สมรรถนะทางความร้อนของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา

Thermal Performance of Para Rubber Wood Ash Brick

อาบีดีน ดะแซสาเมาะ สารีนี อาแว อามีเนาะ มามะ และ ดารีซะห์ บินมามะ

Abedeen Dasaesamoh Sarinee Awae Amenoh Mama and Darisah Binmama

ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์วัสดุ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

E-mail: abedeen.d@yru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา โดยมีสัดส่วนของเถ้าไม้ยางพารา : ปูนซีเมนต์ : ทราย เท่ากับ 50 : 45 : 5 ร้อยละโดยน้ำหนัก ศึกษาสมบัติทางความร้อนพบว่า ค่าความจุความร้อน และ ค่าการนำความร้อนของอิฐมีค่า 295 J/kg K และ 0.3902 W/m K ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาการถ่ายเทความร้อนซึ่งได้จากการพิจารณาความชื้น และอุณหภูมิของบ้านจำลอง 4 ตำแหน่งได้แก่ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิผนังภายนอก อุณหภูมิผนังภายใน และอุณหภูมิอากาศภายในบ้าน เมื่อสร้างเป็นจำลองขนาด 0.6×0.6×0.6 m^3 พบว่าอิฐสามารถลดความร้อนที่ผ่านจากผิวผนังภายนอกมายังผิวผนังภายในได้ดี โดยมีการหน่วงของอุณหภูมิ 4.30 ชั่วโมง จากการวิจัยสรุปได้ว่า การใช้เถ้าไม้ยางพาราเป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐ ทำให้อิฐมีสมบัติด้านทานความร้อนที่ดี

คำสำคัญ : เถ้าไม้ยางพารา อิฐ สมรรถนะทางความร้อน

Abstract

This research aimed to study the thermal performance of Para rubber wood fly ash (PWFA)-contained Brick in which the fly ash, Portland, cement and sand were used as the mixture with the following proportion 50: 45: 5. The test of thermal properties revealed that the heat capacity and thermal conductivity of the Brick were 295 J/Kg K and 0.3902 W/m K respectively. In order to study the thermal transfer, the relative humidity and temperature of the 0.6x0.6x0.6 m^3 in dimension of the model house were measured. The results showed that the brick can reduce heat transfer from outer to inner surface with 4.30 hours. It can be concluded that PWFA-contained brick is the promising thermal performance.

Keywords: Para rubber wood ash, Brick, Thermal performance.

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีจำนวนของที่อยู่อาศัยเป็นจำนวนกว่า 19 ล้านหลังคาเรือน มีปริมาณการใช้พลังงานภายในบ้านเรือนคิดเป็น 21% ของการใช้พลังงานทั้งหมดของประเทศ (จากจำนวน 4 ภาคส่วนได้ บ้านและที่อยู่อาศัย ธุรกิจ อุตสาหกรรม และการเกษตร) และมีแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 4 ต่อปี (สำนักนโยบายและแผนพลังงาน, 2554) เมื่อพิจารณารายละเอียดของการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านพักอาศัย พบว่ามาจากเครื่องใช้ไฟฟ้าประเภทเครื่องปรับอากาศ 60% ประเภทแสงสว่าง 20% และอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ 20% จากสัดส่วนการใช้พลังงานภายในครัวเรือนข้างต้นพบว่าประชาชนส่วนใหญ่ใช้พลังงานเพื่อทำความเย็น ทำให้เกิดให้ความเย็นสบายมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับภูมิอากาศของประเทศไทยซึ่งมีลักษณะร้อนชื้น จากปัญหาข้างต้นจึงได้มีงานวิจัยหลายชิ้น ทำการวิจัยเพื่อหาแนวทางในการลดการใช้พลังงานไม่ว่าจะเป็นลักษณะการออกแบบบ้านในทิศทางที่ไม่รับแสงแดด ลดการสะสมความร้อนภายในบ้าน เช่น การปลูกต้นไม้ในบริเวณบ้านจะสามารถลดแสงแดดที่ตกกระทบตัวบ้าน และให้ร่มเงาที่ร่มเย็นแก่ผู้อยู่อาศัย อีกแนวทางหนึ่งก็คือการวิจัยด้านวัสดุในการก่อสร้าง เพื่อลดการใช้พลังงาน (โยธิน และคณะ, 2548)

Ungkoon, Y. (2005) ศึกษาทดสอบบ้านสามหลังที่มีขนาดเดียวกัน แต่ใช้วัสดุผนังแตกต่างกัน ได้แก่ คอนกรีตมวลเบาแบบอบไอน้ำ คอนกรีตเบาแบบไม่อบไอน้ำ และก่ออิฐฉาบปูน พบว่าบ้านที่สร้างด้วยพนังคอนกรีตมวลเบาแบบอบไอน้ำสามารถลดความร้อนผ่านผนังได้ดีกว่า ผนังคอนกรีตมวลเบาแบบไม่อบไอน้ำและผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังคอนกรีตมวลเบาแบบอบไอน้ำสามารถลดความชื้นสะสมภายในและความร้อนที่เข้าสู่อาคารได้ดี ต่อมา กานต์และคณะ (2550) ได้ศึกษาเปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์ระหว่างบ้านจำลองที่ใช้ผนังอิฐมอญกับผนังมวลเบาด้านการถ่ายเทความร้อนและปริมาณการใช้พลังงานของบ้านจำลอง ผลการศึกษาพบว่าห้องที่ติดตั้งผนังมวลเบาจะมีอุณหภูมิอากาศภายในห้องต่ำกว่าบ้านที่ติดตั้งผนังอิฐมอญประมาณ 1-4 ^{o}C และผนังมวลเบาสามารถลดค่าความร้อนที่ไหลผ่านผนังได้มากกว่าห้องที่ติดตั้งผนังมอญประมาณร้อยละ 52.2 โดยผนังอิฐมวลเบามีระยะการคืนทุนที่เร็วกว่า (สมบูรณ์ และ สุชาติ, 2554) งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการสมรรถนะทางความร้อนภายของบ้านจำลองที่สร้างด้วยอิฐที่มีส่วนผสมของวัสดุเหลือใช้ ซึ่งมีสมบัติการถ่ายเทความร้อนที่ดี โดยเลือกใช้เถ้าไม้ยางพารา ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานชีวมวล ซึ่งมีจำนวนที่ได้ต่อการผลิตกระแสไฟฟ้าแต่ละวันเป็นจำนวนมาก เพื่อเป็นแนวทางในการลดการใช้พลังงานความร้อนภายในอาคารและที่อยู่อาศัยต่อไป

2. วิธีการทดลอง

วัสดุ สำหรับการผลิตอิฐในการวิจัยนี้มีส่วนผสมดังนี้

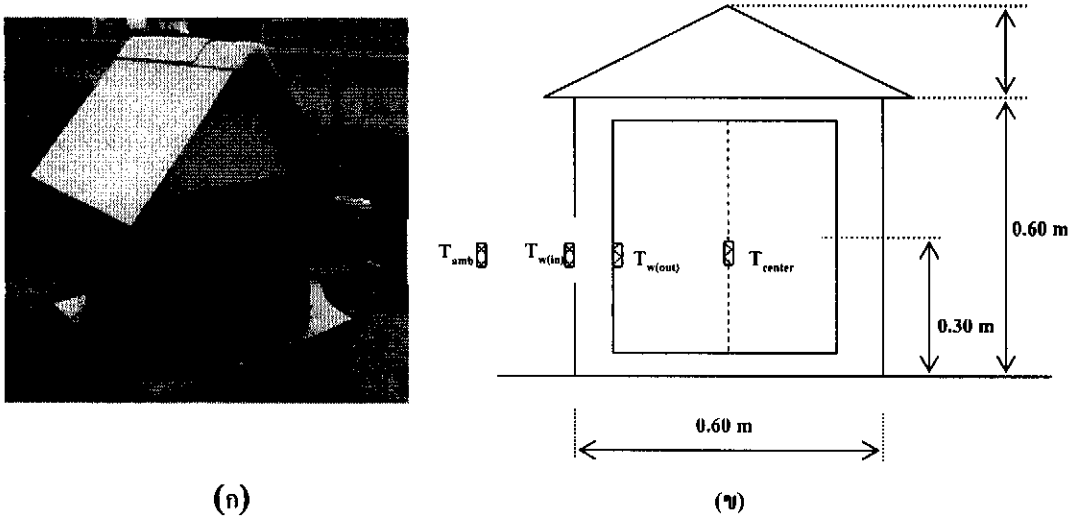
1. เถ้าไม้ยางพาราเป็นเถ้าที่ได้จากกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้ากัลฟ์ ยะลากรีน ต.พร่อน อ.เมือง จ. ยะลา ซึ่งผ่านการทำให้เย็นลงด้วยน้ำ และผ่านการร่อนด้วยตะแกรงเบอร์ 4 เพื่อคัดขนาดและแยกสิ่งเจือปนที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ออก โดยมีขนาดอนุภาคของเถ้าไม้ยางพารา 39.88 μm
2. ทรายน้ำจืด ขนาดอนุภาค 664 μm
3. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ขนาดอนุภาค 16.01 μm

