

สมรรถนะเชิงความร้อนของกระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศที่ติดตั้ง พัดลมไฟฟ้าเซลล์ แสงอาทิตย์

วิทยา พวงสมบัติ^{1*}, จิระศักดิ์ พุกดำ², ดิษฐา นนธิ์วรงค์¹

^{1*}สุดกำแพง ถนนพหลโยธิน ต.โกสัมพี อ.โกสัมพีนคร จ.กำแพงเพชร 62000

²สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรอาคาร คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนสุรินทร์

*Email: w.puangsombut@hotmail.com

Received: Oct 26, 2021

Revised: Nov 20, 2021

Accepted: Dec 20, 2021

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอสมรรถนะเชิงความร้อนของกระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ โดยกระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วยกระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศ ท่อทางเดินอากาศเซลล์แสงอาทิตย์และพัดลม โดยที่พัดลมได้รับพลังงานไฟฟ้าโดยตรงจากเซลล์แสงอาทิตย์และไม่มีแบตเตอรี่ บ้านทดสอบจำนวน 2 หลัง แต่ละหลังมีปริมาตร 8 m³ บ้านทดสอบหลังหนึ่งมุงคอนกรีตปกติร่วมกับคอนกรีตระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์โดยติดตั้งอยู่ทางทิศใต้ของหลังคา ในขณะที่บ้านอ้างอิงมุงหลังคาด้วยกระเบื้องคอนกรีตปกติเท่านั้น

สมรรถนะเชิงความร้อนของกระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงในรูปความร้อนผ่านฝ้าเพดาน อุณหภูมิอากาศห้องใต้หลังคา อุณหภูมิห้องและจำนวนการเปลี่ยนอากาศ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์สามารถสร้างจำนวนการเปลี่ยนอากาศภายในห้องทดสอบได้ในช่วง 6-7 ACH ทำให้อุณหภูมิห้องทดสอบมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศแวดล้อม นอกจากนี้บ้านทดสอบมีค่าความร้อนผ่านฝ้าเพดานต่ำกว่าบ้านทดสอบอ้างอิงโดยมีค่าเปอร์เซ็นต์การลดความร้อนสูงกว่า 40%

คำสำคัญ : กระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศ, พัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์, สมรรถนะเชิงความร้อน, จำนวนการเปลี่ยนอากาศ, ความร้อนรับ

Thermal performance of concrete tile ventilator equipped with PV-powered fan

Withaya Puangsombut^{1,*}, Jirasak Pukdum², Dittha Nonthiworawong¹

^{1,*}Sood-Kamphaeng, Phaholyothin Rd, Kosamphi, Kosamphi Nakhon, KamphaengPhet Thailand 62000

²Department of Facility Management, Faculty of Architecture and Design,
Rajamangalar University of Technology Rattanakosin

Email : w.puangsombut@hotmail.com^{*}

Received: Oct 26, 2021

Revised: Nov 20, 2021

Accepted: Dec 20, 2021

Abstract

This paper presents the thermal performance of a concrete tile ventilator equipped with PV-powered fan (CTVPVf). The CTVPVf is composed of a concrete tile ventilator, steel pipe, PV panel and DC fan. A DC fan is driven directly by a photovoltaic (PV) panel i.e. no battery is used. Two test houses of 8 m³ volume were utilized in experiments. First test house thatched the common flat concrete tile together with a CTVPVf located at the south-facing roof whereas a reference test house thatched common flat concrete tile only. The thermal performance of CTVPVf is expressed in terms of heat gain, temperature and the number of air change. Experimental results show that a CTVPVf can produce the number of air change up to 6-7 ACH, and provide indoor temperature nearly closed to ambient temperature. Moreover, the test house has a lower ceiling heat gain than a reference test house with the percentage heat gain reduction achieved higher than 40%.

Keywords : Concrete tile ventilator, PV-powered fan, Thermal performance, Number of air change, Heat gain

บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้นและมีค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยต่อวันค่อนข้างสูงตลอดทั้งปี [1-2] ซึ่งมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารหรือที่อยู่อาศัย โดยส่วนประกอบของสิ่งปลูกสร้างที่ได้รับผลกระทบจากรังสีอาทิตย์มากที่สุด ได้แก่ หลังคา ซึ่งเป็นส่วนที่รับและสะสมความร้อนตลอดทั้งวัน ในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมาการลดความร้อนสะสมภายในบ้านพักอาศัยด้วยการระบายอากาศได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากเป็นวิธีการที่สะดวกและง่ายต่อการออกแบบและสามารถใช้งานได้กับที่อยู่อาศัยที่สร้างขึ้นใหม่หรือที่อยู่อาศัยเดิม ซึ่งการระบายอากาศแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural ventilation) และการระบายอากาศโดยวิธีบังคับการไหลของอากาศ (Force ventilation) ในปี 2545 Hirunlabh et al. [3] เสนอการระบายอากาศภายในห้องใต้หลังคาโดยใช้พัดลมระบายอากาศที่รับพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อลดความร้อนสะสมภายในห้องใต้หลังคาและลดความร้อนถ่ายเทผ่านฝ้าหลังคา โดยติดตั้งพัดลมระบายอากาศที่ชายคาบ้านและเปรียบเทียบผลการทดลองกับบ้านทดสอบที่ไม่ได้ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าบ้านทดสอบที่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศสามารถลดความร้อนผ่านฝ้าเพดานและอุณหภูมิห้องได้สูงสุดที่ 5 W/m^2 และ 4°C ตามลำดับ ต่อมาได้ทำการศึกษาฝ้าเพดานแบบรูพรุน (Perforated ceiling) [4-5] ที่ติดตั้งกับบ้านพักอาศัยจริงเพื่อดูความสามารถในการระบายอากาศเพื่อลดความร้อนสะสมภายในห้องใต้หลังคาและรวมถึงความชื้นสะสมภายในตัวบ้านพักอาศัยจริง จากการศึกษาพบว่า การติดตั้งฝ้าเพดานแบบรูพรุนที่ชายคาบ้านสามารถสร้างอัตราการระบายอากาศเพื่อลดความร้อนสะสมภายในห้องใต้หลังคาได้

เป็นอย่างดีและเมื่อติดตั้งฝ้าชายคาที่ห้องน้ำชั้นสองของบ้านพักอาศัยร่วมด้วยจะสามารถลดความชื้นสะสมภายในพื้นที่พักอาศัยรวมถึงความชื้นสะสมภายในห้องน้ำได้เป็นอย่างดี

อีกทั้งเมื่อมีการลดความร้อนและความชื้นสะสมภายในบ้านพักอาศัยยังช่วยให้ภาระโหลดของเครื่องปรับอากาศที่เกิดจากภาระโหลดภายในบ้านมีอัตราส่วนลดลงด้วย

การศึกษาการระบายอากาศเพื่อลดความร้อนสะสมภายในอาคารได้มีการศึกษาอย่างต่อเนื่องกระทั่งในปี 2557 ได้ออกแบบกระเบื้องคอนกรีตสองชั้นสำหรับมุงหลังคาเพื่อลดความร้อนก่อนถ่ายเทเข้าสู่ห้องใต้หลังคา [6] และได้ทำการออกแบบกระเบื้องคอนกรีตสำหรับระบายอากาศที่พัฒนามาจากกระเบื้องคอนกรีตธรรมดา [7] จากการออกแบบและนำไปมุงหลังคาเพื่อทดสอบเปรียบเทียบกับบ้านทดสอบที่มุงกระเบื้องหลังคา คอนกรีตแบบปกติ จากการทดสอบกระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศทั้งสองแบบสามารถลดความร้อนถ่ายเทเข้าสู่ตัวบ้านและสร้างอัตราการระบายอากาศรวมถึงสร้างอัตราการเปลี่ยนอากาศโดยการระบายอากาศแบบธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ หลังจากนั้นได้มีการศึกษาออกแบบเพื่อพัฒนาหลังคารับรังสีอาทิตย์แบบติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้งแบบที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ [8] และแบบที่มีการระบายอากาศแบบบังคับ [9] ซึ่งการพัฒนาหลังคารับรังสีอาทิตย์แบบติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์นั้นช่วยลดความร้อนถ่ายเทผ่านหลังคารวมทั้งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพรวมของหลังคารับรังสีอาทิตย์แบบติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพโดยรวมสูงขึ้น

การศึกษาการระบายอากาศร่วมกับการนำแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ภายในอาคารเป็นแนวทางที่ได้รับความสนใจด้วยเช่นเดียวกัน

การออกแบบท่อนำแสงที่สามารถระบายอากาศได้ [10] เพื่อนำมาลดความร้อนสะสมภายในอาคารอีกทั้งนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ประโยชน์ภายในอาคารได้โดยตรงได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น จากการออกแบบและทดสอบกับบ้านทดสอบเปรียบเทียบกับบ้านทดสอบแบบปกติแสดงให้เห็นว่าท่อนำแสงที่สามารถระบายอากาศและช่วยลดอุณหภูมิภายในห้องทดสอบได้สูงสุด 4.2°C และลดความร้อนผ่านฝ้าเพดานได้ในช่วง $1-5 \text{ W/m}^2$ อีกทั้งสร้างอัตราการระบายอากาศในช่วง $1.8-5.4 \text{ m}^3/\text{hr}$ ในขณะที่ท่อนำแสงที่สามารถระบายอากาศได้ให้ค่าความส่องสว่างภายในได้ในช่วง $230-320 \text{ Lux}$

หน้าต่างและผนังกระจกก็เป็นส่วนประกอบของกรอบอาคารอีกส่วนหนึ่งที่มีความร้อนถ่ายเทผ่านรวมถึงรังสีอาทิตย์ที่ผ่านวัสดุโปร่งแสงเข้ามาโดยตรง ดังนั้นการประยุกต์ใช้หลักการระบายอากาศจึงเป็นวิธีการที่ได้รับความสนใจและมีการศึกษากันอย่างต่อเนื่อง Khedari et al. [11] ได้ศึกษาผนังทอมบ์ดัดแปลงที่มีการติดตั้งบล็อกแก้วเพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารโดยทดสอบเปรียบเทียบกับผนังทอมบ์ธรรมดาซึ่งผนังทอมบ์ดัดแปลงแบบติดตั้งบล็อกแก้วให้ค่าแสงสว่างภายในบ้านทดสอบในช่วง $350-550 \text{ Lux}$ และสร้างอัตราการระบายอากาศได้ในช่วง $60-80 \text{ m}^3/\text{hr}$ ต่อมาการศึกษาการระบายอากาศผ่านหน้าต่างกระจกสองชั้น [12] เพื่อลดความร้อนผ่านหน้าต่างกระจกและลดความชื้นสะสมภายในที่พักอาศัยโดยออกแบบและติดตั้งกับห้องทดสอบเปรียบเทียบกับห้องทดสอบที่ติดตั้งหน้าต่างกระจกธรรมดา จากการทดสอบสามารถลดอุณหภูมิห้องเฉลี่ยได้ 1.9°C และสามารถลดการถ่ายเทความร้อนผ่านหน้าต่างกระจกได้สูงสุด 10.24 W/m^2

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบกระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์

แสงอาทิตย์สำหรับมุงร่วมกับกระเบื้องคอนกรีตปกติและทดสอบเปรียบเทียบกับบ้านทดสอบที่มุงหลังคาคอนกรีตแบบปกติ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

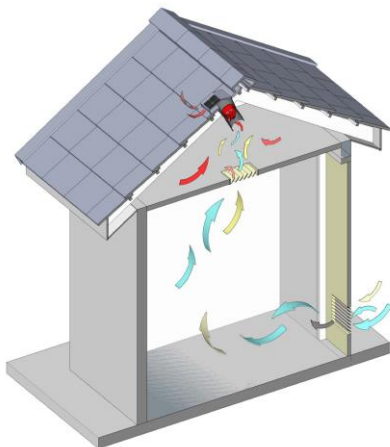
เพื่อศึกษาสมรรถนะเชิงความร้อนของกระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ในรูปตัวแปรอุณหภูมิ ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านฝ้าเพดาน อัตราการระบายอากาศและจำนวนการเปลี่ยนอากาศ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและทฤษฎี

กระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ในรูปที่ 1 ได้พัฒนามาจากกระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศตามเอกสารอ้างอิง [7] โดยกระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วยกระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศ ท่อทางเดินอากาศ พัดลมไฟฟ้าต่อตรงกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 1 กระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 2 รูปแบบการไหลของอากาศและการมุงกระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

รูปที่ 2 แสดงกระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์และการทำงานเพื่อระบายอากาศและลดความร้อนสะสมภายในบ้านทดสอบ เมื่อพัดลมระบายอากาศทำงานอากาศจากภายนอกไหลผ่านช่องเปิดที่ประตูผ่านห้องทดสอบก่อนไหลผ่านช่องเปิดที่ฝ้าเพดานเข้าสู่ห้องใต้หลังคาและไหลเข้าสู่ท่ออากาศและไหลออกสู่ภายนอกผ่านกระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศ โดยลักษณะการไหลของอากาศในลักษณะนี้เรียกว่าการไหลแบบตัดขวาง (Cross flow) ซึ่งการไหลในลักษณะนี้อากาศที่ไหลผ่านเข้าที่ประตูจะช่วยในการระบายความร้อนสะสมภายในบ้านทดสอบที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อนจากผนังด้านในทำให้อุณหภูมิภายในห้องและอุณหภูมิห้องใต้หลังคาลดลงอีกทั้งยังลดการถ่ายเทความร้อนผ่านฝ้าเพดานด้วย โดยทั่วไปอัตราการระบายอากาศจะประกอบด้วย 3 ส่วน ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$Q_{vent} = \sqrt{Q_b^2 + Q_w^2 + Q_m^2} \quad (1)$$

เมื่อ

Q_{vent} คือ อัตราการระบายอากาศ (m^3/s)

Q_b คือ อัตราการระบายอากาศเนื่องจากแรงลอยตัว (m^3/s)

Q_w คือ อัตราการระบายอากาศเนื่องจากลม (m^3/s)

Q_m คือ อัตราการระบายอากาศเนื่องจากอุปกรณ์ทางกล (m^3/s)

อัตราการระบายอากาศเนื่องจากแรงลอยตัวคำนวณได้จาก

$$Q_b = A_o \sqrt{\frac{2gHT\left(\frac{1}{T_i} - \frac{1}{T_o}\right)}{\left(1 - \frac{A_o^2}{A_i^2}\right)}} \quad (2)$$

เมื่อ

A_i คือ คือ พื้นที่ทางเข้าของอากาศที่ประตู (m^2)

A_o คือ คือ พื้นที่ทางออกของอากาศที่กระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศ (m^2)

g คือ คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (m/s^2)

H คือ คือ ความสูงระหว่างทางเข้าและทางออกของอากาศ (m)

T คือ คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ของอากาศ (K)

T_i คือ คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ของอากาศที่ทางเข้าประตู (K)

T_o คือ คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ของอากาศที่กระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศ ทางออก (K)

อัตราการระบายอากาศเนื่องจากลม คำนวณได้จาก

$$Q_w = A_i V_w \quad (3)$$

เมื่อ

V_w คือ คือ ความเร็วลมที่ทางเข้า (m/s)

อัตราการระบายอากาศเนื่องจากอุปกรณ์
ทางกล คำนวณได้จาก

$$Q_m = A_o V_o \quad (4)$$

เมื่อ

V_o คือ ความเร็วลมที่ทางออกของกระเบื้อง
คอนกรีตระบายอากาศ (m/s)
จำนวนการเปลี่ยนอากาศ คำนวณได้จาก

$$ACH = \frac{3600 \cdot Q_{vent}}{V} \quad (5)$$

เมื่อ

ACH คือ จำนวนการเปลี่ยนอากาศ (เท่า/
ชั่วโมง)

V คือ ปริมาตรห้องทดสอบ (m^3)

เปอร์เซ็นต์การลดการถ่ายเทความร้อนผ่าน
ฝ้าเพดาน คำนวณจาก

$$\%HG_{red.} = \left(\frac{HG_{ref} - HG_{CTVPVF}}{HG_{ref}} \right) \quad (6)$$

เมื่อ

$\%HG_{red.}$ คือ เปอร์เซ็นต์การลดการ ถ่ายเท
ความร้อนผ่านฝ้าเพดาน (%)

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

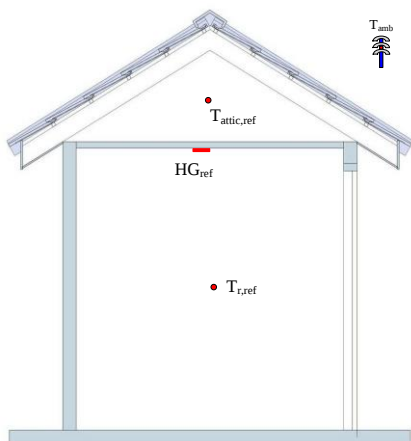
HG_{CTVPVF} คือ ความร้อนผ่านฝ้าเพดานบ้าน
ที่ติดตั้งกระเบื้องคอนกรีตระบาย
อากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์
แสงอาทิตย์ (W/m^2)

ระเบียบวิธีวิจัย

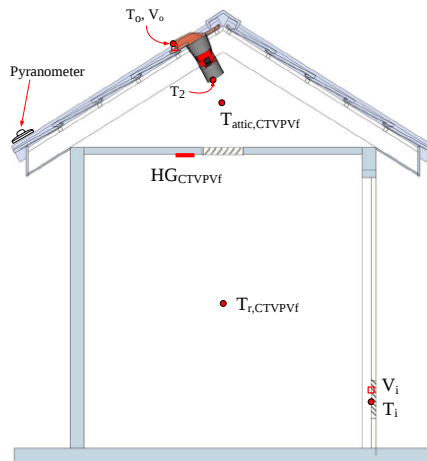
งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบสมรรถนะของ
กระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลม
ไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมุ่งกระเบื้องคอนกรีต
ระบายอากาศฯ ร่วมกับกระเบื้องคอนกรีตปกติกับ
บ้านทดสอบจำนวน 1 หลัง และบ้านทดสอบอ้างอิง
มุ่งกระเบื้องคอนกรีตปกติเท่านั้น โดยทำการตรวจวัด
อุณหภูมิ ความร้อนผ่านฝ้าเพดาน อัตราการระบาย
อากาศและค่ารังสีอาทิตย์ เพื่อประเมินสมรรถนะ
เชิงความร้อนของกระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศ
ที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ บ้านทดสอบ
แต่ละหลังมีปริมาตร $8 m^3$ โดยหลังคาบ้านทดสอบ
ทำมุม 30° เซลล์แสงอาทิตย์ขนาด $5.5 Wp$ ต่อตรง
กับพัดลมไฟฟ้าขนาด $1.68 W$

อุปกรณ์สำหรับตรวจวัดและบันทึกข้อมูลการ
ทดลองประกอบด้วย อุปกรณ์วัดความร้อนผ่านฝ้า
เพดาน (EKO: FM-180) อุปกรณ์วัดความเร็วลม
ของอากาศ (KIMO: model.VT 100) สายเทอร์
โมคัปเปิ้ล ชนิด K (ช่วงการวัด: $0-1250^\circ C$) ต่อตรง
เข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูล (Hioki: Model 8422-
52) อุปกรณ์วัดค่ารังสีอาทิตย์ (Kipp & Zonen:
Model CMP11) และบันทึกข้อมูลทุก ๆ 10 นาที
(06:00-18:00 น.)

รูปที่ 3 แสดงตำแหน่งวัดต่าง ๆ ที่ได้จากการ
ทดสอบ รูปที่ 3 (a) บ้านทดสอบอ้างอิงประกอบด้วย
ห้องใต้หลังคา ($T_{attic, ref}$) อุณหภูมิห้อง ($T_{r, ref}$)
อุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T_{amb}) ความร้อนผ่านฝ้า
เพดาน(HG_{ref}) รูปที่ 3 (b) บ้านทดสอบที่มุ่งกระเบื้อง
คอนกรีตระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์
แสงอาทิตย์ ประกอบด้วยอุณหภูมิอากาศที่ทางออก
(T_o) ความเร็วลมของอากาศที่ทางออก (V_o) อุณหภูมิ
ห้องใต้หลังคา ($T_{attic, CTVPVF}$) อุณหภูมิห้อง ($T_{r, CTVPVF}$)
ความร้อนถ่ายเทผ่านฝ้าเพดาน (HG_{CTVPVF}) และค่า
รังสีอาทิตย์ (I_t) อุณหภูมิอากาศที่ทางเข้า (T_i)
ความเร็วลมของอากาศที่ทางเข้า (V_i)



(a) ภาพแสดงตำแหน่งวัดบ้านอ้างอิง



(b) ภาพแสดงตำแหน่งวัดบ้านทดสอบที่มุ่งหลังคากระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

