การลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารด้วยระบบผนังที่มีช่องอากาศ : กรณีศึกษาอาคารในเขตร้อนชื้น

นาย ประพันธ์ จงปติยัตต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาสถาปัตยกรรม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2538

ISBN 974-632-451-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16883998

A REDUCTION OF HEAT TRANSMISSION IN BUILDING BY CAVITY WALL SYSTEM : A CASE STUDY FOR HOT HUMID CLIMATE

Mr. Praphant Chongpatiyutt

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Architecture

Department of Architecture Graduate School

Chulalongkorn University

1995

ISBN 974-632-451-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารด้วยระบบผนังที่มีช่องอากาศ
โดย	นาย ประพันธ์ จงปติยัตต์
ภาควิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

_____คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วีระ สัจกุล)

_____อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ)

_____กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฐานิศวร์ เจริญพงศ์)

_____กรรมการ
(อาจารย์ ธนิต จินดาวณิค)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นาย ประพันธ์ จงปติยัตต์ : การลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารด้วยระบบผนังที่มีช่องอากาศ : กรณีศึกษาอาคารในเขตร้อนชื้น (A REDUCTION OF HEAT TRANSMISSION IN BUILDING BY CAVITY WALL SYSTEM : A CASE STUDY FOR HOT HUMID CLIMATE)
อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ 161 หน้า ISBN 974-632-451-9

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นการศึกษาคุณสมบัติการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ด้วยระบบผนังที่มีช่องอากาศ โดยอาศัยหลักการการระบายความร้อนภายในช่องอากาศ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้ระบบผนังรูปแบบใหม่ ๆ ที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของไทย

ระบบผนังที่มีช่องอากาศประกอบด้วยผนังชั้นนอก ช่องอากาศ และผนังชั้นใน โดยการเลือกใช้วัสดุผนัง 2 ประเภท คือ มวลสารมาก และมวลสารน้อย ตัวแทนวัสดุมวลสารมาก ได้แก่ ผนังก่ออิฐฉาบปูน และมวลสารน้อย ได้แก่ โฟม ทำการทดลองโดยแบ่งผนังทดสอบเป็น 5 ตัวอย่าง ดังนี้ 1. ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2. ผนังก่ออิฐฉาบปูน+ช่องอากาศ+ผนังก่ออิฐฉาบปูน 3. ผนังก่ออิฐฉาบปูน+ช่องอากาศ+โฟม 4. โฟม+ช่องอากาศ+ผนังก่ออิฐฉาบปูน และ 5. ผนังซีเมนต์แผ่นเรียบ+ช่องอากาศ+โฟม ก่อสร้างผนังทดสอบกว้าง 0.60 ม. สูงเท่าของจริง(ผนังชั้นนอกสูง 2.60 ม. ผนังชั้นใน สูง 2.40 ม.) ในห้องทดลอง ซึ่งควบคุมอุณหภูมิภายในห้องด้วยเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ทำการวัดค่าอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของผนังทดสอบตลอด 24 ชม. จากนั้น ทำการวิเคราะห์ เปรียบเทียบคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนของผนังทดสอบแต่ละตัวอย่าง

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า

1. ระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบเปิด สามารถระบายความร้อนภายในช่องอากาศได้ และมีประสิทธิภาพในการลดการถ่ายเทความร้อน ได้ดีกว่าระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบปิด

2. ระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบเปิด (อาคารไม่ปรับอากาศและในช่วงอุณหภูมิสูงสุดของวัน) ที่ใช้ผนังชั้นในเป็นวัสดุมวลสารมาก จะทำให้อุณหภูมิภายในอาคารลดต่ำลงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก มากกว่าที่ใช้ผนังชั้นในเป็นวัสดุมวลสารน้อย

3. ระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบเปิด (อาคารปรับอากาศ) การลดการถ่ายเทความร้อนได้ดีขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายในช่องอากาศ กับความสามารถในการป้องกันความร้อนของผนังชั้นใน

4. ระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบเปิด ที่สามารถการลดการถ่ายเทความร้อนได้ดีที่สุด ได้แก่ ผนังที่ใช้วัสดุประเภทมวลสารมากเป็นผนังภายนอก และวัสดุผนังประเภทมวลสารน้อยเป็นผนังภายใน สำหรับในการทดลองนี้ คือ ผนังก่ออิฐฉาบปูน+ช่องอากาศ+โฟม ซึ่งสามารถลดปริมาณความร้อนเฉลี่ยต่อวัน (ในวันที่ทำการทดลอง) ที่ถ่ายเทผ่านระบบผนังเข้ามา ได้ดีกว่าผนังก่ออิฐฉาบปูน หนา 4 นิ้ว ทั่วไป ได้ถึงประมาณ 12.5 เท่า

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

สาขาวิชา .....สถาปัตยกรรมศาสตร์..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา .....2537..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

: MAJOR
KEY WORD:

C 635068 : MAJOR ARCHITECTURE
KEY WORD : HEAT TRANSMISSION / CAVITY WALL
PRAPHANT CHONGPATIYUTT : A REDUCTION OF HEAT TRANSMISSION IN BUILDING BY CAVITY WALL SYSTEM : A CASE STUDY FOR HOT HUMID CLIMATE.THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. SOONTORN BOONYATIKARN, DR. 161 PP. ISBN 974-632-451-9

This thesis is a study of the performance of heat transmission into a building by cavity wall system. By using heat ventilation theory in cavity as a guideline, a new walling system that is suitable for the hot-humid climate in Thailand can be chosen.

The cavity wall system consists of an outer leaf, cavity and inner leaf with 2 types of material - high mass and low mass. High mass representative is half brick and low mass representative is foam, experimenting by dividing the testing wall into 5 forms as follows: 1.Half brick 2.Half brick + cavity + half brick 3.Half brick + cavity + foam 4.Foam + cavity + half brick 5.Cement bd. + cavity + foam The testing wall is 0.60 m. width with actual height (outer leaf 2.60 m. height and inner leaf 2.40 m height) in a testing room which is temperature controlled at 20°C by split type A/C system. Temperature at different point on the wall were recorded for 24 hrs. throughout, then analyzed and compared for heat protection capacity of each form.

The results of the research indicates that:

1. Vented cavity wall system can transfer heat ventilation theory in cavity better than an unvented cavity wall system.
2. Unvented cavity wall system (no airconditioner in a building and peak temperature of the day) that uses high mass material as an inner leaf can reduce temperature inside a building more than outside a building better than using low mass material as an inner leaf.
3. Vented cavity wall system(airconditioner in a building), the reduction of heat transfer is depending on the temperature in cavity and heat protection of inner leaf.
4. The vented cavity wall system which has the highest heat protection capacity is a wall that uses high mass material as an external wall with low mass material as an internal wall. For this experiment, half brick + cavity + foam can reduce the daily heat flow better than normal half brick wall 4 inch in thickness by a factor of 12.5 times during the experimental period.

ภาควิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญรูปภาพ ..... ฌ

สารบัญแผนภูมิ ..... ฎ

สัญญลักษณ์และคำอธิบาย ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาของโครงการวิจัย 2

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย 5

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย 5

1.5 ขอบเขตของการวิจัย 6

1.6 ประโยนช์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

บทที่ 2 การศึกษาค้นคว้าแนวความคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... (8-21)

2.1 การศึกษาค้นคว้าแนวความคิด 8

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13

2.3 แนวความคิดในการออกแบบระบบผนังที่มีช่องอากาศ 17

บทที่ 3 การทดสอบและการวิเคราะห์คุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของทดสอบ ..... (22-118)

3.1 การจำแนกประเภทของผนังทดสอบ 22

3.2 ขั้นตอนในการทดสอบสมมุติฐาน 22

บทที่ 4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 119

รายการอ้างอิง 122

ภาคผนวก ก วัสดุผนังทดสอบและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 123

ภาคผนวก ข ใบบันทึกข้อมูล 128

ประวัติผู้เขียน 161

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ไม่อาจเป็นวิทยานิพนธ์ได้ ถ้าขาดการสั่งสอนและการชี้แนะแนวทาง จาก รองศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณ ครอบครัว "โตกมลธรรม" ที่เอื้อเพื่อสถานที่ในการทำการทดลองอย่างดีเยี่ยมตลอดมา รวมทั้ง คุณพ่อ คุณแม่ คุณพี่ คุณน้อง ภรรยาและลูก ตลอดจนเพื่อน ๆ ที่คอยเป็นกำลังใจในการทำงาน และขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัยที่เอื้อเฟื้อทุนวิจัยบางส่วนไว้ ณ โอกาศนี้ด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิอากาศภายนอกกับภายในของผนังทดสอบ Case ต่างๆ....61

ตารางที่ 2 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิผิวภายในกับอากาศภายในห้องทดลองของผนังทดสอบ Case 4-1....82

ตารางที่ 3 แสดงการหาค่าปริมาณความร้อน"Q" ของผนังทดสอบ Case 4-1....83
แสดงการหาค่าปริมาณความร้อน"Q" ของผนังทดสอบ Case 4-1(ต่อ)....84
แสดงการหาค่าปริมาณความร้อน"Q" ของผนังทดสอบ Case 4-1(ต่อ)....85

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบค่าปริมาณความร้อน"Q" ตลอด24ชม. ของผนังทดสอบ Case 4-1....86

ตารางที่ 5 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิผิวภายในกับอากาศภายในห้องทดลอง ของผนังทดสอบ Case 4-2....91

ตารางที่ 6 แสดงการหาค่าปริมาณความร้อน"Q" ของผนังทดสอบ Case 4-2....92
แสดงการหาค่าปริมาณความร้อน"Q" ของผนังทดสอบ Case 4-2(ต่อ)....93
แสดงการหาค่าปริมาณความร้อน"Q" ของผนังทดสอบ Case 4-2(ต่อ)....94

ตารางที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบค่าปริมาณความร้อน"Q" ตลอด24ชม. ของผนังทดสอบ Case 4-2....95

ตารางที่ 8 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิผิวภายในกับอากาศภายในห้องทดลอง ของผนังทดสอบ Case 4-3....100

ตารางที่ 9 แสดงการหาค่าปริมาณความร้อน"Q" ของผนังทดสอบ Case 4-3....101
แสดงการหาค่าปริมาณความร้อน"Q" ของผนังทดสอบ Case 4-3(ต่อ)....102
แสดงการหาค่าปริมาณความร้อน"Q" ของผนังทดสอบ Case 4-3(ต่อ)....103

ตารางที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบค่าปริมาณความร้อน"Q" ตลอด24ชม. ของผนังทดสอบ Case 4-3....104

ตารางที่ 11 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิผิวภายในกับอากาศภายในห้องทดลอง ของผนังทดสอบ Case 4-4....109

หน้า

ตารางที่ 12 แสดงการหาค่าปริมาณความร้อน"Q" ของผนังทดสอบ Case 4-4.....110
แสดงการหาค่าปริมาณความร้อน"Q" ของผนังทดสอบ Case 4-4(ต่อ).....111
แสดงการหาค่าปริมาณความร้อน"Q" ของผนังทดสอบ Case 4-4(ต่อ).....112
ตารางที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบค่าปริมาณความร้อน"Q" ตลอด24ชม.
ของผนังทดสอบ Case 4-4.....113

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างวัสดุมวลสารมากกับมวลสารน้อยที่มีค่า"U"เท่ากัน.....3
รูปที่ 2 แสดงส่วนประกอบของระบบผนังที่มีช่องอากาศ.....17
รูปที่ 3 แสดงการทำงานของระบบผนังที่มีช่องอากาศในเวลากลางวัน.....20
รูปที่ 3.3แสดงการทำงานของระบบผนังที่มีช่องอากาศในเวลากลางคืน.....21
รูปที่ 4 แสดงกล่องทดสอบ.....23
รูปที่ 5 แสดงการยาแนวรอยต่อของโฟมภายในกล่องทดสอบด้วย Silicone.....23
รูปที่ 6 แสดงการติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่อง U.P.S.....24
รูปที่ 7 แสดงภายในกล่องเพื่อทำการ Calbrate คุณสมบัติของกล่องทดสอบ.....24
รูปที่ 8 แสดงการติดตั้งหลอดไฟ 40 วัตต์ และสายวัดอุณหภูมิ(Thermo-Couple) ภายในกล่องทดสอบ.....25
รูปที่ 9 แสดงด้านหน้าของกล่องทดสอบทั้ง 4 กล่อง เพื่อทำการ Calibrate คุณสมบัติของกล่องทดสอบ.....25
รูปที่ 10 แสดงด้านหลังของกล่องทดสอบทั้ง 4 กล่อง เพื่อทำการ Calibrate คุณสมบัติของกล่องทดสอบ.....26
รูปที่ 11 แสดงด้านหน้ากล่องทดสอบที่ติดตั้งผนัง Half brick ขนาด 0.60x0.60 ม.....27
รูปที่ 12 แสดงการยา Silicone บริเวณแนวรอยต่อผนังโดยรอบ.....27
รูปที่ 13 แสดงภายในกล่องทดสอบที่ติดตั้งผนัง Half brick ขนาด 0.60x0.60 ม. อุดรอยต่อผนังด้วยโฟม.....31
รูปที่ 14 แสดงภายในกล่องทดสอบที่ติดตั้งผนัง Half brick ขนาด 0.60x0.60 ม.....31
รูปที่ 15 แสดงการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ (Thermo-Couple) เพื่อวัดอุณหภูมิอากศภายในช่องอากาศ(Cavity).....32
รูปที่ 16 แสดงการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ (Thermo-Couple) ภายในช่องอากาศ (Cavity).....32
รูปที่ 17 แสดงภายในกล่องทดสอบที่ติดตั้ง Cement board 6 มม. ขนาด 0.60x0.60 ม.....33
รูปที่ 18 แสดงการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ (Thermo-Couple) ภายในช่องอากาศ (Cavity).....33
รูปที่ 19 แสดงการหาตำแหน่งจากเข็มทิศ เพื่อวางขาตั้งกล่องทดสอบ.....34
รูปที่ 20 แสดงการวางขาตั้งกล่องทดสอบ ให้หันหน้าไปในทิศทางที่รับแสงแดดได้ดีที่สุด.....34

หน้า

รูปที่ 21 แสดงตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิผนังทดสอบ Case 1-1.....35
รูปที่ 22 แสดงตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิผนังทดสอบ Case 1-1(ต่อ).....35
รูปที่ 23 แสดงตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิผนังทดสอบ Case 1-2.....41
รูปที่ 24 แสดงตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิผนังทดสอบ Case 1-2 (ต่อ).....42
รูปที่ 25 แสดงตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิผนังทดสอบ Case 2-1.....46
รูปที่ 26 แสดงตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิผนังทดสอบ Case 2-1 (ต่อ).....47
รูปที่ 27 แสดงการยาแนวรอยต่อ Stack ด้วย Silicone กันการรั่วซึม.....51
รูปที่ 28 แสดงกล่องทดสอบที่ติดตั้ง Stack ไม้อัดทาสีดำ สูง 1.20 ม. เรียบร้อยแล้ว.....51
รูปที่ 29 แสดงภาพทั่วไปบนดาดฟ้าที่ติดตั้งกล่องทดสอบ ซึ่งติดตั้ง Stack เรียบร้อยแล้ว.....52
รูปที่ 30 แสดงภาพทั่วไปบนดาดฟ้าที่ติดตั้งกล่องทดสอบ ซึ่งติดตั้ง Stack เรียบร้อยแล้ว.....52
รูปที่ 31 แสดงตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิผนังทดสอบ Case 3-1.....53
รูปที่ 32 แสดงตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิผนังทดสอบ Case 3-1(ต่อ).....54
รูปที่ 33 แสดงการก่อสร้าง Test Unit ขนาดใกล้เคียงของจริง เพื่อติดตั้งผนังทดสอบ.....68
รูปที่ 34 แสดงการก่อสร้างผนังทดสอบขนาดใกล้เคียงของจริงใน Test Unit.....68
รูปที่ 35 แสดงผนังทดสอบ และฝ้าเพดานภายใน Test Unit.....69
รูปที่ 36 แสดงการติดตั้งฝ้าเพดานภายใน Test Unit.....69
รูปที่ 37 แสดงการทดลอง Case 4-1 Vented Cavity sun.....70
รูปที่ 38 แสดงช่องเปิด Cavity ขนาด 0.10 x 0.46 ม. ของผนังทดสอบภายนอก Test Unit.....70
รูปที่ 39 แสดงภายในช่องอากาศ (Cavity) ของผนังทดสอบ Half brick - Cavity - Foam.....71
รูปที่ 40 แสดงการกั้นผนัง Foam ระหว่างแนวผนังทดสอบ บนฝ้าเพดานภายใน Test Unit.....71.
รูปที่ 41 แสดงร่มเงาของแนวผนังทิศ NW ที่เกิดจากแสงแดด เวลาประมาณ 15:00 น.....72
รูปที่ 42 แสดงการทดลอง Case 4-2 Vented Cavity W/ no sun.....72
รูปที่ 43 แสดงการทดลอง Case 4-3 Unvented Cavity w/ no sun.....73.
รูปที่ 44 แสดงการทดลอง Case 4-4 Unvented Cavity w/ sun.....73
รูปที่ 45 แสดงการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ (Thermo-Couple) ของผนังทดสอบภายใน Test Unit.....74
รูปที่ 46 แสดงการผนังทดสอบภายใน Test Unit.....74
รูปที่ 47 แสดงการติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์
และสภาพทั่วไปภายใน Test Unit.....75

หน้า

รูปที่ 48 แสดงการเจาะฝ้าเพดานภายนอก Test Unit.....75
รูปที่ 49 ผังแสดงตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิผนังทดสอบ Case 4.....76
รูปที่ 50 แสดงตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิผนังทดสอบ Case 4(ต่อ).....77
รูปที่ 51 แสดงตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิผนังทดสอบ Case 4(ต่อ).....78
รูปที่ 52 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในช่องอากาศมีความสัมพันธ์
กับอิทธิพลของวัสดุผนังชั้นใน Case 4-1.....115
รูปที่ 53 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในช่องอากาศมีความสัมพันธ์
กับอิทธิพลของวัสดุผนังชั้นใน Case 4-2.....116
รูปที่ 54 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในช่องอากาศมีความสัมพันธ์
กับอิทธิพลของวัสดุผนังชั้นใน Case 4-3.....117
รูปที่ 55 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในช่องอากาศมีความสัมพันธ์
กับอิทธิพลของวัสดุผนังชั้นใน Case 4-4.....118

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในช่องอากาศ (Cavity) ของผนังทดสอบ Case 1-1 37

แผนภูมิที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในช่องอากาศ (Cavity) ของผนังทดสอบ Case 1-2 43

แผนภูมิที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในช่องอากาศ (Cavity) ของผนังทดสอบ Case 2-1 48

แผนภูมิที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในช่องอากาศ (Cavity) ของผนังทดสอบ Case 3-1 55

แผนภูมิที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในผนังทดสอบ Case 1 57

แผนภูมิที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในผนังทดสอบ Case 1-2 58

แผนภูมิที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในผนังทดสอบ Case 2-1 59

แผนภูมิที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในผนังทดสอบ Case 3.-1 60

แผนภูมิที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างอุณหภูมิภายนอกกับภายใน ของผนังทดสอบ Case ต่างๆ 62

แผนภูมิที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างอุณหภูมิภายนอกกับภายใน ของผนังทดสอบ Case ต่างๆ 63

แผนภูมิที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบอิทธิพลของผนังชั้นในกับการลดอุณหภูมิ อากาศภายใน 66

แผนภูมิที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิ ผิวภายใน Case 4-1 79

แผนภูมิที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิ ผิวภายใน Case 4-1(กราฟขยาย) 80

แผนภูมิที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบค่าปริมาณความร้อนของผนังทดสอบ Case 4-1 87

แผนภูมิที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิ ผิวภายใน Case 4-2 88

แผนภูมิที่ 16 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิ ผิวภายใน Case 4-2(กราฟขยาย) 89

แผนภูมิที่ 17 แสดงการเปรียบเทียบค่าปริมาณความร้อนของผนังทดสอบ Case 4-2 96

แผนภูมิที่ 18 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิ ผิวภายใน Case 4-3 97

แผนภูมิที่ 19 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิ ผิวภายใน Case 4-3(กราฟขยาย) 98

แผนภูมิที่ 20 แสดงการเปรียบเทียบค่าปริมาณความร้อนของผนังทดสอบ Case 4-3 105

แผนภูมิที่ 21 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิ ผิวภายใน Case 4-4.....106
แผนภูมิที่ 22 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิ ผิวภายใน Case 4-4(กราฟขยาย).....107
แผนภูมิที่ 23 แสดงการเปรียบเทียบค่าปริมาณความร้อนของผนังทดสอบ Case 4-4.....108

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญญลักษณ์และคำอธิบาย

สำหรับการทดลองในกล่องทดลอง(หรือกล่องทดสอบ)

Case 1-1 หมายถึงการทดลองระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบเปิด โดยเปิดช่อง 20%

Case 1-2 หมายถึงการทดลองระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบปิด

Case 2-1 หมายถึงการทดลองระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบเปิดโดยเปิดช่อง 100%

Case 3-1 หมายถึงการทดลองระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบเปิด โดยการต่อ Stack ทาสีดำ เพื่อเพิ่มความต่างศักดิ์ให้แก่ภายในช่องอากาศ

สำหรับการทดลองในห้องทดลอง(หรือห้องปรับอากาศ) Case 4

Case 4-1 หมายถึงการทดลองระบบผนังที่มี**ช่องอากาศแบบเปิด** โดยเปิดช่อง 100% ผนังโดนแดด

Case 4-2 หมายถึงการทดลองระบบผนังที่มี**ช่องอากาศแบบเปิด** โดยเปิดช่อง 100% ผนังไม่โดนแดด

Case 4-3 หมายถึงการทดลองระบบผนังที่มี**ช่องอากาศแบบปิด** โดยให้ผนังไม่โดนแดด

Case 4-4 หมายถึงการทดลองระบบผนังที่มี**ช่องอากาศแบบปิด** โดยให้ผนังโดนแดด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย