน ดะแซสาเมาะ สารินี อาแว อามีเนาะ มามะ และดารีซะห์ บินมามะ. (2555). สมรรถนะทางความร้อนของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา. **วารสารวิจัย มทร.** 5(1): 72-80.

Chirarattananon, S., Chaiwiwatworakul, P., and Pattanasetanon, S. (2002). Daylight availability and models for global and diffuse horizontal illuminance and irradiance for Bangkok. **Renewable Energy** 26: 69-89.