เทคนิคการออกแบบปรับปรุงระบบเปลือกอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

กรณีศึกษา : อาคารสำนักงานธนาคารทหารไทย (สำนักงานใหญ่), กรุงเทพมหานคร

นางสาวจารุวรรณ ประภาทรงสิทธิ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544
ISBN 974 – 03 – 0786 – 8
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

BUILDING ENVELOPE IMPROVEMENT FOR ENERGY EFFICIENCY OF EXISTING BUILDING

CASE STUDY : THAI MILITARY BANK (HEAD OFFICE), BANGKOK

Miss Jaruwan Prapasongsit

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 2001

ISBN 974 – 03 – 0786 – 8

หัวข้อวิทยานิพนธ์เทคนิค	การออกแบบปรับปรุงระบบเปลือกอาคาร เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ กรณีศึกษา : อาคารสำนักงานธนาคารทหารไทย (สำนักงานใหญ่), กรุงเทพมหานคร
โดย	จารุวรรณ ประภาทรงสิทธิ์
ภาควิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตรจารย์ธนิต จินดาวณิค
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์สมสิทธิ์ นิตยะ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. วีระ สัจกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปราโมทย์ แตงเที่ยง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ)

..... กรรมการ

(อาจารย์ปิยนุช เตาลานนท์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จารุวรรณ ประภาทรงสิทธิ์ : เทคนิคการออกแบบปรับปรุงระบบเปลือกอาคาร เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ กรณีศึกษา : อาคารสำนักงานธนาคารทหารไทย (สำนักงานใหญ่), กรุงเทพมหานคร (Building Envelope Improvement for Energy Efficiency of Existing Building, Case Study : Thai Military Bank (Head Office), Bangkok.) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ธนิต จินดาวณิค อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : รศ. สมสิทธิ์ นิตยะ, 230 หน้า, ISBN 974 – 03 – 0786 – 8

การออกแบบอาคารขนาดใหญ่ ที่ไม่ได้คำนึงถึงตัวแปรที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้า *โดยเฉพาะในส่วนเปลือกอาคาร*เป็นผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเพิ่มขึ้นอย่างมาก ดังนั้นการออกแบบปรับปรุงเปลือกอาคารที่มีในปัจจุบันจึงเป็นแนวทางแก้ปัญหาแนวทางหนึ่ง เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้อาคารสำนักงานธนาคารทหารไทย (สำนักงานใหญ่) เป็นกรณีศึกษา ความเป็นไปได้ของการปรับปรุงเปลือกอาคารจะพิจารณาจาก 2 แนวทาง คือ ในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ วิธีการดำเนินการศึกษากระทำโดยการสำรวจและเก็บข้อมูลอาคารกรณีศึกษา เพื่อใช้ในการประเมินผลการใช้พลังงานไฟฟ้า เมื่อทำการปรับปรุงเปลือกอาคารในแต่ละวิธี จากการจำลองสภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DOE – 2 ควบคู่กับการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น

พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ของอาคารใช้ในระบบปรับอากาศร้อยละ 63, ระบบแสงสว่างร้อยละ 18 และระบบอื่น ๆ ร้อยละ 19 ภาระปรับอากาศที่เกิดจากองค์ประกอบทางเปลือกอาคาร ได้แก่ ผนังโปร่งแสงร้อยละ 34.75, ผนังทึบร้อยละ 12.76 และหลังคาทึบร้อยละ 2.25 ดังนั้นเทคนิคการปรับปรุงเปลือกอาคารกรณีศึกษาที่พิจารณา ได้แก่ การปรับปรุงผนังโปร่งแสง การลดสัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อผนังทั้งหมดของอาคาร และการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติเพื่อส่องสว่างภายในอาคาร

ผลการศึกษา พบว่า เทคนิคการปรับปรุงระบบเปลือกอาคารที่เหมาะสมที่สุด ในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพของอาคารกรณีศึกษาซึ่งเป็นอาคารสูง คือ การลดสัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมดของอาคาร เนื่องจากสามารถลดภาระปรับอากาศสูงสุดได้ ร้อยละ 13.40, ลดภาระปรับอากาศรายปีเมื่อคิดเฉพาะส่วนเปลือกอาคารได้ร้อยละ 23.87, ลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีได้ร้อยละ 10.17 และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคารลดลงเหลือ 43.47 วัตต์ / ตร.ม. ใช้งบประมาณในการลงทุนเพียง 739,504.29 บาท และมีระยะเวลาคืนทุนเร็ว คือ 1.1 ปี ขณะที่แนวทางปรับปรุงอื่น ๆ มีความเป็นได้ในการลงทุนต่ำ

เมื่อทำการปรับปรุงอาคารโดยผนวกตัวแปรที่มีผลต่อการใช้พลังงานเปรียบเทียบกับอาคารเดิม พบว่าการออกแบบอาคารที่คำนึงถึงตัวแปรดังกล่าว สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีจากระบบอากาศ และการให้แสงสว่างได้ร้อยละ 36.67 และ 11.05 ตามลำดับ ดังนั้นการออกแบบและการปรับปรุงอาคารในแนวทางที่เหมาะสมจึงช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลืองของอาคารกรณีศึกษาและอาคารที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้

ภาควิชา	สถาปัตยกรรม	**ลายมือชื่อนิสิต** .....จารุวรรณ ประภาทรงสิทธิ์.....
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม	**ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา** .....
ปีการศึกษา	2544	**ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม** .....

437 41139 25 : MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORD : BUILDING CONSERVATION / ENVELOPE REDESIGN / ENERGY EFFICIENCY

JARUWAN PRAPASONGSIT : BUILDING ENVELOPE IMPROVEMENT FOR ENERGY EFFICIENCY OF EXISTING BUILDING, CASE STUDY : THAI MILITARY BANK (HEAD OFFICE), BANGKOK. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. THANITCHINDAVANIG, THESIS COADVISER : ASSOC. PROF. SOMSIT NITTAYA, 230 pp. ISBN 974 – 03 – 0786 – 8

With an initial design that led to higher energy consumption, particularly because of the building envelope, changes to the current structure were needed to solve this problem and, thus, improve the energy use efficiency. Case study is Thai military bank (Head office), Bangkok. The saving potential estimation was must be only considered in appropriated techniques and cost – effectiveness, By study the energy used data of the building and simulating the conditions affecting energy consumption with computer simulation model by program DOE – 2 in each techniques.

63% off all energy consumption can be accounted to air conditioning system, 18% can be accounted to lighting system and 19% can be accounted to other. Cooling load from building envelope when broken down, this includes a transparent wall 34.75, solid wall, 12.76% and roof, 2.25% as well as from sunlight 18%. Possible adjustments to the building envelope including adjustments to the transparent wall, or reducing window to wall ratio that is reducing the amount of area that allows sunlight to penetrate as well as using the sunlight to providing natural lighting.

The study revealed that the best way to improve the building envelope when considering technique and economics to achieve top energy consumption efficiency in a high rise was to reduce the window to wall ratio of the entire building. This led to a reduction of 13.40% in air conditioning when compared to the previous year. For the building envelope itself, the reduction was as high as 23.87%. There was a 10.17% reduction in energy consumption when compared to the previous year and reduction in heat transfer of as much as 43.47 W/sq. meter. Total investment amounted to 739,504.29 baht and the changes took 1.1 year to complete. Other adjustments required low investment.

When a building envelope has been adjusted by integration with factors affect energy use and comparisons are made to the original structure, it has been proven that by reducing the area of transparency, energy consumption can be reduced as well in both building systems and lighting by 36.67% and 11.05%, respectively. Thus, adjustments of these types do give positive results in this and buildings of similar design.

Department / Program	Architecture	Student's signature .....
Field of study	Architecture	Advisor's signature .....
Academic year	2001	Co-advisor's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกล่าวคำว่า *"ขอบพระคุณด้วยความจริงใจ"* สำหรับความกรุณา ความช่วยเหลือ และการให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ยิ่งสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ทุกขั้นตอน จนกระทั่งสำเร็จเป็นที่น่าพอใจระดับหนึ่งตามระยะเวลาที่พึงมีแล้ว ณ วันนี้ มอบแด่บุคลากรผู้มีความรู้ ความเชี่ยวชาญที่เคารพและนับถือทุก ๆ ท่าน และหน่วยงานต่าง ๆ ดังนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้สนับสนุนและยินดีให้คำแนะนำทุกเรื่องในการทำวิทยานิพนธ์ ด้วยความเมตตา กรุณาและจริงใจอย่างที่สุดที่ผู้เป็นอาจารย์พึงมีต่อศิษย์

รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมสำหรับคำแนะนำอันมีคุณค่ายิ่ง และการบอกเล่าประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ไม่สามารถหาฟังได้จากที่อื่นใด

อาจารย์ปิยนุช เตาลานนท์ กรรมการวิทยานิพนธ์ สำหรับคำปรึกษาและคำชี้แนะซึ่งเป็นแรงผลักดันอันสำคัญในดำเนินงานได้ต่อไป

ผู้อำนวยการฝ่ายอาคารอาวุโส และเจ้าหน้าที่ของธนาคารทหารไทย (สำนักงานใหญ่) ทุกท่านที่ยินดีให้ความร่วมมือ และอำนวยความสะดวกเป็นอย่างยิ่งในการเก็บข้อมูลอาคาร

พี่พราว....รอ. ปริมลาภ ชูเกียรติมั่น (วสุวัต) เปรียบเสมือนผู้จุดเทียนนำทางในการทำงานให้ลุล่วง ขอขอบพระคุณอย่างจริงใจ สำหรับการบอกเล่าตำนาน DOE-2.1D และคำแนะนำด้วยความเต็มใจจริง ๆ

พี่เกรียงไกร วิศวกรบริษัทที่ปรึกษาพลังงาน สำหรับการสนับสนุนและอำนวยความสะดวก สำหรับข้อมูลด้านการตรวจวัดการใช้พลังงานในอาคารกรณีศึกษา

อาจารย์พรรณชรัส พี่หิว พี่ศรันย์ คุณกนก สำหรับการให้คำปรึกษาในยามคับขันและเร่งด่วน

คุณพงพัฒน์ มั่งคั่ง สำหรับคำแนะนำในการใช้โปรแกรม DOE-2 เพิ่มเติม

ชลธิชา ประเสริฐสุขแสน ที่เป็นเพื่อนกันร่วมทุกข์ร่วมสุขในสถาบันแห่งนี้ ขอบคุณสำหรับการเดินทางเป็นเพื่อนร่วมกันสองคนในการเก็บข้อมูลต่าง ๆ คำแนะนำปรึกษา คำบอกเล่ากำหนดการณ์ต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ และเป็นกำลังใจที่มอบให้

สพช. กรมพัฒนาและส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและบัณฑิตวิทยาลัย สำหรับทุนการทำวิจัย

เจ้าหน้าที่ภาควิชาสถาปัตยกรรม และบัณฑิตวิทยาลัยทุก ๆ ท่าน ที่เป็นธุระในการจัดการงานเอกสารและอำนวยความสะดวกต่าง ๆ

บริษัทเอกชน และแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ที่มิได้กล่าวถึงที่เอื้อเฟื้อข้อมูลที่เกี่ยวข้องด้วยความเต็มใจ

พี่จิ๋ว พี่สาวที่ช่วยสนับสนุน และอำนวยความสะดวกในการจัดพิมพ์เอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ตั้งแต่การศึกษาในระดับปริญญาตรี เรื่อยมาจนถึงปริญญาโท

บิดา มารดาและพี่สาว ตลอดจนสมาชิกในครอบครัวทุกตัวที่เป็นกำลังใจในยามอ่อนล้า และทำให้พบกับความสำเร็จได้ไม่เฉพาะด้านการศึกษาเท่านั้น

หากมิได้รับความกรุณา ช่วยเหลือ และคำแนะนำอันดีจากบุคคลดังกล่าว คาดว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้คงมิอาจสำเร็จลงได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้..... *ขอขอบพระคุณ*

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฐ

สารบัญภาพ ..... ฒ

สารบัญแผนภูมิ ..... ณ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น 4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย 5

บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.1. การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร 7

2.1.1 การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร 7

- วัตถุประสงค์ของการตรวจวิเคราะห์ 7
- ระดับของการตรวจวิเคราะห์พลังงาน 7
- แนวทางในการสำรวจอาคารเพื่อพิจารณาประสิทธิภาพการใช้พลังงาน 7
- ลักษณะของข้อมูลที่ใช้ 8
- ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์ 9

2.1.2 แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์พลังงาน 9

2.2. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคาร 10

2.2.1 ปัจจัยเชิงกายภาพ 10

- ปัจจัยภายนอก 10
- ปัจจัยภายใน 12

2.2.2 ปัจจัยเชิงเศรษฐศาสตร์ 13

2.3. ระบบเปลือกอาคาร 13

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.1 ระบบผนัง Curtain Wall ในอาคารสูง 13

2.3.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร 14

- คุณสมบัติวัสดุเปลือกอาคาร 14
- การออกแบบเปลือกอาคารที่เหมาะสมในภูมิอากาศแบบเมืองไทย 15

2.4. แนวทางการคำนวณการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของอาคาร 16

2.4.1 แนวทางการประเมินการใช้พลังงานในอาคาร 16

2.4.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการปรับอากาศ 16

2.4.3 ความละเอียดในการคำนวณการใช้พลังงาน 16

2.4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลสภาพอากาศที่ใช้ในการคำนวณ 17

2.4.5 การใช้พลังงานของระบบปรับอากาศในอาคาร 18

- การคำนวณภาระการปรับอากาศ 18
- การคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ 19

2.4.6 มาตรฐานการปรับอากาศภายในอาคาร 21

2.5. แนวทางการคำนวณการใช้พลังงานของระบบอื่น ๆ ภายในอาคาร 22

2.5.1 การใช้พลังงานของระบบแสงสว่าง 22

2.5.2 การใช้พลังงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคาร 23

2.6. การคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้า 24

2.7. การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของอาคาร 24

2.7.1 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุอาคาร 24

2.7.2 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร 25

2.8. การพิจารณาเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนในอาคาร 27

2.8.1 การถ่ายเทความร้อนภายในฉนวน 27

2.8.2 การจัดประเภทของฉนวน 29

2.9. เทคโนโลยีของวัสดุกระจก 31

2.9.1 กระจกธรรมดา 31

2.9.2 กระจกอบความร้อน 32

2.9.3 กระจกเคลือบผิว 33

2.9.4 กระจกดัดแปลง 34

2.10. ระบบการให้แสงสว่างในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ 36

2.10.1 ระบบควบคุมปิด – เปิดไฟฟ้าแสงสว่าง 36

2.10.2 เทคนิคการควบคุมแสงสว่าง 36

2.10.3 มาตรฐานระดับการส่องสว่าง 37

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.10.4 การประยุกต์ระบบควบคุมแสงสว่างเพื่อการประหยัดพลังงาน 39
2.11. สภาวะน่าสบายสำหรับมนุษย์ 40
2.11.1 ขอบเขตของสภาวะน่าสบาย 40
2.11.2 การระบายอากาศ 40
2.12. การคำนวณ Life Cycle Cost & Payback Period 42
2.12.1 การคำนวณ Life Cycle Cost 42
2.12.2 การคำนวณ Payback Period 42

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 การศึกษาทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย 43
3.2 การสำรวจและเก็บข้อมูลอาคารกรณีศึกษา 43
3.2.1 การเก็บข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร 43
3.2.2 การสำรวจและเก็บข้อมูลที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคาร 44
3.2.3 การสำรวจและเก็บข้อมูลการใช้พลังงานในอาคาร 44
3.3 วิเคราะห์การใช้พลังงานจากการเก็บข้อมูลจริงเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์จากคอมพิวเตอร์ 46
3.4 การวิเคราะห์และประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร 46
3.5 การเสนอเทคนิคการออกแบบปรับปรุงระบบเปลือกอาคาร 46
3.6 การวิเคราะห์เปรียบเทียบและประเมินศักยภาพการลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองของอาคาร 46
3.7 สรุปเทคนิคในการออกแบบปรับปรุงระบบเปลือกอาคารที่เหมาะสม 47
3.8 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดและเก็บข้อมูลด้านพลังงาน 47
3.8.1 อุปกรณ์วัดแสง 47
3.8.2 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอาคาร 47
3.8.3 อุปกรณ์วัดความเร็วลมภายในอาคาร 48
3.8.4 เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่างๆ 48
3.8.5 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจำลองสภาพอาคาร DOE 2.1D 49

บทที่ 4 ข้อมูลรายละเอียดอาคารกรณีศึกษา

4.1. ข้อมูลทั่วไปของอาคาร 55
4.1.1 ชื่ออาคารกรณีศึกษา 55
4.1.2 ที่ตั้งอาคาร 56
4.1.3 รายละเอียดโครงการ 57
4.2. ข้อมูลรายละเอียดของระบบเปลือกอาคาร 59

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.1 ลักษณะองค์ประกอบของระบบเปลือกอาคาร 60
4.2.2 รายละเอียดการใช้วัสดุระบบเปลือกอาคาร 61
4.3. รายละเอียดงานระบบหลักของอาคาร 62
4.3.1 การส่งจ่ายไฟฟ้าและการจัดแบ่งโหลด 62
4.3.2 ระบบปรับอากาศ 62
4.3.3 ระบบการให้แสงสว่าง 63
4.3.4 ระบบอุปกรณ์อาคารอื่นๆ 64
4.4. รายละเอียดการใช้พลังงานในอาคาร 64
4.4.1 การใช้พลังงานรวมในอาคาร (ต่อปี) 64
4.4.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าในงานระบบหลัก ๆ ของอาคาร 65
4.5. การศึกษาสภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในอาคาร 69
4.6. การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของระบบเปลือกอาคาร 69
4.6.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบผนังอาคาร 69
4.6.2 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคาของอาคาร 70
4.7. ระบบการให้แสงสว่างภายในอาคาร 70
4.7.1 การวิเคราะห์ค่าความส่องสว่างภายในอาคารจากแสงประดิษฐ์ 71
4.7.2 การวิเคราะห์ค่าความส่องสว่างภายในอาคารจากแสงธรรมชาติ 71
4.8. การเปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังงานจากการตรวจวัดกับการจำลองสภาพ
ด้วยคอมพิวเตอร์ 74
4.9. การศึกษาข้อดี-ข้อเสียของอาคาร 76

บทที่ 5 การพิจารณาเทคนิคการปรับปรุงเปลือกอาคาร

5.1. เกณฑ์การพิจารณาเทคนิคในการปรับปรุงเปลือกอาคาร 79
5.2. การกำหนดองค์ประกอบอาคารที่ต้องปรับปรุง 79
5.2.1 พิจารณาจากเกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุม 79
5.2.2 พิจารณาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร 81
5.3. สรุปเทคนิคการออกแบบปรับปรุงระบบเปลือกอาคาร 86
5.4. การประเมินผลการปรับปรุงเปลือกอาคารในแนวทางต่าง ๆ 88
5.5. การพิจารณาแนวทางที่เหมาะสมในการปรับปรุงเปลือกอาคาร 99
5.6. ข้อพิจารณาในการออกแบบอาคารขนาดใหญ่ที่คำนึงถึงการประหยัดพลังงาน 100

บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 การวิเคราะห์และประเมินผลอาคารกรณีศึกษา 104

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6.1.1 การประเมินด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร 104
6.1.2 องค์ประกอบเปลือกอาคารที่ต้องทำการปรับปรุง 104
6.2 เทคนิคการปรับปรุงเปลือกอาคารกรณีศึกษา 105
6.3 ข้อพิจารณาในการออกแบบอาคารขนาดใหญ่ที่คำนึงถึงการประหยัดพลังงาน 106
6.4 ข้อสรุปของการศึกษา 106
6.5 ข้อเสนอแนะ 107

รายการอ้างอิง 108

ภาคผนวก 110
ภาคผนวก ก แปลนอาคารกรณีศึกษา : ธนาคารทหารไทย สำนักงานใหญ่ 111
ภาคผนวก ข การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารผ่านเปลือกอาคาร
ภาคผนวก ข – 1 รายละเอียดวัสดุเปลือกอาคารอาคาร 122
ภาคผนวก ข – 2 การคำนวณค่า OTTV และ RTTV ของอาคารเดิม 125
ภาคผนวก ข – 3 การคำนวณค่า OTTV และ RTTV หลังการปรับปรุง 129
ภาคผนวก ค การคำนวณในระบบแสงสว่างของอาคาร
ภาคผนวก ค – 1 ค่าส่องสว่างของแสงธรรมชาติตามการแนวทางทางปรับปรุงที่ 4 133
ภาคผนวก ค – 2 การคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าเมื่อปรับปรุงระบบแสงประดิษฐ์ 151
ภาคผนวก ง การคำนวณด้านเศรษฐศาสตร์
ภาคผนวก ง – 1 การคำนวณค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงอาคาร 154
ภาคผนวก ง – 2 ตารางค่าไฟฟ้าของอาคาร ปี พ.ศ. 2541 157
ภาคผนวก ง – 3 การคำนวณค่าไฟฟ้ารายเดือนและรายปีในอาคารกรณีศึกษาและอาคารที่ทำการปรับปรุง 161
ภาคผนวก ง – 4 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนอย่างง่ายและมูลค่าอาคารสะสม 165
ภาคผนวก จ ข้อมูลการตรวจวัดการใช้พลังงานในอาคารกรณีศึกษา
ภาคผนวก จ – 1 สมรรถภาพการทำความเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น 173
ภาคผนวก จ – 2 สมรรถภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน 176
ภาคผนวก จ – 3 หลักเกณฑ์การทดสอบหาค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นของเครื่องปรับอากาศ 178
ภาคผนวก จ – 4 การวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร 180
ภาคผนวก จ – 5 ผลการตรวจวัดค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์ภายในบริเวณพื้นที่ปรับอากาศ 185

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก จ – 6 อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบขนส่งภายในอาคาร 191

ภาคผนวก ฉ ข้อมูลการจำลองสภาพอาคารด้วยโปรแกรม DOE – 2

ภาคผนวก ฉ – 1 DOE 2.1D input data 192

ภาคผนวก ฉ – 2 DOE 2.1D output data 213

ภาคผนวก ฉ – 3 เปรียบเทียบข้อมูลด้านเทคนิคและด้านเศรษฐศาสตร์ของอาคารกรณีศึกษาและอาคารในแต่ละแนวทางปรับปรุง 219

ภาคผนวก ฉ – 4 จำนวนผู้ใช้อาคารจำแนกตามชั้นและแผนก 222

ภาคผนวก ฉ – 5 ลักษณะตารางการใช้งานอาคาร 224

ประวัติผู้เขียน 230

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 2 – 1	อุณหภูมิอากาศเป็นมาตราวัดสภาวะน่าสบายขั้นพื้นฐาน	10
ตารางที่ 2 – 2	ความเร็วลมที่เคลื่อนที่เพื่อสร้างสภาวะที่พอเหมาะ	12
ตารางที่ 2 – 3	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำความเย็นกับค่า EER	22
ตารางที่ 2 – 4	เครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ	22
ตารางที่ 2 – 5	การเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES	37
ตารางที่ 2 – 6	การเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES และมาตรฐานการกำหนดค่า DAYLIGHT FACTOR ตามประเภทการใช้งาน	38
ตารางที่ 2 – 7	ข้อมูลเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าติดตั้งของบัลลาสต์ RAPID START กับ ELECTRONIC BALLAST	39
ตารางที่ 2 – 8	ความต้องการ การถ่ายเทอากาศของอาคารแต่ละประเภท	41
ตารางที่ 4 – 1	รายละเอียดการแบ่งพื้นที่ใช้สอยของอาคาร	57
ตารางที่ 4 – 2	พื้นที่ผนังอาคารในทิศต่าง ๆ	62
ตารางที่ 4 – 3	เปรียบเทียบสัมประสิทธิ์สมรรถภาพ (COP) ที่พิกัดติดตั้งและที่ภาระใช้งานจริง	63
ตารางที่ 4 – 4	รายการชนิด จำนวนของอุปกรณ์ไฟฟ้าในการส่องสว่างที่มีการติดตั้งในอาคาร	63
ตารางที่ 4 – 5	กำลังไฟฟ้าติดตั้งรวมของระบบอาคารอื่น ๆ	64
ตารางที่ 4 – 6	สัดส่วนการใช้พลังงานของอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศส่วนกลาง	65
ตารางที่ 4 – 7	สรุปการใช้พลังงานไฟฟ้าในการส่องสว่างและค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่าง	67
ตารางที่ 4 – 8	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคารธนาคารทหารไทย (สำนักงานใหญ่)	69
ตารางที่ 4 – 9	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) อาคารทหารไทย (สำนักงานใหญ่)	70
ตารางที่ 4 – 10	ค่าการส่องสว่างภายในอาคารของแสงธรรมชาติ	71
ตารางที่ 4 – 11	เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือนจากการตรวจวัดกับจากโปรแกรม	74
ตารางที่ 5 – 1	เกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุมที่นำมาพิจารณา	79
ตารางที่ 5 – 2	ภาระปรับอากาศสูงสุดที่เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ	82
ตารางที่ 5 – 3	ภาระปรับอากาศรายปีที่เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ	83
ตารางที่ 5 – 4	การพิจารณาการเลือกใช้กระจกในการปรับปรุงอาคาร	85
ตารางที่ 5 – 5	รายละเอียดการปรับปรุงกระจกอาคาร	88
ตารางที่ 5 – 6	ผลการใช้พลังงานและการลงทุนจากการปรับปรุงกระจกในแต่ละแนวทาง	89
ตารางที่ 5 – 7	ผลการลดพื้นที่ผนังโปร่งแสงในอาคารตามแนวทางที่ 2	92
ตารางที่ 5 – 8	ผลการปรับปรุงผนังโปร่งแสงและการลดพื้นที่ผนังอาคาร	93
ตารางที่ 5 – 9	ปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคารตามแนวทางที่ 4 ณ 21 มิถุนายน	96
ตารางที่ 5 – 10	ปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคารตามแนวทางที่ 4 ณ 21 ธันวาคม	96
ตารางที่ 5 – 11	รายละเอียดการปรับปรุงและการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่าง	98

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ตารางที่ 5 – 12 การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศตามแนวทางที่ 4 98
ตารางที่ 5 – 13 รายละเอียดการปรับปรุงอาคารที่คำนึงถึงตัวแปรหลักที่มีผลต่อการใช้พลังงาน 101
ตารางที่ 5 – 14 เปรียบเทียบการใช้พลังงานของอาคารก่อนและหลังการปรับปรุง 102

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ		หน้า
รูปที่ 1 – 1	รูปแบบสถาปัตยกรรมและสภาพแวดล้อมรอบโครงการ	2
รูปที่ 2 – 1	การถ่ายเทความร้อนจากพื้นที่ไม่ปรับอากาศสู่พื้นที่ที่มีการปรับอากาศ	24
รูปที่ 2 – 6	การถ่ายเทความร้อนผ่านฉนวนในลักษณะที่เป็นมวล	28
รูปที่ 2 – 7	การถ่ายเทความร้อนผ่านฉนวนในลักษณะที่เป็นผิวสะท้อนแสง	29
รูปที่ 3 – 1	ลักซ์มิเตอร์ / อุปกรณ์วัดแสง	47
รูปที่ 3 – 2	HOBO Data Logger	47
รูปที่ 3 – 3	เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น	48
รูปที่ 3 – 4	เครื่องวัดความเร็วลม	48
รูปที่ 3 – 5	แอมป์มิเตอร์	48
รูปที่ 4 – 1	ลักษณะของสถาปัตยกรรมโดยรวมของอาคารธนาคารทหารไทย (สำนักงานใหญ่)	55
รูปที่ 4 – 2	แผนผังที่ตั้งอาคารธนาคารธนาคารทหารไทย (สำนักงานใหญ่)	56
รูปที่ 4 – 3	สภาพแวดล้อมมุมกว้างโดยรอบและภายในพื้นที่โครงการที่เป็นพื้นที่สีเขียวและแหล่งน้ำ	56
รูปที่ 4 – 4	รูปแบบผนังของอาคารกรณีศึกษา	59
รูปที่ 4 – 5	ลักษณะองค์ประกอบของผนังทึบและผนังโปร่งแสงของอาคารแบบที่ 1	60
รูปที่ 4 – 6	ลักษณะองค์ประกอบของผนังทึบและผนังโปร่งแสงของอาคารแบบที่ 2	60
รูปที่ 4 – 7	ลักษณะรูปแบบของหลังคาอาคาร	61
รูปที่ 5 – 1	ตำแหน่งที่ใช้แสงธรรมชาติในการส่องสว่างแทนแสงประดิษฐ์	97

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิ		หน้า
แผนภูมิที่ 1 – 1	แนวคิดและวิธีการศึกษาวิจัย	6
แผนภูมิที่ 2 – 1	ขั้นตอนการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าเบื้องต้นของอาคาร	23
แผนภูมิที่ 3 – 1	ส่วนประกอบของโปรแกรม DOE – 2	51
แผนภูมิที่ 4 – 1	การใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของอาคาร	64
แผนภูมิที่ 4 – 2	การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบหลักของอาคาร	65
แผนภูมิที่ 4 – 3	การใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือนในระบบหลักของอาคาร	68
แผนภูมิที่ 4 – 4	ค่าส่องสว่างภายในอาคารตามทิศทางต่าง ๆ	72
แผนภูมิที่ 4 – 5	ค่าส่องสว่างเฉลี่ยภายในอาคาร	72
แผนภูมิที่ 4 – 6	ค่าส่องสว่างภายในอาคาร	73
แผนภูมิที่ 4 – 7	ค่าส่องสว่างภายในของแสงประดิษฐ์ที่เหมาะสม	73
แผนภูมิที่ 4 – 8	เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารกรณีศึกษา	74
แผนภูมิที่ 4 – 9	เปรียบเทียบภาระปรับอากาศที่เกิดขึ้นจากตัวแปรต่าง ๆ	75
แผนภูมิที่ 5 – 1	สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร	81
แผนภูมิที่ 5 – 2	ภาระปรับอากาศสูงสุดจากปัจจัยต่าง ๆ	82
แผนภูมิที่ 5 – 3	ภาระปรับอากาศรายปีจากปัจจัยต่าง ๆ	83
แผนภูมิที่ 5 – 4	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมตามแนวทางที่ 1	90
แผนภูมิที่ 5 – 5	ภาระปรับอากาศสูงสุดตามแนวทางปรับปรุงที่ 1	90
แผนภูมิที่ 5 – 6	ภาระปรับอากาศรายปีเฉพาะเปลือกอาคารตามแนวทางที่ 1	91
แผนภูมิที่ 5 – 7	การใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีตามแนวทางที่ 1	91
แผนภูมิที่ 5 – 8	เปรียบเทียบภาระปรับอากาศและการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง	92
แผนภูมิที่ 5 – 9	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมตามแนวทางที่ 3	94
แผนภูมิที่ 5 – 10	ภาระปรับอากาศสูงสุดตามแนวทางปรับปรุงที่ 3	94
แผนภูมิที่ 5 – 11	ภาระปรับอากาศรายปีเฉพาะเปลือกอาคารตามแนวทางที่ 3	94
แผนภูมิที่ 5 – 12	เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้ารายปีของระบบปรับอากาศตามแนวทางที่ 3	95
แผนภูมิที่ 5 – 13	ค่าส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ ณ 21 มิถุนายน	96
แผนภูมิที่ 5 – 14	ค่าส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ ณ 21 ธันวาคม	97
แผนภูมิที่ 5 – 15	ภาระปรับอากาศและการใช้พลังงานไฟฟ้าตามแนวทางที่ 4	98
แผนภูมิที่ 5 – 16	เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารก่อน – หลังการปรับปรุง	103
แผนภูมิที่ 5 – 17	เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือนของอาคารก่อน - หลังการปรับปรุงอาคาร	103