การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุก่อของอาคารพักอาศัยในเขตร้อนชื้น

นายอุทัย ศุจิสกุลวงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-13-1262-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THERMAL PERFORMANCE OF MASONRY CONSTRUCTIONS FOR HOT HUMID CLIMATE

Mr. Utai Sujisakulwong

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Architecture in Building Technology

Depart of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Acadamic year 2000

ISBN 974-13-1262-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุก่อของอาคารพักอาศัยในเขตร้อนชื้น
โดย	นายอุทัย ศุจิสกุลวงศ์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีอาคาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. วีระ สัจจกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ)

..... กรรมการ
(คุณปราโมทย์ เอี่ยมศิริ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุทัย ศุจิสกุลวงศ์ : การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุก่อของอาคารพักอาศัยในเขตร้อนชื้น(THERMAL PERFORMANCE OF MASONRY CONSTRUCTIONS FOR HOT HUMID CLIMATE) อ. ที่ปรึกษา:อาจารย์ ดร. วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์,อ.ที่ปรึกษาร่วม: ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ , 131 หน้า. ISBN 974-13-1262-8.

ในปัจจุบัน ลักษณะการก่อสร้างระบบผนังของอาคารพักอาศัยทั่วไปในเมืองไทย เป็นไปในรูปแบบของการก่อสร้างต่อเนื่องกันมาโดยที่ไม่ได้มีการพิจารณาถึงความเหมาะสมของรูปแบบและศักยภาพในการป้องกันความร้อนของวัสดุก่อนั้นๆ ส่งผลให้เครื่องปรับอากาศต้องทำงานอย่างหนักเพื่อขจัดความร้อนที่ผ่านเข้ามาจากผนังวัสดุก่อซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่จำเป็น ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาถึงพฤติกรรมในการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่ใช้วัสดุก่อและศึกษาถึงตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิผิวผนังเพื่อที่จะนำไปพัฒนารูปแบบและความเหมาะสมของวัสดุก่อผนังสำหรับภูมิอากาศในเมืองไทย งานวิจัยครั้งนี้จึงได้ทำเลือกผนังทดสอบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ ผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว ผนังก่ออิฐ 8 นิ้ว ผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศ ผนังวัสดุก่อมวลเบา และรวมถึงผนังที่เป็นระบบใหม่ ได้แก่ ผนังที่มีระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก เพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศในเซลทดสอบในสภาวะที่แตกต่างกันทั้งในระบบปรับอากาศตลอดวันและไม่ปรับอากาศ ขั้นตอนในการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ การศึกษาพฤติกรรมในการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุก่อทั้งในกรณีปรับอากาศตลอดวันและในกรณีไม่ปรับอากาศ จากนั้นจึงเลือกวัสดุที่มีศักยภาพในการป้องกันความร้อนที่ดีที่สุด ได้แก่ ผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศและผนังที่มีระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก มาศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศภายใน ได้แก่ การได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์โดยตรง และค่าการดูดซับความร้อนที่แตกต่างกัน ทั้งในกรณีปรับอากาศตลอดวันและไม่ปรับอากาศ

จากการศึกษาพบว่า ในกรณีไม่ปรับอากาศ ผนังก่ออิฐ 4 นิ้วและผนังวัสดุมวลเบามีศักยภาพในการป้องกันความร้อนน้อยที่สุดและมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าความแตกต่างอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดและต่ำสุดแตกต่างกันประมาณ 6 องศาเซลเซียสและสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 9 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วงมีการแผ่รังสีดวงอาทิตย์สูงกว่าอุณหภูมิอากาศประมาณ 2.5 องศาเซลเซียส ส่วนผนังก่ออิฐ 8 นิ้วและผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศมีค่าความแตกต่างอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดและต่ำสุดแตกต่างกันประมาณ 2 องศาเซลเซียสซึ่งคงที่และต่ำกว่าผนังสองชนิดแรก อุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบเฉลี่ยในช่วงมีการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ 0.5 องศาเซลเซียส ส่วนผนังที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกมีค่าความแตกต่างอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดและต่ำสุดคงที่และใกล้เคียงกับผนังก่ออิฐ 8 นิ้ว อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเซลทดสอบช่วงมีการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศประมาณ 1 องศาเซลเซียส ส่วนในกรณีที่มีการปรับอากาศตลอดวันพบว่าผนังที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกมีค่าความแตกต่างระหว่างผิวในและอุณหภูมิอากาศในห้องเฉลี่ยต่ำที่สุดประมาณ 1.43 องศาเซลเซียส ผนังวัสดุก่อมวลเบามีค่าความแตกต่างระหว่างผิวในและอุณหภูมิอากาศในห้องเฉลี่ยสูงสุดประมาณ 4.28 องศาเซลเซียส และพบว่าในกรณีปรับอากาศตลอดเวลาและไม่ปรับอากาศ อิทธิพลของการแผ่รังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและค่าการดูดซับความร้อนของผิวผนังที่แตกต่างกัน จะส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบของผนังที่เป็นวัสดุก่อทั้งหมด แต่สำหรับผนังที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกซึ่งมีค่าการต้านทานความร้อนสูง พบว่าอิทธิพลดังกล่าวส่งผลต่ออุณหภูมิผิวภายในน้อยมากทั้งสองกรณี

ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า ผนังที่เหมาะสมสำหรับภูมิอากาศแบบร้อนชื้นนั้นควรมีการผสมผสานระหว่างมวลสารของผนังและฉนวนป้องกันความร้อน สำหรับอาคารไม่ปรับอากาศนั้นผนังที่ใช้วัสดุก่อควรที่จะมีมวลสารในระดับหนึ่งเพื่อช่วยดูดซับและหน่วงเหนี่ยวความร้อนในเวลากลางวันและถ่ายเทกลับสู่ท้องฟ้าในเวลากลางคืน สำหรับอาคารปรับอากาศผนังควรที่จะมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ผิวภายนอกเพื่อช่วยสกัดกั้นความร้อนจากอิทธิพลต่างๆภายนอกและผิวผนังภายในมีมวลสารน้อยเพื่อลดภาระในการทำความเย็นในช่วงเปิดเครื่องปรับอากาศ ผนังควรที่จะเป็นสีอ่อนและมีการบังเงาให้กับผนังเพื่อลดความรุนแรงจากอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์

ภาควิชา .....สถาปัตยกรรม..... ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ....เทคโนโลยีอาคาร..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2543 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

4274191725 : MAJOR BUILDING TECHNOLOGY

KEY WORD: MASONRY CONSTRUCTIONS / HEAT TRANSFER / THERMAL MASS / TIME LAG / HEAT CAPACITY

UTAI SUJISAKULWONG : THERMAL PERFORMANCE OF MASONRY CONSTRUCTIONS FOR HOT HUMID CLIMATE. THESIS ADVISOR : WORASAN BURANAKARN,Ph.D., THESIS COADVISOR : PROF. SOONTORN BOONYATIKARN,Ph.D., 128 pp. ISBN 974-13-1262-8.

Most masonry walls in Thailand usually are medium mass. With its capability to accumulate heat as well as in a certain amount of capacity. After several aspect of heat is accumulated in thermal mass and kept in certain period. It will be transmitted into the building or sometimes out of the building depending on surrounding at that time ,therefore ,the study of thermal behavior on each materials can importantly lead to the development of form and suitability of masonry walls used in such a hot humid climate in Thailand. Consequently, in term of energy saving aspect, we wonder whether the materials used nowadays are actually appropriate.

This reason is among to study thermal performance masonry wall in Thailand. The selected masonry wall,some are widely used and some are newly established. For example, Brick 4 inch, Brick 8 inch, brick 8 inch with airgap, lightweight concrete wall, EIFS. By comparing all these masonry wall indifferent conditions both with and without air-conditioning system. We aim to study the factor effecting to the temperature of the wall. Which are the direct influence of solar radiation and the different of solar absorption. As well, They are compared the 2 different conditions and, this research will emphasize and the study of thermal mass, and time lag.

The result of the study shows that the solar radiation and solar absorption have influences towards the temperature of the outside wall. The wall with its light color and unexposed to the sun will help reduced the heat transmission thoughout the wall as well as lowered the cooling load. The EIFS wall, with its certain value of heat resistance makes the influence of solar radiation and the color of the wall conveyed slightly effect to the temperature of the inner surface wall which will be suitable for the building with air-conditioning.

From this research, we can conclude that the building without air-conditioning should provide certain amount of mass in order to absorb and delay heat in a day time as well as radiate in the night time. Therefore, the wall should light color and the shading so that the solar radiation for air-conditioned building will be less influenced. While, the inner wall should provide light thermal mass so as to reduce the cooling load. In addition, the insulation should be installed for the outside of the wall to impact the heat. This result can be effectively based for the architect to select masonry wall appropriated to the surrounding.

Department.....Architecture..... Student's signature.....

Field of study ....Building Technology……. Advisor's signature.....

Academic year ……2000……. Co-advisor's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จของการจัดทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้เป็นผลมาจากความกรุณาอนุเคราะห์ ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการดำเนินการจากผู้ที่เกี่ยวข้องมากมาย โดยเฉพาะศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ ที่กรุณาถ่ายทอดองค์ความรู้ทางวิชาการ พร้อมทั้งให้คำปรึกษาตลอดมา รวมถึง อาจารย์ ดร. วรสันต์ บูรณากาญจน์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและแนะแนวทางในการแก้ปัญหาต่างๆ ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษา ท่านรองฯ ปราโมทย์ เอี่ยมศิริ ที่กรุณาสละเวลามาร่วมเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะผู้บริหารของมหาวิทยาลัยชินวัตรที่ได้อนุญาตให้ใช้สถานที่ภายในมหาวิทยาลัยเพื่อดำเนินการทำวิจัยตลอดทุกขั้นตอน ขอขอบพระคุณบริษัท นันทวัน จำกัด บริษัท Thai Obayashi Corp.,Ltd. ที่กรุณาช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกทุกอย่างด้วยดีเสมอมา ขอขอบพระคุณ บริษัท สยาม EIFS จำกัด ที่ได้กรุณาสนับสนุนวัสดุ อุปกรณ์ แรงงาน และงบประมาณในการจัดสร้างอาคารทดลองสำหรับนิสิตทุกคนที่ได้เข้ามาทำการทดลอง ณ มหาวิทยาลัยชินวัตรนี้ ขอขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการ อาจารย์และนักเรียน ฝ่ายช่างก่อสร้าง สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงาน จังหวัดราชบุรี ที่สนับสนุนในการจัดเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด และที่จะลืมไม่ได้คือต้องขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ สาขาเทคโนโลยีอาคารทุกคนที่เป็นที่ปรึกษาทั้งในเรื่องงานวิจัยและให้การสนับสนุนเป็นกำลังใจให้กันเสมอมา

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้สนับสนุนทั้งกำลังกาย กำลังใจ และงบประมาณ แก่ผู้วิจัยมาตลอดจนกระทั่งทุกวันนี้

อุทัย ศุจิสกุลวงศ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญภาพ..... ฌ

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญแผนภูมิ..... ฎ

บทที่ 1

บทนำ..... 1

ความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ในการวิจัย..... 2

ขอบเขตการวิจัย..... 2

สมมติฐานในการวิจัย..... 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย..... 3

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย..... 5

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 6

2.1 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุ (The Role of Thermal Mass)..... 6

2.2 กระบวนการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer Mechanisms)..... 10

2.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อมวลสาร (Parameters Influencing Thermal Mass Effectiveness)... 11

2.4 การถ่ายเทความร้อน..... 14

2.4.1 การนำความร้อน..... 14

2.4.2 การแผ่รังสีความร้อน..... 16

2.4.3 การคายความร้อน..... 18

2.4.4 การพารังสีความร้อน..... 19

2.4.5 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน..... 20

2.5 MEANRADIANTTEMPERATURE (MRT) 23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6 Sol-air temperature..... 24
2.7 พื้นผิวของวัสดุ..... 25
2.8 สีของวัสดุ..... 25

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย..... 28
3.1 แนวทางในการดำเนินงานวิจัย..... 28
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 28
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 30
3.4 การกำหนดขั้นตอนในงานวิจัย..... 45
3.5 หลักเกณฑ์ในการเปรียบเทียบวิเคราะห์..... 50

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 51

บทที่ 5

บทสรุปอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ..... 142
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัย..... 145

รายการอ้างอิง..... 146

ประวัติผู้วิจัย..... 148

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

รูปภาพที่2-1 ภาพแสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนัง..... 6

รูปภาพที่2-2 ภาพแสดงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนัง..... 7

รูปภาพที่2-3 ภาพแสดงการเปรียบเทียบ COOLING LOAD ของอาคารมวลสารมาก..... 8

รูปภาพที่2-4 แสดงการเปรียบเทียบ COOLING LOAD ของอาคารมวลสารมากและน้อย..... 9

รูปภาพที่2-5 ภาพแสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนัง..... 10

รูปภาพที่2-6 ภาพแสดง COOLING LOAD ใน TWO-ZONE BUILDING..... 13

รูปภาพที่2-7 ภาพแสดง COOLING LOAD ใน MONO-ZONE BUILDING..... 13

รูปภาพที่2-8 HEAT TRANSFER BY CONDUCTION..... 15

รูปภาพที่2-9 RADIANT ENERGY TRANSFER BETWEEN TWO SURFACE MOLECULES.. 17

รูปภาพที่2-10 ABSORBTION, REFLECTION, AND TRANSMISSION OF RADIATION STRIKING ASEMITRANSPARENT MATERIAL..... 18

รูปภาพที่2-11 ภาพแสดงการพาความร้อนจากจุด A ไปยังจุด B..... 19

รูปภาพที่2-12 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า..... 21

รูปภาพที่2-13 แสดงรายการวัสดุสีผนังแยกตามระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์..... 22

รูปภาพที่2-14 EXPLANATION OF GLOVE TEMPERATURE (GT) 23

รูปภาพที่3-1ภาพแสดงอุปกรณ์วัดบันทึกและเก็บข้อมูล..... 29

รูปภาพที่3-2 Data Logger ซึ่งใช้หัวเทอร์มิสเตอร์เป็นตัววัดอุณหภูมิ..... 29

รูปภาพที่3-3 หัววัดอุณหภูมิ เทอร์มิสเตอร์ ขนาด 10 K Ω..... 29

รูปภาพที่3-4 วัสดุชนิดต่างๆที่นำมาทดสอบอุณหภูมิ..... 31

รูปภาพที่3-5 วัสดุตัวอย่าง เมื่อก่อวัสดุแล้วต้องนำมาวางให้วัสดุ SET ตัวก่อนที่นำมาทดสอบ.... 31

รูปภาพที่3-6 ภาพประกอบการคำนวณค่าการต้านทานความร้อน..... 32

รูปภาพที่3-7 ภาพประกอบการคำนวณค่าการต้านทานความร้อน..... 32

รูปภาพที่3-8 ภาพประกอบการคำนวณค่าการต้านทานความร้อน..... 33

รูปภาพที่3-9 ภาพประกอบการคำนวณค่าการต้านทานความร้อน..... 34

รูปภาพที่3-10 ภาพแสดงลักษณะการตั้งโครงเคร่าเพื่อยึดแผ่นยิปซั่มด้านนอก-ใน..... 35

รูปภาพที่3-11ภาพแสดงลักษณะการติดตั้งโฟมกันความร้อน ภายนอกฉาบ Bass Coat..... 36

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า

รูปภาพที่3-12 ฉนวนโฟมภายนอกหุ้มตาข่ายเพื่อเพิ่มความแข็งแรง สังเกตฉนวนต้องหุ้มปิดส่วนโครงสร้างเพื่อลด การนำความร้อนที่ผ่านทางโครงสร้างอาคาร..... 36

รูปภาพที่3-13 ภาพประกอบการคำนวณค่าการต้านทานความร้อน..... 36

รูปภาพที่3-14 ภาพแสดงไม้แม่แบบของผนังก่ออิฐฉาบปูนเจาะรูฝังไม้เพื่อเป็นแกนภายในสำหรับใส่สาย Sensor..... 38

รูปภาพที่3-15 ภาพแสดงการเจาะรูของอิฐตามตำแหน่งที่เรียงไว้เพื่อให้สามารถใส่สายเทอร์มิสเตอร์ได้..... 38

รูปภาพที่3-16 เตรียมปูนสำหรับก่อในที่นี้ใช้ปูนสำเร็จรูป..... 39

รูปภาพที่3-17 ภาพแสดงการเริ่มก่อวัสดุตามที่เรียงเตรียมไว้ในขั้นตอนแรก..... 39

รูปภาพที่3-18 ภาพแสดงการก่อวัสดุตามแถวอิฐที่เรียงไว้..... 39

รูปภาพที่3-19 ภาพแสดงการจับแนวฉากเพื่อให้ได้ขนาดตามที่กำหนดไว้..... 40

รูปภาพที่3-20 ภาพแสดงวัสดุเมื่อเสร็จสมบูรณ์พร้อมที่จะทดสอบ..... 40

รูปภาพที่3-21 ลักษณะของกล่องทดสอบวัสดุ..... 41

รูปภาพที่3-22 ภาพแสดงช่องเปิดด้านหลังเพื่อสามารถใส่สายวัดอุณหภูมิเข้าไปในกล่องได้..... 41

รูปภาพที่3-23 ลักษณะของกล่องทดสอบเมื่อเสร็จแล้ว พร้อมที่จะทำการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุทดลอง..... 42

รูปภาพที่3-24 ภาพแสดงการจัดวางกล่องทดสอบให้อยู่ในระดับที่พ้นสิ่งกีดขวางในระดับพื้นและลดผลกระทบต่อวัสดุของพื้นดิน..... 42

รูปภาพที่3-25 ภาพแสดงผนังอาคารทดลองซึ่งมีการควบคุมสภาพอากาศภายใน..... 43

รูปภาพที่3-26 ภาพแสดงอาคารทดลองถ่ายจากสถานที่ทดลองจริง..... 43

รูปภาพที่3-27 ลักษณะของการติดวัสดุในห้องทดลองโดยมีฉนวนหุ้มรอบ..... 44

รูปภาพที่3-28 ภายใต้ผ้าเพดานปูฉนวนไมโครไฟเบอร์หนา 6 นิ้วเพื่อป้องกันความร้อนจากทางหลังคา..... 44

รูปภาพที่3-29 ภาพแสดงรายละเอียดผนังห้องทดลองมีการใส่ฉนวนกันความร้อนหุ้มทั้งโครงสร้างเพื่อลดความร้อนจากการนำความร้อนของโครงสร้าง..... 44

รูปภาพที่3-30 แสดงภาพประกอบการทดลองในขั้นตอนที่สองเพื่อหาตัวแปรเกี่ยวกับสี..... 47

รูปภาพที่3-31 แสดงภาพประกอบการทดลองในขั้นตอนที่สองเพื่อหาตัวแปรเกี่ยวกับแสงแดด... 47

รูปภาพที่3-32 ภาพประกอบแสดงขั้นตอนการทดลองวิจัยแต่ละขั้นตอน..... 49

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่1-1 ตารางแสดงคุณสมบัติทั่วไปของคอนกรีตมวลเบา..... 6

ตารางที่3-1 แสดงคุณสมบัติของผนังก่ออิฐ 1 ชั้น..... 34

ตารางที่3-2 แสดงคุณสมบัติพื้นฐานของคอนกรีตมวลเบา..... 35

ตารางที่3-3 แสดงคุณสมบัติพื้นฐานของผนัง EIFS..... 39

ตารางที่3-4 ตารางแสดงวัสดุทั้ง 5 ชนิดในการทดลองในชุดแรก..... 48

ตารางที่4-1 ตารางแสดงค่าปรับความถูกต้องของหัวเทอร์มิสเตอร์..... 51

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิประกอบ หน้า

แผนภูมิที่4-1 ตารางแสดงค่าปรับความถูกต้องของหัวเทอร์มิสเตอร์ทั้ง 45 หัว..... 51

แผนภูมิที่4-2 แสดงเส้นกราฟการปรับค่าความถูกต้องของเทอร์มิสเตอร์..... 52

แผนภูมิที่4-3 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ในกล่องทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว โดยหันไปทางทิศตะวันตก..... 54

แผนภูมิที่4-4 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ในกล่องทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐ 8 นิ้ว โดยหันไปทางทิศตะวันตก..... 56

แผนภูมิที่4-5 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ในกล่องทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องว่างอากาศ 10 เซนติเมตร โดยหันไปทางทิศตะวันตก..... 58

แผนภูมิที่4-6 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ในกล่องทดสอบวัสดุผนังวัสดุก่อมวลเบา โดยหันไปทางทิศตะวันตก..... 60

แผนภูมิที่4-7 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ในกล่องทดสอบวัสดุผนังระบบผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก โดยหันไปทางทิศตะวันตก..... 62

แผนภูมิที่4-8 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกในรูปแบบต่างกันของวัสดุทดสอบทั้ง 5 ชนิด..... 64

แผนภูมิที่4-9 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในรูปแบบต่างกันโดยทดสอบกับวัสดุทั้ง 5 ชนิด..... 65

แผนภูมิที่4-10 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบวัสดุโดยเปรียบเทียบกับวัสดุทดสอบทั้ง 5 ชนิด..... 66

แผนภูมิที่4-11 แสดงการเปรียบเทียบ Temperature swing ของอากาศภายในกล่องวัสดุก่อในกรณีไม่ปรับอากาศ..... 67

แผนภูมิที่4-12 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังภายในวัสดุก่อในกรณี ไม่ปรับอากาศ..... 69

แผนภูมิที่4-13 แผนภูมิแสดงค่า Decrement factor ของวัสดุ..... 70

แผนภูมิที่4-14 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิภายในเซลทดสอบของวัสดุผนังทดสอบทั้ง 5..... 71

แผนภูมิที่4-15 แผนภูมิแสดงค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุ..... 72

แผนภูมิที่4-16 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ในกล่องทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว โดยหันไปทางทิศตะวันตก..... 74

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่4-17 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ในกล่องทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐ 8 นิ้ว โดยหันไปทางทิศตะวันตก..... 76
แผนภูมิที่4-18 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ในกล่องทดสอบผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องว่างอากาศ 10 เซนติเมตร โดยหันไปทางทิศตะวันตก..... 78
แผนภูมิที่4-19 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ในกล่องทดสอบวัสดุผนังวัสดุก่อมวลเบา โดยหันไปทางทิศตะวันตก..... 80
แผนภูมิที่4-20 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ในกล่องทดสอบวัสดุผนังระบบผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก โดยหันไปทางทิศตะวันตก..... 82
แผนภูมิที่4-21 การวิเคราะห์ผลการทดสอบข้อมูลเปรียบเทียบผนังวัสดุก่อที่มีรูปแบบและมวลสารต่างกันในห้องทดสอบกรณีควบคุมสภาวะอากาศภายใน..... 84
แผนภูมิที่4-22 แสดงปริมาณการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังต่อ 1 ตารางฟุต..... 86
แผนภูมิที่4-23 แผนภูมิแสดง Temperature swing ของอุณหภูมิผิวในวัสดุก่อที่ทดสอบในห้องปรับอากาศโดยหันทดสอบทางทิศตะวันตก..... 87
แผนภูมิที่4-24 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิในเซลทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้นมีช่องอากาศ 10 เซนติเมตรทาสีขาว ทางทิศตะวันตก..... 89
แผนภูมิที่4-25 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ในเซลทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้นมีช่องอากาศ 10 เซนติเมตรทาสีดำ ทางทิศตะวันตก..... 91
แผนภูมิที่4-26 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ในเซลทดสอบวัสดุผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก ทาสีดำ ทางทิศตะวันตก..... 93
แผนภูมิที่4-27 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ในห้องทดสอบวัสดุผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอกที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอกทาสีดำทางทิศตะวันตก..... 95
แผนภูมิที่4-28 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศและผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอกสีขาวและสีดำในสภาวะไม่ปรับอากาศ..... 97
แผนภูมิที่4-29 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศและผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก สีขาวและสีดำ ในสภาวะไม่ปรับอากาศ..... 98

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่4-30 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ในเซลทดสอบวัสดุผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก ที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก และผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศทาสีดำและขาว ทางทิศตะวันตก..... 99
แผนภูมิที่4-31 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกเฉลี่ยกรณีทดสอบอิทธิพลการดูดซับความร้อน..... 101
แผนภูมิที่4-32 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบของผนังทั้ง 2 แบบกรณีเปรียบเทียบค่าการดูดซับความร้อนที่ผิวผนัง..... 102
แผนภูมิที่4-33 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิวัสดุผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศ 10 เซนติเมตร ทาสีขาวทางทิศตะวันตก..... 104
แผนภูมิที่4-34 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิวัสดุผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศ 10 เซนติเมตร ทาสีดำ ทางทิศตะวันตก..... 106
แผนภูมิที่4-35 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ในห้องทดสอบวัสดุผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก ที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก ทาสีขาวทางทิศตะวันตก..... 108
แผนภูมิที่4-36 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ในห้องทดสอบวัสดุผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอกที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก ทาสีดำทางทิศตะวันตก..... 110
แผนภูมิที่4-37 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศและผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก สีขาวและสีดำ ในสภาวะปรับอากาศ..... 112
แผนภูมิที่4-38 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ในเซลทดสอบวัสดุผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอกที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก และผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศทาสีดำและขาว ทางทิศตะวันตก..... 113
แผนภูมิที่4-39 กราฟเปรียบเทียบปริมาณความร้อนรวมผ่านผนังทดสอบตลอดวัน..... 115
แผนภูมิที่4-40 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ในกล่องทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศ 10 เซนติเมตร มีการบังเงา ทางทิศตะวันตก..... 117

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่4-41 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ในกล่องทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศ 10 เซนติเมตร ไม่มีการบังเงา ทางทิศตะวันตก..... 119
แผนภูมิที่4-42 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ในกล่องทอสอบวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกมีการบังเงา ทางทิศตะวันตก..... 121
แผนภูมิที่4-43 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ในกล่องทดสอบวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกไม่มีการบังเงา ทางทิศตะวันตก..... 123
แผนภูมิที่4-44 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ในห้องทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศ มีการบังเงา ทางทิศตะวันตก..... 125
แผนภูมิที่4-45 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ในห้องทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศ ไม่มีการบังเงา ทางทิศตะวันตก..... 127
แผนภูมิที่4-46 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ในห้องทดสอบวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกมีการบังเงา ทางทิศตะวันตก. 129
แผนภูมิที่4-47 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ในห้องทดสอบวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (External Insulation Finishing System) ไม่มีการบังเงา ทางทิศตะวันตก..... 131
แผนภูมิที่4-48 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศและผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก กรณีโดนแดดและไม่โดนแดด ในสภาวะไม่ปรับอากาศ..... 133
แผนภูมิที่4-49 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศและผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก กรณีโดนแดดและไม่โดนแดด ในสภาวะไม่ปรับอากาศ..... 134
แผนภูมิที่4-50 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศและผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก กรณีโดนแดดและไม่โดนแดด ในสภาวะไม่ปรับอากาศ..... 135
แผนภูมิที่4-51 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศและผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก กรณีโดนแดดและไม่โดนแดด ในสภาวะปรับอากาศ..... 136

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

หน้า

แผนภูมิที่4-52 เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุทั้ง 2 กรณี..... 139
แผนภูมิที่4-53 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในวัสดุทั้ง 2 กรณี..... 140

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

รูปแบบผนังของอาคารในประเทศไทยในอดีต เช่น บ้านพักอาศัย โบสถ์ วัด วัง ต่างมีรูปแบบและคุณสมบัติที่สอดคล้องกับลักษณะภูมิอากาศ และสภาพแวดล้อมได้อย่างเหมาะสม การเลือกใช้วัสดุที่เบาและมีมวลสารน้อย ทำให้ความร้อนสะสมในมวลสารได้ไม่มาก รวมทั้งลักษณะของอาคารบ้านพักอาศัยที่จัดวางเป็นกลุ่มอาคาร ทำให้ลมเย็นพัดผ่านตลอดทั้งอาคาร ช่วยให้อุณหภูมิผิวของผนังลดลง สำหรับอาคารขนาดใหญ่เช่น อาคารทางศาสนา โบสถ์ วัด วัง ที่มีผนังหนา และมีมวลสารมาก ก็สามารถหน่วงเหนี่ยวความร้อนให้เข้าไปในอาคารได้ช้าลง

การรับเอาวัฒนธรรมและเทคโนโลยีตะวันตกเข้ามาใช้โดยที่ไม่นำมาปรับเปลี่ยนให้เข้ากับสภาพภูมิอากาศของเมืองไทย ส่งผลต่อรูปแบบการก่อสร้าง การเลือกใช้วัสดุผนังที่ไม่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป สร้างปัญหาในเรื่องการบริโภคพลังงานมากขึ้น รวมทั้งรูปแบบและลักษณะการก่อสร้างของทางตะวันตกซึ่งมักจะทำให้อาคารกักเก็บความร้อนมากกว่าที่จะระบายความร้อนออก ส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นเนื่องมาจากเครื่องปรับอากาศ ที่ให้ความเย็นสบายกับผู้ใช้อาคาร ทั้งอาคารสร้างใหม่ ไม่เว้นแม้แต่อาคารเก่าหรืออาคารเดิมที่เคยเย็นสบาย แต่ต้องติดเครื่องปรับอากาศที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป

ผลกระทบดังกล่าวส่งผลให้เกิดปริมาณในการใช้กระแสไฟฟ้าอย่างสูงจากรายงานของ การอนุรักษ์พลังงาน พบว่าการบริโภคพลังงานที่สูงอย่างในขณะนี้ น้ำมันเชื้อเพลิงจะหมดภายใน 50ปี ซึ่งแนวโน้มในการบริโภคพลังงานกลับจะมีแต่สูงขึ้นไป

ปัจจุบันจึงมีการรณรงค์ในการประหยัดพลังงานและหาแนวทางใหม่ๆให้กับประชาชนและผู้บริโภคพลังงานดังที่เห็นในสื่อต่างๆ

ความสำคัญของปัญหา

ผนังที่ใช้วัสดุก่อในเมืองไทยซึ่งโดยโครงสร้างแล้วจะมีส่วนประกอบด้วย ทราย ปูน และมีการผสม น้ำและซีเมนต์ เพื่อการยึดเกาะ ซึ่งถ้าจะพิจารณาบ้านพักอาศัย จะมีส่วนประกอบของวัสดุก่อมากกว่า 50 % เนื่องจากต้องการโครงสร้างที่แข็งแรงในการรับน้ำหนักอาคาร อีกทั้งวัสดุก่อจะสามารถหาได้ง่ายและเป็นที่นิยม ราคาถูกและสามารถปรับเปลี่ยนประโยชน์ใช้สอยได้ง่าย วัสดุเหล่านี้ล้วนแล้วแต่เป็นวัสดุที่มีมวลสาร ซึ่งนับว่าเป็นมวลสาที่มีขนาดปานกลาง(Medium Mass) มีคุณสมบัติในการสะสมความร้อนและความจุความร้อนมากพอสมควรซึ่งทั้งหมดจะมีผลต่อการนำ

ความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ ซึ่งเมื่อรับพลังงานความร้อนในรูปแบบต่างๆมาในระกับหหนึ่งแล้วก็จะสะสมไว้ในมวลสาร(Thermal Mass) ซึ่งจะรอเวลาในการถ่ายเทเข้าสู่อาคารหรือออกนอกอาคารขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในเวลานั้นๆ

ดังนั้นในการศึกษาถึงลักษณะพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุเหล่านี้ ซึ่งมีความสำคัญซึ่งนำไปพัฒนารูปแบบและความเหมาะสมของผนังอาคารที่ใช้วัสดุก่อในประเทศเขตร้อนชื้น แต่สำหรับในเขตร้อนชื้ถ้าพิจารณาทางด้านการพลังงานผนังที่ใช้วัสดุก่อจะเหมาะสมหรือไม่ (Minimum Energy Dwelling: 1978)

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อศึกษาถึงพฤติกรรมการถ่าสยเทความร้อนผ่านผนังวัสดุก่อในอาคารพักอาศัยทั้งที่มีการปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ
2. เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลและความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของผนังที่ใช้วัสดุก่อในอาคารพักอาศัยทั้งในสภาวะปรับอากาศภายในและไม่ปรับอากาศภายใน
3. เพื่อศึกษาถึงแนวทางในการปรับปรุงและเลือกใช้วัสดุก่อผนังของอาคารพักอาศัยที่เหมาะสมทั้งในสภาวะที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในและไม่มีการควบคุมอากาศภายใน

ขอบเขตการวิจัย

1. งานวิจัยชิ้นนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวของผิวผนังทั้งภายในและภายนอก

   ตัวแปรควบคุม

   1. พื้นผิวของวัสดุ
   2. ทิศทางของผนัง

2. ในการทดลองเก็บและวัดข้อมูลทำการวัดอุณหภูมิผิวของวัสดุผนังในวันและเวลาเดียวกัน ภายใต้สภาวะแวดล้อมเดียวกัน ตลอดทั้ง 36 ชั่วโมง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ในการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงเรื่องการถ่ายเทความร้อน(Heat Transmission) ผ่านผนังทั่วไปในอาคารบ้านพักอาศัยที่ใช้วัสดุก่อ(Mansory Construction)โดยวิเคราะห์ในส่วนของอุณหภูมิอากาศภายในและอุณหภูมิผิว
4. ในการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์นั้นไม่รวมตัวแปรอื่นดังนี้
    1. ความเร็วลม
    2. ความชื้น

สมมติฐานในการวิจัย

1. ค่าการดูดซับความร้อนของผนังที่แตกต่างกัน ไม่มีมีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศภายในกล่องผนังEIFSแต่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในผนังที่ใช้วัสดุก่อทั่วไป

2. การได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงไม่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในกล่องผนัง EIFS แต่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในผนังที่ใช้วัสดุก่อทั่วไป

วิธีการดำเนินงานวิจัย

จากสมมติฐานที่ตั้งขึ้นนั้น การศึกษาถึงศักยภาพในการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารนั้น วัสดุที่ใช้ในการทดลองจึงมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันในแง่ มวลสาร ค่าการต้านทานความร้อน ค่าความจุความร้อน ปัจจัยด้านอื่นก็จะเท่าเทียมกันหมด เช่น สี พื้นผิว หลังจากนั้นจึงนำเอาวัสดุมาติดตั้ง ทดลองวัดและบันทึกผลในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยในเชิงทดลอง (Experimental Research) ประกอบกับการวิเคราะห์ข้อมูลบนพื้นฐานของทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ :

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนศึกษา หลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

ทำการพิจารณา และศึกษาถึง ทฤษฎี หลักการที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย หรือแม้แต่ในงานวิจัยที่ใกล้เคียง โดยศึกษาถึงองค์ประกอบหลักที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง ตั้งแต่ มวลสาร อุณหภูมิวัสดุ รูปแบบการถ่ายเทความร้อน จนกระทั่งศึกษาถึงปัจจัยหลักที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน ซึ่งก็คือภูมิอากาศและสภาพท้องฟ้าในประเทศไทย โดยมีส่วนประกอบ ดังนี้ :

ส่วนที่ 1 : หลักการและทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุ
ส่วนที่ 2 : งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
ส่วนที่ 3 : การประมวลผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาประยุกต์กับงานวิจัย

ขั้นตอนที่ 2 : ขั้นตอนการทดลองและเก็บผลข้อมูล

ขั้นตอนที่ 2.1 การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ

เนื่องจากการเก็บข้อมูลต้องใช้ Thermister ในการเก็บข้อมูลของแต่ละวัสดุ เป็นจำนวนมาก จึงมีความจำเป็นที่จะขาดทำการทดสอบความน่าเชื่อถือและปรับแต่งค่ามาตรฐานให้ตรงกันเสียก่อน เพื่อที่จะได้ผลข้อมูลที่แม่นยำและสามารถนำมาวิเคราะห์หาผลสรุปได้

ขั้นตอนที่ 2.2 การตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุ

การตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุนั้น เพื่อให้ทราบถึงคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุแต่ละชนิดที่เลือกมาเป็นตัวแทนในการทดลอง เพื่อที่เมื่อเราทำการตรวจวัดอุณหภูมิของวัสดุแล้ว ก็จะสามารถนำมาเปรียบเทียบ พร้อมกับคุณสมบัติเฉพาะของวัสดุนั้น ๆ ได้ คุณสมบัติของวัสดุประกอบด้วย

- ค่าการนำความร้อนของวัสดุ
- ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุ
- ค่าความหนาแน่นของวัสดุ
- ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ

ขั้นตอนที่ 2.3 การเก็บข้อมูล

ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้กล่องทดลองเพื่อทดสอบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุแต่ละชนิดและปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อน หลังจากที่ทำการกำหนดขนาดและติดตั้งเรียบร้อยแล้ว จึงเริ่มทำการวัดและบันทึกอุณหภูมิผิวของวัสดุที่ทำการทดสอบแต่ละครั้ง ทุกๆ1 ชั่วโมง เป็นเวลา 36 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ Scientific data logger เป็นตัวอ่านค่าของอุณหภูมิที่วัดได้จากสายวัดทั้งหมด ซึ่งมีหลักเหณฑ์ในการทำงานโดยใช้หลักความต่างศักย์ของแรงดันไฟฟ้าที่ต่างกันภายใต้อุณหภูมิที่เปลี่ยนไป (ภายในสายประกอบด้วยโลหะ 2 ประเภท คือ ทองแดงและเหล็ก เมื่อนำมาเชื่อมกันจึงเกิดความต่างศักย์ไฟฟ้า) โดยใช้ปลายของสายวัดอุณหภูมิสัมผัสกับจุดที่ต้องการวัดอุณหภูมิ ซึ่งเครื่องวัดจะทำการแปลงค่าความต่างศักย์ออกมาเป็นค่าอุณหภูมิ Celsius Degree โดยแสดงผลออกมาเป็นตัวเลข (Digital display) (วันเอก กิจสมใจ: 2539)

ขั้นตอนที่ 2.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

เพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด และทราบว่าสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งขึ้นหรือไม่ นำผลการวัดที่ได้มาPlot กราฟเพื่อตรวจสอบพฤติกรรมในการถ่ายเทความร้อนเพื่อตรวจสอบผลที่ได้ว่ามีข้อผิดพลาดหรือไม่และเมื่อได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้แล้ว จึงนำมาวิเคราะห์ผลตามหลักทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุในช่วงเวลาต่างๆ เพื่อสรุปเป็นแนวทางในการเลือกใช้วัสดุผิวนอกของอาคารพักอาศัยตามความต้องการของผู้ใช้สอยเพื่อการประหยัดพลังงาน

ขั้นตอนที่ 2.5 หารูปแบบและแนวทางในการปรับปรุง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาจึงนำมาสรุปผลข้อมูลและรูปแบบและแนวทางในการปรับปรุงวัสดุผนังแต่ละชนิด เพื่อให้สอดคล้องกับรูปแบบการใช้ชีวิตและลักษณะของอาคารพักอาศัย

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้วัสดุก่อผนังที่เหมาะสมกับอาคารพักอาศัย เพื่อลดการใช้พลังงานภายในอาคาร
2. เพื่อทราบถึงตัวแปรต่างๆและอิทธพลต่างๆที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนในอาคารพักอาศัย
3. เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาต่อถึงการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุที่มีมวลสารขนาดกลางในบ้านพักอาศัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

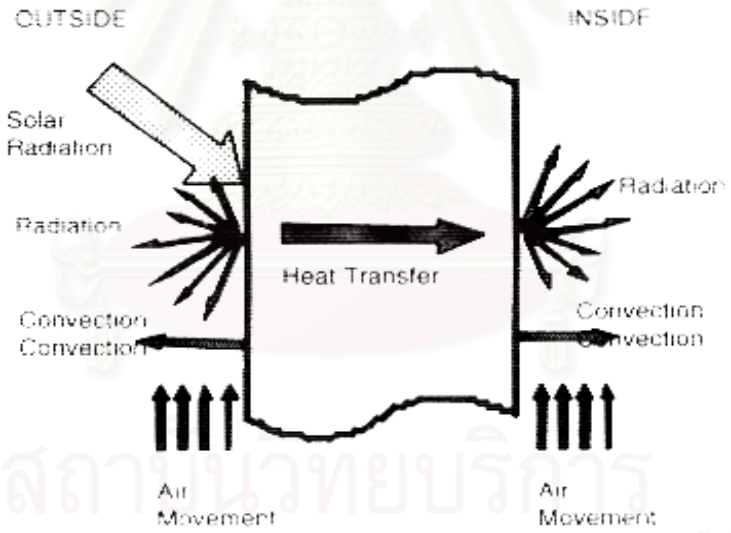
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุ(The Role of Thermal Mass)

อุณหภูมิอากาศภายในอาคารนั้นขึ้นอยู่กับอิทธิพลปัจจัยภายนอกหลายอย่าง เช่น Solar Radiation, อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร รวมถึง โครงสร้างและคุณสมบัติของวัสดุด้วยเช่นกัน อาคารที่ใช้งานโดยปราศจากเครื่องกลเพื่อช่วยลดอุณหภูมิอากาศภายในอาคารให้เข้าภาวะน่าสบายนั้น ส่วนใหญ่ก็จะขึ้นกับปัจจัยตัวแปรภายในมากมาย เช่น ลักษณะทางกายภาพของอาคาร Heat Gain และ Heat Losses ที่เกิดขึ้นทั้งภายในและภายนอกอาคาร ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 กรณี

1. **การนำความร้อน** (Heat Conduction)
2. **การพาความร้อน** (Heat Convection)
3. **การแผ่รังสีความร้อน**|(Heat Radiation)

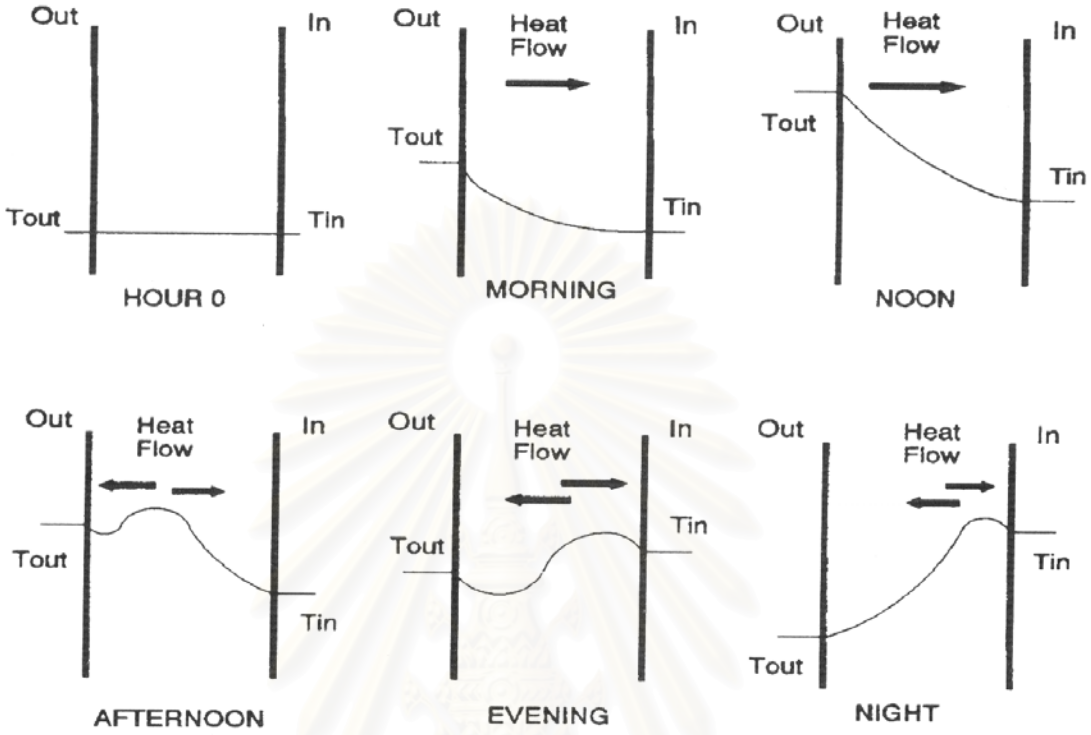
ตามภาพประกอบที่แสดงข้างล่างนี้



รูปภาพที่2- 1 ภาพแสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนัง
(Passive Cooling of Building: 1996)

จากภาพตัวอย่างข้างต้น แสดงถึงลักษณะการส่งผ่านความร้อนผ่านผนัง ในขั้นแรกนั้นอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในจะอยู่ใกล้เคียงกัน ในช่วงเวลาเช้า อุณหภูมิอากาศภายนอกเริ่มสูงขึ้น จากนั้นจึงเริ่มซึมผ่านผิวของเปลือกอาคารโดยการนำความร้อน (Heat Conduction) บริเวณผิวของวัสดุที่อยู่ติดกับอากาศจึงเริ่มร้อนขึ้น ในเวลากลางวัน อุณหภูมิอากาศภายนอกถึง

จุดสูงสุด และเริ่มที่จะลดลงในช่วงบ่าย แต่ภายในเปลือกอาคารยังมีอุณหภูมิที่สูงอยู่ และเริ่มที่จะถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคารในเวลาเย็นซึ่งมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่า



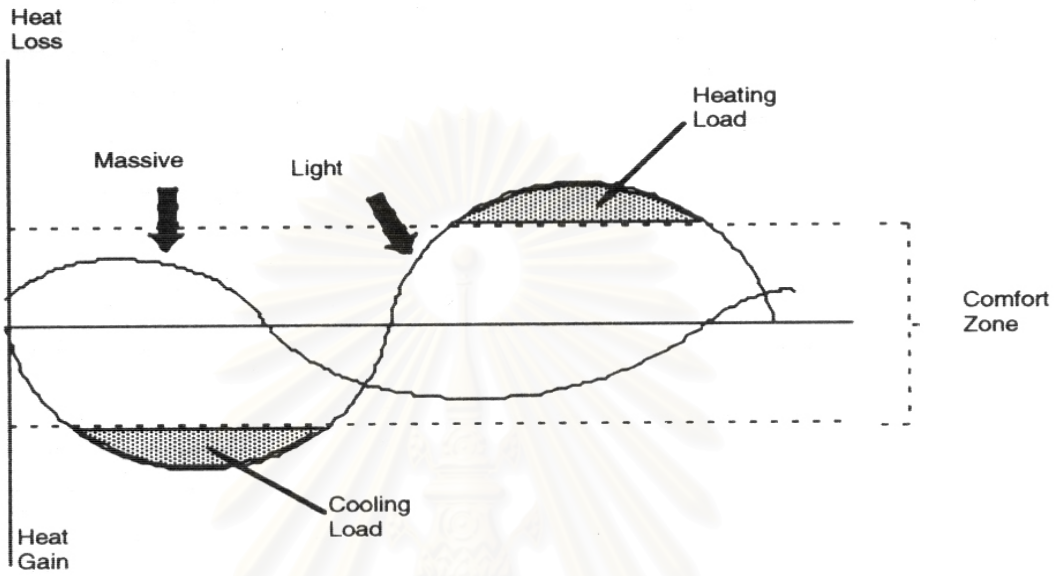
รูปภาพที่2- 2ภาพแสดงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนัง

(Passive Cooling of Building: 1996)

ดังนั้นในการที่จะรักษาสภาวะน่าสบาย (Comfort Zone)ไว้ จึงมีการนำเอาระบบเครื่องกลมาช่วยลดอุณหภูมิอากาศส่วนเกินที่เข้ามาในอาคาร เป็นผลให้ ระบบเครื่องต้องทำงานหนักทั้งลดอุณหภูมิอากาศภายในห้องและผิววัสดุซึ่งเป็นการเพิ่มภาระการทำความเย็น(Cooling Load) ให้กับอาคารโดยตรง พฤติกรรมดังกล่าวจึงเป็นการสร้างปัญหาให้กับอาคารขนาดใหญ่ ซึ่งในประเทศทางตะวันตกนั้น มีการใช้ มวลสาร (Thermal Mass) ตามส่วนประกอบต่างๆของอาคาร เช่น พื้น ผนัง ภายนอก ผนังภายใน หลังคา โครงสร้างต่างๆเพื่อช่วยสะสมความร้อนไว้ในฤดูหนาว

ในฤดูหนาว ความร้อนที่สะสมในช่วงเวลากลางวัน (Peak Load) จะถูกสะสมอยู่ในมวลสารของผนัง และถูกแผ่ออกมาในอาคารในช่วงเย็นและเวลากลางคืน ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในไม่ต่ำมากนัก ในฤดูร้อน ความร้อนที่สะสมอยู่ในมวลสาร ก็จะช่วยลด Peak Cooling Load ในเวลากลางวัน

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่ามวลสารจะไม่สามารถลดปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคารได้มากนัก แต่ก็ยังสามารถหน่วงเหนี่ยวความร้อนไม่ให้ความร้อนเข้าสู่อาคารได้เร็วเกินไป และเมื่อเปรียบเทียบอาคารที่มีมวลสารมากและมวลสารน้อย พบว่า (Robertson, D. 1986)



รูปภาพที่2- 3ภาพแสดงการเปรียบเทียบ Cooling Load ของอาคารมวลสารมาก และมวลสารน้อย ((Passive Cooling of Building: 1996)

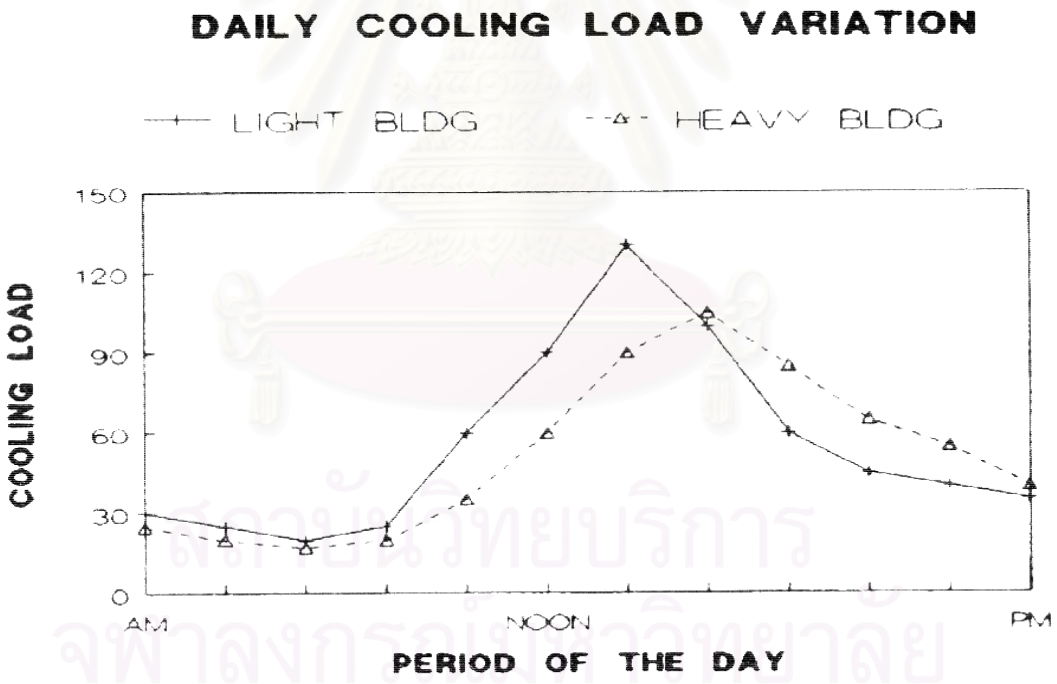
จากกราฟแสดงให้เห็นว่า เมื่ออุณหภูมิภายนอกนั้นสูง (บนแกน X) ซึ่งหมายถึงอาคารได้มีการสูญเสียความร้อน(Heat Losses)ให้กับสภาพแวดล้อม เป็นการเพิ่ม Heating Load เพื่อประอุณหภูมิอากาศ ในขณะเดียวกันเมื่อได้รับความร้อนจากภายนอก (Heat Gain) เข้ามาในอาคารจึงต้องใช้ Cooling Load เพื่อปรับเข้าสู่ สภาวะน่าสบาย (Comfort Zone) เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วพบว่าอาคารที่มีมวลสารมากนั้นจะมีช่วงความต่างของอุณหภูมิไม่มากนั้น(Temperature Swing) ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในเกือบที่จะคงที่ อยู่ในComfort Zone ตลอดเวลา

ประโยชน์ของการใช้มวลสารนั้นอีกข้อหนึ่งคือ คุณสมบัติการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ซึ่งเป็นการหน่วงเหนี่ยวความร้อนให้เข้าไปในอาคารได้ช้าลง ตัวอย่างเช่น ในการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง เริ่มตั้งแต่ อุณหภูมิอากาศภายนอกของผนังเริ่มสูงขึ้นและเริ่มConduct ผ่านผิวผนังเข้ามาข้างใน จนกระทั่งผิวผนังภายในเริ่มมีอุณหภูมิสูงขึ้น กระบวนการทั้งหมดนั้นต้องมีระยะเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง นอกจากนั้น ยังขึ้นอยู่กับค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุอีกด้วย ซึ่งตัวแปรดัง

กล่าวนี้จะสามารถอธิบายเกี่ยวกับ การต้านทานความร้อนของวัสดุและช่องว่างอากาศภายในเนื้อวัสดุ

จากการทดสอบ แผ่นไม้ หนา 2.5 เซนติเมตร จะมีค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุเทียบเท่ากับ คอนกรีต หนา 30.5 เซนติเมตร เนื่องจาก ช่องว่างอากาศภายในเนื้อไม้นั้นมีมากกว่าคอนกรีต แต่ความร้อนก็จะสามารถผ่านเนื้อไม้ได้เร็วกว่าคอนกรีต เนื่องจากมีค่าความจุความร้อน (Heat Capacity) น้อยกว่าคอนกรีต ในทางกลับกัน คอนกรีตก็จะมีคุณสมบัติสามารถหน่วงเหนี่ยวความร้อนให้ผ่านไปได้ดีกว่าไม้เนื่องจากมีค่าความจุความร้อนมากกว่าไม้(Heat Capacity)

