

การประเมินประสิทธิภาพพลังงาน ของกรอบอาคาร



เนื้อหา

1. กรอบอาคารและปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน

- ผนังทึบ
- ผนังโปร่งแสง
- อุปกรณ์บังแดดภายนอก



2. เกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานของกรอบอาคาร

- เกณฑ์มาตรฐานสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก (OTTV)
- เกณฑ์มาตรฐานสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV)



3. การคำนวณค่าสมบัติเชิงอุณหภาพของวัสดุกรอบอาคาร

4. ขั้นตอนการคำนวณค่า OTTV และ RTTV



กรอบอาคาร

ลักษณะของผนังทึบ	จำนวนอาคาร [จาก 273 อาคาร] ¹	สัดส่วนผนัง ² [%]	ค่า U-value [W/m ²]
ผนังชั้นเดียว สร้างด้วยอิฐ	143	20.5 – 98.7	1.5 – 4.7
ผนังชั้นเดียว สร้างด้วยคอนกรีต	66	18.9 – 86.5	1.0 – 4.1
ผนังชั้นเดียว สร้างด้วยคอนกรีตบล็อก	28	21.5 – 86.9	1.3 – 3.1
ผนังสองชั้น สร้างด้วยอิฐ	9	20.1 – 79.2	1.2 – 1.9
ผนังสองชั้น สร้างด้วยคอนกรีต	22	21.6 – 90.2	1.0 – 1.9
ผนังสองชั้น สร้างด้วยคอนกรีตบล็อก	17	21.6 – 79.0	0.9 – 1.8
ผนังกระจก	6	29.8 – 87.1	1.4 – 1.6

¹ ค่าซึ่งแสดงจำนวนของอาคารตามข้อมูลอาคารที่มีอยู่
² ค่านี้แสดงช่วงของอัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบที่พิจารณาเทียบกับพื้นที่ผนังทึบทั้งหมดของอาคาร

ผนังทึบ

สมรรถนะเชิงคุณภาพของผนังทึบ

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Coefficient of heat transfer หรือ U)

- ผนังอิฐฉาบปูนหรือซีเมนต์บล็อกฉาบปูน $U \approx 3-5 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
- ผนังอิฐมวลเบา $U \approx 1-4 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$

- ค่า U ต่ำ การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร น้อย
- ค่า U สูง การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร มาก

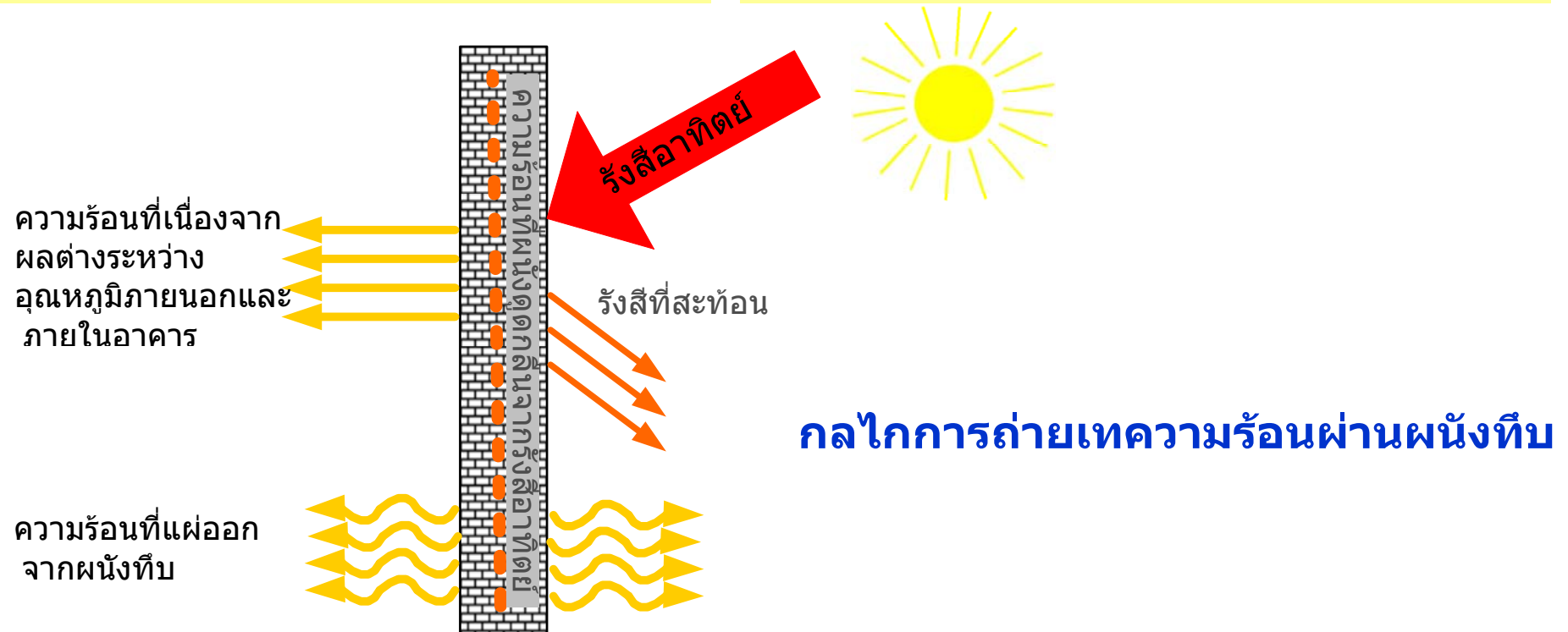
ผนังทึบ

รังสีอาทิตย์ที่ตกบนผนังทึบ

- ส่วนหนึ่งถูกสะท้อน
- ส่วนหนึ่งถูกดูดกลืนไว้และสะสม

แหล่งความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนัง

- ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ผนังดูดกลืนไว้
- ผลต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคาร

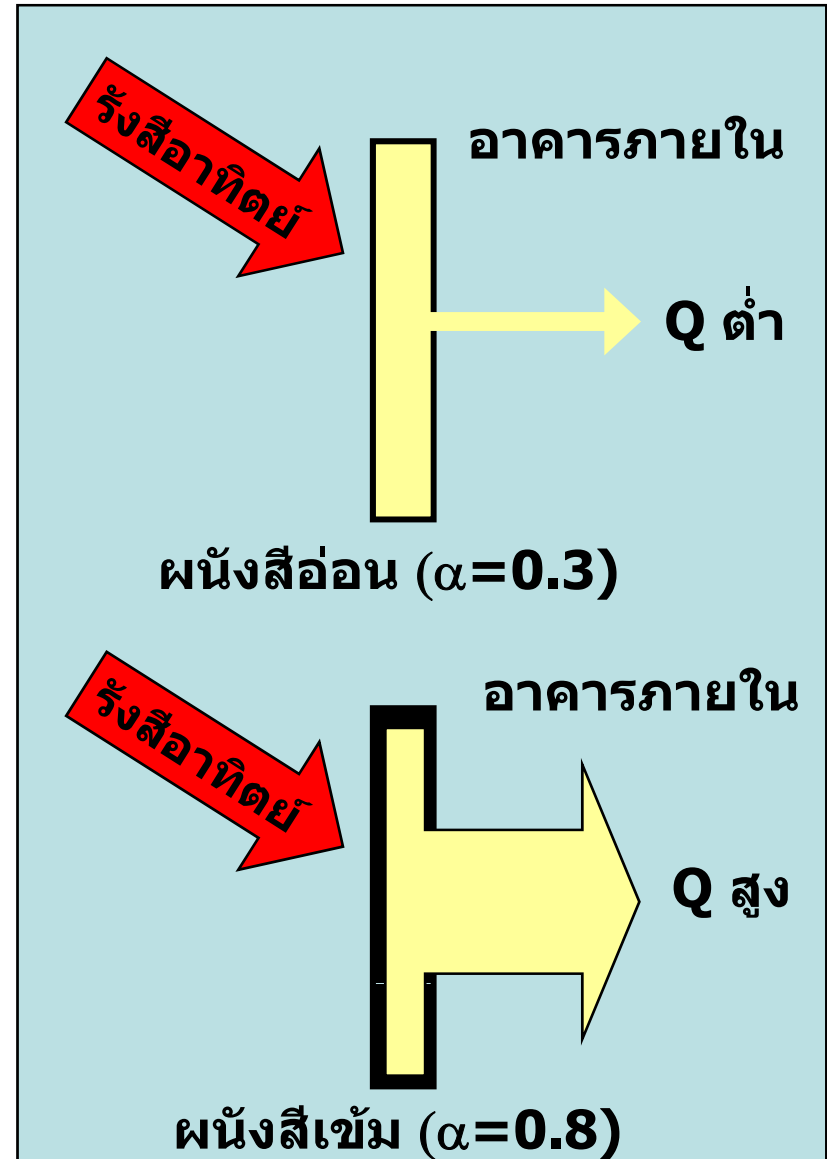


ผนังทึบ

ปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของ ผนังทึบ

สีภายนอกอาคาร

- สีทาภายนอกอาคารมีผลต่อการดูดกลืนรังสีอาทิตย์และการถ่ายความร้อนเข้าสู่อาคาร
- ผนังสีอ่อนจะดูดกลืนรังสีอาทิตย์น้อยกว่าผนังสีเข้ม
- สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังที่ใช้กันมีค่าในช่วง 0.3-0.8



ผนังทึบ

ฉนวน

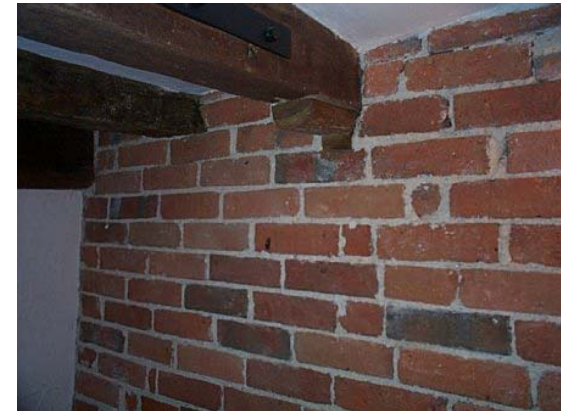
- ค่าสมบัตินำความร้อนต่ำ
 - ลดค่า U ของผนังและหลังคา
 - ผนังที่มีฉนวน $U = 0.3-1.0 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ ขึ้นกับชนิดและความหนาฉนวน
- ผิวสะท้อนรังสีความร้อนของฉนวนลดการถ่ายเทความร้อนให้ต่ำลงอีก
- การใช้ฉนวนกับหลังคาของอาคารปรับอากาศมีความคุ้มค่าสูง



ผนังทึบ

มวลอุณหภาพ (Thermal mass)

- ผนังมีการคายความร้อนสู่บรรยากาศในช่วงเวลา
กลางวัน
- ผนังที่มีมวลอุณหภาพสูง
 - สามารถลดภาระการปรับอากาศสำหรับอาคาร
ปรับอากาศเฉพาะช่วงเช้า
 - ภาระการปรับอากาศสูงขึ้นสำหรับระบบปรับ
อากาศในช่วงบ่าย

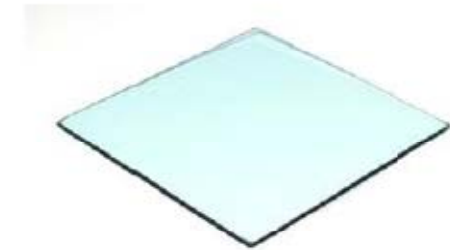


**มวลอุณหภาพ = ความหนาผนัง (m) x ความหนาแน่นวัสดุผนัง (kg/m³)
x ความจุความร้อนวัสดุผนัง (kJ/kg.K)**

ผนังโปร่งแสง

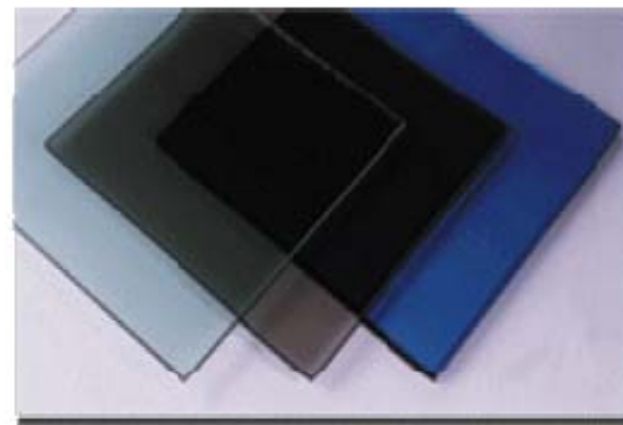
กระจกใส

- ให้แสงผ่านได้สูง (ร้อยละ88)
- ความร้อนที่ผ่านเข้ามามาก
- มักติดฟิล์มกรองแสง หรือการใช้ร่วมกับอุปกรณ์บังแดด



กระจกสี

- กระจกสีหรือกระจกดูดกลืนความร้อน (Heat absorbing glass)
- การนำไปใช้งานควรให้ความระมัดระวัง



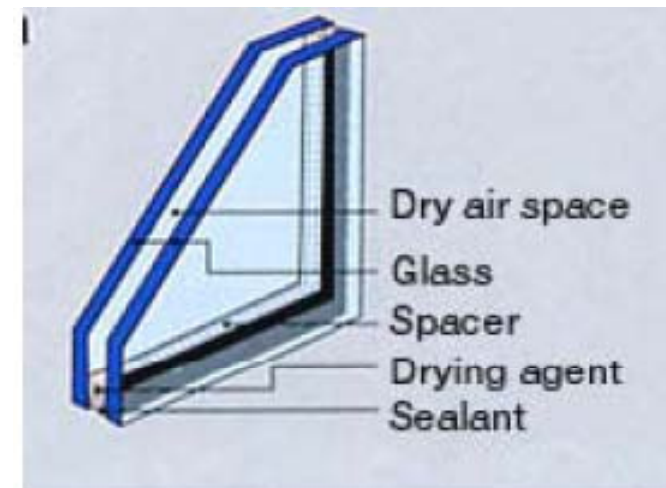
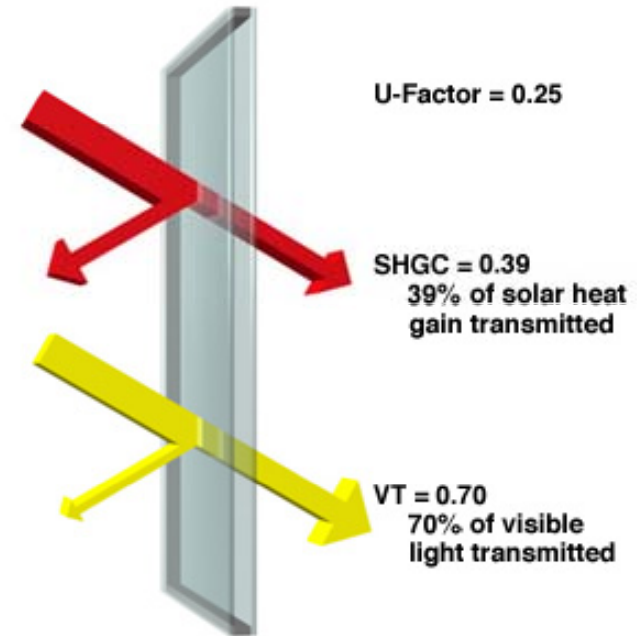
ผนังโปร่งแสง

กระจกที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำ (Low-e glass)

- เคลือบโลหะเงินเพื่อให้ได้ผิวมีการแผ่รังสีต่ำ
- ค่าแสงส่งผ่านมาก
- ค่าการสะท้อนแสงน้อย
- ค่าการถ่ายเทความร้อนค่อนข้างต่ำ

กระจกฉนวนกันความร้อน (Insulated glass)

- กระจก 2 ชั้น (Doubled Glazing)
- การแผ่รังสีความร้อนต่ำ
- ป้องกันการถ่ายเทความร้อนระหว่างภายในและภายนอกอาคารได้ดี



ผนังโปร่งแสง

สมรรถนะเชิงคุณภาพของผนังโปร่งแสง

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U)

- แสดงความร้อนที่ส่งผ่านกระจกโดยการนำความร้อน
- กระจกชั้นเดียว $U \approx 5-6 \quad W.m^{-2}.K^{-1}$
- กระจกสองชั้น $U \approx 2.5-3.5 \quad W.m^{-2}.K^{-1}$

สัมประสิทธิ์การรับความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC)

- แสดงการส่งผ่านรังสีอาทิตย์ผ่านกระจก
- ผลรวมของ Solar transmittance และความร้อนจากการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของกระจก

ผนังโปร่งแสง

ดัชนีสมรรถนะเชิงอุณหภาพ (Thermal performance)

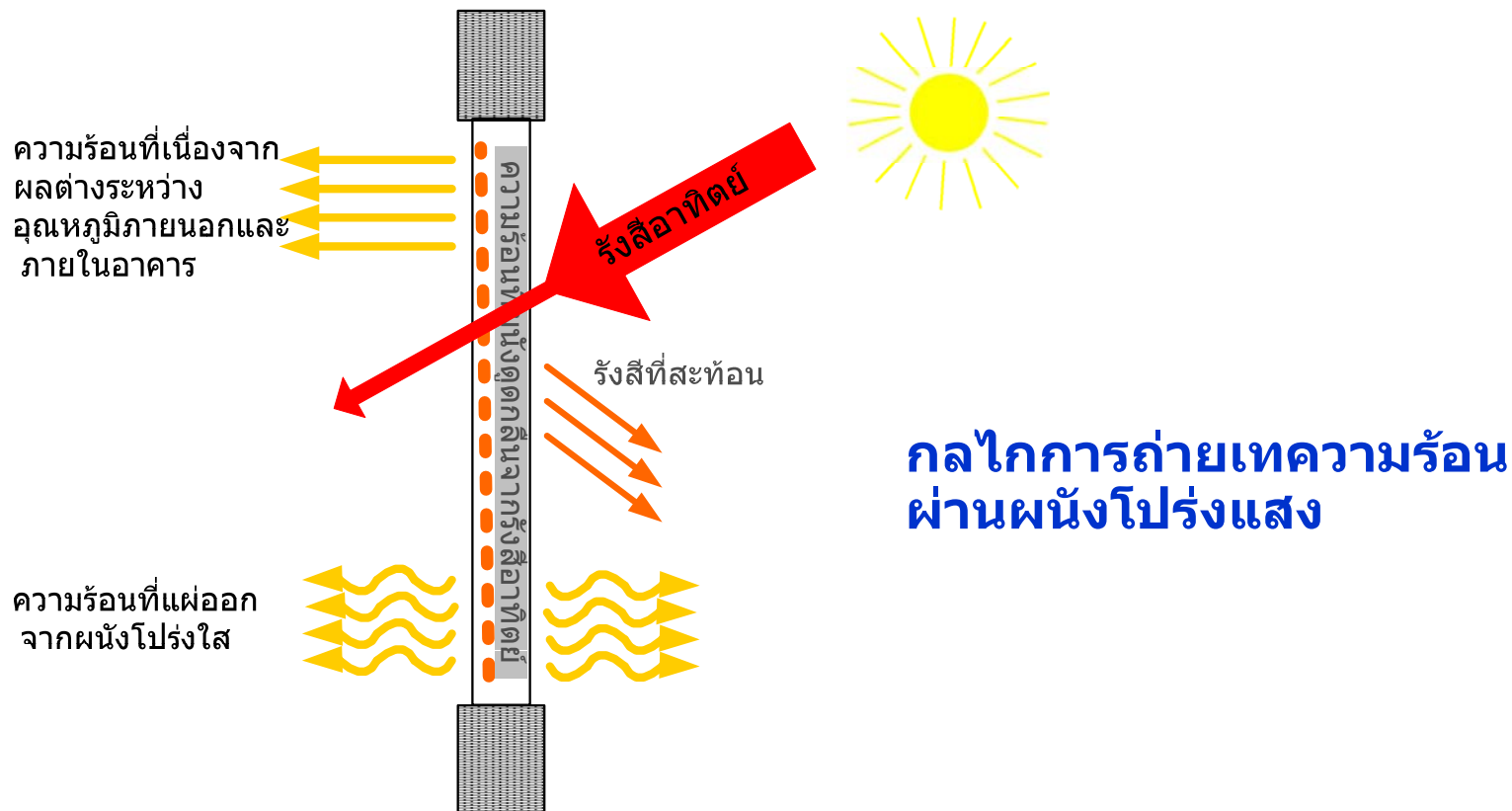
สัดส่วนสัมประสิทธิ์การส่งผ่านแสงต่อสัมประสิทธิ์การรับความร้อนจากรังสี อาทิตย์ (Tv/SHGC)

- ✓ $Tv/SHGC > 1$ แสงสว่างผ่านได้มากกว่าความร้อน
เหมาะสมกับการใช้งานแสงธรรมชาติเพื่อส่องสว่างในอาคาร
- ✓ กระจกสีเขียว/น้ำเงิน (บางชนิด) และกระจกฉาบสารลดการแผ่รังสีความร้อน
จะมีค่าสัดส่วนนี้สูง เหมาะที่จะใช้ในบริเวณอาคารที่ต้องการใช้แสง
ธรรมชาติส่องสว่าง

ผนังโปร่งแสง

การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง (ผนังกระจก)

- หน้าต่างกระจกทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารได้สูง
- ความร้อนซึ่งรวมผลของรังสีอาทิตย์ที่ถ่ายเทผ่านผนังโปร่งแสงเข้าสู่อาคารต่อหน่วยพื้นที่มีปริมาณ **5 เท่า** ของผนังทึบทั่วไป



อุปกรณ์บังแดดภายนอก

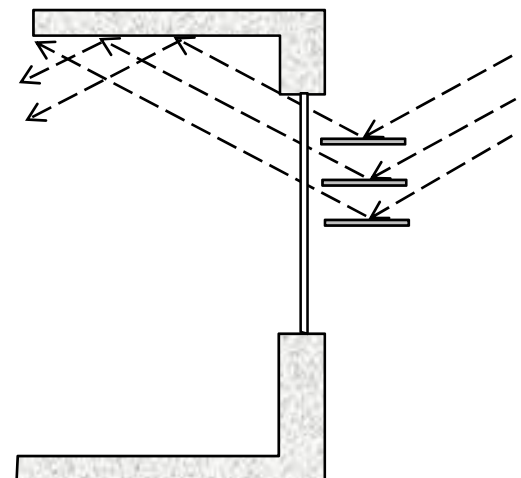
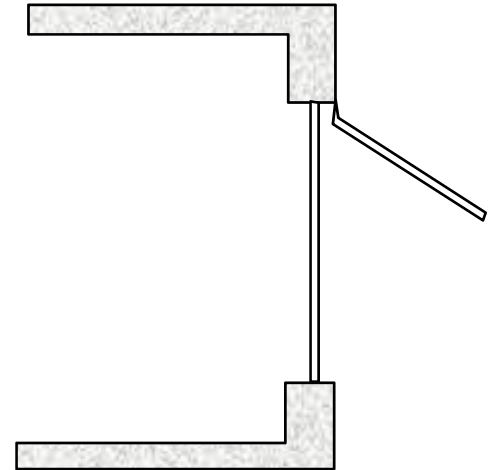
การใช้แสงธรรมชาติ (ผนังโปร่งแสง + อุปกรณ์บังแดด)

- ผนังโปร่งแสงมีศักยภาพในการใช้แสงธรรมชาติเพื่อการส่องสว่างสูง
- ผนังโปร่งแสงควรมีความสูงตั้งแต่ระดับพื้นที่ใช้งาน (working plane) ขึ้นไป

อุปกรณ์บังแดดภายนอกป้องกันรังสีอาทิตย์ได้ดีกว่าอุปกรณ์บังแดดภายใน

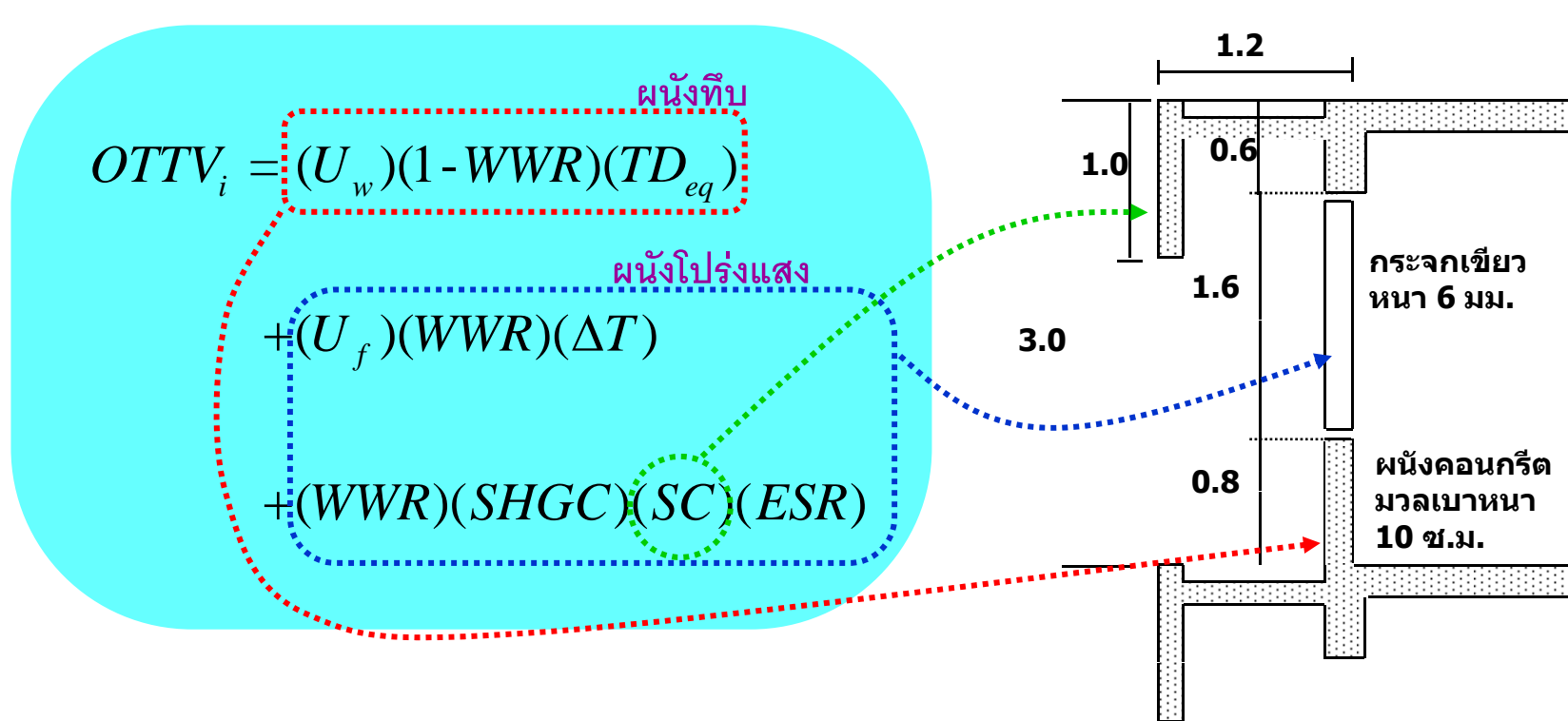
ประเภท

- **อุปกรณ์บังแดดในแนวนอน (Horizontal shading device)**
ให้ผลดีเมื่อใช้ในทิศเหนือและใต้
- **อุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง (Vertical shading device)**
ให้ผลดีเมื่อใช้ในทิศตะวันออกและตะวันตก



สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV)

ดัชนีแสดงปริมาณความร้อนเฉลี่ยที่ถ่ายเทผ่านกรอบอาคาร (ครอบคลุมทั้งผนัง
ทึบและผนังโปร่งแสง) ที่เป็นผลต่อภาระการปรับอากาศของอาคาร



สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV)

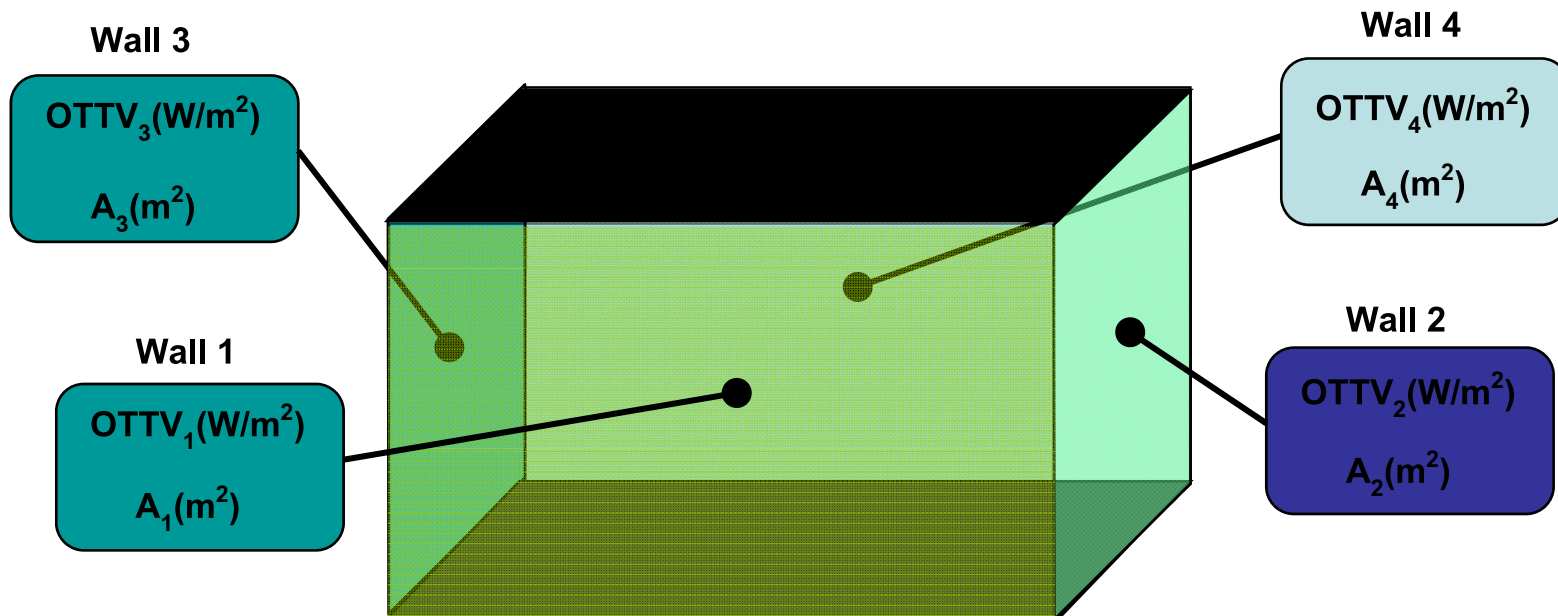
ตัวแปรในสมการ OTTV

- OTTV_i คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา (W/m²)
- U_w คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ (W/m².°C)
- WWR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา
- TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (°C)
- U_f คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโปร่งแสง/กระจก (W/m².°C)
- ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร (°C)
- SHGC คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่าน ผนังโปร่งแสงหรือกระจก
- SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด
- ESR คือ ปริมาณรังสีอาทิตย์ตกกระทบที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง (W/m²)

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV)

OTTV ของอาคารที่มีการปรับอากาศ คำนวณจากค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารแต่ละด้าน ($OTTV_i$) รวมกัน

$$OTTV = \frac{(A_{w1})(OTTV_1) + (A_{w2})(OTTV_2) + \dots + (A_{wi})(OTTV_i)}{A_{w1} + A_{w2} + \dots + A_{wi}}$$



เกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานของ กรอบอาคาร

ประเภทอาคาร/ลักษณะการใช้งานอาคาร	OTTV (W/m ² ของผนังด้าน นอกอาคาร)	RTTV (W/m ² ของ หลังคาอาคาร)
สำนักงาน สถานศึกษา	O-OTTV ≤ 50	O-RTTV ≤ 15
ห้างสรรพสินค้า ร้านค้าย่อย ศูนย์การค้า หรือซูเปอร์สโตร์	S-OTTV ≤ 40	S-RTTV ≤ 12
โรงแรม โรงพยาบาล/สถานพัก ฟื้น	H-OTTV ≤ 30	H-RTTV ≤ 10

3. การคำนวณค่าสมบัติเชิงอุณหภาพของ กรอบอาคาร

- 3.1 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U_w และ U_f)
- 3.2 ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq})
- 3.3 ค่าความแตกต่างอุณหภูมিরะหว่างภายนอกและภายในอาคาร
สำหรับผนังโปร่งแสง (ΔT)
- 3.4 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC)
- 3.5 สัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading coefficient; SC)
- 3.6 รังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (Effective Solar Radiation; ESR)

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U)

สมบัติเชิงอุณหภาพของวัสดุ

- ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal conductivity; k)
- ความหนาแน่น (Density; ρ)
- ความร้อนจำเพาะ (Specific heat; c_p) ของวัสดุต่างๆ

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U)

ค่าสัมประสิทธิ์ ความหนาแน่น ความร้อนจำเพาะ
การนำความร้อน

ลำดับ	วัสดุ	k ($W.m^{-2}.^{\circ}C^{-1}$)	ρ (kgm^{-3})	c_p ($kJ.kg^{-1}.^{\circ}C^{-1}$)
1	แผ่นซีเมนต์แอสเบสตอส	0.198	1860	1.00
2	แผ่นฉนวนกันความร้อนแอสเบสตอส	0.108	720	1.00
3	วัสดุฉนวนหลังคาเอสโฟลท์	1.226	1100	1.51
4	บิตูเมิน (bitumen)	1.298	1100	1.26
5	อิฐ			
	(ก) แห้งและฉาบปูนหรือปิดด้วยแผ่นโมเสกหรือกระเบื้อง	0.807	1760	0.837
	(ข) ผนัง (ไม่ฉาบปูน)	1.154	1600	0.79
6	คอนกรีต	1.442	2400	0.92
7	คอนกรีตมวลเบาความหนาแน่นต่างๆ			
	(ก) 620 ก.ก. ต่อ ลบ.ม.	0.160	620	0.84
	(ข) 960 ก.ก. ต่อ ลบ.ม.	0.303	960	0.84
	(ค) 1120 ก.ก. ต่อ ลบ.ม.	0.346	1120	0.84
	(ง) 1280 ก.ก. ต่อ ลบ.ม.	0.476	1280	0.84
8	บล็อกคอนกรีต	1.02	1370	0.92

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (U_w)

ความต้านทานความร้อน (R)

$$R = \frac{\Delta x}{k}$$

Δx คือ ความหนาของวัสดุ (m)

k คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U)

$$U = \frac{1}{R}$$

R คือ ความต้านทานความร้อนของวัสดุ ($m^2 \cdot ^\circ C/W$)

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (U_w)

ตัวอย่างที่ 1

จงคำนวณค่าความต้านทานความร้อน (R) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) ของคอนกรีตมวลเบา (ความหนาแน่น $1,280 \text{ kg/m}^3$) หนา 10 cm

กำหนด ค่าความนำความร้อน (k) ของคอนกรีตมวลเบา = $0.476 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$
ความหนาของคอนกรีต (ΔX) = 0.100 m

คำนวณ ค่าความต้านทานความร้อน (R) = $0.100/0.476$
= $0.210 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{m}^2/\text{W}$
ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) = $1/0.210$
= $4.762 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (U_w)

โจทย์ที่ 1

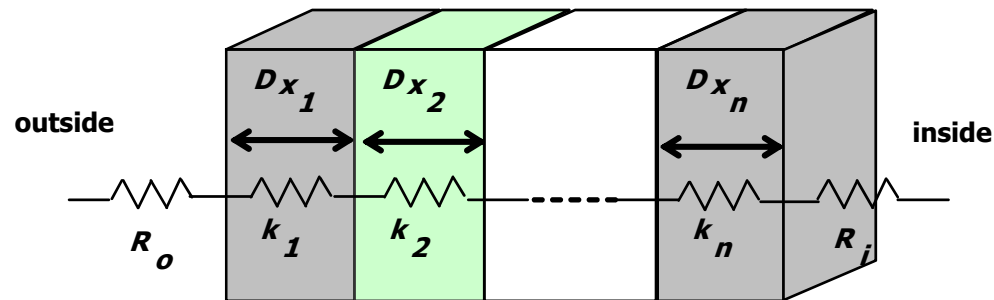
จงคำนวณค่าความต้านทานความร้อน (R) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) ของวัสดุในตาราง

วัสดุ	ความหนา	k (W/m.°C)	R (°C. m ² /W)	U (W/m ² . °C)
อิฐมวลเบาแห้ง (ความหนาแน่น 1,600 kg/m ³)	5 cm	1.154	0.043	23.26
ฉนวนใยแก้ว	5 cm	0.033	1.515	0.66
แผ่นยิปซัม	12 mm	0.191	0.063	15.92
ปูนฉาบ	1 cm	0.553	0.018	55.30

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (U_w)

ผนังที่ประกอบด้วยวัสดุหลายชนิด

$$R_T = R_o + \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2} + \dots + \frac{\Delta x_n}{k_n} + R_i$$



R_o และ R_i สำหรับผนังทึบ

รายการ	R_i	R_o
ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ, ($m^2 \cdot ^\circ C/W$)	0.12	0.044

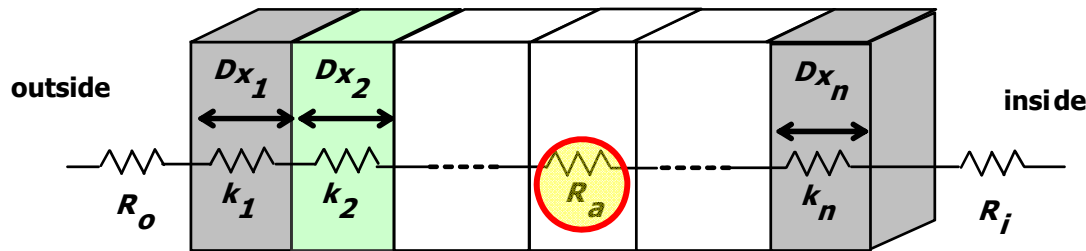
- R_T คือ ความต้านทานความร้อนรวมของผนังอาคาร
- R_o คือ ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายนอกอาคาร
- R_i คือ ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายในอาคาร
- Δx_n คือ ความหนาของวัสดุแต่ละชนิดที่ประกอบเป็นผนังอาคาร
- k_n คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุแต่ละชนิดที่ประกอบเป็นผนังอาคาร

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (U_w)

ผนังที่มีช่องว่างอากาศอยู่ภายใน

$$R_T = R_o + \frac{\Delta x_1}{k_1} + \frac{\Delta x_2}{k_2} + \dots + R_a + \dots + \frac{\Delta x_n}{k_n} + R_i$$

R_a คือ ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่อยู่ภายในช่องว่างอากาศภายในผนัง



ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำผนังด้านนอก	ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ (m ² .°C/W)		
	ความหนาของช่องว่างอากาศ		
	5 mm	20 mm	100 mm
ผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.11	0.148	0.160
ผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.25	0.578	0.606

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (U_w)

ตัวอย่างที่ 2

จงคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (U_w) ซึ่งประกอบด้วยคอนกรีตมวลเบา (ความหนาแน่น $1,280 \text{ kg/m}^3$) หนา 10 cm ฉาบปูนหนา 1 cm ทั้งด้านนอกและด้านใน

วัสดุ	$\Delta x/k$	ความต้านทาน (R)	หมายเหตุ
ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.044	ผนังแนวตั้ง
ปูนฉาบ	0.01/0.553	0.018	
คอนกรีตมวลเบา	0.10/0.476	0.210	คอนกรีตความหนาแน่น $1,280 \text{ kg/m}^3$
ปูนฉาบ	0.01/0.553	0.018	
ฟิล์มอากาศด้านใน		0.120	ผนังแนวตั้ง
ความต้านทานความร้อนรวม (R_T)		0.410	
ความนำความร้อนรวม ($U_w = 1/ R_T$)		2.439	

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (U_w)

โจทย์ที่ 2

จงคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (U_w) และเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังทั้งสองแบบ

ผนังทึบบนที่ 1

อิฐมวลแห้ง (ความหนาแน่น $1,600 \text{ kg/m}^3$) หนา 5 cm
ฉาบปูนหนา 1 cm ทั้งด้านนอกและด้านใน

วัสดุ	$\Delta x/k$	ความต้านทาน (R)	หมายเหตุ
ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.044	ผนังแนวตั้ง
ปูนฉาบ	0.01/0.553	0.018	
อิฐมวลแห้ง	0.05/1.154	0.043	ความหนาแน่น $1,600 \text{ kg/m}^3$
ปูนฉาบ	0.01/0.553	0.018	
ฟิล์มอากาศด้านใน		0.120	ผนังแนวตั้ง
ความต้านทานความร้อนรวม (R_T)		0.243
ความนำความร้อนรวม ($U_w=1/ R_T$)		4.115	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (U_w)

โจทย์ที่ 2

ผนังทึบแบบที่ 2 คอนกรีตมวลเบา (ความหนาแน่น $1,280 \text{ kg/m}^3$) หนา 10 cm ฉาบปูนหนา 1 cm ด้านนอก โดยด้านในติดฉนวนใยแก้ว (ความหนาแน่น 32 kg/m^3) ซึ่งมีแผ่นสะท้อนรังสีหนา 5 cm และแผ่นยิปซัมหนา 1 cm

วัสดุ	$\Delta x/k$	ความต้านทาน (R)	หมายเหตุ
ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.044	
ปูนฉาบ	0.01/0.553	0.018	ความหนา 1 ซม.
คอนกรีตมวลเบา	0.10/0.476	0.210	ความหนา 10 ซม.
ฉนวนใยแก้ว	0.05/0.033	1.515	ความหนา 5 ซม.
แผ่นยิปซัม	0.012/0.191	0.063	ความหนา 1 ซม.
ฟิล์มอากาศด้านใน		0.120	
ความต้านทานความร้อนรวม (R_T)		1.970	
ความนำความร้อนรวม ($U_w=1/ R_T$)		0.508	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังโปร่งแสง (U_f)

กระจกชั้นเดียว

$$U_f = \frac{1}{R_f}$$

R_f คือ ความต้านทานความร้อนของกระจกหรือผนังโปร่งแสง หน่วยเป็น $m^2 \cdot ^\circ C / W$

$$R_f = R_i + \frac{\Delta x}{k_g} + R_o$$

R_i, R_o คือ ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่พื้นผิวของผนังภายในและ
ภายนอกอาคาร หน่วยเป็น $m^2 \cdot ^\circ C / W$

Δx คือ ความหนาของกระจกหรือผนังโปร่งแสง หน่วยเป็น m

k_g คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุกระจกหรือผนังโปร่งแสง หน่วยเป็น $W/m \cdot ^\circ C$

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังโปร่งแสง (U_f)

กระจกหลายชั้น และมีช่องว่างอากาศภายใน

ความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ระหว่างแผ่นกระจกหรือผนังโปร่งแสง

ความกว้างของ ช่องว่างอากาศ (mm)	ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ ($m^2 \cdot ^\circ C / W$)	
	พื้นผิวที่มี ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	พื้นผิวที่มี ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ
13	0.119	0.345
10	0.110	0.278
7	0.097	0.208
6	0.091	0.196
5	0.084	0.167

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังโปร่งแสง (U_f)

การเลือกใช้ค่าความต้านทานช่องว่างอากาศ

- ✓ กระจกหรือผนังโปร่งแสงทั่วไป ใช้ค่าของพื้นผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง (High emissivity coating)
- ✓ กระจกหรือผนังโปร่งแสงที่เคลือบด้วยสารที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ใช้ค่าของพื้นผิวที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ (Low emissivity coating)

การคำนวณค่าความต้านทานช่องว่างอากาศ

- ✓ ความกว้างของช่องว่างอากาศ 5-13 มิลลิเมตร หาค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศโดยวิธีเชิงเส้น
- ✓ ช่องว่างอากาศกว้างกว่า 13 มิลลิเมตร ให้ใช้ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่ความกว้าง 13 มิลลิเมตร

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq})

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิซึ่งรวมผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ

TD_{eq} แปรผันตาม

- ✓ สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (α)
- ✓ มวลสารของวัสดุผนัง (DSH)
- ✓ ทิศทางและมุมเอียงของผนัง

ความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq})

สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (α)

สีผิววัสดุ	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์
วัสดุที่มีผิวสะท้อนแสงและวัสดุที่มีผิวสีขาว	0.3
วัสดุที่มีผิวสีอ่อน	0.5
วัสดุที่มีผิวสีค่อนข้างเข้ม	0.7
วัสดุที่มีผิวสีเข้ม	0.9

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq})

ผลคูณของความหนาแน่น-ความร้อนจำเพาะ-ความหนาของผนัง (DSH)

- แสดงศักยภาพในการดูดกลืน สะสม และหน่วงความร้อนของผนังที่บ
- สัมพันธ์กับความหนาแน่น ความร้อนจำเพาะ และความหนาของวัสดุผนัง

ผนังที่ประกอบด้วยวัสดุชนิดเดียว

$$DSH_i = (\rho_i)(c_{pi})(\Delta x_i)$$

DSH_i	คือ	ผลคูณของความหนาแน่น-ความร้อนจำเพาะ-ความหนาของผนัง
ρ_i	คือ	ความหนาแน่นของวัสดุ i
C_{pi}	คือ	ความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ i
Δx_i	คือ	ความหนาของวัสดุ i

ผนังที่ประกอบด้วยวัสดุ n ชนิด

$$DSH = DSH_1 + DSH_2 + \dots + DSH_n$$

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq})

ตัวอย่างค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq}) ของผนังทึบ กรณีอาคาร
สำนักงาน & สถานศึกษา

มุมเอียงของผนัง, องศา 0	ทิศทาง ทุกทิศทาง	$DSH,$ $kJ.m^{-2}.^{\circ}C^{-1}$	สัมประสิทธิ์การดักความร้อน			
			0.3	0.5	0.7	0.9
0	ทุกทิศทาง	15	16.5	25.0	33.6	42.1
		30	16.2	24.6	33.0	41.5
		50	15.7	24.0	32.3	40.6
		100	14.4	22.3	30.3	38.2
		200	12.1	19.1	26.1	33.1
		300	10.5	16.8	23.0	29.2
		400	10.2	16.2	22.2	28.3
15	ทิศเหนือ	15	15.8	23.6	31.5	39.3
		30	15.4	23.2	31.0	38.7
		50	14.9	22.6	30.2	37.9
		100	13.7	21.0	28.3	35.6
		200	11.6	18.0	24.5	30.9
		300	10.1	15.9	21.6	27.4
		400	9.8	15.4	20.9	26.5
	ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	15	16.2	24.4	32.6	40.8
		30	15.8	24.0	32.1	40.2
		50	15.4	23.4	31.4	39.4
		100	14.1	21.8	29.4	37.0
		200	11.9	18.7	25.4	32.2
		300	10.4	16.4	22.4	28.4
		400	10.1	15.9	21.7	27.5

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq})

ตัวอย่างที่ 3

จงคำนวณค่า DSH ของผนังทึบ (จากตัวอย่างที่ 2) ซึ่งประกอบด้วยคอนกรีตมวลเบา (ความหนาแน่น $1,280 \text{ kg/m}^3$) หนา 10 cm ฉาบปูนหนา 1 cm ทั้งด้านนอกและด้าน ในกำหนดให้สีด้านนอกของผนังทึบมีค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ = 0.5

วัสดุ	Density specific heat (DSH)	
ปูนฉาบ	$0.01 \times 1568 \times 0.84$	13.17
คอนกรีตมวลเบา	$0.10 \times 1280 \times 0.84$	107.52
ปูนฉาบ	$0.01 \times 1568 \times 0.84$	13.17
ผนังทึบ		133.86

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq})

ตัวอย่างที่ 3

จงคำนวณค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq}) กรณีอาคารเป็นห้างสรรพสินค้า

ตาราง TD_{eq} ของอาคารประเภทห้างสรรพสินค้า **1**

มุมเอียงผนัง	ทิศทาง	DSH	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์			
			0.3	0.5	0.7	0.9
90	ทิศเหนือ	15	8.3	10.6	12.9	15.2
		30	8.4	10.7	13.1	15.4
		50	8.4	10.8	13.2	15.5
		100	8.4	10.9	13.3	15.7
		200	8.1	10.5	12.9	15.2
		300	7.5	9.8	12.1	14.4
		400	7.0	9.2	11.4	13.6

ทิศ	เหนือ	ใต้	ตะวันออก	ตะวันตก
ค่าความแตกต่างอุณหภูมิ เทียบเท่า (TD_{eq})	10.76	12.87	13.56	12.80

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq})

โจทย์ที่ 3

จงคำนวณค่า DSH ของผนังทึบแบบที่ 2 (จากโจทย์ที่ 2) กำหนดให้สีด้านนอกของผนังเป็นสีอ่อน (ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ = 0.5)

จงคำนวณค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq}) กรณีอาคารเป็นห้างสรรพสินค้า

วัสดุ	Density specific heat (DSH)			
ปูนฉาบ	$1,568 \times 0.84 \times 0.01$		13.17	
คอนกรีตมวลเบา	$1,280 \times 0.84 \times 0.1$		107.52	
ฉนวนใยแก้ว	$32 \times 0.96 \times 0.05$		1.54	
แผ่นยิปซั่ม	$880 \times 1.09 \times 0.012$		11.51	
ผนังทึบ			133.74	
DSH	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq})			
	เหนือ	ใต้	ตะวันออก	ตะวันตก
133.74	10.76	13.56	12.87	12.80

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและ ภายในอาคาร สำหรับผนังโปร่งแสง (ΔT)

ประเภท อาคาร	สำนักงาน/ สถานศึกษา	โรงพยาบาล/ โรงแรม	ห้างสรรพสินค้า/ ซูเปอร์มาร์เก็ต
$\Delta T (^{\circ}C)$	5	3	5

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสี อาทิตย์ (SHGC)

- แสดงอัตราส่วนของรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านวัสดุโปร่งแสงหรือโปร่งใสของช่องแสง (ของทั้งผนังและหลังคา) และก่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าภายในอาคาร
- ค่า SHGC รวมผลของความร้อนจาก
 - ✓ รังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจกหรือวัสดุโปร่งแสงโดยตรง
 - ✓ การถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากรังสีอาทิตย์ที่ถูกดูดกลืนไว้ในตัวกระจกหรือวัสดุโปร่งแสงเข้ามายังภายในอาคาร

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสี อาทิตย์ (SHGC)

ความหนาของกระจก (มิลลิเมตร)	ชนิดของกระจก	Visible transmittance	SHGC
กระจกสะท้อนแสงชั้นเดียว (Reflective single glazing)			
6	กระจกใสเคลือบโลหะสแตนเลส 20% (Stainless steel reflective coating 20% on clear glass)	0.20	0.28
6	กระจกใสเคลือบไทเทเนียม 20% (Titanium reflective coating 20% on clear glass)	0.20	0.27
6	กระจกใสเคลือบไทเทเนียม 30% (Titanium reflective coating 30% on clear glass)	0.30	0.35
กระจกสองชั้น ไม่เคลือบผิว (Uncoated double glazing)			
6	กระจกใส-กระจกใส	0.78	0.60
6	กระจกสีบรอนซ์-กระจกใส	0.47	0.41
6	กระจกสีเขียว-กระจกใส	0.68	0.41
6	กระจกสีเทา-กระจกใส	0.41	0.39
6	กระจกสีฟ้าอมเขียว-กระจกใส	0.67	0.43
6	กระจกสีเขียวคุณภาพสูง-กระจกใส	0.59	0.33

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสี อาทิตย์ (SHGC)

ตัวอย่างที่ 4

จงคำนวณค่าความต้านทานความร้อน (R) ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U)
ค่า SHGC และค่าอัตราส่วน $T_v/SHGC$ ของกระจกใส ความหนา 10 mm

โครงสร้าง	$\Delta x/k$	ความต้านทาน (R)	หมายเหตุ
ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.044	กระจกแนวตั้ง
กระจกใส	0.01/1.053	0.0095	กระจกหนา 10 mm
ฟิล์มอากาศด้านใน		0.120	กระจกแนวตั้ง
ความต้านทานความร้อนรวม (R_T)		0.173	
ความนำความร้อนรวม ($U_f=1/ R_T$)		5.764	

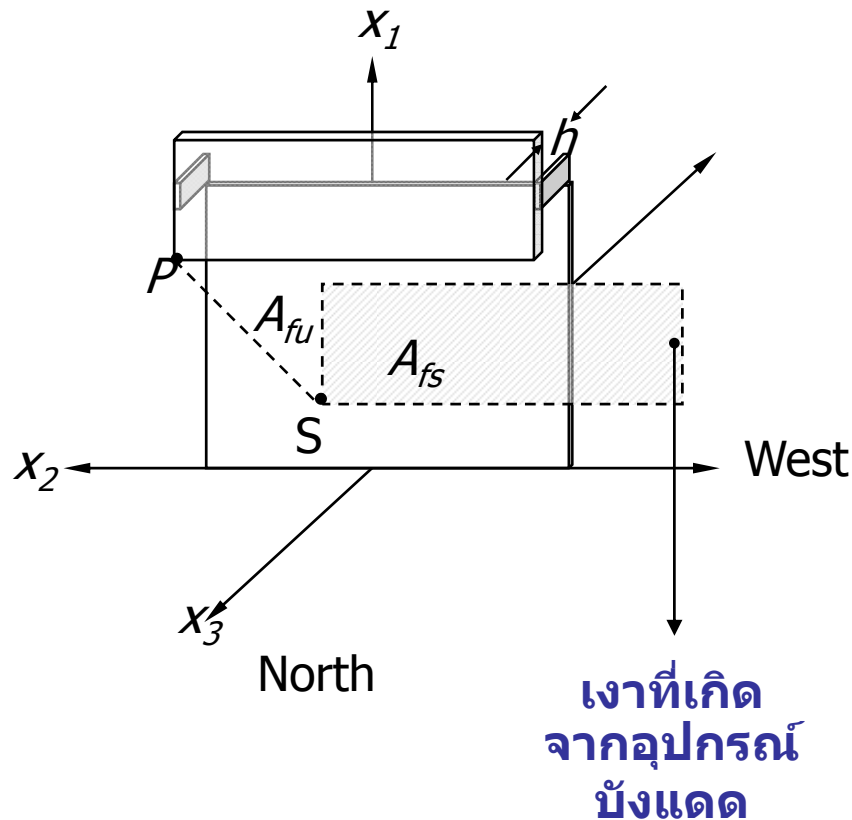
ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสี อาทิตย์ (SHGC)

โจทย์ที่ 4

จงคำนวณค่าความต้านทานความร้อน (R) ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U)
ค่า $SHGC$ และค่าอัตราส่วน $T_v/SHGC$ ของกระจกต่อไปนี้

ชนิดกระจก	กระจกเขียว ความหนา 6 mm	กระจกสีเขียว-กระจกใส ความหนา 6 mm ช่องว่างอากาศ 6 mm
ความต้านทานความร้อน (R)	0.170	0.266
สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U)	5.893	3.754
สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ ($SHGC$)	0.54	0.41
อัตราส่วน $T_v/SHGC$	1.407	1.658

สัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading coefficient; SC)



$$SC = E_{ew} / E_{et\theta}$$

- E_{ew} คือ รังสีอาทิตย์ที่ผ่านอุปกรณ์บังแดด
มาตกกระทบบนหน้าต่าง/ผนัง
ด้านที่พิจารณา หน่วยเป็น W/m^2
- $E_{et\theta}$ คือ รังสีรวมของดวงอาทิตย์ทั้งหมดที่
ตกกระทบหน้าต่างที่พิจารณา
เสมือนหนึ่งไม่มีอุปกรณ์บังแดด
หน่วยเป็น W/m^2

รังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (Effective Solar Radiation; ESR)

มุมเอียง (องศา)	ทิศทางของผนัง							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
0	437.38	437.38	437.38	437.38	437.38	437.38	437.38	437.38
15	405.00	421.74	433.61	440.00	441.62	438.90	431.51	419.53
30	358.99	390.20	412.96	425.48	428.59	422.98	408.39	385.65
45	306.68	348.31	379.58	397.17	401.47	393.20	372.57	341.61
60	255.37	301.60	337.61	358.44	363.45	353.18	328.62	293.33
75	212.39	255.60	291.21	312.65	317.70	306.52	281.11	246.70
90	185.06	215.84	244.53	263.14	267.41	256.82	234.58	207.62

ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (*ESR*)
สำหรับอาคารประเภทสำนักงานหรือสถานศึกษา

รังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (Effective Solar Radiation; ESR)

ตัวอย่างที่ 5 จงคำนวณหาค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (ESR) กรณีอาคารสำนักงาน

มุมเอียง (องศา)	ทิศทางของผนัง							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
0	437.38	437.38	437.38	437.38	437.38	437.38	437.38	437.38
15	405.00	421.74	433.61	440.00	441.62	438.90	431.51	419.53
30	358.99	390.20	412.96	425.48	428.59	422.98	408.39	385.65
45	306.68	348.31	379.58	397.17	401.47	393.20	372.57	341.61
60	255.37	301.60	337.61	358.44	363.45	353.18	328.62	293.33
75	212.39	255.60	291.21	312.65	317.70	306.52	281.11	246.70
90	185.06	215.84	244.53	263.14	267.41	256.82	234.58	207.62

ชนิดกระจก	ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (ESR)			
	เหนือ (N)	ตะวันออก (E)	ใต้ (S)	ตะวันตก (W)
กระจกใส ความหนา 10 mm	185.06	244.53	267.41	234.58

รังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (Effective Solar Radiation; ESR)

โจทย์ที่ 5

จงคำนวณค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (*ESR*) สำหรับ
กระจกเขียวความหนา 6 มม. กรณีห้างสรรพสินค้า

ชนิดกระจก	ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (<i>ESR</i>)			
	เหนือ (N)	ตะวันออก (E)	ใต้ (S)	ตะวันตก (W)
กระจกเขียว ความหนา 6 มม.	133.52	162.04	189.27	173.98

4. การคำนวณค่า OTTV และ RTTV

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังของอาคาร (OTTV)

$$OTTV_i = (U_w)(1-WWR)(TD_{eq}) + (U_f)(WWR)(\Delta T) + (WWR)(SHGC)(SC)(ESR)$$

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV)

$$RTTV_i = (U_r)(1-SRR)(TD_{eq}) + (U_f)(SRR)(\Delta T) + (SRR)(SHGC)(SC)(ESR)$$

$$RTTV = \frac{(A_{r1})(RTTV_1) + (A_{r2})(RTTV_2) + \dots + (A_{ri})(RTTV_i)}{A_{r1} + A_{r2} + \dots + A_{ri}}$$

- RTTV_i คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาด้านที่พิจารณา หน่วยเป็น W/m²
- U_r คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคาทึบ หน่วยเป็น W/m².°C
- SRR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และ/หรือ ผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาด้านที่พิจารณา
- A_{ri} คือ พื้นที่ของหลังคาที่พิจารณา ซึ่งรวมพื้นที่หลังคาทึบและโปร่งแสง หน่วยเป็น m²

ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศสำหรับหลังคาอาคาร

	พื้นผิวหลังคาภายใน (R_i) ที่มุมเอียงต่าง ๆ กันจากแนวระนาบ			พื้นผิวหลังคาภายนอก (R_o) ที่มุมเอียงใด ๆ
	0 องศา	22.5 องศา	45 องศา	
ค่าความต้านทานความร้อน ของฟิล์มอากาศ ($m^2 \cdot ^\circ C/W$)	0.162	0.148	0.133	0.055

ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ภายในหลังคาอาคาร

ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำผิวหลังคาด้านนอก	ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ ($m^2 \cdot ^\circ C/W$)			
	ความหนาของช่องว่างอากาศ			
	5 mm	20 mm	100 mm	
กรณีที่พื้นผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง				
ความลาดเอียง จากพื้นผิวแนวระนาบ	0 องศา	0.11	0.148	0.174
	22.5 องศา	0.11	0.148	0.165
	45 องศา	0.11	0.148	0.158
กรณีที่พื้นผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ				
ความลาดเอียง จากพื้นผิวแนวระนาบ	0 องศา	0.25	0.572	1.423
	22.5 องศา	0.25	0.571	1.095
	45 องศา	0.25	0.570	0.768

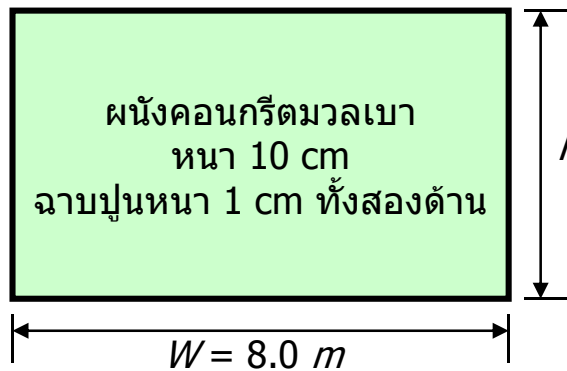
ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ภายในหลังคาอาคาร

- กรณีทั่วไปให้ถือเป็นพื้นผิวที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง
- พื้นผิวของหลังคาด้านติดช่องว่างอากาศเป็นผิวสะท้อนรังสี (ติดฟอยล์สะท้อนรังสี) ถือเป็นพื้นผิวที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ
- ช่องว่างอากาศภายในผนังกว้าง 5-20 mm หรือ 20-100 mm ใช้วิธีเชิงเส้นประมาณค่าในช่วงเพื่อหาค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ
- ช่องว่างอากาศกว้างเกินกว่า 100 mm ให้ใช้ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่ความกว้าง 100 mm

ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำเพดาน	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ($m^2 \cdot C/W$)
พื้นผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.458
พื้นผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	1.356

ตัวอย่างที่ 6

คำนวณค่า OTTV ของผนังของห้องสรรพสินค้า 3 ชั้น



$$U_w = 2.439 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}$$

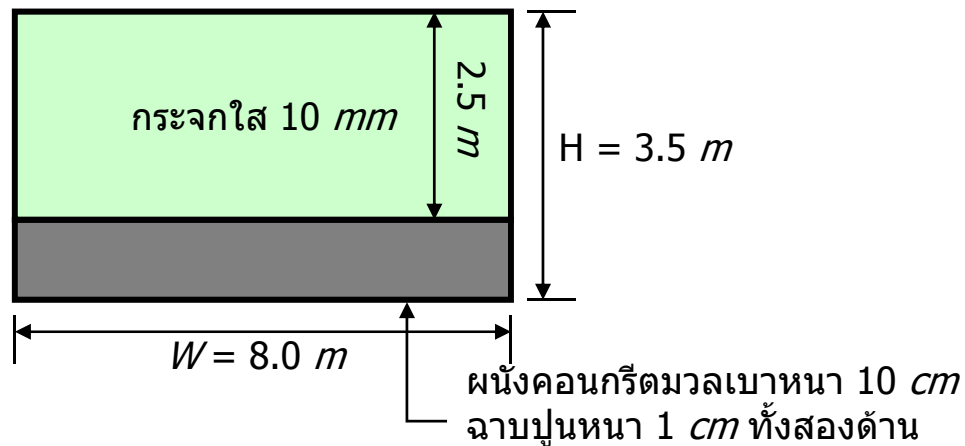
$$WWR = 0 / (8.0 \times 3.5)$$

$$= 0$$

ทิศ	N	E	S	W
TD_{eq}	10.76	12.87	13.56	12.80
$OTTV \text{ (W/m}^2\text{)}$	26.24	31.39	33.07	31.22

โจทย์ที่ 6

คำนวณค่า OTTV ของผนังของห้องสรรพสินค้า 3 ชั้น



$$U_w = \frac{2.439}{1} \text{ W/(m}^2\cdot\text{°C)}$$

$$U_f = \frac{5.764}{1} \text{ W/(m}^2\cdot\text{°C)}$$

$$WWR = \frac{2.5}{3.5} = 0.714$$

$$\Delta T = 5 \text{ °C}$$

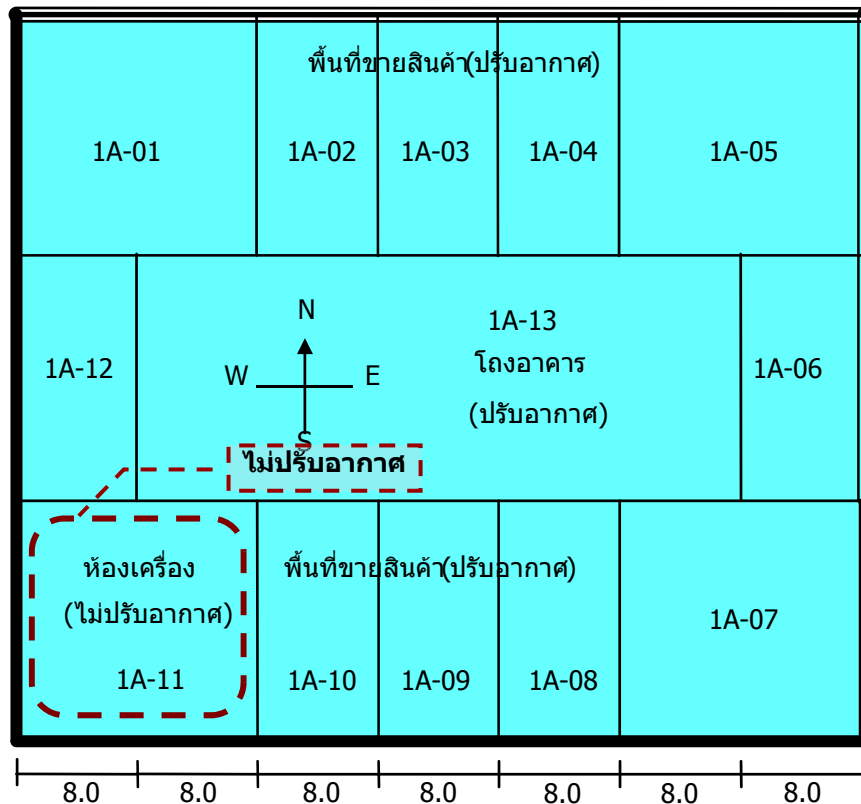
$$SC = 1$$

$$SHGC = 0.73$$

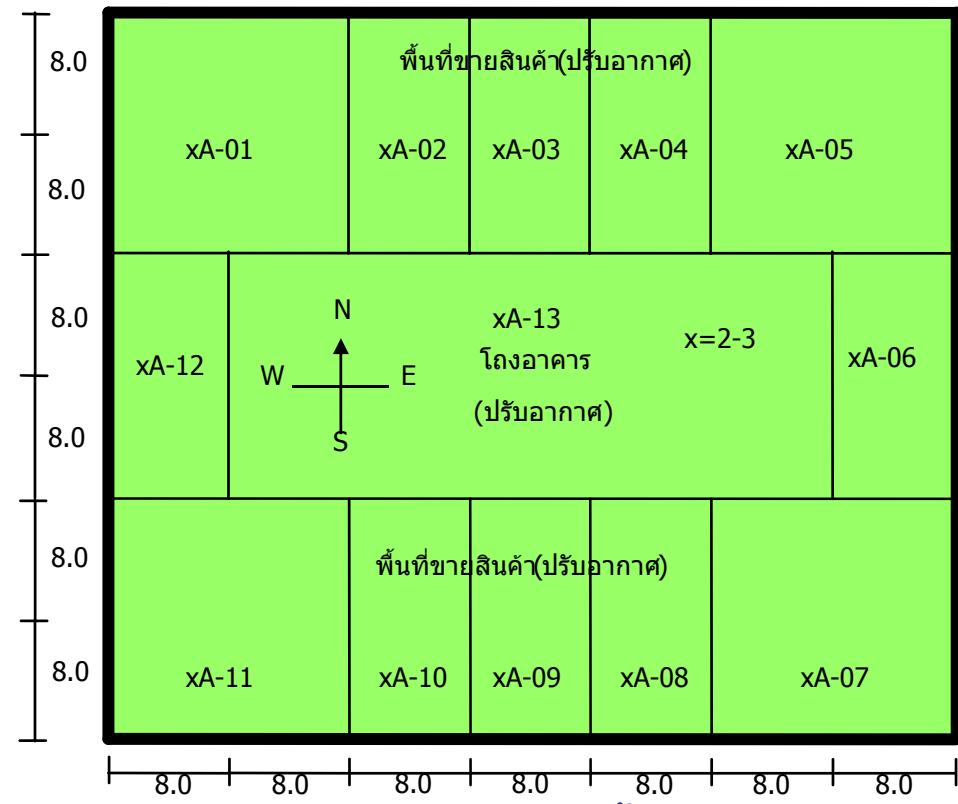
ทิศ	N	E	S	W
ESR	133.52	162.04	189.27	173.98
TD_{eq}	10.76	13.56	12.87	12.80
OTTV (W/m^2)	97.67	114.49	128.21	120.19

โจทย์ที่ 6

คำนวณค่า OTTV ของผนังของห้างสรรพสินค้า 3 ชั้น



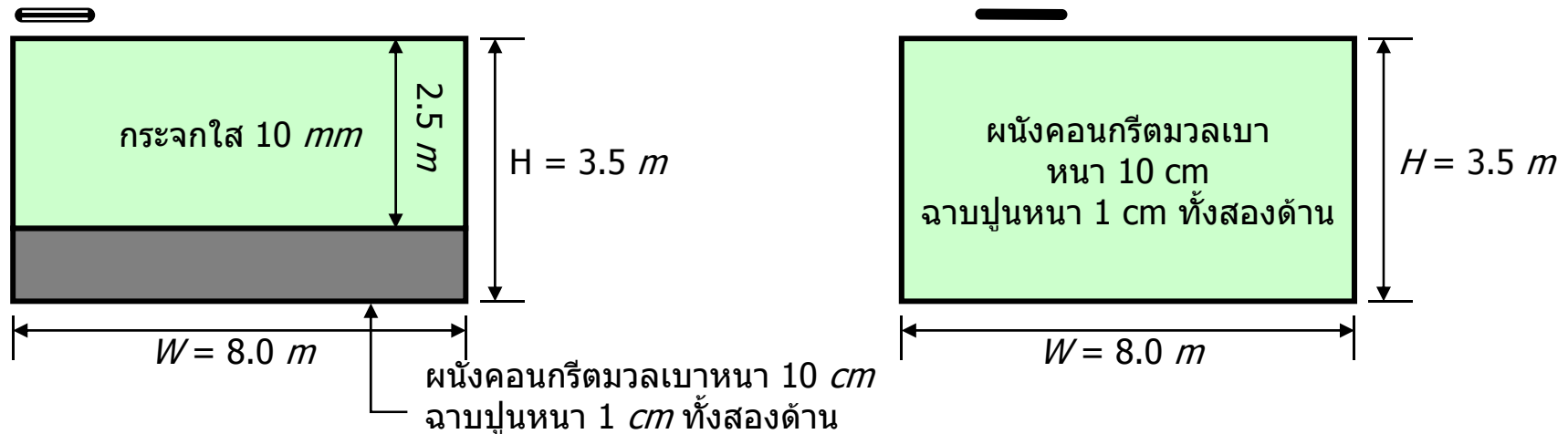
ห้างสรรพสินค้าชั้น 1



ห้างสรรพสินค้าชั้น 2-3

โจทย์ที่ 6

คำนวณค่า OTTV ของผนังของห้างสรรพสินค้า 3 ชั้น



พื้นที่ผนัง		เนื้อ	ตะวันออก	ใต้	ตะวันตก
ห้างสรรพสินค้า (ชั้นที่ 1-3)	แบบที่ 1	196.0	112.0	0.0	0.0
	แบบที่ 2	392.0	392.0	532.0	448.0
	รวม	588.0	504.0	532.0	448.0

โจทย์ที่ 6

คำนวณค่า OTTV ของผนังของห้องสรรพสินค้า 3 ชั้น

$$OTTV = \frac{(A_{w1})(OTTV_1) + (A_{w2})(OTTV_2) + \dots + (A_{wi})(OTTV_i)}{A_{w1} + A_{w2} + \dots + A_{wi}}$$

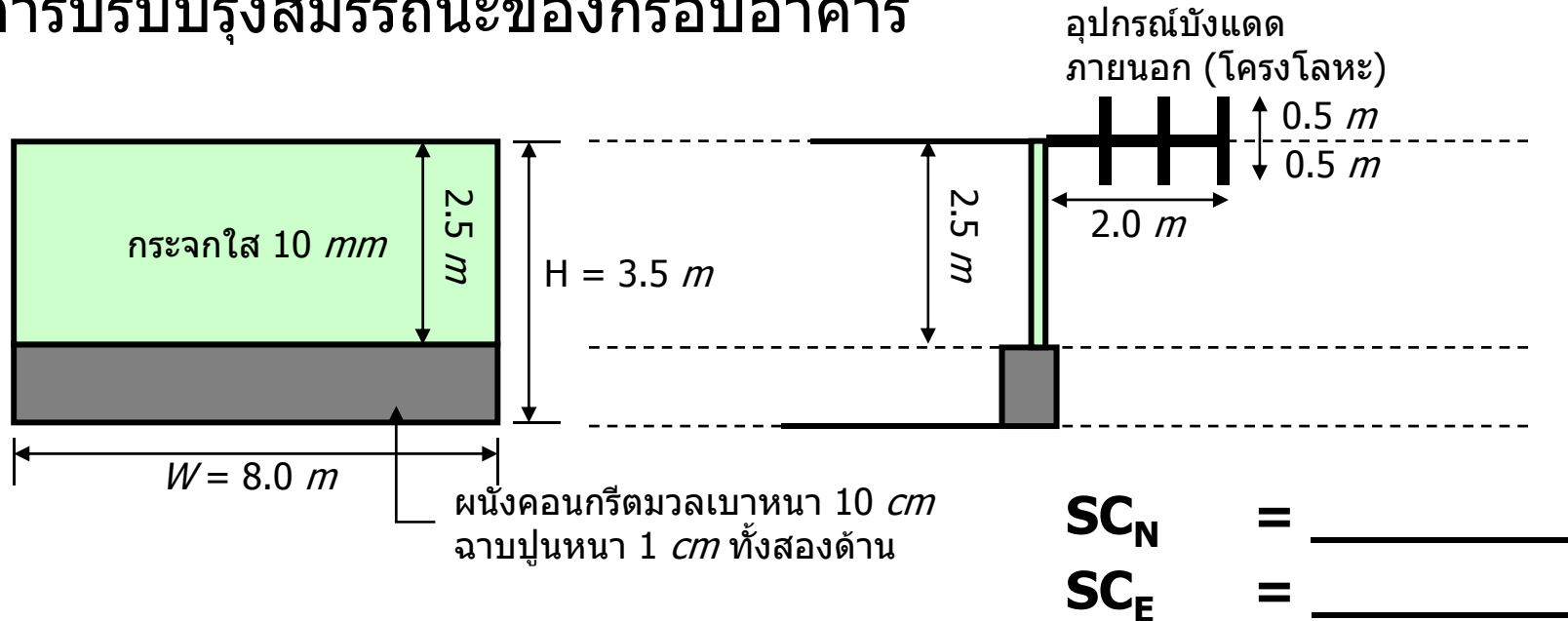
ประเภทของ อาคาร	OTTV (W/m ²)			
	N	E	S	W
ห้างสรรพสินค้า	50.05	51.16	31.39	31.22

OTTVรวม = _____ วัตต์/ตร.ม. (W/m²)

ประเภทอาคาร	ศักยภาพของระบบกรอบอาคาร		ผลประเมิน
	เกณฑ์ขั้นต่ำ	อาคารตัวอย่าง	
ห้างสรรพสินค้า	<u>40</u> W/m ²	<u>41.46</u> W/m ²	ผ่าน ไม่ผ่าน

โจทย์ที่ 7

การปรับปรุงสมรรถนะของกรอบอาคาร



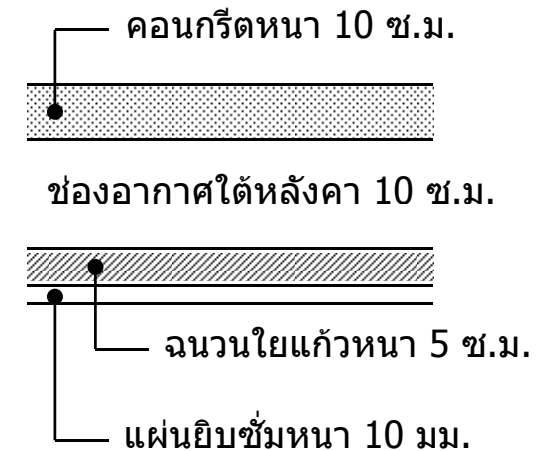
ประเภทของ อาคาร	OTTV (W/m ²)			
	N	E	S	W
ห้างสรรพสินค้า	_____	_____	31.39	31.22

OTTV รวม = _____ วัตต์/ตร.ม.

ตัวอย่างที่ 7

คำนวณค่า RTTV ของผนังของห้องสรรพสินค้า

โครงสร้าง	$\Delta x/k$	ความ ต้านทาน (R)	หมายเหตุ
ฟิล์มอากาศด้าน นอก		0.055	หลังคาแนวระนาบ
คอนกรีตหนา	0.10/1.442	0.070	ความหนา 10 ซม.
ช่องอากาศ		0.174	ความหนา 10 ซม.
ฉนวนใยแก้ว	0.05/0.033	1.515	ความหนา 5 ซม.
แผ่นยิปซัม	0.01/0.191	0.052	ความหนา 10 มม.
ฟิล์มอากาศด้านใน		0.162	
ความต้านทานความร้อนรวม (R_T)		2.028	
ความนำความร้อนรวม ($U_f=1/R_T$)		0.493	



รายละเอียดของหลังคา
(รูปหน้าตัด)

ตัวอย่างที่ 7

คำนวณค่า RTTV ของผนังของห้องสรรพสินค้า

โครงสร้าง	Density specific heat (<i>DSH</i>)	
คอนกรีตหนา 0.1 m	0.10 x 2400 x 0.92	220.80
ช่องอากาศ	0.10 x 1.20 x 1.005	0.12
ฉนวนใยแก้ว 5 cm	0.05 x 32 x 0.96	1.54
แผ่นยิปซัมหนา 1.2 cm	0.012 x 880 x 1.09	9.59
<i>DSH</i> หลังคา		232.05

ค่า TD_{eq} ของหลังคาของห้องสรรพสินค้า = 18.52 °C

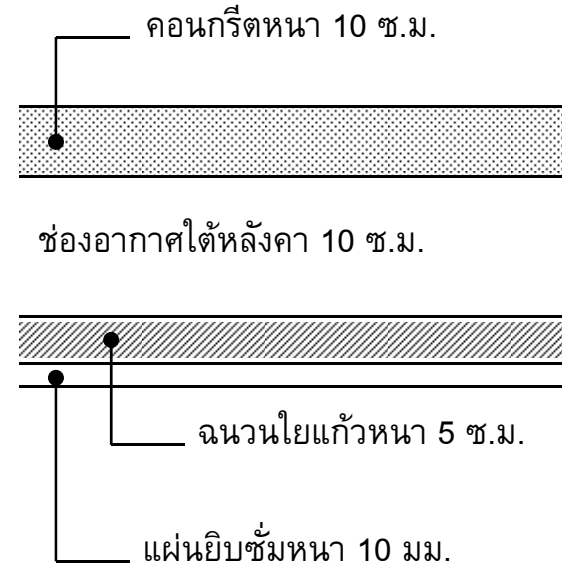
ค่า $RTTV$ ของหลังคาของห้องสรรพสินค้า = 0.493 x 18.52
= 9.13 W/m²

ประเภทอาคาร	ศักยภาพของระบบกรอบอาคาร		ผลประเมิน
	เกณฑ์ศักยภาพขั้นต่ำ	อาคารตัวอย่าง	
ห้องสรรพสินค้า	12 W/m ²	9.13 W/m ²	ผ่าน

โจทย์ที่ 8

คำนวณค่า RTTV ของผนังของอาคารสำนักงาน

$$\begin{aligned}
 U_r &= \underline{0.493} \text{ W/(m}^2\cdot\text{°C)} \\
 DSH &= \underline{232.05} \text{ kJ/(m}^2\cdot\text{°C)} \\
 TD_{eq} &= \underline{18.36} \text{ °C} \\
 RTTV &= \underline{9.05} \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$



ประเภทอาคาร	ศักยภาพของระบบกรอบอาคาร		ผลประเมิน
	เกณฑ์ศักยภาพขั้นต่ำ	อาคารตัวอย่าง	
สำนักงาน	<u>15</u> W/m ²	<u>9.05</u> W/m ²	<u>✓</u>