การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบกับโซนสบาย

นางสาว อโณทัย ธนะเจริญกิจ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-13-1318-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 19841826

A STUDY OF MEAN RADIANT TEMPERATURE FOR THERMAL COMFORT

Miss Anothai Thanachareonkit

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Architecture in Building Tecnology

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2000

ISBN 974-13-1318-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบกับโซนสบาย
โดย	นางสาว อโณทัย ธนะเจริญกิจ
สาขาวิชา	เทคโนโลยีอาคาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. วีระ สัจกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์)

.....กรรมการ

(นาย พรชัย ศรีประเสริฐ)

.....กรรมการ

(นาย ปราโมทย์ เอี่ยมศิริ)

อโณทัย ธนะเจริญกิจ: การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบกับโซนสบาย.
(A STUDY OF MEAN RADIANT TEMPERATURE FOR THERMAL COMFORT)
อ. ที่ปรึกษา: ศาสตราจารย์.ดร.สุนทร บุญญาธิการ, 104 หน้า. ISBN 974-13-1318-7.

ประเทศไทยอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้นและมีสภาพภูมิอากาศส่วนใหญ่ตลอดทั้งปีอยู่นอกโซนสบาย การปรับสภาพแวดล้อมภายในของอาคารเพื่อทำให้มนุษย์รู้สึกสบายมากขึ้นสามารถทำได้โดยการปรับเปลี่ยนปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกของมนุษย์ซึ่งปัจจัยหนึ่งที่สำคัญคืออุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ(MRT)หรืออุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ประการแรกคือเพื่อศึกษาค้นคว้าตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย ประการที่2คือนำตัวแปรดังกล่าวมาศึกษาและวิเคราะห์ถึงผลที่มีต่ออุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย สุดท้ายนำผลจากการวิจัยมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบ การวิจัยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ขั้นตอนที่1คือ การศึกษาตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยการทดลอง ขั้นตอนที่2คือการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในสภาพแวดล้อมจริงและขั้นตอนที่3คือการวิเคราะห์ผลการวิจัย ในขั้นตอนการศึกษาตัวแปร ตัวแปรที่นำมาทดสอบคือ มวลสารของผนัง ทิศทางของผนัง การถ่ายเทอากาศของอาคารทดลอง อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ มุมเอียงของหลังคา และสัดส่วนของอาคาร

ผลการวิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยจากการทดลอง โดยแยกเป็นช่วงเวลากลางวันและช่วงเวลากลางคืนพบว่า

ในเวลากลางวัน เมื่อเปรียบเทียบมวลสารของผนัง ในช่วงที่อุณหภูมิอากาศสูงสุดอาคารที่มีผนังมวลสารมากมีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยต่ำกว่าอาคารที่มีผนังมวลสารน้อยประมาณ 13 องศาเซลเซียส ในส่วนของทิศทางของผนังปรากฏว่าผนังทางทิศเหนือจะมีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยต่ำกว่าผนังทิศทางอื่นๆ ในขณะที่การทดลองเรื่องอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์พบว่าผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงมีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยลดลงประมาณ 6 องศาเซลเซียส ในกรณีที่มีการถ่ายเทอากาศ การถ่ายเทอากาศจะทำให้อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยลดลงในอาคารที่มีผนังมวลสารน้อยและมากขึ้นในอาคารที่มีผนังมวลสารมาก ผลจากมุมเอียงของหลังคา ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยจะลดลงเมื่อหลังคามีมุมเอียงมากขึ้น ในเรื่องอิทธิพลของความสูง ถ้าอาคารมีความสูงเพิ่มขึ้นจะทำให้อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยลดลง

ในเวลากลางคืน เมื่อพิจารณามวลสารของผนัง อาคารที่มีผนังมวลสารน้อยมีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยต่ำกว่าอาคารที่มีผนังมวลสารมาก ในเรื่องทิศทางของผนัง ปรากฏว่าในอาคารที่มีผนังมวลสารน้อยทิศทางจะไม่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ย ในขณะที่การถ่ายเทอากาศจะทำให้อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยลดลงในอาคารที่มีผนังมวลสารมาก แต่ไม่มีอิทธิพลในอาคารที่มีผนังมวลสารน้อย จากการทดลองเรื่องมุมเอียงของหลังคา พบว่าหลังคามุมเอียงมากขึ้นจะสูญเสียความร้อนให้ท้องฟ้าได้น้อยลงและส่งผลให้มีอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยต่ำลง

ผลการวิจัยสรุปว่าในการลดอุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยในอาคารที่ไม่มีการปรับอากาศสามารถทำได้โดย1) การเพิ่มมวลสาร 2) การใช้หลังคามุมเอียงมาก 3) การใช้การถ่ายเทอากาศ 4) การลดอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ 5) การใช้หลังคาที่มีเพดานสูง ผลสรุปจากการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการใช้งานและปรับสภาวะแวดล้อมภายในให้อยู่ใกล้โซนสบายมากที่สุด

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....อโณทัย ธนะเจริญกิจ.....

สาขาวิชา เทคโนโลยีอาคาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2543

##4274179225: MAJOR BUILDING TECHNOLOGY
KEY WORD: MRT / MEAN RADIANT TEMPERATURE / THERMAL COMFORT

ANOTHAI THANACHAREONKIT: A STUDY OF MEAN RADIANT TEMPERATURE FOR THERMAL COMFORT. THESIS ADVISOR: PROFESSOR SOONTORN BOONYATIKARN, Ph.D., 104pp. ISBN974-13-1318-7.

Thailand has a hot-humid climate. The climate is considered out of thermal comfort zone almost all year round. In order to achieve an inside environment thermal comfort, the Mean Radiant Temperature (MRT) can be modified. The objectives of this research are, firstly, to find the factors that have influences on the MRT, secondly, to study and analyze the effects of these factors on the MRT and, finally, to use the research results as architectural design guidelines. The research is divided into 3 stages: first, studying the factors that have effects on the MRT by using simulated buildings, second, studying the influences of these factors in actual environments and third, analyzing the research results obtained for the study process. The variables used in the experimental process include the wall mass, wall direction, ventilation, influences of the sun radiation, roof angle and proportion of the building.

Having analyzed the factors that have effects on the MRT from the simulated buildings.In daytime and nighttime condition are discussed separately.

During the daytime, the results can concluded as follows. Considering the wall mass, when the ambient air temperature is higher, a high-massed wall can reduce the MRT by 13 °C when comparing with the low-massed condition. In respect to the wall orientation, it is found that the wall on the north side has lower MRT than the others. While the wall, which exposed to diffuse radiation, can reduce the MRT by 6 °C. In case of the ventilation impact, the ventilation can reduce the MRT in the low-massed building but increase the MRT in the high-massed building. When studying the roof angle, it revealed that if the roof angle is increased, the MRT will decrease. While considering the building height, it is found that the high building can reduce the MRT.

During the nighttime, the wall with different in thermal mass, the low-massed building has lower MRT than the higher one, In the wall orientation study in low-massed building, the orientation has less effect on the MRT. While Ventilation reduce the MRT in high-massed building but no effect on low-massed building. About roof angle, it is found the high roof angle will increase the MRT.

In conclusion, this study revealed that in the building without air conditioning, the MRT can be reduced by 1) using the thermal mass 2) increasing the roof angle 3) providing the good ventilation 4) reducing the influences of direct radiation 5) increasing the ceilling height. The finding of this research can be used in architectural design in order to modify the interior environment and make it more appropriate for using the passive system.

Department	Architecture	Student's signature Anothai Thanachareonkit
Field of study	Building technology	Advisor's signature Soontorn Boonyatikarn
Academic year	2000	

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คุณย่า คุณป้า ที่สนับสนุนการศึกษาและวิจัยตลอดมา

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้และแนะนำแนวทางในการศึกษา

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์ศิลปวัฒนธรรมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยแที่กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ในการวิจัย

ขอขอบคุณพี่ๆและเพื่อนๆทุกคนที่ร่วมกันทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงโดยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฐ

สารบัญรูปประกอบ..... ฑ

สารบัญแผนภูมิ..... ด

บทที่ 1 1

บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

ขอบเขตของการวิจัย 2

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 4

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

วิธีดำเนินการวิจัย 4

บทที่ 2 6

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

แนวคิดและทฤษฎี 6

1.อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ หรือ MRT (Mean Radiant temperature) 6

1.1.MRT กับสภาวะน่าสบาย 7

1.2.สภาวะน่าสบาย (Thermal comfort) 8

1.3.Comfort Zone 9

2.การคำนวณMRT 9

2.1.การคำนวณMRTจากอุณหภูมิอากาศ และ อุณหภูมิGlobe 9

2.2.การคำนวณMRTจากการประมาณค่าจากค่าPlane Radiant temperature 10

2.3.การคำนวณMRTจากการประมาณค่าจากพื้นที่ผิว และอุณหภูมิผิว 10

3.อุณหภูมิพื้นผิว(Surface Temperature) 10

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.1.การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวของวัสดุ 10
4.Angle factor และวิธีการหา Angle factor 11
4.1.เมื่อผู้ใช้อาคารนั่งอยู่ภายในอาคาร 13
4.1.1.ผนังที่อยู่ข้างหน้า เหนือส่วนกลางของร่างกาย หรือ อยู่ข้างหลังต่ำกว่าส่วนกลางของร่างกาย 13
4.1.2.ผนังที่อยู่ข้างหน้า ต่ำกว่าส่วนกลางของร่างกาย หรือ อยู่ข้างหลังเหนือส่วนกลางของร่างกาย 14
4.1.3.ผนังที่อยู่ข้างหลัง เหนือส่วนกลางของร่างกาย หรือ อยู่ข้างหลังต่ำกว่าส่วนกลางของร่างกาย 15
4.1.4.ผนังที่อยู่ข้างหลัง ต่ำกว่าส่วนกลางของร่างกาย หรือ อยู่ข้างหลังเหนือส่วนกลางของร่างกาย 16
4.1.5.เพดานที่อยู่ข้างหน้าส่วนกลางร่างกายและพื้นที่อยู่ข้างหลังส่วนกลางของร่างกาย .. 17
4.1.6.เพดานที่อยู่ข้างหลังส่วนกลางร่างกายและพื้นที่อยู่ข้างหลังส่วนกลางของร่างกาย .. 18
4.2.เมื่อผู้ใช้อาคารนั่งอยู่ภายในอาคาร และรู้แต่ตำแหน่งของผู้ใช้อาคารไม่รู้ทิศทาง 19
4.2.1.ผนังที่อยู่เหนือส่วนกลางร่างกายหรือต่ำกว่าส่วนกลางของร่างกาย 19
4.2.2.เพดานและพื้น 20
4.3.เมื่อผู้ใช้อาคารยืนอยู่ภายในอาคาร 21
4.3.1.ผนังที่อยู่ข้างหน้า เหนือส่วนกลางของร่างกาย หรือ อยู่ข้างหลังต่ำกว่าส่วนกลางของร่างกาย และผนังที่อยู่ข้างหน้า ต่ำกว่าส่วนกลางของร่างกาย หรือ อยู่ข้างหลังเหนือส่วนกลางของร่างกาย 21
4.3.2.ผนังที่อยู่ด้านข้าง ข้างหน้า เหนือส่วนกลางของร่างกาย หรือ อยู่ข้างหลังต่ำกว่าส่วนกลางของร่างกาย 22
4.3.3.เพดานที่อยู่ข้างหน้าส่วนกลางร่างกายและพื้นที่อยู่ข้างหลังส่วนกลางของร่างกายและเพดานที่อยู่ข้างหลังส่วนกลางร่างกายและพื้นที่อยู่ข้างหลังส่วนกลางของร่างกาย 23
4.4.เมื่อผู้ใช้อาคารยืนอยู่ภายในอาคาร และรู้แต่ตำแหน่งของผู้ใช้อาคารไม่รู้ทิศทาง 24
4.4.1.ผนังที่อยู่เหนือส่วนกลางร่างกายหรือต่ำกว่าส่วนกลางของร่างกาย 24
4.4.2.เพดานและพื้น 25
5.การพิจารณา Mean Radiant Temperature ในการออกแบบเรือนไทย 26
5.1.ส่วนของหลังคา 26

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

5.1.1.วัสดุมุงหลังคา 26
5.2.1.รูปทรงและความลาดเอียงของหลังคา 27
5.2.ฝ่าเรือน 28
5.3.พื้นเรือน 29
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 29
1.การวิเคราะห์สภาวะน่าสบายและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องของอาคารสถาปัตยกรรมไทย 29
2.The effect of radiant heat exchange on thermal comfort in the work place 31

บทที่ 3 32
วิธีดำเนินการวิจัย 32
ขั้นตอนที่ 1 32
ขั้นตอนที่ 2 33
1.เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 33
2.วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ 36
3.การปรับเทียบหัววัดอุณหภูมิ 39
4.การติดตั้งหัววัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง 39
5.การทดลองชุดที่ 1 วิเคราะห์ผลกระทบของผนังที่มีมวลสารต่างกันที่มีผลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบที่มีผนังด้านที่มีมวลสารต่างกันหันไปทางทิศใต้ 41
6.การทดลองชุดที่ 2 วิเคราะห์ผลกระทบของทิศทางของผนังมวลสารน้อยที่มีผลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ(MRT) โดยผนังมวลสารน้อยจะหันไปทิศทางต่างๆ คือ ทิศตะวันออก ทิศเหนือ ทิศใต้ และทิศตะวันตก 43
7.การทดลองชุดที่ 3 วิเคราะห์ผลกระทบของทิศทางของผนังมวลสารมากที่มีผลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ(MRT) โดยผนังมวลสารมากจะหันไปทิศทางต่างๆ คือ ทิศตะวันออก ทิศเหนือ ทิศใต้ และทิศตะวันตก 45
8.การทดลองชุดที่ 4 วิเคราะห์ผลกระทบของผนังมวลสารน้อยกับการที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการถ่ายเทอากาศที่มีผลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ(MRT)ที่มีผนังด้านต่างๆหันไปทางทิศใต้ 47

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

9.การทดลองชุดที่ 5 วิเคราะห์ผลกระทบของผนังมวลสารมากกับการที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการถ่ายเทอากาศที่มีผลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ(MRT)ที่มีผนังด้านต่างๆหันไปทางทิศใต้ 49
10.การทดลองชุดที่ 6 วิเคราะห์ผลกระทบของหลังคาที่มีมุมเอียงต่างๆ กัน คือหลังคาที่มุมเอียง30° 45° 60° 51
11.การทดลองชุดที่ 6 วิเคราะห์ผลกระทบของรูปทรงหลังคาที่มีผลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ(MRT)โดยมีรูปทรงหลังคาคือ หลังคาปั้นหยา หลังคาจั่ว และ หลังคาจั่วที่มีการบังเงา(self shading) 53
12.การทดลองชุดที่ 7 วิเคราะห์ผลกระทบของอาคารที่มีสัดส่วนต่างๆ กัน 55
13.กรณีศึกษา การวิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ(MRT)ของอาคารศูนย์ส่งเสริมศิลปวัฒนธรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 57
14.กรณีศึกษา การวิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ(MRT)ของพระอุโบสถวัดบัวขวัญ จังหวัดนนทบุรี..... 59
ขั้นตอนที่ 3..... 59
1.การทดลองชุดที่ 1 วิเคราะห์ผลกระทบของผนังที่มีมวลสารต่างกันที่มีผลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบที่มีผนังด้านที่มีมวลสารต่างกันหันไปทางทิศใต้ 59
2.การทดลองชุดที่ 2 วิเคราะห์ผลกระทบของทิศทางของผนังมวลสารน้อยที่มีผลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ(MRT) โดยผนังมวลสารน้อยจะหันไปทิศทางต่างๆ คือ ทิศตะวันออก ทิศเหนือ ทิศใต้ และทิศตะวันตก 60
3.การทดลองชุดที่ 3 วิเคราะห์ผลกระทบของทิศทางของผนังมวลสารมากที่มีผลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ(MRT) โดยผนังมวลสารมากจะหันไปทิศทางต่างๆ คือ ทิศตะวันออก ทิศเหนือ ทิศใต้ และทิศตะวันตก 60
4.การทดลองชุดที่ 4 วิเคราะห์ผลกระทบของผนังมวลสารน้อยกับการที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการถ่ายเทอากาศที่มีผลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ(MRT)ที่มีผนังด้านต่างๆหันไปทางทิศใต้ 60
5.การทดลองชุดที่ 5 วิเคราะห์ผลกระทบของผนังมวลสารมากกับการที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการถ่ายเทอากาศที่มีผลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ(MRT)ที่มีผนังด้านต่างๆหันไปทางทิศใต้ 60

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

6.การทดลองชุดที่ 6 วิเคราะห์ผลกระทบของหลังคาที่มีมุมเอียงต่างๆ กัน คือหลังคาที่มุมเอียง30° 45° 60° 60
7.การทดลองชุดที่ 6 วิเคราะห์ผลกระทบของรูปทรงหลังคาที่มีผลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ(MRT)โดยมีรูปทรงหลังคาคือ หลังคาปั้นหยา หลังคาจั่ว และ หลังคาจั่วที่มีการบังเงา(self shading) 60
8.การทดลองชุดที่ 7 วิเคราะห์ผลกระทบของอาคารที่มีสัดส่วนต่างๆ กัน 60
9.กรณีศึกษา การวิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ(MRT)ของอาคารศูนย์ส่งเสริมศิลปวัฒนธรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 61
10.กรณีศึกษา การวิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ(MRT)ของพระอุโบสถวัดบัวขวัญ จังหวัดนนทบุรี 61

บทที่ 4 62
การวิเคราะห์และประเมินผล 62
การทดสอบความเชื่อถือของเครื่องมือวัดอุณหภูมิ 62
การวิเคราะห์ผลกระทบของตัวแปรที่ต่างกันของผนังที่มีผลต่อMRT 66
1.การทดลองชุดที่ 1 วิเคราะห์ผลกระทบของผนังที่มีมวลสารต่างกันที่มีผลต่อMRTที่มีผนังด้านที่มีมวลสารต่างกันหันไปทางทิศใต้ 66
2.การทดลองชุดที่ 2 วิเคราะห์ผลกระทบของทิศทางของผนังมวลสารน้อยที่มีผลต่อMRT โดยผนังมวลสารน้อยจะหันไปทิศทางต่างๆ คือ ทิศตะวันออก ทิศเหนือ ทิศใต้ และทิศตะวันตก 70
3.การทดลองชุดที่ 3 วิเคราะห์ผลกระทบของทิศทางของผนังมวลสารมากที่มีผลต่อMRT โดยผนังมวลสารมากจะหันไปทิศทางต่างๆ คือ ทิศตะวันออก ทิศเหนือ ทิศใต้ และทิศตะวันตก 73
4.การทดลองชุดที่ 4 วิเคราะห์ผลกระทบของผนังมวลสารน้อยกับการที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการถ่ายเทอากาศที่มีผลต่อMRTที่มีผนังด้านต่างๆหันไปทางทิศใต้ . 76
5.การทดลองชุดที่ 5 วิเคราะห์ผลกระทบของผนังมวลสารมากกับการที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการถ่ายเทอากาศที่มีผลต่อMRTที่มีผนังด้านต่างๆหันไปทางทิศใต้ . 80

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

6.การทดลองชุดที่ 6 วิเคราะห์ผลกระทบของหลังคาที่มีมุมเอียงต่างๆ กัน คือหลังคาที่มุมเอียง30° 45 ° 60 ° 84
7.การทดลองชุดที่ 6 วิเคราะห์ผลกระทบของรูปทรงหลังคาที่มีผลต่อMRTโดยมีรูปทรงหลังคาคือ หลังคาปั้นหยา หลังคาจั่ว และ หลังคาจั่วที่มีการบังเงา(self shading) 87
8.การทดลองชุดที่ 7 วิเคราะห์ผลกระทบของอาคารที่มีสัดส่วนต่างๆ กัน..... 90
9.การเปรียบเทียบMRTของอาคารศูนย์ส่งเสริมศิลปวัฒนธรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 93
10.การเปรียบเทียบMRTของพระอุโบสถวัดบัวขวัญ จังหวัดนนทบุรี 96
บทที่ 5..... 99
บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 99
บทสรุป..... 99
1.มวลสารของผนัง..... 99
2.การใช้ที่บังแดดเพื่อไม่ให้ผนังได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง 99
3.การใช้การถ่ายเทของอากาศ..... 99
4.ทิศทางของผนัง 100
5.มุมของหลังคา..... 100
6.รูปทรงของหลังคา..... 100
7.สัดส่วนของอาคาร 100
8.กรณีศึกษาอาคารศูนย์ส่งเสริมศิลปวัฒนธรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย..... 101
9.กรณีศึกษาพระอุโบสถวัดบัวขวัญ 101
การนำไปประยุกต์ใช้..... 102
ข้อเสนอแนะ..... 102
รายการอ้างอิง..... 103
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 104

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่4. 1 แสดงการปรับค่าอุณหภูมิที่หัววัดเทอร์มิสเตอร์อ่านได้ก่อนจะนำไปใช้ โดยการนำไปหาความถดถอยและ ปรับค่าตามสมการถดถอยที่หาได้ เพื่อใช้ปรับค่าอุณหภูมิที่อ่านได้ให้มีค่าใกล้เคียงกัน 63

ตารางที่4. 2 แสดงการปรับค่าอุณหภูมิที่หัววัดเทอร์มิสเตอร์อ่านได้ก่อนจะนำไปใช้ โดยการนำไปหาความถดถอยและ ปรับค่าตามสมการถดถอยที่หาได้ เพื่อใช้ปรับค่าอุณหภูมิที่อ่านได้ให้มีค่าใกล้เคียงกัน 64

สารบัญรูปประกอบ

รูป หน้า

รูปที่2. 1 แสดงการคิดMRTจากห้องสมมติ 6
รูปที่2. 2อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (Metabolism Rate) ในกิจกรรมต่างๆ 8
รูปที่2. 3เสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clo-Value) 8
รูปที่2. 4แผนภาพแสดง โซนสบาย 9
รูปที่2. 5 แสดงการแบ่งพื้นผิวของห้อง 12
รูปที่2. 6แผนภาพในการใช้หา angle factor ของผนังที่อยู่ข้างหน้า เหนือส่วนกลางของร่างกาย หรือ อยู่ข้างหลังต่ำกว่าส่วนกลางของร่างกาย 13
รูปที่2. 7แผนภาพในการใช้หา angle factor ของ ผนังที่อยู่ข้างหน้า ต่ำกว่าส่วนกลางของร่างกาย หรือ อยู่ข้างหลังเหนือส่วนกลางของร่างกาย 14
รูปที่2. 8 แผนภาพในการใช้หา angle factor ของ ผนังที่อยู่ข้างหลัง เหนือส่วนกลางของร่างกาย หรือ อยู่ข้างหลังต่ำกว่าส่วนกลางของร่างกาย 15
รูปที่2. 9 แผนภาพในการใช้หา angle factor ของ ผนังที่อยู่ข้างหลัง ต่ำกว่าส่วนกลางของร่างกาย หรือ อยู่ข้างหลังเหนือส่วนกลางของร่างกาย 16
รูปที่2. 10 แผนภาพในการใช้หา angle factor ของ เพดานที่อยู่ข้างหน้าส่วนกลางร่างกายและพื้นที่อยู่ข้างหลังส่วนกลางของร่างกาย 17
รูปที่2. 11แผนภาพในการใช้หา angle factor ของ เพดานที่อยู่ข้างหลังส่วนกลางร่างกายและพื้นที่อยู่ข้างหลังส่วนกลางของร่างกาย 18
รูปที่2. 12แผนภาพในการใช้หา angle factor ของ ผนังที่อยู่เหนือส่วนกลางร่างกายหรือต่ำกว่าส่วนกลางของร่างกาย 19
รูปที่2. 13แผนภาพในการใช้หา angle factor ของ เพดานและพื้น 20
รูปที่2. 14 แผนภาพในการใช้หา angle factor ของ ผนังที่อยู่ข้างหน้า เหนือส่วนกลางของร่างกาย หรือ อยู่ข้างหลังต่ำกว่าส่วนกลางของร่างกาย และผนังที่อยู่ข้างหน้า ต่ำกว่าส่วนกลางของร่างกาย หรือ อยู่ข้างหลังเหนือส่วนกลางของร่างกาย 21
รูปที่2. 15แผนภาพในการใช้หา angle factor ของ ผนังที่อยู่ด้านข้าง ข้างหน้า เหนือส่วนกลางของร่างกาย หรือ อยู่ข้างหลังต่ำกว่าส่วนกลางของร่างกาย 22
รูปที่2. 16แผนภาพในการใช้หา angle factor ของ เพดานที่อยู่ข้างหน้าส่วนกลางร่างกายและพื้นที่อยู่ข้างหลังส่วนกลางของร่างกายและเพดานที่อยู่ข้างหลังส่วนกลางร่างกายและพื้นที่อยู่ข้างหลังส่วนกลางของร่างกาย 23

สารบัญรูปประกอบ(ต่อ)

รูป หน้า

รูปที่2. 17แผนภาพในการใช้หา angle factor ของ ผนังที่อยู่เหนือส่วนกลางร่างกายหรือต่ำกว่าส่วนกลางของร่างกาย 24
รูปที่2. 18แผนภาพในการใช้หา angle factor ของ เพดานและพื้น 25
รูปที่2. 19แสดงลักษณะหลังคาของเรือนเครื่องสับ 28
รูปที่3. 1เครื่องอ่านและบันทึกข้อมูล Data Logger ของ Sciemetric Instruments System 200 Model 236 Hardware 33
รูปที่3. 2สายวัดอุณหภูมิ 33
รูปที่3. 3หัววัดอุณหภูมิ Thermister ขนาดความต้านทาน 10 กิโลโอห์ม 34
รูปที่3. 4แผนภาพการต่ออุปกรณ์ในการวัดอุณหภูมิ 34
รูปที่3. 5ขนาดของกล่องทดลอง 35
รูปที่3. 6กล่องทดลอง 35
รูปที่3. 7แสดงขนาดของฝ้าไม้ 36
รูปที่3. 8ฝ้าไม้ที่นำมาใช้ในการทดลอง 36
รูปที่3. 9แสดงขนาดของผนังอิฐมอญที่นำมาใช้ในการทดลอง 36
รูปที่3. 10แสดงขนาดของผนังคอนกรีตที่นำมาใช้ในการทดลอง 36
รูปที่3. 11แสดงขนาดของผนังคอนกรีตที่นำมาใช้ในการทดลอง 37
รูปที่3. 12แสดงขนาดของฝ้าไม้ที่นำมาใช้ 37
รูปที่3. 13ฝ้าไม้ที่นำมาใช้ในการทดลอง 37
รูปที่3. 14แสดงขนาดของผนังคอนกรีตที่นำมาใช้ในการทดลอง 37
รูปที่3. 15รูปทรงของหลังคาที่ใช้ในการวิจัย 38
รูปที่3. 16รูปทรงของอาคารที่ใช้ในการวิจัย 38
รูปที่3. 17การปรับเทียบหัววัดอุณหภูมิเทอร์มิสเตอร์ในอุณหภูมิต่างๆกัน 39
รูปที่3. 18การติดตั้งหัววัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองที่เป็นผนังไม่มีการถ่ายเทของอากาศ 39
รูปที่3. 19การติดตั้งหัววัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองที่เป็นผนังมีการถ่ายเทของอากาศ 40
รูปที่3. 20ผังการจัดวางกล่องทดลอง 41
รูปที่3. 21การตำแหน่งของหัววัดเทอร์มิสเตอร์ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิต่างๆ 42
รูปที่3. 22ผังการจัดวางกล่องทดลอง 43
รูปที่3. 23การตำแหน่งของหัววัดเทอร์มิสเตอร์ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิต่างๆ 44
รูปที่3. 24ผังการจัดวางกล่องทดลอง 45

สารบัญรูปประกอบ(ต่อ)

รูป หน้า

รูปที่3. 25การตำแหน่งของหัววัดเทอร์มิสเตอร์ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิต่างๆ 46

รูปที่3. 26ผังการจัดวางกล่องทดลอง 47

รูปที่3. 27การตำแหน่งของหัววัดเทอร์มิสเตอร์ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิต่างๆ 48

รูปที่3. 28ผังการจัดวางกล่องทดลอง 49

รูปที่3. 29การตำแหน่งของหัววัดเทอร์มิสเตอร์ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิต่างๆ 50

รูปที่3. 30มุมของหลังคาที่ใช้ในการวิจัย 51

รูปที่3. 31มุมของหลังคาที่ใช้ในการวิจัย 53

รูปที่3. 32รูปทรงของอาคารที่ใช้ในการวิจัย 56

รูปที่3. 33ผังอาคารศูนย์ส่งเสริมศิลปวัฒนธรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 58

รูปที่4. 1แสดงการทดลองผลของมวลสารต่างๆที่มีผลต่อMRT 66

รูปที่4. 2แสดงการทดลองผลทิศทางของผนังมวลสารน้อยที่มีผลต่อMRT 70

รูปที่4. 3แสดงการทดลองผลทิศทางของผนังมวลสารมากที่มีผลต่อMRT 73

รูปที่4. 4แสดงการทดลองผลของการไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์และมีการถ่ายเทอากาศที่มีผลต่อ MRT 76

รูปที่4. 5แสดงการทดลองผลของการไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์และมีการถ่ายเทอากาศที่มีผลต่อ MRT 80

รูปที่4. 6แสดงการทดลองผลของมุมเอียงของหลังคา ที่มีผลต่อMRT 84

รูปที่4. 7แสดงการทดลองผลของรูปทรงหลังคา ที่มีผลต่อMRT 87

รูปที่4. 8แสดงสภาพแวดล้อมและลักษณะของอาคารศูนย์ส่งเสริมศิลปวัฒนธรรม 93

รูปที่4. 9แสดงสภาพแวดล้อมและลักษณะของซานของอาคารศูนย์ส่งเสริมศิลปวัฒนธรรม 95

รูปที่4. 10แสดงสภาพแวดล้อมและลักษณะของพระอุโบสถวัดบัวขวัญ 96

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิ หน้า

แผนภูมิที่4. 1แสดงค่าอุณหภูมิที่หัววัดเทอร์มิสเตอร์อ่านได้ก่อนจะนำมาปรับค่า.....62
แผนภูมิที่4. 2แสดงค่าอุณหภูมิที่ทดสอบความเชื่อถือและปรับค่าแล้ว.....65
แผนภูมิที่4. 3แสดงการเปรียบเทียบMRTที่เกิดขึ้นในกล่องผนังมวลสารต่างๆทิศใต้.....67
แผนภูมิที่4. 4แสดงการเปรียบเทียบMRTที่เกิดขึ้นในกล่องผนังมวลสารน้อยทิศต่างๆ.....71
แผนภูมิที่4. 5แสดงการเปรียบเทียบMRTที่เกิดขึ้นในกล่องผนังมวลสารมากทิศต่างๆ.....74
แผนภูมิที่4. 6แสดงการเปรียบเทียบMRTในกล่องผนังมวลสารน้อย.....77
แผนภูมิที่4. 7แสดงการเปรียบเทียบMRTในกล่องผนังมวลสารมาก.....82
แผนภูมิที่4. 8แสดงการเปรียบเทียบMRTในกล่องที่มีหลังคามุมเอียงต่างๆกัน.....85
แผนภูมิที่4. 9แสดงการเปรียบเทียบMRTในกล่องหลังคารูปทรงต่างๆ.....88
แผนภูมิที่4. 10แสดงการเปรียบเทียบMRTในกล่องอาคารรูปทรงต่างๆ.....91
แผนภูมิที่4. 11แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของเรือนไทย.....94
แผนภูมิที่4. 12แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของพระอุโบสถวัดบัวขวัญ.....97