

การใช้พัดลมไฟฟ้าเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนที่ผ่านผนังแบบช่องอากาศภายใน
สำหรับบ้านพักอาศัยในกรุงเทพมหานคร

UTILIZATION OF ELECTRIC FANS TO REDUCE HEAT
TRANSMISSION THROUGH CAVITY WALL OF
RESIDENTIAL BUILDING IN BANGKOK

ศรภฏ ทองพร้อม
KORAKOT THONGPROM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2549

ISBN 974-15-2159-6

การใช้พัดลมไฟฟ้าเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนที่ผ่านผนังแบบช่องอากาศภายใน
สำหรับบ้านพักอาศัยในกรุงเทพมหานคร

UTILIZATION OF ELECTRIC FANS TO REDUCE HEAT
TRANSMISSION THROUGH CAVITY WALL OF
RESIDENTIAL BUILDING IN BANGKOK



กรรกฎ ทองพรหม

KORAKOT THONGPROM

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 63403
วัน,เดือน,ปี..... 28 ส.ค. 2549



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2549

ISBN 974-15-2159-6

**UTILIZATION OF ELECTRIC FANS TO REDUCE HEAT
TRANSMISSION THROUGH CAVITY WALL OF
RESIDENTIAL BUILDING IN BANGKOK**

KORAKOT THONGPROM

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ARCHITECTURE IN TROPICAL ARCHITECTURE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2006

ISBN 974-15-2159-6

COPYRIGHT 2006

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้พัดลมไฟฟ้าเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนที่ผ่านผนังแบบช่องอากาศภายในสำหรับบ้านพักอาศัยในกรุงเทพมหานคร
นักศึกษา	นายกรกฎ ทองพรม
รหัสประจำตัว	44063106
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
พ.ศ.	2549
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ธีรมน ไวโรจนกิจ

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการหาพื้นที่ว่างเพื่อปลูกต้นไม้ให้ร่มเงาแก่บ้านพักอาศัยในกรุงเทพฯ เป็นสิ่งที่ทำได้ยาก บ้านพักอาศัยส่วนใหญ่นิยมใช้ผนังก่ออิฐฉาบปูนที่มีคุณสมบัติกักเก็บความร้อน การให้แสงอาทิตย์ส่องโดนผนังอาคารโดยตรงก่อให้เกิดการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่อาคาร ซึ่งทำให้สิ้นเปลืองไฟฟ้าในการทำความเย็นให้แก่ผู้พักอาศัย การใช้ที่มีช่องอากาศภายในร่วมกับการระบายความร้อนด้วยพัดลมจึงเป็นอีกแนวทางในการลดความร้อนที่ผ่านมาจากผนัง วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการป้องกันความร้อนด้วยผนังที่มีช่องอากาศภายในประกอบกับพัดลมระบายความร้อน ที่มีประสิทธิภาพในการลดความร้อนที่ผ่านผนังด้านทิศตะวันตกได้มากที่สุด

วิธีการวิจัยทำโดยการทดลองกับแบบจำลองของผนัง 2 ชั้น ขนาด 90×90×90 ซม. โดยการนำแบบจำลองมาทดลองกลางแจ้ง โดยหันหน้าไปทางทิศตะวันตก ทดลองครั้งละ 3 กล่องตลอด 24 ชม. เพื่อศึกษาตัวแปรต่างๆที่กำหนด จากการทดลองพบว่าวัสดุที่เหมาะสมในการสร้างผนังที่มีช่องอากาศภายใน คือ ผนังภายนอกเป็นฝาไม้เทียมซึ่งทำหน้าที่ในการป้องกันแสงอาทิตย์ให้แก่ผนังภายใน ส่วนผนังภายในเป็นผนังก่ออิฐฉาบปูนทำหน้าที่หน่วงเหนี่ยวความร้อนที่เข้ามา ความกว้างของช่องอากาศที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนต้องอยู่ระหว่าง 5 - 7 ซม. ความเร็วของลมที่ใช้ในการระบายความร้อนยังมีมากยังสามารถระบายความร้อนได้รวดเร็ว แต่ก็เป็นการนำความร้อนเข้ามาภายในผนังเร็วเช่นกัน เวลาเปิดพัดลมที่เหมาะสมคือระหว่างเวลา 13:00 - 1:00 น. และการใช้อากาศเย็นช่วยระบายความร้อนสามารถช่วยลดความร้อนที่ผ่านภายในผนังลงได้

สรุปผลการวิจัยได้ว่า ระบบผนังที่มีช่องอากาศภายในประกอบกับพัดลมไฟฟ้าสามารถลดความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางผนังได้ และสามารถทำให้อุณหภูมิภายในอาคารลดลงได้ แต่ผลจากที่อุณหภูมิลดลงก็ไม่เป็นการคุ้มค่าเมื่อเปรียบเทียบกับราคาค่าก่อสร้างผนังเพิ่มเติม และค่าใช้จ่ายในระบบพัดลมไฟฟ้า การใช้แค่ผนังที่มีช่องอากาศภายในที่ภายนอกเป็นผนังฝาไม้เทียม และภายในเป็นผนังก่ออิฐฉาบปูนจะคุ้มค่ากว่า ทั้งในด้านราคาค่าก่อสร้าง และประสิทธิภาพในการลดความร้อน

Thesis	Utilization of Electric Fans to Reduce Heat Transmission Through Cavity Wall of Residential Building in Bangkok
Student	Mr.Korakot Thongprom
Student ID.	44063106
Degree	Master of Architecture
Programme	Tropical Architecture
Year	2006
Thesis Advisor	Asso.Prof Teeramon Wairochnakich

ABSTRACT

Today, it is quite hard to find space available for tree growing to give shade to houses in Bangkok. Most houses in the city are built mainly with masonry walls, which have good quality in absorbing heat. However, they absorb heat from the sunshine and pass it into the building, thus requiring a high cost of electricity to bring cool air to the residents. The use of a cavity wall together with an electric fan to relieve heat is a way to reduce heat coming through the wall. This research emphasized on factors that affects on the efficiency of preventing the heat with cavity walls, together with efficient fans for reducing heat in western walls to a great extent.

It was undertaken in the form of an experiment with a model of a standard cavity wall, 90x90x90 centimeters in size. The model was placed in the open air and faced west. Each experiment, comprising three boxes, was carried out around the clock in order to study various specified variables. The experiment results show that the suitable materials for constructing cavity walls are fiber cement sheets for the outer wall and masonry for the inner wall. Fiber cement sheets protect the inner wall from sunshine, while the masonry wall serves as a thermal lag. An efficient ventilator for preventing heat should be a continuous gap 5-7 centimeters wide. With a high speed of wind, heat will be released quickly, and it will also be brought into the wall more rapidly as well. The suitable time for turning on the fan is between 1:00 p.m. and 1:00 a.m. The use of cool air to relieve heat will help bringing down the amount of heat coming through the wall.

The outcome of the study indicates that the cavity wall system together with an electric fan can reduce heat coming through walls and bring down the temperature inside the building; however, the reduction of temperature is not worthwhile, due to the costly additional walls and the electric fan system. The use of the cavity wall, with the outer wall made of fiber cement sheets and the inner wall made of masonry, but no fans, is then proved more worthwhile in terms of construction costs and efficiency heat reduction.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ธีรมน ไวโรจนกิจ ที่ให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางและการแก้ปัญหาตลอดไปจนถึงการให้ความรู้ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์ และ ผศ.ชัยยุทธ ศรีเผด็จ กรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อชี้แนะจนวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณ อ. คำรพ สิริเฉลิมลาภ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการทดลอง และช่วยขัดเกลาสำนวนเนื้อหาของวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้อง

ขอขอบคุณ คุณทรงพล ตันติกุลวัฒนา ที่ช่วยแนะนำและสอนวิธีใช้อุปกรณ์ และเครื่องมือทดลอง

ขอขอบคุณ คุณจันทกั ภาควรรุติ ที่ช่วยขัดเกลาบทคัดย่อภาษาอังกฤษให้ถูกต้อง และมีความสละสลวยยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ สำนักงานโยบาย และแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ที่เอื้อเพื่อสนับสนุนเงินทุนการวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา และมารดา ของข้าพเจ้าที่สนับสนุนให้ศึกษาจนถึงระดับปริญญาโท คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจตลอดจนถึงเกี่ยวเชิญตลอดการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

กรกฎ ทองพรม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	IX
สารบัญรูป.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.2 สมมติฐานของการวิจัย.....	3
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	4
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 ความร้อน.....	7
2.2 หลักการถ่ายเทความร้อน.....	7
2.2.1 การถ่ายเทความร้อน โดยการนำ.....	8
2.2.2 การถ่ายเทความร้อน โดยการพา.....	8
2.2.3 การแผ่รังสีความร้อน.....	9
2.3 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุ.....	11
2.3.1 อิทธิพลของมวลสารที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน.....	12
2.3.2 อิทธิพลของช่องว่างอากาศที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน.....	13
2.4 การประเมินหาค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุก่อสร้างอาคาร.....	16
2.4.1 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K).....	16
2.4.2 ความนำความร้อน (Conductivity, C).....	16
2.4.3 ความต้านทานความร้อน (Resistance, R).....	16
2.4.4 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U).....	17
2.4.5 ปริมาณการถ่ายเทความร้อนของวัตถุ (Q).....	17

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 แนวความคิด และหลักการทำงานของระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบเปิด.....	18
2.5.1 การทำงานของระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบเปิด.....	18
2.5.2 พฤติกรรมของระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบเปิด.....	19
2.6 การระบายความร้อนออกจากช่องอากาศด้วยเครื่องกล.....	20
2.6.1 ชนิดของพัดลม.....	21
2.6.2 การเลือกใช้พัดลมไฟฟ้า.....	22
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	24
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	28
3.1 แนวทางดำเนินการวิจัย.....	28
3.2 วิธีการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	28
3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	28
3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล.....	42
3.3 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	44
3.3.1 การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้วัดข้อมูล.....	44
3.3.2 การทดสอบและวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านระบบ ผนังที่มีช่องอากาศที่ใช้วัสดุแตกต่างกัน.....	45
3.3.3 ทดสอบและวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่มี ช่องอากาศภายในกรณีที่มีความกว้างของช่องอากาศ และจำนวนพัดลม ที่แตกต่างกัน.....	46
3.3.4 ทดสอบและวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่มี ช่องอากาศภายในกรณีที่ระยะเวลาในการเปิด-ปิดของพัดลมระบายอากาศ ที่แตกต่างกัน.....	49
3.3.5 ทดสอบและวิเคราะห์พฤติกรรมถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่มีช่องอากาศ ภายในกรณีที่มุมของอากาศเข้าแตกต่างกัน.....	51
3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล.....	53
3.4.1 อุณหภูมิอากาศภายนอก และอุณหภูมิอากาศภายใน.....	53
3.4.2 อุณหภูมิในช่องอากาศ และความเร็วลมในช่องอากาศ.....	53

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4.3 ความแตกต่างของเวลาที่ต่างกันของอุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิอากาศภายใน.....	54
บทที่ 4 ผลการทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูล.....	56
4.1 การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือทดลอง.....	56
4.2 การทดลองที่1 การทดสอบ และวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่มีช่องอากาศภายใน ที่ใช้วัสดุแตกต่างกัน.....	58
4.2.1 ระยะเวลาการทดลอง.....	58
4.2.2 รูปแบบการทดลอง.....	58
4.2.3 ผลการทดลอง.....	58
4.2.4 สรุปผลการทดลอง.....	64
4.3 การทดลองที่ 2 การทดสอบ และวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่มีช่องอากาศภายใน ที่มีความกว้างของช่องอากาศ 2 ซม. 5 ซม. และ 10 ซม.....	66
4.3.1 ระยะเวลาการทดลอง.....	66
4.3.2 รูปแบบการทดลอง.....	66
4.3.3 ผลการทดลอง.....	67
4.3.4 สรุปผลการทดลอง.....	74
4.4 การทดลองที่ 3 การทดสอบ และวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่มีช่องอากาศภายใน ที่มีความกว้างของช่องอากาศ 5 ซม. 7 ซม. และ 10 ซม.....	83
4.4.1 ระยะเวลาการทดลอง.....	83
4.4.2 รูปแบบการทดลอง.....	83
4.4.3 ผลการทดลอง.....	83
4.4.4 สรุปผลการทดลอง.....	85
4.5 การทดลองที่ 4 การทดสอบ และวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่มีช่องอากาศภายในที่มีจำนวนพัดลมแตกต่างกัน.....	89
4.5.1 ระยะเวลาการทดลอง.....	89
4.5.2 รูปแบบการทดลอง.....	89
4.5.3 ผลการทดลอง.....	89
4.5.4 สรุปผลการทดลอง.....	93

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.6 การทดลองที่ 5 การทดสอบ และวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง ที่มีช่องอากาศภายใน ที่มีเวลาเปิด-ปิดพัดลมแตกต่างกัน.....	98
4.6.1 ระยะเวลาการทดลอง.....	98
4.6.2 รูปแบบการทดลอง.....	98
4.6.3 ผลการทดลอง.....	98
4.6.4 สรุปผลการทดลอง.....	102
4.7 การทดลองที่ 6 การทดสอบและวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อน ของผนังที่มีช่องอากาศภายในที่ใช้อากาศเย็นช่วยระบายความร้อน และผนังที่ ไม่ใช้อากาศเย็น.....	103
4.7.1 ระยะเวลาการทดลอง.....	103
4.7.2 รูปแบบการทดลอง.....	103
4.7.3 ผลการทดลอง.....	103
4.7.4 สรุปผลการทดลอง.....	106
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	107
5.1 สรุปผล.....	107
5.1.1 ผนังภายใน.....	107
5.1.2 ผนังภายนอก.....	107
5.1.3 ความกว้างของช่องอากาศ.....	107
5.1.4 ความเร็วลมที่ระบายความร้อน.....	108
5.1.5 เวลาเปิด-ปิดพัดลม.....	108
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	109
5.2.1 การทดสอบผนังในสัดส่วนเท่าของจริง.....	109
5.2.2 การทดสอบความเร็วลมที่เกิดขึ้นในช่องอากาศ.....	109
5.2.3 การทดสอบขนาดของช่องอากาศเข้า.....	110
5.2.4 การทดสอบตำแหน่งติดตั้งพัดลม.....	110
5.2.5 การทดสอบวัสดุของผนังชั้นนอก.....	111
5.2.6 การทดสอบการทำความเย็นแก่อากาศก่อนเข้าสู่ช่องอากาศ.....	111

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.3 การนำไปประยุกต์ใช้.....	111
5.3.1 ทิศทางที่เหมาะสมกับการใช้ผนังที่มีช่องอากาศภายใน.....	111
5.3.2 อาคารที่เหมาะสมกับการใช้ผนังที่มีช่องอากาศภายใน.....	112
5.3.3 การก่อสร้างผนังที่มีช่องอากาศภายในประกอบกับพัดลมไฟฟ้า.....	113
5.3.4 การติดตั้งพัดลมไฟฟ้า.....	115
เอกสารอ้างอิง.....	118
ประวัติผู้เขียน.....	120

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงค่าสะท้อนความร้อน ดูดซับความร้อน และการเปล่งรังสี ของวัสดุต่างๆ.....	11
2.2 การห้วงความร้อนของผนังหนา 1 ฟุตของวัสดุก่อสร้างอาคารทั่วไป.....	13
2.3 แสดงความต้านทานความร้อนของช่องอากาศ.....	15
2.4 แสดงค่าการเปล่งรังสีของวัสดุต่างๆ และสัมประสิทธิ์การเปล่งรังสีของช่องอากาศ.....	16
2.5 ความต้องการปริมาณการระบายอากาศของอาคารแต่ละประเภท.....	22
2.6 แสดงความเร็วลมต่ำสุดที่ต้องการใช้ของอุปกรณ์ และสารต่างๆ.....	23
4.1 แสดงการให้คะแนนตามเกณฑ์พิจารณา เพื่อตัดสินหาความกว้างของผนังที่ดีที่สุด ระหว่างผนังที่มีช่องอากาศ 2 ซม. 5 ซม. และ 10 ซม.....	82
4.2 แสดงการให้คะแนนตามเกณฑ์พิจารณา เพื่อตัดสินหาความกว้างของผนังที่ดีที่สุด ระหว่างผนังที่มีช่องอากาศ 5 ซม. 7 ซม. และ 10 ซม.....	88
4.3 แสดงการให้คะแนนตามเกณฑ์พิจารณา เพื่อตัดสินหาขนาดของช่องอากาศเข้าที่ดีที่สุด ระหว่างผนังที่มีช่องอากาศเข้า 100 % , 50 % และ 25 %.....	97

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่เกิดกับผนังก่ออิฐมวลฉนวนชนิดต่างๆ.....	2
1.2 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความต้องการไฟฟ้าสูงสุด.....	2
1.3 แผนภูมิแสดงอัตราความร้อนที่ผ่านมาจากผนังแต่ละประเภท.....	3
2.1 แสดงความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่กระทำต่ออาคารในรูปของการแผ่รังสี.....	7
2.2 แสดงหลักการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำ ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ของโมเลกุล.....	8
2.3 แสดงหลักการถ่ายเทความร้อนด้วยการพา โดยแรงลมหรือของเหลว.....	9
2.4 แสดงหลักการถ่ายเทความร้อนด้วยการแผ่รังสี.....	9
2.5 แสดงรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อวัตถุ.....	10
2.6 แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุ.....	12
2.7 แสดงวงจรการถ่ายเทความร้อนผ่านอิฐก่อในแต่ละวัน.....	12
2.8 แผนภูมิแสดงความแตกต่างระหว่างเวลาที่อุณหภูมิภายนอก และอุณหภูมิภายใน สูงสุดเรียกว่า การหน่วงความร้อนของวัตถุ.....	13
2.9 แผนภูมิแสดงความกว้างของช่องอากาศที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน ของผนังอาคาร.....	14
2.10 แสดงตำแหน่งค่า E_1, E_2 ของระบบผนังที่มีช่องอากาศ.....	15
2.11 แสดงส่วนประกอบของระบบผนังที่มีช่องอากาศ.....	18
2.12 แสดงการทำงานของระบบผนังที่มีช่องอากาศในเวลากลางวัน.....	19
2.13 แสดงการทำงานของระบบผนังที่มีช่องอากาศในเวลากลางคืน.....	20
2.14 แสดงลักษณะของพัคลมแรงเหวี่ยง.....	21
2.15 แสดงลักษณะของพัคลมพัดตามแนวแกน.....	22
2.16 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิผิวผนังภายในของวัสดุก่อประเภทต่างๆ ในกรณีไม่ปรับอากาศ.....	25
2.17 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิภายในระบบผนังที่มีช่องอากาศที่มีวัสดุต่างชนิดกัน.....	27
3.1 แสดงลักษณะของกล่องทดลอง.....	31
3.2 แสดงกล่องทดลองเมื่อยังไม่ได้ติดตั้งผนังทดลองบริเวณช่องอากาศ.....	31
3.3 แสดงกล่องทดลองเมื่อยังไม่ได้ติดตั้งผนังทดลองทั้ง 3.....	32
3.4 แสดงรายละเอียดของกล่องทดลอง.....	33
3.5 แสดงกล่องทดลองทั้ง 3 ตั้งบริเวณพื้นที่ๆ ทดลอง.....	34
3.6 แสดงกล่องทดลองที่มีผนังชั้นนอกเป็นผนังก่ออิฐฉาบปูน.....	34

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.7 แสดงกล่องทดลองที่มีผนังชั้นนอกเป็นผนังฝาไม้เทียม.....	34
3.8 แสดงเซนเซอร์วัดอุณหภูมิภายนอกและครอบวัดกันรังสีดวงอาทิตย์.....	35
3.9 แสดงเซนเซอร์วัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์.....	35
3.10 แสดงกล่องทดลองบริเวณช่องอากาศออก.....	35
3.11 แสดงกล่องทดลองบริเวณช่องอากาศเข้า.....	36
3.12 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าภายในกล่องทดลอง.....	36
3.13 แสดงรายละเอียดของกล่องทดลองที่มีพัดลมประกอบ.....	37
3.14 แสดงกล่องทดลองทั้ง 3 ที่มีผนังชั้นนอกเป็นฝาไม้เทียม.....	37
3.15 แสดงกล่องทดลองทั้ง 3 จากทางด้านหลัง.....	38
3.16 แสดงกล่องทดลองที่มีพัดลมระบายความร้อน 1 ตัว.....	38
3.17 แสดงกล่องทดลองที่มีพัดลมระบายความร้อน 2 ตัว.....	38
3.18 แสดงกล่องทดลองบริเวณช่องอากาศเข้า.....	39
3.19 แสดงกล่องทดลองบริเวณช่องอากาศเข้าด้านล่างของผนัง.....	39
3.20 แสดงรายละเอียดของกล่องทดลองที่มีระบบให้ความเย็นกับอากาศ.....	40
3.21 แสดงกล่องทดลองในการทดลองใช้ลมเย็นในการระบายความร้อน.....	41
3.22 แสดงกล่องทดลองโฟมบรรจุน้ำแข็งแห้งที่ให้ความเย็นแก่อากาศ.....	41
3.23 แสดงท่อนำอากาศเย็นจากกล่องโฟมเข้าสู่ผนังทดลอง.....	41
3.24 เครื่องมือบันทึกผลการทดลอง Data Logger HOBO.....	42
3.25 เครื่องมือบันทึกผลการทดลอง Data Logger OPUS 202.....	42
3.26 เครื่องมือบันทึกผลการทดลอง Data Logger OPUS 208.....	43
3.27 หัววัดอุณหภูมิอากาศ และวัดความชื้นในอากาศพร้อมครอบป้องกันรังสีดวงอาทิตย์.....	43
3.28 หัววัดอุณหภูมิอากาศ Thermo Couple Type K.....	44
3.29 หัววัดการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ Paranometer.....	44
3.30 แสดงลักษณะของผนังทดสอบ ที่มีวัสดุ และระยะของช่องอากาศที่แตกต่างกัน.....	45
3.31 แสดงตำแหน่งของตัวแปรที่ทำการติดตั้ง Sensor ของกล่องทดลอง.....	46
3.32 ผังแสดงขั้นตอนการทดลองระยะที่ 1.....	46
3.33 ผังแสดงขั้นตอนการทดลองระยะที่ 2-1.....	48
3.34 ผังแสดงขั้นตอนการทดลองระยะที่ 2-1.....	49
3.35 ผังแสดงขั้นตอนการทดลองระยะที่ 3.....	51

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.36 แสดงตัวแปรที่ทำการเก็บผลการทดลอง.....	52
3.37 ผังแสดงขั้นตอนการทดลองระยะที่4.....	53
3.38 ผังแสดงขั้นตอนและแนวทางในการทดลองทั้งหมด.....	55
4.1 แผนภูมิแสดงข้อมูลการวัดอุณหภูมิก่อนการปรับความคลาดเคลื่อน.....	56
4.2 แผนภูมิแสดงข้อมูลการวัดอุณหภูมิภายหลังการปรับความคลาดเคลื่อน.....	57
4.3 แสดงการวัดข้อมูลก่อนการปรับความคลาดเคลื่อน.....	57
4.4 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิที่เกิดขึ้นกับผนังทดลองที่ 1 (อิฐ-อิฐ).....	59
4.5 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิที่เกิดขึ้นกับผนังทดลองที่ 2 (ฝาไม้เทียม-อิฐ).....	60
4.6 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิที่เกิดขึ้นกับผนังทดลองที่3 (อิฐ-ยิปซัม).....	61
4.7 แผนภูมิเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในที่เกิดขึ้นกับผนังทั้ง 3 แบบ.....	62
4.8 แผนภูมิเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิภายในตลอดทั้งวันของผนังทั้ง 3 แบบ.....	63
4.9 แผนภูมิเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิภายในสูงสุดของผนังทั้ง 3 แบบ.....	63
4.10 แผนภูมิเปรียบเทียบความแตกต่างของระยะเวลาการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ของผนังทั้ง 3 แบบ.....	64
4.11 แผนผังแสดงแผนการทดลองหาความกว้างของช่องอากาศที่เหมาะสม.....	67
4.12 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนังที่มีช่อง อากาศภายในทั้ง 3 ขนาด เมื่อมีพัดลม 1 ตัว ช่องอากาศเข้า 25%.....	68
4.13 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนังที่มีช่อง อากาศภายในทั้ง3ขนาด เมื่อมีพัดลม 1 ตัว ช่องอากาศเข้า 50%	69
4.14 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนังที่มีช่อง อากาศภายในทั้ง 3 ขนาด เมื่อมีพัดลม 1 ตัว ช่องอากาศเข้า 100%.....	70
4.15 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนังที่มีช่อง อากาศภายในทั้ง 3 ขนาด เมื่อมีพัดลม 2 ตัว ช่องอากาศเข้า 25%.....	71
4.16 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนังที่มีช่อง อากาศภายในทั้ง 3 ขนาด เมื่อมีพัดลม 2 ตัว ช่องอากาศเข้า 50%.....	72
4.17 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนังที่มีช่อง อากาศภายในทั้ง3ขนาด เมื่อมีพัดลม 2 ตัว ช่องอากาศเข้า 100%.....	73
4.18 แผนภูมิแสดงความแตกต่างอุณหภูมิสูงสุดของผนังที่มีช่องอากาศเข้าทั้ง 3 ขนาด พัดลม 1 ตัว.....	75

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.19 แผนภูมิแสดงความแตกต่างอุณหภูมิสูงสุดของผนังที่มีช่องอากาศเข้าทั้ง 3 ขนาด พัคลม 2 ตัว.....	75
4.20 แผนภูมิแสดงระยะเวลาที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นในเวลากลางวันที่เวลา 13:00 น. ของผนังที่มีช่องอากาศเข้าทั้ง 3 ขนาด พัคลม 1 ตัว.....	76
4.21 แผนภูมิแสดงระยะเวลาที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นในเวลากลางวันที่เวลา 13:00 น. ของผนังที่มีช่องอากาศเข้าทั้ง 3 ขนาด พัคลม 2 ตัว.....	77
4.22 แผนภูมิแสดงระยะเวลาที่อุณหภูมิลดลงในเวลากลางคืนที่เวลา 21:00 น. ของผนังที่มีช่องอากาศเข้าทั้ง 3 ขนาด พัคลม 1 ตัว.....	78
4.23 แผนภูมิแสดงระยะเวลาที่อุณหภูมิลดลงในเวลากลางคืนที่เวลา 21:00 น. ของผนังที่มีช่องอากาศเข้าทั้ง 3 ขนาด พัคลม 2 ตัว.....	78
4.24 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวัน ของผนังที่มีพัคลม1ตัว ช่องอากาศเข้า 25%.....	79
4.25 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวัน ของผนังที่มีพัคลม1ตัว ช่องอากาศเข้า 50%.....	80
4.26 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวัน ของผนังที่มีพัคลม1ตัวช่องอากาศเข้า 100%.....	80
4.27 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวัน ของผนังที่มีพัคลม 2 ตัว ช่องอากาศเข้า 25%.....	81
4.28 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวัน ของผนังที่มีพัคลม2ตัว ช่องอากาศเข้า 50%.....	81
4.29 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวัน ของผนังที่มีพัคลม 2 ตัว ช่องอากาศเข้า 100%.....	82
4.30 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนังที่มี ช่องอากาศภายในทั้ง3ขนาด เมื่อมีพัคลม 2 ตัว ช่องอากาศเข้า 100%.....	84
4.31 แผนภูมิแสดงความแตกต่างอุณหภูมิสูงสุดของผนังที่มีพัคลม2ตัว ช่องอากาศเข้า100%.....	85
4.32 แผนภูมิแสดงระยะเวลาที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นในเวลากลางวัน ของผนังที่มีพัคลม 2 ตัว ช่องอากาศเข้า 100%.....	86

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.33 แผนภูมิแสดงระยะเวลาที่อุณหภูมิลดลงในเวลากลางคืน ของผนังที่มีพัคลม 2 ตัว ช่องอากาศเข้า 100%.....	87
4.34 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวัน ของผนังที่มีพัคลม 2 ตัว ช่องอากาศเข้า 100%.....	88
4.35 แสดงแผนผังการทดลองหาประสิทธิภาพของพัคลมระบายอากาศ.....	89
4.36 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนังที่มีพัคลม ระบายอากาศทั้ง 3 ขนาด ช่องอากาศเข้า 25%.....	90
4.37 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนังที่มีพัคลม ระบายอากาศทั้ง 3 ขนาด ช่องอากาศเข้า 50%.....	91
4.38 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนังที่มีพัคลม ระบายอากาศทั้ง 3 ขนาด ช่องอากาศเข้า 100 %.....	92
4.39 แผนภูมิแสดงความแตกต่างอุณหภูมิสูงสุดของผนังที่มีพัคช่องอากาศเข้า 3 ขนาด ช่องอากาศภายใน 7 ชม.....	93
4.40 แผนภูมิแสดงระยะเวลาที่อุณหภูมิสูงขึ้นในเวลากลางวันที่เวลา 13:00 น. ช่องเข้าอากาศ 3 ขนาด ช่องอากาศภายใน 7 ชม.....	94
4.41 แผนภูมิแสดงระยะเวลาที่อุณหภูมิสูงขึ้นในเวลากลางคืนที่เวลา 21:00 น. ช่องเข้าอากาศ 3 ขนาด ช่องอากาศภายใน 7 ชม.....	95
4.42 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวัน ของผนังที่มีช่องอากาศเข้า 25 % ช่องอากาศภายใน 7 ชม.....	96
4.43 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวัน ของผนังที่มีช่องอากาศเข้า 50 % ช่องอากาศภายใน 7 ชม.....	96
4.44 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวัน ของผนังที่มีช่องอากาศเข้า 100 % ช่องอากาศภายใน 7 ชม.	97
4.45 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของผนังที่มีจำนวนพัคลมที่ แตกต่างกัน ช่องอากาศเข้า 100 % เวลาเปิด-ปิดพัคลม 13:00-7:00 น.....	99
4.46 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของผนังที่มีเวลาปิดพัคลมที่ แตกต่างกัน ช่องอากาศเข้า100% พัคลม 2 ตัว.....	100
4.47 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของผนังที่มีเวลาปิดพัคลมที่ แตกต่างกัน ช่องอากาศเข้า100% พัคลม2ตัว.....	101

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.48 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของผนังที่มีเวลาเปิดพัดลมที่แตกต่างกัน ช่องอากาศเข้า 100 % พัดลม 2 ตัว.....	102
4.49 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของผนังที่ใช้อากาศเย็นระบายความร้อน และไม่ใช้อากาศเย็น.....	104
4.50 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ช่องอากาศเข้าและออกของผนังที่ใช้อากาศเย็นระบายความร้อน.....	105
4.51 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ช่องอากาศเข้าและออกของผนังที่ใช้อากาศธรรมชาติระบายความร้อน.....	105
5.1 เปรียบเทียบขนาดช่องอากาศเข้าที่มีขนาดเท่ากัน แต่ต่างรูปแบบกัน.....	110
5.2 แสดงความแตกต่างของรูปแบบท่อระบายอากาศทั้ง 2 แบบ.....	110
5.3 แสดงผนังผืนใหญ่เหมาะกับการใช้ผนังที่มีช่องอากาศภายใน.....	112
5.4 แสดงลักษณะการอาคารข้างเคียงช่วยบังแสงอาทิตย์.....	112
5.5 แสดงการเปรียบเทียบการลด heat gain ของผนังธรรมดา และผนังที่มีช่องอากาศภายใน.....	113
5.6 แสดงการติดตั้งผนังที่มีช่องอากาศภายใน.....	114
5.7 แสดงการติดตั้งผนังที่มีช่องอากาศภายใน โดยการลดระดับคานเพื่อกันน้ำเข้าสู่ภายในอาคาร.....	114
5.8 แสดงตัวอย่างการซ่อนช่องทาง เข้า-ออก อากาศเพื่อความสวยงาม.....	114
5.9 รูปด้านหน้าแสดงตัวอย่างการติดตั้งพัดลมในช่องใต้หลังคา.....	115
5.10 รูปตัดแสดงตัวอย่างการติดตั้งพัดลมในช่องใต้หลังคา.....	116
5.11 แสดงรูปด้านตัวอย่างการระบายอากาศออกจากผนังทางด้านข้าง.....	117
5.12 แสดงรูปตัดตัวอย่างการระบายอากาศออกจากผนังทางด้านข้าง.....	117

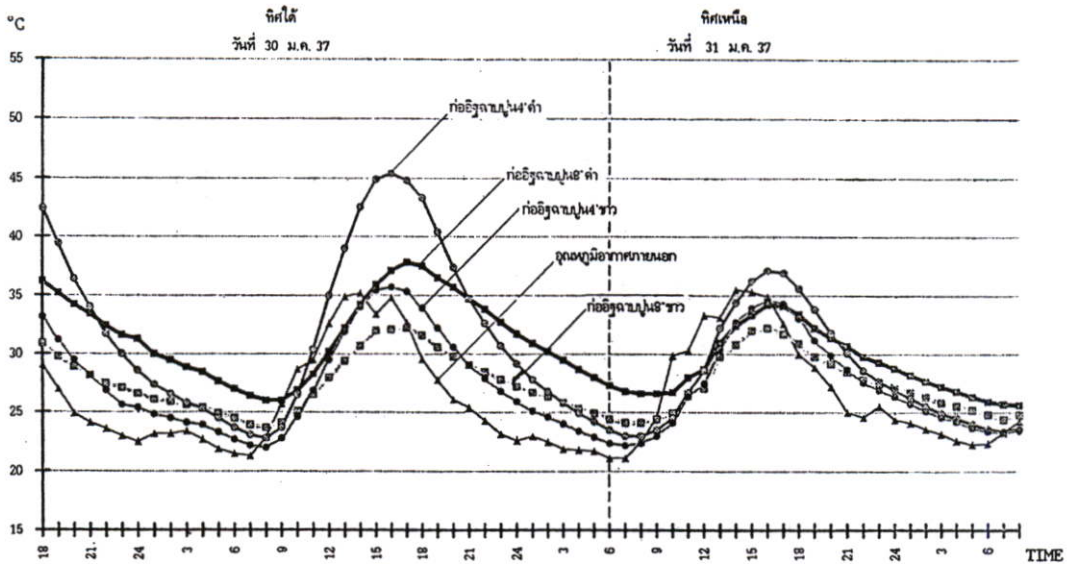
บทที่ 1

บทนำ

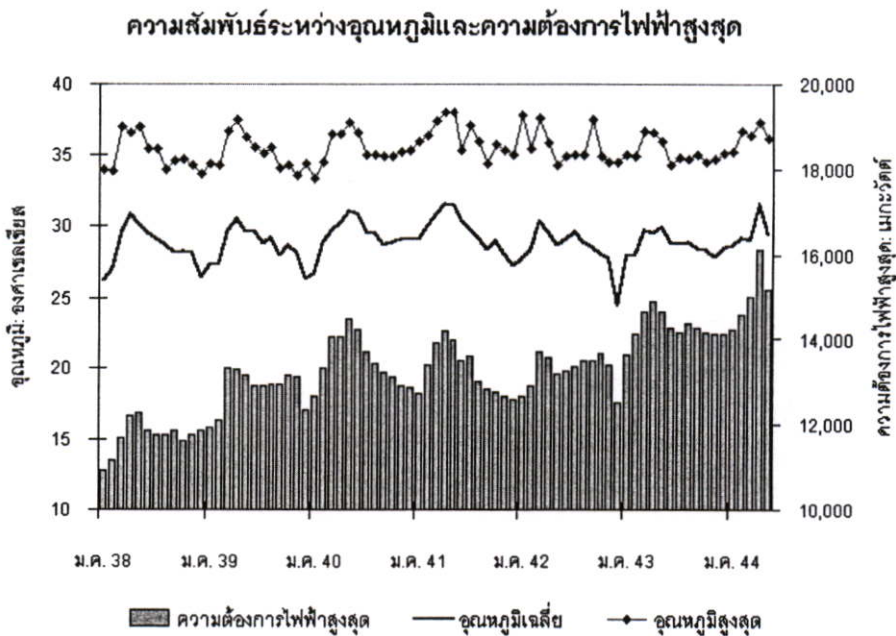
1.1 ความเป็นมาของปัญหา

การรับเอาวัสดุและเทคนิคการก่อสร้างจากต่างประเทศเข้ามาใช้ โดยที่ไม่นำมาปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ทำให้บ้านพักอาศัยส่วนใหญ่ในประเทศสร้างจากวัสดุที่ไม่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม ตัวอย่างเช่น ผนังอาคารที่นิยมใช้ผนังก่ออิฐฉาบปูนที่ได้รับแบบอย่างมาจากประเทศจีนหรือประเทศทางตะวันตก มีการใช้อย่างแพร่หลายกันจนเป็นแบบแผนและธรรมเนียมปฏิบัติในการก่อสร้างอาคารในประเทศไทย ข้อดีของผนังก่ออิฐฉาบปูนคือมีราคาก่อสร้างค่อนข้างถูก มีความคงทนต่อน้ำและความชื้น และยังก่อสร้างได้ง่าย ส่วนข้อเสียคือ ผนังก่ออิฐฉาบปูนเป็นผนังที่มีมวลสารมาก ซึ่งสามารถกักเก็บความร้อนได้ระดับหนึ่ง (Time Lag) เมื่อถึงจุดที่ผนังไม่สามารถกักเก็บความร้อนได้ต่อไปอีก ก็จะปลดปล่อยความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก โดยเฉพาะเวลาเย็นและหัวค่ำที่มีการใช้งานของผู้พักอาศัยส่วนมาก ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในการทำความเย็นแก่ผู้พักอาศัยเกินความจำเป็น

ดังเห็นได้จากแผนภูมิที่ 1.1 เป็นการศึกษาอุณหภูมิที่เกิดขึ้นกับผนังก่ออิฐฉาบปูน ที่มีความหนาและสีทาภายนอกที่แตกต่างกัน ผลการทดลองสรุปว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนสามารถป้องกันความร้อนได้ดีในช่วงเช้าและสายเท่านั้น ซึ่งเป็นช่วงที่ผู้พักอาศัยส่วนใหญ่ออกไปทำงานนอกบ้าน ส่วนในเวลาบ่ายไปจนถึงค่ำอุณหภูมิที่เกิดขึ้นกับผนังก่ออิฐฉาบปูนจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ซึ่งในช่วงเย็นและค่ำเป็นช่วงที่ผู้พักอาศัยกลับมาพักผ่อนที่บ้าน จึงทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานหนักในการลดอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในอาคารให้ลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูร้อน ถ้าสามารถลดอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในอาคารให้ลดลงได้ ก็จะสามารถลดการใช้พลังงานในการทำความเย็นลงได้ ดังเห็นได้จากแผนภูมิที่ 1.2 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับความต้องการไฟฟ้า ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น และมีแนวโน้มความต้องการไฟฟ้าสูงขึ้นทุกปี

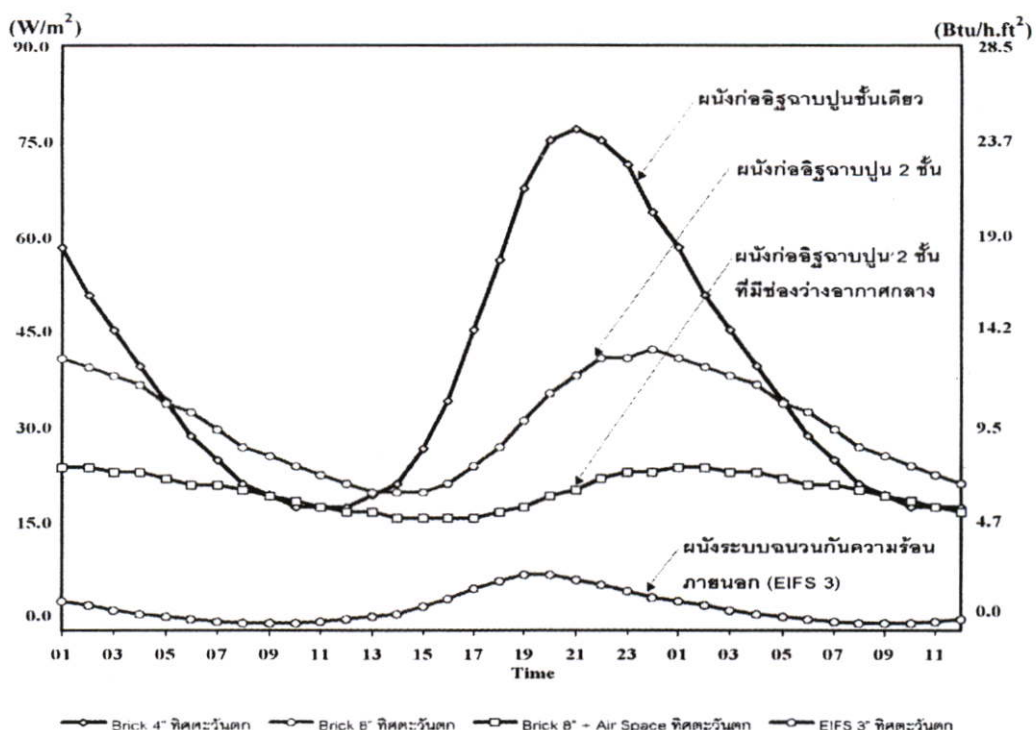


รูปที่ 1.1 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่เกิดกับผนังก่ออิฐมวลเบาชนิดต่าง [1]



รูปที่ 1.2 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความต้องการไฟฟ้าสูงสุด [2]

วิธีการลดความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารทางหนึ่งก็คือ การลดความร้อนที่ผ่านมาจากผนังซึ่งมีหลายวิธีด้วยกัน เช่นการให้ร่มเงาแก่ผนังอาคาร การทำผนัง 2 ชั้น การติดฉนวนกันความร้อนให้กับผนัง เป็นต้น จากแผนภูมิที่ 1.3 เป็นการศึกษาเปรียบเทียบอัตราความร้อนที่ผ่านผนังที่ใช้การป้องกันความร้อนแบบต่างๆ เห็นได้ว่าผนังก่ออิฐเต็มแผ่น และผนังก่ออิฐ 2 ชั้นที่มีช่องอากาศภายใน จะสามารถลดการถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าผนังก่ออิฐชั้นเดียว และผนังที่ใช้ฉนวนกันความร้อน (EIFS) มีการป้องกันความร้อนที่ดีที่สุด



รูปที่ 1.3 แผนภูมิแสดงอัตราความร้อนที่ผ่านมาทางผนังแต่ละประเภท [3]

ถึงแม้ว่าผนังที่ใช้ฉนวนกันความร้อนจะมีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่ดีที่สุด แต่ก็ยังเป็นวัสดุที่หายาก และราคาแพงกว่าการใช้ผนังก่ออิฐมอญ อีกทั้งต้องใช้ช่างในการก่อสร้างที่ชำนาญ จึงเป็นการน่าสนใจที่จะทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโดยใช้พัคลมไฟฟ้ากับผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น ซึ่งมีราคาถูกและมีประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนที่ดี เพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในการทำมาเนนให้กับผู้พักอาศัย

1.2 สมมติฐานของการวิจัย

1.2.1 ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้นที่มีช่องอากาศภายใน น่าจะลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกสู่ภายในอาคารได้ดีกว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนชั้นเดียว

1.2.2 การผนวผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้นที่มีช่องอากาศภายใน เข้ากับการใช้พัคลมไฟฟ้าระบายอากาศ น่าจะลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกสู่ภายในอาคารได้ดีกว่าผนัง 2 ชั้นที่มีช่องอากาศภายในอย่างเดียว

1.2.3 ระยะห่างของช่องอากาศระหว่างผนังยิ่งมากเท่าไร ประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนน่าจะดียิ่งขึ้น

1.2.4 ความเร็วลมภายในช่องอากาศยิ่งมากเท่าไร ประสิทธิภาพในการลดการถ่ายเทความร้อนของผนัง 2 ชั้นที่มีช่องอากาศภายใน น่าจะมากขึ้นตาม

1.2.5 ระยะเวลาและช่วงเวลาที่พัฒมทำงาน น่าจะมีผลต่อประสิทธิภาพการลดการถ่ายเทความร้อนของผนัง 2 ชั้นที่มีช่องอากาศภายใน

1.2.6 รูปแบบผนังดังกล่าวน่าจะสามารถลดอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในอาคารได้ และน่าจะลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ทำให้ประหยัดไฟฟ้าให้กับอาคารลงได้

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาหารูปแบบที่เหมาะสมของผนังอาคารบ้านพักอาศัยในกรุงเทพฯ โดยใช้วัสดุที่สามารถหาได้ง่ายตามท้องถิ่น ราคาถูก สะดวกในการก่อสร้าง และสามารถมีประสิทธิภาพในการลดการถ่ายเทความร้อนได้ เพื่อการประหยัดพลังงานให้ได้มากที่สุดโดยมีรายละเอียดดังนี้

1.3.1 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการลดการถ่ายเทความร้อนในผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้นที่มีช่องอากาศภายใน

1.3.2 ศึกษาประสิทธิภาพการลดการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคาร โดยใช้ผนัง 2 ชั้นที่มีช่องอากาศภายใน

1.3.3 ศึกษาประสิทธิภาพในการลดการถ่ายเทความร้อน ของผนัง 2 ชั้นที่มีช่องอากาศภายในผนวกกับการใช้พัดลมไฟฟ้า

1.3.4 ศึกษาระยะห่างของช่องอากาศระหว่างผนังที่เหมาะสมในการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง 2 ชั้นที่มีช่องอากาศภายใน

1.3.5 ศึกษาความเร็วลมในช่องอากาศระหว่างผนังที่เหมาะสมในการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง 2 ชั้นที่มีช่องอากาศภายใน

1.3.6 ศึกษาระยะเวลา และช่วงเวลาในการเปิด-ปิดพัดลม ที่เหมาะสมในการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง 2 ชั้นที่มีช่องอากาศภายใน

1.3.7 ศึกษาการนำวิธีการดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับอาคารพักอาศัยเพื่อการประหยัดไฟฟ้า

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยการจำลองผนังของบ้านพักอาศัยที่ใช้ระบบช่องอากาศภายในผนัง นำมาทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งไว้ภายในสภาพแวดล้อมและตัวแปรที่กำหนด โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังนี้

1.4.1 ขั้นตอนที่หนึ่ง ศึกษาข้อเขียน ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดการถ่ายเทความร้อนที่ผ่านทางผนัง เพื่อทราบถึงปัญหา และแนวความคิดเกี่ยวกับการลดการถ่ายเทความร้อนที่ผ่านทางผนัง จากแหล่งข้อมูลทั้งในประเทศและต่างประเทศ

1.4.2 ขั้นตอนที่สอง ศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการลดการถ่ายเทความร้อนที่ผ่านทางผนัง และแนวทางที่จะประยุกต์ไปสู่วิธีการๆลดถ่ายเทความร้อนที่ผ่านทางผนังแบบต่างๆ เช่น ระยะห่างของช่องอากาศ วัสดุที่ใช้สร้างผนัง งบประมาณที่เหมาะสม เป็นต้น พร้อมตั้งสมมติฐานเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบการทดลองต่อไป

1.4.3 ขั้นตอนที่สาม ออกแบบและวางแผนการทดลองภายใต้สมมติฐานที่ตั้งไว้ กำหนดอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองพร้อมทั้งทดสอบความเที่ยงตรงของอุปกรณ์ทดลองก่อนนำไปใช้งานจริง

1.4.4 ขั้นตอนที่สี่ ทำการทดลองโดยปฏิบัติตามแผนการทดลองที่ได้วางไว้โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ทำการทดลองหาวัสดุผนังที่เหมาะสมในการสร้างระบบผนังที่มีช่องอากาศ โดยทดลองกับกล่องทดลอง ภายใต้ระยะเวลา สภาพแวดล้อม และตัวแปรที่กำหนดต่าง ๆ

2) ทำการทดลองประสิทธิภาพในการลดการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารที่ใช้ระบบช่องอากาศภายในผนัง โดยการวัดอุณหภูมิภายในแบบจำลองภายใต้ระยะเวลา สภาพแวดล้อม และตัวแปรที่กำหนดต่าง ๆ เช่น ระยะห่างของช่องอากาศ ความเร็วลมที่เกิดขึ้น ขนาดของช่องอากาศ ขนาดของช่องลมเข้า เป็นต้น

3) ทำการทดลองประสิทธิภาพในการลดการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารที่ใช้ระบบช่องอากาศภายในผนังประกอบด้วยพัดลมไฟฟ้า โดยการวัดอุณหภูมิภายในแบบจำลองภายใต้ระยะเวลา สภาพแวดล้อม และตัวแปรที่กำหนดต่าง ๆ เช่น ระยะห่างของช่องอากาศ ความเร็วลมที่เกิดขึ้น ขนาดของช่องอากาศ ขนาดของช่องลมเข้า ระยะเวลาในการเปิด-ปิดพัดลม เป็นต้น

1.4.5 ขั้นตอนที่ห้า ขั้นตอนรวบรวมผลการทดลองและประมวลผล เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาบทสรุปและแนวทางในการออกแบบ

1.4.6 ขั้นตอนที่หก สรุปผลการทดลองและนำเสนอข้อเสนอแนะในการวิจัย รวมไปถึงแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้กับอาคารบ้านพักอาศัยทั่วไป

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งเน้นในเรื่องของการศึกษาหารูปแบบผนังที่มีความสามารถในการลดการถ่ายเทความร้อน โดยที่ยังคงใช้วัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น ราคาถูก ทำการทดสอบคุณลักษณะของช่องอากาศ และความกว้างของช่องอากาศที่เหมาะสม โดยใช้พัดลมไฟฟ้ามาเสริมเพื่อเหนี่ยวนำอากาศภายในช่องผนัง ปัจจัยอื่น ๆ ที่ไม่ได้ครอบคลุมในการศึกษาได้แก่

1.5.1 ความหนาของวัสดุทดสอบ

1.5.2 ความชื้นที่เกิดจากการกลั่นตัว (Condensation) ที่อาจเกิดขึ้นภายในช่องอากาศ

1.5.3 ประสิทธิภาพของผนังกับอาคารที่ปรับอากาศ

1.5.4 แมลงหรือสัตว์เลื้อยคลานต่าง ๆ ที่อาจเข้ามาทางช่องอากาศ ทำให้มีผลต่อการระบายความร้อนและประสิทธิภาพการลดการถ่ายเทความร้อนของผนังลดลง

1.5.5 ทิศทางที่เหมาะสมกับระบบผนังที่มีช่องว่างอากาศระหว่างกลาง

1.5.6 ความเร็วลมภายนอกที่มีผลต่อประสิทธิภาพการลดการถ่ายเทความร้อนของผนัง

1.5.7 ฤดูกาลที่เหมาะสมกับการใช้ผนัง 2 ชั้นที่มีช่องอากาศภายใน ที่มีพัดลมช่วยระบายความร้อน

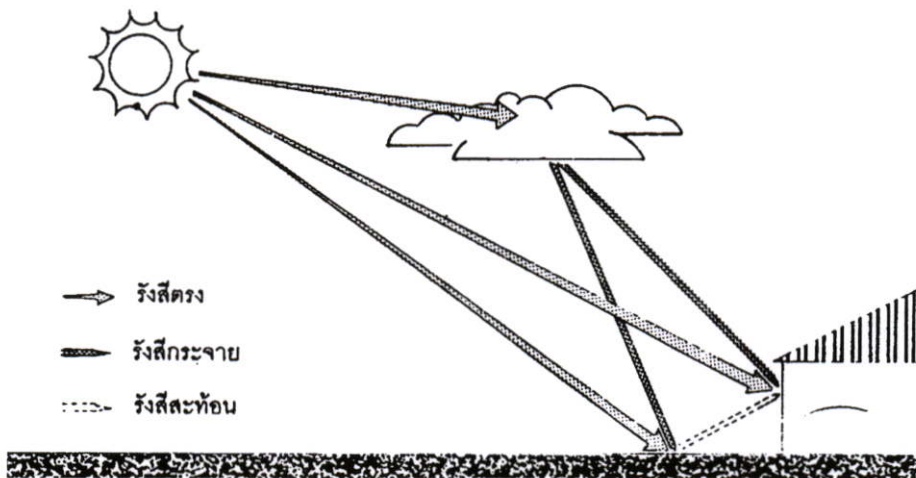
เนื่องจากระยะเวลาในการทำวิจัยอยู่ในช่วงสั้น ๆ ทำให้ไม่สามารถทำการทดลองต่อเนื่องครอบคลุมทั้งปีได้ เพราะมีข้อจำกัดในเรื่องของระยะเวลาในการทำการศึกษา งบประมาณ สถานที่ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ฯลฯ

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความร้อน

ความร้อนคือพลังงานซึ่งมีแหล่งกำเนิดแตกต่างกันออกไป ความร้อนที่มีผลกระทบต่ออาคารโดยตรงคือ ความร้อนที่มาจากพลังงานของดวงอาทิตย์ ความร้อนจากดวงอาทิตย์จะถูกส่งมายังโลก โดยการแผ่รังสี ซึ่งแบ่งเป็นรังสีตรง (Direct radiation) ที่พุ่งผ่านมายังผิวโลกโดยตรง รังสีกระจาย (Diffuse radiation) ที่เป็นรังสีที่ถูกกระเจิงโดย โมเลกุลของอากาศ เมฆ หมอก ไอน้ำ หรือฝุ่นธุลีต่าง ๆ ก่อนถูกส่งมายังพื้นโลก และรังสีสะท้อน(Reflected radiation) ซึ่งเป็นรังสีตรงและรังสีกระจายที่ถูกสะท้อนจากอาคารหรือพื้นที่ข้างเคียงเข้ามา ผลรวมของรังสีทั้งสามนี้จะเรียกว่ารังสีรวม (Global radiation) ซึ่งจะตกกระทบบนพื้นโลก และวัตถุต่าง ๆ ส่งผลให้เกิดความร้อนขึ้น จากนั้นความร้อนจะเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งโดยอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิ ความร้อนจะไหลจากบริเวณที่ร้อนกว่าไปสู่บริเวณที่เย็นกว่าเสมอ



รูปที่ 2.1 แสดงความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่กระทำต่ออาคารในรูปของการแผ่รังสี

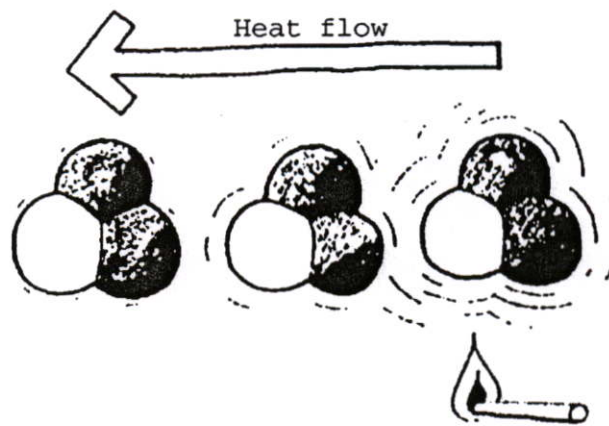
2.2 หลักการถ่ายเทความร้อน

ปัจจัยทางภูมิอากาศมีส่วนสำคัญในการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนผ่านวัตถุหรืออาคาร เช่น รังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ กระแสลม และความชื้น แต่โดยหลักแล้วความร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านวัตถุจะอาศัยการนำ (Conduction) การพา (Convection) และการแผ่รังสี (Radiation) ซึ่งเป็นหลักของการถ่ายเทความร้อนผ่านวัตถุ

2.2.1 การถ่ายเทความร้อนโดยการนำ

คือการไหลของพลังงานจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งโดยการเคลื่อนที่ของโมเลกุล โมเลกุลที่ร้อนจะเคลื่อนที่เร็วกว่าโมเลกุลที่เย็น เมื่อโมเลกุลที่เคลื่อนที่เร็วไปชนโมเลกุลที่เคลื่อนช้ากว่าจึงทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่และชนกันต่อไปเรื่อย ๆ ส่งผลให้วัตถุมีอุณหภูมิสูงขึ้น และเมื่อโมเลกุลเริ่มหมดแรงเคลื่อนที่ก็ทำให้วัตถุมีอุณหภูมิลดลง

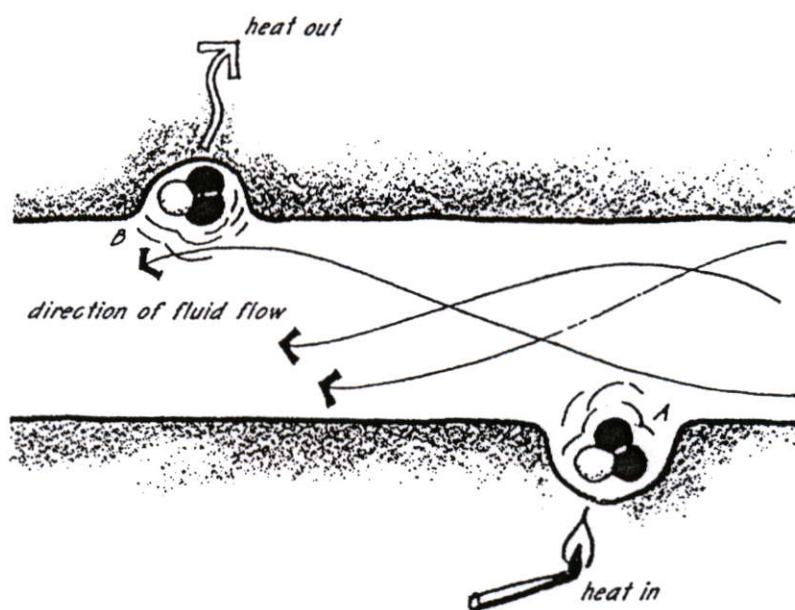
ของแข็ง เช่น โลหะ อิฐ หิน คอนกรีต เป็นต้นว่าที่ตี ความร้อนสามารถไหลจากวัตถุหนึ่งไปสู่อีกวัตถุหนึ่งที่ติดกันได้เมื่อใดก็ตามที่อุณหภูมิมีความแตกต่างกันระหว่างด้านตรงข้ามของวัตถุ ความร้อนก็จะไหลจากด้านที่อุ่นไปสู่ด้านที่เย็น เช่น โคร่งเคร่าผืนกับวัสดุบุผนัง



รูปที่ 2.2 แสดงหลักการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำ ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ของโมเลกุล

2.2.2 การถ่ายเทความร้อนโดยการพา

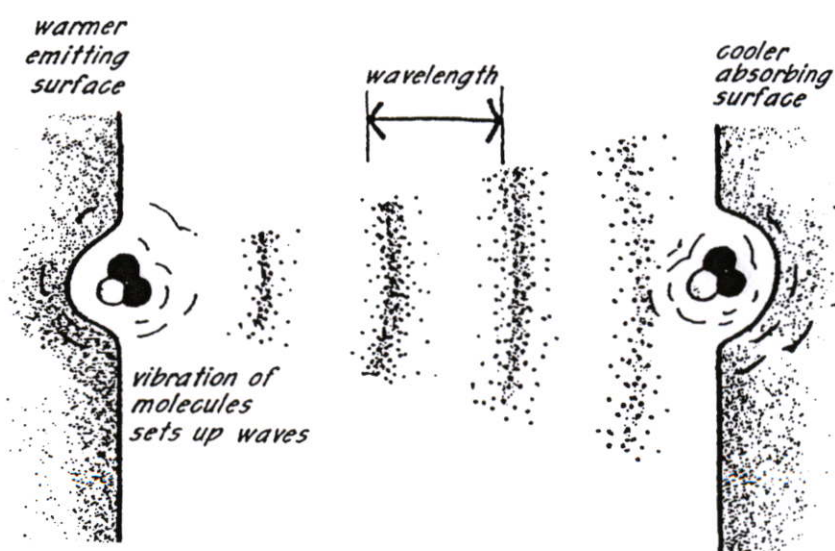
คือการถ่ายเทความร้อนโดยการเคลื่อนที่ของ ๆ ไหล เช่น อากาศ หรือน้ำ การถ่ายเทความร้อนโดยการพาจะไม่สามารถเกิดขึ้นได้โดยปราศจากอากาศหรือของไหล ถ้าการเคลื่อนที่ของ ๆ เหลวหรือมวลอากาศเกิดขึ้นโดยความแตกต่างของอุณหภูมิและความหนาแน่น จะเรียกว่า “การพาโดยแรงธรรมชาติ” แต่ถ้าการเคลื่อนที่ของ ๆ เหลวหรืออากาศเกิดขึ้นโดยเครื่องจักร เช่นพัดลม เครื่องอัดอากาศ การเคลื่อนที่นี้จะเรียกว่า “การพาโดยแรงกล” การเคลื่อนที่ของอากาศเหนือพื้นผิวเป็นผลให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการพา และเมื่อการเคลื่อนที่ของอากาศมีความเร็วเพิ่มขึ้นก็จะเป็นการเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนจากพื้นผิว ดังนั้นการเคลื่อนที่ของอากาศจึงมีความสัมพันธ์กับการถ่ายเทความร้อนจากพื้นผิวของกรอบอาคาร



รูปที่ 2.3 แสดงหลักการถ่ายเทความร้อนด้วยการพาโดยแรงลมหรือของเหลว

2.2.3 การแผ่รังสีความร้อน

การแผ่รังสีคือการเคลื่อนที่ของพลังงานในรูปแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้จะมีความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน เช่นการแผ่รังสีอัลตราไวโอเล็ต หรือรังสีอินฟราเรด การแผ่รังสีความร้อนสามารถถ่ายเทความร้อนผ่านที่ว่างโดยปราศจากการทำให้อากาศร้อนขึ้น และสามารถถ่ายเทความร้อนผ่านสุญญากาศได้อีกด้วย



รูปที่ 2.4 แสดงหลักการถ่ายเทความร้อนด้วยการแผ่รังสี

รังสีจากดวงอาทิตย์จะกระทบพื้นผิวทึบของอาคาร โดยส่วนหนึ่งจะถูกดูดซับ และอีกส่วนหนึ่ง จะถูกสะท้อนกลับไป วัสดุโปร่งแสงหรือโปร่งใสจะยอมให้รังสีบางส่วนทะลุผ่านไป ผลรวมของ การดูดซับ การสะท้อน และการส่องผ่านของรังสี ที่กระทำต่อวัตถุนี้จะมีค่าเท่ากับ 1 และถ้าแสดง ออกมาในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์จะมีค่าเท่ากับ 100 % ถึงแม้ว่าวัตถุที่มีพื้นผิวทึบแสงที่มีการส่อง ผ่านเท่ากับศูนย์ แต่ผลรวมของการสะท้อนรังสี และการดูดซับรังสีก็จะเท่ากับ 1 เสมอ

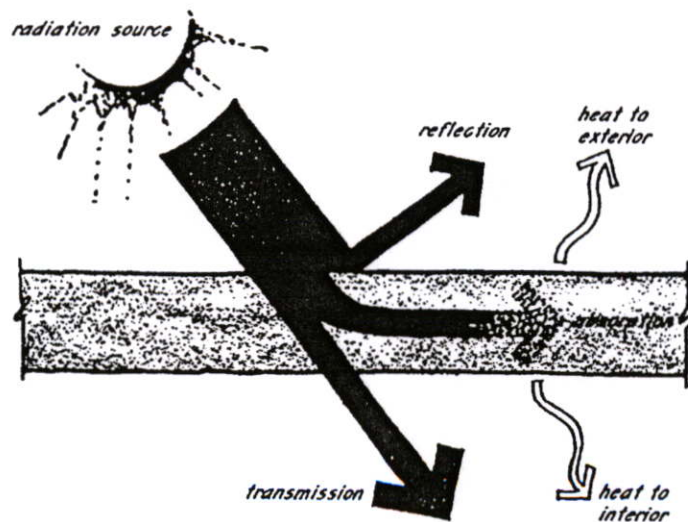
$$\alpha + \beta + \tau = 1$$

α = การดูดซับรังสีความร้อนของวัตถุ

β = การสะท้อนรังสีความร้อนของวัตถุ

τ = การทะลุผ่านรังสีความร้อนของวัตถุ

เมื่อวัตถุได้รับพลังงานจากการแผ่รังสีบางส่วนก็จะถูกดูดซับเอาไว้ และหลังจากนั้นวัตถุจะแผ่รังสีกลับออกมาหรือที่เรียกว่าการเปล่งรังสี (Emissivity : ϵ) วัตถุที่มีการดูดซับรังสีได้ดีคือวัตถุ ที่เปล่งรังสีได้ดี โดยความสามารถในการดูดซับและเปล่งรังสีของวัตถุจะสัมพันธ์กับธรรมชาติของ พื้นผิวของวัสดุ พื้นผิวที่มีสีเข้มจะมีการดูดซับรังสีได้ดีกว่าสีอ่อน โดยที่พื้นผิวสีดำมีอัตราการดูดซับ มากที่สุด (Ideal black body) คือเท่ากับ 1 ส่วนวัตถุที่มีอัตราการดูดซับน้อยที่สุดจะมีค่าเท่ากับ 0 และวัตถุที่มีพื้นผิวหยาบจะมีอัตราการดูดซับรังสีที่สูงกว่าพื้นผิวที่เรียบเนื่องจากวัตถุที่พื้นผิวหยาบ จะมีคุณสมบัติการสะท้อนน้อยกว่าวัตถุที่มีพื้นผิวที่เรียบนั่นเอง



รูปที่ 2.5 แสดงรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อวัตถุ

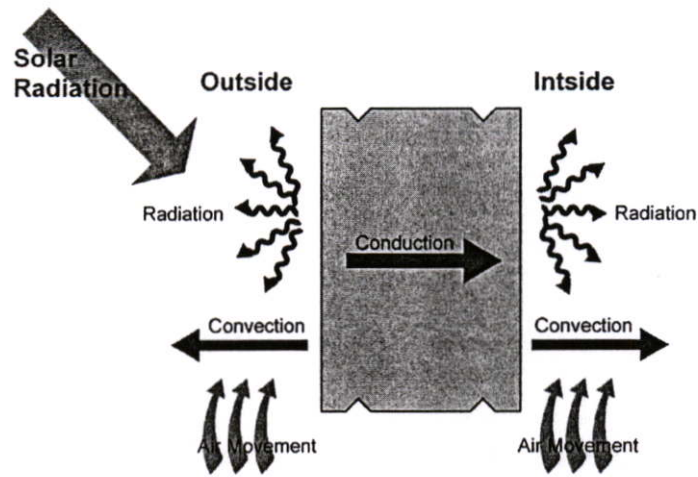
ตารางที่ 2.1 แสดงค่าสะท้อนความร้อน ดูดซับความร้อน และการเปล่งรังสี ของวัสดุต่างๆ [4]

Material	Solar reflectance	Solar absorptance	Thermal emittance,ε
Aluminum, clear finish	0.40	0.60	0.08-0.15
Aluminum paint	0.60	0.40	0.50-0.54
Mineral board, natural	0.25	0.75	
Mineral board, white	0.39	0.61	
Brick, light buff	0.30-0.50	0.50-0.70	0.95
Brick, red	0.15-0.35	0.65-0.85	0.95
Brick, white	0.50-0.75	0.25-0.50	0.95
Concrete, natural	0.35	0.65	0.92-0.95
Copper, tarnished	0.20	0.80	0.20
Copper, patina	0.35	0.65	0.15
Galvanized steel	0.10	0.90	0.90
Galvanized steel, white	0.74	0.26	0.90
Glass, clear (¼ “)	0.5-0.7	0.93-0.95	0.84
Glass, tinted (¼ “)	0.4-0.6	0.64-0.96	
Glass, clear, low-e	0.6-0.9	0.91-0.94	0.20
Glass, reflective (¼ “)	0.8-0.36	0.64-0.92	
Marble, white	0.42	0.58	0.85
Surface color			
Black	0.50	0.95	0.95
Dark gray	0.20	0.80	0.93
Light gray	0.35	0.65	0.90
White	0.55	0.45	0.90
Tinned surface	0.95	0.50	0.88
Wood, smooth	0.22	0.78	0.91-0.93

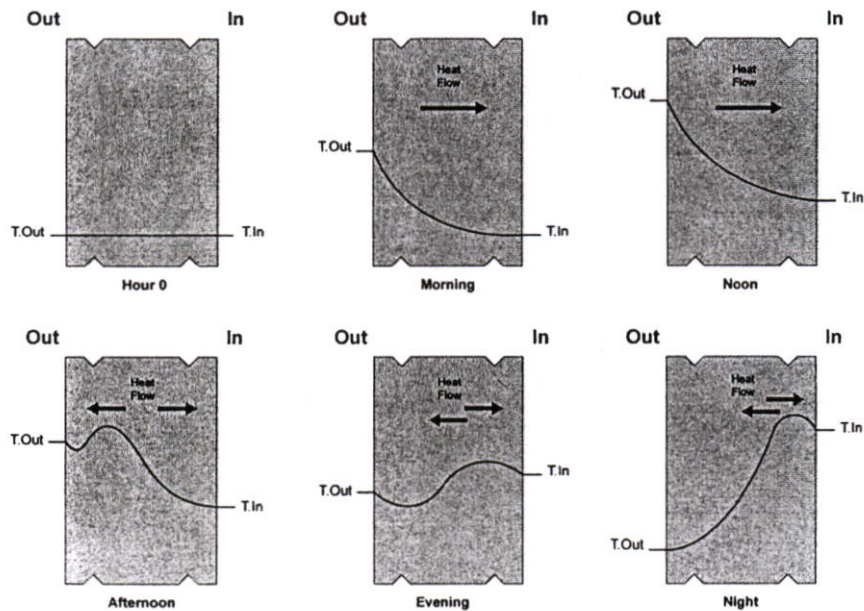
2.3 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุ

จากที่กล่าวมาแล้วว่าการถ่ายเทความร้อนในวัสดุอาคารเกิดขึ้นจากหลักการถ่ายเทความร้อน 3 ประการคือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน ความร้อนจะเข้าสู่วัสดุ โดยการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ และการพาโดยมวลอากาศหรือลมเข้าสู่วัสดุอาคาร จากนั้นก็จะผ่านวัสดุอาคารด้วยการนำความร้อน และเข้าสู่อาคารด้วยการพาและการแผ่รังสีอีกทีหนึ่ง

นอกจากนี้พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุนั้นยังขึ้นอยู่กับเวลาและอุณหภูมิในแต่ละวัน โดยในช่วงเวลาเช้าอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในจะใกล้เคียงกัน ในเวลาสายอุณหภูมิอากาศภายนอกเริ่มสูงขึ้น ความร้อนเริ่มเคลื่อนที่ผ่านผิวของเปลือกอาคารโดยการนำความร้อน ในเวลาบ่ายอุณหภูมิอากาศภายนอกถึงจุดสูงสุดและเริ่มที่จะลดลงในช่วงเย็น แต่ภายในเปลือกอาคารยังมีอุณหภูมิสูงอยู่และเริ่มที่จะถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคารในช่วงเย็นและค่าที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ส่งผลให้ในเวลาค่ำอุณหภูมิกภายในอาคารสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก



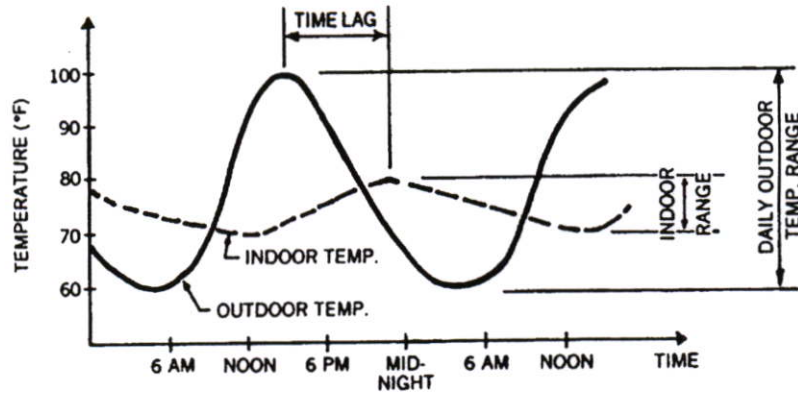
รูปที่ 2.6 แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุ



รูปที่ 2.7 แสดงวงจรการถ่ายเทความร้อนผ่านอิฐก่อในแต่ละวัน

2.3.1 อิทธิพลของมวลสารที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน

ความร้อนไม่สามารถไหลผ่านวัสดุไปอย่างทันทีทันใด กว่าที่ความร้อนจะส่งผ่านวัสดุจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งได้สำเร็จต้องอาศัยระยะเวลา ซึ่งเรียกว่า “การหน่วงความร้อนของวัสดุ” (Thermal lag) ระยะเวลาในการหน่วงความร้อนนี้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับน้ำหนักของวัสดุ อิฐและคอนกรีตมีน้ำหนักมากจึงทำให้มันดูดซับและกักเก็บความร้อนไว้จำนวนหนึ่ง และจะขัดขวางการเคลื่อนที่ของความร้อนให้ช้าลง ลักษณะทางกายภาพนี้จะเรียกว่า “ความจุในการกักเก็บความร้อน” (Thermal storage capacity)



รูปที่ 2.8 แผนภูมิแสดงความแตกต่างระหว่างเวลาที่อุณหภูมิภายนอก และอุณหภูมิภายในสูงสุด เรียกว่า การหน่วงความร้อนของวัสดุ

วัสดุที่มีความหนาแน่นและมวลสารที่มากกว่าจะเป็นสาเหตุของการดูดซับความร้อนให้ เป็นไปอย่างช้ากว่า และการกักเก็บความร้อนที่นานกว่าวัสดุที่มีความหนาแน่นและมวลสารที่น้อยกว่า ดังนั้นถึงแม้ว่าความหนาแน่นของวัสดุจะทำให้การต้านความร้อนหรือ R-Value ลดลง แต่ก็จะทำให้การดูดซับความร้อน การกักเก็บความร้อน และการหน่วงความร้อนดีขึ้น

ตารางที่ 2.2 การหน่วงความร้อนของผนังหนา 1 ฟุตของวัสดุก่อสร้างอาคารทั่วไป [5]

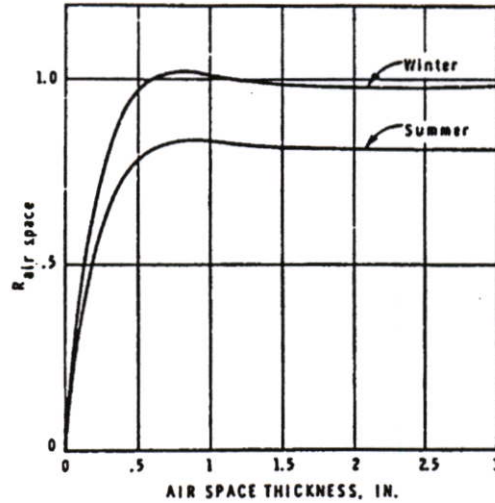
Material	Time Lag (hours)
Adobe	10
Brick (common)	10
Brick (face)	6
Concrete (heavyweight)	8
Wood	20*

*Wood has such a long time lag because
of its moisture content

2.3.2 อิทธิพลของช่องว่างอากาศที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน

ขนาดช่องว่างอากาศระหว่างผนังมีผลต่อประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนได้ทั้งการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำ และการถ่ายเทความร้อนด้วยการพา การที่มีช่องว่างอากาศที่กว้างจะทำให้ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านโดยการนำลดลง แต่ก็จะทำให้การถ่ายเทความร้อนโดยการพาเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันการที่มีช่องว่างอากาศที่แคบจะทำให้การถ่ายเทความร้อนโดยการนำเป็นไปอย่างดี แต่กับการถ่ายเทความร้อนโดยการพาจะไม่เป็นผลมากเท่าใดนัก

การที่จะทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการนำและการพาลดเหลือน้อยที่สุดคือการที่ทำให้ความกว้างของช่องอากาศอยู่ที่ประมาณ 5/8 นิ้ว (1.50 เซนติเมตร) เมื่อช่องอากาศมีความกว้างมากกว่า 1 1/4 นิ้ว (3.20 เซนติเมตร) การส่งผ่านความร้อนทั้งการนำและการพาจะไม่ขึ้นอยู่กับความกว้างของช่องอากาศอีกต่อไป



รูปที่ 2.9 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของความกว้างของช่องอากาศที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคาร [4]

ความกว้างของช่องอากาศจะไม่มีผลกับการส่งผ่านความร้อนด้วยการแผ่รังสี แต่สิ่งที่มีผลต่อการแผ่รังสีคืออัตราการเปล่งรังสีของพื้นผิววัตถุ โลหะขัดเงาหรือพื้นผิวโลหะจะมีอัตราการเปล่งรังสีที่ต่ำกว่าวัสดุอาคารทั้งหมด ดังนั้นพื้นผิวที่มีคุณสมบัติการสะท้อนสามารถใช้เป็นเกราะป้องกันในการลดการแผ่รังสีความร้อนผ่านช่องอากาศ นอกจากนี้การต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศยังขึ้นอยู่กับตำแหน่งของผนัง (แนวนอน แนวตั้ง หรือแนวลาดเอียง) และทิศทางของความร้อน (ขึ้น ลง หรือแนวระดับ) ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 2.3 แสดงค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศในลักษณะต่างๆ ทั้งความหนา ตำแหน่ง ทิศทางของความร้อนที่ผ่าน อุณหภูมิภายในช่องอากาศ และอัตราการเปล่งรังสีของวัสดุชนิดต่างๆ

$$C \text{ (ค่าความนำความร้อน)} = h_c + Eh_r$$

$$R = 1/C$$

$$h_c = \text{สัมประสิทธิ์การนำความร้อน และการพาความร้อน}$$

$$Eh_r = \text{สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน} = 0.00686 E [(tm + 460) / 100]^3$$

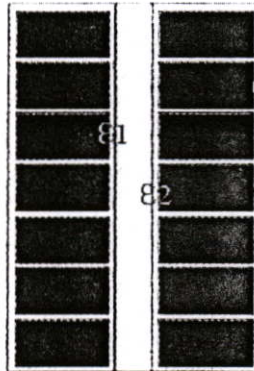
$$Tm = \text{อุณหภูมิเฉลี่ยของช่องอากาศ}$$

E = ค่าการเปล่งรังสีของวัตถุ เป็นค่าที่ได้มาจากความสัมพันธ์ของค่า ϵ ของวัตถุทั้งสอง
 ในช่องอากาศ

$$1/E = \epsilon_1 + 1/\epsilon_2^{-1}$$

ϵ_1 และ ϵ_2 คือค่าอัตราการเปล่งรังสีของวัตถุภายในช่องอากาศซึ่งสามารถดูได้จากตารางที่

2.4



รูปที่ 2.10 แสดงตำแหน่งค่า ϵ_1, ϵ_2 ของระบบผนังที่มีช่องอากาศ

ตารางที่ 2.3 แสดงความต้านทานความร้อนของช่องอากาศ [6]

Table 2.3 Thermal resistance of plane air spaces, "F-ft²-hr/Btu (From ASHRAE Handbook of Fundamentals).

Position of Airspace	Direction of Heat Flow	Airspace Mean Temp., °F	Airspace Temp. Diff., °F	0.5-in. Airspace ^a					0.75-in. Airspace ^a					1.5-in. Airspace ^a					3.5-in. Airspace ^a						
				Effective Emittance, $\epsilon^{b,c}$					Effective Emittance, $\epsilon^{b,c}$					Effective Emittance, $\epsilon^{b,c}$					Effective Emittance, $\epsilon^{b,c}$						
				0.03	0.05	0.1	0.5	0.83	0.03	0.05	0.1	0.5	0.83	0.03	0.05	0.1	0.5	0.83	0.03	0.05	0.1	0.5	0.83		
Horiz.	Up	90	10	2.13	2.03	1.91	0.99	0.73	2.34	2.22	1.61	1.04	0.73	2.35	2.41	1.71	1.08	0.77	2.84	2.66	1.83	1.13	0.80		
		50	30	1.62	1.37	1.29	0.96	0.75	1.71	1.66	1.35	0.99	0.73	1.87	1.81	1.45	1.04	0.80	2.09	2.01	1.58	1.10	0.84		
		0	10	2.13	2.05	1.60	1.11	0.84	2.30	2.31	1.70	1.16	0.87	2.30	2.40	1.81	1.21	0.89	2.80	2.64	1.95	1.28	0.93		
		0	20	1.73	1.70	1.45	1.12	0.91	1.83	1.79	1.52	1.16	0.93	2.01	1.95	1.63	1.23	0.97	2.25	2.18	1.79	1.32	1.03		
		-50	20	2.10	2.04	1.70	1.27	1.00	2.23	2.16	1.78	1.31	1.02	2.43	2.35	1.90	1.38	1.06	2.71	2.62	2.07	1.47	1.12		
45° Slope	Up	90	10	2.44	2.31	1.65	1.06	0.76	2.96	2.78	1.88	1.15	0.81	2.92	2.73	1.86	1.14	0.80	3.18	2.96	1.97	1.18	0.82		
		50	30	2.06	1.98	1.56	1.10	0.83	1.99	1.92	1.52	1.08	0.82	2.14	2.06	1.61	1.12	0.84	2.26	2.17	1.67	1.15	0.86		
		0	10	2.35	2.44	1.83	1.22	0.90	2.90	2.75	2.00	1.29	0.94	2.88	2.74	1.99	1.29	0.94	3.12	2.95	2.10	1.34	0.96		
		0	20	2.20	2.14	1.76	1.30	1.02	2.13	2.07	1.72	1.28	1.00	2.30	2.23	1.82	1.34	1.04	2.42	2.35	1.90	1.38	1.06		
		-50	20	2.43	2.34	2.03	1.44	1.10	2.72	2.62	2.08	1.47	1.12	2.79	2.69	2.12	1.49	1.13	2.98	2.87	2.23	1.54	1.16		
Vertical	Horiz.	90	10	2.47	2.34	1.67	1.06	0.77	3.50	3.24	2.08	1.22	0.84	3.99	3.66	2.25	1.27	0.87	3.69	3.40	2.15	1.24	0.83		
		50	30	2.57	2.46	1.84	1.23	0.90	2.91	2.77	2.01	1.30	0.94	2.58	2.46	1.84	1.23	0.90	2.67	2.53	1.89	1.25	0.91		
		0	10	2.64	2.54	1.88	1.24	0.91	3.70	3.46	2.35	1.43	1.04	3.79	3.55	2.39	1.45	1.02	3.63	3.40	2.32	1.42	1.01		
		0	20	2.82	2.72	2.14	1.50	1.13	3.14	3.02	2.32	1.58	1.18	2.76	2.66	2.10	1.48	1.12	2.88	2.78	2.17	1.51	1.14		
		-50	20	2.93	2.82	2.20	1.53	1.15	3.77	3.59	2.44	1.73	1.24	3.31	3.25	2.51	1.67	1.23	3.49	3.33	2.50	1.67	1.23		
45° Slope	Down	90	10	2.48	2.34	1.67	1.06	0.77	3.53	3.27	2.10	1.22	0.84	5.07	4.55	2.56	1.36	0.91	4.81	4.33	2.49	1.34	0.90		
		50	30	2.64	2.52	1.87	1.24	0.91	3.43	3.23	2.24	1.39	0.99	3.58	3.36	2.31	1.42	1.00	3.51	3.30	2.28	1.40	1.00		
		0	10	2.67	2.55	1.89	1.25	0.92	3.81	3.57	2.40	1.45	1.02	5.10	4.66	2.85	1.60	1.09	4.74	4.36	2.73	1.57	1.08		
		0	20	2.91	2.80	2.19	1.52	1.15	3.75	3.57	2.43	1.72	1.24	3.85	3.66	2.68	1.74	1.27	3.81	3.63	2.66	1.74	1.27		
		-50	20	2.94	2.83	2.21	1.53	1.15	4.12	3.91	2.81	1.80	1.30	4.92	4.62	3.16	1.94	1.37	4.59	4.32	3.02	1.88	1.34		
Horiz.	Down	90	10	2.48	2.34	1.67	1.06	0.77	3.53	3.29	2.10	1.22	0.83	6.09	5.35	2.79	1.43	0.94	10.07	8.19	3.41	1.57	1.00		
		50	30	2.66	2.54	1.88	1.24	0.91	3.77	3.52	2.38	1.44	1.02	6.27	5.63	3.18	1.70	1.14	9.60	8.19	3.86	1.88	1.22		
		0	10	2.67	2.55	1.89	1.25	0.92	3.84	3.59	2.41	1.45	1.02	6.61	5.90	3.27	1.73	1.15	11.15	9.27	4.09	1.93	1.24		
		0	20	2.94	2.83	2.20	1.53	1.15	4.18	3.96	2.83	1.81	1.30	7.03	6.43	3.91	2.19	1.49	10.90	9.52	4.37	2.47	1.62		
		-50	20	2.96	2.85	2.22	1.53	1.16	4.25	4.02	2.87	1.82	1.31	7.31	6.66	4.00	2.22	1.51	11.97	10.32	5.08	2.52	1.64		

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าการเปล่งรังสีของวัสดุต่างๆ และสัมประสิทธิ์การเปล่งรังสีของช่องอากาศ [6]

Surface	Average emittance ϵ	Effective emittance E of air space	
		One surface emittance ϵ ; the other 0.9	Both surfaces emittance ϵ
Aluminum foil, bright	0.06	0.05	0.03
Aluminum foil, with condensate just visible (>0.7 gr/ft ²)	0.30†	0.29	
Aluminum foil, with condensate clearly visible (>2.9 gr/ft ²)	0.70†	0.65	
Aluminum sheet	0.12	0.12	0.06
Aluminum coated paper, polished	0.20	0.20	0.11
Steel, galvanized, bright	0.25	0.24	0.15
Aluminum paint	0.50	0.47	0.35
Building materials: wood, paper, masonry, nonmetallic paints	0.90	0.82	0.82
Regular glass	0.84	0.77	0.72

*These values apply in the 4- to 40- μ m range of the electromagnetic spectrum.
†Values are based on data presented by Bassett and Trethowen (1984).

2.4 การประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุก่อสร้างอาคาร

2.4.1 สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K)

คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุต่างๆ นั่นคือ อัตราความร้อนที่ไหลผ่านวัสดุ 1 ตารางฟุต และหนา 1 นิ้ว ที่ทำให้อุณหภูมิภายนอกและภายในแตกต่างกัน 1 องศาฟาเรนไฮด์

2.4.2 ความนำความร้อน (Conductivity, C)

คือค่าความนำความร้อนของวัสดุใด นั่นคือ อัตราความร้อนที่ไหลผ่านวัสดุพื้นที่ 1 ตารางฟุต ที่ทำให้อุณหภูมิภายนอกและภายในแตกต่างกัน 1 องศาฟาเรนไฮด์ ที่ความหนาใดๆ ค่าความนำความร้อนสามารถหาได้จาก อัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนกับความหนาของวัสดุ

$$C = K/n$$

$$C = \text{ความนำความร้อน (W / m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C หรือ Btu / h ft}^2 \text{ }^{\circ}\text{F)}$$

$$K = \text{สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (W / m }^{\circ}\text{C หรือ Btu / h ft}^2 \text{ }^{\circ}\text{F inh.)}$$

$$n = \text{ความหนาของวัสดุ (เมตร หรือ นิ้ว)}$$

2.4.3 ความต้านทานความร้อน (Resistance, R)

คือส่วนกลับของค่าความนำความร้อน (C) ความต้านทานความร้อนแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายในและภายนอกที่แตกต่างกัน 1 องศาฟาเรนไฮด์ กำหนดระยะเวลา (ชั่วโมง) ที่ใช้สำหรับให้ความร้อนผ่านวัสดุพื้นที่ 1 ตารางฟุต โดยปกติความต้านทานความร้อนจะเรียกกันว่า R-Value

$$R = 1/C \text{ หรือ } n/K$$

$$R = \text{ค่าความต้านทานความร้อน (m}^2 \text{ }^\circ\text{C / W หรือ ft}^2 \text{ h }^\circ\text{F / Btu)}$$

$$C = \text{ความนำความร้อน (W / m}^2 \text{ }^\circ\text{C หรือ Btu/h ft}^2 \text{ }^\circ\text{F)}$$

$$n = \text{ความหนาของวัตถุ (เมตร หรือ นิ้ว)}$$

$$K = \text{สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (W / m }^\circ\text{C หรือ Btu / h ft}^2 \text{ }^\circ\text{F inh.)}$$

การหาความต้านทานความร้อนของผนังอาคารสามารถทำได้โดยการรวมกันของ R-Value ในแต่ละชั้นของวัสดุสร้างผนัง ($R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$) ความต้านทานความร้อนของผนังขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของวัสดุที่ใช้ทำผนัง กล่าวคือ วัสดุที่มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจะทำให้ความต้านทานความร้อนลดลง

2.4.4 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U)

คือส่วนกลับของความต้านทานความร้อน โดยแสดงให้เห็นว่าการไหลของความร้อนที่เกิดขึ้นในเวลา 1 ชั่วโมง ผ่านวัสดุ 1 ตารางฟุต ที่ทำให้อุณหภูมิแตกต่างระหว่างด้านนอกและด้านใน 1 องศาฟาเรนไฮด์ การหาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจะได้อาจจากการนำความต้านทานความร้อนของวัตถุแต่ละชั้นมารวมกัน รวมถึงความต้านทานความร้อนของชั้นอากาศที่เคลือบวัสดุ

$$U = 1 / R_T$$

$$U = \text{สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Btu / h ft}^2 \text{ }^\circ\text{F หรือ W / h m}^2 \text{ }^\circ\text{C)}$$

$$R_T = \text{ความต้านทานความร้อนรวม (m}^2 \text{ }^\circ\text{C / W หรือ ft}^2 \text{ h }^\circ\text{F / Btu)}$$

2.4.5 ปริมาณการถ่ายเทความร้อนของวัตถุ (Q)

ปริมาณการถ่ายเทความร้อนของวัตถุ หรือปริมาณความร้อนที่เข้าออกอาคารนั้นมีผลมาจากความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของวัตถุ (U) ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายใน และพื้นที่ผิวที่ได้รับความร้อนของวัตถุ

ในกรณีที่ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในคงที่ (Steady state) หรือมีอิทธิพลจากองค์ประกอบภายนอกไม่รุนแรงมากนัก จะใช้สมการในการคำนวณปริมาณการถ่ายเทความร้อนดังนี้

$$Q = U \times A \times (t_0 - t_1)$$

Q = ปริมาณการถ่ายเทความร้อน (W)

U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ($W / h m^2 \text{ } ^\circ C$)

A = พื้นที่ผิวที่ได้รับความร้อน (m^2)

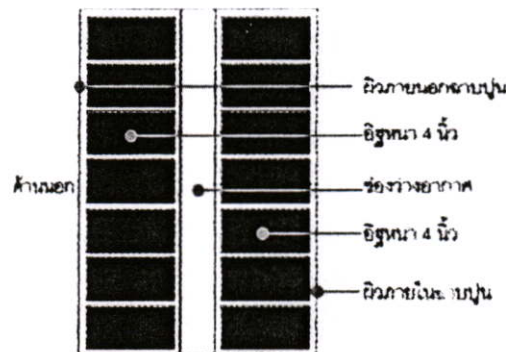
t_0 = อุณหภูมิอากาศภายนอก ($^\circ C$)

t_1 = อุณหภูมิอากาศภายใน ($^\circ C$)

2.5 แนวความคิด และหลักการทํางานของระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบเปิด

2.5.1 การทํางานของระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบเปิด

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าความสามารถในการต้านทานความร้อนผ่านช่องอากาศนั้นขึ้นอยู่กับความสามารถในการพาความร้อน และการนำความร้อนของช่องอากาศซึ่งเป็นผลมาจากขนาดความกว้างของช่องอากาศที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ปัจจัยในด้านวัสดุที่ประกอบกันขึ้นเป็นระบบผนังที่มีช่องอากาศก็มีส่วนสำคัญกับความสามารถในการต้านทานความร้อนของผนัง



รูปที่ 2.11 แสดงส่วนประกอบของระบบผนังที่มีช่องอากาศ

1) ผนังชั้นนอก (Outer Leaf) วัสดุผนังชั้นนอกต้องเผชิญกับสภาพดินฟ้าอากาศที่แปรปรวนอยู่ตลอดเวลาตลอดทั้งวัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอิทธิพลจากแสงแดด จึงจำเป็นต้องกำหนดคุณสมบัติที่เหมาะสมของวัสดุที่จะนำมาใช้กับระบบผนังที่มีช่องอากาศ ดังนี้

- มีความแข็งแรงทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศ เช่น แดด ลม ฝน
- มีความแข็งแรงทนทานต่อแรงที่กระทำจากภายนอก
- สามารถป้องกันความชื้นได้
- หาซื้อและก่อสร้างได้สะดวก

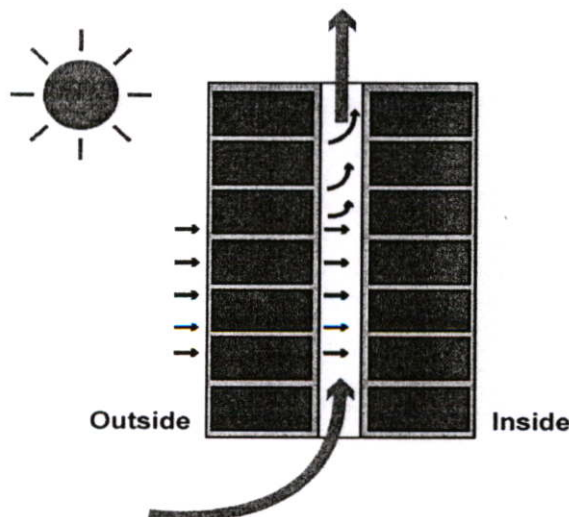
- ผนังชั้นนอก ทำหน้าที่เป็นตัวรับแสงแดดโดยตรง โดยจะทำให้อุณหภูมิในช่องอากาศสูงกว่าอุณหภูมิภายนอก ทำให้เกิดการไหลของอากาศภายนอกเข้ามาแทนที่ในช่องอากาศอย่างต่อเนื่อง ทำให้ภายในช่องอากาศมีอุณหภูมิเท่ากับหรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอก และผนังชั้นนอกยังทำหน้าที่เป็นร่มเงา (Shading) ให้กับผนังชั้นในไปในตัว

2) ช่องอากาศ (Cavity) เป็นช่องอากาศแบบเปิด (Vented Cavity) อยู่ระหว่างผนังชั้นนอกกับผนังชั้นในเปิดโล่งตลอดแนวผนัง ถ้าเป็นผนังแบบโครงเคร่าช่องอากาศจะเปิดโล่งขนานกับโครงเคร่าแนวตั้ง โดยไม่มีโครงเคร่าแนวนอนมาปิดกั้น ทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนออกจากผนังไม่ให้ความร้อนเข้าสู่ภายในโดยการเคลื่อนที่ของอากาศภายในช่องอากาศ

3) ผนังชั้นใน (Inner Leaf) เป็นผนังชั้นในสุดของระบบผนังที่มีช่องอากาศ เป็นผนังที่มีด้านหนึ่งสัมผัสกับอากาศภายในอาคาร ซึ่งจะไม่โดนแดดโดยตรงเลย เพราะมีผนังชั้นนอกทำหน้าที่เสมือนเป็นแผงกันแดดให้ และมีช่องอากาศแบบเปิดเป็นตัวปรับอุณหภูมิภายในช่องอากาศให้ใกล้เคียงหรือเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก ผนังชั้นในจึงไม่จำเป็นต้องมีความแข็งแรงเท่ากับผนังภายนอก ควรมีความสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนจากภายในช่องอากาศ และควรเป็นวัสดุที่มีมวลสารน้อยเพื่อไม่ให้เกิดการกักเก็บความร้อนในผนังชั้นใน

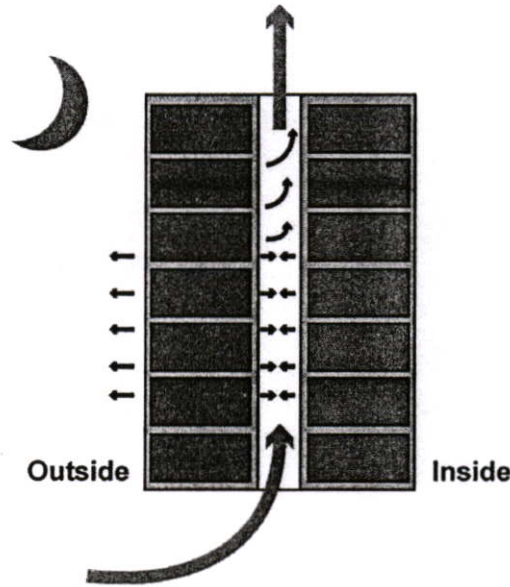
2.5.2 พฤติกรรมของระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบเปิด

ในเวลากลางวัน ผนังชั้นนอก (Outer leaf) ซึ่งโดนแดดโดยตรงตลอดทั้งวัน โดยเฉพาะอุณหภูมิอากาศที่ติดอยู่กับพื้นผิวจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกมาก ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปสู่ช่องอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ทำให้อุณหภูมิภายในช่องอากาศสูงขึ้น ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเช่นกัน ดังนั้นจึงเกิดความต่างศักย์ของอุณหภูมิขึ้น ทำให้อากาศภายนอกที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเคลื่อนเข้าไปแทนที่อากาศภายในช่องอากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่า อุณหภูมิภายในช่องอากาศจึงมีค่าใกล้เคียงหรืออาจเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก



รูปที่ 2.12 แสดงการทำงานของระบบผนังที่มีช่องอากาศในเวลากลางวัน

ในเวลากลางคืน อุณหภูมิที่ผิวของผนังชั้นนอกจะเย็นกว่าอากาศ เพราะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนกับชั้นบรรยากาศ (Longwave Radiation Heat Exchange) เป็นผลให้อุณหภูมิภายในช่องอากาศเย็นลง ซึ่งอาจใกล้เคียงหรือเท่ากับอุณหภูมิอากาศภายนอก ส่วนอุณหภูมิที่ผิวผนังชั้นในที่สูงกว่าอุณหภูมิภายในช่องอากาศ จะค่อยๆ ถ่ายเทความร้อนให้กับช่องอากาศที่เย็นกว่า จนอุณหภูมิที่ผิวผนังชั้นในมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิช่องอากาศ และอุณหภูมิอากาศภายนอก จึงไม่เกิดการสะสมความร้อนมากนักในระบบผนัง เป็นผลให้อุณหภูมิภายในอาคารเย็นสบาย



รูปที่ 2.13 แสดงการทำงานของระบบผนังที่มีช่องอากาศในเวลากลางคืน

2.6 การระบายความร้อนออกจากช่องอากาศด้วยเครื่องกล

ระบบผนังที่มีช่องอากาศนั้นอาศัยการระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural Ventilation) ในการระบายความร้อนออกจากช่องอากาศ ความร้อนจะถูกพาออกไปโดยการเคลื่อนที่ของอากาศที่เกิดจากความต่างศักย์ของอุณหภูมิอากาศภายนอก และอุณหภูมิภายในช่องอากาศ แต่การระบายอากาศแบบธรรมชาตินี้จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีท้องฟ้าที่แจ่มใส ไม่มีเมฆหมอกมาบดบังแสงอาทิตย์ที่ส่องลงมายังผนังอาคาร ซึ่งเป็นปัจจัยให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายใน และในเวลาหัวค่ำที่หมดแสงอาทิตย์ไปแล้ว แต่อุณหภูมิภายในช่องอากาศยังสูงอยู่ จึงทำให้การระบายความร้อนออกจากระบบผนังเป็นไปอย่างเชื่องช้า และอาจทำให้เกิดการย้อนกลับของความร้อนเข้าไปในอาคารเพราะอุณหภูมิภายในอาคารเย็นกว่า ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่ผู้พักอาศัยอยู่ภายในอาคารเป็นส่วนใหญ่

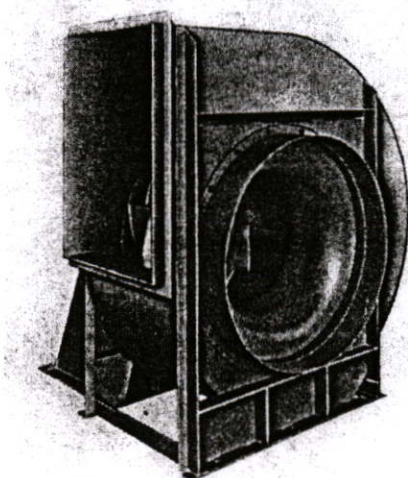
การใช้การระบายอากาศด้วยเครื่องกล (Forced Ventilation) อย่างเช่นพัดลมไฟฟ้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายความร้อน ในสถานะที่การระบายอากาศแบบธรรมชาติไม่สามารถทำงานได้เต็มที่ การใช้พัดลมในการระบายอากาศภายในช่องอากาศจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ

หนึ่ง เนื่องจากการบริโภคพลังงานที่ต่ำทำให้ไม่เปลืองค่าไฟฟ้ามากนัก นอกจากการใช้พัดลมไฟฟ้าในการระบายความร้อนเฉพาะช่วงที่จำเป็น ยังสามารถใช้พัดลมไฟฟ้าระบายความร้อนออกจากช่องอากาศได้ตลอดเวลา เพื่อให้ความร้อนระบายออกจากช่องอากาศได้มากขึ้น และเร็วขึ้นกว่าเดิม ทำให้ไม่เกิดความร้อนสะสมภายในระบบผนังมากนัก เป็นผลให้อุณหภูมิภายในอาคารลดลง

2.6.1 ชนิดของพัดลม

พัดลมโดยทั่วไปแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆ 2 ประเภท โดยแบ่งตามลักษณะของลมที่วิ่งผ่านใบพัด และลักษณะ โครงสร้างของพัดลมเอง

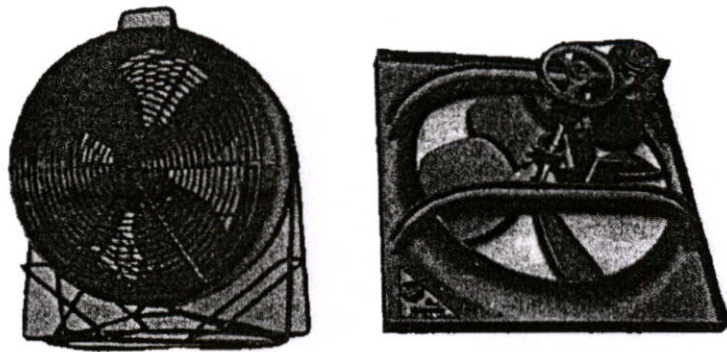
1) พัดลมแรงเหวี่ยง (Centrifugal fan) ลักษณะของลมที่วิ่งผ่านใบพัดจะไหลผ่านในแนวรัศมีของใบ พัดลมแรงเหวี่ยงจะให้ความดันของลมในลักษณะแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ซึ่งเกิดจากการหมุนเหวี่ยงก้อนอากาศที่จับอยู่ระหว่างใบพัดกับตัวเรือนพัดลม พัดลมแรงเหวี่ยงยังถูกจำแนกชนิดออกไปตามลักษณะของใบพัด เช่น แบบใบพัดโค้งหน้า (forward curved blade) แบบใบตรง (Radial or Straight blade) แบบใบพัดโค้งหลัง (Backward curved blade) สมรรถนะการใช้งานของใบพัดแต่ละแบบของพัดลมแรงเหวี่ยงจะใกล้เคียงกัน และมีการใช้งานที่คล้ายคลึงกัน คือ ใช้ในการระบายอากาศ การระบายความร้อน การปรับอากาศ การดูดฝุ่น ควัน หรือละอองของสารเคมี เป็นต้น



รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะของพัดลมแรงเหวี่ยง

2) พัดลมพัดตามแนวแกน (Axial flow fan) ลักษณะของลมที่วิ่งผ่านใบพัดจะวิ่งผ่านไปมาตามแนวแกนของเพลาพัดลม พัดลมพัดตามแนวแกน เป็นพัดลมที่ให้ความดันมาจากการเพิ่มความเร็วของลมขณะลมวิ่งผ่านใบพัด แล้วจึงเปลี่ยนมาเป็นความดันสถิต พัดลมตามแนวแกนยังแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ โพรเพลเลอร์ (Propeller) ทิวบ์เอกเซียล (Tube Axial) และเวนเอกเซียล

(Vane Axial) ซึ่งมีลักษณะและการใช้งานที่คล้ายคลึงกัน จะแตกต่างกันก็เพียงสมรรถนะที่แตกต่างกันออกไปเท่านั้น [7]



รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะของพัดลมพัดตามแนวแกน

2.6.2 การเลือกใช้พัดลมไฟฟ้า

โดยปกติการเลือกใช้พัดลมไฟฟ้าในการระบายอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งาน จะพิจารณาที่คุณสมบัติของพัดลมแต่ละตัว เช่น ปริมาณลม CFM (ลูกบาศก์ฟุต/นาที) ความเร็วรอบของมอเตอร์พัดลม RPM (รอบ/นาที) ความดันลมสถิต (นิ้วน้ำ) ความเร็วลม (ฟุต/นาที) โดยหลักการพิจารณาการเลือกใช้พัดลมจะเป็นไปตามลักษณะการใช้งานของพัดลมคือ

1) การระบายอากาศ การพิจารณาลักษณะนี้จะเป็นไปตามมาตรฐานของการระบายอากาศในห้องต่างๆภายในอาคาร ซึ่งกำหนดเป็น การเปลี่ยนแปลงปริมาตรอากาศต่อชั่วโมง (air change/hr) โดยพิจารณาร่วมกับปริมาตรของห้องที่ต้องการทราบ โดยนำไปคำนวณในสูตร

$$\text{ปริมาณลม (ล.บ. ฟุต/นาที)} = \text{ปริมาตรห้อง (ล.บ. ฟุต)} \times \text{air change / hr} \times 1/60$$

ตารางที่ 2.5 แสดงความต้องการปริมาณการระบายอากาศของอาคารแต่ละประเภท [8]

ประเภทของการใช้งาน	ความต้องการขั้นต่ำปริมาณ air change / hour
อาคารจอดรถ	6 air change / h หรือไม่น้อยกว่า $18 \text{ m}^3/\text{ช.ม.}/\text{ม.}^2$ และอย่างน้อย 50% ของที่ถูกดูดออกไป จะต้องตั้งตำแหน่งพัดลมดูดอากาศสูงจากพื้นไม่เกิน 65 ซม.
โรงพยาบาล	
ห้องผ่าตัด, X-ray	10 air change / h
หอผู้ป่วย	6 air change / h
โรงเรียน, สำนักงาน โรงแรม	6 air change / h หรือไม่น้อยกว่า $18 \text{ m}^3/\text{ช.ม.}/\text{คน}$
สถานที่สาธารณะ	8 air change / h หรือ $2.34 \text{ m}^3/\text{ช.ม.}/\text{คน}$
ครัว (ขนาดใหญ่)	10 air change / h
ห้องขาม, ทางเดิน, บันได	4 air change / h
ห้องน้ำ - ส้วม	6 air change / h

2) การระบายความร้อน การพิจารณาในรูปแบบนี้จะถูกกำหนดโดยอุณหภูมิที่สูงขึ้น โดยคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ปริมาณลม (ล.บ. ฟุต / นาที)} = \frac{\text{ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นในห้อง (บีทียู / ชม.)}}{1.08 \Delta T}$$

เมื่อ ΔT คือความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกอาคารหรือนอกห้อง ในกรณีที่ห้องหรืออาคารนั้นใช้อากาศจากภายนอกในการระบายอากาศ

3) การระบายฝุ่นหรือควัน พิจารณาจากความเร็วลมต่ำสุดที่ลมยังสามารถพาฝุ่นควันไปได้ตามตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 แสดงความเร็วลมต่ำสุดที่ต้องการใช้ของอุปกรณ์ และสารต่างๆ [7]

ลักษณะการใช้งาน	ความเร็วลมต่ำสุด (ฟุต/นาที)
เครื่องซูบไฟฟ้า เครื่องเชื่อมไฟฟ้า	150
ครีว, เต่า	100-200
เครื่องพ่นสี	150
เครื่องพ่นทราย	500
เศษด้าย, ผ้าไหม	1,500
ฝุ่นหยาบ ฝุ่นกระสอบ ฝุ่นยาง	2,000
แป้งทำขนม ฝุ่นซีลีออย ฝุ่นซีเหล็ก	3,000
ฝุ่นทองเหลือง ผงถ่าน	4,000
ฝุ่นตะกั่ว	5,000

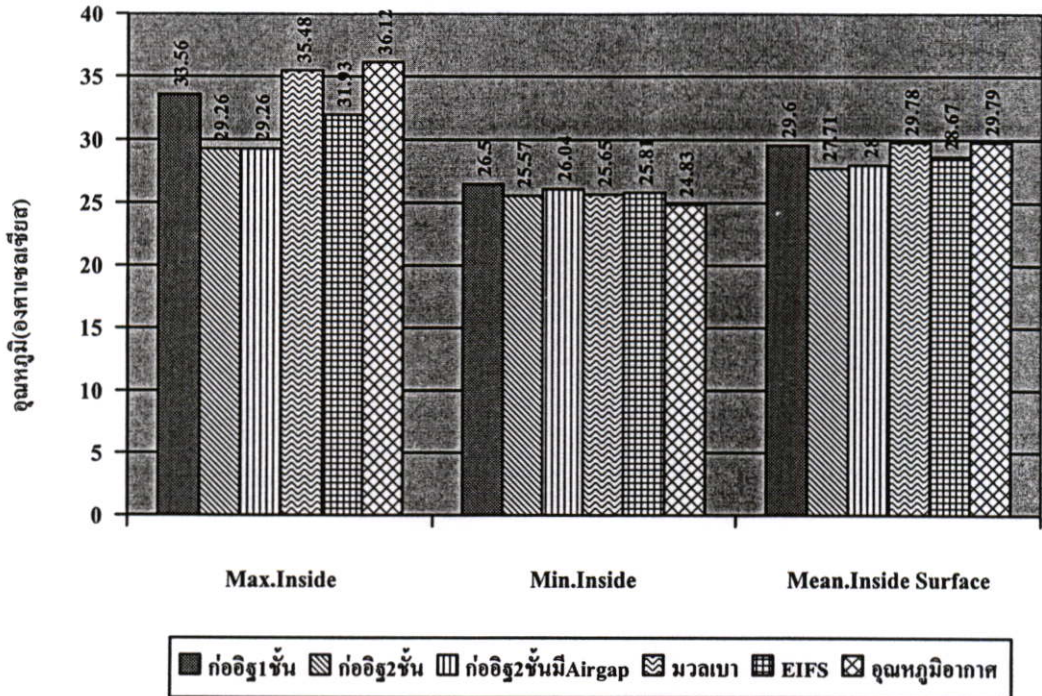
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 “การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุก่อของอาคารพักอาศัยในเขตร้อนชื้น”
 อูทัย สุจิตกุลวงศ์ วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร
 ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย [9]

งานวิจัยชิ้นนี้ศึกษาถึงพฤติกรรมในการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่ใช้วัสดุก่อ และศึกษาถึง
 ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวผนัง เพื่อที่จะนำไปพัฒนารูปแบบและความเหมาะสม
 ของวัสดุก่อผนังสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้น โดยเลือกผนังทดสอบที่นิยมใช้กันอยู่อย่างแพร่หลาย คือ
 ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว ผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว ผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้วมีช่องอากาศ ผนังวัสดุก่อ
 มวลเบา และระบบผนังที่มีฉนวนกันความร้อนภายนอกหนา 3 นิ้ว(EIFS) และนำมาทดลองภายใต้
 สภาพะปรียบอากาศ และไม่ปรียบอากาศ

จากการศึกษาพบว่า ในกรณีไม่ปรียบอากาศผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว และผนังก่ออิฐฉาบปูน
 8 นิ้วมีช่องอากาศ มีศักยภาพในการป้องกันความร้อนดีที่สุด รองลงมาเป็นผนังที่มีฉนวนกันความ
 ร้อนภายนอกหนา 3 นิ้ว และผนังที่มีศักยภาพในการป้องกันความร้อนต่ำที่สุดคือ ผนังก่ออิฐฉาบ
 ปูน 4 นิ้ว และผนังวัสดุมวลเบา

ผลจากการวิจัยสรุปได้ว่า ผนังที่เหมาะสมสำหรับภูมิอากาศแบบร้อนชื้นนั้น ควรมีการ
 ผสมผสานระหว่างมวลสารของผนัง และฉนวนป้องกันความร้อน สำหรับอาคารไม่ปรียบอากาศนั้น
 ผนังที่ใช้วัสดุก่อควรจะมีมวลสารที่พอเหมาะ เพื่อช่วยลดซับและหน่วงเหนี่ยวความร้อนในเวลา
 กลางวัน เพื่อลดความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร และใช้การระบายอากาศช่วยลด
 อุณหภูมิอากาศในเวลากลางคืน



รูปที่ 2.16 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิผิวผนังภายในของวัสดุก่อประเภทต่างๆ ในกรณีไม่ปรับอากาศ

2.7.2 “การลดการส่งผ่านความร้อนในอาคารโดยระบบผนังมีช่องอากาศ: กรณีศึกษาสำหรับ ภูมิอากาศร้อนชื้น” ประพันธ์ จงปดิยัตต์ วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย [10]

งานวิจัยชิ้นนี้ ศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของระบบผนังที่มีช่องอากาศ ความสามารถในการลดปริมาณความร้อนที่ผ่านระบบผนังที่มีช่องอากาศเข้าสู่อาคาร โดยเปรียบเทียบกับผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้วที่นิยมใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป การทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ การทดลองระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบปิด และการทดลองระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบเปิด โดยในแต่ละแบบจะแยกประเภทของผนังที่ทำการทดสอบตามวัสดุที่ใช้ออกไปอีกคือ

- ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว
- ผนังก่ออิฐ + ช่องอากาศ 1½ นิ้ว + ผนังก่ออิฐ
- ผนังก่ออิฐ + ช่องอากาศ 1½ นิ้ว + โฟม 4 นิ้ว/แผ่นยิบซั่ม
- แผ่นยิบซั่ม/โฟม 4 นิ้ว + ช่องอากาศ 1½ นิ้ว + ผนังก่ออิฐ
- ซีเมนต์แผ่นเรียบ + ช่องอากาศ 1½ นิ้ว + โฟม 4 นิ้ว/แผ่นยิบซั่ม

ซึ่งผลการวิจัยพอสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

1) ระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบเปิด จะมีประสิทธิภาพในการกันความร้อนดีกว่าระบบผนังที่มีช่องอากาศแบบปิด

2) ระบบผนังที่มีช่องอากาศสำหรับอาคารไม่ปรับอากาศ ในช่วงที่มีอุณหภูมิสูงสุดของวัน หรือในเวลากลางวันที่มีโคไซน์แสงแดด ถ้าเลือกใช้ผนังชั้นในเป็นวัสดุมวลสารมาก จะทำให้อุณหภูมิภายในอาคารต่ำกว่าการเลือกใช้ผนังชั้นในเป็นวัสดุมวลสารน้อย

3) ระบบผนังที่มีช่องอากาศสำหรับอาคารปรับอากาศ การที่จะลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกสู่ภายในอาคารได้คือนั้น จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายในช่องอากาศ และความสามารถในการป้องกันความร้อนของผนังชั้นใน

4) ระบบผนังที่มีช่องอากาศ สามารถลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกสู่ภายในอาคาร ได้ดีกว่าผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว ดังนี้

1) ผนังก่ออิฐ + ช่องอากาศ 1½ นิ้ว + ผนังก่ออิฐ

มี Heat gain น้อยกว่าผนังก่ออิฐประมาณ 1.8 เท่า

2) ผนังก่ออิฐ + ช่องอากาศ 1½ นิ้ว + โฟม 4 นิ้ว/แผ่นยิบซั่ม

มี Heat gain น้อยกว่าผนังก่ออิฐประมาณ 12.5 เท่า

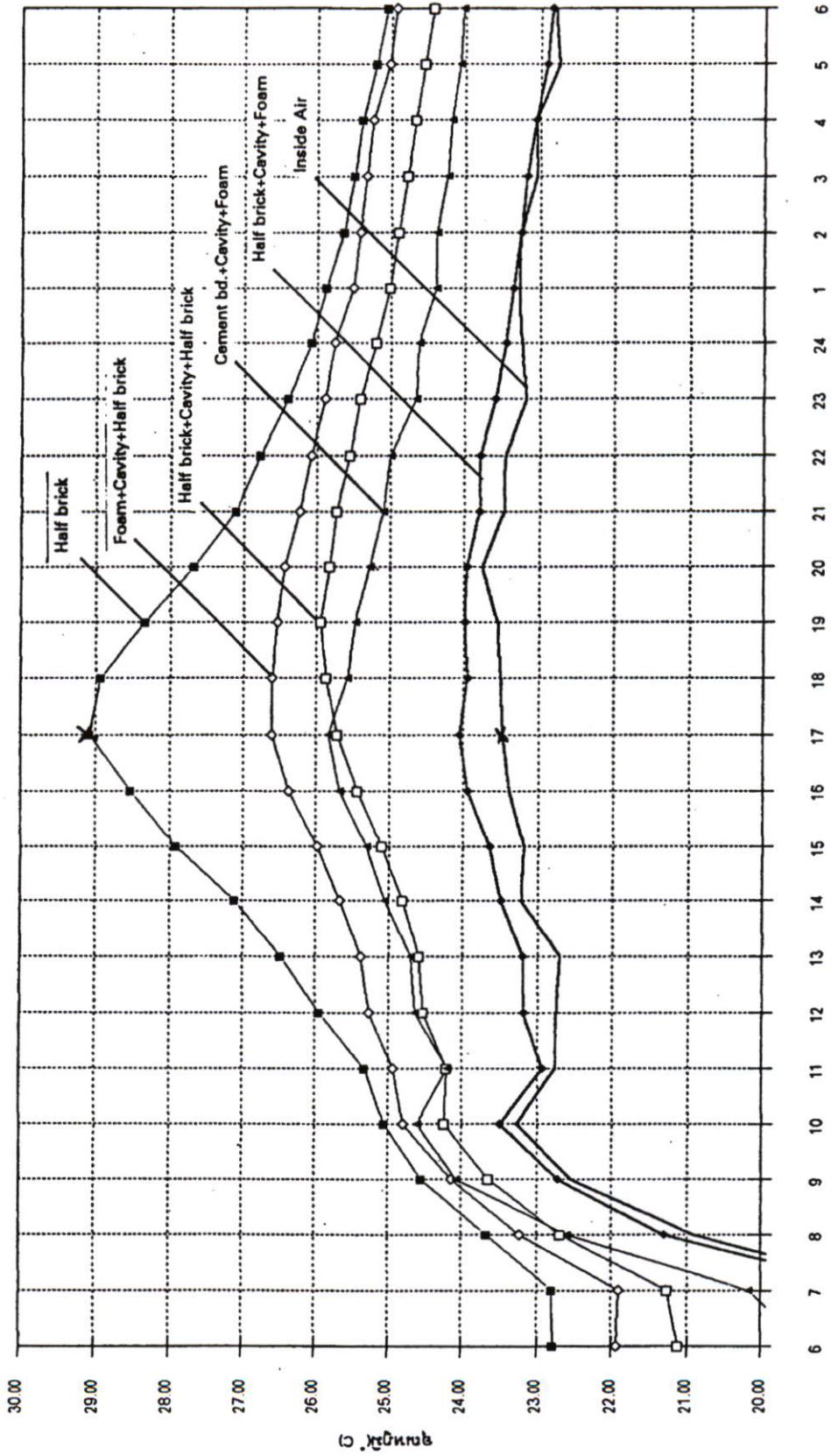
3) แผ่นยิบซั่ม/โฟม 4 นิ้ว + ช่องอากาศ 1½ นิ้ว + ผนังก่ออิฐ

มี Heat gain น้อยกว่าผนังก่ออิฐประมาณ 1.3 เท่า

4) ซีเมนต์แผ่นเรียบ + ช่องอากาศ 1½ นิ้ว + โฟม 4 นิ้ว/แผ่นยิบซั่ม

มี Heat gain น้อยกว่าผนังก่ออิฐประมาณ 2.1 เท่า

CASE 4-1 : VENTED CAVITY (100%) IN A/C ROOM W/ SUN



เวลา(ชั่วโมง) 14 - 16 April 1996

รูปที่ 2.17 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิภายในระบบผนังที่มีช่องอากาศที่มีวัสดุต่างชนิดกัน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 แนวทางดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยชิ้นนี้เป็นการศึกษา และวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนที่ผ่านระบบผนังที่มีช่องอากาศ โดยการทดสอบหาวัสดุที่เหมาะสมในการก่อสร้างระบบผนังที่มีช่องอากาศตลอดไปจนถึงความกว้างของช่องอากาศ จำนวนพัคลมที่ใช้ ขนาดของช่องเปิด และระยะเวลาที่เปิด-ปิดพัคลมที่เหมาะสม เพื่อที่จะสรุปผล หาแนวทางของผนังระบบที่มีช่องอากาศที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อน เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยการสร้างแบบจำลองของผนังที่มีลักษณะต่าง ๆ กันตามตัวแปรหลักที่ต้องการทดลอง และเก็บข้อมูลด้วยการใช้เครื่องมือในการวัดตัวแปรตามที่ต้องการทราบ เช่น อุณหภูมิ ความเร็วลม เวลา เป็นต้น แล้วนำข้อมูลที่วัดค่าได้มาวิเคราะห์และหาบทสรุปต่อไป

3.2 วิธีการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

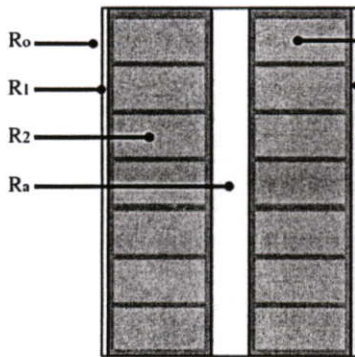
3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

คือแบบจำลองของระบบผนังที่มีช่องอากาศ ซึ่งจะเรียกว่า “หน่วยทดลอง” (Test Unit) โดยการสร้างผนังจำลองที่มีวัสดุในการก่อสร้างแตกต่างกันตามตัวแปรที่ต้องการทดสอบ และจะทำการทดสอบภายใต้สภาพแวดล้อม และตัวแปรที่คล้ายคลึงกันทุกหน่วยทดลอง รูปแบบของหน่วยทดลองในงานวิจัยชิ้นนี้แบ่งออกเป็น 3 แบบตามระยะของการทดลองที่มีการทดลองอยู่ 3 ระยะด้วยกันคือ

1) การทดลองระยะที่ 1

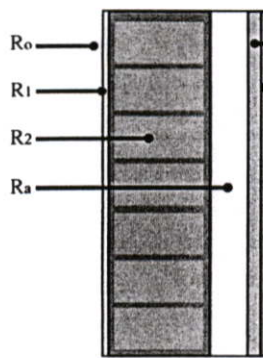
เป็นการทดลองหาวัสดุที่เหมาะสมในการสร้างระบบผนังที่มีช่องอากาศภายใน โดยอยู่บนพื้นฐานที่ว่า “วัสดุที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่หาซื้อได้ง่าย นิยมใช้ในการก่อสร้างผนังของอาคารบ้านพักอาศัย สะดวกในการก่อสร้าง และมีราคาไม่แพงมากนัก” โดยวัสดุที่ใช้ในการทดสอบจะแบ่งได้ตามคุณสมบัติของวัสดุได้เป็น 2 ประเภท คือ “วัสดุมวลสูง” (High Mass Materials) คือ อิฐมวลฉนวน และ “วัสดุมวลต่ำ” (Low Mass Materials) คือ วัสดุผนังแบบแผ่น แล้วนำวัสดุ 2 ประเภทนี้มาประกอบเป็นระบบผนังที่มีช่องอากาศ 3 แบบ คือ

- ผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว + ช่องอากาศ 4 ซม. + ผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว เป็นระบบผนังที่มีช่องอากาศภายในแบบดั้งเดิม ลักษณะเป็นกำแพงอิฐ 2 ชั้นมีช่องว่างอากาศระหว่างกลาง เนื่องจากเป็นกำแพงอิฐถึงสองชั้นจึงมีคุณสมบัติของการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Thermal Lag) ได้สูง แต่ในขณะที่เดียวกันก็จะกักเก็บความร้อนได้สูงเช่นกัน จึงใช้เวลานานในการระบายความร้อนออกจากระบบผนัง สาเหตุที่เลือกผนังแบบนี้มาทดสอบคือ เป็นรูปแบบแรกเริ่มของระบบผนังที่มีช่องว่างอากาศ จึงนำมาเป็นบรรทัดฐานเปรียบเทียบกับผนังที่ผสมผสานระหว่าง วัสดุมวลสูง และวัสดุมวลต่ำ



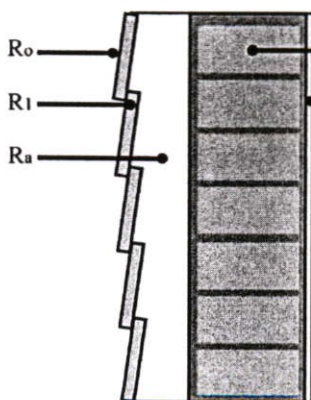
R_o	R_3	$R_o =$ ฟิล์มอากาศภายนอก	$0.120 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$
R_1	R_4	$R_1 =$ ปูนฉาบ	$0.036 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$
R_2	R_i	$R_2 =$ ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว	$0.083 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$
R_a		$R_a =$ ช่องอากาศ	$0.080 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$
		$R_3 =$ ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว	$0.122 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$
		$R_4 =$ ปูนฉาบ	$0.036 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$
		$R_i =$ ฟิล์มอากาศภายใน	$0.044 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$
		ΣR	$0.521 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$
		U	$1.92 \text{ W} / \text{h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

- ผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว + ช่องอากาศ 4 ซม. + แผ่นฉนวน การที่ใช้ผนังมวลสูงเป็นผนังภายนอก จะส่งผลให้ผนังสามารถหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้นานขึ้น ความร้อนจึงค่อยๆ ถ่ายเทสู่ช่องอากาศ เลยทำให้มีปริมาณความร้อนภายในช่องอากาศไม่สูงมากนัก ทำให้ช่องอากาศระบายความร้อนได้ทัน ส่วนผนังชั้นในได้รับรังสีจากผนังชั้นนอกจึงลดการรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงหน้าที่หลักๆ จึงเหลือเพียงป้องกันความร้อนจากช่องอากาศเท่านั้น ซึ่งคุณสมบัติของผนังชั้นในจึงควรมีความเป็นฉนวนและมีมวลที่น้อย เพื่อไม่ให้เกิดการกักเก็บความร้อนในผนังชั้นใน



R_0 = ฟิล์มอากาศภายนอก	0.120	$m^2 \text{ } ^\circ\text{C} / W$
R_1 = ปูนฉาบ	0.036	$m^2 \text{ } ^\circ\text{C} / W$
R_2 = ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว	0.083	$m^2 \text{ } ^\circ\text{C} / W$
R_a = ช่องอากาศ	0.080	$m^2 \text{ } ^\circ\text{C} / W$
R_3 = แผ่นยิปซัม 9 มม.	0.047	$m^2 \text{ } ^\circ\text{C} / W$
R_4 = ปูนฉาบยิปซัม	0.025	$m^2 \text{ } ^\circ\text{C} / W$
R_i = ฟิล์มอากาศภายใน	0.044	$m^2 \text{ } ^\circ\text{C} / W$
ΣR	0.435	$m^2 \text{ } ^\circ\text{C} / W$
U	2.30	$W / h m^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

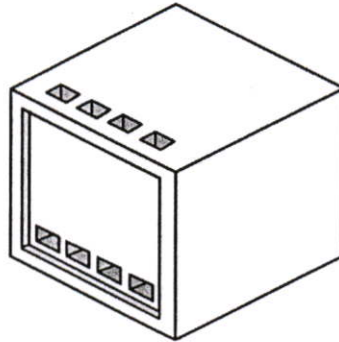
- ฝ้าไม้สำเร็จรูป + ช่องอากาศ 4 ซม. + ผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว การใช้ผนังมวลต่ำมาเป็นผนังชั้นนอก อาจจะไม่สามารถป้องกันความร้อนได้อย่างเต็มที่ เนื่องจากไม่มีคุณสมบัติสามารถหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้นานเท่าผนังก่ออิฐ แต่ฝ้าไม้สำเร็จรูปก็สามารถให้ร่มเงาแก่ช่องอากาศและผนังชั้นในได้ ความร้อนที่เล็ดรอดเข้าไปสู่ช่องอากาศ จึงเป็นหน้าที่ของผนังชั้นในๆการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไม่ให้เข้าสู่ภายในอาคาร และเป็นหน้าที่ช่องอากาศทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากระบบผนัง ส่วนในเวลาหัวค่ำผนังชั้นนอกจะสามารถถ่ายเทความร้อนออกสู่บรรยากาศได้เร็วเนื่องจากมีมวลสารน้อย จึงทำให้ไม่มีการกักเก็บความร้อนภายในระบบผนังนานมากเท่ากับผนังก่ออิฐ



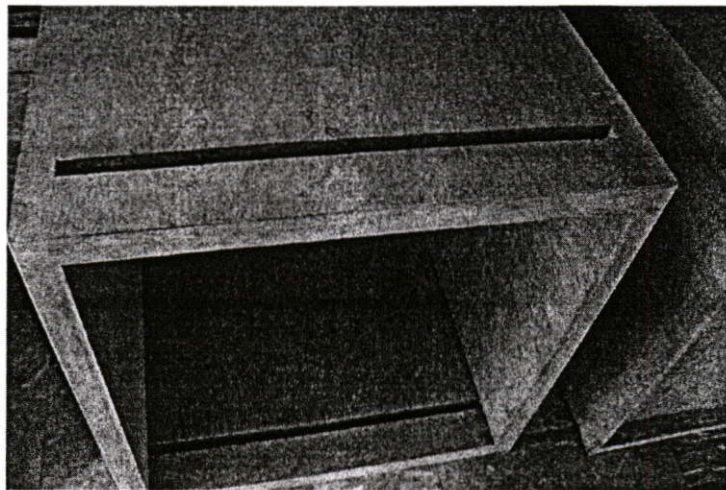
R_0 = ฟิล์มอากาศภายนอก	0.120	$m^2 \text{ } ^\circ\text{C} / W$
R_1 = ฝ้าไม้สำเร็จรูป	0.017	$m^2 \text{ } ^\circ\text{C} / W$
R_a = ช่องอากาศ	0.080	$m^2 \text{ } ^\circ\text{C} / W$
R_2 = ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว	0.122	$m^2 \text{ } ^\circ\text{C} / W$
R_3 = ปูนฉาบ	0.036	$m^2 \text{ } ^\circ\text{C} / W$
R_i = ฟิล์มอากาศภายใน	0.044	$m^2 \text{ } ^\circ\text{C} / W$
ΣR	0.419	$m^2 \text{ } ^\circ\text{C} / W$
U	2.39	$W / h m^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

- รูปแบบหน่วยทดลอง จากคุณสมบัติในทางด้านทานความร้อนของระบบผนังที่มีช่องอากาศแต่ละประเภทจะเห็นได้ว่า ผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว + ช่องอากาศ + ผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว มีความสามารถในการต้านทานความร้อนได้ดีที่สุด รองลงมาเป็น ผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว + ช่องอากาศ 4 ซม. + แผ่นยิบซั่ม และ ฝาไม้สำเร็จรูป + ช่องอากาศ 4 ซม. + ผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว ตามลำดับ แต่นั่นก็เพียงการคำนวณทางคณิตศาสตร์ โดยสมการที่ใช้ในการคำนวณมาจากการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นสถานะที่คงที่ (Steady State)

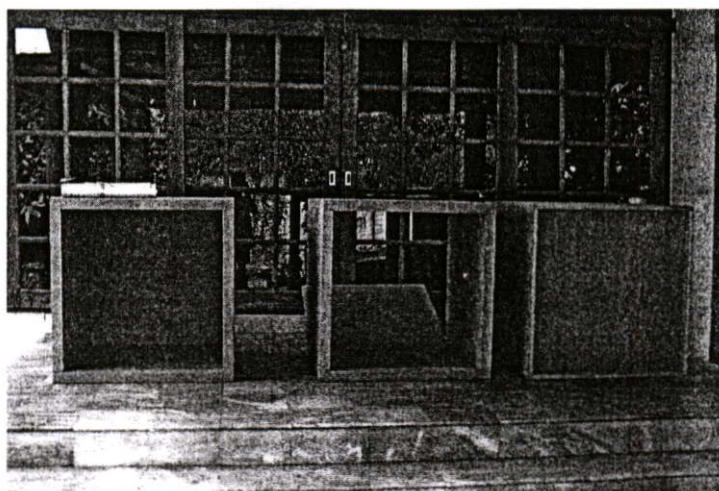
ด้วยเหตุนี้จึงต้องทำการทดสอบระบบผนังที่มีช่องอากาศในสภาวะแวดล้อมที่เกิดขึ้นจริง ภูมิอากาศจริง ๆ เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมในการถ่ายเทความร้อนของระบบผนัง อันเป็นแนวทางไปสู่การหาวัสดุก่อสร้างที่เหมาะสมในการก่อสร้างระบบผนังที่มีช่องอากาศมากที่สุด โดยการจำลองผนังทดลองขึ้นมาซึ่งมีรูปแบบดังนี้



รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของกล่องทดลอง

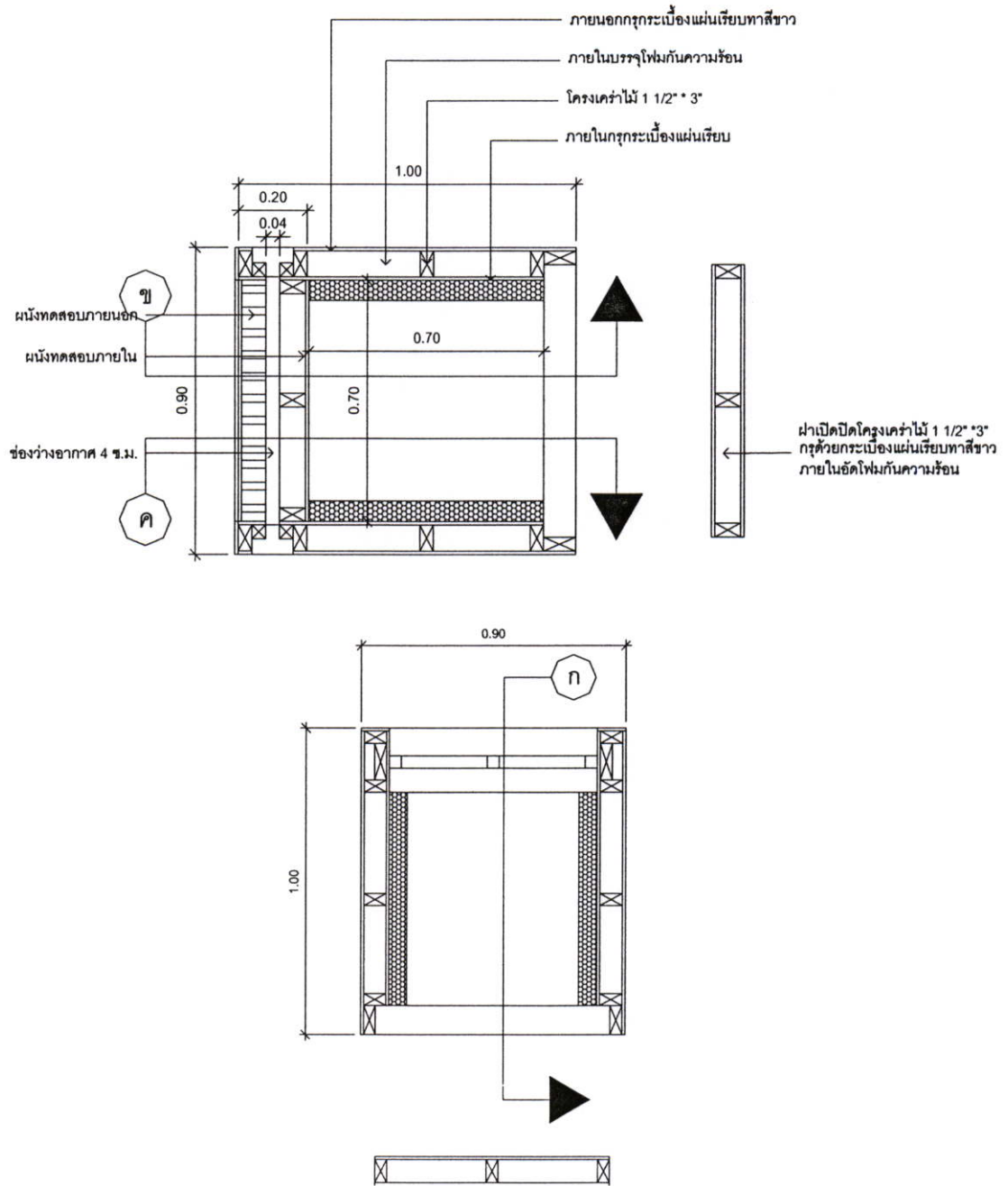


รูปที่ 3.2 แสดงกล่องทดลองเมื่อยังไม่ได้ติดตั้งผนังทดลองบริเวณช่องอากาศ



รูปที่ 3.3 แสดงกล่องทดลองเมื่อยังไม่ได้ติดตั้งผนังทดลองทั้ง 3

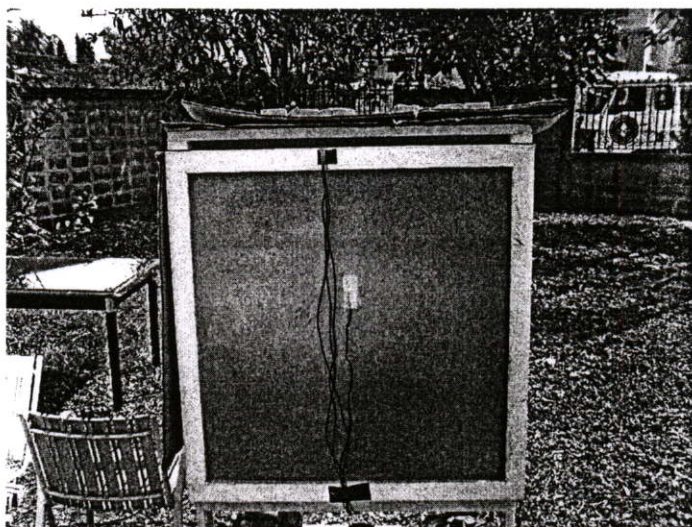
1. หน่วยทดลองมีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ มีขนาดประมาณ 1.00 ม.×1.00 ม.×1.00 ม. ผนังด้านหนึ่งจะติดตั้งวัสดุก่อสร้างระบบผนังที่มีช่องอากาศ เอาไว้สำหรับทดลอง ผนังด้านตรงข้ามเป็นฝาเปิดปิดสำหรับเป็นทางเข้าไปติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าต่างๆ ส่วนผนังด้านอื่นเป็นผนังทึบไม่สามารถเปิดได้ มีการป้องกันความร้อนอย่างดีเพื่อควบคุมสภาวะอากาศภายใน
2. ผนังด้านที่ไม่ใช่ผนังทดลองเป็นผนังโครงเคร่าไม้กรุด้วยไม้อัด มีการป้องกันความร้อนด้วยการบุโฟมหนา 6 ซม. ภายใน
3. ผนังด้านทดลองจะมีความแตกต่างไปในแต่ละกล่องทดลองตามวัสดุที่ต้องการทดสอบ
4. สีทาภายนอกกล่องทดลองเป็นสีขาวเพื่อลดการดูดซับความร้อน และการเปล่งรังสีของวัสดุ
5. บริเวณผนังทดลองจะเปิดเป็นช่องระบายอากาศบริเวณด้านบน และด้านล่างของผนัง
6. ติดตั้งหน่วยทดลองให้สูงจากพื้นประมาณ 1 ม. เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบความร้อนที่มาจากพื้น ที่อาจจะเป็นตัวแปรรบกวนทำให้ค่าการทดลองเบี่ยงเบน



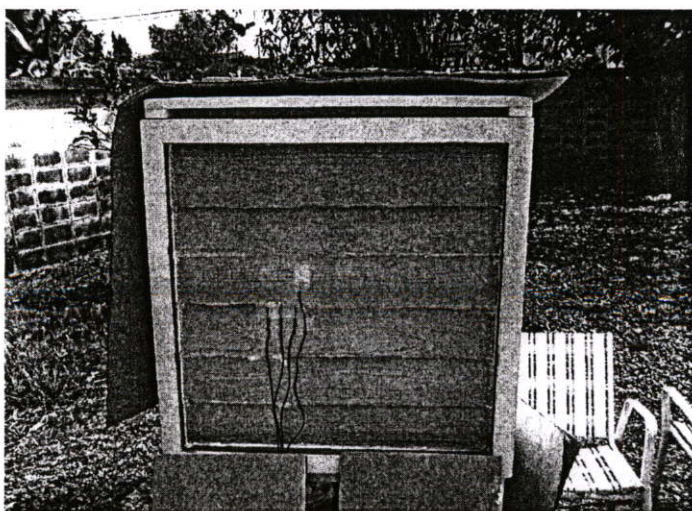
รูปที่ 3.4 แสดงรายละเอียดของกล่องทดลอง



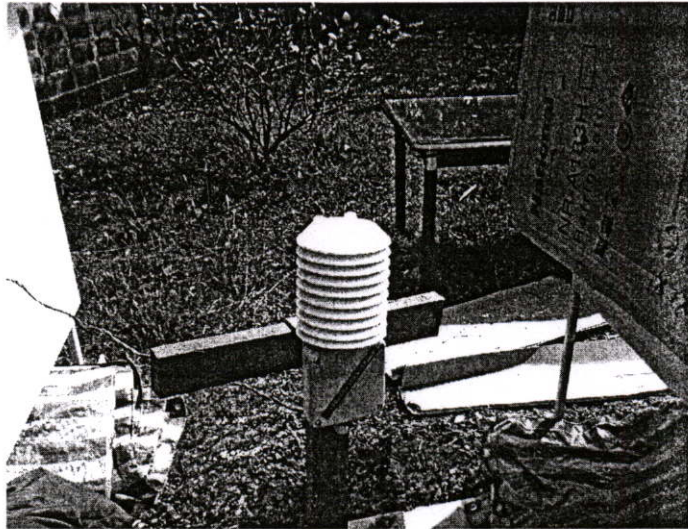
รูปที่ 3.5 แสดงกล่องทดลองทั้ง 3 ตั้งบริเวณพื้นที่ๆทดลอง



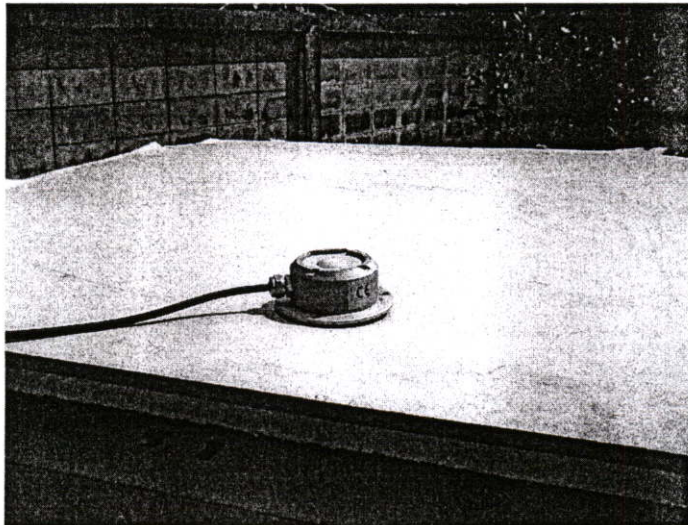
รูปที่ 3.6 แสดงกล่องทดลองที่มีผนังชั้นนอกเป็นผนังก่ออิฐฉาบปูน



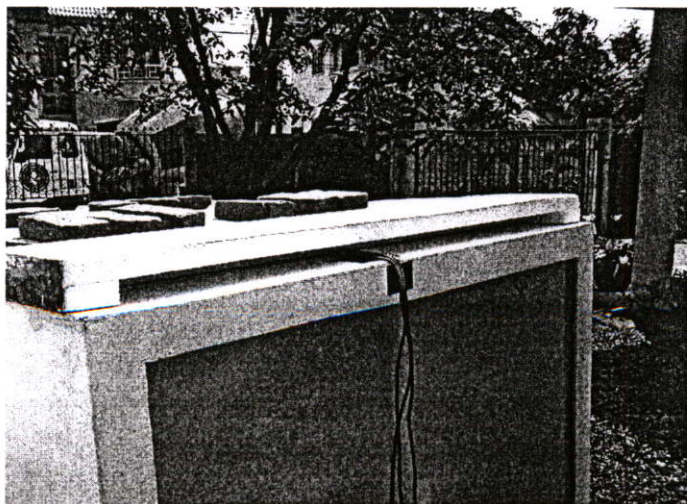
รูปที่ 3.7 แสดงกล่องทดลองที่มีผนังชั้นนอกเป็นผนังฝาไม้เทียม



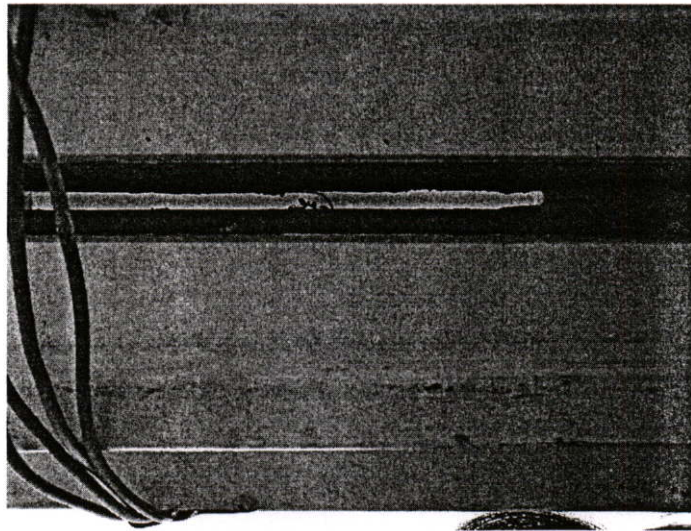
รูปที่ 3.8 แสดงเซนเซอร์วัดอุณหภูมิภายนอกและครอบวัดกันรังสีดวงอาทิตย์



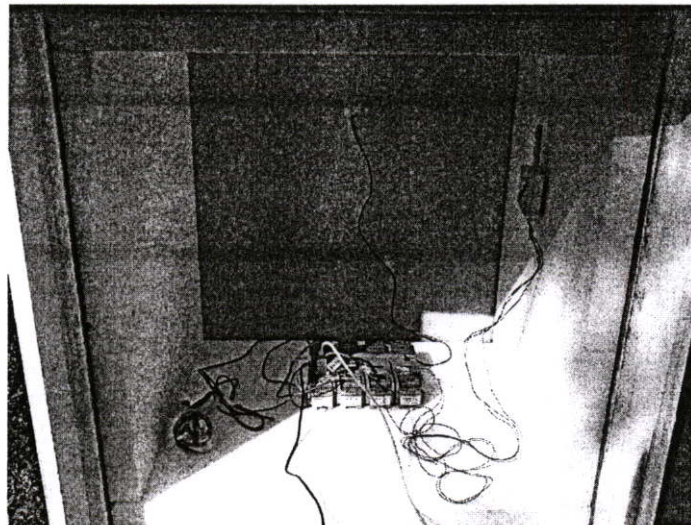
รูปที่ 3.9 แสดงเซนเซอร์วัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์



รูปที่ 3.10 แสดงกล่องทดลองบริเวณช่องอากาศออก



รูปที่ 3.11 แสดงกล่องทดลองบริเวณช่องอากาศเข้า



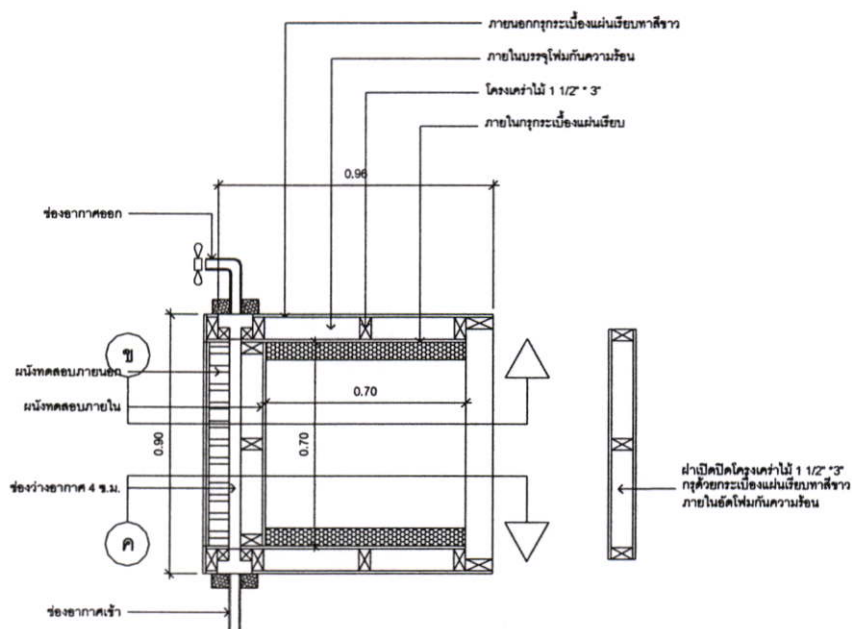
รูปที่ 3.12 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าภายในกล่องทดลอง

2) การทดลองระยะที่ 2, 3 และ 4

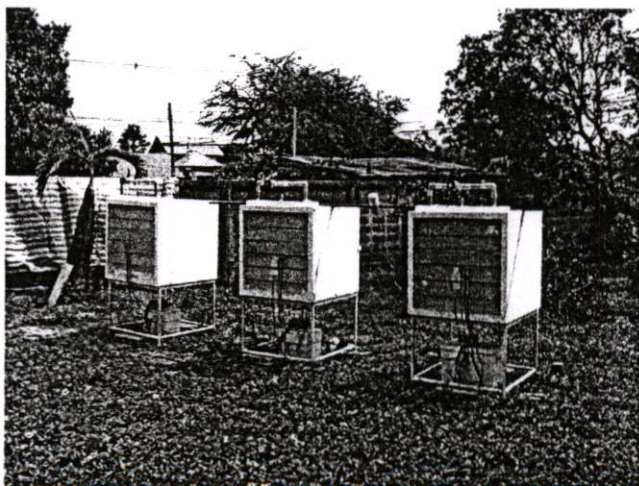
เมื่อได้วัสดุในการสร้างระบบผนังที่เหมาะสม ก็จะมาถึงขั้นตอนการทดลองหาระยะ ความกว้างของช่องอากาศ จำนวนพัดลม และระยะเวลาเปิด-ปิดพัดลม ที่เหมาะสมในการต้านทาน ความร้อนมากที่สุด รูปแบบของหน่วยทดลองนี้จะใช้กล่องทดลองรูปแบบเดิมแต่จะเพิ่มช่องอากาศ ที่สามารถควบคุมการเปิดปิดได้สะดวก โดยจะทำการทดลองแยกออกเป็น 3 หน่วยทดลองด้วยกัน เพื่อการเปรียบเทียบคุณสมบัติของความกว้างของช่องอากาศที่แตกต่างกันคือ 2 ซม. 5 ซม. 10 ซม. ซึ่งมาจากระยะที่เหลือจากที่ว่างบนคานในการก่อผนังชั้นนอก และผนังชั้นใน แล้วแบ่งเป็น 3 ระดับ เท่าๆ กัน ซึ่งโครงสร้างคานของบ้านพักอาศัยส่วนใหญ่จะมีขนาด 20 ซม. โดยทดลอง ภายใต้อุณหภูมิ แปรด้านสภาพภูมิอากาศที่เหมือนกัน แต่ละหน่วยทดลองจะสามารถปรับเปลี่ยนจำนวนพัดลมได้ ตั้งแต่ 1-3 ตัวตรงช่องทางอากาศออก ตามแต่การทดลองที่กำหนด

- รูปแบบหน่วยทดลอง

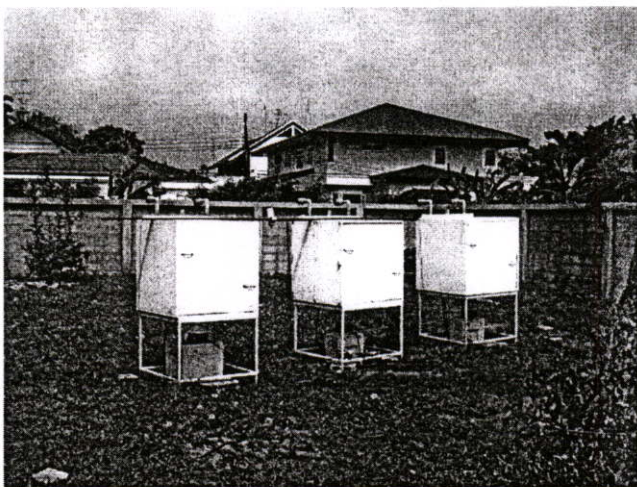
หน่วยทดลองแบบที่ 2 นี้ ด้านที่เป็นผนังทดลองจะใช้วัสดุที่ได้จากผลการทดลองระยะที่ 1 โดยในการทดลองระยะที่ 2 และ 3 นี้จะใช้กล่องทดลอง ขนาดประมาณ $1.00 \times 1.00 \times 1.00$ ม. เช่นเดียวกับการทดลองขั้นที่ 1 โดยจะเพิ่มท่ออากาศเข้า และท่ออากาศออกขึ้นมาเพื่อความสะดวกในการปรับเปลี่ยนตัวแปรตามแบบการทดลอง



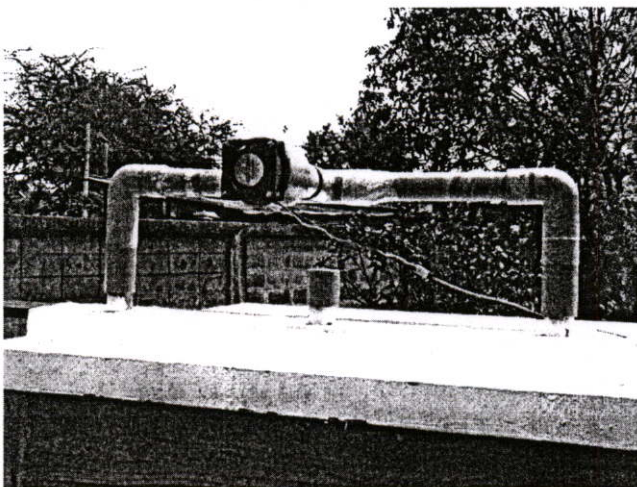
รูปที่ 3.13 แสดงรายละเอียดของกล่องทดลองที่มีพัฒนาประกอบ



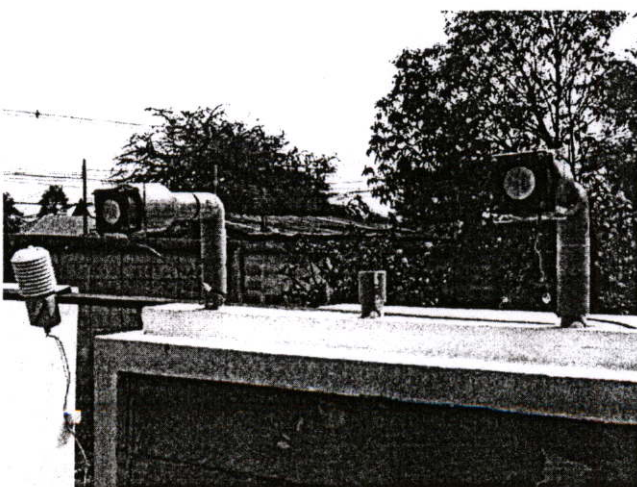
รูปที่ 3.14 แสดงกล่องทดลองทั้ง 3 ที่มีผนังชั้นนอกเป็นผ้าไม้เทียม



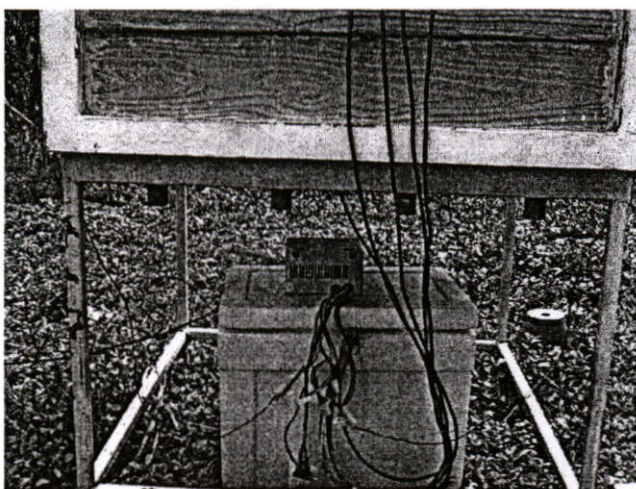
รูปที่ 3.15 แสดงกล่องทดลองทั้ง 3 จากทางด้านหลัง



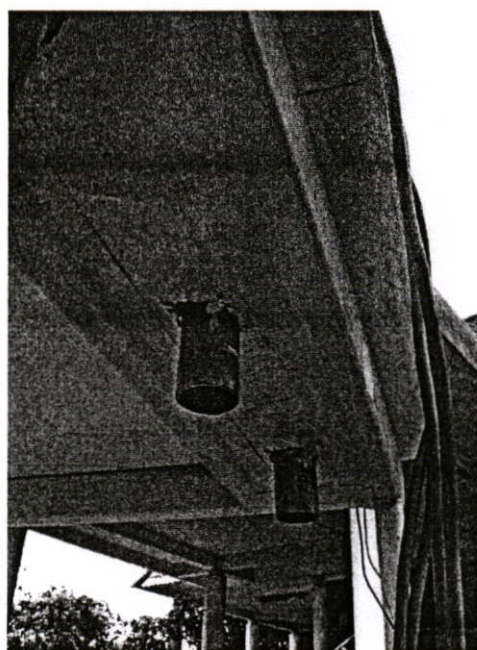
รูปที่ 3.16 แสดงกล่องทดลองที่มีพัดลมระบายความร้อน 1 ตัว



รูปที่ 3.17 แสดงกล่องทดลองที่มีพัดลมระบายความร้อน 2 ตัว



รูปที่ 3.18 แสดงกล่องทดลองบริเวณช่องอากาศเข้า

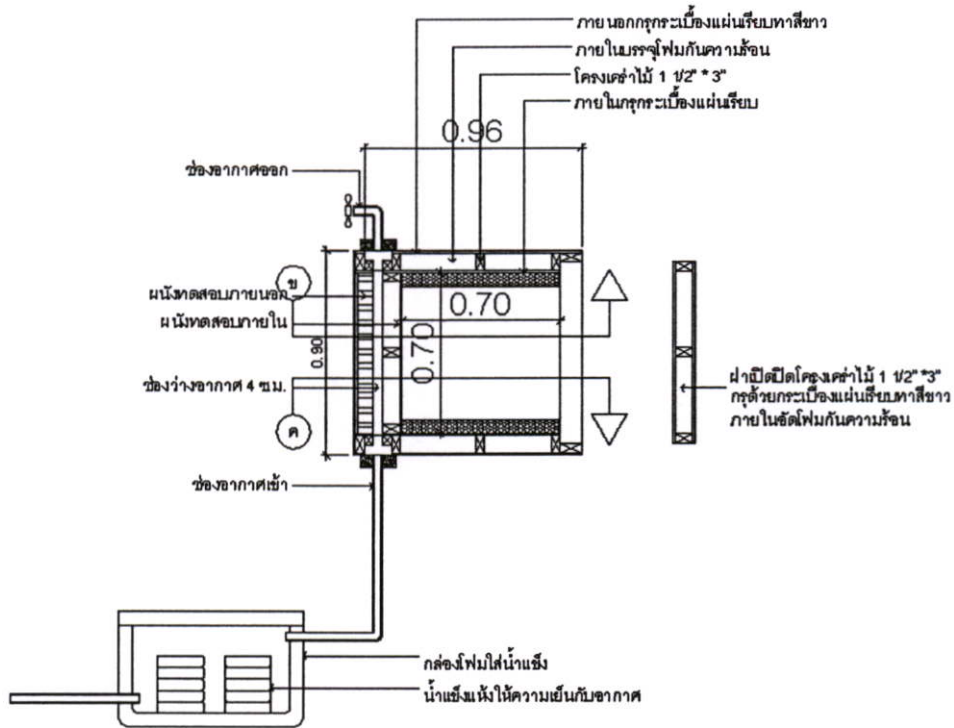


รูปที่ 3.19 แสดงกล่องทดลองบริเวณช่องอากาศเข้าด้านล่างของผนัง

3) การทดลองระยะที่ 5

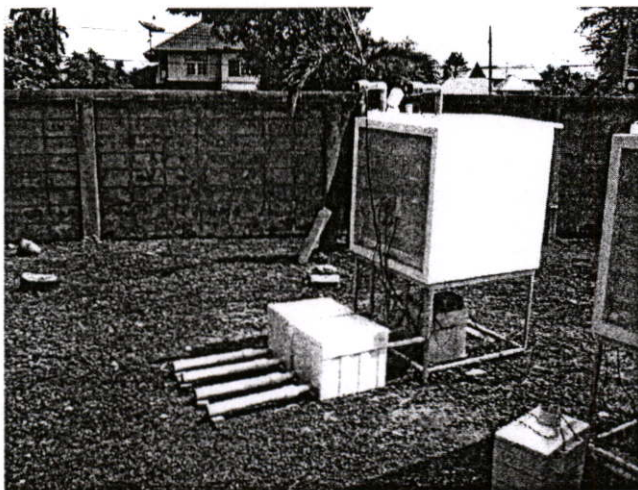
หลังจากที่ได้วัสดุสำหรับสร้างผนังที่มีช่องอากาศภายใน ความกว้างของช่องอากาศขนาด จำนวนพัดลม และเวลาเปิด-ปิดพัดลมที่เหมาะสมในการป้องกันความร้อนแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการทดลองประสิทธิภาพในการระบายความร้อนของผนังที่มีช่องอากาศภายใน เปรียบเทียบระหว่างผนังที่ใช้ และไม่ได้ใช้ อากาศเย็นช่วยในการระบายความร้อน โดยการทดลองขั้นตอนนี้จะใช้กล่องทดลองรูปแบบเดียวกับการทดลองขั้นตอนที่ผ่านมา แต่เพิ่มการติดตั้งระบบการจ่ายอากาศเย็นแก่ผนังทดลองที่ใช้อากาศเย็นในการระบายความร้อน โดยมีรูปแบบดังนี้

- รูปแบบหน่วยทดลอง

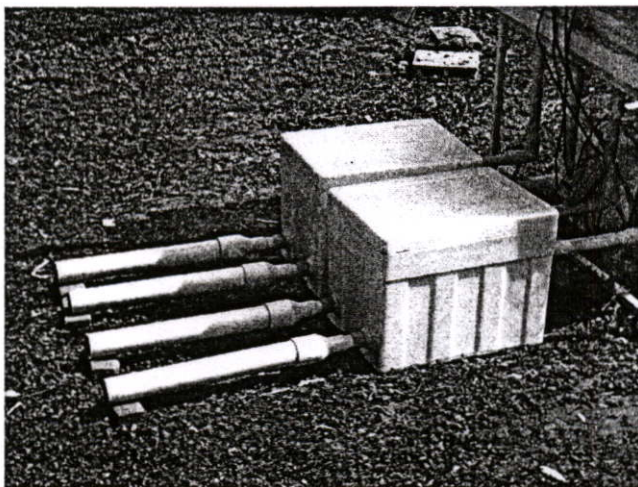


รูปที่ 3.20 แสดงรายละเอียดของกล่องทดลองที่มีระบบให้ความเย็นกับอากาศ

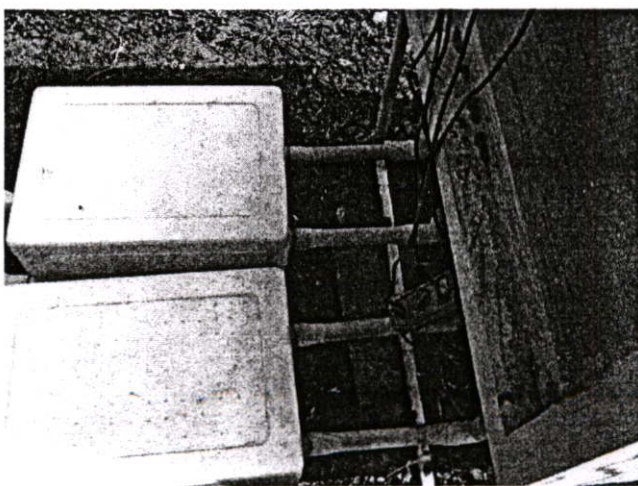
1. หน่วยทดลองเป็นแบบกล่องทดลองเหมือนการทดลองที่ผ่านมา ซึ่งมีขนาด $1.00 \times 1.00 \times 1.00$ ม. ด้านหนึ่งเป็นผนังทดลองวัสดุตามผลการทดลองครั้งที่ 1
2. ท่ออากาศนำความเย็นเข้าสู่ผนังต่อมาจากกล่องโฟมใส่น้ำแข็งให้ความเย็นทำสีขาวสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์
3. ท่ออากาศเข้าสู่กล่องโฟมมีความยาวพอประมาณเพื่อพักอากาศร้อนให้มีอุณหภูมิลดลงเล็กน้อย และทำสีขาวป้องกันรังสีดวงอาทิตย์
4. กล่องโฟมบรรจุน้ำแข็งแห้งเพื่อทำความเย็นแก่อากาศที่เข้าสู่ผนัง ตัวกล่องมีสีขาวเพื่อสะท้อนรังสีของดวงอาทิตย์ ทางเข้าอากาศ และทางออกของอากาศมีตำแหน่งทแยงมุมกัน เพื่อการเดินทางของอากาศผ่านน้ำแข็งให้ได้มากที่สุด
5. น้ำแข็งแห้งวางในกล่องเว้นช่องว่างระหว่างแถวเพื่อให้อากาศผ่านนำความเย็นออกไปได้อย่างเต็มที่



รูปที่ 3.21 แสดงกล่องทดลองในการทดลองใช้ลมเย็นในการระบายความร้อน



รูปที่ 3.22 แสดงกล่องกล่องโฟมบรรจุน้ำแข็งแห้งที่ให้ความเย็นแก่อากาศ



รูปที่ 3.23 แสดงท่อนำอากาศเย็นจากกล่องโฟมเข้าสู่ผนังทดลอง

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ทำการเก็บข้อมูลในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

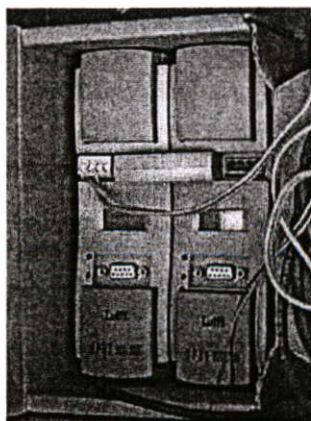
1) เครื่องมือบันทึกผลการทดลอง (Data logger) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้บันทึกผลการทดลองได้โดยอัตโนมัติ การวัดอุณหภูมิจะทำการต่อหัววัด (Sensor) ที่วัดค่าต่างๆ เข้ากับเครื่องมือบันทึกผล การเก็บผลการทดลองจะทำได้โดยการนำเครื่องมือบันทึกผลการทดลองต่อเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อ Up Load ข้อมูลที่บันทึกได้นำไปวิเคราะห์ต่อไป

- HOBO คือ Data Locker ชนิดหนึ่งที่มีช่องสำหรับต่อ Sensor ในการวัดค่า หรือจะใช้ Sensor ภายในตัวทำการวัดได้โดยไม่ต้องต่อกับหัววัดภายนอก สามารถวัดความชื้น อุณหภูมิ และ แสง โดยจะนำ Hobo มาทำการวัดอุณหภูมิอากาศภายในหน่วยทดลอง



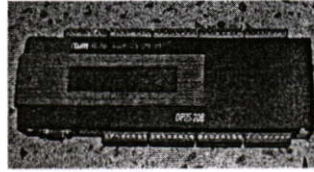
รูปที่ 3.24 เครื่องมือบันทึกผลการทดลอง Data Logger HOBO

- Opus 200 คือ Data Locker ชนิดหนึ่งที่มีช่องต่อ Sensor ได้หลายชนิดตามการใช้งานเช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม มีช่องต่อรับสัญญาณจาก Sensor จำนวน 2 ช่องด้วยกัน โดยจะนำมาทำการเก็บข้อมูลในส่วนของอุณหภูมิอากาศภายนอก อุณหภูมิผิววัสดุ อุณหภูมิในช่องอากาศ ความเร็วลมในช่องอากาศ และ Radiation ภายนอกอาคาร



รูปที่ 3.25 เครื่องมือบันทึกผลการทดลอง Data Logger OPUS 202

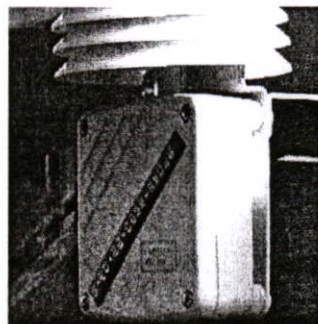
- Opus 208 คือ Data Logger เช่นเดียวกับ Opus 200 แต่เป็นรุ่นใหม่กว่า การทำงานและการใช้งานจะเหมือนกับ Opus 200 แต่จะสามารถต่อช่องสัญญาณ Sensor ได้ถึง 8 ช่องสัญญาณ



รูปที่ 3.26 เครื่องมือบันทึกผลการทดลอง Data Logger OPUS 208

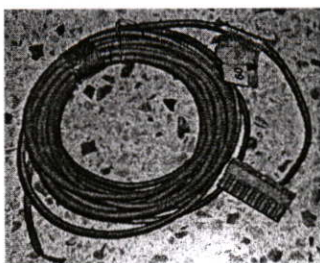
2) เครื่องมือวัดข้อมูลการทดลอง (Sensor) เป็นอุปกรณ์ในการวัดค่าต่างๆ ตามตัวแปรที่ต้องการจะทราบ โดยหัววัดค่ามีลักษณะแตกต่างตามข้อมูลในการวัดค่า เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม การแผ่รังสี ฯลฯ หัววัดค่าต้องต่อเข้ากับ Data Logger ในการเก็บข้อมูล

- หัววัดอุณหภูมิอากาศและวัดความชื้นในอากาศ ใช้โดยการต่อเข้ากับช่องสัญญาณที่ Data Logger ถ้าเป็นการวัดค่าภายนอกอาคารต้องมีหัวครอบป้องกันรังสีดวงอาทิตย์ โดยจะนำมาใช้ในการวัดภูมิอากาศภายนอกหน่วยทดลอง



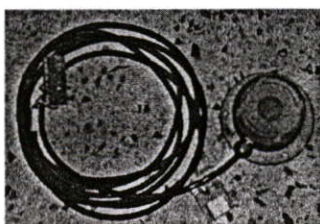
รูปที่ 3.27 หัววัดอุณหภูมิอากาศ และวัดความชื้นในอากาศพร้อมครอบป้องกันรังสีดวงอาทิตย์

- หัววัดอุณหภูมิอากาศ ใช้โดยการต่อเข้ากับช่องสัญญาณที่ Data Logger มีลักษณะเป็นสายทองแดงพันขั้วเข้าด้วยกัน ทำงานโดยการเปลี่ยนอุณหภูมิเป็นกระแสไฟฟ้า แล้วส่งสัญญาณไปที่เครื่อง Data Logger โดยจะนำมาใช้ในการวัดอุณหภูมิผิววัสดุ และอุณหภูมิภายในช่องอากาศ



รูปที่ 3.28 หัววัดอุณหภูมิอากาศ Thermo Couple Type K

- หัววัด Paranometer ใช้ในการวัดการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ใช้โดยการต่อเข้ากับช่องสัญญาณที่ Data Logger โดยจะใช้ในการวัดการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์เพื่อเป็นดัชนีเปรียบเทียบในการวัดค่าอุณหภูมิของการทดลอง



รูปที่ 3.29 หัววัดการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ Paranometer

3.3 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1 การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้วัดข้อมูล

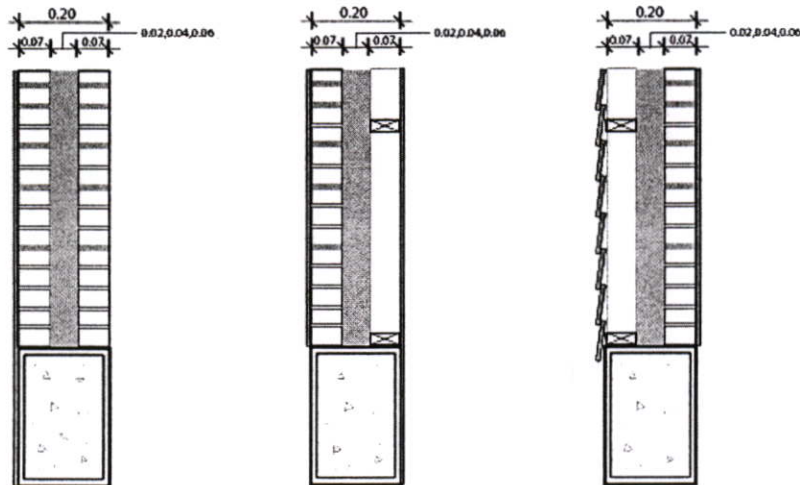
ก่อนที่จะทำการทดลองตามขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้นั้น ต้องทำการทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ และอุปกรณ์ในการวัดค่าข้อมูลก่อน โดยการทดสอบค่าความถูกต้องในการเก็บข้อมูลของ Data Logger และหัววัด (Sensor) โดยการวัดอุณหภูมิอากาศภายใน 24 ชั่วโมงทุก 1 ชั่วโมงโดยใช้หัววัดทุกหัวที่ใช้ทำการวัดพร้อมๆกัน แล้วนำข้อมูลดิบที่ได้มาเปรียบเทียบหาความคลาดเคลื่อน หลังจากนั้นจึงนำมาปรับความคลาดเคลื่อนในการวัดใน Soft ware ของเครื่อง Data Logger เพื่อความถูกต้องในการวัดข้อมูลจริง

ส่วนการทดสอบคุณสมบัติของกล่องทดลองนั้น ทดสอบโดยการใช้โฟมปิดช่องที่ต้องติดตั้งผนังทดลอง จากนั้นทำการบันทึกค่าอุณหภูมิภายในและภายนอกกล่องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยทำการบันทึกผลทุกๆ 1 ชั่วโมง ผลที่ปรากฏถ้าแสดงถึงอุณหภูมิอากาศที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ถือว่ากล่องทดลองสามารถนำมาทดลองได้อย่างน่าเชื่อถือ

3.3.2 การทดสอบและวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านระบบผนังที่มีช่องอากาศที่ใช้วัสดุแตกต่างกัน

เป็นการทดสอบในระยะที่ 1 เป็นการทดสอบเพื่อหาวัสดุที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อน ให้กับระบบผนังที่มีช่องอากาศภายใน โดยการเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายใน และสังเกตการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในระยะเวลาต่างๆของวันในผนังแต่ละชนิดว่าผนังชนิดใดมีศักยภาพในการป้องกันความร้อนได้ดีที่สุด ผนังที่ทำการทดลองมีด้วยกันทั้งหมด 3 ชนิด แบ่งตามวัสดุที่มใช้ในการก่อสร้าง คือ ผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว + ช่องอากาศ + ผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว ผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว + ช่องอากาศ 4 ซม. + แผ่นยิปซัม และ ฝาไม้สำเร็จรูป + ช่องอากาศ 4 ซม. + ผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว

ในแต่ละผนังจะแตกต่างกันตรงตัวแปรวัสดุที่ใช้สร้างผนัง ส่วนตัวแปรด้านอื่นจะถูกควบคุมให้เหมือนกันทุกประการ เพื่อความเป็นมาตรฐานเดียวกัน และความแน่นอนในการเก็บข้อมูล



รูปที่ 3.30 แสดงลักษณะของผนังทดสอบ ที่มีวัสดุ และระยะของช่องอากาศที่แตกต่างกัน

ตัวแปรที่ควบคุม

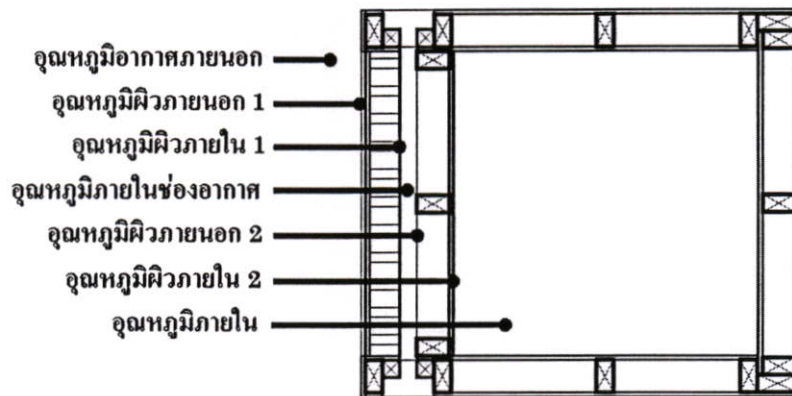
- 1) ขนาด และวัสดุที่สร้างกล่องทดลองที่เหมือนกัน
- 2) ระยะภายในช่องอากาศที่เท่ากัน คือ 4 ซม.
- 3) ทำการทดลองภายใต้ วัน เวลา สถานที่ และสิ่งแวดล้อมเดียวกัน
- 4) ทำการวัดตัวแปรที่ต้องการข้อมูลเหมือนกัน

ตัวแปรที่ทำการเก็บข้อมูล

- 1) อุณหภูมิอากาศภายนอก
- 2) อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง
- 3) อุณหภูมิผิวภายนอก

- 4) อุณหภูมิผิวภายใน
- 5) อุณหภูมิผิวภายในช่องอากาศของผนังชั้นนอก
- 6) อุณหภูมิผิวภายในช่องอากาศของผนังชั้นใน
- 7) อุณหภูมิภายในช่องอากาศ
- 8) อุณหภูมิการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

รวมตัวแปรที่ทำการวัด 8 ตัวแปร โดยตัวแปรทั้งหมดจะทำการวัดไปพร้อมกันทุกๆ 1 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 7 วัน เพื่อสังเกตแนวโน้มของพฤติกรรมในการถ่ายเทความร้อนของผนังแต่ละชนิด และเพื่อการเปรียบเทียบให้ข้อมูลมีความถูกต้องและแน่นอน



รูปที่ 3.31 แสดงตำแหน่งของตัวแปรที่ทำการติดตั้ง Sensor ของกล่องทดลอง



รูปที่ 3.32 ผังแสดงขั้นตอนการทดลองระยะที่ 1

3.3.3 ทดสอบและวิเคราะห์พฤติกรรมถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่มีช่องอากาศภายใน กรณีที่มีความกว้างของช่องอากาศ และจำนวนพัดลมที่แตกต่างกัน

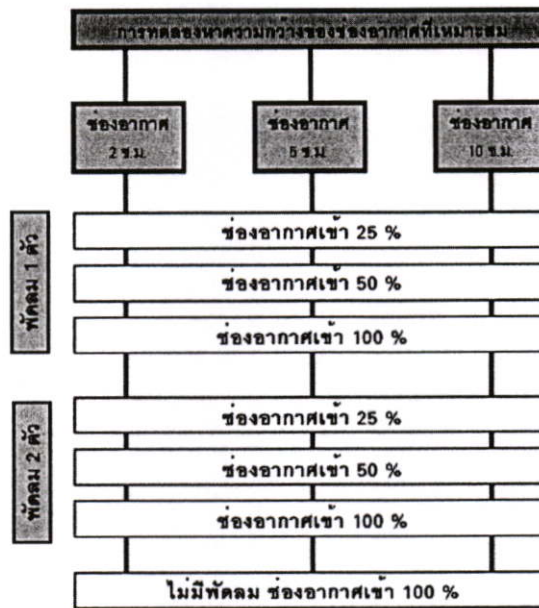
การทดสอบในขั้นตอนนี้ เป็นการทดสอบถึงแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการพาความร้อนออกจากช่องอากาศ เพื่อขยายขอบเขตความสามารถในการป้องกันความร้อนของผนังที่มีช่องอากาศภายในออกไปอีก โดยจะทำการทดสอบกับกล่องทดลองแบบเดียวกับการทดลองที่ผ่านมา ที่มีขนาด $1.00 \times 1.00 \times 1.00$ ม. รวม 3กล่อง แต่ละกล่องจะมีความกว้างของช่องอากาศที่แตกต่างกัน

กันคือ 2 ชม. 5 ชม. 10 ชม. และมีวัสดุผนังที่ได้จากผลการทดลองขั้นตอนที่ 1 ในการทดลอง ขั้นตอนนี้จะแบ่งขั้นตอนออกไปอีกตามตัวแปรที่ต้องการทดลองคือ

1) ความกว้างของช่องอากาศ เพื่อหาความกว้างของช่องอากาศภายในผนังที่เหมาะสมในการป้องกันความร้อน ขนาดของช่องอากาศที่ทำการทดลองมี 3 ขนาดคือ 2 ซม. 5 ซม. และ 10 ซม. โดยมีตัวแปรควบคุมคือ ขนาดช่องอากาศเข้า 25 % 50 % และ 100 % และจำนวนพัดลม 1 ตัว และ 2 ตัว จึงได้การทดลองในขั้นตอนนี้ทั้งหมดด้วยกัน 18 การทดลอง คือ

รูปแบบการทดลอง

- 1) ช่องอากาศ 2 ซม. + ช่องลมเข้า 25% + พัดลม1ตัว
- 2) ช่องอากาศ 2 ซม. + ช่องลมเข้า 25% + พัดลม2ตัว
- 3) ช่องอากาศ 2 ซม. + ช่องลมเข้า 50% + พัดลม1ตัว
- 4) ช่องอากาศ 2 ซม. + ช่องลมเข้า 50% + พัดลม2ตัว
- 6) ช่องอากาศ 2 ซม. + ช่องลมเข้า 100% + พัดลม1ตัว
- 7) ช่องอากาศ 2 ซม. + ช่องลมเข้า 100% + พัดลม2ตัว
- 8) ช่องอากาศ 5 ซม. + ช่องลมเข้า 25% + พัดลม1ตัว
- 9) ช่องอากาศ 5 ซม. + ช่องลมเข้า 25% + พัดลม2ตัว
- 10) ช่องอากาศ 5 ซม. + ช่องลมเข้า 50% + พัดลม1ตัว
- 11) ช่องอากาศ 5 ซม. + ช่องลมเข้า 50% + พัดลม2ตัว
- 12) ช่องอากาศ 5 ซม. + ช่องลมเข้า 100% + พัดลม1ตัว
- 13) ช่องอากาศ 5 ซม. + ช่องลมเข้า 100% + พัดลม2ตัว
- 14) ช่องอากาศ 10 ซม. + ช่องลมเข้า 25% + พัดลม1ตัว
- 15) ช่องอากาศ 10 ซม. + ช่องลมเข้า 25% + พัดลม2ตัว
- 16) ช่องอากาศ 10 ซม. + ช่องลมเข้า 50% + พัดลม1ตัว
- 17) ช่องอากาศ 10 ซม. + ช่องลมเข้า 50% + พัดลม2ตัว
- 18) ช่องอากาศ 10 ซม. + ช่องลมเข้า 100% + พัดลม1ตัว
- 19) ช่องอากาศ 10 ซม. + ช่องลมเข้า 100% + พัดลม2ตัว

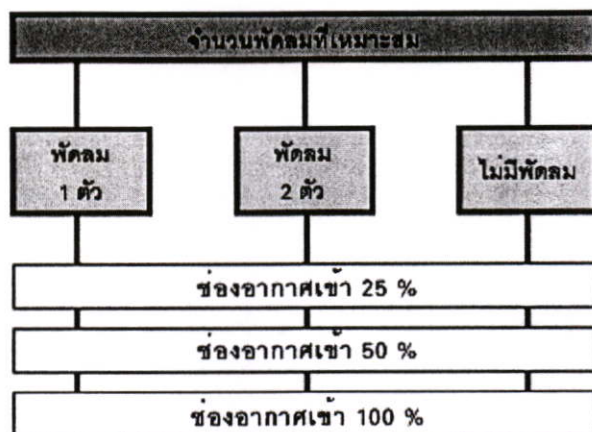


รูปที่ 3.33 ผังแสดงขั้นตอนการทดลองระยะที่ 2-1

2) จำนวนพัดลม เพื่อหาจำนวนพัดลมที่เหมาะสมในประสิทธิภาพการป้องกันความร้อน โดยจำนวนพัดลมที่ทำการทดลองคือ 1 ตัว และ 2 ตัว โดยมีตัวแปรที่ควบคุมคือความกว้างของช่องอากาศที่ได้จากการทดลองที่ผ่านมา และขนาดของช่องอากาศเข้าคือ 25 % 50 % และ 100 % จึงได้ การทดลองในขั้นตอนนี้ทั้งหมด 6 การทดลองด้วยกันคือ

รูปแบบการทดลอง

- 1) พัดลม 1 ตัว + ช่องอากาศเข้า 25% + ความกว้างของช่องอากาศ X ซม.
- 2) พัดลม 1 ตัว + ช่องอากาศเข้า 50% + ความกว้างของช่องอากาศ X ซม.
- 3) พัดลม 1 ตัว + ช่องอากาศเข้า 100% + ความกว้างของช่องอากาศ X ซม.
- 4) พัดลม 2 ตัว + ช่องอากาศเข้า 25% + ความกว้างของช่องอากาศ X ซม.
- 5) พัดลม 2 ตัว + ช่องอากาศเข้า 50% + ความกว้างของช่องอากาศ X ซม.
- 6) พัดลม 2 ตัว + ช่องอากาศเข้า 100% + ความกว้างของช่องอากาศ X ซม.



รูปที่ 3.34 ผังแสดงขั้นตอนการทดลองระยะที่ 2-1

การทดลองทั้ง 2 ขั้นตอนจะทำการวัดตัวแปรที่ต้องการผล ทุกๆ 5 นาที เป็นระยะเวลา 3 วัน โดยสังเกตพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของระบบผนังที่มีช่องอากาศ ที่มีตัวแปรที่ทำการเก็บข้อมูลแตกต่างกัน เพื่อนำข้อมูลผลการทดลองไปวิเคราะห์ และหาบทสรุปในขั้นตอนต่อไปว่า ตัวแปรใดบ้างมีผลทำให้ระบบผนังที่มีช่องอากาศ มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนได้ดีที่สุด ตัวแปรที่ทำการเก็บข้อมูลมีดังนี้

ตัวแปรที่ทำการเก็บข้อมูล

- 1) อุณหภูมิอากาศภายนอก
- 2) อุณหภูมิอากาศภายในหน่วยทดลอง
- 3) อุณหภูมิผิวภายนอก
- 4) อุณหภูมิผิวภายใน
- 5) อุณหภูมิผิวภายในช่องอากาศของผนังชั้นนอก
- 6) อุณหภูมิผิวภายในช่องอากาศของผนังชั้นใน
- 7) อุณหภูมิภายในช่องอากาศ
- 8) อุณหภูมิการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

3.3.4 ทดสอบและวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่มีช่องอากาศภายในกรณีระยะเวลาในการเปิด-ปิดของพัคลมระบายอากาศที่แตกต่างกัน

การทดลองเพื่อหาระยะเวลาการเปิด-ปิดพัคลมที่เหมาะสม จะเริ่มโดยการทดลองเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างผนังที่ใช้พัคลมระบายความร้อน และผนังที่ไม่ใช้พัคลมเพื่อหาความแตกต่างของอุณหภูมิ และเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบกับผนังที่เปิด-ปิดพัคลมเป็นเวลา โดยมีเป้าหมายให้ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนังที่เปิด-ปิดพัคลมเป็นเวลาใกล้เคียงกับผนังที่เปิดพัคลมตลอดเวลามากที่สุด

การหาเวลาเปิดพัดลมจะเริ่ม โดยการเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างผนังที่เปิดพัดลม และไม่เปิดพัดลมว่าในช่วงเวลาที่อุณหภูมิเริ่มสูงขึ้นในเวลากลางวันจุดไหนที่อุณหภูมิของผนังที่เปิดพัดลมเริ่มแตกต่างจากผนังที่ไม่เปิดพัดลมอย่างเห็นได้ชัด จากนั้นทำการแบ่งช่วงเวลาดังกล่าวเป็น 3 เวลา และนำไปทดลองเปรียบเทียบการเปิดพัดลม 3 เวลาเพื่อหาเวลาเปิดพัดลมที่ดีที่สุด เมื่อได้เวลาการเปิดพัดลมที่ดีที่สุดก็ลดเวลาเปิดพัดลมลงเรื่อยๆ จนกว่าจะไม่สามารถทำให้อุณหภูมิลดลงกว่านี้ได้ หรืออุณหภูมิเริ่มสูงขึ้นกว่าอุณหภูมิของผนังที่เปิดพัดลมตลอดเวลาที่ใช้เป็นบรรทัดฐาน

การหาเวลาเปิดพัดลมก็เช่นเดียวกับการหาเวลาเปิดพัดลม คือหาเวลาที่อุณหภูมิของผนังผนังที่เปิดพัดลมตลอดเวลาและผนังที่ไม่เปิดพัดลมว่าเริ่มแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ณ.เวลาไหน แล้วจึงนำเวลานั้นมาแบ่งออกเป็น 3 ช่วงเวลาสำหรับปิดพัดลม เมื่อได้เวลาปิดพัดลมที่ดีที่สุดแล้วจึงลดเวลาเปิดพัดลมเรื่อยๆทีละ 3 เวลา แล้วทดลองเปรียบเทียบจนได้เวลาเปิดพัดลมที่ไม่ส่งผลกระทบต่อ การป้องกันความร้อนของผนังมากที่สุด

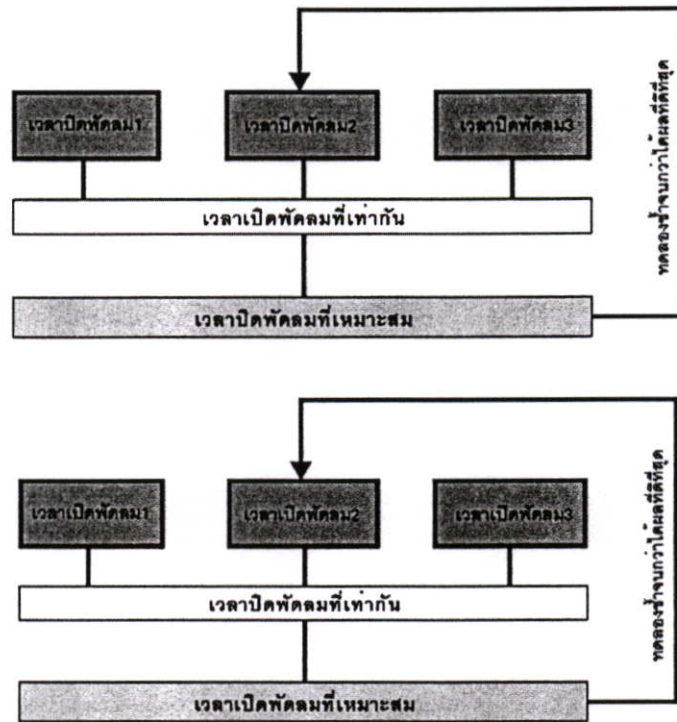
การทดลองในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในการพาความร้อนออกจากช่องอากาศด้วยแรงกล เพื่อประสิทธิผลในการป้องกันความร้อนของระบบผนังที่มีช่องอากาศให้ดีที่สุด โดยหน่วยทดลองจะมีลักษณะเป็นกล่องทดลองขนาด กว้าง 1.00 ม. × 1.20 ม. × 3.00 ม. 3 กล่อง เหมือนกับการทดลองที่ผ่านมา แต่ละกล่องทดลองจะมีเวลาการเปิด-ปิดพัดลมที่แตกต่างกัน โดยมีรูปแบบการทดลอง และตัวแปรต่างๆ ดังนี้

ตัวแปรที่ควบคุม

- 1) วัสดุที่สร้างระบบผนังที่มีช่องอากาศเป็นไปตามผลการทดลองระยะที่ 1
- 2) จำนวนพัดลมที่เท่ากัน และคุณสมบัติของพัดลมที่ได้จากผลของการทดลองที่ 2-1
- 3) ขนาดของช่องลมเข้าที่ได้จากผลของการทดลองที่ 2-2
- 4) ความกว้างของช่องอากาศที่เท่ากัน ที่ได้จากผลของการทดลองที่ 2-3
- 5) ทำการทดลองภายใต้ วัน เวลา สถานที่ และสิ่งแวดล้อมเดียวกัน

ตัวแปรที่ทำการเก็บข้อมูล

- 1) อุณหภูมิอากาศภายนอก
- 2) อุณหภูมิอากาศภายในหน่วยทดลอง
- 3) อุณหภูมิผิวภายนอก
- 4) อุณหภูมิผิวภายใน
- 5) อุณหภูมิผิวภายในช่องอากาศของผนังชั้นนอก
- 6) อุณหภูมิผิวภายในช่องอากาศของผนังชั้นใน
- 7) อุณหภูมิภายในช่องอากาศ
- 8) อุณหภูมิการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์



รูปที่ 3.35 แสดงขั้นตอนการทดลองระยะที่ 3

การทดลองทั้ง 5 แบบจะทำการวัดตัวแปรทั้ง 8 ตัวแปร ทุกๆ 5 นาที เป็นระยะเวลา 3 วัน เพื่อสังเกตพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของช่องอากาศ การหวนเวียนความร้อนของผนังชั้นนอก ตลอดถึงช่วงเวลาที่เปิด-ปิดพัดลมที่เหมาะสมในการระบายความร้อนที่ดีที่สุด เพื่อนำไปทดลองในขั้นตอนต่อไป

3.3.5 ทดสอบและวิเคราะห์พฤติกรรมถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่มีช่องอากาศภายใน กรณีที่มีอุณหภูมิของอากาศเข้าแตกต่างกัน

การทดลองจะทดลองเปรียบเทียบกันระหว่างผนังที่ใช้อากาศเย็นช่วยระบายความร้อนกับผนังที่ใช้อากาศธรรมดาระบายความร้อน โดยผนังที่ใช้อากาศเย็นระบายความร้อนจะใช้น้ำแข็งแห้งเป็นตัวให้ความเย็นแก่อากาศ การทดลองจะทำโดยการวัดอุณหภูมิเปรียบเทียบกันระหว่างผนังที่ใช้และไม่ใช้อากาศเย็น เพื่อหาว่าผนังที่ใช้อากาศเย็นจะส่งผลให้อุณหภูมิภายในลดลงได้หรือไม่และเพียงไร โดยมีรูปแบบการทดลองและตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

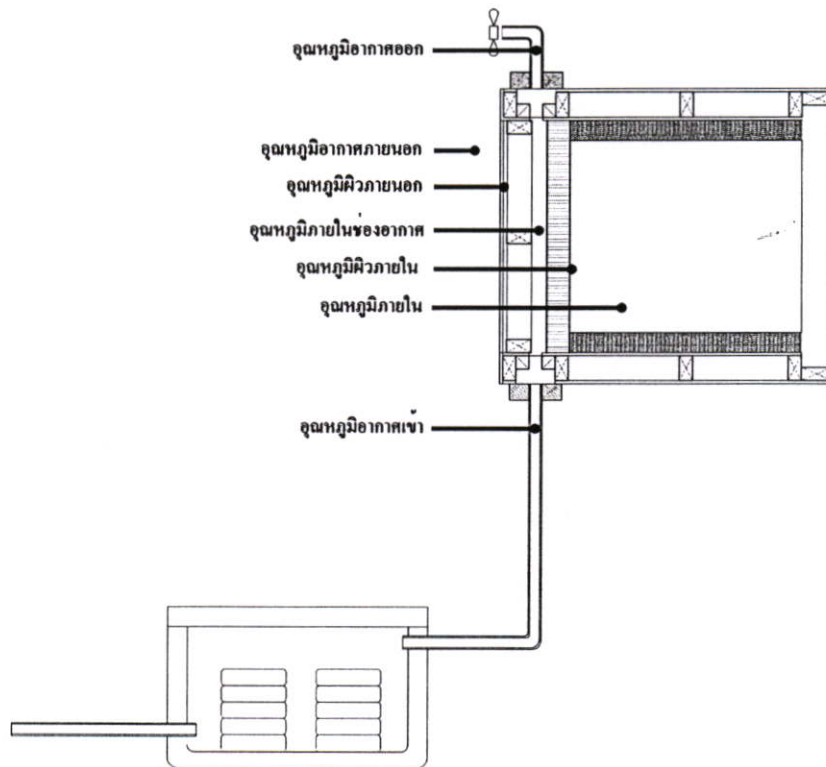
ตัวแปรควบคุม

- 1) วัสดุที่สร้างระบบผนังที่มีช่องอากาศเป็นไปตามผลการทดลองระยะที่ 1
- 2) จำนวนพัดลมที่เท่ากัน และคุณสมบัติของพัดลมที่ได้จากผลของการทดลองที่ 2-1
- 3) ขนาดของช่องลมเข้าที่ได้จากผลของการทดลองที่ 2-2
- 4) ความกว้างของช่องอากาศที่เท่ากัน ที่ได้จากผลของการทดลองที่ 2-3

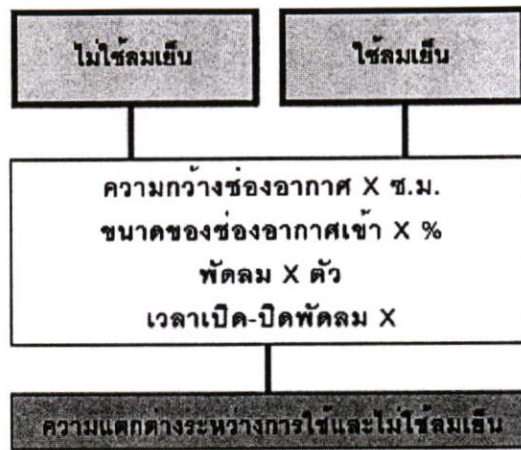
- 5) เวลาเปิด-ปิดพัดลมเป็นไปตามผลการทดลองที่ 3
- 6) ทำการทดลองภายใต้ วัน เวลา สถานที่ และสิ่งแวดล้อมเดียวกัน

ตัวแปรที่ทำการเก็บข้อมูล

- 1) อุณหภูมิอากาศภายนอก
- 2) อุณหภูมิอากาศภายในหน่วยทดลอง
- 3) อุณหภูมิผิวภายนอก
- 4) อุณหภูมิผิวภายใน
- 5) อุณหภูมิผิวภายในช่องอากาศของผนังชั้นนอก
- 6) อุณหภูมิผิวภายในช่องอากาศของผนังชั้นใน
- 7) อุณหภูมิภายในช่องอากาศ
- 8) อุณหภูมิบริเวณทางเข้าอากาศ
- 9) อุณหภูมิบริเวณทางออกอากาศ
- 10) อุณหภูมิการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์



รูปที่ 3.36 แสดงตัวแปรที่ทำการเก็บผลการทดลอง



รูปที่ 3.37 ผังแสดงขั้นตอนการทดลองระยะที่ 4

3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลจากการทดลองซึ่งก็คือผลของตัวแปรที่ได้ตั้งไว้ จะถูกนำมาศึกษาและวิเคราะห์พฤติกรรมในการป้องกันความร้อนของระบบผนังที่มีช่องอากาศ ดังนี้

3.4.1 อุณหภูมิอากาศภายนอก และอุณหภูมิอากาศภายใน

เป็นผลโดยตรงจากประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของระบบผนังที่มีช่องอากาศ ยิ่งอุณหภูมิในหน่วยทดลองแตกต่างจากภูมิอากาศภายนอกมากเท่าไร ยิ่งชี้ให้เห็นว่าระบบผนังนั้น ๆ มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่ต่ำ ในทางกลับกัน ถ้าอุณหภูมิระหว่างภายในหน่วยทดลอง และภูมิอากาศภายนอกใกล้เคียงกัน ย่อมหมายความว่าประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนังอยู่ในขั้นสูง นอกจากนี้ยังสามารถศึกษาพฤติกรรมในการถ่ายเทความร้อนของผนังแต่ละวัน แต่ทั้งนี้ ข้อมูลอุณหภูมิอากาศภายในนั้น เป็นข้อมูลสรุปถึงประสิทธิภาพของผนังโดยรวม การที่จะเข้าใจถึงพฤติกรรมของระบบผนังได้อย่างถ่องแท้ต้องพิจารณาแต่ละองค์ประกอบที่ประกอบขึ้นมาเป็นระบบผนังที่มีช่องอากาศ และพิจารณาตัวแปรอื่น ๆ ที่ทำการศึกษา

3.4.2 อุณหภูมิในช่องอากาศ และความเร็วลมในช่องอากาศ

นอกจากอุณหภูมิในช่องอากาศจะเป็นตัวบ่งบอกถึง ความสามารถในการป้องกันความร้อนของผนังชั้นนอกแล้ว (อุณหภูมิภายในช่องอากาศเปรียบเสมือนอุณหภูมิภายในอาคารเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายนอก) อุณหภูมิในช่องอากาศยังเป็นตัวบ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการระบายความร้อนด้วยการพาออกจากช่องอากาศเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายนอก ซึ่งเป็นดัชนีชี้ถึงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิในช่องอากาศกับคุณลักษณะของระบบผนัง คือ ความกว้างของช่องอากาศ ขนาดของช่องลมเข้า และจำนวนพัดลมที่ใช้ในการทดลองแต่ละแบบ

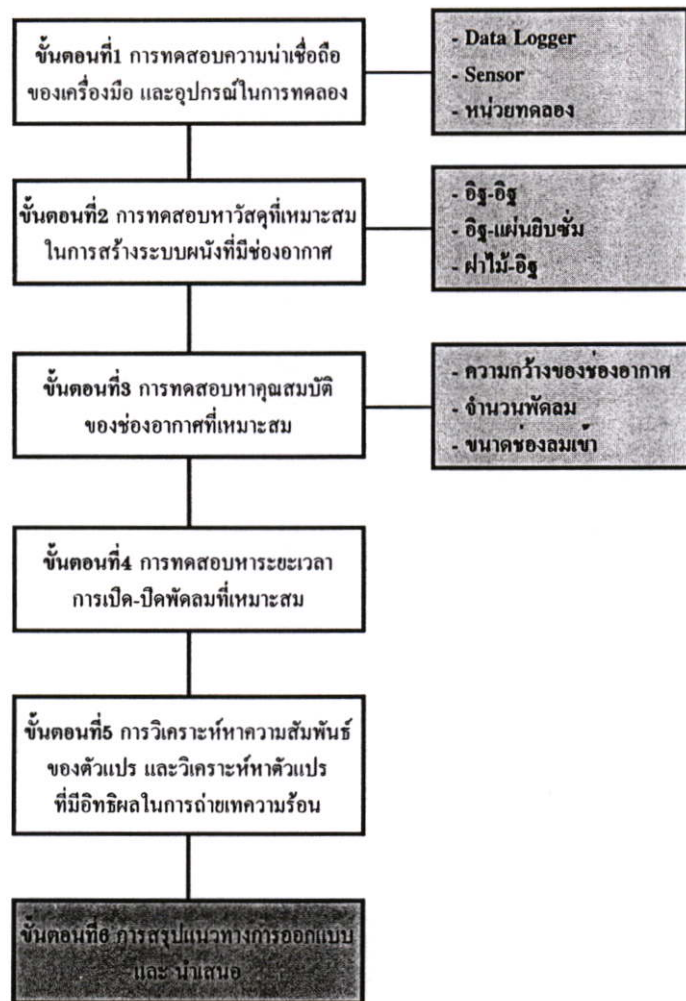
ความเร็วลมในช่องอากาศก็เป็นตัวบ่งบอกถึงถึงประสิทธิภาพของความกว้างของช่องอากาศ ขนาดของช่องลมเข้า และจำนวนพัดลม โดยการเปรียบเทียบอุณหภูมิในช่องอากาศ และ

อุณหภูมิภายนอก กับแบบทดลองที่ต่าง ๆ กัน โดยพิจารณาจากถ้าอุณหภูมิภายในช่องอากาศที่ลดลง แปรผันตามความเร็วลมที่สูงขึ้น นั้นหมายความว่า ประสิทธิภาพของความกว้างของช่องอากาศ ขนาดของช่องลมเข้า และจำนวนพัดลม ของผนังแบบทดลองนั้น ๆ มีความสามารถในการพาความร้อน ออกจากระบบผนังได้ดี

3.4.3 ความแตกต่างของเวลาที่ต่างกันของอุณหภูมิอากาศภายนอก และอุณหภูมิอากาศภายใน

นั่นคือการหน่วงความร้อนของผนังนั่นเอง ซึ่งเป็นตัวบอกความสามารถในการหน่วงเหนี่ยว ความร้อนของผนัง ยิ่งการหน่วงเหนี่ยวความร้อนมากอุณหภูมิภายในก็สูงขึ้นช้าลงเท่านั้น ซึ่งส่งผลให้ ณ.เวลานั้นๆ อุณหภูมิภายในจะต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกมาก แต่ถ้าผนังที่มีการหน่วงเหนี่ยว ความร้อนน้อยจะทำให้อุณหภูมิภายในสูงขึ้นเร็วกว่าผนังที่มีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนมาก ส่งผลให้อุณหภูมิภายในสูงใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอก หรืออาจจะสูงกว่า

แต่ในทางกลับกันเมื่อมีอุณหภูมิอากาศลดลงดัชนีที่ชี้ว่าผนังมีความสามารถในการป้องกัน ความร้อนดีก็คือ ผนังที่มีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่น้อยกว่า เพราะเมื่อความร้อนสามารถเข้าสู่ ภายในได้เร็วย่อมหมายถึงถึงความร้อนจะออกสู่ภายนอกได้เร็วเช่นกัน ทำให้อุณหภูมิที่จุดนั้นๆ ของ ผนังที่มีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ต่ำกว่าผนังที่มีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่ดีกว่า ซึ่งหลักการ วิเคราะห์ข้อมูลในข้อนี้ นอกจากเป็นตัวพิสูจน์วัสดุผนังที่มีประสิทธิภาพแล้ว ยังพิสูจน์ประสิทธิภาพ ของช่องอากาศ และระบบการระบายความร้อนอีกด้วย



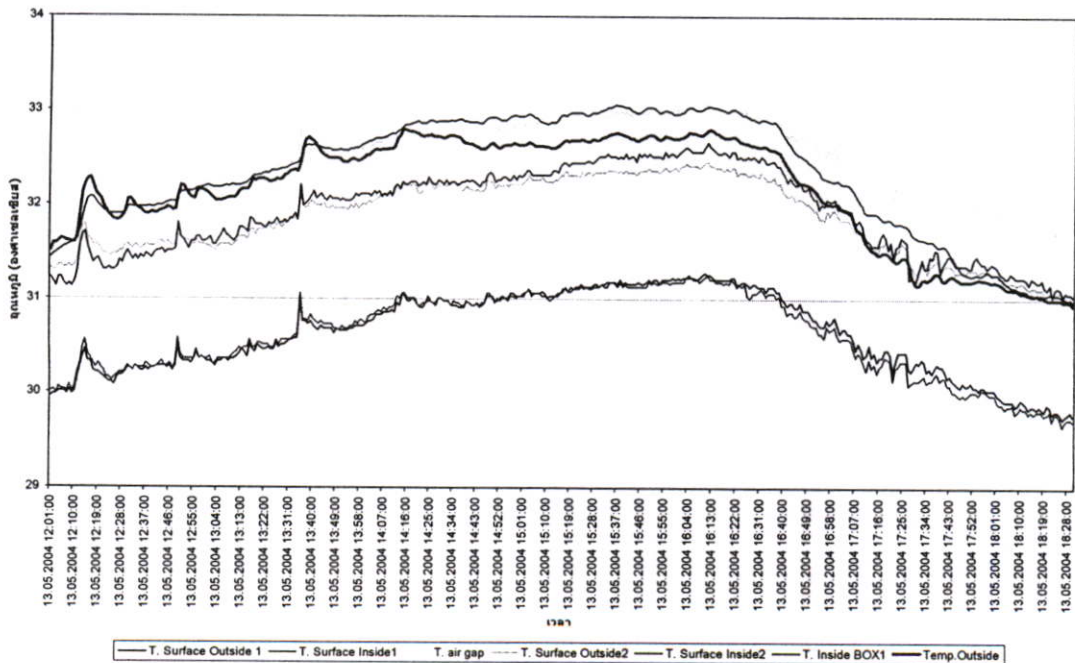
รูปที่ 3.38 ผังแสดงขั้นตอนและแนวทางในการทดลองทั้งหมด

บทที่ 4

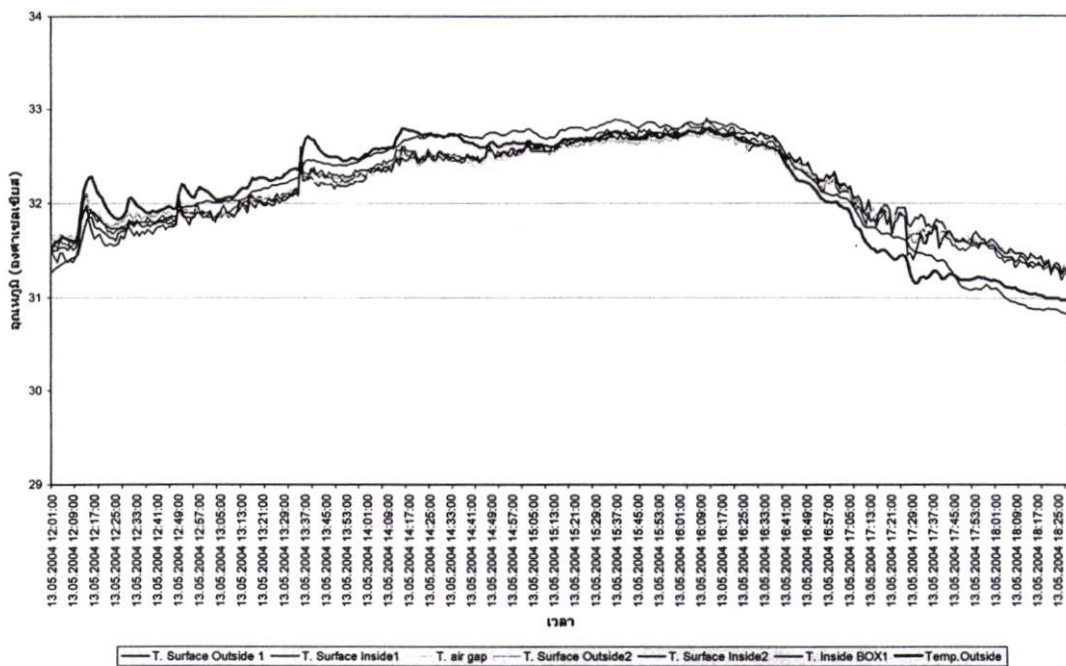
ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การทดสอบความนำเชื่อถือของเครื่องมือทดลอง

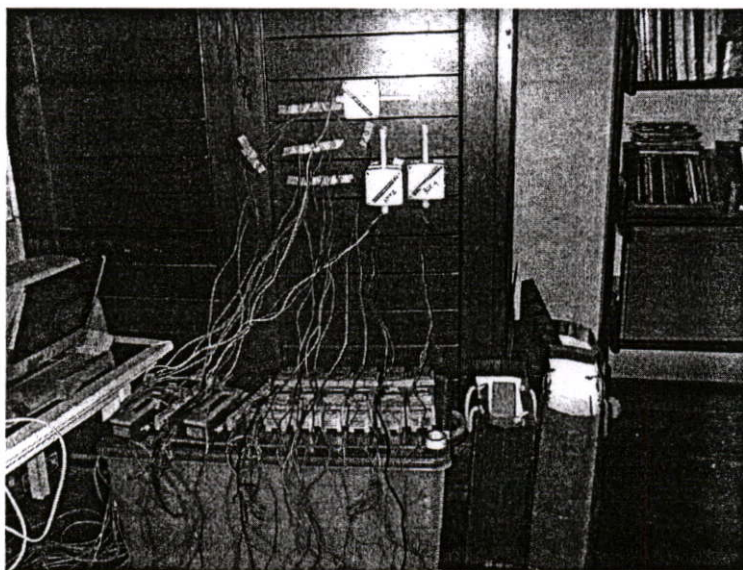
ก่อนที่จะเริ่มการทดลองตามขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้ ต้องทำการทดสอบความนำเชื่อถือของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเสียก่อน ซึ่งเป็นการปรับความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ในการวัดค่าแต่ละตัวให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน วิธีการปรับความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ทำโดยการเปิดเครื่องมือทำการวัดเก็บข้อมูลอุณหภูมิภายใต้สภาพแวดล้อม และสถานที่เดียวกัน ในที่นี้คือห้องปรับอากาศเพื่อความคงที่ของค่าอุณหภูมิ และง่ายต่อการสังเกตความเปลี่ยนแปลง ทำการวัดอุณหภูมิทุก ๆ หนึ่งนาทิตั้งแต่เป็นเวลา 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำค่าอุณหภูมิมาเป็นแนวทางในการปรับเครื่องมือและหัวอ่านให้ไปในทิศทางเดียวกัน โดยยึดหัวอ่านอุณหภูมิอันหนึ่งอันใดเป็นเกณฑ์ ในที่นี้ใช้หัวอ่านอุณหภูมิภายนอกเป็นเกณฑ์เพราะในการวิเคราะห์ข้อมูลของการวิจัยครั้งนี้จะเปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายนอกเป็นหลัก หลังจากนั้นจึงทำการทดสอบวัดอุณหภูมิอีกรอบ ถ้าค่าอุณหภูมิที่วัดได้ในครั้งที่สองมีความคลาดเคลื่อนไม่ต่างกันมากนักก็สามารถนำเครื่องมือไปทำการทดลองได้ก่อนขังนำเชื่อถือ



รูปที่ 4.1 แผนภูมิแสดงข้อมูลการวัดอุณหภูมิก่อนการปรับความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 4.2 แผนภูมิแสดงข้อมูลการวัดอุณหภูมิภายหลังการปรับความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 4.3 แสดงการวัดข้อมูลก่อนการปรับความคลาดเคลื่อน

4.2 การทดลองที่1 การทดสอบ และวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่มีช่องอากาศภายใน ที่ใช้วัสดุแตกต่างกัน

4.2.1 ระยะเวลาการทดลอง 7 วัน (8 มี.ค.-14 มี.ค.)

4.2.2 รูปแบบการทดลอง มีทั้งหมด 3 ชุดคือ

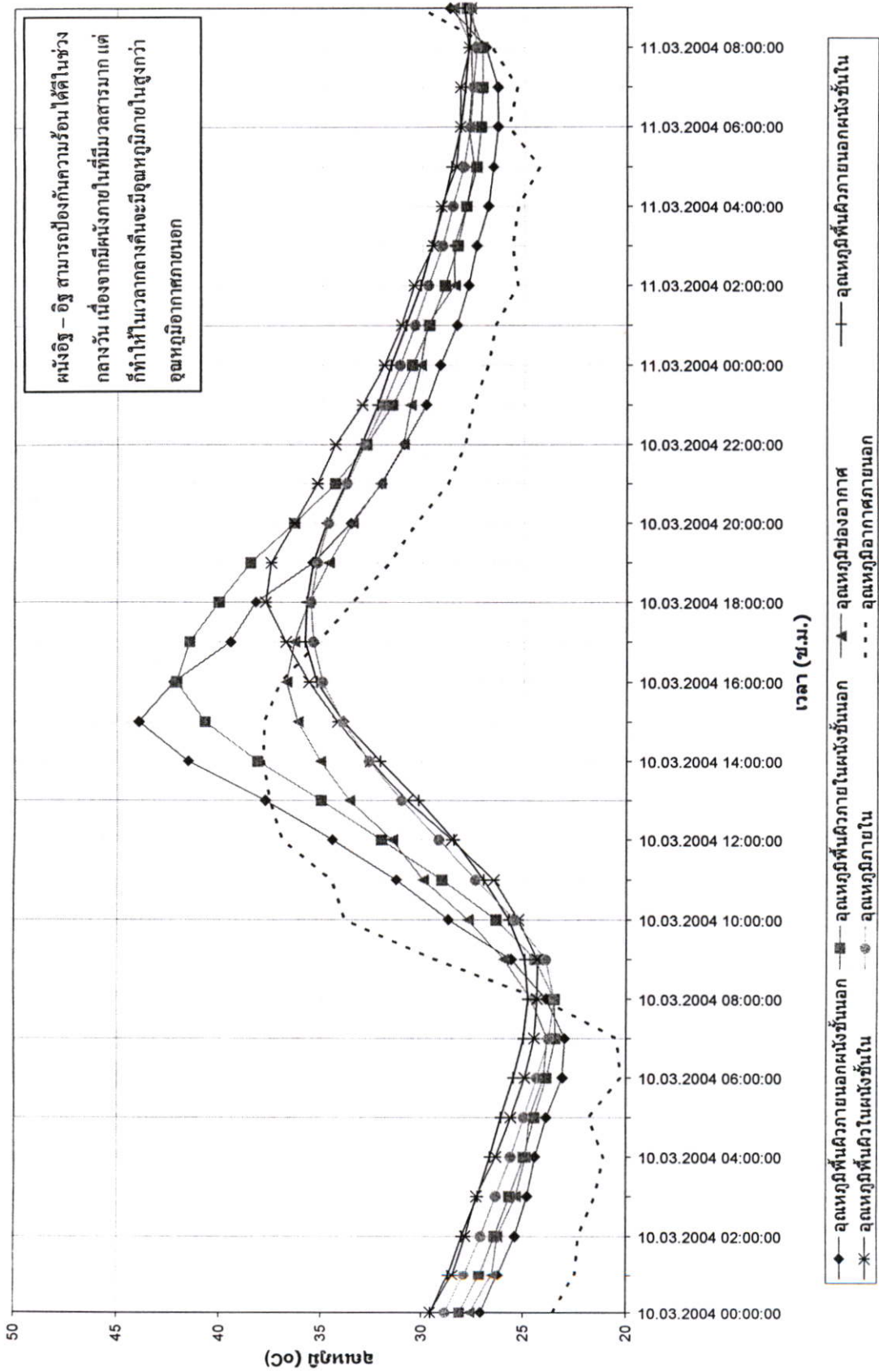
- 1) ผนังก่ออิฐฉาบปูน4 นิ้ว + ช่องอากาศ 3 ซม. + ผนังก่ออิฐฉาบปูน4นิ้ว
- 2) ผนังฝาไม้เทียม + ช่องอากาศ 3 ซม. + ผนังก่ออิฐฉาบปูน4นิ้ว
- 3) ผนังก่ออิฐฉาบปูน4นิ้ว + ช่องอากาศ 3 ซม. + ผนังแผ่นยิปซัม

ผนังทดลองทั้ง 3 แบบ จะสร้างไว้ในกล่องทดลองแบบที่ 1 ดังที่ได้กล่าวมาในบทที่ 3 ซึ่งจะมีการควบคุมตัวแปรที่เหมือนกัน ภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกันแวดล้อมเดียวกัน โดยกล่องทดลองทั้ง 3 กล่องจะหันด้านผนังทดลองไปทางทิศตะวันตก การทดลองจะทำการทดลองเป็นระยะเวลา 7 วัน

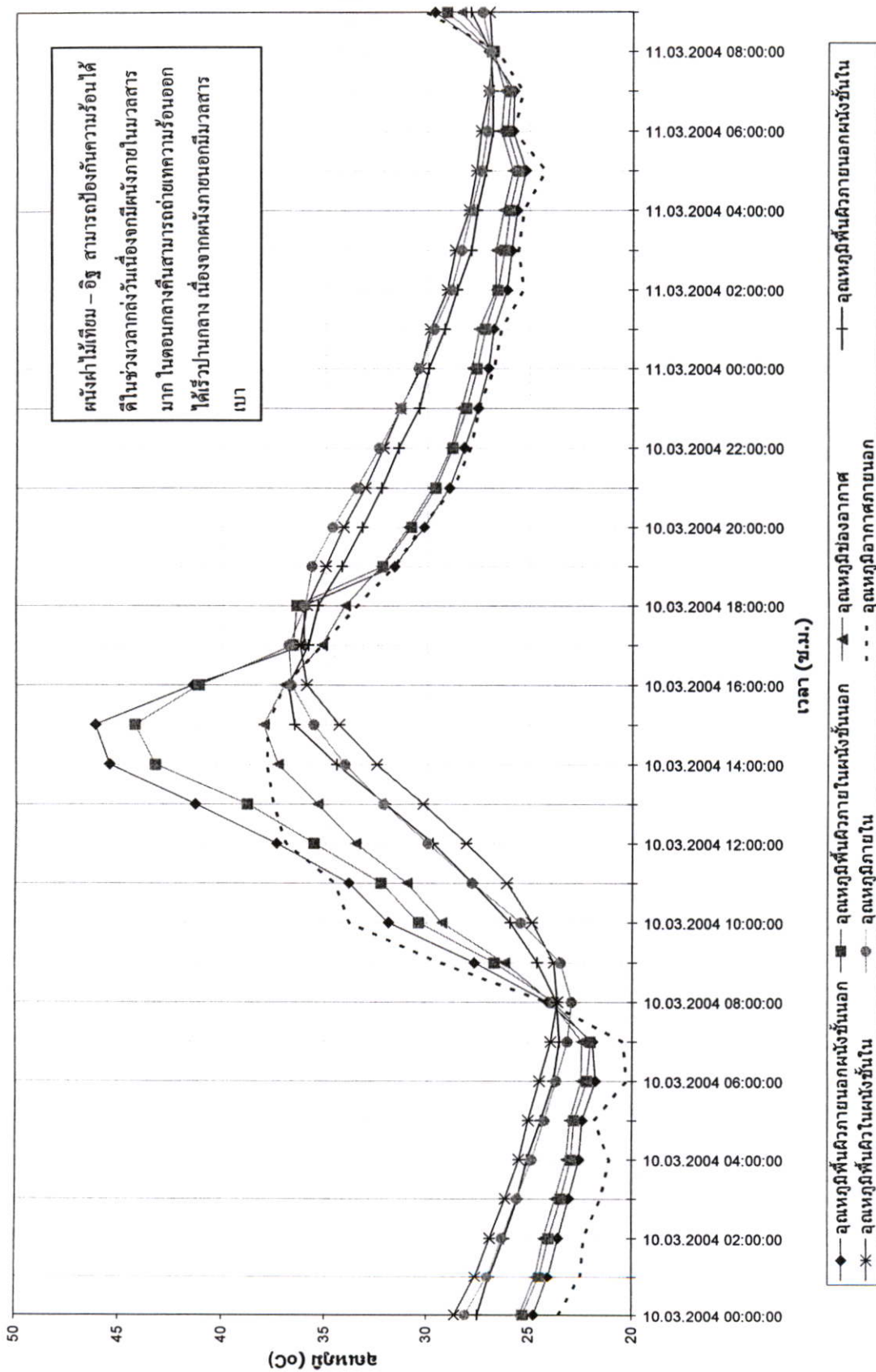
ตัวแปรที่ทำการเก็บข้อมูล

- 1) อุณหภูมิอากาศภายนอก (T.out)
- 2) อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง (T.in)
- 3) อุณหภูมิผิวผนังภายนอก (T.s1)
- 4) อุณหภูมิผิวภายในช่องอากาศของผนังชั้นนอก (T.s2)
- 5) อุณหภูมิผิวภายในช่องอากาศของผนังชั้นใน (T.s3)
- 6) อุณหภูมิผิวผนังภายใน (T.s4)
- 7) อุณหภูมิภายในช่องอากาศ (T.gap)
- 8) อัตราการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

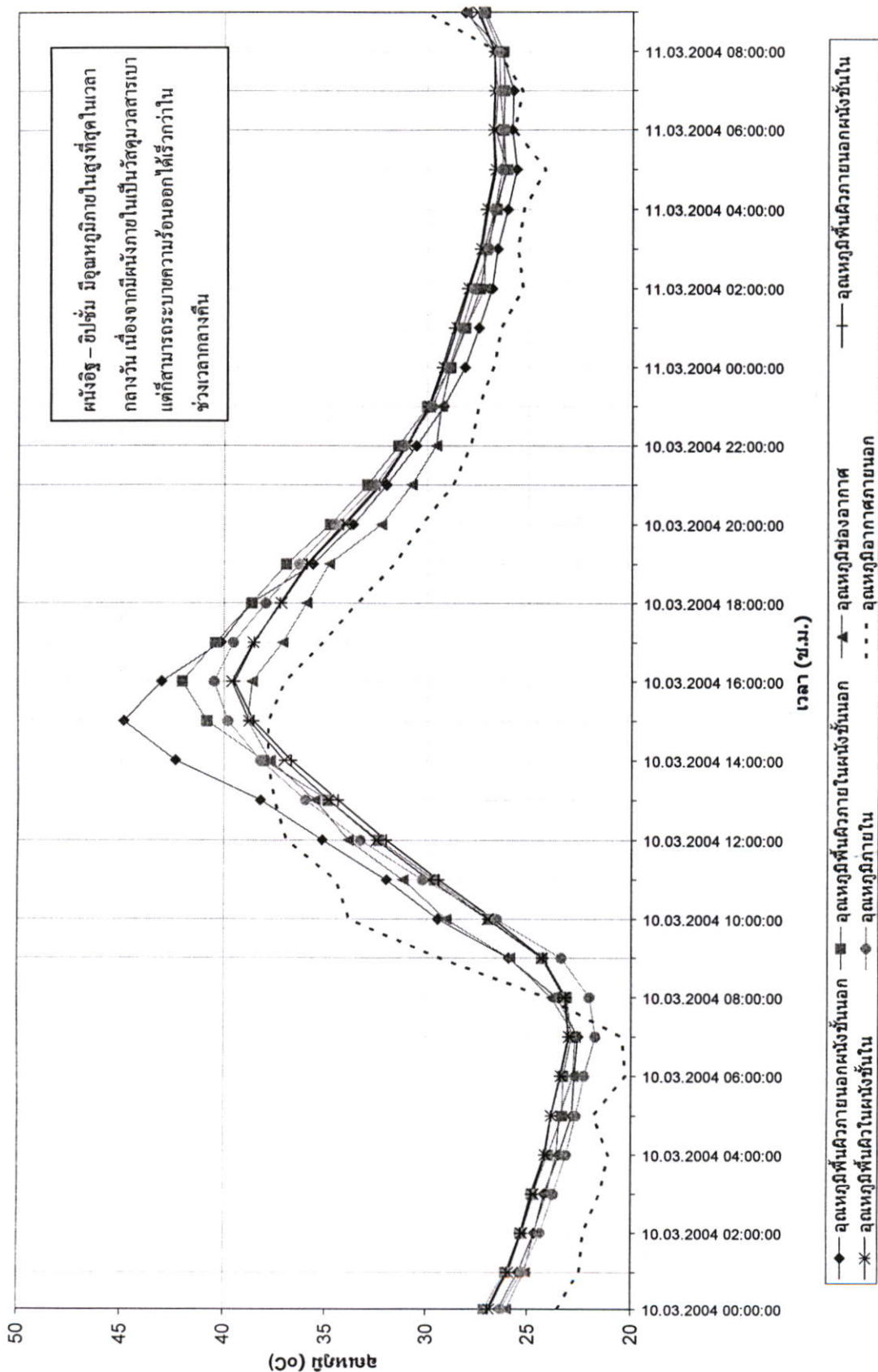
4.2.3 ผลการทดลอง



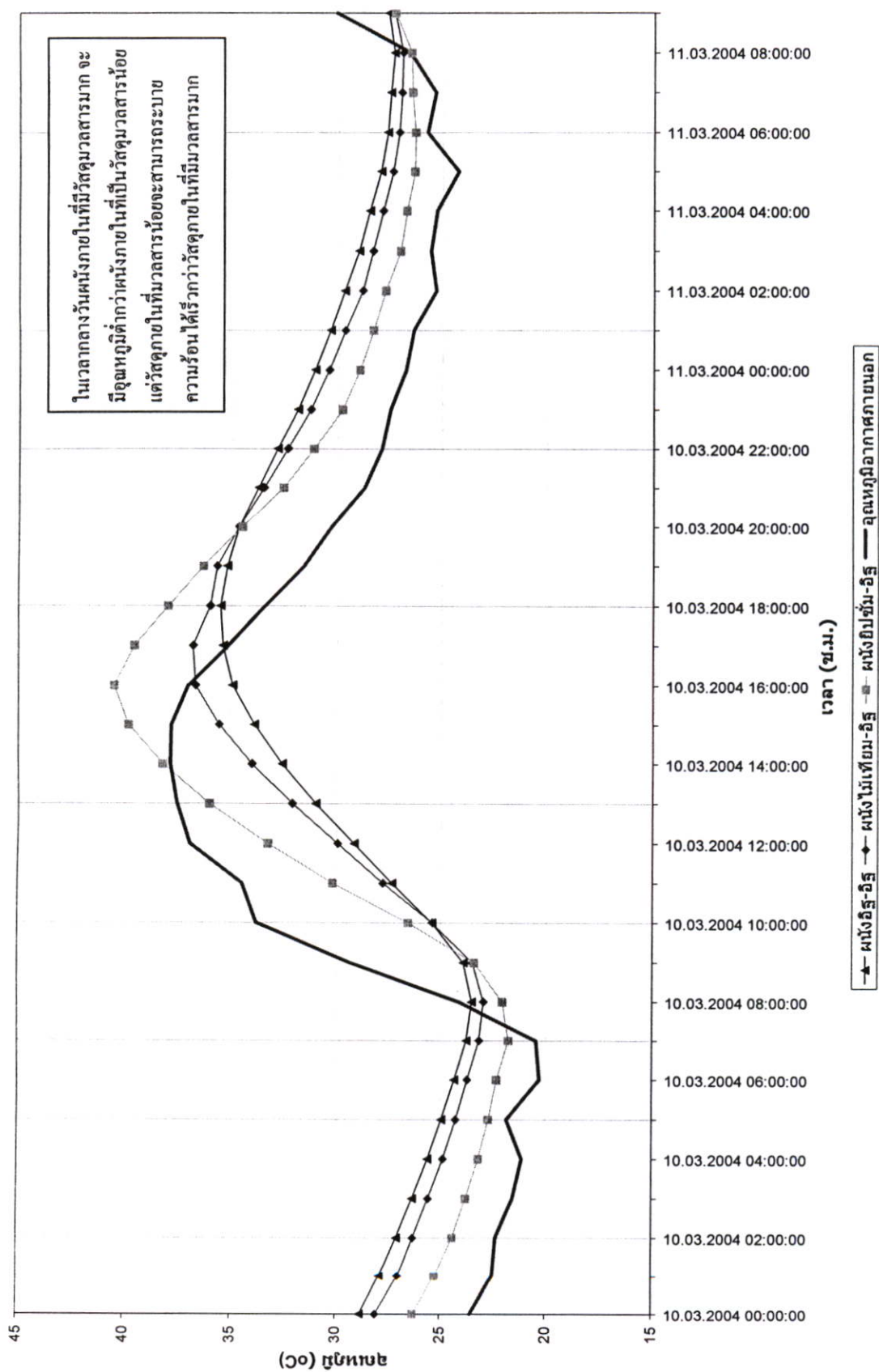
รูปที่ 4.4 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิที่เกิดขึ้นกับผนังคลองที่ 1 (อิฐ-อิฐ)



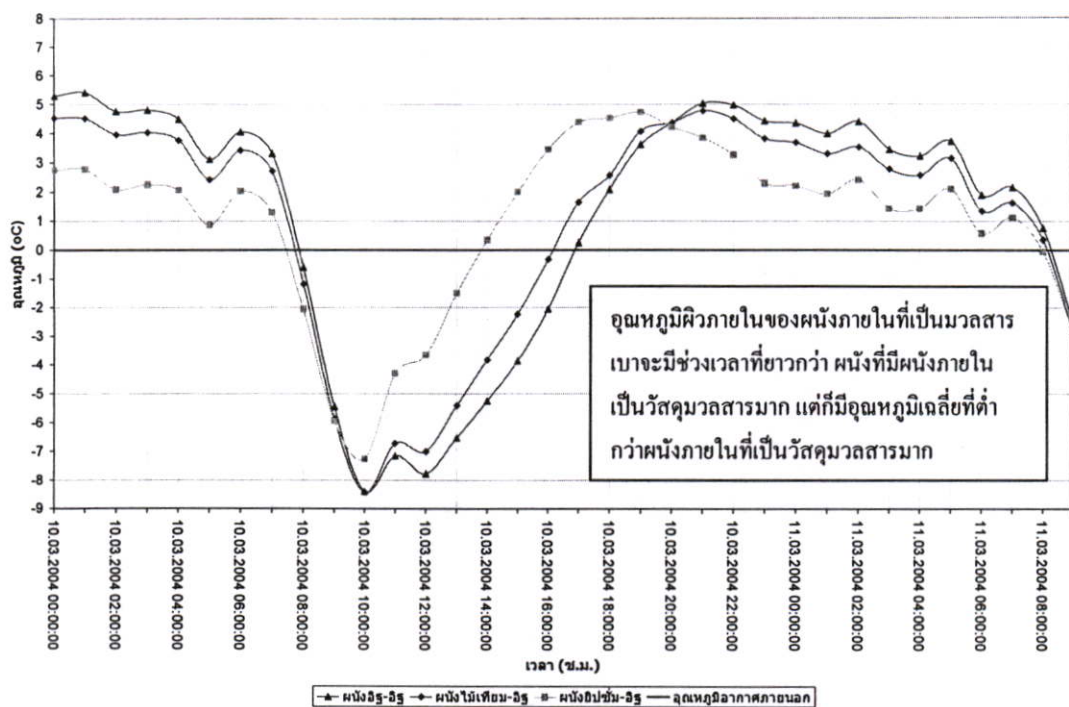
รูปที่ 4.5 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิที่เกิดผนังทดลองที่ 2 (ฟ้าไม้เทียม-อีฐ)



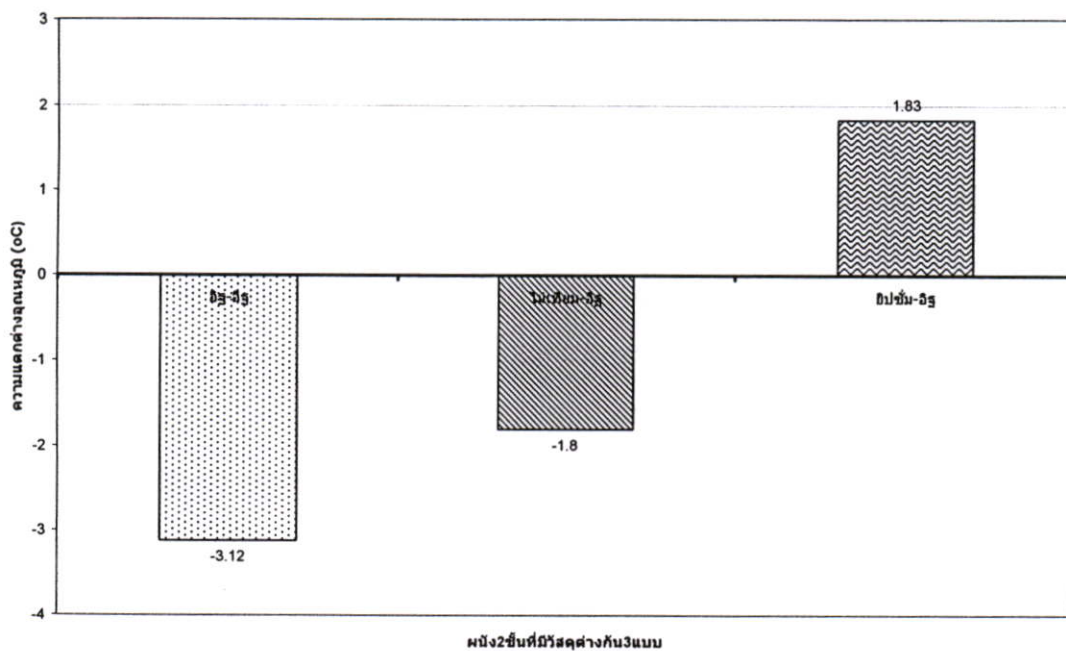
รูปที่ 4.6 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิที่เกิดขึ้นกับผนังทดลองที่ 3 (อิฐ-ฟิล์ม)



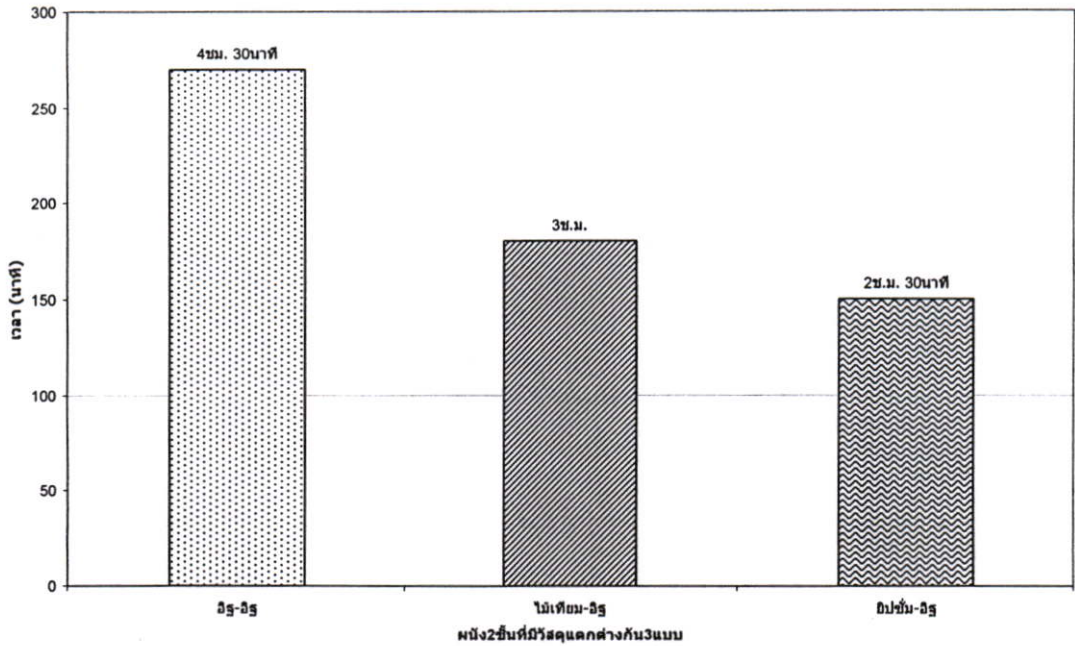
รูปที่ 4.7 แผนภูมิเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในที่เกิดขึ้นกับผนังทั้ง 3 แบบ



รูปที่ 4.8 แผนภูมิเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิภายในตลอดทั้งวันของผืนทั้ง 3 แบบ



รูปที่ 4.9 แผนภูมิเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิภายในสูงสุดของผืนทั้ง 3 แบบ



รูปที่ 4.10 แผนภูมิเปรียบเทียบความแตกต่างของระยะเวลาการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของผนังทั้ง 3 แบบ

4.2.4 สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบผนังทั้ง 3 แบบเป็นเวลา 10 วันจะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นกับผนังภายนอกนั้น ผนังก่ออิฐฉาบปูนจะมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้อยกว่าผนังไม้เทียมและผนังแผ่นยิปซัม ความแตกต่างของอุณหภูมิผิวภายนอก และอุณหภูมิผิวภายในของผนังชั้นนอก จะเห็นว่าผนังแบบ ฝาไม้เทียม-ก่ออิฐ มีอุณหภูมิผิวภายในและอุณหภูมิผิวภายนอกของฝาไม้เทียมไม่แตกต่างกันมาก ซึ่งอยู่ที่ประมาณ 0.35°C ในขณะที่เดียวกันผนัง ก่ออิฐ-ก่ออิฐ และผนัง ก่ออิฐ-แผ่นยิปซัม ที่ผนังภายนอกเป็นวัสดุฉนวนสารมากจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิที่มากกว่าคืออยู่ที่ประมาณ 5°C

ผนังก่ออิฐ-แผ่นยิปซัม จะมีค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิผิวภายนอกและอุณหภูมิผิวภายในของผนังชั้นในน้อยกว่าผนัง ก่ออิฐ-ก่ออิฐ และผนัง ฝาไม้เทียม-ก่ออิฐ ดังจะเห็นได้จากอุณหภูมิของผนังชั้นในของผนัง ก่ออิฐ-แผ่นยิปซัม ที่จะเกาะกลุ่มไปกับอุณหภูมิผนังชั้นนอกอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากผนังชั้นในเป็นวัสดุฉนวนสารน้อยความร้อนที่ผ่านจากผนังชั้นนอกเข้ามาได้จึงผ่านผนังชั้นในสู่ภายในกล่องทดลองได้ในทันที เป็นสาเหตุที่ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองส่วนใหญ่ของผนัง ก่ออิฐ-แผ่นยิปซัม มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอก โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่มีการพักอาศัยเกิดขึ้น คือระหว่างเวลา 17:00-7:00 น.

ช่วงที่อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดของวัน คือช่วงเวลาประมาณ 14:00-15:00 น. ผนังที่มีผนังชั้นในเป็นวัสดุฉนวนสารน้อยจะมีอุณหภูมิภายในสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด เนื่องจากความร้อนที่ผ่านผนังชั้นนอกเข้ามาสามารถผ่านต่อสู่ผนังชั้นในที่เป็นวัสดุฉนวนสารน้อยได้ในทันที

ต่างกับผนัง ก่ออิฐ-ก่ออิฐ และผนัง ฝาไม้เทียม-ก่ออิฐ ที่ผนังชั้นในเป็นวัสดุมวลสารมาก ความร้อนจึงใช้ระยะเวลาานานกว่าจึงสามารถผ่านไปสู่ภายในกล่องได้ ดังจะเห็นได้จากแผนภูมิที่ 4.8 ที่แสดงให้เห็นความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกกับอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของวัน ผนัง ก่ออิฐ-แผ่นยิปซัม จะมีอุณหภูมิภายในสูงสุดสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกมากกว่า ผนัง ก่ออิฐ-ก่ออิฐ และผนัง ฝาไม้เทียม-ก่ออิฐ

ผนังที่มีผนังชั้นในเป็นวัสดุมวลสารน้อยจึงมีทั้งข้อดีและข้อเสีย ข้อดีคือเมื่ออุณหภูมิอากาศเริ่มลดลงคือหลังเวลา 18:00 น. ผนังชั้นในที่เป็นวัสดุมวลสารน้อยจะมีคุณสมบัติคายความร้อนออกมาได้เร็วกว่าผนังชั้นในที่เป็นวัสดุมวลสารมาก สังเกตได้จากแผนภูมิที่ 4.5 ที่เส้นกราฟอุณหภูมิผิวภายนอกและอุณหภูมิผิวภายในของผนังชั้นในจะลดลงเร็วกว่าในแผนภูมิที่ 4.4 และแผนภูมิที่ 4.3 ในขณะที่เดียวกันด้วยคุณสมบัติของผนังมวลสารน้อยที่สามารถคายความร้อนได้รวดเร็ว จึงสามารถส่งผ่านความร้อนได้รวดเร็วเช่นกัน ซึ่งเป็นข้อเสียของผนังสองชั้นที่มีผนังชั้นในเป็นวัสดุมวลสารน้อย ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองสูงสุดสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก

นอกจากนี้ชนิดวัสดุของผนังชั้นในยังเป็นตัวกำหนดระยะเวลาการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของผนังสองชั้นอีกด้วย ดังแผนภูมิที่ 4.9 ที่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของผนังทั้ง 3 ชนิด ผนังที่มีระยะเวลาหน่วงเหนี่ยวความร้อนสั้นที่สุดคือผนัง ก่ออิฐ-แผ่นยิปซัม อยู่ที่ประมาณ 51 นาที ซึ่งมีผนังภายในเป็นวัสดุมวลสารน้อย ส่วนผนัง ก่ออิฐ-ก่ออิฐ และผนัง ฝาไม้เทียม-ก่ออิฐ ซึ่งมีผนังภายในเป็นวัสดุมวลสารมาก จะมีระยะเวลาหน่วงเหนี่ยวความร้อนยาวกว่า คืออยู่ที่ประมาณ 107 นาที และ 105 นาทีตามลำดับ

เห็นได้ว่าปัจจัยหลักที่มีผลต่อการป้องกันความร้อนของผนังสองชั้นคือชนิดของวัสดุของผนังชั้นใน เพราะผนังชั้นในเปรียบเสมือนปราการด่านสุดท้ายที่ทำหน้าที่ป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร ผนังชั้นในจึงควรมีคุณสมบัติที่สามารถป้องกันการถ่ายเทความร้อน ซึ่งอาจจะเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อน หรือวัสดุที่มีมวลสารในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ในกรณีที่ทำการศึกษาทดลองนี้ได้ใช้วัสดุที่มีมวลสารมากนั่นก็คือผนัง ก่ออิฐ ที่สามารถหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่เกิดจากการพาของช่องอากาศ และการแผ่รังสีจากผนังชั้นนอก ไม่ให้ผ่านเข้าสู่ภายในกล่องทดลองได้ดีกว่าผนังแผ่นยิปซัมที่เป็นวัสดุมวลสารน้อย ผนัง ก่ออิฐฉาบปูนจึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นวัสดุของผนังชั้นในๆ การทดลองครั้งนี้ด้วยคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนให้กับกล่องทดลองได้ดีที่สุด

ส่วนผนังชั้นนอกนั้นไม่ค่อยส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในมากนัก โดยจะสังเกตได้จากแผนภูมิที่ 4.6 ซึ่งจะเห็นได้ว่าผนัง ก่ออิฐ-ก่ออิฐ และผนัง ก่ออิฐ-แผ่นยิปซัม ที่มีผนังภายนอกเป็นผนัง ก่ออิฐฉาบปูนเหมือนกัน แต่กลับมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในกับอุณหภูมิอากาศภายนอก หรือความแตกต่างของระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนอย่างชัดเจน แต่ในผนัง ก่ออิฐ-ก่ออิฐ และผนัง ฝาไม้เทียม-ก่ออิฐ ที่มีผนังชั้นนอกแตกต่างกัน กลับมีความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและอุณหภูมิอากาศภายนอก หรือความแตกต่างของระยะเวลาในการหน่วงเหนี่ยว

ความร้อนไม่มากนัก ผนังชั้นนอกจึงทำหน้าที่หลักคือป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์หรือแสงแดด ช่วยให้ร่มเงาแก่ผนังชั้นใน

ด้วยข้อมูลดังกล่าวนี้สามารถกล่าวได้ว่าชนิดของวัสดุของผนังชั้นนอกไม่ส่งผลต่ออุณหภูมิภายในกล่องทดลองมากนัก กล่าวได้ว่าผนังชั้นนอกที่เป็นวัสดุมวลสารมากจะสามารถป้องกันความร้อนได้ดีกว่าผนังชั้นนอกที่เป็นวัสดุมวลสารน้อย แต่ความแตกต่างนี้มีน้อยมากจึงต้องนำปัจจัยอื่น ๆ มาพิจารณาเพิ่มเติมในการเลือกใช้วัสดุของผนังชั้นนอก

ข้อพิจารณาในการเลือกใช้วัสดุของผนังชั้นนอก ระหว่างผนังก่ออิฐฉาบปูน และผนังฝ้าไม้เทียม

- 1) ราคา ผนังก่ออิฐฉาบปูนมีราคาถูกกว่าฝ้าไม้เทียมประมาณ 1.25%
- 2) น้ำหนัก ผนังก่ออิฐฉาบปูนจะมีน้ำหนักมากกว่าผนังฝ้าไม้เทียม จึงต้องมีโครงสร้างคานที่แข็งแรงกว่าในการรับน้ำหนัก ทำให้สิ้นเปลืองเหล็กเสริมคอนกรีต
- 3) การปรับใช้กับอาคารเดิม เนื่องจากผนังฝ้าไม้เทียมมีน้ำหนักที่เบากว่าผนังก่ออิฐฉาบปูน ทำให้การต่อเติมอาคารเก่าด้วยผนังฝ้าไม้เทียมสะดวกกว่า และไม่กระทบกระเทือนโครงสร้างอาคารเดิมมากนัก
- 4) การซ่อมบำรุง ในกรณีที่มีสัตว์หรือแมลงเข้าไปกีดขวางช่องอากาศภายในผนัง ผนังที่เป็นฝ้าไม้เทียมสามารถเปิดออกมาทำความสะอาดและซ่อมแซมได้ง่ายกว่าผนังก่ออิฐฉาบปูน อีกทั้งกรณีที่ระบบระบายอากาศด้วยพัดลมไฟฟ้าขัดข้อง ผนังฝ้าไม้เทียมก่อ-อิฐ ก็สามารถป้องกันความร้อนได้ดีกว่า ผนังก่ออิฐ-แผ่นยิปซัม เมื่อไม่ได้ใช้พัดลม

สรุปได้ว่าผนังสองชั้นที่ประกอบด้วย ผนังฝ้าไม้เทียม+ช่องอากาศ+ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว มีคุณสมบัติเหมาะสมทั้งในด้านการป้องกันความร้อน ด้านค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง และด้านวิธีการก่อสร้าง นำไปใช้ในการทดสอบความสามารถในด้านการระบายความร้อนด้วยเครื่องกลต่อไป

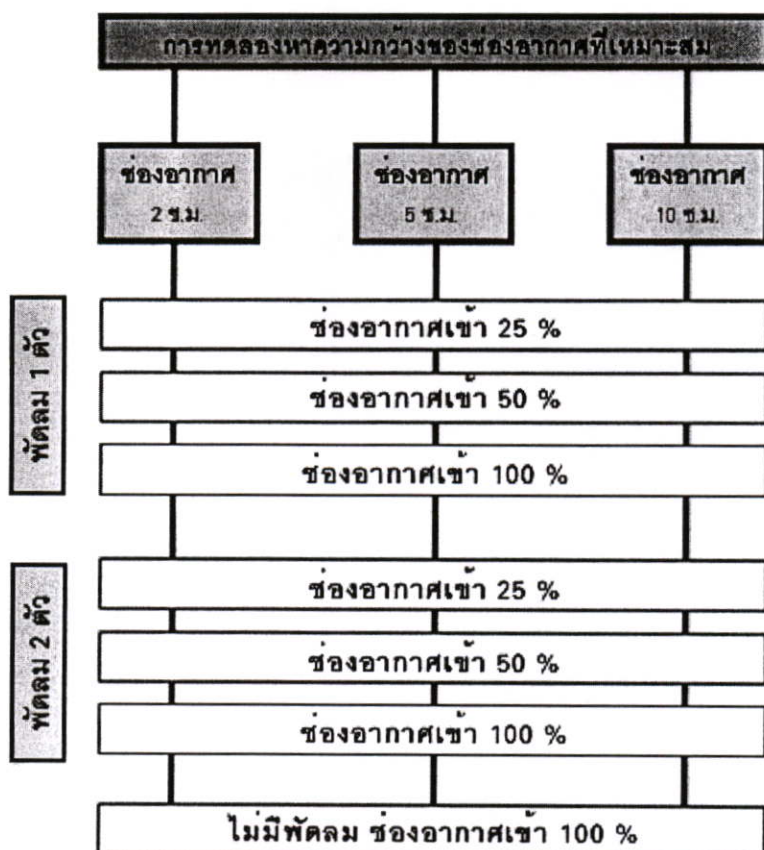
4.3 การทดลองที่ 2 การทดสอบ และวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่มีช่องอากาศภายใน ที่มีความกว้างของช่องอากาศ 2 ซม. 5 ซม. และ 10 ซม.

4.3.1 ระยะเวลาการทดลอง 27 วัน (3 ธ.ค. – 29 ธ.ค.)

4.3.2 รูปแบบการทดลอง มีทั้งหมด 7 ชุดการทดลอง คือ

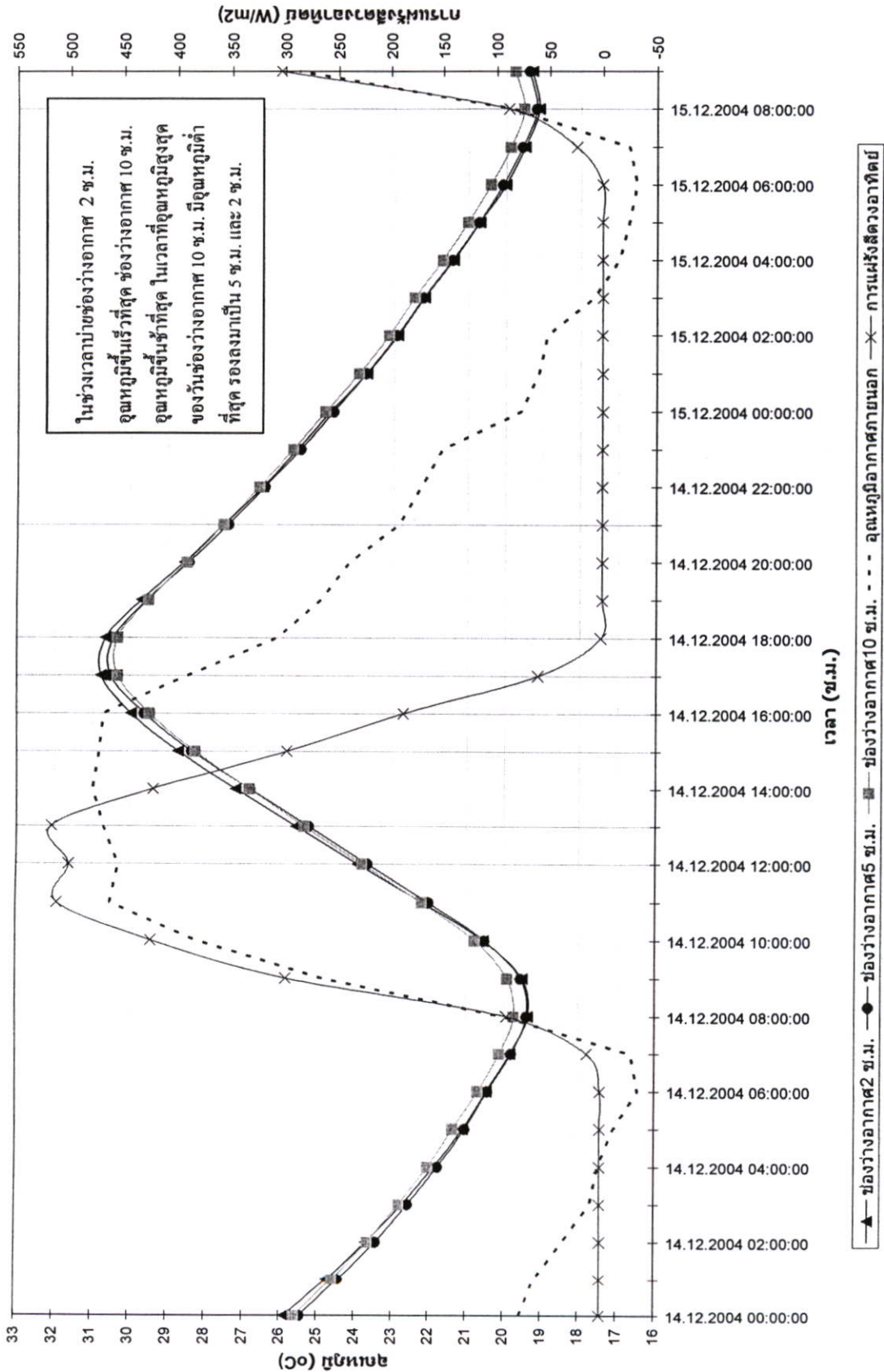
- 1) พัดลม 1 ตัว ช่องอากาศเข้า 25%
- 2) พัดลม 1 ตัว ช่องอากาศเข้า 50%
- 3) พัดลม 1 ตัว ช่องอากาศเข้า 100%
- 4) พัดลม 2 ตัว ช่องอากาศเข้า 25%

- 5) พัฒน 2 ตัว ช่องอากาศเข้า 50%
- 6) พัฒน 2 ตัว ช่องอากาศเข้า 100%
- 7) ไม่มีพัฒน ช่องอากาศเข้า 100%

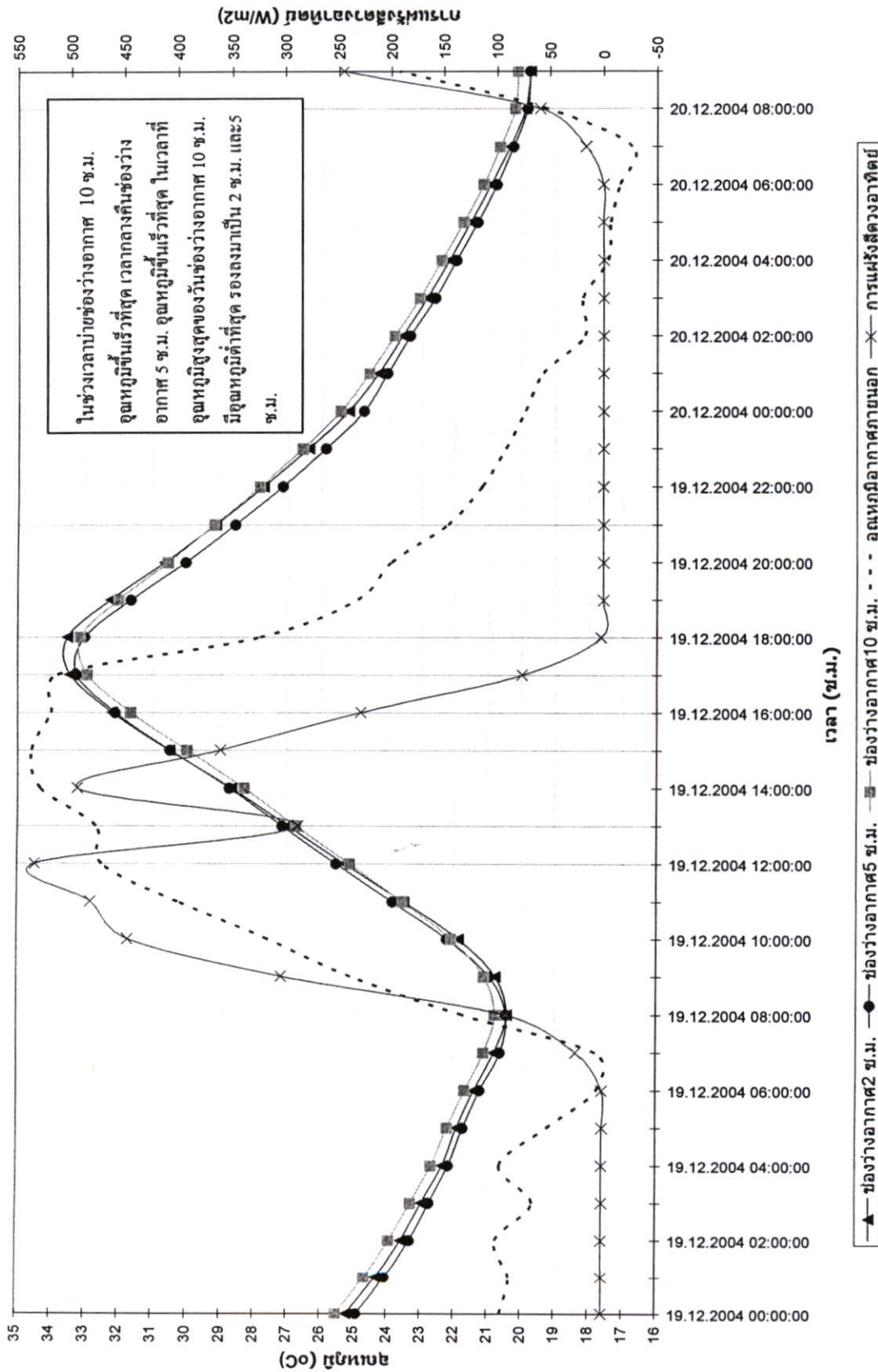


รูปที่ 4.11 แผนผังแสดงแผนการทดลองหาความกว้างของช่องอากาศที่เหมาะสม

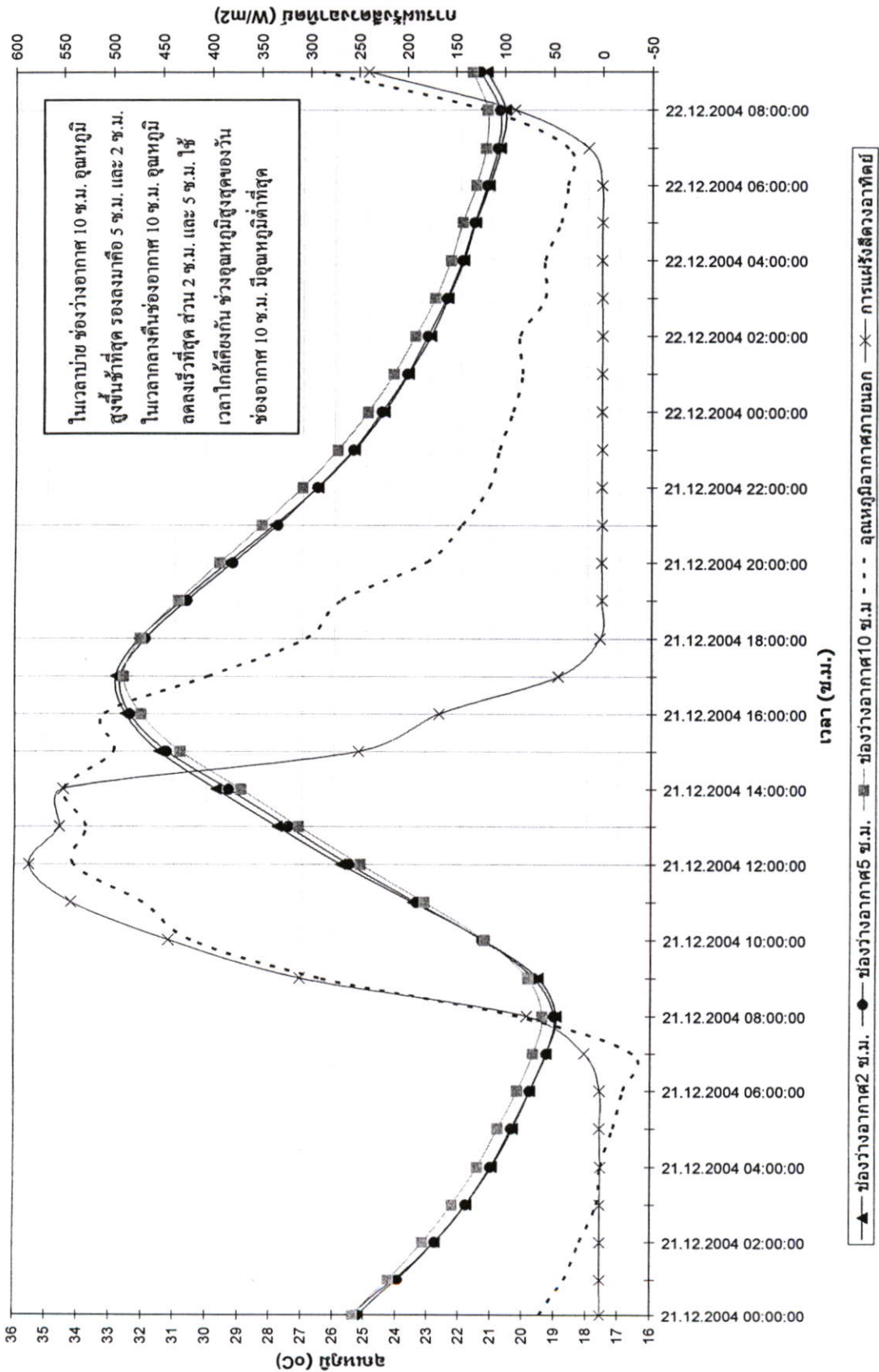
4.3.3 ผลการทดลอง



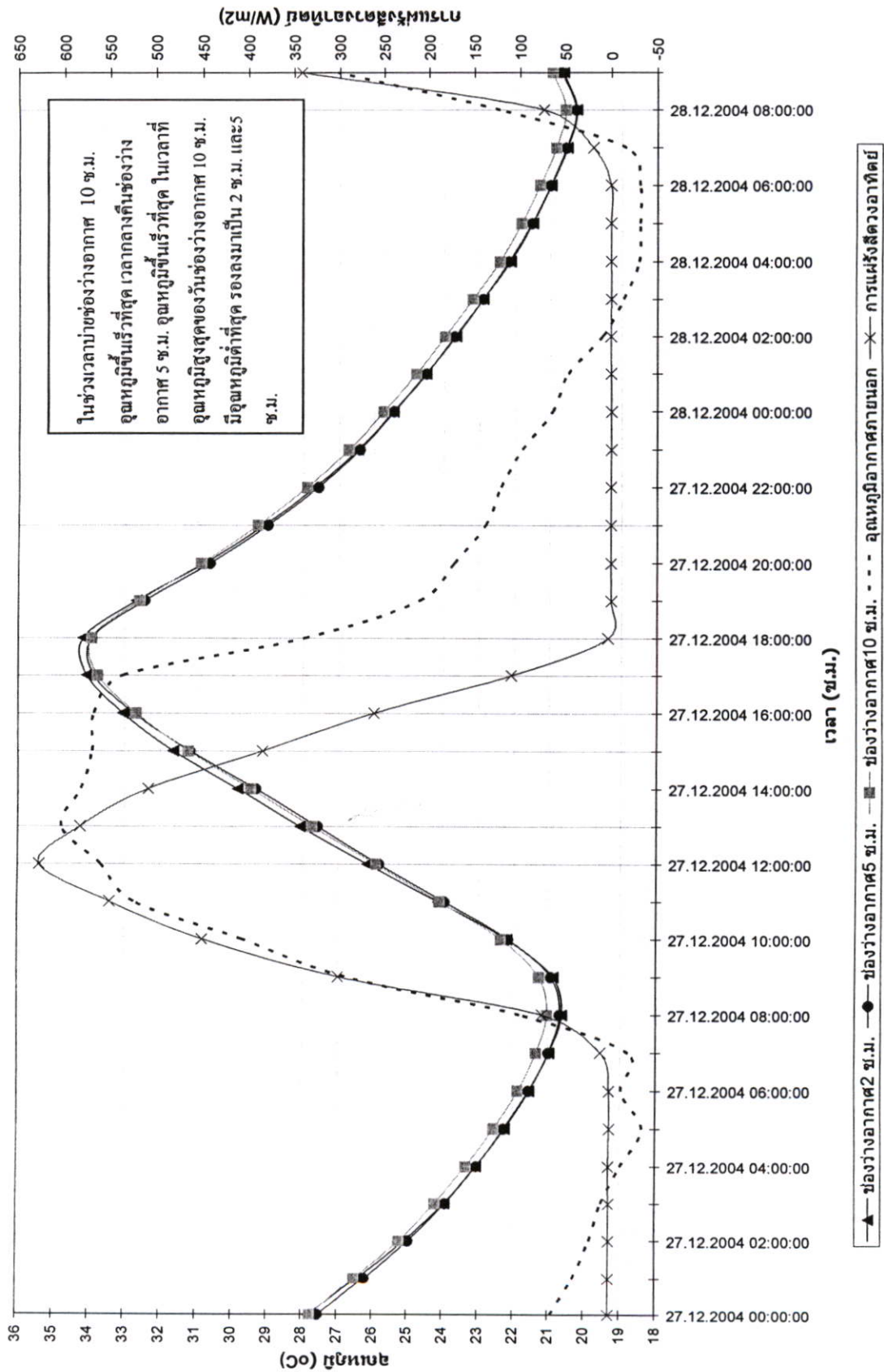
รูปที่ 4.14 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนังที่มีช่องอากาศภายใน ทั้ง 3 ขนาด เมื่อมีพัดลม 1 ตัว ช่องอากาศเข้า 100%



รูปที่ 4.15 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนังที่มีชองอากาศภายใน
ทั้ง 3 ขนาด เมื่อมีพัดลม 2 ตัว ชองอากาศเข้า 25%



รูปที่ 4.16 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนังที่มีช่องอากาศภายใน ทั้ง 3 ขนาด เมื่อมีพัดลม 2 ตัว ช่องอากาศเข้า 50%



รูปที่ 4.17 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนังที่มีช่องอากาศภายในทั้ง 3 ขนาด เมื่อมีพัดลม 2 ตัว ช่องอากาศเข้า 100%

4.3.4 สรุปผลการทดลอง

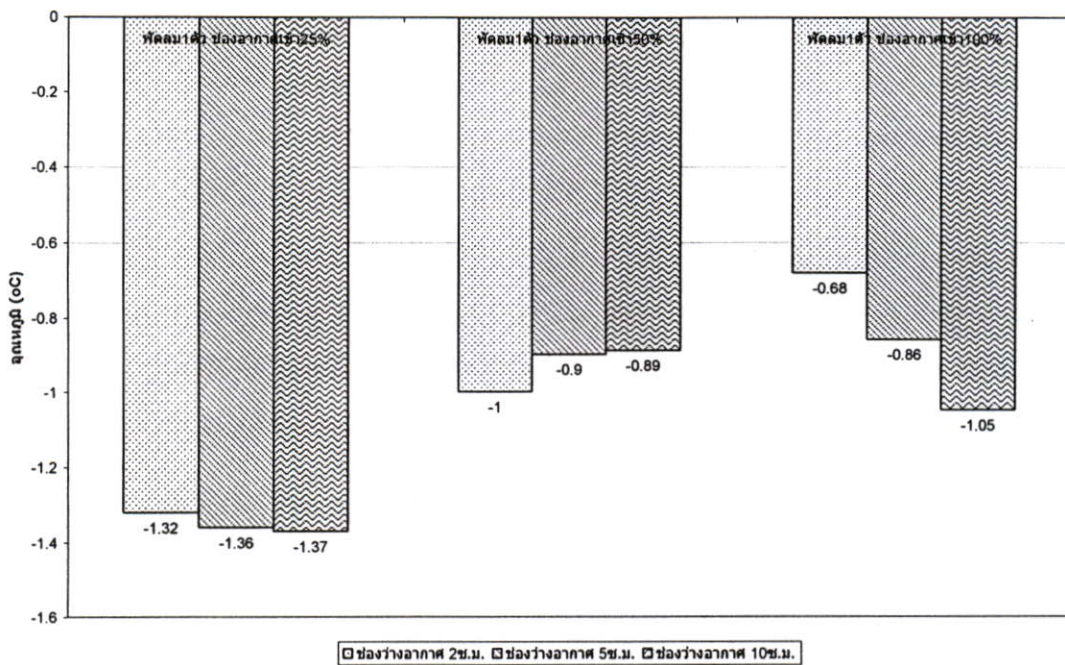
จากแผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนัง จะเห็นได้ว่าแทบจะ
ไม่มีความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นกับผนังที่มีช่องอากาศทั้ง 3 ขนาดมากนัก หรืออาจจะกล่าว
ได้ว่าช่องอากาศทั้ง 3 ขนาดมีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่ใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจาก
จำเป็นต้องหาผลของขนาดของช่องอากาศที่ดีที่สุด เพื่อนำไปเป็นตัวแปรในการทดลองขั้นต่อไป
จึงจำเป็นต้องพิจารณาเปรียบเทียบความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้น แม้จะเป็นความแตกต่างที่ไม่
ถึง 1 องศาเซลเซียสก็ตาม โดยที่มีเกณฑ์การพิจารณาดังนี้

1) ความแตกต่างของอุณหภูมิมิผนังภายใน และอุณหภูมิภายนอกสูงสุด

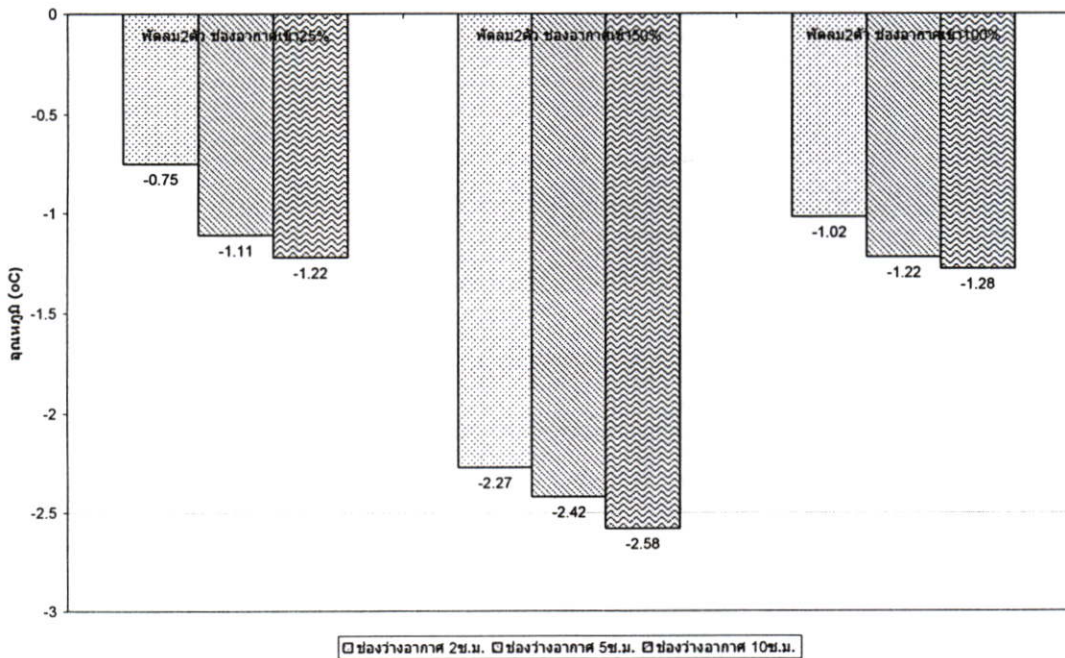
จากการทดลองกับผนังทดลองที่มีช่องอากาศเข้า และจำนวนพัดลมที่แตกต่างกัน ผนังที่มีช่อง
อากาศกว้าง 10 ซม.จะมีอุณหภูมิมิผนังภายในสูงสุดของวันเฉลี่ยต่ำสุด อุณหภูมิมิผนังภายในของผนังที่
ต่ำสุดรองลงมาคือผนังที่มีช่องว่างอากาศ 5 ซม. และ 2 ซม.ตามลำดับ

เห็นได้ถึงความแตกต่างของความกว้างของช่องอากาศ สัมพันธ์กับปริมาณอากาศ
ภายในช่อง ยังมีปริมาณอากาศระหว่างผนังมากยิ่งทำให้การต้านทานความร้อนมากขึ้น แต่ถ้ามี
ความกว้างของช่องอากาศมากขึ้นเรื่อย ๆ อาจจะไม่ทำให้ความสามารถในการต้านทานความร้อน
ของผนังมากขึ้นก็ได้ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จำกัดขอบเขตการทดลองความกว้างของช่องอากาศไว้
ที่ 10 ซม.เท่านั้น

ในด้านความสามารถในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของผนังนั้น ช่องอากาศทั้ง 3 ขนาด
ให้ผลออกมาใกล้เคียงกันมาก นั่นคืออุณหภูมิมิผนังภายในสูงสุดมีระยะเวลาห่างจากอุณหภูมิมิผนังภายนอกสูงสุด
ประมาณ 3 ซม.เท่ากัน อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด ณ เวลาประมาณ 14 : 00 น. และอุณหภูมิมิผนัง
ภายในสูงสุด ณ เวลาประมาณ 17:00 น. แสดงให้เห็นว่าช่องว่างอากาศ และปริมาณอากาศภายใน
ผนังไม่มีความสามารถในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน หากเป็นเพราะวัสดุผนังนั้นคือผนังก่ออิฐ
มอญฉาบปูนต่างหากที่ทำหน้าที่ในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน



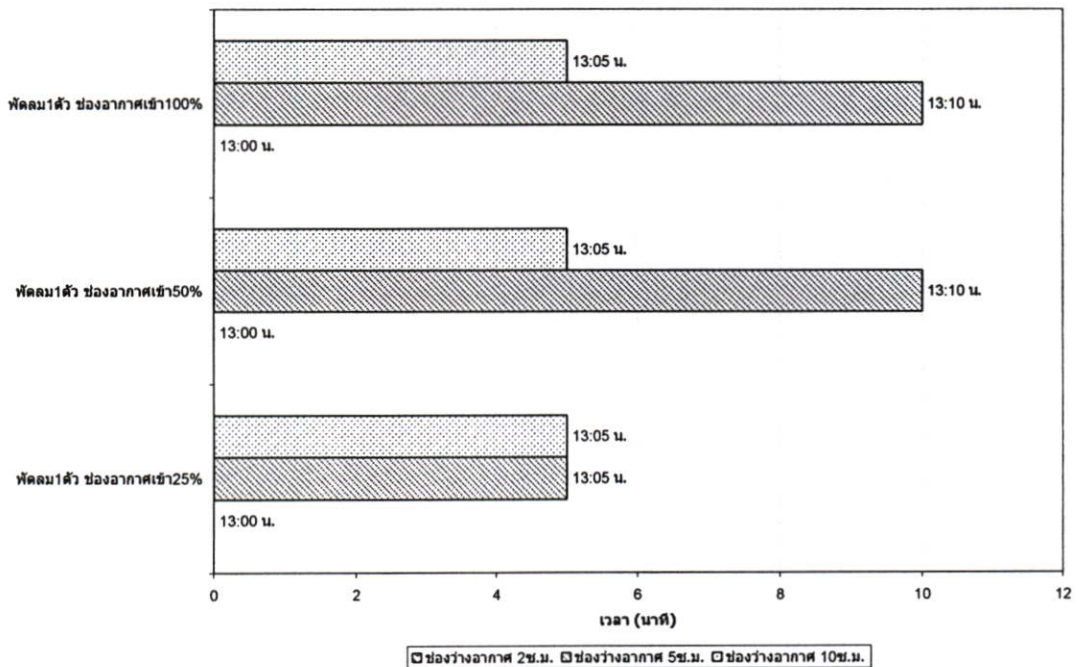
รูปที่ 4.18 แผนภูมิแสดงความแตกต่างอุณหภูมิสูงสุดของผนังที่มีช่องอากาศเข้าทั้ง 3 ขนาด พัคลม 1 ตัว



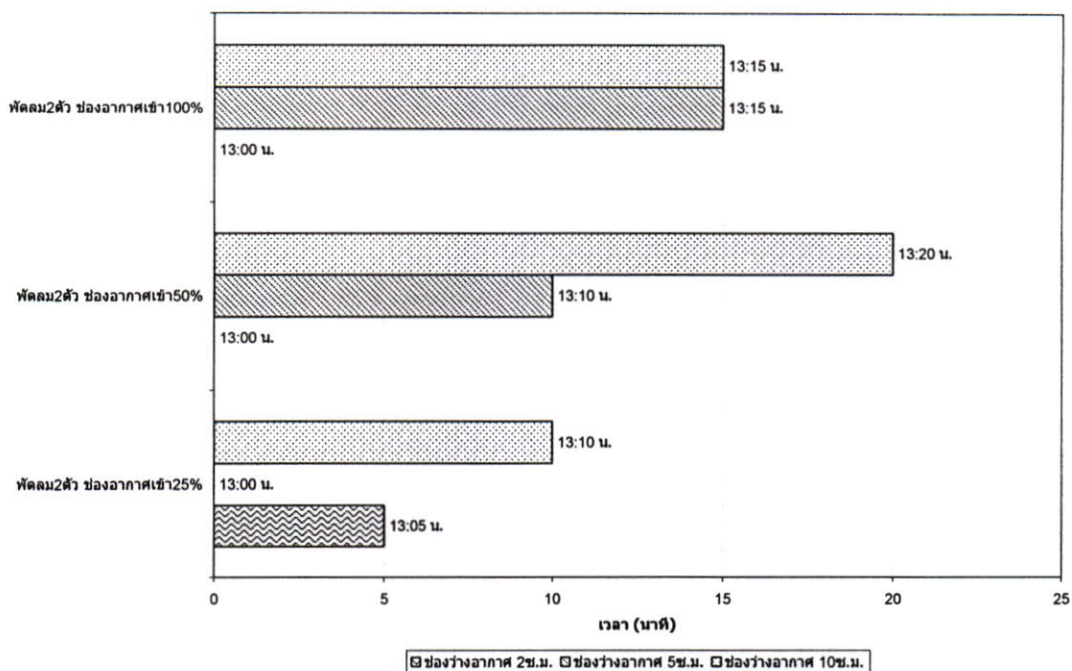
รูปที่ 4.19 แผนภูมิแสดงความแตกต่างอุณหภูมิสูงสุดของผนังที่มีช่องอากาศเข้าทั้ง 3 ขนาด พัคลม 2 ตัว

2) ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนในเวลากลางวัน อุณหภูมิอากาศภายนอกลดลงต่ำสุดที่ประมาณ 6:00 น. อุณหภูมิผิวภายในต่ำสุดอยู่ที่เวลาประมาณ 8:00 น. หลังจากนั้นอุณหภูมิจะเริ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งความกว้างของช่องอากาศทั้ง 3 ขนาดไม่มีความแตกต่างกันในด้านของระยะเวลาเวลาที่อุณหภูมิสูงขึ้น โดยที่ส่วนใหญ่แล้วช่องอากาศ 2 ซม. อุณหภูมิจะสูงขึ้นเร็วที่สุดในขณะเดียวกันผนังที่มีช่องอากาศ 10 ซม. และ 5 ซม. อุณหภูมิจะสูงขึ้นช้าที่สุด

จึงกล่าวได้ว่าจำนวนปริมาตรของอากาศยังมีมากยิ่งขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิเพิ่มช้ากว่า ปริมาตรอากาศที่น้อย นั่นหมายถึงปริมาตรอากาศที่มากกว่าจะมีความต้านทานความร้อนที่ดีกว่า ปริมาตรอากาศที่ต่ำกว่า



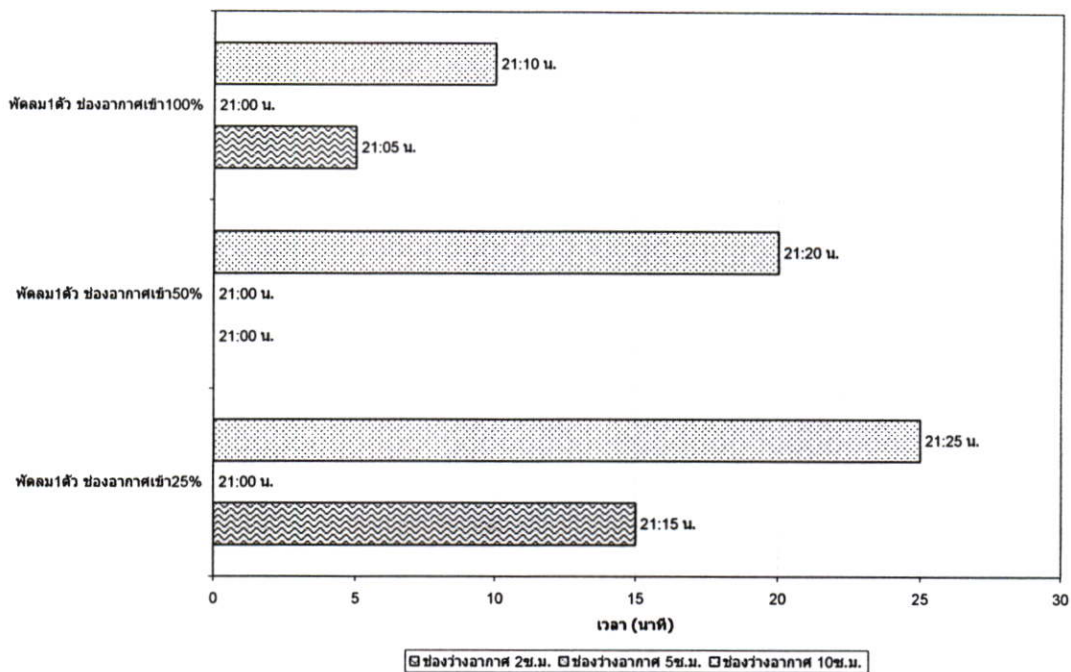
รูปที่ 4.20 แผนภูมิแสดงระยะเวลาที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นในเวลากลางวันเวลาที่เวลา 13:00 น. ของผนังที่มีช่องอากาศเข้าทั้ง 3 ขนาด พัดลม 1 ตัว



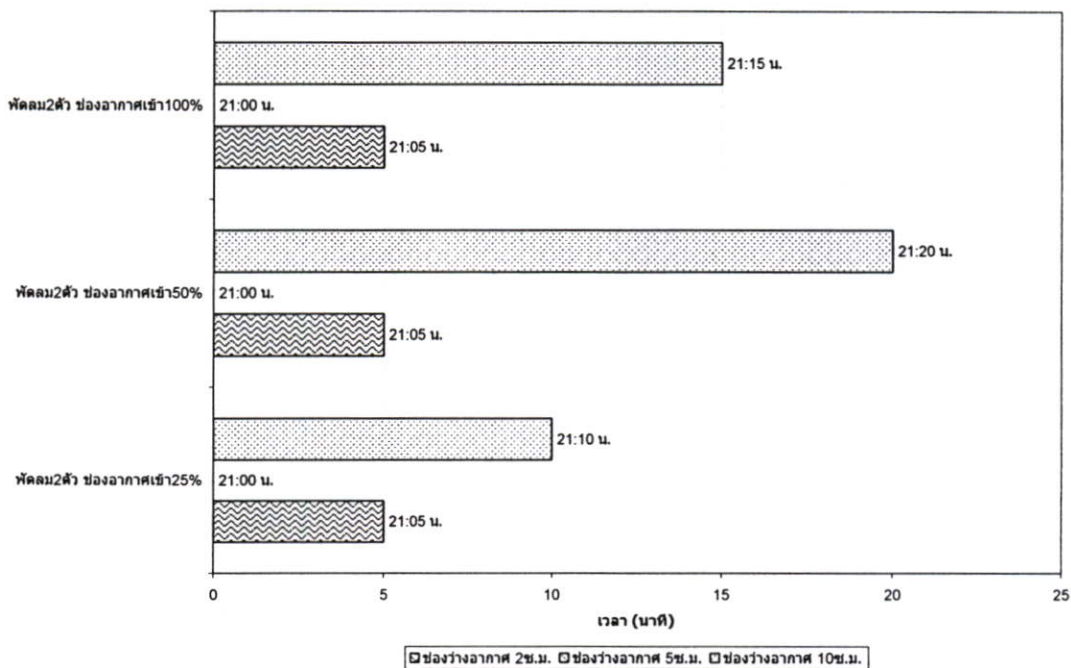
รูปที่ 4.21 แผนภูมิแสดงระยะเวลาที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นในเวลากลางวันที่เวลา 13:00 น. ของผนังที่มีช่องอากาศเข้าทั้ง 3 ขนาด พัฒน 2 ตัว

3) ประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิในเวลากลางคืน เมื่อดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้าอุณหภูมิอากาศเริ่มลดลง ความร้อนที่สะสมอยู่ในผนังเริ่มถ่ายเทสู่อุณหภูมิอากาศภายนอกที่เย็นกว่าซึ่งความร้อนถ่ายเทออกได้เร็วเท่าไรยังเป็นผลดีต่ออุณหภูมิภายในเท่านั้น

จากแผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนังที่มีช่องอากาศทั้ง 3 ขนาด อุณหภูมิผิวภายในจะเริ่มลดลงหลังจากขึ้นถึงจุดสูงสุดที่เวลาประมาณ 18:00 น. โดยรวมแล้วอุณหภูมิแทบจะไม่มี ความแตกต่างเลยระหว่างผนังที่มีช่องอากาศทั้ง 3 ขนาด ผนังที่มีช่องอากาศ 10 ช.ม. จะมีระยะเวลาที่อุณหภูมิลดลงช้าที่สุด ในขณะที่ผนังที่มีช่องอากาศ 2 ช.ม. และ 5 ช.ม. จะมีระยะเวลาที่อุณหภูมิลดลงเร็วที่สุดตามลำดับ จะเห็นว่าผนังที่ยังมีปริมาตรอากาศมากจะมีระยะเวลาการถ่ายเทความร้อนออกช้ากว่าผนังที่มีปริมาตรอากาศที่น้อยกว่า หลังดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้าผนังที่มีปริมาตรอากาศน้อยซึ่งจะช่วยให้อุณหภูมิถ่ายเทออกสู่ภายนอกได้เร็วกว่า

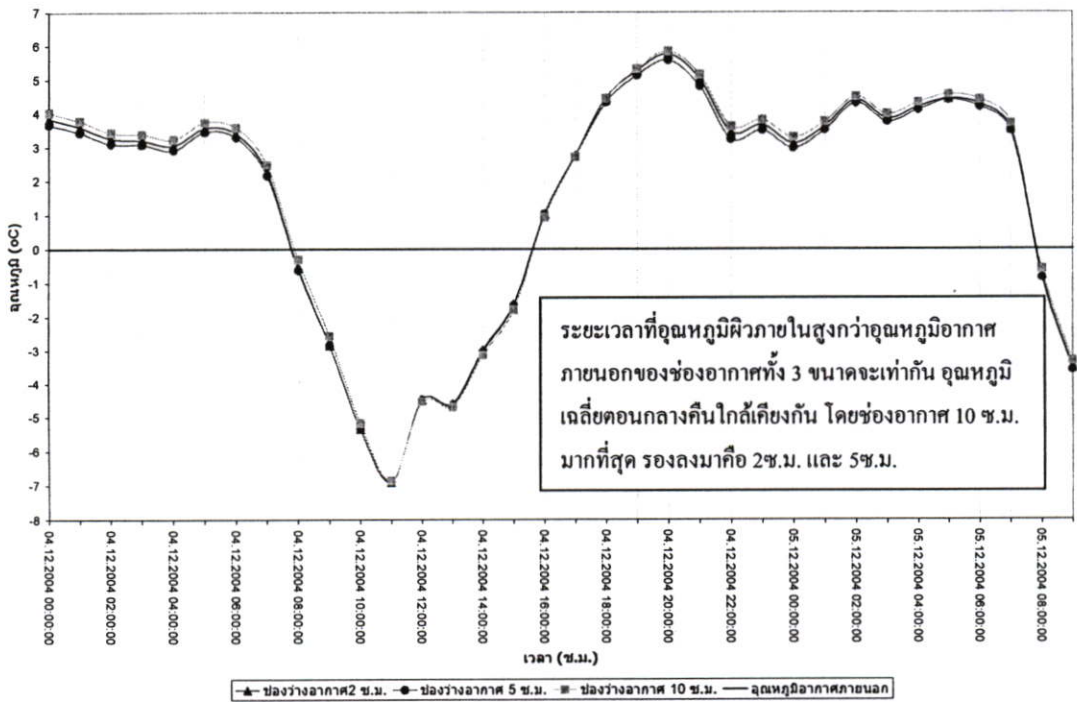


รูปที่ 4.22 แผนภูมิแสดงระยะเวลาที่อุณหภูมิตกลงในเวลากลางคืนที่เวลา 21: 00 น. ของผนังที่มีช่องอากาศเข้าทั้ง 3 ขนาด พัฒน 1 ตัว

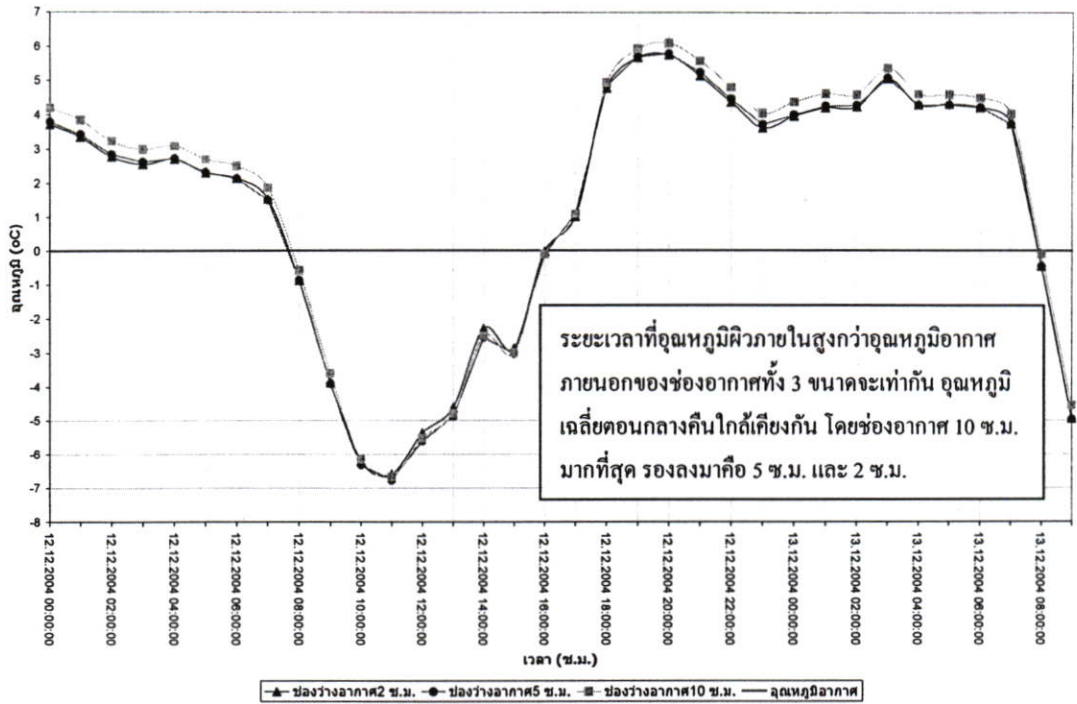


รูปที่ 4.23 แผนภูมิแสดงระยะเวลาที่อุณหภูมิตกลงในเวลากลางคืนที่เวลา 21: 00 น. ของผนังที่มีช่องอากาศเข้าทั้ง 3 ขนาด พัฒน 2 ตัว

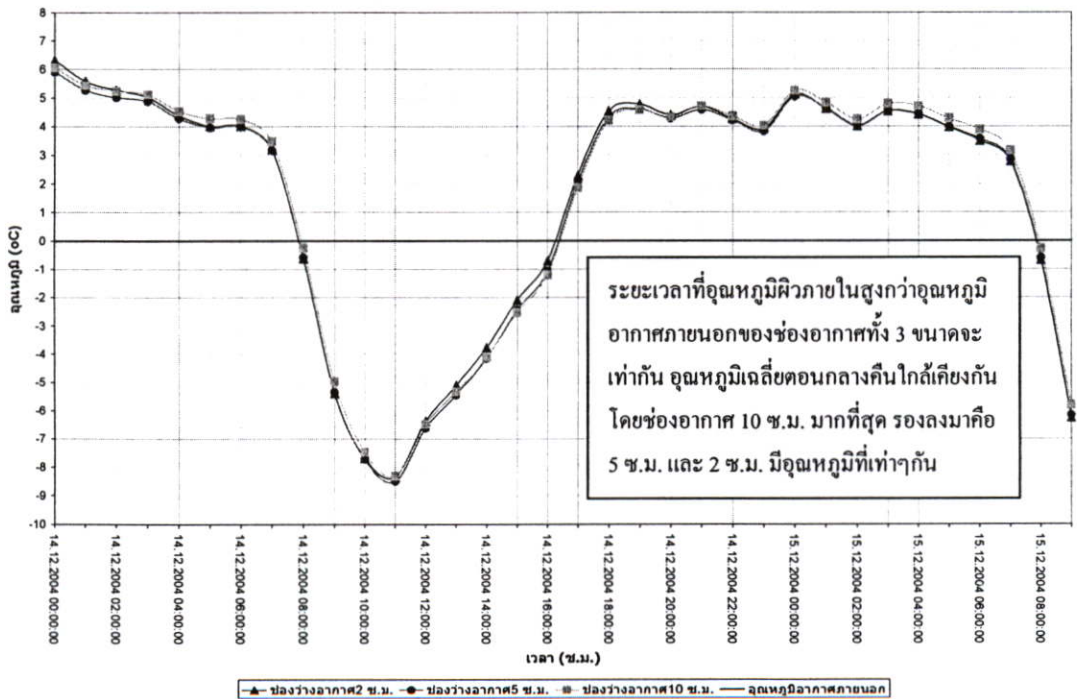
4) ความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวัน จากแผนภูมิจะเห็นได้ว่าช่วงเวลาเย็น และกลางคืนผนังที่มีช่องว่างอากาศ 10 ซม. จะมีอุณหภูมิผิวภายในสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกมากที่สุด และมีระยะเวลายาวนานที่สุด ส่วนผนังที่มีช่องว่างอากาศ 5 ซม. และ 2 ซม. จะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน นั่นเป็นเพราะว่าผนังที่มีช่องว่างอากาศ 10 ซม. ป้องกันความร้อนได้ดีในช่วงเวลากลางวัน จึงทำให้คายความร้อนออกมาได้ช้าที่สุดในเวลาเย็นและกลางคืน ดังนั้นผนังที่มีปริมาตรอากาศที่มากกว่าจึงมีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนโดยรวมตลอดทั้งวันแยกกว่าผนังที่มีปริมาตรอากาศที่น้อยกว่า



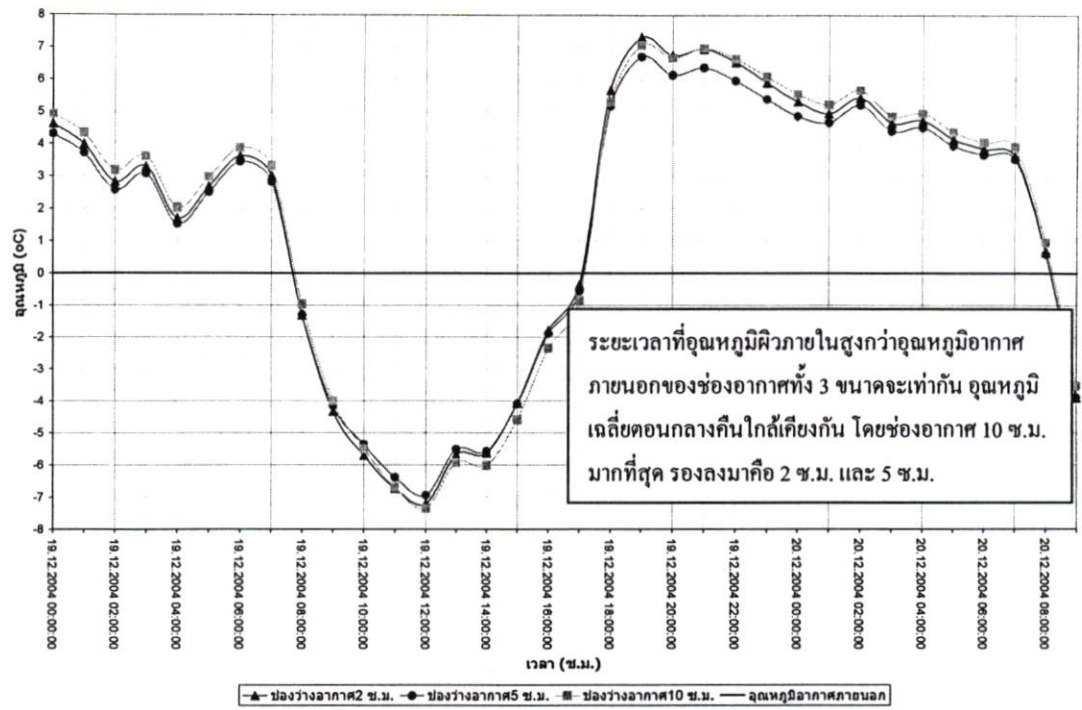
รูปที่ 4.24 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวันของผนังที่มีพัฒนาตัว ช่องอากาศเข้า 25%



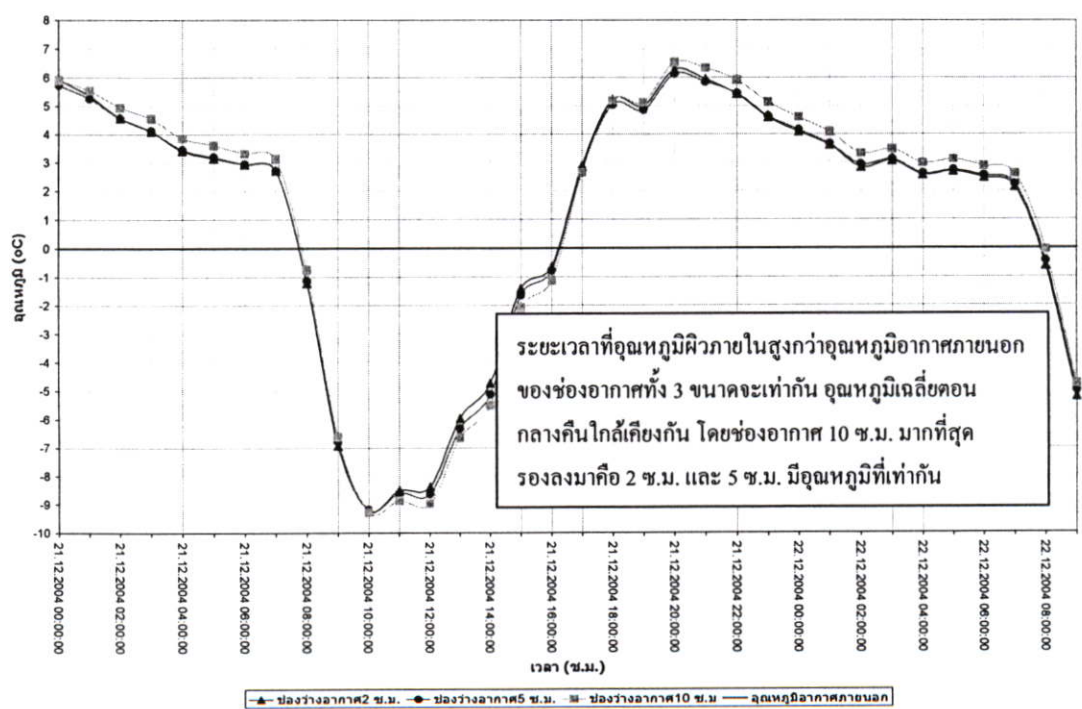
รูปที่ 4.25 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวันของผนังที่มีพัฒนาตัว ช่องอากาศเข้า 50%



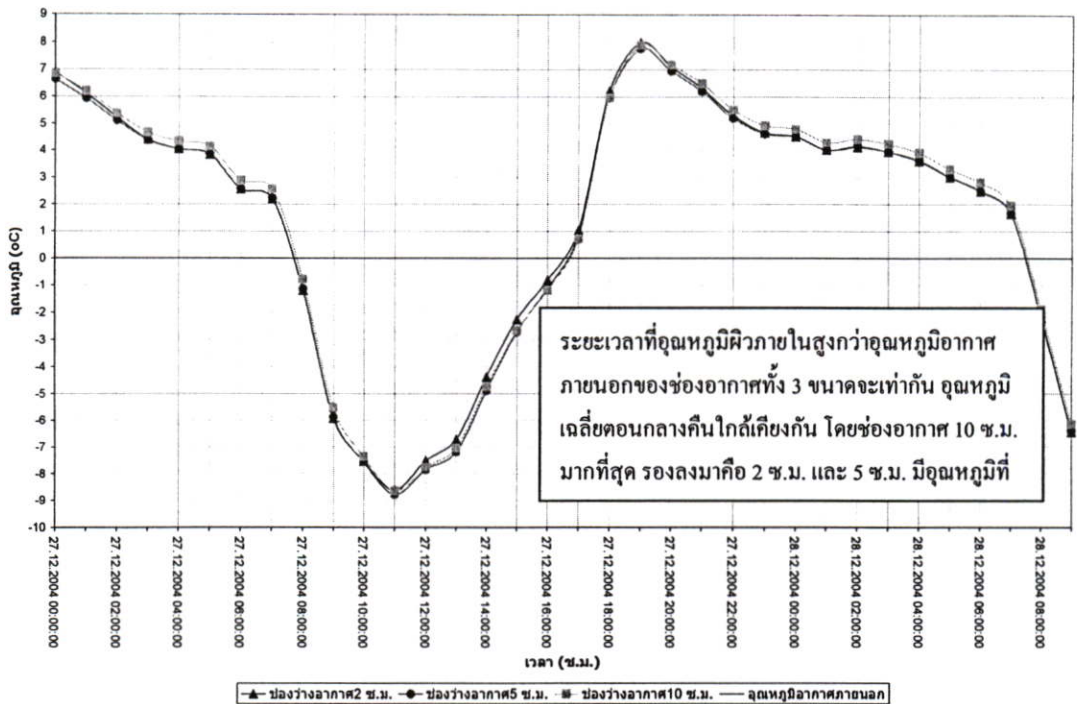
รูปที่ 4.26 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวันของผนังที่มีพัฒนาตัวช่องอากาศเข้า 100%



รูปที่ 4.27 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวันของผนังที่มีพดลม 2 ตัว ช่องอากาศเข้า 25%



รูปที่ 4.28 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวันของผนังที่มีพดลม2ตัว ช่องอากาศเข้า 50%



รูปที่ 4.29 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวันของผนังที่มีพดล 2 ตัว ช่องอากาศเข้า 100%

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของผนังที่มีขนาดช่องว่างอากาศที่แตกต่างกันตามเกณฑ์การพิจารณา จะมีความต้องการประสิทธิภาพที่กลับกัน เช่น ในช่วงเวลากลางวันความต้องการให้ผนังป้องกันความร้อนให้ได้นานที่สุดเป็นสิ่งจำเป็น ผนังที่มีช่องอากาศ 10 ช.ม. จึงมีประสิทธิภาพดีที่สุด ในทางกลับกันช่วงหลังพระอาทิตย์ตกดินผนังที่มีการป้องกันความร้อนที่แย่ที่สุดเป็นสิ่งสำคัญ นั่นก็คือผนังที่มีช่องอากาศ 2 ช.ม. ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องมีการให้คะแนนกับเกณฑ์พิจารณา โดยจะให้คะแนนเต็ม 3 คะแนน รองลงมาคือ 2 คะแนน และ 1 คะแนน เรียงตามประสิทธิภาพของผนังจากมากไปน้อยตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 แสดงการให้คะแนนตามเกณฑ์พิจารณา เพื่อตัดค้นหาความกว้างของผนังที่ดีที่สุดระหว่างผนังที่มีช่องอากาศ 2 ช.ม. 5ช.ม. และ 10ช.ม.

เกณฑ์การพิจารณา	2 ช.ม.	5 ช.ม.	10 ช.ม.
1. ค่าแตกต่างอุณหภูมิผิวภายในและอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด	8	12	16
2. ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงขึ้นในเวลากลางวัน	7	13	14
3. ช่วงเวลาที่อุณหภูมิลดลงในเวลากลางคืน	12	17	6
4. ความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวัน	16	18	7
รวม	43	60	43

จากการให้คะแนนตามเกณฑ์พิจารณาแสดงให้เห็นว่าในทุกการทดลองผนังที่มีช่องอากาศ 5 ซม. และ 10 ซม. มีประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนดีที่สุด แต่ผนังที่มีช่องอากาศ 5 ซม. จะดีกว่าเล็กน้อย และผนังที่มีช่องอากาศ 2 ซม. มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่แย่ที่สุด

4.4 การทดลองที่ 3 การทดสอบ และวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่มีช่องอากาศภายใน ที่มีความกว้างของช่องอากาศ 5 ซม. 7 ซม. และ 10 ซม.

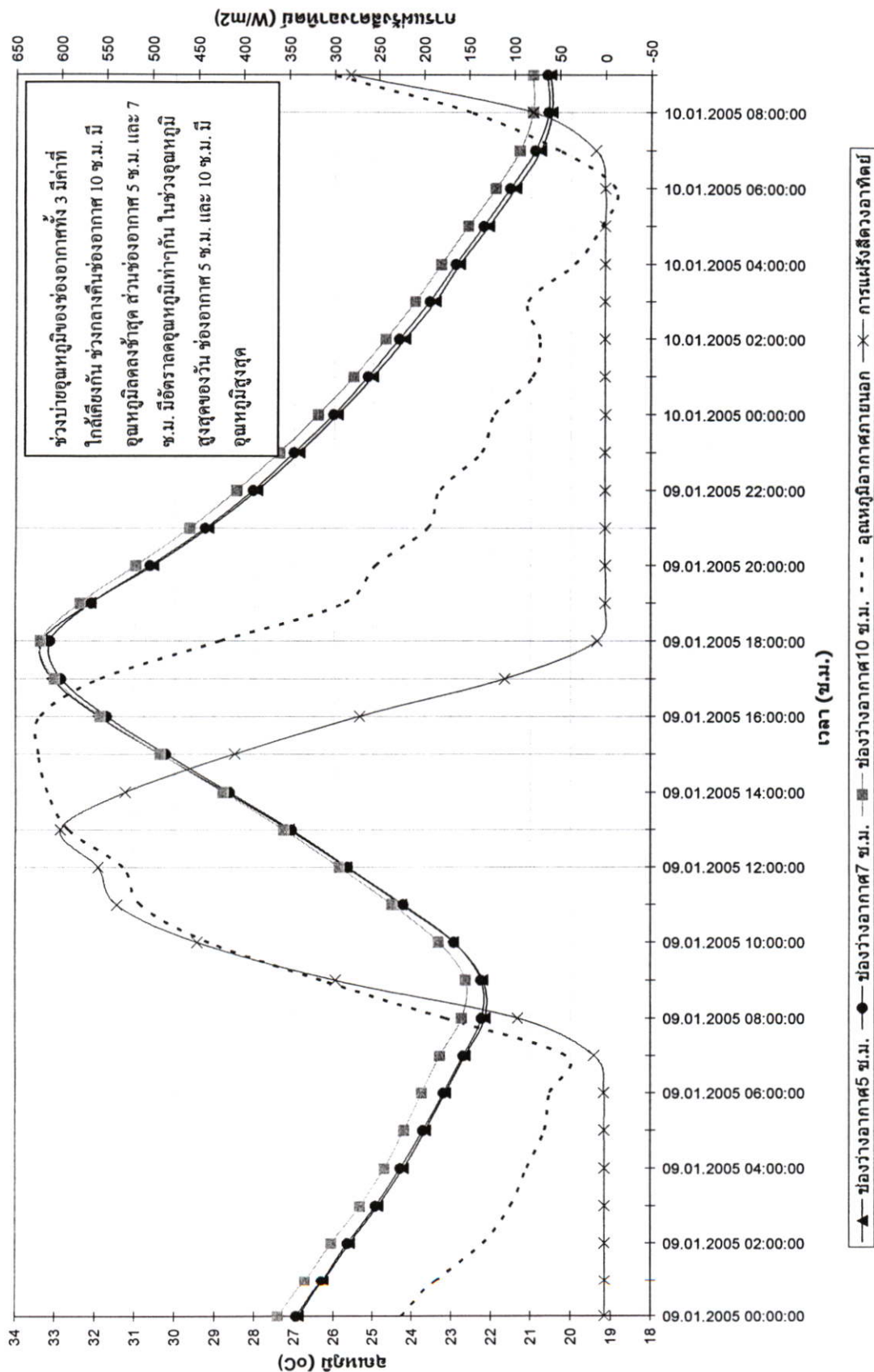
เนื่องจากผนังที่มีช่องอากาศ 5 ซม. มีประสิทธิภาพดีที่สุด จึงเป็นที่สังเกตว่าหลังจากนั้น ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนจะลดลงเรื่อยๆ ตามความกว้างของช่องอากาศที่เพิ่มขึ้นจนถึงระยะ 10 ซม. หรือประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนจะดีขึ้นมาอีกเล็กน้อยตามความกว้างของช่องอากาศที่เพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย และหลังจากนั้นประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนจึงเริ่มลดลงจนช่องว่างอากาศมีระยะ 10 ซม.

ด้วยเหตุนี้จึงได้เพิ่มการทดลองขึ้นอีก 1 การทดลอง เป็นการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของช่องว่างอากาศขนาด 5 ซม. 7 ซม. และ 10 ซม. เพื่อทดสอบค่าของช่วงความกว้างระหว่าง 5 และ 10 ซม. ว่าให้ผลแตกต่างกันอย่างไร

4.4.1 ระยะเวลาการทดลอง 3 วัน (8 ม.ค. – 10 ม.ค.)

4.4.2 รูปแบบการทดลอง มีทั้งหมด 1 ชุดการทดลอง คือ พัดลม 2 ตัว ช่องอากาศเข้า 100%

4.4.3 ผลการทดลอง

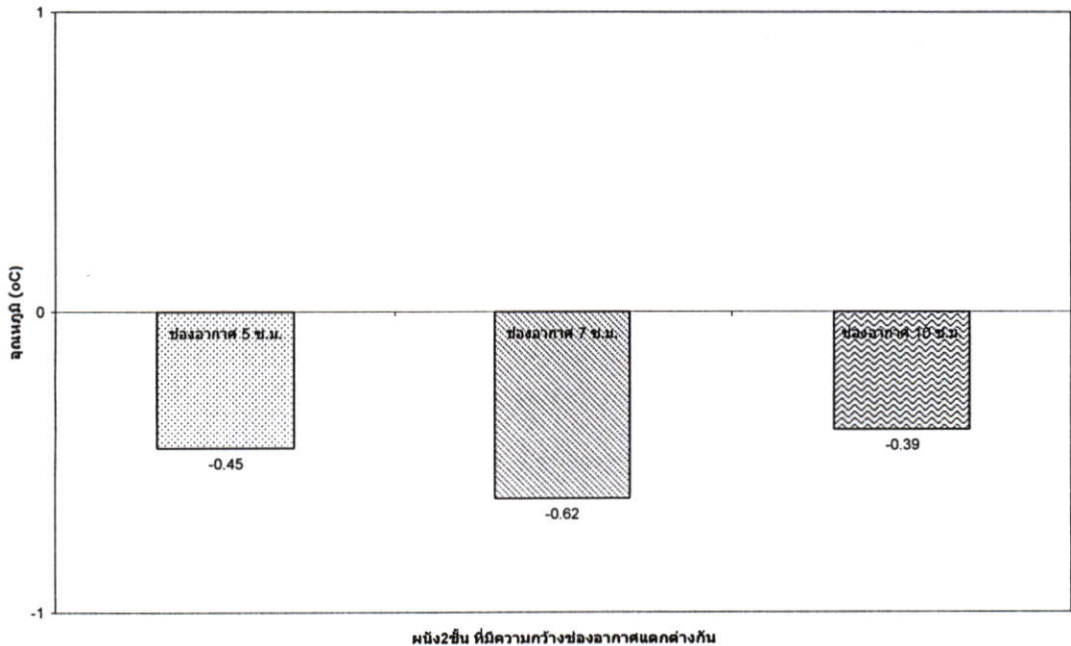


รูปที่ 4.30 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนังที่มีช่องอากาศภายในทั้ง 3 ขนาด เมื่อมีพัดลม 2 ตัว ช่องอากาศเข้า 100%

4.4.4 ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ผลของประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนังทั้ง 3 จะใช้เกณฑ์การพิจารณาเช่นเดียวกับที่ผ่านมา

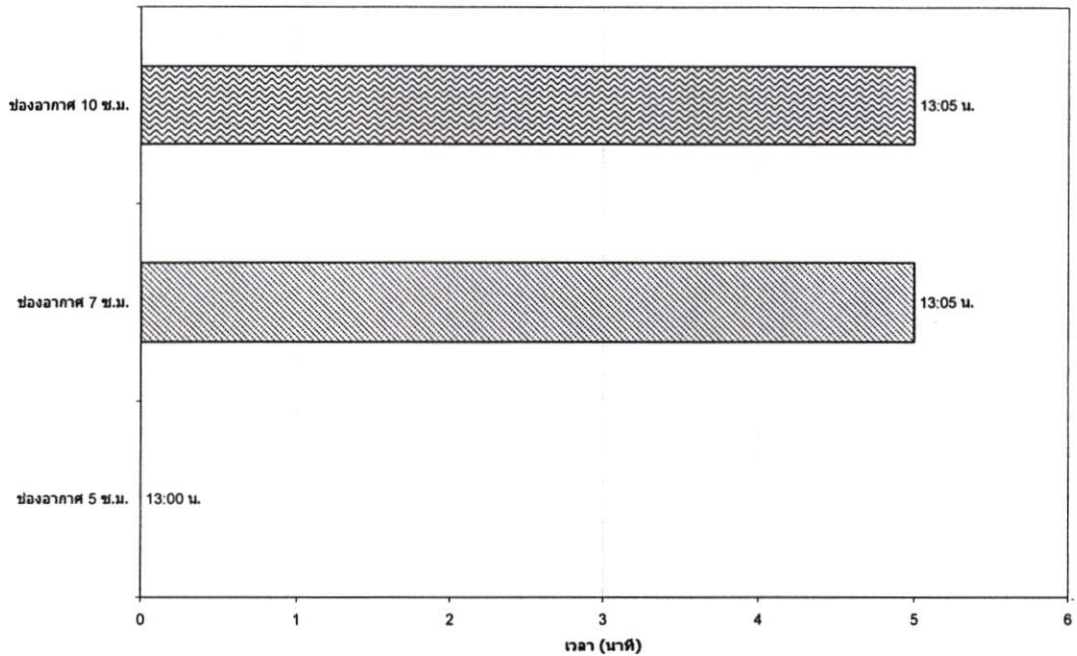
1) ความแตกต่างของอุณหภูมิผิวผนังภายใน และอุณหภูมิภายนอกสูงสุด เห็นได้อย่างชัดเจนว่าผนังที่มีช่องว่างอากาศ 7 ซม. มีประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนดีที่สุด โดยที่ผนังที่มีประสิทธิภาพรองลงมาคือ 5 ซม. และ 10 ซม. ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนในช่วงอุณหภูมิสูงสุดของวันจะดีขึ้นตามความกว้างของช่องอากาศที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อถึงระยะ 7 ซม. ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงสุด ประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนจะเริ่มลดลงจนถึงความกว้างของช่องอากาศที่ 10 ซม. แต่เมื่อความกว้างของช่องอากาศที่เกิน 10 ซม. จะไม่สามารถทราบได้ว่าประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนในช่วงอุณหภูมิสูงสุดของวัน จะลดลงเรื่อยๆ หรือคงที่ ซึ่งเป็นเรื่องที่อยู่นอกเหนือการวิจัยครั้งนี้



รูปที่ 4.31 แผนภูมิแสดงความแตกต่างอุณหภูมิสูงสุดของผนังที่มีพัคลม 2 ตัว ช่องอากาศเข้า 100%

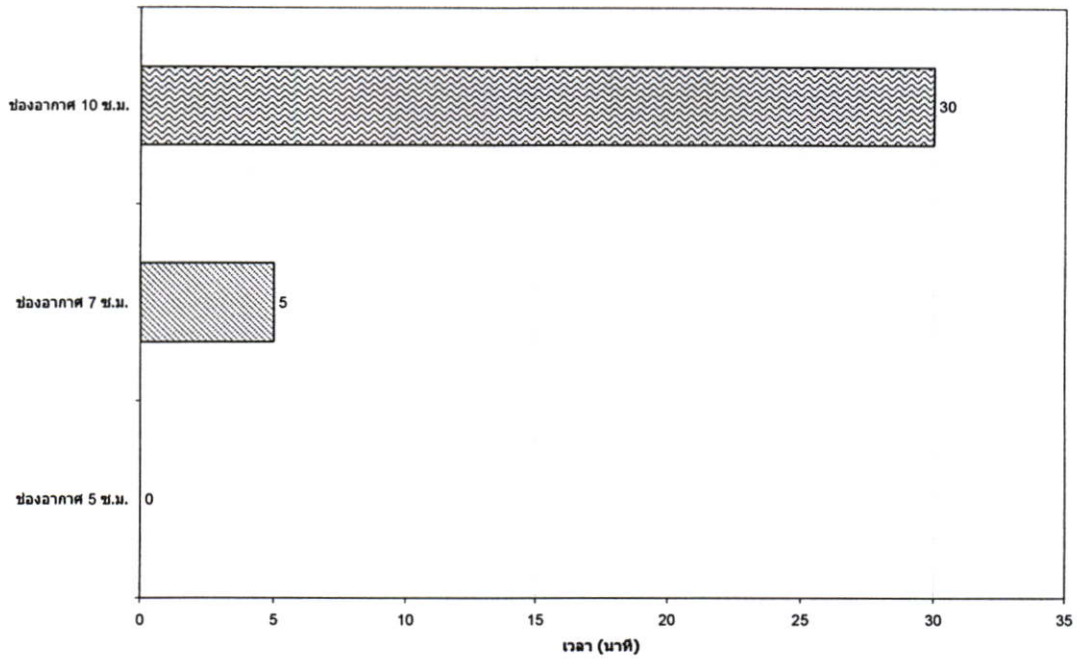
2) ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนในเวลากลางวัน จากแผนภูมิแสดงให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างผนังทั้ง 3 แบบ ถึงแม้ว่าในช่วงเวลา 9 : 00-12 : 00 น. ผนังที่มีช่องว่างอากาศ 10 ซม. จะมีอุณหภูมิสูงที่สุด และใช้เวลาเร็วกว่าผนังที่เหลือ แต่นั่นก็เป็นเพราะผลจากอุณหภูมิที่ไม่สามารถถ่ายเทออกได้หมดในเวลากลางวัน อีกทั้งยังเป็นช่วงที่แสงแดดไม่มีผลต่อผนังด้านที่ทำการทดลองโดยตรง แต่เมื่อเวลาหลัง 13 : 00 น. ที่ผนังด้านที่ทดลองโดนแสงแดดแล้ว อุณหภูมิผิวภายในของผนังทั้ง 3 แบบก็จะเท่ากัน และมีอัตราการเพิ่มอุณหภูมิที่ใกล้เคียง

กัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระยะของช่องอากาศมีขนาดใกล้เคียงกันมากจนไม่ส่งผลแตกต่างให้กับระยะการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในช่วงเวลากลางวัน



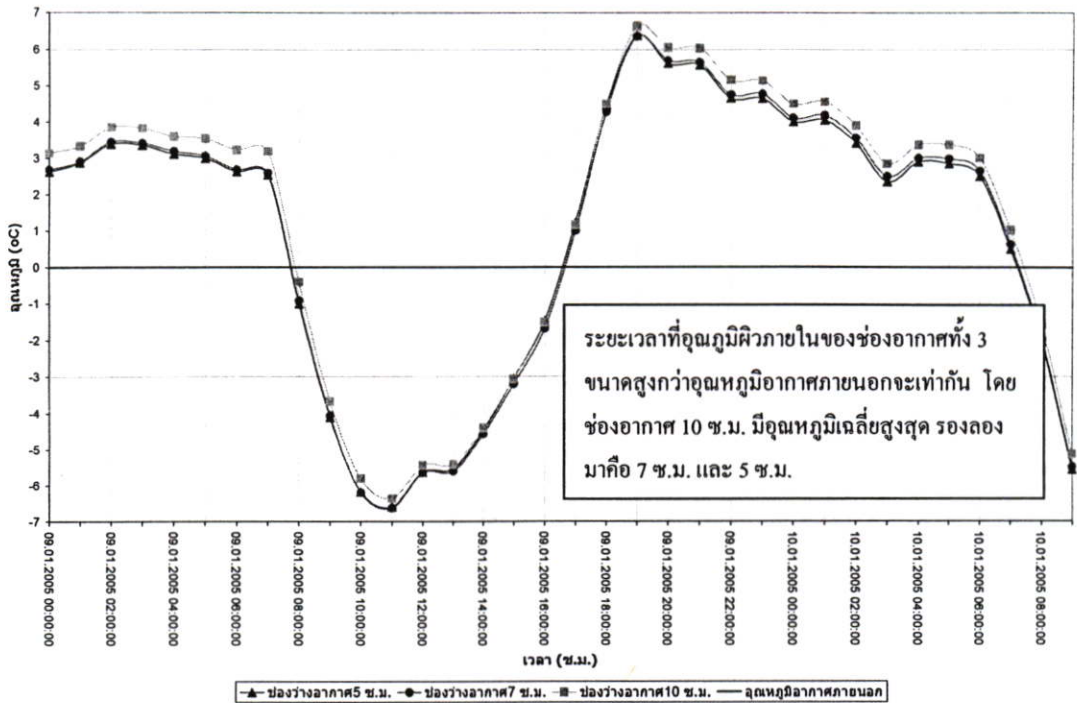
รูปที่ 4.32 แผนภูมิแสดงระยะเวลาที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นในเวลากลางวัน ของผนังที่มีพัคลม 2 ตัว ช่องอากาศเข้า 100%

3) ประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิในเวลากลางคืน อัตราการลดลงของอุณหภูมิในช่วงหลังพระอาทิตย์ตกของผนังทั้ง 3 แบบนั้นเป็นไปเช่นเดียวกับการทดลองที่ผ่านมา กล่าวคือผนังที่มีความกว้างของช่องอากาศมากจะปลดปล่อยความร้อนออกสู่ภายนอกได้ช้าที่สุด เนื่องจากมีปริมาตรอากาศที่มาก ในทางกลับกันผนังที่มีความกว้างของช่องอากาศที่น้อยกว่าจะปลดปล่อยความร้อนออกได้เร็วกว่าเนื่องจากมีปริมาตรอากาศที่น้อยกว่า ดังเห็นได้จากแผนภูมิที่ 4.31 ที่ผนังที่มีช่องอากาศ 10 ซ.ม. จะมีอัตราการลดอุณหภูมิที่ช้าที่สุด ในขณะที่ความกว้างของช่องอากาศ 7 ซ.ม. และ 5 ซ.ม. จะมีอัตราการลดอุณหภูมิที่เท่ากัน และน้อยกว่าช่องอากาศ 10 ซ.ม. โดยผนังที่มีช่องอากาศ 5 ซ.ม. จะมีอัตราการลดอุณหภูมิที่ดีกว่า 7 ซ.ม. เล็กน้อย



รูปที่ 4.33 แผนภูมิแสดงระยะเวลาที่อุณหภูมิลดลงในเวลากลางคืน ของผนังที่มีพดลม 2 ตัว ช่องอากาศเข้า 100%

4) ความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวัน จากแผนภูมิที่ 4.32 จะเห็นได้ว่าผนังที่มีช่องอากาศ 10 ซม. มีความสามารถในการป้องกันความร้อนน้อยที่สุด คือมีความแตกต่างอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิกายนอกมากกว่าผนังอีก 2 แบบอย่างเห็นได้ชัดในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงกว่าภายนอกมากที่สุด ผนังที่มีช่องว่างอากาศ 5 ซม. เป็นผนังที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่ดีที่สุด แต่ก็ดีกว่าผนังที่มีช่องว่างอากาศ 7 ซม. เพียงเล็กน้อย



รูปที่ 4.34 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวันของผนังที่มีพดลม 2 ตัว ช่องอากาศเข้า 100%

จึงกล่าวได้ว่าปัจจัยหนึ่งในการทำให้ผนังมีประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนที่ดีนั้นคือการระบายความร้อนที่สะสมในผนังออกมาในช่วงหลังพระอาทิตย์ตกให้เร็วที่สุด วิธีหนึ่งก็คือการที่มีความกว้างช่องอากาศที่ต่ำจะช่วยเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนออกจากผนังได้

จากการให้คะแนนเกณฑ์พิจารณาในแต่ละข้อ จะเห็นได้ว่าผนังที่มีช่องว่างอากาศ 7 ซม. จะมีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่ดีที่สุด แต่ก็ดีกว่าผนังที่มีช่องว่างอากาศ 5 ซม. เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ตารางที่ 4.2 แสดงการให้คะแนนตามเกณฑ์พิจารณา เพื่อตัดสินหาความกว้างของผนังที่ดีที่สุดในระหว่างผนังที่มีช่องอากาศ 5 ซม. 7 ซม. และ 10 ซม.

เกณฑ์การพิจารณา	5 ซม.	7 ซม.	10 ซม.
1. ค่าแตกต่างอุณหภูมิภายในและอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด	2	3	1
2. ระยะเวลาที่อุณหภูมิสูงขึ้นในเวลากลางวัน	1	2	2
3. ระยะเวลาที่อุณหภูมิลดลงในเวลากลางคืน	3	2	1
4. ความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวัน	3	2	1
รวม	9	9	5

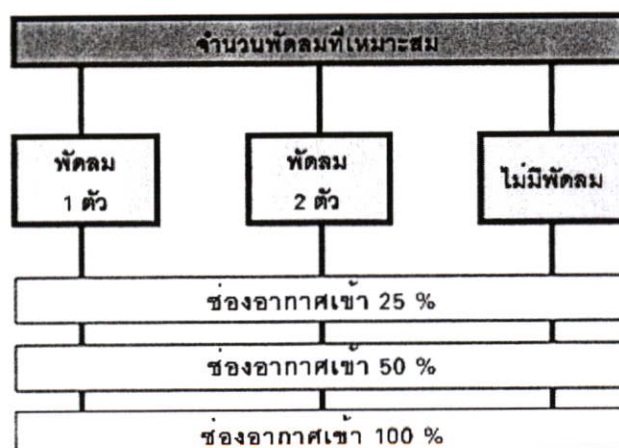
4.5 การทดลองที่ 4 การทดสอบ และวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่มีช่องอากาศภายใน ที่มีจำนวนพัคลมแตกต่างกัน

การระบายอากาศ เป็นตัวแปรหนึ่งที่น่าจะมีผลต่อประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนให้กับผนังที่มีช่องอากาศ ในการทดลองขั้นตอนนี้จะใช้พัคลมไฟฟ้าเป็นตัวกำหนดความเร็วของการระบายอากาศโดยใช้พัคลม 1 ตัวแทนความเร็วในการระบายอากาศที่ช้า และพัคลม 2 ตัวแทนความเร็วในการระบายอากาศที่เร็วกว่า

4.5.1 ระยะเวลาการทดลอง 10 วัน (12 ม.ค. – 21 ม.ค.)

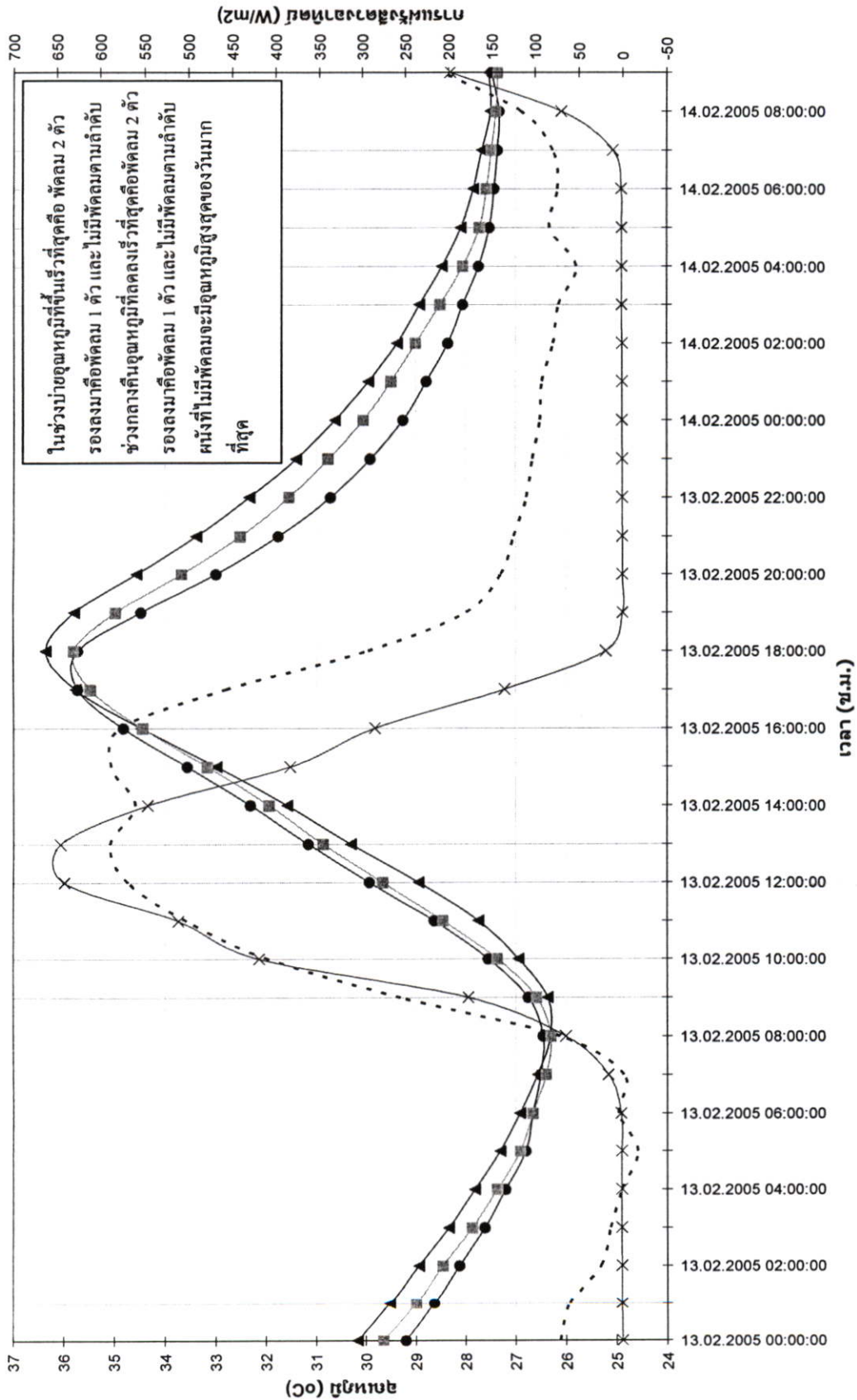
4.5.2 รูปแบบการทดลอง มีทั้งหมด 9 ชุดการทดลอง คือ

- 1) ช่องเข้าอากาศ 25 % พัคลม 1 ตัว
- 2) ช่องเข้าอากาศ 25 % พัคลม 2 ตัว
- 3) ช่องเข้าอากาศ 25 % ไม่มีพัคลม
- 4) ช่องเข้าอากาศ 50 % พัคลม 1 ตัว
- 5) ช่องเข้าอากาศ 50 % พัคลม 2 ตัว
- 6) ช่องเข้าอากาศ 50 % ไม่มีพัคลม
- 7) ช่องเข้าอากาศ 100 % พัคลม 1 ตัว
- 8) ช่องเข้าอากาศ 100 % พัคลม 2 ตัว
- 9) ช่องเข้าอากาศ 100 % ไม่มีพัคลม

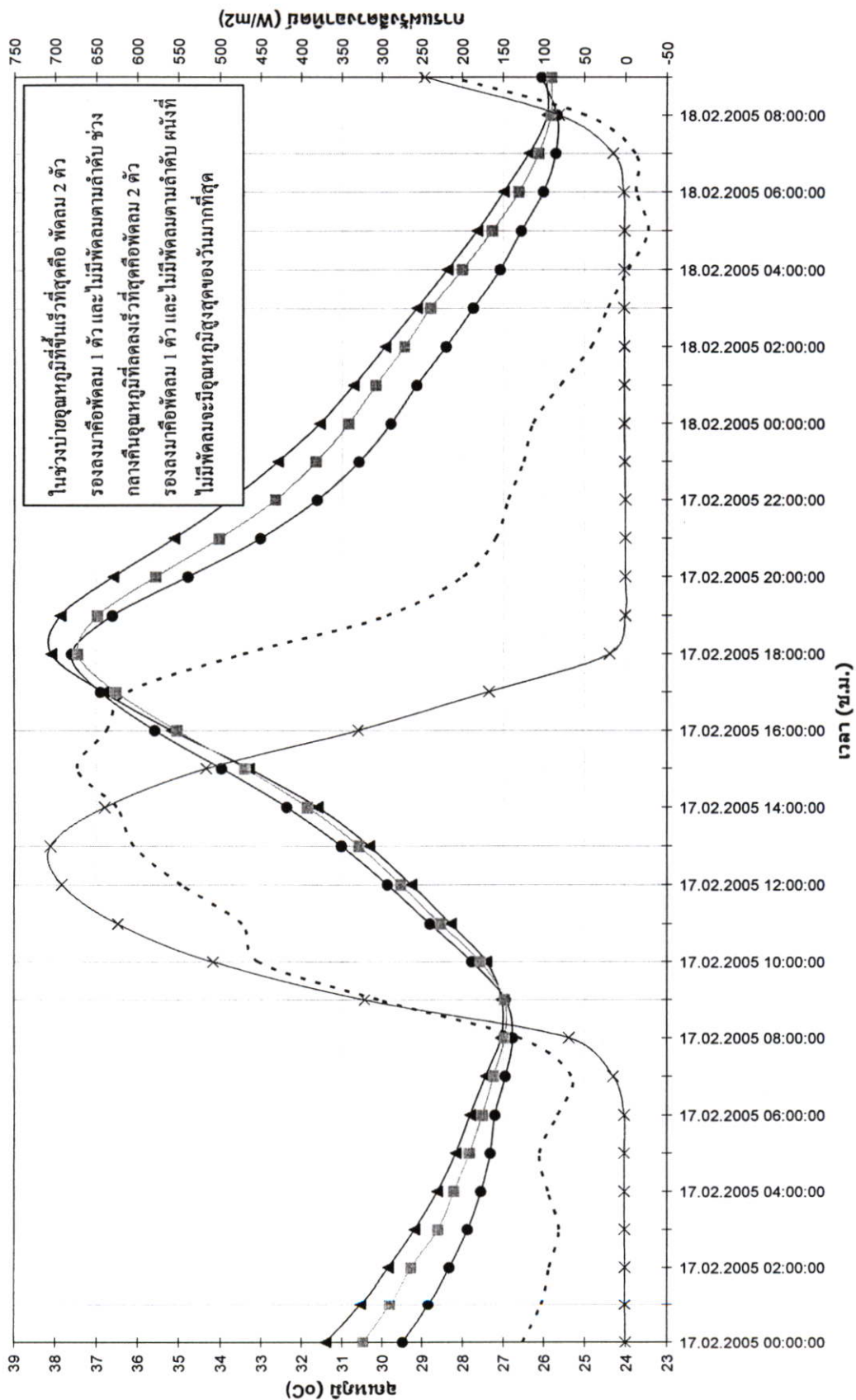


รูปที่ 4.35 แสดงแผนผังการทดลองหาประสิทธิภาพของพัคลมระบายอากาศ

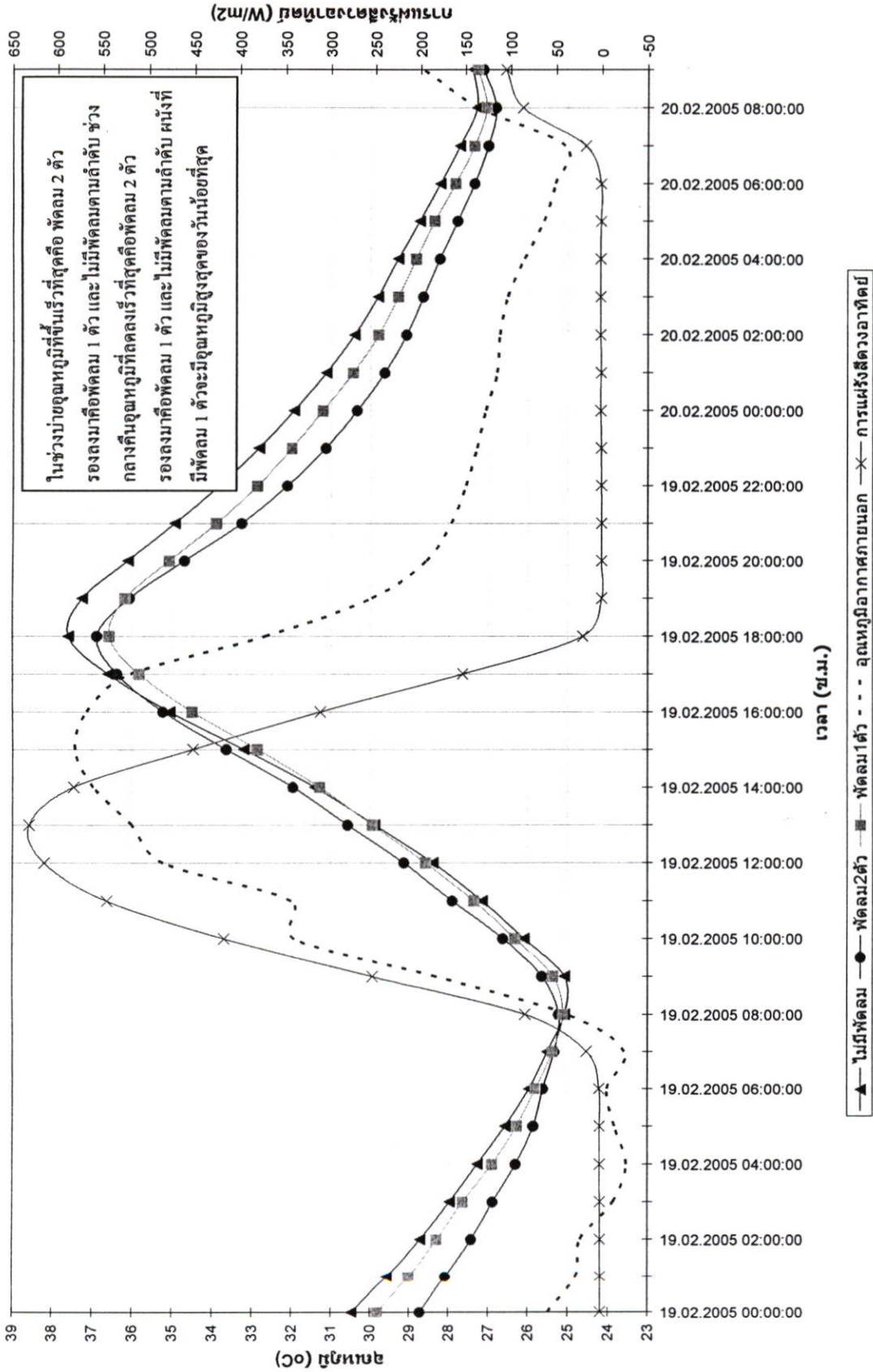
4.5.3 ผลการทดลอง



รูปที่ 4.36 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนังที่มีพัตลมระบายอากาศ ทั้ง 3 ขนาด ช่องอากาศเข้า 25%



รูปที่ 4.37 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนังที่มีพัดลมระบายอากาศ ทั้ง 3 ขนาด ช่องอากาศเข้า 50%



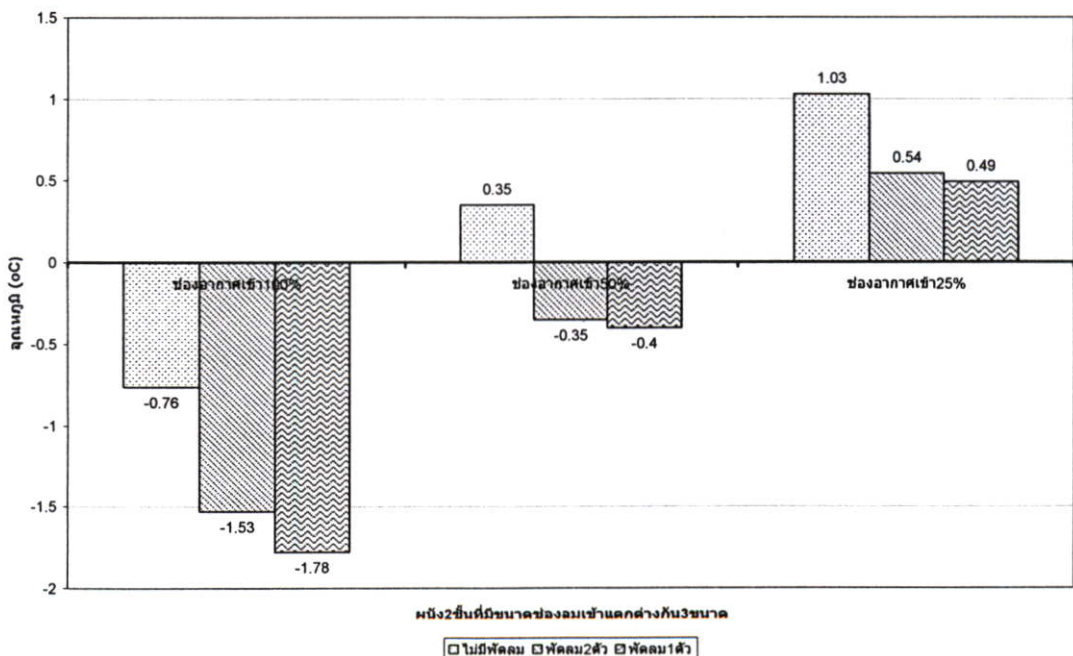
รูปที่ 4.38 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนังที่มีพัลลมระบายอากาศ
 ทั้ง 3 ขนาด ช่องอากาศเข้า 100 %

4.5.4 สรุปผลการทดลอง

การทดลองทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผนังที่มีช่องอากาศ โดยมีจำนวนพัดลมแตกต่างกัน 3 แบบคือ ไม่มีพัดลม พัดลม 1 ตัว พัดลม 2 ตัว ได้ผลการทดลองดังนี้

1) ความแตกต่างของอุณหภูมิผิวผนังภายใน และอุณหภูมิภายนอกสูงสุด จากแผนภูมิเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของผนังชั้นในของผนังที่มีพัดลมทั้ง 3 แบบจะเห็นว่าผนังที่ใช้พัดลม 2 ตัวจะมีอุณหภูมิที่สูงผนังที่ใช้พัดลม 1 ตัวเล็กน้อย จึงแสดงให้เห็นว่ายิ่งมีความเร็วลมมากเท่าไรยิ่งทำให้อากาศร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในผนังมากขึ้นเท่านั้น ส่งผลให้อากาศร้อนที่สะสมอยู่ในผนังไม่สามารถระบายออกสู่ภายนอกได้อย่างเต็มที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับผนังที่มีช่องอากาศเข้า 100% เห็นได้ว่าอุณหภูมิผิวภายในของผนังชั้นในของผนังที่มีพัดลม 2 ตัวจะสูงกว่าผนังที่มีพัดลมตัวเดียวอย่างเห็นได้ชัดว่าการทดลองอื่น เนื่องจากพัดลม 2 ตัวสามารถดูดอากาศเข้าสู่ผนังได้เร็วกว่าพัดลม 1 ตัว และช่องอากาศเข้ามีขนาดใหญ่กว่าทำให้อากาศร้อนจากภายนอกเข้าสู่ผนังได้มากกว่า

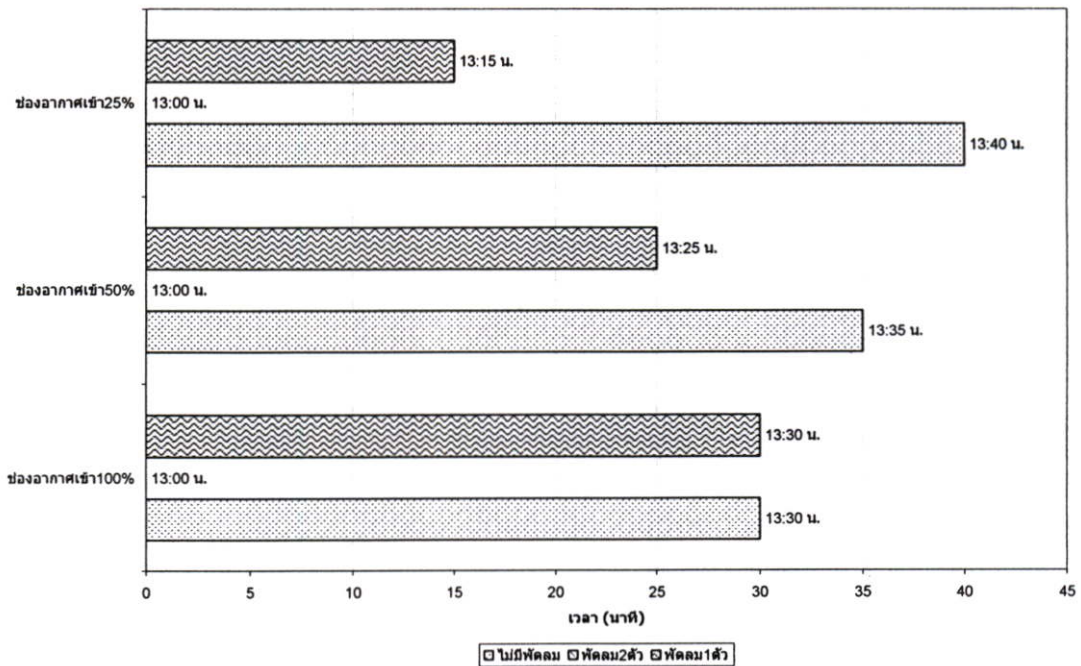
แต่ถ้าไม่มีการถ่ายเทอากาศภายในผนังกลับส่งผลเสีย สังเกตได้จากอุณหภูมิผิวภายในที่เกิดขึ้นกับผนังที่ไม่มีพัดลม ซึ่งจะมอุณหภูมิผิวภายในสูงกว่าผนังที่ใช้พัดลมในทุกการทดลอง ดังนั้นการมีพัดลมช่วยเพิ่มความเร็วในการระบายอากาศมีส่วนช่วยให้อุณหภูมิภายในสูงสุดของวันลดลงแต่ต้องมีความเร็วที่ไม่มากจนเกินไปเพราะจะเป็นการนำความร้อนจากภายนอกเข้ามาสู่ภายในแทน



รูปที่ 4.39 แผนภูมิแสดงความแตกต่างอุณหภูมิสูงสุดของผนังที่มีพัดช่องอากาศเข้า 3 ขนาด ช่องอากาศภายใน 7 ซม.

2) ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนในเวลากลางวัน จากแผนภูมิที่ 4.37 จะเห็นได้ว่า ผนังที่ใช้พัฒนาในการระบายความร้อนจะมีอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเร็วกว่าผนังที่ไม่มีพัฒนา ทำให้ผนังที่มีพัฒนาระบายอากาศมีอุณหภูมิสูงกว่าผนังที่ไม่มีพัฒนาระบายอากาศ ณ.เวลาเดียวกัน เพราะอากาศภายนอกร้อนกว่าพัฒนาจึงดูดเอาความร้อนเข้ามาแทนที่

เมื่อพิจารณาผนังที่ใช้พัฒนา 1 ตัว และ 2 ตัวก็จะเห็นว่าผนังที่ใช้พัฒนา 2 ตัวมีอุณหภูมิภายในสูงกว่าผนังที่ใช้พัฒนา 1 ตัว แต่เมื่อเพิ่มขนาดช่องอากาศเข้าให้ใหญ่ขึ้นอุณหภูมิภายในของผนังที่ใช้พัฒนา 1 ตัวก็จะลดลงเกือบจะเท่ากับอุณหภูมิภายในของผนังที่ไม่มีพัฒนา ดังเห็นได้จากแผนภูมิที่ 4.34 และ 4.35 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถึงแม้จะมีการใช้พัฒนาแต่ไม่ใช้ความเร็วของพัฒนาที่แรงเกินไป ก็จะสามารลดอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในได้ ประกอบกับการที่มีขนาดช่องอากาศเข้าที่ใหญ่กว่าจะทำให้มีปริมาณอากาศเข้าที่มากกว่า ส่งผลให้การระบายความร้อนเป็นไปได้ดีกว่าช่องอากาศเข้าที่เล็กกว่า

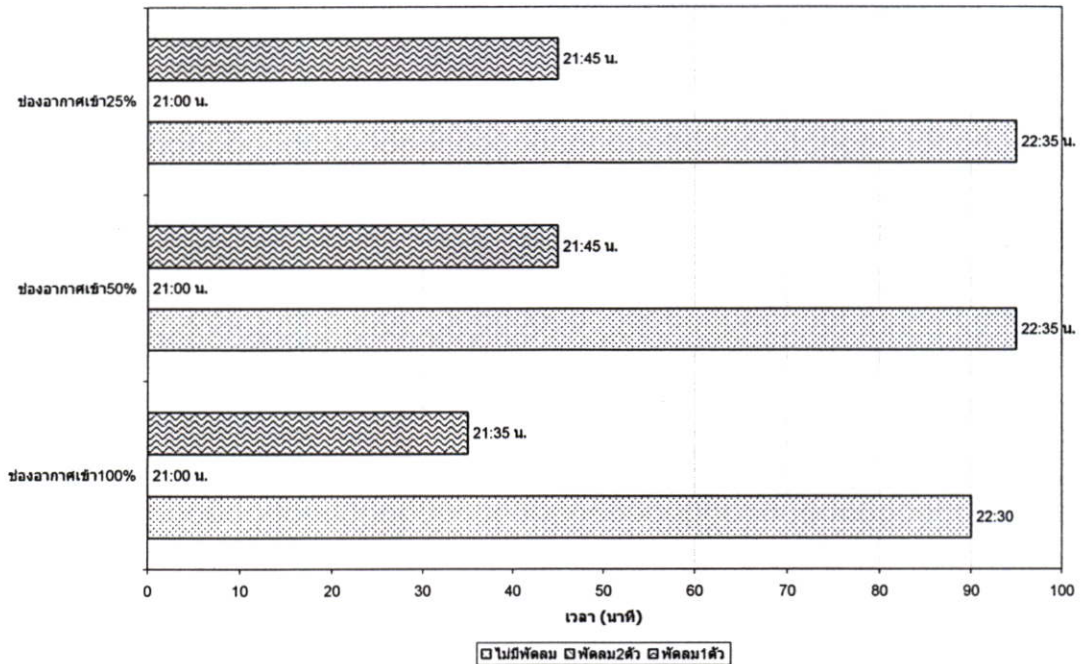


รูปที่ 4.40 แผนภูมิแสดงระยะเวลาที่อุณหภูมิสูงขึ้นในเวลากลางวัน ที่เวลา 13:00 น. ช่องเข้าอากาศ 3 ขนาด ช่องอากาศภายใน 7 ซม.

3) ประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิในเวลากลางคืน ผนังที่มีจำนวนพัฒนามากกว่าย่อมมีอัตราการระบายอากาศที่ดีกว่า ในเวลากลางวันผนังที่มีอัตราการระบายอากาศที่ดีไม่ส่งผลดีต่อประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนัง แต่ในเวลากลางคืนผนังที่มีการระบายอากาศที่เร็วว่าเป็นสิ่งที่จำเป็น จากแผนภูมิที่ 4.38 ในช่วงเวลาหลัง 18 : 00น. ขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอกเริ่มลดลง ผนังที่มีพัฒนาอุณหภูมิผิวภายในจะลดลงได้เร็วกว่าผนังที่ไม่มีพัฒนาอย่างเห็นได้ชัด จึงทำให้

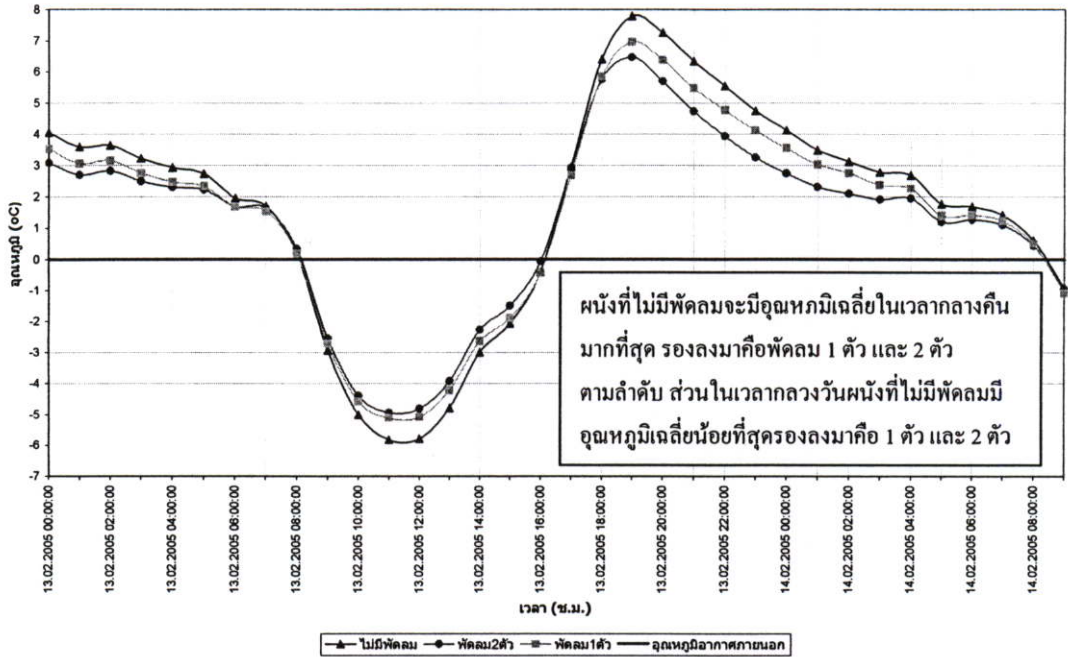
เวลาหลังดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้าผนังที่มีพัคลมมีอุณหภูมิผิวภายในที่ต่ำกว่า โดยเฉพาะผนังที่มีพัคลม 2 ตัวจะมีอุณหภูมิต่ำที่สุดเนื่องจากมีอัตราการระบายอากาศเร็วที่สุด

ผนังที่มีช่องอากาศเข้า 50 % และ 100 % จะมีอัตราการลดอุณหภูมิของผนังที่มีพัคลมอย่างชัดเจน สังเกตได้จากช่วงเวลาที่ห่างของอุณหภูมิผิวภายในๆแต่ละผนัง ผนังที่มีช่องอากาศเข้า 50 % และ 100 % จะมีช่วงเวลาที่ห่างของอุณหภูมิที่มากกว่าผนังที่มีช่องอากาศ 25%

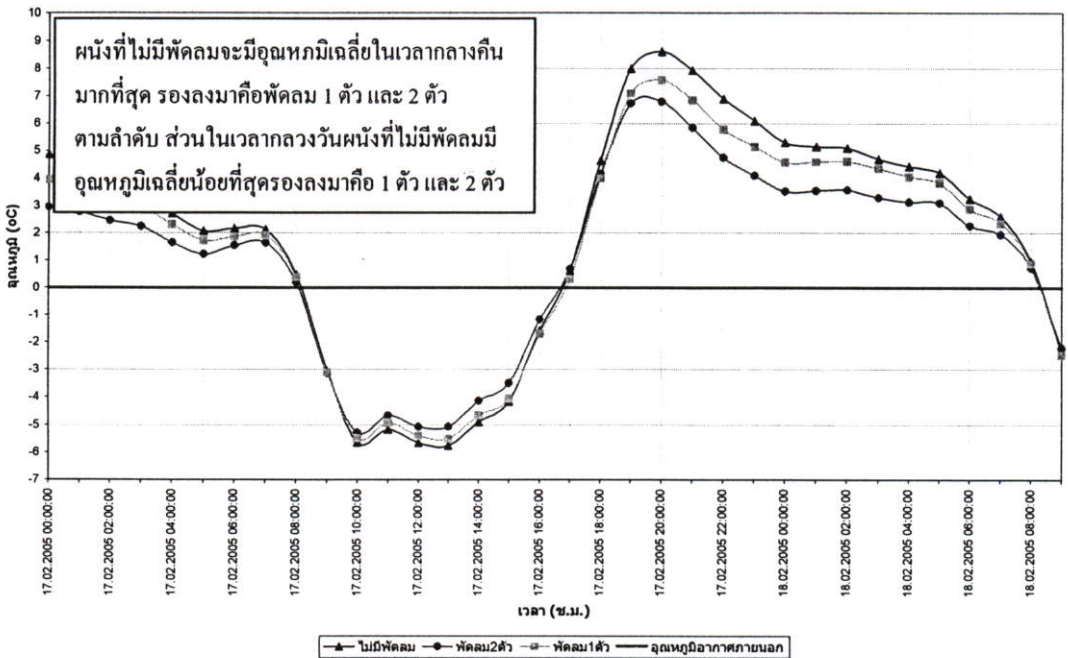


รูปที่ 4.41 แผนภูมิแสดงระยะเวลาที่อุณหภูมิสูงขึ้นในเวลากลางคืนที่เวลา 21:00 น. ช่องเข้าอากาศ 3 ขนาด ช่องอากาศภายใน 7 ซม.

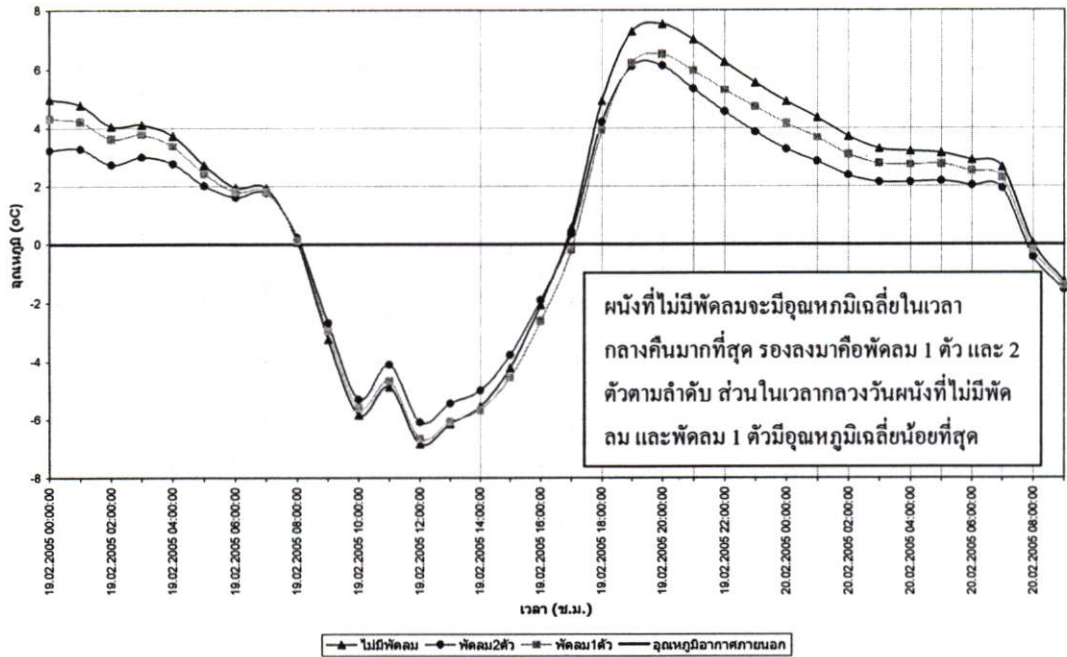
4) ความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวัน เนื่องจากในช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายในสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกมากที่สุดคือช่วงเวลาดอนกลางคืน ดังนั้นในช่วงเวลาดอนกลางคืนผนังที่มีอัตราการการระบายอากาศที่มากที่สุด จึงเป็นผนังที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนโดยรวมตลอดทั้งวันที่ที่สุด นั่นคือผนังที่มีพัคลม 2 ตัว รองลงมาคือผนังที่มีพัคลม 1 ตัว และไม่มีพัคลมตามลำดับ



รูปที่ 4.42 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวันของผนังที่มีช่องอากาศเข้า 25 % ช่องอากาศภายใน 7 ซม.



รูปที่ 4.43 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวันของผนังที่มีช่องอากาศเข้า 50 % ช่องอากาศภายใน 7 ซม.



รูปที่ 4.44 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวันของผนังที่มีช่องอากาศเข้า 100 % ช่องอากาศภายใน 7 ช.ม.

ตารางที่ 4.3 แสดงการให้คะแนนตามเกณฑ์พิจารณา เพื่อตัดสินหาขนาดของช่องอากาศเข้าที่สุทธาระหว่างผนังที่มีช่องอากาศเข้า 100 %, 50 % และ 25 %

เกณฑ์การพิจารณา	ไม่มีพัดลม	พัดลม2ตัว	พัดลม1ตัว
1. ค่าแตกต่างอุณหภูมิผิวภายในและอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด	1	2	3
2. ระยะเวลาที่อุณหภูมิสูงขึ้นในเวลากลางวัน	3	1	2
3. ระยะเวลาที่อุณหภูมิลดลงในเวลากลางคืน	1	3	2
4. ความสามารถในการป้องกันความร้อนตลอดทั้งวัน	1	3	2
รวม	6	9	9

จากการวิเคราะห์เกณฑ์การตัดสิน 4 ข้อ ผนังที่มีช่องว่างอากาศที่ใช้พัดลม 1 ตัว และ 2 ตัว ในการระบายอากาศ มีประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนโดยรวมดีที่สุด ส่วนผนังที่ไม่มีพัดลมมีประสิทธิภาพที่แย่ที่สุด ทำให้เห็นได้ว่าอัตราการระบายอากาศออกจากผนังเป็นส่วนสำคัญในการทำให้ผนังมีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อน แต่ต้องควบคุมการระบายอากาศในช่วงกลางวันให้ดีเนื่องจากการพาอากาศร้อนเข้ามาในผนังเป็นสิ่งที่ควรหลีกเลี่ยง

4.6 การทดลองที่ 5 การทดสอบ และวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง ที่มีช่องอากาศภายใน ที่มีเวลาเปิด-ปิดพัคลมแตกต่างกัน

จากการทดลองที่ผ่านมาพบว่า ความเร็วลมที่เร็ว (พัคลม 2 ตัว) กว่าจะสามารถระบายความร้อนได้อย่างรวดเร็วในเวลาหลังดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้า แต่ในเวลากลางวันควรใช้ความเร็วลมที่ช้ากว่า (พัคลม 1 ตัว) จะสามารถป้องกันความร้อนได้ดีในช่วงเวลากลางวัน มีข้อสังเกตว่าถ้ามีการปิดพัคลมในเวลากลางวันบางเวลาจะทำให้ผนังมีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนเพิ่มขึ้นหรือไม่อย่างไร

การทดลองนี้เป็นการทดสอบหาเวลาเปิด-ปิดพัคลมที่เหมาะสมที่จะทำให้ผนังที่มีช่องอากาศมีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนมากที่สุด รวมถึงยังเป็นการประหยัดไฟฟ้าในการเปิดพัคลมระบายอากาศไปในตัว

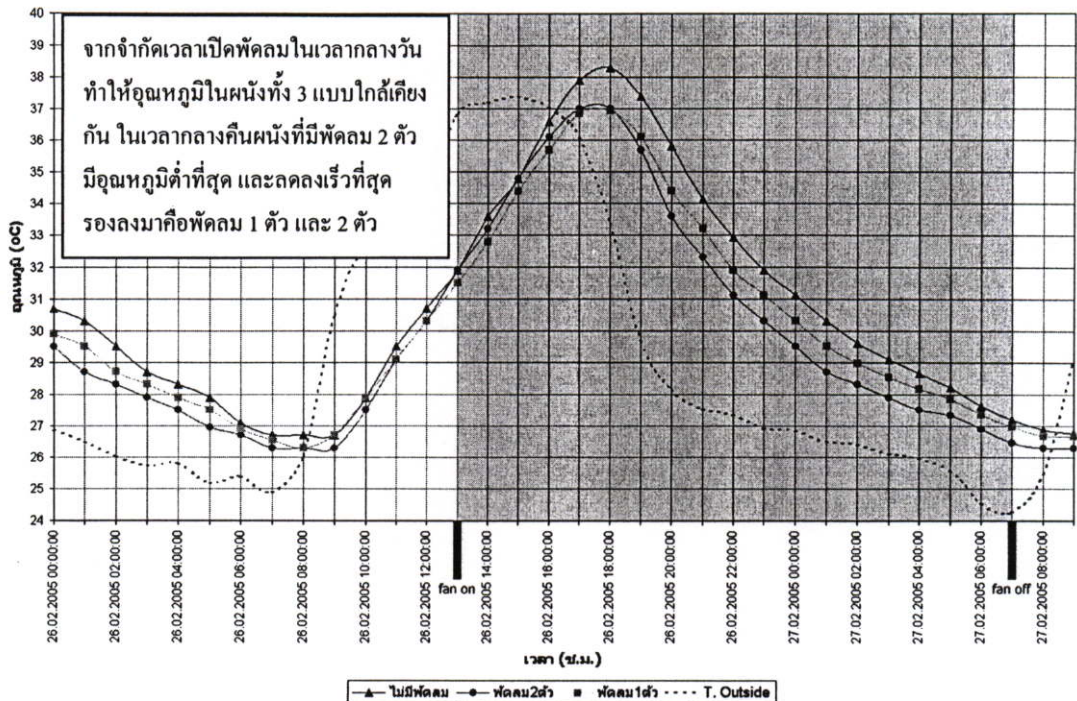
4.6.1 ระยะเวลาการทดลอง 9 วัน (13 ก.พ. – 21 มี.ค.)

4.6.2 รูปแบบการทดลอง มีประมาณ 3 ชุดการทดลอง คือ

- 1) ทดสอบเวลาเปิด-ปิดพัคลม เปรียบเทียบผนังที่ไม่ใช้พัคลม
- 2) ทดสอบหาเวลาเปิดพัคลม โดยเปรียบเทียบการเปิดพัคลม 3 เวลา
- 3) ทดสอบหาเวลาเปิดพัคลม โดยเปรียบเทียบการเปิดพัคลม 3 เวลา

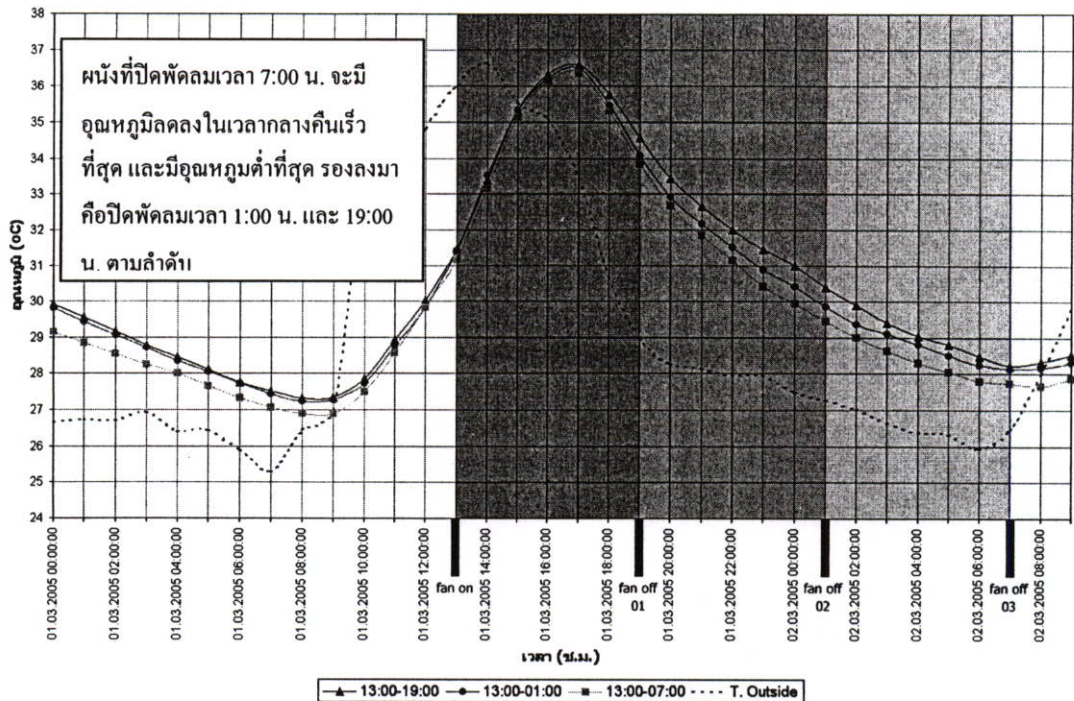
4.6.3 ผลการทดลอง

ก่อนที่จะมีการทดสอบหาเวลาเปิดพัคลมที่เหมาะสมจะ ทำการทดลองวัดอุณหภูมิเปรียบเทียบระหว่างผนังที่ใช้พัคลม 1 ตัว 2 ตัว และไม่ใช้พัคลม โดยจะเปิดพัคลมเวลา 13 : 00 น. และปิดพัคลมเวลา 7 : 00 น. เพื่อเป็นการพิสูจน์ว่าถ้าเปิดพัคลมในช่วง 13 : 00 น. จะเป็นการทำให้อุณหภูมิภายในของผนังที่ใช้พัคลมในช่วงเวลาเช้าใกล้เคียงกับผนังที่ไม่ใช้พัคลม เนื่องจากในการทดลองขั้นตอนที่ผ่านมาเป็นการเปิดพัคลมทั้งวันทำให้ผนังทดลองที่ใช้พัคลมมีอุณหภูมิสูงกว่าผนังที่ไม่ใช้พัคลม สาเหตุที่เลือกเวลาเปิด-ปิดพัคลมที่ 13:00-7:00 น. เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ผนังด้านทิศตะวันตกโดนรังสีดวงอาทิตย์อย่างเต็มที่ ผนังที่ไม่ใช้พัคลมไม่สามารถระบายความร้อนได้ทันท่วงที และเมื่อดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้าก็ต้องการๆ ระบายความร้อนที่สะสมในผนังออกมาให้เร็วที่สุด จนเมื่อเวลา 7 : 00 น. ที่อุณหภูมิอากาศภายนอกเริ่มสูงขึ้นจึงทำการปิดพัคลมเพื่อป้องกันความร้อนที่ไม่จำเป็นจากบรรยากาศภายนอกเข้ามา



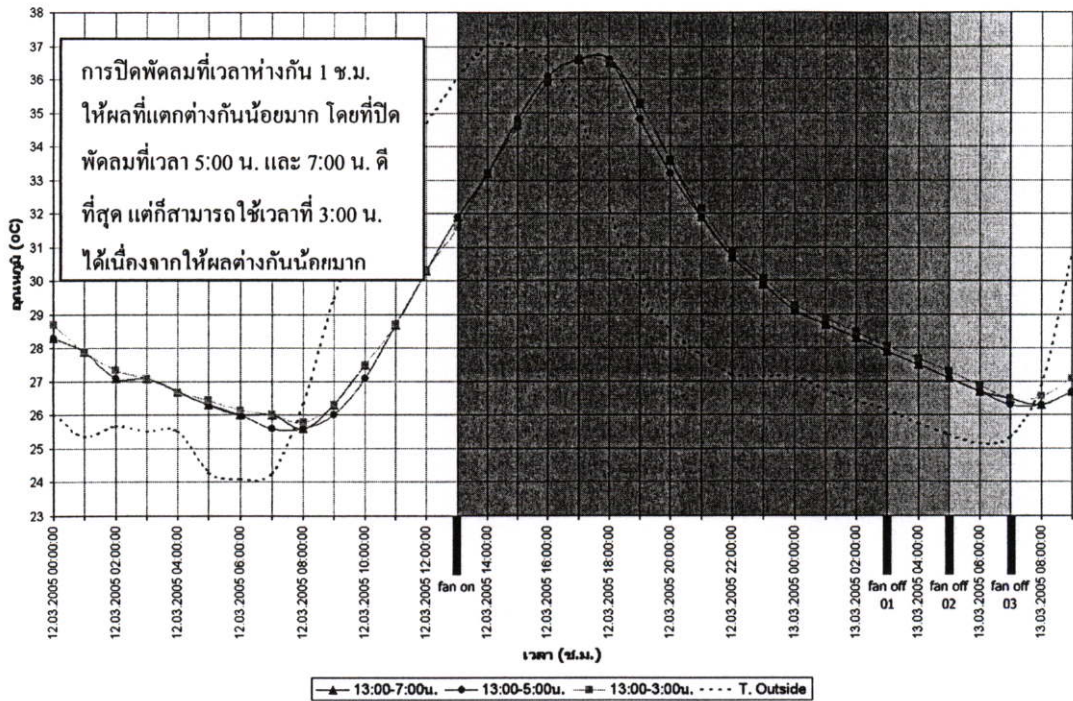
รูปที่ 4.45 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของผนังที่มีจำนวนพัดลมที่แตกต่างกัน ช่องอากาศเข้า 100 % เวลาเปิด-ปิดพัดลม 13:00-7:00 น.

จากแผนภูมิที่ 4.42 จึงเป็นการยืนยันได้ว่าการปิดพัดลมเฉพาะช่วงที่ผนังโดนแสงอาทิตย์ เป็นการช่วยให้อุณหภูมิภายในของผนังที่ใช้พัดลมในช่วงก่อนเที่ยงเท่ากัน หรือต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอก และยังทำให้อุณหภูมิภายในสูงสุดของผนังที่ใช้พัดลมต่ำกว่าผนังที่ไม่ใช้พัดลมมากพอสมควร และ ยังเป็นการยืนยันว่าความเร็วลมในการระบายอากาศที่มากกว่าทำให้อุณหภูมิภายในหลังดวงอาทิตย์ ตกดินลดลงเร็วกว่า ถึงแม้ว่าอุณหภูมิภายในสูงสุดของผนังที่มีความเร็วลมเร็วกว่าจะสูงกว่าผนังที่มีความเร็วลมที่น้อยกว่า แต่ก็สูงกว่าเล็กน้อยเท่านั้น



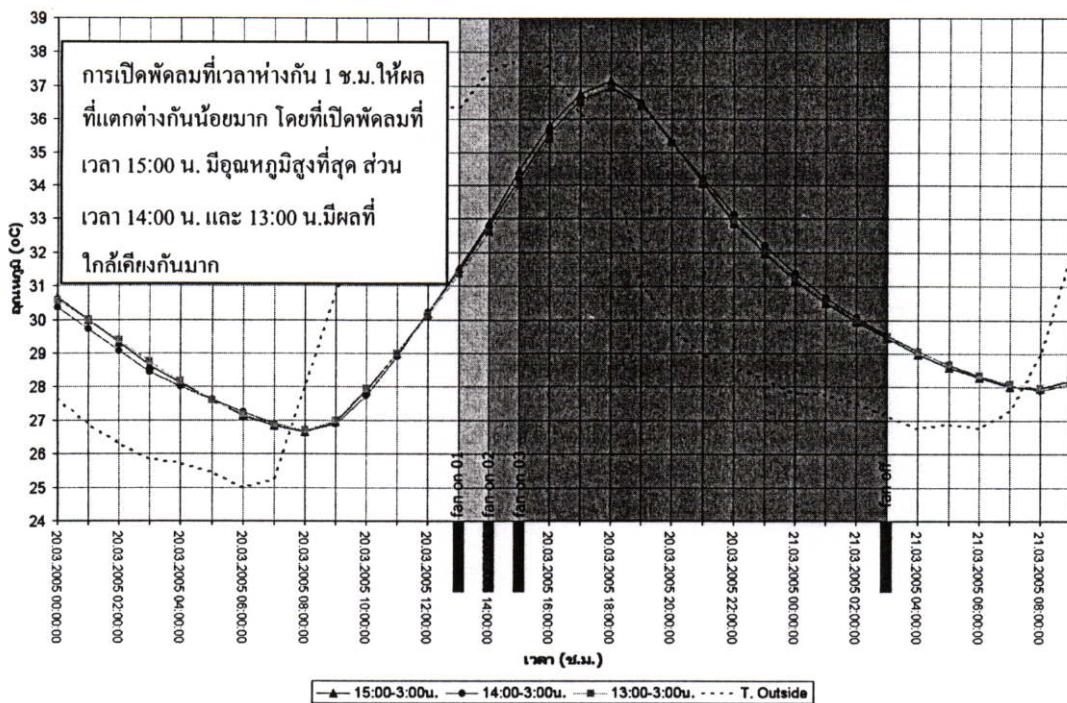
รูปที่ 4.46 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในของผนังที่มีเวลาเปิดพัดลมที่แตกต่างกัน
ช่องอากาศเข้า 100% พัดลม 2 ตัว

จากแผนภูมิที่ 4.43 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิภายในเมื่อมีการเปิดพัดลมในเวลาเท่ากัน คือ 13:00 น. และเปิดพัดลมในเวลาต่างกันคือ 19:00 น. 1:00 น. และ 7:00 น. ผลปรากฏว่าผนังที่มีการเปิดพัดลมเวลา 7:00 น. มีการลดลงของอุณหภูมิในเวลากลางคืนมากที่สุด รองลงมาคือผนังที่เปิดพัดลม 1:00 น. และ 19:00 น. ตามลำดับ นั่นเป็นเพราะผลจากการเปิดพัดลมที่แตกต่างกันนั่นเอง ส่วนอุณหภูมิในช่วงตอนกลางวัน และอุณหภูมิสูงสุดของวัน ผนังที่มีเวลาการเปิดพัดลมทั้ง 3 แบบมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกันมาก ซึ่งเป็นผลมาจากเวลาการเปิดพัดลมที่เหมือนกัน ดังนั้นช่วงเวลาการเปิดพัดลมที่ยาวกว่าจึงมีประสิทธิภาพในการลดความร้อนได้ดีที่สุด



รูปที่ 4.47 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของผนังที่มีเวลาปิดพัดลมที่แตกต่างกัน ช่องอากาศเข้า 100% พัดลม 2 ตัว

ในขั้นตอนนี้เป็นการหาว่าสามารถลดช่วงเวลากการปิดพัดลมได้มากกว่าเดิมอีกเท่าไรจากแผนภูมิที่ 4.44 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิผิวภายในที่มีเวลากการปิดพัดลมแคบลงไปอีกคือที่เวลา 7:00 น. 5:00 น. และ 3:00 น. ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ถึงแม้ว่าจะมีการลดระยะเวลาการปิดพัดลมจาก 7:00 น. อีก 4 ช.ม. ก็ไม่ได้ทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิมากนัก จึงกล่าวได้ว่า ช่วงเวลาปิดพัดลมที่เหมาะสมคือช่วงเวลาหลัง 1:00 น. ลงไป ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายนอกที่มากที่สุด ทำให้การระบายความร้อนออกจากผนังด้วยพัดลมไม่เป็นสิ่งจำเป็น



รูปที่ 4.48 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของผนังที่มีเวลาเปิดพัดลมที่แตกต่างกัน
ช่องอากาศเข้า 100 % พัดลม 2 ตัว

หลังจากลดระยะเวลาในการปิดพัดลมให้น้อยที่สุด แต่มีประสิทธิภาพในการระบายความร้อนมากที่สุดแล้ว จึงมาทำการทดลองหาเวลาเปิดพัดลมเพื่อลดช่วงเวลากการเปิดพัดลมให้น้อยที่สุด แต่ยังมีประสิทธิภาพการระบายความร้อนที่ดีที่สุดไว้ โดยมีระยะเวลาเปิดพัดลม 3 เวลา คือ 13:00 น. 14:00 น. และ 15:00 น. ผลการทดลองจากแผนภูมิที่ 4.48 แสดงให้เห็นว่าการเปิดพัดลมหลังเวลา 14:00 น. จะทำให้ความร้อนถ่ายเทสู่ภายในผนังมากกว่าการเปิดพัดลมก่อน 14:00 น. ส่งผลทำให้ผนังที่เปิดพัดลมที่เวลา 15:00 น. มีอุณหภูมิสูงสุดของวันสูงที่สุด ส่วนผนังที่เปิดพัดลมเวลา 13:00 น. และ 14:00 น. มีอุณหภูมิสูงสุดใกล้เคียงกันมาก จนกล่าวได้ว่าช่วงเวลากการเปิดพัดลมที่คุ้มค่าและมีประสิทธิภาพคือ 14:00 น.

4.6.4 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่าการระบายความร้อนด้วยพัดลมที่มีประสิทธิภาพที่สุด และคุ้มค่าที่สุดคือการเปิดพัดลมที่เวลา 14:00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ผนังด้านทิศตะวันตกโดนรังสีดวงอาทิตย์เต็มที่จนลำพังช่องอากาศภายในไม่สามารถระบายความร้อนได้ทัน ส่วนการเปิดพัดลมก่อนเวลาเที่ยงไม่เป็นผลดีเนื่องจากการนำความร้อนจากสภาพแวดล้อมภายนอกเข้าสู่ภายในผนังโดยไม่จำเป็น ถึงแม้ว่าผนังด้านทิศตะวันตกจะยังไม่โดนรังสีดวงอาทิตย์ก็ตาม

ส่วนเวลาปิดพัดลมที่คุ้มค่าที่สุดคือหลังเวลา 1:00 น. เนื่องจากอุณหภูมิอากาศภายนอกลดลงเป็นอย่างมาก และมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างคงที่การระบายความร้อนด้วยพัดลมหลังเวลานี้จึงไม่ให้ผลต่างกันมากนักกับการไม่ใช้พัดลม เพราะฉะนั้นช่วงเวลาที่ควรเปิดพัดลมคือระหว่างเวลา 14:00 – 1:00 น.

4.7 การทดลองที่ 6 การทดสอบและวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของผนังที่มีช่องอากาศภายในที่ใช้อากาศเย็นช่วยระบายความร้อน และผนังที่ไม่ใช้อากาศเย็น

หลังจากที่ได้ซื้อสรุปของผนังที่มีช่องอากาศภายในที่ดีที่สุดคือ ผนังที่มีช่องอากาศภายในกว้าง 7 ซม. มีช่องอากาศเข้า 100 % มีพัดลมระบายความร้อน 2 ตัว และมีช่วงเวลาการเปิด-ปิดพัดลมที่ 14:00 น. - 1:00 น. จึงมาทำการทดลองเพื่อหาว่าถ้าอากาศที่เข้าสู่ภายในผนังเป็นอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศภายนอกโดยรวมแล้วจะสามารถลดอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในได้อีกหรือไม่ เพื่อให้ผนังมีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนมากที่สุด

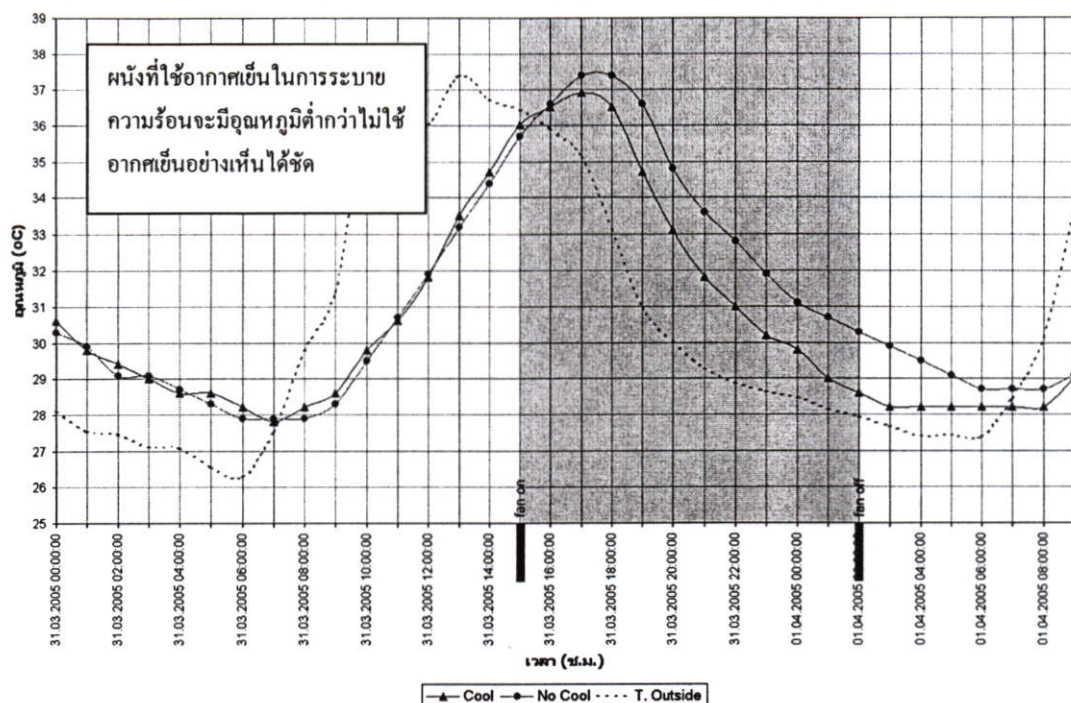
4.7.1 ระยะเวลาการทดลอง 2 วัน (31 มี.ค. – 1 เม.ย.)

4.7.2 รูปแบบการทดลอง มีทั้งหมด 2 ชุดการทดลอง คือ

- 1) พัดลม 2 ตัว + ช่องอากาศเข้า 100 % + ใช้ลมเย็นระบายความร้อน
- 2) พัดลม 2 ตัว + ช่องอากาศเข้า 100 % + ไม่ใช้ลมเย็นระบายความร้อน

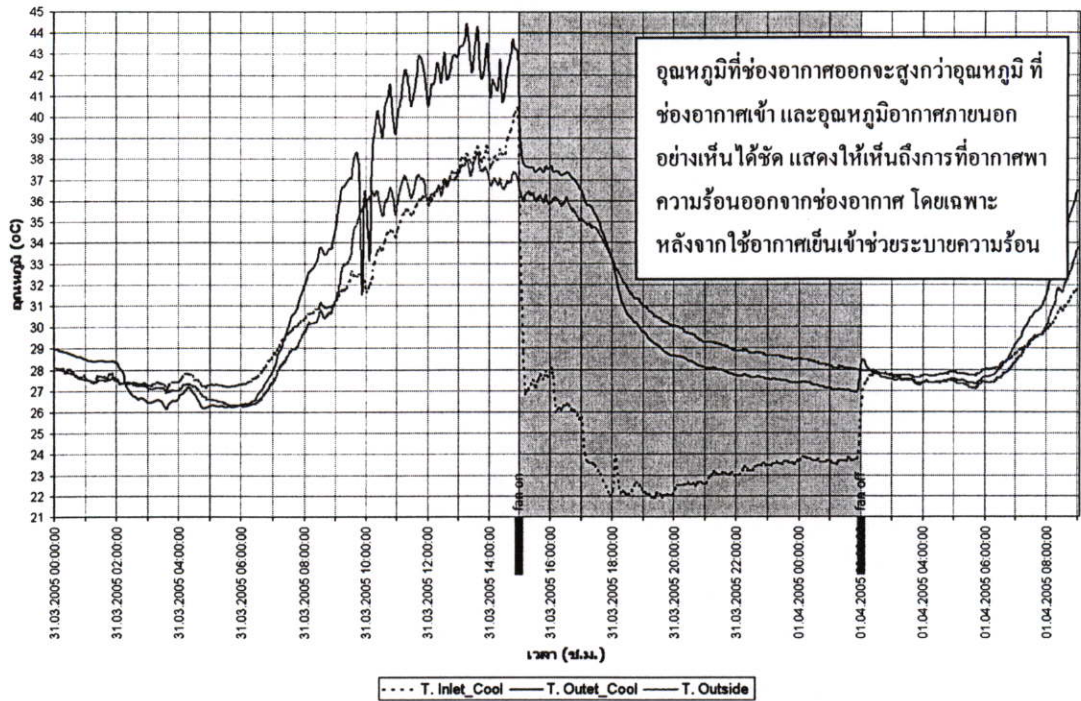
ในทางปฏิบัติจริงการทำให้อุณหภูมิจากอากาศลดลงก่อนเข้าสู่ภายในผนัง อาจทำได้โดยให้อากาศผ่านร่มเงาของพุ่มไม้ที่หนาทึบ หรือผ่านบ่อน้ำก็ตามแต่การทดลองในการวิจัยครั้งนี้จะใช้น้ำแข็งแห้งเป็นตัวทำความเย็นให้กับอากาศ เพื่อผลการทดลองที่เห็นได้ชัดเจน และความรวดเร็วในการทดลอง โดยมีผลการทดลองดังนี้

4.7.3 ผลการทดลอง

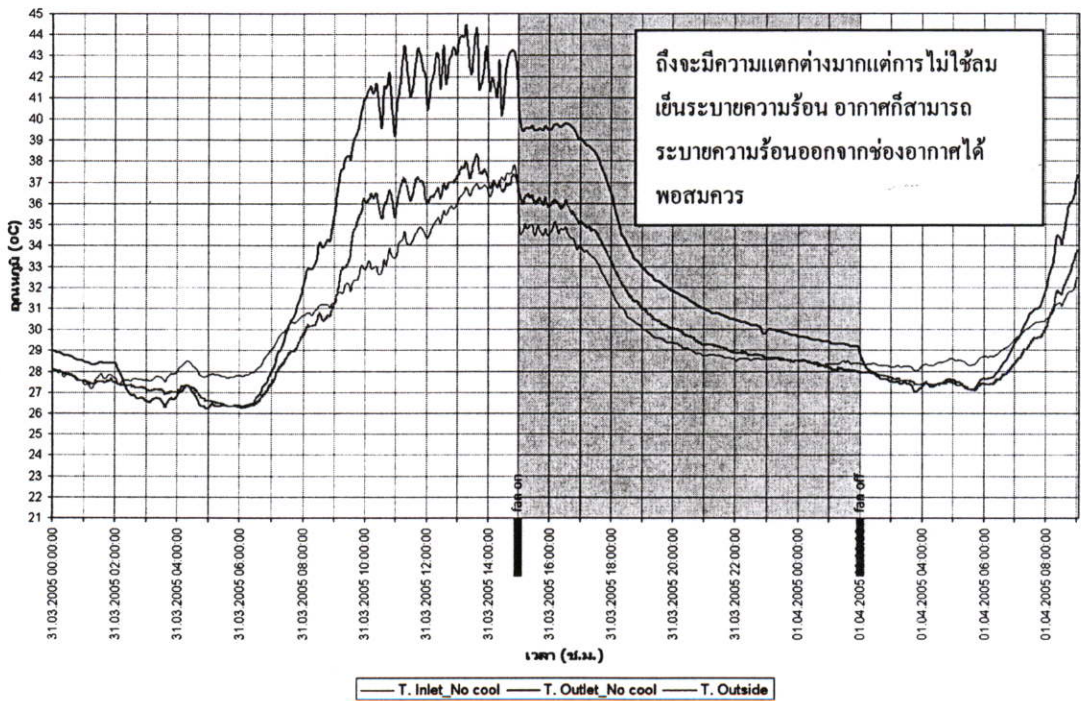


รูปที่ 4.49 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของผนังที่ใช้อากาศเย็นระบายความร้อน และไม่ใช้อากาศเย็น

จากแผนภูมิที่ 4.46 เห็นได้ว่าการใช้อากาศที่เย็นในการระบายความร้อนให้กับผนัง จะทำให้อุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในต่ำกว่าอุณหภูมิของผนังที่ใช้อากาศธรรมดา โดยเห็นได้จากเมื่อเวลา 15:00 น. ที่เริ่มมีการเปิดพัดลมให้อากาศเย็นเข้าสู่ผนัง แนวโน้มของเส้นอุณหภูมิภายในของผนังที่ใช้อากาศเย็นจะลดลงแทบจะทันที ส่งผลให้อุณหภูมิสูงสุดของผนังที่ใช้อากาศเย็นต่ำกว่าอุณหภูมิสูงสุดของผนังที่ใช้อากาศธรรมดาอย่างเห็นได้ชัดคือ 0.71 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายในของผนังที่ใช้อากาศเย็นยังมีแนวโน้มที่จะลดลงไปเรื่อยๆ ตามอุณหภูมิอากาศภายนอก จนเมื่อปิดพัดลมที่เวลา 2:00 น. อุณหภูมิถึงเริ่มคงที่



รูปที่ 4.50 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ช่องอากาศเข้าและออกของผนังที่ใช้อากาศเย็น
 ระบายความร้อน



รูปที่ 4.51 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ช่องอากาศเข้าและออกของผนังที่ใช้อากาศ
 ธรรมดาระบายความร้อน

จากแผนภูมิที่ 4.47 และ 4.48 แสดงให้เห็นความแตกต่างของอุณหภูมิภายในช่องอากาศของผนังที่ใช้อากาศเย็น จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเริ่มเปิดพัดลมอุณหภูมิที่ช่องอากาศเข้าจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน และหลังจากที่อากาศเย็นระบายเอาความร้อนออกจากผนังทำให้อากาศมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากผนังมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอากาศเข้าเกือบ 10 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผนังที่ใช้อากาศธรรมดาจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิของอากาศเข้าและออกแค่ประมาณ 4 องศาเซลเซียส ทำให้เห็นว่าสิ่งที่จะทำให้อุณหภูมิภายในช่องอากาศต่ำลงมาก ก็ต้องใช้อากาศเข้าที่มีอุณหภูมิที่ต่ำมากพอที่จะพาเอาความร้อนออกจากช่องอากาศ

4.7.4 สรุปผลการทดลอง

เห็นได้ว่าการใช้อากาศเป็นตัวระบายความร้อนภายในช่องอากาศจะช่วยทำให้อุณหภูมิภายในผนังลดลง ยิ่งอากาศที่ใช้ในการระบายความร้อนมีอุณหภูมิต่ำก็จะทำให้อุณหภูมิภายในลดลงมากขึ้น แต่ในสภาพการนำไปใช้งานจริงๆ ไม่สามารถทำให้อุณหภูมิอากาศเข้าลดต่ำลงเหมือนการใช้น้ำแข็งได้ แต่การใช้พัดลมระบายความร้อนอย่างเดียวก็เป็นการช่วยลดความร้อนที่เกิดขึ้นภายในผนังได้ และถ้าสามารถทำให้อากาศที่เข้าผนังมีอุณหภูมิต่ำลงได้จากการนำอากาศผ่านบ่อน้ำ หรือ พุ่มไม้ ก็จะทำให้อุณหภูมิภายในลดลงไปได้อีกแม้จะไม่มากก็ตาม

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองในขั้นตอนต่าง ๆ ทำให้ได้ข้อสรุปรูปแบบของผนัง 2 ชั้น ที่เหมาะสมในการป้องกันความร้อนให้กับอาคารพักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานครฯ ดังนี้

5.1.1 ผนังภายใน

วัสดุที่เลือกใช้ในการสร้างเป็นผนังชั้นในคือ ผนังก่ออิฐมวลฉนวนครึ่งแผ่นฉาบปูนด้านเดียวหนา 8 ซม. มีค่าความต้านทานความร้อน (R) $0.122 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C} / \text{W}$ ซึ่งเป็นวัสดุที่มวลสารมากมีการป้องกันความร้อนได้ดีในระดับหนึ่ง ทนต่อความชื้น ก่อสร้างง่าย และมีราคาถูก บ้านพักอาศัยในกรุงเทพฯ จึงเลือกใช้ผนังอิฐมวลฉนวนปูนเป็นส่วนมาก จึงสะดวกถ้าจะต่อเติมผนัง 2 ชั้น ให้กับผนังก่ออิฐฉาบปูน

5.1.2 ผนังภายนอก

วัสดุที่เลือกใช้ในการสร้างเป็นผนังชั้นนอกคือ ผนังฝาไม้เทียมที่หนา 8 มม. มีค่าความต้านทานความร้อน (R) $0.017 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C} / \text{W}$ สีธรรมชาติ ผนังชั้นนอกนี้ทำหน้าที่ป้องกันรังสีดวงอาทิตย์ให้กับผนังภายใน จึงเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบาเพื่อประหยัดโครงสร้างที่รับน้ำหนักผนัง สามารถเปิดผนังออกมาทำความสะอาด และซ่อมบำรุงได้สะดวก หากใช้สีทาภายนอกเป็นสีอ่อนเช่นสีขาว จะสามารถลดความร้อนที่ผ่านมาจากผนังลงได้อีก เนื่องจากสีอ่อนจะสะท้อนความร้อนออกไปได้ดีกว่าสีเข้ม

5.1.3 ความกว้างของช่องอากาศ

ความกว้างของช่องอากาศที่ดีต้องสามารถป้องกันความร้อนได้ดีในช่วงเวลากลางวัน และสามารถระบายความร้อนออกได้ดีในเวลากลางคืน ความกว้างของช่องอากาศยิ่งมากยิ่งสามารถป้องกันความร้อนได้ดีในช่วงเวลากลางวัน แต่ในเวลากลางคืนช่องว่างอากาศที่แคบกว่าสามารถระบายความร้อนออกได้ดีกว่า ความกว้างของช่องอากาศที่มีประสิทธิภาพทั้งในการป้องกันความร้อน และระบายความร้อน จะมีความกว้างที่ประมาณ 5-7 ซม. ถ้าช่องอากาศมีความกว้างที่ต่ำกว่านี้ จะลดประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนในเวลากลางวัน และถ้าช่องอากาศมีความกว้างที่มากกว่านี้ ประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนในตอนกลางคืนจะลดน้อยลง และระบายความร้อนออกได้ช้าในเวลากลางคืน

ดังนั้นความกว้างของช่องอากาศที่เหมาะสมคือ 7 ซม. นอกจากสามารถป้องกันความร้อนและระบายความร้อนได้ดีแล้ว ยังประหยัดวัสดุ และเวลาในการก่อสร้างเนื่องจากสามารถใช้ไม้โครงคร่าวขนาด $1\frac{1}{2}'' \times 3''$ โดยไม่ต้องตัดแต่ง

5.1.4 ความเร็วลมที่ระบายความร้อน

การระบายความร้อนออกจากช่องอากาศเป็นสิ่งสำคัญในการป้องกันความร้อนของผนัง 2 ชั้น การใช้พัดลมช่วยเพิ่มความเร็วในการระบายอากาศช่วยให้ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนเพิ่มขึ้น ในช่วงที่อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงกว่าอุณหภูมิภายใน การใช้พัดลมที่มีความเร็วมากจะทำให้ความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร แต่ในช่วงที่อุณหภูมิอากาศภายนอกต่ำกว่าอุณหภูมิภายใน การใช้พัดลมที่มีความเร็วมากจะช่วยให้อุณหภูมิภายในลดลงได้

จากการทดลองพบว่าการใช้พัดลมที่แรงกว่า (40 cfm) มีประสิทธิภาพการระบายความร้อนออกจากช่องอากาศ (0.034 m^3) ดีกว่าการใช้พัดลมที่เบากว่า (20 cfm) ดังนั้นเมื่อมีขนาดของผนังที่ใหญ่ขึ้นการใช้พัดลมน่าจะเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนที่กล่าวมา เช่น

- ต้องการระบายความร้อนออกจากผนังของอาคารบ้านแถวขนาดสูง 3.00 ม. ยาว 12.00 ม. จะต้องใช้พัดลมระบายความร้อนขนาด 40 cfm ที่ตัว ผนัง 3.00×12.00 ม. ที่มีช่องอากาศกว้าง 7 ซม. จะมีปริมาตรของช่องอากาศ 2.52 m^3

$$\text{ต้องใช้พัดลม } 2.52 = 74.11 > 74 \text{ ตัว}$$

$$0.034$$

ผนังขนาด 3.00×12.00 ม. จะใช้พัดลมขนาด 40 cfm 74 ตัว

ถ้าเปลี่ยนขนาดพัดลมเป็น 300 cfm จะใช้พัดลม 10 ตัว

5.1.5 เวลาเปิด-ปิดพัดลม

การเปิดพัดลมในเวลากลางวันเป็นการนำเอาอากาศร้อนกว่าในตอนกลางวันของสภาพแวดล้อมเข้าสู่ภายในช่องผนัง จึงไม่ควรมีการระบายอากาศในเวลานี้ แต่ในเวลาบ่ายเมื่อผนังด้านทิศตะวันตกโคจรรังสีดวงอาทิตย์อย่างเต็มที่ทำให้ความร้อนผ่านมาทางผนังอย่างรวดเร็ว จึงจำเป็นต้องมีการระบายความร้อนออกจากช่องอากาศด้วยพัดลม เพื่อช่วยลดอุณหภูมิภายในช่องอากาศ เวลาที่เหมาะสมที่สุดในการเปิดพัดลมคือ 14:00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่ผนังด้านทิศตะวันตกโคจรรังสีดวงอาทิตย์อย่างเต็มที่มาแล้วระยะหนึ่ง เมื่อดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้าอุณหภูมิอากาศภายนอกเริ่มลดลงและคงที่ในเวลา 1:00 น. การใช้พัดลมระบายอากาศจึงไม่ให้เกิดผลแตกต่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับการระบายความร้อนโดยธรรมชาติ การระบายความร้อนด้วยวิธีธรรมชาติจึงเหมาะสมกว่า เพราะจะประหยัดพลังงานควบคุมพัดลมไฟฟ้า เวลาที่เหมาะสมในการปิดพัดลมคือ 1:00 น.

สรุปช่วงเวลาการใช้พัดลมระบายความร้อนออกจากผนัง 2 ชั้นด้านทิศตะวันตกคือ 14:00 – 1:00 น.

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องด้วยการวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดหลาย ๆ ประการ เช่น ระยะเวลาการทดลอง และงบประมาณที่จำกัด อีกทั้งยังมีหัวข้อที่เกี่ยวกับการวิจัยนี้หลายเรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งสามารถนำไปศึกษาต่อยอดเพิ่มเติมได้ จึงนำมาเสนอแนะสำหรับผู้สนใจศึกษาและวิจัยต่อไป

5.2.1 การทดสอบผนังในสัดส่วนเท่าของจริง

การทดลองในการวิจัยนี้ได้ทดลองกับแบบจำลองผนังขนาดเล็ก ซึ่งนำผลของการลดอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในอาคารเกิดจากตัวแปร เช่น

1) การรับความร้อนจากดวงอาทิตย์ เมื่อผนังมีขนาดใหญ่ขึ้นจึงทำให้มีพื้นที่ของผนังรับรังสีดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้น (W/m^2) จำนวน watt คือพลังงานที่เพิ่มขึ้นต่อพื้นที่ถ้าผิวผนังมาก ก็จะรับ watt มากขึ้น ทำให้มีปริมาณความร้อนที่ผ่านผนังเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจจะทำให้ระยะเวลาการระบายความร้อนออกจากผนังมากขึ้นตามไปด้วย

2) ความเร็วของลม เมื่อปริมาตรของช่องอากาศมากขึ้นความเร็วของลมที่ใช้ระบายความร้อนต้องสัมพันธ์กับปริมาตรอากาศภายในช่องอากาศเพื่อระบายอากาศและความร้อนออกไปได้ทันทั่วทั้งที่ ขนาดของพัดลมที่ใช้ในการทดสอบต้องใหญ่ขึ้น หรือต้องใช้พัดลมจำนวนมากขึ้น

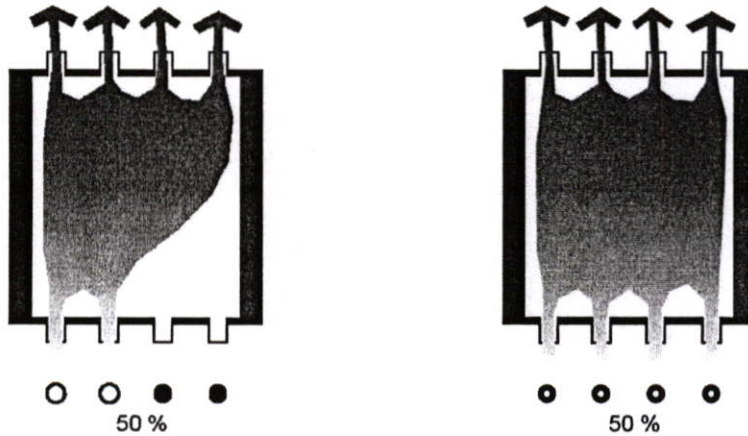
3) ระยะเวลาในการ เปิด-ปิด พัดลม เมื่อมีความร้อนเพิ่มมากขึ้นประกอบกับขนาดของผนังที่ใหญ่ขึ้น การระบายความร้อนออกจากผนังให้ได้ภายในเวลาที่เท่าเดิมจำเป็นต้องใช้พัดลมที่มีความเร็วที่สูงขึ้น หรือใช้พัดลมความเร็วเท่าเดิมแต่ใช้จำนวนมากขึ้น

5.2.2 การทดสอบความเร็วลมที่เกิดขึ้นในช่องอากาศ

เนื่องจากการทดลองนี้ใช้จำนวนพัดลมเป็นตัวกำหนดความเร็วของอากาศที่ใช้ระบายความร้อนออกจากช่องอากาศ ซึ่งมีความเร็วแค่ 2 ระดับ คือพัดลม 1 ตัว (15 cfm) และพัดลม 2 ตัว (30 cfm) จึงเป็นที่น่าสนใจถ้าสามารถปรับระดับความเร็วลมได้หลายๆระดับ ซึ่งอาจจะมีผลกระทบจากการปรับความเร็วพัดลมที่แตกต่างตามเวลาที่แตกต่างกัน เช่น การใช้พัดลมหลายตัวในการระบายความร้อน และสามารถเปิดพัดลมบางตัวเป็นบางเวลา เพื่อกำหนดความเร็วลมที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพที่สุดในการระบายความร้อนในเวลาที่แตกต่างกัน เพื่อประหยัดไฟฟ้าสำหรับการควบคุมพัดลมไฟฟ้า

5.2.3 การทดสอบขนาดของช่องอากาศเข้า

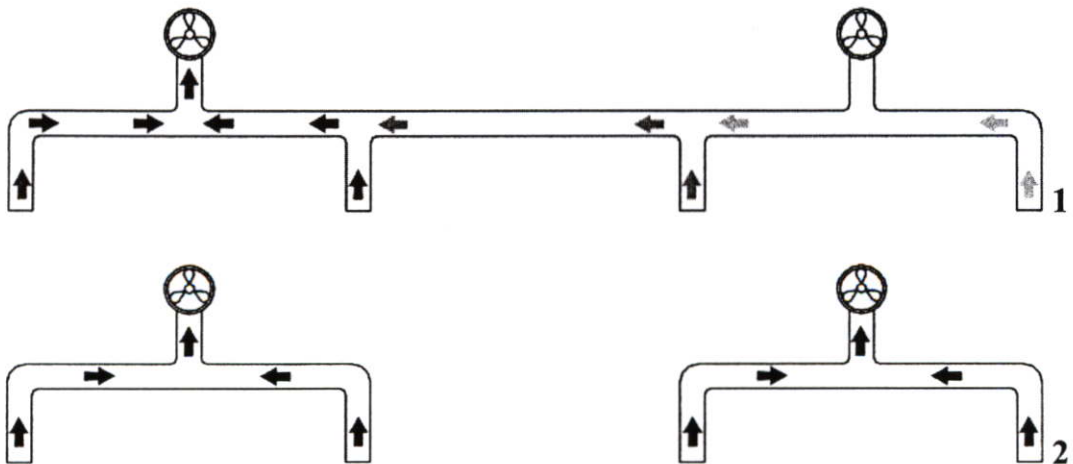
การทดลองในการวิจัยนี้กำหนดขนาดของช่องอากาศเข้าขนาด โดยใช้จำนวนรูอากาศเข้าเป็นตัวควบคุมขนาดช่องอากาศเข้า ทำให้ในบางการทดลองอากาศที่เข้าไปในผนังมีการไหลไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่นผนัง การพาความร้อนออกจากผนังจึงไม่เต็มที่ ซึ่งอาจจะเป็นผลให้การทดลองผิดเพี้ยนไปบ้าง จึงควรกำหนดขนาดของช่องอากาศเข้าที่ทำให้อากาศสามารถไหลได้ทั่วทั้งแผ่นผนังในทุกขนาดของช่องอากาศเข้า



รูปที่ 5.1 เปรียบเทียบขนาดช่องอากาศเข้าที่มีขนาดเท่ากัน แต่ต่างรูปแบบกัน

5.2.4 การทดสอบตำแหน่งติดตั้งพัดลม

เนื่องจากการใช้ระบายความร้อนออกจากผนังต้องใช้พัดลมหลายตัว การติดตั้งพัดลมกับผนังจึงต้องเฉลี่ยให้สามารถระบายความร้อนได้ทั่วทั้งผนัง การติดตั้งพัดลมที่ห่างเกินไปจะทำให้สูญเสียพลังการดูดอากาศเนื่องจากระยะทางการเดินทางอากาศที่ไกลกว่า การหาระยะห่างของพัดลมและการเฉลี่ยจำนวนพัดลมตามความยาวของผนังที่เหมาะสมจึงเป็นการใช้งานพัดลมให้เต็มประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด



รูปที่ 5.2 แสดงความแตกต่างของรูปแบบที่ระบายอากาศทั้ง 2 แบบ

5.2.5 การทดสอบวัสดุของผนังชั้นนอก

จากการทดลองสรุปว่าผนังชั้นนอกควรใช้วัสดุมวลเบา เพื่อบังแสงอาทิตย์สร้างร่มเงาให้กับผนังชั้นใน และการคายความร้อนออกที่รวดเร็ว จึงได้เลือกใช้ฝาไม้เทียมเป็นวัสดุของผนังชั้นนอกตามเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้ว เนื่องจากวัสดุมวลเบาสำหรับทำผนังภายนอกในตลาดวัสดุก่อสร้างยังมีอีกหลายชนิด เช่น กระเบื้องแผ่นเรียบ แผ่นซีเมนต์อัด ฯลฯ จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจถ้าทดลองเปลี่ยนวัสดุผนังภายนอกเป็นชนิดอื่นแล้ว ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของผนังชั้นจะดีขึ้นหรือแย่ลงเท่าไร

5.2.6 การทดสอบการทำความเย็นแก่อากาศก่อนเข้าสู่ช่องอากาศ

ในการทดลองนี้ได้ใช้น้ำแข็งเป็นตัวทำความเย็นให้กับอากาศก่อนที่จะนำไประบายความร้อนแก่ช่องอากาศ แต่ในสภาพความเป็นจริงอากาศที่ได้รับการทำความเย็นโดยวิธีธรรมชาติไม่สามารถเย็นได้เท่ากับการใช้น้ำแข็ง จึงควรจะศึกษากรณีทำความเย็นให้กับอากาศโดยวิธีทางธรรมชาติก่อนที่จะนำไประบายความร้อนแก่ช่องอากาศ เช่น การนำอากาศผ่านพุ่มไม้ หรือผ่านสระน้ำ เป็นต้น

5.3 การนำไปประยุกต์ใช้

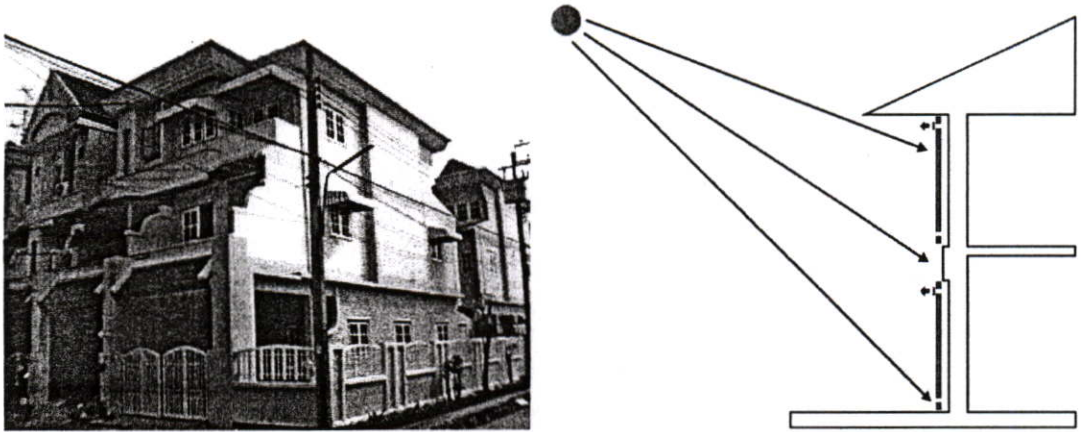
หัวข้อนี้เป็นการนำเสนอแนวทางการนำผนัง 2 ชั้นประกอบกับพัดลมไฟฟ้า ไปใช้งานจริงกับบ้านพักอาศัยในเขตกรุงเทพฯ โดยเป็นแนวทางการนำไปใช้งานเบื้องต้นเท่านั้น เนื่องจากเทคนิคการใช้ผนัง 2 ชั้นประกอบกับพัดลมไฟฟ้าเพื่อป้องกันความร้อนนี้เป็นการทดลองบนแบบจำลองขนาดเล็ก ซึ่งอาจจะทำให้การใช้งานผนัง 2 ชั้นในขนาดเท่าของจริงอาจจะให้ผลไม่เป็นตามความต้องการ

5.3.1 ทิศทางที่เหมาะสมกับการใช้ผนัง 2 ชั้น

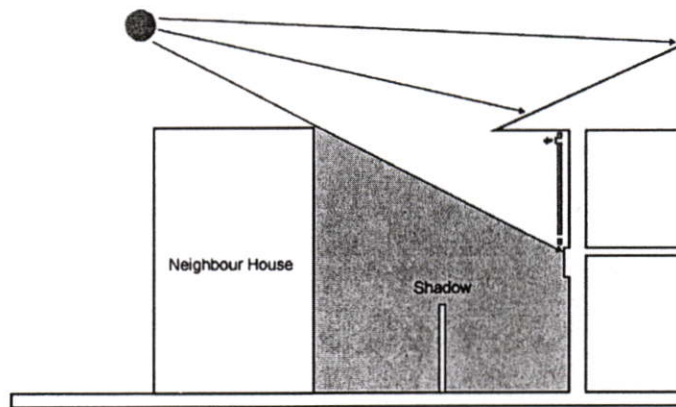
ทิศทางที่เหมาะสมกับผนัง 2 ชั้นประกอบกับพัดลมไฟฟ้าคือ ทิศตะวันตก เนื่องจากทิศนี้แสงอาทิตย์ในช่วงเย็นมีมุมที่ต่ำมาก การใช้ชายคา หรือแผงบังแดดในทิศนี้จึงเป็นการยากที่จะป้องกันแสงแดดได้เต็มที่ ต่างจากทิศใต้ที่ถึงจะมีระยะเวลาถูกแสงอาทิตย์นานกว่า แต่มุมของแสงอาทิตย์ที่กระทำต่อผนังไม่ต่ำมาก จึงสามารถใช้ชายคาที่ยื่นยาวหรือแผงกันแดดบังได้ ผนังด้านทิศตะวันตกจึงควรเป็นผนังทึบ และเป็นห้องที่มีการใช้งานเป็นประจำ มีช่องเปิดที่ไม่มากจนเกินไป เพื่อที่สามารถติดตั้งผนัง 2 ชั้นได้ทั่วถึง ถ้ามีหน้าต่างเยอะก็ไม่มีประโยชน์ในการใช้ผนัง 2 ชั้นป้องกันความร้อน เนื่องจากความร้อนสามารถผ่านมากทางหน้าต่าง หรือช่องแสงได้

5.3.2 อาคารที่เหมาะสมกับการใช้ผนัง 2 ชั้น

อาคารพักอาศัยที่เหมาะสมกับการใช้ผนัง 2 ชั้นประกอบด้วยพัดลมไฟฟ้าคือ อาคารที่ไม่มีอาณาบริเวณพอที่จะปลูกต้นไม้ให้ร่มเงากับผนังได้ เช่นอาคารพักอาศัยในเมืองที่ปริมาณที่ดินเป็นสิ่งหายาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารที่เป็นตึกแถว หรือบ้านแถว ที่สภาพแวดล้อมมีแต่ถนน และอาคารข้างเคียง และลักษณะตัวอาคารที่สูง 3 ชั้นทำให้ชายคาไม่สามารถปกป้องแสงอาทิตย์ได้ทั้งผนัง ด้านของอาคารที่เหมาะสมกับการใช้ผนัง 2 ชั้นคือด้านทิศตะวันตก และทิศใต้ที่ไม่มีอาคารข้างเคียงบังให้ร่มเงาได้ แต่ถ้ามีอาคารข้างเคียงที่สามารถบังแสงอาทิตย์ได้บางส่วน ก็จะเป็นการดีที่ทำผนัง 2 ชั้นเพียงบางส่วนของอาคาร



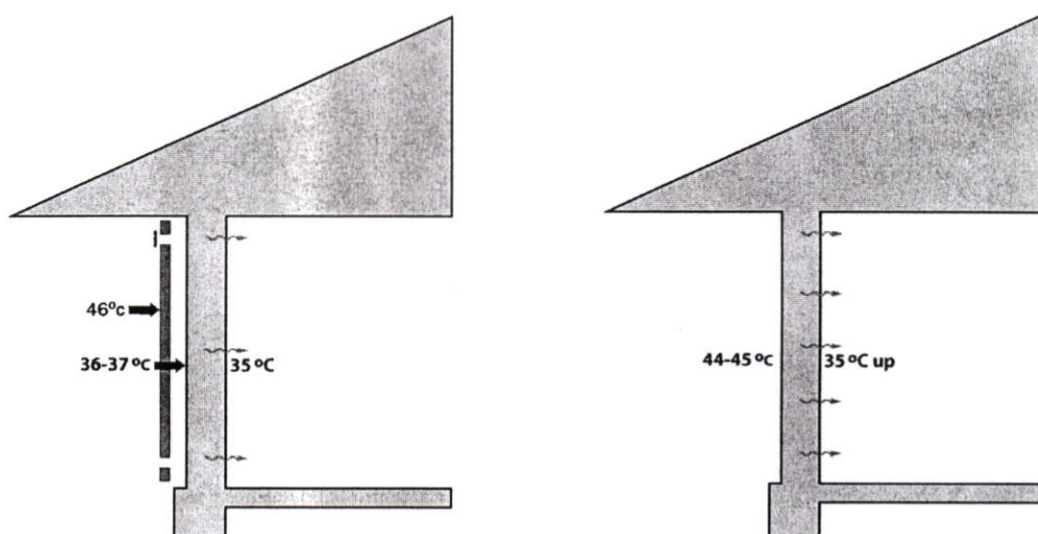
รูปที่ 5.3 แสดงผนังผืนใหญ่เหมาะสมกับการใช้ผนังที่มีช่องอากาศภายใน



รูปที่ 5.4 แสดงลักษณะการอาคารข้างเคียงช่วยบังแสงอาทิตย์

อาคารที่เหมาะสมกับการใช้ผนัง 2 ชั้นประกอบด้วยพัดลมไฟฟ้าควรเป็นอาคารที่มีการปรับอากาศ เนื่องจากหากเป็นอาคารไม่ปรับอากาศ มีการเปิดหน้าต่างรับลมธรรมชาติ ทำให้อากาศร้อนเข้าสู่ภายในอาคารโดยตรง การใช้ผนัง 2 ชั้นประกอบด้วยพัดลมไฟฟ้าจึงไม่เกิดประโยชน์มากนัก นอกจากนี้การใช้ผนัง 2 ชั้นยังช่วยให้ความร้อนที่ผ่านผนัง (heat gain) เข้าสู่อาคารลดลง เนื่องจากมี

ผนังชั้นนอกช่วยสร้างร่มเงาให้กับผนังชั้นใน จึงทำให้อุณหภูมิผิวของผนังชั้นในลดลง เป็นผลให้ลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

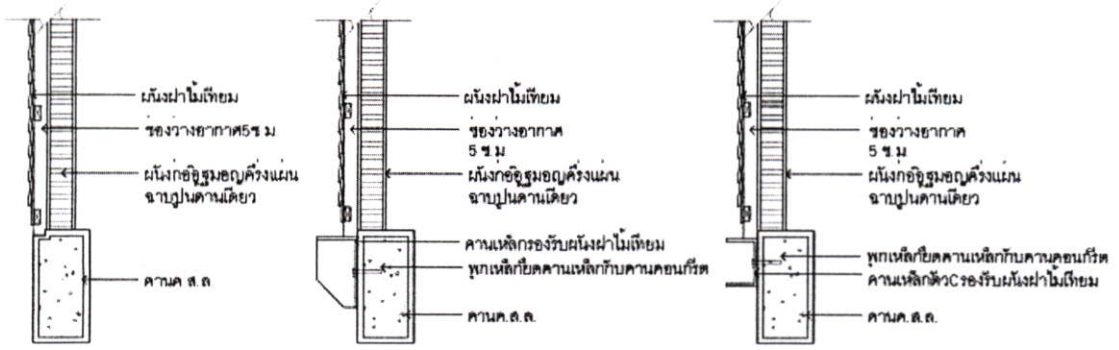


รูปที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบการลด heat gain ของผนังธรรมดา และผนังที่มีช่องอากาศภายใน

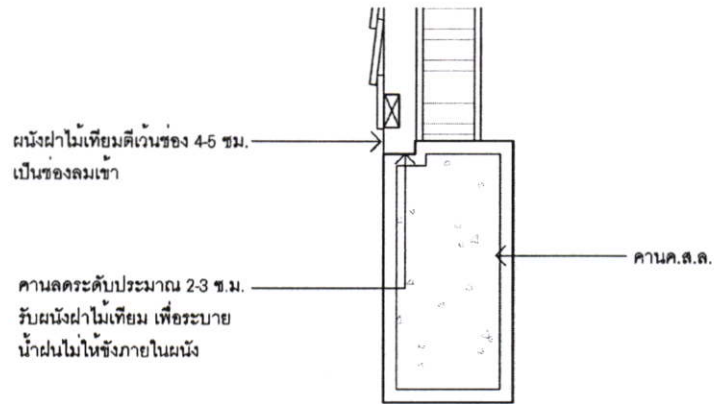
5.3.3 การก่อสร้างผนัง 2 ชั้นประกอบด้วยพัดลมไฟฟ้า

นอกจากการก่อสร้างผนัง 2 ชั้นกับอาคารที่สร้างใหม่แล้ว จุดประสงค์ในการวิจัยอีกประการก็เพื่อการนำผนัง 2 ชั้นไปต่อเติมใช้กับอาคารเก่าได้ เนื่องจากผนังชั้นนอกมีลักษณะผนังเบาจึงสามารถออกแบบโครงสร้างเพิ่มเติมจากผนังเก่าได้ไม่ยากนัก โดยใช้คานเหล็กติดตั้งกับคาน ค.ส.ล. เดิมเพื่อรองรับผนังชั้นนอกที่ติดตั้งเพิ่มเข้าไป การติดตั้งผนังชั้นนอกควรจะมีระดับต่ำกว่าผนังชั้นในประมาณ 1-2 ซม. เพื่อหากเกิดมีน้ำเข้ามาในผนังจะสามารถระบายออกไปได้ และไม่ไหลซึมเข้าสู่ภายในอาคาร

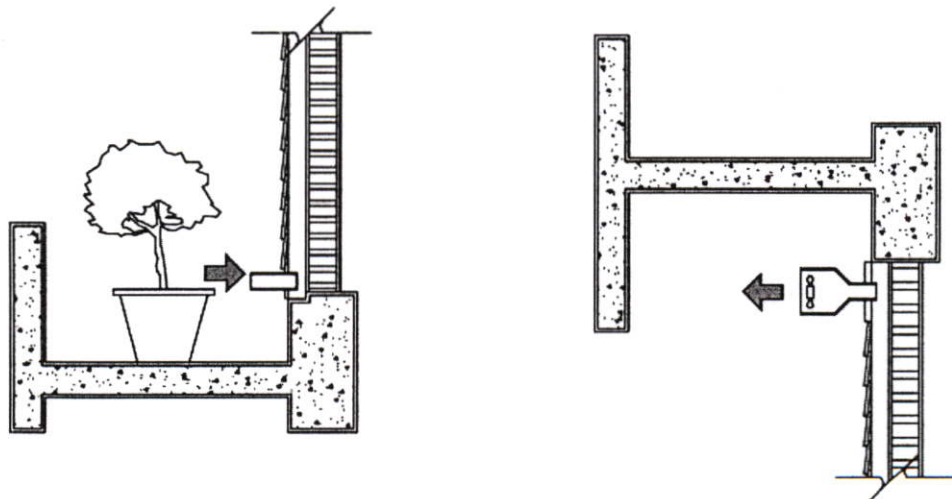
ตำแหน่งการติดตั้งช่องอากาศสำหรับอาคารใหม่ สามารถออกแบบซ่อนไม่ให้มองเห็นจากภายนอกได้เพื่อความสวยงาม โดยสร้างเป็นกระเบะปลูกต้นไม้ หรือกันสาดบังช่องอากาศเข้า และพัดลมระบายอากาศ อีกทั้งการทำให้บริเวณทางเข้าของอากาศมีความร่มรื่นเพื่อให้อากาศเข้ามีอุณหภูมิไม่สูงมากนัก ช่องอากาศเข้าอาจใช้เพียงการเว้นช่องของฝ้าไม้เทียมประมาณ 2-3 ซม. ยาวตลอดผนังแทนการเจาะช่องอากาศและสอดท่อทรงกระบอก เพื่อความสวยงามและความสะดวกในการก่อสร้าง



รูปที่ 5.6 แสดงการติดตั้งผนังที่มีช่องอากาศภายใน



รูปที่ 5.7 แสดงการติดตั้งผนังที่มีช่องอากาศภายใน โดยการลวดระดับคานเพื่อกันน้ำเข้าสู่ภายในอาคาร

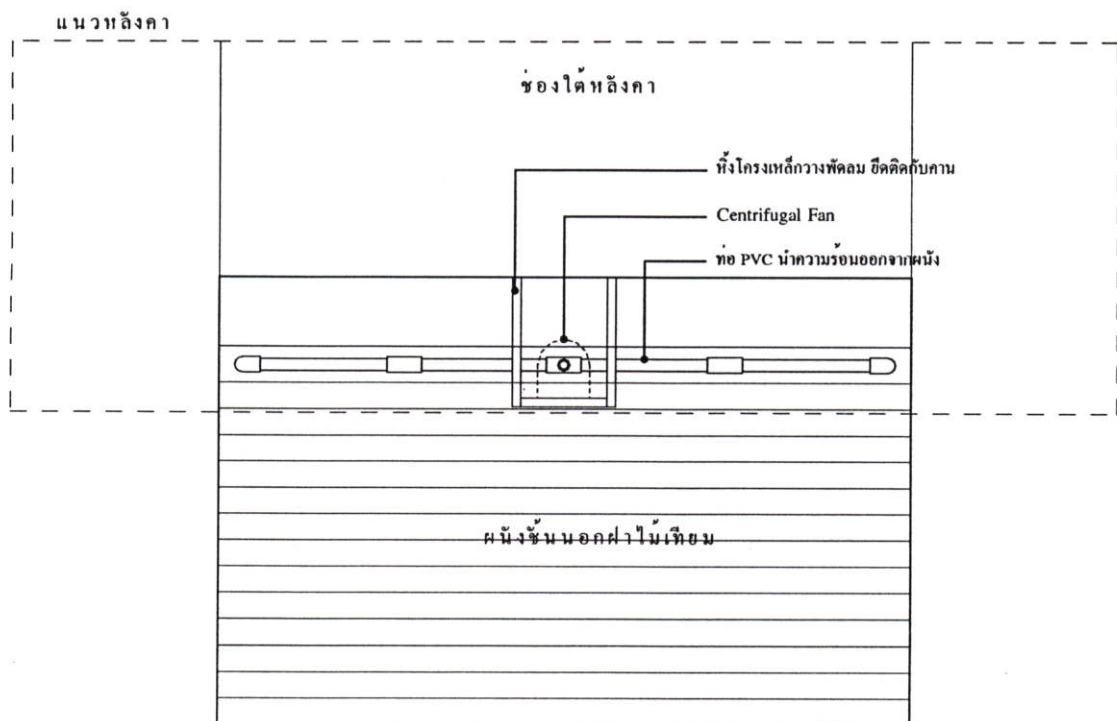


รูปที่ 5.8 แสดงตัวอย่างการช่องช่องทาง เข้า-ออก อากาศเพื่อความสวยงาม

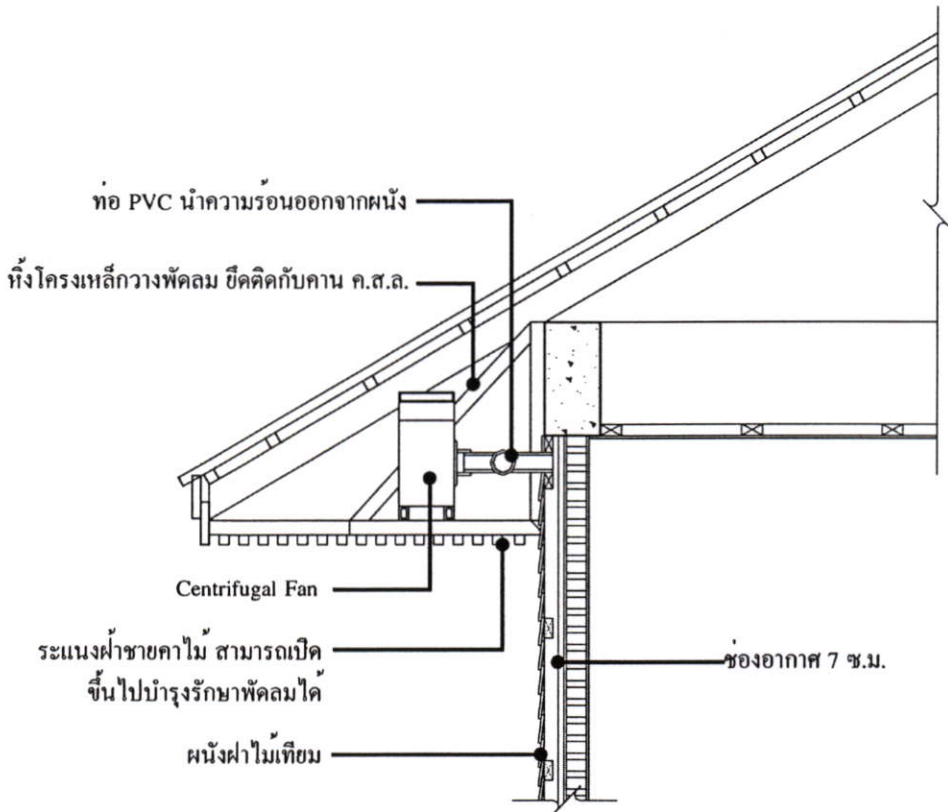
5.3.4 การติดตั้งพัดลมไฟฟ้า

จากการคำนวณจำนวนพัดลมไฟฟ้าสำหรับระบายความร้อนออกจากอาคารบ้านแถวที่มีขนาดผนังขนาด 3.00×12.00 ม. ต้องใช้พัดลมไฟฟ้าที่มีอัตราการดูดอากาศ 2,840 ลูกบาศก์ฟุตต่อ นาที หากใช้พัดลมขนาดเล็กหลายๆตัวเพื่อให้ได้ปริมาณการดูดอากาศขนาดนี้ย่อมเป็นการยุ่งยากในการวางระบบ และบำรุงรักษาพัดลมไฟฟ้า การใช้พัดลมที่มีกำลังดูดอากาศสูงเพียงตัวเดียวจึงเหมาะสมกว่า โดยการเดินท่อนำอากาศร้อนที่ออกจากผนังตามจุดต่างๆ แล้วนำมารวมเป็นท่อเดียวสู่พัดลม

ตำแหน่งการติดตั้งพัดลมควรติดตั้งในที่ที่ไม่ไกลจากช่องลมออกมากนัก เป็นที่ลับสายตาเพื่อความสวยงามและเรียบร้อย แต่ก็ควรสามารถเข้าถึงได้สะดวกเพื่อการบำรุงรักษา พื้นที่ติดตั้งพัดลมควรมีความแข็งแรงพอสมควรเนื่องจากการสั่นสะเทือนของพัดลมอาจทำให้เกิดเสียงรบกวนได้ ตัวอย่างของตำแหน่งติดตั้งพัดลมเช่น บนฝ้าเพดานใต้หลังคา หรือบนระเบียงและชายคา กันสาด เป็นต้น

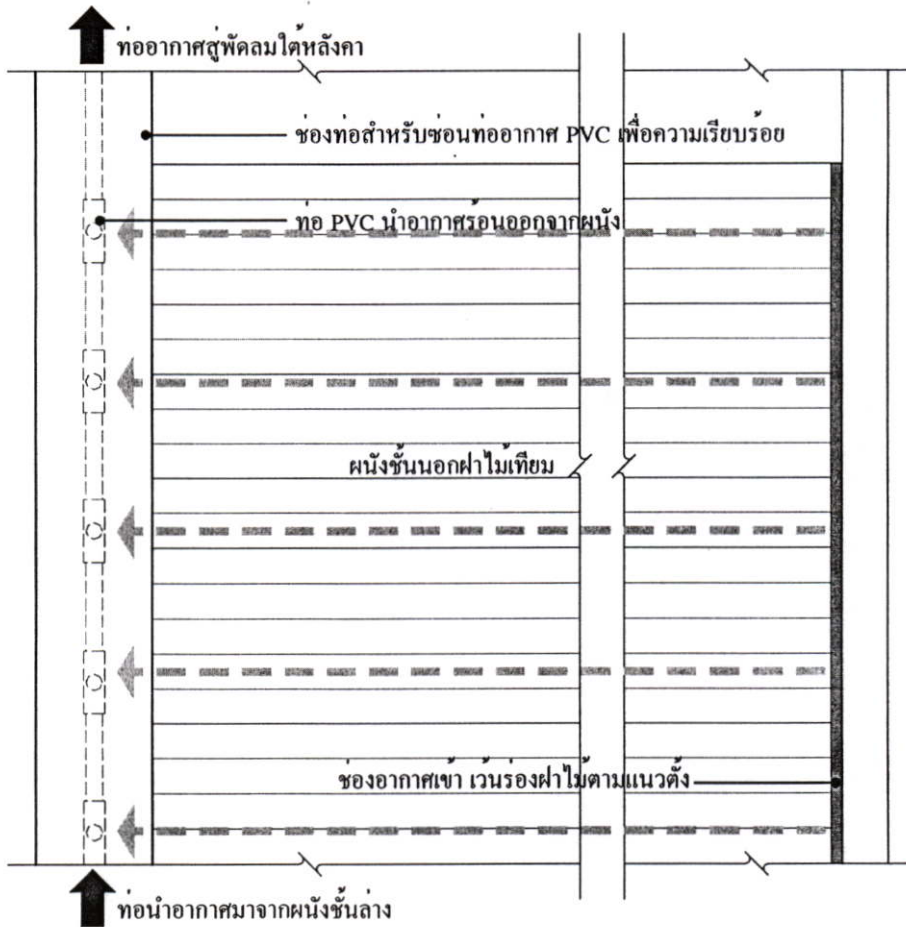


รูปที่ 5.9 รูปด้านหน้าแสดงตัวอย่างการติดตั้งพัดลมในช่องใต้หลังคา

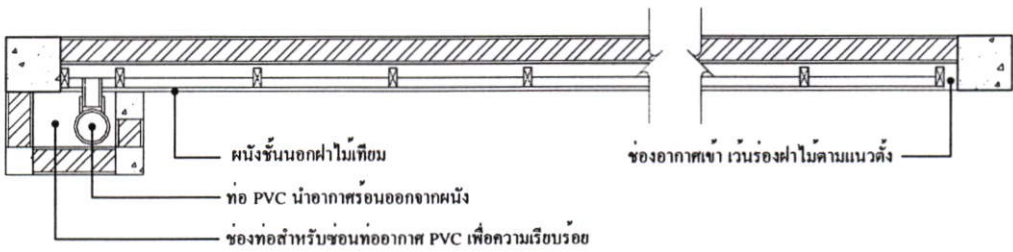


รูปที่ 5.10 รูปตัดแสดงตัวอย่างการติดตั้งพัดลมในช่องใต้หลังคา

ตำแหน่งของช่องอากาศอาจจะอยู่ตามความยาวด้านบนของผนังในกรณีที่เป็นอาคารชั้นเดียว โดยแต่ละช่องจะมีท่อนำอากาศเชื่อมถึงกันนำไปสู่พัดลมไฟฟ้า หากเป็นอาคารที่มีความสูงหลายชั้นตำแหน่งช่องอากาศออกจะอยู่บริเวณด้านข้างเรียงตามความสูงของผนัง และช่องอากาศเข้าก็จะตามแนวตั้งอยู่อีกฝั่งของผนังเช่นกัน เป็นการให้อากาศเคลื่อนที่ตามแนวนอน ช่องอากาศลักษณะเช่นนี้สามารถติดตั้งท่อนำอากาศผ่านผนังทุกชั้นของอาคารได้ โดยอาจซ่อนท่อนำอากาศไว้ในช่องท่อ (duct) เพื่อความเรียบร้อย



รูปที่ 5.11 แสดงรูปด้านตัวอย่างการระบายอากาศออกจากผนังทางด้านข้าง



รูปที่ 5.12 แสดงรูปตัดตัวอย่างการระบายอากาศออกจากผนังทางด้านข้าง

เอกสารอ้างอิง

- [1] สินีรัตน์ ภัทรธรรมกุล. 2537. “ผลกระทบของมวลสารและสีต่อความร้อนที่ผ่านเข้าสู่ผนังอาคาร.” วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [2] การไฟฟ้าฝ่ายผลิต. 2546. “รายงานแนวโน้มความต้องการใช้ไฟฟ้าระหว่างปี พ.ศ. 2538-2544.” [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.egat.co.th>.
- [3] สุนทร บุญญาธิการ. 2542. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [4] Christine Beall. 1998. **Thermal and Moisture Protection**. New York : Mc Graw-Hill Co,Inc.
- [5] Norbert Lechner. 2001. **Heating Cooling Lighting Design method for Architects**. New York : John Wiley&Sons, Inc.
- [6] American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineering, Inc. **ASHRAE Handbook of Fundamentals**. Atlanta. 1989.
- [7] เอ็มแอนด์อี บริษัท จำกัด. 2545. ระบบปรับอากาศชุดที่1. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน). กรุงเทพมหานคร : หจก. นำอักษรการพิมพ์.
- [8] รศ.ธีรมน ไวโรจนกิจ. 2544. เอกสารประกอบการเรียนวิชา “เทคโนโลยีสภาพแวดล้อมของอาคาร. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาสถาปัตยกรรมเขตร้อน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพ.
- [9] อุทัย สุจิตกุลวงศ์. 2543. “การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุของอาคารพักอาศัยในเขตร้อนชื้น.” วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [10] ประพนธ์ จงปติยัตต์. 2538. “การศึกษารลดการส่งผ่านความร้อนที่ผ่านผนัง อาคาร ด้วยระบบช่องอากาศภายใน กรณีศึกษาภูมิอากาศในเขต ร้อนชื้น.” วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีอาคาร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ตรีงใจ บูรณสมภพ. 2539. การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัด พลังงาน. กรุงเทพฯ : อมรินทร์พริ้นติ้ง.
- สินีรัตน์ ภัทรธรรมกุล. 2537. “ผลกระทบของมวลสารและสีต่อความร้อนที่ผ่านเข้าสู่ผนังอาคาร.” วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อนันต์ วัชรพงษ์วินิจ. 2538. “การศึกษาประสิทธิภาพการสะท้อนความร้อนของฉนวนกันความร้อน และทิศทางของความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคารในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น.”
วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร :
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนิต จินดาวณิก. 2535. “ระบบป้องกันรังสีความร้อนในเปลือกอาคาร.” อาษา. 23 : 71-80.

ธนิต จินดาวณิก. 2537. “ผนังก่ออิฐเหมาะสมกับที่อยู่อาศัยหรือยัง.” อาษา. กรกฎาคม : 32-38.

A.W. Pratt. 1981. **Heat Transmission in Building**. New York : John Wiley & Sons, Inc.

John Littler and Randall Thomas. 1984. **Design with energy the conservation and use of energy in building**. Cambridge : Cambridge University.

M. David Egan. 1975. **Concept in Thermal Comfort**. New Jersey : Prentice-hall, Inc.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายกรกฎ ทองพรม
วัน/เดือน/ปีเกิด 8 กรกฎาคม 2519 ที่กรุงเทพฯ
ที่อยู่ 10/89 หมู่บ้านเกษตรนิเวศน์ ซอยชมรม 5 ถนนแจ้งวัฒนะ 14
แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210
โทร.0-2573-1377
ประวัติการศึกษา 2542 สถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยรังสิต