หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

การศึกษาค้นคว้าแนวความคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การศึกษาค้นคว้าแนวความคิด

2.1.1 อิทธิพลของ"มวลสาร"ต่อการถ่ายเทความร้อน

การที่มวลสารมีความสามารถในการกักเก็บความร้อน และหน่วงเหนี่ยวการถ่ายเทความร้อนของวัสดุได้มากน้อยต่างกันนั้น เป็นการยากต่อการคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นจริงๆ เพราะอิทธิพลต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการถ่ายเทความร้อนในอาคารจริง มาจากหลายองค์ประกอบด้วยกัน ได้แก่

ความจุความร้อน

(Themal Heat Capacity)

ผนังที่มีความจุความร้อนมากจะดูดและกักเก็บความร้อนไว้ได้มาก ทำให้ความร้อนที่จะไหลผ่านผนังเป็นไปในอัตราที่ช้าลง

การแลกเปลี่ยนความร้อนของผิวผนังกับสภาพแวดล้อม

(Long Wave Radiation Heat Exchange)

เมื่อเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิ ระหว่างผิวผนังกับผิววัสดุอื่นๆ ก็จะเกิดการถ่ายเทความร้อนขึ้น โดยเฉพาะในรูปของการแผ่รังสี

การถ่ายเทความร้อนของผนังให้กับอากาศโดยตรง โดยการพาความร้อน

(Surface Conduction)

การถ่ายเทความร้อนของผนังด้วยวิธีนี้ ขึ้นอยู่กับความเร็วลมที่พัดผ่าน และลักษณะของพื้นผิว อิทธิพลของ Surface Conduction ที่มีต่อปริมาณการถ่ายเทความร้อนของผนัง จะมีค่าน้อยมาก ในกรณีที่ผนังนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ อิทธิพลนี้จะมีค่ามากขึ้นในกรณีที่ผนังนั้นๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูงขึ้น

การดูดกลืนและการกระจายพลังงานความร้อนของผนัง

(Surface Absorption and Surface Emission)

โดยปกติแล้ว หากเป็นสีของผนังธรรมดา หรือสีผิวของวัสดุตามธรรมชาติ ค่า Surface Emission จะค่อนข้างสูง คือประมาณ 0.8 - 0.9 เป็นส่วนใหญ่ นอกเสียจากว่า เป็นสีเคลือบผิวพิเศษ (Selective Coating) อาจจะมีค่าการดูดกลืนความร้อนต่ำ แต่มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนสูง จะทำให้ผิวผนังเย็นกว่าปกติ สำหรับค่าการดูดกลืนความร้อน (Surface Absorption) ส่วนมากจะแปรตามความเข้มของสีผิว คือ เข้มมากก็จะดูดกลืนความร้อนสูง

การหน่วงเวลาหรือการหน่วงเหนี่ยวความร้อน

(Time Lag)

โดยปกติแล้ว วัสดุที่มีมวลสารมากจะมีค่าหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ได้นานกว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อยกว่า แต่ในสภาพการใช้งานจริง การหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ Kwang -Woo Kim (1984) และที่สำคัญคือ ปริมาณความร้อนที่มากพอที่จะทำให้วัสดุในแต่ละชั้น ร้อนขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัว (Fill up the heat Capacity) ก่อนที่จะถ่ายเทไปในชั้นต่อไป ด้วยเหตุนี้จึงพบว่า ในผนังก่ออิฐฉาบปูนเหมือนกัน แต่ใส่ฉนวนไว้ในตำแหน่งต่างกัน คือ ภายนอกและภายใน ผนังที่ใส่ฉนวนไว้ภายนอก จะมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ได้นานกว่าผนังที่ใส่ฉนวนไว้ภายใน ทั้งนี้ เพราะการที่มีฉนวนอยู่ภายนอก ทำให้ความร้อนผ่านฉนวนเข้ามาได้ยาก ทำให้การ Fill Up Heat Capacity ของผนังเป็นไปได้ช้า จึงทำให้ Time Lag ของผนังนั้นมีค่ายาวนานขึ้น

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ (U)

โดยปกติ การคำนวณหาปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารหรือออกจากอาคาร อันเนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ระหว่างภายนอกกับภายใน มักจะใช้ค่า "U" เป็นหลัก ในการคิดคำนวณเสมอ

2.1.2 สมการที่ใช้ในการคำนวณ ปริมาณความร้อนเข้า-ออกจากอาคาร

โดยทั่วๆ ไปมีสองสมการ คือ

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

และ

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

โดยที่

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง (Btu./Hr. sq.Ft.^{o}F)

A = พื้นที่ของผนังที่ถ่ายเทความร้อน (sq.Ft.)

ΔT = ความแตกต่างความร้อนระหว่างภายนอกกับภายใน (^{o}F)

CLTD. = ภาระความแตกต่างความร้อนเทียบเท่า
หรือ Cooling Load Temperature Difference (^{o}F)

ทั้ง 2 สมการข้างบนนี้ พบว่าการคำนวณจะใช้สมการที่ 1 ในกรณีที่ค่าความแตกต่างความร้อนระหว่างภายนอก กับภายใน มีค่าคงที่ (Steady State Condition) หรืออิทธิพลจากองค์ประกอบภายนอกไม่มีผลกระทบรุนแรงนัก อีกกรณีหนึ่งที่จะใช้สมการที่ 1 ในการคำนวณก็คือเพื่อความสะดวกในกรณีที่มีอัตราเสี่ยงต่ำ ในการคำนวณค่า Heat Load ของอาคารในเมืองหนาว ซึ่งถือว่าอิทธิพลอันเนื่องมาจากมวลสาร การหน่วงเวลาหรืออื่นๆ เป็นเสมือนค่า Safty Factor ในการคำนวณ

ในสมการที่ 2 ค่า ΔT ถูกเปลี่ยนเป็น CLTD. เพื่อปรับให้ใกล้เคียง กับความเป็นจริงมากขึ้น เพราะในทางปฏิบัติแล้ว ความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกกับภายในอาคารไม่เคยคงที่ แต่จะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพภูมิอากาศตลอดเวลา ด้วยเหตุนี้ การคำนวณค่า Peak Load ของอาคารจึงใช้ค่า CLTD. แทน ΔT จากการศึกษารายละเอียดในการคำนวณ (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditoning Engineers (ASHRAE), 1989) จะพบว่า ค่า CLTD. นั้นเป็นค่าที่ดัดแปลงมาจาก ΔT หากแต่ว่าปรับให้เข้ากับอิทธิพลจากภายนอกหลายองค์ประกอบ เช่น เวลา วัน เดือนและเขตละติจูดที่เกิด Peak Load มวลสารของผนัง สีของผนัง การหน่วงเวลาของผนังตลอดจนผลกระทบของแสงแดด อุณหภูมิ และสภาพแวดล้อม หรือ ถ้าจะมองกันอย่างลึกซึ้ง ก็คือ ค่า CLTD. นั้นพยายามจะปรับให้ใกล้กับความเป็นจริงมากที่สุด โดยการคำนวณได้พยายามคำนึงถึงตัวแปรต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อน

2.1.3 อิทธิพลจากแสงแดดและการจำลองสภาพในห้องทดลอง

แสงแดด จัดเป็นปัจจัยทางธรรมชาติที่มีอิทธิพลมาก ต่อการถ่ายเทความร้อนของผนังเข้าสู่อาคาร ผนังอาคารเมื่อถูกแสงแดด ก็จะร้อนขึ้น เนื่องจากการดูดรังสีความร้อนจากแสงแดดของผนัง และการที่ผิวผนังร้อนขึ้นนี้เอง ทำให้การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารต้องเปลี่ยนไป และจะใช้ค่าความแตกต่างความร้อนระหว่างภายนอกกับภายใน หรือ ΔT ไม่ได้อีกต่อไปเพราะค่าของ ΔT จะต่ำกว่าความเป็นจริงมากแต่จะมากน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ และเพื่อจะศึกษาถึงอิทธิพลของแสงแดด และองค์ประกอบอื่นๆ ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร จึงได้มีผู้ประยุกต์อิทธิพลของตัวแปรเหล่านี้ขึ้น (ASHRAE ,1989 Sol - Air Temperature) โดยสร้างเป็นสมการขึ้น ดังนี้

$$\text{Sol - Air Temperature } (T_e) = T_{out} + I * \alpha / h_o - \varepsilon \Delta R / h_o$$

โดยที่

T_e = Sol - Air Temperature

T_{out} = อุณหภูมิอากาศภายนอก

I = รังสีความร้อนที่ตกกระทบทั้งหมด (Total Solar Radiation Incident on the Surface) Btu./Hr.sq.Ft.

α = สัมประสิทธิ์การดูดกลืนความร้อนของผิววัสดุ (ไม่มีหน่วย)

h_o = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผิว ซึ่งรวมทั้ง Long Wave Radiation และ Convection (Btu./Hr.sq.Ft.)

ΔR = อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของผิววัสดุกับสภาพแวดล้อมและท้องฟ้า(Btu./Hr.sq.Ft.)

ε = สัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนออกจากผิว (Hemispherical Emittance of the Surface)

โดยคำจำกัดความแล้ว Sol - Air Temperature ก็คืออุณหภูมิสมมุติของอากาศที่ติดกับผิววัสดุ ตอนที่ไม่มีอิทธิพลจากแสงแดด และการแลกเปลี่ยนรังสี ที่จะทำให้เกิดถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร เทียบเท่ากับสภาวะที่มีอิทธิพลจริงจากรังสีดวงอาทิตย์ จากการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้า จากสภาพแวดล้อมรอบตัว และจากการถ่ายเทความร้อนกับอากาศ จาก ASHRAE

(1989) Sol - Air temperature is the outdoor air that, in the absence of all radiation change, gives the same rate of heat entry into the surface as would the combination of incident solar radiation, radiant energy exchange with the sky and other outdoor surroundings, and convective heat exchange with the outdoor air.

ในห้องปฏิบัติการ เมื่อต้องการจะให้ปริมาณการถ่ายเทความร้อนเทียบเท่ากับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงๆ จึงได้มีการจำลองสภาพนี้ขึ้น โดยใช้ Concept ของ Sol - air temperature อย่างไรก็ตาม Concept ที่ใช้ Sol - air temperature นี้ในทางปฏิบัติแล้วคงทำให้เหมือนสภาพจริงๆ ได้ยาก นอกเสียจากจะจำลองสภาพ เพื่อศึกษาใน Typical Condition นั้นๆ

2.1.4 คุณสมบัติของฉนวน และมวลสาร

โดยปกติวัสดุที่เป็นฉนวน ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน มักจะมีน้ำหนักเบา และมีมวลสารน้อย (Low Mass Material) มีความสามารถในการกักเก็บปริมาณความร้อนได้น้อย แต่มีคุณสมบัติในการกีดกันความร้อน การถ่ายเทความร้อนเป็นไปในอัตราที่ช้า ในทางตรงกันข้าม วัสดุที่มีมวลสารมาก(Themal Mass Material) จะมีความสามารถในการกักเก็บปริมาณความร้อนไว้ได้มาก เมื่อปริมาณความร้อนที่กักเก็บไว้มีมากขึ้น ก็จะส่งผ่านตัวกลางไปเรื่อยๆ ด้วยเหตุนี้ ความร้อนที่สะสมไว้จึงค่อยๆ เคลื่อนตัวผ่านเข้าสู่อาคารในเวลาถัดไป ทำให้ต้องใช้เวลานานกว่าที่จะเดินทางเข้าสู่ภายในอาคาร อิทธิพลนี้เรียกว่าการหน่วงเหนี่ยวเวลา (Time Lag Effect) ถ้าหากในช่วงเวลาที่ผนังนั้นกักเก็บความร้อนอยู่นั้น อุณหภูมิของอากาศภายเย็นลงกว่าอุณหภูมิของผนังแล้ว ในช่วงเวลานั้น ก็จะเกิดการถ่ายเทความร้อนจากผนังสู่อากาศภายนอกด้วย ในกรณีนี้จะเห็นว่า Kwang - Woo Kim (1984) ความร้อนที่สะสมอยู่ในผนังนั้น ส่วนหนึ่งจะเคลื่อนตัวเข้าสู่อาคาร และอีกส่วนหนึ่งจะเคลื่อนตัวออกจากผนังสู่อากาศภายนอก ซึ่งถ้าหากผนังมีมวลสารมาก และมีการหน่วงเหนี่ยวเวลานานโอกาสที่ความร้อนที่สะสมอยู่ในผนัง จะสูญเสียให้กับอาคารภายนอกก็มีมาก

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หนังสือ หรือบทความที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องระบบผนังช่องอากาศ (Cavity Wall) โดยตรงมีค่อนข้างน้อย และหาอ่านได้ยาก ที่มีเกี่ยวข้องบ้างพอสรุปเป็นเรื่อง ๆ ดังต่อไปนี้

"HEAT TRANSMISSION"

โดย A.W. PRATT

ส่วนใหญ่กล่าวถึง สูตรการคำนวณ ซึ่งอ่านเข้าใจยาก และมีการรวบรวมผลการทดลองของระบบผนังรูปแบบต่างๆ เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ("U" Value) โดยมีระยะการทดลอง ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1936 - 1961 ประมาณ 30 กว่าปีมาแล้ว (ปัจจุบัน ค.ศ. 1994) อีกทั้งการทดลองดังกล่าว ผนังทดสอบอยู่ทิศเหนือมีกำบังแดด (With Sheltered North Exposure) คือไม่โดนแดดโดยตรง และอยู่ในสภาพภูมิอากาศเขตหนาว ซึ่งตรงกันข้ามกับประเทศไทย คงใช้ได้แค่เป็นแนวทางเท่านั้น

"THERMAL AND ACOUSTIC INSULATION OF BUILDINGS"

โดย R.M.E. Diamant M.SC. (1965)

กล่าวถึงความร้อนที่เกิดจากการพา (Convection) ในช่องอากาศ โดยพิจารณาจากกราฟสรุปได้ว่าความกว้างของช่องอากาศ(Cavity) แปรผกผันกับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ("U" Value) กล่าวคือช่องอากาศยิ่งกว้างมาก ค่า "U" ก็ยิ่งมีค่าน้อยลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงความกว้างตั้งแต่ 3/4" - 2" ค่า "U" จะมีค่าลดลงมาก จาก 0.8 - 0.37 (กราฟมีความชันมาก) แต่ในช่วงความกว้างตั้งแต่ 2" เป็นต้นไป ค่า "U" จะมีค่าลดลงไม่มากนัก คือ ค่อยๆ ลดลงทีละน้อย และใจความสำคัญสรุปเป็นข้อๆ ได้ดังนี้

- ค่า "U" ของผนังขึ้นอยู่กับค่าการนำความร้อนของวัสดุผนัง
- วัสดุที่มีความเปียกชื้น ถือเป็นตัวนำความร้อนที่ดี
- ความร้อนถ่ายเทจากผนังสู่อากาศโดยรอบโดยการพา(Convection) และการแผ่รังสี (Radiation)
- การถ่ายเทความร้อนโดยการพา จากพื้นผิวสู่สภาพแวดล้อมโดยรอบ จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีลมพัดผ่าน
- เมื่อรังสีความร้อนตกกระทบพื้นผิวทึบใดๆ ส่วนหนึ่งจะถูกดูดซับ (Absorb) ไว้ อีกส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อน (Reflect) ออกไป (a+r = 1) ค่าใดจะมากจะน้อยขึ้นอยู่กับธรรมชาติของวัสดุนั้นๆ

- โลหะมีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอโลหะ แต่ถ้าโดนแดดจะร้อนกว่า และในสภาพอากาศหนาว โลหะจะเย็นกว่าอโลหะ

- Sol - Air Temperature เป็นวิธีการคำนวณหาอุณหภูมิภายใต้สภาพอากาศภายนอกที่มีแสงแดด

- ภายในช่องอากาศที่บุ Aluminium Foil จะช่วยกำจัดความร้อนที่เกิดจากการส่งผ่านรังสีความร้อน ได้เกือบทั้งหมด

- การถ่ายเทความร้อนจะเพิ่มมากขึ้น ถ้าแบ่งช่องอากาศเป็นกล่องๆ

"AJ HANDBOOK OF BUILDING ENCLOSURE"

โดย A.J. ELDER AND MARITZ VAN DENBERG

กล่าวถึงเกี่ยวกับเรื่อง "Condensation Risk" คืออันตรายอันเกิดจากการที่อากาศกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ หรือความชื้นนั่นเอง โดยแสดงเป็นรูปตัดผนังรูปแบบ และความหนาต่างๆ ประกอบด้วยอุณหภูมิของผิววัสดุผนัง (The Structural Temperature) แสดงด้วยเส้นต่อเนื่อง (Continuous Line) และอุณหภูมิของจุดน้ำค้าง (The Dew-Point Temperature) แสดงเป็นเส้นประ (Broken Line) โดยที่ถ้าเส้นอุณหภูมิของผิววัสดุตกลงมาตัด หรืออยู่ต่ำกว่าเส้นอุณหภูมิของจุดน้ำค้าง จะก่อให้เกิดปัญหาเรื่อง Condensation ได้ ทั้งนี้ ภายในข้อกำหนดดังนี้

- Normal exposure
- Normal domestic occupancy
- External air temperture 0°C
- External relative humidity 100% (saturated)
- Internal air temperture 20°C
- Internal relative humidity 48%

การเลือกวัสดุเพื่อใช้ในการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน

โดย รศ. ดร. สุนทร บุญญาธิการ

"เนื่องจากผนังก่ออิฐฉาบปูนเป็นระบบที่แพร่หลายในแทบทุกระดับของการก่อสร้างจึงได้คัดเลือกมาทำการศึกษา เพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ กับผนังเบาระบบ Exterior Insulation and Finish Systems (EIFS) โดยการเปรียบเทียบ จะเน้นให้เห็นถึงพฤติกรรมของความร้อนที่ผ่านเข้ามาในผนังทั้งสองระบบ ที่มีความหนาแน่นเท่ากัน แต่มวลสารต่างกัน"

ข้อมูลที่ใช้เพื่อการเปรียบเทียบ มีดังต่อไปนี้

(ก) ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ2 ด้าน มีความหนา 4 นิ้ว สีน้ำตาลอ่อน มีน้ำหนักประมาณ 200 กก./ตารางเมตร มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U - Value) = 0.41 Btu./Hr.sq.Ft.^{o}F

(ข) ผนังเบาแบบ Exterior Insulation Finish System (EIFS) บนโครงเคร่าเหล็กขนาด 51 มม. ผนังด้านนอก ปูด้วยแผ่นโฟม Polystyrene หนา 1 นิ้ว เคลือบผิวหน้าด้วย Fibre Glass Reinforce Mesh และสี Finish Coat แบบมีทรายผสม น้ำหนักของผนังประมาณ 50 กก./ตารางเมตร สีน้ำตาลอ่อน ความหนาของผนัง 4 นิ้ว ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (U - Value) = 0.14 Btu./Hr.sq.Ft.^{o}F

...ผนังแบบ EIFS เป็นผนังที่ใช้กันแพร่หลายมากในต่างประเทศ และมีความเหมาะสมกับสภาวะอากาศในประเทศไทย กับทั้งมีคุณสมบัติเกือบครบถ้วนตามที่กล่าวข้างต้น จึงนำมาใช้ในการเปรียบเทียบ...

...ข้อมูลที่ใช้ในการเปรียบเทียบทั้งหมดนี้เป็นการ Simulate ตามวิธีการที่ใช้ใน คู่มือ ASHRAE Handbook of Fundamental 1989 โดยการเปรียบเทียบเฉพาะเดือนเมษายน ซึ่งเป็นเดือนที่ร้อนที่สุดในประเทศไทย โดยใช้ Inside Design Temp. เท่ากับ 75 ^{o}F และ Outside Design Temperature เท่ากับ 99 ^{o}F สำหรับประเทศไทย...

สรุปผล จากการ Simulate ได้ว่าปริมาณความร้อนที่สะสมอยู่ในผนังก่ออิฐฉาบปูน มีจำนวนมาก และมี Peak Heat Gain ประมาณ 22 Btu/sq.Ft.ในช่วงเวลาประมาณ 17:00 น. แม้แต่หลังเที่ยงคืนไปแล้ว ก็ยังมีปริมาณความร้อนที่สะสมอยู่ และถ่ายเทให้กับภายในอาคาร (Time Lag Effect) ส่วนปริมาณความร้อน ที่ผ่านผนังเบาระบบ EIFS จะเกิด Peak Heat Gain ก่อน แต่น้อยกว่า คือประมาณ 16 Btu./sq.Ft. ในช่วงเวลาประมาณ 13:00 น. และลดลงอย่างรวดเร็ว (No time Lag Effect) นั่นคือ ปริมาณความร้อนที่ผ่านผนังเบาระบบ EIFS เข้ามา จะมีค่าน้อยกว่า หรือมีอุณหภูมิต่ำกว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนมาก

"ผลของมวลสารและสีของผนังต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร"

โดย น.ส. สินีรัตน์ ภัทรธรรมกุล

สรุปสาระสำคัญของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นข้อๆ ดังนี้

- ผนังมวลสารมากจะสะสมและสูญเสียความร้อนในอัตราที่ช้ากว่าผนังมวลสารน้อย โดยที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) เท่ากัน

- ผนังมวลสารน้อยจะมีอุณหภูมิสูงสุด (Peak Temperature) สูงกว่าผนังมวลสารมาก โดยที่มีค่า "U" เท่ากัน และจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นถ้าค่า "U" ของผนังมีค่าเพิ่มมากขึ้น

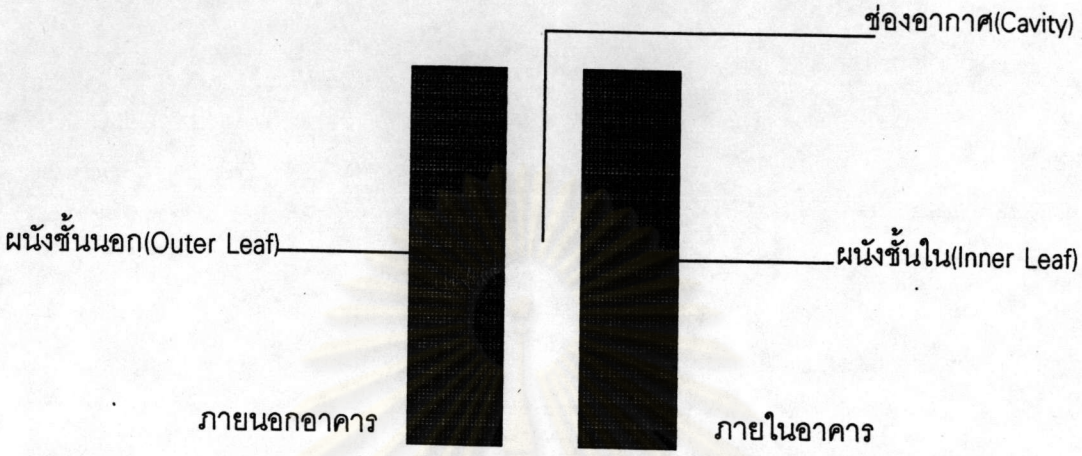
- ผนังมวลสารมากจะมีช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายในสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกมากชั่วโมงกว่า ผนังมวลสารน้อย ที่มีค่า "U" เท่ากัน

- ผนังมวลสารน้อยจะมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (Temperature Swing) มากกว่าผนังมวลสารมาก โดยที่มีค่า "U" เท่ากัน หมายความว่า ผนังมวลสารมากจะมีการถ่ายเทความร้อน เข้า-ออก ในอัตราที่ค่อนข้างคงที่ มากกว่าผนังมวลสารน้อย ซึ่งมีอุณหภูมิภายในขึ้นสูง และลงต่ำแตกต่างกันมาก โดยที่ผนังที่มีค่า "U" มาก จะมีค่าแตกต่างของอุณหภูมิ (Temperature Swing) มากขึ้นด้วย

- ผนังมวลสารมาก จะมีค่าหน่วงเหนี่ยวเวลา (Time Lag) มาก และอุณหภูมิภายในจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเป็นเวลานานหลายชั่วโมง ส่วนผนังมวลสารน้อย แทบจะไม่มีค่าหน่วงเหนี่ยวเวลาเลย เพราะผนังมวลสารน้อย จะมีอุณหภูมิขึ้นสูง และลงต่ำตามอุณหภูมิอากาศภายนอกตลอดเวลา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 แนวความคิดในการออกแบบระบบผนังที่มีช่องอากาศ(Cavity Wall System)



รูปที่ 2 แสดงส่วนประกอบของระบบผนังที่มีช่องอากาศ

ผนังชั้นนอก (Outer Leaf)

วัสดุผนังชั้นนอก ต้องเผชิญกับสภาพดินฟ้าอากาศที่แปรปรวนตลอดเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งอิทธิพลจากแสงแดด เป็นเวลาตลอดทั้งวัน จึงจำเป็นต้องกำหนดคุณสมบัติที่เหมาะสมของวัสดุที่จะนำมาใช้กับระบบผนังที่มีช่องอากาศอย่างได้ผล ดังนี้

1.1 มีความแข็งแรง ทนทาน ต่อสภาพดินฟ้าอากาศ

1.2 สามารถป้องกันความชื้นได้

1.3 น้ำหนักเบา

1.4 หาซื้อและก่อสร้างได้ง่าย

ผนังชั้นนอก ทำหน้าที่เป็นตัวรับแสงแดดโดยตรง เพื่อลด CLTD. ให้กับระบบผนัง โดยจะทำให้อุณหภูมิในช่องอากาศสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ทำให้เกิดการไหลของอากาศจากภายนอก เข้ามาแทนที่อุณหภูมิภายในช่องอากาศ อย่างต่อเนื่อง ทำให้ภายในช่องอากาศมีอุณหภูมิเท่ากับหรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอก

ปริมาณความร้อนที่ผ่าน ผนังชั้นนอก คำนวณได้จากสูตร

$$Q = U * A * CLTD.$$

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

เป็นสูตรที่ใช้คำนวณหาปริมาณความร้อนที่ผ่านผนัง และหลังคาทึบ (Opague Wall & Roof) ที่สัมผัสกับแสงแดดโดยตรง ซึ่งต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผล ได้แก่

- Mass Effect (Heat Capacity)
- Time Lag Effect
- Sol - Air Temperature
- Longwave Radiation Heat Exchange
- Outside Climatic Condition (Mean)
- Latitude AND Month
- Solar Time
- Wall Facing

ซึ่งในการคำนวณให้ถูกต้องเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ และฤดูกาลจะต้องมีการปรับค่า CLTD. ก่อน ดังนี้

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

จาก 1989 FUNDAMENTALS HANDBOOK กำหนดให้

$$CLTD_{corr} = (CLTD. + LM.) K + (78 - T_R) + (T_O - 85)$$

CLTD.	จากการจัดกลุ่มของผนัง (หาค่าจากตาราง)
LM.	LATITUDE MONTH (หาค่าจากตาราง)
K	ค่าคงที่ของสีผนัง (หาค่าจากตาราง)
$(78 - T_R)$	ค่าแก้ไขของอุณหภูมิภายในห้อง
$(T_O - 85)$	ค่าแก้ไขของอุณหภูมิเฉลี่ยภายนอก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ช่องอากาศ (Cavity)

เป็นช่องอากาศแบบเปิด (Vented Cavity) อยู่ระหว่างผนังชั้นนอก กับผนังชั้นใน โล่งตลอดแนวผนัง ขนานกับโครงเคร่าตั้งตั้ง โดยไม่มีโครงเคร่าตัวนอน มาปิดกั้น

ผนังชั้นใน (Inner Leaf)

เป็นผนังชั้นใน ของระบบผนังที่มีช่องอากาศ ซึ่งจะไม่โดนแดดโดยตรงเลย เพราะมีผนังชั้นนอกทำหน้าที่เสมือนเป็นแผงกันแดดให้ และมีช่องอากาศแบบเปิด เป็นตัวปรับอุณหภูมิภายในช่องอากาศ ให้ใกล้เคียงหรือเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก ดังนั้น ปริมาณความร้อนที่ผ่านผนังชั้นในเข้าสู่ภายในอาคาร สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$Q = U * A * \Delta T$$

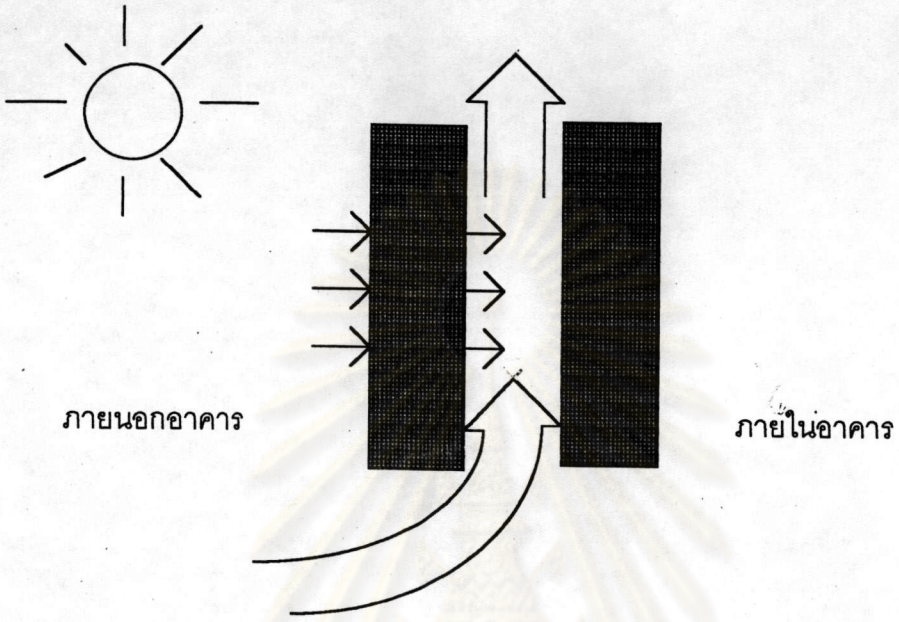
ΔT คือความแตกต่างของอุณหภูมิภายในช่องอากาศกับอุณหภูมิภายในอาคาร($^{\circ}F$)

สูตรนี้ใช้ได้ในกรณีที่ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ ระหว่างภายนอกกับภายใน มีค่าคงที่ (Steay State Condition) หรืออิทธิพลจากองค์ประกอบภายนอก ไม่มีผลกระทบที่รุนแรงมากนัก หรือเพื่อความสะดวกในการคำนวณที่ต้องการ Safty Factor และต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผล ได้แก่

- No Sol - Air Temperature
- No Mass Effect
- No Time Lag Effect
- No Longwave Radiation Heat Exchange

ผนังชั้นใน จึงควรเป็นวัสดุผนังประเภทมวลสารน้อย ที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนจากภายในช่องอากาศได้เป็นอย่างดี

การทำงานของระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบเปิด (Vented Cavity System)



รูปที่ 3 แสดงการทำงานของระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบเปิด ในเวลากลางวัน

ในเวลากลางวัน ผนังชั้นนอก (Outer Leaf) ซึ่งโดนแดดโดยตรงตลอดทั้งวัน โดยเฉพาะอุณหภูมิอากาศที่ติดกับผิว (Sol-Air) จะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก (Outside Air) มาก ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปสู่ช่องอากาศ (Cavity) ที่ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า ทำให้อุณหภูมิภายในช่องอากาศสูงขึ้น ซึ่งก็ยังคงสูงกว่าอากาศภายนอก ดังนั้น จึงเกิดความต่างศักดิ์ของอุณหภูมิขึ้น ทำให้อากาศภายนอกที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเคลื่อนเข้าไปแทนที่อากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่าภายในช่องอากาศ (อากาศร้อนจะลอยตัวสูที่สูงเสมอ) นั่นคืออากาศจากภายนอกจะไหลเข้าไปแทนที่ช่องอากาศภายในผนัง ทำให้อุณหภูมิภายในช่องอากาศมีค่าใกล้เคียงหรืออาจเท่ากับอุณหภูมิภายนอก

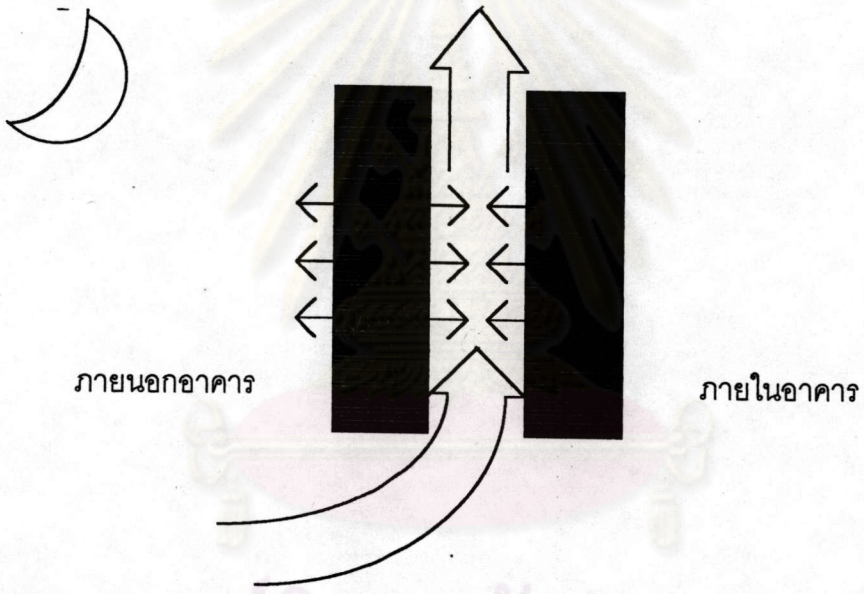
ผนังชั้นใน (Inner Leaf) เลือกใช้วัสดุผนังประเภทมวลสารน้อย ซึ่งเป็นฉนวนกันความร้อน ใช้กันความร้อนจากภายในช่องอากาศ ซึ่งมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอากาศภายนอก ไม่มีผลกระทบจาก CLTD. เพราะภายในช่องอากาศไม่โดนแดดโดยตรง จึงสามารถพิจารณาความร้อนที่เข้าสู่อาคารได้จากสูตร

$$Q = U * A * \Delta T$$

กรณีที่ 1. เลือกใช้วัสดุผนังที่มีค่า "U" ต่ำมาก ๆ หรือมีค่า "R" สูงมาก ๆ

กรณีที่ 2. ΔT ได้ถูกลดลง (โดยผนังชั้นนอกลด CLTD. ซึ่งมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิมาก ให้เป็นค่า ΔT ซึ่งทำให้ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิน้อยลง)

ทั้ง 2 กรณี ทำให้ค่า ปริมาณความร้อน "Q" มีค่าน้อยลง ดังนั้น ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบเปิดนี้ จึงมีค่าน้อยลงด้วย



รูปที่3.3 แสดงการทำงานของระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบเปิด ในเวลากลางคืน

ในเวลากลางคืน อุณหภูมิที่ผิวของผนังชั้นนอก ในเวลากลางคืนจะเย็นกว่าอากาศ เพราะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนกับชั้นบรรยากาศ (Longwave Radiation Heat Exchange) เป็นผลให้อุณหภูมิภายในช่องอากาศเย็นลงด้วยซึ่งอาจจะเท่ากับหรือเย็นกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ส่วนอุณหภูมิที่ผิวของผนังชั้นใน ซึ่งแน่นอนว่าต้องสูงกว่า (เพราะไม่ได้สัมผัสกับชั้นบรรยากาศภายนอกโดยตรง) แต่ก็ได้รับผลเช่นกัน คือจะถ่ายเทความร้อนให้กับช่องอากาศซึ่งเย็นกว่าและถูกระบายทิ้งไป จึงไม่ทำให้เกิดการสะสมความร้อน(Heat Sink) ในระบบผนัง ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารเย็นสบาย