

การประเมินประสิทธิภาพพนักงานอากรที่มีมวลสารปานกลางในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น



นายจอม ราชวนจร

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

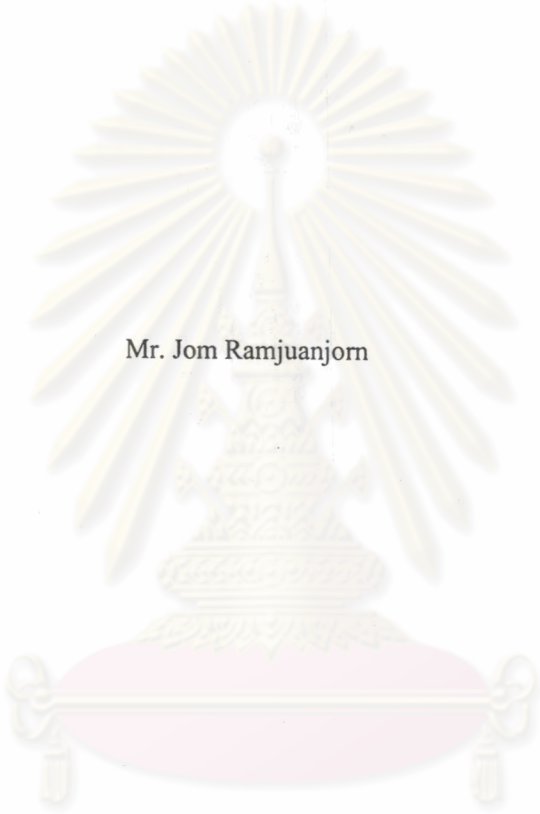
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-53-2397-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EVALUATION OF MEDIUM MASS EXTERNAL WALL EFFICIENCY IN AIR CONDITIONED  
BUILDING FOR HOT HUMID CLIMATE



Mr. Jom Ramjuanjorn

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic year 2005

ISBN 974-53-2397-7



จอม รุ่งจวนจร: การประเมินประสิทธิภาพผนังอาคารที่มีมวลสารปานกลางในสภาพภูมิอากาศเขตร้อนชื้น. (EVALUATION OF EXTERNAL MEDIUM MASS WALL EFFICIENCY IN AIR CONDITIONED BUILDING FOR HOT HUMID CLIMATE) อ. ที่ปรึกษา : ศ. ดร.สุนทร บุญญาริการ, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ผศ. ดร.อรรถนั ศรีษฐบุตร, 183 หน้า. ISBN 974-53-2397-7.

การวิจัยนี้เป็นการทดลองในสภาพการใช้งานจริง เพื่อศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนและความชื้นของผนังมวลสารปานกลาง (น้ำหนัก 51-195 กิโลกรัมต่อตารางเมตร) 4 ประเภท ในอาคารปรับอากาศ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U value) ระหว่าง 0.3-0.6 Btu/ hr.ft<sup>2</sup>.°F ได้แก่ 1) ผนังอิฐมอญหนา 4 นิ้ว (U = 0.56 Btu/ hr.ft<sup>2</sup>.°F) 2) ผนังคอนกรีตมวลเบา (U = 0.23 Btu/ hr.ft<sup>2</sup>.°F) 3) ผนังอิฐมอญหนา 4 นิ้วติดฉนวน 3"-EIFS (Exterior Insulation and Finished System) (U = 0.057 Btu/ hr.ft<sup>2</sup>.°F) 4) ผนังคอนกรีตมวลเบาติดฉนวน 3"-EIFS (U = 0.051 Btu/ hr.ft<sup>2</sup>.°F)

การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน พบว่า ผนังมวลสารปานกลาง มีระยะเวลาการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Time Lag) อยู่ระหว่าง 3-4 ชั่วโมง กรณีปรับอากาศ 24 ชั่วโมง ผนังมวลสารปานกลางที่ไม่ติดฉนวนและติดฉนวน สามารถลดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในช่วงสูงสุดลงได้ร้อยละ 30-40 และร้อยละ 80-85 ตามลำดับ กรณีเปิดเครื่องปรับอากาศช่วงเวลา 8:00-18:00 น. ผนังที่ติดฉนวน 3"-EIFS สามารถชะลอการถ่ายเทความร้อนสูงสุดให้เกิดขึ้นช่วงเวลา 18:00 น. โดยมีอัตราการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยของผนังอิฐมอญหนา 4 นิ้ว (14-17 Btu/hr.ft<sup>2</sup>) ผนังคอนกรีตมวลเบา (12 -13 Btu/hr.ft<sup>2</sup>) ผนังอิฐมอญหนา 4 นิ้วติดฉนวน 3"-EIFS (17-19 Btu/hr.ft<sup>2</sup>) และผนังคอนกรีตมวลเบาติดฉนวน 3"-EIFS (16-17 Btu/hr.ft<sup>2</sup>) กรณีเปิดเครื่องปรับอากาศช่วงเวลา 20:00-6:00 น. ผนังมวลสารปานกลางจะคายความร้อนที่สะสมในช่วงเวลากลางวัน ส่งผลต่อการเพิ่มภาระการทำความเย็นในช่วงเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศ โดยมีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงสุดของผนังอิฐมอญหนา 4 นิ้ว (7-8 Btu/hr.ft<sup>2</sup>) ผนังคอนกรีตมวลเบา (6-7 Btu/hr.ft<sup>2</sup>) ผนังอิฐมอญหนา 4 นิ้วติดฉนวน 3"-EIFS (5-6 Btu/hr.ft<sup>2</sup>) และผนังคอนกรีตมวลเบาติดฉนวน 3"-EIFS (4-5 Btu/hr.ft<sup>2</sup>) การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนขึ้นจากการรั่วซึมของอากาศพบว่า ผนังอิฐมอญหนา 4 นิ้ว และผนังคอนกรีตมวลเบา มีภาระการทำความเย็นจากการรั่วซึมของอากาศเฉลี่ย 1.76 และ 4.92 Btu/ hr.ft<sup>2</sup> ตามลำดับ เมื่อติดฉนวน 3"-EIFS ผนังอิฐมอญหนา 4 นิ้วและผนังคอนกรีตมวลเบา มีภาระการทำความเย็นจากการรั่วซึมของอากาศเฉลี่ยลดลง 1.13 และ 4.22 Btu/hr.ft<sup>2</sup> ตามลำดับ

ผลการวิจัยสรุปว่า กรณีปรับอากาศ 24 ชั่วโมง เมื่อไม่พิจารณาภาระการทำความเย็นในช่วงเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศ ผนังที่มีการติดฉนวน 3"-EIFS ของทุกมวลสารจะมีภาระการทำความเย็นใกล้เคียงกัน แต่ในกรณีเปิดปิดเครื่องปรับอากาศพบว่า ผนังมวลสารปานกลางจะมีภาระการทำความเย็นในช่วงเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศสูงกว่าผนังมวลสารน้อย 2 เท่า และต่ำกว่าผนังมวลสารมาก 1.5 เท่า

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์  
สาขาวิชา สถาปัตยกรรม  
ปีการศึกษา 2548

ลายมือชื่อนิติ..... จอม รุ่งจวนจร  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



## 4674109725 : MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORD: MEDIUM MASS EXTERNAL WALL / HEAT TRANSFER / AIR INFILTRATION

JOM RAMJUANJORN : EVALUATION OF MEDIUM MASS EXTERNAL WALL EFFICIENCY IN AIR CONDITIONED BUILDING FOR HOT HUMID CLIMATE.

THESIS ADVISOR : PROF. SOONTORN BOONYATIKARN, Ph.D., THESIS

COADVISOR : ASST. PROF. ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D., 178 pp. ISBN

974-53-2397-7.

This experimental research was conducted in actual conditions in order to investigate the heat and moisture transfer performances of medium-mass exterior walls (weighting between 51-195 kg/m<sup>2</sup>) in air-conditioned buildings. The heat transfer coefficients of the walls (U value) being tested are in the range of 0.3-0.6 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.<sup>0</sup>F. The experiment was performed in a test chamber for 4 types of exterior wall constructions, which are 1) 4" brick (U=0.56 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.<sup>0</sup>F), 2) lightweight concrete (U=0.23 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.<sup>0</sup>F), 3) 4" brick with 3"-EIFS (Exterior Insulation and Finished System) (U=0.057 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.<sup>0</sup>F), 4) lightweight concrete with 3"-EIFS (U=0.051 Btu/hr.ft<sup>2</sup>.<sup>0</sup>F).

The results indicated that the time lag of medium-mass walls is 3-4 hours. In the 24-hour air-conditioning mode, the use of medium-mass walls can reduce the maximum indoor/outdoor temperature differentials by 30-40%, whereas an addition of 3"-EIFS to the exteriors can reduce those temperature differentials by 80-85%. The exterior insulation also delays the peak cooling load until the evening, at 6:00 PM. In the case of daytime air-conditioning (8:00 AM-6:00 PM), the peak of heat transfer rates in Btu/hr.ft<sup>2</sup> for 4" brick wall is 14-17, lightweight concrete wall, 12-13, 4" brick wall with 3"-EIFS, 17-19, and lightweight concrete wall with 3"-EIFS, 16-17. For nighttime air-conditioning (8:00 PM-6:00 AM), it was found that all medium-mass walls normally release the heat accumulated during the daytime, causing a higher startup cooling load when air-conditioners are on in early evening. The average heat transfer rates were found to be 7-8 Btu/hr.ft<sup>2</sup> for 4" brick wall, 6-7 Btu/hr.ft<sup>2</sup> for lightweight concrete wall, 5-6 Btu/hr.ft<sup>2</sup> for 4" brick with 3"-EIFS, and 4-5 Btu/hr.ft<sup>2</sup> for lightweight concrete wall with 3"-EIFS. In terms of heat and moisture transfer caused by air infiltration, the average cooling loads in Btu/hr.ft<sup>2</sup> are 1.76 for 4" brick wall and 4.92 for lightweight concrete wall. If exterior insulation is applied, much lower values will be achieved. Latent cooling load reductions of 1.13 and 4.22 Btu/hr.ft<sup>2</sup> were found for 4" brick and lightweight concrete walls respectively.

In conclusion, comparing with low-mass and high-mass walls in a 24-hour air-conditioning period, if the startup A/C load is neglected; all medium-mass walls with at least 3"-EIFS have approximately the same amount of cooling loads. If A/C is turned on and off during the day, medium-mass walls have lower startup cooling loads than do low-mass walls by 2 times. When compared with high-mass walls, the startup cooling load in medium-mass walls is 1.5 times lower.

Department Architecture

Field of study Architecture

Academic year 2005

Student's signature..... Jom Ramjuanjorn

Advisor's signature.....

Co-advisor's signature.....

## กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้เป็นผลมาจากความกรุณาอนุเคราะห์ ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการดำเนินการจากผู้ที่เกี่ยวข้องมากมาย โดยเฉพาะศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญธิการ ที่ถ่ายทอดองค์ความรู้ทางวิชาการและให้คำปรึกษาในฐานะที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.วรศักดิ์ บูรณากาญจน์ ผศ.ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร ที่ร่วมแนะนำให้คำปรึกษาวิทยานิพนธ์ อ.ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ และคุณเกษา ชีระโกเมน ที่กรุณาสละเวลามาร่วมเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

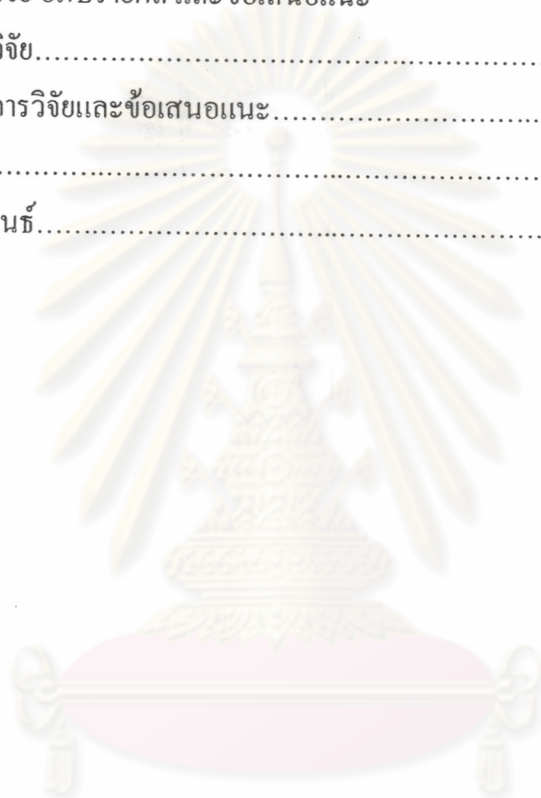
นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ พี่พรรณจิราและคุณพ่อ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและสนับสนุนแรงงานในการจัดสร้างอาคารทดลอง ขอขอบพระคุณคุณพิชัยสถาบัน AIT ที่ช่วยแนะนำเครื่องมือในการทดลอง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่บริษัท HHEM ทุกคนที่ร่วมในการจัดสร้างอาคารทดลอง ขอขอบคุณคุณรุ่งโรจน์ วงศ์มหาศิริ และคุณณรงค์ฤทธิ์ ที่ให้คำปรึกษาและกำลังใจโดยตลอด ขอขอบคุณพี่สมเกียรติ นครไทย ที่ช่วยเหลือในด้านเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ร่วมทุกข์ร่วมสุขในการทำงานวิจัยและเป็นกำลังใจให้กันเสมอมา สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้สนับสนุนทั้งกำลังใจ และงบประมาณ แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฅ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญแผนภูมิ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	2
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย.....	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การถ่ายเทความร้อน.....	7
2.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในการปรับอากาศที่เกิดจากผนัง.....	10
2.3 ภาวะการปรับอากาศที่เกิดจาก ความร้อนและความชื้นที่ถ่ายเทผ่านวัสดุผนัง.....	12
2.4 ความหมายและคุณสมบัติของความชื้น.....	17
2.5 การถ่ายเทความชื้น.....	19
2.6 อิทธิพลของความชื้น.....	20
2.7 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	29
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดลอง.....	33
3.2 การเตรียมอาคารทดลองเพื่อทดสอบวัสดุ.....	40
3.3 การเตรียมเครื่องมือและปรับค่าความถูกต้องเครื่องมือในการทดลอง.....	42
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	49
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	50

บทที่ 4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
4.1	อิทธิพลของปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีต่อพฤติกรรมกาถ่ายเทความร้อนและ ความชื้นของผนังที่มีมวลสารปานกลาง.....	56
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
5.1	สรุปผลการวิจัย.....	160
5.2	อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	173
	รายการอ้างอิง.....	176
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	178



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
ภาพที่ 3-1	แสดงการเตรียมผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว.....34
ภาพที่ 3-2	แสดงผนังคอนกรีตมวลเบา.....35
ภาพที่ 3-3	แสดงการติดตั้งฉนวน โฟม EPS เข้ากับผนังทดสอบ.....39
ภาพที่ 3-4	แสดงแปลนอาคารทดลอง.....40
ภาพที่ 3-5	แสดงรูปตัดอาคารทดลอง.....41
ภาพที่ 3-6	แสดงการติดตั้งฉนวนใยแก้วเหนือฝ้าเพดานและการพันฉนวน โฟมที่พื้นอาคาร.... 41
ภาพที่ 3-7	แสดงอาคารทดลองขณะทำการก่อสร้างและอาคารที่สร้างพร้อมทำการทดลอง.....42
ภาพที่ 3-8	แสดงภาพ Scienmetric Data Logger ขณะเก็บข้อมูลซึ่งต้อง Online ตลอดเวลา.....43
ภาพที่ 3-9	ภาพแสดงเครื่องวัดความเร็วและทิศทางการลมกับ Opus Data Logger.....44
ภาพที่ 3-10	เครื่องวัดพลังงานรังสีดวงอาทิตย์.....45
ภาพที่ 3-11	หัววัดอุณหภูมิซึ่งใช้ Thermister 10 K $\Omega$ ต่อเข้ากับสายโทรศัพท์ที่ใช้น้ำสัญญาณ....46
ภาพที่ 3-12	แสดงขั้นตอนการตรวจสอบความเที่ยงตรงของหัววัดอุณหภูมิ.....47
ภาพที่ 3-13	ภาพการติดตั้งหัว Sensor วัดอุณหภูมิและหัววัดความเร็วลม.....47
ภาพที่ 3-14	ภาพการติดตั้งหัว Sensor วัดอุณหภูมิอากาศกระเปาะเปียก-กระเปาะแห้ง.....48
ภาพที่ 3-15	ภาพการติดตั้งหัว Sensor วัดความเร็วและทิศทางการลม และวัดรังสีดวงอาทิตย์เหนือหลังคา.....48
ภาพที่ 3-16	แสดงภาพจำลองการวัดอัตราการรั่วซึมของอากาศผ่านผนังและการติดตั้ง Chamber พลาสติก.....54
ภาพที่ 3-17	แสดงภาพเครื่องวัดความเร็วลมแบบ Hot Wire ที่ติดตั้งที่หน้าผนังและที่ปาก Chamber.....55

## สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 2-1	ตัวอย่างการซึมน้ำและค่าสัมประสิทธิ์การแทรกซึมผ่าน (Water Permeance and Permeability Values) ของวัสดุก่อสร้างอาคาร.....	21
ตารางที่ 2-2	ตัวอย่างการซึมน้ำและค่าสัมประสิทธิ์การแทรกซึมผ่าน (Water Permeance and Permeability Values) ของวัสดุก่อสร้างอาคาร (ต่อ).....	22
ตารางที่ 2-3	Effective Air Leakage Areas (Low-Rise Residential Applications Only).....	24
ตารางที่ 3-1	แสดงคุณสมบัติของอิฐมวลเบา.....	34
ตารางที่ 3-2	แสดงค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังอิฐมวลเบาหนา 4 นิ้ว.....	35
ตารางที่ 3-3	แสดงคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา.....	36
ตารางที่ 3-4	แสดงค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังคอนกรีตมวลเบา.....	36
ตารางที่ 3-5	แสดงคุณสมบัติของฉนวน โฟม (Expanded Polystyrene).....	37
ตารางที่ 3-6	แสดงคุณสมบัติของ Finished EIFS.....	37
ตารางที่ 3-7	แสดงคุณสมบัติค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังอิฐมวลเบาหนา 4 นิ้ว ติดตั้งฉนวน 3"-EIFS.....	38
ตารางที่ 3-8	แสดงคุณสมบัติค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังคอนกรีตมวลเบา ติดตั้งฉนวน 3"-EIFS.....	39
ตารางที่ 4-1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอกกับการทำความเย็น (Sensible load) ของผนังคอนกรีตมวลเบาด้านทิศตะวันตก.....	107
ตารางที่ 4-2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอกกับการทำความเย็น (Sensible load) ของผนังคอนกรีตมวลเบาด้านทิศตะวันตกที่มีการรันอิทธิพลของ Time lag 2 ชั่วโมง.....	107
ตารางที่ 4-3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอกกับการทำความเย็น (Sensible load) ของผนังอิฐมวลเบาด้านทิศตะวันตก.....	108
ตารางที่ 4-4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอกกับการทำความเย็น (Sensible load) ของผนังอิฐมวลเบาด้านทิศตะวันตกที่มีการรันอิทธิพลของ Time lag 2 ชั่วโมง.....	108

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 4-5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอกกับภาระการทำความเย็น (Sensible load) ของผนังคอนกรีตมวลเบาชนิดฉนวน 3"-EIFS ด้านทิศตะวันตก.....109
ตารางที่ 4-6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอกกับภาระการทำความเย็น (Sensible load) ของผนังคอนกรีตมวลเบาชนิดฉนวน 3"-EIFS ด้านทิศตะวันตกที่มีการรั่วไหลของ Time lag 3 ชั่วโมง.....109
ตารางที่ 4-7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอกกับภาระการทำความเย็น (Sensible load) ของผนังอิฐมวลเบาชนิดฉนวน 3"-EIFS ด้านทิศตะวันตก.....109
ตารางที่ 4-8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอกกับภาระการทำความเย็น (Sensible load) ของผนังอิฐมวลเบาชนิดฉนวน 3"-EIFS ด้านทิศตะวันตกที่มีการรั่วไหลของ Time lag 3 ชั่วโมง.....110
ตารางที่ 4-9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอกกับภาระการทำความเย็น (Sensible load) ของผนังมวลสารกลางทั้ง 4 ชนิดในทุกทิศทาง.....110
ตารางที่ 4-10	ตารางสรุปสมการทำนายภาระการทำความเย็นของผนังคอนกรีตมวลเบา.....117
ตารางที่ 4-11	ตารางสรุปสมการทำนายภาระการทำความเย็นของผนังอิฐมวลเบาหนา 4 นิ้ว.....123
ตารางที่ 4-12	ตารางสรุปสมการทำนายภาระการทำความเย็นของผนังมวลเบาชนิดฉนวน 3"-EIFS.....129
ตารางที่ 4-13	ตารางสรุปสมการทำนายภาระการทำความเย็นของผนังอิฐมวลเบาชนิดฉนวน 3"-EIFS.....135
ตารางที่ 4-14	ตารางสรุปสมการทำนายภาระการทำความเย็นของผนังทั้ง 4 ชนิดทิศตะวันตก.....135
ตารางที่ 4-15	ตารางสรุปสมการทำนายภาระการทำความเย็นของผนังมวลสารกลางทั้ง 4 ทิศซึ่งเพิ่มปัจจัยค่า U-value ของวัสดุผนัง.....136
ตารางที่ 4-16	ตารางสรุปสมการทำนายภาระการทำความเย็นจากการรั่วซึมของผนังมวลสารกลางทั้ง 4 ชนิด.....156

ตาราง

หน้า

- ตารางที่ 5-1 แสดงคุณสมบัติของผนังมวลสารปานกลางที่มีค่าความเป็นฉนวนต่ำในการใช้ใน  
สภาวะปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ.....174
- ตารางที่ 5-2 แสดงคุณสมบัติของผนังมวลสารปานกลางที่มีค่าความเป็นฉนวนสูงในการใช้ใน  
สภาวะปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ.....175



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิ	หน้า
แผนภูมิที่ 1-1	แสดงการเปรียบเทียบการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้า.....1
แผนภูมิที่ 2-1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมมูลความชื้นของวัสดุต่างๆและความชื้นสัมพัทธ์ .....12
แผนภูมิที่ 4-1	แสดงปริมาณรังสีควงอาทิตย์ซึ่งวัดโดย Pyranometer ในลักษณะ Horizontal และ อุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วงที่ควงอาทิตย์อ้อมได้.....58
แผนภูมิที่ 4-2	แสดงความเร็วลมและทิศทางลมในบริเวณอาคารทดลอง.....59
แผนภูมิที่ 4-3	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกผนังคอนกรีตมวลเบา ทิศเหนือ, ใต้, ตะวันออกและทิศตะวันตก.....61
แผนภูมิที่ 4-4	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกผนังอิฐมวลเบา 4 นิ้ว ทิศเหนือ, ใต้, ตะวันออกและตะวันตก.....63
แผนภูมิที่ 4-5	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกผนังคอนกรีตมวลเบาติดฉนวน 3"-EIFS ทิศเหนือ, ใต้, ตะวันออกและตะวันตก.....65
แผนภูมิที่ 4-6	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกผนังอิฐมวลเบา 4 นิ้วติดฉนวน 3"-EIFS ทิศเหนือ, ใต้, ตะวันออกและตะวันตก.....67
แผนภูมิที่ 4-7	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกผนังมวลสารกลาง 4 ชนิดทางทิศ ตะวันตก.....69
แผนภูมิที่ 4-8	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในผนังคอนกรีตมวลเบา ทิศเหนือ, ใต้, ตะวันออกและทิศตะวันตก.....71
แผนภูมิที่ 4-9	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในผนังอิฐมวลเบา 4 นิ้ว ทิศเหนือ, ใต้, ตะวันออกและทิศตะวันตก.....73
แผนภูมิที่ 4-10	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในผนังคอนกรีตมวลเบาติดฉนวน 3"-EIFS ทิศเหนือ, ใต้, ตะวันออกและทิศตะวันตก.....75
แผนภูมิที่ 4-11	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในผนังอิฐมวลเบา 4 นิ้ว ติดฉนวน 3"-EIFS ทิศเหนือ, ใต้, ตะวันออกและทิศตะวันตก.....77
แผนภูมิที่ 4-12	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในผนังมวลสารกลาง 4 ชนิด ทางทิศ ตะวันตก.....79

แผนภูมิ	หน้า
แผนภูมิที่ 4-13 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในผนังคอนกรีตมวลเบา (Thermal Gradient) ทิศตะวันตก.....	81
แผนภูมิที่ 4-14 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 4 นิ้ว (Thermal Gradient) ทิศตะวันตก.....	82
แผนภูมิที่ 4-15 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในผนังอิฐมอญหนา 4 นิ้ว (Thermal Gradient) ทิศตะวันตก.....	84
แผนภูมิที่ 4-16 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในผนังอิฐมอญหนา 4 นิ้ว (Thermal Gradient) ทิศตะวันตก.....	85
แผนภูมิที่ 4-17 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในผนังคอนกรีตมวลเบาชนิดฉนวน 3"-EIFS (Thermal Gradient) ทิศตะวันตก.....	87
แผนภูมิที่ 4-18 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในผนังคอนกรีตมวลเบาชนิดฉนวน 3"-EIFS (Thermal Gradient) ทิศตะวันตก.....	88
แผนภูมิที่ 4-19 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในผนังอิฐมอญหนา 4 นิ้วชนิดฉนวน 3"-EIFS (Thermal Gradient) ทิศตะวันตก.....	90
แผนภูมิที่ 4-20 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในผนังอิฐมอญหนา 4 นิ้วชนิดฉนวน 3"-EIFS (Thermal Gradient) ทิศตะวันตก.....	91
แผนภูมิที่ 4-21 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิ MRT ของผนังมวลสารกลางทั้ง 4 ชนิด ซึ่งได้จากการคำนวณอุณหภูมิผิวภายในผนังวัสดุทั้ง 4 ด้าน.....	93
แผนภูมิที่ 4-22 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเสมือนที่เกิดจาก MRT ของผนังมวลสารกลางทั้ง 4 ชนิด ที่มีผลต่อความรู้สึกมากกว่าอุณหภูมิอากาศ 40 %.....	94
แผนภูมิที่ 4-23 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนสัมผัส (Sensible heat) ที่ถ่ายเทผ่านผนังคอนกรีตมวลเบาในทิศเหนือ, ใต้, ตะวันออก, ตะวันตก.....	97
แผนภูมิที่ 4-24 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนสัมผัส (Sensible heat) ที่ถ่ายเทผ่านผนังอิฐมอญ 4 นิ้วในทิศเหนือ, ใต้, ตะวันออก, ตะวันตก.....	99
แผนภูมิที่ 4-25 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนสัมผัส (Sensible heat) ที่ถ่ายเทผ่านผนังคอนกรีตมวลเบาชนิดฉนวน 3"-EIFS ในทิศเหนือ, ใต้, ตะวันออก, ตะวันตก.....	101
แผนภูมิที่ 4-26 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนสัมผัส (Sensible heat) ที่ถ่ายเทผ่านผนังอิฐมอญ 4 นิ้วชนิดฉนวน 3"-EIFS ในทิศเหนือ, ใต้, ตะวันออก, ตะวันตก.....	103





แผนภูมิ	หน้า
แผนภูมิที่ 4-41	แสดง Sensible load ที่ได้จากสมการทำนายเปรียบเทียบกับข้อมูลที่วัดได้จริงของ ผนังคอนกรีตมวลเบาติดฉนวนทึบทิศตะวันตกโดยตัดอิทธิพลจาก Time Lag.....127
แผนภูมิที่ 4-42	แสดง Sensible load ที่ได้จากสมการทำนายเปรียบเทียบกับข้อมูลที่วัดได้จริงของ ผนังคอนกรีตมวลเบาติดฉนวนรวมทึบทิศโดยตัดอิทธิพลจาก Time Lag.....128
แผนภูมิที่ 4-43	แสดง Sensible load ที่ได้จากสมการทำนายเปรียบเทียบกับข้อมูลที่วัดได้จริงของ ผนังอิฐมวลยุดีฉนวนทึบทิศเหนือโดยตัดอิทธิพลจาก Time Lag.....130
แผนภูมิที่ 4-44	แสดง Sensible load ที่ได้จากสมการทำนายเปรียบเทียบกับข้อมูลที่วัดได้จริงของ ผนังอิฐมวลยุดีฉนวนทึบทิศใต้โดยตัดอิทธิพลจาก Time Lag.....131
แผนภูมิที่ 4-45	แสดง Sensible load ที่ได้จากสมการทำนายเปรียบเทียบกับข้อมูลที่วัดได้จริงของ ผนังอิฐมวลยุดีฉนวนทึบทิศตะวันออกโดยตัดอิทธิพลจาก Time Lag.....132
แผนภูมิที่ 4-46	แสดง Sensible load ที่ได้จากสมการทำนายเปรียบเทียบกับข้อมูลที่วัดได้จริงของ ผนังอิฐมวลยุดีฉนวนทึบทิศตะวันตกโดยตัดอิทธิพลจาก Time Lag.....133
แผนภูมิที่ 4-47	แสดง Sensible load ที่ได้จากสมการทำนายเปรียบเทียบกับข้อมูลที่วัดได้จริงของ ผนังอิฐมวลยุดีฉนวนรวมทึบทิศโดยตัดอิทธิพลจาก Time Lag.....134
แผนภูมิที่ 4-48	แสดง Sensible load ที่ได้จากสมการทำนายเปรียบเทียบกับข้อมูลที่วัดได้จริงของ ผนังมวลสารกลาง โดยตัดอิทธิพลจาก Time Lag.....137
แผนภูมิที่ 4-49	แสดง Sensible load โดยเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมงที่ได้จากสมการทำนายของผนังมวล สารกลางทั้ง 4 ทิศ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของ วัสดุผนังในแต่ละทิศ.....138
แผนภูมิที่ 4-50	แสดง Sensible load โดยเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมงที่ได้จากสมการทำนายของผนังมวล สารกลางทิศเหนือ เมื่อมีการปรับปรุง Microclimate เทียบกับค่าสัมประสิทธิ์การ ถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนัง.....140
แผนภูมิที่ 4-51	แสดง Sensible load โดยเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมงที่ได้จากสมการทำนายของผนังมวล สารกลางทิศใต้ เมื่อมีการบัง Shading และปรับปรุง Microclimate เทียบกับค่า สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนัง.....141



แผนภูมิ	หน้า
แผนภูมิที่ 4-52	แสดง Sensible load โดยเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมงที่ได้จากสมการทำนายของผนังมวล สารกลางทิศตะวันออก เมื่อมีการบัง Shading และปรับปรุง Microclimate เทียบ กับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนัง.....142
แผนภูมิที่ 4-53	แสดง Sensible load โดยเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมงที่ได้จากสมการทำนายของผนังมวล สารกลางทิศตะวันตก เมื่อมีการบัง Shading และปรับปรุง Microclimate เทียบกับ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนัง.....143
แผนภูมิที่ 4-54	แสดงการทำนายอัตราความร้อน (Sensible load) เฉลี่ยใน 24 ชั่วโมงที่ผ่านเข้าสู่ อาคารของผนังอิฐมวลอุณหภูมิตั้ง 4 นิ้ว เมื่อมีการผสมผสานฉนวนโฟมที่มีความหนา ตั้งแต่ 1-5 นิ้ว.....145
แผนภูมิที่ 4-55	แสดงการทำนายอัตราความร้อน(Sensible load) เฉลี่ยใน 24 ชั่วโมงที่ผ่านเข้าสู่ อาคารของผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 4 นิ้ว เมื่อมีการผสมผสานฉนวนโฟมที่มี ความหนาตั้งแต่ 1-5 นิ้ว.....146
แผนภูมิที่ 4-56	แสดงความเร็วลมที่ผ่านปาก Chamber ขนาด 5x5 cm. ของผนังมวลสารกลางทั้ง 4 ชนิด เปรียบเทียบกับความเร็วลมภายนอกที่ตั้งฉากกับผนังทางทิศใต้.....148
แผนภูมิที่ 4-57	แสดงอัตราการรั่วซึมของอากาศที่ผ่านผนังมวลสารกลางทั้ง 4 ชนิดทางทิศใต้ ..... 150
แผนภูมิที่ 4-58	แสดงสมการทำนายอัตราการรั่วซึมของอากาศผ่านผนังคอนกรีตมวลเบา ..... 152
แผนภูมิที่ 4-59	แสดงสมการทำนายอัตราการรั่วซึมของอากาศผ่านผนังอิฐมวลอุณหภูมิตั้ง 4 นิ้ว ..... 153
แผนภูมิที่ 4-60	แสดงสมการทำนายอัตราการรั่วซึมของอากาศผ่านผนังคอนกรีตมวลเบาดัดฉนวน 3"-EIFS ..... 154
แผนภูมิที่ 4-61	แสดงสมการทำนายอัตราการรั่วซึมของอากาศผ่านผนังอิฐมวลอุณหภูมิตั้ง 4 นิ้ว ดัด ฉนวน 3"-EIFS ..... 155
แผนภูมิที่ 4-62	แสดงปริมาณการถ่ายเทความร้อนและความชื้นเนื่องจากการรั่วซึมของอากาศของ วัสดุผนังประเภทต่างๆเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง เทียบต่อพื้นที่ผนัง 1 ตารางเมตร .....157
แผนภูมิที่ 5-1	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในและภายนอกของผนังมวลสารกลาง สำหรับอาคารที่เปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลา 8:00-18:00 น.....163

แผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 5-2	แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นจากความร้อนสัมผัส (Sensible Load) ของผนังมวลสารกลาง ในรูปแบบทั่วไปเทียบกับ มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อน สำหรับอาคารที่เปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลา 8:00-18:00 น.....	164
แผนภูมิที่ 5-3	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในและภายนอกของผนังมวลสารกลาง สำหรับอาคารที่เปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลา 20:00- 6:00 น.....	167
แผนภูมิที่ 5-4	แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นจากความร้อนสัมผัส (Sensible Load) ของผนังมวลสารกลาง ในรูปแบบทั่วไปเทียบกับ มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อน สำหรับอาคารที่เปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลา 20:00- 6:00 น.....	168
แผนภูมิที่ 5-5	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในและภายนอกของผนังมวลสารกลาง สำหรับอาคารที่ไม่ปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง.....	170



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย