บทที่ 2

หลักทฤษฎี กับแนวคิดที่นำมาใช้ และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักทฤษฎี

2.1.ก. การถ่ายเทความร้อน (Heat transmission)

ความร้อนเป็นพลังงานชนิดหนึ่ง ย่อมมีการเปลี่ยนแปลงหรือส่งผ่านพลังงาน โดยสาเหตุมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิเป็นสำคัญ (โดยอุณหภูมิสูงส่งผ่านไปยังอุณหภูมิต่ำกว่า) การศึกษาขบวนการที่เกิดขึ้นนี้ เรียกว่า "การส่งผ่านความร้อน (Heat transfer)" ด้วยวิธี 3 แบบ คือ การนำ, การพา (เป็นหลักปรากฏการณ์เดียวกับของไหล)ทั้ง2อย่างแรกอาศัยตัวกลาง การแผ่รังสี (ไม่อาศัยตัวกลางเป็นพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในการส่งผ่านความร้อน) การเคลื่อนตัวของความร้อนในรูปของพลังงานจากด้านที่มีอุณหภูมิต่ำ เกิดเป็นขบวนการถ่ายเทความร้อน (Heat transmission) สิ่งที่เกิดขึ้นภายหลังจาก Heat transfer สะสมไว้ภายในวัสดุที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น จนเต็มที่ถึงระดับหนึ่ง จึงค่อยๆ คลายความร้อนโดยวิธีการนำ (conduction) เช่น ผนัง เรียกอิทธิพลการคลายความร้อนของผนังนี้ว่า Thermal mass หรือ Thermal inertia ซึ่งเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของวัสดุ และช่วงเวลาของการให้ความร้อนจากดวงอาทิตย์ เช่น ในเวลากลางวัน แสงจากดวงอาทิตย์ทำให้วัสดุมีการสะสมความร้อน ส่วนในช่วงพระอาทิตย์ตกดินความร้อนที่สะสมไว้ในวัสดุจะมีการคลายออกมา

ค่าที่มักใช้เรียกการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อน (Overall Cofficient of Heat transmission,ค่า"U")

2.1.ข. ความจุความร้อน (Heat Capacity)

มวลสารของวัสดุต่างๆ ที่รวมไปถึงน้ำและอากาศ ต่างก็มีลักษณะของคุณสมบัติเฉพาะตัวในการกักเก็บความร้อนไว้ได้ และยอมให้การถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นไม่เท่ากัน สิ่งที่ว่านี้ คือ "ค่าความจุความร้อน" ซึ่งหมายถึง ปริมาณความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิของวัสดุสูงขึ้น 1 องศา โดยทั่วไปวัสดุประเภทที่มีมวลมาก (Heavy materials) เมื่อเทียบต่อปริมาตรมักจะมีความจุความร้อนสูง แต่น้ำมีค่าความจุความร้อนที่สูงมาก ถึงแม้ว่าจะไม่อยู่ประเภทวัสดุมวลมาก (เป็น Middleweight materials) (ดูที่ตาราง 2.1.ก)

ในทางสถาปัตยกรรมแล้วให้ความสนใจความจุความร้อนต่อปริมาตร เป็นที่เรียกทั่วไปว่า " ค่าความจุความร้อน"(Heat Capacity)

ตาราง 2.1.ก Heat Capacity of Materials by Volume

Material	Heat Capacity per Volume (btu / ft^3- ^oF)
Water	62.4
Steel	59
Wood	26
Brick	25
Concrete (Stone)	22
Foam insulation	1
Air	0.02

ที่มา: หนังสือ Heating Cooling Lighting โดย Norbert Lechner ,1991 p.125

2.1.ค. ค่าความต้านทานอุณหภูมิ (Thermal Resistance)

ค่าความสามารถที่ตรงกันข้ามกับค่าการส่งผ่านความร้อน หรือ สภาพที่ทำให้การถ่ายเทความร้อนได้ไม่ดี คือ "ค่าความต้านทานอุณหภูมิ"(Thermal Resistanc,ค่า"R") ซึ่งพบเห็นกันอยู่บ่อยๆ ในการพิจารณาคุณสมบัติความต้านทานความร้อนของวัสดุ และใช้ในการคาดการณ์เปรียบเทียบความสามารถต้านทานความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด เพื่อช่วยตัดสินใจเลือกวัสดุตามจุดประสงค์ของการใช้งาน ตัวอย่างเช่น ไม้หนา 1 นิ้ว มีค่า Thermal Resistance (R) เท่ากับคอนกรีตหนา 12 นิ้ว เนื่องจาก air space ที่ประกอบในเซลของไม้และคอนกรีตเท่ากัน ถึงอย่างไรก็ตาม จะเป็นจริงได้ภายใต้สภาวะคงที่ (Steady- State) คือ ที่ใดก็ตามอุณหภูมิหนึ่งที่ผ่านวัสดุในลักษณะคงที่เป็นเวลานานๆ แต่ในสภาวะที่มีความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสิ่งที่เกิดขึ้น คือ คอนกรีตหนา 12 นิ้ว มีค่าความต้านทานความร้อนที่ผ่านเข้ามาดีกว่า ไม้หนา 1 นิ้ว สิ่งที่เกิดขึ้นเป็นผลจากการหน่วงเวลาความร้อนของวัสดุเป็น ตามแนวคิดของ "Time Lag"

2.1.ง. การหน่วงเวลา (Time Lag)

ถ้าพิจารณาดูระหว่างคอนกรีตหนา 12 นิ้ว กับไม้หนา 1 นิ้ว โดยให้มีความแตกต่างของอุณหภูมิ ระหว่างด้านนอกและด้านในของคอนกรีต ด้านที่อุณหภูมิสูงจะมีการถ่ายเทความร้อนไปหาด้านที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ด้านที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิจะไม่สูงขึ้นในทันที แต่จะค่อยๆอุ่นขึ้นภายหลังในระยะเวลาหนึ่งจนถึงจุดอิ่มตัว (Fill up the heat Capacity) ซึ่งระยะเวลาที่ใช้กับวัสดุที่เป็นไม้หนา 1 นิ้วนั้น จะเกิดขึ้นเร็วกว่า ปรากฏการณ์การชลอตัวของการถ่ายเทความร้อนนี้ เรียกว่า "การหน่วงเวลา (time lag)"

ซึ่งพบว่าวัสดุที่มีขนาดความจุหรือปริมาตรโดยมวลวัสดุสูง(High Capacity Materials) มีการหน่วงเวลาของการถ่ายเทความร้อนสูงกว่า วัสดุโดยมวลต่อปริมาตรต่ำ (Low Capacity Materials) และปรากฏการณ์ Time lag สิ้นสุดลงเมื่อปริมาตรความจุความร้อน มีการกักเก็บความร้อนเต็มที่ (the storge tank is full) อีกทั้งภายใต้สภาวะคงที่ (Steady-state) ไม่มีการเกิด Time lag (Norbert Lechner,1991) แต่ในสภาพจริง การหน่วงเวลาของการถ่ายเทความร้อนของวัสดุขึ้นกับองค์ประกอบหลายประการ (Kwang-Woo Kim,1984 จากวิทยานิพนธ์ประพันธ์ จงปติยัตต์,1994)

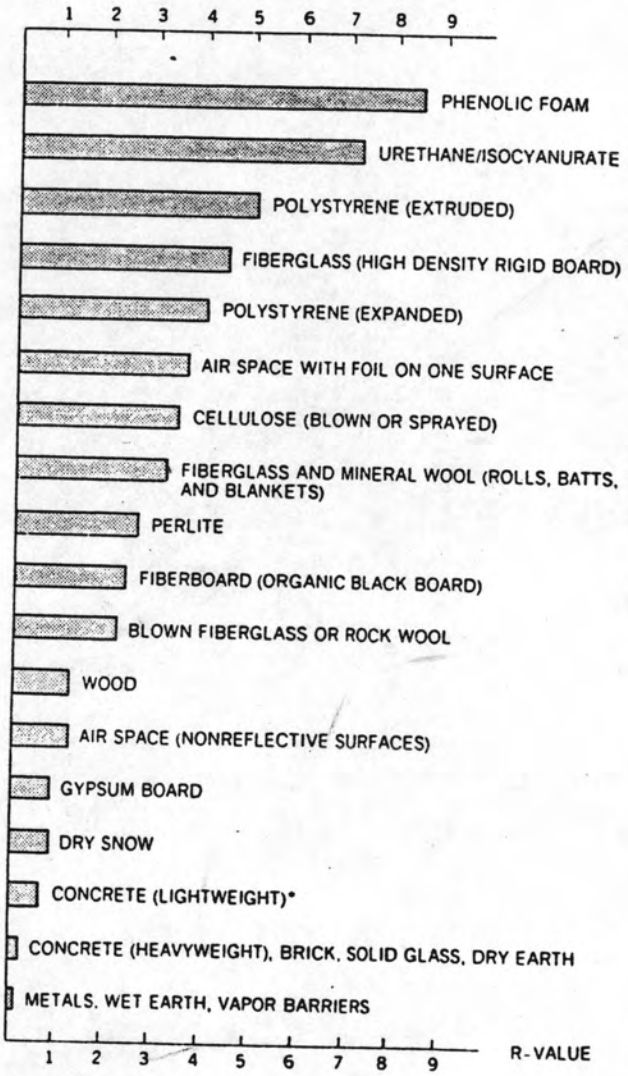
ประโยชน์ของ time lag ของวัสดุที่เห็นได้ชัดเจน คือ อาคารในแถบภูมิอากาศเขตร้อนแห้ง (Hot and dry climate) มีความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วง 1 วันสูง (Swing temperature) เช่น กลางทะเลทราย ผลของ time lag ที่เกิดจากมวลของผนังมีคุณสมบัติเป็นฉนวน (Insulating effect of mass) ช่วยให้การถ่ายเทความร้อนถูกกักเก็บในผนังในช่วงเวลากลางวัน และคายความร้อนกลับคืนในช่วงกลางคืน ไม่ทันที่ความร้อนจะถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคารทั้งหมด ส่วนในเขตร้อนชื้นแบบประเทศไทย แนวความคิดของ time lag ช่วยลดการถ่ายเทความร้อนได้บ้างเล็กน้อยเพราะความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืนไม่มากพอ

2.1.จ. ความเป็นฉนวนของวัสดุ (Insulation Materials)

ในอดีตประมาณ 20 กว่าปีมาแล้ว หลายอาคารที่ปลูกสร้างปราศจากการใช้ฉนวนกับผนังจนเกิดวิกฤตเรื่องพลังงานในปี 1973เนื่องจากยังสำนึกการใช้พลังงานจึงมีการให้ความสำคัญเรื่องฉนวนกันมากขึ้น โดยทั่วไปแล้วการใช้ฉนวนยิ่งมากยิ่งดี หลักสำคัญที่พิจารณาทั่วไปก็ คือ

- คุณสมบัติของวัสดุที่สามารถทนต่ออุณหภูมิภายนอกที่สูง หรือ ต่ำได้ดี
- มีความแข็งแรงทนทานต่อสภาพการใช้งานไม่เสียรูป หรือเสื่อมสภาพง่าย
- ใช้ได้ในทุกสภาวะอากาศ
- ไม่ซับน้ำ หรืออมความชื้น
- ง่ายต่อการติดตั้ง ดูแลรักษา และซ่อมแซม
- น้ำหนักเบา

แผนภูมิที่2.1.ข แสดงการเปรียบเทียบความสามารถต้านทานความร้อนของวัสดุต่างๆ ที่ความหนา 1 นิ้ว



ที่มา: หนังสือ Heating Cooling Lighting โดย Norbert Lechner ,1991 p.355

2.2 แนวคิดที่นำมาใช้

2.2.ก สมการการคำนวณที่เกี่ยวข้อง

สูตรการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังเข้าสู่อาคาร ได้จาก

$Q = U*A*\Delta T$ และ

$Q = U*A*CLTD$

โดย

Q = ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคาร (BTU/HR)

U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ ($BTU/HR.F^2$)

A = พื้นที่ที่ความร้อนถ่ายเทผ่านวัสดุของผนัง (F^2)

ΔT = ค่าความแตกต่างความร้อนระหว่างภายนอกกับภายใน (^0F)

CLTD = ค่าความแตกต่างภาระการทำความเย็นเทียบเท่า (Cooling Load Temperature Difference (^0F))

จากสูตรการคำนวณดังกล่าว จะพบว่าตัวแปรที่จะลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคาร มี 3 - 4 ตัวแปร ดังนี้

ค่า"U" โดยการลดค่า"U" ที่ใช้ทำผนังลง จากการใช้ผนวนต่างๆ ที่มีค่าความต้านทานความร้อนที่ดี หรือเพิ่มค่า Resistance (R) ให้กับผนัง

ค่า"A" โดยการออกแบบพื้นที่ผิวของอาคาร ไม่ให้มีมากเกินความจำเป็น เช่น มีการหักเหลี่ยม หรือ หยักเข้าออกของอาคาร เป็นต้น โดยที่พื้นที่ใช้สอยไม่ได้เพิ่ม

ค่า"CLTD" และ "ΔT"

CLTD กับ ΔT เป็นค่าที่ใกล้เคียงกันในความหมาย แต่ต่างกันเรื่องเวลาการนำไปใช้ ซึ่ง ΔT จะใช้ในกรณี

1. ค่าความแตกต่างความร้อนระหว่างภายนอกกับภายในมีค่าคงที่ (Steady State Condition)

2. อิทธิพลภายนอกไม่ให้ผลกระทบที่รุนแรง

3. ใช้คำนวณหาค่า Heat Load ของอาคารในประเทศที่มีอากาศหนาว เพราะค่าอิทธิพลของมวลสาร และ Time lag เป็นค่าช่วยลดความเสี่ยงในการคำนวณ

ส่วนค่า "CLTD" เป็นอีกนัยหนึ่งของ "ΔT " โดยผสมผสานอิทธิพลของแสงแดด อิทธิพลมวลสารของผนัง และการถ่ายเทความร้อนจากผิวภายนอก เข้าด้วยกัน

แต่สูตรที่มีค่าปัจจัยอื่นๆ ที่ได้รับจากแสงแดดโดยตรง คือ

$$Q = U*A*CLTD_{corr}$$

ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอกหลายประการ เช่น ตำแหน่งอาคาร มีผลต่อทิศทางการโคจรของดวงอาทิตย์กับผนัง และปัจจัยตัวแปรที่สำคัญ คือ ชนิดและลักษณะเฉพาะตัวของวัสดุที่ใช้เป็นผนัง เช่น ค่า Heat Capacity ค่า Time lag effect รวมไปถึงค่า Sol-air Temperature

ซึ่งพิจารณาได้จากสูตรข้างล่าง

$$CLTD_{corr} = CLTD+(25.5-T_R) + (T_M- 29.4)$$

จาก ASHARE 1993 FUNDAMENTALS HAND BOOK

โดย

$CLTD_{corr}$ = ค่า CLTD corrector

CLTD = จากการจัดกลุ่มของประเภทผนังและตามตำแหน่งLatitude Month (ได้จากตาราง)

$(25.5-T_R)$ = ค่าปรับแก้ของอุณหภูมิภายในห้อง

ซึ่ง T_R = inside temperature ($^\circ$ C)

$(T_M- 29.4)$ = ค่าปรับแก้ของอุณหภูมิเฉลี่ยภายนอก

ซึ่ง T_M = maximum out door temperature - (daily range/2) ($^\circ$ C)

โดยค่าทั้ง 2 (CLTD กับ ΔT) จะใกล้เคียง คือ ช่วงก่อนพระอาทิตย์ขึ้นในตอนเช้า ดังนั้นค่า "CLTD" สามารถปรับให้ลดลงได้ ก็ด้วยการลดค่าดูดกลืนความร้อนของผนัง (Solar Absorption) กับการเพิ่มค่ามวลสารของผนัง และการทำผิวหนังภายนอกให้มีการสูญเสียความร้อนให้แก่สภาพแวดล้อมภายนอกให้มากที่สุด

2.2.ข ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมที่ผ่านเข้าสู่อาคาร กับ กฎกระทรวงภายใต้ พ.ร.บ พ.ศ. 2538(Overall Thermal Transfer Value, OTTV)

อาคารที่ตั้งอยู่ในเขตร้อน พบว่าส่วนใหญ่จะมีการปรับอากาศบริเวณพื้นที่ที่มีกิจกรรมใช้สอยภายในอาคาร ให้เกิดสภาวะน่าสบายแก่ผู้ใช้อาคาร ประเทศไทยก็เช่นเดียวกัน ซึ่งได้มีการสำรวจจากกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน พบว่าอาคารพาณิชย์มีการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง ร้อยละ 50 - 60 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในอาคาร

ดังนั้นจึงมีมาตรการเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคาร และการประหยัดเงินเพื่อการลงทุนในการผลิตไฟฟ้าแก่รัฐบาล เช่น การสร้างเขื่อน เป็นต้น จึงออกเป็นกฎกระทรวงสำหรับเป็นข้อกำหนดสำหรับอาคารควบคุมพิเศษ ภายใต้พระราชบัญญัติการส่งเสริม และอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2538 ได้แก่

1. ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) หรือส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศ จะต้องไม่เกินกว่า 55 วัตต์/ ตารางเมตร สำหรับอาคารเก่า 45 วัตต์/ ตารางเมตร สำหรับอาคารใหม่

2. ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) จะต้องไม่เกิน 25 วัตต์/ ตารางเมตร ค่านี้กำหนดใช้ทั้งกรณีที่ไม่มีช่องรับแสงธรรมชาติ และกรณีที่มีช่องรับแสงธรรมชาติแต่ไม่ใช้แสงธรรมชาติช่วยส่องสว่าง

ซึ่งจากการวิจัยของรศ.ทวี เวชพฤติ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ เรื่อง การประหยัดพลังงานในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,2527 แสดงค่า OTTV ของอาคารวิทยบริการ อาคารสำนักงานจัดการทรัพย์สิน และอาคารอธิการบดี ซึ่งได้ค่าดังนี้

อาคาร	ค่าOTTV (W/m^2)
วิทยบริการ	**73.10**
สำนักงานจัดการทรัพย์สิน	**68.00**
อธิการบดี	**53.50**

พบว่าอาคารที่มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานOTTV 55 W/m^2 สำหรับอาคารเก่ามี 2 อาคาร คือ อาคารวิทยบริการ และอาคารสำงานจัดการทรัพย์สิน

2.2.ค การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมเข้าสู่อาคาร (OTTV Calculation)

จากการศึกษาในอาคารตัวอย่างพบว่า ภาระการปรับอากาศภายในพื้นที่ปรับอากาศที่มีค่าการถ่ายเทความร้อน ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของปัจจัยภายนอก ได้แก่ อุณหภูมิ และปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ ที่ผ่านเข้าสู่ภายในอาคารมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 50-60ของภาระการปรับอากาศทั้งหมด (พงศ์พัฒน์ มั่งคั่ง, 2536)และปริมาณพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารขึ้นอยู่กับ

- ❑ลักษณะสถาปัตยกรรมของอาคาร (อัตราส่วนของกระจก ต่อผนังพื้นที่อาคารทั้งหมด)
- ❑ ทิศทางของอาคาร
- ❑คุณสมบัติเชิงความร้อน ทางด้านค่าความเป็นฉนวนกันความร้อนของวัสดุที่ใช้เป็นกรอบอาคาร (Building Envelope)
- ❑ สีและลักษณะผิววัสดุ
- ❑ มวลสารของโครงสร้างอาคาร

ทั้งหมดนี้จะเป็นตัวแปรสำคัญในการคำนวณการถ่ายเทความร้อนรวมที่ผ่านเข้ามาสู่อาคารและกำหนดขนาดของเครื่องปรับอากาศ ที่จะติดตั้งภายในอาคาร จึงมีการคำนวณค่า OTTV เพื่อใช้เป็นเกณฑ์การออกแบบ ทั้งอาคารเก่าและอาคารใหม่ โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

1. ค่าการนำความร้อนผ่านผนังทึบ ($Q = U_w \times A_w \times TD_{eq}$)
2. ค่าการนำความร้อนผ่านหน้าต่างกระจก ($Q = U_f \times A_f \times \Delta T$)
3. ค่าการแผ่รังสีผ่านหน้าต่างกระจก ($A_f \times S_f \times SC$)

ดังสมการต่อไปนี้

$$OTTV = \frac{(U_w \times A_w \times TD_{eq}) + (U_f \times A_f \times \Delta T) + (A_f \times S_f \times SC)}{A_o}$$

โดยที่

- OTTV = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (W/m^2)
- U_w = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ ($W/m^2.K$)
- A_w = พื้นที่ที่เป็นผนังทึบ (m^2)
- TD_{eq} = ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่เทียบเท่า (K)

U_f = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของวัสดุที่เป็นหน้าต่าง หรือผนังโปร่งแสง (W/ m^2.K)

A_f = พื้นที่หน้าต่าง (m^2)

ΔT = ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายใน (5K)

SC = ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง = $SC_1 \times SC_2$

เมื่อ SC_1 = ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก

SC_2 = ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

SF = แฟคเตอร์แสงแดด (W/ m^2)

A_o = พื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านนอก (m^2)

2.2.ค.1 ค่าการนำความร้อนที่ผ่านผนังทึบ กับค่า "TD_{eq}"

ดังที่กล่าวมาบ้างแล้วถึงค่าพลังงานความร้อนที่ผ่านเข้ามาในระดับต่างๆ ที่ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ ซึ่งปัจจัยภายนอกหลักที่สำคัญ คือ Solar radiation กับอุณหภูมิที่เกิดขึ้น และปัจจัยดังกล่าวนี้เป็นสาเหตุสำคัญ ให้เกิดการนำความร้อนที่ผ่านผนังทึบเข้ามา (หรือ Heat flow) จึงเกิดค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกกับภายในตามมา เมื่อพิจารณาต่อจะพบค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้น ระหว่างอุณหภูมิภายนอกกับภายใน ขึ้นกับ

- ❑ ชนิดของวัสดุ (มวลและความหนาแน่นของวัสดุ หรือคุณสมบัติเชิงมวล)
- ❑ สีผิวของวัสดุ และค่าสัมประสิทธิ์ดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (α)
- ❑ มุมองศาที่กระทำกับแสงแดด และช่วงเวลาในแต่ละวัน
- ❑ ตำแหน่งของทิศทางการวางอาคาร
- ❑ การออกแบบของอาคาร

เมื่อผสมผสานปัจจัยทั้งหลาย เกิดเป็นแนวคิดของค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TDeq) มาใช้ในการคำนวณแทนค่าการนำความร้อนในสมการ $Q = U \times A \times \Delta T$ ที่ Steady state จะได้ $Q = U \times A \times TD_{eq}$ ซึ่งดูค่าเปรียบเทียบเพื่อการคำนวณจากตาราง ที่2.2.กและ ตาราง ที่2.2ข

ตารางที่ 2.2.ก แสดงรายการวัสดุและสีทาผนัง แยกตามระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์

ประเภทผิววัสดุที่ใช้ทำผนังด้านนอก	*วัสดุผนัง*	*สีที่ใช้ทาภายนอก*
1. วัสดุที่มีผิวสะท้อนแสง [∝< 0.2]	*- ผิววัสดุที่ฉาบด้วยดีบุก* *- แผ่นอลูมิเนียม* *- แผ่นฟิล์มไมลาร์เคลือบอลูมิเนียม* *- แผ่นสะท้อนแสงทำด้วยอลูมิเนียมขัดมัน*	*- สีสะท้อนแสง*
2. วัสดุที่มีผิวอ่อน [0.2< ∝<0.4]	*- อิฐเคลือบเป็นมันสีขาว* *- เหล็กชุบสังกะสีทาสีขาว*	*- แลคเกอร์สีขาว* *- สีเงิน* *- สีขาวเป็นเงา*
3. วัสดุที่มีผิวสีปานกลาง [0.4 < ∝ 0.6]	*- วัสดุที่ทาสีอลูมิเนียม* *- หลังคาประกอบขึ้นรูปสีขาว* *- อิฐสีเหลืองอ่อน* *- หินอ่อนสีขาว* *- กรวดล้างสีขาว*	*- สีเขียวอ่อน* *- สีน้ำเงินปานกลาง* *- สีเหลืองปานกลาง* *- สีส้มปานกลาง* *- สีเขียวปานกลาง*
4. วัสดุที่มีผิวสีค่อนข้างเข้ม [0.6< ∝<0.8]	*- คอนกรีตไม่ทาสี* *- ไม้ผิวเรียบ* *- แผ่นซีเมนต์แอสเบสตอส* *- หินล้างสีเทา*	*- สีแดง* *- สีน้ำเงิน* *- สีเท่าอ่อน* *- สีสนิมแก่ปานกลาง*
5. วัสดุที่มีผิวสีเข้ม [0.8< ∝<1.0]	*- วัสดุที่ลาดผิวด้วยยางมะตอย* *- คอนกรีตสีน้ำตาล* *- วัสดุมุงหลังคาสีเขียว* *- หินชนวนสีเทาแกมสีน้ำเงิน* *- อิฐสีแดง* *- อิฐแสดฟฟอร์ดสีน้ำเงิน* *- คอนกรีตสีดำ*	*- สีน้ำเงินแก่หรือสีเขียวแก่* *- สีเทาแกมน้ำเงินเข้ม* *- สีน้ำตาลแก่* *- สีโอลีฟเข้ม* *- สีดำ* *- แลคเกอร์สีน้ำเงินแก่* *- สีเทาแก่* *- แลคเกอร์สีดำ* *- สีดำธรรมดา* *- สีดำเรียบมาก*

∝ *หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์*

ที่มา: หนังสือ ข้อกำหนดมาตราฐานการออกแบบและการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคารควบคุมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ตารางที่2.2.ข ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าๆ (TD_{eq}) ของผนังทึบ

มวลของผนัง (กก./ ตร.ม.)	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq}) ระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ (α)				
	0.1 (0 - 0.2)	0.3 (0.2 - 0.4)	0.5 (0.4 - 0.6)	0.7 (0.6 - 0.8)	0.9 (0.8 - 1.0)
0 - 125	14	15	16	17	18
126 - 195	11	12	13	14	15
เกินกว่า 195	9	10	11	12	13

ที่มา: หนังสือ ข้อกำหนดมาตราฐานการออกแบบและการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคารควบคุมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

สำหรับผนังทึบที่ก่อสร้างโดยทั่วไป มักเป็นวัสดุมวลมาก เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูน (ประมาณ 200 กิโลกรัม / ตารางเมตร) และค่าพลังงานความร้อนตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดสำหรับอาคารเก่า คือ 55 วัตต์/ ตารางเมตร และอาคารใหม่ 45 วัตต์/ ตารางเมตร

ดังนั้น ถ้ามาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ("U") หรือ ค่าความต้านทานความร้อนรวม (ΣR) ที่เกิดขึ้นภายใต้ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TDeq) ตามตารางที่ 2.2 ข ที่มวลของผนังเกินกว่า 195 กิโลกรัม/ ตารางเมตร (ซึ่งรวมผนังก่ออิฐฉาบปูน) ภายใต้กำหนดในพื้นที่ 1 หน่วย และค่า α ตั้งแต่ 0.1 - 0.9

จากสูตร $Q = U \times A \times TD_{eq}$

สามารถหาค่าออกมาได้ตามตารางที่ 2.2 ค. และ ง. และนำมาเขียนเป็นกราฟเพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น ดูได้จากกราฟที่ 2.2.1 และ 2.2.2

ซึ่งพอจะสรุปได้ว่า ผนังที่มีมวลมาก (เกินกว่า 195 กิโลกรัม/ ตารางเมตร) เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูน โดยทั่วไปเป็นวัสดุมีสีผิวอ่อน ที่ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์(α) 0.2 - 0.4 และมีค่า TDeq = 10 ลองทดสอบเทียบหาค่า "R" หรือค่า "U" เฉพาะผนังทึบที่ไม่มีช่องเปิดและไม่ทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนเกินเกณฑ์เป็น 2 ลักษณะดังนี้

1. อาคารเก่า OTTV ไม่เกิน **55 วัตต์/ ตารางเมตร** ควรมี

ค่า "U" ไม่เกินกว่า 0.97 (BTU/ hr . Sq ft .$^{\circ}$F)

หรือ ค่า "ΣR" ไม่น้อยกว่า 1.03 ($\Sigma R = 1/ U$)หรือ 0.18 (m2.K/W)

2. อาคารใหม่ OTTV ไม่เกิน **45 วัตต์/ ตารางเมตร** ควรมี

ค่า "U" ไม่เกินกว่า 0.79 (BTU/ hr . Sq ft .$^{\circ}$F)

หรือ ค่า "ΣR" ไม่น้อยกว่า 1.26 ($\Sigma R = 1/ U$) หรือ 0.22(m2.K/W)

ตารางที่ 2.2 ค. แสดงการเปรียบเทียบค่า "U" และ ΣR ของมวลผนังเกินกว่า 195 กิโลกรัม/ ตารางเมตร (ภายใต้ OTTV = 55 วัตต์/ ตารางเมตรและไม่มีช่องเปิด)

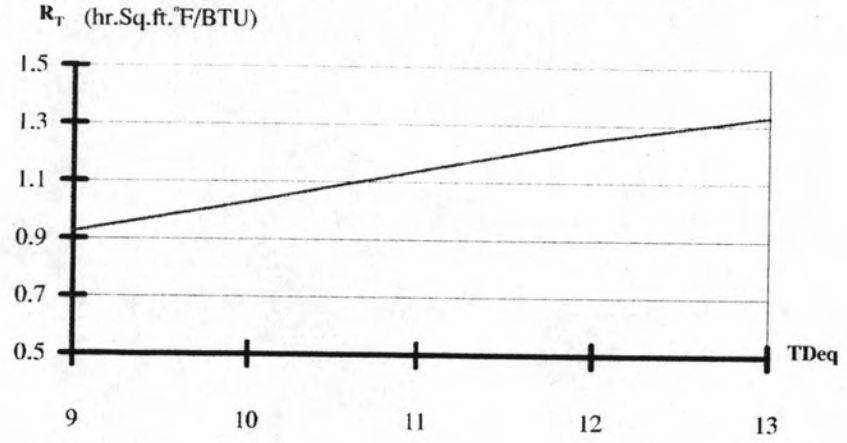
TDeq	ค่า "U" (BTU/hr. Sq.ft. °F)	ค่า "ΣR" (1/U)
9	1.08	0.925
10	0.97	1.03
11	0.88	1.14
12	0.80	1.25
13	0.75	1.33

ตารางที่ 2.2 ง. แสดงการเปรียบเทียบค่า "U" และ ΣR ของมวลของผนังเกินกว่า 195 กิโลกรัม/ ตารางเมตร (ภายใต้ OTTV = 45 วัตต์/ ตารางเมตรและไม่มีช่องเปิด)

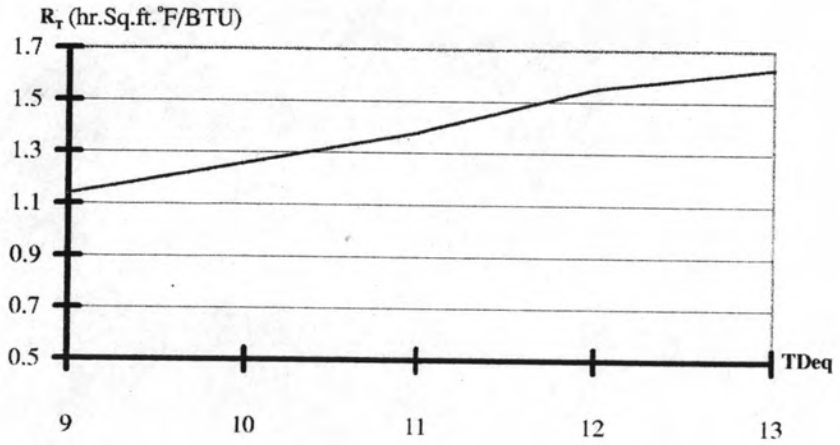
TDeq	ค่า "U" (BTU/hr. Sq.ft. °F)	ค่า "ΣR" (1/U)
9	0.88	1.14
10	0.79	1.26
11	0.72	1.38
12	0.66	1.55
13	0.61	1.63

ที่มาข้อมูลทำวิเคราะห์ : หนังสือ ข้อกำหนดมาตราฐานการออกแบบและการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคารควบคุมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

กราฟที่ 2.2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าTDeqกับค่า R_T รวมของผนังทึบ ภายใต้ OTTVอาคารเก่า = 55 วัตต์/ ตร.ม.ที่มวลของผนังทึบเกินกว่า 195 กก./ตร.ม.



กราฟที่ 2.2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าTDeqกับค่า R_T รวมของผนังทึบ ภายใต้ OTTVอาคารใหม่ = 45 วัตต์/ ตร.ม.ที่มวลของผนังทึบเกินกว่า 195 กก./ตร.ม.



2.2.ค.2 ค่าพลังงานความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง (หรือหน้าต่างกระจก)

เป็นส่วนสำคัญที่สุดต่อการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน เพราะผนังโปร่งแสงหรือช่องเปิดกระจก และความร้อนจากแสงแดดจะเข้ามาในอาคารมากที่สุด ในขณะเดียวกันก็เป็นส่วนที่ภายในอาคารจะได้รับแสงสว่างจากธรรมชาติเข้ามาแทนการใช้แสงสว่างจากใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า จึงช่วยทำให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้า แต่ในทางกลับกันถ้ามีผนังโปร่งแสงมากจนเกินไปปริมาณความร้อนจากแสงแดดจะเข้ามาในอาคารก็มากขึ้นตามไปด้วย (เพราะส่วนหนึ่งของพลังงานจากแสงอาทิตย์(Radiation) จะถูกเก็บสะสมไว้ในมวลสารของอาคาร (Thermal Mass) แล้วค่อยๆปล่อยมาภายหลัง และส่วนที่ไม่ได้เก็บไว้ที่ทำให้อุณหภูมิห้องสูง(จากConduction)ขึ้นเกิดเป็น Cooling Load ดังนั้นจึงมีการพยายามใช้ช่องเปิดกระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (Shading Cofficient : SC) ที่มีค่าต่ำหรือฟิล์มตัดแสงมาช่วย ลดปริมาณความร้อนจากแสงแดดที่จะเข้ามาในอาคาร

ค่าการถ่ายเทความร้อนจาก**Conduction**(U*A*ΔT)และ **Radiation**(A*SC*SF)เป็นพลังงานความร้อนจากแสงแดดที่จะทำให้เกิดการเก็บสะสมความร้อนภายในมวลสาร(Thermal Mass) รวมกันเป็น Heat Gain ที่เกิดขึ้นภายในอาคารที่เกิดจากกระจก (ทำให้เป็นภาระการทำความเย็นแก่อาคาร)

ปริมาณค่าถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารของผนังโปร่งแสงคำนวณหา ได้จากสูตรการคำนวณดังนี้

$$Q = UxAx\Delta T + AxSCxSF \text{ (หรือ } AxSC\ xSHGF\ xCLF)$$

Q คือ ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารของช่องเปิดกระจก (Watt/M^2)

U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของช่องเปิดกระจก (Watt/M^2 .C^0)

A คือ พื้นที่ที่ถ่ายเทความร้อนของช่องเปิดกระจก

SC คือ **ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (Shading Cofficient) = SC_1xSC_2**

เมื่อ SC_1 = ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก

SC_2 = ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

SF คือ ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (Watt/M^2)

i 17095918

ค่าพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้น โดยผ่านกระจกเข้ามาสู่อาคาร จะเห็นได้จาก สูตรการคำนวณค่า OTTV มี 2 ส่วน คือ

1. ค่าพลังงานความร้อนที่ผ่านเข้ามาโดย*การนำความร้อน*

ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการนำความร้อนของกระจก และความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกับภายนอกอาคารที่เกิดขึ้น ($Q = UXA \times \Delta T$)

2.ค่าพลังงานความร้อนที่ผ่านเข้ามาโดย*วิธีส่งผ่านของรังสีจากดวงอาทิตย์ เข้าสู่อาคาร* เป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญ เพราะค่าปริมาณพลังงานความร้อนที่ได้มีค่าสูงกว่าค่าพลังงานความร้อนที่ผ่านเข้ามา โดยการนำความร้อน ($Q = AXSC,XSC,XSF$)

ซึ่งปริมาณความร้อนในส่วนนี้ขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading coefficient,SC_1) ของกระจก และอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร (Shading Device ,SC_2)

2.2.ค.3 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient, SC)

ในการคำนวณสูตร OTTV ค่า "SC" เกิดจากฟลักซ์รังสีอาทิตย์ (Solar factor,SF) ที่ทะลุผ่านระบบหน้าต่าง ซึ่งอาจประกอบด้วยกระจกและอุปกรณ์บังแดด ต่อฟลักซ์รังสีอาทิตย์ที่ทะลุผ่านกระจกใสหนา 3 มิลลิเมตร ที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดดใดๆ (ค่าฟลักซ์รังสีอาทิตย์ เป็นผลของฟลักซ์รังสีที่ตกกระทบผ่านหน้าต่างโดยเฉลี่ยสำหรับแนวตั้งของผนังในทิศต่างๆ คือ 160 วัตต์/ ตารางเมตร ส่วนแนวนอน คือ 370 วัตต์/ ตารางเมตร (ซึ่งมีค่าแตกต่างจากประเทศสิงคโปร์ผนังแนวตั้ง SF = 130 วัตต์/ ตารางเมตร ส่วนแนวนอน SF = 320 วัตต์/ ตารางเมตร) ซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามลักษณะภูมิประเทศที่ตั้ง ในการคำนวณนั้นค่า SF ต้องมีการปรับแก้ให้เหมาะสมตามผนังในทิศทางต่างๆ เรียกว่า "ค่าตัวประกอบแก้" (Correction factor) ซึ่งเปิดดูได้จากตาราง ดังนั้นจะได้

SF = 160×CF วัตต์/ ตารางเมตร

ซึ่งการศึกษาจะพบว่าระดับของพลังงานความร้อนที่ผ่านกระจกเข้ามา ซึ่งแตกต่างกันขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของกระจกที่ใช้ และทิศทางการรับแสงอาทิตย์ของกระจก โดยทั่วไปมักจะพบว่า กระจกที่ใช้อาจไม่หนา 3 มิลลิเมตร และค่า "SC" ก็มีให้เลือกใช้อย่างมากมาย กับกระจกหลายประเภท ซึ่งดูได้จากค่าที่กำหนดโดยบริษัทผู้ผลิต มีจุดประสงค์เพื่อลดการถ่ายเทพลังงานความร้อนที่ผ่านเข้ามาในอาคาร นอกเหนือจากความต้องการเห็นทัศนวิสัยภายนอกและแสงสว่างจากธรรมชาติ(Daylighting)ภายนอกแล้ว ดังนั้นจึงควรพิจารณาให้เลือกกระจกที่มีค่า "SC" ที่เหมาะสมทั้งคุณสมบัติของวัสดุกับกิจกรรมของผู้ใช้สอยภายในอาคาร ดูที่ตาราง2.2.ค

ตารางที่2.2.จ แสดงคุณสมบัติกระจกชนิดต่างๆเทียบกันระหว่างDaylighting กับSolar Transmittance

Glazing Material Properties

TYPICAL VISIBLE TRANSMITTANCE VALUES

Glass	Thickness		Transmittance	
	in.	mm	Average Daylight (%)	Total Solar (%)
MONOLITHIC GLASS CLEAR AND TINTED				
Sheet	SS	2.5	90	85
	DS 3	3	89	80
	¼	5	89	78
Clear	⅛	3	89	80
	¼	5	88	78
	⅛	6	87	75
	¼	8	86	70
Clear heavy duty	⅜	10	84	67
	½	12	82	61
	⅝	15	80	56
	¾	19	78	51
	⅞	22	75	48
Blue-green	⅛	3	83	63
	¼	5	79	55
	⅛	6	75	47
Gray	⅛	3	61	63
	¼	5	51	53
	⅛	6	44	46
	¼	8	35	38
	⅜	10	28	21
	½	12	19	22
INSULATING GLASS				
(inboard light clear)				
Clear	⅛	3	80	69
	¼	5	79	62
	⅛	6	77	59
Blue-green	⅛	3	75	52
	¼	5	70	43
	⅛	6	66	36
Gray	⅛	3	55	52
	¼	5	45	42
	⅛	6	39	35
Bronze	⅛	3	61	54
	¼	5	53	43
	⅛	6	46	38

Note: check manufacturers' literature for specific values.

ที่มา : Gregg D. Ander, Daylighting Performance And Design, AIA. P.175

2.2ค.4 ปัญหาค่าการใช้ฟิล์มตัดแสง กับ อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนัง

ข้อมูลที่ได้จาก Simulate ของผนังโปร่งแสง และการคำนวณค่าปริมาณพลังงานความร้อนจากคุณสมบัติของกระจกที่ใช้ชนิดต่างๆ กับทิศทางการรับแสงอาทิตย์ของกระจก จะพอสรุปได้ว่า เมื่อมีพื้นที่กระจกหรือการทำผนังที่มีช่องเปิดมากๆ เป็นผลให้ค่าพลังงานความร้อนจาก Solar Radiation ถ่ายเทเข้าสู่อาคารมากขึ้น และสะดวกมากกว่าผนังทึบ เป็นวิธีส่งผ่านความร้อนรังสีอาทิตย์เข้าสู่อาคาร จึงมีการออกแบบค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของกระจกในระดับต่างๆ เพื่อช่วยลด Cooling load จาก Solar Radiation ลง ขณะเดียวกันปริมาณแสงธรรมชาติ (Day light) ที่จะนำมาใช้ในอาคารก็จะลดลงด้วย ดังนั้น การออกแบบอาคารจึงควรจะเลือกรูปแบบ หรือลักษณะสถาปัตยกรรมที่เหมาะสม เพื่อหลีกเลี่ยงพลังงานความร้อนจาก Solar Radiation ที่ถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร เช่น การเจาะช่องเปิดให้เหมาะสม และอยู่ภายใต้กฎกระทรวง พ.ศ.2538 ค่ามาตรฐานการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก (OTTV) (ได้มีการคำนวณค่พลังงานความร้อนที่ผ่านกระจก ในแต่ละชนิดเข้าสู่อาคารออกมาดังตารางที่2.2.ง ในส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศ อาคารใหม่ = 45 W/ m^2 อาคารเก่า = 55 W/ m^2) รวมทั้งนำไปสู่การประหยัดพลังงาน และค่าใช้จ่ายของอาคารที่ต้องสิ้นเปลือง(Operating Cost) ไปกับภาระการทำความเย็นในระยะยาวต่อไป

ตารางที่2.2.ฉ แสดงค่าปริมาณพลังงานความร้อนที่ผ่านกระจกเข้ามาไม่มี OVERHANG

ชนิดกระจก	ค่าพลังงานความร้อนในแต่ละทิศ (W/ m^2)								
(หนา 6 มม.)	N	E/ N	E	E/ S	S	W/ S	W	W/ N	เฉลี่ย
1. กระจกใสชั้นเดียว	136.74	162.86	201.26	208.94	199.72	202.79	187.43	158.25	182.25
2. กระจกใสติดฟิล์มสะท้อนแสง	68.45	77.43	90.93	93.27	90.10	91.16	85.88	75.85	84.10
3. กระจกสีชา Dark Cool Gray	96.68	114.09	139.69	144.81	138.66	140.71	130.47	111.02	127.02
4. กระจกเคลือบสารสะท้อนแสง	52.01	60.20	72.20	74.60	71.72	72.68	67.88	58.76	66.26
5. กระจกเคลือบสารสะท้อนแสงหนา 6 มม. 2 ชิ้น มีช่องช่องว่างอากาศ12 มม.	40.77	47.57	57.57	59.57	57.17	57.97	53.97	46.37	52.62

ที่มา : รายงานประกอบการสัมมนาทางวิชาการ กฎหมายอนุรักษ์พลังงาน "เรื่องค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร " กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 22 มกราคม 2536

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สิ่งที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นผลงานการวิจัยทั้งในและต่างประเทศ ที่กล่าวถึงคุณลักษณะของวัสดุในสภาพต่างๆ ที่ทดลองกับผนังในลักษณะแตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

"การลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ด้วยระบบผนังที่มีช่องอากาศ
: กรณีศึกษา อาคารในเขตร้อนชื้น "
โดย นาย ประพันธ์ จงปติยัตต์

เป็นการวิจัยเปรียบเทียบของระบบผนัง ที่มีช่องอากาศระหว่างแบบเปิดและแบบปิด โดยที่เลือกทำการทดสอบกับผนังมวลมาก (ผนังก่ออิฐฉาบปูน) และผนังมวลน้อย (ผนังมวลน้อย (ผนังโฟม) รวมทั้งผนังซีเมนต์แผ่นเรียบ (วัสดุทั้ง 2 ชนิดหลังเป็นวัสดุที่มีความจุความร้อนต่ำ) แบ่งผนังทดสอบเป็น 5 ตัวอย่างดังนี้

1. ผนังก่ออิฐฉาบปูน
2. ผนังก่ออิฐฉาบปูน + ช่องอากาศ + ผนังก่ออิฐฉาบปูน
3. ผนังก่ออิฐฉาบปูน + ช่องอากาศ + โฟม
4. โฟม + ช่องอากาศ + ผนังก่ออิฐฉาบปูน
5. ผนังซีเมนต์แผ่นเรียบ + ช่องอากาศ + โฟม

จากการวิจัยพบว่า

ก. ระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบเปิด สามารถระบายความร้อนภายในช่องอากาศและมีประสิทธิภาพในการลดการถ่ายเทความร้อน ดีกว่าระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบปิด

ข. ระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบเปิด (อาคารที่ไม่ปรับอากาศในช่องอุณหภูมิสูงสุดของวัน) ผนังชั้นในเป็นวัสดุมวลสารมาก ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารต่ำกว่าภายนอกมากกว่าที่ผนังชั้นในเป็นวัสดุมวลสารน้อย

ค. ระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบเปิด (อาคารปรับอากาศ) สามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนได้ดี ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายในช่องปรับอากาศ และความสามารถในการป้องกัน ความร้อนของผนังชั้นใน

ง. ระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบเปิด สามารถลดการถ่ายเทความร้อนได้ดีที่สุด ได้แก่ ผนังภายนอกเป็นวัสดุมวลสารมาก และผนังภายในเป็นวัสดุมวลสารน้อย สามารถลดปริมาณความร้อนเฉลี่ยต่อวันได้ดี ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 4 นิ้ว ทั่วไปได้ถึงประมาณ 12.5 เท่า

" ประสิทธิภาพในการใช้ฉนวนสะท้อนรังสี และ ทิศทางการถ่ายเทความร้อน สำหรับอาคารในภูมิอากาศเขตร้อนชื้น "

โดย : อนันต์ วัชรพงษ์วินิจ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายที่ศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันความร้อน ของระบบป้องกันรังสีความร้อนที่ประกอบด้วย ช่องอากาศ และอลูมินั่มฟอยล์ ตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ ทิศทางการถ่ายเทความร้อน ได้เน้นการศึกษาในทิศทางการถ่ายเทความร้อนในระนาบนอนผ่านวัสดุระนาบตั้ง เพื่อนำผลแห่งการวิจัยมาประยุกต์ใช้เป็นฉนวนที่มีประสิทธิภาพ กับผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ

ขบวนการวิจัยในการทดสอบตัวแปร อาศัยการจำลองสภาพอาคารด้วยกล่องทดสอบสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ จำนวน 5 กล่อง โดยแต่ละกล่องได้จัดทำให้มีโครงสร้างเหมือนกัน มีผนังที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูงทั้ง 5 ด้าน ส่วนด้านที่ 6 เป็นด้านที่ใช้สำหรับทดสอบตัวแปร ทิศทางการถ่ายเทความร้อน , ระยะห่างของช่องอากาศ และจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี จากนั้นได้วิเคราะห์ผลการทดลอง เพื่อคัดเลือกตัวแปรที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่ดีและเหมาะสม ไปทดสอบร่วมกับผนังก่ออิฐ ในอาคารจริงที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศภายใน

ผลการวิจัยพบว่า

1.ทิศทางการถ่ายเทความร้อนลงผ่านวัสดุระนาบเอียง 45 องศา

2.ทิศทางการถ่ายเทความร้อนในระนาบนอน ผ่านวัสดุระนาบตั้งฉาก ทิศทางการถ่ายเทความร้อนขึ้นผ่านวัสดุระนาบเอียง 45 องศา และทิศทางการถ่ายเทความร้อนขึ้นผ่านวัสดุระนาบนอน

ในการศึกษาทิศทางการถ่ายเทความร้อนส่งผ่านวัสดุระนาบนอนจะมีประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนที่ไม่คงที่ ซึ่งจะแปรเปลี่ยนไปตามความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอก

จากการศึกษาประยุกต์ระบบฉนวนสะท้อนรังสีไปใช้กับผนังทั่วไปควรเว้นระยะห่างของช่องอากาศ 1.5 นิ้ว และช่องอากาศสะท้อนรังสี 1 ชั้น โดยผลจากการเปรียบเทียบผนังก่ออิฐจะสามารถลดความร้อนในช่วง Peak Load ได้ถึง 10.32 BTU/ hr. sq. ft. หรือเป็นการลดภาระทำความเย็นได้ถึง 36.79 เปอร์เซนต์

"ผลของมวลสาร และสีของผนังต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร"

โดย นางสาว สินีรัตน์ ภัทรธรรมกุล

การวิจัยที่มุ่งเน้นศึกษาคุณสมบัติวัสดุที่สำคัญ 2 อย่าง มีผลพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนต่อผนังอย่างไร ได้แก่

1. *มวลสาร* แยกเป็นมวลสารมาก (ก่ออิฐฉาบปูน)และมวลสารน้อย(โพลีสไตรีนโฟม)
2. *สี* แยกเป็นสีดำและสีขาว

ข้อกำหนดที่ว่า

ก. โดยให้ผนังมวลสารมาก (ก่ออิฐฉาบปูน) ที่หนา 4 นิ้ว และ 8 นิ้ว กับผนังมวลสารน้อย (โพลีสไตรีนโฟม) ที่มีความหนาให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเท่ากับผนังก่ออิฐฉาบปูนที่ 4 นิ้ว กับ 8 นิ้ว

ข. เปรียบเทียบสีดำของผนังที่มีค่าการดูดรังสีความร้อนสูง กับ สีขาวของผนังที่มีค่าการดูดรังสีความร้อนต่ำ

ผลการวิจัยพบว่า

1. ผนังมวลสารมากจะสะสม และสูญเสียความร้อนได้ช้ากว่าผนังมวลสารน้อย
2. เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิสูงสุดใน 1 วัน ผนังมวลสารน้อย (ผล คือ ผนังมวลสารน้อยมีค่าพลังงานความร้อนที่สะสมภายในอาคาร น้อยกว่า มวลสารมาก)
4. ผนังมวลสารมากมีการถ่ายเทความร้อนเข้า-ออกค่อนข้างคงที่ มากกว่าผนังมวลสารน้อย ซึ่งมีค่าอุณหภูมิภายในสูงกับต่ำแตกต่างกันมาก (Temperature Swing) (ข้อสังเกต ค่า "U" มาก ขึ้น Temperature Swing มากขึ้นด้วย)
5. ผนังมวลสารมากมีค่าการหน่วงเวลา(Time Lag)ผนังมวลสารน้อย เช่น

ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา4นิ้วมีค่าการหน่วงเวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมง(ทดลองได้2ชม.)

ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา8 นิ้วมีค่าการหน่วงเวลาประมาณ5-6 ชั่วโมง(ทดลองได้3ชม.)

ส่วนผนังมวลสารน้อย(โฟม) แทบจะไม่มีค่าการหน่วงเวลานอกจากนั้นในเวลากลางคืน ผนังโฟมอุณหภูมิภายในจมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเกิดจาก การReradiationกับท้องฟ้า

6. สีเข้มหรือสีอ่อนไม่มีผลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนที่ผ่านเข้ามาในอาคาร ในกรณีที่ไม่มีอิทธิพลจากแสงอาทิตย์ และเป็นวัสดุที่ค่า "U" เดียวกัน เพราะสีจะดูดซับรังสีความร้อนจากแสงแดด
7. สีเข้มมีแนวโน้มที่ทำให้อุณหภูมิสูงสุด มีค่าเพิ่มมากขึ้น ในวัสดุที่เหมือนกัน
8. อิทธิพลของสีจะมีผลน้อยลง เมื่อสัมประสิทธิ์+การถ่ายเทความร้อนน้อยลง(ค่า "U")