# บทที่ 3
# วิธีการวิจัย

เมื่อได้ศึกษาตัวแปรต่าง ๆที่มีผลต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากบทที่ 2 แล้ว จึงนำความรู้ความเข้าใจที่ได้มาออกแบบวิธีการวิจัยซึ่งประกอบด้วยการเลือกวัสดุผนัง สีและพื้นผิวของผนัง วัสดุมวลสารภายในที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ รวมทั้งเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าข้อมูล อ่านค่าข้อมูล และเก็บบันทึกข้อมูล จากนั้นจึงกำหนดขั้นตอนในการทดสอบเพื่อให้มีกระบวนการในการทดสอบที่ถูกต้องและชัดเจน กำหนดหลักเกณฑ์ในการทดสอบจากทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง หลังจากเตรียมทุกอย่างพร้อมแล้วจึงเริ่มทำการทดสอบและเก็บข้อมูล วิธีการวิจัยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

## 3.1 การเลือกวัสดุผนัง สีและพื้นผิวของผนัง และวัสดุมวลสารภายในที่ใช้ในการทดสอบ

### 3.1.1 วัสดุผนังที่ใช้ในการทดสอบ

จากการศึกษาในบทที่ 2 ทำให้ทราบว่าคุณสมบัติของวัสดุผนังที่มีผลต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนคือ มวลสารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง การเลือกวัสดุผนังที่ใช้ในการทดสอบจึงได้เลือกผนัง 2 ชนิดที่มีความแตกต่างในด้านมวลสารและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ดังนี้

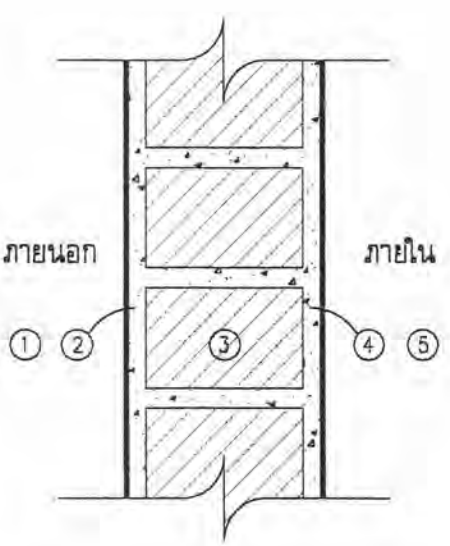
วัสดุที่มีมวลสารมาก เลือกใช้ผนังก่ออิฐฉาบปูนในการทดสอบเนื่องจากอาคารส่วนใหญ่ในประเทศไทยนิยมใช้ผนังก่ออิฐเป็นผนังอาคาร เนื่องจากอิฐเป็นวัสดุที่ผลิตได้ภายในประเทศ มีวัตถุดิบเพียบพร้อม และใช้ในการก่อสร้างกันมานาน จึงถือว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนมีความเหมาะสมและน่าสนใจในการนำมาทดสอบโดยใช้เป็นตัวแทนของวัสดุที่มีมวลสารมาก ผนังก่ออิฐฉาบปูนประกอบด้วยอิฐมอญ ปูนก่อ และปูนฉาบ โดยมีความหนาแน่นในกรณีที่เป็นอิฐแห้งและฉาบปูนประมาณ 1,760 กก/ลบ.ม. (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2536) และมีค่าความจุความร้อนจำเพาะ 0.79 kcal/kg.$^{o}$C (ASHRAE, 1989)

เนื่องจากผนังก่ออิฐฉาบปูนเป็นผนังที่ประกอบไปด้วยวัสดุหลายอย่าง จึงจำเป็นต้องทำพร้อมกันทั้งหมดเพื่อให้คุณภาพของผนังก่ออิฐฉาบปูนมีคุณภาพเท่ากันโดยเฉพาะในเรื่องของความชื้นของผนัง หลังจากก่อผนังเสร็จแล้วจะต้องตั้งผนังตากแดดไว้ประมาณ 1 เดือน เพื่อให้ผนังก่ออิฐฉาบปูนมีความชื้นน้อยที่สุด และเนื่องจากการทดสอบครั้งนี้ต้องการทดสอบเปรียบเทียบผนังชนิดเดียวกันที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่างกัน จึงได้ใช้ผนังก่ออิฐฉาบปูน หนา 4 นิ้ว ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเท่ากับ 3.00 $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ เปรียบเทียบกับผนังก่ออิฐฉาบปูน หนา 8 นิ้ว ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเท่ากับ 2.18 $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ การคิดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนแสดงในตารางที่ 3.1-3.2

โดยที่ $k$ หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน มีหน่วยเป็น $W/(m \cdot ^\circ C)$

$\Delta x$ หมายถึง ความหนาของวัสดุ มีหน่วยเป็น m

$R$ หมายถึง ค่าความต้านทานความร้อน มีหน่วยเป็น $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$

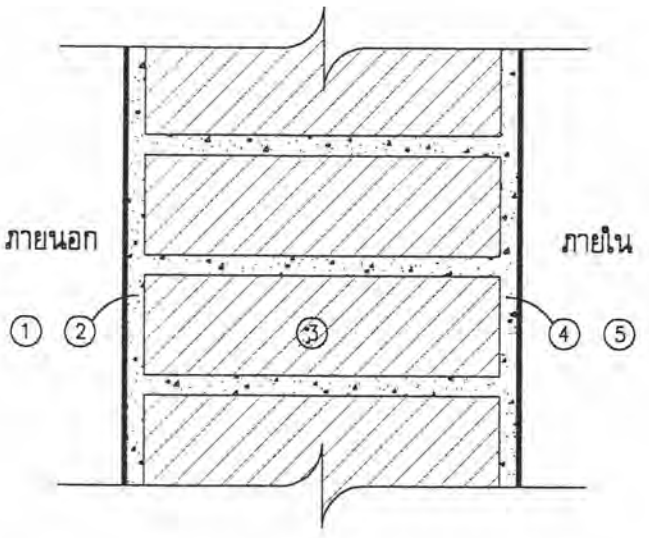



รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างค่าความต้านทานของผนังก่ออิฐครึ่งแผ่นฉาบปูนทั้ง 2 ด้าน

| โครงสร้าง | $\Delta X / k$ | $R$ | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|
| 1. ฟิล์มอากาศด้านนอก | - | 0.044 | ในกรณีที่ผิวผนังด้านนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง |
| 2. ปูนฉาบหนาประมาณ 12 มม. | 0.012/0.533 | 0.023 | |
| 3. ผนังก่ออิฐครึ่งแผ่นหนาประมาณ 100 มม. | 0.100/0.807 | 0.124 | |
| 4. ปูนฉาบหนาประมาณ 12 มม. | 0.012/0.533 | 0.023 | |
| 5. ฟิล์มอากาศด้านใน | - | 0.120 | ในกรณีที่ผิวผนังด้านในมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง |
| ค่าความต้านทานความร้อนรวม | | = 0.334 | $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$ |
| ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน | = 1/0.334 | = **3.00** | **$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$** |

ตารางที่ 3.1 แสดงการคิดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังก่ออิฐครึ่งแผ่นฉาบปูนทั้ง 2 ด้าน

ที่มา : คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร, 2536




รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างค่าความต้านทานของผนังก่ออิฐเต็มแผ่นฉาบปูนทั้ง 2 ด้าน

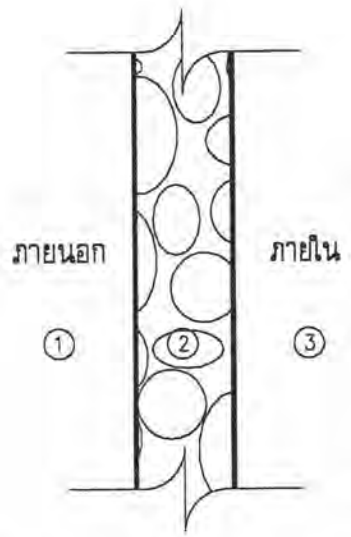
| โครงสร้าง | $\Delta X / k$ | $R$ | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|
| 1. ฟิล์มอากาศด้านนอก | - | 0.044 | ในกรณีที่ผิวผนังด้านนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง |
| 2. ปูนฉาบหนาประมาณ 12 มม. | 0.012/0.533 | 0.023 | |
| 3. ผนังก่ออิฐเต็มแผ่นหนาประมาณ 200 มม. | 0.200/0.807 | 0.248 | |
| 4. ปูนฉาบหนาประมาณ 12 มม. | 0.012/0.533 | 0.023 | |
| 5. ฟิล์มอากาศด้านใน | - | 0.120 | ในกรณีที่ผิวผนังด้านในมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง |
| ค่าความต้านทานความร้อนรวม | | = 0.458 | $(m^2 \cdot ^\circ C)/W$ |
| ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน | = 1/0.458 | = 2.18 | $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ |

ตารางที่ 3.2 แสดงการคิดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังก่ออิฐเต็มแผ่นฉาบปูนทั้ง 2 ด้าน
ที่มา : คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร, 2536

วัสดุที่มีมวลสารน้อย เลือกใช้ผนังโฟมโพลีสไตรีนในการทดสอบ เนื่องจากในปัจจุบันได้มีการนำโฟมโพลีสไตรีนมาเป็นวัสดุก่อสร้าง กันมาก เช่น ระบบผนังกันความร้อนภายนอกสีสำเร็จหรือ ระบบผนัง EIFS. เป็นต้น ซึ่งระบบผนังชนิดใหม่นี้เริ่มมีการใช้กันมากขึ้น เนื่องจากมีการยืดหยุ่นในการใช้งานสูง, น้ำหนักเบา และใช้เวลาในการทำงานน้อยลง จึงถือว่าผนังโฟมโพลีสไตรีนมีความเหมาะสมและน่าสนใจในการนำมาทดสอบโดยใช้เป็นตัวแทนของวัสดุที่มีมวลสารน้อย

โฟมโพลีสไตรีนเป็น Petroleum Product ชนิดหนึ่งมีชื่อทางเคมีว่า Polystyrene ผ่านขบวนการที่ให้โพลีสตรีนขยายตัว ทำให้เกิดช่องอากาศภายในเซล ผนังเซลติดต่อกันคล้ายลูกบอลที่หุ้มฟองอากาศอยู่ภายใน ผนังเซลแต่ละเซลเกาะกลุ่มกันอย่างเหนียวแน่น แต่ละเซลจะปิดสนิท (Closed cell) น้ำซึมผ่านได้ยากจึงเป็นวัสดุที่กันน้ำได้ดี โพลีสตรีนโฟมจะมีส่วนประกอบของอากาศอยู่ถึง 98% ซึ่งทำให้เป็นวัสดุที่มีค่าการเป็นฉนวนที่ดีมาก จนอาจนับได้ว่าโพลีสตรีนโฟม มีค่าการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุที่มีราคาเท่ากัน ผนังโฟมโพลีสไตรีนที่ใช้ในการทดสอบมีความหนาแน่นประมาณ 16 กก/ลบ.ม. (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2536) และมีค่าความจุความร้อนจำเพาะ 1.21 kcal/kg·$^\circ$C (ASHRAE, 1989)

เนื่องจากการทดสอบครั้งนี้ต้องการทดสอบผนังชนิดเดียวกันที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่างกัน จึงได้ใช้ผนังโฟมโพลีสไตรีน หนา 2 นิ้ว ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเท่ากับ 0.63 W/($m^2$ ·°C) เปรียบเทียบกับผนังโฟมโพลีสไตรีน หนา 4 นิ้ว ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเท่ากับ 0.33 W/($m^2$ ·°C) การคิดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนแสดงในตารางที่ 3.3-3.4

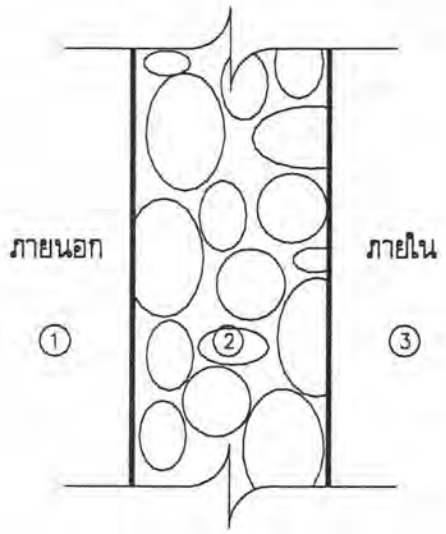



รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างค่าความต้านทานของผนังโฟมโพลีสไตรีนหนา 2 นิ้ว

| โครงสร้าง | $\Delta X / k$ | $R$ | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|
| 1. ฟิล์มอากาศด้านนอก | - | 0.044 | ในกรณีที่ผิวผนังด้านนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง |
| 2. ผนังโฟมโพลีสไตรีนหนา 2 นิ้ว | 0.050/0.035 | 1.428 | |
| 3. ฟิล์มอากาศด้านใน | - | 0.120 | ในกรณีที่ผิวผนังด้านในมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง |
| ค่าความต้านทานความร้อนรวม | | = 1.592 | ($m^2$ ·°C)/W |
| ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน | = 1/1.592 | = **0.63** | **W/($m^2$ ·°C)** |

ตารางที่ 3.3 แสดงการคิดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโฟมโพลีสไตรีนหนา 2 นิ้ว

ที่มา : คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร, 2536




รูปที่ 3.4 แสดงโครงสร้างค่าความต้านทานของผนังโฟมโพลีสไตรีนหนา 4 นิ้ว

| โครงสร้าง | $\Delta X / k$ | $R$ | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|
| 1. ฟิล์มอากาศด้านนอก | - | 0.044 | ในกรณีที่ผิวผนังด้านนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง |
| 2. ผนังโฟมโพลีสไตรีนหนา 4 นิ้ว | 0.050/0.035 | 2.857 | |
| 3. ฟิล์มอากาศด้านใน | - | 0.120 | ในกรณีที่ผิวผนังด้านในมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง |
| ค่าความต้านทานความร้อนรวม | | = 3.021 | $(m^2 \cdot °C)/W$ |
| ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน | = 1/3.021 | = **0.33** | **$W/(m^2 \cdot °C)$** |

ตารางที่ 3.4 แสดงการคิดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโฟมโพลีสไตรีนหนา 4 นิ้ว

ที่มา : คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร, 2536

| ลำดับที่ | วัสดุ | ความหนาแน่น กก. ม.$^{-3}$ | ค่า k วัตต์ ม.$^{-1}$ °ซ$^{-1}$ |
|---|---|---|---|
| 1 | แผ่นซีเมนต์แอสเบสตอส | 1860 | 0.198 |
| 2 | แผ่นฉนวนกันความร้อนแอสเบสตอส | 720 | 0.108 |
| 3 | วัสดุมุงหลังคาที่ทำด้วยแอสฟัลท์ | 2240 | 1.226 |
| 4 | บิดูเม็น (bitumen) | | 1.298 |
| 5 | อิฐ | | |
| | (a) แห้ง และฉาบปูนหรือปิดด้วยแผ่นโมเสด | 1760 | 0.807 |
| | (b) ความชื้น 6% | 1872 | 1.211 |
| | (c) ผนัง (ไม่ฉาบปูน) | | 1.154 |
| 6 | คอนกรีต | 2400 | 1.442 |
| 7 | คอนกรีต ชนิดเบา ขนาดความหนาแน่นต่าง ๆ | 960 | 0.303 |
| | | 1120 | 0.346 |
| | | 1280 | 0.476 |
| 8 | แผ่นไม้ก๊อก | 144 | 0.042 |
| 9 | แผ่นไฟเบอร์ (fibre board) | 264 | 0.052 |
| 10 | ไฟเบอร์กลาส (ดูใยแก้ว) | | |
| | (a) แบบม้วน (Blanket) | 10-24 | 0.038 |
| | (b) แบบแผ่น (Rigid board) | 32-48 | 0.033 |
| | (c) แบบท่อสำเร็จ (Rigid pipe sections) | 56-80 | 0.038 |
| 11 | แผ่นกระจก | 2512 | 1.053 |
| 12 | ใยแก้ว สานเป็นแผ่น หรือสอดไส้อยู่ระหว่างวัสดุอื่น 2 แผ่น (แห้ง) | 32 | 0.035 |
| 13 | แผ่นยิบซั่ม | 880 | 0.191 |
| 14 | แผ่นไม้อัดฮาร์ดบอร์ด | | |
| | (a) มาตรฐาน | 1024 | 0.216 |
| | (b) ปานกลาง | 640 | 0.123 |
| 15 | โลหะ | | |
| | (a) โลหะผสมของอลูมิเนียม แบบธรรมดา | 2672 | 211 |
| | (b) ทองแดง ที่มีขายเชิงพาณิชย์ | 8784 | 385 |
| | (c) เหล็กกล้า | 7840 | 47.6 |
| 16 | ใยแร่ อัดแน่นเป็นแผ่น | 32-104 | 0.035-0.032 |

ตารางที่ 3.5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ($k$) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ

ที่มา : คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร, 2536

| ลำดับที่ | วัสดุ | ความหนาแน่น กก. ม.$^{-3}$ | ค่า k วัตต์ ม.$^{-1}$ ซ$^{-1}$ |
|---|---|---|---|
| 17 | วัสดุใช้ฉาบหรือปิดผิว | | |
| | (a) ยิบซั่ม | 880 | 0.191 |
| | (b) ปูนฉาบ น้ำหนักเบา | 300 | 0.063 |
| | น้ำหนักขนาดกลาง | 1104 | 0.274 |
| | (c) เพอร์ไลท์ | 616 | 0.115 |
| | (d) ปูนผสมทราย | 1568 | 0.533 |
| | (e) เวอร์มิคูไลท์ | 640-960 | 0.202-0.303 |
| 18 | โพลีสไตรีน; เบ่งขยายตัว | 16 | 0.035 |
| 19 | โพลียูรีเทน โฟม | 24 | 0.024 |
| 20 | วัสดุทำพื้น PVC | 1360 | 0.173 |
| 21 | ดินอัดหลวม (ร่วนซุย) ความชื้น 14% | 1200 | 0.375 |
| 22 | หิน | | |
| | หินทราย | 2000 | 1.298 |
| | แกรนิต | 2640 | 2.927 |
| | หินอ่อน | 2640 | 1.298 |
| 23 | กระเบื้อง หลังคา | 1890 | 0.836 |
| 24 | ไม้ | | |
| | ไม้เนื้ออ่อน | 608 | 0.125 |
| | ไม้เนื้อแข็ง | 720 | 0.138 |
| | ไม้อัด | 528 | 0.138 |
| 25 | เวอร์มิคูไลท์ แบบเม็ดหยาบอัดหลวม | 80-112 | 0.065 |
| 26 | ไม้อัดชีพบอร์ด | 800 | 0.144 |
| 27 | ไม้พื้นแผ่นเรียบ | 400 | 0.086 |
| 28 | หินล้าง | 2245 | 0.115 |
| 29 | กรวดล้าง | 2244 | 0.115 |

ตารางที่ 3.5 (ต่อ) แสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ($k$) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ

ที่มา : คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร, 2536

| ชนิดของผิววัสดุ | ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ (ม.$^2$ ° ซ วัตต์$^{-1}$) |
|---|---|
| ก. กรณีของผนังอาคาร | |
| ก.1 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังด้านใน ($R_i$) | |
| ก.1.1 กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง | 0.120 |
| ก.1.2 กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ | 0.299 |
| ก.2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังด้านนอก ($R_o$) (ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง) | 0.044 |
| ข. กรณีของหลังคา | |
| ข.1 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านในของหลังคา ($R_i$) | |
| ข.1.1 กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง | |
| ข.1.1.1 หลังคาราบ | 0.162 |
| ข.1.1.2 หลังคาเอียงทำมุม 22.5° กับแนวระดับ | 0.148 |
| ข.1.1.3 หลังคาเอียงทำมุม 45° กับแนวระดับ | 0.133 |
| ข.1.2 กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ | |
| ข.1.2.1 หลังคาราบ | 0.801 |
| ข.1.2.2 หลังคาเอียงทำมุม 22.5° กับแนวระดับ | 0.595 |
| ข.1.2.3 หลังคาเอียงทำมุม 45° กับแนวระดับ | 0.391 |
| ข.2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านนอกของหลังคา ($R_o$) (ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูงและเอียงทำมุมใด ๆ) | 0.055 |

ตารางที่ 3.6 แสดงค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนัง

ที่มา : คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร, 2536

3.1.2 สีและพื้นผิวที่ใช้ในการทดสอบ

จากการศึกษาในบทที่ 2 ทำให้ทราบว่าคุณสมบัติของสีที่มีผลต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนคือ อัตราส่วนของค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ต่อค่าสัมประสิทธิ์การกระจายรังสีความร้อนหรือค่า $\alpha / \epsilon$ การเลือกสีที่ใช้ในการทดสอบจึงได้เลือกสีที่มีค่า $\alpha/\epsilon$ ของสีแตกต่างกันคือ สีขาวและสีดำ ซึ่งสีขาวและสีดำที่ใช้ในการทดสอบถึงแม้ไม่กำหนดค่า $\alpha$ และ $\epsilon$ ของสีที่แน่นอน แต่จากการศึกษาข้อมูล (ASHRAE, 1988) ได้กำหนดค่า $\alpha/\epsilon$ ของสีขาว (white painted surface) เท่ากับ 0.13 - 0.33 และค่า $\alpha/\epsilon$ ของสีดำ (black paint) เท่ากับ 1.07 - 1.11 ซึ่งจะเห็นว่า สีขาวและสีดำเป็นสีที่มีค่า $\alpha / \epsilon$ แตกต่างกันมาก

ประเภทของสีที่เลือกใช้คือ สีน้ำพลาสติก 100% สำหรับทาพื้นผิวภายนอกอาคาร ทำจาก Acrylic Resin และผงสีคุณภาพ หลังจากทาสีแล้วสามารถสัมผัสได้ภายใน 30 นาที และสามารถทาทับได้ภายใน 2 ชั่วโมง ในการทดสอบได้ทาผนังทดสอบแต่ละผนัง 2 เที่ยว ลักษณะพื้นผิวของผนังก่ออิฐฉาบปูนได้เลือกใช้พื้นผิวเรียบด้าน ส่วนผนังโฟมโพลีสไตรีน ได้ใช้ลักษณะพื้นผิวตามธรรมชาติของโฟมซึ่งมีลักษณะพื้นผิวเรียบด้านเหมือนกัน

3.1.3 วัสดุมวลสารภายใน

จากการศึกษาในบทที่ 2 ทำให้ทราบว่าคุณสมบัติของวัสดุมวลสารภายในที่มีผลต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนคือ มวลสารของวัสดุและค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ จึงได้เลือกวัสดุที่มีมวลสารต่างกันและเป็นวัสดุที่นิยมใช้เป็นผนังภายในอาคาร โดยเลือกอิฐเป็นตัวแทนของวัสดุที่มีมวลสารมากมีความหนาแน่นในกรณีที่เป็นอิฐแห้งและฉาบปูนประมาณ 1,760 กก./ลบ.ม. (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2536) และมีค่าความจุความร้อนจำเพาะ 0.79 kcal/kg·°C (ASHRAE, 1989) และเลือกแผ่นยิบซั่มหนา 12 มม. สำหรับใช้ภายในอาคารเป็นตัวแทนของวัสดุที่มีมวลสารน้อยมีความหนาแน่นประมาณ 880 กก/ลบ.ม. (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2536) และมีค่าความจุความร้อนจำเพาะ 1.09 kcal/kg·°C (ASHRAE, 1989)

## 3.2 การเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าข้อมูล อ่านค่าข้อมูล และเก็บบันทึกข้อมูล

### 3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

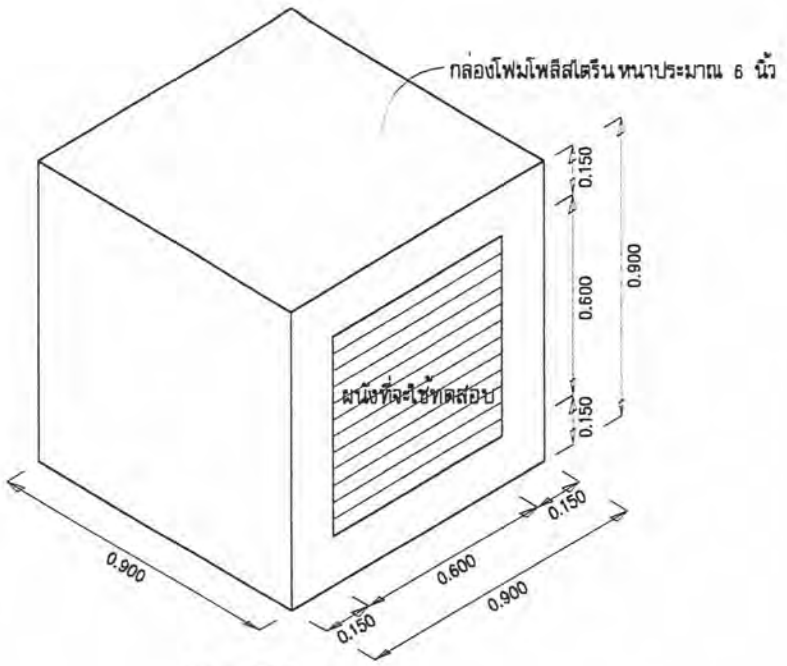
การทดสอบนี้จำเป็นต้องศึกษาตัวแปรต่างๆหลายอย่าง การทดสอบในสภาพการใช้งานจริงจะไม่สะดวกต่อการเปลี่ยนแปลงตัวแปรต่างๆ การวิจัยนี้จึงได้จำลองสภาพภายในอาคารจริงโดยใช้หุ่นจำลองหรือกล่องทดสอบ เนื่องจากกล่องทดสอบสามารถแยกศึกษาตัวแปรต่างๆได้อย่างมีอิสระ เปลี่ยนแปลงตัวแปรต่างๆได้ง่าย และสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก ผลการทดสอบอาจจะไม่ตรงกับการทดสอบในสภาพภายในอาคารจริงแต่สามารถแสดงให้เห็นถึงผลกระทบจากตัวแปรต่างๆได้ชัดเจน กล่องทดสอบทำจากโฟมโพลีสไตรีนหนา 15 ซม. มีคุณสมบัติโดยสรุป ดังนี้

1. กล่องทดสอบทุกกล่องมีปริมาตรอากาศภายในกล่องและขนาดกล่องเท่ากันหมด

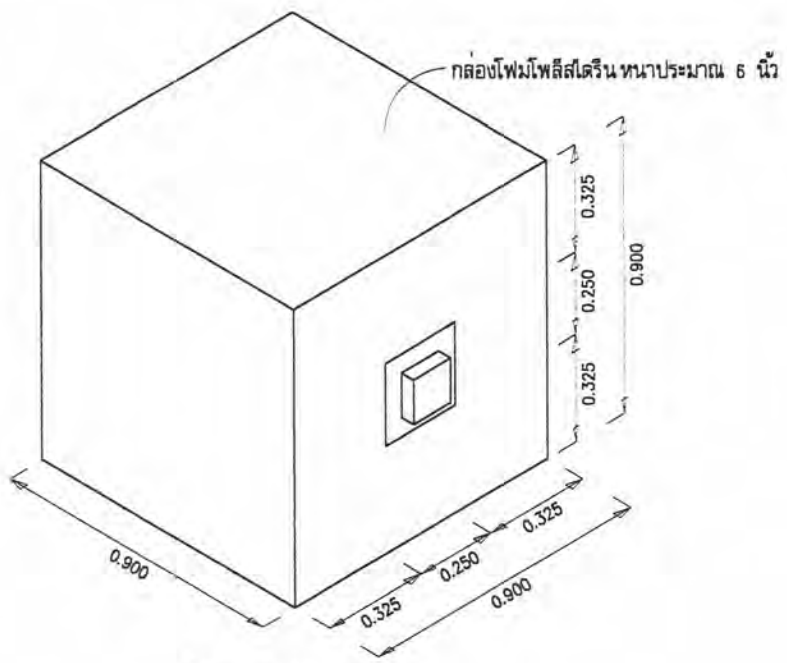
2. ผนังทั้ง 5 ด้านของกล่องทดสอบมีค่าความต้านทานความร้อนสูง เพื่อป้องกันผลกระทบต่ออุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบและมีค่าความต้านทานความร้อนสูงกว่าผนังที่นำมาใช้ในการทดสอบทั้งหมด

3. ผนังทุกด้านของกล่องทดสอบสามารถป้องกันการรั่วซึมของอากาศได้เป็นอย่างดี

4. กล่องทดสอบทุกกล่องทาสีขาวเพื่อลดการดูดกลืนความร้อนโดยกล่องทดสอบ ปล่อยให้ความร้อนถูกดูดกลืนเนื่องจากคุณสมบัติของผนังทดสอบเพียงอย่างเดียว

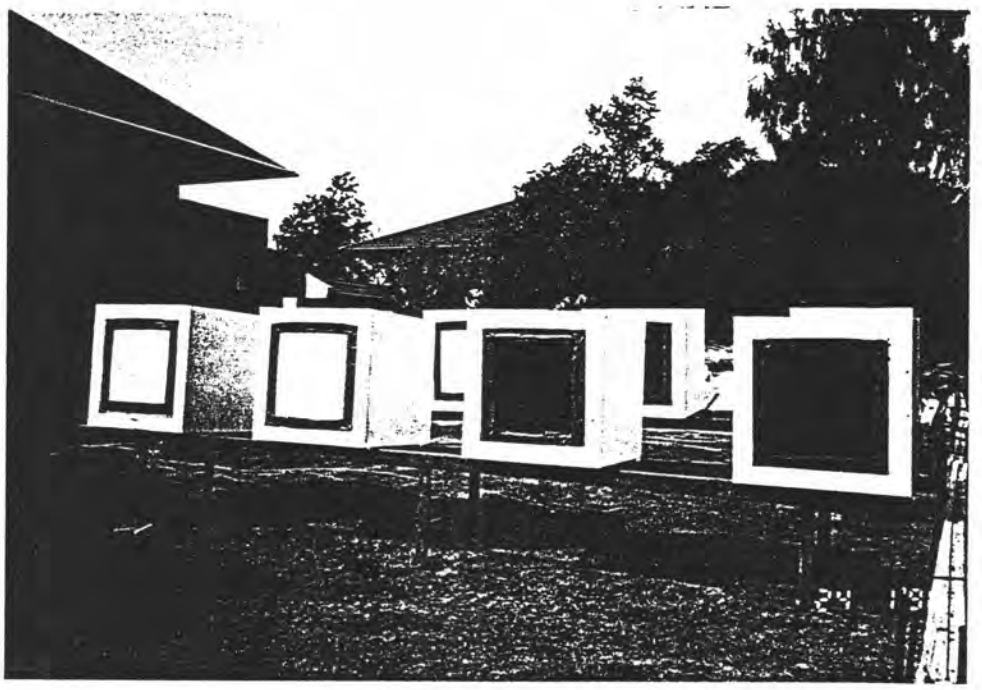



ด้านหน้ากล่องทดสอบ

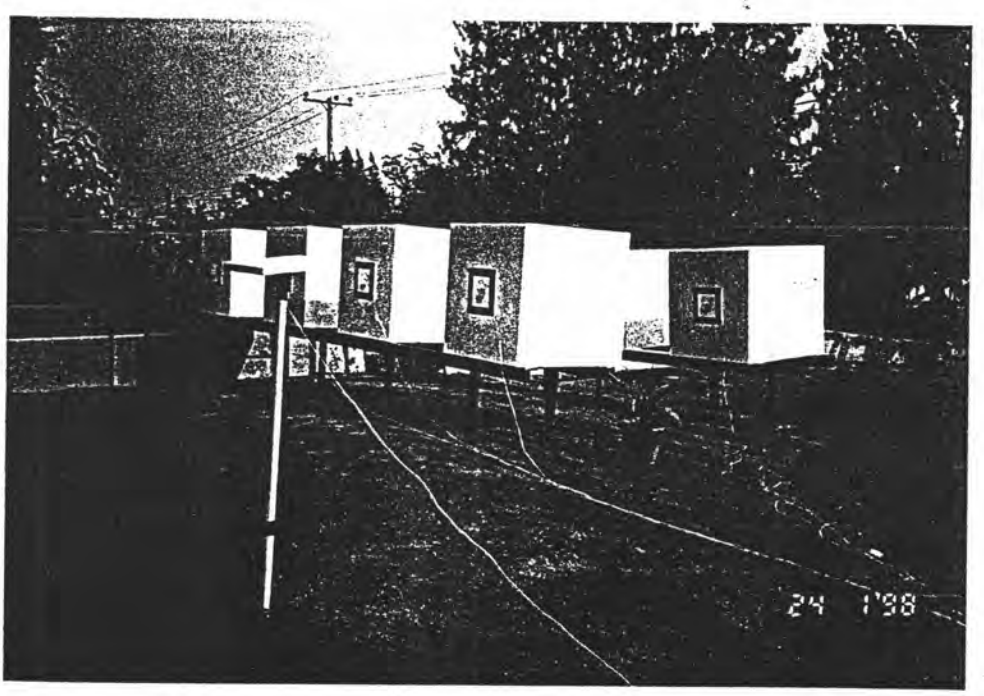



ด้านหลังกล่องทดสอบ

รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะของกล่องทดสอบ



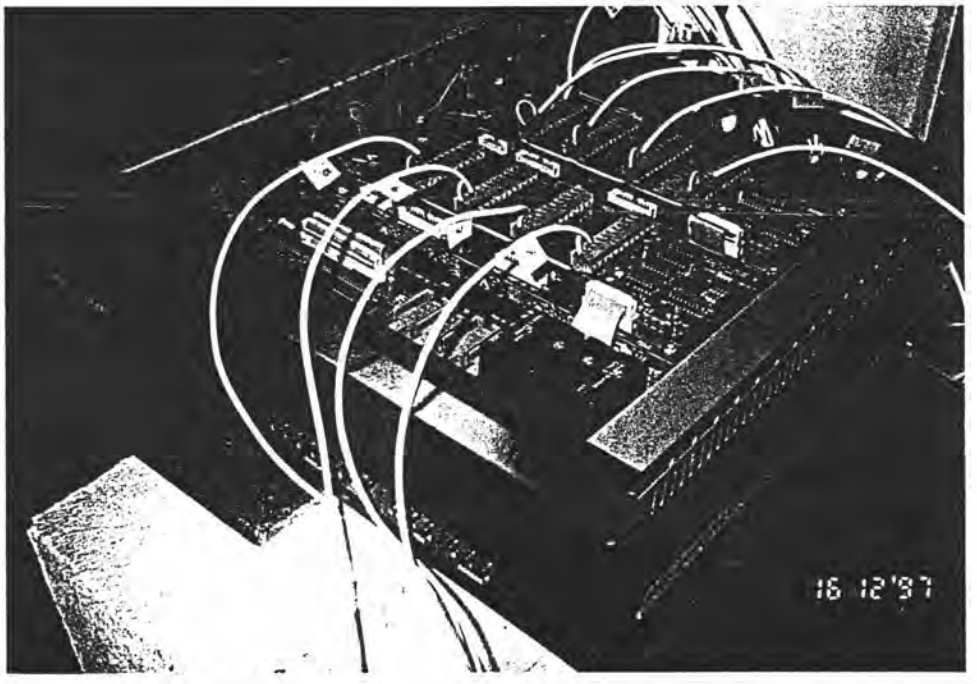
รูปที่ 3.6 แสดงการวางกล่องทดสอบทั้ง 8 กล่อง เพื่อป้องกันการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างพื้นผิวกล่องทดสอบ โดยวางกล่องทดสอบห่างกันประมาณ 70 ซม.



รูปที่ 3.7 แสดงการป้องกันการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างพื้นผิวกล่องทดสอบกับพื้นดิน โดยการปลูกหญ้าปกคลุมพื้นดินและทำชั้นวางกล่องทดสอบสูงจากระดับดินประมาณ 50 ซม.

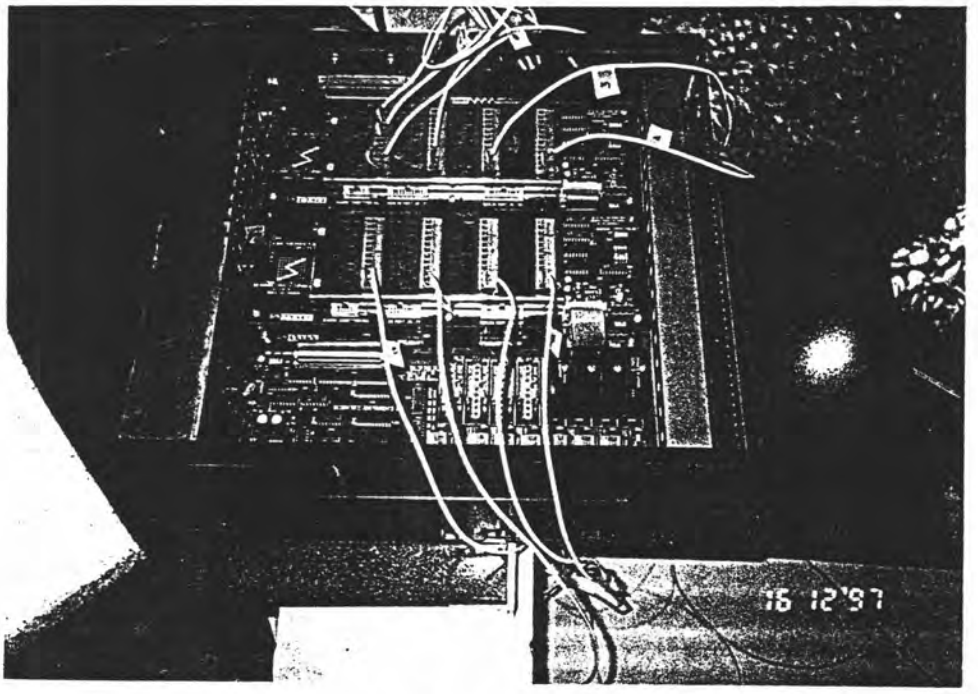
3.2.2 <u>เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าข้อมูล อ่านค่าข้อมูล และเก็บบันทึกข้อมูล</u>

ในการทดสอบนี้ใช้เทอร์มิสเตอร์ที่มีค่าความต้านทาน 10 Kohm เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าข้อมูลอุณหภูมิ เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าข้อมูลอุณหภูมิที่ราคาไม่แพง สะดวกในการเคลื่อนย้าย เทอร์มิสเตอร์ทำงานร่วมกับเครื่อง Data Logger โดยเทอร์มิสเตอร์จะเชื่อมกับสายโทรศัพท์ (Station Wire) หรือ สายไฟที่ปลายด้านหนึ่ง ปลายอีกด้านหนึ่งต่อเข้าช่องที่ต้องการของ เครื่อง Data Logger ในการทดสอบนี้ได้เชื่อมเทอร์มิสเตอร์กับสายโทรศัพท์ขนาด 2 x 0.5 มม. และเนื่องจากหัวเทอร์มิสเตอร์มีความไวต่อความชื้นมาก ดังนั้นในจุดที่เชื่อมจำเป็นต้องป้องกันความชื้นเป็นอย่างดี ทำงานร่วมกับเครื่อง Data Logger ของ " Sciemetric Instruments System 200 Model 236 Hardware (High Speed A/D Converter) " ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการอ่านค่าข้อมูลในการทดสอบนี้ และบันทึกข้อมูลบน Software " Sciemetric Gen 200 Windows-Based Software Version 1.46 " ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลในการทดสอบนี้

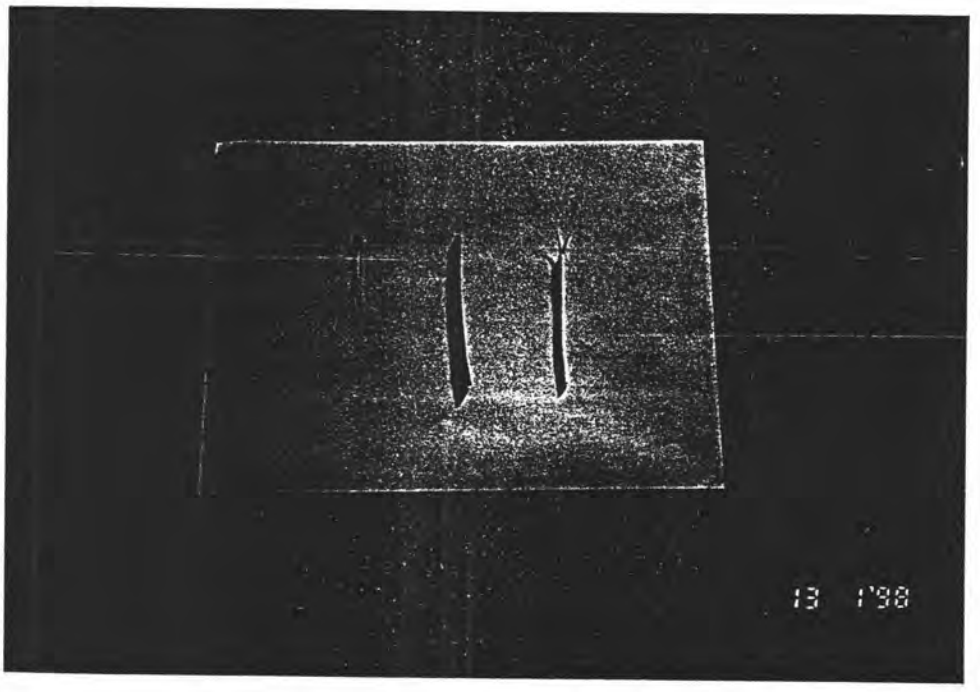



<u>รูปที่ 3.8</u> แสดงเครื่อง Data Logger ของ " Sciemetric Instruments System 200 Model 236 Hardware (High Speed A/D Converter) "

T 15217354



รูปที่ 3.9 แสดงการต่อสายโทรศัพท์ภายในเครื่อง Data Logger



รูปที่ 3.10 แสดงเทอร์มิสเตอร์ สายโทรศัพท์ และ หลอดยาง

## 3.3 ขั้นตอนในการทดสอบ

จากระเบียบวิธีการวิจัย นำมากำหนดขั้นตอนในการทดสอบดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำการทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือที่ใช้วัดค่าข้อมูล

การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือที่ใช้วัดค่าข้อมูลทำโดยทดสอบวัดค่าอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดที่เทอร์มิสเตอร์จะสามารถวัดค่าได้ รวมทั้งตรวจสอบค่าอุณหภูมิอากาศที่เทอร์มิสเตอร์วัดค่าได้ว่าเท่ากันหรือไม่ วิธีการทดสอบวัดค่าอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดที่เทอร์มิสเตอร์จะสามารถวัดค่าได้นั้น ในการวัดค่าอุณหภูมิสูงสุดจะใช้เทอร์มิสเตอร์ทั้งหมดวัดอุณหภูมิน้ำที่จุดเดือดและในการวัดค่าอุณหภูมิต่ำสุดจะใช้เทอร์มิสเตอร์ทั้งหมดวัดอุณหภูมิน้ำแข็งที่จุดเยือกแข็ง ซึ่งเมื่อทดสอบเทอร์มิสเตอร์ทั้งหมดแล้ว จะได้ค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเท่ากันหมด หลังจากนั้นจึงทำการตรวจสอบค่าอุณหภูมิอากาศที่เทอร์มิสเตอร์แต่ละตัวสามารถวัดค่าได้ว่าเท่ากันหรือไม่ ตรวจสอบโดยการนำเทอร์มิสเตอร์ทั้งหมดมาวัดอุณหภูมิอากาศภายในห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิอากาศ หากเทอร์มิสเตอร์ทั้งหมดวัดค่าอุณหภูมิอากาศได้ใกล้เคียงกัน โดยมีความแตกต่างกันไม่เกิน 0.5 °C ถือว่าคุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์ทั้งหมดเท่าเทียมกัน

ขั้นตอนที่ 2 ทำการทดสอบและการวิเคราะห์ผลกระทบของมวลสารภายในที่มีต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังสีอ่อนที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนแตกต่างกันและมีมวลสารของผนังแตกต่างกัน

ทำการทดสอบผลกระทบของมวลสารภายในที่มีต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังสีอ่อนตามวัตถุประสงค์ในการวิจัยข้อที่ 2 เปรียบเทียบระหว่างผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบซึ่งเป็นผนังที่มีมวลสารมากและผนังโฟมโพลีสไตรีนซึ่งเป็นผนังที่มีมวลสารน้อย รวมทั้งเปรียบเทียบระหว่างผนังที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่างกัน ผนังที่มีมวลสารมากใช้ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 4 นิ้ว เปรียบเทียบกับผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 8 นิ้ว และผนังที่มีมวลสารน้อยใช้ผนังโฟมโพลีสไตรีนหนา 2 นิ้ว เปรียบเทียบกับผนังโฟมโพลีสไตรีนหนา 4 นิ้ว โดยกล่องทดสอบทั้ง 8 กล่องหันด้านของผนังทดสอบไปทางทิศใต้เพื่อให้ได้รับแสงแดดโดยตรง เก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบและอุณหภูมิอากาศภายนอกทุกๆ 5 นาที ตลอด 48 ชั่วโมง นำข้อมูลอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบและอุณหภูมิอากาศภายนอกมาเฉลี่ยทุกๆ 1 ชั่วโมงเพื่อทำแผนภูมิและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

ขั้นตอนที่ 3 ทำการทดสอบและการวิเคราะห์ผลกระทบของมวลสารภายในที่มีต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังสีเข้มที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนแตกต่างกันและมีมวลสารของผนังแตกต่างกัน

ทำการทดสอบผลกระทบของมวลสารภายในที่มีต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังสีเข้มตามวัตถุประสงค์ในการวิจัยข้อที่ 3 เปรียบเทียบระหว่างผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบซึ่งเป็นผนังที่มีมวลสารมากและผนังโฟมโพลีสไตรีนซึ่งเป็นผนังที่มีมวลสารน้อย รวมทั้งเปรียบเทียบระหว่างผนังที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่างกัน ผนังที่มีมวลสารมากใช้ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 4 นิ้ว เปรียบเทียบกับผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 8 นิ้ว และผนังที่มีมวลสารน้อยใช้ผนังโฟมโพลีสไตรีนหนา 2 นิ้ว เปรียบเทียบกับผนังโฟมโพลีสไตรีนหนา 4 นิ้ว โดยกล่องทดสอบทั้ง 8 กล่องหันด้านของผนังทดสอบไปทางทิศใต้เพื่อให้ได้รับแสงแดดโดยตรง เก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบและอุณหภูมิอากาศภายนอกทุกๆ 5 นาที ตลอด 48 ชั่วโมง นำข้อมูลอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบและอุณหภูมิอากาศภายนอกมาเฉลี่ยทุกๆ 1 ชั่วโมงเพื่อทำแผนภูมิและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

ขั้นตอนที่ 4 ทำการทดสอบและการวิเคราะห์ผลกระทบของมวลสารภายในที่แตกต่างกันต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังสีเข้มและสีอ่อน

ทำการทดสอบผลกระทบของมวลสารภายในที่มีต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังสีเข้มและสีอ่อนที่มีมวลสารภายในแตกต่างกัน ตามวัตถุประสงค์ในการวิจัยข้อที่ 4 โดยใช้ผนังทดสอบ คือ ผนังโฟมโพลีสไตรีนหนา 4 นิ้ว ภายในกล่องทดสอบมีมวลสารภายใน 15 กก. 60 กก. 100 กก. และ 200 กก. โดยกล่องทดสอบทั้ง 8 กล่องหันด้านของผนังทดสอบไปทางทิศใต้เพื่อให้ได้รับแสงแดดโดยตรง เก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบ อุณหภูมิผิวภายในของผนังทดสอบ อุณหภูมิผิวภายนอกของผนังทดสอบ และอุณหภูมิอากาศภายนอกทุกๆ 5 นาที ตลอด 48 ชั่วโมง นำข้อมูลอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบ อุณหภูมิผิวภายในของผนังทดสอบ อุณหภูมิผิวภายนอกของผนังทดสอบ และอุณหภูมิอากาศภายนอกมาเฉลี่ยทุกๆ 1 ชั่วโมง เพื่อทำแผนภูมิและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

## 3.4 หลักเกณฑ์ในการทดสอบ

### 3.4.1 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังทดสอบ

เนื่องจากเป็นการทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังทดสอบที่ได้รับอิทธิพลของสภาพแวดล้อมภายนอกตลอดเวลา จึงใช้หลักเกณฑ์ที่ว่าเมื่อมวลสารของกล่องทดสอบ ค่าความจุความร้อนของกล่องทดสอบ และมีมวลสารของอากาศภายในกล่องทดสอบเท่ากัน ดังนั้นถ้ามีพลังงานความร้อนผ่านผิวผนังทดสอบเข้ามาในกล่องทดสอบ จะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบสูงขึ้นหรือต่ำลงตามพลังงานความร้อนที่เข้ามานั้น

$$q = mct$$

$q$ หมายถึง ปริมาณการถ่ายเทความร้อน มีหน่วยเป็น kcal

$m$ หมายถึง ค่ามวลสารของกล่องทดสอบและมวลสารของอากาศภายในกล่องทดสอบ ซึ่งมีขนาดเท่ากันทุกกล่อง คือมีค่าคงที่ มีหน่วยเป็น kg

$c$ หมายถึง ค่าความจุความร้อนจำเพาะของกล่องทดสอบเท่ากันทุกกล่อง คือมีค่าคงที่ มีหน่วยเป็น kcal/kg·°C

$t$ หมายถึง อุณหภูมิอากาศที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง มีหน่วยเป็น °C

ดังนั้น $q = kt$ เมื่อ k คือค่าคงที่ เพราะฉะนั้น

$$q \propto t$$

ด้วยเหตุนี้จึงสามารถใช้ค่าของอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบเป็นตัวเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทจากภายนอกเข้าสู่กล่องทดสอบ เนื่องจากเป็นการทดสอบที่มีลักษณะดังนี้

1. เป็นการทดลองที่ได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมหรือตัวแปรที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา (Dynamic Variation)

2. เป็นการทดลองที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบ ปล่อยให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบเป็นไปตามการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกกล่องทดสอบ

3. ใช้สีทาผนังทดสอบเป็นสีขาวและสีดำ จาก (ASHRAE, 1988) ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายรังสีความร้อนของสีดำและสีขาวมีค่าใกล้เคียงกัน คือมีค่าอยู่ในช่วง 0.80-0.90 ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์การกระจายรังสีความร้อนในการทดลองนี้จึงไม่มีผล

4. ใช้อุณหภูมิอากาศภายนอกเป็นตัวเปรียบเทียบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังทดสอบ

3.4.2 อุณหภูมิผิวของผนังทดสอบ

การทดสอบครั้งนี้เป็นการทดสอบในสภาพที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ กระแสลม การแลกเปลี่ยนรังสีกับท้องฟ้า และสภาพแวดล้อมต่างๆตลอดเวลา ดังนั้นการคำนวณหาค่าอุณหภูมิผิวจึงใช้หลักการของ Sol-Air Temperature จากการศึกษาในเรื่องผลกระทบของแสงแดดและการจำลองสภาพในการทดสอบจากบทที่ 2 โดยพิจารณากับคุณสมบัติของผนังทดสอบ พบว่า

1. ผนังทดสอบเป็นผนังชนิดเดียวกันและอยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ดังนั้นถือว่า ค่า $t_o$ $I_t$ $h_o$ และ $\delta R$ มีค่าเท่ากัน

2. ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายรังสีความร้อนของสีขาวและสีดำ จาก (ASHRAE, 1988) มีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.80-0.90

3. ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของสีขาวและสีดำ จาก (ASHRAE, 1988) มีค่าแตกต่างกันมากโดยสีขาวมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์เท่ากับ 0.1-0.3 และสีดำมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์เท่ากับ 0.94-0.98

ดังนั้น Sol-Air Temperature จะแปรผันตามค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์