

สมรรถนะเชิงความร้อนของฉนวนกันความร้อน: การติดตั้งฉนวนกันความร้อน ใต้หลังคาเมทัลชีท

วลี อมาตยกุล¹, จิระศักดิ์ พุกดำ^{2,*}, ดิษฐา นนทิวรวงษ์³, วิทยา พวงสมบัติ⁴

¹วิทยาลัยผู้ประกอบการสร้างสรรค์นานาชาติรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

^{2,*}สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรอาคาร คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

³คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

⁴สุตกำแพง ถนนพหลโยธิน ต.โกสัมพี อ.โกสัมพีนคร จ.กำแพงเพชร

Email: jirasak.puk@rmutr.ac.th*

Received: Feb 3, 2023

Revised: Apr 14, 2023

Accepted: May 31, 2023

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอสมรรถนะเชิงความร้อนของฉนวนกันความร้อนที่ติดตั้งใต้หลังคาเมทัลชีท บ้านทดสอบ 3 หลังได้ถูกนำมาใช้ในการทดสอบ โดยที่บ้านทดสอบหลังที่ 1 ติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิด โยแก้ว (HGW) บ้านทดสอบหลังที่ 2 ติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิดใยหิน (HAB) และบ้านทดสอบหลังที่ 3 เป็นบ้านอ้างอิง (Ref) หลังคาบ้านเป็นหลังคาเพิงแหงนที่มีมุมหลังคา 5° และมีปริมาตรห้องและห้องใต้หลังคา อยู่ที่ 22.5 m^3 และ 5.4 m^3 ตามลำดับ สมรรถนะเชิงความร้อนของฉนวนกันความร้อนแสดงในรูปของ อุณหภูมิ ความร้อนผ่านฝ้าเพดานและเปอร์เซ็นต์การลดลงของความร้อนผ่านฝ้าเพดาน จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่าบ้าน HGW มีอุณหภูมิของฉนวนต่ำกว่าบ้าน HAB อยู่ในช่วง 0.2°C ถึง 3.2°C ในขณะที่การ ลดลงของอุณหภูมิห้องใต้หลังคาสูงสุดของบ้าน HGW และ บ้าน HAB เท่ากับ 5.7°C และ 4.8°C เมื่อเทียบกับบ้านอ้างอิง นอกจากนี้ บ้าน HGW และ บ้าน HAB มีค่าความร้อนส่งผ่านฝ้าเพดานต่ำกว่าบ้านอ้างอิง ในขณะที่บ้าน HGW และ บ้าน HAB มีค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของความร้อนผ่านฝ้าเพดานเมื่อเทียบกับบ้าน อ้างอิงถึง 50.75% และ 37.60% ตามลำดับ

คำสำคัญ : หลังคาเมทัลชีท, ฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้ว, ฉนวนกันความร้อนชนิดใยหิน, สมรรถนะเชิงความร้อน, ความร้อนผ่านฝ้าเพดาน

Thermal performance of thermal insulation: Installing the thermal insulation under the metal sheet roof

Valee Amatayakul¹, Jirasak Pukdum^{2,*}, Dittha Nonthiworawong³,
Withaya Puangsombut⁴

¹Rattanakosin International College of Creative Entrepreneurship
Rajamangala University of Technology Rattanakosin

^{2,*}Department of Facility Management, Faculty of Architecture and Design,
Rajamangala University of Technology Rattanakosin

³Faculty of Architecture and Design, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

⁴Sood-Kamphaeng, Phaholyothin Rd, Kosamphi, Kosamphi Nakhon, Kamphaeng Phet Thailand
Email : jirasak.puk@rmutr.ac.th*

Received: Feb 3, 2023

Revised: Apr 14, 2023

Accepted: May 31, 2023

Abstract

This paper presents the thermal performance of the thermal insulation installed under the metal sheet roof. Three test houses were utilized in the experiments. First test house installed the glass wool thermal insulation (HGW), the second test house installed the asbestos thermal insulation (HAB) and the third test house was a reference house (Ref). The roof was fixed 5° (shed roof), and the volume of the room and the attic was 22.5 m³ and 5.4 m³, respectively. The thermal performance of the thermal insulation was expressed in terms of temperature, ceiling heat gain and percent heat gain reduction. The experiments show that the HGW had an insulation temperature lower than the HAB between 0.2°C to 3.2°C, while the maximum attic temperatures reduction of HGW and HAB were 5.7°C and 4.8°C, respectively. Moreover, the HGW and HAB were reduced the ceiling heat transfer than a reference house, while the percentage ceiling heat gain reduction of HGW and HAB achieved to 50.75% and 37.60%, respectively.

