การศึกษาการลดความร้อนที่ผ่านหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีการฝังท่อน้ำ

FEASIBILITY STUDY TO REDUCE HEAT TRANSFER THROUGH FLAT ROOFS BY BUILT-IN WATER PIPE

ชัยยศ ไคร่ครวญ
CHAIYOS KRAIKROUN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2550

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการลดความร้อนที่ผ่านหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีการฝังท่อน้ำ

FEASIBILITY STUDY TO REDUCE HEAT TRANSFER THROUGH FLAT ROOFS BY BUILT-IN WATER PIPE

ชัยยศ ใคร่ครวญ

CHAIYOS KRAIKROUN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2550

FEASIBILITY STUDY TO REDUCE HEAT TRANSFER THROUGH FLAT ROOFS BY BUILT-IN WATER PIPE

CHAIYOS KRAIKROUN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ARCHITECTURE IN TROPICAL ARCHITECTURE

SCHOOL OF GRADUTE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2007

COPYRIGHT 2007

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการลดความร้อนที่ผ่านหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีการฝังท่อน้ำ
ชื่อนักศึกษา	นายชัยยศ ใคร่ครวญ
รหัสประจำตัว	45062102
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
พ.ศ.	2550
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ. ธีรมน ไวโรจนกิจ

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการที่จะทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการลด การส่งผ่านความร้อนผ่านหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยการฝังท่อน้ำที่มีน้ำไหลผ่าน ที่จะส่งผลให้ลดการใช้พลังงานภายในอาคาร โดยเฉพาะอาคารที่ไม่สูงมาก พื้นที่หลังคาจะเป็นกรอบอาคารที่สัมผัสกับความร้อนจากแดดมากที่สุด

กระบวนการวิจัยอาศัยการทดลองเพื่อรวบรวมข้อมูลโดยการสร้างหุ่นจำลองที่มีขนาดห้อง 70x70x72 เซนติเมตร ส่วนที่เป็นหลังคาคอนกรีตหนา 12 เซนติเมตร และควบคุมความร้อนจากทางด้านอื่นๆ ด้วยโฟมหนา 2 นิ้ว และ ฝังท่อน้ำไว้ในตำแหน่งที่ใกล้กับผิวนอกของหลังคาคอนกรีตที่อยู่ด้านบนโดยห่างจากพื้นผิว 3.5 เซนติเมตร โดยแบ่งการทดสอบเป็นขั้นตอนดังนี้

1. ทดสอบชนิดของท่อน้ำที่นำมาทดลองประกอบด้วย ท่อเหล็กชุบสังกะสี ท่ออลูมิเนียม ท่อ P.V.C ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้วความหนา 2 มิลลิเมตร
2. ทดสอบรูปแบบการฝังท่อน้ำไว้ภายในหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก
3. ทดสอบหาระยะห่างโดยวัดอุณหภูมิที่พื้นผิวภายในทุกระยะ 3 เซนติเมตรเพื่อหาระยะที่เหมาะสม
4. ทดสอบโดยการกำหนดการขังน้ำและปล่อยน้ำตามระยะเวลาที่กำหนดคือ
   - การขังน้ำ 15 นาทีปล่อยน้ำ 30 วินาที
   - การขังน้ำ 20 นาทีปล่อยน้ำ 30 วินาที
   - การขังน้ำ 30 นาทีปล่อยน้ำ 30 วินาที
   - การปล่อยน้ำไหลตลอดเวลา

โดยผลจากการทดสอบ ท่อเหล็กชุบสังกะสี สามารถลดความร้อนที่ผ่านหลังคาคอนกรีตที่ฝังท่อน้ำได้ดีที่สุด คือการใช้เทคนิคการขังน้ำ 15 นาทีและปล่อยน้ำ 30 วินาที จากการทดลองชุดนี้ยังสามารถเพิ่ม ความแตกต่างอุณหภูมิของอากาศภายในกับอุณหภูมิอากาศภายนอก เพิ่มเป็น 12.9 องศาเซลเซียส (6.29 องศาเซลเซียส จากหุ่นจำลองที่ไม่ได้ฝังท่อน้ำ)

อย่างไรก็ดีผลสรุปในการใช้เทคนิคนี้ ในการลดอุณหภูมิของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีการฝังท่อน้ำภายในหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กสามารถลดอุณหภูมิได้จริงตามสมมุติฐานของการวิจัย แต่ปริมาณของความร้อนที่ลด ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยของพื้นที่ตั้งของโครงการ ขนาดของพื้นที่หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก และระยะเวลาในการขังน้ำและปล่อยน้ำรวมทั้งแรงดันของน้ำที่ใช้ เหล่านี้เป็นปัจจัยที่ทำให้ผู้ที่นำไปใช้ ต้องพิจารณาและปรับใช้ให้เหมาะสม

Thesis Title	Feasibility Study to Reduce Heat Transfer Through Flat Roofs by Built-in Weter Pipe
Student	Mr. Chaiyos Kraikroun
Student ID.	45062102
Degree	Master of Architecture
Program	Tropical Architecture
Year	2007
Thesis Adviser	Assoc.Prof. Teeramon Wairojanakich

ABSTRACT

The research objective is to acquire for the possibility to reduce heat transfer of flat roof by built-in water pipe in order to reduce using energy in a building. Especially a small commercial building, where the roofing part of the building is supposed to associate with excessive heat from sunlight the most.

The research procedure is to collect data from building model of 70x70x72 centimeter by size, covering with a 12 centimeter thick flat roof, controlling the heat transfer by means of 2-inch thick poly-foam lining. A water piping system was then lord at 3.5 centimeter from the top slap-surface.

The test was performed in steps as follows:

1. Pilot test upon using various types any sizes of the water pipes.
2. Testing on the most suitable Patten .
3. Testing on the most suitable pipe spacing of the designed
4. Test on the most suitable water caging and liberates time.
   - caging water 15 minute- liberates waters 30 second.
   - caging water 20 minute- liberates waters 30 second.
   - caging water 30 minute- liberates waters 30 second.
   - water abandonment flow -all the time .

It was found that zinc –galvanized steel pipe is best to be applied for decreases heat from the flat-roof. The caging water of 15 minute and 30 second liberating steps was suppose to be the most effective and suitable procedure ,i.e., the temperature change between exterior and interior atmosphere could be raised up to 12.9 $^{\circ}$C : (6.29 $^{\circ}$C in normal cast)

We found that reducing heat transfer through flat-roof of buildings can be effectively performed by built-in water piping system into the roof structure , however the degree of decreasing heat will depends on the site location, roof area and the lag timing of caging and liberating which must be keeling taken care of.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาในการทำวิจัยทุกขั้นตอน จาก รศ.ธีรมน ไวโรจนกิจ ซึ่งเป็นผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์ และ ผศ.ชัยยุทธ ศรีเผด็จ ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือตลอดจนให้คำปรึกษาแนะนำและเป็นคณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ นักศึกษาทุกคนที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำต่างๆ

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ,คุณแม่ พี่ๆ น้องๆ ทุกคน ที่ช่วยเหลือด้านกำลังใจและด้านเก็บข้อมูลต่างๆ

สุดท้ายขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้การสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ชัยยศ ใคร่ครวญ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III

กิตติกรรมประกาศ..... V

สารบัญ.....VI

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญภาพ.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำวิจัย.....2

1.3 ระเบียบวิธีการวิจัย.....2

1.4 ขอบเขตและข้อจำกัดในการทำวิจัย.....4

1.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....4

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....5

บทที่ 2 การศึกษาทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....6

2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารผ่านหลังคา.....6

2.2 การลดอุณหภูมิของผนังผิวนอกอาคารด้วยวิธีการฝังท่อน้ำภายในผนัง.....7

2.3 เทคนิค Concrete Core Conditioning.....9

2.4 ระบบ Solar Absorber.....10

2.5 ระบบ Hydronic radiant floor heating.....11

2.6 ระบบ Concrete core cooling with supply air 12

บทที่ 3 วิธีและแนวทางการทดลอง.....14

3.1 ขอบเขตการศึกษา.....14

3.2 การวิเคราะห์กำหนดและควบคุมค่าตัวแปร.....14

3.3 วัสดุอุปกรณ์สำหรับการเก็บข้อมูลการทดลอง.....15

3.4 ขั้นตอนและแนวทางการทำการทดลอง.....18

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการลดอุณหภูมิของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก
ด้วยวิธีการฝังท่อน้ำไว้ภายใน....23
4.1 การพิจารณาวัสดุของท่อน้ำที่เหมาะสมกับการวิจัย....23
4.2 การทดสอบหาปริมาณและระยะห่างของท่อน้ำภายในหลังคาคอนกรีตเสริม เหล็ก....25
4.3 การกำหนดและออกแบบรูปแบบของแนวท่อน้ำและขนาดของหลังคา....29
4.4 การทดสอบหาประสิทธิภาพของการลดความร้อน....32
4.5 การทดสอบเปรียบเทียบเมื่อหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กมีพื้นที่เพิ่มมากขึ้น....48

บทที่ 5 การประเมินและวิเคราะห์ผลการทดสอบ....50
5.1 คุณสมบัติของท่อน้ำที่นำมาใช้....50
5.2 การทดสอบหาปริมาณและระยะห่างของท่อน้ำในหลังคาคอนกรีต....51
5.3 การกำหนดรูปแบบการจัดวางแนวท่อ....52
5.4 ประสิทธิภาพในการลดการส่งผ่านความร้อน....52
5.5 การทดสอบเปรียบเทียบเมื่อหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กมีพื้นที่เพิ่มมากขึ้น....56
5.6 ปริมาณพลังงานที่ใช้กับระบบ....56

บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ....57
6.1 ผลการทดสอบเพื่อหาอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้กับเทคนิคและการวิจัยนี้....57
6.2 ผลการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพในการลดความร้อน....57
6.3 ประโยชน์และการนำผลงานวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบ....58
6.4 ข้อเสนอแนะ....58

บรรณานุกรม....60

ภาคผนวก....61

ประวัติผู้เขียน....72

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 แสดงคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ผลิตท่อน้ำชนิดต่างๆ.....24

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 รูปแบบผนังสำหรับการทดสอบ....8
2.2 รูปแบบการติดตั้งผนังให้เป็นผนังขนาดใหญ่....9
2.3 รูปแบบระบบ Concrete Core Conditioning....10
2.4 รูปแบบระบบ Solar Absorber และการติดตั้งใช้งานกับสระว่ายน้ำ....11
2.5 ตัวอย่างการติดตั้งกับแผ่นโลหะเพื่อกระจายความร้อนและชนิดของท่อที่ใช้....11
2.6 ระบบ Hydronic radiant floor heating และการติดตั้ง....12
2.6 การติดตั้งท่ออลูมิเนียมภายในโครงสร้างคอนกรีต....13
2.7 การจัดวางแนวท่ออลูมิเนียมรูปแบบตัว U วนซ้ำ....13
2.8 ตัวอย่างการทำงานของระบบ Concrete Core Cooling with Supply Air....13
3.1 Data loger....15
3.2 Thermo couple....16
3.3 Pyranometer....16
3.4 Thermometer....17
3.5 Computer....17
3.6 เครื่องวัดอุณหภูมิน้ำ....18
3.7 รูปแบบหุ่นจำลองสำหรับการทดลองที่ 3.4.2....19
3.8 รูปแบบการจัดวางแนวท่อสำหรับการทดลองที่ 3.4.3....19
4.1 กราฟแสดงผลการทดลองที่ 4.1....24
4.2 แสดงการติดตั้งตำแหน่ง sensor เพื่อวัดอุณหภูมิในระยะที่ต่างกัน....26
4.3 กราฟแสดงผลการทดลองที่ 4.2....27
4.4 แสดงรูปแบบการจัดวางแนวท่อน้ำ....29
4.5 กราฟแสดงผลการทดลองที่ 4.3....30
4.6 แสดงรูปแบบหุ่นจำลองการเปรียบเทียบระหว่างพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่ฝังท่อน้ำกับพื้นหลังคาที่ฝังท่อน้ำแต่ไม่มีน้ำและพื้นหลังคาที่ฝังท่อมีน้ำขัง....32
4.7 กราฟแสดงผลการทดลองที่ 4.4.1....34
4.8 กราฟแสดงผลการทดลองที่ 4.4.3.1....36
4.9 กราฟแสดงอุณหภูมิน้ำที่ปล่อยเข้าและออกของการทดลองชุดที่ 4.4.3.1....38

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.10 กราฟแสดงผลการทดลองที่ 4.4.3.2....39
4.11 กราฟแสดงอุณหภูมิน้ำที่ปล่อยเข้าและออกของการทดลองชุดที่ 4.4.3.2....41
4.12 กราฟแสดงผลการทดลองที่ 4.4.3.3....42
4.13 กราฟแสดงอุณหภูมิน้ำที่ปล่อยเข้าและออกของการทดลองชุดที่ 4.4.3.3....44
4.14 กราฟแสดงผลการทดลองที่ 4.4.3.4....45
4.15 กราฟแสดงอุณหภูมิน้ำที่ปล่อยเข้าและออกของการทดลองชุดที่ 4.4.3.4....47
4.16 แสดงการจำลองเมื่อพื้นหลังคาคอนกรีตมีขนาดใหญ่ขึ้น....49
5.1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของวัสดุ....50
5.2 แสดงผลการทดลองที่ 4.2....52
5.3 แสดงผลการทดลองที่ 4.3....52
5.4 แสดงผลการทดลองที่ 4.4.1....53
5.5 ค่าความแตกต่างอุณหภูมิผิวด้านในเปรียบเทียบกับพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่ฝังท่อน้ำ. 54
5.6 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำ(ลิตร/ชั่วโมง)....54
5.7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำที่ปล่อยเข้าระบบ....55
5.8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำที่ปล่อยออกจากระบบ....55

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันจากสภาพภูมิอากาศที่ร้อนขึ้น การสร้างสภาวะน่าสบายด้วยเครื่องปรับอากาศ ที่ไม่เหมาะสมเป็นการใช้พลังงานที่สิ้นเปลือง จึงส่งผลทำให้แนวความคิดในการออกแบบอาคาร มุ่งเน้นการประหยัดพลังงานและการใช้พลังงานหมุนเวียนเป็นส่วนสำคัญ เช่น การจัดสภาพแวดล้อมโดยรอบทั้งภายในและภายนอกอาคาร การเลือกใช้วัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อน และการนำทรัพยากรที่ใช้แล้วนำไปใช้กลับส่วนอื่นๆ เป็นต้น การใช้พลังงานภายในอาคารส่วนใหญ่แบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ระบบแสงสว่าง และการปรับสภาพอากาศภายในอาคารให้อยู่ในสภาวะน่าสบาย ซึ่งภาระของเครื่องปรับอากาศที่ต้องปรับอุณหภูมิภายในอาคารให้อยู่ในเกณฑ์ นั้นเป็นการใช้พลังงานที่สูงเป็นอย่างมาก เพราะต้องต่อสู้กับความร้อนที่เกิดจากแสงไฟฟ้าภายใน และความร้อนที่เข้าสู่อาคารจากภายนอกจากส่วนต่างๆ ของอาคาร

ความร้อนที่เข้าสู่ตัวอาคารนั้นสามารถเข้าได้หลายลักษณะ ทั้งทางด้านการนำความร้อน การแผ่รังสีความร้อน และการพาความร้อน ซึ่งสามารถผ่านเข้ามาทาง หลังคา ผนัง และช่องเปิดต่างๆ แต่ความร้อนจะผ่านเข้ามาทางหลังคาเป็นส่วนมาก เพราะในส่วนของผนัง และช่องเปิดสามารถออกแบบกรอบอาคาร และอุปกรณ์บังแดดได้ ทำให้สามารถลดความร้อนที่จะเข้าสู่อาคารผ่านทางผนัง และช่องเปิดนั้นลดน้อยลงได้ แต่ในส่วนของหลังคาก็มีการติดฉนวนกันความร้อน มีการออกแบบให้หลังคามีทรงสูงเพื่อการระบายความร้อนออกจากใต้หลังคา หรือการจัดสวนบนหลังคา คอนกรีตเสริมเหล็ก แต่ในปัจจุบันรูปแบบอาคารพาณิชย์ มีการปลูกสร้างกันมากขึ้น การใช้หลังคาส่วนใหญ่ จะเป็นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งการแก้ปัญหาเรื่องความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางหลังคานั้นไม่ได้ถูกคิดไว้ในช่วงการออกแบบ การลดความร้อนให้กับหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กนั้นมีหลายวิธี เช่น การจัดสวนบนหลังคาเพื่ออาศัยความเย็นจากดิน และร่มเงาจากต้นไม้ การติดฉนวนกันความร้อน การใช้เทคนิค Passive Cooling Radiation ต่างๆ เข้ามาช่วยแก้ปัญหา

ในงานวิจัยฉบับนี้ได้เสนอวิธีการลดความร้อนให้กับหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีการติดตั้งท่อน้ำไว้ภายในหลังคาเพื่อเป็นฉนวนกันความร้อน มีการเลือกใช้ขนาดท่อและวัสดุให้เหมาะสมที่สามารถช่วยลดความร้อนที่เข้าสู่ตัวอาคารให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้ออกแบบนำมาประยุกต์ใช้กับงานในแต่ละกรณี

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาผลกระทบต่อตัวอาคารด้านอุณหภูมิ ของการเลือกใช้เทคนิคการแผ่รังสีความร้อนโดยระบบการไหลเวียนของน้ำ

1.2.2 เพื่อศึกษาหาวัสดุที่นำมาทำเป็นท่อ สำหรับการไหลเวียนของน้ำเพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการลดความร้อน

1.2.3 เพื่อศึกษาให้ทราบถึงผลของการวิเคราะห์ และประยุกต์ แนวทางการลดความร้อนที่ผ่านหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ว่าเหมาะสมหรือไม่

1.2.4 เพื่อหาแนวทางประยุกต์ใช้ข้อมูลที่ได้ทำการศึกษามาใช้ร่วมกับการออกแบบ และเป็นข้อมูลสำหรับผู้ที่จะศึกษาและแก้ไขปัญหาความร้อนที่ผ่านทางหลังคา ต่อไป

1.3 ระเบียบวิธีการวิจัย

1.3.1 การออกแบบการวิจัยและวิธีการเก็บข้อมูล

ในการวิจัยจะทำการวัดค่าองค์ประกอบภูมิอากาศ โดยทำการวัดและบันทึกผลจากสถานที่จริงเพื่อทำการเปรียบเทียบ โดยสถานที่ดังกล่าวจะต้องมีสภาพแวดล้อม ลักษณะทางกายภาพที่ใกล้เคียงกัน มีตัวแปรที่เกี่ยวข้องชนิดเดียวกัน จากนั้นนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาความเหมาะสมในการออกแบบการลดความร้อนที่ผ่านหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กเข้าสู่อาคาร

1.3.2 ขั้นตอนศึกษาการวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งขั้นตอนการวิจัยออกเป็น 7 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ

1.3.2.1 การสำรวจและการศึกษาปัญหาเบื้องต้น

ขั้นตอนนี้เริ่มจากการค้นคว้าและสำรวจข้อมูลเบื้องต้นในภาคเอกสาร โดยการศึกษารายงานวิจัย บทความทางวิชาการ และเอกสารที่มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องในการพิจารณาการออกแบบเพื่อศึกษาความเป็นมาและตั้งประเด็นปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น โดยเน้นในเรื่องการแก้ปัญหาความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคารทางหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยศึกษา

- ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อ เปรียบเทียบและเป็นแนวทางในการเลือกใช้ระบบการไหลเวียนของน้ำเพื่อช่วยลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร โดยผ่านทางหลังคา
- วิเคราะห์สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจากหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ทำให้เกิดความร้อน

1.3.3 การวางแผนดำเนินการวิจัย

มองภาพรวมของปัญหาและแนวทางในการแก้ปัญหาเบื้องต้น โดยกำหนดแผนการดำเนินการวิจัยเบื้องต้น เพื่อดูความเป็นไปได้ของการวิจัยดังต่อไปนี้

1.3.3.1 การกำหนดสมมติฐานในการวิจัย

1.3.3.2 การวิเคราะห์เบื้องต้นเพื่อหาตัวแปร

1.3.3.3 การกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย

1.3.3.4 การศึกษาทฤษฎีและแนวทางในการแก้ปัญหาตัวแปร

1.3.3.5 การค้นคว้าวิธีทดสอบเพื่อสรุปผลในขั้นสุดท้าย

เมื่อกำหนดแผนการดำเนินการวิจัยเบื้องต้น และได้ผลสรุปว่าสามารถดำเนินการวิจัยให้บรรลุวัตถุประสงค์ได้ จึงจัดทำ แผนการดำเนินการวิจัย เพื่อเริ่มทำการศึกษาต่อไป

1.3.4 การศึกษาทฤษฎีและรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย

ศึกษาข้อมูลทางทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานที่นำมาใช้ในการวิจัยได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์ของวัสดุชนิดต่าง ๆ คุณสมบัติของวัสดุ , สภาพแวดล้อม เฉพาะที่และสภาพภูมิอากาศท้องถิ่น การลดอุณหภูมิโดยวิธีการแผ่รังสีความร้อน

1.3.4.1.จำแนกประเภท ของวัสดุ ตามคุณสมบัติต่าง ๆ

1.3.4.2 ค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการออกแบบโดยใช้เทคนิค Hydronic Radiant Cooling เพื่อนำมาประกอบเป็นข้อมูล

1.3.4.3 ทำการเลือกท่อ P.V.C. และท่อเหล็กอาบสังกะสี เพื่อนำมาทำการทดลองเปรียบเทียบภายใต้เงื่อนไข

1.3.4.4 ศึกษาตัวแปรอื่นที่มีผลต่อการออกแบบ

1.3.5 การวิเคราะห์ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ค้นหาปัจจัยตัวแปรที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในเรื่องการลดความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนที่ผ่านหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ได้แก่ ความต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายใน การแผ่รังสีความร้อน รวมทั้งอิทธิพลต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการออกแบบการลดความร้อนผ่านหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก

1.3.5.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ สภาพแวดล้อม คุณสมบัติของวัสดุ

1.3.5.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ อุณหภูมิ และการแผ่รังสีความร้อน

1.3.5.3 ตัวแปรควบคุมในการทดลองเพื่อเปรียบเทียบทุกขั้นตอนจะต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ สภาพที่ตั้งแวดล้อมและช่วงเวลาที่ทำการวัดต้องเป็นช่วงเดียวกัน และนำมาพิจารณาเพื่อหาแนวทางในการแก้ไขด้วยวิธีและเทคนิคต่าง ๆ

1.3.6 ทำการทดลอง

รวบรวม ศึกษาข้อมูลตัวแปรภูมิอากาศเฉพาะที่ และการวัดภาคสนาม ทำการบันทึกค่าความเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้วยเครื่องมือวัดสภาพภูมิอากาศ ได้แก่

1.3.6.1 ระดับอุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)

1.3.6.2 การแผ่รังสี (Radiation)

โดยจะต้องทำการเปรียบเทียบระหว่างภายนอกและภายในอาคาร

1.3.7 การสรุปผลการทดลอง

เมื่อทำการออกแบบด้วยวิธีการต่าง ๆ เรียบร้อยแล้ว นำผลที่ได้มาสรุปผลวิเคราะห์เปรียบเทียบกับงานวิจัย ข้อมูลและทฤษฎีต่าง ๆ ที่ศึกษามาในเบื้องต้น เพื่อเป็นแนวทางในการนำผลการทดลองมาเป็นข้อเสนอแนะ

1.4 ขอบเขตและข้อจำกัดในการทำวิจัย

1.4.1 ศึกษาปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ในกรณีที่หลังคา ความหนา 12 เซนติเมตร

1.4.2 ศึกษาปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่มีการฝังท่อน้ำไว้ภายใน สามารถลดปริมาณความร้อนได้มากน้อยเท่าไร ในกรณีที่หลังคามีความหนา 12 เซนติเมตร

1.4.3 ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของท่อน้ำที่ใช้สำหรับฝังไว้ในหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก รวมทั้งขนาดความหนาและเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อที่จะสามารถฝังในหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความหนา 12 เซนติเมตร และช่วยลดการ ส่งผ่านความร้อนจากภายนอกที่มีประสิทธิภาพที่สุด

1.4.4 ศึกษารูปแบบการจัดวางแนวท่อน้ำที่ฝังภายในหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่สามารถช่วยลดปริมาณความร้อนได้ดีที่สุด

1.4.5 ศึกษาอุณหภูมิของหลังคาคอนกรีต ในกรณีที่น้ำในท่อหยุดนิ่งเปรียบเทียบกับกรณีน้ำในท่อมีการไหลเวียน รวมถึงระยะเวลาที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น

1.4.6 ศึกษาถึงพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในระบบที่ต้องมีการใช้ปั๊มน้ำในการเปลี่ยนถ่ายน้ำ

1.4.7 เปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างท่อ P.V.C. ท่ออลูมิเนียม และ ท่อเหล็กชุบสังกะสีว่าวัสดุตัวไหนมีความเหมาะสมกับเทคนิคนี้

1.4.8 สามารถสรุปผลของการวิจัยว่าสามารถนำไปพัฒนาและใช้งานได้จริง

1.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย

1.5.1 ทำการรวบรวมและศึกษาข้อมูล แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปใช้ประกอบในการทำวิจัย

1.5.2 ศึกษาอาคารกรณีศึกษาเพื่อเป็นตัวอย่างและเปรียบเทียบ

1.5.3 นำวัสดุทั้ง 3 ชนิดมาเปรียบเทียบคุณสมบัติว่าวัสดุชนิดใด เหมาะสมที่สุด โดยใช้วัสดุที่มีความยาว 1 เมตร ใส่น้ำปิดหัวท้ายวางกลางแดด แล้วทำการตรวจวัดอุณหภูมิน้ำอัตโนมัติ แล้วทำการเก็บข้อมูลเปรียบเทียบ

1.5.4 ทำการสร้างหุ่นจำลองขนาด 70x70x72 เซนติเมตร โดยมีความหนาของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก 12 เซนติเมตร และทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กแบบธรรมดากับแบบฝังท่อน้ำไว้ภายในโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดอุณหภูมิอัตโนมัติ

1.5.5 ทำการเปรียบเทียบรูปแบบในการจัดวางแนวท่อน้ำ และระยะห่างของท่อน้ำในแต่ละรูปแบบว่ารูปแบบใดเหมาะสมที่สุด

1.5.6 ทำการเปรียบเทียบรูปแบบการขังน้ำและการปล่อยน้ำตามระยะเวลาที่กำหนดว่ารูปแบบใดมีประสิทธิภาพมากที่สุด

1.5.7 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์และประเมินผล รวม ทั้งวิเคราะห์ต้นทุน เปรียบเทียบกับผลที่ได้รับ

1.5.8 สรุปผลการทดลองและเสนอแนวทางในการออกแบบปรับปรุง และนำมาประยุกต์ใช้กับการออกแบบให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เป็นแนวทางการประยุกต์การออกแบบอาคารที่ใช้หลังคอนกรีตเสริมเหล็ก เพื่อเป็นการลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร

1.6.2 เพื่อเป็นการช่วยลดภาวะ การทำงานของเครื่องปรับอากาศ (ในกรณีอาคารที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ)

บทที่ 2
การศึกษาทฤษฎี และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารผ่านหลังคา

จากการศึกษาของแลมเบิรท์ (Lamberts,1988) กล่าวถึงการศึกษาหาวิธีการต่าง ๆ เพื่อจะปรับปรุงหลังคา เพื่อให้มีการส่งผ่านความร้อนมายังพื้นที่ใช้สอยภายในน้อยที่สุดคือ

1. การระบายอากาศใต้หลังคา (Atticspace)

2. ลักษณะของพื้นผิว และสีขอบหลังคาด้านนอก

3. การใช้วัสดุที่มีค่า Emissive ต่ำใส่ช่องใต้หลังคา หรือเรียกว่าระบบป้องกันการถ่ายเทรังสีความร้อน(Radiant Barrier System) ซึ่งแลมเบิร์ทสรุปว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุด

ปัจจัยส่วนอื่น ๆ อีก ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน

- การเลือกใช้ชนิดของชนวนกันความร้อนในโครงหลังคา
- ตำแหน่ง การติดตั้งฉนวนกันความร้อนในโครงหลังคา
- รูปทรง ความลาดชัน พื้นที่ผิวของหลังคา
- วัสดุที่ใช้ทำฝ้าเพดาน

ในเรื่องของการใช้วัสดุสกัดกั้นรังสีความร้อน (Radiant Barrier System – RBS) จากผลการศึกษาของ ธนิต จินดาวณิต กล่าวไว้ว่าในระบบหลังคาที่มีช่องว่างอากาศ จะมีการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีมากที่สุด ช่วงที่อากาศเย็นและอุณหภูมิภายนอกอยู่ในภาวะน่าสบายแต่ถ้ามีรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์อยู่ รังสีนี้ก็คงทำให้ช่องใต้หลังคามีอุณหภูมิสูงขึ้น ในเรื่องการติดตั้ง สามารถติดตั้งวัสดุกั้นรังสีความร้อนในช่องใต้หลังคาได้ 3 แห่ง คือ บนโครงหลังคาหรือใต้วัสดุมุงใต้โครงหลังคา (ใต้จันทัน) ด้านบนของผ้าเพดาน หรือบนฉนวนของผ้าเพดาน

การติดตั้งวัสดุสกัดกั้นรังสีความร้อน (ซึ่งที่ใช้โดยทั่วไป คือ อลูมินั่มฟอล์ย) ควรติดตั้ง โดยให้ด้านที่เป็นผิวมันหันเข้าสู่ช่องอากาศใต้หลังคา ถ้าไม่มีช่องอากาศ ฟอล์ยจะทำหน้าที่เป็นตัวนำความร้อนที่ดี จากด้านที่ร้อนไปสู่ด้านที่เย็น ควรติดตั้งวัสดุสกัดกั้นรังสีความร้อนกั้นแนว slope ของหลังคา และควรคว่ำด้านที่เป็นผิวมันลง แม้วิธีการอาจจะขัดต่อการทำงานของมัน แต่แท้จริงแล้วการติดตั้งวิธีนี้ได้ผลดีปละทำงานได้ดีโดยฟอล์ยที่มีค่า Emmissiutly ต่ำจะแผ่รังสีความร้อนที่ได้รับจากหลังคาไปสู่ผ้าเพดานน้อยมาก และฝุ่นก็จะไม่สะสมที่ผิวฟอล์ยมากนัก

อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาเกี่ยวกับการติดตั้งวัสดุสะท้อนรังสีความร้อนระหว่างหลังคาและฝ้าโดยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเหล้าธนบุรี พบว่า

การติดตั้งในลักษณะนี้ วัสดุสะท้อนรังสีควรมีคุณสมบัติในการสะท้อนรังสีในช่วงคลื่นอินฟาเรด รังสีความร้อนย้อนกลับมา การสะท้อนย้อนกลับมาเช่นนี้ มีผลให้อุณหภูมิระหว่างหลังคา

และแผ่นวัสดุสะท้อนและไหลเข้าสู่อาคาร ดังนั้นการติดตั้งวัสดุสกัดกั้นรังสีความร้อนในลักษณะนี้ควรมีการระบายความร้อนออก เพื่อให้อุณหภูมิระหว่างหลังคาและวัสดุสะท้อนต่ำลง (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเหล้าธนบุรี :2530)

จากการศึกษาเรื่องการใช้ฉนวนความร้อนต่างๆ ในผนังและหลังคาโดยสำนักงานพลังงานแห่งชาติ พบว่า การติดตั้งฉนวนกันความร้อน (ฉนวนใยแก้ว) บนฝ้าเพดานในแนวราบให้ผลให้การกันความกันความร้อนดีกว่าฝ้าเพดานที่ไม่ใช้ฉนวนอยู่ 0.5 – 2.0 องศาเซลเซียส จากการทดสอบในห้องทดสอบ 2ห้อง ขนาด 584 x 125 x 240 เมตร ที่มีรูปร่างของห้องทดสอบของสถาปัตยกรรมและตำแหน่งที่ตั้งเหมือนกันทุกประการ (ศูนย์ประหยัดพลังงาน และอนุรักษ์พลังงาน กองเศรษฐกิจและการพลังงานแห่งชาติ : 2530)

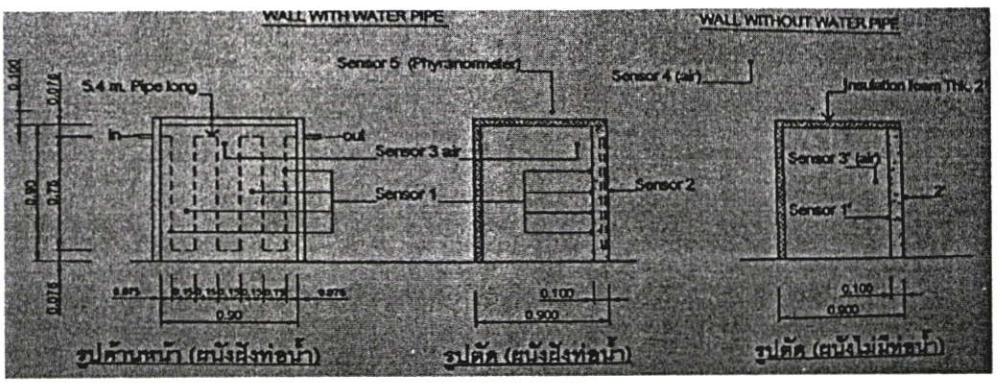
2.2 การลดอุณหภูมิของผนังผิวนอกอาคารด้วยวิธีการฝังท่อน้ำภายในผนัง

จากการศึกษาของ นาย พรอรรถ สิงหเสนี การลดอุณหภูมิของผนังผิวนอกอาคารด้วยวิธีการฝังท่อน้ำภายในผนัง พบว่ารูปแบบของผนังที่ใช้กับเทคนิคลดความร้อนนี้ได้ดีที่สุดคือผนังประเภทผนังคอนกรีต เนื่องจากผิวสัมผัสของท่อกับเนื้อของคอนกรีตมีมากที่สุด และวัสดุของท่อน้ำที่ใช้สำหรับเทคนิคนี้ควรเป็นท่อเหล็กชุบสังกะสี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว ขนาดบาง และการฝังท่อน้ำไว้ในผนังควรมีระยะห่างไม่เกิน 15 ซนติเมตร และฝังไว้ในตำแหน่งที่ใกล้กับผิวนอกของผนังที่หันออกสู่ด้านนอก (จากภาพที่ 2.1) โดยช่วงระยะเวลาในการทดสอบเป็นช่วงเวลาตั้งแต่ 12.00 – 19.00 น.

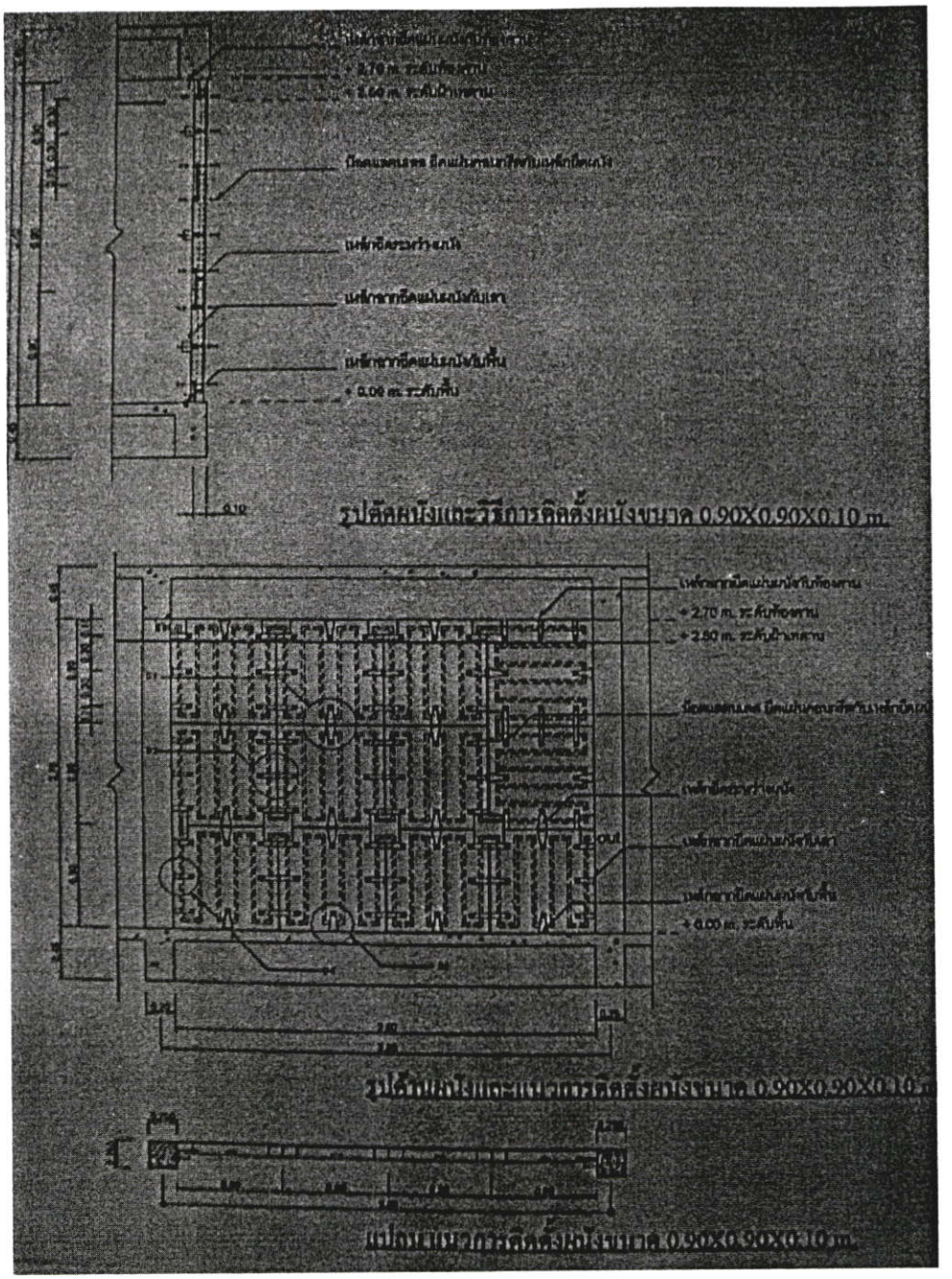
จากผลทดสอบและวิเคราะห์ สามารถพิสูจน์ได้ว่าเทคนิคการลดอุณหภูมิของผนังผิวนอกอาคารด้วยวิธีการฝังท่อน้ำภายในผนัง สามารถลดอุณหภูมิได้จริง โดยผลที่ลดอุณหภูมิได้สูงสุดคือ 7.3 องศาเซลเซียส จากการใช้เทคนิคการขังน้ำนาน 14 นาที 30 วินาที แล้วปล่อยน้ำนาน 30 วินาที และจากการทดลองชุดนี้ยังสามารถลดอุณหภูมิของอากาศภายในห้องลงจากที่แตกต่างกับอุณหภูมิอากาศภายนอก 7-9 องศาเซลเซียส เหลือเพียง 2-3.5 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่จากอากาศภายนอกเล็กน้อย อีกทั้งช่วยลดการแผ่รังสีความร้อนที่ผิวผนังภายนอกลงจากเดิมได้ 3-4 องศาเซลเซียส ในการทดสอบยังสามารถลดอุณหภูมิของผิวผนังลงได้อีกโดยการ ลดอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ปล่อยเข้าไปในท่อลงเหลือเพียง 19.5 องศาเซลเซียส จะได้ผลในการช่วยลดอุณหภูมิที่ผิวผนังภายในได้ 10 องศาเซลเซียส โดยน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำนี้อาจมาจากน้ำของระบบทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ก็ได้

สำหรับผลการทดสอบที่ได้ มาจากการทดสอบกับผนังที่มีขนาด 0.90x0.90 เมตร หนา 0.10 เมตร ที่หันไปด้านทิศตะวันตก ซึ่งผลการทดสอบสำหรับผนังที่มีขนาดใหญ่ขึ้นพบว่า มีการลดประสิทธิภาพลงเมื่อเทียบกับผนังขนาดเล็ก 2-2.4 c° หรือ 32.2% โดยที่ผนังขนาดใหญ่มีขนาดใหญ่ขึ้น 12 เท่า ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ใช้ระยะเวลาในการขังน้ำและปล่อยน้ำเท่าเดิม แต่ขนาดของผนัง

และความยาวของท่อน้ำที่เพิ่มขึ้น ทำให้พื้นที่ในการรับรังสีดวงอาทิตย์มีมากขึ้นเกิดการสะสมความร้อนมากขึ้น และแผ่มายังภายในได้มากขึ้น (จากภาพที่ 2.2)



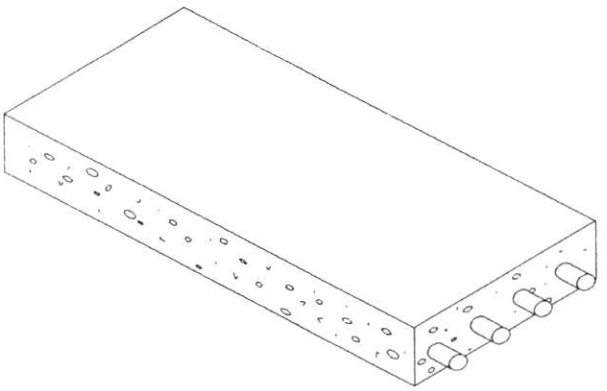
ภาพที่ 2.1 รูปแบบผนังสำหรับการทดสอบ



ภาพที่ 2.2 รูปแบบการติดตั้งผนังให้เป็นผนังขนาดใหญ่

2.3 เทคนิค Concrete Core Conditioning

ระบบนี้ใช้ท่อเย็นในฝ้าเพดานในการรักษาสมดุลของระบบความร้อน โดยใช้น้ำไหลผ่านท่อพลาสติกที่ฝังอยู่ภายในฝ้าเพดานคอนกรีต โดยใช้ประโยชน์จากคอนกรีต ขึ้นอยู่กับระบบความร้อนของพื้น โดยจะมีการฝังท่อลงไปบนพื้นคอนกรีตตามแกนของเพดานตัวเก็บความร้อนจะทำงานโดยยอมให้ความร้อนไหลผ่านไปได้มากน้อยขึ้นอยู่กับโอกาส และระบบอื่นๆ ที่นำมาใช้ประกอบกับระบบนี้ (จากภาพที่ 2.3)



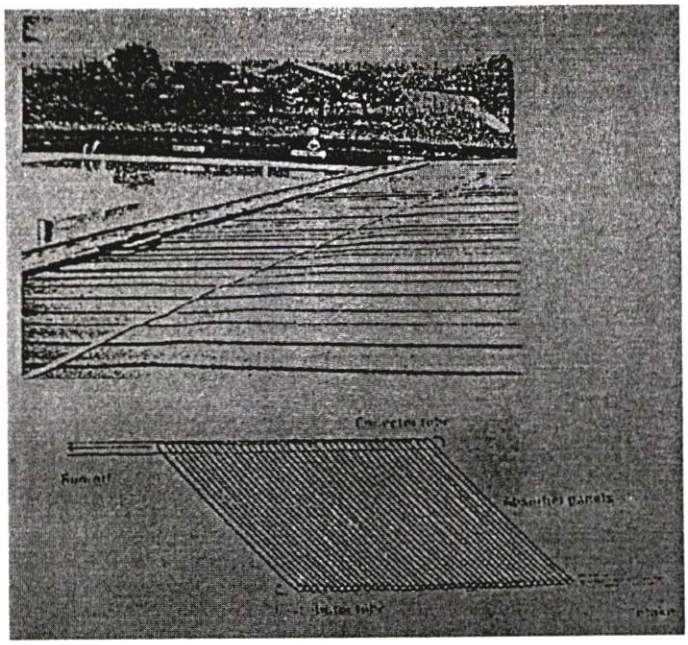
ภาพที่ 2.3 รูปแบบระบบ Concrete Core Conditioning

ที่มา : www.toolbase.org

2.4 ระบบ Solar Absorber

เป็นวิธีการจัดเก็บหรือดูดเอาความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ โดยใช้ท่อยางที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถทนต่อสภาพอากาศที่ร้อนจัดและเย็นจัดได้ (-50 c° ถึง 120 c°) ทำการติดตั้ง Solar Absorber ไว้ในบริเวณตำแน่งที่สามารถรับแดดได้ดีที่สุด ซึ่งเทคนิคนี้สามารถผลิตน้ำอุ่นจากรังสีของดวงอาทิตย์ได้ถึง 50 c°

โดยที่น้ำอุ่นที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยทั่วไป ในภาพเป็นการนำไปใช้กับสระว่ายน้ำเพื่อทำให้อุณหภูมิของน้ำภายในสระสูงขึ้น และสามารถนำมาใช้ประโยชน์กับส่วนอื่นๆ ของบ้านพักอาศัยได้โดย การจัดเก็บไว้ในแท็งค์ที่เก็บน้ำสำรองของบ้านนั้นๆ แล้วใช้ปั๊มน้ำดูดขึ้นมาส่งไปยังส่วนต่างๆ เช่น เครื่องทำน้ำอุ่นหรือส่วนอื่นๆ ได้ (จากภาพที่ 2.4)



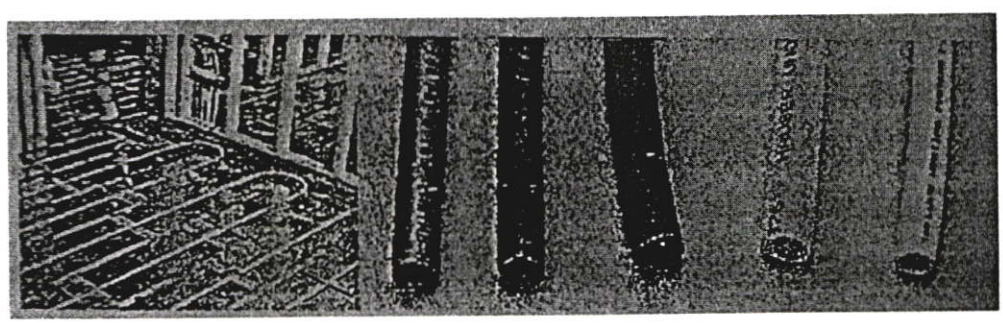
ภาพที่ 2.4 รูปแบบระบบ Solar Absorber และการติดตั้งใช้งานกับสระว่ายน้ำ

ที่มา : Klaus Daniels, The Technology of Ecological Building, Birkhaiser Verlag,p.209

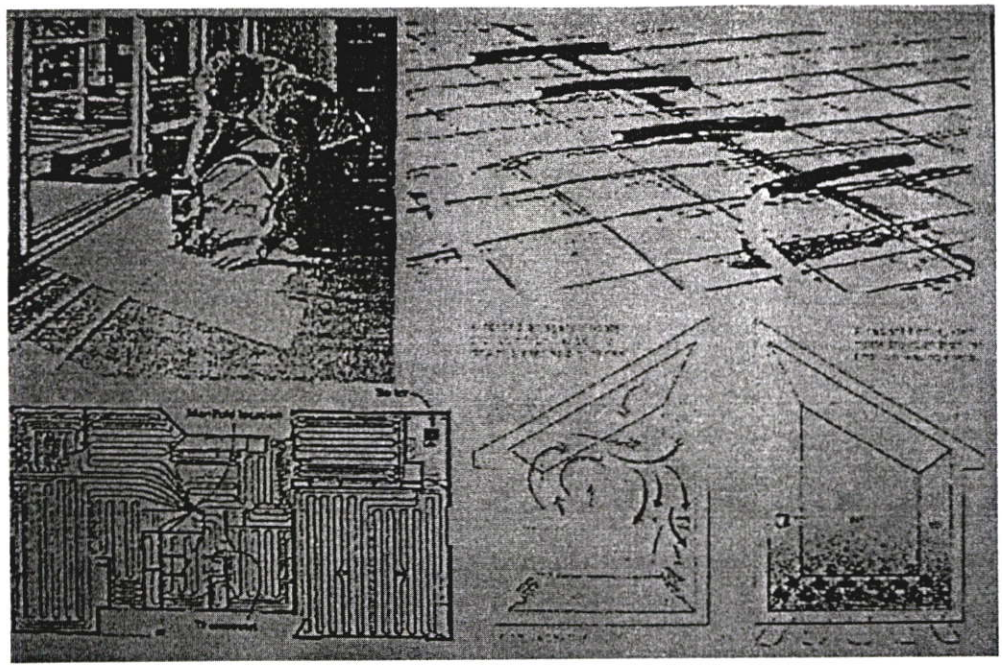
2.5 ระบบ Hydronic radiant floor heating

ระบบนี้เป็นระบบตรงกันข้ามกับ Radiant Cooling ตรงที่เปลี่ยนเป็นความร้อนแทน แต่ใช้เทคนิคเดียวกัน ซึ่งมีการใช้งานจริงในเขตประเทศเมืองหนาว โดยการเดินท่อน้ำที่เป็นท่อชนิดพิเศษที่สามารถทนความร้อน และมีความยืดหยุ่นสูง และต่อเข้ากับเครื่องต้มน้ำร้อนซึ่งจะส่งน้ำร้อนมาตามท่อน้ำที่ได้ฝังไว้ในพื้น(จากภาพที่ 2.6)

ระบบนี้มีทั้งที่เป็นการเดินท่อฝังเพียงอย่างเดียว และมีชนิดที่ใช้แผ่นอลูมิเนียมหรือแผ่นทองแดงติดต่อกับตัวท่อ เพื่อเป็นตัวช่วยกระจายอุณหภูมิให้มากยิ่งขึ้น(จากภาพที่ 2.5)



ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างการติดตั้งกับแผ่นโลหะเพื่อกระจายความร้อนและชนิดของท่อที่ใช้

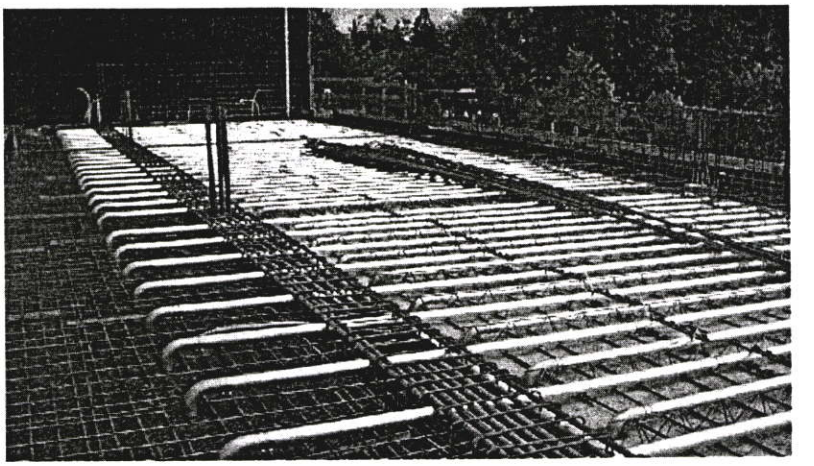


ภาพที่ 2.6 ระบบ Hydronic radiant floor heating และการติดตั้ง

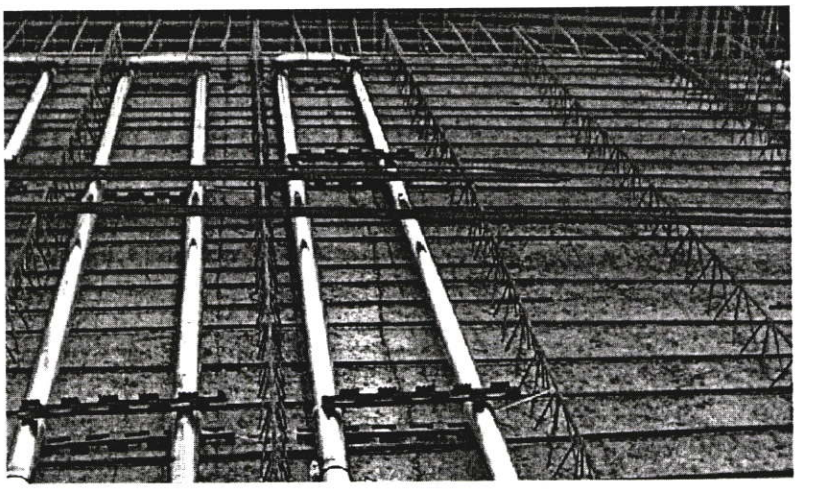
ที่มา : Rick Arnold and Mike Guertin ,The best of Home building Energy-Efficient Building,p.122

2.6 ระบบ Concrete Core Cooling with Supply Air

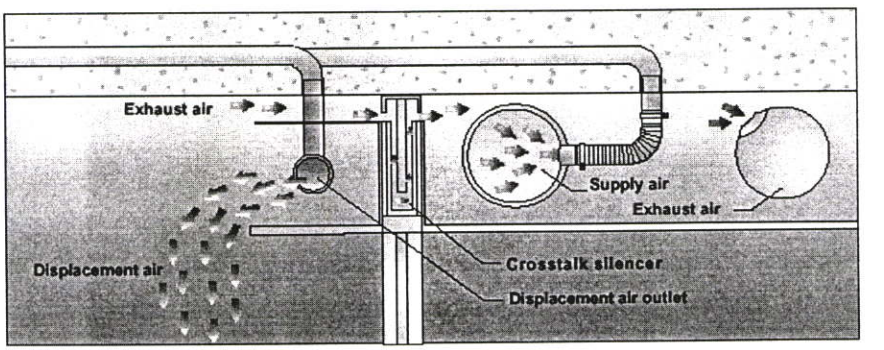
ระบบนี้เป็นระบบที่ใช้อากาศมาทำความเย็นแทนการใช้น้ำ ซึ่งมีความแตกต่างกันระหว่างการใช้พลังงานโดยผู้ที่ทำการทดลองทำการเปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำส่งเข้าไปในท่อกับการใช้อากาศ ซึ่งการใช้น้ำนั้นจะต้องมีการใช้พลังงานจากเครื่องปั๊มน้ำมากกว่าการใช้พลังงานในการหมุนเวียนอากาศ แต่การใช้ระบบนี้ก็ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศเป็นหลัก และวัสดุท่อที่นำมาใช้ในระบบนี้คือท่ออลูมิเนียม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 60 มิลลิเมตร และ 80 มิลลิเมตร ฝังในพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความหนา 20 ถึง 30 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศเป็นหลัก การจัดวางแนวท่อมีลักษณะรูปตัว U วนซ้ำ โดยที่มีความยาวท่อ 10 เมตร (จากภาพที่ 2.8)



ภาพที่ 2.7 การติดตั้งท่ออลูมิเนียมภายในโครงสร้างคอนกรีต



ภาพที่ 2.8 การจัดวางแนวท่ออลูมิเนียมรูปแบบตัว U วนซ้ำ



ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างการทำงานของระบบ Concrete Core Cooling with Supply Air

ที่มา : WWW.Kieferklima.de

บทที่ 3
แนวทางและวิธีการทดลอง

3.1 ขอบเขตการศึกษา

การทดสอบการลดการส่งผ่านความร้อน ของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีการฝังท่อน้ำไว้ในหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ทำการทดลอง โดยทำการทดลองในบริเวณพื้นที่กรุงเทพมหานครที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีของดวงอาทิตย์โดยตรง โดยมุ่งศึกษาในช่วงเวลาตั้งแต่ 11.00 น.จนถึงเวลาประมาณ 18.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ได้รับผลกระทบจากการได้รับรังสีของดวงอาทิตย์สูงสุด

การทดลองนี้จะนำไปสู่บทสรุปของประสิทธิภาพของเทคนิคการฝังท่อน้ำไว้ภายในหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก เพื่อช่วยลดการส่งผ่านความร้อนจากภายนอกสู่ภายใน และมีวิธีการอย่างไรเพื่อเป็นพื้นฐานที่สามารถนำไปใช้ในการศึกษาต่อไป

3.2 การวิเคราะห์กำหนดและควบคุมค่าตัวแปร

การศึกษาการลดการแผ่รังสีความร้อนของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กจากภายนอกสู่ภายในซึ่งมีผลมาจากปัจจัยทางธรรมชาติที่สำคัญได้แก่ การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ภูมิอากาศของพื้นที่ตั้งสภาพแวดล้อมของที่ตั้ง เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดและวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ในเบื้องต้น จึงจำเป็นต้องมีการกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ ไว้ดังนี้

3.2.1 การกำหนดประเภทอาคารที่จะใช้ศึกษา

ประเภทของอาคารที่ใช้ในการศึกษาควรเป็นอาคารที่มีความต้องการออกแบบหลังคาแบนที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก และควรเป็นอาคารที่สามารถนำเอาน้ำที่ผ่านกระบวนการนำกับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการช่วยลดการใช้พลังงานที่ต้องผลิตน้ำอุ่นมาใช้ได้ เช่น เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องล้างจาน อาคารประเภทนี้ได้แก่ อาคารพาณิชย์ บ้านพักอาศัย อาคารบ้านสำนักงาน (Home Office) ร้านอาหารเป็นต้น

3.2.2 เวลาที่ใช้สำหรับการทดลองและจัดเก็บข้อมูล

ช่วงเวลาที่หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์สูงสุด คือช่วงเวลาตั้งแต่เวลาประมาณ 11.00 – 18.00 น. เพราะฉะนั้นจึงเริ่มเก็บข้อมูลในช่วงระยะเวลาดังกล่าว

3.2.3 สภาพท้องฟ้าสำหรับการทดสอบ

เนื่องจากการทดลองนี้ได้อาศัยความร้อนจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ เพราะฉะนั้นในการทดสอบจึงจำเป็นต้องทดสอบในวันที่มีสภาพท้องฟ้าที่ปลอดโปร่ง มีค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด

3.2.4 วิธีการนำน้ำมาใช้และจัดการกับน้ำที่ออกจากระบบ

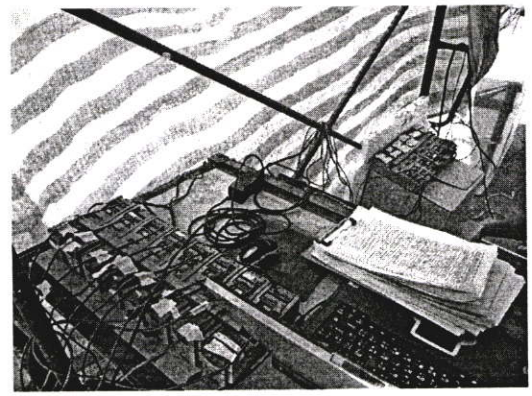
การวิจัยนี้เป็นการทดลองการลดความร้อนของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยอาศัยน้ำที่มีอุณหภูมิที่เย็นกว่าอุณหภูมิของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กเข้าไปในระบบ ความร้อนของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กจะถ่ายเทสู่ท่อน้ำที่มีน้ำหล่อเลี้ยงอยู่ในท่อ ซึ่งมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่า ดังนั้นอุณหภูมิน้ำที่ใช้จึงจำเป็นจะต้องคงที่และต่ำกว่าอุณหภูมิหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก เพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่แน่นอน กำหนดให้อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ปล่อยเข้าสู่ระบบจึงอยู่ที่ระดับเฉลี่ย 28 องศาเซลเซียส และน้ำที่ปล่อยออกมาจะถูกนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

3.3 วัสดุอุปกรณ์สำหรับการเก็บข้อมูลการทดลอง

จากสมมุติฐานและข้อกำหนดของการทดลอง จำเป็นต้องมีการสร้างหุ่นจำลองสำหรับการทดสอบให้มีขนาดที่แตกต่างกันไปแล้วแต่การทดลอง ซึ่งหุ่นจำลองทั้งหมดสำหรับการทดลองนี้มีขนาดสัดส่วนเท่าของจริง (1:1) และวัสดุที่ทดสอบเป็นวัสดุจริงทั้งหมด รวมทั้งจะต้องใช้อุปกรณ์ซึ่งจะทำให้ได้ผลตามเงื่อนไขและข้อกำหนดในเบื้องต้น อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบไปด้วย

3.3.1 DATA LOGER

เป็นอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บข้อมูลอัตโนมัติ (จากภาพที่ 3.1)



ภาพที่ 3.1 Data loger

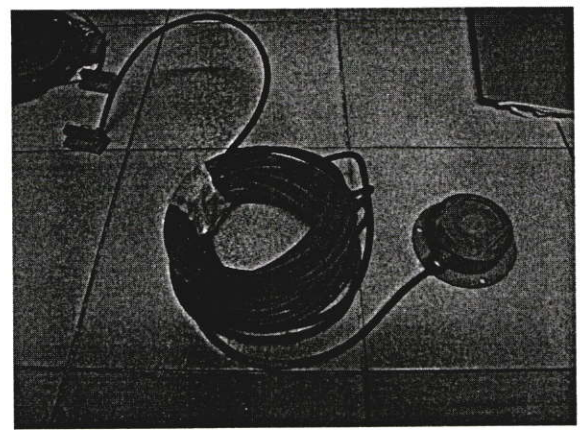
3.3.2 สาย THERMO COUPLE

เป็นอุปกรณ์สำหรับการวัดอุณหภูมิที่ผิวผนังและของอากาศ (จากภาพที่ 3.2)

ภาพที่ 3.2 Thermo couple

3.3.3 PYRANOMETER

เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (จากภาพที่ 3.3)

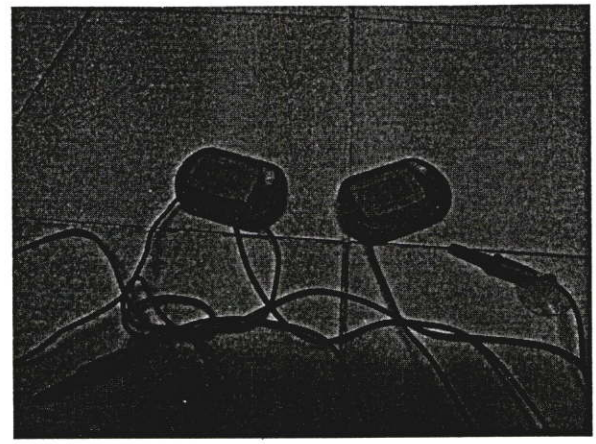


ภาพที่ 3.3 Pyranometer

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.3.4 THERMOMETER

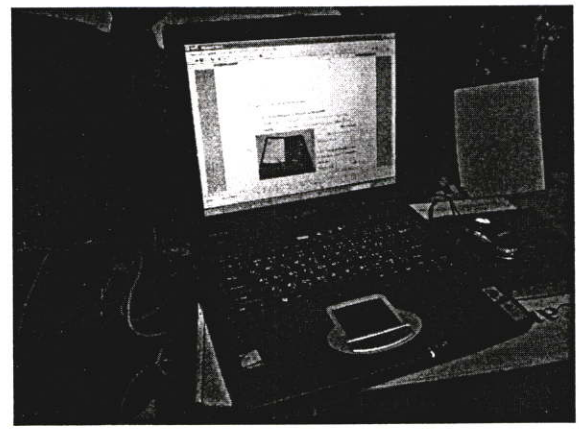
เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดอุณหภูมิน้ำเข้า-น้ำออก (จากภาพที่ 3.4)



ภาพที่ 3.4 Thermometer

3.3.5 Computer

เป็นอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บรวบรวมข้อมูลและประมวลผล (จากภาพที่ 3.5)

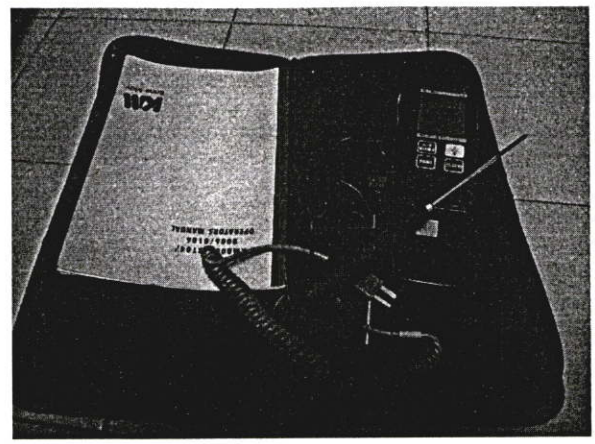


ภาพที่ 3.5 Computer

74888

3.3.6 เครื่องวัดอุณหภูมิน้ำ

เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดอุณหภูมิน้ำ (จากภาพที่ 3.6)



ภาพที่ 3.6 เครื่องวัดอุณหภูมิน้ำ

3.4 ขั้นตอนและแนวทางการทำการทดลอง

3.4.1 การพิจารณาวัสดุของท่อน้ำที่เหมาะสมกับการวิจัย

วัตถุประสงค์ เพื่อหาชนิดของท่อน้ำที่เหมาะสมในการนำมาใช้กับการวิจัย

สมมุติฐาน ท่อทองแดงนำความร้อนได้ดีที่สุดตามคุณสมบัติของเนื้อวัสดุ

วิธีการทดสอบ พิจารณาจากคุณสมบัติของเนื้อวัสดุแต่ละประเภท

3.4.2 การทดสอบหาปริมาณและระยะความห่างของท่อน้ำในหลังคาคอนกรีต (จากภาพที่ 3.7)

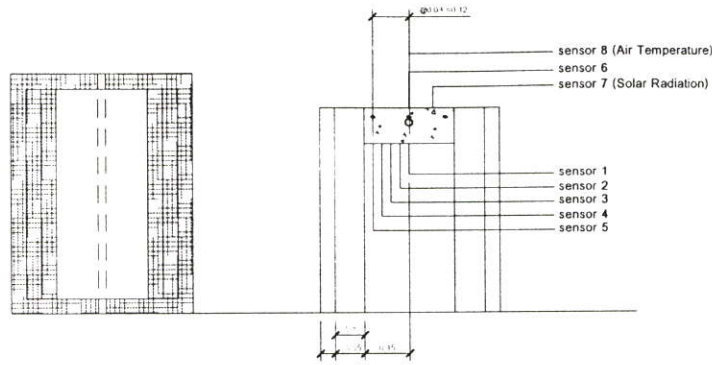
วัตถุประสงค์ เพื่อหาระยะห่างในการฝังท่อน้ำไว้ในหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

สมมุติฐาน ระยะห่างของท่อควรห่างกันไม่ควรเกิน 15 เซนติเมตร

วิธีการทดสอบ วัดค่าอุณหภูมิผิวหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ห่างจากแนวท่อน้ำที่ฝังไว้ในหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ว่ามีค่าในการลดลงของอุณหภูมิเท่าใด เมื่อมีระยะห่างจากแนวท่อน้ำเพิ่มมากขึ้น

อุปกรณ์สำหรับการทดสอบ

1. แผ่นคอนกรีตหล่อขนาด 30 x 80 เซนติเมตรหนา 12 เซนติเมตรฝังท่อน้ำขนาด 1 นิ้ว
2. ผนังห้องที่อยู่ใต้หลังคาคอนกรีตทุกด้าน ใช้โฟมที่มีขนาด 2 นิ้ว มีขนาดห้อง



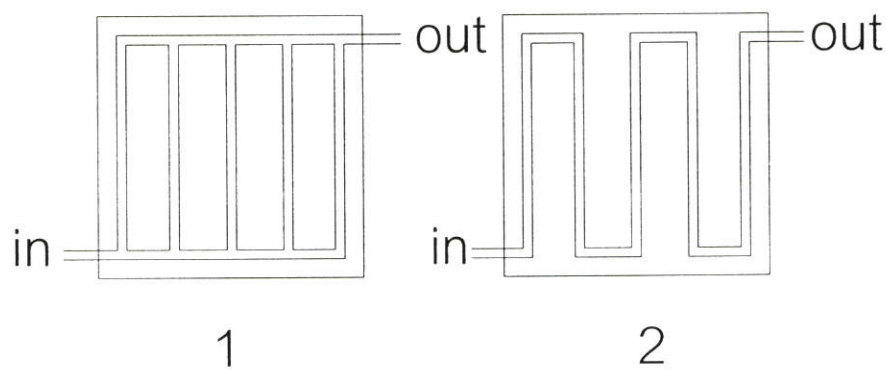
ภาพที่ 3.7 รูปแบบหุ่นจำลองสำหรับการทดลองที่ 3.4.2

3.4.3 การกำหนดรูปแบบการจัดวางแนวท่อและขนาดความหนาพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก (จากภาพที่ 3.8)

วัตถุประสงค์ เพื่อหารูปแบบการจัดวางแนวท่อให้สามารถเปลี่ยนถ่ายน้ำภายในท่อได้ดีที่สุดและหาความหนาของพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

สมมุติฐาน รูปแบบการจัดวางแนวท่อในรูปแบบที่ 2 สามารถเปลี่ยนถ่ายน้ำได้ดีกว่าในรูปแบบที่ 1 ความหนาของพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กไม่ควรเกิน 12 เซนติเมตร

วิธีการทดสอบ เปรียบเทียบระยะเวลาการเปลี่ยนถ่ายน้ำของแต่ละรูปแบบว่าแบบใดใช้เวลาในการเปลี่ยนถ่ายและปรับลดอุณหภูมิได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด



ภาพที่ 3.8 รูปแบบการจัดวางแนวท่อสำหรับการทดลองที่ 3.4.3

3.4.4 การทดสอบหาประสิทธิภาพของการลดความร้อน

วัตถุประสงค์ เพื่อหารูปแบบวิธีการลดความร้อนให้หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กได้มากที่สุด

สมมุติฐาน ยิ่งมีการปล่อยน้ำถี่มากเท่าไหร่ก็จะทำให้ลดอุณหภูมิได้มากขึ้น

วิธีการทดสอบ สามารถลำดับการทดสอบได้ดังนี้

3.4.4.1 การทดสอบเปรียบเทียบระหว่างหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีท่อน้ำเปล่าๆ กับหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีท่อน้ำแต่มีน้ำขังไว้ และหลังคาคอนกรีตเสรีมเหล็กที่ไม่มีท่อน้ำ

วัตถุประสงค์ เปรียบเทียบหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กแบบใดหน้าจะลดความร้อนได้ดีกว่ากัน

สมมุติฐาน หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีน้ำขังควรจะสามารถลดอุณหภูมิได้

วิธีการทดสอบ ทดสอบเปรียบเทียบกับหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กทั้ง 3 ชนิด

อุปกรณ์สำหรับการทดลอง

1. คอนกรีตหล่อ ขนาด 30 **x** 80 เซนติเมตร หนา12 เซนติเมตร ฝังท่อน้ำขนาด 1นิ้ว (ใช้อุปกรณ์ชุดเดียวกับกับการทดลองที่ 3.4.2)

2. ผนังห้องทดลองทุกด้านกรุด้วยแผ่นโฟม ขนาดหนา2นิ้ว มีขนาดห้อง 60 x 60 x 80 เซนติเมตร

3.ปั้มน้ำพร้อมสายยางส่งน้ำ หุ้มด้วยฉนวนป้องกันแสงแดด พร้อมวาล์วเปิด-ปิดน้ำ

3.4.4.2 การทดสอบเปรียบเทียบระหว่างหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ขังน้ำไว้กับหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีการปล่อยน้ำ

วัตถุประสงค์ เปรียบเทียบหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กแบบใดน่าจะลดความร้อนได้ดีกว่ากัน

สมมุติฐาน หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีการปล่อยน้ำควรจะสามารถลดอุณหภูมิได้ดีกว่า

วิธีการทดสอบ ทดสอบเปรียบเทียบโดยการขังน้ำและปล่อยน้ำ

อุปกรณ์สำหรับการทดลอง

1. หลังคาคอนกรีตหล่อขนาด 0.70x0.70 เมตร และหนา 0.12 เมตรฝังท่อน้ำขนาด 1 นิ้ว ตามที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนการออกแบบ

2. หลังคาคอนกรีตหล่อขนาด 0.70x0.70 เมตร และหนา 0.12 เมตร ไม่มีการฝังท่อน้ำไว้ในหลังคาคอนกรีตเสรีมเหล็กเพื่อเป็นการทดสอบเปรียบเทียบ

3. ห้องทดลองกรุด้วยแผ่นโฟมขนาดหนา 2 นิ้ว มีขนาดห้อง 070x0.70x0.72 เมตร(กxยxส) จำนวน 6 ห้อง

4. ปั้มน้ำพร้อมสายยางส่งน้ำ หุ้มด้วยฉนวนป้องกันแสงแดดและวาล์วเปิด-ปิดน้ำ

5. โครงเหล็กสำหรับวางหุ่นจำลองสำหรับการทดสอบ

3.4.4.3 การทดสอบการขังน้ำและปล่อยน้ำในเวลาที่แตกต่างกัน

วัตถุประสงค์ เปรียบเทียบหลังคาคอนกรีตแบบใดน่าจะลดความร้อนได้ดีกว่ากัน

สมมุติฐาน หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ปล่อยน้ำถี่ ควรจะสามมารถ ลดอุณหภูมิของหลังคาเสริมเหล็กได้มากที่สุด

วิธีการทดสอบ ทดสอบการเปรียบเทียบการปล่อยน้ำตามเวลาที่กำหนดคือ

1. ขังน้ำนาน 15 นาทีปล่อยน้ำ 30 วินาที
2. ขังน้ำนาน 20 นาที ปล่อยน้ำ 30 วินาที
3. ขังน้ำนาน 30 นาที ปล่อยน้ำ 30 วินาที
4. ปล่อยน้ำไหลตลอดเวลา

โดยที่แต่ละการทดลองเปรียบเทียบกับหลังคาคอนกรีตเหล็กที่ไม่มีท่อด้วย

หลักเกณฑ์ในการพิจารณา คือ

1. ต้องมีห้องจำลองทั้งแบบมีท่อและไม่มีท่อในการทำการทดสอบพร้อมกัน
2. ทดสอบโดยให้หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยตรง
3. ทดสอบโดยการขังน้ำและปล่อยน้ำตามเวลาที่กำหนด
4. อุณหภูมิของผิวภายในของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีท่อและไม่มีท่อแตกต่างกันเพียงใด
5. อุณหภูมิที่ได้จากน้ำที่ปล่อยออกกับน้ำเข้ามีอุณหภูมิแตกต่างกันเพียงใด

อุปกรณ์สำหรับการทดลอง

ใช้อุปกรณ์ชุดเดียวกันกับการทดลองที่ 3.4.4.2

3.4.4.4 การทดสอบเปรียบเทียบเมื่อหลังคาคอนกรีตเสรีมเหล็กมีพื้นเพิ่มมากขึ้น

วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบในกรณีพื้นที่ของหลังคาคอนกรีตเสรีมเหล็กและความยาวท่อที่เพิ่มมากขึ้น อุณหภูมิจะยังลดลงคงที่หรือไม่หากยังขังน้ำและปล่อยน้ำด้วยเวลาเท่าเดิมตามผล **3.4.4.3**

สมมุติฐาน การลดลงของอุณหภูมิผิวหลังคาคอนกรีตเสรีมเหล็กจะน้อยลงเมื่อพื้นที่ของหลังคาคอนกรีตเสรีมเหล็กใหญ่ขึ้น และความยาวของท่อเพิ่มขึ้น

วิธีการทดสอบ

1. หาขนาดของหลังคาคอนกรีตเสรีมเหล็กขนาดเล็กและขนาดใหญ่

2. ตรวจสอบความยาวท่อน้ำที่ใช้ฝังในท่อน้ำของหลังคาคอนกรีตเสรีมเหล็กขนาดเล็กและใหญ่

3. คำนวณหาเวลาในการปล่อยน้ำของหลังคาคอนกรีตเสรีมเหล็กแต่ละขนาดจนหมด

3.4.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลอง

3.4.6 สรุปผลการทดลองทั้งหมด

บทที่ 4

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการลดอุณหภูมิของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยการฝังท่อน้ำไว้ภายใน

การทดสอบการลดอุณหภูมิของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีการฝังท่อน้ำภายในหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพ และข้อเท็จจริงในการช่วยลดการส่งผ่านความร้อนเข้ามาภายในอาคารได้หรือไม่และสามารถช่วยลดความร้อนได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งจากข้อกำหนดและแนวทางในการทดสอบต่างๆ ในข้างต้นสามารถทดสอบได้ผลต่างๆ ดังนี้

4.1 การพิจารณาวัสดุของท่อน้ำที่เหมาะสมกับการวิจัย

วัตถุประสงค์ เพื่อหาชนิดของท่อน้ำที่เหมาะสมในการนำมาใช้กับการวิจัย

สมมุติฐาน ท่อทองแดงนำความร้อนได้ดีที่สุดตามคุณสมบัติของเนื้อวัสดุ

วิธีการทดสอบ พิจารณาจากคุณสมบัติของเนื้อวัสดุแต่ละประเภทและทำการทดสอบวัดอุณหภูมิเปรียบเทียบวัสดุ

หลักเกณฑ์ในการพิจารณา คือ

1. เป็นท่อที่ใช้สำหรับส่งน้ำได้
2. เป็นวัสดุที่นำความร้อนได้ดี
3. เป็นวัสดุที่มีขายและใช้ทั่วไปตามท้องตลาด
4. พิจารณาความหนาและความคงทนต่อสภาพแวดล้อมและแรงอัดของคอนกรีตและแรงดันของน้ำ

ผลการวิเคราะห์ พบว่าท่อที่มีใช้ตามท้องตลาดมีอยู่ด้วยกันหลายประเภท ประเภทที่อยู่ในเกณฑ์จะประกอบไปด้วย 3 ประเภทชนิดหลักคือท่อเหล็กชุบสังกะสี, ท่อทองแดง, ท่อพลาสติก (p.v.c) ส่วนท่อที่นำความร้อนได้ดีที่สุดคือ ท่อทองแดง ตามตารางที่ 4.1 แต่ทองแดงเป็นวัสดุที่มีราคาสูงและหาได้ยาก กว่าวัสดุชนิดอื่นตามท้องตลาด ส่วนเหล็กมีคุณสมบัตินำความร้อน (thermal conductivity) ที่ดีรองลงมาและหาซื้อได้ง่ายและนิยมใช้ตามท้องตลาด

ตารางที่ 4.1 แสดงคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ผลิตท่อน้ำชนิดต่างๆ

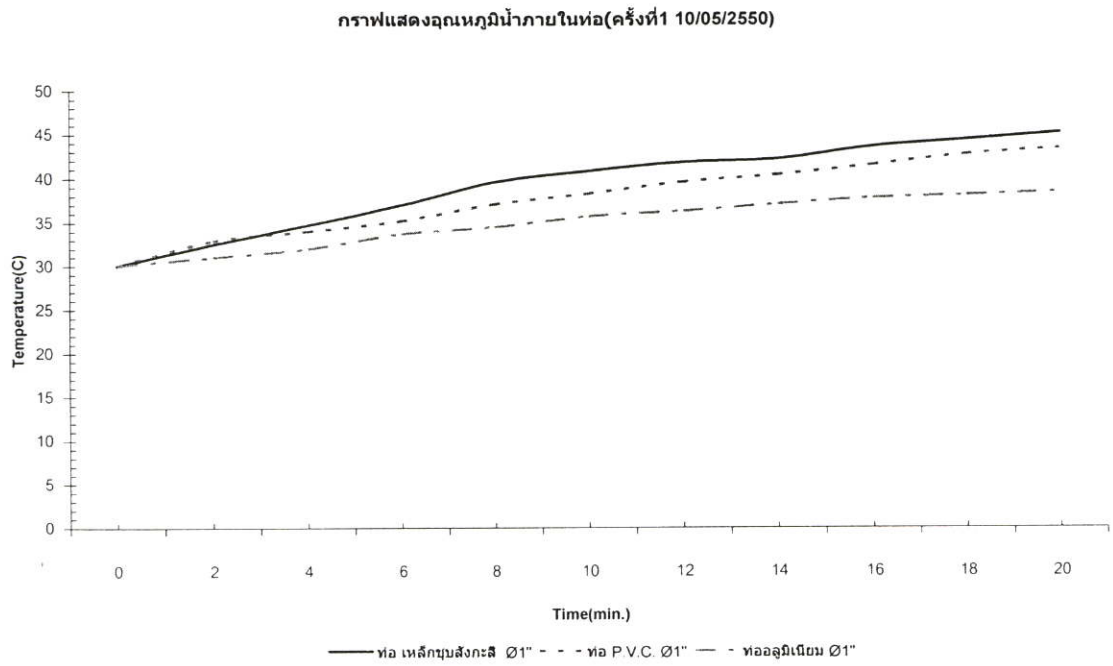
Materials	**Thermal conductivity (W/m°C)**
Cast iron	40
Copper & Alloys	130 – 120
Polyethylene	0.5

ที่มา : Ernst Neufert Architects's Daata(Second International English Edition)โดย Vinent Jones.1982. p.382

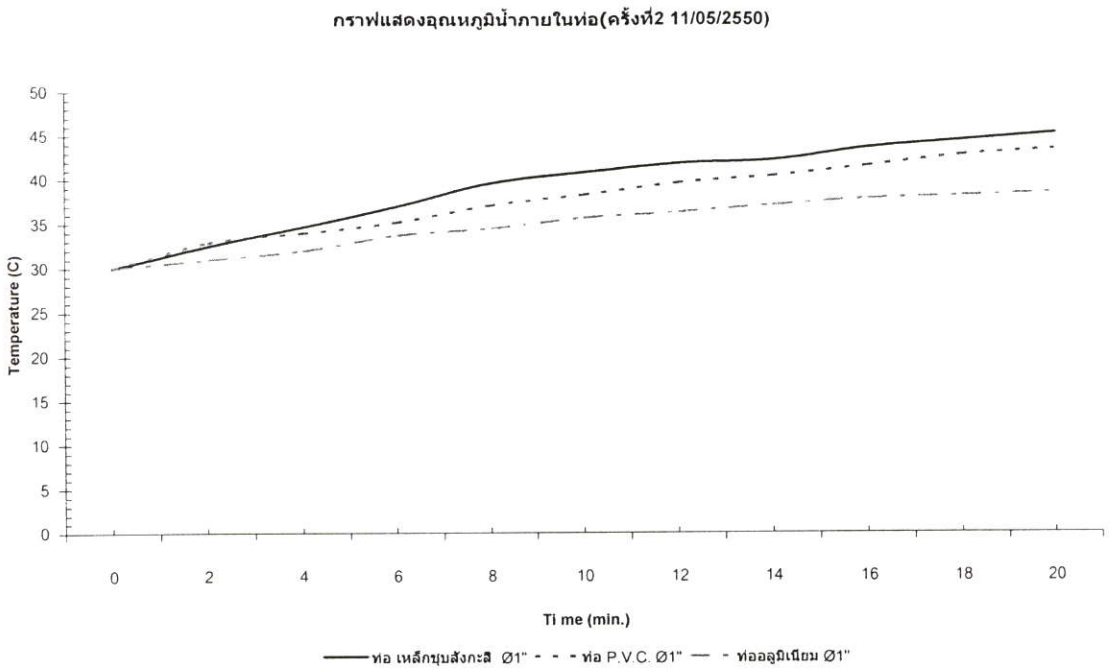
สรุปผลการพิจารณา

เนื่องจากข้อมูลจากตารางที่ 4.1 ไม่มีอลูมิเนียมจึงมีการทดสอบคุณสมบัติของอลูมิเนียม จากผลทดสอบวัสดุที่นำความร้อนได้ดีรองจากทองแดงคือท่อเหล็กชุบสังกะสี ดังนั้นควรเลือกใช้ท่อเหล็กชุบสังกะสี ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว ชนิดบางที่มีความหนา 2 มิลลิเมตร เนื่องจากความหนาของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กไม่สามารถฝังท่อที่มีขนาดใหญ่มากกว่านี้ได้

ผลทดสอบชุดการทดลองที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงผลการทดลองที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 (ต่อ)

4.2 การทดสอบหาปริมาณและระยะความห่างของท่อน้ำภายในหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก

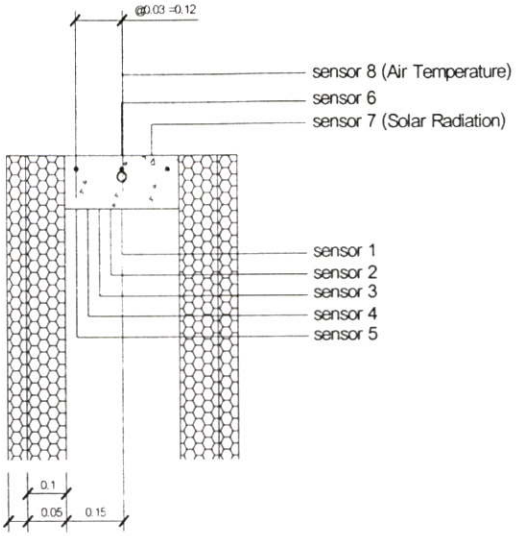
วัตถุประสงค์ เพื่อหาระยะห่างในการฝังท่อน้ำไว้ในหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

สมมุติฐาน ระยะห่างของท่อควรห่างกันไม่ควรเกิน 15 เซนติเมตร

วิธีการทดสอบ วัดค่าอุณหภูมิผิวหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ห่างจากแนวท่อน้ำที่ฝังไว้ในหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ว่ามีค่าในการลดลงของอุณหภูมิเท่าใด เมื่อมีระยะห่างจากแนวท่อน้ำเพิ่มมากขึ้น

หลักเกณฑ์ในการพิจารณา คือ

1. เป็นพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีการฝังท่อน้ำ และมีการเปิดน้ำ
2. วัดอุณหภูมิที่ได้เพื่อหารัศมีของการแผ่รังสีความเย็นของน้ำสู่หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก
3. ทำการทดสอบในช่วงเวลา 11.00 – 18.00 น.
4. ตำแหน่งตัววัดอุณหภูมิต้องติดที่พื้นผิวของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กและมีระยะห่างทุกๆ 3 ซม.



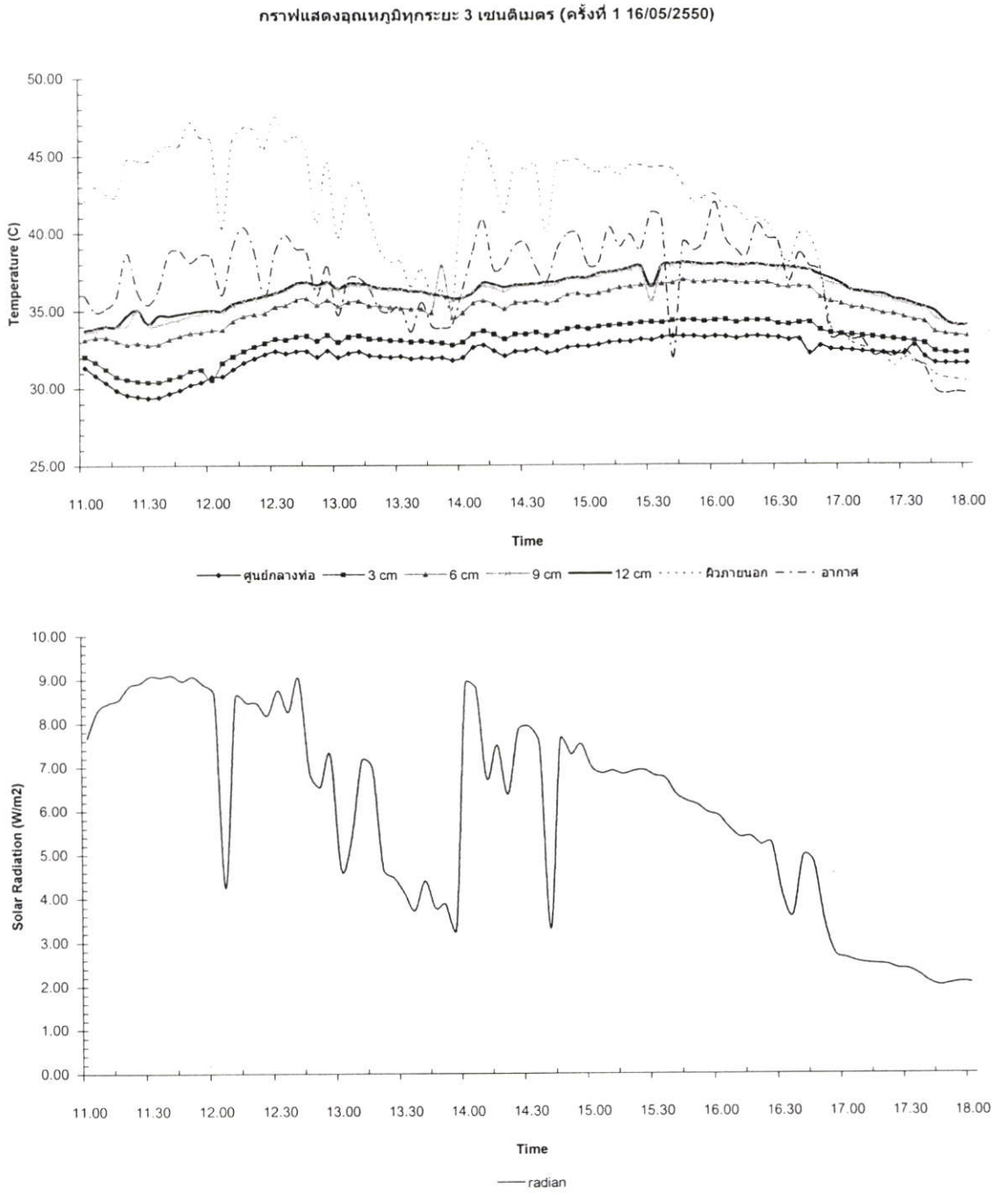
ภาพที่ 4.2 แสดงการติดตั้งตำแหน่ง sensor เพื่อวัดอุณหภูมิในระยะที่ต่างกัน

สรุปผลการทดสอบชุดที่ 4.2

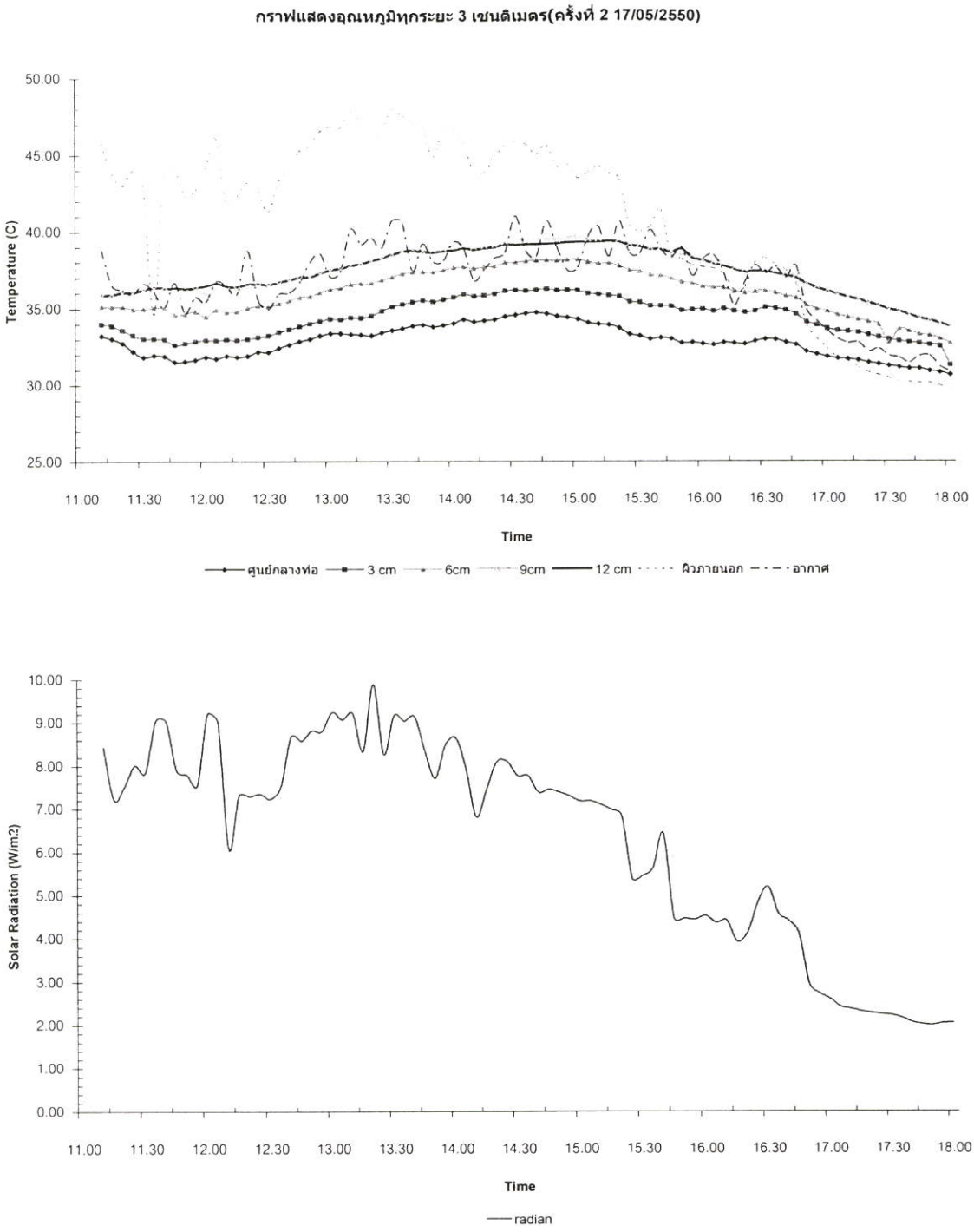
พบว่าพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีการฝังท่อน้ำโดยที่มีการเปิดน้ำไหลโดยตลอดเวลา มีอุณหภูมิที่แตกต่างกันโดยอุณหภูมิที่วัดได้จากอุปกรณ์วัดจุดที่ใกล้ท่อมากที่สุด จะมีอุณหภูมิที่ต่ำที่สุด และจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นตามระยะที่ห่างออกไปตามลำดับและจะคงที่เมื่อถึงระยะที่ 9 เซนติเมตรเป็นต้นไป

ผลการทดสอบชุดการทดลองที่ 4.2

ชุดทดสอบที่มีการวัดทุกระยะ 3 ซม.จากศูนย์กลางท่อ



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงผลการทดลองที่ 4.2


กราฟแสดงอุณหภูมิทุกระยะ 3 เซนติเมตร(ครั้งที่ 2 17/05/2550)
Temperature (C)
50.00
45.00
40.00
35.00
30.00
25.00
11.00
11.30
12.00
12.30
13.00
13.30
14.00
14.30
15.00
15.30
16.00
16.30
17.00
17.30
18.00
Time
ศูนย์กลางท่อ
3 cm
6cm
9cm
12 cm
ผิวภายนอก
อากาศ
Solar Radiation (W/m2)
10.00
9.00
8.00
7.00
6.00
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
Time
radian

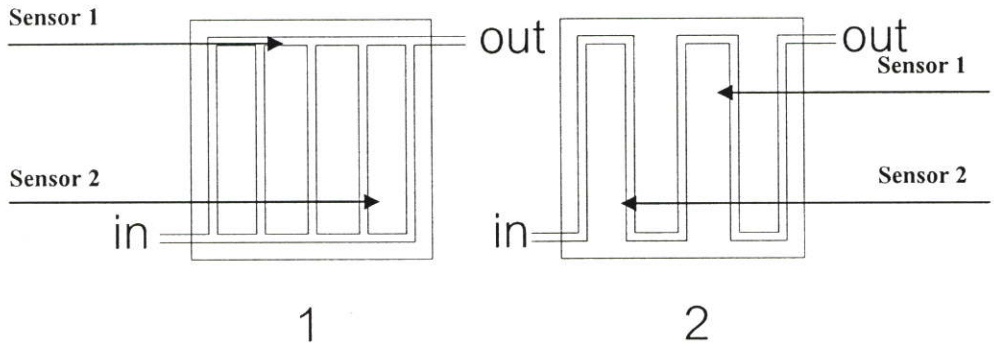
ภาพที่ 4.3 (ต่อ)

4.3 การกำหนดรูปแบบการจัดวางแนวท่อและขนาดความหนาพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก

วัตถุประสงค์ เพื่อหารูปแบบการจัดวางแนวท่อให้สามารถเปลี่ยนถ่ายน้ำภายในท่อได้ดีที่สุดและหาความหนาของพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

สมมุติฐาน รูปแบบการจัดวางแนวท่อในรูปแบบที่ 2 สามารถเปลี่ยนถ่ายน้ำได้ดีกว่าในรูปแบบที่ 1 ความหนาของพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กไม่ควรเกิน 12 เซนติเมตร

วิธีการทดสอบ เปรียบเทียบระยะเวลาการเปลี่ยนถ่ายน้ำของแต่ละรูปแบบว่าแบบใดใช้เวลาในการเปลี่ยนถ่ายและปรับลดอุณหภูมิได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด



ภาพที่ 4.4 แสดงรูปแบบการจัดวางแนวท่อน้ำ

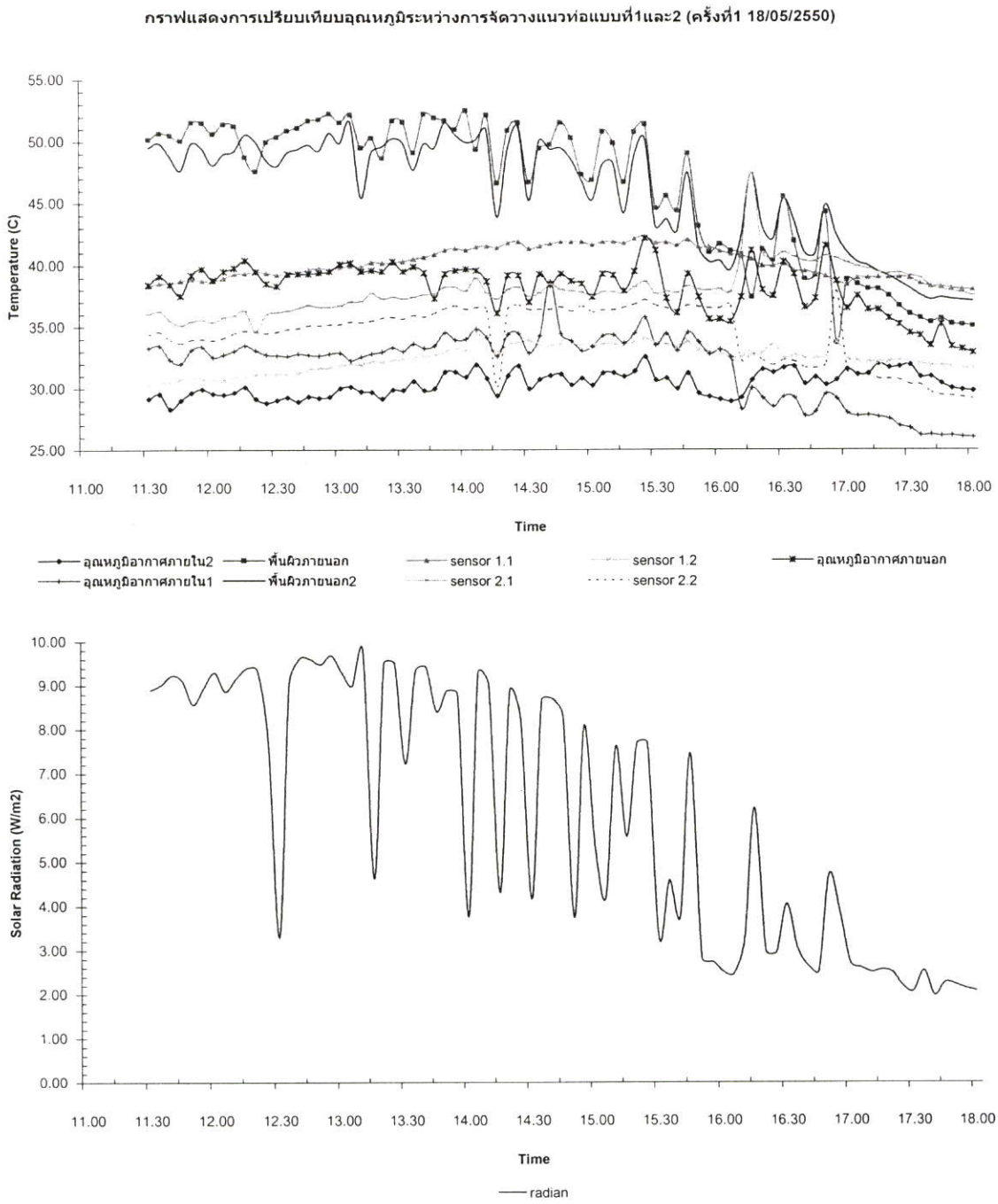
หลักเกณฑ์ในการพิจารณา คือ

1. ประเภทของอาคาร
2. ขนาดความหนาของพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก
3. ความสะดวกในการใช้งาน
4. ระยะห่างและปริมาณของท่อน้ำที่ใช้ฝังในพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก
5. รูปแบบการติดตั้งและการใช้งาน

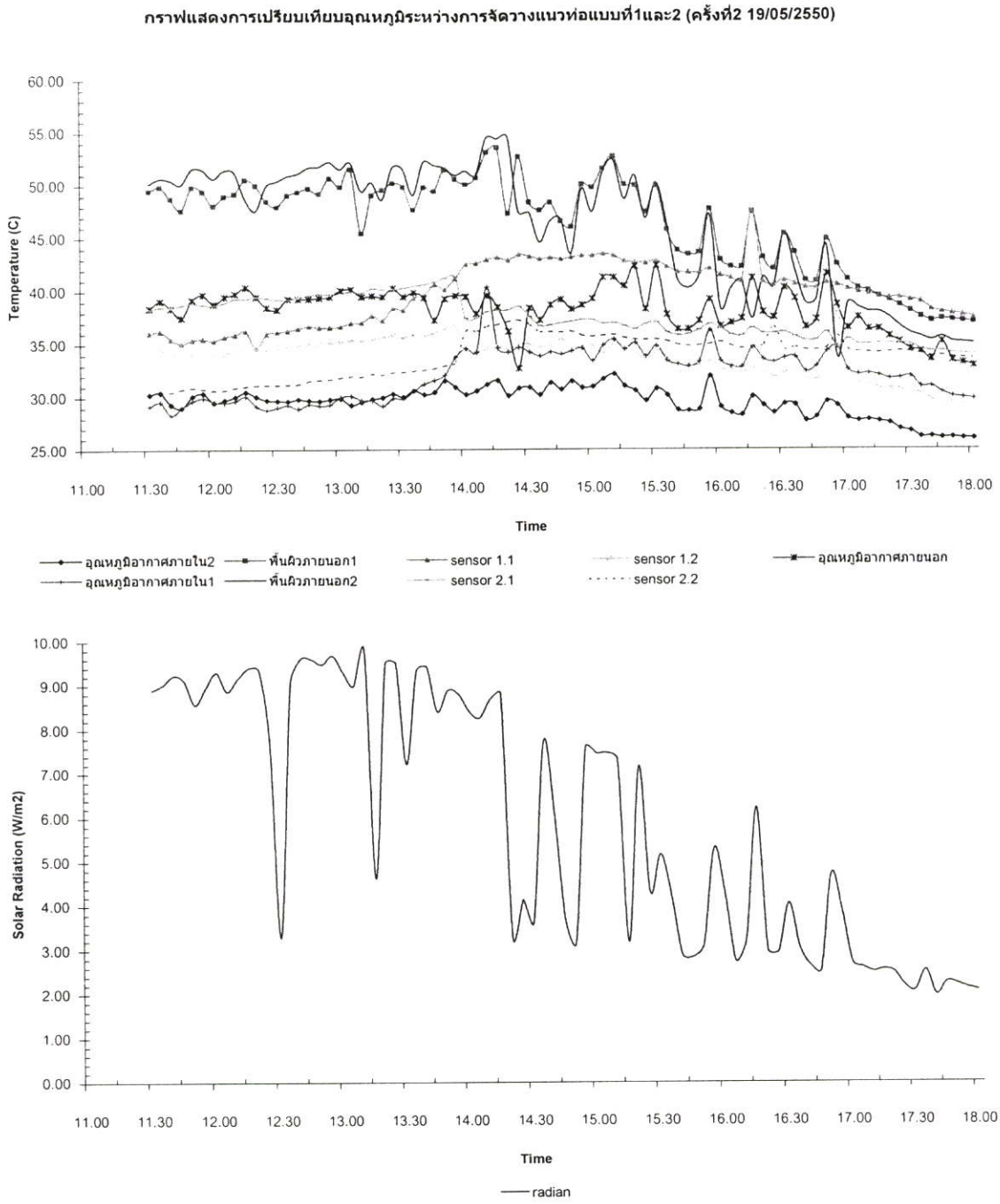
ผลการวิเคราะห์และออกแบบ

จากหลักเกณฑ์ในการพิจารณาและผลของการทดลองที่ 4.3 สามารถออกแบบการจัดวางแนวท่อที่เหมาะสมโดยเลือกใช้แบบที่ 2 (จากรูปชุดการทดลองที่ 4.3) โดยที่ระยะห่างแนวท่อไม่เกิน 15 เซนติเมตร ความหนาของพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีความหนา 12 เซนติเมตร และใช้ท่อเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 1 นิ้วหนา 2 มิลลิเมตรฝังไว้ภายใน

ผลการทดสอบชุดการทดลองที่ 4.3



ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงผลการทดลองที่ 4.3


กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างการจัดวางแนวท่อแบบที่1และ2 (ครั้งที่2 19/05/2550)
Temperature (C)
60.00
55.00
50.00
45.00
40.00
35.00
30.00
25.00
11.00
11.30
12.00
12.30
13.00
13.30
14.00
14.30
15.00
15.30
16.00
16.30
17.00
17.30
18.00
Time
อุณหภูมิอากาศภายใน2
พื้นผิวภายนอก1
sensor 1.1
sensor 1.2
อุณหภูมิอากาศภายนอก
อุณหภูมิอากาศภายใน1
พื้นผิวภายนอก2
sensor 2.1
sensor 2.2
Solar Radiation (W/m2)
10.00
9.00
8.00
7.00
6.00
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
Time
radian

ภาพที่ 4.5 (ต่อ)

4.4 การทดสอบหาประสิทธิภาพของการลดความร้อน

วัตถุประสงค์ เพื่อหารูปแบบวิธีการลดความร้อนให้หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กได้มากที่สุด

สมมุติฐาน ยิ่งมีการปล่อยน้ำถี่มากเท่าไหร่ก็จะทำให้ลดอุณหภูมิได้มากขึ้น

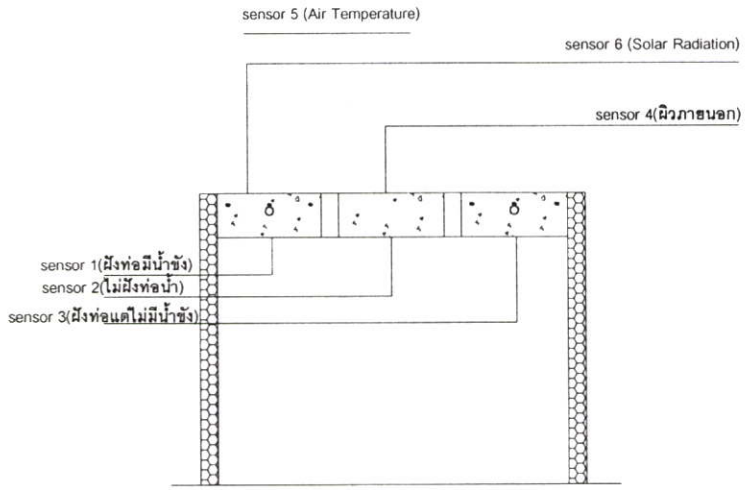
วิธีการทดสอบ สามารถลำดับการทดสอบได้ดังนี้

4.4.1 การทดสอบเปรียบเทียบระหว่างหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีท่อน้ำเปล่าๆ กับหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีท่อน้ำแต่มีน้ำขังไว้ และหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่มีท่อน้ำ

วัตถุประสงค์ เปรียบเทียบหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กแบบใดหน้าจะลดความร้อนได้ดีกว่ากัน

สมมุติฐาน หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีน้ำขังควรจะสามารถลดอุณหภูมิได้

วิธีการทดสอบ ทดสอบเปรียบเทียบกับหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กทั้ง 3 ชนิด

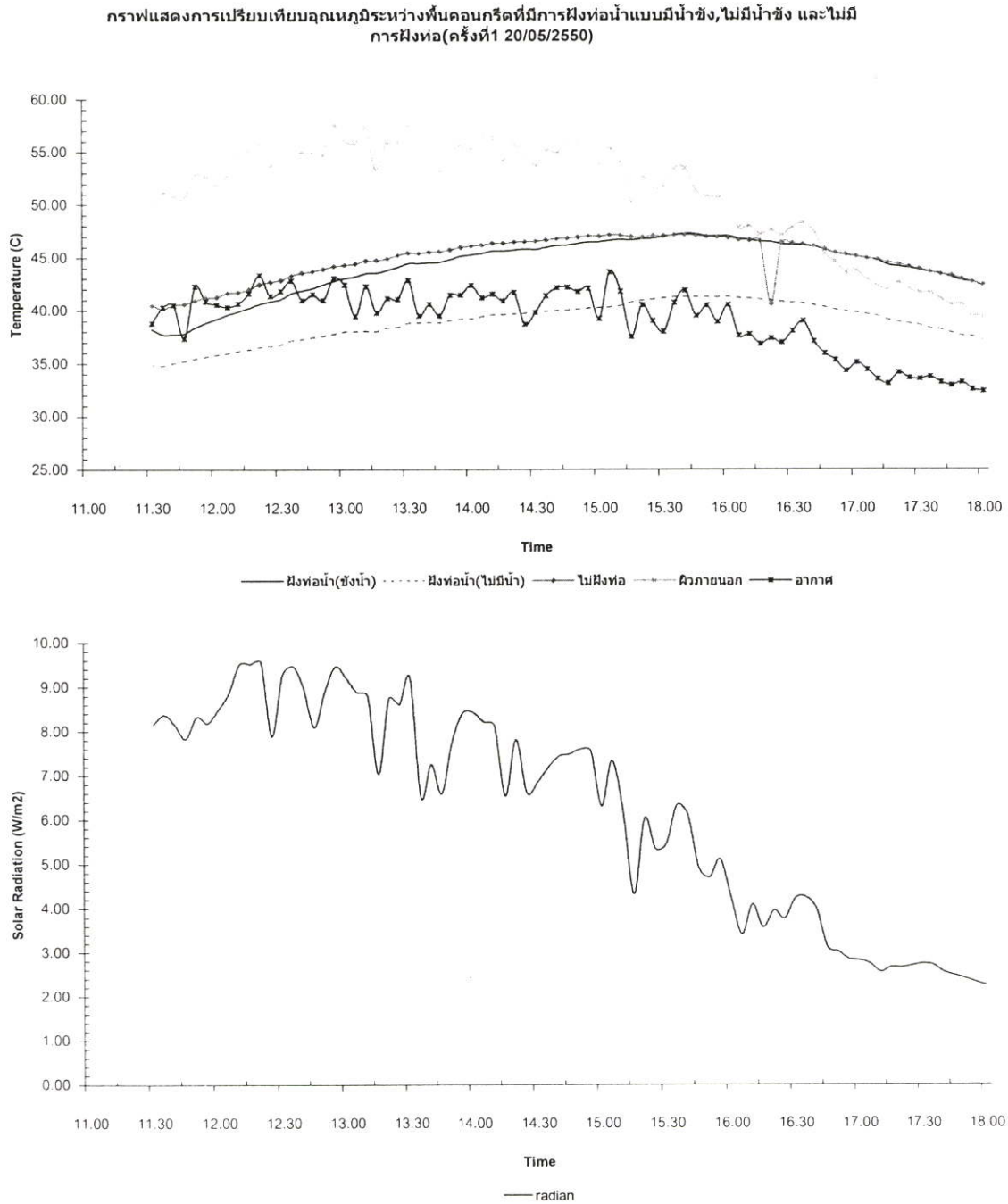


ภาพที่ 4.6 แสดงรูปแบบหุ่นจำลองการเปรียบเทียบระหว่างพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่ฝังท่อน้ำกับพื้นหลังคาที่ฝังท่อน้ำแต่ไม่มีน้ำและพื้นหลังคาที่ฝังท่อมีน้ำขัง

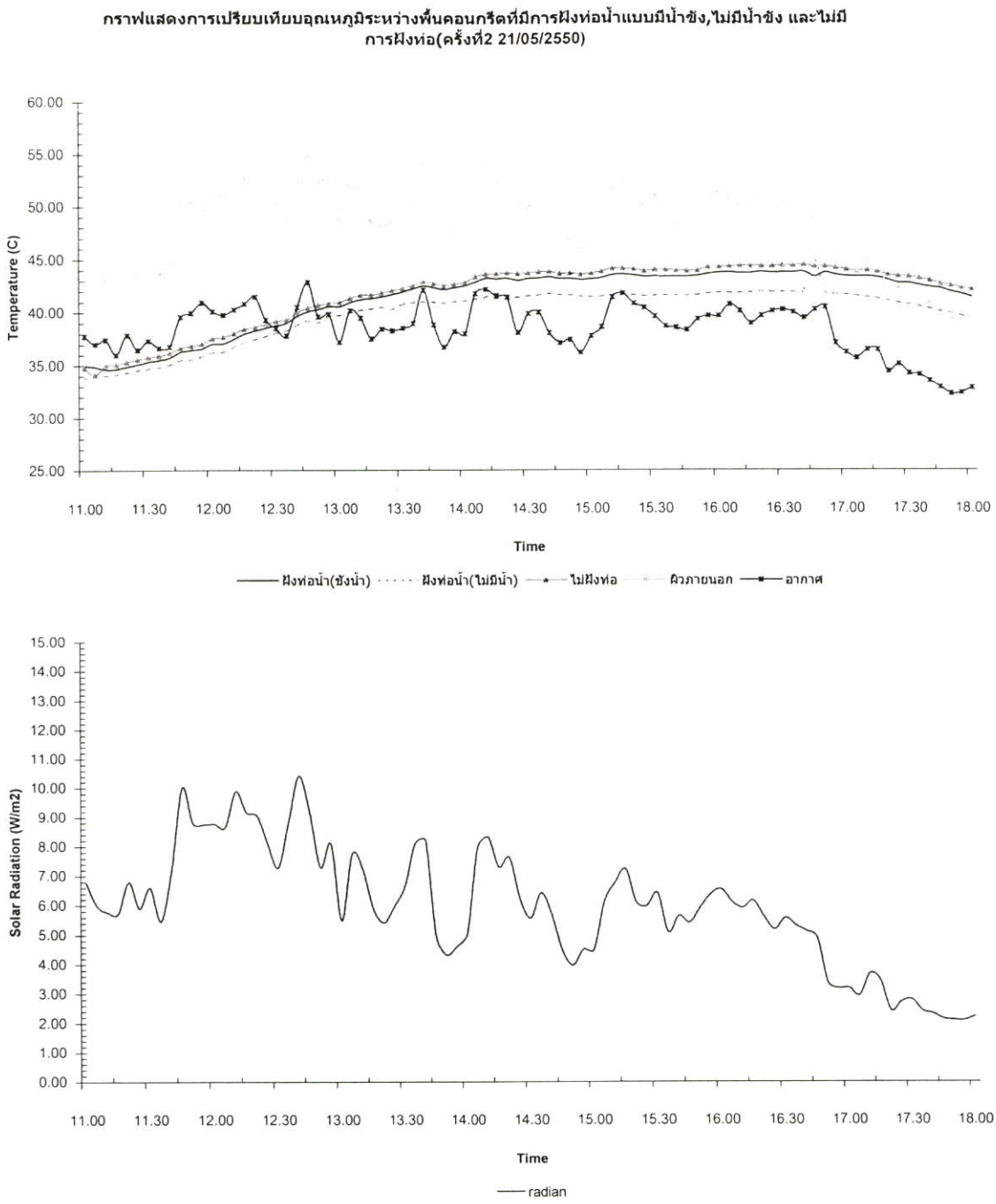
การทดสอบชุดที่ 4.4.1 ระหว่างพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่ฝังท่อน้ำกับพื้นหลังคาที่ฝังท่อน้ำแต่ไม่มีน้ำและพื้นหลังคาที่ฝังท่อมีน้ำขัง

ผลการทดสอบชุดที่ 4.4.1 พบว่า

พื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีการฝังท่อน้ำและมีน้ำขังจะมีอุณหภูมิสูงสุดในตอนที่แดดจัด โดยที่มีความต่างของอุณหภูมิประมาณ 0.5 องศาเซลเซียสเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีการฝังท่อแต่ไม่มีน้ำ และพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมที่ไม่มีการฝังท่อน้ำจะมีอุณหภูมิน้อยที่สุดแสดงได้ว่าน้ำเป็นตัวสะสมความร้อน เมื่ออุณหภูมิสูงกว่าอากาศภายนอกน้ำก็จะแผ่ความร้อนออกมา



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงผลการทดลองที่ 4.4.1


กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างพื้นคอนกรีตที่มีการฝังท่อน้ำแบบมีน้ำขัง,ไม่มีน้ำขัง และไม่มีการฝังท่อ(ครั้งที่2 21/05/2550)
Temperature (C)
60.00
55.00
50.00
45.00
40.00
35.00
30.00
25.00
11.00 11.30 12.00 12.30 13.00 13.30 14.00 14.30 15.00 15.30 16.00 16.30 17.00 17.30 18.00
Time
ฝังท่อน้ำ(ขังน้ำ)
ฝังท่อน้ำ(ไม่มีน้ำ)
ไม่ฝังท่อ
ผิวภายนอก
อากาศ
Solar Radiation (W/m2)
15.00
14.00
13.00
12.00
11.00
10.00
9.00
8.00
7.00
6.00
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
11.00 11.30 12.00 12.30 13.00 13.30 14.00 14.30 15.00 15.30 16.00 16.30 17.00 17.30 18.00
Time
radian

ภาพที่ 4.7 (ต่อ)

4.4.2 การทดสอบเปรียบเทียบระหว่างหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ขังน้ำไว้กับหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีการปล่อยน้ำ

วัตถุประสงค์ เปรียบเทียบหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กแบบใดน่าจะลดความร้อนได้ดีกว่ากัน

สมมุติฐาน หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีการปล่อยน้ำควรจะสามารถลดอุณหภูมิได้ดีกว่า

ผลการวิเคราะห์

จากผลการทดสอบชุดที่ 4.4.1 พบว่าเมื่อมีการขังน้ำไว้ในพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กนั้น พบว่าน้ำจะเป็นตัวสะสมความร้อนและเมื่ออุณหภูมิของน้ำนั้นสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกน้ำก็แผ่รังสีความร้อนออกมา จึงไม่เหมาะกับสภาพภูมิอากาศที่ต้องการปรับอุณหภูมิให้เย็นขึ้น

4.4.3 การทดสอบการขังน้ำและปล่อยน้ำในเวลาที่แตกต่างกัน

วัตถุประสงค์ เปรียบเทียบหลังคาคอนกรีตแบบใดน่าจะลดความร้อนได้ดีกว่ากัน

สมมุติฐาน หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ปล่อยน้ำถี่ ควรจะสามมารถ ลดอุณหภูมิของหลังคาเสริมเหล็กได้มากที่สุด

วิธีการทดสอบ ทดสอบการเปรียบเทียบการปล่อยน้ำตามเวลาที่กำหนดคือ

4.4.3.1 ขังน้ำนาน 15 นาทีปล่อยน้ำ 30 วินาที

4.4.3.2 ขังน้ำนาน 20 นาที ปล่อยน้ำ 30 วินาที

4.4.3.3 ขังน้ำนาน 30 นาที ปล่อยน้ำ 30 วินาที

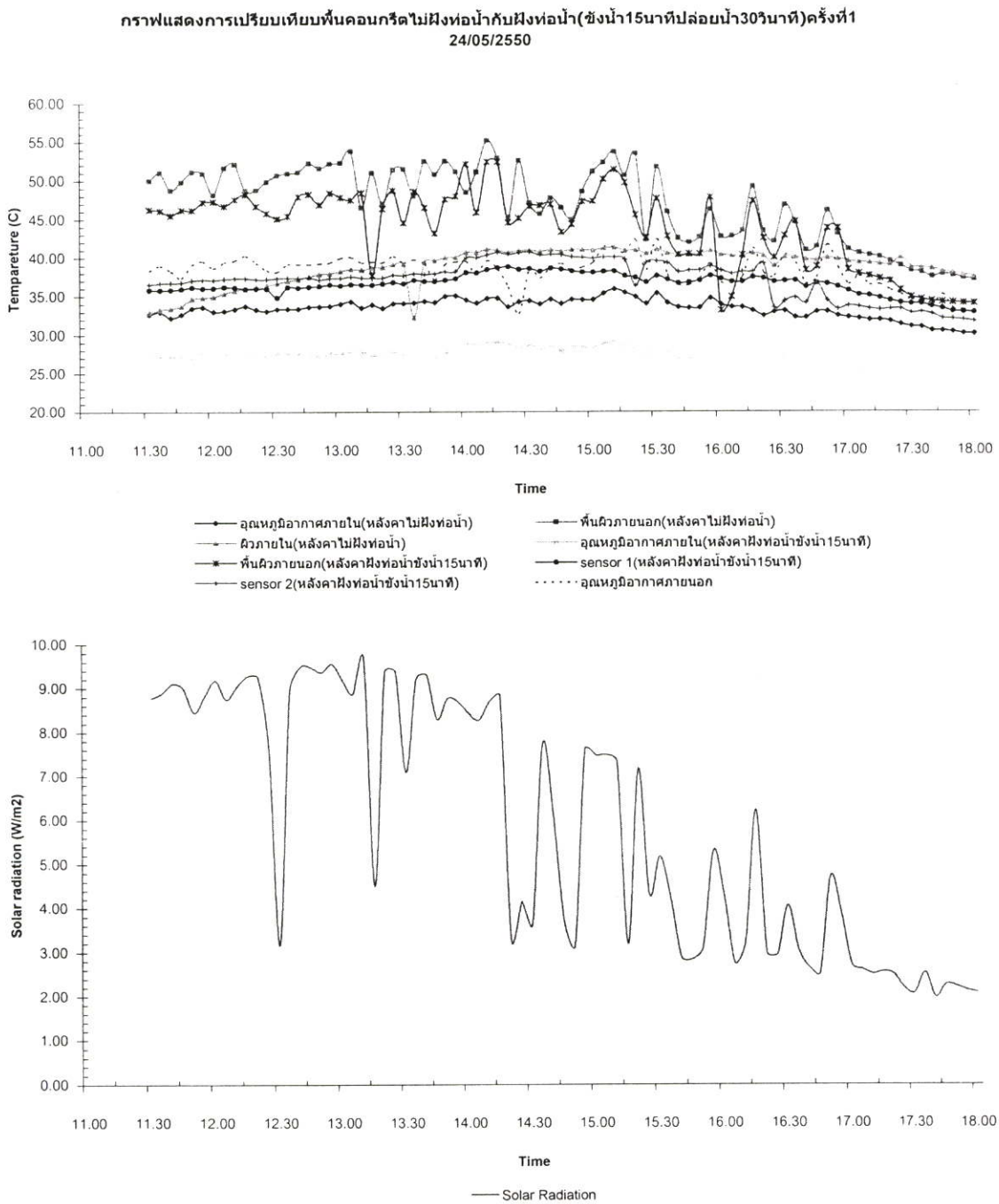
4.4.3.4 ปล่อยน้ำไหลตลอดเวลา

โดยที่แต่ละการทดลองเปรียบเทียบกับหลังคาคอนกรีตเหล็กที่ไม่มีท่อด้วย

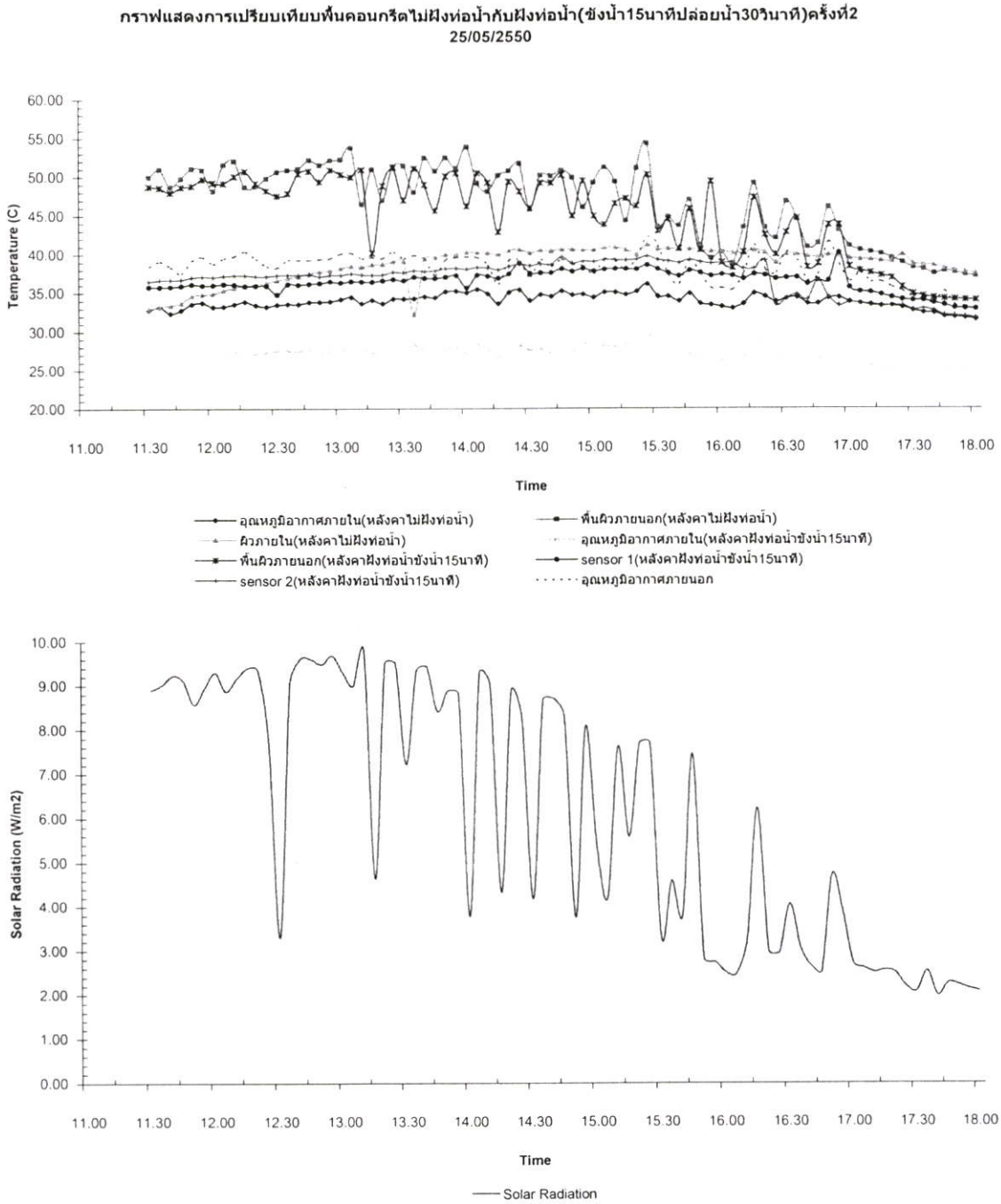
4.4.3.1 ขังน้ำนาน 15 นาทีปล่อยน้ำ 30 วินาที

ผลการทดสอบโดยการขังน้ำนาน 15 นาที ปล่อยน้ำ 30 วินาที

- อุณหภูมิที่ผิวด้านในของพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กระหว่างมีท่อน้ำ-ไม่มีท่อน้ำมีอุณหภูมิต่างกันสูงสุด 9.06 องศาเซลเซียส
- ได้น้ำในปริมาณ 48 ลิตร/ชั่วโมง
- อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยที่ปล่อยเข้าในระบบ 28 องศาเซลเซียส
- ได้อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยสูงสุดที่ปล่อยออกมา 39.8 องศาเซลเซียส

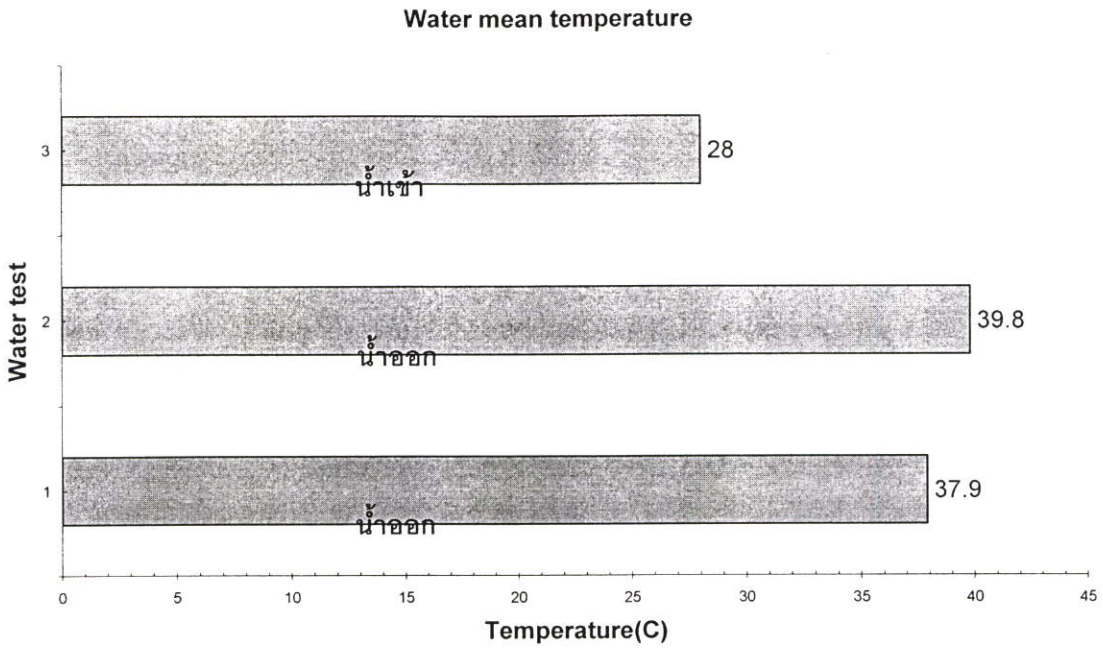


ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงผลการทดลองที่ 4.4.3.1


กราฟแสดงการเปรียบเทียบพื้นคอนกรีตไม่ฝังท่อน้ำกับฝังท่อน้ำ(ขังน้ำ15นาทีปล่อยน้ำ30วินาที)ครั้งที่2
25/05/2550
Temperature (C)
60.00
55.00
50.00
45.00
40.00
35.00
30.00
25.00
20.00
11.00 11.30 12.00 12.30 13.00 13.30 14.00 14.30 15.00 15.30 16.00 16.30 17.00 17.30 18.00
Time
อุณหภูมิอากาศภายใน(หลังคาไม่ฝังท่อน้ำ)
ผิวภายใน(หลังคาไม่ฝังท่อน้ำ)
พื้นผิวภายนอก(หลังคาฝังท่อน้ำขังน้ำ15นาที)
sensor 2(หลังคาฝังท่อน้ำขังน้ำ15นาที)
พื้นผิวภายนอก(หลังคาไม่ฝังท่อน้ำ)
อุณหภูมิอากาศภายใน(หลังคาฝังท่อน้ำขังน้ำ15นาที)
sensor 1(หลังคาฝังท่อน้ำขังน้ำ15นาที)
อุณหภูมิอากาศภายนอก
Solar Radiation (W/m2)
10.00
9.00
8.00
7.00
6.00
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
11.00 11.30 12.00 12.30 13.00 13.30 14.00 14.30 15.00 15.30 16.00 16.30 17.00 17.30 18.00
Time
Solar Radiation

ภาพที่ 4.8 (ต่อ)

ผลการทดสอบ เปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำที่ปล่อยเข้าและออกของการทดลองชุดที่ 4.4.3.1

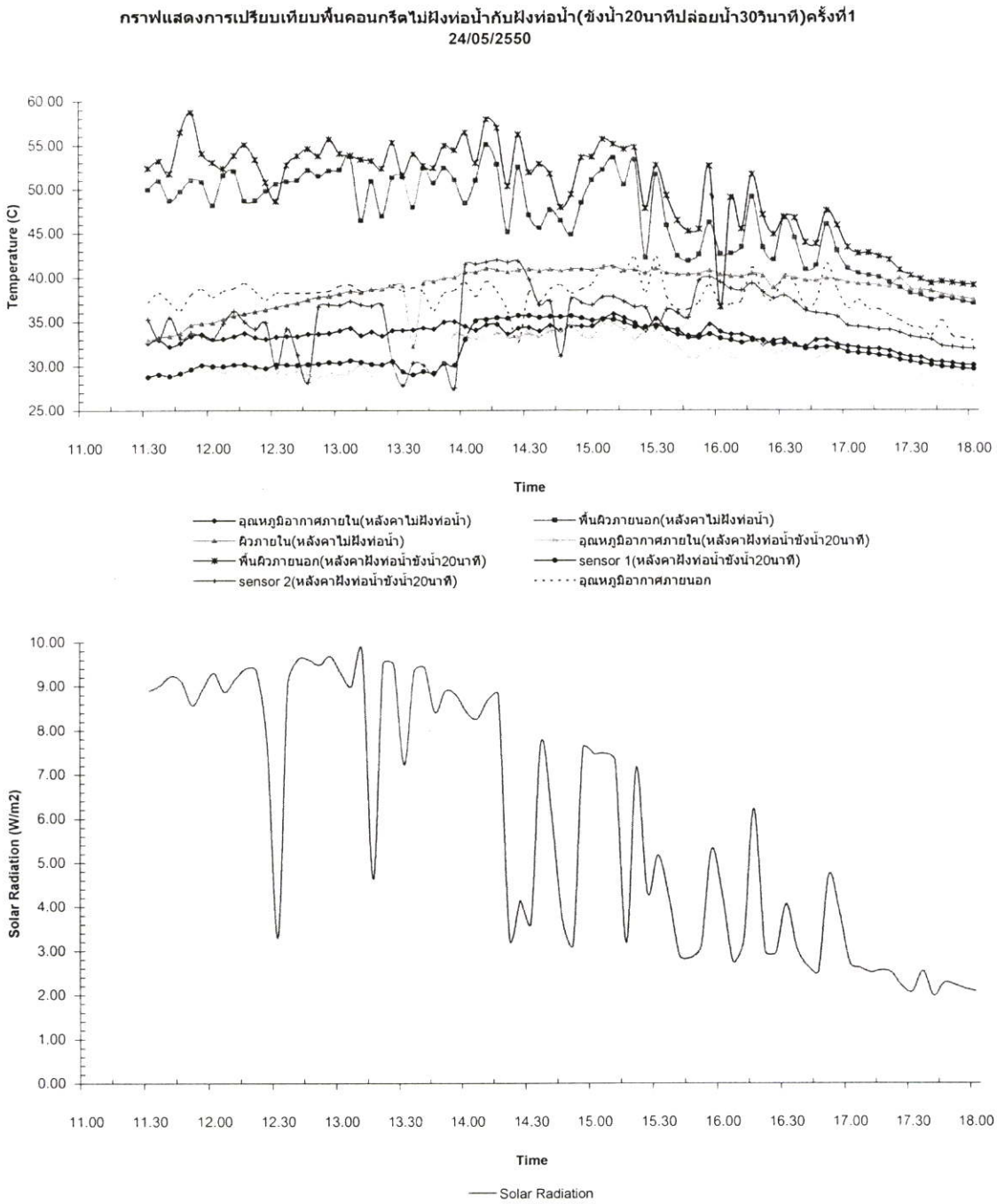


ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงอุณหภูมิน้ำที่ปล่อยเข้าและออกของการทดลองชุดที่ 4.4.3.1

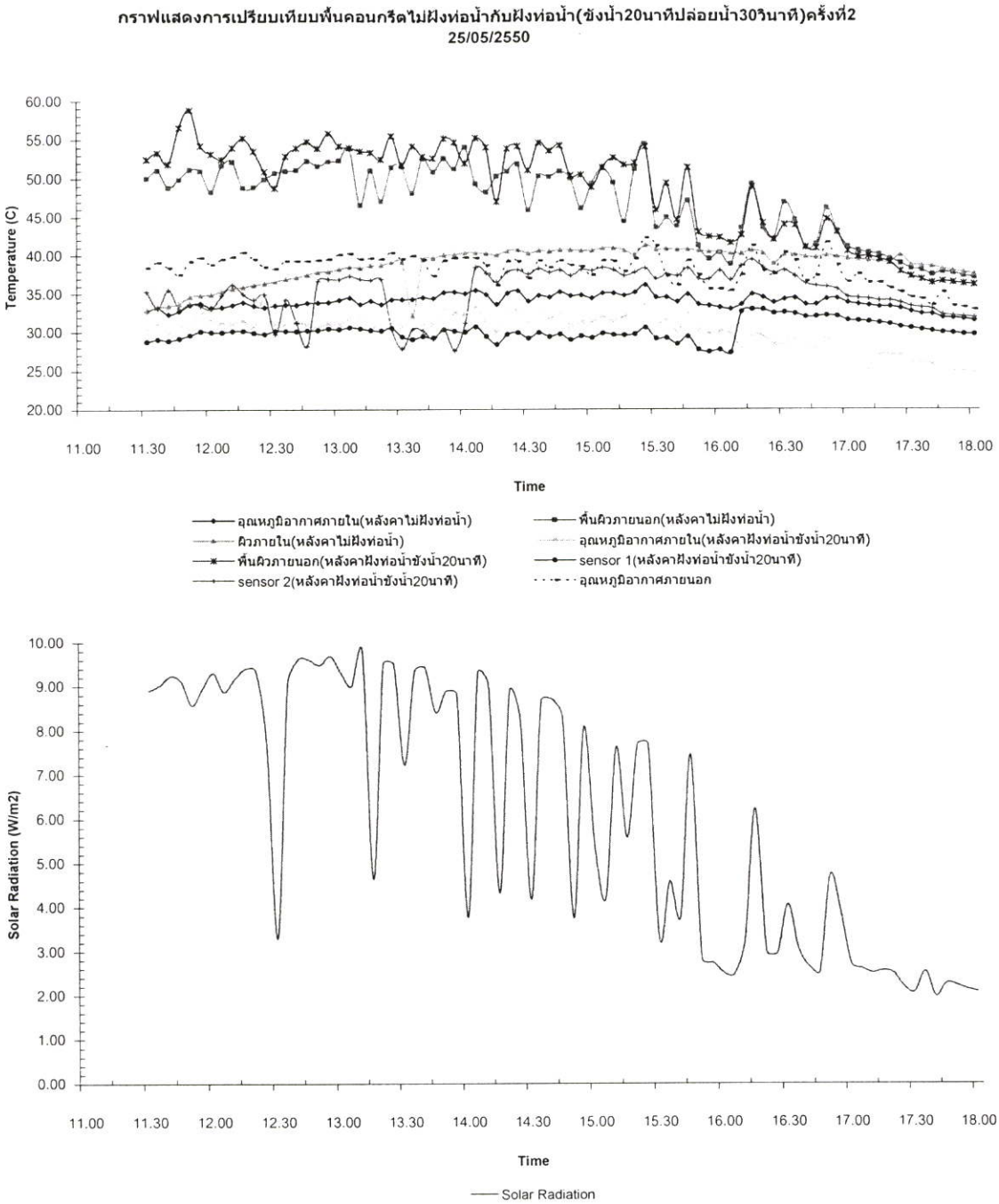
4.4.3.2 ขังน้ำนาน 20 นาทีปล่อยน้ำ 30 วินาที

ผลการทดสอบโดยการขังน้ำนาน 20 นาที ปล่อยน้ำ 30 วินาที

- อุณหภูมิที่ผิวด้านในของพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กระหว่างมีท่อน้ำ-ไม่มีท่อน้ำมีอุณหภูมิต่างกันสูงสุด 8.62 องศาเซลเซียส
- ได้น้ำในปริมาณ 46ลิตร/ชั่วโมง
- อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยที่ปล่อยเข้าในระบบ 28 องศาเซลเซียส
- ได้อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยสูงสุดที่ปล่อยออกมา 41.2 องศาเซลเซียส

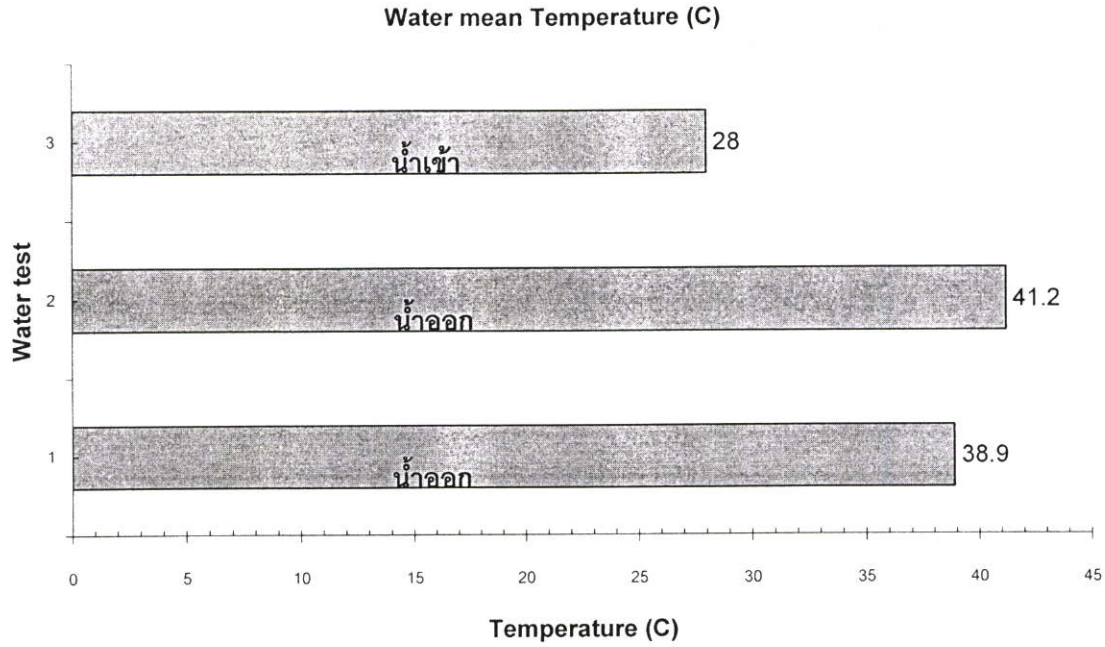


ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงผลการทดลองที่ 4.4.3.2


กราฟแสดงการเปรียบเทียบพื้นคอนกรีตไม่ฝังท่อน้ำกับฝังท่อน้ำ(ขังน้ำ20นาทีปล่อยน้ำ30วินาที)ครั้งที่2
25/05/2550
Temperature (C)
60.00
55.00
50.00
45.00
40.00
35.00
30.00
25.00
20.00
11.00 11.30 12.00 12.30 13.00 13.30 14.00 14.30 15.00 15.30 16.00 16.30 17.00 17.30 18.00
Time
อุณหภูมิอากาศภายใน(หลังคาไม่ฝังท่อน้ำ)
ผิวภายใน(หลังคาไม่ฝังท่อน้ำ)
พื้นผิวภายนอก(หลังคาฝังท่อน้ำขังน้ำ20นาที)
sensor 2(หลังคาฝังท่อน้ำขังน้ำ20นาที)
พื้นผิวภายนอก(หลังคาไม่ฝังท่อน้ำ)
อุณหภูมิอากาศภายใน(หลังคาฝังท่อน้ำขังน้ำ20นาที)
sensor 1(หลังคาฝังท่อน้ำขังน้ำ20นาที)
อุณหภูมิอากาศภายนอก
Solar Radiation (W/m2)
10.00
9.00
8.00
7.00
6.00
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
11.00 11.30 12.00 12.30 13.00 13.30 14.00 14.30 15.00 15.30 16.00 16.30 17.00 17.30 18.00
Time
Solar Radiation

ภาพที่ 4.10 (ต่อ)

ผลการทดสอบ เปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำที่ปล่อยเข้าและออกของการทดลองชุดที่ 4.4.3.2

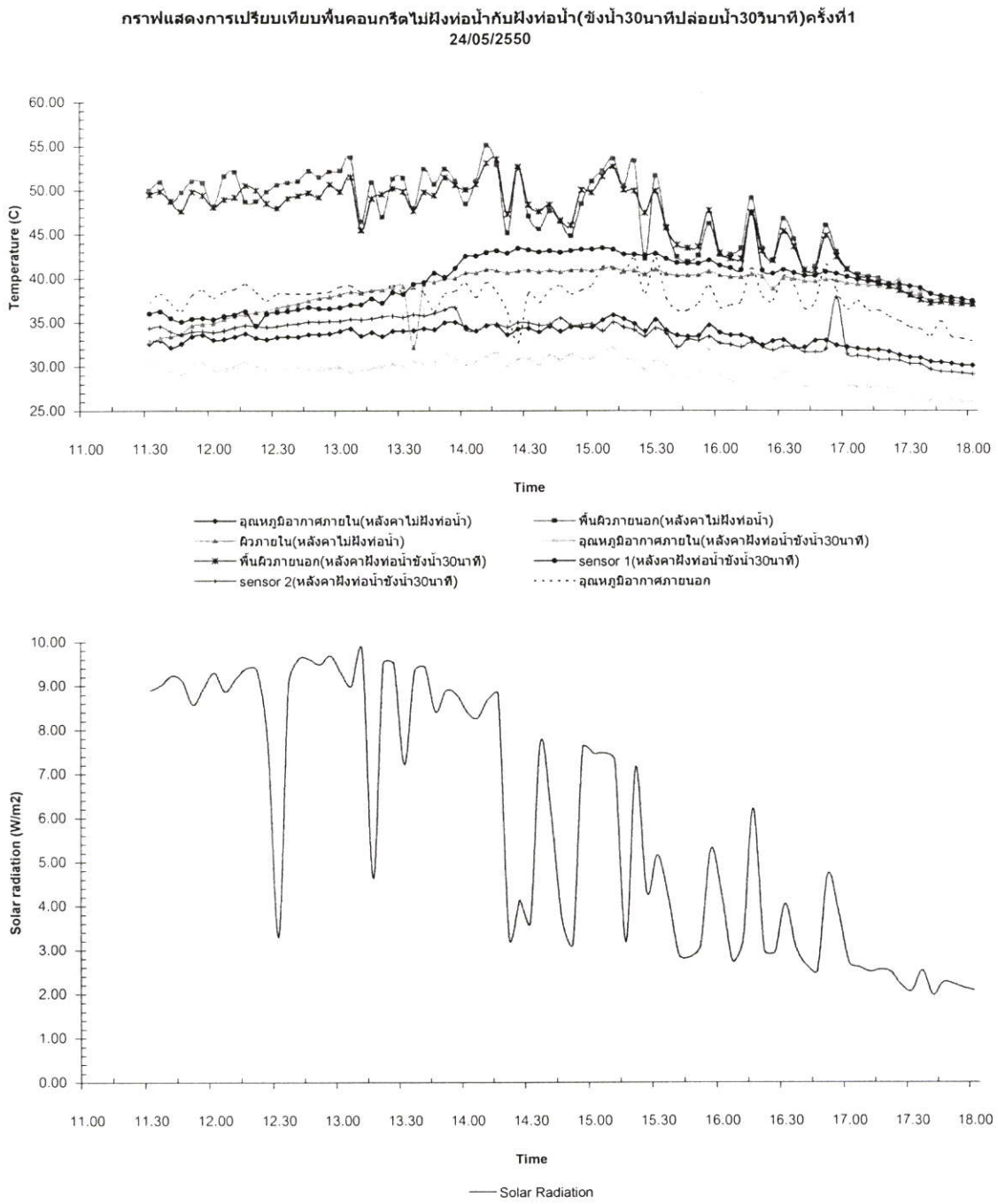


ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงอุณหภูมิน้ำที่ปล่อยเข้าและออกของการทดลองชุดที่ 4.4.3.2

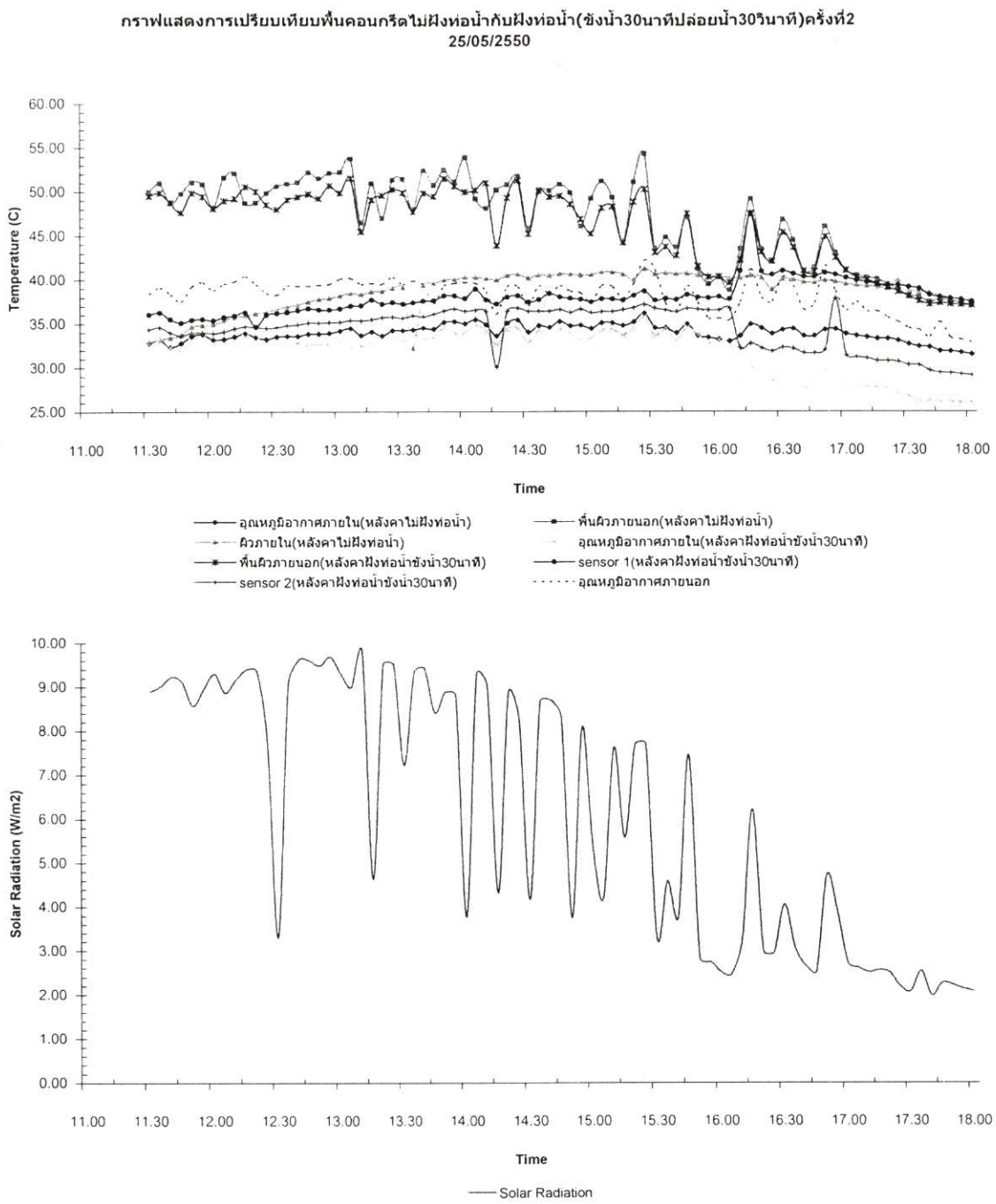
4.4.3.3 ขังน้ำนาน 30 นาทีปล่อยน้ำ 30 วินาที

ผลการทดสอบโดยการขังน้ำนาน 30 นาที ปล่อยน้ำ 30 วินาที

- อุณหภูมิที่ผิวด้านในของพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กระหว่างมีท่อน้ำ-ไม่มีท่อน้ำมีอุณหภูมิต่างกันสูงสุด 5.27 องศาเซลเซียส
- ได้น้ำในปริมาณ 27ลิตร/ชั่วโมง
- อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยที่ปล่อยเข้าในระบบ 28 องศาเซลเซียส
- ได้อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยสูงสุดที่ปล่อยออกมา 42.3 องศาเซลเซียส

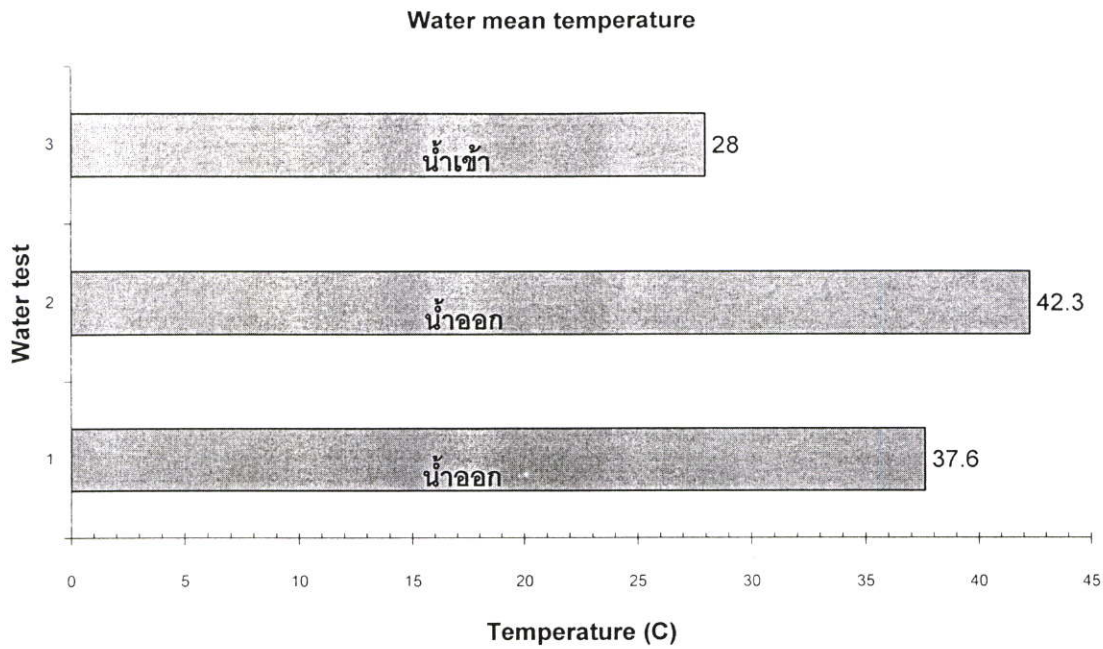


ภาพที่ 4.12 กราฟแสดงผลการทดลองที่ 4.4.3.3


กราฟแสดงการเปรียบเทียบพื้นคอนกรีตไม่ฝังท่อน้ำกับฝังท่อน้ำ(ขังน้ำ30นาทีปล่อยน้ำ30วินาที)ครั้งที่2
25/05/2550
Temperature (C)
Time
อุณหภูมิอากาศภายใน(หลังคาไม่ฝังท่อน้ำ)
ผิวภายใน(หลังคาไม่ฝังท่อน้ำ)
พื้นผิวภายนอก(หลังคาฝังท่อน้ำขังน้ำ30นาที)
sensor 2(หลังคาฝังท่อน้ำขังน้ำ30นาที)
พื้นผิวภายนอก(หลังคาไม่ฝังท่อน้ำ)
อุณหภูมิอากาศภายใน(หลังคาฝังท่อน้ำขังน้ำ30นาที)
sensor 1(หลังคาฝังท่อน้ำขังน้ำ30นาที)
อุณหภูมิอากาศภายนอก
Solar Radiation (W/m2)
Time
Solar Radiation

ภาพที่ 4.12 (ต่อ)

ผลการทดสอบ เปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำที่ปล่อยเข้าและออกของการทดลองชุดที่ 4.4.3.3

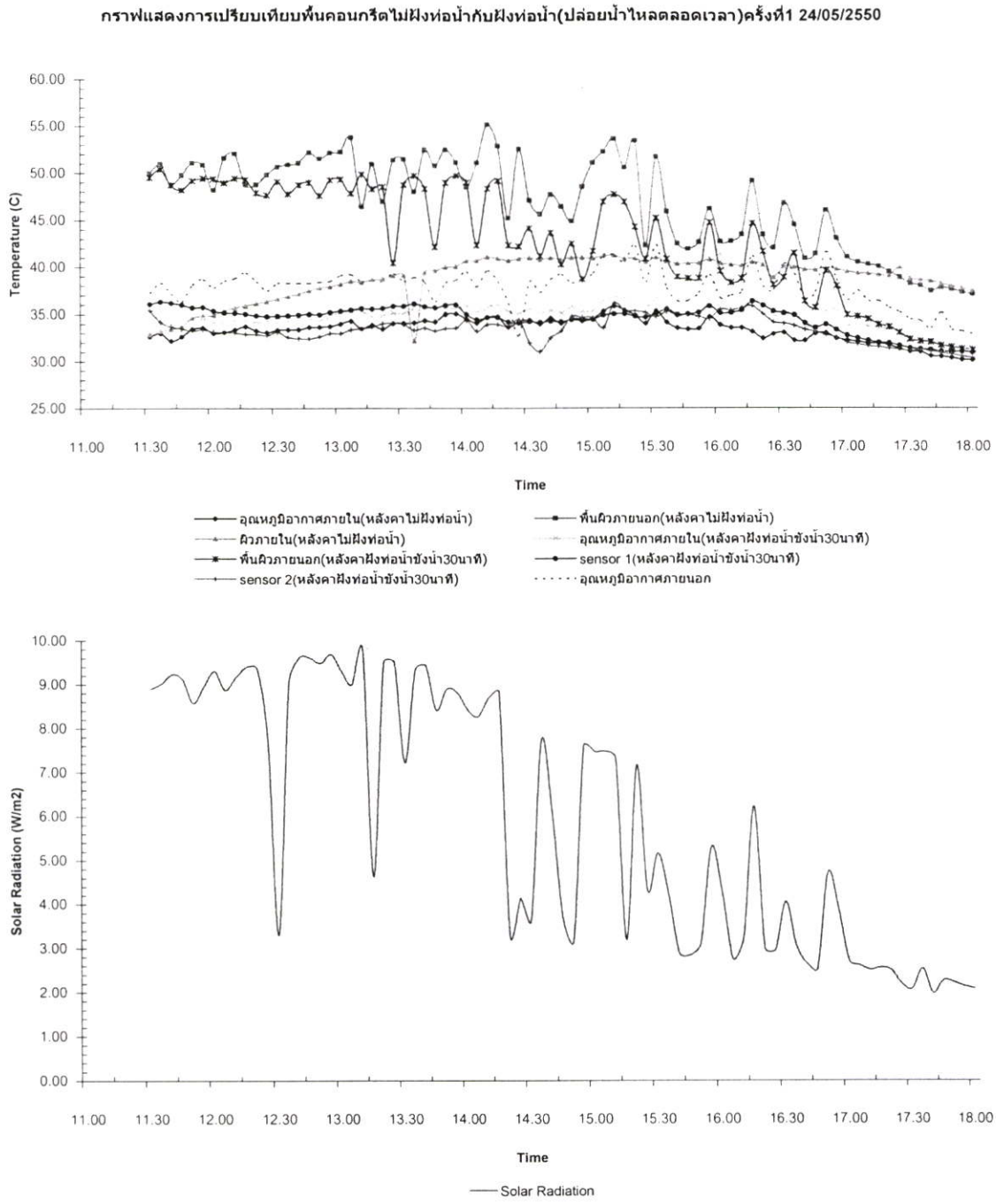


ภาพที่ 4.13 กราฟแสดงอุณหภูมิน้ำที่ปล่อยเข้าและออกของการทดลองชุดที่ 4.4.3.3

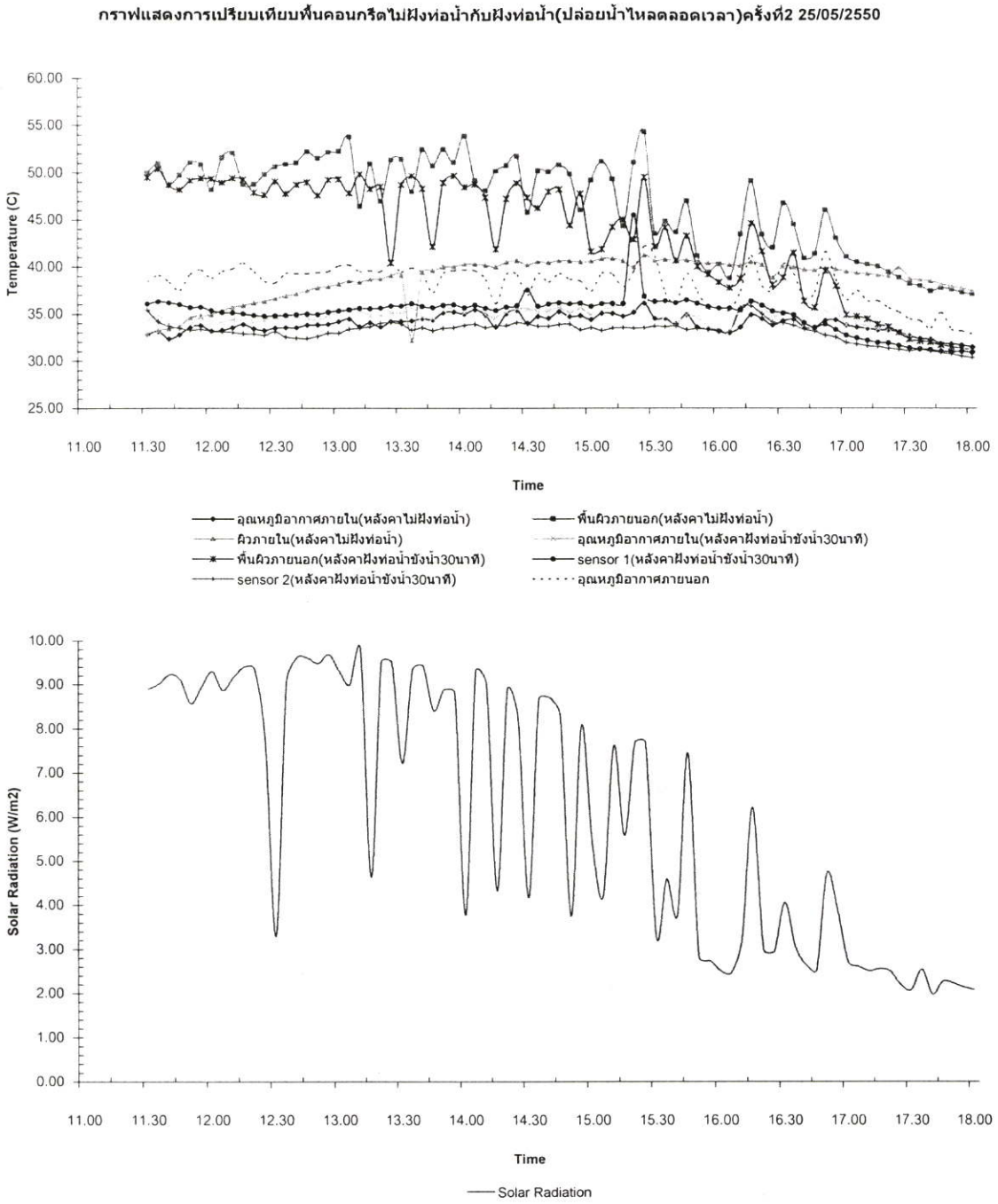
4.4.3.4 ปล่อยน้ำไหลตลอดเวลา

ผลการทดสอบโดยการ ปล่อยน้ำไหลตลอดเวลา

- อุณหภูมิที่ผิวด้านในของพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กระหว่างมีท่อน้ำ-ไม่มีท่อน้ำมีอุณหภูมิต่างกันสูงสุด 0.72 องศาเซลเซียส
- ได้น้ำในปริมาณ 30 ลิตร/ชั่วโมง
- อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยที่ปล่อยเข้าในระบบ 28 องศาเซลเซียส
- ได้อุณหภูมิน้ำเฉลี่ยสูงสุดที่ปล่อยออกมา 36.7 องศาเซลเซียส

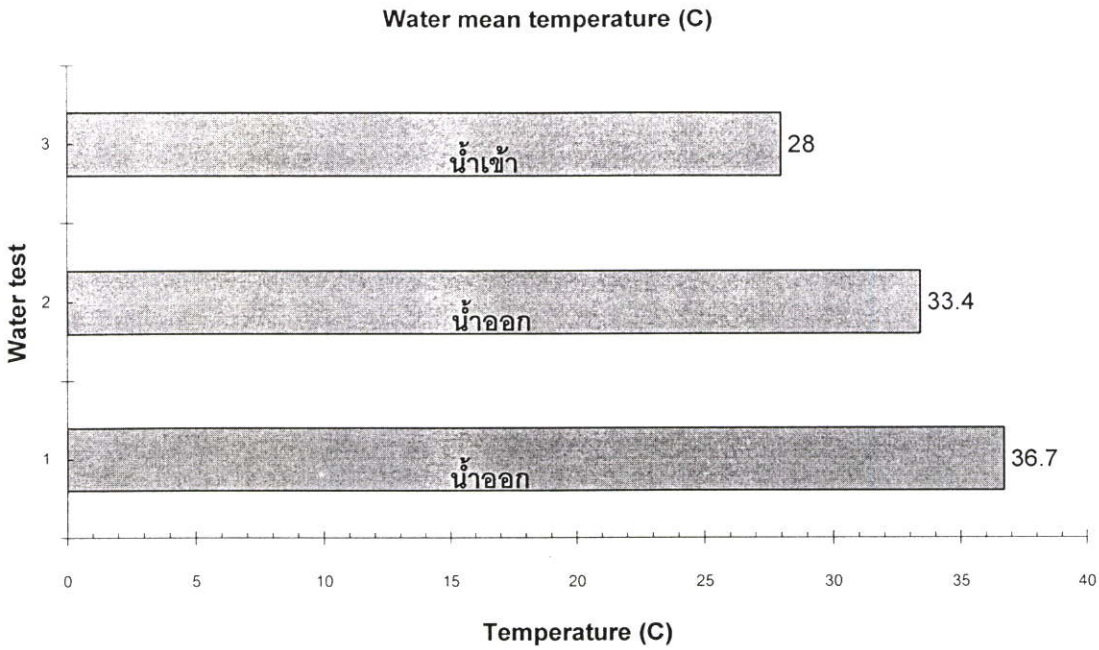


ภาพที่ 4.14 กราฟแสดงผลการทดลองที่ 4.4.3.4


กราฟแสดงการเปรียบเทียบพื้นคอนกรีตไม่ฝังท่อน้ำกับฝังท่อน้ำ(ปล่อยน้ำไหลตลอดเวลา)ครั้งที่2 25/05/2550
Temperature (C)
60.00
55.00
50.00
45.00
40.00
35.00
30.00
25.00
11.00 11.30 12.00 12.30 13.00 13.30 14.00 14.30 15.00 15.30 16.00 16.30 17.00 17.30 18.00
Time
อุณหภูมิอากาศภายใน(หลังคาไม่ฝังท่อน้ำ)
ผิวภายใน(หลังคาไม่ฝังท่อน้ำ)
พื้นผิวภายนอก(หลังคาฝังท่อน้ำขังน้ำ30นาที)
sensor 2(หลังคาฝังท่อน้ำขังน้ำ30นาที)
พื้นผิวภายนอก(หลังคาไม่ฝังท่อน้ำ)
อุณหภูมิอากาศภายใน(หลังคาฝังท่อน้ำขังน้ำ30นาที)
sensor 1(หลังคาฝังท่อน้ำขังน้ำ30นาที)
อุณหภูมิอากาศภายนอก
Solar Radiation (W/m2)
10.00
9.00
8.00
7.00
6.00
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
11.00 11.30 12.00 12.30 13.00 13.30 14.00 14.30 15.00 15.30 16.00 16.30 17.00 17.30 18.00
Time
Solar Radiation

ภาพที่ 4.14 (ต่อ)

ผลการทดสอบ เปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำที่ปล่อยเข้าและออกของการทดลองชุดที่ 4.4.3.4



ภาพที่ 4.15 กราฟแสดงอุณหภูมิน้ำที่ปล่อยเข้าและออกของการทดลองชุดที่ 4.4.3.4

ผลสรุปการทดลองชุดที่ 4.4 การทดสอบการขังน้ำและปล่อยน้ำในเวลาที่ต่างกัน

การทดสอบโดยการเปรียบเทียบจากผลการทดลองพบว่าการขังน้ำ 15 นาที และปล่อยน้ำ 30 วินาที ตามการทดลองที่ 4.4.3.1 มีผลทำให้อุณหภูมิผิวผนังภายในลดลงได้ 9.06 องศาเซลเซียส ตามกราฟ และความร้อนที่ปล่อยออกมามีอุณหภูมิสูงสุด 36.7 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นปริมาณความร้อนที่วัดได้ต่ำสุดใน 4 การทดลองนี้ อันเนื่องมาจากเวลาในการขังน้ำ หากขังน้ำนานขึ้นอุณหภูมิของน้ำก็จะยิ่งสูงขึ้นตาม แต่จากปริมาณความร้อนของน้ำที่ปล่อยออกมาก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ในการทำน้ำอุ่นต่อไป

4.5 การทดสอบเปรียบเทียบเมื่อหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กมีพื้นเพิ่มมากขึ้น

วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบในกรณีพื้นที่ของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กและความยาวท่อที่เพิ่มมากขึ้น อุณหภูมิจะยังลดลงคงที่หรือไม่หากยังขังน้ำและปล่อยน้ำด้วยเวลาเท่าเดิมตามผล 3.4.4.3

สมมุติฐาน การลดลงของอุณหภูมิผิวหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กจะน้อยลงเมื่อพื้นที่ของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กใหญ่ขึ้น และความยาวของท่อเพิ่มขึ้น

วิธีการทดสอบ

1. หาขนาดของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กขนาดเล็กและขนาดใหญ่
2. ตรวจสอบความยาวท่อน้ำที่ใช้ฝังในท่อน้ำของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กขนาดเล็กและใหญ่
3. คำนวณหาเวลาในการปล่อยน้ำของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กแต่ละขนาดจนหมด
4. ปล่อยน้ำตามเวลาที่กำหนดได้ หาค่าอุณหภูมิที่วัดได้ของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กตัวแรกและตัวสุดท้าย แล้วนำมารวมกันเพื่อหาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิทั้งหมด
5. นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาเปรียบเทียบกับหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่มีท่อและหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กอันเล็ก

ผลการทดลอง 4.5 การทดสอบเปรียบเทียบเมื่อหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กมีพื้นเพิ่มมากขึ้น

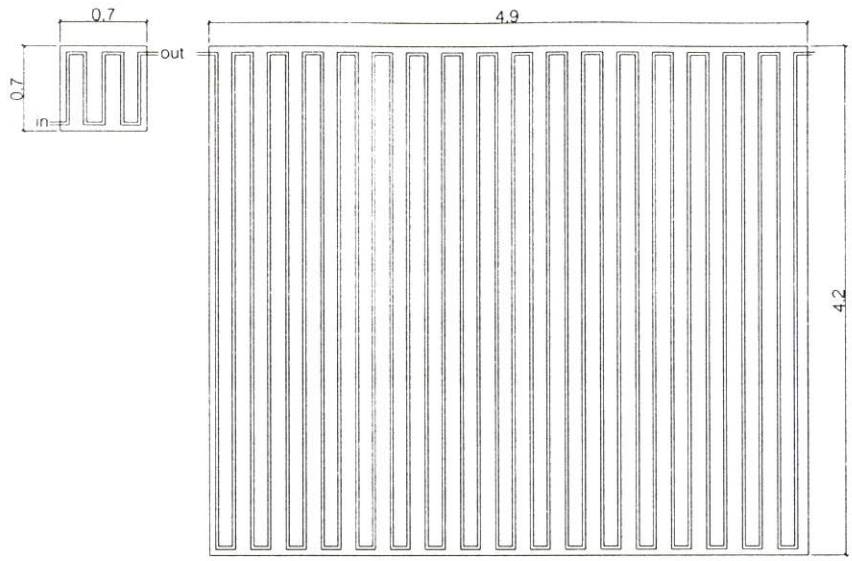
1. เปรียบเทียบและหาขนาดของพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กขนาดเล็กและขนาดใหญ่
2. ตรวจสอบความยาวท่อน้ำที่ใช้ฝังในพื้นหลังคาคอนกรีตขนาดเล็ก

พื้นหลังคาคอนกรีตขนาดเล็กมีความยาวท่อทั้งหมด	3.58	เมตร
พื้นหลังคาคอนกรีตขนาดใหญ่มีความยาวท่อทั้งหมด	144.5	เมตร

3. คำนวณหาเวลาในการปล่อยน้ำของผนังแต่ละขนาดจนหมดผนัง

เวลาที่ปล่อยน้ำจนหมดของพื้นหลังคาคอนกรีตขนาดเล็ก	6	วินาที
เวลาที่ปล่อยน้ำจนหมดของพื้นหลังคาคอนกรีตขนาดใหญ่	252	วินาที
ดังนั้น พื้นหลังคาคอนกรีตขนาดเล็กใช้เวลาขังน้ำ 15 นาทีแล้วปล่อยน้ำ	6	วินาที
พื้นหลังคาคอนกรีตขนาดใหญ่ใช้เวลาขังน้ำ 15 นาทีแล้วปล่อยน้ำ	4.5	นาที

จากผลการวิเคราะห์เมื่อพื้นหลังคาคอนกรีตมีขนาดใหญ่ขึ้นเป็น 42 เท่า การขังน้ำจะต้องลดเวลาลงและการปล่อยน้ำต้องใช้ระยะเวลาเพิ่มขึ้น คือ ขังน้ำ 10 นาที 30 วินาทีแล้วปล่อยน้ำ 4 นาที 30 วินาที



ภาพที่ 4.16 แสดงการจำลองเมื่อพื้นหลังคาคอนกรีตมีขนาดใหญ่ขึ้น

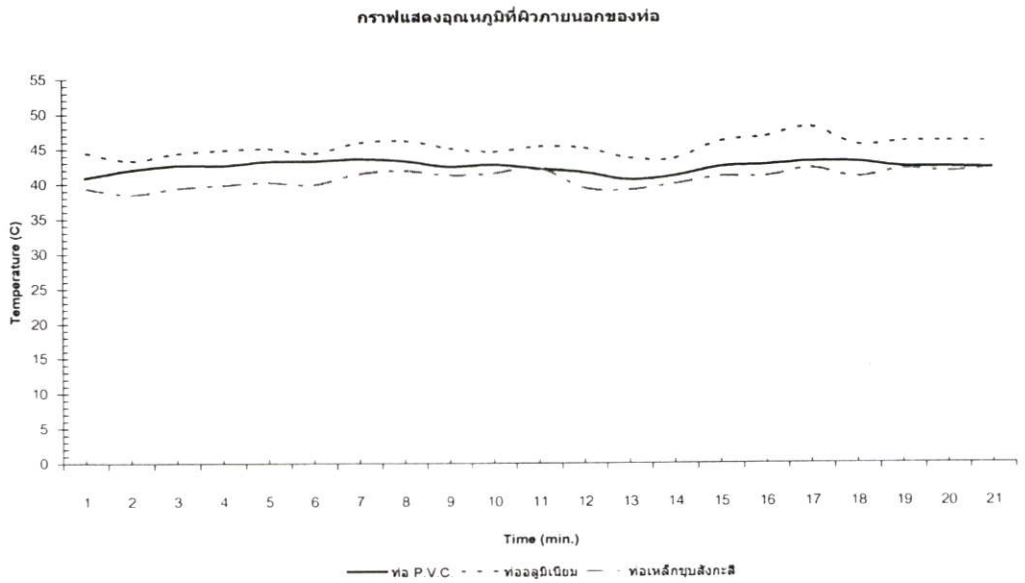
บทที่ 5
การประเมินและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบการลดอุณหภูมิของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ด้วยวิธีการฝังท่อน้ำไว้ภายในหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก สามารถอธิบายและพิสูจน์ข้อเท็จจริงได้จากการทดสอบ ซึ่งมีผลในการช่วยลดอุณหภูมิของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก จากการที่ได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ในช่วงเวลา 11.00 – 18.00 น. โดยผลการทดสอบสามารถประเมินผลและวิเคราะห์ผลจากการทดสอบต่างๆ ตามสมมุติฐาน และวิธีการทดลองได้ดังนี้

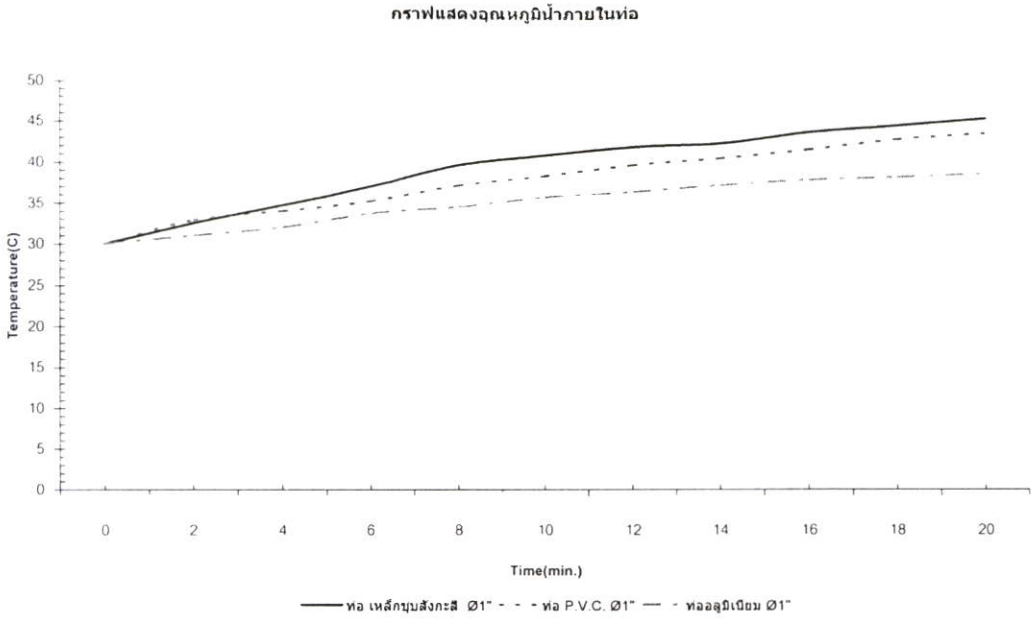
5.1 คุณสมบัติของท่อที่นำมาใช้

จากผลการทดลองที่4.1

จากการวิเคราะห์ สามารถสรุปได้ว่า ท่อเหล็กชุบสังกะสี มีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่สุดที่สามารถนำมาใช้ช่วยในการลดการส่งผ่านความร้อนได้ดี โดยลักษณะท่อที่นำมาใช้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว หนา 2 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นท่อที่มีความแข็งแรงสูง หาซื้อได้ตามร้านค้าวัสดุก่อสร้างทั่วไปตามท้องตลาด ส่วนท่อชนิดอื่นที่นำมาทดสอบ คือ ท่ออลูมิเนียม และท่อ P.V.C นั้นหาซื้อได้ง่ายเช่นกันแต่คุณสมบัติการนำความร้อนน้อยกว่าท่อเหล็กชุบสังกะสี และไม่แข็งแรงเท่าท่อเหล็กชุบสังกะสี จากกราฟจะเห็นได้ว่า ท่ออลูมิเนียมมีค่าการนำความร้อนน้อยที่สุดในวัสดุ 3 ประเภทนี้ ซึ่งท่อเหล็กชุบสังกะสีที่มีความเหมาะสมที่สุด มีค่าความต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวภายนอกและอุณหภูมิน้ำภายในเฉลี่ย 3.34 องศาเซลเซียส (จากภาพที่ 5.1)



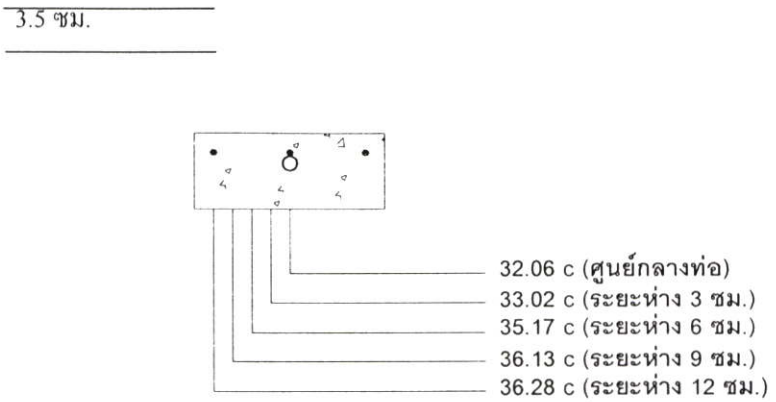
ภาพที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิของวัสดุ



ภาพที่ 5.1 (ต่อ)

5.2 การทดสอบหาปริมาณและระยะความห่างของท่อน้ำในหลังคาคอนกรีต

จากการทดสอบ 4.2 พบว่า เมื่อระยะห่างของท่อยิ่งมากขึ้นอุณหภูมิก็สูงขึ้นตาม จนถึงระยะห่าง 9 ซม.จากจุดศูนย์กลางท่อ อุณหภูมิก็เริ่มคงที่ ดังนั้นระยะห่างของท่อที่เหมาะสมไม่ควรเกิน 18 เซนติเมตร แต่เผื่อระยะก่อนที่อุณหภูมิจะคงที่ไว้ที่ 15 เซนติเมตร และพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความหนา 12 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อไม่เกิน 1 นิ้ว เพราะเมื่อใช้ท่อที่มีขนาดใหญ่ขึ้นนั้นขนาดความหนาของพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กนั้นก็จะต้องเพิ่มขึ้นตาม ซึ่งจะทำให้ระบบโครงสร้างอาคารนั้นมีความสิ้นเปลืองมากขึ้น และควรฝังท่อไว้ใกล้กับผิวด้านนอกที่รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงโดยวัดจากผิวคอนกรีตด้านนอกเข้าไป 3.5 เซนติเมตรและควรอยู่ใต้เหล็กเสริมสำหรับงานโครงสร้าง ซึ่งจะช่วยไม่ให้มีการสะสมความร้อนจากตัวคอนกรีตที่อยู่ด้านบน (จากภาพที่ 5.2)

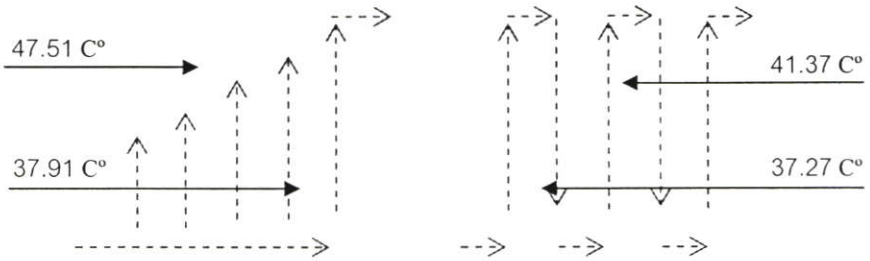


ภาพที่ 5.2 แสดงผลการทดลองที่ 4.2

5.3 การกำหนดรูปแบบการจัดวางแนวท่อ

จากการทดสอบหาระยะห่างของท่อน้ำ เราสามารถกำหนดรูปแบบการจัดวางระยะห่างของท่อน้ำได้ตามผลการทดสอบที่ 4.3

ดังนั้นจากการวิเคราะห์จัดวางแนวท่อควรเป็นในรูปแบบวางท่อเป็นรูปตัว U วนซ้ำกันไปในรูปแบบที่ 2 เนื่องจากในรูปแบบที่ 1 ลักษณะการถ่ายเทของน้ำในท่อที่อยู่ท้ายสุดจะมีแรงดันน้ำสูงกว่าท่ออื่น จึงทำให้เกิดจุดที่สะสมความร้อนดังรูป (จากภาพที่ 5.3)



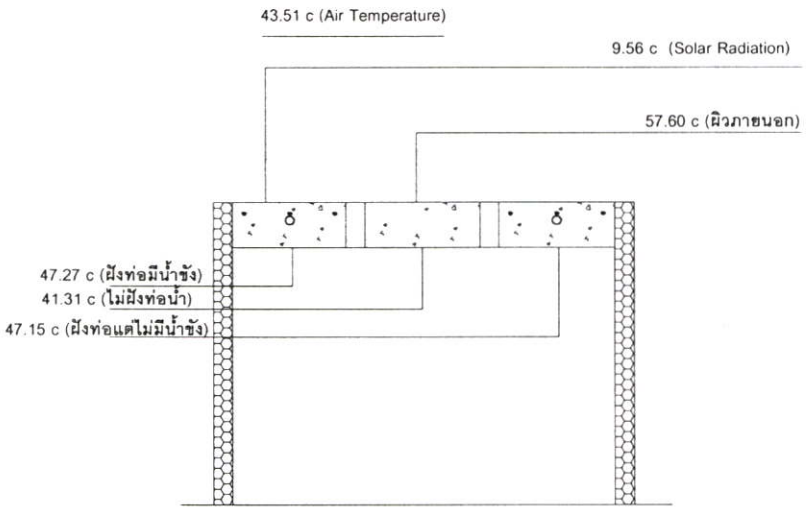
ภาพที่ 5.3 แสดงผลการทดลองที่ 4.3

5.4 ประสิทธิภาพในการลดการส่งผ่านความร้อน

5.4.1 การทดสอบเปรียบเทียบระหว่างหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีท่อน้ำเปล่าๆ กับหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีท่อน้ำแต่มีน้ำขังไว้ และหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่มีท่อน้ำ

จากการทดลองชุดที่ 4.4.1 พบว่าการขังน้ำในท่อโดยไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำนั้นทำให้เกิดความร้อนสะสมจนสูงกว่าอากาศภายนอกจะส่งผลทำให้น้ำจะถ่ายเทความร้อนออกมาแทน และเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีการฝังท่อน้ำแต่ไม่มีน้ำนั้นอุณหภูมิก็สูงกว่า

เนื่องมาจากน้ำมีค่าความจุความร้อนสูงกว่าอากาศจึงทำให้น้ำเป็นตัวสะสมความร้อนและแผ่ความร้อนออกมา ซึ่งจะมีค่าความต่างของอุณหภูมิระหว่างพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีการฝังท่อน้ำกับไม่ได้ฝังท่อน้ำอยู่ที่ 5.96 องศาเซลเซียสในช่วงเวลาที่มีการแผ่รังสีความร้อนมากที่สุด (จากภาพที่ 5.4)



ภาพที่ 5.4 แสดงผลการทดลองที่ 4.4.1

5.4.2 การทดสอบการขังน้ำและปล่อยน้ำในเวลาที่แตกต่างกัน

5.4.2.1. ขังน้ำนาน 15 นาทีปล่อยน้ำ 30 วินาที

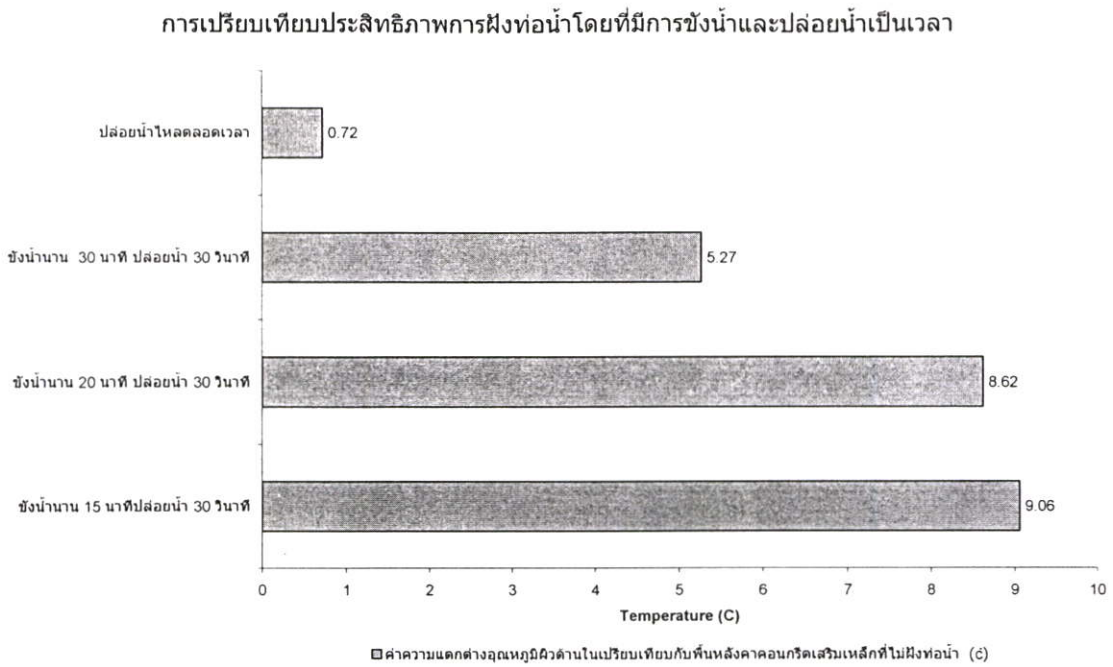
5.4.2.2. ขังน้ำนาน 20 นาที ปล่อยน้ำ 30 วินาที

5.4.2.3. ขังน้ำนาน 30 นาที ปล่อยน้ำ 30 วินาที

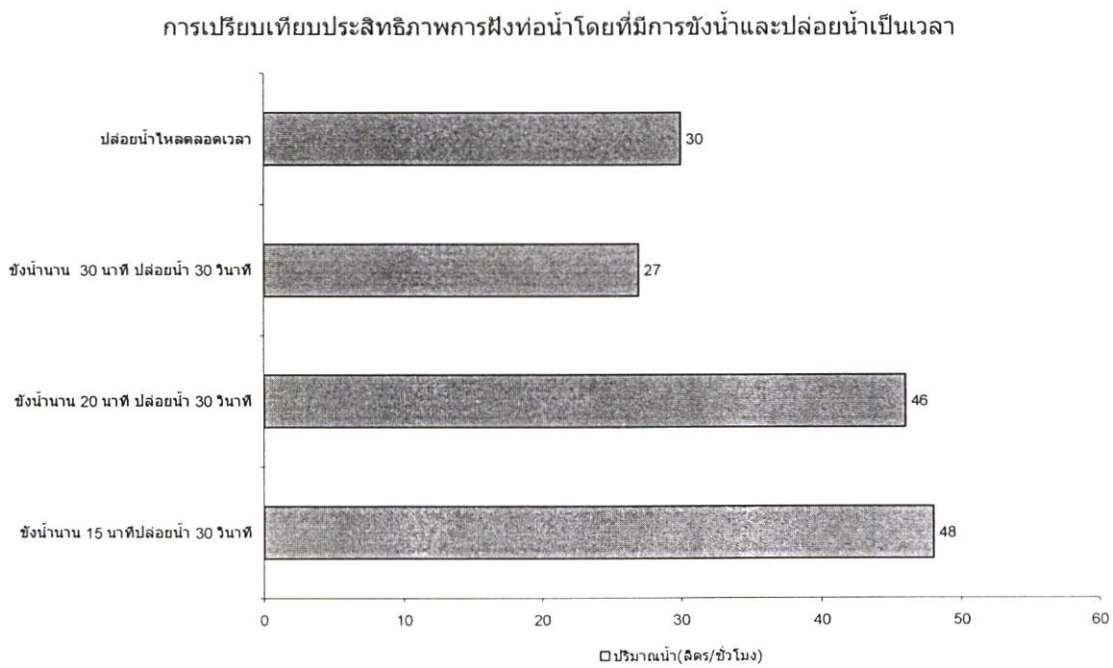
5.4.2.4 ปล่อยน้ำไหลตลอดเวลา

โดยที่แต่ละการทดลองเปรียบเทียบกับหลังคาคอนกรีตเหล็กที่ไม่มีท่อด้วย

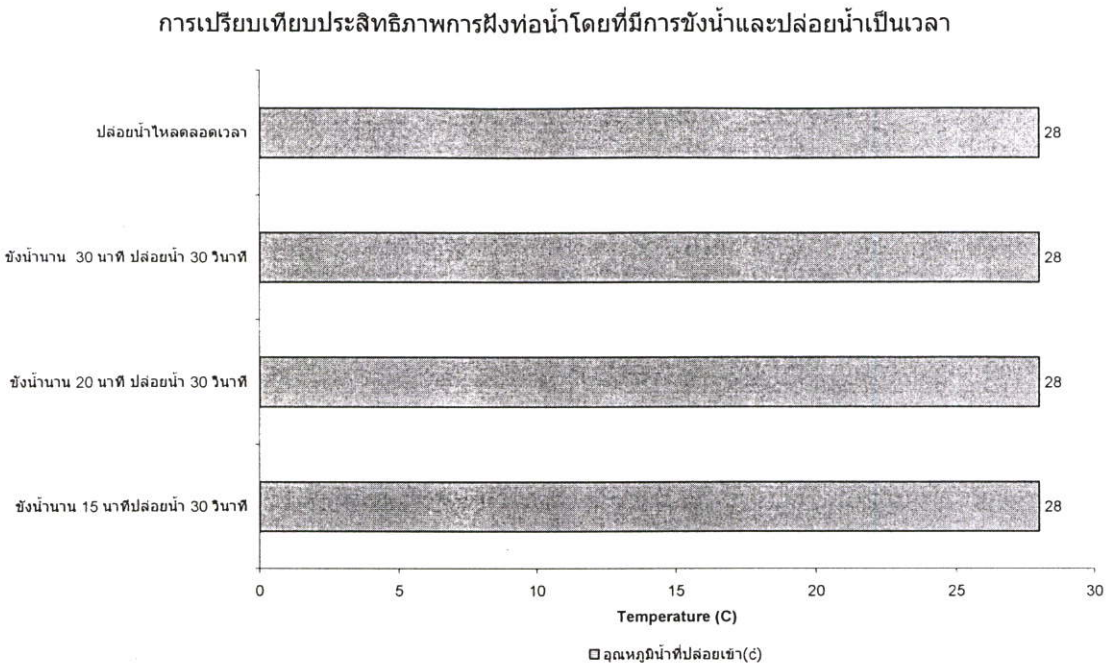
จากการทดสอบพบว่า การขังน้ำไว้นาน 15 นาทีแล้วปล่อยน้ำ 30 วินาที มีผลทำให้อุณหภูมิที่ผิวพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กด้านใน มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่ได้ฝังท่อน้ำมากที่สุด 9.06 องศาเซลเซียสเมื่อช่วงเวลา 17.35 น. เมื่อเทียบ กับพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่ได้ใช้เทคนิคนี้ ซึ่งมีการใช้น้ำในการลดอุณหภูมิในการทดสอบนี้เป็นจำนวน 48 ลิตร/ชั่วโมง โดยที่น้ำที่ได้จากการทดสอบมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 42.3 องศาเซลเซียส จากอุณหภูมิน้ำที่ปล่อยเข้าไปที่ 28 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สูงพอสมควร สำหรับการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ด้านอื่นต่อไป เช่นการนำไปใช้กับเครื่องล้างจาน เป็นต้น



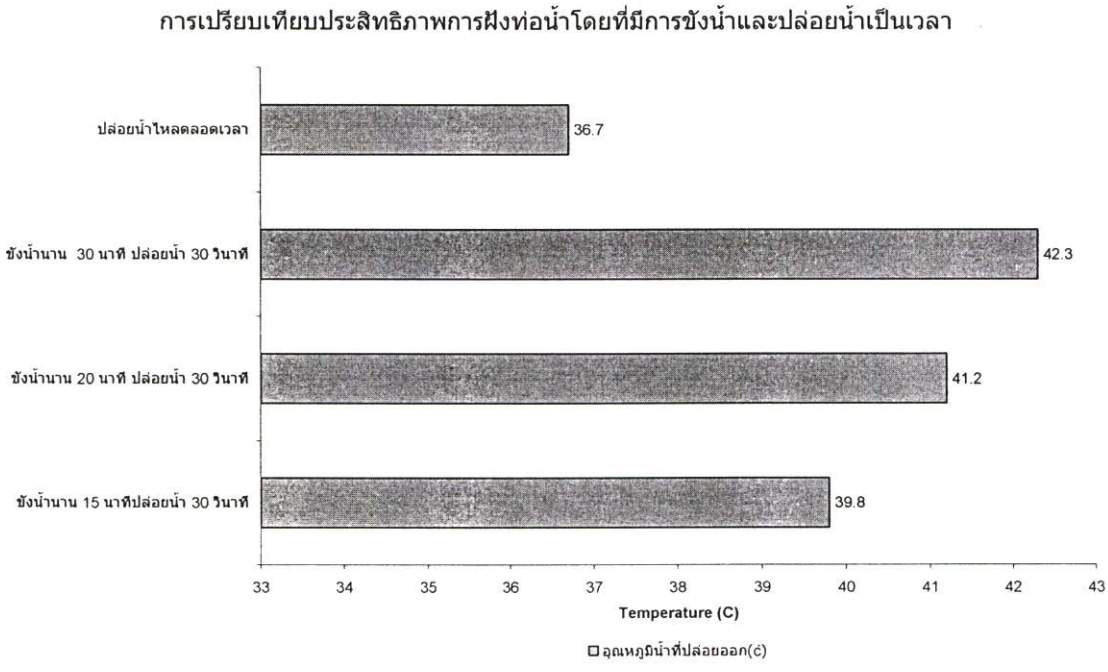
ภาพที่ 5.5 ค่าความแตกต่างอุณหภูมิผิวด้านในเปรียบเทียบกับพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่ฝังท่อน้ำ



ภาพที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำ (ลิตร/ชั่วโมง)



ภาพที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำที่ปล่อยเข้าระบบ



ภาพที่ 5.8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำที่ปล่อยออกจากระบบ

5.5 การทดสอบเปรียบเทียบเมื่อหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กมีพื้นที่เพิ่มมากขึ้น

ผลจากการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าเมื่อหลังคามีพื้นที่ใหญ่ขึ้นนั้นจะมีผลต่อระยะเวลาการขังน้ำและปล่อยน้ำ เนื่องด้วยหลังคานั้นไม่สามารถแยกเป็นชิ้นมาต่อกันได้จำเป็นต้องเทพื้นในคราวเดียวกันทั้งหมด ดังนั้นควรจะแยกระบบเป็นชุดไม่ควรวางท่อยาวเป็นชุดเดียวกัน ซึ่งในระบบนี้ไม่เหมาะสมกับพื้นหลังคาที่มีขนาดใหญ่มากเกินไป เพราะจะต้องใช้น้ำที่มาหมุนเวียนในระบบนี้เพื่อลดการส่งผ่านความร้อนนั้นเป็นจำนวนมากเกินจำนวนปริมาณที่ใช้ใน ชีวิตประจำวันต่อคน

5.6 ปริมาณพลังงานที่ใช้กับระบบ

จากผลการทดลองที่ได้ การลดความร้อนที่พื้นผิวภายในของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ส่งผ่านเข้ามาของรังสีดวงอาทิตย์ ด้วยวิธีการตามการทดลองชุดที่ 4.4.3.1 คือการขังน้ำไว้ในท่อนาน 15 นาทีแล้วปล่อยน้ำ 30 วินาทีจะมีการสิ้นเปลืองพลังงานจากปั๊มน้ำที่ต้องใช้ในการส่งน้ำเพียงแค่ 4 ครั้งต่อชั่วโมงสำหรับการทำงานของปั๊ม รวมเป็น 2 นาทีต่อชั่วโมง สำหรับการใช้เทคนิคนี้ และหากใช้เทคนิคนี้ในช่วงระยะเวลา 11.00 – 18.00 น. ก็จะใช้เวลาทั้งสิ้น 7 ชั่วโมงคิดเป็นการใช้พลังงานจากปั๊มน้ำที่จะต้องทำงานเพียง 14 นาที (การคำนวณคิดมาจากขนาดพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้สำหรับการทดลอง) เมื่อขนาดของพื้นหลังคาใหญ่ขึ้นก็จะมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นตามลำดับ

บทที่ 6
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษา การออกแบบและทดสอบเทคนิคการลดอุณหภูมิของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ด้วยวิธีการฝังท่อน้ำไว้ภายใน เพื่อลดการส่งผ่านความร้อนที่จะเข้าสู่ภายใน โดยผ่านทางพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่ได้รับผลกระทบจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ โดยอาศัยน้ำที่ขังไว้ในท่อเป็นตัวกลางในการพาความร้อนออกไปหลังจากที่พื้นหลังคา คอนกรีตเสริมเหล็กได้ส่งผ่านความร้อนมายังท่อน้ำและส่งไปยังน้ำที่ขังไว้ภายใน

ผลที่ได้จากการทดสอบในสภาวะแวดล้อมจริง ทำให้ทราบผลการทดสอบว่าเทคนิคนี้สามารถลดความร้อนที่ส่งผ่านพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กได้จริง ตามวัตถุประสงค์และสมมุติฐานที่ตั้งไว้ของการวิจัย ซึ่งสามารถจำแนกผลการทดลองได้เป็น 2 จำพวกใหญ่ๆ ได้แก่

6.1 ผลการทดสอบเพื่อหาอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้กับเทคนิคและการวิจัยนี้

ผลการทดสอบ สรุปได้ดังนี้

1. วัสดุของท่อน้ำที่ใช้ฝังในพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก

ผลการทดสอบที่ได้ ท่อน้ำเหล็กชุบสังกะสี ขนาดความหนา 2 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว เป็นวัสดุที่พิจารณาว่าเหมาะสมกับการใช้งานและสะดวกในการจัดซื้อ

2. แนวทางการจัดวางท่อที่ใช้ฝังในพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก

ผลการทดสอบการหาระยะห่างในการฝังท่อน้ำ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการลดการส่งผ่านความร้อน การจัดวางแนวท่อระยะห่างไม่เกิน 15 เซนติเมตร และฝังท่อน้ำจากผิวพื้นหลังคาคอนกรีตด้านนอก 3.5 เซนติเมตร

3. รูปแบบการวางท่อ

ผลการทดสอบหารูปแบบในการจัดวางแนวท่อ ควรวางแนวท่อให้มีลักษณะเป็นรูปตัว U ที่วนซ้ำกันเพื่อการถ่ายเทไหลเวียนของน้ำได้เกิดประสิทธิภาพที่สุด

6.2 ผลการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพในการลดความร้อน

ผลการทดสอบ สรุปได้ดังนี้

6.2.1 เปรียบเทียบระหว่างมีท่อน้ำฝังไว้กับไม่มีท่อน้ำฝัง

จากการทดสอบสรุปได้ว่าหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีการฝังท่อน้ำสามารถช่วยลดอุณหภูมิที่พื้นผิวภายในและอุณหภูมิภายในได้จริงซึ่งสามารถลดอุณหภูมิภายในได้ 3.5-4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่พื้นผิวภายในสามารถลดได้สูงสุด 9.06 องศาเซลเซียส

6.2.2 เปรียบเทียบการขังน้ำไว้ภายในท่อกับปล่อยน้ำตามระยะเวลา

จากการทดสอบ การขังน้ำไว้ภายในท่อไม่สามารถช่วยลดอุณหภูมิได้ เนื่องจากเมื่อน้ำสะสมความร้อนมากขึ้น น้ำจะคลายความร้อนออกสู่พื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กทำให้ไม่เกิดประสิทธิภาพในการช่วยลดความร้อน และเมื่อมีการปล่อยน้ำตามระยะเวลาที่ทดสอบสามารถช่วยลดความร้อนได้จริงตามสมมุติฐาน

6.2.3 ระยะเวลาการขังน้ำและปล่อยน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการช่วยลดการส่งผ่านความร้อน

การเปิด-ปิดน้ำตามระยะเวลาที่ผ่านการทดสอบแล้วว่ามีประสิทธิภาพสูงสุด เป็นการขังน้ำไว้ภายในท่อ 15 นาที และปล่อยน้ำ 30 วินาที สามารถช่วยลดอุณหภูมิที่พื้นผิวภายในของหลังคาคอนกรีตได้สูงสุด 9.06 องศาเซลเซียสและเมื่อเทียบกับหลังคาคอนกรีตที่ไม่มีการฝังท่อน้ำโดยเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอกนั้น มีความต่างอยู่ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 3.5 – 4 องศาเซลเซียส และน้ำที่ถ่ายเทออกจากท่อนั้นยังสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้

6.2.4 การเปรียบเทียบระหว่างการขังน้ำและปล่อยน้ำเป็นเวลากับน้ำไหลตลอดเวลา

จากการทดสอบพบว่า การเปิดน้ำไหลตลอดเวลาสามารถลดอุณหภูมิได้ในระดับต่ำกว่าการขังน้ำและปล่อยน้ำเป็นเวลา หากแต่น้ำที่ผ่านกระบวนการสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้แต่ไม่คุ้มค่าเท่ากับการขังน้ำและปล่อยน้ำเป็นเวลา

6.3 ประโยชน์และการนำผลงานวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบ

การศึกษาการลดการส่งผ่านความร้อนของพื้นหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ด้วยวิธีการฝังท่อน้ำไว้ในพื้นหลังคาคอนกรีตเพื่อลดการส่งผ่านความร้อนที่จะเข้าสู่ภายใน สามารถนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับการออกแบบ โดยสามารถนำไปใช้กับอาคารขนาดเล็ก อาคารพาณิชย์ และอาคารที่ต้องการรูปทรงของอาคารที่ต้องการหลังคาแบน หรือรูปทรงอาคารที่เป็นกล่อง ซึ่งในระบบนี้จะช่วยลดความร้อนที่ส่งผ่านหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กได้โดยตรง ซึ่งผลที่ได้ไม่เพียงช่วยลดอุณหภูมิแล้วยังสามารถนำน้ำที่ผ่านระบบ กลับมาใช้ประโยชน์กับเครื่องทำน้ำอุ่น หรืออุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นที่ต้องมีการปรับอุณหภูมิน้ำก่อนที่นำไปใช้ ทำให้การใช้พลังงานในส่วนนี้ ลดลงได้อีก

6.4 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลอง มีปัจจัยประกอบด้วยกันหลายด้าน ทั้งทางสภาพภูมิอากาศ และสภาพแวดล้อม และระยะเวลา จึงทำให้กำหนดขอบเขตในการทำวิจัยนี้ ดังนั้นจึงมีข้อเสนอแนะไว้ ดังนี้

6.4.1 ในการศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมอุณหภูมิของน้ำที่ให้อุณหภูมิของน้ำนั้นให้อยู่ในเกณฑ์ที่ใช้สำหรับการทดลองนั้น เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ เช่นการใช้ระบบการฝังท่อน้ำไว้ในคอนกรีตโดยอาศัยความเย็นจากน้ำหรือดินเป็นต้น

6.4.2 การใช้ระบบนี้กับหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีขนาดใหญ่ขึ้นต้องศึกษาระบบโครงสร้างอาคารประกอบด้วย เนื่องจากระบบนี้อาจจะแยกเป็นชุดที่มีขนาดเล็กและนำมาต่อกันเป็นพื้นขนาดใหญ่ได้

6.4.3 อาจใช้ระบบนี้ซ้อนทับบนพื้นหลังคาคอนกรีตเพื่อหลีกเลี่ยงการรั่วซึมของหลังคาและขนาดของชุดที่ทำการทดลองก็สามารถทำให้มีขนาดเล็กลงได้ และนำมาต่อกันเพื่อให้สะดวกต่อการติดตั้งและไม่ซับซ้อน

6.4.4 การทดสอบเกี่ยวกับค่าการสะท้อนของสีที่ผิวผนังที่มีผลต่อการดูดซับความร้อน

บรรณานุกรม

ตรึงใจ บูรณสมภพ , ศ.ดร. 2539. **การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน.** กรุงเทพฯ

พรอรรถ สิงหเสนี. 2548. **การลดอุณหภูมิของอาคารด้วยวิธีการฝังท่อน้ำภายในผนัง.** วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา สถาปัตยกรรมเขตร้อน บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สมสิทธิ์ นิตยะ,รศ.. 2545. **การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Andras Zold, Steven V. Szokolay. 1997. **Thermal Insulation.** Queensland : The University of Queensland.

Jan F. Kreider,Frank Kreith. 1997. **Solar Heating and Cooling.** New York : Mc Graw-Hill.

Kenneth E Miller. 1993. **Building control systems.** 2nd ed. New York : John Wiley & Sons.

Kevin Ireton. 1999. **The best of Home building Energy-Efficient Building.** USA : The Tauntion Press.

Klaus Daaniels. 1997. **The Technology of Ecological Building**. USA : Birkhaiser Verlag.

Vincent Jones. 1982. **Neufert Architects's data.** New York : 2nd ed. John Wiley & Sons.

http://www.Kieferklima.de

http://www.naturalcooling.com/

http://www.radiantpanelassociation.org/

http://www.toolbast.org.

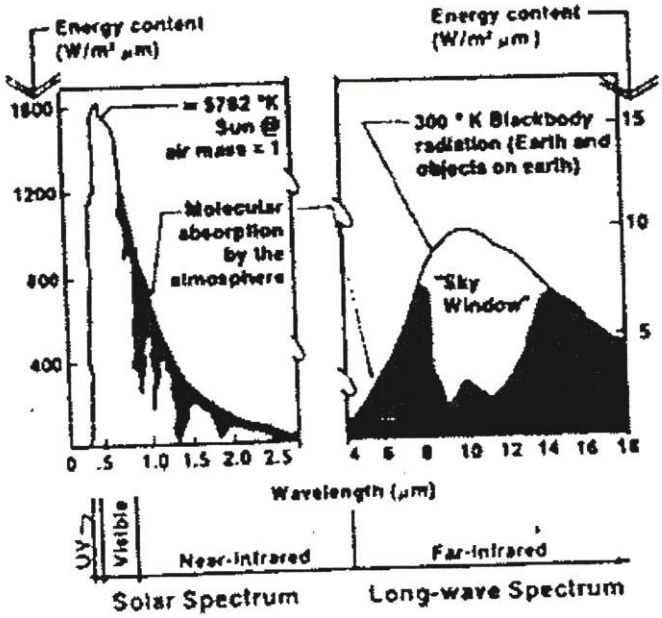
ภาคผนวก

การส่งผ่านพลังงาน

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานโดยส่งในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วงยาวคลื่นระหว่าง 290 – 2300 (nm = สิบยกกำลังลบเก้า) ในลักษณะคลื่นสั้นและคลื่นยาว โดย

รังสีคลื่นสั้น คือ คลื่นรังสีที่อยู่ในความยาวคลื่น ระหว่าง 0.4 - 0.7 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นคลื่นที่ตาเปล่ามนุษย์สามารถมองเห็นได้ สามารถนำแก้วปริซึมมาแยกออกเป็นสีต่างๆ ได้ 7 สี ซึ่งเรียกว่าสเปกตรัมของแสงความร้อนที่เกิดจากรังสีคลื่นสั้นนี้ จะเป็นความร้อนในรูปของแสงสว่าง โดยจะมีคลื่นรังสีไวโอเลต ส่วนหนึ่ง (0.3 – 0.4ไมครอน) รวมอยู่ในคลื่นด้วย ซึ่งจะมีผลต่อผิวหนังมนุษย์ สีและการเสื่อมสภาพของวัสดุ รังสีคลื่นสั้นจะสะท้อนได้ดี ในวัตถุสีขาวหรือสีอ่อน แต่จะดูดซึมในวัตถุสีทึบหรือสีดำ

รังสีคลื่นยาว คือรังสีที่อยู่ในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 0.7 – 1.5 ไมโครเมตร เป็นคลื่นรังสีความร้อนที่ตาเปล่ามนุษย์ไม่สามารถมองเห็นได้ รังสีในช่วงคลื่นนี้จะประกอบด้วย รังสีเนียอินฟาเรด และ ฟาอินฟาเรด ผลกระทบของรังสีทั้งสอง คือเมื่อ รังสีคลื่นยาวกระทบวัตถุใดๆ จะเกิดปฏิกิริยาทำให้วัตถุนั้นมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น รังสีคลื่นยาวจะสะท้อนได้ดีในวัตถุที่มีผิวมันและเงา เช่น อลูมิเนียมฟอยล์



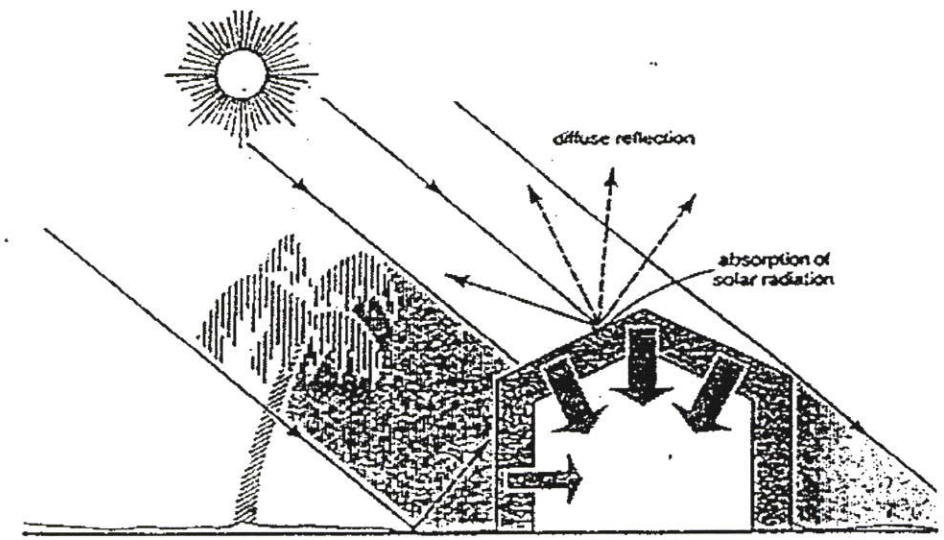
พลังงานจากดวงอาทิตย์ที่ส่งผลต่ออาคาร

ดวงอาทิตย์ส่งผ่านพลังงานสู่อาคารในลักษณะคลื่นไฟฟ้า โดยคลื่นที่ส่งผลทำให้อาคารมีอุณหภูมิสูงขึ้นคือ รังวีความร้อน โดยสามารถอธิบายประเภทของรังสีที่ส่งผลต่ออาคารได้ดังนี้

รังสีตรง (Direct radiation) มีความยาวคลื่นประมาณ 0.3 - 4 ไมครอน จะเป็นรังสีคลื่นสั้น ซึ่งเคลื่อนที่จากแหล่งพลังงานผ่านบรรยากาศมายังผิวโลก มีทิศทางที่สามารถคำนวณได้แน่นอน

รังสีกระจาย (Diffuse radiation) เป็นรังสีคลื่นสั้นที่ถูกกระเจิง โดยโมเลกุลของอากาศไอน้ำ และฝุ่นละออง มีทิศทางไม่แน่นอน

รังสีรวม (Total or global radiation) เป็นผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจาย เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบวัตถุต่างๆ บนพื้นโลก จะทำให้วัตถุเหล่านั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้นและแผ่รังสีอินฟาเรด ซึ่งเป็นรังสีคลื่นยาว โดยมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 0.7 – 1.5 ไมโครเมตร



การนำความร้อน (Conduction)

การเคลื่อนที่ของความร้อนโดยลักษณะการนำเกิดขึ้นโดย ความร้อนจะส่งผ่านอุณหภูมิที่สูงกว่าไปยังอุณหภูมิที่ต่ำกว่า โดยอาศัยตัวกลางคือ การสั่นของโครงสร้างโมเลกุลของวัตถุ หากไม่มีการสั่นของโมเลกุลการส่งผ่านของความร้อนโดยการนำจะไม่เกิดขึ้น เช่น บริเวณ สุญญากาศจากคุณสมบัติทางโครงสร้างโมเลกุล ของวัตถุที่แตกต่างกัน ทำให้อัตราการผ่านความร้อน ของวัตถุแต่ละชนิดย่อมแตกต่างกัน

การนำความร้อนผ่านวัตถุ ในพื้นที่ที่กำหนด จะใช้สมการดังนี้

$$Qc. = a \times u \times \Delta T$$

เมื่อ $Qc.$ = อัตราตัวนำความร้อนเป็นวัตต์

a = พื้นที่ผิวเป็นตารางเมตร

u = ค่า Transmittance เป็นวัตต์ต่อตารางเมตร องศาเซลเซียส

ΔT = อุณหภูมิแตกต่าง

ถ้ามีการสูญเสียความร้อนเกิดขึ้นจากอาคาร

$$\Delta T = ti - to$$

ถ้ามี Heat gain เกิดขึ้นในอากาศ(เปิดแอร์ภายใน)

$$\Delta T = to - ti$$

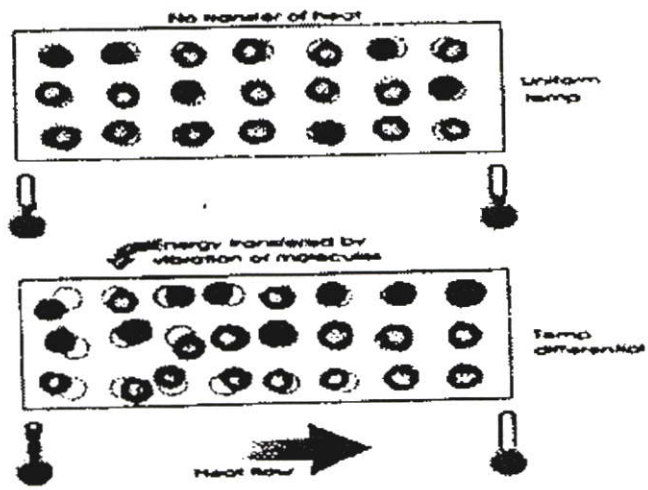
และกรอบอาคารถูกแดดโดยตรง

$$\Delta T = ts - ti$$

เมื่อ ti = อุณหภูมิภายใน

เมื่อ ts = อุณหภูมิผิวภายนอกวัสดุ

หากอาคารมีกรอบอาคารแตกต่างชนิดกันก็ให้คิดเฉพาะแต่ละกรอบอาคารแล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มารวมกัน



การพาความร้อน (Convection)

จะมีตัวกลางเป็นตัวพาความร้อน โดยทั่วไปจะเป็นก๊าซหรือของเหลว การเคลื่อนที่ของอุณหภูมิเกิดขึ้นโดยการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิระหว่างโมเลกุล โดยมีองค์ประกอบที่เกี่ยวเนื่อง 3 ข้อคือ

- อุณหภูมิที่แตกตางกัน
- อัตราการเคลื่อนที่ของตัวกลางในหน่วยของกิโลกรัมต่อวินาทีหรือ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
- ค่าการนำความร้อนของตัวกลาง ในหน่วยของจูลต่อกิโลกรัม องศาเซลเซียส หรือเป็นจูลต่อลูกบาศก์เมตรองศาเซลเซียส

อัตราการพาความร้อนใช้สูตรดังนี้

$$qv = 1300 \times v \times \Delta T$$

เมื่อ .v. = ความร้อนจากอัตราการระบายอากาศเป็นวัตต์

1300 = ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนของอากาศเป็นปริมาตรจูลต่อลูกบาศก์ เมตรต่อองศาเซลเซียส

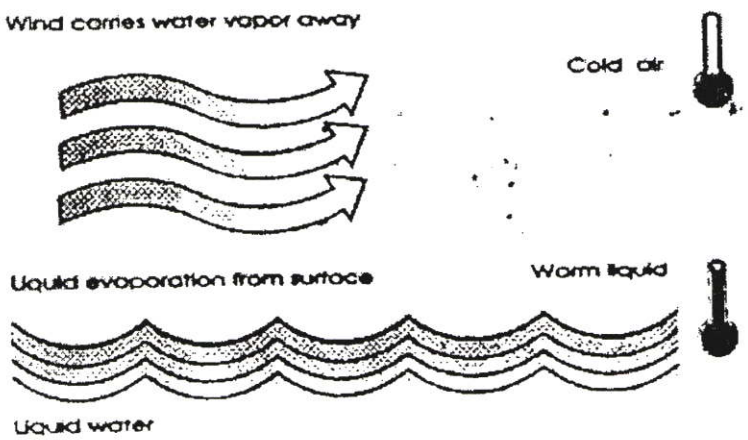
v = อัตราการระบายอากาศหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

ΔT = อุณหภูมิที่แตกต่าง เป็นองศาเซลเซียส

ถ้ากำหนดตัวเลขของ อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ ต่อชั่วโมงให้ (N) อัตราการระบายอากาศก็สามารถหาได้ดังนี้

$$V = \frac{N \times \text{ปริมาตรของห้อง}}{3600}$$

(3600 คือ เปลี่ยนชั่วโมงให้เป็นวินาที)

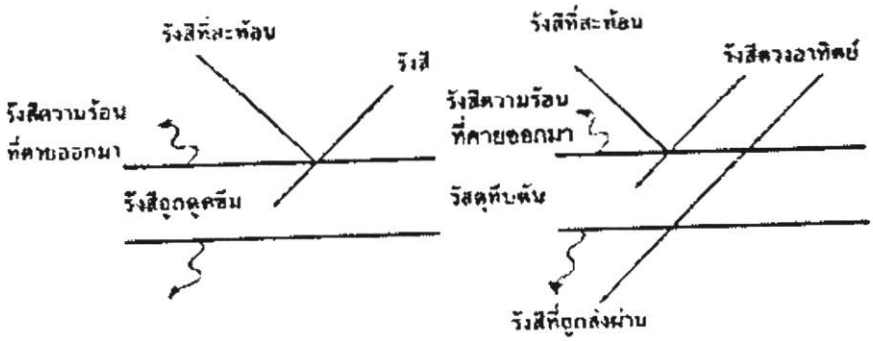


การแผ่รังสี (Radiation)

การแผ่รังสีของวัตถุจะขึ้นอยู่กับสภาพพื้นผิวของวัสดุที่คายรังสีและพื้นผิวของวัตถุ วัสดุต่างๆ จะมีค่าการดูดความร้อน (Absorptivity) การสะท้อนรังสีความร้อน (Reflectivity) ต่างกัน วัสดุที่มีค่าดูดซึมรังสี ฟาอินฟาเรด คือวัสดุผิวหยาบ คุณสมบัตินี้เรียกว่า การคายความร้อน (Emissivity) โดยมีแนวความคิดที่สามารถอธิบายคุณสมบัติดังกล่าวคือ

- ค่าการคายความร้อน (ε) คือความสามารถของวัสดุและพื้นผิวที่สามารถแผ่พลังงานออกมา
- ค่าการดูดความร้อน (α) คือความสามารถของวัสดุและผิวในการดูดซึมความร้อน
- การสะท้อนรังสีความร้อน (φ) คือความสามารถของวัสดุที่สามารถแผ่รังสีความร้อนออกมา
- การถ่ายเทความร้อน (τ) คือค่าการผ่านเข้ามาได้ของปริมาณความร้อน ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังนี้

ค่าการคายรังสีมีช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 1 ในวัสดุใดๆ ค่าการคายรังสี รวมกับค่าการส่งผ่านรังสี รวมกับค่าการสะท้อนรังสี จะต้องเท่ากับหนึ่ง วัสดุที่มีผิวทึบตัน จะมีค่าการการส่งผ่านรังสีเท่ากับศูนย์ ในการพิจารณา ค่าการสะท้อนและดูดซึมของวัสดุต่อรังสีพบว่า หากรังสีเป็นช่วงคลื่น ฟาอินฟาเรด มีการตอบสนองทั้งในด้านสะท้อน และดูดซึมแตกต่างจากแสงอาทิตย์เช่น วัสดุสีขาวจะสะท้อนแสงอาทิตย์ได้ดี และวัสดุสีดำจะสามารถดูดซึมแสงอาทิตย์ในช่วงคลื่น ฟาอินฟาเรด วัสดุสีขาวจะดูดซึมพลังงานได้มากกว่าเล็กน้อย



การศึกษารูปทรงของหลังคาที่มีผลต่อการป้องกันความร้อนจากหลังคา

หลังคาที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ ส่วนใหญ่เป็นหลังคาที่ใช้กับบ้านพักอาศัยหรืออาคารขนาดเล็ก ซึ่งมีช่วงพาด (Span) ขนาดธรรมดาที่เป็นโครงสร้างไม้หรือเหล็กเป็นส่วนใหญ่ ส่วนชนิดของหลังคาที่ต้องการขนาดในช่วงยาวมาก (Long Shane) จะกล่าวเพียงเล็กน้อยเพื่อเป็นหลักเบื้องต้นเท่านั้น

- หลังคาแบน (flat Roof) ใช้กับอาคารได้เกือบทุกชนิด ใช้กับส่วนที่เป็นทางเชื่อม (Coverd way) อาคารต่ออาคาร ส่วนที่เป็นเฉลียงหรือโรงรถ เป็นต้น การทำหลังคาแบนสามารถทำได้ 2 ชนิดคือ

- หลังคาแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก การทำหลังคาชนิดนี้ จำเป็นต้องทำให้ทีความลาดเอียงเล็กน้อย พอให้น้ำไม่ขังและระบายสู่เบื้องล่างได้ หลังคาแบบซึ่งไม่ทำระดับ จะเกิดปัญหาน้ำขังและเกิดปัญหาการแตกร้าวในที่สุด และความร้อนทำให้เกิดปัญหาความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิวของคอนกรีตเกิดการแตกร้าวยืดหดปละขยายตัวซึ่งเป็นผลโดยตรงต่อการรั่วซึมของพื้นคอนกรีตเป็นอย่างมาก

- หลังคาแบบมุงด้วยสังกะสีแผ่นเรียบ หลังคาชนิดนี้นิยมทำกันในขนาดเนื้อที่เล็กๆ จำเป็นต้องทำให้มีระดับลาดเอียงลงได้จะเป็นข้างเดียวหรือสองข้าง ทำระดับเพียงไม่ให้น้ำขังก็พอ โครงสร้างชนิดเบา เช่น ไม้หรือเหล็ก หลังคาชนิดนี้มีผลต่อการส่งถ่ายความร้อนเป็นอย่างยิ่ง เพราะตัวสังกะสีเป็นวัสดุที่มีส่วนต่อการถ่ายเทความร้อนได้โดยตรง

- หลังคาเพิงหมาแหงน (Shed Roof or Lean-to Roof) หลังคาชนิดนี้เป็นหลังคาที่มีความเอียงลาดลงข้างเดียว ง่ายต่อการก่อสร้าง ราคาถูก แต่ปัญหาค่อนข้างมาก เช่น การรับความร้อนโดยตรง หรือฝนโดยตรง ในส่วนด้านที่เป็นด้านเรียบมักมีปัญหาหลังการก่อสร้างแล้ว แต่มีส่วนดีคือในแง่การรับแสงสว่างจากธรรมชาติ

- หลังคามนิลา (Gable Roof) หลังคาชนิดนี้มีสันหลังคา

(Ridge) หน้าจั่ว (Gable) ความลาดเอียงทั้ง 2 ด้าน หลังคาลักษณะนี้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศแบบเขตร้อนชื้น แต่ต้องมีความลาดชันที่เหมาะสมด้วย ง่ายต่อการก่อสร้าง ประหยัดและเป็นที่นิยม

- หลังคาปั้นหยา (Hip Roof) หลังคาชนิดนี้เหมาะสำหรับอาคารที่มีขนาดใหญ่ ไม่นิยมกับอาคารขาดเล็ก มีความยุ่งยากในการวางโครงหลังคา มีความลาดเอียงของหลังคาลาดลงทุกด้านป้องกันแดดฝนได้ดี มีรายละเอียดส่วนประกอบหลังคามากกว่าส่วนประกอบของโครงสร้างแบบอื่น และแตกต่างออกไป จากหลังคาที่กล่าวมาเป็นที่นิยมใช้ทำให้อาคารดูมีลักษณะดีกว่าแบบเรียบทั่วไป แต่เก็บสะสมความร้อนไว้ใต้หลังคาเป็นอย่างดี มีผลต่อการส่งผ่านความร้อนสู่ภายในอาคาร

- หลังคาปีกผีเสื้อ (Double Lean – to Roof) ลักษณะหลังคาชนิดนี้ไม่ค่อยมีผู้นิยมใช้มากนักในปัจจุบัน เนื่องจากป้องกันแดดฝนได้น้อยกว่าหลังคาชนิดอื่น ชายคาทั้ง 4 ด้านของหลังคาชนิดนี้เปิดรับแดดและฝนทุกด้าน นอกจากมีการดัดแปลงเสียใหม่ให้บังแดดฝนได้ดี แต่ทำให้สิ้นเปลืองมาขึ้น หลังคาชนิดนี้มีรางน้ำกลางบ้านคืออยู่ระว่างปลายลาดสุดของหลังคามาชนกัน ไม่นิยมทำรางสังกะสี ส่วนมากจะใช้รางน้ำคอนกรีตเสริมเหล็กแทน

- หลังคาแกมเบรล (Gambrel Roof) หลังคาชนิดนี้ ไม่นิยมใช้ในบ้านเรา ส่วนใหญ่ใช้กับประเทศเมืองหนาว ส่วนมากมีองศาความลาดชันสูง เพื่อประโยชน์ของห้องพักใต้หลังคา

- หลังคาฟันเลื่อย (Saw-Tooth Roof) ส่วนมากนิยมใช้กับโรงงานร ซึ่งต้องการเนื้อที่ใช้สอยกว้าง ๆ โดยมีเสาน้อย โครงสร้างเป็นโครงสร้างชนิดมีช่วงพาด ส่วนฟันเลื่อยเป็นช่องแสงสว่างสีพื้น

- หลังคาดอร์มเมอร์ (Dormer) เป็นหลังคาเล็กบนหลังคาใหญ่อีกทีหนึ่งเพื่อประโยชน์ ในเมื่อเป็นห้องใต้หลังคา สำหรับติดหน้าต่างระบายอากาศให้แล้ว หรือช่องระบายอากาศใต้หลังคา

- หลังคามังซา (Mansard Or Curd Roof) ลักษณะการใช้สอยคล้ายแกรมเบล แต่มีลาดหลังคามาทั้ง 4 ด้าน ลักษณะคล้ายปั้นหยา

หลังคา (Deck Roof) ลักษณะหลังคาปั้นหยา แต่ส่วนบนสุดเป็นหลังคาแบนไม่มีสัน

อิทธิพลที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของหลังคา

หลังคาอาคารเป็นส่วนสำคัญที่มีการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกสู่ภายใน คุณสมบัติของมวลสารที่มีการกักเก็บความร้อนและการหน่วงเวลาการถ่ายเทความร้อน ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อช่วงเวลาที่เกิดภาระการทำความเย็นสูงสุดของระบบปรับอากาศ ซึ่งจะมีผลต่อการใช้พลังงาน (Cooling Load) และอิทธิพลต่างๆ เหล่านี้ ประกอบไปด้วย

ความจุความร้อน (Heat Capacity)

มวลสารของวัสดุต่างๆ จะมีคุณสมบัติเฉพาะตัวในการกักเก็บความร้อน และยอมให้มีการถ่ายเทความร้อนที่มีอัตราที่แตกต่างกัน เรียกว่า "ค่าความจุความร้อนของวัสดุ" หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิของวัสดุสูง 1 องศาโดยทั่วๆ ไป วัสดุที่มีมวลมาก (heavy materials) เมื่อเปรียบเทียบต่อปริมาตร มักจะมีค่าความจุความร้อนสูง แต่น้ำมีค่าความจุความร้อนที่สูงมากแม้ว่าจะไม่จัดอยู่ในวัสดุที่มีมวลมาก เนื่องจากน้ำเป็นมวลสารประเภท middleweight materials โดยพิจารณาได้จากตารางประกอบที่ 2.1

ในทางด้านสถาปัตยกรรมจะมุ่งเน้นไปที่เรื่องของคุณสมบัติความจุความร้อนต่อปริมาตร หรือที่เรียกว่า ค่าความจุความร้อน (Heat capacity)

ตารางที่ ผ.1 แสดงค่า Heat Capacity of Materials Volume

Materials	Heat Capacity per Volume (btu/ft^3 - °F)
Water	62.4
Steel	59
Wood	26
Brick	25
Concrete(Stone)	22
Foam insulation	1
Air	0.02

ที่มา : หนังสือ Heating Cooling Lighting โดย Norbert Lechner.1991 p.125

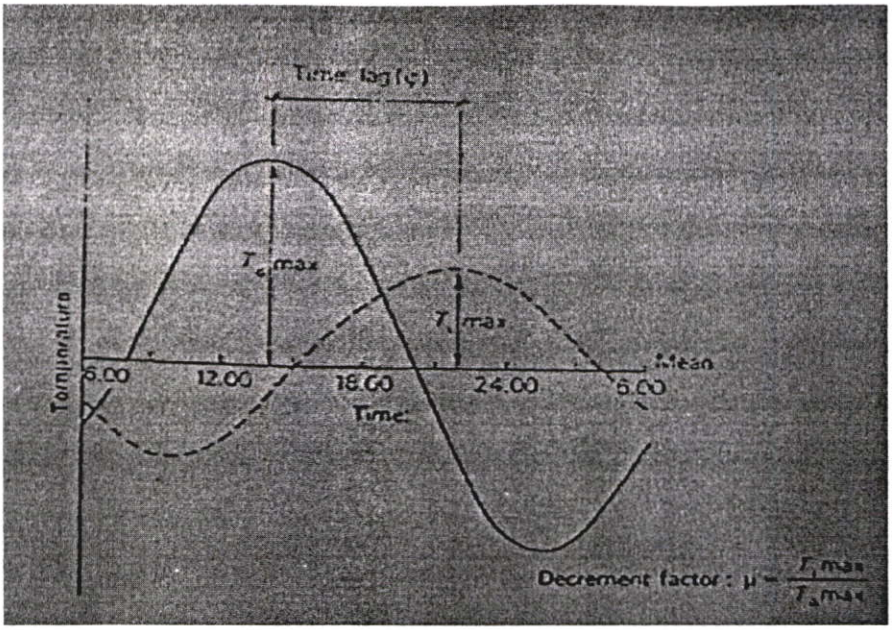
ค่าความต้านทานอุณหภูมิ (Thermal Resistance)

ค่าความต้านทานมีค่าตรงกันข้ามกับค่าการส่งผ่านความร้อน หรือสภาพที่ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนได้น้อยหรือได้ไม่ดี เราเรียกคุณสมบัตินี้ว่า "ค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุ หรือ Thermal Resistance ,R" คุณสมบัติค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุจะใช้ในการเปรียบเทียบความสามารถด้านการต้านทานความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด เพื่อให้ตรงกับประโยชน์การใช้งาน

การหน่วงเวลา (Time Lag)

เมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวของวัสดุใดๆ ด้านที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะมีการถ่ายเทความร้อนไปสู่ด้านที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ แต่อุณหภูมิด้านที่ต่ำกว่าจะยังไม่สูงขึ้นในทันที แต่จะค่อยๆ อุ่นขึ้นจนกระทั่งร้อน ภายในระยะเวลาหนึ่งจนถึงจุดอิ่มตัว (Fill up the heat capacity) ปรากฏการณ์การชะลอการถ่ายเทความร้อนนี้เรียกว่า การหน่วงเวลา หรือ Time lag

ปรากฏการณ์ Time lag จะสิ้นสุดลงเมื่อปริมาตรของความจุความร้อนมีการกักเก็บความร้อนเต็มที่ (The Storage tank is full) อีกทั้งภายใต้สภาวะคงที่จะไม่เกิด การหน่วงเวลาของการถ่ายเทความร้อนของวัสดุจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายๆ ประการ



ประโยชน์ของ Time Lag สำหรับการนำเอามาช่วยลดการถ่ายเทความร้อนที่จะเข้าสู่อาคาร ที่เห็นได้ชัดจะอยู่ในสภาพพื้นที่ที่มีภูมิอากาศเขตร้อนแห้ง (Hot and dry Climate) ที่ความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วง 1 วัน(Swing Temperature)

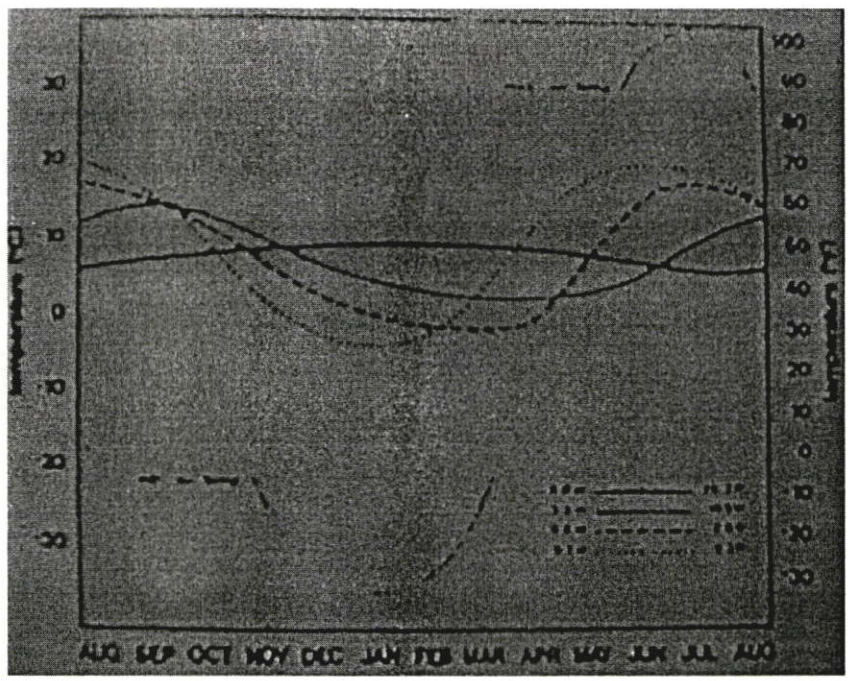
ตารางที่ ผ.2 แสดงช่วงระยะเวลาการหน่วงที่ความร้อนไหลผ่านวัสดุ

วัสดุ	ความหนา(นิ้ว)	U-Value (W/m^2-°C)	Time Lag
อิฐ	4	0.61	2½ ช.ม.
	8	0.41	5½ ช.ม.
	12	0.31	8½ ช.ม.
คอนกรีต	4	0.85	2½ ช.ม.
	8	0.67	5 ช.ม.
	12	0.55	8½ ช.ม.
แผ่นฉนวนกันความร้อน	2	0.16	40 นาที
	4	0.09	3 ช.ม.
ไม้	½	0.68	10 นาที
	1	0.47	25 นาที
	2	0.30	1 ช.ม.

ที่มา : Egan, Concepts in Thermal Comfort Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey, 1975, p.84 และ ตรึงใจ บูรณะสมภพ, การออกแบบเพื่อประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน,กรุงเทพ

การรักษาระดับอุณหภูมิให้คงที่

กล่าวถึง การออกแบบใต้ดิน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการวิจัยในระดับความลึกของบ้านที่ฝังลงไปในดิน เปรียบเสมือนการฝังถังเก็บน้ำไว้ใต้ดินที่มีระดับอุณหภูมิที่คงที่อยู่ตลอดเป็นที่ทราบกันดีว่าอุณหภูมิใต้ผิวดินมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศขึ้นอยู่กับ ระดับความลึกประเภทของดินและอุณหภูมิที่ค่อนข้างจะคงที่ตลอดทั้งวันและต้องอยู่ในระดับความลึกที่เหมาะสม เนื่องจากดินเป็นตัวต้านทานความร้อนที่ดีเก็บความร้อนและคลายความร้อนได้ช้า เราจึงเอาคุณสมบัตินี้มาใช้กับการทำให้น้ำเย็นอยู่ตลอดเวลา และดินที่มีความชื้นสูงจะมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าดินที่มีความชื้นต่ำ รวมทั้งดินที่มีการอัดแน่นจะมีความเย็นกว่าที่ร่วนในระดับที่มีความลึกเท่ากัน (จากภาพ) แสดงอุณหภูมิที่สูงสุดและต่ำสุดเปรียบเทียบกันในระดับดินที่มีความลึกต่างๆ กัน เส้นทึบแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิใต้ผิวดิน จะคงที่เมื่อถึงระดับความลึก 8 เมตร



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายชัยยศ ใคร่ครวญ
วัน เดือน ปีเกิด	29 พฤศจิกายน 2521
ที่อยู่	40/1545 ม.9 ซ. เอกชัย 76 ถ.เอกชัย แขวงบางบอน เขตบางบอน จ.กรุงเทพฯ

ประวัติการศึกษา

2527-2532	ศึกษาระดับประถมต้นและประถมปลาย โรงเรียนวัดนาคนิมิตร
2533-2535	ศึกษาระดับมัธยมต้น โรงเรียนบางปะกอกวิทยาคม
2536-2538	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม วิทยาลัยเทคนิคราชสิทธาราม
2539-2543	ระดับปริญญาตรี สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
2550	จบการศึกษาในระดับปริญญาโท สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการทำงาน

2543-2544	ทำงานบริษัท Loco design