กลยุทธการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานราชการ : กรณีศึกษาอาคารกองวิทยาการ กรมช่างโยธาทหารอากาศ,ดอนเมือง

ร.อ.หญิง ปริมลาภ วสุวัต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-334-475-6

ลิขสิทธิ์ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

20 ก.พ. 2546
I19140472

ENERGY EFFICIENT STARTEGIES FOR GOVERNMENT OFFICE BUILDING : A CASE STUDY OF TECHNICAL DIVISION , THE DIRECTORATE OF CIVIL ENGINEERING,DONMUANG

Flt.Lt PRIMLARP WASUWAT

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture in Building Technology
Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Academic Year 1999

ISBN 974-334-475-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์ กลยุทธการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
ในอาคารสำนักงานราชการ: กรณีศึกษาอาคารกองวิทยาการ กรมช่าง
โยธาทหารอากาศ,ดอนเมือง

โดย ร.อ.หญิง ปริมลาภ วสุวัต

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....รองคณบดีฝ่ายวิจัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระ สัจกุล) รักษาราชการแทนคณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค)

.....กรรมการ

(อาจารย์พิรัส พัชรเศวต)

.....กรรมการ

(อาจารย์ปิยนุช เตาลานนท์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปริมลาภ วสุวัต , ร.อ. : กลยุทธการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานราชการ : กรณีศึกษา อาคารกองวิทยาการ กรมช่างโยธาทหารอากาศ , ดอนเมือง (ENERGY EFFICIENT STRATEGIES FOR GOVERNMENT OFFICE BUILDING : A CASE STUDY OF TECHNICAL DIVISION , THE DIRECTORATE OF CIVIL ENGINEERING , DONMUANG) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ธนิต จินดาวณิค , 187 หน้า. ISBN 974-334-475-6.

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแสวงหากลยุทธ์การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสมในเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น สำหรับอาคารสำนักงานราชการขนาด 2,460 ตารางเมตร อาคารกรณีศึกษาได้ถูกสำรวจ ประเมิน และวิเคราะห์สภาวะแวดล้อมด้านอุณหภูมิและการใช้พลังงานในอาคาร แบบจำลองสภาพการใช้พลังงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DOE 2.1 D. นำมาใช้เป็นตัวแทนอาคารกรณีศึกษา เพื่อประเมินผลการใช้พลังงานในอาคารเมื่อทำการปรับปรุงองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมของอาคารแต่ละวิธี

พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ของอาคารกรณีศึกษาถูกนำไปใช้ในระบบปรับอากาศ เนื่องจากคุณสมบัติองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมได้แก่ ลักษณะเปลือกอาคารประกอบด้วยผนังทึบ ช่องแสง และการรั่วไหลอากาศผ่านรอยรั่วของหน้าต่างที่ไม่สามารถต้านทานการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกอาคาร ลักษณะทางกายภาพของอาคารที่มีแผงกันแดดโดยรอบมีผลดีต่อการลดความร้อนเนื่องจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบหน้าต่างช่องแสงอาคารแต่ก็ทำให้ไม่สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารได้ ระบบแสงประดิษฐ์ในอาคารเดิมมีค่าการส่องสว่างเฉลี่ยที่ต่ำกว่ามาตรฐานในขณะที่ใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างเกินกว่าค่ากฎหมายควบคุมอาคารกำหนดไว้ และการจัดวางตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในอาคารก็มีผลต่อการเพิ่มความร้อนเนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าในพื้นที่ปรับอากาศส่งผลต่อการเพิ่มภาระปรับเย็นในอาคารเช่นกัน

ผลการศึกษาสามารถนำเสนอเป็นแผนกลยุทธ์ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน 4 แนวทาง การปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาในแต่ละแนวทาง สามารถลดการใช้พลังงานในอาคารได้ร้อยละ 10.18 ถึง 18.56 และมีมูลค่าการลงทุนระหว่าง 411,950 ถึง 1,050,910 บาท โดยมีระยะเวลาคืนทุนไม่เกิน 10 ปี

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ **ลายมือชื่อนิสิต** .....
สาขาวิชา เทคโนโลยีอาคาร **ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา** .....
ปีการศึกษา 2542

4174138425 : MAJOR ARCHITECTURE
KEY WORD : ENERGY EFFICIENT \ ENERGY CONSERVATION \ BUILDING RETROFITTING
PRIMLARP WASUWAT,Flt.Lt. : ENERGY EFFICIENT STRATEGIES FOR GOVERNMENT OFFICE BUILDING : A CASE STUDY OF TECHNICAL DIVISION , THE DIRECTORATE OF CIVIL ENGINEERING, DONMUANG. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. THANIT CHINDAVANIG. , 187 pp. ISBN 974-334-475-6.

The objective of this study was to find out an energy efficient strategies for 2,460 square meter government office building with appropriated techniques and economic. The building was surveyed, evaluated, and analyzed in term of thermal environment and energy consumption. Calibrated computer simulation models by computer program DOE 2.1 D. were used as a tool to evaluate each architectural improvement strategy.

The result of energy audit indicated that a major electrical energy consumption was from the air-conditioning system, due to the poor properties of opaque wall, fenestration and the tightness of window frames. Although the shading system of the building benefited solar heat gain reduction, it prevented daylight entering into the office spaces. The illumination level from artificial lighting system was inadequate even though the utilization of electrical energy for the lighting system was higher than building code allowed. Also the heat gain from electrical equipments had affected to the cooling load.

Four energy efficient strategies were proposed. The annual energy consumption of the building could be reduced from 10.18 to 18.56 percent with investment cost from 411,950 to 1,050,910 Baths. Each strategy had an economical return within 10 years.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา เทคโนโลยีอาคาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2542

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สามารถสำเร็จได้ด้วยดี หากขาดความกรุณาช่วยเหลือสนับสนุนทั้งด้านความรู้ คำแนะนำ น้ำใจและกำลังใจในการทำงาน จากบุคคล และสถาบันต่างๆ ดังนี้

ขอขอบพระคุณผู้บังคับบัญชาตามลำดับชั้นภายในกรมช่างโยธาทหารอากาศ ที่อนุมัติให้ลาศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต และกรุณาให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในการสำรวจอาคารกรณีศึกษาทั้งในและนอกเวลาราชการ

ขอขอบพระคุณในความกรุณาและความอนุเคราะห์จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษาที่มีประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัย

ขอขอบพระคุณ ท่านเจ้ากรมช่างโยธาทหารอากาศ น.อ.ปรีชัย หาญเจนลักษณ์ ผู้อำนวยการกองวิทยาการ น.ท.ม.ล.ประกิตติ เกษมสันต์ หัวหน้าแผนกแบบแผน น.อ.บุญชอบ วิรัชพันธุ์ น.ต.ดอนน้อย และข้าราชการภายในกองวิทยาการฯทุกท่านได้อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลและตรวจสอบอาคารเดิมอย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณในความกรุณาของท่านอาจารย์ดร.กฤชกนก สุทัศน์ ณ อยุธยา คุณพงศ์พัฒน์ มั่งคั่ง และคุณเขมชาติ มังกรศักดิ์สิทธิ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าให้คำแนะนำวิธีการใช้งานโปรแกรม Doe 2.1 D และ Doe 2.1 E ที่ใช้เป็นเครื่องมือหลักในการจำลองสภาพอาคารกรณีศึกษา

ขอขอบคุณในความช่วยเหลือของ น.ต.จารุ จารุจันทร์ พี่ป้อม พี่โด้ น้องโจ้ พี่ไพรัตน์ แอ้ม จิรายุ น้องสุวรรณา ที่ช่วยเก็บข้อมูลอาคารและให้กำลังใจในการทำงาน ขอขอบคุณสำหรับคำแนะนำที่มีประโยชน์และการช่วยเหลือของอาจารย์พิรัส เหล่าไพศาลศักดิ์ อาจารย์พรรณชลัท สุริโยธิน อาจารย์ปิยะนุช เตาลานนท์ อาจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณกาญจน์ และพี่คมกฤช ฐูเกียรติมั่น ขอบคุณสำหรับกำลังใจในการทำงานจากพี่ๆ น้องๆขาวห้องวิจัย พี่จุ๊บ(คุณทศพร นามเทพ) โย พี่ๆน้องๆ เทคโนโลยีอาคารทุกคน และพี่ๆแต่ละแผนกในกองวิทยาการ

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ พี่พลาย และเล็กที่คอยให้กำลังใจ ห่วงใยและสนับสนุนทุกๆด้านในการทำงานและศึกษามาโดยตลอด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตารางประกอบ ..... ญ
สารบัญรูปภาพประกอบ ..... ฏ
สารบัญแผนภูมิประกอบ ..... ฐ
บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 5
1.4 ข้อจำกัดของการวิจัย 5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6
1.6 วิธีดำเนินการวิจัย 6
บทที่ 2 ทฤษฎี และแนวความคิดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
2.1. การศึกษาวิเคราะห์อาคาร 8
2.2. แนวทางในการศึกษาทดสอบการใช้พลังงานในอาคาร 8
2.2.1 การศึกษาทดสอบการใช้พลังงานในอาคาร 8
2.2.2 แนวทางในการสำรวจอาคารเพื่อพิจารณาประสิทธิภาพการใช้พลังงาน 11
2.2.3 ข้อจำกัดในการศึกษาทดสอบการใช้พลังงานในอาคาร ด้วยการจำลองสภาพในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 12
2.3. อิทธิพลที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร 12
2.4. การศึกษาด้านสภาวะน่าสบายของมนุษย์ 14
2.5. ทฤษฎีเกี่ยวกับการปรับอากาศ 15
2.5.1 การตอบสนองของร่างกายต่อสภาวะแวดล้อม 15
2.5.2 แผนภูมิความสบาย 16
2.5.3 ปริมาณและคุณภาพอากาศที่ใช้ในการปรับอากาศ 17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6. การคำนวณภาระปรับอากาศ 17
2.6.1 การคำนวณภาระการทำความเย็นด้วยวิธี Transfer Function Method 17
2.6.2 การคำนวณภาระการทำความเย็นด้วยวิธี TETD/TA 18
2.6.3 การคำนวณภาระการทำความเย็นด้วยวิธี CLTD/SCL/CLF 18
2.6.4 อิทธิพลเนื่องจากการรั่วไหลของอากาศภายนอกเข้าสู่ห้อง และอากาศที่ระบายจากห้อง ต่อความร้อนที่เกิดภายในอาคาร 21
2.6.5 ความร้อนอันเนื่องมาจากดวงไฟแสงสว่าง 22
2.7. การวัดการใช้พลังงานของเครื่องทำความเย็น 23
2.8. ทฤษฎีเกี่ยวกับการให้แสงสว่าง 24
2.8.1 การออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร 24
2.8.2 มาตรฐานระดับการส่องสว่าง 24
2.9. การศึกษาในด้านเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น 27

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3.1 ศึกษาการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารและแนวทางในการปรับปรุงอาคาร 28
3.2 การสำรวจเก็บข้อมูลอาคาร 28
3.2.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร 28
3.2.2 การศึกษาการใช้พลังงานในอาคาร 29
3.2.3 สำรวจตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณความร้อนในอาคาร 30
3.2.4 สำรวจตัวแปรที่มีผลต่อการให้แสงสว่างในอาคาร ข้อมูลระบบแสงประดิษฐ์ในอาคารและลักษณะการกระจายแสง 30
3.2.5 การเก็บข้อมูลด้านสภาวะน่าสบายในอาคาร 31
3.3 ประเมินและวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษาด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า 32
3.4 เสนอแนวทางการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา 32
3.5 ประเมินแนวทางการปรับปรุงอาคาร 32
3.8 สรุปแนวทางที่เหมาะสม ในการนำไปปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา 32
3.7 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา 33
3.7.1 เครื่องมือที่ใช้ในขั้นตอนการเก็บข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร 33
3.7.1.1 อุปกรณ์วัดแสง 33
3.7.1.2 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายในอาคาร 33
3.7.1.3 อุปกรณ์วัดความเร็วลมภายในอาคาร 35
3.7.1.4 เครื่องวัดแรงลมช่องจ่ายลมเย็นเครื่องปรับอากาศ 35
3.7.1.5 เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า 36
3.7.2 โปรแกรมที่ใช้ในการจำลองสภาพอาคาร DOE 2.1 D 36

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 รายละเอียดอาคารกรณีศึกษา และการวิเคราะห์ข้อดี ข้อเสียของอาคาร

4.1. รายละเอียดอาคาร 41

4.2. คุณสมบัติวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคาร 50

4.3. สภาวะภายในอาคารกรณีศึกษา 50

4.3.1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ 51

4.3.2 อุณหภูมิผิวอาคารกรณีศึกษา 51

4.3.3 การกระจายลมในอาคาร 53

4.4. ระบบปรับอากาศที่ใช้ในอาคาร 53

4.5. ระบบแสงสว่างภายในอาคาร 56

4.5.1 ลักษณะช่องเปิดอาคาร 57

4.5.2 ระดับความส่องสว่างภายในอาคาร 58

4.5.3 ประเภทของดวงโคมและปริมาณการใช้งานในอาคาร 60

4.6. อุปกรณ์ที่ใช้ในอาคาร 62

4.7. การคำนวณค่า OTTV และ RTTV 63

4.8. การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร 64

4.9. การเปรียบเทียบอาคารกรณีศึกษากับอาคารจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 64

4.9.1 การเปรียบเทียบ cooling load ในอาคาร 67

4.9.2 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานรายชั่วโมง ณ วันที่เก็บข้อมูลอาคารจริง 68

4.10. การศึกษาข้อดี-ข้อเสียของอาคาร 70

บทที่ 5 การพิจารณาแนวทางเลือกการปรับปรุงอาคาร

เกณฑ์การเลือกวิธีการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา 72

5.1. ลดอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบของอาคารกรณีศึกษา 76

การเลือกชนิดฉนวนที่มีประสิทธิภาพ 76

5.2. ลดอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาของอาคารกรณีศึกษา 82

5.3. ลดอัตราการถ่ายเทความร้อนอันเนื่องจากรังสีดวงอาทิตย์ผ่านช่องแสง 87

5.4. การปรับปรุงระบบการให้แสงสว่างในอาคาร 91

5.5. ลดการพาความร้อนเข้าสู่อาคารเนื่องจากการรั่วไหลอากาศ 95

5.6. ลดแหล่งความร้อนเนื่องจากอุปกรณ์ภายในพื้นที่ปรับอากาศ 96

5.7. ลดปริมาณการใช้งานเครื่องปรับอากาศ 98

5.8. การเลือกวิธีการปรับปรุงองค์ประกอบอาคาร เพื่อวางแนวทางปรับปรุงอาคารรวมที่เหมาะสม 98

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

รายการอ้างอิง 115

ภาคผนวก 117

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ก – 1 รายละเอียดวัสดุ

ภาคผนวก ก – 2 การคำนวณค่า U รวมของวัสดุที่ใช้ในอาคาร

ภาคผนวก ก – 3 ราคาวัสดุก่อสร้าง

ภาคผนวก ข

ภาคผนวก ข – 1 ตารางการเก็บข้อมูลสภาวะแวดล้อมอาคารกรณีศึกษา

ภาคผนวก ข – 2 ตารางข้อมูลระบบแสงประดิษฐ์ในอาคาร

ภาคผนวก ข – 3 ตารางการเก็บข้อมูลอุปกรณ์ที่ใช้ในอาคาร

ภาคผนวก ข – 4 ตารางข้อมูลระบบปรับอากาศในอาคาร

ภาคผนวก ข – 4 ตารางข้อมูลอัตราการ infiltration ในอาคาร

ภาคผนวก ค

ภาคผนวก ค – 1 การคำนวณ ค่า OTTV

ภาคผนวก ค – 2 การคำนวณ ค่า RTTV

ภาคผนวก ค – 3 การคำนวณค่า cooling load ด้วยวิธี CLTD

ภาคผนวก ค – 4 ตัวอย่างการคำนวณระบบแสงสว่างประดิษฐ์ด้วยวิธี Lumen Method

ภาคผนวก ง

ภาคผนวก ง – 1 ตัวอย่างการคำนวณค่าไฟฟ้า ราคาค่าก่อสร้าง และระยะเวลาคืนทุน

ภาคผนวก จ

ภาคผนวก จ – 1 SYSTEM INPUT DATA

ภาคผนวก จ – 2 DOE 2.1 D INPUT DATA

ภาคผนวก จ – 3 DOE 2.1 D OUTPUT DATA

ประวัติผู้เขียน 187

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 1.1	อัตราส่วนการใช้พลังงานแต่ละประเภทจำแนกตามกิจกรรม	1
ตารางที่ 2.1	เปรียบเทียบความเร็วลมภายในอาคารกับความสบายของมนุษย์	14
ตารางที่ 2.2	อัตราอากาศรั่วเข้าห้องผ่านหน้าต่างหรือประตูเพื่อใช้ในการออกแบบ	22
ตารางที่ 2.3	เปรียบเทียบค่า EER กับเครื่องปรับอากาศเบอร์ต่างๆ	23
ตารางที่ 2.4	เปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE กับ IES ตามประเภทการใช้งาน	25
ตารางที่ 2.5	เปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE กับ IES และมาตรฐานการกำหนดค่า DAYLIGHT FACTOR	26
ตารางที่ 4.1	จำแนกพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารกองวิทยาการ กรมช่างโยธาทหารอากาศ	43
ตารางที่ 4.2	จำนวนผู้ใช้อาคารภายในอาคารกรณีศึกษา จำแนกตามชั้นและแผนก	45
ตารางที่ 4.3	ตารางคุณสมบัติการต้านทานความร้อนของวัสดุที่ใช้ในอาคาร	50
ตารางที่ 4.4	อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายใน-ภายนอกอาคาร	51
ตารางที่ 4.5	รายละเอียดเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในอาคาร	54
ตารางที่ 4.6	สรุปค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยของพื้น ผนัง และฝ้าเพดานในอาคารแต่ละชั้น	56
ตารางที่ 4.7	สรุปลักษณะหน้าต่าง ชนิดกระจกและพื้นที่ ในอาคารกรณีศึกษา	57
ตารางที่ 4.8	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ในอาคารกองวิทยาการฯ จำแนกตามชั้น	62
ตารางที่ 4.9	เปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของเปลือกอาคาร	63
ตารางที่ 4.10	เปรียบเทียบความต้องการพลังงานไฟฟ้าในอาคาร จำแนกตามประเภทการใช้งาน	64
ตารางที่ 4.11	ข้อมูลอาคารเบื้องต้นของการจัดแบ่ง zoning ในอาคารกรณีศึกษา	66
ตารางที่ 5.1	เปรียบเทียบข้อกำหนดเกณฑ์มาตรฐานกับ ข้อมูลอาคารกองวิทยาการ กรมช่างโยธาทหารอากาศ	72
ตารางที่ 5.2	สรุปภาระปรับเย็นสูงสุดในอาคารจำแนกตามแหล่งที่มาของความร้อน	74
ตารางที่ 5.3	สรุปภาระปรับเย็นรายปีในอาคารจำแนกตามแหล่งที่มาของความร้อน	75
ตารางที่ 5.4	ข้อมูลจนวนที่มีการจำหน่ายในประเทศไทย	77
ตารางที่ 5.5	แนวทางการเพิ่มจนวนผนังอาคารที่ทำการศึกษา	78
ตารางที่ 5.6	การเปรียบเทียบอัตราปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายปี เมื่อติดตั้งฉนวนผนังอาคาร	80
ตารางที่ 5.7	แนวทางการปรับปรุงด้วยการติดตั้งฉนวนใต้หลังคา ในอาคารกรณีศึกษา	83
ตารางที่ 5.8	การเปรียบเทียบอัตราปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายปี เมื่อติดตั้งฉนวนใต้หลังคาอาคาร	84
ตารางที่ 5.9	รายละเอียดในการทดลองศึกษาจำลองสภาพการใช้งานอาคารเมื่อเปลี่ยนชนิดกระจกที่ใช้ในอาคาร	87
ตารางที่ 5.10	การเปรียบเทียบอัตราปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายปี เมื่อเปลี่ยนวัสดุกระจกอาคาร	89
ตารางที่ 5.11	การเปรียบเทียบให้คะแนนวิธีการปรับปรุงแต่ละวิธี	90
ตารางที่ 5.12	การเปรียบเทียบอัตราปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายปี เมื่อปรับปรุงระบบแสงประดิษฐ์ในอาคาร	93
ตารางที่ 5.13	การเปรียบเทียบภาระปรับเย็นสูงสุดและการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเมื่อลดรอยรั่วอาคาร	95

สารบัญตารางประกอบ(ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 5.14 การเปรียบเทียบภาระปรับเย็นสูงสุดและการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเมื่อย้ายอุปกรณ์ไฟฟ้าออกจากพื้นที่ปรับอากาศ 96
ตารางที่ 5.15 ผลการปรับปรุงอาคารเพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุม 100
ตารางที่ 5.16 การเปรียบเทียบผลเนื่องจากการปรับปรุงแต่ละองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมในอาคารกรณีศึกษา 102
ตารางที่ 5.17 การให้คะแนวเพื่อจัดลำดับวิธีการปรับปรุงที่ควรเลือกทำ ก่อน-หลัง 103
ตารางที่ 5.18 รายละเอียดแนวทางการปรับปรุงรวมแต่ละแนวทาง 104
ตารางที่ 5.19 การเปรียบเทียบผลเนื่องจากการปรับปรุงแต่ละองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมในอาคารกรณีศึกษา ตามแนวทางการปรับปรุงรวม 105
ตารางที่ 5.20 ผลการปรับปรุงอาคารเพื่อให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีได้มากที่สุด 106

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพประกอบ

รูปที่		หน้า
รูปที่ 1.1	อาคารกองบัญชาการ กรมช่างโยธาทหารอากาศ	3
รูปที่ 1.2	อาคารกองวิทยาการ กรมช่างโยธาทหารอากาศ	3
รูปที่ 1.3	อาคารกองอาคารสถานที่ กรมช่างโยธาทหารอากาศ	3
รูปที่ 2.1	การกำเนิดพลังงานและการระบายความร้อนของร่างกาย	15
รูปที่ 2.2	แผนภูมิความสบายของ	16
รูปที่ 2.3	แสดงค่า Cooling Load Temperature Difference ที่ 40 องศาเหนือ	19
รูปที่ 2.4	ลักษณะของ Thermal Storage Effect in Cooling Load From Lights	22
รูปที่ 3.1	รูปแสดงเครื่องมือวัดแสงที่ใช้ในการศึกษา	33
รูปที่ 3.2	อุปกรณ์ HOBO data logger	34
รูปที่ 3.3	ชุดเครื่องมือวัดอุณหภูมิ	34
รูปที่ 3.4	เครื่องวัดอุณหภูมิผิว solomet 500 e	34
รูปที่ 3.5	Globe Thermometer	35
รูปที่ 3.6	เครื่องวัดความเร็วลม solomet 500 e	35
รูปที่ 3.7	เครื่องวัดแรงลม	35
รูปที่ 3.8	แอมป์มิเตอร์	36
รูปที่ 4.1	อาคารกองวิทยาการ กรมช่างโยธาทหารอากาศ พิจารณาจากทิศใต้	41
รูปที่ 4.2	ผังบริเวณอาคารกองวิทยาการ กรมช่างโยธาทหารอากาศ	41
รูปที่ 4.3	แปลนอาคารกองวิทยาการ ชั้นที่ 1	42
รูปที่ 4.4	แปลนอาคารกองวิทยาการ ชั้นที่ 2	42
รูปที่ 4.5	แปลนอาคารกองวิทยาการ ชั้นที่ 3	43
รูปที่ 4.6	รูปตัดตามยาว อาคารกองวิทยาการ กรมช่างโยธาทหารอากาศ	44
รูปที่ 4.7	รูปตัดตามยาว อาคารกองวิทยาการ กรมช่างโยธาทหารอากาศ	45
รูปที่ 4.8	แปลนระบบปรับอากาศอาคารกองวิทยาการ ชั้นที่ 1	55
รูปที่ 4.9	แปลนระบบปรับอากาศอาคารกองวิทยาการ ชั้นที่ 2	55
รูปที่ 4.10	แปลนระบบปรับอากาศอาคารกองวิทยาการ ชั้นที่ 3	56
รูปที่ 4.11 ก	ลักษณะช่องหน้าต่างอาคารชั้นที่ 1 - 2	57
รูปที่ 4.11 ข	ลักษณะช่องหน้าต่างอาคารชั้นที่ 3	57
รูปที่ 4.12	ผังระบบแสงสว่างชั้นที่ 1 และ 2	61
รูปที่ 4.13	ผังระบบแสงสว่างชั้นที่ 3	61
รูปที่ 4.14	การแบ่งพื้นที่ภายในอาคารกรณีศึกษา	65