Keywords : Metal sheet roof, Glass wool thermal insulation, Asbestos thermal insulation, Thermal performance, Ceiling heat gain

บทนำ

หลังคาเป็นส่วนประกอบของอาคารและบ้านพักอาศัยที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการรับรังสีอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาเข้าสู่บริเวณที่พักอาศัยและบริเวณใช้ประโยชน์ภายในอาคาร ส่งผลให้เกิดการสะสมความร้อนภายในบริเวณดังกล่าวและเกิดความไม่สบายเชิงความร้อนต่อผู้อยู่อาศัย ทำให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและอุปกรณ์อื่น ๆ เพื่อทำให้เกิดความสบายต่อผู้อยู่อาศัยภายในอาคารและที่พักอาศัยนั้น ๆ จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ได้มีการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานภายในอาคารอย่างต่อเนื่อง ซึ่งประกอบไปด้วย การศึกษาการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา [1] ผนังอาคาร [2-3] หน้าต่าง [4-5] และการลดความร้อนสะสมภายในห้องใต้หลังคา [6] และภายในส่วนของห้องพักอาศัย [7-8] ซึ่งสามารถลดความร้อนผ่านกรอบอาคารและความร้อนสะสมภายในอาคารที่เป็นสาเหตุของการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้เป็นอย่างดี

อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยนั้นตั้งอยู่ในเขตที่มีค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยค่อนข้างสูงตลอดทั้งปี [9] อีกทั้งยังมีสภาพภูมิอากาศเป็นแบบร้อนชื้น [10] ซึ่งมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนและการสะสมความร้อนภายในอาคารเป็นอย่างยิ่ง และอาคารแต่ละประเภทก็มีความต้องการการใช้อุปกรณ์สำหรับลดการถ่ายเทความร้อนที่มีความแตกต่างกันเพื่อให้เหมาะสมกับอาคารนั้น ๆ ซึ่งการใช้ฉนวนกันความร้อนหรือแผ่นสะท้อนความร้อนก็ยังเป็นสิ่งได้รับความนิยมในปัจจุบัน โดยการติดตั้งฉนวนกันความร้อนหรือแผ่นสะท้อนความร้อนนั้นมีการติดตั้งในรูปแบบที่แตกต่างกันตามลักษณะการใช้งานของอาคารหรือบ้านพักอาศัยนั้น ๆ Puangsombut [11] ได้ทำการศึกษาการลดความร้อนผ่านฝ้าเพดานโดยการติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิดฉนวนใยแก้วกับบ้านทดสอบขนาดเล็ก

เพื่อเปรียบเทียบกับบ้านทดสอบปกติที่ไม่ได้ติดตั้งฉนวนกันความร้อน ซึ่งสามารถลดความร้อนถ่ายเทผ่านฝ้าเพดานเฉลี่ยได้ $2-4 \text{ W/m}^2$ และในชุดการทดสอบเดียวกัน ได้ทำการติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อนที่ได้หลังคาเปรียบเทียบกับการติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อนบนฝ้าเพดาน ซึ่งจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อนได้หลังคาสามารถลดการถ่ายเทความร้อนผ่านฝ้าเพดานได้ในช่วงใกล้เคียงกัน ต่อมา Dechjirakul และ Chindavanig [12] ได้ศึกษาการติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้วกับผนังอาคาร โดยการศึกษาใช้วิธีการวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร จากการศึกษาพบว่า อาคารที่มีการออกแบบอาคารของอัตราส่วนพื้นที่ของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมดเท่ากับหรือมากกว่า 30% ของอาคารจะมีผลให้ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารผ่านเกณฑ์ตามที่กระทรวงพลังงานกำหนด และฉนวนใยแก้วที่มีความหนาแน่น 16 kg/m^3 ความหนา 25 mm มีความคุ้มค่ามากที่สุดในทุกอัตราส่วนพื้นที่ของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด

ในปัจจุบันอาคารและบ้านพักอาศัยบางส่วนได้มีการออกแบบหลังคาเป็นหลังคาเมทัลชีท (Metal sheet roof) ซึ่งเป็นหลังคาที่ได้รับความนิยมเนื่องจากมีน้ำหนักเบาและสามารถเลือกความยาวของหลังคาได้ตามต้องการ อีกทั้งสะดวกต่อการติดตั้ง และจากการทดสอบของ [11] ในบทความนี้จึงได้ทำการศึกษาทดลองโดยการติดตั้งฉนวนกันความร้อนได้หลังคาเมทัลชีทของบ้านทดสอบเพื่อเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารกับบ้านทดสอบปกติที่ไม่ได้ติดตั้งฉนวนกันความร้อน โดยฉนวนกันความร้อนที่ใช้ในการทดสอบนี้มีด้วยกัน 2 แบบ ดังแสดงในหัวข้ออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและทฤษฎี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านฝ้าเพดาน ในกรณีติดตั้งฉนวนกันความร้อนใต้หลังคาเมทัลชีท และตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ในรูปอุณหภูมิสะสมภายในห้องใต้หลังคาและเปอร์เซ็นต์การลดความร้อนที่ได้รับผ่านฝ้าเพดาน ของบ้านทดสอบที่ติดตั้งฉนวนกันความร้อนและบ้านทดสอบที่ไม่ติดตั้งฉนวนกันความร้อน

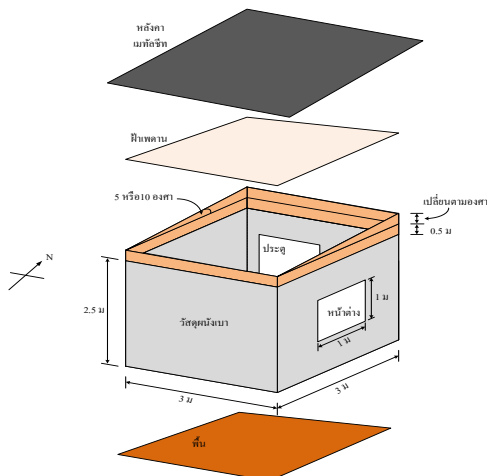
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและทฤษฎี

ในการศึกษานี้ใช้ฉนวนกันความร้อน 2 ชนิด คือ ฉนวนกันความร้อนชนิดใยหิน (Asbestos) และฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้ว (Glass wool) โดยมีแผ่นสะท้อนความร้อนเป็นวัสดุห่อหุ้มฉนวนกันความร้อน โดยที่ฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้วมีความหนาแน่นของฉนวนเท่ากับ 32 kg/m^3 และมีความหนา 50 mm และฉนวนกันความร้อนชนิดใยหินมีความหนาแน่นของฉนวนเท่ากับ 80 kg/m^3 และมีความหนา 50 mm



รูปที่ 1 บ้านทดสอบ

รูปที่ 1 แสดงบ้านทดสอบทั้ง 3 หลัง ซึ่งแต่ละหลังมีความกว้าง 3 m ความยาว 3 m และความสูง 2.5 m หลังคาบ้านเป็นแบบเพิงหางน ทำมุมมุมเอียง 5° กับแนวระดับ ส่วนประกอบของบ้านทดสอบแต่ละหลังประกอบด้วย หลังคาเมทัลชีท ฝ้าเพดานทำจากแผ่นยิปซัม วัสดุผนังเบา พื้นทำจากแผ่นพื้นสำเร็จรูป หน้าต่างและประตูขนาดมาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 2 (ส่วนประกอบของบ้านทดสอบ)



รูปที่ 2 ส่วนประกอบของบ้านทดสอบ

จากการทดลองและการเก็บข้อมูล การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนผ่านฝ้าเพดานของบ้านทดสอบที่ติดตั้งฉนวนกันความร้อนและบ้านปกติที่ไม่ได้ติดตั้งฉนวนกันความร้อน ดัชนีที่มีความสำคัญในการประเมินความสามารถในการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านฝ้าเพดานคือ เปอร์เซ็นต์การลดการถ่ายเทความร้อนผ่านฝ้าเพดาน สามารถคำนวณได้จาก

$$\%HG \text{ red.} = \left(\frac{HG_{ref} - HG_{ins}}{HG_{ref}} \right) \quad (1)$$

เมื่อ

$\%HG \text{ red.}$ คือ เปอร์เซ็นต์การลดการ ถ่ายเทความร้อนผ่านฝ้าเพดาน (%)

HG_{ref} คือ ความร้อนผ่านฝ้าเพดานบ้านที่ไม่ได้ติดตั้งฉนวนกันความร้อน (W/m^2)

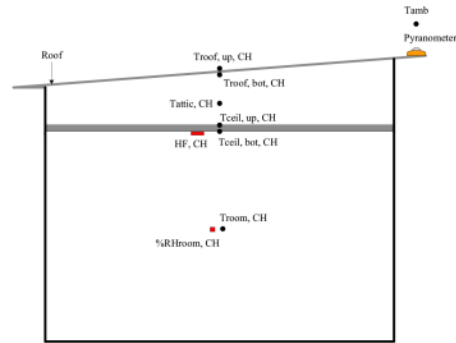
HG_{ins} คือ ความร้อนผ่านฝ้าเพดานบ้านที่ติดตั้งฉนวนกันความร้อน (W/m^2)

