

ผลของมวลสารและสีของผนังต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร



นางสาว สิริรัตน์ ภัทรรวมกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2537

ISBN 974 - 584 - 713 - 5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

117259216

AN EFFECT OF MASS AND COLOR ON HEAT TRANSMISSION THROUGH
BUILDING WALL

Miss Sinirat Patradhamkul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Architecture

Department of Architecture

Graduate School

Chulalongkorn University


1994

ISBN - 974 - 584 - 713 - 5


หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของมวลสารและสีของผนังต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร
โดย นางสาว สนิรัตน์ ภัทรธรรมกุล
ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา อ. ธนิต จินดาวงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ

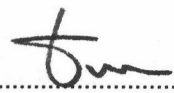


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

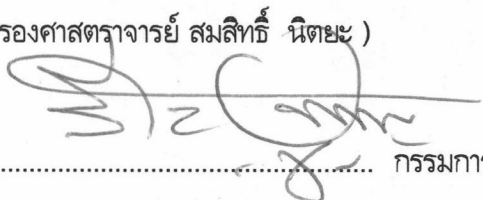

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรราชัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระ สัจกุล)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ธนิต จินดาวงศ์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระ บูรณากาญจน์)



พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

สิริรัตน์ ภัทรวรรณกุล : ผลของมวลสารและสีของผนัง ต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร (AN EFFECT OF MASS AND COLOR ON HEAT TRANSMISSION THROUGH BUILDING WALL)

อ.ที่ปรึกษา : รศ.สมสิทธิ์ นิตยะ, อ.ธนิต จินดาวงศ์, 80 หน้า . ISBN 974- - 584 - 713 - 5

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาขนาดมวลสารและประเภทสีที่มีผลต่อปริมาณการถ่ายเทความร้อนของผนัง เพื่อเป็นข้อมูลที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบอาคาร ผนังที่เลือกใช้ในการทดลองเปรียบเทียบบมี 2 ประเภท ผนังที่มีมวลสารมาก คือ ผนังก่ออิฐฉาบปูนขนาดความหนา 4 นิ้ว และ 8 นิ้ว ซึ่งใช้ในการก่อสร้างต่างๆ ไป ส่วนผนังที่จัดว่ามีมวลสารน้อยเป็นผนังโพลีสไตรีนโฟมที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเท่ากับผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว และ 8 นิ้วตามลำดับ ในเรื่องของสีผนัง ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบทั้งสีขาวที่มีค่าการดูดรังสีความร้อนต่ำและสีดำซึ่งมีค่าการดูดรังสีความร้อนสูง

ขบวนการวิจัยอาศัยการจำลองสภาพอาคารด้วยกล่องทดลองสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ จำนวน 8 กล่อง โดยแต่ละกล่องได้จัดทำโครงสร้างที่เหมือนกัน ด้วยผนังที่มีค่าการกันความร้อนสูง คือ โพลีสไตรีนโฟมที่มีความหนาถึง 4 นิ้ว ทั้ง 5 ด้าน ส่วนด้านที่ 6 เป็นผนังที่ใช้ทดลองในแต่ละชุดของการวิจัยเปรียบเทียบผนังที่มีมวลสารสูงและต่ำ ได้ถูกปรับสภาพผนังทดลองในห้องปฏิบัติการจนมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเท่ากันในแต่ละชุด ก่อนที่จะนำไปทำการศึกษาในสภาพภูมิอากาศจริง ภายนอกห้องทดลอง

ผลของการวิจัยพบว่า ผนังที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเท่ากันนั้น จะมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายในใกล้เคียงกันคือความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญ ทั้งกล่องทดลองที่มีมวลสารและสีที่ต่างกัน อย่างไรก็ตามลักษณะการถ่ายเทความร้อนของผนังที่มีมวลสารสูงและมวลสารต่ำ ตลอดวงจร 24 ชม. ของวัน มีความแตกต่างกันมาก โดยผนังที่มีมวลสารมากจะมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในน้อยกว่าผนังที่มีมวลสารน้อยมาก โดยที่ค่าความแตกต่างนี้จะมีค่าเพิ่มขึ้นมากในผนังที่มีค่าการดูดความร้อนสูงเช่นสีดำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพบว่า ผนังที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเท่ากันนั้นในสภาพการใช้งานจริงจะได้

ค่าปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคารสูงสุดและต่ำสุดแตกต่างกันมากทั้งทางด้านปริมาณและเวลา ที่ความร้อนสูงสุดและต่ำสุดเข้าสู่อาคาร

ผลของการวิจัยนี้จะเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับงานออกแบบ กล่าวคือช่วยให้สามารถหาค่ามวลสารที่เหมาะสมกับลักษณะของการใช้งานเพื่อลดความร้อนที่จะเข้ามาสู่อาคารในช่วงร้อนสุดของวัน

สถาปัตยกรรมศาสตร์
ภาควิชา
สาขาวิชา
ปีการศึกษา 2536

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C 535083 : MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORD: : TIME LAG / THERMAL HEAT CAPACITY / OVERALL HEAT TRANSFER PROFILE

SINIRAT PATRADHAMKUL : AN EFFECT OF MASS AND COLOR ON HEAT TRANSMISSION THROUGH BUILDING WALL. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF SOMSIT NITAYA, LECTURER TANTIT CHINDAVANIG 80 pp. ISBN 974 - 584 - 713 - 5

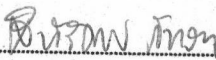
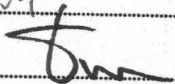
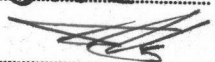
The objective of this research is to investigate the impact of thermal mass and color on heat transfer through a wall. It is expected that the obtained information can be utilized in a passive building design, especially when it is furnished with no air conditioning system.

The material of high thermal mass selected for this study was a typical bricks and mortar wall of 4 and 8 inch thick. The low thermal mass material used was a polystyrene foam which had the same heat transmission coefficient of the above 4 and 8 inches brick wall respectively. All of these walls were studied in both black and white surface colors in order to compare the effect of different surface absorption. In the research process, 8 test cells of 2 feet cube were built to simulate the effect of heat transmission in to the test cells. Five sides of each test cell was constructed with a 4 inch-thick polystyrene foam, leaving one side open for an installation of the material studied. The test cell were then calibrated under the steady state condition before the actual simulation process on outside weather condition.

Through the simulation process, it is found that the average inside temperature of the test cell with high and the cell with low thermal mass had no significance difference. These are also true for both the black and the white surfaces. The temperature profiles over a 24 hour cycle, however, were totally different. The cell with high thermal mass exhibited a much lower temperature swing while shifting the peak temperature toward the end of the day or evening.

This finding is very valuable to use as a guide line for selecting an appropriate material to reduce the peak load for a building. This research reveals that the material with the same heat transmission coefficient ("U" value) but different in thermal mass and surface color can result in a major differences in both the amplitude of the peak load and the time when the peak occurs.

ภาควิชา..... สถาบันวิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชา..... สถาบันวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา..... 2536

ลายมือชื่อนิสิต..... 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... 



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อ.ธนิต จินดาวงศ์ และรองศาสตราจารย์สมสิทธิ์ นิตยะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ ตลอดจนเอาใจใส่ในการทำวิทยานิพนธ์มาตั้งแต่ต้นจนงานนี้สำเร็จ นอกจากนี้ยังได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงจาก รองศาสตราจารย์ ดร.วิระ สัจกุล และ รองศาสตราจารย์ ดร. วิระ บุรณากาญจน์ ซึ่งเป็นกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ. ที่นี้ด้วย

สารบัญ



	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตารางประกอบ	ฅ
สารบัญรูปประกอบ	ญ
สารบัญแผนภูมิประกอบ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
- ความเป็นมาของปัญหา	1
- ขอบเขตและวัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
- สมมุติฐานของการวิจัย	2
- ระเบียบวิธีวิจัย	3
- ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย	6
บทที่ 2 การสำรวจแนวความคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
- อิทธิพลของมวลสารต่อการถ่ายเทความร้อน	7
- สมการที่ใช้ในการคำนวณปริมาณความร้อนเข้า-ออกจากอาคาร	8
- อิทธิพลจากแสงแดดและการจำลองสภาพในห้องทดลอง	9
- อิทธิพลจากฉนวนและมวลสาร	10
บทที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างและเครื่องมือที่เลือกใช้ในการวิจัย	13
- ตัวอย่างผนังที่ใช้ในการทดสอบ	13
- สีที่ใช้ในการทดสอบ	20
- กล้องทดสอบ	21
- เครื่องมือเก็บข้อมูล	23

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 อิทธิพลของสีและมวลสารที่มีผลต่อปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าผนัง	25
- ขั้นตอนและหลักเกณฑ์ในการทดสอบสมมุติฐาน	25
- การทดสอบคุณสมบัติของกล่องทดสอบ	30
- การทดสอบผนังที่มีค่าสัมประสิทธิ์การกันความร้อน "U"	32
เท่ากันแต่มวลสารและความเข้มของสีต่างกัน และการวิเคราะห์ผล	
จากการทดสอบ	
- การทดสอบผลของสีเข้มและสีอ่อน ต่อผนังชนิดเดียวกันแต่มีค่า	60
ความต้านทาน (R) เพิ่มมากขึ้น และการวิเคราะห์จากการทดสอบ	
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	71
เอกสารอ้างอิง	80
ภาคผนวก ก. ตัวอย่างใบบันทึกข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง	
ภาคผนวก ข. บันทึกข้อมูลในการทดลอง	
ประวัติผู้เขียน	

สารบัญตารางประกอบ

	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉพาะของผนังก่ออิฐฉาบปูนและผนังโพน 18	18
ตารางที่ 2 Typical Thermal Properties of Common Building 19 and Insulating Materials - Design Values	19
ตารางที่ 3 คุณสมบัติการดูดรังสีความร้อนของพื้นผิววัสดุบางชนิด 20	20
ตารางที่ 4 ข้อมูลที่เก็บจากการทดสอบคุณสมบัติของกล่องหุ้ม 8	
ตารางที่ 5 ค่าห้วงเหนี่ยวนเวลาของผนัง 2 ชนิดที่มีค่า "U" เท่ากัน	76

สารบัญรูปประกอบ

	หน้า
รูปที่ 1 ภาพแสดงตารางสำหรับหาค่า M Factor	11
รูปที่ 2 แสดงการคำนวณค่าความต้านทานรวมของผนังก่ออิฐฉาบปูน 4" และ 8"	15
รูปที่ 3 แสดงการคำนวณค่าความต้านทานรวมของผนังโพน	17
รูปที่ 4 ภาพแสดงลักษณะของกล่องทดสอบ	22
รูปที่ 5 ภาพของชั้นวางกล่องทดสอบในสถานที่ทดสอบ	22
รูปที่ 6 ภาพของเครื่องเก็บข้อมูล Cambell Scientific Data Logger	23
พร้อมสายวัดอุณหภูมิ Thermo Couple Type "J"	
รูปที่ 7 ภาพของเครื่องวัดคลื่นสั้นรังสีดวงอาทิตย์ Pyronometer	24
รูปที่ 8 แสดงการให้ความร้อนภายในกล่องทดสอบทั้ง 8 กล่อง	30
รูปที่ 9 แสดงการทดสอบคุณสมบัติของกล่องทั้ง 8	31
รูปที่ 10 แสดงการทดสอบผนัง 2 ชนิดที่มีค่า "U" เท่ากันในห้องปรับอากาศ	32
คงที่ตลอดเวลา	
รูปที่ 11 ภาพการทดลองผนัง 2 ชนิดที่มีค่า "U" เท่ากัน หันหน้าด้านทดสอบ	35
ทางทิศใต้	
รูปที่ 12 ภาพสภาพแวดล้อมสถานที่ทดลอง	36
รูปที่ 13 ภาพการทดลองผนัง 2 ชนิดที่มีค่า "U" เท่ากัน หันหน้าด้านทดสอบ	36
ทางทิศเหนือ	
รูปที่ 14 แสดงการทดสอบคุณสมบัติของโพนแต่ละคู่	60
รูปที่ 15 ภาพแสดงการทดลองผนังโพนเพิ่มความหนา (ค่า "U" น้อยลง)	61
ในสถานที่ทดสอบ	

สารบัญแผนภูมิประกอบ

	หน้า
แผนภูมิที่ 1 แสดงขั้นตอนของการทดลองวิจัย	27
แผนภูมิที่ 2 แสดง Cycle Down ของการทดสอบคุณสมบัติผนังทดสอบ	33
แผนภูมิที่ 3 แสดง Cycle Up ของการทดสอบคุณสมบัติผนังทดสอบ	33
แผนภูมิที่ 4 แสดงการทดสอบสีกายนอกของผนังทดสอบต่อพฤติกรรมการถ่ายเท ความร้อนผ่านผนัง ภายใต้สภาวะควบคุมอุณหภูมิภายนอกคงที่	34
ตลอดเวลา	
แผนภูมิที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในกล่องทดลองระหว่างท่ออิฐ ฉาบปูน 8" กับโฟมหนา 8 มม. ทาสีดำ	37
แผนภูมิที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในกล่องทดลองระหว่างท่ออิฐ ฉาบปูน 8" กับโฟมหนา 8 มม. ทาสีขาว	39
แผนภูมิที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในกล่องทดลองระหว่างท่ออิฐ ฉาบปูน 4 " กับโฟมหนา 4 มม. ทาสีดำ	41
แผนภูมิที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในกล่องทดลองระหว่างท่ออิฐ ฉาบปูน 4" กับโฟมหนา 4 มม. ทาสีขาว	43
แผนภูมิที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบผนังท่ออิฐฉาบปูน 8" กับผนังโฟม 8 มม. ทาสีดำและสีขาว	45
แผนภูมิที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบผนังท่ออิฐฉาบปูน 4" กับผนังโฟม 4 มม. ทาสีดำและสีขาว	46
แผนภูมิที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบผนังท่ออิฐฉาบปูน 8", 4" กับผนังโฟม 8 มม., 4 มม. ทาสีดำและสีขาว	47
แผนภูมิที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบผนังท่ออิฐฉาบปูน 8" ทาสีดำและสีขาว	49
แผนภูมิที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบผนังท่ออิฐฉาบปูน 4" ทาสีดำและสีขาว	50
แผนภูมิที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบผนังโฟมหนา 8 มม. ทาสีดำและสีขาว	51
แผนภูมิที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบผนังโฟมหนา 4 มม. ทาสีดำและสีขาว	52
แผนภูมิที่ 16 แสดงการเปรียบเทียบผนังท่ออิฐฉาบปูน 8" กับผนังท่ออิฐฉาบปูน 4" ทาสีดำ	53

สารบัญแผนภูมิประกอบ (ต่อ)

	หน้า
แผนภูมิที่ 17 แสดงการเปรียบเทียบผนังก่ออิฐฉาบปูน 8" กับผนังก่ออิฐฉาบปูน 4"	54
ทาสีขาว	
แผนภูมิที่ 18 แสดงการเปรียบเทียบผนังโฟม 8 มม. กับ ผนังโฟม 4 มม. ทาสีดำ	55
แผนภูมิที่ 19 แสดงการเปรียบเทียบผนังโฟม 8 มม. กับ ผนังโฟม 4 มม. ทาสีขาว	56
แผนภูมิที่ 20 แสดงการเปรียบเทียบผนังก่ออิฐฉาบปูน 8" กับผนังก่ออิฐฉาบปูน 4"	57
ทาสีดำและทาสีขาว	
แผนภูมิที่ 21 แสดงการเปรียบเทียบผนังโฟม 8 มม. กับผนังโฟม 4 มม.	58
ทาสีดำและทาสีขาว	
แผนภูมิที่ 22 แสดงการทดสอบผนังโฟมเพิ่มความหนา (ค่า "U" น้อยลง) ทาสีดำ	62
แผนภูมิที่ 23 แสดงการทดสอบผนังโฟมเพิ่มความหนา (ค่า "U" น้อยลง) ทาสีขาว	63
แผนภูมิที่ 24 แสดงการทดสอบผนังโฟม 6 มม. สีดำและทาสีขาว	64
แผนภูมิที่ 25 แสดงการทดสอบผนังโฟม 12 มม. ทาสีดำและทาสีขาว	65
แผนภูมิที่ 26 แสดงการทดสอบผนังโฟม 25 มม. ทาสีดำและทาสีขาว	66
แผนภูมิที่ 27 แสดงการทดสอบผนังโฟม 50 มม. ทาสีดำและทาสีขาว	67
แผนภูมิที่ 28 แสดงการเปรียบเทียบผนังโฟมเพิ่มความหนา (ค่า "U" น้อยลง)	68
ทาสีดำและทาสีขาว	
แผนภูมิที่ 29 แสดงการสะสมความร้อนของผนังทดสอบ	71
แผนภูมิที่ 30 แสดงการสูญเสียความร้อนของผนังทดสอบ	71
แผนภูมิที่ 31 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดใน 1 วัน (Peak Temperature)	72
แผนภูมิที่ 32 แสดงช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายในของผนังก่ออิฐสูงกว่าอุณหภูมิ	73
อากาศภายนอก	
แผนภูมิที่ 33 แสดงช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายในของผนังโฟมสูงกว่าอุณหภูมิ	73
อากาศภายนอก	
แผนภูมิที่ 34 แสดงช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายในของผนังก่ออิฐสูงกว่าอุณหภูมิ 27 C	74
แผนภูมิที่ 35 แสดงช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายในของผนังโฟมสูงกว่าอุณหภูมิ 27 C	74
แผนภูมิที่ 36 แสดงค่าแตกต่างของอุณหภูมิใน 1 วัน (Temperature Swing)	75
ของผนังก่ออิฐ 8" และ ก่ออิฐ 4"	

สารบัญแผนภูมิประกอบ (ต่อ)

	หน้า
แผนภูมิที่ 37 แสดงค่าแตกต่างของอุณหภูมิใน 1 วัน (Temperature Swing) ของผนังก่ออิฐ 8", 4" และ ผนังโฟม 8 มม., 4 ม	75
แผนภูมิที่ 38 แสดงผลการทดสอบอรรถิพลของสีเข้ม,อ่อนต่อการถ่ายเทความร้อน ผ่านผนังทดสอบที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนเท่ากัน ภายในห้องปรับ อากาศและให้ความร้อนภายในกล่องด้วยหลอดไฟขนาด 40 วัตต์ เท่ากันทุกกล่อง	77
แผนภูมิที่ 39 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดใน 1 วัน (Peak Temperature) ของวัสดุชนิดเดียวกัน เปรียบเทียบระหว่างสีเข้มและสีอ่อน	78
แผนภูมิที่ 40 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิใน 1 วัน ทิศใต้	79
แผนภูมิที่ 41 แสดงค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด (Temperature Swing) ของผนัง	79