การศึกษาแนวทางการลดการถ่ายเทความร้อนจากหลังคาคอนกรีต
A Study of Heat Gain Reduction From the concrete Roof

ณัฐสิทธิ์ เลาหวรวุฒิกุล
นักศึกษาปริญญาโท คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

บทความวิจัยฉบับนี้ ได้นำเสนอวิธีการทดลอง ค่าการวัดอุณหภูมิจากแบบจำลอง และผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบระหว่างวัสดุ และวิธีการที่ได้กำหนด เพื่อหาแนวทางในการลดการถ่ายเทความร้อนจากหลังคาคอนกรีตเข้าสู่ห้องใต้หลังคา โดยเลือกใช้อาคารกรณีศึกษาเป็น อาคารพาณิชย์ 3 ชั้น เขตดอนเมือง จังหวัดกรุงเทพฯ ตัวอาคารมีขนาด กว้าง 4 เมตร ยาว 12 เมตร และสูง 9.50 เมตร มีหลังคาเป็นคอนกรีต หนา 10 เซนติเมตร เพื่อที่จะศึกษาผลของการถ่ายเทความร้อนจากหลังคาคอนกรีต จึงจำเป็นต้องสร้างแบบจำลองแบบต่างๆ เพื่อใช้ในการวัดอุณหภูมิที่ผิวของวัสดุด้วยเครื่องมือวัดจากนั้นนำค่าที่ได้มาทำการวิเคราะห์

การทำแบบจำลองนั้นกำหนดให้มีขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตร (กว้าง 1 เมตร และยาว 1 เมตร) ใช้วิธีการสร้างแบบจำลองต่างๆ ซึ่งได้ทำการเลือกจากตารางการหาค่าความเหมาะสมของการเลือกวัสดุให้เหมาะสมกับวิธีการทดลองดังนี้ คือ 1. แบบจำลองการทำหลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์คลุมหลังคาคอนกรีต 2. แบบจำลองการจัดสวนไม้ประดับคลุมหลังคาคอนกรีต และ 3. แบบจำลองการทำฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ดปูทับด้วยฉนวนใยแก้วใต้ท้องหลังคาคอนกรีต ผลของการทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถสรุปได้ดังนี้ว่า แบบจำลองที่ 1 คือ การทำหลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์คลุมหลังคาคอนกรีตเพื่อบังแดดนั้นมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิวของวัสดุภายนอก กับภายในมากที่สุด และมีระยะเวลาการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัตถุนานที่สุด จึงสามารถลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารได้ดีที่สุด

คำสำคัญ : หลังคาคอนกรีต, การสะสมความร้อน, การป้องกันความร้อน, การถ่ายเทความร้อน, การนำความร้อน

Abstract

This research suggested research methodologies, temperature measures from the models and results of data analysis in order to compare materials and determined research methodologies. The purpose of this research was to determine heat gain reduction from concrete roof. Three-levels building at Don Muang, Bangkok with 4 meters in width, 12 meters in length and 9.50 meters in height was selected as interested building in this research. The building has concrete roof with 10 centimeters of thickness. To study the outcomes of heat gain from concrete roof, it needed to build the models to measure temperature on materials surface by using temperature instrument. Then, resulted or measured values were analyzed.

Building the models, it required 1 square meter of area (1 meter in width and 1 meter in length. The models were built by choosing the appropriateness of materials and research methodologies in the table as follows: 1. The model of fiber-cement roof covered concrete roof. 2. The model of garden tree covered concrete roof. 3. Gypsum board laid with glass fiber under concrete roof. The results and data analysis were concluded as follows: For the first model, the model of fiber-cement roof to protect the sunlight, temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

difference of materials surface between external and internal materials has highest value. Also, the delay of heat transfer has the highest value. Therefore, using the first model, it was the champion of heat gain reduction into the building.

Keywords: Concrete Roof, Heat gain, Heat Protection, Heat transfer, Conduction

1. บทนำ

ปัจจุบันนี้อาคารในประเทศไทยมักจะเน้นการใช้งานอย่างอเนกประสงค์ และสามารถปรับเปลี่ยนการใช้งานพื้นที่ในอาคารได้อย่างคุ้มค่าสมกับราคา “อาคารพาณิชย์” ก็สามารถตอบสนองความต้องการนั้นได้ด้วยการมีประโยชน์ใช้สอยของพื้นที่ในแบบต่างๆ ทั้งการพาณิชย์ และการพักอาศัยไปในตัว แต่อาคารพาณิชย์ส่วนมากมักจะสร้างจากคอนกรีตซึ่งมีการสะสมความร้อนค่อนข้างมาก ขณะที่สภาพภูมิอากาศในประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตร้อนนั้นสร้างปัญหาด้านอุณหภูมิที่สูงเกินค่าความสบายให้กับผู้อยู่อาศัย โดยเฉพาะพื้นที่ในห้องใต้หลังคาคอนกรีตของชั้นบนสุดนั่นเอง เนื่องมาจากการที่หลังคาคอนกรีตมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) = 1.442 W/(m . oC) และค่าความต้านทานความร้อน R = 0.069 (m2. oC) / W ซึ่งไม่เพียงพอต่อการป้องกันความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ เป็นเหตุให้ผู้อยู่อาศัยจำเป็นต้องหาวิธีในการลดการถ่ายเทความร้อน ด้วยการเพิ่มชั้นวัสดุปกคลุมด้านบนหลังคาคอนกรีต หรือด้านล่างของหลังคาคอนกรีตเพื่อเพิ่มค่าความต้านทานความร้อน แต่เนื่องจากมีวิธีการที่คิดค้นขึ้นมากันเป็นจำนวนมาก จึงมีความน่าสนใจที่จะนำวิธีการต่างๆ ที่ใช้กันโดยทั่วไปนั้นมาทำการทดลองดูว่าจะมีวิธีใดที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับอาคารพาณิชย์มากที่สุด จากการทำตารางเปรียบเทียบหาความเหมาะสมของวัสดุแต่ละชนิด โดยวิธีการให้คะแนนในตารางดังกล่าว ตั้งแต่ 1-5 คะแนน ดังนั้นจึงได้วัสดุที่มีค่าคะแนนสูงสุดซึ่งได้แก่ กระเบื้องลอนไฟเบอร์ซีเมนต์ ไม้กระถาง ยิปซั่มบอร์ด ฉนวนใยแก้ว และอลูมิเนียมฟอยล์ จึงสามารถเลือกวัสดุที่จะนำไปหาวิธีการที่เหมาะสมที่จะทำการทดลองวัดค่าอุณหภูมิได้ 3 วิธีดังนี้คือ 1.การทำแบบจำลองของหลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์คลุมหลังคาคอนกรีต 2.การจัดสวนไม้ประดับคลุมหลังคาคอนกรีต และ 3.การทำฝ้าแบบจำลองเพดานยิปซั่มบอร์ดปูทับด้วยฉนวนใยแก้วใต้ท้องหลังคาคอนกรีต

