การทดลองใช้ผนังคอนกรีตร่วมกับแกลบและไม้ไผ่เพื่อลดความร้อนรับก่อนเข้าสู่อาคาร

รับเมื่อ: 27 ธันวาคม 2567
แก้ไขเมื่อ: 31 ธันวาคม 2567
ตอบรับเมื่อ: 31 ธันวาคม 2567

นิรันดร์ วัชโรดม[1*] และ เอกชัย รัตนบรรลือ[1]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี
E-mail: niran.w@rmutsb.ac.th*

บทคัดย่อ

โดยในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการขยายตัวของเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดโครงการก่อสร้างอาคารและบ้านเรือนเป็นจำนวนมากเทคโนโลยีการก่อสร้างอาคารจึงได้เข้ามามีบทบาทสำคัญเพื่อตอบสนอง ความเจริญที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งเทคโนโลยีผนังที่นิยมนำมาใช้ในปัจจุบันคือ ผนังสำเร็จรูป ซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง และไม่เป็นมิตรกับผู้อยู่อาศัยและระบบนิเวศน์โดยวัสดุส่วนใหญ่ทำจาก ผงซีเมนต์ โฟม EPS ซึ่งส่งผลต่อสุขภาพผู้อยู่อาศัยและสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันอุตสาหกรรมการเกษตรจะมีการทิ้งหรือเผาทำลายขยะอินทรีย์เป็นจำนวนมากจากอุตสาหกรรมเกษตรทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของผนังคอนกรีตร่วมกับแกลบและไม้ไผ่ ทำการทดสอบประสิทธิภาพทางความร้อนของบ้านทดสอบ 3 หลัง โดยผนังทั่วไปเป็นผนังกรุสมาร์ทบอร์ดแต่ละหลังมีขนาดเท่ากันคือ 1.20 x 1.20 x 1.20 ม^3 โดยผนังทดสอบ หนา 10 ซม. หันไปด้านทิศใต้ คือผนังบ้านที่ 1 ผนังสมาร์ทบอร์ด ผนังบ้านที่ 2 ผนังคอนกรีตผสมเส้นใยมะพร้าว ผนังบ้านที่ 3 ผนังคอนกรีตผสมแกลบและไม้ไผ่ ผลการทดสอบพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยผิวผนังภายในแต่ละห้องแตกต่างกัน 1-5 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: สมรรถนะทางความร้อน, ผนัง, แกลบ, ไม้ไผ่

Experimental with Concrete Walls Combined with Rice Husks and Bamboo to Reduce Heat Gain before Entering the Building

Received: 27 December 2024
Revised: 31 December 2024
Accepted: 31 December 2024

Niran Watchrodom[1*] and Aekchai Rattanabanlue[1]

[1] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Suvarnnabhuma, Suphan buri.

E-mail: niran.w@rmutsb.ac.th *

Abstract

Currently, Thailand is experiencing continuous economic growth, leading to numerous construction projects for buildings and residences. Construction technology has thus become a significant factor in accommodating this rapid development. One of the most popular technologies for building walls today is the use of prefabricated walls. However, these walls are relatively expensive and not environmentally friendly or suitable for residents' health. Most of the materials used, such as cement powder and EPS foam, negatively impact both the inhabitants and the ecosystem. Additionally, the agricultural industry generates a significant amount of organic waste, which is often discarded or burned, causing environmental pollution. This research aims to study the thermal performance of concrete walls combined with rice husks and bamboo. The study evaluates the thermal efficiency of three test houses, each with walls made from different materials but of the same dimensions: 1.20 x 1.20 x 1.20 m^3. The test walls, 10 cm thick, face south and consist of the following configurations: House 1 uses standard Smart Board walls, House 2 uses concrete mixed with coconut fibers, and House 3 uses concrete mixed with rice husks and bamboo. The test results revealed that the average inner wall surface temperatures in each room differed by 1–5 degrees Celsius.

Keywords: Thermal Performance, Wall, Rice Husk, Bamboo

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันสภาวะโลกร้อนขยายเป็นวงกว้างทั่วโลก ผนังอาคารเป็นส่วนที่ได้รับความร้อนรองลงมาจากหลังคา ประกอบกับขยะอินทรีย์ในภาคการเกษตรกรรมในปี 2560 มีมากถึง 64% ของขยะทั้งประเทศ โดยปกติการกำจัดขยะอินทรีย์นั้นจะมุ่งเน้นไปที่การเผาทำลาย หรือนำไปทิ้งในแม่น้ำลำคลองที่สาธารณะต่าง ๆ ซึ่งเพิ่มปัญหาให้กับภาวะโลกร้อน รวมถึงระบบนิเวศน์และสภาพแวดล้อม ภาคสถาปัตยกรรมได้ให้ความสนใจในเรื่องการนำขยะอินทรีย์เข้ามาเป็นส่วนผสมของวัสดุก่อสร้าง เพื่อใช้คุณสมบัติของเซลลูโลสธรรมชาติในการช่วยลดความร้อน และเป็นการนำทรัพยากรจากธรรมชาติกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เพื่อลดกระบวนการที่ก่อให้เกิดผลกระทบกับโลก โดยมีงานวิจัยมากมายที่ทำการออกแบบผนัง หรือใช้วัสดุธรรมชาติมาดัดแปลงเป็นวัสดุก่อสร้างใหม่ที่ช่วยลดความร้อนให้กับอาคาร

โรสลีนา จาราแว [1] ได้ทำการทดลองฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยธรรมชาติซึ่งประกอบด้วยหญ้าคา เส้นใยมะพร้าว กาบกล้วย ฟางข้าว และกาบหมาก และใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสานให้วัสดุ โดยฉนวนมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบขนาด 15 x 15 x 3 ซม. ผลการวิจัยพบว่า สามารถนำวัสดุธรรมชาติทั้ง 5 มาผลิตเป็นฉนวนกันความร้อนได้ นรากร พุทธโฆษ์ และ ชูพงษ์ ทองคำสมุทร [2] ศึกษาผนังอาคารจากวัสดุเหลือใช้ประกอบด้วยวัสดุแกลบ และกล่องบรรจุภัณฑ์นมเหลือใช้ ทำการสร้างเซลล์ทดสอบจากโฟมโพลีสไตรีนหนา 6 นิ้ว โดยทดสอบสามรูปแบบ ได้แก่ ผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีกล่องบรรจุภัณฑ์นมติดตั้งอยู่ภายใน และผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีกล่องบรรจุภัณฑ์นมบรรจุแกลบติดตั้งอยู่ภายใน โดยการหันผนังทดสอบไปทางทิศใต้ โดยผลการทดลองทำให้อุณหภูมิอากาศภายในเข้าใกล้สภาวะน่าสบายมากยิ่งขึ้น พันธุดา พุฒิไพโรจน์ [3] ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานในการปรับอากาศระหว่างผนังคอนกรีตมวลเบาชั้นเดียวและสองชั้นทำการทดลองโดยใช้อาคารจริงห้องขนาด 8 ตร.ม. จำนวน 2 ห้อง ซึ่งมีผนังภายนอกอาคารที่แตกต่างกันระหว่างคอนกรีตมวลเบาหนึ่งชั้นและสองชั้น จากการจำลองผลการใช้พลังงานโดยโปรแกรม Energy Plus เพื่อเปรียบเทียบผลระหว่างสองวิธีพบว่าการใช้คอนกรีตมวลเบาสองชั้นจะประหยัดพลังงานในการปรับอากาศมากกว่าการใช้คอนกรีตมวลเบาชั้นเดียว ผลการจำลองในเวลากลางคืนพบว่าคอนกรีตมวลเบาสองชั้นสามารถประหยัดพลังงานได้ค่อนข้างน้อย ผนังสองชั้นใช้พลังงานต่อชั่วโมง 0.118 kWh และผนังชั้นเดียวใช้พลังงาน 0.119 kWh กนกอร หั้นเจริญ และ สุธารัตน์ โชติกประคัลภ์ [4] ศึกษาการทำฉนวนกันความร้อนจากแกน ขั้ว และเปลือกสับปะรด โดยปั่นกวนในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 20% โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปเป็นฉนวนกันความร้อนโดยการพ่นประสานด้วยกาวน้ำ ให้มีขนาดกว้าง x ยาว x หนา ที่ 20 x 20 x 20 ซม^3 มีความหนาแน่น 300 กิโลกรัม/ม^3 โดยค่าการนำความร้อนของฉนวนจากแกน ขั้ว และเปลือกสับปะรดมีค่า 0.0402±0.0004, 0.0320±0.0002 และ 0.0713±0.0002 วัตต์/เมตรเคลวิน ตามลำดับ โสภา วิศิษฏ์ศักดิ์ และคณะ [5] ได้ออกแบบบล็อกซีเมนต์ขาวผสมฟางข้าวเสริมลำไผ่ เป็นวัสดุก่อสร้างผนังอาคารสำเร็จรูปตามมาตรฐานกระทรวงอุตสาหกรรม มอก.58-2533 ประเภทคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ขนาดความยาว 39 ซม. สูง 19 ซม. และหนา 7 ซม. โดยประยุกต์ใช้ไม้ไผ่ทั้งลำเพื่อช่วยเสริมการรับแรงตามแนวตั้ง ช่วยลดน้ำหนัก ลดปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์และทราย และยังมีอุณหภูมิต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไปถึง 2.62 องศาเซลเซียส ปนัดดา ปานแดง และคณะ [6] ได้ทดลองใช้ใยพืชที่ผสมกับซีเมนต์ ได้แก่ ขุยมะพร้าว แกลบ ฟางข้าว และเสริมตรงกลางก้อนอิฐด้วยไม้ไผ่แนวตั้ง โดยใช้ ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน : ทรายหยาบ 2 ส่วน : ใยพืช 1 ส่วน โดยปริมาตร ทำให้มีค่าน้ำหนักต่อก้อน 7.36 กิโลกรัม ซึ่งสามารถลดส่วนผสมหลัก 25% จากอิฐบล็อกปกติ และพบว่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบ มีความใกล้เคียงกันทุกกล่อง เนื่องจากเมื่อนำใยพืชผสมกับซีเมนต์เป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้มีการเปลี่ยนคุณสมบัติของมวลน้อยมาก ในด้านความชื้นสัมพัทธ์ พบว่า

ซีเมนต์ผสมแกลบมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุด และซีเมนต์ผสมฟางข้าวมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำที่สุด

ในปัจจุบันมีเศษแกลบและไม้ไผ่เหลือใช้จากงานอุตสาหกรรมและการเกษตรจำนวนมาก ส่วนใหญ่มักถูกนำไปทิ้งและเผาทำลาย ซึ่งแกลบมีค่าความเป็นฉนวนสูงและไม้ไผ่ตั้งแต่ในอดีตสามารถนำมาใช้เป็นโครงสร้างตั้งแต่งานขนาดเล็กจนถึงงานโครงสร้างขนาดใหญ่ ทั้งสองวัสดุสามารถนำมาพัฒนาเป็นผนังกันความร้อนได้ งานวิจัยนี้มีความสนในการพัฒนาและศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของผนังคอนกรีตร่วมกับแกลบและไผ่ ซึ่งการทดลองจะทำการศึกษาเปรียบเทียบกับผนังสมาร์ทบอร์ดซึ่งมีช่องว่างอากาศตรงกลางและผนังคอนกรีตผสมเส้นใยมะพร้าว ซึ่งมีลักษณะการผสมวัสดุธรรมชาติ ที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนเช่นเดียวกัน

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

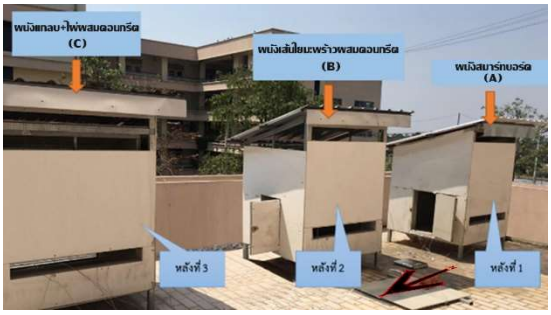
เพื่อออกแบบและทดสอบคุณสมบัติทางความร้อนของผนังแกลบและไม้ไผ่ผสมคอนกรีต กับผนังสมาร์ทบอร์ด และผนังเส้นใยมะพร้าวผสมคอนกรีต

3. วัสดุและวิธีการวิจัย

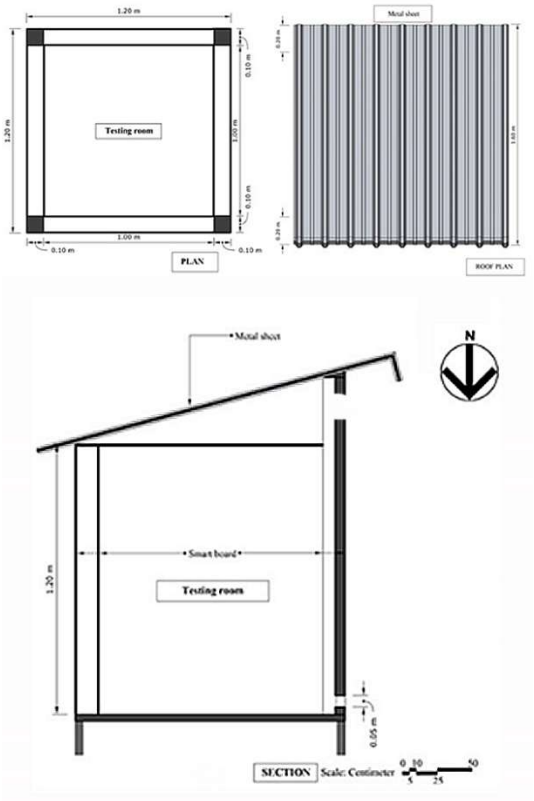
บ้านทดลองขนาด 1.20 x 1.20 x 1.20 ม^3 จำนวน 3 หลัง ได้ถูกสร้างขึ้นที่ดาดฟ้าอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ อาคาร 10 ชั้น 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี ที่พิกัด 14.721460 องศาเหนือ และ 100.109486 องศาตะวันออก ตัวบ้านทดลองทั้ง 3 หลัง มีผนัง 3 ด้านที่กรุด้วย สมาร์ทบอร์ดหนา 6 มิลลิเมตร 2 ชั้น มีช่องว่างอากาศตรงกลาง และความหนารวมของผนังคือ 10 เซนติเมตร ส่วนผนังด้านทิศใต้ใช้วัสดุที่แตกต่างกันไปตามตารางที่ 1 และทุกวัสดุมีความหนารวม 10 ซม. เช่นกัน ตัวห้องทดลองยกสูงด้วยขาตั้งเหล็ก จากพื้น 0.20 เมตร หลังคามุงด้วยเหล็กเคลือบรีดลอน (เมทัลชีท) สีขาว ด้านหน้าฝั่งทิศตะวันตก มีการเจาะช่องระบายอากาศที่ด้านบนและด้านล่าง เป็นการระบายอากาศแบบธรรมชาติ บ้านทดลองดูได้จากรูปที่ 1 และรายละเอียดดูได้จาก รูปที่ 2

ตารางที่ 1 รูปแบบที่แตกต่างกันของผนังของบ้านจำลอง 3 หลัง

บ้านจำลอง	ผนัง
หลังที่ 1	ผนังสมาร์ทบอร์ด (A)
หลังที่ 2	ผนังเส้นใยมะพร้าวผสมคอนกรีต (B)
หลังที่ 3	ผนังแกลบและไม้ไผ่ผสมคอนกรีต (C)



รูปที่ 1 บ้านทดลองบนดาดฟ้า



รูปที่ 2 ขนาดของบ้านทดลองทั้ง 3 หลัง

Thermocouples (Type K) ถูกติดตั้งเพื่อทดสอบด้านอุณหภูมิในตำแหน่งต่าง ๆ โดยทั้ง 3 หลังมีตำแหน่งติดตั้งต่าง ๆ ดังนี้

ผนังสมาร์ทบอร์ด (A)

T wall 1 (A) = ด้านนอกผนังสมาร์ทบอร์ด

T wall 2 (A) = ด้านในผนังสมาร์ทบอร์ด

T room (A) = กึ่งกลางห้อง

ผนังคอนกรีตผสมเส้นใยมะพร้าว (B)

T wall 1 (B) = ด้านนอกผนังคอนกรีตผสมเส้นใยมะพร้าว

T wall 2 (B) = ด้านในผนังคอนกรีตผสมเส้นใยมะพร้าว

T room (B) = กึ่งกลางห้อง

ผนังคอนกรีตผสมแกลบและไผ่ (C)

T wall 1 (C) = ด้านนอกผนังคอนกรีตผสมแกลบและไผ่

T wall 2 (C) = ด้านในผนังคอนกรีตผสมแกลบและไผ่

T room (C) = กึ่งกลางห้อง

สำหรับการติดตั้ง Thermocouples ที่ผนังทั้งภายนอกและภายในเป็นผนังด้านทิศใต้ หรือทิศที่มีวัสดุแตกต่างกัน

<u>ช่วงเวลาการทดลอง</u>

การทดลองเริ่มต้นที่เวลา 18.00 นาฬิกา ถึง 18.00 นาฬิกา ของอีกวันหนึ่ง โดยทำการบันทึกข้อมูลทุก 15 นาที การวัดกระทำในช่วงวันที่ 28 มี.ค. – 5 เม.ย. 2565

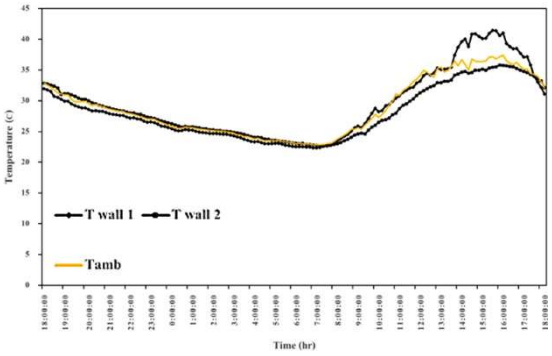
4. อุปกรณ์ที่ใช้

4.4.1 เครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger) ยี่ห้อ HIOKI รุ่น LR8431-20 Pro สำหรับบันทึกข้อมูล

4.4.2 Thermocouple type K ยี่ห้อ OMEGA ชนิด Neoflon PFA (0–26°C, มีค่าการเบี่ยงเบน -18.87°C ที่อุณหภูมิ 200.00°C)

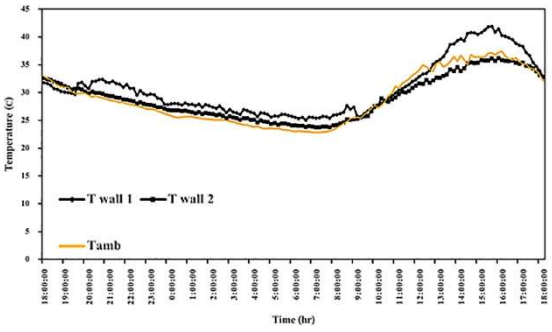
5. ผลการทดลอง

รูปที่ 3 แสดงอุณหภูมิที่ผนังภายในและภายนอกของผนังสมาร์ทบอร์ด ในบ้านทดลอง (A) โดยอุณหภูมิภายนอกของผนังสมาร์ทบอร์ดเริ่มขึ้นสูงมากในช่วงเวลาประมาณ 14.00 น. และอุณภูมิขึ้นสูงสุดในเวลา 16.00 – 16.15 น. สูงถึง 41°C ส่วนอุณหภูมิผนังสมาร์ทบอร์ดภายในมีอุณหภูมิสูงสุดในเวลา 16.15 น. 36.5°C ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีความต่างของอุณหภูมิสูงสุดภายในและภายนอก 4.5°C



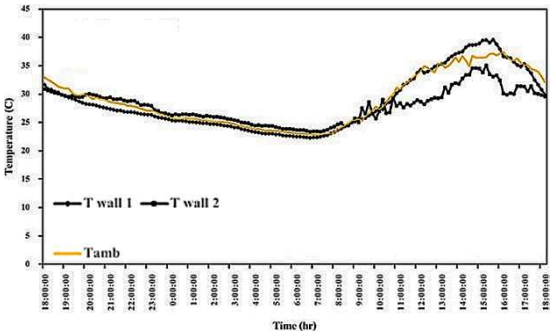
รูปที่ 3 อุณหภูมิภายในและภายนอกผนังของสมาร์ทบอร์ดในบ้านทดลอง (A) 28 มี.ค.2565

รูปที่ 4 แสดงอุณหภูมิที่ผนังภายในและภายนอกของผนังคอนกรีตผสมในมะพร้าว ในบ้านทดลอง (B) โดยอุณหภูมิภายนอกของผนังคอนกรีตผสมในมะพร้าว เริ่มขึ้นสูงมากในช่วงเวลาประมาณ 13.45 น. และอุณภูมิขึ้นสูงสุดในเวลา 15.45 น. ถึง 42°C ส่วนอุณหภูมิผนังคอนกรีตผสมใยมะพร้าวภายใน มีอุณหภูมิสูงสุดในเวลา 16.00 น. เท่ากับเวลา 15.45 น. คือเท่ากับ 36.0°C ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีความต่างของอุณหภูมิสูงสุดภายในและภายนอกถึง 6.0°C



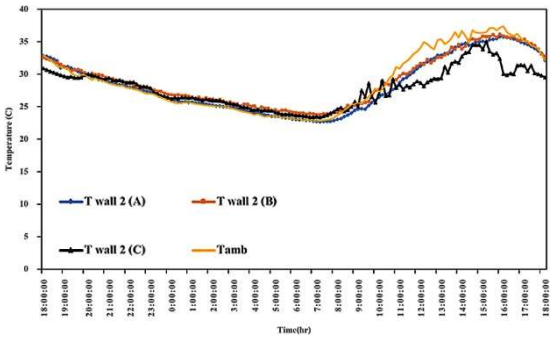
รูปที่ 4 อุณหภูมิภายในและภายนอกผนังคอนกรีตผสมใยมะพร้าว ในบ้านทดลอง (B) 30 มี.ค.2565

ส่วนในรูปที่ 5 แสดงอุณหภูมิที่ผนังภายในและภายนอกของผนังคอนกรีตผสมแกลบและไม้ไผ่ ในบ้านทดลอง (C) โดยอุณหภูมิภายนอกของผนังคอนกรีตผสมแกลบและไม้ไผ่ เริ่มขึ้นสูงมากในช่วงเวลาประมาณ 12.00 น. และอุณภูมิขึ้นสูงสุดในเวลา 15.30 น. สูงถึง 40°C ส่วนอุณหภูมิผนังคอนกรีตผสมแกลบและไม้ไผ่ภายใน มีอุณหภูมิสูงสุดในเวลาเดียวกัน 15.30 น. 35.0°C ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีความต่างของอุณหภูมิสูงสุดภายในและภายนอก 5.0°C



รูปที่ 5 อุณหภูมิภายในและภายนอกผนังของผนังคอนกรีตผสมแกลบและไม้ไผ่ ในบ้านทดลอง (C)

ส่วนการเปรียบเทียบข้อมูลอุณหภูมิของผนังภายในของบ้านทดลองทั้ง 3 หลัง เป็นไปดังกราฟในรูปที่ 6



รูปที่ 6 อุณหภูมิภายในผนังของบ้านทดลองทั้ง 3 หลัง เปรียบเทียบกัน (5 เม.ย.2565)

จากกราฟจะเห็นได้ว่า เส้นกราฟอุณหภูมิของผนังภายในบ้านทดลองทั้ง 3 หลังมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิแวดล้อม (Ambient temperature) โดยค่าอุณหภูมิภายในของผนังสมาร์ทบอร์ดในบ้านทดลอง (A) และผนังคอนกรีตผสมใยมะพร้าว ในบ้านทดลอง (B) มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนผนังคอนกรีตผสมแกลบและไม้ไผ่มีอุณหภูมิภายในผนังต่ำที่สุด ถึงแม้รูปแบบกราฟค่อนข้างมีความผันผวน ซึ่งความผันผวนนี้อาจเกิดจากลม และการสร้างผนังคอนกรีตซึ่งมีแกนกลางเป็นไม้ไผ่ด้วยมือ และอาจมีความไม่สม่ำเสมอของเนื้อวัสดุภายใน ทำในการถ่ายเทความร้อนภายในผนังอาจเกิดขึ้นแบบผันผวน

