

ประสิทธิภาพด้านความร้อนของผนังอิฐที่มีการบังแดดด้วยตัวเอง

Thermal Performance of Self-Shaded Brick Wall

อนาบดีนทร์ ลิปปภากุล¹ และ อรรถจัน เศรษฐบุตร²

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านความร้อนของผนังที่มีการบังแดดด้วยตัวเอง โดยเน้นศึกษาผลกระทบของเงาของผนังที่มีการแปรเปลี่ยนตลอดเวลาตามองศาของแสงแดด (Dynamic Façade) ซึ่งเกิดจากสัดส่วนการยื่นของก้อนอิฐและการเรียงอิฐด้วยรูปแบบที่แตกต่างกัน การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) กำหนดให้มีการสร้างกล่องทดลอง (Mockup) ไปวางในสถานที่จริง และทำการเก็บข้อมูล โดยการวัดค่าอุณหภูมิและนำไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) เพื่อใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพด้านพลังงานต่อไป

จากผลการศึกษาพบว่าผนังอิฐมีสัดส่วนการยื่นของก้อนอิฐมากจะมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งที่ผิวภายในและบริเวณกึ่งกลางกล่องต่ำกว่าผนังอิฐมีสัดส่วนการยื่นของก้อนอิฐน้อย โดยอุณหภูมิสูงสุดที่ผิวภายในของผนัง Basecase มีค่ามากกว่าอุณหภูมิสูงสุดของผนังที่มีสัดส่วนการยื่น 45% เท่ากับ 4.6°C ส่วนผนังอิฐที่มีสัดส่วนการยื่นเท่ากันแต่วิธีการเรียงแตกต่างกันพบว่าอุณหภูมิสูงสุดที่ผิวภายในมีค่าแตกต่างกันเพียง 0.2°C จึงสามารถสรุปได้ว่าสัดส่วนการยื่นของก้อนอิฐ (Extrusion Percentage) มีผลต่อประสิทธิภาพด้านความร้อนของผนังอิฐมากกว่ารูปแบบการเรียงอิฐด้วยวิธีที่แตกต่างกัน

ABSTRACT

The objective of this study is to evaluate the thermal performance of self-shaded brick wall. The effect of shade on the wall as a result of different percent brick extrudes and brick patterns, which is the dynamic façade that change throughout the day depending on the angle of the sunlight, was determined. U-values of each experimental condition were calculated from temperatures obtained from mockup units in the experimental field. This values were further used for study the energy efficiency.

Results showed that the higher percent brick extrude reduced the average temperature at the inside-surface and in the middle of the mockup more than the lower percent extrude. The highest temperature at the inner surface of basecase was significant higher than that of the 45% extrude wall by 4.6°C. Meanwhile, the highest inside wall temperature difference among different brick patterns at same percent extrude was not obvious (Average temperature difference was 0.2°C.)

¹ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Email: tnbd.sppk@hotmail.com

² รองศาสตราจารย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Therefore, the thermal performance of brick wall was more affected by the Extrusion Percentage than different brick patterns.

คำสำคัญ: การบังแดดด้วยตัวเอง การเกิดเงา ผงังอิฐ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

Keywords: Self-shaded, Brick wall, Dynamic façade, Brick pattern, U-value

บทนำ

ประเทศไทยมีที่ตั้งอยู่บริเวณเส้นศูนย์สูตร ความร้อนจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์หรือแสงแดดถือเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดความร้อนสะสมในตัวอาคาร ความร้อนจากแสงแดดจะเข้าสู่ตัวอาคารผ่านทางผนังและหลังคา และหากเทียบสัดส่วนพื้นที่ผนังและหลังคาของอาคารโดยทั่วไป จะพบว่าสัดส่วนพื้นที่ผนังจะมีมากกว่าหลังคา การบังแดดให้ผนังจึงเป็นสิ่งที่สำคัญที่จะช่วยลดความร้อนสะสมและลดการใช้พลังงานภายในอาคารลงได้มาก

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบังแดดให้ผนังเพื่อลดความร้อนที่เข้าสู่ตัวอาคาร จากการศึกษาพบว่า การบังแดดให้ผนังหรืออาคารสามารถลดความร้อนที่เข้าสู่ตัวอาคารได้ดี โดยจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ปริมาณเงาที่ตกลงบนผนัง ลักษณะของการบังแดดหรือมุมตกกระทบของแดด เป็นต้น โดยรูปแบบที่น่าสนใจคือการบังแดดด้วยตัวเอง (Self-Shading) เนื่องจากสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ง่ายและประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดต่างๆ การบังแดดด้วยตัวเองยังมีความสอดคล้องกับรูปแบบของสถาปัตยกรรมไทย (ภาพที่ 1) ที่มีการทำให้เกิดเงาในงานสถาปัตยกรรมมานานแล้ว เช่น ลวดลายสลักไม้หรือปูนปั้นนูนต่ำบริเวณหน้าบัน การมีบัวผนังองค์ประกอบต่างๆ หรือแม้แต่การย่อมุมของเจดีย์ แม้ว่าองค์ประกอบในงานสถาปัตยกรรมไทยเหล่านี้จะไม่ได้คิดค้นมาเพื่อการประหยัดพลังงาน แต่จากงานวิจัยหลายๆ งานที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าการเกิดเงาบนผนังสามารถลดความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารได้ จึงเป็นแรงบันดาลใจที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับผนังของอาคารในปัจจุบันเพื่อลดความร้อนที่จะเข้าสู่ผนังอาคาร ด้วยการกันแดดด้วยตัวเอง โดยจะเลือกใช้กับผนังอิฐมอญ ซึ่งเป็นผนังที่มีการใช้อย่างแพร่หลายมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ปัจจุบันยังมีความนิยมที่จะนำอิฐมอญมาใช้ตกแต่งเพื่อความสวยงาม โดยการก่อด้วยรูปแบบที่หลากหลาย โดยเฉพาะการก่อให้ก้อนอิฐมีลักษณะยื่นออกหรือหดเข้าสลับกันไปมาทำให้เกิด มิติของเงาบนผนัง



ภาพที่ 1 ตัวอย่างการใช้เงาในสถาปัตยกรรมไทย

ปัจจุบันในต่างประเทศได้มีการผลิตอิฐดินเผาที่มีลักษณะพิเศษขึ้นมา เพื่อใช้เป็นผนังที่มีบังแดดด้วยตัวเองแล้ว แต่ยังไม่มีการวิจัยขึ้นได้ออกมารับรองประสิทธิภาพ และจากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่ายังไม่มีการวิจัยขึ้นใดที่ศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของผนังที่มีการบังแดดด้วยตัวเอง โดยเฉพาะในผนังอิฐมอญของไทยที่มีใช้กันอย่างแพร่หลาย จึงนำไปสู่ความสนใจที่จะศึกษาประสิทธิภาพด้านความร้อนของผนังอิฐที่มีการบังแดดด้วยตัวเอง

วัตถุประสงค์ของบทความ

1. ศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านความร้อนของผนังอิฐที่มีสัดส่วนการยื่นของก้อนอิฐแตกต่างกัน
2. ศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านความร้อนของผนังอิฐที่มีสัดส่วนการยื่นของก้อนอิฐเท่ากัน แต่รูปแบบการเรียงอิฐแตกต่างกัน
3. หาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) สำหรับผนังอิฐที่มีการบังแดดด้วยตัวเอง เพื่อใช้ในการคำนวณประสิทธิภาพด้านพลังงาน

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) กำหนดให้มีการสร้างกล่องทดลอง (Mockup) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพด้านความร้อนของผนังอิฐที่มีการบังแดดด้วยตัวเอง โดยเริ่มต้นจากการศึกษาทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาตั้งสมมติฐานของการวิจัยและทำการกำหนดตัวแปรเพื่อใช้ในการออกแบบทางเลือกผนังอิฐที่มีการบังแดดด้วยตัวเองรูปแบบต่างๆ โดยทำการเก็บข้อมูลในสถานที่จริงด้วยกล่องทดลอง และนำค่าที่ได้มาทำการวิเคราะห์และเสนอแนวทางการพัฒนาและปรับปรุงการคำนวณค่าเฉลี่ยของพลังงานที่ผ่านเข้ามาทางผนัง (OTTV) สำหรับผนังอิฐที่มีการบังแดดด้วยตัวเอง

1. การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เน้นศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร โดยจะเน้นศึกษางานวิจัยที่มุ่งลดความร้อนที่เข้าสู่อาคารด้วยการบังแดดให้ผนัง ทั้งการบังแดดด้วยอุปกรณ์บังแดด (Shading Devices) การใช้พืชช่วยในการบังแดด (Tree-shaded) และการบังแดดด้วยตัวเอง (Self-Shading) จากการศึกษาพบว่าการบังแดดให้ผนังหรืออาคารไม่ว่าจะรูปแบบใดสามารถลดความร้อนที่เข้าสู่ตัวอาคารได้ดี โดยจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ปริมาณเงาที่ตกลงบนผนัง ลักษณะของการบังแดดหรือมุมตกกระทบของแดด เป็นต้น ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่จะนำไปใช้ในการตั้งสมมติฐานการทดลองต่อไป

2. การตั้งสมมติฐานการวิจัย

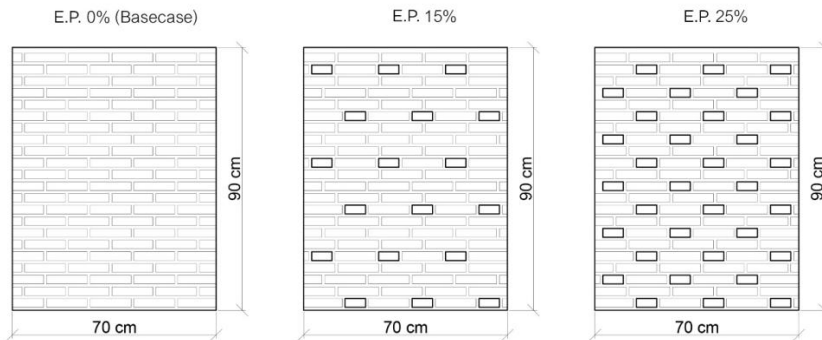
1. ประสิทธิภาพด้านความร้อนของผนังอิฐจะขึ้นอยู่กับสัดส่วนของเงาบนผนังอิฐ โดยผนังที่มีสัดส่วนของเงาบนผนังมากจะสามารถป้องกันความร้อนได้ดี
2. ผนังอิฐที่มีสัดส่วนของเงาบนผนังเท่ากัน รูปแบบการเรียงอิฐที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อประสิทธิภาพด้านความร้อนของผนังอิฐ
3. ค่า U-value จะขึ้นอยู่กับสัดส่วนการยื่นของก้อนอิฐและองศาแดดที่เปลี่ยนไป โดยผนังที่มีสัดส่วนการยื่นของก้อนอิฐมากและองศาแดดมากจะมีค่า U-value ต่ำที่สุด

3. การออกแบบทางเลือก

ออกแบบทางเลือกผนังอิฐขนาด 70 × 90 เซนติเมตร ด้วยอิฐมอดูลันที่มีขนาด 14 × 6 × 3 เซนติเมตร นำมาเรียงให้เกิดเป็นผนังที่มีการยื่นของก้อนอิฐโดยอ้างอิงจากการก่อแบบ Flemish Bond ซึ่งเป็นรูปแบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและสามารถประยุกต์ใช้กับการออกแบบทางเลือกได้ง่ายโดยไม่เหลือเศษอิฐ โดยการทดลองจะแบ่งเป็นสองกรณีดังต่อไปนี้

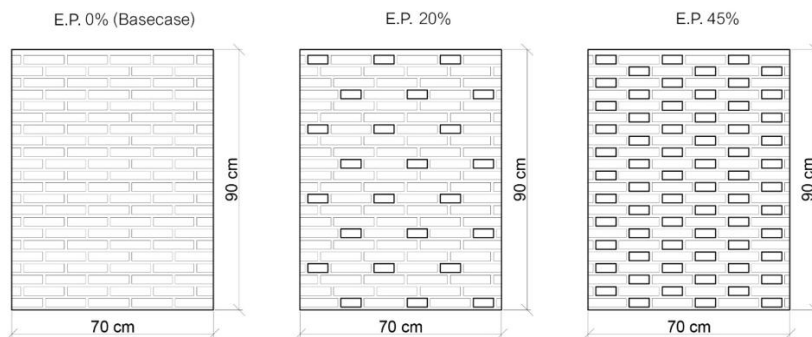
กรณีที่ 1 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านความร้อนของผนังที่มีสัดส่วนการยื่นของก้อนอิฐ (Extrusion Percentage) แตกต่างกัน ซึ่งสัดส่วนการยื่นจะได้มาจากจำนวนของอิฐก้อนที่ยื่นส่วนด้วยจำนวนอิฐทั้งหมดที่ใช้ในผนัง โดยจะมีผนังทั้งหมด 5 รูปแบบ ได้แก่ ผนังที่มีสัดส่วนการยื่นอิฐ 0% (Basecase), 15%, 20%, 25% และ 45% ตามลำดับ แต่เนื่องจากกล่องทดลองมีจำนวนน้อยกว่าผนังที่ต้องการทดสอบ ดังนั้นในกรณีนี้การทดลองจึงต้องแบ่งออกเป็นสองชุดโดยในแต่ละชุดจะมีผนังอิฐธรรมดา (Basecase) เพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (ภาพที่ 2, 3)

การทดลองชุดที่ 1.1 ผนังที่มีสัดส่วนการยื่นอิฐ 0% (Basecase), 15% และ 25% (ภาพที่ 2)



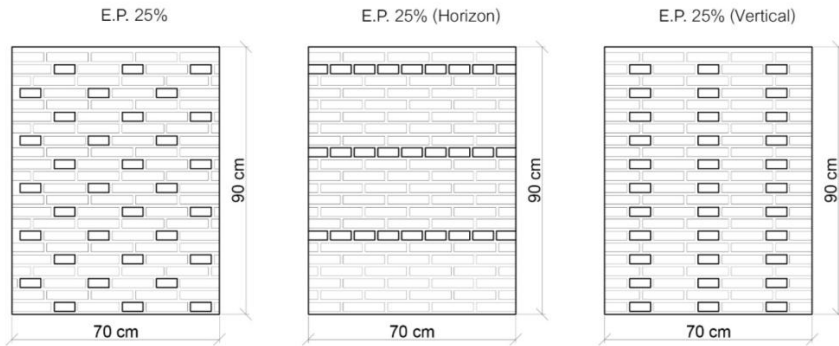
ภาพที่ 2 แสดงผนังที่มีสัดส่วนการยื่นอิฐแตกต่างกันของการทดลองชุดที่ 1.1

การทดลองชุดที่ 1.2 ผนังที่มีสัดส่วนการยื่นอิฐ 0% (Basecase), 20% และ 45% (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 แสดงผนังที่มีสัดส่วนการยื่นอิฐแตกต่างกันของการทดลองชุดที่ 1.2

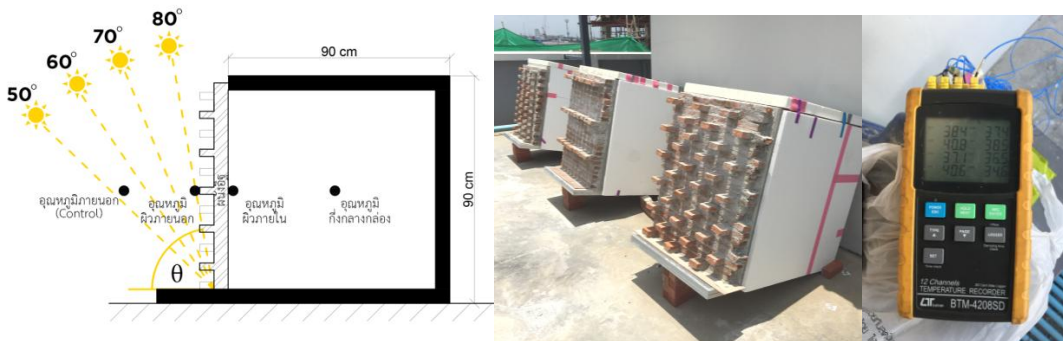
กรณีที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านความร้อนของผนังอิฐที่มีสัดส่วนการยื่นของก้อนอิฐเท่ากับที่ 25% แต่รูปแบบการเรียงอิฐแตกต่างกัน (ภาพที่ 4) ได้แก่ ผนังที่มีการยื่นอิฐแบบสลับ (Normal), ผนังที่มีการยื่นอิฐทางนอน (Horizon) และผนังที่มีการยื่นอิฐทางตั้ง (Vertical)



ภาพที่ 4 แสดงผนังที่มีสัดส่วนการยื่นอิฐเท่ากันแต่รูปแบบการเรียงอิฐแตกต่างกันของการทดลองชุดที่ 2

4. การทดลองด้วยกล่องทดลอง

การวิจัยนี้ทำการศึกษาด้วยการเก็บข้อมูลจากกล่องทดลองที่นำไปวางในสถานที่จริง กล่องทดลองที่ใช้มีขนาด 70 × 90 × 90 เซนติเมตร จำนวน 3 กล่อง แต่ละกล่องมีลักษณะเป็นกล่องปิดที่บุด้วยโฟมหนา 3.5 นิ้ว โดยมีด้านหนึ่งเป็นผนังอิฐที่ต้องการทดสอบประสิทธิภาพด้านความร้อนมีขนาด 70 × 90 เซนติเมตร ทั้งสามกล่องจะถูกวางไว้บนดาดฟ้าของอาคารและหันด้านที่เป็นผนังอิฐไปทางทิศใต้เพื่อให้ได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (ภาพที่ 5 กลาง) ในหนึ่งการทดลองจะทำการเก็บข้อมูลในเวลากลางวันทั้งหมด 4 วัน แต่ละวันจะทำการเอียงกล่องทดลองให้ด้านผนังอิฐได้รับแดดที่มุมตกกระทบแตกต่างกันที่มุม 50°, 60°, 70° และ 80° เพื่อจำลองการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ในหนึ่งปี อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคือเครื่อง 12 Chanel สำหรับวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ (ภาพที่ 5 ซ้าย) และเครื่อง Solar Power Radiation วัดค่าการแผ่รังสี โดยทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 5 นาที ตั้งแต่เวลา 7.00 น. ถึง 18.00 น.



ภาพที่ 5 แสดงรูปตัดกล่องแสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ (ซ้าย) การทดลองด้วยกล่องในสถานที่จริง (กลาง) และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ (ขวา)

5. การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน U-value

เนื่องด้วยผนังอิฐที่มีการบังแดดด้วยตัวเองเป็นผนังที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา (Dynamic Facade) ในผนังรูปแบบหนึ่งๆ จึงมีค่า U-value หลายค่าขึ้นอยู่กับปริมาณเงาที่เกิดขึ้นบนผนังซึ่งจะแปรเปลี่ยนไปตามองศาแดดที่ทำมุมแตกต่างกันในแต่ละเดือน ดังนั้นในการทดลองหนึ่งชุดจึงได้ทำการเก็บผลและวัดค่าอุณหภูมิเป็นเวลาทั้งหมด 4 วัน ที่องศาแดดแตกต่างกัน เพื่อจำลองวันที่ดวงอาทิตย์อ้อมได้มากที่สุดไปจนถึงน้อยที่สุด ที่มุม 50°, 60°, 70° และ 80° ตามลำดับ (ภาพที่ 5 ซ้าย) และนำค่าที่ได้ในแต่ละวันมาคำนวณหาค่า U-value ของแต่ละองศาแดดจากสูตรสมการ $Q = U A (t_o - t_i)$ โดยในงานวิจัยชิ้นนี้จะกำหนดให้ผนังทุกทางเลือกมีค่าการถ่ายเทความร้อนและพื้นที่ผนังเท่ากัน จากนั้นนำค่า U-value ที่คำนวณได้ทั้งหมดในหนึ่งวันมาแสดงในรูปแบบกราฟเทียบกับเวลาโดยจะเลือกใช้ค่าในช่วงที่กราฟมีความคงที่มากที่สุดมาเฉลี่ยหาค่า U-value ของแต่ละวัน

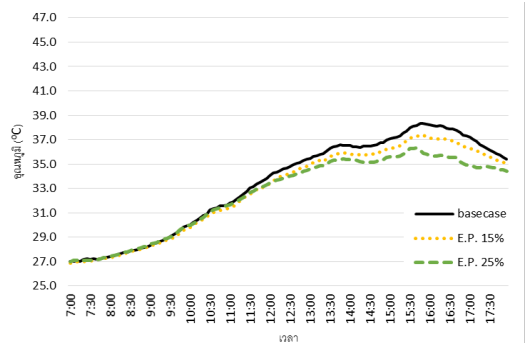
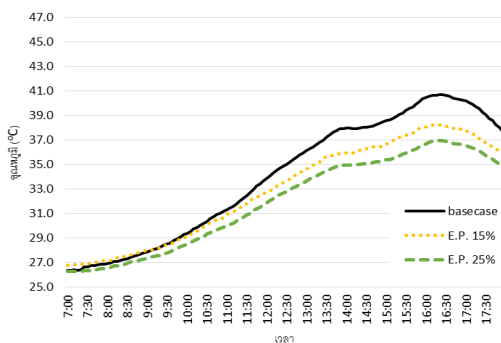
ผลการวิจัย

การวิจัยนี้ทำการเก็บผลค่าอุณหภูมิและค่าการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 07.00 น. ถึงเวลา 18.00 น. ในแต่ละการทดลองจะใช้เวลาเก็บข้อมูลทั้งหมด 4 วัน โดยแต่ละวันจะทำการเอียงกล่องทดลองให้ด้านผนังอิฐได้รับแดดที่มุมตกกระทบแตกต่างกันที่มุม 50°, 60°, 70° และ 80° เพื่อจำลองการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ในหนึ่งปี

1. กรณีที่ 1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านความร้อนของผนังอิฐที่มีสัดส่วนการยื่นของก้อนอิฐ (Extrusion Percentage: E.P.) แตกต่างกัน

การทดลองชุดที่ 1.1 ผนังที่มีสัดส่วนการยื่นอิฐ 0% (Basecase), 15% และ 25%

กราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของการทดลองชุดที่ 1.1 (ภาพที่ 6) พบว่าผลการทดลองทั้งอุณหภูมิผิวภายในและอุณหภูมิบริเวณกึ่งกลางมีความสอดคล้องกัน คืออุณหภูมิเฉลี่ยของ Basecase จะมีค่าสูงสุด แต่อุณหภูมิที่ผิวภายในจะมีค่าความแตกต่างมากกว่าอุณหภูมิบริเวณกึ่งกลางกล่อง



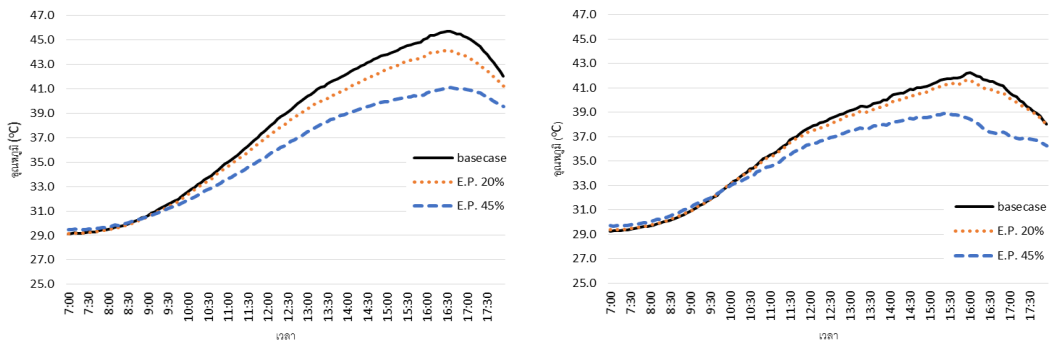
ภาพที่ 6 กราฟแสดงอุณหภูมิผิวภายใน (ซ้าย) และอุณหภูมิบริเวณกึ่งกลางกล่อง (ขวา) การทดลองกรณีที่ 1.1

จากภาพที่ 6 (ซ้าย) อุณหภูมิผิวภายในเฉลี่ยของผนังที่มีสัดส่วนการยื่น 0% (Basecase), 15% และ 25% คือ 34.0°C, 32.9°C และ 32.0°C ตามลำดับ โดยอุณหภูมิสูงสุดของผนัง Basecase คือ 40.7°C ส่วนอุณหภูมิสูงสุดของผนัง 25% คือ 37.0°C ซึ่งมีค่าต่างกัน 3.7°C ส่วนภาพที่ 6 (ขวา) กราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณกึ่งกลางกล่องของ

Basecase, 15% และ 25% คือ 33.4°C, 32.9°C และ 32.5°C ตามลำดับ โดยอุณหภูมิสูงสุดของ Basecase คือ 38.3°C เมื่อเทียบกับอุณหภูมิสูงสุดของ 25% คือ 36.3°C จะมีค่าแตกต่างกัน 2°C

การทดลองชุดที่ 1.2 ผนังที่มีสัดส่วนการยื่นอิฐ 0% (Basecase), 20% และ 45%

กราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของการทดลองชุดที่ 1.2 (ภาพที่ 7) พบว่าลักษณะของกราฟจะมีความคล้ายคลึงกับการทดลองที่ 1.1 คืออุณหภูมิเฉลี่ยของ Basecase จะมีค่าสูงกว่าผนังทางเลือกอื่นๆ

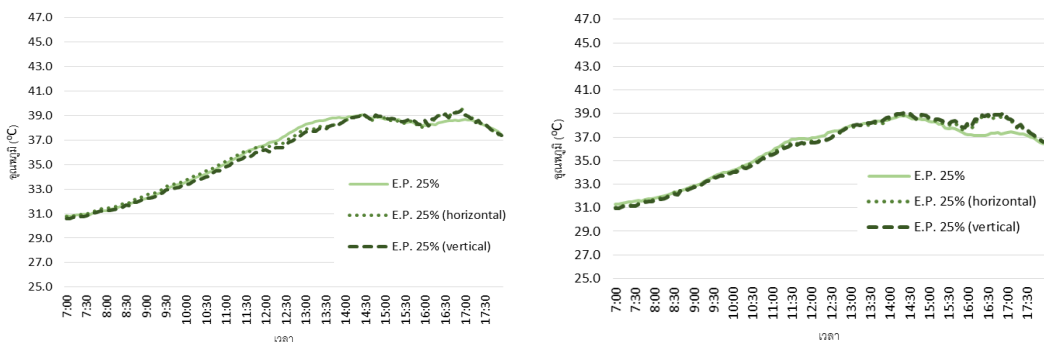


ภาพที่ 7 กราฟแสดงอุณหภูมิผิวภายใน (ซ้าย) และอุณหภูมิบริเวณกึ่งกลางห้อง (ขวา) การทดลองกรณีที่ 1.2

อุณหภูมิผิวภายในเฉลี่ยของผนังที่มีสัดส่วนการยื่น 0% (Basecase), 15% และ 25% คือ 38.0°C, 37.2°C และ 35.8°C ตามลำดับ โดยอุณหภูมิสูงสุดของผนัง Basecase คือ 45.7°C ส่วนอุณหภูมิสูงสุดของผนังที่มีการยื่น 45% คือ 41.1°C ซึ่งมีค่าต่างกัน 4.6°C ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณกึ่งกลางห้องของ Basecase, 20% และ 45% คือ 36.7°C, 36.4°C และ 35.2°C ตามลำดับ โดยอุณหภูมิสูงสุดของ Basecase คือ 42.3°C เมื่อเทียบกับอุณหภูมิสูงสุดของ 45% คือ 38.9°C จะมีค่าแตกต่างกัน 3.4°C

2. กรณีที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านความร้อนของผนังอิฐที่มีสัดส่วนการยื่นของก้อนอิฐ (E.P.) เท่ากันที่ 25% แต่รูปแบบการเรียงอิฐแตกต่างกัน

กรณีนี้จะทำการเปรียบเทียบผนังอิฐที่มีสัดส่วนการยื่นของก้อนอิฐ 25% แต่วิธีการเรียงอิฐแตกต่างกัน ได้แก่ ผนังที่มีสัดส่วนการยื่น 25% (normal), 25% (Horizontal) และ 25% (Vertical)



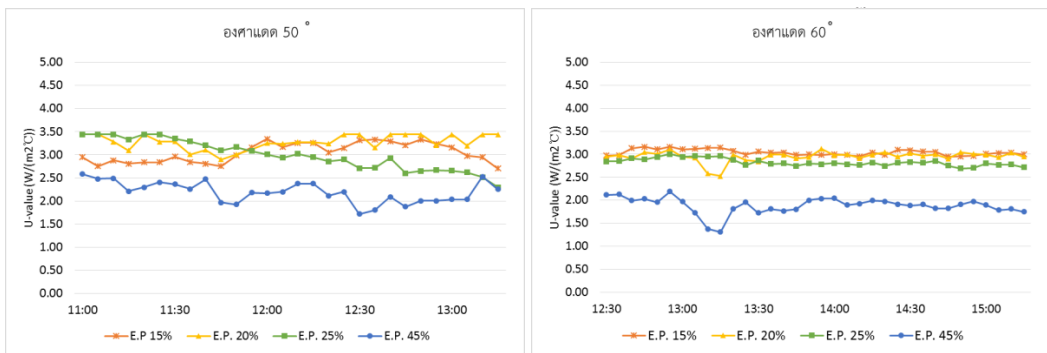
ภาพที่ 8 กราฟแสดงอุณหภูมิผิวภายใน (ซ้าย) และอุณหภูมิบริเวณกึ่งกลางห้อง (ขวา) การทดลองกรณีที่ 2

จากภาพที่ 8 (ซ้าย) กราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวภายในของผนังที่มีสัดส่วนการยื่น 25% (Normal), 25% (Horizontal) และ 25% (Vertical) วัดค่าได้ 36.0°C, 36.0°C และ 35.8°C ตามลำดับ โดยอุณหภูมิเฉลี่ยของผนังอิฐทั้งสามชนิดมีค่าแตกต่างกันเพียง 0.2°C ส่วนภาพที่ 8 (ขวา) กราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณกึ่งกลางกล่องของผนังที่มีสัดส่วนการยื่น 25% (Normal), 25% (Horizontal) และ 25% (Vertical) คือ 35.9°C, 36.0°C และ 36.0°C ตามลำดับ โดยอุณหภูมิเฉลี่ยของผนังอิฐทั้งสามชนิดแตกต่างกันเพียง 0.1°C ซึ่งผลที่ได้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ผิวภายใน

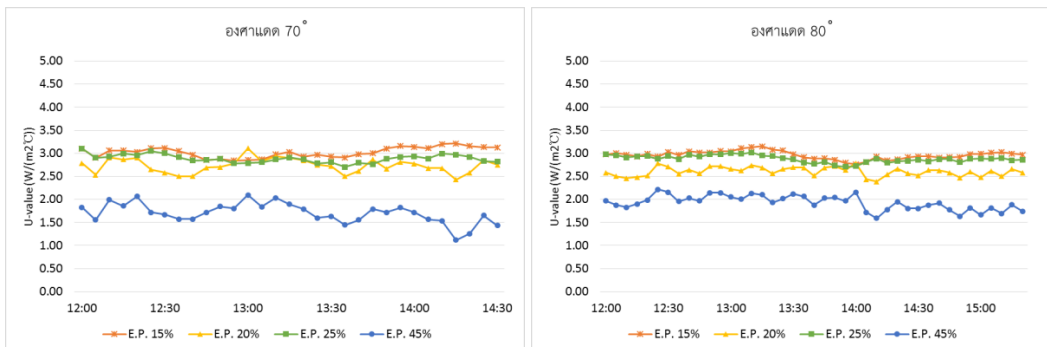
3. ผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน U-value

ผนังอิฐที่มีการบังแดดด้วยตัวเองเป็นผนังที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา (Dynamic Facade) ดังนั้นในผนังรูปแบบหนึ่งๆ จะมีค่า U-value หลายค่าขึ้นอยู่กับปริมาณเงาที่เกิดขึ้นบนผนังซึ่งจะแปรเปลี่ยนไปตามองศาแดดที่ทำมุมแตกต่างกันในแต่ละเดือน ในการทดลองนี้จึงได้ทำการเก็บผลและวัดค่าอุณหภูมิที่องศาแดดต่างๆ จากการที่ดวงอาทิตย์อ้อมได้มากที่สุดไปยังน้อยสุด ดังนี้ 50°, 60°, 70° และ 80° และนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่า U-value จากสมการ $Q = U A (t_o - t_i)$ จากนั้นนำค่า U-value ที่คำนวณได้ในหนึ่งวันมาแสดงเป็นกราฟเทียบกับเวลาโดยจะเลือกใช้ค่าในช่วงที่กราฟมีความคงที่มากที่สุดมาเฉลี่ยหาค่า U-value ของแต่ละวัน โดยแบ่งการคำนวณเป็น 2 กรณีดังนี้

กรณีที่ 1 ค่า U-value ที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบผนังที่มีสัดส่วนการยื่นของก้อนอิฐแตกต่างกัน



ภาพที่ 9 กราฟแสดงค่า U-value ตามผลการทดลองกรณีที่ 1 ที่องศาแดด 50° (ซ้าย) และค่า U-value ที่องศาแดด 60° (ขวา)



ภาพที่ 10 กราฟแสดงค่า U-value ตามผลการทดลองกรณีที่ 1 ที่องศาแดด 70° (ซ้าย) และค่า U-value ที่องศาแดด 80° (ขวา)

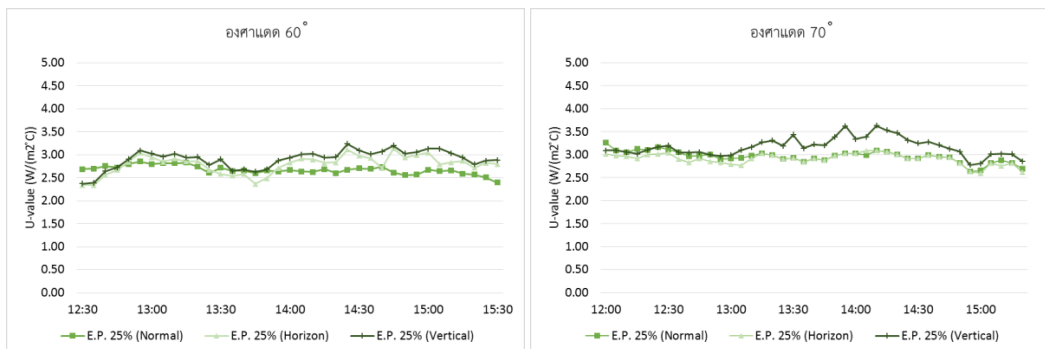
จากกราฟ (ภาพที่ 9, 10) แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่องศาแตกต่างๆ โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างผนัง Basecase ซึ่งเป็นผนังก่ออิฐครึ่งชั้นไม่ฉนวนจะมีค่า U-value เท่ากับ 3.44 W/(m²C) ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณ เนื่องจากเป็นผนังอิฐธรรมดาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของเงา พบว่าในทุกองศาแตกต่างค่า U-value ของผนังทางเลือกทุกชนิดจะมีค่าต่ำกว่าผนัง Basecase โดยผนังที่มีค่า U-value ต่ำที่สุดคือผนังที่มีสัดส่วนการยื่น 45% รองลงมาคือ 25%, 20% และ 15% ตามลำดับ และเมื่อนำค่าบริเวณที่กราฟคงที่มากที่สุดมาหาค่าเฉลี่ยของแต่ละผนังแต่ละรูปแบบในองศาแตกต่างๆ จะสามารถแจกแจงค่า U-value ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน U-value ของผนังที่มีสัดส่วนการยื่นต่างกันที่องศาแตกต่างๆ

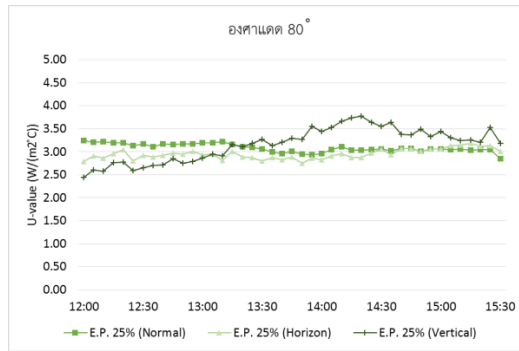
	U-value (W/(m ² C))				
	Basecase	E.P. 15%	E.P. 20%	E.P. 25%	E.P. 45%
อาคารแดด 50° (มกราคม, ธันวาคม)	3.44	3.05	3.28*	2.99	2.33
อาคารแดด 60° (กุมภาพันธ์, พฤศจิกายน)	3.44	3.03	2.94	2.83	1.88
อาคารแดด 70° (มีนาคม, ตุลาคม)	3.44	3.03	2.69	2.83*	1.61
อาคารแดด 80° (เมษายน, กันยายน)	3.44	2.98	2.50	2.88*	1.84*

เมื่อเทียบกันตามสัดส่วนของการยื่นของก้อนอิฐจะพบว่าผนังที่มีสัดส่วนการยื่นมากจะมีค่า U-value ต่ำกว่าผนังที่มีสัดส่วนการยื่นน้อย โดยผนังที่มีค่า U-value ต่ำที่สุดคือผนังที่มีสัดส่วนการยื่น 45% รองลงมาคือ 25%, 20% และ 15% ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณเงาที่ลดลงความร้อนจึงถ่ายเทเข้าผนังได้มากขึ้น แต่เมื่อเทียบกันที่องศาแดดในแต่ละเดือนจะพบว่าองศาแดด 80° จะมีค่า U-value ต่ำที่สุด รองลงมาคือ 70°, 60° และ 50° เนื่องจากองศาของแดดที่น้อยลงจึงทำให้เกิดเงาบนผนังน้อยลงความร้อนจึงถ่ายเทเข้าผนังได้มากขึ้น แม้จะมีค่าบางตัว (เครื่องหมาย*) ที่ไม่เป็นไปตามสมมติฐาน ซึ่งอาจจะเกิดจากปัจจัยภายนอกต่างๆ เช่น ปริมาณแสงแดด ความชื้นหรือความแปรปรวนของสภาพท้องฟ้าภายนอก เป็นต้น

กรณีที่ 2 ค่า U-value ที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบผนังที่มีสัดส่วนการยื่นของก้อนอิฐเท่ากันแต่รูปแบบการเรียงอิฐแตกต่างกัน



ภาพที่ 11 กราฟแสดงค่า U-value ตามผลการทดลองกรณีที่ 2 ที่องศาแดด 60° (ซ้าย) และค่า U-value ที่องศาแดด 70° (ขวา)



ภาพที่ 12 กราฟแสดงค่า U-value ตามผลการทดลองกรณีที่ 2 ที่องศาแดด 80°

จากกราฟ (ภาพที่ 11, 12) แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่องศาแดดต่างๆ โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างผนัง มีสัดส่วนการยื่นของก้อนอิฐเท่ากับที่ 25% แต่รูปแบบการเรียงอิฐแตกต่างกัน ได้แก่ ผนังที่มีสัดส่วนการยื่น 25% (normal), 25% (Horizontal) และ 25% (Vertical) พบว่าในทุกองศาแดดค่า U-value ของผนังแต่ละทางเลือกจะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยผนังที่มีค่า U-value ต่ำที่สุดคือผนัง 25% (normal) รองลงมาคือ 25% (Horizontal) และ 25% (Vertical) ตามลำดับ และเมื่อนำค่าบริเวณที่กราฟคงที่มากที่สุดมาหาค่าเฉลี่ยของแต่ละผนังแต่ละรูปแบบในองศาแดดต่างๆ จะสามารถแจกแจงค่า U-value ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน U-value ของผนังที่มีรูปแบบการเรียงอิฐแตกต่างกัน

	U-value (W/(m ² C))		
	E.P.25% (Normal)	E.P.25% (Horizontal)	E.P.25% (Vertical)
อาคารแดด 60° (กุมภาพันธ์, พฤศจิกายน)	2.83	2.79	2.91
อาคารแดด 70° (มีนาคม, ตุลาคม)	2.83	2.87	3.15
อาคารแดด 80° (เมษายน, กันยายน)	2.88	2.96	3.24

เมื่อเทียบกันตามวิธีการเรียงอิฐจะพบว่าผนังที่ค่า U-value สูงสุดคือ E.P.25% (Vertical) รองลงมาคือ E.P.25% (Horizontal) และ E.P.25% (Normal) ตามลำดับ เนื่องจากผนังที่มีการยื่นเป็นแนวตั้งไม่สามารถบังแดดที่มาจากทางทิศใต้ได้ความร้อนจึงถ่ายเทเข้าผนังได้มากกว่า

การอภิปรายผล

จากผลการทดลองในกรณีที่ 1 ทั้งสองชุด พบว่าสัดส่วนการยื่นของก้อนอิฐ (Percent Extrude) มีผลต่อประสิทธิภาพด้านความร้อนของผนังอิฐ ที่เห็นได้จากอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวภายในและบริเวณกึ่งกลางกล่อง โดยผนังอิฐมีสัดส่วนการยื่นของก้อนอิฐมากจะมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าผนังอิฐมีสัดส่วนการยื่นของก้อนอิฐน้อย เนื่องจากสัดส่วนการยื่นของก้อนอิฐที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณเงาที่เกิดบนผนังแตกต่างกันด้วย จึงส่งผลต่อความร้อนที่ถูกถ่ายเทเข้าสู่ผนังอิฐ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการทดลองและยังสอดคล้องกับผลการทดลองของ Berry (2013) ที่กล่าวว่าอุณหภูมิที่ผิวของผนังจะแปรผกผันกับค่าปริมาณเงา (Percent shade) บนผนัง โดยผนังที่มีค่าปริมาณเงามากอุณหภูมิจะต่ำกว่าผนังที่มีค่าปริมาณเงาน้อย

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านความร้อนของผนังอิฐที่มีการเรียงแตกต่างกันในการทดลองกรณีนี้ 2 พบว่าวิธีการเรียงอิฐด้วยลวดลายที่แตกต่างกันส่งผลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยทั้งที่ผิวภายในและบริเวณกึ่งกลางกล่องน้อยมาก ซึ่งขัดแย้งกับผลการวิจัยของ Freewan (2014) และ Arifin (2015) ที่ทำการทดลองด้วยแผงบังแดดรูปแบบต่างๆ และได้ผลว่ารูปแบบของแผงกันแดดที่แตกต่างกันมีผลต่ออุณหภูมิภายในอาคาร อย่างไรก็ตามการที่ค่าอุณหภูมิของผนังอิฐมีค่าแตกต่างกันไม่มากอาจเกิดจากปัจจัยภายนอกอื่นๆ เช่น ปริมาณแสงแดดไม่เพียงพอ ความชื้นสูง หรือมีลมพัดแรง เป็นต้น ทำให้ความร้อนที่ผนังอิฐได้รับไม่เพียงพอต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจนถึงจุดสูงสุดในแต่ละวัน

เนื่องจากผนังอิฐที่มีการบังแดดด้วยตัวเองเป็นผนังที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา (Dynamic Facade) ในผนังรูปแบบหนึ่งๆ จึงมีค่า U-value หลายค่าขึ้นอยู่กับปริมาณเงาที่เกิดขึ้นบนผนังซึ่งจะแปรเปลี่ยนไปตามองศาแดดที่ทำมุมแตกต่างกันในแต่ละเดือน ดังนั้นในการคำนวณประสิทธิภาพด้านพลังงานหนึ่งปีควรแบ่งช่วงการคำนวณตามเดือนต่างๆ โดยเลือกใช้ค่า U-value ให้ตรงตามองศาแดดในแต่ละเดือน ตัวอย่างเช่น การคำนวณในช่วงเดือน ธันวาคม-มกราคมที่ดวงอาทิตย์อ้อมได้มากที่สุดควรเลือกใช้ค่า U-value ที่องศาแดด 50° เป็นต้น จากนั้นจึงนำค่าประสิทธิภาพด้านพลังงานของแต่ละเดือนมาเชื่อมโยงกันเพื่อให้การคำนวณประสิทธิภาพด้านพลังงานในหนึ่งปี ซึ่งจะส่งผลให้การคำนวณค่า OTTV และการจำลองการใช้พลังงาน (Energy simulation) ของผนังอิฐที่มีการบังแดดด้วยตัวเองมีความถูกต้องมากขึ้น

เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองด้วยกล่องทดลองเป็นเวลา 3-4 เดือน ในช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายน ซึ่งเป็นช่วงที่ดวงอาทิตย์อ้อมได้ ในขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยจึงเลือกทำการทดลองกับผนังทางทิศใต้เป็นหลัก ข้อมูลที่ได้จึงอาจไม่ครอบคลุมผนังในทิศอื่นๆ รวมไปถึงช่วงเวลาอื่นๆ ของปีที่ดวงอาทิตย์อ้อมเหนือหรือตั้งฉากกับพื้นโลก นอกจากนี้ยังมีปัจจัยภายนอกอื่นๆ ที่อาจส่งผลต่อผลการทดลองทั้งค่าอุณหภูมิหรือการคำนวณค่า U-value ที่การวิจัยนี้ยังไม่ได้กล่าวถึง ทางผู้วิจัยจึงได้สรุปประเด็นข้อเสนอแนะไว้สำหรับการศึกษาวิจัยในอนาคตดังนี้

1. การทดลองในช่วงเวลาและทิศทางอื่นๆ ที่การวิจัยนี้ยังไม่ครอบคลุม เช่น ช่วงที่ดวงอาทิตย์อ้อมเหนือหรือทำมุมตั้งฉากกับพื้นโลกในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม
2. การทดลองกับผนังในทิศทางอื่นๆ ทั้งทิศหลักและทิศที่ทำมุมเฉียง เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น
3. การทดลองกับอาคารจริง เนื่องจากผลที่ได้อาจจะมีความแตกต่างจากการทดลองด้วยกล่องทดลองที่มีขนาดจำกัด
4. การเรียงอิฐด้วยรูปแบบอื่นๆ เช่น การออกแบบลวดลายบนผนังอิฐให้มีรูเพื่อใช้ระบายอากาศควบคู่กับการบังแดด
5. การประยุกต์ใช้กับวัสดุอื่นๆ การนำรูปแบบการบังแดดด้วยตัวเองไปประยุกต์ใช้กับผนังชนิดอื่นๆ เช่น ผนังไม้, ผนังเบาหรือคอนกรีต เป็นต้น

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยชิ้นนี้จะสามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาประสิทธิภาพด้านความร้อนของผนังที่มีการบังแดดด้วยตัวเอง ทั้งในด้านการคำนวณค่าประสิทธิภาพด้านพลังงานและแนวทางการนำผนังชนิดนี้ไปใช้ในการออกแบบอาคารในเขตร้อนชื้นเพื่อสร้างความสวยงามให้แก่อาคารและเป็นการประหยัดพลังงานควบคู่กันไปด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สำนักนโยบายและแผนพลังงานที่ให้การสนับสนุนทุนในการดำเนินการวิจัย
ขอขอบพระคุณ คุณดนุ กตัญญูตานันท์ บริษัท แอพริคัส จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการ
วัดอุณหภูมิและรังสีดวงอาทิตย์

ประวัติผู้เขียนบทความ

ชนาบดีนทร์ สีปป์ภากุล, ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
085-6828427 E-mail : tnbd.sppk@hotmail.com

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐกานต์ เกษประทุม. (2543). “พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารที่มีมวลสารมาก”. วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต. ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิษพล โหมชะโก. (2554). “ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารที่มีการบังแดดด้วยรูปทรงอาคาร”. วิทยานิพนธ์
ปริญญา มหาบัณฑิต. ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วรวรรณ เนตรพระ. (2551). “ประสิทธิภาพของไม้เลื้อยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ผนังอาคาร”. วิทยานิพนธ์
ปริญญา มหาบัณฑิต. ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัญชญา สังข์กุล. (2553). “อิทธิพลของมวลสารผนังภายนอกและทิศทางที่มีผลต่อการประหยัดพลังงานและสภาวะ
น่าสบายของอาคารพักอาศัยในภูมิภาคร้อนชื้น”. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต. ภาควิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Al-Tamimia, N. A.; Fadzila, S. F. S. (2011). “The potential of shading devices for temperature reduction
in high-rise residential buildings in the tropics”. **Procedia Engineering**. 21: 273-282.
- Arifin, et al. (2015). “An Analysis of Indoor Air Temperature and Relative Humidity in Office Room
with Various External Shading Devices in Malaysia”. **Procedia-Social and Behavioral
Sciences**. 179: 290-296.
- Balogun, A. A., et al. (2014). “Effect of tree-shading on energy demand of two similar buildings”.
Energy and Buildings. 81: 305-315.
- Berry, R., et al. (2013). “Tree canopy shade impacts on solar irradiance received by building walls
and their surface temperature”. **Building and Environment**. 69: 91-100.
- Capeluto, I. G. (2003). “Energy performance of the self-shading building envelope”. **Energy and
Buildings**. 35: 327-336.
- Chan, A.L.S. (2012). “Effect of adjacent shading on the thermal performance of residential buildings
in a subtropical region”. **Applied Energy**. 92: 516-522.
- Freewan, A.Y. (2014). “Impact of external shading devices on thermal and daylighting performance
of offices in hot climate regions”. **Solar Energy**. 102: 14-30.
- Meng, Q.; Zhang, L. (2006). The rooftop shading system of the Humanities Building at SCUT.
Energy and Buildings 38 1356-1359.
- Papadakis, G., et al. (2001). An experimental investigation of the effect of shading with plants for
solar control of buildings. **Energy and Buildings** 33 831-836.