ระเบียบวิธีวิจัย

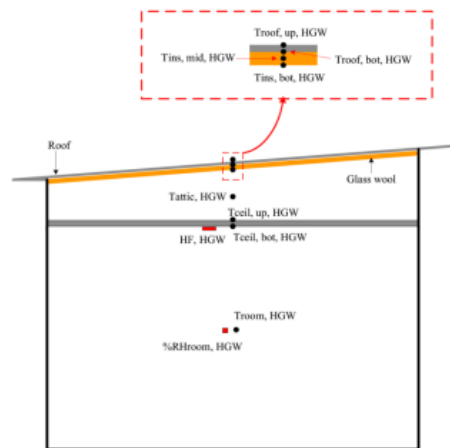
งานวิจัยนี้ได้ทดสอบความสามารถในการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านฝ้าเพดานของฉนวนกันความร้อน 2 ชนิด คือฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้ว และฉนวนกันความร้อนชนิดใยหิน ที่ติดตั้งได้หลังคาเมทัลชีท เปรียบเทียบกับบ้านทดสอบที่ไม่ได้ติดตั้งฉนวนกันความร้อน โดยบ้านทดสอบแต่ละหลังมีขนาดของห้อง 22.5 m^3 และมีขนาดของห้องใต้หลังคา 5.4 m^3 หลังคาทำมุม 5° กับแนวระดับ

อุปกรณ์สำหรับตรวจวัดและบันทึกข้อมูลประกอบด้วย เครื่องวัดค่ารังสีอาทิติย์ (Kipp & Zonen: Model CMP 11) สายเทอร์โมคัปเปิลชนิด K (ช่วงการวัด: $0-1250^\circ\text{C}$) ต่อตรงกับเครื่องบันทึกข้อมูล (Hioki: Model 8422-52) อุปกรณ์วัดความร้อนผ่านฝ้าเพดาน (EKO: FM-180) และบันทึกข้อมูลทุก 1 นาที (06:00-18:00 น.) และกล้องถ่ายภาพความร้อน (Fluke Ti200) สำหรับถ่ายภาพความร้อนที่ฝ้าเพดาน

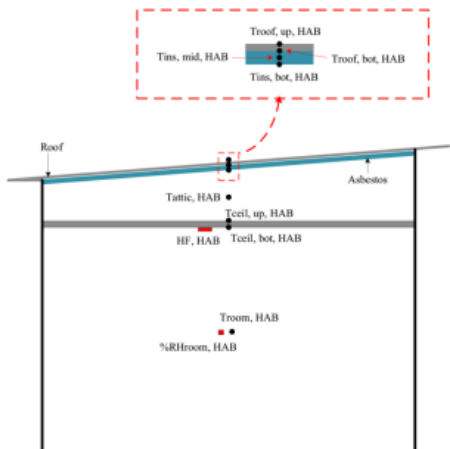
รูปที่ 3 แสดงตำแหน่งตรวจวัดข้อมูลของบ้านทดสอบทั้ง 3 หลัง คือ รูปที่ 3 (a) บ้านทดสอบที่ไม่ติดตั้งฉนวนกันความร้อน รูปที่ 3 (b) บ้านทดสอบที่ติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้ว มีความหนาแน่น 32 kg/m^3 หนา 50 mm และรูปที่ 3 (c) บ้านทดสอบที่ติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิดใยหิน ความหนาแน่น 80 kg/m^3 หนา 50 mm โดยบ้านทดสอบแต่ละหลัง มีตำแหน่งวัดอุณหภูมิหลังคา อุณหภูมิฉนวนกันความร้อน อุณหภูมิอากาศห้องใต้หลังคา อุณหภูมิด้านบนฝ้าเพดาน อุณหภูมิด้านล่างฝ้าเพดานอุณหภูมิห้อง อุณหภูมิอากาศแวดล้อมและความร้อนผ่านฝ้าเพดาน



(a) บ้านทดสอบที่ไม่ติดตั้งฉนวนกันความร้อน



(b) บ้านทดสอบที่ติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้ว (32 kg/m^3 , 50 mm)



(c) บ้านทดสอบที่ติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิดใยหิน (80 kg/m^3 , 50 mm)

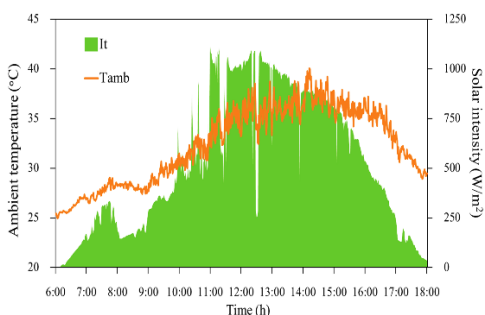
รูปที่ 3 แสดงตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์กับบ้านทดสอบ

ผลการวิจัย

การทดสอบความสามารถในการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาในกรณีที่ตั้งติดตั้งฉนวนกันความร้อนใต้หลังคาเมทัลชีทของบ้านทดสอบเพื่อทำการเปรียบเทียบกับบ้านทดสอบที่ไม่ได้ติดตั้งฉนวนกันความร้อน ได้ดำเนินการทดสอบในช่วงฤดูร้อนของประเทศไทย

1. สภาพอากาศแวดล้อม

รูปที่ 4 แสดงค่ารังสีอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศแวดล้อม จะเห็นได้ว่าค่ารังสีอาทิตย์ที่ได้จากการวัดโดยอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่บนหลังคาบ้านทดสอบนั้นมีผลกระทบจากเงาที่เกิดการเคลื่อนที่ของเมฆเป็นช่วงเวลาสั้น ๆ และค่ารังสีอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศแวดล้อมสูงสุดอยู่ที่ 1020 W/m^2 ที่เวลา 12:00 น. และ 40°C ที่เวลา 14:15 น. ตามลำดับ

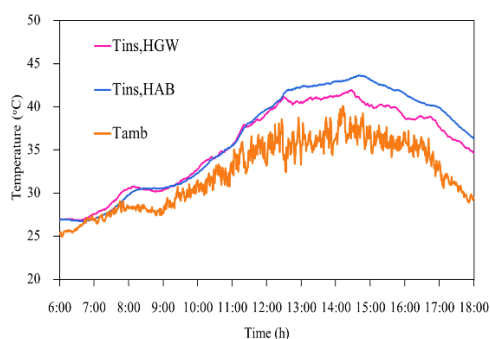


รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศแวดล้อม และค่ารังสีอาทิตย์

2. อุณหภูมิและความร้อนผ่านฝ้าเพดาน

จากการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลของบ้านทดสอบทั้ง 3 หลัง ประกอบด้วยบ้านทดสอบที่ติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้วที่มีความหนาแน่น 32 kg/m^3 และหนา 50 mm ติดตั้งอยู่ใต้หลังคาเมทัลชีท (HGW) และบ้านทดสอบที่ติดตั้งฉนวนกันความร้อนชนิดใยหิน ที่มีความหนาแน่น 80 kg/m^3 และหนา 50 mm ติดตั้งใต้หลังคาเมทัลชีท (HAB) เพื่อเปรียบเทียบกับบ้านทดสอบที่ไม่ได้ทำการติดตั้งฉนวนกันความร้อน (Ref)

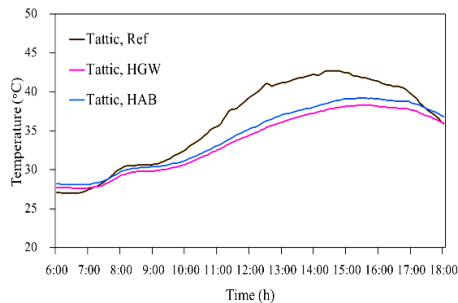
จากการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลของบ้านทดสอบ ในรูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของฉนวนกันความร้อนทั้ง 2 ชนิด จะเห็นได้ว่าในช่วง 06:00-12:00 น. อุณหภูมิของบ้านทดสอบ HGW และบ้านทดสอบ HAB มีค่าใกล้เคียงกัน แต่หลังจาก 12:00 น. บ้านทดสอบ HAB มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นมากกว่าบ้านทดสอบ HGW และสูงสุดอยู่ที่เวลา 15:00 น. หลังจากนั้นอุณหภูมิของฉนวนกันความร้อนทั้ง 2 ชนิด มีค่าลดลงอย่างช้า ๆ ทั้งนี้เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อม แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของฉนวนกันความร้อนทั้ง 2 ชนิด มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศแวดล้อม ซึ่งเกิดจากความร้อนที่สะสมภายในฉนวนกันความร้อนทั้ง 2 ชนิด



รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิฉนวนกันความร้อน

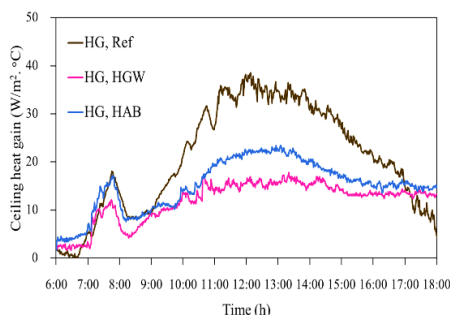
ซึ่งจากการวัดอุณหภูมิอากาศในห้องใต้หลังคาของบ้านทดสอบทั้ง 3 หลังและแสดงผลในรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิอากาศในห้องใต้หลังคาของบ้านทดสอบ Ref มีอุณหภูมิห้องใต้หลังคาสูงกว่าบ้านทดสอบ HGW และบ้านทดสอบ HAB ในช่วงเวลา 08:00-17:00 และมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิห้องใต้หลังคาระหว่างบ้านทดสอบ Ref กับบ้านทดสอบ HGW สูงสุดอยู่ที่ 5.1°C และสำหรับบ้านทดสอบ HAB อยู่ที่ 4.1°C และจะเห็นได้ว่าหลังจาก 16:30 น. บ้านทดสอบ Ref มีอุณหภูมิห้องใต้หลังคาลดลงอย่างต่อเนื่องและมีค่าต่ำกว่าบ้านทดสอบ HGW และบ้านทดสอบ HAB ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนสะสมภายในห้องใต้

หลังคาของบ้านทดสอบ Ref สามารถถ่ายเทออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ดีกว่าบ้านทดสอบที่ติดตั้งฉนวนกันความร้อนทั้ง 2 ชนิด

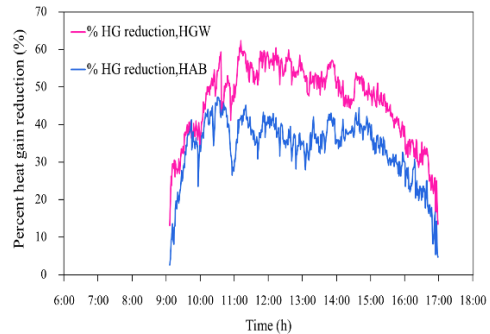


รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในห้องใต้หลังคา

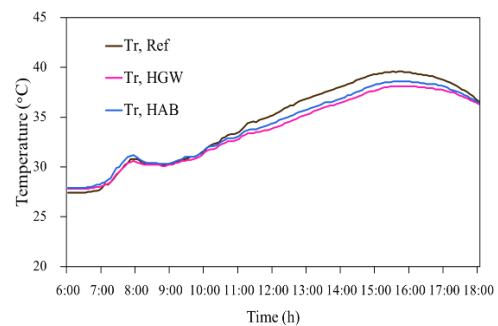
จากผลของการถ่ายเทความร้อนของบ้านทดสอบทั้ง 3 หลังส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านฝ้าเพดาน ดังแสดงในรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่าบ้านทดสอบ Ref มีค่าความร้อนถ่ายเทผ่านฝ้าเพดานมากกว่าบ้านทดสอบที่ติดตั้งฉนวนทั้ง 2 ชนิด โดยมีค่าความแตกต่างของความร้อนถ่ายเทผ่านฝ้าเพดานระหว่างบ้านทดสอบ Ref กับบ้านทดสอบ HGW สูงสุด 22.37 W/m^2 และ 15.13 W/m^2 สำหรับบ้านทดสอบ Ref กับบ้านทดสอบ HAB ในส่วนของค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของความร้อนผ่านฝ้าเพดานนั้น แสดงในรูปที่ 8 จะเห็นว่าบ้านทดสอบ HGW มีค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของความร้อนผ่านฝ้าเพดานเมื่อเทียบกับบ้านทดสอบ Ref เฉลี่ยอยู่ที่ 50.75% และ 37.60% สำหรับบ้านทดสอบ HAB เมื่อเทียบกับบ้านทดสอบ Ref



รูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงความร้อนถ่ายเทผ่านฝ้าเพดาน



รูปที่ 8 การเปลี่ยนแปลงของค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของความร้อนถ่ายเทผ่านฝ้าเพดาน



รูปที่ 9 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิห้อง

ผลจากการถ่ายเทความร้อนผ่านฝ้าเพดานเข้าสู่ภายในห้องของบ้านทดสอบทั้ง 3 หลัง ทำให้อุณหภูมิภายในห้องของบ้านทดสอบเปลี่ยนแปลงไป ดังแสดงในรูปที่ 9 ซึ่งจะเห็นได้ว่าบ้านทดสอบ Ref มีอุณหภูมิสูงกว่าบ้านทดสอบ HGW และ บ้านทดสอบ HAB เท่ากับ 1.7°C และ 1.1°C ตามลำดับ ส่วนบ้านทดสอบ HGW มีอุณหภูมิภายในห้องต่ำกว่าบ้านทดสอบ HAB ระหว่าง $0.1-0.6^\circ\text{C}$ อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในห้องของบ้านทดสอบมีผลมาจากการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารทั้ง 4 ด้านของบ้านทดสอบ อีกทั้งบ้านทดสอบทั้ง 3 หลังไม่มีการระบายอากาศภายในห้องทำให้เกิดการสะสมความร้อนของอากาศภายในห้องทดสอบด้วย

3. ภาพถ่ายความร้อนของฝ้าเพดาน

นอกจากทำการวัดอุณหภูมิผิวด้านล่างของฝ้าเพดานแล้วในการทดลองนี้ได้ใช้อุปกรณ์ถ่ายภาพ

