

ประสิทธิภาพในการใช้ฉนวนสะท้อนรังสีและทิศทางการถ่ายเทความร้อน
สำหรับอาคารในภูมิอากาศเขตร้อนชื้น



นาย อนันต์ วัชรพงษ์วิจิตร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2538

ISBN 974-632-431-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AN EFFECTIVENESS OF REFLECTIVE INSULATION AND DIRECTION OF
HEAT FLOW FOR BUILDING IN HOT HUMID CLIMATE

Mr. Anan Watcharapongvinij



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 974-632-431-4

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

อนันต์ วัชรพงษ์วิณี : ประสิทธิภาพในการใช้ฉนวนสะท้อนรังสีและทิศทางการถ่ายเทความร้อนสำหรับอาคารในภูมิอากาศเขตร้อนชื้น (AN EFFECTIVENESS OF REFLECTIVE INSULATION AND DIRECTION OF HEAT FLOW FOR BUILDING IN HOT HUMID CLIMATE) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สุนทร บุญญธิการ, อ.ธนิต จินดาวงศ์, 196หน้า.
ISBN 974-632-431-4

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายที่ศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของระบบป้องกันรังสีความร้อนที่ประกอบด้วย ช่องอากาศและอลูมิเนียมฟอยล์ ตัวแปรที่ทำการศึกษาคือ ทิศทางการถ่ายเทความร้อน, ระยะห่างของช่องอากาศ และจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี ในการศึกษาทิศทางการถ่ายเทความร้อนได้เน้นการศึกษาในทิศทางการถ่ายเทความร้อนในระนาบนอนผ่านวัสดุระนาบตั้ง เพื่อนำผลแห่งการวิจัยมาประยุกต์ใช้เป็นฉนวนที่มีประสิทธิภาพกับผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ

ขบวนการวิจัยในการทดสอบตัวแปรอาศัยการจำลองสภาพอาคารด้วยกล่องทดสอบสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ จำนวน 5 กล่อง โดยแต่ละกล่องได้จัดทำให้มีโครงสร้างเหมือนกันมีผนังที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูงทั้ง 5 ด้าน ส่วนด้านที่ 6 เป็นด้านที่สำหรับทดสอบตัวแปร ทิศทางการถ่ายเทความร้อน, ระยะห่างของช่องอากาศและจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี จากนั้นได้วิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อคัดเลือกตัวแปรที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่ดีและเหมาะสมไปทดสอบร่วมกับผนังก่ออิฐในอาคารจริงที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศภายใน

ผลของการวิจัยพบว่า ทิศทางการถ่ายเทความร้อนในแต่ละทิศทางจะส่งผลต่อการป้องกันความร้อนของระบบฉนวนสะท้อนรังสีแตกต่างกัน โดยเรียงลำดับประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนจากมากไปหาน้อยดังนี้ ทิศทางการถ่ายเทความร้อนลงผ่านวัสดุระนาบนอน ทิศทางการถ่ายเทความร้อนลงผ่านวัสดุระนาบเอียง 45 องศา ทิศทางการถ่ายเทความร้อนในระนาบนอนผ่านวัสดุระนาบตั้ง ทิศทางการถ่ายเทความร้อนขึ้นผ่านวัสดุระนาบเอียง 45 องศา และทิศทางการถ่ายเทความร้อนขึ้นผ่านวัสดุระนาบนอน ในการศึกษาทิศทางการถ่ายเทความร้อนลงผ่านวัสดุระนาบนอนจะมีประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนที่ไม่คงที่ซึ่งจะแปรเปลี่ยนไปตามความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอก จากการศึกษาประยุกต์ระบบฉนวนสะท้อนรังสีไปใช้กับผนังก่ออิฐทั่วไปควรเว้นระยะห่างของช่องอากาศ 1.5 นิ้วและช่องอากาศสะท้อนรังสี 1 ชั้น โดยผลจากการเปรียบเทียบกับผนังก่ออิฐจะสามารถลดความร้อนในช่วง Peak Load ได้ถึง 10.32 Btu/hr.sq.ft. หรือเป็นการลดภาระทำความเย็นได้ถึง 39.79 เพอร์เซ็นต์

ภาควิชา สถาบันศึกษการศาตร์
สาขาวิชา สถาบันศึกษการ
ปีการศึกษา 2537

ลายมือชื่อนิติ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C635010 : MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORD: RADIANT BARRIER / DIRECTION OF HEAT FLOW / REFLECTIVE INSULATION
ANAN WATCHARAPONGVINIJ : AN EFFECTIVENESS OF REFLECTIVE INSULATION
AND DIRECTION OF HEAT FLOW FOR BUILDING IN HOT HUMID CLIMATE.
THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. SOONTORN BOONYATIKARN, Dr., LECTURE
THANIT CHINDAVANIG. 196 pp. ISBN 974-632-431-4

The objective of this research is to study the effective heat protection of a reflective insulation system which is composed of an air space and an aluminum foil. The variables studied are the directions of heat flow, the thickness of an air space and the number of reflective air space. Among the direction of heat flow studied, the study of the direction of heat flow through vertical plane is emphasized in order that the results of this study can be applied to typical brick wall as an effective heat resistant.

The study is conducted by using five cubic boxes representing as test units. Five sides of each box are high insulation material ; the other side is for a radiant barrier system test on three variables ; the direction of heat flow, the thickness of air space, the number of reflective air space. The results of tests are analyzed. Then the effective factors of heat protection from the tests are selected to apply to a brick wall of a controled inside temperature building to find out an appropriate solution.

The results of this research indicates that the different directions of heat transfer through a reflective insulation system affect the effectiveness of the radiant barrier system. The most to less effective direction of heat protection are heat flow down through horizontal plane, heat flow down through 45° slope plane, heat flow through vertical plane, heat flow up through 45° slope plane and heat flow up through horizontal plane. From the study, the effective of heat flow down through horizontal plane is dynamic which depends on the difference of inside and outside air temperature. For appropriate result, the application of a radiant barrier system with typical brick wall should have 1.5 inch thickness of air space and one layer of reflective insulation facing an air space. The brick wall with a radiant barrier system can reduce heat gain 10.32 Btu/hr.sq.ft. during peak load and can decrease cooling load from the wall 39.79 percent comparing with brick wall without radiant barrier system.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....สถาปัตยกรรมศาสตร์

สาขาวิชา.....สถาปัตยกรรม

ปีการศึกษา.....2537

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อ. ธนิต จินดาวงศ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ซึ่ง ท่านได้ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ ตลอดจนสนใจใส่ใจในการทำวิทยานิพนธ์ ตั้งแต่ต้น นอกจากนี้ยังได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก รองศาสตราจารย์ ดร. วีระ สัจกุล และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุานิศวรร เจริญพงศ์ ซึ่งเป็นกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณ กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน สำหรับเครื่องมือวัดอุณหภูมิ, รองศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ ที่เอื้อเฟื้อห้องทดลองที่ใช้ในการทดสอบ เนื่องจากทุนการวิจัยบางส่วน ได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญตารางประกอบ	ฉ
สารบัญรูปประกอบ	ญ
สารบัญแผนภูมิประกอบ	ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
สมมติฐานของการวิจัย	3
ระเบียบวิธีวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	6
ข้อตกลงเบื้องต้น	7
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
บทที่ 2 การสำรวจแนวความคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
สมการที่ใช้ในการคำนวณปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคาร	8
การถ่ายเทความร้อนผ่านช่องอากาศ	10
แนวความคิดของการถ่ายเทพลังงานรังสี	11
คุณสมบัติการแผ่รังสีของพื้นผิว	13
ระบบป้องกันรังสี	17
บทที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างและเครื่องมือที่เลือกใช้ในการวิจัย	23
ตัวแปรที่ทำการทดสอบ	23
กล่องทดสอบ	26
ห้องทดลอง	27
เครื่องมือเก็บข้อมูล	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 อิทธิพลของตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านฉนวนสะท้อนรังสี	32
ขั้นตอนและหลักเกณฑ์ในการทดสอบ	32
การทดสอบคุณสมบัติของกล่องทดสอบ	43
การทดสอบอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการป้องกัน	
ความร้อนของระบบป้องกันรังสีและการวิเคราะห์ผลจากการทดลอง	46
การทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนสะท้อนรังสีใน	
อาคารทดลองและการวิเคราะห์ผลจากการทดสอบ	70
การวิเคราะห์พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังก่ออิฐเปรียบเทียบกับ	
ผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี	97
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	119
รายการอ้างอิง	125
ภาคผนวก บันทึกข้อมูลในการทดลอง	126
ประวัติผู้เขียน	196

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตารางประกอบ

	หน้า
ตารางที่ 1 ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านช่องอากาศ	10
ตารางที่ 2 แสดงค่าการคายรังสีสำหรับวัสดุพื้นผิวต่างๆ	15
ตารางที่ 3 แสดงคุณสมบัติการสะท้อนรังสีและการคายรังสีของวัสดุที่ใช้ในอาคาร	18
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความต้านทานความร้อนของช่องอากาศ	19
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความต้านทานความร้อนของช่องอากาศ (ต่อ)	20
ตารางที่ 5.1 ข้อมูลจากการทดสอบคุณสมบัติของกล่องทดสอบทั้ง 5 กล่อง	44
ตารางที่ 5.2 ข้อมูลจากการทดสอบคุณสมบัติของกล่องทดสอบทั้ง 5 กล่อง (ต่อ)	45
ตารางที่ 6 แสดงปริมาณความร้อนที่ผ่านผนังก่ออิฐและผนังก่ออิฐที่ติดตั้ง ระบบป้องกันรังสี	102
ตารางที่ 7 แสดงพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนที่ผ่านผนังก่ออิฐและ ผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี	110
ตารางที่ 8 แสดงมูลค่าของพลังงานที่ใช้ในการปรับอากาศของผนังก่ออิฐและ ผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี	115

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปประกอบ

	หน้า
รูปที่ 1 การสะท้อนรังสี, การดูดซึมรังสี, การส่งผ่านรังสี และ การคายรังสี ในวัสดุทึบตันและในวัสดุโปร่งแสงหรือโปร่งใส	14
รูปที่ 2 แสดงส่วนประกอบของระบบป้องกันรังสีที่นำมาทดลองในชั้นตอนที่ 1 ถึงชั้นตอนที่ 5	22
รูปที่ 3 แสดงส่วนประกอบของจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี ในระบบป้องกันรังสีที่นำมาทดลองในชั้นตอนที่ 4 ถึงชั้นตอนที่ 5	24
รูปที่ 4 แสดงส่วนประกอบของระบบป้องกันรังสีที่นำมาทดลองในชั้นตอนที่ 6	24
รูปที่ 5 แสดงส่วนประกอบของระบบป้องกันรังสีที่นำมาทดลองในชั้นตอนที่ 7	25
รูปที่ 6 แสดงกล่องทดสอบที่ใช้ในการทดสอบ	26
รูปที่ 7 แสดงกล่องทดสอบที่ใช้ในการทดสอบ	27
รูปที่ 8 ลักษณะทางกายภาพของห้องทดลอง	28
รูปที่ 9 ภาพแสดงลักษณะทางกายภาพของห้องทดลองด้านทิศใต้	29
รูปที่ 10 ภาพแสดงลักษณะทางกายภาพของห้องทดลองด้านทิศเหนือ	29
รูปที่ 11 ภาพเครื่องเก็บข้อมูล Cambel Scientific Data Logger พร้อมสายวัดอุณหภูมิ Thermo Couple Type "J"	30
รูปที่ 12 ภาพเครื่องเก็บข้อมูล Portable Hybrid Recorder	31
รูปที่ 13 แสดงขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติของกล่องทดสอบ	32
รูปที่ 14 แสดงขั้นตอนการทดสอบทิศทางการถ่ายเทความร้อนในสภาวะที่ควบคุม อุณหภูมิอากาศภายนอก	33
รูปที่ 15 แสดงขั้นตอนการทดสอบระยะห่างของช่องอากาศในสภาวะที่ควบคุม อุณหภูมิอากาศภายนอก	34
รูปที่ 16 แสดงขั้นตอนการทดสอบจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสีในสภาวะที่ ควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอก	35
รูปที่ 17 แสดงขั้นตอนการทดสอบระยะห่างของช่องอากาศและจำนวนชั้นของ ช่องอากาศสะท้อนรังสีในสภาพแวดล้อมภายนอก	35
รูปที่ 18 แสดงขั้นตอนการทดสอบเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังก่ออิฐ และผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี	36
รูปที่ 19 แสดงขั้นตอนการทดสอบเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนผ่าน ระบบป้องกันรังสีในทิศทาง Horizontal Down	37

สารบัญรูปประกอบ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 20 แสดงขั้นตอนของการทดลองวิจัย	38
รูปที่ 21 แสดงการให้ความร้อนภายในกล่องทดสอบด้วยหลอดไฟฟ้าชนิดหลอดไส้ (Incandescent) ขนาด 40 วัตต์	43
รูปที่ 22 แสดงการทดสอบคุณสมบัติของกล่องทดสอบทั้ง 5 กล่อง	44
รูปที่ 23 แสดงการทดสอบทิศทางการถ่ายเทความร้อนในห้องที่ควบคุม อุณหภูมิอากาศ	46
รูปที่ 24 แสดงการทดสอบระยะห่างของช่องอากาศในห้องที่ควบคุม อุณหภูมิอากาศ	50
รูปที่ 25 แสดงการทดสอบจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสีในห้องที่ควบคุม อุณหภูมิอากาศ	54
รูปที่ 26 แสดงการทดสอบระยะห่างของช่องอากาศและจำนวนชั้นของ ช่องอากาศสะท้อนรังสีในสภาพแวดล้อมภายนอก	58
รูปที่ 27 แสดงการทดสอบระยะห่างของช่องอากาศระหว่าง 1.5 นิ้ว และ 2 นิ้ว ในสภาพแวดล้อมภายนอก	69
รูปที่ 28 แสดงสภาพภายนอกอาคารทางด้านทิศใต้	70
รูปที่ 29 แสดงการติดตั้งระบบป้องกันรังสีกับผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ ภายในอาคาร	71
รูปที่ 30 แสดงสภาพทั่วไปภายในอาคาร	71
รูปที่ 31 แสดงการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ Thermo Couple Type "J" กับผนังภายนอก	72
รูปที่ 32 แสดงการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ Thermo Couple Type "J" วัดอุณหภูมิอากาศภายนอก	72
รูปที่ 33 แสดงสภาพแวดล้อมทั่วไปภายในห้อง	88
รูปที่ 34 แสดงการติดตั้งระบบป้องกันรังสีในระยะห่างของช่องอากาศต่างๆ ใต้ฝ้าเพดาน	89
รูปที่ 35 แสดงการติดตั้งสาย Thermo Couple Type "J" ที่มีวัสดุ	89
รูปที่ 36 แสดงการคิดค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว	100
รูปที่ 37 แสดงการคิดค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังก่ออิฐ 4 นิ้วที่ติดตั้ง ระบบป้องกันรังสี	101

