บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการ

การคำนวณสมรรถนะเชิงอนุภาคของกรอบอาคารนั้นเป็นการหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณความร้อนที่เกิดจากอิทธิพลของบรรยากาศภายนอกของอาคารและปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ที่ถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร และหลักการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร (OTTV) นี้อาศัยทฤษฎีพื้นฐานของการถ่ายเทความร้อนซึ่งพิจารณาว่าความร้อนที่ผ่านกรอบของอาคารเข้าสู่บริเวณภายในนั้นประกอบด้วยความร้อน 3 ส่วนคือ

1. การนำความร้อนผ่านผนังทึบ
2. การนำความร้อนผ่านกระจก
3. การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ผ่านกระจก

จะทำให้เราได้สมการที่จะนำมาหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ได้ดังนี้

$$OTTV = \frac{(Aw \times Uw \times TDeq) + (Af \times Uf \times \Delta T) + (Af \times SC \times SF)}{Ao} \qquad (2.1)$$

โดย

OTTV = การถ่ายเทความร้อนรวม (W/m^2)

A_w = ขนาดของผนังทึบ (m^2)

U_w = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ ($W/m^2°C$)

TD_{eq} = ค่าความแตกต่างระหว่างภายนอกและภายในอาคาร (°C)

A_f = ขนาดของผนังโปร่งแสง (m^2)

U_f = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังโปร่งแสง ($W/m^2°C$)

ΔT = ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคารประเทศไทย 5 °C

SC = สัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง

SF = ค่าตัวประกอบแก้รังสีอาทิตย์ (W/m^2)

A_0 = ขนาดของผนังทึบรวมกับผนังโปร่งแสง (m^2)

จะเห็นได้ว่าค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร (OTTV) นั้นมีตัวแปรค่อนข้างมาก ซึ่งตัวแปร บางตัวจะต้องมีการคำนวณมาก่อน เพื่อที่จะนำมาแทนค่าลงในสมการเพื่อหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ซึ่งมีขั้นตอนในการหาค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) อาศัยหลักการการถ่ายเทความร้อนที่สามารถเขียนเป็นสมการได้เป็น

$$U = \frac{1}{Rt} \qquad \text{เมื่อ } R_t = \text{ค่าความต้านทานความร้อนของผนัง } (W/m^2) \tag{2.2}$$

ซึ่งค่า R_t หาได้โดย $Rt = Ro + \frac{b1}{k1} + \frac{b2}{k2} + ... + \frac{bn}{kn} + Ri$ (2.3)

เมื่อ Ro = ความต้านทานความร้อนของอากาศที่ผิวด้านนอกของผนังอาคาร $(W/m^2K)^{-1}$

Ri = ความต้านทานความร้อนของอากาศที่ผิวด้านในของผนังอาคาร $(W/m^2K)^{-1}$

b = ความหนาของวัสดุ (m)

k = สัมประสิทธิ์ของการนำความร้อนของวัสดุ (W/mK)

n = จำนวนชนิดของวัสดุที่ประกอบเป็นผนังอาคาร

ค่า Ro, k, Ri ของวัสดุชนิดต่างๆแสดงในตารางที่ ก.4 ในภาคผนวก ก

2. การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC)

สัมประสิทธิ์การบังแดดเป็นอัตราส่วนระหว่างความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาสู่ภายในอาคารทางหน้าต่างต่อความร้อนที่ผ่านกระจกใส แต่ทว่าโดยทั่วไปแล้วหน้าต่างของอาคารต่างๆมักจะประกอบด้วยส่วนที่เป็นกระจกและส่วนที่เป็นอุปกรณ์บังแดด

เพราะฉะนั้นการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดจึงมีส่วนประกอบอยู่ 2 ส่วนคือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกและสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

$$SC = SC_1 \times SC_2 \tag{2.4}$$

เมื่อ SC_1 = สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก

SC_2 = สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

2.1 สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก (SC_1)

ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกเป็นค่าที่บริษัทผู้ผลิตกระจกกำหนดไว้ ซึ่งทำการประเมินที่แสงอาทิตย์ตกกระทบทำมุมกับกระจก 45 องศา จากแนวตั้งฉากดังแสดงในตารางที่ ก.8 ในภาคผนวก ก

2.2 สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC_2)

ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดนั้นมีค่าขึ้นอยู่กับลักษณะของอุปกรณ์บังแดด อย่างไรก็ตามเราสามารถคำนวณได้โดยอาศัยนิยามพื้นฐานของสัมประสิทธิ์การบังแดดซึ่งสมการการคำนวณเขียนได้เป็น

$$se = \frac{A_e \times I_D \times A \times I_d}{A \times I_t} = \frac{(G \times I_D) + I_d}{I_t} \quad (2.5)$$

เมื่อ $G = \frac{A_e}{A}$ = อัตราส่วนของพื้นที่ที่โดนแสงต่อพื้นที่ทั้งหมด

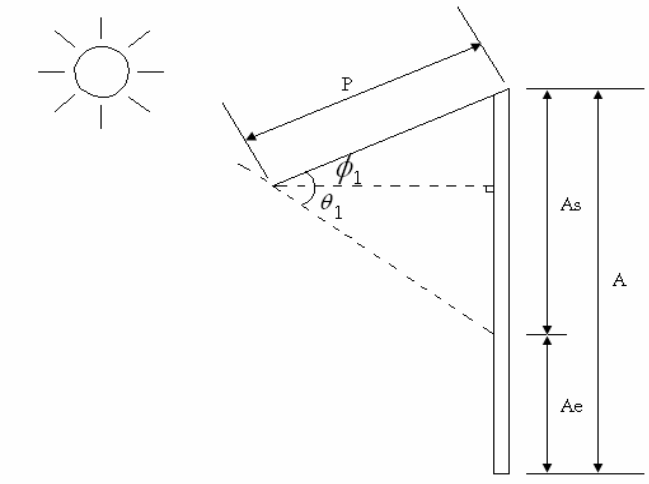
A_e= พื้นที่ของกระจกส่วนที่โดนแดด (m^2)

A = พื้นที่รวมของกระจก (m^2)

I_D = ฟลักซ์ของรังสีตรงดวงอาทิตย์ (W/m^2)

I_d = ฟลักซ์ของรังสีกระจายดวงอาทิตย์ (W/m^2)

I_t = ฟลักซ์ของรังสีรวมดวงอาทิตย์ (W/m^2)



รูปที่ 2.1 รูปประกอบการหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC_2)

จะได้ค่า $A_S = P(\cos \text{Ø}_1 \tan\theta_1 + P\sin \text{Ø}_1)$ (2.6)

$A_e = A - A_S$ (2.7)

$$\frac{A_e}{A} = 1 - \frac{P}{A}((\cos \text{Ø}_1 \tan\theta_1) + \sin \text{Ø}_1) \quad (2.8)$$

หรือ $G_1 = 1\text{-}R_1((\cos\text{Ø}_1\tan\theta_1) + \sin \text{Ø}_1)$ (2.9)

เมื่อ $G_1 = \frac{A_e}{A}$, $R_1 = \frac{P}{A}$ (2.10)

และ $G_1 \geq 0$

ในกรณีการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกอาคารผ่านเข้าสู่ภายในอาคาร จะเป็นการถ่ายเทความร้อนแบบสภาวะไม่คงที่ ทั้งนี้เกิดจากอิทธิพลจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ การแผ่รังสีของผนังอาคาร เป็นต้น อุณหภูมิภายนอกอาคารรวมทั้งลักษณะโครงร้างของอาคาร อย่างไรก็ตามการคำนวณความร้อนที่ถ่ายเทแบบสภาวะไม่คงที่นั้นมีความยุ่งยากซับซ้อนมากจึงได้มีการปรับการคำนวณแบบสภาวะไม่คงที่ ให้อยู่ในรูปแบบสภาวะคงที่ด้วยการเสนอค่า TD_{eq} ทำให้เขียนสมการคำนวณฟลักซ์ความร้อนได้เป็น

$$q = A \times U \times TD_{eq} \quad (2.11)$$

ค่า TD_{eq} มีนิยามกำหนดโดยเป็นผลต่างของอุณหภูมิอากาศจะให้ผลการคำนวณฟลักซ์ความร้อนตามสภาพที่เกิดขึ้นจริง อันเกิดจากกลไกต่างๆ ได้แก่ การแผ่รังสีของบรรยากาศและผนังอาคาร การพาความร้อน และการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

ค่า TD_{eq} สามารถหาได้โดยอาศัยหลักการ Transfer Function Method (TFM) ซึ่งเป็นหลักการการคำนวณการถ่ายเทความร้อนแบบสภาวะไม่คงที่ในหนึ่งมิติ (One-dimensional Transient Heat Flow) สำหรับผนังใด ๆ ที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ภายใต้เงื่อนสำคัญ 2 ประการ คือ

1. การถ่ายความร้อนโดยการพามีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนคงที่

2. อุณหภูมิภายในบริเวณภายในที่พิจารณามีค่าคงที่ ซึ่งเขียนสมการเพื่อใช้ในการคำนวณความร้อนที่ถ่ายเทตามหลักการของ (TFM) ได้เป็น

$$q_{e,\tau} = A\left(\sum_{n=0} b_n\left(t_{e,\tau-n\Delta}\right) - \sum_{n=1} d_n \frac{q_{e,\tau-n\Delta}}{A} - t_{rc}\sum_{n=0} c_n\right) \quad (2.12)$$

เมื่อ

A = พื้นที่ผิวด้านในของผนัง (m^2)

$q_{e,t}$ = ความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร (W)

τ = เวลา (hr)

Δ = ช่วงเวลา (hr)

$t_{e,\tau-n\Delta}$ = อุณหภูมิ Sol-Air ที่เวลา $\tau - n\Delta$ (°C)

t_{rc} = อุณหภูมิภายในอาคาร (°C)

b_n , c_n, d_n = Transfer Function Coefficient ซึ่งมีค่าขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างของผนัง b_n และ c_n มีหน่วยเป็นสำหรับ d_n เป็นสัมประสิทธิ์ไร้หน่วย ค่ามาตรฐานของ b_n , c_n, d_n กำหนดโดย ASHRAE

จากสมการข้างบนนี้เราสามารถหาค่าเฉลี่ยรายวันของค่า SC_2 ได้โดยพิจารณาว่าใน 1 วันมีช่วงเวลาที่มีแสงแดด 12 ชั่วโมง แล้วทำการเฉลี่ยค่าตลอด 12 ชั่วโมง ซึ่งจะเขียนสมการได้เป็น

$$SC_2 = \frac{\sum_{i=1}^{12}\left(\left(A_e \times I_D\right)+\left(A \times I_d\right)\right)h}{\sum_{h=1}^{12}\left(A \times I_t\right)h} \tag{2.13}$$

เราสามารถหาค่าเฉลี่ยรายปีของ SC_2 ได้เพื่อใช้ในการคำนวณค่า OTTV เฉลี่ยทั้งปี โดยพิจารณาข้อมูลรังสีอาทิตย์ในวัน Equinox และ Solar Solstice ซึ่งได้แก่ วันที่ 21 มีนาคม วันที่ 22 มิถุนายน วันที่ 22 ธันวาคม ของปี ค่า SC_2 เฉลี่ยทั้งปี สามารถเขียนสมการได้เป็น

$$SC_2 = \frac{\sum_M\left(\left(G \times I_D\right)+I_d\right)+\sum_J\left(\left(G \times I_D\right)+I_d\right)+\sum_S\left(\left(G \times I_D\right)+I_d\right)+\sum_D\left(\left(G \times I_D\right)+I_d\right)}{\sum_M I_t+\sum_J I_t+\sum_S I_t+\sum_D I_t} \tag{2.14}$$

เมื่อ

M = เดือนมีนาคม

J = เดือนมิถุนายน

S = เดือนกันยายน

D = เดือนธันวาคม

3. การคำนวณค่าผลต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq})

โดยปกติการถ่ายเทความร้อนที่สภาวะคงที่ (Steady State Heat transfer) จะเกิดขึ้นเมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างสองบริเวณ ซึ่งสามารถเขียนสมการได้เป็น

$$q = A \times U \times \Delta T \qquad (2.15)$$

เมื่อ q = ความร้อนที่ถ่ายเท (W)

A = พื้นที่ผิวที่มีการถ่ายเทความร้อน (m^2)

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ($W/m^2{}^\circ C$)

ΔT = ผลต่างของอุณหภูมิตัวกลางระหว่างสองบริเวณ ($^\circ C$)

จากหลักการของ TFM จะสามารถคำนวณฟลักซ์ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังได้เมื่อหารขนาดพื้นที่ของผนัง (A) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) จะได้ค่า TD_{eq} ออกมา

ในการพิจารณาค่า TD_{eq} เพื่อใช้ประกอบในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร (OTTV) ได้ใช้หลักการของ TFM คำนวณค่า TD_{eq} ของวัสดุที่มีโครงสร้างต่างๆ กันและได้จำแนกค่ามาตรฐานของ TD_{eq} ตามมวลของวัสดุที่ใช้เป็นกรอบของอาคารดังแสดงในตารางที่ ก.2 และ ตารางที่ ก.3 ในภาคผนวก ก

4. ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (SF)

คือค่าของผลจากฟลักซ์รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนหน้าต่าง ค่านี้ได้จากผลการวัดรังสีอาทิตย์ระยะยาวทั้งรังสีตรงและรังสีกระจายพร้อมทั้งได้จัดทำไว้สำหรับผนังในทิศต่าง ๆ ค่าเฉลี่ยของค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์สำหรับผนังแนวตั้งในทิศต่างๆ คือ

$$SF = 160 \quad , W/m^2 \qquad (2.16)$$

ตัวประกอบรังสีอาทิตย์สำหรับผนังมุมเอียงในทิศต่าง ๆ มีค่าไม่เท่ากันและคำนวณได้จาก

$$SF = 160\ (CF) \quad , W/m^2 \qquad (2.17)$$

โดยที่ CF = ค่าตัวประกอบแก้ (Correction Factor) สำหรับผนังมุมเอียงหนึ่งๆ ในทิศหนึ่งๆ หาได้จากตารางที่ ก.1ในภาคผนวก ก