

เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ส่งผ่านกระจกกับค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

จิรเดช เทพพิพิธ¹ และ ธนิต จินดาวณิก²

^{1,2}คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

¹38studio@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการออกแบบวัสดุประกอบช่องเปิดอาคารเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดอาคาร ระหว่างการใช้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจก (Solar Heat Gain Coefficient, SHGC) กับการใช้ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (Shading Coefficient, SC) โดยการศึกษาจะใช้วิธีการทดลองจริงกับอาคารทดลองด้านพลังงาน (mockup energy testing) ขนาด 3.00 x 3.00 ตารางเมตร สองอาคารเพื่อเปรียบเทียบผลการทดลอง โดยอาคารแรกใช้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจก (SHGC) ในการลดความร้อนผ่านช่องเปิดอาคาร ส่วนอาคารที่สองใช้ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC) ในการลดความร้อนผ่านช่องเปิดอาคาร การทดลองใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในการบันทึกข้อมูลและวัดอัตราการใช้พลังงานปรับอากาศที่เกิดขึ้นจริงในสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย การทดลองมีทั้งหมดสามการทดลอง โดยในแต่ละการทดลองได้ควบคุมให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจก (SHGC) ของอาคารทดลองหลังแรกเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของอุปกรณ์บังแดดของอาคารหลังที่สอง ในสามการทดลองกำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจก (SHGC) และ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC) มีค่า สูง ปานกลาง และ ต่ำ

ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานปรับอากาศของอาคารที่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจก (SHGC) ดีกว่าอาคารที่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC) ในทุกการทดลอง แนวโน้มสัดส่วนการประหยัดพลังงานปรับอากาศจากการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ทั้งสองมากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวมีค่าต่ำลง กล่าวคือค่าความแตกต่างของการประหยัดพลังงานจะมากขึ้นเมื่อเลือกใช้กระจกคุณภาพดีและอุปกรณ์บังแดดที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดดีขึ้น ในขณะที่สภาวะสบายเชิงอุณหภูมิ (thermal comfort) ในอาคารที่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจก (SHGC) ดีกว่าในทุกการทดลอง แต่อาคารที่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC) ในการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร จะนำแสงธรรมชาติเข้ามาในตัวอาคารได้ดีกว่าอย่างสังเกตได้

คำสืบค้น

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจก , สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

THE COMPARISON OF EFFECTIVE SHADING COEFFICIENT BETWEEN GLAZING GLASS AND SHADING DEVICE

Jiradet Theppipit¹ and Thanit Jindavanig²

^{1,2}*Faculty of Architecture, Chulalongkorn University*

¹*38studio@gmail.com*

ABSTRACT

The aim of this research is to compare the effectiveness of materials used in apertures to reduce the transmission on solar heat. The materials compared were glass and a shading device. The research involved experiments to find the shading coefficient of glazing glass (SHGC) and that of a shading device (SC) which are used in the equation of total heat gain in a wall panel (OTTV) to meet the standard and methods of energy conservation in regulated buildings. The experiment was undertaken in mockup energy test using 3.00 x 3.00 meters panels to measure the rate of energy consumption under real conditions of the Thai climate. These experiments were coupled with computer simulations to find the effect of aperture direction of the rate of energy use in air-conditioned buildings. We undertook three case studies undertaken by specifying different coefficients of solar heat gain of glazing glass (SHGC) and that of the shading device (SC), followed by analyzing the results of the two case studies in order to obtain the research results.

From the studies, we found that energy conservation in air-conditioned buildings was more effective if glass were used instead of a shading device as measured by the coefficient of solar heat gain. Moreover, if the quality of the glass and that of the shading device were improved, the gap between the two coefficients only increased so that glass further outperformed the shading device. If the effect on human comfort were also determined, the glass outperformed the shading device on this measure also. However, the shading device was more effective with respect to one criterion—that of bringing natural light into a building.

KEYWORDS

Solar Heat Gain Coefficient , SHGC , Shading Coefficient , SC

1. บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีมีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วเพื่อตอบสนองความต้องการด้านความสะดวกสบายในการดำเนินชีวิตทั่วไปของมนุษย์ แต่เทคโนโลยีเหล่านี้มักต้องแลกด้วยผลผลิตจากธรรมชาติ นั่นคือพลังงาน การใช้พลังงานในอาคารที่ตั้งอยู่ในประเทศที่มีภูมิอากาศแบบร้อนชื้นอย่างประเทศไทย มากกว่า 50% ของพลังงานทั้งหมด เป็นการใช้เพื่อทำความเย็นในตัวอาคาร [2] อันเป็นผลมาจากสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ตัวอาคารผ่านเปลือกอาคาร โดยเฉพาะช่องเปิดของตัวอาคารที่สถาปนิกมักจะพบคำถามที่เกิดขึ้นในความสะดวกของการออกแบบระหว่าง ความสวยงาม ประโยชน์ใช้สอย และอัตราการประหยัดพลังงาน จนเป็นผลให้เกิดกระบวนการแก้ปัญหาของการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดเข้าสู่ตัวอาคารออกมาหลากหลายรูปแบบ แต่ที่ได้รับความนิยมจากสถาปนิกทั่วไปมากที่สุด คือ การใช้กระจกกันความร้อนจากรังสีอาทิตย์ และการติดตั้งแผงบังแดด (shading device) บังเงาช่องเปิด ซึ่งทั้งสองวิธีนี้สามารถที่จะคำนวณหาความสามารถในการป้องกันความร้อนจากรังสีอาทิตย์ออกมาเป็นตัวเลข เพื่อที่จะสามารถคำนวณและประยุกต์ใช้ในการออกแบบได้จริง

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (Overall Thermal Transfer Value , OTTV) เป็นสูตรการคำนวณซึ่งถือเป็นเกณฑ์ในการออกแบบอาคารที่คำนึงถึงอัตราในการใช้พลังงานในตัวอาคารตามสภาพแวดล้อมของประเทศไทย ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

$$OTTV = (U_w)(1-WWR)(TD_{eq}) + (U_f)(WWR)(\Delta T) + (WWR)(SHGC)(SC)(ESR).....[1] \quad (1)$$

จากสมการข้างต้นจะพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจก (SHGC) และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC) เป็นตัวแปรที่มีผลกับการออกแบบวัสดุประกอบช่องเปิดอาคาร หากเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวใดตัวหนึ่งระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจก (SHGC) และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC) ตามสมการ ค่าการส่งผ่านความร้อนผ่านช่องเปิดจะมีค่าเท่ากันเสมอ การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของค่าสัมประสิทธิ์ทั้งสองค่าในสภาพแวดล้อมจริง เพื่อที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้เหมาะสม

2. วัตถุประสงค์

1. เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดความร้อนที่เข้าสู่อาคารระหว่างกระจกกันความร้อนที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (Solar Heat Gain Coefficient, SHGC) เท่ากับอุปกรณ์บังแดดที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (shading coefficient, SC)
2. เพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมของการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดอาคารที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของอุปกรณ์ประกอบช่องเปิดเท่ากันระหว่าง ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (Solar Heat Gain Coefficient; SHGC) ของกระจกและค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (shading coefficient ,SC) ของอุปกรณ์บังแดด

3. ระเบียบวิธีการศึกษา

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลในการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจก (SHGC) และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC) โดยกำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์แตกต่างกัน 3 ระดับ [4] คือสูง ปานกลาง และต่ำ โดยสร้างห้องทดลองด้านพลังงานที่เหมือนกันขึ้นมา 2 ห้องทดลอง เพื่อทำการทดลองและเปรียบเทียบผลการทดลองที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมที่เหมือนกัน ณ ช่วงเวลาเดียวกัน โดยมีกระบวนการทดลองดังนี้

1. ออกแบบห้องทดลองและกำหนดวัสดุและค่าตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง
2. การปรับค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือในการทดลอง
3. ดำเนินการทดลองในสภาวะแวดล้อมจริง การทดลองละ 3 วันแล้วหาค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง
 - การทดลองที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ของอุปกรณ์ประกอบช่องเปิดทั้ง 2 ห้องทดลอง เท่ากับ 0.54
 - การทดลองที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์ของอุปกรณ์ประกอบช่องเปิดทั้ง 2 ห้องทดลอง เท่ากับ 0.39
 - การทดลองที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์ของอุปกรณ์ประกอบช่องเปิดทั้ง 2 ห้องทดลอง เท่ากับ 0.24
4. เปรียบเทียบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิด และปริมาณการใช้พลังงานในการปรับอากาศภายในห้องทดลองทั้ง 2 ห้องทดลอง

4. ขอบเขตและข้อจำกัดของการศึกษา

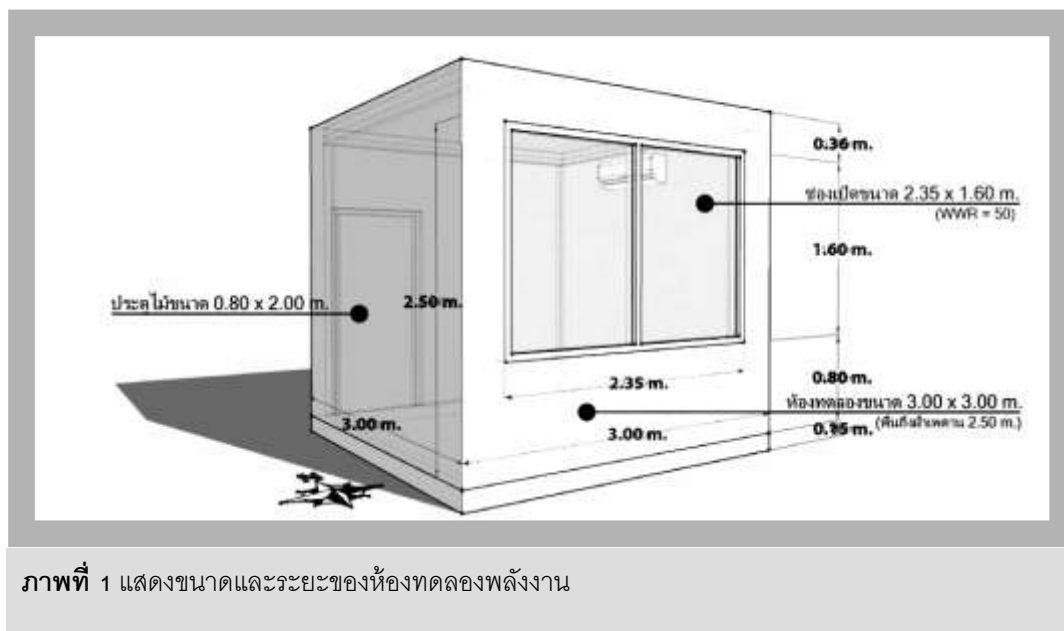
1. เนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลา การทดลองไม่ได้ทดลองเก็บข้อมูลตลอดทั้งปี แต่การทดลองทำในช่วงปลายเดือนมีนาคม จนถึงสิ้นเดือนเมษายน ซึ่งจะใกล้เคียงกับหนึ่งในวันอ้างอิง (Vernal Equinox)
2. การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC) จะอ้างอิงโดยใช้โปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานอาคาร (Building Energy Code Software : BEC software) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้สำหรับตรวจสอบความสอดคล้องของแบบอาคารต่อเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ซึ่งจัดขึ้นใหม่ภายใต้ พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 [3]

5. การทดลอง

5.1 การออกแบบห้องทดลอง

ห้องทดลองทั้ง 2 ห้อง ถูกออกแบบและสร้างให้เหมือนกัน เป็นขนาด 3.00x3.00 ตารางเมตร มีความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดาน 2.5 เมตร พื้นคอนกรีตหนา 0.15 เมตร โครงสร้างเหล็ก ผนังก่ออิฐฉาบฉวยเต็มแผ่นหนา 10 ซม. ฉาบปูนเรียบทาสีขาว ด้านในหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อนโพลีสไตรีน หนา 2 นิ้ว หลังคาโครงเหล็กกรุไม้อัดแล้วปิดด้วยฉนวนโพลีสไตรีนหนา 4 นิ้ว เพื่อลดอิทธิพลการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกผ่านส่วนที่บของอาคาร โดยผนังทางด้านทิศใต้ซึ่งเป็นทิศที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีอาทิตย์ตลอดทั้งวัน กำหนดให้เป็นช่องเปิดอาคาร ขนาด 1.60 x 2.35 เมตร สูงจากพื้นอาคาร 0.80 เมตร คิดเป็นอัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณาเท่ากับ 0.50 (WWR=50) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยทั่วไปของอาคารประเภทสำนักงาน [4] เพื่อใช้ในการศึกษาการป้องกันความร้อนจากค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจก (Solar Heat Gain Coefficient , SHGC) และการใช้ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (Shading Coefficient , SC) โดยห้องทดลองที่หนึ่งติดตั้งกระจกกันความร้อน ส่วนห้องทดลองที่สองใช้

อุปกรณ์บังแดดประกอบช่องเปิดกระจกใส ภายในห้องทดลองทั้ง 2 ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ยี่ห้อ DAIKIN รุ่น Seista (AT09JV2S) ขนาด 9,000 BTU ต่อตรงกับมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า การปรับอากาศตั้งอุณหภูมิภายในไว้ที่ 25 °C เพื่อวัดอัตราการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศของแต่ละห้องทดลอง สถานที่ตั้งห้องทดลองอยู่ที่ อ.เมือง จ.ปทุมธานีและทำการเก็บผลการทดลองในช่วงวันที่ 21 มีนาคม - 3 เมษายน 2555 ในช่วงเวลาตั้งแต่ 8.00 น. จนถึง 18.00 น.



ภาพที่ 1 แสดงขนาดและระยะของห้องทดลองพลังงาน

5.2 การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจก (SHGC) และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC) ในห้องทดลอง

5.2.1 ห้องทดลองที่ 1 กำหนดใช้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจก (SHGC) โดยใช้กระจกกันความร้อน ในที่นี้จะเรียกห้องทดลองที่ 1 ว่า SHGC mockup

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจก (Solar Heat Gain Coefficient, SHGC) ทั้ง 3 การทดลองจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าว จากผู้ผลิตกระจกหนา 6 mm. โดยค่าสัมประสิทธิ์ มี 3 ระดับและมีความแตกต่างกันประมาณ 0.15 ชนิดกระจกทั้ง 3 ชนิด ได้แก่

- การทดลองที่ 1 กระจกโฟลต สีบลูกรีน หนา 6 mm. ค่า SHGC = 0.54
- การทดลองที่ 2 กระจกสะท้อนแสง สีฟ้าไพลิน หนา 6 mm. ค่า SHGC = 0.39
- การทดลองที่ 3 กระจกสะท้อนแสง สีเหลืองอุษา หนา 6 mm. ค่า SHGC = 0.24

5.2.2 ห้องทดลองที่ 2 กำหนดใช้ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC) กับช่องเปิดที่ใช้กระจกใส ในที่นี้จะเรียกห้องทดลองที่ 2 ว่า SC mockup

ห้องทดลองที่ 2 ใช้กระจกใสหนา 6 mm. (ความหนากระจกเท่ากับกระจกที่ใช้ในห้องทดลองที่ 1) และป้องกันความร้อนจากรังสีอาทิตย์โดยใช้อุปกรณ์บังแดด โดยเมื่อทราบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (Solar Heat Gain Coefficient, SHGC) ของกระจกที่ติดตั้งห้องทดลองที่ 1 สามารถคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC) และออกแบบอุปกรณ์บังแดดของห้องทดลองที่ 2 เพื่อใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบ โดยผลคูณ

ของค่า SC ของอุปกรณ์บังแดด กับ ค่า SHGC ของกระจกใสหนา 6 mm. ($SHGC=0.82$, เมื่อ $SHGC$ กระจกใส = SC กระจกใสหนา 3 มม. $\times 0.87$ [5]) เทียบกับค่า SHGC ของกระจกในท้องตลาดที่ 1 โดยสามารถหาได้จากสมการ

$$SC \times SHGC_{\text{กระจกใส}} = SHGC_{\text{กระจกป้องกันความร้อน}} \quad (2)$$

ค่า SC ของการทดลองที่ 1 สามารถหาได้จากสมการ

$$SC_1 \times SHGC_{\text{กระจกใส}} = SHGC_1$$

$$SC_1 \times 0.82 = 0.54$$

$$SC_1 = 0.6585$$

ค่า SC ของการทดลองที่ 2 สามารถหาได้จากสมการ

$$SC_2 \times SHGC_{\text{กระจกใส}} = SHGC_2$$

$$SC_2 \times 0.82 = 0.39$$

$$SC_2 = 0.4756$$

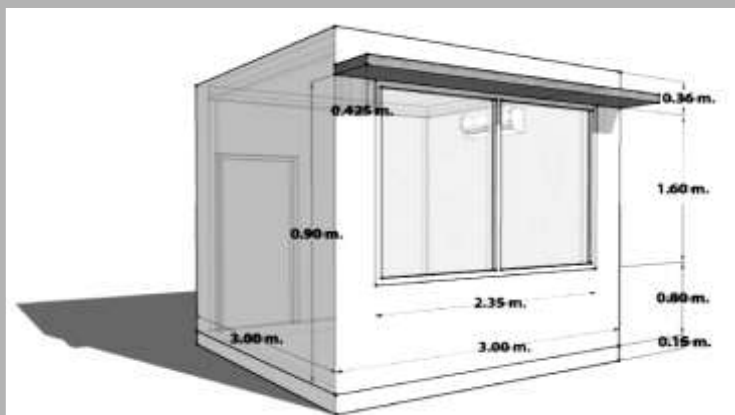
ค่า SC ของการทดลองที่ 3 สามารถหาได้จากสมการ

$$SC_3 \times SHGC_{\text{กระจกใส}} = SHGC_3$$

$$SC_3 \times 0.82 = 0.24$$

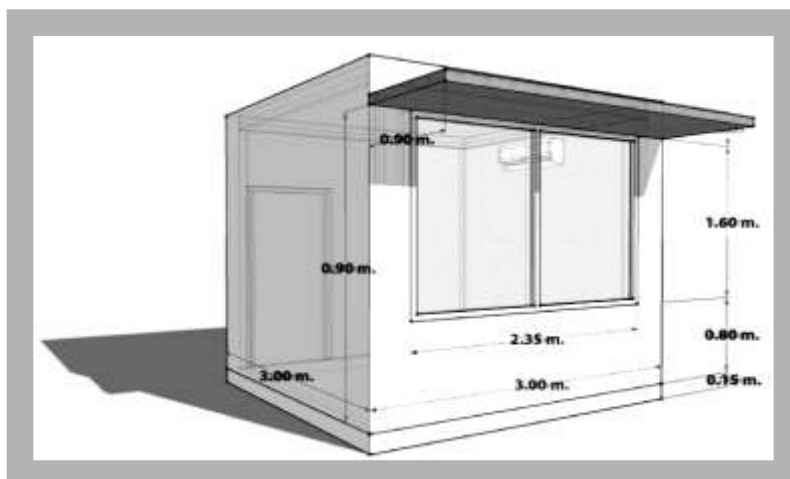
$$SC_3 = 0.2927$$

เมื่อทราบค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC) จึงออกแบบลักษณะของอุปกรณ์บังแดดโดยใช้โปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานอาคาร (Building Energy Code Software : BEC software) [3] เพื่อติดตั้งเข้ากับช่องเปิดของห้องทดลองที่ 2 ดังในภาพที่ 2 , 3 และ 4



ภาพที่ 2 แสดงขนาดและระยะของอุปกรณ์บังแดด การทดลองที่ 1

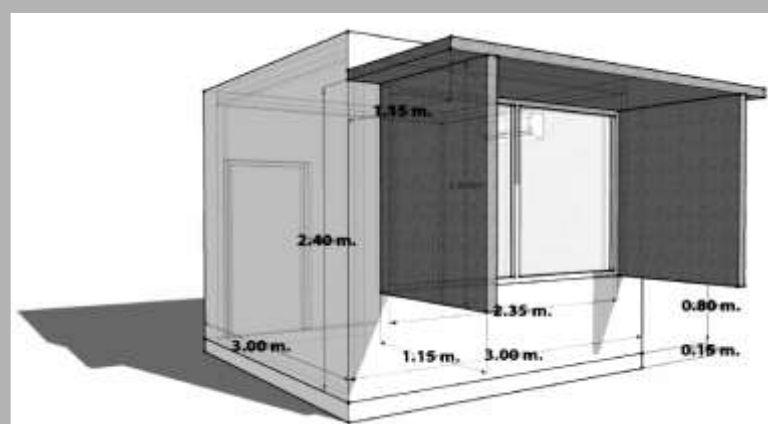
การทดลองที่ 1 ค่า $SC = 0.6585$
ลักษณะอุปกรณ์บังแดดติดขอบกระจก
บน ยื่นออกมาจากผนัง 0.425 m. ยาว
3 m. ตลอดหน้ากว้างอาคาร



ภาพที่ 3 แสดงขนาดและระยะของอุปกรณ์บังแดด การทดลองที่ 2

การทดลองที่ 2 ค่า $SC = 0.4756$

ลักษณะอุปกรณ์บังแดดติดขอบกระจกบน ยื่นออกมาจากผนัง 0.900 m. ยาว 3 m. ตลอดหน้ากว้างอาคาร



ภาพที่ 4 แสดงขนาดและระยะของอุปกรณ์บังแดด การทดลองที่ 3

การทดลองที่ 3 ค่า $SC = 0.2927$

ลักษณะอุปกรณ์บังแดดติดขอบกระจก 3 ด้าน ยื่นออกมาจากผนัง 1.150 m.

5.3. การติดตั้งเครื่องมือเก็บข้อมูล

- **เครื่องมือเก็บข้อมูลการใช้พลังงานปรับอากาศ** การเก็บข้อมูลอัตราการใช้พลังงานปรับอากาศ ใช้การติดตั้งมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า ต่อตรงกับเครื่องปรับอากาศของห้องทดลองแต่ละห้องทดลองและอ่านค่าการใช้พลังงานทุกชั่วโมง มีหน่วยเป็นเป็นกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง (kWh) ก่อนทำการทดลองได้ตรวจสอบความคลาดเคลื่อน (calibration) ของห้องทดลองและการใช้พลังงานปรับอากาศ โดยพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนพลังงานปรับอากาศของห้องทดลองที่ 1 มีค่าน้อยกว่าห้องทดลองที่ 2 เท่ากับ 1.09 % ซึ่งถือว่าเป็นความคลาดเคลื่อนน้อยมากและยอมรับได้

- **เครื่องมือศึกษาพฤติกรรมและการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดอาคาร** การเก็บข้อมูลใช้เครื่องเก็บข้อมูลอุณหภูมิอัตโนมัติ (data logger) จำนวน 7 เครื่องและสายวัดอุณหภูมิอัตโนมัติ (thermocouple) จำนวน 14 สาย ติดตั้งในห้องทดลองเพื่อเก็บข้อมูลแบบอัตโนมัติในทุกๆ 15 นาที ต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อบันทึกข้อมูลในส่วนของคุณภูมิอากาศภายในห้องทดลอง ($^{\circ}C$) คุณภูมิอากาศภายนอก ($^{\circ}C$) คุณภูมิผิวกระจกภายใน ($^{\circ}C$) และค่า globe

temperature พร้อมกันทั้ง 2 ห้องทดลอง โดยก่อนติดตั้งเครื่องมือ ได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของการวัดผลของเครื่องมือ (calibration) ณ ห้องทดลอง ก่อนการทดลองจริง เพื่อจับคู่เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่มีค่าความคลาดเคลื่อนใกล้เคียงกันมาเก็บข้อมูลในตำแหน่งที่ต้องการการเปรียบเทียบกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

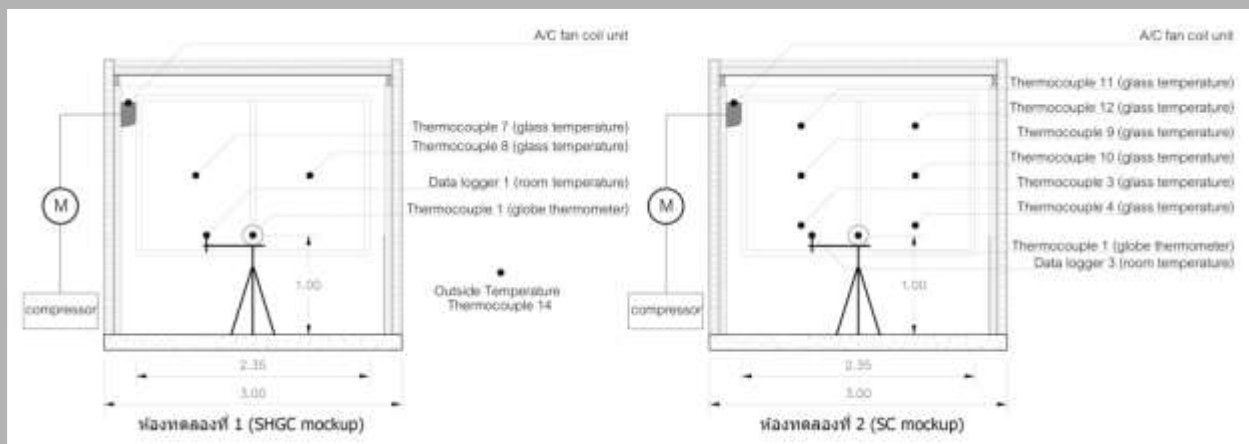
ตารางที่ 1 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของตัววัดอุณหภูมิ

ตัววัดอุณหภูมิ	data1	ther 1	data2	ther3	ther 4	data3	ther 5	ther 6	data4	ther 7
ค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าเฉลี่ยของการทดสอบที่ 1(°C)	0.08	0.05	0.22	-0.19	-0.29	0.14	0.09	-0.12	0.15	-0.06
ค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าเฉลี่ยของการทดสอบที่ 2(°C)	0.11	0.09	0.19	-0.17	-0.3	0.14	0.08	-0.13	0.14	-0.05

ตัววัดอุณหภูมิ	ther8	data5	ther 9	ther10	data 6	ther11	ther12	data 7	ther14
ค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าเฉลี่ยของการทดสอบที่ 1(°C)	-0.18	0.14	-0.03	-0.21	0.26	-0.07	-0.27	0.18	0.12
ค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าเฉลี่ยของการทดสอบที่ 2(°C)	-0.14	0.11	-0.02	-0.2	0.24	-0.08	-0.26	0.11	0.11

ณ ห้องทดลองทั้ง 2 ห้อง ติดตั้งเครื่องมือวัด globe temperature และอุณหภูมิอากาศภายในห้องไว้สูงจากพื้น 1 เมตร ณ จุดกึ่งกลางห้อง โดยห้องทดลองที่ 1 (SHGC mockup) วัดอุณหภูมิผิวกระจกภายในจำนวน 2 จุด เพื่อหาค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวกระจกภายใน ส่วนห้องทดลองที่ 2 (SC mockup) วัดอุณหภูมิผิวกระจกภายใน 6 จุดเพื่อหาค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวกระจกภายใน เนื่องจากกระจกห้องทดลองที่ 2 มีบางส่วนอยู่ในเงาแดดและบางส่วนถูกแดด

- เครื่องมือวัดความส่องสว่างของแสงธรรมชาติ (lux meter) เก็บข้อมูลการส่องผ่านแสงธรรมชาติจากช่องเปิดเข้ามาภายในห้องทดลอง โดยการวัดค่าความส่องสว่าง ณ จุดกึ่งกลางห้องในระนาบทำงาน (0.80 m.) เปรียบเทียบกับแสงสว่างภายนอกในช่วงเวลาเดียวกัน ขณะที่ลักษณะท้องฟ้ามีเมฆมาก (overcast sky) เพื่อหาอัตราส่วนแสงสว่างภายใน ณ จุดกึ่งกลางห้องเมื่อเทียบกับแสงสว่างภายนอก (daylight factor , DF)



ภาพที่ 5 แสดงตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือเก็บข้อมูล



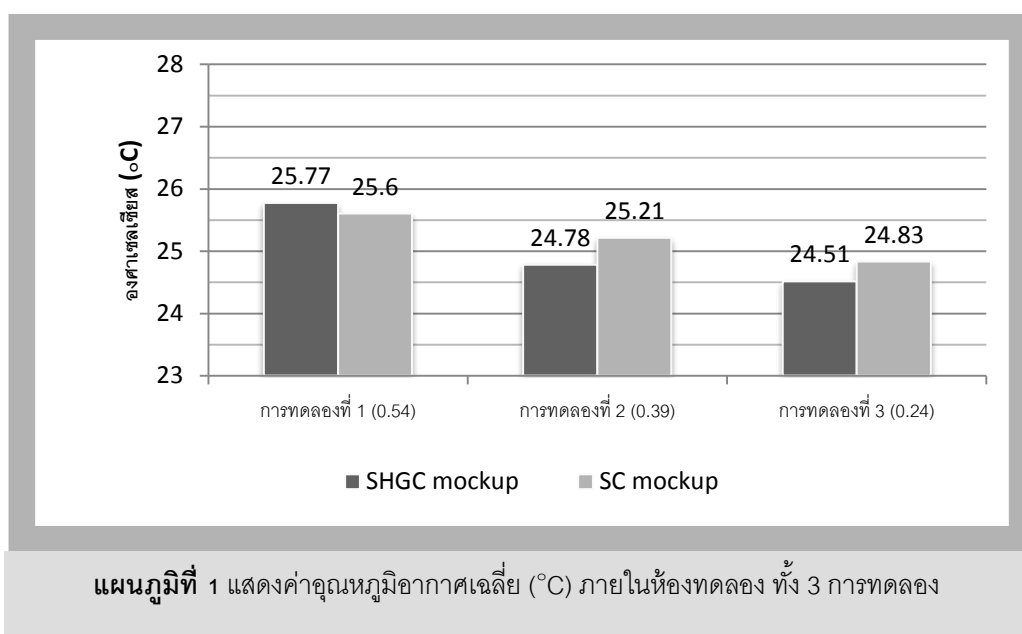
ภาพที่ 6 แสดงการติดตั้งเครื่องมือเก็บข้อมูลอุณหภูมิผิวกระจกภายใน globe temperature และมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า

6. ผลการทดลอง

การทดลองแต่ละการทดลอง ทำการเดินเครื่องปรับอากาศและเก็บข้อมูลทั้ง 2 ห้องทดลอง พร้อมกันตั้งแต่เวลา 8.00 น. -18.00 น. ต่อเนื่องติดต่อกันเป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยข้อมูล 1 วัน ในการทดลองที่ 1 และ 3 สภาพอากาศภายนอกทั่วไปท้องฟ้าเปิด แต่ในการทดลองที่ 2 สภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมมาก ได้รับอิทธิพลรังสีอาทิตย์ตรงน้อยกว่าการทดลองที่ 1 และ 3

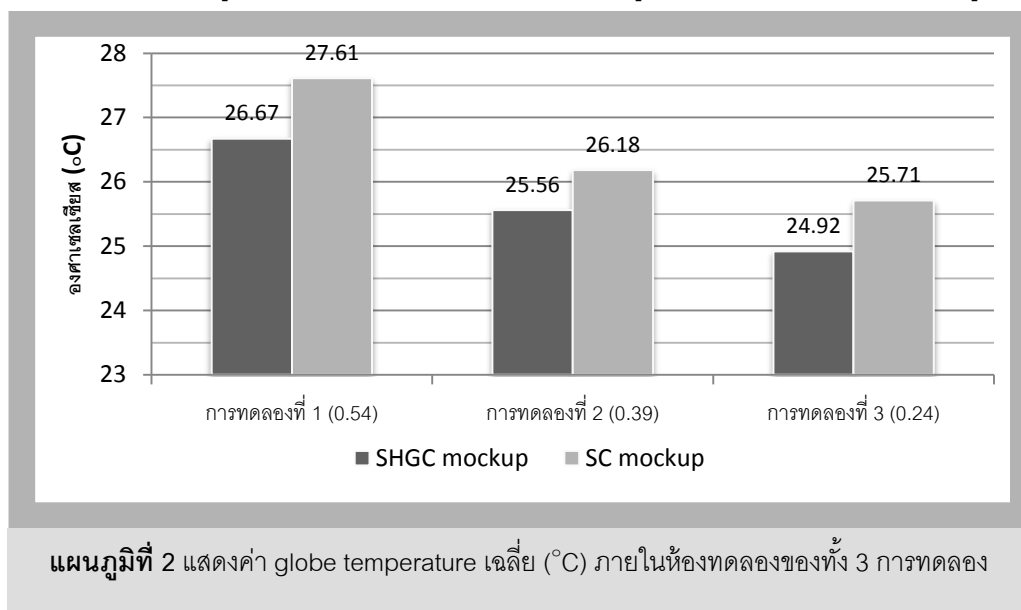
6.1 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ผ่านช่องเปิดเข้าสู่ห้องทดลอง

- อุณหภูมิอากาศภายในห้องทดลอง ในการทดลองที่ 1 อุณหภูมิอากาศภายในห้องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดด (SC mockup) จะมีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าห้องทดลองที่ติดตั้งกระจกกันความร้อน (SHGC mockup) 0.17°C แต่ในการทดลองที่ 2 และ 3 ห้องทดลองที่ติดตั้งกระจกกันความร้อน (SHGC mockup) กลับมีอุณหภูมิอากาศภายในห้องต่ำกว่าห้องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดด (SC mockup) เท่ากับ 0.43°C และ 0.79°C ตามลำดับ ดังที่แสดงในแผนภูมิที่ 1



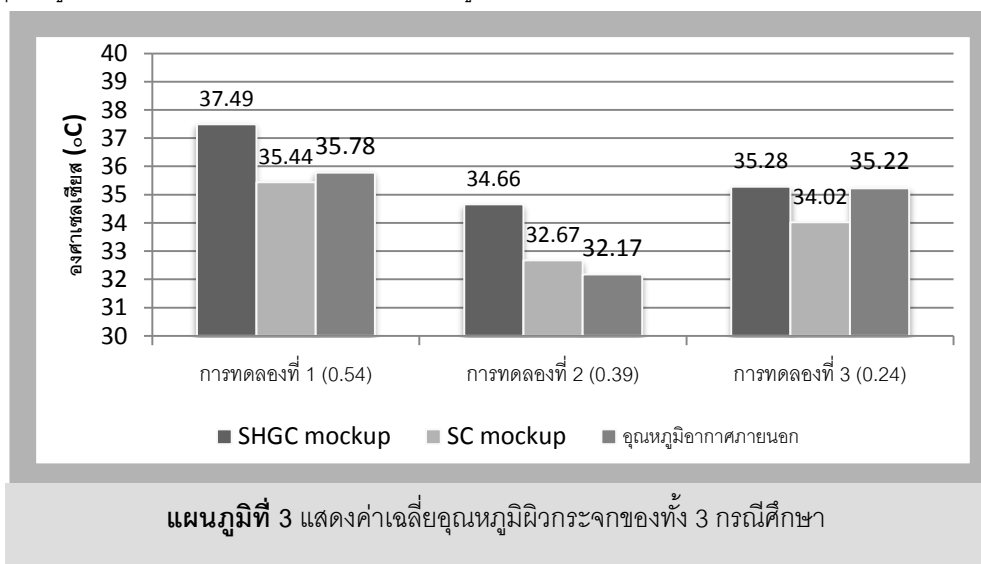
แผนภูมิที่ 1 แสดงค่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ($^{\circ}\text{C}$) ภายในห้องทดลอง ทั้ง 3 การทดลอง

- ค่า globe temperature ห้องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดด (SC mockup) จะมีค่า globe temperature สูงกว่าห้องทดลองที่ติดตั้งกระจกกันความร้อน (SHGC mockup) ทั้ง 3 การทดลอง โดยการทดลองที่ 1 จะมีค่าสูงกว่า 0.51°C การทดลองที่ 2 มีค่าสูงกว่า 0.62°C และการทดลองที่ 3 มีค่าสูงกว่า 0.79°C ดังที่แสดงในแผนภูมิที่ 2



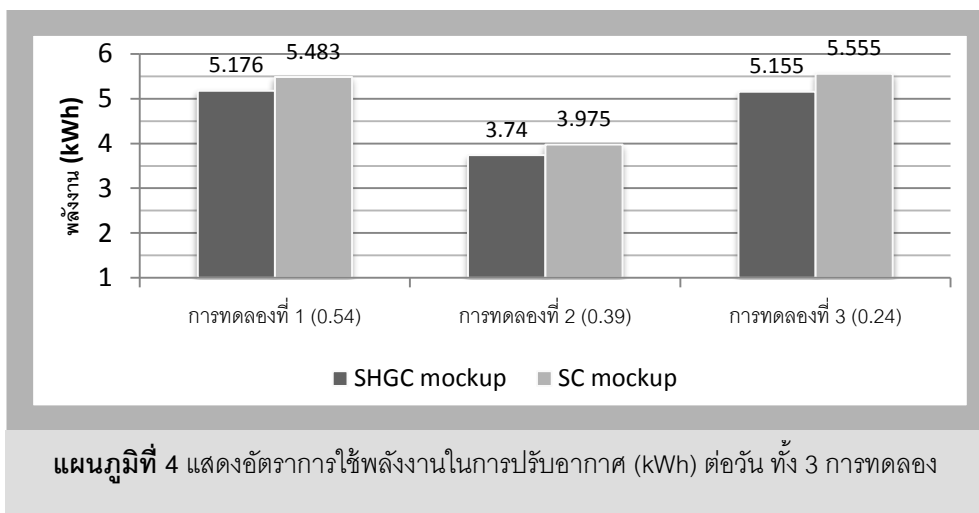
- อุณหภูมิเฉลี่ยผิวกระจกภายใน ห้องทดลองทั้ง 2 ห้องทดลอง มีผลแตกต่างกัน โดยค่าเฉลี่ย อุณหภูมิผิวกระจกของห้องทดลองที่ติดตั้งกระจกกันความร้อน (SHGC mockup) จะมีค่าสูงกว่าห้องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดด (SC mockup) ทั้ง 3 การทดลอง โดยการทดลองที่ 1 จะมีค่าสูงกว่า 2.05°C การทดลองที่ 2 มีค่าสูงกว่า 1.99°C และการทดลองที่ 3 มีค่าสูงกว่า 1.26°C อันเป็นผลมาจากสีของกระจกที่ห้องทดลองที่ติดตั้งกระจกกันความร้อน (SHGC mockup) มีความเข้มกว่าห้องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดด (SC mockup) ซึ่งมีผลการบังเงาของแผงบังแดดที่บดบังรังสีตรง (direct beam) บางส่วนจากดวงอาทิตย์ที่มากระทบกระจก

อุณหภูมิเฉลี่ยผิวกระจกภายในของห้องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดด (SC mockup) เมื่อเทียบกับ อุณหภูมิเฉลี่ยอากาศภายนอกมีค่าต่ำกว่าในการทดลองที่ 1 และ 3 ซึ่งมีสภาพอากาศท้องฟ้าโปร่ง แต่ในการทดลองที่ 2 ซึ่ง สภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมมาก อุณหภูมิเฉลี่ยผิวกระจกภายในของห้องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดด (SC mockup) กลับมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยอากาศภายนอก ดังแสดงในแผนภูมิที่ 3



6.2 อัตราการใช้พลังงานปรับอากาศ

ห้องทดลองที่ติดตั้งกระจกกันความร้อน (SHGC mockup) จะมีอัตราการใช้พลังงานน้อยกว่าห้องทดลองที่ติดตั้งแผงบังแดด (SC mockup) ตลอดช่วงการเก็บข้อมูล (8.00-18.00 น.) ทั้ง 3 การทดลอง โดยการทดลองที่ 1 มีค่าการใช้พลังงานน้อยกว่า 5.8% การทดลองที่ 2 มีค่าการใช้พลังงานน้อยกว่า 6.1% และการทดลองที่ 3 มีค่าการใช้พลังงานน้อยกว่า 7.5% ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4 โดยแนวโน้มสัดส่วนการประหยัดพลังงานปรับอากาศจากการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ทั้งสองมากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวมีค่าต่ำลง กล่าวคือค่าความแตกต่างของการประหยัดพลังงานจะมากขึ้นเมื่อเลือกใช้กระจกคุณภาพดีและอุปกรณ์บังแดดที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดดีขึ้น



6.3 การนำแสงธรรมชาติเข้ามาในตัวอาคาร

จากการวัดค่าอัตราส่วนแสงสว่างจากธรรมชาติที่ส่องผ่านช่องเปิดอาคารเข้ามาในห้องทดลอง (daylight factor, DF) พบว่า ห้องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดด (SC mockup) จะสามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคารได้มากกว่าห้องทดลองที่ติดตั้งกระจกกันความร้อน (SHGC mockup) เนื่องจากกระจกกันความร้อนมีสีเข้ม ค่าการส่องผ่านแสงธรรมชาติ (daylight transmittance) ต่ำกว่า ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าอัตราส่วนแสงภายใน ณ จุดกึ่งกลางห้องเมื่อเทียบกับแสงภายนอก (daylight factor, DF)

ห้องทดลอง	การทดลองที่ 1(0.54)	การทดลองที่ 2(0.39)	การทดลองที่ 3(0.24)
ห้องทดลองที่ 1 (SHGC mockup)	DF=10.90%	DF=4.83%	DF=1.76%
ห้องทดลองที่ 2 (SC mockup)	DF=9.28%	DF=8.31%	DF=6.38%

7. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพของการประหยัดพลังงานในห้องทดลองที่ใช้กระจกกันความร้อนที่ช่องเปิดอาคารดีกว่าห้องทดลองที่ใช้แผงบังแดดกันความร้อนที่ช่องเปิดอาคาร เมื่อมีผลคูณของค่าสัมประสิทธิ์ทั้ง 2 ดังกล่าวเท่ากัน โดยสามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่า 5.8% - 7.5% และมีแนวโน้มสัดส่วนการประหยัดพลังงานปรับอากาศ

จากการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ทั้งสองมากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวมีค่าต่ำลง กล่าวคือค่าความแตกต่างของการประหยัดพลังงานจะมากขึ้นเมื่อเลือกใช้กระจกคุณภาพดีและอุปกรณ์บังแดดที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดดีขึ้น

สภาวะสบายเชิงอุณหภูมิ (thermal comfort) โดยรวม ในอาคารที่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจก (SHGC) มีค่าดีกว่าอาคารที่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC) โดยอุณหภูมิอากาศในสภาพการปรับอากาศเฉลี่ยของห้องทดลองที่ใช้กระจกสะท้อนแสงต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในของห้องทดลองที่ใช้แผงบังแดด $0.32 - 0.43^{\circ}\text{C}$ และค่า globe temperature ของห้องทดลองที่ใช้กระจกกันความร้อนต่ำกว่าห้องทดลองที่ใช้แผงบังแดด $0.51 - 0.79^{\circ}\text{C}$ แต่อุณหภูมิผิวภายในของกระจกกันความร้อนกลับสูงกว่า $1.26 - 2.05^{\circ}\text{C}$

ผลจากการทดลองสันนิษฐานว่า กระจกกันความร้อนสามารถป้องกันการส่งผ่านความร้อน (relative heat gain) ที่เข้ามาภายในอาคาร ได้ดีกว่าการใช้อุปกรณ์บังแดดกับกระจกใสที่ช่องเปิดอาคาร แต่เนื่องจากตัวกระจกกันความร้อนซึ่งมีสีกระจกเข้มกว่า จึงดูดซับรังสีอาทิตย์มากกว่ากระจกใส จึงทำให้อุณหภูมิผิวกระจกภายในของกระจกกันความร้อนสูงกว่า

แต่ในด้านการนำแสงสว่างธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคาร ห้องทดลองที่ใช้อุปกรณ์บังแดดประกอบช่องเปิด มีอัตราส่วนการนำแสงธรรมชาติเข้ามาภายใน (daylight factor, DF) ได้มากกว่าห้องทดลองที่ใช้กระจกกันความร้อน $3.48\% - 4.62\%$

ตารางที่ 3 สรุปประสิทธิผลของอุปกรณ์ประกอบช่องเปิด เครื่องหมาย ✓ = มากกว่า

	SHGC	SC
อัตราการประหยัดพลังงานในการปรับอากาศ	✓	
สภาวะความสบาย	✓	
ความเย็นเฉลี่ยผิวกระจกภายใน		✓
การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคาร *		✓

* เฉพาะกรณีกระจกสะท้อนแสง

8. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยในหัวข้อวิทยานิพนธ์ "เปรียบเทียบประสิทธิผลของค่าสัมประสิทธิ์ในกระจกและแผงบังแดด" ในหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งงานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิตครั้งที่ 1 ปีงบประมาณ 2555 ของ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บรรณานุกรม

- [1] กระทรวงพลังงาน. หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร. เอกสารตีพิมพ์เผยแพร่. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท., 2552.
- [2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน. เกณฑ์มาตรฐานการใช้พลังงานในอาคารที่จะขออนุญาตก่อสร้างใหม่. เอกสารตีพิมพ์เผยแพร่. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท., 2551.
- [3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน. คู่มือการใช้โปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานอาคาร (Building Energy Code Software : BEC software) จาก <http://www.2e-building.com/detail.php?id=14>.
- [4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) และ Danish International Development Assistance (DANIDA). รายงานฉบับสุดท้าย "โครงการปรับปรุงข้อกำหนดการใช้พลังงานในอาคารควบคุม". กรุงเทพฯ 2547.
- [5] American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineering. Inc., 1989 ASHREA Handbook Fundamentals I-P Edition. Atlanta 2001.