บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร

การคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารนั้น ประกอบด้วยการหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกำแพง ($OTTV$) และหลังคา ($RTTV$) โดยค่าการถ่ายเทความร้อนรวมเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณความร้อน ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของบรรยากาศภายนอก และปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ถ่ายเทผ่านเข้าสู่ภายในอาคาร

หลักการในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมนี้ อาศัยทฤษฎีพื้นฐานของการถ่ายเทความร้อน ซึ่งพิจารณาว่าความร้อนที่ผ่านกรอบอาคารเข้าสู่บริเวณภายในอาคารนั้นประกอบด้วยความร้อน 3 ส่วนคือ

1. ความร้อนจากการนำความร้อนผ่านกำแพงทึบ
2. ความร้อนจากการนำความร้อนผ่านกระจก
3. ความร้อนจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ผ่านกระจก

ดังนั้นเมื่อนำความร้อนทั้ง 3 ส่วน มาเฉลี่ยค่าตามพื้นที่ก็จะได้เป็นค่าการถ่ายเทความร้อนรวม

โดยค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกำแพง ($OTTV$) สามารถเขียนอยู่ในรูปสมการเป็น

$$OTTV = \frac{\left(A_w \times U_w \times TD_{eq}\right) + \left(A_f \times U_f \times \Delta T\right) + \left(A_f \times SC \times SF\right)}{A_o} \qquad (2.1)$$

เมื่อ $OTTV$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกำแพง $(\frac{W}{m^2})$

A_w คือ พื้นที่ของกำแพงทึบ (m^2)

U_w คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกำแพงทึบ $(\frac{W}{m^2 \cdot K})$

TD_{eq} คือ ค่าผลต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Equivalent Temperature Difference) ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร (K)

A_f คือ พื้นที่ของกระจก (m^2)

U_f คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจก $(\frac{W}{m^2 \cdot K})$

ΔT คือ ค่าผลต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคาร (K)

SC คือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient)

SF คือ ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (Solar Factor) $(\frac{W}{m^2})$

A_o คือ พื้นที่รวมทั้งหมดของกำแพง (m^2)

$$A_o = A_w + A_f \tag{2.2}$$

ในกรณีที่กำแพงอาคารแต่ละส่วนประกอบด้วยโครงสร้างของวัสดุมากกว่า 1 แบบขึ้นไป สมการ (2.1) สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$OTTV = \frac{\sum_{i=1}^{m}\left(A_{w_i} \times U_{w_i} \times TD_{eq_i}\right) + \sum_{i=1}^{n}\left(A_{f_i} \times U_{f_i} \times \Delta T_i\right) + \sum_{i=1}^{n}\left(A_{f_i} \times SC_i \times SF_i\right)}{\sum_{i=1}^{m} A_{w_i} + \sum_{i=1}^{n} A_{f_i}} \tag{2.3}$$

เมื่อ m คือ จำนวนแบบของโครงสร้างของวัสดุที่ประกอบเป็นกำแพงทึบ

n คือ จำนวนแบบของโครงสร้างของวัสดุที่ประกอบเป็นกระจก

ในกรณีที่กำแพงอาคารประกอบด้วยด้านทั้งหมด k ด้าน ซึ่งหันไปในทิศทางต่าง ๆ กันค่า $OTTV$ สำหรับอาคารทั้งหลัง สามารถคำนวณได้จาก

$$OTTV = \frac{\sum_{i=1}^{k}\left(A_{o_i} \times OTTV_i\right)}{\sum_{i=1}^{k} A_{o_i}} \tag{2.4}$$

สำหรับค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา ($RTTV$) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$RTTV = \frac{\left(A_r \times U_r \times TD_{eq}\right) + \left(A_s \times U_s \times \Delta T\right) + \left(A_s \times SC \times SF\right)}{A_o} \tag{2.5}$$

เมื่อ $RTTV$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา $(\frac{W}{m^2})$

A_r คือ พื้นที่ของหลังคาส่วนทึบ (m^2)

U_r คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาส่วนทึบ $(\frac{W}{m^2 \cdot K})$

TD_{eq} คือ ค่าผลต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Equivalent Temperature Difference) ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร (K)

A_s คือ พื้นที่ของหลังคาส่วนโปร่งแสง (ช่องรับแสง) (m^2)

U_s คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาส่วนโปร่งแสง (ช่องรับแสง) $(\frac{W}{m^2 \cdot K})$

ΔT คือ ค่าผลต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคาร (K)

SC คือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของหลังคาส่วนโปร่งแสง (ช่องรับแสง)

SF คือ ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (Solar Factor) $(\frac{W}{m^2})$

A_o คือ พื้นที่รวมทั้งหมดของหลังคา (m^2)

$$A_o = A_r + A_s \tag{2.6}$$

ในกรณีที่หลังคาประกอบด้วยหลายส่วนค่า $RTTV$ คำนวณได้จาก

$$RTTV = \frac{\sum_{i=1}^{k}\left(A_{o_i} \times RTTV_i\right)}{\sum_{i=1}^{k} A_{o_i}} \tag{2.7}$$

จากสมการข้างต้นจะเห็นได้ว่าค่า $OTTV$ และ $RTTV$ ประกอบด้วยค่าตัวประกอบหลายตัว โดยตัวประกอบที่จะต้องทำการคำนวณ ได้แก่

1. ค่าผลต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Equivalent Temperature Difference, TD_{eq})
2. ค่าผลต่างอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคาร (Temperature Difference of Outdoor and Indoor Conditions, ΔT)
3. ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (Solar Factor, SF)
4. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient, SC)

2.2 การคำนวณค่าผลต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq})

ค่าผลต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq}) สามารถหาได้โดยอาศัยหลักการ Response Factor Method เนื่องจากวิธีการ Response Factor นี้สามารถทำการคำนวณค่าความร้อนที่ผ่านเข้าสู่กรอบอาคารซึ่งประกอบด้วยวัสดุหลายชนิดได้โดยสะดวก ดังนั้นจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสม โดยนำค่าความร้อนที่ผ่านกรอบอาคารต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่หารด้วยค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) จะได้เป็นค่าผลต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq}) ตามต้องการ

จากวิธีการ Response Factor พิจารณาสมการเชิงอนุพันธ์ของการนำความร้อนในหนึ่งมิติสำหรับวัสดุเนื้อเดียว ดังแสดงในรูปที่ 2.1 คือ

$$\frac{\partial^2 T(x,t)}{\partial x^2} = \frac{1}{\alpha}\frac{\partial T(x,t)}{\partial t} \qquad (2.8)$$

และปริมาณความร้อนที่ไหลผ่านตำแหน่ง x และเวลา t ใด ๆ มีสมการเป็น

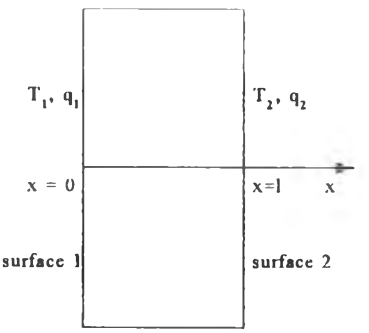
$$q(x,t) = -k\frac{\partial T(x,t)}{\partial x} \qquad (2.9)$$

โดย

$$\alpha = \frac{k}{\rho C_p} \qquad (2.10)$$

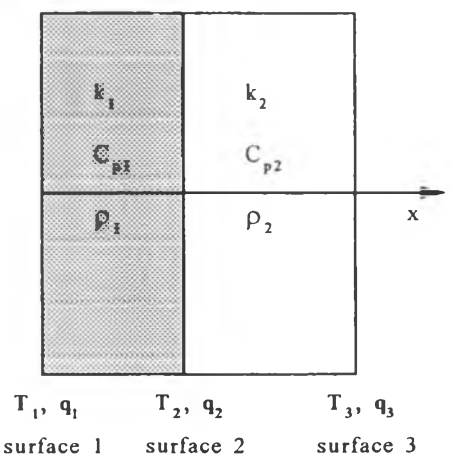
เมื่อ

q	คือ ปริมาณความร้อนที่ตำแหน่ง x และเวลา t ใด ๆ	(W)
T	คือ อุณหภูมิที่ตำแหน่ง x และเวลา t ใด ๆ	(K)
t	คือ เวลา	
α	คือ สัมประสิทธิ์การแพร่ทางความร้อน	
k	คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน	$(\frac{W}{m \cdot K})$
ρ	คือ ความหนาแน่น	$(\frac{kg}{m^3})$
C_p	คือ ค่าความร้อนจำเพาะ	$(\frac{J}{kg \cdot K})$



รูปที่ 2.1 แสดงการนำความร้อนในหนึ่งมิติของวัสดุเนื้อเดียว

จากสมการการถ่ายเทความร้อนข้างต้น สามารถทำการคำนวณเพื่อหาค่าความร้อนได้โดยวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ เนื่องจากวิธีการนี้จะสะดวกในการพัฒนาไปสู่การคำนวณค่าความร้อนในกรอบอาคารซึ่งประกอบด้วยวัสดุหลายชนิด (multilayer)



รูปที่ 2.2 แสดงการนำความร้อนในหนึ่งมิติสำหรับวัสดุ 2 ชนิด

โดยวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ เมื่อพิจารณารูปแบบการคำนวณสำหรับคำนวณค่าความร้อนในกรอบอาคารซึ่งประกอบด้วยวัสดุ 2 ชนิด ดังรูปที่ 2.2 จะได้สมการไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นดังนี้

$$\begin{bmatrix} C_1+2k_1\Delta t & -2k_1\Delta t & 0 \\ -2k_1\Delta t & C_1+2k_1\Delta t+C_2+2k_2\Delta t & -2k_2\Delta t \\ 0 & -2k_2\Delta t & C_2+2k_2\Delta t \end{bmatrix} \times \begin{Bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{Bmatrix}_{n+1} = \begin{Bmatrix} C_1(T_1)_n+2\Delta t(q_1^{"})_{n+1} \\ C_1(T_2)_n+C_2(T_2)_n \\ C_3(T_3)_n+2\Delta t(q_3^{"})_{n+1} \end{Bmatrix} \quad (2.11)$$

เมื่อ $C = \rho C_p L$

$k = k/L$

T คือ อุณหภูมิ (K)

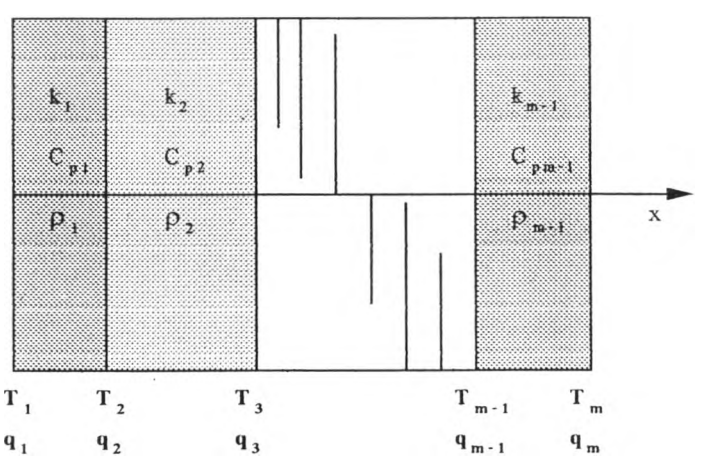
q'' คือ ปริมาณความร้อนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ $(\frac{W}{m^2})$

n คือ เวลาครั้งที่ n

เมื่อพิจารณากรอบอาคารซึ่งประกอบด้วยวัสดุหลายชนิด (multilayer) ดังรูปที่ 2.3 สมการไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ใช้จะเปลี่ยนไปเป็น

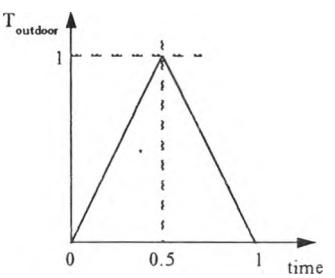
$$\begin{bmatrix} C_1 + 2k_1\Delta t & -2k_1\Delta t & 0 & \\ -2k_1\Delta t & C_1 + 2k_1\Delta t + C_2 + 2k_2\Delta t & -2k_2\Delta t & \\ 0 & -2k_2\Delta t & C_2 + 2k_2\Delta t + C_3 + 2k_3\Delta t & \cdots \\ & & \vdots & \\ & & & C_{m-1} + 2k_{m-1}\Delta t \end{bmatrix}$$

$$\times \begin{Bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \\ \vdots \\ T_m \end{Bmatrix}_{n+1} = \begin{Bmatrix} C_1(T_1)_n + 2\Delta t(q_1'')_{n+1} \\ C_1(T_2)_n + C_2(T_2)_n \\ C_3(T_3)_n + C_4(T_3)_n \\ \vdots \\ C_{m-1}(T_m)_n + 2\Delta t(q_m'')_{n+1} \end{Bmatrix} \qquad (2.12)$$

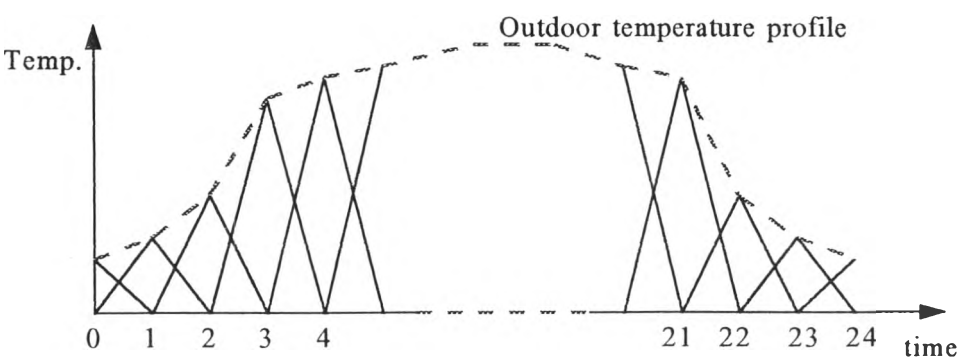


รูปที่ 2.3 แสดงการนำความร้อนในกำแพงอาคารซึ่งประกอบด้วยวัสดุหลายชนิด

หลังจากได้ชุดสมการของวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์แล้ว สามารถทำการคำนวณค่าปริมาณความร้อนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (q'') ที่ผิวด้านในห้องได้ โดยการกำหนดให้อุณหภูมิภายนอกห้อง (T_O) มีลักษณะเป็น pulse รูปสามเหลี่ยม ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งเวลาที่ 0, 0.5 และ 1 นั้นจะกำหนดเป็นหน่วยชั่วโมง เนื่องจากเหมาะสมกับข้อมูลอากาศที่มีการเก็บสถิติไว้ในรูปแบบของอุณหภูมิในชั่วโมงต่าง ๆ และช่วงเวลา 1 ชั่วโมงยังมีความละเอียดและแม่นยำในการใช้งานอย่างเพียงพอแล้ว (บุญชัย เลิศนุวัฒน์, 2539)



รูปที่ 2.4 แสดงอุณหภูมิภายนอกห้องที่ถูกกำหนดให้มีลักษณะเป็น pulse รูปสามเหลี่ยม



รูปที่ 2.5 แสดงการประมาณอุณหภูมิภายนอกที่เปลี่ยนแปลงด้วย pulse รูปสามเหลี่ยม

แต่เนื่องจากการคำนวณได้ใช้ข้อมูลอากาศในรูปแบบของอุณหภูมิในแต่ละชั่วโมง ดังนั้นในหนึ่งวันกำแพงด้านนอกจะมี pulse ของอุณหภูมิรูปสามเหลี่ยมจำนวน 24 ชุด เข้ากระทำด้วยระยะเวลาห่างกัน 1 ชั่วโมง ดังรูปที่ 2.5 ซึ่งแสดงการประมาณอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในหนึ่งวันด้วย pulse รูปสามเหลี่ยม นอกจากนี้ปริมาณความร้อน (q'') ในแต่ละชั่วโมงจะมีผลจาก pulse ของอุณหภูมิมากกว่า 1 ชุดด้วย (บุญชัย เลิศนุวัฒน์, 2539)

ดังนั้นจากหลักการ Response Factor Method สามารถหาปริมาณความร้อนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (q'') ได้ และเมื่อนำมาหารด้วยค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) จะได้เป็นค่าผลต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq})

2.3 การคำนวณค่าผลต่างอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคาร (ΔT)

ค่าผลต่างอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคาร (ΔT) ตามคู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคารของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กำหนดให้ใช้ 5 °c

พิจารณาค่าความร้อนผ่านกระจกในแต่ละชั่วโมง

$$q_f = U_f \times A_f \times \left(T_{ao} - T_{ai}\right) \tag{2.13}$$

เมื่อ T_{ao} คือ ค่าอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร (°c)

T_{ai} คือ ค่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร (°c)

จากสมการข้างต้นถ้าสมมติให้ U_f และ T_{ai} เป็นค่าคงที่ สามารถหาค่าเฉลี่ยของความร้อน q_f ตลอดช่วงเวลา $\sum(hr)$ ได้โดย

$$q_f = \frac{U_f \times A_f \times \sum\left(T_{ao} - T_{ai}\right)}{\sum(hr)}$$

$$= U_f \times A_f \times \left[avg\left(T_{ao}\right) - T_{ai}\right] \tag{2.14}$$

แต่ค่าความร้อนจากการนำความร้อนผ่านกระจกเป็นดังสมการ

$$q_f = U_f \times A_f \times \Delta T \tag{2.15}$$

ดังนั้นค่าผลต่างอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคารเป็น

$$\Delta T = avg\left(T_{ao}\right) - T_{ai} \quad (2.16)$$

โดยค่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคารสามารถกำหนดจากค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการออกแบบระบบทำความเย็นซึ่งมีค่าเท่ากับ 25 °c

2.4 การคำนวณค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (SF)

ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (SF) คือค่าความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ไหลผ่านกระจกใสหนา 3 มม. หรือกระจกมาตรฐาน (Double-strength sheet glass, DSA) เข้าสู่ตัวอาคาร และเนื่องจากความร้อนที่ผ่านกระจกประกอบด้วยความร้อนที่ทะลุผ่าน และความร้อนที่ถูกดูดซับด้วยกระจก ดังนั้นค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์สามารถหาจาก

$$SF = TSHGF + N_i \times ASHGF \quad (2.17)$$

โดย

$$TSHGF = I_D \sum_{j=0}^{5} t_j (cos\theta)^j + 2I_d \sum_{j=0}^{5} t_j / (j+2) \quad (2.18)$$

$$ASHGF = I_D \sum_{j=0}^{5} a_j (cos\theta)^j + 2I_d \sum_{j=0}^{5} a_j / (j+2) \quad (2.19)$$

เมื่อ $TSHGF$ คือ ส่วนของความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ทะลุผ่านกระจก

$ASHGF$ คือ ส่วนของความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ถูกดูดซับด้วยกระจก

N_i คือ inward flow fraction of absorbed solar heat gain

t_j คือ สัมประสิทธิ์การทะลุผ่านของกระจก

a_j คือ สัมประสิทธิ์การดูดซับของกระจก

และสำหรับกระจกที่ผิวด้านในมีการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (natural convection) และผิวด้านนอกมีความเร็วลม 7.5 ไมล์ต่อชั่วโมง มี $N_i = 0.267$

ตารางที่ 2.1 Coefficients for DSA Glass

for Calculation of Transmittance and Absorptance

j	a_j	t_j
0	0.01154	-0.00885
1	0.77674	2.71235
2	-3.94657	-0.62062
3	8.57881	-7.07329
4	-8.38135	9.75995
5	3.01188	-3.89922

โดย I_D และ I_d ได้จากข้อมูลอากาศที่เก็บเป็นสถิติไว้ เมื่อพิจารณาถึงการคำนวณฟลักซ์รังสีดวงอาทิตย์ สามารถแยกได้เป็น 2 ส่วนคือ ฟลักซ์รังสีตรงดวงอาทิตย์ (I_{DN}) อันเป็นแสงในส่วนที่ถูกส่งมาโดยตรงจากดวงอาทิตย์ และฟลักซ์รังสีกระจายดวงอาทิตย์ (I_d) เป็นแสงส่วนที่สะท้อนจากสิ่งแวดล้อมก่อนเข้าสู่ตัวอาคาร ดังนั้นฟลักซ์รังสีดวงอาทิตย์ทั้งหมดสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$I_t = I_{DN}\cos\theta + I_d \qquad (2.20)$$

หรือ

$$I_t = I_D + I_d \qquad (2.21)$$

เมื่อ I_t คือ ฟลักซ์รังสีดวงอาทิตย์ทั้งหมด $(\frac{W}{m^2})$

I_{DN} คือ ฟลักซ์รังสีตรงดวงอาทิตย์ (Direct normal irradiation) $(\frac{W}{m^2})$

I_D คือ ฟลักซ์รังสีตรงดวงอาทิตย์บนระนาบกระจก (Direct irradiation) $(\frac{W}{m^2})$

I_d คือ ฟลักซ์รังสีกระจายดวงอาทิตย์ (Diffused irradiation) $(\frac{W}{m^2})$

$\cos\theta$ คือ ค่าโคซาน์ยของมุมตกกระทบของรังสีอาทิตย์ที่ทำกับระนาบของกำแพง

และค่า $\cos\theta$ สามารถคำนวณได้จากมุมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์โดยอ้างอิงกับกำแพงที่สนใจ ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ซึ่งค่ามุมต่าง ๆ คำนวณได้จากชุดสมการดังนี้

$$No.\ of\ minutes\ from\ local\ solar\ noon = Local\ time + ET + 4(LSM + LON) \qquad (2.22)$$

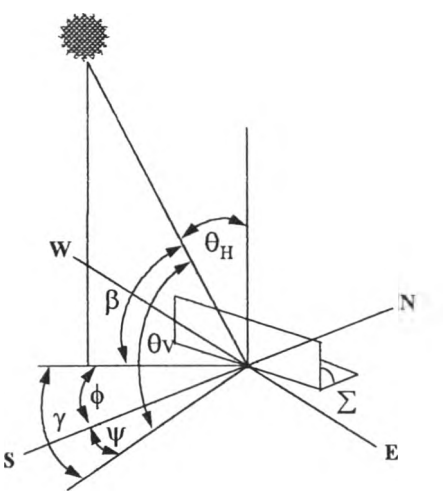
$$H = 0.25(No.of\ minutes\ from\ local\ solar\ noon) \quad (2.23)$$

$$\sin\beta = \cos L \cdot \cos\delta \cdot \cos H + \sin L \cdot \sin\delta \quad (2.24)$$

$$\cos\phi = (\sin\beta \cdot \sin L - \sin\delta)/(\cos\beta \cdot \cos L) \quad (2.25)$$

$$\gamma = \phi - \psi \quad (2.26)$$

$$\cos\theta = \cos\beta \cdot \cos\gamma \cdot \sin\Sigma + \sin\beta \cdot \cos\Sigma \quad (2.27)$$



<u>รูปที่ 2.6</u> แสดงมุมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์โดยอ้างอิงกับกำแพงที่สนใจ

เมื่อ

ET	คือ equation of time	(minute of time)
LSM	คือ local standard time meridian	(degrees)
LON	คือ local longitude	(degrees)
H	คือ hour angle	(degrees)
L	คือ latitude	(degrees)
δ	คือ declination	(degrees)
β	คือ solar altitude	(degrees)
ϕ	คือ solar azimuth	(degrees)
ψ	คือ surface azimuth	(degrees)

γ	คือ surface-solar azimuth	(degrees)
Σ	คือ surface tilt	(degrees)
θ	คือ incident angle	(degrees)

2.5 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC)

สัมประสิทธิ์การบังแดด เป็นอัตราส่วนระหว่างความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้าสู่ภายในอาคารทางหน้าต่าง ต่อความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านกระจกมาตรฐาน (Double-strength sheet glass, DSA) ที่ไม่มีการบังแดด

โดยปกติหน้าต่างของอาคารทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนที่เป็นกระจก และส่วนที่เป็นอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร ดังนั้นการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดจึงประกอบด้วย 2 ส่วน คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกและของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$SC = SC_1 \times SC_2 \qquad (2.28)$$

เมื่อ SC_1 คือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก

SC_2 คือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร

1. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก (SC_1)

ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก เป็นค่าที่ถูกกำหนดโดยบริษัทผู้ผลิตกระจก ซึ่งทำการประเมินตามวิธีมาตรฐานที่แสงอาทิตย์ตกกระทบทำมุมกับกระจก 45° จากแนวตั้งฉาก

2. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร (SC_2)

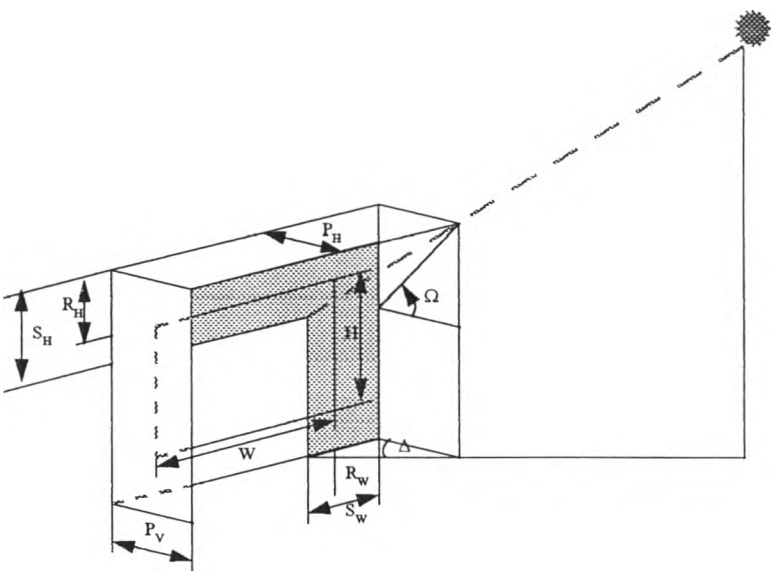
ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารนั้น มีค่าขึ้นอยู่กับลักษณะของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร แต่จะสามารถคำนวณได้โดยอาศัยนิยามพื้นฐานของสัมประสิทธิ์การบังแดด ซึ่งสมการการคำนวณเขียนได้เป็น

$$SC_2 = \frac{(I_{DN}\cos\theta \times A_{SL}) + (I_d \times A)}{I_t \times A} \quad (2.29)$$

เมื่อ A_{SL} คือ พื้นที่ของกระจกส่วนที่โดนแสง (m^2)

A คือ พื้นที่รวมของกระจก (m^2)

ในการคำนวณพื้นที่ของกระจกส่วนที่โดนแสง (A_{SL}) จำเป็นต้องพิจารณาลักษณะของเงาบนพื้นที่กระจก อันเป็นผลมาจากอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร

จากรูปที่ 2.7 ขนาดของเงาบนพื้นที่กระจกสามารถหาได้จากสมการ

$$\Delta = \tan^{-1}\left(\frac{\sin\gamma\cos\beta}{\cos\theta}\right) \quad (2.30)$$

$$\Omega = \tan^{-1}\left(\frac{\sin\beta\sin\Sigma - \cos\beta\cos\gamma\cos\Sigma}{\cos\theta}\right) \quad (2.31)$$

$$S_W = P_V|\tan\Delta| \quad (2.32)$$

$$S_H = P_H|tan\Omega| \quad (2.33)$$

$$A_{SL} = \left[W-\left(S_w - R_w\right)\right]\left[H-\left(S_H - R_H\right)\right] \quad (2.34)$$

$$A_{SH} = A - A_{SL} \quad (2.35)$$

$$A = W \cdot H \quad (2.36)$$

เมื่อ A_{SH} คือ พื้นที่ของกระจกส่วนที่โดนเงา (m^2)

S_W คือ ความยาวของเงาทางด้านกว้างของกระจก (m)

S_H คือ ความยาวของเงาทางด้านสูงของกระจก (m)

P_V คือ ความหนาของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารในแนวตั้งฉาก (m)

P_H คือ ความหนาของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารในแนวระดับ (m)

R_W คือ ระยะห่างของกระจกกับอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารในแนวตั้งฉาก (m)

R_H คือ ระยะห่างของกระจกกับอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารในแนวระดับ (m)

2.6 โปรแกรม BLN-ESP1

โปรแกรม BLN-ESP1 (Boonchai LertNuwat - Energy Simulation Program 1) เป็นโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อจำลองรูปแบบการใช้พลังงานสำหรับอาคารในประเทศไทย ตามวิธีการของ Transfer Function Method ซึ่งถูกเสนอไว้ในบทที่ 26 ของ ASHRAE Handbook-Fundamentals 1993 โดยอาจารย์บุญชัย เลิศนุวัฒน์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งโปรแกรมได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยวิธีการคำนวณในขั้นตอนต่าง ๆ ตามลำดับดังนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงวิธีการที่ใช้ในการคำนวณในแต่ละขั้นตอนของโปรแกรม BLN-ESP1

การคำนวณ heatgains	ใช้วิธี Responding Factor
การคำนวณ cooling loads	ใช้วิธี Weighting Factor
การคำนวณ heat-extraction rate	ใช้การคำนวณ heat-extraction rate ของวิธี TFM
การคำนวณ system loads	ใช้การ fitting curve จากข้อมูลจริง
การคำนวณ plant load	ใช้การ fitting curve จากข้อมูลจริง

โดยโปรแกรม BLN-ESP1 แบ่งออกเป็น 3 โปรแกรมหลักคือ

1. โปรแกรม CAL.EXE

เป็นโปรแกรมคำนวณ cooling loads, heat-extraction rate และ room temperature ของโซนต่างๆ ในอาคารที่ทำการศึกษา โปรแกรมนี้จะสอบถามผู้ใช้ถึงชื่อของแฟ้มข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน 5 แฟ้มข้อมูล ด้วยกันคือ

1.1 แฟ้มข้อมูลลักษณะของโซนต่างๆ ในอาคาร

1.2 แฟ้มข้อมูลลักษณะของ detached shadding device

1.3 แฟ้มข้อมูลอากาศ

1.4 แฟ้มข้อมูลปฏิทิน

1.5 แฟ้มข้อมูลสำหรับเก็บผลลัพธ์

โดยที่ชื่อของแฟ้มข้อมูลทั้ง 5 นี้จะถูกใส่ไว้ในแฟ้มข้อมูลชื่อ INPUT เรียงตามลำดับตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น

2. โปรแกรม SYSTEM.EXE

เป็นโปรแกรมคำนวณ system loads, systems energy consumption rate, plant load และ plant energy consumption rate ซึ่งจะต้องการใช้แฟ้มข้อมูลที่เกี่ยวข้องตามลำดับคือ

2.1 แฟ้มข้อมูลลักษณะของ systems และ plant

2.2 แฟ้มข้อมูลของ zone load (แฟ้มข้อมูลที่ 1.5 ของ CAL.EXE)

2.3 แฟ้มข้อมูลอากาศ

2.4 แฟ้มข้อมูลปฏิทิน

2.5 แฟ้มข้อมูลสำหรับเก็บผลลัพธ์ สำหรับ system

2.6 แฟ้มข้อมูลสำหรับเก็บผลลัพธ์ สำหรับ plant

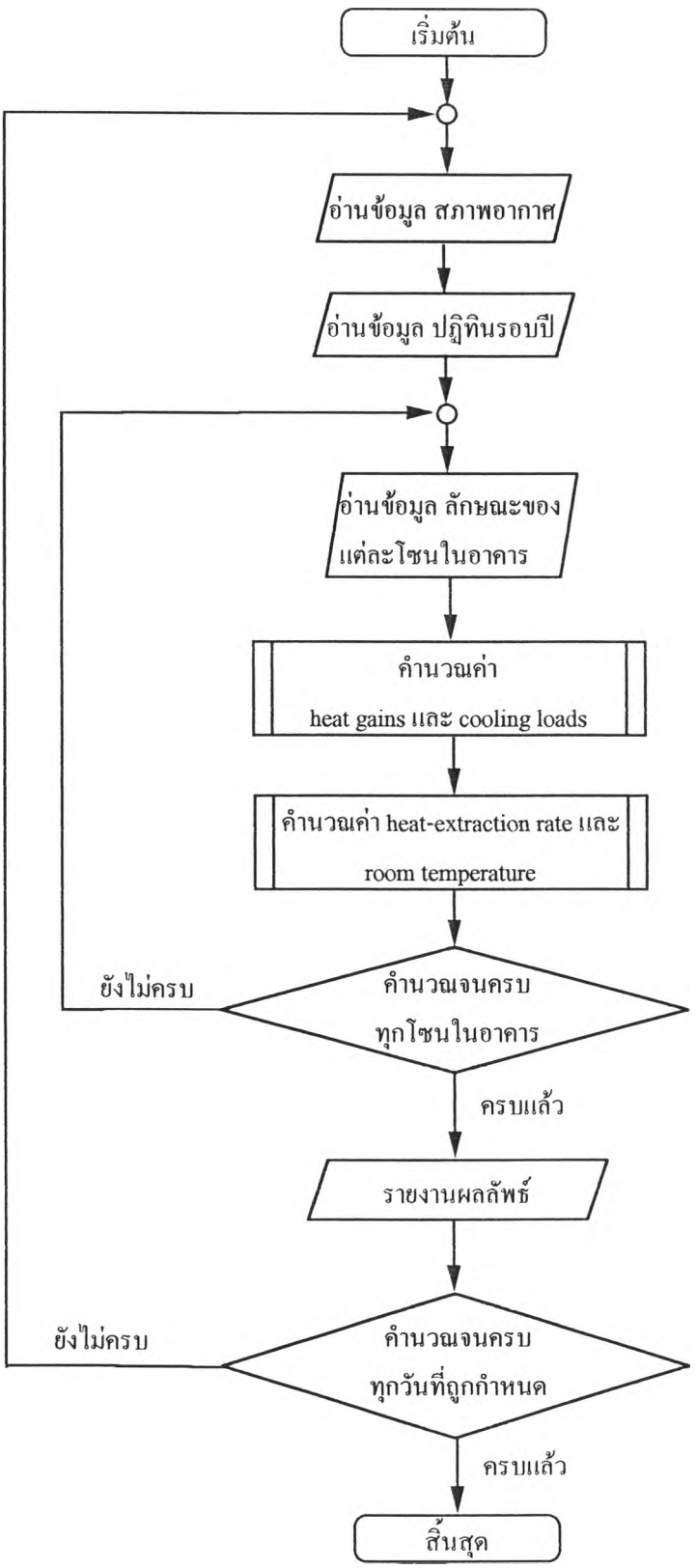
หอสมุดกลาง ฐานวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยที่โปรแกรม SYSTEM.EXE จะทำการสอบถามชื่อของแฟ้มข้อมูล และให้ผู้ใช้กรอกชื่อแฟ้มผ่านทางแป้นพิมพ์ตามลำดับ

3. โปรแกรม REPORT.EXE

เป็นโปรแกรมสำหรับสร้างตารางรายงาน หรือจัดระเบียบของผลลัพธ์ ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้งานเข้าใจในผลลัพธ์ได้อย่างง่าย ๆ โดยที่โปรแกรมจะสอบถามถึงแฟ้มข้อมูลที่เป็นผลลัพธ์ที่ยังมิได้มีการจัดระเบียบ (แฟ้มข้อมูลที่ 1.5, 2.5 หรือ 2.6) เพื่อนำไปจัดพิมพ์ตามรูปแบบที่ผู้ใช้กำหนด

แต่เนื่องจากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์และค่าตัวประกอบสำหรับใช้ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร (OTTV) เป็นการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับพลังงานในอาคาร ดังนั้นการคำนวณในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงใช้โปรแกรม CAL.EXE เป็นหลัก โดย Flow chart ของโปรแกรม CAL.EXE ได้ถูกแสดงไว้ดังรูปที่ 2.8 (บุญชัย เลิศนุวัฒน์, 2539)



รูปที่ 2.8 แสดง Flow chart ของโปรแกรม CAL.EXE