การพัฒนาผนังอาคารด้วยวัสดุธรรมชาติพื้นถิ่นเพื่อปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคาร
กรณีศึกษา อาคารเรียนไม่ปรับอากาศ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย

นายชูพงษ์ ทองคำสมุทร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544
ISBN 974-17-0554-9
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A DEVELOPMENT OF BUILDING THERMAL WALL FROM LOCAL NATURAL MATERIALS TO IMPROVE THERMAL COMFORT IN BUILDINGS, CASE STUDY: NON-AIR CONDITIONED STUDY ROOM NORTHEASTERN REGION, THAILAND

Mr. Choopong Thongkamsmut

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture in Architecture
Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Academic Year 2001

ISBN 974-17-0554-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาผนังอาคารด้วยวัสดุธรรมชาติพื้นถิ่นเพื่อสภาวะน่าสบายในอาคาร กรณีศึกษา อาคารเรียนไม่ปรับอากาศ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, ประเทศไทย
โดย	นายชูพงษ์ ทองคำสมุทร
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระ สัจกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.พงศ์พันธ์ อนันต์วรณิชย์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชูพงษ์ ทองคำสมุทร: การพัฒนาผนังวัสดุธรรมชาติพื้นถิ่นเพื่อปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคาร กรณีศึกษา อาคารเรียนไม่ปรับอากาศ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย. (A DEVELOPMENT OF BUILDING THERMAL WALL FROM LOCAL NATURAL MATERIALS TO IMPROVE THERMAL COMFORT IN BUILDINGS, CASE STUDY: NON-AIR CONDITIONED STUDY ROOM NORTHEASTERN REGION, THAILAND) อ. ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ, 124 หน้า. ISBN 974-17-0554-9

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งในโครงการวิจัยร่วม "การออกแบบโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทย" โดยมีวัตถุประสงค์ในการนำวัสดุธรรมชาติพื้นถิ่นมาใช้ในส่วนของผนังเพื่อปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคาร ซึ่งวัสดุที่นำมาศึกษาได้แก่ แกลบ, ฟางข้าว, ดินลูกรัง, ดินเหนียว และ ทราย โดยขั้นต้นจะเป็นการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุเรื่องพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ต่อมาเป็นการศึกษาเรื่องการประกอบกันของวัสดุพื้นฐาน และขั้นสุดท้ายเป็นการศึกษาเรื่องผนังประกอบโดยการนำไปประยุกต์ใช้ในอาคารจำลอง

จากการศึกษาพบว่าระบบผนังที่ดีนั้นต้องมีความสามารถที่จะป้องกัน และหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่จะเข้าสู่อาคารได้ดี โดยวัสดุที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนนั้นมักจะเป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำ และมีความเป็นฉนวนสูง ส่วนวัสดุที่มีคุณสมบัติในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนมักจะเป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นสูง ในการวิจัยส่วนที่เป็นวัสดุฉนวนนั้นใช้แกลบเชื่อมประสานด้วยกาวแป้งข้าวเหนียวและปูนขาวความหนาแน่น 3 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต เมื่อนำมาใช้ในเซลทดลองพบว่าผนังแกลบมีค่าอุณหภูมิภายในเซลทดลองมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 4.5 องศาเซลเซียส ส่วนวัสดุความหนาแน่นสูงนั้นจะใช้ผนังอิฐดินซีเมนต์ ความหนาแน่น 88 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต เมื่อนำมาใช้ในเซลทดลองพบว่าอุณหภูมิภายในเซลทดลองมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 3 องศาเซลเซียส และมีระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน 4 ชั่วโมงครึ่ง ในการประกอบกันของวัสดุทั้งสองส่วนเป็นระบบผนังใหม่นั้นจะเป็นการใช้วัสดุฉนวนจากแกลบอยู่ภายนอก วัสดุความหนาแน่นสูงจากอิฐดินซีเมนต์อยู่ภายใน เว้นช่องว่างอากาศตรงกลางเพื่อลดความรุนแรงของสภาพอากาศ เมื่อนำมาใช้ในเซลทดลองพบว่า อุณหภูมิในเซลทดลองมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 6.5 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน 6 ชั่วโมงครึ่ง

การวิจัยนี้นำไปประยุกต์ใช้กับการก่อสร้างในส่วนผนังอาคารจำลอง โดยอุณหภูมิผิวภายในอาคารที่วัดได้มีค่าคงที่อยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในอาคารจำลองมีค่าประมาณ 26 องศาเซลเซียส ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยประมาณ 6.5 องศาเซลเซียสและมีระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนประมาณ 8 ชั่วโมงซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันและหน่วงเหนี่ยวความร้อนอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี สามารถที่จะพัฒนาให้เข้าสู่สภาวะน่าสบายได้

ภาควิชา	สถาปัตยกรรมศาสตร์	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา	2544	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

437 41225 25 : MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORD: WALL/ NATURAL MATERIAL / ENERGY / THERMAL

CHOOPONG THONGKAMSAMUT: A DEVELOPMENT OF BUILDING THERMAL WALL FROM LOCAL NATURAL MATERIALS TO IMPROVE THERMAL COMFORT IN BUILDINGS, CASE STUDY: NON-AIR CONDITIONED STUDY ROOM NORTHEASTERN REGION, THAILAND. THESIS ADVISOR : ASSISTANCE PROFESSOR DR. VORASUN BURANAKARN, THESIS CO-ADVISOR: PROFESSOR DR.SOONTORN BOONYATIKARN, 124 PP. ISBN 974-17-0554-9.

This thesis is a part of integrated group research of "Northeastern Elementary School Design in Thailand" as a main theme. The objectives are improve thermal comfort through the use of local natural materials for the construction of a thermal wall. Materials that were studied include rice husks, hay, rough dirt, clay and sand. First, their basic properties in thermal performance were examine to see how well their thermal performance. Next, they were tested as composite wall with basic materials. Finally, they were study in a composite wall by applying with in simulation model.

From the study showed that a well wall system can protect heat easily and has an ability of time lag. The material has a heat protection property usualy has low density and high insulation. And the material that has a time lag property, mostly at high density. To study the wall as an low packed density insulation, the rice husk packed at 3 pounds/cubic foot along with sticky rice glue mixed with lime were used. When tested the rice husks wall in the test cell, the inside temperature is lower than the air temperature about 4.5 degree Celcius. For high packed density, soil cement blocks with a density of 88 pounds/cubic foot were used. And the temperature inside test cell is lower than the mean temperature approximately 3.5 degree Celcius with and ability of 4 hours time lag. By composed both wall into a new composite wall system using natural material from rice husks, packed on the outside and 2 inches air space in the middle. And the soil cement blocks were used inside the wall for time lag. The result showed that the test cell temperature is lower than mean air temperature approximately 6.5 degree Celcius and 6 hours for time lag.

This research is applied in simulation model wall, which then has a temperature of approximately 25 degrees Celcius, the room temperature is 26 degree Celcius, lower than mean air temperature apppoximately 6.5 degree Celcius with an ability of 8 hours time lag. This results have a good potential in heat protection and time lag, which can be developed to comfort zone.

Department Architecture Student's signature .....

Field of study Architecture Advisor's signature.....

Acadamic Year 2001 Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จลงมิได้หากขาดผู้ให้การสนับสนุนในด้านต่าง ๆ แก่ผู้ทำการวิจัย คือ

- คุณพ่อสามารถ คุณแม่ประคอง ทองคำสมุทร กับคำปรึกษา กำลังใจ ความช่วยเหลือและทุนทรัพย์
- ครู อาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธ์ประสาทวิชาแก่ข้าพเจ้าผู้ทำวิจัย
- ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.วรสัณฑ์ บูรณากาญจน์ และ ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ
- ที่ปรึกษาด้านเทคนิค อาจารย์ประพันธ์พงศ์ จงปติยัตติ์ ประจำภาควิชาเทคนิคสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- ผู้ทำวิจัยเรื่องการออกแบบโรงเรียนต้นแบบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดย อาจารย์นรากร พุฒโฆษ์ และคณะผู้ออกแบบโรงเรียนต้นแบบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
- นายปิยศักดิ์ น้องชายที่แสนดี กับพริ้นเตอร์ และการช่วยเหลือ
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ สำหรับทุนส่งเสริมการวิจัย
- บุคลากรคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- พี่แว่น รุ่งโรจน์ กับคำแนะนำ ข้อมูล และ Data ที่สามารถ Copy ได้(อย่างดียิ่ง)
- ครอบครัววุฒิสุวรรณ กับสถานที่ทดลอง การช่วยเหลือและอาหาร
- น้องฝ้าย ฉัตรแก้ว และครอบครัวอุปชิตกุลสำหรับกำลังใจ ความเข้มแข็ง เครื่องมือ และ แรงงาน
- พี่ต้น เกรียงพงศ์ พี่ป๋อง คณะผู้ช่วยทำการวิจัย และ นักศึกษาปริญญาตรีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นกับแรงงานที่ไม่คิดมูลค่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ฌ

สารบัญรูปภาพ.....ญ

สารบัญแผนภูมิ.....ฐ

การวิจัยร่วมโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.....ฒ

บทที่

1 บทนำ.....1

1.1 วัตถุประสงค์ในการวิจัย.....6

1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....6

1.3 สมมติฐานในการวิจัย.....6

1.4 นิยามตัวแปร.....7

1.5 ตัวแปรในการวิจัย.....8

1.6 ขอบเขตของการวิจัย.....8

2. การวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....9

2.1 การศึกษาทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้อง.....9

2.1.1 ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณ.....9

2.1.2 การศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุฉนวน.....13

2.2 การศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการพิจารณา.....14

2.2.1 การศึกษาเกี่ยวกับอิฐดินซีเมนต์.....14

2.2.2 การศึกษาอิฐดินซีเมนต์ผสมเหลว.....18

2.2.3 การศึกษาวัสดุดินเหนียวผสมวัสดุการเกษตรเหลือใช้.....30

2.2.4 การศึกษาวัสดุที่ใช้ทำแผ่นอัด.....36

2.2.5 แผ่นอัดวัสดุเส้นใยการเกษตร.....37

2.2.6 แผ่นฟางอัด.....39

2.2.7 การผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดจากวัสดุเส้นใยมันสำปะหลัง.....40

หน้า

2.2.8 แผ่นไม้ไผ่อัด……..……44
2.2.9 การผลิตฉนวนอาคารโดยใช้เส้นใยฟางข้าวสาลี……..……..46
2.3 การศึกษางานวิจัยอื่น ๆ ที่มีความเกี่ยวข้อง……..……48
2.3.1 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของอิฐดินซีเมนต์
เพื่อเปรียบเทียบกับอิฐมอญและอิฐมอญมาตรฐาน…….……48
2.3.2 การศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างค่าการต้าน
ทานความร้อนกับค่าความหนาแน่นของวัสดุต่าง ๆ……..……48
2.3.3 การวิจัยเรื่องค่าความหนาแน่นวัสดุธรรมชาติ
กับค่าความหนาแน่นที่เหมาะสม……51
2.3.4 งานวิจัยเรื่องการผสมผสานระหว่างวัสดุฉนวน
และมวลสาร……..52
3 ระเบียบวิธีวิจัย.. ……..55
3.1 การศึกษาทฤษฎีและการวิจัยที่มีความเกี่ยวข้อง……..…..55
3.2 ขั้นเตรียมการทดลอง……..55
3.2.1ขั้นเตรียมเครื่องมือที่จะใช้เก็บข้อมูล……...55
3.2.2ขั้นเตรียมชิ้นวัสดุเพื่อการทดลอง……57
3.3 การเก็บข้อมูล……60
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล……..……61
4 ผลการศึกษา……64
4.1 ส่วนที่ 1 การทดสอบผนังที่มีค่าความหนาแน่นสูง……..…64
4.2 ส่วนที่2 การทดสอบความเป็นฉนวนของวัสดุธรรมชาติพื้นถิ่น……..78
5 การประยุกต์และนำไปใช้……91
5.1 การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลอง……107
5.2 การคำนวณค่าการต้านทานความร้อนของผนังทดสอบ……..107
6 การสรุปผลและข้อเสนอแนะ……112
รายการอ้างอิง……118
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์……..……122

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะการใช้งานของวัสดุไม้ไผ่อัด
ที่ความหนาต่าง ๆ..... 44
ตารางที่ 2.2 แสดงการทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุ ไม้ไผ่อัด..... 45
ตารางที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลเชิงกลของอิฐดินซีเมนต์
อิฐมอญ และอิฐมอญมาตรฐาน..... 48
ตารางที่ 2.4 แสดงค่าความหนาแน่นที่ทำให้ค่าการนำความร้อน
รวมปรากฏของวัสดุธรรมชาติมีค่าต่ำที่สุด..... 51
ตารางที่ 4.1 แสดงค่ากราฟที่วัดได้จากการทดลองของผนัง
รูปแบบต่าง ๆ..... 73

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 แสดงแนวความคิดในการแก้ไขปัญหา
การใช้วัสดุอาคารในประเทศ..... 3
ภาพที่ 2.1 แสดงเครื่องอัดแบบ Cinva-Ram..... 15
ภาพที่ 2.2 แสดงเครื่องอัดแบบไฮโดรลิค..... 15
ภาพที่ 2.3 แสดงก้อนอิฐทดสอบ..... 18
ภาพที่ 2.4 แสดงอิฐดินซีเมนต์เพื่อการทดสอบ..... 19
ภาพที่ 2.5 รูปแบบก้อนอิฐต่าง ๆ..... 22
ภาพที่ 2.6 ก้อนอิฐแบบต่าง ๆ..... 23
ภาพที่ 2.7 อาคารก่อสร้างด้วยอิฐดินซีเมนต์..... 25
ภาพที่ 2.8 ตัวอย่างอาคารก่อสร้างด้วยอิฐดินซีเมนต์..... 26
ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างอาคารก่อสร้างด้วยอิฐดินซีเมนต์..... 27
ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างอาคารก่อสร้างด้วยอิฐดินซีเมนต์..... 27
ภาพที่ 2.11 แสดงอาคารดินเหนียวผสมวัสดุการเกษตรเหลือใช้..... 31
ภาพที่ 2.12 แสดงชิ้นไม้ที่จะนำมาอัดเป็นแผ่นไม้อัด..... 38
ภาพที่ 2.13 แสดงลักษณะไม้อัดแบบต่าง ๆ..... 38
ภาพที่ 2.14 แสดงลักษณะต้นมันสำปะหลัง..... 42
ภาพที่ 2.15 แสดงชิ้นส่วนของต้นมันสำปะหลังที่จะนำมาใช้ทำแผ่น..... 43
ภาพที่ 2.16 แสดงแผ่นอัดจากต้นมันสำปะหลังเสร็จสมบูรณ์..... 43
ภาพที่ 2.17 แสดงลักษณะการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุฉนวน..... 49
ภาพที่ 2.18 แสดงกราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความ
หนาแน่นของวัสดุกับสภาพการนำความร้อนปรากฏ..... 50
ภาพที่ 2.19 แสดงการทดสอบผนังประกอบ แบบต่าง ๆ..... 52
ภาพที่ 3.1 แสดงเครื่องวัดอุณหภูมิ Fluke Hydra logger..... 55
ภาพที่ 3.2 แสดงการต่อเชื่อมสายวัดเข้ากับตัวเครื่อง..... 55
ภาพที่ 3.3 แสดงอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับประมวลผลข้อมูล..... 55
ภาพที่ 3.4 แสดงกล่องทดลองที่จะนำมาใช้ในการทดสอบ..... 56
ภาพที่ 3.5 แสดงอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในการทดลอง..... 57
ภาพที่ 3.6 แสดงกระสอบบรรจุวัสดุธรรมชาติที่จะนำมาใช้ในการทดสอบ..... 58

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3.7 แสดงกล่องไม้อัดที่จะนำมาบรรจุวัสดุธรรมชาติ
ที่จะนำมาทำการทดสอบ..... 59
ภาพที่ 3.8 แสดงอาคารทดสอบ..... 60
ภาพที่ 4.1 แสดงพื้นที่ในการทดสอบบริเวณดาดฟ้าอาคารเรียน
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น..... 64
ภาพที่ 4.2 แสดงสภาพท้องฟ้าในวันที่ทำการเก็บข้อมูล
ที่มีลักษณะเป็น Clear Sky..... 64
ภาพที่ 4.3 แสดงการวัดอุณหภูมิในส่วนต่าง ๆของกล่องทดลอง
วัสดุพื้นถิ่นความหนาแน่นสูง..... 65
ภาพที่ 4.4 แสดงการวัดอุณหภูมิในส่วนต่าง ๆ ของกล่องทดลอง
วัสดุความหนาแน่นต่ำ..... 76
ภาพที่ 4.5 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์วัดผลในกล่องทดลอง..... 77
ภาพที่ 4.6 แสดงผนังทดสอบจากฟางข้าวเชื่อมด้วย
กาวแป้งข้าวเหนียวและปูนขาว..... 79
ภาพที่ 4.7 แสดงผนังทดสอบจากแกลบเชื่อมด้วย
กาวแป้งข้าวเหนียวและปูนขาว..... 80
ภาพที่ 5.1 แสดงลักษณะผนังประกอบในการนำไปใช้
ในอาคารทดสอบ..... 90
ภาพที่ 5.2 แสดงรูปตัดอาคารต้นแบบโรงเรียน
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ..... 91
ภาพที่ 5.3 แสดงผังพื้นชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 อาคารต้นแบบ
โรงเรียนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ..... 92
ภาพที่ 5.4 แสดงการก่อสร้างส่วนพื้นอาคาร..... 93
ภาพที่ 5.5แสดงการก่อสร้างผนังส่วนล่างอาคารทดสอบ..... 93
ภาพที่ 5.6 แสดงการก่อสร้างผนังชั้นล่างอาคาร..... 93
ภาพที่ 5.7 แสดงการก่อสร้างผนังอาคารด้านบน..... 94
ภาพที่ 5.8 แสดงการก่อสร้างผนังชั้นบนของอาคารทดสอบ..... 94

หน้า

ภาพที่ 5.9 แสดงการก่อสร้างผนังส่วนช่องว่างอากาศ
ความหนา 5 เซนติเมตร..... 94
ภาพที่ 5.10 แสดงการก่อสร้างผนังในส่วนที่จะบรรจุ
วัสดุฉนวนธรรมชาติ..... 95
ภาพที่ 5.11 แสดงการบรรจุวัสดุแกลบลงใน
ช่องว่างกว้าง 10 เซนติเมตร..... 95
ภาพที่ 5.12 แสดงการก่อสร้างผนังด้านนอก..... 95
ภาพที่ 5.13 แสดงสภาพผนังภายนอกอาคาร..... 96
ภาพที่ 5.14 แสดงการทาผิวผนังด้านนอกด้วยแลกเกอร์
เพื่อรักษาสภาพไม้อัด..... 96
ภาพที่ 5.15 แสดงการติดตั้ง Sensorเพื่อทำการวัดผล..... 96
ภาพที่ 5.16 แสดงการเชื่อมต่อ Sensor กับอุปกรณ์ประมวลผล..... 97
ภาพที่ 5.17 แสดงอาคารทดสอบที่พร้อมทำการวัดผล และอาคาร
ชั่วคราวเพื่อเก็บอุปกรณ์ ประมวลผลข้อมูล..... 97
ภาพที่ 5.18 แสดงค่าอุณหภูมิภายในผนังส่วนต่าง ๆ เพื่อการคำนวณ
ค่าการต้านทานความร้อนของผนังอาคารทดสอบ..... 106
ภาพที่ 6.1 แสดงรูปตัดอาคาร และผนังส่วนที่ต้อง
มีการป้องกันความชื้นจากดิน..... 112

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 4.1 แสดงอุณหภูมิต่าง ๆ ผนังอิฐดินซีเมนต์เปรียบเทียบ
กับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก..... 67
แผนภูมิที่ 4.2 แสดงอุณหภูมิต่าง ๆ ผนังดินเหนียวผสมวัสดุธรรมชาติ
เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก..... 68
แผนภูมิที่ 4.3 แสดงอุณหภูมิต่าง ๆ ผนังอิฐบล็อกเปรียบเทียบ
กับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก..... 69
แผนภูมิที่ 4.4 แสดงอุณหภูมิต่าง ๆ ผนังก่ออิฐฉาบปูนเปรียบเทียบ
กับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก..... 70
แผนภูมิที่ 4.5 แสดงอุณหภูมิผิวภายนอกวัสดุต่าง ๆ เปรียบเทียบ
กับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก..... 71
แผนภูมิที่ 4.6 แสดงอุณหภูมิกลางแผ่นวัสดุต่าง ๆ เปรียบเทียบ
กับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก..... 72
แผนภูมิที่ 4.7 แสดงอุณหภูมิผิวภายในวัสดุต่าง ๆ เปรียบเทียบ
กับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก..... 73
แผนภูมิที่ 4.8 แสดงอุณหภูมิในกล่องวัสดุต่าง ๆ เปรียบเทียบ
กับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก..... 74
แผนภูมิที่ 4.9 แสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆ ผนังฟางข้าว
ความหนาแน่น 3.2 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต เปรียบเทียบกับ
อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก..... 81
แผนภูมิที่ 4.10 แสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆ ผนังแกลบ
ความหนาแน่น 3 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต เปรียบเทียบกับ
อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก..... 82
แผนภูมิที่ 4.11 แสดงอุณหภูมิผิวภายนอกผนังต่าง ๆ เปรียบเทียบ
กับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก..... 83
แผนภูมิที่ 4.12 แสดงอุณหภูมิผิวภายในวัสดุต่าง ๆ เปรียบเทียบ
กับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก..... 84
แผนภูมิที่ 4.13 แสดงอุณหภูมิภายในกล่องทดลองผนังต่าง ๆ
เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก..... 85
แผนภูมิที่ 4.14 แสดงอุณหภูมิต่าง ๆ ผนังประกอบเปรียบเทียบ

หน้า

กับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก..... 88
แผนภูมิที่ 4.15 แสดงอุณหภูมิผิวภายในผนังประกอบ
และผนังก่ออิฐฉาบปูน เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ
และอุณหภูมิกระเปาะเปียก..... 89
แผนภูมิที่ 4.16 แสดงอุณหภูมิในกล่องทดลอง ผนังประกอบ
เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก..... 90
แผนภูมิที่ 5.1 แสดงอุณหภูมิในห้องเรียน เปรียบเทียบ
กับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก..... 100
แผนภูมิที่ 5.2 แสดงอุณหภูมิผิวภายใน อุณหภูมิภายในห้อง
เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ..... 101
แผนภูมิที่ 5.3 แสดงอุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิผิวภายในห้องชั้นบน
เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ..... 102
แผนภูมิที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผนังด้านทิศตะวันออก
อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก..... 103
แผนภูมิที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผนังด้านทิศตะวันตก
อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก..... 104
แผนภูมิที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิผิว
ภายนอกชั้นบนและชั้นล่างทิศเหนือ..... 105
แผนภูมิที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิผิว
ภายนอกชั้นบนและชั้นล่างทิศใต้..... 106

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิจัยร่วมโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยร่วมเพื่อสร้างเป็นโรงเรียนต้นแบบไม่ปรับอากาศสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งประกอบด้วย

เทคนิคการออกแบบส่วนของอาคารและการเลือกใช้วัสดุ โดยมีแนวคิดในการออกแบบและเลือกใช้วัสดุต่างๆของอาคารเพื่อการนำประโยน์จากธรรมชาติมาใช้ในอาคารอย่างสูงสุด ซึ่งแบ่งเป็น

- การพัฒนารูปแบบและระบบการไหลเวียนอากาศของหลังคาเพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคาร (อภิธัช พรหมสิริแสง, 2544)
- การพัฒนาผนังวัสดุธรรมชาติพื้นถิ่นเพื่อปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคาร กรณีศึกษา อาคารเรียนไม่ปรับอากาศ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย (ชูพงษ์ ทองคำสมุทร, 2544)
- การปรุงแต่งสภาวะน่าสบาย โดยอาศัยอิทธิพลจากผิวสัมผัสดิน (ไพบูลย์ วังรุ่งเรืองกิจ, 2544)

เทคนิคการออกแบบด้านแสงสว่างและการมองเห็น โดยมีแนวคิดในการออกแบบโดยแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงความสบายทางการมองเห็นเพื่อให้เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งเป็น

- การใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องแสงด้านข้างส่วนบนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแสงสว่างภายในห้องเรียนในชนบท (อวิรุทธ์ อุรุพงศา, 2544)
- การจัดวางแสงประดิษฐ์ให้สัมพันธ์กับผังห้องเรียนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (อานิก สกุลญานนท์วิทยา, 2544)
- แนวทางการปรับปรุงคุณภาพของแสงภายในห้องเรียนเพื่อความสบายตาและเป็นแนวทางการออกแบบห้องเรียนในชนบท (ทิพวัลย์ ตั้งพูนทรัพย์ศิริ, 2544)

เทคนิคการออกแบบเพื่อการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร โดยนำปัจจัยธรรมชาติมาใช้ในการปรับสภาพแวดล้อมเพื่อเพิ่มช่วงเวลาที่อยู่ในสภาวะสบายของที่ตั้งอาคารให้มากขึ้น ประกอบด้วย

- การปรับสภาพแวดล้อมเพื่อเอื้อประโยชน์ต่อห้องเรียนธรรมชาติในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง (มนต์ชัย อัชชพันธ์, 2544)
- การลดอุณหภูมิวัสดุปูพื้นภายนอกอาคารโดยวิธีการระเหย (เลิศลักษณ์ วุฒิสุวรรณ, 2544)

เทคนิคการประเมินอาคาร ประกอบด้วย

- การพัฒนาดัชนีสำหรับการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของกรอบอาคาร (สุธีวัน โล่ห์สุวรรณ, 2544)
- การเปรียบเทียบทางเลือกการสร้างสภาวะน่าสบายทางด้านความร้อนในห้องเรียนไม่ปรับอากาศ (รุจิยา มุสิกะลักษณ์,2544)
- ดัชนีพลังงานสะสมรวมของอาคารและวัสดุก่อสร้างในช่วงการก่อสร้างและรื้อถอน (พิมลมาศ วรรณคนาพล, 2544)
- แนวทางในการประเมินค่าเสียงในอาคารเรียนระดับประถมศึกษา (จันสอน สุลิวง, 2544)

การออกแบบโรงเรียนท้องถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยวิธีการธรรมชาติ (นรากร พุทธโฆษ์, 2544) เป็นการออกแบบโรงเรียน ที่นำเอาเทคนิคต่างๆ ในการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติ มาวิเคราะห์ ผสมผสาน เป็นแบบอาคารโรงเรียนที่มีความเหมาะสมต่อการเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

RELATED RESEARCH OF NON-AIR CONDITIONED ELEMENTARY SCHOOL DESIGN IN NORTHEASTERN THAILAND

This thesis is a part of group research, consists of:

Concepts of building and building materials are to utilize and optimize the natural assets by considered :

- THE DELELOPEMENT OF ROOF DESIGN AND AIR CIRCULATION SYSTEM TO REDUCE TEMPERATURE IN BUILDING (PROMSIRISANG,APITOUCH, 2001)
- A DEVELOPMENT OF BUILDING THERMAL WALL FROM LOCAL NATURAL MATERIALS , CASE STUDY : NON-AIR CONDITIONED STUDY ROOM NORTHEASTERN REGION , THAILAND (THONGKAMSAMUT, CHOOPONG, 2001)
- A BENEFIT OF THERMAL COMFORT FROM EARTH CONTACT SURFACE (WANGRUNGRUANGKIT, PAIBOON, 2001)

Concepts of lighting design and visual comfort are to integrated daylight and artificial light by considered:

- DAYLIGHT UTILIZATION FROM CLERESTORY IN RURAL CLASSROOM (URUPONGSA, AVIRUTH, 2001)
- THE PLANING OF ARTIFICIAL LIGHT REGARDING CLASSROOM PLAN FOR INCREASING ENERGY PERFORMANCE (SAKULYANONDVITTAYA, ARNIC. 2001)
- AN APPROACH TO IMPROVE VISUAL COMFORT IN CLASSROOM IN RURAL AREAS (TANGPOONSUPSIRI, TIPPAWAN, 2001)

Concept of modifying microclimate is to improve the comfort condition by natural assets considered:

- THE USE OF SITE TO MODIFY THERMAL COMFORT CONDITION FOR NATURE CLASSROOM IN LOWER NORTHEASTERN REGION (AUTCHAPUN, MONCHAI, 2001)
- EXTERIOR SURFACE TEMPERATURE REDUCTION THROUGH EVAPORATION PROCESS (VUTTISUWAN, LERTLUX, 2001)

Concept of evaluation school performance is considered:

- A METHOD TO DEVELOP AN ENVELOPE INDEX FOR ENERGY EFFICIENCY BUILDING. (LOHASUWAN,SUTEEWAN, 2001)
- COMPARATIVE SOLUTION TO ACHIEVE THERMAL COMFORT IN NON-AIR CONDITIONED CLASSROOM (MUSIKALUCK, ROUJIYA. 2001)
- THE EMERGY INDEX OF BUILDINGS AND BUILDING MATERIALS DURING CONSTRUCTION AND DEMOLITION (WANKANAPON, PIMONMART. 2001)
- AN APPROACH TO FORMULATE ACOUSTIC EVALUATION INDEX IN PRIMARY SCHOOL (SOULIVONG, CHANSONE, 2001)

PASSIVE DESIGN FOR SCHOOL IN NORTHEASTERN REGION (PUTTHACO, NARAKORN, 2001) is the design of school which integrated, analyzed and optimized all natural factors ,and techniques to create appropriate school for better learning environment.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

หากจะพิจารณาถึงสถาปัตยกรรมซึ่งแวดล้อมตัวเราอยู่ในขณะนี้ จะพบว่าสภาพเมืองหลวงและเมืองใหญ่ ๆในประเทศไทยปัจจุบันนั้นแออัดไปด้วยอาคารหลากหลายชนิด และหลายขนาด ตั้งแต่อาคารที่มีความสูงเพียงชั้นเดียวจนถึงอาคารที่มีความสูงหลายสิบชั้น สิ่งก่อสร้างเหล่านี้หากจะมองด้านที่ดีแล้วย่อมเป็นการแสดงถึงความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาการการก่อสร้าง และความเจริญทางด้านวัตถุ

แต่หากได้มีการศึกษาที่ลึกลงไปแล้วจะพบว่า อาคารหรือสิ่งก่อสร้างเหล่านี้ก่อให้เกิดปัญหาที่มีความสลับซับซ้อน และมีความลำบากในการที่จะแก้ไข โดยปัญหาที่มีความสำคัญที่เราจำเป็นที่จะต้องแก้ไขอย่างเร่งด่วนเนื่องจากเป็นปัญหาที่สามารถพบได้ในอาคารส่วนใหญ่ คือ ปัญหาการใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลืองในอาคาร ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้วัสดุที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนสูง มีการกักเก็บความร้อนไว้ในอาคารโดยมีการถ่ายเทความร้อนออกนอกอาคารในปริมาณน้อยและอีกตัวแปรที่สำคัญคือความชื้นในอาคารซึ่งจากการศึกษาพบว่าระดับความชื้นเฉลี่ยของประเทศไทย อยู่ในเกณฑ์ที่สูงมากส่งผลโดยตรงต่อการใช้วัสดุในการก่อสร้างอาคารเนื่องจากการเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้างอาคารต้องคำนึงถึงคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อน และการป้องกันความชื้นที่จะเข้ามาในอาคาร ตัวอย่างของวัสดุเหล่านี้ เช่น กระจก โลหะ และผนังก่ออิฐฉาบปูนที่ใช้กันอยู่อย่างแพร่หลาย เป็นต้น ซึ่งจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อพลังงานที่ใช้ในการปรับอากาศและสร้างสภาวะน่าสบายในอาคาร[1] และทำให้ค่าใช้จ่ายในการควบคุมอาคารนั้น ๆ สูงตามไปด้วย

ซึ่งปัญหานี้เองที่รัฐบาลได้ออกพระราชบัญญัติในการควบคุมการใช้พลังงานในอาคารให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน และเป็นการควบคุมการใช้พลังงานในประเทศโดยรวมอีกด้วย ส่วนปัญหาที่สองนั้นคือการก่อสร้างอาคารโดยนำวัสดุที่มีราคาค่อนข้างสูง หรือเป็นการสั่งนำเข้าวัสดุจากต่างประเทศมาใช้ในการก่อสร้างอาคารในประเทศ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อภาวะการขาดดุลทางการค้า และ ระบบเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศอีกด้วย จากปัญหาที่ได้กล่าวไปข้าง

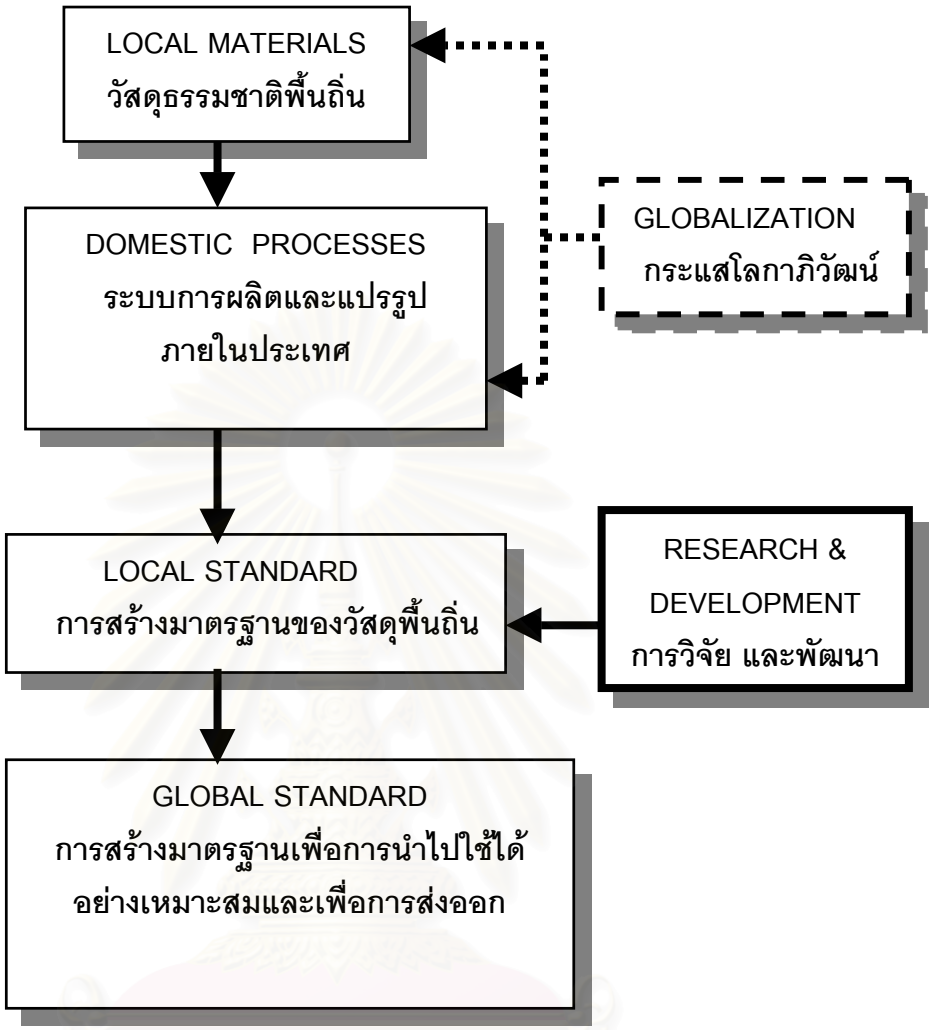
---

[1] จะอยู่ในช่วงประมาณอุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส ถึง 27 องศาเซลเซียสและช่วงความชื้นสัมพัทธ์ 20 - 75 เปอร์เซ็นต์ (สุนทร บุญญาธิการ, 2542)

ต้นถึงแม้ทางภาครัฐจะได้มีการออกกฎหมายพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร[2]มาแล้ว แต่ก็ยังไม่สามารถที่จะแก้ไขปัญหาเหล่านี้ได้อย่างสมบูรณ์ทำให้เกิดการค้นหาแนวทางที่มีความเหมาะสมในการที่จะแก้ไขปัญหาเหล่านั้นโดยที่การแก้ไขปัญหาแรกด้วยการนำเข้าวัสดุจากต่างประเทศที่มีค่าการต้านทานความร้อนสูง ถึงแม้ว่าจะเป็นการแก้ปัญหาในเรื่องของการใช้พลังงานในอาคาร แต่กลับสร้างปัญหาในเรื่องของการทำให้เราต้องนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศ กล่าวคือการแก้ไขปัญหาในลักษณะนี้ยังไม่สามารถที่จะเป็นการแก้ไขปัญหาได้โดยรวม จึงได้มีแนวคิดในเรื่องของการศึกษาวัสดุธรรมชาติที่มีอยู่ในประเทศหรือวัสดุพื้นถิ่นที่เป็นไปได้ในการที่จะลดการใช้พลังงานในอาคาร และมีความเป็นไปได้ในการที่จะจัดระบบการแปรรูปทางอุตสาหกรรมเพื่อให้สามารถที่จะใช้ได้อย่างแพร่หลายในประเทศ ซึ่งการแก้ไขปัญหาในลักษณะนี้จะมีความยั่งยืนมากกว่าการแก้ไขปัญหาในตัวอย่างแรก คือ นอกจากจะเป็นการแก้ไขปัญหาในเรื่องของการนำเข้าวัสดุจากต่างประเทศ การพัฒนาคุณภาพวัสดุเพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร เป็นการสนับสนุนนโยบายของรัฐบาลในการสร้างงานภายในประเทศ แล้ว ยังเป็นการที่ใช้วัสดุธรรมชาติที่มีอยู่อย่างเหลือเฟือ มาใช้ประโยชน์ได้อีกทางหนึ่งด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[2] พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร พ.ศ. 2535



ภาพที่ 1.1 แสดงแนวความคิดในการแก้ไขปัญหาการใช้วัสดุอาคารในประเทศ

ในการที่จะเลือกใช้วัสดุที่จะมาทำผนังอาคารหรือเปลือกอาคารนั้น ต้องเลือกด้วยเหตุผลที่ว่าเราต้องการที่จะให้ผนังนั้น ๆ ทำหน้าที่อะไรให้กับอาคาร (สุนทร บุญญาธิการ , 2537 :127) ปัจจัยที่สำคัญได้แก่

- กันความร้อน
- กันความชื้น
- กันเสียง
- กันไฟ
- ประหยัดพลังงาน
- คงทนต่อแรงกระทบ

จากคุณสมบัติดังกล่าวสามารถที่จะใช้เป็นบรรทัดฐานในการที่จะเลือกใช้วัสดุเพื่อมาใช้เป็นวัสดุในส่วนของผนังอาคารเนื่องจากคุณสมบัติอย่างหนึ่งของผนังคือการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร และสามารถใช้เป็นส่วนประกอบอย่างหนึ่งของผนังที่มีประสิทธิภาพที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น วัสดุที่เราสามารถนำมาใช้ผลิตเป็นส่วนประกอบของผนังนี้ เมื่อศึกษาจากปริมาณวัตถุดิบธรรมชาติที่มีอยู่ในท้องถิ่น (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) จะพบว่ามีความเป็นไปได้ในการที่จะนำวัตถุดิบดังต่อไปนี้มาใช้ได้คือ

1. ไม้อัดจากเศษไม้
2. ฟางข้าว
3. แกลบ
4. ดินธรรมชาติ เช่น ดินเหนียว ดินลูกรัง หรือ ดินทราย เป็นต้น

ไม้อัดจากเศษไม้ วัสดุดังกล่าวนี้เป็นวัสดุที่สามารถผลิตได้ในท้องถิ่นที่ทำการศึกษาและมีประโยชน์มากเนื่องจากสามารถใช้ได้ในหลายหลากจุดประสงค์เช่นทำเฟอร์นิเจอร์ ทำผนังที่ไม่รับน้ำหนักและยังเป็นการใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุที่เหลือจากกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่าง ๆ วัสดุที่นิยมนำมาทำเป็นไม้อัดวัสดุเหลือใช้นี้ เช่น ไม้ไผ่ เศษไม้อัด เศษไม้จากการไสไม้

ฟางข้าว จากการที่ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีการปลูกข้าวเพื่อใช้สำหรับบริโภคในประเทศและเพื่อการส่งออกโดยแต่ละปีมีการผลิตเฉลี่ยถึง 341 ล้านตัน[3] ฟางข้าวที่เหลือจึงมีความน่าจะเป็นในการที่จะนำมาจัดทำเป็นส่วนของผนังอาคารเนื่องจากโดยทางกายภาพแล้วมีคุณสมบัติเป็นวัสดุเส้นใย ที่มีค่าความเป็นฉนวนและช่วยในการยึดเกาะโดยรวมเพียงพอที่จะนำมาประกอบเป็นวัสดุผนังเพื่อป้องกันความร้อนที่จะเข้าสู่อาคารได้

แกลบ เช่นเดียวกันกับฟางข้าวเนื่องจากการที่ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีการปลูกข้าวในปริมาณที่ค่อนข้างมาก ในส่วนของปริมาณของแกลบแต่ละปีหากไม่มีการจัดการกับวัสดุดังกล่าวแล้ว ต้องอาศัยพื้นที่ในการจัดเก็บค่อนข้างมาก และเมื่อพิจารณาถึงลักษณะของวัสดุที่มีลักษณะเป็นโพรงอากาศ (Granule Material) ที่มีค่าการต้านทานความร้อนเนื่องจากความต้านทานของอากาศภายในวัสดุ ทั้งสองปัจจัยนี้จึงเป็นเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุนี้มาทำการศึกษา

[3] สำนักงานสถิติแห่งชาติ

ดินธรรมชาติ จากการศึกษาในเรื่องการใช้อิฐดินซีเมนต์เพื่อเป็นวัสดุก่อสร้างในท้องถิ่น โดยใช้ดินลูกรัง พบว่ามีความเป็นไปได้ในการที่พัฒนาวัสดุดังกล่าว เพื่อให้มีความเหมาะสมในการใช้งานมากยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของความต้านทานความร้อน หรือค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อน เนื่องจากวัสดุนี้สามารถที่จะหาได้ในแทบทุก ๆพื้นที่และ ใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำมาก [4] จึงมีความน่าจะเป็นในการที่จะพัฒนาวัสดุนี้เพื่อมาใช้ในส่วนของผนังอาคารได้อย่างเหมาะสมต่อไป และความหมายของดินธรรมชาติในการศึกษานี้ยังหมายความรวมไปถึงดินตามธรรมชาติชนิดอื่นๆด้วย เช่น ดินเหนียว หรือ ดินทราย เป็นต้น

จากวัสดุทั้งหมดที่ได้กล่าวมาข้างต้นจะสามารถนำมาผสมผสานขึ้นเป็นผนังรูปแบบต่างๆกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. **ผนังที่เป็นผนังเบา** (Light Weight Wall) และมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน หรือ ค่า U - Value ต่ำ(จากการคำนวณเบื้องต้นจะอยู่ในช่วงประมาณ 0.09-0.16 ที่ความหนา 12.5 เซนติเมตร

   1.1 **ผนังไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง(MDF)** ความหนา 0.4 เซนติเมตร

   1.2 **ผนังฟางข้าวประกบด้วยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง** จากการศึกษาความเป็นไปได้เรื่องของโครงการทำฉนวนด้วยเส้นใยฟางข้าวและคุณสมบัติของวัสดุที่เป็นเส้นใยธรรมชาติ (Fiber Material)

   1.3 **ผนังแกลบประกบด้วยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง** จากคุณสมบัติความเป็นฉนวนของวัสดุที่เป็น Granule Material

2. **ผนังความหนาแน่นสูง** คือ ผนังที่มีค่าความหนาแน่นที่มากกว่า 60 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต การทดลองในส่วนของวัสดุธรรมชาติพื้นถิ่นที่เป็นวัสดุที่มีค่าความหนาแน่นสูงคือมีค่าความหนาแน่นตั้งแต่ 60 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุตขึ้นไป ซึ่งจากการที่ได้ทำการศึกษาวัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่นคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือในประเทศไทยนั้นจะเห็นได้ว่ามีวัสดุผนังจากธรรมชาติที่มีความน่าสนใจในการที่จะทำการศึกษาคือ

[4] ก้อนละประมาณ 2.50-4.00 บาท (ข้อมูลจากกรมโยธาธิการ)

2.1 **ผนังอิฐดินซีเมนต์** ตามข้อกำหนดส่วนผสมของกรมโยธาธิการ และกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.2 **ผนังดินเหนียวผสมวัสดุธรรมชาติ** จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญท้องถิ่นจังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดนครราชสีมา

1. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรของผนังจากวัสดุธรรมชาติพื้นถิ่นที่มีผลต่อการปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคาร โดยที่วัสดุหลักที่จะนำมาศึกษาได้แก่
   - ดินธรรมชาติ คือ ดินลูกรัง ดินเหนียว และดินทราย
   - แกลบ
   - ฟางข้าว
   - ชานอ้อย
   - ไม้อัดวัสดุเหลือใช้
2. ศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผนังวัสดุธรรมชาติพื้นถิ่น
3. เพื่อนำตัวแปรที่มีอิทธิพลมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผนังอาคารจากวัสดุธรรมชาติพื้นถิ่นเพื่อปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคาร

2. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำวัสดุดังกล่าวนี้ไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในด้านการเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้างอาคารใหม่ และ การปรับปรุงอาคารเก่า
2. เพื่อเป็นการส่งเสริมและสร้างค่านิยมในการใช้วัตถุดิบ และกระบวนการแปรรูปวัสดุที่มาจากวัตถุดิบในท้องถิ่นภายในประเทศ
3. เพื่อเป็นการสร้างมาตรฐานวัสดุที่ใช้ในประเทศ และเป็นแนวทางในการพัฒนาวัสดุนี้ให้มีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้นต่อไป
4. เป็นการใช้ทรัพยากรได้อย่างคุ้มค่า โดยการลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำที่สุด

3. สมมติฐานการวิจัย

ผนังที่ผลิตจากวัสดุธรรมชาติพื้นถิ่น มีความเหมาะสมในการที่จะนำมาใช้เป็นส่วนประกอบอาคารเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพในทุกด้านรวมกัน คือ คุณสมบัติในการป้องกันความร้อน คุณสมบัติการกักเก็บความร้อน และการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ต่อหน่วยราคา

4. นิยามตัวแปร

4.1วัสดุธรรมชาติพื้นถิ่น คือวัสดุที่มีอยู่ในปริมาณค่อนข้างมากในท้องถิ่น (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) ได้แก่

1. ไม้อัดวัสดุเหลือใช้
2. ฟางข้าว
3. แกลบ
4. ดินธรรมชาติ ได้แก่ ดินเหนียว ดินลูกรัง และ ดินทราย

4.2 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการคำนวณเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่าการวัดจริง

ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน คือลักษณะของคุณสมบัติเฉพาะตัวในเรื่องของการการนำ ความร้อนและความเป็นฉนวนของวัสดุ

ผนังก่ออิฐฉาบปูนทั่วไป ในที่นี้ คือผนังก่ออิฐที่มีค่าการต้านทานความร้อน 0.20 ฉาบปูนเรียบทั้งสองด้านมีค่าการต้านทานความร้อน 0.20 คือผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น และผนังก่ออิฐฉาบปูนเต็มแผ่น(สุนทร บุญญาธิการ, 2540: 104)

ค่าการถ่ายเทความร้อน คืออัตราเฉพาะของความร้อนที่จะถ่ายเทผ่านวัสดุแต่ละชนิด หรือวัสดุที่มีเนื้อเดียว ทึบตัน เป็นปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านวัสดุขนาด 1 ตารางฟุต ที่มีความหนา 1 นิ้ว เมื่ออุณหภูมิลดลง 1 องศาฟาเรนไฮต์

ค่าการต้านทานความร้อน หรือค่าความเป็นฉนวน คือส่วนกลับของค่าการถ่ายเทความร้อน คือจะเป็นค่าที่ถูกวัดในจำนวนชั่วโมงที่ต้องการสำหรับความร้อน 1 BTU ถ่ายเทผ่านวัสดุความหนาหนึ่งเมื่อมีความต่างอุณหภูมิ 1 องศาฟาเรนไฮต์

การหน่วงเหนี่ยวความร้อน คือระยะเวลาที่ความร้อนเคลื่อนตัวจากด้านที่ร้อนกว่าไปยังด้านที่เย็นกว่าของผนังหรือหลังคาอาคาร ซึ่งกระบวนการในการเคลื่อนที่ของความร้อนดังกล่าวอาจเกิดขึ้นล่าช้าออกไปเนื่องจากอิทธิพลของมวลสาร และความจุความร้อนของผนัง (สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 219)

ความจุความร้อน คือความสามารถในการกักเก็บความร้อนของมวลสาร

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน คือปริมาณการถ่ายเทความร้อนโดยการนำหรือการพาต่อหนึ่งองศาของความแตกต่างระหว่างด้านที่เย็นกว่าไปยังด้านที่ร้อนกว่า (สุนทร บุญญาธิการ, 2542:222)

5.ตัวแปรในการวิจัย

ตัวแปรต้น ได้แก่ ชนิด ความหนาแน่น และส่วนผสมของวัสดุ

ตัวแปรตาม ได้แก่ อุณหภูมิผิวภายนอก , อุณหภูมิผิวภายใน, ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน, ความเป็นฉนวนและอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง

ตัวแปรควบคุม ได้แก่ ขนาดของวัสดุ เครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดผลการทดลอง กล่องทดลอง สถานที่ในการทดลอง และ สภาพอากาศที่ต้องเป็นไปตามข้อกำหนด

6. ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยนี้มุ่งทำการศึกษาระบบผนังที่มาจากวัสดุเพียงอย่างเดียว และ วัสดุที่เป็นการประกอบ หรือผสมกันขึ้น โดยวัสดุที่เลือกมานั้นเป็นวัสดุธรรมชาติพื้นถิ่นของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
2. การทดสอบการป้องกันความร้อนของผนัง จะมุ่งเน้นลักษณะการทดสอบเพื่อการนำไปใช้ในอาคารไม่ปรับอากาศ คือ เป็นอาคารที่ใช้ระบบธรรมชาติเป็นสำคัญ
3. การวัดผลจะทำการทดลองในเขตจังหวัด ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ดังนั้นผลการวิจัยนี้จึงมีขอบเขตการนำไปใช้อยู่ในเขตพื้นที่ดังกล่าว
4. การศึกษาจะมุ่งเน้นไปที่วัสดุที่มีพลังงานสะสมรวม (Embodied Energy) ที่ต่ำที่สุด เนื่องจากวัตถุประสงค์คือความต้องการที่จะนำวัสดุไปใช้ในการก่อสร้างสถาปัตยกรรมที่มีความยั่งยืน และใช้พลังงานสะสมรวมทั้งหมดที่มีค่าต่ำที่สุด
5. การวัดผลและการวิเคราะห์จะมุ่งเน้นทางด้านการเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละวัสดุ โดยข้อมูลที่ได้นั้นอาจจะไม่สามารถนำไปอ้างอิงในกรณีที่มีความแตกต่างกันออกไปได้
6. การศึกษาวัสดุที่มีอยู่นั้นมุ่งเน้นวัสดุที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพทางกายภาพน้อยที่สุด และไม่เน้นการใช้สารเคมีในการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติที่มีกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์อันซับซ้อน เพื่อที่จะให้เกิดประโยชน์ในการนำไปใช้โดยประชาชนได้โดยง่าย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

การวิจัย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้สามารถที่จะแยกออกได้เป็น 2 ส่วนคือการศึกษาทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณคุณสมบัติทางด้านต่าง ๆ ของผนังที่พิจารณา ในส่วนที่สองเป็นการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุที่ได้กล่าวไว้ในบทที่แล้วโดยในส่วนที่สองนี้จะสามารถพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการที่จะพัฒนาวัสดุนั้นให้มีประสิทธิภาพหรือมีคุณสมบัติตามที่เราต้องการได้ ดังนี้

1. การศึกษาทฤษฎีต่าง ๆที่เกี่ยวข้อง

1.1 ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณ

จากการศึกษาเรื่องของการใช้ผนังอาคารในอาคารปรับอากาศ (สุนทร บุญญาธิการ, 2542:109) พบว่าวัสดุที่มีความเหมาะสมในการที่จะใช้นำมาเป็นผนังของบริเวณปรับอากาศที่ต้องมีการปิด-เปิด เครื่องปรับอากาศอยู่บ่อย ๆ เป็นระยะเวลาสั้น ๆ ต้องมีลักษณะเป็นผนังที่มีมวลสารน้อย มีการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน และวัสดุมีค่าการสะสมความร้อนน้อย เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการศึกษานี้ กับ คุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุนี้ พบว่ามีความเป็นไปได้ในการที่จะพัฒนาการศึกษาวัสดุนี้ในการนำไปใช้ในลักษณะดังกล่าว เพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานในการปรับอากาศดังที่ได้กล่าวไปในขั้นของวัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในส่วนของการคำนวณค่าที่ได้จากการวิจัยนี้ จะสามารถใช้สูตรในการคำนวณ (ASHRAE, 1989: 254) พอสรุปได้ คือ

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

$$Q = U \times A \times CLTD$$

โดยที่

Q = ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเมเข้าสู่อาคาร (Btu/h)

U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ (Btu/h.sqft)

A = พื้นที่ ที่ความร้อนถ่ายเทผ่านวัสดุของผนัง (sqft)

ΔT = ค่าความแตกต่างระหว่างภายนอกกับภายใน (องศาฟาเรนไฮต์)

CLTD = ค่าความแตกต่างภาระทำความเย็นเทียบเท่า (Cooling Load Temperature Difference (องศาฟาเรนไฮต์))

ซึ่งความแตกต่างในการที่จะเลือกใช้สูตรแต่ละสูตรนั้น จะขึ้นอยู่กับ

1. ค่า ΔT จะใช้ในกรณีที่ไม่มีอิทธิพลจากแสงอาทิตย์เข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งจะทำให้มีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกมีค่าคงที่ (Steady State Condition)
2. ค่า CLTD จะใช้ในกรณีที่มีแสงแดดเข้ามาเกี่ยวข้อง แสงอาทิตย์เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพล ต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ผนังอาคารมากที่สุด การปรับเปลี่ยนค่า CLTD เป็นการปรับให้เข้ากับอิทธิพลภายนอก เพราะในความเป็นจริงแล้วความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ ภายนอกและภายในนั้นมีความไม่คงที่ แต่จะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลา

นอกจากการศึกษาในเรื่องของการถ่ายเทความร้อนแล้ว อีกตัวแปรที่มีอิทธิพลที่สำคัญอีกคือ อิทธิพลของมวลสาร ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ด้วย โดยคุณสมบัติที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนรวมมีดังนี้

อัตราการถ่ายเทความร้อนรวมการถ่ายเท (Thermal Conductivity :K)

หมายถึงอัตราส่วนของพลังงานความร้อนในเวลา 1 ชั่วโมง ที่ถ่ายเทผ่านวัสดุที่มีความหนามาตรฐานในพื้นที่ 1 ตารางฟุต เมื่ออุณหภูมิลดลง 1 องศาฟาเรนไฮต์

อัตราการถ่ายเทความร้อนรวม (Thermal Conductant :C)

หมายถึงอัตราส่วนของพลังงานความร้อนในเวลา 1 ชั่วโมงที่ถ่ายเทผ่านวัสดุที่มีความหนามาตรฐานในพื้นที่ 1 ตารางฟุต เมื่ออุณหภูมิลดลง 1 องศาฟาเรนไฮต์ สามารถที่จะแสดงเป็นสมการได้ดังต่อไปนี้

$$C = K / dX$$

เมื่อ X คือความหนาของวัสดุ (ม.)

C คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนรวม

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 ยิ่งมีค่ามากเท่าไหร่ก็ยิ่งดีเท่านั้น

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Coefficient of Heat Trasmission / U-Value)

เป็นค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ โดยปกติการคำนวณการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร หรือออกจากตัวอาคารอันเนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิ มักจะใช้ ค่า U - Value เป็นหลัก โดยที่

$$U = \sum R$$

$\sum R$ คือ ผลของค่า R -Value ของเปลือกหุ้มอาคาร

ความจุความร้อน (Thermal Heat Capacity)

วัสดุที่มีความจุความร้อนมากจะดูด และกักเก็บความร้อนไว้ได้มาก ทำให้ความร้อนไหลผ่านในอัตราที่ช้าลง จากผลการวิจัยพบว่าวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนต่างกัน แต่มีความเข้มของสี และลักษณะของพื้นผิวเหมือนกัน วัสดุที่มีมวลสารมากกว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ผิวนอกช้ากว่า และค่าแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดจะมีค่าน้อยกว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อย ความร้อนที่สะสมในวัสดุที่มีมวลสารน้อย จะมีไม่มากเท่ากับวัสดุที่มีมวลสารมาก ดังนั้น เมื่อไม่มีอิทธิพลจากดวงอาทิตย์แล้ว ความร้อนที่สะสมอยู่ภายในวัสดุนั้นจะเริ่มคายความร้อนออกสู่ภายนอก วัสดุที่มีมวลสารมากจะมีอุณหภูมิที่ผิวสูงที่สุด (วัน เอก กิจสมใจ, 2539 :26)

ค่าการถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศโดยตรงโดยการพาความร้อน (Surface Air Conductant)

การถ่ายเทความร้อนโดยวิธีนี้ จะขึ้นอยู่กับความเร็วลมที่พัดผ่าน และลักษณะของพื้นผิว อิทธิพลของในส่วนนี้จะมีค่าน้อยมากในกรณีที่วัสดุนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ อิทธิพลนี้จะมีค่ามากขึ้น ในกรณีที่วัสดุนั้น ๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูงขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าการดูดกลืนและกระจายพลังงานความร้อนของผิววัสดุ(Surface Absorbtion and Surface Emission)

โดยปกติแล้วหากวัสดุมีสีธรรมดา หรือสีของวัสดุตามธรรมชาติ ค่า Surface Emission จะค่อนข้างสูง ประมาณ 0.8-0.9 นอกจากวัสดุนั้นจะมีสีชนิดพิเศษ (Selective Cooling) อาจมีค่าการดูดกลืนความร้อนต่ำ แต่ก็มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนสูง จะทำให้ผิวของของวัสดุเย็นกว่าปกติ สำหรับค่าการดูดกลืนความร้อนส่วนใหญ่มักจะแปรตามความเข้มของสีผิว คือ ถ้ามีสีเข้มมากก็จะมีค่าการดูดกลืนความร้อนสูง

แสงแดดเป็นปัจจัยทางธรรมชาติที่มีอิทธิพลมากในการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร ผนังหรือหลังคาเมื่อถูกแสงแดดก็จะร้อนขึ้น การที่ผิวของผนังหรือหลังคาร้อนขึ้นนี้เองทำให้การคำนวณการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารต้องเปลี่ยนไป และจะใช้ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในไม่ได้อีกต่อไป ค่าความแตกต่างระหว่างภายนอกและภายในจะต่ำกว่าความเป็นจริงมากโดยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ และเพื่อจะศึกษาอิทธิพลของแสงแดดและองค์ประกอบอื่น ๆ ที่ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารจึงมีผู้ประยุกต์อิทธิพลของตัวแปรเหล่านั้นขึ้น โดยสร้างเป็นสมการ (ASHRAE ,1989) Sol - Air Temperature

$$\text{sol Air Temperature (Te)} = Tout = \frac{I * \alpha}{h_o} - \frac{\Sigma \Delta R}{h_o}$$

โดยที่ Te คือ Sol Air Temperature

T out คือ อุณหภูมิอากาศภายนอก

I คือ รังสีความร้อนที่ตกกระทบทั้งหมด (Total Solar Radiation Incedent on The Surface) หน่วย BTU/HR. SF

α คือ สัมประสิทธิ์การดูดกลืนความร้อนของผิววัสดุ

ho คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผิวซึ่งรวมทั้ง Long Wave Radiation และ Convection (BTU / HR. SF) คืออัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของผิววัสดุกับสภาพแวดล้อมและท้องฟ้า (BTU / HR. SF.)

คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากผิว (Hermispherical Emittance of The Surface)

Sol Air Temperature คือ อุณหภูมิประมาณของอากาศที่ติดอยู่กับผิววัสดุตอนที่ไม่มีอิทธิพลจากแสงแดดและการแลกเปลี่ยนรังสี ที่จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารในอัตราที่เทียบเท่ากับสภาวะที่มีอิทธิพลจริงจากรังสีดวงอาทิตย์ จากการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้า และ สภาพแวดล้อม และ จากการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศภายนอก (ASHRAE, 1989)

การศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานความร้อน กับระยะห่างของช่องอากาศในแต่ละทิศทางการถ่ายเทความร้อน (ASHRAE,1981)โดยที่ มีค่า Emissivity = 0.05 Mean Temperature = 90 F , Temperature Difference = 10 พบว่า หากเป็นทิศทางการแผ่รังสีในแนวนอน ผ่านระนาบตั้ง ช่องว่างอากาศนั้น ๆ จะมีค่าความต้านทานความร้อนสูงที่สุดที่ความหนา 1.5 นิ้ว ซึ่งจากค่านี้เองที่เราใช้เป็นตัวแปรควบคุมที่มีประสิทธิภาพคงที่ และสูงสุดในการทดลองนี้

1.2 การศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุฉนวน

เมื่อกล่าวถึงคุณสมบัติของความเป็นฉนวนของวัสดุหรือค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุ จะเห็นได้ว่าน่าจะมีลักษณะทางกายภาพแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ดังต่อไปนี้(กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2543)

1. วัสดุประเภทใยแร่ เช่นใยหิน ขี้โลหะที่ได้จากการถลุงแร่โลหะ หรือใยแก้ว
2. วัสดุประเภทเส้นใยธรรมชาติ เช่นไม้ ชานอ้อย ฝ้าย ขนสัตว์ เส้นใยเซลลูโลส และใยสังเคราะห์เป็นต้น
3. วัสดุประเภทเซลล์ธรรมชาติ เช่น ไม้ก๊อก โฟมยาง โพลีสไตรีน โพลียูเรเทน
4. วัสดุประเภทเซลล์แร่ เช่น แคลเซียมซิลิเกต เพอร์ไลท์ เวอร์มิคูไลท์ โฟมคอนกรีต

การแบ่งอีกประเภทหนึ่งเป็นการจำแนกฉนวนกันความร้อนออกตามลักษณะคุณสมบัติของส่วนประกอบหลักที่ใช้เป็นวัสดุสำหรับทำฉนวนกันความร้อน โดยสามารถที่จะแบ่งออกได้ 5 ประเภทได้แก่

1. ประเภทที่เป็นเส้นใย ประกอบด้วยเส้นใยที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็ก ๆ จำนวนมาก
2. ประเภทที่เป็นช่องหรือเซลล์ โดยแต่ละช่องผนึกแยกออกจากกัน

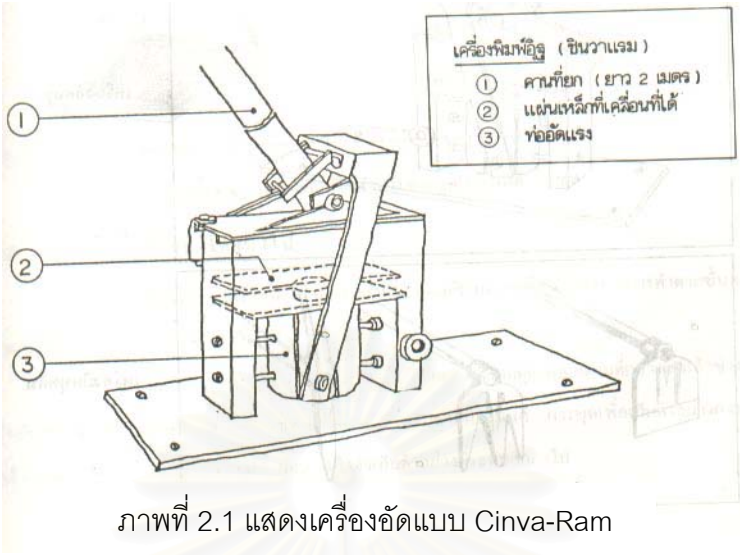
3. วัสดุที่เป็นช่องหรือโพรง ซึ่งอากาศสามารถถ่ายเทผ่านช่องเหล่านั้นได้
4. วัสดุที่เป็นเกล็ดหรือแผ่นเล็ก ๆ
5. ประเภทที่เป็นแผ่นบาง

จากข้อมูลข้างต้น จะเห็นว่าการศึกษาในหัวข้อนี้มีความเป็นไปได้ในการที่จะนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีอยู่อย่างมากมายมาทำเป็นผนังสำเร็จรูป โดยที่วัสดุเหล่านั้นเมื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพแล้วพบว่าสามารถจัดอยู่ในส่วนของวัสดุที่มีความเป็นฉนวน หรือมีค่าการต้านทานความร้อนได้ดี ดังนั้นจึงเป็นการศึกษาที่ได้ประโยชน์ทั้งในการใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและยังได้ผนังที่มีแนวโน้มว่าจะมีค่าการต้านทานความร้อนได้ในระดับที่น่าพอใจ

2. การศึกษาคุณสมบัติของวัสดุที่จะใช้ในการพิจารณา

2.1 การศึกษาเกี่ยวกับอิฐดินซีเมนต์

อิฐดินซีเมนต์เป็นอิฐที่ได้จากการนำดินลูกรัง ซึ่งเป็นดินปนทรายชนิดหนึ่งและมีอยู่ทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มาผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำให้เป็นเนื้อเดียวกันตามอัตราส่วนที่กำหนดและภายใต้ความชื้นที่เหมาะสม จากนั้นทำการกดอัดส่วนผสมดังกล่าวด้วยเครื่องอัดดินซีเมนต์ในรูปแบบของบล็อคประสาน (Interlocking Block) อิฐดินซีเมนต์นี้เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการก่อสร้างอาคารสำนักงาน บ้านพักอาศัย ตลอดจนถังเก็บน้ำ เนื่องจากมีความสวยงามต้านทานต่อไฟไหม้ได้ดี ราคาค่อนข้างถูก ก่อสร้างง่าย และเหมาะสมกับสภาพเศรษฐกิจของชาวชนบท โดยที่มูลนิธิจักราชพัฒนา อำเภอจักราช จังหวัดนครราชสีมา ได้ร่วมมือกับฝ่ายวิจัยวัสดุอุตสาหกรรมสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตให้กับประชาชนทั่วไป เพื่อส่งเสริมให้ชาวบ้านได้มีงานทำ มีรายได้ แต่เนื่องจากข้อมูลคุณสมบัติเชิงกลเบื้องต้นของอิฐดินซีเม้นต์ดังกล่าวยังไม่ได้มีการตรวจสอบและเปรียบเทียบในเชิงวิศวกรรมกับวัสดุอื่นๆ ที่ใกล้เคียงกันคือ อิฐมอญหรืออิฐดินเผาที่ทำด้วยมือ และอิฐมอญมาตรฐานหรืออิฐดินเผาที่ทำด้วยเครื่อง ตลอดจนลักษณะทางกายภาพของอิฐดินซีเมนต์แต่ละก้อนมีลักษณะที่ค่อนข้างแตกต่างกันมาก จึงได้รับความนิยมในการในไปใช้งานที่ค่อนข้างช้า ดังนั้นจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ ทำการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลเบื้องต้นของอิฐดินซีเมนต์และเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกลของอิฐดินซีเมนต์ที่ได้กับคุณสมบัติเชิงกลเฉลี่ยของอิฐมอญจำนวน 8 โรงงาน และอิฐมอญมาตรฐานจำนวน 5 โรงงาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการปรับปรุงคุณภาพของอิฐดินซีเมนต์นี้ต่อไป



ภาพที่ 2.1 แสดงเครื่องอัดแบบ Cinva-Ram

ที่มา: วารสารเผยแพร่ การทำอิฐดินซีเมนต์ โดย กระทรวงวิทยาศาสตร์, 2525

การผลิตอิฐดินซีเมนต์

การอัด

ใช้เครื่อง CINVA-RAM อัดอิฐดินซีเมนต์ ตัวอย่างขนาด 9 x 14 x 29 ซม. ตามขนาดของเครื่องต้นแบบ

เนื่องจากการทดลองนี้ต้องการอิฐดินซีเมนต์ที่มีความหนาแน่นคงที่สม่ำเสมอเท่ากันทุกก้อน และเพื่อป้องกันผลกระทบที่เกิดจากความหนาแน่นของอิฐไม่เท่ากัน จึงใช้วิธีส่วนผสมหนัก 7.8 กิโลกรัม ก่อนใส่ลงในแบบอัด ดังนั้นอิฐที่อัดได้จึงมีน้ำหนักใกล้เคียงกันทุกก้อน

การชั่งส่วนผสมจึงเป็นวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมกว่าการตวงโดยปริมาตร การตวงยากต่อการควบคุมความหนาแน่น ทำให้ได้น้ำหนักอิฐแต่ละก้อนแตกต่างกัน ดังนั้นการเสียเวลาชั่งเพียงเล็กน้อยจะทำให้อิฐที่มีคุณภาพสม่ำเสมอและเหมือนกันทุกก้อน

ภาพที่ 2.2 แสดงเครื่องอัดอิฐแบบไฮโดรลิค

การบ่ม

การบ่มเป็นสิ่งสำคัญมีผลกระทบต่อค่าแรงอัดประลัยของอิฐดินซีเมนต์ด้วย การทดลองใช้บ่มตัวอย่างอิฐดินซีเมนต์ที่แตกต่างกัน 3 วิธี คือ

1. บ่มด้วยการพรมน้ำหลังจากนำอิฐออกจากแบบ 12 ชั่วโมง นำไปผึ่งไว้ในร่ม และพรมน้ำจนอิฐเปียกทั้งก้อนวันละ 3 ครั้ง แล้วคลุมด้วยผ้าพลาสติกทำดังนี้ติดต่อกัน 3 วัน
2. บ่มด้วยวิธีการในข้อ 1 จนตัวอย่างอิฐมีอายุ 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 3 วันติดต่อกัน จึงนำขึ้นมาผึ่งต่อไว้ในร่ม
3. บ่มด้วยการผึ่งไว้ในร่มหลังจากนำอิฐออกจากแบบโดยไม่ใช้น้ำหรือผ้าคลุมพบว่า การบ่มด้วยวิธีพรมน้ำและแช่น้ำ มีค่าแรงอัดประลัยไม่แตกต่างกัน ส่วนค่าแรงอัดที่ได้จากการบ่มตามข้อ 3 มีค่าต่ำ

ดังนั้นการทดลองนี้ จึงใช้วิธีบ่มตัวอย่างอิฐด้วยการพรมน้ำตามที่อธิบายไว้ในข้อ 2 ตลอดการทดลอง เพราะง่ายและสะดวกในการปฏิบัติ

การปรับปรุงแก้ไข

เมื่อได้อิฐดินซีเมนต์ที่มีความหนาแน่นของเนื้ออิฐที่เหมาะสมและสม่ำเสมอทุกก้อนแล้วสิ่งที่ต้องแก้ไขต่อมาคือ ปัญหาความคงทนถาวรต่อสิ่งแวดล้อมและข้อจำกัดเรื่องน้ำหนักแต่ละก้อน ข้อแนะนำต่อไปนี้เป็นสิ่งที่น่าจะเป็นไปได้ โดยยึดหลักความง่ายในการทำและราคาถูก

โรยผงปูนซีเมนต์ฉาบผิว

อัดอิฐดินซีเมนต์ตามขั้นตอนตามปกติ เมื่อเปิดฝาครอบแบบอัดออกให้โรยผงปูนซีเมนต์บางๆ จนทั่วผิวหน้าของอิฐด้านนั้น ใช้กระป๋องแป้งจะช่วยให้โรยได้สม่ำเสมอ ใช้ก้อนละประมาณ 30-25 กรัม ฉีดละอองน้ำให้ผงปูนชื้นเล็กน้อย อย่าให้เปียกมากเพราะจะทำให้ผิวหน้าแตกเป็นลายผักชี เมื่อแห้งแล้ว ใช้เกรียงเหล็กปาดไปมา 2-3 ครั้ง ต่อจากนั้นจึงดันอิฐขึ้นจากแบบนำไปผึ่งไว้ในร่มทำการบ่มด้วยน้ำให้ชุ่มติดต่อกัน 3 วันเป็นอย่างน้อย

ข้อดี

- ทำให้ผิวหน้ามีความคงทนถาวรสูง เม็ดลูกรังหลุดกร่อนยาก
- ไม่จำเป็นต้องมีสิ่งใดฉาบทับเพราะสีดินลูกรังไม่ติดมือ

ราคา

ผงปูนซีเมนต์ตราเสือที่ใช้โรยราคา ก้อนละ 4-5 สตางค์

อัดทับด้วยคอนกรีตลูกรัง

ดำเนินการทำอิฐดินซีเมนต์ตามขั้นตอนตามปกติ แต่ให้ใส่ดินที่จะอัดน้อยลงเล็กน้อย เกลี่ยผิวหน้าให้สม่ำเสมอ แล้วใช้คอนกรีตลูกรังที่ผสมเตรียมไว้แล้วตามภาคผนวก ค. โรยปิดตอนบนให้ทั่ว เฉลี่ยหนาประมาณ ½-1 ซม. อย่าใช้คอนกรีตลูกรังที่เปียกเพราะจะแตกเมื่อแห้ง ใช้เพียงหมาดๆ ให้พออัดได้เท่านั้น ปิดฝาแบบแล้วทำการอัดตามปกติ เมื่อเปิดฝาแบบออกใช้เกรียงเหล็กปาดแต่งให้เรียบ ต่อจากนั้นจึงดันอิฐขึ้นจากแบบนำไปผึ่งไว้ในร่ม ทำการบ่มด้วยน้ำให้ชุ่มติดต่อกัน 3 วันเป็นอย่างน้อย

ข้อดี

- ทำให้ได้ผิวหน้าที่มีความคงทนถาวรสูงต่อสิ่งแวดล้อม
- ไม่จำเป็นต้องมีสิ่งใดฉาบทับ เพราะมีผิวหน้าเป็นปูนซีเมนต์

ราคา

สำหรับคอนกรีตลูกรังหนา 1 ซม. ให้ปูนซีเมนต์ผสมคอนกรีตประมาณ 230 กรัมต่อก้อน ราคาประมาณ 32 สตางค์/ก้อน

ทาด้วยยางมะตอยน้ำ

ใช้แปรงทาสีทาทับบนอิฐ โดยเริ่มทาจากตอนบนลงมาด้านล่าง ทาทับ 2-3 ครั้งเพียงเบาๆ ทิ้งไว้ให้แห้ง ยางมะตอยน้ำที่ใช้เป็นชนิด EMULSIFIED ASPHALT ใช้ยางมะตอยน้ำ 1.2 ลิตรต่อตารางเมตร ควรใช้สเปรย์ชนิดมีเครื่องอัดอากาศจะฉาบยางมะตอยน้ำได้บางสม่ำเสมอและใช้ปริมาณน้ำน้อยลง

อนึ่งสามารถใช้ยางมะตอยชนิดอื่นทาทับได้เช่นกัน เช่น RC-2 แต่ราคาจะสูงขึ้นและเยิ้มเหนียวเมื่อโดนความร้อน

ข้อดี

สามารถป้องกันน้ำซึมผ่านได้แน่นอน ทำให้อิฐมีความคงทนถาวรสูงขึ้น

ราคา

ยางมะตอยน้ำราคาลิตรละประมาณ 7.00 บาท หรือ 8.40 บาท/ตารางเมตร

ลดขนาดความหนา

ลดขนาดความหนาของอิฐจาก 9 ซม. เหลือ 7 ซม. โดยใช้ไม้หนา 2 ซม. หมุนในแบบจากการทดลองได้ค่าแรงอัดเฉลี่ยเหมือนขนาดก้อนหนา 9 ซม. การที่ลดขนาดลง 2 ซม. ทำให้สามารถลดน้ำหนักอิฐลงได้ 22.22% ดังนั้นเมื่อใช้อิฐขนาดนี้แทนอิฐดินเผาจึงเป็นสิ่งที่เป็นไปได้

ทำร่อง

ทำร่องในอิฐด้าน 14 x 29 โดยทำร่องลึก 2 ซม. ปุ่มเข้าไปในเนื้ออิฐด้านหนึ่ง โดยใช้แบบไม้รองไว้ก้นแบบอัดและดำเนินการอัดตามวิธีการปกติ เมื่อยกอิฐออกจากแบบจึงจะแกะแบบไม้ออก ต้องปราณีตพอสมควรมิฉะนั้นขอบอิฐจะแตก

วิธีการดำเนินการทดสอบคุณสมบัติ

เนื่องจากมาตรฐานของสมาคมเพื่อการทดสอบและวัสดุของอเมริกัน (American Society for Testing and Materials) หรือ ASTM ไม่มีการระบุถึงวิธีการทดสอบของอิฐดินซีเมนต์ ดังนั้น วิธีดำเนินการทดสอบหาคุณสมบัติทางกลของอิฐดินซีเมนต์จึงกำหนดให้เป็นไปตามมาตรฐานการทดสอบอิฐดินเผา (Masonry Brick) โดยวิธีการทดสอบได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. การทดสอบหาคุณสมบัติทางกลของก้อนอิฐดินซีเมนต์ตามมาตรฐาน ASTM C67 ซึ่งประกอบด้วยการทดสอบกำลังรับแรงกดอัด (Compressive Strength Test) การทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water Absorption Test) การทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำเริ่มต้น (Initial Rate of water Absorption Test) การวัดหาขนาดและน้ำหนัก (Measurement of Size and Weight) และการทดสอบกำลังรับแรงดัด (Flexural Test)

2. การทดสอบหาคุณสมบัติทางกลของตัวอย่างทดสอบที่ได้จากการนำอิฐมาก่อรวมกันเป็นกำแพงขนาดเล็ก หรือ prism ตามมาตรฐาน ASTM E447 เพื่อศึกษาถึงพฤติกรรมของกำแพงอิฐดินซีเมนต์ขนาดเล็ก

อิฐดินซีเมนต์ขนาด 9x14x29 และ 7x14x29 แบบต่าง ๆ

เปรียบเทียบเนื้อคอนกรีตมาตรฐานและเนื้อคอนกรีตลูกรัง

ภาพที่ 2.3 ก้อนอิฐทดสอบ

ในการศึกษานี้อิฐดินซีเมนต์เป็นอิฐที่ผลิตโดยชาวบ้านจากอำเภอจักราช ภายใต้ความช่วยเหลือจากมูลนิธิจักราชพัฒนา อำเภอจักราช จังหวัดนครราชสีมา แต่ละการทดสอบจะใช้ตัวอย่างอย่างน้อย 5 ตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ทดสอบกำลังรับแรงกดอัดและแรงดัด เป็นเครื่องทดสอบแบบ

Universal Testing Machine ที่เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM E4 ของบริษัท Shimadzu ที่มีระบบควบคุมไฮดรอลิค และมีความสามารถสูงสุด 2000 KN ดังที่แสดงในรูปที่ 1

เนื่องจากอิฐดินซีเมนต์ได้ถูกออกแบบให้มีลักษณะของบล็อคประสาน ดังนั้นการก่ออิฐดินซีเมนต์จึงแตกต่างกับการก่ออิฐดินเผาโดยทั่วไป โดยจะทำการก่อ prism โดยการเรียงอิฐดินซีเมนต์ขึ้นสูง 6 ก้อน เพื่อให้ความชลูด (Slenderness Ratio) ของ prism อยู่ในช่วง 2 ถึง 5 ตามมาตรฐานที่ ASTM กำหนด จากนั้นทำการหยอดปูนก่อลงในช่องว่างของอิฐดินซีเมนต์ แล้วทำการกระทุ้งให้แน่น สุดท้ายทำการบ่ม prism อิฐดินซีเมนต์เป็นเวลา 28 วัน ก่อนทำการทดสอบ

ภาพที่ 2.4 แสดงอิฐดินซีเมนต์เพื่อการทดสอบแรงกดอัดบนชิ้นวัสดุ

สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ

1. **การทดสอบกำลังรับแรงกดอัด** (Compressive Strength Test)

จากผลการทดสอบก้อนอิฐดินซีเมนต์จำนวน 5 ก้อน จะเห็นได้จากตารางที่ 1 ว่าค่าเฉลี่ยของกำลังรับแรงกดอัดของก้อนอิฐดินซีเมนต์มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของกำลังรับแรงกดอัดของอิฐมอญ คือ มีค่าน้อยกว่าอิฐมอญ 14.6% แต่มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของกำลังรับแรงกดอัดของอิฐมอญมาตรฐานเป็นอย่างมาก คือ 110%

เมื่อพิจารณากราฟแสดงความสัมพันธ์ของหน่วยแรงกดอัด (Compressive stress) และความเครียด (Strain) ดังที่แสดงในรูปที่ 2 แล้ว จะเห็นได้ว่าอิฐดิน

ซีเมนต์มีการตอบสนองต่อแรงกดอัดในลักษณะที่เกือบจะเป็นเส้นตรง (โดยประมาณ) จากเริ่มต้นจนถึงค่าหน่วยแรง กดอัดประมาณ 6.5% ของหน่วยแรงกดอัดสูงสุดของก้อนอิฐดินซีเมนต์ จากนั้นก้อนอิฐดินซีเมนต์จะเริ่มมีการตอบสนองต่อแรงกดอัดที่ไม่เป็นเส้นตรง คือ ค่าความชันของเส้นกราฟมีค่าลดลงเรื่อยๆ จนมีค่าเป็นศูนย์ เมื่อหน่วยแรงกดอัดมีค่าสูงสุด และจะเริ่มมีการวิบัติเกิดขึ้นในลักษณะของการแตกร้าว ในแนวยาวของก้อนอิฐ ในทิศทางการกระทำของแรงกดอัดหรือในแนวดิ่ง จากนั้นจะเกิดการกะเทาะร่อนที่ผิวรอบๆ ของก้อนอิฐ ดังที่แสดงในรูปที่ 3 การวิบัติดังกล่าวเป็นการวิบัติเนื่องจากแรงดึง ซึ่งเป็นผลมาจากค่า Poisson's Ratio ของอิฐ การวิบัติในลักษณะนี้เป็นการวิบัติแบบค่อยๆ เป็น ค่อยๆ ไป

2. การทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water Absorption Test)

จากผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของอิฐดินซีเมนต์จำนวน 5 ก้อน ดังที่แสดงในตารางที่ 2 และจากการเปรียบเทียบผลการทดสอบกับค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยของอิฐมอญและอิฐมอญมาตรฐานพบว่า อิฐดินซีเมนต์มีค่าการดูดซึมน้ำที่น้อยกว่าอิฐมอญและอิฐมอญมาตรฐาน ซึ่งแสดงว่า อิฐดินซีเมนต์มีความพรุนน้อยกว่าอิฐมอญและอิฐมอญมาตรฐาน ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ตัวหนึ่งที่ว่า อิฐดินซีเมนต์มีความคงทน และต้านทานต่อไฟไหม้ที่ดีกว่าอิฐมอญและอิฐมอญมาตรฐาน

3.อัตราการดูดซึมน้ำเริ่มต้น (Initial Rate of Water Absorption)

การทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำเริ่มต้นเป็นตัวชี้ถึงปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในการผสมปูนก่อ ซึ่งถ้ามีค่ามากแสดงว่าอิฐชนิดนั้นๆ จะดูดซึมน้ำจากปูนก่อหรือปูนฉาบมาก ซึ่งจะมีผลทำให้การยึดติดกันของอิฐแต่ละก้อนไม่ดีและเกิดการแตกร้าวของปูนฉาบจากการทดสอบพบว่า อิฐดินซีเมนต์มีค่าเฉลี่ยของอัตราการดูดซึมเริ่มต้นที่น้อยกว่าของอิฐมอญและอิฐมอญมาตรฐาน ซึ่งแสดงว่า อิฐดินซีเมนต์ไม่ต้องการปูนก่อที่เหลวมากนัก เมื่อเทียบกับของอิฐมอญและอิฐมอญมาตรฐาน

4.การวัดหาขนาดและน้ำหนัก (Measurement of Size and Weight)

จากการทดสอบหาขนาดและน้ำหนักของอิฐดินซีเมนต์จำนวน 10 ก้อน ได้พบว่าขนาดของอิฐดินซีเมนต์แต่ละก้อนมีขนาดที่ใกล้เคียงกันมากเช่นเดียวกันกับอิฐมอญมาตรฐาน และดีกว่าอิฐมอญโดยมีขนาดเฉลี่ยอยู่ที่ 122.9 mm. (ความกว้าง) คูณ 243.9 mm. (ความยาว) คูณ 94.1 mm. (ความสูง) ซึ่งการที่เป็นเช่นนี้น่ามาจากกระบวนการผลิตของอิฐดินซีเมนต์ที่ใช้เครื่องอัดดินซีเมนต์ที่มีขนาด

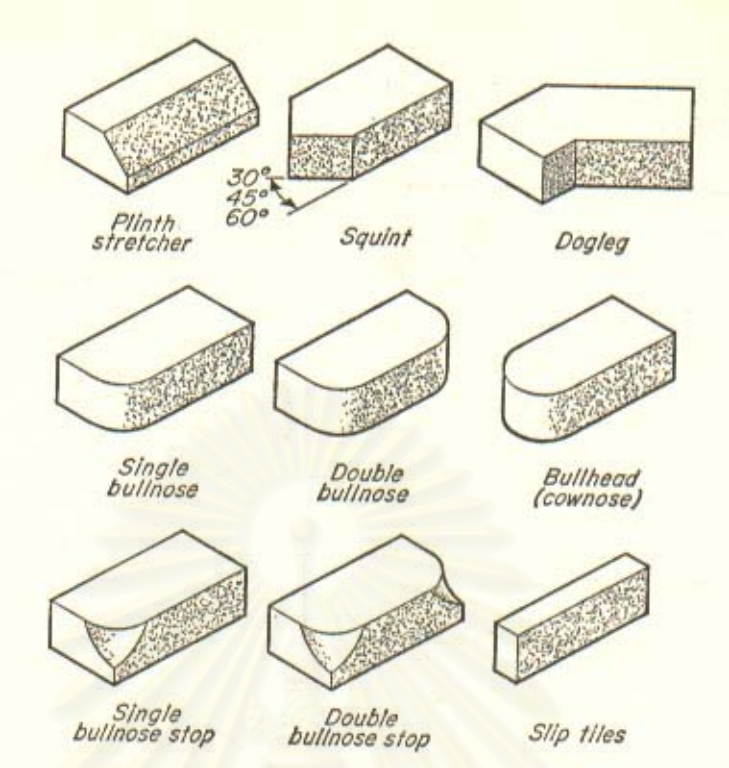
เท่ากันทุกก้อน อย่างไรก็ตามจากผลการชั่งน้ำหนักพบว่าอิฐดินซีเมนต์จำนวน 2 ก้อนมีน้ำหนักที่เบากว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักของอิฐดินซีเมนต์ทั้ง 10 ก้อนอยู่ถึง 5 % หรือ 250 กรัม ซึ่งแสดงว่ามาตรฐานการควบคุมการผลิตอิฐดินซีเมนต์ยังไม่ดีพอ ทั้งนี้มาตรฐานการควบคุมการผลิตอิฐดินซีเมนต์จะสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้โดยไม่ยาก ถ้าทำการกำหนดมาตรฐานของปริมาตรของส่วนผสมของอิฐดินซีเมนต์ที่ใส่ลงในเครื่องกดอัดให้เท่าๆ กันทุกก้อนก่อนการอัดดินซีเมนต์ให้แน่น

5.การทดสอบกำลังรับแรงดัด (Flexural Test)

การทดสอบกำลังรับแรงดัด (Flexural Test) ทำให้ได้ค่าของกำลังรับแรงดึงเนื่องจากการดัดหรือโมดูลัสแตกร้าว (Modulus of rupture) ของอิฐดินซีเมนต์ จากผลการทดสอบอิฐดินซีเมนต์จำนวน 5 ก้อน จะเห็นได้จากตารางที่ 4 ว่าอิฐดินซีเมนต์มีค่ากำลังรับแรงดึงเนื่องจากการดัดหรือโมดูลัสแตกร้าวที่ใกล้เคียงกับอิฐมอญ แต่ต่ำกว่าอิฐมอญมาตรฐานถึง 277 % ซึ่งแสดงว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอิฐมอญมาตรฐานแล้วอิฐดินซีเมนต์มีความเหมาะสมน้อยกว่าที่จะนำไปใช้ในโครงสร้างที่ต้องต้านทานต่อการกระทำของแรงดึง

6.การทดสอบตัวอย่างที่ได้จากการนำอิฐมาก่อรวมกันเป็นกำแพงขนาดเล็ก (prism)

จากผลการทดสอบ prism ที่ทำด้วยอิฐดินซีเมนต์จำนวน 2 prism พบว่า prism ที่ทำด้วยอิฐดินซีเมนต์มีค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยที่ค่อนข้างต่ำมากเมื่อเทียบกับกำลังรับแรงอัดของก้อนอิฐดินซีเมนต์คือ มีค่าอยู่ที่ 10.7% ของกำลังรับแรงอัดของก้อนอิฐดินซีเมนต์เท่านั้น ดังที่แสดงในตารางที่ 5 และมีค่ากำลังรับแรงอัดอยู่ที่ 27 % เมื่อเทียบกับค่ากำลังรับแรงอัดของ prism ของอิฐมอญและมีค่ากำลังรับแรงอัดอยู่ที่ 16 % เมื่อเทียบกับค่ากำลังรับแรงอัดของ prism ของอิฐมอญมาตรฐาน สาเหตุหนึ่งที่น่าจะเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ได้กำลังรับแรงอัดของ prism อิฐดินซีเมนต์มีค่าที่ต่ำมากก็คือ เกิดจากการจัดเรียงก้อนอิฐดินซีเมนต์ที่ถูกกำหนดโดยลักษณะของก้อนอิฐและทำให้ prism ไม่อยู่ในแนวดิ่ง



ภาพที่ 2.5 ก้อนอิฐรูปแบบต่าง ๆ

สาเหตุและการแก้ไขปัญหาการใช้อิฐดินซีเมนต์

อิฐดินซีเมนต์ที่อัดจากเครื่องซินวาแรมและนิยมเรียกกันว่า อิฐซินวาแรมเป็นวัสดุก่อสร้างท้องถิ่นที่กำลังนิยมผลิตกันในหลายท้องที่ โดยใช้ก่อเป็นรั้วหรือกำแพงแทนอิฐบล็อค หรืออิฐดินเผา ทั้งนี้เพราะหลายพื้นที่ของประเทศไม่มีดินเหนียว และวัสดุผสมมาปั้นเป็นอิฐดินเผาได้ส่วนอิฐบล็อคซึ่งพบเห็นโดยทั่วไปนั้น ยังไม่ถือว่าเป็นวัสดุท้องถิ่นราคาถูก เนื่องจากกรรมวิธีในการผลิตและวัสดุที่ใช้ยังมีราคาแพง ดังนั้นในพื้นที่ซึ่งมีดินลูกรังอยู่ทั่วไป ชาวบ้านนิยมนำลูกรังเป็นวัสดุพื้นบ้านมาใช้ให้เกิดประโยชน์ อิฐดินซีเมนต์ซึ่งผลิตจากดินลูกรังผสมปูนซีเมนต์ จึงเป็นวัสดุก่อสร้างที่ดีในขณะนี้ สามารถนำมาสร้างเป็นกำแพงกันลมและฝนได้อย่างดี

ขนาดคละของเม็ดลูกรัง

ขนาดของมวลผสมที่ใช้ในการทดลองได้จากการแยกลูกรังด้วยตะแกรงร่อน 3 ขนาด คือ ตะแกรงร่อนเบอร์ 4 (4.76มม.) ตะแกร่งร่อนขนาดมุ้งลวดกันยุง (ประมาณ 1.8 มม.) และตะแกรงร่อนเบอร์ 200 (0.074 มม.)

ส่วนผสมจะประกอบด้วยลูกรังที่มีขนาดเม็ดแตกต่างกันทั้ง 3 ขนาด ในอัตราส่วนที่จะทำให้ได้ขนาดคละที่เหมาะสม ทำให้อิฐมีเนื้อแน่นสม่ำเสมอ

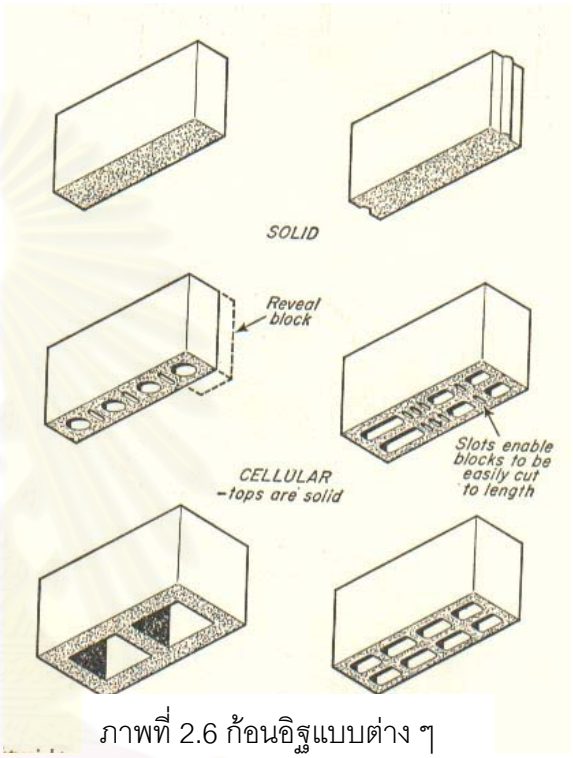
การทดลองนี้ใช้ลูกรังจากแหล่งราชบุรี มาทำการแยกขนาดของเม็ดออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 คือ ผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 4 ถึง ค้างตะแกรงมุ้งลวด

ส่วนที่ 2 คือ ผ่านตะแกรงมุ้งลวด ถึง ค้างตะแกรงเบอร์ 200

ส่วนที่ 3 คือ ผ่านตะแกรงเบอร์ 200

จากการทำ SIEVE ANALYSIS พบว่าตัวอย่างลูกรังที่ไปนำมาแต่ละครั้งมีขนาดเล็กแตกต่างกันเสมอ แม้จะมาจากบ่อเดียวกัน (เนื่องมาจากขนาดของมวลเล็ก) จึงได้กำหนดส่วนที่คงที่ โดยทดลองผสมดิน ส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ในอัตราส่วนต่างๆ กัน ซึ่งมีหลายอัตราส่วนที่ดี และการทดลองนี้เลือกใช้อัตราส่วนของดิน ส่วนที่ 1 ต่อส่วนที่ 2 เท่ากับ 1 ต่อ 3 มีขนาดคละของมวลที่ดี ดินส่วนนี้จะมีอัตราส่วนผสมคงที่ตลอดการทดลอง และแปรเปลี่ยนดินส่วนที่ 3 หรือส่วนที่เป็น SILT หรือ CLAY ในปริมาณตั้งแต่ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังนั้นตัวอย่างดินส่วนที่ใช้ทดลองจะมีทั้งหมด 5 ชุด แต่ละชุดมีส่วนผสมทีแตกต่างกันของดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 และใช้ระหัส XX_YY_ZZ โดยที่ XX=%ของดินส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200YY =% ซีเมนต์และ ZZ=หมายเลขตัวอย่าง เช่น



ภาพที่ 2.6 ก้อนอิฐแบบต่าง ๆ

ชุดที่ 1 ใช้ 00 – YY - ZZ

ชุดที่ 2 ใช้ 05 - YY - ZZ

ชุดที่ 3 ใช้ 10 – YY - ZZ

ชุดที่ 4 ใช้ 15 - YY - ZZ

ชุดที่ 5 ใช้ 20 – YY – ZZ

ปริมาณปูนซีเมนต์

ใช้ปูนซีเมนต์ตราเสือในการผสมตัวอย่างแต่ละชุด ในอัตราส่วนที่แตกต่างตั้งแต่ 3, 6, 9, 12, 15 และ 18 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ทั้งนี้เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณปูนซีเมนต์น้อยที่สุดและปริมาณที่เหมาะสมแก่การใช้งาน

ปริมาณน้ำ

หาอัตราส่วนของน้ำที่เหมาะสม โดยผสมดินแห้งที่เตรียมไว้แต่ละชุดกับปูนซีเมนต์ซึ่งมีปริมาณตั้งแต่ 3, 6, 9, 12, 15 และ 18 เปอร์เซ็นต์ แล้วทำ COMPACTION TEST ตามมาตรฐานการทดสอบและวิธีการของ STANDARD PROCTOR หา OPTIMUM WATER CONTENT ของดินแต่ละส่วนผสม

ทำการทดลองผสมดินแต่ละชุด โดยแปรเปลี่ยนปริมาณน้ำ ตั้งแต่ 8, 10, 12, 14, 16 เปอร์เซ็นต์ พบว่า 12 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นปริมาณที่พอเหมาะและใช้คงที่ตลอดการทดลองนี้ ล

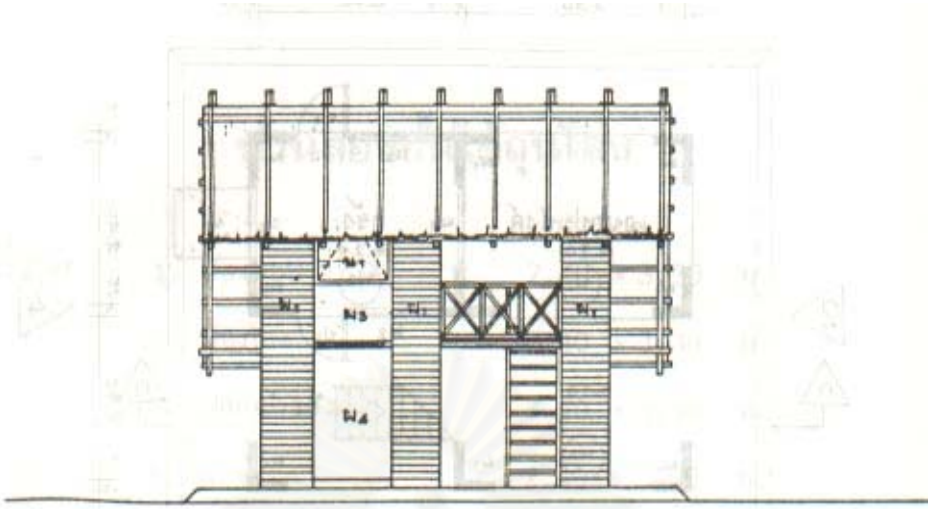
ถ้าเปอร์เซ็นต์น้ำที่ใช้ในส่วนผสมน้อย อิฐที่ได้จะแตกร่วนง่าย โดยเฉพาะที่ขอบหรือถ้าปริมาณน้ำต่ำมากก้อนตัวอย่างจะแตกทันที เมื่อยกออกจากแบบอัด

ถ้าเปอร์เซ็นต์น้ำในส่วนผสมมากเกินไปอิฐที่ได้จะอ่อนตัวมาก เสียรูปหรือยุบ เมื่อยกออกจากแบบอัด ความหนาแน่นของอิฐจะต่ำและอัดยาก

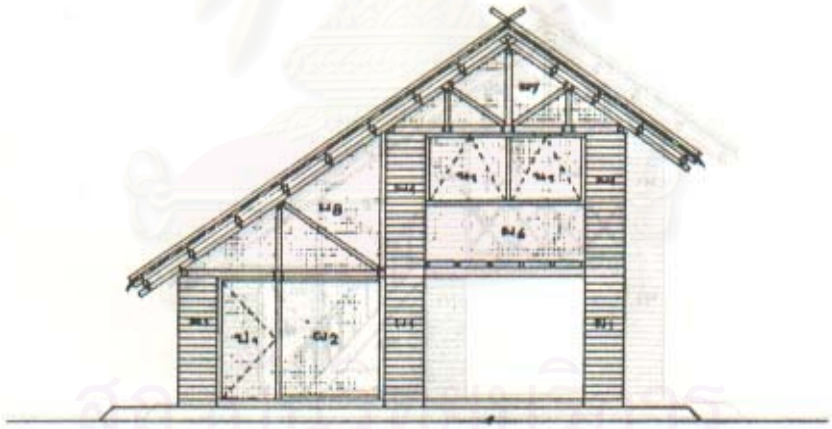
การนำไปใช้งาน

สามารถนำไปใช้ในการก่อสร้างผนังอาคารทั้งในส่วนของผนังรับน้ำหนัก และผนังไม่รับน้ำหนัก ใช้ปูพื้นถนนหรือ Pavement ต่าง ๆ ได้ รวมทั้งสามารถใช้ก่อสร้างบ่อพักน้ำเพื่อใช้ในการเกษตรกรรมโดยการก่อเป็นรูปโค้งได้ ดังภาพ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปด้าน ② 1:75



รูปด้าน ③ 1:75

ภาพที่ 2.7 อาคารก่อสร้างด้วยอิฐดินซีเมนต์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ป้อมยามตำรวจ สร้างด้วยอิฐดินซีเมนต์ จ.กำแพงเพชร

บ้านสองชั้น สร้างด้วยอิฐดินซีเมนต์

ภาพที่ 2.8 ตัวอย่างอาคารก่อสร้างด้วยอิฐดินซีเมนต์

ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างอาคารก่อสร้างด้วยอิฐดินซีเมนต์

ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างอาคารก่อสร้างด้วยอิฐดินซีเมนต์

2.2การศึกษาอิฐดินซีเมนต์ผสมเหลว (Liquid Soil Cement)

ผลจากการพัฒนาประเทศ และการเพิ่มขึ้นของประชากรอย่างรวดเร็ว ทำให้ความต้องการที่อยู่อาศัยเพิ่มมากขึ้นก่อให้เกิดการตัดไม้ทำลายป่า ซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญของประเทศ แม้ว่าจะมีการพัฒนาวัสดุก่อสร้างประเภทต่างๆ เช่น คอนกรีต อิฐ ฯลฯ มาใช้แทนไม้ แต่วัสดุเหล่านั้นก็ยังมีราคาแพงเกินกว่ากำลังของชาวชนบท ซึ่งมีฐานะทางเศรษฐกิจไม่สู้ดีในหลายพื้นที่ เพื่อลดปัญหาความต้องการที่อยู่อาศัย และวัสดุก่อสร้างที่เหมาะสม จึงได้มีแนวความคิดที่จะพัฒนาวัสดุก่อสร้างราคาถูกจากวัสดุในท้องถิ่น โดยใช้แรงงานคนเป็นหลัก และใช้เทคโนโลยีง่ายๆ ให้ชาวชนบทฝึกหัดทำ เพียงระยะสั้นก็สามารถทำได้ด้วยการนำดินลูกรังผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม เทหล่อในแบบทำเป็นก้อนอิฐใช้ปลูกบ้าน หรืออาคารต่างๆ โครงการนี้คาดว่า นอกจากจะสามารถช่วยสนับสนุนให้ประชากรชนบทใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์ ส่งผลให้มีความเป็นอยู่ดีขึ้น ยังจะเป็นการช่วยลดการตัดไม้ได้ทางหนึ่งด้วย

เทคโนโลยีเกี่ยวกับดินซีเมนต์ได้มีการศึกษาค้นคว้ามานานกว่า 20 ปีแล้ว เช่น ในทวีปอัฟริกา อินเดีย ในเอเชียบางประเทศรวมทั้งประเทศไทย จุดประสงค์ก็เพื่อจะนำมาใช้ในการก่อสร้างอาคารราคาถูก โดยเฉพาะในประเทศที่กำลังพัฒนา และประชาชนส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรมีรายได้ค่อนข้างต่ำ สามารถนำไปทดแทนการสร้างอาคารที่พักอาศัยด้วยไม้ ซึ่งถูกทำลายหมดไปทุกปี อาคารอิฐดินซีเมนต์หลังแรกในประเทศไทยได้มีการก่อสร้างประมาณ 20 ปีมาแล้ว ต่อมาสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) และสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ก็ช่วยกันพัฒนาเทคโนโลยีดินซีเมนต์ให้เหมาะสม ง่ายและสะดวกในการใช้ก่อสร้างยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมีองค์กรต่างๆ ที่ช่วยสนับสนุนงานวิจัยด้านนี้อีก เช่น สำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท กรมโยธาธิการ ฯลฯ การวิจัยในระยะที่ผ่านมานิยมใช้ดินลูกรังผสมปูนซีเมนต์ และใส่น้ำเพียงเล็กน้อยพอเหมาะสม คลุกเคล้าให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอ แล้วอัดเป็นก้อนอิฐด้วยเครื่องอัดที่มีชื่อว่า ซินวาแรม (CINVA RAM) นำไปใช้ก่อสร้างอาคาร บ้านพักอาศัย ยุ้งข้าว ทั้งในชนบทและในเมืองเกือบทั่วประเทศ โดยเฉพาะภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีแหล่งวัตถุดิบคือดินลูกรังเป็นปริมาณมาก ปัจจุบันนี้หน่วยงานภาครัฐบาลได้ให้ความสนใจต่อการพัฒนาชนบทของประเทศอย่างจริงจัง รัฐบาลชุดที่ผ่านมาได้ให้ความสนับสนุนส่งเสริมทั้งด้านนโยบายและกำลังปัจจัยเป็นจำนวนมากในรูปแบบของการช่วยตัวเองให้มากที่สุด การทำอิฐดินซีเมนต์เป็นเทคโนโลยีที่ต้องการใช้แรงคนเป็นส่วนใหญ่ วิธีการผลิตค่อนข้างง่าย ประหยัดพลังงานไม่ต้องนำไปเผาไฟเหมือนเช่นอิฐมอญ ในทางอ้อมช่วยลดการตัดไปทำลายป่าอย่างมากมาย ถ้าหากได้รับการส่งเสริมจนเป็นที่ยอมรับของชาวบ้านในชนบท

ความคงทน

จากการทดสอบคงทนพบว่า ดินซีเมนต์ถ้ามีสัดส่วนผสมที่เหมาะสมแล้ว เมื่อนำมาทดสอบ wetting and drying ตามมาตรฐาน ASTM D559-57 สามารถผ่านการทดสอบกระบวนการได้ 12 รอบ โดยไม่มีการแปรสภาพทางกายภาพทั่วไปแต่อย่างใด ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อายุการใช้งานจะไม่แตกต่างจากอิฐทั่วไปเลย ผลการทดสอบ wetting and drying ของดินซีเมนต์ซึ่งมีอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ 16% เมื่อครบ 12 รอบ การทดสอบแล้วมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย 8.4%

การทดสอบโดยการนำไปแช่น้ำเมื่อครบ 7 วัน แล้วนำขึ้นมาตากแห้ง ผิวของอิฐไม่ละลายน้ำและน้ำหนักก็ยังคงเดิม

สีของผนังอิฐดินซีเมนต์

เป็นไปตามสีของดินลูกรังที่นำมาใช้ทำอิฐ ทั้งนี้เพราะซีเมนต์ที่นำมาผสมทำหน้าที่เป็นตัวประสานระหว่างช่องว่างของเม็ดดิน ซึ่งมีสัดส่วนที่ต่ำมากเมื่อเทียบกับคอนกรีต จึงทำให้สีของอิฐดินซีเมนต์ไม่แตกต่างจากสีของดินที่นำมาใช้ผสม และมีสีใกล้เคียงกับอิฐมอญที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

การใช้งาน

สามารถที่จะใช้ได้ในรูปแบบสองรูปแบบคือ เป็นการอัดก้อนมาตรฐานก่อนที่จะนำไปใช้ในการก่อสร้าง หรือเป็นการผสมเหลวเพื่อใช้เทพื้นคล้ายกับรูปแบบของคอนกรีตผสมเสร็จ โดยการใช้งานในส่วนนี้มักใช้กับอาคารเก็บพืชผลทางการเกษตร อาคารเก็บของหรือโกดัง อาคารพักอาศัยราคาย่อมเยา หรือ เทพื้นเอนกประสงค์ก็ได้

บทสรุป

จากการวิจัยการพัฒนาดินซีเมนต์ผสมเหลว สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. อิฐดินซีเมนต์ผสมเหลวฝึกทำได้โดยง่าย ใช้แรงงานเป็นหลัก ทำให้ใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์
2. ผลิตผลที่ได้มีราคาถูก ต้นทุนต่ำไม่สิ้นเปลืองเชื้อเพลิง เพราะไม่ต้องใช้ความร้อนเผา
3. สามารถใช้ทดแทนไม้และอิฐมอญในการสร้างบ้านที่อยู่อาศัยได้ดี มีความคงทนแข็งแรงใช้งานได้นานปีเช่นเดียวกับอิฐมอญ
4. ปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสม ใช้ได้ทั้งซิลิก้าซีเมนต์และปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ แต่ถ้าใช้ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์จะให้คุณสมบัติความแกร่งและส่วนเสียหายน้อยกว่าการผสมด้วยซิลิก้าซีเมนต์ ถ้าจะทำให้เป็นอุตสาหกรรมและมีการขนส่งในระยะไกล ควรใช้ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์และเพิ่มอัตราส่วนผสมของปูนซิเมนต์ให้สูงขึ้นอีกเล็กน้อย

5. เลือกผลิตได้ตามรูปแบบที่ต้องการหลายขนาดตามความเหมาะสม

2.3 ผนังดินเหนียวผสมวัสดุการเกษตร

จากการศึกษาในหัวข้อนี้พบว่า วัสดุนี้เป็นวัสดุที่ใช้กันมากในเขตชนบทห่างไกล หรือในอดีต เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นในการนำวัสดุที่มีอยู่อย่างมากมายในธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมกับความเป็นอยู่ สภาพดินฟ้าอากาศ หรือ แม้กระทั่งวิถีชีวิตที่เรียบง่าย เป็นต้น ส่วนผสมที่น่าสนใจในการที่จะศึกษาคือการผสมปอกระเจาหรือฟางข้าวในผนังเพื่อเพิ่มความแข็งแรงโดยที่มีส่วนสมหลักเป็นดินเหนียวซึ่งสามารถที่จะหาได้ง่ายในท้องถิ่น

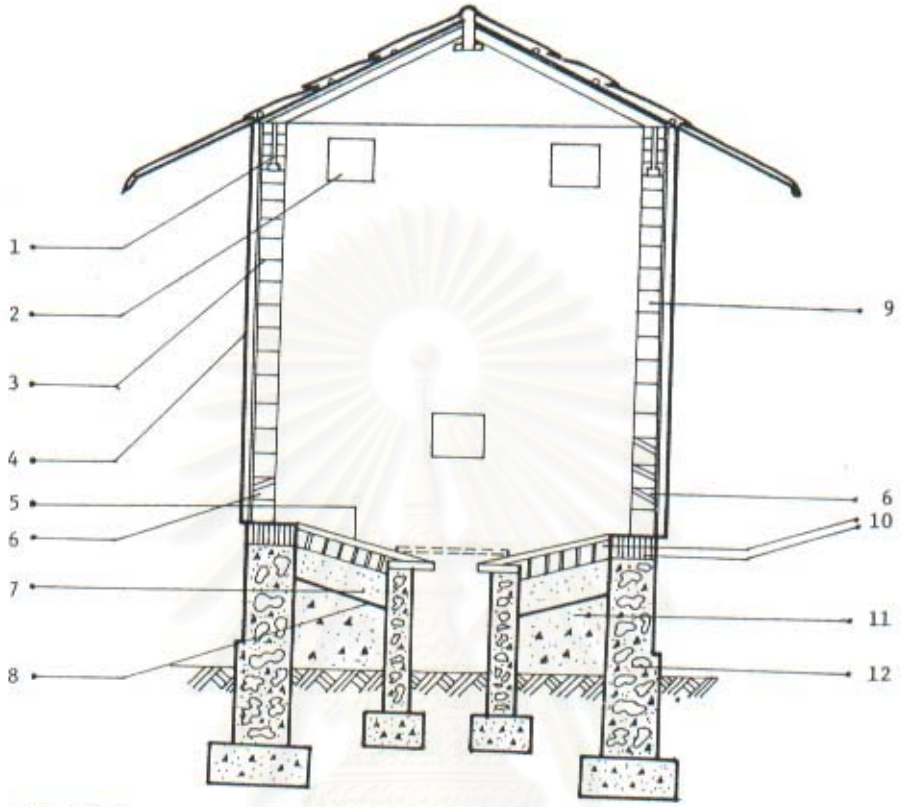
การผลิต

1. ผสมส่วนผสมโดยใช้อัตราส่วน 3:1:1 คือ ดินเหนียว มูลสัตว์ และปอกระเจาโดยที่มีข้อสังเกตว่าการใช้มูลสัตว์เพื่อผสมในส่วนผสมนั้น เนื่องจากการที่มูลสัตว์นั้นมีส่วนประกอบของ Fiber ขนาดเล็ก ในขณะที่ปอกระเจาที่ผสมนั้นจะมีขนาดของเส้นใยที่ใหญ่กว่า ดังนั้นการเสริมปอกระเจาในส่วนผสมก็เพื่อที่จะทำให้เกิดส่วนคละของส่วนผสมที่จะทำให้วัสดุมีความแข็งแรงมากขึ้นนั่นเอง
2. นำวัสดุที่ผสมแล้วเข้าแบบพิมพ์ที่มีขนาดโดยทั่วไป ประมาณ 10x5x3 เป็นต้น
3. อาจจะมีการอัดด้วยแรงอัดที่มีความแตกต่างกันเช่น 8-15 เมกกะนิวตันต่อตารางเมตร
4. นำอิฐที่ได้ไปตากแดดให้แห้งโดยอาจใช้เวลาในการตากประมาณ 1-2 วัน

การนำไปใช้

สามารถนำไปใช้ในอาคารได้หลายลักษณะส่วนใหญ่จะเป็นอาคารเก็บพืชผลทางการเกษตรกรรม หรืออาจจะใช้ในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยราคาประหยัดได้เช่นกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ไซโล-ดินเหนียวผสมฟาง
Silo- fat clay mixed with hay

๑. แกนรองรับหลังคา
๒. ช่องใส่ข้าวและระบายอากาศ
๓. ไม้ระแนงตีเป็นระยะ
๔. เสื่อลำแพนฉาบปูนขาวผสมใยปอ
๕. ฉาบปูนซีเมนต์
๖. ช่องตรวจวัดอุณหภูมิ
๗. ทรายหยาบ
๘. ยางมะตอย
๙. ฟ่างข้าวผสมดินเหนียว
๑๐. อิฐมอญ
๑๑. ดินทรายผสมทรายขี้เป็ดอัดแน่น
๑๒. ดินใหญ่

1. Roof Support
2. Storage inlet and ventilation
3. Wooden planks evenly spaced
4. Bamboo mat coated with lime mixed w/fibre
5. Cement base
6. Temperature detection hole
7. Rough sand
8. Asphalt
9. Compressed fat clay mixed w/rice husks
10. Brick
11. Compressed rocks mixed with dirt sand
12. Rocks.

ภาพที่ 2.11 แสดงอาคารดินเหนียวผสมวัสดุการเกษตรเหลือใช้

จากที่ได้กล่าวไปในบทที่แล้ว เกี่ยวกับการผลิตอิฐดินซีเมนต์เพื่อใช้ในการก่อสร้างอาคาร ได้หลายลักษณะนั้น ทางเลือกหนึ่งซึ่งได้มีการใช้งานมาในอดีตที่มีคุณลักษณะที่สามารถใช้ในส่วนของผนังอาคารได้ โดยเฉพาะอาคารทางการเกษตรเป็นต้น

ข้อดีของวัสดุผสมดินเหนียวและฟางข้าว

1. สามารถลดต้นทุนการผลิตวัสดุเพื่อใช้ในอาคารพื้นถิ่นได้
2. เป็นการใช้แรงงานในท้องถิ่น ส่งเสริมรายได้
3. เป็นการใช้วัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่นได้อย่างคุ้มค่า
4. ใช้พลังงานแสงแดดในการทำให้วัสดุแห้ง ไม่ใช้พลังงานจากแหล่งที่ใช้หมดไป

ในส่วนของการผลิตจะคล้ายกับการผลิตก้อนอิฐจากดินเหนียวผสมปอกระเจาแต่ลักษณะการใช้งานในผนังจะมีการใช้ไม้ไผ่เป็นแกนโครงสร้างแล้งผสมวัสดุตามอัตราส่วนที่กำหนดทำการพอกบนโครงไม้ไผ่สานดังกล่าวโดยมีความหนาทั่วไปประมาณ 10-15 เซนติเมตร และการใช้ฟางข้าวเข้าไฟประกอบในส่วนผสมก็เพื่อที่จะเพิ่มการยึดเกาะของวัสดุ ตลอดจนเป็นการเพิ่มความแข็งแรงของวัสดุเนื่องจากดินเหนียวที่ไม่ได้เผาจะมีความทนทานน้อยกว่าอิฐที่ได้รับการเผา ดังนั้นจึงใช้ฟางข้าวเข้าไปผสมด้วยเพื่อเพิ่มคุณสมบัติดังกล่าวได้ ตัวอย่างที่แสดงในภาพเป็นข้อแนะนำการสร้างอาคารเพื่อเก็บผลผลิตทางการเกษตรโดยองค์การ Unicef

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 การศึกษาเกี่ยวกับวัสดุฉนวนจากวัสดุการเกษตรเหลือใช้

2.4.1 แผ่นฟางอัด

แผ่นฟางอัด หมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งประกอบด้วยฟาง อัดเป็นไส้กลางระหว่างผิวที่เป็นกระดาษเหนียวทั้งสองด้านโดยมีกาวเป็นตัวเชื่อมผิว นับเป็นการที่นำวัสดุที่เหลือใช้แล้วมาใช้ให้เป็นประโยชน์ โดยการนำฟางข้าวมาอัดแน่นให้เป็นวัสดุแผ่นเรียบ เพื่อใช้สำหรับกั้นฝาผนังภายในและภายนอก รวมทั้งใช้ทำเป็นฝ้าเพดานได้ดีอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากแผ่นฟางอัดมีคุณสมบัติเป็นวัสดุทนไฟได้นานเกินกว่า 30 นาที ตาม British standard 476 ปี 1972 เก็บเสียง (28 dB reduction) ตามขวางได้ 600 ปอนด์ต่อตารางนิ้วและตามยาว 187 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ป้องกันความร้อนจากภายนอกได้ดี เก็บความเย็นและรักษาอุณหภูมิภายในให้คงที่ได้เสมอ จึงนับว่าแผ่นฟางอัดเป็นวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างซึ่งเข้ามาทดแทนการใช้ไม้ได้เป็นอย่างดี

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแผ่นฟางอัดที่สำคัญ คือ

ฟาง หมายถึง ฟางข้าวเจ้า ฟางข้าวเหนียว ฟางข้าวสาลี ฟางข้าวบาร์เลย์ หรือฟางข้าวอื่นๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ฟางข้าวที่ใช้จะต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 20 และมีความยาวที่สม่ำเสมอกัน ทั้งนี้เพื่อให้ได้ความแข็งแรงตามมาตรฐานที่กำหนด ฟางข้าวส่วนใหญ่จะนำมาจากจังหวัดสุพรรณบุรี นครปฐม และเพชรบุรี ทั้งนี้เนื่องจากการขนส่งสะดวกและค่าใช้จ่ายในการขนส่งไม่สูงมากนัก

กระดาษผิวหน้า หมายถึง วัสดุส่วนนอกของแผ่นฟางอัด เป็นกระดาษเหนียวซึ่งสามารถรับน้ำหนักได้ไม่ต่ำกว่า 25 กิโลกรัมต่อ 15 มิลลิเมตร และสามารถทนความร้อนได้ตั้งแต่ 200 - 240 องศาเซลเซียส ตั้งแต่ 2 นาทีขึ้นไป กระดาษผิวหน้าที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมี 2 ชนิด คือ Wingil Back Liner จากประเทศนิวซีแลนด์ และ Stramit Plaster Board จากประเทศสวีเดน

กาว หมายถึง สารที่ใช้ยึดกระดาษผิวหน้าทั้ง 2 ด้านกับฟางให้ติดกันโดยปกติเป็นสารสังเคราะห์ประเภทยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งในสารที่เจือปนอยู่นั้นจะสามารถรักษาเนื้อฟางเพื่อช่วยให้ฟางมีคุณสมบัติพิเศษป้องกันแมลงและสารอื่นๆ

กระดาษซีล หมายถึง กระดาษที่ใช้ปิดหัวท้าย หรือทั้งแผ่นในกรณีที่ต้องตัดข้างแผ่นเพื่อให้เรียบร้อย

กรรมวิธีการผลิต

การผลิตแผ่นฟางอัด เริ่มด้วยการนำฟางข้าวซึ่งอบแห้งแล้วโดยมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 20 เข้าเครื่องอัดด้วยการโปรยฟางข้าวเข้าเครื่องอัดให้สม่ำเสมอซึ่งในช่วงจังหวะเดียวกันนี้กระดาษเหนียวที่เป็นผิวหน้าทั้ง 2 ด้าน จะผ่านลูกกลิ้งกาวที่ผิวด้านในทั้งผิวบนและผิวล่างรอคอยอยู่ เครื่องอัดที่มีแรงดัน 800 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และความร้อนประมาณ 230 องศาเซลเซียสจะอัดฟางข้าวเข้าไปในเครื่องพร้อมกระดาษเหนียวที่เป็นผิวหน้า แผ่นฟางอัดจะเคลื่อนไปตามรางลูกกลิ้งที่มีความยาวประมาณ 25 เมตร ไปยังเครื่องเลื่อยตัดขนาดตามความยาวที่ต้องการ เมื่อตัดขนาดแล้วนำไปเข้าเครื่องผนึกปิดหัวแผ่นทั้ง 2 ด้าน ด้วยกระดาษ บีบแน่นด้วยแรงกดและความร้อนจากเครื่องผนึกนำไปตรวจสอบน้ำหนักของแผ่น โดยการสุ่มตัวอย่างประมาณ 15 นาทีต่อครั้ง ทั้งนี้เพื่อควบคุมน้ำหนักให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยปกติแผ่นฟางอัดจะมีน้ำหนักประมาณ 20 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ประโยชน์ของแผ่นฟางอัด มีดังนี้

1. ใช้เป็นผนังกั้นห้อง สามารถกันเสียงรบกวนภายนอกได้ เพราะฟางอัดเป็นแผ่นตัน
2. ใช้ทำผนังภายนอก เพื่อกันความร้อนจากแสงแดด
3. เหมาะสำหรับทำฝ้าเพดาน นอกจากจะกันเสียงสะท้อนได้แล้ว ยังกันความร้อนจากหลังคาได้ด้วย สามารถเก็บความเย็นและรักษาอุณหภูมิภายในให้คงที่ได้เสมอ สะดวกในการใช้กับเคร่าเหล็กและเคร่าอลูมิเนียมในระบบเคร่าแขวน
4. สามารถติดตั้งได้สะดวก
5. เป็นวัสดุทนไฟ ไม่เป็นสื่อ น้ำหนักเบาแข็งแรง และรับน้ำหนักได้ดี

2.4.2 การผลิตฉนวนอาคารโดยใช้เส้นใยฟางข้าวสาลี

ในการผลิตแผงฉนวนโครงสร้างของระบบการก่อสร้างอาคารซึ่งใช้วัตถุดิบแกนกลางทำจากเส้นใยฟางข้าวสาลีที่ผ่านแรงอัดสูง โดยใช้เครื่องอัดกลจดลิขสิทธ์มาทำการผลิตแผ่นเส้นใยฟางอัดที่มีความหนา 3-5/8 นิ้ว และตัดออกมาตามความยาว จากนั้นจึงนำไปเคลือบประกบในความหนา 1 หรือ 2 ชั้น ด้วยแผ่นบาง OSB (Oriented Strand Board) ซึ่งมีความหนา 7/16 นิ้ว 2 แผ่น บริษัทจำหน่ายแผงฉนวนโครงสร้างขนาดใหญ่ในรูปแผงก่อสร้างสำเร็จรูปเพื่อใช้ในงานก่อสร้างบ้านเดี่ยวพักอาศัย และอะพาร์ทเม้นท์ซึ่งมีความสูงไม่เกิน 3 ชั้น แผงฉนวนดังกล่าวยังสามารถใช้ได้กับการก่อสร้างอาคารเชิงพาณิชย์ประเภทต่างๆ ที่มีความสูงไม่เกิน 3 ชั้น สำหรับงานผนังภายนอก งานพื้น และงานหลังคาโครงสร้าง

ข้อได้เปรียบของระบบแผงฉนวนโครงสร้างดังกล่าว คือ ประสิทธิภาพในการควบคุมพลังงานสูง มีอัตราทนไฟ 1 ½ และ 2 ชั่วโมง และเป็นฉนวนกันเสียงที่ดีเลิศทั้งผนังและพื้น ปราศจากสารพิษ และเป็นการใช้ประโยชน์โดยนำวัตถุดิบที่มีเหลืออยู่เป็นจำนวนมากในเขตเกษตรกรรมกลับมาใช้ใหม่ รวมทั้งยังคุ้มค่าการลงทุนเมื่อเทียบกับการก่อสร้าง ณ สถานที่ก่อสร้าง (Site built)

ทางผู้ผลิตได้เสนอโครงการศึกษาความเป็นไปได้ในรายละเอียดเพื่อการก่อตั้งโรงงานผลิตสองทาง เป็นการทำงานร่วมกันระหว่างโรงจักรกลผลิตแผ่น OSB และอุปกรณ์เคลือบแผ่น ในประเทศไทย โดยโรงงานจะใช้วัตถุดิบเป็นฟางข้าวในการผลิตทั้งแผ่นแกนกลางและแผ่นบาง OSB ในระบบการก่อสร้างโดยใช้แผ่นวัสดุสำเร็จรูป

ผู้ผลิตเชื่อมั่นว่ามีความเป็นไปได้ทั้งด้านเทคนิค และด้านเศรษฐกิจ ในการจัดตั้งและผลิตสินค้าดังกล่าวในประเทศไทย ซึ่งได้กำหนดให้มีการศึกษาความเหมาะสม และความเป็นไปได้ของโครงการที่นำเสนออย่างละเอียด ประมาณการเงินลงทุนขั้นต้นสำหรับอุปกรณ์/เครื่องมืออำนวยความสะดวกต่างๆ ประมาณ 17.1 ล้านเหรียญสหรัฐ บริษัทมีความต้องการที่จะแสวงหาความช่วยเหลือจาก บริษัท Raytheon Engineers and Constructors และหน่วยงานอื่นๆ ของสหรัฐ และประเทศไทย เพื่อดำเนินการในโครงการศึกษาความเป็นไปได้ดังกล่าว ซึ่งกำหนดดำเนินการในช่วงปลายฤดูใบไม้ร่วงของปี 2539

ขบวนการผลิตจะใช้เครื่องกลอัดรีดแรงสูงที่พัฒนาและได้จดทะเบียนลิขสิทธิ์แล้วมาทำการอัดรีดเส้นใยธัญพืช เช่น ฟางข้าวสาลี หรือฟางข้าว ภายใต้สภาวะแรงอัดและความร้อนสูง ส่งออกมาเป็นลักษณะแผงฉนวนแกนกลางหนา 3-5/8 นิ้วและกว้าง 4 ฟุต ยาวต่อเนื่องกัน และจะตัดแผ่นดังกล่าวออกตามความยาวที่ต้องการเพื่อที่จะนำไปทำการเคลือบให้ได้ออกมาเป็นแผงฉนวนโครงสร้างขนาดใหญ่ที่มีความหนาถึง 8 นิ้ว กว้าง 8 ฟุต และยาว 16 ฟุต สำหรับในประเทศไทยทางบริษัทจะผลิตแผงฉนวนที่เล็กกว่าโดยจะผลิตในความยาว 4 ฟุต จาก 8 ฟุต และยาว 4 ฟุต จาก 12 ฟุต

บริษัทผลิตแผงฉนวนโครงสร้างขึ้นเพื่อใช้ในระบบการก่อสร้าง สามารถช่วยลดปริมาณการตัดไม้เพื่อนำมาใช้ในการก่อสร้างได้ถึง 65% รวมทั้งยังขจัดสารปิโตรเคมีและสารพิษ นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเป็นที่ยอมรับในเรื่องของการทนไฟ การควบคุมความร้อน มีลักษณะโครงสร้างที่ดีและการเก็บเสียง อีกทั้งมีข้อได้เปรียบด้านราคาที่ต่ำกว่า เมื่อเทียบระบบการก่อสร้างแบบเก่า ทำให้บริษัทผู้ก่อสร้างหลายรายจัดสร้างบ้านที่มีคุณภาพดีขึ้นในราคาที่ถูกลง จากการศึกษาพิจารณาเกี่ยวกับวัสดุก่อสร้างและราคาในปัจจุบัน

นอกจากนี้ได้มีการพัฒนาระบบวิศวกรรมขบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง และพัฒนาระบบก่อสร้างอาคารแบบใช้แผ่นเพื่อใช้ในการก่อสร้างเชิงพาณิชย์และเชิงที่อยู่อาศัย ขณะนี้บริษัท Ceder Rapids Inc. ซึ่งเป็นบริษัทในเครือของ บริษัท Raytheon Engineers and Constructors

แห่งสหรัฐอเมริกา กำลังดำเนินการตั้งโรงงานผลิตแห่งใหม่ให้กับบริษัท ณ เมืองอีเลคตร้า มลรัฐเท็กซัส โดยจะสามารถเริ่มทำการผลิตสินค้าระบบก่อสร้างอาคารแบบใช้แผงฉนวนโครงสร้างในเดือนกันยายน 2539 เพื่อส่งไปจำหน่ายยังเขตตะวันตกเฉียงใต้ และเขตตะวันตกตอนกลางของสหรัฐอเมริกา

2.5การศึกษาวัสดุที่ใช้ทำแผ่นอัด(Particle& Fibre Board)

2.5.1ไม้อัด(Plywood Sheet)อุตสาหกรรมไม้อัดเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้วัตถุดิบจากการเกษตร (Agro-industry) คือ ไม้ โดยนำเอาไม้ซุงมาแปรสภาพเป็นแผ่นไม้บางหรือแผ่นไม้วีเนียร์แล้วนำมาประกอบการผลิตเป็นแผ่นไม้อัด (Plywood) โดยที่ในประเทศมีเศษไม้ที่ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้ นอกจากใช้เป็นเชื้อเพลิงซึ่งให้ผลไม่คุ้มค่า ฉะนั้นการนำเอาเศษไม้ดังกล่าวมาประกอบการผลิตเป็นไม้อัดแผ่นเรียบ (Hard Board) ย่อมก่อให้เกิดผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจ

ไม้อัดแบ่งออกเป็นหลายชนิดที่สำคัญ ได้แก่

(1) ไม้อัดสลับชั้น (Plywood)

(2) ไม้อัดแผ่นเรียบ (Hard Board)

(3) แผ่นชิ้นไม้อัด (Particle Board)

การผลิตไม้อัดในประเทศไทย ริเริ่มโดยกองค้นคว้า กรมป่าไม้ เจ้าหน้าที่ของกรมป่าไม้เล็งเห็นว่าไม้จะขาดแคลนในอนาคตเนื่องจากการ

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ได้แก่ เศษไม้จากโรงเลื่อย และไม้บางที่นำมาประกบได้จากโรงงานของบริษัทเอง

ประเภทของไม้อัดที่ศึกษา

(1) ไม้อัดสลับชั้น (Plywood) คือ การนำไม้ซุงมาฝานให้เป็นแผ่นบางๆ แล้วนำมาซ้อนกันเป็นจำนวนคี่ (3,5,7) ทาด้วยกาวอัดให้ติดแน่นเป็นการแปรรูปไม้ที่เหลือเศษไม้น้อยที่สุด ไม่มีขี้เลื่อย ไม่มีปีกไม้ แต่ได้แผ่นกระดานที่เบา แข็งแรงและทนทานต่อการทำลายของมอด ปลวก และเชื้อรา เพราะได้ผสมตัวยาเคมีลงไปด้วย ไม้อัดสลับชั้นยังแบ่งออกเป็นไม้อัดสัก ไม้อัดยาง และไม้อัดคัดลาย

(2) ไม้อัดแผ่นเรียบ (Fiberboard or Hardboard) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าแผ่นไม้อัดเส้นใย หมายถึง แผ่นวัสดุที่ทำจากสารประเภทลิกโนเซลลูโลส (Ligo-clluloses) หรือที่รู้จักโดยทั่วไปว่าไฟเบอร์ (Fiber) หรือ “ใย” หรือ “เยื่อ” ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากในเนื้อไม้ หรือทำจากวัตถุดิบอื่นที่มีส่วนประกอบของสารลิกโนเซลลูโลส โดยนำมาทำให้เป็นแผ่นเยื่อแล้วทำการอัดให้เรียบตัดขนาดเป็นแผ่นตามที่ต้องการ

(3) แผ่นชิ้นไม้อัด (Particle Board) คือ แผ่นวัสดุที่ทำจากไม้หรือวัสดุอันเป็นส่วนประกอบของลิกนินและเซลลูโลสอื่นๆ ในลักษณะที่ถูกตัดเป็นชิ้นเล็กๆ นำมารวมกันเป็นแผ่นโดยใช้ตัวประสานอินทรีย์ (Organic binder) ร่วมกับสิ่งต่างๆ ต่อไปนี้ เพียงอย่างเดียวหรือหลายอย่าง คือ ความร้อน แรงอัด ความชื้น ตัวเร่ง และอื่นๆ

2.6แผ่นอัดวัสดุเส้นใยการเกษตร(The Fiber Board from an Fiber Materials)

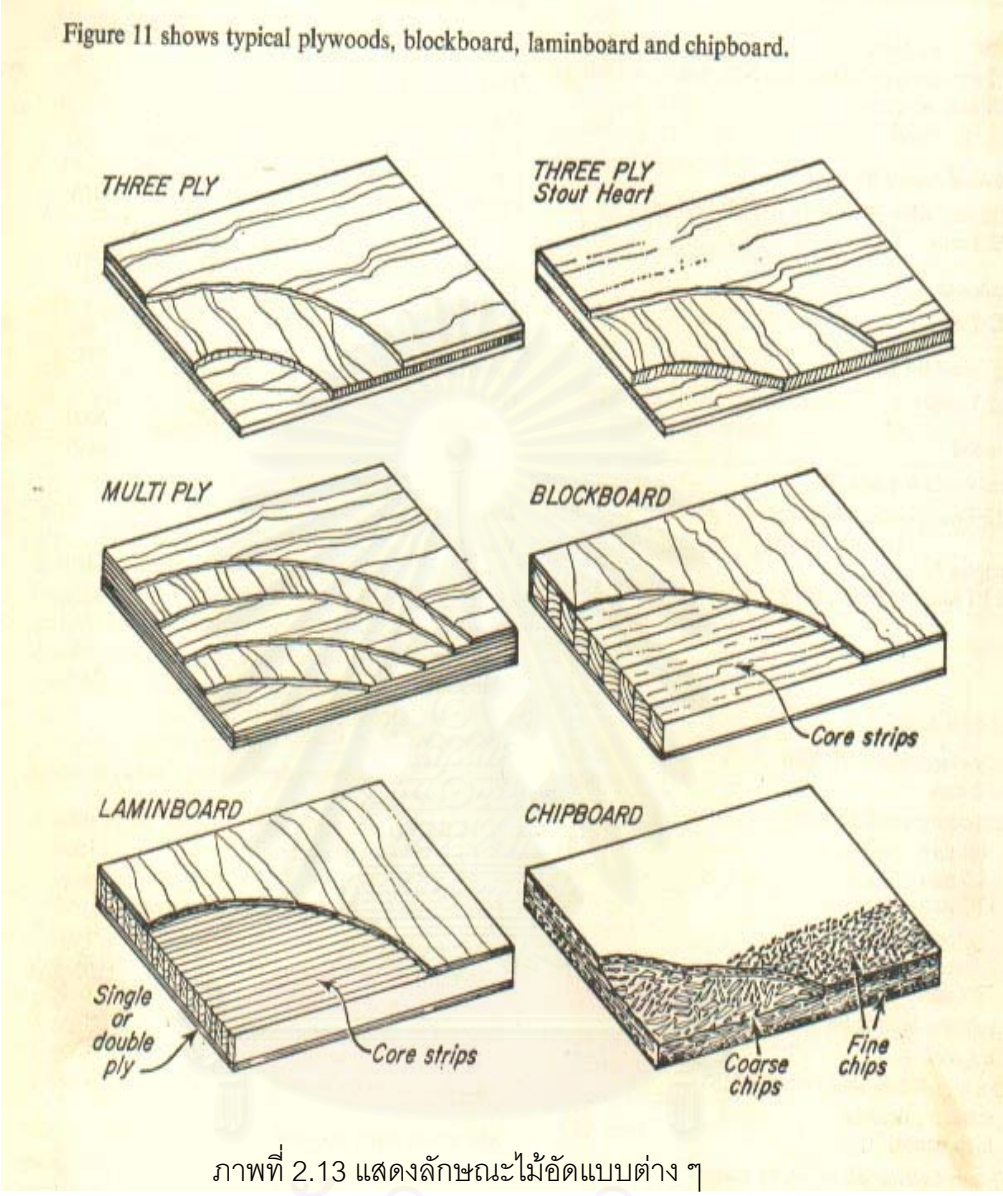
ไม้เป็นวัสดุก่อสร้างที่นิยมใช้กันทั่วไป เนื่องจากมีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำเอาไปใช้ประโยชน์เกี่ยวกับงานก่อสร้างต่างๆ เครื่องเรือน และงานอื่นๆ ทั้งในรูปของไม้ที่แปรรูปออกมาเป็นแผ่น หรือในรูปของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านขบวนการต่างๆ มาแล้ว เช่น ไม้อัด ไม้อัดแผ่นเรียบ (Fiberboard) หรือแผ่นชิ้นไม้อัด (Particle board) ทั้ง Fiberboard และ Particleboard นี้ รวมเรียกว่า Wood Composition board ส่วนในงานวิจัยนี้จะเน้นถึงการนำเอา fiber ของไม้ หรือพืชมาทำให้เป็นแผ่น แล้วนำมาอัดติดกับผิวของไม้อัดที่มีตำหนิ หรือคุณภาพเลว ให้มีความสวยงามเพิ่มขึ้น เนื่องจากไม้ที่มีคุณภาพดี ไม่มีตำหนินั้น นับวันจะหาได้ยากขึ้น จำเป็นต้องสั่งซื้อไม้เข้ามาจากต่างประเทศเพื่อนำมาใช้ปอกหรือฝาน เป็นไม้บางสำหรับทำผิวของไม้อัด อีกทั้งเป็นการลดการใช้ไม้ในป่าลง และเป็นการนำเศษเหลือทางการเกษตร ซึ่งขณะนี้บางชนิดมีประมาณมากมายจนต้องเผาทิ้ง

การนำเอาเศษเหลือเหล่านี้มาผลิตเป็นแผ่นเส้นใย แล้วนำมาปิดทับอัดติดกับผิวหน้าและหลังของไม้อัดที่มีตำหนิ หรือที่มีคุณภาพต่ำนั้น เป็นวิวัฒนาการ (up grade) ไม้อัดที่ มีคุณภาพต่ำให้เป็นไม้อัดผิวเส้นใย ซึ่งจะมีคุณสมบัติดีขึ้น เหมาะที่จะนำไปใช้ในกิจการต่างๆ ได้เป็นอย่างดี ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้จึงเป็นแนวทางที่ได้ให้ข้อคิดเกี่ยวกับการใช้เศษเหลือทางการเกษตรมาทำให้เกิดประโยชน์มากขึ้น ในขั้นต้นได้เลือกวัสดุที่จะใช้ในการวิจัยครั้งนี้ 5 อย่างด้วยกัน คือ ฟางข้าว, ชานอ้อย, ต้นข้าวฟ่าง, ต้นข้าวโพด และหญ้าขจรจบ เพื่อจะทดลองดูว่า วัสดุเหล่านี้สิ่งไหนที่มีขีดความสามารถที่จะนำมาทำไม้อัดผิวเส้นใยได้ โดยอาศัยลักษณะความสามารถในการประกอบเป็นแผ่นโดยการเกาะยึดกันระหว่างเส้นใยไม่ต้องมีกาวหรือตัวประสาน และเมื่อเติมกาวหรือตัวประสานในระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน ตลอดจน ตลอดจนการทดสอบคุณภาพของแผ่น
วัสดุและอุปกรณ์

วัตถุดิบ :- ใช้วัตถุเศษเหลือทางการเกษตร 5 ชนิด คือ ฟางข้าว, ชานอ้อย, ต้นข้าวฟ่าง, ต้นข้าวโพด และหญ้าขจรจบ ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพที่มีความเป็นไปได้ในการที่จะนำไปผลิตเป็นแผ่นอัดที่มีแนงโน้มในการป้องกันความร้อน หรือใช้เพื่อตกแต่งภายในอาคารได้

ภาพที่ 2.12 แสดงชิ้นไม้ที่จะนำมาอัดเป็นแผ่นไม้อัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.13 แสดงลักษณะไม้อัดแบบต่าง ๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.7แผ่นฟางอัด(Rice Straw Fiber Board)

แผ่นฟางอัด หมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งประกอบด้วยฟาง อัดเป็นไส้กลางระหว่างผิวที่เป็นกระดาษเหนียวทั้งสองด้านโดยมีกาวเป็นตัวเชื่อมผิว นับเป็นการที่นำวัสดุที่เหลือใช้แล้วมาใช้ให้เป็นประโยชน์ โดยการนำฟางข้าวมาอัดแน่นให้เป็นวัสดุแผ่นเรียบ เพื่อใช้สำหรับกั้นฝาผนังภายในและภายนอก รวมทั้งใช้ทำเป็นฝ้าเพดานได้ดีอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากแผ่นฟางอัดมีคุณสมบัติเป็นวัสดุทนไฟได้นานเกินกว่า 30 นาที ตาม British standard 476 ปี 1972 เก็บเสียง (28 dB reduction) ตามขวางได้ 600 ปอนด์ต่อตารางนิ้วและตามยาว 187 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ป้องกัน

ความร้อนจากภายนอกได้ดี เก็บความเย็นและรักษาอุณหภูมิภายในให้คงที่ได้เสมอ จึงนับว่าแผ่นฟางอัดเป็นวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างซึ่งเข้ามาทดแทนการใช้ไม้ได้เป็นอย่างดี

วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแผ่นฟางอัดที่สำคัญ คือ

1. ฟาง หมายถึง ฟางข้าวเจ้า ฟางข้าวเหนียว ฟางข้าวสาลี ฟางข้าวบาร์เลย์ หรือฟางข้าวอื่นๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ฟางข้าวที่ใช้จะต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 20 และมีความยาวที่สม่ำเสมอกัน ทั้งนี้เพื่อให้ได้ความแข็งแรงตามมาตรฐานที่กำหนด ฟางข้าวส่วนใหญ่จะนำมาจากจังหวัดสุพรรณบุรี นครปฐม และเพชรบุรี ทั้งนี้เนื่องจากการขนส่งสะดวกและค่าใช้จ่ายในการขนส่งไม่สูงมากนัก

2. กระดาษผิวหน้า หมายถึง วัสดุส่วนนอกของแผ่นฟางอัด เป็นกระดาษเหนียวซึ่งสามารถรับน้ำหนักได้ไม่ต่ำกว่า 25 กิโลกรัมต่อ 15 มิลลิเมตร และสามารถทนความร้อนได้ตั้งแต่ 200 - 240 องศาเซลเซียส ตั้งแต่ 2 นาทีขึ้นไป กระดาษผิวหน้าที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมี 2 ชนิด คือ Wingil Back Liner จากประเทศนิวซีแลนด์ และ Stramit Plaster Board จากประเทศสวีเดน

3. กาว หมายถึง สารที่ใช้ยึดกระดาษผิวหน้าทั้ง 2 ด้านกับฟางให้ติดกันโดยปกติเป็นสารสังเคราะห์ประเภทยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งในสารที่เจือปนอยู่นั้นจะสามารถรักษาเนื้อฟางเพื่อช่วยให้ฟางมีคุณสมบัติพิเศษป้องกันแมลงและสารอื่นๆ

4. กระดาษซีล หมายถึง กระดาษที่ใช้ปิดหัวท้าย หรือทั้งแผ่นในกรณีที่ต้องตัดข้างแผ่นเพื่อให้เรียบร้อย

กรรมวิธีการผลิต

การผลิตแผ่นฟางอัด เริ่มด้วยการนำฟางข้าวซึ่งอบแห้งแล้วโดยมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 20 เข้าเครื่องอัดด้วยการโปรยฟางข้าวเข้าเครื่องอัดให้สม่ำเสมอซึ่งในช่วงจังหวะเดียวกันนี้กระดาษเหนียวที่เป็นผิวหน้าทั้ง 2 ด้าน จะผ่านลูกกลิ้งกาวที่ผิวด้านในทั้งผิวบนและผิวล่างรอคอยอยู่ เครื่องอัดที่มีแรงดัน 800 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และความร้อนประมาณ 230 องศาเซลเซียสจะอัดฟางข้าวเข้าไปในเครื่องพร้อมกระดาษเหนียวที่เป็นผิวหน้า แผ่นฟางอัดจะเคลื่อนไปตามรางลูกกลิ้งที่มีความยาวประมาณ 25 เมตร ไปยังเครื่องเลื่อยตัดขนาดตามความยาวที่ต้องการ เมื่อตัดขนาดแล้วนำไปเข้าเครื่องผนึกปิดหัวแผ่นทั้ง 2 ด้าน ด้วยกระดาษ บีบแน่นด้วยแรงกดและความร้อนจากเครื่องผนึกนำไปตรวจสอบน้ำหนักของแผ่น โดยการสุ่มตัวอย่างประมาณ 15 นาทีต่อครั้ง ทั้งนี้เพื่อควบคุมน้ำหนักให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยปกติแผ่นฟางอัดจะมีน้ำหนักประมาณ 20 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ประโยชน์ของแผ่นฟางอัด มีดังนี้

6. ใช้เป็นผนังกั้นห้อง สามารถกันเสียงรบกวนภายนอกได้ เพราะฟางอัดเป็นแผ่นตัน
7. ใช้ทำผนังภายนอก เพื่อกันความร้อนจากแสงแดด
8. เหมาะสำหรับทำฝ้าเพดาน นอกจากจะกันเสียงสะท้อนได้แล้ว ยังกันความร้อนจากหลังคาได้ด้วย สามารถเก็บความเย็นและรักษาอุณหภูมิภายในให้คงที่ได้เสมอ สะดวกในการใช้กับเคร่าเหล็กและเคร่าอลูมิเนียมในระบบเคร่าแขวน
9. สามารถติดตั้งได้สะดวก
10. เป็นวัสดุทนไฟ ไม่เป็นสื่อ น้ำหนักเบาแข็งแรง และรับน้ำหนักได้ดี

2.8การผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดจากต้นมันสำปะหลัง(Cassava Wood Fiber Board)

การทดลองผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดจากต้นมันสำปะหลัง (Manihot esculenta Crantz.) ได้กระทำที่กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ แผ่นชิ้นไม้อัดที่ทำขึ้นนั้นเป็นแผ่นชิ้นไม้อัดชั้นเดียว (Single layer board) มีความหนาแน่นประมาณ 685 กก./ม.^{3} ทำการอัดในแนวราบ (Flatpressing) โดยใช้เครื่องอัดไฮโดรลิค ใช้แรงอัดประมาณ 100 กก./ซม.^{2} ที่อุณหภูมิระหว่าง 120-150 องศาเซลเซียส โดยทดลองกับกาวสังเคราะห์ชนิดต่างๆ ดังต่อไปนี้.-

การยูเรีย ฟอร์มัลดิไฮด์

กาวยูเรีย-เม็ลลามิน ฟอร์มัลดิไฮด์

กาวฟีนอล ฟอร์มัลดิไฮด์

ปริมาณกาวที่ใช้ประมาณ 7-9 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้งของไม้และใช้น้ำมันพาราฟินประมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองมีสาระสำคัญพอที่จะสรุปได้ดังต่อไปนี้

ผลการทดสอบคุณสมบัติด้านความแข็งแรงของแผ่น ปรากฏว่าให้ผลเป็นที่น่าพอใจ มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสากลที่ได้ระบุไว้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความแข็งแรงทางด้านแรงดึงขนานกับผิวหน้าของแผ่น (Tension parallel to board surface) ปรากฏว่าค่าความแข็งแรงทางแรงดึงจะอยู่ระหว่าง 85-111 กก./ซม.^{2} ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานที่ตั้งไว้ (35 กก./ซม.^{2}) เกือบ 2 เท่าตัว ค่าโมดุรัสแตกร้าว (Modulus of Rapture) มีประมาณ 179-268 กก./ซม.^{2} ในขณะที่มาตรฐานสำหรับแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีความหนาแน่นปานกลาง (ประมาณ 650กก./ม.^{3}) ต้องการเพียง 100 กก./ซม.^{2} ส่วนผลการทดสอบคุณสมบัติด้านการดูดซึมน้ำและการพองตัวของแผ่น ปรากฏว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเช่นเดียวกันการขยายตัวทางด้านความหนาของแผ่น เมื่อนำไปแช่น้ำเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง โดยเฉลี่ยแล้วจะมีการขยายตัวประมาณ 9.8 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นต้นมันสำปะหลังซึ่ง

เป็นวัตถุเส้นใยที่เป็นผลพลอยได้จากพืชทางเกษตรนั้น จึงมีลู่ทางที่แจ่มใสในอนาคตที่จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์แทนไม้ได้เป็นอย่างดี

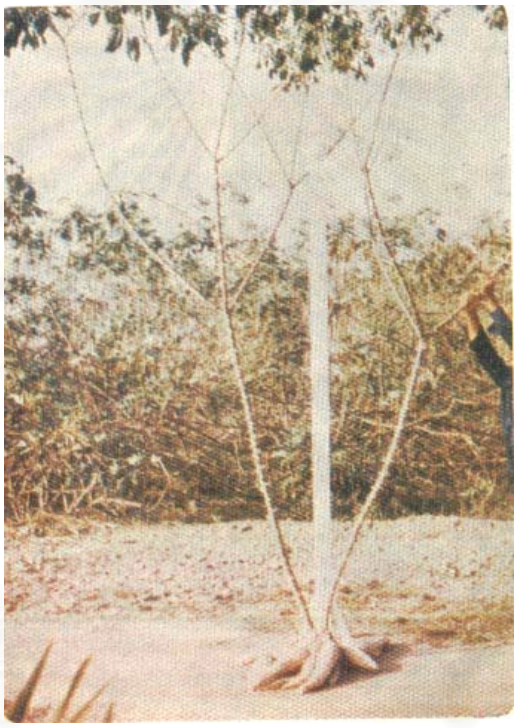
แผ่นชิ้นไม้อัด (Particle board) โดยทั่วไปแล้วหมายถึง “วัสดุแผ่นเรียบทำจากไม้ (Wood) หรือวัสดุพวก ลิกโน-เซลลูโลส (Lignocellulose raw material) ได้แก่พวกชานอ้อย (Bagass) ปอ (Flax) และอื่นๆ ที่มีขนาดเล็กๆ (Chips) ถูกนำมายึดติดกันแน่นด้วยกาว (Glues) โดยใช้ความร้อนและแรงอัดเข้าร่วม”

แผ่นชิ้นไม้อัด ประกอบด้วยไม้ประมาณ 99 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ปกติแล้ววัตถุดิบพวกไม้ส่วนใหญ่ได้จาก เศษไม้ ปลายไม้ ที่เหลือจากการทำไม้ จากโรงงานแปรรูปไม้และจากโรงงานอุตสาหกรรมใช้ไม้อื่นๆ ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร พวกชานอ้อย มาใช้ในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด แต่อย่างไรก็ตาม เท่าที่ทราบยังไม่ปรากฏว่ามีการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดอื่นๆ อาทิ ต้นมันสำปะหลัง เศษปอ และอื่นๆ มาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดในประเทศไทย

ต้นมันสำปะหลังเป็นเศษเหลือจากพืชทางเกษตรชนิดหนึ่ง จากการวิเคราะห์ปริมาณมวลชีวภาพของต้นมันสำปะหลังแล้ว พบว่า ในปี 2520/21 ประเทศไทยมีเศษเหลือพวกต้นมันสำปะหลังเป็นปริมาณที่สูงถึง 4.5 ล้านตัน ของน้ำหนักแห้งที่ปริมาณความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ และจากการศึกษาลักษณะทางโครงสร้างภายใน (The Inner Structure) ของต้นมันสำปะหลังปรากฏว่า ต้นมันสำปะหลังมีลักษณะโครงสร้างภายในและส่วนประกอบทางเคมีที่คล้ายคลึงกับลักษณะโครงสร้างภายในของเนื้อไม้ยืนต้นทั่ว ๆ ไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการสำรวจ ปริมาณความต้องการใช้ไม้ชนิดต่างๆ ของประเทศไทยในปี 2513 โดยผู้เชี่ยวชาญจากองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติและได้พยากรณ์ไว้ว่าอัตราการบริโภคไม้อัดแผ่นเรียบ (Wood panel products) ของประชากรทั้งประเทศ โดยเฉลี่ยแล้วจะมีประมาณ 0.27 ล้านตัน และ 0.90 ล้านตัน ในปี 2523 และปี 2543 ตามลำดับ หรืออีกนัยหนึ่ง ความต้องการใช้ไม้อัดแผ่นเรียบของประเทศไทยในปี 2523 และ ปี 2543 โดยเฉลี่ยแล้วจะมีประมาณ 13.5 ล้านแผ่น และ 45 ล้านแผ่น ตามลำดับ



ภาพที่ 2.14 แสดงลักษณะต้นมันสำปะหลัง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 2.15 แสดงชิ้นส่วนของต้นมันสำปะหลังที่จะนำมาใช้ทำแผ่น

ภาพที่ 2.16 แสดงแผ่นอัดจากต้นมันสำปะหลังเสร็จสมบูรณ์

2.9แผ่นไม้ไผ่อัด (Bamboo Plywood)

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วถึงข้อดีของไม้ไผ่ที่มีความสามารถรับแรงได้เนื่องจากคุณสมบัติความเป็นวัสดุเส้นใยที่มีความเหนียวจนสามารถที่จะใช้ในส่วนของการออกแบบได้หลายส่วนเช่น การผลิตแผ่นใยไผ่อัด การใช้ไม้ไผ่เสริมในคอนกรีตในชนบท หรือ แม้แต่โครงสร้างไม้ไผ่ที่มีความเหมาะสมในการที่จะนำไปใช้ในอาคารบางชนิดได้เช่นกัน

ในเบื้องต้นคือการศึกษาข้อมูลที่ผู้ผลิตได้ ระบุความเหมาะสมในการใช้งานของวัสดุไม้ไผ่อัดที่ความหนาต่าง ๆ กันดังต่อไปนี้

ความหนา	**การนำไปใช้งาน**
1 มิลลิเมตร	เหมาะสำหรับทำฝาผนัง เพดาน และบุทับผนังคอนกรีตซีเมนต์บล๊อก โดยไม่ต้องฉาบปูน
3 มิลลิเมตร	เหมาะสำหรับทำเพดานกั้นห้อง ซึ่งสามารถตีเป็นโครงเคร่าเพดานห่างกันประมาณ 80X 120 และ 120X120 เซนติเมตร
4 มิลลิเมตร	เหมาะสำหรับทำฝากั้นห้องและบอร์ดต่าง ๆ
6 มิลลิเมตร	เหมาะสำหรับทำฝากั้นบานประตู หน้าต่าง และ เฟอร์นิเจอร์ที่รับน้ำหนักไม่มากนัก
10 มิลลิเมตร	เหมาะสำหรับทำเฟอร์นิเจอร์ที่รับน้ำหนักมาก ๆ เช่น ตู้หนังสือ พื้น เก้าอี้นั่ง เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะการใช้งานของวัสดุไม้ไผ่อัด ที่ความหนาต่าง ๆ
ที่มา : บริษัท นอร์ธเทิร์น เอ็นเตอร์ไพรส์ ลำพูน ไม้ไผ่อัด และ http://www.premierproduct.com

จากข้อมูลดังกล่าวทำให้เราสามารถที่จะเลือกความหนาที่เหมาะสมมาใช้เป็นตัวแปรในการวิจัยได้ โดยศึกษาความแตกต่างของพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนและความชื้นผ่านวัสดุชนิดเดียวกันที่ความหนาต่างกันซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในขั้นตอนและวิธีการวิจัย

ส่วนต่อไปที่จะใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการวิจัย และยังสามารถใช้ข้อมูลจากการทดสอบนี้ไปใช้ในการคำนวณประกอบกับผลการวิจัยได้ในยที่นี้คือ คือข้อมูลการทดสอบวัสดุในเชิงกายภาพหรือเชิงวิศวกรรม ซึ่งได้ทำการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุนี้ในด้านต่าง ๆ ซึ่งได้ผลปรากฏตามตารางต่อไปนี้

DATA OF BAMBOO PLYWOOD

BAMBOO PLYWOOD SPECIFICATION

TESTED BY FACULTY OF ENGINEERING CHIANGMAI UNIVERSITY THAILAND

DATES: SEPTEMBER 4th , 1979

TYPE	DENSITY (KG/CUM)	MOISTURE CONTENT (%)	ABSORBTION (%)		SWELLING (%)			SURFACE ABSORBTION (2HOURS)	BENDING (KG/2mm)
			2HOURS	24HOURS	WIDTH	LENGTH	THICKNESS		
BAMBOO PLYWOOD	695	11.6	9.1	21.8	0.4	0.8	4.9	6.6	6.75
ALLOWABLE VALUE	500-800	9-15	<40	<80	<5	<5	<12	<9	1

TESTED BY DR.BUNCHA SUPRINATONK

TECHNICIAN JREARN PRASONG

HEAD PF DEPARTMENT DR. JADSADA KSAMSAD

ตารางที่ 2.2 แสดงการทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุ ไม้ไผ่อัด

ที่มา : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

จากการศึกษาดังกล่าวสามารถที่จะนำวัสดุนี้ไปใช้ในอาคารได้ตามที่ผู้ผลิตวัสดุกำหนดไว้ในตารางข้างต้นไม่ว่าจะเป็นส่วนของการนำมาใช้เป็นผนังเบากั้นพื้นที่ใช้สอย หรือใช้เป็นฝ้าเพดานภายในอาคารได้

การใช้งาน

สามารถใช้งานได้ในลักษณะที่ค่อนข้างเอนกประสงค์ และในหลายส่วนของอาคารเช่น

1. การใช้งานเพื่อเป็นผนังในการกั้นส่วนพื้นที่ใช้สอยของอาคาร
2. ใช้ในส่วนของฝ้าเพดานภายนอก และภายในอาคาร
3. ทำเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ ที่ไม่มีการรับแรงมาก ๆ เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.10 การผลิตฉนวนอาคารโดยใช้เส้นใยฟางข้าวสาลี (Building Insulation from Agriculture Materials)

ในการผลิตแผงฉนวนโครงสร้างของระบบการก่อสร้างอาคารซึ่งใช้วัตถุดิบแกนกลางทำจากเส้นใยฟางข้าวสาลีที่ผ่านแรงอัดสูง โดยใช้เครื่องอัดกลจดลิขสิทธ์มาทำการผลิตแผ่นเส้นใยฟางอัดที่มีความหนา 3-5/8 นิ้ว และตัดออกมาตามความยาว จากนั้นจึงนำไปเคลือบประกบในความหนา 1 หรือ 2 ชั้น ด้วยแผ่นบาง OSB (Oriented Strand Board) ซึ่งมีความหนา 7/16 นิ้ว 2 แผ่น บริษัทจำหน่ายแผงฉนวนโครงสร้างขนาดใหญ่ในรูปแผงก่อสร้างสำเร็จรูปเพื่อใช้ในงานก่อสร้างบ้านเดี่ยวพักอาศัย และอะพาร์ทเม้นท์ซึ่งมีความสูงไม่เกิน 3 ชั้น แผงฉนวนดังกล่าวยังสามารถใช้ได้กับการก่อสร้างอาคารเชิงพาณิชย์ประเภทต่างๆ ที่มีความสูงไม่เกิน 3 ชั้น สำหรับงานผนังภายนอก, งานพื้น, และงานหลังคาโครงสร้าง

ข้อได้เปรียบของระบบแผงฉนวนโครงสร้างดังกล่าว คือ ประสิทธิภาพในการควบคุมพลังงานสูง มีอัตราทนไฟ 1 ½ และ 2 ชั่วโมง และเป็นฉนวนกันเสียงที่ดีเลิศทั้งผนังและพื้น ปราศจากสารพิษ และเป็นการใช้ประโยชน์โดยนำวัตถุดิบที่มีเหลืออยู่เป็นจำนวนมากในเขตเกษตรกรรมกลับมาใช้ใหม่ รวมทั้งยังคุ้มค่าการลงทุนเมื่อเทียบกับการก่อสร้าง ณ สถานที่ก่อสร้าง (Site built) ได้มีการเปิดตลาดเทคโนโลยีและเครื่องจักรกลไปยังนานาประเทศในพื้นที่ที่มีเส้นใยจากฟางข้าวจำนวนมากและราคาค่อนข้างต่ำ และมีความต้องการแผงก่อสร้างสำเร็จรูป หรือโครงสร้างเชิงพาณิชย์ ราคาประหยัด

ผู้ผลิตได้เสนอโครงการศึกษาความเป็นไปได้ในรายละเอียดเพื่อการก่อตั้งโรงงานผลิตสองทาง เป็นการทำงานร่วมกันระหว่างโรงจักรกลผลิตแผ่น OSB และอุปกรณ์เคลือบแผ่น ในประเทศไทย โดยโรงงานจะใช้วัตถุดิบเป็นฟางข้าวในการผลิตทั้งแผ่นแกนกลางและแผ่นบาง OSB ในระบบการก่อสร้างโดยใช้แผ่นวัสดุสำเร็จรูป

มีความเป็นไปได้ทั้งด้านเทคนิค และด้านเศรษฐกิจ ในการจัดตั้งและผลิตสินค้าดังกล่าวในประเทศไทย ซึ่งได้กำหนดให้มีการศึกษาความเหมาะสม และความเป็นไปได้ของโครงการที่นำเสนออย่างละเอียด ประมาณการเงินลงทุนขั้นต้นสำหรับอุปกรณ์/เครื่องมืออำนวยความสะดวกต่างๆ ประมาณ 17.1 ล้านเหรียญสหรัฐ บริษัทมีความต้องการที่จะแสวงหาความช่วยเหลือจากบริษัท Raytheon Engineers and Constructors และหน่วยงานอื่นๆ ของสหรัฐ และประเทศไทยเพื่อดำเนินการในโครงการศึกษาความเป็นไปได้ดังกล่าว ซึ่งกำหนดดำเนินการในช่วงปลายฤดูใบไม้ร่วงของปี 2539

ขบวนการผลิตของบริษัทจะใช้เครื่องกลอัดรีดแรงสูงที่พัฒนาและได้จดทะเบียนลิขสิทธิ์แล้วมาทำการอัดรีดเส้นใยธัญพืช เช่น ฟางข้าวสาลี หรือฟางข้าว ภายใต้สภาวะแรงอัดและความร้อนสูง ส่งออกมาเป็นลักษณะแผงฉนวนแกนกลางหนา 3-5/8 นิ้วและกว้าง 4 ฟุต ยาวต่อเนื่องกัน และจะตัดแผ่นดังกล่าวออกตามความยาวที่ต้องการเพื่อที่จะนำไปทำการเคลือบให้ได้ออกมาเป็นแผงฉนวนโครงสร้างขนาดใหญ่ที่มีความหนาถึง 8 นิ้ว กว้าง 8 ฟุต และยาว 16 ฟุต สำหรับในประเทศไทยทางบริษัทจะผลิตแผงฉนวนที่เล็กกว่าโดยจะผลิตในความยาว 4 ฟุต จาก 8 ฟุต และยาว 4 ฟุต จาก 12 ฟุต

บริษัทผลิตแผงฉนวนโครงสร้างขึ้นเพื่อใช้ในระบบการก่อสร้าง สามารถช่วยลดปริมาณการตัดไม้เพื่อนำมาใช้ในการก่อสร้างได้ถึง 65% รวมทั้งยังขจัดสารปิโตรเคมีและสารพิษ นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติเป็นที่ยอมรับในเรื่องของการทนไฟ การควบคุมความร้อน มีลักษณะโครงสร้างที่ดีและการเก็บเสียง อีกทั้งมีข้อได้เปรียบด้านราคาที่ต่ำกว่า เมื่อเทียบระบบการก่อสร้างแบบเก่า ทำให้บริษัทผู้ก่อสร้างหลายรายจัดสร้างบ้านที่มีคุณภาพดีขึ้นในราคาที่ถูกลง จากการศึกษาพิจารณาเกี่ยวกับวัสดุก่อสร้างและราคาในปัจจุบัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.การศึกษางานวิจัยอื่นที่มีความเกี่ยวข้อง

3.1การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของอิฐดินซีเมนต์เพื่อเปรียบเทียบกับอิฐมอญและอิฐมอญมาตรฐาน

การศึกษานี้สามารถที่จะชี้ให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติเชิงกลของอิฐดินซีเมนต์มีค่าใกล้เคียงกับอิฐมอญ แต่มีค่าต่ำกว่าอิฐมอญมาตรฐานดังปรากฏดังตารางต่อไปนี้

ชนิดของอิฐ	ค่าเฉลี่ยแรงกดอัด Mpa	ค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำ (%)	ค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำเริ่มต้น (กรัม)	ค่าเฉลี่ยโมดูลัสแตกร้าว Kpa
อิฐดินซีเมนต์	9.50	13.86	11.55	30.05
อิฐมอญ	10.89	15.86	18.21	31.46
อิฐมอญมาตรฐาน	19.96	14.35	13.04	118.58

ตารางที่ 2.3แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลเชิงกลของอิฐดินซีเมนต์ อิฐมอญ และอิฐมอญมาตรฐาน (ที่มา : วารสารเทคโนโลยีสุระนารี จ. นครราชสีมา ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 /2542)

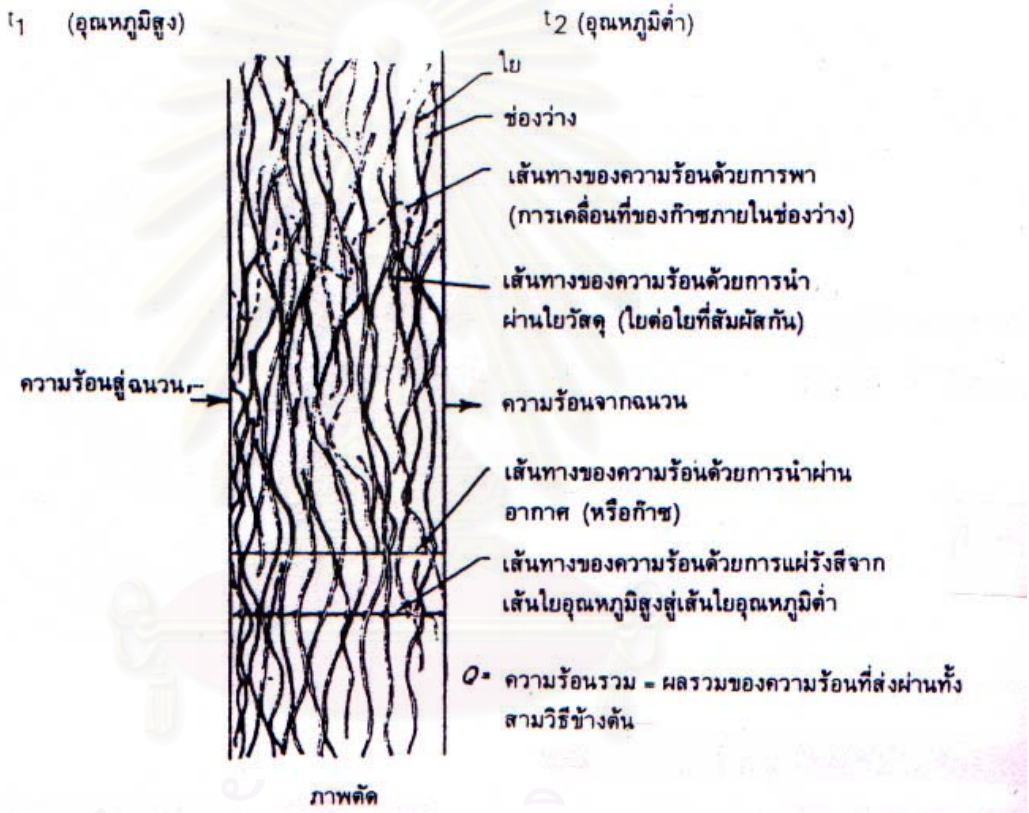
โดยที่การนำไปใช้เป็นผนังไม่รับน้ำหนักตามข้อกำหนดจะต้องสามารถรับแรงได้ไม่ต่ำกว่า 35 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรซึ่งจากการทดสอบพบว่าอิฐดินซีเมนต์ปกติจะมีค่าเกินกว่าที่กำหนดอยู่แล้ว แต่หากจะนำไปใช้ในส่วนของผนังรับน้ำหนักต้องสามารถรับแรงได้ไม่ต่ำกว่า 70 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรซึ่งการผลิตอิฐดินซีเมนต์ต้องควบคุมการผลิตให้ได้มาตรฐานมากยิ่งขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

ดังนั้นจะเห็นได้ว่ามีความเป็นไปได้ในการที่จะทำการศึกษาและพัฒนาวัสดุนี้คืออิฐดินซีเมนต์เพื่อให้มีความสามารถในการรับแรง ความสามารถในการป้องกัน และ หน่วงเหนี่ยวความร้อน ตลอดจนลักษณะการนำไปใช้งานที่มีการปรับปรุงในด้านความสะดวกสบายในการก่อสร้างมากยิ่งขึ้นต่อไป

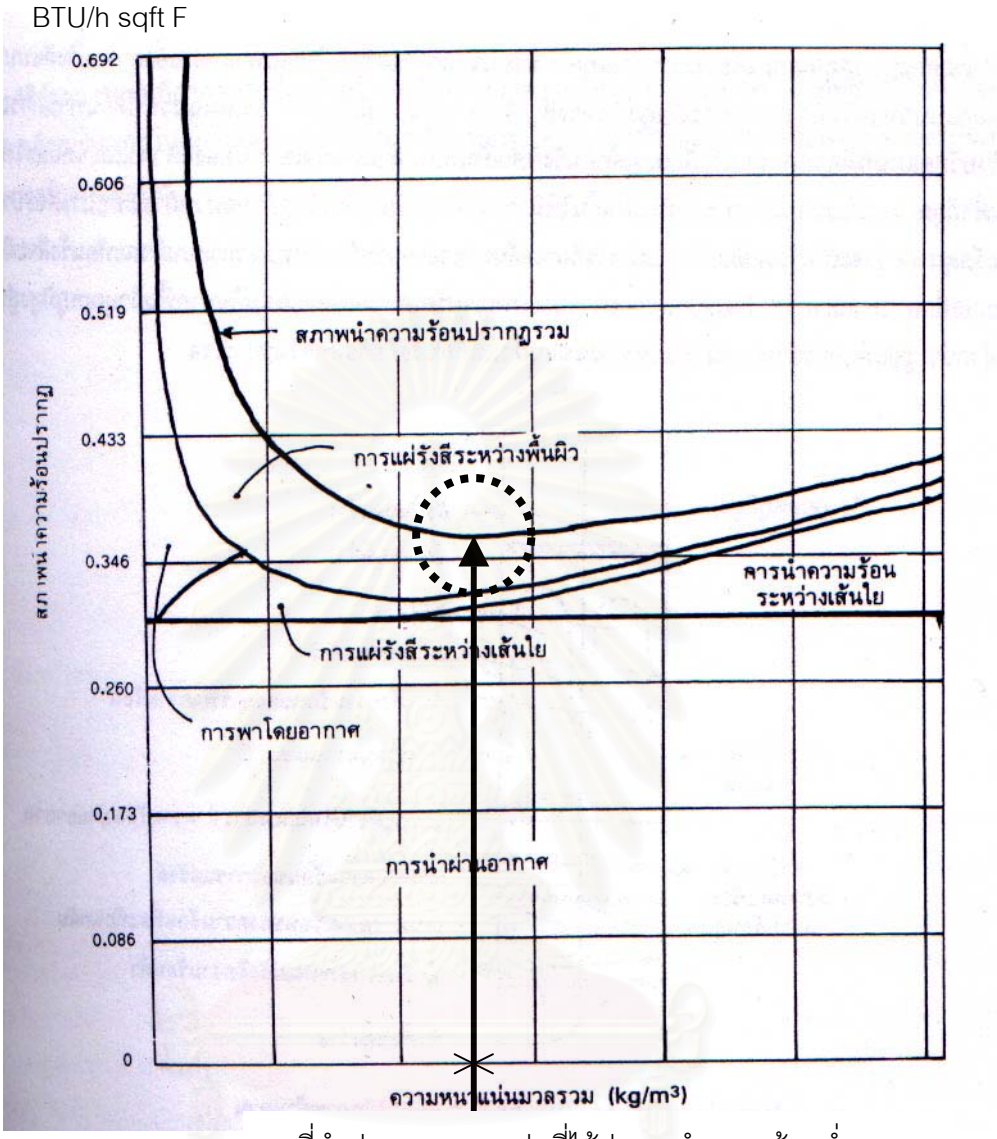
3.2การศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างค่าการต้านทานความร้อนกับค่าความหนาแน่นของวัสดุต่าง ๆ

การศึกษานี้สามารถที่จะแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นที่เปลี่ยนไปจะมีผลต่อสภาพการนำความร้อนปรากฏของวัสดุนั้น ๆ ได้อย่างไร กล่าวคือวัสดุใด ๆ ที่จะนำมาใช้เป็น

วัสดุฉนวนที่มีค่าการต้านทานความร้อนสูงนั้นจะมีค่าความหนาแน่นเพียงค่าเดียวเท่านั้นที่จะได้ค่าการต้านทานความร้อนที่สูงที่สุดนั่นคือเมื่อเราเพิ่มความหนาแน่นของวัสดุใด ๆ ขึ้นจะทำให้เกิดสภาพการนำความร้อนที่มากขึ้นทำให้ค่าการต้านทานความร้อนลดลง ในทางกลับกันหากเราลดความหนาแน่นของวัสดุนั้น ๆ ลง ก็จะทำให้เกิดสภาพการพาความร้อนโดยอากาศที่อยู่ภายในวัสดุนั้น มาแทนที่ ทำให้การต้านทานความร้อนของวัสดุนั้น ๆ ลงลงเช่นเดียวกัน (ตระการ ก้าวกสิกรรม, 2537: 27) ดังภาพและกราฟเส้นดังนี้



ภาพที่ 2.17 แสดงลักษณะการถ่ายเทความร้อน
ผ่านวัสดุฉนวน



จุดที่นำค่าความหนาแน่นที่ได้ค่าการนำความร้อนต่ำสุด

ภาพที่ 2.18 แสดงกราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น กับสภาพนำความร้อนปรากฏของวัสดุฉนวนน้ำหนักเบาอุณหภูมิด้านร้อน 38 องศาเซลเซียส ด้านเย็น 10 องศาเซลเซียส

ที่มา : คู่มือฉนวนในอาคาร หน้า 25-26

ดังนั้นการที่จะนำวัสดุใด ๆ ที่คาดว่าจะมีคุณสมบัติความเป็นฉนวนนั้น ต้องสามารถที่จะทราบความหนาแน่นที่เหมาะสมในการที่จะได้ค่าการต้านทานความร้อนที่สูงที่สุด โดยวิธีการอาจจะเป็นการทดสอบในห้องทดสอบแล้วนำข้อมูลที่ได้มานั้นมาทดสอบด้วยวิธีการทางสถิติหรือการทดลองโดยใช้กล่องทดลอง เป็นต้น

3.3 การวิจัยเรื่องการหาความหนาแน่นที่เหมาะสมที่สัมพันธ์กับค่าการนำความร้อนของวัสดุธรรมชาติ

ในการวิจัยนี้จะมีความสอดคล้องกับการวิจัยเรื่องค่าความหนาแน่นที่สัมพันธ์กับค่าการนำความร้อนปรากฏที่ได้กล่าวไปในข้างต้น ในส่วนของวิธีการนั้นจะเป็นการหาความหนาแน่นโดยใช้การทดลองในห้องทดลองที่ Steady State ด้วยวัสดุต่าง ๆ ที่มีค่าความหนาแน่นต่าง ๆ กัน 6 ระดับ แล้ววัดผลโดยการถ่ายเทความร้อนจากผนังด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งแล้ววัดค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบกับหน่วยเวลา จากนั้นจึงนำผลการทดลองที่ได้มาจัดการโดยวิธีการทางสถิติคือ Regression Method เพื่อให้ได้ค่าความหนาแน่นที่ทำให้สภาพการนำความร้อนของวัสดุแต่ละวัสดุได้ต่ำที่สุดจากนั้นจึงสรุปผลได้ผลดังนี้

วัสดุที่นำมาพิจารณา	**ฟางข้าว**	**แกลบ**	**ชานอ้อย**
ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร)	5	0.3-0.5	2.5
สภาพ	**อบแห้ง**	**อบแห้ง**	**อบแห้ง**
ค่าความหนาแน่นที่เหมาะสม (ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต)	3.2	3	3.5

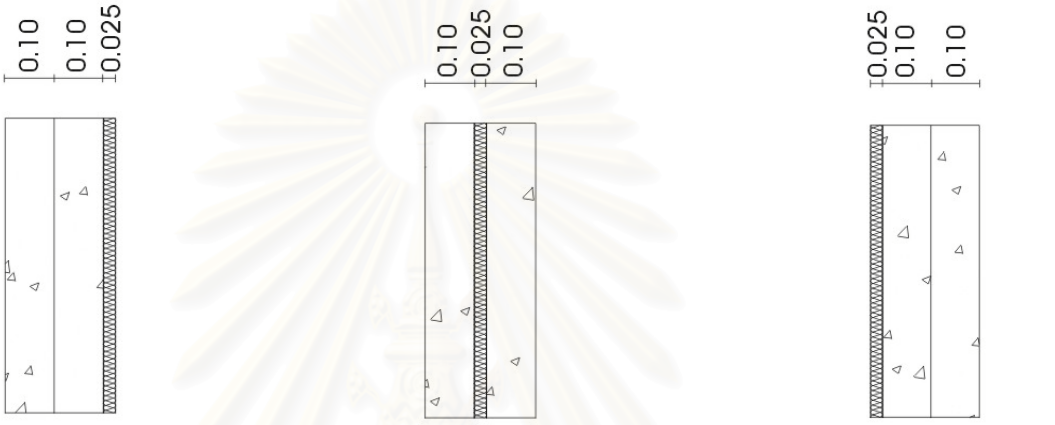
ตารางที่ 2.4 แสดงค่าความหนาแน่นที่ทำให้ค่าการนำความร้อนรวมปรากฏของวัสดุธรรมชาติมีค่าต่ำที่สุด

ที่มา : ห้องทดลองคณะเทคโนโลยีวัสดุ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การวิจัยนี้จะนำตัวเลขที่ได้มานั้นไปทำการทดลองที่สภาพจริงโดยจะนำค่าความหนาแน่นจาก Mechanical and Electrical Equipment for Buildings. 9th Edition. มาทำการเปรียบเทียบอีกขั้นตอนหนึ่ง

3.4 งานวิจัยเรื่องการผสมผสานระหว่างวัสดุฉนวน และมวลสาร

เป็นการศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านรูปแบบผนังที่มีการผสมผสานระหว่างฉนวนและมวลสารในรูปแบบที่ต่างกัน 3 รูปแบบดังภาพ



ภาพที่ 2.19 แสดงการทดสอบผนังประกอบ แบบต่าง ๆ

ในอาคารไม่ปรับอากาศได้ผลสรุปดังนี้

- วัสดุที่ได้รับการผสมผสานให้มีฉนวนอยู่ภายนอกและมวลสารอยู่ภายในจะสามารถช่วยให้การหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุมวลสารสามารถทำงานได้ดีที่สุดเนื่องจากฉนวนภายนอกสามารถช่วยลดปริมาณพลังงานจากภายนอกให้น้อยลงก่อนที่จะถูกดูดซับโดยมวลสาร แต่จะมีความร้อนสะสมที่มากกว่าเมื่อถึงเวลากลางคืน ดังนั้นแนวทางในการปรับปรุงอาคารโดยใช้วัสดุฉนวนที่มีค่าความเป็นฉนวนสูงเข้ามาประกอบจึงควรใช้วัสดุฉนวนบริเวณภายนอกอาคารและใช้วัสดุมวลสารที่มีปริมาณพอเหมาะในอาคาร สำหรับอาคารที่มีการใช้งานโดยวัสดุลักษณะนี้ควรมีการปิดอาคารในเวลากลางวันเพื่อให้อุณหภูมิอากาศภายในอาคารต่ำกว่าอุณหภุมิอากาศภายนอก และเปิดอาคารในเวลากลางคืนเพื่อระบายความร้อนที่มวลสารภายในสะสมไว้ในช่วงเวลากลางวันออกจากอาคาร
- การผสมผสานวัสดุโดยให้มีฉนวนอยู่ระหว่างวัสดุมวลสาร จะมีพฤติกรรมที่ใกล้เคียงวัสดุฉนวนอยู่ภายนอก แต่ค่าอุณหภูมิอากาศภายในและการเปลี่ยนแปลงของอุณหภุ

มิอากาศภายในจะสูงกว่า เนื่องจากวัสดุมวลสารภายในมีปริมาณที่ต่ำกว่าส่งผลต่อประสิทธิภาพในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนให้ต่ำลง นอกจากนี้วัสดุมวลสารที่อยู่ภายนอกจะมีประสิทธิภาพการหน่วงเหนี่ยวการถ่ายเทความร้อนที่ต่ำลง เนื่องจากค่าการนำความร้อนที่สูงมากของวัสดุทำให้อุณหภูมิภายในเนื้อวัสดุเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทันทีที่พบกับสภาพอากาศที่รุนแรงภายนอก

- การผสมผสานวัสดุโดยให้มีฉนวนอยู่ภายในนอกจากวัสดุมวลสารภายนอกมีประสิทธิภาพในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ต่ำลงแล้ว เมื่อวัสดุที่ผสมมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมที่ต่ำถึงระดับหนึ่ง การหน่วงเหนี่ยวการถ่ายเทความร้อนจะไม่มีผลต่ออุณหภูมิผิวภายใน แต่อุณหภูมิผิวภายในจะขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อนสะสมในตัวอาคารจากแหล่งกำเนิดความร้อนต่างๆภายในห้อง
- ปริมาณฉนวนภายนอกส่งผลต่อการป้องกันความร้อนจากสภาพอากาศภายนอกที่รุนแรงได้เป็นอย่างดี เมื่อมีปริมาณฉนวนภายนอกมากถึงระดับหนึ่งอิทธิพลจากสภาพอากาศภายนอกจะมีผลกระทบต่ออุณหภูมิอากาศภายในอาคารน้อยมาก
- ปริมาณมวลสารภายในวัสดุส่งผลต่อการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุตามปริมาณมวลสาร ปริมาณมวลสารภายในที่มากจะช่วยหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ได้ดีกว่าและจะทำให้อุณหภูมิผิวภายในมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างต่ำและคงที่มากกว่า
- วัสดุมวลสาร ฉนวน มวลสาร อาจมีความเหมาะสมเมื่อพิจารณาถึงพฤติกรรมการใช้งานของคนในประเทศไทยที่คุ้นเคยกับผนังภายนอกที่มีความแข็งแรง

ความแตกต่างทางอุณหภูมิที่เกิดขึ้นระหว่างการทดสอบตำแหน่งในการผสมมวลสารและฉนวน อาจมีความแตกต่างที่น้อยลงเมื่อเพิ่มความหนาของฉนวนขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามาจากภายนอกจะถูกลดลงจนมีค่าที่แตกต่างกันน้อยมากในวัสดุที่มีการผสมมวลสารและฉนวนในแต่ละรูปแบบ

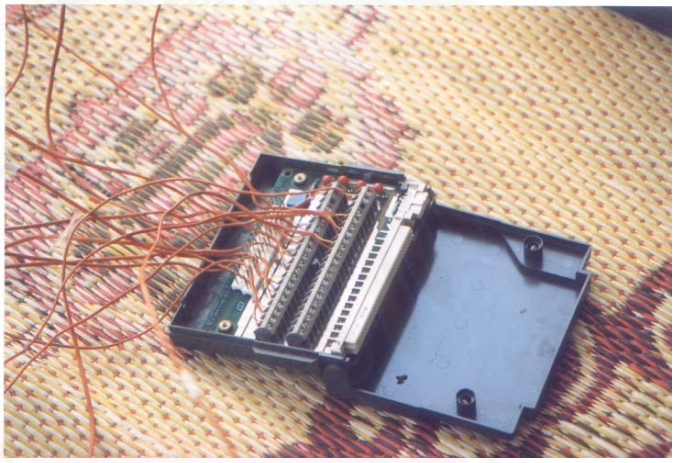
บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย และขั้นตอนในการศึกษา

ในการวิจัยนี้มีระเบียบวิธีที่สามารถแยกออกเป็นข้อ ๆ โดยละเอียดได้ดังต่อไปนี้

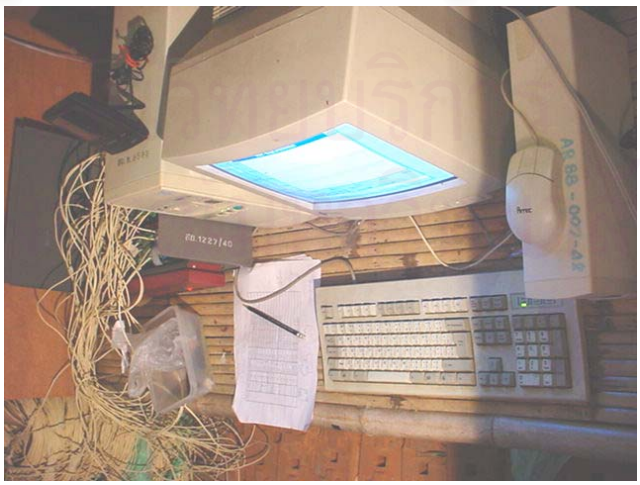
1. **การศึกษาทฤษฎีและการวิจัยที่มีความเกี่ยวข้อง**
   สามารถที่จะแบ่งออกได้สามส่วนคือ ส่วนที่เป็นการศึกษาทฤษฎีที่จำเป็นต้องใช้ในการทดลองหรือการคำนวณค่าปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังทดสอบ ส่วนที่สองคือส่วนของการศึกษาวัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่นที่จะทำการศึกษาวิจัยในเรื่องของคุณสมบัติหรือข้อจำกัดต่าง ๆของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และส่วนสุดท้ายคือการศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัยที่ได้มีผู้ทำการศึกษาไว้แล้วเพื่อให้ทราบถึงปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในการวิจัยนี้ เป็นต้น

2. **ขั้นเตรียมการทดลอง** สามารถแบ่งออกได้ 2 ขั้นตอนดังนี้
   2.1ขั้นเตรียมเครื่องมือที่จะใช้เก็บข้อมูล
   - อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) ทั้งภายนอกและภายในแบบจำลอง ค่าที่ได้วัดเป็นองศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องมือ Fluke Hydra Logger , และสายวัดอุณหภูมิ Thermocouple Type T รุ่น Omega 204-44 ที่จะใช้ในการต่อพ่วง กับ Fluke Hydra Logger ดังกล่าว
   - อุณหภูมิอากาศในส่วนของการวัดผลในแบบจำลองใช้เครื่องมือ Data Loggerและสายโทรศัพท์ เชื่อมต่อกับหัว Thermister
   - อุณหภูมิผิว (Surface Temperature) ทั้งภายนอกและภายในแบบจำลอง ค่าที่ได้วัดเป็นองศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องมือ Fluke Hydra Logger , และสายวัดอุณหภูมิ Thermocouple Type T รุ่น Omega 204-44 ที่จะใช้ในการต่อพ่วง กับ Fluke Hydra Logger ดังกล่าว
   - การใช้ Computer ในการเก็บข้อมูล และการประมวลผลข้อมูลทั้ง 3 ส่วนที่ได้กล่าวข้างต้น

ภาพที่ 3.1 แสดงเครื่องวัดอุณหภูมิ Fluke Hydra logger



ภาพที่ 3.2 แสดงการต่อเชื่อมสายวัดเข้ากับตัวเครื่อง



ภาพที่ 3.3 แสดงอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับประมวลผลข้อมูล

2.2ขั้นเตรียมชิ้นวัสดุเพื่อการทดลอง

โดยการจัดสร้างผนังทดสอบในกล่องทดลองที่มำจากวัสดุที่มีความต้านทานความร้อนสูง คือ โฟมโพลีสไตรีนความหนา 6 นิ้วที่ได้กำหนดไว้โดยกำหนดให้ผนังที่ทำการทดสอบหันไปทางทิศใต้ ที่มีแสงแดดตกกระทบตลอดวัน และมีขนาดของผนังทดสอบเท่ากัน คือ ขนาด 60 x 60 เซนติเมตรในกล่องทดลองที่มีขนาดเท่ากัน และใช้กระบวนการทางสถิติมาใช้ในการควบคุมให้มีสภาพคงที่เท่ากัน โดยเก็บข้อมูลติดต่อกัน 1 สัปดาห์ ในช่วงฤดูร้อน (มีนาคม- เมษายน) โดยสามารถที่จะแบ่งขั้นตอนการทดลองได้ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 การทดลองในส่วนของวัสดุธรรมชาติพื้นถิ่นที่เป็นวัสดุที่มีค่าความหนาแน่นสูงคือมีค่าความหนาแน่นตั้งแต่ 60 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุตขึ้นไป ซึ่งจากการที่ได้ทำการศึกษาวัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่นคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือในประเทศไทยนั้นจะเห็นได้ว่ามีวัสดุผนังจากธรรมชาติที่มีความน่าสนใจในการที่จะทำการศึกษาคือ

ผนังอิฐดินซีเมนต์ ตามข้อกำหนดส่วนผสมของกรมโยธาธิการ และกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผนังดินเหนียวผสมวัสดุการเกษตร (จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญท้องถิ่น จังหวัดบุรีรัมย์)

ภาพที่ 3.4 แสดงกล่องทดลองที่จะนำมาใช้ในการทดสอบ

ภาพที่ 3.5 แสดงอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในการทดลอง

การศึกษาเบื้องต้นนั้นจะกระทำโดยการจัดทำกล่องทดลองที่มีขนาดเท่ากัน (60x60x60เซนติเมตร)จากนั้นจึงใช้ผนังที่มำจากวัสดุดังกล่าวมาทดสอบโดยการวิเคราะห์กราฟเปรียบเทียบกับวัสดุผนังที่ใช้กันอยู่ทั่วไปคือ

ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบครึ่งแผ่น ความหนา 10 เซนติเมตร

ผนังอิฐบล๊อก

โดยที่การวิเคราะห์จะมีความเกี่ยวเนื่องกับ Thermal Performance คือพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนจากผนังด้านหนึ่งไปสู่ผนังอีกด้านหนึ่งรวมไปถึงระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่มีความแตกต่างกันออกไปในวัสดุที่ต่างกัน

ส่วนที่ 2 เป็นการทดสอบวัสดุที่มีความเป็นไปได้ในการนำมาทำเป็นวัสดุฉนวน เพื่อต้านทานความร้อนที่จะส่งผ่านเข้ามาในอาคาร โดยการศึกษาจะใช้วัสดุที่มีความแตกต่างทางด้านกายภาพ เป็นสำคัญโดยควบคุมตัวแปรคือความหนาแน่นที่เท่ากันไว้ โดยวัสดุที่จะนำมาพิจารณาได้แก่

แกลบ เป็นวัสดุที่เป็นตัวแทนของวัสดุที่เป็นโพรงอากาศหรือ Granule Material

ฟางข้าวเป็นวัสดุที่เป็นตัวแทนของวัสดุ Fiber Material

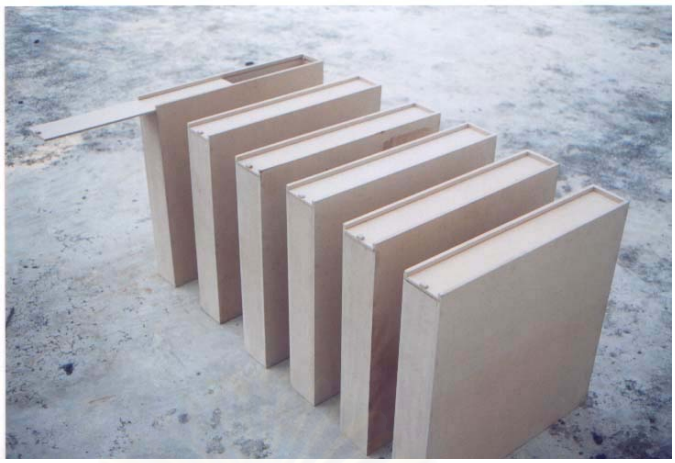
จากนั้นจึงทำการวัดค่าความต้านทานของวัสดุที่พิจารณาโดยนอกจากจะเปรียบเทียบกันภายในกลุ่มแล้วยังจะได้ทำการเปรียบเทียบกับวัสดุฉนวนอื่น ๆที่ใช้กันอยู่ทั่ว

ไปอีกด้วยที่นำมาเปรียบเทียบคือ โฟมความหนา 2 นิ้ว(ตามที่ได้คำนวณมานั้นจะมีค่าการต้านทานความร้อนใกล้เคียงกัน)

ภาพที่ 3.6 แสดงกระสอบบรรจุวัสดุธรรมชาติที่จะนำมาใช้ในการทดสอบ

ในส่วนของการทดสอบส่วนนี้มีความจำเป็นที่จะต้องควบคุมน้ำหนักวัสดุที่ต้องการทดสอบ โดยที่วัสดุที่จะนำมาเป็นเครื่องบรรจุวัสดุทดสอบนั้นได้จัดทำเป็นโครงคร่าวไม้ประกบด้วยแผ่นอัดความหนาแน่นปานกลาง หรือ Medium Density Fiberboard (MDF) ขนาด 60 x 60 เซนติเมตรเว้นช่องว่างตรงกลางให้ได้ความหนารวมทั้งสิ้นประมาณ 12.5 เซ็นติเมตรเพื่อใช้บรรจุวัสดุทดสอบทั้ง 2 ที่ได้กล่าวไปแล้วในส่วนที่ 1 ของการทดลองโดยมีการเชื่อมประสานวัสดุดังกล่าวนั้นด้วยกาวแป้งข้าวเหนียวและปูนขาวเพื่อที่จะป้องกันค่าความหนาแน่นที่จะเปลี่ยนไปและเพื่อที่จะป้องกันแมลงตามลำดับ

โดยการที่จะหาความหนาแน่นที่มีความเหมาะสมจะใช้ Regression Method คือการใช้สมการถดถอยเข้ามาวิเคราะห์ โดยการทดสอบวัสดุแต่ละชนิดที่ความหนาแน่นต่างกัน 5 ระดับจากนั้นจึงนำมาแทนค่าในสมการเพื่อหาความสัมพันธ์ และสามารถที่จะหาค่าความหนาแน่นที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนสูงสุดของวัสดุแต่ละชนิดได้อย่างเหมาะสมต่อไป



ภาพที่ 3.7 แสดงกล่องไม้อัดที่จะนำมาบรรจุวัสดุธรรมชาติที่จะนำมาทำการทดสอบ

โดยที่ลักษณะของกล่องทดลองมีลักษณะเป็นกล่องลูกบาศก์ขนาดภายในประมาณ 60x60x60 มีด้านที่จะใช้สำหรับติดตั้งผนังทดสอบ 1 ด้าน และด้านที่เหลือเป็นโฟมโพลิสไตรีนบนไม้อัดและมีการป้องกันการรั่วซึมของอากาศโดยรอบภายนอกทาสีน้ำพลาสติกสีขาวเพื่อป้องกันการดูดซึมความร้อนของวัสดุที่มีสีเข้ม ในส่วนของการวัดโดยใช้ Sensor นั้นมีการวัด 4 จุดคือ อุณหภูมิอากาศภายนอก อุณหภูมิผิวภายนอก อุณหภูมิผิวภายใน และอุณหภูมิอากาศภายใน จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาจัดทำเป็นกราฟในโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อที่จะประเมินผลการทดลองและวิเคราะห์หาข้อสรุปต่อไป

ส่วนที่ 3 เป็นการศึกษาในเรื่องของการนำไปประกอบกันของวัสดุทั้ง 2 ส่วนที่ได้ทำการศึกษาข้างต้น โดยการเลือกพิจารณาผนังประกอบจากวัสดุที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุดในกลุ่ม จากนั้นจึงทำการเก็บข้อมูลและบันทึกผลการทดลอง โดยที่ตัวแปรที่ต้องควบคุมคือมาตรฐานที่ต้องมีความเท่าเทียมกันภายในตัววัสดุ ส่วนตัวแปรอิสระคือลักษณะการเรียงลำดับชั้น (Layering) ของวัสดุต่าง ๆ ที่ได้ทำการทดลองในส่วนที่ 1 และ 2 ข้างต้นโดยที่จะได้ทำการทดสอบย่อยก่อนในกล่องทดลองจากนั้นจึงมีการรทดสอบโดยสร้างอาคารทดสอบขนาดย่อส่วนแต่ใช้วัสดุที่มีขนาดเท่าเดิมเพื่อการประเมินผลในขั้นสุดท้ายตามที่ได้ทดลองมารวมกับส่วนที่เป็นการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

3.การเก็บข้อมูล จะใช้วิธีการศึกษาจากการจำลองแบบทางสถาปัตยกรรม (Simulation) โดยที่การวัดผลจะใช้เวลาในการเก็บข้อมูล ติดต่อกัน 1 สัปดาห์ ที่สภาพอากาศปกติในท้องถิ่นที่จะต้องทำการศึกษาในช่วงเวลาประมาณเดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน

ภาพที่ 3.8 แสดงอาคารทดสอบ

4.การวิเคราะห์ข้อมูล

การใช้ระเบียบวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงสถิติ เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการทดลอง ในกรณีดังนี้

- พิจารณาเปรียบเทียบค่าการนำความร้อนจากการวัดค่าอุณหภูมิผิวทั้งภายนอกและภายในของวัสดุชนิดต่าง ๆ คุณสมบัติทางกายภาพ ที่นำมาทดสอบจากการคำนวณและจากค่าที่วัดได้จริง

- เปรียบเทียบค่าการนำความร้อน และค่าการต้านทานความร้อนรวมทั้งคุณสมบัติอื่น ๆที่ได้จากการวัดจริงภายในกลุ่มทดสอบ และเปรียบเทียบข้ามกลุ่มในสภาวะที่ต่างกัน แต่เป็นวัสดุเดียวกัน

- เปรียบเทียบค่าที่ได้จาการวัดจริงกับค่าที่ผู้ผลิตได้กำหนดของวัสดุผนังที่ใช้กันอยู่ทั่วไป

- วิเคราะห์ศักยภาพของวัสดุต่าง ๆในการที่จะนำไปใช้ในอาคารเพื่อทั้งในเรื่องของประสิทธิภาพต่อหน่วยราคาและการนำไปใช้จริงเพื่อที่จะสร้างสภาวะน่าสบายในอาคารได้อย่างสมบูรณ์ต่อไป

- วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ ที่ทำการวัดค่าในวัสดุเดียวกัน เพื่อประเมินผลการวัดและนำไปใช้ในการวิเคราะห์วัสดุนั้น ๆ ได้อย่างถูกต้องต่อไป

5. การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของผนังที่พิจารณา

1. **ผนัง** Lightweight Wall

1.1ผนัง LW 2 ฟางข้าวประกบด้วยไม้อัดความหนารวม 12.5 เซนติเมตร เปรียบเทียบกับเยื่อกระดาษ ได้ค่า K= 0.5

ส่วนความหนาฟางข้าว = 12.5-0.25-0.25

ได้ค่า R= 9.6

แทนค่า U= 1/Rt = 1/0.25+0.68+9.6+0.31+0.31

ได้ **U = 0.09 R=11.15**

1.2ผนัง LW 3 ผนังแกลบประกบด้วยไม้อัด

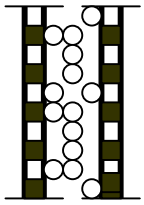
พิจารณาที่เนื้อแกลบพบว่า ส่วนที่เป็นเนื้อเปลือก 70 %

ส่วนที่เป็นช่องว่างอากาศ 30 %

ดังนั้นจึงคิดแยก ส่วนที่เป็นเปลือก K = 0.80 ส่วนที่เป็นช่องว่างอากาศ = 1.5 นิ้ว

จาก U = 1/Rt = 1/ 0.25+0.68+0.31+0.31+4.25+0.87

ได้ **U = 0.149 R=6.67**



2. **ผนังที่มีดินเหนียวเป็นส่วนผสมหลัก**

ได้ค่า K= 2.5 (Stein, B.,and Raynolds, 1992) ดังนี้

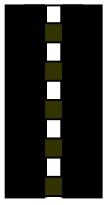
ที่ความหนาแน่น 80 ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต

ส่วนที่เป็นส่วนผสมหลัก 12.25/2.5 = 4.9 นิ้ว

R = X/k = 4.9/2.5 = 1.96

คิดรวม U= 1/1.96+0.25+0.68+0.31

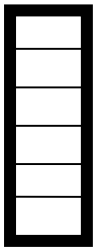
ได้ค่า **U = 0.312 R=3.2**



3. **ผนังอิฐดินซีเมนต์**ที่มีสารผสมหลักเป็น ดินลูกรัง และมีซีเมนต์เป็น Binder อัดด้วยเครื่องอัด Cinvaram ที่แรงกด 10 เมกกะนิวตันต่อตารางเมตร

ผนังอิฐดินซีเมนต์ความหนาแน่น 88.5 ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุตได้ค่าการนำความร้อนเทียบเท่าอิฐก่อสร้างที่ใช้ทั่วไปที่มีค่าเท่ากับ 3.5 (Stein, B.,and Raynolds, 1992) ดังนี้

3.1



R = 5/3.5 = 1.428

U = 1/ 1.428+0.25+0.68

U = 0.42 R=2.38

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการศึกษา

จากที่ได้แบ่งส่วนของการทดลองออกเป็น3 ส่วนนั้นได้ผลการทดลองออกมาเป็นกราฟดังต่อไปนี้

1. ส่วนที่ 1 การทดสอบผนังที่มีค่าความหนาแน่นสูง

ได้ทำการทดสอบ Thermal Performance หรือพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ของวัสดุที่ใช้กันอยู่ทั่วไปกับวัสดุที่สามารถหาได้ในท้องถิ่นที่ทำการศึกษา คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือดังที่ได้กล่าวไว้ในขอบเขตของการศึกษาและการทำวิจัยในรายวัสดุดังต่อไปนี้คือการทดลองในส่วนของวัสดุธรรมชาติพื้นถิ่นที่เป็นวัสดุที่มีค่าความหนาแน่นสูงคือมีค่าความหนาแน่นตั้งแต่ 60 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุตขึ้นไป ซึ่งจากการที่ได้ทำการศึกษาวัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่นคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือในประเทศไทยนั้นจะเห็นได้ว่ามีวัสดุผนังจากธรรมชาติและที่ใช้กันอยู่แพร่หลายที่มีความน่าสนใจในการที่จะทำการศึกษาคือ

ผนังอิฐดินซีเมนต์ ตามข้อกำหนดส่วนผสมของกรมโยธาธิการความหนา 12.5 เซนติเมตร

ผนังดินเหนียวผสมวัสดุการเกษตรเหลือใช้(แกลบ)ความหนา10 เซนติเมตร ตามข้อมูลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญท้องถิ่นจังหวัดบุรีรัมย์

การศึกษาเบื้องต้นนั้นจะกระทำโดยการจัดทำกล่องทดลองที่มีขนาดเท่ากัน (60x60x60 เซนติเมตร)สร้างจากโฟมที่มีความหนา 6 นิ้วโดยรอบ ผนังทดสอบก็มีการใช้สีน้ำพลาสติกสีขาวทาภายนอกเพื่อลดตัวแปรแทรกสอดในเรื่องของสีที่จะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน จากนั้นจึงใช้ผนังที่มำจากวัสดุดังกล่าวมาทดสอบโดยการวิเคราะห์กราฟเปรียบเทียบกับวัสดุผนังที่ใช้กันอยู่ทั่วไปคือ

ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบครึ่งแผ่น ความหนา 10 เซนติเมตร

ผนังอิฐบล๊อกฉาบปูนที่ความหนา 10 เซนติเมตร

ภาพที่ 4.1 แสดงพื้นที่ในการทดสอบบริเวณดาดฟ้าอาคารเรียนคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ภาพที่ 4.2 แสดงสภาพท้องฟ้าในวันที่ทำการเก็บข้อมูลที่มีลักษณะเป็น Clear Sky

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 4.3 แสดงการวัดอุณหภูมิในส่วนต่าง ๆของกล่องทดลองวัสดุพื้นถิ่นความหนาแน่นสูง

โดยรายละเอียดของวัสดุที่จะนำมาทดสอบมีดังนี้คือ

กล่องที่ 1 ผนังดินเหนียวผสมวัสดุการเกษตรเหลือใช้ (แกลบ)ความหนา 10 เซนติเมตร

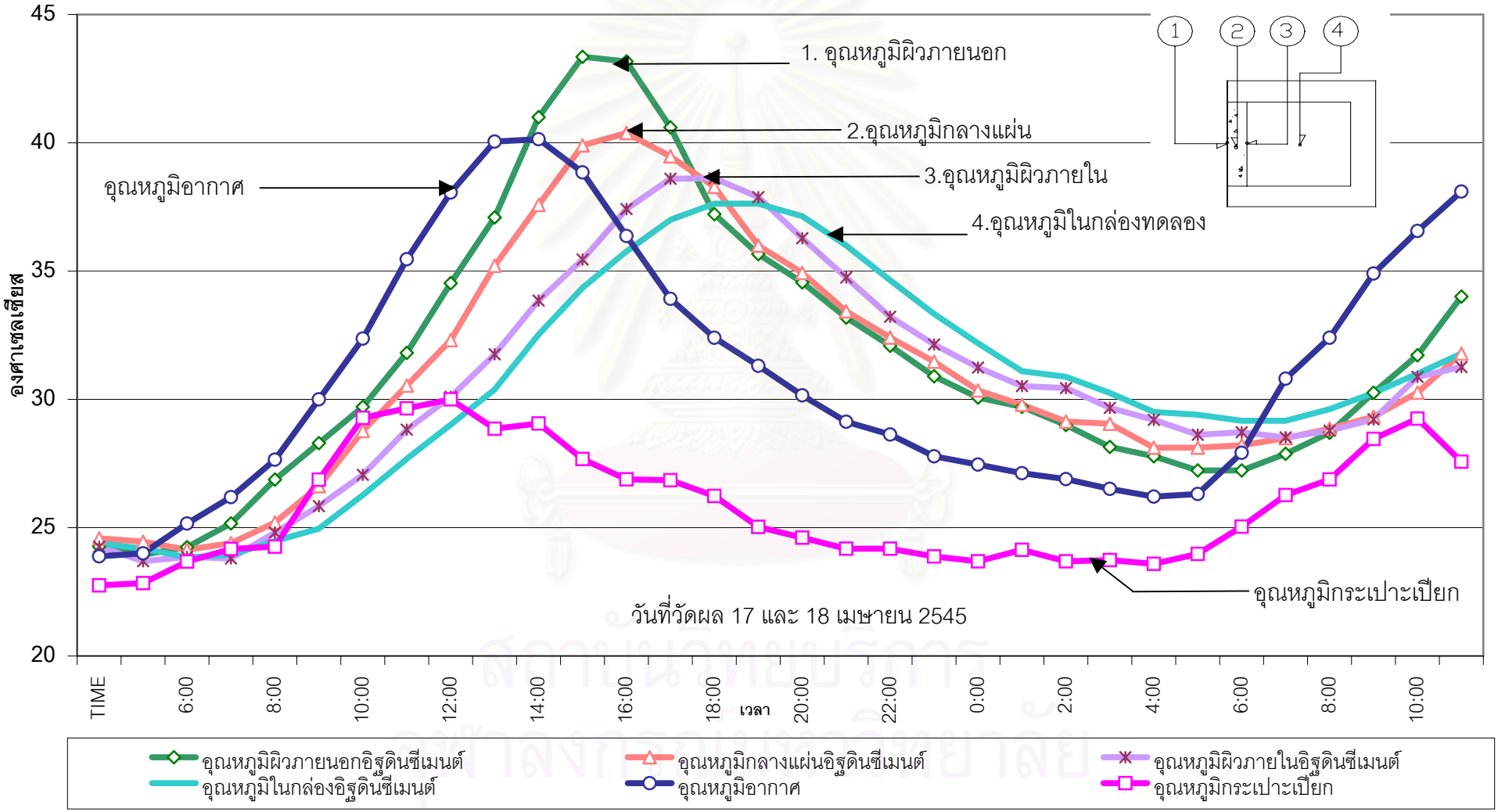
กล่องที่ 2 ผนังอิฐดินซีเมนต์ความหนา 12.5 เซนติเมตร

กล่องที่ 3 ผนังก่ออิฐฉาบปูนความหนา 10 เซนติเมตร

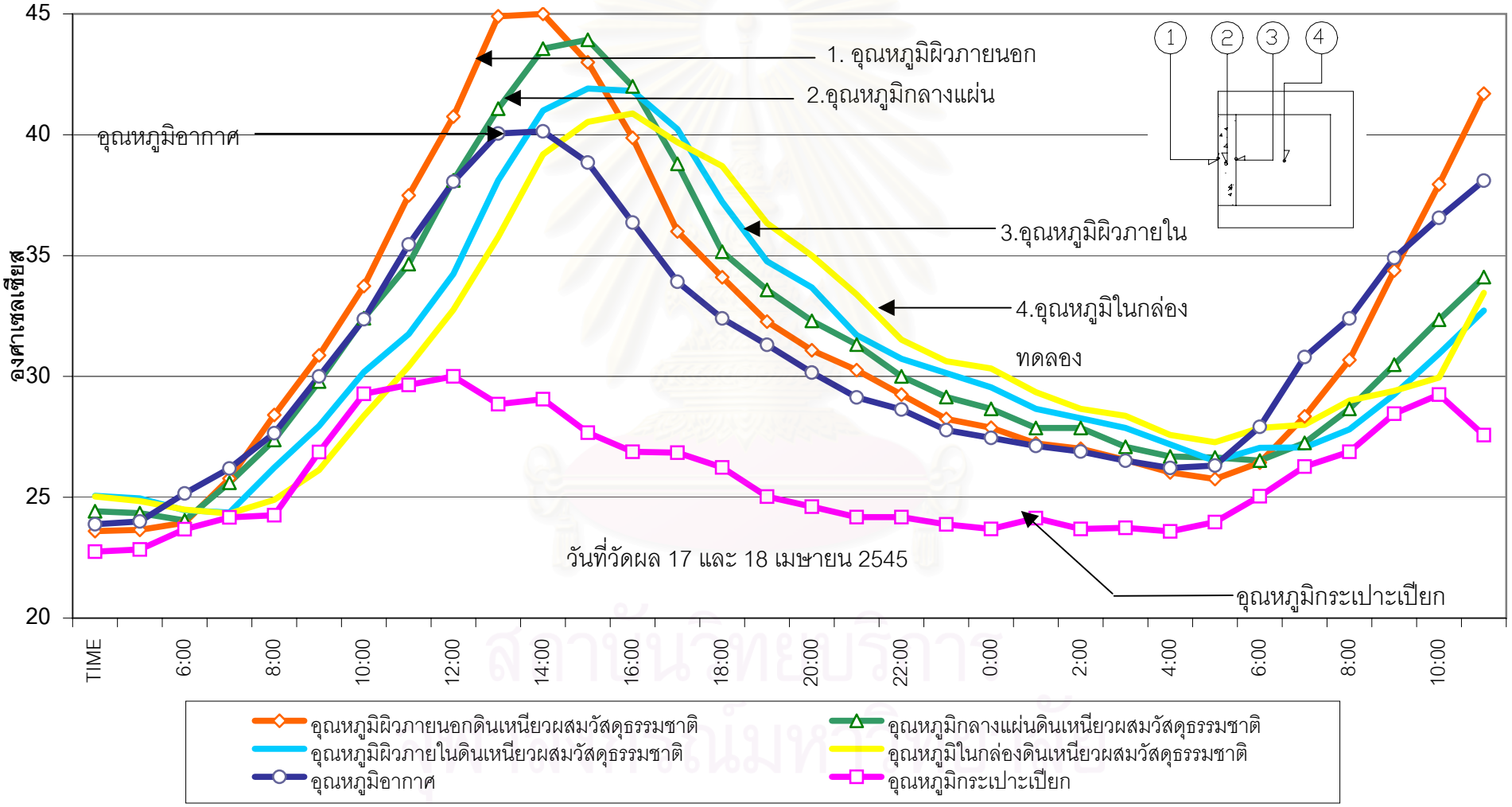
กล่องที่ 4 ผนังอิฐบล็อกฉาบปูนความหนารวม 10 เซนติเมตร

โดยที่การวิเคราะห์จะมีความเกี่ยวเนื่องกับ Thermal Performance คือพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนจากผนังด้านหนึ่งไปสู่ผนังอีกด้านหนึ่งรวมไปถึงระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่มีความแตกต่างกันออกไปในวัสดุที่ต่างกันได้ผลการทดลองที่สามารถแสดงออกมาเป็นกราฟเส้นได้ดังนี้

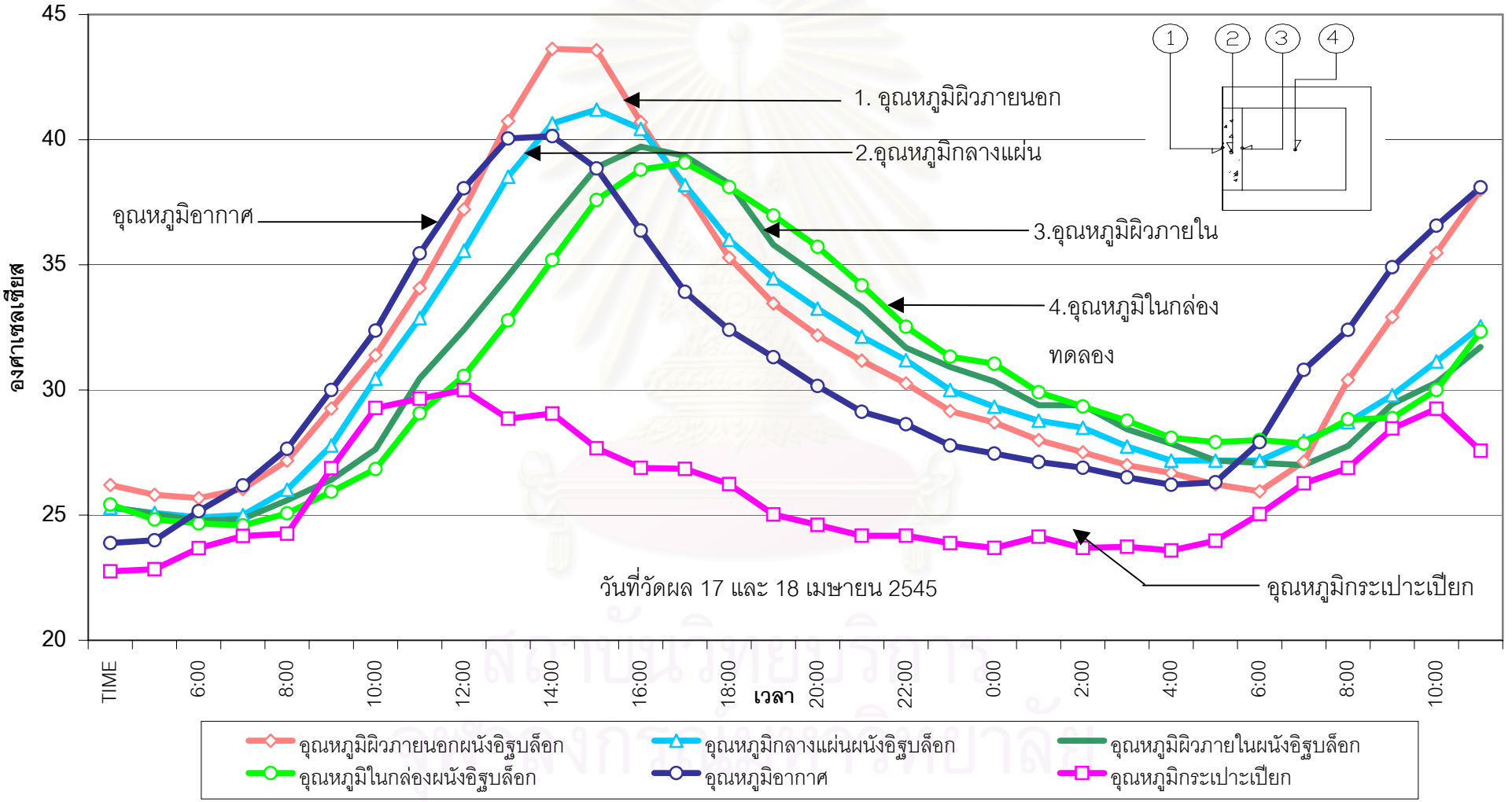
แผนภูมิที่ 4.1 แสดงอุณหภูมิต่าง ๆ ผนังอิฐดินซีเมนต์เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก



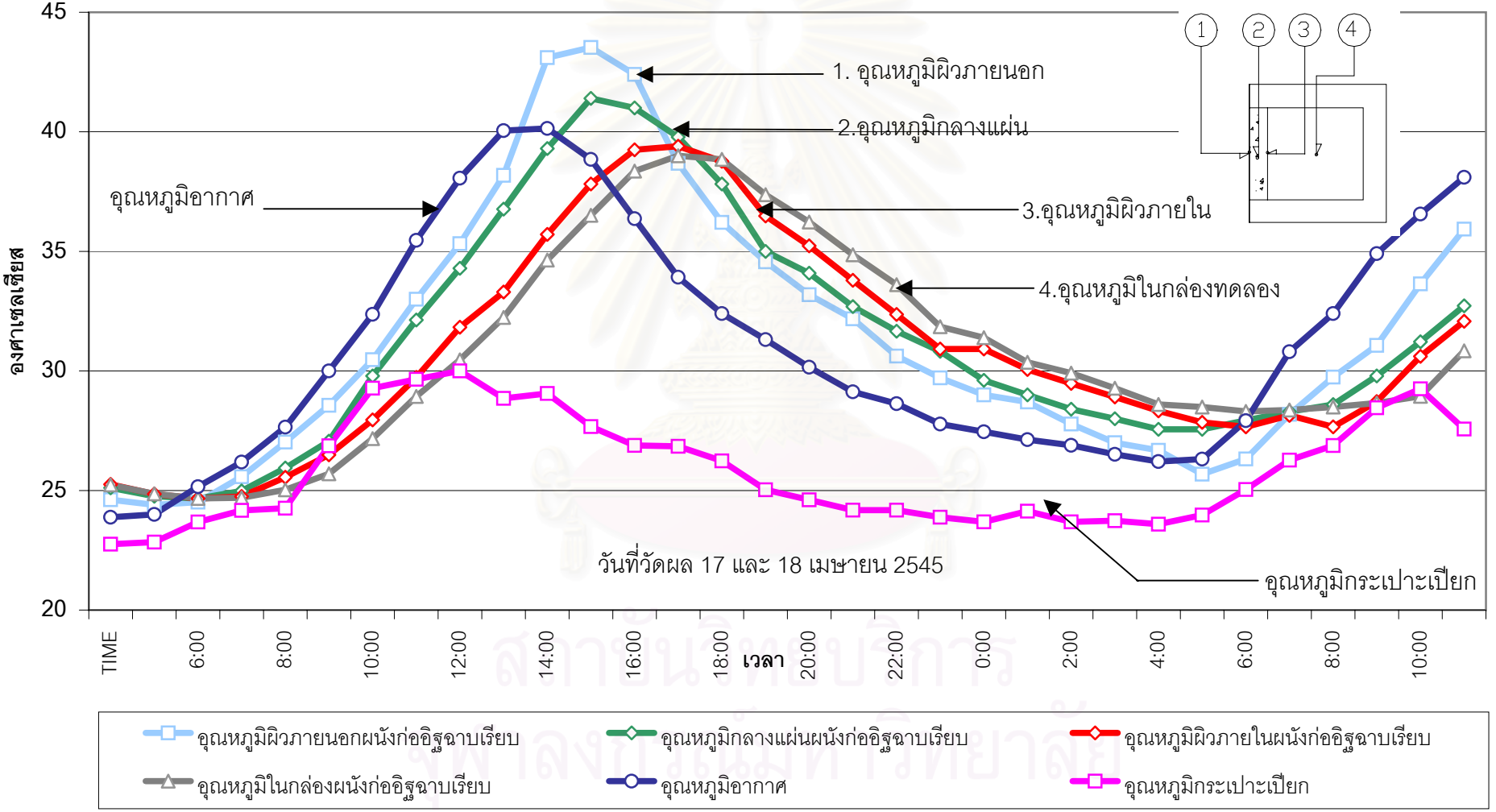
แผนภูมิที่ 4.2 แสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆ ผนังดินเหนียวผสมวัสดุธรรมชาติเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก



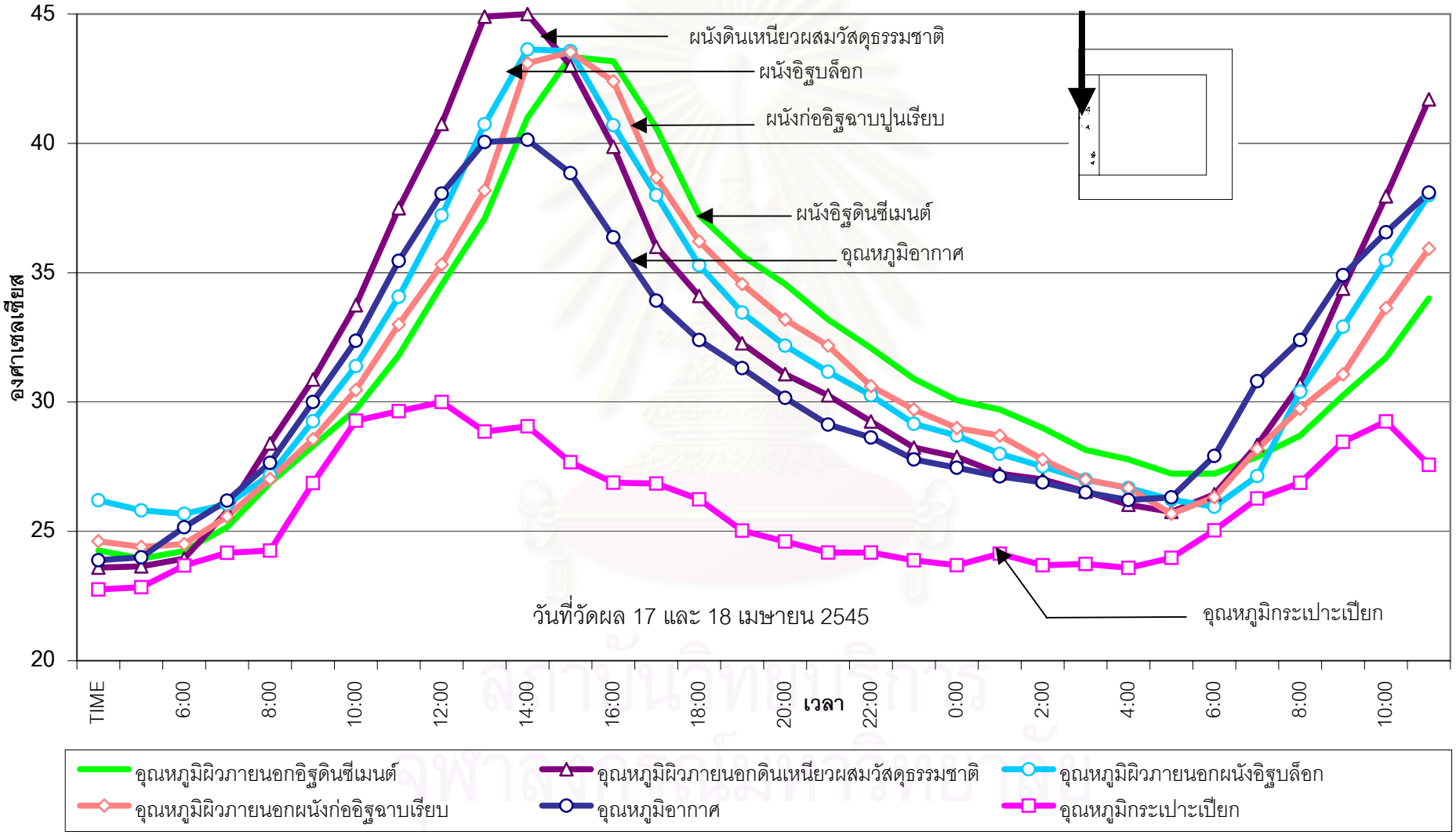
แผนภูมิที่ 4.3 แสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆ ผนังอิฐบล็อกเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก



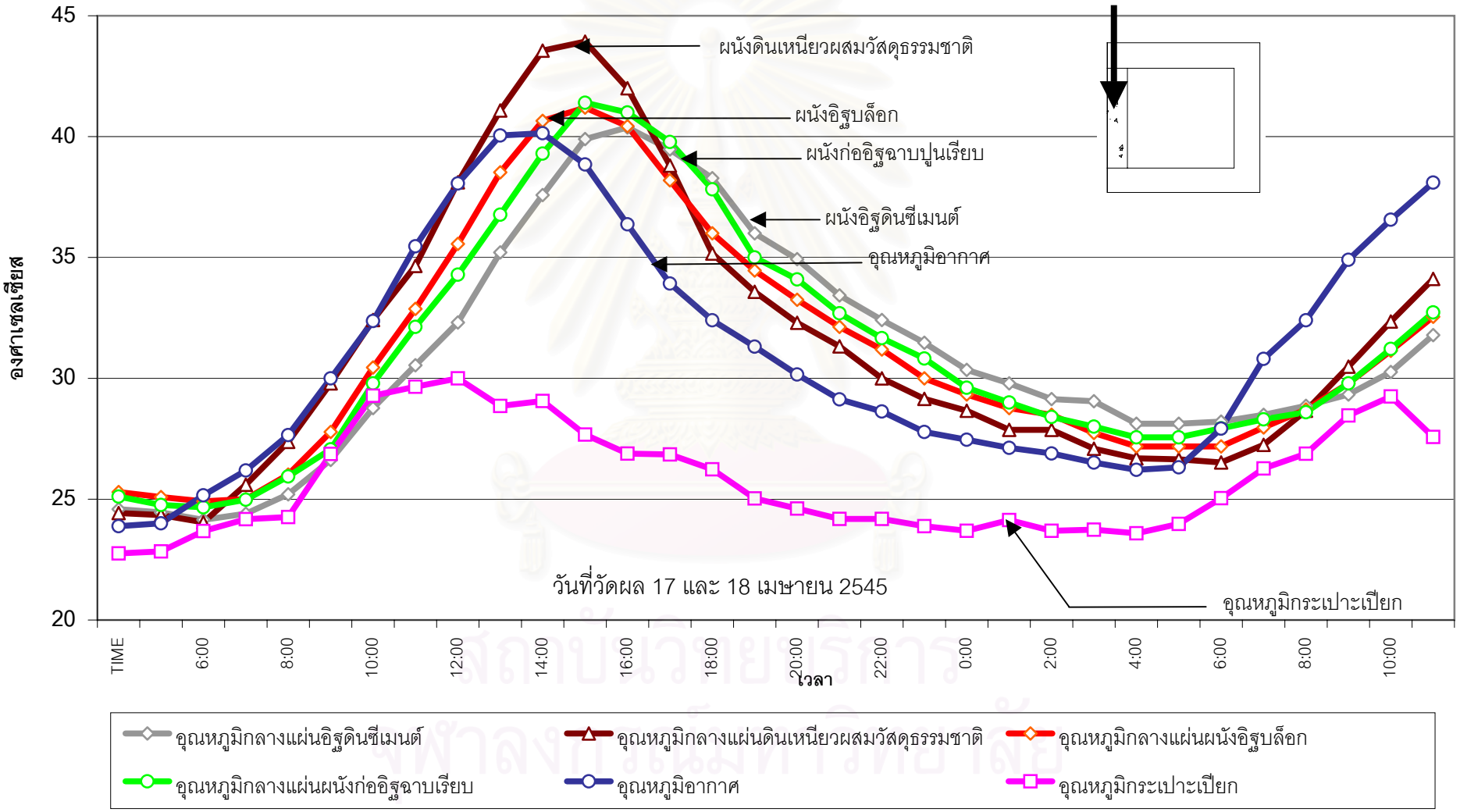
แผนภูมิที่ 4.4 แสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆ ผนังก่ออิฐฉาบปูนเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก



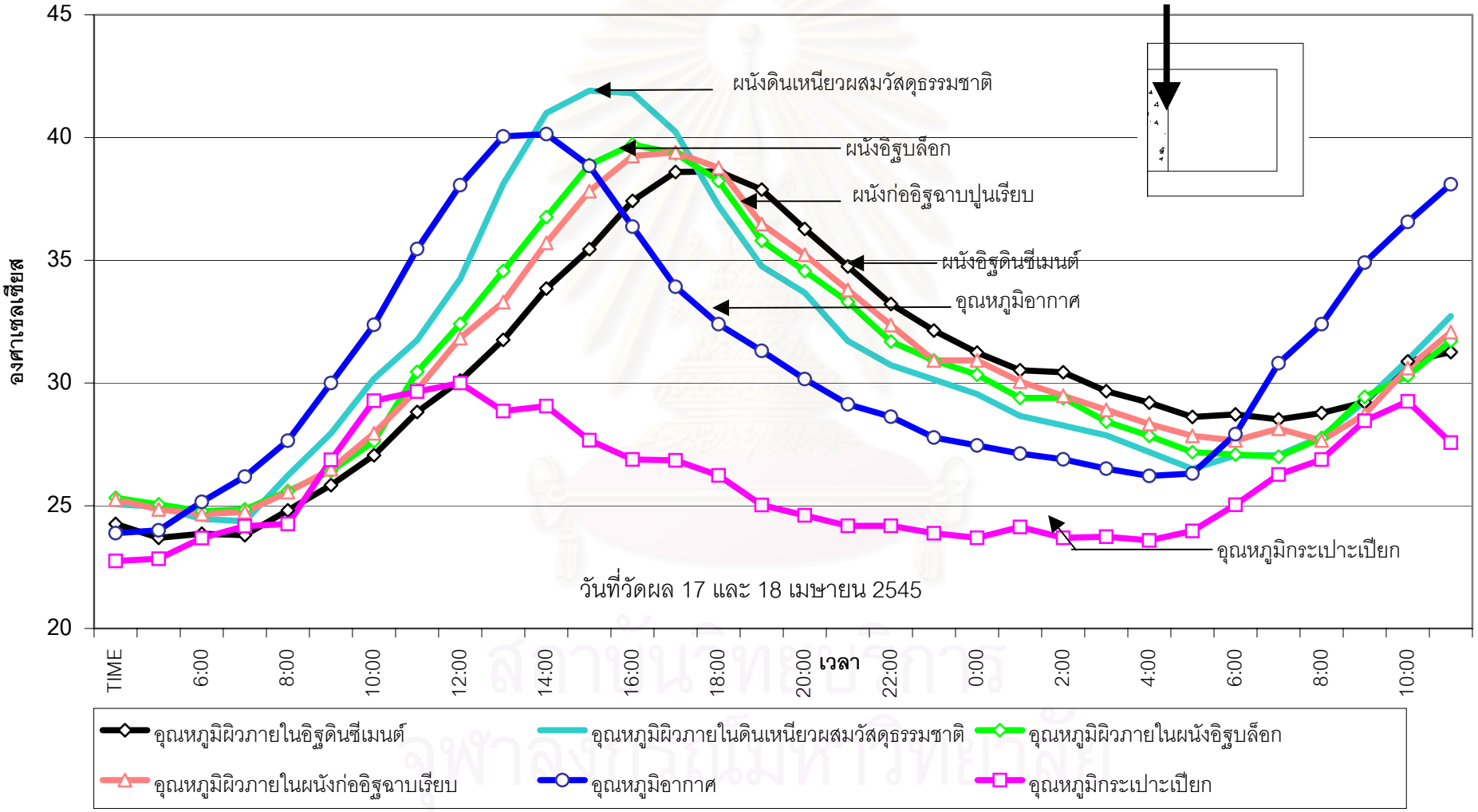
แผนภูมิที่ 4.5 แสดงอุณหภูมิผิวภายนอกวัสดุต่าง ๆ เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก



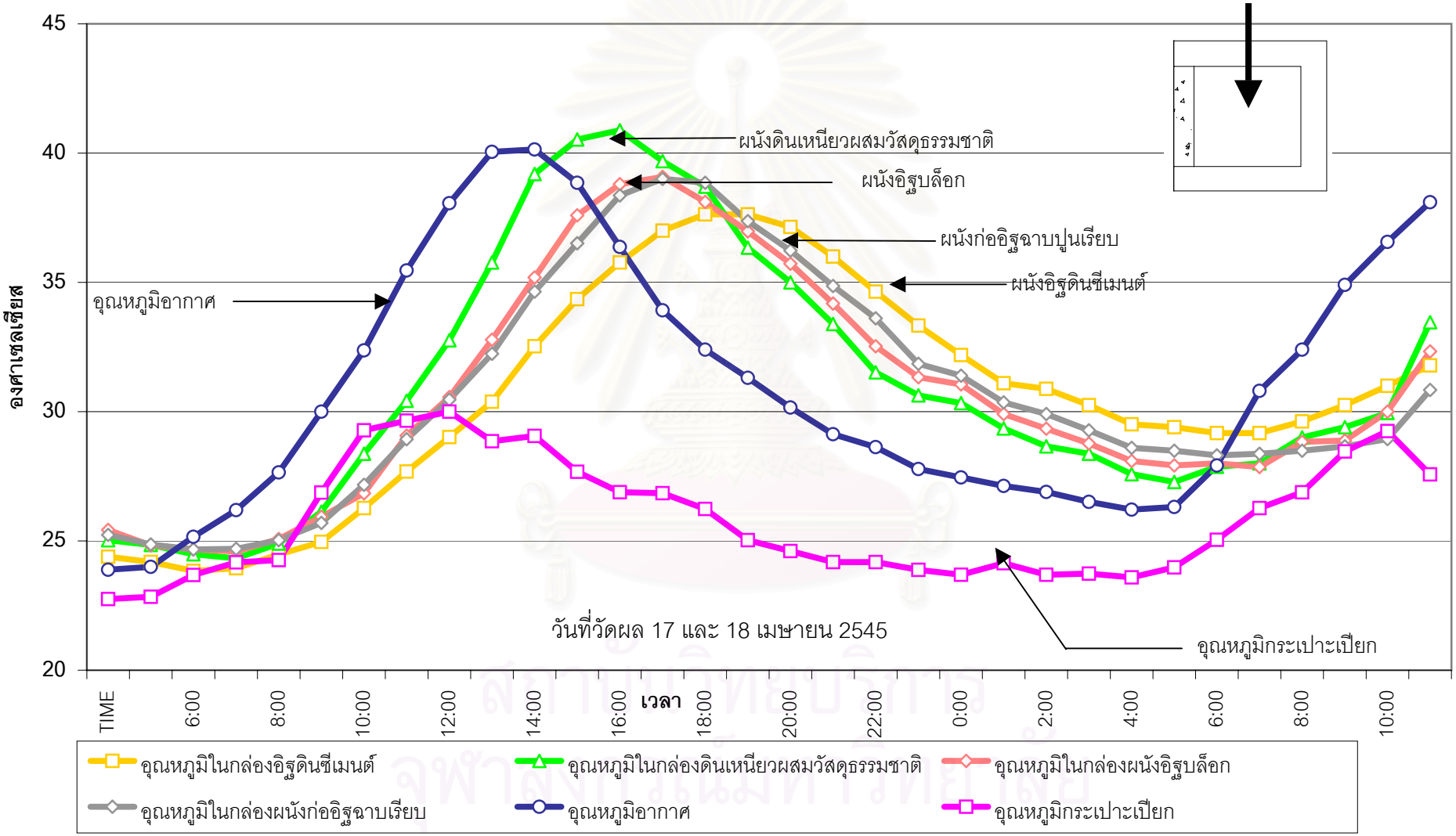
แผนภูมิที่ 4.6 แสดงอุณหภูมิกลางแผ่นวัสดุต่าง ๆ เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก



แผนภูมิที่ 4.7 แสดงอุณหภูมิผิวภายในวัสดุต่าง ๆ เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก



แผนภูมิที่ 4.8 แสดงอุณหภูมิในกล่องวัสดุต่าง ๆ เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก



การวิเคราะห์กราฟที่ได้จากการวัดผล

1. ผนังดินเหนียวผสมแกลบ
2. ผนังอิฐดินซีเมนต์ความหนา 12.5 เซนติเมตร
3. ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบความหนา 10 เซนติเมตร
4. ผนังคอนกรีตบล็อก

การวิเคราะห์กราฟที่ได้โดยมีข้อมูลเบื้องต้นดังต่อไปนี้

ชนิดของผนังทดสอบ	อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุด (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิผิวภายในสูงสุด (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิภายในกล่องสูงสุด (องศาเซลเซียส)	Thermal Time Lag (ชั่วโมง)
ผนังดินเหนียวผสมแกลบความหนา 10 เซนติเมตร	45	42.5	40	2.5
ผนังอิฐดินซีเมนต์ความหนา 12.5 เซนติเมตร	42.5	37	36.5	3.5
ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบความหนา 10 เซนติเมตร	43	38.5	38	3
ผนังคอนกรีตบล็อกความหนารวม 10 เซนติเมตร	43.5	39	38	3

ตารางที่ 4.1 แสดงค่ากราฟที่วัดได้จากการทดลองของผนังรูปแบบต่าง ๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุณหภูมิสูงสุดของส่วนผนังต่าง ๆ

ผิวผนังภายนอก

เมื่อพิจารณาจากกราฟผิวผนังภายนอกโดยรวมจะพบว่าทุกวัสดุนั้นมีค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันเนื่องจากมีการใช้สีขาวทาผิวนอกวัสดุเพื่อลดอิทธิพลของสีที่มีต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนโดยที่วัสดุที่มีค่าอุณหภูมิภายนอกที่ต่ำที่สุดได้แก่ผนังอิฐดินซีเมนต์ในขณะที่วัสดุที่มีค่าอุณหภูมิผิวภายนอกที่สูงที่สุดนั้นได้แก่ผนังดินเหนียวผสมแกลบ

อุณหภูมิผิวภายใน

จากข้อมูลที่ได้มานั้นพบว่ามีความสอดคล้องกับอุณหภูมิผิวภายนอกและอุณหภูมิกลางแผ่นวัสดุทดสอบคืออุณหภูมิผิวภายในผนังอิฐดินซีเมนต์จะมีค่าต่ำที่สุดแต่ในขณะเดียวกันก็มีการถ่ายเทความร้อนออกจากวัสดุได้ช้ากว่าวัสดุอื่น ๆ

อุณหภูมิในกล่องทดลอง

วัสดุที่มีค่าของอุณหภูมิภายในกล่องที่ใกล้เคียงกันคือผนังก่ออิฐฉาบปูนและผนังอิฐบล็อกที่ความหนาเท่ากัน ในขณะที่ผนังดินเหนียวผสมวัสดุธรรมชาตินั้นมีค่าอุณหภูมิในกล่องทดลองสูงกว่าวัสดุอื่น ๆ ประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส ส่วนผนังอิฐดินซีเมนต์จะมีต่าอุณหภูมิในกล่องทดลองต่ำกว่าวัสดุชนิดอื่น ๆ

การหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุผนัง

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิในกล่องทดลองของวัสดุผนังต่าง ๆ ที่วัดได้เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศจะพบว่ามีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนใกล้เคียงกันคือประมาณ 3-4 ชั่วโมง (โดยการพิจารณาจากจุดสูงสุดของกราฟ) แต่ที่มีความแตกต่างกันคือการคายความร้อนของวัสดุผนัง กล่าวคือวัสดุผนังที่เป็นดินเหนียวผสมวัสดุธรรมชาติจะสามารถคายความร้อนออกจากผนังได้ดีที่สุดเมื่อพิจารณาจากกราฟที่ได้คือจะมีลักษณะกราฟที่ชันลงเร็วกว่าวัสดุชนิดอื่น ๆ โดยที่ผนังอิฐดินซีเมนต์นั้นเป็นวัสดุผนังที่มีความสามารถในการคายความร้อนได้น้อยที่สุดในกลุ่มวัสดุที่ได้เลือกมาทำการทดสอบ

โดยสรุปนั้นพบว่าความแตกต่างในคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัสดุที่มี่ค่าความหนาแน่นสูงนั้นมีค่าน้อยมาก เนื่องจากความหนาแน่นของวัสดุที่นำมาพิจารณานั้นไม่แตกต่างกันมากนัก ในขณะที่ตัวแปรอื่น ๆ ที่มีผลต่อคุณสมบัติเหล่านั้นเป็นตัวแปรที่ผู้วิจัยพยายามที่จะควบคุมให้คงที่ คือ

- ตัวแปรเรื่องความหนาของวัสดุที่จะมีผลต่อระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุนั้น ๆ พยายามที่จะควบคุมให้มีระยะความหนารวมประมาณ 10 เซนติเมตร ยกเว้นบางวัสดุที่กระบวนการผลิตนั้นไม่เอื้ออำนวยต่อการกำหนดความหนาของวัสดุ เช่น อิฐดินซีเมนต์ เป็นต้น
- ตัวแปรเรื่องสีของวัสดุที่สามารถปรับปรุงได้โดยการฉาบผิวหรือทาสีเพื่อลดการดูดซับรังสีความร้อนมาสะสมในเนื้อของวัสดุนั้น ๆ

ดังนั้นการสรุปการที่จะนำไปใช้จึงนำเรื่องอื่น ๆ ที่มีความสำคัญมาพิจารณาทดแทนไม่ว่าจะเป็นเรื่องความคุ้มทุนในทางเศรษฐศาสตร์ เรื่องวัสดุท้องถิ่น และการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง และ เรื่องพลังงานสะสมรวม (Embodied Energy & Emergy) ที่มีค่าน้อยที่สุดทั้งในกระบวนการผลิต การขนส่งวัสดุก่อสร้าง การก่อสร้าง การรื้อถอนทำลาย ทั้งระบบ มาพิจารณาทดแทน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.ส่วนที่2 การทดสอบความเป็นฉนวนของวัสดุธรรมชาติพื้นถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

เป็นการทดสอบวัสดุที่มีความเป็นไปได้ในการนำมาทำเป็นวัสดุฉนวน เพื่อต้านทานความร้อนที่จะส่งผ่านเข้ามาในอาคาร โดยการศึกษาจะใช้วัสดุที่มีความแตกต่างทางด้านกายภาพ เป็นสำคัญโดยควบคุมตัวแปรคือความหนาแน่นที่เท่ากันไว้ โดยวัสดุที่จะนำมาพิจารณาได้แก่

แกลบ เป็นวัสดุที่เป็นตัวแทนของวัสดุที่เป็นโพรงอากาศหรือ Granule Material

ฟางข้าวเป็นวัสดุที่เป็นตัวแทนของวัสดุ Fiber Material เส้นยาว[1]

ภาพที่ 4.4 แสดงการวัดอุณหภูมิในส่วนต่าง ๆ ของกล่องทดลองวัสดุความหนาแน่นต่ำ

โดยรายละเอียดของวัสดุที่จะนำมาทดสอบมีดังนี้คือ

กล่องที่ 1 ผนังไม้อัดประกบฟางข้าวความหนาแน่น 3.2 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต หนา 12.5 เซนติเมตร (จากผลการทดลองในห้องทดลองที่สภาวะ steady state ห้องทดลองคณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

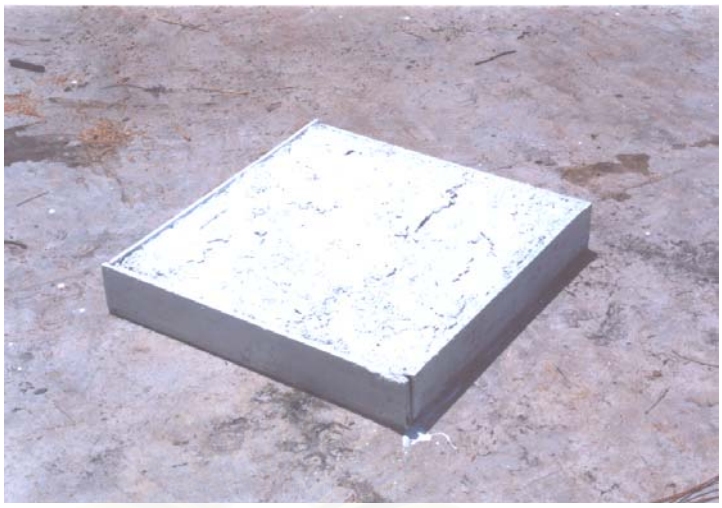
[1] ความยาวโดยเฉลี่ยประมาณ 10 เซนติเมตร

กล่องที่ 2 ผนังไม้อัดประกบแกลบความหนาแน่น 3.0 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต หนา 12.5 เซนติเมตร (จากผลการทดลองในห้องทดลองที่สภาวะ steady state ห้องทดลองคณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

กล่องที่ 3 ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบความหนา 10 เซนติเมตร(เปรียบเทียบ)

ภาพที่ 4.5 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์วัดผลในกล่องทดลอง

ภาพที่ 4.6 แสดงผนังทดสอบจากฟางข้าวเชื่อม
ประสานด้วยกาวแป้งข้าวเหนียวและปูนขาว

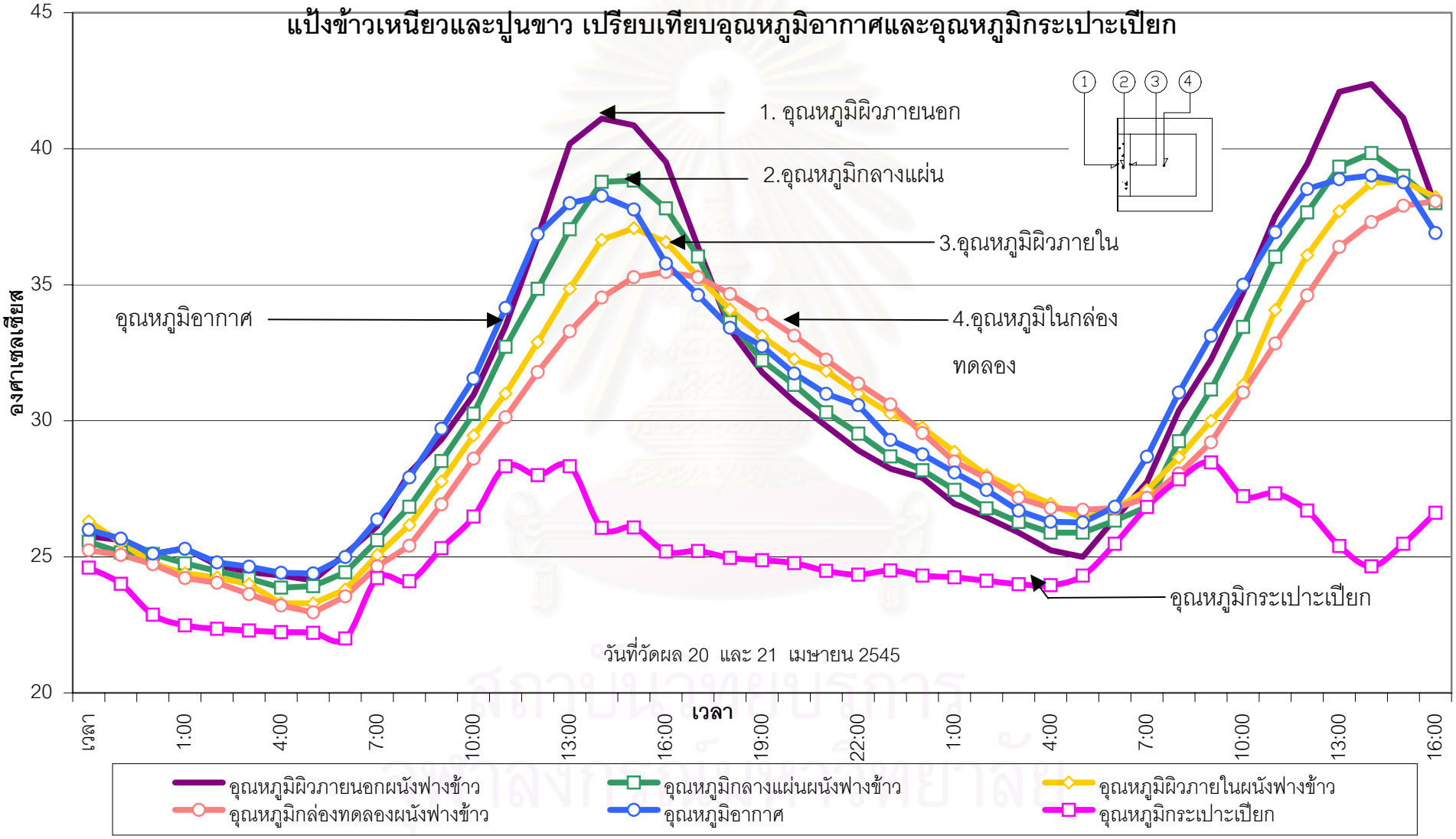


ภาพที่ 4.7 แสดงผนังทดสอบจากแกลบเชื่อมประสานด้วยกาวแป้งข้าวเหนียวและปูนขาว

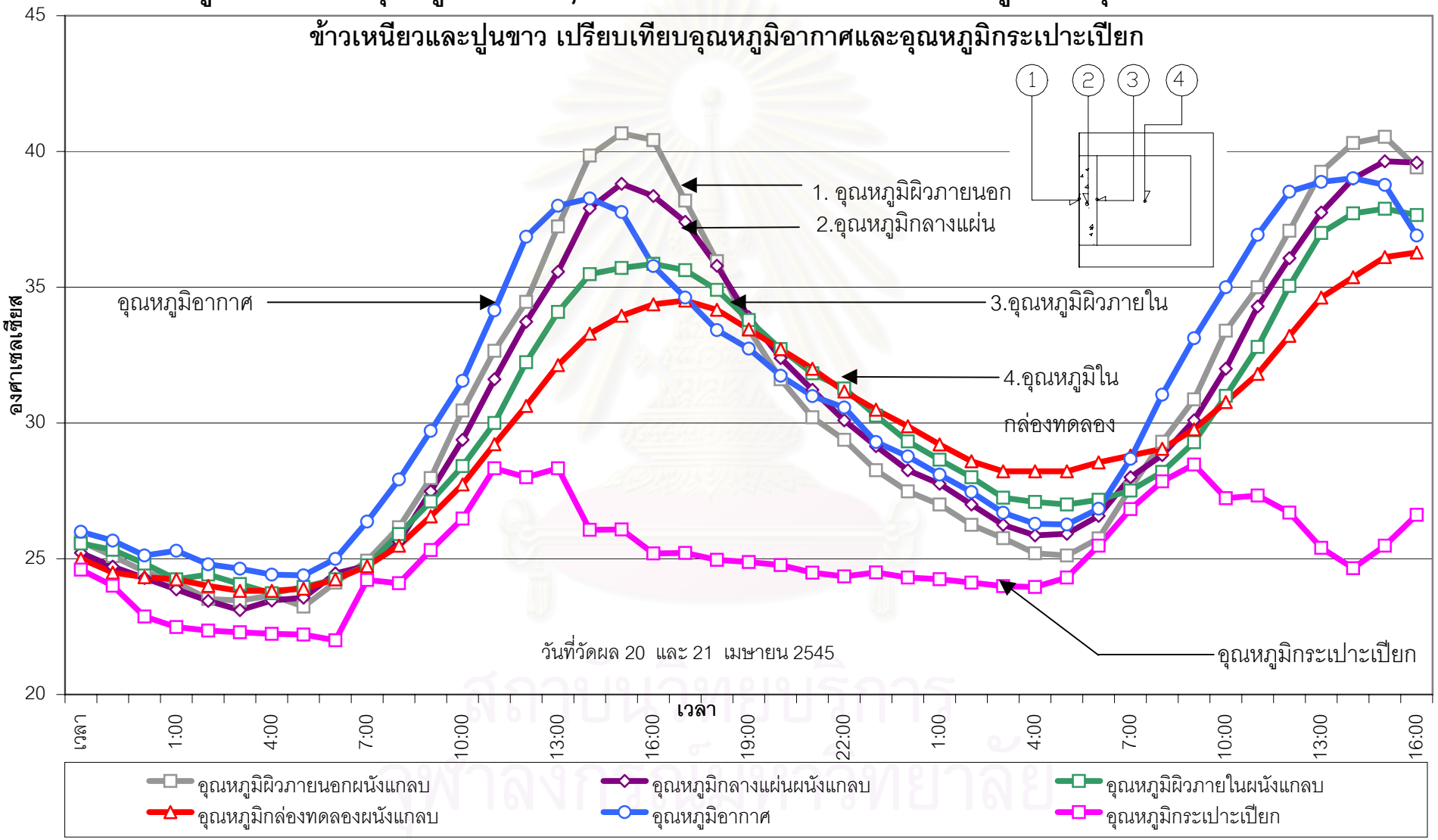
ในส่วนของการทดสอบส่วนนี้มีความจำเป็นที่จะต้องควบคุมน้ำหนักวัสดุที่ต้องการทดสอบ โดยที่วัสดุที่จะนำมาเป็นเครื่องบรรจุวัสดุทดสอบนั้นได้จัดทำเป็นโครงคร่าวไม้ประกบด้วยแผ่นอัดความหนาแน่นปานกลาง หรือ Medium Density Fiberboard (MDF) ขนาด 60 x 60 เซนติเมตรเว้นช่องว่างตรงกลางให้ได้ความหนารวมทั้งสิ้น 12.5 เซ็นติเมตรเพื่อใช้บรรจุวัสดุทดสอบทั้ง 2 ดังรายละเอียดที่ได้กล่าวข้างต้น ได้ผลการทดลองที่สามารถแสดงออกมาเป็นกราฟได้ดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

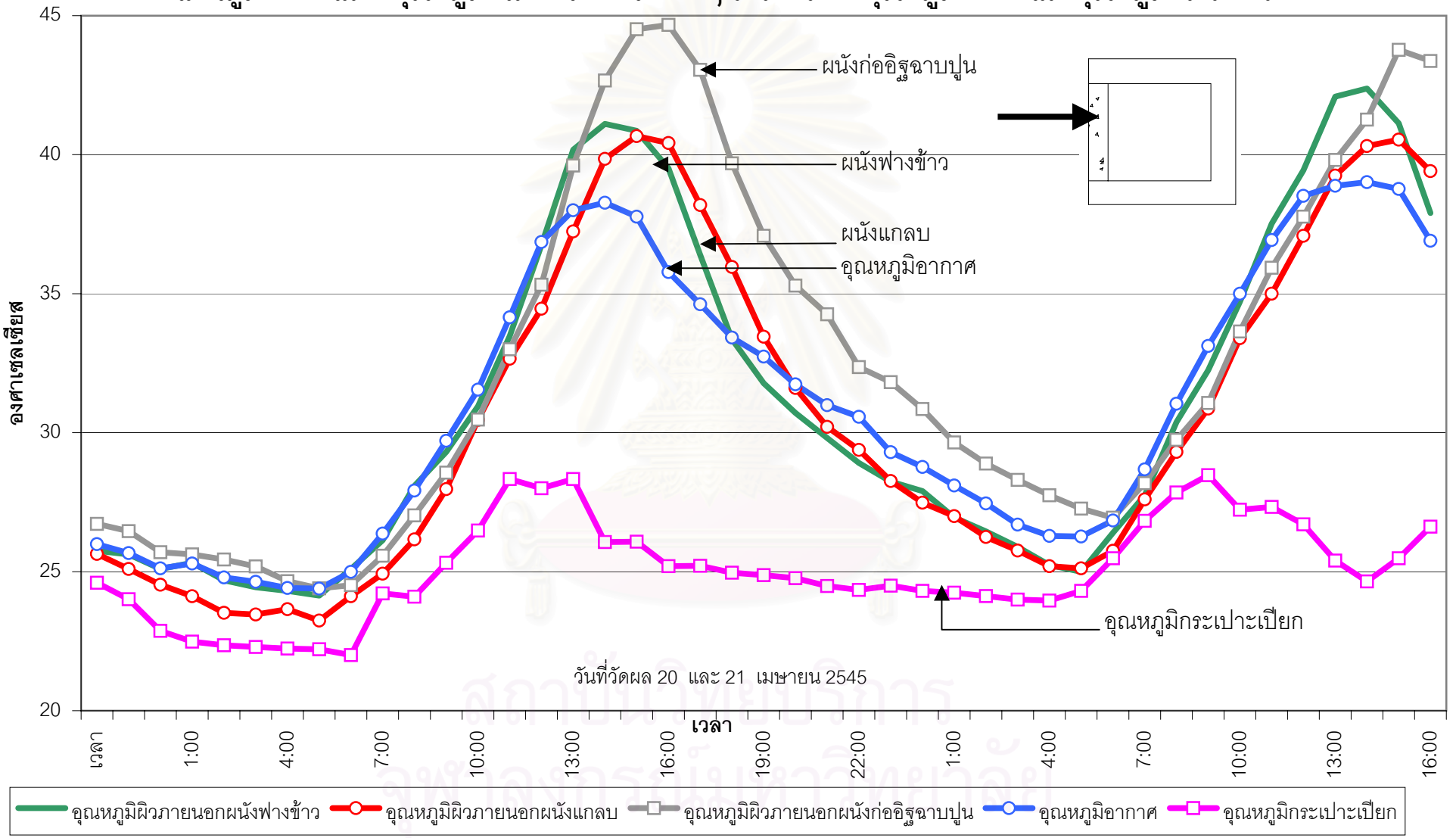
แผนภูมิที่ 4.9 แสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆ ผนังฟางข้าว ความหนาแน่น 3.2 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุตประสานด้วยแป้งข้าวเหนียวและปูนขาว เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก



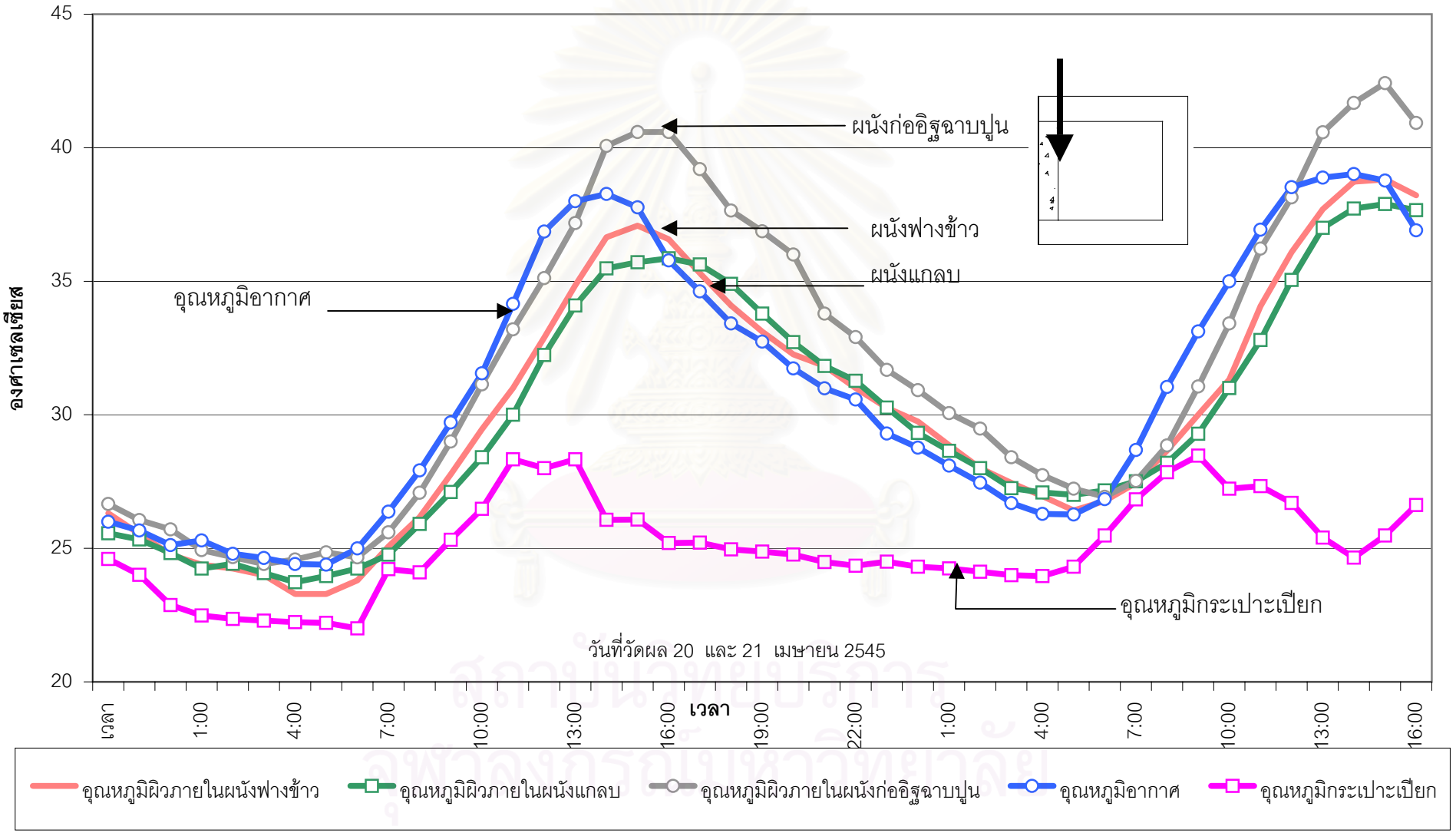
แผนภูมิที่ 4.10 แสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆ ผนังแกลบความหนาแน่น 3 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุตประสานด้วยแป้ง ข้าวเหนียวและปูนขาว เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก



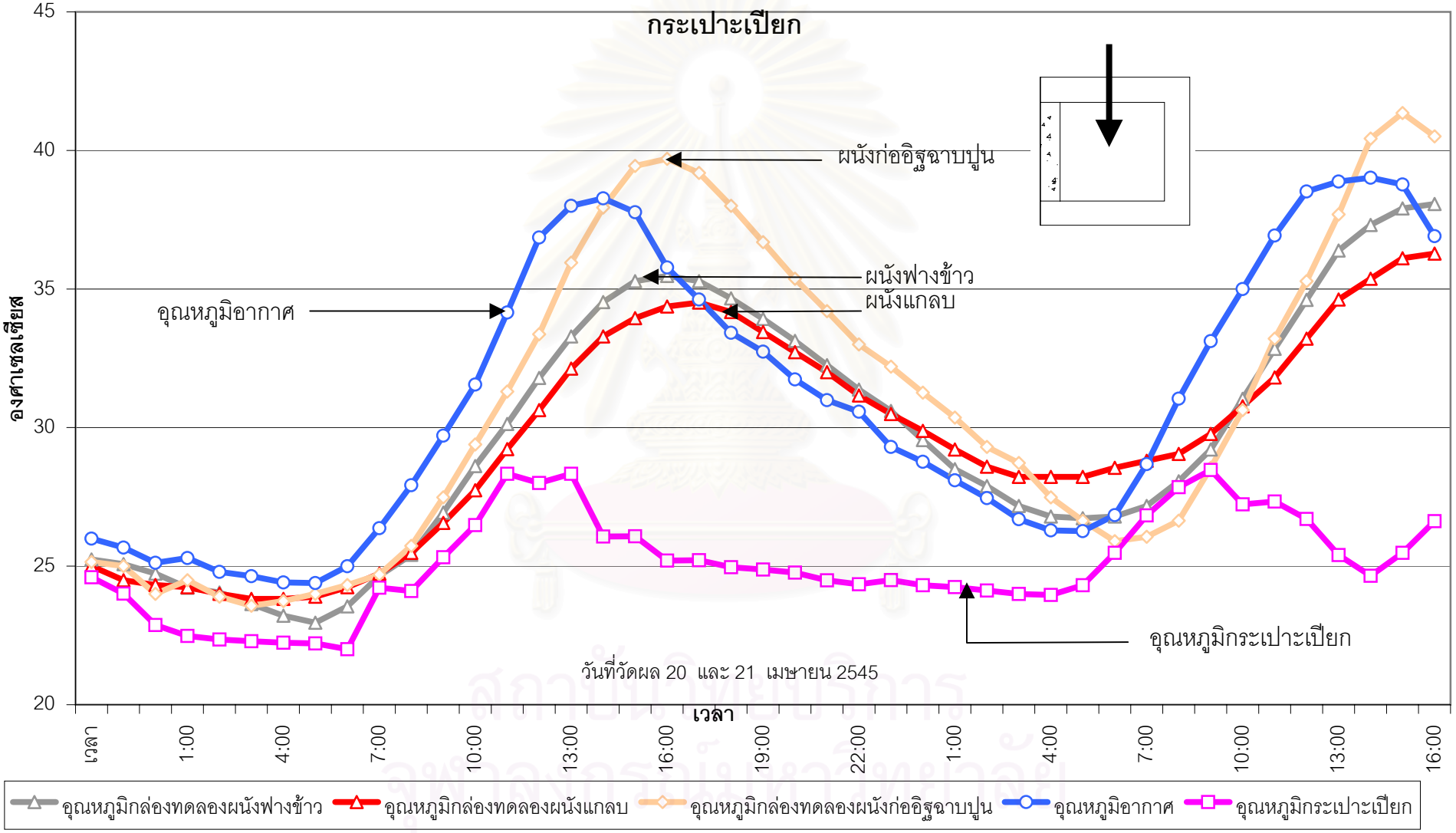
แผนภูมิที่ 4.11แสดงอุณหภูมิผิวภายนอกผนังต่าง ๆ เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก



แผนภูมิที่ 4.12 แสดงอุณหภูมิผิวภายในผนังต่าง ๆ เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก



แผนภูมิที่ 4.13 แสดงอุณหภูมิภายในกล่องทดลองผนังต่าง ๆ เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก



การวิเคราะห์กราฟที่ได้จากการวัดผล

ในเบื้องต้นจะพบว่า กราฟเส้นที่เป็นเส้นอุณหภูมิผิวภายนอก อุณหภูมิกลางแผ่น อุณหภูมิผิวภายใน และอุณหภูมิในกล่องทดลองนั้นมีลักษณะที่ลดหลั่นกันตามพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน

ผิวผนังภายนอก

เนื่องจากวัสดุที่นำมาทดสอบนั้นเป็นวัสดุที่มีลักษณะเกาะตัวกันอย่างหลวมๆ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้จัดทำกล่องไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (MDF หรือ Medium Density Fiberboard ความหนาแน่นประมาณ 33 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต) เพื่อใช้บรรจุวัสดุเหล่านั้นโดยใช้วัสดุประสานเป็นกาวแป้งข้าวเหนียวผสมปูนขาวเพื่อป้องกันแมลงและช่วยในการยึดเกาะกันของวัสดุที่นำมาทดสอบและใช้สีขาวทาภายนอกเพื่อป้องกันความชื้นรวมทั้งเพื่อลดอิทธิพลของสีวัสดุที่ต่างกันด้วย และด้วยเหตุผลนี้ทำให้สีของวัสดุภายนอกเป็นสีเดียวซึ่งอุณหภูมิผิวภายนอกนั้นมีค่าไม่แตกต่างกันหรือแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

อุณหภูมิผิวภายใน

เมื่อพิจารณาจากกราฟที่เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในกล่องทดลองพบว่า กราฟมีลักษณะใกล้เคียงกันนอกจากนี้แล้ว กราฟทั้งหมดมีลักษณะเกาะกลุ่มกันยกเว้นกล่องทดลองที่บรรจุแกลบความหนาแน่นสูง (ความหนาแน่น 3 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต)จะมีค่าอุณหภูมิสูงสุดต่ำกว่าวัสดุชนิดอื่น ๆ ประมาณ 2 องศาเซลเซียสดังกราฟที่วัดได้

อุณหภูมิในกล่องทดลอง

ลักษณะกราฟสอดคล้องกับกราฟแสดงอุณหภูมิผิวภายในคือกล่องทดลองบรรจุแกลบความหนาแน่นสูงนั้นจะมีอุณหภูมิต่ำกว่ากล่องทดลองอื่น ๆ ประมาณ 2-3 องศาเซลเซียสและมีที่น่าสังเกตเพิ่มเติมคือในช่วงเวลาประมาณ 02.00 น. ถึง 08.00 น. ค่าอุณหภูมิในกล่องทดลองจะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ

การหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุผนัง

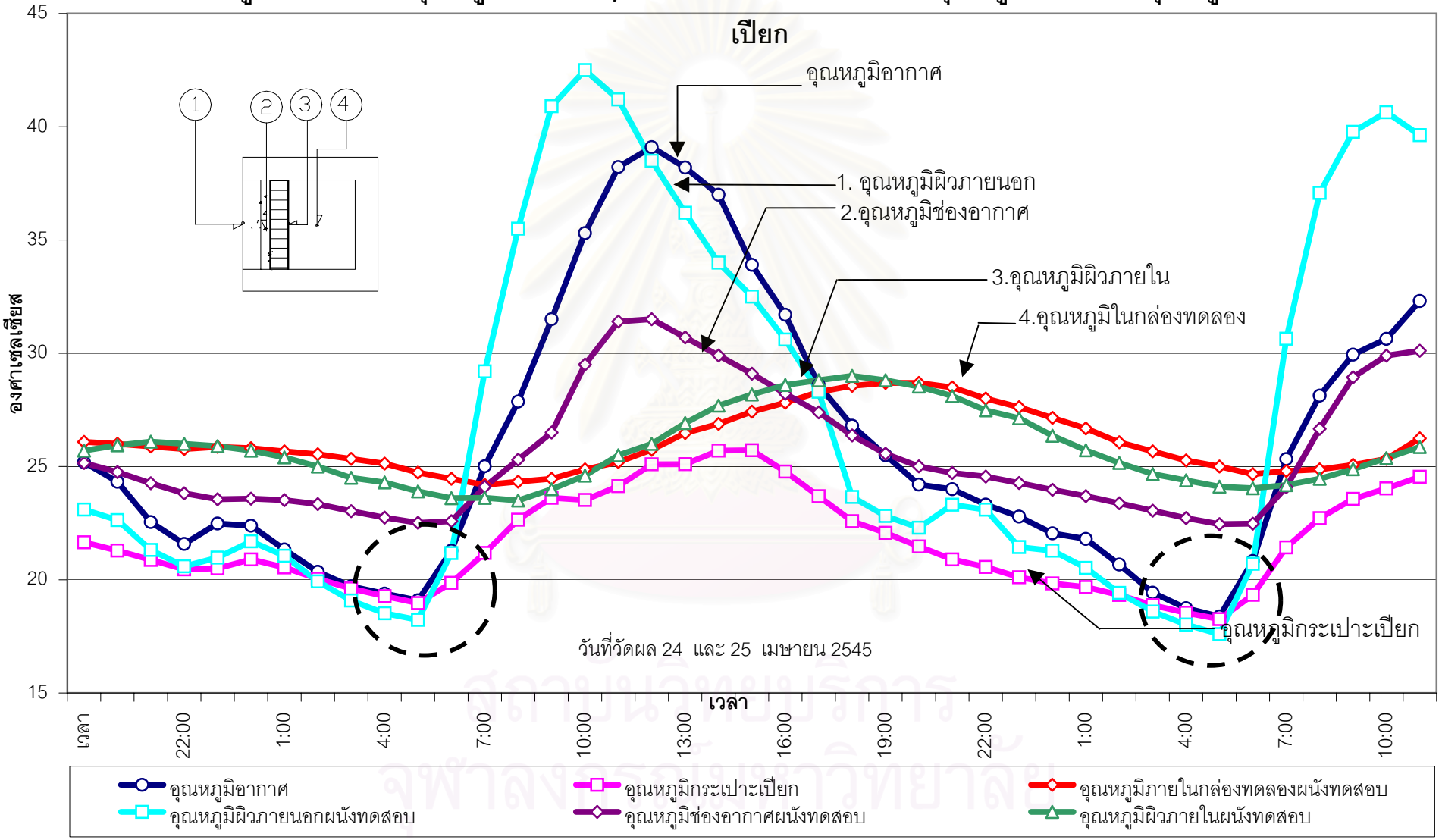
ระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุต่าง ๆ ที่นำมาทดสอบนั้นใกล้เคียงกันคือประมาณ 2 ชั่วโมงครึ่งถึงสามชั่วโมง

ส่วนที่ 3 การทดสอบผนังประกอบ

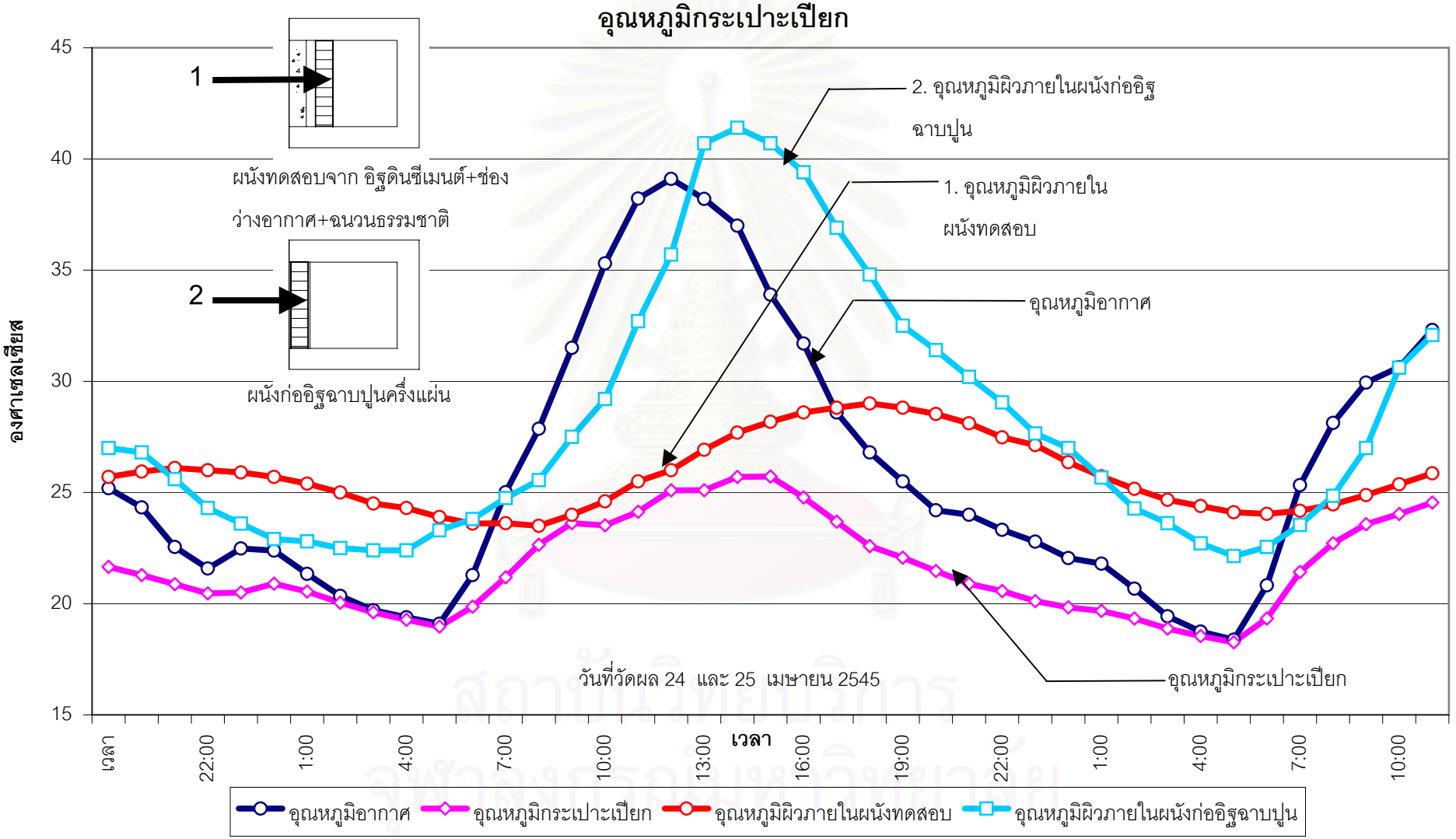
จากที่ได้กล่าวไว้ในส่วนที่เป็นการศึกษาเรื่องผนังประกอบแบบต่าง ๆ นั้น การที่เลือกใช้วัสดุที่มีค่าการต้านทานความร้อนหรือวัสดุฉนวนอยู่ภายนอกนั้นจะช่วยลดความรุนแรงของสภาพอากาศในอาคารไม่ปรับอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพดีที่สุดดังนั้นในส่วนนี้จึงเป็นการเลือกใช้ผนังส่วนโครงสร้างเป็นผนังอิฐดินซีเมนต์เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนกับวัสดุชนิดอื่นแล้วมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ในเรื่องของความง่ายในการก่อสร้าง การขนส่งวัสดุ และพลังงานสะสมรวมแล้วมีความเหมาะสมในการใช้งานมากกว่าวัสดุอื่น ๆ ส่วนการเลือกใช้ฉนวนนั้นเป็นแกลบที่ความหนาแน่น 3 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุตที่ความหนา 10 เซนติเมตรเชื่อมประสานด้วยกาวแป้งข้าวเหนียวผสมปูนขาวเพื่อป้องกันแมลง จากนั้นนำมาทดสอบในกล่องทดลองแบบเดียวกันกับที่ใช้ในการทดลองส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 เปรียบเทียบกับผนังก่ออิฐฉาบปูนความหนา 10 เซนติเมตรดังกราฟต่อไปนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

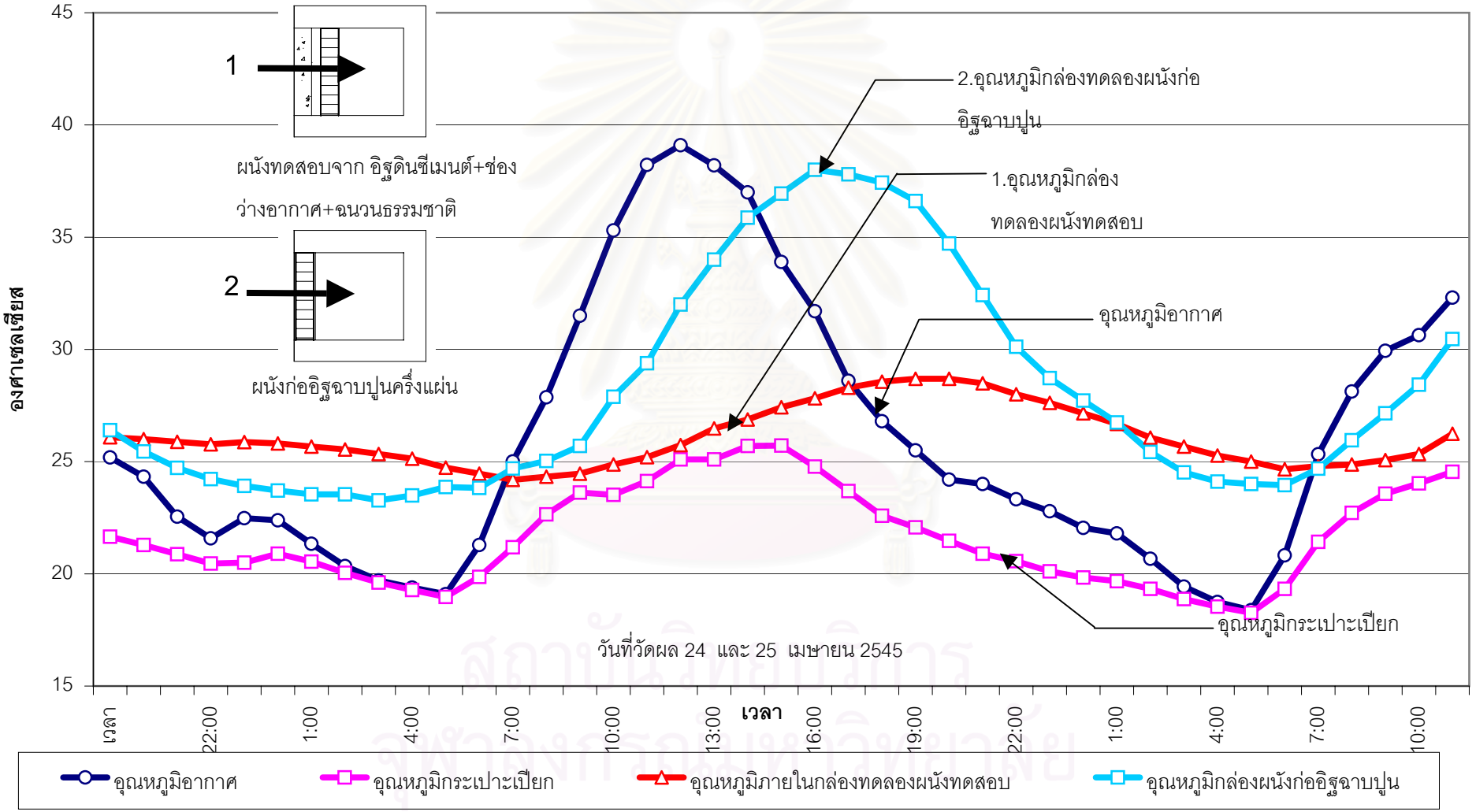
แผนภูมิที่ 4.14 แสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆ ผนังประกอบเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก



แผนภูมิที่ 4.15 แสดงอุณหภูมิผิวภายในผนังประกอบ, ผนังก่ออิฐฉาบปูน เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก



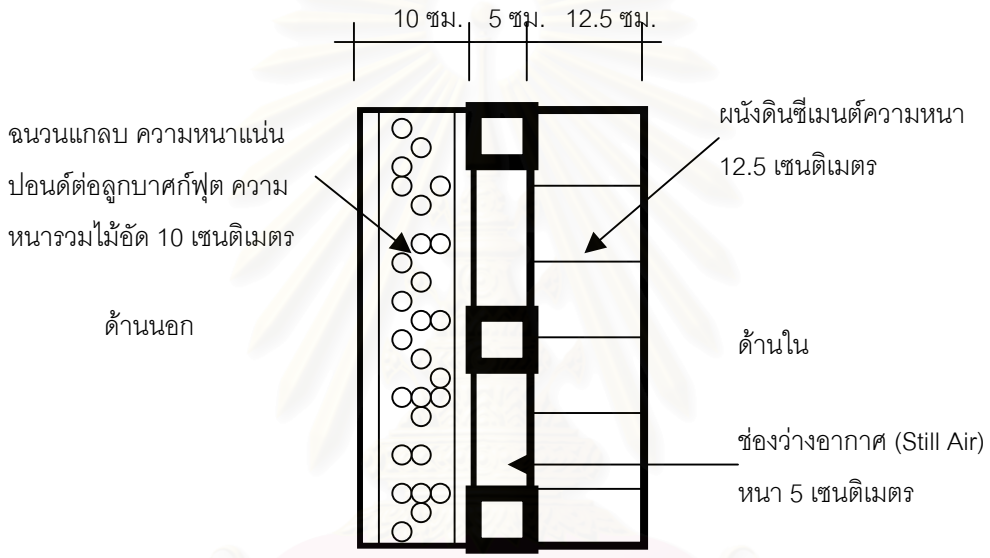
แผนภูมิที่ 4.16 แสดงอุณหภูมิในกล่องทดลองผนังประกอบและผนังก่ออิฐฉาบปูนเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก



บทที่ 5

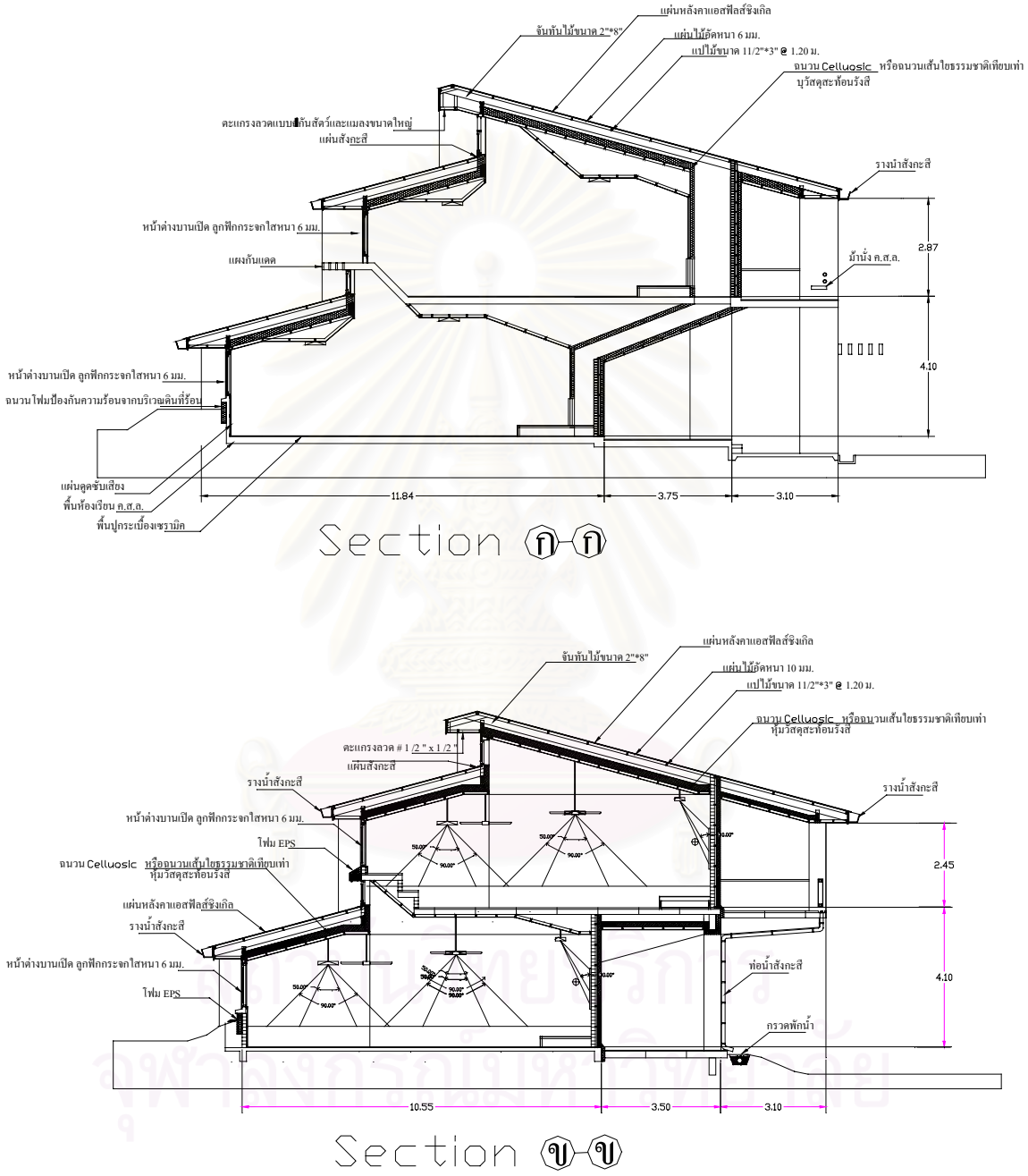
การประยุกต์และนำไปใช้

จากผลการทดลองในบทที่ผ่านมารวมกับทฤษฎีที่ได้ศึกษามาข้างต้นนั้นสามารถที่จะสรุปออกมาเป็นระบบผนังอาคารไม่ปรับอากาศได้ดังภาพต่อไปนี้

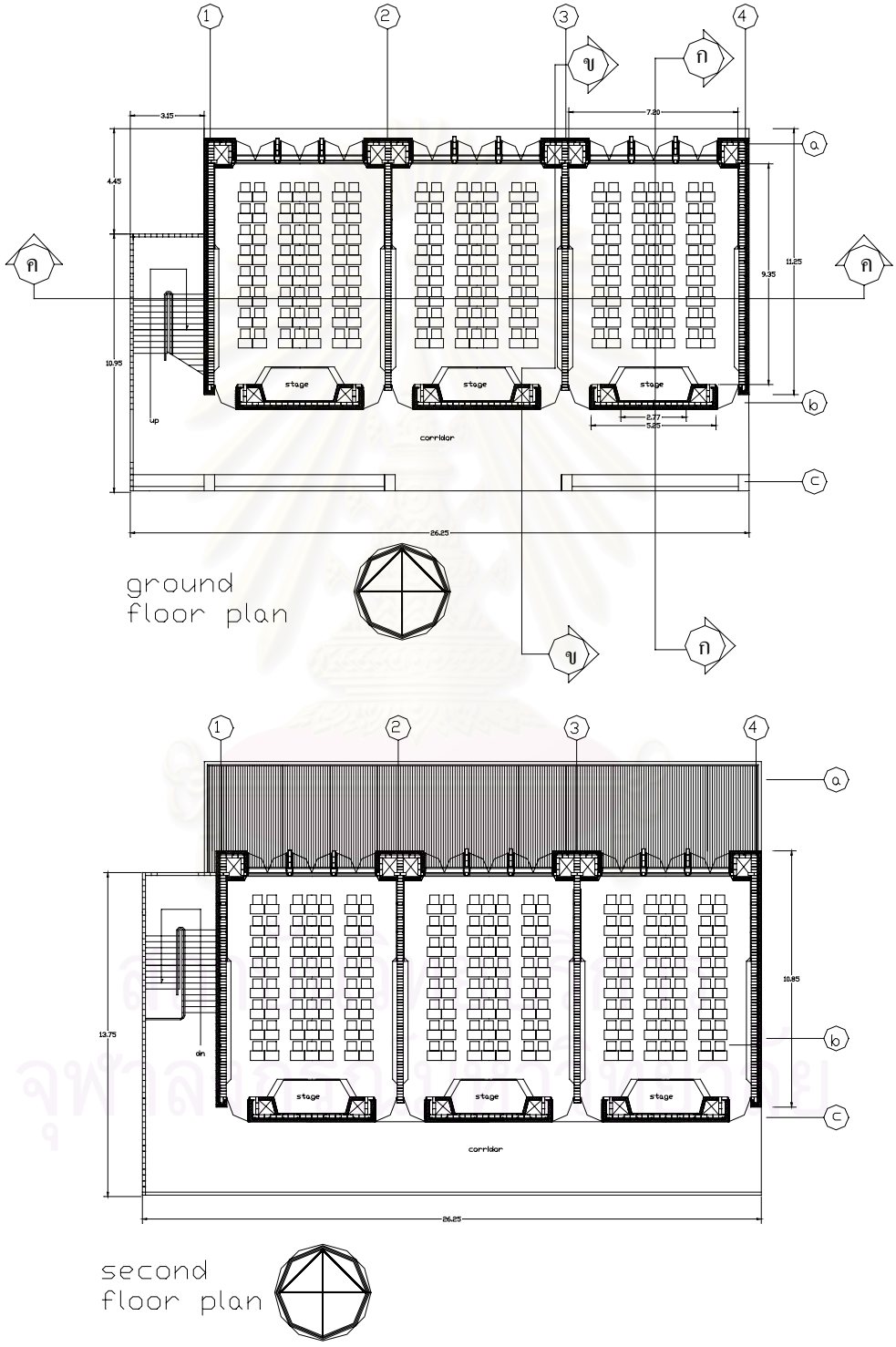


จากภาพ เป็นลักษณะของผนังที่จะนำไปใช้ในการออกแบบอาคารเรียนไม่ปรับอากาศ โดยที่ลักษณะการเลือกวัสดุที่จะนำมาใช้นั้น มาจากผลการทดลองที่ได้กล่าวไปแล้วในส่วนที่ 1 และ 2 ส่วนลักษณะการจัดเรียงลำดับชั้นของวัสดุนั้นได้มาจากการทบทวนงานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้อง คือ การจัดเรียงลำดับชั้นโดยใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนไว้ด้านนอกนั้นจะสามารถที่จะลดความรุนแรงของอุณหภูมิภายในอาคารที่ไม่ปรับอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยค่าการต้านทานความร้อนที่คาดว่าน่าจะใกล้เคียงประมาณ 23 h SgFt F /Btu

เมื่อได้ผลสรุปข้างต้นผู้วิจัยและคณะจึงได้ทำการศึกษาต่อเนื่องเพื่อประเมินผลประสิทธิภาพจริงโดยการจัดสร้างเป็นอาคารทดสอบขนาดมาตราส่วน 1:4 โดยใช้วัสดุจริงโดยไม่ลดขนาดเพื่อที่จะสามารถทราบถึงประสิทธิภาพจริงในการนำไปใช้งานดังภาพ



ภาพที่ 5.2 แสดงรูปตัดอาคารต้นแบบโรงเรียนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



ภาพที่ 5.3 แสดงผังพื้นชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 อาคารต้นแบบโรงเรียน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ภาพที่ 5.4 แสดงการก่อสร้างส่วนพื้นอาคาร

ภาพที่ 5.5แสดงการก่อสร้างผนังส่วนล่างอาคารทดสอบ

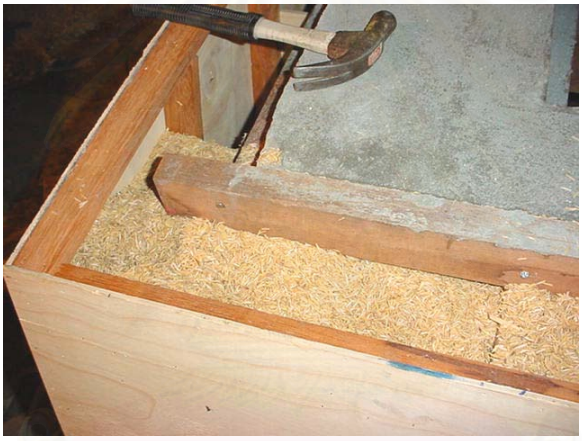
ภาพที่ 5.6 แสดงการก่อสร้างผนังชั้นล่างอาคาร

ภาพที่ 5.7 แสดงการก่อสร้างผนังอาคารด้านบน

ภาพที่ 5.8 แสดงการก่อสร้างผนังชั้นบนของอาคารทดสอบ

ภาพที่ 5.9 แสดงการก่อสร้างผนังส่วนช่องว่างอากาศความหนา 5 เซนติเมตร

ภาพที่ 5.10 แสดงการก่อสร้างผนังในส่วนที่จะบรรจุวัสดุฉนวนธรรมชาติ



ภาพที่ 5.11 แสดงการบรรจุวัสดุแกลบลงในช่องว่างหนา 10 เซนติเมตร

ภาพที่ 5.12 แสดงการก่อสร้างผนังด้านนอก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 5.13 แสดงสภาพผนังภายนอกอาคาร

ภาพที่ 5.14 แสดงการทาผิวผนังด้านนอกด้วย
แลกเกอร์เพื่อรักษาสภาพไม้อัด

ภาพที่ 5.15 แสดงการติดตั้ง Sensorเพื่อทำการวัดผล

ภาพที่ 5.16 แสดงการเชื่อมต่อ Sensor กับอุปกรณ์ประมวลผล

ภาพที่ 5.17 แสดงอาคารทดสอบที่พร้อมทำการวัดผลและอาคารชั่วคราวเพื่อเก็บอุปกรณ์ประมวลผลข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลอง

เมื่อได้กำหนดลักษณะของผนังที่จะทำการทดสอบรวมทั้งการจัดเตรียมเครื่องมือที่จขะใช้วัดผลเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงได้ทำการวัดผลเพื่อที่จะนำมาวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป โดยที่ข้อมูลที่ต้องการที่จะศึกษาได้แก่

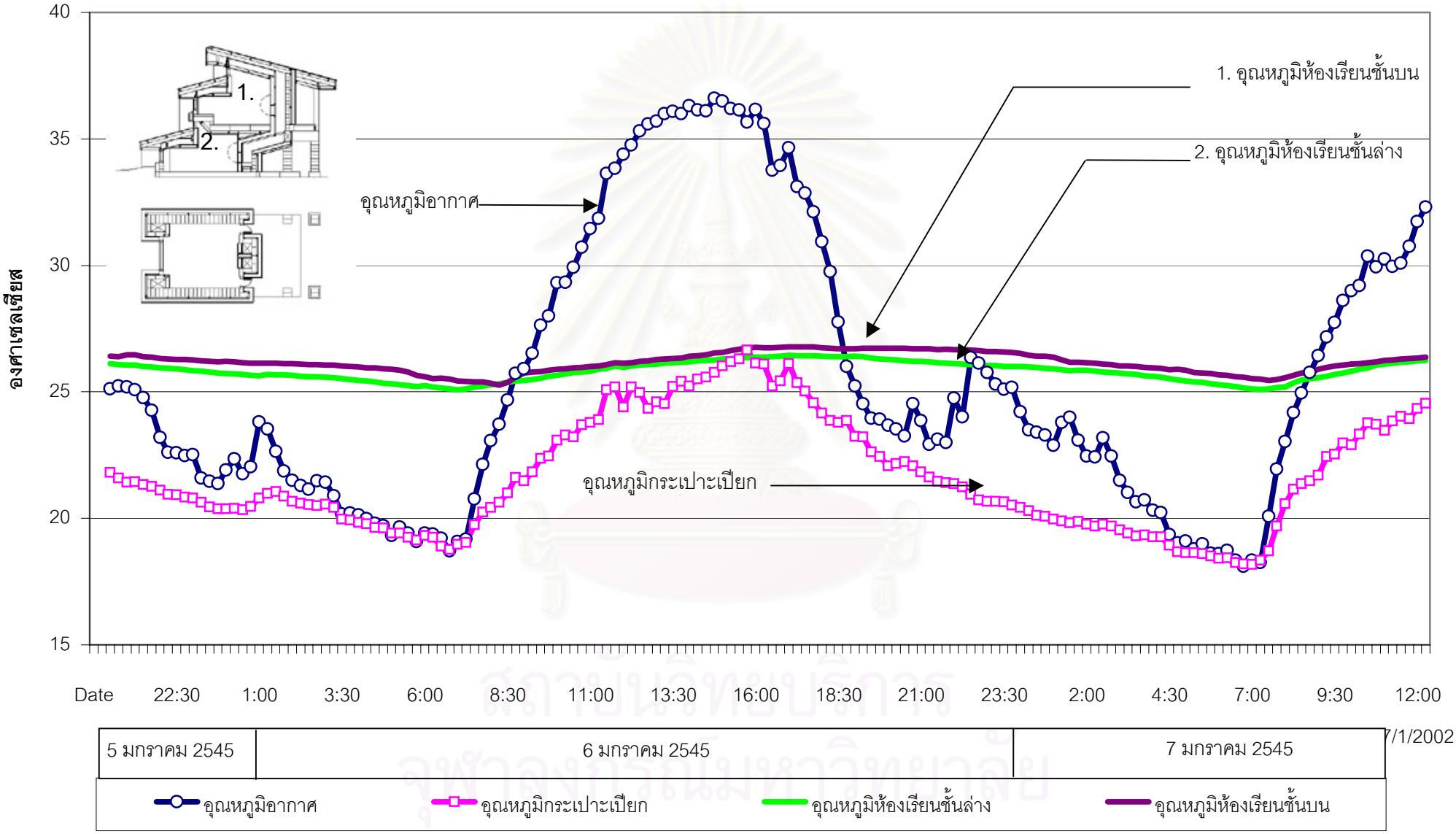
- ข้อมูลอุณหภูมิผิวภายนอกผนังทดสอบ
- ข้อมูลอุณหภูมิภายในช่องอากาศของผนังทดสอบ
- ข้อมูลอุณหภูมิผิวภายในผนังทดสอบ
- ข้อมูลอุณหภูมิภายในแบบจำลองห้องเรียนต้นแบบภาคอีสานทั้งชั้นล่าง และชั้นบน
- ข้อมูลอื่น ๆ ที่ต้องนำมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์เพิ่มเติม คือ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิกระเปาะเปียก ในขณะที่ทำการวัดผล

โดยการเก็บข้อมูลจะเก็บต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลาประมาณ 3 วันในช่วงที่ท้องฟ้ามีลักษณะเป็นฟ้าเปิดหรือ Clear Sky[1] จากนั้นจึงเลือกช่วงของกราฟที่มีความเหมาะสมมาพิจารณาต่อไป โดยกราฟที่ได้มีลักษณะดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

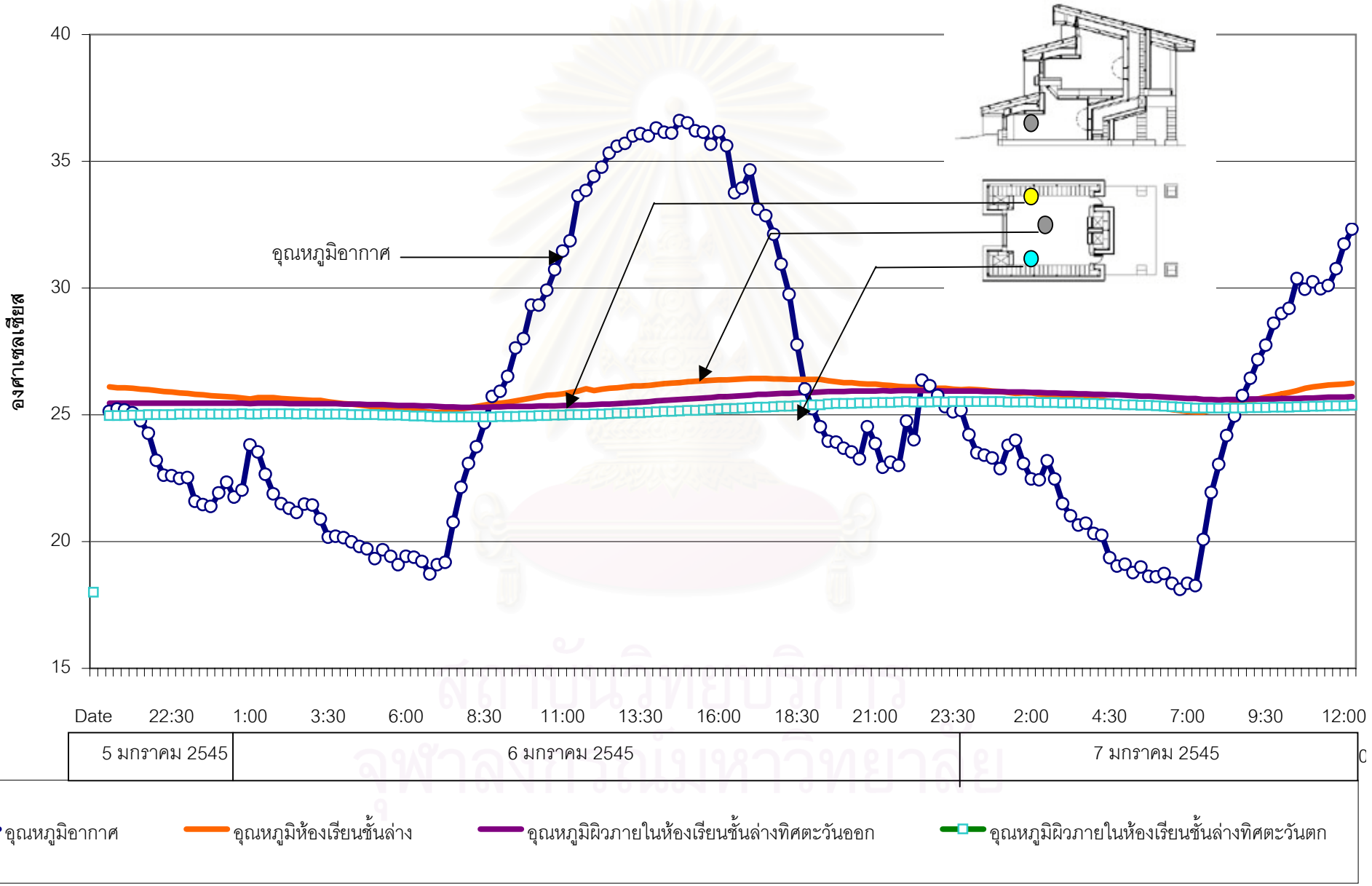
[1] มีลักษณะเป็นฟ้าเปิด ไม่มีเมฆ มีรังสีตรงจากดวงอาทิตย์

แผนภูมิที่ 5.1 แสดงอุณหภูมิในห้องเรียน เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก

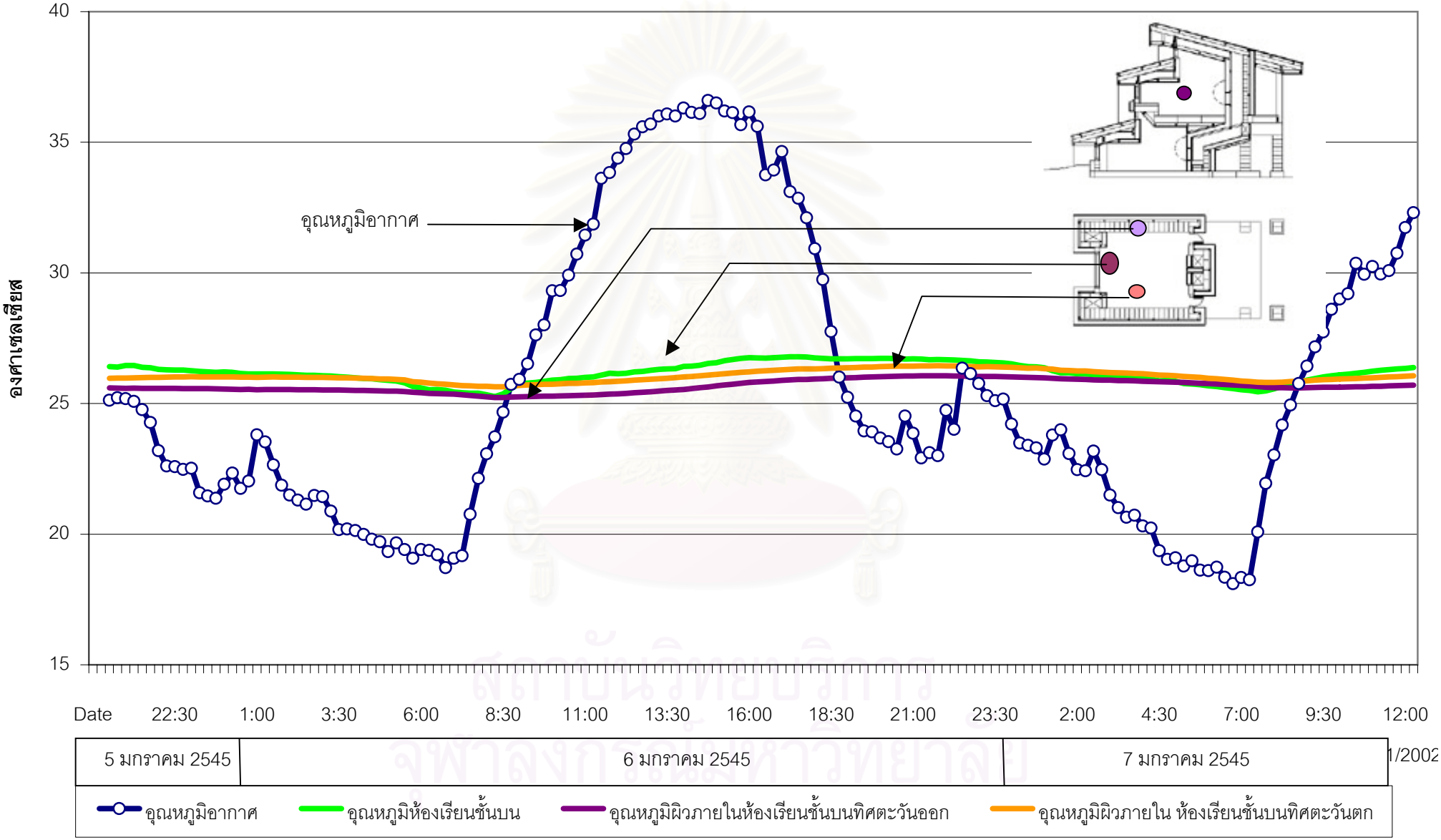


7/1/2002

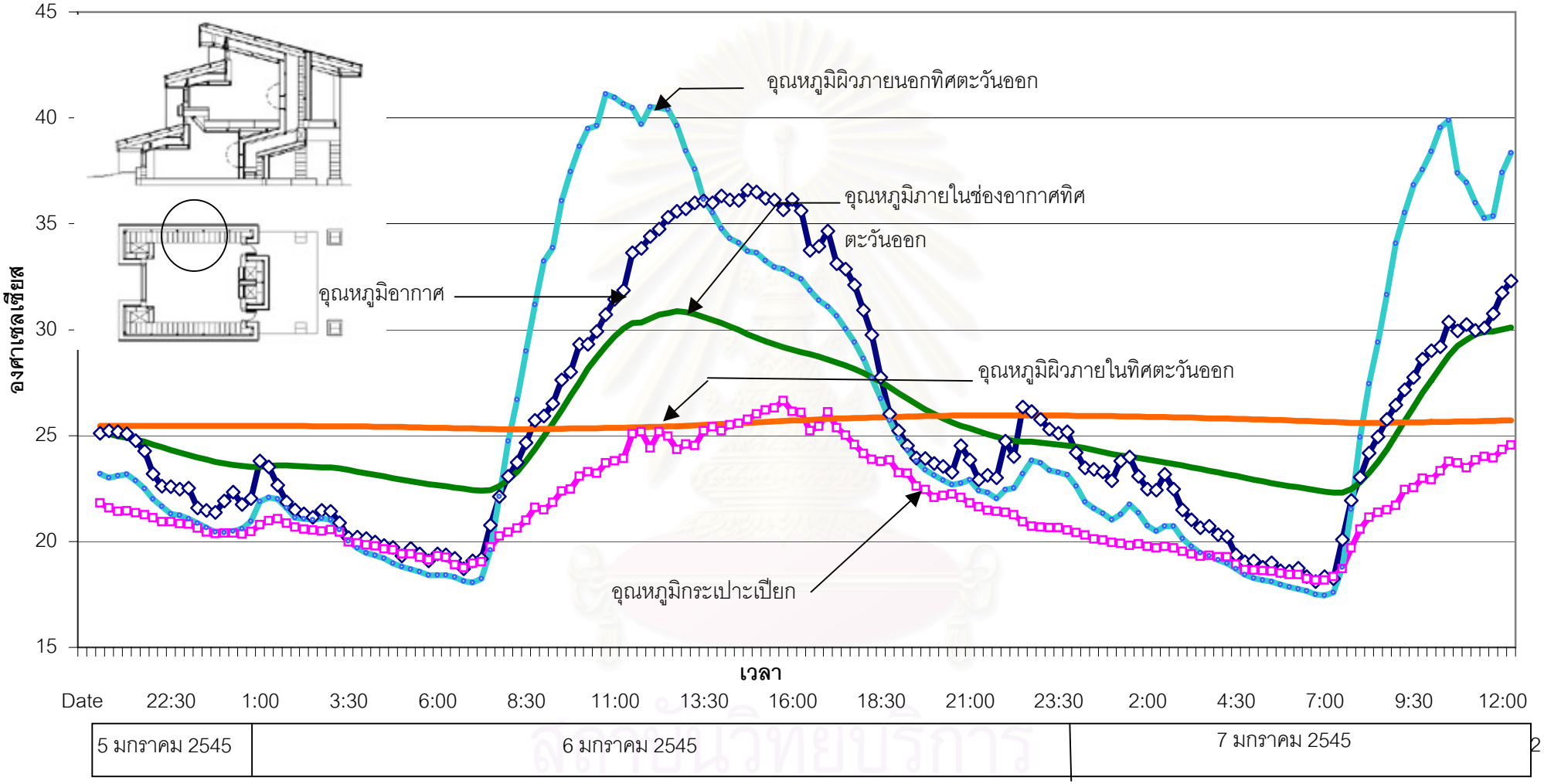
แผนภูมิที่ 5.2 แสดงอุณหภูมิผิวภายใน อุณหภูมิภายในห้อง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ



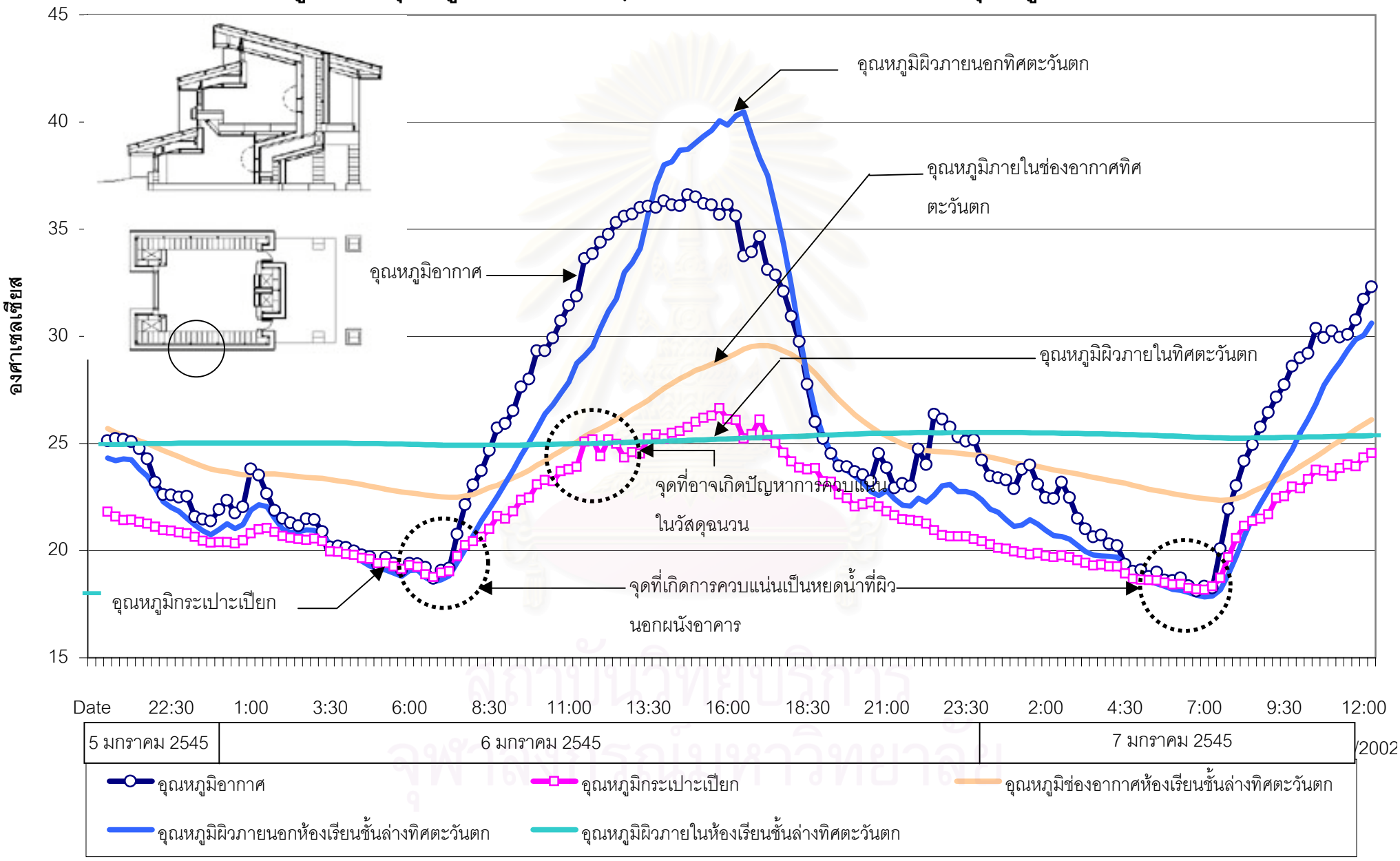
แผนภูมิที่ 5.3 เปรียบเทียบอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิผิวห้องชั้นบน เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ



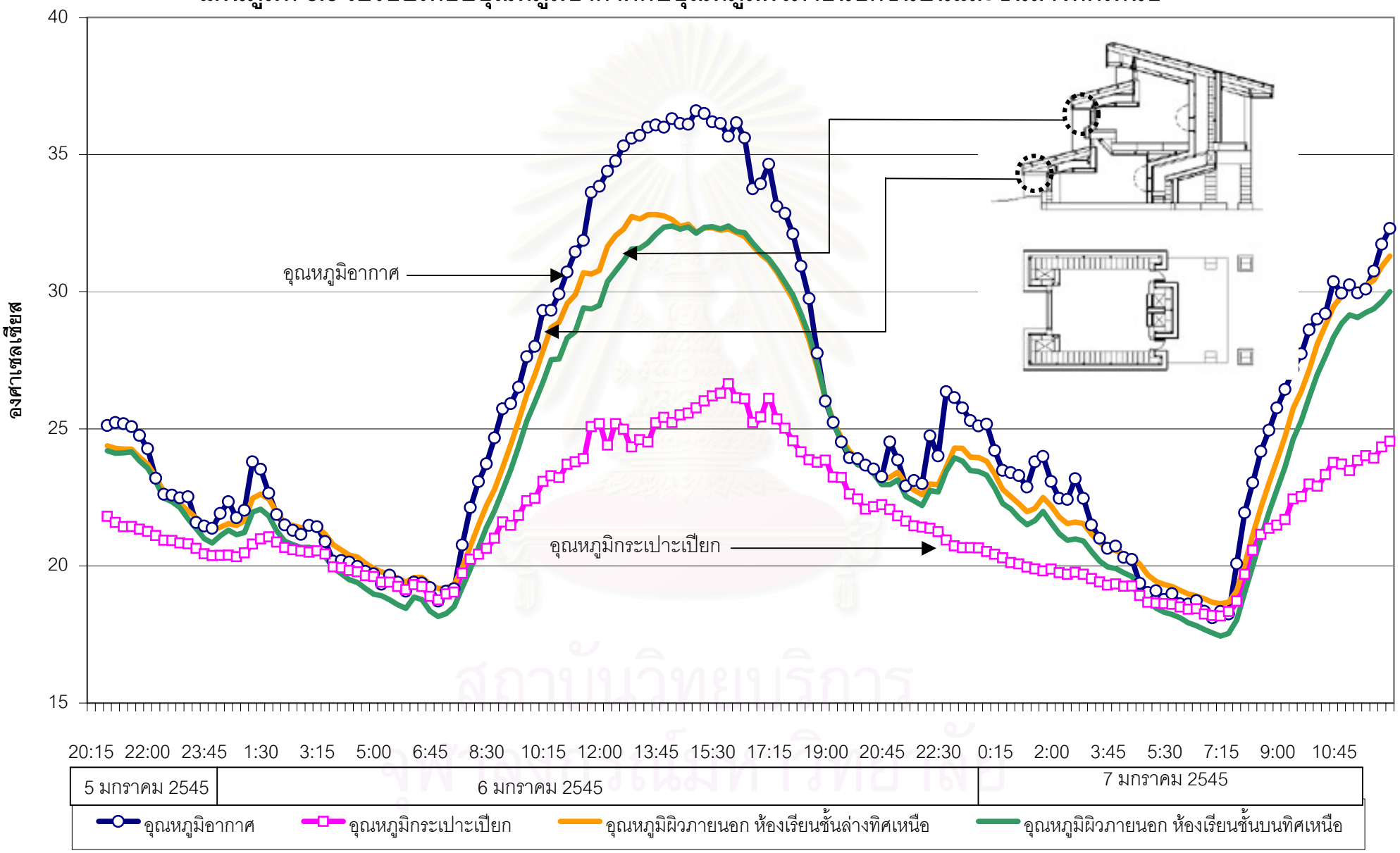
แผนภูมิที่ 5.4 เปรียบเทียบอุณหภูมิผนังด้านทิศตะวันออก อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิกระเปาะเปียก



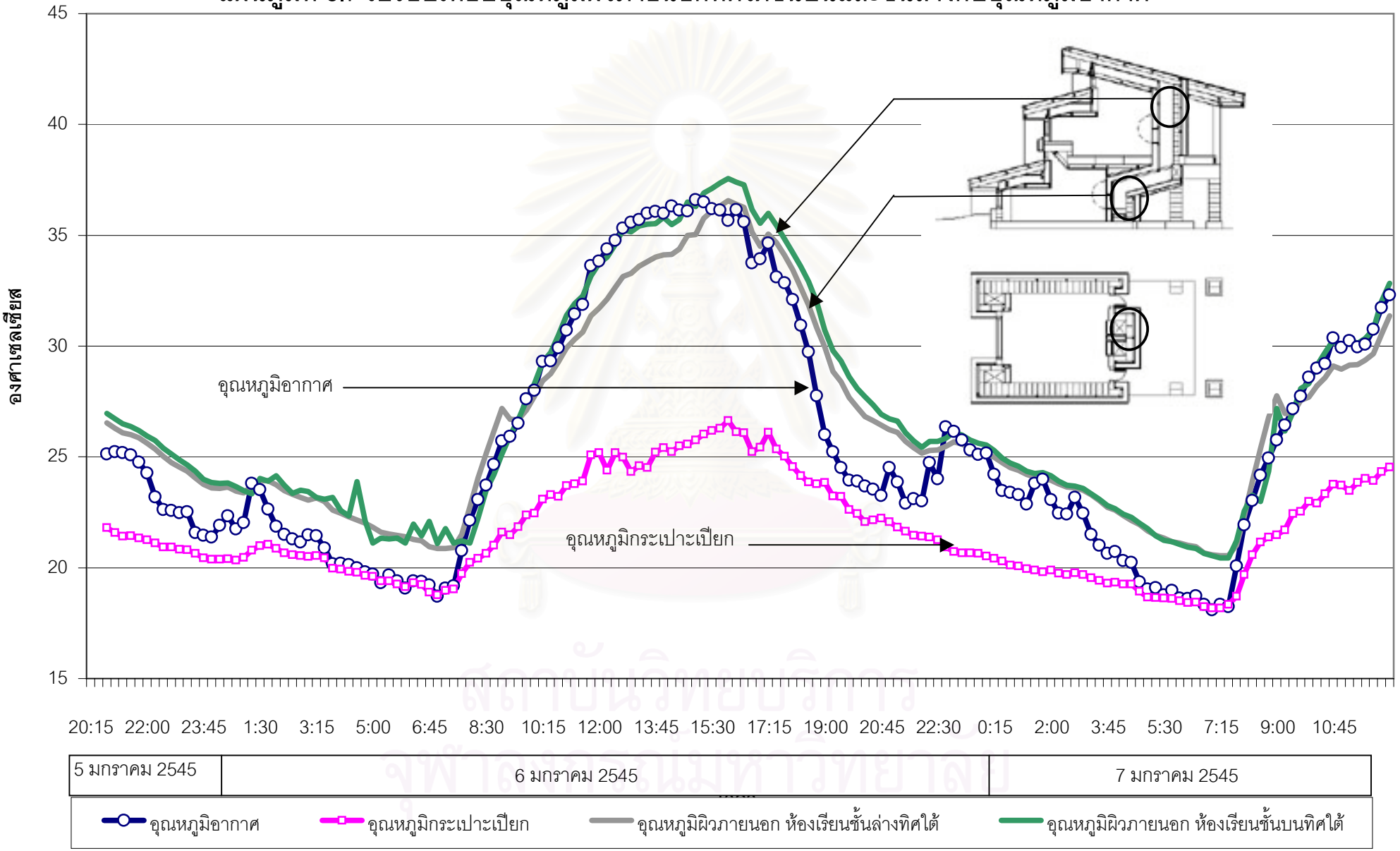
แผนภูมิที่ 5.5 อุณหภูมิผนังส่วนต่าง ๆ ทางทิศตะวันตก เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ



แผนภูมิที่ 5.6 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิผิวภายนอกชั้นบนและชั้นล่างทิศเหนือ

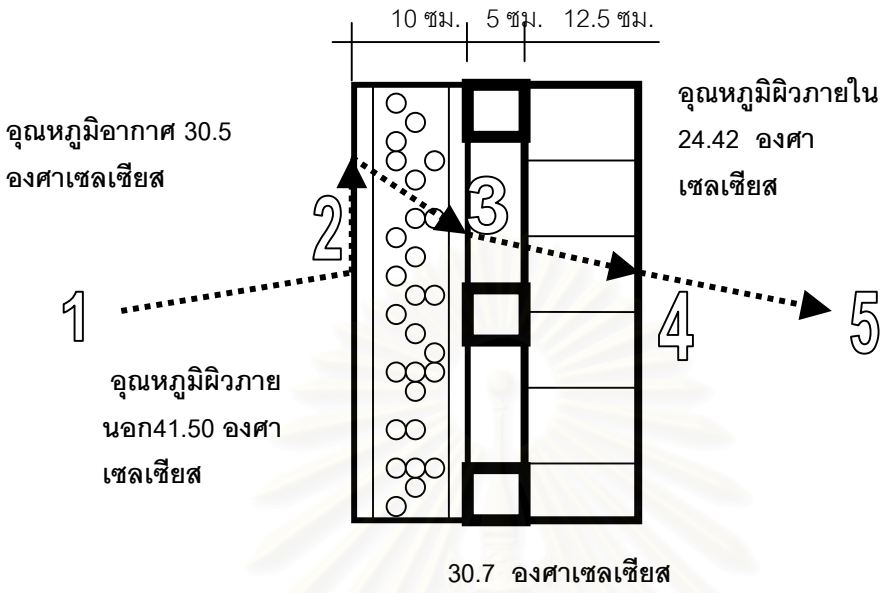


แผนภูมิที่ 5.7 เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกทิศใต้ชั้นบนและชั้นล่างกับอุณหภูมิอากาศ



1. การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลอง

สามารถที่จะแยกพิจารณาได้เป็นหัวข้อที่สำคัญ ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 5.18 แสดงค่าอุณหภูมิภายในผนังส่วนต่าง ๆ เพื่อการคำนวณค่าการต้านทานความร้อนและปริมาณความร้อนของผนังอาคารทดสอบ

2. การคำนวณค่าการต้านทานความร้อนของผนังทดสอบ

ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายในอยู่ที่ 15.5 องศาเซลเซียส หรือ 28 องศาฟาเรนไฮต์เพื่อใช้ในการคำนวณตามสูตรที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 จะได้ค่าความต้านทานรวมของผนังทดสอบอยู่ที่ประมาณ 23 h.SqFt. F/ Btu

โดยที่ค่าความต้านทานดังกล่าวนั้นจะสามารถแบ่งออกได้เป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี้คือ

ความต้านทานอากาศภายนอก	0.17	h.SqFt. F/ Btu
ความต้านทานอากาศภายใน	0.68	h.SqFt. F/ Btu
ความต้านทานของไม้อัด 2 ชั้น	1.24	h.SqFt. F/ Btu
ความต้านทานของผนังอิฐดินซีเมนต์	1.50	h.SqFt. F/ Btu
ความต้านทานของวัสดุฉนวนแกลบ	18.41	h.SqFt. F/ Btu
ความต้านทานช่องว่างอากาศ	0.87	h.SqFt. F/ Btu
รวม	22.97	h.SqFt. F/ Btu

การคำนวณค่าของผนังที่สามารถลดภาระความร้อนในอาคาร

จากที่ผ่านมานั้นกราฟทั้งหมดเป็นกราฟที่วัดโดยไม่มีค่า Internal Heat Gain ซึ่งในความเป็นจริงนั้นจะเกิดขึ้นจากกลุ่มผู้ใช้อาคารดังกล่าว

โดยที่เราได้คำนวณค่าความร้อนที่จะเกิดขึ้นทั้งหมดในอาคารจากนั้นลดทอนลงเป็นอัตราส่วนเดียวกันกับที่อาคารได้ลดลงจะได้ค่า Internal Heat Gain สำหรับอาคารอยู่ที่ 400 Watt เพื่อที่จะนำมาใช้ในการคำนวณดังนี้

ความร้อนในอาคารทดสอบ 400 Watt (1365.19) Btu

จากสูตรการคำนวณ

$$Q = m . c .(T1- T2)$$

เมื่อ q คือ ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้น

m คือ มวลของวัสดุที่ความหนา 1 นิ้วพื้นที่ 1 ตารางฟุต

c คือ ค่า Specific Heat ของวัสดุ

(T1-T2) คือ ค่าอุณหภูมิแตกต่างของอุณหภูมิผิวภายในกับอุณหภูมิด้านที่ต่ำกว่า

แทนค่าในสูตร

Q = 144 X 1 x1 x1/12 X0.20 x 7

Q = 16.8 Btu ต่อตารางฟุต

โดยที่พื้นที่ผนังอาคารทดสอบมีพื้นที่ 46.30 ตารางฟุต

จะได้ค่ารวมคือ 16.8X46.30= 777.9 Btu

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่สามารถรับความร้อนที่เกิดขึ้นในอาคารทดสอบได้

777.90/1365.19 = **57 เปอร์เซ็นต์**

ตัวเลขที่เกิดขึ้นนั้นเป็นความสามารถในการลดภาระความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารที่เกิดจากผู้ใช้อาคาร สว่นที่เหลือที่มีความเป็นไปได้ในการที่จะนำมาช่วยลดภาระดังกล่าวได้คือความเย็นจากพื้นอาคาร จากการใช้ความเย็นในเวลากลางคืนของส่วนที่เป็นหลังคาอาคาร หรือการใช้ความเร็วลมมาช่วย เป็นต้น

อุณหภูมิผนังส่วนต่าง ๆ ทางด้านทิศตะวันออก

เมื่อสังเกตกราฟที่ได้จากการวัดอุณหภูมิของผนังทางด้านทิศตะวันออกจะพบว่าอุณหภูมิของผิวผนังภายนอกห้องเรียนมีค่าสูงสุดประมาณ 42 องศาเซลเซียสในขณะที่อุณหภูมิในช่องว่างอากาศสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 31 องศาเซลเซียสมีช่วงเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของผนังในส่วนที่เป็นฉนวนธรรมชาติพื้นถิ่นประกบด้วยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางประมาณ 2 ชั่วโมง แต่เมื่อพิจารณาอุณหภูมิผิวภายในจะพบว่ามีค่าค่อนข้างที่จะคงที่อยู่ที่ 25-26 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นผลมาจากมวลสารภภายในอาคารที่เราได้กำหนดให้เป็นผนังอิฐดินซีเมนต์ตามข้อกำหนดส่วนผสมของกรมโยธาธิการ

มีข้อน่าสังเกตอยู่ที่จุดที่ตัดกันระหว่างกราฟอุณหภูมิผิวภายนอกกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกทางด้านล่างของกราฟ แสดงให้เห็นว่า ณ เวลาดังกล่าวนั้นมีการควบแน่นเป็นหยดน้ำที่ผิวภายนอกของผนังทดสอบดังนั้นจึงต้องมีการพิจารณาในเรื่องของการป้องกันความชื้นที่จะเกิดขึ้นในการนำไปใช้จริงด้วยซึ่งผู้วิจัยได้ทำการเคลือบผิวภายนอกด้วยวัสดุเคลือบผิวไม้ไว้แล้ว

อุณหภูมิผนังส่วนต่าง ๆ ทางด้านทิศตะวันตก

ลักษณะกราฟที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์สอดคล้องกันกับกราฟทางด้านทิศตะวันออกคือมีอุณหภูมิสูงสุดของผนังส่วนต่างๆ ค่อนข้างใกล้เคียงกันแต่ความชันของกราฟมีความแตกต่างกันตามลักษณะของ Orientation

ข้อมูลอุณหภูมิผิวภายในของผนังนั้นพบว่ามีค่าต่ำกว่าผนังทางด้านทิศตะวันออกคือมีอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 25 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นการง่ายในการที่จะสร้างสภาวะน่าสบายในอาคารเรียนได้

นอกจากนี้ข้อมูลที่น่าสนใจอีกประการหนึ่งคือมีจุดที่อุณหภูมิภายในช่องอากาศตัดกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกแสดงถึงการควบแน่นเป็นหยดน้ำในช่องว่างอากาศ เพราะว่าในแง่ของการนำไปใช้จริงนั้นหากเกิดการควบแน่นดังกล่าวจริงแล้ว จะทำให้คุณสมบัติความเป็นฉนวนของฉนวนธรรมชาติพื้นถิ่นนั้นเสียไป และจะส่งผลโดยตรงต่อสภาพการนำความร้อนรวมของผนังอีกด้วย และนอกจากนี้เมื่อพิจารณากราฟที่แสดงอุณหภูมิผิวภายในห้องเรียนพบว่าค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกมีบางส่วนที่ตัดกับอุณหภูมิผิวภายในห้องเรียน(จุดที่ 1)ซึ่งในกรณีนี้หากค่าความชื้นในอากาศนั้นสูงก็มีโอกาสที่จะเกิดการควบแน่นที่ผิวในห้องเรียนได้เช่นกัน

อุณหภูมิผิวภายนอกทิศเหนือและทิศใต้

เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วพบว่าอุณหภูมิผิวทางด้านทิศใต้จะมีค่าสูงกว่าทางทิศเหนือ เนื่องจากเป็นทิศที่ต้องโดนรังสีดวงอาทิตย์ตลอดวันตลอดจนช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลนั้นก็เป็นช่วงที่ดวงอาทิตย์โคจรอ้อมมาทางทิศใต้เป็นหลักอีกด้วย

อุณหภูมิผิวที่วัดได้ระหว่างชั้นบนและชั้นล่างของอาคารทดสอบมีค่าแตกต่างกันไม่มากเท่าใดนักเนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุเหมือนกัน แต่เราสามารถที่จะลดค่าอุณหภูมิผิวภายนอกนั้นให้ลดต่ำลงมากกว่านี้ได้โดยการลดการดูดซับรังสีความร้อนจากรังสีคลื่นสั้นเป็นคลื่นยาวได้โดยการทาสีที่มีค่าการสะท้อนแสงสูงหรือมีสีค่อนข้างอ่อนโดยที่ขอบเขตของความเหมาะสมในการเลือกใช้สีนั้นอยู่ที่ความสบายของสายตา(Visual Comfort)ในการมองอาคารเป็นหลัก

มีจุดที่น่าสนใจในการพิจารณาค่าอุณหภูมิผิวภายในข้อหนึ่งที่น่าสนใจคือมีส่วนที่อุณหภูมิผิวภายในห้องเรียนนั้นตัดกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกซึ่งมีความเป็นไปได้ในการที่จะเกิดการควบแน่นที่ผิวภายในได้เช่นกัน แต่จากการทดสอบปรากฏว่าในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่อุณหภูมิอากาศค่อนข้างสูง (ประมาณ 35-40 องศาเซลเซียส) ซึ่งเป็นช่วงที่อากาศมีความสามารถในการรับปริมาณไอน้ำได้มากตลอดจนความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลนั้นค่อนข้างต่ำ ทำให้ไม่เกิดการควบแน่นที่ผิวภายในดังกล่าว

อุณหภูมิห้องเรียน

เนื่องจากห้องเรียนที่คณะผู้ออกแบบโรงเรียนต้นแบบภาคอีสานได้ทำการออกแบบนั้นเป็นอาคารที่มีลักษณะเป็นอาคารเรียน 2 ชั้นกราฟที่ได้เป็นการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิทั้งชั้นล่างและชั้นบน โดยที่ลักษณะกราฟอุณหภูมิห้องที่ได้นั้นมีค่าค่อนข้างคงที่อยู่ที่ 26 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นการง่ายในการที่จะสร้างสภาวะน่าสบายในอาคารตามจุดประสงค์หลักของการวิจัยที่กำหนดไว้ได้ เนื่องจากขอบเขตของสภาวะน่าสบายในอาคารนั้นอยู่ที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ (สุนทร บุญญาธิการ, 2542) ซึ่งการที่จะทำให้เข้าสู่สภาวะน่าสบายได้นั้นต้องใช้หลายปัจจัยเข้ามาประกอบกัน เช่น ความเร็วลม MRT หรือ Mean Radient Temperature เป็นต้น

ระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน

จากกราฟอุณหภูมิห้องเรียนที่ได้นั้นพบว่าระยะเวลาที่กรอบอาคารสามารถที่จะหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้นั้นมีค่าประมาณ 7-8 ชั่วโมงทั้งห้องเรียนชั้นบนและชั้นล่างและเมื่อพิจารณาค่าอุณหภูมิผิวภายในที่ได้มานั้นพบว่าค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของทั้งผนังด้านทิศตะวันออก

และทิศตะวันตกมีค่าประมาณ 8-9 ชั่วโมง ซึ่งในการก่อสร้างจริงนั้นหากอุณหภูมิอากาศสูงสุดในแต่ละวันนั้นอยู่ที่เวลา 14.00 น. ค่าอุณหภูมิสูงสุดของผิวผนังภายในและอุณหภูมิในห้องเรียนจะอยู่ที่เวลาประมาณ 23.00-24.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ห้องเรียนไม่ถูกใช้งานหรือมีโอกาศน้อยมากในการที่จะมีผู้ใช้ห้องเรียนดังกล่าว

บทสรุป

เนื่องจากจุดประสงค์หลักในการที่จะสร้างสภาวะน่าสบายในอาคารเรียนไม่ปรับอากาศภาคอีสานนั้นเป็นจุดประสงค์ที่จะบรรลุได้แต่ต้องพิจารณาตัวแปรที่เกี่ยวข้องหลายตัวแปร แต่ในขอบเขตที่งานวิจัยเรื่องผนังธรรมชาติพื้นถิ่นนี้ให้ความสำคัญมากในการสร้างสภาวะน่าสบายดังกล่าว เป็นเรื่องของการลดอุณหภูมิผิวภายในผนังให้ได้มากที่สุด ซึ่งต้องอาศัยความเป็นฉนวนของวัสดุธรรมชาติ ผสมผสานกับการใช้มวลสารเข้ามาเกี่ยวข้อง และการลดอุณหภูมิผิวผนังภายในนี้เองจะส่งผลให้เกิดสภาวะน่าสบายทางอ้อมในเรื่องของ MRT หรือ Mean Radient Temperature อีกด้วย แต่ตัวแปรที่มีความสำคัญและมีอิทธิพลค่อนข้างมากในการสร้างสภาวะน่าสบายในอาคารคือ ความชื้น เนื่องจากอาคารที่คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบนั้นเป็นอาคารเรียนไม่ปรับอากาศ ดังนั้นการที่จะควบคุมความชื้นที่จะเข้าสู่อาคารนั้นเป็นเรื่องที่ทำได้ยากในเชิงปฏิบัติ

ตัวแปรอื่น ๆ ที่อยู่นอกเหนือขอบเขตของการวิจัยนี้ที่ผู้วิจัยท่านอื่นในกลุ่มเดียวกันไม่ว่าจะเป็นเรื่องของ การใช้ความเร็วลมเพื่อสร้างสภาวะน่าสบายในอาคาร การพัฒนาส่วนของหลังคาหรือ พื้นเพื่อสร้างความเย็นให้กับอาคาร การพัฒนาสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร ล้วนเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องมีการพิจารณาไปพร้อม ๆ กันเพราะว่าการแก้ไขปัญหาในด้านใดด้านหนึ่งนั้นจะส่งผลกระทบถึงอีกด้านหนึ่งเสมอ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

การสรุปผลและข้อเสนอแนะในการวิจัย

จากที่ได้ทำการทดลองในบทที่ผ่านมานั้นบทสรุปของการทดลองที่ได้มานั้นสามารถที่จะนำไปใช้ในการก่อสร้างอาคารที่ไม่ใช้ระบบปรับอากาศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้โดยที่คุณสมบัติที่สำคัญของผนังที่ได้ทำการทดสอบและความจำเป็นพื้นฐานในการนำไปใช้ จะต้องสามารถลดความรุนแรงของสภาพอากาศ มีความเป็นฉนวน ราคาถูก สามารถที่จะหามาทำการก่อสร้างได้ในท้องถิ่น ประหยัดเวลา และมีค่าพลังงานสะสมรวมต่ำ เป็นต้น

การสรุปผลการวิจัยในรายวัตถุประสงค์

1. **การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่อการปรับปรุงสภาวะน่าสบาย** จะมีความเกี่ยวเนื่องโดยตรงต่อปัจจัยต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องดังนี้

รังสีความร้อนดวงอาทิตย์

มีความเกี่ยวข้องโดยตรงต่อการปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคาร กล่าวคือ จะส่งผลต่ออุณหภูมิผิวภายนอกที่จะถ่ายเทผ่านเปลือกเข้ามาในอาคารซึ่งมีความสัมพันธ์กับสภาพท้องฟ้าและฤดูกาลต่าง ๆอีกด้วย และรังสีความร้อนยังมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องโดยตรงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกอีกด้วย กล่าวคือ รังสีดวงอาทิตย์จะสะสมในสภาพแวดล้อม และจะถ่ายเทสู่อุณหภูมิอากาศโดยตรง

อุณหภูมิอากาศ

มีอิทธิพลคล้ายกับรังสีดวงอาทิตย์ เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนจะมีมากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอากาศภายนอกที่มีความแตกต่างจากอุณหภูมิภายในอาคาร ซึ่งหากมีความแตกต่างกันมากก็จะทำให้การถ่ายเทความร้อนมีมากตามไปด้วยเช่นกัน

ความชื้นสัมพัทธ์

หากความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีมากจนเกินขอบเขตน่าสบายถึงแม้ว่าอุณหภูมิในอาคารจะมีค่าต่ำก็ตาม ก็จะทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกไม่สบายได้ ดังนั้นความชื้นสัมพัทธ์ที่มีความเหมาะสมจะทำให้สามารถที่จะปรับปรุงให้เข้าสู่สภาวะน่าสบายได้

แสงสว่าง

ทั้งในส่วนที่เป็นแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์มีผลโดยตรงต่อสภาวะน่าสบายเนื่องจาก อาคารที่พิจารณานั้นเป็นอาคารเรียน ดังนั้นแสงสว่างนั้นจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการมองเห็นและจะส่งผลทางอ้อมต่อประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของนักเรียนอีกด้วย

2. **การศึกษาตัวแปร** ของผนังจากวัสดุธรรมชาติพื้นถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีผลต่อการปรับปรุงสภาวะน่าสบายในอาคาร พบว่ามีตัวแปรที่สำคัญดังนี้

ค่าความหนาแน่นรวมของวัสดุ

จากที่ได้กล่าวไปแล้วทั้งในส่วนที่เป็นการศึกษาทฤษฎี และการวิจัยอื่น ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้พบว่าวัสดุธรรมชาติที่นำมาศึกษานั้นจะมีค่าความหนาแน่นเพียงค่าเดียวที่จะทำให้ค่าการนำความร้อนปรากฏรวมของวัสดุนั้นมีค่าต่ำที่สุด เนื่องจากหากวัสดุใด ๆ นั้นมีค่าความหนาแน่นที่น้อยเกินไปจะทำให้ค่าการพาความร้อนโดยอากาศภายในวัสดุนั้นมีค่ามากขึ้น ส่งผลให้สภาพการนำความร้อนปรากฏสูง ในทางกลับกันหากวัสดุนั้นมีค่าความหนาแน่นที่มากเกินไปจะทำให้ค่าการนำความร้อนของเนื้อวัสดุมีค่ามากขึ้น และจะส่งผลต่อสภาพการนำความร้อนปรากฏรวมเช่นเดียวกัน ดังนั้น การที่จะนำวัสดุใด ๆ เพื่อนำมาพัฒนาเพื่อเป็นวัสดุฉนวนในอาคารนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาความหนาแน่นค่าดังกล่าวให้ได้ ซึ่งการวิจัยนี้ใช้การทดลองในห้องทดลอง ที่ Steady State ควบคุมอุณหภูมิด้านหนึ่งให้คงที่ จากนั้นใช้วัสดุที่ความหนาแน่นต่างกันอย่างน้อยประมาณ 5 ค่า ทดสอบในสภาพดังกล่าว แล้วนำค่าที่ได้มา plot กราฟ โดยใช้ Regression Method เพื่อที่จะหาค่าความหนาแน่นที่มีความเหมาะสมในการที่จะทำให้ค่าการต้านทานความร้อนสูงที่สุดนั่นเอง

สีของวัสดุ

จากที่ได้ทำการศึกษาวิจัย พบว่าสีของวัสดุจะส่งผลโดยตรงต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ เนื่องจากสีวัสดุที่มีความเข้มนั้นจะเพิ่มการดูดซับความร้อนของผิวภายนอก ส่วนสีของวัสดุที่อ่อนนั้นจะช่วยสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์และจะช่วยลดการสะสมความร้อนในเนื้อวัสดุด้วย

ชนิดของวัสดุ

จากผลการทดลองพบว่าชนิดของวัสดุที่มีลักษณะเป็นโพรงอากาศที่ค่อนข้างนิ่ง (ในการศึกษานี้คือแกลบ) จะมีค่าการต้านทานความร้อนที่สูงกว่าวัสดุที่เป็นเส้นใย(ในการศึกษานี้คือฟางข้าว) และวัสดุที่ไม่มีโพรงอากาศ เนื่องจากวัสดุดังกล่าวจะมีโพรงอากาศที่มีค่าการต้านทานความร้อน ในการที่จะเพิ่มค่าการต้านทานความร้อนรวมของวัสดุ

3. **การประยุกต์ใช้ในการก่อสร้างอาคารจริง**

เนื่องจากในการวิจัยนี้มุ่งเน้นเพียงในส่วนที่เป็นพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร แต่ในความเป็นจริงผนังต้องมีคุณสมบัติอื่น ๆ ที่จำเป็นคือ

การป้องกันไฟ

ในส่วนที่เป็นผนังหลักหรือผนังรับน้ำหนักอาจจะไม่มีปัญหาในข้อนี้มากนัก แต่ในส่วนที่เป็นวัสดุฉนวนธรรมชาตินั้นต้องมีการเติมสารเพื่อป้องกันไฟลามหรือเพื่อลดควันที่เกิดจากการเผาไหม้ และลดการลุกลามภายในฉนวนดังกล่าว

การป้องกันแมลง

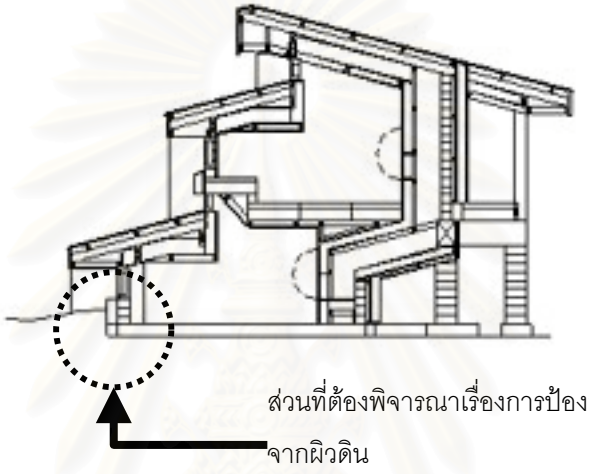
การป้องกันแมลงเช่น มอด ปลวก มีความจำเป็นเนื่องจากแมลงนี้สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนที่จะถ่ายเทเข้าสู่อาคารให้ลดลงได้ ซึ่งการป้องกันอาจจะใช้สารเคมีที่สังเคราะห์ขึ้น โดยที่สารดังกล่าวต้องไม่เป็นพิษต่อผู้ใช้อาคารซึ่งในปัจจุบันได้มีการวิจัยเกี่ยวกับการใช้สารสกัดจากต้นสะเดาเพื่อป้องกันแมลงที่จะมาทำลายวัสดุได้ในระดับที่น่าพอใจ

การป้องกันความชื้น

กรป้องกันความชื้นสามารถที่จะทำได้หลายวิธีในเบื้องต้นเป็นการป้องกันความชื้นจากภายนอกวัสดุโดยการใช้วัสดุเคลือบผิวเช่น สีทาภายนอก แลกเกอร์รวมไปถึงการใช้สารเคมีเพื่ออุด

เชื่อมรอยต่อเพื่อป้องกันความชื้นจากภายนอกไม่ให้เข้าสู่วัสดุฉนวนได้ แต่วิธีที่ดีคือการที่ตัวฉนวนเองนั้นสามารถที่จะป้องกันความชื้นได้ด้วยตัวเองซึ่งต้องอาศัยการวิจัยและพัฒนาต่อไป

นอกจากนี้ การป้องกันความชื้นที่จะเข้าสู่วัสดุที่น่าพิจารณาอีกส่วนหนึ่งคือการป้องกันความชื้นจากดินซึ่งมีความชื้นสูงโดยที่การป้องกันนั้นอาจจะใช้วัสดุที่สามารถป้องกันความชื้นในบริเวณนั้นดังภาพ



ภาพที่ 6.1 แสดงรูปตัดอาคาร และผนังส่วนที่ต้องมีการป้องกันความชื้นจากดิน

โดยที่จากการทดลองนี้มีการใช้โฟมที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นมาใช้ในส่วนที่ต้องสัมผัสกับผิวดินบริเวณดังกล่าว

อายุการใช้งาน

ส่วนผนังที่มีความหนาแน่นสูงมักจะไม่มีปัญหาในเรื่องนี้เนื่องจากมีความทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศค่อนข้างสูง แต่ในส่วนที่เป็นวัสดุฉนวนที่มีความหนาแน่นต่ำนั้นอายุการใช้งานค่อนข้างจะสั้น ซึ่งจะแปรผันตามลักษณะและคุณภาพของวัสดุที่นำมาใช้บรรจุ

การป้องกันเชื้อราในผนัง

ส่วนนี้มีความเกี่ยวข้องและสัมพันธ์กันโดยตรงกับการป้องกันความชื้นที่จะเข้าสู่เนื้อวัสดุกล่าวคือหากสามารถที่จะป้องกันความชื้นได้ ก็สามารถที่จะป้องกันเชื้อราที่เป็นสาเหตุของเชื้อโรคได้เช่นกัน หรืออาจจะเป็นการใช้สารเคมีอื่น ๆ เพื่อลดปริมาณการเกิดเชื้อราในวัสดุนั้น ๆ ได้

สารประกอบที่เป็นพิษอื่น ๆ

ในการวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดในเรื่องการใช้วัสดุที่เป็นไม้อัดที่ในปัจจุบันนี้สารเคมีที่ใช้ในการเชื่อมประสานวัสดุนั้นยังเป็นการใช้กาวยูเรียฟอมัลดีไฮด์อยู่ ซึ่งสารดังกล่าวนั้นเป็นพิษกับระบบทางเดินหายใจของผู้ใช้อาคาร ซึ่งปัญหาดังกล่าวนี้ได้มีการพัฒนาและวิจัยสารเคมีเพื่อนำมาทดแทนการใช้กาวยูเรียฟอมัลดีไฮด์จากพืชคือ หญ้าขจรจบ(ตระกูลไมยราบ)

การพัฒนาให้เข้าสู่สภาวะน่าสบาย

จากข้อมูลทุกส่วนที่ได้กล่าวมาในขั้นของการทดลองนั้น สามารถที่จะสรุปในส่วนของผนังอาคารที่พัฒนาขึ้นจากวัสดุธรรมชาติพื้นถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้คือ ในส่วนของการป้องกันความร้อนที่จะเข้าสู่อาคารนั้น เนื่องจากผนังทดสอบมีค่าการต้านทานความร้อนประมาณ 23 Sqft F h/BTU จึงสามารถที่จะสร้างความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในได้ประมาณ 8.5 องศาเซลเซียสในตอนกลางวันจากที่ทำการวัดผลนั้นอุณหภูมิภายในมีค่าประมาณ 26 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ในส่วนของระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนนั้นมีค่าประมาณ 7-8 ชั่วโมง ซึ่งอาคารที่เราพิจารณานั้นเป็นอาคารเรียนไม่ปรับอากาศ ซึ่งเมื่อพิจารณาระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ทำได้นั้น อาคารจะร้อนที่สุดอยู่ในช่วง23:00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่ยากในการที่จะมีผู้ใช้อาคาร

นอกจากนี้ ปัจจัยอื่นที่สามารถนำมาช่วยในการพัฒนาให้เข้าสู่สภาวะน่าสบายนั้นได้แก่ เรื่อง MRT (Mean Radient Temperature) ซึ่งจากที่ได้ทำการวัดผลนั้น ผิวผนังภายในของอาคารมีค่าคงที่อยู่ที่ประมาณ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าอุณหภูมิภายในจึงสามารถที่จะใช้ประโยชน์จากส่วนนี้ได้เช่นกัน

ส่วนสุดท้าย เป็นเรื่องของการดูดซับความร้อนจากผู้ใช้อาคาร ซึ่งจากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลเบื้องต้นจากการวัดผลนั้น สามารถที่จะรับความร้อนที่จะเกิดจากผู้ใช้อาคารได้ประมาณ 57 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่วนอื่น ๆ ที่จำเป็นที่จะต้องนำมาใช้ด้วยได้แก่การนำความเย็นจากดิน การนำความเย็นจากตอนกลางคืนมาใช้ เพื่อที่สามารถสร้างสภาวะน่าสบายอันประกอบไปด้วย ความสบายในเรื่องอุณหภูมิ ความชื้น ความสบายตา เสียงที่พอเหมาะ ความเร็วลมที่พอเหมาะ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตามการที่จะพัฒนาวัสดุธรรมชาติเพื่อมาใช้ในอาคารได้จริงนั้นจำเป็นที่จะต้องมีการร่วมมือกันเพื่อพัฒนาระบบทั้งระบบให้มีประสิทธิภาพ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของการก่อสร้างให้ใช้ได้จริงโดยวิศวกร การออกแบบที่สัมพันธ์กับวัสดุโดยสถาปนิก การควบคุมวัสดุเพื่อไม่ให้เกิดพิษแก่ผู้ใช้อาคาร การพัฒนาสารเคมีเพื่อเพิ่มคุณสมบัติอื่น ๆ ตามที่เราต้องการโดยนักเคมี เป็นต้น เหล่า

นี้ต้องอาศัยความร่วมมือ และการประสานงานที่มีประสิทธิภาพจึงจะสามารถบรรลุเป้าหมายที่วางไว้ได้

นอกจากนี้การทดลองนี้ยังมีข้อจำกัด และข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่ต้องคำนึงถึงด้วยกล่าวคือ

1. การทดลองนั้นมีการวัดผลการทดลองในช่วงเดือน พฤศจิกายน และ ธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาว ควรจะได้มีการทดลองวัดผลเพิ่มเติมในช่วงที่เป็นฤดูร้อน คือ เดือน มีนาคม ถึงเมษายนด้วย

2. การนำผลการทดลองไปสร้างหุ่นจำลองเพื่อทำการทดสอบนั้นมีบริเวณที่ตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร การประเมินผลจึงเป็นการคำนวณจากสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร ดังนั้นจึงไม่อาจที่จะยืนยันผลอย่างสมบูรณ์ที่จะนำไปใช้ในการออกแบบของภาคอีสาน

3. ควรจะได้มีการทดสอบวัสดุที่มีคุณสมบัติอื่น ๆ ที่คาดว่าสามารถนำมาใช้ในการก่อสร้างอาคารได้เช่น ปอกระเจา หรือ ยูคาลิปตัสเป็นต้น

4. ผลที่ได้จากการทดลองอาจมีค่าเปลี่ยนไปหากวัสดุการเกษตรเหลือใช้หรือวัสดุพื้นถิ่นนั้นมีคุณสมบัติที่ต่างกันออกไป เช่น แกลบที่ได้จากการสีข้าวเปลือกข้าวเจ้า กับแกลบที่ได้จากการสีข้าวเปลือกข้าวเหนียว เป็นต้น รวมทั้งระยะเวลาในการวิจัยที่มีระยะเวลายาวนานอาจทำให้คุณสมบัติทางกายภาพหรือทางเคมีที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงไปในทางอื่นได้
5. การวัดผลการทดลองนี้เป็นเชิงเปรียบเทียบลักษณะของ Thermal Performance ของวัสดุที่มีความแตกต่างกันออกไปมากกว่าที่จะเป็นการเก็บข้อมูลเพื่อที่จะสร้างฐานข้อมูลหรือดัชนีที่สามารถนำไปใช้ในการออกแบบ

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม . กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน. การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. 2,000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน, 2541.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. คณะแพทยศาสตร์. หลักการทำวิจัยให้สำเร็จ. 1,000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับบลิเคชั่น จำกัด, 2542.

จุไรพร ตุมพสุวรรณ. พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุมุงหลังคาบ้านพักอาศัยในเขตร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

ตระการ ก้าวกสิกรรม, นาวาอากาศตรี. คู่มือฉนวนความร้อน. กรุงเทพมหานคร: นำอักษรการพิมพ์, 2537.

ตรึงใจ บูรณสมภพ. การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: นำอักษรการพิมพ์ , 2521.

ธนิต จินดาวณิค, ผู้ช่วยศาสตราจารย์. เอกสารประกอบการสอนวิชา 250 1494 Energy Architectural Design. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

ประทีป มาลากุล,รศ. มล. และคณะ. การประหยัดพลังงานในการออกแบบสถาปัตยกรรม. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526.

ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์. การถ่ายเทมวลและการเผาไหม้. กรุงเทพมหานคร: ราชบัณฑิตยสถาน, 2529.

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. พัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, กรม. อนุรักษ์พลังงาน, กอง. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. 1000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: กองอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2536.

วิมลสิทธิ์ หรยางกูร, ศ. ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับแนวการศึกษาการออกแบบสภาพแวดล้อม. วารสารอาษา ปีที่ 3 ฉบับที่ 3 (2517): 36.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. แบบบ้านดินซีเมนต์. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2540.

สิทธิชัย แสงอาทิตย์. การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของอิฐดินซีเมนต์เพื่อเปรียบเทียบกับอิฐมอญและอิฐมอญมาตรฐาน. วารสารเทคโนโลยีสุรนารี. ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 (2525): 97-103.

สิทธิโชค สุนทรโอภาส. เทคโนโลยีอาคาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สยามสปอร์ตซินดิเคต, 2543.

สุนทร บุญญาธิการ, รศ. กรณีศึกษาอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ การวิจัยประยุกต์เพื่อการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน. วารสารอาษา. ปีที่ 3 ฉบับที่ 6 (2539): 60-102.

สุนทร บุญญาธิการ, รศ. การใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงานในอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ. วารสารอาษา. ปีที่ 2 ฉบับที่ 5 (2539): 102-103.

สุนทร บุญญาธิการ (หัวหน้าโครงการ). บัณฑิต เอื้ออาภรณ์. การวิจัยประยุกต์ประกอบการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน. กรุงเทพ: โดยสถาบันพลังงาน. 2539. 624 หน้า. (เงินทุนของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

สุนทร บุญญาธิการ, รศ. การออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นแบบเมืองไทย. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฉบับพิเศษ ครบรอบ 60 ปี(2536): 16-24.

อนันต์ วัชรพงษ์วินิจ. ประสิทธิภาพการใช้ฉนวนสะท้อนรังสีและทิศทางการถ่ายเทความร้อนสำหรับอาคารในภูมิอากาศร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาษาต่างประเทศ

America Society of Heating , Refrigerating and Air Conditioning Engineerings. 1989 ASHRAE Handbook of Fundamental . I-P Edition. Atlanta Geogia, 1989.

America Society of Heating , Refrigerating and Air Conditioning Engineerings. ASHRAE Applications Handbook. I-P Edition. (n.p.),1995.

America Society of Heating , Refrigerating and Air Conditioning Engineerings. ASHRAE Systems and Equipment Handbook. SI Edition. (n.p.),1995.

Boonyatikarn, S. (Project Director and Co- Principle Investigater) A Performance Evaluation of Cellulose Sultan Sponsored by Suburban Insulation Co., November 1989- July 1990.

Boonyatikarn, S. (Project Director and Co- Principle Investigater). An Investigation of Passive Solar Home/Office Building" Sponsored by Maupin Construction, March - August 1989.

Boonyatikarn, S. (Project Director and Co- Principle Investigater). Smart Building Control Project OVPR, University of Michigan and Outside Support 1987-1989.

Boonyatikarn, S. (Co- Principle Investigater) Energy Cost Avoidance Project. University of Michigan, Technical Group, Six Years Project 1983-1989.

Boonyatikarn, S. (Research Investigater), Performance of the Water Conservation System". Federal Office Building, Saginaw, Michigan General Service Administration, 1982-1983.

Boonyatikarn, S. (Co- Principle Investigater) Energy Audit/Analysis of UM Academic Building. The University of Michigan at Flint,Michigan,1980-1981.

Domingo L. Siazon, JR. State of R&D on Low Cost Building Materials& Technologies in Asia. Manila: Manila, 1987.

John E Flynn. Architectural Interior System. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1970.

John S. Crowly. Practical Passive Solar Design. New York: McGraw-Hill Book Company, 1984.

Nopadon Sahachaisaeree. Editor. Green Architecture The Sustainable Built Environment in the New Millennium. Bangkok: Amarin Printing, 2000.

Olgyay Victor, Design with Climate. New Jersey: Princeton, 1962.

Santamouris M. Passive Cooling of Buildings. United Kingdom: Antony Rowle Ltd, 1996.

Stein, B.,and Raynolds. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings. 8th Edition. New York: John Wiley & Sons, 1992.

Stein, B.,and Raynolds. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings. 9th Edition. New York: John Wiley & Sons, 2000.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายชูพงษ์ ทองคำสมุทรเกิดเมื่อวันที่ 21 สิงหาคม 2519 ที่อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้ ตามสำเนาทะเบียนบ้าน เลขที่ 301/110 ถนนมิตรภาพ ต.ในเมือง อ.เมือง จ. ขอนแก่น โทรศัพท์ 043 347533

ที่อยู่ปัจจุบัน เลขที่ 70 สยามอาพาร์ตเมนท์ ห้อง 710 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร โทรศัพท์ 02 6120253-7 ต่อ 710

E - Mail tsmut@hotmail.com

โทรศัพท์มือถือ 01- 7320761

การศึกษา **ระดับประถมศึกษา** โรงเรียนบ้านพุทไธสง โอภาสประชานุกูล

ระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม

ปริญญาตรี สถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง มหาวิทยาลัยขอนแก่น เกรดเฉลี่ยสะสม 3.86

รางวัลและผลงาน กิจกรรมต่างที่เคยเข้าร่วม เช่น กิจกรรมผู้นำชุมชนทางด้านสาธารณะสุขในตำแหน่งหัวหน้าผู้นำชุมชน กิจกรรมสภานักเรียนในตำแหน่งประธานสภานักเรียนและประธานโรงเรียน ชุมนุมดนตรีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ และ ชมรมดนตรีมหาวิทยาลัยขอนแก่น ในวงดนตรียอดเยี่ยมอันดับ 1 ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น กิจกรรมชมรมวิชาการ และกีฬามหาวิทยาลัย และกีฬาวอลเล่ย์บอลชิงแชมป์เขตการศึกษา

- รางวัลนักศึกษาดีเด่นแห่งมหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีการศึกษา 2539
- รางวัลนักศึกษาดีเด่นแห่งมหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีการศึกษา 2540
- รางวัลนักศึกษาผู้มีผลการเรียนยอดเยี่ยม แห่งมหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีการศึกษา 2539
- รางวัลนักศึกษาผู้มีผลการเรียนยอดเยี่ยม แห่งมหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีการศึกษา 2540
- รางวัลนักศึกษาผู้มีพัฒนาการผลการเรียนการเรียนยอดเยี่ยม แห่งคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ และ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีการศึกษา 2540
- รางวัลนักศึกษาตัวอย่าง แห่งมหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีการศึกษา 2540

การประกวดแบบ

- บ้านไทยร่วมสมัย 2000
- ศาลาพักคอยรถประจำทางมหาวิทยาลัยขอนแก่น

การฝึกงาน บริษัท แลนด์ แอนด์ เฮาส์ จังหวัดขอนแก่น โดยมุ่งเน้นในเรื่อง การออกแบบและต่อเติมสถาปัตยกรรมที่เกี่ยวกับการพักอาศัย การใช้คอมพิวเตอร์ในการออกแบบสถาปัตยกรรม และการแสดงแบบทางสถาปัตยกรรมเป็นสำคัญ

วิทยานิพนธ์สถาปัตกรรมศาสตรบัณฑิต เรื่อง โครงการและงานออกแบบสถาบันดนตรีและนาฏศิลป์ลุ่มน้ำโขง จังหวัดอุบลราชธานี เป็นวิทยานิพนธ์ที่มุ่งเน้นการผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีทางด้านการควบคุมแสง สี และเสียงภายในโรงมหรสพ ร่วมกับการศึกษารูปแบบสถาปัตยกรรมที่เป็นเอกลักษณ์และการประยุกต์ใช้รูปแบบดังกล่าวในงานสถาปัตยกรรมร่วมสมัยได้อย่างลงตัว

ภายหลังจากการจบการศึกษาระดับปริญญาตรี ได้รับการคัดเลือกเพื่อเข้ารับทุนโครงการพัฒนาอาจารย์แห่งคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร และได้สอบคัดเลือกเพื่อเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท ในภาควิชาเทคโนโลยีอาคาร และสิ่งแวดล้อม (Environmental Design) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปัจจุบัน

ประสบการณ์การทำงาน

- การออกแบบบ้านพักอาศัยครอบครัวขนาดเล็ก จังหวัดขอนแก่น
- การออกแบบต่อเติมบ้านพักอาศัยในเขตชานเมือง จังหวัดขอนแก่น
- การออกแบบตกแต่งภายร้านอาหาร และสถานบันเทิง จังหวัดขอนแก่น
- การออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมในสถานบันเทิง
- การใช้คอมพิวเตอร์ในการออกแบบและการนำเสนองานการออกแบบสถาปัตยกรรม
- โครงการปรับปรุงการใช้แสงในสถานบันเทิงย่านจตุจักร กรุงเทพมหานคร

ความสนใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

มีความสนใจในเรื่องของเทคโนโลยีการก่อสร้างสมัยใหม่ ทั้งในเรื่องงานระบบอาคาร และการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ควบคู่ไปกับ การใช้ภูมิปัญญาพื้นถิ่นในการออกแบบ

และแก้ไขปัญหาสถาปัตยกรรม (Appropiate Technology) ซึ่งการศึกษาที่ผู้เขียนต้องการที่จะทำการศึกษาเพื่อทำวิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตนี้ก็มีความเกี่ยวข้องกับเรื่องที่มีความสนใจอยู่ก่อนแล้ว คือ เรื่องการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาประสิทธิภาพของวัสดุธรรมชาติพื้นถิ่น หรือ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นผนังอาคารที่มีประสิทธิภาพสูงในระดับที่น่าพอใจ และสามารถผลิตได้ด้วยแรงงานและภูมิปัญญาท้องถิ่น กล่าวโดยรวมคือ เป็นการผนวกเอาเทคโนโลยีในการวิเคราะห์ และการใช้เครื่องมือเพื่อตรวจสอบและพัฒนาคุณสมบัติวัสดุกับ ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีความเหมาะสมกับวิถีชีวิตเข้าด้วยกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย