บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1 การถ่ายเทความร้อน

ความร้อนและอุณหภูมิ

ความร้อนและอุณหภูมิโดยทั่วไปมีความหมายต่างกัน ความร้อนเป็นพลังงานของโมเลกุลที่เคลื่อนที่ของสสาร แต่อุณหภูมิเป็นหน่วยวัดปริมาณการเคลื่อนที่ของแต่ละโมเลกุลโดยรวมของสสารนั้นๆ ซึ่งอุณหภูมิเป็นการวัดปริมาณพลังงานความร้อนที่อยู่ในสสารนั่นเอง พลังงานความร้อนของสสารหรือวัสดุจึงเกิดจากแต่ละโมเลกุลภายในเคลื่อนไหวหรือสั่น(Vibration)

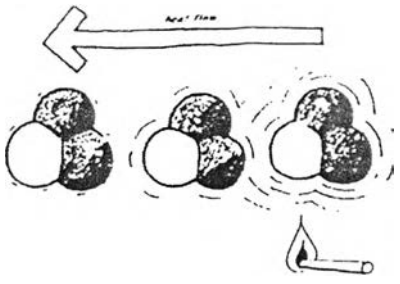
ค่าศูนย์องศาสัมบูรณ์ (Absolute zero) เป็นค่าอุณหภูมิที่มีโมเลกุลของสสารทุกชนิดหยุดเคลื่อนไหว ได้แก่อุณหภูมิ –459.69 องศาฟาเรนไฮนท์ –273.15 องศาเซลเซียส และ 0 องศาเคลวิน ยิ่งโมเลกุลมีการเคลื่อนไหวเร็วจะทำให้สสารมีอุณหภูมิสูงขึ้น ค่าการวัดมี 2 แบบ แบบแรกได้แก่ การวัดอุณหภูมิมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียสและองศาฟาเรนไฮน์ ที่นิยมกันอยู่ทั่วไป แบบที่สองได้แก่ การวัดพลังงานความร้อนมีหน่วยเป็น British Thermal Unit (Btu) หรือแครอลลี่(Calorie) Btu คือ จำนวนปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ 1 องศาฟาเรนไฮนท์ของน้ำ 1 ปอนด์

ความร้อนจะเคลื่อนที่จากสสารที่ร้อนสู่สสารที่เย็นกว่าเสมอ และถ้าสารใดๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแล้วก็ไม่มีการถ่ายเทความร้อนการถ่ายเทความร้อนมีอยู่ 3 ประเภทได้แก่การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน

2.1.1 การนำความร้อน (Conduction)

การนำความร้อนเกิดจากการเคลื่อนที่ของพลังงานระหว่างโมเลกุลที่อยู่ติดกันการถ่ายเทความร้อนจะเกิดจกบริเวณที่ร้อนกว่าหรือมีการเคลื่อนไหวของโมเลกุลมากกว่า ไปสู่บริเวณที่เย็นกว่า หรือมีการเคลื่อนไหวของโมเลกุลช้ากว่า การถ่ายเทความร้อนจะเกิดในทุกทิศทาง และจะไม่ขึ้นอยู่กับแรงโน้มถ่วงของโลก วัสดุจะมีการนำความร้อนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุล วัสดุที่มีความหนาแน่นมากจะนำความร้อนได้มาก วัสดุโลหะ เช่น อลูมิเนียม เหล็ก ทองแดง เป็นตัวนำความร้อนที่ดีที่สุด รองลงมาได้แก่คอนกรีตและอิฐ วัสดุธรรมชาติเช่นไม้จะมีค่าการนำความร้อนน้อยกว่า

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพ 2-1 แสดงการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน[1]

อากาศหรือก๊าซชนิดต่างๆ จะเป็นตัวนำความร้อนที่แย่ที่สุด ทำให้อากาศเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี อย่างไรก็ตามค่าการนำความร้อนไม่สามารถผ่านไปยังที่ๆไม่มีโมเลกุลเรียงตัวกันอย่างสุญญากาศได้ ความสามารถในการนำความร้อนจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างได้แก่ คุณสมบัติของวัสดุ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิววัสดุ ความหนาวัสดุ พื้นที่สัมผัสโดยตรงกับความร้อน และช่วงเวลาที่สัมผัสนั้นเป็นต้น ค่าที่เกี่ยวข้องกับการนำความร้อนได้แก่

สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Conductivity : k) หน่วย W/m. $^{\circ}$K หรือ Btu.in/(ft^2 .h$^{\circ}$.F) คือการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านสสารในความหนา ช่วงเวลา พื้นที่ และค่าความแตกต่างอุณหภูมิหนึ่งๆ ค่าสัมประสิทธิ์ในการนำความร้อนใช้ในการวัดค่าการนำความร้อนของวัสดุ เช่น คอนกรีตมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ 12.0 Btu.in/(ft^2 .h.$^{\circ}$F หมายความว่า คอนกรีตขนาด 1 ตารางฟุต หนา 1 นิ้ว มีค่าความแตกต่างอุณหภูมิของสองด้านคอนกรีตเท่ากับ 1.0 Btu แล้วจะมีการนำความร้อน 12.0 Btu ผ่านในวัสดุใน 1 ชั่วโมง

ความนำความร้อน (Conductance : C) หน่วย W/m^2.$^{\circ}$K หรือ Btu/(ft^2 .h.$^{\circ}$F)คือค่าการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านสสารในความหนาที่กำหนดในช่วงเวลา 1 หน่วย โดยมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ 1 หน่วย ค่าความนำความร้อนนั้นคล้ายกับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนแต่ละหน่วยของการวัดจะกำหนดตายตัว เช่น คอนกรีตหนา 3 นิ้ว มีค่าความนำความร้อนเท่ากับ 4.0 Btu /(ft^2 .h.$^{\circ}$ F) (ซึ่งมาจากค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนหารด้วยความหนา 3 นิ้ว) หมายความว่าถ้าคอนกรีตหนา 3 นิ้ว พื้นที่ 1 ตารางฟุต มีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอก 1.0 Btu จะมีการนำความร้อน 4Btu ผ่านวัสดุใน 1 ชั่วโมง

C = k / ความหนาวัสดุ

---

[1] Moore, Fuller, Environmental control system (Singapore, McGrawHill,1993), p.8.

ความต้านทานความร้อน (Resistance : R, R-value) หน่วย $m^2 . K^{\circ}/W$ ($ft^2.h.^{\circ}F$)/Btu คือ ส่วนกลับของค่าความนำความร้อน เป็นค่าที่นิยมใช้ในการกำหนดค่าฉนวนกันความร้อนภายในอาคารค่า R-value ที่มากขึ้นยิ่งแสดงถึงค่าความเป็นฉนวนที่มีมาก

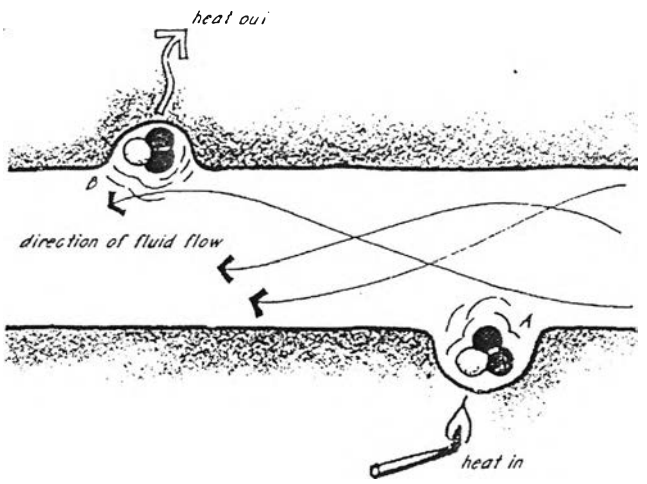
$$R = 1/C$$

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Thermal transmittance : U) หน่วย $W/m^2.^{\circ}K$ หรือ Btu /(ft^2 .h.$^{\circ}$F) คือหน่วยของการวัดปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเข้ามาในอาคารในช่วงเวลาหนึ่งและพื้นที่หนึ่ง เป็นการสวนกลับของค่า R

$$U = 1/\Sigma R$$
$$= 1/(R_1+R_2+R_3+.....+R_n)$$

2.1.2 การพาความร้อน (Convection)

การพาความร้อนคือการถ่ายเทความร้อนโดยการเคลื่อนที่ของของไหลผ่านตัวกลาง เช่น อากาศและน้ำ เมื่อสสารถูกทำให้ร้อนโมเลกุลจะเคลื่อนไหวเร็วขึ้นและแตกกระจายออกไปในทิศทางต่างๆก่อให้เกิดการขยายตัวของสสารนั้นๆโดยของแข็งจะมีการเพิ่มปริมาตรขึ้น ของเหลวและก๊าซจะมีความหนาแน่นต่ำลงและลอยตัวขึ้น



ภาพ2-2 แสดงการพาความร้อนจากจุด A ไปยังจุด B[2]

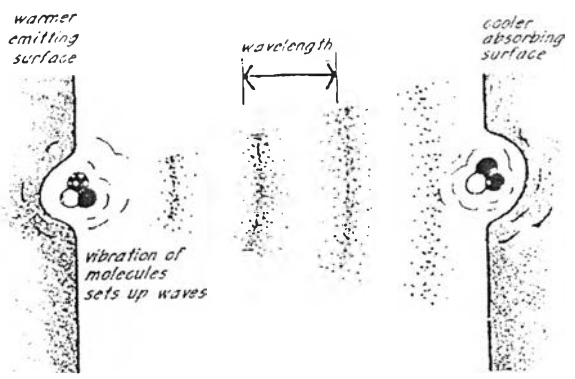
[2] Moore, Fuller, Environmental control system (Singapore, McGrawHill,1993), p.17.

จากภาพการถ่ายเทความร้อนจากด้านร้อน A ไปด้านเย็น B มีการเคลื่อนที่ที่เกิดจาการนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนจากภายนอกจนมากระทบที่จุด A ความร้อนนี้จะถ่ายเทไปที่อากาศและพาความร้อนผ่านอากาศไปยังจุด B ความแตกต่างของการนำความร้อนและการพาความร้อนคือความแตกต่างของการเคลื่อนที่ของโมเลกุล การนำความร้อนนั้นโมเลกุลจะไม่เปลี่ยนตำแหน่งแต่จะเคลื่อนย้ายพลังงานจากดมเลกุลหนึ่งไปยังโมเลกุลใกล้เคียง ส่วนการพาความร้อนพลังงานจะถูกถ่ายเทไปโดยโมเลกุลจะนำไปด้วยตัวเอง

2.1.3 การแผ่รังสีความร้อน

การแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อโมเลกุลของสสารเกิดการเคลื่อนไหวจะคายพลังงานคลื่นออกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การแผ่รังสีความร้อนจึงเป็นการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งจะเคลื่อนที่จากวัตถุที่ร้อนกว่าไปสู่วัตถุที่เย็นกว่าเช่นเดียวกับการนำความร้อน แต่การแผ่รังสีความร้อนสามารถส่งผ่านความร้อนผ่านสุญญากาศได้

การเคลื่อนที่หรือการสั่นของโมเลกุลพื้นผิวของสสารจะก่อให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางได้เร็วเท่ากับความเร็วแสง การเคลื่อนที่ของโมเลกุลจะช้าลงเมื่อเปลี่ยนแปลงไปเป็นคลื่นรังสีความร้อน โดยเมื่อความร้อนเคลื่อนที่ผ่านของแข็ง อากาศ หรือสุญญากาศไปจนกระทบพื้นผิววัสดุอีกด้าน จะสะสมพลังงานความร้อนในด้านนั้นๆ และทำให้โมเลกุลมีการเคลื่อนไหวมากขึ้นจนอุณหภูมิสูงขึ้น และคายความร้อนออกมา การแผ่รังสีความร้อนจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในทุกทิศทาง และไม่ขึ้นกับแรงโน้มถ่วงของโลก



ภาพ2-3 แสดงการแผ่รังสีความร้อน[3]

[3] Moore, Fuller, Environmental control system (Singapore, McGrawHill,1993), p.13.

อุณหภูมิโมเลกุลของพื้นผิววัสดุสามารถให้ความร้อนที่วัดได้เป็นค่าความยาวคลื่น(Wave lengh) หรือความถี่คลื่น (Frequency) ได้ โมเลกุลของพื้นผิวแต่ละชนิดจะมีการเคลื่อนไหว หรือการสั่นที่แตกต่างกัน และแผ่รังสีความร้อนออกมาในความเร็วคงที่ การเคลื่อนไหวดังกล่าวจะทำให้เกิดความถี่ของคลื่นการแผ่รังสี โมเลกุลที่เคลื่อนที่เร็วที่สุดหรือร้อนที่สุดจะคายคลื่นรังสีสั้นๆออกมา เช่น คลื่นรังสีจากดวงอาทิตย์จะเป็นคลื่นสั้น (ประมาณ0.4-4.0 micron, 1 micron = 10^{-6} เมตร) และโมเลกุลที่เคลื่อนที่ช้าๆ จะคายรังสีคลื่นยาวซึ่งมีความยาวคลื่น 8-50 micron

เมื่อพลังงานการแผ่รังสีความร้อนกระทบพื้นผิว พื้นผิวนั้นจะสามารถดูดซับ(Absorbtion : α) ความร้อน และเปลี่ยนเป็นพลังงานคามร้อนซึ่งจะทำให้ผิววัสดุอุ่นขึ้น และสามารถสะท้อนความร้อน(Reflection:β) นั้นกลับไปได้ ถ้าวัสดุมีคุณสมบัติที่ความร้อนสามารถผ่านไปได้ ความร้อนจะทะลุผ่าน (Transmission : τ) ชั้นวัสดุออกไป ค่าการดูดซับความร้อน การสะท้อนความร้อน และการทะลุผ่านของความร้อนนั้นไม่มีหน่วย และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0-1.0 ค่าของคุณสมบัติ3 ส่วนรวมเท่ากับ 1

วัสดุที่ผิวไม่มันหรือไม่เป็นโลหะ (Non metalic) จะมีความสามารถคายความร้อนได้มากกว่าวัสดุโลหะ วัสดุสีเข้มจะมีการดูดซับความร้อนที่ดีและมีอุณหภูมิสูงได้อย่างรวดเร็วในขณะที่วัสดุสีอ่อนจะสะท้อนความร้อนได้ดีและมีอุณหภูมิต่ำกว่า วัสดุธรรมชาติจะเก็บความร้อนไว้ในขณะที่มีวัสดุที่มีผิวมันจะไม่เก็บความร้อน และมีอุณหภูมิต่ำลงได้เร็ว

2.2 อิทธิพลของผิวผนังภายในอาคารที่มีต่อความรู้สึกทางด้านอุณหภูมิ

อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบ(Mean Radiant Temperature, MRT.) เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกทางด้านอุณหภูมิ ซึ่งเมื่ออุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบตัวสูงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิผิวกาย จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนในลักษณะของการแผ่รังสี จากที่อุณหภูมิสูงกว่าไปยังที่ที่อุณหภูมิต่ำกว่า ซึ่งอุณหภูมิผิวผนังภายในเป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งมีอิทธิพลต่อ MRT. ภายในอาคารค่อนข้างสูง เนื่องจาก ผนังมีพื้นที่ ถึง 4 ใน 6 ของสภาพแวดล้อมภายในอาคาร เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบจะพบว่าความสำคัญอยู่ที่อุณหภูมิผิว และค่ามุมเปิดของตำแหน่งที่ผู้ใช้งานยืนอยู่สู่พื้นผิวโดยรอบ ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบอาจคำนวณได้จากค่าอุณหภูมิผิวของพื้นผิวแต่ละด้านรอบจุดสังเกตและถ่วงน้ำหนักด้วยค่ามุมเปิดสู่ด้านนั้นๆ[4] เนื่องจากในแต่ละตำแหน่งของห้องจุดสังเกตจะได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิผิวแต่ละด้านไม่เท่าเทียมกัน จุด

---

[4] Fanger, P.O. **Thermal confort : analysis and applications in environmental engineering,** (New York: McGraw-Hill, 1970)

สังเกตอยู่ใกล้ผิวด้านใดจะได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิผิวด้านนั้นมากกว่าด้านอื่นๆ ซึ่ง MRT. สามารถคำนวณได้จากสมการ[5]

$$MRT = \Sigma T\theta/360$$

$$= (T_1\theta_1+T_2\theta_2+...+T_n\theta_n)/360$$

เมื่อ T = อุณหภูมิผิวของวัสดุ

θ = มุมที่เปิดรับกับพื้นผิววัสดุ ณ จุดที่ทำการวัด

ซึ่งจากแผนภูมิไบโอไคลเมติกของ Victor Olgyay[6] สามารถแสดงให้เห็นว่าถ้าอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกว่าอุณหภูมิอากาศทุกๆ 1 องศาเซลเซียส มนุษย์จะมีความรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงไป 1.4 องศาเซลเซียส ความรู้สึกของมนุษย์ทางอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปสามารถแสดงผลได้ ดังต่อไปนี้

$$\text{อุณหภูมิเสมือน} = T_{inside} + 1.4(MRT - T_{inside})$$

เมื่อ T_{inside} = อุณหภูมิอากาศภายใน มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส

MRT = อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายใน มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส

ดังนั้น ในการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านอุณหภูมิภายในอาคารนอกจากจะคำนึงถึงปัจจัยของอุณหภูมิอากาศแล้ว MRT เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญเพราะมีอิทธิพลต่อความรู้สึกทางด้านอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศถึง 40 เปอร์เซนต์

---

[5] วันเอก กิจสมใจ , ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวภายนอกของผนังอาคาร. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2539)

[6] Olgyay, V. **Desigtn with climate**. (New Jersey: Princeton University Press, 1973)

2.3 ความหมายของความชื้นและคุณสมบัติของความชื้น

ความชื้น (Humidity) คือ ละอองไอน้ำในอากาศซึ่งสามารถเคลื่อนที่ไปมาได้ โดยเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ โดยที่อากาศประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด รวมถึงน้ำในสภาวะของไอน้ำที่แทรกอยู่ในอากาศในปริมาณที่มากน้อยต่างกัน ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศเรียกว่าความชื้น

การเปลี่ยนรูปของน้ำในอากาศในลักษณะต่างๆ จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนในอากาศ พลังงานในการที่ทำให้น้ำเปลี่ยนอุณหภูมิเรียกว่า ความร้อนจำเพาะ(Sensible Heat) และเมื่อน้ำเกิดการระเหยจะใช้พลังงานความร้อนในการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นก๊าซโดยอุณหภูมิคงเดิม เรียกว่า ความร้อนแฝง(Latent Heat)

ในปริมาตรอากาศที่เท่ากัน ปริมาณไอน้ำจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิอากาศคือ เมื่ออากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นก็จะมีความสามารถที่จะรองรับปริมาณไอน้ำได้มากขึ้นและเมื่ออากาศมีอุณหภูมิต่ำลงความสามารถในการรองรับปริมาณไอน้ำในอากาศก็จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้ปริมาตรอากาศที่เท่ากัน ณ อุณหภูมิที่ต่ำลงจะมีปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้น จนถึงสภาวะหนึ่งที่อากาศไม่สามารถรับไอน้ำได้อีกเรียกว่า การอิ่มตัว(Saturation) และจุดที่ไอน้ำแทรกตัวอยู่ในอากาศในปริมาณสูงสุดที่อุณหภูมิหนึ่งๆ เรียกว่า จุดอิ่มตัว (Saturated Point) ไอน้ำที่แทรกอยู่ในอากาศเกิดความดันไอน้ำ (Vapor Pressure)

2.4 การวัดความชื้น (Humidity Parameters)[7]

2.4.1 อัตราส่วนความชื้น (Humidity ratio หรือ moisture content : W)

คือ อัตราส่วนมวลของไอน้ำในอากาศต่อมวลของอากาศแห้ง

อัตราส่วนความชื้น (W) = มวลของไอน้ำในอากาศ (Mw) / มวลของอากาศแห้ง (Ma)

หรือสามารถคำนวณได้จากสมการ

---

[7] เรียบเรียงจากAmerican Society of Heating, Refrigirating and Air Conditioning Engineerings, 2001 ASHRAE Handbook Fundamental S-I Edition (Atlanta, Georgia,2001), Chapter 6.

$$W = 0.62198\, X_w / X_{da}$$

เมื่อ W = อัตราส่วนความชื้น (humidity ratio)

X_w = อัตราส่วนมวลของไอน้ำ (water vapor) ต่อมวลของอากาศผสม (moist air)

X_{da} = อัตราส่วนมวลของอากาศแห้ง (dry air) ต่อมวลของอากาศผสม (moist air)

2.4.2 ความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity ratio : ϕ)

คือ อัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำสูงสุดในอากาศต่อมวลของไอน้ำทั้งหมดที่อากาศสามารถรับได้ ณ อุณหภูมิหนึ่งๆ ดังนั้นการที่ความชื้นสัมพัทธ์ 0% หมายถึง อากาศขณะนั้นไม่มีไอน้ำอยู่เลย ณ อุณหภูมินั้นๆ หรือการที่ความชื้นสัมพัทธ์ 100% แสดงว่า อากาศขณะนั้นอิ่มตัว กล่าวคือไม่สามารถรับไอน้ำมาเก็บไว้ในอากาศได้อีก

ความชื้นสัมพัทธ์หาได้จากสมการ

$$\phi = Xw / Xws \text{ at } t,p$$

เมื่อ ϕ = ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity)

Xw = อัตราส่วนมวลของไอน้ำ (Water vapor) ต่อมวลของอากาศผสม (Moist air) ณ อุณหภูมิและความดันหนึ่ง ๆ

Xws at t,p = อัตราส่วนมวลของไอน้ำ (Vapor) ต่อมวลของอากาศผสมในสภาวะอากาศอิ่มตัว (Saturated Mixture) ณ อุณหภูมิและความดันนั้นๆ

2.4.3 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew point temperature)

เป็นอุณหภูมิที่ไอน้ำเกิดการควบแน่น และกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่ออากาศมีอุณหภูมิลดลงแต่ปริมาณไอน้ำในอากาศยังคงเท่าเดิม และมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่ 100 % แสดงว่า ณ. ขณะนั้นเป็นสภาวะที่อากาศอิ่มตัว คือ ไม่สามารถรับไอน้ำเพิ่มขึ้นได้อีก หากมีปริมาณไอน้ำเพิ่มสูงขึ้นทำให้ไอน้ำในอากาศเกิดการควบแน่นและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ สภาวะดังกล่าวจึงเรียกว่า อุณหภูมิจุดน้ำค้าง ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ในกรณีที่พื้นผิวของวัสดุใดๆ มีอุณหภูมิพื้นผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศจนถึงอุณหภูมิจุดน้ำค้างก็จะทำให้เกิดหยดน้ำบนพื้นผิววัสดุนั้น

2.4.4 ความดันไอน้ำ (Vapor pressure)

จากการที่อากาศจะมีส่วนผสมของก๊าซหลากหลาย ชนิด เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำ เป็นต้น โดยผลรวมของความดันอากาศทั้งหมดสามารถแสดงในลักษณะของปริมาตรอากาศที่ผสมผสานจากก๊าซหลายๆ ชนิดดังกล่าวและก๊าซแต่ละชนิดก็จะมีความดันไอที่ต่างกันออกไป แต่ทั้งหมดก็ประกอบรวมกันเป็นความดันอากาศ โดยที่ความดันไอน้ำก็คือ ความดันของก๊าซที่เป็นไอน้ำในอากาศนั่นเอง

การคำนวณหาค่าความดันไอน้ำตามวิธีการเดียวกันกับกรมอุตุนิยมวิทยา มีวิธีการคำนวณตามสูตรต่อไปนี้

$$es\ (T) = 0.611 * EXP\ (17.27 * t) / t + 237.3$$

โดยที่

$$e = (rh) * es\ (T) / 100$$

เมื่อ es(T) = ความดันไอน้ำอิ่มตัว ณ อุณหภูมิหนึ่งๆ ที่บรรยากาศขณะนั้นมีความชื้นสูงสุด หน่วยกิโลปาสคาล (kpa)

t = อุณหภูมิอากาศ หน่วย อาศาเซลเซียส ($^{\circ}C$)

e = ความดันไอน้ำ(Vapor pressure)หน่วยกิโลปาสคาล

rh = ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) หน่วย เปอร์เซ็นต์

2.4.5 เอนทัลปีของอากาศ (Enthalpy of moist air : h)

ความชื้นที่อยู่ในรูปของไอน้ำในอากาศจะมีความร้อนสะสมอยู่ทั้งในส่วนของความร้อนแฝง (latent Heat) และความร้อนสัมผัส (sensible Heat) ซึ่งคุณสมบัติของความร้อนดังกล่าวสามารถรวมเรียกว่า เอนทัลปี ซึ่งในการคำนวณสามารถหาได้จากสมการ

$$h = h_a + Wh_g$$

โดยที่ $h_a = 0.240\,t$

$h_g = 1061 + 0.444\,t$

ดังนั้น $h_a = 0.240\,t + W(1064 + 0.444\,t)$

เมื่อ h = enthalpy of moist air หน่วย Btu per pound of dry air

h_a = specific enthalpy of dry air หน่วย Btu per pound

t = อุณหภูมิอากาศ (dry bulb temperature) หน่วย ^{o}F

W = ความชื้นสัมพัทธ์ (humidity ratio)

h_a = specific enthalpy of saturated water vapor หน่วย Btu per pound

2.5 การถ่ายเทความชื้น[8]

การถ่ายเทความชื้นซึ่งอยู่ในรูปของไอน้ำนั้น มีรูปแบบที่หลากหลายซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการที่แตกต่างกัน โดยสามารถแบ่งกระบวนการที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

1.) ความแตกต่างของความดันอากาศ หรือ แรงโน้มถ่วงของโลก

2.) แรงดูดความชื้นภายในช่องว่างของเนื้อวัสดุ (Capillary suction)

3.) การเคลื่อนตัวของไอน้ำในอากาศที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอากาศ

4.) การแพร่ของความชื้นโดยความแตกต่างของความดันไอน้ำ (Water vapor diffusion)

โดยกระบวนการถ่ายเทความชื้นการสกัดกั้นการถ่ายเทความชื้นสามารถทำได้ด้วยการติดตั้งฉนวนป้องกันความชื้น (Vapor Retarded) เพื่อลดความแตกต่างของความดันอากาศ หรือแรง

---

[8] เรียบเรียงจาก American Society of Heating, Refrigirating and Air Conditioning Engineerings, 2001 ASHRAE Handbook Fundamental IP Edition (Atlanta, Georgia,2001), Chapter 23 .

โน้มถ่วงของโลก นอกจากนี้การป้องกันการถ่ายเทความชื้นที่เกิดจากกระบวนการแรงดูดความชื้นภายในมวลสาร และการเคลื่อนตัวของไอน้ำที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอากาศก็เป็นกระบวนการที่สำคัญเพราะสามารถนำความชื้นเข้ามาในอาคารได้เป็นจำนวนมากเช่นกัน

1.) การถ่ายเทความชื้นโดยแรงดูดความชื้น (Capillary Suction)

ภายในรูพรุนของวัสดุที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.1 μm โมเลกุลของไอน้ำในวัสดุจะสร้างแรงดึงระหว่างผิวของโมเลกุลด้วยกัน ซึ่งแรงดูดความชื้นดังกล่าวสามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$S = \frac{2\sigma \cos\theta}{r}$$

เมื่อ S = แรงดูดความชื้น (capillary suction)

σ = แรงดึงผิวของของน้ำ (surface tension of water)

θ = มุมสัมผัส (contact of wetting angle)

r = รัศมีส่วนโค้งของผิว (radius of the capillary)

โดยมุมสัมผัส (contact of wetting angle) คือมุมระหว่างเส้นโค้งของผิวน้ำ (water meniscus) กับพื้นผิวของ capillary มุมดังกล่าวนั้นยิ่งเล็กมากเท่าไร capillary suction ก็ยิ่งมากขึ้นเท่านั้น ในวัสดุที่ดูดซับน้ำได้ดี (hydrophilic) มุมสัมผัสจะเล็กกว่า 90 องศา ส่วนวัสดุที่ไม่ดูดซับน้ำ (hydrophobic) จะมีองศาอยู่ระหว่าง 90 ถึง 180 องศา capillary ที่เล็กกว่าย่อมดูดซับน้ำได้ดีกว่า น้ำจึงถูกดูดซับจาก capillary ที่ใหญ่กว่าไปยัง capillary ที่เล็กกว่า

2.) การถ่ายเทความชื้นจากเคลื่อนที่ของอากาศ (Air Movement)

การถ่ายเทไอน้ำจากการเคลื่อนที่ของอากาศสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$w = W\rho v$$

เมื่อ w คือ water vapor flux (flow per unit area)

W คือ อัตราส่วนความชื้น (humidity ratio)

ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ (density of air)

v คือ ความเร็วลม (airflow velocity)

การถ่ายเทอากาศแม้เพียงเล็กน้อยก็สามารถนำไอน้ำในปริมาณมากมาด้วยได้เมื่อเทียบกับการแพร่กระจายของไอน้ำ ซึ่ง Airflow retarders ถูกออกแบบมาเพื่อกันการไหลเวียนของอากาศ เป็นการกันไม่ให้อากาศพาไอน้ำเข้ามาในอาคาร

3.) การถ่ายเทความชื้นจากการแพร่กระจายของไอน้ำ (Water Vapor Diffusion)

ตามปกติแล้ว การถ่ายเทความชื้นจากการแพร่ของไอน้ำผ่านผนังอาคารจะมีค่าน้อยมากซึ่งในอาคารทั่วๆไปจะไม่ถือว่ามีความสำคัญมากนัก ยกเว้นอาคารที่ต้องคำนึงถึงการป้องกันความชื้นเป็นพิเศษ เช่นอุตสาหกรรมห้องเย็น

สมการที่ใช้ในการคำนวณการแพร่ของไอน้ำผ่านวัสดุนั้นได้มาจากกฎของ Fick 's Law ดังนี้

$$W = -\mu \frac{dp}{dx}$$

เมื่อ **W** คือ การแพร่ความชื้นที่ผ่านวัสดุต่อหน่วยพื้นที่ (water vapor flux)

μ คือ water vepor permeability

p คือ ความดันไอน้ำ (Water vapor pressure)

x คือ ระยะทางการแพร่ความชื้น (distance along flow path)

2.6 การควบคุมความชื้น[9]

การควบคุมความชื้นนอกจากจะกระทำโดยการติดตั้งฉนวนป้องกันไอน้ำ (Vapor Retarder)แล้ว ก็ยังต้องใช้ฉนวนป้องกันการไหลของอากาศ (Airflow Retarder) ที่มีประสิทธิภาพอีกด้วย เพราะถ้าไม่มีการป้องกันการไหลของอากาศอย่างมีประสิทธิภาพแล้ว การใช้ฉนวนป้องกันไอน้ำก็ไร้ประสิทธิภาพโดยสิ้นเชิง ฉนวนป้องกันไอน้ำอาจใช้เป็นฉนวนป้องกันการไหลของอากาศ ด้วยก็ได้ ในอดีตมีการออกแบบบนพื้นฐานดังกล่าวและมีการวัดเพื่อให้แน่ใจว่า ฉนวนป้องกันไอน้ำมีพื้นที่ต่อเนื่องกันเพื่อควบคุมการไหลของอากาศผ่านเข้าฉนวนดังกล่าว ในปัจจุบันมี

---

[9] American Society of Heating, Refrigirating and Air Conditioning Engineerings, 2001 ASHRAE Handbook Fundamental S-I Edition (Atlanta, Georgia,2001), Chapter 23 p.15.

การออกแบบแยกฉนวนป้องกันการไหลของอากาศและฉนวนป้องกันความชื้นแยกออกจากกัน แต่ต้องระวังไม่ติดตั้งฉนวนป้องกันการไหลของอากาศในบริเวณที่จะทำให้ไอน้ำกลั่นตัว เช่น การติดตั้งฉนวนป้องกันการไหลของอากาศในด้านเปลือกอาคารในด้านที่เย็นกว่า อาจก่อให้เกิดการกลั่นตัวของไอน้ำได้

การรั่วซึมของอากาศ (Air Leakage) ซึ่งเป็นลักษณะของของฉนวนป้องกันการไหลของกอากาศนั้นคำนวณได้โดย ASTM Standard 283 หรือ ASTM Standard E 1424 ประสิทธิภาพของฉนวนกันการไหลของอากาศอาจลดลงอย่างมากหากฉนวนมีรูเปิดแม้แต่เล็กน้อย รูเปิดดังกล่าวอาจเกิดจากสาเหตุหลายอย่าง เช่น การออกแบบที่ไม่ดี การผลิตที่ไม่มีคุณภาพ การเสื่อมคุณภาพ ฯลฯ บริเวณที่มักจะมีการรั่วซึมเป็นประจำคือบริเวณกล่องไฟฟ้า ท่อประปา สายโทรศัพท์และสายโทรทัศน์ ฯลฯ

คุณสมบัติที่สำคัญๆของฉนวนป้องกันการไหลของอากาศคือการตอบสนองข้อกำหนดว่าด้วยการรั่วซึมของอากาศ มีความต่อเนื่อง มีการผนึกรอยต่อกันรอยรั่วอย่างมิดชิด มีการป้องกันการหดตัว หรือการขยายตัวเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ มีความยืดหยุ่น มีความเสถียรภาพในเรื่องความร้อน มีความทนไฟ ไม่ติดไฟง่าย ฯลฯ

2.7 ผลกระทบจากความชื้นต่ออาคารและผู้ใช้อาคาร

ความชื้นเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการใช้พลังงานในอาคาร เพราะความชื้นจะมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุและอุปกรณ์อาคาร การบำรุงรักษาอาคาร อายุการใช้งาน การเสื่อมสภาพของวัสดุ ซึ่งการเสื่อมสภาพดังกล่าว จะเกิดขึ้นตลอดเวลาทั้งที่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า และที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งมักพบเห็นบ่อยในรูปของการเกิดเชื้อรา สีซีด การผุกร่อนของวัสดุ การเสื่อมสภาพความเป็นฉนวน การลดกำลังการรับแรงของวัสดุ เป็นต้น

นอกจากนี้ ความชื้นยังมีอิทธิพลต่อสภาวะสบายและสุขภาพของผู้ใช้อาคารด้วย เนื่องจากความชื้นจะทำให้เกิดการเจริญเติบโตของเชื้อรา และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่สามารถแฝงตัวอยู่กับอากาศภายในอาคาร ทำให้เกิดกลิ่นอับชื้น ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality)

2.7.1 เชื้อรา ไรฝุ่นและสุขภาพผู้ใช้อาคาร

ความชื้นที่สะสมในอาคารเป็นสาเหตุของการเกิดเชื้อรา ไรฝุ่น ซึ่งเป็นสาเหตุของอาการภูมิแพ้ต่างๆ เนื่องจากเชื้อราจะเจริญเติบโตได้เมื่อมีสภาวะอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม ซึ่งเชื้อราส่วนมากสามารถเจริญได้ดีเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 4 ^{0}C ส่วนไรฝุ่นสามารถเจริญเติบโตได้ดีเมื่อมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ สูงเกินกว่า 70 % หากสามารถความคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้ต่ำกว่า 50 %

ไรฝุ่นจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ซึ่งนอกจากการควบคุมปริมาณความชื้นของอากาศภายในอาคารเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อรา และไรฝุ่นแล้ว ยังต้องควบคุมปริมาณความชื้นของเฟอร์นิเจอร์และวัสดุตกแต่งภายในอาคารซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ด้วย

ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่ผิวของวัสดุจะมีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุ โดยเฉพาะคุณสมบัติความจุความชื้น (moisture content) เพราะหากพื้นผิวของวัสดุมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์สูงจะทำให้ค่าความจุความชื้นของวัสดุเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจะทำให้การใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศสำหรับการควบคุมความชื้นภายในอาคารเพิ่มสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้ความชื้นยังเป็นสาเหตุของการหลุดร่อนของสีทาอาคาร การเกิดคราบบนผนัง การโก่งตัวของไม้ รวมถึงเสียกำลังของโครงสร้าง โดยเฉพาะโครงสร้างไม้ เนื่องจากภายในเนื้อไม้หากมีปริมาณความชื้นสูงจะทำให้เกิดการผุกร่อน นอกจากนี้การยึดโครงสร้างไม้ด้วยการใช้อุปกรณ์ เช่น ตะปู น็อต โลหะ หากมีปริมาณความชื้นที่พอเหมาะบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อไท้กับอุปกรณ์ ยึดเหล่านี้ จะทำให้เกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำของความชื้นบริเวณนั้น เมื่อกระบวนการดังกล่าวเกิดขึ้นต่อเนื่องเป็นเวลานาน จะทำให้เกิดสนิมที่อุปกรณ์ยึดโครงสร้างดังกล่าว ซึ่งเป็นการลดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ยึด รวมถึงการลดกำลังรับน้ำหนักของโครงสร้างด้วย

2.7.2 ผลกระทบจากความชื้นต่อคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อน

ความชื้นที่สะสมภายในเปลือกอาคาร เป็นสาเหตุสำคัญของการลดทอนประสิทธิภาพความเป็นฉนวนของวัสดุ ซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ ความจุความชื้น อุณหภูมิ ระยะเวลาการใช้งาน รวมถึงสภาพแวดล้อมทั้งภายนอกและภายในอาคาร

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นที่สามารถแทรกซึมผ่านวัสดุกับคุณสมบัติการเป็นฉนวนของวัสดุ จะเกิดการแปรผันตามช่องว่างในเนื้อฉนวน โดยเฉพาะฉนวนแบบเซลล์เปิด (open cell) หรือประเภทเส้นใยธรรมชาติ เพราะความชื้นสามารถถ่ายเทผ่านฉนวนประเภทดังกล่าวได้อย่างรวดเร็ว

การถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารที่เกิดจากการถ่ายเทความชื้น จะปรากฏในรูปแบบของความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝง ซึ่งกระบวนการที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากความแตกต่างความดันไอน้ำ (vapor pressure) ที่ถ่ายเทจากบริเวณที่มีความดันไอน้ำสูงไปยังบริเวณที่มีความดันไอน้ำต่ำกว่า นอกจากนี้การระเหยของความชื้นจากผนังด้านที่ร้อนหรือการดูดซับความชื้นของผนังด้านที่เย็น จะเพิ่มปริมาณความร้อนแฝงในการถ่ายเทความร้อนเข้ามาภายในอาคาร

พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านฉนวนชนิดเซลล์ปิด (closed cell) เช่นฉนวนโฟม จะเกิดผลแตกต่างกันออกไป เนื่องจากความชื้นไม่สามารถแทรกซึมผ่านฉนวนดังกล่าวได้ ทำให้ไม่มี

การกลั่นตัวเป็นหยดน้ำภายในเนื้อฉนวนเกิดขึ้น ดังนั้นเมื่อความชื้นไม่สามารถถ่ายเทผ่านฉนวนเซลปิดดังกล่าวจึงทำให้คุณสมบัติความเป็นฉนวนยังคงอยู่ ซึ่งฉนวนชนิดนี้มีความเหมาะสมในการป้องกันความชื้นได้ดีกว่าฉนวนแบบเซลล์ปิด หรือประเภทเส้นใยธรรมชาติ

2.8 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในการปรับอากาศที่เกิดจากผนัง

ผนังอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งผนังภายนอกอาคาร ซึ่งเป็นส่วนที่ติดกับสภาพแวดล้อมภายนอกโดยตรงซึ่งในภูมิอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย ซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าขอบเขตสภาวะน่าสบายค่อนข้างมาก และมีความแปรปรวนสูง ซึ่งในการปรับสภาพอากาศภายในอาคารให้มีความคงที่และอยู่ในสภาวะน่าสบายนั้น จำเป็นต้องใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศ ซึ่งภาระการปรับอากาศของเครื่องปรับอากาศนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.8.1 ภาระการปรับอากาศในการรีดความร้อนและความชื้นที่สะสมในเนื้อวัสดุ ในช่วงเริ่มต้นของการปรับอากาศ (Start up time)

ในช่วงที่ไม่ได้ทำการปรับอากาศ วัสดุผนัง จะเกิดการสะสมความร้อนและความชื้น จากสภาพแวดล้อม ทำให้เมื่อเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศ จะเกิดภาระในการรีดความร้อนและความชื้นที่สะสมอยู่ในเนื้อวัสดุออก ซึ่งปริมาณของพลังงานในการรีดความร้อนและความชื้นดังกล่าว จะขึ้นกับ คุณสมบัติของผนัง ซึ่งได้แก่

1.) มวลสารของผนัง และค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat)

ซึ่งวัสดุที่มีมวลสาร,ความจุความร้อนจำเพาะมาก จะต้องใช้ปริมาณพลังงานมากในการเปลี่ยนอุณหภูมิ มากกว่าวัสดุ ที่มีมวลสาร,ความจุความร้อนน้อยกว่าซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$Q = m*c*\Delta T$$

ซึ่ง Q = ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการปรับอุณหภูมิ

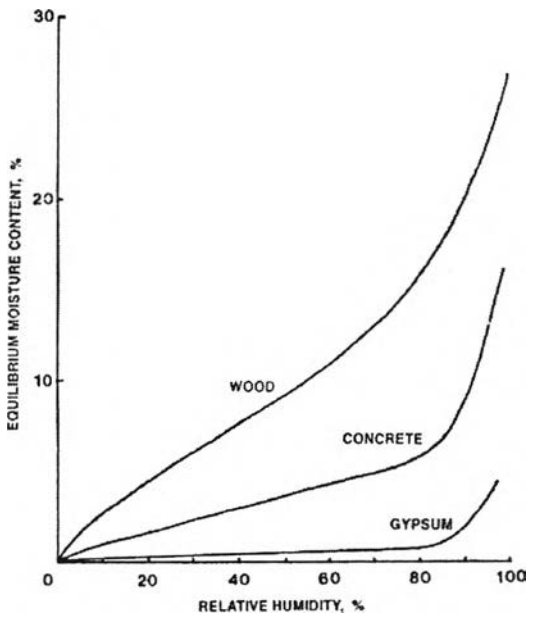
m = มวล

c = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ

ΔT = ความแตกต่างอุณหภูมิ

2.) การดูดซับความชื้นของวัสดุ (Sorption Isotherm)

ค่าการดูดซับความชื้นของวัสดุ จะสัมพันธ์กับสมดุลย์ความชื้นของวัสดุ (Equilibrium moisture content หรือ EMC) ภายใต้สภาวะอุณหภูมิคงที่ ค่าความจุความชื้นของวัสดุ (Moisture content หรือ MC) คืออัตราส่วนระหว่างปริมาณ(มวล) ของน้ำในวัสดุต่อมวลของวัสดุในสภาวะแห้ง ในเบื้องต้นการพิจารณาค่าการดูดซับความชื้นจำเป็นที่จะต้องทราบอุณหภูมิและปริมาณความชื้นของสภาพแวดล้อมจากนั้นจึงนำวัสดุที่ต้องการทดสอบไปตั้งไว้ในสภาพแวดล้อมดังกล่าว เพื่อให้วัสดุทำการดูดซับความชื้นจากสภาพแวดล้อมดังกล่าวจนเข้าสู่สภาวะสมดุลของความจุความชื้น คือ เป็นสภาวะที่เกิดความสมดุลของความชื้นในวัสดุกับความชื้นของสภาพแวดล้อม ผลที่ได้รับจากการวัดจะพบว่าพฤติกรรมของการดูดซับความชื้นของวัสดุแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ เมื่อวัสดุดูดซับความชื้นจนเข้าสู่ภาวะสมดุลความชื้นแล้ว ผลที่ปรากฏอาจจะพบทั้งปริมาณความชื้นสัมพัทธ์จะสูงขึ้น (Adsorption Isotherm) หรือ ลดลง (Desorption Isotherm)



แผนภูมิ2-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมดุลย์ความชื้นของวัสดุต่างๆ และความชื้นสัมพัทธ์[10]

---

[10] American Society of Heating, Refrigirating and Air Conditioning Engineerings, 2001 ASHRAE Handbook Fundamental S-I Edition (Atlanta, Georgia,2001), Chapter 23 p.13.

2.8.2 ภาระการปรับอากาศที่เกิดจาก ความร้อนและความชื้นที่ถ่ายเทผ่านวัสดุผนัง

ในระหว่างการปรับอากาศ ความร้อนและความชื้นจากสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกอาคาร จะเกิดการถ่ายเทสู่ภายในอาคาร ซึ่งปริมาณพลังงานที่เป็นภาระของเครื่องปรับอากาศ จะขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ปัจจัยที่เกิดจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร และปัจจัยที่เกิดจากคุณสมบัติของตัววัสดุผนัง

2.8.2.1 ปัจจัยจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร ได้แก่

1.) ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวผนัง ซึ่งปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบ จะขึ้นกับ เขตภูมิภาค ,ฤดูกาล ,เวลา ,ทิศทางของผนัง ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่องกระทบถูกผิววัสดุผนังภายนอกอาคารจะทำให้อุณหภูมิผิวผนังมีค่าสูงขึ้นมากกว่าอุณหภูมิอากาศ เมื่ออุณหภูมิผิวผนังสูงขึ้นจะทำให้ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายนอกและภายในอาคารมีค่าสูงขึ้น การถ่ายเทความร้อนจะมีปริมาณมากขึ้น

2.) อุณหภูมิอากาศและความเร็วลมภายนอก ซึ่งส่งผลต่ออัตราแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศและผิวผนังภายนอกโดยตรง (Surface conduction) ซึ่งอิทธิพลของ Surface conduction จะมีค่าน้อยมากในกรณีที่ผนังนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ อิทธิพลนี้จะมีค่ามากขึ้นในกรณีที่ผนังนั้นๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูง

3.) ปริมาณความแตกต่างของอัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio) ของอากาศภายนอก และภายใน ซึ่งส่งผลต่อการส่งผ่านความชื้นจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร จากอากาศที่รั่วซึมผ่านผนังอาคาร

2.8.2.2 ปัจจัยที่เกิดจากคุณสมบัติของตัววัสดุผนัง ได้แก่

1.) มวลสารและค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุผนัง วัสดุที่มีมวลและค่าความจุความร้อนจำเพาะมาก จะทำให้ต้องใช้พลังงานความร้อนในปริมาณมากในการเปลี่ยนอุณหภูมิ 1 องศา จึงสามารถช่วยหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ถ่ายเทจากผิวผนังภายนอกให้เข้าสู่ภายในได้ช้าลง โดยปกติแล้ววัสดุที่มีมวลสารมากจะมี

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้มากกว่า วัสดุที่มีมวลสารน้อย แต่ในสภาพการใช้งานจริง การหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ และที่สำคัญคือปริมาณความร้อนที่มากพอที่จะทำให้วัสดุแต่ละชั้นร้อนขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัว (Fill Up Heat Capacity) ก่อนที่จะถ่ายเทสู่ชั้นต่อไป ด้วยเหตุนี้จึงพบว่าในผนังก่ออิฐฉาบปูนเหมือนกัน แต่ใส่ฉนวนไว้ในตำแหน่งต่างกัน คือภายนอกและภายใน ผนังที่ใส่ฉนวนไว้ภายนอกจะมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ได้นานกว่าผนังที่ใส่ฉนวนไว้ภายใน ทั้งนี้เพราะการมีฉนวนอยู่ภายนอกทำให้ปริมาณความร้อนที่ผ่านฉนวนมีปริมาณน้อย ทำให้การ Fill Up Heat Capacity ของผนังเป็นไปได้ช้าจึงทำให้ Time Lag ของผนังยาวนานขึ้น

2.) สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนัง (Thermal transmittance) วัสดุที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำ เช่น ฉนวนกันความร้อน ปริมาณการถ่ายเทความร้อนจะน้อยกว่าวัสดุที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนสูงกว่า

3.) สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ α(Absorbtivity) และสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนจากวัสดุผนัง ε(Emissivity) ซึ่งขึ้นกับชนิดของวัสดุผนัง รวมทั้งสีวัสดุ สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์โดยปกติจะแปรตามความเข้มของสีผิววัสดุ คือสีเข้มมาก จะมีความสามารถในการดูดกลืนความร้อนสูง

4.) คุณสมบัติในการกันความชื้นของผนัง ประสิทธิภาพในการด้านป้องกันความชื้นของผนัง คือวัสดุผนังที่มีการป้องกันการถ่ายเทความชื้นทั้งจากการแพร่ของความชื้น และจากการรั่วซึมของอากาศ โดยการการติดตั้งฉนวนป้องกันไอน้ำ (Vapor Retarder) และฉนวนป้องกันการไหลของอากาศ (Airflow Retarder)

2.9 การคำนวณภาระการปรับอากาศที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร (Sensible Load)

โดยทั่วๆไปมี 2 สมการคือ

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

และ

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

โดยที่ U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง (BTU / HR. SF. °F)

A = พื้นที่ของผนังที่ถ่ายเทความร้อน (SF.)

ΔT = ความแตกต่างความร้อนระหว่างภายในกับภายนอก ($^{\circ}F$)

CLTD = ภาระความแตกต่างความร้อนเทียบเท่าหรือ Cooling Load Temperature Difference ($^{\circ}F$)

จากสมการทั้ง 2 ข้างต้น จะพบว่าสมการที่ 1 จะใช้คำนวณกรณีที่ค่าความแตกต่างความร้อนระหว่างภายในและภายนอก มีค่าคงที่(Steady State Condition) หรือมีอิทธิพลจากตัวแปรอื่นๆ น้อยหรือไม่มีผลกระทบรุนแรงหรือมีอัตราเสี่ยงต่ำ ในการคำนวณค่าพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้น เช่น กรณีอาคารในเมืองหนาว เป็นต้น

และสมการที่ 2 ค่า ΔT จะถูกแทนที่ด้วยค่า CLTD เพื่อปรับค่าในสภาวะที่มีค่าความแตกต่างความร้อนระหว่างภายในและภายนอก มีค่าไม่คงที่(Unsteady State Condition) ทั้งนี้เพื่อให้การคำนวณค่า Peak Load ของอาคารถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดเพื่อให้ได้ตัวแปรต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนสูงสุด โดยที่มีการแยกการคำนวณตามเขตโซนละติจูด, วัน ,เดือน, เวลา ,มวลสารของผนัง, สีของผนัง ,ทิศทางที่รับแสงแดด,ลักษณะสภาพแวดล้อมภายนอกโดยรอบอาคาร ตามรายละเอียดในการคำนวณของ American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), 1989.

ในด้านการคำนวณภาระการปรับอากาศที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนของผนังจากการทดลอง เพื่อให้ทราบถึงปริมาณการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นจริง ณ เวลานั้น จะใช้ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายในของผนัง กับอุณหภูมิอากาศภายในคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของฟิล์มอากาศภายในเพื่อตัดอิทธิพลจากการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของมวลสารซึ่ง ASHRAE กำหนดไว้ที่ 1.46 ($Btu/hr.ft^{2}.^{0}F$)[11] ดังสมการ

$$Q = h_0 * \Delta T$$

เมื่อ Q = ปริมาณการถ่ายเทความร้อน($Btu/hr.ft^2$)

h_0 = สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของฟิล์มอากาศภายใน ($Btu/hr.ft^{2}.^{0}F$)

ΔT = ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายในและอากาศภายใน (^{0}F)

---

[11] American Society of Heating, Refrigirating and Air Conditioning Engineerings, 2001 ASHRAE Handbook Fundamental IP Edition (Atlanta, Georgia,2001), Chapter 25 p.2.

2.10 การคำนวณภาระการปรับอากาศที่เกิดจากการถ่ายเทความชื้นผ่านผนังอาคาร (Latent Load)

ในการคำนวณภาระการปรับอากาศที่เกิดจากการถ่ายเทความชื้นนั้น แบ่งประเภทเป็น

1.) การถ่ายเทความชื้นที่เกิดจากการแพร่ของไอน้ำ (Vapor Diffusion) คำนวณได้จากสมการ[12]

$$Q = (M/7000)*A*\Delta p_v*(h_g-h_f)$$

เมื่อ Q = ปริมาณการถ่ายเทความชื้นที่เกิดจากการแพร่ของไอน้ำ (Btu/hr.)

M = อัตราการแพร่ของไอน้ำผ่านผนัง (perms or grains/ft^2.hr.in.Hg.)

A = พื้นที่ผนัง (ft^2)

Δp_v = ความแตกต่างความดันไอน้ำ (in.Hg.)

h_g = Enthalpy at room conditions (Btu/lb)

h_f = Enthalpy of water at cooling coin (Btu/lb)

= 1076 Btu/lb เมื่ออุณหภูมิห้องเท่ากับ 75^0F และอุณหภูมิที่ไอน้ำกลั่นตัวบริเวณ cooling coin เท่ากับ 50^0F

2.) การถ่ายเทความชื้นที่เกิดจากการรั่วซึมของอากาศ (Air Infiltration) คำนวณได้จากสมการ

$$Q = 4840*CFM*\Delta w$$

เมื่อ Q = ปริมาณการถ่ายเทความชื้นที่เกิดจากการรั่วซึมของอากาศ (Btu/hr.ft^2)

CFM = อัตราการรั่วซึมของอากาศต่อพื้นที่ผนัง 1 ตารางฟุต (Cubic foot per minute)

Δw = ความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้นระหว่างอากาศภายนอกและภายในอาคาร (lb_{water} /lb_{dryair})

อากาศที่รั่วซึมผ่านผนังเข้ามาภายในอาคารนอกจากจะพาความชื้นเข้ามาแล้ว ยังพาความร้อนเข้ามาส่วนหนึ่งด้วยซึ่งคำนวณได้จากสมการ

---

[12] American Society of Heating, Refrigirating and Air Conditioning Engineerings, 2001 ASHRAE Handbook Fundamental S-I Edition (Atlanta, Georgia,2001), Chapter 29 p.19.

$$Q = 1.08*CFM*\Delta T$$

เมื่อ Q = ปริมาณการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการรั่วซึมของอากาศ (Btu/hr.ft^2)

CFM = อัตราการรั่วซึมของอากาศต่อพื้นที่ผนัง 1 ตารางฟุต (Cubic foot per minute)

Δw = ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคาร (^{0}F)

ซึ่งในการวิจัยนี้จะทำการคำนวณ ความชื้นที่ถ่ายเทจากการรั่วซึมของอากาศผ่านผนังเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณการถ่ายเทความร้อนที่เกิดการการแพร่ของความชื้น (Vapor Diffusion) ที่เกิดจากความแตกต่างของความดันไอน้ำมีค่าน้อยมาก[13]

2.11 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.) อิทธิพลการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากการผสมมวลสารและฉนวนเข้าด้วยกัน [14]

เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาผลกระทบต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจาการกำหนดตำแน่งของมวลสารและฉนวนทั้งในสภาพปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ โดยแบ่งการวิจัยเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

1. การศึกษาเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการจัดวางฉนวนและมวลสาร
2. การทดสอบพฤติกรรมการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจาการใช้งานในสภาพปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ
3. การทดสอบตัวแปรจากอิทธิพลภายนอกที่ส่งผลต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อน

ในขั้นตอนแรก ได้ทำการติดตั้งฉนวนด้านนอกแผ่นคอนกรีต กึ่งกลางแผ่นคอนกรีต และด้านในแผ่นคอนกรีต ผลการทดสอบพบว่า ตำแหน่งของฉนวนและมวลสารที่เหมาะสมคือ การใช้วัสดุฉนวนด้านนอกเพื่อลดอิทธพลที่รุนแรงจากสภาพอากาศ

---

[13] American Society of Heating, Refrigirating and Air Conditioning Engineerings, 2001 ASHRAE Handbook Fundamental S-I Edition (Atlanta, Georgia,2001), Chapter 29 p.19.

[14] รุ่งโรจน์ วงศ์มหาศิริ , อิทธิพลการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากการผสมมวลสารและฉนวนเข้าด้วยกัน (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2543)

ภายนอกและใช้วัสดุมวลสารที่มีค่าความจุความร้อนไว้ด้านใน เพื่อหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ผ่านวัสดุฉนวนเข้าสู่ภายในอาคาร

ในขั้นตอนที่ 2 ผลจากการทดสอบการใช้งานในสภาพปรับอากาศและสภาพไม่ปรับอากาศพบว่า ควรใช้การติดตั้งฉนวนภายนอกและใช้มวลสารด้านในทั้ง 2 กรณี แต่มีข้อระวังในการเลือกใช้มวลสารภายในของระบบปรับอากาศ เนื่องจากมวลสารปริมาณมากทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในการลดความร้อนสะสมภายในมวลสารเมื่อเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศ

ในขั้นตอนที่ 3 การทดสอบตัวแปรจากอิทธิพลภายนอกที่ส่งผลต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อน พบว่าการใช้วัสดุเคลือบผิวที่มีการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์แตกต่างกันส่งผลให้มีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในเซลล์ทดสอบ โดยวัสดุที่เคลือบผิวด้วยสีดำ ทำให้อุณหภูมิภายในสูงกว่าวัสดุชนิดเดียวกันที่เคลือบด้วยสีขาว และวัสดุที่มีการบังแสงอาทิตย์ทำให้อุณหภูมิภายในต่ำกว่าที่ไม่มีการบังแสงดวงอาทิตย์

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า การติดตั้งฉนวนภายนอกและใช้มวลสารภายในมีความเหมาะสมทั้งการใช้งานในสภาพปรับอากาศและสภาพไม่ปรับอากาศ โดยที่อาคารที่ไม่ปรับอากาศควรใช้ผนังที่มีการติดตั้งฉนวนภายนอกและใช้มวลสารปริมากมากภายในอาคาร เพื่อให้อุณหภูมิเข้าใกล้สภาวะน่าสบายในเวลากลางวัน อาคารที่ปรับอากาศควรใช้ผนังที่มีการติดตั้งฉนวนภายนอกและใช่มวลสารปริมาณน้อยภายในอาคารเพื่อให้เครื่องปรับอากาศไม่สิ้นเปลื้องพลังงานในการลดความร้อนสะสมภายในมวลสารเมื่อเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศ

2.) การลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารด้วยระบบผนังที่มีช่องอากาศ : กรณีศึกษาอาคารในเขตร้อนชื้น[15]

เป็นการวิจัยเปรียบเทียบระบบผนังที่มีช่องอากาศระหว่างแบบเปิดและแบบปิด โดยที่เลือกทำการทดสอบกับผนังมวลสารมาก(ผนังก่ออิฐฉาบปูน) และผนังมวลสารน้อย (ผนังโฟม) รวมทั้งผนังซีเมนต์แผ่นเรียบ(วัสดุ 2 ชนิดหลังเป็นวัสดุที่มีความจุความร้อนต่ำ) แบ่งผนังทดสอบเป็น 5 กรณีดังนี้

1. ผนังก่ออิฐฉาบปูน
2. ผนังก่ออิฐฉาบปูน + ช่องว่างอากาศ + ผนังก่ออิฐฉาบปูน

---

[15] **ประพันธ์ จงปดิยัตต์, <u>การลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารด้วยระบบผนังที่มีช่องอากาศ</u>** (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2538)

3. ผนังก่ออิฐฉาบปูน + ช่องว่างอากาศ + โฟม

4. โฟม + ช่องว่าง + ผนังก่ออิฐฉาบปูน

5. ผนังซีเมนต์แผ่นเรียบ + ช่องว่างอากาศ + โฟม

จากการวิจัยพบว่า

1. ระบบผนังอาคารที่มีช่องอากาศแบบเปิด สามารถระบายความร้อนภายในช่องอากาศและมีประสิทธิภาพในการลดการถ่ายเทความร้อน ดีกว่าระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบปิด

2. ระบบผนังอาคารที่มีช่องอากาศแบบเปิด(อาคารที่ไม่ปรับอากาศในช่วงอุณหภูมิสูงสุดของวัน) ผนังชั้นในเป็นวัสดุที่มีมวลสารมาก ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารต่ำกว่าภายนอกมากกว่าชั้นในที่เป็นวัสดุที่มีมวลสารน้อย

3. ระบบผนังอาคารที่มีช่องอากาศแบบเปิด(อาคารปรับอากาศ) สามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนได้ดี ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายในช่องว่างอากาศและความสามารถในการกันความร้อนของผนังด้านใน

4. ระบบผนังอาคารที่มีช่องอากาศแบบเปิด สามารถลดการถ่ายเทความร้อนได้ดีที่สุดได้แก่ ผนังภายนอกเป็นวัสดุที่มีมวลสารมาก และผนังภายในเป็นวัสดุมวลสารน้อย สามารถลดปริมาณความร้อนเฉลี่ยต่อวันได้ดี สามรถลดปริมาณความร้อนเฉลี่ยต่อวันได้ดี ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 4 นิ้ว ทั่วไปถึงประมาณ 12.5 เท่า

3.) แนวทางการปรับปรุงผนังอาคารเดิมเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร[16]

เป็นการวิจัยที่ทำการปรับปรุงผนังอาคารเดิมโดยการใช้ร่วมกับฉนวนกันความร้อนโดยที่ผนังทดสอบ 2 ชนิด คือ ผนังก่ออิฐฉาบปูน และผนังมวลเบา เพื่อศึกษาหารูปแบบในการติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ความหนาต่างๆ กับผนังทดสอบทั้ง 2 ชนิด ทั้ง 4 ทิศของอาคารที่มีการปรับอากาศในช่วงเวลาต่างๆ พร้อมทั้งหาความหนาที่เหมาะสมและทำการเลือกรูปแบบที่มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้งานโดยพิจารณาจากตัวแปรด้านอุณหภูมิ ประกอบกับการคำนวณระยะเวลาคืนทุนและค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน

ขั้นตอนในการวิจัยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1. ทำการเลือกความหนาของฉนวนกันความร้อนตั้งแต่ 1-3 นิ้ว ที่มีความเหมาะสมในการปรับปรุงผนังของอาคารปรับอากาศใน 4

---

[16] กัญจน์ พิเชษฐศิลป์, แนวทางการปรับปรุงผนังอาคารเดิมเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2545)

ทิศหลัก โดยทำการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายในและภายนอกอาคารของผนังเดิม 2. ทำการเลือกรูปแบบที่มีความเป็นไปได้ในการใช้งานระหว่างการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายในและภายนอกอาคาร

ผลการวิจัยพบว่า 1.การติดตั้งฉนวนกันความร้อนสามารถลดค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดและต่ำสุดของวันลงได้ซึ่งทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดวันค่อนข้างคงที่และความสามารถในการลดความร้อนของฉนวน 1-3 นิ้วเมื่อเทียบกับผนังอาคารเดิมเท่ากับ 75%,85%,90% ตามลำดับและเมื่อพิจารณาระยะเวลาคืนทุนบ่ระกอบกับค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานพบว่า การเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนติดตั้งภายในและภายนอกที่ความหนา 3 นิ้วทั้ง 4 ทิศทางมีระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุดและสามารถลดอัตราค่าไฟฟ้าสูงสุดได้ดีกว่า 2.การติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกอาคารมีความเหมาะสมในการนำมาใช้งานกับอาคารที่มีการปรับอากาศในช่วงเวลาต่างๆ มากกว่าการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายใน เนื่องจากมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดและต่ำสุดมีค่าน้อย(อุณหภูมิเกือบคงที่ตลอดวัน) และมีระยะเวลาหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ยาวนานกว่าคือการติดฉนวนภายในหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้ 4 ชั่วโมง และติดตั้งฉนวนภายนอกหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้ 5 ชั่วโมง ส่งผลให้ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านเข้ามาลดลง นอกจากนี้การติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกอาคารยังสามารถป้องกันการเกิดสะพานความร้อนป้องกันความชื้น จึงไม่มีผลต่อการเกิดการควบแน่นในผนังและไม่ทำให้สูญเสียพื้นที่ใช้งานในอาคารและเป็นการลดค่าภาระในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลงได้

4.) อิทธิพลของความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังทึบของอาคารปรับอากาศ[17]

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงอิทธิพลของความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังทึบของอาคารปรับอากาศของผนังทดสอบ 4 ชนิด คือ ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 4 นิ้ว ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 8 นิ้ว ผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 4 นิ้ว และผนังEIFS ฉนวนหนา 3 นิ้ว

ขั้นตอนในการวิจัยแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ 1. การศึกษาพฤติกรรมของความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังทดสอบทั้ง 4 ชนิด 2. การศึกษาพฤติกรรมของความชื้นกรณีทดสอบการ

---

[17] **สุวิชา เบญจพร**, อิทธิพลของความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังทึบของอาคารปรับอากาศ (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2545)

ติดตั้งฉนวนที่ผนังด้านนอกและด้านในอาคาร 3. การวิเคราะห์พฤติกรรมของความชื้นกรณีทดสอบการทาสีและไม่ทาสีที่ผนังด้านนอกอาคาร

ผลการศึกษาการศึกษาพฤติกรรมของความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังทดสอบทั้ง 4 ชนิด พบว่าผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 4 นิ้วมีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นต่ำที่สุด เนื่องจากมีมวลสารน้อยและมีความพรุนของมวลสารมากจึงมีปริมาณความชื้นซึมผ่านเข้ามาได้มาก โดยมีอัตราส่วนความชื้นที่ผิวภายในอาคารเฉลี่ย 15.74 g/kg และผนังEIFS ฉนวนหนา 3 นิ้วมีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นได้ดีที่สุด 10.16 g/kg และมีโอกาสเกิดการควบแน่นได้น้อยที่สุดเพราะมีอุณหภูมิภายในสูงกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างเฉลี่ยประมาณ 6.3 องศาเซลเซียส ขณะที่ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 8 นิ้วมีโอกาสเกิดการควบแน่นได้มากที่สุดเพราะมีอุณหภูมิภายในผนังสูงกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างเฉลี่ยเพียง 0.3 องศาเซลเซียส กรณีที่ทาสีและไม่ทาสีที่ผนังด้านนอกอาคาร พบว่าการทาสีผนังด้านนอกสามารถลดการแทรกซึมของความชื้นผ่านผนังเข้ามาในอาคารได้น้อยลง ผลการทดสอบพบว่าที่ผิวภายในอาคารของผนังที่ทาสีด้านนอกจะมีปริมาณความชื้นโดยเฉลี่ยต่ำกว่าผนังที่ไม่ทาสีด้านนอกอาคารตลอดเวลาที่ทำการทดสอบ และในการวิเคราะห์แนวทางการป้องกันความชื้นโดยการติดตั้งฉนวนกันความชื้นที่ผนังด้านนอกอาคารและด้านในอาคาร พบว่าผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 4 นิ้วที่ติดตั้งฉนวนโฟม EPS หนา 1 นิ้ว ที่ด้านนอกอาคารสามารถป้องกันความชื้นได้ดีกว่าผนังที่ติดตั้งฉนวนชนิดเดียวกันที่ด้านในโดยที่ปริมาณความชื้นที่ผิวภายในอาคารของผนังที่ติดตั้งฉนวนด้านนอกโดยเฉลี่ยต่ำกว่าการติดตั้งฉนวนด้านในอาคาร

สรุปผลการศึกษาพบว่าศักยภาพในการป้องกันความร้อนและความชื้นทดสอบมีปริมาณเอนทัลปีที่ผิวภายในอาคารเฉลี่ยตามลำดับดังนี้ คือ ผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 4 นิ้ว 63.82 KJ/Kg, ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 4 นิ้ว 60.39 KJ/Kg, ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 8 นิ้ว 59.99 KJ/KgและผนังEIFS ฉนวนหนา 3 นิ้ว 50.12 KJ/Kgและแนวทางที่เหมาะสมในการป้องกันความชื้นคือ การติดตั้งฉนวนด้านนอกอาคารเพราะสามารถป้องกันความชื้นได้ดีกว่าการติดตั้งฉนวนด้านในอาคารและยังลดโอกาสเกิดการควบแน่นบริเวณรอยต่อระหว่างผนังอาคารกับฉนวนอีกด้วย