หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัยและการวิเคราะห์ตัวแปร

3.1 ทฤษฎีและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณพลังงาน

ในการวิจัยในครั้งนี้ได้ศึกษาเกณฑ์ชี้วัดการใช้พลังงานที่เกิดจากเปลือกอาคาร โดยใช้ทฤษฎีและการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนี้

3.1.1 การคำนวณการใช้พลังงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณภาระการทำความเย็นและการใช้พลังงานอันเกิดจากเปลือกอาคาร เพื่อประกอบการสร้างดัชนีในการวิจัยนี้ ประกอบไปด้วยโปรแกรม 2 ชุด ด้วยกัน คือ

- Doe2-1E โปรแกรมดังกล่าวถูกพัฒนาขึ้นในมหาวิทยาลัย Berkley ประเทศสหรัฐอเมริกา ด้วยคำร้องขอจากกระทรวงพลังงานของประเทศในการพัฒนาระบบโปรแกรมต้นแบบเพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร ระบบโปรแกรมทั้งชุดประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. Building description language เป็นระบบโปรแกรมย่อยซึ่งควบคุมการแปลพิกัดและรายละเอียดของอาคารที่ป้อนเข้าสู่ระบบโปรแกรมไปยังระบบโปรแกรมย่อยอื่นๆ

2. Loads analysis program เป็นระบบโปรแกรมย่อยที่ควบคุมการคำนวณภาระการทำความเย็นที่เกิดจากปัจจัยต่างๆ ในอาคาร และชุดการป้อนพิกัดอาคาร

3. System program เป็นระบบโปรแกรมย่อยที่ควบคุมการทำงานของงานระบบในส่วนต่างๆของอาคารไม่ว่าจะเป็นการทำความเย็น การทำความร้อน เป็นต้น

4. Plant program เป็นระบบโปรแกรมย่อยที่ทำหน้าที่ควบคุมโครงสร้างงานระบบทั้งหมดในอาคาร ไม่ว่าจะเป็นขนาดเครื่องชิลเลอร์ ขนาดหม้อน้ำร้อน เป็นต้น

5. Economics program เป็นระบบโปรแกรมย่อยที่ช่วยคิดค่าไฟฟ้าจากอัตราค่าไฟฟ้ารวมถึงเปรียบเทียบการลงทุนในรูปแบบต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการทดสอบเปลี่ยนแปลงวัสดุ และอุปกรณ์ภายในอาคาร

6. Report program เป็นระบบโปรแกรมย่อยที่ควบคุมการสร้างรายงานผลการทดสอบจากระบบโปรแกรมอื่นๆ

7. Weather analysis program เป็นระบบโปรแกรมย่อยที่ช่วยควบคุมการจัดการข้อมูลสภาพอากาศ

การทำงานของระบบโปรแกรมเกิดขึ้นจากการกำหนดคำสั่งของโปรแกรมย่อยต่างๆ ในรูปแบบของการเขียนโปรแกรมตามปกติผ่านโปรแกรมประเภท Text editor เช่น Notepad WordPad ที่สามารถบันทึกให้อยู่ในรูปของข้อความอย่างเดียว (*txt) หลังจากการสั่งให้โปรแกรมทำงานผ่านทางคำสั่งในระบบปฏิบัติการ DOS ระบบโปรแกรมจะสามารถสร้างรายงาน สภาพภูมิอากาศ งานระบบ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในส่วนต่างๆ ค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้น เป็นต้น โดยอยู่ในรูปของแฟ้มข้อความอย่างเดียว

- **Draw BDL** เป็นระบบโปรแกรมที่ช่วยในการกำหนดพิกัดกรอบอาคารสำหรับโปรแกรม DOE21E เนื่องจากการเขียนพิกัดอาคารด้วยตัวอักษรเพียงอย่างเดียวมักเกิดความผิดพลาดที่ไม่สามารถตรวจสอบได้ระบบโปรแกรมดังกล่าวจึงเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตรวจสอบให้เกิดความแม่นยำขึ้นอีกทางหนึ่ง

3.1.2 ทฤษฎีที่ใช้คำนวณภาระการทำความเย็น

การคำนวณภาระการทำความเย็น มีวิธีการประมาณ 3 วิธี (ASHRAE) ดังนี้

1. การคำนวณภาระการทำความเย็นโดยวิธี Transfer Function Method (TFM)
2. การคำนวณภาระการทำความเย็นโดยวิธี Cooling Load Temperature Difference / Solar Cooling Load / Cooling Load Factor (CLTD/SCL/CLF)
3. การคำนวณภาระการทำความเย็นโดยวิธี Total Equivalent Temperature Difference / Time Averaging (TETD / TA)

จากการศึกษาแนวทางการคำนวณภาระการทำความเย็นทั้ง 3 แนวทาง ทำให้สรุปได้ว่า วิธีคำนวณภาระการทำความเย็นที่มีขั้นตอนเหมาะสมกับการนำมาใช้ในการวิจัยนี้คือ วิธี Cooling Load Temperature Difference / Solar Cooling Load / Cooling Load Factor (CLTD/SCL/CLF) โดยมีรายละเอียดในการคำนวณ ดังนี้

1) พิจารณาเปลือกอาคารส่วนทึบแสง เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคาร (U) พื้นที่ผิว และค่าความแตกต่างอุณหภูมิภาระการทำความเย็น (CLTD) เพื่อใช้ในการคำนวณภาระการทำความเย็นโดยการนำความร้อนผ่านเปลือกอาคารทึบแสง

2) พิจารณาเปลือกอาคารส่วนโปร่งแสง เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคาร (U) พื้นที่ผิว ในส่วนที่พิจารณา และใช้ร่วมกับค่า (CLTD) ที่กำหนดให้เพื่อนำไปคำนวณภาระการทำความเย็นโดยการนำความร้อนผ่านเปลือกอาคารส่วนโปร่งแสง

3) พิจารณาองค์ประกอบต่างๆในอาคาร เพื่อนำไปหาค่า (SCL) และค่า (CLF) สำหรับนำไปใช้ในการคำนวณภาระการทำความเย็นโดยการแผ่รังสีผ่านเปลือกอาคารส่วน

โปร่งแสงและการคำนวณภาระการทำความเย็นจากแหล่งความร้อนต่างๆภายในอาคาร โดยคำนึงถึงการหน่วงเหนี่ยวความร้อนเนื่องจากมวลขององค์ประกอบภายในอาคาร

3.2 การวิเคราะห์ตัวแปร

การศึกษาเกณฑ์ชี้วัดการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานนี้ ทำการศึกษาเฉพาะอาคารสำนักงานปรับอากาศ และมีการใช้งานในช่วงเวลากลางวันซึ่งเป็นลักษณะการใช้งานของอาคารส่วนใหญ่ จึงกำหนดให้สภาพอากาศภายในอาคารอยู่ในสภาวะน่าสบาย 100% ตลอดการใช้งาน ดังนั้นจึงพิจารณาภาระการทำความเย็นเป็นตัวบ่งชี้ถึงการใช้พลังงานในอาคาร ตัวแปรที่ทำการศึกษาเป็นตัวแปรที่เกิดจากลักษณะรูปทรงอาคารและเปลือกอาคารที่ส่งผลต่อภาระการทำความเย็นในอาคาร สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบรูปทรงของอาคาร(Form Design)
2. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับเปลือกอาคารส่วนทึบ (Opaque Envelope)
3. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับเปลือกอาคารส่วนโปร่งแสง (Transparent Envelope)
4. ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารอย่างเหมาะสม

3.2.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบรูปทรงของอาคาร (Form Design)

เป็นปัจจัยที่ต้องทำการพิจารณาในระดับต้นๆ เนื่องจากมีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร พื้นที่ผิวอาคารจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อปริมาณความร้อนที่เข้ามาภายในอาคาร ยิ่งพื้นที่ผิวมากความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารก็จะมากตามไปด้วย ดังนั้นการสร้างดัชนีในส่วนนี้จึงพิจารณาอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวเปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยเป็นเกณฑ์ ซึ่งการออกแบบรูปทรงอาคารที่มีประสิทธิภาพควรมีอัตราส่วนดังกล่าวที่ต่ำ แต่สิ่งที่จะต้องพิจารณาควบคู่กันไปคือ การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติภายนอกอาคาร ซึ่งจะต้องมีความเพียงพอและเหมาะสมด้วย

นอกจากจะทำการพิจารณาถึงรูปทรงอาคารที่เหมาะสมที่ก่อให้เกิดการลดภาระการทำความเย็นในอาคารแล้ว สิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงอย่างมากและขาดไม่ได้คือ การเลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารที่มีความเหมาะสมในด้านพลังงาน

3.2.2 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับเปลือกอาคารส่วนทึบ (Opaque Envelope)

เปลือกอาคารส่วนทึบ ทำหน้าที่เปรียบเสมือนเปลือกห่อหุ้มตัวอาคารป้องกันไม่ให้ความร้อนจากภายนอกเข้ามาในอาคาร อีกทั้งยังช่วยรักษาอุณหภูมิสบายให้แก่ผู้ใช้อาคารตลอดการใช้งาน การวิเคราะห์ถึงอัตราการใช้พลังงานในส่วนเปลือกอาคารส่วนทึบจึงต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนของวัสดุที่นำมาใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งเปลือกอาคารส่วนทึบสามารถแบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้ 2 ส่วน คือ

1) **ส่วนผนังอาคาร** การที่ผนังอาคารจะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานหรือไม่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้เป็นหลัก ซึ่งตัวแปรที่ส่งผลต่อภาระการทำความเย็นในส่วนผนังที่ใช้ประกอบการสร้างดัชนี มีดังนี้

- ค่าสัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อน (U-Value) ขึ้นกับ ชนิดของวัสดุ ช่องว่างอากาศ มวลสาร การติดตั้งฉนวนกันความร้อน
- พื้นที่ผิวผนังต่อพื้นที่ใช้สอย
- ค่าการดูดซึมความร้อนของวัสดุ (Absorption)
- ทิศทาง (Orientation)
- มุมเอียงของผนัง (Angle Factor)

โดยสามารถเปรียบเทียบและคำนวณหาอัตราความร้อนที่มีการถ่ายเทผ่านระบบผนัง โดยการใช้สมการดังนี้ (ASHRAE, 1989: 26.35)

$$Q_{wall} = U\,A\,(CLTD_{wall})$$

เมื่อ Q_{wall} = ภาระในการทำความเย็น (Btu/h)

U = ค่าสัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อน (Btu/h.ft^2.F)

A = พื้นที่ผิวของผนังภายนอก (ft^2)

$CLTD_{wall}$ = ความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (^{O}F)

โดยที่ค่า $CLTD_{wall}$ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$CLTD_{wall} = (CLTD+LM) *K + (78 - t_R) + (t_O - 85)$$

เมื่อ CLTD = ค่าจากตาราง CLTD ของผนัง (ASHRAE, 1989: 26.35)

LM = ค่าการปรับละติจูดและเดือนของที่ตั้ง

K = ค่าลักษณะสีของผนัง

K = 1.00 เมื่อผนังมีสีเข้ม

K = 0.83 เมื่อผนังมีสีปานกลาง

K = 0.65 เมื่อผนังมีสีอ่อน

t_R = อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศ (^OF)

t_O = อุณหภูมิภายนอกอาคารปรับอากาศ (^OF)

2) **ส่วนหลังคา** ตัวแปรที่ส่งผลต่อภาระการทำความเย็นในส่วนหลังคาที่ใช้ประกอบการสร้างดัชนี มีดังนี้

- ค่าสัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อน (U-Value) ขึ้นกับ ชนิดของวัสดุ ช่องว่างอากาศ มวลสาร การติดตั้งฉนวนกันความร้อน
- พื้นที่ผิวหลังคาต่อพื้นที่ใช้สอย
- ค่าการสะท้อนรังสีความร้อนของวัสดุ (Reflection)
- ค่าการคายความร้อนของวัสดุ (Emission)
- ทิศทาง (Orientation)
- มุมเอียงของหลังคา (Angle Factor)

โดยสามารถเปรียบเทียบและคำนวณหาอัตราความร้อนที่มีการถ่ายเทผ่านหลังคาโดยการใช้สมการดังนี้

$$Q_{roof} = U\ A\ (CLTD_{roof})$$

เมื่อ Q_{roof} = ภาระในการทำความเย็น (Btu/h)

U = ค่าสัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อน (Btu/h.ft^2.F)

A = พื้นที่ผิวของหลังคาภายนอก (ft^2)

$CLTD_{roof}$ = ความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (^{O}F)

โดยที่ค่า $CLTD_{roof}$ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$CLTD_{roof} = (CLTD+LM) *K + (78 - t_R) + (t_O - 85)*f$$

เมื่อ CLTD = ค่าจากตาราง CLTD ของหลังคา

LM = ค่าการปรับละติจูดและเดือนของที่ตั้ง

K = ค่าลักษณะสีของหลังคา

K = 1.00 เมื่อผนังมีสีเข้ม

K = 0.50 เมื่อผนังมีสีอ่อน

t_R = อุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศ (^{O}F)

t_O = อุณหภูมิภายนอกอาคารปรับอากาศ (^{O}F)

f = ค่าการระบายอากาศของหลังคา

f = 1.00 ไม่มีการระบายอากาศ

f = 0.75 มีการระบายอากาศ

3.2.3 **ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับเปลือกอาคารส่วนโปร่งแสง** (Transparent Envelope)

เปลือกอาคารส่วนโปร่งแสงเป็นส่วนที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นในอาคารสูงที่สุด เนื่องจากในส่วนนี้มีการถ่ายเทความร้อนใน 2 รูปแบบ คือ การนำความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนผ่านทางกระจก ซึ่งตัวแปรที่นำมาพิจารณาในการสร้างดัชนีในส่วนเปลือกอาคารโปร่งแสงมีดังนี้

1. **ตัวแปรที่เกิดจากการนำความร้อนผ่านกระจก**
   - ค่าสัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อน (U-Value) ขึ้นกับ ชนิดของวัสดุช่องว่างอากาศ
   - พื้นที่ผิวกระจกต่อพื้นที่ใช้สอย
   - ทิศทาง (Orientation)

สามารถเปรียบเทียบและคำนวณหาอัตราความร้อนที่มีการถ่ายเทผ่านกระจกโดยการนำความร้อน ดังสมการดังนี้

$$Q_{glass\ conduct} = U\ A\ (CLTD_{glass})$$

เมื่อ $Q_{glass\ conduct}$ = ภาระในการทำความเย็น (Btu/h)

U = ค่าสัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อน (Btu/h.ft^2.F)

A = พื้นที่ผิวของกระจกภายนอก (ft^2)

$CLTD_{roof}$ = ความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (^{O}F)

2. **ตัวแปรที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อนผ่านกระจก**
   - ค่าสัมประสิทธิการบังแดด (SC) ขึ้นกับ ชนิดของวัสดุ การบังเงา
   - พื้นที่ผิวกระจกต่อพื้นที่ใช้สอย
   - ทิศทาง (Orientation)
   - มุมเอียงของกระจก (Angle Factor)

สามารถเปรียบเทียบและคำนวณหาอัตราความร้อนที่มีการถ่ายเทผ่านกระจก โดยการแผ่รังสีความร้อน ดังสมการดังนี้

$$Q_{glass\ solar} = A*SC*SHGF*CLF$$

เมื่อ $Q_{glass\ solar}$ = ภาระในการทำความเย็น (Btu/h)

SC = ค่าสัมประสิทธิการบังแดด (Shading Coefficient)

A = พื้นที่ผิวของกระจกภายนอก (ft^2)

SHGF = Solar Heat Gain Factor (Btu/h.ft^2)

CLF = Cooling Load Factor (ASHRAE, 1989: 26.41)

3. **ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร**

เปลือกอาคารส่วนโปร่งแสงนี้เป็นส่วนเดียวที่สามารถนำประโยชน์จากภายนอกอาคารมาใช้ได้ นั่นคือ แสงธรรมชาติ ซึ่งเปลือกอาคารส่วนอื่นทำหน้าที่เพียงป้องกันความร้อนไม่ให้เข้ามาในอาคารเพียงอย่างเดียว ตัวแปรที่นำมาใช้ในการสร้างดัชนีในส่วนนี้ คือ

- พื้นที่ช่องแสง
- ค่าอัตราการทะลุผ่านของแสงในช่วงคลื่นที่จำเป็นต่อการมองเห็น (Light Transmission; LT)
- อัตราส่วนระหว่างค่าการทะลุผ่านของแสงในช่วงคลื่นที่จำเป็นต่อการมองเห็น ต่อ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (LT/SC)