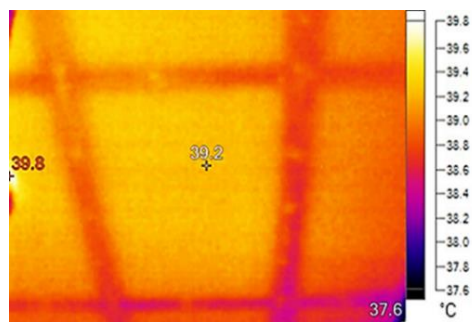
ความร้อนถ่ายเทที่ด้านล่างของฝ้าเพดานของบ้านทดสอบทั้ง 3 หลัง โดยภาพถ่ายความร้อนจะแสดงค่าอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุดและอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวด้านล่างฝ้าเพดาน ดังแสดงในรูปที่ 10 จะเห็นได้ว่าที่บ้านปกติที่ไม่ได้ติดตั้งฉนวนกันความร้อนมีอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุดและอุณหภูมิเฉลี่ย อยู่ที่ 39.8°C , 37.6°C และ 38.3°C ตามลำดับ ในขณะที่บ้านทดสอบที่ติดตั้งฉนวนใยแก้ว มีอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุดและอุณหภูมิเฉลี่ย อยู่ที่ 34.0°C , 33.1°C และ 33.5°C และบ้านทดสอบที่ติดตั้งฉนวนใยหิน มีอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุดและอุณหภูมิเฉลี่ย อยู่ที่ 34.3°C , 33.6°C และ 33.9°C

สรุปและอภิปรายผล

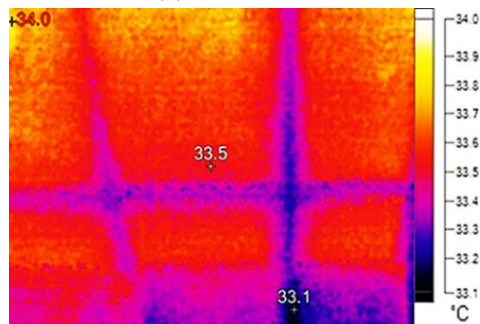
การลดการถ่ายเทความร้อนผ่านระบบหลังคา โดยการติดตั้งฉนวนกันความร้อนใต้หลังคาเมทัลชีทนั้น สามารถลดการถ่ายเทความร้อนผ่านฝ้าเพดานได้เป็นอย่างดี แต่เนื่องจากฉนวนกันความร้อนทั้ง 2 ชนิด มีคุณสมบัติทางความร้อนและประกอบกับฉนวนทั้ง 2 ชนิดมีค่าความหนาแน่นแตกต่างกันเมื่อเทียบกับต่อ 1 หน่วยปริมาตรจึงทำให้มวลของฉนวนมีค่าแตกต่างกันด้วย จากผลการทดสอบจะเห็นว่าอุณหภูมิของฉนวนกันความร้อนชนิดใยหินมีอุณหภูมิของตัวฉนวนสูงกว่าอุณหภูมิของฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้ว ทำให้ฉนวนกันความร้อนชนิดใยหินมีการสะสมความร้อนภายในเนื้อฉนวนมากกว่าฉนวนกันความร้อนชนิดใยแก้ว และเนื่องจากฉนวนกันความร้อนทั้ง 2 ชนิด ถูกวางอยู่ใต้หลังคาเมทัลชีทและวางอยู่บนโครงสร้างหลังคา ซึ่งมีการเชื่อมต่อกันระหว่างโครงสร้างหลังคาและโครงสร้างฝ้าเพดาน ทำให้ความร้อนที่สะสมอยู่ในฉนวนกันความร้อนทั้ง 2 ชนิด ถ่ายเทผ่านโครงสร้างหลังคาเข้าสู่ฝ้าเพดานก่อนเข้าสู่ภายในห้องพักอาศัย ในขณะที่ความร้อนบางส่วนถูกถ่ายเทให้กับฝ้าเพดานโดยการแผ่รังสีความร้อนจากพื้นผิวฉนวน

ด้านล่าง จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าความแตกต่างของความร้อนถ่ายเทผ่านฝ้าเพดานระหว่างบ้าน Ref กับบ้าน HGW สูงสุด อยู่ที่ 22.37 W/m^2 และ สำหรับบ้าน Ref กับบ้าน HAB อยู่ที่ 15.13 W/m^2

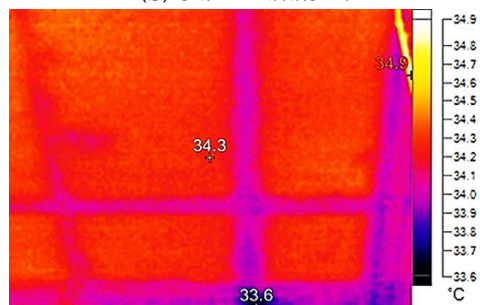
โดยสรุปในการทดลองนี้บ้านทดสอบที่ใช้นั้นมีฝ้าเพดานเป็นส่วนประกอบของหลังคา ซึ่งมีผลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคา ดังนั้นในกรณีของหลังคาที่ไม่มีฝ้าเพดานเป็นส่วนประกอบนั้นอาจมีผลการทดลองที่แตกต่างจากการทดลองนี้ด้วยเช่นกัน



(a) บ้านไม่ติดตั้งฉนวน



(b) บ้านติดตั้งฉนวนใยแก้ว



(c) บ้านติดตั้งฉนวนใยหิน

รูปที่ 10 ภาพถ่ายความร้อนที่ฝ้าเพดานด้านในตัวบ้าน

ข้อเสนอแนะ

สำหรับการศึกษาการติดตั้งฉนวนกันความร้อนใต้หลังคาเมทัลชีทเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารในครั้งนี้มีข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาค้างต่อไปดังนี้

1. ทดสอบการติดตั้งฉนวนกันความร้อนใต้หลังคาเมทัลชีทของบ้านทดสอบ ร่วมกับการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อศึกษาถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

2. ทดสอบการติดตั้งฉนวนกันความร้อนใต้หลังคาเมทัลชีทของบ้านทดสอบ เปรียบเทียบกับบ้านทดสอบที่มีการระบายอากาศภายในห้องใต้หลังคาเพื่อศึกษาความสามารถในการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านฝ้าเพดานเข้าสู่ตัวอาคาร

3. ทดสอบการติดตั้งฉนวนกันความร้อนใต้หลังคาเมทัลชีทของบ้านทดสอบ เปรียบเทียบกับบ้านทดสอบที่มีการติดตั้งฉนวนใต้หลังคาเมทัลชีทพร้อมทั้งมีการระบายอากาศภายในห้องใต้หลังคาเพื่อศึกษาความสามารถในการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านฝ้าเพดานเข้าสู่ตัวอาคารรวมทั้งศึกษาถึงความสบายเชิงความร้อนที่เกิดขึ้นจากการระบายอากาศ

4. ศึกษาฉนวนกันความร้อนทั้งสองแบบที่มีความหนาแน่นใกล้เคียงกัน เพื่อศึกษาถึงความสามารถในการสะสมความร้อนและการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ที่พักอาศัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่สนับสนุนการวิจัย และขอขอบคุณ “สุดกำแพง” ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการออกแบบการทดลองและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบภาคสนามรวมถึงคำแนะนำเชิงวิชาการสำหรับงานวิจัยนี้

References

- [1] S. Phiraphat, R. Prommas and W. Puangsombut, “Experimental study of natural convection in PV roof solar collector,” *International Communications in Heat and Mass Transfer*, Vol.89, pp. 31-38, December 2017.
- [2] K. Jantana, W. Puangsombut and T. Ananacha, “The performance of the interlocking block solar collector,” *Applied Mechanics and Materials*, Vols. 619, pp. 130-134, 2014.
- [3] J. Khedari, C. Pongsatirat, W. Puangsombut and J. Hirunlabh, “Experimental performance of a partially-glazed Modified Trombe Wall,” *International Journal of Ambient Energy*, Vol. 26, no.1, pp. 27-36, 2005.
- [4] W. Puangsombut, “Experimental performance of solar chimney window on school building,” *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, Vol. 20, no. 4, pp. 70-75, December 2009.
- [5] W. Puangsombut, D. Nonthiworawong and T. Lohapansomboon, “Effect of moisture reduction on thermal comfort by solar chimney window with small ventilation fan”, *The Journal of Industrial Technology, Suan Sunandha Rajabhat University*, Vol. 8, no. 1, pp. 22- 30, January – June 2020.

- [6] K. Juengpimonyanon, W. Puangsombut and T. Ananacha, "Field investigation on thermal performance of the tile ventilator," *Applied Mechanics and Materials*, Vols.619, pp. 73-77, 2014.
- [7] N. Nankongnab, W. Puangsombut, S. Insiripong, J. Hirunlabh and U-C. Shin, "Field investigation on hygrothermal performance of full-vent perforated soffit and ceiling," *Solar Energy*, Vol. 80, no. 8, pp. 936-948, August 2006.
- [8] D. Nonthiworawong, "Design of a light-vent pipe (LVP) to reduce building cooling load", Ph.D. Thesis (Sustainable Energy and Environment Technology and Management) , Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Nakhon Pathom, TH, 2017.
- [9] S. Janjai, I. Masiri, S. Pattarapanitchai, and J. Laksanaboonsong, "Mapping global solar radiation from long-term satellite data in the tropic using an improved model," *International Journal of Photoenergy*, Vol.2013, ID: 210159, 2013.
- [10] J. Khedari, A. Sangprajak and J. Hirunlabh, "Thailand climatic zones," *Renewable Energy*, Vol. 25, no. 2, pp. 267-280, February 2002.
- [11] W. Puangsombut, "Cooling load reduction by PV attic ventilation", M. Eng. Thesis (Thermal Technology), King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, TH, 2000.
- [12] J. Dechjirakul and T Chindavanig, "Fiberglass insulation performance in reducing heat transfer through wall system," *Sarasatr*, Vol. 3, no. 1, pp. 81-92, 2020.