บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากนโยบายของรัฐบาลที่เน้นการรณรงค์ด้านการประหยัดพลังงานส่งผลต่อหน่วยงานทั้งทางภาครัฐและเอกชนให้ความสนใจต่อแนวทางการประหยัดพลังงานเพิ่มมากขึ้น ประชาชนจึงต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับอิทธิพลของตัวแปรต่างๆที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคารอย่างลึกซึ้งและปลูกฝังแนวความคิดด้านการใช้พลังงานเสียใหม่เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าที่สุด

2.1 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อน

2.1.1 ความร้อนที่เกิดจากภายนอกอาคาร (External Load Factors)

เป็นความร้อนที่เกิดจากอิทธิพลของปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวผนัง ซึ่งปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบจะขึ้นกับที่ตั้ง ฤดูกาล เวลา และทิศทางการวางตัวของผนังส่งผลให้อุณหภูมิผิวผนังภายนอกมีค่าสูงขึ้นมากกว่าอุณหภูมิอากาศทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายนอกและภายในอาคารมีค่าสูงขึ้นก่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร สามารถสรุปทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนดังนี้ [1]

1. การนำความร้อน (Conduction)

เกิดจากการเคลื่อนที่ของพลังงานที่อยู่ระหว่างโมเลกุลที่อยู่ติดกันโดยจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความร้อนสูงกว่าไปยังบริเวณที่มีความร้อนต่ำกว่าหรือบริเวณที่เย็นกว่าและเกิดขึ้นในทุกทิศทุกทาง วัสดุจะมีค่าการนำความร้อนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโครงสร้างโมเลกุลของวัสดุนั้นๆซึ่งพิจารณาตามความหนาแน่นของวัสดุมีค่าที่เกี่ยวข้องกับการวัดดังนี้

---

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

1. **ค่าการนำความร้อน** (Conductance : C) หน่วย $W/m^2 .^{\circ}k$ หรือ Btu .in/ $ft^2.h.^{\circ}F$

คือ อัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่อความหนาของวัสดุในรูปของอัตราปริมาณความร้อนไหลต่อหน่วยเวลาจากจุดระยะทางหนึ่งถึงอีกจุดหนึ่งที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิต่อหน่วยพื้นที่หน้าตัดที่ไหลผ่าน

$$C = k / \text{ความหนาของวัสดุ}$$

2. **สัมประสิทธิ์การนำความร้อน** (Conductivity : k) หน่วย $W/m^2 .^{\circ}k$ หรือ Btu .in/ $ft^2.h.^{\circ}F$

คือ ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านวัสดุพื้นที่ 1 ตารางหน่วย ความหนา 1 หน่วย ใน 1 หน่วยเวลา โดยมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิววัสดุทั้งสองด้าน 1 หน่วย

3. **ค่าการต้านทานความร้อน** (Resistance : R) หน่วยเป็น $m^2 .^{\circ}k / W$ หรือ $ft^2.h.^{\circ}F / Btu$

คือ ส่วนกลับของค่าการนำความร้อน กรณีวัสดุซ้อนกันหลายชั้นค่าการต้านทานความร้อนรวมจะเท่ากับผลบวกของค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุใน แต่ละชั้นรวมกัน

$$R = 1 / C = \Delta x / k$$

4. **ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม** (Thermal Transmittance Coefficience : U) หน่วยเป็น $W/m^2 .^{\circ}k$ หรือ Btu .in/ $ft^2.h.^{\circ}F$

$$U = 1 / \Sigma R$$

2. การพาความร้อน (Convection)

คือค่าการถ่ายเทความร้อนโดยการเคลื่อนที่ของของไหลผ่านตัวกลางก๊าซ หรือของเหลว เกิดการขยายตัวของสสารทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้น ก๊าซหรือของเหลวจะมีความหนาแน่นต่ำลงและลอยตัว

3. การแผ่รังสี (Radiation)

คือการถ่ายเทความร้อนโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเนื่องจากการสั่นสะเทือนของโมเลกุลผ่านตัวกลาง การเคลื่อนที่ของโมเลกุลจากวัตถุที่ร้อนกว่าไปสู่วัตถุที่เย็นกว่าและจะช้าลงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเป็นคลื่นรังสีความร้อน ขณะที่ความร้อนเคลื่อนที่ผ่านของแข็ง อากาศ หรือ สูญญากาศไปกระทบพื้นผิวอีกด้านหนึ่งก่อให้เกิดการสะสมพลังงานความร้อนจนอุณหภูมิสูงขึ้น และเกิดการดูดซับความร้อน(Absorptivity : α) และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนสะท้อนกลับได้(Reflection : β) หากวัสดุมีคุณสมบัติที่ความร้อนสามารถทะลุผ่าน(Transmission : τ) วัสดุออกไป ค่าการดูดซับความร้อน การสะท้อนความร้อน และการทะลุผ่านของร้อนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0 – 1.0 ค่าของคุณสมบัติ 3 ส่วนรวมกันจะเท่ากับ 1 [2]

$$\alpha + \beta + \tau = 1$$

เมื่อ

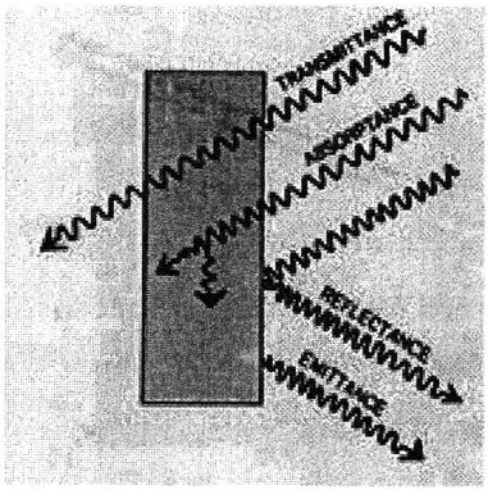
α คือ ค่าการดูดซับความร้อนของวัสดุ

β คือ ค่าการสะท้อนความร้อนของวัสดุ

τ คือ ค่าการทะลุผ่านความร้อนของวัสดุ

---

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



รูปที่ 2.1 แสดงรูปแบบต่างๆของพลังงานความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์

ที่มา : Heating, Cooling, Lighting Design Methods for Architectures, 2001

4. การคายความร้อน (Emissivity : ε)

คือ ค่าการคายความร้อนของผิววัสดุที่จะคายรังสีความร้อนออกมาในอุณหภูมิที่กำหนดโดยมีค่าเริ่มจาก 0.0 ในกรณีวัสดุไม่มีการคายความร้อน และค่า 1.0 เป็นค่าการคายความร้อนสูงสุดเทียบได้กับวัสดุจำลอง Black Body ในอุณหภูมิต่างๆจะพบว่า ค่าการคายความร้อน เท่ากับค่าการดูดซับความร้อน

$$\varepsilon = \alpha \quad \textbf{(Black body)}$$

เมื่อ

α คือ ค่าการดูดซับความร้อนของวัสดุ

ε คือ ค่าการคายความร้อนของวัสดุ

2.1.2 ความร้อนที่เกิดจากภายในอาคาร (Internal Load Factors)

เป็นความร้อนที่เกิดขึ้นจากผู้ใช้อาคาร อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคาร และระบบแสงสว่างซึ่งล้วนส่งผลต่อปริมาณการใช้พลังงานในการปรับอากาศ

2.1.3 ความร้อนที่เกิดจากการรั่วซึมของอากาศภายนอก (Infiltration and Ventilation)

เป็นความร้อนที่เกิดจากการรั่วซึมของอากาศภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารทั้งทางรอยต่อวัสดุทางช่องเปิด และพื้นผิวของวัสดุ ส่งผลต่อปริมาณการใช้พลังงานในการปรับอากาศของเครื่องปรับอากาศ

2.1.4 อิทธิพลของผิวผนังภายในอาคารที่มีต่อความรู้สึกทางด้านอุณหภูมิ

อุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบ(Mean Radiant Temperature, MRT.) เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกทางด้านอุณหภูมิ ซึ่งเมื่ออุณหภูมิพื้นผิวเฉลี่ยโดยรอบตัวสูงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิผิวกาย จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนในลักษณะของการแผ่รังสี จากที่อุณหภูมิสูงกว่าไปยังที่ที่อุณหภูมิต่ำกว่า ซึ่งอุณหภูมิผิวผนังภายในเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อ MRT. ภายในอาคารค่อนข้างสูง เนื่องจากผนังมีพื้นที่ถึง 4 ใน 6 ของสภาพแวดล้อมภายในอาคาร เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบพบว่าความสำคัญอยู่ที่อุณหภูมิผิว และค่ามุมเปิดของตำแหน่งที่ผู้ใช้งานยืนอยู่สู่พื้นผิวโดยรอบ ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบอาจคำนวณได้จากค่าอุณหภูมิผิวของพื้นผิวแต่ละด้านรอบจุดสังเกตและถ่วงน้ำหนักด้วยค่ามุมเปิดสู่ด้านนั้นๆ เนื่องจากในแต่ละตำแหน่งของห้องจุดสังเกตจะได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิผิวแต่ละด้านไม่เท่าเทียมกัน จุดสังเกตอยู่ใกล้ผิวด้านใดจะได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิผิวด้านนั้นมากกว่าด้านอื่นๆ ซึ่ง MRT. สามารถคำนวณได้จากสมการ[4]

$$MRT = \Sigma T\theta/360$$
$$= (T_1\theta_1+T_2\theta_2+\ldots+T_n\theta_n)/360$$

เมื่อ

T = อุณหภูมิผิวของวัสดุ

θ = มุมที่เปิดรับกับพื้นผิววัสดุ ณ จุดที่ทำการวัด

ซึ่งจากแผนภูมิไบโอไคลเมติกของ Victor Olgyay[5] แสดงให้เห็นว่าถ้าอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบมีการเปลี่ยนแปลงไป เมื่อมีความแตกต่างกว่าอุณหภูมิอากาศทุกๆ 1 องศาเซลเซียส มนุษย์จะมีความรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงไป 1.4 องศาเซลเซียส ความรู้สึกของมนุษย์ทางอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปสามารถแสดงผลได้ ดังต่อไปนี้

---

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

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

[5] Olgyay, V., Design with climate. (New Jersey: Princeton University Press, 1973)

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

เมื่อ

T_{inside} = อุณหภูมิอากาศภายใน มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส

MRT = อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบภายใน มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส

ดังนั้น ในการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านอุณหภูมิภายในอาคารนอกจากจะคำนึงถึงปัจจัยของอุณหภูมิอากาศแล้ว MRT เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญเพราะมีอิทธิพลต่อความรู้สึกทางด้านอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศถึง 40 เปอร์เซ็นต์

2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความชื้น

2.2.1 ความหมายของความชื้น

ความชื้น (Humidity) คือ ละอองไอน้ำในอากาศซึ่งสามารถเคลื่อนที่ไปมาได้ โดยเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ซึ่งอากาศประกอบด้วยก๊าซหลากหลายชนิด รวมถึงน้ำในสภาวะของไอน้ำที่แทรกอยู่ในอากาศในปริมาณที่มากน้อยต่างกัน ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศเรียกว่า ความชื้น

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

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

2.2.2 การวัดความชื้น (Humidity Parameters)[6] ประกอบด้วย

1. อัตราส่วนความชื้น (Humidity ratio หรือ moisture content : W)

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

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

เมื่อ W = อัตราส่วนความชื้น (humidity ratio)

X_w = อัตราส่วนมวลของไอน้ำ (water vapor) ต่อมวลของอากาศผสม

X_{da} = อัตราส่วนมวลของอากาศแห้ง (dry air) ต่อมวลของอากาศผสม

2. ความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity ratio : ϕ)

คือ อัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำสูงสุดในอากาศต่อมวลของไอน้ำทั้งหมดที่อากาศสามารถรับได้ ณ อุณหภูมิหนึ่งๆ ดังนั้นการที่ความชื้นสัมพัทธ์ 0% หมายถึง อากาศขณะนั้นไม่มีไอน้ำอยู่เลย ณ อุณหภูมินั้นๆ หรือการที่ความชื้นสัมพัทธ์ 100% แสดงว่าอากาศขณะนั้นอิ่มตัว 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

---

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

3. อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew point temperature)

เป็นอุณหภูมิที่ไอน้ำเกิดการควบแน่น และกลั่นตัวเป็นหยดน้ำซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่ออากาศมีอุณหภูมิลดลงแต่ปริมาณไอน้ำในอากาศเท่าเดิม และมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่ 100 % แสดงว่า ณ.ขณะนั้นเป็นสภาวะที่อากาศอิ่มตัว คือ ไม่สามารถรับไอน้ำเพิ่มขึ้นได้อีก หากมีปริมาณไอน้ำเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ไอน้ำในอากาศเกิดการควบแน่นและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ สภาวะดังกล่าวเรียกว่า "อุณหภูมิจุดน้ำค้าง" ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ในกรณีที่พื้นผิวของวัสดุใดๆมีอุณหภูมิพื้นผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศจนถึงอุณหภูมิจุดน้ำค้างทำให้เกิดหยดน้ำบนพื้นผิววัสดุนั้น

4. ความดันไอน้ำ (Vapor pressure)

จากการที่อากาศจะมีส่วนผสมของก๊าซหลากหลาย ชนิด เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำ เป็นต้น โดยผลรวมของความดันอากาศทั้งหมดสามารถแสดงในลักษณะของปริมาตรอากาศที่ผสมผสาน และก๊าซแต่ละชนิดก็จะมีความดันไอที่ต่างกันออกไป แต่ทั้งหมดก็ประกอบรวมกันเป็นความดันอากาศ โดยที่ความดันไอน้ำก็คือ ความดันของก๊าซที่เป็นไอน้ำในอากาศ นั่นเอง

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 องศาเซลเซียส (^{o}C)

e = ความดันไอน้ำ(Vapor pressure)หน่วยกิโลปาสคาล

rh = ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) หน่วย เปอร์เซ็นต์

5. เอนทัลปีของอากาศ (Enthalpy of moist air : h)

ความชื้นที่อยู่ในรูปของไอน้ำในอากาศจะมีความร้อนสะสมอยู่ทั้งในส่วนของความร้อนแฝง (latent Heat) และความร้อนสัมผัส(sensible Heat) ซึ่งคุณสมบัติของความร้อนดังกล่าว สามารถรวมเรียกว่า 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

2.2.3 การถ่ายเทความชื้น

การถ่ายเทความชื้นซึ่งอยู่ในรูปของไอน้ำนั้นมีรูปแบบที่หลากหลายซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการที่แตกต่างกัน โดยสามารถแบ่งกระบวนการที่เกิดขึ้นได้ดังนี้[7]

1. แรงดูดความชื้นภายในช่องว่างของเนื้อวัสดุ
2. การเคลื่อนตัวของไอน้ำในอากาศที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอากาศ
3. การแพร่ของความชื้นโดยความแตกต่างของความดันไอน้ำ
4. ความแตกต่างของความดันอากาศ หรือ แรงโน้มถ่วงของโมเลกุล

โดยกระบวนการถ่ายเทความชื้นสกัดกั้นการถ่ายเทความชื้นสามารถทำได้ด้วยการติดตั้งฉนวนป้องกันความชื้น(Vapor Retarded) เพื่อลดความแตกต่างของความดันอากาศหรือแรงโน้มถ่วงของโลก นอกจากนี้การป้องกันการถ่ายเทความชื้นที่เกิดจากกระบวนการแรงดึงดูดของความชื้นภายในมวลสาร และการเคลื่อนตัวของไอน้ำที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอากาศก็เป็นกระบวนการที่สำคัญเพราะสามารถนำความชื้นเข้ามาในอาคารได้เป็นจำนวนมากเช่นกัน

---

[7] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineerings, 2001 ASHRAE Handbook Fundamental. (Atlanta: Georgia, 2001)

1. การถ่ายเทความชื้นโดยแรงดูดความชื้น (Capillary Suction)

ภายในรูพรุนของวัสดุที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.1 ไมโครเมตร โมเลกุลของไอน้ำในวัสดุจะสร้างแรงดึงระหว่างผิวของโมเลกุลด้วยกัน ซึ่งแรงดูดความชื้นดังกล่าวสามารถคำนวณหาได้จากสมการ

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

เมื่อ

S คือ แรงดูดความชื้น (capillary suction)

σ คือ แรงดึงผิวของของน้ำ (surface tension of water)

θ คือ มุมสัมผัส (contact of wetting angle)

r คือ รัศมีส่วนโค้งของผิว (radius of the capillary)

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

การเคลื่อนตัวของ Isothermal และ nonisothermal เกิดขึ้นได้ในสภาวะของเหลว และในสภาวะไอน้ำในกรณีที่ capillaries ยังไม่เต็มที่ การถ่ายเท (transfer) ในสภาวะไอน้ำเกิดขึ้นโดยการแพร่กระจาย(diffusion)ของไอน้ำ เนื่องจากความแตกต่างของความดันไอน้ำอิ่มตัว(vapor saturation pressure) ใน capillaries กฎของ Thompson กล่าวว่า ความดันไอน้ำอิ่มตัวในสภาพที่สมดุลกับน้ำที่อยู่ใน capillary คือ

$$P'' = P' \exp(s/\rho RT) = P' \exp(2\sigma \cos\theta / r\rho RT)$$

เมื่อ

P'' คือ ความดันไอน้ำอิ่มตัวภายในช่องว่างวัสดุ (saturation vapor pressure in capillary)

P' คือ ความดันไอน้ำอิ่มตัวในบรรยากาศ (saturation vapor pressure in ambient air at same temperature at P'')

ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ (density of water)

R คือ ค่าคงที่ของ gas (gas constant)

T คือ อุณหภูมิองศาสมบูรณ์ (absolute temperature)

สมการข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ความดันไอน้ำอิ่มตัวใน capillaries ที่เล็กกว่ามีน้อยกว่าใน capillaries ที่ใหญ่กว่า ซึ่งทำให้มีการแพร่กระจายจาก capillaries ที่ใหญ่กว่าซึ่งมีน้ำเต็ม ไปสู่ capillaries ที่เล็กกว่า ความดันไอน้ำอิ่มตัวใน capillaries จะต่ำลงตามอุณหภูมิที่ต่ำลง จึงทำให้มีการแพร่กระจายจากอุณหภูมิที่สูงกว่าไปสู่อุณหภูมิที่ต่ำกว่า หากความดันไอน้ำในบรรยากาศอยู่ในสภาพที่สมดุลกับความดันไอน้ำอิ่มตัวใน capillaries อาจเขียนสมการใหม่ได้ดังนี้

$$S = \rho RT \ln\phi$$

เมื่อ

i. คือ ความชื้นสัมพัทธ์บรรยากาศ

การถ่ายเทของน้ำใน capillaries สามารถแสดงออกเป็นฟังก์ชั่นของความลาดเอียง (gradient) ของ suction pressure ได้ดังนี้

$$W_m = \frac{-K_m \, d\,s}{d\,x}$$

เมื่อ

W_m คือ water flux

K_m คือ water permeability coefficient

2. การเคลื่อนที่ของอากาศ (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)

การเคลื่อนที่ของอากาศและการแพร่กระจายของไอน้ำสามารถนำความชื้นเข้าสู่อาคารเป็นจำนวนมากซึ่งส่งผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร และหากมีการติดตั้งฉนวนกันความชื้นจะช่วยลดการใช้พลังงานภายในลง

3. การแพร่กระจายของไอน้ำ (Water Vapor Diffusion)

ไอน้ำยังสามารถเคลื่อนย้ายได้โดยการแพร่กระจายผ่านตัวกลางอากาศและวัสดุก่อสร้างแม้ว่าการแพร่กระจายของความชื้นผ่านทางอากาศจะเป็นไปค่อนข้างรวดเร็วแต่การกระจายของไอน้ำในอากาศนั้นขึ้นอยู่กับการพา (convection) เป็นส่วนใหญ่ทำให้เกิดความแตกต่างของความดันไอน้ำน้อยมากระหว่างพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับการไหลเวียนของไอน้ำไปสู่พื้นผิวของการกลั่นตัวของไอน้ำเป็นตามปกติแล้วการถ่ายเทความชื้นจากการแพร่ของไอน้ำผ่านผนังอาคารจะมีค่าน้อยมากซึ่งในอาคารทั่วๆไปถือว่าไม่มีความสำคัญมากนักยกเว้นอาคารที่ต้องคำนึงถึงการป้องกันความชื้นเป็นพิเศษเช่นอุตสาหกรรมห้องเย็น

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมการที่ใช้ในการคำนวณการเคลื่อนที่ของไอน้ำผ่านวัสดุนั้นได้มาจากกฎของ Fick's Law ดังนี้

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

เมื่อ

W คือ การแพร่ความชื้นที่ผ่านวัสดุต่อหน่วยพื้นที่ (water vapor flux)

μ คือ water vapor permeability

p คือ ความดันความชื้น (Water vapor pressure)

x คือ ระยะทางการแพร่ความชื้น (distance along flow path)

ตามสมการข้างต้นการไหลเวียนของไอน้ำโดยการแพร่กระจายเป็นสัดส่วนของความลาดชันของความดันไอน้ำ (water vapor pressure gradient) และขนานกันอย่างใกล้ชิดกับสมการการไหลเวียนของความร้อนของ Fourier การแพร่กระจายของไอน้ำผ่านวัสดุนั้นเป็นเรื่องซับซ้อนโดยความสามารถในการการซึมผ่าน (permeability) ของไอน้ำที่ปรากฏนั้นเป็นฟังก์ชั่นของความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ และอาจเปลี่ยนไปตามพื้นที่ว่างอันเกิดจากคุณสมบัติของวัสดุ ASTM Standard E 96 บรรยายวิธีทดสอบการวัดการซึมผ่านของไอน้ำเข้าสู่วัสดุสองวิธีด้วยกัน คือ วิธีถ้วยแห้ง (dry cup (0% to 50% rh) และถ้วยเปียก wet cup (50% to 100% rh)

2.2.4 การควบคุมความชื้น[8]

การควบคุมความชื้นนอกจากจะกระทำโดยการติดตั้งฉนวนป้องกันไอน้ำ (Vapor Retarder) แล้วยังต้องใช้ฉนวนป้องกันการไหลของอากาศ (Airflow Retarder) ที่มีประสิทธิภาพอีกด้วยเพราะถ้าไม่มีการป้องกันการไหลของอากาศส่งผลให้ฉนวนป้องกันไอน้ำไร้ประสิทธิภาพโดยสิ้นเชิง ฉนวนป้องกันไอน้ำอาจใช้เป็นฉนวนป้องกันการไหลของอากาศด้วยซึ่งต้องตรวจสอบความแน่ใจว่าฉนวนป้องกันไอน้ำมีพื้นที่ต่อเนื่องกัน และไม่มีรอยฉีกขาดเนื่องจากการติดตั้งเพื่อป้องกันการไหลของอากาศผ่านฉนวนเข้าสู่ภายในอาคาร

---

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

การออกแบบฉนวนป้องกันการไหลของอากาศและฉนวนป้องกันความชื้นแยกออกจากกันโดยไม่ติดตั้งฉนวนป้องกันการไหลของอากาศในบริเวณที่เกิดไอน้ำกลั่นตัว เช่น การติดตั้งฉนวนป้องกันการไหลของอากาศในเปลือกอาคารด้านที่เย็นกว่าอาจก่อให้เกิดการกลั่นตัวของไอน้ำในผนังเนื่องจากการรั่วซึมของอากาศ (Air Leakage) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการของ ASTM Standard 283 หรือ ASTM Standard E 1424 ซึ่งประสิทธิภาพของฉนวนกันการไหลของอากาศอาจลดลงอย่างมาก หากฉนวนมีรูเปิดแม้แต่เล็กน้อยรูเปิดอาจเกิดจากหลากหลายสาเหตุอาทิเช่นการออกแบบที่ไม่ดี การผลิตที่ไม่มีคุณภาพ การเสื่อมคุณภาพ ฯลฯ โดยบริเวณที่มักมีการรั่วซึมเป็นประจำ คือ บริเวณกล่องไฟฟ้า ท่อประปา สายโทรศัพท์และสายโทรทัศน์ ฯลฯ

คุณสมบัติที่สำคัญๆของฉนวนป้องกันการไหลของอากาศคือ การป้องกันการรั่วซึมของอากาศ เป็นการผนึกรอยต่อกันรอยรั่วอย่างมิดชิดมีการป้องกันการหดตัว หรือการขยายตัวเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมีความยืดหยุ่น มีความเสถียรภาพในเรื่องความร้อน มีความทนไฟ ไม่ติดไฟง่าย ฯลฯ

2.2.5 ผลกระทบจากความชื้นต่ออาคารและผู้ใช้อาคาร

ความชื้นเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการใช้พลังงานในอาคารเพราะความชื้นมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุและอุปกรณ์อาคาร การบำรุงรักษาอาคาร อายุการใช้งาน การเสื่อมสภาพของวัสดุ ซึ่งการเสื่อมสภาพดังกล่าว จะเกิดขึ้นตลอดเวลาทั้งที่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า และที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งมักพบเห็นบ่อยในรูปของการเกิดเชื้อรา สีซีด การผุกร่อนของวัสดุ การเสื่อมสภาพความเป็นฉนวน และการลดกำลังการรับแรงของวัสดุ นอกจากนี้ความชื้นยังมีอิทธิพลต่อสภาวะสบายและสุขภาพของผู้ใช้อาคารด้วย เนื่องจากความชื้นจะทำให้เกิดการเจริญเติบโตของเชื้อราและสิ่งมีชีวิตอื่นๆที่สามารถแฝงตัวอยู่กับอากาศภายในอาคารทำให้เกิดกลิ่นอับชื้นส่งผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality)

2.2.6 เชื้อรา และไรฝุ่นต่อสุขภาพผู้ใช้อาคาร

ความชื้นที่สะสมในอาคารเป็นสาเหตุของการเกิดเชื้อรา ไรฝุ่นซึ่งเป็นสาเหตุของของโรคภูมิแพ้ต่างๆ เนื่องจากเชื้อราจะเจริญเติบโตได้เมื่อมีสภาวะอุณหภูมิ และความชื้นที่เหมาะสมซึ่งเชื้อราส่วนมากสามารถเจริญได้ดีเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 4องศาเซลเซียส ส่วนไรฝุ่นสามารถเจริญเติบโตได้ดีเมื่อมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ สูงเกินกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ หากสามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ไรฝุ่นจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ซึ่งนอกจากการควบคุมปริมาณความชื้นของอากาศภายใน

อาคารเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อราและไรฝุ่นแล้วยังต้องควบคุมปริมาณความชื้นของเฟอร์นิเจอร์และวัสดุตกแต่งภายในอาคารซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ด้วย

ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่ผิวของวัสดุจะมีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุ โดยเฉพาะคุณสมบัติความจุความชื้น (moisture content) เพราะหากพื้นผิวของวัสดุมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์สูงจะทำให้ค่าความจุความชื้นของวัสดุเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลต่อการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศสำหรับการควบคุมความชื้นภายในอาคารที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้ความชื้นยังเป็นสาเหตุของการหลุดร่อนของสีทาอาคาร การเกิดคราบบนผนัง การโก่งตัวของไม้ รวมถึงเสียกำลังของโครงสร้าง โดยเฉพาะโครงสร้างไม้ หากภายในเนื้อไม้มีปริมาณความชื้นสูงจะทำให้เกิดการผุกร่อน นอกจากนี้การยึดโครงสร้างไม้ด้วยการใช้อุปกรณ์ เช่น ตะปู น๊อต โลหะ นั้นหากปริมาณความชื้นที่พอเหมาะบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อไม้กับอุปกรณ์ ยึดเหล่านี้ จะทำให้เกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำของความชื้นบริเวณดังกล่าว ต่อเนื่องเป็นเวลานานจะทำให้เกิดสนิมที่อุปกรณ์ยึดโครงสร้าง ซึ่งเป็นการลดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ยึดรวมถึงการลดกำลังรับน้ำหนักของโครงสร้างอีกด้วย

2.2.7 ผลกระทบจากความชื้นต่อคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อน

ความชื้นที่สะสมภายในเปลือกอาคารเป็นสาเหตุสำคัญของการลดทอนประสิทธิภาพความเป็นฉนวนของวัสดุซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของ วัสดุความจุความชื้น อุณหภูมิระยะเวลาการใช้งาน รวมถึงสภาพแวดล้อมทั้งภายนอกและภายในอาคาร ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นที่สามารถแทรกซึมผ่านวัสดุกับคุณสมบัติการเป็นฉนวนของวัสดุเกิดการแปรผันตามช่องว่างในเนื้อฉนวน โดยเฉพาะฉนวนแบบเซลล์เปิด (open cell)หรือประเภทเส้นใยธรรมชาติเพราะความชื้นสามารถถ่ายเทผ่านฉนวนประเภทดังกล่าวได้อย่างรวดเร็ว

การถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารที่เกิดจากการถ่ายเทความชื้นปรากฏในรูปแบบของความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝง ซึ่งกระบวนการที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากความแตกต่างของความดันไอน้ำ (vapor pressure) ที่ถ่ายเทจากบริเวณที่มีความดันไอน้ำสูงไปยังบริเวณที่มีความดันไอน้ำต่ำกว่า นอกจากนี้การระเหยของความชื้นจากผนังด้านที่ร้อนหรือการดูดซับความชื้นของผนังด้านที่เย็นจะเพิ่มปริมาณความร้อนแฝงในการถ่ายเทความร้อนเข้ามาภายในอาคาร

พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านฉนวนชนิดเซลล์ปิด (closed cell) เช่นฉนวนโฟม จะเกิดผลแตกต่างกันออกไป เนื่องจากความชื้นไม่สามารถแทรกซึมผ่านฉนวน

ดังกล่าวได้ ทำให้ไม่มีการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำภายในเนื้อฉนวนเกิดขึ้น ดังนั้นเมื่อความชื้นไม่สามารถถ่ายเทผ่านฉนวนเซลปิดดังกล่าวจึงทำให้คุณสมบัติความเป็นฉนวนยังคงอยู่ ซึ่งฉนวนชนิดนี้มีความเหมาะสมในการป้องกันความชื้นได้ดีกว่าฉนวนแบบเซลล์เปิด หรือประเภทเส้นใยธรรมชาติ

2.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในการปรับอากาศที่เกิดจากผนัง

ผนังอาคารโดยเฉพาะอย่างยิ่งผนังภายนอกอาคารที่เป็นส่วนติดกับสภาพแวดล้อมภายนอกโดยตรงซึ่งในภูมิอากาศร้อนชื้นของประเทศไทยที่มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าขอบเขตสภาวะน่าสบายค่อนข้างมากและมีความแปรปรวนสูง ในการปรับสภาพอากาศภายในอาคารให้มีความคงที่และอยู่ในสภาวะน่าสบายนั้นจำเป็นต้องใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศหรือเรียกว่า ภาระการทำความเย็น แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.3.1 ภาระการปรับอากาศในการรีดความร้อนและความชื้นที่สะสมในเนื้อวัสดุ ในช่วงเริ่มต้นของการปรับอากาศ (Start up time)

ในช่วงที่ไม่ได้ทำการปรับอากาศวัสดุผนังจะเกิดการสะสมความร้อนและความชื้นจากสภาพแวดล้อมทำให้เมื่อเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศส่งผลต่อภาระในการรีดความร้อนและความชื้นที่สะสมอยู่ในเนื้อวัสดุออกซึ่งปริมาณของพลังงานในการรีดความร้อนและความชื้นดังกล่าวขึ้นกับ คุณสมบัติของผนังได้แก่

1. มวลสารของผนัง และค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat)

ซึ่งวัสดุที่มีมวลสาร,ความจุความร้อนจำเพาะมากจะต้องใช้ปริมาณพลังงานอย่างมากในการเปลี่ยนอุณหภูมิมากกว่าวัสดุที่มีมวลสาร,ความจุความร้อนน้อยกว่าซึ่งคำนวณได้จากสมการ

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

เมื่อ Q = ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการปรับอุณหภูมิ

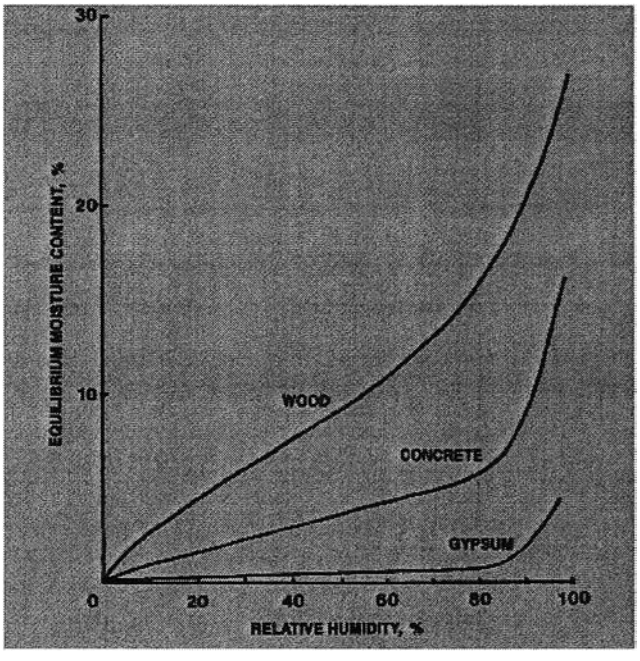
m = มวล

c = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ

ΔT = ความแตกต่างอุณหภูมิ

2. การดูดซับความชื้นของวัสดุ (Sorption Isotherm)

ค่าการดูดซับความชื้นของวัสดุสัมพันธ์กับสมดุลความชื้นของวัสดุ(Equilibrium moisture content หรือ EMC) ภายใต้สภาวะอุณหภูมิคงที่ ค่าความจุความชื้นของวัสดุ (Moisture content หรือ MC) คืออัตราส่วนระหว่างปริมาณ(มวล) ของน้ำในวัสดุต่อมวลของวัสดุในสภาวะแห้ง ในเบื้องต้นการพิจารณาค่าการดูดซับความชื้นจำเป็นต้องทราบอุณหภูมิและปริมาณความชื้นของสภาพแวดล้อม จากนั้นนำวัสดุที่ต้องการทดสอบไปตั้งไว้ในสภาพแวดล้อมดังกล่าวเพื่อให้วัสดุทำการดูดซับความชื้นจากสภาพแวดล้อมจนเข้าสู่สภาวะสมดุลของความจุความชื้น คือ เป็นสภาวะที่เกิดความสมดุลของความชื้นในวัสดุกับความชื้นของสภาพแวดล้อม ผลที่ได้รับจากการวัดพบว่าพฤติกรรมของการดูดซับความชื้นของวัสดุแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกัน กล่าวคือเมื่อวัสดุดูดซับความชื้นจนเข้าสู่ภาวะสมดุลย์ความชื้นแล้ว ส่งผลต่อปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงขึ้น(Adsorption Isotherm)หรือลดลง (Desorption Isotherm)



รูปที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมดุลย์ความชื้นของวัสดุต่างๆ และความชื้นสัมพัทธ์[9]

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

2.3.2 ภาระภาระการปรับอากาศที่เกิดจากความร้อนและความชื้นที่ถ่ายเทผ่านวัสดุผนัง

ในช่วงที่ไม่ได้ทำการปรับอากาศวัสดุผนังจะเกิดการสะสมความร้อนและความชื้น ในระหว่างการปรับอากาศ ความร้อนและความชื้นจากสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกอาคารจะเกิดการถ่ายเทสู่ภายในอาคารซึ่งปริมาณพลังงานที่เป็นภาระของเครื่องปรับอากาศจะขึ้นกับปัจจัยต่างๆแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ ปัจจัยที่เกิดจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร และปัจจัยที่เกิดจากคุณสมบัติของตัววัสดุผนัง

ปัจจัยจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร ได้แก่

1. **ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวผนัง** ซึ่งปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบจะขึ้นกับ เขตภูมิภาค ฤดูกาล เวลา และทิศทางของผนัง ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่องกระทบถูกผิววัสดุผนังภายนอกอาคารจะทำให้อุณหภูมิผิวผนังมีค่าสูงขึ้นมากกว่าอุณหภูมิอากาศ เมื่ออุณหภูมิผิวผนังสูงขึ้นจะทำให้ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายนอกและภายในอาคารมีค่าสูงขึ้นส่งผลต่อถ่ายเทความร้อนที่เพิ่มสูงขึ้น

2. **อุณหภูมิอากาศและความเร็วลมภายนอก** ส่งผลต่ออัตราแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศและผิวผนังภายนอกโดยตรง(Surface conduction) ซึ่งอิทธิพลของ Surface conduction จะมีค่าน้อยมากในกรณีที่ผนังนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ อิทธิพลนี้จะมีค่ามากขึ้นในกรณีที่ผนังนั้นๆมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเพิ่มสูง

3. **ปริมาณความแตกต่างของอัตราส่วนความชื้น** (Humidity Ratio) ของอากาศภายนอก และภายใน ส่งผลต่อการส่งผ่านความชื้นจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารจากอากาศที่รั่วซึมผ่านผนังอาคาร

ปัจจัยที่เกิดจากคุณสมบัติของตัววัสดุผนัง ได้แก่

1. **มวลสารและค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุผนัง** วัสดุที่มีมวลและค่าความจุความร้อนจำเพาะมากต้องใช้พลังงานความร้อนในปริมาณมากในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ 1 องศา และสามารถช่วยหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ถ่ายเทจากผิวผนังภายนอกให้เข้าสู่ภายในได้ช้าลง โดยปกติแล้ววัสดุที่มีมวลสารมากจะมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้มากกว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อย แต่ในสภาพการใช้งานจริงการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการและที่สำคัญคือ ปริมาณความร้อนที่มากพอที่จะทำให้วัสดุแต่ละชั้นร้อนขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัว (Fill Up Heat Capacity) ก่อนที่จะถ่ายเทสู่ชั้นต่อไป ด้วยเหตุนี้พบว่า ในผนังก่ออิฐฉาบปูนเหมือนกัน แต่ใส่ฉนวนไว้ในตำแหน่งต่างกัน คือภายนอกและภายใน ผนังที่ใส่ฉนวนไว้ภายนอกจะมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ได้นานกว่าผนังที่ใส่ฉนวนไว้ภายใน ทั้งนี้เพราะการมีฉนวนอยู่

ภายนอกทำให้ปริมาณความร้อนที่ผ่านฉนวนมีปริมาณน้อย ทำให้การ Fill Up Heat Capacity ของผนังเป็นไปได้ช้าจึงทำให้ Time Lag ของผนังยาวนานขึ้น

2. สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนัง (Thermal transmittance:U)

วัสดุที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำ เช่น ฉนวนกันความร้อน ปริมาณการถ่ายเทความร้อนจะน้อยกว่าวัสดุที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนสูงกว่า

3. ค่าการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ (Absorbtivity:α) และ ค่าการคายความร้อนจากวัสดุผนัง (Emissivity:ε) ขึ้นกับชนิดของวัสดุผนังรวมทั้ง สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์โดยปกติจะแปรตามความเข้มของสีผิววัสดุ คือสีเข้มมาก จะมีความสามารถในการดูดกลืนความร้อนสูง

4. คุณสมบัติในการกันความชื้นของผนัง ประสิทธิภาพในการด้านป้องกันความชื้นของผนัง คือวัสดุผนังที่มีการป้องกันการถ่ายเทความชื้นทั้งจากการแพร่ของความชื้น และจากการรั่วซึมของอากาศโดยการการติดตั้งฉนวนป้องกันไอน้ำ (Vapor Retarder) และฉนวนป้องกันการไหลของอากาศ (Airflow Retarder)

2.4 การคำนวณภาระการปรับอากาศที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร (Sensible Load) โดยทั่ว ๆไปมี 2 สมการคือ

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

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

โดยที่

Q = ปริมาณการถ่ายเทความร้อนของผนัง (BTU / HR. $^{\circ}$F)

U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง (BTU / HR. F^2. $^{\circ}$F)

A = พื้นที่ของผนังที่ถ่ายเทความร้อน (F^2)

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

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

จากสมการทั้ง 2 ข้างต้นพบว่าสมการที่ 1 ใช้คำนวณในกรณีที่ค่าความแตกต่างความร้อนระหว่างภายในและภายนอกคงที่(Steady State Condition)หรือมีอิทธิพลจากตัวแปรอื่นๆน้อยหรือไม่มีผลกระทบรุนแรง ซึ่งในการคำนวณค่าพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นนั้นใช้ในกรณีอาคารในเมืองหนาว เป็นต้น

และสมการที่ 2 ค่า ΔT จะถูกแทนที่ด้วยค่า CLTD เพื่อปรับค่าในสภาวะที่มีค่าความแตกต่างความร้อนระหว่างภายในและภายนอกมีค่าไม่คงที่(Unsteady State Condition)ทั้งนี้เพื่อให้การคำนวณค่า Peak Load ของอาคารถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดและให้ได้ตัวแปรต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนสูงสุด โดยที่มีการแยกการคำนวณตามเขตโซนละติจูด วันเดือน เวลา ,มวลสารของผนัง สีของผนัง ทิศทางที่รับแสงแดด และลักษณะสภาพแวดล้อมภายนอกโดยรอบอาคาร ตามรายละเอียดในการคำนวณของ American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), 1989.

ในด้านการคำนวณภาระการปรับอากาศที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนของผนัง เพื่อให้ทราบถึงปริมาณการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นจริง ณ เวลานั้น โดยใช้ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายในของผนังกับอุณหภูมิอากาศภายในคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของฟิล์มอากาศภายในเพื่อตัดอิทธิพลจากการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของมวลสารซึ่ง ASHRAE กำหนดไว้ที่ 1.46 (Btu/hr.ft^2.^{0}F)[10]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)

---

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

2.5 การคำนวณภาระการปรับอากาศที่เกิดจากการถ่ายเทความชื้นผ่านผนังอาคาร (Latent Load)

ในการคำนวณภาระการปรับอากาศที่เกิดจากการถ่ายเทความชื้นนั้น แบ่งเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. **การถ่ายเทความชื้นที่เกิดจากการแพร่ของไอน้ำ (Vapor Diffusion)** คำนวณได้จากสมการ[11]

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

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})

---

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

อากาศที่รั่วซึมผ่านผนังเข้ามาภายในอาคารนอกจากจะพาความชื้นเข้ามาแล้ว ยังพาความร้อนเข้ามาส่วนหนึ่งด้วยซึ่งคำนวณได้จากสมการ

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

เมื่อ

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

CFM = อัตราการรั่วซึมของอากาศต่อพื้นที่ผนัง 1 ตารางฟุต(Cubic foot per minute)

ΔT = ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคาร (^{0}F)

ซึ่งในการวิจัยนี้จะทำการคำนวณ ความชื้นที่ถ่ายเทจากการรั่วซึมของอากาศผ่านผนังเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณการถ่ายเทความร้อนที่เกิดการการแพร่ของความชื้น (Vapor Diffusion) ที่เกิดจากความแตกต่างของความดันไอน้ำมีค่าน้อยมาก[12]

2.6 อิทธิพลจากแสงแดดและการจำลองสภาพในห้องทดลอง

การใช้ค่าอุณหภูมิ Sol – air temperature ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร (ในการจำลองสภาพในทางปฏิบัติหรือห้องปฏิบัติการ) แทนค่าความแตกต่างความร้อนระหว่างข้างนอกกับข้างใน (ΔT) ทั้งนี้เพื่อให้มีค่าที่ใกล้เคียงกับสภาวะจริงที่สุด ดังนี้

$$\text{Sol – Air Temperature } (\Delta T) = Tout + I * \alpha / h_o - \varepsilon \Delta R / h_o$$

เมื่อ

Te = Sol – Air Temperature

Tout = อุณหภูมิอากาศภายนอก

I = ปริมาณรังสีความร้อนที่ตกกระทบทั้งหมด(Total Solar Radiation Incident on the Surface) BTU /h. ft^2

α = สัมประสิทธิ์การดูดความร้อนของผิววัสดุ (ไม่มีหน่วย)

---

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

h_o = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผิว ซึ่งรวมทั้ง Long Wave Radiation และ Convection (BTU /h. ft²)

ε = สัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนออกจากผิว (Hermispherical Emittance of the Surface)

ΔR = อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของผิววัสดุกับสภาพแวดล้อมและท้องฟ้า (BTU /h. ft²)

โดยคำจำกัดความของ Sol – Air Temperature คือ อุณหภูมิอากาศที่ติดกับผิววัสดุในกรณีที่มีมีอิทธิพลจากการแลกเปลี่ยนรังสีดวงอาทิตย์ก่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารเทียบเท่ากับสภาวะที่มีอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์จริง อุณหภูมิเนื่องจากการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าและสภาพแวดล้อมอื่นๆโดยรอบ และอุณหภูมิเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนจากการเคลื่อนที่ของอากาศภายนอก ซึ่งค่าSol – Air Temperature ที่ได้ในทางปฏิบัติคงเป็นการยากที่จะทำให้ตัวแปรทุกตัวเหมือนสภาพจริง นอกจากจะจำลองสภาพเพื่อศึกษาในสภาวะเงื่อนไข นั้นๆ

2.7 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. อิทธิพลการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากการผสมมวลสารและฉนวนเข้าด้วยกัน [13]

เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาผลกระทบต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากการกำหนดตำแหน่งของมวลสารและฉนวนทั้งในสภาพปรับอากาศและไม่ปรับอากา โดยแบ่งการวิจัยเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

1. การศึกษาเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการจัดวางฉนวนและมวลสาร
2. การทดสอบพฤติกรรมการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากการใช้งานในสภาพปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ
3. การทดสอบตัวแปรจากอิทธิพลภายนอกที่ส่งผลต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อน

ในขั้นตอนแรกได้ทำการติดตั้งฉนวนด้านนอกแผ่นคอนกรีตกึ่งกลางแผ่นคอนกรีตและด้านในแผ่นคอนกรีต ผลการทดสอบพบว่า ตำแหน่งของฉนวนและมวลสารที่เหมาะสมคือการใช้วัสดุฉนวนด้านนอกเพื่อลดอิทธิพลที่รุนแรงจากสภาพอากาศภายนอก

---

[13] รุ่งโรจน์ วงศ์มหาศิริ, "อิทธิพลการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากการผสมมวลสารและฉนวนเข้าด้วยกัน," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543)

และใช้วัสดุมวลสารที่มีค่าความจุความร้อนไว้ด้านในเพื่อหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ผ่านวัสดุฉนวนเข้าสู่ภายในอาคาร

ในขั้นตอนที่ 2 ผลจากการทดสอบการใช้งานในสภาพปรับอากาศและสภาพไม่ปรับอากาศพบว่า ควรใช้การติดตั้งฉนวนภายนอก และใช้มวลสารด้านในทั้ง 2 กรณีแต่มีข้อระวังในการเลือกใช้มวลสารภายในของระบบปรับอากาศ เนื่องจากมวลสารปริมาณมากทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในการลดความร้อนสะสมภายในมวลสารเมื่อเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศ

ในขั้นตอนที่ 3 การทดสอบตัวแปรจากอิทธิพลภายนอกที่ส่งผลต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อนพบว่าการใช้วัสดุเคลือบผิวที่มีการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์แตกต่างกันส่งผลให้มีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในเซลล์ทดสอบ โดยวัสดุที่เคลือบผิวด้วยสีดำทำให้อุณหภูมิภายในสูงกว่าวัสดุชนิดเดียวกันที่เคลือบด้วยสีขาว และวัสดุที่มีการบังแสงอาทิตย์ทำให้อุณหภูมิภายในต่ำกว่าที่ไม่มีการบังแสงดวงอาทิตย์

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า การติดตั้งแนวภายนอก และใช้มวลสารภายในมีความเหมาะสมทั้งการใช้งานในสภาพปรับอากาศและสภาพไม่ปรับอากาศโดยที่อาคารที่ไม่ปรับอากาศควรใช้ผนังที่มีการติดตั้งฉนวนภายนอก และใช้มวลสารปริมากมากภายในอาคารเพื่อให้อุณหภูมิเข้าใกล้สภาวะน่าสบายในเวลากลางวัน อาคารที่ปรับอากาศควรใช้ผนังที่มีการติดตั้งฉนวนภายนอก และใช่มวลสารปริมาณน้อยภายในอาคารเพื่อให้เครื่องปรับอากาศไม่สิ้นเปลื้องพลังงานในการลดความร้อนสะสมภายในมวลสารเมื่อเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศ

2. การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุก่อของอาคารพักอาศัยในเขตร้อนชื้น[14]

เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่ใช้วัสดุก่อและตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวผนังเพื่อนำไปพัฒนารูปแบบและความเหมาะสมของวัสดุก่อผนังสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในกรณีปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง และไม่ปรับอากาศ แบ่งเป็น 5 ชนิดคือ

---

[14] อุทัย ศุจิสกุลวงศ์, "การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุก่อของอาคารพักอาศัยในเขตร้อนชื้น," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543)

- ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว
- ผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว
- ผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้วมีช่องว่างอากาศ
- ผนังวัสดุก่อมวลเบา
- ผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอกหนา 3นิ้ว

จากการวิจัยพบว่า

ในกรณีไม่ปรับอากาศ

ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้วและผนังมวลเบา มีศักยภาพในการป้องกันความร้อนต่ำสุดเนื่องจากมวลสารมีค่าการต้านทานความร้อนต่ำและหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้น้อยกว่าผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว และผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้วมีช่องว่างอากาศ ผนังที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอก มีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกใกล้เคียงกับผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว

ในกรณีปรับอากาศ 24 ชั่วโมง

ผนังที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายนอกและภายในต่ำสุด ส่วนผนังมวลเบามีค่าความแตกต่างดังกล่าวสูงสุด และจากการศึกษาถึงอิทธิพลของการแผ่รังสีดวงอาทิตย์และค่าการดูดซับของผิวผนังที่ต่างกันส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศภายใน โดยผนังที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกซึ่งมีค่าการต้านทานความร้อนสูงส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศภายในน้อยมาก

3. อิทธิพลของความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังทึบของอาคารปรับอากาศ[15]

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. การศึกษาพฤติกรรมของความชื้นกรณีทดสอบการติดตั้งฉนวนที่ผนังด้านนอกและด้านในอาคาร 3. การวิเคราะห์พฤติกรรมของความชื้นกรณีทดสอบการทาสีและไม่ทาสีที่ผนังด้านนอกอาคาร

ผลการศึกษาการศึกษาพฤติกรรมของความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังทดสอบทั้ง 4 ชนิดพบว่าผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 4 นิ้วมีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นต่ำที่สุด

---

[15] สุวิชา เบญจพร, "อิทธิพลของความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังทึบของอาคารปรับอากาศ," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543)

เนื่องจากมีมวลสารน้อยและมีความพรุนของมวลสารมากจึงมีปริมาณความชื้นซึมผ่านเข้ามาได้มากโดยมีอัตราส่วนความชื้นที่ผิวภายในอาคารเฉลี่ย 15.74 g/kg และผนังEIFS ฉนวนหนา 3 นิ้วมีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นได้ดีที่สุด 10.16 g/kg และมีโอกาสเกิดการควบแน่นได้น้อยที่สุดเพราะมีอุณหภูมิภายในสูงกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างเฉลี่ยประมาณ 6.3 องศาเซลเซียส ขณะที่ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 8 นิ้วมีโอกาสเกิดการควบแน่นได้มากที่สุดเพราะมีอุณหภูมิภายในผนังสูงกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างเฉลี่ยเพียง 0.3 องศาเซลเซียส กรณีที่ทาสีและไม่ทาสีที่ผนังด้านนอกอาคาร พบว่าการทาสีผนังด้านนอกสามารถลดการแทรกซึมของความชื้นผ่านผนังเข้ามาในอาคารได้น้อยลงผลการทดสอบพบว่าที่ผิวภายในอาคารของผนังที่ทาสีด้านนอกจะมีปริมาณความชื้นโดยเฉลี่ยต่ำกว่าผนังที่ไม่ทาสีด้านนอกอาคารตลอดเวลาที่ทำการทดสอบ และในการวิเคราะห์แนวทางการป้องกันความชื้นโดยการติดตั้งฉนวนกันความชื้นที่ผนังด้านนอกอาคารและด้านในอาคารพบว่าผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 4 นิ้วที่ติดตั้งฉนวนโฟม EPS (Expanded Polystyrene)หนา 1 นิ้วที่ด้านนอกอาคารสามารถป้องกันความชื้นได้ดีกว่าผนังที่ติดตั้งฉนวนชนิดเดียวกันที่ด้านในโดยที่ปริมาณความชื้นที่ผิวภายในอาคารของผนังที่ติดตั้งฉนวนด้านนอกโดยเฉลี่ยต่ำกว่าการติดตั้งฉนวนด้านในอาคาร

สรุปผลการศึกษาพบว่า ศักยภาพในการป้องกันความร้อนและความชื้นทดสอบมีปริมาณเอ็นทัลปีที่ผิวภายในอาคารเฉลี่ยตามลำดับดังนี้ คือ ผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 4 นิ้ว 63.82 KJ/Kg, ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 4 นิ้ว 60.39 KJ/Kg ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 8 นิ้ว 59.99 KJ/Kg และผนังEIFS ฉนวนหนา 3 นิ้ว 50.12 KJ/Kgและแนวทางที่เหมาะสมในการป้องกันความชื้นคือ การติดตั้งฉนวนด้านนอกอาคารเพราะสามารถป้องกันความชื้นได้ดีกว่าว่าการติดตั้งฉนวนด้านในอาคารและยังลดโอกาสเกิดการควบแน่นบริเวณรอยต่อระหว่างผนังอาคารกับฉนวนอีกด้วย

4. แนวทางการปรับปรุงผนังอาคารเดิมเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร [16]

เป็นการวิจัยที่ทำการปรับปรุงผนังอาคารเดิมโดยการใช้ร่วมกับฉนวนกันความร้อนโดยที่ผนังทดสอบ 2 ชนิด คือ ผนังก่ออิฐฉาบปูน และผนังมวลเบา เพื่อศึกษารูปแบบในการติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ความหนาต่างๆ กับผนังทดสอบทั้ง 2 ชนิด ทั้ง 4 ทิศของอาคารที่มีการปรับอากาศในช่วงเวลาต่างๆ พร้อมทั้งหาความหนาที่เหมาะสมและทำการเลือกรูปแบบที่มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้งาน โดยพิจารณาจากตัวแปรด้านอุณหภูมิ

---

[16] กัญจน์ พิเชษฐศิลป์, "แนวทางการปรับปรุงผนัง," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545)

ประกอบกับการคำนวณระยะเวลาคืนทุนและจ่ายค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานขั้นตอนในการวิจัยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1. ทำการเลือกความหนาของฉนวนกันความร้อนตั้งแต่ 1-3 นิ้ว ที่มีความเหมาะสมในการปรับปรุงผนังของอาคารปรับอากาศใน 4 ทิศหลัก โดยทำการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายในและภายนอกอาคารของผนังเดิม 2 ทำการเลือกรูปแบบที่มีความเป็นไปได้ในการใช้งานระหว่างการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายในและภายนอกอาคาร

ผลการวิจัยพบว่า 1. การติดตั้งฉนวนกันความร้อนสามารถลดค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดและต่ำสุดของวันลงได้ซึ่งทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดวันค่อนข้างคงที่และความสามารถในการลดความร้อนของฉนวน1-3นิ้วเมื่อเทียบกับผนังอาคารเดิมเท่ากับ 75 เปอร์เซ็นต์ 85 เปอร์เซ็นต์ 90 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาระยะเวลาคืนทุนประกอบกับค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานพบว่า การเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนติดตั้งภายในและภายนอกที่ความหนา 3 นิ้วทั้ง 4 ทิศทางมีระยะเวลาคืนทุนเร็วที่สุด และสามารถลดอัตราค่าไฟฟ้าสูงสุดได้ดีกว่า 2. การติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกอาคารมีความเหมาะสมในการนำมาใช้งานกับอาคารที่มีการปรับอากาศในช่วงเวลาต่างๆมากกว่าการติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายในเนื่องจากมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดและต่ำสุดมีค่าน้อย(อุณหภูมิเกือบคงที่ตลอดวัน)และมีระยะเวลาหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ยาวนานกว่าคือ การติดฉนวนภายในหน่วงเหนี่ยว ความร้อนได้ 4 ชั่วโมง และติดตั้งฉนวนภายนอกหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้ 5 ชั่วโมงส่งผลให้ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านเข้ามาลดลงนอกจากนี้ การติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายนอกอาคารยังสามารถป้องกันการเกิดสะพานความร้อน และความชื้น จึงไม่มีผลต่อ การเกิดการควบแน่นในผนัง ไม่ทำให้สูญเสียพื้นที่ใช้งานในอาคาร และเป็นการลดค่าภาระในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลงได้

I22606721