

การศึกษาระบบผนังภายนอกอาคารที่มีผลต่อภาวะการปรับอากาศ
กรณีศึกษา สำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย



นายกิตติพงษ์ เพชรวรภา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาสถาปัตยกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2537

ISBN 974-584-592-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 15228939

THE INVESTIGATION OF COOLING LOAD FOR EXTERIOR WALL SYSTEMS

A CASE STUDY OF HOT-HUMID CLIMATE IN THAILAND

Mr. Kittipong Petchvarapa

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Architecture

Department of Architecture

Graduate School

Chulalongkorn University

1994

ISBN 974-584-592-2



หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาระบบผนังภายนอกอาคารที่มีผลต่อภาวะการปรับอากาศ
กรณีศึกษา สำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย
โดย นายกิตติพงษ์ เพชรวรารภา
ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชรากัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วีระ สัจกุล)

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

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ธนิต จินดาวงศ์)

กิตติพงษ์ เพชรบรรภา : การศึกษา ระบบผนังภายนอกอาคาร ที่มีผลต่อภาระการปรับอากาศ (THE INVESTIGATION OF COOLING LOAD FOR EXTERIOR WALL SYSTEMS: A CASE STUDY OF HOT-HUMID CLIMATE IN THAILAND) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ, 159 หน้า. ISBN 974-584-592-2

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นการศึกษาคงสมบัติการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารของวัสดุก่อสร้างผนังภายนอก เพื่อเป็นแนวทางการเลือกใช้ผนังที่สามารถลดภาระการปรับอากาศ มีความเป็นไปได้ในการก่อสร้างทั้งด้านระบบโครงสร้าง และการลงทุน และเหมาะสมกับลักษณะภูมิอากาศในประเทศไทย

แนวทางการวิจัย เริ่มต้นด้วยการจัดกลุ่มผนังเป็น 4 กลุ่ม แบ่งตามคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) และมวลของวัสดุ ผนังทั้งสี่กลุ่มได้แก่ ผนังที่มีค่า U ต่ำ และมีมวลน้อย, ผนังที่มีค่า U ต่ำ และมีมวลมาก, ผนังที่มีค่า U สูง และมีมวลน้อย และกลุ่มสุดท้ายได้แก่ ผนังที่มีค่า U สูง และมีมวลมาก การดำเนินการวิจัยเริ่มจากการติดตั้งตัวอย่างผนังทดสอบ ขนาด 2x2 ตร.ฟุต ลงบนผนังอาคารทดสอบที่หันหน้าทางทิศใต้ ควบคุมอุณหภูมิของห้องทดสอบด้วยระบบเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส ทำการวัดค่าอุณหภูมิที่ตัวแปรเปรียบเทียบ ด้วยเครื่องมือวัดที่มีความเที่ยงตรงต่อเนื่องเป็นเวลา 2 สัปดาห์ จากนั้นทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณสมบัติการป้องกันความร้อน, ความสิ้นเปลืองพลังงานในการใช้วัสดุแต่ละประเภท

ผลการวิจัยสามารถแสดงให้เห็นว่ากลุ่มผนังที่มีค่า U-Value อยู่ระหว่าง 0.10-0.20 Btu/Ft²·h และมีมวลไม่เกิน 6 ปอนด์/ตร.ฟุต สามารถลดภาระการปรับอากาศในส่วนของปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังภายนอกได้ถึงร้อยละ 60 เมื่อเทียบกับผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 4 นิ้ว โดยเปรียบเทียบด้วยมูลค่าพลังงานที่ต้องใช้ในการปรับอากาศสำหรับอาคารในประเทศไทย



ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์.....
สาขาวิชา.....สถาปัตยกรรมหลัก.....
ปีการศึกษา.....2536.....

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

C535042 : MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORD : EXTERIOR WALL - COOLING LOAD

KITTIPONG PETCHVARAPA : THE INVESTIGATION OF COOLING LOAD FOR EXTERIOR WALL SYSTEMS: A CASE STUDY OF HOT-HUMID CLIMATE IN THAILAND. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. SOONTORN BOONYATIKARN, Ph.D. 159 pp. ISBN 974-584-592-2

This thesis is a study of the performance of exterior wall systems to protect heat transfer the exterior environment into the building. The performance of exterior wall systems is used for selection of wall material that reduce the cooling load of the air-conditioning system, while maintain economical feasibility, practical in construction and suitability for hot-humid climate in Thailand.

Types of wall systems are categorized in four groups by two factors heat transmission coefficient (U-Value) and mass. The four categories of wall systems are wall systems with low heat transmission coefficient and light construction, wall systems with low heat transmission coefficient and heavy construction, wall systems with high heat transmission coefficient and light construction and wall systems with high heat transmission coefficient and heavy construction. The experiment of the research is conducted by installing samples of those wall systems, $2 \times 2 \text{ ft}^2$, on the wall of a test building facing South. The air temperature inside the test building is controlled at 21°C by a mechanical system. Temperatures at various points of the experiment are monitored by scientific instruments consecutively for two weeks. Then, the data of the experiment are analyzed to compare the thermal performance and energy consumption of each sample.

The result of the research indicates that the wall systems that have $0.10-0.20 \text{ Btu/Fft}^2 \cdot \text{H}$ U-value and that have mass below six pounds per square feet can reduces cooling load of wall conduction heat gain by 60 percent comparing with four inches thick brick wall, convention wall. Compared with annual energy consumption, that wall systems are appropriate for using in building in Thailand.

ภาควิชาสถาบันดยกรรรมศาสตร์.....

สาขาวิชา.....สถาบันดยกรรรมหลัก.....

ปีการศึกษา.....2536.....

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยการสนับสนุนอย่างสูงจาก รองศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ และ อาจารย์ ธนิต จินดาวงศ์ ซึ่งท่านได้ร่วมให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ตลอดการวิจัย และ พตอ. โสภณ มณีพันธ์ รองผู้บังคับการ กองทะเบียน กรมตำรวจ ซึ่งได้กรุณาให้ใช้สถานที่ในการทดลอง บริษัท ไทยผลิตภัณฑ์ยิบซัม จำกัด ได้จัดทำตัวอย่างผนังทดสอบ จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

นอกเหนือไปจากความกรุณาของบุคคลที่กล่าวมาแล้ว ยังต้องขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อ ความร่วมมือช่วยเหลือเป็นอย่างดี จากเพื่อน ๆ ร่วมงานในบริษัท เพบรัวร์ กรุ๊ป จำกัด คุณบงกชรัตน์ สถาพร ผู้ช่วยเรียบเรียง จัดเตรียมข้อมูล และให้คำปรึกษาในด้านภาษาอังกฤษ ตลอดจนเป็นกำลังใจ ในการทำงานเสมอมา

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัย เสมอมาจนสำเร็จการศึกษา



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ซ
สารบัญกราฟ.....	ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 การหาค่าความร้อนผ่านผนังภายนอกเข้าสู่อาคาร.....	11
บทที่ 3 การทดสอบ คุณสมบัติการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารของวัสดุก่อสร้างผนัง.....	15
บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ.....	45
บทที่ 5 บทสรุป.....	102
เอกสารอ้างอิง.....	107
ภาคผนวก.....	108
ประวัติผู้เขียน.....	159

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุทดสอบ	18
3.1 ตารางคำนวณค่าปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนัง (1)	26
3.2 ตารางคำนวณค่าปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนัง (2)	27
3.3 ตารางคำนวณค่าปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนัง (3)	28
4.1 ตารางแสดงค่าอุณหภูมิแตกต่างระหว่างผิวภายในและอุณหภูมิห้อง	70
4.2 ตารางคำนวณค่า Heat Gain โดยวิธีวัดจริง	71
4.3 ตารางคำนวณค่า Heat Gain โดยวิธีคำนวณ	73
4.4 ตารางการเปรียบเทียบ Heat Gain ระหว่างการวัดจริงและการคำนวณ	75
4.5 ตารางเปรียบเทียบ Heat Gain ของผนังทดสอบ	90
4.6 ตารางเปรียบเทียบ Energy Consumption ของผนังทดสอบ	91
4.7 ตารางเปรียบเทียบ Energy Cost ของผนังทดสอบ	92

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกผ่านผนังสู่ภายในอาคาร.....	11
3.1	รูปตัด Armour Wall.....	19
3.2	รูปตัด Wooden Wall.....	19
3.3	รูปตัด Alucobond Wall.....	20
3.4	รูปตัด Masonry Wall 4" Thk. with ICC.....	20
3.5	รูปตัด GRC. Wall.....	21
3.6	รูปตัด Masonry Wall 4" Thk.....	21
3.7	รูปตัด Masonry Wall 8" Thk.....	22
3.8	รูปตัด Clear Glass 6 mm. Thk.....	22
3.9	รูปอาคารทดสอบควบคุมอุณหภูมิ (1).....	23
3.10	รูปอาคารทดสอบควบคุมอุณหภูมิ (2).....	24
3.11	รูปอาคารทดสอบควบคุมอุณหภูมิ (3).....	25
3.12	รูปเครื่องมือวัดอุณหภูมิ.....	29
3.13	เครื่องมือวัดความเร็วลม.....	29
3.14	อาคารทดสอบ.....	30
3.15	อาคารทดสอบ.....	30
3.16	อาคารทดสอบ.....	31
3.17	อาคารทดสอบ.....	31
3.18	ตำแหน่งติดตั้ง Air Flow Meter.....	32
3.19	การติดตั้งสายวัดภายในห้องทดสอบ.....	32
3.20	การติดตั้งปลายสาย Thermo Couple.....	33

รูปที่	หน้า
3.21 การวัดอุณหภูมิกระเปาะเปียก.....	33
3.22 สภาพท้องฟ้า วันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2537	34
3.23 สภาพท้องฟ้า วันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2537	34
3.24 1. อาร์เมอร์วอลล์ (Armour Wall)	35
3.25 2. ผนังไม้ 1/2"×6" ดีช้อนเกล็ด (Wooden Wall).....	35
3.26 3. ผนังอลูโคบอนด์ (Alucobond Wall).....	36
3.27 4. ผนังก่ออิฐฉาบปูนฉนวน ICC. (4" Masonry Wall with ICC. Insulation)	36
3.28 5. ผนัง GRC. ฉนวน 2 นิ้ว (GRC. Wall with 2" Insulation)	37
3.29 6. ผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น (4" Masonry Wall).....	37
3.30 7. ผนังก่ออิฐฉาบปูนเต็มแผ่น (8" Masonry Wall).....	38
3.31 8. ผนังกระจกใส 6 มม. (6mm. Clear Glass Wall).....	38

สารบัญกราฟ

กราฟที่	หน้า
4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอก Armour Wall	47
4.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายใน Armour Wall.....	48
4.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอก Wooden Wall.....	50
4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายใน Wooden Wall.....	51
4.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอก Alucobond Wall.....	53
4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายใน Alucobond Wall.....	54
4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอก Masonry Wall with ICC.....	56
4.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายใน Masonry Wall with ICC.....	57
4.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอก GRC. Wall.....	59
4.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายใน GRC. Wall.....	60
4.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอก 8" Masonry Wall.....	62
4.12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายใน 8" Masonry Wall.....	63
4.13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอก 6 mm. Clear Glass Wall.....	65
4.14 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายใน 6 mm. Clear Glass Wall.....	66
4.15 กราฟเปรียบเทียบ Heat Gain ระหว่างวัดจริงและคำนวณ Armour Wall.....	76
4.16 กราฟเปรียบเทียบ Heat Gain ระหว่างวัดจริงและคำนวณ Wooden Wall.....	77
4.17 กราฟเปรียบเทียบ Heat Gain ระหว่างวัดจริงและคำนวณ Alucobond Wall.....	78
4.18 กราฟเปรียบเทียบ Heat Gain ระหว่างวัดจริงและคำนวณ ICC Wall.....	79
4.19 กราฟเปรียบเทียบ Heat Gain ระหว่างวัดจริงและคำนวณ GRC Wall.....	80
4.20 กราฟเปรียบเทียบ Heat Gain ระหว่างวัดจริงและคำนวณ 4" Masonry Wall.....	81
4.21 กราฟเปรียบเทียบ Heat Gain ระหว่างวัดจริงและคำนวณ 8" Masonry Wall.....	82

กราฟที่	หน้า
4.22 กราฟเปรียบเทียบ Heat Gain ระหว่างวัดจริงและคำนวณ 6 mm. Clear Glass Wall.....	83
4.23 กราฟเปรียบเทียบ Heat Gain Armour Wall VS. 4" Masonry Wall	93
4.24 กราฟเปรียบเทียบ Heat Gain Wooden Wall VS. 4" Masonry Wall.....	94
4.25 กราฟเปรียบเทียบ Heat Gain Alucobond Wall VS. 4" Masonry Wall.....	95
4.26 กราฟเปรียบเทียบ Heat Gain ICC. Wall VS. 4" Masonry Wall.....	96
4.27 กราฟเปรียบเทียบ Heat Gain GRC. Wall VS. 4" Masonry Wall.....	97
4.28 กราฟเปรียบเทียบ Heat Gain 8" Masonry Wall VS. 4" Masonry Wall.....	98
4.29 กราฟเปรียบเทียบ Heat Gain 6 mm. Clear Glass Wall VS. 4" Masonry Wall.....	99

คำอธิบายสัญลักษณ์ และคำย่อ

Q	ปริมาณความร้อนที่ผ่านรูปนอกรอาคารด้านใด ๆ
U	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง
A	พื้นที่ผนัง
CLTD	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร
OA	อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร
IA	อุณหภูมิอากาศภายในอาคาร
OS	อุณหภูมิภายนอกอาคาร
IS	อุณหภูมิภายในอาคาร
WB	อุณหภูมิกระเปาะเปียก
Rad	ค่าการแผ่รังสี
RH	ความชื้นสัมพัทธ์
WS	ความเร็วลม

อักษรห้อยท้าย

- Armr (1) อาร์เมอร์วอลล์ (Armour Wall)
- Wood (2) ผนังไม้ 1/2"x6" ดิซันเกล็ด ภายในกรวยิปซัมบอร์ด 9 มม.
- Aluc (3) ผนังอลูโคบอนด์ (Alucobond) 4 มม. ภายในกรวยิปซัมบอร์ด 9 มม.
- ICC (4) ผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น ภายนอกฉาบด้วยฉนวน ICC.
- GRC (5) ผนัง จี.อาร์.ซี. (G.R.C.) ภายในกรวยิปซัมบอร์ด 9 มม. + ฉนวนโฟมหนา 2 นิ้ว
- 4Mas (6) ผนังก่ออิฐครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ 2 ด้าน
- 8Mas (7) ผนังก่ออิฐเต็มแผ่นฉาบปูนเรียบ 2 ด้าน
- Glass (8) ผนังกระจกใส หนา 6 มม.