

**การศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของผนังบล็อกแก้วสองชั้นร่วมกับ
โฟโตโวลตาอิกติดตั้งกับบ้านจำลองภายใต้สภาวะอากาศของกรุงเทพมหานคร**

Investigation on the Thermal Performance of a Glass Block

Double – Façade with Integrated Photovoltaic Panels with

House Model under Climate of Bangkok

ปรีดา จันทวงษ์

Preeda Chantawong

สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมการทำความร้อน และการปรับอากาศ ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง

วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลดภาระความร้อนและเปรียบเทียบสมรรถนะทางความร้อนระหว่างผนังคอนกรีตทั่วไป (SW) กับผนังบล็อกแก้วสองชั้นร่วมกับโฟโตโวลตาอิก (GD – PV) ทั้งสองแบบที่ติดตั้งกับบ้านจำลองภายใต้สภาวะอากาศของกรุงเทพมหานคร ผนังบล็อกแก้ว GD – PV มีขนาดความสูง 1.50 ม. ความกว้าง 0.60 ม. และมีลักษณะโครงสร้างประกอบด้วยผนังชั้นนอกเป็นบล็อกแก้วร่วมกับแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 50 วัตต์ มีความหนาประมาณ 0.8 ม. ผนังชั้นในเป็นกระจกใส มีความหนา 0.006 ม. มีขนาดช่องว่างอากาศ 0.8 ม. ช่องเปิดด้านล่างอยู่ภายในบ้านมีขนาด 0.24×0.12 ตร.ม. ผนังบล็อกแก้ว GD – PV ด้านบนมีการติดตั้งพัดลมไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5.76 วัตต์ 2 ตัว สำหรับป้องกันแมลงมีขนาด 0.24×0.12 ตร.ม. ช่องเปิดใช้ระบายอากาศร้อนสู่สิ่งแวดล้อม ผนังบล็อกแก้ว GD – PV กับผนังทั่วไปติดตั้งอยู่บนผนังทางด้านทิศใต้ของบ้านจำลองขนาดเล็กที่มีปริมาตรเท่ากับ 4.05 ลบ.ม. มีความหนา 0.10 ม. สร้างด้วยผนังคอนกรีตมวลเบาทั่วไป

ผลการทดลองพบว่าบ้านที่ติดตั้งผนังบล็อกแก้ว GD – PV จะมีอุณหภูมิภายในห้องต่ำกว่าบ้านที่ติดตั้งผนังคอนกรีตทั่วไป (SW) ประมาณ 2 - 6°C และช่วยลดอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทางด้านทิศใต้ร้อยละ 14 - 20.5 ผนังบล็อกแก้ว GD – PV ทั้งสองแบบ จะช่วยระบายอากาศและประหยัดพลังงาน และรักษาสีสิ่งแวดล้อมจากเครื่องปรับอากาศมากกว่าผนังคอนกรีตทั่วไป

คำสำคัญ: การระบายอากาศแบบธรรมชาติ, ผนังบล็อกแก้ว GD – PV, สภาวะอากาศของกรุงเทพมหานคร

Abstract

This paper aims to conduct comparative study of heat gain reduction, the thermal performances between a house with Simple Concrete Wall (SW) and two models of houses with Glass block Double – Façade with Integrated Photovoltaic Panels (GD–PV) under climate of Bangkok. The GD–PV dimension was 1.50 m height and 0.60 m width. The GD – PV external wall was composed of glass block Double and Solar Cells panel (50 W), with about 0.8 m thickness and the internal was clear glass wall with 0.006 m thickness. The GD–PV gap was 0.8 m. Two DC electrical fans (2×5.76 W) for increasing ventilation were installed in the area of $0.24 \times 0.12 \text{ m}^2$ on the top of Glass block Double. There was a $0.24 \times 0.12 \text{ m}^2$ opening to exhaust hot air to the ambience located at the bottom. The GD–PV was integrated into the south façade of a small house with 4.05 m^3 volume made from 0.10 m autoclaved aerated concrete.

The experimental results revealed that indoor temperature of the GD–PV room was about $2 - 6^\circ\text{C}$ lower than that of the Simple Concrete Wall (SW) and heat gain admitted through the south wall was 14-20.5 % reduced. The GD–PV two models could induce ventilation and can save cooling energy and protect environment from using air condition better than normal concrete wall.

Key words: Natural Ventilation, Glass block Double – Façade with Integrated Photovoltaic Panels: GD–PV, Climate of Bangkok

1. บทนำ

การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในบ้านหรืออาคารที่พักอาศัยที่เกิดจากรังสีอาทิตย์ ($17 \text{ MJ/m}^2.\text{day}$) ที่มาตกกระทบบนอาคารหรือบ้านที่พักอาศัยโดยตรง ก่อให้เกิดการสะสมความร้อนและอุณหภูมิภายในที่สูงขึ้น เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตอากาศร้อนชื้นมีสภาพอากาศร้อนสลับฝนตลอดปี มีอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ยประมาณ $20^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}$ และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยประมาณร้อยละ 59 – 100 [1-3] ดังแสดงในรูปที่ 2 (A) ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญต่อความรู้สึกสบายของผู้อยู่อาศัย ทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านเพิ่มขึ้นจากเครื่องปรับอากาศร้อยละ 60 แสงสว่างและอุปกรณ์อื่น ๆ ร้อยละ 40 [4] จึงได้มีการทำการศึกษาเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารหรือบ้านพักอาศัยกันอย่างแพร่หลายทั้งภายในและต่างประเทศ การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน จากห้องใต้หลังคาเพื่อช่วยลดอุณหภูมิอากาศภายในบ้านโดย Ogoli [5] จะพบว่า วิธีการติดตั้งฉนวนแบบแบนราบ

ดีที่สุด และ Chantawong และคณะ [6-7] ได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะทางความร้อนของ สีทาภายนอกระหว่างสีเทาอ่อนกับสีฟ้าอ่อนและสีครีมที่มีผลกระทบต่อบ้านพักอาศัย บ้านทดสอบทั้งสองหลังสร้างด้วยผนังคอนกรีตมวลเบาแบบบอบไอน้ำฉาบปูนผนังภายนอกทั้ง 4 ด้าน มีขนาดพื้นที่ของผนังในแต่ละด้านเท่ากับ 1.5 m×1.8 m ความหนา 0.10 m ทดสอบภายใต้สภาวะอากาศปกติ (ปิดเครื่องปรับอากาศ) พบว่าสีเทาอ่อนและสีฟ้าอ่อนมีสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ดีกว่า สีครีมอ่อนและอุณหภูมิอากาศ ความชื้นและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในบ้านที่ทาด้วยสีเทาอ่อน และสีฟ้าอ่อนจะมีค่าต่ำกว่า บ้านที่ทาสีครีม ส่งผลให้สีเทาอ่อนและสีฟ้าอ่อนช่วยประหยัดพลังงานได้มากกว่าสีครีม ต่อมา Ungkoon และคณะ [8] และ Saksongyat และคณะ[2] ทำการศึกษากายภาพความร้อนเข้าสู่ภายในบ้านจำลองที่ใช้ผนังอิฐมวลเบาแบบบอบไอน้ำ และผนังมวลเบาแบบไม่บอบไอน้ำ ทำการเปรียบเทียบโดยใช้บ้านจำลองมีผนัง 4 ด้าน แต่ละด้านมีขนาดพื้นที่ประมาณ 5.52 m² และ 1.0 m² ทดสอบโดยไม่ฉาบปูนและทาสีบนผนังทั้งภายในและภายนอก พบว่าห้องที่ติดตั้งผนังมวลเบาแบบบอบไอน้ำ จะมีอุณหภูมิอากาศภายในห้องต่ำกว่า บ้านที่ติดตั้งผนังอิฐมวลเบาแบบไม่บอบไอน้ำและผนังมวลเบาแบบบอบไอน้ำ สามารถลดค่าความร้อนที่ไหลผ่านผนังได้มากกว่าห้องที่ติดตั้งผนังอิฐมวลเบาและมวลเบาแบบไม่บอบไอน้ำ และต่อมา Chantawong และคณะ [9-11] ได้มีการทำการศึกษาปล่องผนังระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์แบบธรรมชาติ และแบบบังคับภายใต้สภาวะอากาศของประเทศไทย โดยทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในระหว่างห้องที่ติดตั้งปล่องผนังคอนกรีตมวลเบาระบายอากาศแบบธรรมชาติกับผนังคอนกรีตทั่วไปชั้นเดียว ทำการสอบและติดตั้งกับบ้านจำลองที่มีขนาดเท่ากัน ผลการทดลองพบว่า บ้านที่ติดตั้งปล่องผนังระบายอากาศทั้งสองแบบมีอุณหภูมิภายในห้องต่ำกว่าอุณหภูมิของบ้านผนังทั่วไป ปล่องผนังระบายอากาศทั้งสองแบบยังช่วยระบายอากาศภายในห้องเกิดการไหลเวียนของอากาศได้ดีขึ้น

สำหรับงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทดสอบสมรรถนะทางความร้อนระหว่างผนังคอนกรีตทั่วไป(Simple Concrete Wall: SW) กับผนังบล็อกแก้วสองชั้นร่วมกับโฟโตโวลตาอิกระบายอากาศแบบธรรมชาติด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (Glass block Double – Façade with Integrated Photovoltaic Panels: GD – PV1) และผนังบล็อกแก้วสองชั้นร่วมกับโฟโตโวลตาอิกที่ร่วมกับพัดลมกระแสตรง ระบายอากาศแบบบังคับ (Glass block Double – Façade with Integrated Photovoltaic Panels assisted with DC fan: GD – PV2) ที่ติดตั้งกับบ้านจำลองภายใต้สภาวะอากาศของกรุงเทพมหานคร และเป็นงานวิจัยพัฒนาต่อเนื่องมาจากงานวิจัยของ Puban และคณะ [9] Chantawong และคณะ [10-12] และ Khedari และคณะ [13] โดยติดตั้งอยู่บนผนังด้านทิศใต้ของบ้านจำลองขนาดเล็กทั้งสองหลังที่มีขนาดเท่ากัน บ้านมีขนาดปริมาตรเท่ากับ 4.05 ลบ.ม. (ดังรูปที่ 1) ทดสอบภายใต้สภาวะอากาศปกติของกรุงเทพมหานคร (กรณีปิด

เครื่องปรับอากาศ) จากผลการทดลอง (ดังแสดงจากตารางที่1) เพื่อศึกษา การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่าง ๆ และความร้อนที่ไหลผ่านผนัง (เฉพาะผนังคอนกรีตทั่วไป และ ผนัง GD – PV ทั้งสองแบบทางด้านทิศใต้ของบ้านจำลอง) อุณหภูมิบนผนัง GD – PV เช่น อุณหภูมิบนผนังบล็อกแก้ว อุณหภูมิบนโฟโตโวลตาอิกหรือแผงโซลาร์เซลล์ อุณหภูมิบนผนังคอนกรีตทั่วไป อุณหภูมิบนกระจกใสธรรมดา อุณหภูมิภายในช่องว่างอากาศของผนัง GD – PV อุณหภูมิภายในบ้านและสิ่งแวดล้อม ค่าแสงธรรมชาติส่องผ่านผนังภายในบ้าน ค่าความเร็วลมภายในและภายนอกของบ้านจำลอง ความเร็วลมของผนัง GD – PV และค่าความเข้มแสงของรังสีอาทิตย์

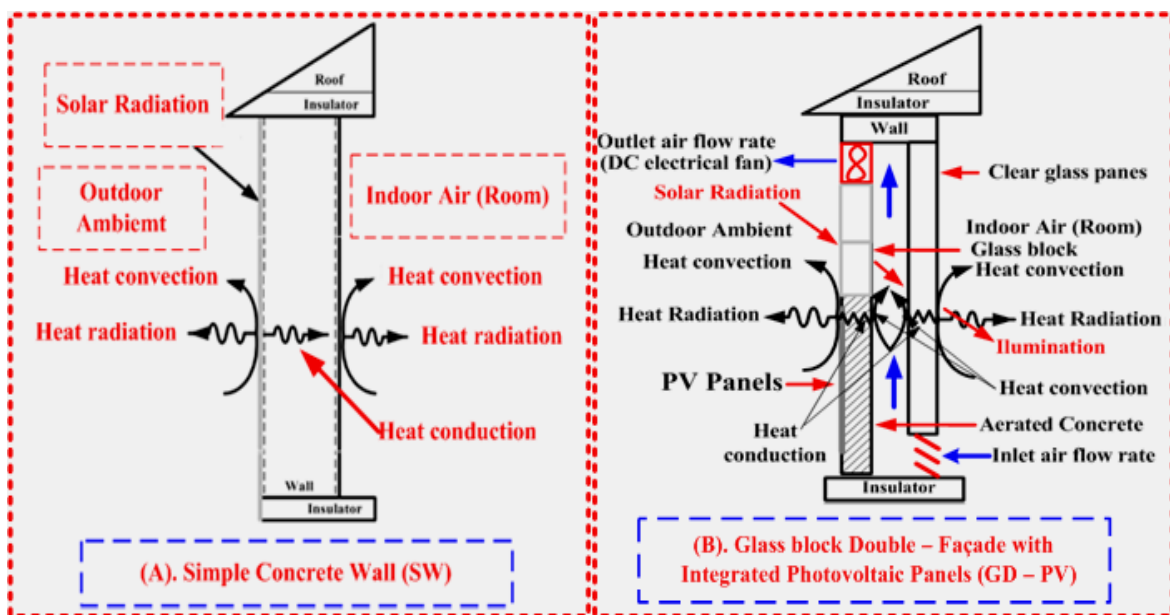


รูปที่ 1. บ้านทดสอบทั้งสองหลัง [10-13]

2. ทฤษฎีของผนังบล็อกแก้ว GD - PV

ผนังบล็อกแก้วสองชั้นร่วมกับโฟโตโวลตาอิก (GD – PV) มีลักษณะโครงสร้างประกอบด้วยผนังชั้นนอกเป็นบล็อกแก้วร่วมกับแผงโซลาร์เซลล์ และผนังชั้นในเป็นกระจกใส ช่องว่างอากาศระหว่างผนังช่องเปิดด้านล่างจะช่วยระบายอากาศจากภายในห้องเข้าสู่ภายในผนัง และช่องเปิดด้านบนมีการติดตั้งพัดลมไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้แหล่งพลังงานไฟฟ้ามาจากแผงโซลาร์เซลล์ป้อนให้กับพัดลมติดตั้งบริเวณตรงกลางผนังบล็อกแก้วด้านบนเพื่อใช้ควบคุมอากาศในระบบผนังบล็อกแก้ว GD - PV และช่วยระบายอากาศออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกบ้าน ผนัง GD – PV มีหลักการทำงานสองกรณีดังแสดงใน รูปที่ 2 (B) กรณีแรกผนังบล็อกแก้วสองชั้นเป็นการระบายอากาศแบบธรรมชาติ [9-13] โดยปิดพัดลมกระแสตรงจะสามารถทำงานได้ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง และกรณีที่สองเป็นการระบายอากาศแบบบังคับ [12] โดยการเปิดพัดลมกระแสตรงจะสามารถทำงานได้เฉพาะช่วงเวลาที่มียังรังสีอาทิตย์ เมื่อความเข้ม แสงของรังสีอาทิตย์ ตกกระทบบนผนังบล็อกแก้วและแผงโซลาร์เซลล์ชั้นนอก ทำให้เกิดการสะสมความร้อนที่ผิวเกิด

การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังเข้าสู่ภายในช่องระหว่างผนังสองชั้น ทำให้อุณหภูมิภายในช่องว่างของผนังสองชั้นจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในบ้านพักอาศัย เกิดแรงลอยตัวของอากาศภายในช่องว่างผนังออกทางช่องเปิดด้านบนสู่สิ่งแวดล้อม จึงทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของอากาศภายในห้องเข้า มาแทนที่อากาศภายในช่องว่างผนังสองชั้น ก่อให้เกิดการระบายอากาศแบบธรรมชาติภายในบ้านและพัดลมไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้รับแหล่งพลังงานไฟฟ้าโดยตรงจากโซลาร์เซลล์ เพื่อช่วยการระบายอากาศได้เร็วมากขึ้น ส่งผลต่อความรู้สึกสบายของผู้พักอาศัยและได้แสงธรรมชาติที่ส่องผ่านผนังบล็อกแก้วเข้าสู่ภายในบ้านพักอาศัย ช่วงเวลากลางวัน ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากแสงประดิษฐ์ [14]



รูปที่ 2. การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารเข้าสู่ภายใน [2] และ [10-13]

3. อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

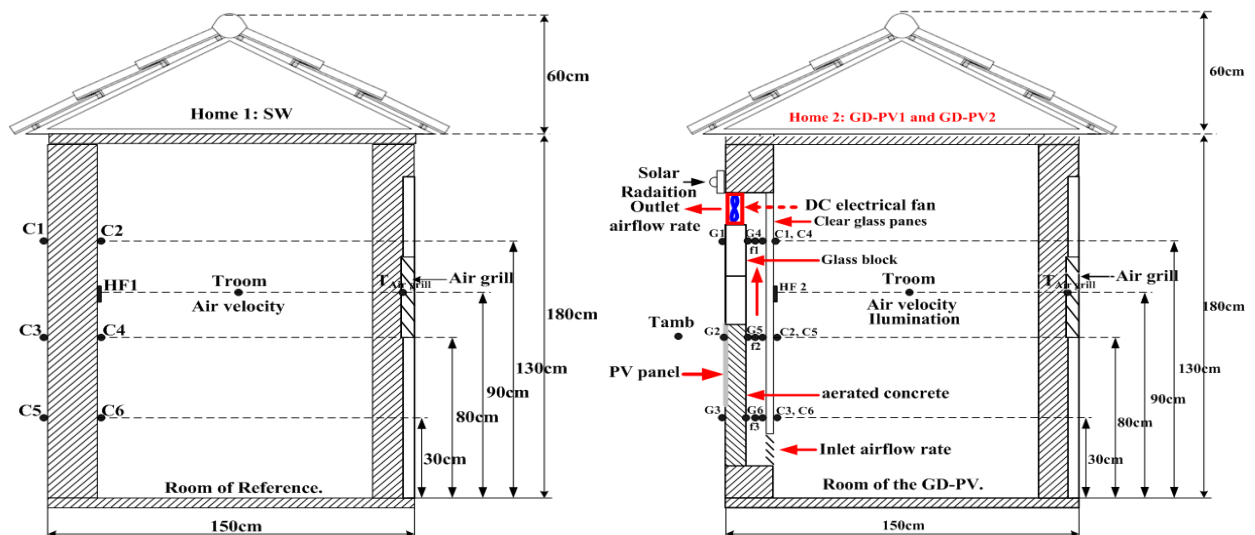
บ้านจำลองสร้าง ณ บริเวณชั้นดาดฟ้าอาคาร 63 วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร การศึกษาทดสอบเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการป้องกันความร้อนที่เข้าสู่ภายในบ้านจำลองเฉพาะผนังของบ้านจำลองด้านทิศใต้ระหว่างบ้านจำลองที่ติดตั้งผนังคอนกรีตทั่วไปมีความหนา 0.10 ม (Home 1: SW) กับผนังบล็อกแก้วสองชั้นร่วมกับโฟโตโวลตาอิกระบายอากาศทั้งสองแบบ (Home 2: GD-PV1 และ GD-PV2) บ้านจำลองทั้งสองหลังมีขนาดเท่ากันและมีปริมาตรเท่ากับ 4.05 ลบ.ม. ทดสอบภายใต้สภาวะอากาศปกติ (กรณีปิดเครื่องปรับอากาศ) สำหรับผนัง GD-PV มีขนาดความสูง 1.50 ม. ความกว้าง 0.60 ม. และมีลักษณะโครงสร้าง

ประกอบด้วย ผนังชั้นนอกเป็นบล็อกแก้วร่วมกับแผงโซลาร์เซลล์ มีขนาดกำลังไฟฟ้าสูงสุด 50 วัตต์ มีขนาด $0.670 \times 0.656 \times 0.03$ ม. (จำนวน 1 แผง) และเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดคริสตัลไลน์ซิลิกอน (Crystalline Silicon) และมีลักษณะพิเศษอื่นๆ แรงดันมาตรฐาน 17 โวลต์ กระแสไฟฟ้าปกติ 2.95 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้าปกติ 12.0 โวลต์ กระแสไฟฟ้าลัดวงจร 3.25 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด 21.5 โวลต์ มีความหนาประมาณ 0.8 ม. ผนังชั้นในเป็นกระจกใสมีความหนา 0.006 ม. มีขนาดช่องว่างอากาศ 0.8 ม. ช่องเปิดด้านล่างอยู่ภายในบ้านมีขนาด 0.24×0.12 ตร.ม. ผนัง GD – PV ด้านบนมีช่องเปิดด้านบนขนาด 0.24×0.12 ตร.ม. และติดตั้งพัดลมไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5.76 วัตต์ 2 ตัว สำหรับป้องกันแมลงและเพื่อช่วยระบายอากาศร้อนจากภายในออกสู่ภายนอกหรือสิ่งแวดล้อม ผนัง GD – PV กับผนังคอนกรีตทั่วไปชั้นเดียว (SW) ติดตั้งอยู่บนผนังทางด้านทิศใต้ของบ้านจำลองสอง (ดังแสดงในรูปที่ 3) บ้านจำลองมีลักษณะโครงสร้างประกอบด้วย ผนังมวลเบาทั่วไปจากปูนด้านนอกและด้านในทั้ง 4 ด้าน และบนผนังทาสีภายนอก (สีขาว) มีขนาดพื้นที่ของผนังแต่ละด้านเท่ากับ $1.5 \text{ ม} \times 1.8 \text{ ม}$. ความหนา 0.10 ม. มีโครงสร้างหลังคาใช้กระเบื้องคอนกรีต CPAC ทำมุมเอียง 30 องศาและบุด้วยอูมิเนียมพอยด์สะท้อนความร้อนฝ้าเพดานแผ่นยิบซัมมีความหนา 0.01 ม. ซึ่งเป็นฉนวนเพื่อป้องกันความร้อนจากห้องใต้หลังคาเข้าสู่ภายในห้องทดลอง บ้านจำลองมีประตูพลาสติก PVC ขนาด $1.5 \text{ ม} \times 0.75 \text{ ม}$. ความหนา 0.035 ม. ติดตั้งอยู่ทางด้านทิศตะวันออก และมีหน้าต่างเป็นกระจกใสธรรมดาที่มีความหนา $0.5 \text{ ม} \times 0.8 \text{ ม}$. มีความหนา 0.006 ม. ติดตั้งอยู่ทางด้านทิศตะวันตก ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดของบ้านทดสอบทั้งสองหลัง (ดังรูปที่ 1 และรูปที่ 3) ณ จุดวัดค่าอุณหภูมิโดยใช้สายเทอร์โมคัปเปิลชนิด K (ค่าความคลาดเคลื่อน ± 0.5) วัดอุณหภูมิตามจุดต่างๆ ของบ้านทดสอบที่ติดตั้งผนังคอนกรีตทั่วไป (Home 1: SW) จำนวน 6 จุด (C1, C2, C3, C4, C5, C6) อุณหภูมิอากาศภายในบ้านและตรงบานเกล็ดของประตูบ้านด้านทิศตะวันออก (Troom, Tair grill) จำนวน 2 จุด และบ้านทดสอบที่ติดตั้งผนัง GD – PV (Home 2: GD-PV1 & GD-PV2) ที่ผนังชั้นนอกและผนังชั้นใน ช่องว่างอากาศระหว่างผนัง GD – PV จำนวน 10 จุด (G1, G2, G3, G4, G5, G6, f1, f2, f3, C1, C2, C3, C4, C5, C6) อุณหภูมิอากาศภายในบ้านตรงบานเกล็ดของประตูบ้านด้านทิศตะวันออกและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมจำนวน 3 จุด (Troom, Tair grill, Tamb) ค่าความร้อนไหลผ่านผนัง ยี่ห้อ EKO Heat Flow Meter รุ่น MF-180 ช่วงการวัดประมาณ -30°C ถึง 120°C (ค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 2\%$) ผนังทางด้านทิศใต้ของบ้านจำนวน 1 จุด (Heat flux) และวัดค่าความเข้มแสงของรังสีอาทิตย์วัดโดยไพราโนมิเตอร์ยี่ห้อ EKO pyranometer รุ่น MS – 601 (ช่วงการวัด 1 ถึง 1400 W/m^2 ค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 5\%$) ค่าแรงเคลื่อนและกระแสไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงโซลาร์เซลล์ ค่าอุณหภูมิต่าง ๆ ค่าความร้อนไหลผ่านผนังและความเข้ม ทำการบันทึกด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล (Data recorder) ยี่ห้อ Hioki รุ่น 8422-51 (ค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 0.8\%$) ค่าความสว่างภายในบ้านจำนวน

1 จุด (ยี่ห้อ Testo รุ่น Model Testo 545 ค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 8\%$) ค่าความเร็วลมภายในและภายนอกบ้านจำนวน 2 จุด โดยใช้เครื่องวัด Hot wire anemometer (รุ่น Testo 454 ช่วงการวัด 0 ถึง 50 m/s ความคลาดเคลื่อน $\pm 5\%$) ทำการเก็บบันทึกข้อมูลทุก 10 นาที ตลอด 24 ชั่วโมง โดยจะทำการทดลองในลักษณะเช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Puban และคณะ [9] Chantawong และคณะ [10-12] และ Khedari และคณะ [13] (ดังแสดงจากตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 วันที่ทำการทดลอง

วัน เดือน ปี	Home 1	Home 2
14 ธันวาคม 2554	SW	GD – PV1
19 ธันวาคม 2554	SW	GD – PV2

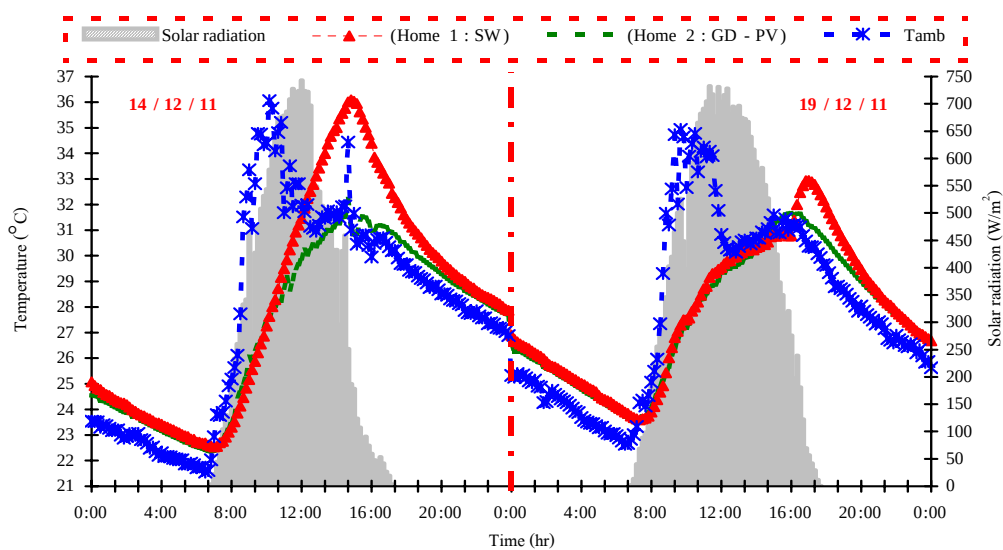


รูปที่ 3. การติดตั้งเครื่องมือวัดของบ้านทดสอบทั้งสองหลัง [9-13]