การหน่วงเหนี่ยวความร้อนนี้ เรียกว่า Time Lag ซึ่งในอาคารที่มีโครงสร้างก่ออิฐนั้น ขนาดผนังหนา 30.5 เซนติเมตร จะสามารถหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้ 10 ชั่วโมงสำหรับอิฐธรรมดา และ 6 ชั่วโมงสำหรับ Face Brick, 8 ชั่วโมงสำหรับคอนกรีตขนาดหนัก และ 20ชั่วโมงสำหรับไม้เนื่องจากความชื้นที่สะสมอยู่ (Lechner, N., 1991)



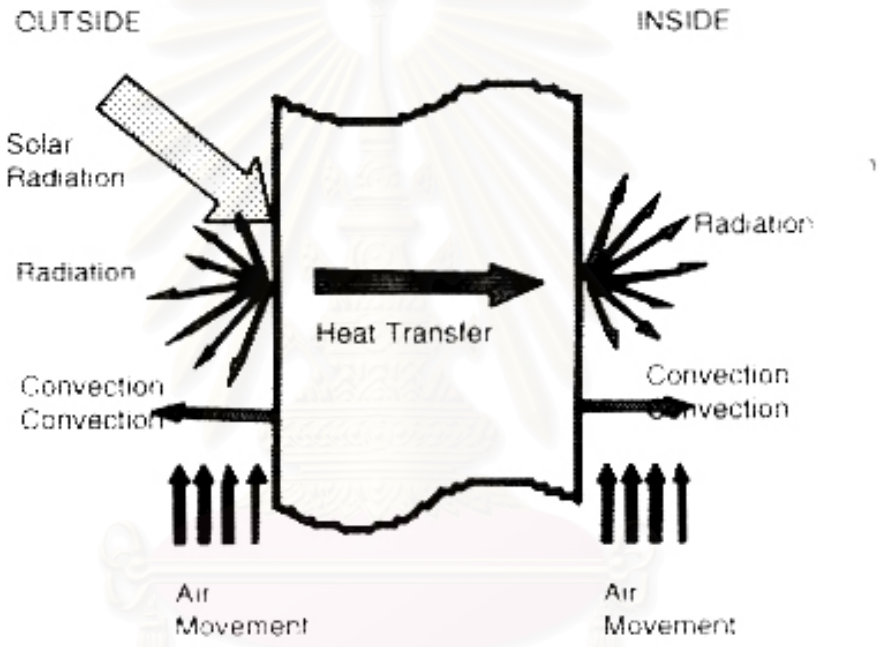
รูปภาพที่2- 4 แสดงการเปรียบเทียบ Cooling Load ที่ผ่านเข้ามาของอาคารมวลสารมากและมวลสารน้อย (Lechner, N., 1991)

จากกราฟจะเห็นว่าภาระการทำความเย็น (Cooling Load)ที่ใช้สูงสุดของอาคารมวลสารมากนั้นจะต่ำกว่าอาคารที่มีมวลสารน้อย

2.2 กระบวนการถ่ายเทความร้อน(Heat Transfer Mechanisms)

(M.Santamouris and D. Asimakopoulos.1996)

ในช่วงเวลากลางวัน ผิวผนังอาคารเริ่มมีอุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากอิทธิพลจากแสงแดดและบางส่วนสูญเสียไปเนื่องจากการพา (Convection) และการแผ่รังสี (Radiation)ความร้อนที่ดูดซับผ่านผนังก็จะกระจายออกทางด้านในอาคารตามรูป



รูปภาพที่2- 5ภาพแสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนัง
(Passive Cooling of Building: 1996)

ส่วนอุณหภูมิภายในผนังนั้นจะแตกต่างกันมากหรือน้อยจขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุที่เป็นผนังมวลสาร ส่วนในเวลากลางคืน การถ่ายเทความร้อนจะกลับกัน เนื่องจากสภาพภายนอกของผนังเปลี่ยนไป อุณหภูมิอากาศภายนอกนั้นลดลง และไม่มีผลกระทบต่อ Solar Radiation ซึ่งอัตราการลดลงของอุณหภูมิก็ขึ้นอยู่กับ สภาพภูมิอากาศ คุณสมบัติเฉพาะของวัสดุ

อัตราการลดลงของอุณหภูมิ ส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับการพา(Air Convection)และแผ่รังสีความร้อน(Heat Radiation)ของวัสดุต่อสภาพแวดล้อม ยิ่งความเร็วลมภายนอกมีมากก็ยิ่งลดอุณหภูมิผิววัสดุได้มากเท่านั้น

2.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อมวลสารวัสดุ(Parameters Influencing Thermal Mass Effectiveness) (M.Santamouris and D. Asimakopoulos.1996)

จากการวิจัยพบว่า การใช้มวลสารที่เหมาะสมในอาคารสำนักงานนั้นจะช่วยลดภาระในการทำความเย็นได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ (Brown, N. 1990) และจากการทดลองภายใต้สภาวะควบคุม พบว่าช่วงความต่างของอุณหภูมิอากาศระหว่างกลางวันและกลางคืนที่เหมาะสมจที่ะใช้ประโยชน์จากมวลสารนั้นควรที่จะอยู่ที่ประมาณ 10 องศาเคลวิน ในทางกลับกันถ้าความต่างของอุณหภูมิอากาศช่วงกลางวันและกลางคืนต่างกันไม่เกิน 2.5 องศาเคลวิน จะไม่เกิดประโยชน์จากการใช้มวลสาร

อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุอาคารและผลกระทบจะเกิดขึ้นมากน้อยขนาดไหนนั้นขึ้นอยู่กับตัวแปรและสภาพแวดล้อมต่างๆ ซึ่งความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรนั้นเป็นสิ่งสำคัญ ทำให้ทราบถึงวิธีการนำไปใช้ให้ได้ประโยชน์สูงสุด ตัวแปรที่สำคัญมีดังนี้

2.3.1 Material Thermal Mass Properties and Performances

การกระจายตัวของอุณหภูมิในวัสดุนั้นขึ้นอยู่กับหลายๆปัจจัย เช่น เวลา ภูมิอากาศ คุณสมบัติของผนัง การส่งผ่านความร้อนก็จะแตกต่างกันในทั้งกลางวันแลกลางคืนอย่างชัดเจน สำหรับคุณสมบัติของผนังที่แสดงถึงศักยภาพในการเก็บหรือต้านทานความร้อนนั้นขึ้นอยู่กับ ค่าความหนาแน่นของวัสดุ (ρ) ค่าความจุความร้อนของวัสดุ (c) ค่าการนำความร้อนของวัสดุ (λ)ถ้าวัสดุนั้นมีคุณสมบัติดังกล่าวต่ำ หมายความว่าวัสดุชนิดนั้นมีความสามารถกักเก็บความร้อนได้ต่ำเช่นกัน ดังนั้นจึงต้องเพิ่มความหนาให้เต็มที่เพื่อที่จะสามารถกักเก็บคววามร้อนได้

2.3.2 Thermal Mass Location and Distributions

การใช้มวลสารในอาคารที่ต่างสถานที่ต่างภูมิอากาศก็จะสามารถส่งผลกระทบต่างอาคารไม่เหมือนกัน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กรณี

1. Direct Heat Gain ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยตรง
2. Indirect Heat Gain ได้รับความร้อนจากการพาหรือแผ่รังสีความร้อนของวัตถุอื่น

ซึ่งจากการทดลอง(Leachen, N. 1991) พบว่าลักษณะการกระจายความร้อนในผนังนั้นมีความสัมพันธ์กับทิศทางของผนังและเวลา ผนังทางด้านทิศเหนือนั้นต้องการการหน่วงความร้อน (Time Lag) เพียงเล็กน้อย เนื่องมีปริมาณความร้อนที่ผ่านผนังทิศเหนือไม่มาก ทิศตะวันออกนั้นควรที่จะมี Time Lag ประมาณ 14 ชั่วโมง ความร้อนที่เข้ามาก็จะถูกหน่วงจนถึงตอนเย็น ทางทิศใต้และทิศตะวันตกควรที่จะมี Time Lag ประมาณ 8 ชั่วโมงเป็นอย่างน้อย ในการศึกษาถึงประสิทธิภาพในการใช้ผนังที่มีมวลสารนั้น ขึ้นอยู่กับประเภทการใช้งานของอาคาร รวมถึงเรื่องเวลาการใช้งาน มวลสารภายใน และสภาพภูมิอากาศโดยรอบ

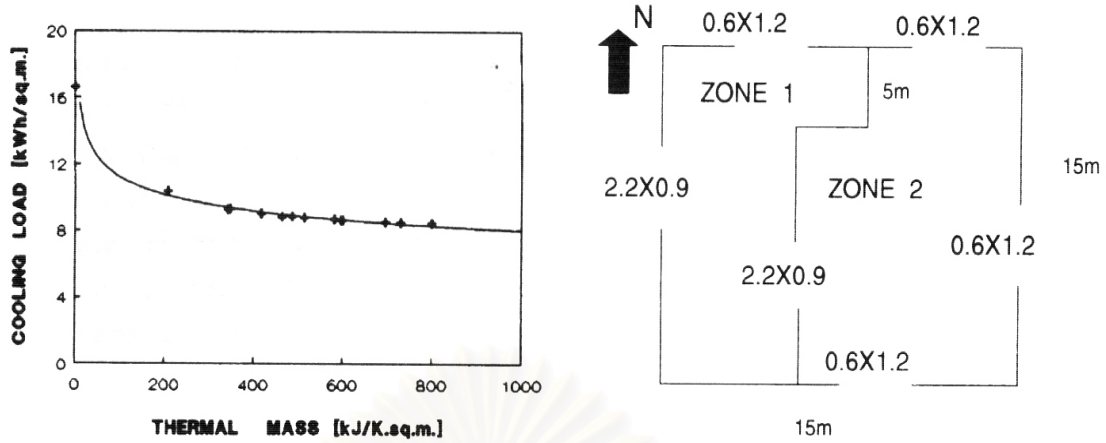
จากการศึกษาอาคาร 3 ประเภท คือ โกดังเก็บของ อาคารสำนักงานขนาดเล็ก และอาคารให้เช่า ในสภาพภูมิอากาศต่างๆกัน ซึ่งศึกษาใน แถบเหนือและใต้ของอเมริกา (Atlanta, Phoenix, New York และ Minneapolis) ผลจากการศึกษา(Ober, D. and D. Wortman. 1991)พบว่าการใช้ผนังมวลสารมากในผนังนั้นส่งผลกระทบต่อ อาคารสำนักงานให้เช่าและร้านค้ามากกว่าโกดังเก็บของ ซึ่งการศึกษางานวิจัยพบว่า (Shaviv, E. 1988) ถ้ามีการควบคุม Heat Transfer Coefficient ค่า U-Value ของผนังเท่ากับ 0.682 W/sq.m.c พบว่า อาคารที่ใช้งานตลอดทั้งวันความหนา(Thickness)ของผนังภายในที่พอเหมาะอยู่ที่ 10 เซนติเมตร ผนังภายนอกที่เหมาะสมนั้นอยู่ที่ 15 เซนติเมตร ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่า การใช้ มวลสารของผนังในอาคารนั้นสามารถแบ่งพิจารณาได้ 2 กรณี

1. อาคารพักอาศัยขนาดเล็ก ควรมีมวลสารภายในไม่มากนัก
2. อาคารที่มีการใช้งานเป็นช่วงเวลา เช่น อาคารสำนักงาน ซึ่งมีความร้อนภายในมาก(Internal Heat Gain) ควรมีมวลสารภายใน(Internal Mass)ไม่มากจนเกินไป

บทบาทของThermal Mass สภาพภูมิอากาศแบบเมดิเตอเรเนียน (Argiriou, A.1992) ศึกษาถึงรูปแบบอาคาร 2 ลักษณะ คือ

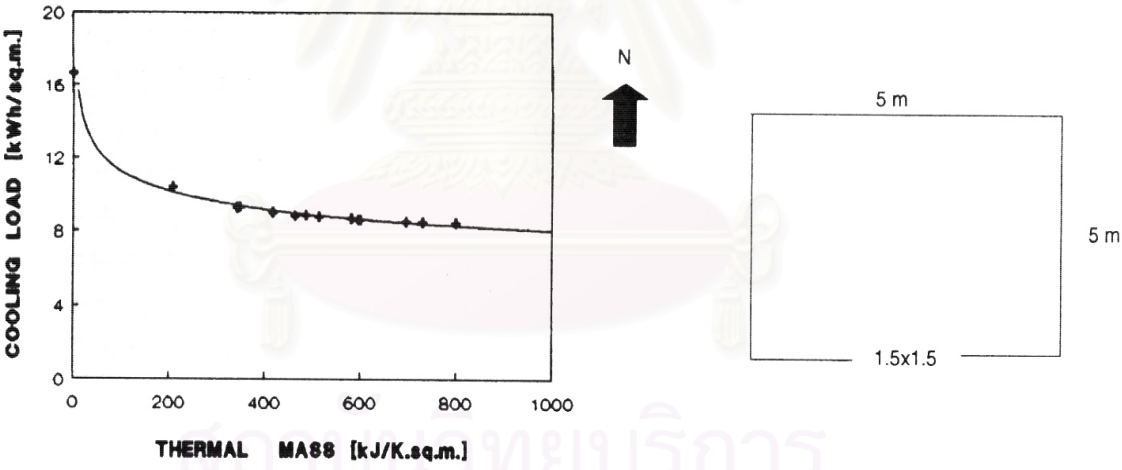
1. Monozone Building
2. Two-zone Building

ใช้วัสดุผนังแตกต่างกัน 13 ชนิด โดยที่รูปทรงอาคารมีลักษณะเดียวกัน โดยค่า Conductivity อยู่ระหว่าง 0.19-1.63 W/sq.m.k. ค่าความจุความร้อน(Heat Capacity) อยู่ระหว่าง 796-1017 J/kg.c.ค่าความหนาแน่นของวัสดุอยู่ระหว่าง 600-2300 Kg/m3 ผลที่ได้ออกมาดังกราฟ



รูปภาพที่2- 6ภาพแสดงCooling Load ใน Two-zone Building

(Passive Cooling of Building: 1996)



รูปภาพที่2- 7ภาพแสดงCooling Load ใน mono-zone Building

(Passive Cooling of Building: 1996)

2.4 การถ่ายเทความร้อน

ความร้อนและอุณหภูมิ

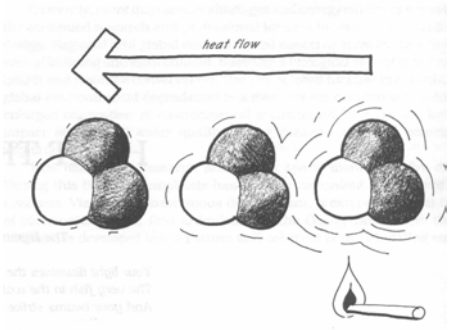
ความร้อนและอุณหภูมิโดยทั่วไปมีความหมายต่างกัน ความร้อนเป็นพลังงานของโมเลกุลที่เคลื่อนที่ของสสาร แต่อุณหภูมิเป็นหน่วยการวัดปริมาณการเคลื่อนที่ของแต่ละโมเลกุลโดยรวมของสสารนั้น ๆ ซึ่งอุณหภูมิเป็นการวัดปริมาณพลังงานความร้อนที่อยู่ในสสารนั่นเอง พลังงานความร้อนของสสารหรือวัสดุจึงเกิดจากแต่ละโมเลกุลภายในเคลื่อนไหวหรือสั่น (Vibration)

ค่าศูนย์องศาสัมบูรณ์ (Absolute zero) เป็นค่าอุณหภูมิที่โมเลกุลของสสารทุกชนิดหยุดเคลื่อนไหว ได้แก่อุณหภูมิ –459.69 องศาฟาเรนไฮนท์, -273.15 องศาเซลเซียส และ 0 องศาเคลวิน ยิ่งโมเลกุลมีการเคลื่อนไหวเร็วจะทำให้สสารมีอุณหภูมิสูงขึ้น ค่าการวัดมี 2 แบบ แบบแรกได้แก่การวัดอุณหภูมิมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียสและองศาฟาเรนไฮนท์ที่นิยมกันอยู่ทั่วไป แบบที่สองได้แก่การวัดพลังงานความร้อนมีหน่วยเป็น British Thermal Unit (Btu) หรือแครอลรี่ (Calorie) Btu คือจำนวนปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ 1 องศาฟาเรนไฮนท์ของน้ำ 1 ปอนด์

ความร้อนจะเคลื่อนที่จากสสารที่ร้อนสู่สสารที่เย็นกว่าเสมอ และถ้าสสารใด ๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแล้วก็จะไม่มีการถ่ายเทความร้อน การถ่ายเทความร้อนมีอยู่ 3 ประเภทได้แก่ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน

2.4.1 การนำความร้อน (Conduction)

การนำความร้อนเกิดจากการเคลื่อนที่ของพลังงานระหว่างโมเลกุลที่อยู่ติดกัน การถ่ายเทความร้อนจะเกิดจากบริเวณที่ร้อนกว่าหรือมีการเคลื่อนไหวของโมเลกุลมากกว่า ไปสู่บริเวณที่เย็นกว่า หรือมีการเคลื่อนไหวของโมเลกุลช้ากว่า การถ่ายเทความร้อนจะเกิดในทุกทิศทาง และจะไม่ขึ้นอยู่กับแรงโน้มถ่วงของโลก วัสดุจะมีการนำความร้อนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุล วัสดุที่มีความหนาแน่นมากจะนำความร้อนได้มาก วัสดุโลหะ เช่น อลูมิเนียม เหล็ก ทองแดง เป็นตัวนำความร้อนที่ดีที่สุด รองลงมาได้แก่คอนกรีตและอิฐ วัสดุธรรมชาติเช่นไม้จะมีค่าการนำความร้อนน้อยกว่า



รูปภาพที่2- 8 Heat transfer by conduction.(Moore, Fuller,1993)

อากาศหรือก๊าซชนิดต่าง ๆ จะเป็นตัวนำความร้อนที่แย่ที่สุด ทำให้อากาศเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี อย่างไรก็ตามค่าการนำความร้อนไม่สามารถผ่านไปยังที่ ๆ ไม่มีโมเลกุลเรียงตัวกันอย่างสูญญากาศได้ ความสามารถในการนำความร้อนจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างได้แก่ คุณสมบัติของวัสดุ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิววัสดุ ความหนาวัสดุ พื้นที่สัมผัสโดยตรงกับความร้อน และช่วงเวลาที่สัมผัสนั้น เป็นต้น ค่าที่เกี่ยวข้องกับการนำความร้อนได้แก่

สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Conductivity: k) หน่วย W/m.^{o}K หรือ Btu.in/(ft^{2} .h.^{o}F) คือค่าการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านสสารในความหนา ช่วงเวลา พื้นที่ และค่าความแตกต่างอุณหภูมิหนึ่ง ๆ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนใช้ในการวัดค่าการนำความร้อนของวัสดุ เช่น คอนกรีตมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ 12.0 Btu.in/(ft^{2} .h.^{o}F หมายความว่าคอนกรีตขนาด 1 ตารางฟุต หนา 1 นิ้ว มีค่าความแตกต่างอุณหภูมิของสองด้านคอนกรีตเท่ากับ 1.0 Btu แล้ว จะมีการนำความร้อน 12.0 Btu ผ่านในวัสดุใน 1 ชั่วโมง

ความนำความร้อน (Conductance: C) หน่วย W/m^{2}.^{o}K หรือ Btu /(ft^{2} .h.^{o}F) คือค่าการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านสสารในความหนาที่กำหนดในช่วงเวลา 1 หน่วย โดยมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ 1 หน่วย ค่าความนำความร้อนนั้นคล้ายกับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนแต่หน่วยของการวัดจะกำหนดตายตัว เช่น คอนกรีตหนา 3 นิ้วมีค่าความนำความร้อนเท่ากับ 4.0 Btu /(ft^{2} .h.^{o}F) (ซึ่งมาจากค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนหารด้วยความหนา 3 นิ้ว) หมายความว่าถ้าคอนกรีตหนา 3 นิ้ว พื้นที่ 1 ตารางฟุต มีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอก 1.0 Btu จะมีการนำความร้อน 4 Btu ผ่านวัสดุใน 1 ชั่วโมง

$$C = k / \text{ความหนาวัสดุ}$$

ความต้านทานความร้อน (Resistance: R, R-value) หน่วย $m^2.^oK/W$ หรือ $(ft^2.h.^oF)/Btu$ คือ ส่วนกลับของค่าความนำความร้อน เป็นค่าที่นิยมใช้ในการกำหนดค่าฉนวนกันความร้อนภายในอาคาร ค่า R-value ที่มากขึ้นยิ่งแสดงถึงค่าความเป็นฉนวนที่มีมาก

$$R = 1 / C$$

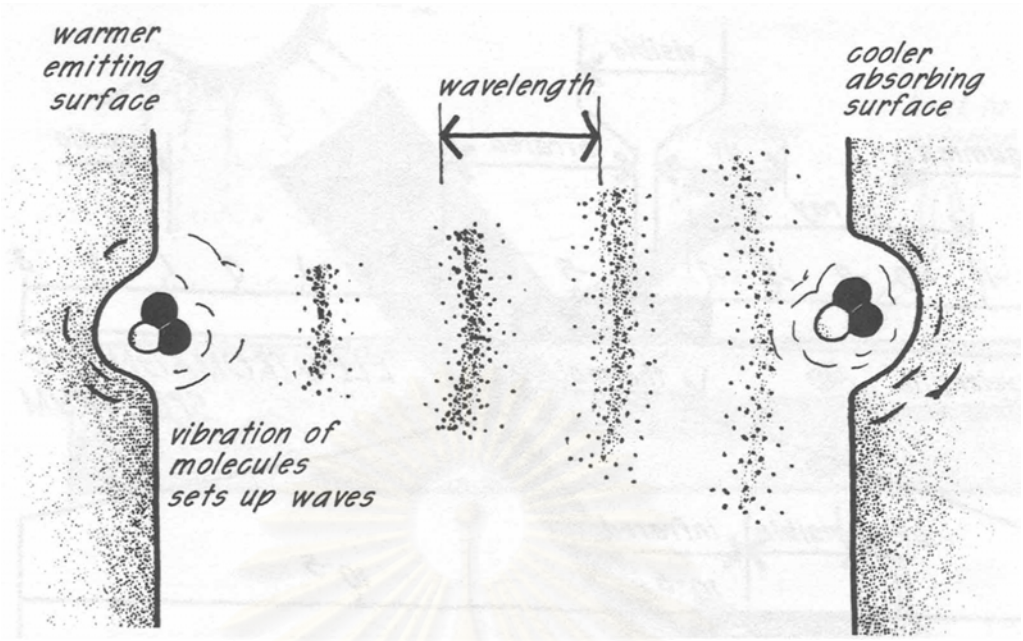
สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Thermal transmittance: U) หน่วย $W/m^2.^oK$ หรือ $Btu/(ft^2.h.^oF)$ คือหน่วยของการวัดปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเข้ามาในอาคารในช่วงเวลาหนึ่ง และพื้นที่หนึ่ง เป็นส่วนกลับของค่า R

$$U = 1/\sum R$$
$$= 1 / (R_1 + R_2 + R_3 + \ldots\ldots\ldots + R_n)$$

2.4.2. การแผ่รังสีความร้อน

การแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อโมเลกุลของสสารเกิดการเคลื่อนไหวจะคายพลังงานคลื่นออกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การแผ่รังสีความร้อนจึงเป็นการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งจะเคลื่อนที่จากวัตถุที่ร้อนกว่าไปสู่วัตถุที่เย็นกว่า เช่นเดียวกับการนำความร้อน แต่การแผ่รังสีความร้อนสามารถส่งความร้อนผ่านสูญญากาศได้

การเคลื่อนที่หรือการสั่นของโมเลกุลพื้นผิวของสสารจะก่อให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถเคลื่อนผ่านตัวกลางได้เร็วเท่ากับความเร็วแสง การเคลื่อนที่ของโมเลกุลจะช้าลงเมื่อเปลี่ยนแปลงไปเป็นคลื่นรังสีความร้อน โดยเมื่อความร้อนเคลื่อนที่ผ่านของแข็ง อากาศ หรือสูญญากาศไปจนกระทบพื้นผิววัสดุอีกด้าน จะสะสมพลังงานความร้อนในด้านนั้น ๆ และทำให้โมเลกุลมีการเคลื่อนไหวมากขึ้นจนอุณหภูมิสูงขึ้น และคายความร้อนออกมา การแผ่รังสีความร้อนจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในทุกทิศทาง และไม่ขึ้นกับแรงโน้มถ่วงของโลก



รูปภาพที่2- 9 Radiant energy transfer between two surface molecules.

(Moore, Fuller,1993)

ความยาวคลื่น

อุณหภูมิโมเลกุลของพื้นผิววัสดุสามารถให้ความร้อนที่วัดได้เป็นค่าความยาวคลื่น (Wave length) หรือความถี่คลื่น (Frequency) ได้ โมเลกุลของพื้นผิวแต่ละชนิดจะมีการเคลื่อนไหว หรือการสั่นที่แตกต่างกัน และแผ่รังสีความร้อนออกมาในความเร็วที่คงที่ การเคลื่อนไหวดังกล่าวจะทำให้เกิดความถี่ของคลื่นการแผ่รังสี โมเลกุลที่เคลื่อนที่เร็วที่สุดหรือร้อนที่สุดจะคายคลื่นรังสีสั้น ๆ ออกมา เช่น คลื่นรังสีจากดวงอาทิตย์จะเป็นคลื่นสั้น (ประมาณ 0.4-4.0 micron, 1 micron = 10^{-6} เมตร) และโมเลกุลที่เคลื่อนที่ช้า ๆ จะคายรังสีคลื่นยาวซึ่งมีความยาวคลื่น 8-50 micron

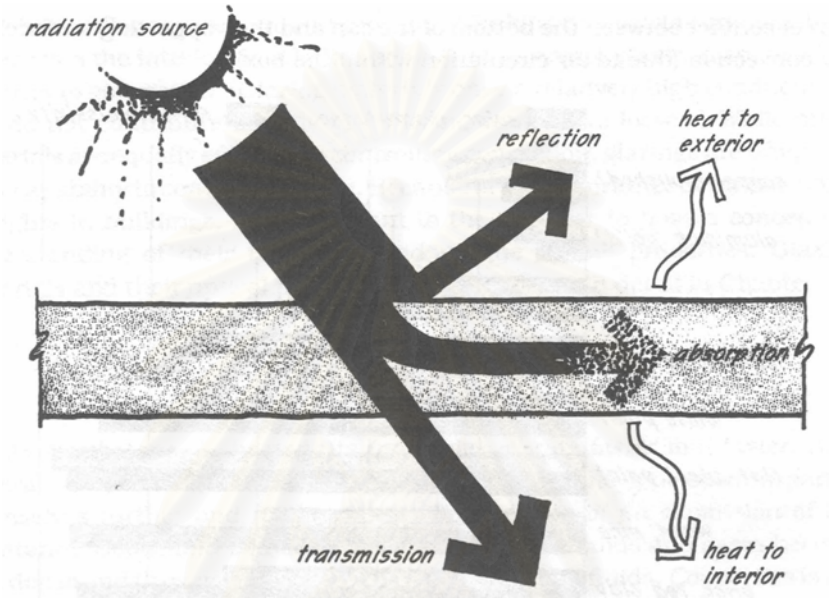
เมื่อพลังงานการแผ่รังสีความร้อนกระทบพื้นผิว พื้นผิวนั้นจะสามารถดูดซับ (Absorbtion:α) ความร้อน และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนซึ่งจะทำให้ผิววัสดุอุ่นขึ้น และสามารถสะท้อนความร้อน (Reflection:β) นั้นกลับไปได้ ถ้าวัสดุมีคุณสมบัติที่ความร้อนสามารถผ่านไปได้ ความร้อนจะทะลุผ่าน (Transmission:τ)ชั้นวัสดุออกไป ค่าการดูดซับความร้อน การสะท้อนความร้อน และการทะลุผ่านของความร้อนนั้นไม่มีหน่วย และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0-1.0 ค่าของคุณสมบัติ 3 ส่วนรวมกันจะเท่ากับ 1

$$\alpha + \beta + \tau = 1$$

α = ค่าการดูดซับความร้อนของวัสดุ

β = ค่าการสะท้อนความร้อนของวัสดุ

τ = ค่าการทะลุผ่านของความร้อนของวัสดุ



รูปภาพที่2- 10 Absorbtion, reflection, and transmission of radiation striking a semitransparent material.(Moore, Fuller,1993)

การคายความร้อน (Emissivity: ε)

ค่าการคายความร้อนเป็นหน่วยการวัดความสามารถของผิววัสดุที่จะคายรังสีความร้อนออกมาในอุณหภูมิที่กำหนด ค่าการคายความร้อนสามารถวัดได้เป็น 0.0 ในกรณีที่วัสดุไม่มีการคายความร้อน ไปจนถึง 1.0 ซึ่งเป็นการคายความร้อนที่สูงที่สุดเทียบได้กับวัสดุจำลอง Black body ในอุณหภูมิต่าง ๆ กันจะพบว่าค่าการคายความร้อนจะเท่ากับค่าการดูดซับความร้อน (Kirchhoff's law)

$$\varepsilon = \alpha \text{ (Black body)}$$

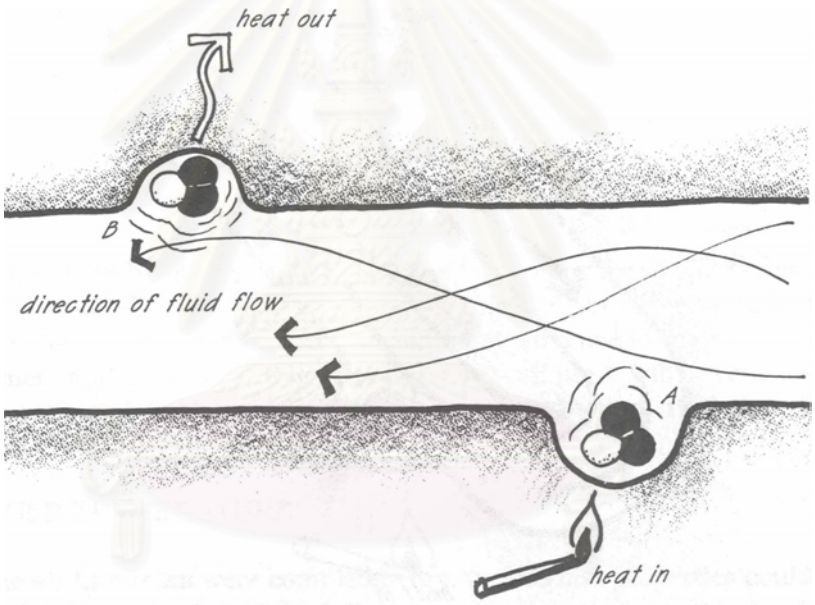
α = ค่าการดูดซับความร้อนของวัสดุ

ε = ค่าการคายความร้อนของวัสดุ

วัสดุที่ผิวไม่มันหรือไม่เป็นโลหะ (Non metallic) จะมีความสามารถคายความร้อนได้มากกว่าวัสดุโลหะ วัสดุสีเข้มจะมีการดูดซับความร้อนที่ดีและมีอุณหภูมิสูงได้อย่างรวดเร็วในขณะที่วัสดุสีอ่อนจะสะท้อนความร้อนได้ดีและมีอุณหภูมิต่ำกว่า วัสดุธรรมชาติจะเก็บความร้อนไว้ในขณะที่วัสดุที่มีผิวมันจะไม่เก็บความร้อน และมีอุณหภูมิผิวต่ำลงได้เร็ว

2.4.3 **การพาความร้อน** (Convection)

การพาความร้อนคือการถ่ายเทความร้อนโดยการเคลื่อนที่ของของไหลผ่านตัวกลาง เช่น อากาศและน้ำ เมื่อสสารถูกทำให้ร้อนโมเลกุลจะเคลื่อนไหวเร็วขึ้นและแตกกระจายออกไปในทิศทางต่าง ๆ ก่อให้เกิดการขยายตัวของสสารนั้น ๆ โดยของแข็งจะมีการเพิ่มปริมาตรขึ้น ของเหลวและก๊าซจะมีความหนาแน่นต่ำลงและลอยตัวขึ้น



รูปภาพที่2- 11 ภาพแสดงการพาความร้อนจากจุด A ไปยังจุด B (Moore, Fuller, 1993)

จากรูปการถ่ายเทความร้อนจากด้านร้อน A ไปด้านเย็น B มีการเคลื่อนที่ที่เกิดจากการนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนจากภายนอกจนมากระทบที่จุด A ความร้อนนี้จะถ่ายเทไปที่อากาศและพาความร้อนผ่านอากาศไปยังจุด B ความแตกต่างของการนำความร้อนและการพาความร้อนคือความแตกต่างของการเคลื่อนที่ของโมเลกุล การนำความร้อนนั้นโมเลกุลจะไม่เปลี่ยนตำแหน่งแต่จะเคลื่อนย้ายพลังงานจากโมเลกุลหนึ่งไปยังโมเลกุลใกล้เคียง ส่วนการพาความร้อนพลังงานจะถูกถ่ายเทไปโดยโมเลกุลจะนำไปด้วยตัวเอง

2.4.4ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U)

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน มีค่าเท่ากับ $1/\sum R$ มีหน่วยเป็น W / ($m^{2.0}C$) โดยค่า $\sum R$ หมายถึงค่าความต้านทานความร้อนรวมของวัสดุผนังมีหน่วยเป็น ($m^{2.0}C$) / W

ดังนั้นหากวัสดุผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมากก็หมายถึงมีค่าความต้านทานความร้อนรวมของวัสดุผนังน้อย ความร้อนจึงสามารถถ่ายเทเข้ามาสู่ภายในอาคารได้มากกว่าวัสดุผนังที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนน้อยกว่า ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจะใช้ในการคำนวณปริมาณความร้อนที่เข้าหรือออกจากอาคารอันเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอกกับภายใน ค่าความแตกต่างอุณหภูมิอากาศระหว่างภายในและภายนอก จะสามารถแยกออกได้เป็น 2 กรณี ดังนี้

1. ในกรณีที่ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในคงที่ หรือมีอิทธิพลจากองค์ประกอบภายนอกไม่รุนแรงมากนัก จะใช้สมการในการคำนวณปริมาณการถ่ายเทความร้อน ดังนี้ (ASHARE, 1989)

$$Q = U*A*(t_0 - t_i)$$

Q หมายถึง ปริมาณการถ่ายเทความร้อน มีหน่วยเป็น W

U หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน มีหน่วยเป็น W / ($m^{2.0}C$)

A หมายถึง พื้นที่ผิวที่ได้รับความร้อน มีหน่วยเป็น m^2

t_0 หมายถึง อุณหภูมิอากาศภายนอก มีหน่วยเป็น ^0C

t_i หมายถึง อุณหภูมิอากาศภายใน มีหน่วยเป็น ^0C

2. ในทางปฏิบัติจริง ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศระหว่างภายนอกและภายในไม่เคยคงที่ จะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลา ด้วยเหตุนี้การคำนวณปริมาณการถ่ายเทความร้อน จึงใช้ค่า CLTD (Cooling Load Temperature Difference) แทนค่า $(t_0 - t_i)$ จากการศึกษา (ASHARE, 1989) พบว่า ค่า CLTD ดัดแปลงมาจาก $(t_0 - t_i)$ โดยคำนึงถึงอิทธิพลภายนอกหลายองค์ประกอบ เช่น เวลา วัน เดือน ละติจูด มวลสารของผนัง ความเข้มและความอ่อนของสีผนัง และสภาพแวดล้อม เป็นต้น

$$Q = U*A*(CLTD)$$

Q หมายถึง ปริมาณการถ่ายเทความร้อน มีหน่วยเป็น W

U หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน มีหน่วยเป็น W / ($m^{2.0}$C)

A หมายถึง พื้นที่ผิวที่ได้รับความร้อน มีหน่วยเป็น m^2

CLTD หมายถึง ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายใน

สำหรับประเทศไทยการคำนวณปริมาณถ่ายถ่ายเทความร้อนที่คำนึงถึงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน มวลสาร และค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ใช้ค่า TD_{eq} (Equivalent Temperature Difference) ในการคำนวณแทนค่า CLTD ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยจะใช้สมการในการคำนวณปริมาณการถ่ายเทความร้อน ดังนี้ (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2536)

$$Q = (U_W)\,(TD_{eq})$$

Q หมายถึง ปริมาณการถ่ายเทความร้อนในหนึ่งหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็น W/m^2

U_W หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ มีหน่วยเป็น W / ($m^{2.0}$C)

TD_{eq} หมายถึง ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ มีหน่วยเป็น ^{0}C (พรสวัสดิ์ พิริยะศรัทธา, 17-19: 2540)

มวลของ ผนัง *กก ม.$^{-2}$*	**ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า *ระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (α)***				
	0.1 <0 - 0.2>	0.3 <0.2 - 0.4>	0.5 <0.4 - 0.6>	0.7 <6 – 0.8>	0.9 <0.8 – 1.0>
0 – 125	14	15	16	17	18
126 – 195	11	12	13	14	15
เกินกว่า 195	9	10	11	12	13

รูปภาพที่2- 12แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า

(คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร,2536)

ประเภทผิววัสดุที่ใช้ทำผนังภายนอก	วัสดุผนัง	สีที่ใช้ทาภายนอก
1. **วัสดุที่มีผิวสะท้อนแสง** [α<0.2]	- ผิววัสดุที่ฉายด้วยดีบุก - แผ่นอลูมิเนียม - แผ่นฟิล์มไมลาร์เคลือบอลูมิเนียม - แผ่นสะท้อนแสงทำด้วยอลูมิเนียมขัดมัน	- สีสะท้อนแสง
2. **วัสดุที่มีผิวอ่อน** [0.2 <α<0.4]	- อิฐเคลือบเป็นมันสีขาว - เหล็กชุบสังกะสีทาสีขาว	- แลคเกอร์สีขาว - สีเงิน - สีขาวเป็นเงา
3. **วัสดุที่มีผิวสีปานกลาง** [0.4 <α<0.6]	- วัสดุที่ทาสีอลูมิเนียม - หลังคาประกอบขึ้นรูปสีขาว - อิฐสีเหลืองอ่อน - หินอ่อนสีขาว - กรวดล้างสีขาว	- สีเขียวอ่อน - สีน้ำเงินปานกลาง - สีเหลืองปานกลาง - สีส้มปานกลาง - สีเขียวปานกลาง
4. **วัสดุที่มีผิวสีค่อนข้างเข้ม** [0.6<.α<0.8]	- คอนกรีตไม่ทาสี - ไม้ผิวเรียบ - แผ่นซีเมนต์แอสเบสตอส - หินล้างสีเทา	- สีแดง - สีน้ำเงิน - สีเทาอ่อน - สีสนิมแก่ปานกลาง
5. **วัสดุที่มีผิวสีเข้ม** [0.8<α<1.0]	- วัสดุที่ลาดผิวด้วยยางมะตอย - คอนกรีตสีน้ำตาล - วัสดุมุงหลังคาสีเขียว - หินชนวนสีเทาแกมสีน้ำเงิน - อิฐสีแดง - อิฐแสตฟฟอร์ดสีน้ำเงิน - คอนกรีตสีดำ	- สีน้ำเงินแก่หรือสีเขียวแก่ - สีเทาแกมน้ำเงินเข้ม - สีน้ำตาลแก่ - สีโอลีฟเข้ม - สีดำ - แลคเกอร์สีน้ำเงินแก่ - สีเทาแก่ - แลคเกอร์สีดำ - สีดำธรรมดา - สีดำเรียบมาก
α หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์		

รูปภาพที่2- 13แสดงรายการวัสดุและสีผนังแยกตามระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์

(คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร, 2536)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MEAN RADIANT TEMPERATURE (MRT)

อุณหภูมิของพื้นผิวสิ่งแวดล้อมรอบตัวเรามีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิร่างกายโดยที่ปัจจัยส่วนหนึ่งที่ประกอบขึ้นเป็นสภาวะนำสบายของมนุษย์คือการแผ่รังสีความร้อนจากสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ การคิดค่าการแผ่รังสีความร้อนจากส่งแวดล้อมเหล่านี้ การคิดค่าการแผ่รังสีความร้อนของสิ่งแวดล้อมนี้คิดเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ของการแผ่รังสีจากแหล่งต่าง ๆ ในสภาวะแวดล้อม

สูตรการคำนวณ Mean Radiant Temperature (MRT)

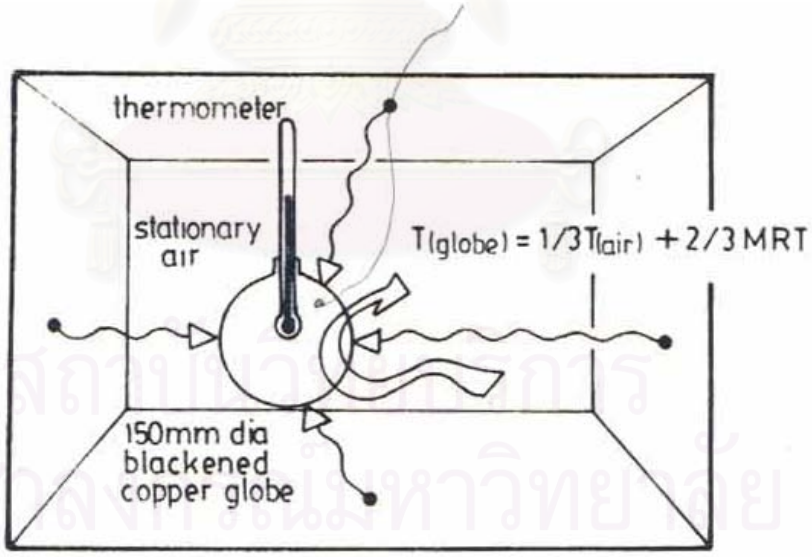
$$MRT = \sum TO / 360$$

$$= (T_1\theta_1 + T_2\theta_2 + T_n\theta_n) / 360$$

T = อุณหภูมิผิวของวัสดุ (Surface temperature)

θ = มุมที่เปิดรับกับพื้นผิววัสดุ ณ จุดที่ทำการวัด (Surface exposure angle relative to occupant in degrees)

(วันเอก กิจสมใจ, 2539: 14-15)



รูปภาพที่2- 14 Explanation of glove temperature (GT)

(Baker, 1987 cited in Bansal, Gerd and Grenot, 1994)

Sol-air temperature

Sol – air temperature คือ อุณหภูมิสมมุติของอากาศที่ติดกับผิวของวัสดุในขณะที่ไม่มีอิทธิพลจากแสงแดด และการแผ่รังสีจากสิ่งแวดล้อมภายนอก แต่ให้อัตราการถ่ายเทความร้อนเทียบเท่ากับการแผ่รังสีจริงของดวงอาทิตย์ จากการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้า, สิ่งแวดล้อม และการพาความร้อนของอากาศ

Sol – air temperature is the temperature of the outdoor air that, in the absence of all radiation changes, gives the same rate of heat entry into the surface as would the combination of incident solar radiation, radiant energy exchange with the sky and other outdoor surroundings, and convective heat exchange with the outdoor air.
(ASHRAE , 1997)

การคำนวณค่า Sol – air temperature สามารถทำได้โดยใช้สมการต่อไปนี้

$$\text{Sol – air temperature } (T_e) = T_{out} + I^* \alpha / h_o - \varepsilon \Delta R / h_o$$

T_e = Sol – air temperature

T_{out} = อุณหภูมิอากาศภายนอก (Outdoor Air temperature) $^{\circ}F$

I = ปริมาณรังสีความร้อนที่ตกกระทบ Btu/(h.ft^2)
(Total solar radiation incident on surface)

α = สัมประสิทธิ์การดูดกลืนความร้อนของผิววัสดุ
(Absorbtance of surface for solar radiation)

h_o = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของรังสีคลื่นยาวและการนำความร้อนที่ผิวภายนอกวัสดุ (Btu/h. ft^2.$^{\circ}F$)
(Coefficient of heat transfer by long-wave radiation and convection at outer surface)

ΔR = ค่าความแตกต่างระหว่างอัตราแลกเปลี่ยนความร้อนของผิววัสดุของสิ่งแวดล้อมและท้องฟ้า(Btu/ h. ft^2.)
(Difference between long-wave radiation incident on surface from sky and surroundings and radiation emitted by blackbody at outdoor air temperature)

ε = สัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนออกจากพื้นผิว
(Hemispherical Emittance of surface)

พื้นผิวของวัสดุ

พื้นผิวแนวราบ (Horizontal Surface) จะรับการแผ่รังสีคลื่นยาวจากท้องฟ้าเท่านั้น ค่า Δ R ที่เหมาะสมคือ 20 Btu/ h. ft^2จึงทำให้ถ้า ε = 1 และ h_o = 3.0 Btu/h. $ft^2{}^oF$ ค่า $\varepsilon \Delta$ R /h_o ในส่วนท้ายของสมการจะเท่ากับ -7 ^oF

ส่วนพื้นผิวแนวดิ่ง (Vertical surface) จะรับการแผ่รังสีคลื่นยาวจากพื้นดินและสิ่งแวดล้อมโดยรอบเท่ากับได้รับจากท้องฟ้า จึงไม่สามารถกำหนดค่า ΔR ที่แน่นอนได้ และเมื่อปริมาณความเข้มของรังสีจากดวงอาทิตย์สูงขึ้น พื้นผิวของวัสดุโดยทั่วไปส่วนใหญ่จะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเสมอ ด้วยเหตุนี้ปริมาณการแผ่รังสีคลื่นยาวออกจากวัตถุที่เพิ่มขึ้นก็สามารถชดเชยกับค่าการกระจายความร้อนของท้องฟ้าที่มีค่าต่ำ เพราะฉะนั้นในการคำนวณปกติจึงคิดค่า Δ R สำหรับพื้นผิวแนวดิ่งเท่ากับ O Btu/ h. ft^2 และทำให้ส่วนท้ายของสมการเท่ากับ 0

สีของวัสดุ

ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีจากดวงอาทิตย์ (Absorbtivity) ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายรังสีความร้อน (Emissivity) และอัตราส่วน ระหว่าง ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีจากดวงอาทิตย์ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายรังสีความร้อน (α / ε)

เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ (Shortwave Radiation) ตกกระทบถูกผิววัสดุ จะเกิดการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ในรูปของคลื่นสั้น (Reflect) หรือ ดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ในรูปของคลื่นยาว (Longwave Radiation) ค่าการดูดกลืนรังสีของผิววัสดุถูกจำกัดความว่าเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืน และปริมาณ รังสีที่ตกกระทบ ในรูปของสมการ ดังต่อไปนี้

$$\alpha = \frac{\text{รังสีที่ถูกดูดกลืน (absorbed radiation)}}{\text{รังสีที่ตกกระทบ (incident radiation)}}$$

ค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่ถูกดูดกลืนนี้เป็นค่าของรังสีคลื่นยาวเท่านั้นและจะไม่เท่ากับค่ารังสีจากดวงอาทิตย์ทั้งหมดที่ถูกดูดกลืน ค่ารังสีคลื่นยาวที่ถูกดูดกลืนจะเปลี่ยนเป็นพลังงานในรูปของความร้อน

เมื่อผิววัสดุดูดกลืนรังสีและเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนในตัววัสดุแล้ว ผิววัสดุอาจจะเกิดการแผ่รังสีเองจากตัวผิววัสดุไปยังที่ที่เย็นกว่า ความสามารถในการแผ่รังสีในรูปของคลื่นยาวจากผิววัสดุถูกจำกัดความว่าเป็นค่าการกระจายความร้อนของวัสดุ (Emissivity) โดยเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณการแผ่รังสีจากผิววัสดุ กับปริมาณการแผ่รังสีจากวัตถุดำในอุดมคติ (Black body) ตามสมการ ดังต่อไปนี้

$$\varepsilon = \frac{\text{ปริมาณการแผ่รังสีจากผิววัสดุ radiation from material}}{\text{ปริมาณการแผ่รังสีจากวัตถุดำในอุดมคติ radiation from blackbody}}$$

วัตถุดำในอุดมคติเป็นวัตถุที่มีการรับและคายรังสีได้เท่ากัน (Absorbtance = Emittance) ดังนั้น ค่า ε ของวัตถุดำจะมีค่าเป็น 1ซึ่งเป็นค่าสูงสุดสำหรับค่าการกระจายรังสีความร้อนออกจากวัสดุ โดยทั่วไปผิววัสดุในการก่อสร้างที่มีผิวหยาบมักจะมีค่า Emissivity อยู่ที่ประมาณ 0.9 เช่น อิฐมอญ เป็นต้น

เมื่อนำ ค่าการดูดกลืนรังสีของผิววัสดุ และค่าการกระจายความร้อนของวัสดุ มาสร้างเป็นอัตราส่วน จะเป็นค่าที่สามารถบอกได้ว่าวัสดุชนิดนั้นๆมีพฤติกรรม ในเรื่องของการแผ่รังสี ค่านี้ถูกจำกัดให้อยู่ในรูปของสมการ ดังต่อไปนี้

$$\alpha / \varepsilon = \frac{\text{ค่าการดูดกลืนรังสีของวัสดุ } (\alpha)}{\text{ค่าการกระจายความร้อนของวัสดุ } (\varepsilon)}$$

จากสมการ ค่าอัตราส่วนนี้จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1 ซึ่งเป็นค่าของวัตถุดำในอุดมคติที่มีค่าการดูดกลืนและการกระจายความร้อนที่เท่ากัน วัตถุดำในอุดมคตินี้ไม่มีในความเป็นจริงดังนั้นการศึกษาค่าอัตราส่วนนี้จึงมีอยู่ 2 กรณีที่เกิดขึ้นจริง

- ค่าอัตราส่วนα / ε ต่ำกว่า 1 หมายถึง ผิววัสดุมีการคายความร้อนที่ดีกว่าการดูดกลืนความร้อน

- ค่าอัตราส่วน α / ε สูงกว่า 1 หมายถึง ผิววัสดุมีการดูดกลืนความร้อนที่ดีกว่าการคายความร้อน

ทั้งสามค่าเป็นค่าที่ได้จากบริเวณผิววัสดุโดยไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อวัสดุ ถ้าวัสดุถูกเคลือบ (coating) ค่าทั้งสามจะเป็นค่าของเคลือบผิวของวัสดุนั้นๆ และค่าอัตราส่วนในการดูดกลืนความร้อน และการกระจายความร้อนมีความสัมพันธ์กัน ดังต่อไปนี้

$$\alpha + \varepsilon = 1$$

เมื่อ

α = ค่าดูดกลืนรังสีของวัสดุ

ε = ค่าการกระจายความร้อนของวัสดุ

ทฤษฎีเบื้องต้นและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้กล่าวอ้างอิงมานั้นเป็นพื้นฐานในการศึกษาวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อที่จะสามารถนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม อย่างไรก็ตามในบางทฤษฎีซึ่งเป็นการทดสอบในห้องทดสอบค่าสมการที่ได้จึงเป็นสมการที่อยู่ในข้อจำกัด ดังนั้นในการวิเคราะห์ข้อมูลจริง สมการบางสมาการอาจสามารถนำมาวิเคราะห์ได้เพียงความสัมพันธ์ของตัวแปรเท่านั้นในส่วนผลข้อมูลที่ได้ อาจจะต้องอาศัยการสังเกตและพิจารณาปัจจัยแวดล้อมอื่นที่เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เพื่อให้งานวิจัยสามารถนำไปใช้ได้จริง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 แนวทางในการดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยชิ้นนี้เป็นการศึกษาวิและวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังก่ออิฐในอาคารพักอาศัยในเมืองไทย ทั้งในระบบปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ เพื่อที่จะสามารถนำไปสรุปผลและขยายผลต่อไปได้ จึงต้องใช้วิธีการทดลอง (Experimental Research)เพื่อที่จะนำไปสู่การแก้ไขปัญหา และได้ข้อมูลทางด้านอุณหภูมิ (Data) ของส่วนต่างๆของผนังก่ออิฐในรูปแบบต่างๆที่ใช้กันทั่วไป

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. **เครื่องวัดอุณหภูมิ** (Data Logger)

   เครื่องวัดอุณหภูมิที่ใช้เป็นระบบตัวเลขรุ่น ซึ่งอาศัยการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่หัววัดอุณหภูมิแล้วแปลงค่าเป็นองศาเซลเซียส สามารถต่อสายวัดอุณหภูมิได้ 48 ช่อง (48 Channel) สามารถเก็บเก็บได้ละเอียดถึงจุดทศนิยมตำแหน่งที่ 5

2. Sensor **วัดอุณหภูมิ** (Termistor)

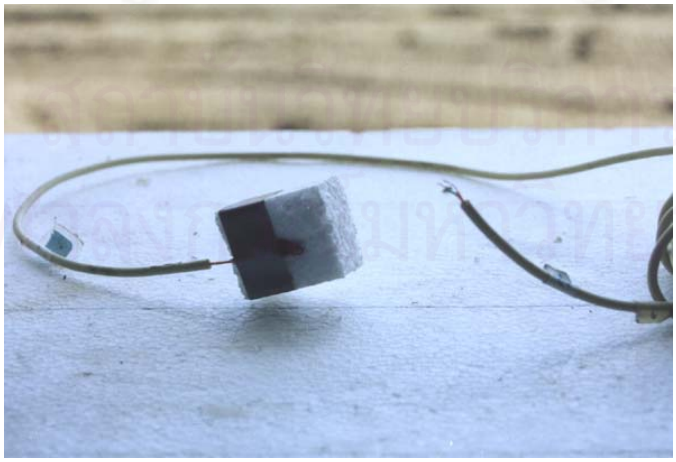
   Sensor วัดอุณหภูมิ เป็นตัวท้านทานขนาด 10K Ω มีการทำงานโดยเปลี่ยนอุณหภูมิเป็นกระแสและส่งเป็นสัญญาณไปยังเครื่อง Data Logger เพื่อเก็บข้อมูลลง Hard Disk ซึ่ง ขาทั้งสองข้างของเทอร์มิสเตอร์นั้นต้องพันกับสายโทรศัพท์และไม่ให้โดนอากาศหรือความชื้นโดยต้องทำการชุบหัวTermistorด้วยน้ำยากันความชื้น

3. **สายส่งสัญญาณ**

   สายส่งสัญญาณจาก TermistorไปยังData Logger ใช้สายโทรศัพท์ซึ่งมีความยาว 25 เมตรปลายข้างหนึ่งเสียบกับ Slot ของData Logger ทั้งสองเส้น ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งนั้นพันกับขาของ Termistorไว้ทั้ง 2 ขา หุ้มด้วย ท่อหดเพื่อป้องกับความผิดพลาดจากอากาศที่สัมผัส และชุบหัวด้วยน้ำยากันชื้นอีกชั้นหนึ่ง

รูปภาพที่3- 1 ภาพแสดงอุปกรณ์วัดบันทึกและเก็บข้อมูล

รูปภาพที่3- 2 Data Logger ซึ่งใช้หัว เทอร์มิสเตอร์เป็นตัววัดอุณหภูมิส่งสัญญาณด้วยสายโทรศัพท์



รูปภาพที่3- 3 หัววัดอุณหภูมิ เทอร์มิสเตอร์ ขนาด 10 K Ω ส่งสัญญาณด้วยสายโทรศัพท์ไปยัง Data Logger เพื่อเก็บข้อมูล

3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.3.1 การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ

เนื่องจากการเก็บอุณหภูมิในส่วนต่างๆของวัสดุนั้นต้องใช้ Termistor จำนวนมากในครั้งเดียว จึงต้องมีการตรวจสอบก่อนว่า Termistor แต่ละตัวมีความน่าเชื่อถือหรือไม่ เพื่อผลการทดสอบที่ถูกต้อง

ขั้นตอนที่หนึ่ง ต่ออุปกรณ์ในการวัดและเก็บข้อมูลให้ถูกต้อง พร้อมทั้งติดตั้งสายดิน (Grounding)ลงถึงระดับน้ำใต้ดิน และเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์วัดข้อมูล เพื่อไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนเนื่องการการรบกวนของกระแสไฟในอาคาร

ข้อนตอนที่สอง นำTermistorที่ต้องใช้มารวมกัน ต้องระวังไม่ให้Sensorแต่ละหัวสัมผัสกัน พร้อมทั้งหุ้มด้วยหลอดเพื่อกันความชื้นและความเสียหายให้กับหัว Sensor

ขั้นตอนที่สาม นำหัวSensor ทั้งหมดจุ่มลงในน้ำร้อน กวนหัวSensorทั้งหมดเพื่อให้Sensorอ่านอุณหภูมิน้ำได้ทั่วถึง

ขั้นตอนที่สี่ ทิ้งไว้ให้น้ำมีอุณหภูมิลดลงอย่างช้าๆเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของเส้นกราฟอุณหภูมิของ Sensor ทั้งหมดว่าสามารถอ่านค่าได้อย่างถูกต้องและใกล้เคียงกันทั้งหมด

ขั้นตอนสุดท้าย นำข้อมูลอุณหภูมิที่เก็บได้ทั้งหมดไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูล ดูค่า R-Squareเท่ากับ อยู่ในเขตที่ยอมรับได้ สามารถเก็บข้อมูลจริงได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.2 การเตรียมและตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุ

การเตรียมและตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุเพื่อเพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุแต่ละชนิดที่เลือกมาเป็นตัวอย่างในการทดลอง เพื่อที่จะสามารถนำมาเปรียบเทียบเปรียบควบคู่กับพฤติกรรมในการถ่ายเทความร้อนของวัสดุนั้นๆได้ จากการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยวัสดุ 3 ชนิด 5 รูปแบบ ซึ่งมีคุณสมบัติพื้นฐานดังต่อไปนี้

รูปภาพที่3- 4 วัสดุชนิดต่างๆที่นำมาทดสอบอุณหภูมิ

รูปภาพที่3- 5 วัสดุตัวอย่าง เมื่อก่อวัสดุแล้วต้องนำมาวางให้วัสดุ SET ตัวก่อนที่นำมาทดสอบ

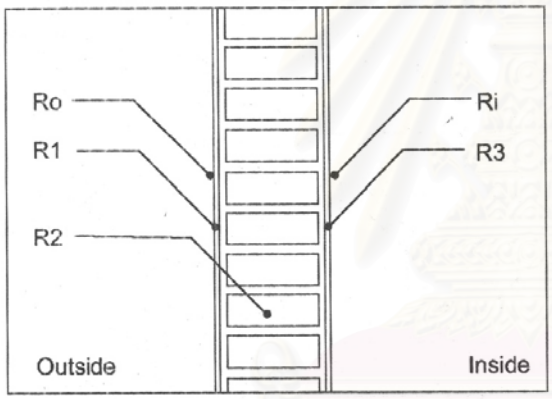
- **วัสดุชนิดแรก**

อิฐก่อ(Brick Clay) คุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุอิฐก่อแสดงดังตารางต่อไปนี้

คุณสมบัติ	วัสดุอิฐก่อ
ค่า K	0.807วัตต์/เมตร*องศาเซลเซียส
ความหนาแน่น	150ปอนด์ต่อตารางฟุต
ค่า U-value	0.58 บีทียูต่อตารางฟุต
ค่าความจุความร้อน	0.19 บีทียู

ตารางที่3- 1 แสดงคุณสมบัติ ของผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว

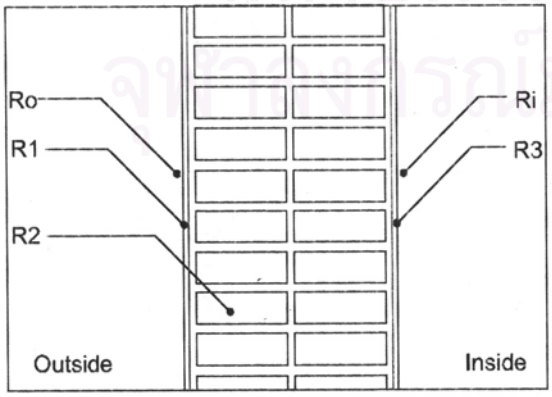
รูปแบบและค่าการต้านทานความร้อนของ ผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว



Ro = ฟิล์มอากาศภายนอก = 0.17 hr.sq.ft.F/Btu
R1 = ปูนฉาบ = 0.20 hr.sq.ft.F/Btu
R2 = ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว = 0.47 hr.sq.ft.F/Btu
R3 = ปูนฉาบ = 0.20 hr.sq.ft.F/Btu
R i = ฟิล์มอากาศภายใน = 0.68 hr.sq.ft.F/Btu
ΣR **= 1.72 hr.sq.ft.F/Btu**

รูปภาพที่3- 6 ภาพประกอบการคำนวนค่าการต้านทานความร้อน

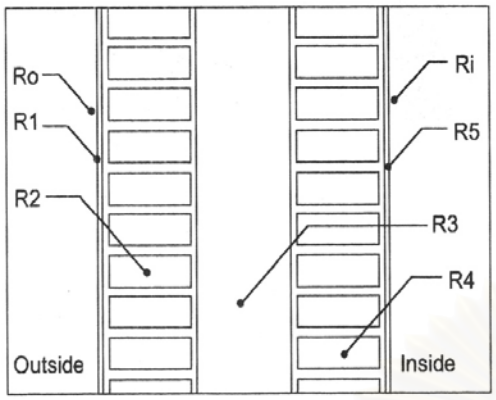
รูปแบบและค่าการต้านทานความร้อนของ ผนังก่ออิฐ 8 นิ้ว



Ro = ฟิล์มอากาศภายนอก = 0.17 hr.sq.ft.F/Btu
R1 = ปูนฉาบ = 0.20 hr.sq.ft.F/Btu
R2 = ผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว = 0.95 hr.sq.ft.F/Btu
R3 = ปูนฉาบ = 0.20 hr.sq.ft.F/Btu
R i = ฟิล์มอากาศภายใน = 0.68 hr.sq.ft.F/Btu
ΣR = 2.2 hr.sq.ft.F/Btu

รูปภาพที่3- 7 ภาพประกอบการคำนวณค่าการต้านทานความร้อน

รูปแบบและค่าการต้านทานความร้อนของ ผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องว่างอากาศ 10 ซม.



Ro = ฟิล์มอากาศภายนอก = 0.17 hr.sq.ft.F/Btu
R1 = ปูนฉาบ = 0.20 hr.sq.ft.F/Btu
R2 = ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว = 0.47 hr.sq.ft.F/Btu
R3 = ช่องว่างอากาศภายใน = 3.63 hr.sq.ft.F/Btu
R4 = ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว = 0.47 hr.sq.ft.F/Btu
R5 = ปูนฉาบ = 0.20 hr.sq.ft.F/Btu
R i = ฟิล์มอากาศภายใน = 0.68 hr.sq.ft.F/Btu
ΣR = 5.62 hr.sq.ft.F/Btu

รูปภาพที่3- 8ภาพประกอบการคำนวณค่าการต้านทานความร้อน

- **วัสดุชนิดที่สอง**

วัสดุก่อมวลเบา

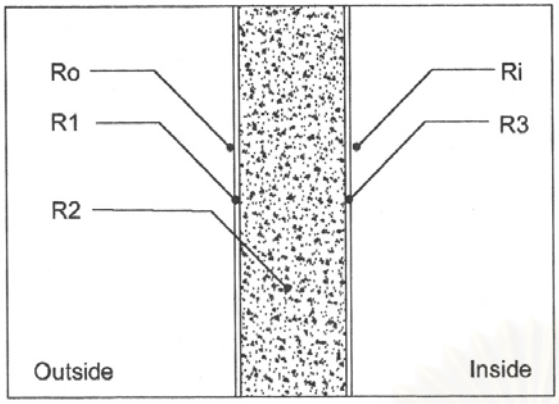
วัสดุก่อมวลเบาเป็นวัสดุอีกชนิดหนึ่งซึ่งถือว่าเป็นวัสดุใหม่ในระบบการก่อสร้างของเมืองไทยเมื่อเทียบกับผนังก่ออิฐฉาบปูน วัสดุก่อมวลเบานั้นต้องอาศัยเทคโนโลยีในการผลิตและติดตั้ง ปูนก่อและปูนฉาบต้องใช้เฉพาะซึ่งแตกต่างจากการผลิตอิฐก่อหรือวัสดุก่อทั่วไป จากวัสดุตัวอย่างพบว่าคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุก่อมวลเบามีดังนี้มีคุณสมบัติพื้นฐานดังต่อไปนี้

คุณสมบัติ	วัสดุวัสดุก่อมวลเบา
น้ำหนักของวัสดุ	7กิโลกรัมต่อแผ่น
ความหนาแน่น	960กิโลกรัม/ลูกบาศ์กเมตร
ค่า U-value	0.34 Btu/hr.sq.ft.F
ขนาดของวัสดุต่อแผ่น	0.30*0.60*0.07 ลูกบาศ์กเมตร

ตารางที่3- 2 แสดงคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุก่อมวลเบา

(พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน,2535)

รูปแบบและค่าการต้านทานความร้อนของ วัสดุก่อมวลเบา



Ro = ฟิล์มอากาศภายนอก = 0.17 hr.sq.ft.F/Btu

R1 = ปูนฉาบ = 0.20 hr.sq.ft.F/Btu

R2 = วัสดุก่อมวลเบา = 1.65 hr.sq.ft.F/Btu

R = ปูนฉาบ = 0.20 hr.sq.ft.F/Btu

R i = ฟิล์มอากาศภายใน = 0.68 hr.sq.ft.F/Btu

ΣR = 2.90 hr.sq.ft.F/Btu

รูปภาพที่3- 9ภาพประกอบการคำนวนค่าการต้านทานความร้อน

- **วัสดุชนิดที่สาม**

ผนังระบบระบบบผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก (External Insulation Finishing System)

ผนังระบบ ระบบบผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก นับว่าเป็นระบบการก่อสร้างยุคใหม่ในเมืองไทยซึ่งค่อนข้างมีวิธีการผลิตและติดตั้งที่ซับซ้อนหลายขั้นตอน ต้องอาศัยผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในการติดตั้ง เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการผลิตและติดตั้ง จึงแสดงขั้นตอนและวิธีการผลิตตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนการผลิตและติดตั้งผนัง ระบบบผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก

ขั้นตอนที่หนึ่ง ติดตั้งโครงเคร่าอลูมิเนียมตามขนาดที่ต้องการทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมกับขนาดของแผ่นยิปซั่มบอร์ดจึงใช้ระยะเคร่า 0.60เมตร

ขั้นตอนที่สอง ติดแผ่นยิบซั่มบอร์ดเข้ากับทั้งสองดานของโครงเคร่าทั้งด้านในและนอกอาคาร ในส่วนของด้านนอกอาคารนั้นใช้แผ่นยิปซัมบอร์ดความหนา12 มิลลิเมตร กันความชื้นส่วนภายในอาคารใช้แผ่นยิบซั่มบอร์ดธรรมดาความหนา12 มิลลิเมตรธรรมดา

ขั้นตอนที่สาม ติดโฟมบริเวณรอบนอกของอาคารโดยใช้โฟมโพลีสไตลีน(Polystyrene) ขนาดความหนาแน่น 1.5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หนา3นิ้ว

ขั้นตอนที่สี่ ผสมBase Coat กับ ซีเมนต์Portland เข้าด้วยกันด้วยอัตราส่วน 1:1 เพื่อนำมาติดโฟมกับแผ่นยิปซัมบอร์ดด้านนอก

ขั้นตอนที่ห้า นำส่วนผสมBase coat ดังกล่าวฉาบด้านหลังโฟมให้ทั่วทั้งแผ่นและทำไปติดกับแผ่นยิปซัม กดฉนวนโมให้แน่นเพื่อให้ Base coat ทำหน้าที่ยึดโฟมกับแผ่นยิบซัมบอร์ด รอให้Base coat Set ตัว

ขั้นตอนที่หก หุ้มตาข่าย Fiber Glass Mesh เข้ากับโฟมให้ทั่วทั้งแผ่นเพื่อที่จะเตรียมฉาบยึดด้วย Base coat และ ซีเมนต์ Portland

ขั้นตอนที่เจ็ด ผสมส่วนผสมของ Base coatและซีเมนต์ Portland ในอัตราส่วนผสม 4:3ฉาบผิวโฟมและตาข่ายเพื่อเพิ่มความแข็งแรง

ขั้นตอนที่แปด เมื่อฉาบBase coat กับตาข่ายเสร็จแล้วรอให้ Basecoat set ตัว 1-2 วันจากนั้นจึงนำFinishing Coatมาฉาบผิวภายนอก

รูปภาพที่3- 10 ภาพแสดงลักษณะการตั้งโครงเคร่าเพื่อยึดแผ่นยิปซั่มด้านนอก-ใน

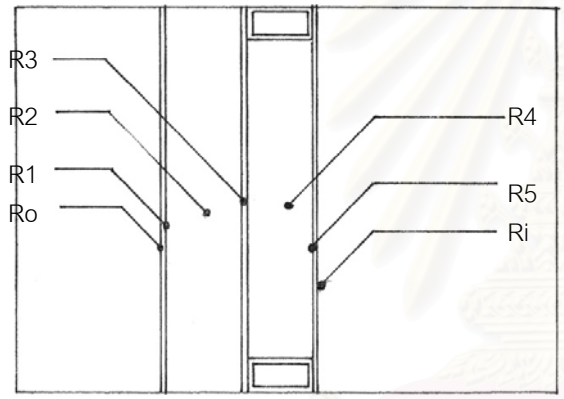
รูปภาพที่3- 11 ภาพแสดงลักษณะการติดตั้งโฟมกันความร้อน ภายนอก
ฉาบ Base Coat เพื่อเพิ่มความแข็งแรง

รูปภาพที่3- 12 ฉนวนโฟมภายนอกหุ้มตาข่ายเพื่อเพิ่มความแข็งแรง สังเกตฉนวนต้องหุ้ม
ปิดส่วนโครงสร้างเพื่อลด การนำความร้อนที่ผ่านทางโครงสร้างอาคาร

คุณสมบัติ	ผนัง ระบบบผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก
ความหนาแน่นฉนวน	1.5ปอนด์ต่อตารางฟุต
ค่า U-value	0.05 Btu/F.sqft.h
ความหนาฉนวนกันความร้อน	หนา3นิ้ว

ตารางที่3- 3 แสดงคุณสมบัติพื้นฐานของผนัง ระบบบผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก

รูปแบบและค่าการต้านทานความร้อนของ ผนัง ระบบบผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก



Ro = ฟิล์มอากาศภายนอก = 0.17hr.sq.ft.F/Btu

R1 = Base coat = 0.08 hr.sq.ft.F/Btu

R2 = Foam Poly Stylene = 15 hr.sq.ft.F/Btu

R4 = ช่องว่างอากาศภายใน = 3.63 hr.sq.ft.F/Btu

R5 = ยิบซั่มบอร์ดหนา 12มม. = 0.32 hr.sq.ft.F/Btu

R i = ฟิล์มอากาศภายใน = 0.68hr.sq.ft.F/Btu

ΣR = 20 hr.sq.ft.F/Btu

รูปภาพที่3- 13 ภาพประกอบการคำนวนค่าการต้านทานความร้อน

3.3.3 ลักษณะของอุปกรณ์การทดลองและการติดตั้ง

ในการทดลองครั้งนี้เป็นการศึกษาถึง พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทั้ง 5รูปแบบที่มีการกำหนดทิศทางที่ต้องการไว้ ดังนั้นเพื่อเป็นการควบคุมตัวแปรที่เกิดขึ้นจากทิศทางอื่นจึงต้องมีการสกัดกั้นโดยใช้ฉนวนหุ้มบริเวณรอบของวัสดุทดลองเพื่อไม่ให้ความร้อนผ่านเข้ามาในทิศทางที่ไม่ต้องการดังตัวอย่างดังนี้ เมื่อประกอบฉนวนดังกล่าวเสร็จแล้วจึงทำให้วัสดุมีลักษณะเป็น Unit โดยขนาดของแต่ละ Unit มีขนาด 0.90 * 0.90 เมตร ซึ่งสามารถติดตั้งกับอาคารทดลองได้พอดีและมีขนาดเพอเหมาะในการขนย้ายและติดตั้ง

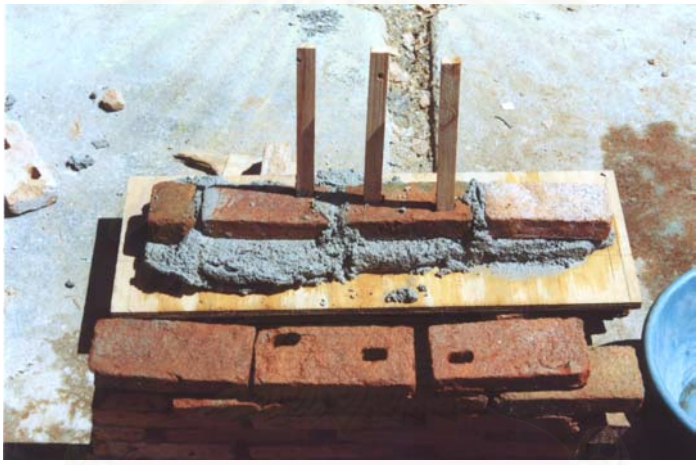
ภายในวัสดุได้ทำการใส่Sensorวัดอุณหภูมิไว้โดยที่แบ่งระยะในการวัดทุกๆ 1 นิ้ว เพื่อสามารถทราบถึงพฤติกรรมหรือความร้อนที่เข้ามาในแต่ละช่วงเวลาโดยขั้นตอนและกรรมวิธีในการผลิตวัสดุต่างๆมีดังนี้

รูปภาพที่3- 14 ภาพแสดงไม้แม่แบบของผนังก่ออิฐฉาบปูนเจาะรูฝังไม้เพื่อเป็นแกนภายในสำหรับใส่สาย Sensor

รูปภาพที่3- 15 ภาพแสดงการเจาะรูของอิฐตามตำแหน่งที่เรียงไว้เพื่อให้สามารถใส่สายเทอร์มิสเตอร์ได้

รูปภาพที่3- 16 นำเอาอิฐที่เจาะรูไว้มาเรียงตามลักษณะที่จะก่อจริง

รูปภาพที่3- 17 เตรียมปูนสำหรับก่อ ในที่นี้ใช้ปูนสำเร็จรูป



รูปภาพที่3- 18 ภาพแสดงการเริ่มก่อวัสดุตามที่เรียงเตรียมไว้ในขั้นตอนแรก

รูปภาพที่3- 19 ภาพแสดงการก่อวัสดุตามแถวอิฐที่เรียงไว้

รูปภาพที่3- 20 ภาพแสดงการจับแนวฉากเพื่อให้ได้ขนาดตามที่กำหนดไว้

รูปภาพที่3- 21 ภาพแสดงวัสดุเมื่อเสร็จสมบูรณ์พร้อมที่จะทดสอบ

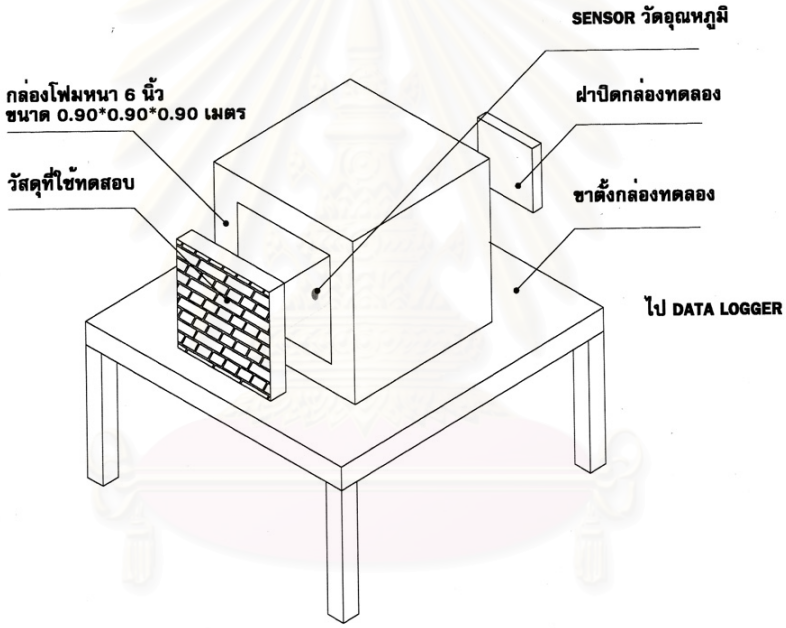
3.3.4 อาคารทดลองและกำหนดขนาดของกล่องทดลองที่นำมาทดสอบวัสดุผนัง

- **รูปแบบกล่องทดลอง**

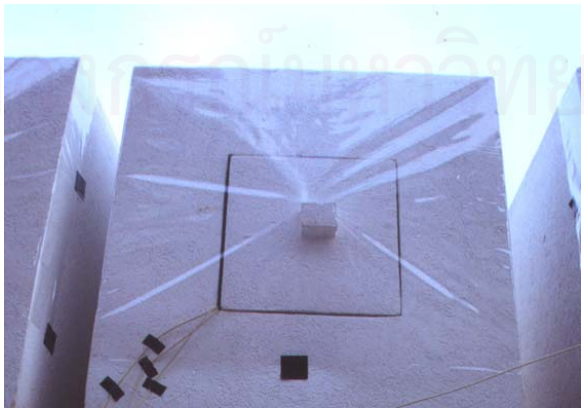
เนื่องจากการทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองคุณสมบัติของวัสดุผนังหลายชนิดชิ้นจึง ต้องมีการดังนั้นเพื่อเป็นการควบคุมตัวแปรอื่นๆไม่ให้มีผลกระทบต่อการทดลองซึ่งจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการวัดได้จึงต้องมีการป้องกันโดยกำหนดให้ใช้กล่องทดลองที่เป็นวัสดุป้องกันความร้อน โดยคุณสมบัติของกล่องต้องมีดังนี้

1. วัสดุที่นำมาต้องมีคุณสมบัติป้องกันความร้อนได้จากภายนอกทุกด้าน
2. มีมวลสารน้อย(Minimize Mass) เนื่องจากไม่ต้องการผลกระทบจากการกักเก็บความร้อน
3. สามารถกันความชื้นได้
4. มีขนาดใหญ่พอที่จะไม่เกิดความคลาดเคลื่อนในการคำนวน
5. ลักษณะทางกายภาพและสีเหมือนกัน
6. คุณสมบัติและการติดตั้งรวมถึงวัสดุที่ใช้เคลือบกล่องต้องเหมือนกัน

หลังจากทดสอบคุณสมบัติของกล่องแล้วจึงเลือกใช้โฟมหนา 6 นิ้ว ซึ่งมีความหนาแน่น 2 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทาด้วย Base Coat เพื่อความแข็งแรง



รูปภาพที่3- 22 ลักษณะของกล่องทดสอบวัสดุ



รูปภาพที่3- 23 ภาพแสดง ช่องเปิดด้านหลังเพื่อสามารถใส่สายวัดอุณหภูมิเข้าไปในกล่องได้

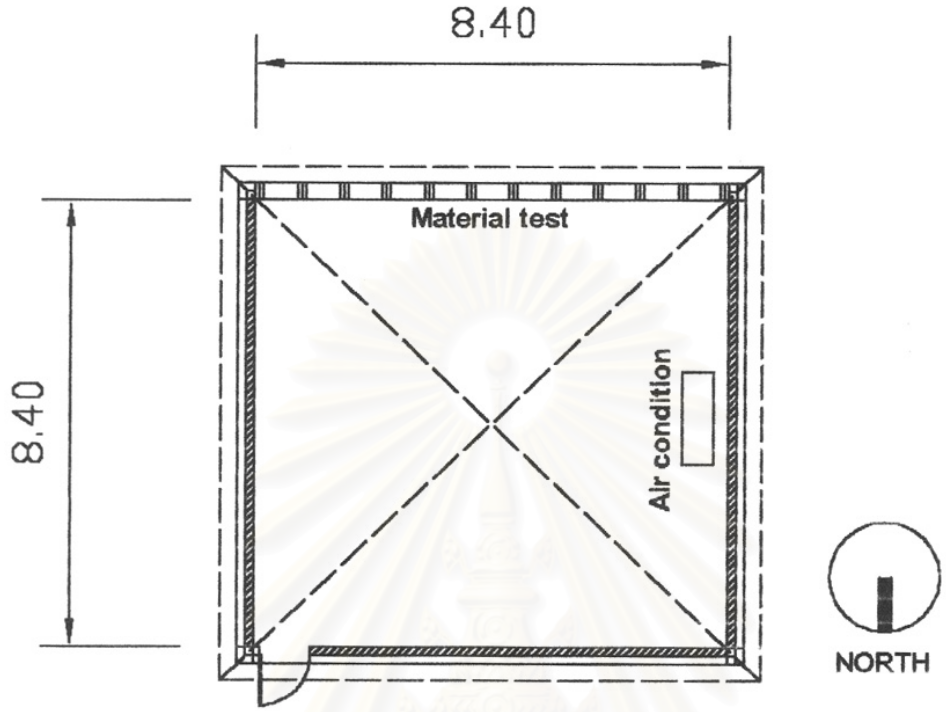
รูปภาพที่ 3- 24 ลักษณะของกล่องทดสอบเมื่อเสร็จแล้ว พร้อมที่จะทำการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุทดลอง

รูปภาพที่3- 25 ภาพแสดงการจัดวางกล่องทดสอบให้อยู่ในระดับที่พ้นสิ่งกีดขวางในระดับพื้นและลดผลกระทบต่อวัสดุของพื้นดิน

- **รูปแบบอาคารทดลอง**

อาคารทดลองถูกสร้างขึ้นเพื่อที่จะควบคุม อุณหภูมิอากาศและความชื้นภายในห้องทดลองให้คงที่เสมอ เพื่อให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนที่ผ่านวัสดุทั้งหมดว่ามีลักษณะอย่างไรใกล้เคียงหรือแตกต่างกันมากน้อยเพียงไร อาคารทดลองจึงมีลักษณะที่เรียบง่ายเป็นอาคารสี่เหลี่ยมจัตุรัส ด้านที่ใส่วัสดุทั้ง4ด้านหันตามทิศที่จะทดสอบหลังคาทรงปั้นหยาซึ่งมีชายคา 0.30 เมตรเพื่อให้วัสดุโดนแดดมากที่สุดในกรณีที่ต้องการทดสอบกรณีโดนแดด ขนาดของอาคาร มีขนาด 8.40 *8.40 เมตรสูง 2.40 เมตรโครงสร้างเหล็กทั้งหลังผนังทุกด้านบุด้วยโฟมโพลีสไตนลีนหนา 3 นิ้วความหนาแน่น 1.5 ปอนด์ต่อตารางนิ้วฝ้าเพดานตีตามแนวจันทันโดยเหนือฝ้าใส่วัสดุกันความร้อน ไมโครไฟเบอร์ หนา 6 นิ้วและช่องระบายอากาศ

ใต้หลังคา 10 เซนติเมตร หลังคาปูด้วย ยิปซัมบอร์ดปูทับด้วย แผ่นซิงเกิล ภายในอาคารติดตั้งเครื่องปรับอากาศในตำแหน่งที่สามารถกระจายความเย็นได้ทุกจุด



รูปภาพที่3- 26 ภาพแสดงผังอาคารทดลองซึ่งมีการควบคุมสภาพอากาศภายใน

รูปภาพที่3- 27 ภาพแสดงอาคารทดลองถ่ายจากสถานที่ทดลองจริง

รูปภาพที่3- 28 ลักษณะของการติดวัสดุในห้องทดลองดดยมีฉนวนหุ้มรอบวัสดุเพื่อกันผลกระทบจากด้านข้าง

รูปภาพที่3- 29 ภายใต้ฝ้าเพดานปูฉนวนไมโครไฟเบอร์หนา 6 นิ้วเพื่อป้องกันความร้อนจากทางหลังคา

รูปภาพที่3- 30 ภาพแสดงรายละเอียดผนังห้องทดลองมีการใส่ฉนวนกันความร้อนหุ้มทั้งโครงสร้างเพื่อลดความร้อนจากการนำความร้อนของโครง

การกำหนดขั้นตอนในงานวิจัย

จากระเบียบวิธีวิจัยในบทที่ 1 มากำหนดขั้นตอนในงานวิจัย ซึ่งในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็นขั้นตอนต่างๆแต่ละกรณีเพื่อทราบถึงปัจจัยที่เกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนและแนวทางที่สามารถนำไปปฏิบัติจริงได้ ขั้นตอนต่างๆมีดังนี้

ขั้นตอนที่1 การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้วัดข้อมูล

ก่อนที่จะมีการกำหนดสมมติฐานในขั้นแรกนั้น ต้องทำการทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือที่จะนำมาใช้วัดค่าข้อมูลก่อน โดยการทดสอบค่าความถูกต้องของData Logger และกล่องทดสอบเพื่อที่จะได้ค่าข้อมูลที่ถูกต้องมาเปรียบเทียบกันได้ โดยนำข้อมูลดิบที่ทำการทดสอบหัวเทอร์มิสเตอร์ มาหาค่าปรับแต่งข้อมูลโดยใช้วิธีสมการ Regression

ส่วนการทดสอบคุณสมบัติของกล่องทดลองนั้น ทดสอบโดยใช้โฟมปิดช่องที่ต้องการใส่วัสดุทุกกล่องจากนั้นจึงทำการบันทึกค่าอุณหภูมิภายในและภายนอกกล่องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยทำการบันทึกผลทุกๆ 1 ชั่วโมง ผลที่ปรากฏแสดงถึงอุณหภูมิอากาศที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ถือว่ากล่องทดลองสามารถนำมาทดลองใช้อย่างน่าเชื่อถือ

ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบและวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุก่อในรูปแบบต่าง ๆ ในสภาพแวดล้อมจริงทั้งสภาวะปรับอากาศภายในและไม่ปรับอากาศภายใน

หลังจากการทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยแล้วจึงเริ่มทำการทดสอบตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เพื่อที่จะเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอก อุณหภูมิผิวภายใน อุณหภูมิภายในกล่องและพฤติกรรมในการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุในช่วงระยะเวลาต่างๆ ว่าวัสดุประเภทใดมีศักยภาพในการถ่ายเทความร้อนได้ดีที่สุด ทั้งในสภาวะที่ไม่ปรับอากาศภายในและปรับอากาศภายในตามสภาพแวดล้อมจริงโดยทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอก อุณหภูมิผิวภายในและศึกษาถึงพฤติกรรมของการถ่ายเทความร้อนของวัสดุทั้ง5ชนิด ในช่วงระยะเวลาต่างๆ

โดยอุปกรณ์ที่ใช้คือ กล่องทดลองทีใช้ในการเก็บข้อมูลลมในวัน เวลาเดียวกันและสถานที่เดียวกันเพื่อที่จะนำมาเปรียบเทียบข้อมูลของแต่ละชุดได้ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบคือ กล่องทดลอง ที่ใช้ในการทดสอบอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง ในวันเวลา สถานที่ และสิ่งแวดล้อมเดียวกัน ในการทดลองชุดนี้เป็นการจำลองสภาพการเปลี่ยนแปลงของอิทธิพลต่างๆ เช่น กระแสลม แสงแดด เป็นต้น ผนังที่ใช้ในการทดสอบมีดังนี้

กล่องที่ 1	ผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว
กล่องที่ 2	ผนังก่ออิฐ 8 นิ้ว
กล่องที่ 3	ผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องว่างอากาศ 10 เซนติเมตร
กล่องที่ 4	ผนังวัสดุก่อมวลเบา
กล่องที่ 5	ผนังระบบบผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก

ตารางที่3- 4 ตารางแสดงวัสดุทั้ง 5 ชนิดในการทดลองในชุดแรก

โดยวัสดุทั้งหมดจะหันไปทางทิศตะวันตกทั้งหมด และเริ่มเก็บข้อมูลทุกๆชั่วโมงเป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยข้อมูลที่จะนำมาบันทึกมีดังนี้

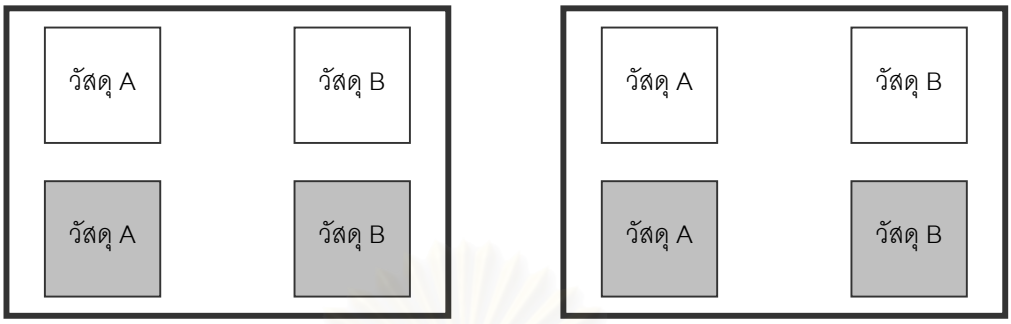
ขั้นตอนที่ 3 **การทดสอบและวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุก่อในกรณีที่มีความแตกต่างของค่าการดูดซับความร้อนของวัสดุที่ผิวแตกต่างกัน**

หลังจากการทดสอบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุก่อทั้ง 5 แบบแล้วจึงเริ่มพิจารณาเลือกนำวัสดุทีมีการถ่ายเทความร้อนที่ดีที่สุดมา 2 ชนิดโดยพิจารณาเลือกจาก ศักยภาพการถ่ายเทความร้อน อุณหภูมิผิวของวัสดุ อุณหภูมิอากาศภายใน เพื่อที่จะนำมาศึกษาต่อถึงคุณสมบัติในการถ่ายเทความร้อนในกรณีที่มีค่าดูดซับความร้อนที่แตกต่างกันออกไป เพื่อที่จะเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอก อุณหภูมิผิวภายใน อุณหภูมิภายในกล่องและพฤติกรรมในการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุในช่วงระยะเวลาต่างๆว่าวัสดุประเภทใดมีศักยภาพในการถ่ายเทความร้อนได้ดีที่สุด ในกรณีที่มีค่าการดูดซับความร้อนที่ผิวแตกต่างกัน

โดยอุปกรณ์ที่ใช้คือ กล่องทดลองทีใช้ในการเก็บข้อมูลลมในวัน เวลาเดียวกันและสถานที่เดียวกันเพื่อที่จะนำมาเปรียบเทียบข้อมูลของแต่ละชุดได้ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบคือ กล่องทดลอง ที่ใช้ในการทดสอบอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง ในวันเวลา สถานที่ และสิ่งแวดล้อมเดียวกัน ในการทดลองชุดนี้เป็นการจำลองสภาพการเปลี่ยนแปลงของอิทธิพลต่างๆ เช่น กระแสลม แสงแดด เป็นต้น โดยวัสดุทั้งหมดจะหันไปทางทิศตะวันตกทั้งหมด และเริ่มเก็บข้อมูลทุกๆชั่วโมงเป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยข้อมูลที่จะนำมาบันทึกมีดังนี้

1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิผิววัสดุภายนอกกล่องทดลอง

3. อุณหภูมิผิววัสดุภายในกล่องทดลอง
4. อุณหภูมิอากาศภายในกล่อง

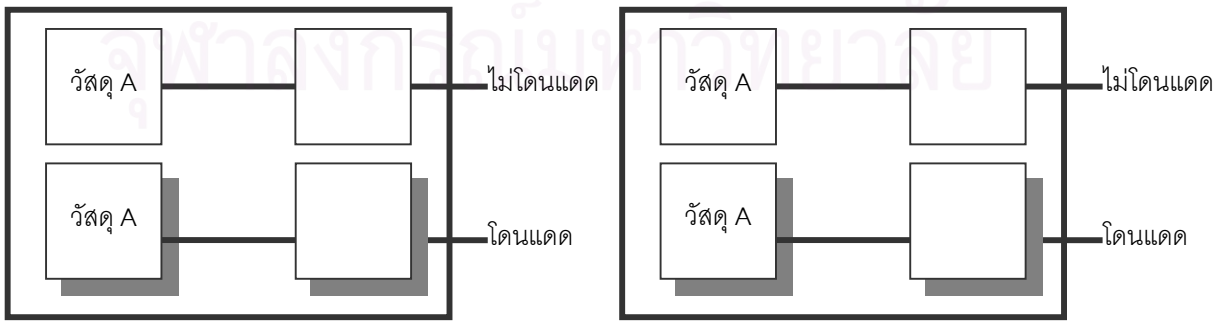


รูปภาพที่3- 30 แสดงภาพประกอบการทดลองในขั้นตอนที่สองเพื่อหาตัวแปรเกี่ยวกับสี

ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบและวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุก่อในรูปแบบต่าง ๆ ในกรณีที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิผิวที่เปลี่ยนไปเนื่องจากแสงแดดโดยตรง

หลังจากการทดสอบสมมติฐานในขั้นตอนที่ 3แล้วจึงเริ่มทำการทดสอบตามสมมติฐานขั้นต่อไปที่ตั้งไว้ โดยเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอก อุณหภูมิผิวภายใน อุณหภูมิภายในกล่องของวัสดุที่มีการถ่ายเทความร้อนที่ดีที่สุด และพฤติกรรมในการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุในช่วงระยะเวลาต่างๆ ในกรณีที่มีการโดนแสงแดดโดยตรงและไม่โดนแสงแดด เพื่อทราบถึงตัวแปรที่มีอิทธิพลกับผิวผนัง

โดยอุปกรณ์ที่ใช้คือ กล่องทดลองทีใช้ในการเก็บข้อมูลลมในวัน เวลาเดียวกันและสถานที่เดียวกัน เพื่อที่จะนำมาเปรียบเทียบข้อมูลของแต่ละชุดได้ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบคือ กล่องทดลอง ที่ใช้ในการทดสอบอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง ในวันเวลา สถานที่ และสิ่งแวดล้อมเดียวกัน ในการทดลองชุดนี้เป็นการจำลองสภาพการเปลี่ยนแปลงของอิทธิพลต่างๆ เช่น กระแสลม แสงแดด เป็นต้น ผนังที่ใช้ในการทดสอบมีดังนี้



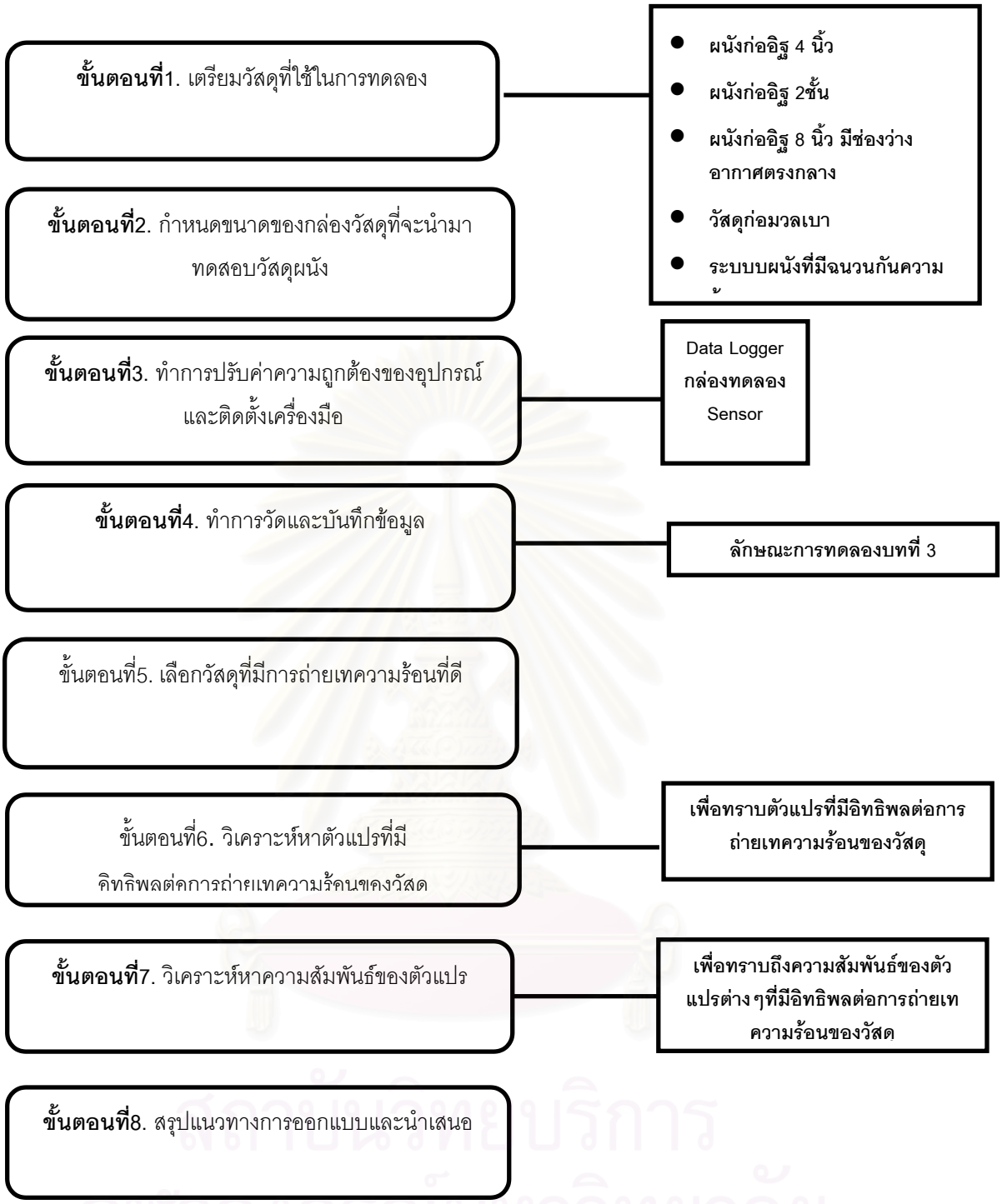
สภาวะปรับอากาศ **สภาวะไม่ปรับอากาศ**

รูปภาพที่3- 31แสดงภาพประกอบการทดลองในขั้นตอนที่สองเพื่อหาตัวแปรเกี่ยวกับแสงแดด

โดยวัสดุทั้งหมดจะหันไปทางทิศตะวันตกทั้งหมด และเริ่มเก็บข้อมูลทุกๆชั่วโมงเป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยข้อมูลที่จะนำมาบันทึกมีดังนี้

1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิผิววัสดุภายนอกกล่องทดลอง
3. อุณหภูมิผิวระหว่างชั้นวัสดุ
4. อุณหภูมิผิววัสดุภายในกล่องทดลอง
5. อุณหภูมิอากาศภายในกล่อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปภาพที่3- 32ภาพประกอบแสดงขั้นตอนการทดลองวิจัยแต่ละขั้นตอน

หลักเกณฑ์ในการเปรียบเทียบวิเคราะห์

1. **อุณหภูมิผิวของวัสดุ**

ในการทดสอบครั้งนี้เป็นการทดสอบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุทั้ง 5 ชนิดในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ซึ่งปริมาณความร้อนที่ผ่านมวลสารวัสดุเข้ามานั้นเกิดจากอิทธิพลภายนอก เช่น รังสีดวงอาทิตย์ ค่าการดูดซับความร้อนที่ผิววัสดุ มวลสารวัสดุ และจากการศึกษาถึงเรื่องของ Sol-Air Temperature ดังนั้นในการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิววัสดุจึงแบ่งเป็น 2 กรณีศึกษาคือ

- อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุด หมายความว่า ยิ่งถ้าอุณหภูมิผิวภายนอกสูงขึ้นมากเท่าไหร่ก็จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนผ่านมวลสารได้มากขึ้นเท่านั้น จากสมการ

$$Q = U A \Delta T$$

- ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดและอุณหภูมิผิวภายในสูงสุด เพื่อดูถึงความสามารถของมวลสารที่จะทำหน้าที่หน่วงเหนี่ยวความร้อนจากภายนอกก่อนที่จะเข้าสู่ภายใน (Decrement Factor)

- ระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุ เพื่อดูระยะเวลาที่วัสดุสามารถหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ได้ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาแนวทางในการนำไปใช้ให้สอดคล้องกับช่วงเวลาการใช้งาน (Time Lag)

2. อุณหภูมิอากาศภายในกล่อง

เพื่อทดสอบถึงอุณหภูมิอากาศในกล่องทดสอบซึ่งได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีของวัสดุภายในกล่องรวมทั้งผิวภายในของผนังกล่องทั้ง 5 ด้านเฉลี่ย พิจารณาถึงค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดและต่ำสุดเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอกว่าแตกต่างกันมากน้อยเท่าไรสามารถป้องกันอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมภายนอกได้หรือไม่ รวมถึงอุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบเฉลี่ยในช่วงที่มีการแผ่รังสีดวงอาทิตย์

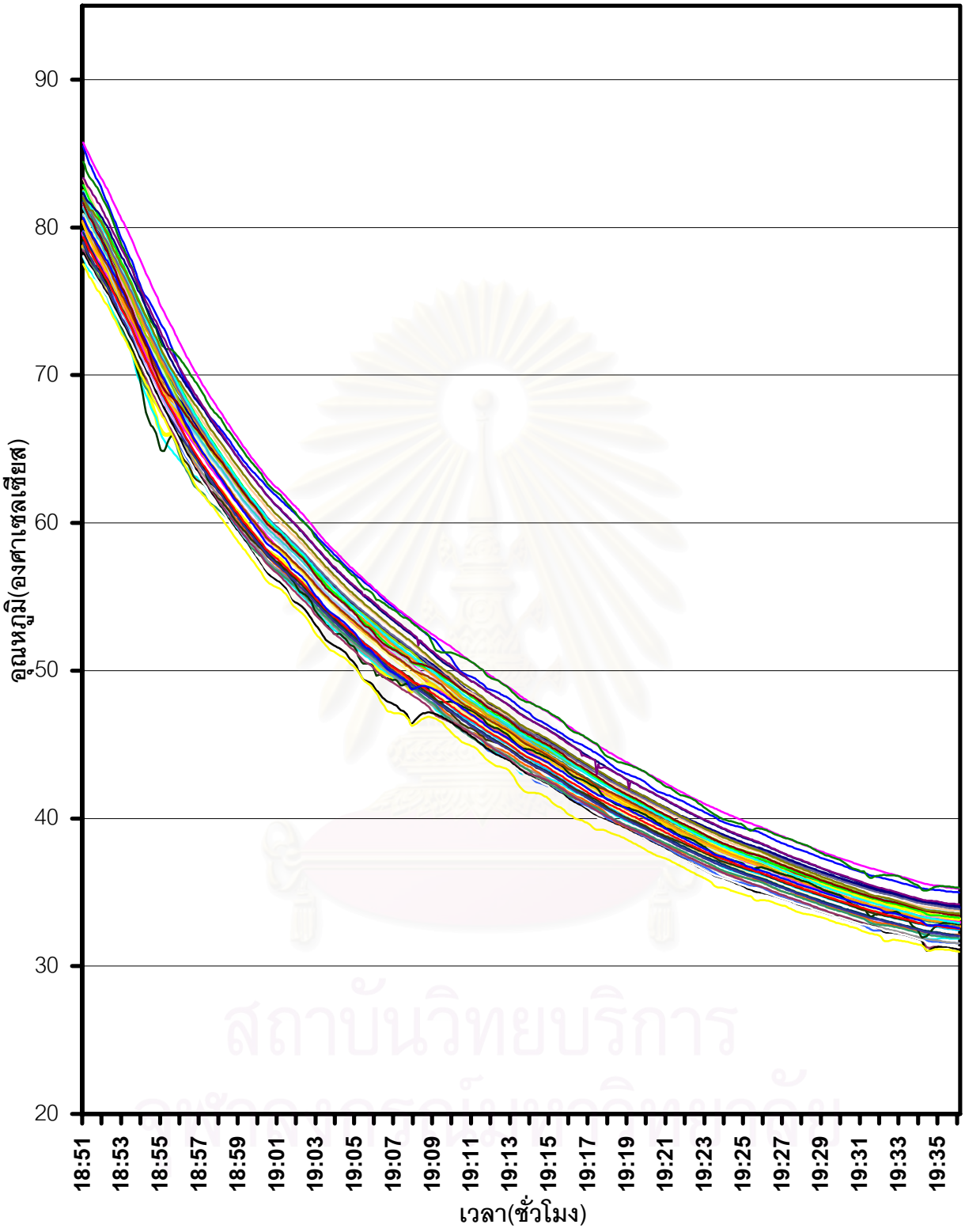
บทที่ 4
ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือที่ใช้วัดค่าข้อมูล

การทดสอบค่าความน่าเชื่อถือของเครื่องมือที่วัดอุณหภูมิ เพื่อเก็บข้อมูลในขั้นตอนแรกนั้น ทำการวัดค่าอุณหภูมิของ Termister จำนวน 45 ตัว ในน้ำอุณหภูมิสูงและกำหนดให้อ่านค่า ทุก 1 นาที และเก็บอุณหภูมิเป็นเวลา ทั้งหมด 71 ข้อมูล นำข้อมูลที่ได้มาPlot กราฟ ดูค่าความแตกต่างของแต่ละหัวSensor จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอย (Regression) เพื่อหาค่า Slope และ Offset ของทั้ง 45 หัว สำหรับนำมาใส่ในSoftware เพื่อปรับค่าความถูกต้องในการวัด

Senser	Slope	Offset	Senser	Slpoe	Offset
1	1.0845	-1.7275	24	1.0625	-0.857
2	1.0753	-0.1416	25	1.0791	1.1503
3	1.1026	-1.4476	26	1.0768	0.6787
4	1.1460	-3.0057	27	1.1073	-0.0487
5	1.1270	-0.9843	28	1.1321	-2.1828
6	1.0427	0.7564	29	1.0974	-0.3705
7	1.0263	-0.6489	30	1.0846	-0.9616
8	1.0965	-0.3541	31	1.0907	0.7885
9	1.0759	-0.9933	32	1.0914	0.1927
10	1.0452	1.1123	33	1.0896	1.2126
11	1.0497	1.4943	34	1.10247	0.8155
12	1.0865	-1.2492	35	1.0723	0.4768
13	1.0721	-0.7608	36	1.0311	0.9641
14	1.0773	0.6117	37	1.0600	0.7707
15	1.0392	0.0358	38	1.1004	1.3529
16	1.0796	1.2897	39	1	0
17	1.0647	-0.4476	40	1.0235	1.4024
18	1.0689	-0.5978	41	1.0687	-0.6483
19	1.0820	-0.4217	42	1.0486	-2.0391
21	1.0349	1.2877	43	1.0541	-1.1680
22	1.1018	-0.1099	44	1.0483	-0.3305
23	1.0625	-0.857	45	1.0215	0.9977

ตารางที่ 4- 1ตารางแสดงค่าปรับความถูกต้องของหัวเทอร์มิสเตอร์ทั้ง45 หัว



แผนภูมิที่ 4- 2 แสดงเส้นกราฟการปรับค่าความถูกต้องของเทอร์มิสเตอร์

4.2 การทดสอบและวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุก่อในรูปแบบต่าง ๆ ในสภาพแวดล้อมจริงทั้งสภาวะปรับอากาศภายในและไม่ปรับอากาศภายใน

หลังจากการทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยแล้วจึงเริ่มทำการทดสอบตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เพื่อที่จะเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอก อุณหภูมิผิวภายใน อุณหภูมิภายในกล่องและพฤติกรรมในการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุในช่วงระยะเวลาต่างๆ ว่าวัสดุประเภทใดมีศักยภาพในการถ่ายเทความร้อนได้ดีที่สุด ทั้งในสภาวะที่ไม่ปรับอากาศภายในและปรับอากาศภายในตามสภาพแวดล้อมจริง

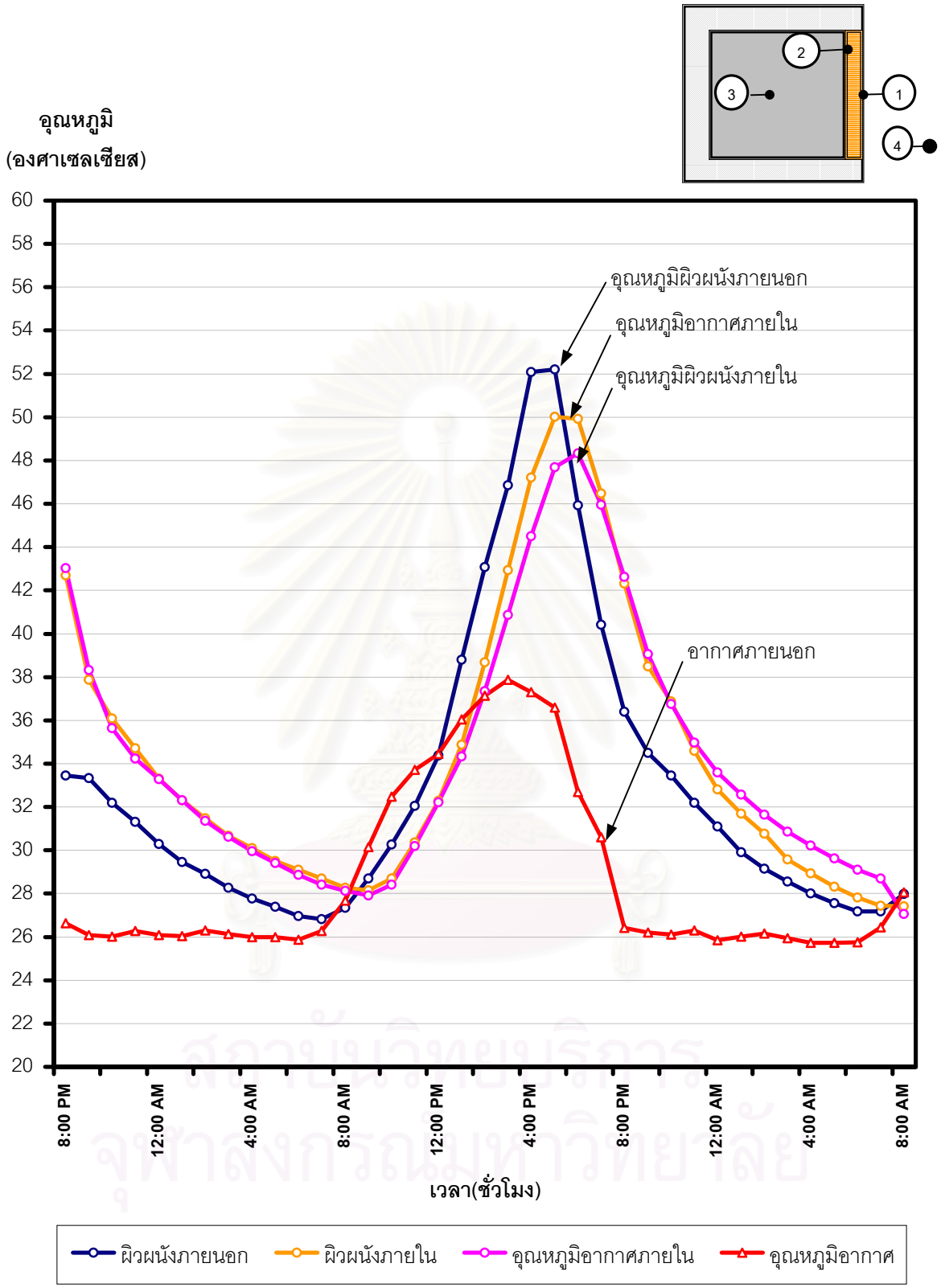
โดยทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอก อุณหภูมิผิวภายในและศึกษาถึงพฤติกรรมของการถ่ายเทความร้อนของวัสดุทั้ง5ชนิด ในช่วงระยะเวลาต่างๆ

โดยอุปกรณ์ที่ใช้คือ กล่องทดลองทีใช้ในการเก็บข้อมูลลมในวัน เวลาเดียวกันและสถานที่เดียวกันเพื่อที่จะนำมาเปรียบเทียบข้อมูลของแต่ละชุดได้ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบคือ กล่องทดลอง ที่ใช้ในการทดสอบอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง ในวันเวลา สถานที่ และสิ่งแวดล้อมเดียวกัน ในการทดลองชุดนี้เป็นการจำลองสภาพการเปลี่ยนแปลงของอิทธิพลต่างๆ เช่น กระแสลม แสงแดด เป็นต้น ผนังที่ใช้ในการทดสอบมีดังนี้

กล่องที่ 1	ผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว
กล่องที่ 2	ผนังก่ออิฐ 8 นิ้ว
กล่องที่ 3	ผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องว่างอากาศ 10 เซนติเมตร
กล่องที่ 4	ผนังวัสดุก่อมวลเบา
กล่องที่ 5	ผนังระบบบผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก

ตารางที่4- 2 ตารางแสดงวัสดุทั้ง 5 ชนิดในการทดลองในชุดแรก

โดยวัสดุทั้งหมดจะหันไปทางทิศตะวันตกทั้งหมด และเริ่มเก็บข้อมูลทุกๆชั่วโมงเป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยข้อมูลที่บันทึกมีดังนี้



แผนภูมิที่ 4- 3 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆในกล่องทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 5 มกราคม2544 เวลา 08:00 น.- 6 มกราคม 2544เวลา20: 00น. ทุกชั่วโมงเป็นเวลา 48 ชั่วโมงโดยหันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆในกล่องทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว โดยหันไปทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุ ผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (16เมษายน ถึง 17เมษายน)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 38.5 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา15:00น.-15:30น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 27 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 06:00น.-06:30น.

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 52 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 16:30น. ถึง 17:00น

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 48 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 19:30น. ถึง 20:00น

ดังนั้น ระยะเวลาที่ปริมาณความร้อนสูงสุด ผ่านจากผิวภายนอกมวลสารเข้าสู่ผิวภายในเท่ากับ 3 ชั่วโมง

ช่วงเวลาที่อุณหภูมิวัสดุต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศอยู่ที่ ช่วงเวลา 08.00 น.ถึง 20:00น.

ทั้งหมดประมาณ 12 ชั่วโมง

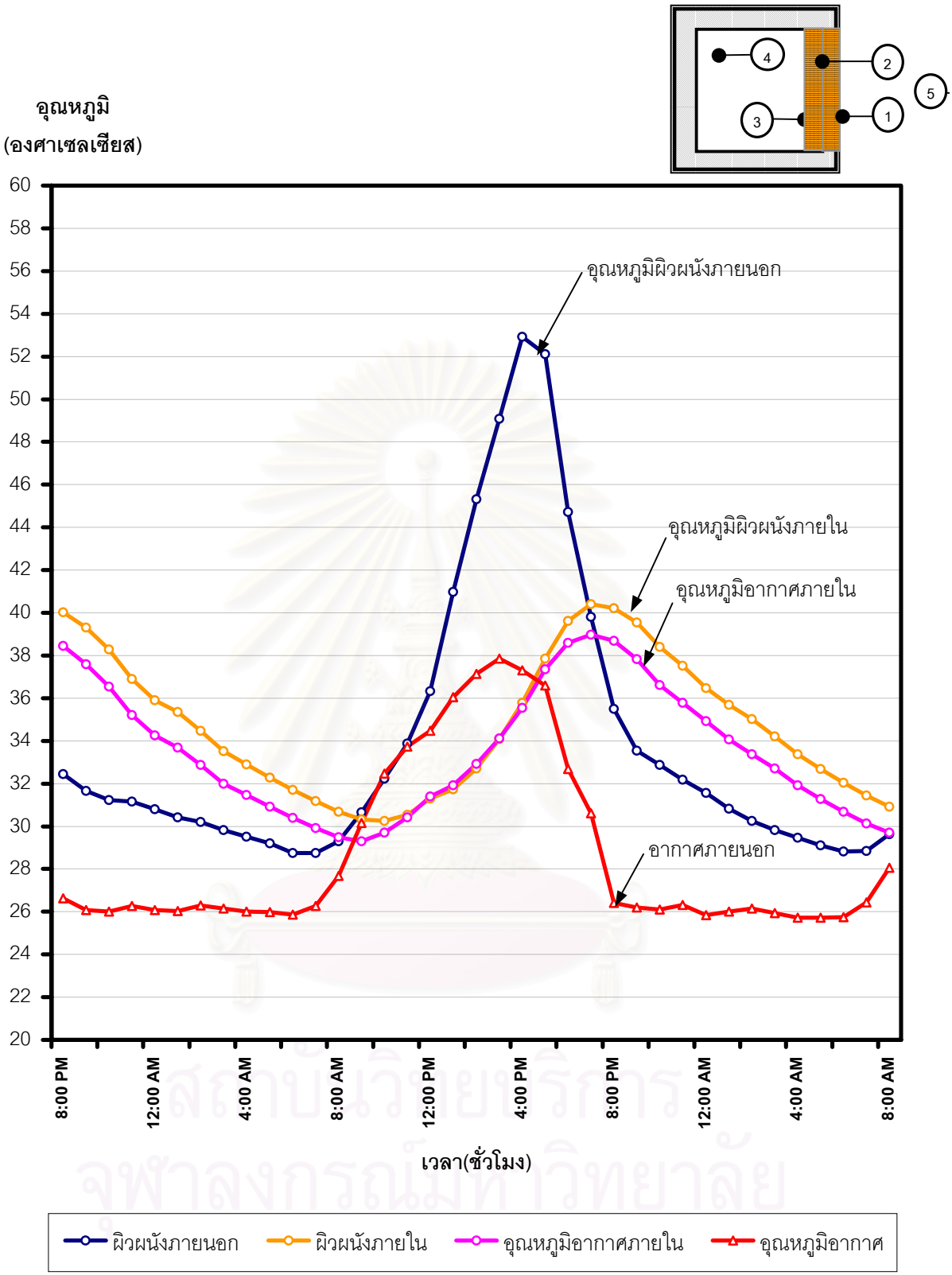
อุณหภูมิอากาศภายในกล่องสูงสุดเท่ากับ 50.5 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 19:30น. ถึง 20:00น.

ต่ำสุดเท่ากับ 28.5 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 09:30น. ถึง 10:00น

และมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกล่องสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด(Temperature Swing) เท่ากับ 21.27องศาเซลเซียส

ค่าเฉลี่ย(Mean Temperature)ของอุณหภูมิอากาศภายในกล่องเท่ากับ 33.91 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4- 4แผนภูมิแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆในกล่องทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐฉาบปูน 8นิ้วโดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 5 มกราคม2544 เวลา 08:00 น.- 6 มกราคม 2544เวลา20: 00น. ทุกชั่วโมงเป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยหันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆในกล่องทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐ 8 นิ้ว โดยหันไปทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุ ผนังก่ออิฐ 8 นิ้ว หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (16เมษายน ถึง 17เมษายน)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 38.5 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา15:00น.-15:30น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 27 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 06:00น.-06:30น.

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 53.0 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 16:00น. ถึง 16:30น

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 40.5 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 20:00น. ถึง 20:30น

ดังนั้น ระยะเวลาที่ปริมาณความร้อนสูงสุด ผ่านจากผิวภายนอกมวลสารเข้าสู่ผิวภายในเท่ากับ 4 ชั่วโมง

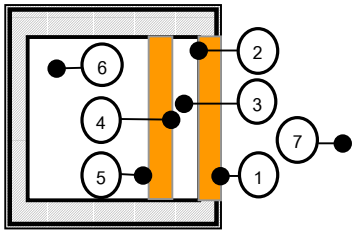
อุณหภูมิอากาศภายในกล่องสูงสุดเท่ากับ 35.9 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 20:00น. ถึง 20:30น.

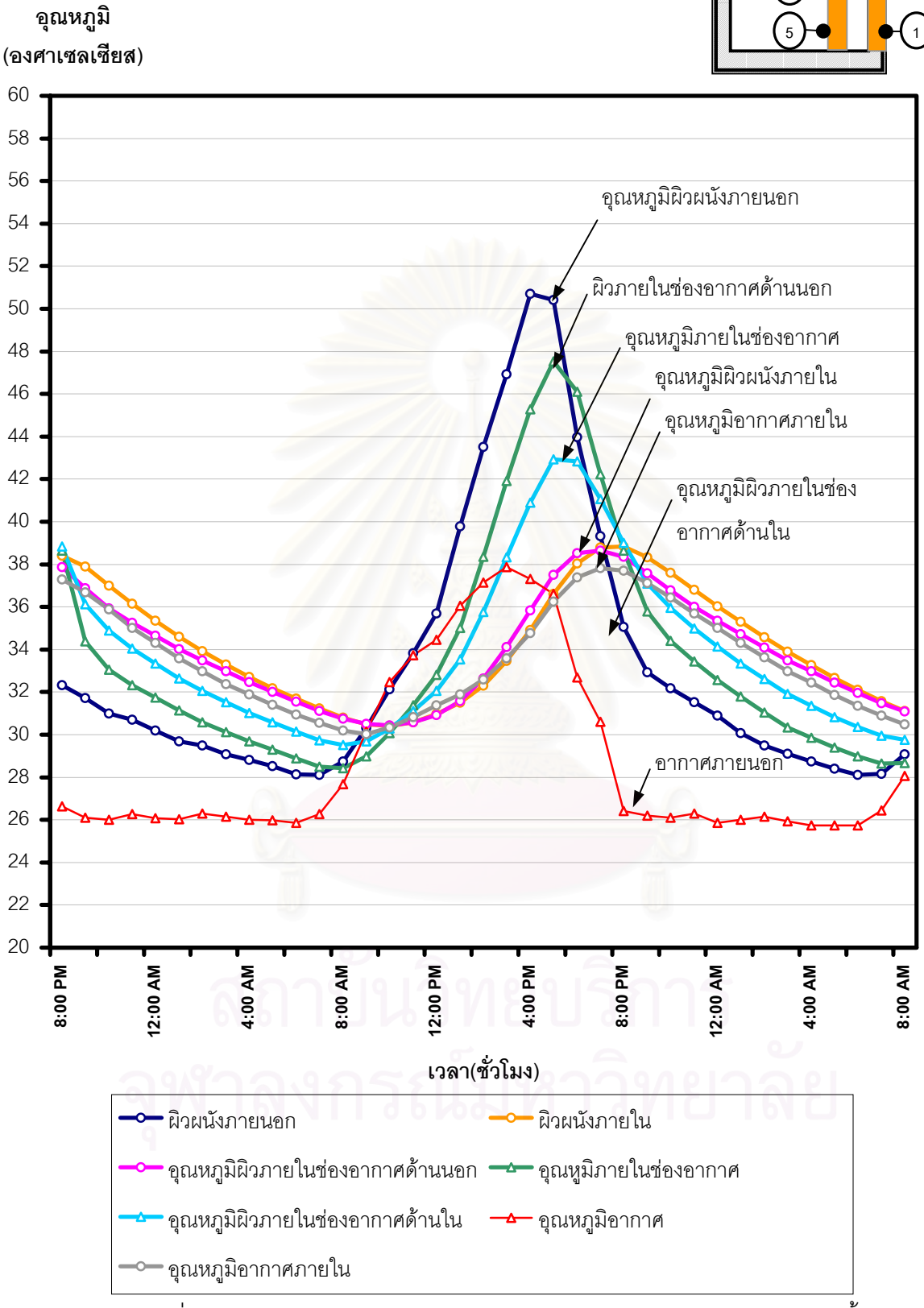
ต่ำสุดเท่ากับ 29.5 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 09:00น. ถึง 09:30น

และมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกล่องสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด(Temperature Swing) เท่ากับ 9.67 องศาเซลเซียส

ค่าเฉลี่ย(Mean Temperature)ของอุณหภูมิอากาศภายในกล่องเท่ากับ 33.27 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





แผนภูมิที่ 4- 5 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆในกล่องทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐ 8 นิ้ว มีช่องว่างอากาศ 10 เซนติเมตร ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 5 มกราคม2544 เวลา 08:00 น.- 6 มกราคม 2544เวลา20: 00น. ทุกชั่วโมงเป็นเวลา 48 ชั่วโมงโดยหันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆในกล่องทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องว่างอากาศ 10 เซนติเมตร โดยหันไปทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุ ผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องว่างอากาศ 10 เซนติเมตร หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (16เมษายน ถึง 17เมษายน)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 38.5 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา15:00น.-15:30น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 27 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 06:00น.-06:30น.

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 51.00 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 19:00น. ถึง 19:30น

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 38.50 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 20:00น. ถึง 20:30น

ดังนั้น ระยะเวลาที่ปริมาณความร้อนสูงสุด ผ่านจากผิวภายนอกมวลสารเข้าสู่ผิวภายในเท่ากับ 3 ชั่วโมง

อุณหภูมิอากาศภายในกล่องสูงสุดเท่ากับ 37.82 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 21:00น. ถึง 21:30น.

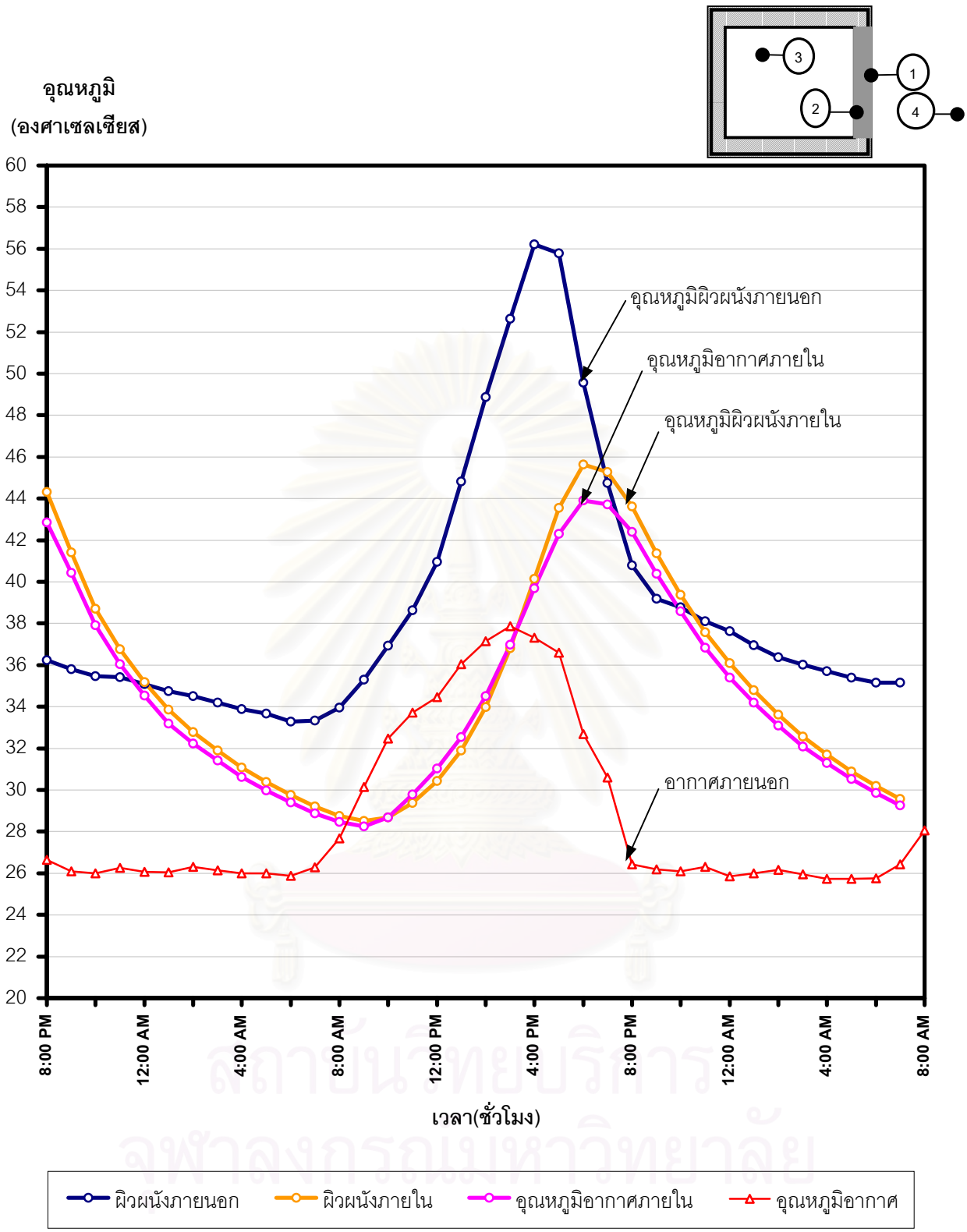
ต่ำสุดเท่ากับ 30.00 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 09:00น. ถึง 09:30น

และมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกล่องสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด(Temperature Swing)

เท่ากับ 7.80 องศาเซลเซียส

ค่าเฉลี่ย(Mean Temperature)ของอุณหภูมิอากาศภายในกล่องเท่ากับ 33.31 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4- 6แผนภูมิแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆในกล่องทดสอบวัสดุผนังวัสดุก่อมวลเบา ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 5 มกราคม2544 เวลา 08:00 น.- 6 มกราคม 2544เวลา20: 00น. ทุกชั่วโมงเป็นเวลา 48 ชั่วโมงโดยหันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆในกล่องทดสอบวัสดุผนังวัสดุก่อมวลเบา โดยหันไปทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุ ผนังวัสดุก่อมวลเบา หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (16เมษายน ถึง 17เมษายน)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 38.5 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา15:00น.-15:30น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 27 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 06:00น.-06:30น.

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 56.5 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 17:00น. ถึง 17:30น

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 46.7 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 19:30น. ถึง 20:00น

ดังนั้น ระยะเวลาที่ปริมาณความร้อนสูงสุด ผ่านจากผิวภายนอกมวลสารเข้าสู่ผิวภายในเท่ากับ 2 ชั่วโมง

อุณหภูมิอากาศภายในกล่องสูงสุดเท่ากับ 43.5 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 18.00น. ถึง 18.30น.

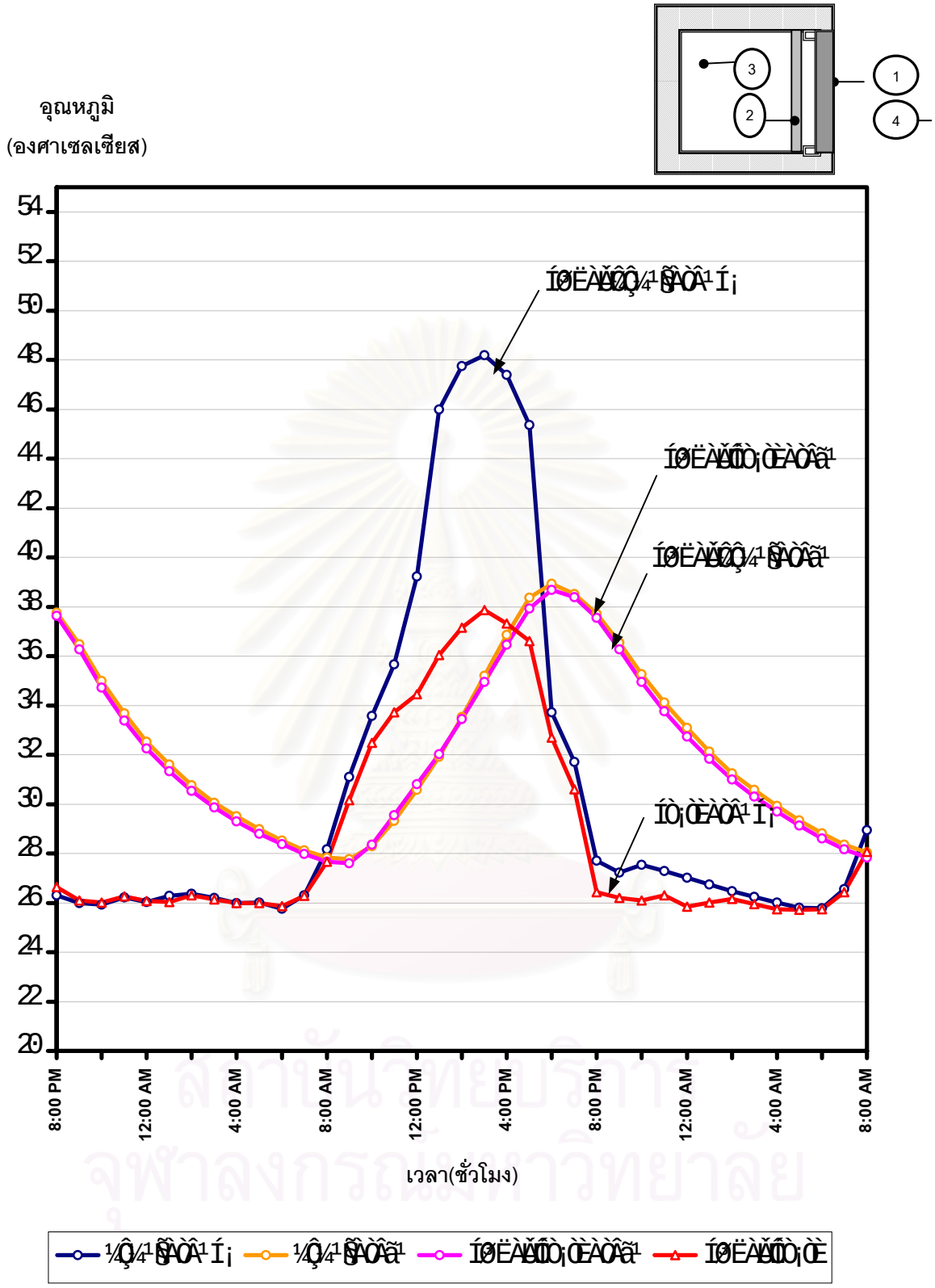
ต่ำสุดเท่ากับ 28.0 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 8:30น. ถึง 9:30น

และมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกล่องสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด(Temperature Swing)

เท่ากับ 15.54 องศาเซลเซียส

ค่าเฉลี่ย(Mean Temperature)ของอุณหภูมิอากาศภายในกล่องเท่ากับ 33.91 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4- 7 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆในกล่องทดสอบผนัง ระบบบผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 5 มกราคม2544 เวลา 08:00 น.- 6 มกราคม 2544เวลา20: 00น. ทุกชั่วโมงเป็นเวลา 48 ชั่วโมงโดยหันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆในกล่องทดสอบวัสดุผนังระบบบผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก โดยหันไปทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุ ผนังระบบบผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 38.5 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา15:00น.-15:30น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 27 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 06:00น.-06:30น.

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 48.0 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 16:30น. ถึง 17:00น

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 38.5 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 19:30น. ถึง 20:00น

ดังนั้น ระยะเวลาที่ปริมาณความร้อนสูงสุด ผ่านจากผิวภายนอกมวลสารเข้าสู่ผิวภายในเท่ากับ 3 ชั่วโมง

อุณหภูมิอากาศภายในกล่องสูงสุดเท่ากับ 38.3 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 16.30น. ถึง 17.00น.

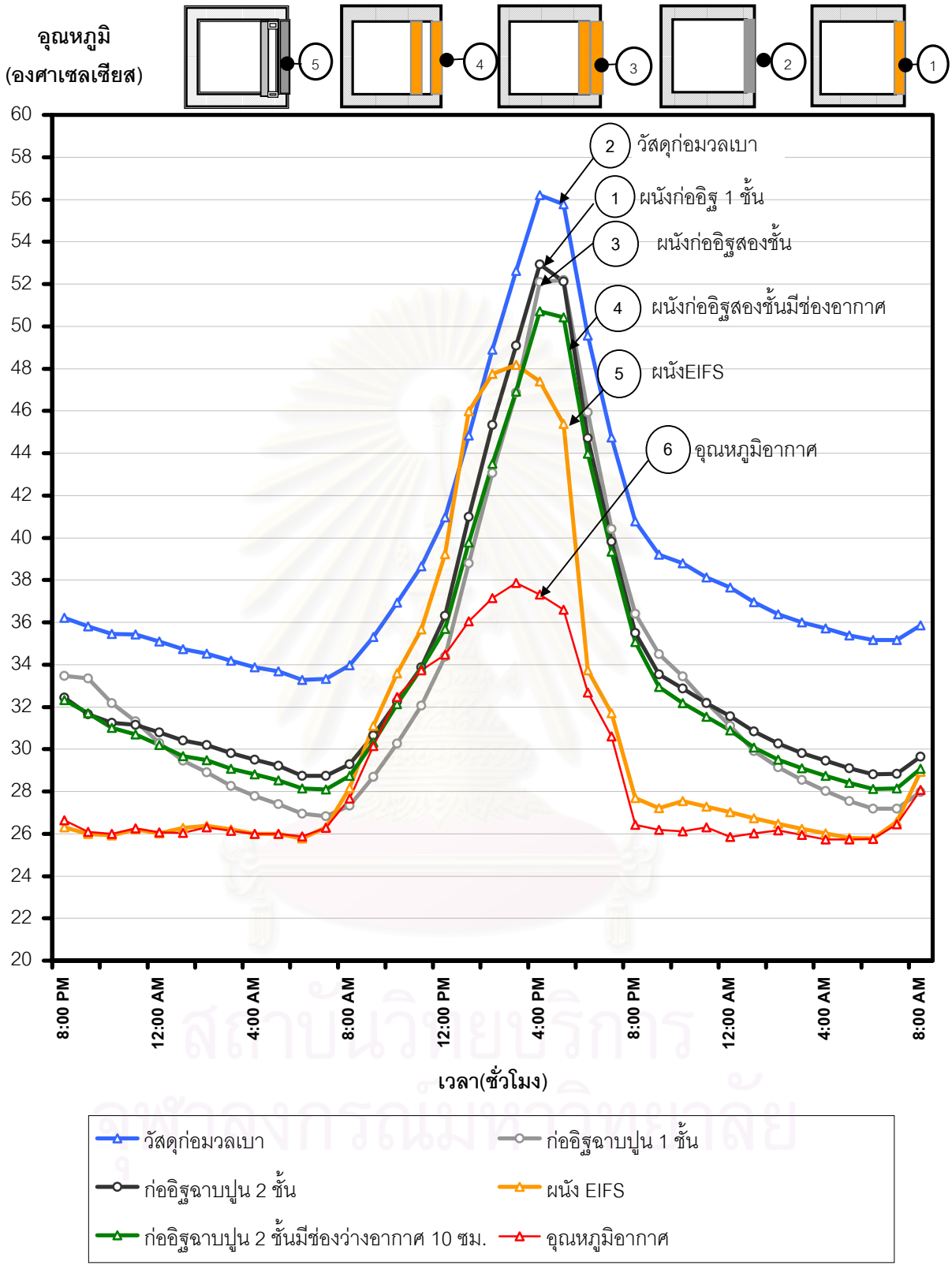
ต่ำสุดเท่ากับ 27.6 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 07:00น. ถึง 07:30น

และมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกล่องสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด(Temperature Swing)

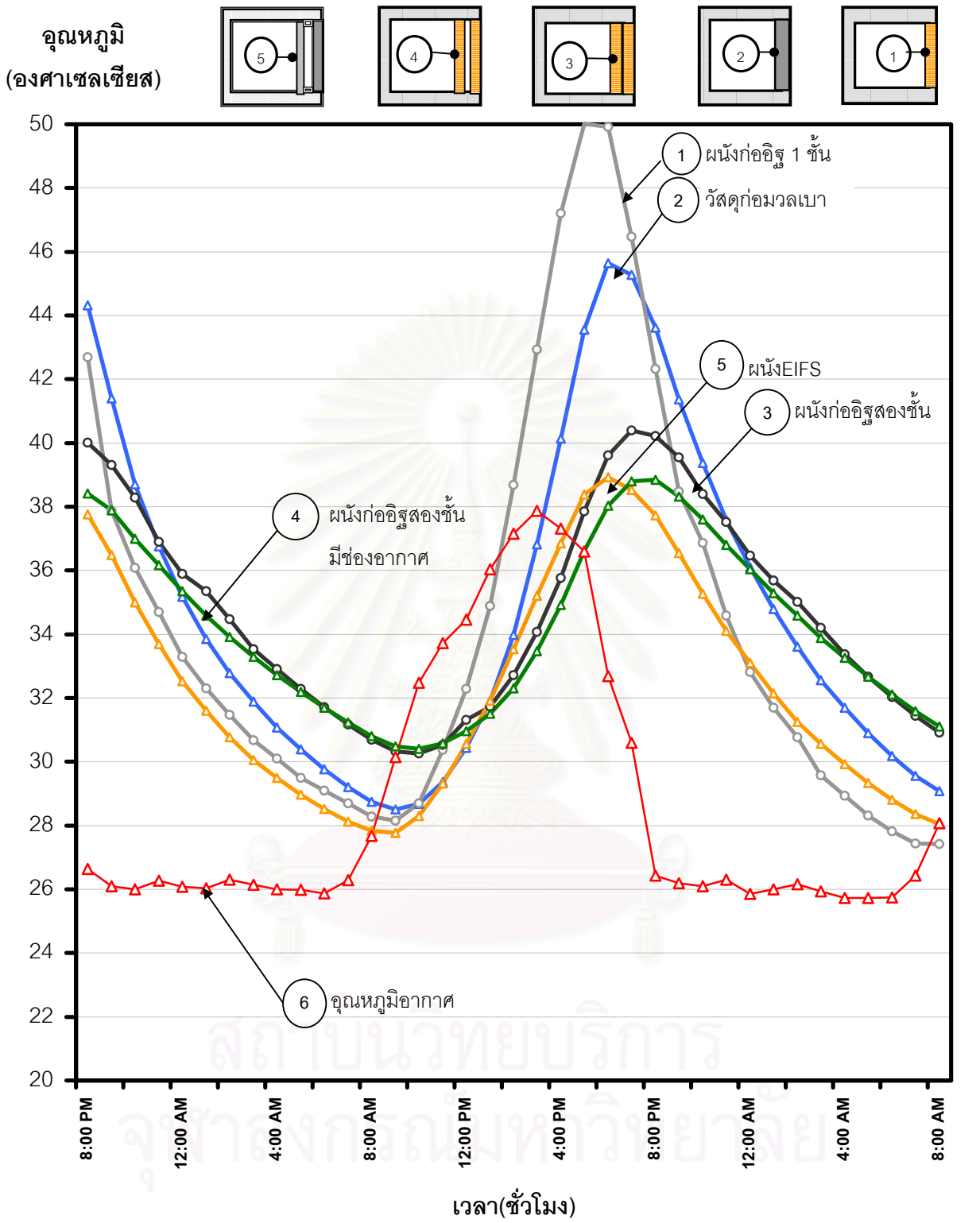
เท่ากับ 11 องศาเซลเซียส

ค่าเฉลี่ย(Mean Temperature)ของอุณหภูมิอากาศภายในกล่องเท่ากับ 31.64 องศาเซลเซียส

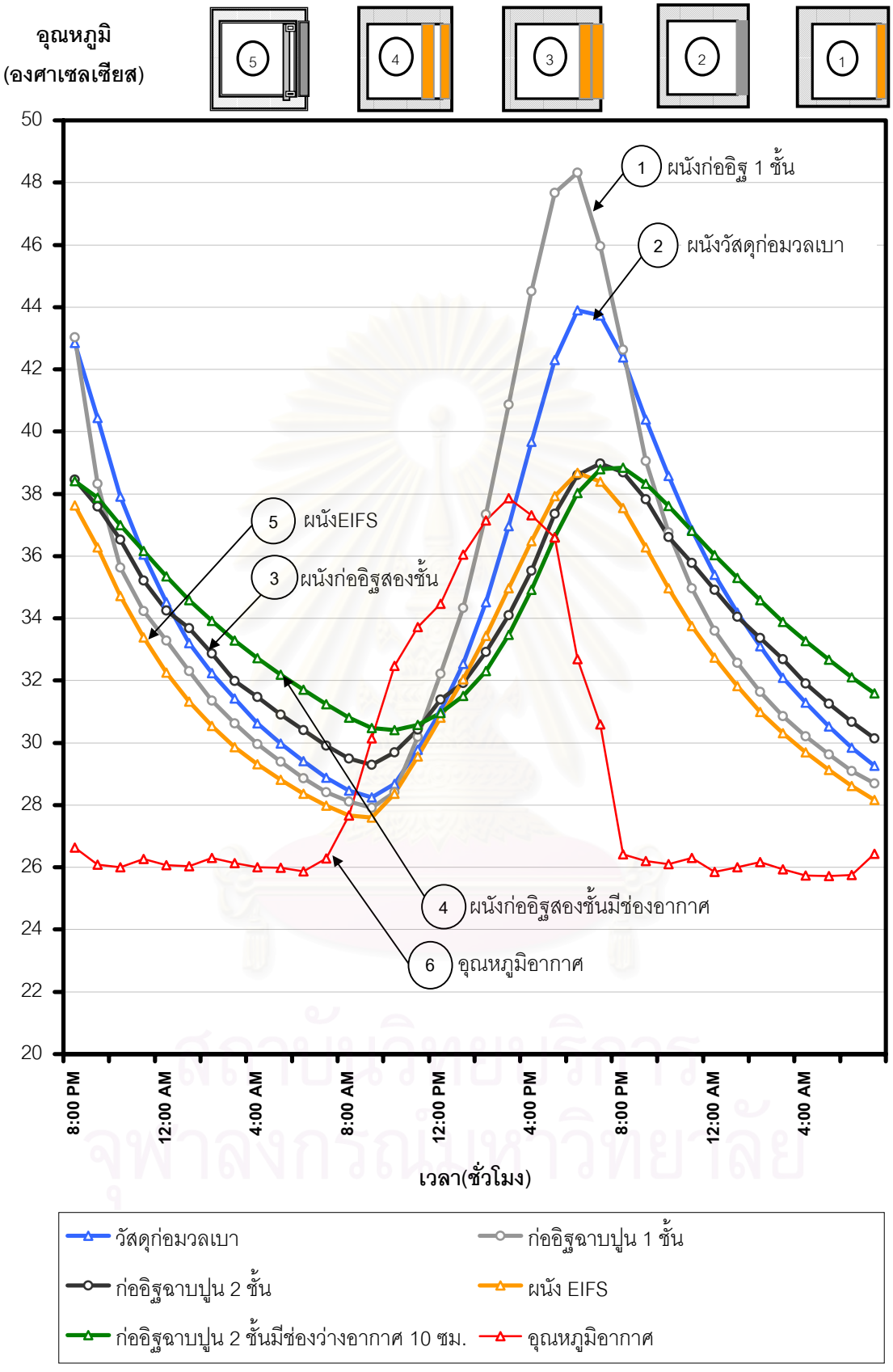
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4- 8 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกในรูปแบบต่างกันของวัสดุทดสอบทั้ง 5 ชนิด



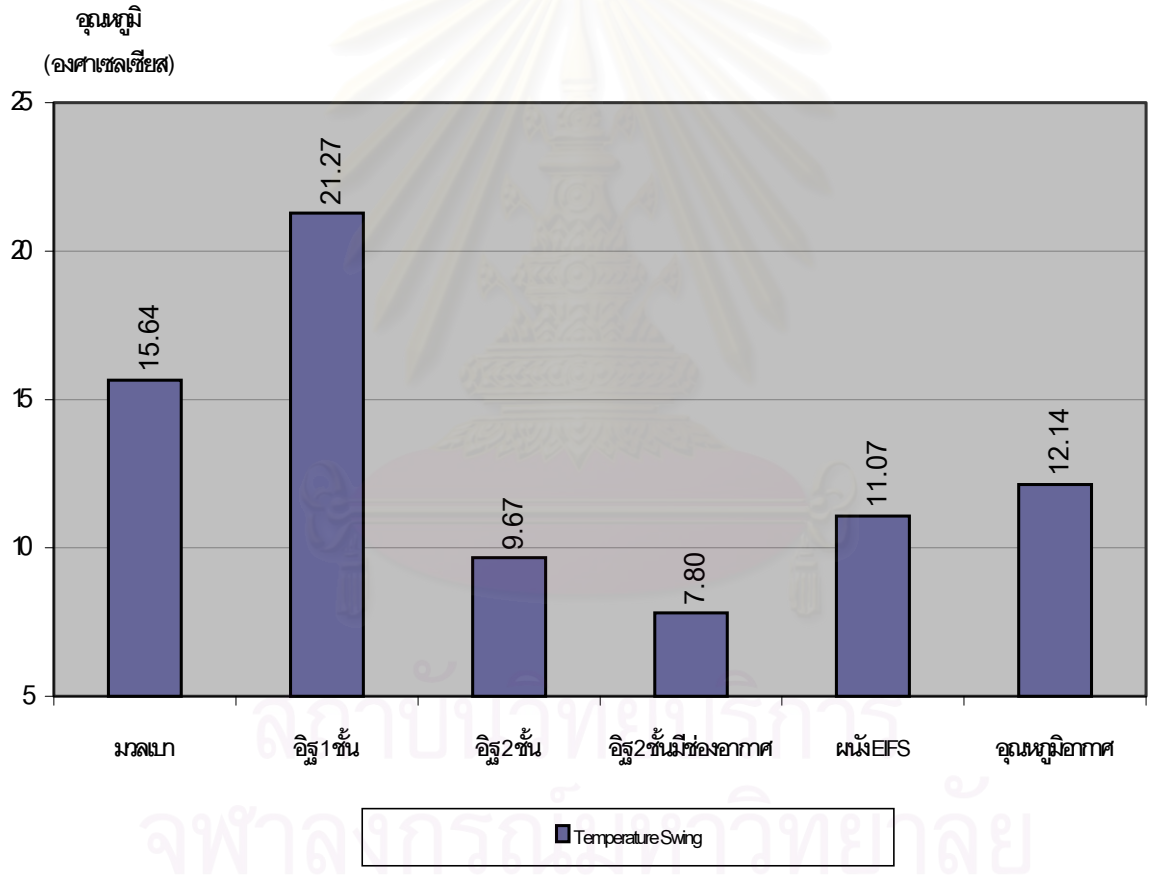
แผนภูมิที่ 4- 9 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในรูปแบบต่างกันโดยทดสอบกับวัสดุทั้ง 5 ชนิด



แผนภูมิที่ 4- 10 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบวัสดุโดยเปรียบเทียบกับวัสดุทดสอบทั้ง 5 ชนิด

<u>การวิเคราะห์ผลการทดสอบข้อมูลเปรียบเทียบผนังวัสดุก่อที่มีรูปแบบและมวลสารต่างกันในกล่องทดสอบ</u>

จากการทดสอบผนังที่ใช้วัสดุก่อทั้ง 4 ประเภทในเบื้องต้น เมื่อพิจารณาในเรื่องของมวลสารของวัสดุก่อผนังที่แตกต่างกัน ได้แก่ ผนังก่ออิฐชั้นเดียว ผนังก่ออิฐสองชั้น ผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องว่างอากาศ 10 เซนติเมตร ผนังวัสดุก่อมวลเบา และผนัง ระบบบผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก พบว่า เมื่อมีปริมาณความร้อนที่ให้กับวัสดุผนังเท่ากันแล้ว อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิววัสดุไม่เท่ากัน โดยพบว่า วัสดุที่มีมวลสารมากกว่า จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวภายนอกช้ากว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อยกว่า และมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิผิวสูงสุดและต่ำสุด(Temperature swing) น้อยกว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อยกว่า



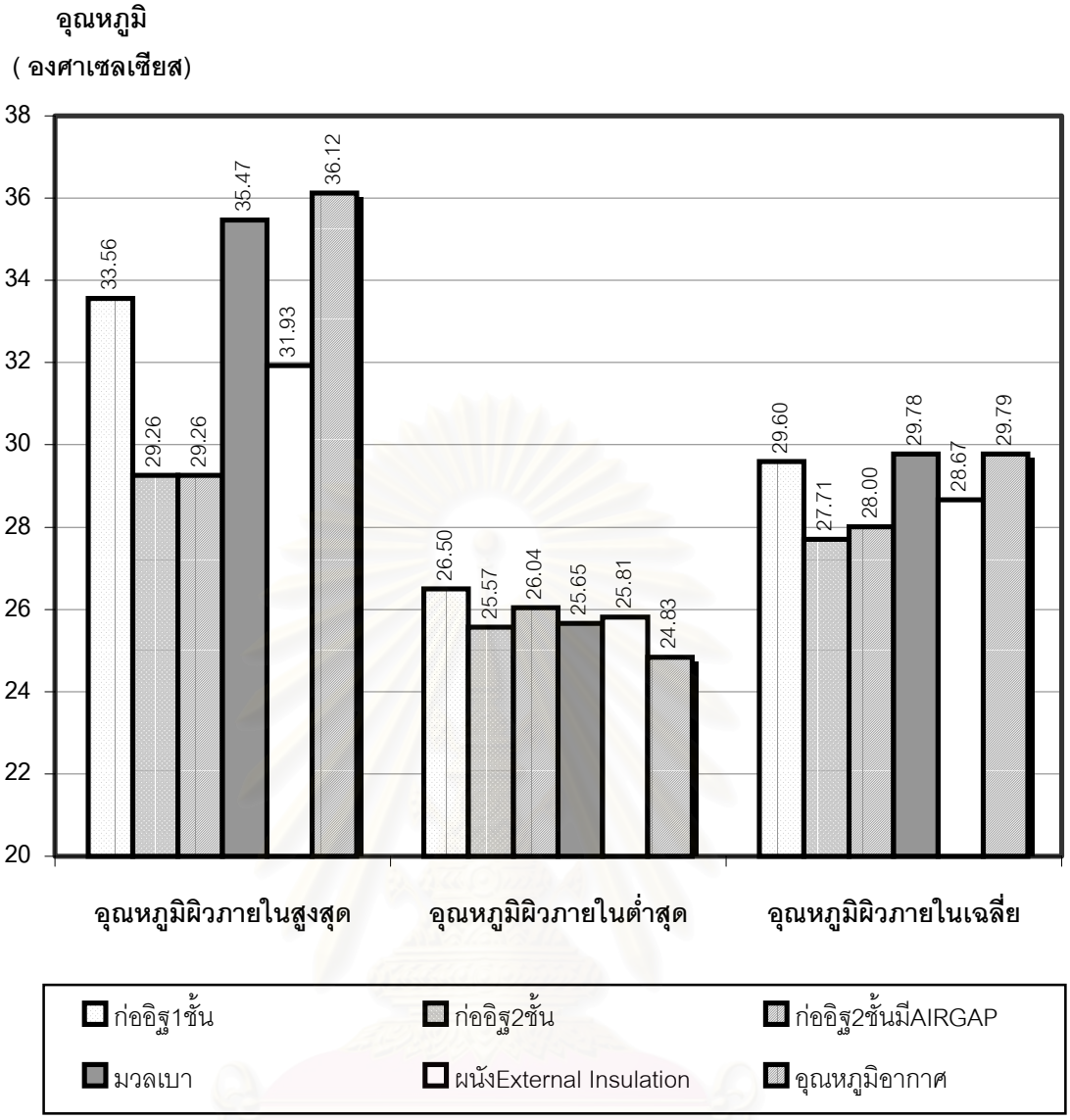
แผนภูมิที่ 4- 11 แสดงการเปรียบเทียบTemperature swingของอากาศภายในกล่องวัสดุก่อในกรณีไม่ปรับอากาศ

ในกรณีเปรียบเทียบพฤติกรรมขั้นต้นในสภาวะไม่ปรับอากาศ ผนังก่ออิฐฉาบปูนมีช่องว่างอากาศ 10 ซม. มีอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกค่อนข้างที่จะช้าที่สุด และมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิผิวสูงสุดและต่ำสุดน้อยกว่าวัสดุก่อประเภทอื่นๆ

โดยเมื่อพิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนแล้วนั้นพบว่า ทันทีที่ผิวผนังได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงเช้า วัสดุก่อทุกประเภทเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวในทันทีและมีอัตาการถ่ายเทความร้อนที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่ออิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์เริ่มมากขึ้นในช่วงเที่ยง อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวภายนอกเริ่มมีเปลี่ยนแปลงไป เมื่อพิจารณาจากกราฟเปรียบเทียบแสดงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุทั้ง 4 ประเภทจะพบว่า ผนังวัสดุก่อมวลเบาจะมีอุณหภูมิผิวสูงที่สุดและมีอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิผิวผนังที่สูงที่สุด เนื่องจากวัสดุก่อมวลเบาและผนังก่ออฐชั้นเดียวมีความหนาที่ใกล้เคียงกัน คือประมาณ 10 เซนติเมตร แต่ความหนาแน่นของวัสดุก่อมวลเบาน้อยกว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนชั้นเดียว ดังนั้นมวลสารของผนังวัสดุก่อมวลเบาเมื่อเทียบต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่จึงน้อยกว่าผนังก่ออิฐชั้นเดียว เมื่อมวลสารน้อยกว่าในขณะที่ได้รับปริมาณความที่เท่ากันจึงทำให้วัสดุก่อมวลเบาอิ่มตัวได้เร็วกว่า อุณหภูมิผิวจึงถึงจุดสูงสุดได้เร็วกว่า

เป็นที่น่าสังเกตว่า ในเวลาที่อุณหภูมิผิวของวัสดุก่อมวลเบาขึ้นสู่จุดสูงสุดนั้น ใกล้เคียงกันกับเวลาที่อุณหภูมิอากาศสูงสุดเช่นกัน เนื่องจากมวลสารของวัสดุก่อมวลเบาน้อยกว่าผนังชนิดอื่นๆ จึงมีการสะสมความร้อนในตัวได้น้อยกว่า ในขณะที่ผนังก่ออิฐสองชั้นและผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องว่างอากาศ มีมวลสารมากกว่าจึงทำให้สะสมปริมาณความร้อนได้อีกเรื่อยๆ ทำให้อุณหภูมิของผิวผนังยังต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

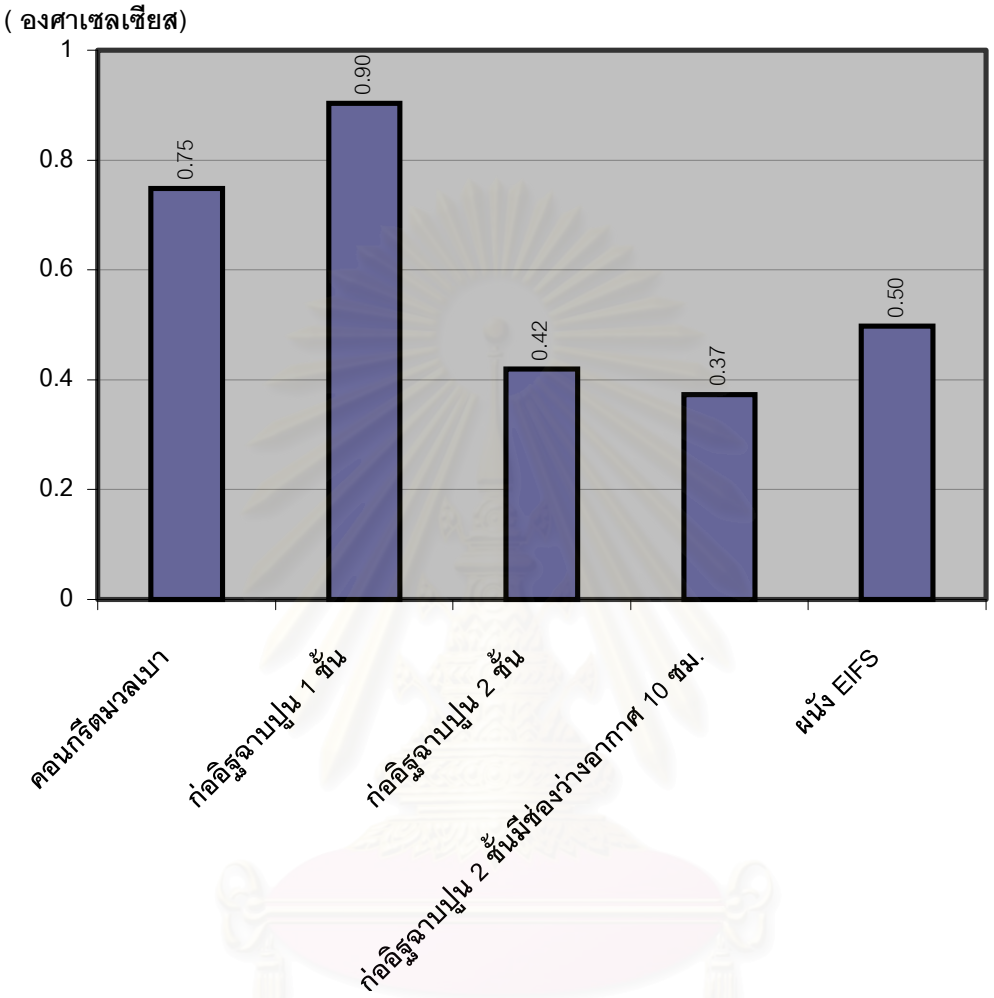


แผนภูมิที่ 4- 12แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังภายในวัสดุก่อในกรณี ไม่ปรับอากาศ

เมื่อหลังเวลา 14:00 น. อุณหภูมิอากาศภายนอกเริ่มลดลง อัตราการลดลงของอุณหภูมิผิวภายนอกของผนังก่ออิฐชั้นเดียว และผนังวัสดุก่อมวลเบา ลดลงอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งอุณหภูมิอากาศลดลงต่ำสุดเวลา 05:00 น. อุณหภูมิผิวผนังวัสดุก่อที่มีมวลสารน้อยจะมีอุณหภูมิผิวต่ำสุด ในขณะที่ ผนังก่ออิฐสองชั้นและผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องว่างอากาศ ในช่วงเวลาดังกล่าวกลับมีอุณหภูมิผิวสูงกว่าผนังก่ออิฐชั้นเดียวและผนังวัสดุก่อมวลเบา

และเมื่อพิจารณาอุณหภูมิผิวผนังภายใน ของวัสดุทั้ง 5 แบบ ในกล่องทอสอบพบว่า สอดคล้องกับอุณหภูมิผิวภายนอกนั่นคือ ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบมีช่องว่างอากาศ และผนังก่ออิฐสองชั้น จะมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดและต่ำสุด(Temperature swing) น้อยที่

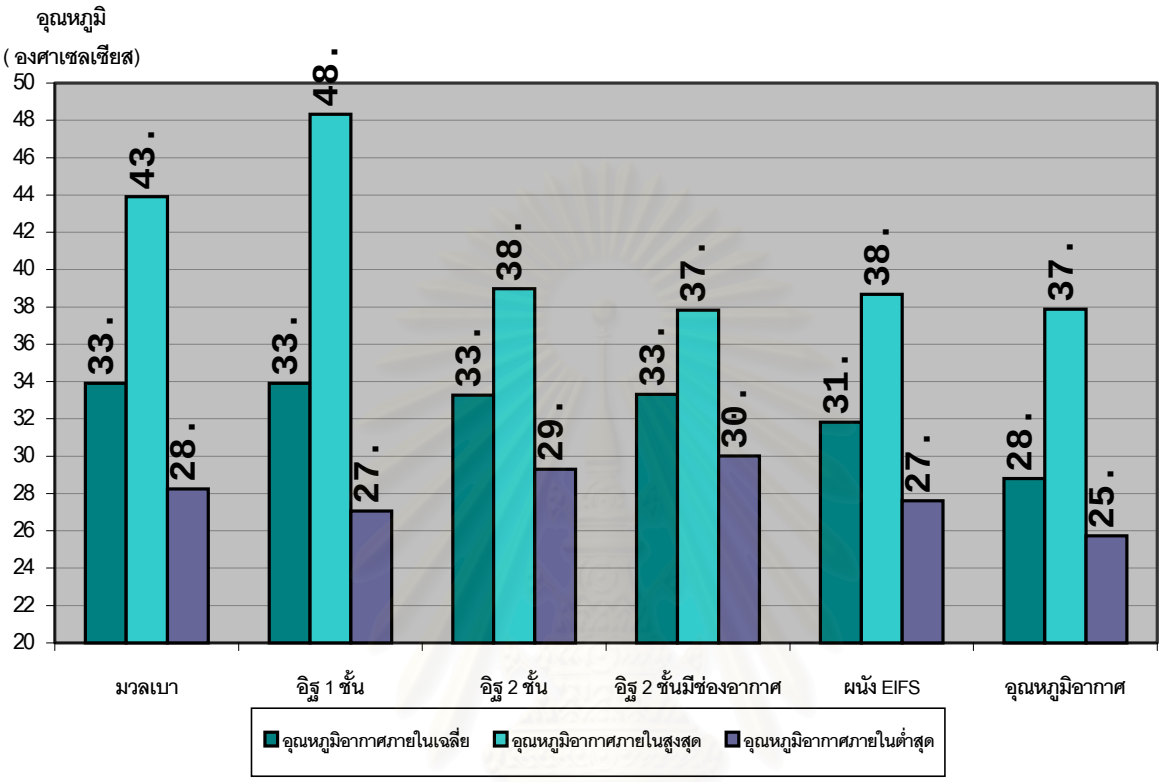
สุด เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิผิวภายนอกและภายในแล้วพบว่า ความต่างของอุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดและอุณหภูมิผิวภายในสูงสุด (Decrement Factor) แตกต่างกันถึง 10 องศาเซลเซียสในขณะที่ผนังก่ออิฐชั้นเดียว แตกต่างกันเพียง2-3 องศาเซลเซียสเท่านั้น



แผนภูมิที่ 4- 13แผนภูมิแสดงค่า Decrement factorของวัสดุในกรณีไม่ปรับอากาศ

เมื่อพิจารณาจากกราฟอุณหภูมิอากาศ ในเวลากลางวันอุณหภูมิผิวภายนผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องว่างอากาศมีค่าต่ำสุดและมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศมากในช่วงเวลา 08:00 น ถึง 16:00 น. ซึ่งนานที่สุดเมือเทียบกับผนังรูปแบบอื่น ในทางกลับกันในเวลากลางคืน ผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องว่างอากาศกลับมีอุณหภูมิสุดกว่าผนังรูปแบบอื่น เนื่องจากผนังเริ่มคายความร้อนที่สะสมอยู่ในมวลสารออกสู่ภายนอก ดังนั้นผนังที่มีมวลสารมากก็จะมีการคายความร้อนออกมามากส่งผลให้อุณหภูมิผิวผนังสูงกว่าภายนอก ถ้าเราพิจารณาถึงอุณหภูมิอากาศภายนอกเป็นตัวเปรียบเทียบก็จะพบว่าอุณหภูมิของผนังวัสดุก่อทั้งหมดจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก

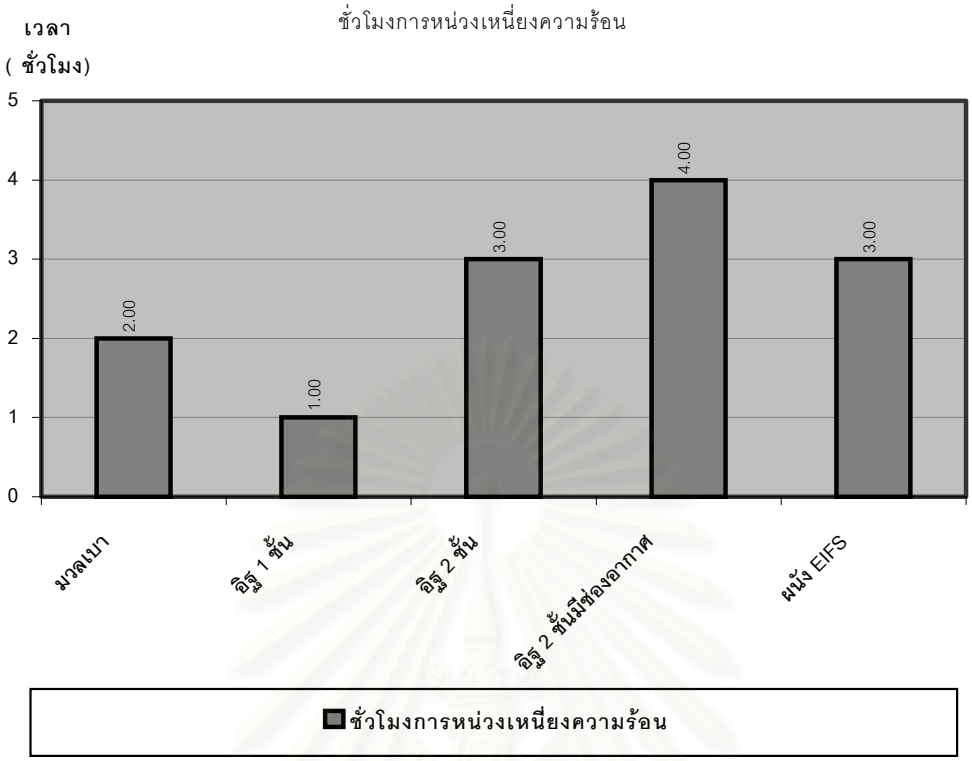
แต่เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละรูปแบบของผนังแล้วพบว่าผนังที่มีมวลสารมากสุดจะมีอุณหภูมิต่ำสุดในเวลากลางวัน อุณหภูมิสูงสุดในเวลากลางคืน วัสดุมวลสารน้อยสุดก็จะมีอุณหภูมิสูงสุดในเวลากลางวัน อุณหภูมิต่ำสุดในเวลากลางคืน



แผนภูมิที่ 4- 14 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบของวัสดุผนังทดสอบทั้ง 5 แบบ

การหน่วงเหนี่ยวความร้อน

เมื่อพิจารณาถึงการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุทั้งหมด เปรียบเทียบกัน พบว่า ผนังที่มีมวลสารมากอย่าง ผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศและผนังก่ออิฐสองชั้น มีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนมากที่สุดซึ่งทำให้ในเวลากลางวันอุณหภูมิกล่องทดสอบของผนังสองชนิดนี้ต่ำกว่ากล่องอื่นและต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ในขณะที่ผนังมวลเบา ผนังก่ออิฐหนึ่งชั้น มีระยะเวลาการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ต่ำกว่า ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องสูงกว่าในเวลากลางวันเช่นกัน

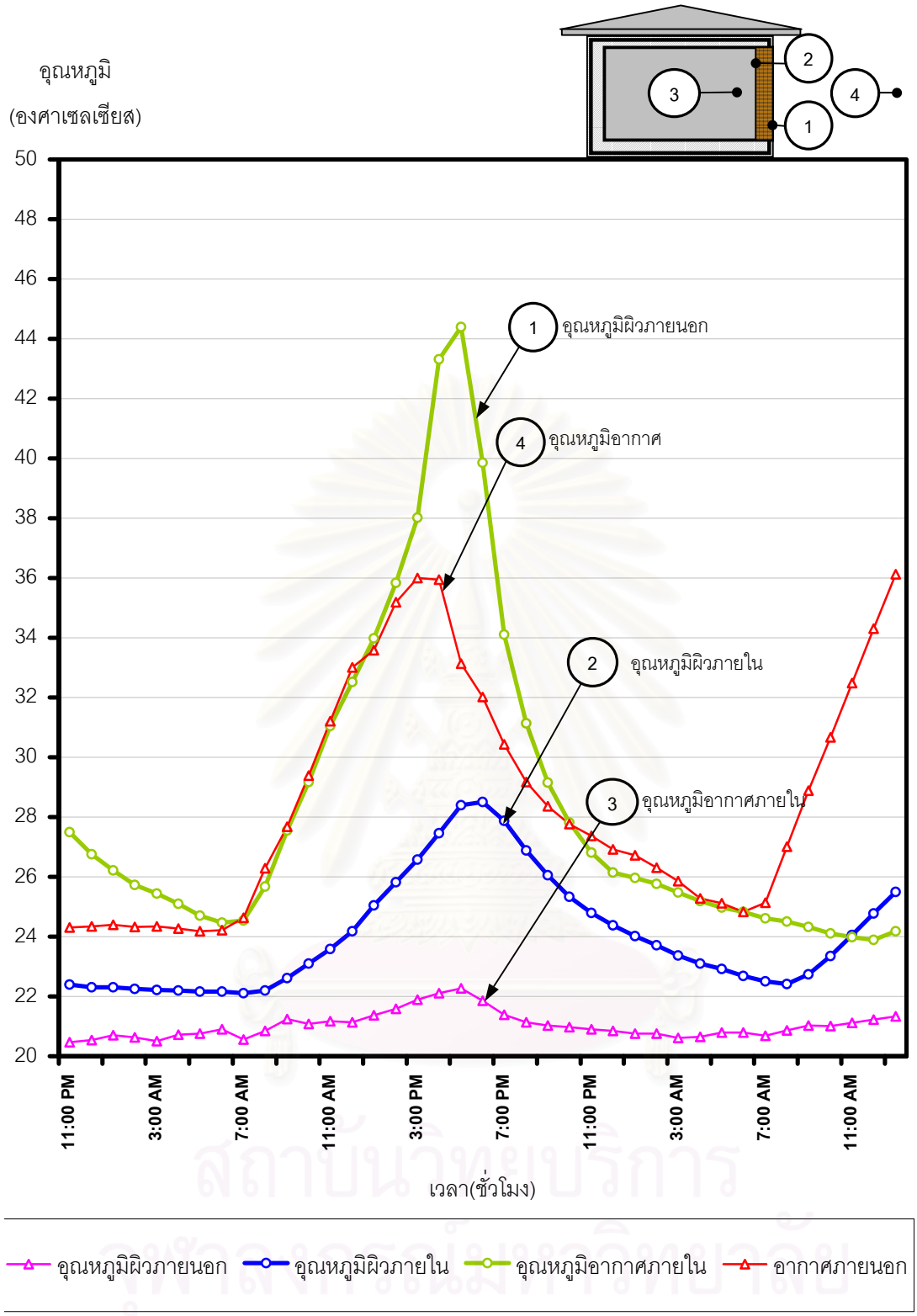


แผนภูมิที่ 4- 15 แผนภูมิแสดงค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุ

สำหรับผนังระบบผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก นั้น พบว่า มีระยะการหน่วงเหนี่ยวความร้อนใกล้เคียงกับ
ผนังมวลเบาและอิฐหนึ่งชั้น เช่นกันแต่เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดแล้วพบว่า ผนังระบบผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก มีค่าอุณหภูมิผิวภายในต่ำกว่าผนังก่ออิฐชั้นเดียวและมวลเบา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4- 3แผนภูมิแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆในห้องทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐ 1 ชั้นในสภาวะปรับอากาศทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 16 มกราคม2544 เวลา 23:00 น.- 17 เมษายน 2544เวลา23:00น. ทุกชั่วโมงเป็นเวลา 48 ชั่วโมงโดยหันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆในกล่องทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว โดยหันไปทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุ ผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (16เมษายน ถึง 17เมษายน)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 38.5 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา15:00น.-15:30น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 27 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 06:00น.-06:30น.

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยเท่ากับ 21.15 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 45 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 17:00น. ถึง 17:30น

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 28.5 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 18:30น. ถึง 19:00น

อุณหภูมิผิวภายในเฉลี่ยเท่ากับ 26.95 องศาเซลเซียส

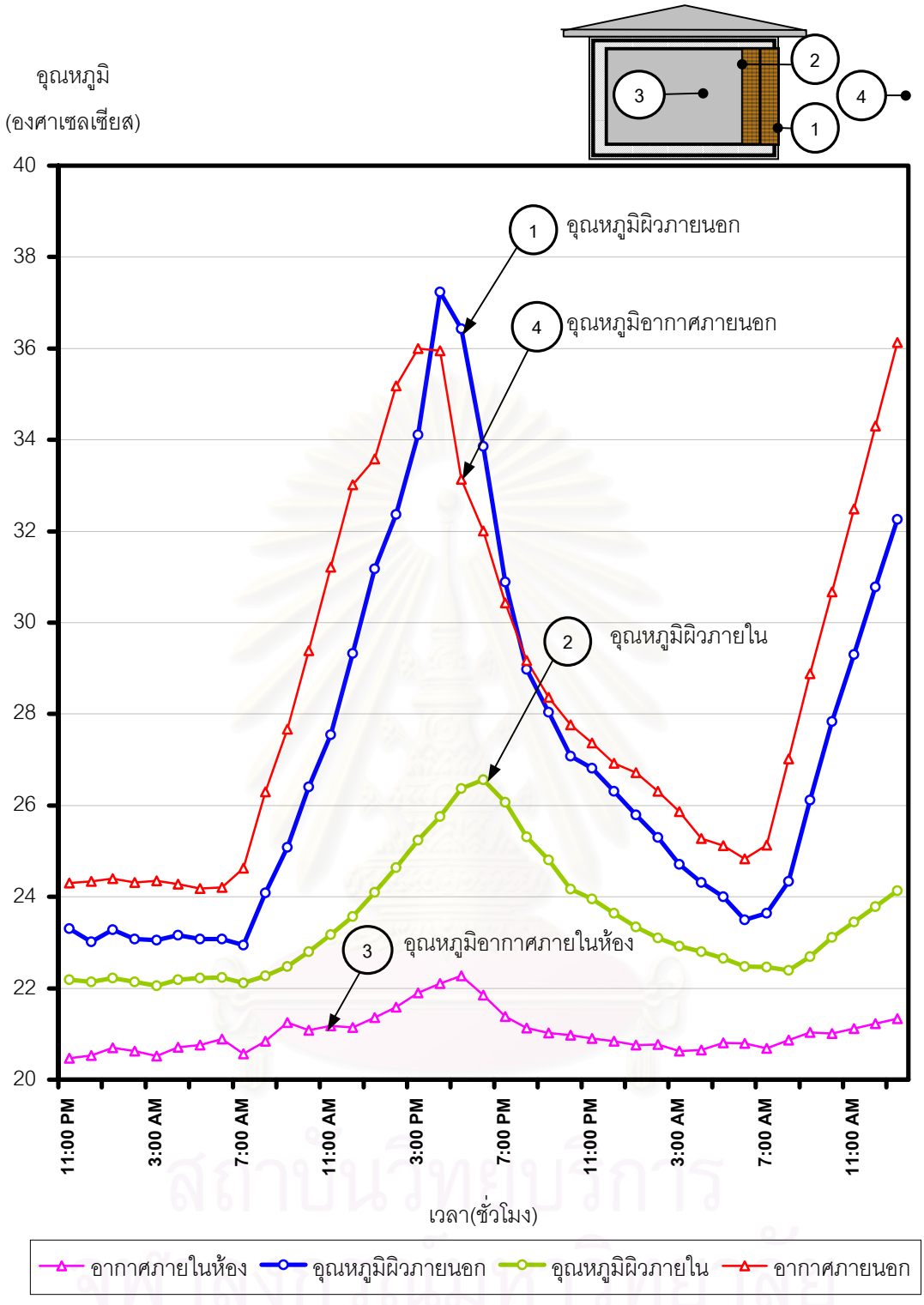
ค่าความแตกต่างของผิวนอกและผิวในของวัสดุ

เท่ากับ16.5องศาเซลเซียส

ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวในวัสดุและอุณหภูมิเฉลี่ยอากาศภายในใน1วัน

เท่ากับ 5.8 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4- 4แผนภูมิแสดงอุณหภูมิวัสดุผนังก่ออิฐ 8 นิ้ว ในสภาวะปรับอากาศ ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 16 มกราคม2544 เวลา 23:00 น.- 17 เมษายน 2544เวลา23: 00น. ทุกชั่วโมงเป็นเวลา 48 ชั่วโมงโดยหันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆในกล่องทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐ 8 นิ้ว โดยหันไปทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุ ผนังก่ออิฐ 8 นิ้ว หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (16เมษายน ถึง 17เมษายน)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 38.5 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา15:00น.-15:30น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 27 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 06:00น.-06:30น.

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยเท่ากับ 21.15 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 37 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 17:00น. ถึง 17:30น

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 26.7 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 18:30น. ถึง 19:00น

อุณหภูมิผิวภายในเฉลี่ยเท่ากับ 23.99 องศาเซลเซียส

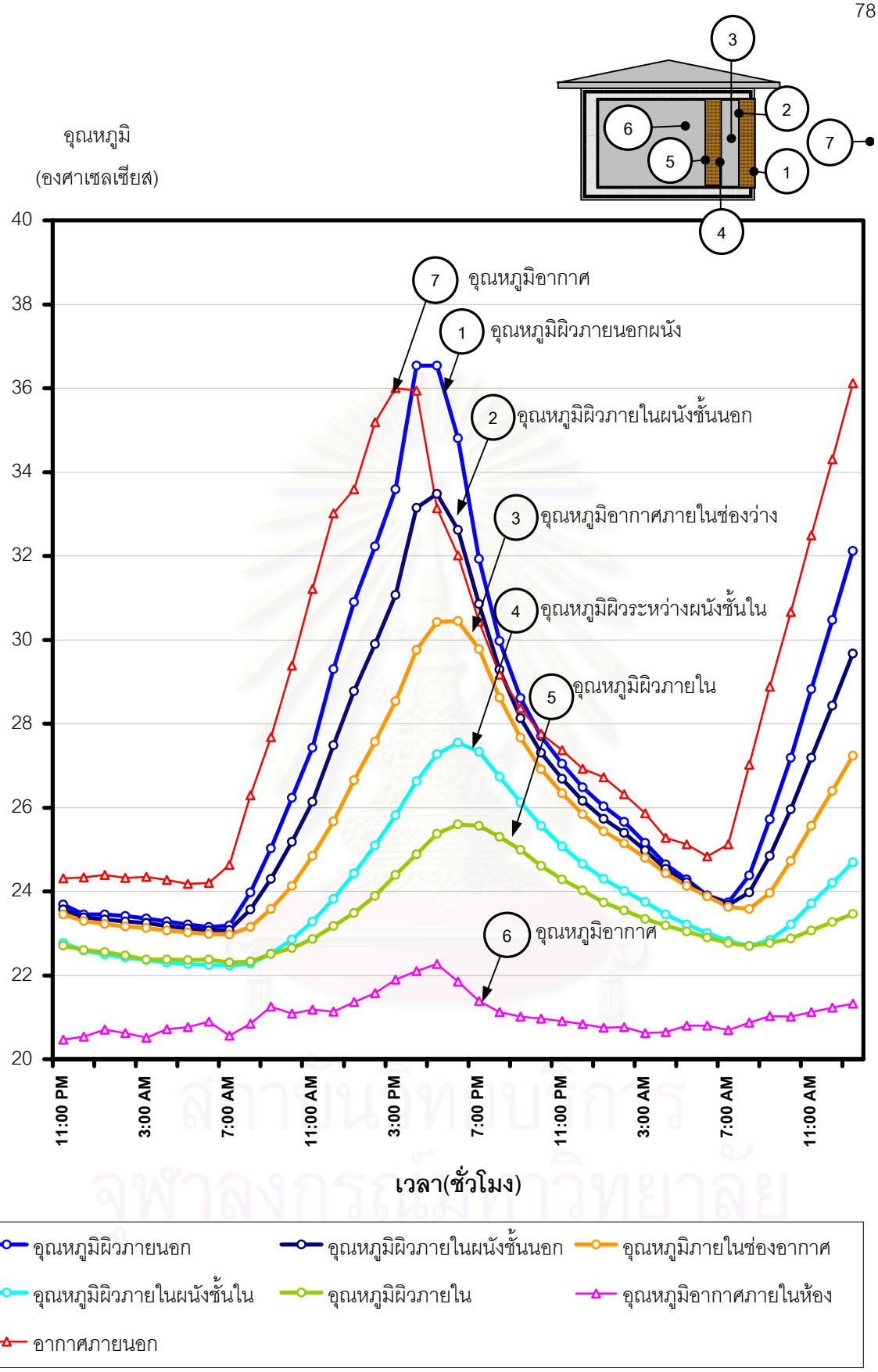
ค่าความแตกต่างของผิวนอกและผิวในของวัสดุ

เท่ากับ10.3องศาเซลเซียส

ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวในวัสดุและอุณหภูมิเฉลี่ยอากาศภายในใน1วัน

เท่ากับ 2.84 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4- 5แผนภูมิแสดงอุณหภูมิวัสดุผนังก่ออิฐ 2 ชั้นมีช่องว่างอากาศในสภาวะปรับอากาศทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 16 มกราคม2544 เวลา 23:00 น.- 17 เมษายน 2544เวลา23: 00น. ทุกชั่วโมงเป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยหันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆในกล่องทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องว่างอากาศ 10 เซนติเมตร โดยหันไปทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุ ผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องว่างอากาศ 10 เซนติเมตร หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (16เมษายน ถึง 17เมษายน)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 38.5 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา15:00น.-15:30น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 27 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 06:00น.-06:30น.

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยเท่ากับ 21.15 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 36.5 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 17:00น. ถึง 17:30น

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 25.5 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 18:30น. ถึง 19:00น

อุณหภูมิผิวภายในเฉลี่ยเท่ากับ 23.40 องศาเซลเซียส

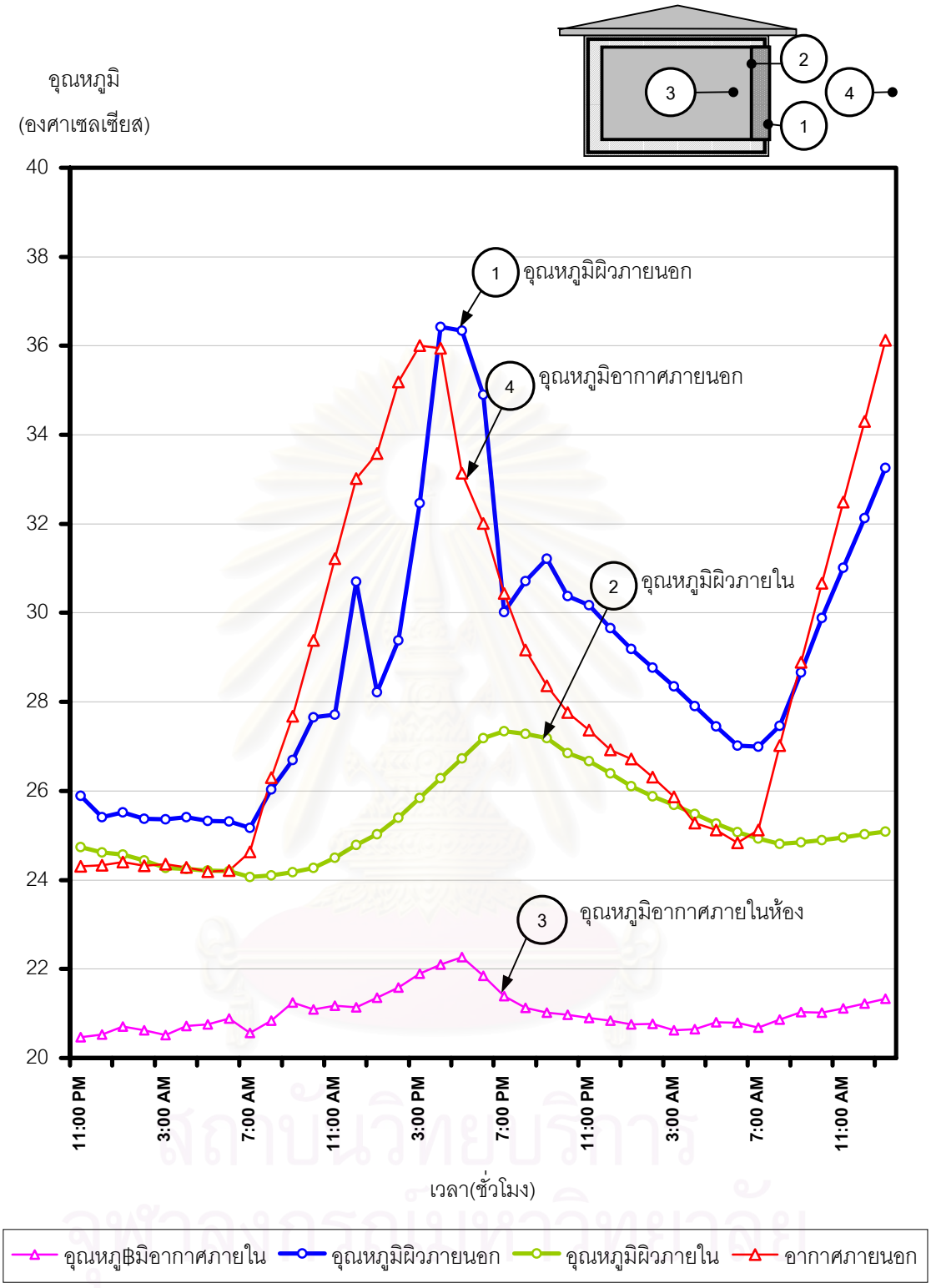
ค่าความแตกต่างของผิวนอกและผิวในของวัสดุ

เท่ากับ11องศาเซลเซียส

ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวในวัสดุและอุณหภูมิเฉลี่ยอากาศภายในใน1วัน

เท่ากับ 2.25 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4- 6แผนภูมิแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆในห้องทดสอบวัสดุวัสดุก่อมวลเบา สภาวะปรับอากาศทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 16 มกราคม2544 เวลา 23:00 น.- 17 เมษายน 2544เวลา23: 00น. ทุกชั่วโมงเป็นเวลา 48 ชั่วโมงโดยหันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆในกล่องทดสอบวัสดุผนังวัสดุก่อมวลเบา โดยหันไปทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุ ผนังวัสดุก่อมวลเบา หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (16เมษายน ถึง 17เมษายน)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 38.5 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา15:00น.-15:30น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 27 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 06:00น.-06:30น.

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยเท่ากับ 21.15 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 36.5 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 17:00น. ถึง 17:30น

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 27.5 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 18:30น. ถึง 19:00น

อุณหภูมิผิวภายในเฉลี่ยเท่ากับ 25.84 องศาเซลเซียส

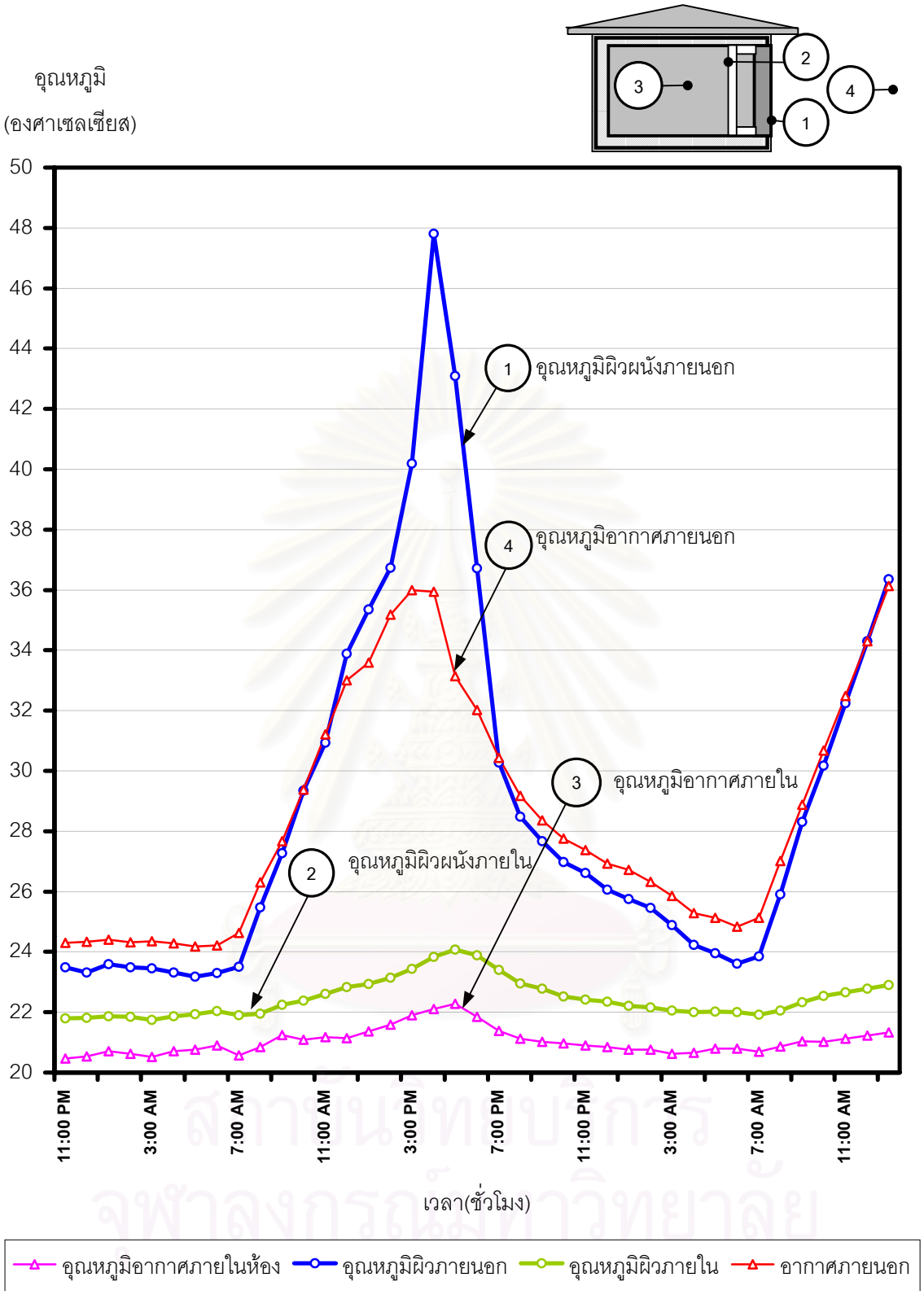
ค่าความแตกต่างของผิวนอกและผิวในของวัสดุ

เท่ากับ9องศาเซลเซียส

ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวในวัสดุและอุณหภูมิเฉลี่ยอากาศภายในใน1วัน

เท่ากับ 4.69 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4- 7 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิผนังระบบบผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก ในห้องปรับอากาศ ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 16 มกราคม2544 เวลา 23:00 น.- 17 เมษายน 2544เวลา23: 00น. ทุกชั่วโมงเป็นเวลา 48 ชั่วโมงโดยหันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆในกล่องทดสอบวัสดุผนังระบบบผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก โดยหันไปทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุ ผนังระบบบผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (16เมษายน ถึง 17เมษายน)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 38.5 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา15:00น.-15:30น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 27 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 06:00น.-06:30น.

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยเท่ากับ 21.15 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 48 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 17:00น. ถึง 17:30น

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 24 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 18:30น. ถึง 19:00น

อุณหภูมิผิวภายในเฉลี่ยเท่ากับ 22.46 องศาเซลเซียส

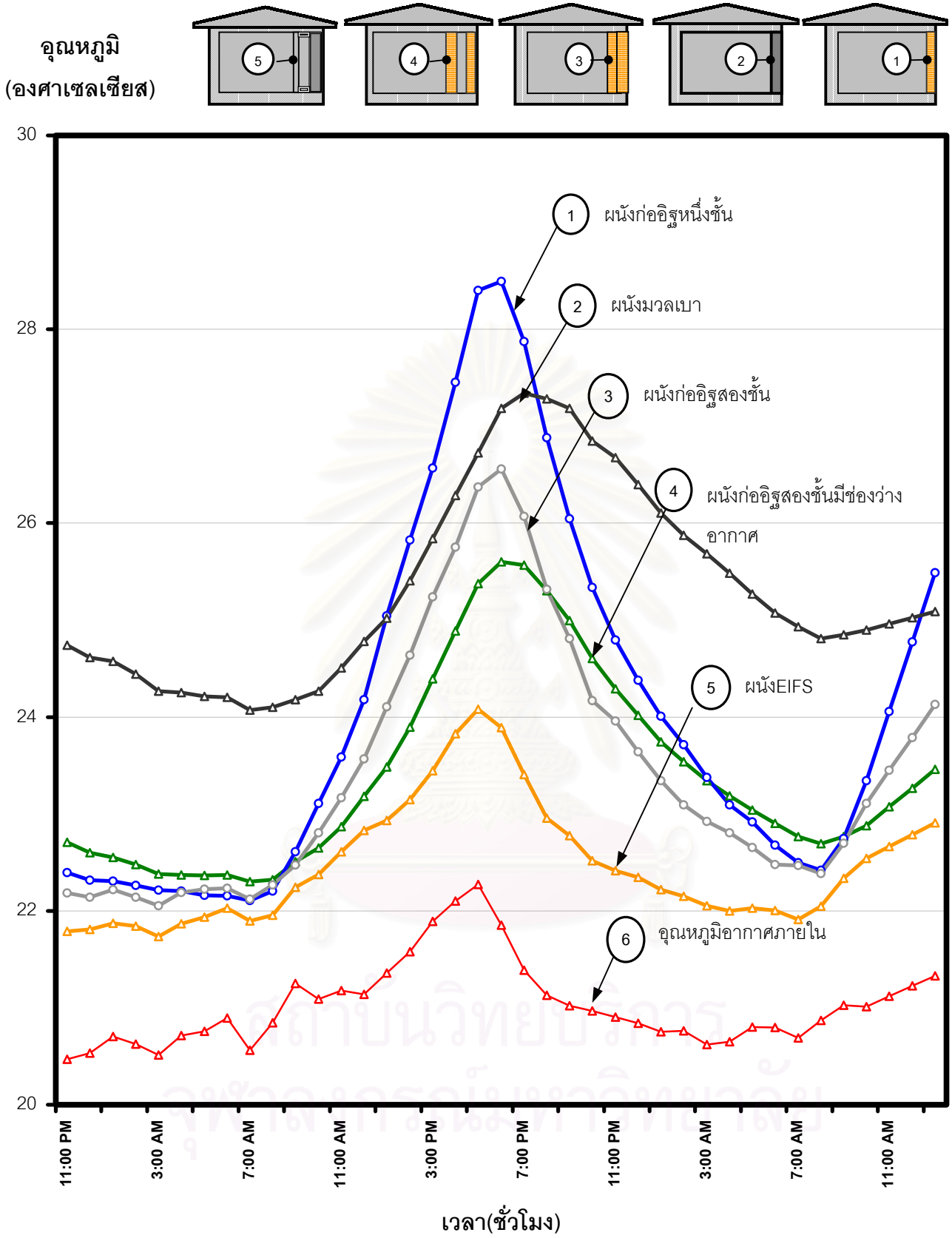
ค่าความแตกต่างของผิวนอกและผิวในของวัสดุ

เท่ากับ24องศาเซลเซียส

ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวในวัสดุและอุณหภูมิเฉลี่ยอากาศภายในใน1วัน

เท่ากับ 1.31 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4- 8 แผนภูมิแสดงผิวผนังภายในของวัสดุในห้องปรับอากาศ ทางทิศตะวันตก

<u>การวิเคราะห์ผลการทดสอบข้อมูลเปรียบเทียบผนังวัสดุก่อที่มีรูปแบบและมวลสารต่างกันในห้องทดสอบกรณีควบคุมสภาวะอากาศภายใน</u>

ในการทดสอบวัสดุทั้ง 4 แบบในลักษณะเดียวกันในสภาวะที่มีการปรับอากาศภายในเพื่อทำให้อุณหภูมิอากาศคงที่ ผลจากการทดลองพบว่าพฤติกรรมในการถ่ายเทความร้อนมีความใกล้เคียงกันกับการทดสอบในสภาวะไม่ปรับอากาศ คือ วัสดุที่มีมวลสารมากที่สุดจะมีอุณหภูมิวัสดุ ต่ำสุดในเวลากลางวันและอุณหภูมิวัสดุสูงที่สุดในเวลากลางคืน วัสดุที่มีมวลสารน้อยเช่นวัสดุก่อมวลเบาและผนังก่ออิฐชั้นเดียว มีพฤติกรรมที่ใกล้เคียงกันกับการทดสอบในสภาวะที่ไม่ปรับอากาศ แต่จะพบว่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไม่ชัดเจน

เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุก่อที่มีมวลสารต่างๆกันพบว่าอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุแบบเดียวกันในสภาวะปรับอากาศภายใน จะมีอุณหภูมิผิวสูงสุดต่ำกว่าในสภาวะควบคุมอากาศภายใน แต่ช่วงเวลาที่อุณหภูมิถึงจุดสูงสุดนั้นใกล้เคียงกัน

จุดที่น่าสังเกตคือ ถ้าพิจารณากราฟอุณหภูมิของวัสดุก่อแต่ละแบบแล้วพบว่า วัสดุที่มีมวลสารน้อยเช่น ผนังก่ออิฐชั้นเดียวและผนังวัสดุก่อมวลเบาในสภาวะที่มีการปรับอากาศภายใน จะมีการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร (Heat flow in) มากกว่าผนังชนิดอื่น เนื่องจากผิวในของผนังดังกล่าวมีค่าความแตกต่างมากกว่าดังนั้นเมื่อคำนวน ปริมาณความร้อนที่ผ่านผนังเข้ามาในห้องแล้วจากสมการ

$$Q = h_0 * \text{inside} * A * (T_{\text{inside surface}} - T_{\text{air inside}})$$

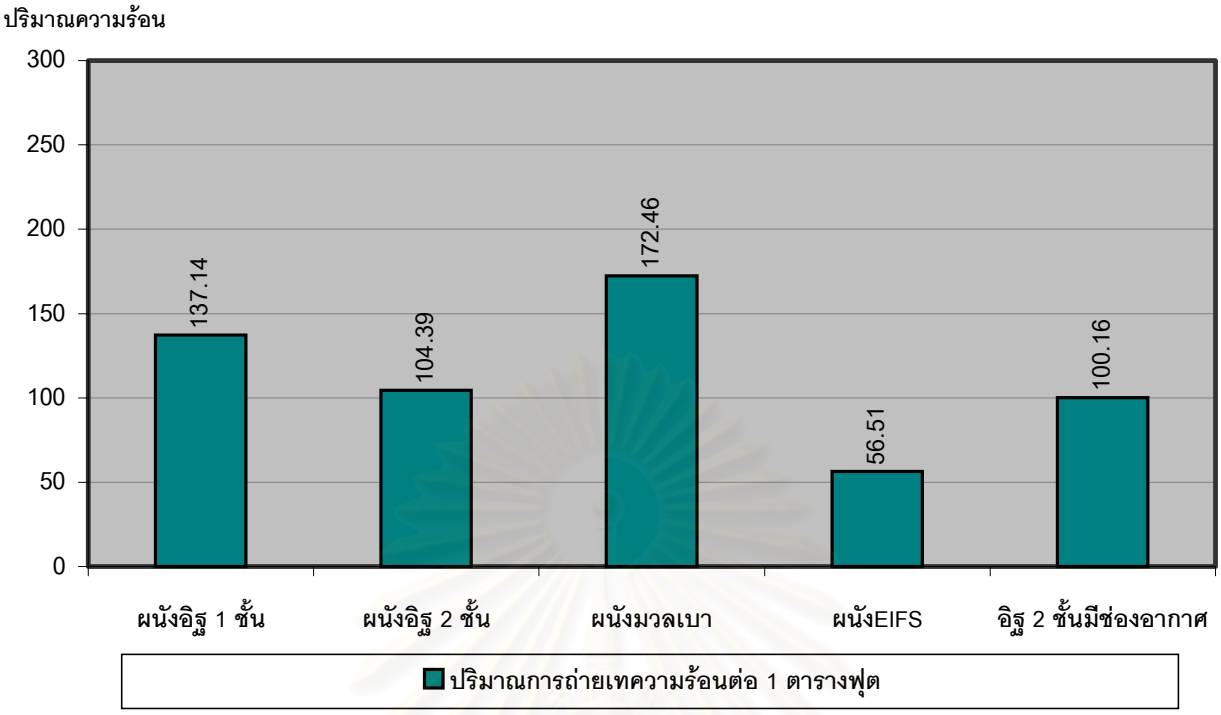
Q = ปริมาณความร้อนที่เข้ามา Btu/h/sq.ft.F

h_o = สปส.การถ่ายเทความร้อนของAirfilm Btu/h

A = พื้นที่หน้าตัดของวัสดุsq.ft

$T_{\text{inside surface}} - T_{\text{air inside}}$ = ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายในผนัง-อุณหภูมิอากาศภายในห้อง

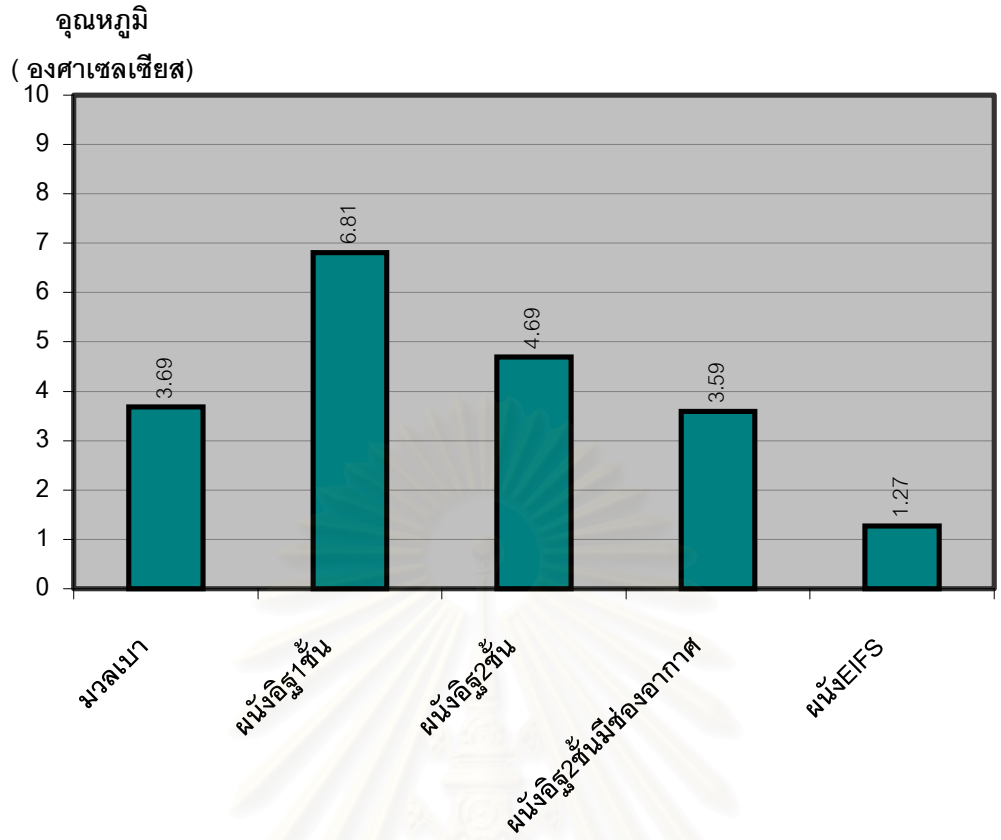
ผลจากการคำนวนที่ได้แสดงดังแผนภูมิ



แผนภูมิที่4- 11 แสดงปริมาณการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังต่อ 1 ตาราฟุต

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณความร้อนควบคู่ไปด้วยกันพบว่า ในการทดสอบสภาวะปรับอากาศตลอดเวลาผนังก่ออิฐชั้นเดียวและผนังวัสดุมวลเบามีปริมาณความร้อนที่ผ่านวัสดุค่อนข้างที่จะสูงกว่าผนังที่มีมวลสารมากและผนังระบบบผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก ส่วนผนังก่ออิฐสองชั้นและผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศนั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันและมีอุณหภูมิผิวภายในที่ค่อนข้างที่จะต่ำ เนื่องจากผนังมีค่าการต้านทานความร้อนที่สูงกว่า ทำให้ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนัง(Heat flow) เข้ามาถึงผิวในสุดผนังได้น้อย อย่างไรก็ตามในการนำไปใช้ในอาคารพักอาศัยทั่วไปซึ่งมีลักษณะการใช้งานที่แตกต่างจากสภาวะที่จำลองขึ้น โดยมีการเปิด ปิดเครื่องปรับอากาศอยู่ตลอดเวลาควรที่จะต้องพิจารณาถึง ปริมาณความร้อนที่สะสมอยู่ในมวลสารของวัสดุด้วย เนื่องจากในช่วงแรกที่มีการเปิดเครื่องปรับอากาศจะต้องมีการลดปริมาณความร้อนที่สะสมอยู่ในมวลสารของวัสดุ ซึ่งวัสเดุที่มีมวลสารมากก็จะมีปริมาณความร้อนสะสมอยู่ในมวลสารมากเช่นกัน ในขณะที่ผนังที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกอย่าง ระบบบผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอกนั้นมีปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามาต่ำที่สุดเนื่องจากมีค่าการต้านทานความร้อนมากที่สุด แต่ก็มีมวลสารของผนังที่น้อยกว่าวัสดุก่อทั่วไป

อย่างไรก็ตามในการเลือกใช้วัสดุในสภาวะปรับอากาศ จะพิจารณาถึงอุณหภูมิผิวภายในที่ต่ำที่สุดไม่ได้ จะต้องพิจารณาTemperature swing ควบคู่ไปด้วย ดังแผนภูมิเปรียบเทียบ Temperature swingของวัสดุทั้งหมดที่นำมาทดสอบ พบว่



แผนภูมิที่ 4- 12 **แผนภูมิแสดง**Temperature swing**ของอุณหภูมิผิวในวัสดุก่อที่ทดสอบในห้องปรับอากาศโดยหันทดสอบทางทิศตะวันตก**

Temperature swing ของวัสดุ ที่มีการswing มากที่สุดคือวัสดุก่อที่มีมวลสารน้อย เนื่องจาก วัสดุไม่มีมวลสารที่จะหน่วงเหนี่ยวความร้อนและสกัดกั้นความร้อนจากภายนอก ทำให้อิทธิพลของอุณกภูมิอากาศภายนอกส่งผลต่ออุณหภูมิผิวภายในได้ง่ายขึ้น ซึ่งทำให้ช่วงอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดมีช่วงที่กว้างมาก ในตอนกลางวันเครื่องปรับอากาศต้องทำงานหนักเพื่อลดอุณหภูมิผิวภายในของผนัง แต่ในเวลากลางคืนเมื่อไม่มีความร้อนจากผิวผนังจึงทำให้เครื่องปรับอากาศหยุดทำงาน จึงไม่เกิดการรีดความชื้นขึ้นในห้องซึ่งเป็นเรื่องที่ควรที่จะต้องพิจารณา ดังนั้นผนังจึงควรจะมีมวลสารในระดับหนึ่งเพื่อเป็นการเพิ่มมวลสารให้กับห้องทำให้อุณหภูมิผิวของผนังคงที่ หรืออาจมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกอาคารเพื่อลดอิทธิพลจากอุณหภูมิอากาศภายนอก

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบและวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุก่อในกรณีที่มีความแตกต่างของค่าการดูดซับความร้อนของวัสดุที่ผิวแตกต่างกัน

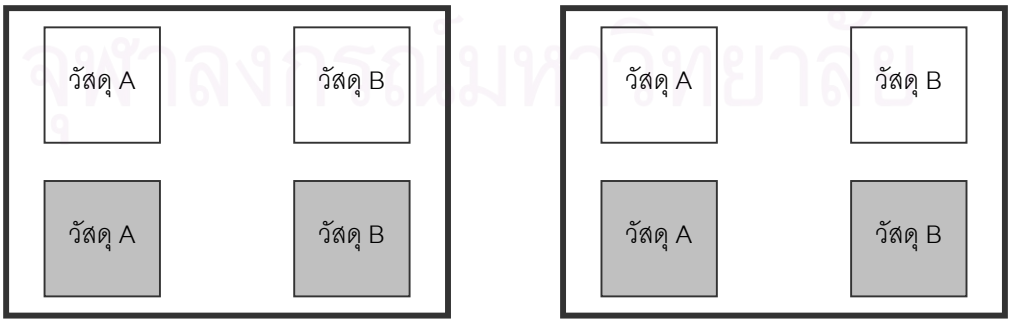
หลังจากการทดสอบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุก่อทั้ง 5 แบบแล้วจึงเริ่มพิจารณาเลือกนำวัสดุที่มีการถ่ายเทความร้อนที่ดีที่สุดมา 2 ชนิดเพื่อที่จะนำมาศึกษาต่อถึงคุณสมบัติในการถ่ายเทความร้อนในกรณีที่มีค่าดูดซับความร้อนที่แตกต่างกันออกไป เพื่อที่จะเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอก อุณหภูมิผิวภายใน อุณหภูมิภายในเซลทดสอบและพฤติกรรมในการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุในช่วงระยะเวลาต่างๆว่าวัสดุประเภทใดมีศักยภาพในการถ่ายเทความร้อนได้ดีที่สุด ในกรณีที่มีค่าการดูดซับความร้อนที่ผิวแตกต่างกัน

โดยการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอก อุณหภูมิผิวภายใน อุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบของผนังแต่ละชนิดกันทั้งที่ทาสีขาวและสีดำ

หลังจากที่ได้พิจารณาจากพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนและอุณหภูมิผิวของวัสดุ เพื่อเลือกวัสดุตัวอย่างมา 2 ชนิด คือ ผนังที่มีระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก และผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องว่างอากาศ 10 ซม. โดยอุปกรณ์ที่ใช้คือ เซลทดสอบทดลองที่ใช้ในการเก็บข้อมูลในวัน เวลาเดียวกันและสถานที่เดียวกันเพื่อที่จะนำมาเปรียบเทียบข้อมูลของแต่ละชุดได้

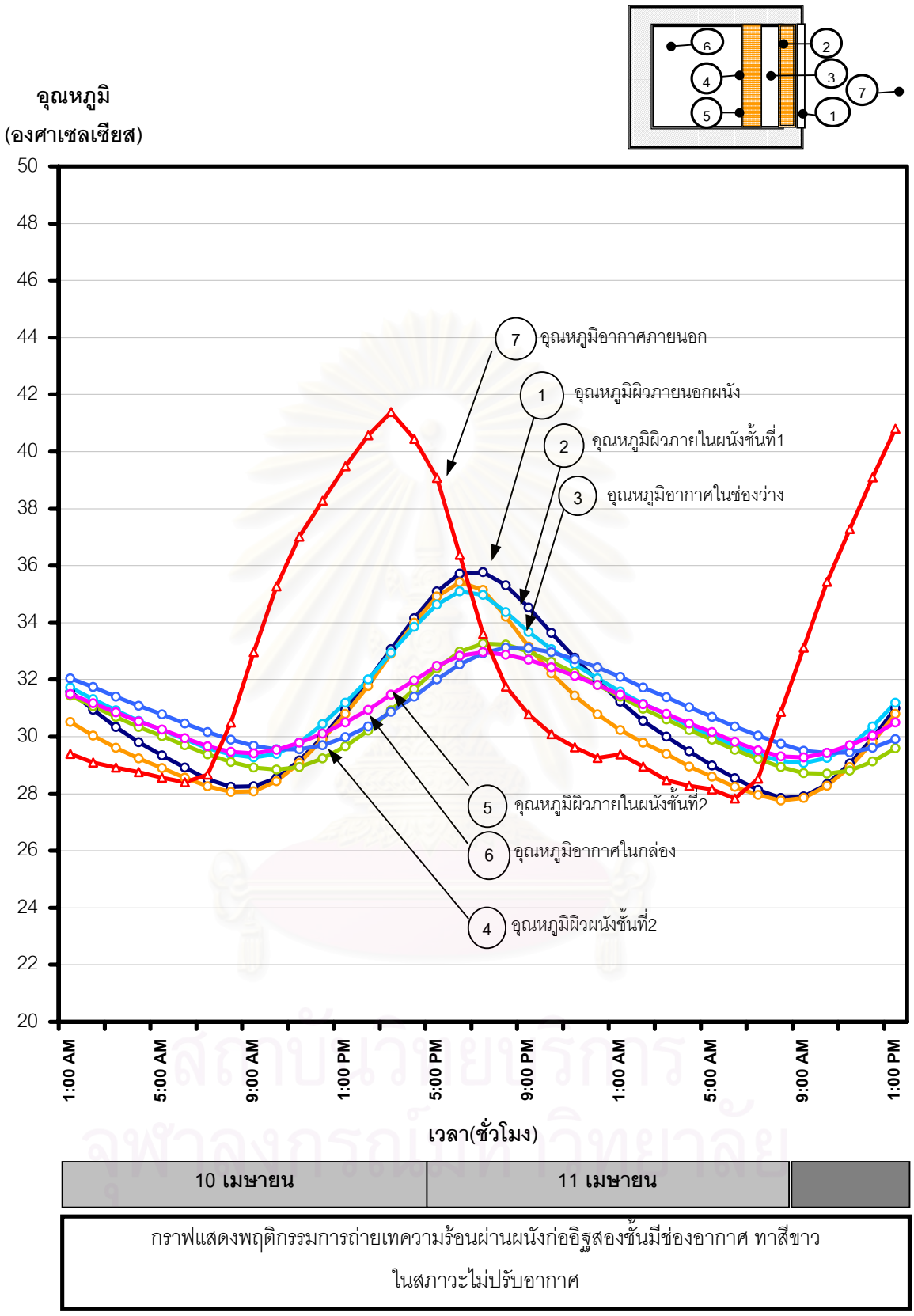
โดยวัสดุทั้งหมดจะหันไปทางทิศตะวันตกทั้งหมด และเริ่มเก็บข้อมูลทุกๆชั่วโมงเป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยข้อมูลที่จะนำมาบันทึกมีดังนี้

1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิผิววัสดุภายนอกเซลทดสอบทดลอง
3. อุณหภูมิผิววัสดุภายในเซลทดสอบทดลอง
4. อุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบ



สภาวะปรับอากาศ **สภาวะไม่ปรับอากาศ**

รูปภาพที่4- 1 แสดงภาพประกอบการทดลองในขั้นตอนที่สองเพื่อหาตัวแปรเกี่ยวกับค่าการดูดซับความร้อน



กราฟแสดงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศ ทาสีขาว ในสภาวะไม่ปรับอากาศ

แผนภูมิที่ 4- 24กราฟแสดงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศทาสีขาว ในสภาวะไม่ปรับอากาศภายใน

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆในเซลทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้นมีช่องอากาศ 10 เซนติเมตรทาสีขาว ทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุ ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้นมีช่องว่างอากาศ 10 เซนติเมตร หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (10เมษายน ถึง 11เมษายน)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 41.3 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา16:00น.-16:30น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 27.8 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 06:00น.-06:30น.

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 35.76 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 19:00น. ถึง 19:30น

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 33.13 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 21:00น. ถึง 21:30น

ดังนั้น ระยะเวลาที่ปริมาณความร้อนสูงสุด ผ่านจากผิวภายนอกมวลสารเข้าสู่ผิวภายใน

เท่ากับ 2 ชั่วโมง

อุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบสูงสุดเท่ากับ 32.92 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา19:00น.ถึง19:30น.

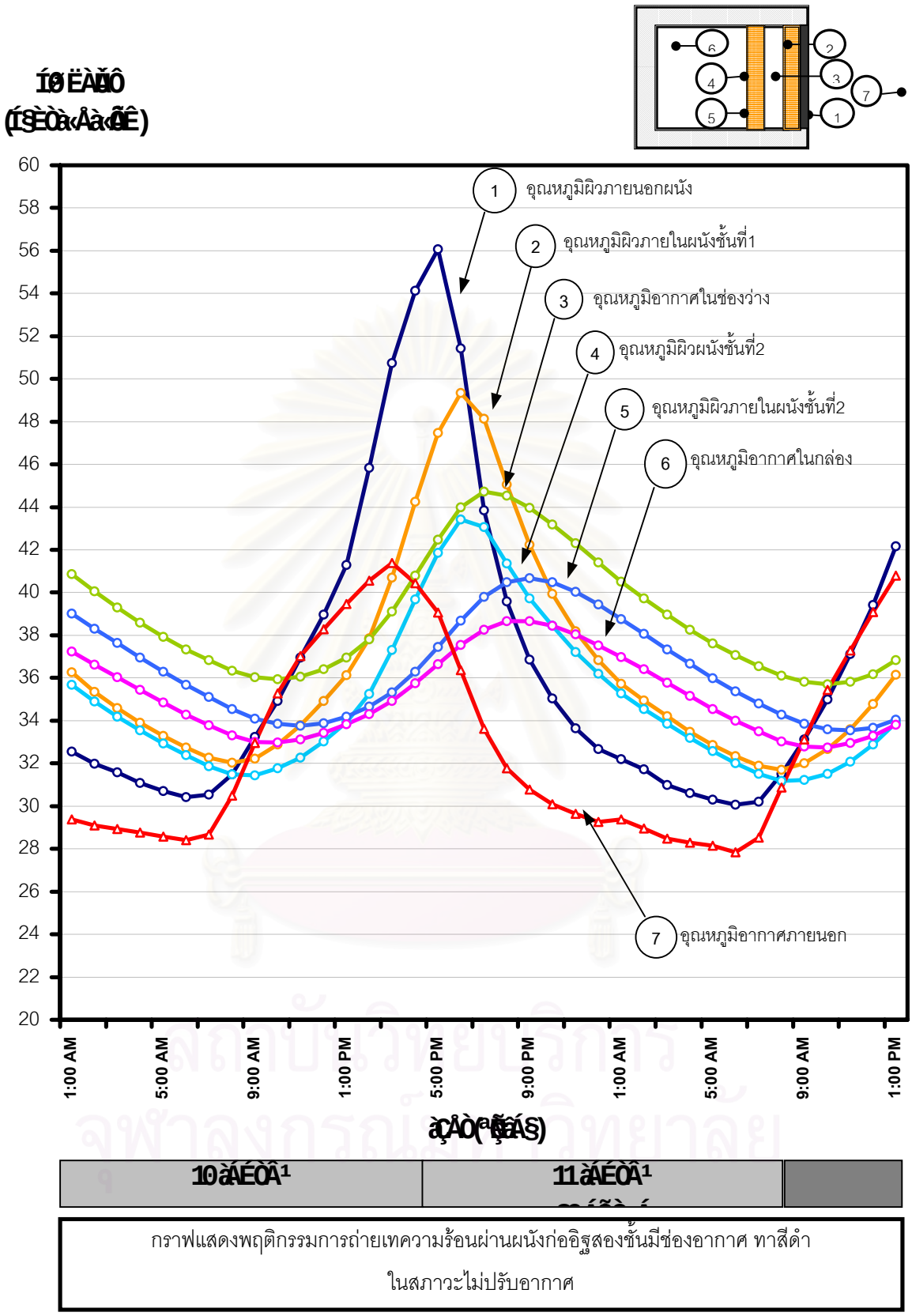
ต่ำสุดเท่ากับ 29.27 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 20:00น. ถึง 20:30น

และมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในเซลทดสอบสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด(Temperature Swing)

เท่ากับ 3.65 องศาเซลเซียส

ค่าเฉลี่ย(Mean Temperature)ของอุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบเท่ากับ 31.07 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



กราฟแสดงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศ ทาสีดำ ในสภาวะไม่ปรับอากาศ

แผนภูมิที่ 4- 25กราฟแสดงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศทาสีดำ ในสภาวะไม่ปรับอากาศ

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆในเซลทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้นมีช่องอากาศ 10 เซนติเมตรทาสีดำ ทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุ ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้นมีช่องว่างอากาศ 10 เซนติเมตร หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (29 มีนาคม ถึง 30มีนาคม)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 36.34 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 13:00 น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 25.26 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 06:00 น.

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 56.06 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 17:00 น.

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 40.66 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 21:00 น.

ดังนั้นระยะเวลาที่ปริมาณความร้อนสูงสุดผ่านจากผิวภายนอกมวลสารเข้าสู่ผิวภายในเท่ากับ 4 ชั่วโมง

ช่วงเวลาที่อุณหภูมิผิวในวัสดุต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศอยู่ที่ในช่วงเวลา 09:00น.ถึง16:00น. ทั้งหมด 8 ชั่วโมง

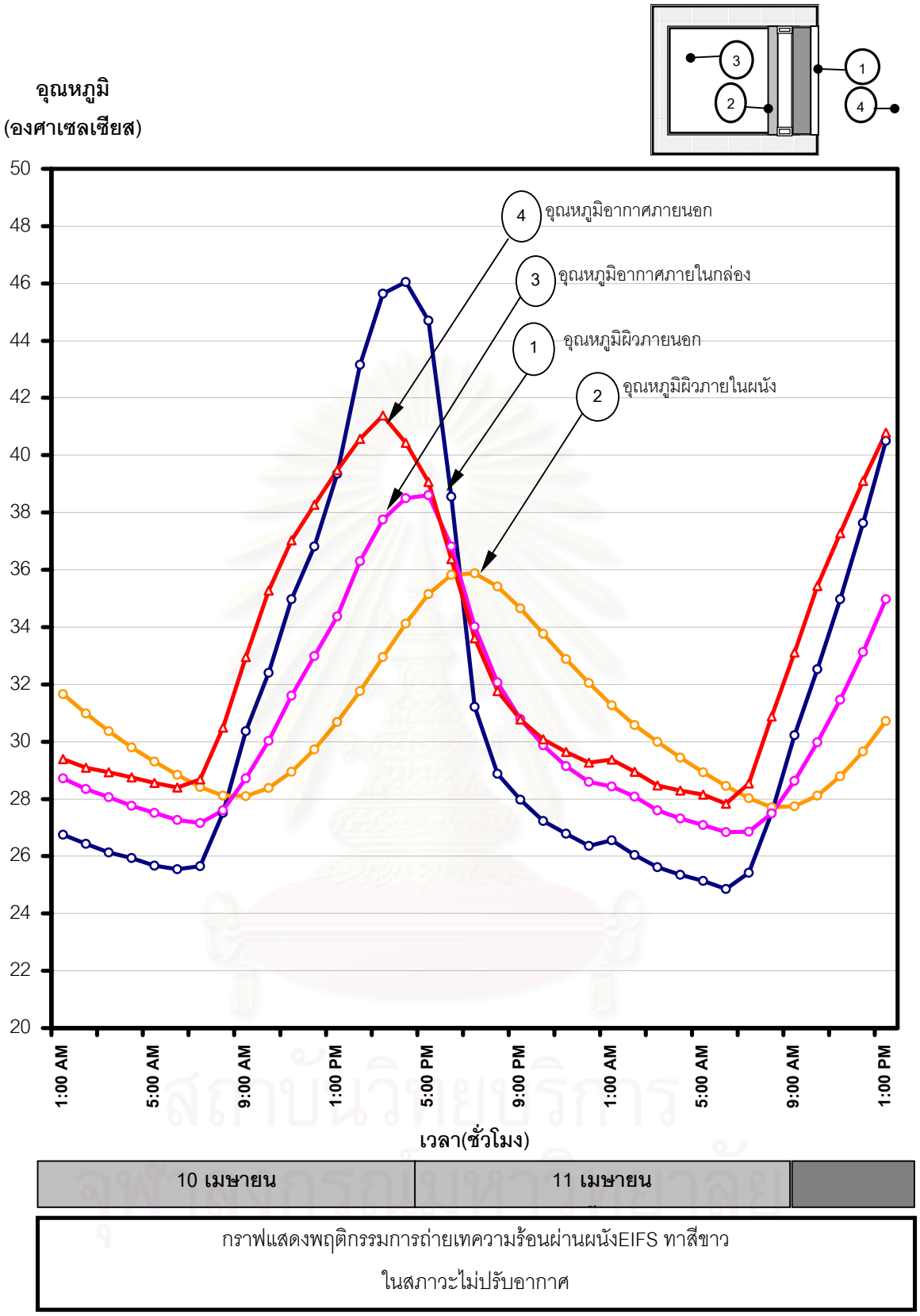
อุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบสูงสุดเท่ากับ 38.66 องศาเซลเซียส ช่วงเวลา 21:00น.

ต่ำสุดเท่ากับ 32.74 องศาเซลเซียส ช่วงเวลา 10:00น.

และมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในเซลทดสอบสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด(TemperatureSwing) เท่ากับ 5.92 องศาเซลเซียส

ค่าเฉลี่ย(Mean Temperature)ของอุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบเท่ากับ 33.90องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4- 26กราฟแสดงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่มีระบบฉนวนป้องกันความร้อนภายนอก สีขาว ในสภาวะไม่ปรับอากาศภายใน

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆในเซลทดสอบวัสดุผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก ทาสีดำ ทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุ ผนัง ที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอกที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก ทาสีขาว หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (29 มีนาคม ถึง 30มีนาคม)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 41.3 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา16:00น.-16:30น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 27.8 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 06:00น.-06:30น.

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 46.04 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 16:00น. ถึง 16:30น

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 35.88 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 19:00น. ถึง 19:30น

ดังนั้น ระยะเวลาที่ปริมาณความร้อนสูงสุด ผ่านจากผิวภายนอกมวลสารเข้าสู่ผิวภายในเท่ากับ 3 ชั่วโมง

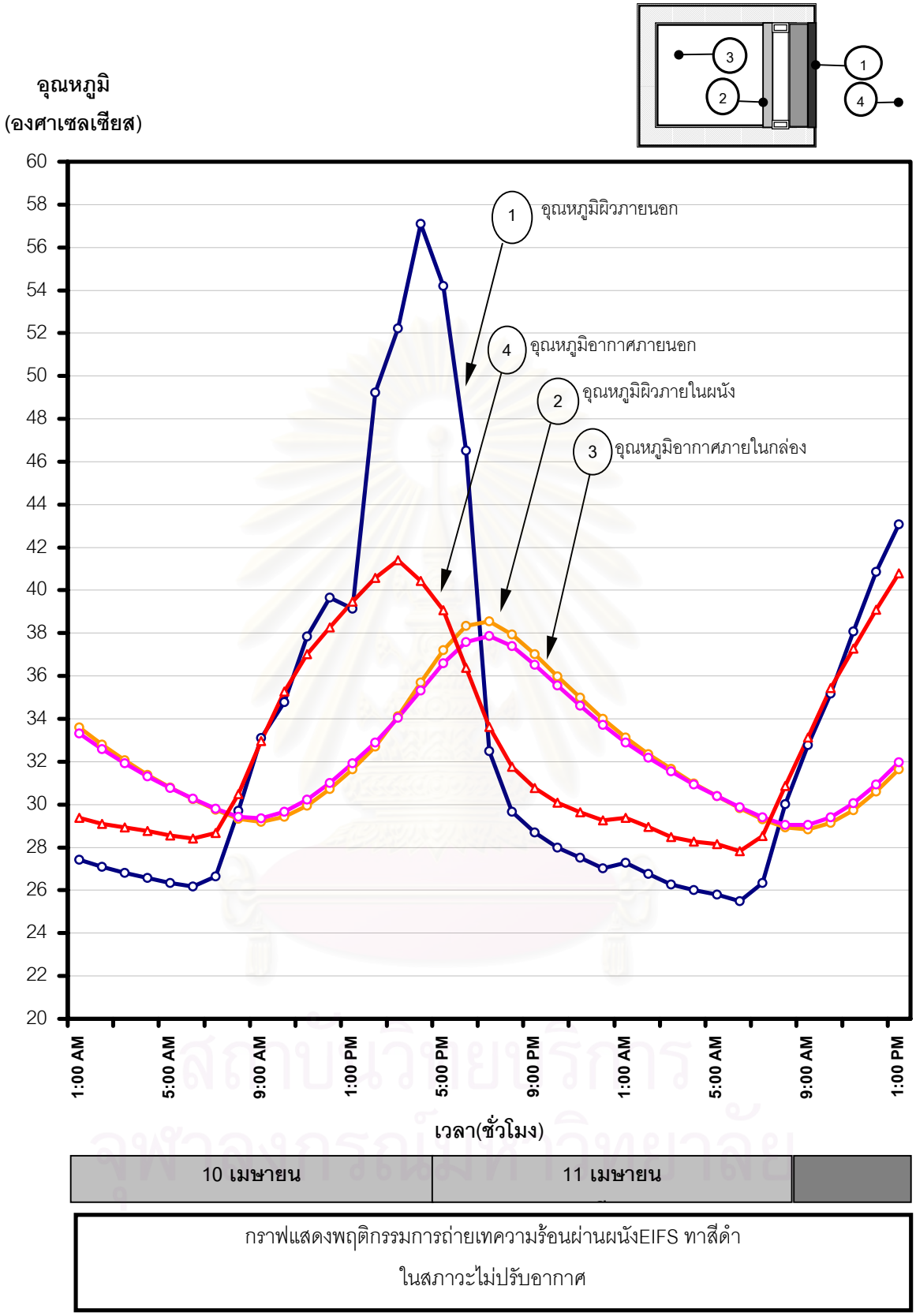
อุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบสูงสุดเท่ากับ 38 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 16:00น. ถึง 16:30น.

ต่ำสุดเท่ากับ 26.8 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 07:00น. ถึง 07:30น

และมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในเซลทดสอบสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด(TemperatureSwing) เท่ากับ 11.2 องศาเซลเซียส

ค่าเฉลี่ย(Mean Temperature)ของอุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบเท่ากับ 32.87 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



กราฟแสดงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังEIFS ทาสีดำ
ในสภาวะไม่ปรับอากาศ

แผนภูมิที่ 4- 27 กราฟแสดงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง ที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก สีดำ ในสภาวะไม่ปรับอากาศ

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆในห้องทดสอบวัสดุผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก(ที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก ทาสีดำ ทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุ ผนัง ที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก ที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก ทาสีขาว หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (29 มีนาคม ถึง 30มีนาคม)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 41.3 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา16:00น.-16:30น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 27.8 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 06:00น.-06:30น.

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 57.11 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 16:00น. ถึง 16:30น

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 38.54 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 19:00น. ถึง 19:30น

ดังนั้น ระยะเวลาที่ปริมาณความร้อนสูงสุด ผ่านจากผิวภายนอกมวลสารเข้าสู่ผิวภายในเท่ากับ 3 ชั่วโมง

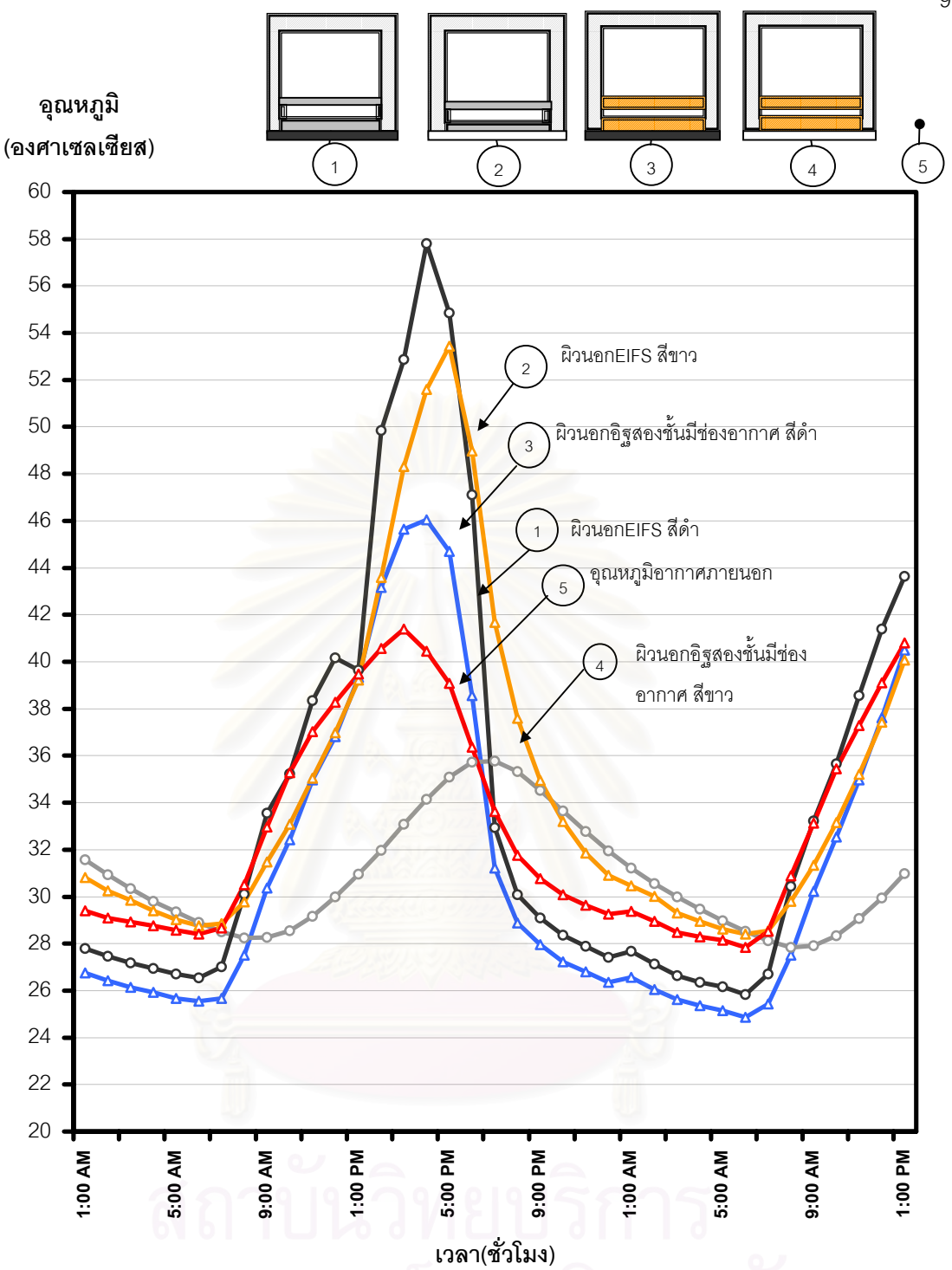
อุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบสูงสุดเท่ากับ 37.86 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา19:00น. ถึง 19:30น.

ต่ำสุดเท่ากับ 29.04 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 08:00น. ถึง 08:30น

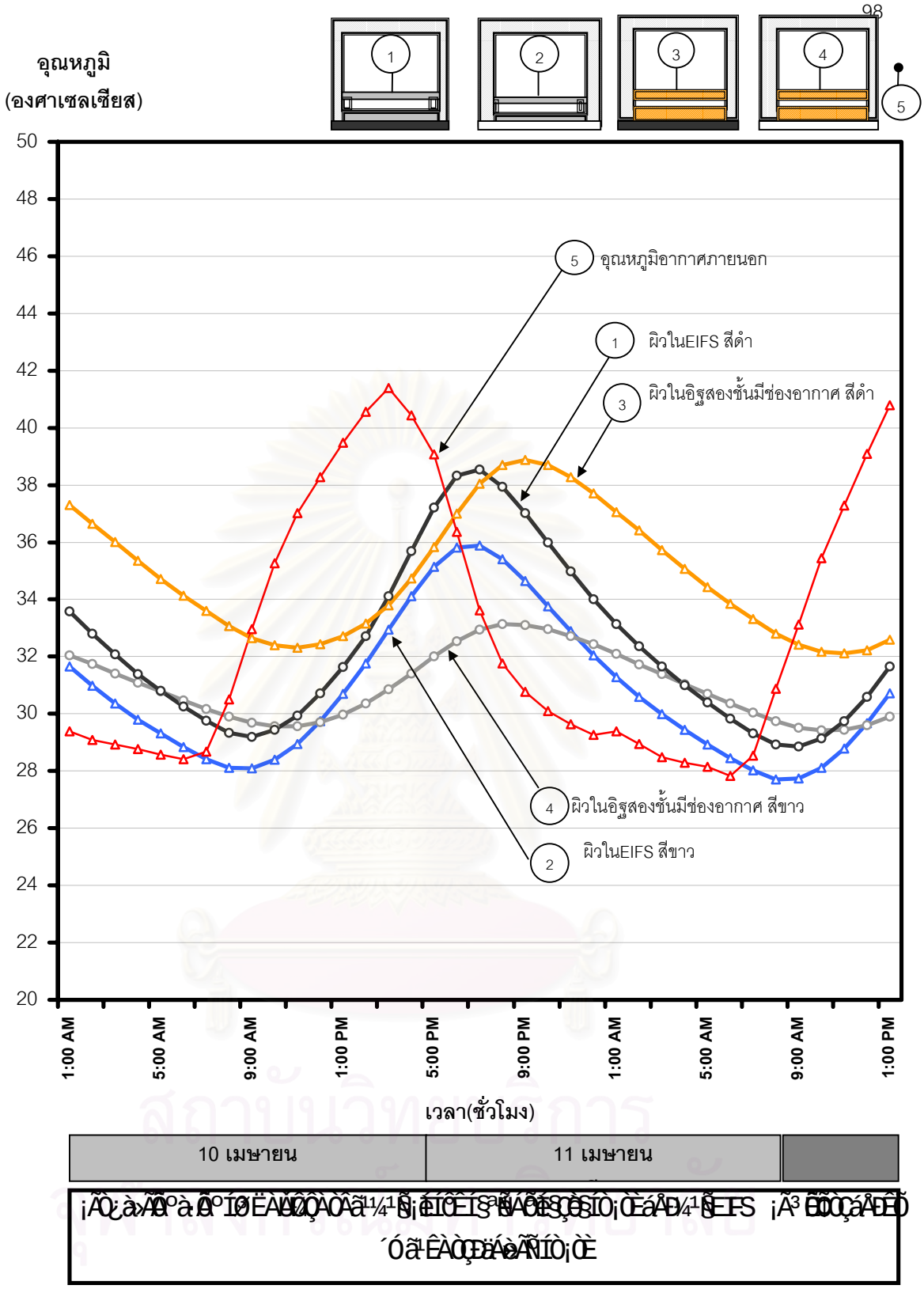
และมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในเซลทดสอบสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด(TemperatureSwing) เท่ากับ 6.82 องศาเซลเซียส

ค่าเฉลี่ย(Mean Temperature)ของอุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบเท่ากับ 32.87 องศาเซลเซียส

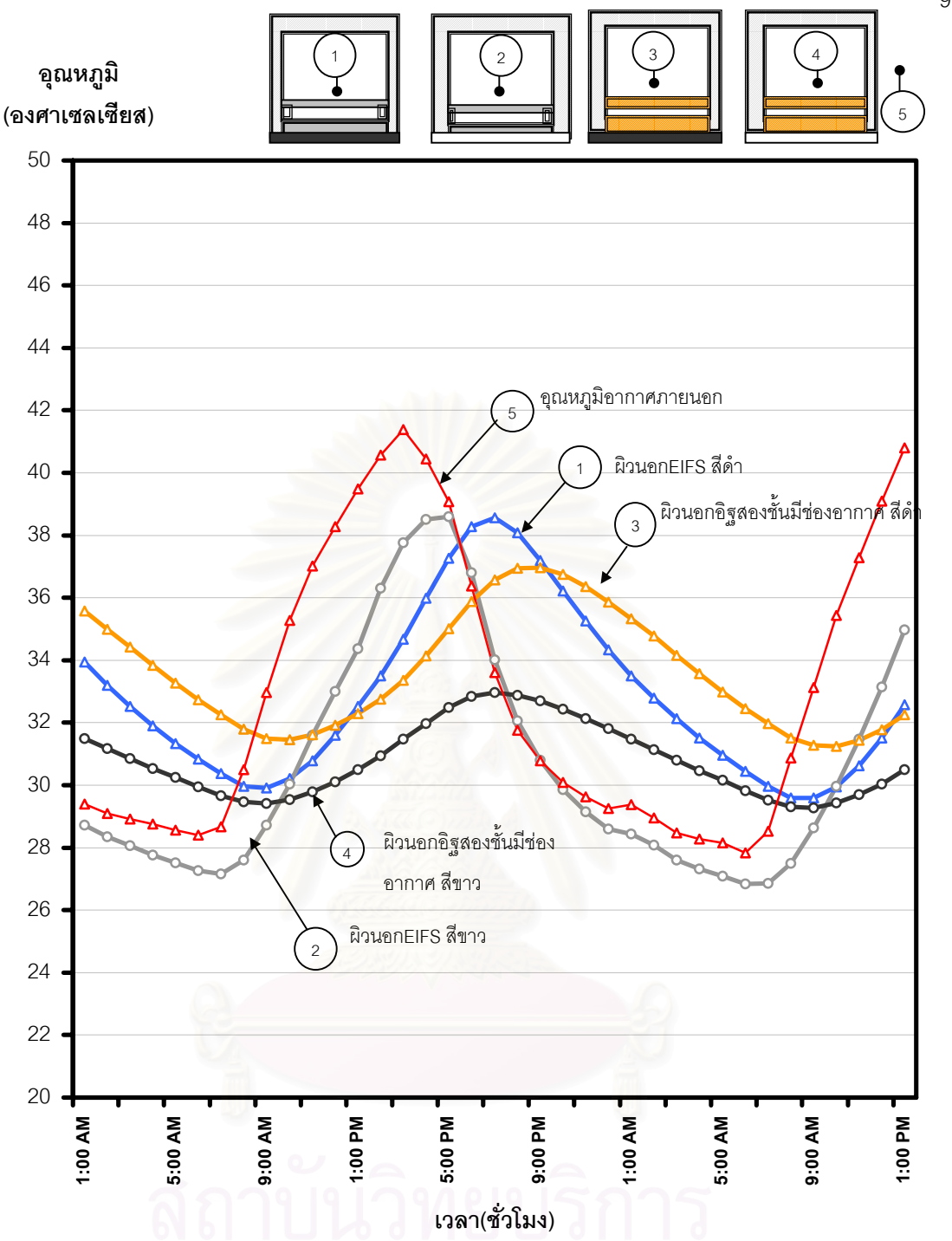
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4- 28 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศและผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอกสีขาวและสีดำในสภาวะไม่ปรับอากาศ



แผนภูมิที่ 4- 29 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศและผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก สีขาวและสีดำ ในสภาวะไม่ปรับอากาศ



กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องว่างอากาศและผนังEIFS กรณีสีขาวและสีดำ ในสภาวะไม่ปรับอากาศ

แผนภูมิที่ 4- 30 กราฟเทียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศและผนัง ที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก สีขาวและสีดำ ในสภาวะไม่ปรับอากาศ

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆในเซลทดสอบวัสดุผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก ที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก และผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศทาสีดำและขาว ทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุ ผนัง ที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอกที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก และผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศ ทาสีขาวและดำ หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (10เมษายน ถึง 11เมษายน)

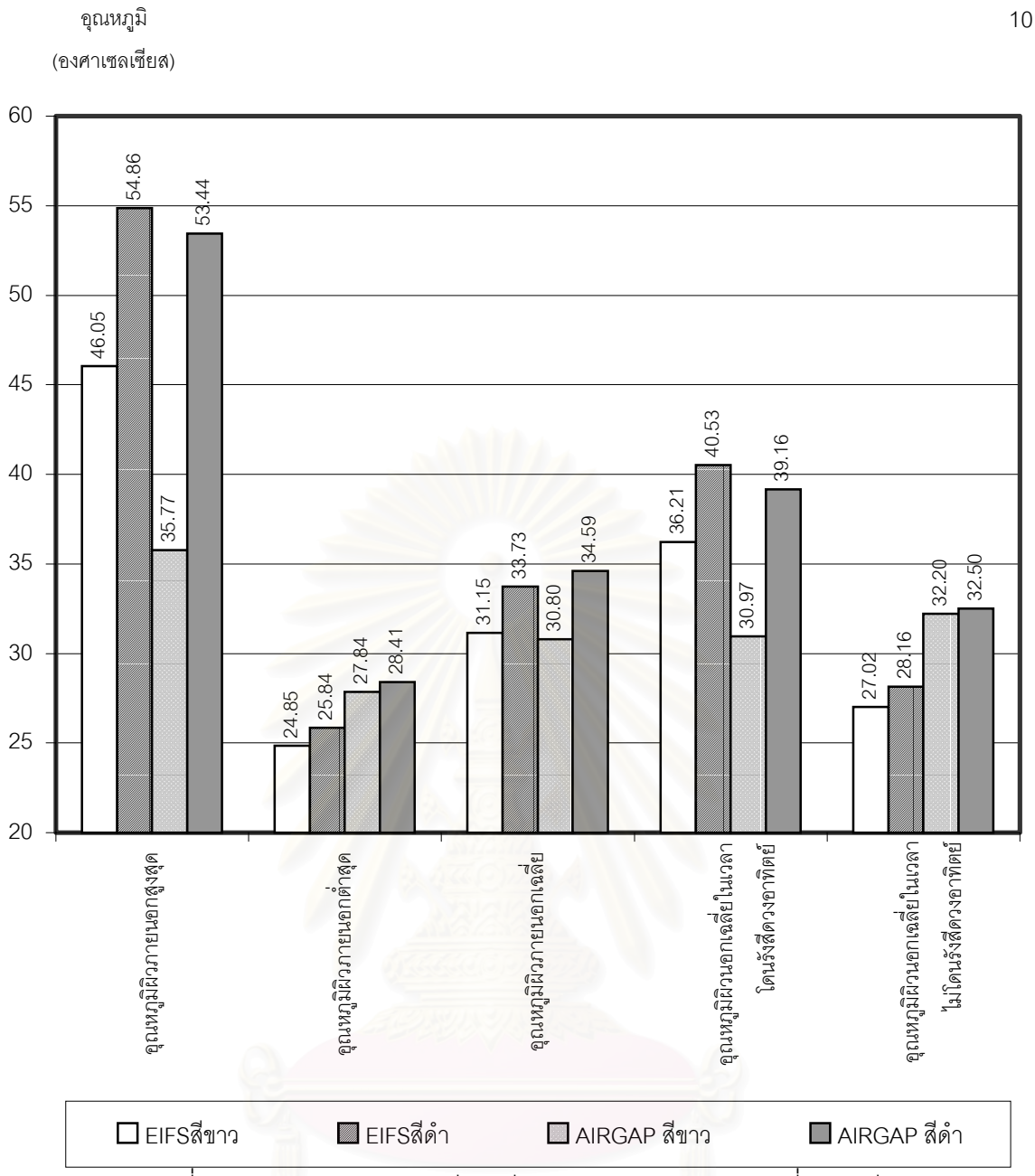
อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ	36.34องศาเซลเซียส	ในช่วงเวลา	13:00 น.
อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ	25.26องศาเซลเซียส	ในช่วงเวลา	06:00 น.

อุณหภูมิผิวภายนอก

เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของผนังทั้งหมดพบว่า ช่วงเวลาตั้งแต่ 08:00น. ถึง 15:00 น. ผิวผนังภายนอกของวัสดุที่มีมวลสารน้อยคือ ที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก สีดำ มีอุณหภูมิผิวภายนอกที่สูงกว่าสีขาว ประมาณ 10องศาเซลเซียส และผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศสีดำมีอุณหภูมิผิวสูงกว่าผนังก่ออิฐ 8 นิ้วสีขาว ประมาณ 10 องศา ซึ่งหมายความว่า ในขณะที่วัสดุที่มีมวลสารเท่ากันแต่ค่าการดูดซับความร้อนแตกต่างกันมีผลกระทบกับอุณหภูมิผิวของวัสดุในช่วงที่มีการแผ่รังสีดวงอาทิตย์โดย วัสดุที่มีค่าการดูดซับความร้อนสูงก็จะทำให้อุณหภูมิผิวภายนอกวัสดุสูงด้วยเช่นกัน

ในขณะที่ในช่วงเวลาเย็น หลัง 17:00น.อุณหภูมิผิวของผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศสีดำและผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศสีขาว เริ่มที่จะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกแต่ก็ยังสูงกว่าไปตลอดจนถึงช่วงเช้าเริ่มมีการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ในขณะที่อุณหภูมิผิวภายนอกของผนัง ที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก ก็มีพฤติกรรมที่สอดคล้องกันเพียงแต่ว่า อุณหภูมิที่ผิวของผนัง ที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอกสูงสุดในช่วงกลางวันจะมากกว่าและสูงสุดเร็วกว่าผนังที่มีมวลสาร

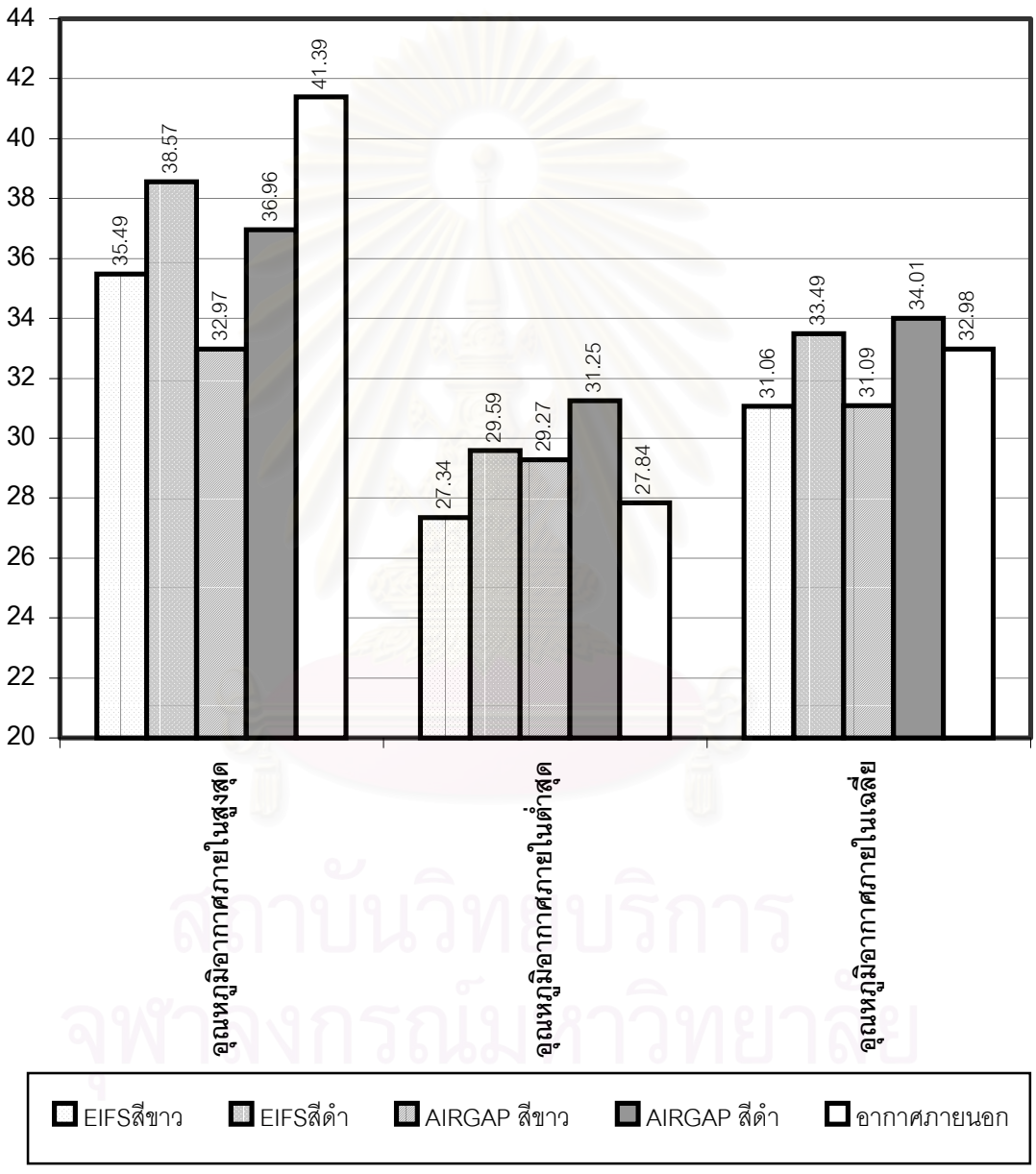
เมื่อพิจารณากราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกเฉลี่ยในช่วงเวลาที่มีการแผ่รังสีดวงอาทิตย์และไม่มีการแผ่รังสีดวงอาทิตย์พบว่า ในเวลากลางคืนอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวของวัสดุผนังสีขาวใกล้กับอุณหภูมิเฉลี่ยผนังสีดำเนื่องจากค่าการดูดซับความร้อนนั้นจะส่งผลกับอุณหภูมิผิววัสดุก็ต่อเมื่อได้รับการแผ่รังสี



แผนภูมิที่ 4- 31 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกเฉลี่ย กรณีทดสอบอิทธิพลการดูดซับความร้อน

เมื่อพิจารณาดูกราฟข้อมูลอุณหภูมิผิวภายนอกแล้วพบว่าผนังที่มีค่าดูดซับความร้อนสูง (Absorbtivity) จะมีอุณหภูมิผิวภายนอกที่สูงกว่าผนังที่มีอุณหภูมิผิวภายนอกที่มีค่าการดูดซับความร้อนต่ำ ซึ่งเมื่อค่าความแตกต่างของอุณหภูมิผิวภายนอกและภายในต่างกันมาก ก็จะทำให้ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังมีมาก ดังนั้น เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบพบว่า

ทั้งผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศและผนัง ที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก ที่มีสีเข้มต่างมีอุณหภูมิอากาศสูงสุดสูงกว่าผนังชนิดเดียวกันที่มีสีอ่อน และอุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบเฉลี่ยของวัสดุที่มีสีเข้มจะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิอากาศของวัสดุสีอ่อน



แผนภูมิที่ 4- 32 แสดงอุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบของผนังทั้ง 2 แบบ กรณีเปรียบเทียบค่าการดูดซับความร้อนที่ผิวผนัง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากข้อมูลเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในเซลทดสอบพบว่า

ผนังที่มีมวลสารน้อยอย่างผนัง ที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก และผนังที่มีมวลสารมากอย่างผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศที่มีค่าดูดซับความร้อนที่ผิวนอกต่างกัน อุณหภูมิผิวในแปรผันตามค่าการดูดซับความร้อนที่ผิวภายนอก คือผนังที่มีค่าดูดซับความร้อนสูงหรือสีเข้มจะมีอุณหภูมิผิวภายในสูงกว่าผนังชนิดเดียวกันที่มีค่าการดูดซับความร้อนที่ต่ำกว่าหรือสีอ่อน

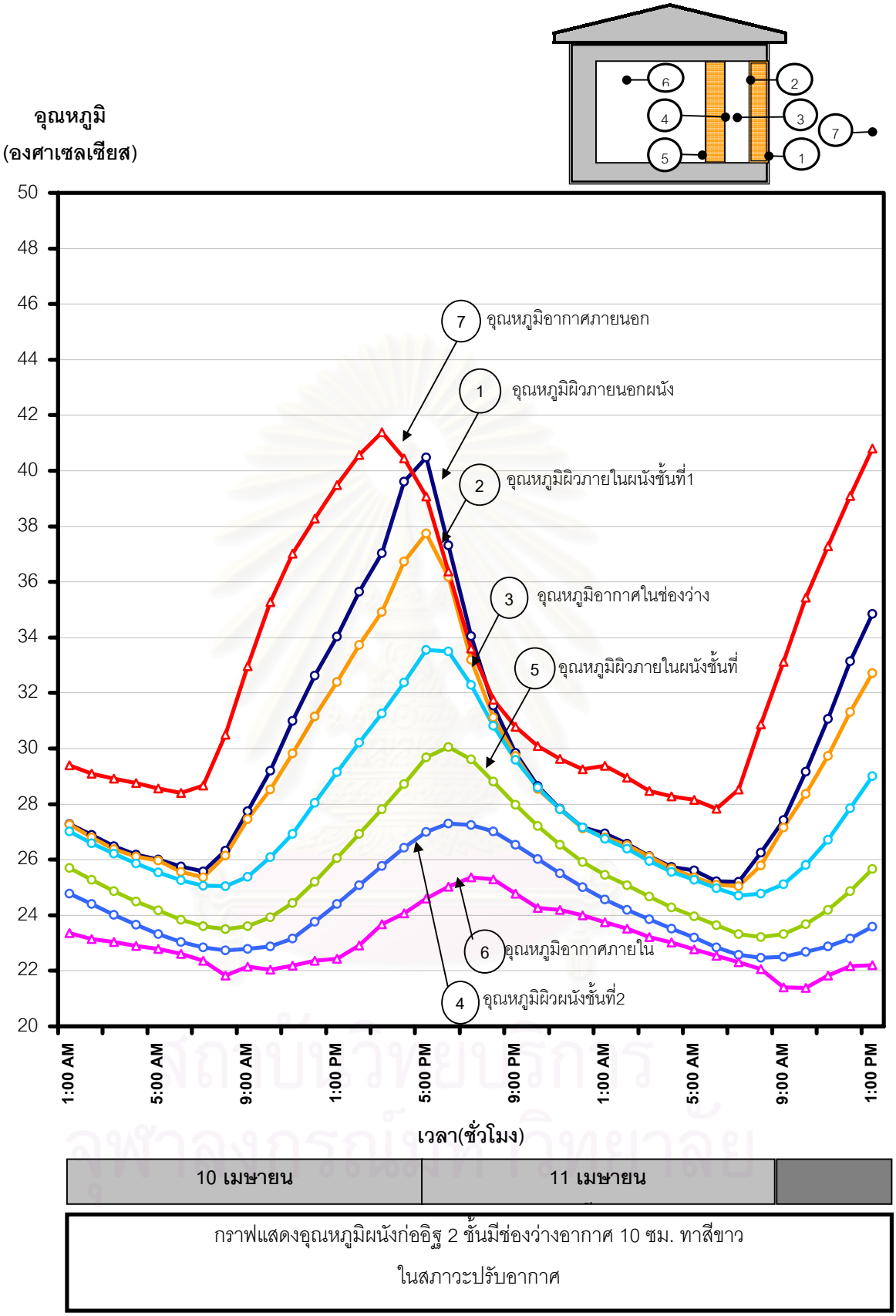
มื่อพิจารณาอุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบวัสดุทั้งหมดพบว่า อิทธิพลของค่าการดูดซับความร้อนของผนังที่ต่างกันมีผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบทั้งผนังที่มีมวลสารเช่นผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศและผนังที่มีมวลสารน้อยอย่างผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอกโดยอุณหภูมิอากาศ

ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบเฉลี่ยระหว่างสีเข้มและสีอ่อน	
ผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศ	2.91 องศาเซลเซียส
ผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก	2.46 องศาเซลเซียส

จากการทดสอบกรณีอิทธิพลจากค่าดูดซับความร้อนที่แตกต่างกันระหว่างผนังก่ออิฐฉาบปูนสองชั้นมีช่องอากาศและผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก พบว่า

- ค่าการดูดซับความร้อนที่ผิวภายนอกของวัสดุมีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศภายในผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศ ซึ่งวัสดุที่มีค่าการดูดซับความร้อนมาก จะส่งผลต่ออุณภูมิอากาศภายในมากกว่าวัสดุที่มีค่าการดูดซับความร้อนน้อย ในสภาวะไม่ปรับอากาศ
- ค่าการดูดซับความร้อนที่ผนังส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบของผนังที่มีระบบฉนวนป้องกันความร้อนภายนอกน้อยมากในกรณีไม่ปรับอากาศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



กราฟแสดงอุณหภูมิผนังก่ออิฐ 2 ชั้นมีช่องว่างอากาศ 10 ซม. ทาสีขาว
ในสภาวะปรับอากาศ

แผนภูมิที่ 4- 33 กราฟแสดงอุณหภูมิผนังอิฐสองชั้นมีช่องอากาศ ทาสีขาว ในสภาวะไม่ปรับอากาศ

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆในห้องทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศ 10 เซนติเมตร ทาสีขาว ทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุ ผนัง ก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศ10เซนติเมตร ทาสีขาว หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (29 มีนาคม ถึง 30มีนาคม)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 41.3 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา16:00น.-16:30น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 27.8 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 06:00น.-06:30น.

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยเท่ากับ 23.31 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 40.47 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 17:00น. ถึง 17:30น

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 27.30 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 18:00น. ถึง 18:30น

อุณหภูมิผิวภายในเฉลี่ยเท่ากับ 25.47 องศาเซลเซียส

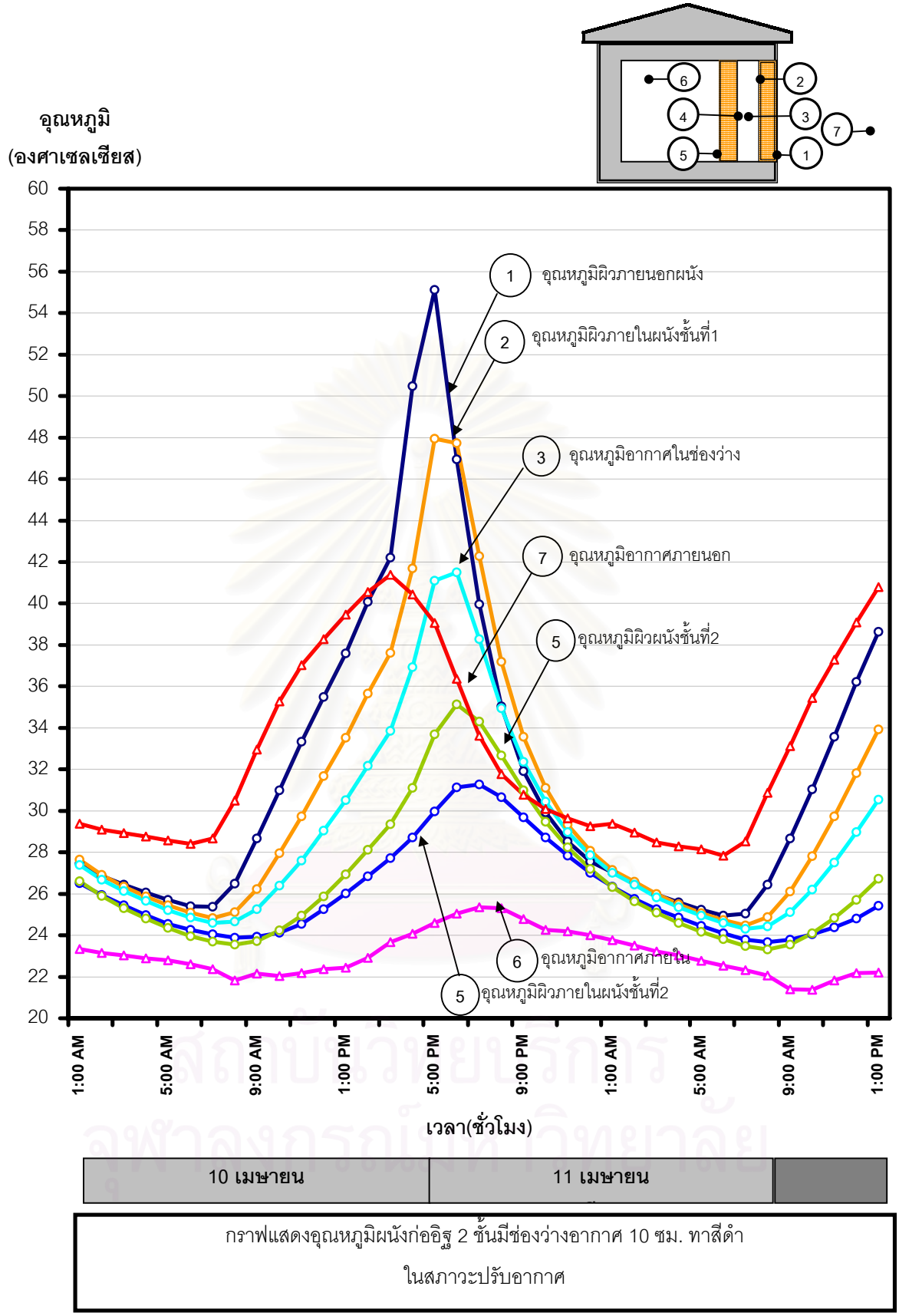
ค่าความแตกต่างของผิวนอกและผิวในของวัสดุ

เท่ากับ13.17องศาเซลเซียส

ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวในวัสดุและอุณหภูมิเฉลี่ยอากาศภายในใน1วัน

เท่ากับ 2.16 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4- 34 กราฟแสดงอุณหภูมิผนังก่ออิฐ 8 นิ้ว สีดำ ในห้องปรับอากาศ

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆในห้องทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศ 10 เซนติเมตร ทาสีดำ ทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุ ผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศ10เซนติเมตรทาสีดำ หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (29 มีนาคม ถึง 30มีนาคม)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 41.3 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา16:00น.-16:30น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 27.8 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 06:00น.-06:30น.

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยเท่ากับ 23.31 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 55.10 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 17:00น. ถึง 17:30น

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 31.27 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 18:00น. ถึง 18:30น

อุณหภูมิผิวภายในเฉลี่ยเท่ากับ 26.65 องศาเซลเซียส

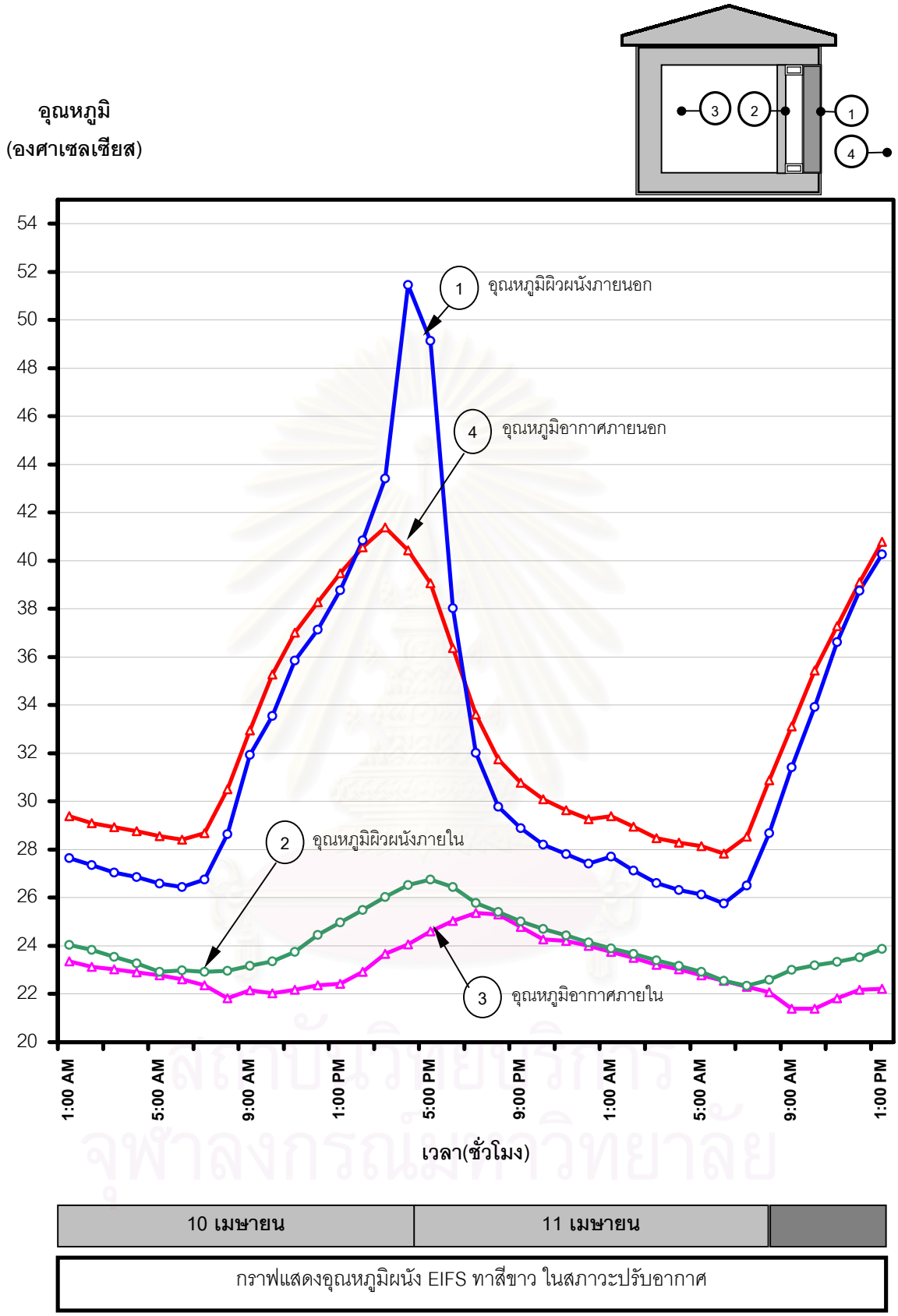
ค่าความแตกต่างของผิวนอกและผิวในของวัสดุ

เท่ากับ23.83องศาเซลเซียส

ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวในวัสดุและอุณหภูมิเฉลี่ยอากาศภายในใน1วัน

เท่ากับ 3.34 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4- 35 กราฟแสดงอุณหภูมิผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอกทาสีขาวในสภาวะปรับอากาศ

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆในห้องทดสอบวัสดุผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก ที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก ทาสีขาว ทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุ ผนัง ที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก ที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก ทาสีขาว หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (29 มีนาคม ถึง 30มีนาคม)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 41.3 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา16:00น.-16:30น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 27.8 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 06:00น.-06:30น.

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยเท่ากับ 23.31 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 51.46 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 16:00น. ถึง 16:30น

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 28.25 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 17:00น. ถึง 17:30น

อุณหภูมิผิวภายในเฉลี่ยเท่ากับ 24.28 องศาเซลเซียส

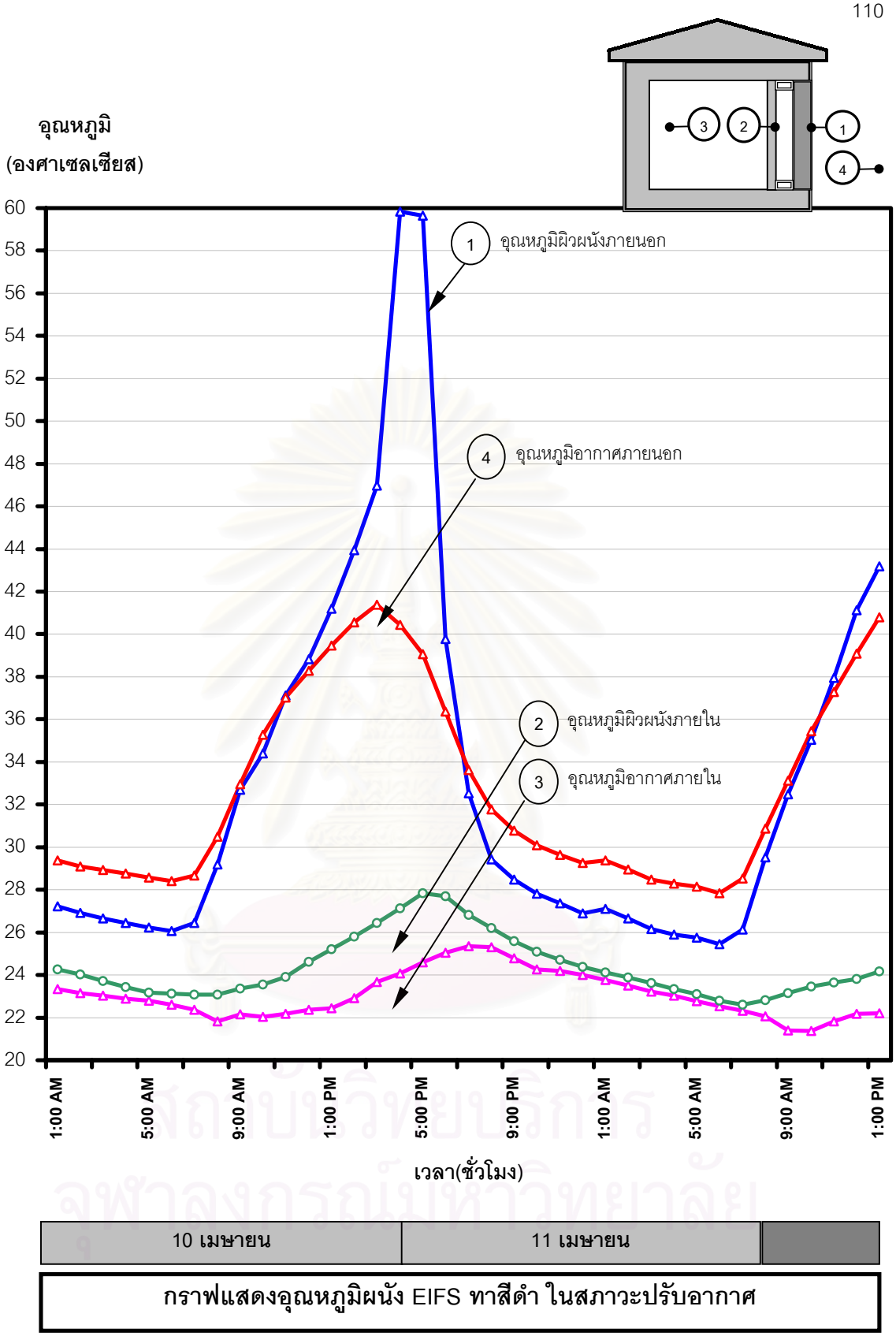
ค่าความแตกต่างของผิวนอกและผิวในของวัสดุ

เท่ากับ23.21องศาเซลเซียส

ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวในวัสดุและอุณหภูมิเฉลี่ยอากาศภายในใน1วัน

เท่ากับ 0.97 องศาเซลเซียส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4- 36 กราฟแสดงอุณหภูมิผนัง ที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอกทาสีดำ ในสภาวะปรับอากาศ

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆในห้องทดสอบวัสดุผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอกที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก ทาสีดำ ทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุ ผนัง ที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก ที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก ทาสีดำ หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (29 มีนาคม ถึง 30มีนาคม)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 41.3 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา16:00น.-16:30น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 27.8 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 06:00น.-06:30น.

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยเท่ากับ 23.31 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 59.82 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 16:00น. ถึง 16:30น

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 27.21 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 17:00น. ถึง 17:30น

อุณหภูมิผิวภายในเฉลี่ยเท่ากับ 24.69 องศาเซลเซียส

ค่าความแตกต่างของผิวนอกและผิวในของวัสดุ

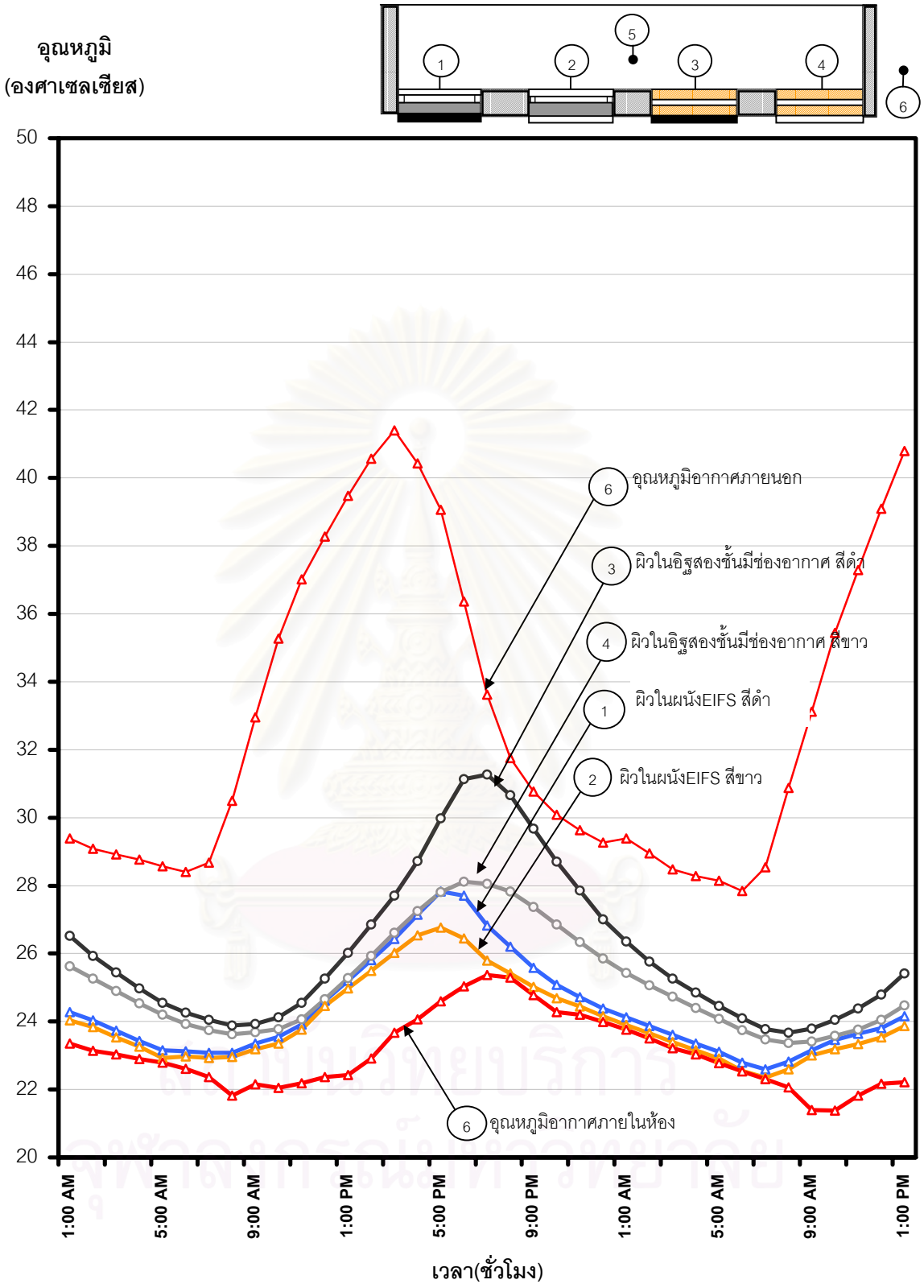
เท่ากับ องศาเซลเซียส

ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวในวัสดุและอุณหภูมิเฉลี่ยอากาศภายในใน1วัน

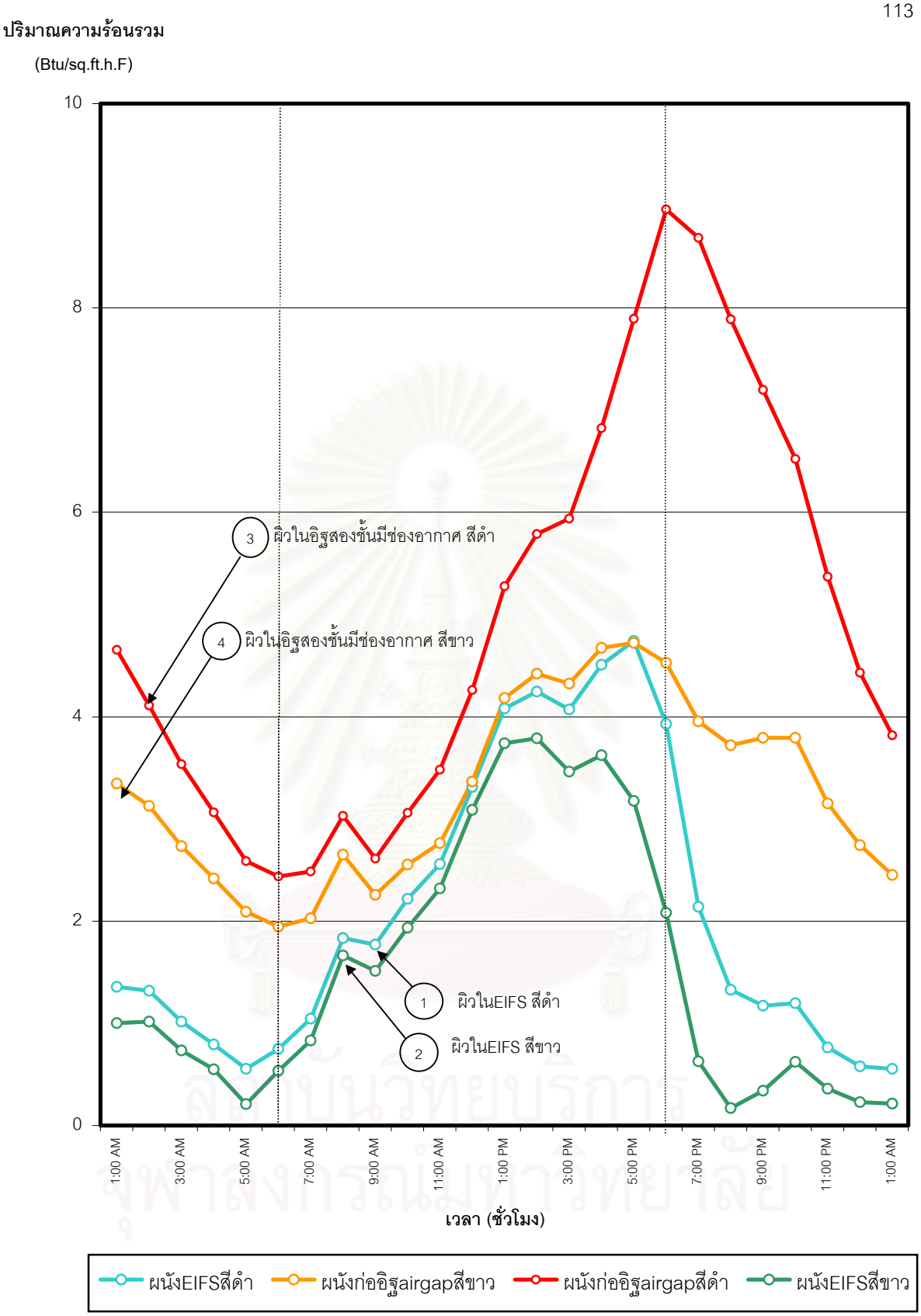
เท่ากับ 2.16 องศาเซลเซียส

เมื่อเปรียบเทียบกราฟอุณหภูมิผิวบริเวณต่างๆในสภาวะที่ไม่ปรับอากาศของกรณีค่าการดูดซับความร้อนที่ผิวไม่เท่ากัน พบว่า บริเวณผิวนอกของผนังที่มีมวลสารเท่ากันอุณหภูมิผิวภายนอกจะแปรผันตามค่าการดูดซับความร้อนของผิววัสดุ แต่เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิผิวภายในพบว่า ผนังที่มีมวลสารมากอย่างผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศนั้น มีค่าแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด แต่ผนัง ที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก นั้นอุณหภูมิผิวภายในใกล้เคียงกันมาก ดังแสดงดังกราฟต่อไปนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4- 37 กราฟเทียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศและผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก สีขาวและสีดำ ในสภาวะปรับอากาศ



แผนภูมิที่ 4- 38 กราฟเทียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกเซลทดสอบผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศและผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก สีขาวและสีดำ ในสภาวะปรับอากาศ

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆในเซลทดสอบวัสดุผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอกที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก และผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศทาสีดำและขาว ทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุ ผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก ที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก และผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศ ทาสีขาวและดำ หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (29 มีนาคม ถึง 30มีนาคม)

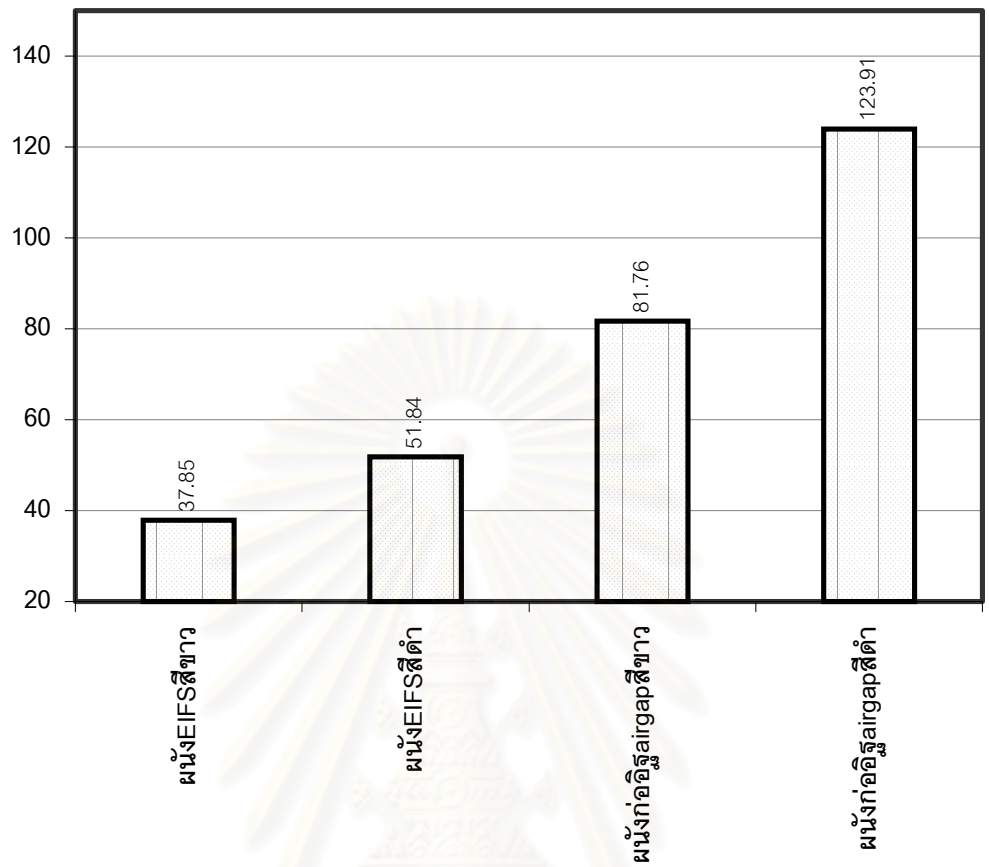
อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 36.34องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 13:00 น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 25.26องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 06:00 น.

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิผิวภายนอกของที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก และผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศ ทั้งสีดำและสีขาวจะพบว่า มีพฤติกรรมใกล้เคียงกับในกรณีไม่ปรับอากาศ คือเมื่อวัสดุมวลสารเท่ากันแล้ว อิทธิพลจากค่าการดูดซับความร้อนของวัสดุจะส่งผลกับอุณหภูมิผิวตั้งแต่เวลา 08:00 น.จนกระทั่ง 18:00 น. หรือตั้งแต่เริ่มมีอิทธิพลจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ จนกระทั่งหมดอิทธิพลจากการแผ่รังสี

ประเด็นที่น่าสนใจคือเมื่อพิจารณาถึงการถ่ายเทความร้อนของผนังในห้องผรับอากาศพบว่าในสภาวะที่มีการควบคุมอากาศภายในห้องให้คงที่ที่ 25 องศาเซลเซียสตลอดเวลา ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารตลอดเวลา

ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของวัสดุในห้องปรับอากาศพบว่า อุณหภูมิผิวภายในของผนัง ที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก ทั้งสีดำและสีขาวจะมีอุณหภูมิผิวใกล้เคียงกันและมีค่าแตกต่างจากอุณหภูมิอากาศภายในห้องเพียงเล็กน้อยตลอดทั้งวัน เนื่องจากผนังในระบบดังกล่าวนั้นมีการสกัดกั้นความร้อนจากภายนอกด้วยฉนวนซึ่งเป็นส่วนประกอบของตัวผนังเอง ในส่วนของผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศนั้นมีมวลสารมากกว่าจึงมีการกักเก็บความร้อนได้ดีกว่า ดังนั้นผิวภายนอกของวัสดุที่มีค่าดูดซับความร้อนที่สูงในช่วงเวลาที่โดนรังสีโวงอาทิตย์โดยตรง ทำให้อุณหภูมิผิวภายนอกสูงจึงเกิดการนำความร้อนจากผิวเข้าสู่ภายในอาคารได้มาก ดังแสดงที่แผนภูมิ 4- 39



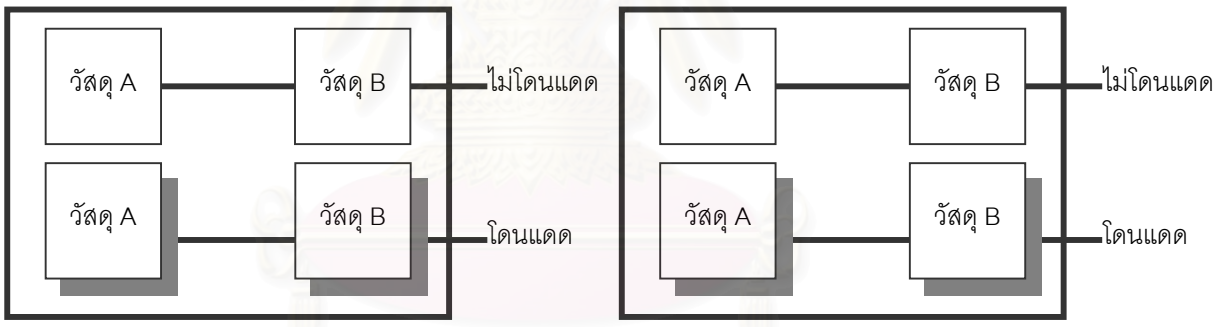
แผนภูมิที่ 4- 39 กราฟเปรียบเทียบปริมาณความร้อนรวมผ่านผนังทดสอบตลอดวัน

เมื่อพิจารณาปริมาณการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทดสอบพบว่า ผนังที่มีค่าการดูดซับความร้อนสูงจะมีปริมาณการถ่ายเทความร้อนมากกว่าผนังที่มีค่าการดูดซับความร้อนต่ำ ทั้งผนังก่ออิฐ 8 นิ้ว มีช่องอากาศและผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก แต่อัตราการถ่ายเทของปริมาณความร้อนจะต่างกัน ผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศจะมีอัตราการผ่านของปริมาณความร้อนสีเข้มและสีอ่อนต่างกัน 42.13 บีทียู ผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก มีอัตราการผ่านของปริมาณความร้อนแตกต่างกัน 13.99 บีทียู ซึ่งถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับผนังที่ใช้วัสดุก่อ 8 นิ้ว

<u>ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบและวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุก่อกรณีที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์แตกต่างกัน</u>

หลังจากการทดสอบสมมติฐานในขั้นตอนที่ 3แล้วจึงเริ่มทำการทดสอบตามสมมติฐานขั้นต่อไปที่ตั้งไว้ โดยเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอก อุณหภูมิผิวภายใน อุณหภูมิภายในกล่องของวัสดุที่มีการถ่ายเทความร้อนที่เหมาะสมและพฤติกรรมในการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุในช่วงระยะเวลาต่างๆ ในกรณีที่ได้รับและไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่โดนแสงแดด โดยการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอก อุณหภูมิผิวภายใน อุณหภูมิอากาศภายในกล่องของผนังแต่ละชนิดกันทั้งที่มีการบังเงาให้กับกล่องทดลองและไม่มีการบังเงา

โดยอุปกรณ์ที่ใช้คือ กล่องทดลองทีใช้ในการเก็บข้อมูลลมในวัน เวลาเดียวกันและสถานที่เดียวกันเพื่อที่จะนำมาเปรียบเทียบข้อมูลของแต่ละชุดได้ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบคือ กล่องทดลอง ที่ใช้ในการทดสอบอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง ในวันเวลา สถานที่ และสิ่งแวดล้อมเดียวกัน ในการทดลองชุดนี้เป็นการจำลองสภาพการเปลี่ยนแปลงของอิทธิพลต่างๆ เช่น กระแสลม แสงแดด เป็นต้น ผนังที่ใช้ในการทดสอบมีดังนี้

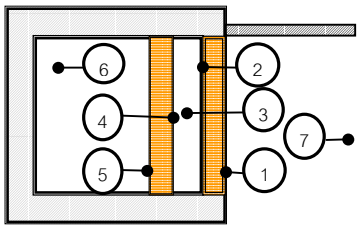


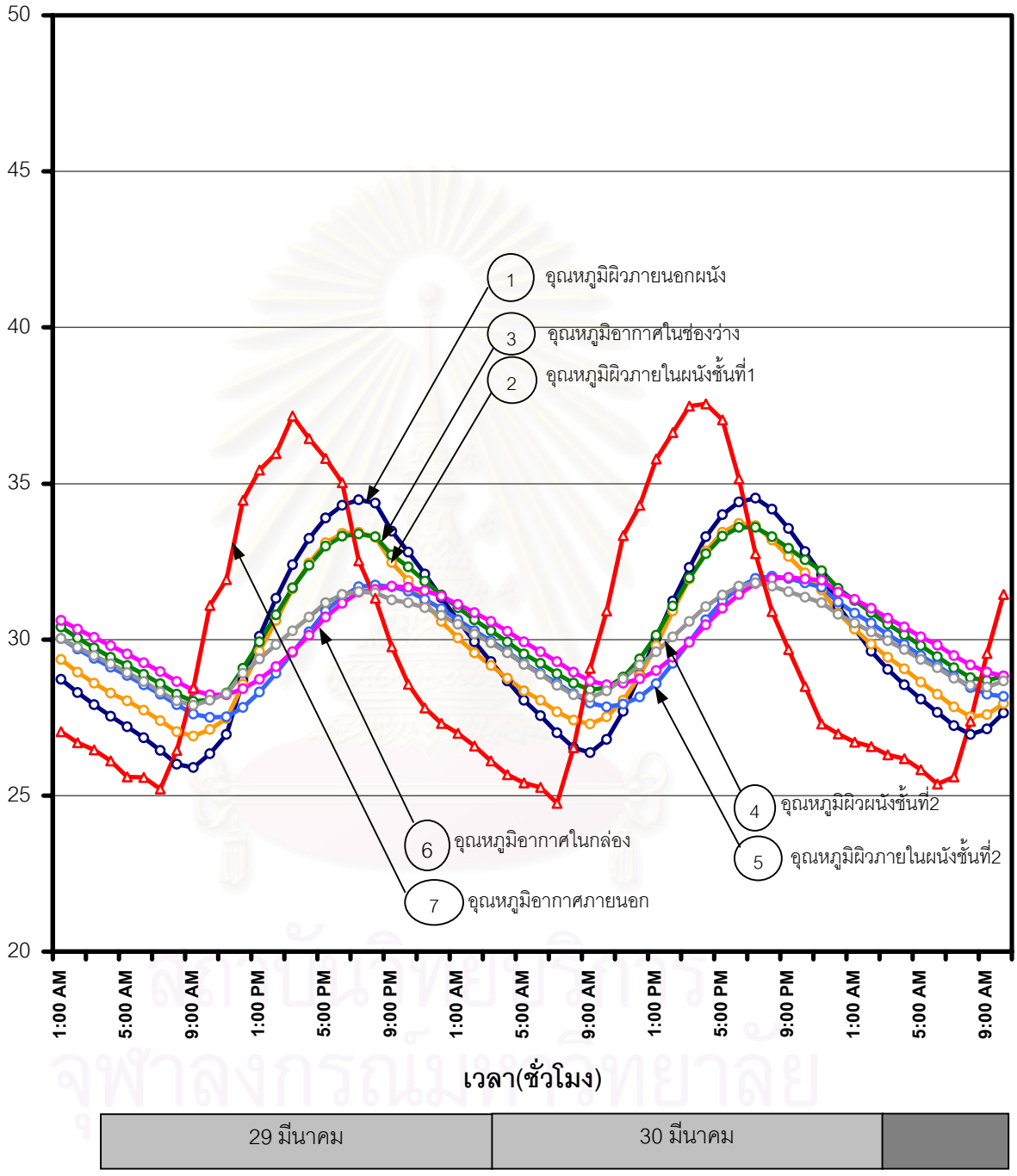
สภาวะปรับอากาศ **สภาวะไม่ปรับอากาศ**

รูปภาพที่4- 3แสดงภาพประกอบการทดลองในขั้นตอนที่สองเพื่อหาตัวแปรเกี่ยวกับอิทธิพลการแผ่รังสีดวงอาทิตย์โดยตรง

โดยวัสดุทั้งหมดจะหันไปทางทิศตะวันตกทั้งหมด และเริ่มเก็บข้อมูลทุกๆชั่วโมงเป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยข้อมูลที่จะนำมาบันทึกมีดังนี้

1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิผิววัสดุภายนอกกล่องทดลอง
3. อุณหภูมิผิววัสดุภายในกล่องทดลอง
4. อุณหภูมิอากาศภายในกล่อง





กราฟแสดงอุณหภูมิผนังก่ออิฐ 2 ชั้นมีช่องว่างอากาศ 10 ซม. กรณีไม่โดนแดด ในสภาวะไม่ปรับอากาศ

แผนภูมิที่ 4- 40 กราฟแสดงอุณหภูมิผนังก่ออิฐสองชั้น ไม่โดนแดด กรณีไม่ปรับอากาศ

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆในกล่องทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศ 10 เซนติเมตร มีการบังเงา ทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องว่างอากาศ 10 เซนติเมตรหันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (29 มีนาคม ถึง 30มีนาคม)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 37.15องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 15:00 น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 24.75 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 07:00 น.

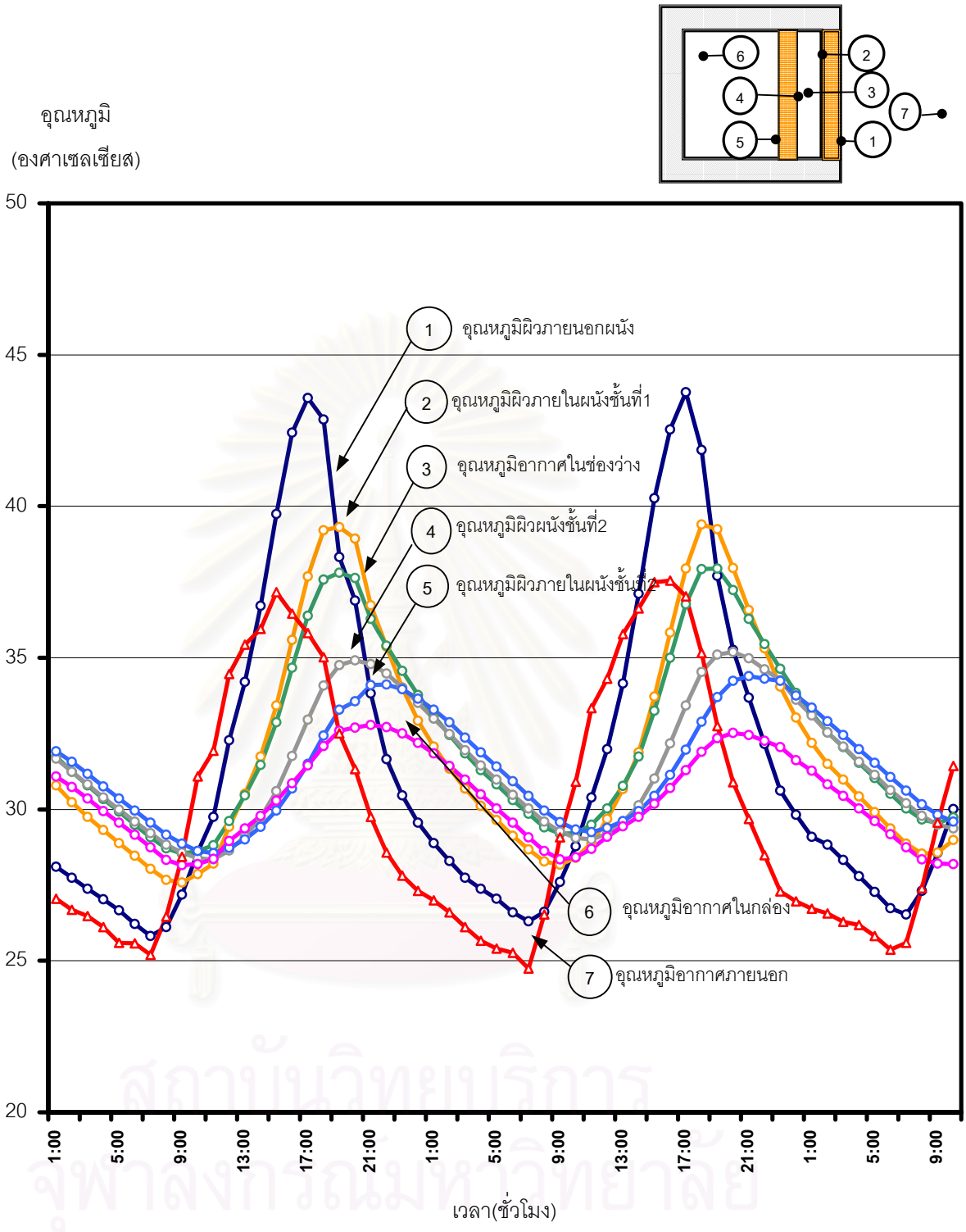
อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 34.48 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 19:00 น.

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 31.74 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 21:00 น.

ดังนั้นระยะเวลาที่ปริมาณความร้อนสูงสุดผ่านจากผิวภายนอกมวลสารเข้าสู่ผิวภายในเท่ากับ 3 ชั่วโมง

ช่วงเวลาที่อุณหภูมิวัสดุต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศอยู่ที่ ในช่วงเวลา 08:00 น.ถึง18:00 น. ทั้งหมดประมาณ 10 ชั่วโมง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



กราฟแสดงอุณหภูมิผนังก่ออิฐ 2 ชั้นมีช่องว่างอากาศ 10 ซม. กรณีโดนแดด ในสภาวะไม่ปรับอากาศ

แผนภูมิที่ 4- 41 กราฟแสดงอุณหภูมิก่ออิฐสองชั้นโดนแดด กรณีไม่ปรับอากาศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆในกล่องทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศ 10 เซนติเมตร ไม่มีการบังเงา ทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุ ผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องว่างอากาศ 10 เซนติเมตร หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (29 มีนาคม ถึง 30มีนาคม)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 37.15องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 15:00 น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 24.75 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 07:00 น.

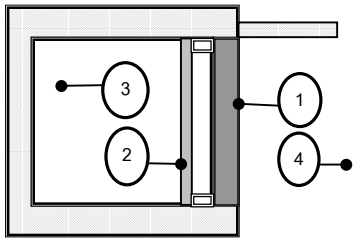
อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 43.57 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 15:00 น.

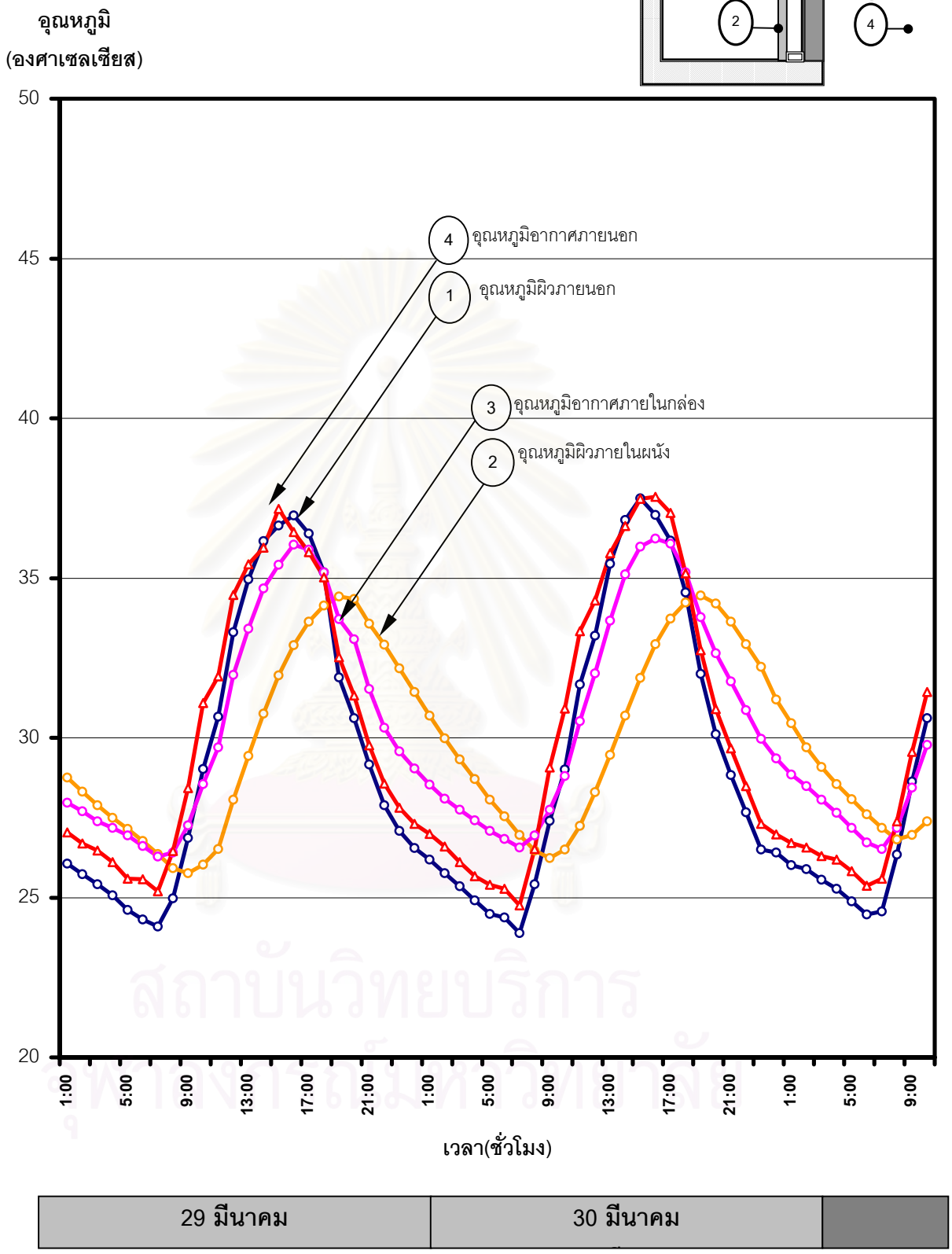
อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 32.39 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 21:00 น.

ดังนั้นระยะเวลาที่ปริมาณความร้อนสูงสุดผ่านจากผิวภายนอกมวลสารเข้าสู่ผิวภายในเท่ากับ 6 ชั่วโมง

ช่วงเวลาที่อุณหภูมิวัสดุต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศอยู่ ในช่วงเวลา09:00น.ถึง19:00น. ทั้งหมดประมาณ 10 ชั่วโมง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





แผนภูมิที่ 4- 42 กราฟแสดงอุณหภูมิผนัง ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก ไม่โดนแดด ในสภาวะไม่ปรับอากาศ

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆในกล่องทดสอบวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก(External Insulation finishing System) มีการบังเงาทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุ ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (External Insulation Finishing System) หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (29 มีนาคม ถึง 30มีนาคม)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 37.15 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 15:00 น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 24.75 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 07:00 น.

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 36.90 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 16:00 น.

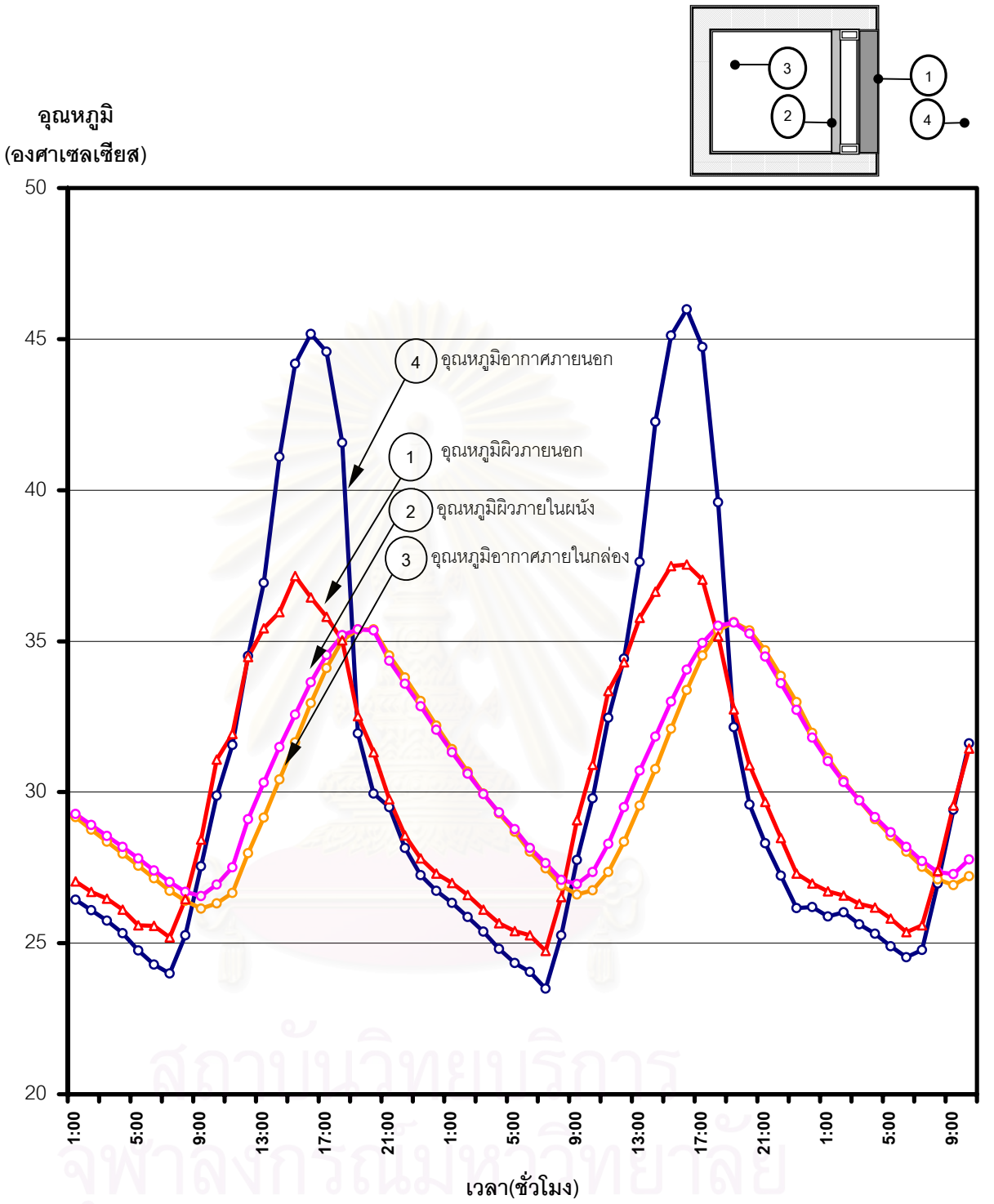
อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 34.42องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 19:00 น.

ดังนั้นระยะเวลาที่ปริมาณความร้อนสูงสุดผ่านจากผิวภายนอกมวลสารเข้าสู่ผิวภายใน เท่ากับ 3 ชั่วโมง

ช่วงเวลาที่อุณหภูมิวัสดุต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศอยู่ที่ ในช่วงเวลา 08:00 น.ถึง19:00น.

ทั้งหมดประมาณ 10 ชั่วโมง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



กราฟแสดงอุณหภูมิผนัง EIFS กรณีโดนแดด
ในสภาวะไม่ปรับอากาศ

แผนภูมิที่ 4- 43กราฟแสดงอุณหภูมิผนัง ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก โดนแดด ในสภาวะไม่ปรับอากาศ

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆในกล่องทดสอบวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก(External Insulation finishing System) ไม่มีการบังเงา ทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (External Insulation Finishing System)หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (29 มีนาคม ถึง 30มีนาคม)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 37.15องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 15:00 น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 24.75 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 07:00 น.

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 45.16 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 16:00 น.

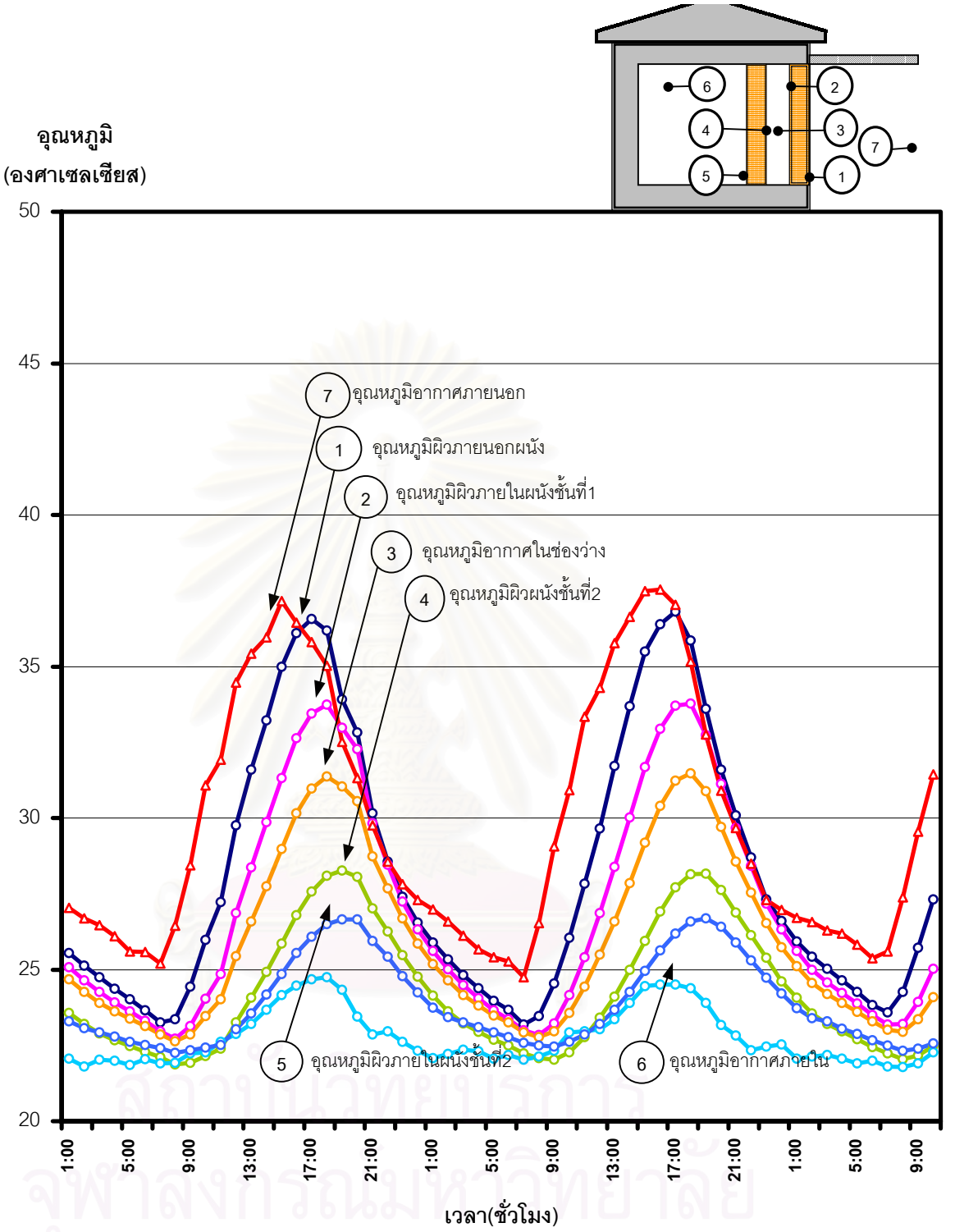
อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 35.34องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 20:00 น.

ดังนั้นระยะเวลาที่ปริมาณความร้อนสูงสุดผ่านจากผิวภายนอกมวลสารเข้าสู่ผิวภายใน เท่ากับ 4 ชั่วโมง

ช่วงเวลาที่อุณหภูมิวัสดุต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศอยู่ที่ ในช่วงเวลา 09:00น.ถึง 19:00 น.

ทั้งหมดประมาณ 10 ชั่วโมง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



กราฟแสดงอุณหภูมิผนังก่ออิฐ 2 ชั้นมีช่องว่างอากาศ 10 ซม. กรณีโดนแดด ในสภาวะปรับอากาศ

แผนภูมิที่ 4- 44 กราฟแสดงอุณหภูมิผนัง ก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศ โดนแดด ในสภาวะปรับอากาศ

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆในห้องทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศ มีการบังเงา ทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุ ผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศมีการบังเงา หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (29 มีนาคม ถึง 30มีนาคม)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 37.15องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 15:00 น.

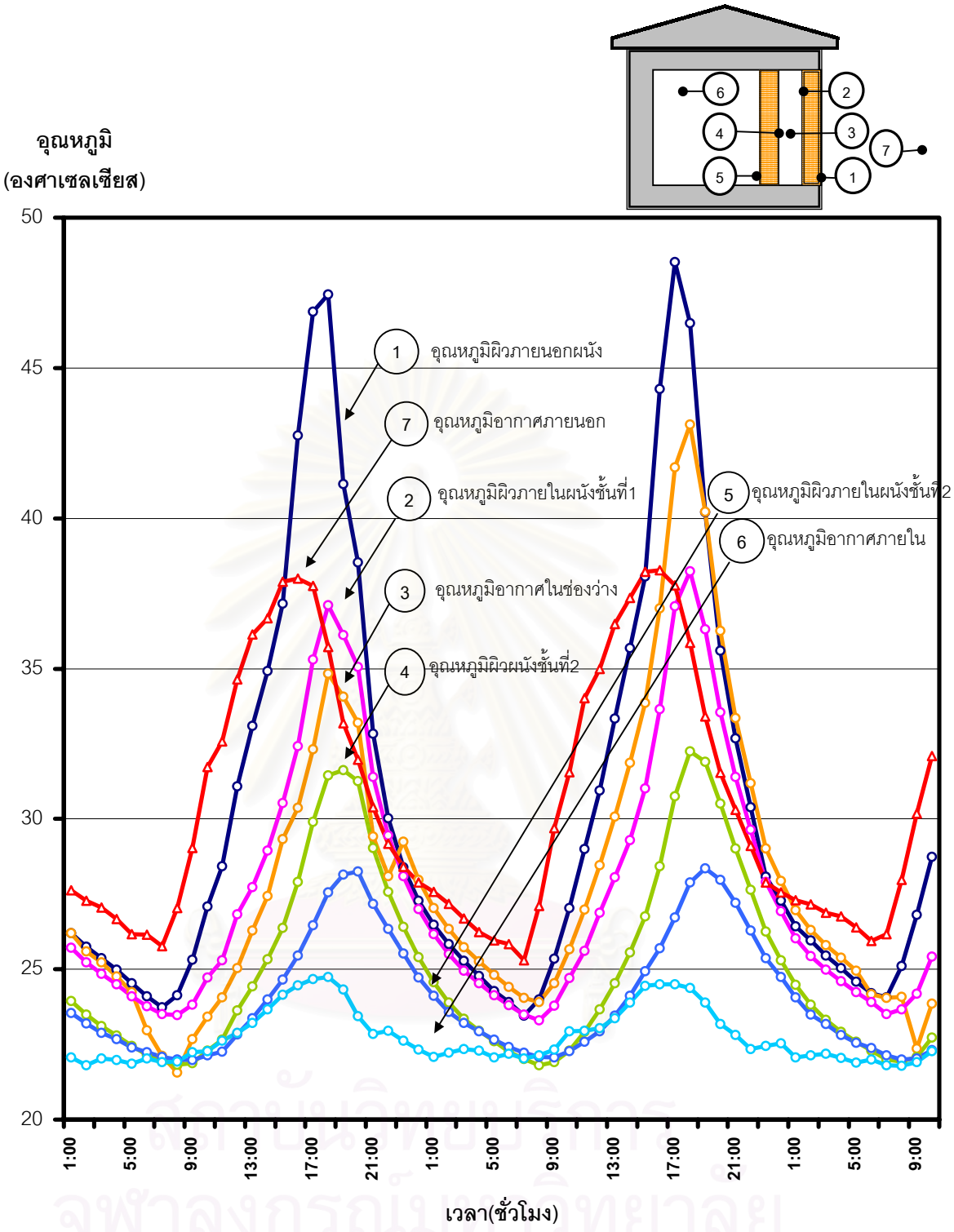
อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 24.75 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 07:00 น.

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 36.56องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 17:00 น.

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 26.65องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 19:00 น.

ดังนั้นระยะเวลาที่ปริมาณความร้อนสูงสุดผ่านจากผิวภายนอกมวลสารเข้าสู่ผิวภายในเท่ากับ 2 ชั่วโมง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



กราฟแสดงอุณหภูมิผนังก่ออิฐ 2 ชั้นมีช่องว่างอากาศ 10 ซม. กรณีไม่โดนแดด ในสภาวะปรับอากาศ

แผนภูมิที่ 4- 45 กราฟแสดงอุณหภูมิผนัง ก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศ ไม่โดนแดด ในสภาวะปรับอากาศ

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆในห้องทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศ ไม่มีการบังเงา ทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศไม่มีการบังเงาหันวัสดุไปทางทิศตะวันตก พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (29 มีนาคม ถึง 30มีนาคม)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 37.15องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 15:00 น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 24.75 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 07:00 น.

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 47.43องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 18:00 น.

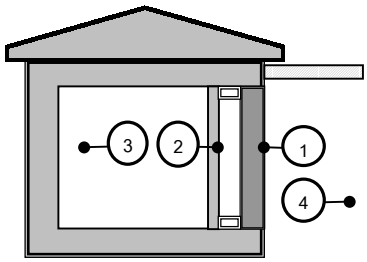
อุณหภูมิผิวภายนอกต่ำสุดเท่ากับ 23.99องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 08:00 น.

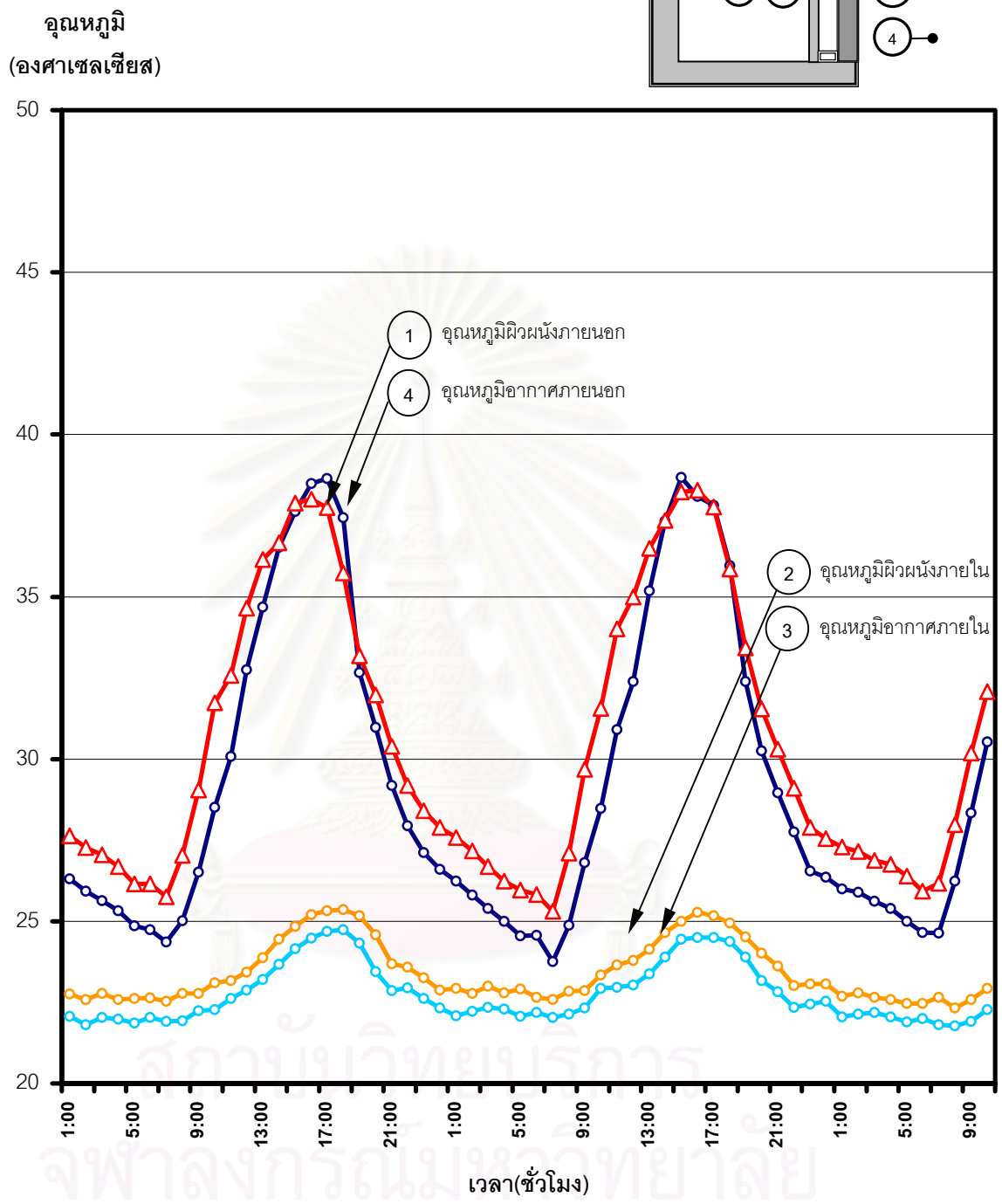
อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 28.25องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 20:00 น.

อุณหภูมิผิวภายในต่ำสุดเท่ากับ 22.06องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 09:00 น.

ดังนั้นระยะเวลาที่ปริมาณความร้อนสูงสุดผ่านจากผิวภายนอกมวลสารเข้าสู่ผิวภายในเท่ากับ 2 ชั่วโมง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





กราฟแสดงอุณหภูมิผนัง EIFS กรณีไม่มีโดนแดด ในสภาวะปรับอากาศ

แผนภูมิที่ 4- 46 กราฟแสดงอุณหภูมิผนัง ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก ไม่โดนแดด ในสภาวะปรับอากาศ

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆในห้องทดสอบวัสดุระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก(External Insulation Finishing Syetem)มีการบังเงาทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก(ExternalInsulationFinishing Syetem) มีการบังเงา หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

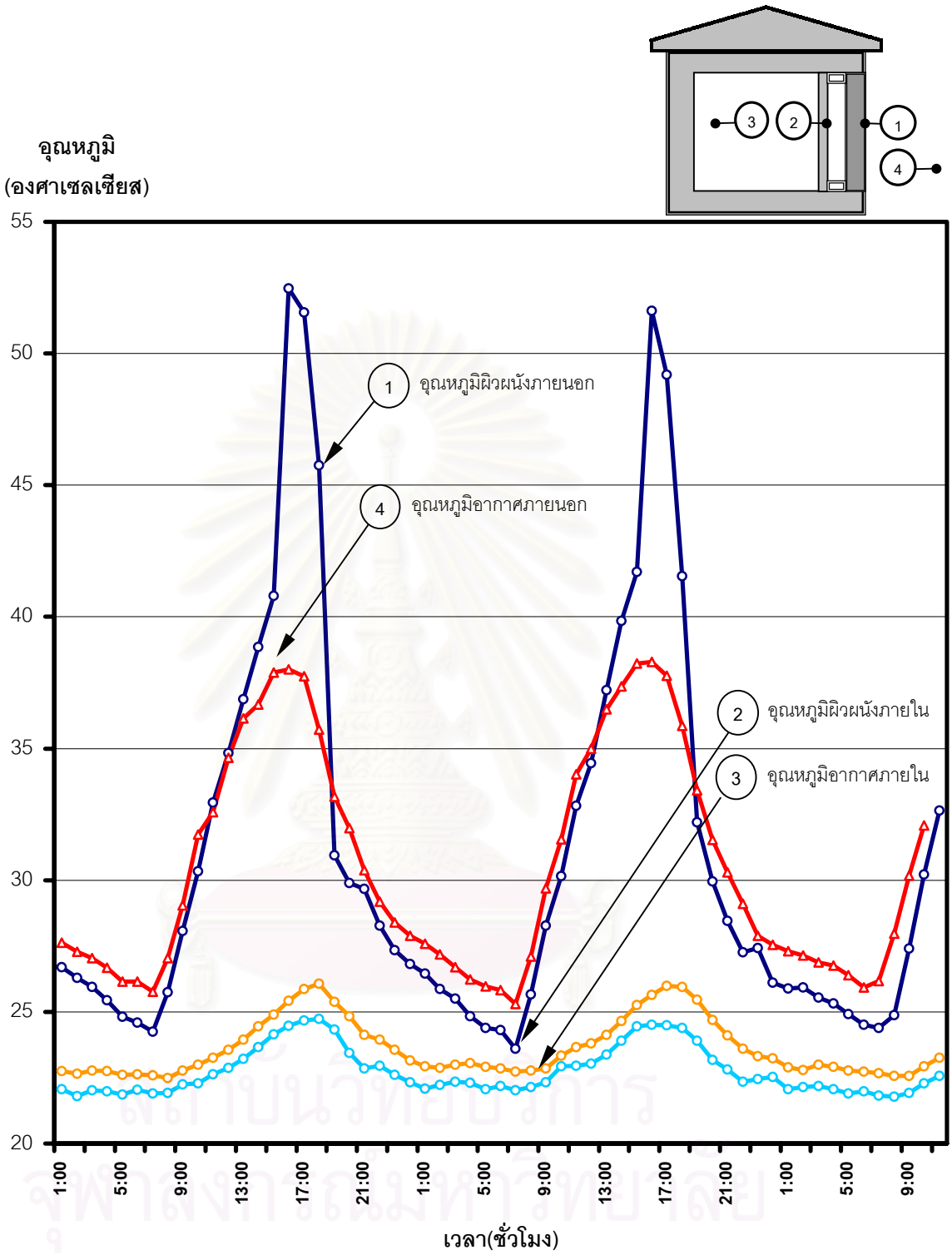
พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (29 มีนาคม ถึง 30มีนาคม)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ	37.15องศาเซลเซียส	ในช่วงเวลา	15:00 น.
อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ	24.75 องศาเซลเซียส	ในช่วงเวลา	07:00 น.
อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ	38.63องศาเซลเซียส	ในช่วงเวลา	17:00 น.
อุณหภูมิผิวภายนอกต่ำสุดเท่ากับ	22.85องศาเซลเซียส	ในช่วงเวลา	07:00 น.
อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ	25.30องศาเซลเซียส	ในช่วงเวลา	18:00 น.
อุณหภูมิผิวภายในต่ำสุดเท่ากับ	22.60องศาเซลเซียส	ในช่วงเวลา	07:00 น.

ดังนั้นระยะเวลาที่ปริมาณความร้อนสูงสุดผ่านจากผิวภายนอกมวลสารเข้าสู่ผิวภายใน

เท่ากับ 1 ชั่วโมง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



กราฟแสดงอุณหภูมิผนัง EIFS กรณีโดนแดด ในสภาวะปรับอากาศ

แผนภูมิที่ 4- 47 กราฟแสดงอุณหภูมิผนัง ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก โดนแดด ในสภาวะปรับอากาศ

<u>การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนและแสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆในห้องทดสอบวัสดุผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก(External Insulation Finishing Syetem)ไม่มีการบังเงา ทางทิศตะวันตก</u>

ผลการทดสอบวัสดุ ผนัง ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก(External Insulation Finishing Syetem)ไม่มีการบังเงา หันวัสดุไปทางทิศตะวันตก

พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (29 มีนาคม ถึง 30มีนาคม)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 37.15องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 15:00 น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 24.75 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 07:00 น.

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 52.50องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 16:00 น.

อุณหภูมิผิวภายนอกต่ำสุดเท่ากับ 23.60องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 07:00 น.

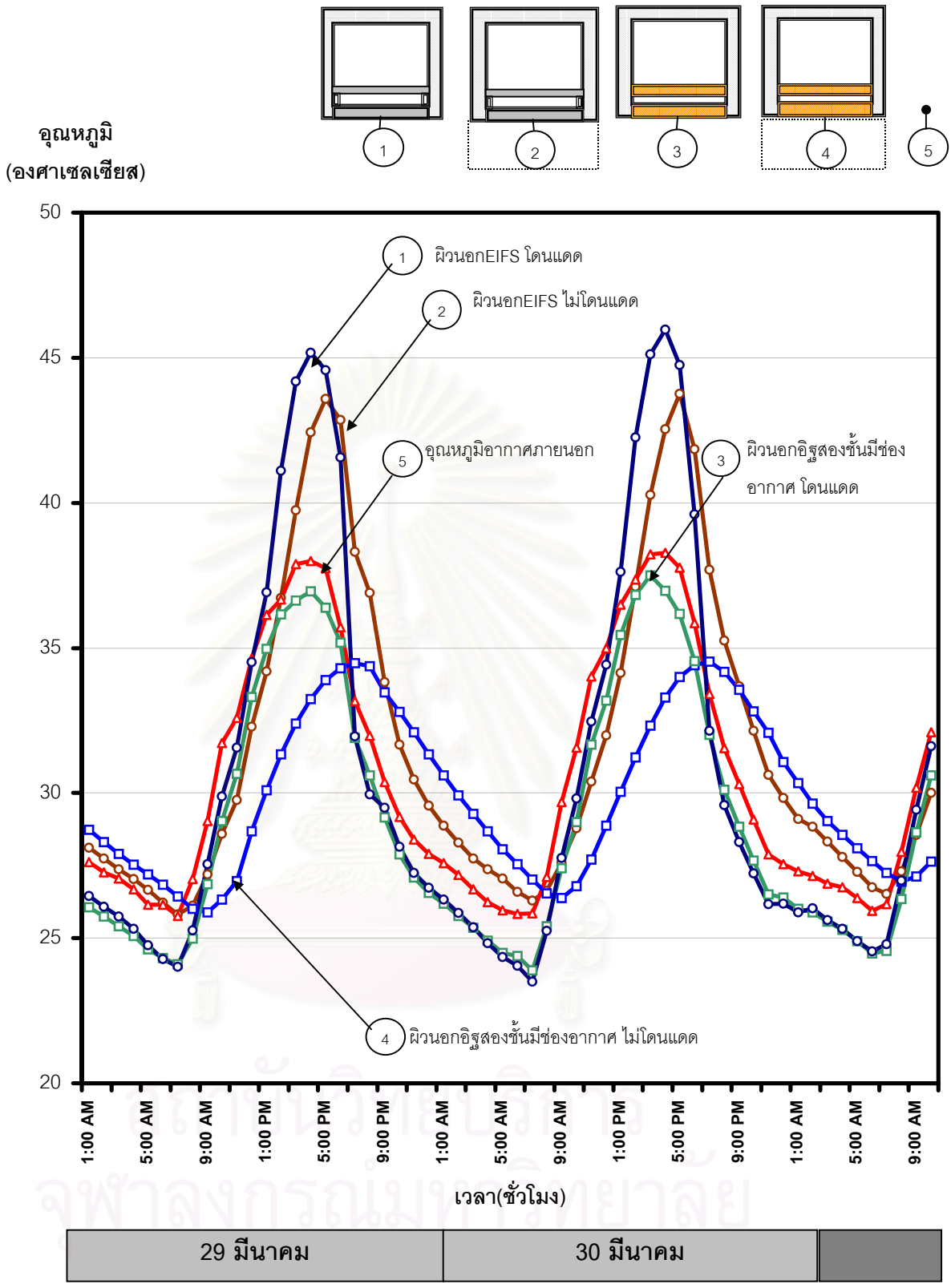
อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 26.10องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 18:00 น.

อุณหภูมิผิวภายในต่ำสุดเท่ากับ 22.90องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 06:00 น.

ดังนั้นระยะเวลาที่ปริมาณความร้อนสูงสุดผ่านจากผิวภายนอกมวลสารเข้าสู่ผิวภายใน

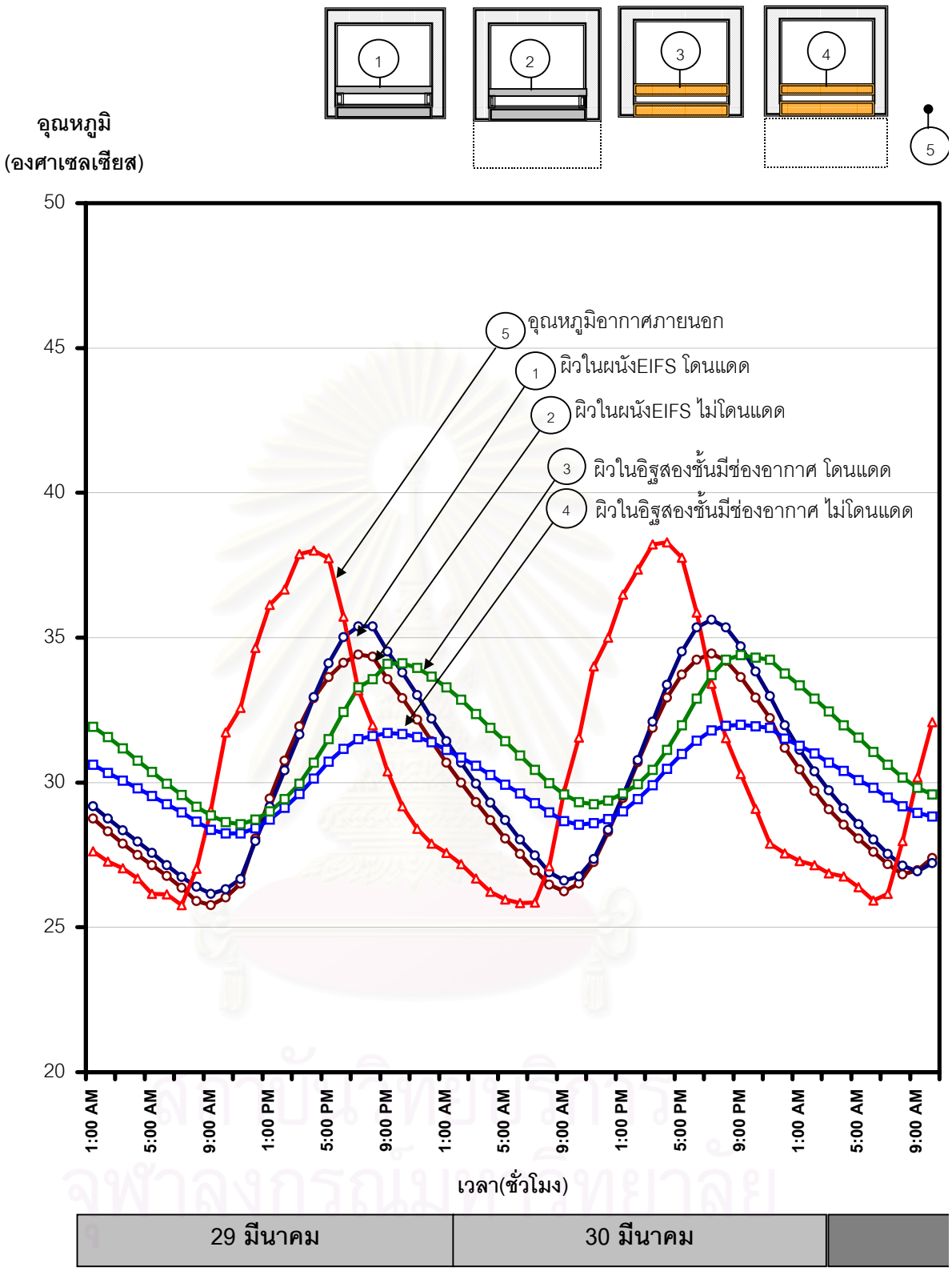
เท่ากับ 2 ชั่วโมง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



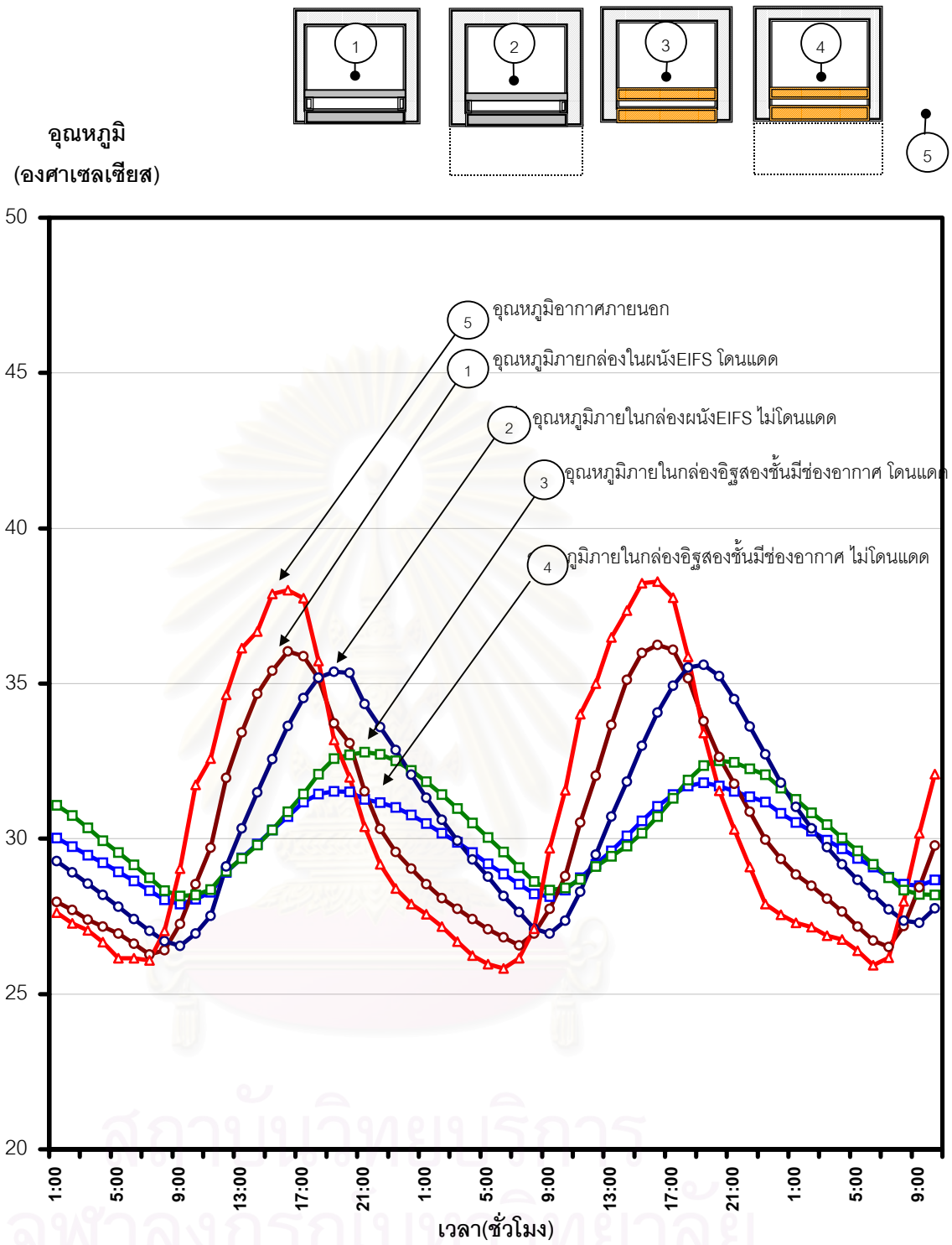
กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องว่างอากาศและผนังEIFS กรณีโดนแดดและไม่โดนแดด ในสภาวะไม่ปรับอากาศ

แผนภูมิที่ 4- 48 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศและผนัง ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก กรณีโดนแดดและไม่โดนแดด ในสภาวะไม่ปรับอากาศ



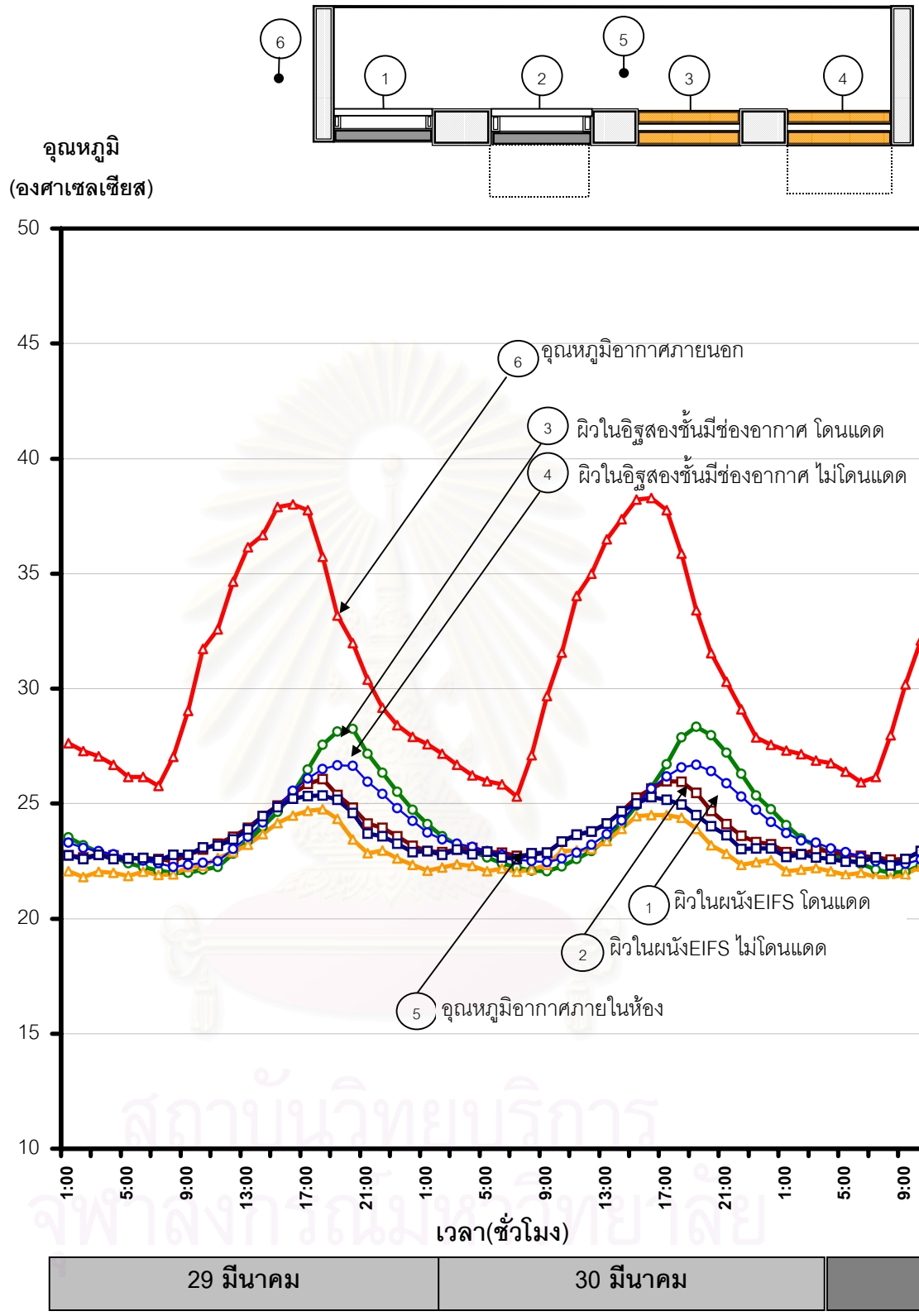
กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องว่างอากาศและผนังEIFS กรณีโดนแดดและไม่โดนแดด ในสภาวะไม่ปรับอากาศ

แผนภูมิที่ 4- 49 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศและผนัง ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก กรณีโดนแดดและไม่โดนแดด ในสภาวะไม่ปรับอากาศ



กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศและผนัง EIFS กรณีโดนแดดและไม่โดนแดด ในสภาวะไม่ปรับอากาศ

แผนภูมิที่ 4- 50 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศและผนัง ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก กรณีโดนแดดและไม่โดนแดด ในสภาวะไม่ปรับอากาศ



กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องว่างอากาศและผนังEIFS กรณีโดนแดดและไม่โดนแดด ในสภาวะปรับอากาศ

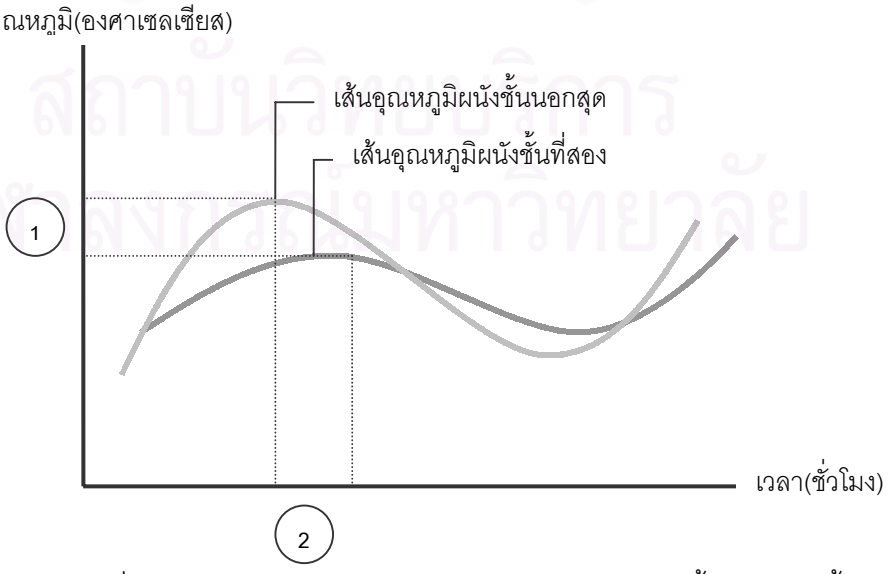
แผนภูมิที่ 4- 51 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศและผนัง ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก กรณีโดนแดดและไม่โดนแดด ในสภาวะปรับอากาศ

<u>ผลการวิเคราะห์ การทดสอบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศและผนัง ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกกรณีศึกษาผลกระทบจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์โดยตรง</u>

ในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นแบ่งเทียบพิจารณาเป็นสองกรณี คือ กรณีปรับอากาศและไม่ปรับอากาศโดยแต่และกรณีแบ่งพิจารณาเป็นประเด็นหลักๆคือ อุณหภูมิผิวภายนอก อุณหภูมิผิวภายใน ระยะเวลาการหน่วงเหนี่ยวความร้อนและค่าความแตกต่างของอุณหภูมิผิวสูงสุด ดังนี้

อุณหภูมิผิวภายนอกกรณีไม่ปรับอากาศ

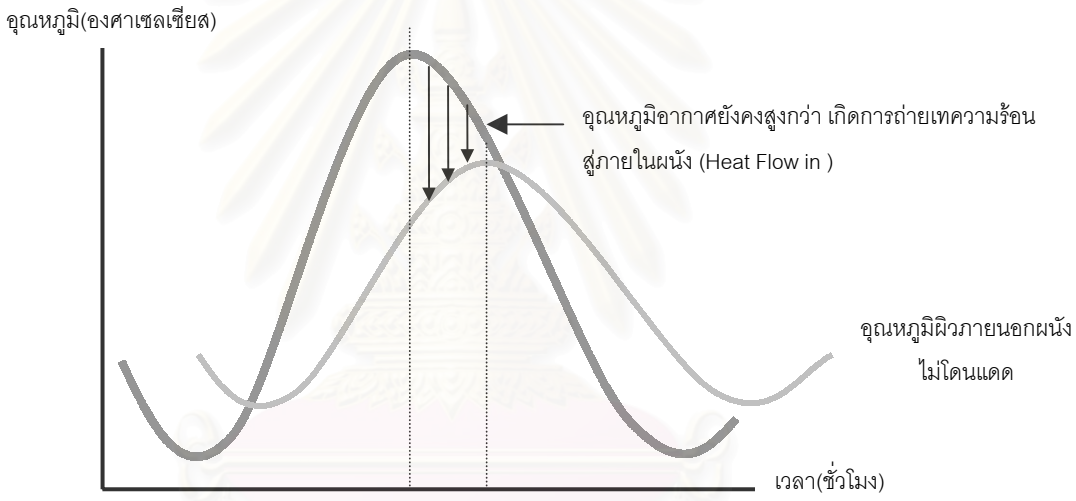
เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศในช่วงงที่มีอิทธิพลของแสงแดดพบว่า มีค่าความแตกต่างระหว่างผนังที่โดนแดดและไม่โดนแดดเนื่องจากเนื่องจากอิทธิพลของSol-air Temperature ทำให้อากาศที่ผิวของวัสดุมีอุณหภูมิที่สูง ส่งผลให้เกิดการนำความร้อนจากอากาศที่ผิวไปสู่ผิวของวัสดุโดยตรงซึ่งจากการทดสอบพบว่าอุณหภูมิอากาศสูงสุดที่ 37.15 องศาเซลเซียส ทำให้ผิววัสดุที่โดนแดดมีอุณหภูมิเท่ากับ 43.57 องศาเซลเซียส ซึ่งเมื่อเทียบกับผิวผนังที่มีการบังเงา ทำให้อุณหภูมิผิวภายนอกมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศ เมื่ออุณหภูมิผิวภายนอกนั้นมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิแต่ละชั้นของผนังจึงมีการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกสู่ภายในผนัง เมื่อความร้อนผ่านจากผิวนอกสุดมายังผิวผนังชั้นใน ช่องว่างอากาศตรงกลางที่เป็นอากาศนิ่ง(จากบทที่3ค่าการต้านทานความร้อนประมาณ 3.40) ซึ่งทำหน้าที่เป็นฉนวนในการสกัดกั้นความร้อนจากผนังชั้นแรก ดังที่เห็นจากแผนภูมิที่4- จะเห็นได้ว่า เส้นอุณหภูมิของผนังชั้นนอกและชั้นใน ถูกแบ่งให้เห็นได้อย่างชัดเจน โดยอุณหภูมิของผนังชั้นนอกจะมีค่าความแตกต่างของอุณห



รูปภาพที่4- 4 ภาพแสดงความแตกต่างของอุณหภูมิผิวผนังชั้นนอกและชั้นใน

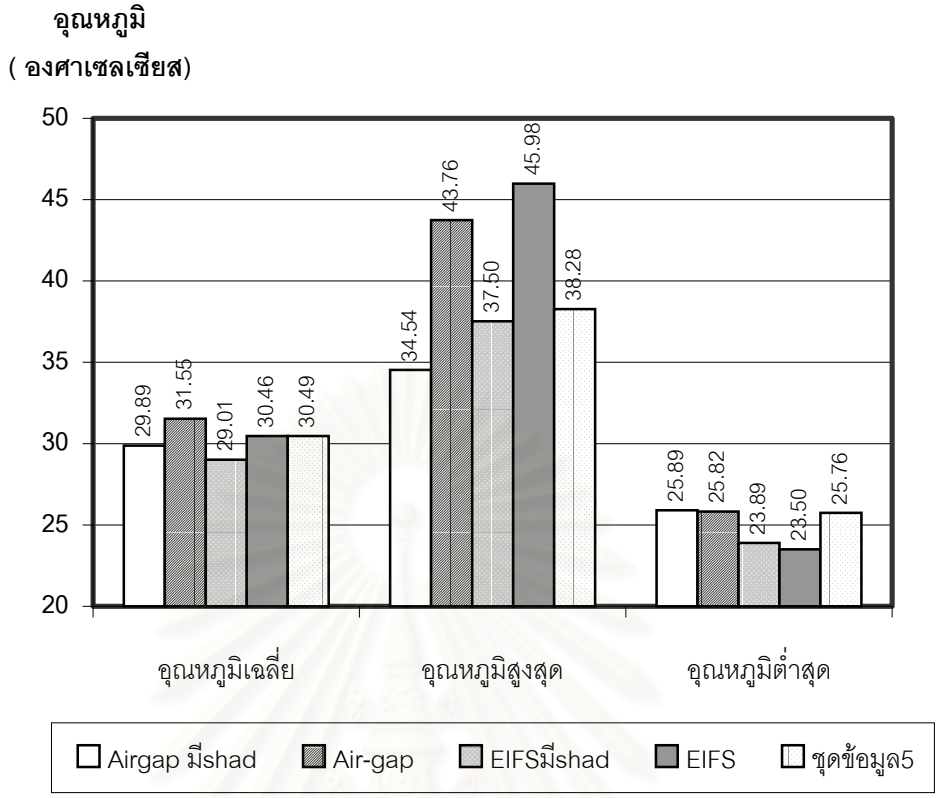
1 ผนังชั้นนอกสุดทำหน้าที่สกัดกั้นอิทธิพลจากภายนอก ทำให้ผนังชั้นที่สองได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีของผนัง และการพาความร้อนของอากาศในช่องว่างเท่านั้น เป็นการช่วยลดอุณหภูมิผิวสูงสุดของผนังชั้นใน (Amplitude) เส้นกราฟของผนังชั้นในจึงมีการเปลี่ยนแปลงที่ค่อนข้างน้อย

2 พิจารณาถึงการหน่วงเหนี่ยวความร้อนสิ่งที่น่าสังเกตคือผนังที่มีการโดนแดดนั้นมีระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่นานกว่าผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศไม่โดนแดด เนื่องจากถ้าเราพิจารณาถึงผนังภายในของทั้งสองกรณีจะพบว่าเวลาของอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดอยู่ที่เวลาประมาณ 20:00 –21:00 น. ซึ่งใกล้เคียงกัน แต่อุณหภูมิผิวภายนอกเป็นตัวแปรที่แตกต่าง ในกรณีผิวผนังไม่โดนแดด ถึงแม้ว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกจะเลยช่วงที่สูงสุดแล้วก็ตามแต่ ก็ยังมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิผิวภายนอกและอุณหภูมิอากาศ($\Delta T=T_{air}-T_{out}$)



รูปภาพที่4- 5 ภาพแสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังในช่วงPeak –ของผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศ

ทิศทางการถ่ายเทความร้อนก็ยังถ่ายเทจากอากาศเข้าสู่ผนังตลอดจนกระทั่งถึงเวลาประมาณ 19:00น.อุณหภูมิผิวผนังจึงเริ่มสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับผนังที่โดนรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงแล้วพบว่า อุณหภูมิผิวสูงสุดได้เร็วกว่าเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์รุนแรงกว่าดังแสดงดังกราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุ

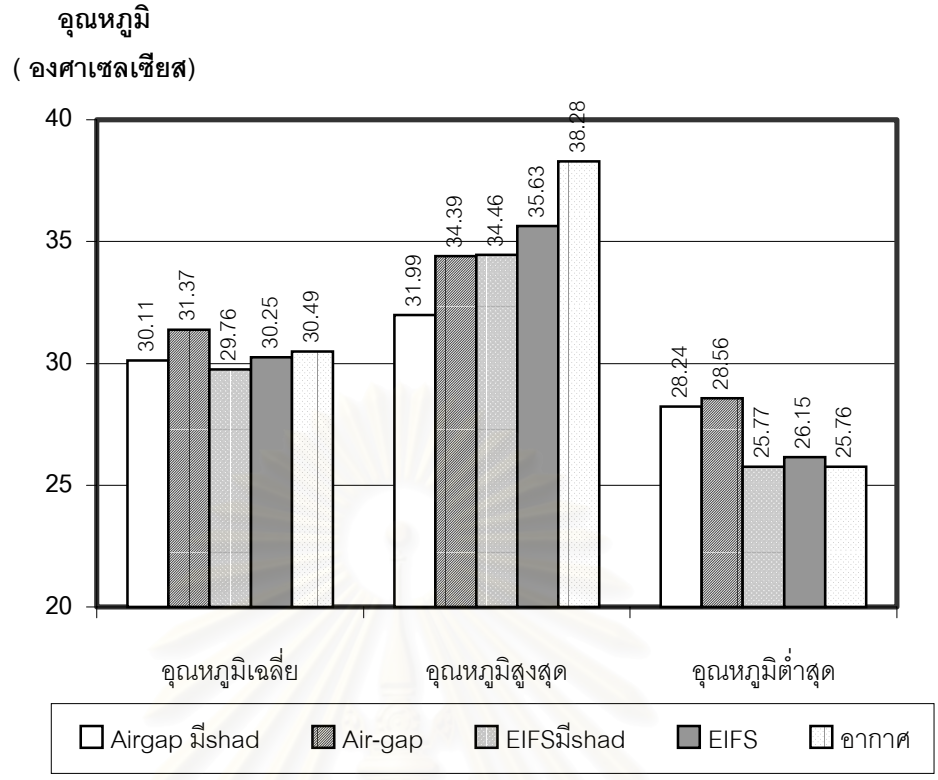


แผนภูมิที่ 4- 52 เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุทั้ง 2 กรณี

เมื่อพิจารณาจากกราฟแล้วอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวภายนอกของผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกและผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศที่มีการบังเงามีอุณหภูมิผิวภายนอกเฉลี่ยต่ำสุดตลอดทั้งวัน ซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศมากกว่า ผนังที่ไม่มีการบังเงาซึ่งผลดังกล่าวจะช่วยให้ปริมาณความร้อนจากผิวภายนอกที่ผ่านผนังมีค่าน้อยลง เมื่อผิวผนังภายนอกลดลงก็ส่งผลให้ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิผิวลดลงด้วย

อุณหภูมิผิวภายในกรณีไม่ปรับอากาศ

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิผิวภายในของผนังทั้ง4ชนิดในกรณีไม่ปรับอากาศ พบว่า มีลักษณะสอดคล้องกับกรณีการทดสอบค่าการดูดซับความร้อนของวัสดุ อุณหภูมิผิวภายในของผนังที่มีมวลสารน้อยอย่าง ผนัง ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกนั้นมีการขึ้น-ลง ใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศ มากกว่าผนังที่มีมวลสารมากอย่างผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศดังแผนภูมิเปรียบเทียบที่



แผนภูมิที่ 4- 53 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในวัสดุทั้ง2กรณี

เนื่องจากมวลสารของวัสดุทำหน้าที่ดูดซับพลังงานบางส่วนไว้ทำให้เกิดการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่จะเข้ามายังผิวภายใน ซึ่งถ้าพิจารณาถึงอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวภายใน ผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศที่มีการบังแดดจะมีศักยภาพใกล้เคียงกับผนัง ระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกที่ไม่มีการบังแดดและมีการบังแดด ซึ่งเมื่อมีการวิเคราะห์ถึงผนังระบบระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกพบว่า อุณหภูมิผิวภายในของผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกค่อนข้างคงที่ทั้งในกรณีที่มีและบังเงาและไม่มีการบังเงาให้กับผนัง เนื่องจากโครงสร้างของผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก มีการสกัดกั้นความร้อนด้วยฉนวน Polystyrene ซึ่งช่วยลดค่าปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามาและไม่มีมวลสารที่จะกักเก็บความร้อนไว้ถึงเวลากลางคืนผิวภายในจึงเย็นกว่าผนังก่ออิฐสองชั้นมีช่องอากาศ

จากการทดสอบในการหาอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์นั้นสามารถสรุปได้ว่า

1. อิทธิพลต่อการได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงส่งผลให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุก่อและผนัง External Insulation ซึ่งอิทธิพลดังกล่าวส่งผลให้ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายในสูงขึ้น
2. อิทธิพลจากการได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง ส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบวัสดุก่อ โดยที่ผนังวัสดุก่อที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงจะมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงกว่าผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

บทสรุป

ในการศึกษาเพื่อหาปัจจัยและผลกระทบที่มีต่อผนังวัสดุก่อในประเทศไทยนั้น พบว่ามีหลายปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวผนัง ซึ่งจากการทดสอบ การสังเกตและวิเคราะห์ข้อมูลจากผนังทั้งหมดที่นำมาศึกษา ก็ต่างมีรูปแบบและลักษณะการถ่ายเทความร้อนแตกต่างกันไปตามคุณสมบัติของวัสดุนั้นๆและสภาวะต่างๆ การนำไปใช้จึงต้องพิจารณาถึงพฤติกรรมของวัสดุนั้นๆเพื่อให้สอดคล้องกับประโยชน์ใช้สอย เวลาและสภาพแวดล้อมของอาคารนั้น เพื่อที่จะสามารถนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพสูงสุด

อย่างไรก็ตาม ในการวิจัยครั้งนี้ก็ยังไม่สามารถหาผนังที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุด คืออุณหภูมิผิวต่ำสุดทั้งในกลางวันและกลางคืนได้ แต่ก็พอที่จะทราบถึงแนวทางในการนำเอาวัสดุก่อในปัจจุบันไปใช้เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย

การการทดสอบกรณีต่างๆจึงสามารถสรุปผลการทดลองดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 การเปรียบเทียบวัสดุก่อในสภาวะควบคุมอากาศภายในและไม่ควบคุมอากาศภายใน

1. ในกรณีที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิอากาศภายใน วัสดุที่มีมวลสารมากกว่าจะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในต่ำลงและจะช่วยลดความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดได้ดีกว่าผนังที่มีมวลสารน้อยกว่า
2. วัสดุคอนกรีตมวลเบามีศักยภาพในการป้องกันความร้อนใกล้เคียงกับผนังอิฐ 4 นิ้ว ซึ่งมีค่าน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาจากค่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในเซลทดสอบและ Temperature swing
3. ในสภาวะไม่ควบคุมอากาศภายใน ผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องว่างอากาศ มีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของผิวภายในน้อยที่สุดและมีระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนนานที่สุด
4. ผนังที่มีระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก มีศักยภาพในการต้านทานความร้อนในช่วงเวลาที่มีการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ได้ใกล้เคียงกับผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศแต่ในเวลากลางคืนจะมีอุณหภูมิอากาศภายในเซลทดสอบต่ำกว่า

กรณีที่ 2 ศึกษาปัจจัยทางด้านค่าการดูดกลืนความร้อนของพื้นผิวที่มีผลต่ออุณหภูมิผิววัสดุก่อทั้งในสภาวะปรับอากาศภายในและไม่ปรับอากาศภายใน

1. ผนังที่มีมวลสารเท่ากันตั้งแต่เริ่มมีอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ ผนังที่มีค่าการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์มาก อุณหภูมิผิวผนังภายนอกจะสูงกว่าผนังที่มีค่าการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์น้อย ทั้งในกรณีปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ
2. ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก ที่ค่าการดูดกลืนรังสีที่แตกต่างกันส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิผิวภายนอกอย่างมากแต่ส่งผลกับอุณหภูมิผิวภายในน้อยมากทั้งในกรณีปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ
3. ในกรณีปรับอากาศภายใน ผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศที่มีค่าการดูดกลืนรังสีมากกว่าจะมีอุณหภูมิผิวภายในมากกว่าผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศที่มีค่าการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ต่ำกว่า

กรณีที่ 3 ศึกษาปัจจัยทางด้านผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงที่มีผลต่ออุณหภูมิผิววัสดุก่อทั้งในสภาวะปรับอากาศภายในและไม่ปรับอากาศภายใน

1. ผนังทดสอบทุกชนิดที่มีมวลสารเท่ากัน ตั้งแต่เริ่มมีอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ ผนังที่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง อุณหภูมิผิวผนังภายนอกจะสูงกว่าผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ ทั้งในกรณีปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ
2. ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก ที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรงนั้น ส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิผิวภายนอกอย่างมากแต่กลับส่งผลกับอุณหภูมิผิวภายในน้อยมากทั้งในกรณีปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ

การอภิปรายผลและนำไปใช้

จากบทสรุปที่ได้จากการวิจัย พบว่าคุณสมบัติของวัสดุแต่ละประเภทมีความเหมาะสมตามช่วงเวลาการใช้งานและสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน ในการออกแบบอาคาร นอกจากการที่ต้องคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอยภายในตัวอาคารแล้วการออกแบบวางอาคารและเลือกใช้วัสดุก็จะส่งผลต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารด้วย จากผลการทดลองทั้งหมดจึงสามารถหาแนวทางในการออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานได้ดังน้

- **กรณีอาคารไม่ปรับอากาศ**

จากการวิจัยพบว่าในกรณีอาคารไม่มีการปรับอากาศนั้นพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุมีการแลกเปลี่ยนกับอากาศภายนอกตลอดเวลา ในเวลากลางวันผนังที่มีมวลสารมากในระดับหนึ่งนั้นจะช่วยหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ทำให้อุณหภูมิผิวภายในไม่มากนัก จึงเหมาะสำหรับอาคารที่มีการใช้งานในเวลากลางวัน ในเวลากลางคืนอุณหภูมิผิวผนังจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศเนื่องจากมวลสาร จึงควรที่จะลดอุณหภูมิผิวผนังเช่น ให้มีการแลกเปลี่ยนความเย็นกับท้องฟ้า (Night sky Radiation) หรือใช้การระบายอากาศเป็นตัวช่วย(Night Flush Ventilation) และผนังควรที่จะเป็นสีที่มีค่าการดูดซับความร้อนที่ต่ำ เช่น สีขาวหรือสีอ่อน

ผนังในส่วนที่มีการใช้งานในเวลาเย็นหรือกลางคืน ผนังทางทิศดังกล่าวไม่ควรโดนรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง เนื่องจากมวลสารจะคายความร้อนในช่วงเวลาการใช้งาน ถ้าหลีกเลี่ยงไม่ได้ควรที่จะติดตั้งฉนวนกันความร้อนไว้ภายนอกเพื่อลดอิทธิพลความรุนแรงจากรังสีดวงอาทิตย์

- **กรณีอาคารปรับอากาศ**

สำหรับอาคารที่มีการใช้ระบบปรับอากาศผนังภายในควรที่จะมีมวลสารที่น้อย และภายนอกมีฉนวนเพื่อช่วยสกัดกั้นความร้อนจากภายนอกเนื่องจาก ทิศทางการถ่ายเทความร้อนนั้นจะเข้าสู่อาคารเพียงอย่างเดียวเนื่องจากอุณหภูมิอากาศในห้องจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกตลอดเวลา ดังนั้น อุณหภูมิผิวในผนังอุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อไหร่ก็จะทำให้เพิ่มภาระในการทำความเย็นมากขึ้นเท่านั้น จึงเป็นเหตุผลว่าเหตุใดจึงไม่ควรใช้ผนังที่มีมวลสารมากในอาคารปรับอากาศ

เมื่อพิจารณาถึงผลกระทบที่ผนังอาคารมีต่อพื้นที่ใช้งานภายนอก ถ้ามีการใช้งานในช่วงที่มีอิทธิพลจากดวงอาทิตย์ ผนังที่อยู่ทางทิศใต้หรือทิศตะวันตก ควรที่จะป้องกันการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรงเนื่องอิทธิพลจากSol-Air Temperature ทำให้อุณหภูมิอากาศบริเวณดังกล่าวสูงขึ้น และควรที่จะเป็นผนังที่มีมวลสารเพียงพอเพื่อดูดซับความร้อนและคายกลับคืนสู่อากาศในเวลาเย็นหลังจากการใช้งานแล้ว

	คุณสมบัติของผนัง	ลักษณะการใช้งาน
ผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว และ วัสดุก่อมวลเบา	1. ไม่สามารถป้องกันความร้อนได้ในช่วงเวลากลางวัน 2. ไม่เหมาะสำหรับการใช้ในอาคารปรับอากาศ	1. ไม่ควรใช้ในห้องปรับอากาศและอาคารที่มีการใช้งานตลอดทั้งวัน 2. ผนังควรมีสีอ่อนและไม่โดนแดด 3. เลือกใช้งานช่วงเวลาที่เหมาะสมเช่นในช่วงเช้า และกลางคืน
ผนังก่ออิฐ 8 นิ้ว และ ผนังก่ออิฐ 8 นิ้วมีช่องอากาศ	1. มีมวลสารของผนังมากพอที่จะเหนี่ยวนำความร้อนในเวลากลางวัน 2. ผนังมีค่าการต้านทานความร้อนได้ในระดับหนึ่งช่วยให้ปริมาณความร้อนผ่านเข้ามาในอาคารได้น้อยกว่าผนัง 4 นิ้ว และวัสดุก่อมวลเบา 3. ในช่วงเวลากลางคืนจะมีอุณหภูมิผิวผนังสูงกว่าผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว และวัสดุก่อมวลเบา	1. สามารถใช้กับอาคารที่มีการใช้งานในเวลากลางวัน 2. ในช่วงเวลากลางคืนควรมีการระบายอากาศและใช้ความเร็วลมช่วยลดอุณหภูมิผิวผนัง 3. ผนังควรมีสีอ่อนและไม่โดนแดด
ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก	1. มวลสารที่น้อยของผนังทำให้ไม่มีการกักเก็บความร้อนที่ผนัง 2. อุณหภูมิผิวภายในผนังใกล้เคียงกับผนังที่มีมวลสารมากในเวลากลางวัน แต่ในเวลากลางคืนผนังจะเย็นเร็วกว่าผนังที่มีมวลสารมาก	1. เหมาะสำหรับอาคารที่มีการปรับอากาศ และมีการใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง 2. สามารถเลือกใช้ในอาคารไม่ปรับอากาศได้แต่ควรเพิ่มการผสมผสานมวลสารเพื่อประโยชน์สูงสุด

ตารางที่ 5-1 แสดงลักษณะของคุณสมบัติวัสดุก่อและผนังระบบใหม่พร้อมทั้งการนำไปใช้

- **ข้อเสนอแนะในการทำวิจัย**

1. ในการทำวิจัยชิ้นนี้เป็นการเก็บตัวอย่างข้อมูลเพียงช่วงเวลาหนึ่ง เพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมที่แตกต่างขึ้นควรที่จะเก็บข้อมูลในสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันตลอดทั้งปี เพื่อเป็นแนวทางในการหาวัสดุที่เหมาะสมที่สุดในภูมิอากาศเมืองไทย

2. ในงานวิจัยชิ้นนี้เป็นการทดสอบวัสดุเพียงทิศตะวันตกทิศเดียว ดังนั้นเพื่อให้ผู้ออกแบบสามารถออกผนังให้เหมาะสมในแต่ละทิศทางได้ จึงควรที่จะทำการทดสอบวัสดุทั้ง 4 ทิศเพื่อทราบถึงอิทธิพลของมวลสารในแต่ละทิศ

3. ในการทดสอบครั้งต่อไปควรที่จะพิจารณาถึงวัสดุใหม่เพื่อนำมาเปรียบเทียบหารูปแบบของผนังที่มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับภิอากาศในเมืองไทย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

วันเอก กิจสมใจ , ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวภายนอกของผนังอาคาร ,วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2539

สุนทร บุญญาธิการ,การเลือกใช้วัสดุเพื่อใช้ในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน,เอกสารประกอบการอบรม หลักสูตร ข้อกำหนดมาตราฐานการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคารควบคุมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน,กรุงเทพ : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2539.

ชัชวาล เศษฐบุตร , Concrete Technology , บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด (C-PAC) กรุงเทพ:2536.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาษาอังกฤษ

A. W. Pratt . Heat Transmission in Buildings. New York, John Wiley & Sons , Inc ,1981.

ASHRAE. Fundamentals Handbook. 8th Ed. Atlanta , ASHRAE ,1997.

Department of Energy . Minimum Energy Dwelling workbook.,Virginia, Burt, Hill ,Kosar, Rittelmann and Associates,1978.

James Ambrose. Simplified Design of Masonry Structures. New York, John Wiley & Sons, Inc ,1991.

John S. Reynolds . Mechanical and Electrical Equipment for Buildings 8th Ed., New York, John Wiley & Sons , Inc ,1992.

Lechner, N. Heating, Cooling, Lighting. John Wiley&Sons, New York.1991.

Robertson, D. The Performances of adobe and other thermal mass materials in residential buildings.,Passive Solar Journal ,1986.

Shaviv, E. on the Determination of the optimum thermal mass in the Mediterranean Climate, Energy and /Building Temperate /climates, 6th International PLEA conference, Porto, Portugal, Eds. E.de Oliveira Fernandes and S. Yannas, Pergamon Press, 1988.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้วิจัย

นายอุทัย ศุจิสกุลวงศ์ เกิดวันที่ 25 พฤศจิกายน พ.ศ. 2518 ณ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร สำเร็จปริญญาตรี สถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2540 และได้เข้ารับการศึกษาต่อ ในหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย