บทที่ 3

เอกสาร และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การถ่ายเทความร้อนสามารถ เกิดขึ้นได้ 3 ทาง คือ

1. การนำความร้อน (Heat Conduction)
2. การพาความร้อน (Heat Convection)
3. การแผ่รังสี (Heat Radiation)

การนำความร้อน หมายถึง การถ่ายเทความร้อนระหว่างโมเลกุลของสสารที่อยู่ติดกันหรือสัมผัสกัน

การพาความร้อน หมายถึง การถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของก๊าซหรือของเหลว

การแผ่รังสี หมายถึง การถ่ายเทความร้อนโดยการที่ความร้อนเคลื่อนที่โดยตรงในรูป ของคลื่นแม่เหล็กจากผนังที่มีความร้อนสูงกว่าผ่านตัวกลางไปร่งใสหรือสูญญากาศไปสู่ผิวที่เย็นกว่า โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง

ปริมาณความร้อนที่เข้ามาภายในอาคาร

ปริมาณความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารขึ้นอยู่กับชนิดของเปลือกอาคาร และความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกกับอุณหภูมิภายในอาคารใช้สูตรในการคำนวน ดังนี้

$$Q = U * A * \Delta T \quad \text{.....(1)}$$

Q = ความร้อนที่เข้ามาในอาคาร (Watt หรือ Btu/h.)

U = สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของเปลือกอาคาร
(Watt/sq.m °C หรือ Btu/h sq.ft °F.)

A = พื้นที่เปลือกอาคารมีหน่วยเป็น sq.m หรือ sq.ft

ΔT = ความแตกต่างของอุณหภูมิของอากาศภายนอกและภายในมีหน่วยเป็น°Cหรือ °F

ในกรณีที่เปลือกอาคารได้รับอิทธิพลจากแสงแดดโดยตรงนั้น อุณหภูมิที่เปลือกอาคารได้รับจะมากกว่าผนังที่ไม่โดนแดด (Sol - Air Effect) ใช้สูตรคำนวณ ดังนี้

$$Q = U * A * Tdeq \quad \text{.....} \quad (2)$$

Q = ความร้อนที่เข้ามาในอาคาร (Watt หรือ Btu/h.)

U = สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของเปลือกอาคาร (Watt/sq.m °C หรือ Btu/h sq.ft °F.)

A = พื้นที่เปลือกอาคารมีหน่วยเป็น sq.m หรือ sq.ft

Tdeq = ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลของการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของผนัง (°C หรือ °F)

เนื่องจากปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารนั้นมีหลายอย่าง เช่น เขตที่ตั้ง มวลสาร และสี วัน เวลา เดือน ตลอดจนถึงการหน่วงเวลาการถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคาร จึงมีการกำหนดสมการของอิทธิพลต่าง ๆ ดังนี้

$$\text{Sol - Air Temperature } (T_e) = T_{out} + I * \alpha / h_o - \varepsilon \Delta R/h_o \quad \text{.....} \quad (3)$$

T_e = Sol - Air Temperature

T_{out} = อุณหภูมิอากาศภายนอก

I = รังสีความร้อนที่ตกกระทบทั้งหมด (Total Solar Radiation Incident On The Surface) (Btu/h/sq.ft)

α = สัมประสิทธิ์การดูดความร้อนของผิววัสดุ (ไม่มีหน่วย)

h_o = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผิวซึ่งรวมทั้งการแผ่รังสีคลื่นยาว (Long Wave Radiation) และการพาความร้อน (Heat Convection) (Btu/h/sq.ft)

ΔR = อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของผิววัสดุกับสภาพแวดล้อมและท้องฟ้า (Btu/h/sq.ft)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคำนวณค่าพลังงานในการปรับอากาศภายในอาคาร

จากการศึกษาพบว่าขนาดของเครื่องปรับอากาศขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้น (Heat - Gain) ซึ่งสามารถจำแนกตามชนิดของแหล่งกำเนิดความร้อนที่เกิดขึ้น เป็น 2 ชนิด ดังนี้

1. แหล่งภายนอกอาคาร (Heat Gain From External Sources)

แหล่งกำเนิดความร้อนภายนอกอาคารที่สำคัญที่สุด คือ ดวงอาทิตย์ที่แผ่รังสีความร้อนมายังโลก นอกจากนี้ องค์ประกอบทางด้านภูมิอากาศอื่น ๆ ที่ต้องคำนึงถึงอีกด้วย

องค์ประกอบปัจจัยทางด้านภูมิอากาศที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร ประกอบด้วย

- อุณหภูมิ (Temperature)
- ความชื้น (Humidity)
- ดวงอาทิตย์ (Sun)
- ลม (Win)

2. แหล่งภายในอาคาร (Heat Gain From Interior Sources)

แหล่งภายในอาคาร คือแหล่งความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร ได้แก่

- ความร้อนที่เกิดจากหลอดไฟหรือแสงสว่างภายในอาคาร (Lighting)
- ความร้อนที่เกิดจากผู้ใช้อาคาร (Occupants)
- ความร้อนที่เกิดจากอุปกรณ์ เครื่องใช้ต่าง ๆ (Equipments)

การคำนวณค่าความร้อนผ่านเปลือกอาคาร

เนื่องจากในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นเพื่อศึกษาถึงแนวทางการปรับปรุงเปลือกอาคาร เพื่อการอนุรักษ์พลังงานและพลังงานหลักที่ต้องทำการศึกษา คือ พลังงานที่ใช้ในการปรับอากาศ ซึ่งสามารถคำนวณการใช้พลังงานในการปรับอากาศได้จาก ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

ค่าปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเปลือกอาคาร (หน่วย = BTU) คำนวณได้จาก สมการ

$$Q = UA\,(CLTD) \qquad (4)$$

$$Q = A(SC)(SHGF)(CLF) \qquad (5)$$

หรือ

$$Q = (U_w * A_w * CLTD) + (A_g * SC * SHGF * CLF) + (U_g * A_g * CLTD) \qquad (6)$$

เมื่อ

Q = Cooling Load , Btu/h

U_w = Heat Transmission Coefficient Of Sunlit Walls, Btu/H.ft^2 - °F

A_w = Net Area Of Sunlit Wall, SF

CLTD = Cooling Load Temperture Differences For Calculating Cooling Load

A_g = Net Glass Area Of The Penetration, FT^2

SC = Shading Coefficient

SHGF = Maximum Solar Heat Gain Factor, Btu/H.ft^2 - °F

CLF = Cooling Load Factor

U_g = Heat Trasmission Coefficient Of Sunlit Glass , Btu/H.ft^2 - °F

ที่มา : ASHARE, 1989 Fundamental, American Society Of Heating Refrigeration And Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta,1989.

ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

การคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศสามารถหาได้จากสมการ

Coeffecient Of Performance (COP)

COP = Refrigerant Effect / Net Work Input ..... (7)

Refrigerant Effect หมายถึง พลังงานที่ได้รับจากการทำความเย็นโดยเครื่องปรับอากาศ

Net Work Input หมายถึง พลังงานที่ใช้ในการทำความเย็นโดยเครื่องปรับอากาศ

(ที่มา : ASHAERE, 1993) Fundamental, American Society Of Heating Refrigeration And Air-Conditionign Engineers, Inc., Atlanta,1993.

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

คำนิยาม

สัมประสิทธิ์การนำความร้อน(K)

คือ ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนของวัสดุใด ๆ สามารถพิจารณาได้จาก ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุนั้น ๆ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนภายใต้สภาวะคงที่อันหนึ่ง คือ ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านวัสดุพื้นที่ 1 ตารางหน่วยความหนา 1 หน่วย ใน 1 หน่วยเวลา โดยมีความแตกต่างของอุณหภูมิผิววัสดุทั้งสองด้าน 1 หน่วย

การนำความร้อน(C)

คือ ค่าการนำความร้อนของวัสดุใด ๆ คือ อัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนค่าความหนาของวัสดุ ซึ่งคำนวนได้จากสมการ

$$C = K/X \qquad \text{.....(8)}$$

เมื่อ C คือ ค่าการนำความร้อน
K คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน
X คือ ความหนาของวัสดุ

ความต้านทานความร้อน (R)

คือ ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุใด ๆ คือ ส่วนกลับของค่าการนำความร้อน ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$R = 1/C = X/K \qquad \text{.....(9)}$$

เมื่อ R คือ ค่าความต้านทานความร้อน
C คือ ค่าการนำความร้อน
X คือ ความหนาของวัสดุ
K คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ

ความสามารถในการส่งผ่านความร้อนระหว่างผิววัตถุใด ๆ กับอากาศที่อยู่โดยรอบขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศนิ่งที่ผิวของวัตถุนั้น ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศสามารถจำแนก เป็น 3 ประเภท คือ

1. ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านนอกอาคาร (R_O)
2. ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านในของอาคาร (R_I)
3. ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่อยู่ภายในช่องว่างอากาศของผนัง หรือหลังคา (R_A)

ความต้านทานความร้อนรวม (R_T)

ในกรณีที่ ผนังอาคารประกอบด้วยวัสดุ N ชนิด ค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังอาคาร ซึ่งประกอบด้วยวัสดุ N ชนิด สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$R_T = \frac{R_O + X_1 + X_2 + X_3 + \ldots + X_N + R_I}{K_1 \quad K_2 \quad K_3 \quad K_N} \qquad (10)$$

เมื่อ

$X_1, X_2, X_3, \ldots, X_N$ หมายถึง ความหนาของวัสดุ ที่ประกอบขึ้นเป็นผนัง อาคารชนิดที่ 1,2,3,...,N ตามลำดับ

$K_1, K_2, K_3, \ldots, K_N$ หมายถึง สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุชนิดที่1,2,3,....,N ตามลำดับ

ในกรณีที่ผนังอาคารมีช่องว่างอากาศ

ค่าความต้านทานความร้อนรวม สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$R_T = \frac{R_O + X_1 + X_2 + X_3 + \ldots\ldots + R_A + \ldots\ldots + X_N + R_I}{K_1 \quad K_2 \quad K_3 \quad K_N} \qquad (11)$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัมประสิทธิ์การบังแดด (Sunlit Coefficeint)

คำนิยาม

สัมประสิทธิ์การบังแดด คือ ค่าเฉลี่ยรายปีของความเปลี่ยนแปลงรังสีอาทิตย์ที่ทะลุผ่านกระจกใสหนา 3 มิลลิเมตร กรณีทั่วไป หน้าต่างของอาคารอาจประกอบด้วยกระจกที่มีความหนาไม่เท่ากับ 3 มิลลิเมตร และอาจมีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดด้วย ดังนั้นการคำนวณค่าเฉลี่ยรายปีของความเปลี่ยนแปลงรังสีอาทิตย์ที่ทะลุผ่านหน้าต่างจำเป็นต้องมีตัวประกอบเพื่อปรับให้สอดคล้องกับผลดังกล่าว ตัวประกอบที่ใช้ปรับดังกล่าว เรียกว่า สัมประสิทธิ์การบังแดด ซึ่งหมายถึง

" อัตราส่วนของค่าเฉลี่ยรายปีของรังสีอาทิตย์ที่ทะลุผ่านระบบหน้าต่างซึ่งอาจประกอบด้วยกระจกและอุปกรณ์บังแดดต่อการเปลี่ยนแปลงรังสีอาทิตย์ที่ทะลุผ่านกระจกใสหนา 3 มิลลิเมตร ที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดดใด ๆ "

คุณสมบัติการแผ่รังสีของพื้นผิว

รังสีความร้อนเป็นรังสีแบบคลื่นยาวและมีพลังงานต่ำ เมื่อรังสีความร้อนตกกระทบสสารใด จะสะท้อน ส่งผ่านและถูกดูดซึมไว้โดยสสารนั้น สสารแต่ละอย่างจะสะท้อนรังสี ส่งผ่านรังสีและดูดซึมรังสีที่ตกกระทบแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ทิศทางหรือมุม ของการแผ่รังสี การคายรังสีจะมีค่าสูงสุดถ้าทิศทางของรังสีตั้งฉากกับสสาร

2. ความยาวคลื่นของการแผ่รังสี การคายรังสีเชิงสเปคตรัมในทิศทางตั้งฉากของโลหะจะลดลงเมื่อความยาวคลื่นของการแผ่รังสีเพิ่มขึ้น

3. อุณหภูมิของพื้นผิว การคายรังสีของโลหะจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ส่วนการคายรังสีของอโลหะจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

4. ความขรุขระของพื้นผิว เนื่องจากผลของความขรุขระ ที่ไม่สม่ำเสมอของพื้นผิวเสมือนโพรงจึงทำให้เกิดการสะท้อนรังสีได้หลายครั้ง ซึ่งจะเป็นผลทำให้การดูดซึมรังสีมีค่าสูงขึ้น นั่นคือการคายรังสีมีค่าสูงขึ้น

5. สารเจือปนบนพื้นผิว สารปนเปื้อนบนพื้นผิวทำให้คุณสมบัติการแผ่รังสีเปลี่ยนไป โดยทำให้ค่าการคายรังสีมีค่ามากขึ้น

ลักษณะของพื้นผิวจะมีอิทธิพลสูงต่อการแผ่รังสีและการดูดซับรังสี วัสดุต่าง ๆ จะมีค่าการดูดซึมรังสี (Absorptivity) และ ค่าการสะท้อนรังสี (Reflectivity) แตกต่างกันออกไปตามลักษณะผิวของวัสดุ วัสดุที่มีค่าการดูดซึมรังสีสูงจะมีค่าการสะท้อนรังสีต่ำ คุณสมบัตินี้เรียกว่าการแผ่รังสี (Emittance) ค่าการแผ่รังสีจะบ่งบอกถึงความร้อนที่ถ่ายเทโดยการแผ่รังสี ความร้อนที่ถ่ายเทโดยการแผ่รังสี ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นผิวของวัสดุที่คายรังสีและสภาพพื้นผิวของวัสดุที่ดูดซับรังสี แนวความคิดที่จะอธิบายความสัมพันธ์ของคุณสมบัติของวัสดุ คือ ค่าการคายรังสี (Emissivity) ค่าการดูดซับรังสี (Absorptivity) ค่าการสะท้อนรังสี (Reflectivity) และค่าการส่งผ่านรังสี (Transmissivity) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสะท้อนรังสี ค่าการดูดซับรังสี และค่าการส่งผ่านรังสีมีสมการดังนี้

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \qquad \text{(12)}$$

เมื่อ

ρ	คือ	การสะท้อนรังสีจากพื้นผิว
α	คือ	การดูดซับรังสีโดยพื้นผิว
τ	คือ	การส่งผ่านรังสีผ่านวัสดุ

ค่าการคายรังสี (Emissivity)

ค่าการคายรังสี ของวัสดุเป็นตัวเลขที่บ่งบอกถึงความสามารถของวัสดุในการปลดปล่อยรังสีคลื่นยาว มีค่าเป็นอัตราส่วนระหว่างพลังงานการแผ่รังสีที่แท้จริงกับพลังงานการแผ่รังสีของวัตถุดำ โดยพิจารณาพลังงานต่อ 1 หน่วยเวลาที่ความยาวคลื่น ทิศทาง และอุณหภูมิผิวเดียวกัน ค่าการคายรังสีมีค่าอยู่ระหว่างตั้งแต่ 0 ถึง 1

ค่าการดูดซับรังสี (Absorptivity)

ค่าการดูดซับรังสี คือ ค่าบ่งบอกความสามารถในการดูดกลืนพลังงานของพื้นผิวแท้จริง

การป้องกันรังสีความร้อนในผนัง

การป้องกันรังสีความร้อน จะป้องกันการถ่ายเทรังสีความร้อนได้ก็ต่อเมื่อ Radiant Barrier หันหน้าเข้าสู่ช่องอากาศ แต่เนื่องจากลักษณะการก่อสร้างของผนังโดยทั่วไปมักจะไม่มีช่องอากาศ ดังนั้นการออกแบบผนังให้มีระบบป้องกันรังสีความร้อน ผู้ออกแบบต้องออกแบบให้มีช่องว่างในผนังเพื่อที่จะติดตั้ง Radiant Barrier ให้ทำหน้าที่ป้องกันรังสีความร้อนได้ ในอาคารที่สร้างเสร็จแล้วและต้องการเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงการป้องกันความร้อนการติดตั้ง Radiant Barrier ภายนอก อาจจะกระทำได้

สะดวกกว่าการติดตั้งภายใน การถ่ายเทพลังงานความร้อนในผนังส่วนใหญ่อยู่ในทิศทางตามแนวนอน ประสิทธิภาพการทำงานทั้งหมดของระบบป้องกันรังสีความร้อนในผนังขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของความร้อนน้อยกว่าระบบในหลังคา แต่ประสิทธิภาพการทำงานของ Radiant Barrier ในผนังจะแตกต่างกันมากหรือน้อยตามฤดูกาล

Radiant Barrier ในระบบผนังจะช่วยลด Sol-Air Effect อย่างมาก Sof-Air Effect เกิดจากรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบผิวผนังภายนอกอาคาร ทำให้อุณหภูมิที่ผิวอาคารสูงขึ้นกว่าอุณหภูมิอากาศรอบ ๆ ผนัง Sol-Air Effect จะเพิ่ม Heat Gain สำหรับอาคารในภูมิภาคที่มีอากาศร้อนหรืออาคารที่ตั้งอยู่ในภูมิภาคที่มีอากาศหนาวเย็น ช่องอากาศและ Radiant Barrier ที่อยู่ภายนอกจะลดความแตกต่างอุณหภูมิได้ผล (Effective Temperature) ของผนังในฤดูร้อน แต่จะเพิ่มความแตกต่างในฤดูหนาว ดังนั้น ในภูมิภาคที่มีอากาศหนาวเย็นหรือในฤดูหนาว ระบบป้องกันรังสีความร้อนที่มีช่องอากาศอยู่ภายนอกจะลดประโยชน์ที่ได้จากรังสีดวงอาทิตย์ลงไป แต่ในภูมิภาคที่มีอากาศร้อนเป็นส่วนใหญ่ที่ซึ่งปัญหาเรื่อง Heat Gain มีอยู่ตลอดปี ระบบป้องกันรังสีความร้อนที่อยู่ภายนอกสามารถใช้ได้ผลดี[1]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

[1] ผช.ศ.ชนิต จินดาวณิค . สถาปัตยกรรมและเทคโนโลยี่ หนังสือชุดสื่อชุดสื่อสาระ, กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2540