

การศึกษาการถ่ายเทความร้อนและปริมาณแสง ผ่านกระเบื้องโปร่งแสงที่มีใช้ในประเทศไทย

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดิกะ บุนนาค

**คมพจน์ สุขอ่อน

และวรวิธ แยมรัมย์

1. บทนำ

ในปัจจุบันอาคารสำนักงาน อาคารศูนย์การค้า ขนาดใหญ่และที่อยู่อาศัยที่มีการปลูกสร้างในประเทศไทย ได้มีการนำรูปแบบการสร้างของต่างประเทศเข้ามาสร้างในประเทศไทย ซึ่งการนำมาสร้างในประเทศไทยนั้น ไม่ได้คำนึงถึงสภาพภูมิประเทศ และภูมิอากาศว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ ยังส่งผลกระทบต่อเจ้าของอาคาร และประเทศชาติต้องสูญเสียพลังงาน และเงินที่ต้องซื้อ เชื้อเพลิงหรือไฟฟ้าเข้ามาใช้ในประเทศเพิ่มขึ้น เพราะประเทศไทยมีอากาศร้อนต้องใช้เครื่องปรับอากาศช่วยลดอุณหภูมิให้เหมาะสม ผลกระทบที่กล่าวมานั้น ซึ่งมาจากหลายสิ่งหลายอย่าง แต่จะกล่าวเฉพาะเจาะจง ผลกระทบจากกระเบื้องโปร่งแสง (Skylight) ที่ใช้กันใน ประเทศไทย

ตามพระราชบัญญัติอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งเกิดขึ้น ในปี พ.ศ. 2535 ระบุให้อาคารที่มีการใช้ไฟฟ้ามากกว่า 1,175 kVA เป็นอาคารควบคุมที่ต้องมีการตรวจสอบ

และแก้ไขทางด้านการใช้พลังงานในอาคารตามระยะเวลา ที่พระราชบัญญัติกำหนดไว้ ซึ่งในการแก้ไขอาคาร ที่อยู่อาศัยมีหลายวิธี ในการแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้น แต่ในที่นี้จะกล่าว เฉพาะการลดปริมาณความร้อนผ่าน หลังคาโปร่งแสงเป็นเรื่องที่วิศวกรต้องแก้ไขปรับปรุง เพราะเป็นสิ่งที่คนส่วนมากมองข้ามจุดนี้ไป คนส่วนมากคิดว่าการติดฟิล์มกรองแสงหรือใช้กระจก สองชั้นจะมีปริมาณความร้อนเข้ามาน้อย ฉะนั้น วิศวกรต้องพิจารณาจุดนี้ด้วยว่ามีผลกระทบเล็กน้อย เพียงใด และการเลือกใช้กระเบื้องโปร่งแสง หากจะใช้ หลังคาโปร่งแสงต้องเลือกใช้หลังคาโปร่งแสงให้เหมาะสม กับอาคารนั้น ๆ

ปัจจุบัน คุณสมบัติการส่งผ่านความร้อนและ แสงของหลังคาโปร่งแสง ซึ่งมีใช้ในประเทศไทย ยังไม่มีใครศึกษาอย่างละเอียดและจริงจัง ดังนั้นข้อมูล ที่ได้จากการวิจัยเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์เป็นข้อมูล พื้นฐานในการเลือกใช้หลังคาโปร่งแสงของอาคารหรือ

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ หัวหน้าศูนย์พัฒนาเทคโนโลยีทางด้านพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต : วศ.ม. (เทคโนโลยีอุตสาหกรรม) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

**นักศึกษาปีที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

ที่อยู่อาศัยซึ่งตั้งอยู่ในประเทศไทย เพื่อช่วยประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายและยังเป็นแนวทางในการพัฒนาการวิจัยในครั้งต่อไป

2. การออกแบบชุดทดสอบ

ในการออกแบบชุดทดสอบต้องคำนึงถึงขนาดของชุดทดสอบและขนาดของพื้นที่ในการรับแสง จึงควรมีการคำนวณอย่างรอบคอบ รวมทั้งการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้องและใกล้เคียงความจริงมากที่สุด

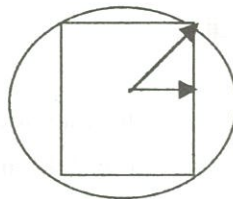
เนื่องจากการใช้หลอดไฟ OSRAM รุ่น HQI-E 250 W/NDL มีวงแสงกว้างจำกัดพื้นที่ จึงต้อง

ออกแบบของกล่องและกระเบื้องโปรงแสงให้อยู่ในวงแสง เพื่อจะได้รับแสงที่เท่าเทียมกันและจำเป็นต้องใช้หลอดไฟจำนวน 1 หลอด เพื่อไม่ให้เกิดการหักเหของรังสีของหลอดและไม่ให้เกิดเป็นเงาซ้อนทับกัน และต้องการประมาณแสงไม่ต่ำกว่า 700 W/M^2 จึงมีการวัดหาความสูงจากหลอดไฟจนถึงกระเบื้องด้วย

2.1 การออกแบบขนาดกระเบื้อง

เนื่องจากการแผ่รังสีการกำหนดขนาดของพื้นที่กระเบื้อง และต้องมีความเข้มของแสงไม่ต่ำกว่า 700 W/m^2 ประสิทธิภาพของหลอดประมาณ 54 Lumen/W ดังนั้นในการคำนวณขนาดของพื้นที่กระเบื้อง จึงกำหนดขนาดพื้นที่กระเบื้องจากการคำนวณ ดังนี้

$$\text{พื้นที่กระเบื้อง } 0.315 \text{ m} \times 0.41 \text{ m} = 0.13 \text{ m}^2$$



รูปที่ 2.1 ภาพขนาดของกระเบื้อง

พื้นที่ที่แสงจากหลอดตกบนกระเบื้องต่อพื้นที่ที่แสงจากหลอดครอบคลุมทั้งหมดมีค่า

$$\frac{2r^2}{r} = \frac{2}{r} = 0.6366$$

ดังนั้นพื้นที่แสงตกกระทบ

$$\begin{aligned} &= \pi r^2 \\ &= \pi (0.158 \times \text{COSEC}45)^2 \\ &= 0.154 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

พื้นที่กระเบื้อง

$$= 0.13 \text{ m}^2$$

พื้นที่กระเบื้อง / พื้นที่แสงตกกระทบ

$$\begin{aligned} &= 0.13 \text{ m}^2 / 0.154 \text{ m}^2 \\ &= 0.844 \times 100 \\ &= 84.4 \% \end{aligned}$$

ประสิทธิภาพของหลอด $54 \text{ lumen / W} \times$ พลังงานจากหลอด 250 W

$$= 13,500 \text{ lumen}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ขนาดของพื้นที่รับแสง} &= 13,500 \times 84.4 \times (1 / 0.13 \text{ m}^2) \\
 &= 87,646.15 \text{ lux} \\
 \text{จากปริมาณแสงสว่าง Lux} &= 120 \times \text{กำลังงาน W / m}^2 \\
 \text{ได้ปริมาณแสงจากหลอด} &= \frac{87,646.15}{120} \\
 &= 730 \text{ W / m}^2 \\
 \text{ความเข้มของแสงจากหลอด 730 W / m}^2 &\text{ตกกระทบบนกระเบื้องพื้นที่ 0.13 m}^2
 \end{aligned}$$

2.2 การออกแบบขนาดชุดทดสอบ

เนื่องจากขนาดกระเบื้องมีขนาด 31.5×41 ซม. ดังนั้นจึงได้ออกแบบชุดทดสอบให้มีขนาดใหญ่กว่าของกระเบื้องเพื่อให้เหมาะสมกับขนาดของกระเบื้อง ดังนั้น ข้อกำหนดขนาดของชุดทดสอบให้มีขนาด $50 \times 40 \times 30$ ซม. และให้ความสูงของเสายึดหลอดไฟคือ 27 ซม. ซึ่งจะให้ปริมาณแสงใกล้เคียงดวงอาทิตย์มากที่สุดได้จากการวัดจากลักซ์มิเตอร์ เท่ากับ 87,646 lux หรือ 730 W/m^2

2.3 การเลือกวัสดุ

2.3.1 หลอดไฟ

การเลือกหลอดไฟที่ใช้ในการทดลองต้องมีค่าพลังงานความร้อนและความเข้มแสงใกล้เคียงกับดวงอาทิตย์ ดังนั้นในการทดสอบจึงเลือกใช้หลอดไฟ OSRAM รุ่น HQI-E 250 W/NDL ใช้ชื่อทางการค้าว่า POWER STAR ที่มีรูปร่างคล้ายดอกบัวตูม หลอดไฟจะให้รังสีในช่วงความยาวคลื่นต่างๆ เกี่ยวกับ Star Spectrum ที่ AIR MASS 2

2.3.2 โคมไฟ

โคมไฟที่ใช้กับหลอดไฟ HQI-E 250 W/NDL คือโคมไฟ OPTEX รุ่น RD 27 ซึ่งมีขนาดเหมาะสมและสามารถกระจายแสงได้ดี เพราะภายในโคมไฟมีอลูมิเนียมเคลือบอยู่

2.3.3 กระเบื้อง

กระเบื้องที่นำมาใช้ทดสอบ ที่มีขายในท้องตลาดทั่วไปและมีการใช้กันแพร่หลายในประเทศไทย

ได้นำมาทดสอบ 6 ชนิด คือ (ดูรูปที่ 2.1)

- a) ชนิดลอนเล็กสีขาวขุ่น (SL-01)
- b) ชนิดลอนเล็กโยแก้วสีฟ้า (SL-02)
- c) ชนิดลอนใหญ่โยแก้วใส (SL-02)
- d) ชนิดลอนใหญ่สีขาวขุ่น (SL-04)
- e) ชนิดลอนใหญ่ใส (SL-05)
- f) ชนิดลอนใหญ่สีขาว (SL-06)

2.3.4 ฉนวนกันความร้อน

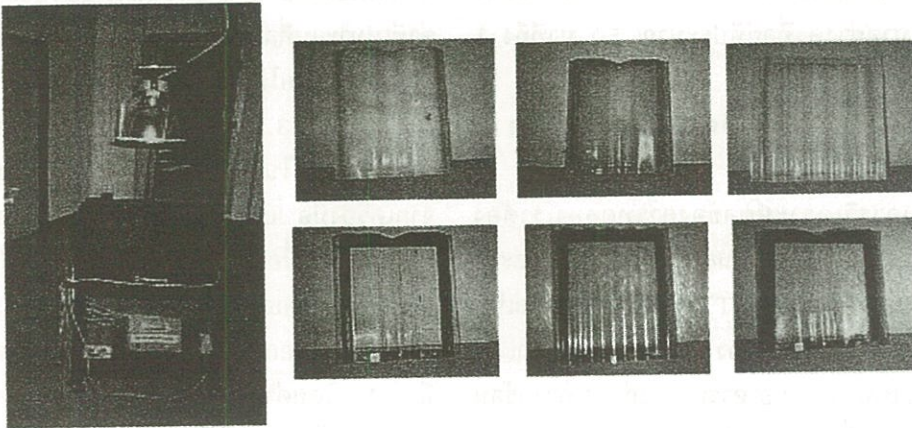
ฉนวนกันความร้อนที่ใช้จะต้องป้องกันการส่งผ่านความร้อนได้ดี จึงเลือกใช้ฉนวนชนิด แออสเบสตอสที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) เท่ากับ 0.108 W/m^2

2.3.5 เทอร์โมดิจิตอล

เครื่องวัดอุณหภูมิเลือกใช้จากการสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถวัดอุณหภูมิได้ 12 จุด มีความละเอียดถึง 0.5°C ช่วงวัดได้ -0.55°C ถึง 125°C จำนวนถึง 12 จุด ก็เพราะว่าจะได้หาค่าเฉลี่ยเพื่อให้มีความคลื่อนน้อยที่สุด

2.3.6 การวัดความเข้มแสง

ใช้ลักซ์มิเตอร์ รุ่น 545 (testo) เพื่อหาความแตกต่าง ของความเข้มแสงของกระเบื้องแต่ละชนิด แล้วใช้คำนวณหาค่าของสัมประสิทธิ์ การส่งผ่านแสงในการวิเคราะห์ความเหมาะสมของการใช้กระเบื้องกับสถานที่ต่างๆ



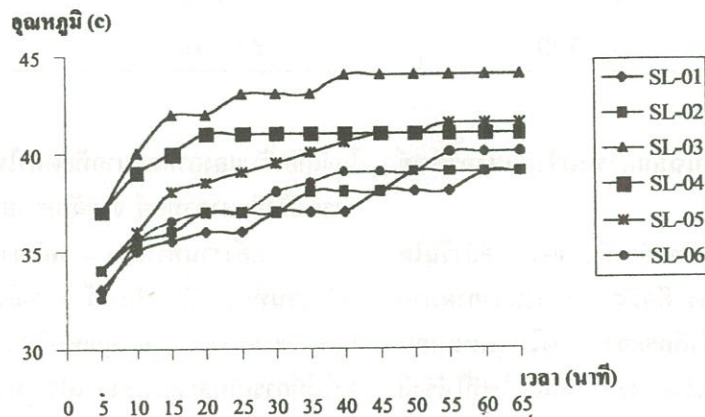
รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของชุดทดสอบและกระเบื้องที่ใช้ในการทดสอบทั้ง 6 แบบ

3. ผลการทดลองและสรุป

ในการทดลองการส่งผ่านความร้อน และ ปริมาณแสงผ่านกระเบื้องโปร่งแสง ผลที่ได้จากการวัด อุณหภูมิและปริมาณแสงของกระเบื้องทั้ง 6 ชนิด สามารถบ่งบอกถึงปริมาณการส่งผ่านของแสงและความร้อนของแสงอาทิตย์ว่าสามารถส่งผ่านได้เท่าไร รวมทั้งทำให้รู้ถึงความเหมาะสม ในการใช้งานของ กระเบื้องแต่ละชนิด ดังแสดงในข้อมูลต่อไปนี้

3.1 ช่วงเวลา steady state

ช่วงเวลาที่อุณหภูมิคงที่ของกระเบื้องโปร่งแสง แต่ละชนิดจะพบว่าสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ ในกลุ่มแรกจะมีการสะสมตัวของอุณหภูมิจนถึง ช่วงที่อุณหภูมิคงที่ประมาณ 55 นาที ซึ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ประกอบด้วย SL-01, SL-02, SL-03, SL-04, SL-05 และ SL-06 ดังนี้



รูปที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ณ สภาวะ Steady State ของกระเบื้อง

เมื่อกระเบื้องโปรงแสงทั้งหกชนิดรับความร้อนจากแสงอาทิตย์จะมีช่วงเวลาในการรับความร้อนและส่งผ่านเข้ามาอย่างคงที่อยู่ที่ประมาณ 50 นาทีถึง 1 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 3.1

3.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติการใช้งานของกระเบื้อง

ในการวิเคราะห์ผลของการทดลองเราต้องคำนึงถึงค่าอัตรารังสีความร้อนส่งผ่าน (SHGC) และค่าการยอมให้แสงสว่างผ่าน (VT) ซึ่งค่าทั้งสองนี้จะเป็นตัวบอกให้เรารู้ว่ากระเบื้องชนิดใดมีความเหมาะสมอย่างไร เช่น เหมาะสมกับอาคารที่มีการถ่ายเทความร้อนที่ดี หรืออาคารที่ต้องการแสงสว่างมาก การพิจารณาอยู่ที่ว่าค่าทั้งสองค่านี้ที่ได้จากการคำนวณนั้นจะต้องอยู่

ในช่วง (0-1) ก็คือค่าที่เข้าใกล้ 0 มากจะค่าที่ดี ถ้าค่าที่เข้าใกล้ 1 จะให้ปริมาณของค่านี้นสูงเกินไป ค่าที่เหมาะสมที่สามารถรับได้อยู่ในช่วง 0.5 ถือว่าเป็นค่าที่สามารถรับได้

3.2.1 การส่งผ่านของแสงสว่าง (VT)

ในการทดลองหาค่าความเข้มแสงวัดได้จากเครื่องมือ lux meter ซึ่งค่าที่วัดได้นี้จะไม่เท่ากันทั้งแผ่นกระเบื้อง โดยจะมีค่าสูงมากในปริมาณจุดรวมแสง (กึ่งกลางของกระเบื้อง) และจะน้อยลงไปเรื่อยๆ เมื่อออกห่างจากจุดรวมแสงดังแสดงในตารางที่ 3.1 โดยค่าการส่งผ่านแสงของหลังคาโปรงแสงสามารถหาได้จากสมการ

$$VT = \frac{\text{ค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากกระเบื้องโปรงแสง (Lux)}}{\text{ค่าความสว่างที่วัดได้จากบรรยากาศ}}$$

ชนิด	ค่าการวัดโดยผ่านกระเบื้อง (lux)	ค่าการวัดโดยไม่ผ่านกระเบื้อง (lux)	VT
SL-01	28,000	87,646	0.33
SL-02	58,600	87,646	0.66
SL-03	65,000	87,646	0.75
SL-04	35,800	87,646	0.41
SL-05	76,400	87,646	0.88
SL-06	43,500	87,646	0.50

3.3.2 ค่าเฉลี่ยการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ (SHGC)

ปกติแสงอาทิตย์จะมีรังสีตรง แต่ถ้าวันใดอากาศมีการเปลี่ยนแปลง คือมีความชื้นในอากาศมาก หรือมีเมฆปิดจะทำให้รังสีกระจาย แต่ในชุดทดสอบดังกล่าว ได้ใช้แหล่งกำเนิดแสงจากหลอดไฟที่ให้รังสี

ใกล้เคียงกับแสงอาทิตย์มากที่สุดทำให้ไม่มีปัญหาในเรื่องการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ จากสมการสมดุลพลังงาน

พลังงานทั้งหมด = พลังงานที่ส่งผ่านเข้าไป + พลังงานที่กระเบื้องเก็บไว้ + พลังงานที่สะท้อนออกที่สภาวะ Steady state อุณหภูมิกระเบื้องคงที่ ดังนั้นจึงไม่มีการเก็บสะสมพลังงานไว้ รูปของสมการจะเป็น

$$\text{พลังงานทั้งหมด} = \text{พลังงานที่ส่งผ่านเข้าไป} + \text{พลังงานที่สะท้อนออก}$$

SHGC คือ อัตราของรังสีความร้อนที่ถูกส่งผ่านเข้ามาทางกระเบื้องโพร่งแสง ค่านี้จะอยู่ในช่วง 0-1 ค่า SHGC ของกระเบื้องโพร่งแสงที่ต่ำจะทำให้การส่งผ่านความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้ามาในบ้านมีค่าต่ำด้วย ยิ่งใน

ประเทศไทยที่มีอากาศร้อนค่านี้เป็นค่าที่สำคัญที่สุดในการหากระเบื้องที่มีคุณภาพในการกันความร้อนจากแสงอาทิตย์

$$\begin{aligned} \text{SHGC} &= \frac{\text{พลังงานทั้งหมด} - \text{พลังงานที่สะท้อนออก}}{\text{พลังงานทั้งหมด}} \\ &= \frac{\text{พลังงานที่ส่งผ่าน}}{\text{พลังงานทั้งหมด}} \end{aligned}$$

ให้ Q_p = พลังงานที่ส่งไป

Q_R = พลังงานที่สะท้อนออกมา

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

ΔT_p = ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของผิวบนกระเบื้องกับผิวล่างกระเบื้อง

ΔT_R = ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของผิวบนกระเบื้องกับอุณหภูมิห้อง

X = ความหนาของกระเบื้องโพร่งแสง

K = กระเบื้องมุงหลังคา $1.226 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

$A = 0.315 \times 0.41 = 0.12915 \text{ m}^2$

$U = 1/R_0 = 1/0.055 = 18.18 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

จากการทดลอง พบว่า ค่าของอัตรารังสีความร้อนที่ส่งผ่านมีค่าเข้าใกล้ 1 มากแสดงให้เห็นว่ากระเบื้องเกือบทุกชนิดมีการส่งผ่านความร้อนสูง ความร้อนที่ได้รับมีการสูญเสียน้อย การป้องกันความร้อนส่งผ่านกระเบื้องค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบ

กระเบื้องโพร่งแสงทั้ง 6 ชนิดที่ได้นำมาทดสอบ จากตารางที่ 3.2 จะเห็นได้ว่ากระเบื้องโพร่งแสงชนิด (SL-02) มีค่าอัตรารังสีความร้อนส่งผ่านต่ำที่สุด จากการทดสอบพบสรุปได้ว่าสีและวัสดุที่นำมาใช้ทำกระเบื้องมีผลต่อการส่งผ่านความร้อน

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าอัตราส่งผ่านรังสีของกระเบื้องโพร่งแสง (SL-02)

ชนิด	ΔT_p	ΔT_R	Q_p	Q_R	SHGC
การใช้แสงอาทิตย์เทียม	0.5	16	52.78	37.57	0.58
การทดลองกับดวงอาทิตย์	6	7	633.36	16.44	0.97

จากการวัดอุณหภูมิมีความแตกต่างในเรื่องของอุณหภูมิด้านบนกับด้านล่างน้อยมากในกระเบื้องบางชนิดไม่มีความแตกต่างเลยจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนในการคำนวณค่าอัตราการรังสีความร้อน โดยการเปลี่ยนความแตกต่างของอุณหภูมิด้านบนกับด้านล่างเป็นความแตกต่างของอุณหภูมิด้านบนกับอุณหภูมิในช่อง (ΔT_p) จะเห็นได้ว่าค่าอัตราการส่งผ่านความร้อนของการปรับมุมในช่วงเวลาต่างๆ นั้นมีค่าสูงมากเมื่อค่าร้อน จะคำนึงเพียงการส่งผ่านแสงมากกว่า เพราะคิดเพียงว่าเมื่อปริมาณแสงน้อย ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านเข้ามา ก็จะน้อยไปด้วย เมื่อเปรียบเทียบแล้วไม่เป็นไปตามที่กล่าว เมื่อนำกระเบื้องดังกล่าวมาใช้จะส่งผลกระทบต่ออาคารหรือที่พักอาศัยทำให้อากาศภายในอาคารหรือที่พักอาศัยร้อน การใช้ระบบป้องกันความร้อนที่มีประสิทธิภาพสูงก็จะช่วยลดไปได้บ้าง เช่น การติดฟิล์มหรือใช้สีเคลือบกระจก แต่ก็จะเป็นการป้องกันในระยะสั้น ดังนั้น หากติดตั้งหลังคาโปรังแสงมากไประบบอาคารต้องทำงานหนักกว่าอาคารที่ไม่ใช้กระเบื้องโปรังแสง

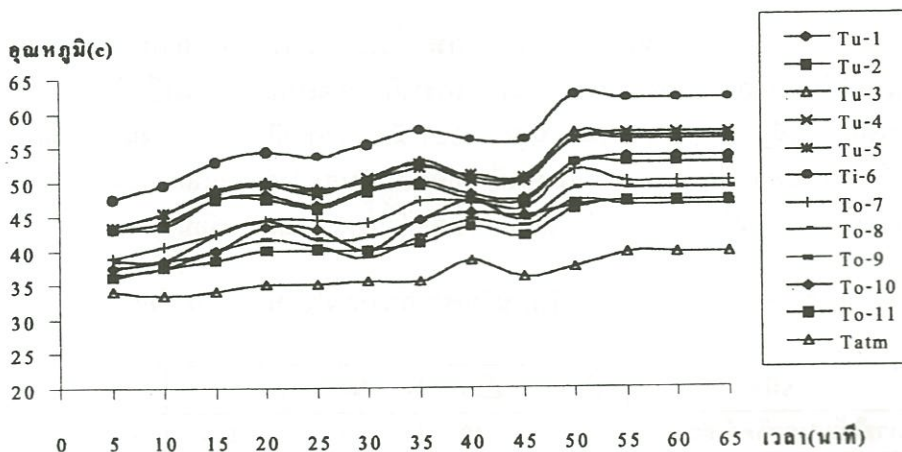
3.3.3 การสูญเสียความร้อนในกระเบื้อง

เมื่อเริ่มการทดลองกระเบื้องจะมีความร้อนสะสมเพิ่มขึ้นทั้งในกระเบื้อง อาคารด้านบนและ

ด้านในของกระเบื้องจนถึงสภาวะที่อุณหภูมิพลังงานทั้งหมดที่ได้จึงเท่ากัน พลังงานความร้อนที่ส่งผ่านรวมกันพลังงานสะท้อนกลับ และพลังงานสะสมจะถูกถ่ายเทเข้ามาในห้องอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ห้องร้อนขึ้นและเป็นภาระกับระบบปรับอากาศอย่างมาก

3.3.4 การเปรียบเทียบการทดลองระหว่างดวงอาทิตย์กับหลอดไฟ (แสงอาทิตย์เทียม)

ในการทดสอบอัตราส่งผ่านรังสีของกระเบื้องโปรังแสง (SHGC) และค่าการส่งผ่านแสงกระเบื้องโปรังแสง (VT) เพื่อนำค่าในการทดสอบระหว่างดวงอาทิตย์ กับหลอดไฟมาวิเคราะห์หาความแตกต่าง หรือความคลาดเคลื่อนระหว่าง 2 ค่าดังกล่าวว่ามาจากสาเหตุใดบ้างในการทดสอบครั้งนี้ ทำการทดสอบโดยใช้กระเบื้องชนิดลอนเล็กใยแก้วสีกา (SL-02) ซึ่งมีค่าการห่อหุ้มความร้อนและแสงได้ดีที่สุด เมื่อทดสอบจริง อุณหภูมิสูงกว่าด้านบน โดยเฉพาะอุณหภูมิในช่องจากการทดสอบนี้ทำให้เราวิเคราะห์ได้ว่า เมื่อใช้กับอาคารหรือบ้านพักจริงจะส่งความร้อนแก่อาคารอย่างสูง จากสิ่งนี้ส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องปรับอากาศให้ทำงานหนักขึ้นและต้องสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอีก ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิจุดต่างๆ ของกระเบื้อง (SL-02) ในการใช้งานจริง

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าการส่งผ่านของกระเบื้องโปรงแสง (SL-02)

ชนิด	การวัดค่าผ่านกระเบื้องโปรงแสง	การวัดค่าไม่ผ่านกระเบื้องโปรงแสง	VT
การใช้หลอดไฟ	58,000	87,646	0.66
ใช้ดวงอาทิตย์	64,585	87,646	0.74

ในการวิเคราะห์ค่าอัตราการส่งผ่านแสงของกระเบื้องโปรงแสง (SL-02) ในการทดลองด้วยหลอดไฟกับดวงอาทิตย์มีความแตกต่างถึง 0.08 คิดเป็น 11% ของความคลาดเคลื่อน การคลาดเคลื่อนดังกล่าวน่าจะมาจากสาเหตุต่างๆ สาเหตุแรกการวางเครื่องมือวัด (ลักซ์มิเตอร์) ในตำแหน่งที่ไม่ตรงจุดเดียวกันในการทดลองการทดลองด้วยหลอดไฟกับดวงอาทิตย์ สาเหตุที่สองมาจากการทดลองกับดวงอาทิตย์ได้มีเมฆมาบดบังแสงทำให้ปริมาณแสงไม่เต็มที่เหมือนกับหลอดไฟ จึงทำให้เป็นสาเหตุการคลาดเคลื่อน ดังแสดงในรูปที่ 3.3

การวิเคราะห์ค่าอัตราส่งผ่านรังสีของกระเบื้องโปรงแสง ระหว่างการทดสอบด้วยหลอดไฟกับดวงอาทิตย์มีความแตกต่าง 0.39 คิดเป็น 40% ของความคลาดเคลื่อน การเคลื่อนดังกล่าวน่าจะมาจากสาเหตุ คือการวัดอุณหภูมิอาจมีความคลาดเคลื่อนในเครื่องวัดหรือการคลาดเคลื่อนเล็กน้อย เกี่ยวกับตำแหน่งไม่ตรงกันในการทดลอง 2 ครั้ง หรือ มาจากสาเหตุการทดลองกับดวงอาทิตย์รังสีของแสงอาทิตย์มีความเข้มกว่ารังสีของหลอดไฟ

4. บทสรุป

จากการทดสอบที่ได้ปฏิบัติมีความคิดเห็นว่าการใช้กระเบื้องโปรงแสงในประเทศไทย มีดังต่อไปนี้

1. ถ้าโรงงานหรืออาคารที่ไม่มีผนังกัน และการทำงานในลักษณะงานไม่ละเอียด ไม่ต้องการปริมาณของแสงมากควรเลือกใช้กระเบื้องโปรงแสงประเภทสีขาว หรือสีขาวขุ่น

2. ถ้าโรงงานหรืออาคารที่ไม่มีผนังกัน และการทำงานในลักษณะที่เป็นงานละเอียดต้องการปริมาณของแสงมาก ควรเลือกใช้กระเบื้องโปรงแสงประเภทใสหรือใยกว๊วใส

3. ถ้าโรงงานหรืออาคารที่ต้องการปริมาณแสง หรือความร้อนเข้าช่วยในขบวนการผลิต เช่น ช่วยอบไม้ให้เกิดความชื้นขึ้นกับวัสดุที่มีการผลิต ก็ควรเลือกใช้กระเบื้องโปรงแสงประเภทที่ให้ความร้อนและปริมาณแสงผ่านได้มากที่สุดคือ กระเบื้องโปรงแสงชนิดใสและใยกว๊วใส

จากผลสรุปข้างต้นนี้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของการใช้งานต่างๆ ได้ตามความเหมาะสมทั้ง สถานที่และงบประมาณในการปฏิบัตินั้นๆ ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่อย่างไรขึ้นอยู่กับการวิเคราะห์ของผู้เลือกใช้การสรุปที่กล่าวข้างต้น เป็นเพียงแนวทางหนึ่งในการเลือกใช้กระเบื้องโปรงแสง

4.1 การวิเคราะห์ในการประหยัดเกี่ยวกับพลังงาน

การช่วยประหยัดพลังงานที่เห็นได้เด่นชัด คือ การประหยัดพลังงานไฟฟ้า ก็คือการใช้หลอดไฟน้อยลง และการเลือกใช้กระเบื้องโปรงแสงให้เหมาะสมกับอาคารสถานที่ เช่นว่าการใช้กับอาคารโรงงานควรใช้กระเบื้องโปรงแสงลอนใหญ่ใส เพราะว่าการให้ปริมาณแสงที่มากกว่าชนิดอื่นๆ และความร้อนที่ผ่านค่อนข้างมาก แต่อาคารโรงงานจะเป็นที่โปรง หลังคาจะสูงทำให้ความร้อนที่ผ่านกระเบื้องเข้ามาในอาคารมีการถ่ายเทความร้อนได้ง่าย ไม่เกิดความร้อนสะสมอยู่ภายในอาคาร

4.4.1 การเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของแสงสว่าง (6)

การเปรียบเทียบต่อไปนี้เป็น การเปรียบเทียบความส่องสว่างของแสง ซึ่งมีหน่วยเป็นลักซ์ กับแผ่นกระเบื้องโปร่งแสง ซึ่งวัดจากลักซ์มิเตอร์ การคำนวณหาจำนวนหลอดไฟที่ใช้กับความส่องสว่าง ที่เท่ากับจำนวนของแสงสว่างของกระเบื้องโปร่งแสง

แล้วคำนวณหาการใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร เพื่อหาความแตกต่างของค่าใช้จ่ายของพลังงาน

พื้นที่กล่องชุดทดสอบ $0.5 \times 0.4 = 0.2 \text{ m}^2$

ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้ (CU)

ต้องหาค่า RCR ในการเปรียบเทียบใช้โคมไฟแบบ แผ่นตัวสะท้อนแสงเคลือบขาวมุมกันแสง 30° มุมใบ บังแสง 30°

$$\begin{aligned} \text{RCR} &= \frac{5 \times H(L+W)}{(L \times W)} \\ &= \frac{5 \times 3 \times (5+4)}{(5 \times 4)} \\ &= 6.75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ใช้โคมไฟเบอร์ 27 ที่ RCR} &= 6.75 \text{ ได้ } W/m^2/100\text{Lux} \\ &= 3.488 + 0.75 \times (3.947 - 3.488) = 1.95 \end{aligned}$$

ห้องขนาด $5 \times 4 \text{ m}^2$ ถ้าต้องการส่องสว่าง (ชนิดของกระเบื้องโปร่งแสงแต่ละชนิด) SL-01 = 28,000 Lux ใช้ไฟ $(5 \times 4 \times 1.95 \times 28,000) / 100 = 10,920 \text{ W}$ ดังนั้นถ้าใช้หลอด ขนาด 36 W จะใช้หลอดจำนวน 303 หลอด

ถ้าคิดเป็นอัตราการจ่ายรายเดือน สามารถช่วยประหยัดไฟฟ้าได้ 10,920 W ทำเป็น kW จะได้ 10.92 kW

ถ้าอัตราค่าไฟฟ้า 1 kW เท่ากับ 1.04 บาท

ถ้าอัตราไฟฟ้า 10.92 kW จะเท่ากับ $1.04 \times 10.92 = 11.36$ บาท/ชั่วโมง คิดใน 1 วันทำงาน 8 ชั่วโมง $11.36 \times 8 = 90.88$ บาท/วัน

คิดใน 1 เดือนทำงาน 28 วัน $90.88 \times 28 = 2,544.64$ บาท/เดือน

เราสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในหนึ่งเดือนได้ถึง 2,544.64 บาท เมื่อใช้กระเบื้องโปร่งแสงแทนการใช้หลอดไฟฟ้า 303 หลอด ในอัตราความต้องการแสงสว่าง 28,000 Lux

ชนิด	ความส่องสว่าง ต้องการ	จำนวนหลอดไฟ ที่ใช้ (36W)	จำนวนวัตต์ที่ใช้ (W)	ประหยัดไฟฟ้า ต่อเดือน (บาท)
SL-01	28,000	303	10,902	2,544.44
SL-02	58,600	635	22,854	5,324.06
SL-03	65,000	704	25,350	5,905.54
SL-04	35,800	388	13,962	3,252.59
SL-05	76,400	828	29,796	6,941.28
SL-06	43,500	471	16,965	3,952.17

4.1.2 การเปรียบเทียบการประหยัด พลังงานของแอร์คอนดิชัน

การเปรียบเทียบนี้จะเป็นการเปรียบเทียบให้เห็นถึงความแตกต่างของการใช้หลอดไฟกับ

การใช้กระเบื้องโปรงแสงในการทำงานในตอนกลางวัน
ว่ามีความแตกต่างของการใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำ
ความเย็นของแอร์คอนดิชันว่าแบบใดประหยัดพลังงาน
มากกว่า

การคำนวณนี้ใช้ขนาดห้อง 5×4 m. สูง 3 m. ถ้าต้องการความสว่าง 500 lux

แบบแรกการใช้หลอดไฟ ฟลูออเรสเซนต์ (36W)

$$RCR = 5 \times H(L+W)/(L \times W)$$

$$5 \times 3(5+4)/(5 \times 4)$$

$$= 6.75$$

$$\text{ใช้โคมไฟเบอร์ (\#27) ที่ RCR} = 6.75 \text{ ได้ } W/m^2/100lux$$

$$= 3.448 + 0.75(3.947 - 3.488)$$

$$= 1.95$$

ขนาดห้อง 20 m² ต้องการความส่องสว่าง 500 lux ใช้ไฟ

$$= 5 \times 4 \times 1.94 \times (500/100) = 195W$$

ใช้หลอด 36W ทั้งหมด 195/36 = 5.41 หรือ 10 หลอด

การคิดวัตต์ต่อพื้นที่จากห้องขนาด 20 m² ที่มีความสว่างเท่ากันทุกตารางเมตร

$$= 195/20 = 9.75 W/m^2$$

การหาขนาดแอร์ที่ใช้กับหลอดไฟ 10 หลอดในห้องขนาด 5×4 m. สูง 3 m.

1. ความร้อนจากผนัง

$$\text{พท.ทิศเหนือ} \quad (5 \times 3) \text{ m}^2 \times 160 = 2,400 \text{ BTU/H}$$

$$\text{พท.ทิศใต้} \quad (5 \times 3) \text{ m}^2 \times 250 = 3,570 \text{ BTU/H}$$

$$\text{พท.ทิศตะวันออก} \quad (4 \times 3) \text{ m}^2 \times 160 = 1,950 \text{ BTU/H}$$

$$\text{พท.ทิศตะวันตก} \quad (4 \times 3) \text{ m}^2 \times 250 = 3,000 \text{ BTU/H}$$

2. ความร้อนจากเพดาน

$$\text{เพดานที่มีฉนวนไมโครโฟเบอร์} \quad 20 \text{ m}^2 \times 190 = 3,800 \text{ BTU/H}$$

3. ความร้อนจาก Fresh Air

$$\text{พท.ห้อง} \quad 20 \text{ m}^2 \times 175 = 3,500 \text{ BTU/H}$$

4. ความร้อนอื่น

$$\text{หลอดไฟคิดจาก พท. ห้อง} \quad 20 \text{ m}^2 \times 37 = 740 \text{ BTU/H}$$

$$\text{อุปกรณ์ไฟฟ้า } 10 \times 36 \text{ W} \quad 360 \text{ W} \times 34 = 12,240 \text{ BTU/H}$$

$$\text{รวม Load} \quad 31,350 \text{ BTU/H}$$

$$\text{คิดเป็น TON ความเย็นของแอร์ } 31,350/12,000 = 2.6 \text{ TON}$$

$$\text{คิดเป็น kW/H} \quad 31,350/3,412 = 9.18 \text{ kW/H}$$

แบบที่สอง การใช้กระเบื้องโปรงแสง SL-01

การหาพื้นที่กระเบื้องโปรงแสงของห้องขนาด 5×4 m. สูง 3 m. ให้มีความสว่างที่เท่ากับห้องที่ติดไฟ

10 หลอด

ถ้ากระเบื้องมีพื้นที่ 0.2 มีความสว่าง 28,000 lux

$$\text{คิดเป็น W/m}^2 = 28,000/120$$

$$= 233.33 \text{ W}$$

$$\text{ถ้าคิดพื้นที่กระเบื้อง } 1 = (233.33/0.2) \times 1$$

$$= 1,166 \text{ W/m}^2$$

กำหนดความสว่าง 9.75 W/m² ในพื้นที่ขนาด 5×4 m. สูง 3 m.

$$\text{หาพื้นที่กระเบื้อง} = (5 \times 4 \times 3 \times 9.75)/1,166$$

$$= 0.5 \text{ m}^2$$

ดังนั้นเราต้องใช้กระเบื้องขนาด 0.5 m² จะได้ความสว่างที่ 9.75 W/m² หรือ 500 lux

การหาขนาดแอร์ที่ใช้กับหลอดไฟ 10 หลอดในห้องขนาด 5×4 m. สูง 3 m.

1. ความร้อนจากผนัง

$$\text{พท.ทิศเหนือ} \quad (5 \times 3) \text{ m}^2 \times 160 = 2,400 \text{ BTU/H}$$

$$\text{พท.ทิศใต้} \quad (5 \times 3) \text{ m}^2 \times 250 = 3,570 \text{ BTU/H}$$

$$\text{พท.ทิศตะวันออก} \quad (4 \times 3) \text{ m}^2 \times 160 = 1,950 \text{ BTU/H}$$

$$\text{พท.ทิศตะวันตก} \quad (4 \times 3) \text{ m}^2 \times 250 = 3,000 \text{ BTU/H}$$

2. ความร้อนจากเพดาน

$$\text{เพดานที่มีฉนวนไมโครไฟเบอร์} \quad 20 \text{ m}^2 \times 190 = 3,800 \text{ BTU/H}$$

3. ความร้อนจาก Fresh Air

$$\text{พท.ห้อง} \quad 20 \text{ m}^2 \times 175 = 3,500 \text{ BTU/H}$$

4. ความร้อนจากหลังคา

$$\text{ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่าน} \quad (0.5 \times 0.77) = 0.385 \times 2,100 = 808.5 \text{ BTU/H}$$

$$\text{รวม Load} \quad 19,178.5 \text{ BTU/H}$$

$$\text{คิดเป็น TON ความเย็นของแอร์} \quad 19,178.5 / 12,000 = 1.59 \text{ TON}$$

$$\text{คิดเป็น kW/H} \quad 19,178.5 / 3,412 = 5.62 \text{ kW/H}$$

เมื่อคำนวณแล้วว่ากระเบื้องขนาด 0.5
จะให้ปริมาณแสงเท่ากับการใช้หลอดไฟจำนวน 10
หลอดต่อ

- การติดหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์
(36W) จำนวน 10 หลอดในห้องขนาด 5×4 m.
สูง 3 m.

$$\text{ใช้ไฟฟ้า} \quad 195 \text{ W/H}$$

$$\text{หรือใช้ไฟฟ้า} \quad 0.195 \text{ kW/H}$$

$$\text{การรับภาระของแอร์} \quad 9.18 \text{ kW/H}$$

$$\text{รวมการใช้ไฟฟ้าใน 1 ชั่วโมง เท่ากับ} \quad 0.195 + 9.18 = 9.375$$

$$\text{ถ้าใน 1 วัน ทำงาน 8 ชั่วโมง เท่ากับ} \quad 8 \times 9.375 = 75 \text{ kW/วัน}$$

$$\text{ถ้าใน 1 เดือน ทำงาน 28 วัน เท่ากับ} \quad 75 \times 28 = 2,100 \text{ kW/เดือน}$$

$$\text{อัตราค่าไฟฟ้า 1 kW เท่ากับ 1.04 บาท คิดเป็น} \quad 2,100 \times 1.04 = 2,184 \text{ บาท/เดือน}$$

การใช้กระเบื้องโปรงแสง (SL-01) ในห้องขนาด 5×4 m. สูง 3 m.

$$\text{การรับภาระของแอร์} \quad 5.62 \text{ kW/h}$$

$$\text{ถ้าใน 1 วันทำงาน 8 ชั่วโมง เท่ากับ} \quad 8 \times 5.62 = 44.96 \text{ kW/วัน}$$

$$\text{ถ้าใน 1 เดือน ทำงาน 28 วัน เท่ากับ} \quad 44.96 \times 28 = 1,258.88 \text{ kW/เดือน}$$

$$\text{อัตราค่าไฟฟ้า 1 kW เท่ากับ 1.04 บาท คิดเป็น} \quad 1,258.88 \times 1.04 = 1,309.23 \text{ บาท/เดือน}$$

ชนิดของ กระเบื้อง	การใช้ไฟฟ้าจากหลอดไฟ บาท/เดือน	การใช้ไฟฟ้าจากการติดกระเบื้องโปรง แสงที่เป็นภาระของระบบปรับอากาศ บาท/เดือน	ความแตกต่าง บาท/เดือน
SL-01	2,184	1,309	874
SL-02	2,184	1,274.29	909.71
SL-03	2,184	1,281.28	902.72
SL-04	2,184	1,302.25	881.75
SL-05	2,184	1,274.29	909.71
SL-06	2,184	1,288.27	895.73

ความแตกต่างค่าใช้จ่ายแต่ละเดือนมีค่าสูงเกือบ 1,000 บาท ในแต่ละชนิดของกระเบื้องการติดหลอดไฟ 10 หลอดของฟลูออเรสเซนต์ (36W) มีค่าใช้จ่ายการทำงานของแอร์คอนดิชันรวมทั้งค่าใช้จ่ายของหลอดไฟเอง ส่งผลให้เกิดภาระของแอร์มากกว่าการติดกระเบื้องโปรงแสง

เราสามารถสรุปได้ว่าการใช้กระเบื้องโปรงแสงประหยัดกว่าเพราะว่ามีปริมาณความร้อนในการส่งผ่านเข้าไปในห้องน้อยกว่าปริมาณความร้อนที่เกิด

จากหลอดไฟในห้องขนาดที่เท่ากันและเหมือนกันมีปริมาณแสงที่เท่ากัน ดังนั้น หากมีการออกแบบที่ดีและชดเชยการใช้หลอดไฟในช่วงเวลากลางวันแล้วการใช้กระเบื้องโปรงแสงในบ้านหรืออาคารเป็นสิ่งที่เหมาะสมที่จะทำ แต่ต้องกระทำภายใต้การคำนวณโดยผู้ที่เชี่ยวชาญทางด้านพลังงานหรือเครื่องกลเพื่อให้ได้รูปแบบของกระเบื้องกับขนาดของแอร์ที่เหมาะสมและประหยัดพลังงานในส่วนของการใช้ไฟฟ้าที่สุด

บรรณานุกรม

คู่มือการอนุรักษ์พลังงาน. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและ สิ่งแวดล้อม, ม.ป.ป.

โครงการการศึกษาถ่ายเทความร้อนและปริมาณแสงผ่านกระเบื้องโปรงแสงที่มีใช้ในประเทศไทย.

กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, ม.ป.ป.
 ขวลิต ขุนราม. ดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์. กรุงเทพฯ : HOBBY ELECTRONIC, ม.ป.ป.

ชำนาญ ห่อเกียรติ. เทคนิคการส่องสว่าง. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540.

มนตรี พิรุณเกษตร. การถ่ายเทความร้อน. กรุงเทพฯ : วิทย์พัฒน์, 2541.

ฤทธิ์ จิตตสตรา. ศักยภาพการใช้แสงจากธรรมชาติในอาคาร. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ม.ป.ป.