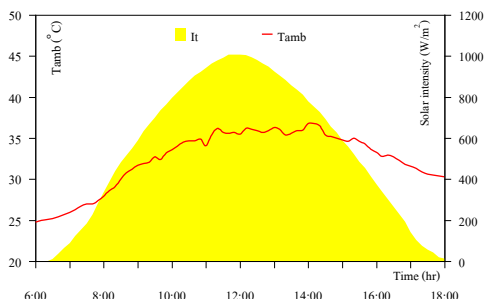
รูปที่ 3 แสดงตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์

ผลการวิจัย

การทดสอบกระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ดำเนินการในช่วงฤดูร้อนของประเทศไทยและได้เลือกวันทดสอบที่มีผลการทดสอบที่เหมาะสมเพื่อนำเสนอในบทความนี้

1. สภาพอากาศแวดล้อม

ค่ารังสีอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศแวดล้อมแสดงในรูปที่ 4 จะเห็นว่าค่ารังสีอาทิตย์ที่ได้จากการวัดโดยอุปกรณ์วัดค่ารังสีอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่บนหลังคาบ้านทดสอบไม่มีผลกระทบจากเงาที่เกิดการเคลื่อนที่ของเมฆ ค่ารังสีอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศแวดล้อมสูงสุดอยู่ที่ 1010 W/m^2 ที่เวลา 12:00 น. และ 36°C ที่เวลา 13:00 น. ตามลำดับ



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่ารังสีอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศแวดล้อม

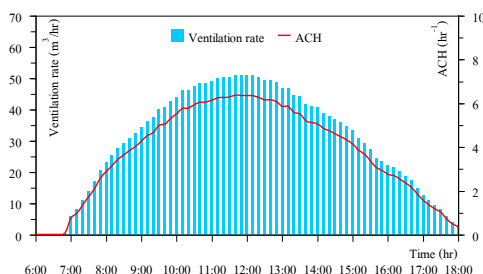
2. อัตราการระบายอากาศและจำนวนการเปลี่ยนอากาศ

เมื่อพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่กับกระเบื้องระบายอากาศเริ่มทำงานที่เวลา 07:00 น. ค่ารังสีอาทิตย์ประมาณ 70 W/m^2 อากาศไหลผ่านช่องเปิดที่ประตูเข้าสู่ภายในห้องทำให้ความร้อนสะสมภายในห้องถูกถ่ายเทออกไปพร้อมกับอากาศก่อนที่จะไหลผ่านช่องเปิดที่ฝ้าเพดานเพื่อระบายความร้อนสะสมภายในห้องได้หลังคาอีกครั้งก่อนออกสู่สิ่งแวดล้อมที่ทางออกของกระเบื้อง

คอนกรีตระบายอากาศ ในรูปที่ 5 แสดงอัตราการระบายอากาศและจำนวนการเปลี่ยนอากาศของบ้านทดสอบที่มุ่งกระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ และสามารถอธิบายได้ใน 3 ช่วงเวลา ดังนี้

ช่วงเวลาที่ 1 เริ่มการทดสอบ (06:00-06:50 น.) จะเห็นได้ว่ายังไม่มีค่าอัตราการระบายอากาศและจำนวนการเปลี่ยนอากาศ ระยะเวลา 07:00 น. พัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์เริ่มทำงานทำให้เกิดอัตราการระบายอากาศและจำนวนการเปลี่ยนอากาศขึ้น

ช่วงเวลาที่ 2 (07:00-12:00 น.) อัตราการระบายอากาศและจำนวนการเปลี่ยนอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งนี้เกิดจากค่ารังสีอาทิตย์ที่มีค่าเพิ่มขึ้นทำให้การผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ป้อนให้กับพัดลมได้อย่างต่อเนื่อง และช่วงเวลานี้ อัตราการระบายอากาศและจำนวนการเปลี่ยนอากาศมีค่าสูงสุดที่ $52 \text{ m}^3/\text{hr}$ และ 6.5 เท่าของปริมาตรห้อง/hr ตามลำดับ



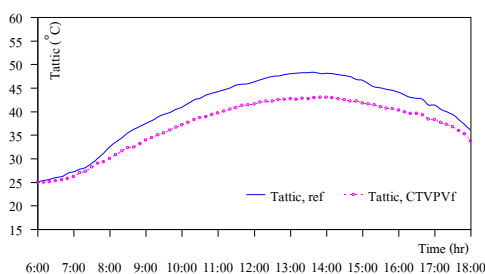
รูปที่ 5 อัตราการเปลี่ยนอากาศและจำนวนการเปลี่ยนอากาศ

ช่วงเวลาที่ 3 (12:00-18:00 น.) อัตราการระบายอากาศและจำนวนการเปลี่ยนอากาศมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องทั้งนี้เกิดจากค่ารังสีอาทิตย์ที่มีค่าลดลงซึ่งส่งผลต่อการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์เช่นเดียวกัน ระยะเวลา 17:30 น. พัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์หยุดทำงาน แต่จะเห็นได้ว่าในช่วงเวลานี้ยังคงเกิด

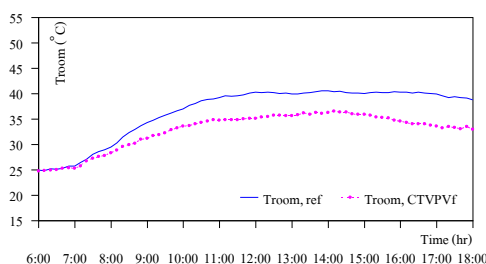
อัตราการระบายอากาศและจำนวนการเปลี่ยนอากาศทั้งนี้เกิดจากผลของการระบายอากาศแบบธรรมชาติผ่านกระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศ

3. อุณหภูมิห้องใต้หลังคาและอุณหภูมิห้อง

ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อก่อนหน้านี้ ในช่วงเวลา 06:00-06:50 น. (พัดลมยังไม่ทำงาน) อุณหภูมิอากาศห้องใต้หลังคาของบ้านทดสอบทั้งสองหลังมีค่าใกล้เคียงกันทั้งนี้เกิดจากการถ่ายเทความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมในช่วงเวลากลางคืน และที่เวลา 07:00 น. อุณหภูมิอากาศในห้องใต้หลังคาของบ้านทดสอบทั้ง 2 หลังมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และจะเห็นได้ว่าบ้านทดสอบที่มุ่งกระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มีอุณหภูมิอากาศในห้องใต้หลังคาลดกว่าบ้านทดสอบอ้างอิง $1-5^\circ\text{C}$



รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศห้องใต้หลังคา



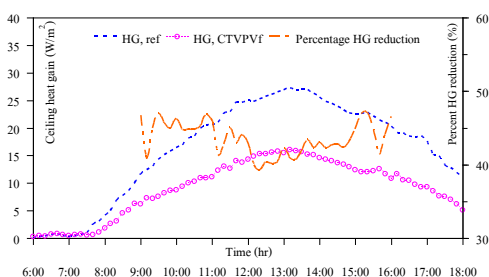
รูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิห้อง

ในขณะที่อุณหภูมิห้อง (รูปที่ 6) ของบ้านทดสอบที่มุ่งกระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าต่ำกว่าบ้าน

ทดสอบอ้างอิงในช่วง $0.5-6^{\circ}\text{C}$ ซึ่งเป็นผลมาจากอัตราการระบายอากาศและจำนวนการเปลี่ยนอากาศซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญในการลดการสะสมความร้อนภายในห้องทดสอบและในห้องใต้หลังคา

4. ความร้อนผ่านฝ้าเพดาน

ในการทดสอบนี้ค่าความร้อนผ่านฝ้าเพดานถูกวัดที่ฝ้าเพดาน (ด้านห้องทดสอบ รูปที่ 3) ในรูปที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบความร้อนผ่านฝ้าเพดานของบ้านทดสอบที่มุ่งหลังคากระเบื้องระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์กับบ้านทดสอบอ้างอิง จะเห็นได้ว่าในช่วง 06:00-07:30 น. ค่าความร้อนผ่านฝ้าเพดานมีค่าน้อยมาก หลังจาก 07:30 น. ค่าความร้อนผ่านฝ้าเพดานของบ้านทดสอบที่มุ่งหลังคากระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าต่ำกว่าบ้านทดสอบอ้างอิงในช่วง $2-11\text{ W/m}^2$ และยังได้แสดงให้เห็นถึงเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความร้อนผ่านฝ้าเพดานในรูปที่ 8 ด้วยเช่นกัน



รูปที่ 8 ความร้อนถ่ายเทผ่านฝ้าเพดาน

จากการคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความร้อนผ่านฝ้าเพดาน โดยนำเสนอในช่วงเวลา 09:00-16:00 น. จะเห็นได้ว่าค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความร้อนผ่านฝ้าเพดานมีค่ามากกว่า 40% ตลอดช่วงเวลาที่มีการระบายอากาศผ่านกระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศ

สรุปและอภิปรายผล

กระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถสร้างอัตราการระบายอากาศและจำนวนการเปลี่ยนอากาศได้เป็นอย่างดีทั้งนี้เนื่องจากพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับพลังงานโดยตรงจากเซลล์แสงอาทิตย์และทำงานตามคำสั่งสวิตช์ที่สร้างขึ้น ในขณะที่การไหลของอากาศเป็นการไหลแบบตัดขวาง (Cross flow) โดยอากาศจากภายนอกไหลเข้าห้องทดสอบผ่านช่องเปิดที่ประตูและแลกเปลี่ยนความร้อนก่อนไหลผ่านช่องเปิดที่ฝ้าเพดานเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนภายในห้องใต้หลังคา ก่อนที่อากาศจะไหลออกสู่สิ่งแวดล้อมที่กระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศ ซึ่งการไหลแบบตัดขวางนี้ทำให้สามารถลดความร้อนสะสมภายในห้องใต้หลังคาและห้องทดสอบได้เป็นอย่างดี [3]

จากผลการทดสอบกระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์สามารถสร้างอัตราการระบายอากาศและจำนวนการเปลี่ยนอากาศผ่านห้องทดสอบได้เป็นอย่างดี ซึ่งทำให้สามารถลดความร้อนสะสมภายในห้องใต้หลังคาและห้องทดสอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถลดความร้อนผ่านฝ้าเพดานได้สูงถึง 11 W/m^2 และเปอร์เซ็นต์การลดค่าความร้อนผ่านฝ้าเพดานมากกว่า 40%

ข้อเสนอแนะ

สำหรับการศึกษาระเบียงคอนกรีตระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์กับบ้านทดสอบขนาดเล็กในครั้งนี้มีข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษารุ่นต่อไปดังนี้

1. ทดสอบกระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์โดยติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมเพื่อสร้างอัตราการระบายอากาศและจำนวนการเปลี่ยนอากาศแบบคงที่เพื่อหา

ความเหมาะสมของอัตราการเปลี่ยนอากาศและ
จำนวนการเปลี่ยนอากาศ

2. ทดสอบกระเบื้องคอนกรีตระบายอากาศที่
ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์กับบ้านพัก
อาศัยจริง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ “สุดกำแพง” ที่ให้ความ
อนุเคราะห์ในการออกแบบกระเบื้องคอนกรีต
ระบายอากาศที่ติดตั้งพัดลมไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์
และให้ทุนสนับสนุนสำหรับงานวิจัยนี้ อีกทั้งให้
คำแนะนำเชิงวิชาการสำหรับงานวิจัย

References

- [1] 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.
- [2] J. Khedari, A. Sangprajak and J. Hirunlabh, “Thailand climatic zones,” *Renewable Energy*, Vol. 25, no. 2, pp. 267-280, February 2002.
- [3] J. Hirunlabh, W. Puangsombut, J. Waewsak and J. Khedari, “PV attic ventilation: a simple tool for reducing cooling load and providing comfort,” *International Journal of Ambient Energy*, Vol. 23, no 3, pp. 159-168, Jul. 2002.
- [4] 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. 80, pp. 936-948, August 2006.
- [5] W. Puangsombut, J. Hirunlabh, J. Khedari and U-C. Shin, “Field investigation on moisture reduction by perforated ceiling,” *Sustainable Energy and Green Architecture (SEGA 2003)*, International Conference, Bangkok, 2003, pp. (GA213-219).
- [6] O. Amornleetrakul, W. Puang-sombut and J. Hirunlabh, “Field investigation of the small house with the ventilate roof tiles,” *Advance Materials Research*, Vols. 931-932, pp. 1233-1237, 2014.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] S. Phiraphat, R. Prommas, T. Tondee and W. Puangsombut, “Thermal performance of PV roof solar collector,” *Sustainable Energy and Green Architecture (SEGA 2016)*, International Conference, Bangkok, 2016.

- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] W. Puangsombut, D. Nonthi-worawong and T. Lohapan-somboon, “Effect of moisture reduction on thermal comfort by solar chimney window with small ventilation fan,” *The Journal of Industrial Technolo-gy*, Vol. 8, no. 1, pp. 22-30, January-June 2020.