แนวทางการปรับปรุงผนังอาคารห้องสมุด
เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร กรณีศึกษาอาคารห้องสมุดโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม

นางสาว สุทิสา เรืองกันท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

GUIDELINE FOR BUILDING WALL SYSTEM TO IMPROVE THERMAL PERFORMANCE CASE STUDY POOLCHAROEN WITTAYAKOM SCHOOL LIBRARY

MISS SUTISA RUANGKAN

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Architecture

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการปรับปรุงผนังอาคารห้องสมุดเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร กรณีศึกษาอาคารห้องสมุดโรงเรียนพลูเจริญวิทยาคม
โดย	นางสาว สุทิสา เรืองกันท์
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต จุลาสัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ทิพย์สุดา ปทุมานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร. รวิช ควรประเสริฐ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุทิสา เรืองกันท์: แนวทางการปรับปรุงผนังอาคารห้องสมุดเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร กรณีศึกษาอาคารห้องสมุดโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม. (GUIDELINE FOR BUILDING WALL SYSTEM TO IMPROVE THERMAL PERFORMANCE CASE STUDY: POOLCHAROEN WITTAYAKOM SCHOOL LIBRARY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศ.ดร. สุนทร บุญญาธิการ, 106 หน้า.

แนวทางการปรับปรุงผนังอาคารห้องสมุด เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร อากาศที่ร้อนขึ้นในปัจจุบันทำให้มนุษย์ทุกคนมีความต้องการสถานที่หรืออาคารต่าง ๆ ที่อยู่ในสภาวะน่าสบายอาคารห้องสมุดก็เป็นอาคารที่ต้องการสภาวะน่าสบายเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น ผนังอาคารก็เป็นส่วนหนึ่งที่ได้รับผลจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ส่งผลต่ออุณหภูมิภายในอาคารไม่อยู่ในสภาวะที่น่าสบาย ซึ่งปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายของนักเรียนภายในอาคารห้องสมุด คือ การลดอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวอาคารโดยรอบผสมผสานกับความเร็วลม (พัดลม) ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ ขั้นตอนการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน 1)การศึกษาและการเก็บข้อมูลจากอาคารห้องสมุดโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม 2) นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์และประมวลผลประกอบด้วย 1) วิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคาร 2) วิเคราะห์และเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบภายในอาคารก่อนและหลังการปรับปรุงและความเร็วลมที่เหมาะสมซึ่งมีผลต่อสภาวะน่าสบายของนักเรียนภายในอาคารห้องสมุด จากการวิเคราะห์ทำให้ทราบว่า การปรับปรุงอาคารก่ออิฐฉาบปูนโดยการติดฉนวน EIFS หนาแตกต่างกัน 4 ขนาด ดังนี้ 1 นิ้ว - 4 นิ้ว ภายนอกผนังอาคาร นำไปเปรียบเทียบกับอาคารก่ออิฐฉาบปูน พบว่า การปรับปรุงผนังด้วยฉนวน EIFS 4 นิ้ว (โดยไม่รวมกระจก) สามารถลดความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาภายในอาคารได้ถึง 10.37 เท่าของผนังอาคารห้องสมุดแบบก่ออิฐฉาบปูน ในกรณีที่อาคารห้อมสมุดปรับอากาศ ส่วนกรณีอาคารห้องสมุดที่ไม่ปรับอากาศจะมีวิธีคำนวณหาค่า MRT โดยมีรายละเอียดดังนี้ ผนังอาคารเดิมมีค่า MRTภายในมีค่า 32.43 °C ซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอก 35.9 °C ทำให้อาคารห้องสมุดไม่อยู่ในสภาวะน่าสบาย แต่เมื่อทำการปรับปรุงและปรับอากาศที่อุณหภูมิ 25 °C จะทำให้ค่า MRT ภายในลดลง 30.04 °C ทำให้นักเรียนที่มาใช้บริการเสมือนว่าอยู่ในสภาวะน่าสบายเพิ่มมากขึ้น

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า แนวทางในการปรับปรุงอาคารห้องสมุดโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคมเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนของผนังทำให้อาคารอยู่ในสภาวะน่าสบาย ทำได้โดยการเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติการหน่วงเหนี่ยวความร้อน เพื่อลดอุณหภูมิพื้นผิวภายในอาคาร เช่นการติดตั้งฉนวนภายนอกอาคารเดิมจะช่วยเพิ่มสภาวะน่าสบายของนักเรียนที่มาใช้บริการในอาคารห้องสมุดได้

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2553

5274159025 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS : HEAT TRANSFER / MASS/ INSULATION

SUTISA RUANGKAN : GUIDELINE FOR BUILDING WALL SYSTEM TO IMPROVE THERMAL PERFORMANCE CASE STUDY: POOLCHAROEN WITTAYAKOM SCHOOL LIBRARY. ADVISOR: PROF. SOONTORN BOONYATIKARN, Ph.D., 106 pp.

Standard elementary school library in Thailand has very poor thermal comfort quality since it has very limited construction budget. Therefore, students do not prefer to get in and use library facilities. Poolcharoen Wittayakom School is one of the case studies as standard building. Heat from sun ray and high air temperature are major impacts to inside thermal condition. Moreover, sun ray penetrating to fenestration also causes a lot of heat inside. The study started with thermal measurement of existing condition. Then, thermal comfort factors and appropriate building materials were analyzed and applied to the building as calculation method. Some part of onsite experiments were conducted such as wall insulation.

It is found that existing brick wall has a lot of heat flow in. After 4 inch of EIFS foam was applied to outside wall surface, the heat flow in was reduced 10.37 times. Mean Radiant Temperature (MRT) of existing brick wall was 32.43 degree C which exceeds thermal comfort zone. From calculation based on the experiment sample, MRT after insulation installed at existing wall is 30.04 degree C. The survey results from students in part of experiment sample shown that thermal sensation is better significantly with MRT improvement. When apply wind velocity from existing ceiling fan, students feel close to comfort condition. It can be concluded that applying outside wall insulation can reduce cooling load and also improve thermal sensation comfort.

Department : Architecture Student's Signature Sutisa Ruangkan

Field of Study : Architecture Advisor's Signature

Academic Year : 2010

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดีด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก คณาจารย์ และบุคคลหลาย ๆ ท่าน ดังต่อไปนี้

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร .สุนทร บุญญาธิการ สำหรับคำแนะนำ ข้อคิดและการสร้างแรงขับเคลื่อนในการทำวิจัย สำห รับคำแนะนำในรายละเอียดเกี่ยวกับเรื่องการคำนวณ รองศาสตราจารย์ ดร . วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ ในการแนะนำเกี่ยวกับเรื่องต่าง ๆ ทั้งในการเรียนตลอด 2 ปีที่ผ่านมา คณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ประธานกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร .ทิพย์สุดา ปทุมานนท์ กรร มการสอบ สำ หรับคำแนะนำในการนำไปประยุกต์ใช้และต่อยอดให้กับนักเรียนสามารถเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณผู้บริหารโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม สำหรับเวลา และโอกาสในการศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ซึ่งได้แก่ ผอ. วุฒิชัย วันทมาตย์ ผอ.ปฏิมา พูนทรัพย์ รองฯจินตนา เสริมกล้า รองฯบุญมา เล็กเริงสินธุ์ และรองฯทรงสุดา สุคนธวงศ์

ขอขอบคุณคณะครูและเพื่อน ๆ ในโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม คุณครูสมเกียรติ บุญแจ่ม คุณครูยุวภาภรณ์ สุระคันธ์ คุณครูวัชรา มะธิตะโน คุณครูรำไพพรรณ จันทรเสนา คุณครูเทพธิดารัตน์ ชื่นสมบัติ คุณครูอารีรัตน์ ชูเส้ง สำหรับความร่วมมือร่วมใจตลอดการเรียนที่ผ่านมา รวมทั้งพี่ ๆ ปริญญาเอกและน้อง ๆ เพื่อน ๆ ร่วมสาขา

ขอขอบคุณ คุณครูพัชราภรณ์ เหมือนศาสตร์ สำหรับความช่วยเหลือในการทำวิจัยและกำลังใจที่ดีเสมอมา

สุดท้าย ขอขอบพระคุณ พ่อ-แม่ สำหรับทุก ๆ อย่างที่ผ่านมา จนถึงวันนี้และตลอดไป รวมถึงทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามมา ณ โอกาสนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... . จ

กิตติกรรมประกาศ..... . ฉ

สารบัญ..... .. ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฎ

สารบัญแผนภูมิ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาของการศึกษา..... 1

1.2 ความสำคัญของปัญหา……..... 2

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย……..... 5

1.4 ขอบเขตการศึกษา……..... 5

1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น..... 6

1.6 ระเบียบวิธีวิจัย……..... 6

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....……..... 7

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 8

2.1 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน..... 8

2.1.1 การนำความร้อน.....……..... 8

2.1.2 การพาความร้อน.....……..... 10

2.1.3 การแผ่รังสีความร้อน.....…… 11

2.2 สภาวะน่าสบาย……..... 14

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวัสดุ……..... 23

2.3.1 ข้อพิจารณาในการเลือกใช้วัสดุผนังภายนอกอาคาร……..…… 23

2.3.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับฉนวนและการเลือกใช้ฉนวน……..…….. 28

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับการคำนวณ..... 54
2.5 แนวทางในการปรับปรุงผนังอาคารเดิม..... 56
2.5.1 อาคารที่ไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ..... 56
2.5.2 อาคารที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ..... 57
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 58

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 61
3.1 ศึกษา ทฤษฎีและตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผนังอาคารเดิมและผนังอาคารที่ ปรับปรุงของอาคารห้องสมุดโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคมอยู่ในภาวะน่าสบาย..... 61
3.2 วิธีการเก็บข้อมูลอุณหภูมิของอาคารห้องสมุดโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคมและ นำไปวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบอาคารก่อนและหลังการปรับปรุง..... 64
3.2.1พื้นของอาคารห้องสมุด..... 64
3.2.2 ผนังอาคาร..... 65
3.2.3 หลังคา..... 67
3.3 เสนอแนวทางในการปรับปรุงผนังอาคารห้องสมุดให้ลดการถ่ายเทความร้อน เข้าสู่อาคารทำให้อาคารห้องสมุดโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคมเกิดสภาวะ ที่น่าสบาย..... 71

บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลการวิจัย..... 72
4.1 ผลการวิเคราะห์ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน สภาวะน่าสบาย และวัสดุ..... 72
4.2 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อนก่อนและหลัง การปรับปรุงอาคารห้องสมุด(โดยใช้วิธีคำนวณ)..... 74
4.2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอุณภูมิภายนอกและภายในอาคารห้องสมุด..... 74
4.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความต้านทานความร้อน และสัมประสิทธิ์การถ่ายเท ความ ร้อนของผนังอาคารห้องสมุดก่อนและหลังการปรับปรุง (โดยใช้วิธี คำนวณ)..... 75
4.2.3 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของ ผนังอาคารห้องสมุดก่อนและหลังการปรับปรุง..... 80

หน้า

4.2.4 ผลการวิเคราะห์ค่าความต้านทานความร้อน และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของพื้นอาคารห้องสมุดก่อนและหลังการปรับปรุง (โดยใช้วิธีคำนวณ)..... 83

4.2.5 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของพื้นอาคารห้องสมุดก่อนและหลังการปรับปรุง..... 85

4.2.6 ผลการวิเคราะห์ค่าความต้านทานความร้อนและสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคารห้องสมุดก่อนและหลังการปรับปรุง (โดยใช้วิธีคำนวณ)..... 85

4.2.7 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคารห้องสมุดก่อนและหลังการปรับปรุง..... 87

4.2.8 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารพื้นอาคารและหลังคาอาคารห้องสมุดก่อนและหลังการปรับปรุง..... 88

4.2.9 ผลการวิเคราะห์ค่าภาระการทำความเย็น ($CLTD_{Corr}$) เพื่อนำไปหาค่าQ การถ่ายเทความร้อนของผนัง และหลังคา ของอาคารห้องสมุดเดิมกับอาคารที่ปรับปรุง(แนวคิดการวิจัย)..... 88

4.2.10 ผลการวิเคราะห์และคำนวณหาค่า Q (การถ่ายเทความร้อน)..... 91

4.2.11 การเก็บข้อมูลอุณหภูมิผนังภายในอาคารห้องสมุดเดิม..... 97

4.2.12 ผลการวิเคราะห์หาค่า MRT ของอาคารห้องสมุดที่ไม่ปรับอากาศ..... 97

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ..... 101

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 101

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 103

รายการอ้างอิง..... 105

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 106

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	Metabolic Rate ในกิจกรรมต่าง ๆ.....	15
2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและสภาวะน่าสบาย.....	20
2.3	สรุปเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของฉนวนบางประเภท.....	50
4.1	แสดงค่าความต้านทานความร้อน (R).....	75
4.2	แสดงค่าความต้านทานความร้อน (R).....	76
4.3	แสดงค่าความต้านทานความร้อน (R).....	77
4.4	แสดงค่าความต้านทานความร้อน (R).....	78
4.5	แสดงค่าความต้านทานความร้อน (R).....	79
4.6	ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่า (U)	81
4.7	แสดงค่าความต้านทานความร้อน (R) ของพื้นอาคารเดิม.....	83
4.8	แสดงค่าความต้านทานความร้อน (R) ของพื้นอาคารที่ติดฉนวนโฟมคอนกรีต 4 นิ้วภายใน.....	84
4.9	แสดงการเปรียบเทียบค่า U (ค่าสัมประสิทธิ์การ ถ่ายเทความร้อน) ของพื้นอาคารเดิมและพื้นอาคารที่ปรับปรุงโดนการติดฉนวนโฟมคอนกรีต 4 นิ้ว.....	85
4.10	แสดงค่าความต้านทานความร้อน (R) ของหลังคาอาคารเดิม.....	86
4.11	แสดงค่าความต้านทานความร้อน (R) ของหลังคาอาคารโดยติดฉนวนใยแก้ว 4 นิ้ว.....	86
4.12	แสดงการเปรียบเทียบค่า U ค่าสัมประสิทธิ์และการถ่ายเทความร้อน)ของหลังคาอาคารเดิมและหลังคาอาคารที่ปรับปรุงโดยใช้ฉนวนใยแก้ว 4 นิ้ว.....	87
4.13	แสดงค่า U – Value อาคารห้องสมุดเดิม เปรียบเทียบกับอาคารห้องสมุดที่ปรับปรุงแนวคิดวิจัย.....	88
4.14	แสดงการเปรียบเทียบค่า Q ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารห้องสมุดก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงพื้นที่ 1 ตารางฟุต.....	94

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1(ก)	ลักษณะทั่วไปของอาคารห้องสมุดโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม.....	3
1.1(ข)	ลักษณะของนักเรียนที่เข้ามาใช้บริการและอุ ณหภูมิภายในและภายนอกที่มีค่าใกล้เคียงกัน.....	3
2.1	ความสัมพันธ์และสัดส่วนการสูญเสียความร้อนของร่างกาย.....	17
2.2	ลักษณะของผนังก่ออิฐฉาบปูน ซึ่งเป็นผนังที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีความแข็งแรงทนทานและมีมวลสารมาก.....	25
2.3	ลักษณะของการใช้ผนังไม้เป็นผนังภายนอกอาคาร.....	26
2.4	แสดงองค์ประกอบของผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIDFS).....	27
2.5	พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านฉนวนมวลสาร.....	30
2.6	การถ่ายเทความร้อนผ่านฉนวนผิวสะท้อนรังสี 3 ชั้น.....	31
2.7	ภาพขยายแสดงโครงสร้างของฉนวนใยแก้ว.....	34
2.8	ฉนวนใยแก้วหลายรูปแบบที่มีอยู่ในปัจจุบัน.....	34
2.9	ลักษณะของฉนวนใยแก้วแบบคลุมห่ม ไม่มีฟอยล์.....	35
2.10	ลักษณะของฉนวนใยแก้วแบบคลุมห่ม มีฟอยล์.....	35
2.11	ฉนวนใยแก้วแบบฝ้าเพดาน.....	36
2.12	ฉนวนใยแก้วแบบหุ้มท่อ.....	36
2.13	ลักษณะของฉนวนใยแร่แบบแผ่นแข็ง.....	37
2.14	ลักษณะของฉนวนใยแร่แบบแผ่นสำหรับก่อสร้าง.....	38
2.15	ลักษณะของฉนวนใยแร่แบบคลุมห่ม ไม่มีฟอยล์.....	38
2.16	ลักษณะของฉนวนใยแร่แบบหุ้มท่อ.....	39
2.17	ลักษณะของฉนวนใยเซลลูโลสแบบแผ่นติดบนแผ่นยิปซั่ม.....	40
2.18	ภาพขยายแสดงโครงสร้างของโฟมโฟลีสไตรีน.....	41
2.19	ตัวอย่างของผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก.....	42
2.20	ภาพขยายแสดงโครงสร้างของโฟมโพลียูรีเทน.....	43
2.21	ตัวอย่างโฟมโพลียูรีเทนแบบพ่นที่ใช้กับหลังคา.....	43

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
2.22	การขยายแสดงโครงสร้างของโฟมชนิดยืดหยุ่น.....	44
2.23	ลักษณะโฟมชนิดยืดหยุ่นแบบแผ่น.....	45
2.24	คุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของผนังก่ออิฐฉาบปูน (หนา 4 นิ้ว)ในทิศทางต่าง ๆ	59
2.25	คุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของผนังSanwich Panel 4 นิ้ว ในทิศทางต่าง ๆ	59
2.26	คุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของผนังของชนิดต่าง ๆ ความหนา 4 นิ้ว ทิศตะวันตก	60
3.1	ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสภาวะน่าสบายของมนุษย์.....	61
3.2	แสดงค่า U ผนังก่ออิฐฉาบปูน หนา 4 นิ้ว.....	63
3.3	แสดงค่า U ผนังคอนกรีตมวลเบา หนา 4 นิ้ว.....	63
3.4	แสดงค่า U EIFS หนา 4 นิ้ว.....	63
3.5	แสดงแผนผังบริเวณเก็บข้อมูลอุหภูมิของพื้นอาคารห้องสมุด.....	64
3.6	แสดงตำแหน่งที่ใช้เก็บข้อมูลอุณหภูมิภายในและอุณหภูมิภายนอก.....	65
3.7	แผนผนังแสดงตำแหน่งที่ใช้ในการเก็บข้อมูลอุณหภูมิผนังภายนอกของอาคารห้องสมุดชั้น 2 เพื่อใช้ในการหาความแตกต่างของภาระการทำความเย็น.....	66
3.8	แสดงแผนผังบริเวณเก็บข้อมูลอุณหภูมิของหลังคาอาคารห้องสมุด.....	67
3.9	แสดงเครื่องวัดอุณหภูมิชนิดอินฟาเรด รุ่น AR-842A.....	68
3.10	แสดงเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น.....	68
3.11	แสดงเครื่องบันทึกภาพนิ่ง (กล้องดิจิตอล Canon รุ่น A3100IS).....	68
3.12	แสดงลักษณะการติดตั้งโฟม	70
4.1	แสดงการแบ่ง Layer ของผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว.....	75
4.2	แสดงการแบ่ง Layer ของผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้วติดผนังฉนวนสำเร็จรูป EIFS ที่ใช้โฟมหนา 1 นิ้ว.....	76
4.3	แสดงการแบ่ง Layer ของผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว ติดผนังฉนวนสำเร็จรูป EIFS ที่ใช้โฟมหนา 2 นิ้ว.....	77

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.4	แสดงการแบ่ง Layer ของผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว ติดผนังฉนวนสำเร็จรูป EIFS ที่ใช้โฟมหนา 3 นิ้ว.....	78
4.5	แสดงการแบ่ง Layer ของผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว ติดผนังฉนวนสำเร็จรูป EIFS ที่ใช้โฟมหนา 4 นิ้ว.....	79
4.6	แสดงการแบ่ง Layer ของพื้นอาคารเดิมกับพื้นอาคารที่ติดฉนวนเป็นโฟม คอนกรีต หนา 4 นิ้ว	83
4.7	แสดงการแบ่ง Layer ของหลังคาอาคารเดิม กับหลังคาอาคารที่ติดฉนวน ใยแก้ว หนา 4 นิ้ว.....	85
4.8	ค่า R (ความต้านทานความร้อน) ค่า U (สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน) ของอาคารห้องสมุดปัจจุบันก่อนการปรับปรุง.....	99
4.9	การเลือกใช้วัสดุฉนวนป้องกันความร้อนภายในและภายนอกอาคารห้องสมุด....	99
4.10	ค่า R (ความต้านทานความร้อน) ค่า U (สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน) ของอาคารห้องสมุดหลังการปรับปรุง.....	100
4.11	แสดงอัตราส่วนของค่า R ค่า U และค่า Q ที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารห้องสมุดก่อนปรับปรุง.....	100

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1.1	แสดงการเปรียบเทียบความร้อนเข้ามาในอาคารผนังก่ออิฐฉาบปูนและระบบผนังฉนวนกันความร้อยภายนอก…….....……	4
2.1	Bioclimatic Chart.....	22
2.2	แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อน (ค่า R) ของวัสดุต่าง ๆ	52
4.1	แสดงอุณหภูมิภายในและอุณหภูมิภายนอกอาคาร.....	74
4.2(ก)	แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U).....	82
4.2(ข)	แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U).....	82
4.3	แสดงการเปรียบเทียบค่า Q (ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารของอาคารห้องสมุดก่อนการปรับปรุงและอาคารห้องสมุดหลังการปรับปรุง.....	94
4.4	แสดงการเปรียบเทียบค่า Q รวม (ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารของอาคารห้องสมุดก่อนการปรับปรุงและอาคารห้องสมุดหลังการปรับปรุง.....	95
4.5	แสดงความแตกต่างของปริมาณการถ่ายเทความร้อนของผนังก่อนและหลังการปรับปรุงอาคารห้องสมุด ตลอด 24 ชั่วโมง ของเดือนเมษายน.....	96
4.6	เปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอก อุณหภูมิภายในและเปรียบเทียบผนังติดฉนวน....	97
4.7	แสดงค่า MRT นอก Comfort Zone เมื่อปรับปรุงอาคารห้องสมุดไม่ปรับอากาศโดยการติดฉนวนป้องกันความร้อน.....	98
5.1	แนวโน้มค่าไฟฟ้ารวมอาคารห้องสมุดก่อนการปรับปรุง.....	103

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของการศึกษา

ข้อมูลจาก รายงานสถานการณ์ความต้องการไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต เดือนมิถุนายน ปี 2553 มีความต้องการใช้ไฟฟ้า เพิ่มขึ้นจากปี 2552 ในเดือนเดียวกัน เพิ่มขึ้นร้อยละ 11.79 หน่วยจากการไฟฟ้านครหลวง ซึ่งถือว่าเป็นสัดส่วนที่สูงขึ้น ซึ่งต้องการใช้เงินลงทุนในการเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตเป็นสัดส่วนที่สูงมากจนไม่สามารถนำเงินไปพัฒนาประเทศในด้านอื่น ๆ ได้

จากความสำคัญของปัญหาข้างต้น ทำให้หน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนเริ่มเกิดความตระหนักในเรื่องการประหยัดพลังงานเพิ่มมากขึ้น โดยเน้นการลดการถ่ายเทความร้อนที่ผ่านระบบเปลือกอาคาร เพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานให้คุ้มค่าและยั่งยืนมากที่สุด โรงเรียนก็ถือเป็นหน่วยงานหนึ่งที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณที่สูง รวมถึงมีผู้ที่มาศึกษาเล่าเรียนเป็นจำนวนมาก ถ้ามีการปลูกฝังจิตสำนึกในการประหยัดและอนุรักษ์พลังงานน่าจะเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศต่อไป

โรงเรียนพูลเจริญวิทยาคมเป็นโรงเรียนมัธยมขนาดใหญ่ เปิดสอนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – มัธยมศึกษาปีที่ 6 ปัจจุบันมีจำนวนนักเรียน 2,278 คน (ข้อมูลเมื่อ 31 มีนาคม 2554) มีพื้นที่ 36 ไร่ 1 งาน 85 ตารางวา ตั้งอยู่เลขที่ 16 หมู่ 1 ต.บางโฉลง อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ บริเวณรอบโรงเรียนเป็นแหล่งโรงงานอุตสาหกรรมและเป็นที่ตั้งของสนามบินสุวรรณภูมิ ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ รวมถึงการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรซึ่งเป็นเหตุสำคัญในการเพิ่มอาคารที่อยู่อาศัยด้วย ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติใน ต.บางโฉลงเหลืออยู่น้อย จึงเกิดการรณรงค์ปลู กจิตสำนึกในด้านการอนุรักษ์พลังงานเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้ทุกคน ช่วยกันรักษาทรัพยากรธรรมชาติไว้ใช้ให้นานที่สุด การรณรงค์ได้แพร่หลายไปทุกภาคส่วน เช่น ส่วนของอุตสาหกรรม เกษตรกรรม การคมนาคม และที่อยู่อาศัย ซึ่งพลังงานที่ใช้มากที่สุด คือ พลังงานไฟฟ้า

ดังนั้นโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม จึงตระหนักถึงการประหยัดพลังงานไฟฟ้าเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากโรงเรียนมีความจำเป็นที่จะต้อง ปรับปรุงรูปแบบอาคารเรียนเพื่อลดปัญหาจากมลภาวะทางเสียงที่เกิดจากเครื่องบิน ซึ่งการปรับปรุงอาคารเรียนนั้นจะต้องใช้วิธีการปิดห้อง เรียนด้วยกระจก และติดเครื่องปรับอากาศ เพื่อป้องกันเสียงจากเครื่องบินเข้ามารบกวนสมาธิและ เป็น

อุปสรรคต่อ การเรียนการสอนของครูและนักเรียน ซึ่งการปรับปรุงอาคารเรียนนั้นได้ใช้วิธีการ ติดฉนวนกันความร้อนและกันเสียงที่เปลือกอาคาร เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายและช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าด้วย อย่างไรก็ตาม ห้องสมุดซึ่งเป็นอาคารเดียวที่ไม่ได้ปรับปรุงเพื่อลดปัญหาทางเสียง

1.2 ความสำคัญของปัญหา

อาคารห้ องสมุดของโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม มีลั กษณะทางกายภาพ เป็นอาคารทรงสูง สี่เหลี่ยมตั้งอยู่กลางน้ำ เปิดใช้งานเวลา 7.00 น.- 17.00 น. มีจำนวนนักเรียนเข้ามาใช้บริการในแต่ละวัน ประมาณ 500-700 คน เมื่อเข้ามาภายในอาคารห้องสมุด จะมีความรู้สึกว่าร้อน และไม่อยู่ในสภาวะน่าสบาย จากการ สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนที่เข้าไปใช้บริการในอาคารห้องสมุด นักเรียนจะไปยืม -คืน หนังสือกันมากกว่า แต่จะนำหนังสือมาอ่านภา ยนอกอาคารหรือที่ห้องเรียนมากกว่า ผู้วิจัยจึงสอบถาม นักเรียนจำนวน 300 คน ตอบคำถามด้วยวาจาจากนักเรียนว่า “ ทำไมถึงไม่อ่านในห้องสมุด ” นักเรียนทั้ง 300 คน พอจะสรุปภาพรวมได้ ว่า “ ห้องสมุดร้อน และแสงสว่างไม่เพียงพอ เสียงดังก้องไปหมดเลย ” ผู้วิจัยจึงทำการทดลองด้ วยตนเอง คือ ลองนั่งอ่านหนังสือในห้องสมุด ผู้วิจัยพบว่า เมื่อนั่งอ่านหนังสือก็จะได้ยินเสียงนักเรียนที่เข้ามารอคืนหนังสือจำนวนมาก แสงไม่พอจนต้องเปิดไฟ และที่สำคัญคืออากาศร้อนมาก แม้กระทั่งเปิดพัดลมแล้วก็ตาม เมื่อผู้วิจัยได้เรียนรู้เกี่ย วกับการปรับปรุงเปลื อกอาคารเดิม ว่าสามารถลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ได้เช่นกัน จึงเกิดความคิดว่าน่าจะศึกษาแนวทางในการปรับปรุงเปลือกอาคารเดิมเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร จากการศึกษาพบว่าระบบเปลือกอาคารสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของหลังคา และผนังอาคาร ซึ่งมีความสำคัญไม่แตกต่างกัน และเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานในอาคารได้อีกด้วย เนื่องจากผนังอาคารเป็นส่วนที่รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์มากโดยเฉพาะผนังด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ดังนั้น จึงควรมีวิธีการลดความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ภ ายในอาคารจากผนัง

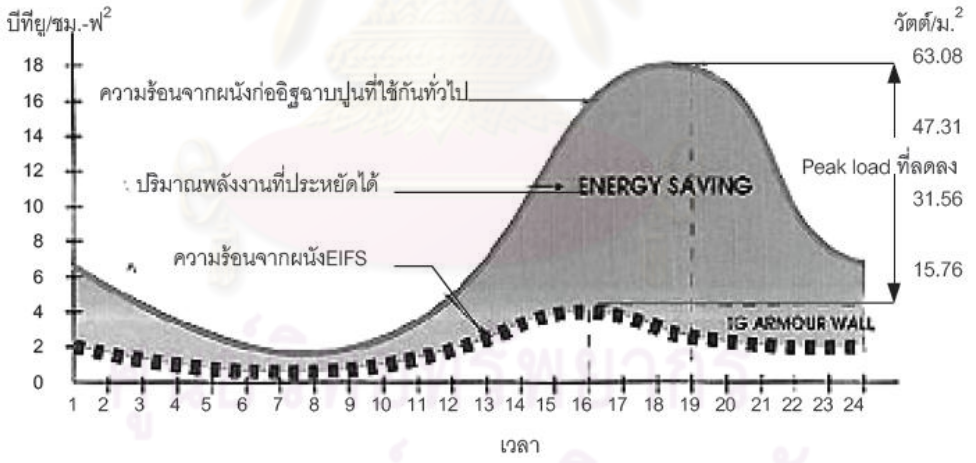
จากการศึกษา เปลือกอาคารใช้พลังงานสูงมากในการปรับปรุง ห้องสมุดต้องใช้ความเงียบ เนื่องจากสถานที่ตั้งเป็นเส้นทางบินผ่านของเครื่องบินและติดกับคลองที่มีเรือแล่นผ่านตลอดเวลาจึงทำให้เกิดมลภาวะทางเสียง อีกทั้งอากาศที่เปลี่ยนทำให้สื่อต่าง ๆ มีอายุการใช้งานสั้นลง รวมทั้งหนังสือด้วย ซึ่งอุณหภูมิภายนอกและภายในมี ค่าใกล้เคียงกัน และอยู่นอกเขตสบาย

(ก)

(ข)

ภาพที่ 1 (ก) ลักษณะทั่วไปของอาคารห้องสมุดโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม
(ข) ลักษณะของนักเรียนที่เข้ามาใช้บริการ และอุณหภูมิภายในและภายนอกที่มีค่าใกล้เคียงกัน

โดยทั่วไประบบผนังที่นิยมใช้ในการก่อสร้างในประเทศไทยรวมถึงอาคารห้ องสมุด โรงเรียน พูลเจริญวิทยาคม คือ ผนังก่ออิฐฉาบปูน เนื่องจากหาซื้อวัสดุได้ง่าย มีความคงทนแข็งแรงและราคาถูกแต่ผนังก่ออิฐฉาบปูนมีคุณสมบัติในการกันความร้อนและความชื้นได้ต่ำมาก เมื่อเทียบกับผนังที่เป็นฉนวน ทั้งนี้เนื่องจากผนังก่ออิฐฉาบปูนเป็นผนังที่มีมวลสารมาก มีคุณสมบัติในการเก็บกักความร้อนในอัตราที่ช้าแต่มีปริมาณมาก ซึ่งเหมาะกับภูมิ อากาศแบบร้อนแห้งมากกว่า ส่วนผนังมวลเบาที่ใช้ในประเทศไทยเป็นผนังที่มีความพรุนสูง ทำให้เกิ ดการรั่วซึมของอากาศได้ง่าย การเลือกใช้ระบบผนังที่มีมวลสารน้อยเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร ด้วยคุ ณสมบัติที่สะสมความร้อนได้น้อย โดยใช้ร่วมกับฉนว นกันความร้อนจะทำให้มีคุณสมบัติใน การลดความร้อนได้ดีขึ้น เช่น โฟม เป็นวัสดุที่มีความต้านทานความร้อนสูง จึงเป็นทางเลือกหนึ่งของระบบผนังในปัจจุบัน ที่ใช้กันมากคือ “โพลีสไตรีนโฟม ” (Polystyrene Foam) เนื่องจากมีลักษณะเป็นเซลล์ปิด โพลีสไตรีนโฟมที่มีความหนาแน่นสูง น้ำจะซึมผ่านได้ยากและเป็นวัสดุที่ทนต่อความชื้นได้ดี



แผนภูมิที่ 1.1 แสดงการเปรียบเทียบความร้อนที่เข้ามาในอาคารผ่านผนังก่ออิฐฉาบปูนและระบบผนังฉนวนกันความร้อนภายนอก ในทิศตะวันตกเฉียงใต้ (บริษัทไทยผลิตภัณฑ์ยิปซั่ม จำกัด, ม.ป.ป.)

ปัจจุบันจึงมีผู้ผลิตนำมาใช้เป็นส่วนประกอบผนังที่เรารู้จักคือ ระบบผนังฉนวนกันความร้อนภายนอกหรือผนัง EIFS (Exterior Insulation and Finished System) มีราคาต่อตารางเมตรค่อนข้างสูง

ดังนั้นการปรับปรุงผนังอาคารเดิม โดยเฉพาะผนังก่ออิฐฉาบปูนและผนังมวลเบา ซึ่งนิยมใช้กันในปัจจุบันและมีแนวโน้มที่จะใช้ในอนาคตต่อไป ให้มีค่าความต้านทานสูงขึ้น โดยการติดฉนวนกันความร้อนประเภท EIFS นั้นก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่จะสามารถ เพิ่มประสิทธิภาพในการกันความร้อนเข้าสู่อาคารให้เกิดสภาวะน่าสบายขึ้นภายในอาคาร จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่มีส่วนช่วยในการลดปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร ทำให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานและใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด และสามารถนำแนวทางหรือวิธีการอนุรักษ์พลังงานที่ใช้กับอาคารห้องสมุด โรงเรียน มาใช้ใ นการเรียนรู้ ศึกษาเรื่องต่าง ๆ เพิ่มเติมจากที่ครูสอนภายในห้องเรียนได้ เพื่อให้อาคารห้องสมุดเป็นแหล่งเรียนรู้ที่มีคุณภาพ นักเรียนมีความสุขและตระหนักถึงการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพเมื่อได้อยู่ภายในอาคารแห่งนี้

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน สภาวะน่าสบาย วัสดุและฉนวนป้องกันความร้อน นำมาประยุกต์ใช้กับอาคารห้องสมุดเพื่อ ลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

2. วิเคราะห์อาคารห้องสมุดปรับอาคารโดยใช้วิธีการคำนวณ และหาค่าอุณหภูมิเฉลี่ยโดยรอบสำหรับอาคารห้องสมุดไม่ปรับอากาศ เพื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุง เพื่อให้ลดการถ่ายเทความร้อนและเกิดสภาวะน่าสบาย

3. เสนอแนวทางในการปรับปรุงผนังให้ลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารทำให้อาคารห้องสมุดโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคมเกิดสภาวะน่าสบาย

1.4 ขอบเขตการศึกษา

เพื่อให้การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ บรรลุตามวัตถุประสงค์ คร อบคลุมตามเนื้อหา จึงกำหนดแนวทางการศึกษา ไว้ดังนี้

1. ชนิดของผนังที่คัดเลือกมาใช้ในการคำนวณหาปริมาณการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารโดยกำหนดจากผนังที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบันของโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม ซึ่งเป็นวัสดุสามารถพบเห็นกับผนังอาคารโดยทั่วไป ได้แก่ ผนังก่ออิฐฉาบปูน และเทียบกับค่า การถ่ายเทความร้อนของผนังที่มีการติดฉนวนชนิดเดียวกัน หนาแตกต่างกัน 1-4 ประเภท ได้แก่ ฉนวนที่หนา 1 นิ้ว 2 นิ้ว 3 นิ้ว และ 4นิ้ว

2. เลือกคุณสมบัติความเป็นฉนวนให้กับ ผนังของอาคารที่เหมาะสม สามารถใช้งานได้จริงกับอาคารห้องสมุดปัจจุ บัน มีค่าความต้านทานความร้อนที่ดีเป็นที่ยอมรับกันทั่วไป ได้แก่ค่าความเป็นฉนวนของโฟม โดยใช้ในรูปของฉนวนสำเร็จรูป EIFS

3. การวิจัยครั้งนี้วิเคราะห์โดยการคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคาร และหาค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร พื้นอาคาร เพื่อนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาภาพรวมของอาคารเดิมและอาคารที่ปรับปรุงได้อย่างชัดเจน

4. ตัวแปรสภาวะน่าสบายอื่น ๆ ในการวิจัยครั้งนี้ให้ค่าที เช่นอุณหภูมิภายในอาคารห้องสมุดส่วนที่ปรับอากาศให้เท่ากับ 25 °C หรือ 77°F ความชื้น เสื้อผ้าที่สวมใส่ และอัตราการเผาผลาญของร่างกายคงที่

5. การคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนใน การวิจัยครั้งนี้กำหนดให้ค่า A หรือพื้นที่ของผนัง หลังคา และพื้น มีค่าเท่ากับ 1 ตารางฟุตเท่านั้น

1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น

เพื่อให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จตา มเป้าหมาย ภายใต้ความเหมาะสมในเรื่องของระยะเวลาและปัจจัยอื่น ๆ ที่จำกัด จึงกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้

1. ทำการศึกษาเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนที่ผ่านผนังอาคาร โดยการคำนวณหาปริมาณความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคารเท่านั้น

2. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร สภาพแวดล้อมภายนอกอาคารไม่นำมาพิจารณากับการทำวิจัยในครั้งนี้

3. อาคารที่ศึกษาจะศึกษาเฉพาะปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนที่ผ่านผนังอาคาร ได้แก่อุณหภูมิภายนอก และแสงแดด โดยวิธีการคำนวณ และเปรียบเ ทียบเฉพาะผนังทึบในทิศทั้ง 4 ไม่รวมกระจก

4. ผนังอาคารที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้หมายถึง ผนังทึบ หลังคา และพื้น

1.6 ระเบียบวิธีวิจัย

1. ศึกษา ทฤษฎี และเอกสารที่เกี่ยวข้อง และศึกษาจากงานวิจัยที่มีเนื้อหาใกล้เคียงกัน เพื่อทำการเลือกวัสดุที่จะนำมา ใช้ในการปรับปรุงผนังอาคารเดิม การเลือกวัสดุใหม่ใช้ร่วมกับวัสดุเดิม

วิเคราะห์และคัดเลือกวัสดุที่มีคุณสมบัติเหมาะสม เพื่อนำมาปรับปรุงผนังอาคาร

2. วิเคราะห์และเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการปรับปรุงผนังอาคารเดิม โดยเริ่มจากการเก็บข้อมูลอุณหภูมิจากสถานที่ จริง อุณหภูมิอากาศภายนอก อุณหภูมิอากาศภายใน นำอุณหภูมิภายในและภายนอกมาหาค่าเฉลี่ย นำข้อมูลมาใช้ในคำนวณจากสูตรหาปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามาในผนังเดิม และผนังเดิมที่ติดฉนวน EIFS ที่มีความหนาต่างกัน และติดตั้งฉนวนที่เหมาะสม หาค่าสัมประสิทธิ์การ ถ่ายเทความร้อน เปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อน เข้าสู่อาคารเดิมและอาคารที่มีการติดฉนวน

วิเคราะห์วัสดุอาคารห้องสมุดเดิมและหลังการปรับปรุงโดย ติดฉนวนกันความร้อนสำหรับอาคารห้องสมุดปรับอากาศ (โดยวิธีการคำนวณค่าพลังงาน) ส่วนอาคารห้องสมุดที่ ไม่ปรับอากาศ โดยเก็บข้อมูลอุณหภูมิผนังทิศใต้ของอาคารเดิมและหลังการปรับปรุงโดยติดฉนวน หาค่า MRT เพื่อเปรียบเทียบสภาวะน่าสบายของผนังอาคารห้องสมุดเดิ ม และผนังอาคารเมื่อได้รับการปรับปรุง

3. เสนอแนวทางในการปรับปรุงผนังอาคารห้องสมุดเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยทำให้อาคารห้องสมุดอยู่ในสภาวะน่าสบาย

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบแนวทางการปรับปรุ งผนังอาคารเดิมของอาคารห้องสมุด เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร กรณีศึกษาอาคารห้องสมุดโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม

2. ทราบผลการ วิเคราะห์และ เปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงผนังอาคารเดิมด้านการลดการถ่ายเทความร้อน เพื่อ ประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงอาคารห้องสมุดเดิมให้เกิดสภาวะที่น่าสบาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน

พลังงานความร้อนจะถ่ายเทอยู่ตลอดเวลา จากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปสู่วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ดังนั้น ความร้อนจากภายนอกสามารถถ่ายเทเข้ามาในอาคารโดยผ่านทางผนังอาคารได้ 3 ทาง คือ

1. การนำความร้อน (Conduction)
2. การพาความร้อน (Convection)
3. การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

2.1.1 การนำความร้อน (Conduction)

การนำความร้อน (Conduction) หมายถึง ปรากฏการณ์ที่ พลังงานความร้อนถ่ายเทภายในวัตถุหนึ่ง ๆ หรือระหว่างวัตถุสอง ชิ้นที่สัมผัสกัน โดยมี ทิศทางของการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อน จากบริเวณที่มี อุณหภูมิ สูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยที่ตัวกลางไม่มีการเคลื่อนที่ การนำความร้อนเป็นกระบวนการ ที่เกิดขึ้นบนชั้น อะตอม ของ อนุภาค เช่น การถ่ายเทความร้อนที่ผ่านผนัง เป็นต้น วัสดุใดจะนำความร้อนดีหรือไม่ดี ขึ้นอยู่กับสัมประสิท ธิ์การนำความร้อน (k)

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity : K) หน่วย $W/m^2{}^\circ K$ หรือ $Btu.in/ft^2.h.\ {}^\circ F$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านสสารในความหนาช่วงเวลาหนึ่ง พื้นที่หนึ่ง และค่าความแตกต่างอุณหภูมิหนึ่ง ๆ เป็นค่าที่ใช้วัดค่าการนำความร้อนของวัสดุ ซึ่งวัสดุจะมีการนำความร้อนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับตัวแปร ดังนี้

1. โครงสร้างของโมเลกุลของสสาร
2. ความหนาของวัสดุ
3. ค่าความหนาแน่นของวัสดุ
4. ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่าง 2 จุดที่มีการนำความร้อนเกิดขึ้น
5. พื้นที่สัมผัสโดยตรงกับความร้อนและช่วงเวลาที่สัมผัส เป็นต้น

ความต้านทานความร้อน (Thermal Resistance : R, R-Value) หน่วย $m^2.\ {}^\circ K/W$ หรือ $fl^2.h.\ {}^\circ F/Btu$ คือ ส่วนกลับของค่าการนำความร้อนเป็นค่าที่ใช้กำหนดค่าฉนวนกันความร้อนภายในอาคาร เป็นค่าที่ใช้ในการคำนวณเพื่อการออกแบบฉนวนกันความร้อนของอาคารจะใช้ค่า

ความต้านทานการนำความร้อน (Thermal Resistance : R) ซึ่งเป็นส่วนกลับของค่าการนำความร้อน (Thermal Conductance) หรือ R = 1/Conductance โดยที่จะพิจารณาเลือกใช้วัสดุที่มีค่า R สูง ๆ เพราะวัสดุชนิดนั้นจะมีความเป็นฉนวนสูง สามารถป้องกันการนำความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารหรือภายในห้องได้ดี

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

เมื่อ R = ค่าความต้อนทานความร้อน (Resistance)

C = ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductance)

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Thermal Transmittance : U) หน่วย $W/m^2.{}^{\circ}K$ หรือ $Btu/ft^2.h.{}^{\circ}F$ คือ หน่วยของการวัดปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเข้ามาในอาคารในช่วงเวลาหนึ่ง พื้นที่หนึ่ง โดยที่ค่าการส่งผ่านความร้อนจะเป็นส่วนกลับของผลรวมค่าการต้านทานความร้อน (Thermal Resistance ; R) และมีหน่วยเช่นเดียวกับค่าการนำความร้อน (Conductance) แต่ไม่เท่ากับผลรวมของค่าการนำความร้อน

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

$$= \frac{1}{(R1 + R2 + \ldots + Rn)}$$

เมื่อ U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Transmittance)

R = ค่าความต้อนทานความร้อน (Resistance)

วัสดุอาคารชนิดอื่น ๆ ที่มิใช่วัสดุฉนวน พฤติ กรรมในการถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นแตกต่างออกไป คุณสมบัติการนำความร้อนจะบอกถึงความสาม ารถของวัสดุในการถ่ายเทความร้อนจากแกนผ่านสสารของวัสดุออกมาที่ผิว (Surface) ของวัสดุ จากนั้นจึงถ่ายเทให้กับอากาศภายในห้องที่เย็นกว่า ซึ่งจะเป็นภาระทำความเย็นของระบบปรับอากาศ

2.1.2 **การพาความร้อน** (Convection)

การพาความร้อน (Convection) หมายถึง การถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นได้ ในสสารสองสถานะคือ ของเหลวและก๊าซ เนื่องจากเป็นสิ่งที่สามารถเคลื่อนที่ได้ โดยจะมีทิศทางลอยขึ้นเท่านั้น เมื่อสสารได้รับความร้อนจะมีการขยายตัว ทำให้ความหนาแน่นต่ำลง และสสารที่มีอุณหภูมิ ต่ำกว่า (ความหนาแน่นสูงกว่า) ก็จะลงมาแทนที่ รวมถึงกระบวนการถ่ายเ ทพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของมวลของไหล เช่นอากาศ น้ำ หรือไอน้ำ เมื่อของไหล (Fluid) สัมผัสกับพื้นผิวของวัตถุใด ๆ ที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันจะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนขึ้น ในสภาพธรรมชาติเมื่อของไหลถูกทำให้ร้อนจะสามารถเคลื่อนที่ จากที่หนึ่งไปยังอีกที่ หนึ่งได้ทำให้เกิดการไหลเวียนพาความร้อนเพราะโมเลกุลที่เย็นและหนักกว่าจะตกลงข้างล่าง ส่วนโมเลกุลที่ร้อนและเบากว่าจะลอยตัวขึ้น ปรากฏการณ์นี้มีตัวอย่างคือ การเกิดลมบก ลมทะเล เป็นต้น หรืออาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า การพาความร้อนเป็นลักษณะการถ่ายเทความร้อนโดยมือ ากาศหรือลมเป็นสื่อกลาง

ความ แตกต่าง ของการนำความร้อน และการพาความร้อน คือ กระบวนการ นำความร้อนโมเลกุล จะไม่มีการเคลื่อนที่ หรือย้ายตำแหน่ง แต่จะถ่ายเทพลังงานความร้อนให้กับโมเลกุลอื่น ๆ โดยการสั่นกระทบ กันหรือชนต่อเนื่องกันไป ส่วนการพาความร้อนนั้น ชนิดของโมเลกุล จะมีการ เคลื่อนที่ ในกระบวน การพาความร้อนพลังงานความร้อนจะถูกถ่ายเทให้กับโมเลกุลอื่น ๆ โดยการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งของโมเลกุลของของไหลที่เป็นตัวกลางเมื่อได้รับความร้อน ตัวอย่างการพาความร้อนที่พบได้ทั่วไป (Natural convection) ภายในห้องเมื่ออาก าศได้รับความร้อน โมเลกุลของมันจะเกิดการเคลื่อนที่ห่างจากกันมากขึ้น จึงทำให้ความหนาแน่นของอากาศลดลงอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำจะไหลเข้าไปแทนที่อากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่า และเนื่องจากการพาความร้อนขึ้นกับแรงโน้มถ่วงของโลก ดังนั้นทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศที่มีอุณห ภูมิสูงกว่าจึงจะไหลขึ้น หรือลอยตัวสูงขึ้นสู่ด้านบน สำหรับการปรับอากาศเป็น อีกรูปแบบหนึ่งของการพาความร้อน คือ การพาความร้อนที่เกิดจากแรงภายนอก (Forced convection) การพาความร้อนแบบนี้เกิดขึ้นเนื่องจากแรงกระทำจากภายนอก เช่น แรงจากพัดลมดูดอากาศ เครื่องปั๊มอากาศ เป็นต้น การพาความร้อนรูปแบบนี้จะแตกต่างจากการพาความร้อนทั่วไป คือ จะไม่ขึ้นในทิศทางที่ถูกกระทำโดยอุปกรณ์ต่าง ๆ ความร้อนจากวัสดุจะถูกพาออกจากวัสดุโดยอากาศที่อยู่รอบ ๆ ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า เพื่อถ่ายเทออกไปยังภายนอกห้อง อันเป็นกระบวนการปรับ อากาศภายในห้องนั่นเอง

ค่าความจุความร้อน (Thermal heat capacity) ของวัสดุ หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าไปในวัสดุแล้วทำให้วัสดุมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหนึ่งหน่วย และค่าความจุความร้อนต่อหนึ่งหน่วยมวลของวัสดุก็คือค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific heat capacity) นั่นเอง (TC/m=c) ดังนั้นความจุความร้อนจำเพาะจึงแปรผันตามความจุความร้อนด้วย จะเห็นได้ว่าค่าที่มีความเหมาะสมในการพิจารณาการดูดซับความร้อนมากกว่า ได้แก่ ค่าความจุความร้อน (Heat or Thermal capacity : TC) เพราะเป็นค่าที่แสดงปริมาณความร้อนที่วัสดุสามารถดูดซับไ ว้ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรซึ่งในการศึกษาจะใช้ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุในการคำนวณค่าการดูดซับความร้อน ทั้งนี้วัสดุที่มีค่าความจุความร้อนสูงจะกักเก็บความร้อนไว้ได้มากทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนช้าลง ซึ่งจะมีผลทำให้อุณหภูมิที่ผิววัสดุมีค่าความร้อนแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

1. ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific heat capacity)
2. ปริมาณมวลสารของวัสดุ
3. ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิวัสดุและอุณหภูมิโดยรอบ

$$\text{Heat Capacity} = \rho * s \text{ (หน่วยเป็น Btu/ft}^3\ ^\circ\text{F)}$$

เมื่อ ρ = ค่าความหนาแน่นของวัตถุ (Density,lb/ft^3)

S = ค่าความร้อนจำเพาะ (Specific heat, Btu/lb$^\circ$F)

2.1.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) หมายถึง การถ่ายพลังงานทะลุผ่านช่องว่างใด ๆ (Through space) ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic waves) จากพื้นผิวของวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าทะลุผ่านไปยังพื้นผิวของวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าในทุกทิศทุกทาง ในความเป็นจริงแล้วการเกิดการแผ่รังสีความร้อนระหว่างวัตถุใด ๆ จะไม่ทำให้อุณหภูมิของตัวกลางที่ความร้อนนั้นผ่านเพิ่มสูงขึ้นแต่อย่างใด เมื่อรังสีนี้ไปตกกระทบวัตถุใด ๆ บางส่วนอาจจะสะท้อนกลับ (Reflected) บางส่วนอาจจะส่งผ่านทะลุไป (Transmitted) บางส่วนอาจถูกดูดกลืนไว้ (Absorbed) และถ้ารังสีที่ตกกระทบ คือ รังสีความร้อน ส่วนที่ถูกดูดซับไว้จะปรากฏเป็นความร้อนภายในวัตถุนั้น ซึ่งกระจกแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติในการป้องกัน หรือค่าการยอมให้ความร้อนผ่านช่องเปิดซึ่งเรียกว่า ค่าความเป็นฉนวน (Insulation value) ของวัสดุที่แตกต่างกัน ได้แก่

ความยาวคลื่น อุณหภูมิโมเลกุลของพื้นผิววัสดุสามารถให้ความร้อนที่วัดเป็นค่า าความยาวคลื่น (Wave length) หรือความถี่คลื่น (Frequency) โมเลกุลของพื้นผิวแต่ละชนิดจะมีการเคลื่อนไหว หรือการสั่นที่แตกต่างกันและแผ่รังสีความร้อนออกมาในความเร็วคงที่ ซึ่งทำให้เกิดความถี่ของคลื่นการแผ่รังสีโมเลกุลที่เคลื่อนที่เร็วที่สุดหรือร้อนที่สุดจะคายรังสีคลื่นสั้นออกมา เช่น คลื่นรังสีดวงอาทิตย์จะเป็นคลื่นสั้นที่ความยาวคลื่นประมาณ 0.4-4.0 micron = 1 ใน 1 ล้านของเมตร (1/10,000,000 เมตร) และโมเลกุลที่เคลื่อนที่ช้าจะคายรังสีคลื่นยาวที่มีค วามยาวคลื่นประมาณ 8-50 micron ซึ่งการวัดค่าของการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุจะกระทำโดยการวัดค่าของการปล่อยพลังงานรังสีความร้อนที่แผ่ออกมาจากผิวของวัสดุ ต่อหนึ่งหน่วยเวลา (Radiant Flux; RF) ค่าการแผ่รังสีความร้อน (RF) จะมีหน่วยเป็น Btu / hr.ft^2 เมื่อพลังงานการแผ่รังสีความร้อนกระทบพื้นผิวใด ๆ จะมีคุณสมบัติของพื้นผิววัสดุใน 3 ลักษณะ ดังนี้ ค่าการดูดซับรังสีความร้อน (Absorption) ค่าการสะท้อนรังสีความร้อน (Reflection) ค่าการทะลุผ่านของรังสีความร้อน (Transmission) ซึ่งคุณสมบัติทั้ง 3 จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0 – 1.0 และผลรวมของค่าทั้งสามจะเท่ากับ 1 (ไม่มีหน่วย)

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

เมื่อ α = ค่าการดูดซับรังสีความร้อน (Absorption)

β = ค่าการสะท้อนรังสีความร้อน (Reflection)

τ = ค่าการทะลุผ่านของรังสีความร้อน (Transmission)

ความสามารถในการปลดปล่อยหรือคายความร้อน (Emissivity : ϵ) หมายถึง เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบถูกผิววัสดุ จะเกิดการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ในรูปของคลื่นสั้น (Shortwave Radiation) หรือ ดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ในรูปของคลื่นยาว (Long wave Radiation) ค่าการดูดกลืนรังสีของผิววัสดุได้ถูกจำกัดความเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืนและปริมาณรังสีที่ตกกระทบ ในรูปสมการดังนี้

α = รังสีที่ถูกดูดกลืน (Absorbed radiation)

รังสีที่ตกกระทบ (Incident radiation)

ความสามารถในการแผ่รังสีในรูปของคลื่นยาวจากผิววัสดุถูกจำกัดความว่าเป็นค่าการกระจายความร้อนของวัสดุ (Emissivity) โดยเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณการแผ่รังสีจากผิววัสดุกับปริมาณการแผ่รังสีจากวัตถุดำในอุดมคติ (Black body) ตามสมการ ดังต่อไปนี้

ϵ = ปริมาณการแผ่รังสีจากผิววัสดุ (Radiation from material)
ปริมาณการแผ่รังสีจากวัตถุดำในอุดมคติ (Radiation from Blackbody)

วัตถุดำในอุดมคติเป็นวัตถุที่มีการรับและคายรังสีได้เท่ากัน (Absorbtance = Emittance) ดังนั้น ค่า ϵ ของวัตถุดำจะมีค่าเป็น 1 ซึ่งเป็นค่าสูงสุดสำหรับค่าการกระจายรังสีความร้อนออกจากวัสดุ โดยทั่วไปผิววัสดุในการก่อสร้างที่มีผิวหยาบมักจะมีค่า Emissivity อยู่ที่ประมาณ 0.9 เช่น อิฐมอญ เป็นต้น ดังนั้นเมื่อนำค่าการดูดกลืนรังสีของผิววัสดุ และค่าการกระจายความร้อนของวัสดุมาสร้างเป็นอัตราส่วน จะเป็นค่าที่สามารถบอกได้ว่าวัสดุชนิดนั้น ๆ มีพฤติกรรม ในเรื่องของการแผ่รังสี ซึ่งค่านี้จะถูกจำกัดให้อยู่ในรูปสมการ ดังต่อไปนี้

α / ϵ = ค่าการดูดกลืนรังสีของวัสดุ (α)
ค่าการกระจายความร้อนของวัสดุ (ϵ)

จากสมการค่าอัตราส่วนนี้จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1 ซึ่งเป็นค่าของวัตถุดำในอุดมคติที่มีค่าการดูดกลืนและการกระจายความร้อนที่เท่ากัน วัตถุดำในอุดมคตินี้ไม่มีในความเป็นจริง ดังนั้นการศึกษาค่าอัตราส่วนนี้จึงมีอยู่ 2 กรณีที่เกิดขึ้น คือ

1. ค่าอัตราส่วน α / ϵ ต่ำกว่า 1 หมายถึง ผิววัสดุมีการคายความร้อนที่ดีกว่าการดูดกลืนความร้อน

2. ค่าอัตราส่วน α / ϵ สูงกว่า 1 หมายถึง ผิววัสดุมีการดูดกลืนความร้อนที่ดีกว่าการคายความร้อน

ทั้งสามค่าเป็นที่ได้จากบริเวณผิววัสดุโดยไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อวัสดุ ถ้าวัสดุถูกเคลือบ (Coating) ค่าทั้งสามจะเป็นค่าของผิวเคลือบของวัสดุนั้น ๆ และค่าอัตราส่วนในการดูดกลืนความร้อน และการกระจายความร้อนมีความสัมพันธ์กัน ดังต่อไปนี้

$$\alpha + \epsilon ..... = 1$$

เมื่อ α = ค่าดูดกลืนรังสีของวัสดุ

ϵ = ค่าการกระจายความร้อนของวัสดุ

จากการศึกษาทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น

1. การนำความร้อน (A)
2. การพาความร้อน
3. การแผ่รังสีความร้อน (B)

เนื่องจากเรื่องที่ทำการวิจัยเป็นเรื่องเกี่ยวกับผนังอาคารทำให้การนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนเข้ามาเกี่ยวข้องมากกว่าการพาความร้อน ถ้ากำหนดให้การนำความร้อนเป็น A และการแผ่รังสีความร้อนเป็น B พบว่า ถ้าติดฉนวนป้องกันความร้อนจะ ลดการเกิด A เมื่อ A ไม่เกิดก็จะทำให้ไม่เกิด B ด้วย ดังนั้นการติดฉนวนป้องกันความร้อนจึงเป็นการลดการนำความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารและไม่ทำให้เกิดการแผ่รังสีความร้อนอีกด้วย

2.2 สภาวะน่าสบาย (Thermal comfort)

สภาวะน่าสบายทางด้านอุณหภูมิ หรือ thermal comfort นั้น ได้มีผู้ศึกษาค้นคว้าและเสนอแนวความคิดเอาไว้มากมาย ซึ่ง Reynolds และ Stein ได้ให้คำจำกัดความหมาย thermal comfort เอาไว้ในหนังสือ Mechanical and Electrical Equipment for Botldings , 8th Edition ดังนี้ “ สภาวะน่าสบายทางด้านอุณหภูมิอาจหมายถึง การที่ตัวเร าไม่รู้สึกอยู่ในสภาวะไม่น่าสบาย หรือไม่รู้สึกตัวเองว่าเราได้สูญเสียความร้อน หรือได้รับความร้อนจา กสภาพแวดล้อม เป็นสภาวะที่สมดุล ทางอุณหภูมิหรือร ะหว่างร่างกายกับสภาวะแวดล้อม ” (Reynolds and Stein , 1992)

ร่างกายของมนุษย์นั้นจะผลิตความร้อนออกมาอย่างตลอดและต่อเ นื่อง ในกิจกรรมประจำวันของมนุษย์ เช่น การนอน การนั่ง การเดิน การทำงาน การออกกำลังกาย ล้วนแต่ทำให้เกิดการผลิตความร้อนขึ้นมาในร่างกาย ความต้องการพลังงานของร่างกายมนุษย์ทั้งหมดได้มาจากการบริโภคและการย่อยอาหาร เครื่องดื่มที่มนุษย์เรารับประทานเข้าไป ขบวนการในก ารเปลี่ยนแปลงอาหารและเครื่องดื่มที่คนเราบริโภคเข้าไปให้เปลี่ยนเป็นพลังงาน สำหรับร่างกายคนเรานั้นเรียกว่า Metabolism

ภายในร่างกายของมนุษย์เรามีอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส (98.6 องศาฟาเรนไฮท์) และต้องรักษาระดับอุณหภูมิภายในร่างกายให้คงที่เพื่อให้ร่างกายมนุษย์เราทำงานได้เป็นปกติ จากอาหารที่มนุษย์บริโภคเข้าไป ร่างกายใช้พลังงานที่ได้มาจากขบวนการเผาผลาญอาหารเพียงแค่ 20 เปอร์เซ็นต์ ความร้อนที่เหลืออีก 80 เปอร์เซ็นต์ ร่างกายจะต้องขับออกไปสู่สภาพแวดล้อมภายนอกร่างกาย นั่นคือร่างกายมนุษย์เราต้องขับความร้อนออกมามากถึงประมาณสี่เท่าที่ร่างกายใช้อยู่เพื่อที่จะรักษาระดับอุณหภูมิในร่างกายให้คงที่ ความร้อนจากสภาพแวดล้อมภายนอกที่เข้าสู่ร่างกายก็ต้องถูกขับออกมาด้วย

ผลรวมที่ร่างกายมนุษย์สูญเสียความร้อนจา กร่างกาย และร่างกายได้รับความร้อนจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ความสมดุลและคงไว้ซึ่งระดับอุณหภูมิภายในร่างกายเท่ ากับ 3.7 องศาเซลเซียส ถ้าร่างกายผลิตความร้อนมามากกว่าความร้อนที่ร่างกายสูญเสียความรู้สึกไม่สบายก็จะเกิดขึ้น ร่างกายจะรู้สึกร้อน ในทางกลับกันถ้าอัตราการสู ญเสียความร้อนของร่างกายมากกว่าอัตราการผลิตและได้รับความร้อนมาก อุณหภูมิร่างกายจะลดลง และรู้สึกหนาว

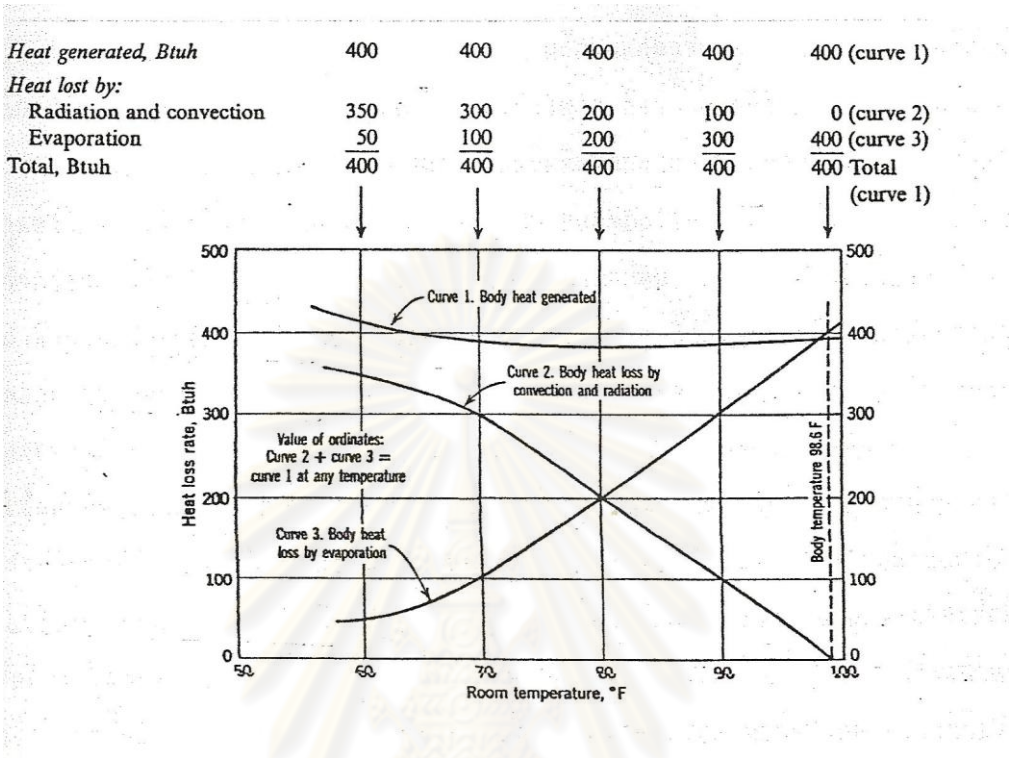
อัตราที่ร่างกายมนุษย์เราผลิตความร้อนออกมาส่วนมากขึ้นอยู่กับระดับของกิจกรรมของร่างกายขึ้นกับชนิดอาหารและเครื่องดื่มที่มนุษย์ได้บริโภคเข้าไป และบางส่วนก็ขึ้นอ ยู่กับสถานที่ที่มนุษย์เราอยู่ในการดำรงชีวิตประจำวัน ความร้อนที่ร่างกายมนุษย์เราผลิตออกมาถูกวัดเป็น Metabolic หรือหน่วย Met หนึ่ง Met จะเท่ากับ 58.2 w/m² หรือ 18.4 Btu/h ft² ในลักษณะที่คนเรานั่งพักเป็นพลังงานที่ผลิตขึ้นมาต่อหน่วยพื้นที่ โดยเฉลี่ยสำหรับผู้ให ญ่ทั่วไป พลังงานความร้อนที่ผลิตออกมาประมาณ 117 w/m² หรือ 400 Btu/h ยิ่งร่างกายมีกิจกรรมมากความร้อนที่ร่างกายผลิตออกมาก็ยิ่งมากตาม ผิวร่างกายของมนุษย์เราจะเป็นส่วนสำคัญในการปรับการถ่ายเทความร้อน

ตารางที่ 2.1 Metabolic Rate ในกิจกรรมต่าง ๆ

ระดับกิจกรรม	Metabolic Rate
นอนพัก	0.8
นั่งพักผ่อน	1.0
กิจกรรมที่นั่งอยู่กับที่ (สำนักงานพักอาศัย โรงเรียน)	1.2
ยืนพัก	1.2
กิจกรรมเบา ๆ ยืน (ซื้อของ ทำงานในห้องปฏิบัติการ อุตสาหกรรมเบา ๆ)	1.6
กิจกรรมปานกลาง ยืน (ช่วยงานในโรงงาน คุมเครื่องจักร)	2.0
กิจกรรมหนัก (คุมเครื่องจักรขนาดใหญ่)	3.0

เลือดและน้ำจะเป็นส่วนที่นำความร้อนส่วนเกินมาที่บริเวณผิวหนัง ที่ผิวของร่างกายคนปกติจะมีอุณหภูมิประมาณ 32 องศาเซลเซียส (92 องศาฟาเรนไฮท์) ร่างกายเราถ่ายความร้อนส่วนเกินไปสู่สภาพแวดล้อมภายนอกได้สี่ทาง คือ การนำ (Conduction) โดยการสัมผัสกับพื้นผิวที่เย็น การพา (Convection) โมเลกุลของอากาศจะพัดผ่านผิวร่างกายและพาความร้อนออกไป การแผ่รังสี (Radiation) เมื่อผิวร่ายกายมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นผิวรอบ ๆ ร่างกาย (โดยไม่มีการสั มผัส) ผิวร่างกายสูญเสียความร้อน โดยการแผ่รังสีไปสู่พื้นผิวที่เย็นกว่า และการระเหย (Evaporation) ของเหลวจะระเหยได้โดยการดึงความร้อนจากพื้นที่ของเหลวระเหย ปริมาณความร้อนที่ร่างกายถ่ายเทสูญเสียออกมาขึ้นอยู่กับควา มสัมพันธ์ระหว่าง Metabolism ของร่างกาย เสื้อผ้าที่เราสวมใส่และสภาพแวดล้อมโดยรอบร่างกาย

ในการทำความเย็นต่อเนื่องของร่างกาย กระทำสำเร็จโดยหายใจออกเอาอากาศที่อุ่นออกมาโดยการระเหยของน้ำในปอดและหายใจออกมา โดยการนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อนจากผิวร่างกาย เมื่ออัตราทำความเย็นของร่างกายด้วยกลไก ลเหล่านี้ไม่พอเพียงต่อความต้องการของร่างกาย เหงื่อก็จะไหลออกมาก น้ำออกมาจากรูขุมขนบนผิวร่างกาย เพื่อจะทำให้ถูกระเหยไปในอากาศเป็นการดึงความร้อนจากร่างกายเปลี่ยนเป็นความร้อนแฝง (Latent Heat) ในรูปไอน้ำ ปริมาณความร้อนจำ นวนมา กสามารถสูญเสียโดยวิธีการนี้ และการไหลของเหงื่อมีจำนวนพอเพียงภายใต้สภาพทั่วไปเพื่อเพิ่มการทำความเย็นตาม ที่ร่างกายต้องการ และโดยที่ผิวของร่างกายมนุษย์มีอุณหภูมิประมาณ 32 องศาเซลเซียส ร่างกา ยมนุษย์จะแผ่รังสีความร้อนไปทุก ๆ ที่ที่มีอุณหภูมิเย็นกว่าร่างกายและจะถูกทำความร้อนโดยสิ่งรอบ ๆ ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าร่างกาย นอกจากนี้ยังรวมถึงการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ กระแสลมที่พัดผ่านร่างกายก็จะช่วยพัดพาความร้อนจากผิวของร่างกาย และช่วยให้การระเหยของเหงื่อดีขึ้นดังนั้น อุณหภูมิที่พื้นผิว ในสภาพแวดล้อม และกระแสลมเป็นปัจจัยสำคัญในการที่จะทำให้ร่างกายสูญเสียความร้อนออก และบรรลุถึ งสภาวะน่าสบายทางด้านอุณหภูมิได้ ความสัมพันธ์และสัดส่วนการสูญเสียความร้อนของร่างกายโดย Convection Radiation และ Evaporation สามารถแสดงออกได้โดยภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ความสัมพันธ์และสัดส่วนการสูญเสียความร้อนของร่ายกาย (สุนทร บุญญาธิการ และธนิต จินดาวณิค, 2536)

จะเห็นได้ว่าเมื่ ออุณหภูมิอากาศ และพื้นผิวรอบ ๆ ร่างกายขึ้นสูงใกล้เคียงอุณหภูมิของร่างกาย การสูญเสียความร้อนจากร่างกายโดย Convection และ Radiation จะลดน้อยลง การสูญเสียความร้อนโดยวิธี Evaporation เป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญ ดังนั้นอากาศที่แห้งและมีการเคลื่อนไหวจะช่วยได้ แ ละถ้าอุณหภูมิอากาศและพื้นผิวรอบ ๆ ลดต่ำลง การสูญเสียความร้อนโดยวิธี Evaporation จะลดน้อยลง ในขณะที่ Convection, Conduction และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง Radiation จะเพิ่มขึ้น ตัวแปรที่มีผลต่อ Thermal Comfort มีอยู่ด้วยกัน 6 ตัวแปร เป็นตัวแปรทางด้านบุคคล 2 ตัวแปร คือ Metabolism และ เสื้อผ้าที่สวมใส่ ส่วนตัวแปรทางด้านสภาพแวดล้อมประกอบด้วย 4 ตัวแปร คือ อุณหภูมิอากาศ (Ambient Air Temperature) อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature) ความชื้นสัมพันธ์ (Relative Humidity) และความเร็วลม (Wind Speed) ตัวแปรทางด้านบุคคลนั้นได้แก่ อัตราการเผาผลาญ (Metabolism) และเสื้อผ้าที่สวมใส่ (Clothing) ดังได้กล่าวมาแล้ว อัตราที่มนุษย์ผลิตความร้อน

ออกมาขึ้นอยู่กับอาหาร และเครื่องดื่มที่บริโภคเข้าไป และส่วนมากขึ้นอยู่กับระดับกิจกรรมของร่างกาย ยิ่งร่างกายมีกิจกรรมมากเช่น ออกกำลังกาย ร่างกายจึง ต้องการปรับ ถ่ายเทความร้อนที่ผลิตออกมามาก จากร่างกายเพื่อรักษาระดับสมดุล ไว้ ความร้อนที่ร่างกายผลิตออกมาถูกวัดเป็น Metabolic หรือ หน่วย Met เมื่อบุคคล 2 คนทำกิจรรมต่างกัน ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน คนหนึ่งนั่งพักผ่อน อีกคนหนึ่งกำลังออกกำลังกายอยู่จะรู้สึกอุ่นหรือร้ อนกว่าผู้ที่นั่งพักผ่อนอยู่เฉย ๆ ทั้งนี้เพราะผู้ที่ออกกำลังกายอยู่ผลิตความร้อนออกมามากกว่า คนไทยนั้นกิจกรรมที่กระทำมักจะทำด้วยความเชื่องช้าไม่เร่งรีบ ทั้งนี้อาจเนื่องจากจะทำให้ Met ลดลง เพื่อตัวเองจะได้ปรับเข้าสู่ Thermal Comfort ได้ดีขึ้น

เสื้อผ้าที่ค นเราสวมใส่นั้น ทำหน้าที่เสมือนชั้นของฉนวน และมีผลอย่างมากต่อการถ่ายเทความร้อนของร่างกายไปสู่สภาพแวดล้อมโดยรอบตัว ทั้งทาง Radiation Convection Conduction และ Evaporation ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบสูง ผู้ที่สวมใส่เสื้อผ้าที่หนาหลายชั้นจะรู้สึกร้อนทั้งนี้เนื่องจากเสื้อผ้านั้นเป็นฉนวนอย่างดี ทำให้การถ่ายเทความร้อนส่วนเกินออกจากร่างกายนั้นช้า และลำบาก คนไทยโบราณนั้น การแต่งตัวเสื้อผ้าที่สวมใส่ ห่อหุ้มร่างกายจะไม่หนา และหุ้มทั้งตัว ทั้งนี้เพื่อการปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศที่ร้อน เพื่อให้ร่างกายจะได้ถ่ายเทความร้อนออกจากตัวได้ดี

ตัวแปรทางด้านสภาพแวดล้อมนั้น สามารถวัดได้ ตัวแปรทางด้านสภาพแวดล้อมประกอบด้วย 4 ปัจจัย ดังนี้

1. อุณหภูมิอากาศโดยรอบ (Ambient Air Temperature)
2. อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature)
3. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)
4. ความเร็วลม (Wind Speed)

อุณหภูมิอากาศโดยรอบ (Ambient Air Temperature) เป็นตัวหลักในการบ่งบอกถึง Thermal Comfort ช่วงอุณหภูมิอากาศที่อยู่ใน Thermal Comfort อยู่ประมาณ 20 องศาเซลเซียส (68 องศาฟาเรนไฮท์) ถึง 26.6 องศาเซลเซียส (80 องศาฟาเรนไฮท์) ถ้าอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ต่ำกว่าหรือสูงกว่าช่วงนี้ จะอยู่นอกเขต Thermal Comfort นอกจากนี้อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมจะมีผลที่สามารถช่วยส่งเสริม Thermal Comfort ให้ดีขึ้น หรือแย่ลงก็ได้ อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature, MRT) นั้น จะวัดได้จากค่าถ่วงเฉลี่ยของ รังสีความร้อนที่มีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อ มนั้น ๆ ซึ่งรวมถึงแสดงโดยตรงด้วย MRT สามารถคำนวณจากอุณหภูมิพื้นผิวของด้านต่าง ๆ ในห้อง และตำแหน่งที่วัด MRT นั้น โดยใช้มุม

กระทำ (Solid Angle) ที่เกิดขึ้นระหว่างตำแหน่งที่วัดและขอบเขตของแต่ละพื้นผิวโดยหาค่าเฉลี่ยออกมาเป็น MRT อย่างไรก็ตามผลของอุณหภูมิพื้ นผิวที่มีต่อสภาวะหน้าสบายและการที่จะสามารถวัดออกได้นั้น จะใช้ในรูปของ Operative Temperature ซึ่ง operative Temperature เป็นค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศในห้องและค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวต่าง ๆ ในห้องนั้น (MRT) ในการวัดจะใช้ Globe Thermometer โดยใช้ลูกโลหะทองแดงกลมทาสีดำด้าน เจาะรูกลมเล็ก ๆ และใช้เทอร์โมมิเตอร์สอดเข้าไปให้อยู่ประมาณกึ่งกลางของลูกโลหะกลม เทอร์โมมิเตอร์นี้จะอ่านค่า operative Temperature

โดยทั่วไปอุณหภูมิอากาศมักจะไม่เป็นเครื่องบ่งบอกที่ดีถึงสภาวะน่าสบาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในห้ องหรืออาคารที่ทำความร้อนหรือเย็นโดยไม่อาศัยเครื่องกล (ใช้วิธีธรรมชาติ) ซึ่ง MRT และความเร็วลม อาจมีอิทธิพลมากกว่าอุณหภูมิอากาศก็ได้

MRT มีอิทธิพลต่อ Thermal Comfort มากกว่าอุณหภูมิอากาศถึง 40 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือถ้าอุณหภูมิอากาศสูงขึ้น 1.4 องศาเซลเซียส และ MRT ลดลง 1 องศาเซลเซียส ความรู้ร้อนหนาวยังคงเหมือนเดิมและเช่นเดียวกันในทางกลับกัน ในห้องที่มีอุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส แต่ MRT นั้น สูง 32 องศาเซลเซียส ผู้ที่อยู่ในห้องนั้นก็จะรู้สึกว่ายังร้อนอยู่

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) หมายถึง สัดส่วนของค วามชื้นในอากาศเมื่อเทียบกับปริมาณสูงสุดที่อากาศสามารถมีความชื้นได้โดยปราศจากการกลั่นตัวเองเป็นหยดน้ำ (Condensation Comfort นั้น อยู่ในช่วง 20 – 80 เปอร์เซนต์

ความเร็วลม (Wind Speed) ที่ผ่านผู้อาศัยมีผลกระทบต่อ Thermal Comfort ลมจะพัดพาความร้อนรอบตัวออกไป ทำให้รู้สึกเย็นขึ้น นอกจากนั้นยังพัฒนาเอาความชื้นบริเวณผิวร่างกายซึ่งจะช่วยให้การระเหยของเหงื่อดีขึ้น ร่างกายสูญเสียความร้อนได้ดีขึ้น ทำให้รู้สึกเย็น เนื่องจากการระเหยของน้ำอย่างไรก็ตามความเร็วที่เหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการสร้างสภาวะน่าสบาย หากความเร็วลมน้อยไป ผู้อยู่อาศัยจะรู้สึกอึดอัดไม่มีอากาศถ่ายเท แต่หากความเร็วลมที่มากเกินไปก็จะทำให้รู้สึกรำคาญหรือรบกวนการทำงานและกิจกรรมต่าง ๆ

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและสภาวะน่าสบาย (สุนทร บุญญาธิการ และ ธนิต จินดาวณิค, 2536)

ความเร็วลม	ความเป็นไปได้ของความรู้สึก	ผลที่อาจเกิดขึ้น
	อุณหภูมิลดลง (ระหว่าง 80 – 90 องศาฟาเรนไฮต์,ตัวเลขที่มากสนองกับบริเวณที่มีความชื้นสูง)	
0-50 fpm	ไม่มีความเปลี่ยนแปลงในความรู้สึกน่าสบาย	ไม่สามารถสังเกตได้
50 – 100 fpm	ต่ำลง 2-3 F	สบาย
100 – 200 fpm	ต่ำลง 4 -5 F	โดยทั่วไปรู้สึกสบาย แต่รับรู้ว่ามีการเคลื่อนไหวของอากาศ
200 – 300 fpm	ต่ำลง 5 -7 F	รู้สึกมีลมพัดเล็กน้อยจนถึงรู้สึกถูกรบกวนได้
สูงกว่า 300 fpm	ต่ำลงมากกว่า 5 – 7 F	ต้องการการแก้ไขที่ถูกต้องถ้าจะให้การทำงานมีประสิทธิภาพ และถูกสุขลักษณะ

สถาปัตยกรรมนั้น เสมือนผิวชั้นที่สามจากร่างกายคนเราในการทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนออกจากหรือเข้าสู่ร่างกาย โดยผิวชั้นแรกของร่างกายคือ ผิวหนังของเราเอง ผิวชั้นที่สองคือ เสื้อผ้าที่สวมใส่ ส่วนสถาปัตยกรรมนั้นเป็นผิวชั้นที่สาม

นอกเหนือจากผิวหนังและเสื้อผ้าที่เราสวมใส่ คนเราจะรู้สึกอยู่ใน Thermal Comfort หรือไม่ก็ขึ้นอยู่กับสถาปัตยกรรมที่ผู้นั้นอยู่อาศัย เปลือกของอาคารและห้องที่คนเราเข้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อยู่อาศัย เป็นตัวแปรอันหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมทำให้สภาพแวดล้อมภายในอาคารอยู่ใน Thermal Comfort หรือไม่เปลือกอาคารเปรียบเสมือนตัวกลาง (Transition Space) ระหว่างสภาพแวดล้อมภายนอกและสภาพแวดล้อมในอาคาร สถาปัตย กรรมที่ดีนั้นควรจะต้องสามารถปรับสภาพแวดล้อมภายในให้อยู่ใ น Thermal Comfort โดยปราศจากการใช้เครื่องกลเข้ามาช่วย ในขณะที่สภาพแวดล้อมภายนอกมีการแปรเปลี่ยนอยู่ตลอด และในบางช่วงขณะสภาพภายนอกเป็นสภาวะที่ไม่น่าสบาย และไม่พึงประสงค์

อุณหภูมิอากาศ และความเร็วลมภายในอาคารนั้นสามารถถูกปรับเปลี่ยนอย่างง่ายโดยเปลือกอาคารได้ (Building Envelope) แต่ความชื้นสัมพัทธ์นั้นจะเป็นไปไม่ได้เลยที่จะควบคุมปรับสภาพโดยสถาปัตยกรรมที่ปราศจากการใช้เครื่องกลเข้ามาช่วย ส่วนอุณหภูมิพื้นผิวรอบ ๆ (MRT) นั้นขึ้นอยู่กับเปลือกอาคาร และมวลของอาคารแต่เป็นการยากที่จะควบคุมออกแบบได้ แต่ยังอยู่ในวิสัยที่ผู้ออกแบบสามารถจะกระทำได้

สำหรับอาคารในภูมิอากาศร้อนชื้นไม่มีเครื่องกลเข้ามาช่วยปรับสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้อยู่ใน Thermal Comfort ตัวอาคารเองจะทำหน้าที่ควบคุ มและปรับตัวแปรที่มีผลต่อ Thermal Comfort ได้เพียงสามตัวแปร คือ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิพื้นผิว (MRT) และความเร็วลม ในภูมิอากาศร้อนการที่อาคารที่ไม่มีเครื่องกลเข้ามาช่วยจะปรับสภาพแวดล้อมภายในอยู่ใน Thermal Comfort ได้นั้น จะต้องทำให้สภาพแวดล้อมภายในเหมาะสมที่จะทำให้ร่างกายสูญเสียความร้อนได้ดีหรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าทำให้สภาพภายในอาคารเย็น และอุณหภูมิ ของอากาศที่ต่ำ ลมและอากาศที่เย็นจะช่วยให้การพาคว ามร้อนจากร่างกายดีขึ้นด้วย นอกจากนี้ผู้อยู่อาศัยก็จะรู้สึกเย็นได้อีก ก็ด้วยการแผ่รังสีความร้อนจากผิวร่างกายไปสู่ผิวที่เย็นกว่า นั่นคือ ผิว พื้น ผนัง เพดานที่อยู่รอบตัวผู้อยู่อาศัย ถ้าสภาพภายในมี MRT ที่ต่ำร่างกายจะสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสีได้ดีจะทำให้รู้สึกเย็นขึ้น

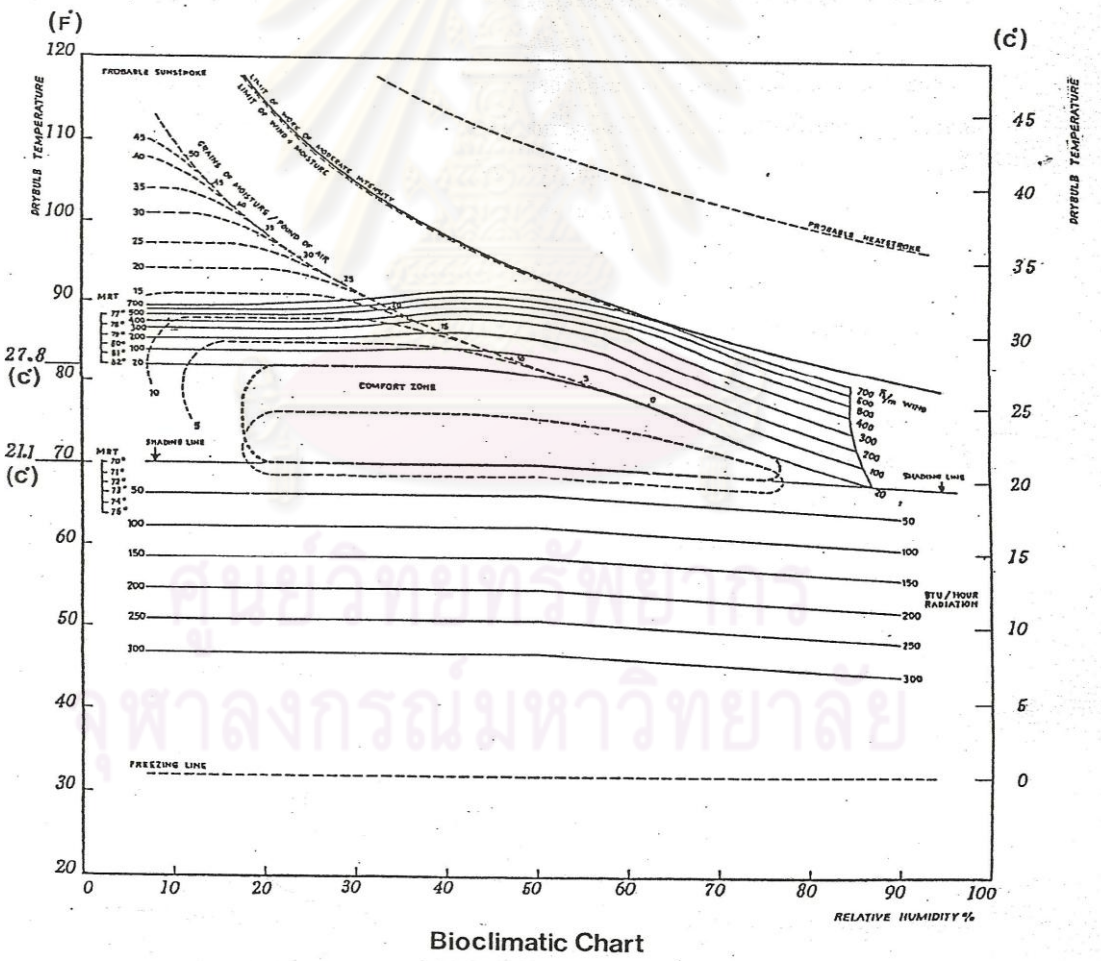
<u>ช่วงสภาวะน่าสบาย (Comfort Zone)</u>

ในช่วงของสภาพที่อยู่ใน Thermal Comfort นั้นเรียกว่า Comfort Zone ซึ่ง Comfort Zone ได้มีการศึกษากำหนดขึ้นมาโดยการศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอาก าศ (Air Temperature) และตัวแปรทางด้านสภาพแวดล้อมทั้งสาม คือ MRT ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม

การศึกษาวิเคราะห์ Comfort Zone จะกำหนดออกมาเป็นช่วงหรือบริเวณของ Comfort Zone ซึ่งผู้ใหญ่ส่วนใหญ่รู้สึกสบายไม่ร้อน หรือไม่หนาวจนเกินไป Comfort Zone เป็นช่วงประม าณและไม่มีความแม่นยำที่แท้จริง ทั้งนี้เนื่องจากตัวแปรอื่น ๆ อีกหลายตัวแปร เช่น

ความชอบ และความคุ้นเคยของแต่ละบุคคล ลักษณะทางกายภาพและจิตใจ วัฒนธรรม ระดับกิจกรรมที่ทำอยู่ และเสื้อผ้าที่สวมใส่ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม Comfort Zone จะช่วยให้ผู้ออกแบบอาคารได้รู้ช่วงบริเวณที่จะสามารถประมาณหรือคาดการณ์ Human Thermal Comfort ได้และสามารถวิเคราะห์สภาพอากาศในท้องถิ่นหรือภูมิประเทศนั้น ๆ เพื่อจะประเมินผล และนำไปสู่วิธีการออกแบบแก้ไขเพื่อให้สภาพแวดล้อมภายในที่ออกแบบอยู่สบาย

Victor Olgyay (1963) ได้เสนอ Bioclimatic Chart ซึ่งเป็น Diagram แสดง Comfort Zone Bioclimatic Chart เป็น Graphic ที่แสดงถึงองค์ประกอบของปัจจัยสภาวะน่าสบาย โดยมีอุณหภูมิอากาศกำหนดลงบนแกนตั้ง และความชื้นสัมพัทธ์ อยู่บนแกนนอน การกำหนดค่าสองค่านี้ลงบนแผนภูมิจะแสดงถึงว่าสภาพอากาศนั้นอยู่ใน Comfort Zone หรือ มีมาตรการอื่นในการปรับสภาพอากาศที่มีความจำเป็นต้องนำมาใช้เพื่อรักษาระดับ Thermal Comfort เอาไว้



แผนภูมิที่ 2.1 Bioclimatic Chart (สุนทร บุญญาธิการ และธนิต จินดาวณิค, 2536)

การวิจัย ครั้งนี้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงห้องสมุดโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคมอยู่ในสภาวะน่าสบาย เป็นแหล่งเรียนรู้ที่มีคุณภาพ นักเรียนมีความสุขและตระหนักถึงการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวัสดุ

2.3.1 ข้อพิจารณาในการเลือกใช้วัสดุผนังภายนอกอาคาร

วัสดุผนังและวัสดุปิดผนัง (Wall and Wall Covering) เป็นส่วนที่สำคัญและมีพื้นที่มากกว่าส่วนอื่น ๆ ของอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งผนังภายนอกอาคารซึ่งเป็นส่วนที่สัมผัสกับอากาศภายนอกโดยตรง ทำให้มีผลมากต่อการถ่ายเทความร้อนเข้ามาภายในอาคาร ดังนั้น การเลือกใช้วัสดุ จึงต้องมีความพิถีพิถันมากเป็นพิเศษ การเลือกใช้วัสดุผนังอาคารต้องเลือกด้วยเหตุผลว่าต้องการให้ผนังทำหน้าที่อะไรให้กับตัวอาคาร ตัวอย่างเช่น

1. ผนังภายนอกอาคารต้องสามารถป้องกันความร้อนและความชื้นได้อย่างดี คงทน แข็งแรง และมีความสวยงาม

2. ผนังห้องนอนหรือห้องทำงาน นอกจากคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนและความชื้นแล้ว ยังจะต้องสามารถป้องกันเสียงได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

3. ผนังบริเวณส่วนซักล้าง ต้องมีความสามารถในการกันความชื้น ได้อย่างดี และมีความคงทนแข็งแรง

4. ผนังห้องน้ำ ต้องกันความชื้นได้ดี มีความแข็งแรง สามารถติดตั้งท่องานระบบได้สะดวก มีความสามารถในการกันเสียงได้

5. ผนังห้องครัว ต้องสามารถป้องกันไฟได้เป็นอย่างดี คงทนต่อแรงกระทบ และทำความสะอาดได้ง่าย

ผนังภายนอกอาคารเป็นส่วนที่สำคัญที่ต้องพิจารณาเลือกใช้วัสดุอย่างรอบคอบ เนื่องจากผนังภ ายนอกอาคารเป็นส่วนของเปลือกอาคาร ซึ่งสัมผัสกับอากาศภายนอกโดยตรง ดังนั้นผนังภายนอกอาคารจึงต้องมีทั้งความสวยงาม คงทนแข็งแรง และมีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนและความชื้นจากภายนอกได้เป็นอย่างดี ปัญหาใหญ่อย่างหนึ่งของการออกแบบอาคารใน ประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตร้ อนชื้น คือ การลดปริมาณความร้อนที่จะเข้ามาในอาคาร จากการศึกษาพบว่า การที่จะนำเอาความเย็นตอนช่วงกลางคืน มาใช้กับกลางวันโดยอาศัยการหน่วงเวลา (Time Lag) ของวัสดุนั้นทำได้ยากมาก เพราะความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืนมีไม่มากพอ การลดปริมาณความร้อนเท่าที่เทคโนโลยีในยุคปัจจุบัน

จะเอื้ออำนวยจึงเป็นการควบคุมความร้อนให้เข้ามาในอาคารให้น้อยที่สุดเป็นหลัก และถ้าจะมองภาพรวมของวัสดุที่จะนำมาใช้ทำผนังภายนอกของอาคาร ควรมีลักษณะดังนี้

1. ควรมีคุณสมบัติเอื้ออำนวยต่อการก่อสร้างและการลงทุน คือ มีน้ำหนักเบา มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง มีความสามารถต้านทานแรงลมและการสั่นสะเทือน หาง่าย ทำงานง่าย ราคาประหยัด ค่าบำรุงรักษาต่ำ และมีความทนทานสูง

2. ควรมีคุณสมบัติด้านความปลอดภัยและการรักษาสภาพแวดล้อม คือ ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและสภาพแวดล้อม มี ความสวยงามและทนทาน และมีอัตราการกันไฟสูงหรือไม่ติดไฟ

การพิจารณาเลือกใช้วัสดุผนังภายนอกอาคารเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานนั้น จะต้องพิจารณาคุณสมบัติที่เอื้ออำนวยต่อการประหยัดพลังงาน คือ ค่าความต้านทานความร้อนสูง ไม่สะสมความร้อนหรือมีความจุความร้อนไม่สู ง หรือเป็นวัสดุที่มีมวลสารต่ำ มีความทนทานต่อการขยายตัวหรือการหดตัวได้ดี เพื่อลดปัญหาการแตกร้าวและมีการดูดซับความชื้นต่ำ ตัวอย่างวัสดุผนังภายนอกอาคารที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังไม้ ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (Exterior Insulation and Finished System ; EIFS) ผนังคอนกรีตมวลเบา เป็นต้น ผนังชนิดต่าง ๆ มีคุณสมบัติเบื้องต้นดังนี้

1. **ผนังก่ออิฐฉาบปูน** เป็นผนังภายนอกอาคารที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีความคงทนแข็งแรงและนิยมใช้กันมาตั้งแต่ในอดีต ผนังก่ออิฐฉาบปูนมีมวลสารมาก จึงมีการดูดกลืนความร้อนสูง หากก่อสร้างให้มีความหนาที่พอเหมาะ ผนังชนิดนี้จะมีความเหมาะสมสำหรับอาคารที่ไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ เนื่องจากสามารถช่วยให้เกิดการหน่วงความร้อนไม่ให้เข้าไปภายในอาคารได้ในเวลากลางวัน ซึ่งอากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูงภายในอาคารจึงเย็นกว่าภายนอก แต่หากเป็นอาคารที่มีการปรับอากาศ ผนังชนิดนี้ก็ไม่เหมาะสม เนื่องจากความร้อนที่ถูกดูดกลื นและสะสมเอาไว้จะเพิ่มภาระการทำความเย็น ทำให้เครื่องปรับอากาศต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้นในการนำเอาความร้อนออกจากวัสดุ นอกจากนั้นผนังชนิดนี้ยังมีข้อเสียในเรื่องของการดูดซับความชื้นสูง

ภาพที่ 2.2 ลักษณะของผนังก่ออิฐฉาบปูน ซึ่งเป็นผนังที่นิยมใช้ในปัจจุบัน มีความแข็งแรงทนทาน และมีมวลสารมาก (สุนทร บุญญาธิการ, 2543)

2. **ผนังไม้** ไม้เป็นวัสดุที่นิยมใช้กันมากในอดีต เนื่องจากเป็นวัสดุ ที่หาได้ง่าย ราคาถูก และมีความสวยงามตามธรรมชาติ แต่ในปัจจุบันไม้มีราคาสูงขึ้น เนื่องจากมีปริมาณน้อยลง ทำให้ผนังไม้ไม่ค่อยได้รับความนิยมมากนัก ไม้จัดเป็นฉนวนกันความร้อนประเภทหนึ่ง การใช้ในส่วนของผนังภายนอกอาคารจึงทำให้ความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามามีปริมาณไม่สูงนัก แต่จะต้องมีการติดตั้งที่พิถีพิถันไม่ให้มีช่องว่างระหว่างรอยต่อของแผ่นไม้ เนื่องจากจะทำให้ความร้อนรั่วซึมเข้ามาได้ อย่างไรก็ตามผู้เลือกใช้ควรทราบว่าไม้เป็นวัสดุที่มีการดูดซับความชื้นสูง ไม่เหมาะสมสำหรับการใช้เป็นผนังของอาคารปรับอากาศ เพราะความชื้นดังกล่าวจะเพิ่มภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ หากต้องการใช้หรือมีความจำเป็นต้ องใช้ผนังไม้ ควรมีการทาเคลือบ หรือปิดทับด้วยวัสดุที่มีการกันความชื้นที่ดี เช่น สี แลคเกอร์ แผ่นไวนิล ฯลฯ

ภาพที่ 2.3 ลักษณะของการใช้ผนังไม้เป็นผนังภายนอกอาคาร ซึ่งมีความสวยงามและกลมกลืนกับสภาพแวดล้อม ไม้เป็นวัสดุที่มีความเป็นฉนวนกันความร้อนได้ในระดับหนึ่ง แต่มีค่าการดูดซับความชื้นค่อนข้างสูง (สุนทร บุญญาธิการ, 2543)

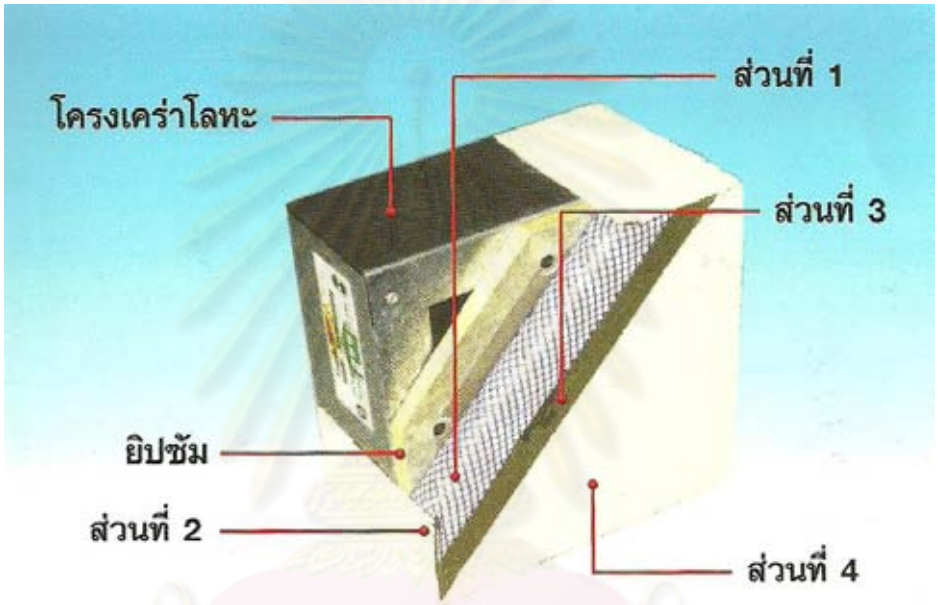
3. **ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก** (EIFS) ระบบผนังชนิดนี้ จะประกอบด้วยวัสดุหลายชนิดที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน ทั้งนี้เพื่อทำหน้าที่ต่าง ๆ ของผนังนั่นเอง วัสดุที่ประกอบขึ้นเป็นผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนหลัก ๆ ดังนี้

ส่วนที่ 1 ทำหน้าที่ป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร วัสดุที่ใช้สำหรับส่วนนี้จะเป็นวัสดุประเภทฉนวน ซึ่งมีค่าความต้านทานความร้อนสูง เช่น โฟม โพลีสไตรีน (Polystyrene Foam) หรือโฟมอีพีเอส (EPS Foam) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคารน้อยที่สุด

ส่วนที่ 2 ทำหน้าที่สร้างความแข็ง แรงให้กับระบบผนัง วัสดุที่ใช้เป็นตาข่ายไฟเบอร์กลาส (Fiberglass Mesh) ซึ่งนอกจากจะทำหน้าที่เพิ่มความแข็งแรงให้กับผนังแล้วยังเป็นตัวยึดวัสดุในชั้นถัดไปด้วย

ส่วนที่ 3 วัสดุเคลือบภายนอก เป็นกรดอะคริลิค 100% ที่ผสมกับซีเมนต์ปอร์ดแลนด์เกรดเอ ในอัตราส่วนเท่า ๆ กัน แล้วจึงเททับลงบนตาข่ายที่วางอยู่บนโฟมอีพีเอส ใช้เป็นชั้นเสริมความแข็งแรงและเบสโค้ต (Adhesive Base Coat) สำหรับวัสดุปิดผิว

ส่วนที่ 4 วัสดุเคลือบผิวชั้นนอกสุด เป็นผลิตภัณฑ์ปูนอะคริลิคสังเคราะห์ เป็นวัสดุปิดผิว 2 ชั้นอย่างหนา ซึ่งมีให้เลือกถึง 40 เฉดสี สามารถกันกะเทาะ กันสีซีด และคงทนในทุกสภาวะอากาศ



ภาพที่ 2.4 แสดงองค์ประกอบของผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) (สุนทร บุญญาธิการ, 2543)

จากภาพที่ 2.4 ประกอบด้วยวัสดุต่าง ๆ หลายชั้น เพื่อทำหน้าที่ต่างกัน ด้านในสุดของผนังเป็นโครงเคร่าโลหะปิดด้วยแผ่นยิปซัม จากนั้นจึงปิดด้วยวัสดุต่าง ๆ อีก 4 ชั้น (ดังรูป) ผนังชนิดนี้มีมวลสารน้อย ไม่สะสมความร้อน และมีค่าความต้านทานความร้อนสูง นอกจากนั้นยังมีความแข็งแรง ทนทานต่อสภาพภูมิอากาศและกันความชื้นได้ดี

4. **ผนังคอนกรีตมวลเบา** เป็นวัสดุคอนกรีตมวลเบาที่ผลิต สังเคราะห์จากวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ ทราย ปูนขาว ปูนซีเมนต์ ยิปซัม และสารกระจายฟองอากาศ ไม่มีส่วนประกอบที่ทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม มีน้ำหนักเบากว่าอิฐธรรม ดา 2-3 เท่า เนื่องจากเนื้อวัสดุประกอบด้วยฟองอากาศเล็ก ๆ กระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอประมาณ 75% ของเนื้อวัสดุ น้ำหนักประมาณ 50 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (ความหนา 10 เซนติเมตร) แต่มีความแข็งแรง

สามารถรับแรงกดได้ประมาณ 30-80 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดังนั้นจึงสามา รถใช้ได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร สามารถใช้ก่อได้ทั้งผนังรับแรง (Load Bearing Wall) และผนังปกติที่ไม่ได้รับแรง (Non- Load Bearing Wall) สามารถผลิตได้หลายรูปแบบ เช่น แบบบล็อก แบบแผ่น แบบคานเสริมเหล็ก ฯลฯ มีคุณสมบัติความเป็นฉนวน มีค่าความต้านทานความร้อนประมาณ 0.6 – 0.8 ตารางเมตร เคลวินต่อวัตต์ และสามารถป้องกันเสียงได้ไม่ต่ำกว่า 38 เดซิเบล ยิ่งไปกว่านั้นคอนกรีตมวลเบายังสามารถทนไฟได้นานถึง 4 ชั่วโมงอีกด้วย ทั้งนี้ในการก่อสร้างผนังคอนกรีตมวลเบา จะมีการฉาบปูนเช่นเดียวกับผนังก่ออิฐฉาบปูน คอนกรีตมวลเบาที่รู้จักกันดีในปัจจุบัน เช่น คิวคอนและซุปเปอร์บล็อก เป็นต้น

2.3.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับฉนวนและการเลือกใช้ฉนวน

วัสดุที่ใช้เพื่อการประหยัดพลังงานที่สำคัญในปัจจุบันเกือบทุกอาคาร คือฉนวนกันความร้อน (Thermal Insulation) ที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ

ความหมายของฉนวน

ฉนวนโดยทั่วไปหมายถึง วัสดุที่มีความสามารถในการสกัดกั้นความร้อนไม่ให้ส่งผ่านจากด้านใดด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้ง่าย การส่งผ่านความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของวัสดุใดๆหรือการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) ระหว่างวัตถุสามารถเกิดขึ้นได้ต่อเมื่ออุณหภูมิของวัตถุทั้งสองมีความแตกต่างกัน ซึ่งลักษณะการถ่ายเทความร้อนนั้นมี 3 วิธี โดยอาจเกิดขึ้นจากวิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลาย ๆ วิธี พร้อมกัน ได้แก่ การนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

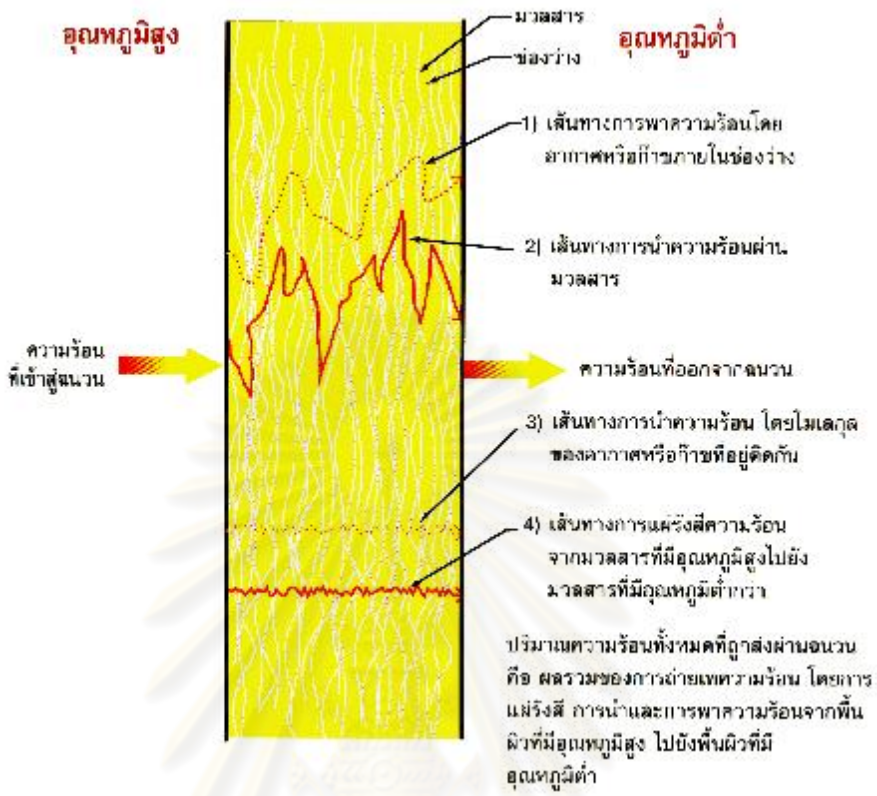
การเลือกใช้ฉนวนกันความร้อนให้ถูกต้องจำเป็นต้องเข้าใจถึงกลไกที่เกิดขึ้นภายในฉนวนกันความร้อนประเภทต่ างๆ ก่อน ฉนวนกันความร้อนโดยทั่วไปแล้ว เป็นวัสดุที่ประกอบด้วยช่องโพรงเล็ก ๆ และช่องอากาศภายใน วัสดุที่มีลักษณะเป็นแบบปิดทึบ (Totally Enclosed) เรียกว่า ฉนวนมวลสาร (Mass Insulation) นั่นเอง ช่องเล็ก ๆ เหล่านี้อาจเกิดขึ้นจากเกล็ด (Flakes) เส้นใย (Fibers) ปมแข็ง (Nodules of Solids) หรือเซลล์ของตัววัสดุนั้นเอง ยกเว้นฉนวนสะท้อนความร้อน (Reflective Insulation)

กลไกลที่เกิดขึ้นภายในฉนวนมวลสาร เกิดขึ้ นได้โดยช่องเล็ก ๆ ที่อยู่ภายใน วัสดุและลักษณะเป็นโพรงอากาศนี้เองที่ทำหน้าที่ต้านทานการไหล (Flow) ของอากาศหรือก๊าช ทำให้มีความร้อนเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่จะสามารถถ่ายเทผ่านจากด้านหนึ่งของวัสดุไปยังอีกด้านหนึ่งโดยกระบวนการพาความร้อนได้

เมื่อพิจารณากระบวนการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นภายในฉนวนที่ค่าความหนาแน่นค่าหนึ่งของวัสดุที่นำมาผลิตเป็นฉนวนกันความร้อนใด ๆ นั้น สภาพการนำความร้อนปรากฏ (Apparent Thermal Conductivity) ที่เกิดขึ้นจะลดลงได้ เนื่องจากการพาความร้อนโดยอากาศภายในฉนวนกันความร้อนนั้ นลดลง เพราะการลดขนาดของช่องอากาศระหว่างเซลล์ของเส้นใยที่ทำให้อากาศภายในฉนวนกันความร้อนหยุดนิ่งไม่เคลื่อนที่จนมีสภาพเป็นฉนวนกันความร้อนอย่างดี ถึงแม้ว่าภายในเซลล์บางส่วนจะเกิดการแผ่รังสีความร้อนระหว่างเส้นใยแต่ละเส้นภายในฉนวนนั้นก็ตาม เมื่อความหนาแน่นของวั สดุเพิ่มมากขึ้น (เส้นใยแต่ละเส้นชิดกัน) การแผ่รังสีตามทิศทางการเคลื่อนที่ของความร้อนจะลดลง เนื่องจากผลของอุณหภูมิที่เส้นใยติดกันมีค่าใกล้เคียงกัน

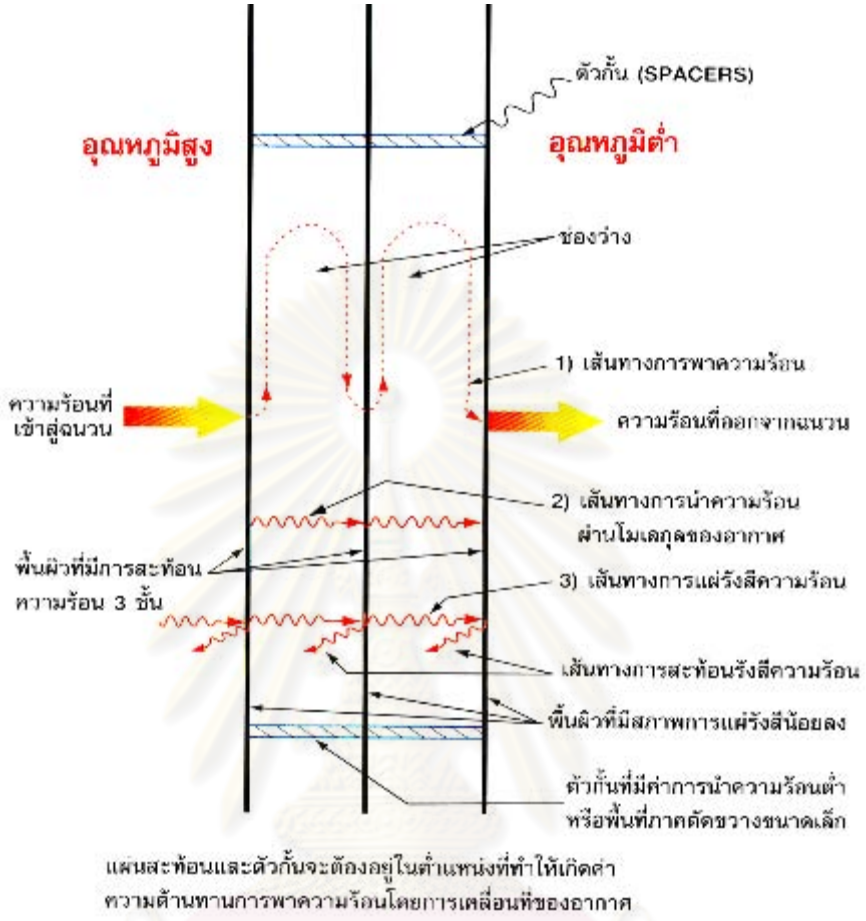
เมื่อความหนาแน่นของวัสดุหรือฉนวนกันความร้อนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ การเกิดการแผ่รังสีความร้อนระหว่างเส้นใยสู่เส้ นใยและพื้นผิวสู่พื้นผิวจะลดลงทำให้สภาพการนำความร้อนปรากฏลดลงด้วย จนกระทั่งเมื่อเส้นใยหรือเซลล์ต่อเชื่อมจนเป็นเนื้อเดียวกัน จะเกิดการนำความร้อนขึ้นภายในวัสดุจนถึงจุดที่การแผ่รังสีความร้อนที่ลดลงมีค่าน้อยกว่า การนำความร้อนที่เพิ่มขึ้น (จากผลของการเพิ่มความห นาแน่นของวัสดุที่ทำให้เส้นใยชิดกันมากขึ้น) สภาพการนำความร้อนปรากฏจะเริ่มเพิ่มขึ้น ดังนั้น จะเห็นได้ว่าในการใช้ฉนวนมวลสารนั้น จะมีค่าความหนาแน่นของวัสดุที่ใช้ผลิตฉนวนกันความร้อนแต่ละประ เภทที่เหมาะสมค่าหนึ่งเท่านั้น (ก่อนการนำความร้อนที่เพิ่มขึ้นจะเริ่มมีค่ามากกว่าการแผ่รังสีความร้อนที่ลดลง) ดังนั้น ฉนวนกันความร้อนที่ดี จึงควรเป็นฉนวนกันความร้อนที่มีค่าสภ าพการนำความร้อนปรากฏรวมต่ำสุด (ดูภาพที่ 2.5) เป็นภาพแสดงการไหลของฉนวนมวลสาร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.5 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านฉนวนมวลสาร (สุนทร บุญญาธิการ, 2543)

ฉนวนกันความร้อนประเภทสะท้อนความร้อนประกอบด้วยช่องว่างสำหรับการสะท้อนความร้อนกลับอยู่ระหว่างแผ่นสะท้อนรังสีความร้อน โดยมีกระบวนการถ่าย เทความร้อนเกิดขึ้น ภายในวัสดุ (ดูภาพที่ 2.6) วัสดุที่ใช้ทำฉนวนประเภทนี้ส่ว นมากทำจากอลูมิเนียม (Aluminium) หรือเหล็กปลอดสนิม (Stainless Steel) การออกแบบและใช้งานวัสดุประเภทสะท้อนความร้อนมักนำไปประยุกต์ใช้ในระบบร่วมกับการก่อสร้างมากกว่าการแยกใช้เป็นชิ้นเดียวโดยเฉพาะและด้วยสาเหตุดังกล่าวทำให้คุณสมบัติของฉนวนสะท้อนความร้อนถูกแยกออกจากฉนวนประเภทอื่น ๆ หรื อฉนวนมวลสารที่กล่าวมาแล้วข้างต้นภาพการไหลของความร้อนผ่านฉนวนภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 การถ่ายเทความร้อนผ่านฉนวนผิวสะท้อนรังสี 3 ชั้น มีการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้น 3 รูปแบบ คือ 1. การพาความร้อนโดยการเคลื่อนที่ของอากาศหรือแก๊สภายในช่องว่างระหว่างแผ่นสะท้อนรังสี 2. การนำความร้อนผ่านโมเลกุลของอากาศ 3. การแผ่รังสีความร้อนจากพื้นผิวที่มีอุณหภูมิสูงไ ปยังพื้นผิวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า (ฉนวนประเภทนี้สามารถสะท้อนรังสีความร้อนไปได้บางส่วน) (สุนทร บุญญาธิการ, 2543)

ประเภทของฉนวน

ในการจำแนกประเภทของฉนวนกันความร้อนสามารถทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่ใช้หรือกำหนดขึ้นเพื่อให้สะดวกต่อการนำไปอ้างอิงถึง วิธีก ารหนึ่งที่แบ่งฉนวนกันความร้อน (Thermal Insulation) ออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ 1) ฉนวนมวลสาร 2) ฉนวนสะท้อนความร้อน นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งประเภ ทของฉนวนตามชนิดของวัสดุพื้นฐาน (Basic Materials) ที่ใช้ในการผลิตได้ 4 ประเภท ดังนี้

1. วัสดุประเภทใยแร่ (Mineral Fibrous Material) เช่น ใยหิน (Rock Wool) ขี้โลหะที่ได้จากการถลุงโลหะ (Slag) ใยแก้ว (Glass Fiber or Glass Wool)

2. วัสดุประเภทเส้นใยธรรมชาติ (Organic Fibrous Material) เช่น ไม้ (Wood) ชานอ้อ ย (Cane) ฝ้าย (Cotton) ขนสัตว์ (Hair) เส้นใยเซลลูโลส (Cellulose) ใยสังเคราะห์ (Synthetic Fiber)

3. วัสดุประเภทเซลล์ธรรมชาติ (Organic Cellular Material) เช่น ไม้ก๊อก (Cork) โฟมยาง (Foamed Rubber) โพลีสไตรีน (Polystyrene) โพลียูรีเทน (Polyurethane)

4. วัสดุประเภทเซลล์แร่ (Mineral Cellular Material) เช่น แคลเซียมซิลิเกต (Calcium Silicate) เพอร์ไลท์ (Perlite) เวอร์มิคูไลท์ (Vermiculite) โฟมคอนกรีต (Foamed Concrete)

การแบ่งอีกประเภทหนึ่งเป็นการจำแนกฉนวน กันความร้อนออกตามลักษณะสมบัติ (Characteristics) ของส่วนประกอบหลักที่ใช้เป็นวัสดุสำหรับทำหน้าที่กันความร้อน โดยแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่

1. ประเภทที่ เป็นเส้นใย (Fiber) ประกอบด้วยเส้นใยเส้นผ่าศูนย์กลางเล็ก ๆ จำนวนมาก วัสดุเส้นใยเหล่านี้อาจเป็นสารอินทรีย์ เช่น เส้นใยของพืชต่าง ๆ หรือเป็นเส้นใยสังเคราะห์ เช่น ใยแก้ว ใยแร่ ฯลฯ

2. ประเภทที่เป็นช่องหรือเซลล์ (Cell) โดยแต่ละช่องผนึกแยกจากกัน ฉนวนประเภทนี้ประกอบด้วยเซลล์ที่ผนังของเซลล์จะผนึกติดกัน ผลิตจากวัสดุจำพวกแก้ว พลาสติก หรือยาง ตัวอย่างของฉนวนพวกนี้ ได้แก่ โฟมชนิดยืดหยุ่น โฟมโพลีสไตรีน โฟมโพลีไอโซไซยานูเรต โฟมโพลียูรีเทน

3. ประเภทที่เป็นโพรง หรือช่องกลวง (Granule) ซึ่งอากาศสามารถถ่ายเทระหว่างช่องกลวงได้ ฉนวนประเภทนี้ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กซึ่งเป็นโพรง โพรง เหล่านี้ติดต่อกันโดยโพรงอากาศ ดังนั้นความร้อนจึงสามารถถ่ายเทผ่านโพรงอากาศนี้ได้

4. ประเภทที่เป็นเกล็ด หรือแผ่นเล็ก ๆ (Flake) ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กอนุภาคเหล่านี้ อาจถูกเทเข้าไปในโพรงอากาศ หรือทำให้เกาะตัวกันเข้าเป็นรูปทรงฉนวนที่แข็ง ลักษณะเป็นบล็อกหรือแผ่นอัด ฉนวนแบบเกล็ดที่รู้จักกันทั่วไป ได้แก่ เพอร์ไลท์และเวอร์มิคูไลท์

5. ประเภทที่เป็นแผ่นบาง (Sheet) ทำจากวัสดุที่มีสภาพการสะท้อนรังสีความร้อนสูงหรือมีสภาพการแผ่รังสีต่ำการใช้งานฉนวนแบบแผ่นบางนี้ส่วนใหญ่จะใช้วัสดุหลาย ๆ ชนิดประกอบกันเป็นระบบมากกว่าใช้ วัสดุเพียงชนิดเดียว การใช้งานฉนวนแบบแผ่นที่มีประสิทธิภาพ

จะต้องใช้ร่วมกับฉนวนแบบที่มีช่องว่างอากาศที่มีสภาวะอากาศอยู่นิ่ง เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนและการพาความร้อน

อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะเป็นฉนวนกันความร้อนประเภทใด จุดมุ่งหมายหลักในการติดตั้งฉนวนกันความร้อนก็คือ การเก็บรักษาพลังงานไม่ให้มีการถ่ายเทออกไป หรือเข้ามาภายในบริเวณที่กำหนดไว้ ดังนั้นวัสดุที่นำมาใช้เป็นฉนวนต้องสามารถยับยั้ง หรือขัดขวางการถ่ายเทความร้อนให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด

คุณสมบัติของฉนวน

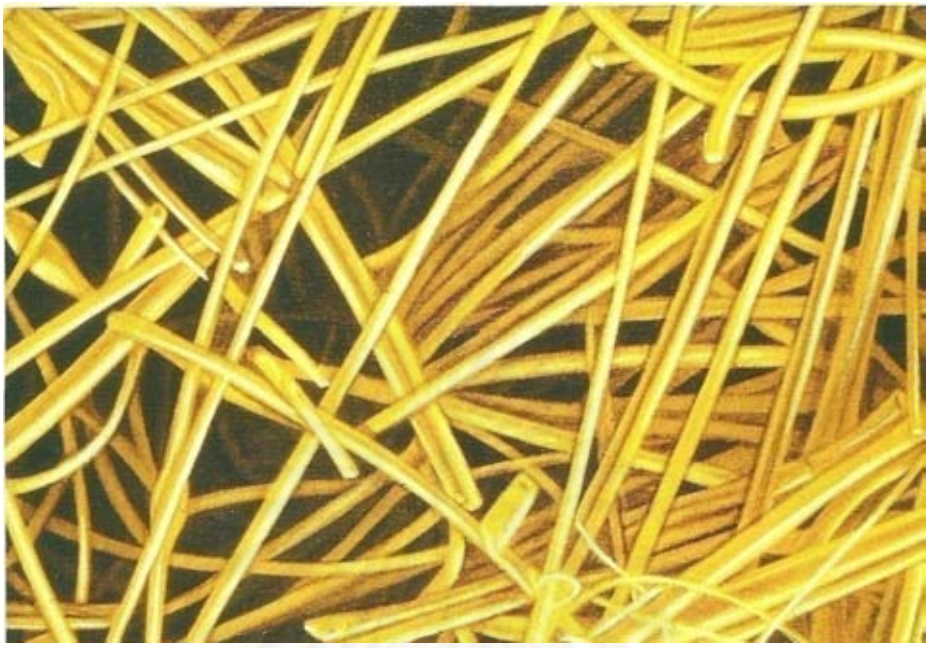
เนื่องจากในปัจจุบันได้มีการผลิตฉนวนกันความร้อนในหลายรูปแบบขึ้น เพื่อให้เหมาะกับการใช้งานประเภทต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก ในที่นี้จะกล่าวถึงฉนวนกันความร้อนบางชนิดที่สำคัญ ๆ และนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ดังนี้

1. ใยแก้ว (Glass Fiber)
2. ใยแร่ (Mineral Fiber)
3. ใยเซลลูโลส (Cellulose)
4. โฟม (Foam)
5. แคลเซียมซิลิเกต (Calcium Silicate)
6. เวอร์มิคูไลท์ (Vermiculite)
7. ฟอยล์ (Foil)

ใยแก้ว (Glass Fiber)

ใยแก้วผลิตจากการนำก้อนแก้วหรือเศษแก้วมาหลอมและปั่นจนเป็นเส้นใยละเอียดแล้วจึงนำมาขึ้นรูปเป็นฉนวนกันความร้อนในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ฉนวนแบบคลุมห่อ (Blanket) ฉนวนแบบแผ่น (Board) และฉนวนแบบหุ้มท่อ (Pipe Cover) ฉนวนประเภทนี้เป็นฉนวนเส้นใจแบบเซลล์เปิด (Open cell) มีโครงสร้างภายในเป็นเส้นใยและช่องว่างอากาศ (Air Gap) จัดเป็นวัสดุประเภทไม่ลามไฟ (Non-Combustible Material) มีทั้งชนิดที่มีวัสดุปิดผิว และไม่มีวัสดุปิดผิวขึ้นอยู่กับการใช้งาน วัสดุปิดผิวส่วนใหญ่จะเป็นแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ เพื่อใช้ป้องกันไอน้ำและความชื้น (Vapor Barrier)

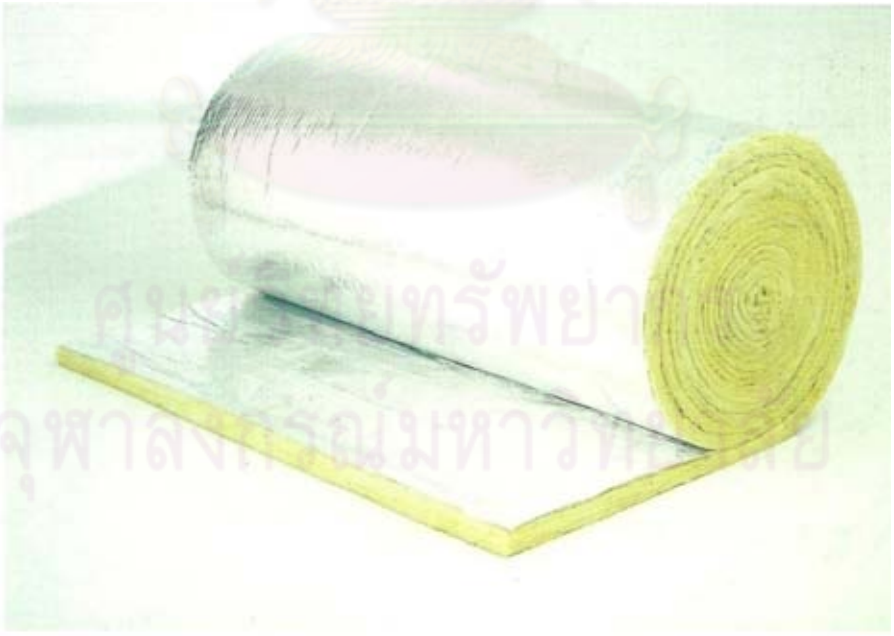
ปัจจุบันยังพิสูจน์ไม่ได้ว่าใยแก้วเป็นอันตรายต่อสุขภาพ จึงยังเป็นที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไป ฉนวนประเภทนี้นอกจากจะสามารถกันความร้อนแล้วหากใช้ผสมผสานกับวัสดุอื่นอย่างถูกต้องจะมีส่วนช่วยในการกันเสียงด้วย ฉนวนชนิดนี้โดยทั่วไปจะกันไฟไม่ได้ มีอุณหภูมิใช้ งานไม่เกิน 700 องศาเซลเซียส แต่ไม่ทนทานต่อความเปียกชื้นและการควบแน่นเป็นหยดน้ำ โดยจะสูญเสียคุณสมบัติในการกันความร้อนไปเมื่อเปียกชื้น



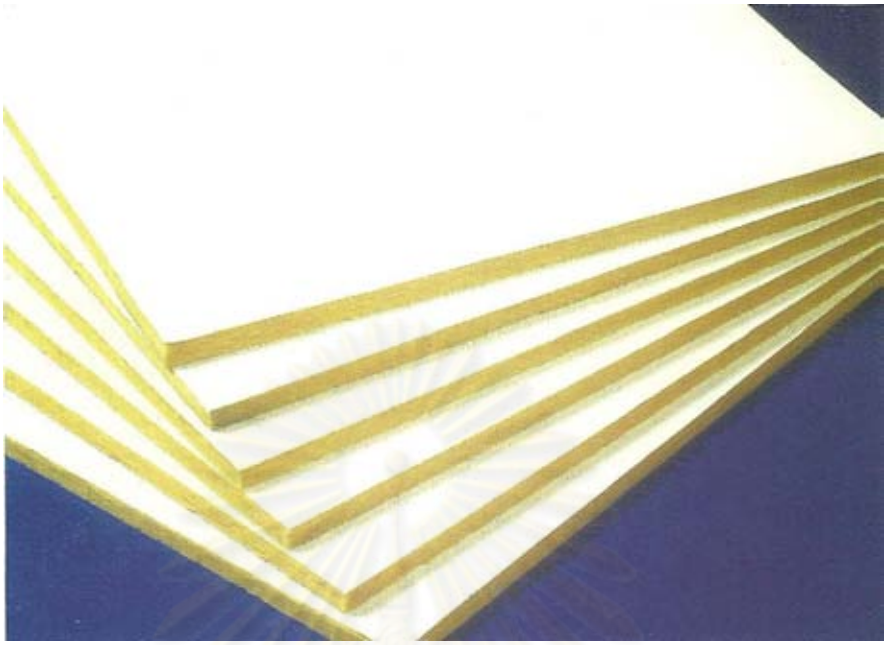
ภาพที่ 2.7 ภาพขยายแสดงโครงสร้างฉนวนใยแก้ว ประกอบด้วยเส้นใยและช่องว่างอากาศที่ทำหน้าที่สกัดกั้นการเคลื่อนที่ของความร้อน ฉนวนประเภทนี้ไม่มีคุณสมบัติในการกันไฟ ค่าการดูดซับความชื้นสูงอาจทำให้เกิดปัญหาการเสื่อมสภาพของฉนวน ถ้าไม่มีการป้องกันความชื้นให้กับฉนวน (สุนทร บุญญาธิการ, 2543)

ภาพที่ 2.8 ฉนวนใยแก้วหลายรูปแบบที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งผลิตขึ้นสำหรับการใช้งานหลายประเภทตามความเหมาะสม (สุนทร บุญญาธิการ, 2543)

ภาพที่ 2.9 ลักษณะของฉนวนใยแก้วแบบคลุมห่ม ไม่มีฟอยล์ ใช้งานโดยการปูหรือบุที่ผนังหรือเพดาน การใช้งานควรหุ้มห่อด้วยวัสดุที่กันความชื้นได้อย่างดี (สุนทร บุญญาธิการ, 2543)



ภาพที่ 2.10 ลักษณะของฉนวนใยแก้วแบบคลุมห่ม มีฟอยล์ ใช้งานโดยการปูหรือบุที่ผนังหรือเพดานโดยมีฟอยล์ช่วยกันความชื้นให้กับฉนวน (สุนทร บุญญาธิการ, 2543)



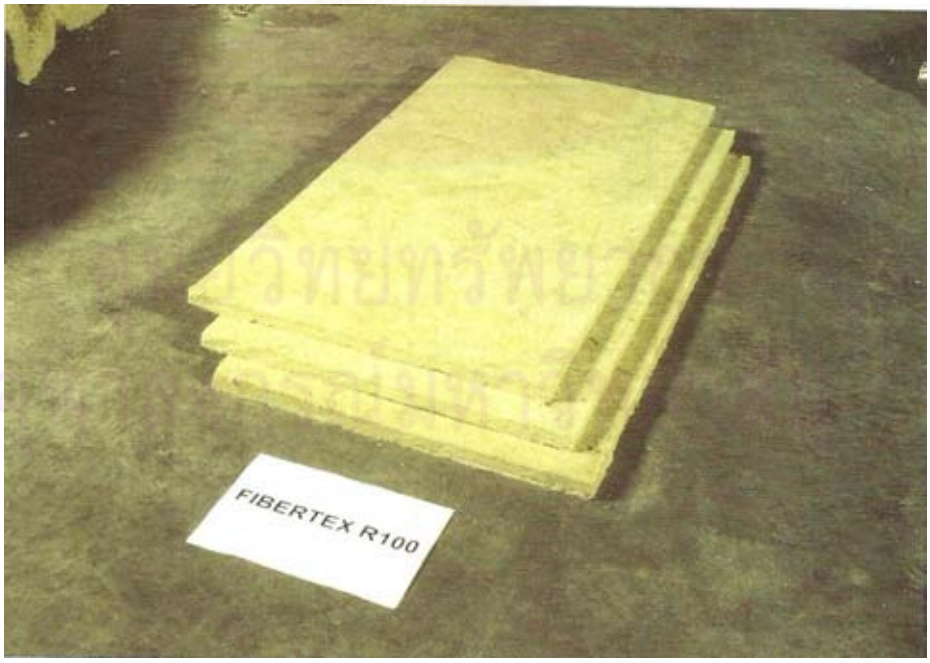
ภาพที่ 2.11 ฉนวนใยแก้วแบบฝ้าเพดาน ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่น ผิวหน้าปิดด้วยแผ่นไวนิลเพื่อ ทำให้เกิดความสวยงาม มีทั้งแผ่นใหญ่สำหรับติดตั้งเป็นแผ่นฝ้าเพดาน และแผ่นเล็กสำหรับวางบนโครงเคร่า (สุนทร บุญญาธิการ, 2543)

ภาพที่ 2.12 ฉนวนใยแก้วแบบหุ้มท่อ มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก มีรูกลวงตรงกลางให้สอดท่อเข้าไปได้ มีขนาดและความหนาต่าง ๆ ให้เลือกใช้ตามความต้องการ (สุนทร บุญญาธิการ, 2543)

ใยแร่ (Mineral Fiber)

ใยแร่อาจเรียกว่า หินแร่ (Mineral Rock) หรือฝอยขี้โลหะ (Slag Wool) หรือใยหิน (Rock Wool) มีกรรมวิธีการผลิตคล้ายคลึงกับฉนวนใยแก้ว โดยการนำวัสดุประเภทแร่ เช่น ขี้โลหะจากการผลิตเหล็กกล้า ทองแดง หรือตะกั่ว มาใช้เป็นวัสดุหลักแทน ฉนวนใยแร่นี้จะมีรูปแบบและข้อจำกัดในการใช้งานทั่วไปเหมือนกับฉนวนใยแก้ว เช่น ปัญหาการติดไฟของตัวประสาน (Binder) และการลุกไหม้ของผิวหน้า

ฉนวนประเภทนี้เป็นประเภทที่ไม่มีสารประกอบของแร่ใยหิน (Asbestos) ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ มีคุณสมบัติในการกันความร้อนได้เทียบเท่ากับฉนวนใยแก้ว แต่สาม ารถทนไฟได้ดีกว่า จึงนำมาใช้เป็นฉนวนที่สามารถกันไฟได้ด้วย (ทนความร้อนได้สูงถึง 800 องศาเซลเซียส) คุณสมบัติพิเศษอีกประการหนึ่งคือ มีความสามารถในการดูดซับเสียง โดยปกติในการใช้งานจะใช้ฉนวนใยแร่ที่มีความหนาแน่นสูง (High Density) และตกแต่งด้วยผ้าเพื่อความสวยงาม แต่มีข้อจำกัดคือ ไม่ทนทานต่อความเปียกชื้น ดังนั้น จึงควรห่อหุ้มด้วยวัสดุป้องกันความชื้น
ภาพที่ 2.13 ลักษณะของฉนวนใยแร่หรือใยหิน ซึ่งเป็นฉนวนแบบเซลล์เปิด สามารถทนความร้อนได้มากกว่าฉนวนใยแก้ว และมีความสามารถในการดูดซับเสียงได้ดี แต่มีข้อจำกัดคือ มีค่าการดูดซับความชื้นค่อนข้างสูง



ภาพที่ 2.13 ลักษณะของฉนวนใยแร่แบบแผ่นแข็ง (Rigid Board) ไม่มีฟอยล์ ใช้สำหรับบุที่ผนัง พื้นหรือเพดาน (สุนทร บุญญาธิการ, 2543)

ภาพที่ 2.14 ลักษณะของฉนวนใยแร่แบบแผ่นสำหรับก่อสร้าง หรือแบบคลุมห่ม มีฟอยล์หุ้มห่อเพื่อกันความชื้น ใช้ในส่วนของผนังหรือเพดาน โดยบุไว้ตรงกลางระหว่างผนังภายนอกกับภายใน หรือปูลาดบนโครงเคร่าเพดาน (สุนทร บุญญาธิการ, 2543)

ภาพที่ 2.15 ลักษณะของฉนวนใยแร่แบบคลุมห่ม ไม่มีฟอยล์ แต่มีลวดตาข่ายติดที่ด้านหน้าเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและป้องกันการฉีกขาด ลักษณะการใช้งานเช่นเดียวกับฉนวนแบบมีฟอยล์ ควรมีการป้องกันความชื้นให้ฉนวนด้วย (สุนทร บุญญาธิการ, 2543)

ภาพที่ 2.16 ลักษณะของฉนวนใยแร่แบบหุ้มท่อ มีรูปแบบและการใช้งานเช่นเดียวกับฉนวนใยแก้วแบบหุ้มท่อ (สุนทร บุญญาธิการ, 2543)

ใยเซลลูโลส (Cellulose)

ใยเซลลูโลสเป็นฉนวนกันความร้อนที่ผลิตขึ้นจากการนำไม้ หรือกระดาษที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง (Recycle) โดยการแผ่และดึงให้กระจายออกทำการย่อยจนละเอียด จากนั้นทำการประสานเข้าด้วยกันด้วยบอแร็กซ์ ส่วนผสมทั้งสองนี้จะช่วยให้มีสภาพต้านทานการลุกไหม้และการดูดซับความชื้น การประยุกต์ใช้งานอาจใช้ในลักษณะของการเทบรรจุ (Loose Fill) ในช่องผนังหรือเพดานของอาคาร ใช้ในลักษณะของฉนวนแบบแผ่น (Batt) แบบคลุมห่ม (Blanket) หรือเป็นโฟมฉีดสำหรับเป็นฉนวนกันความร้อนใต้ดาดฟ้า หรือหลังคา

ข้อจำกัดในการใช้งานของฉนวนกันความร้อนแบบนี้ก็คือ ถ้าไม่สามารถควบคุมให้มีความหนาแน่นตามมาตรฐานที่กำห นด เช่น มีอากาศพ่นเข้าไปในเครื่องจักรผลิตฉนวนมากเกินไป ทำให้มีความหนาแน่นต่ำกว่ามาตรฐาน ฉนวนนั้นจะยุบตัวลงทีละน้อยทั้งจากผลของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง การสั่นสะเทือน หรือความชื้น เป็นสาเหตุทำให้สภาพการต้านทานความร้อนลดลง และเนื่องจากวัสดุที่ใช้ผลิตเป็นเส้นใย ธรรมชาติซึ่งติดไฟได้ ดังนั้นจะต้องมีการผสมสารที่หน่วงการไหม้ไฟในอัตราส่วนที่เหมาะสมด้วย

โดยทั่วไปแล้วฉนวนใยเซลลูโลสที่ผลิตเพื่อจำหน่ายในท้องตลาดปัจจุบัน มักทำขึ้นจากเยื่อกระดาษที่ใส่สารกันไม่ให้ไฟลาม ทำให้สามารถป้องกันไฟไหม้ได้ระดับหนึ่ง เมื่อโดนไฟ

ไหม้จะมีควันและดับไปเองในที่สุด ถ้าเยื่อกระดาษนี้มีสารเคมีผสมอย่างถูกต้อง ก็สามารถใช้เป็นวัสดุกันไฟได้ สำหรับคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อนจะมีค่าใกล้เคียงกันกับใยแร่และใยแก้ว

ภาพที่ 2.17 ลักษณะของฉนวนใยเซลลูโลสแบบแผ่นติดบนแผ่นยิปซัมเพื่อความสะดวกในการนำไปใช้ ปกติจะใช้ในส่วนของผนังหรือเพดาน โดยติดตั้งให้แผ่นยิปซัมหันเข้าด้านในอาคารทำหน้าที่เป็นส่วนตกแต่งของผนังและเพดานภายในได้
(สุนทร บุญญาธิการ, 2543)

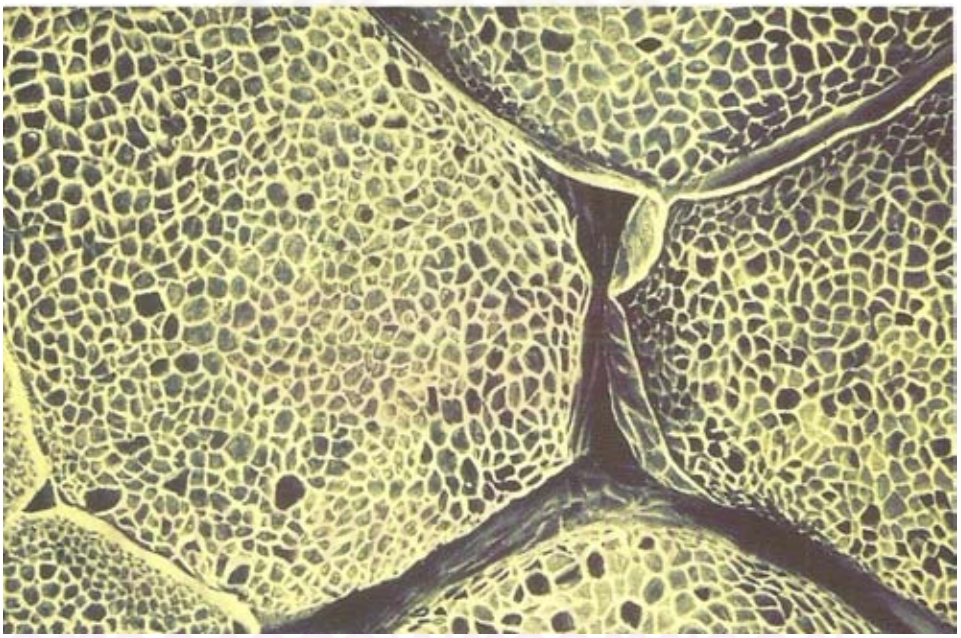
โฟม (Foam)

โฟมเป็นฉนวนที่กันความร้อนได้ดีมาก เมื่อเปรียบเทียบกับฉนวนชนิดอื่น ๆ โดยทั่วไปโฟมจะไม่ดูดซับความชื้น แต่เนื่องจากโฟมมีจุดหลอมเหลวต่ำ เมื่อโดนความร้อนสูงเป็นเวลานาน ๆ โฟมจะเปลี่ยนรูป เช่น บิดงอ บุบสลาย หรือไหม้ไปในที่สุด แต่ในบ้านทั่ว ๆ ไป มักจะไม่มีอุณหภูมิสูงถึงระดับนั้น ยกเว้นกรณีที่มีการนำโฟมไปใช้บุหลังกระจกโดยตรง เช่นกระจกหน้าต่างจะทำให้มีอุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ซึ่งโฟมไม่สามารถคงสภาพเดิมเอาไว้ได้ นอกจากนี้มีความจำเป็นต้องป้องกันการถูกทำลายเนื่องจากรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) จากดวงอาทิตย์ โฟมที่นำมาใช้ในปัจจุบันยังสามารถจำแนกออกได้อีกหลายชนิด แต่ชนิดที่นิยมนำมาใช้เป็นฉนวนในการก่อสร้าง มี 3 ชนิด ได้แก่

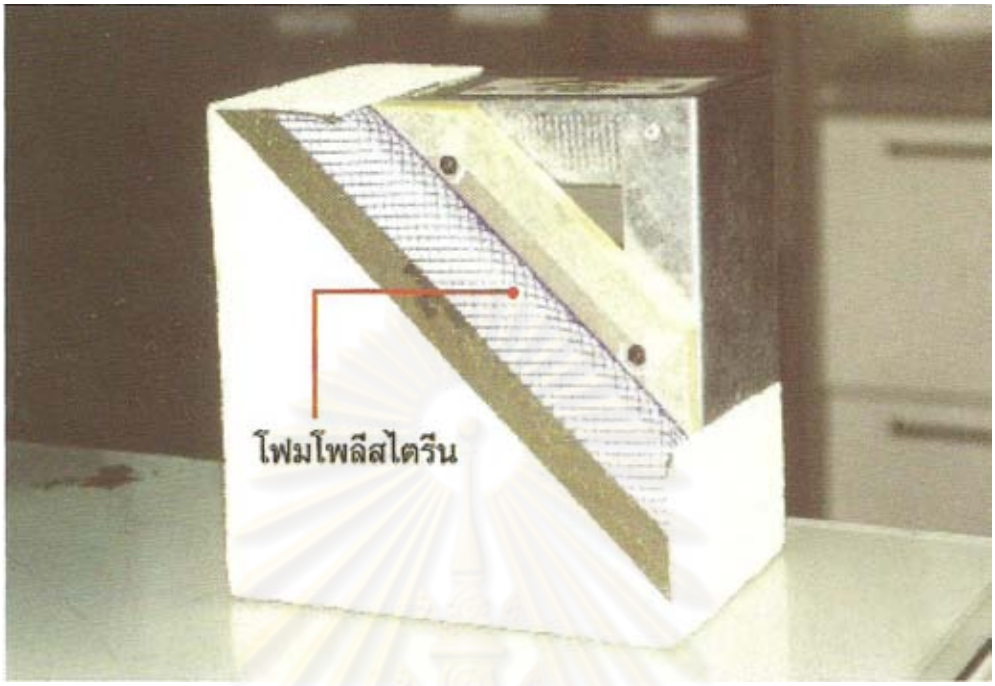
1. โฟมโพลีสไตรีน (Polystyrene Foam)
2. โฟมโพลียูรีเทน (Polyurethane Foam)
3. โฟมชนิดยืดหยุ่น (Elastomeric Foam)

โฟมโพลีสไตรีน (Polystyrene Foam)

โฟมโพลีสไตรีนมีการผลิตขึ้นมาใช้งาน 2 รูปแบบ คือ แบบรีด (Extrude) และแบบหล่อ (Mold) แต่เนื่องจากโพลีสไตรีนเป็นวัสดุประเภทเซลล์ธรรมชาติ ซึ่งสามารถติดไฟและลุกไหม้ได้ ดังนั้นในการนำมาใช้งาน จึงต้องมีเปลือกที่ต้านทานเปลวไฟได้หุ้มอยู่ เช่น ยิปซัมบอร์ด นอกจากนี้ยังต้องป้องกันไม่ให้โฟมโพลีสไตรีน กระทบกับแสงอาทิตย์โดยตรง เพราะรังสีอัลตราไวโอเลตจะทำให้เปลี่ยนเป็นสีเหลืองและเสื่อมสภาพได้ อุณหภูมิใช้งานสูงสุดประมาณ 80 องศาเซลเซียส ถ้ามีการใช้งานในอุณหภูมิสูงกว่านี้ อาจเป็นสาเหตุทำให้อ่อนตัวลงได้ โฟมโพลีสไตรีนเป็นฉนวนประเภทที่นำเอาเม็ดโฟมขนาดเล็ก ๆ มาอัดเข้าด้วยกัน (Interconnecting Cell Insulation) ทำให้มีช่องว่างระหว่างเม็ดโฟมแทรกอยู่บ้าง ดังนั้นจึงไม่สามารถกันความชื้นได้ 100% (คุณสมบัติการกันความชื้นของโฟมโพลีสไตรีนจึงขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของโฟม)



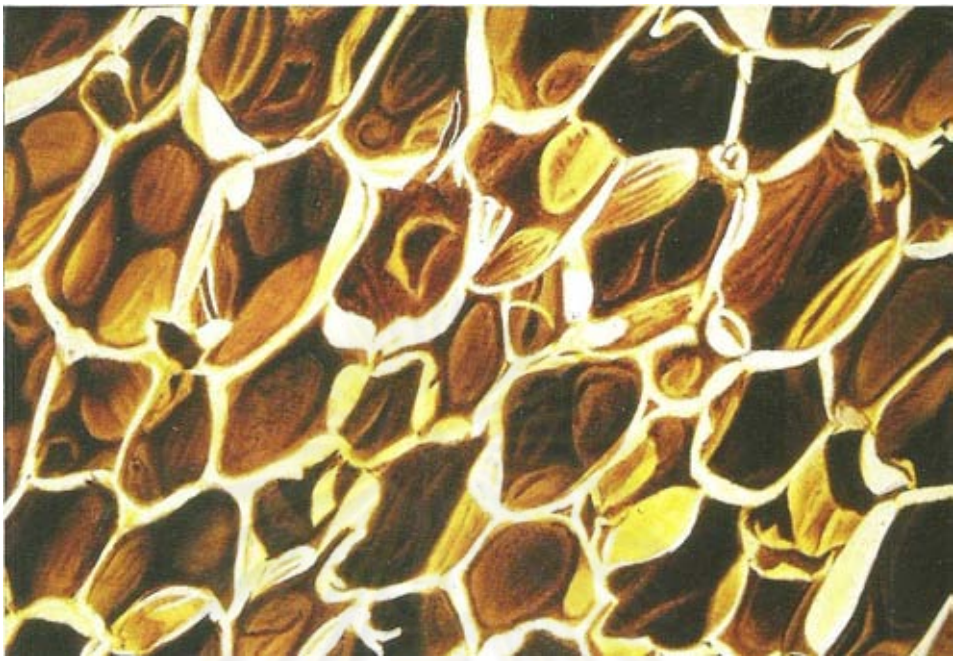
ภาพที่ 2.18 ภาพขยายแสดงโครงสร้างของโฟมโพลีสไตรีน (สุนทร บุญญาธิการ, 2543)



ภาพที่ 2.19 ตัวอย่างของผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (Exterior Insulation and Finished System; EIFS) ซึ่งใช้โฟมโพลีสไตรีนเป็นส่วนประกอบ ซึ่งโฟมโพลีสไตรีนจะทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันความร้อนให้กับผนัง (สุนทร บุญญาธิการ, 2543)

โฟมโพลียูรีเทน (Polyurethane Foam)

โฟมโพลียูรีเทนเป็นสารฟลูออโรคาร์บอนที่พ่นให้เป็นโฟม โดยมีทั้งการหล่อเป็นแบบแผ่นแข็ง แบบฉีดขึ้นรูป หรือแบบพ่นบนพื้นผิว ความแข็งแรงของโฟมโพลียูรีเทนขึ้นอยู่กับการบ่ม สภาพการนำความร้อน (k) ของโฟมชนิดนี้ต่ำมาก เนื่องจากภายในเซลล์เป็นก๊าซฟลูออโรคาร์บอน (ฟรีออน-11) ซึ่งมีสภาพการนำความร้อนต่ำกว่าอากาศ ในการผลิตเป็นฉนวนกันความร้อนเพื่อการใช้งานโดยมากต้องมีการหุ้มด้วยวัสดุที่หน่วงการไหม้ไฟ เพราะโฟมโพลียูรีเทนจัดเป็นวัสดุประเภทเซลล์ธรรมชาติที่สามารถลุกไหม้ได้ เมื่อถูกเผาไหม้จะมีควันมากและเกิดก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) ซึ่งเป็นก๊าซพิษที่เป็นอันตรายถึงชีวิต โฟมโพลียูรีเทนเป็นฉนวนประเภทกึ่งเซลล์เปิด (Semi-Open Cell Insulation) การดูดซึมความชื้นจึงมีมากกว่า 10% หากต้องการให้มีการดูดซึมความชื้นต่ำจะต้องให้แผ่นวัสดุป้องกันความชื้นร่วมด้วย

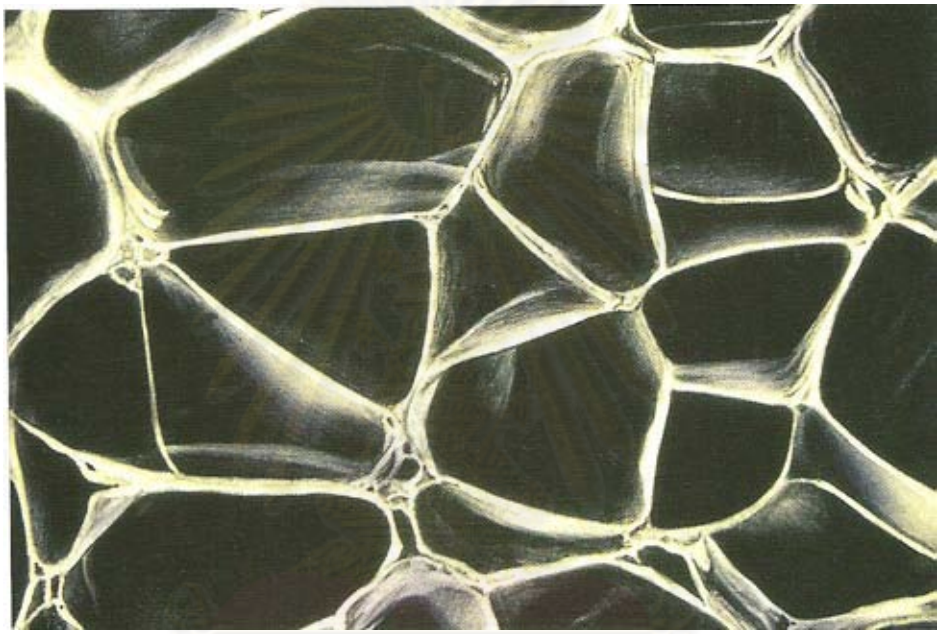


ภาพที่ 2.20 ภาพขยายแสดงโครงสร้างของโฟมโพลียูรีเทน (สุนทร บุญญาธิการ, 2543)

ภาพที่ 2.21 ตัวอย่างโฟมโพลียูรีเทนแบบพ่นที่ใช้กับหลังคา สามารถติดตั้งได้กับพื้นผิวทุกลักษณะและติดแน่นกับพื้นผิว วิธีการติดตั้งทำได้ง่ายและไม่มีรอยต่อ สามารถเพิ่มค่าความต้านทานความร้อนทำได้โดยการเพิ่มความหนาของโฟม (สุนทร บุญญาธิการ, 2543)

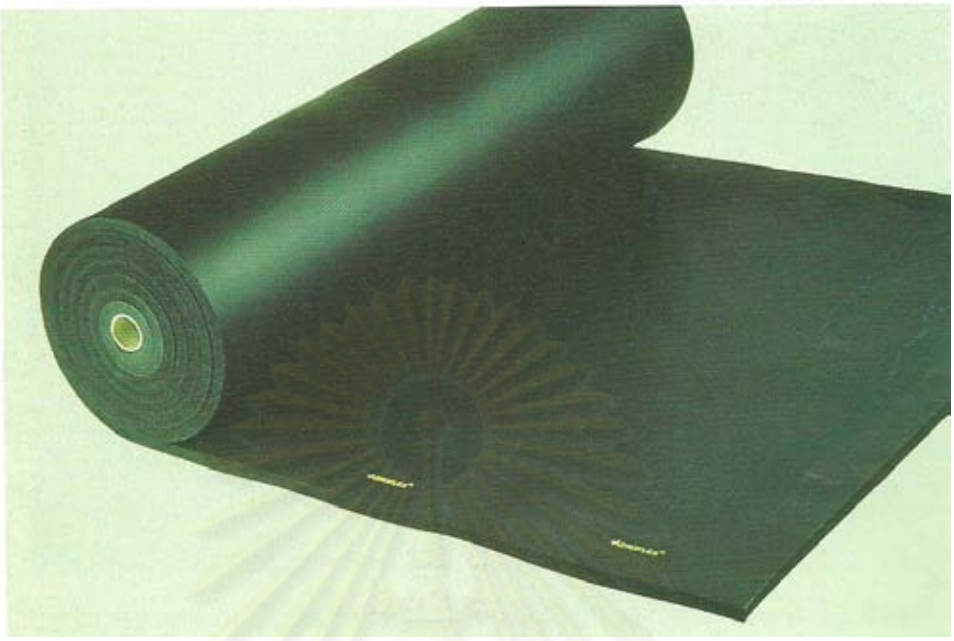
โฟมชนิดยืดหยุ่น (Elastomeric Foam)

โฟมชนิดยืดหยุ่นมีอีกชื่อหนึ่งคือ โฟมยางแบบขยาย (Expanded Rubber Foam) เป็นฉนวนที่ยืดหยุ่นได้ด้วยการฉีดให้ขยายตัวในแบบ (Mold) โฟมชนิดนี้เป็นฉนวนประเภทเซลล์ปิด (Closed Cell Insulation) มีเซลล์ชิดกันมาก มีค่าการดูดซับความชื้นต่ำ ทำให้สามารถต้านทานการแทรกซึมของไอน้ำได้ดี จึงเหมาะกับการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ เช่น ในระบบท่อส่งความเย็นหากใช้งานที่อุณหภูมิเป็นเวลานานจะเกิดการหดตัว ทำให้สภาพความเป็นฉนวนลดลง



ภาพที่ 2.22 การขยายแสดงโครงสร้างของโฟมชนิดยืดหยุ่น (สุนทร บุญญาธิการ, 2543)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.23 ลักษณะของโฟมชนิดยืดหยุ่นแบบแผ่น (สุนทร บุญญาธิการ, 2543)

การพิจารณาเลือกใช้วัสดุฉนวนและมวลสาร

ในการลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดทางหนึ่ง คือ การเลือกใช้วัสดุที่สามารถกันความร้อนถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร หรือมีค่า R สูง ฉนวน คือ วัสดุที่มีคุณสมบัติในการกันความร้อน โด ยมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Thermal Time Lag) น้อย ทำให้อิทธิพลภายนอกที่เข้ามาภายใ นเกิดขึ้นค่อนข้างรุนแรง ซึ่งมีทางแก้โดยการเพิ่มความหนาของฉนวนให้มากขึ้น แต่จะทำให้มีราคาแพง ดังนั้นทางออกอีกทางหนึ่งคือ การประยุกต์ใช้มวลสาร (Thermal mass) ร่วมกับฉนวน การ ออกแบบโดยผสมผสานการใช้ฉนวนและมวลสารจะเป็นผลดีในการหน่วงความร้อน ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารไม่เปลี่ยนแปลงรุน แรงเหมือนภายนอก และถ้าสามารถหน่ว งความร้อนได้อย่างเหมาะสม คือทำให้ประมาณความร้อนเข้ามาภายในอาคารในช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายนอกลดต่ำลงมากที่สุด ยิ่งทำให้ปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารได้น้อยลง

สิ่งที่จะต้องทราบและทำความเข้าใจในเบื้องต้นสำหรับการเลือกใช้ฉนวนคือ วัตถุประสงค์และลักษณะการใช้งาน ตลอดจนตำแหน่งที่ติดตั้งฉนวน ทั้งนี้เพื่อให้สามารถกำหนดเกณฑ์เบื้องต้นของคุณสมบัติฉนวนที่ต้องการได้ การเลือกใช้ฉนวนมีข้อควรพิจารณาดังนี้

รูปแบบทางกายภาพ (Physical Forms)

รูปแบบทางกายภาพของฉนวนมีหลายรูปแบบให้เลือกใช้งานได้ตามต้องการ เช่น ฉนวนแบบคลุมห่ม แบบแผ่น แบบพ่น แบบฉีด ฯลฯ การเลือกใช้ฉนวนต้องคำนึงถึงลักษณะการใช้งาน และตำแหน่งที่ติดตั้งนอกจากนั้นยังต้องพิจารณาปัจจัยด้านค่าใช้จ่าย ความแข็งแรงคงทนร่วมด้วย ตัวอย่างการเลือกใช้ฉนวนที่มีรูปแบบทางกายภาพแตกต่างกัน เช่น ใช้ฉนวนโฟมชนิดพ่นสำหรับด้านบนหลังคาหรือผนังภายนอกอาคา ร เพราะมีความแข็งแรงคงทนมากเป็นพิเศษ กันความร้อนและความชื้น และมีคุณสมบัติในการยึดเกาะกับหลังคาและผนังอาคารได้ดี การติดตั้งใช้วิธีพ่นฉนวนซึ่งอยู่ในสถานะของเหลวลงบนพื้นผิวที่ต้องการให้มีความหนาที่เหมาะสม ทิ้งไว้ให้แห้งฉนวนก็จะยึดติดแน่นกับพื้นผิว นอกจากนั้น นยังมีฉนวนที่มีรูปแบบทางกายภาพอื่น ๆ อีก เช่น ฉนวนแบบแผ่น และแบบคลุมห่ม ซึ่งนิยมใช้ปูลาดบนโครงเพดาน ฉนวนแบบเทบรรจุซึ่งใช้เทบรรจุในช่องว่างระหว่างชั้นของผนัง ฉนวนแบบทรงกระบอกกลวง ใช้สำหรับงานหุ้มท่อ เป็นต้น

ความหนาแน่น (Bulk Density) **และความจุความร้อน** (Heat Capacity)

ความหนาแน่นและความจุความร้อนเป็นคุณสมบัติซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต ฉนวนที่มีคุณภาพดี จะมีความหนาแน่น และความจุความร้อนที่เหมาะสมที่สุดเพียงค่าเดียวเท่านั้น (Optimum Bulk Density) ซึ่งฉนวนแต่ละชนิดจะมีค่าดังกล่าวแตกต่างกันออกไป ในทางปฏิบัติข้อมูลเหล่านี้จะได้จากผู้ผลิต

อุณหภูมิของการใช้งานที่เหมาะสม (Suitability for Service Temperature)

อุณหภูมิของการใช้งานที่เหมาะสมเป็นข้อพิจารณาที่สำคัญในการเลือกใช้ฉนวน เนื่องจากฉนวนแต่ละชนิดมีข้อจำกัดด้านอุณหภูมิในการใช้งานที่แตกต่างกัน หากเลือกใช้ไม่เหมาะสมอาจเกิดปัญหาเสื่อมสภาพของฉนวนได้ การแบ่งอุณหภูมิในการใช้งานของฉนวนอาจทำได้ดังนี้

1. ฉนวนสำหรับช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ -270 องศาเซลเซียส ถึง 100 องศาเซลเซียส ได้แก่ กลาสโฟม(Glass Foam) เซลลูโลสโฟม (Cellulose Foam) เป็นต้น

2. ฉนวนสำหรับช่วงอุณหภูมิมากกว่า 100 องศาเซลเซียส ถึง 500 องศาเซลเซียส ได้แก่ แคลเซียมซิลิเกต กลาสโฟม ใยแร่ ฟอยล์ เป็นต้น

3. ฉนวนสำหรับช่วงอุณหภูมิมากกว่า 500 องศาเซลเซียส ได้แก่ ฉนวนพวกอนินทรีย์ประเภทคาร์บอนหรือโลหะ เช่น ฟอยล์ เซรา มิกโฟม (Ceramics Foam) ใยเซรามิก (Ceramics Fiber) ใยคาร์บอน (Carbon Fiber) เป็นต้น

การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน (Thermal Expansion)

การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนของฉนวน อาจทำให้ประสิทธิภาพของฉนวนเปลี่ยนแปลงไปดังนั้นการเลือกใช้ฉนวนจึงต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ ซึ่งอาจพิจารณาได้จากอุณหภูมิของการใช้งานที่เหมาะสมข้างต้นโดยเลือกใช้ฉนวนที่มีช่วงอุณหภูมิใช้งานตรงตามความต้องการ เพื่อให้การใช้งานฉนวนเกิดประสิทธิภาพสูงสุดและมีอายุการใช้งานยาวนาน

ความสามารถในการต้านทานความร้อน (Thermal Resistivity)

ความสามารถในการต้านทานความร้อนของฉนวน ดูได้จากค่าความต้านทานความร้อน (Themal Resisance;R- Value) โดยฉนวนที่มีความต้านทานความร้อนสูงจะกันความร้อนได้ดี เนื่องจากวัตถุประสงค์หลักของการใช้ฉนวนสำหรับอาคารในประเทศไทย ซึ่งอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น คือกันความร้อนจากภายนอกไม่ให้เข้ามาภายในอาคาร ซึ่งนอกจากจะทำให้ภายในอาคารเย็นสบายแล้ว ยังเป็นการประหยัดพลังงานให้ระบบปรับอากาศของอาคารที่มีการปรับอากาศอีกด้วย ตัวอย่างฉนวนที่กันความร้อนได้ดีมาก เช่น โฟมโพลี ยูรีเทน และโฟมโพลีสไตรีน แต่ในการเลือกฉนวนเพื่อกันความร้อนสำหรับอ าคารจะต้องพิจารณาคุณสมบัติอื่น ๆ ในการใช้งานฉนวนร่วมด้วย

ความต้านทานต่อความชื้น (Resistance to Water Penetration)

ความต้านทาน ต่อความชื้นเป็นวัตถุประสงค์อีกข้อหนึ่งของการใช้ฉนวนสำหรับอาคาร โดยเฉพาะอาคารที่มีการปรับปรุง ดังนั้น จึงจำเป็นต้องป้องกันความชื้น ให้ฉนวน แม้ว่าที่ผ่านมาการใช้ฉนวนกันความชื้นให้กับอาคารอาจไม่ได้เป็นวัตถุประสงค์หลักสำหรับวิศวกรและสถาปนิก แต่จากผลการศึกษาสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ซึ่งมีความชื้นสูงเกือบตลอดเวลา พบว่าการใช้พลังงานของเครื่องป รับอากาศจะสูญเสียไปกับการลดความชื้น ดังนั้น การกันความชื้นให้กับฉนวนอาคารจึงเป็นที่สิ่งไม่ควรมองข้าม เพราะหากเกิดความชื้นในฉนวนจะทำให้ฉนวนเสื่อมสภาพหรือสูญเสียคุณสมบัติความเป็นฉนวนไป การใช้ฉนวนที่เหมาะสมสำหรับอาคารจึงสามารถช่วยป้องกันความชื้นให้อาคารได้ด้ วย หากฉนวนที่ใช้ไม่มีการกันความชื้น ควรป้องกันความชื้นให้กับฉนวนโดยการใช้วัสดุกันความชื้น เช่น แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ แผ่นพีวีซี หรือแผ่นโพลีเอสเตอร์ ฉนวนมาสติก แอสฟัลต์ ฯลฯ ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดมีคุณสมบัติกันความชื้นได้แตกต่างกัน

ความต้านทานต่อแรงอัด (Resiance Compaction)

ความต้านทานต่อแรงอัดเป็นคุณสมบัติที่ใช้สำหรับพิจารณาเลือกฉนวนเพื่อให้เกิดความคงทนแข็งแรงและมีอายุการใช้งานยาวนาน โดยเฉพาะฉนวนในส่วนที่ต้องรับแรงอัดสูง เช่น ฉนวนพื้น ฉนวนที่ขอบประตู หน้าต่าง ฉนวนท่อและอุปกรณ์ เป็นต้น ฉนวนที่ต้องรับแรงอัดสู ง

อาจเกิดการเสื่อมสภาพได้ง่าย ดังนั้นการเลือกใช้ จึงต้องคำนึงถึงความต้านทานต่ อแรงอัดด้วย ฉนวนที่มีคุณสมบัติการต้านทานแรงอัดสูง ได้แก่ ฉนวนประเภทโฟม และโพลีเมอร์บางชนิด เป็นต้น

ความแข็งแรงทางกล (Mechanical Strength)

ความแข็งแรงทางกลของฉนวน หมายถึง ควา มสามารถของฉนวนในการทนทานต่อแรงต่าง ๆ หลายรูปแบบ ดังนี้

1. การรับน้ำหนัก และแรงอัด
2. ความต้านทานต่อแรงดึง และแรงเฉือน
3. ทนต่อการกระแทก และการสั่นสะเทือน
4. ทนต่อการบิดงอ

ซึ่งความสามารถดังกล่าวของฉนวนจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ ความหนาแน่น ขนาดของเซลล์ ขนาดและการจัดเรียงตัวของเส้นใยฉนวน ชนิดและปริมาณของตัวประสาน นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสภาพแวดล้อมในการใช้งานด้วย

อันตรายจากไฟไหม้ (Fire Hazard)

อันตรายจากไฟไหม้เป็นข้อพิจารณาที่สำคัญอีกข้อหนึ่ง สำหรับการใช้ฉนวนภายในอาคาร เพราะฉนวนที่กันความร้อนได้ดี อาจมีคุณสมบัติการกันไฟที่ไม่ดี สำหรับบางส่วนของอาคาร เช่น ห้องครัว หรือห้องที่มีอุปกรณ์เกี่ยวกับความร้อน การกันไฟไหม้เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง นอกจากนั้น ยังต้องพิจารณาด้วยการเผาไหม้ของฉนวนก่อให้เกิดสารที่เป็นพิษหรือไม่ด้วย ตัวอย่างฉนวนที่กันไฟได้ดี ได้แก่ ใยแร่ แคลเซียมซิลิเกตุ และเวอร์มิคูไลท์ เป็นต้น สำหรับวัสดุที่สามารถป้องกันไฟไหม้ได้ดี ได้แก่ ยิปซัม ซึ่งไม่จัดว่าเป็นฉนวนกันความร้อน แต่หากใช้ประกอบกับฉนวนชนิดอื่น ๆ ก็จะสามารถเพิ่มคุณสมบัติด้านการกันไฟได้เป็นอย่างดี

ความต้านทานต่อแมลงและเชื้อรา (Resistance to Vemin &Fungus) **และความปลอดภัยต่อสุขภาพ**

ความต้านทานต่อแมลงและเชื้อรา และความปลอดภัยต่อสุขภาพ เป็นคุณสมบัติที่สำคัญซึ่งถูกมองข้ามไปในการเลือกใช้ฉนวน สภาพอากาศของประเทศไทยซึ่งมีความชื้นสูงเป็นตัวการสำคัญ ที่ทำให้ฉนวนเสื่อมสภาพได้ง่าย ฉนวนที่มีความชื้นสูง นอกจากจะมีประสิทธิภาพความเป็นฉนวนต่ำแล้วยังเป็นแหล่ งเจริญเติบโตของเชื้อรา ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ที่อยู่อาศัยภายในอาคารอีกด้วย ฉนว นบางชนิด โดยเฉพาะฉนวนพวกสารอินทรีย์ เช่น เส้นใยเซลลูโลส เป็นแหล่งอาหารและที่อยู่อาศัยของแม ลงบางชนิด ดังนั้นจึงอาจเกิดการเสื่อมสภาพได้ง่ายหา กมีแมลงรบกวน การแก้ปัญหาดังกล่าวทำได้โดยการเลือกใช้ฉนวนที่มีความต้านทานต่อ

แมลงและเชื้อรา เช่น ฉนวนพวกสารอินทรีย์ ได้แก่ แคลเซียมซิลิเกต โฟม ใย แร่ ใยคาร์บอน เป็นต้น หรืออาจมีการติดตั้งวัสดุเพื่อป้องกันแมลงและความชื้น เช่น แผ่นกันความชื้นซึ่งทำจากวัสดุประเภทพลาสติก เป็นต้น

การกันเสียง (Acoustical Resistance)

การกันเสียงสำหรับบางส่วนของอาคารที่ต้องการลดการรบกวนจากเสียง เช่น ห้องนอน ห้องประชุม ห้องสัมมนา ฯลฯ จำเป็นต้องเลือกฉนวนที่มีคุณสมบัติการกันเสียงที่ดี ซึ่งได้แก่ฉนวนที่มีความพรุนหรือฉนวนที่มีช่องว่างอากาศมาก ซึ่งเมื่อใช้ร่วมกับวัสดุที่มีน้ำหนักมากจะมีส่วนช่วยในการกันเสียงได้ดีขึ้น เช่น ใยแร่ หรือใยแก้ว เป็นต้น

การปลอดจากกลิ่น (Freedom Odour)

การปลอด จากกลิ่นเป็นข้อพิจารณาข้อหนึ่งที่สำคัญต่อการใช้ฉนวน โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเป็นฉนวนที่ติดตั้งภายในอาคาร ฉนวนที่มีสารเคมีเป็นส่วนประกอบ หากเกิดการเสื่อมสภาพ หรือเกิดการเผาไหม้ จะทำให้ผู้ที่อยู่อาศัยภายในอาคารได้รับอันตรายจากการสูดดมไอระเหยของสารเคมี ในการเลือ กใช้ฉนวนจึงควรพิจาณาเลือกใช้ฉนวนที่มีส่วนประกอบที่เหมาะสม ไม่ก่อให้เกิดอันตรายในขณะใช้งาน เมื่อเกิดการเสื่อมสภาพและเกิดการเผาไหม้

ความต้านทานต่อการกัดกร่อน และสารเคมี (Corrosion & Chemical Resistance)

ความต้านทานต่อการกัดกร่อนและสารเคมีฉนวนเป็นคุณสมบัติ หนึ่งที่ต้องพิจารณาในการใช้งานการเสื่อมสภาพของฉนวนด้วยสาเหตุต่าง ๆ เช่น สารเคมี และสภาพอากาศ ฯลฯ จะทำให้ฉนวนมีประสิทธิภาพลดต่ำลง ดังนั้น ฉนวนที่ดีควรมีความต้านทานต่อการเสื่อมสภาพดังกล่าวได้ โดยพิจารณาถึงสภาพแวดล้อมในการใช้งานฉนวนว่าได้รับผลกระทบอย่างไรบ้าง แล้วเลือกใช้ฉนวนที่มีความคงทนต่อสภาพนั้น ๆ

การบำรุงรักษา (Maintenance)

การบำรุงรักษาเป็นสิ่งที่แสดงถึงค่าใช้จ่ายภายหลังการติดตั้งฉนวน ซึ่งจะต้องพิจารณาอย่างรอบคอบเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

การเลือกใช้ฉนวนสำหรับอาคารส่วนใหญ่มีวัตถุประ สงค์ในการใช้งานหลายวัตถุประสงค์ ดังนั้น การพิจารณาเลือกชนิดฉนวนจึงจำเป็นต้องพิจารณาคุณสมบัติหลาย ๆ ข้อร่วมกัน จากนั้น จึงเลือกฉนวนที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสูงสุดสำหรับการใช้งาน หรืออาจใช้ฉนวนหลาย ๆ ชนิดประกอบกันเพื่อให้มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ ตัวอย่าง เช่น

1. ควรเลือกใยแก้ว หรือใยแร่ เมื่อต้องการกันความร้อนและกันเสียง

2. ควรเลือกใช้แคลเซียมซิลิเกตุ หรือเวอร์มิคูไลท์ เมื่อต้องการกันความร้อน และกันไฟไหม้

3. ควรเลือกใช้ฉนวนประเภทโฟม เมื่อต้องการกันความร้อนและความชื้น

สำหรับการผสมผสานการใช้มวลสารร่วมกับฉนวน จำเป็นต้องพิจารณาถึงความสามารถในการหน่วงความร้อนของมวลสารที่เหมาะสม เนื่องจากวัสดุที่มีมวลสารมากจะมีผลในการหน่วงความร้อนได้มาก ทำให้ความร้อนไม่เข้ามาภายในอาคาร โดยเฉพาะช่วงที่อุณหภูมิภายนอกต่ำกว่าอุณหภูมิภายใน ซึ่ งจะทำให้มีความ เหมาะสม คือ มวลสารที่ทำให้ปริมาณความร้อนเข้ามาภายในอาคารในช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายนอกลดต่ำลงมากที่สุด

ลักษณะและคุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนประเภทต่าง ๆ

ตารางที่ 2.3 สรุปเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของฉนวนบางประเภท (สุนทร บุญญาธิการ, 2543)

ชนิดของฉนวน	ข้อดี	ข้อจำกัด
ใยแก้ว (Glass Fiber)	- สภาพการนำความร้อนต่ำ - ไม่เป็นพิษ	- ไม่กันไฟ - ตัวประสาน (Binder) ลุกไหม้ได้ - การแทรกซึมของไอน้ำสูง ควรมีวัสดุหุ้มกันน้ำ
ใยแร่หรือใยหิน (Mineral Fiber or Rock Wool)	- สภาพการนำความร้อนต่ำ - ไม่ติดไฟ - ไม่เป็นพิษ - อุณหภูมิใช้งานไม่เกิน 1300 องศาเซลเซียส	- ตัวประสาน (Binder) ลุกไหม้ได้ - การแทรกซึมของไอน้ำสูง ควรมีวัสดุหุ้มกันน้ำ
ใยเซลลูโลส (Cellulose)	- สภาพการนำความร้อนต่ำ - ไม่เป็นพิษ	- ติดไฟได้ - การดูดซึมน้ำสูง - อาจมีการยุบตัวตามอายุการใช้งาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชนิดของฉนวน	ข้อดี	ข้อจำกัด
โฟมโพลีสไตรีน (Polystyrean Foam)	- สภาพการนำความร้อนต่ำ - ใช้เป็นตัวผนึกหรือกันซึมได้ - ไม่เป็นพิษ	- ติดไฟได้ - อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 82 องศาเซลเซียส
โฟมโพลียูริเทน (Polyurethane Foam)	- สภาพการนำความร้อนต่ำ - ใช้เป็นตัวผนึกหรือกันซึมได้ - การแทรกซึมของไอน้ำ และการดูดซึมน้ำต่ำ	- ติดไฟได้ - เกิดควันที่เป็นพิษ ขณะลุกไหม้ แก้ไขโดยใส่สารกันไฟลาม
โฟมชนิดยืดหยุ่น (Elastomeric Foam)	- สภาพการนำความร้อนต่ำ - ไม่เป็นพิษ - ติดตั้งง่าย	- ติดไฟได้และเกิดควันมาก - ไวต่อรังสีอัลตราไวโอเลต - อุณหภูมิใช้งานไม่เกิน 105 องศาเซลเซียส
แคลเซียมซิลิเกตุ (Calcium Sillcate)	- ไม่ติดไฟ - อุณหภูมิใช้งานไม่เกิน 650 องศาเซลเซียส	- สภาพการนำความร้อนปานกลาง - ไอน้ำแทรกซึมได้ง่าย - การดูดซึมน้ำสูง
เวอร์มิคูไลท์ (Vemiculite)	- ไม่ติดไฟ - ม่เป็นพิษ	- สภาพการนำความร้อนสูง - การดูดซึมน้ำสูง - อุณหภูมิใช้งานไม่เกิน 405 องศาเซลเซียส

เมื่อพิจารณาค่าความต้านทานความร้อนที่มีความหนา 1 นิ้วของฉนวนเปรียบเทียบก่อสร้างทั่วไป จะพบว่ามีค่าดังต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อน (ค่าR) ของวัสดุต่าง ๆ ที่ความหนา 1 นิ้ว (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

อิทธิพลจากฉนวนและมวลสาร

โดยปกติวัสดุที่เป็นฉนวน (เท่าที่ใช้ในปัจจุบัน) จะมีน้ำหนักเบา และมีมวลสารน้อยมีความสามารถในการกักเก็บความร้อนได้น้อย แต่มีคุณสมบัติในการกีดกันการถ่ายเทความร้อนเป็นไปในอัตราที่ช้าในทางตรงกันข้ามวัสดุที่มีมวลสาร (Thermal Mass) มากจะมีความสามารถในการกักเก็บความร้อนได้มาก เมื่อปริมาณความร้อนที่กักเก็บไว้มีมากขึ้นก็จะส่งผ่านตัวไปเรื่อย ๆ ด้วยเหตุนี้ความร้อนที่สะสมไว้จึงค่อย ๆ เคลื่อนตัวผ่านอาคารในเวลาถัดไป ทำให้ในช่วงที่ผนังกับเก็บความร้อนอยู่นั้น อุณหภูมิของอากาศภายนอกเย็นลงกว่าอุณ หภูมิของผนังแล้ว ในช่วงเวลานั้น จะเกิดการถ่ายเทความร้อนจากผนังสู่อาคารภายนอกด้วย จะเห็นได้ว่าความร้อนที่สะสมอยู่ในผนังนั้น ส่วนหนึ่งจะเคลื่อนตัวเข้าสู่อาคาร และอีกส่วนหนึ่งจะเคลื่อนตัวออกจากผนังสู่อากาศภายนอก ซึ่งถ้าหากผนังมวลสารมากและมีการหน่วง เหนี่ยวเวลานานโอกาสที่ความร้อนที่สะสมอยู่ในผนัง จะสูญเสียให้กับอากาศภายนอกก็มีมาก

อิทธิพลของมวลสารต่อการถ่ายเทความร้อน

การที่มวลสาร (Thermal Mass) มีความสามารถในการเก็บ กักความร้อน และหน่วงเหนี่ยวการถ่ายเทความร้อนของวัสดุได้มากน้อยต่างกันนั้น จึงทำให้ยากต่อการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้ นจริง ๆ ทั้งนี้เพราะอิทธิพลต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อการถ่ายเทความร้อนในอาคารจริงมาจากหลายองค์ประกอบที่สำคัญ ดังนี้

1. ความจุความร้อนของผนัง (Thermal Heat Capacity) ผนังที่มีความจุความร้อนมากจะดูดและ กักเก็บความร้อนไว้ได้มาก ทำให้ความร้อนที่จะไหลผ่านผนัง เป็นไปในอัตราที่ช้าลง

2. การแลกเปลี่ยนความร้อนของผิวหนังกับสภาพแวดล้อม (Long Wave Radiation Heat Exchange) เมื่อเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผนังกับผิววัสดุอื่น ๆ ก็จะเกิดการถ่ายเทความร้อนขึ้นโดยเฉพาะในรูปของการแผ่รังสี

3. การถ่ายเทความร้อนของผนังให้กับอากาศโดยตรง โดยการพาความร้อ น (Surface Conduction) การถ่ายเทความร้อนของผนังด้วยวิธีนี้ ขึ้นอยู่กับความเร็วลมที่พั ดผ่านผิวและลักษณะของพื้นผิว อิทธิพลของ Surface Conduction ที่มีต่อปริมาณการถ่ายเทความร้อนของผนังจะมีค่าน้อยมาก ในกรณีผนังนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ อิทธิพ ลอันนี้จะมีค่ามากขึ้นในกรณีที่ผนังนั้น ๆ มีค่าสัมประสิทธ์การถ่ายเทความร้อนสูงขึ้น

4. ความสามารถในการดูดกลืนและกระจายพลังงานความร้อนของผนัง (Surface Absorption & Surface Emission) โดยปกติแล้ว หากเป็นสีของผนังธรรมดา หรือสีผิวของวัสดุตามธรรมชาติ ค่า Surface Emission จะค่อนข้างสูง คือประมาณ 0.8 – 0.9 เป็นส่วน

ใหญ่ นอกจากว่าเป็นสีเคลือบผิวพิเศษ (Selective Coating) อาจจะมีค่าการดูดความร้อนต่ำ แต่มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนสูง จะทำให้ผิวหนังเย็นกว่าปกติ สำหรับค่าการดูดกลืนความร้อน (Surface Absorption) ส่วนมากจะแปรตามความเข้มของสีผิว คือ เข้มมากก็จะดูดกลืนความร้อนสูง

5. การหน่วงเหนี่ยวความร้อนของผนัง (Time Lag) โดยปกติแล้ววัสดุที่มีมวลสารมากจะมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้นานกว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อยกว่า แต่ในสภาพการใช้งานจริง การหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้นานกว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อยก ว่า แต่ในสภาพการใช้งานจริง การหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุขึ้ นอยู่กับองค์ประกอบหลา ยประการ (Givoni, 1994) และ ที่สำคัญคือ ปริมาณความร้อนที่มากพอที่จะทำให้วัสดุ ในแต่ละชั้นร้อนขึ้นจนถึงอิ่มตัวก่อนที่จะถ่ายเทไปในชั้นต่อไป ด้วยเหตุนี้จึงพบว่า ในผนังก่ออิฐฉาบปูนเหมือนกัน แต่ใส่ฉนวนไว้ในตำแหน่งต่างกัน คือภายนอกและภายใน ผนังที่ใส่ฉนวน ไว้ภายนอกจะมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ได้นานกว่า ผนังที่ใส่ฉนวนไว้ภายใน ทั้งนี้เพราะการที่มีฉนวนอยู่ภายนอก ทำให้ ความร้อนผ่านฉนวนเข้ามาได้ยาก ทำให้การ Fill up the heat Capacity ของผนังเป็นไปได้ช้า จึงทำให้การหน่วงเหนี่ยวความร้อนของผนังนั้นมีค่ายาวนานขึ้น

6. ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัตถุ (U –Value) โดยปกติการคำนวณปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคารหรือออกจากอาคาร อันเนื่องมาจากความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกกับภายในมักจะใช้ค่า U เป็นหลักในการคำนวณ

2.4 **ทฤษฎีเกี่ยวกับการคำนวณ** ที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้

จากการศึกษาเรื่องของการใช้ผนังอาคารในอาคารปรับอากาศ (สุนทร บุญญาธิการ ,2542) พบว่าวัสดุที่มีความเหมาะสมในการที่จะใช้นำมาเป็นผนังของบริเวณปรับอากาศที่ต้องมีการปิด – เปิด เครื่องปรับอากาศอยู่บ่อย ๆ เป็นระยะเวลาสั้น ๆ ต้องมีลั กษณะเป็นผนังที่มีมวลสารน้อย มีการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน และวัสดุมีค่าการสะสมความร้อนน้อย เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการศึกษานี้ กับคุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุนี้ พบว่ามีความเป็นไปได้ในการที่จะพัฒนาการศึกษาวัสดุนี้ในการนำไปใช้ในการลักษณะดังกล่าว เพื่อเป็นกา รลดการใช้พลังงานในการปรับอากาศดังที่ได้กล่าวไปในขั้นของวัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในส่วนของการคำนวณค่าที่ได้จากการวิจัยนี้ จะสามารถใช้สูตรในการคำนวณ (ASHRAE, 2001) พอสรุปได้ คือ

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

$$Q = U * A * CLTD$$

โดยที่

Q = ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคาร (Btu/h)

U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ (Btu/h.sqft)

A = พื้นที่ ที่ความร้อนถ่ายเทผ่านวัสดุของผนัง (sqft)

$\triangle T$ = ค่าความแตกต่างระหว่างภายนอกกับภายใน (องศาฟาเรนไฮต์)

CLTD..... = ค่าความ แตกต่างภาระทำความเย็นเทียบท่า (Cooling Load Temperature Difference) (องศาฟาเรนไฮต์)

ซึ่งความแตกต่างในการที่จะเลือกใช้สูตรแต่ละสูตรนั้น จะขึ้นอยู่กับ

1. ค่า $\triangle T$ จะใช้ในกรณีที่ไม่มีอิทธิพลจากแสงอาทิตย์เข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งจะทำให้มีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกมีค่าคงที่ (Steady State Condition)

2. ค่า CLTD จะใช้ในกรณีที่มีแสงแดดเข้ามาเกี่ยวข้อง แสงอา ทิตย์เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพล ต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ผนังอาคารมากที่สุด การปรับเปลี่ยนค่า CLTD เป็นการปรับให้เข้ากับอิทธิพลภายนอก เพราะในความเป็นจริงแล้วความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ ภายนอกและภายในนั้นมีความไม่คงที่ แต่จะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลา

นอกจากการศึกษาในเรื่องของการถ่า ยเทความร้อนแล้ว อีกตัวแปรที่มีอิทธิพลที่สำคัญอีกคือ อิทธิพลของมวลสาร ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ด้วย โดยคุณสมบัติที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนรวมมีดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าการต้านทานความร้อน (Thermal Resistance / R – Value)

เป็นค่าที่แสดงประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของวัสดุ เป็นส่วนกลับของค่า Conductivity หมายถึง จำนวนชั่วโมงสำหรับความร้อน ที่ถ่ายเทผ่านวัสดุความหนาหนึ่ง ๆ ในพื้นที่ 1 ตารางฟุต เมื่อมีอุณหภูมิต่าง 1 องศาฟาเรนไฮต์ มีหน่วยเป็น F. Sqft.h/Btu สามารถที่จะแสดงเป็นสมการได้ดังต่อไปนี้

$$R = 1/C = dX / K$$

เมื่อ R คือค่าการต้านทานความร้อน ยิ่งมีค่ามากเท่าไรก็ยิ่งดีเท่านั้น

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Coefficient of Heat Transmission / U-Value)

เป็นค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ โดยปกติการคำนวณการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร หรือออกจากตัวอาคารอันเนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิ มักจะใช้ค่า U – Value เป็นหลัก โดยที่

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

2.5 แนวทางในการปรับปรุงผนังอาคารเดิม

ในการพิจารณาเลือกแนวทางการปรับปรุงผนังอาคารเดิม ต้องคำนึงถึงรูปแบบและระบบของอาคาร ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

2.5.1 อาคารที่ไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ

อาคารที่ไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ หมายถึง อาคารที่ใช้เฉพาะระบบการระบายอากาศแบบธรรมชาติ โดยไม่มีการใช้เครื่องปรับอากาศ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในอาคารจะมีความสัมพันธ์กับสภาวะภายนอกมาก ผู้ออกแบบจำเป็นต้องมีความเข้าใจถึงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นกับอาคารในช่วงเวลาต่าง ๆ เมื่อเลือกใช้วัสดุต่างชนิดกัน เพราะวัสดุที่มีมวลสารแตกต่างกัน จะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในอาคารแต่ละช่วงเวลา ถ้าเป็นวัสดุที่มีมวลสารมาก เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูน หรือผนังคอนกรีตจะทำให้อุณหภูมิภายในมีการเปลี่ยนแปลงไม่รุนแรง เมื่อเปรียบเทียบกับผนังที่มีมวลสารน้อย เพราะมวลสารของผนังจะทำหน้าที่สะสมความร้อนไว้ในช่วงเวลาหนึ่ง ก่อนจะถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร (เกิดการหน่วงความร้อน) ทำให้ในเวลากลางวั นภายนอกมีอากาศร้อนจัด

แต่ภายในอาคารมีอุณหภูมิไม่สูงนัก บางครั้งอาจต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกได้ ซึ่งเป็นเหตุผลเดียวกับการที่อุณหภูมิภายในโบสถ์ไทยโบราณเย็นสบายในเวลากลางวัน

ลักษณะของระบบผนังหรือเปลือกอาคารที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานในอาคารที่ไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศภายในอาคาร คือ

1. ความหนามากกว่าปกติ เพื่อให้เกิดการหน่วงความร้ อนไว้เป็นระยะเวลานานหรือตลอดช่วงระยะเวลาที่อุณหภูมิภายนอกสูงกว่าภายในอาคาร

2. ค่าความต้านทานความร้อนสูง เพื่อให้มีความร้อนผ่านเข้ามาภายในอาคารน้อยที่สุด

3. ดูดกลืนความร้อนและดูดซับความชื้นน้อย

ซึ่งการป รับปรุงผนังเดิมของอาคารที่ไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ สามารถกระทำได้โดยการเลือกวัสดุที่มีคุณสมบัติข้างต้น มาผสมผสานกับวัสดุผนังของอาคารเดิม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการป้องกันถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารให้ได้มากที่สุด

2.5.2 อาคารที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ

อาคารที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ หมายถึง อาคารที่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ เพื่อควบคุมสภาวะอากาศภายในอาคารให้ผู้ใช้อาคารอยู่ในสภาวะน่าสบาย ผู้ออกแบบจำเป็นต้องพิจารณาถึงรูปแบบการเปิด – ปิด เครื่องปรับอากาศที่แตกต่างกันในอาคารแต่ละประเภท เพราะรูปแ บบของการควบคุมสภาวะอากาศภายในอาคารที่แตกต่างกัน มีผลกระทบอย่างมากต่อปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ในการทำความเย็นให้กับอาคาร ลักษณะของระบบผนังหรือเปลือกอาคารที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานของอาคารที่แตกต่างกันมีดังนี้

1. อาคารที่มีการเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศระยะยาว

อาคารที่มีการปรับอากาศภายในตลอดเวลา ทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในให้คงที่ในระดับที่ต้องการ ปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคารส่วนใหญ่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมภายนอก แนวทางในการลดปริมาณความร้ อนเข้าสู่อาคารทำได้โดยการเลือกใช้วัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูง หรือสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ เพื่อลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

2. อาคารที่มีการเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศระยะยาว

อาคารที่มีการใช้งานเครื่องปรับอากาศระยะเวลานาน ๆ เช่น เปิดตลอดเวลากลางวันและปิดตอนกลางคืนต้องมีการเลือกใช้วัสดุต่าง ๆ ให้ผสมผสานกันอย่างเหมาะสม เพื่อให้

สามารถควบคุมสภาวะอากาศภายในอาคารและประหยัดพลังงาน โดยอาจพิจารณาจากตำแหน่งในการติดตั้งและคุณสมบัติของวัสดุดังนี้

-การนำมวลสารไว้ด้านนอก เป็นการลดผลกระท บของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากสภาวะภายนอก

-การติดตั้งฉนวนกันความร้อนไว้ด้านในของอาคารเพื่อลดปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคาร

-การใช้ฉนวนสะท้อนความร้อน เช่น ฟอยล์ เพื่อเพิ่ มค่าความต้านทานความร้อนให้กับช่องว่างอากาศ

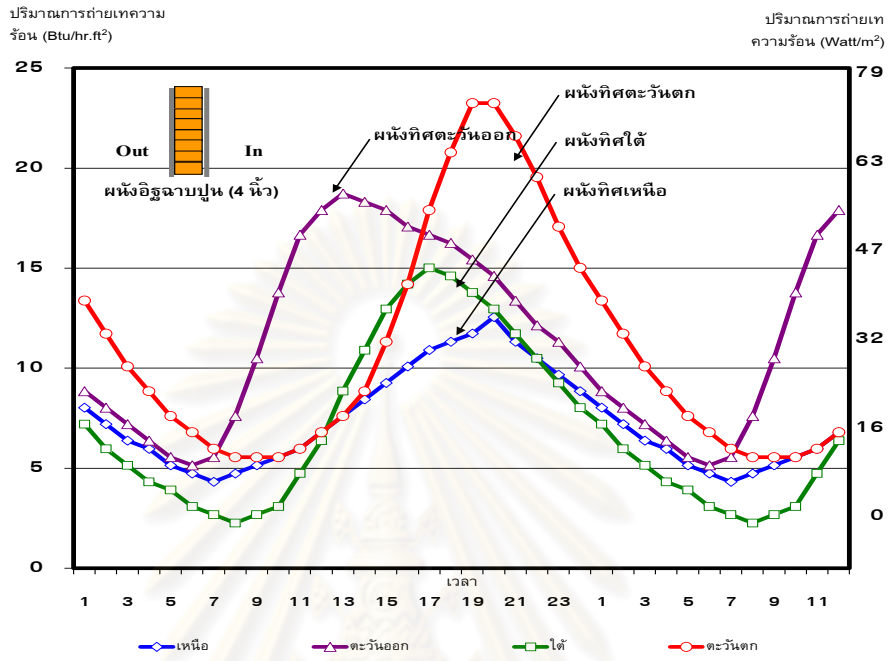
3. อาคารที่มีการเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศระยะสั้น

อาคารที่ต้องมีการเปิด – ปิดเครื่องปรับอากาศบ่อย ๆ เป็นระยะเวลาสั้น ๆ ควรเลือกใช้ผนังที่มีมวลสารน้อยมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อน และใช้วัสดุที่มีการสะสมความร้อนและความชื้นน้อย

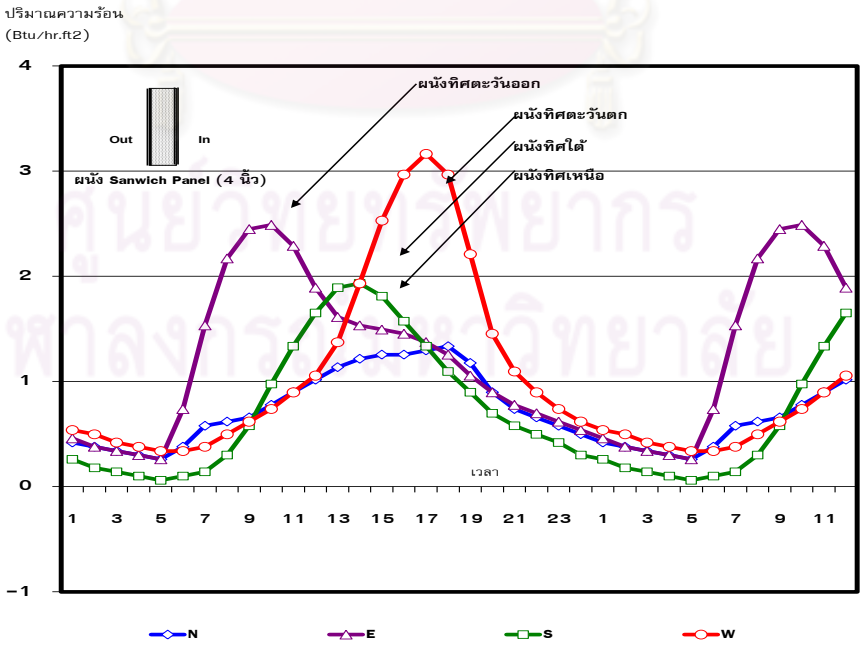
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาความเป็นไปได้มาเป็นแนวความคิดในการก่อสร้างยุคใหม่ สำหรับเป็นอาคาร เพื่อลดระยะเวลาก่อสร้าง ลดต้นทุนการก่อสร้างและประหยัดพลังงาน การศึกษาเริ่มจากความเข้าใจด้านวัสดุที่ประหยัดพลังงานโดยมีตัวแปรของคุณสมบัติการกั้นความร้อน ดังนี้

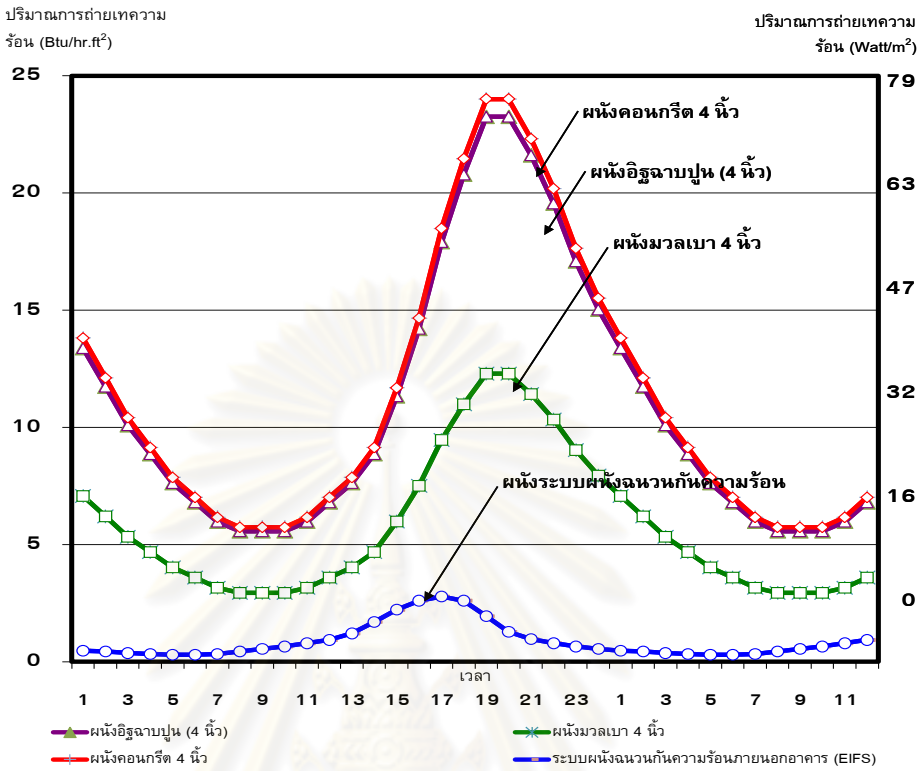
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.24 คุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของผนังก่ออิฐฉาบปูน(หนา 4 นิ้ว) ในทิศทางต่างๆ (เดือนเมษายน) (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)



ภาพที่ 2.25 คุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของผนัง Sanwich Panel หนา 4 นิ้ว ในทิศทางต่าง ๆ (เดือนเมษายน) (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)



ภาพที่ 2.26 คุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของผนังของชนิดต่าง ๆ ความหนา 4 นิ้ว ทิศตะวันตก (เดือนเมษายน) (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

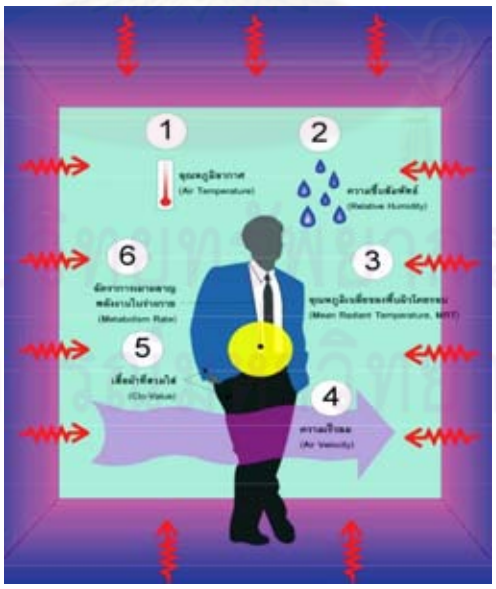
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษา เพื่อหา แนวทางการปรับปรุงผนังอาคารห้องสมุด เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร กรณีศึกษา อาคารห้องสมุดโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม และให้เกิดสภาวะน่าสบายขึ้นภายใน อาคารห้องสมุด ที่ได้ชื่อว่า เป็นแหล่ง รวมความรู้ภายในโรงเรียน โดยศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางด้านอุณหภูมิของผนังอาคารเดิมกับวัสดุที่ใช้ในการปรับปรุง โดยมีการดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษา ทฤษฎี และตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผนังอาคารเดิมและผนังอาคารที่ปรับปรุง ของอาคารห้องสมุดโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคมอยู่ในสภาวะน่าสบาย

ขั้นตอนการศึกษาหลักการและวิธีการเพื่อสร้างแนวทางในการปรับปรุงอาคารห้องสมุดเดิมให้อยู่ในสภาวะน่าสบาย มีดังนี้

ศึกษาเกี่ยวกับ ตัวแปรที่มีอิทธิ ต่อสภาวะน่าสบาย ซึ่งมีด้วยกัน 6 ตัวแปร ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสภาวะน่าสบายของมนุษย์ (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

1. อุณหภูมิอากาศ
2. ความชื้นสัมพัทธ์
3. อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ
4. ความเร็วลม
5. เสื้อผ้าที่สวมใส่
6. อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย

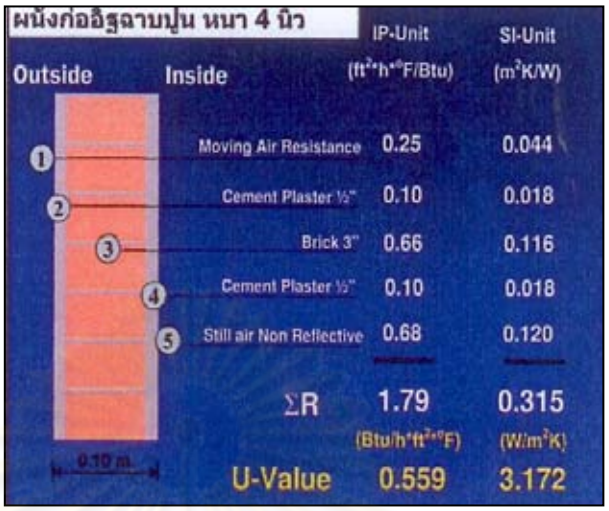
อุณหภู มิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ สามารถ ควบคุม ได้โดยการใช้เครื่องปรับอากาศเข้ามาช่วย ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (MRT) นั้นขึ้นอยู่กับเปลือกอาคาร และมวลของอาคาร (ถ้าผนังมีมวลอาคารมากจะมีการสะสมความร้อนได้สูง) ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงเน้นไปที่อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (MRT) และความเร็วลมที่จะทำให้อาคารห้องสมุด เกิดสภาวะน่าสบายขึ้น

การเลือกใช้วัสดุเพื่อลดปริมาณความร้อนที่เข้ามาสู่ภายในอาคาร

การปรับปรุงผนังอาคารห้องสมุดเดิมให้เกิดการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารนั้น จึงต้องศึกษาคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้เป็นผนังอาคารเดิม โดยศึกษาอุณหภูมิผิว ของวัสดุโดยอาศัยหลักการใช้อิทธิพลจากมวลสารผสมผสานกับการใช้วัสดุฉนวนป้องกันความร้อน ซึ่งเป็นสิ่งที่ช่วยลด การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร เป็นอย่างดี เนื่องจาก ผนังเป็นตัวกลางระหว่างอุณหภูมิภายนอก กับ อุณหภูมิภายใน ผนังจึงเป็นองค์ประก อบหลักที่สำคัญของอาคาร เพราะผนังเป็นส่วนที่สัมผัสกับภายนอกมากที่สุด ดังนั้นถ้าความร้อนจากภายนอกอาคารมีจำนวนมาก ก็จะสามารถถ่ายเทผ่านผนังเป็นจำนวนมากด้วยเช่นกัน ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงกับอุณ หภูมิภายในอาคาร ทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานหนักและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายโดยไม่จำเป็น ดังนั้นการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุจึงเป็นสิ่งที่สำคัญมาก วัสดุเปลือกอาคารที่ดีควรมีค่าส์ มประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ (U-Value) หรือมีค่าความเป็นฉนวนสูง (ค่า R สูง) ดังสมการ

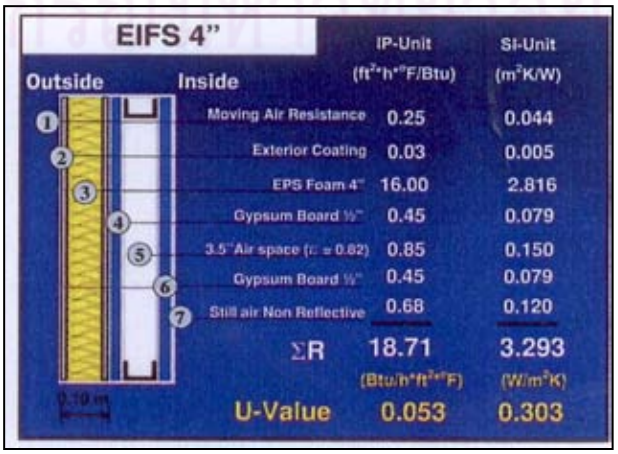
$$\text{U-Value} = \frac{1}{\sum R}$$

ตัวอย่างวัสดุเปลือกอาคารที่นิยมใช้ในปัจจุบัน และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน(สุนทร บุญญาธิการ , 2542)



ภาพที่ 3.2 แสดงค่า U ผนังก่ออิฐฉาบปูน หนา 4 นิ้ว (วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์, 2548)

ภาพที่ 3.3 แสดงค่า U ผนังคอนกรีตมวลเบา หนา 4 นิ้ว (วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์, 2548)



ภาพที่ 3.4 แสดงค่า U EIFS หนา 4 นิ้ว (วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์, 2548)

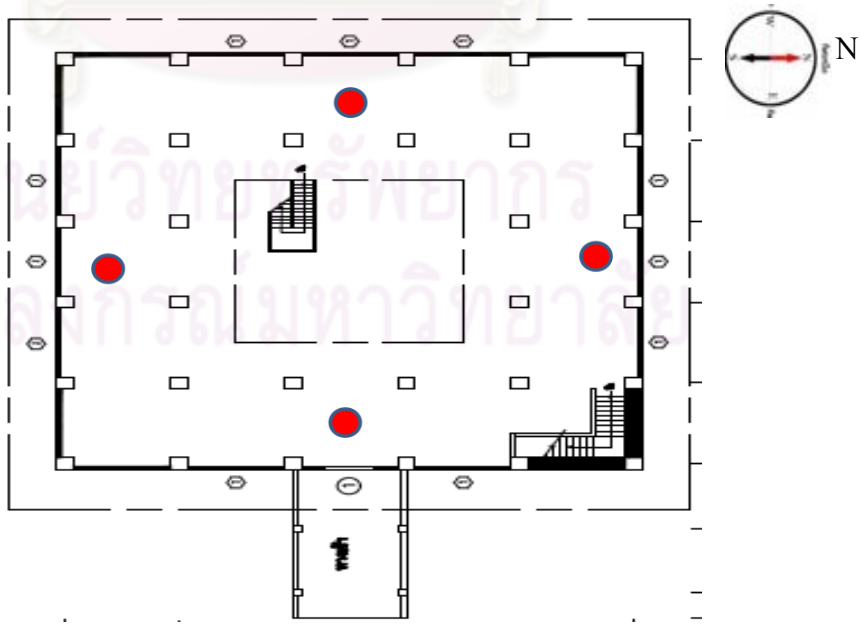
การเลือกใช้ผนังที่ดีจึง เป็นสิ่งสำคัญมาก ผนังที่ดีควรเลือกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ เพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนถ่ายเทเข้ามาในอาคารมากเกินไป และควรคำนึงถึงปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ ความชื้น ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาที่มักเกิดกับผนังอาคารที่มีการปรับอากาศ ผนังธรรมดาทั่วไป แม้จะมีการทา สีภายนอกหลายชั้นก็ตาม ความชื้นก็ยังรั่วซึ มเข้าสู่อาคารโดยง่ายและเมื่อความชื้นผ่านผนังเข้ามาสัมผัสในของผนังอาคารจะเกิดควบแน่นของหยดน้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดเชื้อราขึ้นภายในผนัง มีผลต่อคุณภาพอากาศภายในบ้าน อันเป็นที่มาของเชื้อโรคต่าง ๆ หลายชนิด เช่น ภูมิแพ้และโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจต่าง ๆ

การป้องกันการเกิดการควบแน่นของน้ำในผนังเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก วิธีการที่ดีที่สุดคือการทำให้หย ดน้ำดังกล่าวเกิดขึ้นบริเวณผนังส่วนที่อยู่ภายนอก เช่น ผนัง EIFS ผนังฉนวนสำเร็จรูป (Insulation Panel) ที่มีการควบแน่นของน้ำ ขึ้นที่ผนังภายนอกอาคารซึ่งจะระเหยสู่ภายนอกเมื่อผนังได้รับแสงแดดในวันถัดไป

3.2 วิธีการเก็บข้อมูลอุณหภูมิของอาคารห้องสมุดโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม และนำไปวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบอาคารก่อนและหลังการปรับปรุง

การเก็บข้อมูลและวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

3.2.1 พื้นของอาคารห้องสมุด เก็บข้อมูล 4 จุด และหาอุณหภูมิเฉลี่ยที่เกิดขึ้นเวลา 14.00 น. (ตัวแปรที่รับอิทธิพลของแดด) และ 18.00น. (Time lag) แสดงดังภาพที่ 3.5



ให้ ● ตำแหน่งที่ใช้เก็บข้องมูลปริมาณแสงสว่าง

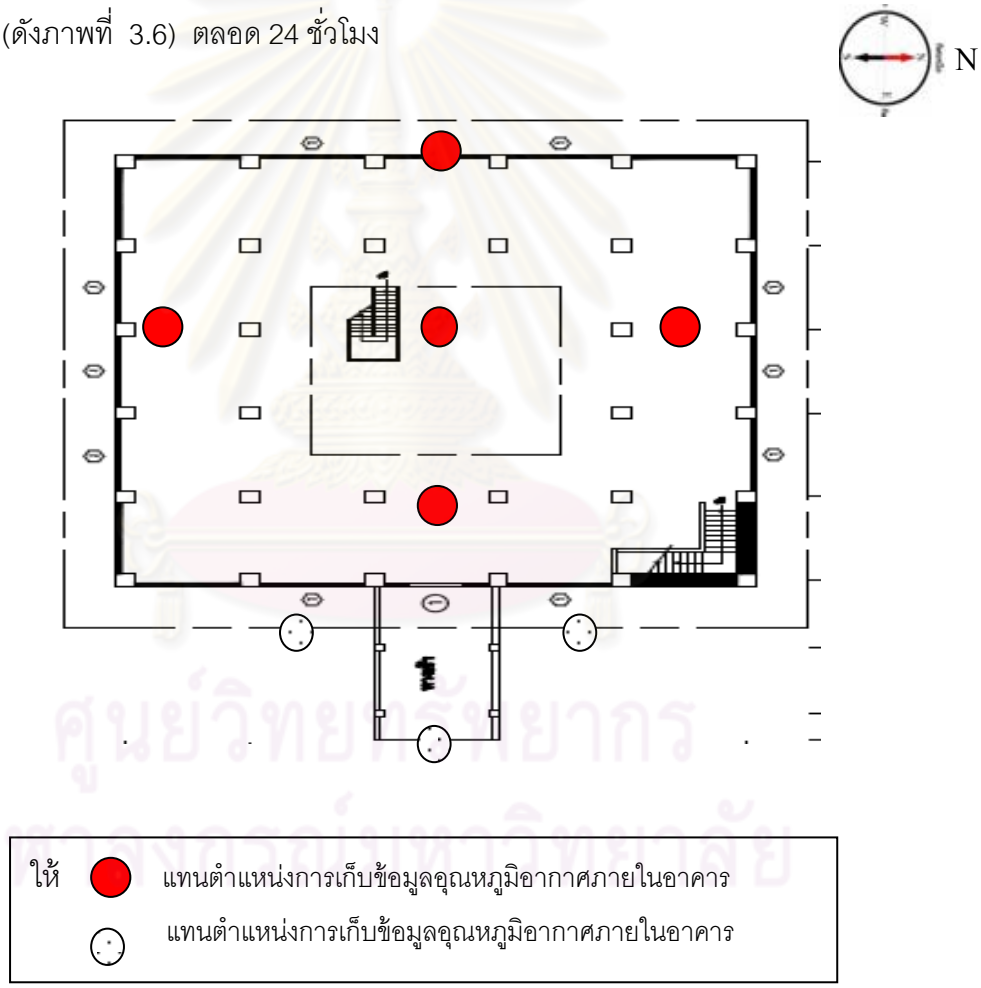
ภาพที่ 3.5 แสดงแผนผังบริเวณเก็บข้อมูลอุณหภูมิของพื้นอาคารห้องสมุด

3.2.2 **ผนังอาคาร** ตำแหน่งที่ใช้ในการเก็บข้อมูล มี 2 ลักษณะ ดังนี้

- เลือกตำแหน่งที่ใช้ในการเก็บข้อมูลอุณหภูมิ อุณหภูมิภายใน และอุณหภูมิภายนอก

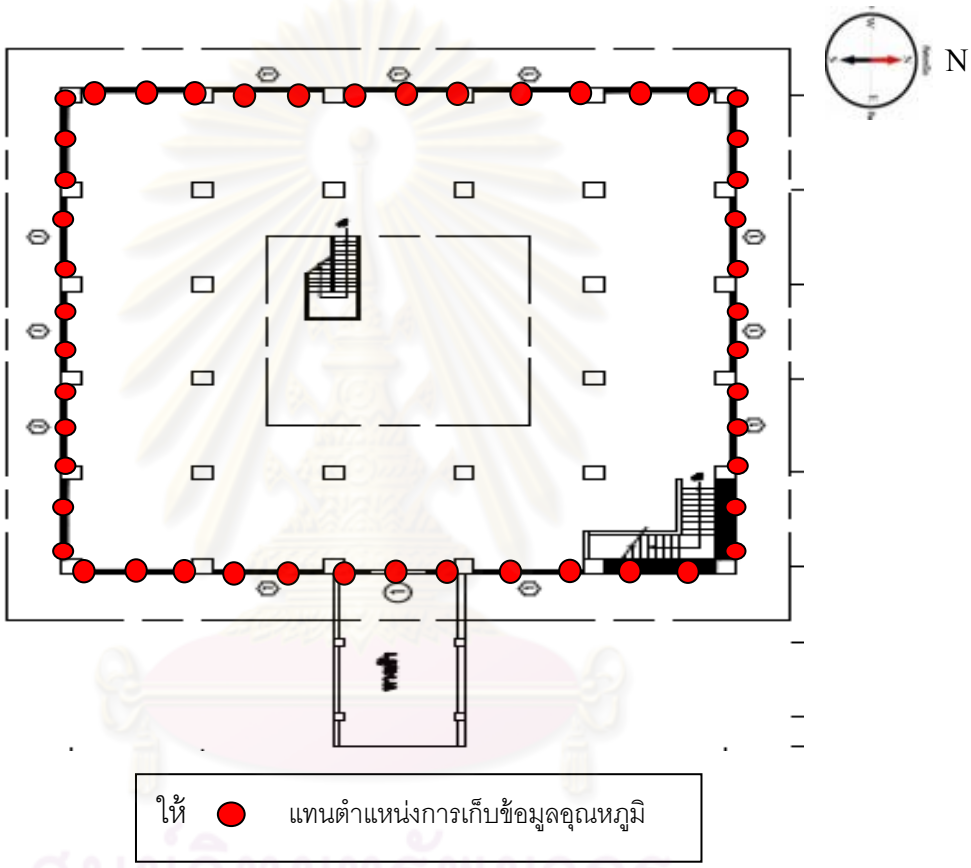
- เลือกตำแหน่งที่ใช้ในการเก็บข้อมูลโดยสังเกตผนังทึบที่ถูกแสงแดดโดยไม่มีสิ่งใดบังแดด จึงเลือกผนังบริเวณอาคารห้องสมุดชั้นที่ 2 เนื่องจากผนังชั้น 1 จะมีการบังแดดโดยอาคารชั้น 2 และมีผลต่ออุณหภูมิที่อาจจะเปลี่ยนแปลงเพราะผนังอยู่ใกล้กับน้ำที่อยู่โดยรอบอาคาร

1. เก็บข้อมูลอุณหภูมิภายใน และภายนอกอาคาร ซึ่งแสดงตำแหน่งที่ใช้ในการเก็บข้อมูล (ดังภาพที่ 3.6) ตลอด 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 3.6 แสดงตำแหน่งที่ใช้เก็บข้อมูลอุณหภูมิภายในและอุณหภูมิภายนอก

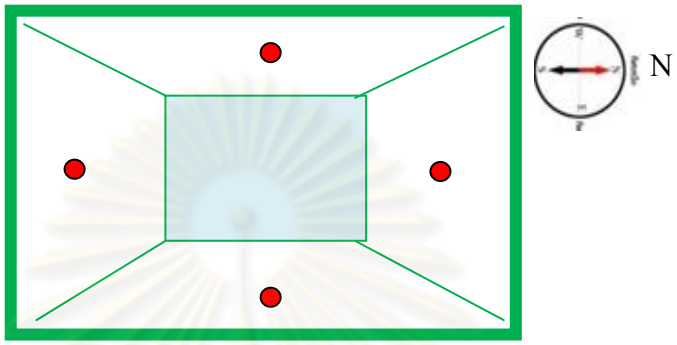
2. เก็บข้อมูลอุณหภูมิของผนังบริเวณชั้นที่ 2 ของอาคารตามทิศทางต่าง ๆ ของผนัง ได้แก่ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก โดยเก็บข้อมูลบริเวณผนังอาคารทึบห่างจากผนังด้านข้าง ๆ ละ 0.5 เมตร (บริเวณพื้นที่สีเขียวตามภาพที่ 3.7) จากนั้นวัดระยะห่างจากจุดนั้นไปด้านละ 2 เมตร มีตำแหน่งที่ใช้ในการเก็บข้อมูลด้านละ 12 จุดดังแสดงในภาพที่ 3.6 เวลา 14.00 น. (ตัวแปรที่รับอิทธิพลของแดด) และ 18.00 น. (Time lag)



ภาพที่ 3.7 แผนผังแสดงตำแหน่งที่ใช้ในการเก็บข้อมูลอุณหภูมิผนังภายนอกของอาคารห้องสมุดชั้นที่ 2 เพื่อใช้ในการหาความแตกต่างของภาระการทำความเย็น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.3 **หลังคา** เลือกบริเวณจุดกึ่งกลางของหลังคาแต่ละด้าน หรือแต่ละทิศ (ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก) เวลาที่มีอุณหภูมิสูงสุดของวัน เวลา 18.00น. แสดงดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 แสดงแผนผังบริเวณเก็บข้อมูลอุณหภูมิของหลังคาอาคารห้องสมุด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

เครื่องวัดอุณหภูมิ

เครื่องวัดอุณหภูมิที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เครื่องอินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์ (Infrared Thermometer) รุ่น AR-842A (แสดงดังภาพที่ 3.9) ซึ่งก็คือ เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้แสงอินฟราเรดเป็นตัวตรวจจับความร้อนแล้วนำมาประมวลผล แสดงให้เราเห็นเป็นตัวเลขแบบดิจิตอล ทำให้เราสามารถที่จะอ่านค่าของอุณหภูมิได้อย่างง่าย วัดอุณหภูมิได้ทั้งองศาเซลเซียสและองศาฟาเรนไฮต์ ช่วงอุณหภูมิที่วัดคือ -50 ถึง 550 องศาเซลเซียส ระยะการวัด 12 ต่อ 1 ใช้เวลา 0.5 วินาทีในการอ่านค่าอุณหภูมิ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 3.9 แสดงเครื่องวัดอุณหภูมิ ชนิดอินฟราเรด รุ่น AR-842A

เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

ภาพที่ 3.10 แสดงเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น

กล้องดิจิตอล

กล้องดิจิตอล canon รุ่น A3100IS ใช้ในการถ่ายภาพที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้

ภาพที่ 3.11 แสดงเครื่องบันทึกภาพนิ่ง (กล้องดิจิตอล Canon รุ่น A3100IS)

เมื่อเลือกเครื่องมือที่ ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แล้ว นำเครื่องมือ มาใช้ในการเก็บข้อมูลด้านอุณหภูมิของอาคารห้องสมุดโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม

วัน-เวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2554 เก็บข้อมูลอุณหภูมิภายในของผนังในเวลา 14.00 น. และเก็บข้อมูลหลังคาและพื้นในเวลา 18.00 น.

การประเมินผลข้อมูล

เมื่อเก็บข้อมูลอุณหภูมิภายในของผนัง หลังคา และพื้น ในแต่ละตำแหน่งตามผังที่กำหนดไว้ หาค่าเฉลี่ยเพื่อสรุปเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยของผนัง หลัง คา และพื้นอาคาร จากนั้นนำมาคำนวณหาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน และปริมาณความร้อนที่เข้ามาสู่อาคาร ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนการคำนวณ หาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) ของผนังอาคารห้องสมุดเดิม และผนังอาคารห้องสมุดที่ติดผนังฉนวนสำเร็จรูป EIFS 1-4 นิ้ว จากสมการดังนี้

$$U = 1/\sum R$$

โดยที่ R = ค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด เปิดตารางหาค่า CLTD

จากข้อมูลอุณหภูมิของกรอบอาคารทั้งหมด ได้แก่ ผนังอาคาร หลังคาอาคาร พื้นอาคาร นำลักษณะของวัสดุที่ทำผนังอาคาร หลังคา พื้นอาคาร ของอาคารเดิมและอาคารที่ปรับปรุงโดยการติดฉนวน เปิดตาราง เพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่า $CLTD_{corr}$ จากสมการดังนี้

$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM)\, K + (78 - t_R) + (t_O - 85)$$

เมื่อได้ค่า U (ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน) จากการคำนวณ พื้นที่และค่า $CLTD_{corr}$ แล้วนำมาแทนค่าในสมการเพื่อหาค่า Q (ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคาร) (BTU/Hr)

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

วิเคราะห์ผล และเปรียบเทียบ การคำนวณ ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารห้องสมุดเดิมและอาคารห้องสมุดหลังการปรับปรุง

เก็บข้อมูลอุณหภูมิของผนังภายในอาคารห้องสมุดเดิมเปรียบเทียบกับอาคารห้องสมุดหลังการปรับปรุงโดยติดฉนวนโฟมขนาด 0.60 * 1.20 เมตร หนา 4 นิ้ว ทางทิศใต้ เพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในของผนังอาคารที่ก่ออิฐฉาบปูน กับผนังอาคารห้องสมุดที่ปรับปรุงโดยการติดโฟมหนา 4 นิ้ว ภายนอกอาคาร มีลักษณะดังภาพที่ 3.12

(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.12 (ก) แสดงลักษณะการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนภายนอกอาคารห้องสมุดปัจจุบันทางทิศใต้ ตลอด 24 ชั่วโมง

(ข) แสดงประเภทของฉนวนที่ติดตั้งภายนอกอาคารห้องสมุด คือ โฟม EIFS หนา 4 นิ้ว

3.3 เสนอแนวทางในการปรับปรุงผนังอาคารห้องสมุดให้ลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารทำให้อาคารห้องสมุดโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคมเกิดสภาวะที่น่าสบาย

3.3.1 นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบอาคารห้องสมุดเดิมและอาคารห้องสมุดหลังการปรับปรุงมาสรุปเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงผนังอาคารห้องสมุดให้ลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

3.3.2 ผลที่คาดว่าจะได้จากการปรับปรุง

สามารถเลือก วัสดุที่นำมาทำฉนวนป้องกั นความร้อนของ พื้น ผนัง และหลังคา พร้อมทั้งวิธีการปรับปรุงผนังอาคารที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงผนังให้ลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
การวิเคราะห์ผลการวิจัย

การ ศึกษาวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาทฤษฎีและแนวทางในการปรับปรุงอาคารห้องสมุดเพื่อลดการถ่ายเทความร้อน จาก การเก็บข้อมูลอุณหภูมิเพื่อนำมาวิเคราะห์หาวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงผนังอาคาร โดยการติดฉนวนป้องกันความร้อน เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงผนังห้องสมุดเพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบายภายในอาคารห้องสมุด ซึ่งมีผลการวิจัยดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน สภาวะน่าสบาย และวัสดุ

การถ่ายเทความร้อน แบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน อาคารห้องสมุดในปัจจุบันมีผนังอาคารที่มีการนำความร้อนที่ไม่ดี ทำให้อาคารมีการแผ่รังสีความร้อนที่มาก ทำให้อาคารร้อนขึ้น แต่การวิจัยครั้งนี้จะศึกษาวิธีการปรับปรุงผนังอาคารเพื่อให้มีการนำความร้อนที่ลดลงเพื่อลดการแผ่รังสีความร้อนภายในอาค ารหรือให้เกิดการแผ่รังสีน้อยลงทำให้อาคารภายในมีอุณหภูมิที่ลดลง

สภาวะน่าสบาย ในการวิจัยครั้งนี้ ศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสภาวะน่าสบาย เนื่องจากภายในอาคารห้องสมุดมีอุณหภูมิภายในและอุณหภูมิภายนอกที่มีค่าใกล้เคียงกัน จากการสัมภาษณ์หรือสอบถามความรู้สึกเกี่ย วกับอาคารห้องสมุดจากนักเรียนโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม จำนวน 300 คน พบว่า อาคารห้องสมุดร้อน มีแสงสว่างไม่เพียงพอ ทำให้ไม่อยากมานั่งหรืออยู่ภายในอาคารห้องสมุด จากการสอบถามจึงพบว่านักเรียนที่มาใช้บริการภายในห้องสมุดไม่อยู่ในสภาวะน่าสบาย ผู้วิจัยจึงทำการวิเค าระห์เพื่อหาแนวทางในการลดความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารโดยศึกษาจากตัวแปรของสภาวะน่าสบาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. อุณหภูมิ
2. ความชื้นสัมพัทธ์
3. อุณหภูมิเฉลี่ยโดยรอบ
4. ความเร็วลม
5. เสื้อผ้าที่สวมใส่
6. อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เนื่องจากอาคารห้องสมุดเป็นอาคาร ที่ไม่ปรับอากาศ เนื่องจากการคำนวณจะกำหนดให้อุณหภู มิที่ปรับอากาศ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์จึงสามารถควบคุมได้ ส่วนการสวมใส่เสื้อผ้าของนักเรียนจะเป็นชุดนักเรียนจึงไม่นำมาคิดและใช้ใน การวิจัยครั้งนี้ อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกายก็เช่นเดียวกัน กิจ กรรมภายในอาคารห้องสมุดของนักเรียนจะมีลักษณะเพียงการเดินยืม - คืน หาหนังสือ และนั่งอ่านหนังสือเท่านั้น เพราะฉะนั้นตัวแปรที่กล่าวในข้อ 1 2 5 และ6 ผู้วิจัยกำหนดให้มีค่าคงที่

ผู้วิจัยจึงนำเฉพาะอุณหภูมิเฉลี่ยโดยรอบ ที่ได้จากการคำนวณปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคารมาใช้

วัสดุและฉนวนป้องกันความร้อน การวิจัยครั้งนี้ ศึกษาลักษณะของวัสดุแต่ละชนิดจากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนำมาใช้ในการปรับปรุงอาคาร และคำนวณปริมาณการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารห้องสมุดดังนี้

พื้น ใช้โฟมคอนกรีต หนา 4 นิ้ว ติดฉนวนบริเวณภายในอาคาร เนื่องจากอาคารเป็นอาคารกลางน้ำที่ยกสูงเพียงเล็กน้อยจากน้ำ การติดตั้งฉนวนภายนอกทำได้ยาก จึงนำฉนวนมาติดภายในอาคาร

ผนัง ใช้ฉนวนสำเร็จรูป EIFS ติดบริเวณภายนอกอาคาร โดยคำนวณให้ความสามารถในการป้องกันความร้อนของความหนาโฟม 1 นิ้ว ถึง 4 นิ้ว ผนัง EIFS ป้องกันความร้อนและความชื้นได้ดี เนื่องจากอาคารห้องสมุดเป็นอาคารกลางน้ำจะมีความชื้นมากทำให้วัสดุที่จะใช้ในการปรับปรุงอาคารต้องสามารถทนความชื้นได้มากด้วย ส่วนใยแก้วไม่สามารถนำมาใช้ได้เนื่องจากเมื่อโดยความชื้น จะเกิดเชื้อรา และเกิดการอุ้มน้ำทำให้เกิดการยุบตัวได้

หลังคา ใช้ฉนวนใยแก้ว 4 นิ้ว ติดฉนวนภายในอาคาร เนื่องจากหลังคามีความร้อนที่ถ่ายเทจากภายนอกเข้าสู่อาคารมากทำให้วัสดุที่เลือกใช้จะต้องมีลักษณะเป็นรูพรุน และมีน้ำหนักไม่มากนักเพราะต้องนำฉนวนไปติดไว้กับฝ้าเพดานของหลังคา

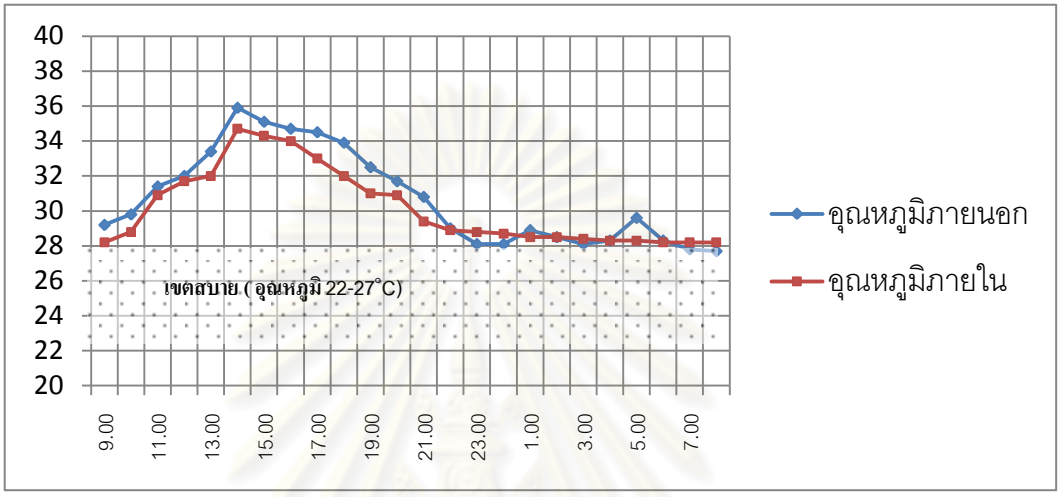
การประเมินผลข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 กรณี

1. กรณีอาคารห้องสมุดปรับอากาศ ประเมินผลข้อมูลโดยใช้การคำนวณ
2. กรณีอาคารห้องสมุดไม่ปรับอากาศ ประเมินผลข้อมูลโดยใช้ค่า MRT

กรณีอาคารปรับอากาศ

4.2 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ ปริมาณการถ่ายเทความร้อน ก่อนและหลังการปรับปรุงอาคารห้องสมุด (โดยใช้วิธีคำนวณ)

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคารห้องสมุด



แผนภูมิที่ 4.1 แสดงอุณหภูมิภายในและอุณหภูมิภายนอก

จากแผนภูมิที่ 4.1 พบว่าอุณหภูมิอยู่นอกเขตสบาย และมีอุณหภูมิภายในใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกมากจึงทำให้นักเรียนที่มาใช้บริการภายในอาคารห้องสมุดรู้สึกร้อน เนื่องจาก กรอบอาคารที่มีความสามารถในการป้องกันความร้อนที่ค่อนข้างแย่ ทำให้ ความร้อนจากภายนอก ถ่ายเทเข้ามาภายในอาคารได้มาก จึ งมีความจำเป็นต้องติดเครื่องปรับอากาศ ปรับอุณหภูมิให้ลดลงค่อนข้างมาก (18-20 องศาเซลเซียส) ทำให้เกิดภาระการทำความเย็นที่สูง และมีค่าไฟฟ้าที่สูงเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ถึงจะทำให้ผู้มาใช้บริการอยู่ในสภาวะน่าสบาย

จากการวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นในการศึกษา ส่วนของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสภาวะน่าสบาย จากการศึกษาทฤษฎีและในแนวคิดใน บทที่ 2 พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบเป็นตัวแปรมีความสำคัญทำให้เกิดสภาวะน่าสบาย ขึ้น การวิจัยครั้งนี้จึงเน้นในการหาวิธีการทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยโดยรอบ ทำให้อาคารห้องสมุดโรงเรียน พูลเจริญวิทยาคมอยู่ในเขตสบายหรืออยู่ในสภาวะน่าสบาย โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณีคืออาคารห้องสมุดปรับอากาศ (โดยใช้การคำนวณ) และอาคารห้องสมุดไม่ปรับอากาศ เก็บข้อมูลอุณหภูมิอาคารห้องสมุดเพื่อใช้หาค่า MRT ที่เกิดขึ้น

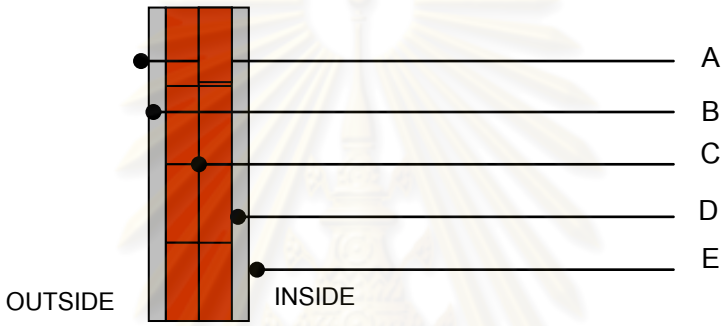
ดังนั้นจึงเกิดแนวทางในการปรับปรุงอาคารเดิมเพื่อให้อยู่ในสภาวะน่าสบาย โดยศึกษาการติดฉนวนสำเร็จรูป EIFS ป้องกันความร้อนโดยติดภายนอกอาคาร 1- 4 นิ้ว เพื่อนำมา

เปรียบเทียบกับผนังอาคารเดิม และหาความหนาของฉนวนที่มีประสิทธิภาพในการป้องกั นความร้อนได้ดีที่สุด หลังคา และพื้นอาคาร ติดโฟม EPS 4 นิ้ว สามารถแสดงการคำนวณได้ดังนี้

4.2.2 **ผลการวิเคราะห์ค่าความต้านทานความร้อน และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารห้องสมุด ก่อนและหลังการปรับปรุง (โดยใช้วิธีคำนวณ)**

ผนังอาคาร

1. ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว เป็นผนังที่มีมวลสารมาก ซึ่งเป็นตัวแทนของผนังอาคารห้องสมุดเดิม



ภาพที่ 4.1 แสดงการแบ่ง Layer ของผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว

ตาราง 4.1 แสดงค่าความต้านทานความร้อน(R)

วัสดุ	ค่า R (hr.Sq.ft.°F/Btu)	ค่า R (m^2K/W)
A) Moving Air Resistance	0.25	0.044
B) Cement Plaster ½ ”	0.10	0.018
C) Brick 3 ”	0.66	0.116
D)Cement Plaster ½ ”	0.10	0.018
E) Still air Non Reflective	0.68	0.120

ดังนั้นค่า ∑R ของผนังก่ออิฐฉาบปูน หนา 4 นิ้ว มีค่าเท่ากับ 1.790 hr.Sq.ft.°F/BTU

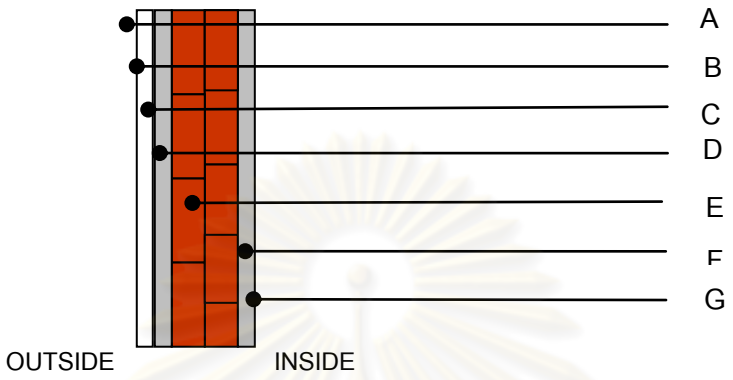
หรือ มีค่าเท่ากับ 0.315 m^2K/W

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังก่ออิฐฉาบปูน (U) มีค่าเท่ากับ

1/1.790 = 0.559 Btu/ hr.Sq.ft.°F

หรือมีค่าเท่ากับ 1/0.315 = 3.175 W/m^2K

2. ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว (อาคารห้องสมุดเดิม) ติดผนังฉนวนสำเร็จรูป EIFS ที่ใช้โฟมหนา 1 นิ้ว



ภาพที่ 4.2 แสดงการแบ่ง Layer ของผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้วติดผนังฉนวนสำเร็จรูป EIFS ที่ใช้โฟมหนา 1 นิ้ว

ตาราง 4.2 แสดงค่าความต้านทานความร้อน (R)

วัสดุ	ค่า R (hr.Sq.ft.°F/BTU)	ค่า R (m^2K/W)
A) Moving Air Resistance	0.25	0.044
B) Exterior Coating	0.03	0.005
C) EPS Foam 1”	4.00	0.704
D) Cement Plaster ½ ”	0.10	0.018
E) Brick 3 ”	0.66	0.116
F) Cement Plaster ½ ”	0.10	0.018
G) Still air Non Reflective	0.68	0.120

ดังนั้นค่า ∑R ของผนังก่ออิฐฉาบปูน หนา 4 นิ้ว ติดผนังฉนวนสำเร็จรูป EIFS ที่ใช้โฟมหนา 1 นิ้ว

มีค่าเท่ากับ 5.820 hr.Sq.ft.°F /Btu

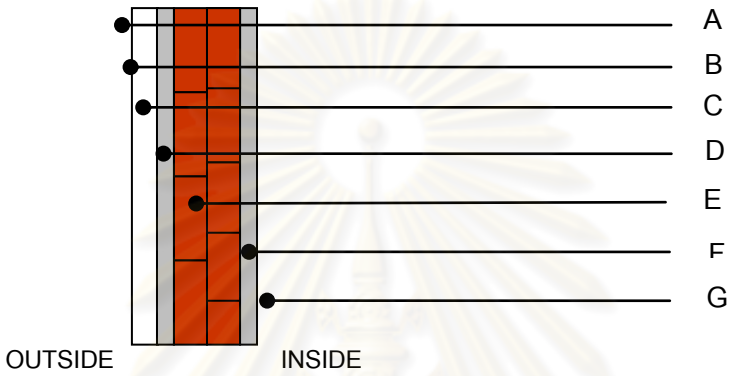
หรือ มีค่าเท่ากับ 1.025 .m^2.K /W

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังก่ออิฐฉาบปูน (U)

มีค่าเท่ากับ 1/5.820 = 0.172 Btu/ hr.Sq.ft.°F

หรือมีค่าเท่ากับ 1/1.025 = 0.976 W/m^2K

3. ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว (อาคารห้องสมุดเดิม) ติดผนังฉนวนสำเร็จรูป EIFS ที่ใช้โฟมหนา 2 นิ้ว



ภาพที่ 4.3 แสดงการแบ่ง Layer ของผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้วติดผนังฉนวนสำเร็จรูป EIFS ที่ใช้โฟมหนา 2 นิ้ว

ตาราง 4.3 แสดงค่าความต้านทานความร้อน (R)

วัสดุ	ค่า R (hr.Sq.ft.°F/BTU)	ค่า R (m^2K/W)
A) Moving Air Resistance	0.25	0.044
B) Exterior Coating	0.03	0.005
C) EPS Foam 2”	8.00	1.408
D) Cement Plaster ½ ”	0.10	0.018
E) Brick 3 ”	0.66	0.116
F) Cement Plaster ½ ”	0.10	0.018
G) Still air Non Reflective	0.68	0.120

ดังนั้นค่า ∑R ของผนังก่ออิฐฉาบปูน หนา 4 นิ้ว ติดผนังฉนวนสำเร็จรูป EIFS ที่ใช้โฟมหนา 2 นิ้ว

มีค่าเท่ากับ 9.820 hr.Sq.ft.°F/Btu

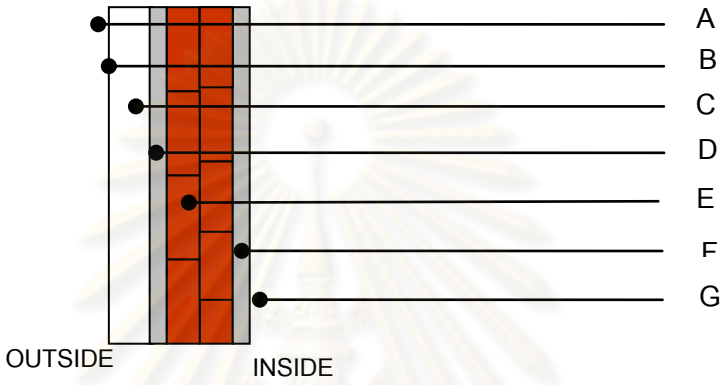
หรือ มีค่าเท่ากับ 1.729 m^2K/W

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังก่ออิฐฉาบปูน (U)

มีค่าเท่ากับ 1/9.820 = 0.102 Btu/ hr.Sq.ft.°F

หรือ มีค่าเท่ากับ 1/1.729 = 0.578 W/m^{2}K

4. ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว (อาคารห้องสมุดเดิม) ติดผนังฉนวนสำเร็จรูป EIFS ที่ใช้โฟมหนา 3 นิ้ว



ภาพที่ 4.4 แสดงการแบ่ง Layer ของผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้วติดผนังฉนวนสำเร็จรูป EIFS ที่ใช้โฟมหนา 3 นิ้ว

ตาราง 4.4 แสดงค่าความต้านทานความร้อน (R)

วัสดุ	ค่า R (hr.Sq.ft.°F/BTU)	ค่า R (m^{2}K/W)
A) Moving Air Resistance	0.25	0.044
B) Exterior Coating	0.03	0.005
C) EPS Foam 3 ”	12.00	2.112
D) Cement Plaster ½ ”	0.10	0.018
E) Brick 3 ”	0.66	0.116
F) Cement Plaster ½ ”	0.10	0.018
G) Still air Non Reflective	0.68	0.120

ดังนั้นค่า ∑R ของผนังก่ออิฐฉาบปูน หนา 4 นิ้ว ติดผนังฉนวนสำเร็จรูป EIFS ที่ใช้โฟมหนา 3 นิ้ว

มีค่าเท่ากับ 13.820 hr.Sq.ft.°F/Btu

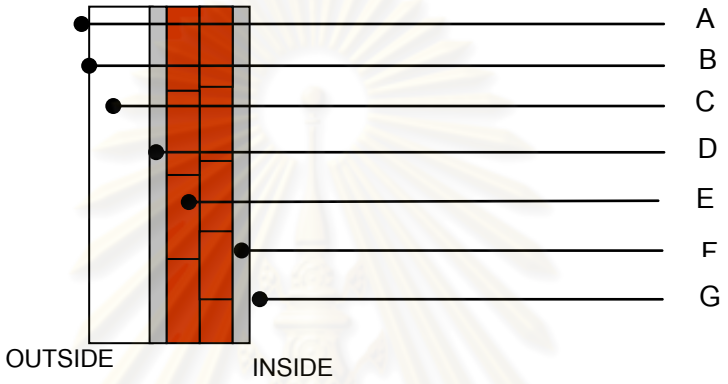
หรือ มีค่าเท่ากับ 2.433 m^{2}K/W

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังก่ออิฐฉาบปูน (U)

มีค่าเท่ากับ 1/13.820 = 0.072 Btu / hr.Sq.ft.°F

หรือ มีค่าเท่ากับ 1/ 2.443 = 0.411 W/m^2K

5. ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว (อาคารห้องสมุดเดิม) ติดผนังฉนวนสำเร็จรูป EIFS ที่ใช้โฟมหนา 4 นิ้ว



ภาพที่ 4.5 แสดงการแบ่ง Layer ของผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้วติดผนังฉนวนสำเร็จรูป EIFS ที่ใช้โฟมหนา 4 นิ้ว

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความต้านทานความร้อน(R)

วัสดุ	ค่า R(hr.Sq.ft.°F/BTU)	ค่า R(m^2K/W)
A) Moving Air Resistance	0.25	0.044
B) Exterior Coating	0.03	0.005
C) EPS Foam 4 ”	16.00	2.816
D) Cement Plaster ½ “	0.10	0.018
E) Brick 3 ”	0.66	0.116
F)Cement Plaster ½ “	0.10	0.018
G) Still air Non Reflective	0.68	0.120

ดังนั้นค่า ∑R ของผนังก่ออิฐฉาบปูน หนา 4 นิ้ว ติดผนังฉนวนสำเร็จรูป EIFS ที่ใช้โฟมหนา 4 นิ้ว

มีค่าเท่ากับ 17.820 hr.Sq.ft.°F/BTU

หรือ มีค่าเท่ากับ 3.137 m^2K/W

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังก่ออิฐฉาบปูน (U)

มีค่าเท่ากับ 1/17.820 = 0.056 Btu/ hr.Sq.ft.°F

หรือ มีค่าเท่ากับ 1/ 3.137 = 0.319 W/m^2K

4.2.3 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารห้องสมุด ก่อนและหลังการปรับปรุง

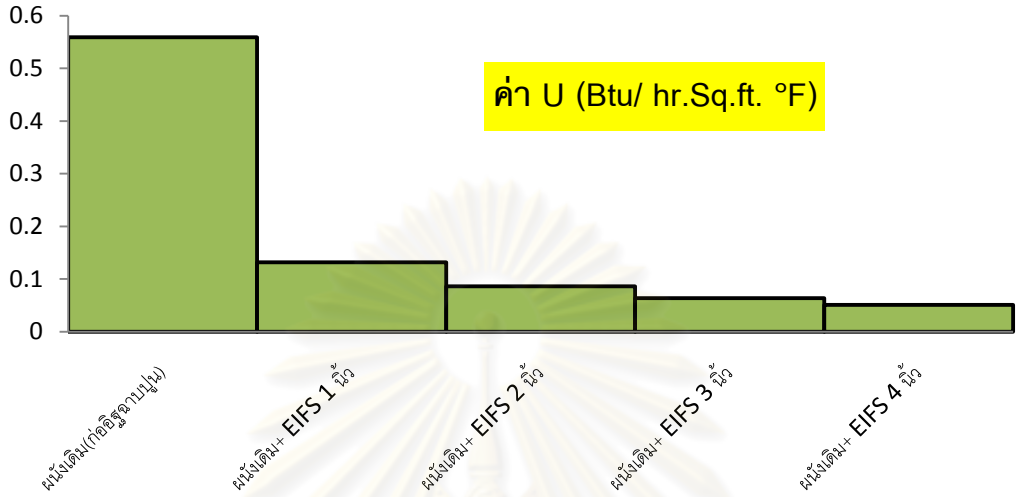
จากตารางพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) ระหว่างผนังเดิม (ผนังก่ออิฐฉาบปูน) มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่มากที่สุด เมื่อนำผนังสำเร็จรูปที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวน ได้แก่ ผนัง EIFS มาปรับปรุงผนังอาคารเดิม พบว่า ถ้าปรับปรุงโดยใช้ ผนังสำเร็จรูป EIFS ที่ใช้โฟมขนาด 4 นิ้ว สามารถทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนลดลงจากเดิมถึง 10.96 เท่า หรือประมาณ 11 เท่า จึงเลือกมาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงผนังอาคารเดิม และสามารถแสดงการเปรียบเทียบดังแผนภูมิที่ 4.2 (ก) และ แผนภูมิที่ 4.2 (ข)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

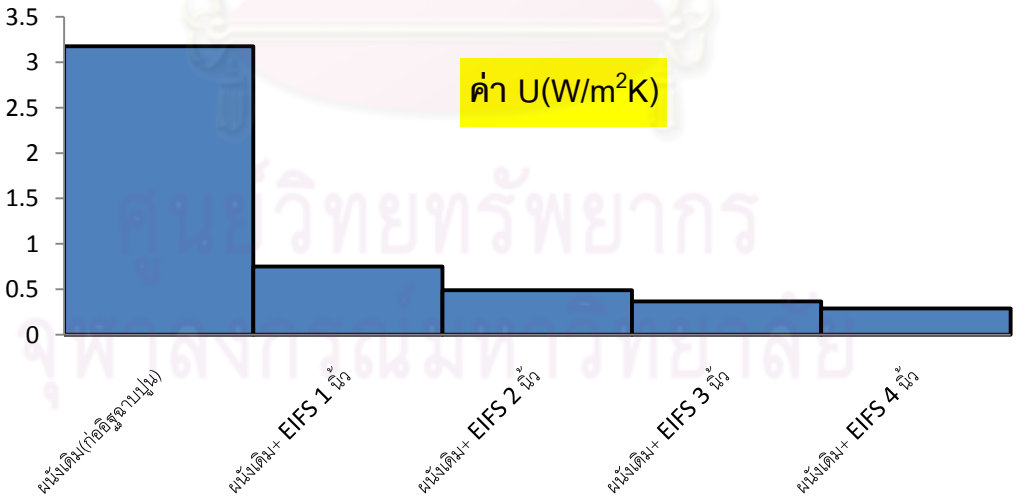
ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่า U (ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน)ของผนังก่ออิฐฉาบปูน(อาคารเดิม) และ ผนังที่ปรับปรุงโดยการติดฉนวนสำเร็จรูป EIFS 1-4 นิ้ว

ลักษณะของวัสดุที่นำมาทำผนังอาคาร	**ค่า U** (Btu/ hr.Sq.ft.°F)	**ค่า U** (W/m^2K)
ผนังก่ออิฐฉาบปูน	0.559	3.175
ลักษณะของวัสดุที่นำมาทำผนังอาคาร	**ค่า U** (Btu/ hr.Sq.ft.°F)	**ค่า U** (W/m^2K)
ผนังก่ออิฐฉาบปูน + ผนังสำเร็จรูป EIFS 1 นิ้ว	0.172	0.976
ผนังก่ออิฐฉาบปูน + ผนังสำเร็จรูป EIFS 2 นิ้ว	0.102	0.578
ผนังก่ออิฐฉาบปูน + ผนังสำเร็จรูป EIFS 3 นิ้ว	0.072	0.411
ผนังก่ออิฐฉาบปูน + ผนังสำเร็จรูป EIFS 4 นิ้ว	0.056	0.319

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4.2 **(ก)** แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U)
(หน่วยเป็น Btu/hr.Sq.ft.°F)

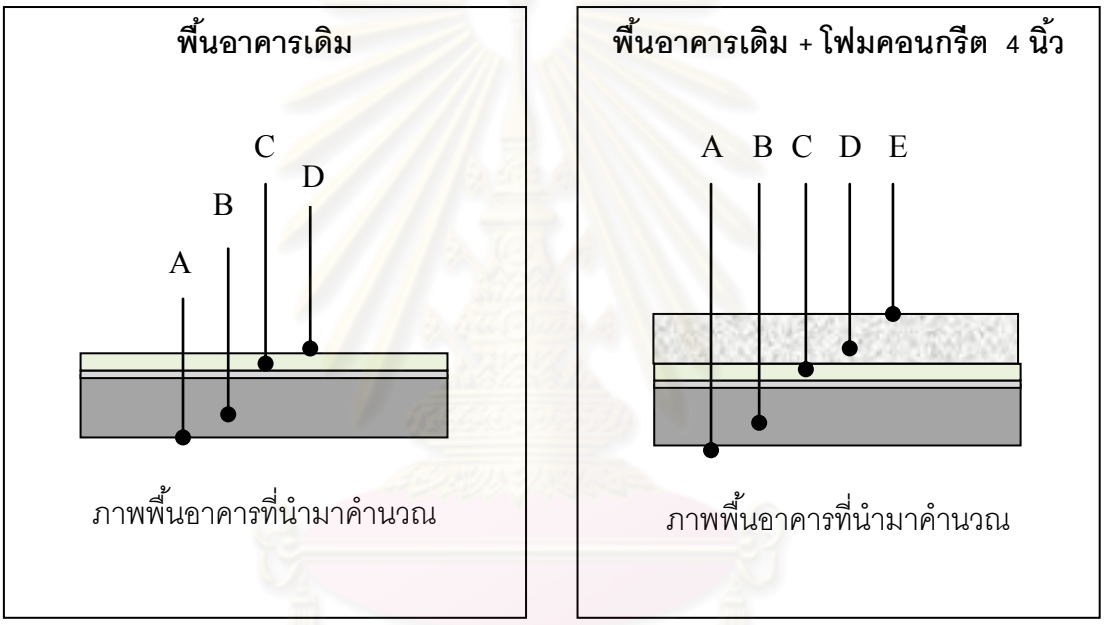


แผนภูมิที่ 4.2 **(ข)** แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U)
(หน่วยเป็น W/m^2K)

4.2.4 ผลการวิเคราะห์ค่าความต้านทานความร้อน และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของพื้นอาคารห้องสมุด ก่อนและหลังการปรับปรุง (โดยใช้วิธีคำนวณ)

พื้นอาคาร

พื้นอาคารเดิมมีลักษณะเป็นพื้นคอนกรีต ปูด้วยกระเบื้อง จากการศึกษาคุณสมบัติของฉนวนป้องกันความร้อนในบทที่ 2 และจากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง จึงเลือก ปรับปรุงพื้นอาคารโดยการติดฉนวนโฟม EPS 4 นิ้ว ดังนี้ สามารถคำนวณหาค่า U (ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน) ได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.6 แสดงการแบ่ง Layer ของพื้นอาคารเดิม กับพื้นอาคารที่ติด ฉนวนเป็นโฟมคอนกรีต หนา 4 นิ้ว

พื้นอาคารเดิม

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความต้านทานความร้อน (R) ของพื้นอาคารเดิม

วัสดุ	ค่า R(hr.Sq.ft.°F/BTU)	ค่า R (m^2K/W)
A) Outside air film	0.25	0.044
B) Concrete	0.60	0.106
C) Mortar+Caramic	0.20	0.035
D) inside air film	0.61	0.107

ดังนั้นค่า ∑R ของพื้นอาคารเดิม

มีค่าเท่ากับ 1.660 hr.Sq.ft.°F/BTU

หรือ มีค่าเท่ากับ 0.292 m^2K/W

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของพื้นอาคารแบบ (U)

มีค่าเท่ากับ 1/1.660 = 0.602 BTU/ hr.Sq.ft.°F

หรือ มีค่าเท่ากับ 1/ 0.292 = 3.425 W/m^2K

พื้นอาคารหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าความต้านทานความร้อน(R) ของพื้นอาคารที่ติดฉนวนโฟมคอนกรีต 4 นิ้วภายใน

วัสดุ	ค่า R (hr.Sq.ft.°F/BTU)	ค่า R (m^2K/W)
A) outside air film	0.25	0.044
B) Concrete	0.60	0.106
C) Mortar+Caramic	0.20	0.035
D) Foam cocrete หนา 4 นิ้ว	4.03	0.709
E) inside air film	0.61	0.107

ดังนั้นค่า ∑R ของพื้นอาคารที่ติดฉนวนโฟม EPS 4 นิ้ว

มีค่าเท่ากับ 5.690 hr.Sq.ft.°F/BTU

หรือ มีค่าเท่ากับ 1.001 m^2K/W

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของพื้นอาคาร (U)

มีค่าเท่ากับ 1/5.690 = 0.176 Btu / hr.Sq.ft.°F

หรือ มีค่าเท่ากับ 1/ 1.001 = 0.999 W/m^2K

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.5 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของพื้นอาคารห้องสมุด ก่อนและหลังการปรับปรุง

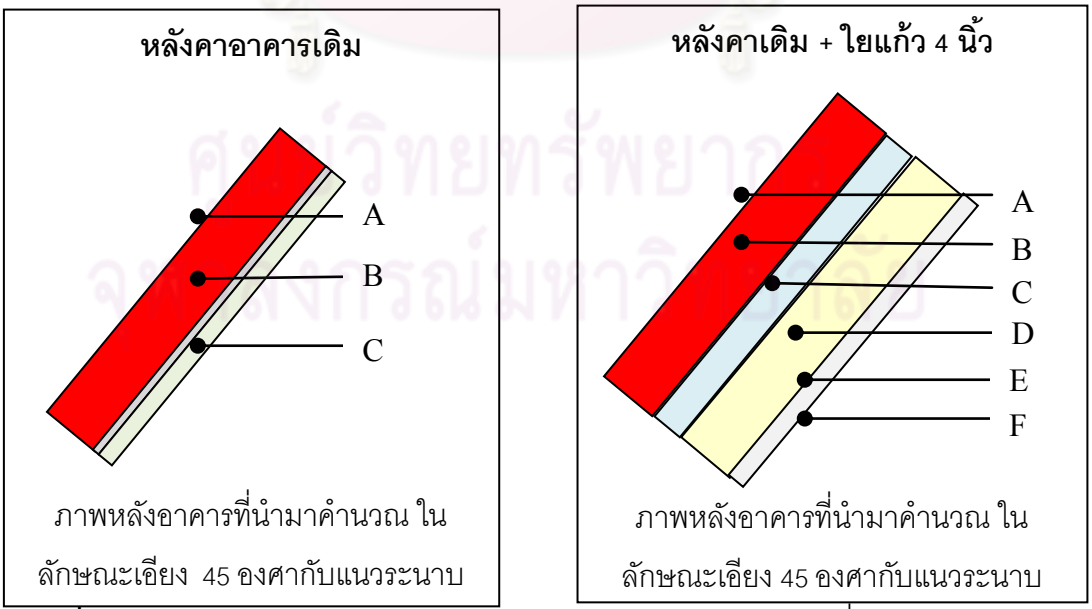
ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่า U (ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน) ของพื้นอาคารเดิม และ พื้นอาคารที่ปรับปรุงโดยการติดฉนวนโฟมคอนกรีต 4 นิ้ว

ลักษณะของวัสดุที่นำมาทำพื้นอาคาร	**ค่า U** (Btu/ hr.Sq.ft.°F)	**ค่า U** (W/m^2K)
พื้นอาคารเดิม	0.602	3.425
พื้นอาคารที่ปรับปรุงโดยการติดตั้ง โฟมคอนกรีต หนา 4 นิ้ว	0.176	0.999

4.2.6 ผลการวิเคราะห์ค่าความต้านทานความร้อน และสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคารห้องสมุด ก่อนและหลังการปรับปรุง (โดยใช้วิธีคำนวณ)

หลังคาอาคาร

หลังคาอาคารเดิมมีลักษณะเป็น กระเบื้องลอนคู่ จากการศึกษาคุณสมบัติของฉนวนป้องกันความร้อนในบทที่ 2 และจากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง จึงเลือกปรับปรุงหลังคาอาคารโดยการติดฉนวนใยแก้วหนา 4 นิ้ว ดังนี้ สามารถคำนวณหาค่า U (ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน) ได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.7 แสดงการแบ่ง Layer ของหลังคาอาคารเดิม กับหลังคาอาคารที่ติดฉนวนใยแก้วหนา 4 นิ้ว

หลังคาอาคารเดิม

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าความต้านทานความร้อน(R) ของหลังคาอาคารเดิม

วัสดุ	ค่า R (hr.Sq.ft.°F/BTU)	ค่า R (m^2K/W)
A) Outside air film	0.25	0.044
B) Asbestos-cement roof tile ½ ”	0.13	0.023
C) inside air film	0.76	0.134

ดังนั้นค่า ∑R ของหลังคาอาคารเดิม

มีค่าเท่ากับ 1.140 hr.Sq.ft.°F/Btu

หรือ มีค่าเท่ากับ 0.201 m^2K/W

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร (U)

มีค่าเท่ากับ 1/1.140 = 0.877 Btu / hr.Sq.ft.°F

หรือ มีค่าเท่ากับ 1/0.201 = 4.975 W/m^2K

หลังคาหลังการปรับปรุงโดยติดฉนวนใยแก้วหนา 4 นิ้ว

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าความต้านทานความร้อน (R) ของหลังคาอาคารโดยติดฉนวนใยแก้ว 4 นิ้ว

วัสดุ	ค่า R (hr.Sq.ft.°F/Btu)	ค่า R (m^2K/W)
A) Outside air film	0.25	0.044
B) Slate 0.5 นิ้ว	0.05	0.008
C) Still air	0.90	0.158
D) Fiber Glass 4 นิ้ว	16.0	2.816
E) Gypsum 0.375 นิ้ว	0.32	0.056
F) inside air film	0.76	0.134

ดังนั้นค่า ∑R ของหลังคาอาคารที่ปรับปรุงโดยใช้ ใยแก้วหนา 4 นิ้ว

มีค่าเท่ากับ 18.28 hr.Sq.ft.°F/BTU

หรือ มีค่าเท่ากับ 3.216 m^2K/W

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคารแบบ (U)

มีค่าเท่ากับ 1/18.28 = 0.055 BTU/ hr.Sq.ft.°F

หรือ มีค่าเท่ากับ 1/3.216 = 0.311 W/m^2K

4.2.7 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคารห้องสมุด ก่อนและหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 4.12 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่า U (ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน)ของหลังคาอาคารเดิม และ หลังคาอาคารที่ปรับปรุงโดยใช้ฉนวนใยแก้ว 4 นิ้ว

ลักษณะของวัสดุที่นำมาทำพื้นอาคาร	**ค่า U** (Btu/ hr.Sq.ft.°F)	**ค่า U** (W/m^2K)
หลังคาอาคารเดิม	0.877	4.975
หลังคาอาคารที่ปรับปรุงโดยโดยใช้ ฉนวนใยแก้ว 4 นิ้ว	0.055	0.311

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.8 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังอาคาร พื้นอาคาร และหลังคาอาคารห้องสมุด ก่อนและหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 4.13 แสดงค่า U-Value อาคารห้องสมุดเดิม เปรียบเทียบกับอาคาร ห้องสมุดที่ปรับปรุงแนวคิดวิจัย

อาคาร	U-Value (Btu/ hr.Sq.ft.°F)			U-Value (W/m^2K)		
	ผนัง	พื้น	หลังคา	ผนัง	พื้น	หลังคา
อาคารห้องสมุดเดิม	0.559	0.602	0.877	3.175	3.425	4.975
อาคารห้องสมุดที่ปรับปรุงแนวคิดการวิจัย	0.056	0.176	0.055	0.319	0.999	0.311
ผลต่าง (ลดลง/เท่า)	9.98 เท่า	3.42 เท่า	15.95 เท่า	9.95 เท่า	3.43 เท่า	16.00 เท่า

4.2.9 ผลการวิเคราะห์หาค่าภาระการทำความเย็น ($CLTD_{corr}$) เพื่อนำไปหาค่า Q การถ่ายเทความร้อนของ ผนัง และหลังคา ของ อาคารห้องสมุดเดิมกับอาคารที่ปรับปรุง (แนวคิดการวิจัย)

จากสูตร

$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM)\ K + (78 - t_R) + (t_O - 85)$$

ผนังอาคาร แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะดังนี้

1. ผนังอาคารเดิม มีลักษณะเป็นผนัง ก่ออิฐฉาบปูน หนา 4 นิ้ว จัดอยู่ใน Group No.D จากนั้นเปิดหาค่าต่าง ๆ จากตาราง หาค่า $CLTD_{corr}$ ของผนังอาคารเดิม เมื่อวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2554 เวลา 14.00 น. กำหนดให้อุณหภูมิภายในคงที่

นำค่าต่าง ๆ ที่ได้จากตาราง มาแทนค่า หาค่าของผนังในแต่ละ ด้านทั้ง 4 ด้าน จากการคำนวณพบว่า

ผนังทิศเหนือ

จากสูตร

$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM)\ K + (78 - t_R) + (t_O - 85)$$

แทนค่าในสูตร $CLTD_{corr} = (10+(-3))\ (1) + (78-77) + (96.62-85)$

$= 19.62\ ^{\circ}F$

ผนังทิศตะวันออก

จากสูตร

$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM)\ K + (78 - t_R) + (t_O - 85)$$

แทนค่าในสูตร $CLTD_{corr} = (32+(-2))\ (1) + (78-77) + (96.62-85)$

$= 42.62\ ^{\circ}F$

ผนังทิศตะวันตก

จากสูตร

$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM)\ K + (78 - t_R) + (t_O - 85)$$

แทนค่าในสูตร $CLTD_{corr} = (11+(-2))\ (1) + (78-77) + (96.62-85)$

$= 21.62\ ^{\circ}F$

ผนังทิศใต้

จากสูตร

$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM)\ K + (78 - t_R) + (t_O - 85)$$

แทนค่าในสูตร $CLTD_{corr} = (16+(7))\ (1) + (78-77) + (96.62-85)$

$= 35.62\ ^{\circ}F$

2. ผนังที่ติดฉนวนซึ่งมีลักษณะเป็นผนังฉนวนสำเร็จรูป EIFS จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ความหนา 4 นิ้วมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ต่ำที่สุด จึงมีแนวทางในการปรับปรุงผนังอาคารโดยใช้ผนังสำเร็จรูป EIFS ที่มีความหนา 4 นิ้ว กำหนดให้อุณหภูมิภายในคงที่ผนังอาคารในเวลา 14.00 น.

ผนังทิศเหนือ

จากสูตร

$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM)\ K + (78 - t_R) + (t_O - 85)$$

แทนค่าในสูตร $CLTD_{corr} = (9+(-3))\ (1) + (78-77) + (96.62-85)$

$= 18.62\ ^{\circ}F$

ผนังทิศตะวันออก

จากสูตร

$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM)\ K + (78 - t_R) + (t_O - 85)$$

แทนค่าในสูตร $CLTD_{corr} = (27+(-2))\ (1) + (78-77) + (96.62-85)$

$= 37.62\ ^{\circ}F$

ผนังทิศตะวันตก

จากสูตร

$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM)\ K + (78 - t_R) + (t_O - 85)$$

แทนค่าในสูตร $CLTD_{corr} = (14+(-2))\ (1) + (78-77) + (96.62-85)$

$= 24.62\ ^{\circ}F$

ผนังทิศใต้

จากสูตร

$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM)\ K + (78 - t_R) + (t_O - 85)$$

แทนค่าในสูตร $CLTD_{corr} = (13+(7))\ (1) + (78-77) + (96.62-85)$

$= 32.62\ ^{\circ}F$

หลังคาอาคาร แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะดังนี้

1) หลังคาอาคารเดิม มีลักษณะเป็นกระเบื้องลอนคู่ มีฝ้าเพดาน จัดอยู่ใน Roof No. 2 หาค่าของหลังคา โดยใช้ Solar Time ที่เวลา 17.00 น. ซึ่งมีค่า CLTD สูงที่สุด และในเวลา 14.00 น. ที่มีอุณหภูมิอากาศสูงที่สุด จากการคำนวณพบว่า

หลังคาทิศเหนือ เวลา 17.00 น.

จากสูตร

$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM)\ K + (78 - t_R) + (t_O - 85)$$

แทนค่าในสูตร $CLTD_{corr} = (62+(-1))\ (1) + (78-77) + (94.1-85)$

$= 71.10\ ^{\circ}F$

หลังคาเหนือ เวลา 14.00 น.

จากสูตร

$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM)\ K + (78 - t_R) + (t_O - 85)$$

แทนค่าในสูตร $CLTD_{corr} = (48 +(-1))\ (1) + (78-77) + (96.62-85)$

$= 59.62\ ^{\circ}F$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. หลังคาที่ติดฉนวนซึ่งมีลักษณะเป็นผนังฉนวน ใยแก้วหนา 4 นิ้ว จัดอยู่ใน Roof No. 5 หาค่าของหลังคา โดยใช้ Solar Time ที่เวลา 15.00 น. ซึ่งมีค่า CLTD สูงที่สุด และในเวลา 14.00 น. ที่มีอุณหภูมิอากาศสูงที่สุด จากการคำนวณพบว่า

หลังคาทิศเหนือ เวลา 15.00 น.

จากสูตร

$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM)\ K + (78 - t_R) + (t_O - 85)$$

แทนค่าในสูตร $CLTD_{corr} = (57+(-1))\ (1) + (78-77) + (94.1-85)$

$= 66.10\ ^{\circ}F$

หลังคาทิศเหนือ เวลา 14.00 น.

จากสูตร

$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM)\ K + (78 - t_R) + (t_O - 85)$$

แทนค่าในสูตร $CLTD_{corr} = (41+(-1))\ (1) + (78-77) + (96.62-85)$

$= 52.62\ ^{\circ}F$

4.2.10 ผลการวิเคราะห์และคำนวณหาค่า Q (การถ่ายเทความร้อน)

การหาค่า Q การถ่ายเทความร้อนแบ่งออกเป็นการเทความร้อนของผนัง พื้น และหลังคาโดยใช้การคำนวณ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ อาคารห้องสมุดก่อนการปรับปรุง (อาคารเดิม) และ อาคารห้องสมุดหลังการปรับปรุง โดยคิดพื้นที่เป็น 1 ตารางฟุต ดังนี้

อาคารห้องสมุดก่อนการปรับปรุง โดยแบ่งออกเป็นผนัง พื้น และหลังคา

ค่า Q ของผนังอาคาร แบ่งออกเป็น 4 ทิศ

จากสูตร $Q = U * A * CLTD_{corr}$

ผนังทิศเหนือ

$Q = 0.559 * 1 * 19.62$

$Q = 10.968$ / 1 ตารางฟุต

ผนังทิศตะวันออก

$Q = 0.559 * 1 * 42.62$

$Q = 23.825$ / 1 ตารางฟุต

ผนังทิศตะวันตก

$Q = 0.559 * 1 * 21.62$

$Q = 12.086$ / 1 ตารางฟุต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผนังทิศใต้

Q = 0.559 * 1* 35.62

Q = 19.912 / 1 ตารางฟุต

ค่า Q การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ของผนังรวม เท่ากับ 53.289 Btu/ hr.Sq.ft.°F

ค่า Q ของพื้นอาคาร

จากสูตร $Q = U * A * \Delta T$

Q = 0.602 * 1 * (35.9-31)

Q = 2.95 / 1 ตารางฟุต

ค่า Q ของหลังคาทิศเหนือแบ่งออกเป็น 2 แบบ โดยใช้ Solar Time ที่เวลา 17.00 น. ซึ่งมีค่า CLTD สูงที่สุด และในเวลา 14.00 น. ที่มีอุณหภูมิอากาศสูงที่สุด ดังนี้

จากสูตร $Q = U * A * CLTD_{corr}$

หลังคาทิศเหนือเวลา 17.00 น.

Q = 0.709 * 1 * 71.10

Q = 50.410 / 1 ตารางฟุต

หลังคาทิศเหนือเวลา 14.00 น.

Q = 0.709 * 1 * 59.62

Q = 42.271 / 1 ตารางฟุต

ผลรวมค่า Q (ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคาร)ของอาคารห้องสมุดก่อนปรับปรุง มีค่าเท่ากับ 110.63 / พื้นที่ 1 ตารางฟุต

อาคารห้องสมุดหลังการปรับปรุง โดยแบ่งออกเป็นผนัง พื้น และหลังคา

ค่า Q ของผนังอาคาร แบ่งออกเป็น 4 ทิศ

จากสูตร $Q = U * A * CLTD_{corr}$

ผนังทิศเหนือ

Q = 0.056 * 1* 18.62

Q = 1.043 / 1 ตารางฟุต

ผนังทิศตะวันออก

Q = 0.056 * 1* 37.62

Q = 2.107 / 1 ตารางฟุต

ผนังทิศตะวันตก

Q = 0.056 * 1* 24.62

Q = 1.379 / 1 ตารางฟุต

ผนังทิศใต้

Q = 0.056 * 1* 32.62

Q = 1.827 / 1 ตารางฟุต

ค่า Q การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ของผนังรวม เท่ากับ 5.121 Btu/ hr.Sq.ft.°F

ค่า Q ของพื้นอาคาร

จากสูตร $Q = U * A * \Delta T$

Q = 0.176 * 1 * (35.9-27)

Q = 1.57 / 1 ตารางฟุต

ค่า Q ของหลังคาทิศเหนือแบ่งออกเป็น 2 แบบ โดยใช้ Solar Time ที่เวลา 15.00 น. ซึ่งมีค่า CLTD สูงที่สุด และในเวลา 14.00 น. ที่มีอุณหภูมิอากาศสูงที่สุด ดังนี้

จากสูตร $Q = U * A * CLTD_{corr}$

หลังคาทิศเหนือเวลา 15.00 น.

Q = 0.055 * 1 * 66.10

Q = 3.636 / 1 ตารางฟุต

หลังคาทิศเหนือเวลา 14.00 น.

Q = 0.055 * 1 * 52.62

Q = 2.894 / 1 ตารางฟุต

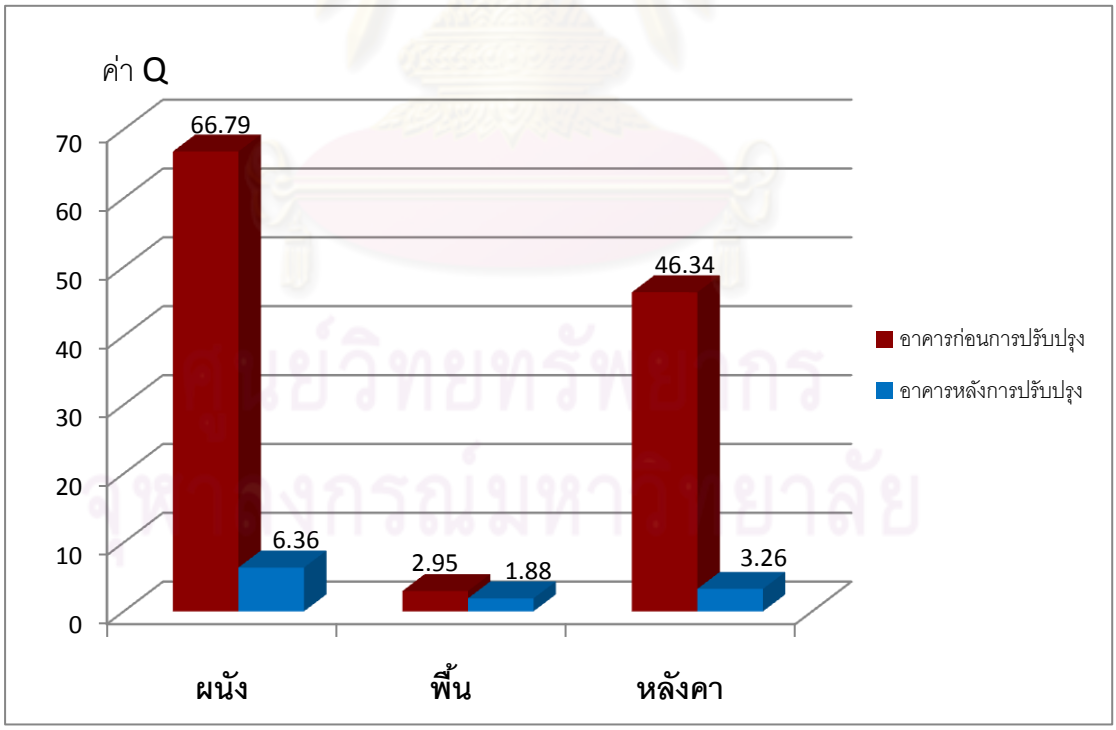
ผลรวมค่า Q (ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคาร) ของอาคารห้องสมุดหลังการปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 10.58 / พื้นที่ 1 ตารางฟุต

จากแผนภูมิที่ 4.3 และ แผนภูมิที่ 4.4 พบว่า ค่าQ (ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคาร) ของอาคารห้องสมุดหลังการปรับปรุงลดลงได้ 10.37 เท่าของอาคารห้องสมุดก่อนการปรับปรุง โดยไม่รวมกระจกโดยรอบอาคาร และคิดในพื้นที่ 1 ตารางฟุต

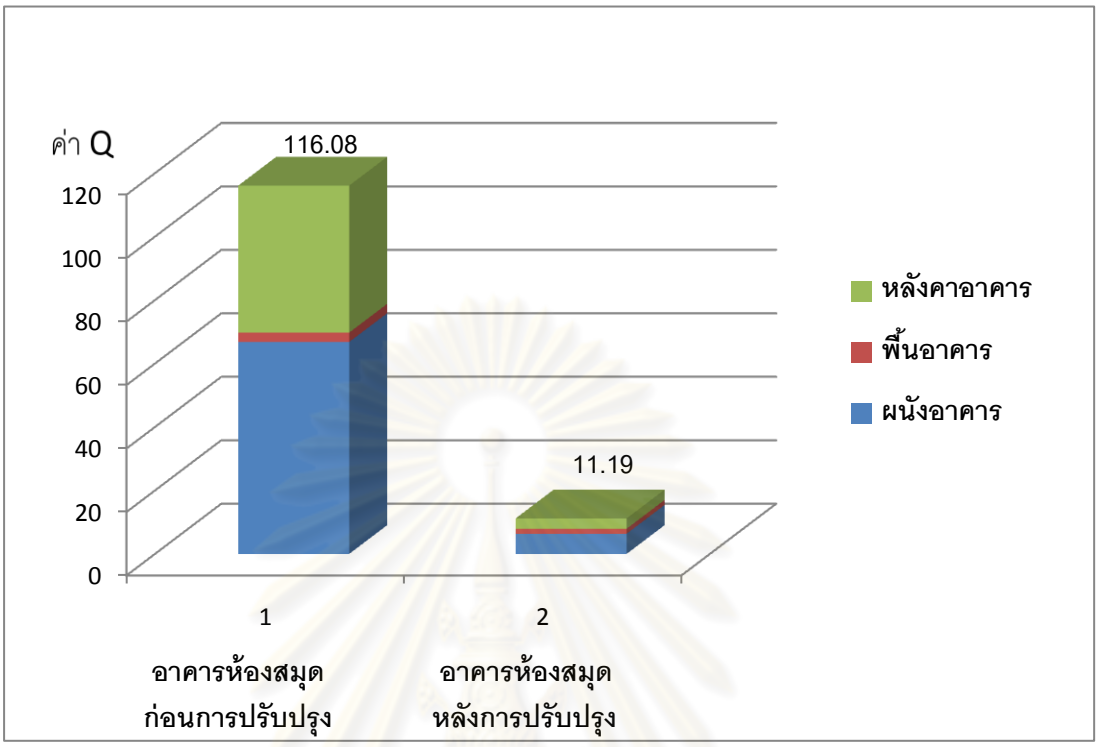
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบค่า Q ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาค ารห้องสมุดก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง / พื้นที่ 1 ตารางฟุต

อาคาร	ค่า Q (Btu/ hr.Sq.ft.°F)			ค่า Q รวม
	ผนัง	พื้น	หลังคา	
อาคารห้องสมุดเดิม	66.79	2.95	46.34	116.08
อาคารห้องสมุดที่ปรับปรุงแนวคิดการวิจัย	6.36	1.57	3.26	11.19
ผลต่าง (ลดลง/เท่า)	10.51 เท่า	1.88 เท่า	14.91 เท่า	10.37 เท่า



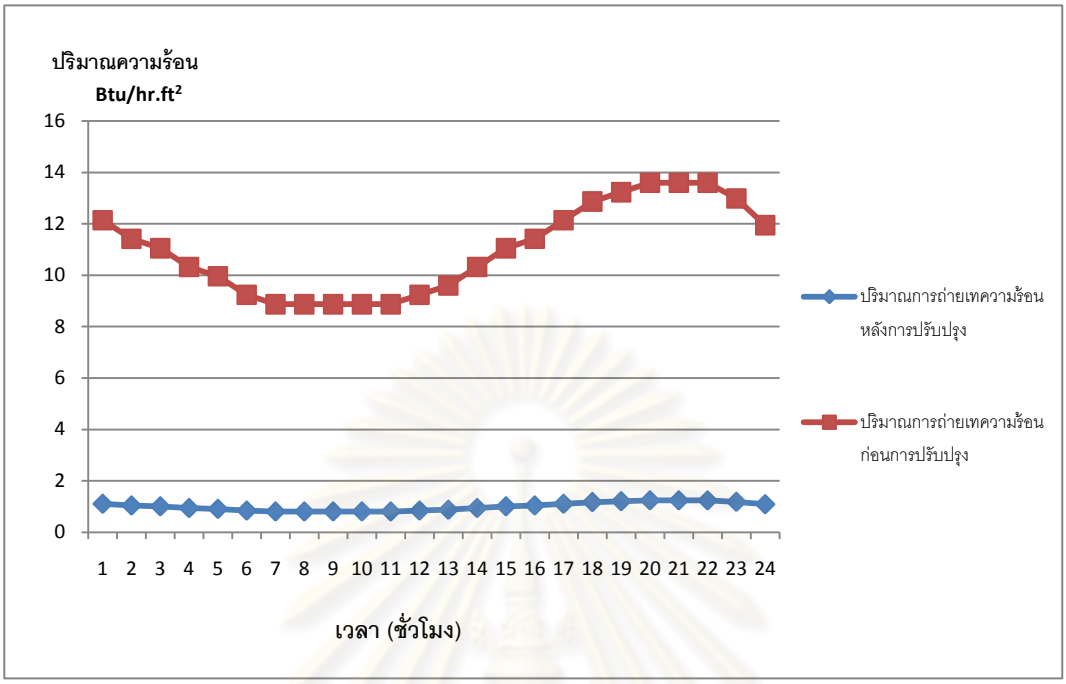
แผนภูมิที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่า Q (ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคาร)ของอาคารห้องสมุดก่อนการปรับปรุง และอาคารห้องสมุดหลังการปรับปรุง



แผนภูมิที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่า Q รวม (ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคาร)ของอาคารห้องสมุดก่อนการปรับปรุง และอาคารห้องสมุดหลังการปรับปรุง

แผนภูมิที่ 4.5 แสดงปริมาณการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ของผนัง อาคารก่อนและหลังการปรับปรุงโดยคิดพื้นที่ 1 ตารางฟุต จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าปริมาณการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารก่อนการปรับปรุงมีค่า แตกต่างกันเนื่องจากอาคารหลังการปรับปรุงมีการติดฉนวนป้องกันความร้อนทำให้ลดการนำความร้อนเข้าสู่อาคารทำให้ภายในอาคารมีการแผ่รังสีความร้อนที่ลดลงด้วย ปริมาณความร้อนที่คำนวณได้จึงมีลักษณะแตกต่างกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4.5 แสดงความแตกต่างของปริมาณการถ่ายเทความร้อน ของผนังก่อนและหลังการปรับปรุงอาคารห้องสมุด ตลอด 24 ชั่วโมง ของเดือนเมษายน(ผนังด้านทิศเหนือ)

อาคารห้องสมุดกรณีไม่ปรับอากาศ

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการลดความร้อนที่เข้ามาภายในอาคาร โดยศึกษาจากตัวแปรของสภาวะน่าสบาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

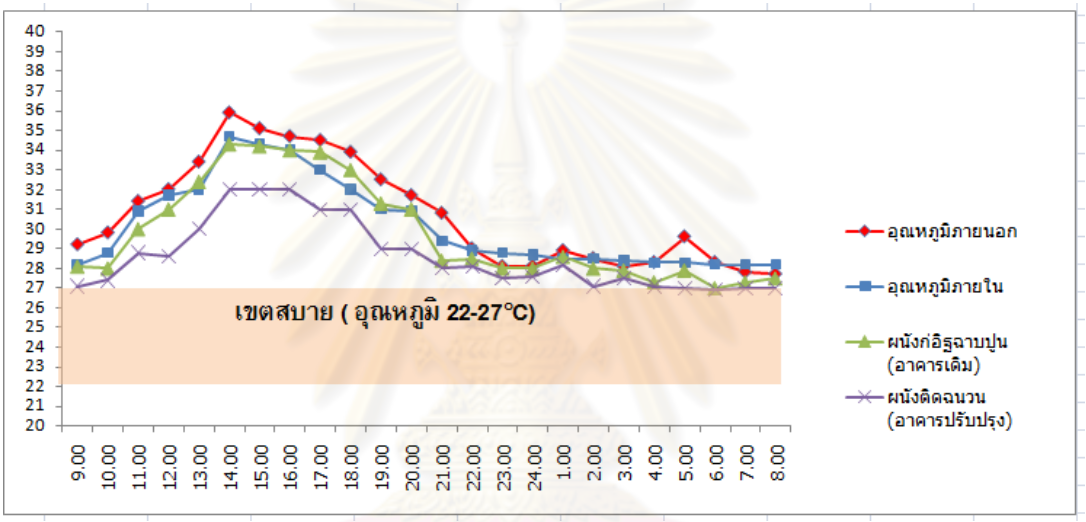
1. อุณหภูมิ (ไม่สามารถควบคุมได้)
2. ความชื้นสัมพัทธ์ (ไม่สามารถควบคุมได้)
3. อุณหภูมิเฉลี่ยโดยรอบ
4. ความเร็วลม (คงที่)
5. เสื้อผ้าที่สวมใส่ (เสื้อผ้าเครื่องแบบนักเรียน คงที่)
6. อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (เดิน ยืน คงที่)

เนื่องจากอาคารห้องสมุดเป็นอาคารที่ไม่ปรับอากาศ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์จึงไม่สามารถควบคุมได้ ส่วนการสวมใส่เสื้อผ้าของนักเรียนจะเป็นชุดนักเรียนจึงไม่นำมาคิดและใช้ในการปรับปรุง อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกายก็เช่นเดียวกัน กิจกรรมภายใน

อาคารห้องสมุดของนักเรียนจะมีลักษณะเพียงการเดินยืม - คืน หาหนังสือ และนั่งอ่านหนังสือเท่านั้น เพราะฉะนั้นตัวแปรที่กล่าวในข้อ 1 2 5 และ6 ผู้วิจัยกำหนดให้มีค่าคงที่

ผู้วิจัยจึงนำเฉพาะอุณหภูมิเฉลี่ยโดยรอบ เป็นตัวแปรในการวิจัยสำหรับอาคารห้องสมุดที่ไม่ปรับอากาศ

4.2.11 **การเก็บข้อมูลอุณหภูมิผนังภายในอาคารห้องสมุดเดิม** (ผนังก่ออิฐฉาบปูน) เปรียบเทียบกับผนังอาคารห้องสมุดหลังการปรับปรุง สามารถแสดงผลได้ดังนี้



แผนภูมิที่ 4.6 เปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอก อุณหภูมิภายใน และเปรียบเทียบผนังติดฉนวน วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2554 ทุก ๆ 1 ชั่วโมง

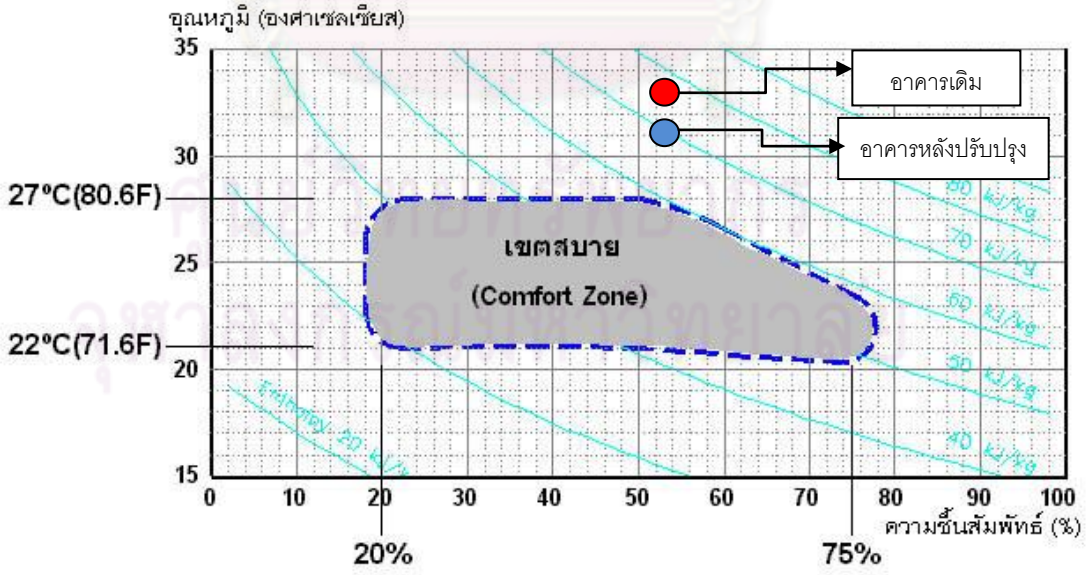
จากแผนภูมิที่ 4.6 พบว่าอุณหภูมิผนังอาคารก่ออิฐฉาบปูน (อาคารเดิม) เมื่อนำมาเปรียบเทียบความแตกต่าง ระหว่างอุณหภูมิ กับผนังที่ติดฉนวนโฟมภายนอก ผนังที่ติดฉนวนโฟมภายนอกมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิลดลงจากผนังก่ออิฐฉาบปูน (ผนังเดิม) อยู่ประมาณ 2 องศาเซลเซียส

4.2.12 **ผลการวิเคราะห์หาค่า MRT ของอาคารห้องสมุดที่ไม่ปรับอากาศ**

จากการเก็บข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยของผนัง เพดาน และพื้น อาคารเดิม เท่ากับ 32.2 38.13 และ 31 องศาเซลเซียส หลังการปรับปรุงให้อุณหภูมิเฉลี่ยโดยรอบของผนัง เพดาน และพื้น มีค่าเท่ากับ 30 34 และ 29 องศาเซลเซียส

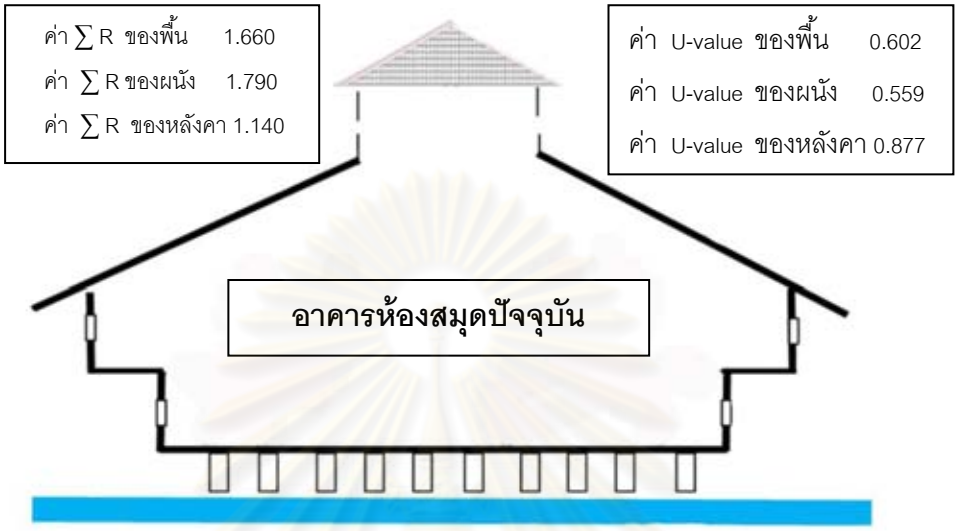
ผนังอาคารเดิม	ผนังอาคารเดิมติดฉนวน 4 นิ้ว
พื้นที่ของผนัง = 294 ตร.ม พื้นที่ของเพดาน =168.7500 ตร.ม พื้นที่ของพื้น = 625 ตร.ม พื้นที่กรอบอาคารรวมทั้งหมด 1087.7500 ตร.ม เมื่อนำมาหาค่า MRT ได้เท่ากับ 35,276.2375 / 1087.7500 MRT มีค่าเท่ากับ 32.43	พื้นที่ของผนัง = 294 ตร.ม พื้นที่ของเพดาน =168.7500 ตร.ม พื้นที่ของพื้น = 625 ตร.ม พื้นที่กรอบอาคารรวมทั้งหมด 1087.7500 ตร.ม เมื่อนำมาหาค่า MRT ได้เท่ากับ 32,682.50 / 1087.7500 MRT มีค่าเท่ากับ 30.04

เนื่องจากอุณหภูมิเฉลี่ยโดยรอบมีผลต่อความรู้สึกร้อนหรือเย็นของมนุษย์เป็นอย่างมาก เพราะถ้าเราอยู่ภายในอาคารที่มีหลังคาอุณหภูมิสูง ผนังอุณหภูมิสูง พื้นอุณหภูมิสูง ดังเช่น ผนังอาคารเดิม(ก่ออิฐฉาบปูน)ซึ่งมี MRT เท่ากับ 32.43 ไม่ติดเครื่องปรับอากาศ เมื่อปรับปรุงผนังอาคารหลังคา พื้น ทำให้ค่า MRT เท่ากับ 30.04 ทำให้เข้าใกล้เขตสบายมากขึ้น (ตัวแปรอื่น ๆ คงที่) แต่ยังไม่อยู่ในเขตสบาย แต่ทำให้นักเรียนหรือผู้ที่มาใช้บริการภายในอาคารห้องสมุดรู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิลดลงทำให้รู้สึกสบายมากขึ้นกว่าเดิม สามารถนำมาอธิบายใน Bioclimatic chart ดังแผนภูมิที่ 4.7



แผนภูมิที่ 4.7 แสดงค่า MRT นอก Comfort Zone เมื่อปรับปรุงอาคารห้องสมุดไม่ปรับอากาศโดยการติดฉนวนป้องกันความร้อน

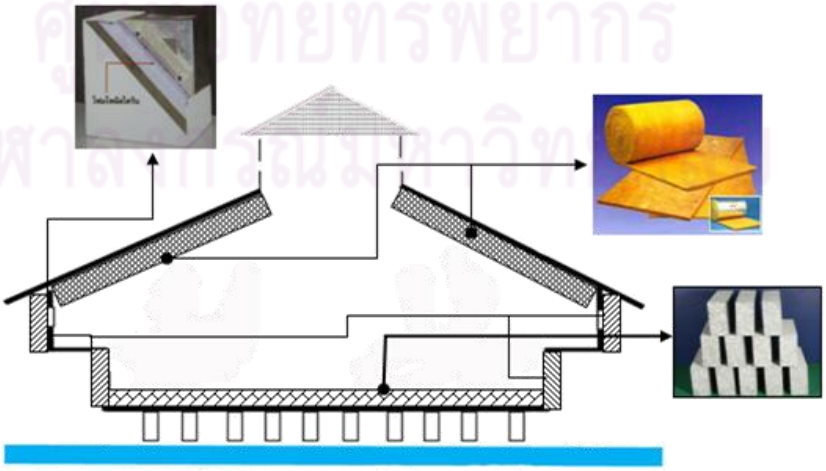
ผลการวิจัยสามารถสรุปและเสนอเป็นแนวทางในการปรับปรุงผนังอาคารห้องสมุด เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร



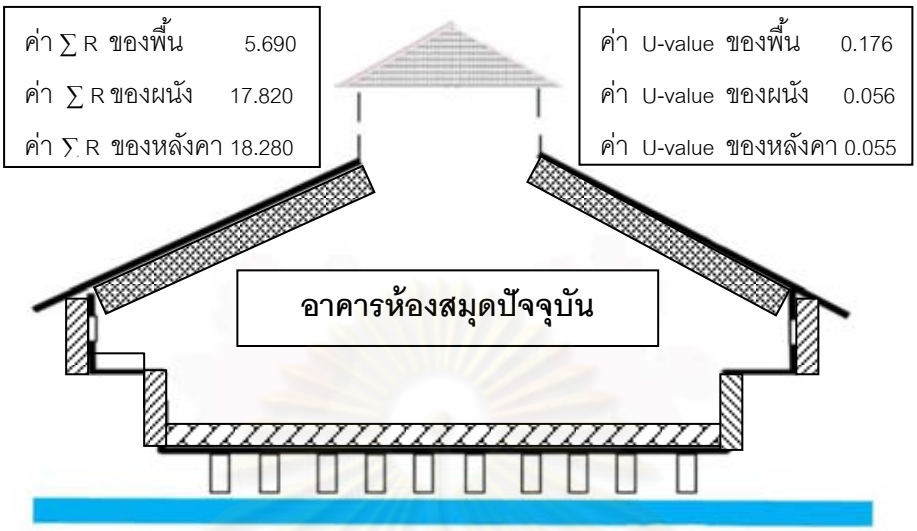
ภาพที่ 4.8 ค่า R (ความต้านทานความร้อน), ค่าU(สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน) ของอาคารห้องสมุดปัจจุบันก่อนการปรับปรุง

การปรับปรุงอาคารห้องสมุด มีแนวทางในการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารโดยเลือกวัสดุและติดฉนวนป้องกันความร้อน ดังภาพที่ 4.9 ดังนี้

- **พื้น** โฟมคอนกรีต ขนาด 4 นิ้ว
- **ผนัง** ฉนวนสำเร็จรูป EIFS ขนาด 4 นิ้ว
- **หลังคา** ฉนวนใยแก้ว ขนาด 4 นิ้ว



ภาพที่ 4.9 การเลือกใช้วัสดุฉนวนป้องกันความร้อนภายในและภายนอกอาคารห้องสมุด



ภาพที่ 4.10 ค่า R (ความต้านทานความร้อน), ค่าU(สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน) ของอาคารห้องสมุดหลังการปรับปรุง

การปรับปรุงอาคารห้องสมุดโดยวิธีการติดฉนวนป้องกันความร้อนที่เหมาะสม และถูกต้องทำให้ค่า R (ความต้านทานความร้อน), ค่าU (สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน) และค่า Q (ปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคาร) ลดลงดังภาพที่ 4.11 ทำให้อาคารห้องสมุดอยู่ในเขตสบายสำหรับอาคารปรับอาก าศ และเข้าใกล้เขตสบายสำหรับอาคารไม่ปรับอากาศ ส่งผลต่อค่าผู้มาใช้บริการทำให้รู้สึกเสมือนว่าอุณหภูมิภายในลดลง สามารถเรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพ

ภาพที่ 4.11 แสดงอัตราส่วนของค่า R , ค่าU และ ค่าQ ที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารห้องสมุดก่อนปรับปรุง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ผลจากการสอบถามด้านอุณหภูมิและสภาวะน่าสบายของนักเรียนจำนวน 300 คน ที่มาใช้บริการอาคารห้องสมุดโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม พบว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นภายในอาคารห้องสมุดคือ ภายในอาคารห้องสมุดมีอากาศร้อนมาก แสงสว่างไม่เพียงพอ มีเสียงก้องภายในอาคารแต่สิ่งที่นักเรียนตอบมากที่สุดคืออาคารห้องสมุดร้อนมากดังนั้น อุณหภูมิภายในอาคารห้องสมุดเป็นสิ่งสำคัญต่อสภาวะน่าสบายของนักเรียนที่มาใช้บริการภายในอาคารห้องสมุด ซึ่งเป็นผลทำให้ การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ศึกษา เพื่อ หา ทฤษฎีและแนวทางในการปรับปรุงอาคารห้องสมุดเพื่อลดการถ่ายเทความร้อน จากการเก็บข้อมูลอุณหภูมิเพื่อนำมาวิเคราะห์หาวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงผนังอาคารโดยการติดฉนวนป้องกันความร้อน เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงผนังห้องสมุดเพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบายภายในอาคารห้องส มุด สามารถสรุปผลการวิจัยดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงผนังอาคารเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนของอาคารห้องสมุดโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม โดยศึกษา จากอาคารห้องสมุดส่วนที่ปรับอากาศ และห้องสมุดส่วนที่ไม่ปรับอากาศ โดยศึกษาจากตัวแปรต่าง ๆ ในสภาวะน่าสบายดังนี้

ส่วนของอาคารห้องสมุดที่ปรับอากาศ

ศึกษาจากการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ต้านทานความร้อนของวัสดุเดิมที่ใช้และวัสดุที่จะนำมาปรับปรุงอาคารห้องสมุดซึ่งได้จากการศึกษาคุณสมบัติของฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีและเหมาะสม จะสามารถ ทำให้อาคารห้องสมุดมี ปริมาณความร้อนที่ถ่ ายเทเข้ามาสู่อาคารลดลงได้ถึง 10.37 เท่าของอาคารห้องสมุดเดิม เมื่อความร้อนเข้ามาภายในอาคารห้องสมุดได้ในปริมาณที่น้อยลงแล้ว จึงมีผลทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยโดยรอบลดลงทำให้ภาร ะการทำความเย็นของปรับอากาศน้อยลงด้วย แต่ก็มีตัวแป รอีกหลาย แต่ก็ไม่ได้แปลว่าจะทำให้อาคารนั้นอยู่ในเขตสบายหรือสภาวะน่าสบาย การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ให้อาคารห้องสมุดเป็นอาคารที่อยู่ในเขตสบาย (22-27 องศาเซลเซียส) ศึกษาจากอุณหภูมิเฉลี่ยโดยรอบของผนัง พื้น และหลังคา อีกด้วย เมื่อมีการปรับปรุงผนังอาคารห้องสมุดควรเป็นห้องสมุดที่ปรับอากาศจะช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่นักเรียนไม่พึงประสงค์ได้คือ เรื่อง อุณห ภูมิภายในไม่อยู่ในสภาวะน่าสบาย เสียง ฝุ่น และมลภาวะที่ไม่ต้องการจากภายนอกได้อย่างสมบูรณ์ อาคารห้องสมุดปรับอากาศยังช่วยให้ควบคุม

อุณหภูมิและความชื้นเพื่อให้หนังสือ สื่อ นวัตกรรมต่าง ๆ มีสภาพคงทน ถาวร และอยู่ได้อย่างเหมาะสม ทำให้ห้องสมุดเป็นห้องสมุดที่เหมาะสมแก่การเรียนรู้ของนักเรียนเพิ่มมากขึ้น

ส่วนของอาคารห้องสมุดที่ไม่ปรับอากาศ

เนื่องจากงบประมาณและรายจ่ายต่าง ๆ ภายในโรงเรีย นอาจจะทำให้เกิดปัญหาในการปรับปรุง สิ่งสำคัญคือการปรับปรุงผนังอาคารซึ่งเมื่อปรับปรุงผนังอาคารแล้วอาจจะมีการปรับอากาศเพียงบางส่วนก่อนจึงทำให้การศึกษาอาคารห้องสมุดที่ไม่ปรับอากาศยังมีความสำคัญอยู่และสามารถนำไปใช้กับอาคารห้องสมุดโดยทั่วไปซึ่งส่วนใหญ่จะไม่มีกา รปรับอากาศเช่นกัน ดังนั้นจึงต้อง ศึกษาอุณหภูมิเฉลี่ยโดยรอบของอาคารห้องสมุดก่อนและหลังการปรับปรุง มีค่า MRTแตกต่างกันไม่มากนัก แต่ทำให้อาคารอยู่ใกล้เขตสบาย ทำให้ผู้ที่มาใช้บริการ และนักเรียนรู้สึกเสมือนอุณหภูมิภายในอาคารลดลงอยู่ในเขตสบายเพิ่มมากขึ้น

จากข้อมูลเบื้องต้นสามารถนำมาสรุปแนวทางการปรับปรุงผนังอาคาร เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนของอาคารห้องสมุดโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม ดังนี้

1. **คำนึงถึงวัสดุที่ใช้**

การเลือกวัสดุใหม่ใช้ร่วมกับวัสดุเดิม ได้แก่

- วัสดุที่มีมวลสารน้อย
- วัสดุกันความร้อนได้ดี
- ไม่เสียพื้นที่ใช้สอยภายใน
- มีความทนทานต่อการขยายตัวและหดตัว
- ไม่ดูดหรืออมความร้อน
- ปรับปรุงผนังเฉพาะภายนอกอาคาร
  หลังคา (ฝ้า/เพดาน) ภายในอาคาร } ทำงานง่าย เร็ว

ข้อดีของการติดฉนวนป้องกันความร้อน กรณีติดเครื่องปรับอากาศ A/C

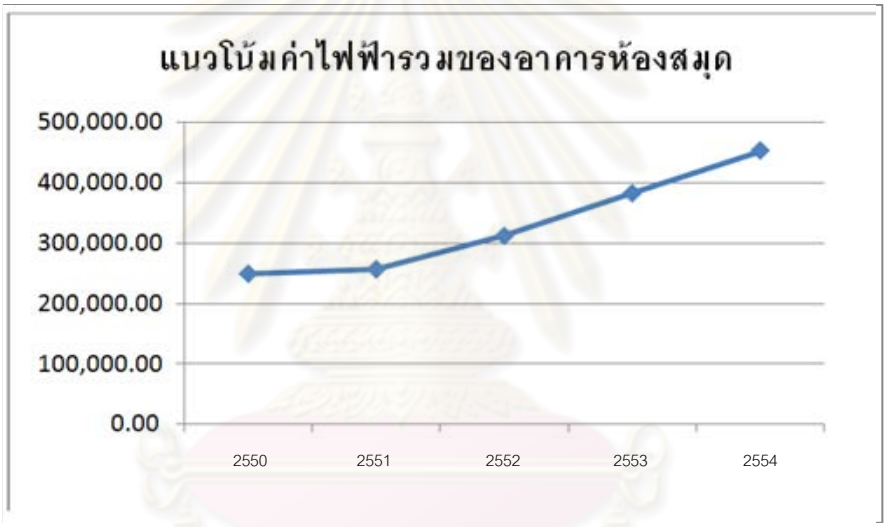
- กันเสียง กันฝุ่น ต้องปิดประตู หน้าต่าง ติดฉนวน จะทำให้ประหยัดพลังงาน
- ไม่เป็นเชื้อเพลิง
- ค่าการบำรุงรักษาต่ำและความทนทานสู
- ระยะเวลาคืนทุนสั้น

2. **คำนึงถึงสภาวะน่าสบาย**

กรณีอาคารไม่ปรับอากาศ เมื่อติดฉนวนอุณหภูมิเฉลี่ยโดยรอบ ค่า MRT ลดลง ซึ่งทำให้เข้าใกล้เขตสบาย ทำให้นักเรียนรู้สึกเสมือนว่าอยู่ในสภาวะน่าสบาย ถ้าภายในอาคารติดพัดลมยิ่งทำให้เสมือนว่าอยู่ใกล้เขตสบายมากยิ่งขึ้น

กรณีอาคารปรับอากาศ เมื่อติดฉนวน อุณหภูมิเฉลี่ยโดยรอบ ค่า MRT ลดลง ทำให้พลังงานไฟฟ้าลดลง และประหยัดพลังงานจากการใช้เครื่องปรับอากาศ

5.2 ข้อเสนอแนะ



แผนภูมิที่ 5.1 แนวโน้มค่าไฟฟ้ารวมของอาคารห้องสมุดเดิม

1. จากแผนภูมิที่ 5.1 ค่าไฟฟ้า ปี 2250 ค่าไฟฟ้ารวมของอาคารห้องสมุด มีค่า 250,000 บาท (รวมค่าไฟของเครื่องคอมพิวเตอร์ ไฟฟ้า และเครื่องปรับอากาศ ฯลฯ)

พื้นที่ใช้สอยของอาคารทั้งหมด 1,075 ตารางเมตร

ค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศ 800 / BTU / m^2

รวมค่าติดตั้งเครื่องปรับอากาศภายในอาคารห้องสมุด

880,000 BTU ประมาณ 70 ตัน

ค่าไฟฟ้า 3.5 บาท / หน่วย เท่ากับ 70 * 3.5 เท่ากับ 245

8 บาท เท่ากับ 245 * 8 เท่ากับ 1980

ถ้าใน 1 เดือน อาคารห้องสมุดเปิดทำการประมาณ 20 วัน

เท่ากับ 1980 * 20 เท่ากับ 39,200 / เดือน

ดังนั้นถ้าติดฉนวนป้องกันความทำให้ปริมาณความร้อนที่เข้สู่ภายในอาคารลดลง 10 เท่าจริง ตามผลการวิจัย ค่าไฟฟ้าจะลดลงเหลือแค่เดือนละ 3,900 บาท / เดือน สามารถนำค่าปรับที่นักเรียนยืมหนังสือเลยกำหนดมาใช้ร่วมกับเงินค่าบำรุงรักษาอาคารห้องสมุดของนักเรียนทุกคนคนละ 1 บาท เพียงเท่านี้ก็สามารถจ่ายค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนได้

2. ควรศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ เช่น ศึกษาผลของการปรับปรุงสภาพแวดล้อมโดยรอบ

3. การปรับปรุงเปลี่ยนพฤติกรรม เพื่อให้นักเรียนเสมือนว่าอยู่ในสภาวะน่าสบาย โดยเริ่มจากที่พักสำหรับนักเรียนที่วิ่งเล่น และตู้น้ำเย็นให้นักเรียนดื่มน้ำเย็น ๆ เพื่อให้ร่างกายรู้สึกเย็นขึ้น ทำให้เมื่อเข้ามาภายในอาคารที่ปรับปรุงใหม่ นักเรียนจะรู้สึกเย็นสบายได้ โดยที่ปรับอากาศภายในอาคารเพียง 27 องศาเซลเซียส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ไทยผลิตภัณฑ์ยิปซั่ม จำกัด , บริษัท. ทีจี อาร์เมอร์วอลล์ สุดยอดระบบพนังประหยัดพลังงาน . กรุงเทพมหานคร : บริษัท ไทยยิปซั่ม จำกัด, ม.ป.ป.

วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์. รายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการวิจัย เรื่องโครงการทำฐานข้อมูลผนังอาคารในประเทศไทยสำหรับการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน. กรุงเทพมหานคร: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

สุนทร บุญญาธิการ. การใช้วัสดุและอุปกรณ์เพื่ออนุรักษ์พลังงาน. กรุงเทพมหานคร: สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2543.

สุนทร บุญญาธิการ. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน . กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

สุนทร บุญญาธิการ. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

สุนทร บุญญาธิการ , และ ธนิต จินดาวณิด. การวิเคราะห์สภาวะน่าสบายและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องของอาคารสถาปัตยกรรมไทย : รายงานการวิจัย . กรุงเทพมหานคร : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

ภาษาอังกฤษ

America Society of Heating.refrigerating and Air Conditioning Engineers. ASHRAE 2001 Handbook of Fundamental. I-P Edition. (n.r), 2001.

Givoni, Baruch. Passive and Low Energy Cooling of Building. New York: Van Nostrand Reinhold, 1994.

Olgyay. V. Design with Climate : Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism.Fourth Printing New Jersey : priton University Press, 1993

Stein, Benjamin and John S. Reynolds. Mechanical and Electrical Equipment for building . New York : John Wiley & Son, 1992.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ-สกุล นางสาว สุทิสา เรืองกันท์

วัน/เดือน/ปี เกิด 25 มีนาคม 2521

สถานที่เกิด โรงพยาบาลหัวเฉียว

การศึกษา 2540-2547 ปริญญาบัณฑิต คณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

2552-2554 กำลังศึกษาต่อปริญญามหาบัณฑิตคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประสบการณ์การทำงาน 2548-ปัจจุบัน พนักงานราชการโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม

ผลงานทางวิชาการ การประชุมวิชาการ สาระศาสตร์ครั้งที่ 16

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย