



การศึกษาการถ่ายเทความร้อนผ่านกระเบื้องหลังคาคอนกรีต
ผสมถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม
Study Heat Transfer through Concrete Roof
Tile to mixed Rubbish Plastic Bag glaze with Aluminium



นายชิงชัย	มารักษา	รหัสนิสิต	51363944
นายพิทักษ์	ชากองมา	รหัสนิสิต	51364057
นายอภิวัฒน์	เดชทิศ	รหัสนิสิต	51364170

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 10 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน..... 16997707
เลขเรียกหนังสือ..... ปร.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ๖๕๑๑

2604

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ปีการศึกษา 2554



ใบรับรองโครงการวิศวกรรม

หัวข้อโครงการ : การศึกษาการถ่ายเทความร้อนผ่านกระเบื้องหลังคาคอนกรีต
ผสมถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม

ผู้ดำเนินโครงการ : นายชิงชัย มารักษา รหัสนิต 51363944
นายพิทักษ์ ชากองมา รหัสนิต 51364057
นายอภิวัฒน์ เดชทิศ รหัสนิต 51364170

อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.ศลิษา วีรพันธุ์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : อาจารย์ศิษย์พันธุ์ แคนลา

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงการวิศวกรรม

.....ประธานกรรมการ

(ดร.ศลิษา วีรพันธุ์)

.....กรรมการ

(ดร.ภาณุ พุทวงศ์)

.....กรรมการ

(ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว)

หัวข้อโครงการ	: การศึกษาการถ่ายเทความร้อนผ่านกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม	
ผู้ดำเนินโครงการ	นายชิงชัย มารักษา	รหัสนิสิต 51363944
	นายพิทักษ์ ซากองมา	รหัสนิสิต 51364057
	นายอภิวัฒน์ เดชทิศ	รหัสนิสิต 51364170
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	: ดร.ศลิษา วีรพันธ์	
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการร่วม	: อาจารย์ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา	
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล	
ปีการศึกษา	: 2554	

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการศึกษาการถ่ายเทความร้อนผ่านกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม เพื่อนำมาวิเคราะห์การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ

ผลจากการทดลองพบว่า บ้านจำลองซึ่งมุงด้วยกระเบื้องหลังคาซีเมนต์ยี่ห้อหินลอนคู่มืออุณหภูมิอากาศในบ้านเฉลี่ยต่ำที่สุด รองลงมาคือบ้านจำลองที่มุงด้วยกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.3, 0.5, 0 และ 0.7 โดยปริมาตรตามลำดับ สำหรับบ้านจำลองที่มุงด้วยกระเบื้องหลังคาคอนกรีตแผ่นลอนคู่มืออุณหภูมิสูงแต่น้อยกว่ากระเบื้องหลังคาคอนกรีตแผ่นเรียบ ส่วนบ้านจำลองที่มุงด้วยกระเบื้องหลังคาคอนกรีตแผ่นเรียบมีอุณหภูมิอากาศภายในบ้านสูงที่สุด

จากการศึกษาการคำนวณพลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศของอาคารสำนักงานสมมติให้มีการมุงหลังคากระเบื้อง โดยการเทียบกับหลังคาที่มุงด้วยหลังคาคอนกรีตแผ่นเรียบเป็นเกณฑ์พบว่า หลังคาซีเมนต์ยี่ห้อหินลอนคู่มือมีการประหยัดมากที่สุดที่ 3.43% รองลงมาเป็นหลังคาคอนกรีตผสมถุงขยะเคลือบอลูมิเนียม 0.3, 0.5, 0 และ 0.7 โดยปริมาตรตามลำดับซึ่งสามารถประหยัดได้ 1.75%, 1.54%, 1.47% และ 1.12% ตามลำดับและหลังคาคอนกรีตแผ่นลอนมีเปอร์เซ็นต์ประหยัดต่ำสุดที่ 0.77% นอกจากนี้การมุงหลังคาด้วยกระเบื้องหลังคาเมื่อนำมาคิดต้นทุนของแผ่นกระเบื้องหลังคาพบว่าหากมุงด้วยกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียมในอัตราส่วนผสมอลูมิเนียม 0, 0.3, 0.5, 0.7 โดยปริมาตร มีต้นทุนของกระเบื้องหลังคา 40,000 บาท กระเบื้องหลังคาคอนกรีตแผ่นลอนและแผ่นเรียบมีต้นทุนกระเบื้องหลังคา 154,000 บาท และกระเบื้องหลังคาซีเมนต์ยี่ห้อหินลอนคู่มือมีต้นทุนกระเบื้องหลังคาเท่ากับ 105,600 บาท

Project Title : Study Heat Transfer through Cement Roof Tile to mixed
Rubbish Plastic Bag glaze with Aluminium.

Name : Mr.Chingchai Maraksa Code 51363944
Mr.Phitak Chakongma Code 51364057
Mr.Apiwat Dattit Code 51364172

Project Advisor : Dr.Salisa Veerapun
Project Advisor together Mr.Sitphan Kanla

Department : Mechanical Engineering
Academic Year : 2011

Abstract

This paper aims to study about heat transferring through concrete and roof tiles to mixed rubbish plastic bag glaze with aluminum, moreover, we determined to analysis saving about the electric energy and the budget in this air condition process.

The result of this experiment which covered with the asbestos double craved cement roof tiles have the lowest average temperature. Next is the house that made from concrete and roof tiles to mixed rubbish plastic bag glaze with aluminum 0.3, 0.5, 0 and 0.7 respectively. For the concrete craved tile house, it is defined as a high temperature house but less than a flat concrete roof tile house that contained the highest temperature inside.

From study calculation electric of energy consumption of air conditioning in office buildings by comparing to flat concrete roof tile found that the cement double craved roof tiles have the most saving energy which is 3.43%. Secondary, it is the concrete and to mixed rubbish plastic bag glaze with aluminum roof tiles 0.3, 0.5, 0 and 0.7 by capacity. The chronological capacity can save 1.75%, 1.54%, 1.47%, and 1.12% and for the cement double craved roof tiles contained the most sufficient saving energy as 0.77%. The rest to tile with roof tiles about first cost the result shown that if using the concrete and roof tiles in the rate of using rubbish plastic bag glaze with aluminum 0, 0.3, 0.5, 0.7 by capacity, it will be first cost 40,000 Baht. The cement double craved and flat roof tiles first cost 154,000 Baht and the asbestos double craved cement roof tiles first cost 105,600 Baht.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เพราะได้รับความอนุเคราะห์จากดร.ศลิษา วีรพันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่กรุณาให้คำปรึกษา และอาจารย์ศิษย์ภัณฑ์ แคนลาที่ให้คำปรึกษาชี้แนะ แก่ไขรายงานผู้เขียนรู้สึกในความกรุณาและขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณครูช่างภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่าน ที่กรุณาอำนวยความสะดวก เอื้อเพื่อในการใช้สถานที่และอุปกรณ์ในการทดลอง ตลอดจนช่วยแนะนำการใช้เครื่องมือทดสอบ ต่างๆ ในการปฏิบัติโครงการ

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยสนับสนุน ส่งเสริมในเรื่องการศึกษาและคอยเป็นกำลังใจ แก่ผู้ดำเนินโครงการอย่างสม่ำเสมอตลอดมา

สุดท้ายขอขอบคุณนายกิตติศักดิ์ วงษ์โก นายธราดล อ่อนน้อม และนายพรหม เย็นนที เจ้าของ ปริญญานิพนธ์เรื่องศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมลูมิเนียมพอยล์ จากถูขยะพลาสติก



นายชิงชัย	มารักษา
นายพิทักษ์	ชากองมา
นายอภิวัฒน์	เดชทิศ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
ใบรับรองโครงการ	ก
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ข
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ญ
สารบัญกราฟ	ฎ
ลำดับสัญลักษณ์	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของโครงการ	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.6 ระยะเวลาแผนการปฏิบัติงาน	3
1.7 งบประมาณ	4
บทที่ 2 หลักการ และทฤษฎี	
2.1 วัสดุก่อสร้างและฉนวนกับการประหยัดพลังงาน	5
2.2 การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร	5
2.2.1 ความร้อนที่เกิดจากภายในอาคาร	6
2.2.2 ความร้อนที่เกิดจากภายนอกอาคาร	6
2.2.3 Conduction Heat Gain	6
2.2.4 Solar Radiation	6
2.2.5 Ventilation Heat Gain	6
2.3 การถ่ายเทความร้อนที่หลังคา	6
2.3.1 รังสีคลื่นสั้น	6
2.3.2 รังสีคลื่นยาว	6
2.4 อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์	8
2.5 คุณสมบัติความเป็นฉนวน	10
2.6 การเลือกใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงาน	10
2.7 การถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน	11
2.8 อิทธิพลของวัสดุหลังคาที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน	12

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 3 การดำเนินการและการทดลอง	
3.1 วางแผนการดำเนินการทดลอง	14
3.2 อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง	15
3.2.1 อุปกรณ์	15
3.2.2 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง	15
3.3 ขั้นตอนการสร้างบ้านจำลองและวิธีการทดลอง	16
3.4 กระเบื้องที่ใช้ในการทดลอง	19
3.5 วิธีการทำก้อนคอนกรีตทดสอบค่าการนำความร้อน	20
3.6 วิธีการทดสอบค่าการนำความร้อน	22
3.7 ทิศทางของแสงอาทิตย์	28
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์	
4.1 ผลการทดลองการวัดอุณหภูมิภายในบ้านจำลอง	29
4.1.1 ผลการวัดอุณหภูมิของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริง เดือนกันยายน 2554	29
4.1.2 ผลการวัดอุณหภูมิของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริง เดือนตุลาคม 2554	30
4.1.3 ผลการวัดอุณหภูมิของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริง เดือนพฤศจิกายน 2554	31
4.1.4 ผลการวัดอุณหภูมิของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริง เดือนธันวาคม 2554	32
4.1.5 ผลการวัดอุณหภูมิของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริง เดือนมกราคม 2555	33
4.1.6 ผลการวัดอุณหภูมิของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริง เดือนกุมภาพันธ์ 2555	34
4.1.7 ผลการวัดอุณหภูมิภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริง (กันยายน 2554 - กุมภาพันธ์ 2555)	35
4.1.8 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลอง ตลอด 6 เดือน (กันยายน 2554 – กุมภาพันธ์ 2555)	36
4.2 ผลการทดลองการหาค่าการนำความร้อนของกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสม ฉนวนพลาสติกเคลือบอูมิเนียม	36
4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าในการปรับอากาศ	37
4.4 ผลการวิเคราะห์การประหยัดพลังงาน	38
4.5 ผลการวิเคราะห์ราคาต้นทุนของกระเบื้องหลังคา	39

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	
5.1 การวัดอุณหภูมิของอากาศภายในบ้านจำลอง	40
5.2 ค่าการนำความร้อน	41
5.3 การใช้พลังงานในการปรับอากาศ	41
5.4 ราคากระเบื้อง	41
5.5 วิจารณ์การวัดค่าการนำความร้อน	42
5.6 วิจารณ์และข้อเสนอแนะ	42
บรรณานุกรม	43
ภาคผนวก ก	45
ภาคผนวก ข	54
ภาคผนวก ค	63
ภาคผนวก ง	66
ประวัติผู้จัดทำโครงการ	70



สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
1ค. ตารางคุณสมบัติ	63
2ค. ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ	64
3ค. ค่าความแตกต่างอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคาร	65
4ค. ค่าการนำความร้อนที่ได้จากการทดลอง	65
5ค. แสดงคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของฉนวน	65
1ง. แสดงค่าไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ	67
2ง. การประมาณราคากระเบื้องในงานหลังคา	68



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 การป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวบ้าน	5
รูปที่ 2.2 ความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายนอกของบ้านจำลองที่มุ่งด้วยหลังคาชนิดต่างๆ	7
รูปที่ 2.3 พลังความร้อนในแต่ละเดือนของประเทศไทย	9
รูปที่ 2.4 การนำความร้อนตามแนวแกนของวัสดุรูปทรงกระบอกที่หุ้มฉนวน	12
รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการปฏิบัติงานและการดำเนินการทดลอง	14
รูปที่ 3.2 ขนาดบ้านจำลอง	16
รูปที่ 3.3 การติดตั้งหัววัดอุณหภูมิและอุณหภูมิต่อหลังคา	16
รูปที่ 3.4 การอุตรอยรั้วบ้านจำลอง	17
รูปที่ 3.5 การติดตั้งบ้านจำลอง	17
รูปที่ 3.6 การต่อสายวัดอุณหภูมิเข้ากับเครื่อง AP-1701-2	18
รูปที่ 3.7 การเก็บข้อมูล	18
รูปที่ 3.8 กระเบื้องที่ใช้ทดลอง	19
รูปที่ 3.9 ตัวอย่างถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม	20
รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการเตรียมส่วนผสมของอิฐซีเมนต์ผสมถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม	20
รูปที่ 3.11 การหล่อก้อนทดสอบ	21
รูปที่ 3.12 ก้อนคอนกรีตทดสอบที่นำออกจากแบบหล่อ	21
รูปที่ 3.13 การติดตั้งชุดทดสอบการนำความร้อนตามแนวแกน	22
รูปที่ 3.14 ทิศทางแสงแดด เวลา 6.00 น.	24
รูปที่ 3.15 ทิศทางแสงแดด เวลา 6.30 น.	24
รูปที่ 3.16 ทิศทางแสงแดด เวลา 7.00 น.	24
รูปที่ 3.17 ทิศทางแสงแดด เวลา 7.30 น.	24
รูปที่ 3.18 ทิศทางแสงแดด เวลา 8.00 น.	24
รูปที่ 3.19 ทิศทางแสงแดด เวลา 8.30 น.	24
รูปที่ 3.20 ทิศทางแสงแดด เวลา 9.00 น.	25
รูปที่ 3.21 ทิศทางแสงแดด เวลา 9.30 น.	25
รูปที่ 3.22 ทิศทางแสงแดด เวลา 10.00 น.	25
รูปที่ 3.23 ทิศทางแสงแดด เวลา 10.30 น.	25
รูปที่ 3.24 ทิศทางแสงแดด เวลา 11.00 น.	25
รูปที่ 3.25 ทิศทางแสงแดด เวลา 11.30 น.	25
รูปที่ 3.26 ทิศทางแสงแดด(1) เวลา 12.00 น.	26

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.27 ทิศทางแสงแดด(2) เวลา 12.00 น.	26
รูปที่ 3.28 ทิศทางแสงแดด เวลา 12.30 น.	26
รูปที่ 3.29 ทิศทางแสงแดด เวลา 13.00 น.	26
รูปที่ 3.30 ทิศทางแสงแดด เวลา 13.30 น.	26
รูปที่ 3.31 ทิศทางแสงแดด เวลา 14.00 น.	26
รูปที่ 3.32 ทิศทางแสงแดด เวลา 14.30 น.	27
รูปที่ 3.33 ทิศทางแสงแดด เวลา 15.00 น.	27
รูปที่ 3.34 ทิศทางแสงแดด เวลา 15.30 น.	27
รูปที่ 3.35 ทิศทางแสงแดด เวลา 16.00 น.	27
รูปที่ 3.36 ทิศทางแสงแดด เวลา 16.30 น.	27
รูปที่ 3.37 ทิศทางแสงแดด เวลา 17.00 น.	27
รูปที่ 3.38 ทิศทางแสงแดด เวลา 17.30 น.	28
รูปที่ 3.39 ทิศทางแสงแดด เวลา 18.00 น.	28



สารบัญกราฟ

	หน้า
กราฟที่ 4.1 อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือนกันยายน	29
กราฟที่ 4.2 อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือนตุลาคม	30
กราฟที่ 4.3 อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือนพฤศจิกายน	31
กราฟที่ 4.4 อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือนธันวาคม	32
กราฟที่ 4.5 อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงมกราคม 2555	33
กราฟที่ 4.6 อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงกุมภาพันธ์ 2555	34
กราฟที่ 4.7 อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงกันยายน 2554 ถึงกุมภาพันธ์ 2555	35
กราฟที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือนกันยายน 2554- เดือนกุมภาพันธ์ 2555	36
กราฟที่ 4.9 ค่าใช้จ่ายในด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าการปรับอากาศต่อ 1 ปี	37
กราฟที่ 4.10 การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศ	38
กราฟที่ 4.11 ราคากระเบื้องแต่ละประเภทต่อพื้นที่การมุงหลังคา 1000 ตารางเมตร	39
กราฟที่ 1ข. อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือนกันยายน	54
กราฟที่ 2ข. อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือนตุลาคม	55
กราฟที่ 3ข. อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือนพฤศจิกายน	56
กราฟที่ 4ข. อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือนธันวาคม	57
กราฟที่ 5ข. อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงมกราคม 2555	58
กราฟที่ 6ข. อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงกุมภาพันธ์ 2555	59
กราฟที่ 7ข. อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงกันยายน 2554 ถึงกุมภาพันธ์ 2555	60

ลำดับสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ปริมาณ(ไทย)	หน่วย(Unit)
Q	ค่าการถ่ายเทความร้อน	W
K	ค่าการนำความร้อน	W/(m.°C)
A	พื้นที่การถ่ายเทความร้อน	m ²
T	ลำดับสัญลักษณ์	°C
L,x	ความหนาของวัตถุ	m
R	ค่าความต้านทานความร้อน	(m ² .°C)/W
U	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม	W/(m ² .°C)
R _t	ค่าการต้านทานความร้อนรวม	(m ² .°C)/w
dT	ผลต่างของอุณหภูมิ	°C
dx	ผลต่างของความหนา	m
Al	ถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม	-



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันสภาวะโลกร้อนเป็นปัญหาอย่างมากที่ส่งผลทำให้อุณหภูมิของโลกนั้นเพิ่มขึ้น เป็นปัญหาหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่ออาคารพักอาศัย ซึ่งความร้อนภายในบ้านและอาคารส่วนหนึ่งนั้นมาจากหลังคาทำให้อุณหภูมิของอากาศภายในเพิ่มมากขึ้นทุกวัน ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างมากในการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างสิ้นเปลืองที่ส่วนใหญ่มาจากการปรับอากาศโดยใช้เหตุจึงต้องการศึกษาว่าจะทำอย่างไรที่จะช่วยลดปริมาณค่าไฟฟ้าที่ใช้กับระบบปรับอากาศลงได้

จากปัญหานี้จึงได้มีแนวคิดที่จะนำเอากระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมดุงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียมมาทดสอบวัดอุณหภูมิของอากาศภายในบ้านจำลองหลังที่มีการมุงด้วยกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมดุงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียมเพราะว่าในอลูมิเนียมมีคุณสมบัติที่ช่วยในการป้องกันรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ และยังสามารถป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้ดีอีกด้วยซึ่งอุปสรรคที่มีผลต่อหลังคาก็คือความร้อนและน้ำนอกจากนี้ความร้อนส่วนใหญ่ที่เข้ามายังภายในอาคาร เป็นภาระต่อการทำความเย็นให้กับเครื่องปรับอากาศทำให้สิ้นเปลืองการใช้พลังงานไฟฟ้าเพราะว่าความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคารส่วนหนึ่งมาจากหลังคาซึ่งเป็นพื้นที่หลักของอาคารจะมีการรับแสงอาทิตย์มากที่สุดจึงเป็นผลให้หลังคามีอุณหภูมิสูงที่สุด ดังนั้นการออกแบบและการเลือกใช้วัสดุหลังคาที่เหมาะสมจะช่วยลดภาระการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศและยังช่วยลดน้ำหนักของโครงสร้างของหลังคาได้อีกด้วย

ด้วยความนิยมในการใช้วัสดุหลังคาที่มีความหลากหลายทั้งในอาคารสำนักงาน โรงพยาบาล โรงแรมห้างสรรพสินค้า สถานศึกษา ประเด็นของการเลือกใช้วัสดุหลังคาจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการนำมาใช้พิจารณาวัสดุหลังคาเพื่อวัตถุประสงค์ในการประหยัดพลังงานของอาคารและความสำคัญในเชิงเศรษฐศาสตร์อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 วัดและเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในบ้านจำลองที่มุงหลังคาด้วยกระเบื้องมีส่วนผสมคือปูน หยาบ น้ำ ในอัตราส่วน 1:1:0.5 โดยปริมาตร และอัตราผสมดุงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียมในอัตราส่วนเท่ากับ 0, 0.3, 0.5, 0.7 โดยปริมาตร กระเบื้องคอนกรีตแผ่นลอนกระเบื้องคอนกรีตแผ่นเรียบ กระเบื้องคอนกรีตโยหินลอนคู่และสิ่งแวดล้อม ตลอดทั้งวัน

1.2.2 วิเคราะห์การประหยัดพลังงานของอาคารที่มีการมุงหลังคาด้วยกระเบื้องคอนกรีตผสมดุงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียมในอัตราส่วนอลูมิเนียมเท่ากับ 0, 0.3, 0.5, 0.7 โดยปริมาตร กระเบื้องหลังคาคอนกรีตแผ่นลอนกระเบื้องหลังคาคอนกรีตแผ่นเรียบ และกระเบื้องหลังคาคอนกรีตโยหินลอนคู่เมื่อมีการใช้ระบบปรับอากาศอยู่ภายใน

1.2.3 นำขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียมมาใช้ประโยชน์

1.2.4 ศึกษาและวิเคราะห์การหาค่าการนำความร้อนของกระเบื้องหลังคาผสมดุงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียมในแต่ละอัตราส่วนของพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 ได้ทราบว่ากระเบื้องหลังคาประเภทใดเมื่อนำมามุงหลังคาแล้ว ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านต่ำที่สุด
- 1.3.2 ได้ทราบผลของการประหยัดพลังงานเมื่อมุงด้วยวัสดุหลังคาแต่ละประเภท
- 1.3.3 ช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม
- 1.3.4 ได้ทราบค่าการนำความร้อนของกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมดุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม
- 1.3.5 สามารถนำไปช่วยพิจารณาในการเลือกใช้กระเบื้องมุงหลังคาได้

1.4 ขอบเขตของโครงการ

- 1.4.1 ศึกษาและสร้างบ้านจำลองตามแบบบ้านจำลองจากโครงการ "ศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมดุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม"
- 1.4.2 มุงหลังคาบ้านแต่ละหลังด้วยกระเบื้องที่มีส่วนผสมคือ ปูน ทราย น้ำ ในอัตราส่วน 1:1:0.5 โดยปริมาตร และผสมดุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียมในอัตราส่วนอลูมิเนียมเท่ากับ 0, 0.3, 0.5, 0.7 โดยปริมาตร กระเบื้องหลังคาคอนกรีตแผ่นลอนกระเบื้องหลังคาคอนกรีตแผ่นเรียบ และกระเบื้องหลังคาคอนกรีตโยหินลอนคู่
- 1.4.2 ติดตั้งบ้านจำลองบริเวณที่โล่ง แสงแดดสามารถส่องถึงได้ตลอดทั้งวัน บ้านทุกหลังอยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกันทั้งหมด
- 1.4.3 วัดอุณหภูมิภายในบ้านจำลองและเก็บค่าทุกๆ 30 นาที ตลอด 24 ชั่วโมง ตั้งแต่วันที่ 14 กันยายน พ.ศ.2554 ถึง 31 มกราคม พ.ศ.2555
- 1.4.4 เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในบ้านจำลองและวิเคราะห์สมรรถนะของกระเบื้องมุงหลังคาถึงความเป็นไปได้ในการนำกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมดุงขยะพลาสติกมาใช้งานจริง

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.5.1 ศึกษาการสร้างแบบบ้านจำลองจากโครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมดุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม
- 1.5.2 สร้างบ้านตามแบบที่ได้ศึกษาข้างต้น
- 1.5.3 ทดสอบค่าการนำความร้อนของกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมดุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม
 - 1.5.3.1 หาค่าการนำความร้อนของกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมดุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียมโดยมีอัตราส่วน ปูน ทราย น้ำ ในอัตรา 1:1:0.5 โดยปริมาตร และผสมอลูมิเนียมจากดุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียมในอัตราส่วนอลูมิเนียมเท่ากับ 0, 0.3, 0.5, 0.7 ตามลำดับ
 - 1.5.4 วิเคราะห์และเปรียบเทียบการใช้พลังงานในการปรับอากาศภายในบ้านแต่ละหลังที่มีการมุงหลังคาด้วยกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมดุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม กับกระเบื้องหลังคาคอนกรีตทั่วไปที่มีขายในท้องตลาด
 - 1.5.5 สรุปผลและวิจารณ์

1.6 ระยะเวลาและแผนปฏิบัติงาน (Gantt Chart)

ระยะเวลา

ดำเนินการ 8.....เดือนตั้งแต่ กรกฎาคม 2554 ถึงธันวาคม 2555

การปฏิบัติงาน	พ.ศ. 2554						พ.ศ. 2555	
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนากระเบื้องหลังคาคอนกรีต	←	←	←	←				
2. สร้างบ้านจำลองเพื่อนำกระเบื้องติดตั้งทดสอบ		←	←	←				
3. ทดสอบวัดค่าอุณหภูมิของอากาศภายในบ้านจำลอง			←	←			←	←
4. เปรียบเทียบอุณหภูมิของอากาศภายในบ้านจำลองที่มุงด้วยกระเบื้องคอนกรีตผสมขี้เถ้าพลาสติกเคลือบอนุมิเนียมแต่ละอัตราส่วนกับกระเบื้องทั่วไป							←	←
5. สรุปและวิจารณ์ผล							←	←

แผนที่วางไว้

ปฏิบัติได้จริง



1.7 งบประมาณ

ค่าวัสดุ

ปูนซีเมนต์	60	บาท
กระเบื้อง	108	บาท
โฟมแผ่น	369	บาท
กาวซิลิโคนขาว Wurth	950	บาท
ไม้โครงยางพารา	280	บาท
พลาสติกลูกฟูก	285	บาท
กล่องพลาสติกใสอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ	150	บาท
ท่อ PVC สีดำและข้องอ	488	บาท
ท่อ PVC ¾ นิ้ว	80	บาท
อิฐแดง	44	บาท
แลกเกอร์เคลือบเงา	45	บาท
แปรงขนขาว	38	บาท
แผ่นอลูมิเนียม	170	บาท
สายสัญญาณอินเทอร์เน็ต	235	บาท
วัสดุสำนักงาน	300	บาท
รวมด้วยเฉลี่ยทุกรายการ	3,602	บาท



บทที่ 2

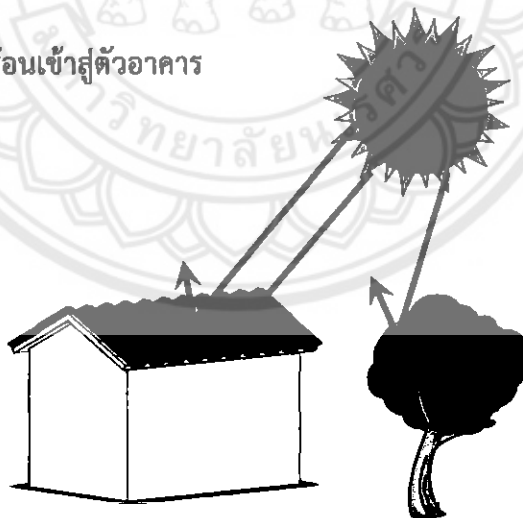
หลักการและทฤษฎี

2.1 วัสดุก่อสร้างและฉนวนกับการประหยัดพลังงาน

เมื่อกล่าวถึงเรื่องของการใช้พลังงานภายในอาคารซึ่งในที่นี้หมายถึงพลังงานไฟฟ้าคนทั่วไปส่วนมากมักจะมีความเข้าใจเฉพาะการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวเนื่องจากสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายและเห็นเป็นรูปธรรมอย่างชัดเจน แต่แท้ที่จริงแล้วยังมีอีกหลายวิธีที่สามารถช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานลงได้ ซึ่งหนึ่งในวิธีนั้นก็คือการเลือกใช้วัสดุผนังหลังคาหรือว่ากระเบื้องผนังหลังคาให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน

สาเหตุเนื่องจากกระเบื้องเป็นวัสดุที่อยู่ภายนอกอาคารมีการรับแสงแดดตลอดทั้งวัน ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ถ่ายเทความร้อนเข้ามายังอาคาร ถ้าเลือกใช้กระเบื้องที่สามารถป้องกันความร้อนได้ดีผู้อยู่อาศัยภายในก็จะไม่รู้สึกร้อน และภายในอาคารก็จะอยู่ในสภาวะน่าสบายตลอด และจากการได้รวบรวมข้อมูลต่างๆ มาวิเคราะห์พบว่าพลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ภายในอาคารที่พักอาศัยถูกใช้ไปกับการลดความร้อนภายในอาคารมากที่สุด คือ การใช้ระบบปรับอากาศเข้ามาเสริมเมื่อต้องการให้อยู่ในสภาวะน่าสบาย ที่ผ่านมามีขั้นตอนการออกแบบการก่อสร้างจะมีผู้ที่คำนึงถึงการเลือกใช้หลังคาที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนไม่มากนัก หากมีการป้องกันในขั้นต้นแล้ว ก็จะไม่ทำให้ภาระในการลดความร้อนตกไปอยู่กับระบบทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศมากนัก ซึ่งเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานมากชนิดหนึ่งในการทำงานของระบบ

2.2 การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร



รูปที่ 2.1 การป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวบ้าน

ที่มา : กิตติศักดิ์(2553). ศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมอลูมิเนียมฟอยล์จากผงขยะพลาสติก

ความร้อนที่อยู่ภายในอาคารมาจากแหล่งกำเนิดความร้อน 2 ส่วนหลักๆคือความร้อนจากภายนอกและความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารเอง โดยทั่วไปแล้วความร้อนในอาคารจะมาจากภายนอกมากกว่าซึ่งเป็นความร้อนที่ได้รับอิทธิพลจากดวงอาทิตย์โดยการส่งผ่านความร้อนจะมาจาก

ตัวกลางหลายชนิดมาสู่อาคารและความร้อนนั้นจะถ่ายเททางตัวกลางสู่อาคารที่หนึ่ง

2.2.1 ความร้อนที่เกิดจากภายในอาคาร (Internal Heat Gain) เป็นความร้อนที่อาจเกิดได้ทั้งคนหรือว่ามาจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ภายในอาคาร เช่น ความร้อนจากหลอดไฟ ตู้เย็น เป็นต้น

2.2.2 ความร้อนที่เกิดจากภายนอกอาคาร (External Heat Gain) เป็นความร้อนที่เกิดจากอิทธิพลของดวงอาทิตย์

2.2.3 Conduction Heat Gain เป็นการนำความร้อนที่อาจเกิดได้ทั้งการนำความร้อนเข้ามาภายในอาคารหรือการสูญเสียความร้อนสู่ภายนอกโดยตัวนำความร้อน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคาร โดยความร้อนจะถ่ายเทจากที่มีอุณหภูมิสูงกว่าเสมอ

2.2.4 Solar Radiation เป็นการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ในกรณีของประเทศไทยที่ตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรจะได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์เป็นอย่างมาก

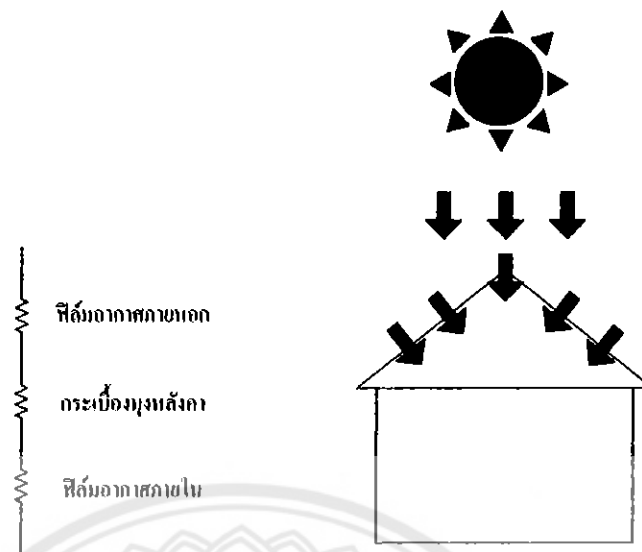
2.2.5 Ventilation Heat Gain คือความร้อนที่มาจากกระบายอากาศ จะมีลักษณะคล้ายกับการนำความร้อนแต่จะมีตัวกลางในการพาความร้อนโดยอากาศซึ่งจะมีความเกี่ยวข้องกับทิศทางและความเร็วของกระแสลมด้วย

2.3 การถ่ายเทความร้อนที่หลังคา

การถ่ายเทความร้อนเข้าหรือออกจากอาคารผ่านหลังคาสามารถทำได้ใน 3 รูปแบบ คือการนำความร้อน (Conduction), การพาความร้อน (Convection), และการแผ่ความร้อน (Radiation) ตามลักษณะทางกายภาพของอาคารทั่วไปที่มีความสูงไม่มาก พบว่าหลังคาเป็นส่วนที่ได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีความร้อนตรงจากดวงอาทิตย์มากที่สุด การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์เมื่อเข้าสู่ชั้นบรรยากาศของโลกจะมีบางส่วนที่แพร่กระจายเหลือเพียงบางส่วนที่ผ่านตรงมายังพื้นโลก รังสีที่เกิดการสะท้อนกับเมฆฝุ่นละอองหรือไอน้ำในอากาศเรียกว่ารังสีกระจาย (Diffuse Radiation) ซึ่งมีการกระจายที่ไม่สม่ำเสมอมีความเข้มสูงในบริเวณรอบดวงอาทิตย์และปริมาณของรังสีจะมีค่า 10-90% ของปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้าสู่ตัวอาคาร อีกส่วนหนึ่งของรังสีเกิดการสะท้อนจากพื้นดินหรืออาคารข้างเคียงเรียกว่ารังสีสะท้อน (Reflected Radiation) จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่า Reflectivity ของพื้นผิววัสดุที่อยู่รอบๆอาคารนั้นรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาถึงพื้นโลกจะประกอบด้วยรังสี 2 ประเภทคือ

2.3.1 รังสีคลื่นสั้น (Short Wave Radiation) เป็นรังสีที่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรงสามารถทะลุผ่านกระจกใสได้

2.3.2 รังสีคลื่นยาว (Long Wave Radiation) เกิดจากรังสีคลื่นสั้นที่ตกกระทบวัตถุและจะเปลี่ยนเป็นรังสีคลื่นยาวในรูปของพลังงานความร้อน ซึ่งจะไม่สามารถทะลุผ่านกระจกใสออกไปได้จะสะท้อนได้ติดกับวัสดุผิวเรียบมันและเงา เมื่อวัสดุผนังหลังคาได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์จะร้อนขึ้นเนื่องจากการแผ่รังสีคลื่นสั้นกลายเป็นรังสีคลื่นยาวทำให้เกิดพลังงานความร้อนขึ้นที่ผิววัสดุพร้อมกับการดูดซับรังสีความร้อนของวัสดุทำให้ผิวหลังคาร้อนขึ้นนำไปสู่การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารส่งผลต่ออุณหภูมิของอากาศภายในอาคาร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 3 ประการ (ASHRAE, 2001) คือ อุณหภูมิอากาศภายนอก รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิววัสดุที่ถูกดูดซับไว้ และการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนกับสภาพแวดล้อม



รูปที่ 2.2 ความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายนอกของบ้านจำลองที่มุงด้วยหลังคาชนิดต่างๆ

มวลสารสะสมความร้อน (Thermal Mass) เป็นตัวแปรสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร กล่าวคือมวลสารสะสมความร้อนมีความสามารถในการกักเก็บความร้อนและการหน่วงเหนี่ยวการถ่ายเทความร้อนของวัสดุได้มากหรือน้อยต่างกัน วัสดุที่มีน้ำหนักเบาและมีมวลสารน้อยจะมีความสามารถในการกักเก็บปริมาณความร้อนได้น้อยแต่ความสามารถในการกักเก็บการถ่ายเทความร้อนเป็นไปในอัตราที่ช้าในทางกลับกันวัสดุที่มีมวลสารสะสมความร้อนมากจะมีความสามารถในการกักเก็บปริมาณความร้อนได้มากเมื่อปริมาณความกักเก็บมีมากขึ้นจะเกิดการส่งผ่านความร้อนอย่างต่อเนื่อง ความร้อนที่สะสมในมวลสารสะสมความร้อนจะค่อยๆเคลื่อนตัวผ่านเข้าสู่อาคารในเวลาถัดมาอิทธิพลนี้เรียกว่าการหน่วงเหนี่ยวเวลาหรือ Time Lag Effect ถ้าหากในช่วงเวลาที่หลังคานั้นกักเก็บความร้อนขึ้นอยู่อุณหภูมิอากาศภายนอกเย็นลงกว่าอุณหภูมิของหลังคาแล้วในช่วงเวลานั้นจะเกิดการถ่ายเทความร้อนจากหลังคาสู่อากาศภายนอกด้วย จะเห็นว่าความร้อนที่สะสมอยู่ในหลังคาส่วนหนึ่งจะเคลื่อนตัวเข้าสู่อาคารและอีกส่วนหนึ่งเคลื่อนตัวจากหลังคาสู่ภายนอกหากหลังคามีมวลสารมากและมี Time Lag มากโอกาสที่ความร้อนที่สะสมอยู่ในหลังคาจะถ่ายให้กับอาคารและภายนอกก็มีมาก

การหน่วงเวลาหรือการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Time Lag) โดยปกติแล้ววัสดุที่มีมวลสารมากจะมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ได้นานกว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อยกว่า แต่ในสภาพการใช้งานจริงการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการที่สำคัญคือ ปริมาณความร้อนที่มากพอที่จะทำให้วัสดุในแต่ละชั้นร้อนขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัวก่อนที่จะถ่ายเทเข้าไปในอาคารต่อไป

ค่าการถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศโดยตรงโดยการพาความร้อน (Surface Air-Conductance) การถ่ายเทความร้อนโดยวิธีนี้จะขึ้นอยู่กับความเร็วลมที่พัดผ่านและลักษณะของพื้นผิวอิทธิพลของส่วนนี้จะมีค่าน้อยมากในกรณีที่วัสดุนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ อิทธิพลนี้จะมีค่ามากขึ้นในกรณีที่วัสดุนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูงขึ้นค่าการดูดกลืน

และการกระจายพลังงานความร้อนของวัสดุ (Surface Absorption and Surface Emission) โดยปกติแล้วหากวัสดุมีสีธรรมชาติหรือสีของวัสดุตามธรรมชาติค่า Surface Emission จะค่อนข้างสูงประมาณ 0.8-0.9 นอกจากนี้วัสดุนี้จะมีสีชนิดพิเศษ (Selective Coating) อาจมีค่าการดูดกลืนความร้อนต่ำแต่ก็มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนสูงจะทำให้ผิววัสดุเย็นกว่าปกติสำหรับการดูดกลืนความร้อนส่วนใหญ่มักจะแปรผันตามความเข้มของสีผิวคือถ้าสีผิวเข้มมากก็จะดูดกลืนความร้อนสูง

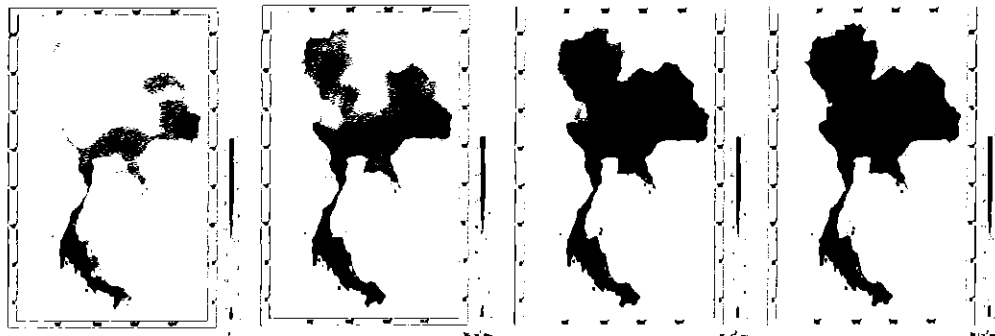
2.4 อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์

ปัจจัยในอากาศเป็นส่วนร่วมของข้อมูลที่มีความแตกต่างกันทางอุตุนิยมวิทยา ซึ่งเป็นการยากมากที่จะแสดงถึงความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกันเพียงแค่อุณหภูมิของอากาศได้ การออกแบบให้สภาพในอาคารมีความสมดุลทางบรรยากาศจึงต้องวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่อยู่ในอากาศคือความร้อนและการแผ่รังสี

อุณหภูมิของอากาศเป็นความเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศรายวัน ขึ้นอยู่กับสภาพท้องฟ้า ในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสรังสีความร้อนสามารถผ่านชั้นบรรยากาศได้สะดวกกว่าวันที่ฟ้าครึ้ม ทำให้วันที่ฟ้าใสจะร้อนกว่าโดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อนจะทำให้อุณหภูมิสูงกว่าปกติ แต่วันที่ฟ้าโปร่งในฤดูหนาวจะหนาวไม่มากนักเนื่องจากดวงอาทิตย์โคจรห่างออกไป

การถ่ายเทรังสีรวมคือการถ่ายเทรังสีรวมจะมีคลื่นรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์กับคลื่นรังสีแผ่กระจาย รวมกันเรียกว่าคลื่นรังสีรวมหรือการแผ่รังสีรวม (Total Radiation) ซึ่งมีความสำคัญในการพิจารณาเรื่องการได้รับความร้อนของหลังคาและด้านต่างๆของอาคาร วิเคราะห์ในเรื่องทิศทางการวางอาคาร รูปร่างสัดส่วนของอาคาร การควบคุมอุณหภูมิของอาคาร และเทคนิคในการก่อสร้างอาคารในเขตร้อน

แผนที่พลังงานแสงอาทิตย์ของไทย

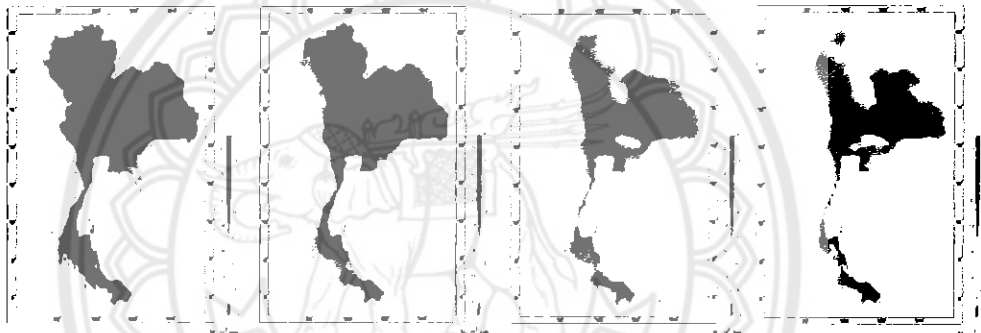


เดือนมกราคม

เดือนกุมภาพันธ์

เดือนมีนาคม

เดือนเมษายน

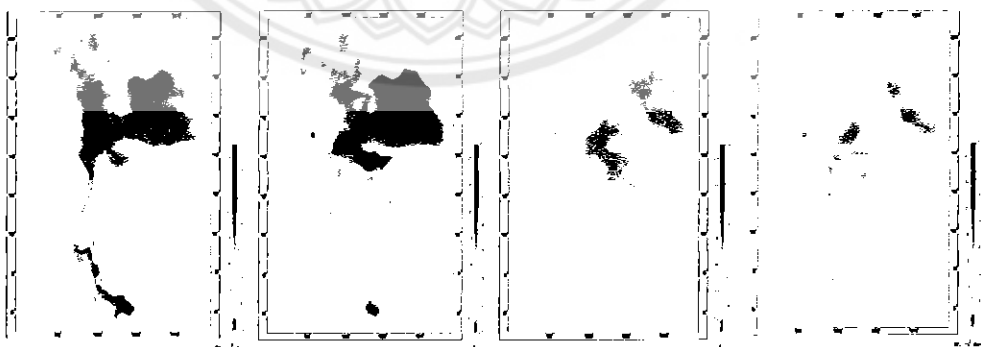


เดือนพฤษภาคม

เดือนมิถุนายน

เดือนกรกฎาคม

เดือนสิงหาคม



เดือนกันยายน

เดือนตุลาคม

เดือนพฤศจิกายน

เดือนธันวาคม

รูปที่ 2.3 พลังงานความร้อนในแต่ละเดือนของประเทศไทย

ที่มา : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานและคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

2.5 คุณสมบัติความเป็นฉนวน

เมื่อกล่าวถึงคุณสมบัติความเป็นฉนวน หรือวัสดุที่ถือว่ามีความเป็นฉนวนที่ดีขึ้นนั้นระดับของความเป็นฉนวนจะต้องพิจารณาปัจจัยหลักๆคือ ความสามารถในการต้านทานความร้อน (Resistivity) ความสามารถในการนำความร้อน (Conductivity) และความจุความร้อน (Thermal Capacity) ซึ่งความสามารถในการต้านทานความร้อนหรือค่า "R-value" จะเป็นค่าที่บ่งบอกถึงอัตราส่วนระหว่างความหนาของวัสดุตามแนวที่ความร้อนได้มีการไหลผ่านกับความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุ และค่าการต้านทานความร้อนจะมีความสัมพันธ์กับค่าการนำความร้อนแบบเป็นส่วนกลับ กล่าวคือ ถ้าค่าการต้านทานความร้อนสูง วัสดุนั้นก็จะมีความร้อนต่ำ สามารถคำนวณได้จาก

$$R = \frac{1}{c} = \frac{\Delta X}{K}$$

สมการที่ 2.1

โดยที่

R=ค่าการต้านทานความร้อน($m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$)

C=ค่าความจุความร้อน ($\text{J/kg.}^\circ\text{C}$)

ΔX =ความหนาของวัสดุที่นำมาพิจารณา

k= ค่าการนำความร้อน ($\text{W/m.}^\circ\text{C}$)

2.6 การเลือกใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงาน

การเลือกใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงานจำเป็นต้องมีความเข้าใจถึงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นกับอาคารในช่วงเวลาต่างๆเมื่อเลือกใช้วัสดุต่างชนิดกัน เพราะวัสดุผนังที่มีมวลสารแตกต่างกันจะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในอาคารในแต่ละช่วงเวลา ถ้าเป็นวัสดุที่มีมวลสารมากจะทำให้อุณหภูมิภายในไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับผนังที่มีมวลสารน้อยเพราะมวลสารของผนังจะทำหน้าที่เก็บสะสมความร้อนไว้ในช่วงเวลาหนึ่ง ก่อนจะกระจายเข้ามายังภายในอาคารเกิดการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Time Lag) ทำให้ช่วงเวลากลางวันที่ภายนอกมีอากาศร้อนจัด แต่อุณหภูมิภายในจะไม่สูงมากนักแต่เมื่อถึงเวลากลางคืนผนังที่มีความหนาอุณหภูมิจะสูงกว่าอาคารที่มีผนังบาง เพราะมีการคายความร้อนที่ช้าอันเนื่องมาจากผนังที่หนามาก และเนื่องจากอากาศของกรุงเทพมหานครมีอุณหภูมิสูงเกือบตลอดทั้งปี ทำให้เกิดปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งในการออกแบบคือมีความร้อนปริมาณมากเข้ามาภายในอาคาร และการที่จะนำเอาความเย็นในช่วงเวลากลางคืนมาใช้ในช่วงเวลากลางวันโดยอาศัยการหน่วงเวลาของวัสดุนั้นทำได้ยากมากเพราะความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิกลางวันและกลางคืนมีไม่มากพอ ดังนั้นการลดปริมาณความร้อนให้เข้ามายังภายในอาคารให้น้อยที่สุดจะเป็นการช่วยในการปรับสภาวะภายในอาคารได้ดีที่สุด

2.7 การถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน

การศึกษาการถ่ายเทความร้อนที่ศึกษาในการทดลองนี้เป็นการศึกษาการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน การถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนนี้ เกิดจากการแลกเปลี่ยนพลังงานจลน์ระหว่างอนุภาคเล็กๆของวัสดุ เช่น อะตอมอิเล็กตรอน และโมเลกุล โดยอนุภาคที่มีพลังงานน้อยจะรับพลังงานจากอนุภาคที่มีพลังงานสูงกว่าจากการกระทบกันหรือชนกันระหว่างอนุภาคทั้งสองนั้น เช่น ถ้าหากสอดแท่งโลหะเข้าไปในเปลวไฟแล้วใช้มือจับไว้ที่ปลายอีกด้านของแท่งโลหะนั้นแล้วอะตอมของแท่งโลหะทางปลายข้างที่อยู่ในเปลวไฟก็จะเกิดการเคลื่อนไหว หรือสั่นสะเทือนขึ้น การเคลื่อนไหว หรือการสั่นสะเทือนนี้จะทำให้อะตอมที่อยู่ใกล้เคียงกันนั้นเกิดการกระทบกันหรือเกิดการชนกันขึ้นดังนั้นก็จะมีพลังงานจลน์ถ่ายเทจากอะตอมที่มีพลังงานจลน์สูงไปให้แก่อะตอมที่มีพลังงานจลน์ต่ำกว่าส่งผลให้อะตอมของโลหะที่อยู่ห่างออกจากเปลวไฟมีการสั่นสะเทือนเพิ่มขึ้น และการสั่นสะเทือนนี้จะทำให้อุณหภูมิของโลหะเพิ่มขึ้นถึงแม้จะสามารถอธิบายการถ่ายเทของความร้อนผ่านแท่งโลหะโดยการสั่นสะเทือนของอะตอมและการเคลื่อนไหวของอะตอมก็ตาม อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำก็ยังขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเฉพาะของวัสดุ ปกติแล้วโลหะจะเป็นตัวนำความร้อนที่ดี ทั้งนี้ก็เพราะว่าโลหะประกอบด้วยอิเล็กตรอนจำนวนมากที่พร้อมจะเคลื่อนที่และเคลื่อนย้ายพลังงานจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง วัสดุจำพวกใยหิน ไม้คอร์ก กระจกและไฟเบอร์กลาสเป็นตัวนำความร้อนที่ไม่ดี ก๊าซก็เป็นตัวนำความร้อนที่ไม่ดีเช่นเดียวกันทั้งนี้เพราะว่ามีมวลน้อยมากการนำความร้อนจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อจุดสองจุดในวัตถุที่เป็นตัวกลางมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันในการศึกษาถึงการนำความร้อนนั้นจะต้องศึกษาจากแท่งวัตถุที่มีความยาวเป็น ΔX มีพื้นที่หน้าตัดเป็น A และมีอุณหภูมิที่ผิวทั้งสองเป็น T_1 และ T_2 ตามลำดับ โดยที่ $T_2 > T_1$ ดังในรูปที่..... วัตถุรูปทรงกระบอกนี้จะบุนนวนไม่ให้ความร้อนรั่วไหลออกจากผิวด้านข้าง ดังนั้นความร้อนจึงไหลได้เฉพาะในแนวของแท่งวัตถุนี้เท่านั้น ความร้อนนี้จะไหลจากปลายที่มีอุณหภูมิสูงไปยังปลายที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ Q นี้จะแปรผันตรงกับพื้นที่หน้าตัด A ของแท่งวัตถุ แปรผันตรงกับความแตกต่างของอุณหภูมิ ΔT ระหว่างผิวทั้งสองของแท่งวัตถุ และแปรผกผันกับความยาว ΔX ของแท่งวัตถุ นั่นคือ

$$Q = UA(T_1 - T_2) \quad \text{สมการที่ 2.2}$$

$$U = \frac{k}{x} \quad \text{สมการที่ 2.3}$$

$$Q = kA \frac{\Delta T}{\Delta X} \quad \text{สมการที่ 2.4}$$

$$R = \frac{x}{k} = \frac{1}{U} \quad \text{สมการที่ 2.5}$$

โดยที่

Q = อัตราการไหลของความร้อน, W

k = ความสามารถในการนำความร้อน, W/m.°C

A = พื้นที่ของผนัง หรือชั้นทดสอบ, m^2

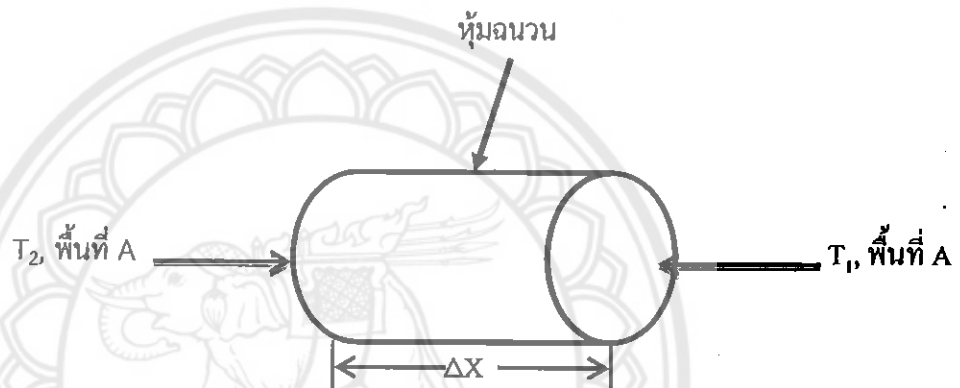
T_1 = อุณหภูมิชั้นทดสอบด้านที่ติดกับแหล่งกำเนิดความร้อน, °C

T_2 = อุณหภูมิชั้นทดสอบด้านตรงกันข้ามกับแหล่งกำเนิดความร้อน, °C

X = ความหนาของผนัง หรือชั้นทดสอบ, m

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม, W/(m^2 °C)

R = ความต้านทานการนำความร้อน, (m^2 °C) /W



รูปที่ 2.4 การนำความร้อนตามแนวแกนของวัตถุรูปทรงกระบอกที่หุ้มฉนวน

2.8 อิทธิพลของวัสดุหลังคาต่อการถ่ายเทความร้อน

วัสดุผนังหลังคา (Roofing Materials) หมายถึงวัสดุที่ใช้วางมุงลงบนโครงหลังคาเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำไหลทะลุโครงสร้างหลังคาลงไปสู่พื้นที่ภายในใต้หลังคาและยังทำหน้าที่ป้องกันแสงแดดและความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร

วัสดุแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่มีผลต่อการรับความร้อนคายความร้อนหรือสะท้อนความร้อนแตกต่างกันไปอันจะส่งผลมากน้อยต่อการอนุรักษ์พลังงานของอาคารทั้งหลังในเขตร้อนวัสดุหลังคาที่มีสีเข้มจะดูดซับความร้อนไว้มากกว่า และจะทำให้อุณหภูมิโดยรอบสูงขึ้นทำให้อากาศภายในอาคารมีแนวโน้มสูงขึ้นการเพิ่มคุณสมบัติการสะท้อนความร้อนบนหลังคาจะช่วยลดการรับความร้อนจากดวงอาทิตย์นำไปสู่การประหยัดการใช้พลังงานในการทำเย็นได้

การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารโดยผ่านหลังคาอาคารจะมีการนำความร้อนผ่านวัสดุผนังหลังคาและการพาความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารในกรณีที่อุณหภูมิภายในอาคารต่ำกว่าปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคารนั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุผนังหลังคาไม่ว่าจะเป็นความสามารถในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนความสามารถในการดูดซับรังสีความสามารถในการสะท้อนรังสีเป็นต้นวัสดุผนังหลังคาต่างกันจะมีความสามารถในการสะสมความร้อนและการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารที่ต่างกันวัสดุที่มีน้ำหนักเบาและมวลสารสะสมความร้อน (Thermal Mass) น้อยจะมีความสามารถในการกักเก็บปริมาณความร้อนได้น้อยมีคุณสมบัติในการกีดกันการถ่ายเทความร้อนให้เป็นไปอย่างช้าในทางตรง

ข้ามวัสดุที่มีมวลสารสะสมความร้อน (Thermal Mass) มักจะมีความสามารถในการกักเก็บปริมาณความร้อนได้มากเมื่อปริมาณความร้อนที่กักเก็บมีมากขึ้น จะเกิดการส่งผ่านความร้อนไปเรื่อยๆทำให้ความร้อนที่สะสมไว้ค่อยๆส่งผ่านเข้าสู่อาคารในเวลาต่อมา

ปริมาณของการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ขึ้นอยู่กับสภาพของท้องฟ้าตำแหน่งของดวงอาทิตย์ระดับความสูงของสถานที่ตั้งอาคารจากระดับน้ำทะเลและการแผ่รังสีจากวัสดุหรืออาคารข้างเคียงความร้อนที่กระทำกับอาคารจะกระทบกับผิวของวัสดุก่อนการออกแบบใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนรังสีความร้อนสูงจึงเป็นสิ่งที่คำนึงถึงเป็นอันดับแรกต่อจากนั้นความร้อนจะทะลุผ่านในลักษณะที่วัสดุเกิดความอึดตัวและคายความร้อนออกมา

ค่าที่เกี่ยวข้องกับการกระทำของความร้อนกับวัสดุคือ

1. การสะท้อนรังสีความร้อน (Reflectivity) เกิดจากคุณสมบัติที่พื้นผิววัสดุสามารถสะท้อนความร้อนออกไปได้เมื่อรังสีกระทบ

2. การดูดความร้อน (Ebsorptivity) เป็นคุณสมบัติที่พื้นผิวของวัสดุที่ดูดความร้อน (ตรงข้ามกับการสะท้อน)

3. การคายความร้อน (Emissivity) เกิดจากคุณสมบัติในเนื้อของวัสดุที่จะแผ่รังสีความร้อนออกจากเนื้อวัสดุหรือ Re-Radiation นั่นเอง

4. การถ่ายเทความร้อน (Transmisivity) คือค่าการผ่านเข้ามาได้ของปริมาณความร้อน

หากนำมาพิจารณากับการออกแบบวัสดุผนังหลังคาจะพบว่าลักษณะพื้นผิวมีส่วนอย่างมากในการช่วยลดปริมาณการทะลุทะลวงของความร้อนเนื่องจากว่าพื้นผิวที่กระทบแดดจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศกระแสนลมที่พัดผ่านพื้นผิวจะช่วยลดอุณหภูมิลงนอกจากนี้การออกแบบให้พื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นโดยการพับจีบหรือการทำลอนจะช่วยให้อุณหภูมิลดลงได้อีกมากการป้องกันที่พื้นผิวของวัสดุอีกประการหนึ่งกระทำได้โดยการใช้วัสดุที่มีค่าสะท้อนการแผ่รังสีความร้อนได้ดีในขณะเดียวกันต้องมีอัตราการดูดความร้อนได้ดีสม่ำเสมอเนื่องจากว่าการถ่ายเทความร้อนของสิ่งที่อยู่ข้างเคียงประกอบด้วยคลื่นรังสีอินฟราเรดยาว 5-20 μ คุณสมบัติในการสะท้อนของวัสดุจึงขึ้นอยู่กับ “ความแน่นมวล” ของพื้นผิววัสดุและลักษณะการประกอบโมเลกุลของวัสดุมากกว่าสี (สมสิทธิ์, 2541) สำหรับการคำนวณหาค่า U ของหลังคาใช้กระบวนการเดียวกับส่วนผนังและพื้น (Stein, Benjamin, Reynolds, John S., 2000)

Givoni (1969) แบ่งวัสดุผนังหลังคาออกเป็น 2 ประเภทหลักคือหลังคาประเภท Heavyweight solid และหลังคาประเภท Lightweight

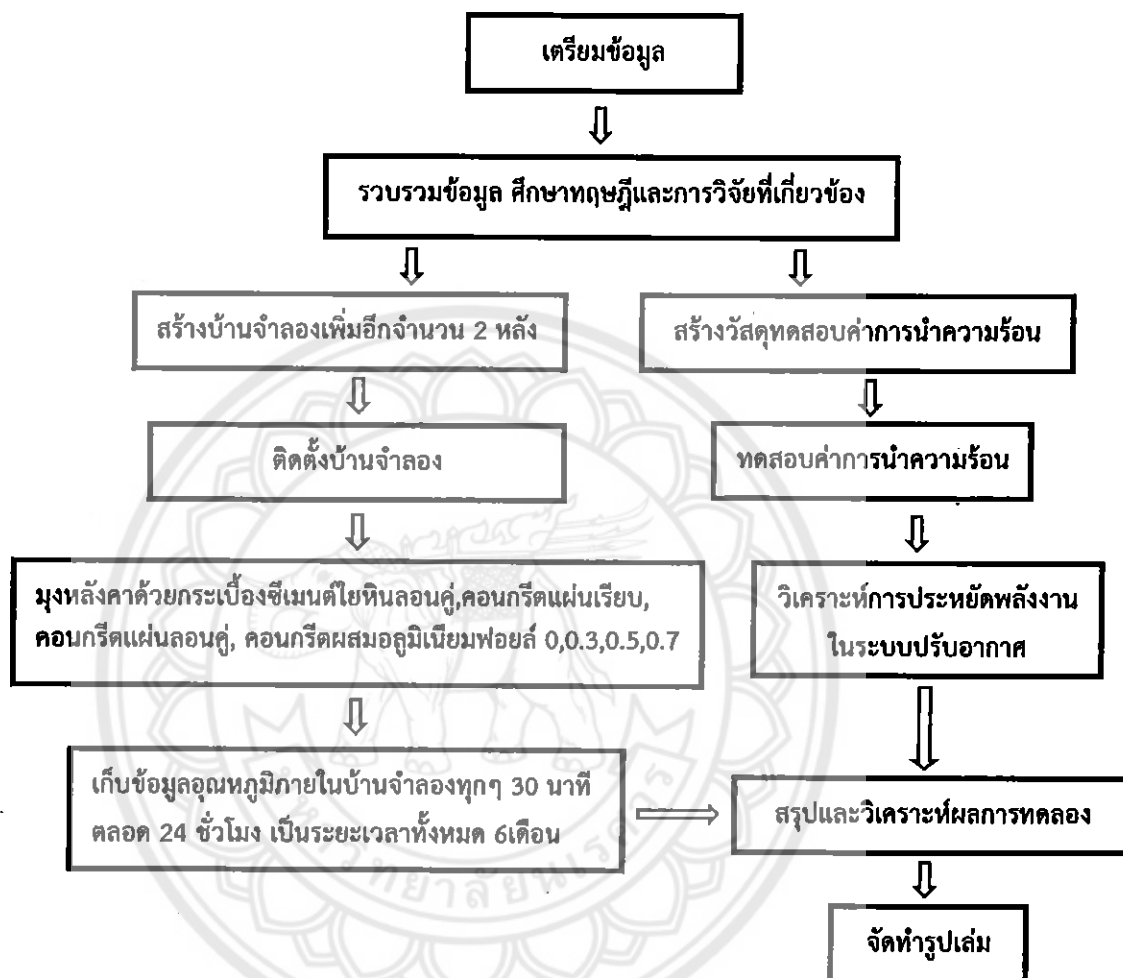
1. หลังคาประเภท Heavyweight solid ทั่วไปเป็นหลังคาแบนเช่นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก (Flat Slab) มีความสามารถในการสะสมความร้อนสูงการส่งผ่านความร้อนที่ดูดซึมไว้จากพื้นผิวภายนอกหลังคามีผลจากการนำความร้อนผ่านมวลของหลังคาดังนั้นปัจจัยหลักของการถ่ายเทความร้อนของหลังคาคือสภาวะภายนอกความต้านทานความร้อนและความสามารถในการถ่ายเทความร้อนและการเพิ่มฉนวนกันความร้อนแก่หลังคา

2. หลังคาประเภท Lightweight โดยทั่วไปเป็นแผ่นหลังคาภายนอกบนโครงหลังคาวัสดุที่ใช้เป็นแผ่นผนังหลังคาก็แตกต่างกันออกไปเช่นแผ่นกระเบื้องซีเมนต์แผ่นแอสเบสทอสแผ่นโลหะ

ที่มา : คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคารกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ได้มีการสร้างข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบหลังคาไว้หลายประการโดยแบ่งแยกกระหว่างอาคารที่มีการปรับอากาศกับไม่มีการปรับอากาศเชิงกล

บทที่ 3 การทดลอง

3.1 วางแผนการดำเนินการทดลอง



รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการปฏิบัติงานและดำเนินการทดลอง

จากรูปที่ 3.1 แสดงให้เห็นขั้นตอนการปฏิบัติงานและการดำเนินการทดลองเก็บข้อมูลอุณหภูมิภายในบ้านจำลองเพื่อมาวิเคราะห์การประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศและจากการเก็บรวบรวมข้อมูลมาสรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ทำการสร้างบ้านจำลองเพิ่มขึ้นไปอีก 2 หลังจากนั้นนำบ้านจำลองไปติดตั้งบริเวณคาตฟ้าตึกวิศวกรรมอุตสาหกรรมทำการหล่อก่อนคอนกรีตทดสอบในแต่ละอัตราส่วนแล้วนำไปหาค่าการนำความร้อนเพื่อนำมาวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศและทำการสรุปผลวิเคราะห์ผลจากการทดลองและจัดทำรูปเล่ม

3.2 อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 อุปกรณ์

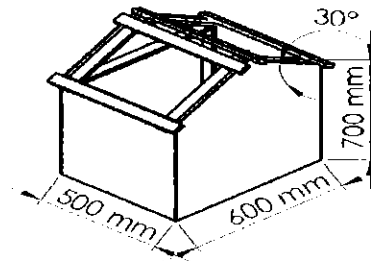
- 3.2.1.1 เครื่องวัดอุณหภูมิรุ่น AP-1701-2
- 3.2.1.2 บอร์ดวัดอุณหภูมิ
- 3.2.1.3 หัววัดอุณหภูมิจำนวน 8 หัว
- 3.2.1.4 คอมพิวเตอร์ประมวลผล
- 3.2.1.5 กล้องถ่ายรูป

3.2.2 วัสดุ

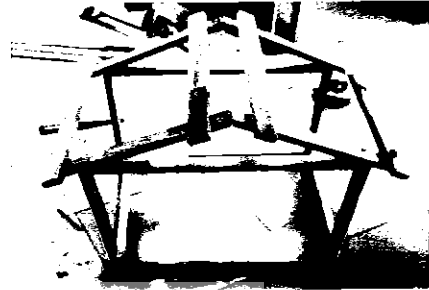
- 3.2.2.1 ปูนซีเมนต์
- 3.2.2.2 กระเบื้อง
- 3.2.2.3 โฟมแผ่น
- 3.2.2.4 กาวซิลิโคนขาว Wurth
- 3.2.2.5 ไม้โครงยางพารา
- 3.2.2.6 พลาสติกลูกฟูก
- 3.2.2.7 กล่องพลาสติกใส่อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ
- 3.2.2.8 ท่อ PVC สีดำและช่องอ
- 3.2.2.9 ท่อ PVC ¾ นิ้ว
- 3.2.2.10 อิฐแดง
- 3.2.2.11 แล็กเกอร์เคลือบเงา
- 3.2.2.12 แปรงขนขาว
- 3.2.2.13 แผ่นอลูมิเนียม
- 3.2.2.14 สายสัญญาณอินเทอร์เน็ต
- 3.2.2.15 วัสดุสำนักงาน

3.3 ขั้นตอนการสร้างบ้านจำลองและวิธีการติดตั้ง

1. สร้างบ้านจำลองขนาด 60x50x70 cm โดยโครงสร้างทำจากไม้และทำการบุผนังด้วยโฟม 1 นิ้วและปิดทับด้วยฟิวเจอร์บอร์ดอีกชั้นจำนวน 2 หลัง จากเดิมที่มีอยู่แล้ว 5 หลัง



ก. การออกแบบบ้านจำลอง



ข. บ้านจำลองจริง



ค. บุผนังด้วยโฟมและปิดทับด้วยฟิวเจอร์บอร์ด

รูปที่ 3.2 ขนาดบ้านจำลอง

2. นำสายวัดค่าอุณหภูมิติดบริเวณกลางบ้านจำลองต่ำลงไปจากสันหลังคา 40 cm จากนั้นมุงหลังคาบ้านจำลองและใช้กาวซิลิโคนอุดรอยรั่วบริเวณรอยต่อของหลังคา



ก. การติดตั้งหัววัดอุณหภูมิ



ข. มุงหลังคาและอุดรอยรั่วบริเวณรอยต่อหลังคา

รูปที่ 3.3 การติดตั้งหัววัดอุณหภูมิและอุดรอยรั่วบริเวณรอยต่อหลังคา

3. นำโฟมและฟิวเจอร์บอร์ดอุดบริเวณสันหลังคาและอุดบริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นกระเบื้องกับตัวบ้านด้วยกาวซิลิโคนเพื่อป้องกันอากาศถ่ายเทเข้าสู่ภายในตัวบ้าน



ก. การอุดรอยรั่วกระเบื้องคอนกรีต



ข. การอุดสันกระเบื้องคอนกรีต

รูปที่ 3.4 การอุดรอยรั่วบ้านจำลอง

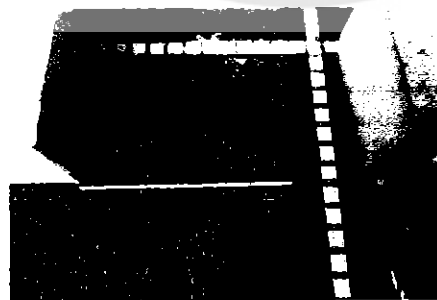
4. นำบ้านจำลองไปติดตั้งและทดสอบบริเวณแดดฟ้า ตึก IE คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ระยะห่างระหว่างบ้านจำลองแต่ละหลัง 80 m และหลังคาบ้านจำลองหันไปทางทิศใต้



ก. ลักษณะการตั้งบ้านจำลอง



ข. การติดตั้งหัววัดอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม



ช. ระยะห่างระหว่างบ้านจำลอง



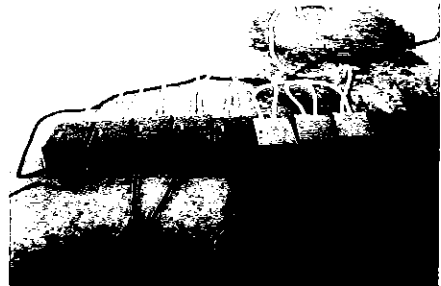
ง. ทิศทางการหันของหลังคาไปทางทิศใต้

รูปที่ 3.5 การติดตั้งบ้านจำลอง

5. ต่อสายวัดอุณหภูมิกับเครื่องวัดอุณหภูมิ AP-1701-2 และเชื่อมต่อเครื่องวัดอุณหภูมิ AP-1701-2 เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์



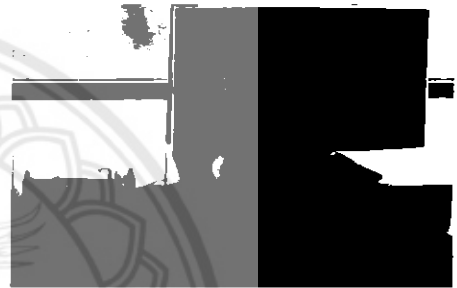
ก. ลักษณะการเดินสายวัดอุณหภูมิ



ข. การต่อสายวัดอุณหภูมิ



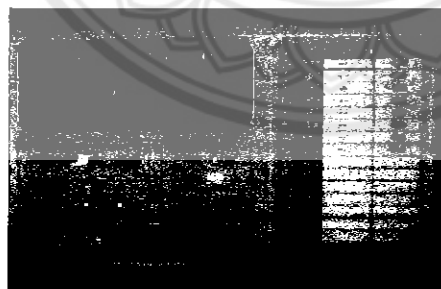
ค. เครื่องวัดอุณหภูมิ AP-1701-2



ง. ต่อเครื่อง AP-1701-2 เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์

รูปที่ 3.6 การต่อสายวัดอุณหภูมิเข้ากับเครื่อง AP-1701-2

6. ทำการวัดค่าอุณหภูมิภายในบ้านทุกๆ 30 นาที ตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 เดือน ตั้งแต่เดือน กันยายน 2554 ถึงมกราคม 2555



ก. ค่าอุณหภูมิภายในบ้านจำลองที่วัดได้

วันที่	เวลา	อุณหภูมิ (°C)
25/09/54	00:00	28.5
25/09/54	00:30	28.5
25/09/54	01:00	28.5
25/09/54	01:30	28.5
25/09/54	02:00	28.5
25/09/54	02:30	28.5
25/09/54	03:00	28.5
25/09/54	03:30	28.5
25/09/54	04:00	28.5
25/09/54	04:30	28.5
25/09/54	05:00	28.5
25/09/54	05:30	28.5
25/09/54	06:00	28.5
25/09/54	06:30	28.5
25/09/54	07:00	28.5
25/09/54	07:30	28.5
25/09/54	08:00	28.5
25/09/54	08:30	28.5
25/09/54	09:00	28.5
25/09/54	09:30	28.5
25/09/54	10:00	28.5
25/09/54	10:30	28.5
25/09/54	11:00	28.5
25/09/54	11:30	28.5
25/09/54	12:00	28.5
25/09/54	12:30	28.5
25/09/54	13:00	28.5
25/09/54	13:30	28.5
25/09/54	14:00	28.5
25/09/54	14:30	28.5
25/09/54	15:00	28.5
25/09/54	15:30	28.5
25/09/54	16:00	28.5
25/09/54	16:30	28.5
25/09/54	17:00	28.5
25/09/54	17:30	28.5
25/09/54	18:00	28.5
25/09/54	18:30	28.5
25/09/54	19:00	28.5
25/09/54	19:30	28.5
25/09/54	20:00	28.5
25/09/54	20:30	28.5
25/09/54	21:00	28.5
25/09/54	21:30	28.5
25/09/54	22:00	28.5
25/09/54	22:30	28.5
25/09/54	23:00	28.5
25/09/54	23:30	28.5
25/09/54	00:00	28.5

ข. ข้อมูลที่บันทึกทุกๆ 30 นาที

รูปที่ 3.7 การเก็บข้อมูล

7. นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ผล

3.4 กระเบื้องที่ใช้ทำการทดลอง



ก.กระเบื้องคอนกรีตแผ่นเรียบ



ข.กระเบื้องคอนกรีตแผ่นลอน



ค.กระเบื้องคอนกรีตยี่ห้อหินลอนคู่



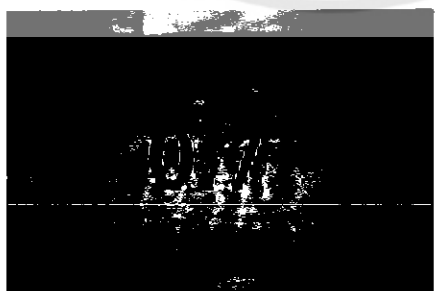
ง.กระเบื้องคอนกรีตผสมลูมಿನိยมฟอสฟอรัส 0%



จ.กระเบื้องคอนกรีตผสมลูมಿನิยมฟอสฟอรัส 0.3%



ฉ.กระเบื้องคอนกรีตผสมลูมಿನิยมฟอสฟอรัส 0.5%



ช.กระเบื้องคอนกรีตผสมลูมಿನิยมฟอสฟอรัส 0.7%






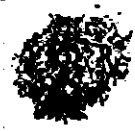
ซ.วัตถุควบคุมสิ่งแวดล้อม

รูปที่ 3.8 กระเบื้องที่ใช้ทดลอง

3.5 วิธีการทำก้อนคอนกรีตทดสอบค่าการนำความร้อน

สร้างก้อนทดสอบค่าการนำความร้อนตามอัตราส่วนผสมที่กำหนด

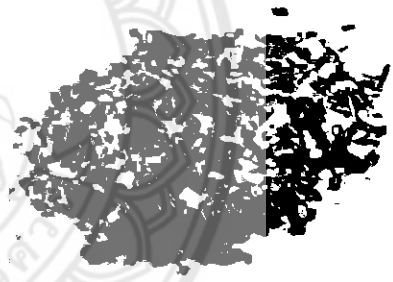
ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมที่กำหนด

อัตราส่วนที่	ปูนซีเมนต์ 	ทราย 	น้ำ 	อลูมิเนียมฟอยล์ 
1	1	1	0.5	0
2	1	1	0.5	0.3
3	1	1	0.5	0.5
4	1	1	0.5	0.7

- นำถุงขยะพลาสติกภายในเคลือบด้วยอลูมิเนียมล้างให้สะอาด แล้วตัดให้ละเอียด



ก.ถุงขยะพลาสติก



ข.ถุงขยะพลาสติกตัดละเอียด

รูปที่ 3.9 พลาสติกเคลือบอลูมิเนียม

- นำถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียมที่ตัดละเอียดนำมาผสมเข้ากับปูนซีเมนต์ ทราย น้ำในอัตราส่วนที่กำหนด



ก.ส่วนผสม



ข.ผสมอลูมิเนียมฟอยล์



ค.ส่วนผสมที่ผสมเสร็จ

รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการเตรียมส่วนผสมของอิฐซีเมนต์ผสมอลูมิเนียมฟอยล์

3. เตรียมแบบหล่อก้อนทดสอบ และทาผิวด้านในด้วยน้ำมันเครื่องเพื่อป้องกันการติดของปูนซีเมนต์กับแบบหล่อหลังจากนั้นเทปูนที่ผสมถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียมแต่ละอัตราส่วนลงในแบบหล่อ



รูปที่ 3.11 การหล่อก้อนทดสอบ

4. หลังจากเทหล่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้เก็บแบบหล่อไว้ในอุณหภูมิห้อง ทิ้งแบบหล่อไว้ 24 ชั่วโมง จึงถอดแบบออก



รูปที่ 3.12 ก้อนทดสอบที่นำออกจากแบบหล่อ

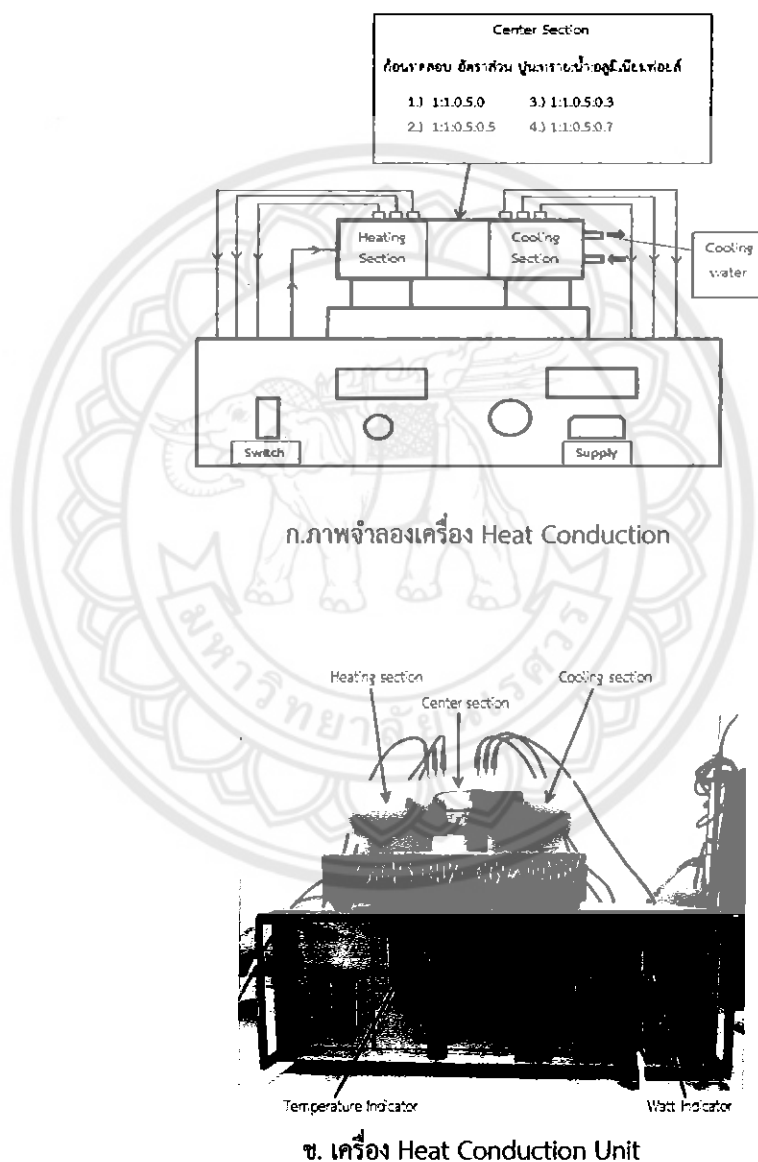
5. นำก้อนทดสอบที่แห้งและมีสภาพสมบูรณ์มาทดสอบค่าการนำความร้อน

3.6 วิธีการทดสอบค่าการนำความร้อน

เมื่อสร้างก่อนทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว เลือกก้อนที่แห้งและมีสภาพสมบูรณ์นำไปทดสอบค่าการนำความร้อน

การติดตั้งอุปกรณ์การทดสอบและขั้นตอนการทดสอบ

1. ติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบตามรูปที่ 3.13 โดยใช้ชุดทดสอบการนำความร้อนตามแนวกแนและจะต้องแน่ใจว่าสวิตช์ไฟอยู่ในตำแหน่งที่ปิดอยู่



รูปที่ 3.13 การติดตั้งชุดทดสอบการนำความร้อนตามแนวกแน

2. เปิดชุดน้ำหล่อเย็น ก่อนที่จะเปิดเครื่องกำเนิดความร้อน
3. เปิดสวิทช์จ่ายไฟของเครื่องกำเนิดความร้อน
4. ค่อยๆปรับค่าเครื่องกำเนิดความร้อนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา เพื่อเพิ่มพลังงานไฟฟ้า จนกระทั่งมีค่าเท่ากับ 10 และ 20 วัตต์ จากนั้นให้ปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลา 20 นาทีเพื่อรอให้ระบบความร้อนเข้าสู่สภาวะคงที่ เมื่อระบบความร้อนเข้าสู่สภาวะที่ค่าต่างๆ คงที่แล้ว จึงบันทึกค่าของอุณหภูมิที่อ่านได้จากตำแหน่งต่างๆ ของตัววัดอุณหภูมิ และบันทึกค่าของพลังงานไฟฟ้าที่ไหลผ่านวัตต์มิเตอร์ การทดสอบที่อ่านได้จากวัตต์มิเตอร์
5. เปลี่ยนค่าพลังงานไฟฟ้าที่ไหลผ่านวัตต์มิเตอร์ใช้ทดสอบเป็นค่าใหม่ แล้วทำการบันทึกอุณหภูมิที่อ่านได้จากตำแหน่งต่างๆ ของตัววัดอุณหภูมิและพลังงานไฟฟ้าจากวัตต์มิเตอร์เมื่อสภาวะต่างๆ คงที่แล้ว

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลดิบตัวอย่างที่ได้จากการทดลองคอนกรีตผสมถุงชยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0 โดยปริมาตร ก้อนที่ 1

No.	Heat Power (w)	Temperature					
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
1	10	36.9	36.7	35.5	15.1	13.7	13.1
2	15	66.5	62.9	62.6	14.8	14.6	12.4
3	20	96.1	89.3	87.2	23.1	22.8	22.6
4	25	107.8	107.4	96.7	18.3	14.6	12.4
5	30	117.1	115.2	107.3	18.8	13.7	13.4

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลดิบตัวอย่างที่ได้จากการทดลองคอนกรีตผสมถุงชยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0 โดยปริมาตร ก้อนที่ 2

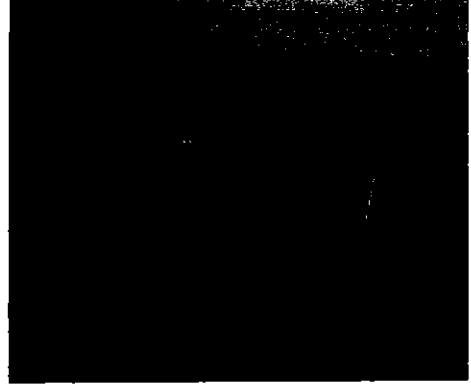
No.	Heat Power (w)	Temperature					
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
1	10	39.6	37.1	37.1	13.6	11.1	10.5
2	15	74.3	69.7	67.5	19.1	18.2	17.5
3	20	97.2	96.5	90.1	16.1	16	13.3
4	25	105.8	105.5	95.5	18.3	18.1	16.1
5	30	113.1	113.1	103.4	20.2	19.8	17.2

6. เปลี่ยนชิ้นทดสอบชิ้นใหม่จนครบทุกก้อน และทำตามวิธีการข้างต้น

3.7 ทิศทางของแสงอาทิตย์ตลอดทั้งวัน (เดือนธันวาคม)



รูปที่ 3.14 ทิศทางแสงแดด เวลา 6.00 น.



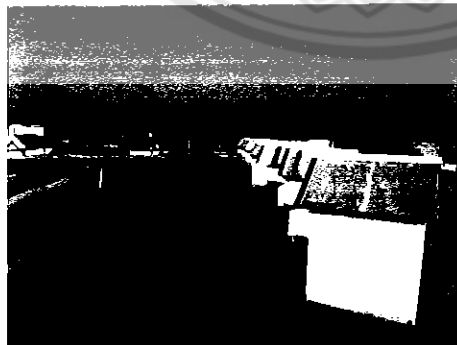
รูปที่ 3.15 ทิศทางแสงแดด เวลา 6.30 น.



รูปที่ 3.16 ทิศทางแสงแดด เวลา 7.00 น.



รูปที่ 3.17 ทิศทางแสงแดด เวลา 7.30 น.



รูปที่ 3.18 ทิศทางแสงแดด เวลา 8.00 น.



รูปที่ 3.19 ทิศทางแสงแดด เวลา 8.30 น.



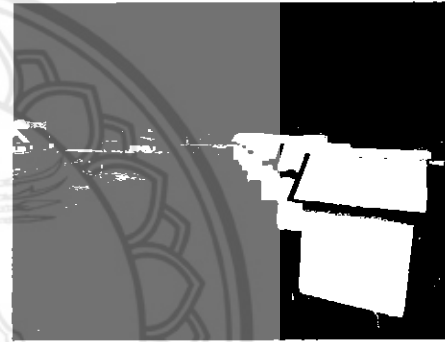
รูปที่ 3.20 ทิศทางแสงแดด เวลา 9.00 น.



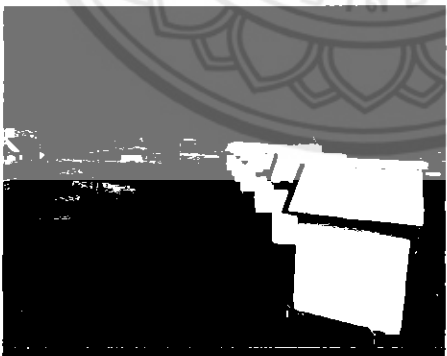
รูปที่ 3.21 ทิศทางแสงแดด เวลา 9.30 น.



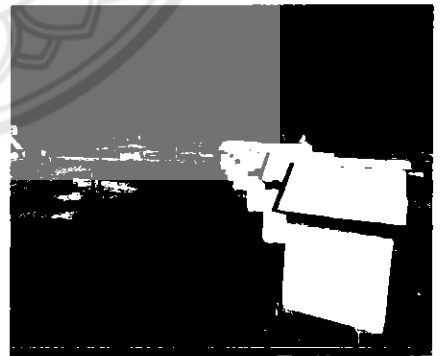
รูปที่ 3.22 ทิศทางแสงแดด เวลา 10.00 น.



รูปที่ 3.23 ทิศทางแสงแดด เวลา 10.30 น.



รูปที่ 3.24 ทิศทางแสงแดด เวลา 11.00 น.



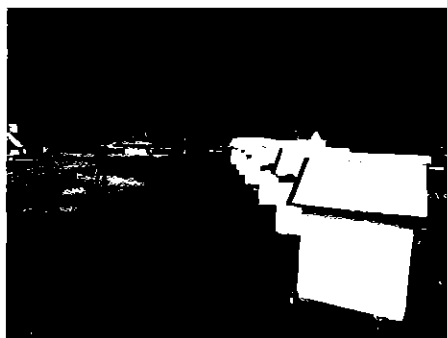
รูปที่ 3.25 ทิศทางแสงแดด เวลา 11.30 น.

1๕๙๗๗๐๗

๗๕

๘๕๔๑๘

๒๕๖๒



รูปที่ 3.26 ทิศทางแสงแดด เวลา 12.00 น.



รูปที่ 3.27 ทิศทางแสงแดด เวลา 12.00 น.



รูปที่ 3.28 ทิศทางแสงแดด เวลา 12.30 น.



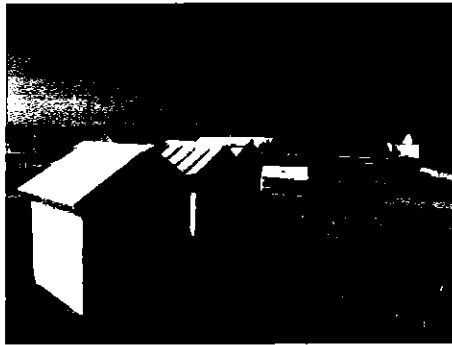
รูปที่ 3.29 ทิศทางแสงแดด เวลา 13.00 น.



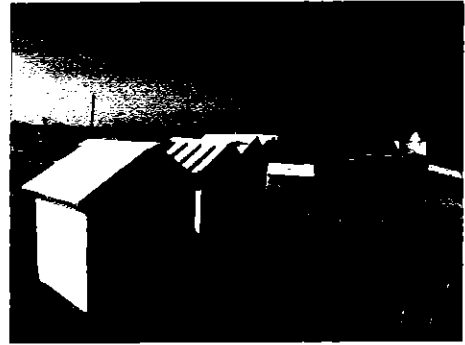
รูปที่ 3.30 ทิศทางแสงแดด เวลา 13.30 น.



รูปที่ 3.31 ทิศทางแสงแดด เวลา 14.00 น.



รูปที่ 3.32 ทิศทางแสงแดด เวลา 14.30 น.



รูปที่ 3.33 ทิศทางแสงแดด เวลา 15.00 น.



รูปที่ 3.34 ทิศทางแสงแดด เวลา 15.30 น.



รูปที่ 3.35 ทิศทางแสงแดด เวลา 16.00 น.



รูปที่ 3.36 ทิศทางแสงแดด เวลา 16.30 น.



รูปที่ 3.37 ทิศทางแสงแดด เวลา 17.00 น.



รูปที่ 3.38 ทิศทางแสงแดด เวลา 17.30 น.



รูปที่ 3.39 ทิศทางแสงแดด เวลา 18.00 น.



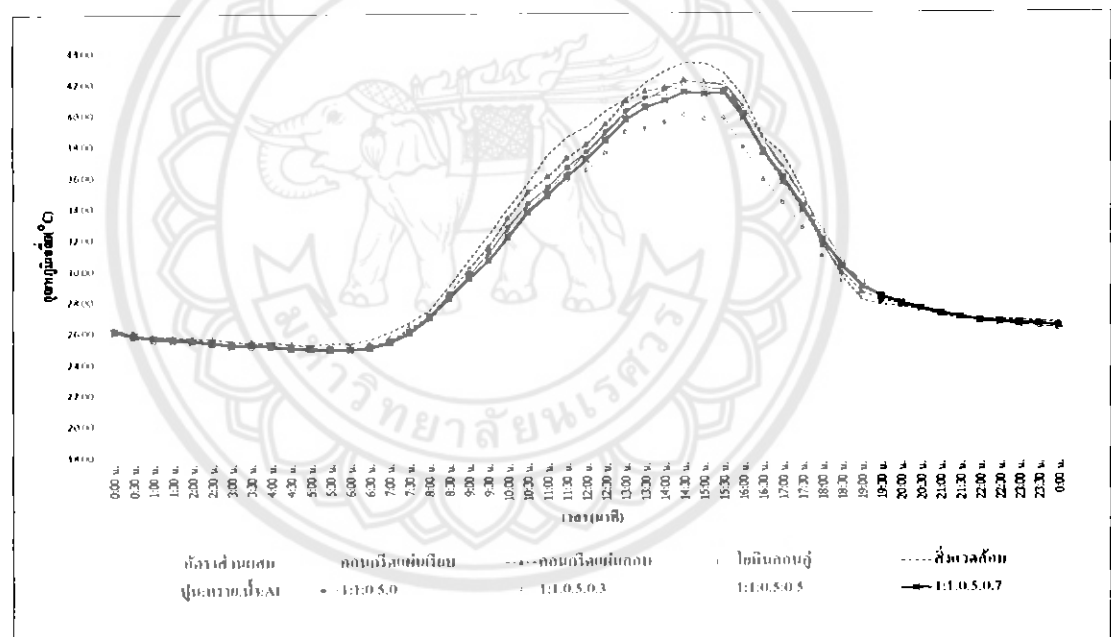
บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์

4.1 ผลการทดลองการวัดอุณหภูมิภายในบ้านจำลอง

จากการทดลองเพื่อศึกษาการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังหลังคาทั้ง 7 ชนิด ได้แก่ กระเบื้องหลังคาคอนกรีตแผ่นลอน แผ่นลอน กระเบื้องหลังคาซีเมนต์ใยหินลอนคู่ กระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมดงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียมโดยปริมาตรในอัตราส่วน ปูน:ทราย:น้ำ 1:1:0.5 ซึ่งผสมดงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0, 0.3, 0.5, 0.7 โดยปริมาตรตามลำดับ ทำการทดสอบวัดค่าอุณหภูมิอากาศในบ้านจำลองเป็นเวลา 6 เดือนพบว่าค่าอุณหภูมิของอากาศที่ได้แสดงดังนี้

4.1.1 ผลการวัดอุณหภูมิของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือนกันยายน 2554

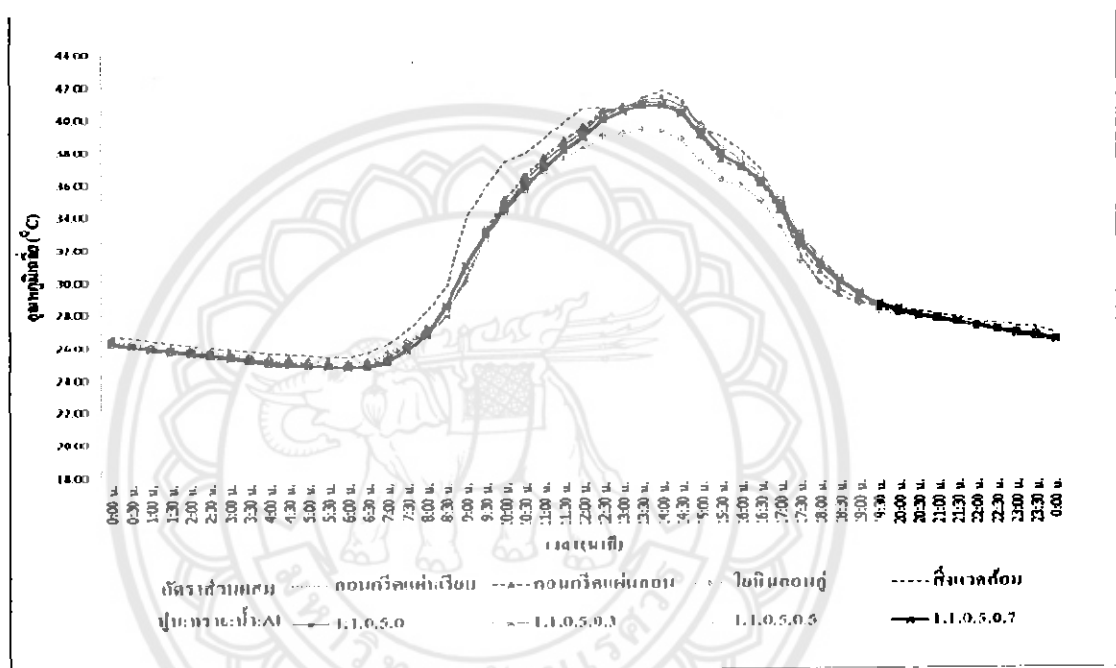


กราฟที่ 4.1 อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือนกันยายน 2554

จากกราฟที่ 4.1 การวัดอุณหภูมิอากาศในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือนกันยายน พบว่าเวลาประมาณ 0.00 น.-6.00 น.อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองของกระเบื้องคอนกรีตผสมดงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.3 และ 0.5 มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุดและอุณหภูมิต่ำกว่ากระเบื้องทั่วไป หลังจากนั้นเวลาประมาณ 6.00 น.-14.30 น.อุณหภูมิของอากาศภายในบ้านจำลองแต่ละหลังเพิ่มขึ้นเพราะมีการสะสมความร้อน ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองของกระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่จะต่ำที่สุดและคอนกรีตแผ่นลอนมีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านสูงที่สุด ส่วนคอนกรีตผสมดงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.7 มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองต่ำที่สุดเพราะมีการป้องกันความ

ร้อนได้ดีกว่า หลังจากนั้นเวลาประมาณ 14.30 น.-19.30 น.อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองลดลง เพราะได้มีการคายความร้อนของกระเบื้องหลังคาซึ่งกระเบื้องซีเมนต์โยหินลอนคูมีการคายความร้อนได้ดีที่สุด ส่วนกระเบื้องหลังคาผสมฉนวนพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.7 มีการคายความร้อนได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกระเบื้องชนิดเดียวกัน หลังจากนั้นเวลาประมาณ 19.00น.-0.00 น.อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองมีค่าใกล้เคียงกันมากเพราะว่าช่วงนี้เป็นช่วงที่หลังคาไม่ได้รับแสงอาทิตย์

4.1.2 ผลการวัดอุณหภูมิของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือน ตุลาคม 2554

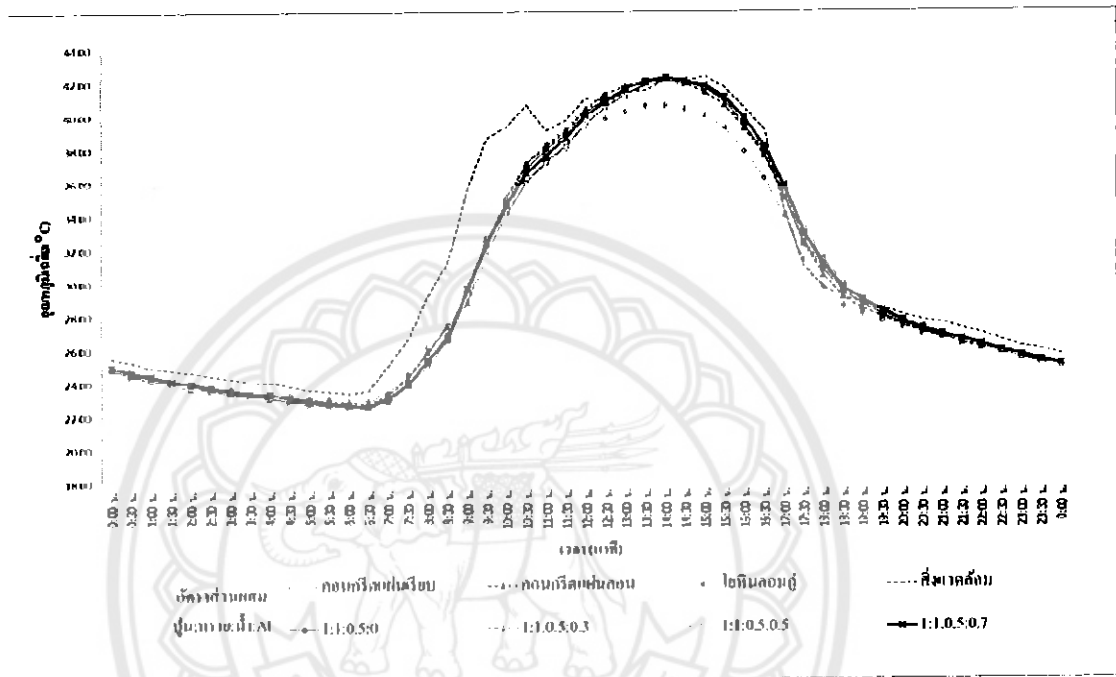


กราฟที่ 4.2 อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือน ตุลาคม 2554

จากกราฟที่ 4.2 การวัดอุณหภูมิอากาศในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือน ตุลาคม 2554 พบว่าช่วงเวลาประมาณ 0.00น.-6.30น.อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองแต่ละหลังมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันเพราะว่าในช่วงกลางคืนไม่มีการรับแสงแดด หลังจากนั้นเวลาประมาณ 6.30 น.-11.00น. อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองของกระเบื้องหลังคาแต่ละหลังสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเพราะได้มีการสะสมความร้อนไว้ของกระเบื้องหลังคา หลังจากนั้นเวลาประมาณ 11.00 น.-14.00 น.อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองของกระเบื้องหลังคาซีเมนต์โยหินลอนคูมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุดเพราะได้มีการต้านทานความร้อนได้ดีกว่า ส่วนกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมฉนวนพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.7 มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองต่ำกว่ากระเบื้องประเภทเดียวกันและมีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองเฉลี่ยต่ำกว่ากระเบื้องหลังคาคอนกรีตแผ่นเรียบและคอนกรีตแผ่นลอน หลังจากนั้นเวลาประมาณ 14.00 น.-19.30 น.อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองแต่ละหลังมีอุณหภูมิลดลงเพราะว่ากระเบื้องเริ่มมีการคายความร้อน ซึ่งกระเบื้องหลังคาซีเมนต์โยหินลอนคูมีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองต่ำที่สุด ส่วนกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมฉนวนพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.5 มีการคาย

ความความร้อนที่สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกระเบื้องหลังคาผสมดุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม หลังจากเวลาประมาณ 19.30 น.-0.00 น.อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองแต่ละหลังลดลงอย่างช้าๆ และใกล้เคียงกันเนื่องจากเป็นช่วงกลางคืนซึ่งหลังคาไม่ได้รับแสงแดดดังแสดงในกราฟที่4.2

4.1.3 ผลการวัดอุณหภูมิของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือน พฤศจิกายน 2554

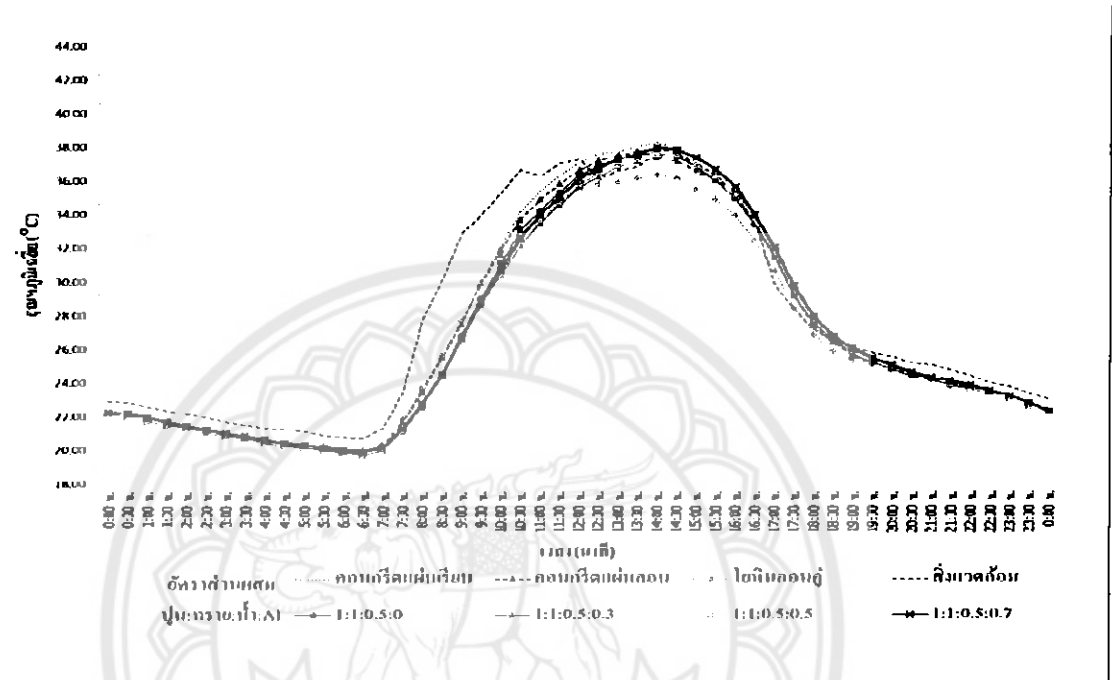


กราฟที่4.3 อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือน พฤศจิกายน 2554

จากกราฟที่ 4.3 การวัดอุณหภูมิอากาศในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือน พฤศจิกายน 2554 ในช่วงเวลาประมาณ 0.00น.-6.30น.อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองของ กระเบื้องคอนกรีตผสมดุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.5 และ 0.3 มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุด หลังจากนั้นเวลาประมาณ 6.00 น.-12.00น.อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองของกระเบื้องหลังคาแต่ ละชนิดสูงขึ้นและใกล้เคียงกันเพราะว่ามีการสะสมความร้อนไว้ของกระเบื้องหลังคาซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ย ภายในบ้านจำลองของกระเบื้องคอนกรีตผสมดุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.3 มีอุณหภูมิเฉลี่ย ต่ำที่สุด หลังจากนั้นเวลาประมาณ 12.00 น.-14.00 น.อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองของหลังคา ซีเมนต์ใยหินลอนคูมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด เพราะว่ามี การต้านทานความร้อนได้ดี ส่วนกระเบื้องหลังคา คอนกรีตแผ่นลอนมีอุณหภูมิสูงสุด หลังจากนั้นเวลาประมาณ 14.00 น.-20.00 น.อุณหภูมิของ อากาศภายในบ้านจำลองลดลงอย่างรวดเร็วเพราะมีการคายความร้อนซึ่งกระเบื้องหลังคาซีเมนต์ใย หินลอนคูมีการคายความร้อนได้ดีที่สุดและอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด รองลงมาคือคอนกรีตแผ่นลอน และ คอนกรีตผสมดุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม0 หลังจากเวลาประมาณ 20.00 น.- 0.00 น.อุณหภูมิ

เฉลี่ยภายในบ้านจำลองแต่ละหลังลดลง และใกล้เคียงกันเนื่องจากเป็นช่วงกลางคืนซึ่งเป็นช่วงที่หลังคาไม่ได้รับแสงแดดดังแสดงในกราฟที่ 4.3

4.1.4 ผลการวัดอุณหภูมิของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือนธันวาคม 2554

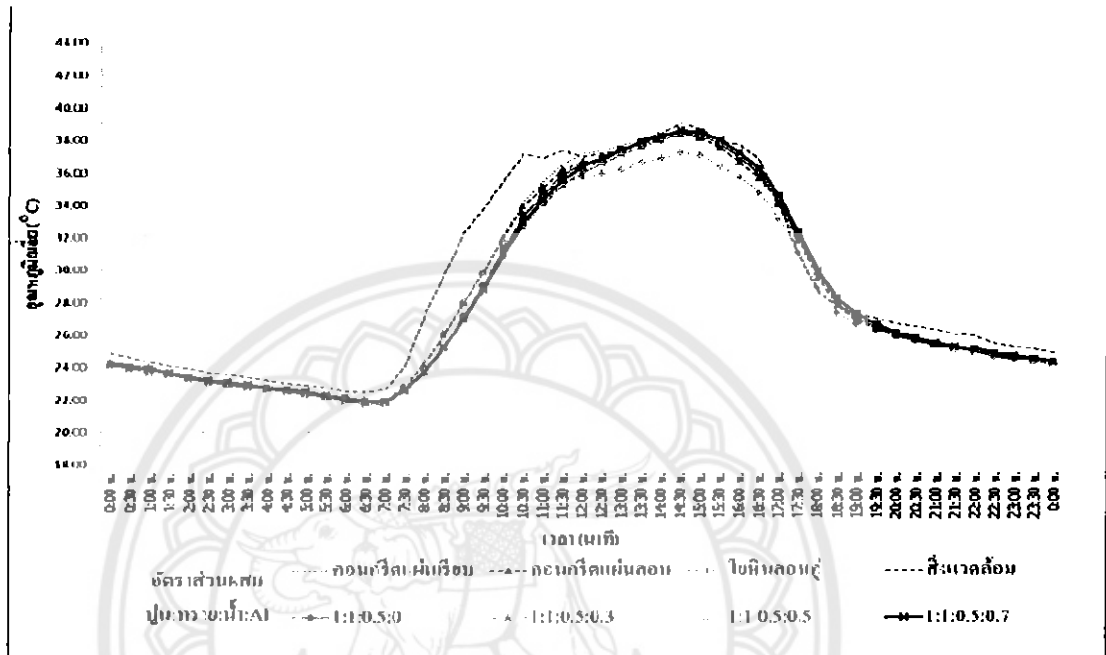


กราฟที่4.4 อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือนธันวาคม 2554

จากกราฟที่4.4 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือนธันวาคม 2554ในช่วงเวลาประมาณ 0.00น.-7.00น.อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองแต่ละหลังมีอุณหภูมิลดลงและใกล้เคียงกันเพราะว่าในช่วงกลางคืนไม่มีการรับแสงแดดซึ่งกระเบื้องคอนกรีตผสมถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0 มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุด หลังจากนั้นเวลาประมาณ 7.00 น.-14.00น.อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองของกระเบื้องหลังคาแต่ละหลังสูงขึ้นเพราะว่ามีการสะสมความร้อนไว้ของกระเบื้องหลังคาส่งผลให้อุณหภูมิของหลังคาสูงขึ้นซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองที่มุงด้วยกระเบื้องโยหินมีอุณหภูมิสูงสุด รองลงมาคือคอนกรีตแผ่นเรียบและคอนกรีตแผ่นลอน ส่วนอุณหภูมิภายในบ้านจำลองที่มุงด้วยกระเบื้องคอนกรีตผสมถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม0.3 มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองต่ำที่สุด หลังจากนั้นเวลาประมาณ 14.00 น.-19.30 น.อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองที่มุงด้วยกระเบื้องหลังคาแต่ละชนิดมีอุณหภูมิลดลงเพราะว่ากระเบื้องเริ่มมีการคายความร้อน ซึ่งบ้านจำลองที่มุงด้วยกระเบื้องหลังคาซีเมนต์โยหินลอนคูมีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองต่ำที่สุด และอุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองของกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.7 มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุด หลังจากเวลาประมาณ19.30 น.- 0.00 น.

อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองแต่ละหลังมีค่าใกล้เคียงกันเพราะว่าเป็นช่วงกลางคืนซึ่งหลังคาไม่ได้รับแสงแดด

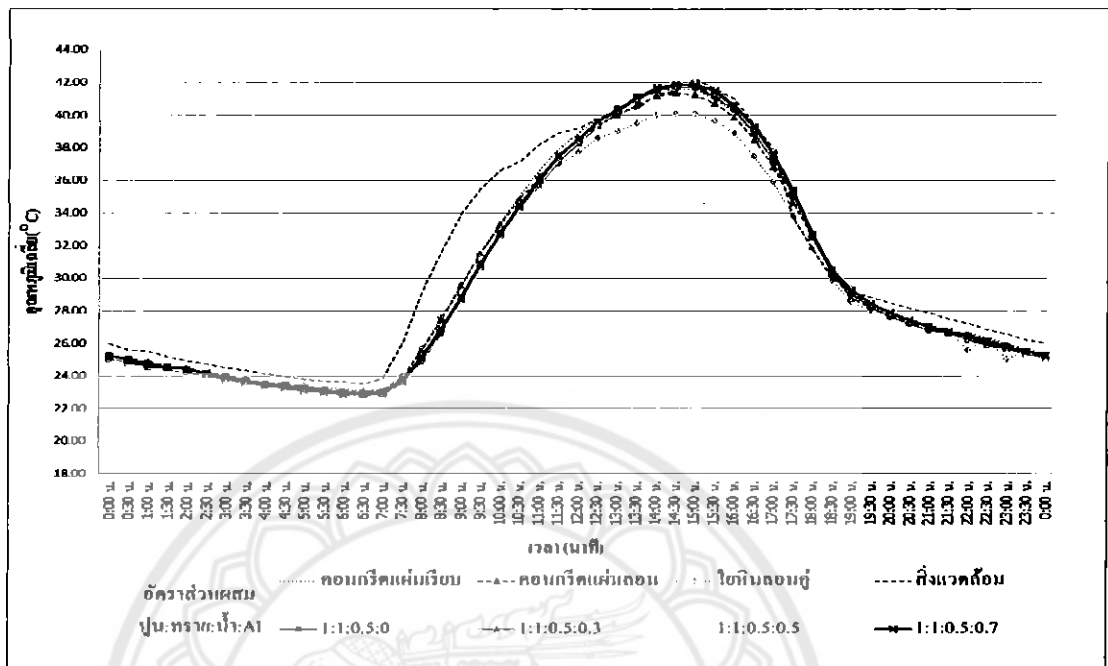
4.1.5 ผลการวัดอุณหภูมิของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือนมกราคม 2555



กราฟที่ 4.5 อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือนมกราคม 2555

จากกราฟที่ 4.5 ในเดือนมกราคม 2555 การวัดอุณหภูมิอากาศในสภาวะแวดล้อมจริงพบว่า ในช่วงเวลาประมาณ 0.00น.-7.00น.อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองของกระเบื้องคอนกรีตผสมดุงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.5 มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุด หลังจากนั้นเวลาประมาณ 7.00 น.-11.30น.อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองที่มุงด้วยกระเบื้องหลังคาซีเมนต์โยหินลอนคู่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุดเพราะมีการสะสมความร้อนไว้ของกระเบื้องหลังคาส่งผลให้อุณหภูมิของหลังคาสูงขึ้น รองลงมาคือคอนกรีตแผ่นเรียบและคอนกรีตแผ่นลอน ส่วนอุณหภูมิภายในบ้านจำลองที่มุงด้วยกระเบื้องคอนกรีตผสมดุงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.3 มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองต่ำที่สุดเพราะมีการป้องกันความร้อนได้ดีหลังจากนั้นเวลาประมาณ 11.00น.-14.30น.เป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายในบ้านจำลองสูงที่สุดซึ่งกระเบื้องหลังคาซีเมนต์โยหินลอนคู่มีอุณหภูมิภายในบ้านจำลองต่ำที่สุดหลังจากนั้นเวลาประมาณ 14.30 น.-19.30 น.อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองแต่ละหลังลดลงเพราะมีการคายความร้อนออกของแผ่นกระเบื้อง ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองที่มุงด้วยกระเบื้องหลังคาซีเมนต์โยหินลอนคู่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดและบ้านจำลองที่มุงด้วยกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมดุงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.5 มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองสูงที่สุดหลังจากเวลาประมาณ 19.30 น.-0.00 น.อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองแต่ละหลังมีค่าใกล้เคียงกันเพราะว่าเป็นช่วงกลางคืนซึ่งหลังคาไม่ได้รับแสงแดดดังแสดงในกราฟที่ 4.5

4.1.6 ผลการวัดอุณหภูมิของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือนกุมภาพันธ์ 2555

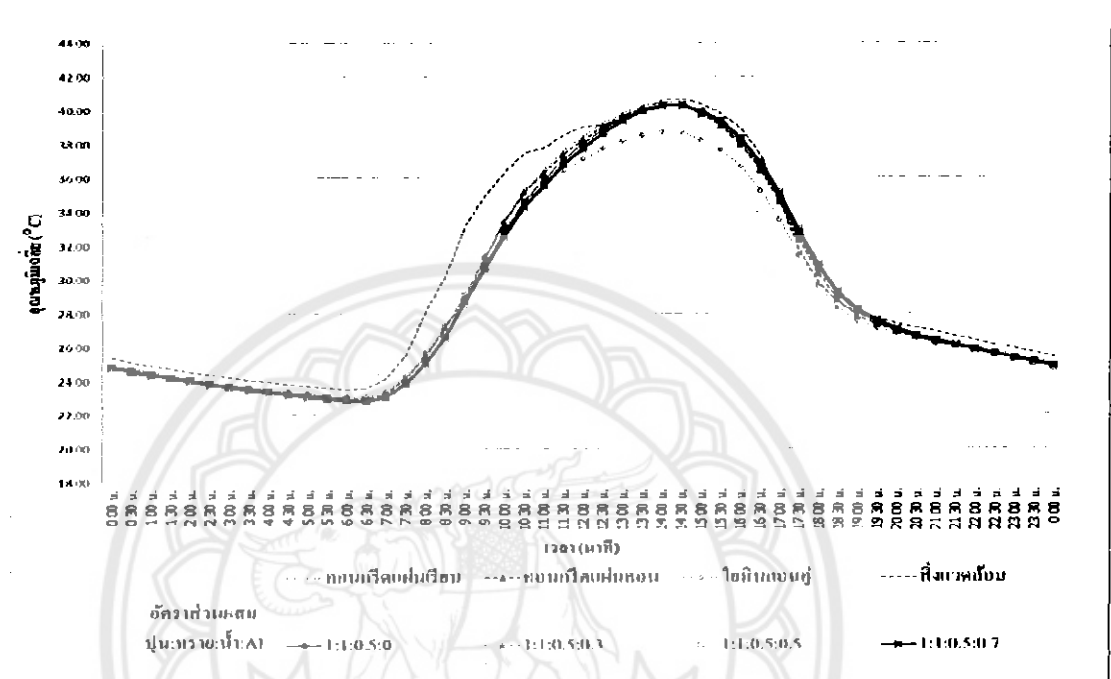


กราฟที่ 4.6 อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือนกุมภาพันธ์ 2555

จากกราฟที่ 4.6 ในช่วงเวลาประมาณ 0.00น.-7.00น.อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือนกุมภาพันธ์ 2555 ดังแสดงในรูปที่ 4.6 กระเบื้องคอนกรีตผสมผงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.3 มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุด หลังจากนั้นเวลาประมาณ 7.00 น.-11.30 น.อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองที่มุงด้วยกระเบื้องหลังคาซีเมนต์ไยหินลอนคู่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือคอนกรีตแผ่นเรียบ และคอนกรีตแผ่นลอน เพราะว่ามี การสะสมความร้อนไว้ของกระเบื้องหลังคาส่งผลให้อุณหภูมิของหลังคาสูงขึ้น ส่วนอุณหภูมิภายในบ้านจำลองที่มุงด้วยกระเบื้องคอนกรีตผสมผงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.3 และคอนกรีตผสมเคลือบอลูมิเนียม 0.5 มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองต่ำที่สุดเพราะมีการป้องกันความร้อนได้ดีหลังจากนั้นเวลาประมาณ 11.30น.-14.30น.เป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายในบ้านจำลองสูงที่สุดซึ่งกระเบื้องหลังคาซีเมนต์ไยหินลอนคู่มีอุณหภูมิภายในบ้านจำลองต่ำที่สุด ส่วนกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมอลูมิเนียม 0.5 มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองสูงที่สุดหลังจากนั้นเวลาประมาณ 14.30 น.-19.30 น.อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองแต่ละหลังลดลงลดลงเพราะมีการคายความร้อนออกของแผ่นกระเบื้อง ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองที่มุงด้วยกระเบื้องหลังคาซีเมนต์ไยหินลอนคู่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดและบ้านจำลองที่มุงด้วยกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมผงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.7 มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองสูงที่สุดหลังจากเวลาประมาณ 19.30 น.-0.00 น.อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านจำลองที่มุงด้วยกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมผงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.5 มีอุณหภูมิต่ำสุด

ส่วนบ้านจำลองที่มุงด้วยกระเบื้องอื่น ๆ มีค่าใกล้เคียงกันเพราะว่าเป็นช่วงกลางวันซึ่งหลังคาไม่ได้รับแสงแดด

4.1.7 ผลการวัดอุณหภูมิภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริง (กันยายน 2554-กุมภาพันธ์ 2555)

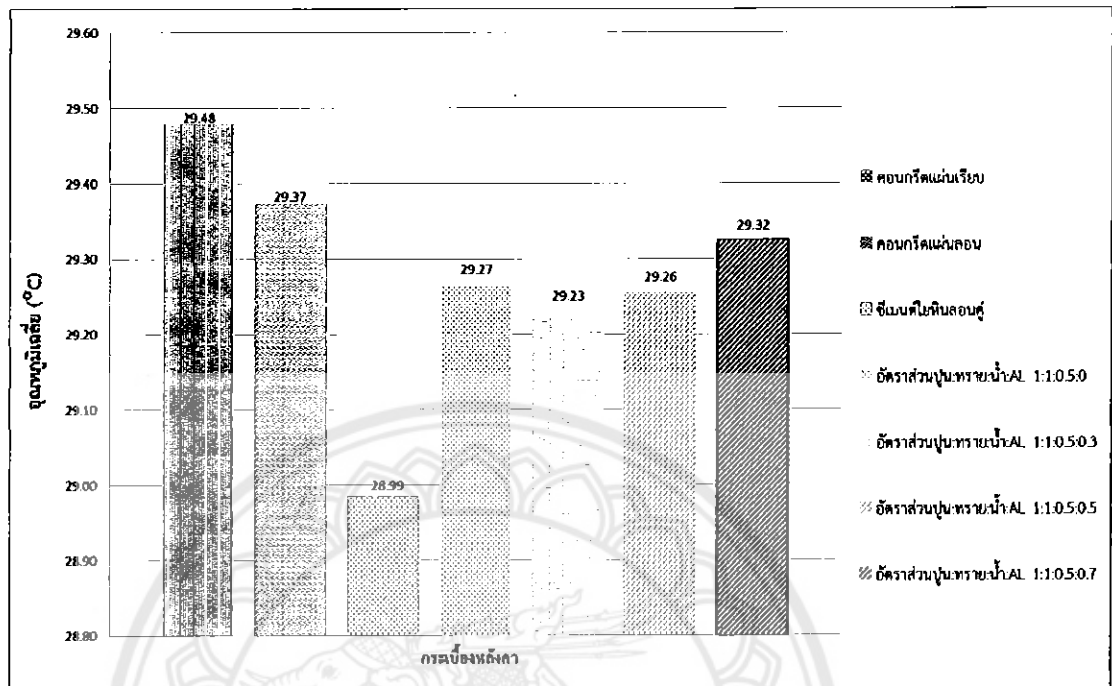


กราฟที่ 4.7 อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือนกันยายน 2554-เดือนกุมภาพันธ์ 2555

จากกราฟที่ 4.7 การพิจารณาอุณหภูมิของอากาศในบ้านจำลองตลอด 24 ชั่วโมง เมื่อนำมาทดสอบ เป็นเวลา 6 เดือนพบว่า ในช่วงกลางวัน (06.00 น.-18.00 น.) บ้านจำลองที่มุงด้วยกระเบื้องคอนกรีตใยหินลอนคู่มีอุณหภูมิต่ำที่สุด รองลงมาคือบ้านที่มุงด้วยกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมดงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียมอัตราส่วน 0.3, 0.5, 0.7 และ 0 โดยปริมาตรตามลำดับ และตามด้วยกระเบื้องคอนกรีตแผ่นลอน และกระเบื้องคอนกรีตแผ่นเรียบตามลำดับ

ส่วนในช่วงกลางคืน (18.00 น.-06.00 น.) ความร้อนที่สะสมในเนื้อวัสดุจะคายความร้อนสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก เมื่ออุณหภูมิภายนอกลดลงอุณหภูมิภายในบ้านจำลองซึ่งมุงด้วยกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมดงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียมอัตราส่วนอลูมิเนียม 0 โดยปริมาตร รองลงมากระเบื้องคอนกรีตใยหินลอนคู่ ตามด้วยกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมดงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียมอัตราส่วนอลูมิเนียม 0.3 โดยปริมาตร ตามด้วยกระเบื้องคอนกรีตแผ่นลอน กระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมดงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียมอัตราส่วนอลูมิเนียม 0.5, 0.7 โดยปริมาตร และ กระเบื้องคอนกรีตแผ่นเรียบตามลำดับ ดังแสดงในกราฟที่ 4.7

4.1.8 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองตลอด 6 เดือน (กันยายน 2554- กุมภาพันธ์ 2555)



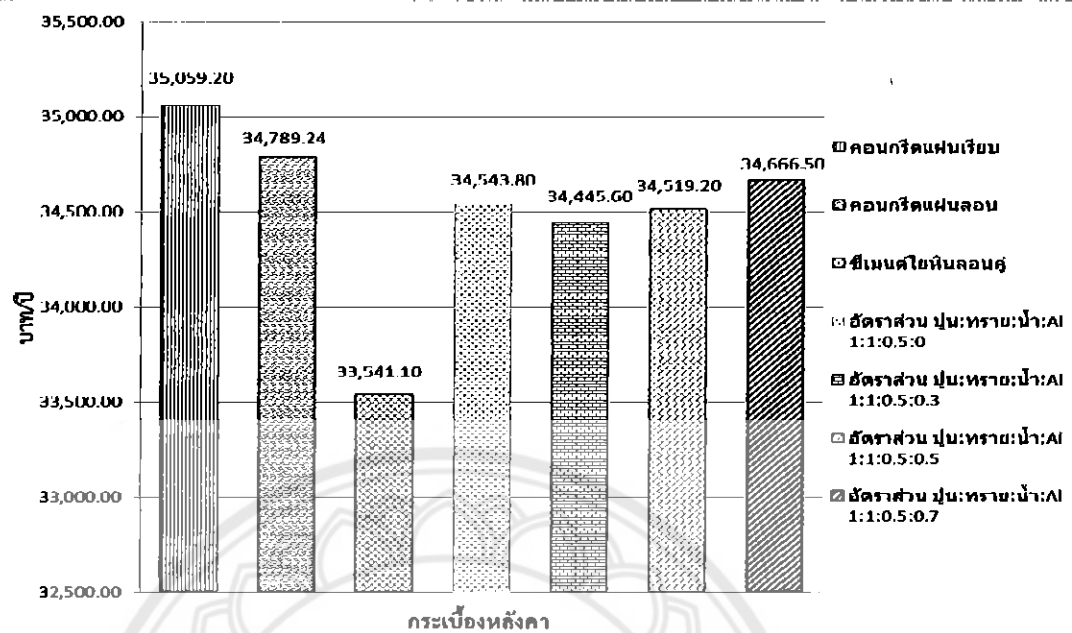
กราฟที่ 4.8 การเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองในสภาวะแวดล้อมจริงเดือนกันยายน 2554-เดือนกุมภาพันธ์ 2555

เพื่อความชัดเจนในการแสดงการทดสอบวัดค่าอุณหภูมิของอากาศในบ้านจำลอง จึงแสดงในรูปแบบข้อมูลแบบแท่ง ดังแสดงในกราฟที่ 4.8

4.2 ผลการทดลองการหาค่าการนำความร้อนของกระเบื้องหลังคอนกรีตผสมอลูมิเนียมฟอยล์

ในการทดลองหาค่าการนำความร้อนนั้นได้มีการสอบเทียบการใช้อุปกรณ์ Heat Conduction โดยใช้แท่งทองเหลืองทำการทดลอง ซึ่งจากการทดลองพบว่าค่าการนำความร้อนของทองเหลืองมีค่าความคลาดเคลื่อนถึง 59%ทำให้ค่าการนำความร้อนที่ได้ไม่น่าเชื่อถือจึงไม่สามารถนำมาพิจารณาได้

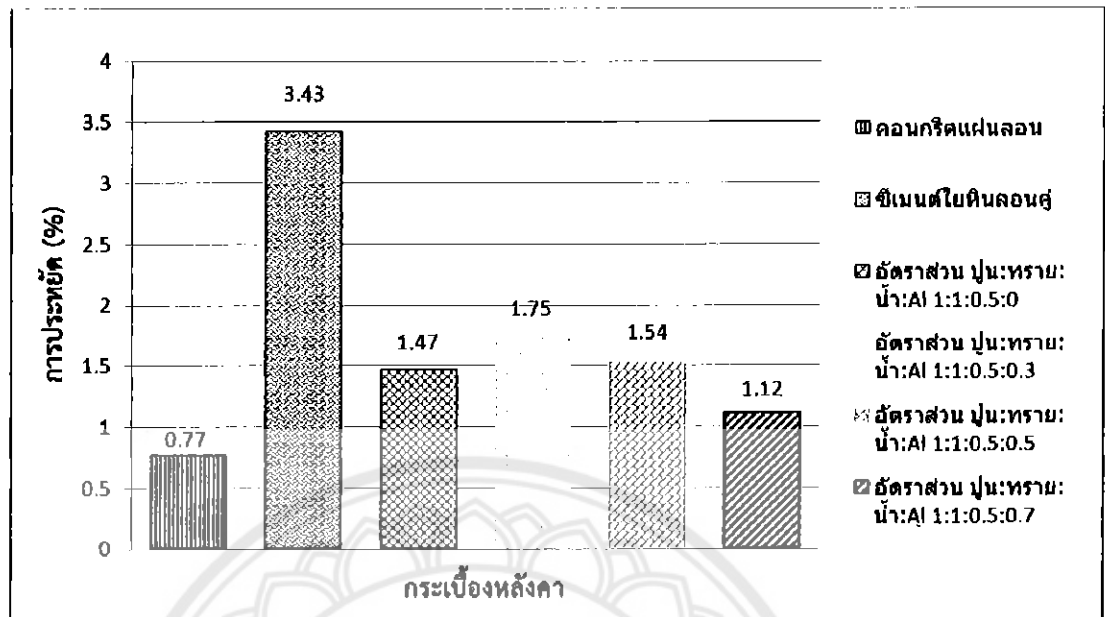
4.3 ค่าไฟฟ้าในการปรับอากาศ



กราฟที่ 4.9 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศ

จากกราฟที่ 4.9 เมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้พลังงานในการปรับอากาศในอาคารสำนักงาน โดยเทียบกับอาคารที่มุงด้วยหลังคาคอนกรีตแผ่นเรียบเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาพบว่าอาคารที่มุงกระเบื้องหลังคาคอนกรีตแผ่นเรียบซึ่งใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ มีค่าใช้จ่าย 35,059 บาท/ปี กระเบื้องหลังคาคอนกรีตแผ่นลอนมีค่าใช้จ่าย 34,789 บาท/ปี, กระเบื้องหลังคาซีเมนต์ใยหินลอนคู่มีค่าใช้จ่าย 33,541 บาท/ปี, กระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมดงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0 โดยปริมาตร มีค่าใช้จ่าย 34,543 บาท/ปี, กระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมดงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.3 โดยปริมาตร มีค่าใช้จ่าย 34,445 บาท/ปี, กระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมดงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.5 โดยปริมาตร มีค่าใช้จ่าย 34,519 บาท/ปี และกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมดงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.7 โดยปริมาตร มีค่าใช้จ่าย 34,666 บาท/ปี ดังแสดงในกราฟที่ 4.10 ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศในบ้านลดลง 1°C สามารถประหยัดการใช้พลังงานในการปรับอากาศได้ 7% (จงจิตร ธีรฤกลภ, 2551) ซึ่งค่าใช้จ่ายไฟฟ้ามาจากตารางที่ 1ง.

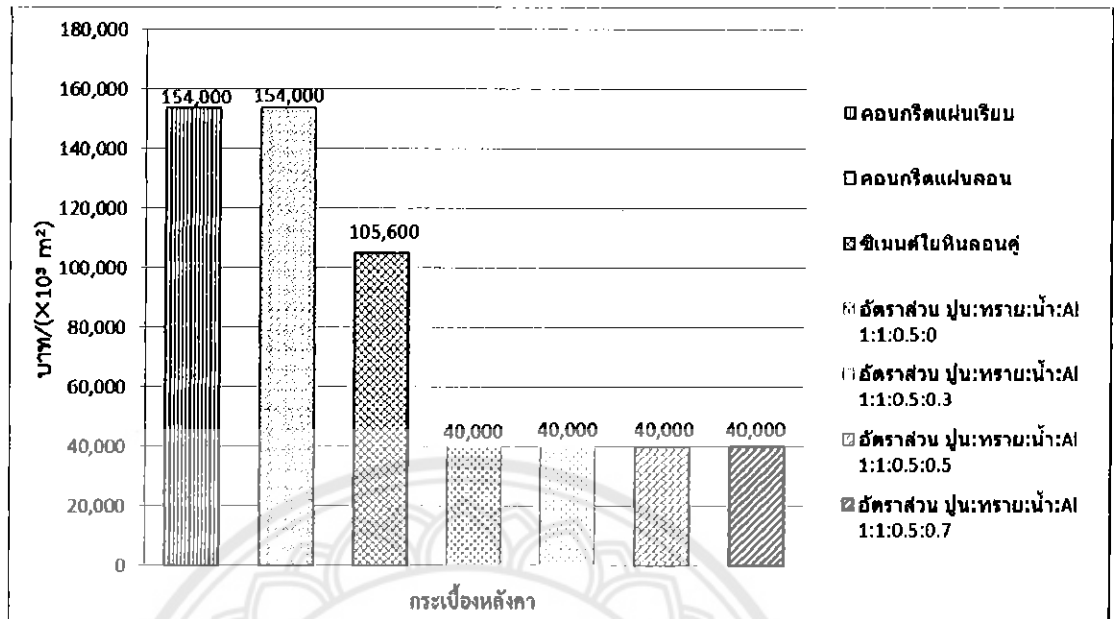
4.4 การประหยัดพลังงาน



กราฟที่ 4.10 การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศเทียบกับกระเบื้องแผ่นเรียบ

จากกราฟที่ 4.8 สามารถนำมาสร้างข้อมูลการประหยัดพลังงาน โดยที่การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศในบ้านลดลง 1°C สามารถประหยัดการใช้พลังงานในการปรับอากาศได้ 7% (จงจิตร ธีรฤกลาภ, 2551) พบว่า กระเบื้องหลังคาซีเมนต์ใยหินลอนคู่ประหยัดมากที่สุดที่ 3.43 % รองลงมา เป็นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.3, 0.5, 0 และ 0.7 โดย ปริมาตร ตามลำดับ ซึ่งสามารถประหยัดได้ 1.75%, 1.54%, 1.47%, และ 1.12% ตามลำดับ สุดท้ายย กระเบื้องที่มีเปอร์เซ็นต์การประหยัดต่ำที่สุดคือ กระเบื้องหลังคาคอนกรีตแผ่นลอนมีเปอร์เซ็นต์การ ประหยัดที่ 0.77%

4.5 ราคาต้นทุนของกระเบื้องหลังคา



กราฟที่ 4.11 ราคากระเบื้องแต่ละชนิดต่อพื้นที่มุงหลังคา 1000 ตารางเมตร

จากกราฟที่ 4.11 เมื่อพิจารณาราคาของกระเบื้องมุงหลังคาประเภทต่างๆพบว่าหากมุงด้วยกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0, 0.3, 0.5, 0.7 โดยปริมาตร คิดเป็นค่าใช้จ่ายเท่ากับ 40,000 บาท (ตารางที่ 2ง.) กระเบื้องหลังคาคอนกรีตแผ่นลอนและแผ่นเรียบคิดเป็นค่าใช้จ่ายเท่ากับ 154,000 บาท (ตารางที่ 2ง.) และกระเบื้องหลังคาซีเมนต์ใยหินลอนคู่คิดเป็นค่าใช้จ่ายเท่ากับ 105,600 บาท (ตารางที่ 2ง.) ดังแสดงในกราฟที่ 4.11 ซึ่งราคาของกระเบื้องทั่วไปทุกประเภทนี้รวมค่าใช้จ่ายด้านการขนส่งแต่ไม่รวมค่าแรงงานและอุปกรณ์สำหรับมุงหลังคา

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปัจจุบันในด้านการออกแบบอาคารให้ความสำคัญต่อการอนุรักษ์พลังงานในอาคารมากขึ้น ดังนั้น การออกแบบส่วนต่างๆของอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานจึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง วิธีการที่สำคัญอีกวิธีหนึ่งคือการลดอุณหภูมิซึ่งมาจากรังสีดวงอาทิตย์ผ่านเข้าสู่หลังคา เนื่องจากหลังคาเป็นส่วนที่รับความร้อนโดยตรงมากที่สุด หากไม่มีการป้องกันในส่วนนี้แล้วความร้อนดังกล่าวย่อมส่งผลโดยตรงต่ออาคารที่พักอาศัย และมีผลต่อการเพิ่มภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศอีกด้วย ในการทดสอบอุณหภูมิของอากาศในบ้านจำลอง เพื่อศึกษาการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่บ้านจำลอง มีการสรุปผลดังนี้

5.1 การวัดอุณหภูมิของอากาศในบ้านจำลอง

จากการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุผนังหลังคาบ้านพักอาศัยในปัจจุบัน โดยเปรียบเทียบวัสดุผนังหลังคา 3 ชนิด คือ กระจกคอนกรีตแผ่นเรียบ กระจกคอนกรีตแผ่นลอน กระจกซีเมนต์ใยหินลอนคู่กับกระจกหลังคาคอนกรีตผสมดงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม โดยเปรียบเทียบกระจกหลังคาที่ผสมดงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0,0.3, 0.5 และ 0.7 โดยปริมาตรเพื่อศึกษาการถ่ายเทความร้อนเป็นเวลา 6 เดือนคือตั้งแต่เดือนกันยายน 2554 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2555

จากผลการทดสอบ 6 เดือนพบว่า ในช่วงกลางวัน (06.00 น.-18.00 น.) บ้านจำลองที่มุงด้วยกระจกหลังคาซีเมนต์ใยหินลอนคู่มีอุณหภูมิต่ำที่สุด รองลงมาคือบ้านที่มุงด้วยกระจกหลังคาคอนกรีตผสมดงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียมอัตราส่วนดงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.3,0.5,0.7 และ 0 โดยปริมาตรตามลำดับ และตามด้วยกระจกหลังคาคอนกรีตแผ่นลอน และกระจกหลังคาคอนกรีตแผ่นเรียบตามลำดับ

ส่วนในช่วงกลางคืน (18.00 น.-06.00 น.) ความร้อนที่สะสมในเนื้อวัสดุจะคายความร้อนสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก เมื่ออุณหภูมิภายนอกลดลงอุณหภูมิภายในบ้านจำลองซึ่งมุงด้วยกระจกหลังคาคอนกรีตผสมดงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียมอัตราส่วนอลูมิเนียม 0 โดยปริมาตรมีแนวโน้มต่ำที่สุด รองลงมากระจกหลังคาซีเมนต์ใยหินลอนคู่ ตามด้วยกระจกหลังคาคอนกรีตผสมดงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียมอัตราส่วนอลูมิเนียม 0.3 โดยปริมาตร ตามด้วยกระจกหลังคาคอนกรีตแผ่นลอน กระจกหลังคาคอนกรีตผสมดงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียมอัตราส่วนดงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.5,0.7 โดยปริมาตร และกระจกหลังคาคอนกรีตแผ่นเรียบตามลำดับ

สำหรับอุณหภูมิอากาศภายในบ้านจำลองเมื่อนำมาพิจารณาทั้งวันคือ ตลอด 24 ชั่วโมงพบว่า อุณหภูมิของอากาศภายในบ้านจำลองที่มุงด้วยกระจกหลังคาซีเมนต์ใยหินลอนคู่มีแนวโน้มต่ำที่สุด รองลงมาคือบ้านจำลองที่มุงด้วยกระจกหลังคาคอนกรีตผสมดงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.3,

0.5, 0.7 และ 0 โดยปริมาตรตามลำดับสำหรับบ้านจำลองที่มุงด้วยกระเบื้องหลังคาคอนกรีตแผ่นลอน ถือว่ามีอุณหภูมิสูงแต่น้อยกว่ากระเบื้องหลังคาคอนกรีตแผ่นเรียบ ส่วนบ้านจำลองที่มุงด้วยกระเบื้องหลังคาคอนกรีตแผ่นเรียบมีอุณหภูมิอากาศภายในบ้านสูงที่สุด

ส่วนอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมนั้นมีแนวโน้มสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศภายในบ้านจำลองยกเว้นในช่วงเวลา 17.30 น. -19.30 น. เนื่องจากพระอาทิตย์ตกดินทำให้อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมลดลงอย่างรวดเร็ว แต่อุณหภูมิภายในบ้านจำลองค่อยๆลดลงอย่างช้าๆ จนกระทั่งต่ำกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมในช่วงเวลา 19.30 น. เป็นต้นไป

5.2 ค่าการนำความร้อน

จากการทดสอบค่าการนำความร้อนของกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียมพบว่าค่าที่ได้จากการทดสอบขัดแย้งกับอุณหภูมิของอากาศที่วัดค่าได้เพราะว่าเครื่องที่ใช้ในการทดลองให้ค่าการนำความร้อนมีความคลาดเคลื่อนเป็นอย่างมาก เนื่องจากอายุการใช้งานของอุปกรณ์ใช้งานมานาน ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัด ดังนั้นค่าการนำความร้อนที่ได้จึงเชื่อถือไม่ได้ อย่างไรก็ตามข้อมูลค่าการนำความร้อนที่ได้แสดงให้เห็นว่าค่าการนำความร้อนมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกันมาก จึงอาจเป็นไปได้ว่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีความคลาดเคลื่อน

5.3 การใช้พลังงานในการปรับอากาศ

เมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้พลังงานในการปรับอากาศในอาคารสำนักงาน สมมติพื้นที่ใช้งานเท่ากับ 1000 m^2 โดยเทียบกับอาคารที่มุงด้วยหลังคาคอนกรีตแผ่นเรียบเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาจะได้ว่ากระเบื้องหลังคาซีเมนต์ใยหินลอนคู่ประหยัดมากที่สุดที่ 3.43 % รองลงมาเป็นกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.3, 0.5, 0 และ 0.7 โดยปริมาตรตามลำดับ ซึ่งสามารถประหยัดได้ 1.75%, 1.54%, 1.47%, และ 1.12% ตามลำดับ สุดท้ายกระเบื้องที่มีเปอร์เซ็นต์การประหยัดต่ำที่สุดคือกระเบื้องหลังคาคอนกรีตแผ่นลอนมีเปอร์เซ็นต์การประหยัดที่ 0.77%

5.4 ราคากระเบื้อง

สำหรับการมุงหลังคาด้วยกระเบื้องหลังคาเมื่อนำมาคิดราคาต้นทุนกระเบื้องหลังคาพบว่า หากมุงด้วยกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียมในอัตราส่วนผสมอลูมิเนียม 0, 0.3, 0.5, 0.7 โดยปริมาตร มีต้นทุนของกระเบื้องหลังคาเท่ากับ 40,000 บาท กระเบื้องหลังคาคอนกรีตแผ่นลอนและแผ่นเรียบคิดเป็นต้นทุนของกระเบื้องหลังคาเท่ากับ 154,000 บาท และกระเบื้องหลังคาซีเมนต์ใยหินลอนคู่คิดเป็นต้นทุนของกระเบื้องหลังคาเท่ากับ 105,600 บาท ซึ่งราคากระเบื้องทั่วไปเป็นราคาที่ขายในท้องตลาดไม่ใช่ราคาผลิต

5.5 วิจารณ์การวัดค่าการนำความร้อน

จากการทดสอบค่าการนำความร้อนของกระเบื้องคอนกรีตผสมดุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียมอัตราส่วนอลูมิเนียม 0, 0.3, 0.5 และ 0.7 โดยปริมาตร พบว่ามีความคลาดเคลื่อน 59 % ซึ่งมีสาเหตุหนึ่งมาจากสภาพเครื่องทดสอบการนำความร้อนมีอายุการใช้งานมานานหลายปี และหัววัดอุณหภูมิหัววัดที่ 2 มีสภาพหลวม ซึ่งต้องคอยขยับและปรับหัววัดอุณหภูมิทำให้อุณหภูมิที่ได้จากการวัดเกิดความคลาดเคลื่อน รวมทั้งค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากหัววัดที่ 5 ไม่เป็นไปตามหลักการของการนำความร้อน ผลที่ได้จากการทดลองคืออุณหภูมิในหัววัดที่ 5 จะต่ำกว่าอุณหภูมิหัววัดที่ 6 จึงขัดแย้งกับหลักการที่อุณหภูมิในหัววัดที่ 5 จะต้องสูงกว่าอุณหภูมิหัววัดที่ 6 ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การวัดค่าการนำความร้อนนี้เกิดความคลาดเคลื่อน ทำให้ค่าการนำความร้อนที่ได้จากการทดลองเชื่อถือไม่ได้

5.6 วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

สำหรับแนวทางในการวิจัยเพื่อพัฒนาต่อไปในอนาคตให้เป็นระบบพาณิชย์ที่สามารถนำไปปรับใช้จริงและผลลัพธ์มีความเชื่อถือมากยิ่งขึ้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการพิจารณาถึงสิ่งต่างๆ ต่อไปนี้ คือ

5.6.1 ออกแบบและสร้างกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมดุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม ที่มีความหนาบางลงและมีความยืดหยุ่นมากขึ้น

5.6.2 ระหว่างกระบวนการกดอัดขึ้นรูปกระเบื้องควรรักษาอุณหภูมิให้มัน้อยที่สุด และลักษณะพื้นผิวของกระเบื้องควรเรียบมากขึ้น

5.6.3 เก็บข้อมูลอุณหภูมิภายในบ้านจำลองช่วงฤดูร้อนเพิ่มเติม

5.6.4 มีการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ควบคู่กับการทดสอบ

5.6.5 ควรมีการนำกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมดุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียมไปติดตั้งใช้งานจริงในอาคารเพื่อศึกษาถึงความสามารถในการลดอุณหภูมิภายในอาคาร รวมถึงอายุการใช้งานจริง

5.6.6 ควรศึกษาว่าดุงขยะพลาสติกประเภทใดที่ควรนำมาทำการทดลอง

5.6.7 มีการศึกษาการเปลี่ยนสภาพทางความร้อนของดุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม

บรรณานุกรม

- กระทรวงพลังงาน. หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ. กรุงเทพฯ : กระทรวงพลังงาน, 2552.
- กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. คู่มือการอนุรักษ์พลังงาน. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- กิตติศักดิ์ วงษ์โก,ธราดล อ่อนนิ่ม และ พรหม เย็นนที. (2553). ศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้าง กระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมลูมึนเี่ยมพอยล์จากถุงขยะพลาสติก. ปริญญาพันธวิศกรรม ศาตรบัณฑิต. ภาควิศกรรมเครื่องกล. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- จूरีพร โสภารอมร. (2550). เปรียบเทียบสมรรถนะของหลังคารูปแบบต่างๆเชิงเทคนิคและ เศรษฐศาสตร์.วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน. คณะพลังงาน สิ่งแวดล้อมและวัสดุ.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- จงจิตร หิรัญลาภ. การออกแบบบ้านหลังคาเย็นพลังงานแสงตะวัน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www2.kmutt.ac.th/news/newsdetail.aspx?ref>. (วันที่ค้นข้อมูล : 21 กุมภาพันธ์ 2555).
- พิภพ สุนทรสมัย. (2554). การประมาณราคาการก่อสร้าง. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- มหาวิทยาลัยนเรศวร. คู่มือปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล2. พิษณุโลก : ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2541.
- ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา. (2553). กระเบื้องหลังคาซีเมนต์ต้นแบบผสมลูมึนเี่ยมพอยล์จากถุงขยะพลาสติก. พิษณุโลก : ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- สุภาวดี รัตนมาศ. (2553). หลังคาและอุปกรณ์หลังคา. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิชย์.



ภาคผนวก ก

วิธีการทดลองหาค่าการนำความร้อนของกระเบื้องคอนกรีตผสมดงขะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม

1. ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลองคอนกรีตทดสอบค่าการนำความร้อนคอนกรีตผสมดงเคลือบอลูมิเนียม 0 โดยปริมาตร

ก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 1

ตารางที่ 1 ก. ข้อมูลก้อนคอนกรีตผสมดงขะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0 โดยปริมาตร ก้อนที่ 1

No.	Heat Power (w)	Temperature					
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
1	10	36.9	36.7	35.5	15.1	13.7	13.1
2	15	66.5	62.9	62.6	14.8	14.6	12.4
3	20	96.1	89.3	87.2	23.1	22.8	22.6
4	25	107.8	107.4	96.7	18.3	14.6	12.4
5	30	117.1	115.2	107.3	18.8	13.7	13.4

ก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 2

ตารางที่ 2 ก. ข้อมูลก้อนคอนกรีตผสมดงขะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0 โดยปริมาตร ก้อนที่ 2

No.	Heat Power (w)	Temperature					
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
1	10	39.6	37.1	37.1	13.6	11.1	10.5
2	15	74.3	69.7	67.5	19.1	18.2	17.5
3	20	97.2	96.5	90.1	16.1	16	13.3
4	25	105.8	105.5	95.5	18.3	18.1	16.1
5	30	113.1	113.1	103.4	20.2	19.8	17.2

ก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 3

ตารางที่ 3 ก. ข้อมูลก้อนคอนกรีตผสมดงขะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0 โดยปริมาตร ก้อนที่ 3

No.	Heat Power (w)	Temperature					
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
1	10	41.2	38.7	38.7	11.9	11.4	9.6
2	15	72.4	68.2	66.3	18.8	15.2	14.8
3	20	95.5	95	94.7	17.1	16.5	14.3
4	25	109.9	109.4	100.1	17.3	14.7	14.7
5	30	116.7	116.2	108.1	18.7	17.5	14.9

ค่าการนำความร้อนที่ได้ของก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 1

ตารางที่ 4 ก. ข้อมูลค่าการนำความร้อนก้อนคอนกรีตผสมดุงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0 โดยปริมาตร ก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 1

Q(w)	A(m ²)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	L(m)	dT/dx	k (W/m.°C)
10	0.000491	35.5	15.1	0.03	680	29.95
15	0.000491	62.6	14.8	0.03	1593.33	19.17
20	0.000491	87.2	23.1	0.03	2353.33	17.31
25	0.000491	96.7	18.3	0.03	2613.33	19.48
30	0.000491	107.3	18.8	0.03	3283.33	18.61

ค่าการนำความร้อนเฉลี่ยที่ได้ของก้อนคอนกรีตทดสอบ คือ 20.91 W/m.°C

ค่าการนำความร้อนที่ได้ของก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 2

ตารางที่ 5 ก. ข้อมูลค่าการนำความร้อนก้อนคอนกรีตผสมดุงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0 โดยปริมาตร ก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 2

Q(w)	A(m ²)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	L(m)	dT/dx	k (W/m.°C)
10	0.000491	37.1	13.6	0.03	783.33	25.99
15	0.000491	67.5	19.1	0.03	1613.33	18.94
20	0.000491	90.1	16.1	0.03	2466.67	16.51
25	0.000491	95.5	18.3	0.03	2640	19.28
30	0.000491	103.4	20.2	0.03	2773.33	22.03

ค่าการนำความร้อนเฉลี่ยที่ได้ของก้อนคอนกรีตทดสอบ คือ 20.55 W/m.°C

ค่าการนำความร้อนที่ได้ของก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 3

ตารางที่ 6 ก. ข้อมูลค่าการนำความร้อนก้อนคอนกรีตผสมดุงขยชะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0 โดยปริมาตร ก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 3

Q(w)	A(m ²)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	L(m)	dT/dx	k (W/m.°C)
10	0.000491	38.7	11.9	0.03	893.33	22.80
15	0.000491	66.3	18.8	0.03	1583.33	19.29
20	0.000491	94.7	17.1	0.03	2586.67	15.75
25	0.000491	100.1	17.3	0.03	2760	18.45
30	0.000491	108.1	18.7	0.03	2980	20.50

ค่าการนำความร้อนเฉลี่ยที่ได้ของก้อนคอนกรีตทดสอบ คือ $19.35 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$

ค่าการนำความร้อนเฉลี่ยของคอนกรีตเท่ากับ $20.27 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$

ตารางบันทึกผลการทดลองคอนกรีตทดสอบค่าการนำความร้อนคอนกรีตผสมถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.3 โดยปริมาตร

ก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 1

ตารางที่ 7 ก. ข้อมูลก้อนคอนกรีตผสมถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.3 โดยปริมาตร ก้อนที่ 1

No.	Heat Power (w)	Temperature					
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
1	10	36.9	36.7	35.5	15.1	13.7	13.1
2	15	73.2	68.6	66.8	18.2	12.8	10.4
3	20	84.2	83.9	73.4	20.8	20.4	16.4
4	25	116.7	116.2	105.3	17.4	13.6	11.4
5	30	132.3	131.2	117.9	19.8	14.2	12.5

ก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 2

ตารางที่ 8 ก. ข้อมูลก้อนคอนกรีตผสมถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.3 โดยปริมาตร ก้อนที่ 2

No.	Heat Power (w)	Temperature					
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
1	10	34	32.5	31.4	16	16	15.3
2	15	76.6	73.4	71.7	17.7	13.6	13.3
3	20	81.4	79.1	76.6	15.6	13.3	12.5
4	25	119.5	116.2	114.3	19.3	13.6	12.3
5	30	130.2	129.2	118.9	17.5	13.7	12.6

ก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 3

ตารางที่ 9 ก. ข้อมูลก้อนคอนกรีตผสมถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.3 โดยปริมาตร ก้อนที่ 3

No.	Heat Power (w)	Temperature					
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
1	10	34.2	34	33.7	12.8	12.2	11.9
2	15	75.7	74.9	72.1	18.3	14.8	13.2
3	20	87.4	86.2	81.3	14.2	13.8	13.3
4	25	117.8	117.2	109.5	19.3	13.9	13.6
5	30	130.7	129.8	117.9	18.2	13.7	12.9

ค่าการนำความร้อนที่ได้ของก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 1
 ตารางที่ 10 ก. ข้อมูลค่าการนำความร้อนก้อนคอนกรีตผสมถุงขะพลาสติกเคลือบลูมิเนียม 0.3
 โดยปริมาตรก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 1

Q(w)	A(m ²)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	L(m)	dT/dx	k (W/m.°C)
10	0.000491	35.5	16	0.03	680	29.95
15	0.000491	66.8	17.7	0.03	1620	18.86
20	0.000491	73.4	15.6	0.03	1753.33	23.23
25	0.000491	105.3	19.3	0.03	2930	17.38
30	0.000491	117.9	17.5	0.03	3270	18.68

ค่าการนำความร้อนเฉลี่ยที่ได้ของก้อนคอนกรีตทดสอบ คือ 21.62 W/m.°C

ค่าการนำความร้อนที่ได้ของก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 2
 ตารางที่ 11 ก. ข้อมูลค่าการนำความร้อนก้อนคอนกรีตผสมถุงขะพลาสติกเคลือบลูมิเนียม 0.3
 โดยปริมาตรก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 2

Q(w)	A(m ²)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	L(m)	dT/dx	k (W/m.°C)
10	0.000491	31.4	12.8	0.03	513.33	39.68
15	0.000491	71.7	18.3	0.03	1800	16.97
20	0.000491	76.6	14.2	0.03	2033.33	20.03
25	0.000491	114.3	19.3	0.03	3166.67	16.08
30	0.000491	118.9	18.2	0.03	3380	18.07

ค่าการนำความร้อนเฉลี่ยที่ได้ของก้อนคอนกรีตทดสอบ คือ 22.18 W/m.°C

ค่าการนำความร้อนที่ได้ของก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 3
 ตารางที่ 12 ก. ข้อมูลค่าการนำความร้อนก้อนคอนกรีตผสมถุงขะพลาสติกเคลือบลูมิเนียม 0.3
 โดยปริมาตรก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 3

Q(w)	A(m ²)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	L(m)	dT/dx	k (W/m.°C)
10	0.000491	33.7	12.8	0.03	696.67	29.23
15	0.000491	72.1	18.3	0.03	1793.33	17.04
20	0.000491	81.3	14.2	0.03	2236.67	18.21
25	0.000491	109.5	19.3	0.03	3006.67	16.93
30	0.000491	117.9	18.2	0.03	3323.33	18.39

ค่าการนำความร้อนเฉลี่ยที่ได้ของก้อนคอนกรีตทดสอบ คือ 19.96 W/m.°C

ค่าการนำความร้อนเฉลี่ยคอนกรีตผสมลูมิเนียม 0.3 เท่ากับ 21.25 W/m.°C

ตารางบันทึกผลการทดลองคอนกรีตทดสอบค่าการนำความร้อนคอนกรีตผสมผงขี้เถ้าพลาสติกเคลือบ
อลูมิเนียม 0.5 โดยปริมาตร

ก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 1

ตารางที่ 13 ก. ข้อมูลก้อนคอนกรีตผสมผงขี้เถ้าพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.5 โดยปริมาตร ก้อนที่ 1

No.	Heat Power (w)	Temperature					
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
1	10	54.4	54.1	53.5	16.1	15.6	15.6
2	15	73.9	71.8	71.6	19.9	19.4	18.3
3	20	97.8	96.5	94.3	18.7	18.6	17.4
4	25	115.6	111.3	104.2	19.2	18.5	17.4
5	30	128.3	126.1	114.6	17.5	17.3	16.1

ก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 2

ตารางที่ 14 ก. ข้อมูลก้อนคอนกรีตผสมผงขี้เถ้าพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.5 โดยปริมาตร ก้อนที่ 2

No.	Heat Power (w)	Temperature					
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
1	10	36	35.9	33.6	13.3	12.1	10.8
2	15	70.1	67.2	69.2	13.8	12.7	11.7
3	20	85.5	81.5	75.3	16.2	15.8	12.7
4	25	115.5	113.7	105.3	13.8	12	11.7
5	30	131.8	129.9	115.1	13.7	13.4	13

ก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 3

ตารางที่ 15 ก. ข้อมูลก้อนคอนกรีตผสมผงขี้เถ้าพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.5 โดยปริมาตร ก้อนที่ 3

No.	Heat Power (w)	Temperature					
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
1	10	38.9	38.7	38.1	15.2	14.2	13.3
2	15	69.2	68.7	67.3	14.7	13.8	12.9
3	20	76.1	72.4	70.7	18.9	18.8	18.1
4	25	112.1	110.3	105.5	15.9	14.8	13.2
5	30	130.3	126.5	114.7	15.3	15.2	14.6

ค่าการนำความร้อนที่ได้ของก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 1

ตารางที่ 16 ก. ข้อมูลค่าการนำความร้อนก้อนคอนกรีตผสมถุงขะพลาสติกเคลือบลูมิเนียม 0.5 โดยปริมาตรก้อนที่ 1

Q(w)	A(m ²)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	L(m)	dT/dx	k (W/m.°C)
10	0.000491	53.5	16.1	0.03	1246.67	16.34
15	0.000491	71.6	19.9	0.03	1723.33	17.73
20	0.000491	94.3	18.7	0.03	2520	16.16
25	0.000491	104.2	19.2	0.03	2833.33	17.97
30	0.000491	114.6	17.5	0.03	3236.67	18.88

ค่าการนำความร้อนเฉลี่ยที่ได้ของก้อนคอนกรีตทดสอบ คือ 17.42 W/m.°C

ค่าการนำความร้อนที่ได้ของก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 2

ตารางที่ 17 ก. ข้อมูลค่าการนำความร้อนก้อนคอนกรีตผสมถุงขะพลาสติกเคลือบลูมิเนียม 0.5 โดยปริมาตรก้อนที่ 2

Q(w)	A(m ²)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	L(m)	dT/dx	k (W/m.°C)
10	0.000491	33.6	13.3	0.03	676.67	30.09
15	0.000491	69.2	13.8	0.03	1846.67	16.54
20	0.000491	75.3	16.2	0.03	1970	20.68
25	0.000491	105.3	13.8	0.03	3050	16.69
30	0.000491	115.1	13.7	0.03	3380	18.08

ค่าการนำความร้อนเฉลี่ยที่ได้ของก้อนคอนกรีตทดสอบ คือ 20.42 W/m.°C

ค่าการนำความร้อนที่ได้ของก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 2

ตารางที่ 18 ก. ข้อมูลค่าการนำความร้อนก้อนคอนกรีตผสมถุงขะพลาสติกเคลือบลูมิเนียม 0.5 โดยปริมาตรก้อนที่ 3

Q(w)	A(m ²)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	L(m)	dT/dx	k (W/m.°C)
10	0.000491	38.1	15.2	0.03	763.33	26.68
15	0.000491	67.3	14.7	0.03	1753.33	17.42
20	0.000491	70.7	18.9	0.03	1726.67	23.59
25	0.000491	105.5	15.9	0.03	2986.67	17.05
30	0.000491	114.7	15.3	0.03	3313.33	18.44

ค่าการนำความร้อนเฉลี่ยที่ได้ของก้อนคอนกรีตทดสอบ คือ $20.64 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

ค่าการนำความร้อนเฉลี่ยของคอนกรีตผสมเคลือบลูมิเนียม 0.5 เท่ากับ $19.49 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

ตารางบันทึกผลการทดลองคอนกรีตทดสอบค่าการนำความร้อนคอนกรีตผสมลูมิเนียมพ้อยล์ 0.7 โดยปริมาตร

ก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 1

ตารางที่ 19 ก. ข้อมูลก้อนคอนกรีตผสมดุงขยะพลาสติกเคลือบลูมิเนียม 0.7 โดยปริมาตร ก้อนที่ 1

No.	Heat Power (w)	Temperature					
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
1	10	38.9	38.1	37.3	18.9	18.6	17.3
2	15	70.7	68.6	68.5	15.2	13.2	12.4
3	20	93.2	92	86.5	19.5	18.6	17.8
4	25	112.6	111.8	105.9	15.2	13.5	13.4
5	30	127.4	123.9	113.6	15.8	14.9	14.7

ก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 2

ตารางที่ 20 ก. ข้อมูลก้อนคอนกรีตผสมดุงขยะพลาสติกเคลือบลูมิเนียม 0.7 โดยปริมาตร ก้อนที่ 2

No.	Heat Power (w)	Temperature					
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
1	10	41.3	40.2	38.8	13.6	13.8	12.8
2	15	74.7	73.5	66.9	13.6	13.4	10.6
3	20	89.7	87.9	81.4	12.8	12.4	11.3
4	25	117.6	117.8	108.9	12.4	13.8	12.8
5	30	129.2	122.7	116.5	13.5	12.2	10.7

ก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 3

ตารางที่ 21 ก. ข้อมูลก้อนคอนกรีตผสมดุงขยะพลาสติกเคลือบลูมิเนียม 0.7 โดยปริมาตร ก้อนที่ 3

No.	Heat Power (w)	Temperature					
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
1	10	38.9	37.7	36.5	13.8	13.5	12.3
2	15	68.8	68.1	67.3	13.7	13.2	12.1
3	20	94.5	93.8	88.7	13.8	13.3	10.4
4	25	114.3	114.2	107.1	12.4	12.4	12
5	30	130.2	124.3	117.2	14.7	13.6	10.3

ค่าการนำความร้อนที่ได้ของก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 1

ตารางที่ 22 ก. ข้อมูลค่าการนำความร้อนก้อนคอนกรีตผสมถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.7 โดยปริมาตรก้อนที่ 1

Q(w)	A(m ²)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	L(m)	dT/dx	k (W/m.°C)
10	0.000491	37.3	18.9	0.03	1246.67	16.34
15	0.000491	68.5	15.2	0.03	1723.33	17.73
20	0.000491	86.5	19.5	0.03	2520	16.16
25	0.000491	105.9	15.2	0.03	2833.33	17.97
30	0.000491	113.6	15.8	0.03	3236.67	18.88

ค่าการนำความร้อนเฉลี่ยที่ได้ของก้อนคอนกรีตทดสอบ คือ 17.42 W/m.°C

ค่าการนำความร้อนที่ได้ของก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 2

ตารางที่ 23 ก. ข้อมูลค่าการนำความร้อนก้อนคอนกรีตผสมถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.7 โดยปริมาตรก้อนที่ 2

Q(w)	A(m ²)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	L(m)	dT/dx	k (W/m.°C)
10	0.000491	38.8	13.6	0.03	676.67	30.09
15	0.000491	66.9	13.6	0.03	1846.67	16.54
20	0.000491	81.4	12.8	0.03	1970	20.68
25	0.000491	108.9	12.4	0.03	3050	16.69
30	0.000491	116.5	13.5	0.03	3380	18.07

ค่าการนำความร้อนเฉลี่ยที่ได้ของก้อนคอนกรีตทดสอบ คือ 20.41 W/m.°C

ค่าการนำความร้อนที่ได้ของก้อนคอนกรีตทดสอบที่ 2

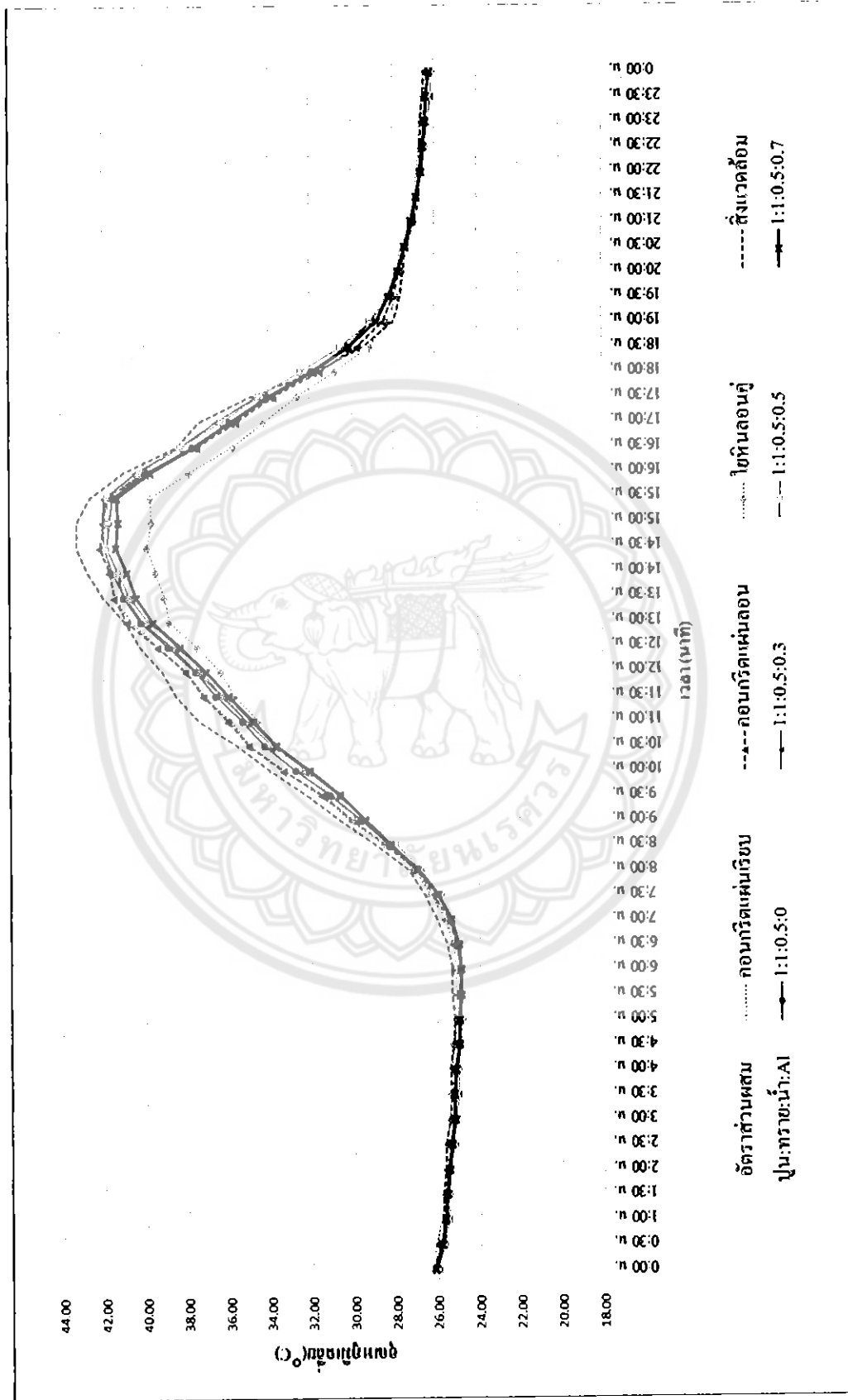
ตารางที่ 24 ก. ข้อมูลค่าการนำความร้อนก้อนคอนกรีตผสมถุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.7 โดยปริมาตรก้อนที่ 3

Q(w)	A(m ²)	T ₃ (°C)	T ₄ (°C)	L(m)	dT/dx	k (W/m.°C)
10	0.000491	36.5	13.8	0.03	763.33	26.68
15	0.000491	67.3	13.7	0.03	1753.33	17.42
20	0.000491	88.7	13.8	0.03	1726.67	23.59
25	0.000491	107.1	12.4	0.03	2986.67	17.05
30	0.000491	117.2	14.7	0.03	3313.33	18.44

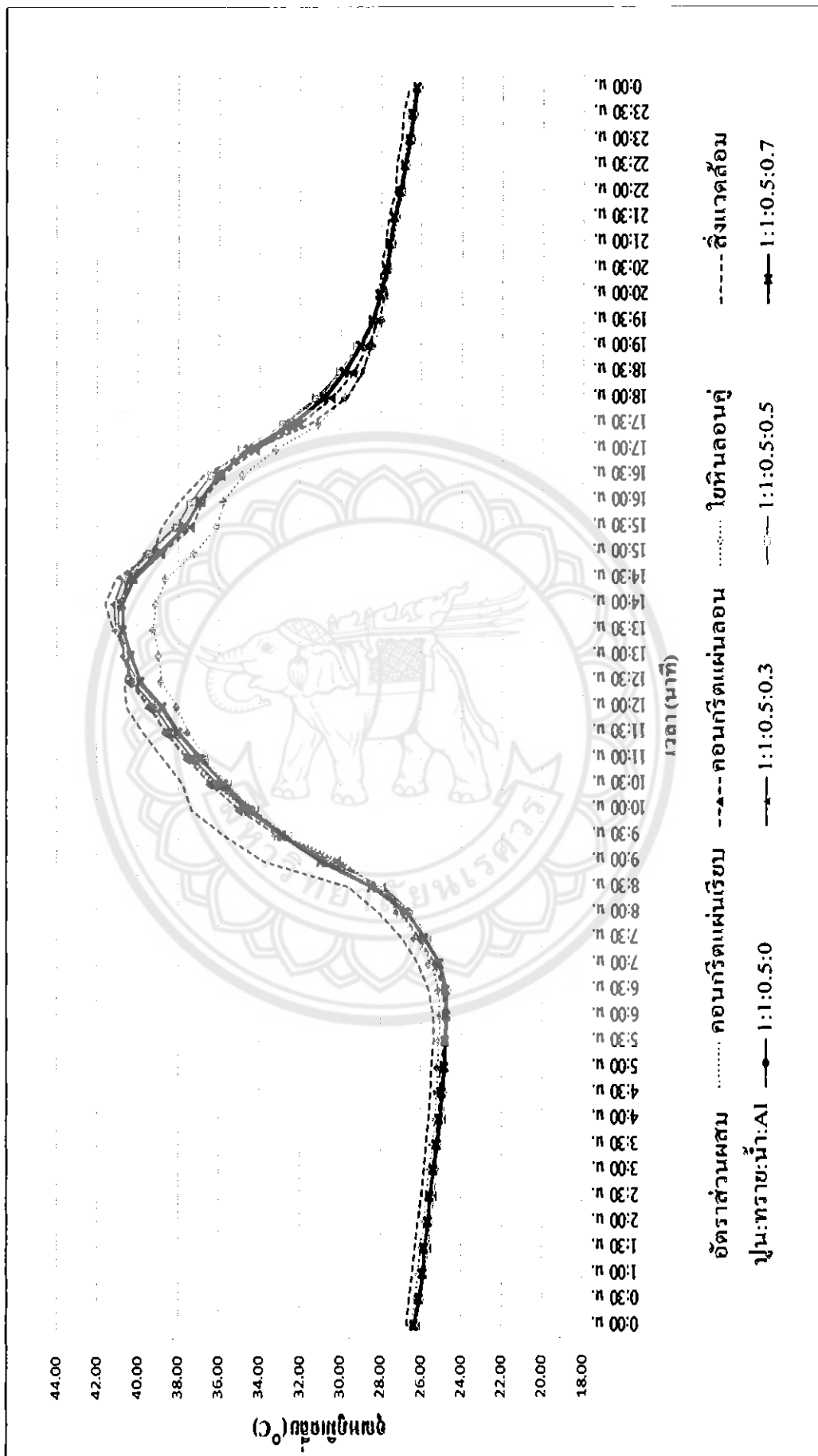
ค่าการนำความร้อนเฉลี่ยที่ได้ของก้อนคอนกรีตทดสอบ คือ $20.64 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$
ค่าการนำความร้อนเฉลี่ยของคอนกรีตผสมถุขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.7 เท่ากับ $19.43 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$



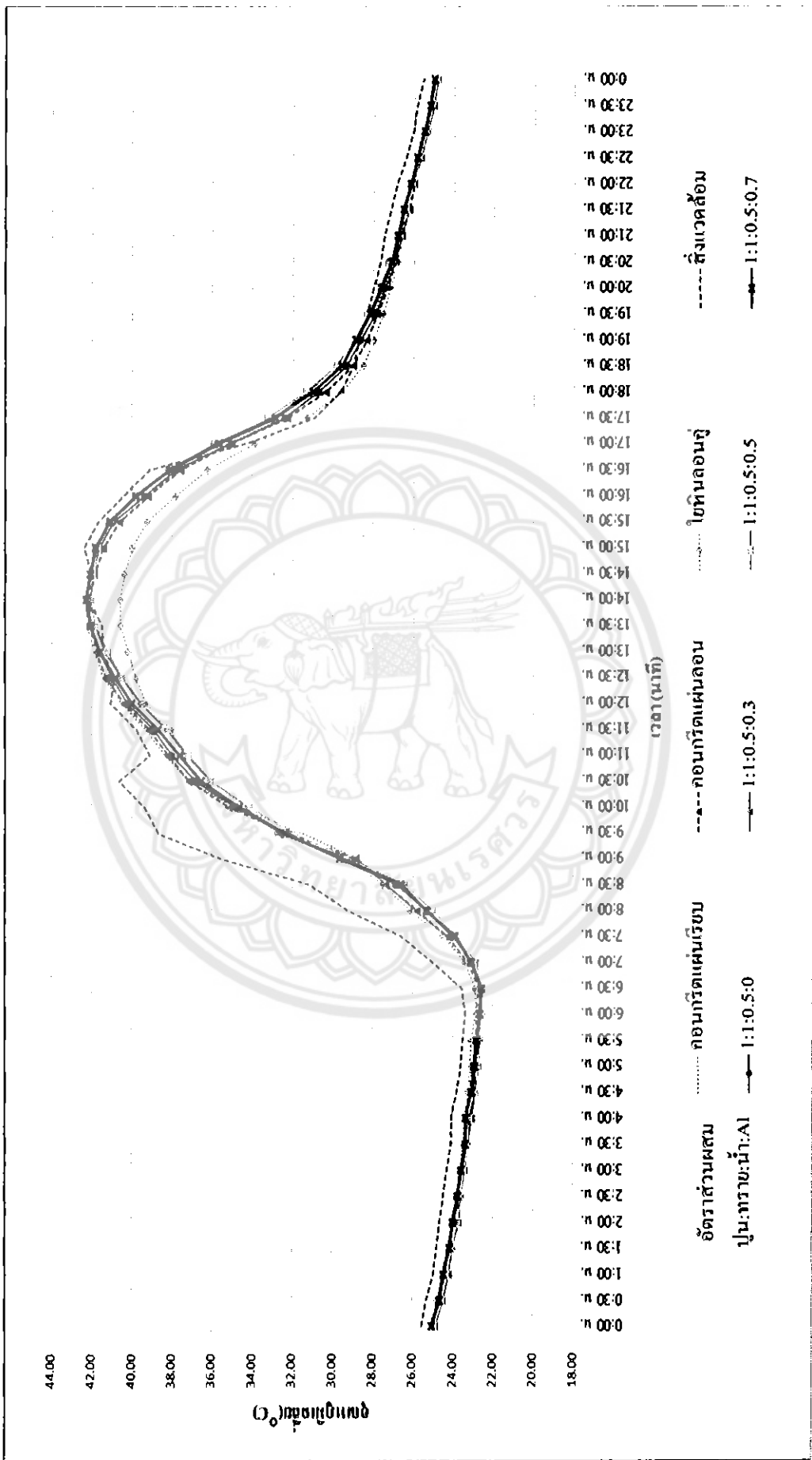
ภาคผนวก ข



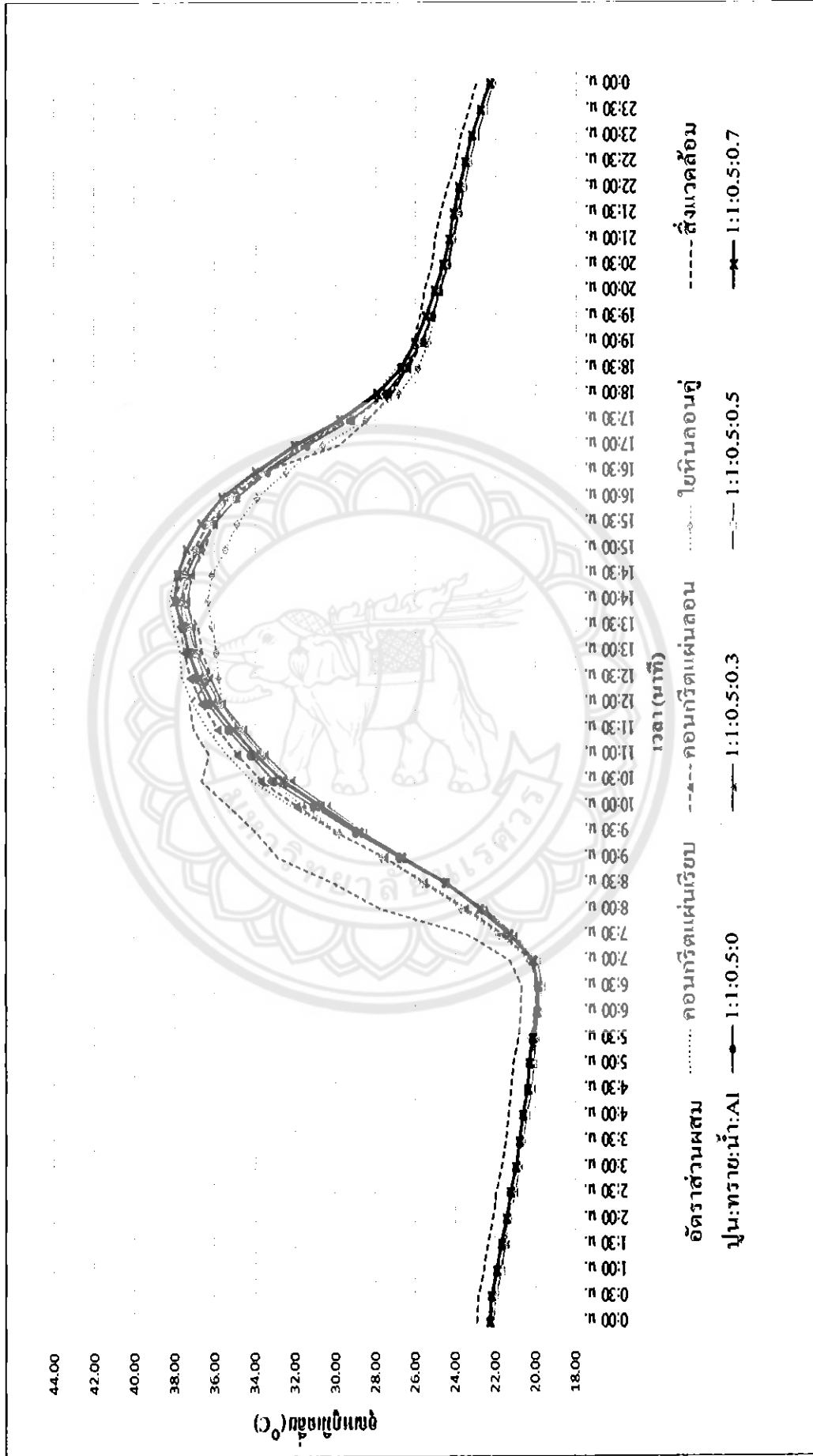
กราฟที่ 1 ข. อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองเดือนกันยายน 2554



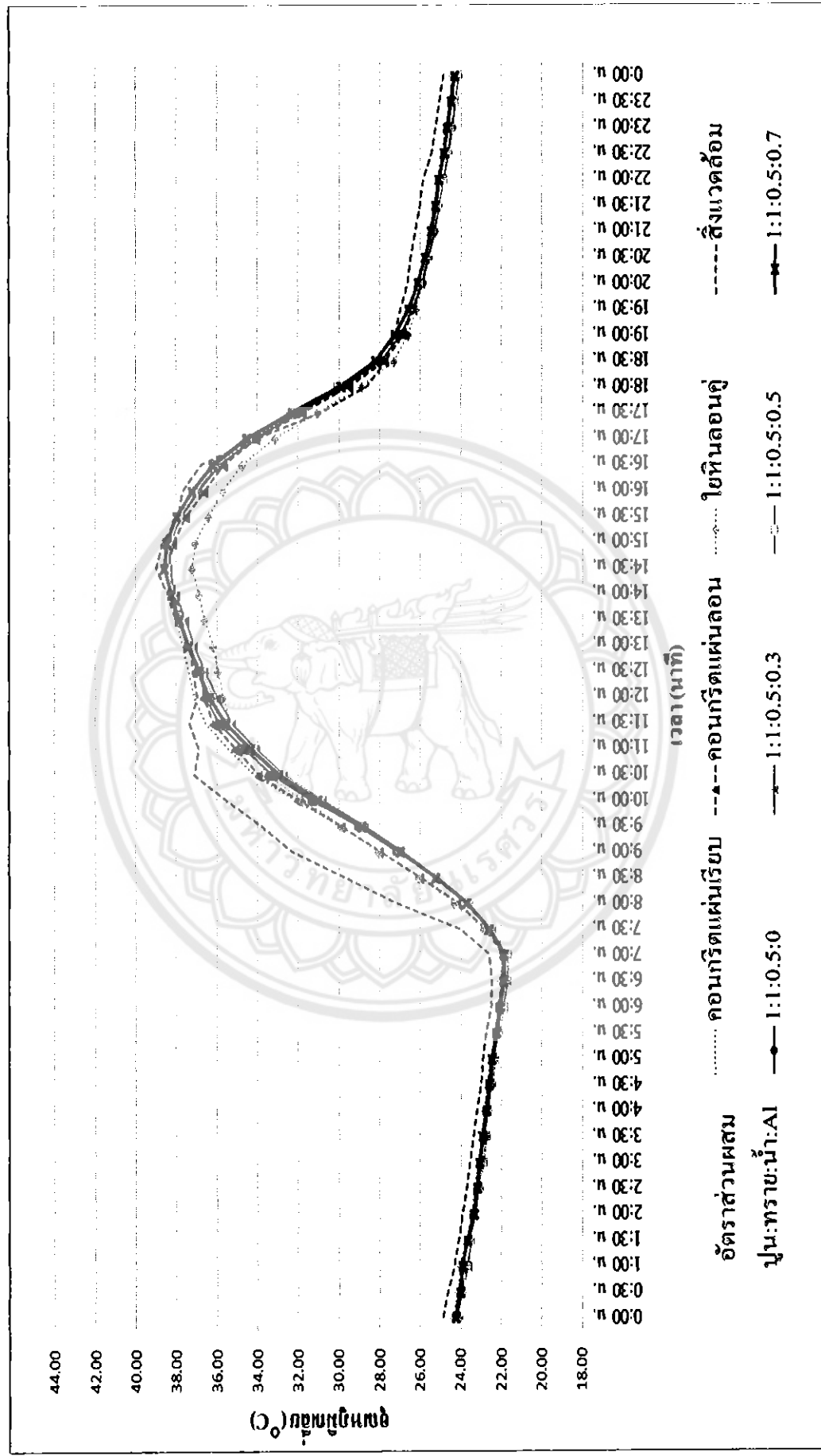
กราฟที่ 2 ข. อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองเดือนตุลาคม 2554



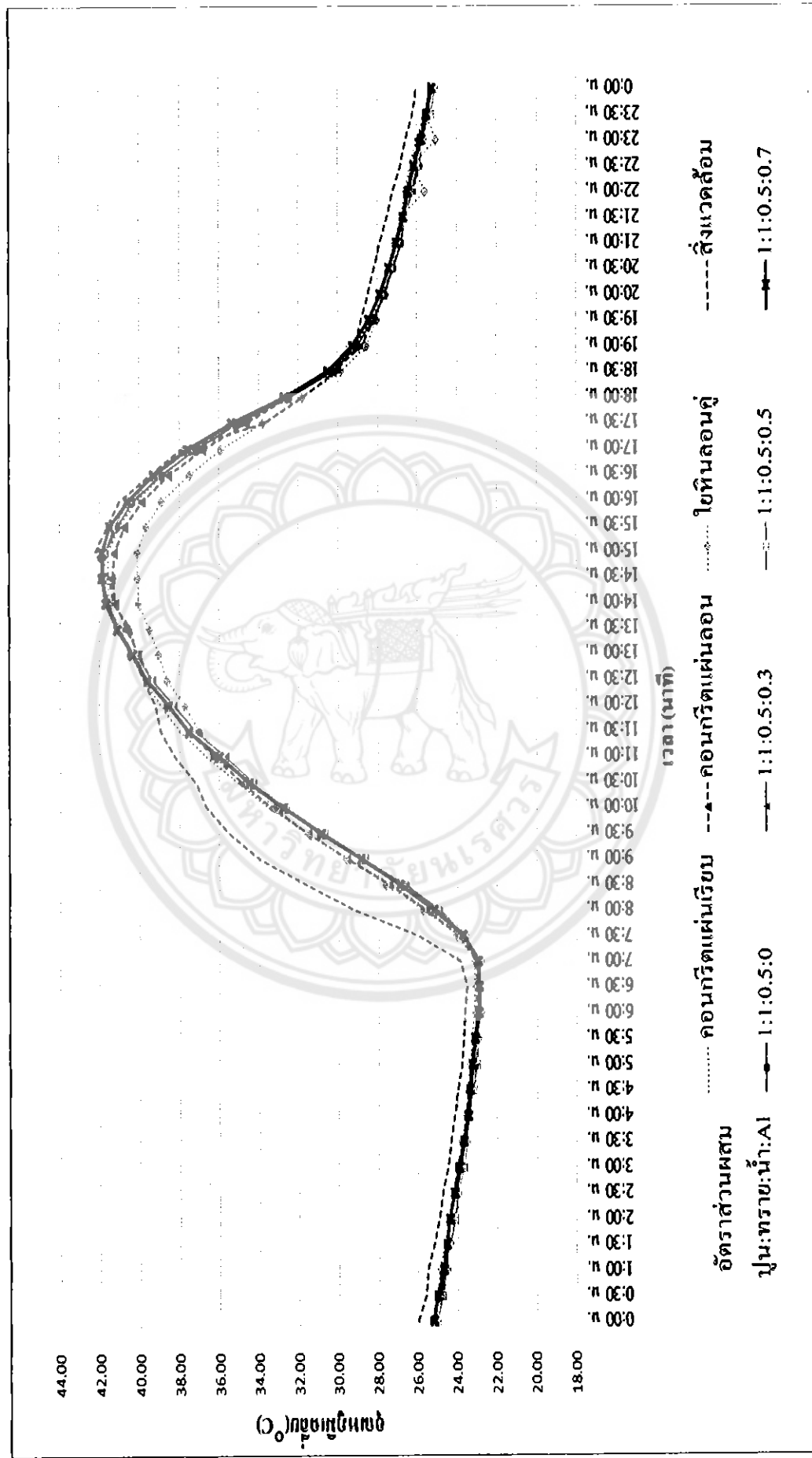
กราฟที่ 3 ข. จุดศูนย์กลางของอากาศภายในบ้านจำลองเดือนพฤศจิกายน 2554



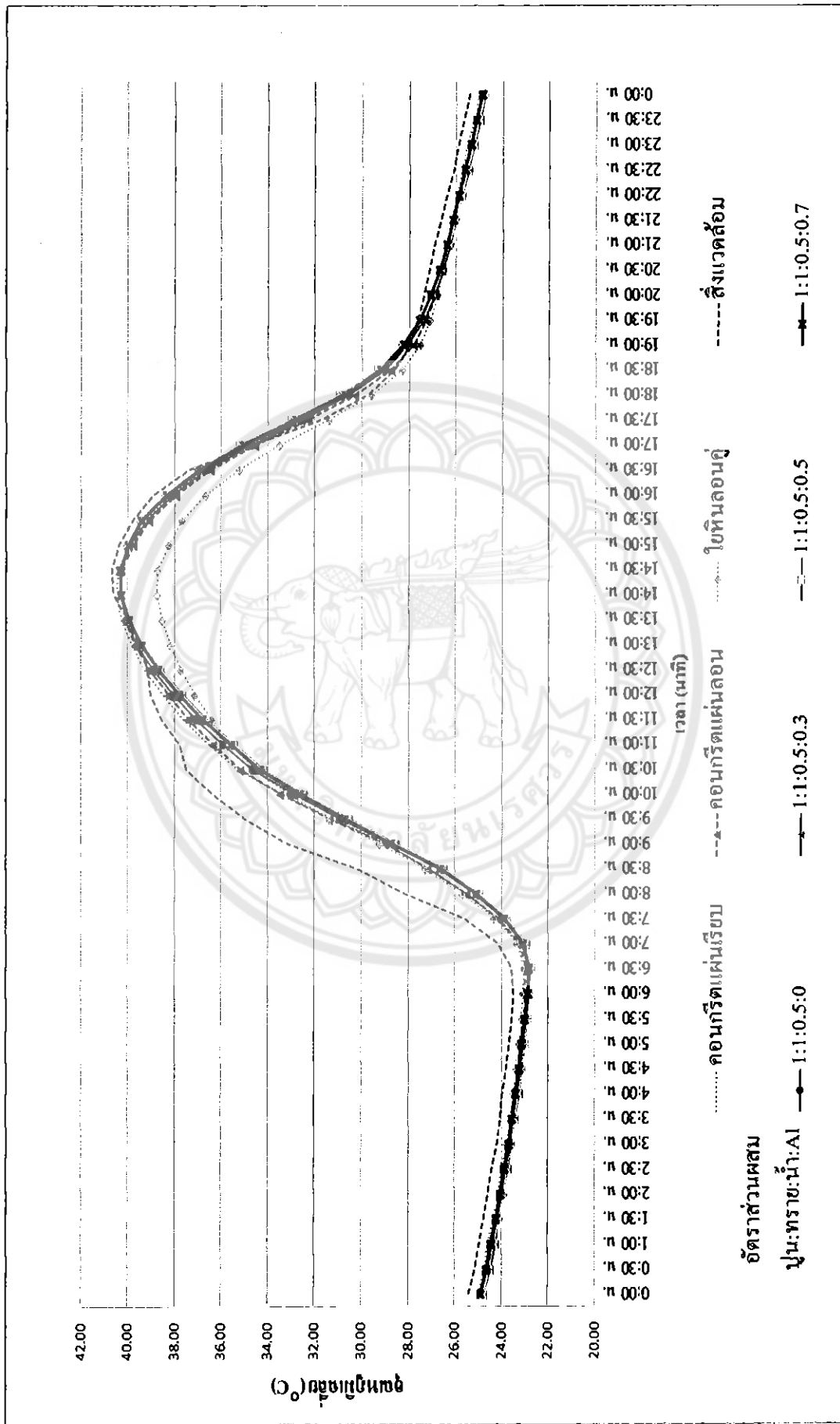
กราฟที่ 4 ข. จุดอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองเดือนธันวาคม 2554



กราฟที่ 5 ข. อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองเดือนมกราคม 2555



กราฟที่ 6 ข. อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองเดือนกุมภาพันธ์ 2555



กราฟที่ 7 ข. อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศภายในบ้านจำลองเดือนกันยายน 2554-เดือนกุมภาพันธ์ 2555

การศึกษาบ้านเย็น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ไทย | Eng

ค้นหา



ผู้สอนทั้งหมด

นักวิจัยปัจจุบัน

นักวิจัยเกษียณอายุ

คณาจารย์เกษียณอายุ

- เกี่ยวกับมหาวิทยาลัย
- การศึษาบัณฑิตศึกษา
- หลักสูตร
- งานวิจัย

บ้านคายไอร้อน

หน้าหลัก > รวมข่าวและกิจกรรม > KMUTT on research > บ้านคายไอร้อน

วันที่ : 01 เมษายน 2551
 โดย : ศาสตราจารย์ ดร. จงจิธร หิรัญฉลาม

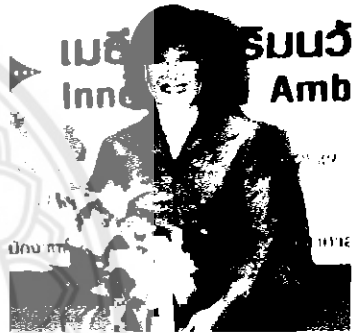
เว็บไซต์หน่วยงานในบจร.

ติดต่อในบจร.
 หรือ โทร : 02 470 2549
 02 427 0039

วันที่ : 01 เมษายน 2551
 โดย : ศาสตราจารย์ ดร. จงจิธร หิรัญฉลาม

เว็บไซต์หน่วยงานในบจร.

กระแสประหยัดพลังงาน จากผลกระทบราคาน้ำมันที่สูงขึ้นต่อเนื่อง ทำให้หลายคนต้องปรับตัว ภาครัฐสร้างที่เชิ่พนัก กระแสนี้มีส่วนช่วยให้ คนหันมาสนใจบ้านประหยัดพลังงานมากขึ้นโดย ปัญหา “บ้านร้อน” เป็นปัญหาโลกแตกของคนที่มีบ้านในปัจจุบัน แน่แน่นอนว่าทุกคนต้องประสบปัญหาความมาติดๆ คือ “ค่าไฟ” ซึ่งแพงมาตลอดไม่ลงเสียที



บ้านประหยัดพลังงานไม่ใช่เรื่องใหม่สำหรับประเทศไทย แต่จะได้รับความสนใจตามสถานการณ์ อีกทั้ง ที่ผ่านมามีต้นทุนของการสร้างบ้านประหยัดพลังงาน ไม่จูงใจให้หันมานิยมสร้างบ้านประหยัดพลังงาน ทำไรโน บ้านประหยัดพลังงานจึงมีคือนให้คความสนใจแบบจึงค่อนข้างน้อย การลดความร้อนจากตัวบ้านโดยลดพาหะพาความร้อนจากหลังคา ซึ่งเป็นส่วนที่ได้รับความร้อนสูงถึง 87 % ของความร้อนในบ้านซึ่งเกิดจากความร้อนที่ทะลุผ่านหลังคาลงมา โดยส่วนองสี่หลังคาจะร้อนกว่าชายหลังคา การป้องกันความร้อนที่จุดจุดและได้ผลดีที่สุด จึงต้องหยุดความร้อนไว้ที่หลังคา ด้วยการติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อน เพราะจะทำหน้าที่สกัดความร้อนที่ทะลุทะลวงเบื้องหลังคาลงมา และสะท้อนกลับไปที่หลังคาถึง 95% ความร้อนจึงไม่เล็ดลอดเข้ามาในตัวอาคาร

ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์ทางด้านอาคาร (BSRC) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดย อธิการบดีคณะบดีคณะพลังงานและวัสดุ ศาสตราจารย์ ดร. จงจิธร หิรัญฉลาม ไม่ได้นิ่งนอนใจจึงได้คิดค้นพัฒนานานกว่า 8 ปีจนได้ “หลังคาเย็นหลังแสงตะวัน” หนึ่งในผลงานอันนำไปสู่การแก้ปัญหา “บ้านร้อน” ได้อย่างสมบูรณ์แบบ คนทั่วไปมักจะไม่ทราบว่าการลดอุณหภูมิบ้านเพียงแต่ 1 องศาเซลเซียสเราสามารถที่จะประหยัดไฟฟ้าได้ถึง 7% เลยทีเดียว

การศึกษานี้เป็นการศึกษาการถ่ายเทความร้อนแบบอิสระในช่องสี่เหลี่ยมปลายเปิดรับความร้อนทางด้านบน เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการ ออกแบบ “หลังคาเย็นหลังแสงตะวัน” (Roof Solar Collector, RSC) อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้ในการออกแบบผนังเย็นหลังแสงตะวัน (Modified Trombe Wall, MTW) หรือหลังคาสองชั้นแบบวางแนวราบ (Flat Roof Solar Collector, FRSC) ได้อีกด้วย

จากการศึกษาและวิเคราะห์นานกว่าสามปี สมการซึ่งช่วยในการออกแบบและหาค่าอัตราภาวะบคายอากาศและ อัตราการถ่ายเทความร้อนแบบอิสระใน “ระบบ หลังคา เย็นหลังแสงตะวัน” ได้ถูกสร้างขึ้นด้วยความเข้าใจที่ว่า “อากาศร้อนจะลอยตัวขึ้นสูงและดูดอากาศเย็นเข้าไปแทนที่” กลายเป็นแนวคิดสำคัญที่จะใช้กลศาสตร์ในสภาวะระหว่างแผ่นสะท้อนความร้อนกันให้ได้

กระเบื้องมาเป็นกลไกสำคัญในการดูดอากาศเย็นเข้าไปแทนที่ ขณะที่ อากาศร้อนจะถูกระบายออกไปในบริเวณหลังคา หลังคาจึงเย็นเพราะมี อากาศเย็นไหลผ่านตลอดเวลารอบๆ ภายในบ้านจึงเย็นสบาย “ดังนั้น เมื่อหลังคา เย็นร้อน ยิ่งเร่งให้อากาศเย็นถูกดูดเข้าไปแทนที่อากาศร้อนได้เร็วขึ้น ภายใน หลังคาจึงไม่มีอากาศร้อนตกค้าง ภายในบ้านจึงไม่ชื้นแค่ไม่ร้อน แต่จะเย็น สบายเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม” ซึ่งสมการเหล่านี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งกับ “วิศวกร” หรือ “สถาปนิก” ผู้ที่ต้องการออกแบบบ้าน “บ้านคนยุคใหม่รับแสง ตะวัน” บ้านสบายที่แท้จริงก็สามารถประหยัดค่าไฟในส่วนระบบปรับอากาศ มากกว่า “บ้านสบาย” ทุกแนวคิดในประเทศไทย เพราะบ้านแบบนี้จะมี ประสิทธิภาพดี ง่ายสะดวกและปลอดภัย

นอกจากนั้นผลพลอยได้จากงานวิจัยนี้ยังสามารถนำไปใช้ในการออกแบบ ระบบประหยัดพลังงานในรูปแบบอื่นได้อีกได้แก่ “ระบบผนังเย็นหลังแสง ตะวัน” หรือ “ระบบควบคุมสภาวะอากาศหลังแสงตะวัน” ในรูปแบบอื่น ซึ่ง BSRC จะไม่หยุดนิ่งและยังคงพัฒนาจะระบบประหยัดพลังงานในอาคารในรูปแบบ อื่นๆต่อไปอีกอย่างต่อเนื่องเพื่อประเทศไทยของเรา งานวิจัยภายใต้หัวข้อ “การออกแบบหลังคาใบโอโกลเมติกแบบใหม่สำหรับ ประเทศไทย” โดยมุ่งเน้นการออกแบบหลังคาที่มีความเหมาะสมกับสภาพ ภูมิอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทยซึ่งให้ชื่อว่า “หลังคารับแสงตะวัน”

วัตถุประสงค์ในการออกแบบ

- ลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร
- เหนี่ยวนำให้เกิดการระบายอากาศในอัตราที่สูง
- ให้ความสว่างในระดับที่พอเพียงโดยใช้แสงธรรมชาติ

ลักษณะ

- มุงด้วยกระเบื้องซีแพคโม เนียวร่วมกับกระเบื้องมุงหลังคาแบบใส
- มีช่องว่างอากาศอยู่ตรงกลาง
- ใช้แผ่นใยซีมพอยด์ร่วมกับแผ่นกรองแสงทำหน้าที่เป็นฉนวน

หน้าที่การทำงาน

- ในเวลากลางวันหลังคาจะทำหน้าที่เป็นแผงรังสีอาทิตย์เหนียวนำให้เกิด การ

ระบายอากาศแบบธรรมชาติซึ่งจะช่วยลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัว อาคาร
- การใช้กระเบื้องมุงหลังคาแบบใสนอกจากจะให้ความสว่างที่เพียงพอ ต่อ ความต้องการสำหรับบ้านพักอาศัยแล้วยังช่วย เพิ่มอัตราการระบายอากาศอีกด้วย

- ในเวลากลางคืน ผนังหลังคาแผ่รังสีความร้อนออกจากบ้าน
- อุณหภูมิห้องใต้หลังคารับแสงตะวันมีค่าต่ำกว่าและใกล้เคียงกับอุณหภูมิ อากาศแวดล้อม
- ค่าความสว่างภายในห้องใต้อุณหภูมิอากาศสูงกว่า
- อัตราการระบายอากาศมีค่าสูง

โดยในอนาคตมีการคาดการณ์ว่าจะมีคนที่หันมาสร้างบ้านด้วยเห็นการลด อุณหภูมิภายในบ้านมากยิ่งขึ้นเนื่องจากว่าปัจจุบันการสร้างบ้านด้วย “หลังคา ผนังหลังแสงตะวัน” มีต้นทุนสูงเพิ่มขึ้นเพียง 2% ของราคาบ้านเพียงเท่านั้น ทำให้คนทั่วไปให้ความสนใจและหันมาศึกษาถึงความคุ้มค่ากับการ ลงทุนใช้ “หลังคาเย็นหลังแสงตะวัน” ในการสร้างบ้านมากยิ่งขึ้น

< กลับไป

ภาคผนวก ค

1. ตารางคุณสมบัติ

ตารางที่ 1 ค. ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ความหนาแน่น (ρ) และค่าความร้อนจำเพาะ(C_p) ของวัสดุผนังหลังคา

ลำดับ	วัสดุ	K (W/m.°C)	ρ (kg/m ³)	C_p (kJ/kg.°C)
1	วัสดุผนังหลังคา/ดาดฟ้า			
2	(ก) กระจกเบื้องหลังคาคอนกรีต	0.993	2400	0.79
3	(ข) กระจกเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนเล็ก	0.384	1700	1.00
3	(ค) กระจกเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนใหญ่	0.441	2000	1.00
5	(ง) กระจกเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่	0.395	2000	1.00
6	(จ) วัสดุหลังคาแอสฟัลต์	0.421	1500	1.51
7	(ฉ) กระจกปูดาดฟ้ามวลเบา	0.341	930	0.88
8	(ช) กระจกใยแก้วโปร่งแสงเรียบ	0.213	1340	1.88
9	(ซ) กระจกใยแก้วโปร่งแสงลอนใหญ่	0.181	1700	1.88
10	(ฌ) กระจกลูกฟูกโปร่งแสง	0.160	1340	1.88
11	(ญ) กระจกลอนคู่สีขาวขุ่น	0.208	1500	1.88

ที่มา:ประกาศกระทรวงพลังงานเรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆ ของอาคาร พ.ศ.2552

ตารางที่ 2 ค. ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศสำหรับหลังคาอาคาร

ชนิดของผิววัสดุที่ทำหลังคา	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ($m^2 \cdot ^\circ C / W$)				ที่ผิวหลังคา ด้านนอก (R_o) ที่มุมเอียง ใดๆ
	ที่ผิวหลังคาด้านใน (R_i) ที่มุมเอียงต่างๆ กันจากแนวระนาบ				
	0 องศา	22.5 องศา	45 องศา	60 องศา	
กรณีที่มีพื้นผิวหลังคามี ค่าสัมประสิทธิ์ การแผ่รังสีสูง	0.162	0.148	0.133	0.126	0.055
กรณีที่มีพื้นผิวหลังคามี ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่ รังสีต่ำ	0.801	0.595	0.391	0.249	

ที่มา: ประกาศกระทรวงพลังงานเรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆ ของอาคาร พ.ศ.2552

ในกรณีหลังคาที่มีมุมเอียงอยู่ระหว่าง 0 องศา ถึง 22.5 องศาและระหว่าง 22.5 องศาถึง 45 องศา ให้ใช้วิธีประมาณค่าในช่วงเชิงเส้น (linear interpolation) เพื่อหาความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ในกรณีหลังคาที่มีมุมเอียงมากกว่า 45 องศา ให้ใช้ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่มุมเอียง 45 องศา และสำหรับกรณีทั่วไปให้ถือว่าพื้นผิวหลังคามีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง

ตารางที่ 3 ค. ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคารสำหรับอาคารแต่ละประเภท

ประเภทอาคาร	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร $\Delta T(^{\circ}C)$
สถานศึกษา สำนักงาน	5
โรงแรมรีสอร์ท ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุม	5
โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	3

ที่มา:ประกาศกระทรวงพลังงานเรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆ ของอาคาร พ.ศ.2552

ค่าการนำความร้อนที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 4 ค. ค่าการนำความร้อนที่ได้จากการทดลอง

ประเภทหลังคา	K(W/m. $^{\circ}C$)
กระเบื้องหลังคาคอนกรีตอัตราส่วนผสมขยชะเคลือบผสมลูมิเนียม 0	20.27
กระเบื้องหลังคาคอนกรีตอัตราส่วนผสมขยชะเคลือบลูมิเนียม 0.3	21.25
กระเบื้องหลังคาคอนกรีตอัตราส่วนผสมขยชะเคลือบลูมิเนียม 0.5	19.49
กระเบื้องหลังคาคอนกรีตอัตราส่วนผสมขยชะเคลือบลูมิเนียม 0.7	19.43

ตารางแสดงคุณสมบัติกันความร้อนของฉนวน

ตารางที่ 5 ค. แสดงคุณสมบัติป้องกันความร้อนของฉนวน

Product	ρ (kg/m 3)	L(mm.)	Size(m 2)	k(W/m. $^{\circ}C$)	R(m 2 .K/W)
ฉนวนกันความร้อนตราช้าง ชนิดแบบปิด ผิว 2 ด้าน	3225	25	1×15	0.033	0.758
	3250	50	1×15	0.033	1.515
	3250	50	1.22×2.44	0.033	1.515
	4825	25	1.22×2.44	0.032	0.781
	4850	50	1.22×2.44	0.032	1.563

ที่มา:บริษัทสยามไฟเบอร์กลาส จำกัด

ภาคผนวก ง

1. ค่าใช้จ่ายในด้านพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

โดยใช้กระเบื้องหลังคาคอนกรีตแผ่นเรียบเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา

สมมติให้อาคารใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 20,142 Btu/h จำนวน 5 เครื่อง แต่ละเครื่องมีค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นเท่ากับ 12.12

$$\begin{aligned} \text{ค่ากำลังไฟฟ้าที่ต้องใช้ต่อเครื่อง} \quad \text{kw} &= (\text{Btu/h})/12.12 \\ &= 20,142/12.12 \\ &= 1.66 \quad \text{kw} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ถ้าอาคารใช้จำนวน 5 เครื่อง} \quad \text{kw} &= 1.66*5 \\ &= 8.3 \quad \text{kw} \end{aligned}$$

สมมติให้เครื่องไฟฟ้าทำงาน 80% ใช้งาน 8 ชั่วโมงต่อวัน

$$\begin{aligned} \text{การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปี} \quad \text{kw} &= (\text{กำลังไฟฟ้า})(\text{h/วัน})(\text{วัน/ปี})(\% \text{การทำงาน}) \\ &= (8.3\text{kw})*(8\text{h/วัน})*(264\text{วัน/ปี})*(0.8) \\ &= 14,023.68 \quad \text{kwh/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ถ้ามีการเสียค่าไฟฟ้า} \quad \text{kwh} \text{ ละ } 2.5 \text{ บาท} \\ &= (14,023.68 \text{ kwh/ปี})*(2.5 \text{ บาท/kwh}) \\ &= 35,059.2 \quad \text{บาท/ปี} \end{aligned}$$

อุณหภูมิลดลง 1°C ประหยัดไฟฟ้าได้ 7% (ศ.ดร.จงจิตร หิรัญลาภ, 2551)

ขั้นตอนในการหาการประหยัดไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

อุณหภูมิภายในบ้านจำลองของกระเบื้องคอนกรีตแผ่นเรียบเท่ากับ 29.48 °C

อุณหภูมิภายในบ้านจำลองของกระเบื้องคอนกรีตผสมดุงขยะพลาสติกเคลือบอลูมิเนียม 0.3 โดยปริมาตรเท่ากับ 29.23 1°C

ความแตกต่างของอุณหภูมิเท่ากับ 0.11

$$1^{\circ}\text{C} = 7\%, \text{ ถ้า } 0.25^{\circ}\text{C} = 1.75\% = 0.0175$$

$$1 - 0.0175 = 0.9825$$

ดังนั้น ประหยัดไฟฟ้าได้

$$(35,059.2 \text{ บาท/ปี}) * 0.9825 = 34,445.6 \quad \text{บาท/ปี}$$

ส่วนกระเบื้องประเภทอื่นใช้วิธีการคำนวณในลักษณะเดียวกันซึ่งได้ค่าประหยัดไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศดัง ตารางที่ 1 ง.

ตารางที่ 1 ง. ค่าใช้จ่ายในด้านไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

ประเภทกระเบื้อง	อุณหภูมิ (°C)	$\Delta T(^{\circ}C)$	%ลดลง	% การใช้ ไฟฟ้า	ประหยัดไฟฟ้า (บาท/ปี)
กระเบื้องแผ่น ลอน	29.37	0.11	0.0077	0.9923	34,789.24
กระเบื้องซีเมนต์ ใยหินลอนคู่	28.99	0.49	0.0343	0.9567	33,541.1
กระเบื้อง คอนกรีตผสมถุ ขยะพลาสติก เคลือบอลูมิเนียม 0 โดยปริมาตร	29.27	0.21	0.0147	0.9853	34,543.8
กระเบื้อง คอนกรีตผสมถุ ขยะพลาสติก เคลือบอลูมิเนียม 0.3 โดยปริมาตร	29.23	0.25	0.0175	0.9825	34,445.6
กระเบื้อง คอนกรีตผสมถุ ขยะพลาสติก เคลือบอลูมิเนียม 0.5 โดยปริมาตร	29.26	0.22	0.0154	0.9846	34,519.2
กระเบื้อง คอนกรีตผสมถุ ขยะพลาสติก เคลือบอลูมิเนียม 0.7 โดยปริมาตร	29.32	0.16	0.0112	0.9888	34,666.5

2. การประมาณราคากระเบื้องในงานหลังคา

ตารางที่ 2 ง. การประมาณราคากระเบื้องในงานหลังคา

ประเภทกระเบื้อง	A(m ²)	ราคา (บาท)/แผ่น	การใช้งาน (แผ่น/m ²)	ราคา (บาท)/m ²	คิดเป็นเงิน (บาท)/1000 m ²
กระเบื้องหลังคา คอนกรีตผสมถุงขยชะ พลาสติกเคลือบ อลูมิเนียม 0 โดย ปริมาตร	1,000	-	-	40	40,000
กระเบื้องหลังคา คอนกรีตผสมถุงขยชะ พลาสติกเคลือบ อลูมิเนียมพอยล์ 0.3 โดยปริมาตร	1,000	-	-	40	40,000
กระเบื้องหลังคา คอนกรีตผสมถุงขยชะ พลาสติกเคลือบ อลูมิเนียม 0.5 โดย ปริมาตร	1,000	-	-	40	40,000
กระเบื้องหลังคา คอนกรีตผสมถุงขยชะ พลาสติกเคลือบ อลูมิเนียม 0.7 โดย ปริมาตร	1,000	-	-	40	40,000
แผ่นหลังคาเหล็กกรีดลอน (Metal sheet)	1,000	-	-	250	250,000
กระเบื้องหลังคา คอนกรีตแผ่นเรียบ	1,000	14	11	154	154,000
กระเบื้องหลังคา คอนกรีตแผ่นลอน	1,000	14	11	154	154,000
กระเบื้องหลังคาซีเมนต์ ไยหินลอนคู่	1,000	48	2.2	105.6	105,600

3. การวิเคราะห์และการคำนวณการใช้กระเบื้อง

วิธีการคำนวณ

หาขนาดกว้าง-ยาวเหลือสุทธิของกระเบื้องซีเมนต์โยหินลอนคู่		
กว้าง	50	ซม.
ยาว	120	ซม.
ระยะทับซ้อนตามขวาง	5	ซม.
ระยะซ้อนกันตามยาว	20	ซม.
ความกว้างเหลือสุทธิ	$50-5 = 45$	ซม.
ความยาวเหลือสุทธิ	$120-20 = 100$	ซม.
คิดเป็นพื้นที่	4,500	ซม ²
1 m^2	$= 10,000$	ซม ²

พื้นที่ 1 ตารางเมตร เท่ากับ 10,000 ตารางเซนติเมตร พื้นที่กระเบื้อง 1 แผ่นเท่ากับ 4,500 ซม² จำนวนกระเบื้องที่ใช้ต่อ 1 ตารางเมตร เท่ากับ $10,000/4500 = 2.2$ แผ่น

วิธีการคำนวณ

หาขนาดกว้าง-ยาวเหลือสุทธิของกระเบื้องหลังคาคอนกรีต
ขนาด 33×42 ซม. ต่อ 1 แผ่น (โดยหักระยะซ้อนกันทั้งทางตั้งและทางนอนออกแล้ว)

1. ขนาดกระเบื้องกว้าง	=	33	ซม.
ระยะร่องที่ให้ซ้อนพอดี	=	3.5	ซม.
ความกว้างเหลือสุทธิ	=	$33-3.5$	ซม.
	=	29.5	ซม.
2. ขนาดของกระเบื้องยาว	=	42	ซม.
ระยะซ้อนกันอย่างน้อย 7.5 ซม. แต่ไม่เกิน 10 ซม.			
ความยาวเหลือสุทธิ	=	$42-10$	
	=	32	ซม.

สรุปความกว้างและยาวสุทธิที่หักระยะซ้อนทั้งทางตรงและทางนอนออกแล้ว เพื่อหาพื้นที่

ความกว้าง	=	29.50	ซม.
ความยาว	=	32	ซม.
พื้นที่ต่อ 1 แผ่น	=	29.50×32	
	=	944	ซม ²

พื้นที่ 1 ตารางเมตร เท่ากับ 10,000 ตารางเซนติเมตร พื้นที่กระเบื้อง 1 แผ่นเท่ากับ 944 ซม² จำนวนกระเบื้องที่ใช้ต่อ 1 ตารางเมตร เท่ากับ $10,000/944 = 10.59$ แผ่น หรือ 11 แผ่น