สารบัญแผนภูมิประกอบ

แผนภูมิที่ หน้า

แผนภูมิที่ 1.1 แนวคิดและวิธีการศึกษาวิจัย 7
แผนภูมิที่ 4.1 ตารางการใช้งานอาคารจำแนกตามอัตราส่วนผู้ใช้งานในส่วนสำนักงาน 46
แผนภูมิที่ 4.2 ตารางการใช้งานอาคารจำแนกตามอัตราส่วนการใช้แสงประดิษฐ์ในส่วนสำนักงาน 46
แผนภูมิที่ 4.3 ตารางการใช้งานอาคารจำแนกตามอัตราส่วนการใช้อุปกรณ์ในส่วนสำนักงาน 46
แผนภูมิที่ 4.4 ตารางการใช้งานอาคารจำแนกตามอัตราส่วนผู้ใช้งานในส่วนห้องเรียนและฝึกอบรม 47
แผนภูมิที่ 4.5 ตารางการใช้งานอาคารจำแนกตามอัตราส่วนการใช้แสงประดิษฐ์ในส่วนห้องเรียนและฝึกอบรม 47
แผนภูมิที่ 4.6 ตารางการใช้งานอาคารจำแนกตามอัตราส่วนการใช้อุปกรณ์ในส่วนห้องเรียนและฝึกอบรม 47
แผนภูมิที่ 4.7 ตารางการใช้งานอาคารจำแนกตามอัตราส่วนผู้ใช้งานในส่วนห้องทำงาน น.อาวุโส 48
แผนภูมิที่ 4.8 ตารางการใช้งานอาคารจำแนกตามอัตราส่วนการใช้แสงประดิษฐ์ในส่วนห้องทำงาน น.อาวุโส 48
แผนภูมิที่ 4.9 ตารางการใช้งานอาคารจำแนกตามอัตราส่วนการใช้อุปกรณ์ในส่วนห้องทำงาน น.อาวุโส 48
แผนภูมิที่ 4.10 ตารางการใช้งานอาคารจำแนกตามอัตราส่วนผู้ใช้งานในส่วนห้องประชุม 49
แผนภูมิที่ 4.11 ตารางการใช้งานอาคารจำแนกตามอัตราส่วนการใช้แสงประดิษฐ์ในส่วนห้องประชุม 49
แผนภูมิที่ 4.12 ตารางการใช้งานอาคารจำแนกตามอัตราส่วนการใช้อุปกรณ์ในส่วนห้องประชุม 49
แผนภูมิที่ 4.13 อุณหภูมิผิวของเปลือกอาคารชนิดต่างๆในห้องที่มีผนังภายนอกทางทิศใต้ 52
แผนภูมิที่ 4.14 ค่า DF ที่ระยะห่างต่างๆในแผนกวิทยาการ 59
แผนภูมิที่ 4.15 ค่า DF ที่ระยะห่างต่างๆในห้องประชุม 1 59
แผนภูมิที่ 4.16 ค่า DF ที่ระยะห่างต่างๆในห้องประชุม 2 59
แผนภูมิที่ 4.17 ค่า DF ที่ระยะห่างต่างๆในอาคารชั้นที่ 3 60
แผนภูมิที่ 4.18 เปรียบเทียบภาระปรับเย็นที่ต้องการในอาคารตามการคำนวณของโปรแกรม DOE 2.1 D กับภาระปรับเย็นที่ต้องการเมื่อคำนวณด้วยวิธี CLTD/CLF 67
แผนภูมิที่ 4.19 เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารกรณีศึกษากับการคำนวณผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 69
แผนภูมิที่ 5.1 อัตราส่วนการใช้พลังงาน จำแนกตามประเภทการใช้งาน 73
แผนภูมิที่ 5.2 ภาระปรับเย็นสูงสุดอาคารกรณีศึกษา 74
แผนภูมิที่ 5.3 ภาระปรับเย็นรายปีอาคารกรณีศึกษา 75
แผนภูมิที่ 5.4 การพิจารณาฉนวนที่มีประสิทธิภาพในการลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปี 77
แผนภูมิที่ 5.5 ภาระปรับเย็นรายปี เมื่อติดตั้งฉนวนใยแก้วผนังอาคาร 79
แผนภูมิที่ 5.6 ภาระปรับเย็นสูงสุด เมื่อติดตั้งฉนวนใยแก้วผนังอาคาร 79
แผนภูมิที่ 5.7 การใช้พลังงานไฟฟ้ารายปี ในแต่ละแนวทางการติดตั้งฉนวนผนังอาคาร 81
แผนภูมิที่ 5.8 ภาระปรับเย็นรายปีจำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน 81
แผนภูมิที่ 5.9 ภาระปรับเย็นสูงสุดจำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน 82
แผนภูมิที่ 5.10 ภาระปรับเย็นรายปี เมื่อติดตั้งฉนวนใยแก้วหลังคาอาคาร 83
แผนภูมิที่ 5.11 ภาระปรับเย็นสูงสุด เมื่อติดตั้งฉนวนใยแก้วหลังคาอาคาร 84
แผนภูมิที่ 5.12 การใช้พลังงานไฟฟ้ารายปี ในแต่ละแนวทางการติดตั้งฉนวนหลังคาอาคาร 85

สารบัญแผนภูมิประกอบ(ต่อ)

แผนภูมิที่ **หน้า**

แผนภูมิที่ 5.13 ภาระปรับเย็นรายปีจำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน 86
แผนภูมิที่ 5.14 ภาระปรับเย็นสูงสุดจำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน 86
แผนภูมิที่ 5.15 ภาระปรับเย็นรายปี เมื่อเปลี่ยนชนิดกระจกในอาคาร 88
แผนภูมิที่ 5.16 ภาระปรับเย็นสูงสุด เมื่อเปลี่ยนชนิดกระจกในอาคาร 88
แผนภูมิที่ 5.17 การใช้พลังงานไฟฟ้ารายปี เมื่อเปลี่ยนชนิดกระจกในอาคาร 89
แผนภูมิที่ 5.18 ภาระปรับเย็นรายปีจำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน 90
แผนภูมิที่ 5.19 ภาระปรับเย็นสูงสุดจำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน 91
แผนภูมิที่ 5.20 ภาระปรับเย็นรายปี เมื่อปรับปรุงระบบแสงสว่างในอาคาร 92
แผนภูมิที่ 5.21 ภาระปรับเย็นสูงสุด เมื่อปรับปรุงระบบแสงสว่างในอาคาร 92
แผนภูมิที่ 5.22 การใช้พลังงานไฟฟ้ารายปี เมื่อปรับปรุงระบบแสงสว่างในอาคาร 93
แผนภูมิที่ 5.23 ภาระปรับเย็นรายปีจำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน 94
แผนภูมิที่ 5.24 ภาระปรับเย็นสูงสุดจำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน 94
แผนภูมิที่ 5.25 ภาระปรับเย็นรายปี จำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน เมื่อลดรอยรั่วช่องหน้าต่าง 95
แผนภูมิที่ 5.26 ภาระปรับเย็นสูงสุด จำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน เมื่อลดรอยรั่วช่องหน้าต่าง 96
แผนภูมิที่ 5.27 ภาระปรับเย็นรายปี จำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน เมื่อปรับย้ายอุปกรณ์ 97
แผนภูมิที่ 5.28 ภาระปรับเย็นสูงสุด จำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน เมื่อปรับย้ายอุปกรณ์ 97
แผนภูมิที่ 5.29 เปรียบเทียบการลดการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีเมื่อปรับปรุงองค์ประกอบอาคาร 99
แผนภูมิที่ 5.30 ภาระปรับเย็นรายปี จำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน ของอาคารกรณีศึกษา
ที่ปรับปรุงเพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุม 100
แผนภูมิที่ 5.31 ภาระปรับเย็นสูงสุด จำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน ของอาคารกรณีศึกษา
ที่ปรับปรุงเพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุม 101
แผนภูมิที่ 5.32 อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม ของอาคารกรณีศึกษา
ที่ปรับปรุงเพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุม 101
แผนภูมิที่ 5.33 อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม ของอาคารกรณีศึกษา
และอาคารกรณีศึกษาที่ปรับปรุงแต่ละแนวทาง 104
แผนภูมิที่ 5.34 ภาระปรับเย็นรายปี จำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน ของอาคารกรณีศึกษา
และอาคารกรณีศึกษาที่ปรับปรุงแต่ละแนวทาง 105
แผนภูมิที่ 5.35 ภาระปรับเย็นสูงสุด จำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน ของอาคารกรณีศึกษา
และอาคารกรณีศึกษาที่ปรับปรุงแต่ละแนวทาง 106

สารบัญแผนภูมิประกอบ(ต่อ)

แผนภูมิที่ **หน้า**

แผนภูมิที่ 5.36 ภาระปรับเป็นรายปี จำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน ของอาคารกรณีศึกษา และอาคารกรณีศึกษาที่ปรับปรุงให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุด 107
แผนภูมิที่ 5.37 ภาระปรับเป็นสูงสุด จำแนกตามที่มาของแหล่งความร้อน ของอาคารกรณีศึกษา และอาคารกรณีศึกษาที่ปรับปรุงให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุด 107
แผนภูมิที่ 5.38 อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม ของอาคารกรณีศึกษาที่ปรับปรุง ให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด 108

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย