

การถ่ายเทความร้อน และปริมาณแสง ผ่านแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูก และแผ่นสะท้อนความร้อน

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ติกะ นุนนาค

**โรจน์ สุวรรณมณี

**และรุสดี สานานะอะ

สำหรับอาคารบ้านเรือนจะต้องมีการมุงหลังคาด้วยกระเบื้องหรือคอนกรีตก็ตาม แต่ปริมาณความร้อนก็ยังคงผ่านได้มากอยู่ เพราะฉะนั้นจะต้องมีการติดแผ่นสะท้อนความร้อน เพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้า จากสถานการณ์ปัจจุบันประเทศไทยมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าในปี 2546 อยู่ระดับที่ 79,403 GW-h เพิ่มขึ้นปี 2545 ร้อยละ 7.0 โดยสาขาธุรกิจ และ สาขา อุตสาหกรรม ใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.9 และ 7.6 ตามลำดับขณะที่บ้านอยู่อาศัยเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.4 ส่วนภาคเกษตรเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.2 ในส่วน ลูกค้านตรงของ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้รายงานการใช้ไฟฟ้าในปี 2546 อยู่ที่ระดับ 1,454 GW-h จากปี 2545 ที่มีปริมาณการใช้ไฟฟ้า 1,943 GW-h ซึ่งลดลงร้อยละ 0.9

ปัจจุบันมีอาคารมากมาย ทั้งที่อยู่อาศัยและสำนักงาน สถานที่ดังกล่าวต้องการแสงสว่างเพื่อปฏิบัติงาน และกิจกรรมต่างๆ แต่ส่วนมากแสงสว่างที่ได้มาจากหลอดไฟ ซึ่งใช้ไฟฟ้าเป็นพลังงานทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน และค่าใช้จ่ายในเรื่องต่างๆ เช่นค่าใช้จ่ายในเรื่องวัสดุคือหลอดไฟและสายไฟ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง และที่สำคัญคือค่าใช้จ่ายในด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งแปรผันโดยตรงกับการดำรงชีพ ถ้าใช้มากก็ต้องเสียค่าใช้จ่ายมาก และที่สำคัญอีกอย่างก็คือพลังงานไฟฟ้าภายในประเทศมีใช้อย่างไม่เพียงพอต่อความต้องการของประชากรในประเทศจึงเป็นสาเหตุ ให้ประเทศไทยต้องนำเข้าไฟฟ้าจากที่อื่น แนวความคิด

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม หัวหน้าศูนย์ศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต : D. Phy (Energy) U. de Nice Sophia Antipolice, Ph. D. (Energy Technogy) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

** นักศึกษาปีที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

ของการนำแสงธรรมชาติเพื่อเข้ามาช่วยในการลดปริมาณแสงในอาคารจึงเกิดขึ้น หลังคาโปร่งแสงหลายรูปแบบถูกนำมาใช้ อย่างไรก็ตามผลกระทบที่ตามมาคืออาคารมีปริมาณภาระการปรับอากาศที่เพิ่มมากขึ้นตามแผ่นหลังคาโปร่งแสงหลายๆแบบจึงเกิดการพัฒนามาเพื่อลดภาระความร้อนของระบบปรับอากาศ บทความนี้เป็นการนำเสนอผลการวิจัยกับหลังคาโปร่งแสงแบบโพลีคาร์บอเนตที่ทดสอบโดยใช้แสงจากดวงอาทิตย์เทียมโดยใช้หลอดไฟเพื่อให้แสงสว่าง โดยคำนึงถึง ภาระของระบบปรับอากาศที่เกิดขึ้นเป็นสำคัญ เมื่อนำไปใช้ในการเลือกใช้กับหลังคาโปร่งแสงเพื่อการประหยัดพลังงาน มีทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อนอยู่ 3 เรื่อง คือ

1. หลักการถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อน โดยธรรมชาติจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่นเดียวกับน้ำที่ไหลจากที่สูงไปยังที่ต่ำ วิธีการถ่ายเทความร้อนแบ่งออกเป็น 3 วิธีหลักๆ คือ การนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Thermal radiation)

- การนำความร้อน หมายถึง การส่งถ่ายพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นในตัวกลาง อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านตัวกลางจากด้านที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่ด้านที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยส่งถ่ายความร้อนจากโมเลกุลหนึ่งสู่อีกโมเลกุลอย่างต่อเนื่องกัน การนำความร้อนสามารถเกิดขึ้นได้ในตัวกลางที่เป็นของแข็ง ของเหลว และก๊าซ

- การพาความร้อน หมายถึง การถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวของแข็งกับของไหล ผลการเคลื่อนไหวของของไหล ส่งผลให้เกิดการถ่ายเทโมเมนตัมขึ้น ซึ่งมีผลต่อสัมประสิทธิ์ การพาความร้อนที่ผิวของแข็งนั้น $(h, W/m^2K)$ พลังงานความร้อนถูกถ่ายโอนเป็นผลมาจากการแพร่ (diffusion) ของโมเลกุล และผลจาก การเคลื่อนไหวไปทั้งปริมาตรของของไหล การถ่ายเทความร้อนแบบการพาแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบคือ การพาความร้อนแบบอิสระและการพาความร้อนแบบบังคับ

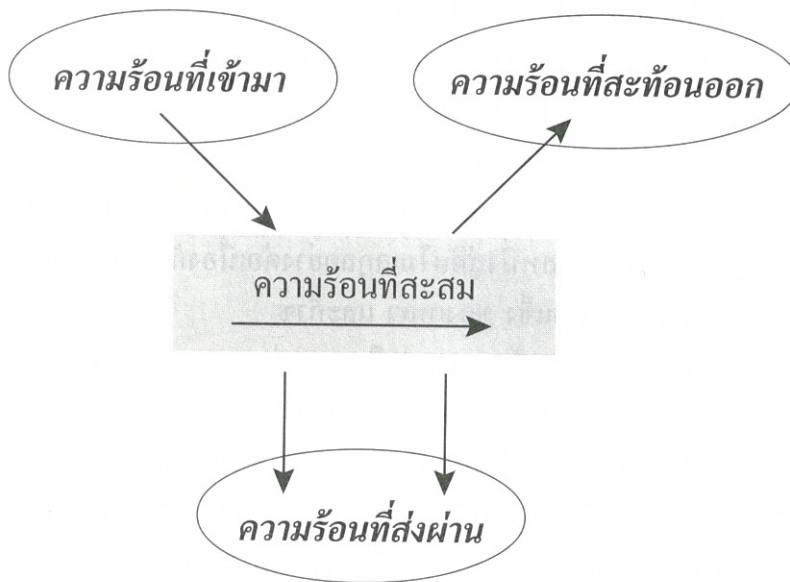
- การแผ่รังสีความร้อน หมายถึง การถ่ายเทความร้อนจากผิวดังกล่าวหนึ่งไปสู่ผิวตัวกลางหนึ่งซึ่งมีผิวอุณหภูมิแตกต่างกัน พลังงานของการแผ่รังสีถูกส่งถ่ายในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic wave) หรือในรูปของโฟตอนโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง การแผ่รังสีความร้อนจึงสามารถเกิดได้ในสุญญากาศได้

2. การส่งผ่านความร้อนของแสงภาระความร้อนของหลังคาโปร่งแสง

การส่งผ่านของแสงภาระความร้อนของแสงความร้อนของหลังคาโปร่งแสง จะเป็นรูปแบบคำนึงถึงปริมาณแสงอย่างเดียว คือ ปริมาณที่แสงได้รับของหลังคาโปร่งแสง และมีการสร้างสารหรือสีช่วยให้แสงผ่านหลังคาโปร่งแสงได้น้อย

เมื่อแสงเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงผ่านออกสู่ตัวกลางชนิดต่างๆ นับตั้งแต่
อากาศของเหลว วัตถุโปร่งแสง จนกระทั่งถึงวัตถุทึบมันจะมีพฤติกรรมที่ต่างๆ กันออกไป
กล่าวคือ ทางเดินของแสงจะถูกเปลี่ยนไปเมื่อกระทบตัวกลางเหล่านั้น มันอาจจะหักเห
สะท้อนกระจายตัวออกหรือถูกดูดกลืนเข้าไปในตัวกลางนั้นก็ได้

อย่างไรก็ตามการวัดความสว่างของแสงสามารถวัดได้ในรูปความเข้มแห่งการส่องสว่าง
จำนวนเส้น แรงของปริมาณแสง และในรูปของปริมาณลูเมนต่อพื้นที่ (Lux) หรือ (fc); 1 fc
= 10.764 Lux โดยทั่วไป การเลือกค่าหรือระดับความเข้มแสงสำหรับแสงสว่างภายในอาคาร
นิยมใช้หลักเกณฑ์ตามข้อกำหนดของ CIE (ตารางที่ 1 หน้า 97)



ภาพแสดงพฤติกรรมของแสงตกกระทบวัตถุ

3. หลังคาอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน

สัมประสิทธิ์การส่งผ่านของแสงเป็นสมบัติในการยอมรับให้แสงในช่วงการส่งผ่าน
ความร้อนของแสงที่จะมีช่วงการส่งผ่านของแสงที่จะมีช่วงระหว่าง 0-1 สามารถหาได้จากสมการ

$$VT = L_a / L_b$$

ตารางที่ 1 แสดงระดับความเข้มของแสงที่ใช้เหมาะสมในอาคาร

ประเภท	ย่านความเข้มแสง (fc)	ลักษณะพื้นที่และชนิดของกิจกรรม
A	2-3-5	- พื้นที่ที่แวดล้อมด้วยความมืด (เช่น ชุ่มประตู)
B	5-7.5-10	- พื้นที่ใช้งานเป็นครั้งคราว (เช่น เฉลียงทางเดิน และห้องเก็บของ)
C	10-15-20	- พื้นที่ทำงาน ซึ่งมีงานที่ต้องการแสงสว่างไม่มากนัก (เช่น ห้องรับแขก และโต๊ะพนักงานต้อนรับ)
D	20-30-50	- พื้นที่ทำงานที่ต้องการอาศัยการมองเห็นวัตถุที่มีการเปรียบเทียบสูงหรือมีขนาดใหญ่ (เช่น การเขียนด้วยหมึก, แม่พิมพ์ และงานอุตสาหกรรมหยาบๆ)
E	50-75-100	- พื้นที่ทำงานที่อาศัยการมองเห็นวัตถุที่มีการเปรียบเทียบปานกลาง หรือมีขนาดเล็ก (เช่น การเขียนด้วยดินสอ, งานพิมพ์ต่างๆ และอุตสาหกรรมขนาดย่อม)
F	100-150-200	- พื้นที่ทำงานที่ต้องอาศัยการมองเห็นวัตถุที่มีการเปรียบเทียบต่ำหรือมีขนาดเล็กมาก (เช่น การเขียนแบบและงานอุตสาหกรรมขนาดย่อม)
G	200-300-500	- พื้นที่ทำงานที่ต้องอาศัยการมองเห็นวัตถุที่มีการเปรียบเทียบต่ำหรือมีขนาดเล็กมากและใช้ช่วงเวลายาวนาน (เช่นงานอุตสาหกรรมที่ต้องการความละเอียดมาก)

เมื่อ L_a คือ ค่าความส่องสว่างของแสงที่วัดได้จากการผ่านแผ่นทดสอบ (ลักซ์)
 L_b คือ ค่าความส่องสว่างของแสงที่วัดได้จากการไม่ผ่านแผ่นทดสอบ (ลักซ์)

ค่าเฉลี่ยการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ (SHGC) คือ อัตราของรังสีความร้อนที่ถูกส่งผ่านเข้ามาทางแผ่นทดสอบค่านี้จะอยู่ในช่วง 0-1 ค่า SHGC ของแผ่นทดสอบที่ดีจะทำให้การส่งผ่านความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้ามาในอาคารมีค่าต่ำด้วย สามารถหาได้จากสมการ

$$SHGC = \frac{\text{พลังงานทั้งหมด} - \text{พลังงานที่สะท้อนออก}}{\text{พลังงานทั้งหมด}}$$

การออกแบบชุดทดสอบการถ่ายเทความร้อนและปริมาณแสงผ่านแผ่นลูกฟูกและแผ่นสะท้อนความร้อนประกอบด้วย

1. ชุดทดสอบ

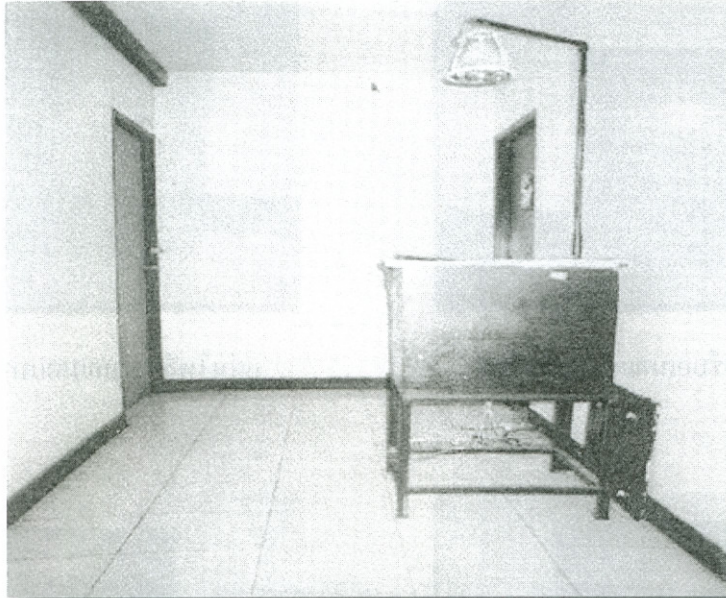
ในการออกแบบชุดทดสอบจะออกแบบให้เป็นห้องทดสอบเป็นห้องปิดทึบทั้งหมดเพื่อต้องการให้ความร้อนผ่านเข้ามาทางด้านบนด้านเดียวซึ่งจะเป็นด้านของวัสดุที่จะใช้ในการทดสอบโครงสร้างของห้องทดสอบจะเป็นสองชั้นตรงกลางบุด้วยโฟมเพื่อเป็นฉนวนหุ้มกันความร้อนส่วนแหล่งความร้อนจะใช้หลอดไฟเพื่อให้ความร้อนและแสงผ่านวัสดุทดสอบโดยมีขนาด 50 x 50 เซนติเมตร

2. หลอดไฟ

การเลือกหลอดไฟที่ใช้ในการทดสอบต้องมีค่าพลังงานความร้อนที่ใกล้เคียงกับดวงอาทิตย์ตกกระทบพื้นที่เฉลี่ยของประเทศไทยอยู่ที่ 750 - 800 W/m² ในการทดสอบจึงเลือกใช้หลอดไฟ PHILIPS รุ่น R 125 IR เพื่อให้ความร้อน และแสงผ่านขึ้นทดสอบมีขนาดพื้นที่ 50 x 50 เซนติเมตร และโคมไฟที่เลือกใช้ในการทดสอบ ได้ออกแบบพร้อมติดตั้งหลอดไฟที่มีขนาดกำลังไฟฟ้า 250 Watt เข้าด้วยกัน และยึดเข้ากับเสาโคมไฟ

3. วัสดุที่ใช้ทำการทดสอบ

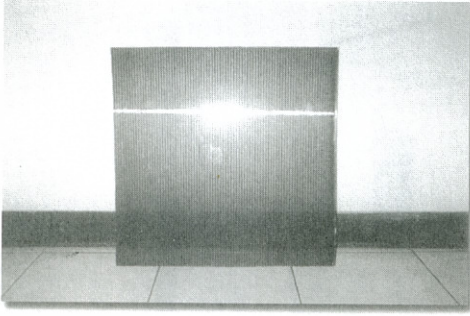
วัสดุที่ใช้ในการทดสอบนี้จะเป็นแผ่นกันความร้อนจะใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูก และแผ่นสะท้อนความร้อนแบบอลูมิเนียมสองชั้น มีขนาด 50 x 50 เซนติเมตร ได้นำมาทดสอบทั้งหมด 5 แบบ



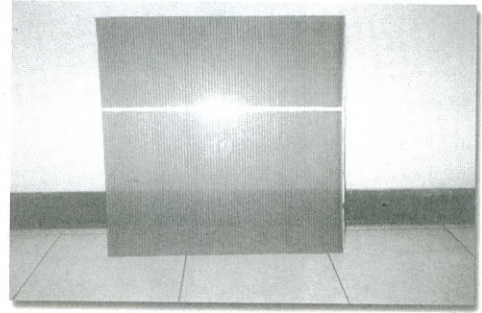
ภาพแสดงลักษณะของชุดทดสอบ

4. อุปกรณ์การวัด

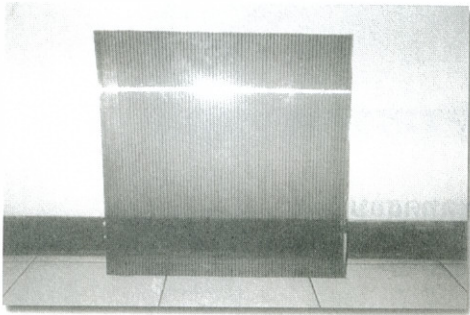
ในการวัดค่าการส่งผ่านความร้อนและแสงต้องการวัดอุณหภูมิและปริมาณแสงส่งผ่านโดยการวัดปริมาณความร้อนจะใช้ Thermocouple Type K จำนวน 5 เส้น และ Type T จำนวน 8 เส้น และแสดงผลบนดิจิตอลดิสเพลย์ และมี Temperature Switch จำนวน 13 จุดเพื่อใช้ในการวัด



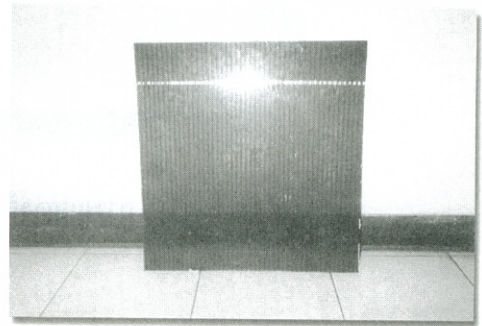
แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกสี่เทา



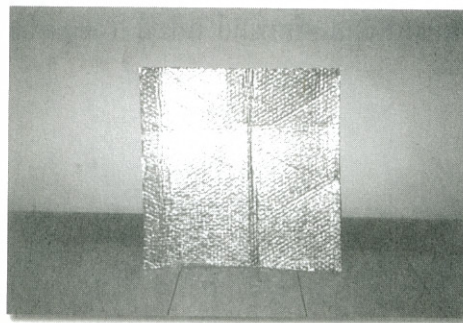
แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกสีฟ้า



แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกสีน้ำเงิน



แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกสีน้ำตาล



แผ่นสะท้อนความร้อนแบบอลูมิเนียมสองชั้น

ภาพแสดงแผ่นทดสอบทั้ง 5 แบบที่ใช้ในการทดสอบ

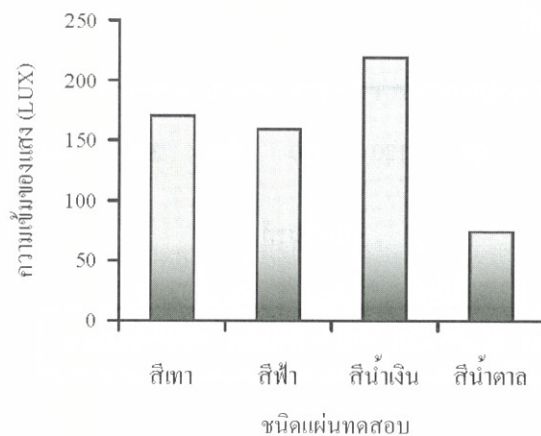
ผลการทดสอบ และการวิเคราะห์ข้อมูลมีดังนี้

1. ความเที่ยงตรงของชุดทดสอบ

เมื่อเริ่มทดสอบครั้งแรกจนเสร็จหนึ่งครั้งจำเป็นที่จะต้องทดสอบการกระจายอุณหภูมิบนแผ่นทดสอบอยู่ในช่วงที่ยอมรับหรือไม่ และหาจำนวนครั้งการทดสอบที่เชื่อถือได้ของแผ่นทดสอบแต่ละแผ่นที่ระดับความเชื่อมั่น 90% และมีค่าความผิดพลาดที่ 10% ซึ่งจากการทดสอบพบว่าแผ่นทดสอบทุกแผ่นมีค่าที่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ และแผ่นทดสอบจะต้องมีจำนวนในการทดลองซ้ำเพื่อให้ยอมรับได้ดังนี้ แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกสีเทา, แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกสีฟ้า, แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกสีน้ำเงิน, และแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูมินีเยมสองชั้นจะต้องมีการทดลองซ้ำจำนวน 5 ครั้ง เพื่อให้ผลการทดลองสามารถยอมรับได้ทางสถิติที่ค่าความเชื่อถือได้ 90 %

2. ผลของความเข้มของแสงที่ผ่านแผ่นทดสอบโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูก

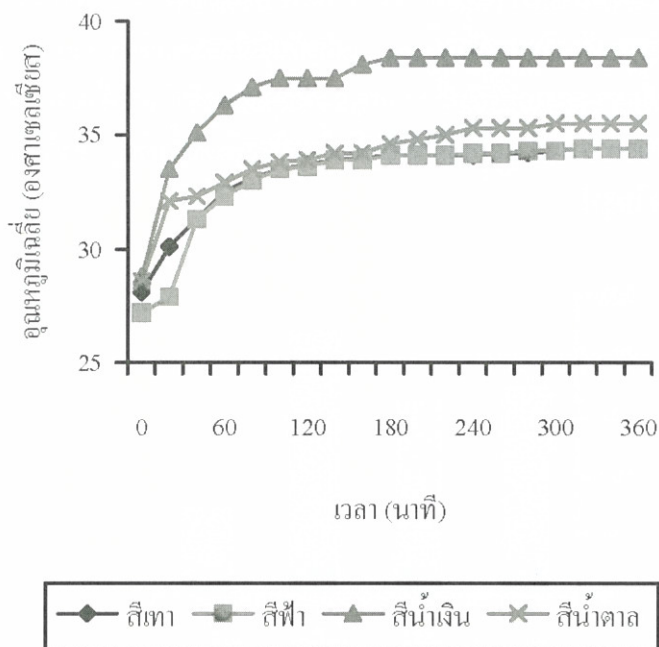
ในการทดสอบแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกซึ่งมีการเลือกแบบที่ทดสอบ 4 แบบ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น แผ่นโพลีคาร์บอเนตที่มีสีเข้มมากจะยอมให้แสงส่งผ่านได้น้อยกว่าแผ่นที่มีสีจาง และสิ่งที่น่าสนใจซึ่งพบในการทดสอบอีกอย่างหนึ่ง คือ แผ่นโพลีคาร์บอเนตสีเทาและสีฟ้า ซึ่งมีความเข้มน้อยกว่าสีน้ำเงิน แต่กลับมีค่าความเข้มของแสงที่ต่ำกว่าทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากแผ่นทั้งสองถูกเคลือบด้วยวัสดุสะท้อนแสงสีเงินที่ด้านบนส่งผลให้แสงถูกสะท้อนออกไปมากกว่าการส่งผ่านแสงจึงมีค่าจึงต่ำกว่าแผ่นสีน้ำเงิน ซึ่งไม่มีการเคลือบวัสดุสะท้อนแสง ดังแสดงในรูป



กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเข้มของแสง ของแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูก
ที่ความเข้มของแสงภายนอก 1245 LUX

3. ผลของอุณหภูมิ

ในการใช้งานแผ่นโพลีคาร์บอเนต เพื่อกรองแสงและความร้อนที่จะผ่านเข้าสู่อาคาร ดังนั้น อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนด ปริมาณความร้อนส่งผ่านแผ่นทดสอบ ทำให้แผ่นทดสอบร้อนเร็วหรือช้า และสะสมความร้อนได้มากหรือน้อยอย่างไรก็ตามเมื่อแผ่นทดสอบร้อนเต็มที่จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนเป็นหลัก และการนำความร้อนจะเป็นรองที่จะพาความร้อนผ่านเข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งในการทดสอบจะแยกเป็น 4 แบบ เมื่อเปรียบเทียบผลการส่งผ่านความร้อนจากแผ่นโพลีคาร์บอเนตที่ใช้ทดสอบทั้ง 4 แบบพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในกล่องทดสอบของแผ่นโพลีคาร์บอเนต หนา 6 มิลลิเมตร สีเทา และ สีฟ้ามีค่าที่เท่ากัน มีอุณหภูมิต่ำที่สุด รองลงมาเป็นแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูก สีน้ำตาล หนา 8 มิลลิเมตร และแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกสีน้ำเงิน หนา 6 มิลลิเมตร มีอุณหภูมิสูงที่สุด เนื่องจากแผ่นทดสอบนี้จะมีผิวโปร่งแสงมากกว่าแผ่นทดสอบแผ่นอื่นๆ ซึ่งเป็นผลให้ความร้อนผ่านเข้ามาจึงทำให้ภายในกล่องทดสอบมีความร้อนที่มากกว่าแผ่นทดสอบทั้งหมด ดังแสดงในรูป

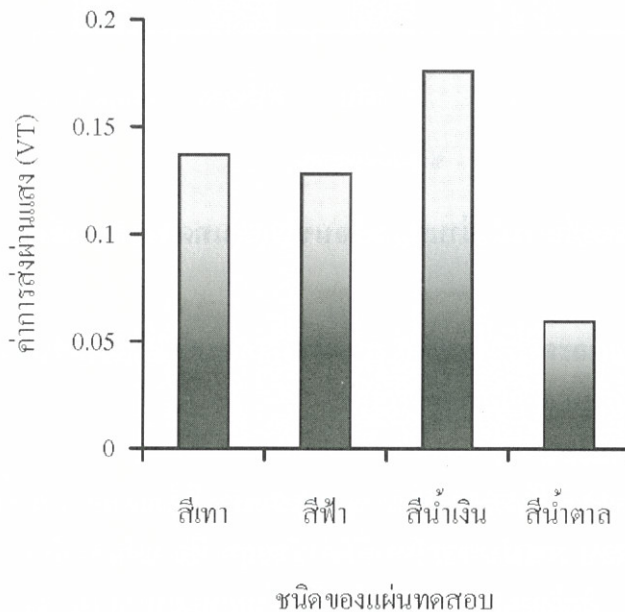


กราฟแสดงผลอุณหภูมิเฉลี่ยภายในกล่องทดสอบ
ของแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกทั้ง 4 แบบ

4. การวิเคราะห์คุณสมบัติการใช้งานของแผ่นทดสอบ

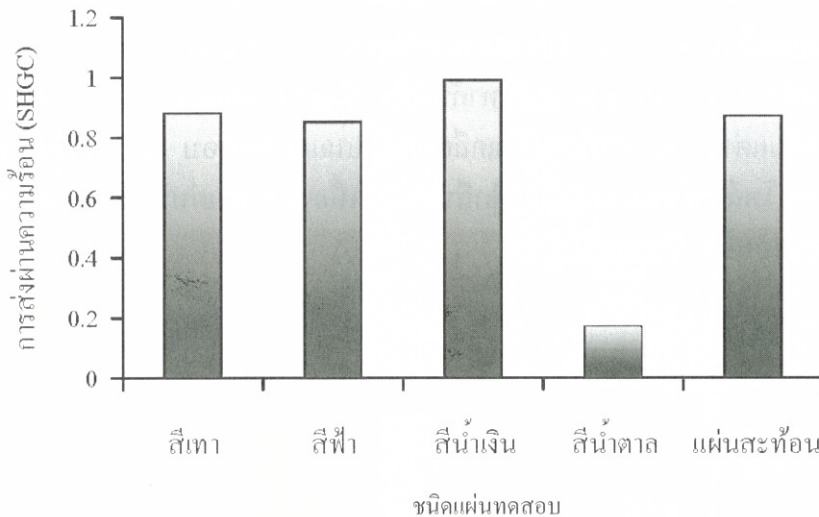
สิ่งที่ต้องคำนึงถึงก็คือ ค่าการยอมให้แสงส่งผ่าน (VT) และค่าอัตราของรังสีความร้อนที่ส่งผ่านเข้ามาทางแผ่นทดสอบ (SHGC) ซึ่งค่าทั้งสองนี้จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณสมบัติของแผ่นทดสอบแต่ละชนิดว่าสามารถป้องกันแสงและความร้อนได้ดีแค่ไหน เหมาะกับลักษณะอาคารแบบใด เช่น ถ้าเป็นอาคารที่ไม่ต้องการแสงมากก็ใช้แผ่นทดสอบที่ป้องกันความร้อนและแสงได้ดีซึ่งช่วยในการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศ แต่ถ้าเป็นอาคารที่ต้องการปริมาณแสงมากแผ่นทดสอบรุ่นที่สามารถยอมให้แสงผ่านได้ดี ก็จะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคาร

● ชุดทดสอบที่ให้ค่าการส่งผ่านแสง (VT) มากที่สุด คือ แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกสีน้ำเงิน เพราะแผ่นทดสอบนี้จะมีลักษณะโปร่งแสงมากที่สุดเมื่อเทียบกับแผ่นทดสอบอื่น รองลงมา ก็จะเป็นลักษณะโปร่งแสงมากที่สุดเมื่อเทียบกับแผ่นทดสอบอื่น รองลงมา ก็จะเป็นแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกสีเทา กับสีฟ้า ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันถึงแม้สีฟ้าจะเป็นสีที่อ่อนกว่า สีน้ำเงินแต่จะมีวัสดุสะท้อนแสงเคลือบอยู่ที่บนแผ่นทดสอบ และแผ่นที่มีค่า VT น้อยที่สุด คือ แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกสีน้ำตาล เนื่องจากแผ่นทดสอบนี้จะมีความทึบมากกว่าแผ่นทดสอบอื่น ดังแสดงในรูป



แผนภูมิแสดงค่าการส่งผ่านแสงของแผ่นทดสอบโพลีคาร์บอเนตสีต่างๆ

● ชุดทดสอบที่ทำให้ค่าการส่งผ่านความร้อน (SHGC) น้อยที่สุด คือ แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกสีน้ำตาล เพราะแผ่นทดสอบนี้มีความหนาแน่นกว่าแผ่นอื่น และที่สำคัญ โครงสร้างภายในของแผ่นทดสอบจะมีลักษณะของโครงถักที่เฉียงทำให้สะท้อนความร้อนออกได้ดีกว่าแผ่นอื่นๆ ที่ได้นำมาทดสอบ รองลงมาจะเป็นแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกสีเทา กับสีฟ้า ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน สองแผ่นนี้มีลักษณะที่คล้ายกัน คือ มีความหนาเท่ากัน และมีการเคลือบวัสดุสะท้อนแสงด้านบนเหมือนกันแต่แตกต่างกันแค่สีของแผ่นทดสอบ ส่วนแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกสีน้ำเงินถึงจะมีสีเข้มกว่าแต่ก็มีค่าการส่งผ่านความร้อนมากกว่า อาจจะเป็นผลมาจากแผ่นทดสอบนี้มีความโปร่งแสงมากกว่าแผ่นอื่น เพราะไม่มีวัสดุเคลือบเพื่อสะท้อนแสง ดังแสดงในรูป



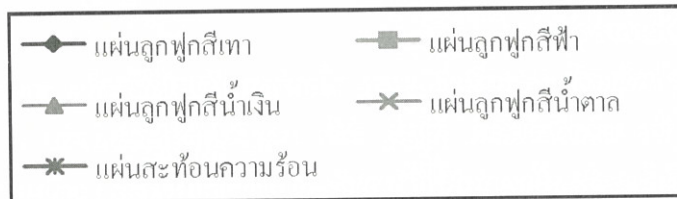
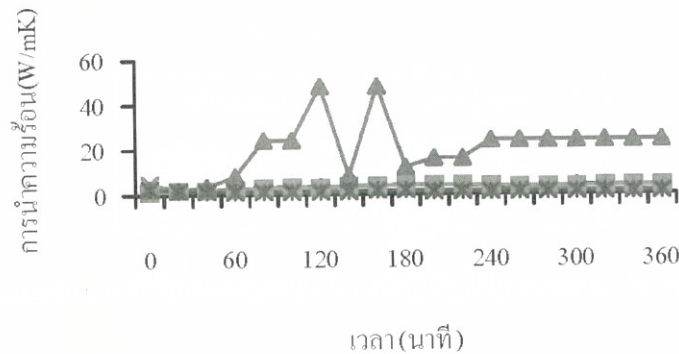
แผนภูมิแสดงค่าการส่งผ่านความร้อนของแผ่นทดสอบแบบต่างๆ

5. ค่าของการนำความร้อน และความร้อนสะสมของชุดทดสอบแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูก และแผ่นสะท้อนความร้อนแบบอลูมิเนียมสองชั้น

● ค่าการนำความร้อน

ค่าการนำความร้อนของแต่ละแผ่นทดสอบจะมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสีและชนิดวัสดุที่ใช้ทำแผ่นทดสอบ การนำความร้อนที่มีค่าน้อยสุด คือ แผ่นสะท้อนความร้อนแบบอลูมิเนียมสองชั้นหนา 5 มิลลิเมตร และแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกสีน้ำตาล หนา 8 มิลลิเมตร, สีฟ้าหนา 6 มิลลิเมตร, สีเทาหนา 6 มิลลิเมตร และ สีน้ำเงินหนา 6 มิลลิเมตร ซึ่งมีการนำความร้อนที่สูงกว่าแผ่นทดสอบอื่น ซึ่งจะเห็นได้ว่ากราฟมีลักษณะขึ้นสูงและลงต่ำ

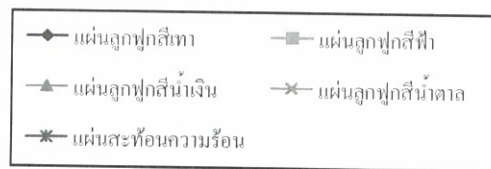
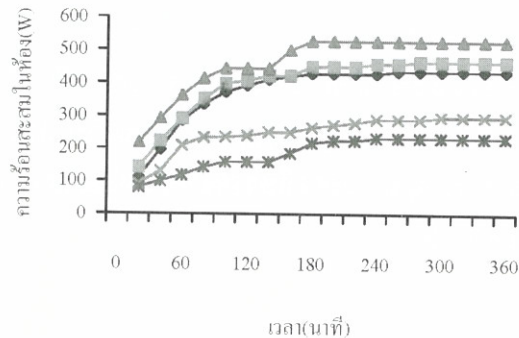
ภายในช่วงเวลานี้อันเนื่องมาจากผลกระทบของการเคลื่อนที่ของอากาศ เนื่องมาจากเป็นแผ่นที่โปร่งแสงมากกว่าแผ่นทดสอบอื่น สำหรับค่าการนำความร้อนที่คงที่จะแตกต่างกันออกไปเช่นเดียวกัน แผ่นสะท้อนความร้อนแบบอลูมิเนียม, แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกสีเทา, สีฟ้า, สีน้ำเงิน และ สีน้ำตาล จะเข้าสู่สภาวะคงที่ทางความร้อนในเวลา 180,260,260,240 และ 240 นาที ตามลำดับ ดังแสดงในรูป



แผนภูมิแสดงการนำความร้อนของแผ่นทดสอบแบบต่างๆ

● การสะสมความร้อนภายในห้อง

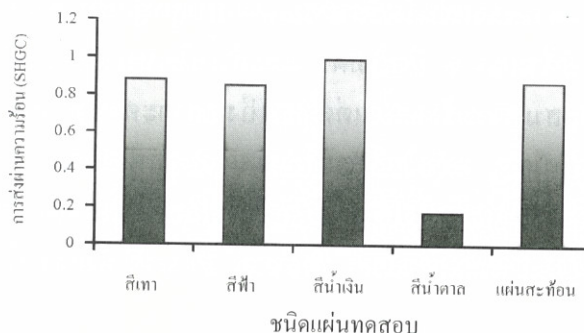
ความร้อนสะสมภายในห้องจะมีค่าแตกต่างกันออกไปจะขึ้นอยู่กับแผ่นทดสอบจากการทดสอบ ความร้อนสะสมที่น้อยจนถึงมากที่สุด คือ แผ่นสะท้อนความร้อนแบบอลูมิเนียมสองชั้นหนา 5 มิลลิเมตร และแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกสีน้ำตาลหนา 8 มิลลิเมตร, สีเทาหนา 6 มิลลิเมตร, สีฟ้าหนา 6 มิลลิเมตร และสีน้ำเงินหนา 6 มิลลิเมตร ตามลำดับ สำหรับช่วงเวลาในการสะสมความร้อนตั้งแต่ต้นจนถึงสภาวะคงที่ทางความร้อนของแผ่นสะท้อนความร้อนแบบอลูมิเนียม, แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกสีเทา, สีฟ้าและ สีน้ำเงิน จะเข้าสู่สภาวะคงที่ในเวลา 180 นาที ทั้งหมด แต่แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกสีน้ำตาลจะเข้าสู่สภาวะคงที่ทางความร้อนช้ากว่าแบบอื่นๆ ประมาณ 60 นาที ดังแสดงในรูป



แผนภูมิแสดงการสะสมความร้อนภายในในห้องทดสอบเมื่อใช้แผ่นทดสอบแบบต่างๆ

6. ภาวะความร้อนที่เกิดขึ้น จากการใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูก และแผ่นสะท้อนความร้อนแบบอลูมิเนียมสองชั้น

ชุดทดสอบโพลีคาร์บอเนตทั้ง 4 แบบ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน ชุดทดสอบที่ให้ค่าความร้อนน้อยที่สุด คือ แผ่นสีน้ำตาล, สีเทา, สีฟ้า และสีน้ำเงินตามลำดับ แผ่นที่เหมาะสมมากที่สุดในการนำมาใช้งานก็จะเป็แผ่นสีน้ำตาลเนื่องจากขนาดการทำความเย็นน้อยมากแค่ 0.85 TON ถ้าใช้แผ่นนี้ สามารถลดการทำความเย็นลงได้มากที่สุดเมื่อเทียบกับแผ่นอื่นๆ ส่วนแผ่นสะท้อนความร้อนแบบอลูมิเนียมสองชั้นมีความสามารถในการป้องกันความร้อนที่ดีที่สุดเนื่องจากเป็นวัสดุทึบแสงสีเงินดังนั้นจึงเหมาะสมอย่างยิ่งในการนำมาใช้งานเพราะจะป้องกันความร้อนส่งผ่านเข้าห้องได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบเป็นภาระการทำความเย็นแล้วมีเพียงแค่ 0.067 TON ดังแสดงในรูป



แผนภูมิแสดงขนาดการทำความเย็นที่เกิดจากการใช้แผ่นทดสอบแบบต่างๆกลับกล่องทดสอบ

ผลการทดสอบ

ในการทดสอบพบว่า ค่าการส่งผ่านแสง,ค่าการส่งผ่านความร้อน,ค่าการนำความร้อนและความร้อนสะสมในห้องของแผ่นทดสอบทั้ง 4 แบบ โดยเรียงลำดับจากค่ามากไปน้อยดังนี้ แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูก สีน้ำเงิน, สีเทา, สีฟ้า และสีน้ำตาล ตามลำดับ เพราะฉะนั้นแผ่นโพลีคาร์บอเนตที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานได้ดีที่สุด คือ แผ่นสีน้ำตาล อย่างไรก็ตามหากต้องใช้แผ่นสีอื่นๆก็ ไม่สามารถนำไปใช้งานได้ เพราะสามารถนำไปใช้กับอาคารให้เกิดความเหมาะสมได้โดยการนำเอาแผ่นสีน้ำเงิน, สีเทา และสีฟ้า ไปใช้ สำหรับภายในอาคาร เช่น หลังคามุมสูง หรือผนังห้องในทิศที่อับแสง (ทิศเหนือ) เนื่องจากในทิศที่จะมีความร้อนจากแสงกระจายตกกระทบเท่านั้นจึงมีผล ซึ่งถ้าหากภายในอาคารใช้แผ่นที่มีความโปร่งแสงมากก็สามารถลดการใช้หลอดไฟให้แสงสว่างลงได้สำหรับภายนอกก็ได้ อย่างไรก็ตามการใช้แผ่นสีน้ำตาลจะเหมาะสมที่สุดจากผลของการป้องกันความร้อนที่ดีที่สุดในทุกแบบ เมื่อเปรียบเทียบกันทั้ง 4 แบบ ส่วนแผ่นสะท้อนความร้อนแบบอลูมิเนียมสองชั้น เหมาะสมกับการนำไปใช้งานจริงได้โครงหลังคาเพราะสามารถทำให้ความร้อนสะสมในห้องลดต่ำลงได้อย่างเห็นได้ชัดและส่งผลให้ลดภาระของระบบปรับอากาศ ดังแสดงในตาราง

ตารางสรุปผลการทดสอบของแผ่นทดสอบทั้งหมด

ชนิดแผ่นทดสอบ	ค่าการส่งผ่านแสง	ค่าการส่งผ่านความร้อน	ค่าการนำความร้อน (W/mK)	ความร้อนสะสมในห้อง (W)
แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกสีเทา	0.137	0.88	4.0	436.1
แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกสีฟ้า	0.128	0.85	3.7	465.6
แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกสีน้ำเงิน	0.176	0.99	24	527.4
แผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกสีน้ำตาล	0.059	0.17	1.6	296.8
แผ่นสะท้อนความร้อนแบบอลูมิเนียมสองชั้น	-	0.87	1.0	232.9

ดังนั้นการใช้หลังคาโปร่งแสงมีทั้งคุณและโทษจึงต้องมีการออกแบบอย่างเหมาะสม หากออกแบบและเลือกวัสดุที่ไม่เหมาะสมแล้วจะส่งผลกระทบอย่างร้ายแรงกับการใช้พลังงานในส่วนของระบบปรับอากาศภายในอาคาร

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ความน่าจะเป็นและสถิติ. (2530). (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ภาควิชาคณิตศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โครงการการศึกษา “การถ่ายเทความร้อนและปริมาณแสงผ่านกระเบื้องโปร่งแสงที่มีใช้ในประเทศไทย.”
(ม.ป.ป.). กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
ธุรกิจบัณฑิต.

โครงการการศึกษา “ป้องกันความร้อนของฟิล์มกรองแสงเพื่อการประหยัดพลังงาน.” (ม.ป.ป.).
กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

ศุติ บรรจงจิตร. (2538). วิศวกรรมการส่องสว่าง. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.

มนตรี พิรุณเกษตร. (2541). การถ่ายเทความร้อน. กรุงเทพฯ : วิทยพัฒน์.