4. ผลการทดลอง

ผลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในบ้านจำลองทั้งสองหลัง (T_{room}) อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (T_{amb}) และความเข้มของรังสีอาทิตย์ (Solar radiation) และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ภายในวันที่ 14 ธันวาคม และวันที่ 19 ธันวาคม 2554 ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า มีค่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และความเข้มของรังสีอาทิตย์ จากช่วงเวลา 7:30 -12:30 น. มีอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูงสุดประมาณ $35 - 37^{\circ}\text{C}$ และค่าความเข้มของรังสีอาทิตย์สูงสุดประมาณ $730 - 750 \text{ W/m}^2$ (ดังแสดงในรูปที่ 4) ความเร็วลม

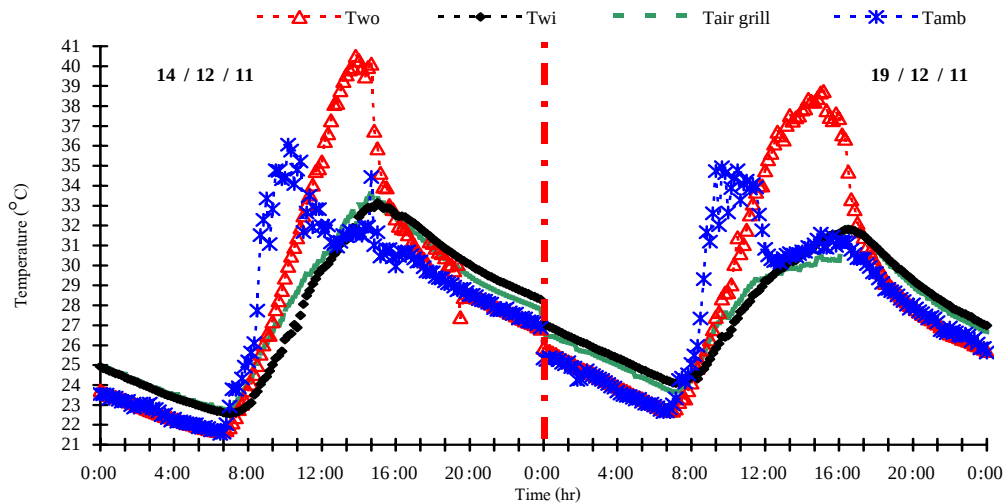
ภายนอกประมาณ 0.1 - 2.42 m/s (รูปที่ 11) ช่วงเวลา 12:31-16:30 น. สภาพอากาศภายในบริเวณที่ทำการทดสอบบ้านจำลองทั้งสองหลัง จะมีปริมาณเมฆมากส่งผลให้ค่าความเข้มของรังสีอาทิตย์ลดลง และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูงขึ้น เนื่องจากการคายความร้อนจากวัตถุในบริเวณดังกล่าว การเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในของบ้านจำลองทั้งสองหลัง จะพบว่า ช่วงเวลากลางวันบ้านที่ติดตั้งผนัง GD - PV จะมีอุณหภูมิต่ำกว่า บ้านที่ติดตั้งผนังคอนกรีตทั่วไป (SW) ประมาณ 2 - 6°C และใกล้เคียงกับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิภายในของบ้านจำลองทั้งสองสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมในช่วงเวลากลางคืนประมาณ 0.2 - 0.5°C ส่งผลทำให้เกิดการสะสมความร้อนภายในบ้านจำลองที่ติดตั้งผนังขึ้นเดียว



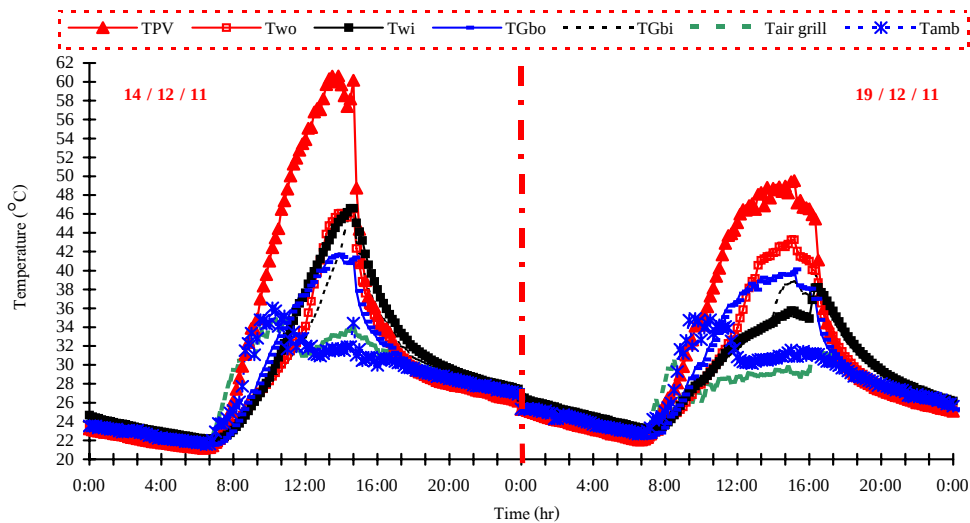
รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในบ้านจำลองทั้งสองหลัง อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม และความเข้มของรังสีอาทิตย์

จากรูปที่ 4 - 7 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงรายชั่วโมงของอุณหภูมิเฉลี่ยของบ้านจำลองที่ติดตั้งผนังคอนกรีตทั่วไปขึ้นเดียว (Home 1: SW) อุณหภูมิบนผนังชั้นนอก ($T_{wo} = (C1+C2+C3)/3$) อุณหภูมิบนผนังด้านใน ($T_{wi} = (C4+C5+C6)/3$) อุณหภูมิภายในบ้านจำลอง (T_{room}) อุณหภูมิอากาศตรงบานเกล็ดของประตูบ้าน ($T_{air\ grill}$) และอุณหภูมิเฉลี่ยของบ้านจำลองที่ติดตั้งผนัง GD-PV: Home 2 ทั้งสองแบบ อุณหภูมิบนบล็อกแก้วด้านนอก ($T_{Gbo} = G1$) อุณหภูมิบนบล็อกแก้วด้านใน ($T_{Gbi} = G4$) อุณหภูมิบนเซลล์แสงอาทิตย์ (T_{pv}) อุณหภูมิบนผนังชั้นนอกด้านนอก ($T_{wo} = G3$) อุณหภูมิบนผนังชั้นนอกด้านใน ($T_{wi} = (G5+G6)/2$) อุณหภูมิบนผนังชั้นในด้านนอก ($T_{Gbo} = (C1+C2+C3)/3$) อุณหภูมิบนผนังกระจกชั้นในด้านนอก ($T_{co} = (C1+C2+C3)/3$) และอุณหภูมิบนผนังกระจกชั้นในด้านใน ($T_{ci} = (C4+C5+C6)/3$) อุณหภูมิอากาศภายในห้อง (T_{room}) อุณหภูมิภายในช่องว่างผนัง GD - PV ประกอบด้วย อุณหภูมิตรง

ทางเข้า ($T_{in} = f3$) ตรงกลางระหว่างช่องว่าง ($T_{middle} = f2$) และตรงทางออกของผนัง ($T_{out} = f1$) อุณหภูมิอากาศตรงบานเกล็ดของประตูบ้าน ($T_{air grill}$) และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (T_{amb})



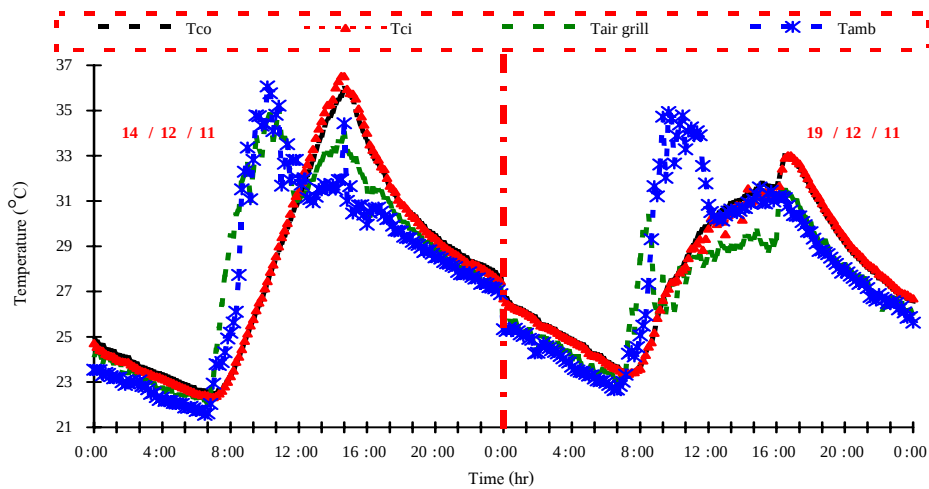
รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิบนผนังของบ้านที่ติดตั้งผนังคอนกรีตทั่วไป (Home 1: SW)



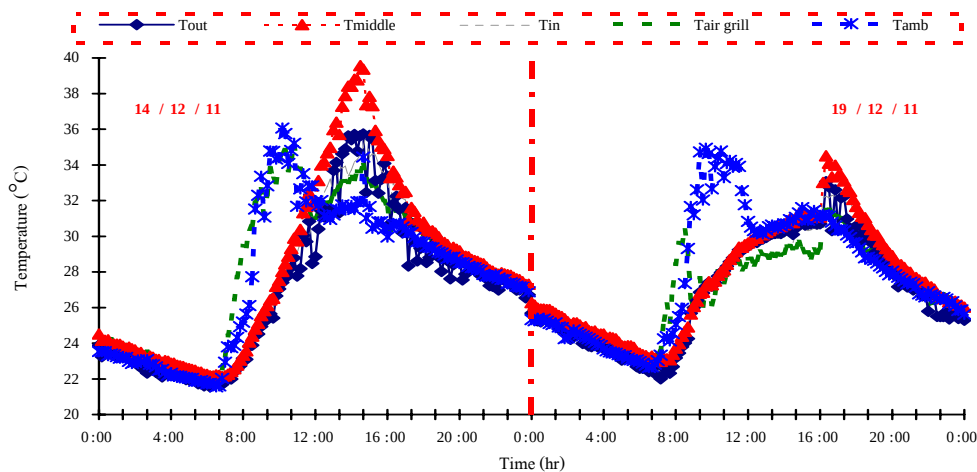
รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิบนผนังชั้นนอกของบ้านที่ติดตั้งผนัง GD - PV1 และ GD - PV2 (Home 2)

ผลของอุณหภูมิบนผนังของบ้านจำลองจากรูปที่ 5 – 7 พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยบนผนังชั้นนอกสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยบนผนังชั้นในของผนัง GD-PV: Home 2 ทั้งสองแบบสูงกว่าผนังแบบทั่วไป (Home 1: SW) ประมาณ $11 - 21^{\circ}\text{C}$ และสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมประมาณ $19 - 31^{\circ}\text{C}$ ภายในวันที่ทำการทดสอบ

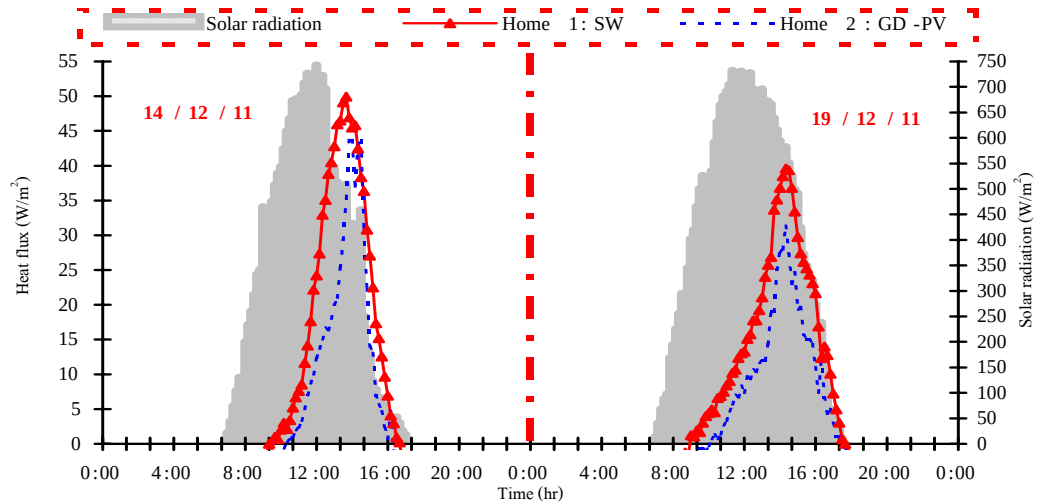
ดังแสดงจากตารางที่ 1 เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์ของผนัง GD-PV เป็นสีดำซึ่งจะสามารถดูดกลืนความเข้มแสงของรังสีอาทิตย์และสะสมความร้อนที่ผิวของผนังภายนอกได้ดีกว่าสีขาว ส่งผลทำให้มีอุณหภูมิสูงกว่าช่วงเวลากลางวันที่มีแสงแดด และจากรูปที่ 6 – 7 จะพบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยบนผนังชั้นนอกสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยบนผนังชั้นใน และอุณหภูมิอากาศภายในช่องว่างของผนัง GD-PV: Home 2 ทั้งสองแบบประมาณ $10 - 28^{\circ}\text{C}$ เนื่องจากผนังชั้นในของผนัง GD-PV ไม่ได้รับความเข้มแสงของรังสีอาทิตย์โดยตรง



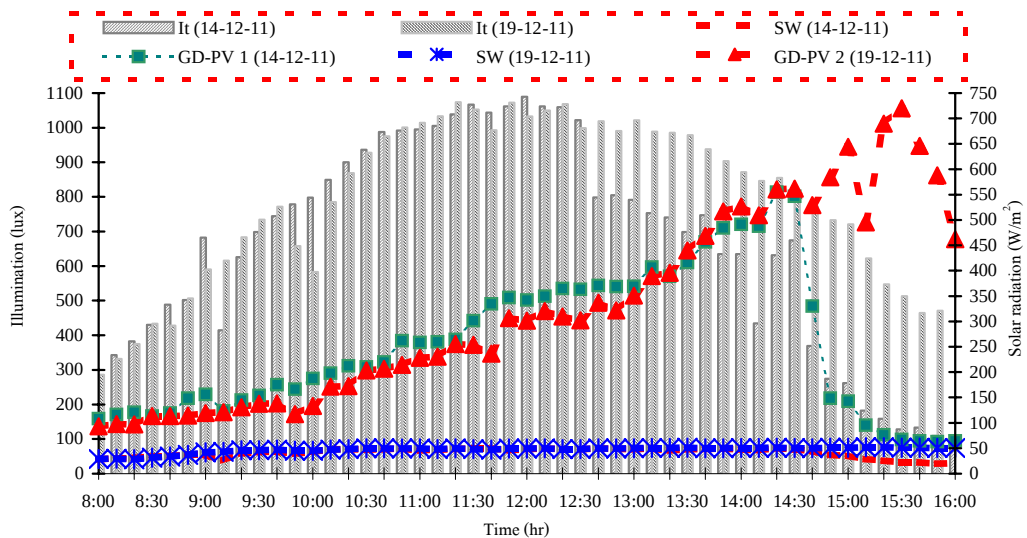
รูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิบนผนังชั้นในของบ้านที่ติดตั้งผนัง GD – PV1 และ GD – PV2 (Home 2)



รูปที่ 8 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศภายในของผนัง GD – PV1 และ GD – PV2 (Home 2)



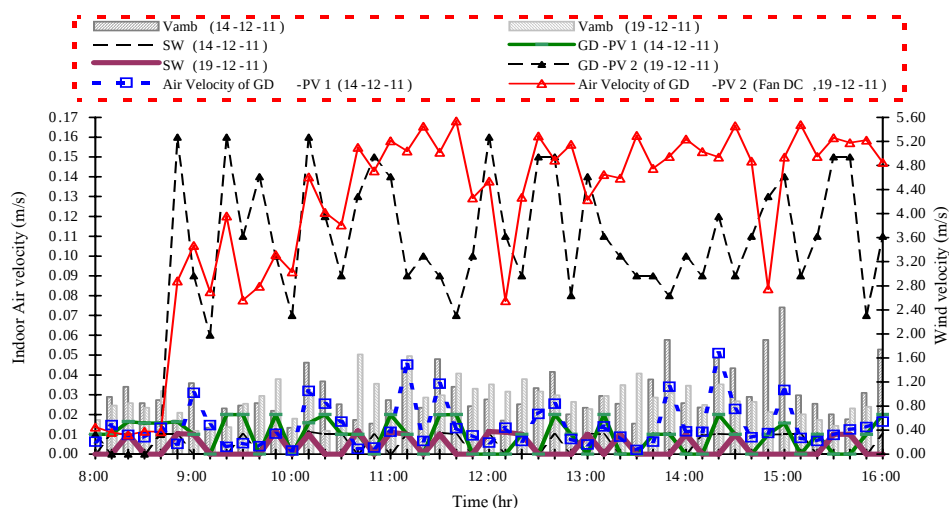
รูปที่ 9 ผลเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังของบ้านจำลองที่ติดตั้งผนัง SW (Home 1) กับ บ้านจำลองที่ติดตั้งผนัง GD – PV1 และ GD – PV2 (Home 2)



รูปที่ 10 การเปลี่ยนแปลงของแสงธรรมชาติภายในของบ้านจำลองที่ติดตั้งผนัง SW (Home 1) กับบ้านจำลองที่ติดตั้งผนัง GD – PV1 และ GD – PV2 (Home 2)

จากรูปที่ 8 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศภายในช่องว่างของผนัง GD – PV พบว่าอุณหภูมิอากาศตรงกลางมีค่าสูงประมาณ 38 - 40°C และสูงกว่าอุณหภูมิอากาศตรงทางออก

อุณหภูมิอากาศตรงทางเข้าของผนัง GD – PV และอุณหภูมิอากาศภายในห้อง (รูปที่ 4) อุณหภูมิอากาศตรงบานเกล็ดของประตูบ้าน และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมประมาณ $2 - 5^{\circ}\text{C}$ ส่งผลให้เกิดการเหนี่ยวนำอากาศด้วยแรงลอยตัวของอากาศภายในช่องว่างของผนัง GD – PV เพื่อระบายอากาศภายในห้องออกสู่สิ่งแวดล้อมแบบธรรมชาติด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และแบบบังคับโดยใช้พัดลมไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้แหล่งพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ช่วงเวลาที่มืดแสงแดด (ตลอดช่วงเวลากลางวัน) พัดลมช่วยระบายอากาศได้เร็วขึ้น ทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศภายในห้องได้ดีกว่าบ้านที่ติดตั้งผนังคอนกรีตทั่วไปชั้นเดียว (SW) เนื่องจากบ้านที่ติดตั้งผนังชั้นเดียว อุณหภูมิอากาศภายในบ้านไม่สามารถระบายออกสู่ภายนอกได้ ก่อให้เกิดการสะสมความร้อน และส่งผลต่อสภาวะความสบายเชิงความร้อนของผู้พักอาศัย และ ผลการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังด้านทิศใต้ของบ้านจำลองที่ติดตั้งผนัง GD – PV ทั้งสองแบบและบ้านจำลองที่ติดตั้ง SW จากรูปที่ 9 พบว่าบ้านจำลองที่ติดตั้งผนัง GD – PV มีค่าการนำความร้อนผ่านผนังต่ำกว่า บ้านจำลองที่ติดตั้งผนังคอนกรีตทั่วไปชั้นเดียว (SW) และผนัง GD – PV ช่วยลดความร้อนผ่านผนังเข้าสู่ภายในตัวบ้านประมาณร้อยละ 14 - 20.5 เมื่อเปรียบเทียบกับผนังคอนกรีตทั่วไป (SW)



รูปที่ 11 การเปลี่ยนแปลงของความเร็วลมภายในบ้านของบ้านจำลองที่ติดตั้ง SW (Home 1) กับบ้านจำลองที่ติดตั้งผนัง GD – PV1 และ GD – PV2 (Home 2)

ผลการเปลี่ยนแปลงของแสงธรรมชาติด้านภายในของบ้านจำลอง พบว่า ค่าสว่างของแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านผนังเข้าสู่ภายในบ้านจำลองที่ติดตั้งผนัง GD – PV ทั้งสองแบบจะมีความสว่างภายในบ้านพักอาศัยอยู่ในระดับที่ไม่แตกต่างกันมาก ดังนั้นผนัง GD – PV มีค่าสว่างของแสงธรรมชาติสูงกว่าผนังคอนกรีตทั่วไปชั้นเดียว (SW) เนื่องจากผนัง SW เป็นผนังทึบทำให้แสงต่างๆ ไม่สามารถส่องผ่าน

ผนังเข้าสู่ภายในห้องได้ (รูปที่ 10) และการเปรียบเทียบอัตราการไหลเวียนของอากาศภายใน บ้านจำลองทั้งสองหลังระหว่างบ้านจำลองที่ติดตั้งผนังคอนกรีตทั่วไปชั้นเดียว (SW: Home 1) และ บ้านจำลองที่ติดตั้งผนัง GD – PV: Home 2 ทั้งสองแบบ (จากรูปที่ 11) พบว่า ห้องของบ้านจำลองที่ติดตั้งผนัง GD – PV: Home 2 มีความเร็วลมในห้องประมาณ 0.2 - 0.16 m/s สูงกว่าห้องของบ้านจำลองที่ติดตั้งผนังคอนกรีตทั่วไปชั้นเดียว (SW: Home 1) ซึ่งมีความเร็วลมในห้องประมาณ 0.02 - 0.015 m/s ความเร็วลมภายนอกประมาณ 0.1 - 2.42 m/s และผนัง GD – PV1 เป็นการระบายอากาศแบบธรรมชาติมีความเร็วลมประมาณ 0.06 - 1.68 m/s และ ผนัง GD – PV2 เป็นการระบายอากาศแบบบังคับโดยใช้พัดลมไฟฟ้ากระแสตรงมีความเร็วลมประมาณ 0.45 - 5.51 m/s และความเร็วของพัดลมขึ้นกับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง

5. สรุป

การศึกษาค้นคว้าทดสอบสมรรถนะทางความร้อนระหว่างผนังคอนกรีตทั่วไป (SW) กับผนังบล็อกแก้วสองชั้นร่วมกับโฟโตโวลตาอิกระบายอากาศ (GD – PV) ทั้งสองแบบที่ติดตั้งกับผนังด้านทิศใต้ของบ้านพบว่า บ้านที่ติดตั้งผนังบล็อกแก้ว GD – PV จะมีอุณหภูมิภายในห้องต่ำกว่า บ้านที่ติดตั้งผนังคอนกรีตทั่วไป (SW) ประมาณ 2 - 6°C และช่วยลดอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทางด้านทิศใต้ร้อยละ 14 - 20.5 ดังนั้นผนังบล็อกแก้ว GD – PV ทั้งสองแบบ จะช่วยระบายอากาศ เกิดการไหลเวียนอากาศภายในได้ดีขึ้น ลดการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศมากกว่า และผลการเปรียบเทียบสมรรถนะทางความร้อนของผนัง GD – PV ทั้งสองแบบ พบว่า ผนังบล็อกแก้ว GD – PV ทั้งสองแบบสามารถประยุกต์ใช้งานอาคารสำนักงานหรือบ้านพักอาศัย ลดภาระทางความร้อนภายในของอาคาร ช่วยอนุรักษ์พลังงาน และรักษาสิ่งแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนเพื่อสนับสนุนนักวิจัยทั่วไปประจำปี 2554 ฝ่ายส่งเสริมการวิจัยและประเมินผล สำนักวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ปรีชา อ่องอารี ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่อนุญาตให้ใช้สถานที่สำหรับการทดสอบ และขอขอบคุณคณาจารย์ศึกษาศาสตร์และเทคโนโลยีเครื่องต้นกำลัง (เครื่องต้นกำลังอุตสาหกรรม) ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ช่วยเก็บข้อมูลงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Freitas de V, P., Abrantes, V. and Crausse, P., 1996. Moisture migration in building walls – analysis of the interface phenomena. *J. Building and Environment.*, 31(2), 99-108.
- [2] Suksongyat, K., Chaisayun, I., Chankrapoe, A., Chantawong, P., Vimanjan, V. and Namprakai, P., 2007. Economical comparative analysis between house built using red clay bricks wall and aerated concrete wall for heat transfers and thermal properties. *The Journal of KMITNB.*, 17(2), 34-42. (In Thai).
- [3] Khedari, J., Sangprajak, A. and Hirunlabh, J., 2001. Thailand climatic zones. *J. Renewable Energy*, 25, 267-280.
- [4] Chirattananon, S., Chaiwiwatworakul, P. and Pattanasethanon, S., 2002. Daylight availability and models for global and diffuse horizontal illuminance and irradiance for Bangkok. *J. Renewable Energy*, 26, 69-89.
- [5] Ogoli, D. M., 2003. Predicting indoor temperatures in closed building with high thermal mass. *J. Energy and Buildings*, 35, 99-108.
- [6] Chantawong, P., Vimanjan, V., Asasutjarit, C., Hirunlabh, J., Khedari, J., Orudee, A., Puangjeen, A. and Jaikrakang, L., 2007. Field comparative study between light gray and lily white exterior surface color on indoor conditions of a house model under hot humid climate of Bangkok. *The Journal of KMITNB.*, 17(3), 11-20. (In Thai).
- [7] Chantawong, P., Vimanjan, V., Puangsombut, W., Hirunlabh, J., Asasutjarit, C., and Khedari, J., 2008. Comparative study of effects on the thermal performance of exterior surface color between of light gray and sky white colour of house model under hot humid climate of Bangkok. *Engineering Journal of Siam University*, 9(1), 16, 31-40 (In Thai).
- [8] Ungkoon, Y. and Chantawong, P., 2009. Study of thermal performance and economic analysis of cost Aerated Concrete walls, *The Journal of Applied Science*, 8(2), 22-28. (In Thai).
- [9] Puban, S. and Chantawong, P., 2011. Study of effect of Trombe walls on indoor conditions of a house model under hot humid climate of Thailand. *J. Science Ladkrabang*, 20(1), 35-44. (In Thai).

- [10] Chantawong, P., 2009. Investigation on the thermal performance of Aerated Concrete wall solar chimney under hot humid climate of Bangkok. *Engineering Journal of Siam University*, 10 (1), 18, 1-14. (In Thai).
- [11] Chantawong, P., Vimanjan, V., Khedari, J., and Hirunlabh, J., 2009. Study of Aerated Concrete wall solar chimneys under the climate of Thailand. *The Journal of Applied Science*, 8(2), 43-52. (In Thai).
- [12] Chantawong, P., 2009. Study of a solar cells chimney wall assisted with DC fan under the climate of Bangkok, *Ladkrabang Engineering Journal*, 26(6), 37-42. (In Thai).
- [13] Khedari, J., Pongsatirat, C., Puangsombut, W., and Hirunlabh, J., 2005. Experimental performance of a Partially - Glazed Modified Trombe wall. *International Journal of Ambient Energy*, 26, 27-36.
- [14] Yener, A. K., 1999. A method of obtaining visual comfort using fixed shading device in room. *J. Building and Environment.*, 34, 285-291.