การเตรียมและทดสอบสมบัติทางกายภาพของอิฐ

เตรียมอิฐที่มีร้อยละการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าไม้ยางพาราร้อยละ 50 โดยมีสัดส่วนของเถ้าไม้ยางพารา: ปูนซีเมนต์: ทราย ในสัดส่วน 50:45:5 โดยน้ำหนัก (อาบีดีน และคณะ, 2554) สัดส่วนการเติมน้ำต่อซีเมนต์ (W/B) 0.80 คลุกเคล้าส่วนผสมทั้งหมดให้เป็นเนื้อเดียวกันจาก นั้นบรรจุลงในแบบขนาด $10\times10\times10$ cm^3 สำหรับทดสอบสมบัติทางกายภาพ และขนาด $20\times60\times7.5$ cm^3 สำหรับก่อเป็นบ้านจำลอง ทิ้งส่วนผสมให้แห้งและแข็งตัว เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดถอดออกจากแบบ บ่มในอากาศเป็นเวลา 28 วัน จากนั้นหาค่าความหนาแน่น และค่าร้อยละการดูดซึมน้ำ และกำลังอัดตามมาตรฐานการทดสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1505 – 2541 สำหรับการทดสอบสมบัติทางความร้อน ซึ่งได้แก่ ความจุความร้อน (specific heat capacity) และค่าการนำความร้อน (thermal conductivity) ทำการทดสอบ ณ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของวัสดุ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

ทดสอบสมบัติการถ่ายเทความร้อนของอิฐ

สร้างบ้านจำลองจากอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพาราบริเวณดาดฟ้า อาคารศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ขนาด $0.6\times0.6\times0.6$ m^3 ในแนวตะวันออก – ตะวันตก โดยให้ผนังของบ้านแต่ละด้านมีขนาดพื้นที่เท่ากับ 1.0 m^2 หลังคาทำจากกระเบื้องแผ่นเรียบทำมุมประมาณ 45° จากพื้นเรียบ เพดานใช้แผ่นสมาร์ทบอร์ด ผนังไม่ฉาบปูนดังภาพที่ 1 (ก)



(ก) (ข)

ภาพที่ 1 บ้านจำลองและการติดตั้งหัววัดอุณหภูมิเพื่อทำการวัดอุณหภูมิ

วัดอุณหภูมิและความชื้นของบ้านจำลองที่สร้างขึ้น ด้วยการติดตั้งหัววัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมคับเปิลชนิด K รุ่น DH 3101 และหัววัดความชื้นสัมพัทธ์ รุ่น DH 3145 จำนวน 4 จุดได้แก่ อุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T_{amb}) อุณหภูมิผนังภายนอก ($T_{w(out)}$) อุณหภูมิผนังภายใน ($T_{w(in)}$) และอุณหภูมิอากาศภายในบ้าน

(T_{center}) และวัดความชื้นภายในบ้านโดยติดตั้งหัววัดอุณหภูมิตำแหน่งกลางบ้าน ดังภาพที่ 1(ข) ทำการบันทึกปริมาณต่างๆ ทุก 30 นาที ด้วยเครื่องบันทึก Datalogger data harvest easy sense Q advanced เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ติดตั้งเครื่องมือวัด ผนังด้านทิศเหนือของบ้านจำลอง ทำการทดลองช่วงเดือนพฤษภาคม 2553 จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในบ้านจำลองระหว่างภายในและภายนอกบ้าน และระหว่างกลางวันและกลางคืน

จากค่าอุณหภูมิที่ผนังภายนอก และอุณหภูมิผนังภายใน คำนวณค่าความต้านทานความร้อน (heat resistivity) และพลังงานความร้อนรวมที่ถ่ายเท (heat transferred) ดังสมการที่ 1 และ 3 ตามลำดับ

(1)

$$U = \frac{1}{R_{total}}$$

(2)

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

(3)

เมื่อ แทน R_{total} ความต้านทานความร้อน (m^2/kW) R_o ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านนอกอาคาร (0.044) R_i ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านในอาคาร (0.120) U แทนสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน Q แทนค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (w/m^2 °C) A แทนพื้นที่มีการรับแสงแดด (m^2) ΔT แทนค่าความต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคาร K แทนสภาพการนำความร้อน (W/m.K) ΔTแทน อุณหภูมิที่เปลี่ยน (K) และ t แทนความหนา (m) ตามลำดับ

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเพื่อศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพาราเมื่อนำมาจำลองเป็นบ้าน โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย คือ เตรียมอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา ทดสอบสมบัติทางกายภาพ ทดสอบสมบัติทางความร้อน และการศึกษาการถ่ายเทความร้อนของอิฐซึ่งพิจารณาจากค่าพลังงานความร้อนที่ถ่ายเท โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังนี้

สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางความร้อนของอิฐ

จากการเตรียมและทดสอบสมบัติทางกายภาพ สอบสมบัติทางความร้อนของอิฐได้แก่ ค่าความจุความร้อน และ ค่าการนำความร้อนได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพาราและคอนกรีตมวลเบา

สมบัติ	อิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา	คอนกรีตมวลเบา*
ความหนาแน่น (kg/m^3)	1,254	550 – 640
ร้อยละการดูดซึมน้ำ	24	30
กำลังอัด (kg/cm^2)	30	23
ความจุความร้อน (J/kg.K)	295	250
การนำความร้อน (W/m.K)	0.3902	0.089 – 0.132
ค่าต้านทานความร้อน (m^2K/W)	0.356	0.58
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (W/m^2K)	2.80	-

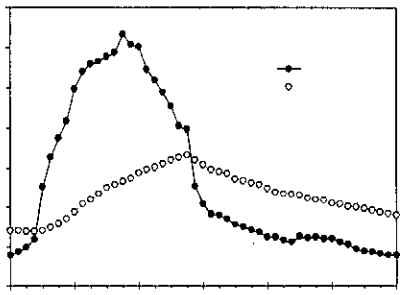
* (กานต์, 2550)

จากตารางที่ 1 พบว่าอิฐที่ส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพาราร้อยละ 50 ที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ มีความหนาแน่น 1,254 kg/m^3 ร้อยละการดูดซึมน้ำ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือมีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำไม่เกิน 25 (มอก.) ค่าความจุความร้อน และค่าการนำความร้อนสูงกว่าคอนกรีตมวลเบา สำหรับกำลังอัดของอิฐมีค่า 30 kg/cm^2 โดยค่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดอิฐประเภทที่ไม่รับน้ำหนัก ไว้ไม่น้อยกว่า 25 kg/cm^2

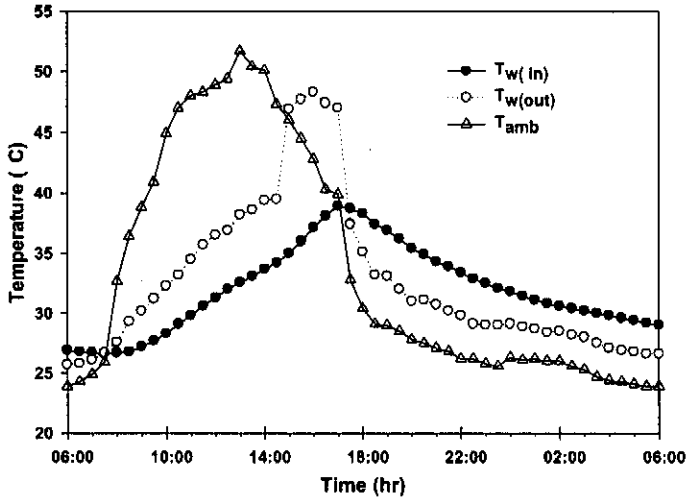
จากค่าการนำความร้อนคำนวณ หาค่าการต้านความร้อนและสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมซึ่งเป็นส่วนกลับของค่าความต้านทานความร้อนดังสมการที่ 1 และสมการที่ 3 ได้ค่า 0.356 m^2K/W และ 2.80 W/m^2K ตามลำดับ

การทดสอบสมบัติการถ่ายเทความร้อนของอิฐ

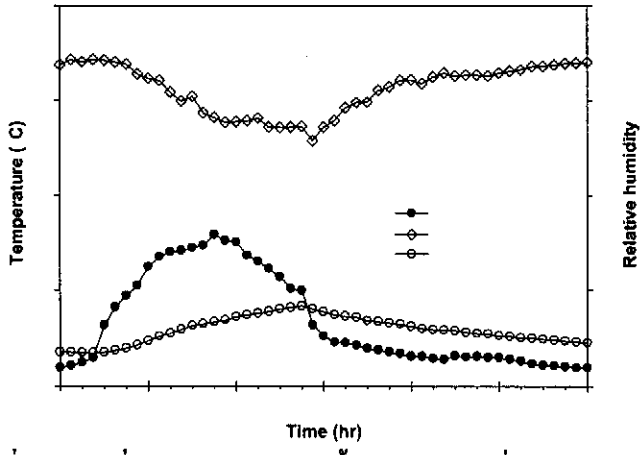
จากการนำอิฐมาจำลองเป็นบ้านเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิโดยทำการวัดอุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T_{amb}) อุณหภูมิผนังภายนอก ($T_{w(out)}$) อุณหภูมิผนังภายใน ($T_{w(in)}$) และอุณหภูมิอากาศภายในบ้าน (T_{center}) และวัดความชื้นภายในบ้าน เป็นเวลา 24 ชั่วโมงได้ผลการทดลองดังนี้



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงระหว่างอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (T_{amb}) กับอุณหภูมิที่ตรงกลางบ้านจำลอง (T_{center})



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงระหว่างอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (T_{amb}) กับอุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอก ($T_{w(out)}$) และอุณหภูมิที่ผิวผนังภายใน ($T_{w(in)}$)



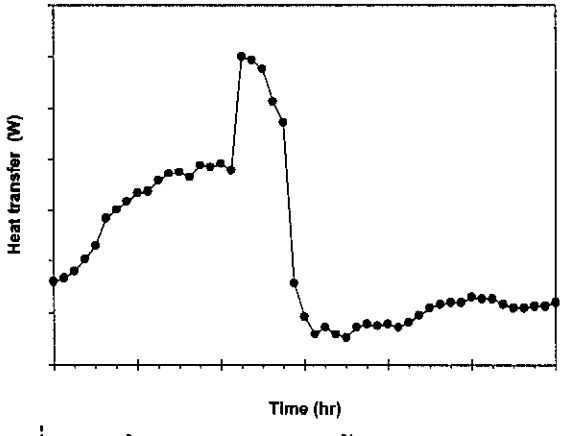
ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของความชื้นกับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (T_{amb})

จากภาพที่ 2-4 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าที่ได้จากวัด เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ระหว่าง 06.00 น. (30 พฤษภาคม 2553) ถึง 06.00 น. (31 พฤษภาคม 2553) ซึ่งเป็นวันที่มีสภาพอากาศแดด และฝนตก ได้แก่ ค่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (T_{amb}) อุณหภูมิผนังภายนอก ($T_{w(out)}$) อุณหภูมิผนังภายใน ($T_{w(in)}$) อุณหภูมิอากาศภายในบ้าน (T_{center}) และค่าความชื้นสัมพัทธ์ โดยพบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ 2 ช่วง คือช่วงที่บ้านจำลองได้รับแสงแดด และช่วงที่บ้านไม่ได้รับแสงแดด โดยมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

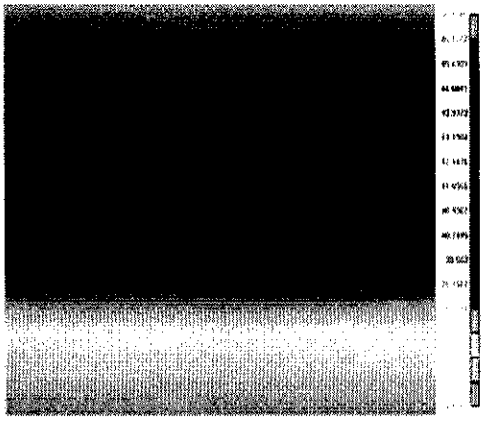
ช่วงเวลา 7.30-17.30 น. (30 พฤษภาคม 2553) บ้านจำลองมีอุณหภูมิอากาศแวดล้อมสูง และสูงที่สุดเวลา ประมาณ 13.00 น (ภาพที่ 2) ตามลักษณะการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ กล่าวคือ ดวงอาทิตย์

เคลื่อนที่ตั้งฉากเวลาประมาณ 13.00 น และตกทางด้านทิศตะวันตก เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบกับผนังภายนอก ความร้อนจะเกิดการสะสมความร้อนที่ผิวผนังภายนอกของบ้านจำลอง ความร้อนนี้จะมีการสูญเสียความร้อนแบบพาความร้อน และแบบแผ่ความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อม ความร้อนส่วนที่เหลือจะถ่ายเทผ่านความหนาไปยังผนังภายในของอิฐด้วยกลไกการพาความร้อนมีการเปลี่ยนแปลงดังภาพที่ 3 และผลจากการใช้เถ้าไม้ยางพาราเป็นส่วนผสมในการทำอิฐ ทำให้อิฐมีความพรุน จึงทำอิฐมีด้านทานความร้อนสูง (นำความร้อนต่ำ) ทำให้อุณหภูมิผิวภายนอกมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิผิวภายใน อีกทั้งอิฐมีค่าความจุความร้อนสูง ทำให้ความร้อนที่ถูกส่งผ่านต่อมายังอาคารก็น้อยลงหรือส่งผ่านได้ช้าลง เกิดความต่างของอุณหภูมิผิวภายนอกกับอุณหภูมิผิวภายในซึ่งมีความต่างของอุณหภูมิมากขึ้นเรื่อยๆ โดยมีค่าสูงสุด 12 °C เวลา 15.00 น. โดยค่าความต่างของค่าสูงสุดของอุณหภูมิผิวภายในและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมหรือ time lag มีค่าเท่ากับ 4.30 ชั่วโมง เมื่อความร้อนผ่านอิฐด้วยกลไกการพาความร้อนผ่านอิฐเข้ามาภายในบ้าน อีกทั้งภายในบ้านยังมีความชื้นสะสมอยู่ ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในบ้านลดลง (ภาพที่ 4) ส่งผลให้ อุณหภูมิที่ตรงกลางบ้านจำลองมีค่าน้อยกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม

แต่เมื่อดวงอาทิตย์เริ่มลับขอบฟ้า ช่วงเวลา 17.30 (30 พฤษภาคม 2553) – 06.00 น. (31 พฤษภาคม 2553) เป็นช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์ อิฐมีการคายความร้อน ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในบ้านมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศสิ่งแวดล้อม มีค่าคงที่ประมาณ 3 °C ความชื้นสัมพัทธ์ภายมีค่าเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 5 การถ่ายเทพลังงานความร้อนผิวภายนอก 46.9 °C



ผิวภายใน 35.0 °C

ภาพที่ 6 การกระจายความร้อนระหว่างผิวภายนอก กับผิวผนังภายในของอิฐ ที่เวลา 15.00 อุณหภูมิผิวผนังภายนอก 46.9 °C อุณหภูมิผิวผนังภายใน 35.0 °C

จากค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมและค่าอุณหภูมิที่ผิวผนังด้านนอกและผิวผนังด้านใน คำนวณค่าพลังงานงานความร้อนที่ถ่ายเทภายในอิฐหรือพลังงานความร้อนที่สะสมภายในอิฐที่ แสดงได้ภาพที่ 5 พบว่าพลังงานความร้อนที่สะสมภายในอิฐมีค่าเพิ่มขึ้น และมีค่าความร้อนสะสมมาก ประมาณ 15.00 น. จากนั้นจะมีค่าลดลง และคงที่ ระหว่าง 18.00 น. – 6.00 น. ค่าการถ่ายเทความร้อนมีค่าคงที่ ประมาณ -1 W

4. สรุป

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา โดยการศึกษาสมบัติทางความร้อนและพฤติกรรมทางความร้อนของอิฐเมื่อสร้างเป็นบ้านจำลอง ซึ่งพบว่าการเติมเถ้าไม้ยางพาราทำให้สมบัติทางความร้อนเปลี่ยนแปลง นั้นคือ อิฐมีค่าความจุความร้อนต่ำ และค่าการ นำความร้อนต่ำ เกิดจากการที่เถ้าไม้ยางพารา มีความพรุน มีลักษณะเป็นโพรง เกิดการสะสมความร้อน เกิดเป็นฉนวนภายในอิฐ ซึ่งเมื่อนำไปสร้างเป็นบ้านจำลอง ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ผิวผนังด้านนอก ผิวผนังด้านใน อุณหภูมิที่กลางบ้าน และค่าความชื้นของบ้าน เป็นเวลา 24 ชั่วโมงพบว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่แตกต่าง 2 ช่วงเวลานั้นคือช่วงที่อิฐได้รับอิทธิพลจากรังสีของดวงอาทิตย์ และอิฐไม่ได้รับได้รับอิทธิพลจากรังสีของดวงอาทิตย์ อิฐมีการหน่วงความร้อนทำให้เกิด time lag ขึ้น เท่ากับ 4.30 ชั่วโมง เหมาะสมกับอาคารที่ต้องการอนุรักษ์พลังงานการใช้งาน เนื่องจากสามารถป้องกันการส่งผ่านความร้อนได้ดีในช่วงเวลากลางวันและสามารถเก็บอุณหภูมิไว้ในช่วงเวลากลางคืนทำให้สภาพอุณหภูมิภายในอาคารไม่เปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อมทำให้อากาศภายในอาคารอบอุ่น ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

5. เอกสารอ้างอิง

กานต์ สุขสงญาติ อิทธิพงศ์ ชัยสายัณห์ อำนาจ จันทร์กระพ้อ ปรีดา จันทวงษ์ วิชาญ วิมานจันทร์ และ พิชัย นามประกาย. 2550. การศึกษาเปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์ระหว่างบ้านที่ใช้ผนังอิฐมอญกับผนังมวลเบาด้านการถ่ายเทความร้อนและคุณสมบัติทางความร้อน. **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ**. 17(2) : 34 – 42.

โยธิน อึ่งกูล จงจิตร์ หิรัญลาภ ปัญญา ยอดโอวาท และ โจเซฟ เดดารี. คุณสมบัติของความร้อนเฉื่อยของคอนกรีตมวลเบา, **การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 10**. ชลบุรี 2 – 4 พฤษภาคม 2548 : 144 – 149

สำนักนโยบายพลังงานและแผนพลังงาน, 2554. สถานการณ์พลังงานในปี 2550 และแนวโน้มปี 2551, **กระทรวงพลังงาน.**

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

สมบูรณ์ พันเลิศจำนรรจ์ และสุชาติ เอื้อไตรรัตน์. 2554. การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของปอดแลนด์ซีเมนต์ผสม. **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก.** 4(2) : 87- 90.

Ungkoon, Y., 2005. **A preliminary Study of hydrothermal performance of autoclaved aerated concrete blocks under hot humid climate of Thailand.** Proceeding of Thailand Conference Passive and low Energy Cooling for the Built Environment (PLANCE 2005). 19 – 21 May 2005 Santorini, Greece, pp. 493 – 499.