จากรูปที่ 6 อุณหภูมิแวดล้อมภายนอกขึ้นสูงสุดในเวลา 16.15 น. ที่ 37.5°C ซึ่งในเวลาดังกล่าว ผนังสมาร์ทบอร์ดและผนังคอนกรีตผสมใยมะพร้าวมีอุณหภูมิ 35.5°C ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 2°C แต่ผนังคอนกรีตผสมแกลบและไม้ไผ่มีอุณหภูมิเพียง 30°C ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกถึง 7.5°C

5. อภิปรายและสรุปผล

จากการทดลองสามารถสรุปได้เป็นข้อ ๆ ดังนี้

- วัสดุทั้ง 3 ประเภท คือ ผนังสมาร์บอร์ด ผนังคอนกรีตผสมใยมะพร้าว และผนังคอนกรีตผสมแกลบและไม้ไผ่ มีคุณสมบัติทำให้อุณหภูมิภายในลดลงได้ เมื่อทำงานร่วมกับการระบายอากาศ

- ผนังคอนกรีตผสมแกลบและไม้ไผ่สามารถลดอุณหภูมิภายในผนังได้ดีที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยที่ 1 - 5°C ในช่วงเวลา 14.00 – 18.00 น. โดยมีค่าสูงสุดถึง 7.5°C ที่แตกต่างกับผนังสมาร์บอร์ด และผนังคอนกรีตผสมใยมะพร้าว

- ความผันผวนของรูปแบบกราฟอุณหภูมิของผนังคอนกรีตผสมแกลบและไม้ไผ่อาจเกิดจากลม และการสร้างผนังคอนกรีตซึ่งมีแกนกลางเป็นไม้ไผ่ด้วยมือ ซึ่งอาจมีความไม่สม่ำเสมอของเนื้อวัสดุภายใน ทำในการถ่ายเทความร้อนภายในผนังอาจเกิดขึ้นแบบผันผวน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย งานวิจัยนี้รับการสนับสนุนจาก เงินกองทุนส่งเสริมงานวิจัย งบประมาณประจำปี พ.ศ. 2565

เอกสารอ้างอิง

[1] โรสลีนา จาราแว. (2559). *รายงานวิจัย เรื่อง การพัฒนาฉนวนกันความร้อนจากพืชในเขตท้องถิ่น.* https://wb.yru.ac.th/bitstream/yru/4191/1/16โรสลีนา.pdf

[2] นรากร พุทธโฆษ์ และ ชูพงษ์ ทองคำสมุทร. (2553). การพัฒนาผนังอาคารจากวัสดุเหลือใช้เพื่อปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคาร กรณีศึกษา: ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย. *วารสารสิ่งแวดล้อมสรรค์สร้างวินิจฉัย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น,* 9 (1), 26-34. สืบค้นจาก https://so01.tci-thaijo.org/index.php/arch-kku/article/view/45308/37490

[3] พันธุดา พุฒิไพโรจน. (2553). การศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานในการปรับอากาศระหว่างผนังคอนกรีตมวลเบาชั้นเดียวและสองชั้น. Veridian E – Journal, Silpakorn University, 3 (1), 36-47. สืบค้นจาก file:///C:/Users/ASUS/Downloads/boonsri1,+Journal+manager,+art_03.pdf

[4] กนกอร หั้นเจริญ และ สุธารัตน์ โชติกประคัลภ์. (2559). การศึกษาสภาพนำความร้อนของฉนวนกันความร้อนที่ผลิตจากเส้นใยของแกนและขั้วสับปะรด. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51: สาขาวิทยาศาสตร์, สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.* (น. 50-56). ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

[5] โสภา วิศิษฏ์ศักดิ์ และคณะ. (4 พฤษภาคม 2560). *บล็อกซีเมนต์ขาวผสมฟางข้าวเสริมลำไผ่.* สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=36629

[6] ปนัดดา ปานแดง และคณะ. (2564). บล็อกซีเมนต์เสริมลำไม้ไผ่ผสมใยพืช. *วารสารสิ่งแวดล้อมสรรค์สร้างวินิจฉัย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น,* 20 (3), 95-109. สืบค้นจาก https://so01.tci-thaijo.org/index.php/arch-kku/article/view/248958/169738