

ผลกระทบของสีผงและมวลสารภายในต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

นาย พรสวัสดิ์ พิริยะศรีธา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-638-915-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE EFFECTS OF COLOR AND INTERNAL MASS ON HEAT TRANSMISSION  
THROUGH BUILDING WALL

Mr. Pornsawat Piriyasatta

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Architecture in Building Technology

Department of Architecture

Graduate School

Chulalongkorn University

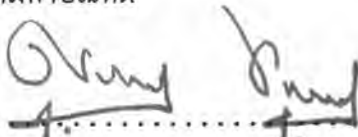
Academic Year 1997

ISBN 974-638-915-7


หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลกระทบของสีผืนและมวลสารภายในต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร  
โดย นาย พรสวัสดิ์ พิริยะศรีธา  
ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์  
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ


---

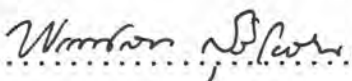
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

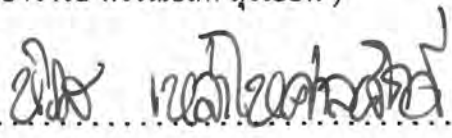
  
..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
( ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุตินวงศ์ )

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
( รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์ )

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
( รองศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ )

  
..... กรรมการ  
( อาจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน )

  
..... กรรมการ  
( อาจารย์ พิรัช เหล่าไพศาลศักดิ์ )

## พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

พรสวรรค์ พิริยะศรัทธา : ผลกระทบของสีผนังและมวลสารภายในต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร  
(THE EFFECTS OF COLOR AND INTERNAL MASS ON HEAT TRANSMISSION THROUGH BUILDING  
WALL) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร. สุนทร บุญญาธิการ , 186 หน้า. ISBN 974-638-915-7

ในปัจจุบันมีอาคารมากมายที่ใช้สีต่างๆกับผนังเพื่อเพิ่มความสวยงามให้กับอาคาร สีผนังเหล่านี้มีผลต่อปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคารแตกต่างกัน ความรู้และความเข้าใจต่อคุณสมบัติของสีที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อน จะทำให้สามารถลดปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคารได้ การใช้คุณสมบัติการสะสมความร้อนของวัสดุต่างๆภายในอาคาร หรือ มวลสารภายในอาคารเป็นวิธีการหนึ่งที่จะสามารถช่วยลดปริมาณความร้อนภายในอาคารได้ การวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์หลักเพื่อศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนัง และศึกษาผลกระทบของมวลสารภายในต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังที่มีสีเข้มและสีอ่อน เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกผนังที่ทำให้มีอิสระในการใช้ผนัง และการใช้มวลสารภายในอาคารที่เหมาะสมได้

ขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย การค้นคว้าทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนัง เพื่อสามารถกำหนดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบและตัวแปรในการทดสอบ การทดสอบในสภาพการใช้งานจริงภายในอาคารจะไม่สะดวกต่อการเปลี่ยนแปลงตัวแปรต่าง ๆ เทคนิคที่ใช้ในการวิจัยได้ทำการศึกษาโดยการจำลองสภาพภายในอาคารด้วยหุ่นจำลอง เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและเปลี่ยนแปลงตัวแปรต่าง ๆ จึงได้ใช้หุ่นจำลองสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 0.90x0.90x0.90 เมตร เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ โดยให้ด้านหนึ่งของหุ่นจำลองเปิดโล่งเพื่อติดตั้งวัสดุผนังที่ใช้ทดสอบ วัสดุผนังที่ใช้ในการทดสอบแบ่งเป็นผนังที่มีมวลสารมากและผนังที่มีมวลสารน้อย ผนังที่มีมวลสารมากใช้ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 4 นิ้ว และ 8 นิ้ว และผนังที่มีมวลสารน้อยใช้ผนังโฟมโพลีสไตรีนหนา 2 นิ้ว และ 4 นิ้ว สีที่ใช้ในการทดสอบใช้สีดำเป็นตัวแทนของสีเข้ม และสีขาวเป็นตัวแทนของสีอ่อน ตามทฤษฎีแล้วสีดำไม่ใช้สีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์สูงกว่าสีขาวเสมอไป แต่สีดำที่มีจำหน่ายอยู่ทั่วไปจะมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์สูงกว่าสีขาวแต่มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายรังสีความร้อนใกล้เคียงกัน มวลสารภายในหุ่นจำลองใช้วัสดุที่มีค่าความจุความร้อนที่แตกต่างกัน ได้แก่ อิฐมอญและแผ่นยิปซัมหนา 12 มม. การทดสอบกระทำในสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร เลือกวางผนังทดสอบเฉพาะทิศใต้เพื่อให้ได้รับอิทธิพลโดยตรงจากรังสีดวงอาทิตย์ยาวนานที่สุด การวิจัยนี้ได้เลือกเก็บข้อมูลหลายอย่างประกอบด้วย อุณหภูมิอากาศภายในหุ่นจำลอง อุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิผิวของวัสดุผนังทดสอบ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน

ผลการวิจัยพบว่า สีเข้มและสีอ่อนของผนังจะมีอิทธิพลลดน้อยลงเมื่อใช้วัสดุผนังที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำโดยผนังที่มีสีเข้มและสีอ่อนจะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยตลอด 24 ชั่วโมง ใกล้เคียงกัน สำหรับผนังที่มีมวลสารน้อยจะมีค่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยแตกต่างกันประมาณ 1 องศาเซลเซียส และผนังที่มีมวลสารมากจะมีค่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยแตกต่างกันประมาณ 5 องศาเซลเซียส และเมื่อพิจารณาว่าอุณหภูมิอากาศสูงสุดภายใน พบว่า ผนังที่มีสีเข้มจะมีค่าอุณหภูมิอากาศสูงสุดในสูงกว่าผนังที่มีสีอ่อนประมาณ 12 องศาเซลเซียส สำหรับผนังที่มีมวลสารมาก และประมาณ 7 องศาเซลเซียส สำหรับผนังที่มีมวลสารน้อย ผนังที่มีมวลสารมากจะช่วยลดความรุนแรงของการถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าผนังที่มีมวลสารน้อย ทำให้ในช่วงเวลากลางวันผนังที่มีมวลสารมากจะมีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าผนังที่มีมวลสารน้อย ประมาณ 4 องศาเซลเซียส และในช่วงเวลากลางคืนผนังที่มีมวลสารมากมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงกว่าผนังที่มีมวลสารน้อย ประมาณ 3 องศาเซลเซียส มวลสารภายในหุ่นจำลองสามารถช่วยลดอุณหภูมิอากาศภายในได้ โดยในช่วงเวลากลางวันสามารถลดอุณหภูมิอากาศภายในสำหรับผนังที่มีสีเข้ม ประมาณ 8 องศาเซลเซียส และผนังที่มีสีอ่อน ประมาณ 5 องศาเซลเซียส แต่ในช่วงเวลากลางคืนมวลสารภายในจะเพิ่มอุณหภูมิอากาศภายในสำหรับผนังที่มีสีเข้ม ประมาณ 5 องศาเซลเซียส และสำหรับผนังที่มีสีอ่อน ประมาณ 4 องศาเซลเซียส ผลการวิจัยนี้มีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกับสภาพการใช้งานจริงในอาคาร จึงสามารถนำไปพิจารณาเพื่อใช้เป็นแนวทางต่าง ๆ ได้ดังนี้ การเลือกใช้สีผนังกับอาคารควรเลือกใช้สีอ่อน หากต้องการใช้สีเข้มควรใช้วัสดุผนังที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ การใช้มวลสารภายในอาคารจะเหมาะสมสำหรับอาคารที่ใช้งานในช่วงเวลากลางวันมากกว่าอาคารที่ใช้งานในเวลากลางคืน

ภาควิชา ..... สถาปัตยกรรมศาสตร์  
สาขาวิชา ..... เทคโนโลยีอาคาร  
ปีการศึกษา ..... 2540

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

# #3971161725 : MAJOR BUILDING TECHNOLOGY

KEY WORD: SOLAR ABSORPTANCE / LONGWAVE EMITTANCE / INTERNAL MASS / HEAT TRANSMISSION

PORNSAWAT PIRIYASATTA : THE EFFECTS OF COLOR AND INTERNAL MASS ON HEAT TRANSMISSION THROUGH BUILDING WALL. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. SOONTORN BOONYATIKARN, Ph.D. 186 pp. ISBN 974-638-915-7

At present, there are plenty of buildings painting with ranges of colour for the purpose of beauty. These colour or wall's surface affect on heat transmission through walls. Knowledge and understanding towards characteristics of surface influencing heat transmission will help reduce heat flow through walls. To utilize thermal storage capacity of internal materials/internal mass is one approach to decrease internal heat gained. Main objective of this study is to find out variables that affect on heat transmission behavior of wall and the effects of internal mass towards heat transmission behavior of dark colored wall and light colored wall. The result will be beneficial for selecting wall materials providing freedom of choices in painting and suitability of internal mass utilization.

The research involved with the study of theories and literature reviews about variables that affects on heat transmission behavior, in order to identify experimental equipment and variables. To conduct the test in existing building cause an inconvenience to adjust variables. Therefore the simulating methodology was implemented. Cube models which had outside dimension 0.90x0.90x0.90 metre; were used as experimental equipment to facilitate moving and alternation of variables. The models had one side open for an installation of the wall material studied. Wall material were : high thermal mass with different heat transmission coefficient made of mortared conventional brick setting of 4 and 8 inches thick.; low thermal mass with heat transmission coefficient made of polystyrene foam of 2 and 4 inches thick. Painting for application were black (dark color) and white surface colors (light color). The models' internal mass with different heat capacity such as conventional brick and 12 millimetre. gypsum board. The study were conducted in open air condition by placing the testing walls towards the south in order to received direct solar radiation throughout the day. This study colleted data about indoor temperature, outdoor temperature and surface temperature for analyze behavior of heat transmission.

The study showed that dark colored and light colored wall would be less influential if the material wall with low overall heat transmission coefficient was applied. The dark and light color wall would resulted in almost the same average during 24 hour; different of indoor temperature about 1 celsius for low thermal mass and about 5 celsius for high thermal mass. However, the wall with dark colored would result about 12 celsius of the peak indoor temperature higher than the wall with light colored when were used high thermal mass; and about 7 celsius when were used low thermal mass. The thermal mass was influential to decrease indoor temperature swing. As a result, the wall with higher thermal mass would have about 4 celsius indoor temperature during day time less than the lower one. At night, the higher thermal mass would gain about 3 celsius more than that of the lower thermal mass. The internal mass in the implemented model could, in day time, reduce indoor temperature about 8 celsius for dark colored wall and 5 celsius for light colored wall. During the night, The internal mass in the implemented model would increase indoor temperature about 5 celsius and about 4 celsius consecutively in the same case. The results of study has a trend of begin capable of furture application in the real time working: through exponing guidance showing the approach such as; selection of painting for wall should be used light color wal; and For dark color wall should be used wall material of low overall heat transmission coefficient. The use of internal mass would appropriate for building which used interior space in day time more than night time.

ภาควิชา.....สถาปัตยกรรมศาสตร์  
สาขาวิชา.....เทคโนโลยีอาคาร  
ปีการศึกษา.....2540

ลายมือชื่อนิสิต.....*Pornsaat*  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....*Soontorn Boonyatikarn*  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ในการวิจัยมาด้วยดีตลอด นอกจากนี้ยังได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงในการสอบวิทยานิพนธ์จาก รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์ ประธานกรรมการ อาจารย์ พรณชลัท สุริโยธิน และ อาจารย์พีรวัส เหล่าไพศาลศักดิ์ กรรมการ และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา รวมทั้งขอขอบคุณพี่ๆ และเพื่อนๆ ที่ช่วยเหลือในด้านกำลังใจ และอุปสรรคในการทำงานตลอดมา

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย . . . . .	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ . . . . .	จ
กิตติกรรมประกาศ . . . . .	ฉ
สารบัญ . . . . .	ช
สารบัญตาราง . . . . .	ฅ
สารบัญรูปภาพ . . . . .	ญ
สารบัญแผนภูมิ . . . . .	ฎ
บทที่	
1 บทนำ . . . . .	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา . . . . .	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย . . . . .	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย . . . . .	3
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย . . . . .	4
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย . . . . .	10
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง . . . . .	11
2.1 ผลกระทบของสีและพื้นผิวต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนัง . . . . .	11
2.2 ผลกระทบของมวลสารภายในต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนัง . . . . .	15
2.3 ผลกระทบของมวลสารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่อพฤติกรรม การถ่ายเทความร้อนของผนัง . . . . .	16
2.4 ผลกระทบของแสงแดดและการจำลองสภาพในการทดสอบ . . . . .	20
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง . . . . .	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3	วิธีการวิจัย ..... 22
3.1	การเลือกวัสดุผนัง สีและพื้นผิวของผนัง และวัสดุมวลสารภายใน ที่ใช้ในการทดสอบ ..... 22
3.2	การเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าข้อมูล อ่านค่าข้อมูล และเก็บบันทึกข้อมูล ..... 32
3.3	ขั้นตอนในการทดสอบ ..... 37
3.4	หลักเกณฑ์ในการทดสอบ ..... 39
4	ผลกระทบของสีผนังและมวลสารภายในต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร .... 41
4.1	การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือที่ใช้วัดค่าข้อมูล ..... 41
4.2	การทดสอบและการวิเคราะห์ผลกระทบของมวลสารภายในที่มีต่อพฤติกรรม การถ่ายเทความร้อนของผนังสีอ่อนที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน แตกต่างกัน และมีมวลสารของผนังแตกต่างกัน ..... 44
4.3	การทดสอบและการวิเคราะห์ผลกระทบของมวลสารภายในที่มีต่อพฤติกรรม การถ่ายเทความร้อนของผนังสีเข้มที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน แตกต่างกัน และมีมวลสารของผนังแตกต่างกัน ..... 62
4.4	การทดสอบและวิเคราะห์ผลกระทบของมวลสารภายในที่แตกต่างกันต่อ พฤติกรรมถ่ายเทความร้อนของผนังสีเข้มและสีอ่อน ..... 78
5	บทสรุปและข้อเสนอแนะ ..... 101
5.1	บทสรุป ..... 101
5.2	ข้อเสนอแนะ ..... 127
	รายการอ้างอิง ..... 129
	ภาคผนวก ..... 130
	ภาคผนวก ก. บันทึกข้อมูลในการทดสอบ ..... 131
	ภาคผนวก ข. การใช้โปรแกรม Sciometric Gen 200 Windows-Based Software Version 1.46 ..... 152
	ประวัติผู้เขียน ..... 186



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติการดูดกลืนความร้อนและการคายความร้อนของพื้นผิววัสดุ บางชนิด . . . . .	13
ตารางที่ 2.2 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า . . . . .	18
ตารางที่ 2.3 แสดงรายการวัสดุและสีผนังแยกตามระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสี อาทิตย์ . . . . .	19
ตารางที่ 3.1 แสดงการคิดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น ฉาบปูนทั้ง 2 ด้าน . . . . .	24
ตารางที่ 3.2 แสดงการคิดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังก่ออิฐเต็มแผ่น ฉาบปูนทั้ง 2 ด้าน . . . . .	25
ตารางที่ 3.3 แสดงการคิดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังโพนโพลีสไตรีนหนา 2 นิ้ว . . . . .	26
ตารางที่ 3.4 แสดงการคิดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังโพนโพลีสไตรีนหนา 4 นิ้ว . . . . .	27
ตารางที่ 3.5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ( $k$ ) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ	28
ตารางที่ 3.6 แสดงค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนัง . . . . .	30

## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างค่าความต้านทานความร้อนของผนังก่ออิฐครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบทั้ง 2 ด้าน .....	23
รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างค่าความต้านทานความร้อนของผนังก่ออิฐเต็มแผ่นฉาบปูนเรียบทั้ง 2 ด้าน .....	24
รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างค่าความต้านทานความร้อนของผนังโพนโพลีสไตรีนหนา 2 นิ้ว .	26
รูปที่ 3.4 แสดงโครงสร้างค่าความต้านทานความร้อนของผนังโพนโพลีสไตรีนหนา 4 นิ้ว .	27
รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะของกล่องทดสอบ .....	33
รูปที่ 3.6 แสดงการวางกล่องทดสอบทั้ง 8 กล่อง เพื่อป้องกันการแลกเปลี่ยนความร้อน ระหว่างพื้นผิวกล่องทดสอบโดยวางกล่องทดสอบห่างกันประมาณ 70 ซม. ....	34
รูปที่ 3.7 แสดงการป้องกันการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างพื้นผิวกล่องทดสอบกับดิน โดยการปลูกหญ้าปกคลุมผิวดินและทำชั้นวางกล่องทดสอบสูงจากระดับดินประมาณ 50 ซม. ....	34
รูปที่ 3.8 แสดงเครื่อง Data Logger ของ “ Sciometric Instruments System 200 Model 236 Hardware (High Speed A/D Converter) ” .....	35
รูปที่ 3.9 แสดงการต่อสายโทรศัพท์ภายในเครื่อง Data Logger .....	36
รูปที่ 3.10 แสดงเทอร์มิสเตอร์ สายโทรศัพท์ และหลอดฉาย .....	36
รูปที่ 4.1 แสดงการตรวจสอบคุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์ .....	41
รูปที่ 4.2 แสดงการนำเครื่องวัดอุณหภูมิอากาศมาเปรียบเทียบผลกับค่าอุณหภูมิอากาศที่วัดได้จากเทอร์มิสเตอร์ .....	42
รูปที่ 4.3 แสดงการนำเทอร์มิสเตอร์มาวัดค่าอุณหภูมิอากาศที่จุดเดียวกัน .....	42
รูปที่ 4.4 แสดงแปลนกล่องทดสอบ ผนังทดสอบ และมวลสารภายในกล่องทดสอบ ของการทดสอบในชุดที่ 1 .....	45
รูปที่ 4.5 แสดงกล่องทดสอบและผนังทดสอบในวันที่ทำการทดสอบชุดที่ 1 .....	46

## สารบัญรูปร่างภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.6 แสดงสภาพแวดล้อมบริเวณสถานที่ทดสอบในวันที่ทำการทดสอบชุดที่ 1 . . . . .	46
รูปที่ 4.7 แสดงกล่องทดสอบที่ไม่มีการเพิ่มมวลสารภายใน . . . . .	47
รูปที่ 4.8 แสดงกล่องทดสอบที่มีการเพิ่มมวลสารภายในโดยใส่อิฐมอญภายในกล่องทดสอบ 100 กก. . . . .	47
รูปที่ 4.9 แสดงการเรียงอิฐมอญภายในกล่องทดสอบ . . . . .	48
รูปที่ 4.10 แสดงด้านหลังของกล่องทดสอบและจุดที่วัดอุณหภูมิอากาศภายนอก . . . . .	48
รูปที่ 4.11 แสดงแปลงกล่องทดสอบ ผนังทดสอบ และมวลสารภายในกล่องทดสอบ ของการทดสอบในชุดที่ 2 . . . . .	63
รูปที่ 4.12 แสดงกล่องทดสอบและผนังทดสอบในวันที่ทำการทดสอบชุดที่ 2 . . . . .	64
รูปที่ 4.13 แสดงสภาพแวดล้อมบริเวณสถานที่ทดสอบในวันที่ทำการทดสอบชุดที่ 2 . . . . .	64
รูปที่ 4.14 แสดงกล่องทดสอบและผนังทดสอบในวันที่ทำการทดสอบชุดที่ 3 . . . . .	79
รูปที่ 4.15 แสดงแปลงกล่องทดสอบ ผนังทดสอบ และมวลสารภายในกล่องทดสอบ ของการทดสอบในชุดที่ 3 . . . . .	80
รูปที่ 4.16 แสดงสภาพท้องฟ้าบริเวณสถานที่ทดสอบในวันที่ทำการทดสอบชุดที่ 3 . . . . .	81
รูปที่ 4.17 แสดงสภาพแวดล้อมบริเวณสถานที่ทดสอบในวันที่ทำการทดสอบชุดที่ 3 . . . . .	81
รูปที่ 4.18 แสดงการบุแผ่นยิปซัม 12 มม. น้ำหนักประมาณ 15 กก. ภายในกล่องทดสอบ . . . . .	82
รูปที่ 4.19 แสดงการใส่อิฐมอญน้ำหนักประมาณ 60 กก. ภายในกล่องทดสอบ . . . . .	82
รูปที่ 4.20 แสดงการใส่อิฐมอญน้ำหนักประมาณ 100 กก. ภายในกล่องทดสอบ . . . . .	83
รูปที่ 4.21 แสดงการใส่อิฐมอญน้ำหนักประมาณ 200 กก. ภายในกล่องทดสอบ . . . . .	83
รูปที่ 4.22 แสดงการติดตั้งเทอร์มิสเตอร์เพื่อวัดค่าอุณหภูมิผิวภายนอกของผนังทดสอบสีดำ . . . . .	84
รูปที่ 4.23 แสดงการติดตั้งเทอร์มิสเตอร์เพื่อวัดค่าอุณหภูมิผิวภายนอกของผนังทดสอบสีขาว . . . . .	84

## สารบัญแผนภูมิ

		หน้า
แผนภูมิที่ 4.1	แสดงค่า Mean ของอุณหภูมิอากาศที่เทอร์มิสเตอร์แต่ละตัววัดได้ . . . . .	43
แผนภูมิที่ 4.2	แสดงค่า Standard Diviation ของอุณหภูมิอากาศที่เทอร์มิสเตอร์แต่ละตัววัดได้ . . . . .	43
แผนภูมิที่ 4.3	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว สีขาว ที่มีมวลสารภายในและไม่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ . . . . .	49
แผนภูมิที่ 4.4	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว สีขาว ที่มีมวลสารภายในและไม่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ . . . . .	50
แผนภูมิที่ 4.5	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโฟมโพลีสไตรีน 2 นิ้ว สีขาว ที่มีมวลสารภายในและไม่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ . . . . .	51
แผนภูมิที่ 4.6	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโฟมโพลีสไตรีน 4 นิ้ว สีขาว ที่มีมวลสารภายในและไม่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ . . . . .	52
แผนภูมิที่ 4.7	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว และ 8 นิ้ว สีขาว ที่ไม่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ . . . . .	55
แผนภูมิที่ 4.8	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโฟมโพลีสไตรีนหนา 2 นิ้ว และ 4 นิ้ว สีขาว ที่ไม่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ . . . . .	56
แผนภูมิที่ 4.9	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว และ 8 นิ้ว สีขาว ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ . . . . .	57
แผนภูมิที่ 4.10	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโฟมโพลีสไตรีนหนา 2 นิ้ว และ 4 นิ้ว สีขาว ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ . . . . .	58

## สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

	หน้า
แผนภูมิที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว และผนังโฟมโพลีสไตรีน 4 นิ้ว สีขาว ที่ไม่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ . . . . .	59
แผนภูมิที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว และผนังโฟมโพลีสไตรีน 4 นิ้ว สีขาว ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ . . . . .	60
แผนภูมิที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว สีดำ ที่มีมวลสารภายในและไม่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ . . . . .	65
แผนภูมิที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว สีดำ ที่มีมวลสารภายในและไม่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ . . . . .	66
แผนภูมิที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโฟมโพลีสไตรีน 2 นิ้ว สีดำ ที่มีมวลสารภายในและไม่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ . . . . .	67
แผนภูมิที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโฟมโพลีสไตรีน 4 นิ้ว สีดำ ที่มีมวลสารภายในและไม่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ . . . . .	68
แผนภูมิที่ 4.17 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว และ 8 นิ้ว สีดำ ที่ไม่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ . . . . .	71
แผนภูมิที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโฟมโพลีสไตรีนหนา 2 นิ้ว และ 4 นิ้ว สีดำ ที่ไม่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ	72
แผนภูมิที่ 4.19 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว และ 8 นิ้ว สีดำ ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ . . . . .	73

## สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

	หน้า
แผนภูมิที่ 4.20 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโฟม โพลีสไตรีนหนา 2 นิ้ว และ 4 นิ้ว สีดำ ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ .	74
แผนภูมิที่ 4.21 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังก่ออิฐ ฉาบปูน 4 นิ้ว และผนังโฟมโพลีสไตรีน 4 นิ้ว สีดำ ที่ไม่มีมวลสารภายใน กล่องทดสอบ . . . . .	75
แผนภูมิที่ 4.22 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังก่ออิฐ ฉาบปูน 4 นิ้ว และผนังโฟมโพลีสไตรีน 4 นิ้ว สีดำ ที่มีมวลสารภายใน กล่องทดสอบ . . . . .	76
แผนภูมิที่ 4.23 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโฟม โพลีสไตรีน 4 นิ้ว สีดำ ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ 15 กก. และ 60 กก. . . . .	85
แผนภูมิที่ 4.24 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโฟม โพลีสไตรีน 4 นิ้ว สีดำ ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ 100 กก. และ 200 กก. . . . .	86
แผนภูมิที่ 4.25 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโฟม โพลีสไตรีน 4 นิ้ว สีขาว ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ 15 กก. และ 60 กก. . . . .	87
แผนภูมิที่ 4.26 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโฟม โพลีสไตรีน 4 นิ้ว สีขาว ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ 100 กก. และ 200 กก. . . . .	88
แผนภูมิที่ 4.27 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโฟม โพลีสไตรีน 4 นิ้ว สีดำ และสีขาว ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ 15 กก. . . . .	89

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

	หน้า
แผนภูมิที่ 4.28 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโฟมโพลีสไตรีน 4 นิ้ว สีดำ และสีขาว ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ 60 กก. ....	90
แผนภูมิที่ 4.29 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโฟมโพลีสไตรีน 4 นิ้ว สีดำและสีขาวที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ 100 กก. ....	91
แผนภูมิที่ 4.30 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโฟมโพลีสไตรีน 4 นิ้ว สีดำและสีขาวที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ 200 กก. ....	92
แผนภูมิที่ 4.31 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของผนังโฟมโพลีสไตรีน 4 นิ้ว สีขาว และสีดำ ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ 15 กก. ....	95
แผนภูมิที่ 4.32 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของผนังโฟมโพลีสไตรีน 4 นิ้ว สีขาว และสีดำ ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ 60 กก. ....	96
แผนภูมิที่ 4.33 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของผนังโฟมโพลีสไตรีน 4 นิ้ว สีขาว และสีดำ ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ 100 กก. ....	97
แผนภูมิที่ 4.34 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของผนังโฟมโพลีสไตรีน 4 นิ้ว สีขาว และสีดำ ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ 200 กก. ....	98
แผนภูมิที่ 4.35 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวนอกของผนังโฟมโพลีสไตรีน 4 นิ้ว สีดำ ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบแตกต่างกัน ....	99
แผนภูมิที่ 4.36 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวนอกของผนังโฟมโพลีสไตรีน 4 นิ้ว สีขาว ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบแตกต่างกัน ....	100
แผนภูมิที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโฟมโพลีสไตรีน 4 นิ้ว สีขาว ที่มีมวลสารภายในและไม่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ ....	102

## สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

	หน้า
แผนภูมิที่ 5.2	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโพนี โพลีสไตรีน 2 นิ้ว สีขาว และผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว สีขาว . . . . . 103
แผนภูมิที่ 5.3	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังก่ออิฐ ฉาบปูน 4 นิ้ว สีขาว และ 8 นิ้ว สีขาว . . . . . 105
แผนภูมิที่ 5.4	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโพนี โพลีสไตรีน 2 นิ้ว สีขาว และ 4 นิ้ว สีขาว . . . . . 106
แผนภูมิที่ 5.5	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังก่ออิฐ ฉาบปูน 4 นิ้ว สีขาว และ 8 นิ้ว สีขาว ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ 100 กก. . . . . 107
แผนภูมิที่ 5.6	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโพนี โพลีสไตรีน 2 นิ้ว สีขาว และ 4 นิ้ว สีขาว ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ 100 กก. . . . . 108
แผนภูมิที่ 5.7	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโพนี โพลีสไตรีน 4 นิ้ว สีดำ ที่มีมวลสารภายในและไม่มีมวลสารภายใน กล่องทดสอบ . . . . . 110
แผนภูมิที่ 5.8	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโพนี โพลีสไตรีน 2 นิ้ว สีดำ และผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว สีดำ . . . . . 111
แผนภูมิที่ 5.9	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังก่ออิฐ ฉาบปูน 4 นิ้ว สีดำ และ 8 นิ้ว สีดำ . . . . . 113
แผนภูมิที่ 5.10	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโพนี โพลีสไตรีน 2 นิ้ว สีดำ และ 4 นิ้ว สีดำ . . . . . 114
แผนภูมิที่ 5.11	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังก่ออิฐ ฉาบปูน 4 นิ้ว สีดำ และ 8 นิ้ว สีดำ ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ 100 กก. . . . . 115



สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

	หน้า
แผนภูมิที่ 5.12 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโพรไมสไตรีน 2 นิ้ว สีดำ และ 4 นิ้ว สีดำ ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ 100 กก. ....	116
แผนภูมิที่ 5.13 แสดงค่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในกล่องทดสอบของผนังสีดำและสีขาว ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนแตกต่างกัน .....	117
แผนภูมิที่ 5.14 แสดงค่าอุณหภูมิอากาศสูงสุดภายในกล่องทดสอบของผนังสีดำและสีขาว .	118
แผนภูมิที่ 5.15 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโพรไมสไตรีน 4 นิ้ว สีดำ และ สีขาว ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ 100 กก. ....	119
แผนภูมิที่ 5.16 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโพรไมสไตรีน 4 นิ้ว สีดำ ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ 15 กก. และ 200 กก. ....	121
แผนภูมิที่ 5.17 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของผนังโพรไมสไตรีน 4 นิ้ว สีขาว ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ 15 กก. และ 200 กก. ....	122
แผนภูมิที่ 5.18 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของผนังโพรไมสไตรีน 4 นิ้ว สีดำ ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ 15 กก. และ 200 กก. ....	123
แผนภูมิที่ 5.19 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของผนังโพรไมสไตรีน 4 นิ้ว สีขาว ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ 15 กก. และ 200 กก. ....	124
แผนภูมิที่ 5.20 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวนอกของผนังโพรไมสไตรีน 4 นิ้ว สีดำและสีขาว ที่มีมวลสารภายในกล่องทดสอบ 100 กก. ....	125