สารบัญแผนภูมิประกอบ

	หน้า
แผนภูมิที่ 1 Energy Content และความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของดวงอาทิตย์ และรังสีคลื่นยาว (Far - Infrared Spectrum)	12
แผนภูมิที่ 2 คุณสมบัติของวัสดุที่ติดตั้งต่างๆที่ใช้ในอาคารต่อแสงอาทิตย์และ Far - Infrared	16
แผนภูมิที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานความร้อนกับ ระยะห่างของช่องอากาศในแต่ละทิศทางการถ่ายเทความร้อน	21
แผนภูมิที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบ ในตัวแปรทิศทางการถ่ายเทความร้อน.....	47
แผนภูมิที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบ ในตัวแปรทิศทางการถ่ายเทความร้อน	48
แผนภูมิที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบ ในตัวแปรระยะห่างของช่องอากาศ	51
แผนภูมิที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบ ในตัวแปรระยะห่างของช่องอากาศ	52
แผนภูมิที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบ ในตัวแปรจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี	55
แผนภูมิที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบ ในตัวแปรจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี	56
แผนภูมิที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบในตัวแปร ระยะห่างของช่องอากาศและจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี	59
แผนภูมิที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบในตัวแปร ระยะห่างของช่องอากาศและจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี	60
แผนภูมิที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบในตัวแปร ระยะห่างของช่องอากาศและจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี	61
แผนภูมิที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบในตัวแปร ระยะห่างของช่องอากาศและจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี	62
แผนภูมิที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบ ในตัวแปรจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี	63

สารบัญแผนภูมิประกอบ (ต่อ)

	หน้า
แผนภูมิที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบ ในตัวแปรระยะห่างของช่องอากาศ 2 นิ้ว และ 1.5 นิ้ว.....	67
แผนภูมิที่ 16 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบ ในตัวแปรระยะห่างของช่องอากาศ 2 นิ้ว และ 1.5 นิ้ว.....	68
แผนภูมิที่ 17 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในผนังก่ออิฐและ ผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี ด้านทิศใต้	73
แผนภูมิที่ 18 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในผนังก่ออิฐและ ผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี ด้านทิศใต้	74
แผนภูมิที่ 19 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในผนังก่ออิฐและ ผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี ด้านทิศตะวันตก	75
แผนภูมิที่ 20 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในผนังก่ออิฐและ ผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี ด้านทิศตะวันตก	76
แผนภูมิที่ 21 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในและภายนอก ผนังก่ออิฐ ด้านทิศใต้	77
แผนภูมิที่ 22 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในและภายนอก ผนังก่ออิฐ ด้านทิศใต้	78
แผนภูมิที่ 23 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในและภายนอก ผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี ด้านทิศใต้	79
แผนภูมิที่ 24 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในและภายนอก ผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี ด้านทิศใต้	80
แผนภูมิที่ 25 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในและภายนอก ผนังก่ออิฐ ด้านทิศตะวันตก.....	81
แผนภูมิที่ 26 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในและภายนอก ผนังก่ออิฐ ด้านทิศตะวันตก.....	82
แผนภูมิที่ 27 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในและภายนอก ผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี ด้านทิศตะวันตก.....	83
แผนภูมิที่ 28 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในและภายนอก ผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี ด้านทิศตะวันตก.....	84

สารบัญแผนภูมิประกอบ (ต่อ)

		หน้า
แผนภูมิที่ 29	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายใน ระยะห่างของช่องอากาศ ในทิศทาง Horizontal Down	90
แผนภูมิที่ 30	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายใน ระยะห่างของช่องอากาศ ในทิศทาง Horizontal Down	91
แผนภูมิที่ 31	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายใน ระยะห่างของช่องอากาศ ในทิศทาง Horizontal Down	92
แผนภูมิที่ 32	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายใน ระยะห่างของช่องอากาศ ในทิศทาง Horizontal Down	93
แผนภูมิที่ 33	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายใน ระยะห่างของช่องอากาศ ในทิศทาง Horizontal Down	94
แผนภูมิที่ 34	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายใน ระยะห่างของช่องอากาศ ในทิศทาง Horizontal Down	95
แผนภูมิที่ 35	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนจริงที่ผ่านผนังก่ออิฐและ ผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี	103
แผนภูมิที่ 36	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนจากการคำนวณที่ผ่าน ผนังก่ออิฐและผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี	104
แผนภูมิที่ 37	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนจริงและปริมาณความร้อน จากการคำนวณ	105
แผนภูมิที่ 38	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนจริงและปริมาณความร้อน จากการคำนวณของผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี	106
แผนภูมิที่ 39	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนจริงและปริมาณความร้อน จากการคำนวณของผนังก่ออิฐ	107
แผนภูมิที่ 40	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนที่ผ่าน ผนังก่ออิฐและผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี	111
แผนภูมิที่ 41	แสดงการเปรียบเทียบมูลค่าของพลังงานที่ใช้ในการปรับอากาศของ ผนังก่ออิฐและผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี	116
แผนภูมิที่ 42	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องสำหรับการป้องกัน ความร้อนในแต่ละทิศทางการถ่ายเทความร้อน	119

สารบัญแผนภูมิประกอบ (ต่อ)

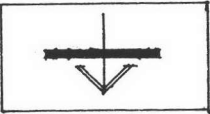
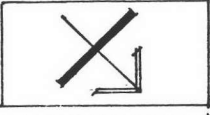
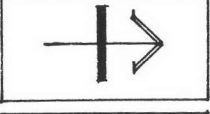
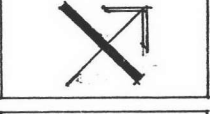
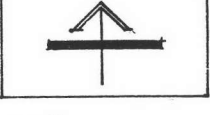
หน้า

แผนภูมิที่ 43	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในสำหรับการถ่ายเทความร้อน ... ในทิศทาง Horizontal Down ในระยะห่างของช่องอากาศต่างๆกัน.....	120
แผนภูมิที่ 44	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องสำหรับการถ่ายเทความร้อน... ในทิศทาง Vertical Horizontal ในระยะห่างของช่องอากาศต่างๆกัน.....	121
แผนภูมิที่ 45	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องสำหรับการถ่ายเทความร้อนใน ทิศทาง Vertical Horizontal ในจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสีต่างกัน ...	122
แผนภูมิที่ 46	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ผ่านผนังก่ออิฐและผนังก่ออิฐ ที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี	123



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

Horizontal Down	ทิศทางการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุระนาบนอน ความร้อนถ่ายเทลง	
45° Slope Down	ทิศทางการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุระนาบเอียง 45 องศา ความร้อนถ่ายเทลง	
Vertical Horizontal	ทิศทางการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุระนาบตั้ง ความร้อนถ่ายเทในระนาบนอน	
45° Slope Up	ทิศทางการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุระนาบเอียง 45 องศา ความร้อนถ่ายเทขึ้น	
Horizontal Up	ทิศทางการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุระนาบนอน ความร้อนถ่ายเทขึ้น	
Reflective Air Space	(ช่องอากาศสะท้อนรังสี) ช่องอากาศที่สัมผัสกับฉนวนสะท้อนรังสี	
α	ค่าการดูดกลืนรังสี	
ρ	ค่าการสะท้อนรังสี	
ϵ	ค่าการคายรังสี	
τ	ค่าการส่งผ่านรังสี	
Q	ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคาร (BTU/Hr.)	
U	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (BTU/Hr.sq.ft.F)	
A	พื้นที่ที่ความร้อนถ่ายเท (sq.ft.)	
ΔT	ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในกับภายนอก (F)	
k	ค่าการนำความร้อนของวัสดุที่ติดตั้ง	
CLTD	Cooling Load Temperature Difference	
M	มวลของวัสดุ	
Cp	ค่าความร้อนจำเพาะของวัสดุ	
T	อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง	