แนวทางการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในส่วนผนังอาคาร

นางสาววรภัทร ฉินทกานันท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546
ISBN 974-17-5246-6
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AN APPROACH TO FORMULATE ENERGY CONSERVATION INDEX FOR EXTERIOR WALL

Miss Worapat Chintaganun

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 2003

ISBN 974-17-5246-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในส่วนผนังอาคาร
โดย	นางสาววรภัทร ฉินทกานันท์
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. วีระ สัจกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วรภัทร ฉินทกานันท์ : แนวทางการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในส่วนผนังอาคาร. (AN APPROACH TO FORMULATE ENERGY CONSERVATION INDEX FOR EXTERIOR WALL) อ. ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์, อ. ที่ปรึกษาร่วม ศาสตราจารย์. ดร. สุนทร บุญญาธิการ, จำนวนหน้า 158. ISBN 974-17-5246-6.

อาคารที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ สูญเสียพลังงานที่ใช้ในการปรับอากาศไปกับผนังอาคารเป็นส่วนใหญ่ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคารของส่วนที่เป็นผนังทึบ และนำมาสร้างเป็นดัชนีในการประเมินค่าประสิทธิภาพของอาคารบ้านพักอาศัยในกรณีปรับอากาศ

ขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย การศึกษาอิทธิพลที่เกี่ยวกับพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ ตัวแปรที่มีอิทธิพลในการป้องกันความร้อนของผนังอาคาร และตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ โดยเลือกผนังทึบที่มีการใช้งานกันทั่วไปในปัจจุบันมาทำการศึกษา นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์มาสร้างเป็น 5 ระดับคะแนน โดยเริ่มจากระดับคะแนน 1 แสดงศักยภาพในการประหยัดพลังงานต่ำสุด จนถึงระดับคะแนน 5 แสดงศักยภาพในการประหยัดพลังงานสูงสุด ผลจากการศึกษาพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดจากผนังทึบมากที่สุด คือ และสัดส่วนของพื้นที่ผนังทึบต่อพื้นที่ใช้สอย ทิศทางของผนังทึบ และลักษณะการซ้อนชั้นของฉนวนกับวัสดุผนังทึบ เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลรองลงมาตามลำดับ

จากการทดสอบแบบประเมินกับอาคารบ้านพักอาศัยที่ใช้ระบบผนังทั่วไป จะมีค่าภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่ตั้งแต่ 17.24 Btu/h-ft^2 ถึง 59.95 Btu/h-ft^2 มีระดับคะแนนตั้งแต่ระดับคะแนน 3 ถึงระดับคะแนน 1 ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานต่ำ ส่วนอาคารพักอาศัยที่มีการคำนึงถึงการเลือกใช้ผนังอาคารและการออกแบบที่เน้นการประหยัดพลังงาน พบว่ามีค่าภาระการทำความเย็นต่อพื้นที่อยู่ที่ 2.88 Btu/h-ft^2 อยู่ที่ระดับคะแนน 5 ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานสูงสุด

การเลือกใช้ผนังอาคารที่เหมาะสมกับประเทศไทยจำเป็นต้องเลือกใช้วัสดุที่มีความต้านทานความร้อนสูง เช่น ผนังระบบฉนวนป้องกันความร้อน เพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานที่เกิดจากส่วนผนังอาคารของเครื่องปรับอากาศ และหลีกเลี่ยงวัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำ และมีการสะสมความร้อนในตัววัสดุสูง เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังไม้ นอกจากการคำนึงถึงการเลือกใช้วัสดุแล้ว การออกแบบพื้นที่ส่วนผนังทึบและตำแหน่งทิศทางก็มีผลในการช่วยลดค่าภาระการทำความเย็นอีกด้วย

ภาควิชา.....สถาปัตยกรรมศาสตร์..... ลายมือชื่อนิสิต.....วรภัทร.....

สาขาวิชา.....สถาปัตยกรรม.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2546.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

##4574181725 : MAJOR ARCHITECTURE
KEY WORD : ENERGY INDEX/ENERGY CONSERVATION/EXTERIOR WALL/WALL INSULATION/HEAT TRANSFER

WORAPAT CHINTAGANUN : AN APPROACH TO FORMULATE ENERGY CONSERVATION INDEX FOR EXTERIOR WALL . THESIS ADVISOR : ASST. PROF. Dr. VORASUN BURANAKARN, THESIS COADVISOR : PROF. Dr. SOONTORN BOONYATIKARN, 158 pp. ISBN 974-17-5246-6

A significant portion of cooling load in air-conditioned buildings in Thailand is from exterior walls. The objective of this study is to explore the cooling load factors regarding opaque walls. The thermal conductivity, thermal resistance and other factors were analyzed. Common wall constructions were analyzed to in order to develope evaluation scales of energy conservation index for exterior walls. Scale 1 to 5 were assigned. Level 1 indicates the lowest energy efficiency while level 5 means the highest. It is found that the thermal conductivity is the most significant factor effecting the cooling load from exterior walls while wall-to-usable area ratio, wall orientation and wall layers have less significance, respectively.

The proposed energy conservation index for exterior walls was tested on three houses; two with typical walls and one with energy conservation walls. The cooling load of the conventional building walls were ranged from 17.24 Btu/h-ft2 to 59.95 Btu/h-ft2 (Level 1 – 3), which had moderate potential for energy saving. Meanwhile, the cooling load of energy conservation walls was 2.88 Btu/h-ft2 (Level 5), which had the highest potential for energy conservation.

It is concluded that well insulated exterior wall is appropriate for air-conditioned buildings in terms of cooling load reduction. The wall-to-useable area ratio, wall orientation and wall layer are the less significant factors on cooling load reduction.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department .....Architecture..... Student's signature.....

Field of study .....Architecture..... Advisor'ssignature.....

Academic year 2003 Co-Advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปโดยดี เนื่องด้วยความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งให้คำปรึกษาตลอดจนข้อแนะนำต่างๆในการศึกษาทำวิทยานิพนธ์ นอกจากนี้ยังได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงจาก ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นผู้ให้คำชี้แนะ และแนวทางต่างๆอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษาทำวิทยานิพนธ์ นอกจากนี้ยังได้รับความกรุณาในการให้คำแนะนำแนวทางในการศึกษาจาก ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร คุณรุ่งโรจน์ วงศ์มหาศิริ และคุณชญาณิน จิตรานุเคราะห์ ทั้งนี้รวมถึงเพื่อนร่วมรุ่นทุกๆท่านที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจ ท้ายที่สุดขอขอบคุณพ่อ และแม่ที่ให้กำลังใจ และความห่วงใยตลอดเวลา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ญ
สารบัญภาพ.....ฏ
สารบัญแผนภูมิ.....ฑ
บทที่
1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....2
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....4
1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ.....5
2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....6
2.1 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุ.....6
2.1.1 การนำความร้อน.....6
2.1.2 การพาความร้อน.....7
2.1.3 การแผ่รังสีความร้อน.....7
2.2 ค่าการนำความร้อน(C) ค่าความต้านทานความร้อน(R) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U).....8
2.3 ค่าความร้อนจำเพาะของวัสดุ ค่าความจุความร้อนของวัสดุ และการคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ต้องการในการเปลี่ยนอุณหภูมิวัสดุ.....9
2.4 อิทธิพลของมวลสารต่อการถ่ายเทความร้อน.....10
2.5 ระบบควบคุมอาคารที่มีผลต่อการเลือกใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงาน.....11
2.6 การพิจารณาเลือกใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงานในอาคาร.....12
2.7 เทคนิคการใช้วัสดุฉนวนในอาคาร.....13

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.8 ความชื้น....18
2.8.1 ผลกระทบจากความชื้นต่อคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อน....18
2.8.2 ความชื้นที่สะสมในวัสดุ....18
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....19
2.9.1 การศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวภายนอกของผนังอาคาร....19
2.9.2 การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุก่อของ
อาคารพักอาศัยในเขตร้อนชื้น....19
2.9.3 อิทธิพลของความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังทึบของอาคารปรับอากาศ....20
2.10 ประเภทผนังอาคาร....20
2.10.1 ผนังไม้....20
2.10.2 ผนังก่อ....21
2.10.3 ผนังแผ่นสำเร็จรูป....23
2.10.4 ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก....23
3 ค่าระดับของตัวแปรที่ใช้สร้างแบบประเมิน....25
3.1 ผนังอาคารที่นำมาใช้ในการสร้างแบบประเมิน....25
3.2 การหาค่าตัวแปรที่มีอิทธิพลในการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร
ในส่วนผนังอาคารและขอบเขตของตัวแปรเพื่อสร้างระดับคะแนน....28
3.3 การสร้างแบบประเมิน....39
3.3.1 การพิจารณาค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด....44
3.3.2 การพิจารณาค่า Q*A ของผนังทึบ....69
3.3.3 การพิจารณารูปทรงของอาคารเพื่อกำหนดขอบเขตค่า Q*A....88
4 การสร้างและทดสอบแบบประเมิน....95
4.1 รูปแบบแบบประเมินและวิธีการใช้แบบประเมิน....95
4.2 การทดสอบแบบประเมิน....100
4.2.1 บ้านสงบแต่เบิกบาน (บ้านผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตร)....100
4.2.2 บ้านไทยอนุรักษ์ภาคใต้ (บ้านผนังไม้ชั้นเดียว)....106
4.2.3 บ้านชีวาทิตย์ (บ้านผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก+โฟมหนา 3 นิ้ว)....112

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ....117
5.1 บทสรุป....117
5.2 แนวทางการนำไปประยุกต์ใช้งาน....118
5.3 ข้อเสนอแนะ....122
รายการอ้างอิง....123
ภาคผนวก....125
ตารางแสดงค่าภาระการทำความเย็นของอาคารที่ใช้
ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวันและช่วงกลางวัน ทั้งปี....126
ตารางแสดงค่าภาระการทำความเย็นของอาคารที่ใช้
ระบบปรับอากาศช่วงกลางคืน ทั้งปี....142
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์....158

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ	30
2	แสดงค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนัง	32
3	แสดงตัวอย่างการหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตร	33
4	แสดงการคิดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคารประเภทต่างๆ	34
5	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (ค่า U) ของผนังอาคารประเภทที่ได้จากการคำนวณ	36
6	แสดงการหาอัตราส่วนพ.ท.ผนังอาคาร/พ.ท.ใช้สอยอาคาร จากบ้านพักอาศัยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 หลัง	39
7	แสดงการจำแนกประเภทของผนังอาคาร	40
8	แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศภายนอกปี 2543	42
9	แสดงตัวอย่างการหาค่า $CLTD_{corr}$ ของผนังกลุ่ม A ทิศเหนือ	43
10	แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของอาคารที่มีการปรับอากาศตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน ฤดูร้อน	45
11	แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของผนังอาคารตัวอย่าง 32 ประเภท ที่มีการใช้ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวันหรือช่วงกลางวัน ทุกฤดู	55
12	แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของอาคารที่มีการปรับอากาศช่วงเวลากลางคืน	57
13	แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของผนังอาคารตัวอย่าง 32 ประเภท ที่มีการใช้ระบบปรับอากาศช่วงกลางคืน	67
14	แสดงการหาค่า Q*A สูงสุดที่ได้จากค่า A ของรูปทรงต่างๆ	90
15	แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของผนังอาคารตัวอย่าง 32 ประเภท ที่มีการใช้ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวันหรือช่วงกลางวัน ฤดูร้อน	96
16	แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของผนังอาคารตัวอย่าง 32 ประเภท ที่มีการใช้ระบบปรับอากาศช่วงกลางคืน ฤดูร้อน	97

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง หน้า

17 แสดงแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในส่วนผนังอาคาร :กรณีที่มีการใช้ระบบปรับอากาศ.....98

18 แสดงตัวอย่างการใช้แบบประเมินเพื่อประเมินบ้านสงบแต่เบิกบาน (บ้านผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตร).....103

19 แสดงตัวอย่างการใช้แบบประเมินเพื่อประเมินบ้านไทยอนุรักษ์ภาคใต้ (บ้านผนังไม้ชั้นเดียว).....109

20 แสดงตัวอย่างการใช้แบบประเมินเพื่อประเมินบ้านชีวามทิตย์ (บ้านผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก+โฟมหนา 3 นิ้ว).....114

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงการเคลื่อนที่ของพลังงานระหว่างโมเลกุลที่อยู่ติดกันทำให้เกิดการนำความร้อน	6
2	แสดงการพาความร้อน	7
3	แสดงการแผ่รังสีความร้อนซึ่งเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	8
4	แสดงลักษณะผนังไม้รูปแบบต่างๆ	21
5	แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติในการประหยัดพลังงานของผนังก่ออิฐฉาบปูน 3 แบบ	21
6	แสดงการติดตั้งวีว่า บอร์ด ร่วมกับผนังก่ออิฐฉาบปูน	22
7	แสดงผนังแผ่นสำเร็จรูป	23
8	แสดงผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก กับผนังโครงเคร่ายิปซั่ม	24
9	แสดงการติดตั้งผนัง EIFS กับผนังก่ออิฐมอญ	27
10	แสดงการติดตั้งผนัง EIFS กับผนังก่ออิฐมวลเบา	27
11	แสดงการติดตั้งผนัง EIFS กับผนังก่ออิฐบล็อก	28
12	แสดงการติดตั้งผนัง EIFS กับผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก	28
13	แสดงการคิดค่า A อาคารพักอาศัยรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส	88
14	แสดงการคิดค่า A อาคารพักอาศัยรูปทรงหกเหลี่ยมด้านเท่า	89
15	แสดงการคิดค่า A อาคารพักอาศัยรูปทรงแปดเหลี่ยมด้านเท่า	89
16	แสดงค่า Q*A รวมของรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส	91
17	แสดงค่า Q*A รวมของรูปทรงหกเหลี่ยมด้านเท่า	91
18	แสดงทัศนียภาพบ้านสงบแต่เบิกบาน	100
19	แสดงผังอาคารของบ้านสงบแต่เบิกบาน	101
20	แสดงรูปตัดผนังอาคารของบ้านสงบแต่เบิกบาน	102
21	แสดงผังอาคารชั้นที่ 1 บ้านไทยอนุรักษ์ภาคใต้	106
22	แสดงผังอาคารชั้นที่ 2 บ้านไทยอนุรักษ์ภาคใต้	107
23	แสดงรูปตัดผนังอาคารของบ้านไทยอนุรักษ์ภาคใต้	107
24	แสดงรูปด้านบ้านไทยอนุรักษ์ภาคใต้	108
25	แสดงทัศนียภาพของบ้านชีวาทิตย์	112

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
26	แสดงผังอาคารชั้นที่ 1 บ้านชีวาทิตย์	112
27	แสดงผังอาคารชั้นที่ 2 บ้านชีวาทิตย์	113
28	แสดงรูปตัดผนังอาคารของบ้านชีวาทิตย์	113

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1	แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อน (R Value) ของวัสดุต่างๆที่มีความหนา 1 นิ้ว	17
2	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกลุ่มผนังอาคารตัวอย่าง จำนวน 32 ประเภท	37
3	แสดงอุณหภูมิอากาศภายนอกปี 2543	43
4	แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน ทางทิศเหนือ ฤดูร้อน	47
5	แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ฤดูร้อน	48
6	แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน ทางทิศตะวันออก ฤดูร้อน	49
7	แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ฤดูร้อน	50
8	แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน ทางทิศใต้ ฤดูร้อน	51
9	แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ฤดูร้อน	52
10	แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน ทางทิศตะวันตก ฤดูร้อน	53
11	แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ฤดูร้อน	54
12	แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ช่วงเวลากลางคืน ทางทิศเหนือ ฤดูร้อน	59
13	แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ช่วงเวลากลางคืน ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ฤดูร้อน	60
14	แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ช่วงเวลากลางคืน ทางทิศตะวันออก ฤดูร้อน	61

สารบัญแผนภูมิ(ต่อ)

แผนภูมิที่		หน้า
15	แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ช่วงเวลากลางคืน ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ฤดูร้อน	62
16	แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ช่วงเวลากลางคืน ทางทิศใต้ ฤดูร้อน	63
17	แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ช่วงเวลากลางคืน ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ฤดูร้อน	64
18	แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ช่วงเวลากลางคืน ทางทิศตะวันตก ฤดูร้อน	65
19	แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ช่วงเวลากลางคืน ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ฤดูร้อน	66
20	แสดงวิธีการสร้างค่า Q*A ของผนังอาคาร ในทิศทางต่างๆ	70
21	แสดงค่า Q*A ทิศเหนือ ฤดูร้อน	71
22	แสดงค่า Q*A ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ฤดูร้อน	72
23	แสดงค่า Q*A ทิศตะวันออก ฤดูร้อน	73
24	แสดงค่า Q*A ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ฤดูร้อน	74
25	แสดงค่า Q*A ทิศใต้ ฤดูร้อน	75
26	แสดงค่า Q*A ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ฤดูร้อน	76
27	แสดงค่า Q*A ทิศตะวันตก ฤดูร้อน	77
28	แสดงค่า Q*A ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ฤดูร้อน	78
29	แสดงค่า Q*A ในแต่ละทิศทางจำนวน 8 ทิศ	79
30	แสดงค่า Q*A ของผนังอาคารประเภทต่างๆ ทิศเหนือ	80
31	แสดงค่า Q*A ของผนังอาคารประเภทต่างๆ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	81
32	แสดงค่า Q*A ของผนังอาคารประเภทต่างๆ ทิศตะวันออก	82
33	แสดงค่า Q*A ของผนังอาคารประเภทต่างๆ ทิศตะวันออกเฉียงใต้	83
34	แสดงค่า Q*A ของผนังอาคารประเภทต่างๆ ทิศใต้	84
35	แสดงค่า Q*A ของผนังอาคารประเภทต่างๆ ทิศตะวันตกเฉียงใต้	85
36	แสดงค่า Q*A ของผนังอาคารประเภทต่างๆ ทิศตะวันตก	86
37	แสดงค่า Q*A ของผนังอาคารประเภทต่างๆ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	87

สารบัญแผนภูมิ(ต่อ)

แผนภูมิที่		หน้า
38	แสดงความสัมพันธ์ของค่า Q*A กับ อัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบ/พื้นที่ใช้สอยอาคาร	92
39	แสดงการแบ่งระดับคะแนนของค่า Q*A	93
40	แสดงแผนภูมิสำหรับประกอบแบบประเมิน	94
41	แสดงการประเมินค่าระดับคะแนนของบ้านสงบแต่เบิกบาน	105
42	แสดงการประเมินค่าระดับคะแนนของบ้านไทยอนุรักษ์ภาคใต้	111
43	แสดงการประเมินค่าระดับคะแนนของบ้านซีวาทิตย์	116
44	แสดงค่า Q*A ของผนังก่ออิฐฉาบปูนทั่วไป กับ ผนังก่ออิฐฉาบปูนเพิ่มฉนวนที่ความหนาต่างๆ	119
45	แสดงค่าการหาระดับคะแนนของผนังก่ออิฐฉาบปูนทั่วไป กับ ผนังก่ออิฐฉาบปูนเพิ่มฉนวนที่ความหนาต่างๆ	120
46	แสดงการผสมผสานเทคโนโลยีในการออกแบบที่เน้นการประหยัดพลังงาน	121

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย