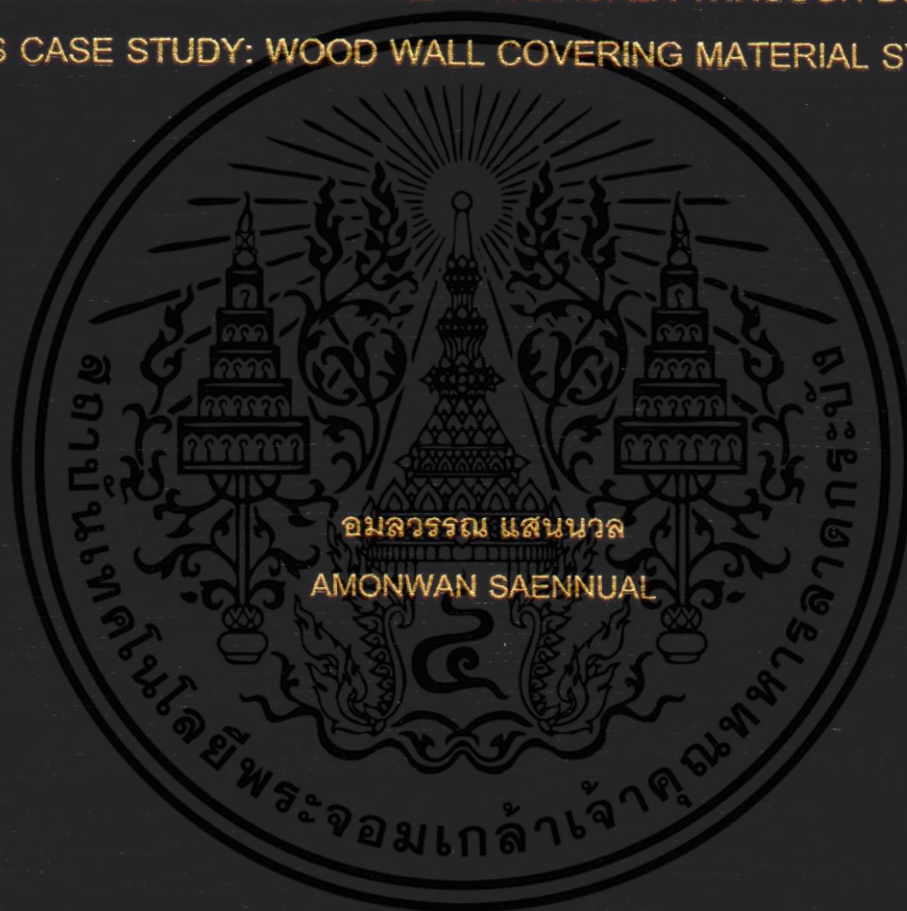


การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านการป้องกันความร้อน  
ผ่านผนังอาคาร กรณีศึกษาวัสดุไม้ประกอบพลาสติกปิดผิวผนัง  
แบบไม้ใช้โครงเคร่า

COMPARATIVE STUDY OF HEAT TRANSFER THROUGH BUILDING  
WALLS CASE STUDY: WOOD WALL COVERING MATERIAL SYNTHESIS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2560

KMITL-2017-AR-M-002-013

การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านการป้องกันความร้อน  
ผ่านผนังอาคาร กรณีศึกษาวัสดุไม้ประกอบพลาสติกปิดผิวผนัง  
แบบไม่ใช้โครงเคร่า

COMPARATIVE STUDY OF HEAT TRANSFER THROUGH BUILDING  
WALLS CASE STUDY: WOOD WALL COVERING MATERIAL SYNTHESIS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน  
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ.2560

KMITL-2017-AR-M-002-013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPARATIVE STUDY OF HEAT TRANSFER THROUGH BUILDING  
WALLS CASE STUDY: WOOD WALL COVERING MATERIAL SYNTHESIS



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ARCHITECTURE PROGRAM IN TROPICAL ARCHITECTURE  
FACULTY OF ARCHITECTURE  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2017

KMITL-2017-AR-M-002-013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2017

FACULTY OF ARCHITECTURE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านการป้องกันความร้อนผ่านผนังอาคาร  
กรณีศึกษา วัสดุไม้ประกอบพลาสติกปิดผิวผนังแบบไม้ใช้โครงเคร่า  
COMPARATIVE STUDY OF HEAT TRANSFER THROUGH BUILDING WALLS CASE  
STUDY : WOOD WALL COVERING MATERIAL SYNTHESIS

นักศึกษา

นางสาวอมลวรรณ แสนนวล

รหัสประจำตัว

55620610

ปริญญา

สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

สถาปัตยกรรมเขตร้อน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ศุทธา ศรีเผด็จ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รองศาสตราจารย์ศุทธา ศรีเผด็จ	
รองศาสตราจารย์ชนินทร์ ทิพย์โภาส	
ศาสตราจารย์สมศักดิ์ ธรรมเวชวิลี	
รองศาสตราจารย์สุพัฒน์ บุญฤทธิกิจ	
รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีชญา รังสิรักษ์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ 27 มีนาคม 2560 เวลา 09.00 น.

สถานที่สอบ ภาควิชาสถาปัตยกรรมและการวางแผน

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์รับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิเชฐ โสวิทยสกุล)

คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านการป้องกันความร้อนผ่านผนังอาคาร กรณีศึกษาวัสดุไม้ประกอบพลาสติกปิดผิวผนังแบบไม่ใช่โครงเคร่า
ชื่อนักศึกษา	นางสาวอมลวรรณ แสนนวล
รหัสประจำตัว	55620610
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
พ.ศ.	2560
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ศุภธา ศรีเมตต์จ

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านการป้องกันความร้อนของวัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่ใช้ภายนอกอาคาร โดยเป็นวัสดุที่ทำจากไม้และพลาสติกเพื่อลดการใช้ไม้จริง มีความสวยงามคงทน แบ่งตามความหนาได้เป็น 3 รูปแบบคือ หนา 25 มิลลิเมตร , 18 มิลลิเมตร และ หนา 12 มิลลิเมตร เพื่อให้ทราบถึงความสามารถในการลดการส่งผ่านความร้อนให้กับผนังอาคาร การทดสอบจึงนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับผนังวัสดุก่ออาคารทั่วไป ได้แก่ ผนังอิฐบุลือก ผนังอิฐมอญ และผนังคอนกรีตมวลเบา โดยการสร้างกล่องทดสอบวัดค่าอุณหภูมิต่างๆ พบว่า เมื่อนำวัสดุไม้ประกอบพลาสติกมาประยุกต์ใช้กับผนังก่อแล้วมีผลทำให้อุณหภูมิภายในกล่องทดสอบมีค่าต่ำกว่ากรณีที่ไม่ใช้วัสดุปิดผิวใด ๆ และมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนเพิ่มขึ้น โดยที่วัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด A ความหนา 25 มิลลิเมตร สามารถลดอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบได้มากที่สุด เมื่อใช้กับผนังก่อชนิดต่าง ๆ โดยผนังคอนกรีตมวลเบา มีอุณหภูมิภายในสูงสุดที่ 41.73 °C ลดลงเหลือ 36.52 °C ผนังอิฐบุลือกมีอุณหภูมิภายในสูงสุดที่ 43.94 °C ลดลงเหลือ 36.87 °C ผนังอิฐมอญมีอุณหภูมิภายในสูงสุดที่ 43.09 °C ลดลงเหลือ 36.29 °C ส่วนอัตราการหน่วงเหนี่ยวความร้อนพบว่า ผนังคอนกรีตมวลเบา มีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากเดิม 2 ชั่วโมง เพิ่มขึ้นเป็น 4.30 ชั่วโมง ผนังอิฐบุลือกมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากเดิม 2 ชั่วโมง เพิ่มขึ้นเป็น 4 ชั่วโมงเช่นกัน ผนังอิฐมอญมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากเดิม 1 ชั่วโมง เพิ่มขึ้นเป็น 3.30 ชั่วโมง ช่วงเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่นานขึ้นจะส่งผลดีต่อผู้ใช้อาคารในเวลากลางวันเท่านั้น ในช่วงเวลากลางคืนผนังคายความร้อนที่สะสมไว้ออกมาจะส่งผลให้อุณหภูมิมีค่าสูงกว่า เมื่อคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน(U-VALUE) ของวัสดุไม้ประกอบพลาสติกกับผนังวัสดุก่อต่างๆ พบว่า ผนังคอนกรีตมวลเบา มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 0.837 W/m<sup>2</sup>.K ผนังอิฐมอญมีเท่ากับ 1.087 W/m<sup>2</sup>.K และผนังอิฐบุลือกมีค่าเท่ากับ 1.088 W/m<sup>2</sup>.K ตามลำดับ ซึ่งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปได้ว่าการใช้วัสดุไม้ประกอบพลาสติกทำให้ความร้อนจากภายนอกอาคารเข้าสู่อาคารได้น้อยลง และอุณหภูมิภายในห้องทดสอบมีค่าต่ำกว่าการไม่ใช้วัสดุปิดผิวใด ๆ เลย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Comparative study of heat transfer through building walls Case study: Wood Wall Covering Material Synthesis
Student	Miss. .Amonwan Saennual
Student ID	55620610
Degree	Master of Architecture
Program	Tropical Architecture
Year	2017
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Sutta Sripfadej

### ABSTRACT

The purpose of this research was to thermal resistance efficiency testing through building walls of the exterior wood plastic composite (WPC).

WPC is made from wood and plastic, it designed to reduce the use of wood and this is more durable. These falls into three forms: type A with a thickness of 25 mm, type B with a thickness of 18 mm and type C with a thickness of 12 mm to determine the ability to reduce heat transfer to walls.

WPC was installed as wall finishing on three wall materials which are concrete block, red brick and autoclaved aerated concrete. The experiment was executed by creating the test chamber measuring the temperature.

The result showed that the time lad has increase when to use WPC with wall materials, temperature inside the test box is lower than not using the composite. The wood plastic composite type A 25 with a thickness of 25 mm had the highest heat-gain reduction inside the test box when used with different types of walls. The autoclaved aerated concrete had internal temperatures of up to 41.73 °C and down to 36.52 °C, the concrete block had internal temperatures of up to 43.94 °C and down to 36.87 °C, the red brick had internal temperatures of up to 43.09 °C and down to 36.29 °C. The time lag of autoclaved aerated concrete increased from 2 hours to 5 hours, from 2 hours to 5 hours with concrete block and from 1 hour to 3 hours with red brick. The increase of time lag is benefit users of the building during the day time, but during the night time the temperature inside the test box had increased due to heat transfer through building walls. When calculating the coefficient of heat transfer of materials; (U-value) the autoclaved aerated

concrete had the lowest is  $0.837 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , the red brick had  $1.087 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  and the concrete block had  $1.088 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

In conclusion, the study results demonstrated that the wood plastic composite can reduce heat-gain and made the lower temperatures inside the test chamber compared to not using the composite material.



# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจาก บริษัท จีอาร์เอ็ม (ประเทศไทย) จำกัด ผู้สนับสนุนเงินทุนในการติดตั้งและผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในการนำมาศึกษาทดสอบ

ขอขอบพระคุณรศ.ศุทธา ศรีเผด็จ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่มีความตั้งใจให้ความรู้ ประสบการณ์ ความเมตตากรุณา และโอกาสที่สำคัญแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณอาจารย์ รศ.ชรินทร์ ทิพโยภาส อาจารย์ผู้ให้ความช่วยเหลือ แนะนำข้อมูล และความรู้ประโยชน์แก่ข้าพเจ้า และขอขอบพระคุณคณาจารย์ สาขาสถาปัตยกรรมเขตร้อนทุก ท่าน ที่ทุ่มเทถ่ายทอดความรู้และความเข้าใจอันเป็นประโยชน์แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ คุณ พัฒนา รัตนนาททอง นักศึกษาปริญญาเอก Candidate in Architecture at Cardiff University, United Kingdom ที่ให้ความช่วยเหลือในข้อมูลต่างๆ และความตั้งใจในการให้ความรู้อันเป็นประโยชน์แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณเพื่อนเขตร้อนรุ่น 55 ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือที่ดีตลอดมา ให้กำลังใจ และเกื้อหนุนทั้งความรู้และประสบการณ์ที่ดี

ขอขอบคุณ บิดา มารดา พี่ชาย พี่สาว ทุกคนในครอบครัวอันเป็นที่รักที่คอยให้ทั้งกำลังใจ ทุนการศึกษาและความเข้าใจอันเป็นกำลังสำคัญในการดำเนินงานตลอดมา

สำหรับคุณประโยชน์และคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบ ให้บิดามารดา พี่ชาย พี่สาว ผู้เป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูบาอาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาท วิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้ามาจนตลอดจนถึงทุกวันนี้

อมลวรรณ แสนนวล

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	X
สารบัญรูป.....	XI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.5 สมมติฐาน.....	3
1.6 คำจำกัดความและศัพท์เฉพาะ.....	3
1.7 ขั้นตอนการการวิจัย.....	3
1.7.1 ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....	3
1.7.2 ขั้นตอนการทดลองและเก็บข้อมูล.....	4
1.7.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	6
1.7.4 สรุปผลการทดลอง.....	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุ (Thermal Behavior of Material).....	8
2.2 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer).....	8
2.2.1 การนำความร้อน (Conduction Heat Transfer).....	9
2.2.2 การพาความร้อน (Convection Heat Transfer).....	11
2.2.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation Heat Transfer).....	12
2.3 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer Coefficient, U-value).....	15
2.4 อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ย (Mean Radiant Temperature: MRT).....	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.5 อุณหภูมิพื้นผิววัสดุ (Surface Temperature).....	18
2.6 การเก็บกักความร้อน (Heat Storage).....	21
2.7 การหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Time lag).....	25
2.8 Decrement Factor.....	26
2.9 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	30
2.9.1 พฤติกรรมถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารที่มีมวลสารมาก.....	30
2.9.2 ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวภายนอกของผนังอาคาร.....	33
2.9.3 ผลของสีผนังและมวลสารภายในต่อการถ่ายเทความร้อน เข้าสู่อาคาร.....	36
2.9.4 การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง วัสดุของอาคารพักอาศัยอยู่ในเขตร้อนชื้น.....	37
2.10 วัสดุไม่ประกอบพลาสติก.....	40
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย.....	42
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	42
3.1.1 เครื่องมือเพื่อใช้ทดลองประสิทธิภาพการนำความร้อน.....	42
3.1.2 วิธีการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิล.....	43
3.2 กล้องทดลอง.....	44
3.3 ผนังทดสอบ.....	47
3.3.1 ผนังก่ออิฐมอญ.....	47
3.3.2 ผนังก่ออิฐบล็อก.....	48
3.3.3 ผนังก่ออิฐมวลเบา.....	49
3.3.4 วัสดุไม่ประกอบพลาสติก.....	50
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	51
3.4.1 ขั้นตอนการทดสอบความนำเชื้อถือของกล้องทดลอง.....	51
3.4.2 การทดสอบการถ่ายเทความร้อนและการหน่วงเหนี่ยว ความร้อนของวัสดุก่อทั้ง 3 ชนิด.....	51

## สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.4.3 การทดสอบการถ่ายเทความร้อนและการหน่วงเหนี่ยวความร้อน โดยใช้วัสดุไม้ประกอบพลาสติก.....	53
3.5 หลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์ผลการทดสอบ.....	56
3.6 ผังแสดงขั้นตอนการทดลองงานวิจัย.....	59
บทที่ 4 ผลการศึกษาของงานวิจัย.....	60
4.1 การทดสอบความน่าเชื่อถือของกล่องทดสอบ.....	60
4.2 การทดสอบผนังอิฐ 3 ชนิด อิฐบล็อก อิฐมอญ และอิฐมวลเบา.....	61
4.2.1 ผนังอิฐมวลเบา.....	62
4.2.2 ผนังอิฐบล็อก.....	63
4.2.3 ผนังอิฐมอญ.....	64
4.2.4 การเปรียบเทียบของอุณหภูมิผิวภายนอกกล่องทดสอบของ ผนังก่อทั้ง 3 ชนิด.....	65
4.2.5 การเปรียบเทียบของอุณหภูมิผิวภายในกล่องทดสอบของ ผนังก่อทั้ง 3 ชนิด.....	66
4.2.6 การเปรียบเทียบของอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบของ ผนังก่อทั้ง 3 ชนิด.....	67
4.3 การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อน ของวัสดุไม้ประกอบพลาสติก.....	71
4.3.1 ผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกมาใช้กับผนังอิฐมอญ.....	71
4.3.2 ผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกมาใช้กับผนังอิฐบล็อก.....	82
4.3.3 ผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกมาใช้กับผนังอิฐมวลเบา.....	92
4.4 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value).....	102
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	105
บรรณานุกรม.....	110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ก ผลการทดสอบค่าการนำความร้อน ( Thermal conductivity; k ) จาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.).....	112
ภาคผนวก ข วิธีการติดตั้งผลิตภัณฑ์วัสดุไม้ประกอบพลาสติก ใบบอร์ด กรณีไม้ใช้โครงคร่าว.....	114
ประวัติผู้เขียน.....	115



# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงวัสดุไม้ประกอบพลาสติกทั้ง 3 ชนิด.....	5
2.1 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า.....	17
2.2 แสดงค่าร้อยละคุณสมบัติการสะท้อนและดูดซับรังสีความร้อน.....	20
2.3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและระยะหน่วงความร้อน สำหรับผนังที่มีเนื้อวัสดุเดียวกันทั้งแผ่น.....	28
2.4 เปรียบเทียบคุณลักษณะและสมบัติของวัสดุไม้ประกอบพลาสติกและไม่ธรรมชาติ.....	41
3.1 คุณสมบัติเฉพาะของอิฐมอญ.....	47
3.2 คุณสมบัติเฉพาะของอิฐบล็อก.....	48
3.3 คุณสมบัติเฉพาะของอิฐมวลเบา.....	50
3.4 แสดงรายละเอียดของกล่องทดสอบ.....	52
3.5 แสดงรายละเอียดการใช้วัสดุก่อและวัสดุไม้ประกอบพลาสติก.....	54
4.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ของการนำวัสดุไม้ประกอบ พลาสติกทั้ง 3 ชนิดมาใช้กับผนังก่อ.....	104
5.1 เปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างการทดสอบไม่มีวัสดุปิดผิวและการทดสอบที่มีวัสดุปิดผิว...105	
5.2 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่างการทดสอบที่ไม่มีวัสดุปิดผิว และการทดสอบที่มีวัสดุปิดผิว.....	106
5.3 เปรียบเทียบค่าความแตกต่างของอุณหภูมิของผนังวัสดุก่อและ วัสดุไม้ประกอบพลาสติก.....	107
5.4 เปรียบเทียบค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนระหว่างการทดสอบที่ไม่มีวัสดุปิดผิวและการ ทดสอบที่มีวัสดุปิดผิว.....	107

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 แสดงลักษณะตัวอย่างของกล่องทดสอบ.....	4
1.2 แสดงขั้นตอนการทดลองวิจัยในแต่ละขั้นตอน.....	7
2.1 แสดงรูปแบบการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร.....	8
2.2 การนำความร้อนของสสาร.....	10
2.3 การถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนจากวัสดุ A ไปยังวัสดุ B.....	11
2.4 การแผ่รังสีพลังงานความร้อนระหว่างโมเลกุลที่ผิววัตถุสองชนิด.....	12
2.5 การดูดกลืน การสะท้อน และการส่งผ่านความร้อนที่กระทบวัสดุที่โปร่งแสง.....	13
2.6 การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร.....	15
2.7 การถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง(ทึบ).....	18
2.8 แสดงวัฏจักรของการถ่ายเทความร้อนของวัสดุในแต่ละช่วงวัน.....	21
2.9 แสดงลักษณะการกักเก็บความร้อนร้อนในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน รูป a. มวลสารกักเก็บความร้อนระหว่างวันและไม่มีการระบายอากาศ รูป b. การระบายอากาศจากลมเย็นช่วงเวลากลางคืนช่วยลดความร้อน รูป c. กราฟแสดงอุณหภูมิภายในและภายนอกของผนังที่มีการสะสมความร้อน.....	24
2.10 แสดงอิทธิพลของมวลสารที่ทำให้เกิดการหน่วงความร้อน (Time lag).....	25
2.11 การหน่วงเหนี่ยวความร้อนและอัตราส่วนระหว่างช่วงอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิภายใน และอุณหภูมิภายนอก.....	26
2.12 การเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างช่วงอุณหภูมิระหว่างวัสดุที่มีมวลสารน้อยและวัสดุ ที่มีมวลสารมาก.....	26
2.13 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนระหว่างวันของไม้.....	27
2.14 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนระหว่างวันของอิฐหนา 9 นิ้ว.....	27
2.15 เปรียบเทียบวิธีการในการลดการถ่ายเทความร้อนเข้ามาภายใน (Moore, 1993).....	29
3.1 อุปกรณ์เก็บข้อมูล Data logger และสายเทอร์โมคัปเปิล ชนิดเค.....	42
3.2 แสดงลักษณะการติดสายเทอร์โมคัปเปิล (Sensor) ที่ภายในกล่องทดสอบ.....	43
3.3 แสดงลักษณะการติดสายเทอร์โมคัปเปิล (Sensor) ที่ผิวภายในกล่องทดสอบ.....	43
3.4 แสดงลักษณะการติดสายเทอร์โมคัปเปิล (Sensor) ที่ผิวนอกกล่องทดสอบ.....	43

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.5 แสดงลักษณะจำลองของกล่องทดสอบ.....	44
3.6 แสดงการจัดวางโฟมให้ตรงตำแหน่งที่จะทากาว.....	45
3.7 ทากาวสำหรับโฟมแล้วติดให้ตรงตามตำแหน่งที่วางไว้.....	45
3.8 แสดงการเตรียมการฉาบปูน.....	45
3.9 แสดงขั้นตอนการผสมปูน.....	46
3.10 แสดงขั้นตอนการฉาบปูน.....	46
3.11 ทาสีขาว และ ตั้งกล่องทดสอบทิ้งไว้ 1 อาทิตย์.....	46
3.12 ผนังก่ออิฐมวลเบา.....	47
3.13 ภาพการประกอบกรคำนวณค่าการต้านทานความร้อน.....	48
3.14 ผนังก่ออิฐบล็อก.....	48
3.15 ภาพการประกอบกรคำนวณค่าการต้านทานความร้อน.....	49
3.16 ผนังก่ออิฐมวลเบา.....	49
3.17 ภาพการประกอบกรคำนวณค่าการต้านทานความร้อน.....	50
3.18 แสดงตำแหน่งจุดวางหัววัดอุณหภูมิในกล่องทดสอบ.....	51
3.19 แสดงตำแหน่งจุดวางหัววัดอุณหภูมิในกล่องทดสอบผนังก่อ.....	52
3.20 แสดงการทดสอบผนังก่อ โดยวางกล่องทดสอบบนอาคารกลางน้ำ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และหันหน้ากล่องไปทางทิศใต้.....	53
3.21 แสดงจุดวางหัววัดอุณหภูมิในกล่องทดสอบผนังก่อกับผนังไม่ประกอบพลาสติก.....	54
3.22 แสดงการติดตั้งหัววัดเทอร์โมคัปเปิล (Sensor) บนวัสดุไม่ประกอบพลาสติก.....	55
3.23 แสดงการทดสอบการนำวัสดุไม่ประกอบพลาสติกมาใช้กับผนังก่อ โดยวางกล่อง ทดสอบบนอาคารกลางน้ำ ชั้นดาดฟ้า คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และหันหน้ากล่องไปทางทิศใต้.....	56
3.24 แสดงลักษณะรูปตัดของกล่องทดลองและตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ.....	56
3.25 แสดงลักษณะพื้นที่หน้าตัดที่กล่องทดลอง.....	57
3.26 แสดงแผนภาพขั้นตอนการทดลองต่างๆ ในการดำเนินงานวิจัย.....	59

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1 การทดสอบความน่าเชื่อถือของการทดลอง โดยบันทึกอุณหภูมิภายในทั้ง 3 กล่อง และอุณหภูมิอากาศ ณ วันที่ 2-4 กุมภาพันธ์ 2558.....	60
4.2 แสดงภาพลักษณะการวางกล่องทดสอบ.....	61
4.3 แสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ของกล่องทดสอบผนังก่ออิฐมวลเบา.....	62
4.4 แสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ของกล่องทดสอบผนังฉนวนอิฐบล็อก.....	63
4.5 แสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ของกล่องทดสอบผนังฉนวนอิฐมอญ.....	64
4.6 แสดงการเปรียบเทียบของอุณหภูมิผิวผนังภายนอกของผนังก่อทั้ง 3 ชนิด.....	65
4.7 แสดงการเปรียบเทียบของอุณหภูมิผิวผนังภายในของผนังก่อทั้ง 3 ชนิด.....	66
4.8 แสดงการเปรียบเทียบของอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบของผนังก่อทั้ง 3 ชนิด.....	67
4.9 แสดงการเปรียบเทียบ Temperature Swing ของอากาศภายในกล่องทดสอบทั้ง 3 ชนิด.....	68
4.10 แสดงการเปรียบเทียบค่า Decrement Factor ของผนังก่อทั้ง 3 ชนิด.....	69
4.11 แสดงการเปรียบเทียบค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของผนังก่อทั้ง 3 ชนิด.....	70
4.12 แสดงลักษณะการทดลองการนำวัสดุไม้ประกอบพลาสติกทั้ง 3 ชนิด มาใช้กับอิฐมอญ,อิฐบล็อก และอิฐมวลเบาตามลำดับ.....	71
4.13 แสดงผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด A หนา 25 มิลลิเมตร เมื่อใช้กับอิฐมอญ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง (13 เมษายน ถึง 15 เมษายน 2558).....	73
4.14 แสดงผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด B หนา 18 มิลลิเมตร เมื่อใช้กับอิฐมอญ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง (13 เมษายน ถึง 15 เมษายน 2558).....	75
4.15 แสดงผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด C หนา 12 มิลลิเมตร เมื่อใช้กับอิฐมอญ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง (13 เมษายน ถึง 15 เมษายน 2558).....	77
4.16 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังภายนอกของการนำวัสดุไม้ประกอบพลาสติก มาใช้กับผนังอิฐมอญ.....	78
4.17 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังภายในของการทดสอบการนำ วัสดุไม้ประกอบพลาสติกมาใช้กับอิฐมอญ.....	78
4.18 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบการนำ วัสดุไม้ประกอบพลาสติกมาใช้กับอิฐมอญ .....	78

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.19 แสดงการเปรียบเทียบค่า Temperature Swing และ Time lag และค่า Decrement Factor ของการนำวัสดุไม้ประกอบพลาสติกมาใช้กับอิฐมอญ.....	78
4.20 แสดงผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด A หนา 25 มิลลิเมตร เมื่อใช้กับอิฐบล็อกเป็นเวลา 48 ชั่วโมง (16 เมษายน ถึง 18 เมษายน 2558).....	83
4.21 แสดงผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด B หนา 18 มิลลิเมตร เมื่อใช้กับอิฐบล็อกเป็นเวลา 48 ชั่วโมง (16 เมษายน ถึง 18 เมษายน 2558).....	85
4.22 แสดงผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด C หนา 12 มิลลิเมตร เมื่อใช้กับอิฐบล็อกเป็นเวลา 48 ชั่วโมง (16 เมษายน ถึง 18 เมษายน 2558).....	87
4.23 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติผิวภายนอกของการนำวัสดุไม้ประกอบพลาสติก มาใช้กับอิฐบล็อก.....	88
4.24 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติผิวภายในของการนำวัสดุไม้ประกอบพลาสติก มาใช้กับอิฐบล็อก.....	88
4.25 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติอากาศภายในของการนำวัสดุไม้ประกอบพลาสติก มาใช้กับอิฐบล็อก.....	88
4.26 แสดงการเปรียบเทียบค่า Temperature Swing และ Time lag และค่า Decrement และค่า Decrement Factor ของการนำวัสดุไม้ประกอบพลาสติกมาใช้กับอิฐบล็อก.....	88
4.27 แสดงผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด A หนา 25 มิลลิเมตร เมื่อใช้กับอิฐมวลเบาเป็นเวลา 48 ชั่วโมง (19 เมษายน ถึง 21 เมษายน 2558).....	93
4.28 แสดงผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติก ชนิด B หนา 18 มิลลิเมตร เมื่อใช้กับอิฐมวลเบาเป็นเวลา 48 ชั่วโมง (19 เมษายน ถึง 21 เมษายน 2558).....	95
4.29 แสดงผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด C หนา 12 มิลลิเมตร เมื่อใช้กับอิฐมวลเบาเป็นเวลา 48 ชั่วโมง (19 เมษายน ถึง 21 เมษายน 2558).....	97
4.30 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติผิวผนังภายนอกของการนำวัสดุไม้ประกอบพลาสติก มาใช้กับอิฐมวลเบา.....	98
4.31 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติผิวผนังภายในของการนำวัสดุไม้ประกอบพลาสติก มาใช้กับอิฐมวลเบา.....	98

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.32 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติอากาศภายในของการนำวัสดุไม้ประกอบพลาสติกมาใช้กับอิฐมวลเบา.....	98
4.33 แสดงการเปรียบเทียบค่า Temperature Swing และ Time lag และค่า Decrement Factor ของการนำวัสดุไม้ประกอบพลาสติกมาใช้กับอิฐมวลเบา.....	98
4.34 ภาพแสดงชั้นของวัสดุในการทดสอบเพื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value).....	102
5.1 ภาพตัวอย่างการนำวัสดุไม้เทียมไปใช้กับอาคารพักอาศัยในประเทศไทย.....	109
5.2 ภาพตัวอย่างการนำวัสดุไม้เทียมไปใช้กับอาคารพักอาศัยในประเทศเวียดนาม.....	109



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันวัสดุก่อสร้างในประเทศไทยมีมากมายหลายชนิด หลายรูปแบบในท้องตลาด สามารถได้เลือกซื้อเลือกใช้กันอย่างมากมาย แล้วแต่ความต้องการของแต่ละบุคคล ซึ่งเป็นไปตามวิวัฒนาการของเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง บรรดาผู้ผลิตวัสดุก่อสร้างจึงได้พัฒนาสินค้าของตนเองให้มีความโดดเด่น และเป็นที่ต้องการของตลาดให้มากที่สุด

หลายปีก่อน วัสดุสังเคราะห์เลียนแบบไม้ได้ถือกำเนิดขึ้นในประเทศไทย และได้รับความนิยมเป็นอย่างมากจากอดีตจนถึงปัจจุบัน ด้วยวิธีการติดตั้งที่ง่ายและรวดเร็ว จึงนิยมนำมาเป็นวัสดุทำผนังกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งเห็นได้ชัดว่า เหตุผลในการผลิตวัสดุสังเคราะห์เลียนแบบไม้นั้น เป็นเพราะว่าป่าไม้ได้ลดจำนวนลงอย่างมาก และข้อจำกัดของไม้จากการใช้งานที่ไม่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ และต้องการที่จะลดการใช้ไม้จริง ซึ่งปัจจุบันผู้ผลิตจำนวนมากพากันคิดค้นวัสดุสังเคราะห์เลียนแบบไม้ขึ้นมาจำนวนมากมาย ซึ่งมีความแข็งแรง คงทน แต่มีลักษณะที่สวยงามใกล้เคียงเท่าไม้จริงในประเทศไทยยังมีมากนัก ประกอบกับป่าไม้ได้ลดจำนวนลงอย่างมากและข้อจำกัดของไม้จากการใช้งานที่ไม่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ อาจเกิดการบวมตัว ฟู และปลวก เป็นผลทำให้ผู้ผลิตคิดค้นวัสดุสังเคราะห์ทดแทนไม้ขึ้น ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับไม้จริง มีความสวยงามอย่างเป็นธรรมชาติมากที่สุด และมีความคงทนสูงต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศในประเทศไทยได้ดี เพื่อเป็นแนวทางเลือกในการใช้ทรัพยากรทดแทนไม้ และสามารถปรับเปลี่ยนประโยชน์ใช้สอยได้ง่าย โดยวัสดุสังเคราะห์ชนิดนี้เหมาะกับงานก่อสร้างที่ต้องการความสวยงามเป็นพิเศษของผิวที่เหมือนจริง เช่น คอนโดพักอาศัย ห้างสรรพสินค้า สำนักงาน เป็นต้น นอกจากความสวยงามแล้ววัสดุทดแทนไม้มีคุณสมบัติในการช่วยลดความร้อนให้กับผนังอาคาร เนื่องจากวัสดุไม้ประกอบพลาสติกเป็นการนำเอาวัสดุ 2 ชนิดมารวมกันไว้ คือ ไม้และพลาสติก ทำให้มีคุณสมบัติเป็นฉนวนที่ดีขึ้น สามารถช่วยลดปริมาณความร้อนที่จะเข้าสู่อาคารได้ จึงนำไปสู่การทดลองในงานวิจัยนี้ ทั้งนี้รูปแบบและลักษณะของวัสดุไม้ประกอบพลาสติกก็มีส่วนในการลดความร้อนได้มากน้อยเช่นกัน ถ้าวัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่มีช่องว่างอากาศภายในวัสดุมากจะทำให้อากาศสามารถผ่านเข้าออกได้ง่าย เป็นผลให้ช่วยลดอุณหภูมิได้มากกว่าวัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่ไม่มีช่องว่างอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นลักษณะของการติดตั้งวัสดุไม่ประกอบพลาสติกในงานวิจัยนี้จะเป็นลักษณะไม่มีโครง  
โครงว่าเป็นการติดตั้งที่ง่ายและรวดเร็ว จึงนำไปสู่การทดลองในงานวิจัยนี้ ผลจากการทดสอบ  
สามารถนำไปพัฒนารูปแบบของไม้ประกอบพลาสติก และการนำไปใช้ได้เหมาะสมใน  
อนาคตต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาถึงการเป็นฉนวนของวัสดุทดแทนไม้มาใช้กับผนังก่อเพื่อลดความร้อนให้กับผนัง  
อาคาร

## 1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 เป็นการศึกษาเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยการสร้างกล่องทดลองขึ้น  
ที่มีคุณสมบัติเท่าเทียมกัน และใช้เครื่องมือทดสอบประเภทเดียวกัน

1.3.2 การติดตั้งวัสดุไม่ประกอบพลาสติกจะติดตั้งด้านนอกของผนังก่อแบบไม่ใช่โครง  
โครงเท่านั้น

1.3.3 ศึกษาเรื่องการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังของวัสดุ โดยกำหนดการทดสอบด้านทิศใต้  
เท่านั้น

1.3.4 งานวิจัยนี้ศึกษาตัวแปรผิวผนังทดสอบ ประกอบด้วย อุณหภูมิอากาศภายนอก  
ภายใน และอุณหภูมิผิวทั้งสองด้านของผนังทดสอบ

1.3.5 ตัวแปรที่ทำการควบคุมประกอบด้วย สถานที่ทดสอบเป็นสถานที่เดียวกัน วัน เวลา  
เดียวกัน ภายใต้สภาวะแวดล้อมความเร็วลม และความชื้นเดียวกัน โดยบันทึกผลการทดลองทุกๆ  
30 นาที เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อให้ได้ทราบผลของการถ่ายเทความร้อนของวัสดุไม่ประกอบพลาสติกแบบไม่ใช่  
โครงโครง

1.4.2 เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้วัสดุไม่ประกอบพลาสติกแบบไม่ใช่โครงโครงมาใช้  
ป้องกันความร้อน และทดแทนการนำไม้จริงมาใช้ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.5 สมมติฐาน

1.5.1 ผนังก่อก่อที่มีการปิดผิวด้วยวัสดุไม้ประกอบพลาสติกแบบไม่ใช้โครงเคร่าจะมีอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบต่ำกว่าผนังภายนอกที่ไม่มีการปิดผิว

1.5.2 ผนังก่อก่อที่มีการปิดผิวด้วยวัสดุไม้ประกอบพลาสติกแบบไม่ใช้โครงเคร่าจะเกิดการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Time lag) มากกว่าผนังภายนอกที่ไม่มีการปิดผิว

## 1.6 คำจำกัดความและศัพท์เฉพาะ

ผลิตภัณฑ์ไม้ประกอบพลาสติก (Wood Plastic Composite) ที่ย่อ WPC เป็นผลิตภัณฑ์ไบโอวูด จาก บริษัท จีอาร์เอ็ม ประเทศไทย (จำกัด) งานวิจัยนี้จะใช้คำว่า “ไม้ประกอบพลาสติก” ผลิตภัณฑ์ทดแทนไม้ชนิดนี้มีส่วนผสมระหว่างพลาสติก และผงไม้ เป็นผลิตภัณฑ์ที่รวมคุณสมบัติที่ดีของไม้และพลาสติกเข้าด้วยกัน เช่น ทนน้ำ ทนปลวกและแมลง ทนเชื้อรา ทนสภาพการกัดกร่อนทางธรรมชาติ ไม่ติดไฟ ไม่มีอันตรายจากฝุ่นผงใยหิน เหมาะสำหรับงานก่อสร้างและตกแต่งทั้งภายในและภายนอกอาคาร ผลิตภัณฑ์ไม้ประกอบพลาสติกให้ความรู้สึกธรรมชาติ เสมือนไม้จริง สามารถติดตั้งได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว

## 1.7 ขั้นตอนการวิจัย

ศักยภาพในการถ่ายเทความร้อนของวัสดุไม้ประกอบพลาสติกนั้น วัสดุที่ใช้ในการทดสอบมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันในเรื่องของมวลสาร, การมีช่องอากาศภายในวัสดุ, ลักษณะของพื้นผิวของวัสดุ ส่วนคุณสมบัติทางสี และองค์ประกอบของวัสดุเหมือนกันหมด หลังจากนั้นจึงนำวัสดุมาติดตั้งเพื่อทำการวัด และบันทึกผล ในการวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยในเชิงทดลอง (Experimental Research) ซึ่งมีการวิเคราะห์ข้อมูลบนพื้นฐานของทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 1.7.1 ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

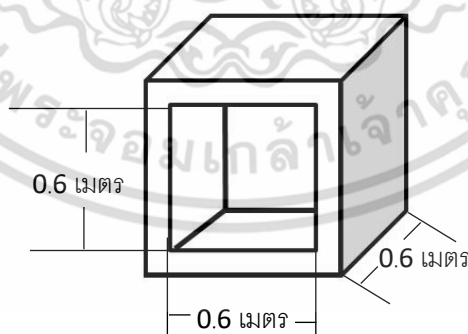
ทำการศึกษา ค้นคว้า รวบรวมข้อมูลและหลักการ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย หรืองานวิจัยที่ใกล้เคียง เช่นศึกษาถึงพฤติกรรมกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง ได้แก่ อุณหภูมิ และรูปแบบกลไกการถ่ายเทความร้อนรวมถึงปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน เช่น ภูมิอากาศ ค่าเอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่เชิงพาณิชย์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ลักษณะทางกายภาพของวัสดุ มวลสาร ขนาดช่องอากาศภายในตัววัสดุ รวมไปถึงการติดตั้งและการดูแลรักษา

### 1.7.2 ขั้นตอนการทดลองและเก็บข้อมูล

1.7.2.1 การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือและกล่องทดลองที่เตรียมไว้ ในการทดลองนี้ใช้เครื่องมือบันทึกค่าข้อมูลอุณหภูมิ โดยใช้หัววัดเชื่อมต่อกับสายเทอร์โมคัปเปิล ชนิด เค (Thermocouple Type K) ในการเก็บข้อมูลอุณหภูมิในกล่องของกล่องทดลองทั้งหมด โดยต้องทำการทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือเพื่อที่จะได้ข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำ เป็นการศึกษาค้นคว้าควบคุมทางสภาวะแวดล้อมเดียวกัน

1.7.2.2 การเตรียมกล่องทดลองจำนวน 3 กล่อง จากการทบทวนงานวิจัยเรื่องการศึกษากฎการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุของอาคารพักอาศัยในเขตร้อนชื้น<sup>1</sup> พบว่างานวิจัยนี้มีการทำวิจัยในเรื่องของการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังของที่พักอาศัย ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกัน โดยใช้กล่องทดลองด้านความร้อน โดยมีคุณสมบัติ คือ การควบคุมตัวแปรให้คงที่ มีค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำ ค่าการกักเก็บความร้อนต่ำ มีการดูดซับความร้อนต่ำและถ่ายเทความร้อนต่ำ จึงทำการสร้างกล่องทดลองมีปริมาตรภายใน 0.6 เมตร x 0.6 เมตร x 0.6 เมตร ทำจากโฟมโพลีสไตรีน ที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ 0.032 W/(mK) เพื่อป้องกันความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายใน และสะดวกในการเคลื่อนย้าย มีความหนา 0.15 เมตร มีความหนาแน่น 1.5 ปอนด์/ตารางนิ้ว มีจำนวน 5 ด้าน และมีพื้นที่บริเวณช่องเปิดด้านหน้าสำหรับติดตั้งวัสดุทดสอบ






รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะตัวอย่างของกล่องทดลอง

<sup>1</sup> อุทัย สุจิตุลวงค์, การศึกษากฎการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุของอาคารพักอาศัยในเขตร้อนชื้น, วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร จุฬาลงกรณ์

1.7.2.3 การเตรียมวัสดุผนัง ทำการเลือกชนิดวัสดุก่อมา 3 ชนิด ที่ได้รับความนิยมในการสร้างอาคาร ได้แก่ อิฐมวลเบา, อิฐบล็อก และ อิฐมวลเบา

1.7.2.4 การเตรียมวัสดุไม้ประกอบพลาสติก ทำการเลือกชนิดของวัสดุไม้ประกอบพลาสติก 3 ชนิด ที่ได้รับความนิยมในประเทศไทยตามตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แสดงวัสดุไม้ประกอบพลาสติกทั้ง 3 ชนิด

ชนิด	รูปแบบ	ลักษณะ (กว้าง x ยาว x หนา) หน่วย มิลลิเมตร
ชนิด A หนา 25 มิลลิเมตร	 $R = 0.580 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$	180 x 6000 x 25
ชนิด B หนา 18 มิลลิเมตร	 $R = 0.418 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$	198 x 6000 x 12
ชนิด C หนา 12 มิลลิเมตร	 $R = 0.280 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$	200 x 6000 x 6

ที่มา : Biowood Composite Wood by GRM (Thailand.)

1.7.2.5 การเก็บข้อมูล ในการทดลองทำการเก็บข้อมูลโดยใช้กล่องทดสอบทั้งสาม เพื่อทดสอบด้านพฤติกรรมการกักเก็บความร้อนและการถ่ายเทความร้อนของวัสดุก่อแต่ละชนิดซึ่งได้แก่ผนังก่ออิฐมวลเบา, ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน, และผนังอิฐบล็อก ทำการทดสอบด้านการป้องกันความร้อนของผนังวัสดุด้วยการใช้วัสดุผิวผนังภายนอกภายในสังเคราะห์รูปแบบต่างๆที่นำมาศึกษา

หลังจากทำการติดตั้งเรียบร้อยแล้วจึงเริ่มทำการวัดและเก็บข้อมูลบันทึกอุณหภูมิผิวของวัสดุที่ทำกรทดสอบแต่ละครั้งโดยทำการบันทึกผลทุก ๆ 30 นาที เป็นเวลา 48 ชั่วโมง วางด้านที่ทดสอบวัสดุของกล่องทดสอบไปทางทิศใต้ เพื่อให้วัสดุโดนแดดยาวนานที่สุด โดยใช้เครื่องมือบันทึกค่าอุณหภูมิ (Scientific data logger ; OPUS 200) เป็นตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ่านค่าของอุณหภูมิ หลังจากทำการติดตั้งเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงทำการวัดและเก็บข้อมูลทั้งหมดในสภาพวัน เวลา และสถานที่เดียวกัน และทำการวัดอุณหภูมิในตำแหน่งดังต่อไปนี้

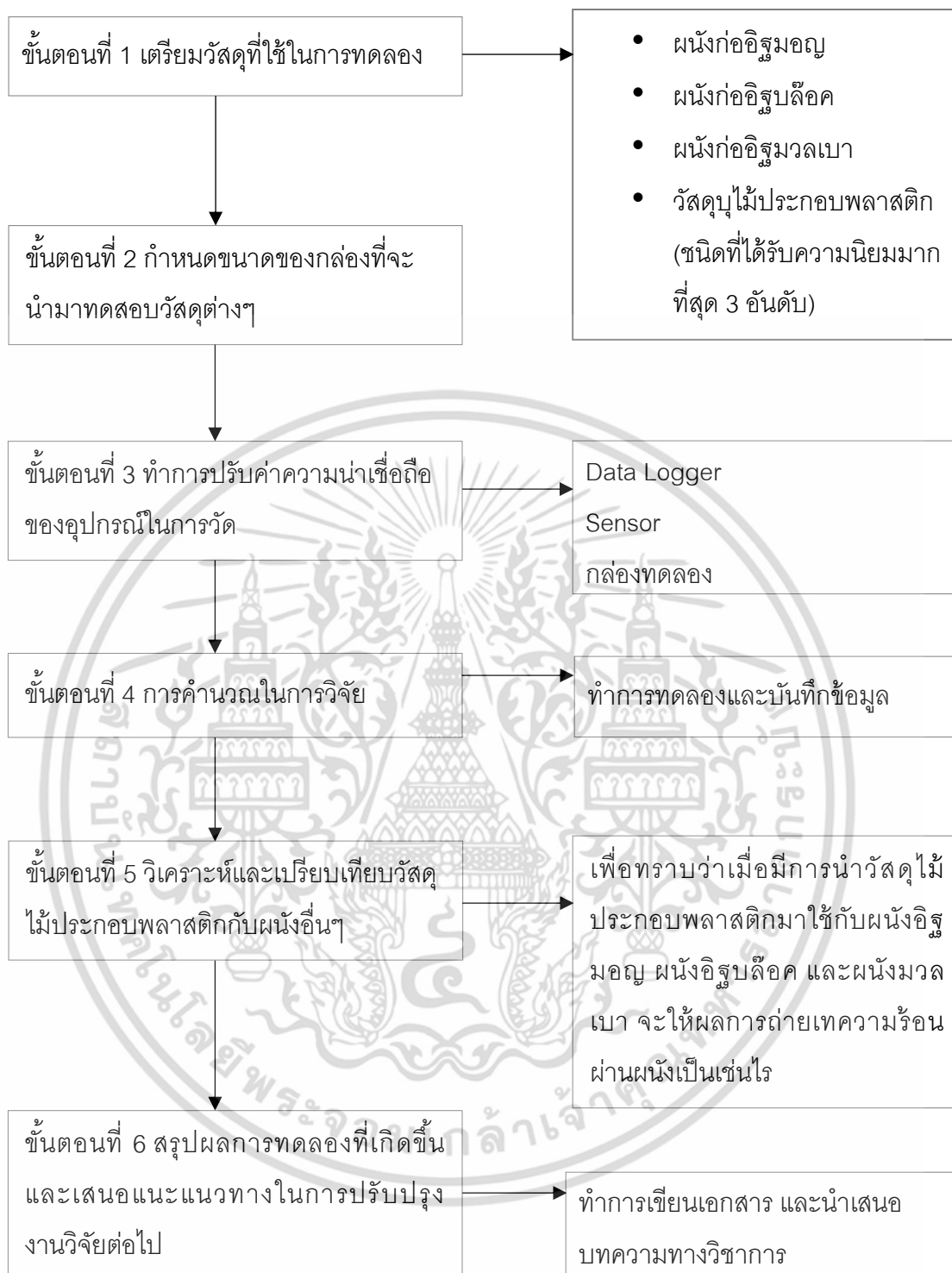
- 1) อุณหภูมิอากาศภายนอก
- 2) อุณหภูมิผนังภายนอก
- 3) อุณหภูมิผิวผนังภายใน
- 4) อุณหภูมิอากาศภายใน

### 1.7.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

เมื่อทำการทดลองเรียบร้อยแล้วนำผลที่ได้มาแสดงข้อมูลในรูปแบบกราฟเส้น เพื่อให้ทราบว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งขึ้นหรือไม่ วิเคราะห์ตามหลักทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนในอาคาร เพื่อสรุปเป็นแนวทางในการเลือกใช้วัสดุผนังนอกของอาคารตามความต้องการของผู้ใช้สอย ในการสามารถป้องกันความร้อนที่แตกต่างกันเพื่อการประหยัดพลังงาน

### 1.7.4 สรุปผลการทดลอง

โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างวัสดุผนังและวัสดุผนังที่มีการบุผิวผนังด้วยวัสดุบุผิวผนังภายนอกโดยไม่สังเคราะห์ในเรื่องของความร้อน และเสนอแนะแนวทางในการประยุกต์ใช้จริง



รูปที่ 1.2 แสดงขั้นตอนการทดลองวิจัยแต่ละขั้นตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

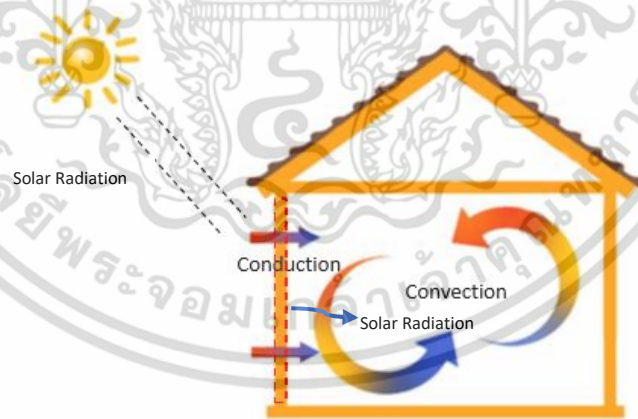
## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุ (Thermal Behavior of Materials)

อุณหภูมิอากาศภายในอาคารนั้นขึ้นอยู่กับอิทธิพลปัจจัยภายนอกหลายอย่าง เช่น รังสีดวงอาทิตย์, สภาพอากาศภายนอกอาคาร รวมถึงโครงสร้างและคุณสมบัติของวัสดุด้วยเช่นกัน อาคารที่ใช้งานโดยปราศจากเครื่องกลเพื่อช่วยลดอุณหภูมิอากาศภายในอาคารให้อยู่ในสภาวะน่าสบายนั้น ส่วนใหญ่จะมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้า (Heat Gain) และ ความร้อนสูญเสีย (Heat Losses) ของอาคารที่เกิดขึ้นที่กรอบอาคาร แบ่งออกได้เป็น 3 กรณี

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



รูปที่ 2.1 แสดงรูปแบบการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร

### 2.2 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)

ความร้อนและอุณหภูมิมีความหมายต่างกัน ความร้อนเป็นพลังงานของโมเลกุลที่เคลื่อนที่ของสสาร แต่อุณหภูมิเป็นหน่วยการวัดปริมาณการเคลื่อนที่ของแต่ละโมเลกุลโดยรวม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

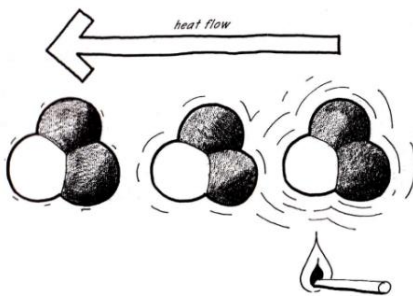
ของสสารนั้น ๆ ซึ่งอุณหภูมิเป็นการวัดระดับพลังงานความร้อนที่อยู่ในสสารนั่นเอง พลังงานความร้อนของสสารหรือวัสดุจึงเกิดจากแต่ละโมเลกุลภายในเคลื่อนไหวหรือสั่น (Vibration)

ค่าศูนย์ของศาสัมบูรณ์ (Absolute zero) เป็นค่าอุณหภูมิที่โมเลกุลของสสารทุกชนิดหยุดเคลื่อนไหว ได้แก่ อุณหภูมิ  $-459.69$  องศาฟาเรนไฮน์ หรือ  $-273.15$  องศาเซลเซียส ยิ่งโมเลกุลมีการเคลื่อนไหวเร็วจะทำให้สสารมีอุณหภูมิสูงขึ้น ค่าการวัดมี 2 แบบ แบบแรกได้แก่การวัดอุณหภูมิมิหน่วยเป็นองศาเซลเซียสและองศาฟาเรนไฮน์ที่นิยมกันอยู่ทั่วไป แบบที่สองได้แก่การวัดพลังงานความร้อนมีหน่วยเป็นบีทียู (British Thermal Unit :Btu) หรือแคลอรี (Calorie) บีทียูคือจำนวนปริมาณความร้อนของน้ำ 1 ปอนด์ที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ 1 องศาฟาเรนไฮน์

ความร้อนจากการถ่ายเทความร้อนจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมินี้คือ ความร้อนสัมผัสเคลื่อนที่จากสสารที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่อุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ และถ้าสสารใด ๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแล้วก็จะไม่มีการถ่ายเทความร้อน การถ่ายเทความร้อนมีอยู่ 3 ประเภทได้แก่ (1) การนำความร้อน (2) การพาความร้อน และ (3) การแผ่รังสีความร้อน

### 2.2.1 การนำความร้อน (Conduction Heat Transfer)

การนำความร้อนเกิดจากการเคลื่อนที่ของพลังงานระหว่างโมเลกุลที่อยู่ติดกัน การถ่ายเทความร้อนจะเกิดจากบริเวณที่ร้อนกว่าหรือมีการเคลื่อนไหวของ โมเลกุลมากกว่า ไปสู่บริเวณที่เย็นกว่าหรือมีการเคลื่อนไหวของโมเลกุลช้ากว่า การถ่ายเทความร้อนจะเกิดในทุกทิศทาง และจะไม่ขึ้นอยู่กับการโน้มถ่วงของโลก วัสดุจะมีการนำความร้อนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุล วัสดุที่มีความหนาแน่นมากจะนำความร้อนได้มาก วัสดุโลหะ เช่น อลูมิเนียม เหล็ก ทองแดง เป็นตัวนำความร้อนที่ดีที่สุด รองลงมาได้แก่คอนกรีตและอิฐ วัสดุในธรรมชาติเช่นไม้จะมีค่าการนำความร้อนน้อยกว่าตามลำดับ



รูปที่ 2.2 การนำความร้อนของสสาร

ที่มา: Moore, F. Environmental control system: Heating cooling lighting. Singapore: McGraw-Hill, 1993

อากาศหรือก๊าซชนิดต่าง ๆ จะนำความร้อนได้ต่ำที่สุด อากาศจึงเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี อย่างไรก็ตามไม่สามารถนำความร้อนผ่านไปยังสภาวะที่ไม่มีโมเลกุลเรียงตัวกัน เช่น สุญญากาศได้ ความสามารถในการนำความร้อนจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างได้แก่ คุณสมบัติของวัสดุ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิววัสดุ ความหนาวัสดุ พื้นที่สัมผัสโดยตรงกับความร้อน และช่วงเวลาที่สัมผัสนั้นเป็นต้น ค่าที่เกี่ยวข้องกับการนำความร้อนได้แก่

1) สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity;  $k$ ) หน่วย  $W/m.K$  หรือ  $Btu.in/(ft^2 .hr.F)$  คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านสสารในความหนา ช่วง เวลา พื้นที่ และค่าความแตกต่างอุณหภูมิหนึ่ง ๆ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนใช้ในการวัดค่าการนำความร้อนของวัสดุ เช่น คอนกรีตมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ  $12.0 Btu.in/(ft^2 .h.F)$  หมายความว่า คอนกรีตขนาด 1 ตารางฟุต หนา 1 นิ้ว มีความแตกต่างอุณหภูมิของสองด้านของคอนกรีตเท่ากับ  $1.0$  ปีที่อยู่แล้ว จะมีการนำความร้อน  $12.0$  บีทียู ผ่านในวัสดุใน 1 ชั่วโมง

2) ค่าการนำความร้อน (Conductance:  $C$ ) หน่วย  $W/m^2.K$  หรือ  $Btu/(ft^2 .h.F)$  คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านสสารในความหนาที่กำหนดในช่วงเวลา 1 หน่วย โดยมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ 1 หน่วย ค่าความนำความร้อนนั้นคล้ายกับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนแต่หน่วยของการวัดจะกำหนดตายตัว เช่น คอนกรีตหนา 3 นิ้วมีค่าความนำความร้อนเท่ากับ  $4.0 Btu/(ft^2 .h.F)$  (ซึ่งมาจากค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนหารด้วยความหนา 3 นิ้ว) หมายความว่าถ้าคอนกรีตหนา 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิ้ว พื้นที่ 1 ตารางฟุต มีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอก 1.0 บีทียู จะมี การนำความร้อน 4 Btu ผ่านวัสดุใน 1 ชั่วโมง

$$C = k / \text{ความหนาวัสดุ}$$

## 2.2.2 การพาความร้อน (Convection Heat Transfer)

การพาความร้อนคือการถ่ายเทความร้อนโดยการเคลื่อนที่ของของไหล เช่น อากาศ และน้ำผ่านตัวกลาง เมื่อสสารถูกทำให้ร้อนขึ้นโมเลกุลจะเคลื่อนไหวเร็วขึ้น และพุ่งกระจายออกไป ในทิศทางต่าง ๆ ก่อให้เกิดการขยายตัวของสสารนั้น ๆ โดยของแข็งจะมีการเพิ่มปริมาตรขึ้น ของเหลวและก๊าซจะมีความหนาแน่นลดลงและลอยตัวขึ้น



รูปที่ 2.3 การถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนจากวัสดุ A ไปยังวัสดุ B

ที่มา: Moore, F. Environmental control system: Heating cooling lighting. Singapore: McGraw-Hill, 1993

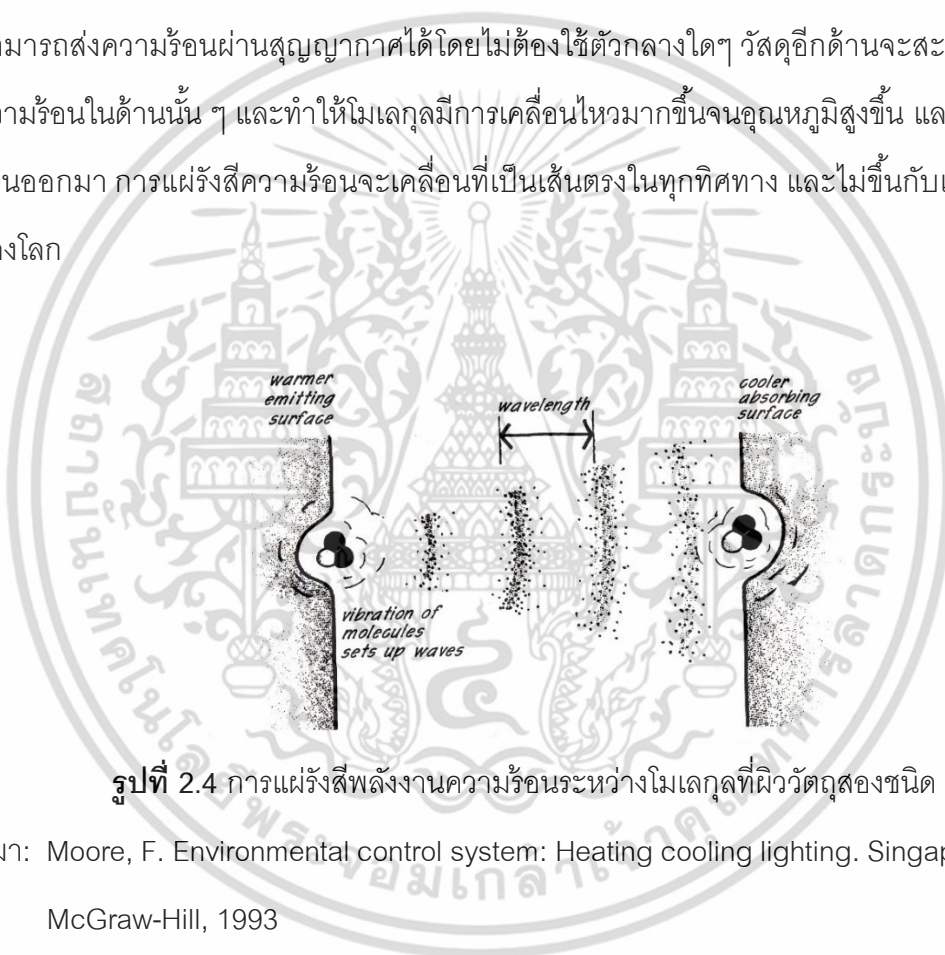
จากภาพการถ่ายเทความร้อนจากวัสดุ A ไป B เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของไหลรอบๆ วัสดุ A ได้รับความร้อนทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น และทำให้โมเลกุลของวัสดุ A พาความร้อนนั้นไปยังวัสดุ B ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า

ความแตกต่างของการนำความร้อนและการพาความร้อนคือความแตกต่าง ของการเคลื่อนที่ของโมเลกุล การนำความร้อนนั้นโมเลกุลจะไม่เปลี่ยนตำแหน่งแต่จะเคลื่อนย้ายพลังงาน

จากโมเลกุลหนึ่งไปยังโมเลกุลใกล้เคียง ส่วนการพาความร้อนพลังงานจะถูกถ่ายเทไปโดยการพาพลังงานไปพร้อมกับโมเลกุลของตัวกลาง

### 2.2.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation Heat Transfer)

การแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อโมเลกุลของสสารเกิดการเคลื่อนไหวจะคายพลังงานออกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจะเคลื่อนที่จากวัตถุที่ร้อนกว่าไปสู่วัตถุที่เย็นกว่าเช่นเดียวกับการนำความร้อน แต่การแผ่รังสีความร้อนสามารถส่งความร้อนผ่านสุญญากาศได้โดยไม่ต้องใช้ตัวกลางใดๆ วัสดุอีกด้านจะสะสมพลังงานความร้อนในด้านนั้น ๆ และทำให้โมเลกุลมีการเคลื่อนไหวมากขึ้นจนอุณหภูมิสูงขึ้น และคายความร้อนออกมา การแผ่รังสีความร้อนจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในทุกทิศทาง และไม่ขึ้นกับแรงโน้มถ่วงของโลก



รูปที่ 2.4 การแผ่รังสีพลังงานความร้อนระหว่างโมเลกุลที่ผิววัตถุสองชนิด

ที่มา: Moore, F. Environmental control system: Heating cooling lighting. Singapore :

McGraw-Hill, 1993

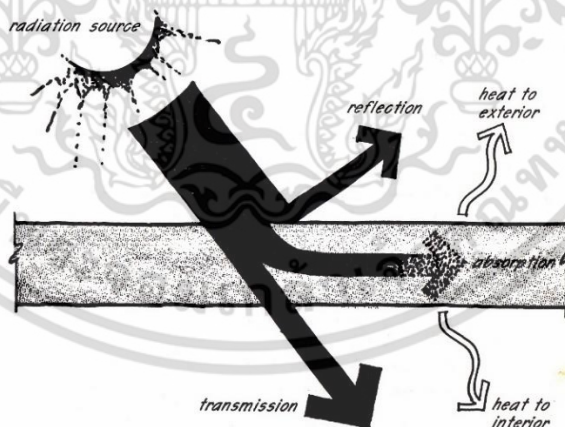
#### 2.2.3.1 คุณสมบัติของการแผ่รังสีความร้อน

อุณหภูมิโมเลกุลของพื้นผิววัสดุสามารถให้ความร้อนที่วัดได้เป็นค่าคุณสมบัติของคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า คือ ความยาวคลื่น (Wave length) หรือความถี่คลื่น (Frequency) ได้ โมเลกุลของพื้นผิวแต่ละชนิดจะมีการเคลื่อนไหวหรือการสั่นที่แตกต่างกัน และแผ่รังสีความร้อนออกมาในความเร็วที่คงที่ การเคลื่อนไหวดังกล่าวจะทำให้เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ของคลื่นการแผ่รังสี โมเลกุลที่เคลื่อนที่เร็วมากหรือร้อนสูงมาก ๆ จะคายคลื่นรังสีสั้น ๆ ออกมา เช่น คลื่นรังสีจากดวงอาทิตย์จะเป็นคลื่นสั้นที่มีความยาวคลื่นประมาณ 0.3 - 0.7 ไมครอน (micron) โดย 1 ไมครอน มีค่าเท่ากับ  $10^{-6}$  เมตร และโมเลกุลที่เคลื่อนที่ช้า ๆ จะคายรังสีคลื่นยาว ซึ่งมีความยาวคลื่น 9 - 20 ไมครอน

เมื่อพลังงานการแผ่รังสีความร้อนกระทบพื้นผิว พื้นผิวที่มีอุณหภูมิน้อยกว่าจะสามารถดูดซับ (Absorption:  $\alpha$ ) ความร้อน และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนซึ่งจะทำให้ผิววัสดุมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น พื้นผิวยังสามารถจะสะท้อนความร้อน (Reflection:  $\beta$ ) กลับไปได้หรือถ้าวัสดุมีคุณสมบัติที่ความร้อนสามารถผ่านไปได้อาจจะทะลุผ่าน (Transmission:  $\tau$ ) ชั้นวัสดุไป ค่าการดูดซับความร้อน การสะท้อนความร้อน และการทะลุผ่านของความร้อนดังกล่าวนี้ไม่มีหน่วย และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0-1.0 ค่าของคุณสมบัติทั้งสามส่วนรวมกันจะเท่ากับ 1 แต่ถ้าเป็นวัสดุที่แสดงค่าการส่งผ่านความร้อนจะเท่ากับศูนย์ ความร้อนที่ได้รับจะมีคุณสมบัติการสะท้อนและการดูดซับค่าการสะท้อนมาก การดูดซับก็จะน้อย เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของการแผ่รังสีความร้อนจากพื้นผิววัสดุเมื่อได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์



รูปที่ 2.5 การดูดกลืน การสะท้อน และการส่งผ่านความร้อนที่กระทบวัสดุโปร่งแสง

ที่มา: Moore, F. Environmental control system: Heating cooling lighting. Singapore: McGraw-Hill, 1993

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.3.2 การคายความร้อน หรือ การเปล่งรังสีความร้อน (Emissivity: $\epsilon$ )

ค่าการคายความร้อน หรือ การเปล่งรังสีความร้อนออก เป็นหน่วยการวัดความสามารถของผิววัสดุที่จะคายรังสี ความร้อนออกมาในอุณหภูมิที่กำหนด ค่าการคายความร้อนสามารถวัดได้เป็น 0.0 ในกรณีที่วัสดุไม่มีการคายความร้อน ไปจนถึง 1.0 ซึ่งเป็นการคายความร้อนที่สูงที่สุด เทียบได้กับวัสดุจำลองสีดำในอุดมคติ (Black body) ในอุณหภูมิต่าง ๆ กัน จะพบว่าค่า การคายความร้อนจะเท่ากับค่าการดูดซับความร้อน (Kirchhoff's law)

$$\epsilon = \alpha$$

วัสดุที่ผิวไม่มันหรือไม่เป็นโลหะจะมีความสามารถคายความร้อนได้น้อยกว่าวัสดุโลหะ วัสดุสีเข้มจะมีการดูดซับความร้อนที่ดีและมีอุณหภูมิสูงได้ อย่างรวดเร็วในขณะที่วัสดุสีอ่อนจะสะท้อนความร้อนได้ดีและมีอุณหภูมิต่ำกว่า วัสดุธรรมชาติจะดูดซับความร้อนไว้ได้ดีในขณะที่วัสดุที่มีผิวมันจะดูดซับความร้อนได้น้อยกว่า

### 2.2.3.3 การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์แผ่รังสีความร้อนและให้แสงสว่างแก่โลก รังสีความร้อนที่ผ่านเข้ามาถึงผิวโลกมีประมาณ 420 Btu/ft<sup>2</sup>/hr หรือเท่ากับ 1.94 Cal/cm<sup>2</sup>/min ทั้งนี้โลกได้รับรังสีความร้อนน้อยกว่าที่ควรจะเป็นมากเนื่องจากมีบรรยากาศของโลกกรองเอาไว้ ส่วนหนึ่งของรังสีถูกดูดซับไว้ในบรรยากาศ บางส่วนต้องกระจายออกเพราะกระทบกับโมเลกุลของบรรยากาศ และแผ่กลับให้โลกในสภาพของรังสีแผ่กระจาย (Diffuse radiation) ส่วนหนึ่งของรังสีพื้นดินจะรับและดูดซับความร้อนไว้และคายให้กับอากาศ บริเวณรอบ ๆ และสิ่งที่อยู่ใกล้เคียงมีอุณหภูมิสูงขึ้น ยิ่งพื้นผิวโลกมีความสูงจากระดับน้ำทะเลมากเท่าใดรังสีความร้อนที่ได้รับก็เพิ่มขึ้นตามความสูง เนื่องจากมีการกรองจากชั้นบรรยากาศน้อยลง

### 2.2.3.4 ลักษณะการแผ่รังสีความร้อน<sup>2</sup>

การแผ่รังสีความร้อนมีอยู่หลายลักษณะ ตามชนิดของต้นกำเนิด และลักษณะการถ่ายเท คือ

<sup>2</sup> สมลิตธิ นิตยะ การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้น (1000 เล่ม. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.)

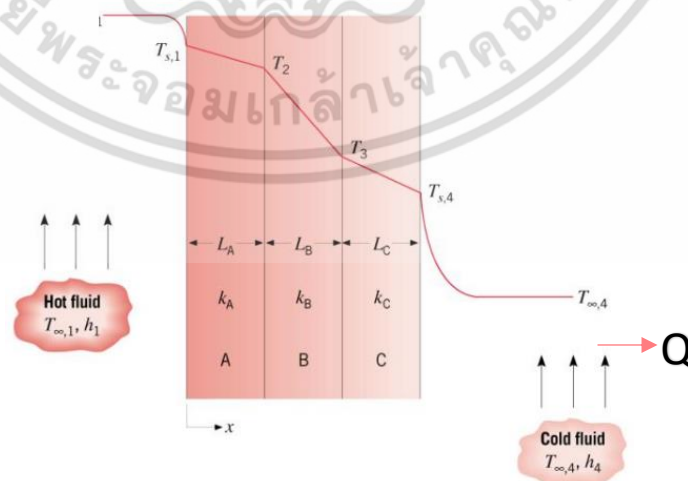
- 1) คลื่นรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct radiation)
- 2) คลื่นรังสีสั้นแผ่กระจาย (Diffuse radiation)
- 3) คลื่นรังสีสั้นสะท้อนจากพื้นดิน และสิ่งใกล้เคียง
- 4) คลื่นรังสียาวจากพื้นดิน หรือสิ่งใกล้เคียงที่มีอุณหภูมิสูง
- 5) คลื่นรังสียาวที่อาคารแผ่กลับให้บรรยากาศ

คลื่นรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์กับคลื่นรังสีแผ่กระจายรวมกันเรียกว่า คลื่นรังสีรวม หรือการแผ่รังสีรวม (Total radiation)

การแผ่รังสีสะท้อนจากสิ่งที่อยู่ใกล้เคียง ปกติพื้นที่แนวนอนจะได้รับรังสีเป็น 2 เท่าของทางแนวตั้ง

คลื่นรังสียาวจากพื้นดิน หรือ สภาพแวดล้อมข้างเคียงที่มีอุณหภูมิสูง พื้นดินและวัสดุที่อยู่ใกล้อาคารรวมทั้งวัสดุที่ใช้เป็นผนัง หรือโครงสร้างผิวของตัวอาคาร เมื่อกระทบแสงแดด (การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์) จะร้อนขึ้นเสมือนเป็นต้นกำเนิดรังสีความร้อนได้เอง และ คลื่นรังสียาวแผ่กลับสู่บรรยากาศ คลื่นรังสีความร้อนจะแผ่จากอาคารกลับคืนสู่บรรยากาศ บรรยากาศไม่ค่อยจะมีความเข้มของรังสีความร้อนมากนักและจะแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาล และตำแหน่งของเส้นรุ้ง ยิ่งเส้นรุ้งสูง ๆ ใกล้ขั้วโลกเข้าไปก็ยิ่งมีค่าน้อยลง

### 2.3 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer Coefficient, U-value)



รูปที่ 2.6 การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร

ที่มา: Heat Transfer with Composite Walls: Diana Harris, 2016  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการคำนวณปริมาณความร้อนที่เข้าหรือออกจากอาคารอันเนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอกกับภายใน ค่าความแตกต่างอุณหภูมิอากาศระหว่างภายในและภายนอกจะสามารถแยกออกได้เป็น 2 กรณีดังนี้

1. กรณีการถ่ายเทความร้อนในสภาวะคงที่ (Steady state) ใน 1 มิติ หรือมีอิทธิพลจากองค์ประกอบจากสิ่งแวดล้อมภายนอกไม่รุนแรงนัก จะใช้สมการในการคำนวณปริมาณการถ่ายเทความร้อนดังนี้ (ASHARE, 1989)

$$Q = UA\Delta T$$

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$R_T = \left(\frac{1}{h_o}\right) + \left(\frac{L_A}{k_A}\right) + \left(\frac{L_B}{k_B}\right) + \left(\frac{L_C}{k_C}\right) + \left(\frac{1}{h_i}\right)$$

$$= R_o + R_A + R_B + R_C + R_i$$

Q หมายถึง ปริมาณการถ่ายเทความร้อน มีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) หรือ บีทียู (Btu/hr)

U หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน มีหน่วยเป็น  $W / (m^2K)$  หรือ  $Btu / (ft^2 \cdot h \cdot ^\circ F)$

A หมายถึง พื้นที่ผิวที่ได้รับความร้อนมีหน่วยเป็นตารางเมตร หรือ ตารางฟุต ( $m^2, ft^2$ )

$\Delta T$  หมายถึง ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิอากาศภายในมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส หรือ องศาฟาเรนไฮน์ ( $^\circ C, ^\circ F$ )

$R_T$  หมายถึง ความต้านทานความร้อนรวม มีหน่วยเป็น  $m^2 \cdot K/W$  หรือ  $(ft^2 \cdot h \cdot ^\circ F) / Btu$

h หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานความร้อนรวมภายนอก (o) ภายใน (i) มีหน่วยเป็น  $m^2 \cdot K/W$  หรือ  $(ft^2 \cdot h \cdot ^\circ F) / Btu$

2. กรณีการถ่ายเทความร้อนแบบสภาวะไม่คงที่ (Unsteady state) อุณหภูมิภายนอกและภายในจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพภูมิอากาศที่แปรผันไปตลอดเวลา เนื่องจากอิทธิพลการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ สิ่งแวดล้อม และอุณหภูมิอากาศภายนอก การคิดคำนวณ จะยุ่งยากซับซ้อนจึงได้มีการปรับการคำนวณแบบสภาวะไม่คงที่ให้อยู่ในรูปแบบ สภาวะที่คงที่ จึงใช้ค่า CLTD (Cooling Load Temperature Difference) แทนค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายใน ( $t_o - t_i$ ) จากการศึกษา (ASHARE, 1989) พบว่า ค่า CLTD ดัดแปลงมาจากความ

แตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและ ภายในโดยคำนึงถึงอิทธิพลภายนอกหลายองค์ประกอบ เช่น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในทางวิชาการไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา วัน เดือน ละติจูด มวลสารของผนัง ความชื้นและความอ่อนของสีผนัง และสภาพแวดล้อม เป็นต้น ประเทศไทยการคำนวณปริมาณการถ่ายเทความร้อนที่คำนึงถึงค่าการถ่ายเทความร้อน มวลสาร และค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ใช้ค่า  $TD_{eq}$  (Temperature Difference Equivalent) ในการคำนวณแทนค่า CLTD ดังแสดงในตารางที่ 2.1 โดยจะใช้สมการในการคำนวณ ปริมาณการถ่ายเทความร้อนดังนี้<sup>3</sup>

$$q = (U_w) (TD_{eq})$$

$q$  หมายถึง ปริมาณการถ่ายเทความร้อนในหนึ่งหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็น  $W/m^2$

$U_w$  หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ มีหน่วยเป็น  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$

$TD_{eq}$  หมายถึง ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ( $^\circ C$ )

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า

มวลของผนัง กก ม. <sup>2</sup>	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $\Delta T$ ) ระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์				
	0.1 <0-0.2>	0.3 <0.2-0.4>	0.5 <0.4-0.6>	0.7 <6-0.8>	0.9 <0.8-1.0>
0-125	14	15	16	17	18
126-195	11	12	13	14	15
เกินกว่า 195	9	10	11	12	13

ที่มา: คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร 2536

<sup>3</sup> กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2536  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อนเฉลี่ย (Mean Radiant Temperature: MRT)<sup>4</sup>

อุณหภูมิของพื้นผิวสิ่งแวดล้อมรอบตัวเรามีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิร่างกายโดยที่ปัจจัยส่วนหนึ่งประกอบขึ้นเป็นสภาวะน่าสบายของมนุษย์ คือ การแผ่รังสีความร้อนจากสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ การคิดค่าการแผ่รังสีความร้อนจากสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ การคิดค่าการแผ่รังสีความร้อนของสิ่งแวดล้อมนี้คิดเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ของการแผ่รังสีจากแหล่งต่าง ๆ ในสภาวะแวดล้อม

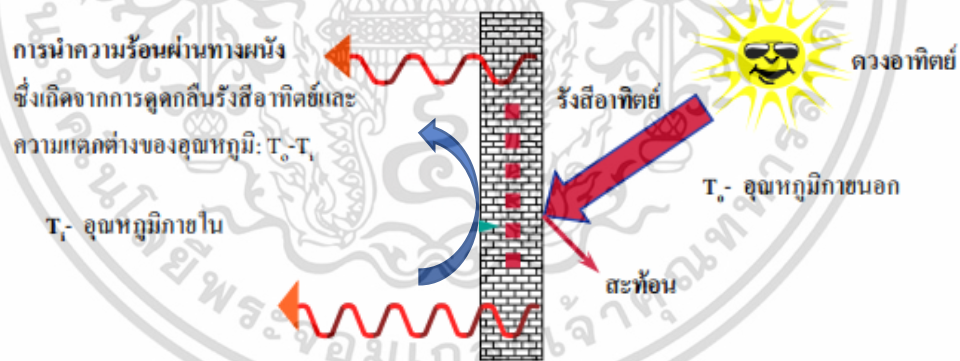
สูตรการคำนวณ

$$MRT = \frac{\sum T\theta}{360}$$

$$= \frac{(T_1\theta_1 + T_2\theta_2 + \dots + T_n\theta_n)}{360}$$

เมื่อ  $T$  = อุณหภูมิผิวของวัสดุ (Surface temperature)  
 $\theta$  = มุมที่เปิดรับกับพื้นผิววัสดุ ณ จุดที่ทำการวัด  
 (Surface exposure angle relative to occupant in degrees)

## 2.5 อุณหภูมิพื้นผิววัสดุ (Surface Temperature)<sup>5</sup>



รูปที่ 2.7 การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่

ที่มา: กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2553

<sup>4</sup> วันเอก กิจสมใจ, 2539

<sup>5</sup> เรียบเรียงจาก Olygay, Victor. Design with Climate. (New York: Van Nostrand Reinhold, 1992,) และสมสิทธิ์ นิตยะ. การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้น. (1000 เล่ม. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.)

อุณหภูมิผิววัสดุ เมื่ออุณหภูมิผิวของวัสดุที่ได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ความร้อนจะถูกดูดกลืนเข้าสู่ผิววัสดุด้านใน เมื่อผิวผิวด้านของวัสดุภายในมีอุณหภูมิสูงขึ้นจะเกิดการแผ่รังสีความร้อนออกมา ทำให้อุณหภูมิภายในค่อยๆสูงขึ้น จึงมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ ( $T_o - T_i$ ) เกิดขึ้น ส่วนหนึ่งของรังสีดวงอาทิตย์จะสะท้อนออกมาสู่อากาศภายนอก การแลกเปลี่ยนความร้อนของวัสดุจากหลักการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในได้แก่

1. การนำความร้อน จะขึ้นอยู่กับ ลักษณะของเนื้อวัสดุ ความชื้นในเนื้อวัสดุ ความแน่นของเนื้อวัสดุ ปริมาณของโพรงอากาศในเนื้อวัสดุ

2. การที่ความร้อนเคลื่อนผ่านตัวกลางอากาศที่มีคุณสมบัติในการพาความร้อน

3. การแผ่รังสีความร้อน การที่ความร้อนจากแหล่งกำเนิดรังสีความร้อนไปยังบริเวณอื่นๆ

การลดการถ่ายเทความร้อนของวัสดุทำได้โดยการควบคุมอุณหภูมิที่เกิดขึ้นที่ผิววัสดุ จากการพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนเป็นส่วนใหญ่ ปริมาณของการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ขึ้นอยู่กับสภาพของท้องฟ้า ตำแหน่ง ของดวงอาทิตย์ ระดับความสูงของสถานที่จากระดับน้ำทะเล และการแผ่รังสีจากวัสดุหรือสิ่งแวดล้อมข้างเคียง

ปริมาณของการพาความร้อนเป็นการถ่ายเทแลกเปลี่ยนกับอากาศที่อยู่รอบ ๆ ซึ่งถ้า ลมมีความเร็วเพิ่มขึ้น ปริมาณการแลกเปลี่ยนความร้อนก็เพิ่มขึ้น

ผิววัสดุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศโดยรอบ จะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศเหนือพื้นผิวโดยการพาความร้อนทำให้พื้นผิวมีอุณหภูมิต่ำลง เราสามารถเพิ่มอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนนี้ได้โดยการเพิ่มพื้นที่ผิวหรือการทำพื้นผิวหยาบ และใช้คุณสมบัติของวัสดุได้แก่ การดูดซับความร้อนและคายความร้อนของวัสดุ วัสดุที่มีค่าการสะท้อนความร้อนมากกว่าการดูดซับความร้อน และมีการคายความร้อนออกมาสม่ำเสมอจะมีอุณหภูมิต่ำ

คลื่นการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ประกอบด้วยคลื่นแสง (Visible light) ซึ่งมีความยาวคลื่น 0.3-0.7 ไมครอน และรังสีความร้อนคลื่นสั้น (Short Infrared radiation) ซึ่งมีความยาวคลื่น 1.7-2.5 ไมครอน เมื่อพลังงานของรังสีคลื่นสั้นนี้ความเข้มข้นใกล้เคียงกับคลื่นแสงที่มองเห็นแล้ว การสะท้อนความร้อนของวัสดุจะขึ้นอยู่กับสีของวัสดุนั้นๆ โดยวัสดุสีขาวจะมีค่าการสะท้อนแสง 90% ขึ้นไป และวัสดุมีสีดำจะมีค่าการสะท้อนแสง 15% หรือต่ำกว่าของการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ได้รับ

การแลกเปลี่ยนความร้อนของวัสดุกับสิ่งแวดล้อมจะเกิดจากรังสีคลื่นยาว (Longer Infrared wavelengths) ซึ่งมีความยาวคลื่นมากกว่า 2.5 ไมครอน โดยทั่วไปใช้ประมาณ 9 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมครอน โดยการแผ่รังสีของวัสดุจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของพื้นผิววัสดุและการจัดเรียงโมเลกุลมากกว่าขึ้นอยู่กับสี

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าร้อยละคุณสมบัติการสะท้อนและดูดซับรังสีความร้อน

ลักษณะพื้นผิว	การสะท้อน		การดูดซับ รังสีความร้อน (%)
	รังสีดวงอาทิตย์ (%)	รังสีความร้อน (%)	
พื้นผิวเงินขัดเงา	93	98	2
พื้นผิวอลูมิเนียมขัดเงา	85	92	8
พื้นผิวทองแดงขัดเงา	75	85	15
สีขาว (White wash)	80	-	-
แผ่นโครเมียม	72	80	20
หินอ่อนสีขาว	54	5	95
พื้นผิวตะกั่วสีขาว	71	11	89
สีซีขาวอ่อน	50	5	5
สีอลูมิเนียม	45	45	55
ไม้	40	5	95
ซีเมนต์แอสเบสทอส อายุ 1 ปี	29	5	95
อิฐแดง	23-30	6	94
สีเทา	25	5	95
เหล็กกล้าไนซ์	10	72	28
วัสดุสีดำ	3	5	95

ที่มา: Olygay, Victor. 1992. Design with Climate. New York: Van Nostrand Reinhold

การสะท้อนของผนังภายนอกมีความผกผันกับการดูดซับหรือเก็บกักความร้อนของรังสีความร้อนของแต่ละพื้นผิว และมวลสารของวัสดุนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 การเก็บกักความร้อน (Heat Storage)<sup>6</sup>

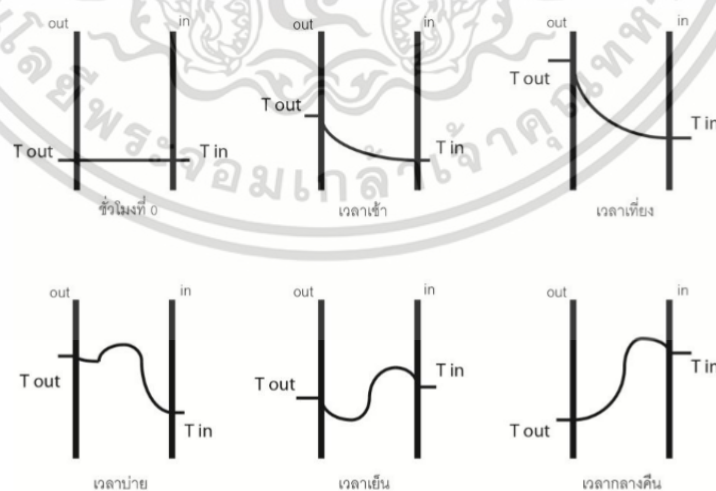
พฤติกรรมของการส่งผ่านความร้อนผ่านผนังในช่วงวัน ตอนเช้าเมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกเริ่มสูงขึ้น ความร้อนจะเริ่มถ่ายเทผ่านผิวของเปลือกอาคารโดยการนำความร้อนบริเวณผิวผนังด้านนอกของวัสดุจะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอากาศ โดยที่อุณหภูมิภายในยังไม่มีเปลี่ยนแปลง เนื่องจากความร้อนยังไม่สามารถเข้าถึงในอาคาร จึงเกิดการเลื่อนเวลา จนถึงช่วงตอนสาย

ตั้งแต่อ่อนเที่ยง เมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกมีค่าเพิ่มขึ้นจนสูงสุดและค่อยๆ เริ่มลดลง อุณหภูมิของผิวภายในเริ่มสูงขึ้น เนื่องจากการเก็บกักความร้อนในเนื้อวัสดุและมีความร้อนบางส่วนได้เข้ามายังภายในได้บ้าง

เมื่อเข้าสู่ช่วงบ่าย อุณหภูมิภายนอกที่สูงสุดเริ่มลดลง อุณหภูมิภายในเนื้อวัสดุยังคงมีค่าสูงอยู่ จากการเก็บกักความร้อนในเนื้อวัสดุ ทำให้อุณหภูมิภายในยังคงมีค่าสูงกว่าภายนอก

ในตอนเย็น เมื่ออุณหภูมิภายนอกลดลง ความร้อนที่สูงสุดที่เกิดในช่วงบ่ายที่ถูกกักเก็บไว้ในมวลสารจะค่อยๆ ถ่ายเทความร้อนกลับออกไปภายนอกอาคารมากขึ้นเรื่อยๆ

ในเวลากลางคืน อุณหภูมิที่สะสมในเนื้อวัสดุจะมีค่าสูงสุด เนื่องจากวัสดุสะสมความร้อนจนเต็มที่แล้ว เป็นผลทำให้มีค่าอุณหภูมิภายในสูงกว่าภายนอก ซึ่งการถ่ายเทความร้อนจะย้อนกลับเป็นวัฏจักรในแต่ละวัน ไป



รูปที่ 2.8 แสดงวัฏจักรของการถ่ายเทความร้อนของวัสดุในแต่ละช่วงวัน

<sup>6</sup> Brashaw, Vaughn. Building control system, 2<sup>nd</sup> ed. (USA: John Wiley and sons, 1993)  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนที่ผ่านเข้าสู่วัสดุได้ถูกสะสมไว้ในตัวมวลวัสดุ และความร้อนที่ถูกพาโดยอากาศก็จะเป็นการถ่ายเทความร้อน (Heat gain) เข้าสู่ภายในห้อง สัดส่วนของความร้อนจากสิ่งแวดล้อมที่จะสะสมในเนื้อวัสดุมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับ

1. อัตราส่วนของค่าความต้านทานความร้อน (R) ของวัสดุนั้นกับค่าความต้านทานความร้อน ที่ชั้นบาง ๆ ของอากาศ (Air film) ที่สัมผัสวัสดุนั้นอยู่

2. ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ผิวของวัสดุกับอุณหภูมิในเนื้อวัสดุเปรียบเทียบกับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวกับอุณหภูมิของอากาศที่ผิววัสดุรอบ ๆ ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุทุกชนิดโดยปกติจะต่ำกว่าค่าความต้านทานความร้อนฟิล์มอากาศที่ผิววัสดุมาก เพราะฉะนั้นเมื่ออุณหภูมิอากาศเท่ากับอุณหภูมิผิวของวัสดุ ความร้อนจะไม่ถ่ายเทออกไปแต่จะสะสมอยู่ในตัวมวลวัสดุ อย่างไรก็ตามเมื่อวัสดุมีการสะสมความร้อนต่อไป อุณหภูมิภายในมวลวัสดุจะเริ่มสูงขึ้นซึ่งจะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนออกไปอย่างช้า ๆ โดยความร้อนจะสะสมอยู่ภายในตัววัสดุเอง ถ้าอุณหภูมิของอากาศที่สัมผัสอยู่กับพื้นผิววัสดุสูงขึ้นมาก ๆ การถ่ายเทความร้อนออกไปจากพื้นผิววัสดุก็ยิ่งน้อยลง แต่จะถูกสะสมอยู่ในวัสดุมากขึ้น

นอกจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิผิวจะเกิดขึ้นเนื่องจากการแผ่รังสี ยังเกิดจากการพาความร้อนจากอากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณรอบ ๆ ผิววัสดุอีกด้วย แต่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจากสาเหตุดังกล่าวยังไม่เด่นชัดเท่าการแผ่รังสีความร้อน เนื่องจากค่าการส่งผ่านความร้อนผ่านชั้นของอากาศมีค่าน้อย ผลกระทบของการแผ่รังสีความร้อนจึงเห็นได้ชัดเจนกว่า

ความเข้มของการแผ่รังสีความร้อนจะมีค่ามากขึ้นและน้อยลงในระหว่างวัน โดยปริมาณความร้อนจะลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากผ่านช่วงที่มีความร้อนสูงสุด (Peak) ความร้อนที่เข้ามาจะมีจำนวนมากและเพิ่มขึ้นเร็วกว่าการถ่ายเทออกไป ทำให้เกิดการกักเก็บความร้อนจำนวนมากไว้ในอาคารตั้งแต่ที่ความร้อนเริ่มเข้ามา และค่อย ๆ ถ่ายเทออกไปอย่างช้า ๆ ความร้อนที่เก็บในวัสดุและอุปกรณ์ภายในอาคารมีลักษณะคล้ายฟองน้ำซับน้ำ และความสามารถของวัสดุในการเก็บความร้อนจะขึ้นอยู่กับมวลสาร และค่าความร้อนจำเพาะ เมื่อมวลสารร้อนขึ้นจะลดความสามารถในการเก็บความร้อนที่เข้ามา และเมื่อรับความร้อนจนถึงจุดอิ่มตัวที่ไม่สามารถรับความร้อนต่อไปได้อีก มวลสารจะคายความร้อนออกมา เปรียบได้กับฟองน้ำซับน้ำจนอิ่มตัว และไม่สามารถรับน้ำได้อีกต่อไป

ในห้องปรับอากาศความร้อนระหว่างวันจะถูกสะสมในวัสดุ เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลากลางคืนแล้วความร้อนที่สะสมอยู่จะคายออกมา ซึ่งปริมาณความร้อนจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติผิววัสดุและคุณสมบัติอากาศภายนอกอาคาร ถ้าคุณสมบัติอากาศภายนอกต่ำกว่าคุณสมบัติผิววัสดุ วัสดุจะคายความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก แต่ถ้าคุณสมบัติอากาศภายนอกสูงกว่าคุณสมบัติผิววัสดุ ความร้อนจะคงอยู่ภายในอาคารต่อไป และกลายเป็นภาระการทำความร้อน (Cooling load) ของการปรับอากาศในวันต่อมา ปริมาณความร้อนที่เข้ามาภายในจะเกิดการเปลี่ยนแปลงดังนี้

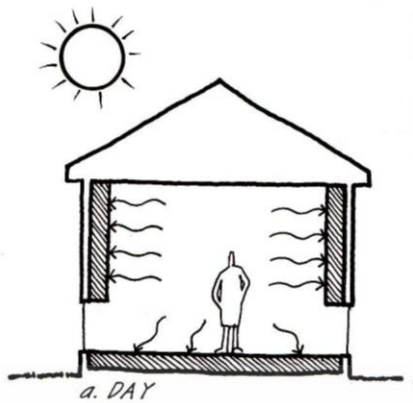
1. คลื่นความร้อนจะลดลง ปริมาณความร้อนผ่านเข้ามาได้บางส่วน เกิดจากคุณสมบัติในการเป็นฉนวนความร้อนของวัสดุ ที่ได้จากค่าของสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อน ซึ่งยิ่งต่ำก็ยิ่งมีคุณสมบัติเป็นฉนวนความร้อนที่ดี

2. เกิดช่วงเวลากการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถในการกักเก็บความร้อนได้จากคุณสมบัติของความร้อนจำเพาะของวัสดุกับมวลของวัตถุ ซึ่งค่าการกักเก็บความร้อนยิ่งมาก ก็ยิ่งมีเวลาที่ได้จากการหน่วงเหนี่ยวความร้อนมาก อากาศจึงเป็นฉนวนความร้อนที่ดี วัสดุที่มี โพรงอากาศอยู่ภายในจึงมีน้ำหนักเบาและเป็นฉนวนความร้อน ในทางตรงกันข้ามวัสดุที่น้ำหนัก มากมีมวลแน่นเป็นวัสดุที่มีช่วงเวลากการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ดี

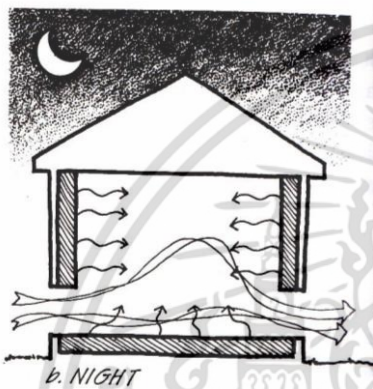
การใช้ผนังมวลสารมากเหมาะสมสำหรับภูมิอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงระหว่างวันสูง ๆ และอุณหภูมิอากาศภายนอกที่สูงสุด และต่ำสุดมีค่าเกินกว่าที่ต้องการ โดยในช่วงเวลากลางวันความร้อนจะถูกกักเก็บไว้ในมวลสารทำให้อุณหภูมิอากาศภายในอยู่ในช่วงที่ต้องการ ช่วงเวลา กลางคืนที่อุณหภูมิอากาศภายนอกต่ำลง ผนังจะคายความร้อนออกสู่อากาศภายนอก ทำให้ภายในอาคารเย็นสบาย

ผนังมวลสารมากจะใช้ประโยชน์ได้ดีกับภูมิอากาศร้อนแห้ง ซึ่งต้องป้องกันรังสีความร้อนในช่วงเวลากลางวัน ในภูมิอากาศร้อนชื้น เช่น ประเทศไทยจะต้องมีการใช้การระบายอากาศร้อนออกในช่วงเวลากลางคืนด้วย โดยปิดอาคารในช่วงเวลากลางวัน และเปิดอาคารให้มีการระบายอากาศในช่วงเวลากลางคืน ในช่วงที่ไม่มีลมร้อนอาจใช้แหล่งกำเนิดลมอาจเปิดพัดลมหรือเครื่องกลได้ ดังอธิบายในรูปที่ 2.6

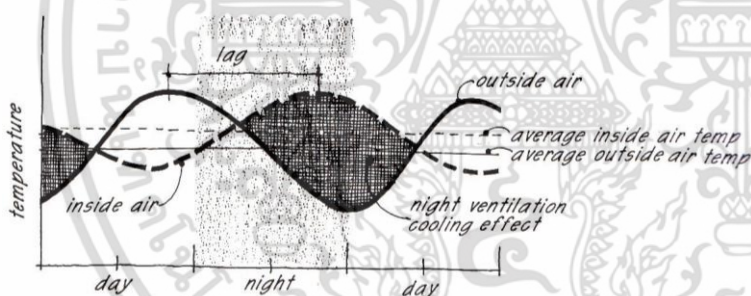
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป a. มวลสารก็เก็บความร้อนระหว่างวันและไม่มีการระบายอากาศ



รูป b. การระบายอากาศจากลมเย็นช่วงเวลากลางคืนช่วยลดความร้อน



รูป c. กราฟแสดงอุณหภูมิภายในและภายนอกของผนังที่มีการสะสมความร้อน

รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะการกับเก็บความร้อนร้อนในช่วงเวลาวันและกลางคืน

ที่มา: Moore, F. Environmental control system: Heating cooling lighting. Singapore:

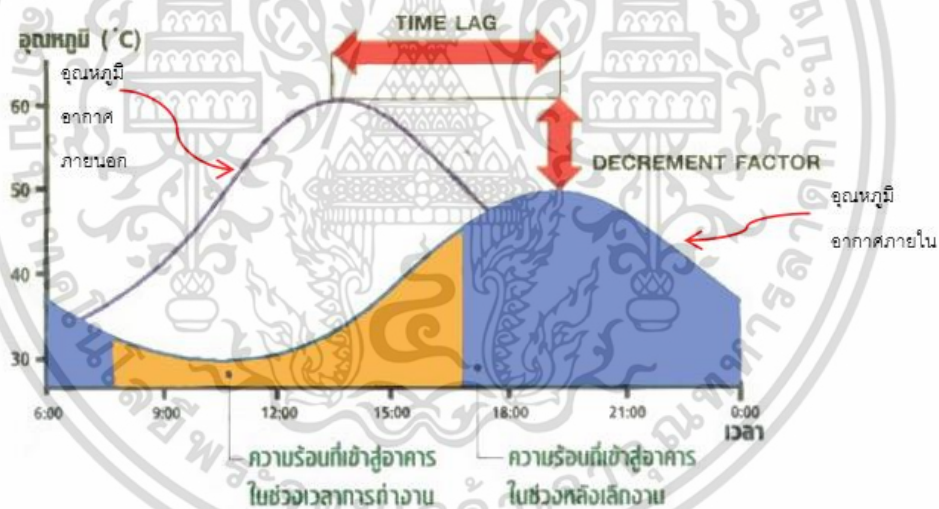
McGraw-Hill, 1993

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7 การหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Time lag)<sup>7</sup>

การหน่วงเหนี่ยวความร้อน คือ ช่วงเวลาที่วัสดุสามารถเก็บกักปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาไว้ได้เป็นระยะเวลาหนึ่งจนวัสดุอิ่มตัวและคายความร้อนออกมาสู่ภายใน ซึ่งจะเลื่อนการเกิดความร้อนสูงสุดภายในออกไปจากช่วงเวลาการเกิดความร้อนสูงสุดที่ภายนอกได้เป็นระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับมวลสารของวัสดุ กล่าวคือ วัสดุที่มีมวลสารมาก วัสดุนั้นจะมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนสูงกว่ามวลสารน้อย

การหน่วงเหนี่ยวความร้อนนี้จะสิ้นสุดลงเมื่อปริมาณของความร้อนที่เก็บกักเก็บความร้อนเต็ม (The Storage tank is full ) อีกทั้งภายใต้สภาวะคงที่จะไม่เกิดการหน่วงนำเวลา แต่ในสภาพความเป็นจริง การหน่วงเวลาของการถ่ายเทความร้อนของวัสดุจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น สภาพอากาศ หรือ คุณสมบัติของวัสดุนั้นๆ



รูปที่ 2.10 แสดงอิทธิพลของมวลสารที่ทำให้เกิดการหน่วงความร้อน (Time lag)

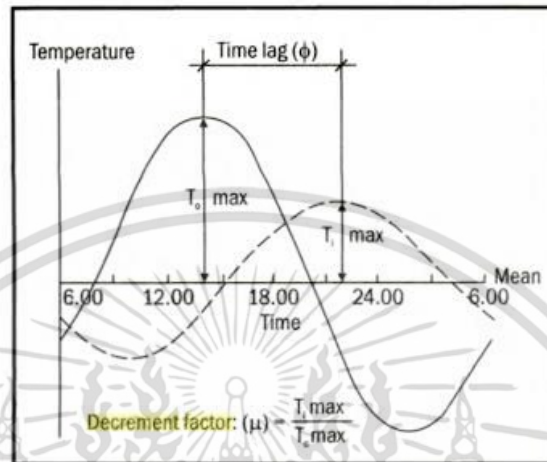
ที่มา: การใช้ฉนวน, เอกสารเผยแพร่เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, 2543

<sup>7</sup> สมสิทธิ์ นิตยะ. การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้น. (1000 เล่ม. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

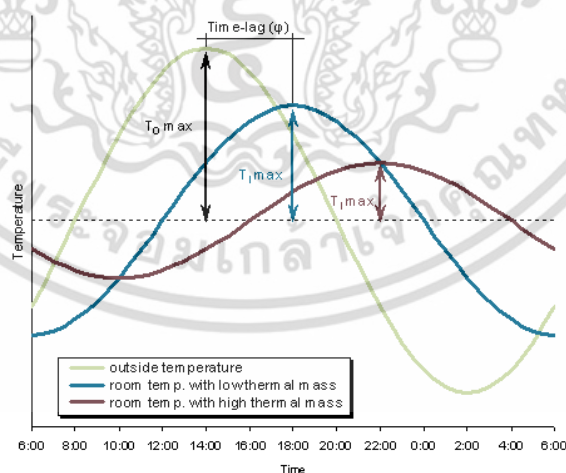
## 2.8 Decrement Factor

Decrement Factor ( $\mu$ ) คือ อัตราส่วนอุณหภูมิระหว่างที่อุณหภูมิภายในสูงสุด และที่อุณหภูมิภายนอกสูงสุด



รูปที่ 2.11 การหน่วงเหนี่ยวความร้อนและอัตราส่วนระหว่างช่วงอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิภายในและอุณหภูมิภายนอก

ที่มา: Climate Responsive Building: Appropriate Building Construction in Tropical and Subtropical Regions



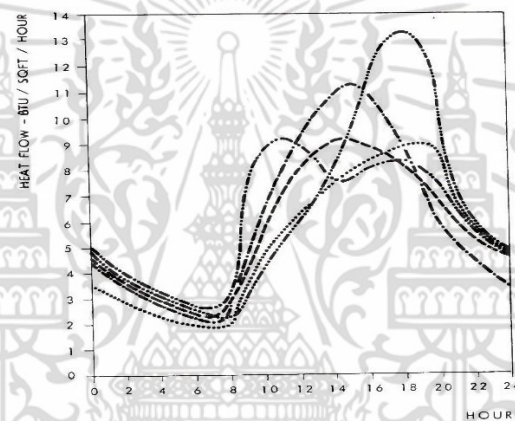
รูปที่ 2.12 การเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างช่วงอุณหภูมิระหว่างวัสดุที่มีมวลสารน้อยและวัสดุที่มีมวลสารมาก

ที่มา: Below: Zubair A Peerbocus, 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

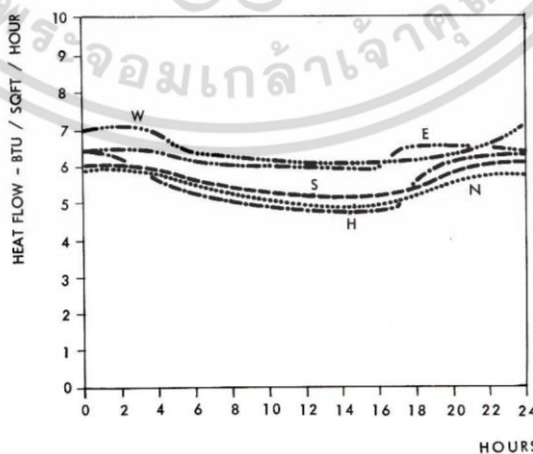
จากกราฟอธิบายได้ว่าอุณหภูมิของวัสดุที่มีมวลสารมาก จะมีค่าอุณหภูมิภายในสูงสุด ( $T_{max}$ ) ต่ำกว่า วัสดุที่มีมวลสารน้อยที่มีอุณหภูมิภายในสูงสุด ( $T_{max}$ ) และมีค่าอัตราส่วนระหว่างช่วงอุณหภูมิภายในสูงสุด และ ช่วงอุณหภูมิภายนอกสูงสุด (Decrement Factor) มากกว่า เนื่องจากผนังมวลสารมากจะมีความต้านทานความร้อนมาก ทำให้ช่วงอุณหภูมิเกิดการเปลี่ยนแปลงได้น้อยกว่า

จากการทดลองที่ Housing development กรุงแบกแดด ประเทศอิรัก ในฤดูร้อนวันที่ 21 กรกฎาคม และใช้วัสดุเป็นสีขาอ่อน ได้กราฟเปรียบเทียบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ มวลสารน้อย และมวลสารมากดังนี้



รูปที่ 2.13 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนระหว่างวันของไม้

ที่มา: Olygay, Victor. 1992. Design with Climate. New York: Van Nostrand Reinhold



รูปที่ 2.14 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนระหว่างวันของอิฐหนา 9 นิ้ว

ที่มา: Olygay, Victor. 1992. Design with Climate. New York: Van Nostrand Reinhold  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและระยะหน่วงความร้อนสำหรับผนังที่มีเนื้อวัสดุเดียวกันทั้งแผ่น

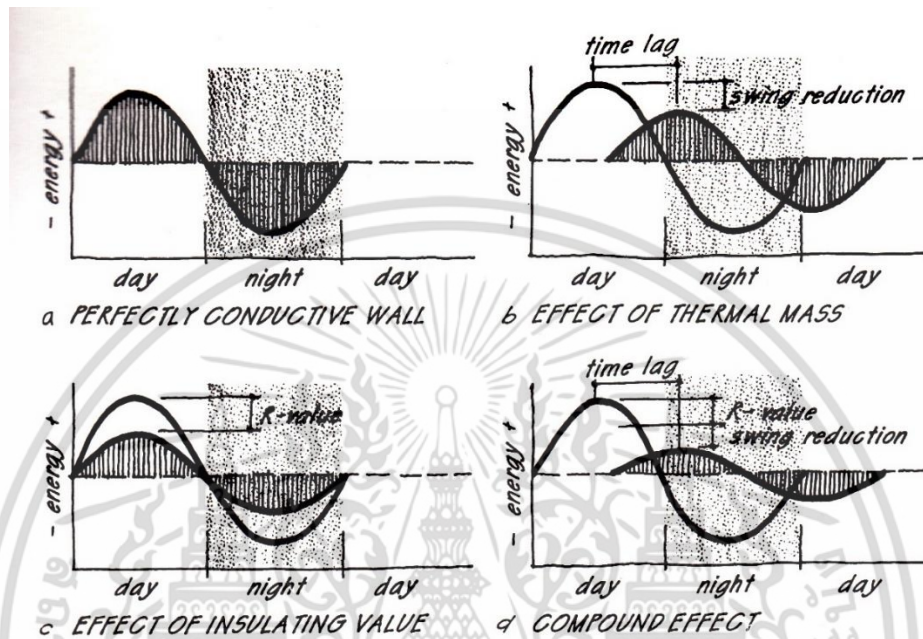
วัสดุ	ความหนา (นิ้ว)	ค่า U (Btu/ft <sup>2</sup> /hr)	ระยะหน่วงความร้อน (ชั่วโมง)
คอนกรีต	2	0.98	1.1
	4	0.84	2.5
	6	0.74	3.8
	8	0.66	5.1
	12	0.54	7.8
	16	0.46	10.2
อิฐ	4	0.60	2.3
	12	0.31	8.5
	16	0.25	12.0
อิฐประดับ	4	0.77	2.4
ไม้	1/2	0.68	0.17
	1	0.48	0.45
	2	0.30	1.3
แผ่นฉนวน (Insulating Board)	1/2	0.42	0.88
	1	0.26	0.23
	2	0.14	0.77
	4	0.08	2.7
	6	0.05	5.0

ที่มา : สมสิทธิ์ นิตยะ. การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้น. (1000 เล่ม. กรุงเทพฯ:

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับผนังที่เป็นผนังประกอบ (Composite wall) ช่วงเวลาของการหน่วงเหนี่ยวความร้อนแต่ละส่วนรวมกันแล้วจะต้องบวกเพิ่มขึ้นจากค่าดังต่อไปนี้ ผนังเบาที่มี 2 ชั้น ควรเพิ่มอีก 0.5 ชั่วโมง ผนัง 3 ชั้น หรือมากกว่า หรือผนังที่หนัก ควรเพิ่มอีก 1 ชั่วโมง



รูปที่ 2.15 เปรียบเทียบวิธีการในการลดการถ่ายเทความร้อนเข้ามาภายใน (Moore, 1993)

จากรูปที่ 2.15 แสดงคุณสมบัติในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ดังนี้

รูป a เป็นการถ่ายเทความร้อนระหว่างวันของวัสดุปกติ

รูป b เป็นการถ่ายเทความร้อนระหว่างวันของวัสดุมวลสารร่วมด้วยจะช่วยลดปริมาณความร้อนที่เข้ามาภายในและมีช่วงเวลาการหน่วงเหนี่ยวความร้อนเพิ่มขึ้น

รูป c เป็นการถ่ายเทความร้อนระหว่างวันของวัสดุฉนวนกันความร้อนร่วมด้วยจะช่วยลดปริมาณความร้อนที่เข้ามาภายใน

รูป d เป็นการถ่ายเทความร้อนระหว่างวันของวัสดุที่ใช้ทั้งมวลสาร และฉนวนกันความร้อนจะช่วยลดปริมาณความร้อนที่เข้ามาภายในและมีช่วงเวลาการหน่วงเหนี่ยวความร้อนมากที่สุด

ผนังเบาจะร้อนขึ้นในเวลาเดียวกับที่อุณหภูมิภายนอกสูงขึ้น ดังนั้นผนังที่มีน้ำหนักมากจะสามารถรักษาอุณหภูมิภายในได้ดีกว่าในตอนกลางวันและจากการวิจัยค้นพบว่า การเพิ่มความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนาของวัสดุ ไม่เพียงแต่เพิ่มระยะเวลาหน่วงความร้อนเท่านั้น คุณณหภูมิที่ผิวด้านนอกซึ่งกระทบ แสงแดดยังลดลง และยึดเวลาของการที่วัสดุเองจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นออกไปอีกด้วย

## 2.9 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

### 2.9.1 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารที่มีมวลสารมาก

โดย นางสาว ณัฐกานต์ เกษประทุม วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชา เทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543

1) วัสดุ สร้างกล่องทดสอบขนาด  $0.60 \times 0.60 \times 0.60$  ลูกบาศก์เมตร ผนังผนังไว้ 2 ด้าน ด้านหนึ่งเพื่อติดตั้งผนังทดสอบ อีกด้านหนึ่งมีฝาปิดเพื่อใช้ในการติดตั้งเครื่องมือ

- วัสดุผนัง ใช้วัสดุทดลองขนาด  $0.58 \times 0.58$  ตารางเมตร หนา  $0.10$  เมตร จำนวน 6 แผ่น เพื่อนำมาประกอบกันเป็นผนังคอนกรีตหนา  $0.10$ ,  $0.20$  และ  $0.30$  เมตร

ผนังแบบที่ 1 ผนังคอนกรีตหนา  $0.10$  เมตร มีค่าความจุความร้อน  $1.121 \text{ W/m.K}$

ผนังแบบที่ 2 ผนังคอนกรีตหนา  $0.20$  เมตร มีค่าความจุความร้อน  $2.243 \text{ W/m.K}$

ผนังแบบที่ 3 ผนังคอนกรีตหนา  $0.30$  เมตร มีค่าความจุความร้อน  $3.364 \text{ W/m.K}$

สี ใช้สีน้ำมันทาภายนอกสีดำและสีขาว

- ทดสอบปัจจัยการกักเก็บความร้อนของวัสดุ และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน พิจารณาที่ความหนาของวัสดุ โดยใช้ผนังแบบที่ 1, 2 และ 3 ทั้งในสภาวะปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ

- การทดสอบปัจจัยอุณหภูมิพื้นผิวของผนัง โดยใช้ผนังแบบที่ 1, 2 และ 3 ทั้งในสภาวะโดนแดดและไม่โดนแดด

- การทดสอบปัจจัยอุณหภูมิพื้นผิวของผนัง โดยใช้ผนังแบบที่ 1, 2 และ 3 ทาสีภายนอกสีดำ และ สีขาว ในสภาวะไม่ปรับอากาศ

### 2) เทคนิคการวิจัย

ผนังทดลองทั้งหมดนำมาทดสอบใน 2 กรณี คือ ควบคุมอุณหภูมิภายในอาคารทดลองที่ ให้คงที่ด้วยเครื่องปรับอากาศ และไม่ควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร ทำการวัดอุณหภูมิ

อากาศภายในและภายนอกกล่องทดลอง อุณหภูมิผิวผนังภายในและภายนอก อุณหภูมิภายใน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผ่นผนัง และอุณหภูมิอากาศกระเปาะเปียกภายนอก โดยหันผนังด้านทดสอบไปทางด้านทิศใต้ เพื่อให้ได้ผลการถ่ายเทความร้อนที่มากที่สุด

### 3) ผลการทดลอง

ทดสอบปัจจัยการกักเก็บความร้อนของวัสดุ และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

1) ผนังคอนกรีตที่มีความหนามาก จะมีความคงที่ของอุณหภูมิอากาศภายในและอุณหภูมิผิวภายในมากกว่าผนังคอนกรีตความหนาน้อยกว่า

2) ผนังคอนกรีตที่มีความหนามากและน้อย จะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในใกล้เคียงกัน แต่จะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายนอก

3) ผนังคอนกรีตที่มีความหนามาก จะมีช่วงเวลากการหน่วงเหนี่ยวความร้อนมากกว่าผนังคอนกรีตที่มีมวลสารน้อยกว่า

4) ในเวลากลางวันผนังมวลสารน้อยจะมีอุณหภูมิผิวภายนอกสูงกว่าผนังที่มีมวลสารมาก เนื่องจากมีค่าความจุความร้อนต่ำกว่าจึงแผ่รังสีความร้อนออกมามากกว่า ทำให้ผนังที่มีมวลสารน้อยมีอุณหภูมิผิวสูงกว่าในเวลากลางวัน

การทดสอบปัจจัยอุณหภูมิพื้นผิวของผนัง กรณีผิวผนังภายนอกได้รับรังสีความร้อนโดยตรงและไม่ได้รับรังสีความร้อนโดยตรง

1) ผนังที่มีมวลสารเท่ากัน ที่ผิวผนังภายนอกไม่ได้รับรังสีความร้อนโดยตรงจะมีความคงที่ของอุณหภูมิอากาศภายในและอุณหภูมิผิวภายในมากกว่าผนังคอนกรีตที่ผิวผนังภายนอกได้รับรังสีความร้อนโดยตรง และมากกว่าอากาศภายนอก

2) ผนังคอนกรีตที่มีผิวผนังภายนอกได้รับรังสีความร้อนโดยตรง จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในสูงกว่าผนังที่ไม่ได้รับรังสีความร้อนโดยตรง

2.1) ในเวลากลางวัน กลุ่มทดลองผนังคอนกรีตผิวผนังภายนอกได้รับรังสีความร้อนโดยตรงจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวันใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศ ซึ่งมีค่าสูงกว่ากลุ่มทดลองผนังคอนกรีตผิวผนังภายนอกไม่ได้รับรังสีความร้อนโดยตรง

2.2) ในเวลากลางคืน กลุ่มทดลองผนังคอนกรีตผิวผนังภายนอกได้รับรังสีความร้อนโดยตรงจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืนสูงกว่าอุณหภูมิ

อากาศภายนอก และสูงกว่ากล่องทดลองผนังคอนกรีตผิวผนังภายนอกไม่ได้รับรังสีความร้อนโดยตรง

3) ผนังคอนกรีตที่มีมวลสารเท่ากันที่ผิวผนังภายนอกไม่ได้รับรังสีความร้อนโดยตรง จะมีช่วงเวลากการหน่วงเหนี่ยวความร้อนมากกว่าผนังคอนกรีตที่ผิวผนังภายนอกได้รับรังสีความร้อนโดยตรง

4) ผนังคอนกรีตที่ผนังภายนอกได้รับรังสีความร้อนโดยตรงและไม่ได้รับรังสีความร้อนโดยตรง จะมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดและต่ำสุดสูงกว่าผนังคอนกรีตที่ผนังภายนอกที่ไม่ได้รับรังสีความร้อนโดยตรง โดยในชนิดเดียวกันผนังมวลสารมากจะมีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าผนังมวลสารน้อยในช่วงเวลากลางวัน และสูงกว่าในช่วงเวลากลางคืน

5) ผนังคอนกรีตผิวผนังภายนอกไม่ได้รับรังสีความร้อนโดยตรงจะมีช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงกว่าผนังที่ได้รับรังสีความร้อนโดยตรง

6) ผนังคอนกรีตที่ผิวผนังภายนอกได้รับรังสีความร้อนโดยตรงจะมีอุณหภูมิผิวภายนอกสูงกว่าผนังคอนกรีตที่ผิวผนังภายนอกไม่ได้รับรังสีความร้อนโดยตรง แต่จะมีอุณหภูมิต่ำสุดเท่าๆกันโดยในชนิดเดียวกันผนังที่มีมวลสารมากกว่าจะมีอุณหภูมิผิวภายนอกต่ำกว่าผนังมวลสารน้อยในเวลากลางวันและ สูงกว่าในเวลากลางคืน

การทดสอบปัจจัยอุณหภูมิพื้นผิวของผนัง กรณีผนังภายนอกทาสีขาวและดำ

1) ผนังที่มีมวลสารเท่ากันที่ผิวผนังภายนอกทาสีขาวจะมีความคงที่ของอุณหภูมิอากาศภายใน และอุณหภูมิผิวภายในมากกว่าผนังคอนกรีตที่ผิวผนังภายนอกทาสีดำ และมากกว่าอากาศภายนอก

2) ผนังคอนกรีตที่ผิวผนังภายนอกทาสีดำจะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในมากกว่าผนังที่ทาสีขาว

3) ผนังคอนกรีตที่มีมวลสารเท่ากันที่ผิวผนังภายนอกทาสีขาว จะมีช่วงเวลากการหน่วงเหนี่ยวความร้อนมากกว่าผนังคอนกรีตที่ผิวผนังภายนอกทาสีดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ผนังคอนกรีตมวลสารเท่ากันที่ผิวผนังภายนอกทาสีดำ จะมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุด และต่ำสุดสูงกว่าผนังคอนกรีตที่ทาสีขาว โดยในชนิดเดียวกันผนังมวลสารมากจะมีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าผนังมวลสารน้อยในช่วงเวลากลางวัน และสูงกว่าในช่วงเวลากลางคืน

5) ผนังคอนกรีตผิวผนังภายนอกทาสีขาวจะมีช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงกว่าผนังที่ทาสีดำ

6) ผนังคอนกรีตที่ผิวผนังภายนอกทาสีดำจะมีอุณหภูมิผิวภายนอกสูงกว่าผนังคอนกรีตที่ผิวผนังภายนอกทาสีขาว แต่จะมีอุณหภูมิต่ำสุดเท่าๆ กัน โดยในชนิดเดียวกันผนังที่มีมวลสารมากกว่าจะมีอุณหภูมิผิวภายนอกต่ำกว่าผนังมวลสารน้อยในเวลากลางวันและ สูงกว่าในเวลากลางคืน

## 2.9.2 ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวภายนอกของผนังอาคาร

โดย นายวันเอก กิจสมใจ วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538

1) วัสดุ สร้างอาคารทดลองขนาด 7.5x7.5 เมตร สูง 2.5 เมตร บุนนวมโดยรอบและปิดทับทุกด้าน ยกเว้นทางด้านทิศใต้ที่เปิดเป็นช่องว่างไว้สำหรับติดตั้งผนังทดลอง แบบเป็นทางเข้าออก

- วัสดุผนัง ใช้วัสดุทดลองขนาด 0.60x0.60 ตารางเมตร ล้อมกรอบด้วยโฟมโพลีสไตรีนหนา 4 นิ้ว โดยรอบทั้ง 4 ด้าน เพื่อป้องกันความร้อนจากด้านข้าง ขนาดของวัสดุเมื่อรวมกรอบโฟม ได้แก่ 0.80x0.80x0.20 ลูกบาศก์เมตร

1. ผนังมวลสารมากใช้คอนกรีต มีมวลสาร 2200 kg/m<sup>3</sup>
2. ผนังมวลสารปานกลางใช้คอนกรีตเบา มีมวลสาร 475 kg/m<sup>3</sup>
3. ผนังมวลสารน้อยใช้โฟมโพลีสไตรีนมีความหนาแน่น 15 kg/m<sup>3</sup>

- ทดสอบปัจจัยด้านความเข้มของสี ใช้วัสดุทาสีดำแทนสีเข้ม เปรียบเทียบกับวัสดุทาสีขาวซึ่งแทนสีอ่อน

- การทดสอบปัจจัยด้านพื้นผิว ใช้การทำพื้นผิวคอนกรีตให้มีพื้นที่ขนาดต่างๆกัน โดยที่ยังมีมวลเท่ากัน

- การทดสอบปัจจัยด้านกระจายรังสีความร้อน ใช้การทาสีเงิน (Aluminized Painted) ซึ่งมีค่าการกระจายความร้อน 0.5 เปรียบเทียบกับวัสดุธรรมชาติซึ่งมีค่าการกระจายความร้อนประมาณ 0.8-0.9 กับวัสดุมวลมากและมวลน้อย

- การทดสอบปัจจัยด้านการติดตั้งฉนวนและความหนาของฉนวนที่เปลี่ยนไป ใช้โฟมโพลีสไตรีนความหนา 1,2 และ 3 นิ้ว ร่วมกับผนังคอนกรีตหนา 10 เซนติเมตร ติดตั้งทั้งด้านนอกและด้านในเปรียบเทียบกัน

2) **เทคนิคการวิจัย** ผนังทดลองทั้งหมดนำมาทดสอบใน 2 กรณี คือ ควบคุมอุณหภูมิภายในอาคารทดลองที่ให้คงที่ด้วยเครื่องปรับอากาศ และไม่ควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร

### 3) ผลการทดลอง

#### มวลสาร

1) คอนกรีต ผนังคอนกรีตส่วนใหญ่จะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศภายนอกทั้งวัน โดยผนังมวลสารมากจะมีอุณหภูมิ

ภายนอกต่ำในช่วงเวลากลางวัน และมีอุณหภูมิจากผนังภายนอกสูงในช่วงเวลากลางคืน

2) โฟมโพลีสไตรีน เมื่อความหนาของโฟมเพิ่มขึ้น อุณหภูมิผิวของโฟมที่มีความหนาแน่นมากกว่าจะมีค่าสูงในเวลากลางวัน และต่ำกว่าในเวลากลางคืน และอุณหภูมิผิวของโฟมที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าจะมีค่าตรงกันข้าม เนื่องจากมวลสารที่เพิ่มขึ้นมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับค่าความเป็นฉนวนที่เพิ่มขึ้น

#### ความหยาบของผิว

1) ช่วงเวลากลางวัน วัสดุที่มีพื้นผิวหยาบขรุขระมีลักษณะพื้นผิวยื่นออกมาเป็นสัน และเว้าเข้าไปเป็นร่อง ทำให้มีพื้นที่รวมมากกว่าพื้นที่เรียบในขนาดที่เท่ากัน ดังนั้นปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทสู่ผิวขรุขระจึงมากกว่า และส่วนที่ยื่นนั้นเป็นส่วนที่มีมวลสารน้อย ทำให้อุณหภูมิที่ผิววัสดุขรุขระสูงกว่าวัสดุผิวเรียบในเวลาที่มีความร้อนจากแสงแดด แต่ในส่วนที่เว้าเข้าไปจะถูกบังแดดทำให้เกิดร่มเงาตลอดทั้งวันทำให้บริเวณดังกล่าวมีอุณหภูมิต่ำกว่า

2) ช่วงเวลากลางคืน ผนังที่มีพื้นผิวมากกว่าจะคายความร้อนออกมามากกว่า ทำให้อุณหภูมิผิวขรุขระภายนอกต่ำกว่าวัสดุผิวเรียบ

#### การดูดกลืนความร้อน

1) เวลาที่มีอิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์ (06.00-18.00) วัสดุสีเข้มจะมีอุณหภูมิผิวภายนอกสูงกว่าวัสดุสีอ่อนตลอดเวลา

2) เวลาที่ไม่มีอิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุทั้งสีเข้มและสีอ่อนใกล้เคียงกันมาก เนื่องจากปัจจัยด้านการดูดกลืนความร้อนของพื้นผิวนั้นจะมีผลต่ออุณหภูมิพื้นผิววัสดุ เมื่อมีอิทธิพลของรังสีจากดวงอาทิตย์เท่านั้น

#### การกระจายความร้อนของพื้นผิว

1) เวลากลางวัน วัสดุที่มีพื้นผิวที่มีค่าการกระจายความร้อนสูงกว่าจะมีอุณหภูมิสูง เนื่องจากรังสีกระจายอยู่ที่ผิวก่อนจะเข้าไปยังด้านใน

2) เวลากลางคืน วัสดุที่มีพื้นผิวกระจายความร้อนสูงกว่าจะมีการแผ่รังสีความร้อนสู่ท้องฟ้าและสิ่งแวดล้อม ทำให้อุณหภูมิผิวภายนอกต่ำกว่า

#### ตำแหน่งการติดตั้งฉนวน

1) เวลากลางวัน อุณหภูมิผิวภายนอกผนังที่ติดโฟมไว้ภายนอกจะสูงกว่าผนังที่มีการติดโฟมไว้ภายใน และค่อยๆ ลดลงเมื่อแสงเริ่มหมดไป เนื่องจากมวลสารของผิวมีค่าน้อย เมื่อได้รับรังสีความร้อนอุณหภูมิจึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วต่างกับที่ติดไว้ภายในเพราะมวลสารภายนอกจะช่วยสะสมความร้อนไว้ก่อน

2) อุณหภูมิผิวภายนอกผนังที่ติดโฟมไว้ภายในจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกตลอดทั้งวัน

#### ความหนาของฉนวนภายนอก

1) เวลากลางวัน อุณหภูมิผิวของผนังที่ติดโฟมภายนอกจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยผนังที่มีความหนาสูงสุดมีอุณหภูมิสูงสุด และมีค่าอุณหภูมิต่ำสุดในเวลาเดียวกัน

2) เวลากลางคืน อุณหภูมิผิวของผนังที่ติดโฟมไว้ภายนอก จะมีค่าต่ำกว่าอากาศภายนอก และมีค่าใกล้เคียงกับอากาศภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.9.3 ผลของสีผนังและมวลสารภายในต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

โดย นางสาว สีนีรัตน์ ภัทรรธรรมกุล วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537

1) **วัสดุ** ใช้กล่องทดลองสี่เหลี่ยมขนาด 0.50x0.50x0.50 ลูกบาศก์เมตร

- การทดสอบปัจจัยด้านมวลสาร

1) ผนังที่มีมวลสารมาก ใช้ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 4 นิ้ว และ 8 นิ้ว มีมวลสารประมาณ  $1800 \text{ kg/m}^3$

2) ผนังที่มีมวลสารน้อย ใช้โฟม มีมวลสารประมาณ  $15 \text{ kg/m}^3$

- การทดสอบปัจจัยด้านสี ใช้สีทาภายนอก โดยใช้สีดำแทนสีเข้ม และทาสีขาว แทนสีอ่อน

- การทดสอบปัจจัยด้านค่าความต้านทานที่มากขึ้นต่อสี ใช้โฟมหนา 6, 12, 25, 40 และ 50 มม. มีความต้านทานที่ 0.90, 1.82, 3.85 และ 7.70 ตามลำดับ และมีความหนาแน่น  $15 \text{ kg/m}^3$

2) **เทคนิคในการวิจัย**

ทำการวัดอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกกล่องทดลอง อุณหภูมิผิวผนังภายในและภายนอก และค่าการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ โดยหันผนังด้านทดสอบไปทางด้านทิศใต้และทางทิศเหนือ

3) **ผลการทดลอง**

1) ผนังที่มีมวลสารต่างกัน แต่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเท่ากัน

- ผนังมวลสารมากจะสะสมและสูญเสียความร้อนในอัตราที่ช้ากว่าผนังที่มีมวลสารน้อย

- ผนังมวลสารมากมีค่าอุณหภูมิสูงสุดต่ำกว่าผนังมวลสารน้อย

- ผนังมวลสารมากมีจำนวนชั่วโมงที่อุณหภูมิภายในสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกมากกว่าผนังมวลสารน้อย

- จำนวนชั่วโมงสภาวะน่าสบาย (Comfort zone) ของผนังมวลสารมากมีน้อยกว่าผนังมวลสารน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผนังมวลสารมากมีการถ่ายเทความร้อนเข้าออก (Temperature swing) ในอัตราที่คงที่ และมีอุณหภูมิภายในคงที่มากกว่าผนังมวลสารน้อย และผนังที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) มาก จะมีค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าออกมาก

- ผนังที่มีมวลสารมากจะมีค่าการหน่วงเหนี่ยวเวลา (time lag) มากกว่า

## 2) ความเข้มอ่อนของสี

- สีเข้มหรือสีอ่อนจะมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้ามาในอาคาร ในช่วงเวลาที่มีอิทธิพลจากแสงอาทิตย์เท่านั้น เพราะสีจะดูดความร้อนจากแสงอาทิตย์ทำให้ผิวผนังร้อนขึ้น

- สีเข้มมีแนวโน้มที่จะทำให้อุณหภูมิสูงมากขึ้น

- อิทธิพลของสีจะน้อยลงเมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) น้อยลง หรือเมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำมากๆ อิทธิพลระหว่างสีเข้มและสีอ่อนจะมีความแตกต่างกันน้อยมาก

### 2.9.4 การศึกษาพฤติกรรมของการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุของอาคารพัก

#### อาศัยในเขตร้อนชื้น

โดย นาย อุทัย ศุภิสกุลวงศ์ วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยี

อาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543

#### 1) วัสดุ

- ใช้หุ้มจำลองสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ขนาด  $0.90 \times 0.90 \times 0.90$  ลูกบาศก์เมตร ใช้โฟมหนา 6 นิ้ว ความหนาแน่น 2 ปอนด์ต่อตารางเมตร ทาด้วย Base Coat เพื่อเพิ่มความแข็งแรง มีช่องเปิด 2 ด้าน ด้านหน้าสำหรับใส่วัสดุทดสอบ และด้านหลังเพื่อใช้สำหรับเป็นทางเข้าออก

- อาคารทดสอบ เป็นอาคารที่สร้างขึ้นเพื่อควบคุมอุณหภูมิอากาศและความชื้นได้ อาคารทดสอบเป็นลักษณะสี่เหลี่ยมจัตุรัส ด้านที่ใส่วัสดุทั้ง 4 ด้าน หันตามทิศที่จะทดสอบ หลังคาทรงปั้นหยา มีชายคา 0.30 เมตร ขนาดของอาคารมีขนาด  $8.40 \times 8.40$  เมตร สูง 2.40 เมตร โครงสร้างเหล็กทั้งหลัง ผนังทุกด้านบุด้วยโฟมโพลีสไตรีนหนา 3 นิ้ว ความหนาแน่น 1.5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ฝ้าใส่วัสดุกันความร้อนไมโครไฟเบอร์หนา 6 นิ้ว ช่องระยะอากาศใต้หลังคา 10 เซนติเมตร หลังคา

ปูด้วยยิปซัมบอร์ดปูทับด้วยแผ่นซิงเกิล ภายในอาคารติดตั้งเครื่องปรับอากาศ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วัสดุผนังที่เข้าทดสอบ

- 1) ผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว
- 2) ผนังก่ออิฐ 8 นิ้ว
- 3) ผนังก่ออิฐ 8 นิ้ว มีช่องว่างอากาศ 10 เซนติเมตร
- 4) ผนังวัสดุก่อมวลเบา
- 5) ผนังระบบที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอก

## 2) เทคนิคในการวิจัย

นำผนังทดลองทั้งหมดนำมาทดสอบใน 2 กรณี คือ สภาวะไม่ควบคุมภูมิอากาศ (คงใช้กล่องทดสอบ และควบคุมภายในอาคารทดลองให้คงที่ด้วยเครื่องปรับอากาศ) และทำการวัดอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกกล่องทดลอง อุณหภูมิผิวผนังภายในและภายนอก และค่าการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ โดยหันผนังด้านทดสอบไปทางด้านทิศใต้

## 3) ผลการทดลอง

กรณีที่ 1 การเปรียบเทียบวัสดุก่อในสภาวะ ควบคุมอากาศภายในและไม่ควบคุมอากาศภายใน

- กรณีไม่ควบคุมอากาศภายในวัสดุที่มีมวลสารมากกว่าทำให้อุณหภูมิอากาศภายในมีค่าน้อย และช่วยลดความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุดได้ดีกว่าผนังที่มีมวลสารน้อยกว่า

- กรณีไม่ควบคุมอากาศภายใน ผนังอิฐ 8 นิ้ว มีช่องว่างอากาศมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของผิวภายในน้อยที่สุด และมีระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนนานที่สุด

- ผนังก่อมวลเบา มีศักยภาพในการป้องกันความร้อนที่สุด ใกล้เคียงกับผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว เมื่อพิจารณาค่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในเขตทดสอบ

- ผนังที่มีระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกมีศักยภาพในการต้านทานความร้อนใกล้เคียงกับผนังก่ออิฐ 8 นิ้ว มีช่องอากาศ ในเวลากลางวัน แต่ในเวลากลางคืนจะมีอุณหภูมิภายในเขตทดสอบต่ำกว่า

- กรณีไม่ควบคุมอากาศภายในวัสดุที่มีมวลสารมากกว่าทำให้อุณหภูมิอากาศภายในมีค่าน้อย และช่วยลดความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุดได้ดีกว่าผนังที่มีมวลสารน้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กรณีไม่ควบคุมอากาศภายในวัสดุที่มีมวลสารมากกว่าทำให้อุณหภูมิอากาศภายในมีค่าน้อย และช่วยลดความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุดได้ดีกว่าผนังที่มีมวลสารน้อยกว่า

- กรณีไม่ควบคุมอากาศภายในวัสดุที่มีมวลสารมากกว่าทำให้อุณหภูมิอากาศภายในมีค่าน้อย และช่วยลดความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุดได้ดีกว่าผนังที่มีมวลสารน้อยกว่า

- กรณีไม่ควบคุมอากาศภายใน ผนังอิฐ 8 นิ้ว มีช่องว่างอากาศมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของผิวภายในน้อยที่สุด และมีระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนนานที่สุด

- ผนังก่อมวลเบา มีศักยภาพในการป้องกันความร้อนที่สุด ใกล้เคียงกับผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว เมื่อพิจารณาค่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในเขตทดสอบ

- ผนังที่มีระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกมีศักยภาพในการต้านทานความร้อนใกล้เคียงกับผนังก่ออิฐ 8 นิ้ว มีช่องอากาศ ในเวลากลางวัน แต่ในเวลากลางคืนจะมีอุณหภูมิภายในเขตทดสอบต่ำกว่า

- กรณีไม่ควบคุมอากาศภายในวัสดุที่มีมวลสารมากกว่าทำให้อุณหภูมิอากาศภายในมีค่าน้อย และช่วยลดความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุดได้ดีกว่าผนังที่มีมวลสารน้อยกว่า

- กรณีไม่ควบคุมอากาศภายใน ผนังอิฐ 8 นิ้ว มีช่องว่างอากาศมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของผิวภายในน้อยที่สุด และมีระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนนานที่สุด

- ผนังก่อมวลเบา มีศักยภาพในการป้องกันความร้อนที่สุด ใกล้เคียงกับผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว เมื่อพิจารณาค่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายในเขตทดสอบ

- ผนังที่มีระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกมีศักยภาพในการต้านทานความร้อนใกล้เคียงกับผนังก่ออิฐ 8 นิ้ว มีช่องอากาศ ในเวลากลางวัน แต่ในเวลากลางคืนจะมีอุณหภูมิภายในเขตทดสอบต่ำกว่า

**กรณีที่ 2** ศึกษาปัจจัยทางด้านค่าการดูดกลืนความร้อนของพื้นผิวที่มีผลต่ออุณหภูมิผิววัสดุก่อทำในสภาวะปรับอากาศภายในและไม่ปรับอากาศภายใน

- ผนังที่มีค่าการดูดกลืนรังสีมาก อุณหภูมิผิวนอกจะสูงกว่าผนังที่มีค่าการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์น้อย ทั้งในกรณีปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกที่ค่าการดูดกลืนรังสีแตกต่างกันส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิผิวภายนอกอย่างมาก แต่จะส่งผลกับอุณหภูมิผิวภายในน้อยมาก ทั้งกรณีปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ

- ในกรณีปรับอากาศภายในผนังก่ออิฐ 8 นิ้ว มีช่องว่างอากาศที่มีค่าการดูดกลืนรังสีมากกว่า จะมีอุณหภูมิผิวภายในมากกว่าผนังก่ออิฐ 8 นิ้ว มีช่องว่างอากาศที่มีค่าการดูดกลืนรังสีต่ำ

กรณีที่ 3 ศึกษาปัจจัยทางด้านผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์ โดยตรงที่มีผลต่ออุณหภูมิผิววัสดุก่อ ทั้งในสภาวะปรับอากาศภายในและไม่ปรับอากาศภายใน

- ผนังทดสอบที่มีมวลสารเท่ากัน เมื่อผนังได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง อุณหภูมิผิวผนังภายนอกจะสูงกว่าผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ ทั้งในกรณีปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ

- ผนังทดสอบที่มีมวลสารเท่ากัน เมื่อผนังได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง อุณหภูมิผิวผนังภายนอกจะสูงกว่าผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ ทั้งในกรณีปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ

## 2.10 วัสดุไม้ประกอบพลาสติก

วัสดุไม้ประกอบพลาสติก หรือ Wood Plastic Composite ซึ่งในการค้ามีชื่อเรียกได้หลายชื่อ เช่น ไม้สังเคราะห์ ไม้พลาสติก หรือไม้เทียม ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ชื่อว่า Wood Wall Covering Material Synthesis หรือ ไม้ประกอบพลาสติก ซึ่งจัดเป็นวัสดุคอมโพสิตชนิดพอลิเมอร์คอมโพสิตที่ได้จากการนำเอาส่วนผสมของไม้ ไม้เลื่อยไม้ หรือเส้นใยไม้ กับพอลิเมอร์พลาสติก มาผ่านกระบวนการผลิตและขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ไม้สังเคราะห์ นับว่าเป็นแนวคิดของการสร้างวัสดุก่อสร้างที่มีลักษณะคล้ายไม้ ใช้งานได้เช่นเดียวกับไม้ ซึ่งไม้ธรรมชาติมีการเสื่อมสภาพตามอายุและสภาพการใช้งาน ดูดความชื้น ผุพังง่าย ถูกทำลายโดยปลวก มอด แมลง และติดไฟง่าย สมบัติเด่นของไม้สังเคราะห์คือ เหมือนจริง มีความแข็งแรงกว่าพลาสติก ทนทานต่อแสง UV ทนปลวก แมลงที่เป็นศัตรูของไม้ ปรับแต่งได้ทุกความต้องการ ขึ้นรูปขึ้นงานได้เร็ว และไม่ซึมน้ำ น้ำหนักเบา ประหยัดโครงสร้าง ไม้และสามารถลดความร้อนที่จะเข้าสู่อาคารได้ ไม้สังเคราะห์ (WPC) จึงเป็นนวัตกรรมวัสดุทดแทนไม้ที่มีคุณลักษณะบางประการที่ดีกว่าไม้ธรรมชาติ สามารถนำมาประกอบและประยุกต์การใช้งานอย่างไม่จำกัด เช่น งานพื้น งานระแนง งานฝ้า งานผนัง งานรั้ว จึงเป็นทางเลือกหนึ่งของการใช้วัสดุทดแทนไม้ในปัจจุบันที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และช่วยในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้

### ประเภทของไม้สังเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าแบ่งตามลักษณะของรูปร่างก็สามารถแบ่งได้เป็น แบบกวางและแบบตัน แต่ถ้าหากจะแบ่งประเภทของไม้สังเคราะห์ตามโพลีเมอร์พลาสติกที่ใช้เป็นส่วนผสม ก็สามารถแบ่งได้ดังนี้

- ไม้สังเคราะห์ (WPC) ที่มีส่วนผสมของ PE (Polyethylene) กับผงไม้
- ไม้สังเคราะห์ (WPC) ที่มีส่วนผสมของ PP (Polypropylene) กับผงไม้
- ไม้สังเคราะห์ (WPC) ที่มีส่วนผสมของ PVC (Polyvinyl chloride) กับผงไม้

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบคุณลักษณะและสมบัติของวัสดุไม้ประกอบพลาสติกและไม้ธรรมชาติ

วัสดุทดแทนไม้ (Wood Plastic Composite)	ไม้ธรรมชาติ (Natural Wood)
ทนทานต่อน้ำ ความชื้น แสงแดด	ไม่ทนน้ำ อาจบวมและบิดงอ
เป็นวัสดุไม่ลามไฟ	เป็นวัสดุติดไฟง่าย
ขึ้นรูปง่าย ไม่ต้องไสเรียบและอบแห้ง	มีเสี้ยนไม้ ต้องผ่านการไสเรียบและอบแห้ง
ไม่ต้องมีระบบกำจัดปลวกและแมลง	ต้องอบน้ำยาป้องกันปลวกและแมลง
ผลิตได้ตามขนาดที่ต้องการ ไม่มีเศษเหลือ	มีเศษเหลือจากการตัดแปรรูป
อายุการใช้งานมากกว่า 10 ปี	อายุการใช้งาน 3-5 ปี เริ่มผุพัง
สามารถนำกลับมารีไซเคิลได้	ไม่สามารถนำกลับมารีไซเคิล

ที่มา : พัชรี คำธิตา, Wood Plastic Composite,.

<http://www.rsu.ac.th/engineer/che/news/News%20Data/Wood%20Plastic%20Composite.pdf>, Chemical and material Engineering Rangsit University ภาควิชาวิศวกรรมเคมีและวัสดุ มหาวิทยาลัยรังสิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### การดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและวิเคราะห์วัสดุไม่ประกอบพลาสติก ที่มีระบบการผลิตและรูปลักษณะที่พิเศษ มีความสวยงามคล้ายไม้จริง มีความคงทน และมีหลากหลายรูปแบบให้เลือกใช้ และมีวิธีการติดตั้งที่สะดวกและง่าย

การทดลองนี้จะนำผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์ และสรุปผล เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงผนังก่อของอาคารให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ในการนำไปใช้เป็นผนังที่ช่วยลดความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการทดลองนำไปสู่การแก้ไขปัญหา และได้ข้อมูลทางอุณหภูมิ เพื่อเป็นแนวทางเลือกสำหรับผู้ต้องการปรับปรุงวัสดุผนังอาคารที่อยู่อาศัย หรือสำนักงานในอนาคตต่อไป

#### 3.1 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

##### 3.1.1 เครื่องมือเพื่อใช้ทดลองประสิทธิภาพการนำความร้อน

ในการทดลองนี้ใช้เครื่องบันทึกข้อมูล (Scientific Data Logger) เป็นตัวแปลงข้อมูลจากสายวัด สายวัดอุณหภูมิใช้สายเทอร์โมคัปเปิล ชนิด เค (Thermocouple Type K) ซึ่งมีหลักการทำงาน โดยอาศัยความต่างศักย์ของแรงดันไฟฟ้าที่ต่างกันตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ภายในสายเทอร์โมคัปเปิล ประกอบด้วยโลหะ 2 ประเภท คือ ทองแดงและเหล็ก เมื่อนำโลหะทั้ง 2 มาเชื่อมต่อกันจะทำให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้น) โดยค่าแรงดันไฟฟ้าจะถูกแปลงสัญญาณออกมาและบันทึกผลเป็นตัวเลขดิจิทัล โดยเครื่องหนึ่งจะบันทึกได้ 2 ช่องสัญญาณ



รูปที่ 3.1 อุปกรณ์เก็บข้อมูล Data logger และสายเทอร์โมคัปเปิล ชนิดเค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

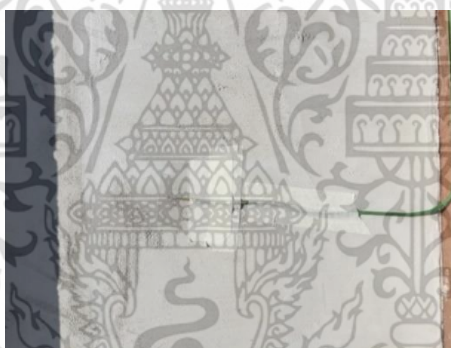
### 3.1.2 วิธีการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิล

1. นำสายเทอร์โมคัปเปิลมาสอดเข้ากล่องจากรูที่เจาะไว้ทางด้านหลังกล่อง 2 เส้น โดยเส้นแรกจะใช้วัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิล (Sensor) ที่ภายในกล่องทดลอง

2. นำสายเทอร์โมคัปเปิลเส้นที่สองมาแปะติดกับผนังทดลองเพื่อวัดอุณหภูมิผิวของผนังทดลอง



รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิล (Sensor) ที่ผิวภายในกล่องทดลอง

3. นำสายเทอร์โมคัปเปิล เส้นที่สามมาแปะติดกับผนังทดลองเพื่อวัดอุณหภูมิผิวด้านนอกของผนังทดลอง



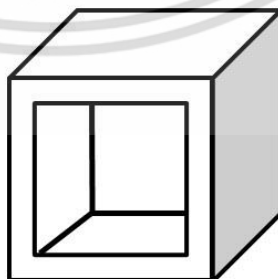
รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิล (Sensor) ที่ผิวนอกกล่องทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 กล่องทดสอบ

การทดลองนี้เป็นการทดลองคุณสมบัติของวัสดุผนัง หลายชนิดจึงต้องมีการสร้างกล่องทดสอบขึ้น เพื่อเป็นการควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ไม่ให้มีผลกระทบต่อ การทดลอง โดยได้ใช้กล่องทดลองด้านความร้อน ซึ่งมีคุณสมบัติคือ มีค่าถ่ายเทความร้อนต่ำ ค่ากักเก็บความร้อนต่ำ การดูดซับความร้อนต่ำและการถ่ายเทความชื้นต่ำ เพื่อเป็นตัวแปรควบคุมผลการทดลอง ที่สามารถประกอบติดตั้งและดูแลรักษาได้ง่าย และเลือกใช้กล่องทดลองที่ทำจากโพลีโพลีไทรีนที่มีคุณสมบัติค่าการนำความร้อนที่ต่ำเพียง  $0.032 \text{ W.}/(\text{m}\cdot\text{K})$  ที่สามารถช่วยป้องกันความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในได้ และยังป้องกันความชื้นและการซึมผ่านของน้ำได้เป็นอย่างดี โดยกล่องทดลองนั้นมีขนาด 0.9 เมตร x 0.9 เมตร x 0.9 เมตร กล่องหนา 0.15 เมตร โดยมีพื้นที่บริเวณช่องเปิดด้านหน้าสำหรับการติดตั้งวัสดุทดสอบขนาด 0.6 เมตร x 0.6 เมตร โดยกล่องทดสอบจะตั้งอยู่บนฐานเหล็กสูงจากพื้น 0.9 เมตร เพื่อลดการถ่ายเทรังสีความร้อนจากพื้น และเพื่อไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการทดสอบ จึงต้องมีการกำหนดคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. กล่องทุกกล่องจะต้องมีปริมาตรอากาศภายในกล่องเท่ากันทุกกล่อง
2. วัสดุที่นำมาใช้ทำกล่อง จะต้องมีความสามารถในการป้องกันความร้อนจากภายนอกเพื่อไม่ให้กระทบต่ออุณหภูมิอากาศภายในกล่อง
3. วัสดุที่นำมาทำผนังของกล่องทดสอบต้องมีมวลสารน้อย เนื่องจากไม่ต้องกาผลกระทบจากการกักเก็บความร้อน
4. สามารถป้องกันความชื้นได้
5. ผนังของกล่องจะต้องไม่มีการรั่วซึมของอากาศ (Infiltration) ต้องเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) มีความสม่ำเสมอ



รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะจำลองของกล่องทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

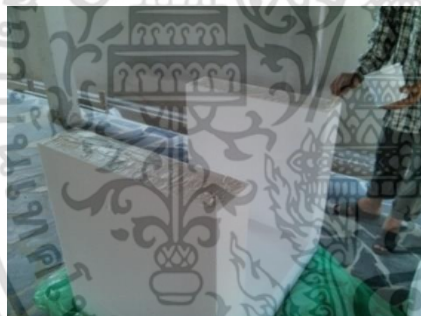
## ขั้นตอนการสร้างกล่องทดสอบ

- นำโฟมมาวางให้เป็นลักษณะกล่องสี่เหลี่ยมตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ขนาด 0.9 x 0.9 x 0.9 เมตร



รูปที่ 3.6 แสดงการจัดวางโฟมให้ตรงตำแหน่งที่จะทากาว

- ทำการทากาวพิเศษ บริเวณหน้าโฟม ที่จะทำการต่อกัน จากนั้นนำแผ่นโฟมที่ต้องการติดวางลงไปบนแผ่นโฟมที่ทากาวไว้แล้วให้ครบทุกด้าน



รูปที่ 3.7 ทากาวสำหรับโฟมแล้วติดให้ตรงตามตำแหน่งที่วางไว้

- ติดตั้งตะแกรงเหล็กเพื่อสำหรับยึดปูนให้มีความแข็งแรงมากขึ้น และติดตั้งแบบไม้ให้มีความสูงประมาณ 0.6 เซนติเมตร เพื่อรองรับการเทปูน



รูปที่ 3.8 แสดงการเตรียมการฉาบปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จากนั้นทำการผสมน้ำยาประสานคอนกรีตกันแตกร้าวในปูน ในอัตราส่วน ปูน ทราย น้ำยา  
คอนกรีต 1 : 2 : 400 โดยปริมาตร เมื่อผสมน้ำยาเสร็จ นำไปฉาบบนโฟมให้เต็มแผ่น เพื่อให้  
วัสดุเป็นเนื้อเดียวกัน



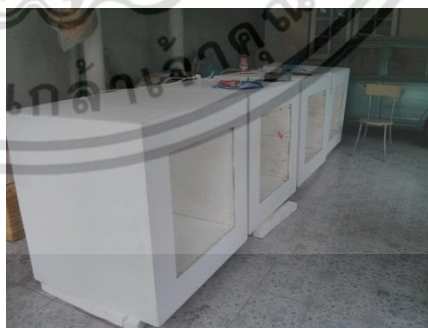
รูปที่ 3.9 แสดงขั้นตอนการผสมปูน

5. ทำการแต่งขอบให้เรียบเสมอกัน



รูปที่ 3.10 แสดงขั้นตอนการฉาบปูน

6. หลังจากรอให้ปูนเซตตัว 1 อาทิตย์ ทำการทาสีขาวเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการดูดความร้อน ตั้ง  
กล่องทดสอบทิ้งไว้ 1 อาทิตย์ทั้งหมด 3 กล่อง



รูปที่ 3.11 กล่องทดสอบที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 ผนังทดสอบ

ในงานวิจัยนี้แบ่งผนังทดสอบออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. วัสดุผนังประกอบโครงสร้าง ได้แก่ วัสดุอิฐบล็อก, วัสดุอิฐมอญ และวัสดุมวลเบา
2. วัสดุไม้ประกอบพลาสติก (Biowood) ที่มีความหนาต่างกัน จำนวน 3 รูปแบบ ได้แก่ ชนิด A (หนา 25 มม.), ชนิด B (หนา 18 มม.) และ ชนิด C (หนา 12 มม.)

#### 3.3.1 ผนังก่ออิฐมอญ

ทำการก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น เป็นการก่ออิฐที่วางแผ่นอิฐมอญตามความยาวของผนัง ทำให้ผนังนั้นจะมีความหนาเป็นปกติที่เราเห็นกันโดยทั่วไป คือ เมื่อฉาบปูนเสร็จแล้ว จะหนาประมาณ 10 เซนติเมตร สามารถคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังนี้ได้เท่ากับ  $0.34 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$  ตามรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.12 ผนังก่ออิฐมอญ

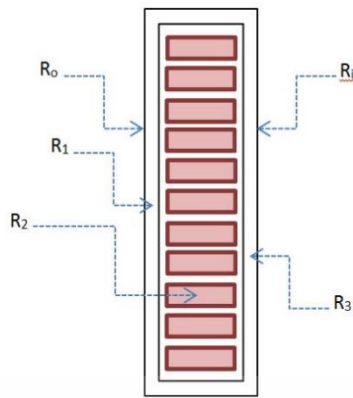
ที่มา: <http://topicstock.pantip.com/home/topicstock/2006/12/R4990958/R4990958.html>

#### ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติเฉพาะของอิฐมอญ

คุณสมบัติ	วัสดุอิฐมอญ
ความหนาแน่น ( $\text{kg./m}^3$ )	1615 - 1650
(ค่าการต้านทานความร้อน "R" (Resistivity – R value) ( $\text{m}^2\text{K/W}$ )	0.150
ค่าการนำความร้อน "k" (Conductivity – K value) ( $\text{W/m.K}$ )	0.473
ค่าความจุความร้อน "C" (Thermal Capacity) ( $\text{J/kg.K}$ )	800-1000

ที่มา: เอกสารเผยแพร่ แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$$R_0 = \text{ฟิล์มอากาศภายนอก} = 0.044 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_1 = \text{ปูนฉาบ} = 0.014 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_2 = \text{อิฐมวลฉนวน} = 0.150 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_3 = \text{ปูนฉาบ} = 0.014 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$R_i = \text{ฟิล์มอากาศภายใน} = 0.120 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$\text{จะได้ } R_T = 0.340 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$$

$$\text{จะได้ } U = 2.941 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$$

รูปที่ 3.13 ส่วนประกอบของผนังอิฐมวลฉนวน

### 3.3.2 ผนังก่ออิฐบล็อก

ก่ออิฐบล็อกลักษณะตามแนวยาวของผนัง โดยเริ่มก่อบล็อกก่อนแรกโดยคว่ำด้านหน้าลง หงายส่วนด้านล่างบล็อกขึ้นจัดให้ได้แนวและระดับที่ถูกต้อง ใช้เกรียงก่ออิฐตัดปูนก่อป้ายลงด้านข้างของก้อนแรกโดยลากจากด้านล่างขึ้นจนเต็มก้อน ความหนาปูนก่อ ประมาณ 0.5 - 1 ซม. และวางก้อนที่ 2 ให้ชิดกับก้อนแรก ปรับระดับด้วยเกรียงก่อและระดับน้ำแล้วก่อต่อไป



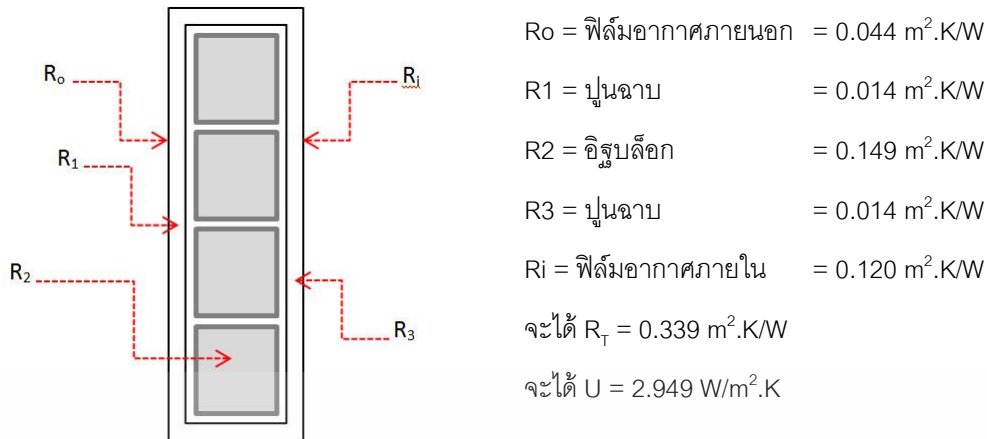
รูปที่ 3.14 ผนังก่ออิฐบล็อก

### ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติเฉพาะของอิฐบล็อก

คุณสมบัติ	วัสดุอิฐมวลฉนวน
ความหนาแน่น ( $\text{kg} / \text{m}^3$ )	765
(ค่าการต้านทานความร้อน "R" (Resistivity – R value) ( $\text{m}^2 \text{K} / \text{W}$ )	0.149
ค่าการนำความร้อน "k" (Conductivity – K value) ( $\text{W} / \text{m} \cdot \text{K}$ )	0.519
ค่าความจุความร้อน "C" (Thermal Capacity) ( $\text{J} / \text{kg} \cdot \text{K}$ )	-

ที่มา: เอกสารเผยแพร่ แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 ส่วนประกอบของผนังอิฐบล็อก

### 3.3.3 ผนังก่ออิฐมวลเบา

ก่ออิฐมวลเบาตามแนวยาวของผนัง โดยใช้ปูนก่อสำเร็จรูปป้ายลงไปตามแนวที่จะก่อ ผนังสูงประมาณ 1-5 ซม. จากนั้นใช้ปูนป้ายหนาประมาณ 2-3 มม. ตลอดแนวด้านล่างของอิฐ ก้อนแรก จัดให้ได้แนวและระดับที่ถูกต้อง วางอิฐก้อนที่ 2 ลงไปให้ชิดกับก้อนแรกไปจนกอบ ชั้นนี้ การก่ออิฐชั้นที่ 2 ก่อด้วยวิธีสลับแนวระหว่างแถวชั้นล่าง โดยให้แนวเหลื่อมอย่างน้อย 10 ซม. ทั้งแนวตั้งและแนวนอน



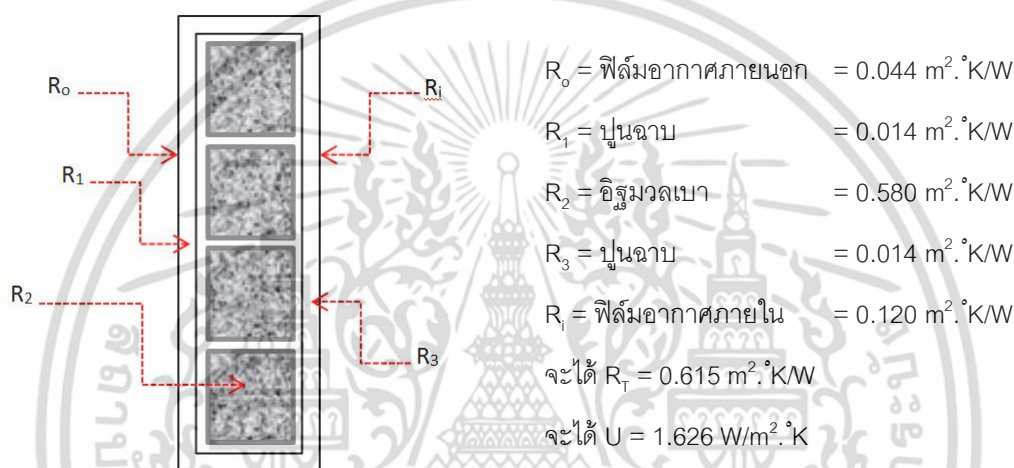
รูปที่ 3.16 ผนังก่ออิฐมวลเบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติเฉพาะของอิฐมวลเบา

คุณสมบัติ	วัสดุอิฐมวลเบา
ความหนาแน่น ( $\text{kg./m}^3$ )	550 - 640
(ค่าการต้านทานความร้อน "R" (Resistivity – R value) ( $\text{m}^2\text{K/W}$ )	0.58
ค่าการนำความร้อน "k" (Conductivity – K value) ( $\text{W/m.K}$ )	0.089 - 0.132
ค่าความจุความร้อน "C" (Thermal Capacity) ( $\text{J/kg.K}$ )	น้อยกว่าอิฐมอญ 2.5 เท่า

ที่มา: เอกสารเผยแพร่ แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน



รูปที่ 3.17 ภาพการประกอบการคำนวณค่าการต้านทานความร้อน

### 3.3.4 วัสดุไม้ประกอบพลาสติก

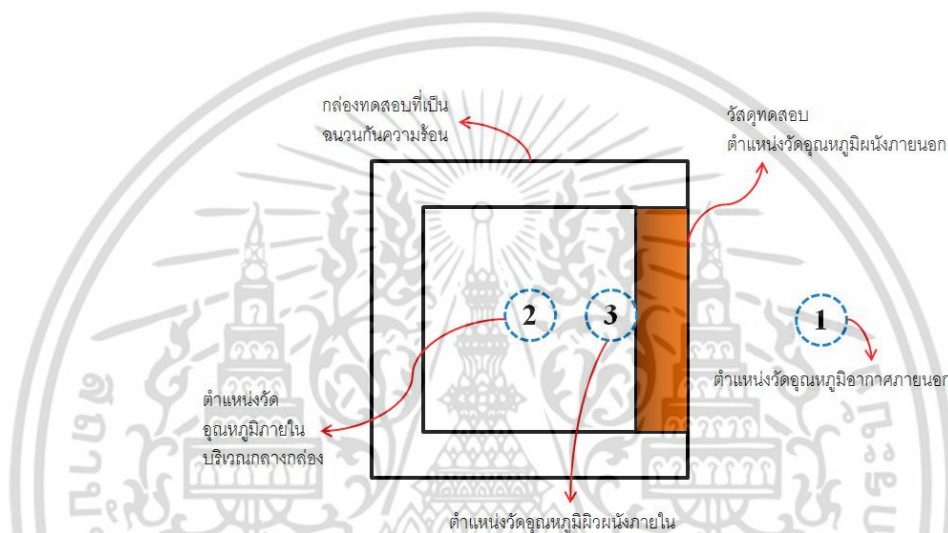
วัสดุไม้ประกอบพลาสติก เป็นวัสดุทดแทนไม้ยุคใหม่ที่น่าสนใจนวัตกรรมเครื่องจักรและการผลิตสมัยใหม่มาใช้ในการผลิต โดยมีส่วนประกอบของไม้จากป่าปลูก และพีวีซีผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติที่โดดเด่นเหนือกว่าไม้จริง แต่ยังคงรักษาเอกลักษณ์ รูปทรง สี และความ เป็นไม้ธรรมชาติไว้ดังเดิม สามารถใช้งานออกแบบตกแต่งภายในและภายนอก มีรูปแบบหลาย ให้เลือกใช้ ง่ายต่อการติดตั้งและบำรุงรักษาผู้ทำการทดสอบจึงเลือกวัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่ได้รับความนิยมในประเทศไทยมา 3 ชนิด คือ ชนิด A (หนา 25 มม.), ชนิด B (หนา 18 มม.) และ ชนิด C (หนา 12 มม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

#### 3.4.1 ขั้นตอนการทดสอบความน่าเชื่อถือของกล่องทดสอบ

กล่องทดสอบดังกล่าวนี้ทิ้งไว้ในร่มเป็นเวลา 1 เดือน เพื่อให้วัสดุเซตตัว จากนั้นทำการทดสอบก่อนทดลองจริงกล่องทดสอบ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อดูว่าแต่ละกล่องมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันหรือไม่ โดยวิธีการใช้แผ่นโฟมขนาด 1 นิ้ว ขนาด 0.6 เมตรx0.6 เมตร มาเป็นผนังทดสอบและวัดค่าต่างๆ ตามหมายเลข 1, 2 และ 3 ดังนี้



รูปที่ 3.18 แสดงตำแหน่งจุดวางหัววัดอุณหภูมิเพื่อการทดสอบกล่อง

#### 3.4.2 การทดสอบการถ่ายเทความร้อนและการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุ ก่อทั้ง 3 ชนิด

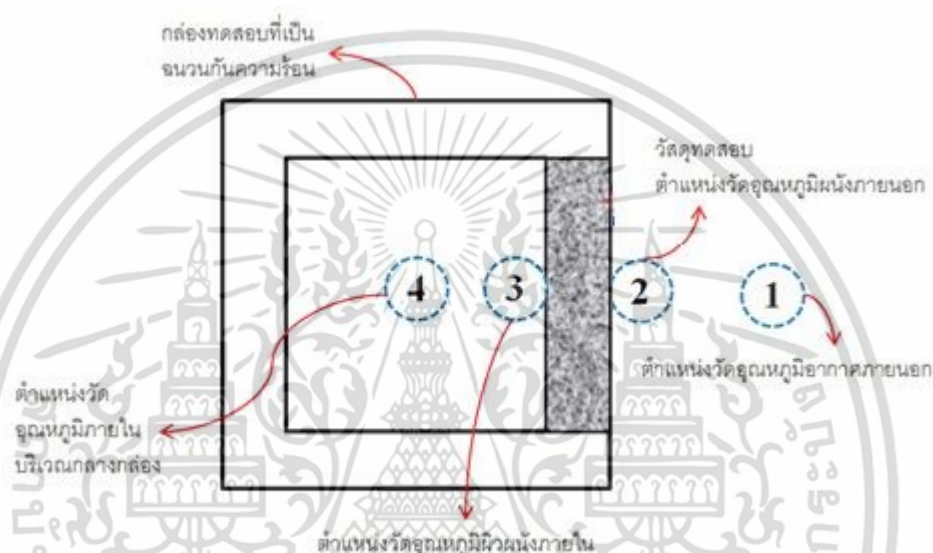
หลังจากทำการทดสอบความน่าเชื่อถือของกล่องทดลองแล้ว จึงเริ่มทำการทดลองตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เพื่อที่จะเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอก อุณหภูมิผิวภายใน อุณหภูมิภายในกล่อง และพฤติกรรมในการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุในช่วงเวลาต่างๆ จากสภาพแวดล้อมที่เหมือนกัน

โดยอุปกรณ์ที่ใช้คือ กล่องทดสอบที่ใช้ในการเก็บข้อมูลในวันและเวลาเดียวกัน สถานที่เดียวกัน เพื่อที่จะนำมาเปรียบเทียบข้อมูลในแต่ละชุดได้ โดยกล่องทดสอบทั้งหมดจะหันไปทางทิศใต้ทั้งหมด และเก็บข้อมูลทุกๆ ครึ่งชั่วโมงเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ผนังที่ใช้ทดสอบมีดังนี้

ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียดของกล่องทดสอบ

กล่องที่ 1	วัสดุผนังก่ออิฐบล็อก
กล่องที่ 2	วัสดุก่อผนังอิฐมวลเบา
กล่องที่ 3	วัสดุผนังก่ออิฐมวลเบา

โดยทำการวัดอุณหภูมิและบันทึกข้อมูลในจุดต่างๆของกล่องทดสอบ ดังนี้



รูปที่ 3.19 แสดงตำแหน่งจุดวางหัววัดอุณหภูมิของกล่องทดสอบผนังก่อต่างๆ

#### ขั้นตอนการติดตั้งวัสดุ

1. นำแผ่นวัสดุก่อที่เตรียมไว้มาใส่ในด้านหน้าของกล่องทดสอบ
2. ติดหัววัดเทอร์โมคัปเปิลไปบนผิววัสดุตามจุดที่กำหนดไว้ให้ครบแล้วปิดทับด้วยเทปเพื่อไม่ให้หัววัดสัมผัสกับอากาศโดยตรง
3. อุดรอยรั่วที่ขอบกล่องด้วยปูนบางๆ เพื่อไม่ให้มีอากาศจากภายนอกเข้าไปได้
4. บันทึกผลโดยอัตโนมัติทุกๆ 30 นาที โดยเครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 แสดงการทดสอบผนังก่อ โดยวางกล่องทดสอบบนอาคารกลางน้ำ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และหันหน้ากล่องไปทางทิศใต้

### 3.4.3 การทดสอบการถ่ายเทความร้อนและการหน่วงเหนี่ยวความร้อนโดยใช้วัสดุไม้ประกอบพลาสติก

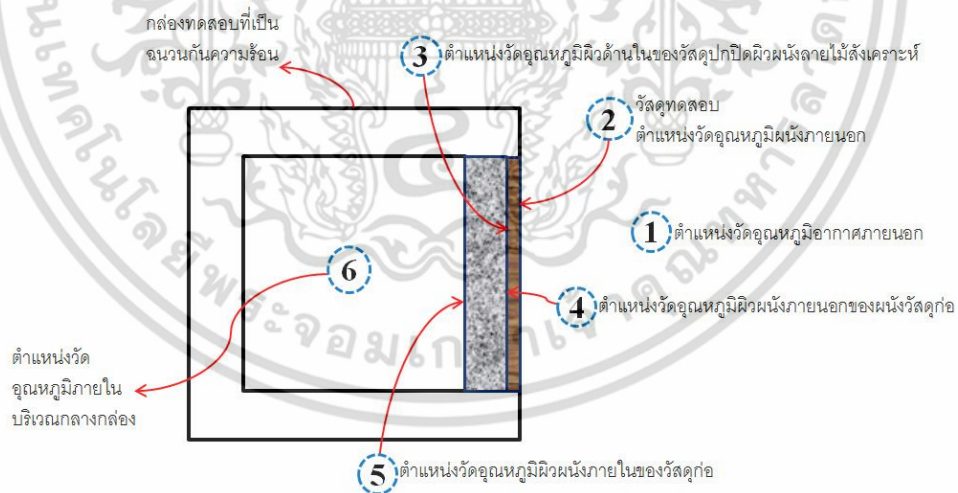
หลังจากทำการทดสอบการถ่ายเทความร้อนและการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุก่อทั้ง 3 ชนิดเรียบร้อยแล้ว ทำการทดสอบการถ่ายเทความร้อน และการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุไม้ประกอบพลาสติก เมื่อนำมาใช้กับวัสดุผนังก่อทั่วไป โดยจะเปรียบเทียบในกรณีดังต่อไปนี้ คือ

1. ในชุดของวัสดุก่อชนิดเดียวกัน แต่วัสดุไม้ประกอบพลาสติกต่างชนิดกัน
2. เปรียบเทียบในชุดของกรณีใช้วัสดุก่อเพียงอย่างเดียวกับกรณีที่มีการใช้วัสดุไม้ประกอบพลาสติกกับผนังก่อ

ตารางที่ 3.5 แสดงรายละเอียดการใช้วัสดุก่อและวัสดุไม้ประกอบพลาสติก

ชนิดของวัสดุก่อ	วัสดุไม้ประกอบพลาสติกสังเคราะห์ที่นำมาประยุกต์ใช้		
	A (หนา 25 มม.)	B (หนา 18 มม.)	C (หนา 12 มม.)
			
			
			

โดยจะทำการวัดอุณหภูมิในจุดต่างๆของกล่องทดสอบ ดังต่อไปนี้ คือ



รูปที่ 3.21 แสดงจุดวางหัววัดอุณหภูมิในกล่องทดสอบผนังก่อกับผนังไม้ประกอบพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.3.1 ขั้นตอนการติดตั้งวัสดุ

1. ใส่สายเทอร์โมคัปเปิล (sensor) ไปทางด้านหลังของกล่องทดสอบ เพื่อวัดอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบ หมายเลข ⑥ และที่ผิววัสดุด้านใน หมายเลข ⑤
2. นำแผ่นวัสดุที่เตรียมไว้มาใส่เข้าไปในด้านในของกล่องทดสอบและติดหัววัดเทอร์โมคัปเปิลที่ผิววัสดุด้านใน หมายเลข ⑤ เพื่อไม่ให้หัววัดสัมผัสกับอากาศโดยตรง
3. ติดหัววัดเทอร์โมคัปเปิลไปบนผิววัสดุที่จุดหมายเลข ④ แล้วปิดทับด้วยเทป เพื่อไม่ให้หัววัดสัมผัสกับอากาศโดยตรง
4. นำแผ่นวัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่ได้เตรียมไว้มาติดเข้ากับวัสดุที่จุดหมายเลข ④ โดยใช้หนีบยึดให้แน่น
5. จากนั้นติดหัววัดเทอร์โมคัปเปิลไปบนผิววัสดุที่จุดหมายเลข ③ และที่ผิววัสดุด้านนอกหมายเลข ② แล้วปิดทับด้วยเทป เพื่อไม่ให้หัววัดสัมผัสกับอากาศโดยตรง
6. อุดรอยรั่วที่ขอบกล่องด้วยซิลิโคน เพื่อไม่ให้มีอากาศจากภายนอกเข้าไปได้
7. บันทึกข้อมูลโดยอัตโนมัติ โดยเครื่องบันทึกข้อมูล



รูปที่ 3.22 แสดงการทดสอบการนำวัสดุไม้ประกอบพลาสติกมาใช้กับผนังก่อ

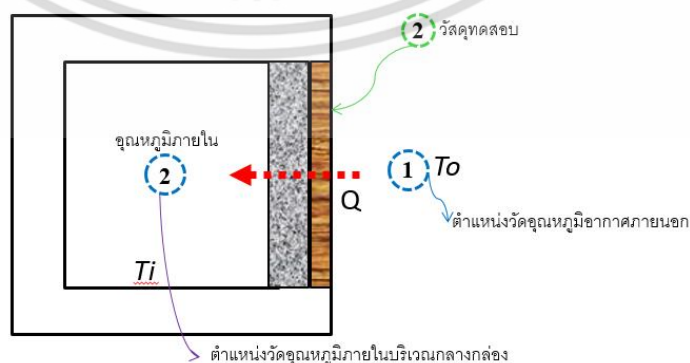


รูปที่ 3.23 แสดงการทดสอบการนำวัสดุไม้ประกอบพลาสติกมาใช้กับผนังก่อ โดยวางกล่องทดสอบบนอาคารกลางน้ำ ชั้นดาดฟ้า คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และหันหน้ากล่องไปทางทิศใต้

### 3.5 หลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ ของอุณหภูมิอากาศภายนอก และอุณหภูมิอากาศภายในของช่วงเวลาต่างๆ ( $\Delta T$ , Temperature Defferance) ที่เปลี่ยนไปตามตัวแปรค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ ซึ่งการหาค่าสามารถวัดได้โดยวัดอุณหภูมิอากาศภายนอกกล่องและวัดอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบ

พลังงานความร้อนที่เปลี่ยนแปลงอันเกิดจากการที่วัสดุได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ ดังนั้นวัสดุจึงเป็นวัสดุที่เป็นตัวแปรของพลังงานความร้อน ( $Q$ ) ที่ผ่านเข้ามาทำให้อุณหภูมิในกล่องทดสอบมีการเปลี่ยนแปลง โดยกำหนดให้ตั้งกล่องทดลองไว้ในสถานที่เดียวกัน และหันด้านทดสอบไปทางเดียวกัน



รูปที่ 3.24 แสดงลักษณะรูปตัดของกล่องทดลองและตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกรอบแนวความคิด สมการการถ่ายเทความร้อน  $Q = UA\Delta T$  โดยกล่องจะทำหน้าที่ควบคุมลักษณะของพื้นที่หน้าตัดในแต่ละกล่องทดลองให้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเท่ากัน จากการทบทวนงานวิจัยเรื่อง พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารที่มีมวลสารมาก พบว่ามีลักษณะของการทดลองและควบคุมตัวแปรต่างๆ จากสมการ ดังนั้นจึงสามารถกำหนดวิธีการนำสมการมาสร้างเครื่องมือได้ โดยวิเคราะห์ถึงลักษณะของแต่ละตัวแปรที่สามารถควบคุมได้และควบคุมไม่ได้ดังนี้

1) พื้นที่หน้าตัด (A) ของวัสดุทดลอง

จากสมการ  $Q = UA\Delta T$  นั้น พื้นที่หน้าตัดของวัสดุทดลองที่ถูกติดตั้งอยู่ที่บริเวณด้านหนึ่งของกล่อง ซึ่งจะกำหนดให้มีขนาดเท่าๆกัน



พื้นที่หน้าตัด A

จากสูตร  $Q = UA\Delta T$

รูปที่ 3.25 แสดงลักษณะพื้นที่หน้าตัดที่กล่องทดลอง

2) เครื่องมือการวัดค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ  $\Delta T$

จากสมการการถ่ายเทความร้อน  $Q = UA\Delta T$  นั้น โดย  $\Delta T$  คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายใน ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิมีความต่างมากเท่าไร ก็จะเป็นตัวชี้วัดถึงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของวัสดุนั้นๆ ว่ามีคุณสมบัติในการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกได้มากเท่าไร

จากสมการถ่ายเทความร้อน  $Q = UA\Delta T$  นั้น โดย U คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน มีหน่วยเป็น  $W/m^2K$  ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน คือ ส่วนกลับของค่าความต้านทานความร้อนรวม ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$U = 1/R_{รวม}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่  $R_{\text{รวม}} =$  ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุ

หากวัสดุมีค่า  $U$  ที่ต่ำมาก ๆ สามารถอธิบายได้ว่าวัสดุนั้นสามารถช่วยลดความร้อนจากภายนอกได้มากเท่านั้น ตัวอย่างเช่น ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ของกระจกเป็นค่าที่แสดงพลังงานความร้อนที่ผ่านเข้ามาภายในตัวอาคาร ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุแต่ละชนิดนั้นจะเป็นตัวแปรที่ทำให้เกิดค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ

ดังนั้นจากสมการข้างต้น พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ จะเป็นตัวแปรที่ทำให้ทราบถึงค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ  $\Delta T$  ของวัสดุ โดยมีค่าพื้นที่หน้าตัด  $A$  จะถูกควบคุมให้เท่ากัน และค่าการถ่ายเทความร้อน  $Q$  ดังนั้นในการทดลองเพื่อหาการถ่ายเทความร้อนจะใช้กล่องทดสอบที่มีลักษณะเดียวกัน และได้รับปริมาณความร้อนที่เท่าๆกัน ทดลองในสถานที่เดียวกันและมีสภาพอากาศที่เหมือนกัน ซึ่งข้อมูลที่ได้จะถูกนำไปวิเคราะห์ต่อไปได้

### 3.6 ผังแสดงขั้นตอนการทดลอง

การดำเนินการวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆตามลำดับดังนี้



**รูปที่ 3.26** แสดงแผนภาพขั้นตอนการทดลองต่างๆ ในการดำเนินงานวิจัย

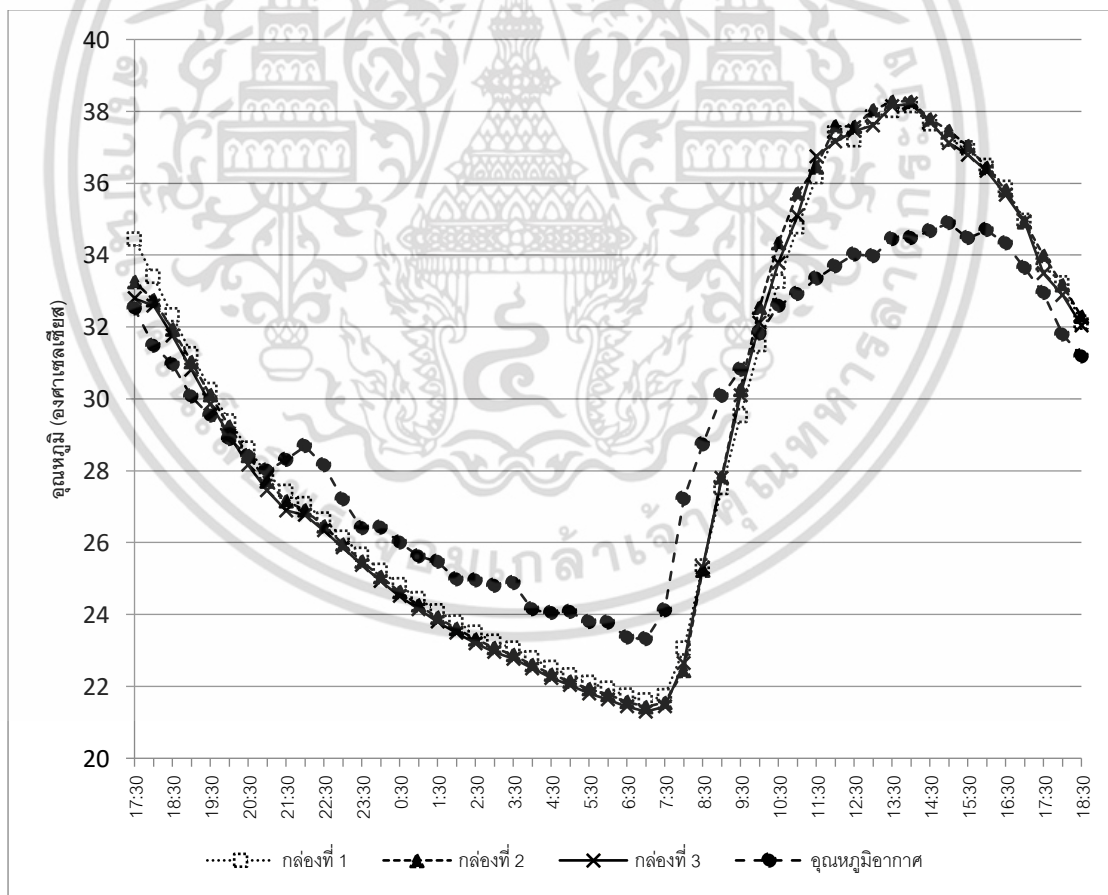
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นว่าเป็นประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการศึกษางานวิจัย

#### 4.1 การทดสอบความน่าเชื่อถือของกล่องทดสอบ

การทดสอบความน่าเชื่อถือของกล่องทดสอบ เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลนั้น จำเป็นที่กล่องทดสอบจะต้องมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด เพื่อไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการทดสอบขึ้น โดยกล่องทดลองนั้นมีขนาด 0.9 เมตร x 0.9 เมตร x 0.9 เมตร กล่องหนา 0.15 เมตร โดยมีพื้นที่บริเวณช่องเปิดด้านหน้าสำหรับการติดตั้งวัสดุทดสอบเท่ากับ 0.6 เมตร x 0.6 เมตร โดยการทดสอบความน่าเชื่อถือกล่องทดสอบจะใช้โฟมหนา 1 นิ้ว ที่มีขนาดเท่าหน้าตัดของกล่องทดสอบมาติดตั้ง และทำการวัดอุณหภูมิ โดยจะพิจารณาเฉพาะอุณหภูมิอากาศกลางกล่องเท่านั้น



รูปที่ 4.1 การทดสอบความน่าเชื่อถือของการทดลอง โดยบันทึกอุณหภูมิภายในทั้ง 3 กล่อง และอุณหภูมิอากาศ ณ วันที่ 2-4 กุมภาพันธ์ 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดสอบ พบว่า เมื่อนำโฟมมาปิดในด้านที่ใช้ติดตั้งผนังแล้วค่าที่ได้จากการวัดอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของแต่ละกล่องมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน จึงแสดงให้เห็นว่ากล่องทดสอบทั้ง 3 กล่องนี้ มีคุณสมบัติที่เหมือนกันจึงเปรียบเสมือนว่ากล่องเป็นแบบเดียวกัน จึงสามารถใช้ทดสอบวัสดุที่จะนำมาทดสอบได้ทั้ง 3 กล่อง

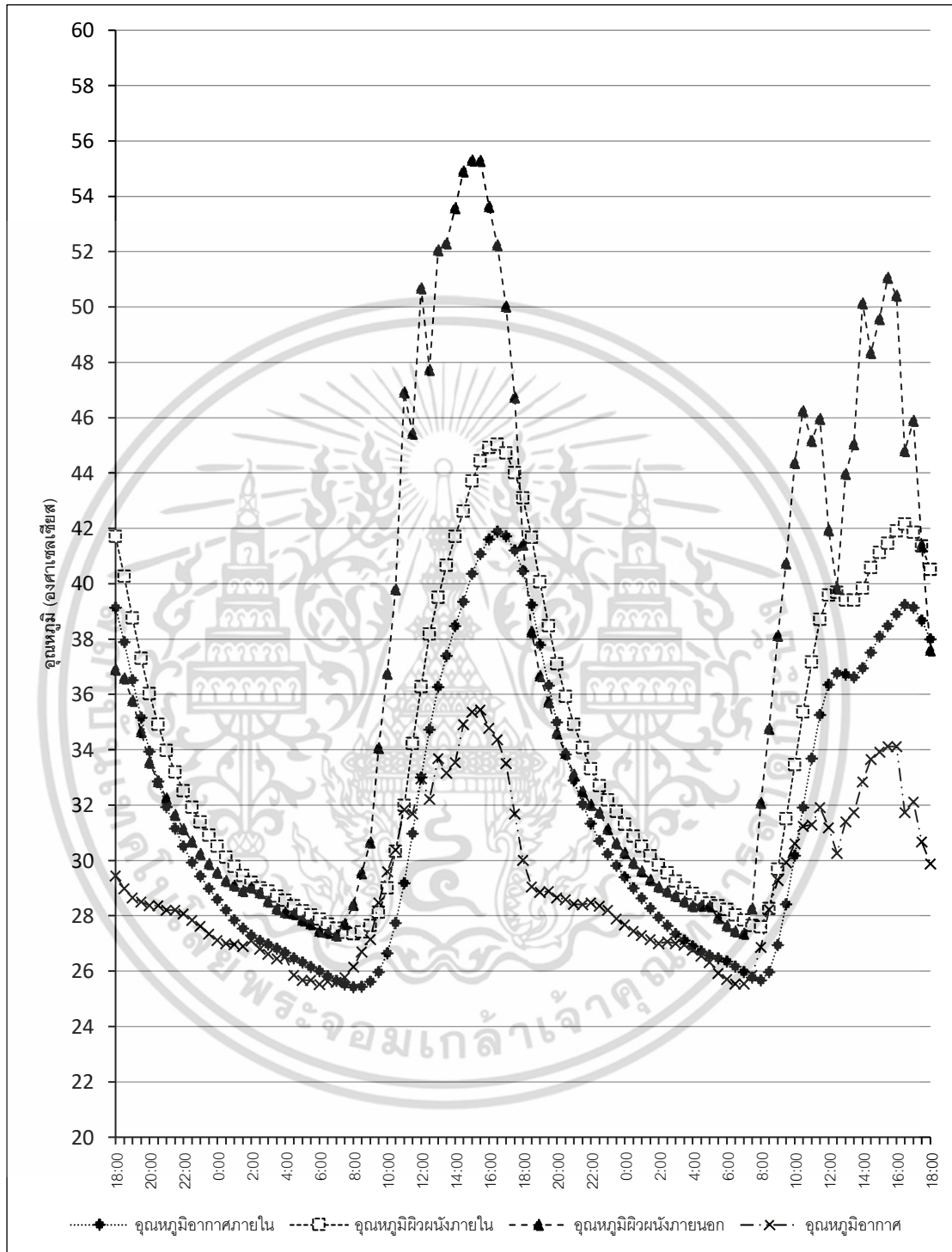
#### 4.2 การทดสอบผนังอิฐ 3 ชนิด อิฐบล็อก อิฐมอญ และ อิฐมวลเบา

การทดสอบตามสมมติฐานที่ตั้งไว้เพื่อทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอก อุณหภูมิผิวภายใน และอุณหภูมิภายในกล่อง และศึกษาถึงพฤติกรรมทางความร้อนของวัสดุก่อทั้ง 3 ชนิดคือ 1 ผนังวัสดุก่อมวลเบา 2 ผนังวัสดุก่ออิฐบล็อก และ 3 ผนังวัสดุก่ออิฐมอญแดง ในช่วงเวลาต่างๆ ตามสภาพแวดล้อมจริง โดยกล่องทดสอบทั้งหมดจะหันไปทางทิศใต้ และเริ่มเก็บข้อมูลทุกๆครึ่งชั่วโมง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง



รูปที่ 4.2 แสดงภาพลักษณะการวางกล่องทดสอบจริง

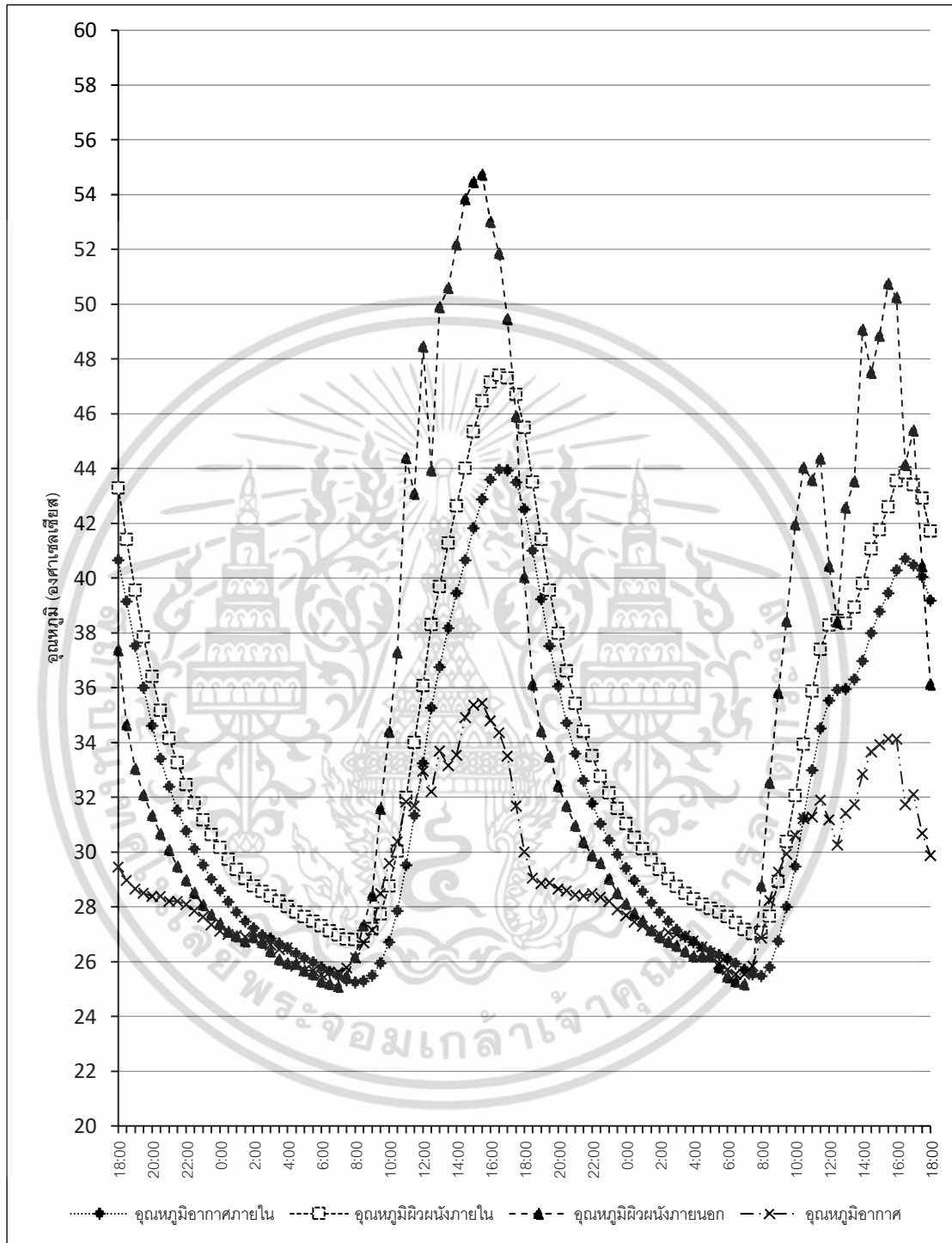
#### 4.2.1 ผนังอิฐมวลเบา



ทดสอบในสภาพแวดล้อมเดียวกันเป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยหันวัสดุไปทางทิศใต้ (ในวันที่ 7-9 ธันวาคม 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2 ผนังอิฐบล็อก

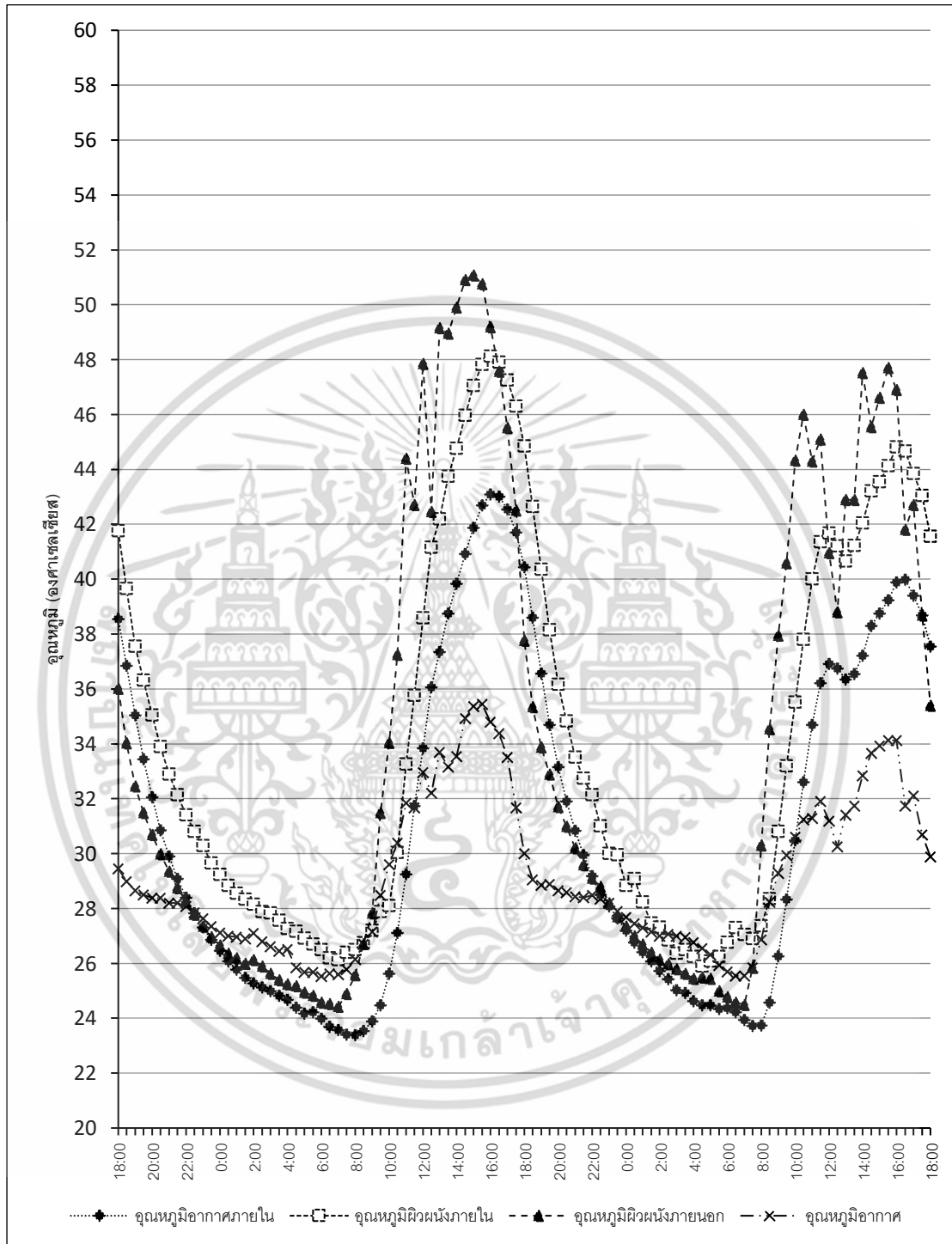


รูปที่ 4.4 แสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ของกล่องทดสอบผนังอิฐบล็อก

ทดสอบในสภาพแวดล้อมเดียวกันเป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยหันวัสดุไปทางทิศใต้ (ในวันที่ 7-9 ธันวาคม 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.3 ผังอิฐมอญ

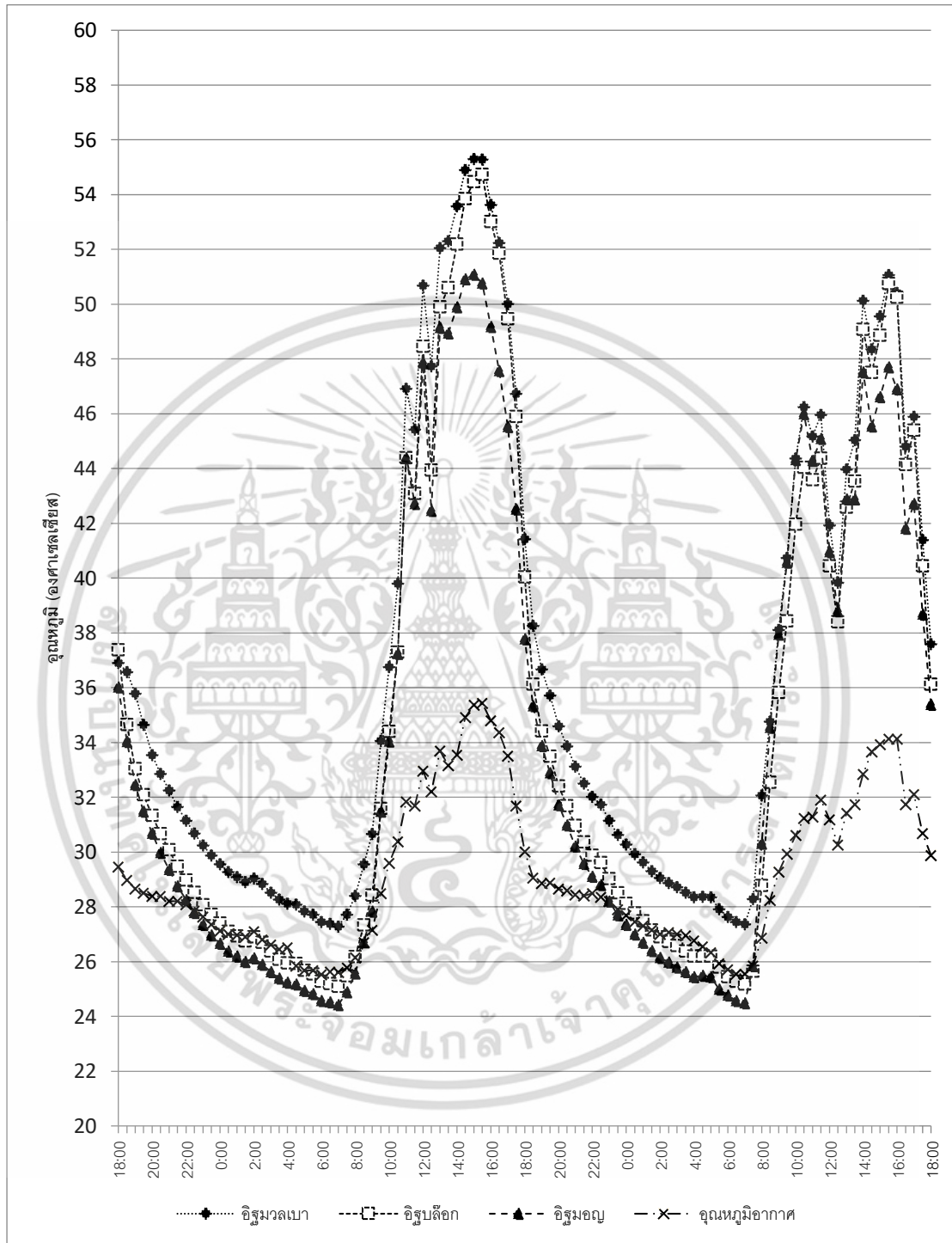


รูปที่ 4.5 แสดงอุณหภูมิส่วนต่างๆ ของกล่องทดสอบผนังอิฐมอญ

ทดสอบในสภาพแวดล้อมเดียวกันเป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยหันวัสดุไปทางทิศใต้ (ในวันที่ 7-9 ธันวาคม 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

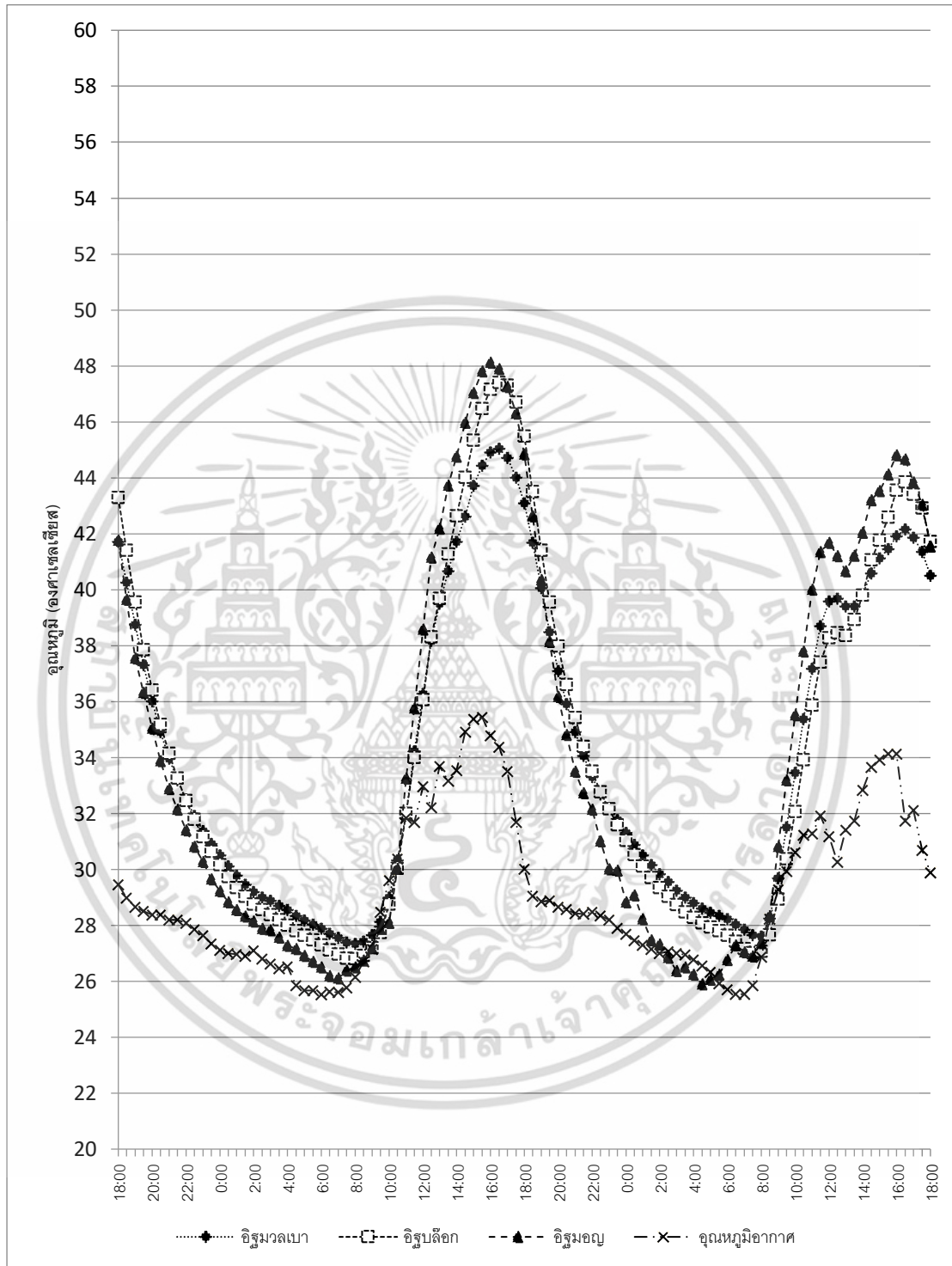
#### 4.2.4 การเปรียบเทียบของอุณหภูมิผิวภายนอกกล่องทดสอบของผนังก่อทั้ง 3 ชนิด



รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบของอุณหภูมิผิวผนังภายนอกของผนังก่อทั้ง 3 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

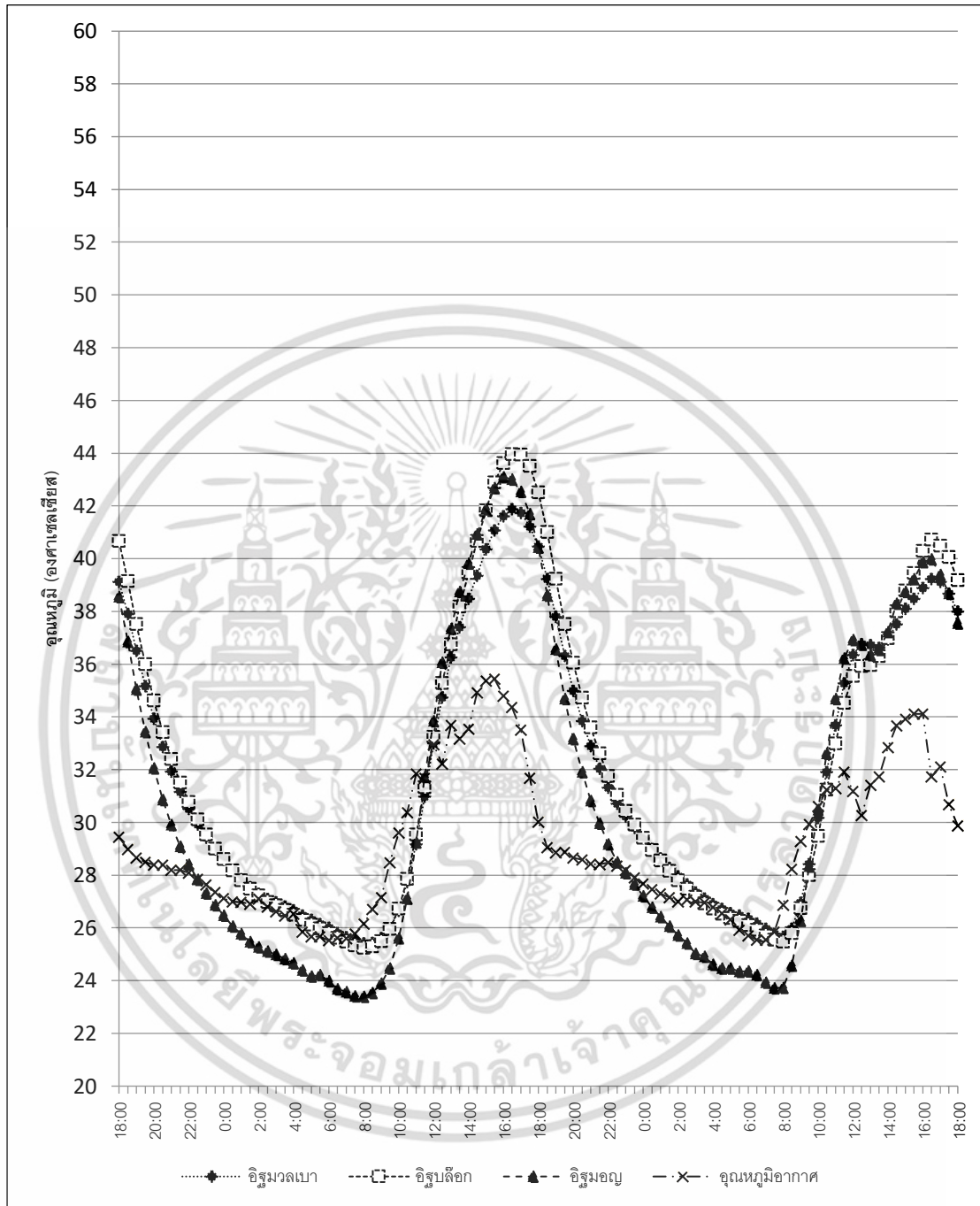
#### 4.2.5 การเปรียบเทียบของอุณหภูมิผิวภายในกล่องทดสอบของผนังก่อทั้ง 3 ชนิด



รูปที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบของอุณหภูมิผิวผนังภายในของผนังก่อทั้ง 3 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.6 การเปรียบเทียบของอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบของผนังก่อทั้ง 3 ชนิด



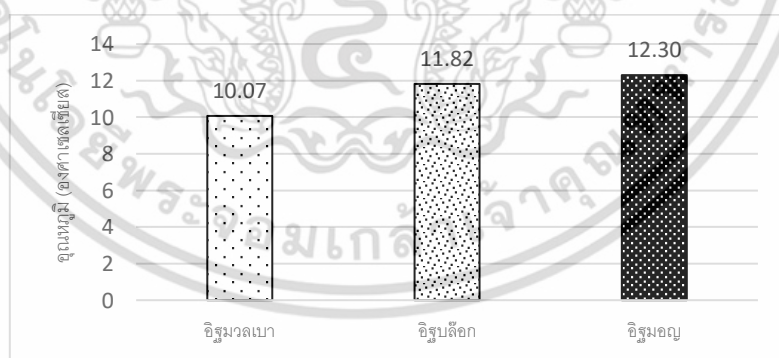
รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบของอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบของผนังก่อทั้ง 3 ชนิด

เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิอากาศภายใน พบว่าในเวลากลางวันอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบของผนังอิฐมวลเบาจะมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับผนังชนิดอื่นๆ และในเวลากลางคืนผนังจะเริ่มคายความร้อนที่สะสมอยู่ในมวลสารออกสู่ภายนอก ส่งผลให้มีอุณหภูมิที่ผิวผนังภายในสูงกว่าผิวผนังภายนอก ถ้าพิจารณาถึงอุณหภูมิอากาศภายนอกเป็นหลัก จะพบว่าอุณหภูมิของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น เมื่อผู้เผยแพร่เห็นแก่ประโยชน์ของเอกสารนี้ ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้ที่เกี่ยวข้อง หากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อผู้เผยแพร่เอกสารนี้ได้ที่ โทร. 02-254-4000 หรือที่เว็บไซต์ www.sri.ac.th

วัสดุทั้ง 3 ชนิด จะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศภายนอก แต่เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละรูปแบบของผนัง พบว่า อุณหภูมิอากาศภายในของผนังที่มีมวลสารน้อยจะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ จึงทำให้มีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำสุดในเวลากลางวัน และมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดในเวลากลางคืน ส่วนผนังมวลสารมากจะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูง ก็จะมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดในเวลากลางวัน และมีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำสุดในเวลากลางคืนของกลุ่มผนังทดสอบนี้

จากการทดสอบผนังที่วัสดุทั้ง 3 ชนิด เมื่อพิจารณาในเรื่องของมวลสารของวัสดุ ก่อที่แตกต่างกัน ได้แก่ ผนังอิฐมวลเบา ผนังอิฐบล็อก และผนังอิฐมอญ พบว่า เมื่อมีปริมาณความร้อนที่ให้กับวัสดุผนังเท่ากันแล้ว อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ผิววัสดุไม่เท่ากัน โดยพบว่า วัสดุที่มีมวลสารมาก จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวภายนอกช้ากว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อย และพบว่ามีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด (Temperature Swing) ที่สูงกว่า ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงมวลอุณหภาพของวัสดุแล้ว ยังต้องพิจารณาค่าความร้อนจำเพาะ และค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนอีกด้วย ซึ่งพบว่าผนังอิฐมวลเบา แม้จะมีมวลอุณหภาพ(Thermal Mass)ที่ต่ำกว่า แต่มีค่าความร้อนจำเพาะ (Speccific Heat, Cp) มากกว่า และค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ที่น้อยกว่า จึงทำให้ผนังอิฐมวลเบา มีค่า ความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด น้อยกว่าผนังที่มีมวลสารมากทั้งสองชนิด ซึ่งหมายถึง มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้อย



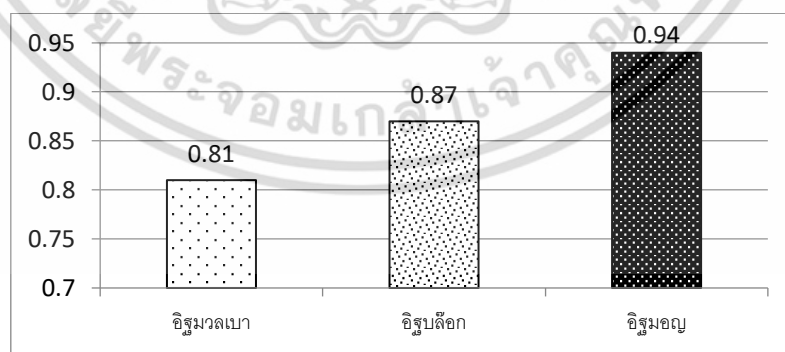
รูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ของอากาศภายในกล่องทดสอบทั้ง 3 ชนิด

เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุทั้ง 3 ชนิด พบว่า ทันที่ที่ผิวผนังได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงเช้า วัสดุทุกชนิดเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ผิวภายนอกในทันที และมีอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่ออิทธิพลจากรังสีเอกซาร์นี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดวงอาทิตย์เพิ่มมากขึ้นในช่วงเที่ยง อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวภายนอกเริ่มเปลี่ยนแปลงไป เมื่อพิจารณาจากกราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุทั้ง 3 ชนิด พบว่า ผนังอิฐมวลเบาจะมีอุณหภูมิผิวสูงที่สุด เนื่องจากวัสดุก่อทั้ง 3 ชนิด มีความหนาที่ใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 10 เซนติเมตร แต่ความหนาแน่นของวัสดุอิฐมวลเบามีค่าน้อยกว่าผนังอิฐบล็อก และผนังอิฐมอญ ดังนั้นเมื่อมวลสารน้อยกว่า เมื่อได้รับปริมาณความร้อนที่เท่ากัน จึงทำให้ผนังอิฐมวลเบาอิมตัวได้เร็วกว่า อุณหภูมิที่ผิวจึงสูงที่สุดได้เร็วกว่า

เป็นที่น่าสังเกตว่า ในเวลาที่อุณหภูมิผิวของผนังอิฐมวลเบาขึ้นสูงสุดนั้น ใกล้เคียงกับเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดเช่นกัน เนื่องจากความหนาแน่นของผนังอิฐมวลเบาน้อยกว่าผนังชนิดอื่นๆ จึงมีการสะสมความร้อนได้น้อยกว่า ในขณะที่อิฐบล็อก และอิฐมอญมีมวลสารมากกว่าจึงทำให้สะสมปริมาณความร้อนได้อีกเรื่อยๆ ทำให้อุณหภูมิที่ผิวผนังยังมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ

ในช่วงบ่ายอุณหภูมิอากาศภายนอกเริ่มลดลง อัตราการลดลงของอุณหภูมิที่ผิวภายนอกของผนังอิฐมวลเบามีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งอุณหภูมิอากาศลดลงต่ำสุดที่เวลา 06.00 น. อุณหภูมิผิวผนังอิฐมอญจะมีอุณหภูมิผิวต่ำสุด ขณะที่ผนังอิฐมวลเบา ช่วงเวลาดังกล่าวกลับมีอุณหภูมิสูงกว่าผนังชนิดอื่นๆ เนื่องจากผนังของอิฐมวลเบามีค่าความร้อนจำเพาะมากกว่า จึงทำให้มีอุณหภูมิผิวภายนอกสูงกว่า และเมื่อพิจารณาถึงค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดและอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด (Decrement Factor) พบว่าผนังอิฐมวลเบามีค่าต่ำที่สุด เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ต่ำกว่าชนิดอื่นๆ ซึ่งหมายถึงความร้อนที่ผ่านผนังอิฐมวลเบาได้น้อยที่สุด



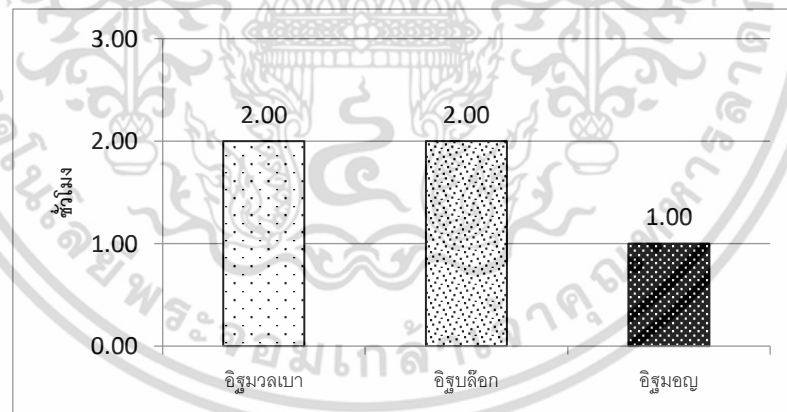
รูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบค่า Decrement Factor ของผนังก่อทั้ง 3 ชนิด

เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิอากาศภายใน พบว่าในเวลากลางวันอุณหภูมิภายในกล่อง

ทดสอบของผนังอิฐมวลเบาจะมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับผนังชนิดอื่นๆ และในเวลากลางคืนผนังเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเริ่มคายความร้อนที่สะสมอยู่ในมวลสารออกสู่ภายนอก ส่งผลให้มีอุณหภูมิที่ผิวผนังภายในสูงกว่าผิวผนังภายนอก ถ้าพิจารณาถึงอุณหภูมิอากาศภายนอกเป็นหลัก จะพบว่าอุณหภูมิของวัสดุก่อทั้ง 3 ชนิด จะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศภายนอก แต่เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละรูปแบบของผนัง พบว่า อุณหภูมิอากาศภายในของผนังที่มีมวลสารน้อยจะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ จึงทำให้มีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำสุดในเวลากลางวัน และมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดในเวลากลางคืน ส่วนผนังมวลสารมากจะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูง ก็จะมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดในเวลากลางวัน และมีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำสุดในเวลากลางคืน

การห้วงเหนี่ยวความร้อน (Time lag) ของวัสดุผนังทั้งหมด พบว่า ผนังอิฐมวลเบาและผนังอิฐบล็อกมีค่าการห้วงเหนี่ยวความร้อนน้อยที่สุด เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีมวลอุณหภูมิต่ำ และมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ( $k$ ) ต่ำ แต่มีค่าความร้อนจำเพาะ ( $Cp$ ) สูง ทำให้ความร้อนเข้าสู่ผนังภายในและภายในกล่องทดสอบได้ช้าๆ ทำให้ในเวลากลางวันอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบของผนังมวลเบต่ำที่สุด ส่วนผนังอิฐมอญ เป็นวัสดุที่มีมวลอุณหภูมิต่ำสูง มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ( $k$ ) สูง แต่มีค่าความร้อนจำเพาะ ( $Cp$ ) ต่ำ จึงทำให้ความร้อนเข้าสู่ภายในกล่องทดสอบได้เร็วกว่าและวัสดุอิมิตัวจากการสะสมได้เร็วกว่า จึงทำให้มีค่าการห้วงเหนี่ยวความร้อนที่น้อยกว่าผนังทั้ง 2 ชนิด

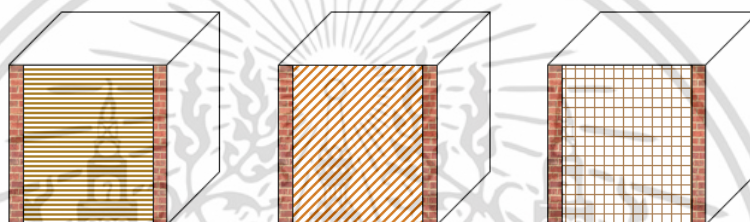


รูปที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบค่าการห้วงเหนี่ยวความร้อนของผนังก่อทั้ง 3 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของวัสดุไม้ประกอบพลาสติก

หลังจากทำการทดสอบตามสมมติฐานที่ตั้งไว้เพื่อทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอก อุณหภูมิผิวภายใน และอุณหภูมิภายในกล่อง และศึกษาถึงพฤติกรรมทางความร้อนของวัสดุทุกทั้ง 3 ชนิด ในช่วงเวลาต่างๆ ตามสภาพแวดล้อมจริงเรียบร้อยแล้วจึงนำวัสดุทดแทนไม้ 3 รูปแบบ มาประยุกต์ใช้กับผนังอิฐมอญ, อิฐบล็อก และอิฐมวลเบา เพื่อจำลองการป้องกันความร้อนให้กับผนังอาคารดังกล่าว โดยการบันทึกผลอุณหภูมิทุก 30 นาที เป็นเวลา 48 ชั่วโมง



รูปที่ 4.12 แสดงลักษณะการทดลองการนำวัสดุไม้ประกอบพลาสติกทั้ง 3 ชนิด มาใช้กับอิฐมอญ, อิฐบล็อก และอิฐมวลเบา ตามลำดับ

#### 4.3.1 ผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกมาใช้กับผนังอิฐมอญ

##### 4.3.1.1 ผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด A หนา 25 มิลลิเมตร

หันวัสดุไปทางทิศใต้ พบว่า ขณะที่อากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (13 ถึง 15 เมษายน 2558)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ 35.70 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาประมาณ 15.00 น.

อุณหภูมิกอากาศต่ำสุดอยู่ที่ 24.63 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาประมาณ 06.30 น.

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 42.98 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 12.30 น.

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 34.56 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 19.00 น.

ค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุเป็นเวลาทั้งหมด 3.30 ชั่วโมง

ช่วงเวลาที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิกอากาศเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ที่เวลา 08.30-16.30 น.

อุณหภูมิกอากาศภายในกล่องทดสอบสูงสุด เท่ากับ 35.04 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 18.30 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

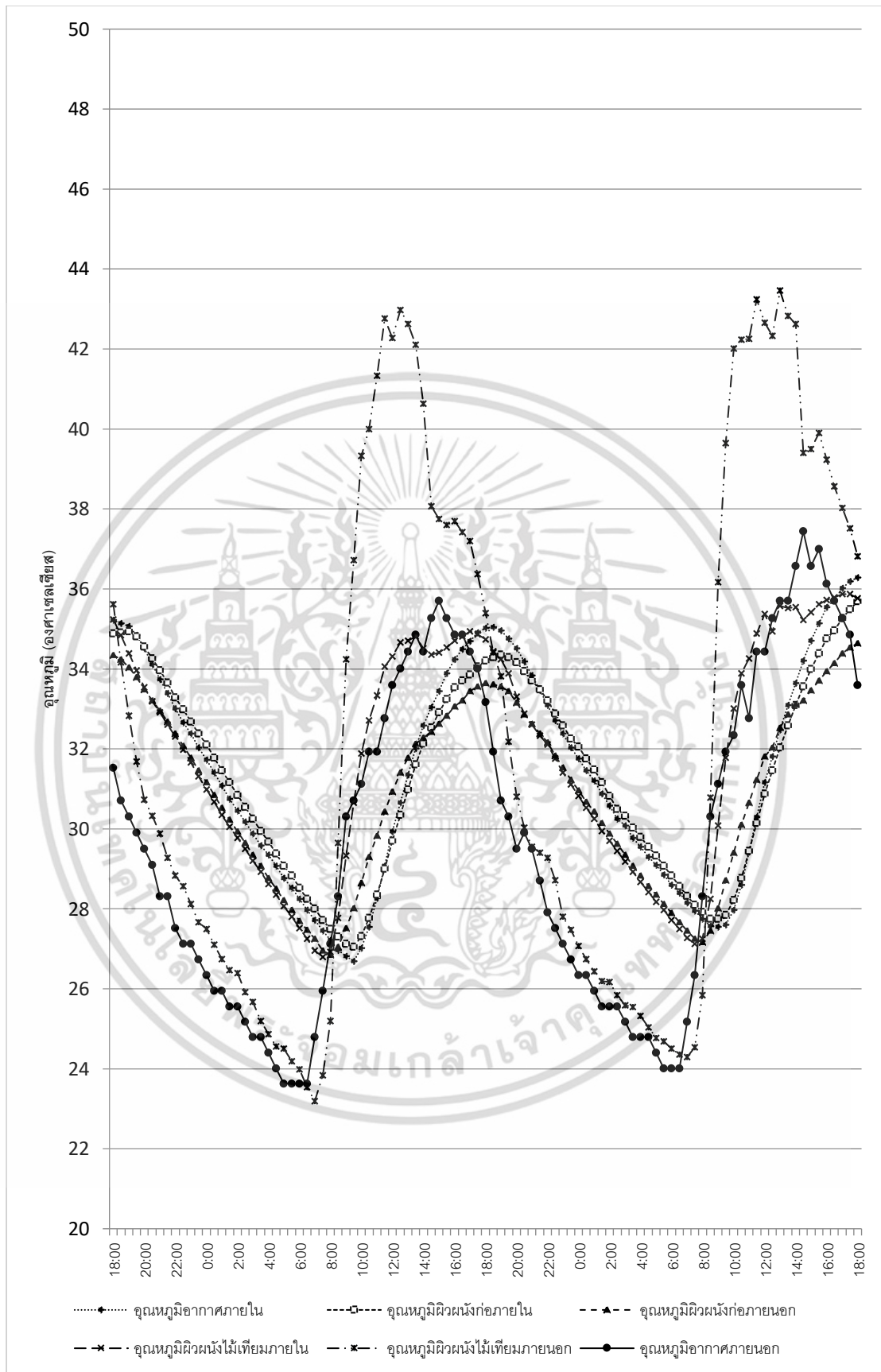
อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบต่ำสุด เท่ากับ 26.69 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 09.30 น.

ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกล่องสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด (Temperature Swing) เท่ากับ 8.25 องศาเซลเซียส

ค่าเฉลี่ย (Mean Temperature) ของอุณหภูมิภายในกล่อง เท่ากับ 30.99 องศาเซลเซียส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 แสดงผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด A หนา 25 มิลลิเมตร เมื่อใช้กับ

อิฐมอญเป็นเวลา 48 ชั่วโมง (13 เมษายน ถึง 15 เมษายน 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้แก้ไขประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3.1.2 ผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด B หน้า 18 มิลลิเมตร

หันวัสดุไปทางทิศใต้ พบว่า ขณะที่อากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (13 ถึง 15 เมษายน 2558)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ 35.70 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาประมาณ 15.00 น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ 24.63 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาประมาณ 06.30 น.

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 44.63 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 12.30 น.

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 35.59 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 19.00 น.

ค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุเป็นเวลาทั้งหมด 3.30 ชั่วโมง

ช่วงเวลาที่อุณหภูมิวัสดุต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเป็นเวลา 7.30 ชั่วโมง ที่เวลา 08.30-16.00 น.

อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบสูงสุด เท่ากับ 35.51 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 18.30 น.

อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบต่ำสุด เท่ากับ 27.16 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 09.30 น.

ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกล่องสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด (Temperature Swing)

เท่ากับ 8.35 องศาเซลเซียส

ค่าเฉลี่ย (Mean Temperature) ของอุณหภูมิภายในกล่อง เท่ากับ 31.46 องศาเซลเซียส



#### 4.3.1.3 ผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด C หน้า 12 มิลลิเมตร

หันวัสดุไปทางทิศใต้ พบว่า ขณะที่อากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (13 ถึง 15 เมษายน 2558)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ 35.70 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาประมาณ 15.00 น.  
อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ 24.63 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาประมาณ 06.30 น.

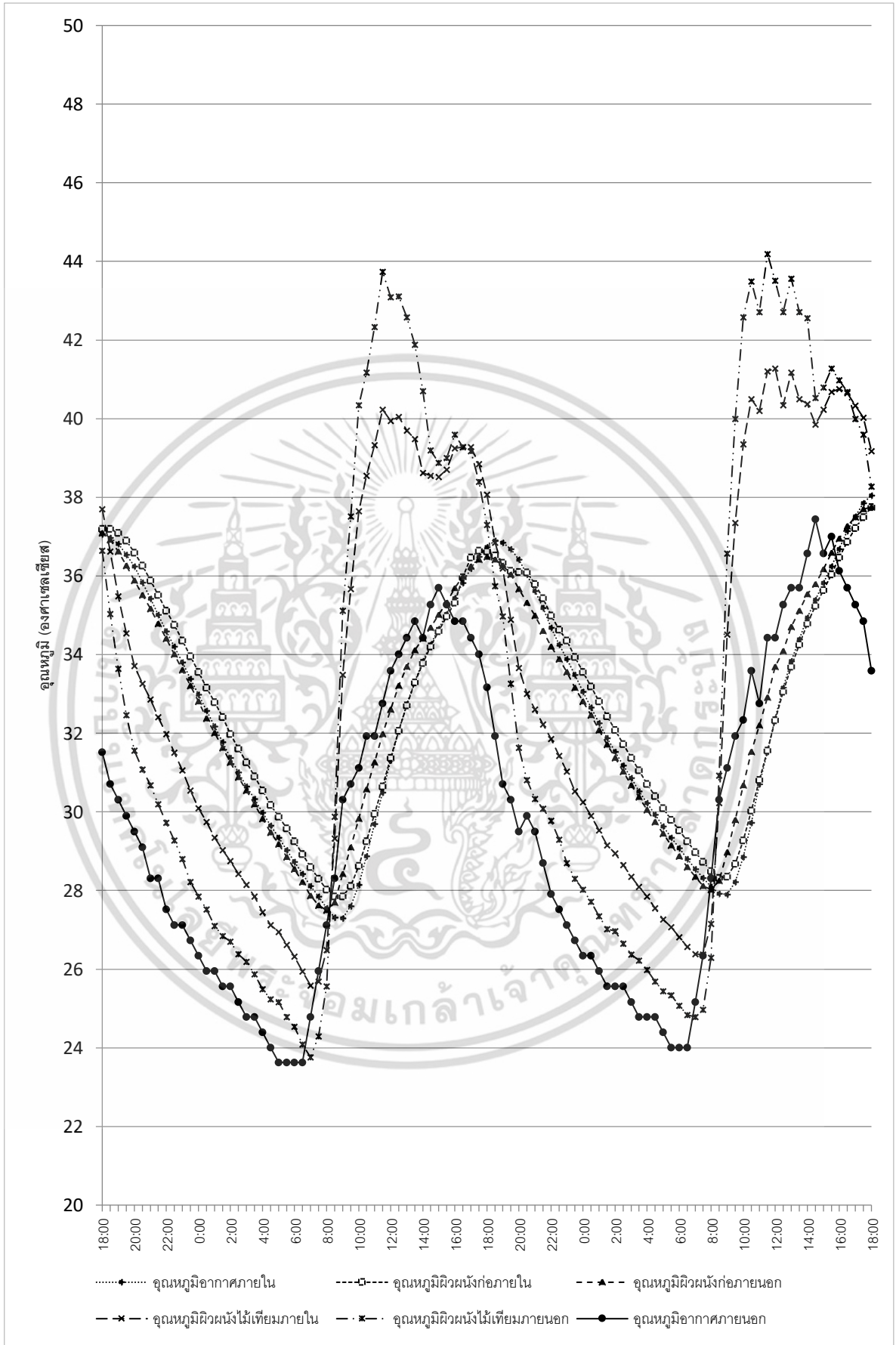
อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 43.74 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 11.30 น.  
อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 36.64 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 17.30 น.

ค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุเป็นเวลาทั้งหมด 3.30 ชั่วโมง  
ช่วงเวลาที่อุณหภูมิวัสดุต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเป็นเวลา 7 ชั่วโมง ที่เวลา 08.30-15.30 น.

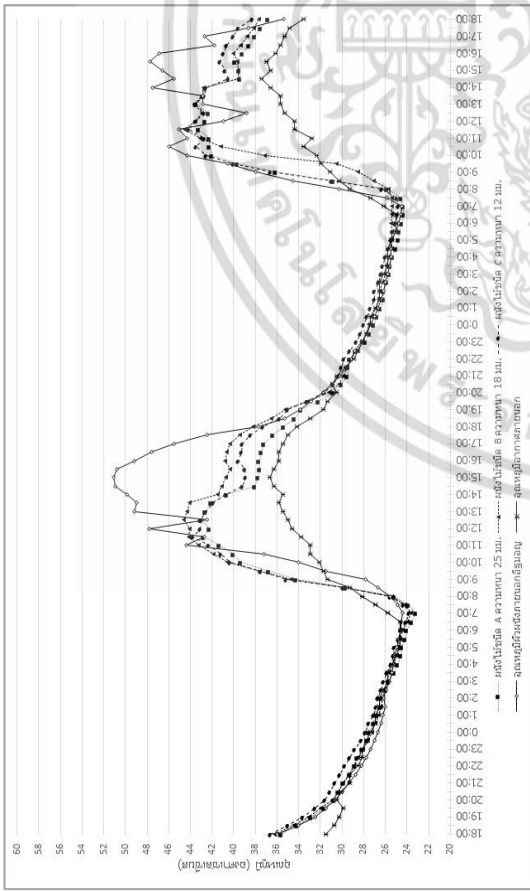
อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบสูงสุด เท่ากับ 36.90 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 18.30 น.  
อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบต่ำสุด เท่ากับ 27.30 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 09.00 น.

ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกล่องสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด (Temperature Swing)  
เท่ากับ 9.60 องศาเซลเซียส

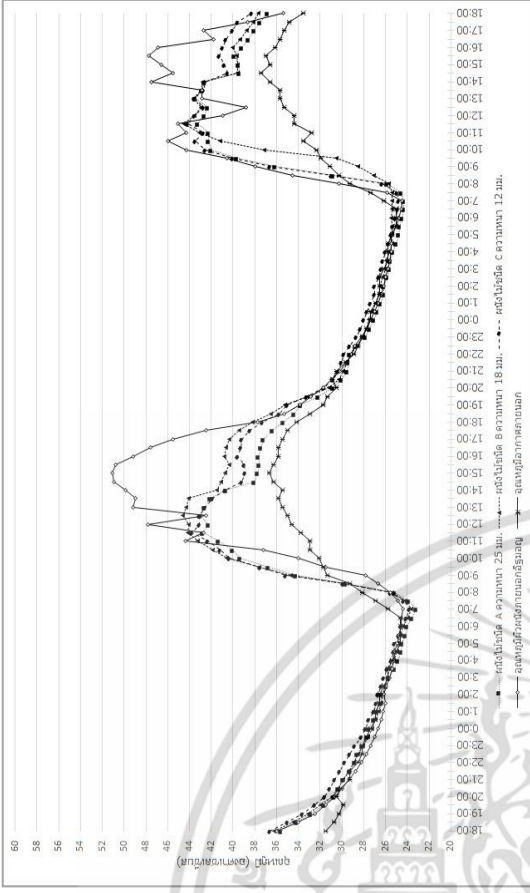
ค่าเฉลี่ย (Mean Temperature) ของอุณหภูมิภายในกล่อง เท่ากับ 32.10 องศาเซลเซียส



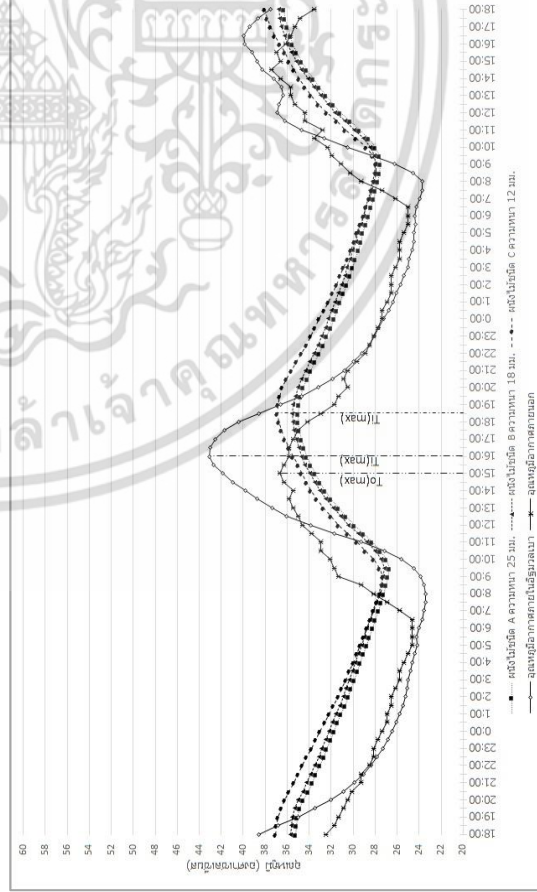
รูปที่ 4.15 แสดงผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิดC หน้า 12 มิลลิเมตร เมื่อใช้กับอิฐมอญ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า เป็นเวลา 48 ชั่วโมง (13 เมษายน ถึง 15 เมษายน 2558) ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



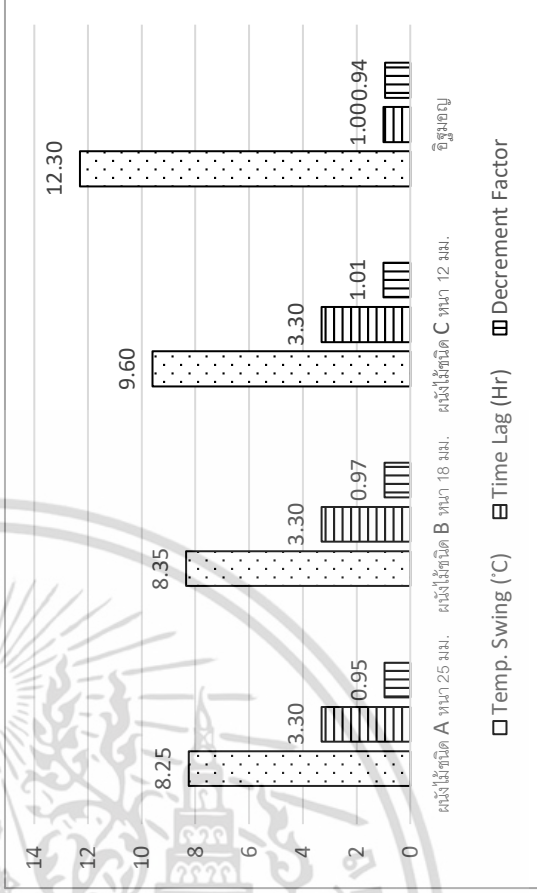
รูปที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผนังภายในของอาคารที่ใช้วัสดุไม่ประกอบพลาสติกมาใช้กับผนังอิฐมวลเบา



รูปที่ 4.17 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผนังภายในของอาคารทดสอบการนำวัสดุไม่ประกอบพลาสติกมาใช้กับอิฐมวลเบา



รูปที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในของอาคารที่ใช้วัสดุไม่ประกอบพลาสติกมาใช้กับอิฐมวลเบา



รูปที่ 4.19 แสดงการเปรียบเทียบค่า Temperature Swing และ Time lag และค่า Decrement Factor ของการนำวัสดุไม่ประกอบพลาสติกมาใช้กับอิฐมวลเบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3.1.4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่ใช้กับผนังอิฐมอญ

จากรูปที่ 4.18 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังภายนอกของการนำวัสดุไม้ประกอบพลาสติกมาใช้กับผนังอิฐมอญ ในเวลา 00.00 น. ถึง 08.30 น. อุณหภูมิที่ผิวของวัสดุไม้ประกอบพลาสติกภายนอกแต่ละชนิดมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก เนื่องจากผิวผนังได้คายความร้อนออกมา และเมื่อผิวของวัสดุไม้ประกอบพลาสติกภายนอกได้รับความร้อนในช่วงเวลา 07.00 น. พบว่าอุณหภูมิผิวผนังภายนอกจะค่อยๆ มีค่าเพิ่มขึ้น จากกราฟจึงเรียงลำดับวัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่มีอุณหภูมิผิวผนังสูงสุดได้ดังนี้ ผนังไม้ชนิด A ความหนา 25 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 44.63 องศาเซลเซียส เวลา 12.30 น., ผนังไม้ชนิด B ความหนา 18 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 42.98 องศาเซลเซียส เวลา 11.30 น. และ ผนังไม้ชนิด C ความหนา 12 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 43.74 องศาเซลเซียส เวลา 12.30 น. ตามลำดับ เมื่อเข้าสู่ช่วงเวลาที่ปริมาณความร้อนจากดวงอาทิตย์ลดลง เป็นผลทำให้อุณหภูมิที่ผิวของวัสดุไม้ประกอบพลาสติกมีค่าลดลงตามไปอย่างรวดเร็วเช่นกัน วัสดุไม้ประกอบพลาสติกเป็นวัสดุที่มีมวลสารน้อย เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของอากาศภายนอก จะทำให้อุณหภูมิที่ของวัสดุเปลี่ยนแปลงตามไปอย่างทันที

จากรูปที่ 4.19 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังภายในของการนำวัสดุไม้ประกอบพลาสติกมาใช้กับผนังอิฐมอญ พบว่า ตั้งแต่เวลา 00.00 น. ถึง 08.00 น. อุณหภูมิที่ผิวผนังภายในของอิฐมอญมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ เนื่องจากผนังมีการคายความร้อนออกมาในเวลากลางคืนทำให้อุณหภูมิที่ผิวผนังภายในค่อยๆ ลดลง จนถึงเวลา 07.00 น. อุณหภูมิอากาศภายนอกเริ่มสูงขึ้น พบว่า อุณหภูมิผิวผนังภายในมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ เนื่องจากผนังอิฐมอญมีการนำความร้อนที่ดี จึงทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ เมื่อเข้าสู่ในช่วงเย็น อุณหภูมิอากาศเริ่มลดลง พบว่าอุณหภูมิที่ผิวผนังภายใน ยังคงมีค่าสูงขึ้น ทั้ง 3 กล่องทดสอบมีค่าสูงสุดที่เวลาประมาณ 18.30 น. เมื่อผิวผนังภายในอึดตัวจากการสะสมความร้อน จึงเริ่มคายความร้อนออกมาอย่างช้าๆ ซึ่งเข้าสู่ช่วงเวลากลางคืนอีกครั้ง จากกราฟเรียงลำดับจากอุณหภูมิผิวผนังในต่ำสุดได้ดังนี้ ผนังไม้ชนิด A ความหนา 25 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 34.56 องศาเซลเซียส, ผนังไม้ชนิด B ความหนา 18 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 35.59 องศาเซลเซียส, ผนังไม้ชนิด C ความหนา 12 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 35.64 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 4.20 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในของการทดสอบการนำวัสดุไม้เทียมมาใช้กับผนังอิฐมอญ พบว่า ตั้งแต่เวลา 00.00 น. ถึง 08.00 น. อุณหภูมิอากาศภายในในกล่องทดสอบมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก เนื่องจากผนังภายในกล่องมีการคายความร้อนออกมาอย่างช้าๆ ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในในกล่องทั้ง 3 กล่องค่อยๆ ลดลงมาในอัตราที่เท่ากัน จนเมื่อถึงเวลา 08.30 น. อิทธิพลจากแสงอาทิตย์มีผลทำให้อุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ หากมีการนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกถ่ายเทมายังผิวผนังอิฐมวลเบาใน ซึ่งผนังอิฐมวลเบาเป็นผนังที่มีมวลสารมาก นำความร้อนได้ดี มีการสะสมความร้อนได้น้อย จึงใช้เวลาน้อยในการสะสมความร้อนจนอิมตัว จึงทำให้อุณหภูมิภายในห้องค่อยสูงขึ้นโดยใช้เวลาไม่นาน และอุณหภูมิภายในห้องทดสอบยังคงมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศไปจนถึงเวลา 17.00 น. อุณหภูมิอากาศภายในห้องทดสอบ มีค่าอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ เนื่องจากเกิดการอิมตัวจากการสะสมความร้อนในเวลาเย็น เป็นผลทำให้เกิดการคายความร้อนออกมา จึงทำให้อุณหภูมิภายในค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ จากกราฟ ผนังไม้ชนิด A ความหนา 25 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 35.04 องศาเซลเซียส, ผนังไม้ชนิด B ความหนา 18 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 35.51 องศาเซลเซียส, ผนังไม้ชนิด C ความหนา 12 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 36.90 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และหลังจากเวลา 22.00 น. อุณหภูมิภายในห้องทดสอบทุกห้อง จะคายความร้อนออกมาอย่างช้าๆ จนมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งวัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่มาประกบกับผนังอิฐมวลเบาจะทำให้มีความหนาของผนังเพิ่มขึ้น จึงทำให้มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) รวมของผนังลดลง ทำให้อุณหภูมิภายในห้องทดสอบลดลงไปด้วย

จากรูปที่ 4.21 พบว่า ผนังอิฐมวลเบา เป็นผนังที่มีมวลสารมาก เป็นวัสดุที่นำความร้อนได้ดี และทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนที่สูง ทำให้มีความสามารถในการสะสมความร้อนในเนื้อวัสดุได้น้อย และใช้เวลาน้อยกว่าที่วัสดุจะอิมตัว เมื่อนำวัสดุไม้ประกอบพลาสติกประกบเข้ากับผนังอิฐมวลเบาทำให้ความหนาของผนังอิฐมวลเบาเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ค่า U-value รวมของผนังมีค่าลดลง

วัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่มีมวลสารมากจะมีค่าการต้านทานความร้อนที่สูงกว่าวัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่มีมวลสารน้อย และมีการถ่ายเทความร้อนในอัตราค่อนข้างคงที่มากกว่า ทำให้อุณหภูมิภายในห้องทดสอบมีค่าลดลงไปมาก ซึ่งอิฐมวลเบาเป็นวัสดุที่มีมวลสารมาก และนำความร้อนได้มาก แต่มีค่าความจุความร้อนต่ำ จึงสามารถสะสมความร้อนได้ปริมาณน้อย ทำให้ความร้อนถูกถ่ายเทจากวัสดุไม้ประกอบพลาสติกด้านนอกเข้าสู่ผนังอิฐมวลเบาที่ด้านในได้รวดเร็วและใช้เวลาไม่นาน ซึ่งเมื่อวัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่มีความหนามากสุดเมื่อประกบเข้ากับผนังอิฐมวลเบาความหนา 7 ซม. ทำให้ความหนาของผนังอิฐมวลเบา มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ค่า U-value รวมของผนังมีค่าลดลง โดยที่ค่า U-value อยู่ที่ 1.087 W/m<sup>2</sup>.K, 1.316 W/m<sup>2</sup>.K และ 1.613 W/m<sup>2</sup>.K ที่ความหนา 25 ซม., 18 ซม. และ 12 ซม. ตามลำดับ ซึ่งผนังที่มีความหนามากสุดทำให้อุณหภูมิอากาศภายในห้องน้อยที่สุด และมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (Temperature Swing) น้อยที่สุด ทำให้มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนที่จะเข้ามาได้มาก ส่วนวัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่มีมวลสารน้อย ค่า U-value รวมของผนังก็จะมีค่าสูงเนื่องจากวัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่นำมาประกบมีมวลสารน้อยกว่าทำให้อุณหภูมิภายในห้องทดสอบสูง และมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (Temperature Swing) สูง ซึ่งหมายถึง

ประสิทธิภาพของวัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่มีความหนาแน่นน้อย มีการป้องกันความร้อนที่จะเข้ามาได้น้อยอีกด้วย

จากการทดสอบค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ได้จากกรณีไม้ใช้วัสดุปิดผิวผนังอิฐมวลเบาที่มีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนอยู่ที่ประมาณ 1 ชั่วโมง และเพิ่มขึ้นเป็น 3.30 ชั่วโมง หลังจากมีการนำวัสดุไม้ประกอบพลาสติกมาใช้งาน

เมื่อนำมาคำนวณหาค่า Decrement Factor จะได้ตามลำดับดังนี้ วัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด A ความหนา 25 มม. มีความสามารถในการยอมให้ความร้อนผ่านเข้ามาได้ 0.954 ผนังวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด B ความหนา 18 มม. มีความสามารถในการยอมให้ความร้อนผ่านเข้ามาได้ 0.967 และผนังวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด C ความหนา 12 มม. มีความสามารถในการยอมให้ความร้อนผ่านเข้ามาได้ 1.005 ตามลำดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.2 ผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกมาใช้กับผนังอิฐบล็อก

#### 4.3.2.1 ผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด A หน้า 25 มิลลิเมตร

หันวัสดุไปทางทิศใต้ พบว่า ขณะที่อากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (16 ถึง 18 เมษายน 2558)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ 36.57 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาประมาณ 13.30 น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ 26.73 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาประมาณ 06.00 น.

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 44.67 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 11.30 น.

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 35.42 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 17.30 น.

ค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุเป็นเวลาทั้งหมด 4 ชั่วโมง

ช่วงเวลาที่อุณหภูมิวัสดุต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเป็นเวลา 9 ชั่วโมง ที่เวลา 07.30-17.00 น.

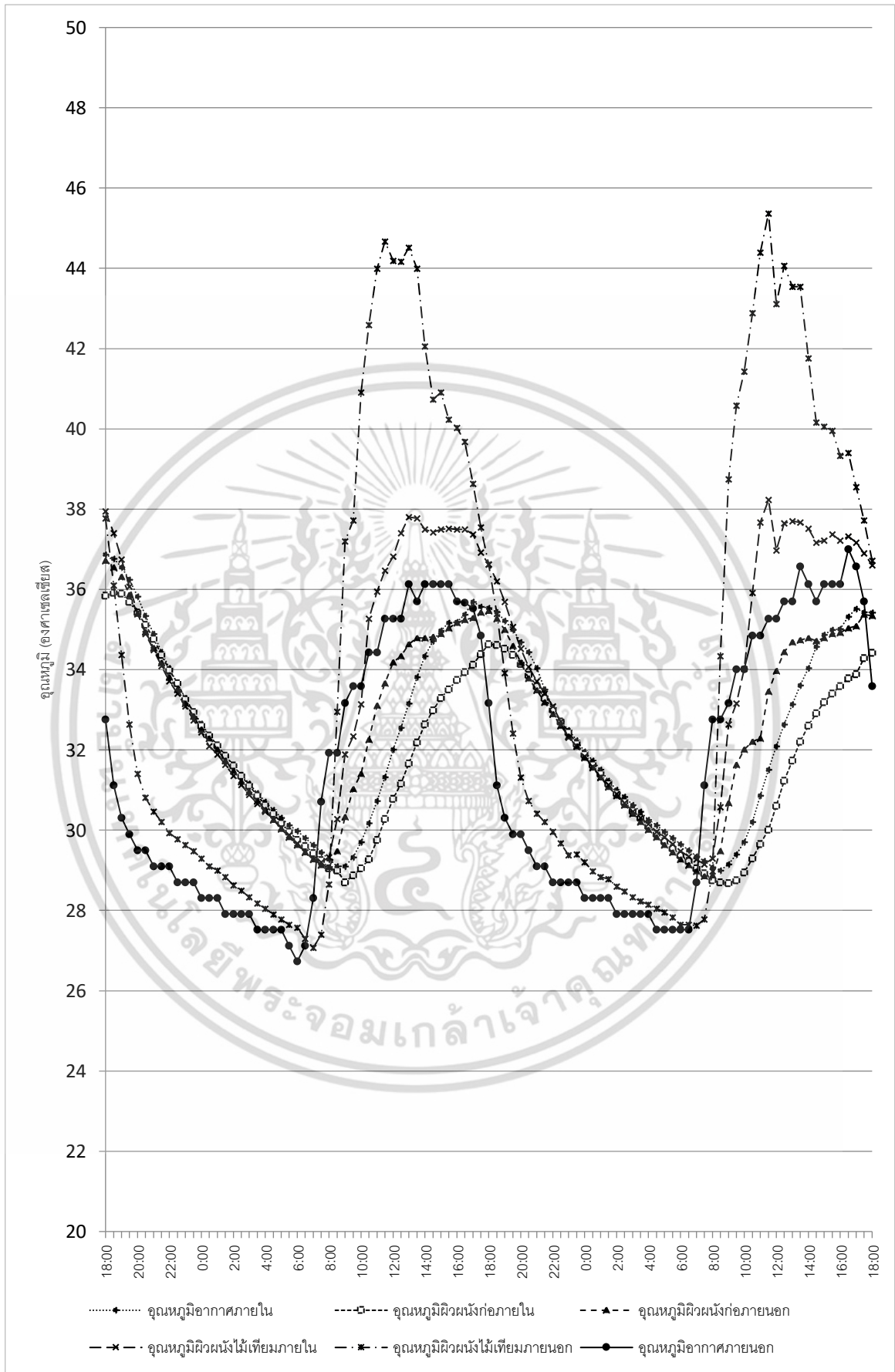
อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบสูงสุด เท่ากับ 35.25 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 17.30 น.

อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบต่ำสุด เท่ากับ 29.08 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 08.00 น.

ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกล่องสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด (Temperature Swing)

เท่ากับ 8.25 องศาเซลเซียส

ค่าเฉลี่ย (Mean Temperature) ของอุณหภูมิภายในกล่อง เท่ากับ 30.99 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.20 แสดงผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด A หนา 25 มิลลิเมตร เมื่อใช้กับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ส่วนบุคคลเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 อีบุคลิกเป็นเวลา 48 ชั่วโมง (16 เมษายน ถึง 18 เมษายน 2558)  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ผลของงาน และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3.2.2 ผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด B หน้า 18 มิลลิเมตร

หันวัสดุไปทางทิศใต้ พบว่า ขณะที่อากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (16 ถึง 18 เมษายน 2558)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ 36.57 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาประมาณ 13.30 น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ 26.73 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาประมาณ 06.00 น.

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 45.17 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 12.30 น.

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 36.70 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 17.00 น.

ค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุเป็นเวลาทั้งหมด 3.30 ชั่วโมง

ช่วงเวลาที่อุณหภูมิวัสดุต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเป็นเวลา 8.30 ชั่วโมง ที่เวลา 07.30-16.00 น.

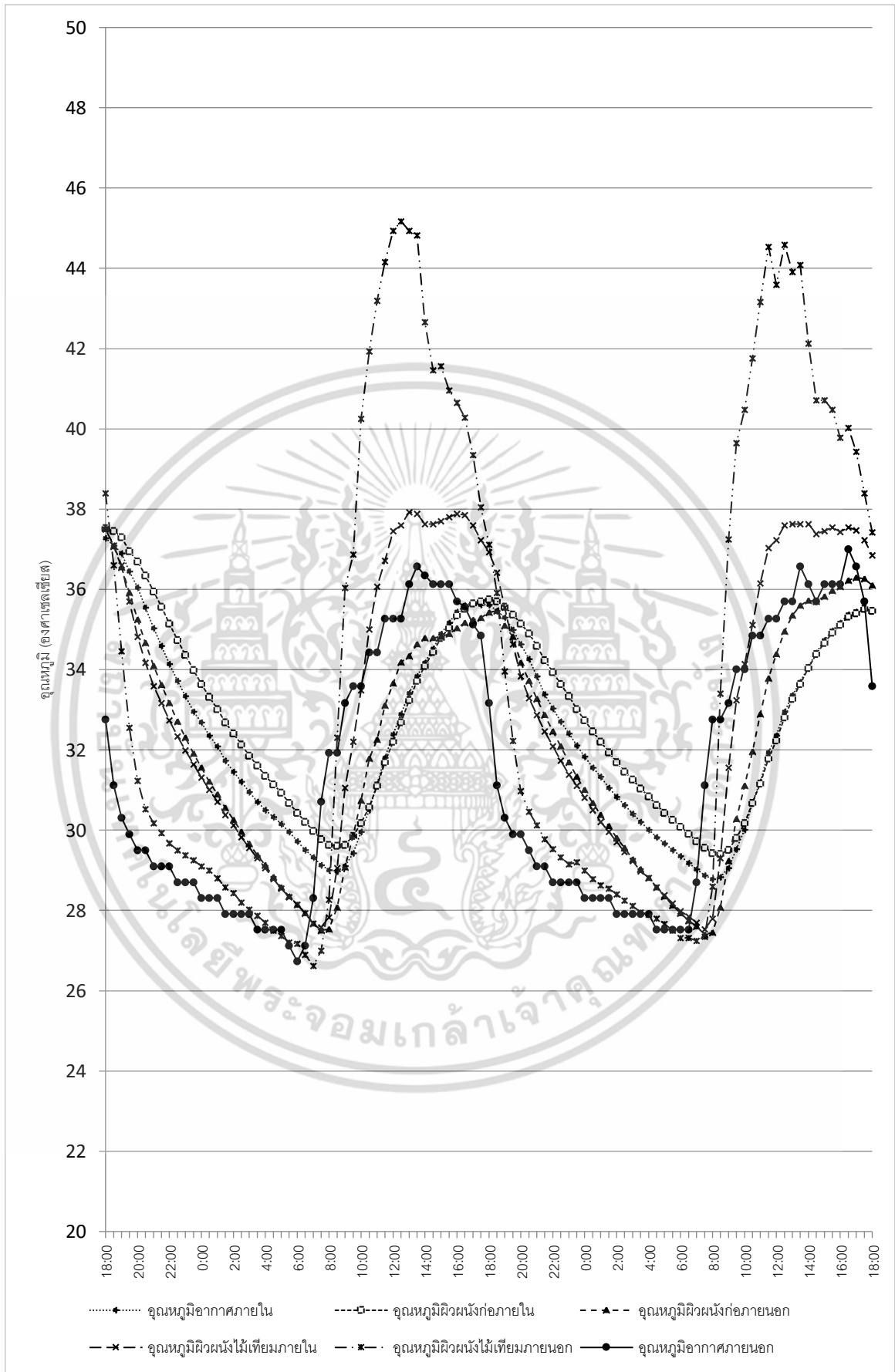
อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบสูงสุด เท่ากับ 35.67 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 17.00 น.

อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบต่ำสุด เท่ากับ 28.78 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 08.00 น.

ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกล่องสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด (Temperature Swing)

เท่ากับ 6.69 องศาเซลเซียส

ค่าเฉลี่ย (Mean Temperature) ของอุณหภูมิภายในกล่อง เท่ากับ 32.07 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.21 แสดงผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด B หนา 18 มิลลิเมตร เมื่อใช้กับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ชุมชนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า อื่นๆ ภายใต้อิทธิพลของกฎหมายลิขสิทธิ์ (16 เมษายน ถึง 18 เมษายน 2558) ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ผลของงาน และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.2.3 ผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด C หน้า 12 มิลลิเมตร

หันวัสดุไปทางทิศใต้ พบว่า ขณะที่อากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (16 เมษายน ถึง 18 เมษายน 2558)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ 36.57 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาประมาณ 13.30 น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ 26.73 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาประมาณ 06.00 น.

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 44.54 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 12.00 น.

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 36.50 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 18.00 น.

ค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุเป็นเวลาทั้งหมด 3.30 ชั่วโมง

ช่วงเวลาที่อุณหภูมิวัสดุต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ที่เวลา 07.30-15.30 น.

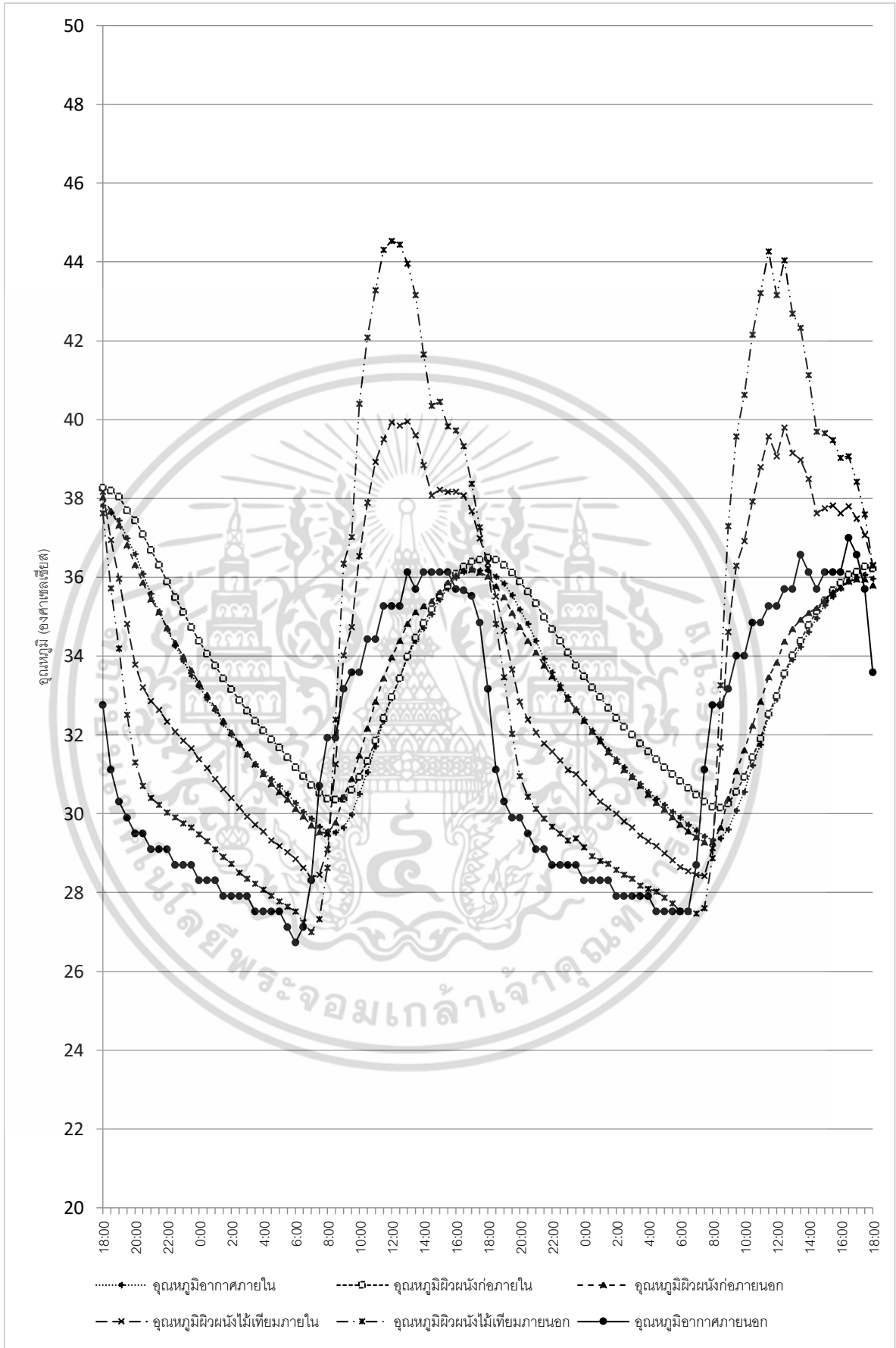
อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบสูงสุด เท่ากับ 36.25 องศาเซลเซียสในช่วงเวลา 17.00 น.

อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบต่ำสุด เท่ากับ 29.53 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 08.30 น.

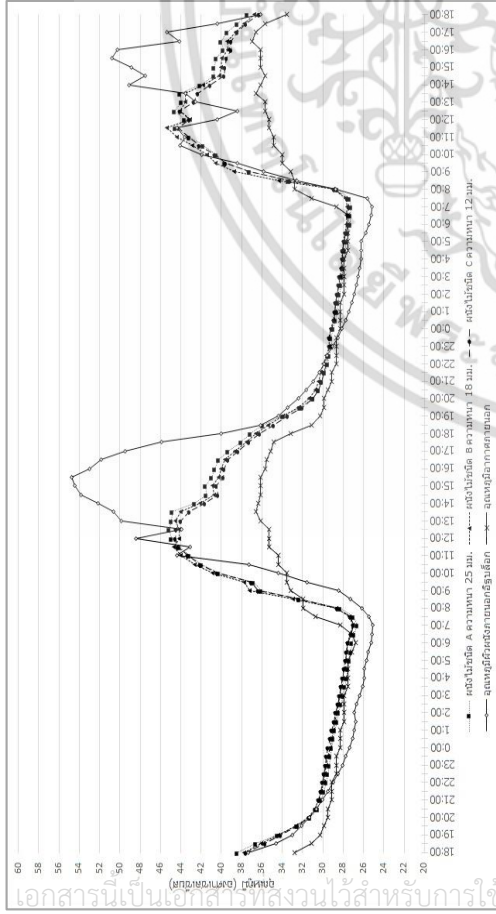
ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกล่องสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด (Temperature Swing)

เท่ากับ 6.72 องศาเซลเซียส

ค่าเฉลี่ย (Mean Temperature) ของอุณหภูมิภายในกล่อง เท่ากับ 32.62 องศาเซลเซียส

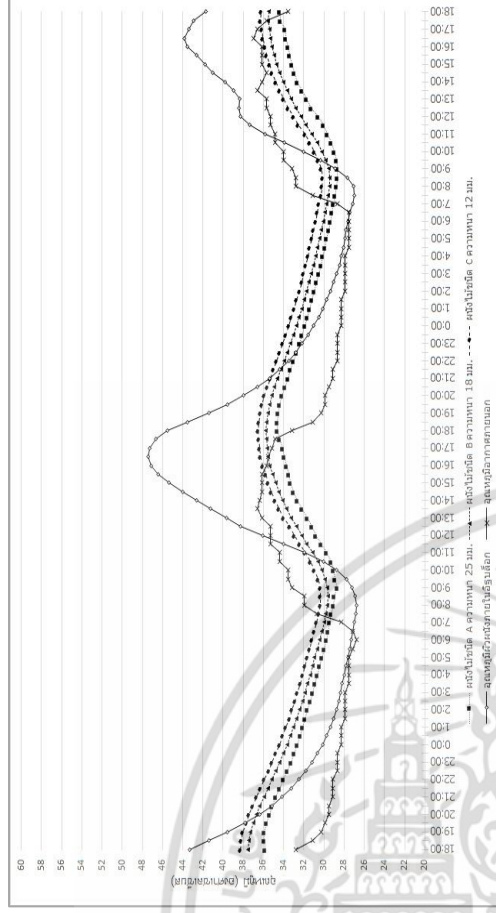


รูปที่ 4.22 แสดงผลการทดสอบวัสดุไม่ประกอบพลาสติกชนิด C หน้า 12 มิลลิเมตร เมื่อใช้กับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ชุมชนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 อีบุคลิกเป็นเวลา 48 ชั่วโมง (16 เมษายน ถึง 18 เมษายน 2558)  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ผลของงาน และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



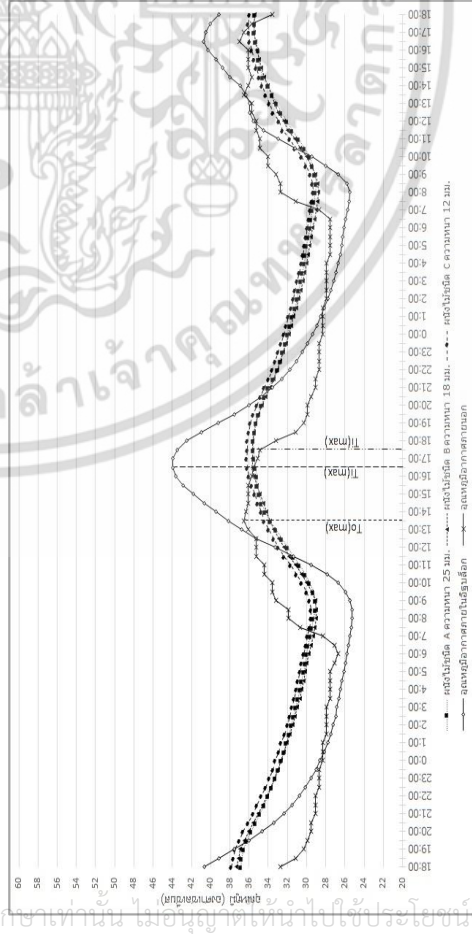
รูปที่ 4.23 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของการนำวัสดุไม้

ประกอบพลศาสตร์มาใช้กับอุบลรัตน์



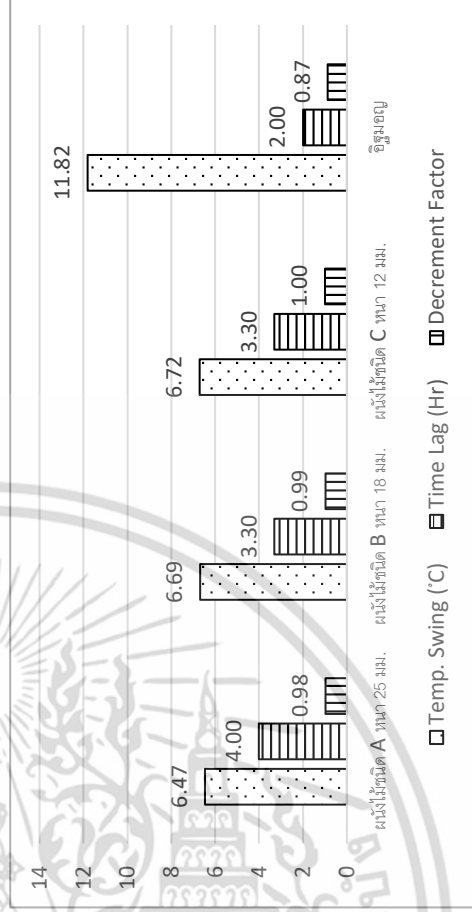
รูปที่ 4.24 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของการนำวัสดุไม้

ประกอบพลศาสตร์มาใช้กับอุบลรัตน์



รูปที่ 4.25 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวอากาศภายในของการนำวัสดุ

ไม้ประกอบพลศาสตร์มาใช้กับอุบลรัตน์



รูปที่ 4.26 แสดงการเปรียบเทียบค่า Temperature Swing และ Time lag

และค่า Decrement Factor ของการนำวัสดุไม้ประกอบ  
พลศาสตร์มาใช้กับอุบลรัตน์

#### 4.3.2.4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่ใช้กับผนังอิฐบล็อก

จากรูปที่ 4.25 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของการนำวัสดุไม้ประกอบพลาสติกมาใช้กับอิฐบล็อก จะเห็นว่าในช่วงเวลา 00.00-06.00 น. อุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกของผนังทุกมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ เนื่องจากวัสดุไม้ประกอบพลาสติกด้านนอกได้รับอิทธิพลจากผนังอิฐบล็อกด้านในที่มีการถ่ายเทความร้อนออกมาช้า ๆ จึงใช้เวลาในการคายความร้อนยาวนาน จึงทำให้ยังคงมีอุณหภูมิสูงอยู่ เมื่อผนังได้รับความร้อนในตอนเช้าที่เวลา 07.00 น. อุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกจะเพิ่มขึ้นในทันที ซึ่งมีค่าสูงสุดเป็นเวลาใกล้เคียงกับเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายนอกขึ้นสูงสุด เนื่องจากวัสดุไม้ประกอบพลาสติกมีมวลสารน้อย มีการสะสมความร้อนไว้ในวัสดุได้น้อย จึงเกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในได้อย่างรวดเร็ว เมื่อเข้าสู่ช่วงบ่ายรังสีจากดวงอาทิตย์เริ่มลดลง เป็นผลทำให้อุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกลดลงตามไปอย่างรวดเร็ว แต่ยังมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศเนื่องจากในมีการคายความร้อนจากด้านในกล่องทดสอบผ่านผนังอิฐบล็อกออกมา จากกราฟเรียงลำดับได้ดังนี้ ผนังไม้ชนิด A ความหนา 25 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 44.67 องศาเซลเซียส, ผนังไม้ชนิด B ความหนา 18 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 44.54 องศาเซลเซียส, ผนังไม้ชนิด C ความหนา 12 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 44.42 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.26 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังภายใน พบว่า ตั้งแต่เวลา 00.00 น. ถึง 07.00 น. อุณหภูมิที่ผิวผนังภายในของอิฐบล็อกมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ เนื่องจากผนังมีการคายความร้อนออกมาอย่างช้า ๆ ในเวลากลางคืนทำให้อุณหภูมิที่ผิวผนังภายในค่อย ๆ ลดลง จนถึงเวลา 07.30 น. อุณหภูมิอากาศภายนอกเริ่มสูงขึ้น พบว่า อุณหภูมิผิวผนังอิฐบล็อกภายในมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ เนื่องจากผนังอิฐบล็อกมีค่าการนำความร้อนที่สูงกว่าอิฐมวลเบา แต่น้อยกว่าอิฐมอญ จึงทำให้อุณหภูมิค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จนเมื่อเข้าสู่ในช่วงเย็น อุณหภูมิอากาศเริ่มลดลง พบว่า อุณหภูมิที่ผิวผนังภายใน ยังคงมีค่าสูงขึ้น ทั้ง 3 กล่องทดสอบมีค่าสูงสุดที่เวลาประมาณ 17.00 - 17.30 น. เมื่อผิวผนังภายในอึดตัวจากการสะสมความร้อน จึงเริ่มคายความร้อนออกมาอย่างช้า ๆ ซึ่งเข้าสู่ช่วงเวลากลางคืนอีกครั้ง จากกราฟเรียงลำดับจากอุณหภูมิผิวผนังในต่ำสุดได้ดังนี้ ผนังไม้ชนิด A ความหนา 25 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 35.42 องศาเซลเซียส เวลา 17.00 น., ผนังไม้ชนิด B ความหนา 18 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 36.70 องศาเซลเซียส เวลา 17.30 น., ผนังไม้ชนิด C ความหนา 12 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 37.45 องศาเซลเซียส เวลา 17.30 น. ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.27 เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบ พบว่า ตั้งแต่เวลา 00.00 น. ถึง 7.00 น. อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก เนื่องจากวัสดุที่ทดสอบมีการคายความร้อนออกมาอย่างช้า ๆ ในช่วงเวลากลางคืน ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทั้ง 3 กล่องค่อย ๆ ลดลงมาในอัตราที่เท่ากัน จนเมื่อถึงเวลา 7.30 น. อิทธิพลจากแสงอาทิตย์มีผล

ทำให้อุณหภูมิที่ผิวผนังค่อยๆสูงขึ้น เนื่องจากผนังมีการสะสมความร้อนไว้ และถ่ายเทไปยังภายใน กล่องทดสอบ จึงทำให้อุณหภูมิภายในกล่องค่อยๆสูงขึ้นอย่างช้าๆ และอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบ ยังคงมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกไปจนถึงเวลาบ่ายโดยที่ ผนังชนิด A ความหนา 25 มม. จะเริ่มมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศที่เวลา 15.30 น. และมีอุณหภูมิสูงสุด 35.25 °C ที่เวลา 20.00 น. ผนังชนิด B ความหนา 18 มม. จะเริ่มมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศที่เวลา 16.00 น. และมีอุณหภูมิสูงสุด 35.67 °C ที่เวลา 20.00 น. และผนังชนิด C ความหนา 12 มม. จะเริ่มมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศที่เวลา 15.30 น. และมีอุณหภูมิสูงสุด 36.25 °C ที่เวลา 20.00 น. เมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกลดลงในช่วงเย็น อุณหภูมิอากาศภายในยังคงมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากวัสดุผนังยังคงสะสมความร้อนต่อไปจนเมื่อถึงจุดอิ่มตัวของวัสดุ วัสดุจะคายความร้อนอย่างช้าๆ จึงทำให้อากาศภายในกล่องทดสอบจะค่อยๆลดลงอย่างช้าๆเช่นกัน

จากรูปที่ 4.28 ผนังที่มีมวลสารปานกลาง เช่น อิฐบล็อก จะมีการถ่ายเทความร้อนที่ค่อนข้างคงที่ เป็นวัสดุที่นำความร้อนได้ดีกว่าผนังอิฐมวลเบา และทำให้มีอัตราการถ่ายเทความร้อนที่สูงกว่า ผนังอิฐมวลเบา และมีความสามารถในการสะสมความร้อนในเนื้อวัสดุได้มากและใช้เวลานาน เมื่อนำวัสดุไม่ประกอบพลาสติกกับผนังอิฐบล็อกทำให้ความหนาของผนังอิฐบล็อกมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ค่า U-value รวมของผนังมีค่าลดลง วัสดุไม่ประกอบพลาสติกที่มีมวลสารมากจะมีค่าการต้านทานความร้อนที่สูงกว่าวัสดุไม่ประกอบพลาสติกที่มีมวลสารน้อย และมีการถ่ายเทความร้อนในอัตราค่อนข้างคงที่มากกว่า ทำให้อุณหภูมิภายในกล่องทดสอบมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งอิฐบล็อกเป็นวัสดุที่มีมวลสารปานกลาง นำความร้อนได้ดี และมีค่าความจุความร้อนสูง จึงสะสมความร้อนได้ปริมาณมากทำให้ความร้อนถูกถ่ายเทจากวัสดุไม่ประกอบพลาสติกด้านนอกเข้าสู่ผนังอิฐที่ด้านในได้มากและใช้เวลานาน ซึ่งพบว่าเมื่อวัสดุไม่ประกอบพลาสติกที่มีความหนามากสุดเมื่อบุเข้ากับผนังอิฐบล็อก ทำให้ค่า U-value รวมของผนังมีค่าลดลง ทำให้อุณหภูมิภายในกล่องน้อยสุด และมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (Temperature Swing) น้อยสุด ซึ่งทำให้มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนที่จะเข้ามาได้มาก ส่วนวัสดุไม่ประกอบพลาสติกที่มีมวลสารน้อย ค่า U-value รวมของผนังก็จะมีค่าสูงเนื่องจากวัสดุไม่ประกอบพลาสติกที่นำมาบุผิวมีความหนาน้อยมาก ทำให้อุณหภูมิภายในกล่องทดสอบสูง และมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (Temperature Swing) น้อยสูง ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพของวัสดุไม่ประกอบพลาสติกที่มีความหนาน้อย มีการป้องกันความร้อนที่จะเข้ามาได้น้อยอีกด้วย

เมื่อเปรียบเทียบผนังไม้เทียมทั้ง 3 ชนิด ที่ทำการทดสอบกับผนังอิฐบล็อก พบว่า วัสดุไม่ประกอบพลาสติกชนิด C ความหนา 12 มม. มีอุณหภูมิขึ้นสูงสุดหลังจากอุณหภูมิอากาศภายนอกขึ้นสูงสุดแล้ว 3.30 ชั่วโมง และอุณหภูมิภายในจะสูงกว่า (ร้อนกว่า) อุณหภูมิอากาศภายนอกเป็นเวลานานหลายชั่วโมง ถึงแม้ว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกจะลดลงในช่วงเย็นแล้ว อุณหภูมิภายในของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ บริษัท อีโคโนมิค จำกัด การนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

ผนังอิฐบล็อกที่นำไม้มาบุผิวก็ยิ่งร้อนกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกอีกหลายชั่วโมง เนื่องจากความจุความร้อนและความหนาแน่นของผนังอิฐบล็อกทั้ง 3 กล่องมีค่าเท่ากัน เป็นผลให้ความร้อนสะสมอยู่เป็นเวลานาน เมื่อนำวัสดุไม่ประกอบพลาสติกมาประกบเข้ากับผนังอิฐบล็อก ให้ความหนาของผนังอิฐบล็อกมีค่าเพิ่มขึ้น จึงทำให้มีค่า U-value ต่ำลง ความร้อนเข้าสู่ผนังภายในและภายในกล่องทดสอบได้น้อยลงและใช้เวลามาก จากการทดสอบค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ได้จากกรณีไม่ใช้วัสดุปิดผิวผนัง อิฐบล็อกมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนอยู่ที่ประมาณ 2 ชั่วโมง และเพิ่มขึ้นเป็น 4 ชั่วโมง สำหรับการนำวัสดุไม่ประกอบพลาสติกชนิด A ความหนา 25 มม. ผนังไม้เทียมชนิด B ความหนา 18 มม. เพิ่มขึ้นเป็น 3.30 ชั่วโมง และ สำหรับผนังไม้เทียมชนิด C ความหนา 12 มม. เพิ่มขึ้นเป็น 3.30 ชั่วโมง

เมื่อคำนวณหาค่า Decrement Factor จะได้ตามลำดับดังนี้ ผนังวัสดุไม่ประกอบพลาสติกชนิด A ความหนา 25 มม. มีความสามารถในการยอมให้ความร้อนผ่านเข้ามาได้ 0.979 ผนังวัสดุไม่ประกอบพลาสติกชนิด B ความหนา 18 มม. มีความสามารถในการยอมให้ความร้อนผ่านเข้ามาได้ 0.985 และผนังวัสดุไม่ประกอบพลาสติกชนิด C ความหนา 12 มม. มีความสามารถในการยอมให้ความร้อนผ่านเข้ามาได้ 1.000

### 4.3.3 ผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกมาใช้กับผนังอิฐมวลเบา

#### 4.3.3.1 ผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด A หน้า 25 มิลลิเมตร

หันวัสดุไปทางทิศใต้ พบว่า ขณะที่อากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (19 ถึง 21 เมษายน 2558)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ 37.77 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาประมาณ 13.30 น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ 27.52 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาประมาณ 06.30 น.

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 46.37 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 12.30 น.

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 33.59 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 14.30 น.

ค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุเป็นเวลาทั้งหมด 4.30 ชั่วโมง

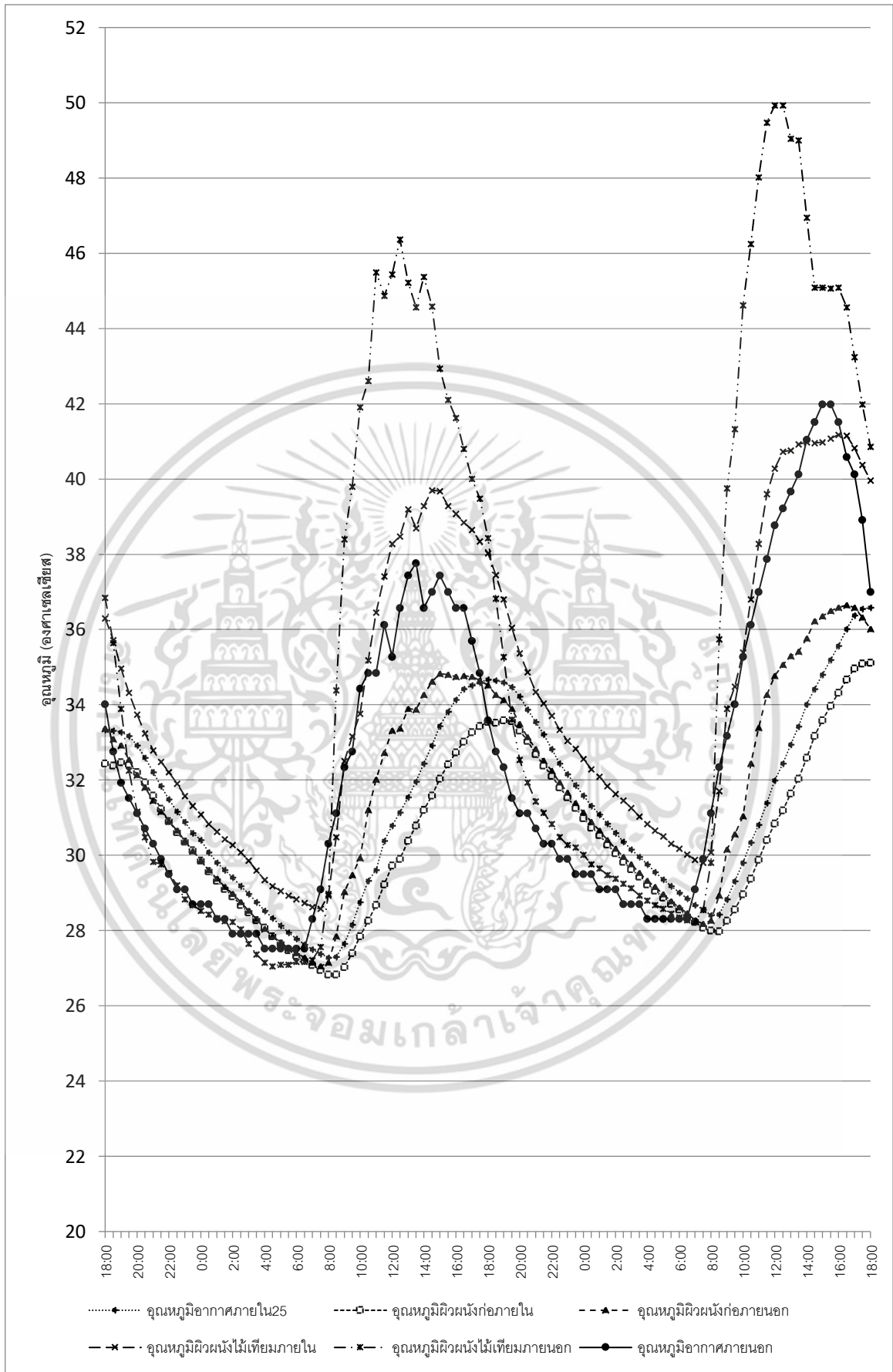
ช่วงเวลาที่อุณหภูมิวัสดุต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเป็นเวลา 10.30 ชั่วโมง ที่เวลา 07.00 -17.30 น.

อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบสูงสุด เท่ากับ 34.67 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 18.00 น.

อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบต่ำสุด เท่ากับ 27.28 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 08.00 น.

ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิผิวผนังภายในสูงสุดและอุณหภูมิผิวผนังภายนอกต่ำสุด (Temperature Swing) เท่ากับ 7.39 องศาเซลเซียส

ค่าเฉลี่ย (Mean Temperature) ของอุณหภูมิภายในกล่อง เท่ากับ 30.78 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.27 แสดงผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด A หนา 25 มิลลิเมตร เมื่อใช้กับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า อีบุรุษเวลาเป็นเวลา 48 ชั่วโมง (19 เมษายน ถึง 21 เมษายน 2558) ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3.3.2 ผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด B หน้า 18 มิลลิเมตร

หันวัสดุไปทางทิศใต้ พบว่า ขณะที่อากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (19 ถึง 21 เมษายน 2558)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ 37.77 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาประมาณ 13.30 น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ 27.52 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาประมาณ 06.30 น.

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดเท่ากับ 45.64 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 12.30 น.

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเท่ากับ 35.42 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 18.00 น.

ค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุเป็นเวลาทั้งหมด 4.30 ชั่วโมง

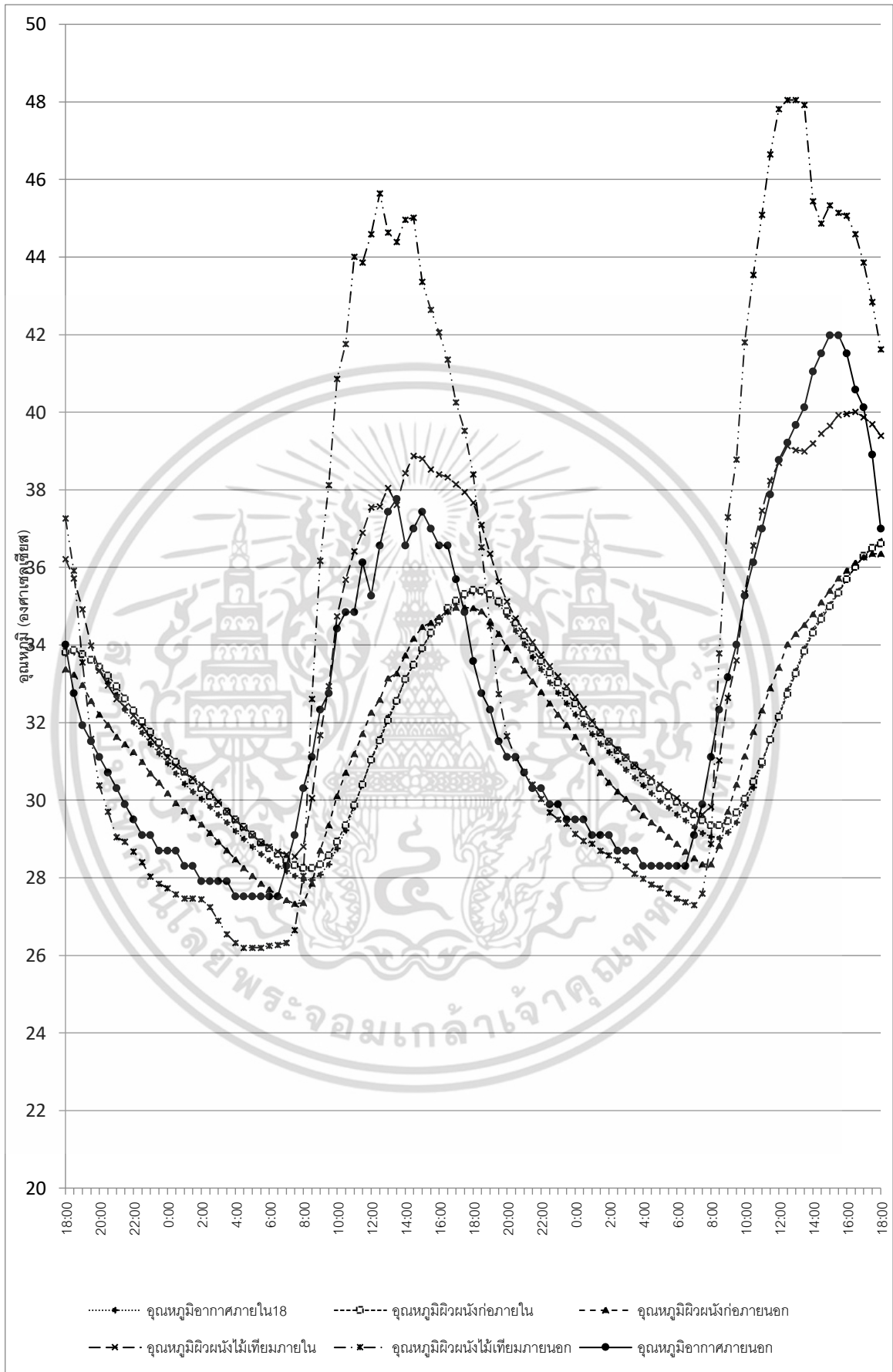
ช่วงเวลาที่อุณหภูมิวัสดุต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเป็นเวลา 10 ชั่วโมง ที่เวลา 07.00-17.00 น.

อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบสูงสุด เท่ากับ 35.37 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 18.30 น.

อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบต่ำสุด เท่ากับ 27.95 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 08.00 น.

ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิผิวผนังภายในสูงสุดและอุณหภูมิผิวผนังภายนอกต่ำสุด (Temperature Swing) เท่ากับ 7.42 องศาเซลเซียส

ค่าเฉลี่ย (Mean Temperature) ของอุณหภูมิภายในกล่อง เท่ากับ 31.34 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.28 แสดงผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติก ชนิด B หนา 18 มิลลิเมตร เมื่อใช้กับ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า อีกรวมเวลาเป็นเวลา 48 ชั่วโมง (19 เมษายน ถึง 21 เมษายน 2558) ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.3.3.3 ผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด C หน้า 12 มิลลิเมตร**  
 หันวัสดุไปทางทิศใต้ พบว่า ขณะที่อากาศในวันที่เก็บข้อมูลนั้น (19 ถึง 21 เมษายน 2558)

อุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ 37.77 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาประมาณ 13.30 น.

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดอยู่ที่ 27.52 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาประมาณ 06.30 น.

อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุด เท่ากับ 45.02 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 13.30 น.

อุณหภูมิผิวภายในสูงสุด เท่ากับ 35.82 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 18.00 น.

ค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุเป็นเวลาทั้งหมด 4 ชั่วโมง

ช่วงเวลาที่อุณหภูมิวัสดุต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเป็นเวลา 9.30 ชั่วโมง ที่เวลา 07.00-16.30 น.

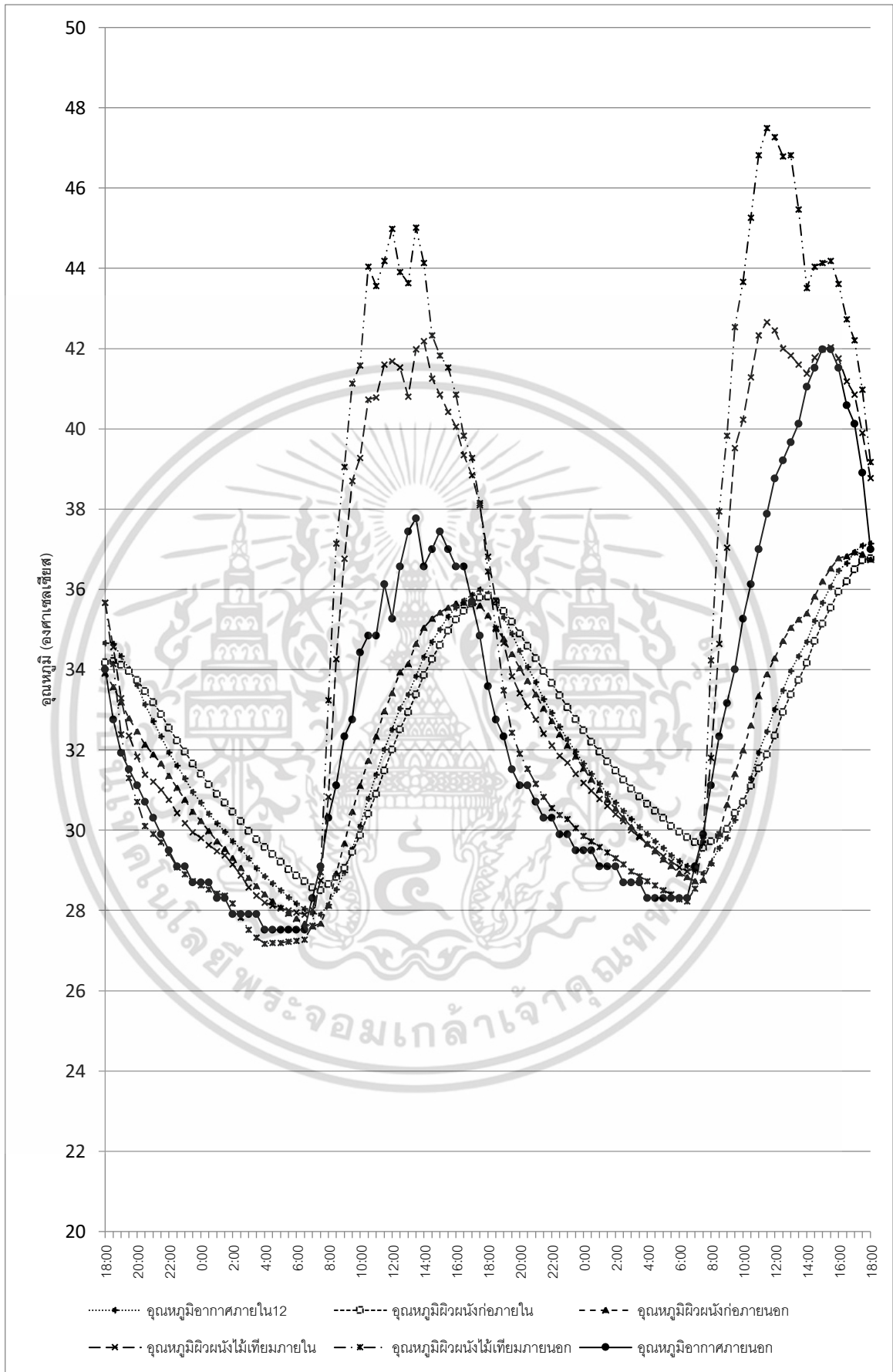
อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบสูงสุด เท่ากับ 36.00 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 17.30 น.

อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบต่ำสุด เท่ากับ 27.90 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 07.30 น.

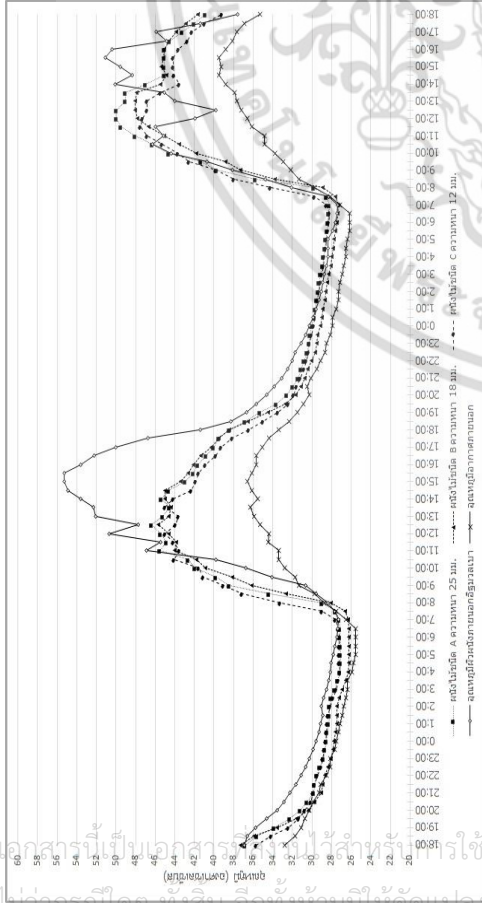
ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิผิวผนังภายในสูงสุดและอุณหภูมิผิวผนังภายนอกต่ำสุด  
 (Temperature Swing) เท่ากับ 8.10 องศาเซลเซียส

ค่าเฉลี่ย (Mean Temperature) ของอุณหภูมิภายในกล่อง เท่ากับ 31.44 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

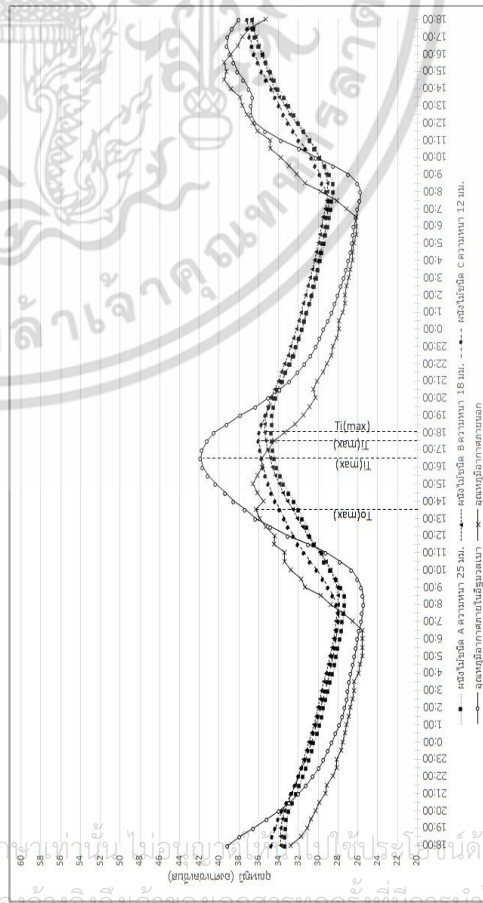


รูปที่ 4.29 แสดงผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด C หน้า 12 มิลลิเมตร เมื่อใช้กับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้วงนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า อีรูมวลเบาเป็นเวลา 48 ชั่วโมง (19 เมษายน ถึง 21 เมษายน 2558) ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



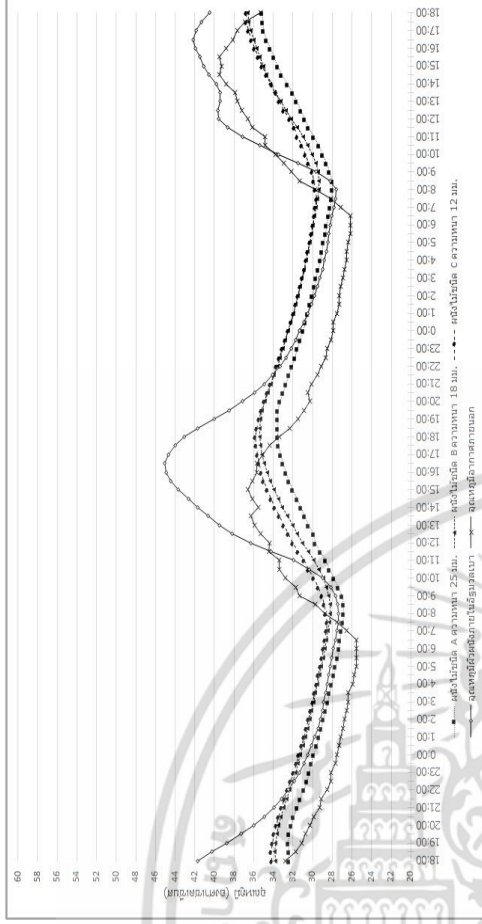
รูปที่ 4.30 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผังกายนอกของการนำวัสดุ

ไม่ประกอบพลศาสตร์มาใช้กับอิฐมวลเบา



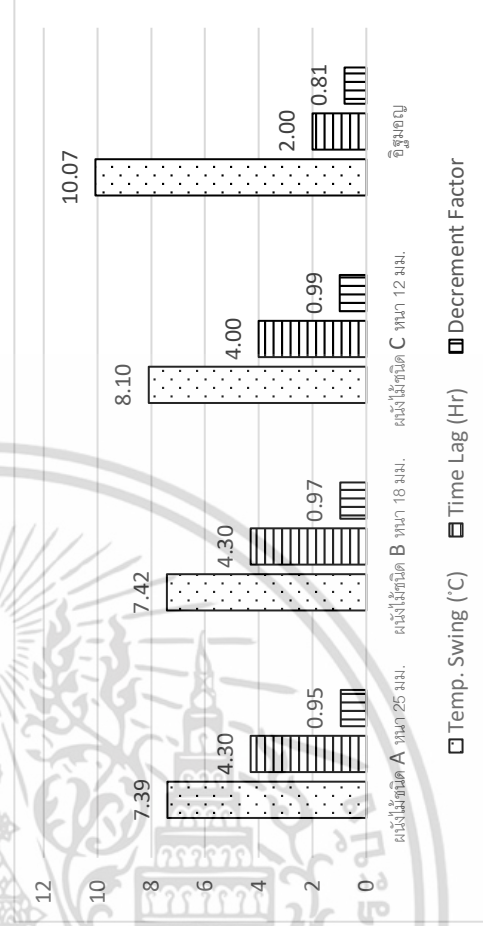
รูปที่ 4.32 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผังกายในของการนำวัสดุไม่

ประกอบพลศาสตร์มาใช้กับอิฐมวลเบา



รูปที่ 4.31 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผังกายในของการนำวัสดุ

ไม่ประกอบพลศาสตร์มาใช้กับอิฐมวลเบา



รูปที่ 4.33 แสดงการเปรียบเทียบค่า Temperature Swing และ Time lag

และค่า Decrement Factor ของการนำวัสดุไม่ประกอบ

พลศาสตร์มาใช้กับอิฐมวลเบา

#### 4.3.3.4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่ใช้กับผนังอิฐมวลเบา

จากรูปที่ 4.32 ในช่วงเวลา 00.00-06.00 น. พบว่าอุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกแต่ละชนิดมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ และเมื่อผนังได้รับความร้อนในตอนเช้าที่เวลา 07.00 น. อุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกจะเพิ่มขึ้นในทันที ซึ่งมีค่าสูงสุดเป็นเวลาใกล้เคียงกับเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายนอกขึ้นสูงสุด เนื่องจากวัสดุไม้ประกอบพลาสติกมีมวลสารน้อย มีการสะสมความร้อนไว้ในวัสดุได้น้อย จึงเกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในได้อย่างรวดเร็ว เมื่อเข้าสู่ช่วงบ่ายรังสีจากดวงอาทิตย์เริ่มลดลง เป็นผลทำให้อุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกลดลงตามไปอย่างรวดเร็ว แต่ยังมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ เนื่องจากในมีการคายความร้อนจากด้านในกล่องทดสอบผ่านผนังอิฐบล็อกออกมา จากกราฟเรียงลำดับได้ดังนี้ ผนังไม้ชนิด A ความหนา 25 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 46.37 องศาเซลเซียส , ผนังไม้ชนิด B ความหนา 18 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 45.64 องศาเซลเซียส และผนังไม้ชนิด C ความหนา 12 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 45.02 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.33 จากกราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังภายในของอิฐมวลเบา พบว่า ตั้งแต่เวลา 00.00 น. ถึง 07.00 น. อุณหภูมิที่ผิวผนังภายในของอิฐมวลเบา มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ เนื่องจากผนังมีการคายความร้อนออกมาอย่างช้าๆ ในเวลากลางคืนทำให้อุณหภูมิที่ผิวผนังภายในค่อยๆลดลง จนถึงเวลา 07.30 น. อุณหภูมิอากาศภายนอกเริ่มสูงขึ้น พบว่า อุณหภูมิผิวผนังอิฐบล็อกภายในมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ เนื่องจากผนังอิฐมวลเบา มีค่าการนำความร้อนต่ำทำให้ผนังอิฐมวลเบาสะสมความร้อนได้ในปริมาณมาก จนเมื่อเข้าสู่ในช่วงเย็น อุณหภูมิอากาศเริ่มลดลง พบว่า อุณหภูมิที่ผิวผนังภายใน ยังคงมีค่าสูงขึ้น ทั้ง 3 กล่องทดสอบมีค่าสูงสุดที่เวลาประมาณ 18.00 - 18.30 น. เมื่อผิวผนังภายในอึดตัวจากการสะสมความร้อน ผนังจึงเริ่มคายความร้อนออกมาอย่างช้าๆ ซึ่งเข้าสู่ช่วงเวลากลางคืนอีกครั้ง จากกราฟเรียงลำดับจากอุณหภูมิผิวภายในต่ำสุดได้ดังนี้ ผนังไม้ชนิด A ความหนา 25 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 33.59 องศาเซลเซียส, ผนังไม้ชนิด B ความหนา 18 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 35.42 องศาเซลเซียส และ ผนังไม้ชนิด C ความหนา 12 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 35.82 องศาเซลเซียส

จากรูปที่ 3.34 เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบ พบว่าตั้งแต่เวลา 00.00 น. ถึง 07.00 น. อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก เนื่องจากผนังภายในกล่องมีการคายความร้อนออกมาอย่างช้าๆ ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทั้ง 3 กล่องค่อยๆลดลงมาในอัตราที่เท่ากัน จนเมื่อถึงเวลา 7.30 น. อิทธิพลจากแสงอาทิตย์มีผลทำให้อุณหภูมิที่ผิวผนังภายนอกสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ความร้อนถูกถ่ายเทมายังผิวผนังอิฐมวลเบาด้านใน ซึ่งผนังอิฐมวลเบาเป็นผนังที่มีมวลสารน้อย วัสดุนำความร้อนได้น้อย และมีการสะสมความร้อนได้มาก

จึงใช้เวลานานในการสะสมความร้อนจนอึดตัว จึงทำให้อุณหภูมิภายในกล่องค่อยๆสูงขึ้นอย่างช้าๆ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิภายในกล่องทดสอบยังคงมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศไปจนถึงเวลา 17.00 น. อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบ มีค่าอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ เนื่องจากเกิดการอิมิตัวจากการสะสมความร้อนซึ่งเข้าสู่เวลาเย็น เป็นผลทำให้เกิดการคายความร้อนออกมา จึงทำให้อุณหภูมิค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ จากกราฟ ผนังไม้ชนิด A ความหนา 25 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 34.67 องศาเซลเซียส เวลา 18.00 น., ผนังไม้ชนิด B ความหนา 18 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 35.77 องศาเซลเซียส เวลา 18.30 น., ผนังไม้ชนิด C ความหนา 12 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 36.00 องศาเซลเซียส เวลา 17.30 น. ตามลำดับ และหลังจากเวลา 22.00 น. อุณหภูมิภายในกล่องทดสอบทุกกล่องจะคายความร้อนออกมาอย่างช้าๆ จนมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งวัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่มาประกบกับผนังอิฐมวลเบาจะทำให้มีความหนาของผนังเพิ่มขึ้น จึงทำให้มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) รวม ของผนังลดลง ทำให้อุณหภูมิภายในกล่องทดสอบลดลงไปด้วย

จากรูปที่ 3.35 ผนังอิฐมวลเบา เป็นผนังที่มีมวลสารน้อย เป็นวัสดุที่นำความร้อนได้ไม่ดี และทำให้มีอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ต่ำ ทำให้มีความสามารถในการสะสมความร้อนในเนื้อวัสดุได้มาก และใช้เวลานานกว่าที่วัสดุจะอิมิตัว เมื่อนำวัสดุไม้ประกอบพลาสติกประกบเข้ากับผนังอิฐมวลเบาทำให้ความหนาของผนังอิฐมวลเบา มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ค่า U-value รวมของผนังมีค่าลดลง

จากกราฟ วัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่มีมวลสารมากจะมีค่าการต้านทานความร้อนที่สูงกว่าวัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่มีมวลสารน้อย และมีการถ่ายเทความร้อนในอัตราค่อนข้างคงที่มากกว่า ทำให้อุณหภูมิภายในกล่องทดสอบมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งอิฐมวลเบาเป็นวัสดุที่มีมวลสารน้อย และนำความร้อนได้น้อย แต่มีค่าความจุความร้อนสูง จึงสามารถสะสมความร้อนได้ปริมาณมากทำให้ความร้อนถูกถ่ายเทจากไม้เทียมด้านนอกเข้าสู่ผนังอิฐที่ด้านในได้มากและใช้เวลานาน ซึ่งพบว่าเมื่อวัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่มีความหนาที่สุดเมื่อประกบเข้ากับผนังอิฐมวลเบา ทำให้ค่า U-value รวมของผนังมีค่าลดลง ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องน้อยสุด และมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (Temperature Swing) น้อยสุด ทำให้มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนที่จะเข้ามาได้มาก ส่วนวัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่มีมวลสารน้อย ค่า U-value รวมของผนังก็จะมีค่าสูง เนื่องจากวัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่นำมาประกบมีความหนาน้อยมาก ทำให้อุณหภูมิภายในกล่องทดสอบสูง และมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (Temperature Swing) สูง ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพของวัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่มีความหนาน้อย มีการป้องกันความร้อนที่จะเข้ามาได้น้อยอีกด้วย

เมื่อเปรียบเทียบวัสดุไม้ประกอบพลาสติกทั้ง 3 ชนิด ที่ทำการทดสอบกับผนังอิฐมวลเบา พบว่า ผนังไม้เทียมชนิด C ความหนา 12 มม. มีอุณหภูมิขึ้นสูงสุดหลังจากอุณหภูมิอากาศภายนอกขึ้นสูงสุดแล้ว 4 ชั่วโมง และอุณหภูมิภายในจะสูงกว่า (ร้อนกว่า) อุณหภูมิอากาศภายนอกเป็นเวลานานหลายชั่วโมง ถึงแม้ว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกจะลดลงในช่วงเย็นแล้ว อุณหภูมิภายในของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนังอิฐมวลเบาที่นำวัสดุไม้ประกอบพลาสติกมาประกบก็ยังร้อนกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกอีกหลาย ชั่วโมง เนื่องจากความจุความร้อนและความหนาแน่นของผนังอิฐมวลเบาทั้ง 3 กล่องมีค่าเท่ากัน เป็นผลให้ความร้อนสะสมอยู่เป็นเวลานาน เมื่อนำวัสดุไม้ประกอบพลาสติกประกบเข้ากับผนังอิฐมวลเบา ทำให้ความหนาของผนังอิฐมวลเบาที่มีค่าเพิ่มขึ้น จึงทำให้มีค่า U-value ต่ำลง ความร้อนเข้าสู่ผนังภายในและภายในกล่องทดสอบได้น้อยลงและใช้เวลามาก จากการทดสอบค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ได้จากกรณีไม้ใช้วัสดุปิดผิวผนัง อิฐมวลเบามีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนอยู่ที่ประมาณ 2 ชั่วโมง และเพิ่มขึ้นเป็น 4.30 ชั่วโมง ในช่วงเวลา 18.00 น. สำหรับวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด A ความหนา 25 มม. และ วัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด B ความหนา 18 มม. สำหรับผนังไม้เทียมชนิด C ความหนา 12 มม. เพิ่มขึ้นเป็น 4 ชั่วโมง ในช่วงเวลา 17.30 น.

เมื่อคำนวณหาค่า Decrement Factor จะได้ตามลำดับดังนี้ ผนังวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด A ความหนา 25 มม. มีความสามารถในการยอมให้ความร้อนผ่านเข้ามาได้ 0.953 ผนังวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด B ความหนา 18 มม. มีความสามารถในการยอมให้ความร้อนผ่านเข้ามาได้ 0.972 และผนังวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิด C ความหนา 12 มม. มีความสามารถในการยอมให้ความร้อนผ่านเข้ามาได้ 0.989

#### 4.4 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value)

คอนกรีตมวลเบาสามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ได้จาก

$$U = \frac{1}{R_T}$$

โดย  $R_T$  คือ ค่าความต้านทานรวม ซึ่งหาได้จากสมการ

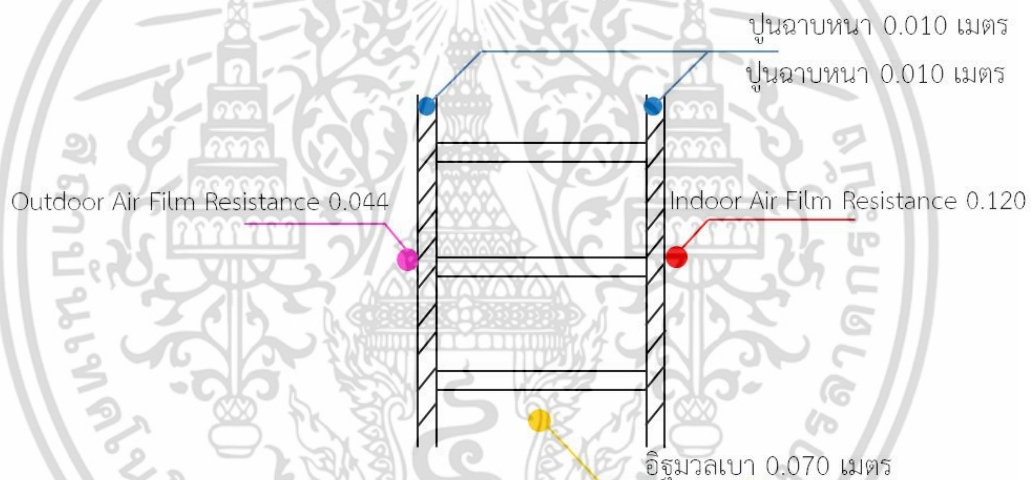
$$R = \frac{\Delta x}{k}$$

โดย  $R$  คือ ค่าความต้านทานการนำความร้อน ( $m^2 \cdot K/W$ )

$\Delta x$  คือ ความหนาของวัสดุ (m)

$k$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ ( $W/m \cdot K$ )

ตัวอย่างการคำนวณ



รูปที่ 4.34 ภาพแสดงชั้นของวัสดุในการทดสอบเพื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value)

จากสูตร  $U = \frac{1}{R_T}$  ----- ①

$R = \frac{\Delta x}{k}$  ----- ②

หา  $R$  ปูนฉาบ จากสมการ ②

$$\begin{aligned} \text{จะได้ } R \text{ ปูนฉาบ} &= \frac{0.010 \text{ m}}{0.326 \text{ W/m} \cdot \text{K}} \\ &= 0.031 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หา R อีฐมวลดเบา จากสมการ ②

$$\begin{aligned} \text{จะได้ } R \text{ อีฐมวลดเบา} &= \frac{0.070 \text{ m}}{0.180 \text{ W/m}\cdot\text{K}} \\ &= 0.389 \text{ m}^2\cdot\text{K/W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{เพราะฉะนั้นค่าต้านทานความร้อนรวม (R}_T\text{) ของอีฐมวลดเบา} &= 0.044+0.031+0.389+0.031+0.120 \\ &= 0.615 \text{ m}^2\cdot\text{K/W} \end{aligned}$$

ดังนั้น จะได้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ของอีฐมวลดเบา

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ ①} \quad U &= \frac{1}{R_T} \\ U &= \frac{1}{0.615 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}} \\ &= 1.612 \text{ W/m}^2\cdot\text{K} \end{aligned}$$

เมื่อนำวัสดุไม้ประกอบพลาสติก มาใช้กับผนังอีฐมวลดเบาจะคำนวณได้ดังนี้

$$\text{หา R ของวัสดุไม้ประกอบพลาสติก จากสมการ ②} \quad R = \frac{\Delta x}{k}$$

โดย  $\Delta x$  คือ ความหนาของวัสดุไม้ประกอบพลาสติก หน่วย เมตร

$k$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ ที่ได้จากการส่งทดสอบจาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

$$\begin{aligned} \text{จะได้ } R \text{ ของวัสดุไม้ประกอบพลาสติก} &= \frac{0.025 \text{ m}}{0.043 \text{ W/m}\cdot\text{K}} \\ &= 0.580 \text{ m}^2\cdot\text{K/W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{เพราะฉะนั้นค่าต้านทานความร้อนรวม (R}_T\text{) ของผนัง} &= 0.044+0.058+0.031+0.389+0.031+0.12 \\ &= 1.195 \text{ m}^2\cdot\text{K/W} \end{aligned}$$

ดังนั้น จะได้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ของอีฐมวลดเบาที่ใช้กับวัสดุไม้ประกอบพลาสติก

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ ①} \quad U &= \frac{1}{R_T} \\ U &= \frac{1}{1.195 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}} \\ &= 0.837 \text{ W/m}^2\cdot\text{K} \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ของผนังชนิด A ความหนา 25 มิลลิเมตร เมื่อใช้กับผนังอีฐมวลดเบาเท่ากับ  $0.837 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของการนำวัสดุไม้ประกอบพลาสติก ทั้ง 3 ชนิดมาใช้กับผนัง

ชนิดของผนัง	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) หน่วย $W/(m^2.K)$		
	วัสดุไม้ประกอบพลาสติก ชนิด A (25 mm.)	วัสดุไม้ประกอบพลาสติก ชนิด B (18 mm.)	วัสดุไม้ประกอบพลาสติก ชนิด C (12 mm.)
อิฐบล็อก	1.088	1.318	1.616
อิฐมวลเบา	1.087	1.316	1.613
อิฐมวลเบา	0.837	0.996	1.771



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 บทสรุป

การศึกษาการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารนี้ พบว่ามีหลายปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวผนัง ซึ่งจากการทดสอบ การสังเกตและวิเคราะห์ข้อมูลจากผนังทั้งหมดที่นำมาศึกษา ต่างมีรูปแบบและลักษณะการถ่ายเทความร้อนแตกต่างกันไปตามคุณสมบัติของวัสดุนั้นๆ เป็นสำคัญ การนำไปใช้จึงต้องพิจารณาถึงประสิทธิภาพของวัสดุ เพื่อให้สอดคล้องกับประโยชน์ใช้สอย ระยะเวลา และสภาพแวดล้อมของอาคารนั้น เพื่อที่จะสามารถนำไปใช้ได้ถูกต้องตามที่ต้องการและมีประสิทธิภาพสูงสุด

ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาวัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่มีคุณสมบัติที่สามารถทำให้อุณหภูมิอากาศภายในลดลงได้ในเวลากลางวันเท่านั้น แต่ก็พอที่จะทราบถึงแนวทางในการนำเอาวัสดุไม้ประกอบพลาสติกไปใช้กับวัสดุผนังก่อสร้างอื่น ๆ ได้มีประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนสูงสุด ดังนั้นอิทธิพลของมวลสารของผนังจึงเป็นสิ่งที่น่าให้ความสนใจเป็นพิเศษเรื่องหนึ่ง จากการทดลองกรณีต่างๆ จึงสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างการทดสอบไม่มีวัสดุปิดผิวและมีวัสดุปิดผิว

ชนิดของผนัง	อุณหภูมิสูงสุดภายในกล่องทดสอบแต่ละชนิด (องศาเซลเซียส)			
	ไม่มีวัสดุปิดผิว	วัสดุไม้ประกอบพลาสติก ชนิด A (25 mm.)	วัสดุไม้ประกอบพลาสติก ชนิด B (18 mm.)	วัสดุไม้ประกอบพลาสติก ชนิด C (12 mm.)
อิฐบล็อก	43.94	35.25	35.67	36.25
อิฐมอญ	43.09	35.40	35.51	36.90
อิฐมวลเบา	41.73	34.67	35.37	36.90

ผนังก่อที่ไม่มีวัสดุปิดผิวใดๆ เลยทั้ง 3 ชนิด โดยทั่วไปจะมีอุณหภูมิสูงกว่าผนังที่มีการบุผิวด้วยวัสดุไม้ประกอบพลาสติก การที่ผิวด้วยของวัสดุก่อไม่ได้รับการป้องกันใดๆ ส่งผลให้มีอุณหภูมิภายในสูง เป็นเพราะผนังก่อเป็นวัสดุที่มีมวลสารมาก เมื่อได้รับความร้อนทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนอย่างรวดเร็ว ส่วนกรณีผนังที่ใช้วัสดุไม้ประกอบพลาสติกจะทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันความร้อนจากภายนอก ทำให้ผนังมีความหนามากขึ้น ส่งผลให้มีอุณหภูมิภายในที่ต่ำกว่า มีการถ่ายเทความร้อนไม่มากนักใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อนในอัตราที่ค่อนข้างคงที่ และมีความแตกต่างของอุณหภูมิน้อยกว่ากรณีไม่มีวัสดุบุผิว ซึ่งผนังที่มีมวลสารน้อย ทำให้นำความร้อนได้น้อย และเก็บความร้อนในเนื้อวัสดุได้น้อย จึงมีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนได้ดีที่สุด มีอุณหภูมิภายในต่ำสุด ส่วนผนังที่มีมวลสารมากคือพวกอิฐมวลฉนวน จะมีความหนาแน่นมาก นำความร้อนได้ดี สามารถสะสมความร้อนได้ในปริมาณมาก ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนเร็ว จึงมีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนได้น้อยกว่าผนังอื่นๆที่ทดสอบ

**ตารางที่ 5.2** เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่างการทดสอบไม่มีวัสดุปิดผิวและมีวัสดุปิดผิว

ชนิดของผนัง	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) หน่วย $W/(m^2.K)$			
	ไม่มีวัสดุปิดผิว	วัสดุไม่ประกอบพลาสติก ชนิด A (25 mm.)	วัสดุไม่ประกอบพลาสติก ชนิด B (18 mm.)	วัสดุไม่ประกอบพลาสติก ชนิด C (12 mm.)
อิฐบล็อก	2.949	1.088	1.318	1.616
อิฐมวลฉนวน	2.941	1.087	1.316	1.613
อิฐมวลเบา	1.626	0.837	0.996	1.771

เมื่อนำวัสดุไม่ประกอบพลาสติกมาบุผิวผนังก่อแต่ละชนิด พบว่า อุณหภูมิภายในกล่องทดสอบมีค่าลดลง โดยวัสดุไม่ประกอบพลาสติกชนิด A ความหนา 25 มม. มีความสามารถทำให้อุณหภูมิภายในกล่องทดสอบของอิฐทั้ง 3 ชนิดลดลง เนื่องจากวัสดุไม่ประกอบพลาสติกนั้นทำให้ผนังก่อมีความหนาเพิ่มขึ้น และมีรูปแบบที่ระบายอากาศได้ จึงทำหน้าที่เป็นเกราะป้องกันความร้อนอีกชั้นหนึ่ง เป็นผลทำให้อุณหภูมิอากาศในกล่องทดสอบมีค่าลดลง ในทางกลับกัน ผนังชนิด C ความหนา 12 มม. สามารถลดอุณหภูมิได้ในน้อยกว่าวัสดุไม่ประกอบพลาสติกที่มีความหนามากกว่า

วัสดุที่มีมวลสารมากจะพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูง (U-Value) ซึ่งจะมีอุณหภูมิภายในขึ้นสูงสุดและต่ำสุดแตกต่างกันมาก และพบว่าวัสดุมวลสารมากจะมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ (U-Value) ทำให้มีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (Temperature Swing) มีค่าน้อย เนื่องจากผนังที่มีความหนามากความสามารถในการป้องกันได้ดีกว่า เมื่อวัสดุก่อบุด้วยวัสดุไม่ประกอบพลาสติกทั้ง 3 ชนิด ทำให้อุณหภูมิก่อมีความหนาเพิ่มขึ้นเป็นผลทำให้ค่า U-Value มีค่าลดลงจากเดิม ซึ่งวัสดุไม่ประกอบพลาสติกชนิด A ความหนา 25 มิลลิเมตร มีความสามารถในการทำให้ค่า U-value ต่ำที่สุดและส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิภายในกล่องทดสอบให้มีค่าลดลงตามไปด้วยเช่นกัน ดังนั้นถ้าค่า U-value ของผนังมีค่ามากจะทำให้มีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเพิ่มขึ้น และมีอุณหภูมิภายในสอบทดสอบสูง ประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนต่ำตามไปด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบค่าความแตกต่างของอุณหภูมิของผนังวัสดุก่อและวัสดุไม้ประกอบพลาสติก

ชนิดของผนัง	ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	ไม่มีวัสดุปิดผิว	วัสดุไม้ประกอบ พลาสติก ชนิด A (25 mm.)	วัสดุไม้ประกอบ พลาสติก ชนิด B (18 mm.)	วัสดุไม้ประกอบ พลาสติก ชนิด C (12 mm.)
อิฐบล็อก	-2.38	2.92	2.82	2.35
อิฐมอญ	-5.65	1.15	0.68	-0.61
อิฐมวลเบา	-6.69	0.13	-0.28	-0.83

จากตารางเมื่อคำนวณค่าความแตกต่างของอุณหภูมิตั้งแต่ระหว่างภายในกล่องทดสอบและอุณหภูมิอากาศ พบว่า ผนังที่ไม่มีวัสดุปิดผิวจะมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเป็นลบ เนื่องจากผนังมีความหนาแน่นทำให้ความร้อนเข้าสู่ภายในได้มาก ทำให้อุณหภูมิภายในมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ในขณะที่ผนังที่มีการใช้วัสดุไม้ประกอบพลาสติกกับผนังก่อจะมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและอุณหภูมิภายนอกสูงกว่า เนื่องจากผนังมีความหนาแน่นมากกว่า ทำให้นำความร้อนได้น้อย จึงส่งผลให้อุณหภูมิภายในมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก

ตารางที่ 5.4 เปรียบเทียบค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนระหว่างการทดสอบที่ไม่มีวัสดุปิดผิวและมีวัสดุปิดผิว

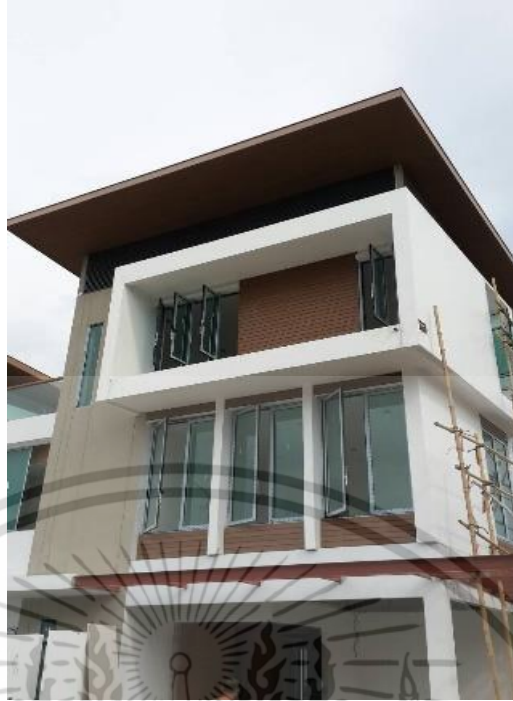
ชนิดของผนัง	ค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (ชั่วโมง)					
	อิฐบล็อก		อิฐมอญแดง		อิฐมวลเบา	
	กรณีไม่มี วัสดุปิดผิว	กรณีมี วัสดุ ปิดผิว	กรณีไม่มี วัสดุปิดผิว	กรณีมี วัสดุ ปิดผิว	กรณีไม่มี วัสดุปิด ผิว	กรณีมีวัสดุ ปิดผิว
A (หนา 25 มม.)	2.00	4.00	1.00	3.30	2.00	4.30
B (หนา 18 มม.)	2.00	4.00	1.00	3.30	2.00	4.30
C (หนา 12 มม.)	2.00	4.00	1.00	3.00	2.00	4.00

อัตราการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Time Lag) พบว่า ผนังคอนกรีตมวลเบา มีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากเดิม 2 ชั่วโมง เพิ่มขึ้นเป็น 4.30 ชั่วโมง ส่วนอิฐบล็อก พบว่า มีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากเดิม 2 ชั่วโมง เพิ่มขึ้นเป็น 4 ชั่วโมง และอิฐมอญ พบว่า มีค่าการหน่วงเหนี่ยวไม่ต่างกันใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนจากเดิม 1 ชั่วโมง เพิ่มขึ้นเป็น 3.30 ชั่วโมง ช่วงเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ยาวนานขึ้นจะส่งผลดีต่อผู้ใช้อาคารในเวลากลางวัน แต่จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อเข้าสู่เวลากลางคืน เนื่องจากผนังคายความร้อนที่สะสมไว้ออกมา ซึ่งสรุปได้ว่าการใช้วัสดุไม้ประกอบพลาสติกทำให้ความร้อนจากภายนอกอาคารเข้าสู่อาคารได้น้อยลง และอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบมีค่าต่ำกว่าการไม่ใช้วัสดุปิดผิวใด ๆ เลย

ดังนั้นจากผลการทดลองสรุปได้ว่าเมื่อใช้วัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่ความหนา 25 มิลลิเมตร จะมีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนได้ดีที่สุด ซึ่งวัสดุไม้ประกอบพลาสติกที่ความหนามาก จะมีความสามารถในการต้านทานความร้อนได้ดีกว่าที่ความหนาอื่น ๆ และมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้นาน เนื่องจากผนังที่มีความหนามากกว่าจะมีความต้านทานของช่องอากาศเพิ่มขึ้น เมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับวัสดุก่อชนิดต่าง ๆ ทำให้มีความสามารถในการต้านทานความร้อนเพิ่มขึ้น และรักษาอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบได้คงที่กว่าผนังที่มีความหนาน้อย ซึ่งมีประสิทธิภาพดีเฉพาะในช่วงเวลากลางวัน ส่วนในเวลากลางคืนผนังไม้ประกอบพลาสติกจะมีประสิทธิภาพต่ำ เนื่องจากการกักเก็บความร้อนของมวลสาร ทำให้ความร้อนที่สะสมในวัสดุถูกถ่ายเทความร้อนออกมา ซึ่งไม่เหมาะสมกับการใช้งานอาคารในช่วงเวลากลางคืน

ฉะนั้นแล้วการใช้วัสดุไม้ประกอบพลาสติกนั้น เหมาะสมกับอาคารประเภทที่มีการใช้งานในเวลากลางวัน ซึ่งมีประสิทธิภาพในการลดความร้อนที่เข้าสู่อาคารได้ดี ทำให้ภายในอาคารมีอุณหภูมิต่ำ อีกทั้งยังมีความแข็งแรง สวยงามคงทน ลดปัญหาการใช้ไม้จริงไปได้ วัสดุไม้ประกอบพลาสติกนี้ยังประยุกต์ใช้ได้หลายรูปแบบ เช่น ปรับเปลี่ยนรูปแบบในการติดตั้งวัสดุ เช่น ติดตั้งร่วมกับโครงเคร่า เพื่อให้มีการระบายอากาศได้ดีขึ้น หรือปรับแนวการติดตั้ง เพื่อให้กันแสงได้ หรือมีการออกแบบเพื่อช่วยลดความร้อนของอาคารด้วย เช่น การจัดพื้นที่ทางภูมิสถาปัตยกรรม การจัดพื้นที่ห้องต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศเขตร้อน เป็นต้น



รูปที่ 5.1 ภาพตัวอย่างการนำวัสดุไม้เทียมไปใช้ กับอาคารพักอาศัยในประเทศไทย



รูปที่ 5.2 ภาพตัวอย่างการนำวัสดุไม้เทียมไปใช้ กับอาคารพักอาศัยในประเทศเวียดนาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2545. **เอกสารเผยแพร่ แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์กระทรวงพลังงาน.
- กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. 2543. **เอกสารเผยแพร่เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน การใช้ฉนวน**. กรุงเทพฯ. : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน.
- ณัฐกานต์ เกษประทุม. 2543. “พฤติกรรมกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารที่มีมวลสารมาก.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ภาควิชาเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ตริงใจ บุรณะสมภพ. ม.ป.ป. **การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน**. กรุงเทพฯ : อัมรินทร์พรินติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- วันเอก กิจสมใจ. 2539. “ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวภายนอกของผนังอาคาร.” วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมสิทธิ์ นิตยะ. 2541. **หลักการออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศแบบร้อนชื้น**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สินีรัตน์ ภัทรธรรมกุล. 2537. “ผลของมวลสารและสีของผนังต่อพฤติกรรมกรรมการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร.” วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อุทัย สุจิตุลวงศ์. 2543. “การศึกษาพฤติกรรมกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุของอาคารพักอาศัยในเขตร้อนชื้น.” วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Brashaw, Vaughn. 1993. **Building Control System**, 2<sup>nd</sup> ed. USA : John Wiley and sons.
- Dept. Scient. & Ind. Research. **Handbook of Chemistry and Physics**. England.
- John W. Jewett, Jr. and Raymond A. Serway. 2008. **Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics**. Seventh Edition. Belmont California : CTBS.
- Moore, F. 1993. **Environmental control system: Heating cooling lighting**. Singapore: McGraw-Hill.
- Olygay, Victor. 1992. **Design with Climate**. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Stoever and Herman J. 1941. **Applied heat transmission**. New York : McGraw Hill.
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม (ต่อ)

- พลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2553. **ระบบกรอบอาคาร (Building Envelope System)**.  
 [Online]. Available :  
[http://www2.dede.go.th/bhrd/old/Download/file\\_handbook/Pre\\_Build/Build\\_13.pdf](http://www2.dede.go.th/bhrd/old/Download/file_handbook/Pre_Build/Build_13.pdf).
- พัฒนา รัตนนาททอง. 2015. **วิธีการคำนวณ OTTV ภาคทฤษฎี ตอนที่ 2: U-Value และ TDeq**.  
 [Online]. Available : <http://maipatana.me/วิธีการคำนวณ-ottv-ภาคทฤษฎี2-u-value-tdeq/>.
- GRM Thailand. วัสดุทดแทนไม้ไบโอวู้ด. 2011. [Online]. Available :  
[http://www.biowoodthailand.com/English/download/catalog\\_biowood.pdf](http://www.biowoodthailand.com/English/download/catalog_biowood.pdf).
- GRM Vietnam. Biowood. 2017. [Online]. Available : <http://www.biowood.vn/>.
- David Darling. 2015. **Thermal Mass**. [Online]. Available :  
[http://www.daviddarling.info/encyclopedia/T/AE\\_thermal\\_mass.html](http://www.daviddarling.info/encyclopedia/T/AE_thermal_mass.html).
- Hamdy A. Kandil. 24 February 2014. **Steady Heat Conduction in Plane Walls, Ch.3**.  
 [Online]. Available : <http://slideplayer.com/slide/10352900/>.
- SKAT. 1993. **Climate Responsive Building: Appropriate Building Construction in Tropical and Subtropical Regions**. [Online]. Available :  
[http://www.fastonline.org/CD3WD\\_40/CD3WD/CONSTRUC/SK02CE/EN/B160\\_3.HTM](http://www.fastonline.org/CD3WD_40/CD3WD/CONSTRUC/SK02CE/EN/B160_3.HTM).
- Zubair A Peerbocus. 6 October 2008. **Engineering The Future - Sustainable Buildings & Energy Technologies**. [Online]. Available : <http://engineering-the-future.tripod.com/>.
- พัชรี คำธิตา. 2016. **Wood Plastic Composite**. [Online]. Available :  
<http://www.rsu.ac.th/engineer/che/news/News%20Data/Wood%20Plastic%20Composite.pdf>.
- สามซ่า. 2017. **รูปแบบการก่อสร้าง**. [Online]. Available :  
<http://topicstock.pantip.com/home/topicstock/2006/12/R4990958/R4990958.html>.

The seal of Rajabhat Nakhon Phanom University is a circular emblem. It features a central sun with rays, flanked by two traditional Thai stupas. Below the sun is a crown-like structure. The entire emblem is surrounded by a decorative border with Thai script. The text 'ภาคผนวก ก' is centered over the seal.

## ภาคผนวก ก

ผลการทดสอบค่าการนำความร้อน ( Thermal conductivity;  $k$  ) จาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**KING MONGKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THONBURI**  
**INSTITUTE FOR SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH AND SERVICES**

126 PRACHA-U-THIT RD., BANGMOD, THUNGKRU, BANGKOK 10140 THAILAND  
 Tel. +66 2470-9671-3, +66 2470-9664-7 Fax +66 2428-3374 <http://www.kmutt.ac.th>

Our ref : ISTRS/58256

February 25, 2015

Subject : Report of test the physical properties of the specimens, "Biowood wall panel size 8x8 inch," one piece of sample.

Dear sir : Amonwan Saennual (Faculty of Architecture Major Tropical architecture – KMTTL)

The Institute for Scientific and Technological Research and Services, King Mongkut's University of Technology Thonburi has testing the physical properties of the specimens, "Biowood wall panel size 8x8 inch," one piece of sample. Result are as the following:-

Items	Parameter	Thickness ( mm )	Results ( W/m*K)
1.	Thermal Conductivity	24.0	0.0430

Condition : Hot plate temperature = 37.7 °C  
 Cold plate temperature = 10.0 °C  
 Surrounding temperature = 25.0 – 26.0 °C  
 Time for testing = 10 min.

Very truly yours,

*Ounsa*  
 (Mr.Ounsa Nonphala)  
 Analyst/Scientist

*N. Buranajant*  
 (Ass.Prof.Nithi Buranajant)  
 Director Institute for Scientific and  
 Technological Research and Services

*Ounsa*  
 (Mr.Ounsa Nonphala)  
 Laboratory Manager

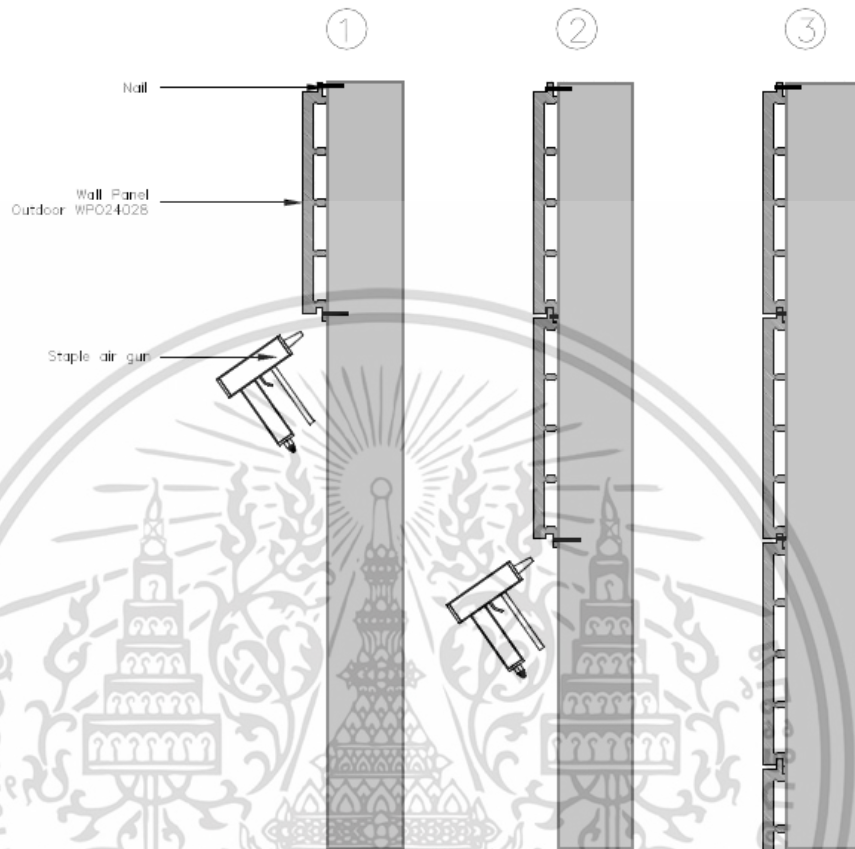
This report is not official unless it carries the raised seal of the university and the genuine authorized signature (s)  
 This report is valid only for the specimens tested. It does not apply to other pieces of material or products even through made by the same manufacturer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การติดตั้งวัสดุไม้ประกอบพลาสติกชนิดแบบไม่ใช้โครงคร่าว



1. นำวัสดุไม้ประกอบพลาสติกมาติดตั้งเข้ากับผนังก่อ จัดให้ได้ฉาก หรือในมุมที่ต้องการ โดยทำการยึดนอตเข้าวัสดุไม้ประกอบพลาสติกลงบนผนังก่อโดยตรง ซึ่งนอตที่นำมาใช้ยึดวัสดุดังกล่าว ควรมีความยาวที่มากกว่าความหนาของวัสดุไม้ประกอบพลาสติก เพื่อให้ยึดติดแน่นขึ้น
2. นำไม้ประกอบพลาสติกชั้นที่สองมาต่อเข้าลิ้นกับผนังไม้ประกอบพลาสติกชั้นแรกที่ได้ติดตั้งไปแล้ว และยึดนอตเข้าที่ปลายอีกด้านหนึ่งของวัสดุไม้ประกอบพลาสติกกับผนังก่อ
3. นอกจากจะใช้นอตเป็นตัวยึดได้แล้ว ยังสามารถใช้การประสานท่อน้ำ หรือ ปืนกาบ ช่วยเพิ่มความแข็งแรงระหว่างการเข้าลิ้นของวัสดุไม้ประกอบพลาสติกได้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาว อมลวรรณ แสนนวล
วัน เดือน ปีเกิด	23 พฤศจิกายน 2532 จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ที่อยู่	60/210/1 ซอพระยาสุเรนทร์9 แขวงบางชัน เขตคลองสามวา กรุงเทพมหานคร 10510 โทร.08-1809-8677
ประวัติการศึกษา	
2554	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์-เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2560	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (สถาปัตยกรรมเขตร้อน) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์การทำงาน	
ปัจจุบัน	Smart Green Building Network CO., LTD.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้