

ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวหนังนอกของผนังอาคาร

นาย วันเอก กิจสมใจ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ.2539

ISBN 974-634-475-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

FACTORS AFFECTING EXTERNAL WALL SURFACE TEMPERATURE

Mister Wan-Ake Gitsomjai

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

Department of Architecture

Graduate School

Chulalongkorn University


1996

ISBN-974-634-475-7


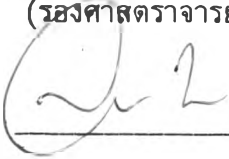
หัวข้อวิทยานิพนธ์
โดย
ภาควิชา
อาจารย์ที่ปรึกษา

ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวภายนอกของผนังอาคาร
นาย วันเอก กิจสมใจ
สถาปัตยกรรมศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ

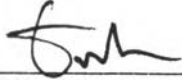
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ บุญสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)

อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ)

กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เดชา บุญค้ำ)


กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวงศ์)

พิมพ์ต้นฉบับยกย่องวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

วันเอก กิจสมใจ : ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวภายนอกของผนังอาคาร (FACTORS AFFECTING EXTERNAL WALL SURFACE TEMPERATURE)

อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร. สุนทร บุญญาธิการ, 164 หน้า ISBN 974-634-475-7

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวภายนอกของผนังอาคาร มีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผิววัสดุภายนอกของผนังอาคาร เพื่อแนวทางการออกแบบผนังภายนอกของอาคารที่เหมาะสม โดยวัสดุที่เลือกใช้ในการทดลองเปรียบเทียบทั่ว ๆ ไปมี 2 ประเภท ได้แก่ วัสดุที่มีมวลสารมากคือ คอนกรีต และวัสดุที่มีมวลสารน้อยคือ โพลีสไตรีนโฟม ส่วนปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ ตำแหน่งการติดตั้งฉนวน การดูดความร้อน ความหยาบของพื้นผิว การกระจายรังสีความร้อน มวลสารและความจุความร้อน และสร้างอาคารทดลองขนาด 7.5 x 7.5 เมตร ซึ่งบุฉนวนทุกด้านเพื่อให้อาคารไม่มีอิทธิพลจากความร้อนใด ๆ ภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้อง ติดตั้งผนังทดลองแต่ละชนิดกับอาคารด้านทิศใต้ และ วัดอุณหภูมิผิวภายนอกของผนังแต่ละชนิดเปรียบเทียบกันทั้งในภาวะที่มีการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องทดลองและไม่มีการควบคุมอุณหภูมิภายในห้องทดลอง

ผลการทดลองปัจจัยด้านมวลสารพบว่า การเพิ่มความหนาของวัสดุมวลสารมาก ที่มีการนำความร้อนสูง ทำให้อุณหภูมิผิวภายนอกเปลี่ยนแปลงช้าลง และการเพิ่มความหนาของวัสดุมวลสารน้อย ที่มีการนำความร้อนต่ำ ทำให้อุณหภูมิผิวภายนอกเปลี่ยนแปลงเร็วขึ้น ผลการทดลองปัจจัยด้านความหยาบของพื้นผิวเฉพาะกรณีวัสดุมวลสารมากพบว่า ความหยาบของพื้นผิวที่มากขึ้น ทำให้อุณหภูมิผิวภายนอกเปลี่ยนแปลงได้เร็วขึ้น ผลการทดลองปัจจัยด้านการดูดกลืนความร้อนพบว่า ในเวลาที่มีแสงแดดผนังที่มีสีเข้มจะมีอุณหภูมิผิวสูงกว่าผนังที่มีสีอ่อน ส่วนในเวลาที่ไม่มีการมีแสงแดดผนังสีเข้มและผนังสีอ่อนอุณหภูมิผิวจะลดลงจนมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันแต่วัสดุที่มีมวลสารมากอุณหภูมิผิวจะลดลงช้ากว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อย ผลการทดลองปัจจัยด้านการกระจายความร้อนพบว่า ผนังที่มีการกระจายความร้อนสูงจะมีอุณหภูมิผิวสูงกว่าปกติในเวลากลางวัน และอุณหภูมิผิวลดได้ต่ำกว่าปกติในเวลากลางคืน และ วัสดุที่มีมวลสารมากอุณหภูมิจะลดลงช้ากว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อย ผลการทดลองปัจจัยด้านตำแหน่งการติดตั้งฉนวนพบว่า การติดตั้งฉนวนไว้ภายนอกทำให้อุณหภูมิผิวสูงกว่าปกติในเวลากลางวันและอุณหภูมิผิวลดได้ต่ำกว่าปกติในเวลากลางคืน เมื่อเปรียบเทียบกับการติดตั้งฉนวนไว้ภายใน นอกจากนั้น ยังพบว่าถ้าเพิ่มความหนาของฉนวนที่ติดตั้งเอาไว้ภายนอกให้มากขึ้นทำให้อุณหภูมิผิวภายนอกเปลี่ยนแปลงได้เร็วขึ้นในเวลากลางวัน แต่ในเวลากลางคืนอุณหภูมิผิวของฉนวนทุกความหนาจะลดลงมาจนใกล้เคียงกัน การทดลองทั้งหมดในภาวะปรับอากาศภายในและไม่ปรับอากาศภายในได้ผลสอดคล้องกัน แต่อย่างไรก็ตามผลจากการปรับอากาศทำให้อุณหภูมิผิวภายนอกลดต่ำกว่าการไม่ปรับอากาศเนื่องจากอัตราการถ่ายเทความร้อนเปลี่ยนแปลงไม่เป็นไปอย่างอิสระตามธรรมชาติ

ผลการวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางตัดสินใจในการออกแบบรายละเอียดของผนังภายนอกอาคารในกรณีที่มีการใช้งานภายนอกอาคาร ให้มีอุณหภูมิค่าที่ต่ำสุดตามความต้องการ โดยพิจารณาจากผลของปัจจัยต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาในข้างต้น

ภาควิชา สถาบันวิศวกรรมศาสตร์

สาขาวิชา สถาบันวิศวกรรมศาสตร์

ปีการศึกษา 2538

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C535128 : MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORD: EXTERNAL WALL TEMPERATURE/ FACTORS AFFECTING

WAN-AKE GITSOMJAI : FACTORS AFFECTING EXTERNAL WALL SURFACE

TEMPERATURE. THESIS ADVISOR : ASSO.PROF.SOONTORN BOONYATIKARN, DR.

164 pp. ISBN 974-634-475-7

The objective of this research is to study factors affecting external wall surface temperature in order to find guideline of suitable external wall design. The materials used in this experiment were high thermal mass, ie. Concrete and low thermal mass, ie. Polystyrene foam. The study is about the effects of the position of insulation installment, heat absorbtion, surface roughness, emissivity, thermal mass and heat capacity. Every side of the experimental building size 7.5 x 7.5 meters were installed with insulation for protecting the affect from outside air temperature. Each different testing panel was installed to the south side to compare the external surface temperature. The testing process in all cases were held in both non-controlled and controlled room temperature.

The result from the thermal mass experiment shows that the increasing of concrete thickness with high conduction caused a gradual change in the external wall surface temperature, while the increasing of polystyrene foam with low conduction caused a rapid change in external wall surface temperature. Also, the experiment of the surface roughness in the case of concrete material found that the increasing in the surface roughness will make the temperature of external surface change rapidly. Moreover, the result from the heat absorbtion experiment found that during daytime, wall with dark colour will cause higher temperature than the lighter one. Without sunlight, the temperature of both light and dark colour wall gradually reduced to the same level. However, the temperature of polystyrene foam will reduce faster than that of concrete thickness. The outcome from the surface emissivity factor experiment found that wall with high surface emissivity will have higher surface temperature during daytime, and lower than the normal level at night. Besides, the temperature of the concrete thickness will reduce at a slower rate than that of polystyrene foam. The results of fixing the position of the insulator factor found that positioning the insulator outside will cause the surface temperature to be higher in the daytime and lower at night when compared to the experiment whereby the insulator was placed indoor. In addition, if the thickness of the insulator placed outside is increased, the surface temperature will change more gradually in the daytime. At night, however, the surface temperature of the insulator regardless of the thickness will reduce to the same level. All the tests in the case of controllable temperature indoor and non-controllable temperature indoor will generate similar result. However, the lower inside temperature will cause the external surface temperature to reduce to a lower level than the non-controllable temperature, since the rate of heat transfer will not change freely.

The result of this research can use as a guideline for the decision of external wall designed with low surface temperature by using the above mentioned.

ภาควิชา.....สถาปัตยกรรมศาสตร์

สาขาวิชา.....สถาปัตยกรรมศาสตร์

ปีการศึกษา.....2538

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รศ.ดร. สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำปรึกษาและข้อแนะนำอันเป็นประโยชน์ ตลอดจนสนใจใส่ใจในการทำวิทยานิพนธ์มาตั้งแต่ต้นจนงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้เป็นอย่างดี

นอกจากนี้ ผู้เขียนขอขอบคุณผู้บริหารของบริษัท ไทยซิมิสี จำกัด ทุกท่านที่ได้ให้โอกาสแก่ผู้เขียนในการศึกษาครั้งนี้ตลอดมา ตลอดจน คุณ โยชิฮารุ อิโรตะ ผู้บังคับบัญชาโดยตรง ที่กรุณาให้โอกาสแก่ผู้เขียนได้ใช้เวลาเต็มทีในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ได้อย่างเสร็จสมบูรณ์

สุดท้าย ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ เป็นอย่างสูงที่ได้สนับสนุนในด้านการเงินในการทำวิจัยส่วนหนึ่ง และให้โอกาสในการศึกษาหาความรู้มาโดยตลอด ขอขอบคุณ ภรรยา และ บุตร ของผู้เขียน ที่เป็นกำลังใจเสมอมาและได้ช่วยเหลือทุกอย่างตลอดการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ และ ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและไม่ได้กล่าวถึงมาในที่นี้ด้วย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตารางประกอบ.....	ฅ
สารบัญรูปประกอบ.....	ฉ
สารบัญแผนภูมิ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
สมมติฐานของการวิจัย.....	4
ระเบียบวิธีวิจัย.....	6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	11
บทที่ 2 การสำรวจแนวความคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	12
การตอบสนองของร่างกายมนุษย์ต่อภาวะแวดล้อม.....	12
Mean Radiant Temperature (MRT).....	14
Surface Conductance.....	15
การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของพื้นผิววัสดุ.....	16
ความจุความร้อน (Heat Capacity).....	18
Sol-Air Temperature.....	19
สมการที่ใช้คำนวณปริมาณความร้อนเข้าออกจากอาคาร.....	20
การลดอุณหภูมิผิวของอาคารโดยใช้ต้นไม้ปกคลุม.....	23
บทที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของวัสดุทดลองและเครื่องมือที่เลือกใช้ในการศึกษาวิจัย.....	24
ผนังที่ใช้ทดสอบ.....	24
สีที่ใช้ทาวัสดุ.....	33
ลักษณะโดยรวมของแต่ละ Unit ทดลอง.....	35
อาคารทดลอง.....	36
เครื่องมือเก็บข้อมูล.....	40
การติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ.....	43

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 4	
ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวภายนอกของผนังอาคาร.....	45
ขั้นตอนและหลักเกณฑ์ในการทดสอบสมมติฐาน.....	45
ผลการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวภายนอกของผนังทดลองและ	
การวิเคราะห์ผลการทดสอบ.....	52
บทที่ 5	
บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	140
ข้อเสนอแนะในการเลือกวัสดุสำหรับทำผนังใช้งานภายนอก.....	159
ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยครั้งต่อไป.....	162
รายการอ้างอิง	163
ประวัติผู้เขียน	164

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	Variation in surface heat flux for vertical surfaces at 26.5°c with different temperature of surrounding surface.....	16
ตารางที่ 2	Surface conductance for different 300 mm. Squire surface as affects by air movement.....	22
ตารางที่ 3	ข้อมูลจากการทดสอบด้วยการใช้แผ่นโฟมหนาเท่ากันติดตั้งกับอาคารทดลอง เพื่อทดสอบคุณสมบัติของอาคารทดลอง.....	45
ตารางที่ 4	ข้อมูลจากการทดสอบวัดอุณหภูมิภายนอกและภายในของผนังคอนกรีตที่มี ความหนาเท่ากันเพื่อทดสอบความเท่าเทียมกัน.....	46
ตารางที่ 5	แสดงจำนวนและลักษณะของผนังทดลองที่ใช้ทั้งหมด.....	48
ตารางที่ 6	การวิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุตามขั้นตอนที่ 4.1.....	52
ตารางที่ 7	การวิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุตามขั้นตอนที่ 10(4.1) อุณหภูมิภายใน อาคารทดลองปรับอากาศ.....	56
ตารางที่ 8	การวิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุตามขั้นตอนที่ 4.2.....	60
ตารางที่ 9	การวิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุตามขั้นตอนที่ 10(4.2) อุณหภูมิภายใน อาคารทดลองปรับอากาศ.....	64
ตารางที่ 10	การวิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุตามขั้นตอนที่ 4.3.....	68
ตารางที่ 11	การวิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุตามขั้นตอนที่ 10(4.3) อุณหภูมิภายใน อาคารทดลองปรับอากาศ.....	72
ตารางที่ 12	การวิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุตามขั้นตอนที่ 4.4.....	76
ตารางที่ 13	การวิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุตามขั้นตอนที่ 10(4.4) อุณหภูมิภายใน อาคารทดลองปรับอากาศ.....	80
ตารางที่ 14	การวิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุตามขั้นตอนที่ 5.....	84

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 15	การวิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุตามขั้นตอนที่ 10(5) อุณหภูมิภายในอาคาร ทดลองปรับอากาศ..... 88
ตารางที่ 16	การวิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุตามขั้นตอนที่ 6.1..... 92
ตารางที่ 17	การวิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุตามขั้นตอนที่ 10(6.1) อุณหภูมิภายใน อาคารทดลองปรับอากาศ..... 96
ตารางที่ 18	การวิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุตามขั้นตอนที่ 6.2..... 100
ตารางที่ 19	การวิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุตามขั้นตอนที่ 10(6.2) อุณหภูมิภายใน อาคารทดลองปรับอากาศ..... 104
ตารางที่ 20	การวิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุตามขั้นตอนที่ 7.1..... 108
ตารางที่ 21	การวิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุตามขั้นตอนที่ 10(7.1) อุณหภูมิภายใน อาคารทดลองปรับอากาศ..... 112
ตารางที่ 22	การวิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุตามขั้นตอนที่ 7.2..... 116
ตารางที่ 23	การวิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุตามขั้นตอนที่ 10(7.2) อุณหภูมิภายใน อาคารทดลองปรับอากาศ..... 120
ตารางที่ 24	การวิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุตามขั้นตอนที่ 8..... 124
ตารางที่ 25	การวิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุตามขั้นตอนที่ 10(8) อุณหภูมิภายในอาคาร ทดลองปรับอากาศ..... 128
ตารางที่ 26	การวิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุตามขั้นตอนที่ 9..... 132
ตารางที่ 27	การวิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุตามขั้นตอนที่ 10(9) อุณหภูมิภายในอาคาร ทดลองปรับอากาศ..... 136
ตารางที่ 28	ตารางเปรียบเทียบค่าความต้านทานของโพนี่เพิ่มขึ้นตามความหนาเทียบกับ ผนังคอนกรีต..... 150

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1	ภาพจำลองการตอบสนองของร่างกายมนุษย์ต่อสภาวะแวดล้อม..... 12
ภาพที่ 2	แสดงหลักการคำนวณ MRT..... 14
ภาพที่ 3	Radiant heat penetration into a solid object..... 17
ภาพที่ 4	ขนาดของคอนกรีตหนาต่าง ๆ กันที่ใช้ในการทดลอง..... 25
ภาพที่ 5	ลักษณะของคอนกรีตพื้นผิวต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง..... 26
ภาพที่ 6	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ใช้ในการทดลอง..... 27
ภาพที่ 7	การผสมคอนกรีตด้วยอัตราส่วนที่คงที่ในครั้งเดียวเพื่อหล่อคอนกรีตเป็นผนังทดลอง ทุกชั้นที่ใช้เปรียบเทียบกันในแต่ละสมมติฐาน..... 28
ภาพที่ 8	ผนังทดลองที่เป็นคอนกรีตซึ่งหล่อเสร็จแล้วควบคุมปริมาตรของคอนกรีตให้เท่ากัน โดยการดวงเทลงแบบหล่อในจำนวนเท่า ๆ กัน..... 29
ภาพที่ 9	ขนาดของโฟมหนาต่าง ๆ กันที่ใช้ในการทดลอง..... 31
ภาพที่ 10	ลักษณะการติดโฟมกับผนังคอนกรีตในลักษณะต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง..... 32
ภาพที่ 11	การติดตั้งฉนวนกับวัสดุทดลองเพื่อป้องกันความร้อนด้านข้าง..... 34
ภาพที่ 12	การอุดรอยต่อระหว่างวัสดุทดลองกับฉนวนทั้ง 4 ด้านด้วยซิลิโคน..... 35
ภาพที่ 13	การอุดรอยรั่วของอาคารทดลองด้วยซิลิโคนหลังการติดตั้งผนังทดลอง..... 35
ภาพที่ 14	ลักษณะทั่วไปของอาคารทดลอง..... 36
ภาพที่ 15	ลักษณะภายในอาคารทดลอง..... 37
ภาพที่ 16	สภาพท้องฟ้าในตอนกลางวันโดยทั่วไประหว่างทำการทดลอง..... 38
ภาพที่ 17	สภาพท้องฟ้าตอนกลางคืนโดยทั่วไประหว่างทำการทดลอง..... 38
ภาพที่ 18	การทำการเก็บข้อมูลในเวลากลางวัน..... 39
ภาพที่ 19	การทำการเก็บข้อมูลในเวลากลางคืน..... 39
ภาพที่ 20	เครื่องมือ Campbell Scientific Data Logger..... 41
ภาพที่ 21	เครื่องมือ Temperature Switcher ที่ใช้ในการทดลอง..... 41
ภาพที่ 22	การติดตั้งสายวัดอุณหภูมิอากาศภายนอก..... 42
ภาพที่ 23	การติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ Thermo Couple Type "J" กับผนังทดลอง..... 42
ภาพที่ 24	ขั้นตอนการพันสาย Thermo Couple..... 43
ภาพที่ 25	แสดงการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิกับผนังที่ผิวไม่เรียบ..... 44
ภาพที่ 26	กรณีตัวอย่างการใช้งานจริง (1)..... 159
ภาพที่ 27	กรณีตัวอย่างการใช้งานจริง (2)..... 160

สารบัญแผนภูมิ

		หน้า
แผนภูมิที่ 17	แผนภูมิเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกคอนกรีตเบา 4", โฟม 4" และอากาศภายนอกในสภาวะปรับอากาศ.....	74
แผนภูมิที่ 18	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าแตกต่างกับอุณหภูมิอากาศของอุณหภูมิผิวภายนอกคอนกรีตเบาหนา 4" และ โฟมหนา 4" ในสภาวะปรับอากาศ.....	75
แผนภูมิที่ 19	แผนภาพแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของคอนกรีตเบาหนา 10Cm. กับคอนกรีตหนา 10Cm.....	77
แผนภูมิที่ 20	แผนภูมิเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกคอนกรีตเบา 4" และคอนกรีตหนา 4" และอากาศภายนอกในสภาวะไม่ปรับอากาศ.....	78
แผนภูมิที่ 21	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าแตกต่างกับอุณหภูมิอากาศของอุณหภูมิผิวภายนอกคอนกรีตเบาหนา 4" และคอนกรีตหนา 4" ในสภาวะไม่ปรับอากาศ.....	79
แผนภูมิที่ 22	แผนภาพแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของคอนกรีตเบาหนา 10Cm. กับคอนกรีตหนา 10Cm. ในสภาวะปรับอากาศ.....	81
แผนภูมิที่ 23	แผนภูมิเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกคอนกรีตเบา 4" และคอนกรีตหนา 4" และอากาศภายนอกในสภาวะปรับอากาศ.....	82
แผนภูมิที่ 24	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าแตกต่างกับอุณหภูมิอากาศของอุณหภูมิผิวภายนอกคอนกรีตเบาหนา 4" และคอนกรีตหนา 4" ในสภาวะปรับอากาศ.....	83
แผนภูมิที่ 25	แผนภาพแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของคอนกรีตที่มีพื้นผิวหยาบต่าง ๆ กัน.....	85
แผนภูมิที่ 26	แผนภูมิเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกคอนกรีตผิวร่อง 15mm., 10mm., 5mm. ในสภาวะไม่ปรับอากาศ.....	86
แผนภูมิที่ 27	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าแตกต่างกับอุณหภูมิอากาศของอุณหภูมิผิวภายนอกคอนกรีตผิวร่อง 15mm., 10mm., 5mm. ในสภาวะไม่ปรับอากาศ.....	87
แผนภูมิที่ 28	แผนภาพแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของคอนกรีตที่มีพื้นผิวหยาบต่าง ๆ กันในสภาวะปรับอากาศ.....	89
แผนภูมิที่ 29	แผนภูมิเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกคอนกรีตผิวร่อง 15mm., 10mm., 5mm. ในสภาวะปรับอากาศ.....	90
แผนภูมิที่ 30	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าแตกต่างกับอุณหภูมิอากาศของอุณหภูมิผิวภายนอกคอนกรีตผิวร่อง 15mm., 10mm., 5mm. ในสภาวะไม่ปรับอากาศ.....	91
แผนภูมิที่ 31	แผนภาพแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของคอนกรีตทาสีดำและทาสีขาวในสภาวะไม่ปรับอากาศ.....	93
แผนภูมิที่ 32	แผนภูมิเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของคอนกรีตทาสีดำและทาสีขาวในสภาวะไม่ปรับอากาศ.....	94

สารบัญแผนภูมิ

	หน้า
แผนภูมิที่ 49	แผนภาพแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของโพนหนา 2" ทาสี Aluminized และ ไม่ทาสีในสภาวะไม่ปรับอากาศ..... 117
แผนภูมิที่ 50	แผนภูมิเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของโพนหนา 2" ทาสี Aluminized และ ไม่ทาสีในสภาวะไม่ปรับอากาศ..... 118
แผนภูมิที่ 51	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าแตกต่างกับอุณหภูมิอากาศของอุณหภูมิผิวภายนอก โพนทาสี Aluminized และ ไม่ทาสีในสภาวะไม่ปรับอากาศ..... 119
แผนภูมิที่ 52	แผนภาพแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของโพนหนา 2" ทาสี Aluminized และ ไม่ทาสีในสภาวะปรับอากาศ..... 121
แผนภูมิที่ 53	แผนภูมิเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของโพนหนา 2" ทาสี Aluminized และ ไม่ทาสีในสภาวะปรับอากาศ..... 122
แผนภูมิที่ 54	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าแตกต่างกับอุณหภูมิอากาศของอุณหภูมิผิวภายนอก โพนทาสี Aluminized และ ไม่ทาสีในสภาวะปรับอากาศ..... 123
แผนภูมิที่ 55	แผนภาพแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของผนังคอนกรีตติดโพน หนา 10 Cm.เปรียบเทียบระหว่างติดโพนภายนอกและติดโพนภายใน ในสภาวะไม่ปรับอากาศ..... 125
แผนภูมิที่ 56	แผนภูมิเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของผนังคอนกรีตติดโพน หนา 10 Cm.เปรียบเทียบระหว่างติดโพนภายนอกและติดโพนภายใน ในสภาวะไม่ปรับอากาศ..... 126
แผนภูมิที่ 57	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าแตกต่างกับอุณหภูมิอากาศของอุณหภูมิผิวภายนอก คอนกรีตติดโพนด้านนอกและคอนกรีตติดโพนด้านใน ในสภาวะไม่ปรับอากาศ..... 127
แผนภูมิที่ 58	แผนภาพแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของผนังคอนกรีตติดโพน หนา 10 Cm.เปรียบเทียบระหว่างติดโพนภายนอกและติดโพนภายใน ในสภาวะปรับอากาศ..... 129
แผนภูมิที่ 59	แผนภูมิเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของผนังคอนกรีตติดโพน หนา 10 Cm.เปรียบเทียบระหว่างติดโพนภายนอกและติดโพนภายใน ในสภาวะปรับอากาศ..... 130
แผนภูมิที่ 60	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าแตกต่างกับอุณหภูมิอากาศของอุณหภูมิผิวภายนอก คอนกรีตติดโพนด้านนอกและคอนกรีตติดโพนด้านใน ในสภาวะปรับอากาศ..... 131
แผนภูมิที่ 61	แผนภาพแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของผนังคอนกรีตติดโพน ความหนาต่าง ๆ กัน และ ไม่ติดโพน ในสภาวะไม่ปรับอากาศ..... 133

สารบัญแผนภูมิ

	หน้า	
แผนภูมิที่ 62	แผนภูมิเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของผนังคอนกรีตติดโฝม หน้า 1°,2°,3° ด้านนอก และไม่ติดโฝมในสภาวะไม่ปรับอากาศ.....	134
แผนภูมิที่ 63	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าแตกต่างกับอุณหภูมิอากาศของอุณหภูมิผิวภายนอก ผนังคอนกรีตติดโฝมหน้า 1°,2°,3° ด้านนอกและ ไม่ติดโฝม ในสภาวะไม่ปรับอากาศ.....	135
แผนภูมิที่ 64	แผนภาพแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของผนังคอนกรีตติดโฝม ความหนาต่าง ๆกัน และ ไม่ติดโฝม ในสภาวะปรับอากาศ.....	137
แผนภูมิที่ 65	แผนภูมิเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของผนังคอนกรีตติดโฝม หน้า 1°,2°,3° ด้านนอก และไม่ติดโฝมในสภาวะปรับอากาศ.....	138
แผนภูมิที่ 66	แผนภูมิเปรียบเทียบค่าแตกต่างกับอุณหภูมิอากาศของอุณหภูมิผิวภายนอก ผนังคอนกรีตติดโฝมหน้า 1°,2°,3° ด้านนอกและ ไม่ติดโฝม ในสภาวะปรับอากาศ.....	139
แผนภูมิที่ 67	เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิผิวนอกเฉลี่ยคอนกรีตความหนาต่าง ๆกัน	143
แผนภูมิที่ 68	เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิผิวนอกเฉลี่ยคอนกรีตความหนาต่าง ๆกัน ในสภาวะปรับอากาศ.....	144
แผนภูมิที่ 69	เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิผิวนอกเฉลี่ยโฝมความหนาต่าง ๆกัน.....	146
แผนภูมิที่ 70	เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิผิวนอกเฉลี่ยโฝมความหนาต่าง ๆกัน ในสภาวะปรับอากาศ.....	148
แผนภูมิที่ 71	เปรียบเทียบค่าแตกต่างกับอุณหภูมิภายนอกของอุณหภูมิผิวนอกโดยเฉลี่ย คอนกรีตที่มีพื้นที่ผิวต่าง ๆกัน.....	150
แผนภูมิที่ 72	เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิผิวนอกเฉลี่ยโฝมทาสีAluminizedและไม่ทาสี.....	155
แผนภูมิที่ 73	เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิผิวนอกเฉลี่ยโฝมหนาต่าง ๆกันติดผนังคอนกรีตภายนอก	158