บทที่ 6
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

เนื่องจากอาคารในปัจจุบันมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลืองในอาคารค่อนข้างสูง การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์หลัก ลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองจากการปรับปรุงเปลือกอาคารในแนวทางต่าง ๆ โดยพิจารณาเกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุม ประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานสิ้นเปลือง และเกณฑ์ด้านเศรษฐศาสตร์ คือตรวจสอบความเป็นไปได้ในการลงทุน ระยะเวลาคืนทุน และผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุนในรูปของค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงของอาคาร โดยทำการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานของอาคารกรณีศึกษา เพื่อใช้เปรียบเทียบด้านพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงในแนวทางต่าง ๆ ที่ทำการปรับปรุง จากการวิเคราะห์และประเมินผลสามารถสรุปผลได้ ดังนี้

6.1 การวิเคราะห์และประเมินผลอาคารกรณีศึกษา

6.1.1 การประเมินผลด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารกรณีศึกษา

1) การใช้พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ของอาคารมาจากระบบปรับอากาศมากที่สุด คือ ร้อยละ 62.8 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของอาคาร ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการดึงความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเปลือกอาคาร คิดเป็น***ร้อยละ 54.11*** ของภาระปรับอากาศรวม
2) ภาระปรับอากาศรายปีของอาคารส่วนใหญ่เกิดจาก การแผ่รังสีความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง คิดเป็นร้อยละ 23.25 ของภาระปรับอากาศที่เกิดจากปัจจัยอื่น ๆ
3) อุณหภูมิควบคุมในส่วนปรับอากาศของอาคารโดยเฉลี่ยเท่ากับ 21.11 – 22.00 องศาเซลเซียส
4) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคาของอาคาร มีค่าเท่ากับ 59.11 วัตต์ / ตร.ม. และ 13.23 วัตต์ / ตร.ม.
5) ค่าการส่องสว่างเฉลี่ยภายในอาคารจากแสงประดิษฐ์ เท่ากับ 315.68 ลักซ์ และค่ากำลังไฟฟ้าในการส่องสว่าง เท่ากับ 14.10 วัตต์ / ตร.ม.

เมื่อพิจารณาผลการใช้พลังงานภายในอาคาร พบว่า หากสามารถปรับปรุงเปลือกอาคารให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารได้ จะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลืองในการปรับเย็นซึ่งเป็นสัดส่วนที่มากที่สุดได้ และเมื่อพิจารณาตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุม พบว่า ปัญหาของอาคารกรณีศึกษา คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคารมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน ซึ่งต้องทำการปรับปรุงต่อไป

6.1.2 องค์ประกอบเปลือกอาคารที่ต้องทำการปรับปรุง

จากการประเมินผลการใช้พลังงานในอาคาร สามารถกำหนดตัวแปรหลัก ๆ ที่พิจารณาในการปรับปรุงเปลือกอาคาร เพื่อลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองในอาคารได้ ดังนี้

1) การลดอัตราการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการนำความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนผ่านเปลือกอาคาร โดยเฉพาะผนังโปร่งแสงของอาคาร โดย
   - การเลือกใช้วัสดุที่สามารถการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร คือ มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดค่อนข้างต่ำ
   - การลดพื้นที่ผนังโปร่งแสงของอาคาร (ลดค่า WWR)
2) การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติในการให้แสงสว่างภายในอาคาร ควบคู่กับการปรับปรุงเปลือกอาคาร เพื่อลดการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างและระบบปรับอากาศ

6.2 เทคนิคการปรับปรุงเปลือกอาคารกรณีศึกษา

จากการวิเคราะห์การใช้พลังงานของอาคารกรณีศึกษา ทำให้ทราบถึงองค์ประกอบทางเปลือกอาคารที่ต้องปรับปรุง และแนวทางการปรับปรุงหลัก ๆ เพื่อลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองภายในอาคาร ดังนี้

1) แนวทางที่ 1 *การปรับปรุงผนังโปร่งแสงของอาคาร*

เป็นแนวทางที่สามารถลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองของอาคารได้มากที่สุด ทั้งนี้ประสิทธิภาพการลดการใช้พลังงาน จะขึ้นอยู่กับวัสดุผนังโปร่งแสงที่เลือกใช้ในการปรับปรุงเปลือกอาคาร แต่ความเป็นไปได้ในการลงทุนเพื่อปรับปรุงกับเปลือกอาคารจริงค่อนข้างต่ำ เนื่องจากงบประมาณลงทุนสูงและระยะเวลาคืนทุนมากเกินกว่าอายุอาคาร

2) แนวทางที่ 2 *การปรับลดพื้นที่ผนังโปร่งแสงของอาคาร*

การปรับลดพื้นที่ผนังโปร่งแสงของอาคาร ช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารได้ร้อยละ 10.17 ของการใช้พลังงานรวมของอาคาร เห็นผลชัดเจนและค่อนข้างเร็ว เนื่องจากระยะเวลาคืนเท่ากับ 1.1 ปี

3) แนวทางที่ 3 *การนำแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในการส่องสว่าง*

เป็นการปรับปรุงอาคารที่ช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ทั้ง 2 ระบบ คือ ระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่าง เป็นได้ในการลงทุน เนื่องจากงบประมาณไม่สูงมากนัก และมีความสะดวกในการประกอบติดตั้ง

ทั้งนี้ตัวแปรที่สำคัญในการปรับปรุงในแนวทางหลัก ได้แก่ การพิจารณาเลือกวัสดุเปลือกอาคารที่ยอมให้ความร้อนถ่ายเทผ่านเปลือกอาคารได้น้อยที่สุด แต่ขณะเดียวกันต้องยอมให้แสงธรรมชาติผ่านเข้าสู่อาคารในปริมาณที่มากที่สุด ดังนั้นตัวแปรที่ใช้ในการพิจารณาเลือกวัสดุที่เหมาะสม ได้แก่

1) ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของวัสดุ (U-Value)
2) ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC)
3) ค่าการส่องผ่านของแสงธรรมชาติ (LT)
4) ค่า light to solar gain ratio (LT / SC)

แนวทางหลักที่พิจารณาในการปรับปรุงเปลือกอาคาร จะต้องอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานอาคารควบคุม ความสามารถในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลือง และความเป็นไปได้เชิงเศรษฐศาสตร์การลงทุนควบคู่กัน แนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงเปลือกอาคาร (อาคารที่สร้างเสร็จและเปิดดำเนินการแล้ว) ภายใต้

เกณฑ์ดังกล่าว คือ ***การปรับลดพื้นที่ผนังโปร่งแสงของอาคาร*** (ลดค่า WWR) โดยการติดตั้งฉนวนใยแก้ว ความหนาแน่น 24 กิโลกรัม / ลบ.ม. หนา 50 มม. และปิดทับด้วยแผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม. เพื่อป้องกันความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ที่เข้าสู่อาคาร โดยผลการปรับปรุงสามารถสรุปได้ ดังนี้

1) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคารลดลงเหลือ 43.47 วัตต์ / ตร.ม.
2) งบประมาณในการลงทุนเท่ากับ 793,504.29 บาท และระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 1.1 ปี
3) ภาระปรับอากาศสูงสุด ภาระปรับอากาศรายปีที่เกิดจากส่วนเปลือกอาคาร และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศลดลงร้อยละ 13.40, 23.87 และ 10.17 เมื่อเทียบกับอาคารเดิม ตามลำดับ
4) ค่าพลังงานไฟฟ้ารายปีลดลง 928,541.50 บาทในปีแรก หรือคิดเป็นร้อยละ 13.35 เมื่อเทียบกับอาคารเดิม
5) มูลค่าอาคารสะสม 20 ปี เท่ากับ 100,972,462.23 บาท นั่นคือ สามารถประหยัดค่าพลังงานได้ร้อยละ 11.08 เมื่อเทียบกับอาคารเดิม

6.3 ข้อพิจารณาในการออกแบบอาคารขนาดใหญ่ที่คำนึงถึงการประหยัดพลังงาน

การออกแบบหรือปรับปรุงอาคารขนาดใหญ่ (อาคารสำนักงาน) ที่คำนึงถึงการประหยัดพลังงานในอาคาร ควรคำนึงถึงปัจจัยหลักที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร ดังนี้

1) การเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคาร ทั้งวัสดุผนังทึบ *ผนังโปร่งแสง*และวัสดุฉนวนกันความร้อน
2) สัดส่วนผนังโปร่งแสงต่อผนังทั้งหมดของอาคาร
3) การกำหนดค่าอุณหภูมิควบคุมภายในพื้นที่ปรับอากาศ
4) การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติในการส่องสว่าง
5) การเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพในการส่องสว่าง
6) การกำหนดทิศทางของอาคารที่เหมาะสม
7) การปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถภาพของเครื่องทำน้ำเย็น

6.4 ข้อสรุปของการศึกษา

จากการศึกษาอาคารกรณีศึกษาซึ่งเป็นอาคารสำนักงานขนาดใหญ่ สูง 33 ชั้น สามารถสรุปผลด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารขนาดใหญ่ และการปรับปรุงอาคารที่เหมาะสมได้ ดังนี้

1) ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารเรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ การใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง และระบบอุปกรณ์อื่น ๆ ตามลำดับ
2) ตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองในอาคาร คือ *เปลือกอาคาร* โดยเฉพาะผนังโปร่งแสง เนื่องจากภาระปรับอากาศ และการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีจากระบบปรับอากาศ ส่วนใหญ่เกิดจากความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเปลือกอาคาร
3) การเลือกวัสดุเปลือกอาคารที่มีประสิทธิภาพ เป็นตัวแปรสำคัญและมีผลค่อนข้างมากต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4) แนวทางการปรับปรุงเปลือกอาคาร (อาคารขนาดใหญ่) ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ คือ การลดพื้นที่ผนังโปร่งแสงของอาคาร (ลดค่า WWR) โดยการติดตั้งฉนวนกันความร้อน และวัสดุปิดผิวภายในอาคาร
5) ค่าการส่องผ่านที่เหมาะสมในด้านความร้อนและการให้แสงสว่างธรรมมีค่าประมาณ 18 – 24
6) แนวทางการปรับปรุงเปลือกอาคาร ที่สามารถลดการใช้พลังงานสิ้นเปลืองภายในอาคารได้มากที่สุด อาจไม่ใช่แนวทางที่ดีสุดหากพิจารณาตัวแปรด้านการลงทุนและระยะเวลาคืนทุนควบคู่กัน
7) การปรับปรุงอาคารที่มีความเหมาะสม เมื่อพิจารณาทั้งเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์ สำหรับอาคารที่สร้างแล้วเสร็จ ได้แก่ การปรับปรุงระบบภายใน เช่น ระบบการให้แสงสว่าง และระบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับอากาศ การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ การกำหนดอุณหภูมิควบคุม เป็นต้น เนื่องจากความสะดวกในการติดตั้งและข้อจำกัด ด้านงบประมาณและความคุ้มทุน
8) *การออกแบบปรับปรุงเปลือกอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลืองให้ได้มากที่สุด สำหรับอาคารที่สร้างแล้วเสร็จ "มีความเป็นไปได้น้อย" เนื่องจากข้อจำกัดด้านการลงทุนและความคุ้มทุน ดังนั้น ผู้ออกแบบควรตระหนักและให้ความสำคัญกับการออกแบบอาคาร ที่คำนึงถึงการประหยัดพลังงานตั้งแต่เริ่มต้นโครงการ*

6.5 ข้อเสนอแนะ

1) โปรแกรมที่ใช้ในการประเมินการใช้พลังงานในอาคาร (DOE-2) มีข้อจำกัด ดังนี้
   - ข้อมูลสภาพอากาศที่ใช้ในการประเมินผลเป็นข้อมูลของปี 1985 ดังนั้นการประเมินการใช้พลังงานในอาคารจะไม่ตรงกับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจริง ดังนั้นหากสามารถป้อนข้อมูลสภาพอากาศปีปัจจุบันให้กับโปรแกรมเพื่อใช้ในการคำนวณได้ จะทำให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น
   - ข้อจำกัดในเรื่องการแบ่งพื้นที่ภายในอาคาร การกำหนดจำนวน external, internal surface ของอาคาร ดังนั้นการพิจารณาการแบ่งพื้นที่ดังกล่าวผู้วิจัยจำเป็นต้องศึกษา และทำความเข้าใจด้วยความรอบคอบ เพื่อการจัดแบ่งพื้นที่ที่เหมาะสม และให้สัมพันธ์กับข้อจำกัดของโปรแกรม
2) การติดตั้งแผงกันแดดให้กับอาคาร เป็นการลดความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารได้แนวทางหนึ่ง แต่ทั้งนี้ผู้วิจัยควรศึกษาเรื่องรูปแบบของแผงกันแดด การใช้วัสดุ การรับแรงกระทำภายนอกเพิ่มเติม เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ในการนำไปประยุกต์ใช้จริง
3) การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาตัวแปรภายนอก คือ เปลือกอาคาร ซึ่งมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด แต่การปรับปรุงเปลือกอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ มีความเป็นไปได้น้อยในการนำมาปรับปรุงกับอาคารจริง เมื่อพิจารณาเชิงเศรษฐศาสตร์ ดังนั้นในการปรับปรุงอาคารเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพนั้น ผู้วิจัยควรเน้นการศึกษาตัวแปรภายใน ได้แก่ ระบบแสงสว่าง ระบบอุปกรณ์ต่าง ๆ ผู้ใช้อาคาร และการระบายอากาศ ซึ่งมีความเป็นไปได้ในการปรับปรุงกับอาคารจริงมากกว่า