ตารางที่ 1 เป็นตารางแสดงการให้คะแนนเพื่อเปรียบเทียบหาความเหมาะสมของวัสดุแต่ละชนิดที่จะนำมาทำวิจัย

ตารางการเปรียบเทียบหาความเหมาะสมในการทำการทดลอง

ลำดับที่	รายการ	การซื้อวัสดุ	ราคา	การก่อสร้าง	ปัญหาวัชพืช	น้ำหนัก	ปรับเปลี่ยน	ความคงทน	ความสวยงาม	ผลรวม
1	กระเบื้อง Solar slab	2	3	4	3	2	4	5	4	27
2	กระเบื้องลอนไฟเบอร์ซีเมนต์	5	5	4	4	4	3	4	3	32
3	ไม้กระถาง	5	5	4	3	4	5	2	5	33
4	ยิปซั่มบอร์ด	5	4	4	3	5	5	4	4	34
5	ฉนวนใยแก้ว	5	4	5	3	5	5	3	1	31
6	อลูมิเนียมฟอยล์	5	3	5	3	5	5	5	1	32
7	แสลนกันแดด	5	4	4	1	5	5	1	1	26
8	ฉนวนโพลียูรีเทนโฟม	2	2	5	5	5	1	4	1	25
9	สีเซรามิคโค๊ทติ้ง(Ceramic Coating)สะท้อนความร้อน	3	2	3	2	5	4	4	5	28
10	สังกะสี มุงหลังคา	5	5	4	2	5	4	2	1	28

5	4	3	2	1
มาก		ปานกลาง		น้อย

ที่มา: (ตารางนี้ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นเพื่ออธิบายการให้คะแนนเปรียบเทียบหาความเหมาะสมของวัสดุแต่ละชนิดที่จะนำมาทำวิจัยนี้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ระเบียบ และวิธีการวิจัย

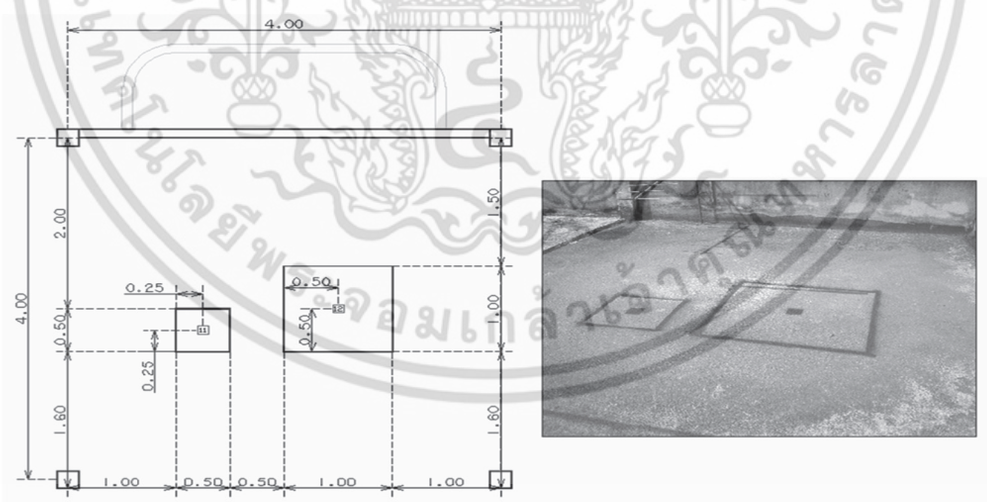
2.1 การออกแบบ และการเตรียมการทดลอง

การออกแบบเตรียมการทดลองนั้นเริ่มจากการตั้งจุดประสงค์การวิจัย และการตั้งสมมุติฐานเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนของหลังคาคอนกรีตซึ่งมีวัสดุที่นำมาคลุม และฉนวนแต่ละชนิดที่ได้เลือกมาทำการทดลอง จากการศึกษาข้อมูลและการทบทวนวรรณกรรมจากหนังสือบทความงานวิจัยต่างๆ รวมถึงการเก็บข้อมูลจากการสังเกตอาคารบ้านเรือนในละแวกเดียวกับอาคารกรณีศึกษา จากนั้นทำการออกแบบวิธีการทดลองโดยออกแบบวิธีการสร้างแบบจำลอง และวิธีการวัดอุณหภูมิเก็บค่า เพื่อนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์รวมทั้งหาแนวทางในการหาผลสรุป

เตรียมการหาอาคารกรณีศึกษาที่มีห้องชั้นบนสุดอยู่ภายใต้หลังคาคอนกรีต อาคารที่ทำการเลือกได้แก่อาคารพาณิชย์ 3 ชั้น ในเขตดอนเมือง จังหวัดกรุงเทพฯ และใช้ห้องที่อยู่ชั้นบนสุดของอาคาร ซึ่งอยู่ใต้หลังคาคอนกรีตทาสีขาวภายในห้อง และบริเวณด้านใต้ของหลังคาคอนกรีต และทำความสะอาดฝุ่น เศษวัสดุต่างๆ บริเวณด้านบนของหลังคาคอนกรีต

2.2 การกำหนดตำแหน่งที่จะทำการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ

การกำหนดตำแหน่งที่จะทำการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ เมื่อผ่านขั้นตอนการเตรียมสถานที่ทำการทดลองเรียบร้อยแล้วนั้นก็เข้าสู่ขั้นตอนการวัดที่พื้นที่ด้านบนหลังคา เพื่อกำหนดจุดที่จะทำการวัดค่าอุณหภูมิ โดยการวัดระยะหลังคาคอนกรีตแล้วทำการพ่นสีสเปรย์เพื่อกำหนดพื้นที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตร (กว้าง 1 เมตร และยาว 1 เมตร) ภายในแบ่งระยะที่จุดกึ่งกลางกำหนดพื้นที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร พ่นสีเขียนตัวเลขกำหนดให้เป็นจุดที่ 12 เพื่อใช้เป็นตำแหน่งของการสร้างแบบจำลอง และตำแหน่งของการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ จากนั้นกำหนดพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร ภายในจุดกึ่งกลางวาดสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร กำหนดเป็นจุดที่ **11** เพื่อใช้เป็นตำแหน่งของการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิที่ใช้เป็นตัวแทนของค่าอุณหภูมิผิวเหนือหลังคาคอนกรีต <u>โดยระยะของการวัดนั้นระบุอยู่ในรูปที่ 1</u>

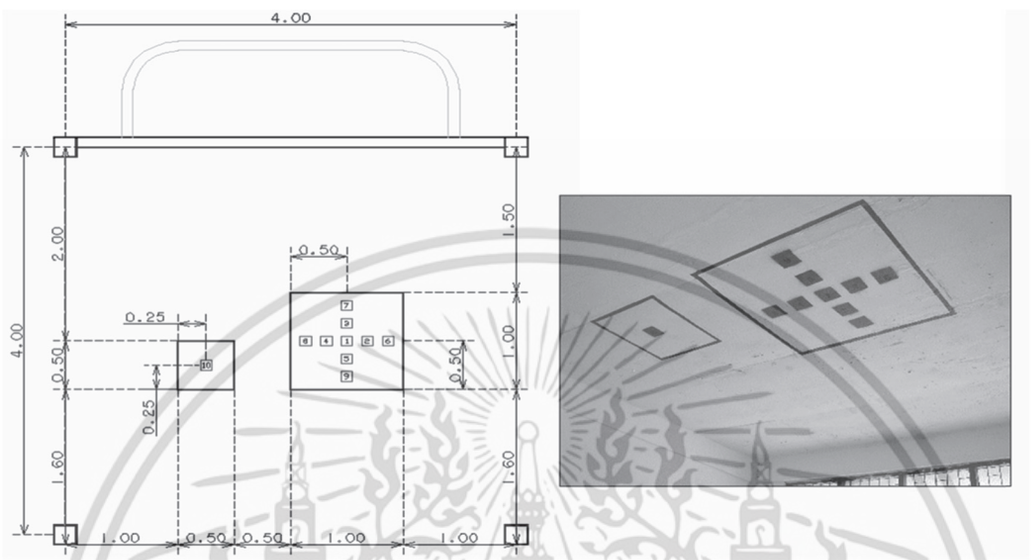


รูปที่ 1 แสดงระยะในการสร้างแบบจำลอง และตำแหน่งของจุดที่ 11, 12 (ด้านบนหลังคา)
ที่มา: (ภาพวาดนี้ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นเพื่อแสดงระยะในการสร้างแบบจำลองของอาคารกรณีศึกษา ในงานวิจัยนี้)

การวัดที่พื้นที่ด้านใต้ของหลังคาคอนกรีต ทำการกำหนดพื้นที่พ่นสีสเปรย์เพื่อวาดพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร ภายในกำหนดจุดสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตรทั้งหมด 9 จุด กำหนดเป็นจุดที่จะใช้วัดอุณหภูมิเป็นจุดที่ 1-9 เพื่อใช้เป็นตำแหน่งของการสร้างแบบจำลอง และตำแหน่งของการติดตั้งสายวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ จากนั้นกำหนดพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร ภายในจุดกึ่งกลางวาดสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร กำหนดเป็นจุดที่ **10** เพื่อใช้เป็นตำแหน่งของการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิที่ใช้เป็นตัวแทนของค่าอุณหภูมิผิวใต้หลังคาคอนกรีต โดยระยะของการวัดนั้นระบุอยู่ในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงระยะในการสร้างแบบจำลอง และตำแหน่งของจุดที่ 1-9 (ด้านใต้หลังคา)
ที่มา: (ภาพวาดนี้ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นเพื่อแสดงระยะในการสร้างแบบจำลองของอาคารกรณีศึกษา ในงานวิจัยนี้)

2.3 การติดตั้งโปรแกรม Smart Control Software

การติดตั้งโปรแกรม Smart Control software เพื่อการวัด และการจัดเก็บข้อมูลอุณหภูมิอย่างละเอียดในเวลาที่กำหนดได้อย่างแม่นยำ โดยเริ่มจากการต่อเชื่อมตัวเครื่องเข้ากับคอมพิวเตอร์ที่ใช้เก็บข้อมูลแล้วทำการต่อสายสัญญาณจาก Sensor สายไฟ และ สาย Serial port จากคอมพิวเตอร์เชื่อมต่อสาย Data เข้ากับเครื่องวัดอุณหภูมิ Opus 200 แล้วทำการ Calibrate เครื่องให้ตรงกับเครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ Testo 635 จากนั้นติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ (Thermocouple type K) ตามตำแหน่งจุดที่ได้กำหนดไว้ทั้งด้านบน และด้านใต้ของหลังคา

2.4 การสร้างแบบจำลองเพื่อทดลองวัดค่าอุณหภูมิ

การที่จะวัดค่าอุณหภูมิผิวของวัสดุตามสมมุติฐานของการทดลองนั้นจำเป็นต้องสร้างแบบจำลอง โดยใช้วัสดุจริงเหมือนกับที่ใช้ทำหลังคา มีมาตราส่วนเท่ากับหลังคาจริงแต่สร้างในขนาดของแบบจำลองที่กำหนด คือ 1 ตารางเมตร (กว้าง 1 เมตร และ ยาว 1 เมตร) ซึ่งจะใช้ในการทดลองวัดค่าอุณหภูมิที่มีฉนวนกันความร้อน และวัสดุคลุมหลังคาที่แตกต่างกัน จากนั้นทำการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิซึ่งวัสดุที่มีความเหมาะสมที่จะนำประกอบกับแบบจำลอง โดยมีขั้นตอนการทำแบบจำลองทั้ง 3 แบบ ดังนี้

2.4.1 การสร้างแบบจำลองที่ 1 หลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์คลุมหลังคาคอนกรีต

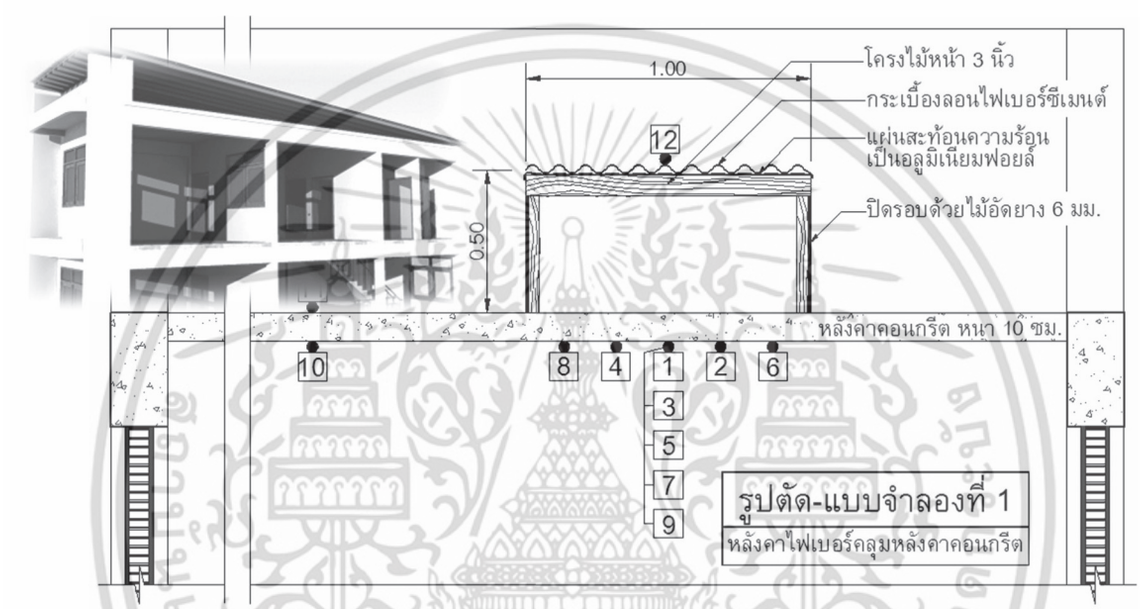
การสร้างแบบจำลองหลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์คลุมหลังคาคอนกรีตนี้ มีข้อดีตรงที่มีโครงสร้างของหลังคาที่มีน้ำหนักเบา การก่อสร้างหรือรื้อถอนได้ง่าย รวดเร็ว และไม่ต้องบำรุงรักษาบ่อยครั้ง โดยใช้โครงสร้างของแบบจำลองเป็นไม้หน้า 3 นิ้ว (1 1/2 x 3 นิ้ว) มุงด้วยกระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์ลอนคู่ ขนาดกว้าง 1 เมตร และยาว 1 เมตร ปิดด้านข้างโดยรอบด้วยไม้อัดยาง หนา 6 มิลลิเมตร เพื่อกันลมจากภายนอก เว้นช่องว่างใต้หลังคา 50 เซนติเมตร (จากใต้กระเบื้องลอนถึงผิวด้านบนของหลังคาคอนกรีต) และใช้แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์สะท้อนความร้อนชนิดด้านเดียวยึดติดใต้กระเบื้องลอนโดยหัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านที่เป็นมันเงาขึ้นเพื่อสะท้อนความร้อน แล้วทำการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ (Thermocouple type K) ตามตำแหน่งจุดที่ได้กำหนดไว้

ค่าต้านทานความร้อนของวัสดุแบบจำลองที่ 1

1. ฟิล์มอากาศด้านนอก ค่า R = 0.044 m²k/W
2. กระเบื้องลอนคู่ ค่า K = 0.389 w / m.k , ค่า R = 0.026 m²k/W
3. ฉนวนอลูมิเนียมฟอยล์ ค่าK = 0.0395 w/m.k ค่าR = 0.101 m²k/W
4. ฟิล์มอากาศด้านใน ค่า ค่า R = 0.120 m²k/W



รูปที่ 3 แสดงรูปตัดของแบบจำลองการทำหลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์คลุม
ที่มา: (ภาพวาดนี้ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นเพื่ออธิบายโครงสร้างของแบบจำลองในงานวิจัยนี้)

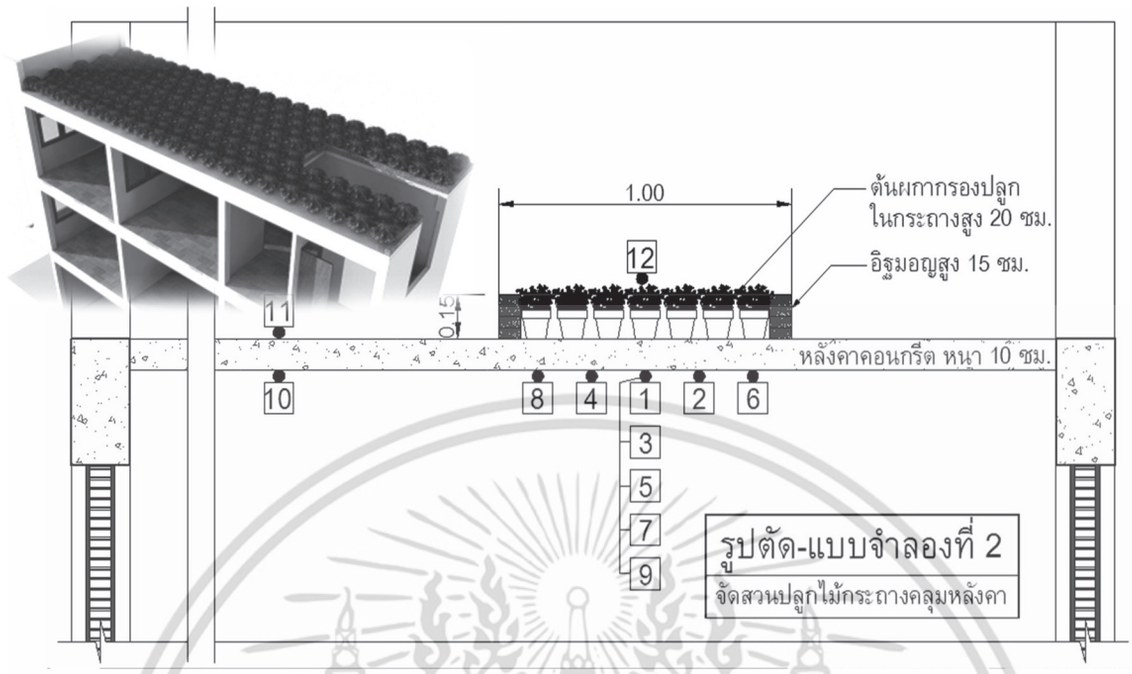
2.4.2 การสร้างแบบจำลองที่ 2 การจัดสวนไม้ประดับคลุมหลังคาคอนกรีต

การสร้างแบบจำลองการจัดสวนไม้ประดับนั้นเริ่มจากการเลือกประเภทของต้นไม้กระถางที่มีความคงทนต่อสภาพที่มีแดดจัดสามารถดูดซับแสงแดดได้ดี มีความหนาแน่นของกิ่งใบทึบเพียงพอที่จะบดบังแสงแดดไม่ให้ทะลุผ่านไปสู่หลังคาคอนกรีตได้ รวมทั้งการบำรุงรักษาพรวนดินก็ไม่ต้องดูแลมากเพียงรดน้ำใส่ปุ๋ยก็เพียงพอ และมีความสวยงามของสีสันในดอกใบ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเลือกต้นผกากรองเนื่องจากมีคุณสมบัติได้ตามที่กำหนดไว้นั้น จากนั้นทำการสร้างแบบจำลองโดยการก่ออิฐมอญสูง 15 เซนติเมตร กว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร เพื่อเป็นกรอบนอก มีช่องให้น้ำสามารถระบายได้ นำต้นผกากรองที่ปลูกในกระถางซึ่งมีความสูงประมาณ 20 เซนติเมตร มีดอก และใบเป็นพุ่มพอที่จะให้ร่มเงากับหลังคาคอนกรีตได้มาทำการจัดเรียงให้เต็มพื้นที่ แล้วติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ (Thermocouple type K) ตามตำแหน่งจุดที่ได้กำหนด

ค่าต้านทานความร้อนของวัสดุแบบจำลองที่ 2

1. ฟิล์มอากาศด้านนอก ค่า R = 0.044 m²k/W
2. ต้นผกากรองในดินร่วน ค่า K = 0.375 w/m.k ค่า R = 0.0533 m²k/W
3. กระถางพลาสติก ค่า K = 0.375 w / m.k ค่า R = 0.003 m²k/W
4. ฟิล์มอากาศด้านใน ค่า ค่า R = 0.120 m²k/W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 แสดงรูปตัดของแบบจำลองการจัดสวนไม้ประดับคลุมหลังคาคอนกรีต
ที่มา: (ภาพวาดนี้ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นเพื่ออธิบายโครงสร้างของแบบจำลองในงานวิจัยนี้)

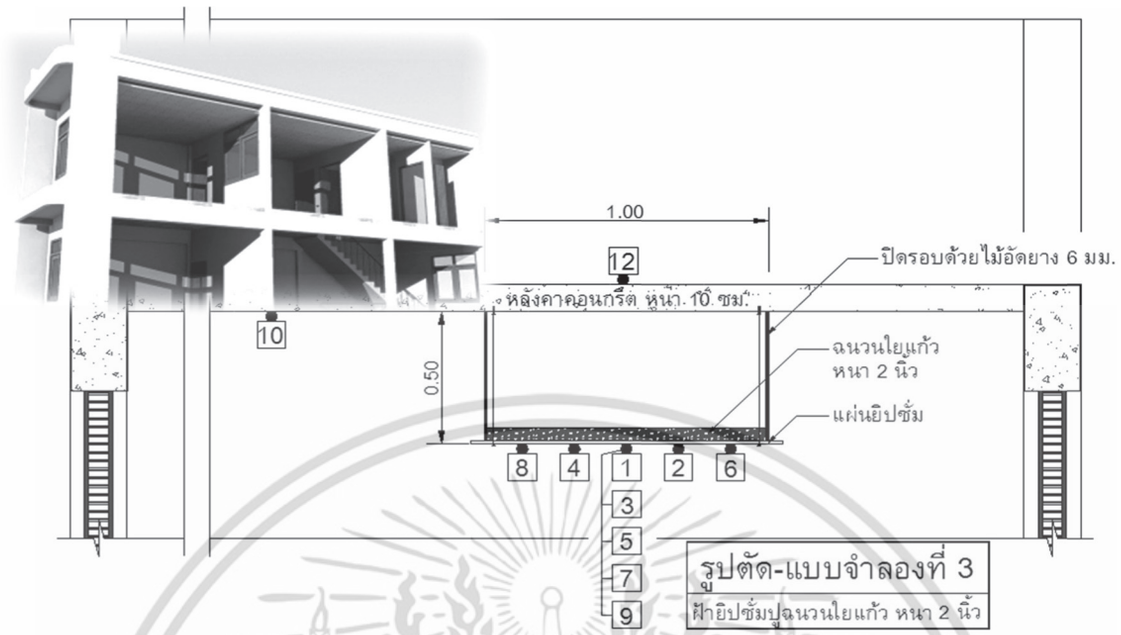
2.4.3 การสร้างแบบจำลองที่ 3 การทำฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ดปูทับด้วยฉนวนใยแก้วใต้ท้องหลังคาคอนกรีต

การสร้างแบบจำลองการทำฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด โดยปกติภายในห้องใต้หลังคาส่วนใหญ่มักจะมีฝ้าเพดานกันอยู่แล้ว เพื่อให้เข้าใจการถ่ายความร้อนของหลังคาคอนกรีตผ่านฝ้าเพดานลงมา จึงน่าสนใจที่จะนำมาทำการทดลองวัดค่าอุณหภูมิ โดยการทำฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ดโครงไม้ใต้หลังคาคอนกรีต ขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร และเว้นช่องว่างใต้หลังคา 50 เซนติเมตร (จากผิวใต้หลังคาคอนกรีตถึงเหนือแผ่นฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด) ปิดด้านข้างโดยรอบด้วยไม้อัดยางหนา 6 มิลลิเมตร และใส่ฉนวนใยแก้ว หนา 2 นิ้ว ปูทับบนแผ่นฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด จากนั้นติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ (Thermocouple type K) ตามตำแหน่งจุดที่ได้กำหนดไว้

ค่าต้านทานความร้อนของวัสดุแบบจำลองที่ 3

1. ฟิล์มอากาศด้านนอก ค่า R = 0.044 m²k/W
2. ฉนวนใยแก้ว หนา 2 นิ้ว ค่า K = 0.035 w/m.k ค่า R = 1.428 m²k/W
3. แผ่นฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด ค่า K = 0.191w/m.k ค่า R = 0.052 m²k/W
4. ฟิล์มอากาศด้านใน ค่า R = 0.120 m²k/W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 แสดงรูปตัดของแบบจำลองการทำฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ดปูทับด้วยฉนวนใยแก้วใต้ท้องหลังคาคอนกรีต
ที่มา: (ภาพวาดนี้ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นเพื่ออธิบายโครงสร้างของแบบจำลองในงานวิจัยนี้)

3. แนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลและผลการทดลอง

3.1 แนวทางการวิเคราะห์

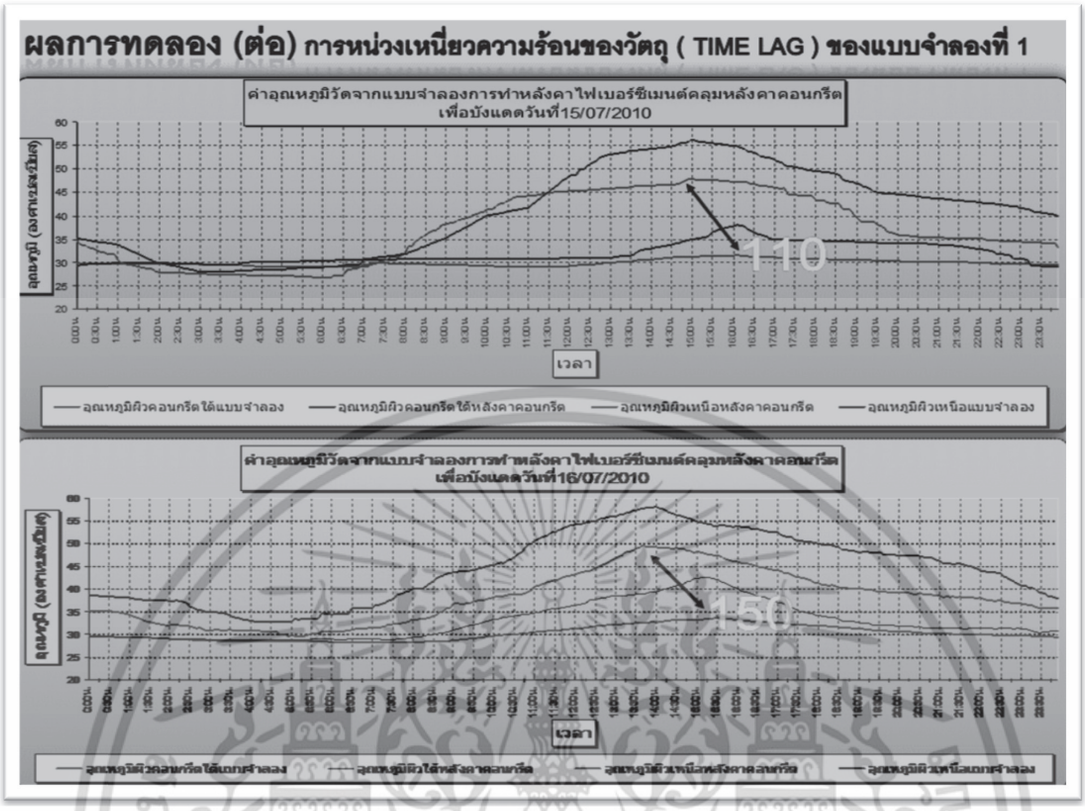
การวิเคราะห์นั้นจะประกอบไปด้วยการหาค่าความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดที่ผิวของวัสดุ เพื่อดูค่าการถ่ายเทความร้อนของแบบจำลองแต่ละแบบ โดยพิจารณาจากค่าอุณหภูมิของจุดที่ 11 เป็นตัวแทนของค่าอุณหภูมิผิวภายนอก และพิจารณาจากค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ผิววัสดุ โดยการเฉลี่ยค่าอุณหภูมิของจุดที่ 1-9 เป็นตัวแทนของค่าอุณหภูมิผิวภายในของทุกแบบจำลอง และการหาค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัตถุ (Time Lag) ของแต่ละแบบจำลอง โดยการเขียนกราฟจากข้อมูลแล้วลากเส้นตัดดูระยะเวลาที่มีอุณหภูมิสูงสุดที่ผิวของภายนอก และภายในโดยดูจากจุดที่มีอุณหภูมิผิวสูงสุดของจุดที่ 11 กับจุดที่มีอุณหภูมิผิวสูงสุดของจุดที่ 1 ว่ามีระยะเวลาห่างกันเท่าใด โดยนำมาเปรียบเทียบในแต่ละแบบจำลองเพื่อหาแบบจำลองที่มีระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุได้นานที่สุด

ตารางที่ 2 แสดงตารางการเฉลี่ยค่าอุณหภูมิผิวสูงสุดของจุดที่ **1-9** จากแบบจำลองทั้ง 3 ชนิด

ลำดับที่	รายการ	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6	จุดที่ 7	จุดที่ 8	จุดที่ 9	เฉลี่ย
1	แบบจำลองที่ 1 การทำหลังคาไฟเบอร์ซิเมนต์คลุมหลังคาคอนกรีตเพื่อบังแดด วันที่ 15/07/2010	31.59	32.14	31.51	31.56	31.52	31.51	32.36	32.63	32.63	**31.94**
2	แบบจำลองที่ 1 การทำหลังคาไฟเบอร์ซิเมนต์คลุมหลังคาคอนกรีตเพื่อบังแดด วันที่ 16/07/2010	32.09	32.56	32.44	35.92	33.26	32.44	33.16	33.06	33.11	**33.12**
3	แบบจำลองที่ 2 การจัดสวนปลูกต้นกกากรองในกระถางคลุมหลังคา วันที่ 17/07/2010	31.66	31.33	30.83	32.04	32.33	32.28	32.46	32.33	32.28	**31.95**
4	แบบจำลองที่ 2 การจัดสวนปลูกต้นกกากรองในกระถางคลุมหลังคา วันที่ 18/07/2010	31.69	31.71	31.96	33.21	31.94	31.33	31.96	33.21	32.11	**32.12**
5	แบบจำลองที่ 3 การทำฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ดโครงเคร่าไม้ใต้หลังคาคอนกรีต วันที่ 21/07/2010	37.75	38.43	38.90	38.53	38.90	38.53	38.90	38.93	39.03	**38.66**
6	แบบจำลองที่ 3 การทำฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ดโครงเคร่าไม้ใต้หลังคาคอนกรีต วันที่ 22/07/2010	37.00	37.05	37.20	37.12	37.45	37.12	37.12	38.97	38.95	**37.55**

ที่มา: (ตารางนี้ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นเพื่อแสดงตารางการเฉลี่ยค่าอุณหภูมิผิวสูงสุดของจุดที่ 1-9 สำหรับงานวิจัยนี้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 แสดงกราฟที่ใช้ในการหาค่าหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัตถุ (Time Lag) ของแบบจำลองที่ 1 ซึ่งมีระยะเวลามากที่สุด
ที่มา: (แผนภูมิภาพนี้ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการหาค่าหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัตถุของแบบจำลองที่ 1 สำหรับงานวิจัยนี้)

3.2 ผลการทดลอง

จากการวัดค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ผิวของวัสดุด้วยด้วยเครื่องมือ Opus 200 แล้วดึงข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Smart tool จึงได้ค่าอุณหภูมิจากจุดที่ทำการวัดทั้ง 12 จุด ซึ่งในแต่ละแบบจำลองได้ทำการวัดเป็นช่วงๆ ทุก 5 นาที ในระยะเวลา 24 ชั่วโมงอย่างต่อเนื่อง โดยวัดแบบจำลองละ 2 ครั้ง จึงได้ผลการวัดค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ผิวได้ค่าตามตารางนี้

ตารางที่ 3 แสดงตารางค่าความแตกต่างของอุณหภูมิผิวที่ภายนอกกับภายในของแต่ละแบบจำลอง

ลำดับที่	รายการ	จุดที่ I	จุดที่ II	(ΔT)
1	แบบจำลองที่ 1 การทำหลังคาไฟเบอร์ซิเมนต์คลุมหลังคาคอนกรีตเพื่อบังแดด วันที่ 15/07/2010	31.94	47.91	**15.97**
2	แบบจำลองที่ 1 การทำหลังคาไฟเบอร์ซิเมนต์คลุมหลังคาคอนกรีตเพื่อบังแดด วันที่ 16/07/2010	33.12	49.60	**16.48**
3	แบบจำลองที่ 2 การจัดสวนปลูกต้นผกากรองในกระถางคลุมหลังคา วันที่ 17/07/2010	31.95	50.00	**18.05**
4	แบบจำลองที่ 2 การจัดสวนปลูกต้นผกากรองในกระถางคลุมหลังคา วันที่ 18/07/2010	32.12	46.24	**14.12**
5	แบบจำลองที่ 3 การทำกันสาดแผ่นอิปซั่มบอร์ดโครงเคร่าไม้ใต้หลังคาคอนกรีต วันที่ 21/07/2010	38.66	46.03	**7.37**
6	แบบจำลองที่ 3 การทำกันสาดแผ่นอิปซั่มบอร์ดโครงเคร่าไม้ใต้หลังคาคอนกรีต วันที่ 22/07/2010	37.55	46.86	**9.31**

ที่มา: (ตารางนี้ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นเพื่อแสดงตารางค่าความแตกต่างของอุณหภูมิผิวที่ภายนอกกับภายในแบบจำลองสำหรับงานวิจัยนี้)

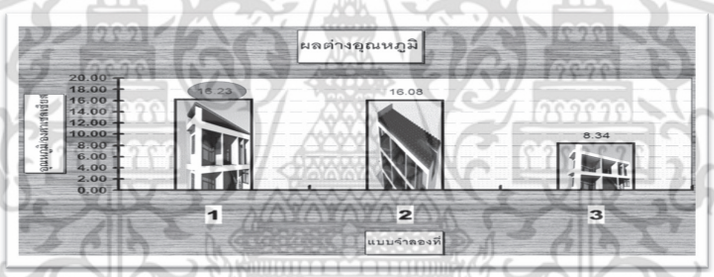
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สรุป

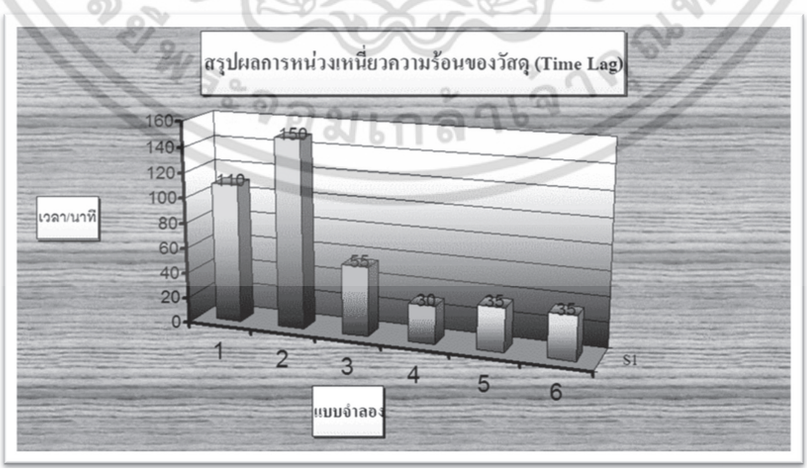
ผลที่ได้จากการทำการวิเคราะห์ข้อมูลการวัดค่าอุณหภูมิของแบบจำลองในแต่ละแบบ โดยนำค่าในการวัดทั้งสองครั้งมาทำการหาค่าเฉลี่ยจะสามารถสรุปได้ว่า

- **แบบจำลองที่ 1.** การทำหลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์คลุมหลังคาคอนกรีตมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิสูงที่ผิวของวัสดุสูงที่สุดเท่า **16.23** องศาเซลเซียส และมีระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัตถุ (Time Lag) ได้นานเท่ากับ **150** นาที
- **แบบจำลองที่ 2.** การจัดสวนไม้ประดับคลุมหลังคาคอนกรีตมีค่าความแตกต่างๆของอุณหภูมิสูงที่ผิวของวัสดุสูงที่สุดเท่ากับ 16.08 องศาเซลเซียส และมีระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัตถุ (Time Lag) ได้นานเท่ากับ 55 นาที
- **แบบจำลองที่ 3.** การการทำฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ดปูทับด้วยฉนวนใยแก้วใต้ท้องหลังคาคอนกรีตมีค่าความแตกต่างๆ ของอุณหภูมิสูงที่ผิวของวัสดุสูงที่สุดเท่ากับ 8.34 องศาเซลเซียส และมีระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัตถุ (Time Lag) ได้นานเท่ากับ 35 นาที

“เพราะฉะนั้นแบบจำลองที่ 1. การทำหลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์คลุมหลังคาคอนกรีตจึงเหมาะสมและน่าที่จะนำวิธีการนี้ไปใช้กับอาคารพาณิชย์เพื่อเป็นการลดการถ่ายเทความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์”



รูปที่ 7 แสดงแผนภูมิสรุปผลค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกกับภายในของแบบจำลองทั้งสาม
ที่มา: (แผนภูมิภาพนี้ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นเพื่อสรุปผลค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกกับภายในของแบบจำลองสำหรับงานวิจัยนี้)



รูปที่ 8 แสดงแผนภูมิสรุปผลค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัตถุ (Time Lag) ในของแต่ละแบบจำลองทั้งสาม
ที่มา: (แผนภูมิภาพผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นเพื่อสรุปผลค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัตถุ (T ในของแต่ละแบบจำลองสำหรับงานวิจัยนี้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (สสอ.) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน **ประกาศกระทรวงพลังงาน** เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ. ๒๕๕๒

ผศ.ปรีชญา รังสิรักษ์ เอกสารการสอน วิชา **ภูมิอากาศชั้นสูง (Advance Climatology)** คณะสถาปัตยกรรม สจล. ภาควิชาสถาปัตยกรรม สาขาสถาปัตยกรรมเขตร้อน พ.ศ. ๒๕๕๕

ผศ.ปรีชญา รังสิรักษ์ **แนวความคิดในเรื่องภาวะความสบาย กรุงเทพฯ** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. ๒๕๕๕

ศุภลักษณ์ ใจเรือง, **การออกแบบ และปรับปรุงประสิทธิภาพหลังคาเพื่อการระบายอากาศ และลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร** : กรณีศึกษา อาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2542

Ashrae Handbook, Fundamentals, SI Edition, **American Society of Heating Refrigerating and Air-conditioning Engineers**, Ins 1997

Benjamin Stein, John S. Reynolds, **Mechanical and Electrical Equipment for Buildings**, Eighth Edition, University of Oregon 1992.

Otto Konigsberg, Robert Lynn, **Roofs in the warm Humid Tropics**, Architectural Association, London. 1965

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้