

การประยุกต์ใช้คอนกรีตบล็อกระบายอากาศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านทานการถ่ายเทความร้อน
ผ่านผนังอาคาร

Application of Ventilation Concrete blocks for Optimization in Resistivity through the Building wall

พิศาล ศีร์วงค์^{1*}, ปุณทริก สกุลมีศักดิ์² และ พีรเดช นิยะสม³

Pisarn Keereewong^{1*}, Puntalick Sakulmeesak² and Phiradet Niyasom³

^{1,2,3}สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1 จังหวัดหนองคาย 43000

^{1,2,3}Field of Architecture Technology, Nongkhai Technical College, Institute of Vocational Education : Northeastern Region 1, Nongkhai 43000

Received : 2021-09-16 Revised : 2022-06-13 Accepted : 2022-06-14

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการต้านทานความร้อนของคอนกรีตบล็อกระบายอากาศและเป็นทางเลือกหนึ่งในการใช้งาน โดยคอนกรีตบล็อกระบายอากาศเป็นวัสดุผนังที่นิยมใช้กันเป็นจำนวนมากทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ เนื่องจากมีราคาถูก สามารถหาซื้อได้ง่าย และไม่มีปัญหาในขั้นตอนการก่อสร้างเนื่องจากช่างมีความเคยชินในการทำงาน อีกทั้งยังสามารถทำงานได้เร็วเพราะมีขนาดใหญ่ ทำมาจากซีเมนต์ผสมทรายอัดเป็นก้อน โดยคอนกรีตบล็อกระบายอากาศนี้สามารถนำมาประยุกต์ปรับปรุงกรรมวิธีในการก่อสร้างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการต้านทานความร้อนผนังอาคารได้ โดยปรับเปลี่ยนวิธีการก่อบล็อกจากปกติจะก่อคอนกรีตบล็อกด้านแคบในแนวตั้ง เปลี่ยนเป็นนำด้านกว้างของก้อนตั้งในแนวตั้งแทน ทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนของผนังคอนกรีตบล็อกระบายอากาศกับผนังคอนกรีตบล็อก โดยทำการวัดอุณหภูมิผิวภายนอก อุณหภูมิผิวภายในและอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก ผลการศึกษาพบว่า ในช่วงเวลาเดียวกันผนังที่ก่อด้วยคอนกรีตบล็อกระบายอากาศสามารถลดอุณหภูมิอากาศภายใน

กล่องทดลองได้ดีกว่าผนังคอนกรีตบล็อก โดยผนังคอนกรีตบล็อกระบายอากาศสามารถลดอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองได้ดีกว่าผนังคอนกรีตบล็อก 3.17 °C

คำสำคัญ : การต้านทานความร้อน, คอนกรีตบล็อก, คอนกรีตบล็อกระบายอากาศ

Abstract

The purpose of this research was to study the resistivity optimization of ventilation concrete block and another way to use. Concrete vent blocks are commonly used in building construction in every area of the countries. Due to low cost, good availability and ease of use for experienced construction personnel. They also reduce construction times because they are larger (made of a mixture of sand and cement pressed into blocks). Concrete vent blocks can be incorporated into the construction design to optimization in resistivity through the building wall by changing the positioning and arrangement of the concrete blocks—they can be installed either lying vertically or

*พิศาล ศีร์วงค์

E-mail : pomyheyhey@gmail.com

horizontally. The study consists of measuring the inside and outside surface temperatures of a test box using concrete vent block wall, concrete block wall, and comparing those temperatures to the outside air temperature. The results of the study show that the concrete vent block wall could reduce the inside air temperature better than the concrete block wall. In the same amount of time, the concrete vent block wall could reduce the inside air temperature by 3.17°C lower than a concrete block wall.

Keywords : Resistivity, Concrete Block, Ventilation Concrete Block

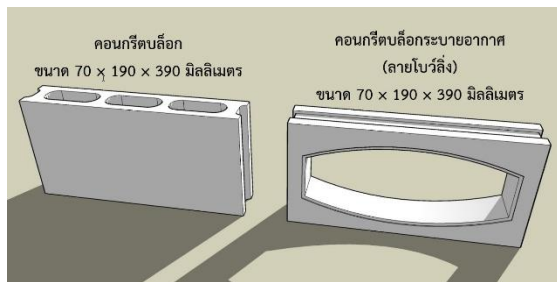
1. บทนำ

ในสภาวะปัจจุบันการใช้พลังงานของประเทศไทยในปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งในด้านอุตสาหกรรมธุรกิจการค้าที่ต้องใช้พลังงานในการขับเคลื่อนระบบ แม้กระทั่งการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ก็ย่อมจะใช้พลังงานทั้งสิ้น ซึ่งเป็นปัญหาที่ส่งผลต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์ โดยประเทศไทยมีการใช้พลังงานในอาคารถึงร้อยละ 15.1 ของการใช้พลังงานทั้งหมด [1] แนวทางหนึ่งในการช่วยลดการใช้พลังงานคือการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการใช้เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในชีวิตประจำวัน โดยการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานโดยการป้องกันหรือการลดการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) ที่ผ่านเปลือกอาคาร (Building Envelop) เข้ามาภายในอาคารให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยการใช่วัสดุที่เหมาะสมในการห่อหุ้มและต้านทานการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารเพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบาย

กรอบอาคารสามารถช่วยป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์ หากกรอบอาคารมีความสามารถในการป้องกันความร้อนได้ดี ความร้อนก็จะเข้าสู่อาคารได้น้อยทำให้อากาศภายในอาคารเย็นสบาย และหาก

กรอบอาคารนั้นไม่สามารถป้องกันความร้อนได้อากาศภายในอาคารก็จะร้อนอบอ้าว จำเป็นจะต้องใช้ระบบปรับอากาศเป็นตัวช่วยให้เกิดความสบาย หรือมีอุณหภูมิที่เหมาะสมซึ่งทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้น ผนังเป็นส่วนหนึ่งของกรอบอาคารที่ได้รับอิทธิพลความร้อนจากดวงอาทิตย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ในการก่อสร้างระบบผนังของบ้านพักอาศัยนับแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน นิยมใช้ผนังก่อด้วยอิฐมวลยวคอนกรีตบล็อก และคอนกรีตมวลเบาเป็นวัสดุก่อสร้างสำหรับงานผนังเป็นหลัก ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดนี้มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน แต่จากปัจจัยทางด้านราคาส่งผลให้ผู้ก่อสร้างบ้านพักอาศัยยังคงนิยมเลือกใช้คอนกรีตบล็อกมาใช้เป็นผนังอาคารสำหรับอาคารที่ต้องการความประหยัด และยังสามารถหาซื้อได้ง่าย ไม่มีปัญหาในขั้นตอนการก่อสร้างเนื่องจากช่างมีความเคยชินในการทำงานอยู่แล้ว อีกทั้งยังสามารถทำงานได้เร็วเพราะมีขนาดใหญ่

แนวทางการเพิ่มความสามารถในการใช้งานคอนกรีตบล็อกวิธีหนึ่งคือการนำคอนกรีตบล็อกกระบายอากาศมาทำการก่อผนังแทน โดยปรับเปลี่ยนวิธีการก่อบล็อกจากปกติจะก่อคอนกรีตบล็อกด้านแคบในแนวตั้ง เปลี่ยนเป็นนำด้านกว้างของก้อนตั้งในแนวตั้งแทน การก่อคอนกรีตบล็อกกระบายอากาศในรูปแบบดังกล่าว เกิดช่องว่างภายในผนังเพิ่มคุณสมบัติการเป็นฉนวนกันความร้อนและเพิ่มความหนาเพื่อเพิ่มการหน่วงความร้อนให้กับผนัง จากกรณีศึกษาของการออกแบบส่วนหลังคาพื้นที่ราบของอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติพบว่าช่องว่างอากาศที่มีความกว้าง 2 นิ้ว จะมีค่าความเป็นฉนวนเทียบเท่าโฟมหนาประมาณ $1/4$ นิ้ว [2] ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพคอนกรีตบล็อกกระบายอากาศในการต้านทานการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร รวมถึงเป็นแนวทางการใช้งานคอนกรีตบล็อกกระบายอากาศอีกรูปแบบหนึ่ง และเป็นแนวทางในอีกทางหนึ่งที่สามารถช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร ทำให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานและใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้



รูปที่ 1 แสดงรูปแบบคอนกรีตบล็อกในงานวิจัย

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

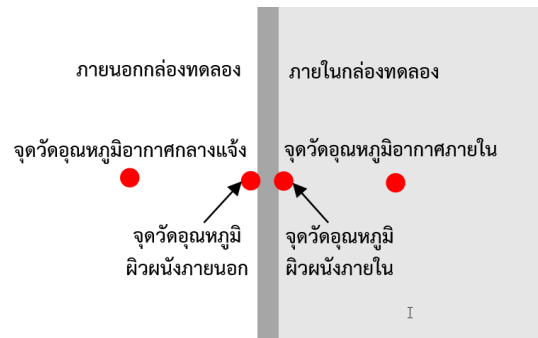
2.1 เพื่อเสนอแนวทางการใช้คอนกรีตบล็อกระบายอากาศ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านทานการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร

2.2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนของผนังคอนกรีตบล็อกระบายอากาศกับผนังคอนกรีตบล็อก

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองเพื่อศึกษาการต้านทานการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารของผนังคอนกรีตบล็อกระบายอากาศกับผนังคอนกรีตบล็อก โดยแบ่งเป็น 3 ส่วน

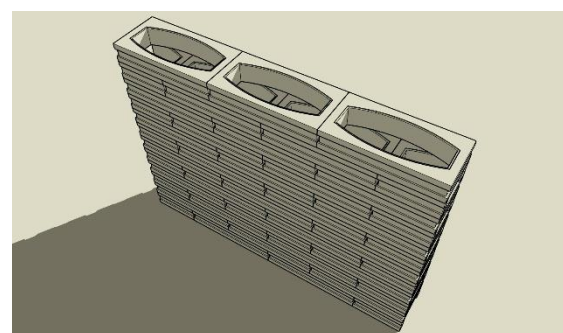
ส่วนที่ 1 การทดลอง เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติในการต้านทานความร้อน โดยใช้กล่องทดลองที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนที่ดี เพื่อลดผลกระทบจากปริมาณความร้อนเข้าสู่กล่องทดสอบ จึงเลือกใช้กล่องทดลองที่ทำจากโฟม โพลีสไตรีนที่มี คุณสมบัติการนำความร้อนต่ำและป้องกันความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายใน [3] โดยกล่องทดลองนั้นมีขนาด 1.00 เมตร x 3.00 เมตร x 1.00 เมตร มีพื้นที่บริเวณช่องเปิดด้านหน้าสำหรับการติดตั้งวัสดุทดสอบเท่ากับ 0.80 เมตร x 2.70 เมตร ใช้กล่องทดลองทั้งหมด 2 กล่อง กล่องทดลองที่ 1 ใช้ทดลองผนังคอนกรีตบล็อกระบายอากาศ กล่องทดลองที่ 2 ใช้ทดลองผนังคอนกรีตบล็อก โดยวางกล่องทดลองทั้ง 2 กล่องหันหน้าไปทางทิศใต้



รูปที่ 2 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ



รูปที่ 3 แสดงลักษณะกล่องทดลอง



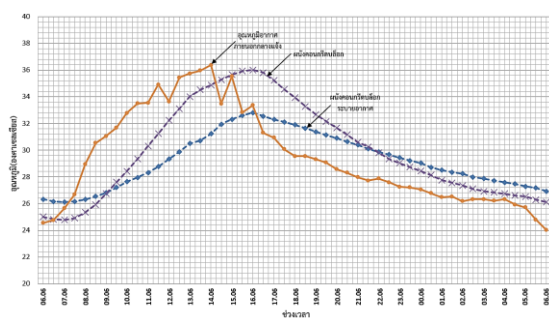
รูปที่ 4 แสดงรูปแบบการก่อผนังคอนกรีตบล็อกระบายอากาศ

ส่วนที่ 2 การคำนวณค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-Value) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (Q) ของผนังคอนกรีตบล็อกระบายอากาศและผนังคอนกรีตบล็อก เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อน

ส่วนที่ 3 สรุปผลการทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพคอนกรีตบล็อกระบายอากาศในการต้านทานการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร

4. ผลการทดลอง

ส่วนที่ 1 จากการทดลองเพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนของผนังคอนกรีตบล็อกระบายอากาศกับผนังคอนกรีตบล็อกมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง

จากภาพที่ 5 อุณหภูมิภายในกล่องทดลองตลอด 24 ชั่วโมง ตั้งแต่ เวลา 06.06 น. ถึง เวลา 06.06 น.

ในช่วงเวลาเวลา 6.00 น.–18.00 น. พบว่า ผนังคอนกรีตบล็อกระบายอากาศ มีอุณหภูมิอากาศภายในสูงที่สุดเมื่อเวลา 16.16 น. มีอุณหภูมิ 32.89 °C ผนังคอนกรีตบล็อกมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงที่สุดเมื่อเวลา 16.16 น. มีอุณหภูมิ 36.06 °C

ในช่วงเวลา 18.00–6.00 น. พบว่า ผนังคอนกรีตบล็อกระบายอากาศมีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำที่สุด เมื่อเวลา 06.06 น. มีอุณหภูมิ 26.92 °C ผนังคอนกรีตบล็อก มีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำที่สุด เมื่อเวลา 06.06 น. มีอุณหภูมิ 26.09 °C

ส่วนที่ 2 จากการทดลองสามารถนำมาวิเคราะห์ค่าความสามารถในการต้านทานความร้อน (R-Value) ,ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-Value) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(Q) ของ

ผนังคอนกรีตบล็อกระบายอากาศและผนังคอนกรีตบล็อก เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อนดังนี้

ค่าการต้านทานความร้อน (R-Value)

จากสูตรการหาค่าการต้านทานความร้อน

$$R = \frac{1}{C} \frac{\Delta x}{k} =$$

เมื่อ

R = ค่าความต้านทานความร้อนรวมของวัสดุ
($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$)

C = ค่าการนำความร้อน ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)

Δx = ความหนาของชั้นวัสดุที่นำมาพิจารณา ($^\circ\text{C}$)

K = สัมประสิทธิ์ค่าการนำความร้อนของวัสดุ
ที่มีความหนา 1 นิ้ว ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)

การคำนวณใช้ข้อมูลจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน [4]

- ค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) ของผนังคอนกรีตบล็อกระบายอากาศมีค่าเท่ากับ 0.492 $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$

- ค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) ของผนังคอนกรีตบล็อกมีค่าเท่ากับ 0.333 $\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U - Value)

จากสูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

$$U = \frac{1}{\sum R} \frac{1}{R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n}$$

เมื่อ

U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม
($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)

R = ค่าความต้านทานความร้อนรวมของวัสดุ
($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$)

การคำนวณใช้ข้อมูลจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน [4]

- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-Value)
ของผนังคอนกรีตบล็อกกระบายอากาศ มีค่าเท่ากับ
 $2.032 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-Value)
ของผนังคอนกรีตบล็อกมีค่าเท่ากับ 3.003
 $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (Q)

จากสูตรการหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวม

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

เมื่อ

Q = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (W/m^2)

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ($\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)

A = พื้นที่ทั้งหมดที่มีการรับแสงแดด (m^2)

ΔT = ค่าความต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและ
ภายในอาคาร ($^\circ\text{C}$)

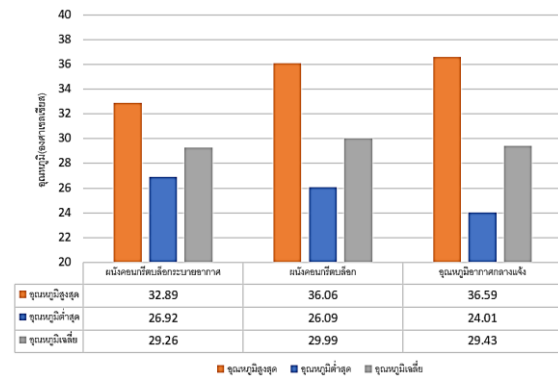
การคำนวณใช้ข้อมูลจากกรมพัฒนาพลังงาน
ทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน [4]
- ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (Q) ของผนังคอนกรีต
บล็อกกระบายอากาศมีค่าเท่ากับ 18.45 W/m^2
- ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (Q) ของผนังคอนกรีต
บล็อกมีค่าเท่ากับ 33.72 W/m^2

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติ การต้านทานความร้อนของผนัง

ชื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติ	ผนังคอนกรีต บล็อกกระบายอากาศ	ผนังคอนกรีตบล็อก
ค่าการนำความร้อน (W/m)	0.519	0.519
ค่าการต้านทานความร้อน R ($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$)	0.492	0.333
ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม U ($\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)	2.032	3.003
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม Q (W/m^2)	18.45	33.72
อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดเวลา 16.06 น. ($^\circ\text{C}$)	32.89	36.06
อุณหภูมิอากาศภายในต่ำสุดเวลา 6.06 น. ($^\circ\text{C}$)	26.92	26.09
อุณหภูมิภายในเฉลี่ย ($^\circ\text{C}$)	29.26	29.99

5. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการต้านทานการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารของผนังคอนกรีตบล็อกกระบายอากาศกับผนังคอนกรีตบล็อก พบว่า



รูปที่ 6 แสดงค่าอุณหภูมิอากาศสูงสุดต่ำสุดและ
ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง
ทดลอง 24 ชั่วโมง

จากภาพที่ 6 พบว่า ในช่วงเวลากลางวันผนัง
ที่ก่อด้วยคอนกรีตบล็อกกระบายอากาศสามารถลด
อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองได้ดีกว่าผนัง
คอนกรีตบล็อกโดยพิจารณาจาก อุณหภูมิอากาศ
ภายในกล่องทดลองสูงสุดเมื่อเวลา 16.06 น. ผนัง
คอนกรีตบล็อกกระบายอากาศสามารถลดอุณหภูมิ
อากาศภายในกล่องทดลองได้ดีกว่าผนังคอนกรีต
บล็อก 3.17°C

ในช่วงเวลากลางคืนซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิ
อากาศภายนอกต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง
ทดลอง เมื่อเวลา 6.06 น. ผนังคอนกรีตบล็อกสามารถ
ถ่ายเทความร้อนภายในกล่องทดลองออกสู่บรรยากาศ
ภายนอกได้ดีกว่าผนังคอนกรีตบล็อกกระบายอากาศ
 0.83°C

6. อภิปรายผลการทดลอง

จากงานวิจัยสรุปได้ว่า ในช่วงเวลากลางวันผนัง
คอนกรีตบล็อกกระบายอากาศมีประสิทธิภาพในการ
ต้านทานการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารได้ดีกว่า
ผนังคอนกรีตบล็อก โดยการก่อผนังคอนกรีตบล็อกกระบาย
อากาศนี้ จะมีช่องว่างภายในผนังเพิ่มคุณสมบัติการ
เป็นฉนวนกันความร้อนและเพิ่มความหนาเพื่อเพิ่ม
การหน่วงความร้อนให้กับผนัง เนื่องจากผนังที่มีความ
หนามากกว่าจะมีค่าความจุความร้อนมาก [5] ส่วน
ในช่วงเวลากลางคืนเนื่องจากอุณหภูมิอากาศจะต่ำกว่า
ช่วงเวลากลางวัน ผนังคอนกรีตบล็อกจะถ่ายเทความร้อน

ร้อนภายในออกสู่บรรยากาศภายนอกได้ดีกว่าผนังคอนกรีตบล็อกระบายอากาศเล็กน้อย เนื่องจากความหนาของเนื้อคอนกรีตที่บางกว่าและระยะห่างช่องว่างอากาศที่น้อยกว่า ทำให้สะสมความร้อนไว้ในตอนกลางวันน้อยกว่า การคายความร้อนจากคอนกรีตบล็อกในตอนกลางคืนจึงสามารถถ่ายเทความร้อนที่ได้รับในช่วงเวลากลางวันกลับคืนสู่บรรยากาศภายนอกได้ดีกว่า

ดังนั้นการก่อผนังคอนกรีตบล็อกระบายอากาศโดยนำด้านกว้างของก้อนตั้งในแนวดิ่ง เป็นวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านทานการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร และเป็นแนวทางการใช้งานคอนกรีตบล็อกระบายอากาศอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งเป็นผนังทางเลือกที่น่าสนใจ มีความเหมาะสมประยุกต์ใช้กับอาคารชั้นเดียว เนื่องจากไม่สิ้นเปลืองโครงสร้างอาคารที่ต้องรองรับน้ำหนักของผนังที่เพิ่มขึ้น และมีข้อดีในหลายด้าน เช่น เป็นวัสดุที่หาง่าย มีจำหน่ายโดยทั่วไป ราคาไม่แพงนัก มีความแข็งแรงทนทาน ขั้นตอนการก่อสร้างไม่ยุ่งยาก เนื่องจากช่างมีความเคยชินในการทำงาน และมีความสามารถในการลดความร้อนที่ผ่านผนังได้ดี จึงถือได้ว่าผนังคอนกรีตบล็อกระบายอากาศเป็นผนังที่มีประสิทธิภาพในการต้านทานการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารดีกว่าผนังคอนกรีตบล็อก

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติวัสดุ

ข้อเปรียบเทียบคุณสมบัติ	คอนกรีตบล็อกระบายอากาศ	คอนกรีตบล็อก
ราคาต่อหน่วย(บาท)	12	7
จำนวนก้อน/ตร.ม.(ก้อน)	30	14
ค่าวัสดุ/ตร.ม.(บาท)	395	272
ค่าแรง/ตร.ม.(บาท)	264-271	244
ราคารวม/ตร.ม.(บาท)	659-676	516
ขนาด (cm ³)	7x19x39	7x19x39
น้ำหนัก/ตร.ม.(กก.)	180-200	130

หมายเหตุ : ราคาวัสดุ,ค่าแรงและปริมาณวัสดุอ้างอิงจากการหารูปแบบของผนังภายนอกบ้านพักอาศัยที่เหมาะสม
[6] สำนักคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน [7]

7. ข้อเสนอแนะ

- ในงานวิจัยนี้เป็นการทดสอบทางทฤษฎีได้เพียงด้านเดียว จึงควรที่จะทำการทดสอบทั้ง 4 ทิศ เพื่อให้ทราบถึงความสามารถในการลดการถ่ายเทความร้อนอย่างครอบคลุม

- ในงานวิจัยนี้เป็นการทดสอบในระบบปิด บนสมมติฐานที่ไม่มีการระบายอากาศภายในกล่องทดลอง มีความน่าสนใจที่จะทดสอบร่วมกับการระบายอากาศภายในกล่องทดลอง เพื่อเปรียบเทียบผลที่จะได้รับกับ ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงพลังงาน.(2557). **สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย**. กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาพลังงานและอนุรักษ์พลังงาน.
- [2] สุนทร บุญญาธิการ และอุษณีย์ มิ่งวิมล. (2542). **การใช้ฉนวน**. เอกสารเผยแพร่การอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร.
- [3] สนิรัตน์ ภัทรธรรมกุล. (2537). **ผลของมวลสารและสีของผนังต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร**. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร มหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- [4] กระทรวงพลังงาน.(2547) **แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน**. กรุงเทพมหานคร:กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.
- [5] ณัฐกานต์ เกษประทุม. (2543). **พฤติกรรม การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารที่มีมวลสารมาก**. วิทยานิพนธ์ สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคารจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- [6] สานนท์ บุญมี, (2550). การหารูปแบบของผนัง
ภายนอกบ้านพักอาศัยที่เหมาะสม : การศึกษา
เชิงทดลอง / มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอม
เกล้าพระนครเหนือ : ม.ป.ท.
- [7] สำนักคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.
(2564). บัญชีราคาวัสดุก่อสร้างและ
ค่าแรงงาน : สำนักอำนวยการ กลุ่ม
ออกแบบและก่อสร้าง.