

### บทที่ 3

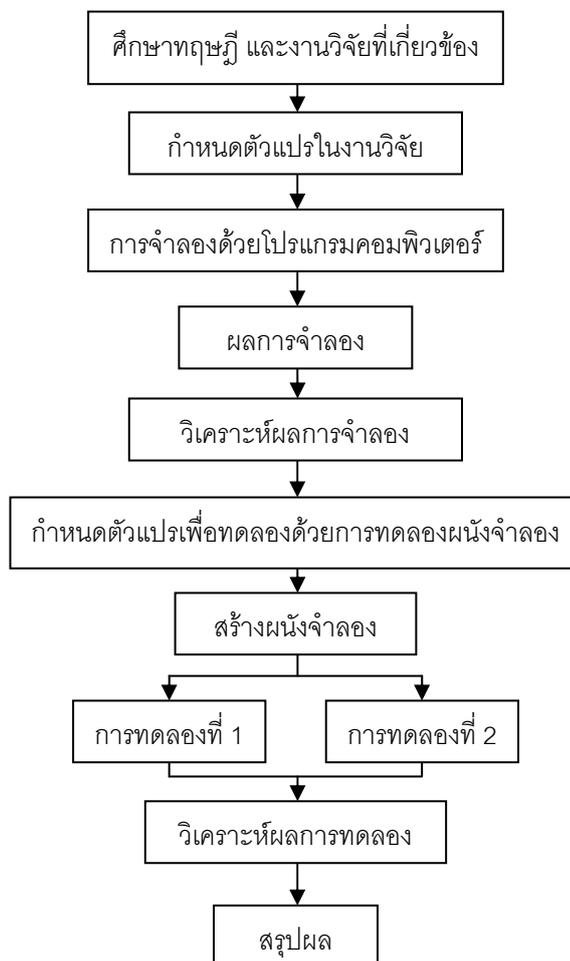
#### ระเบียบวิธีวิจัย

##### 3.1 การดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเรื่องการไหลเวียนของอากาศใต้อาคารในผนังทอมน้ำแบบปรับปรุง โดยศึกษาความสัมพันธ์ของความแตกต่างอุณหภูมิกับการเคลื่อนที่ของอากาศ เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนของระบบผนัง และเหนี่ยวนำให้เกิดการระบายอากาศ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังภาพที่ 3.1

ภาพที่ 3.1

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย



### 3.2 รูปแบบของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง แบ่งออกเป็น 2 ส่วนการศึกษา คือ

ส่วนที่ 1 การศึกษารูปแบบการเคลื่อนที่ของอากาศเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่าง อุณหภูมิอากาศใต้อาคาร อุณหภูมิอากาศในห้อง และอุณหภูมิผิวผนัง โดยการจำลองด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล (CFD)

ผลการศึกษาในส่วนที่ 1 นำไปสู่การวิเคราะห์รูปแบบของการเคลื่อนที่ของอากาศ และความสัมพันธ์ของความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศใต้อาคาร อุณหภูมิอากาศในห้องและอุณหภูมิผิวผนัง เพื่อสรุปรูปแบบการเคลื่อนที่ของอากาศที่เหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้งาน เพื่อนำระบบที่เหมาะสมไปศึกษาต่อด้วยการทดลองกับผนังจำลอง ในการศึกษาส่วนที่ 2 ดังนี้

ส่วนที่ 2 การศึกษาการเคลื่อนที่ของอากาศเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ในผนังทอมป์แบบปรับปรุง การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิว อุณหภูมิอากาศ และความเร็วในการเคลื่อนที่ของอากาศ เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังทอมป์แบบปรับปรุง โดยทำการทดลองกับระบบผนังที่จำลองขึ้นในห้องที่มีการควบคุมปัจจัยภายนอกอื่น ๆ แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

1) การศึกษาการเคลื่อนที่ของอากาศ โดยการใช้ประโยชน์จากอากาศใต้อาคารร่วมกับผนังทอมป์แบบปรับปรุง เพื่อการลดการถ่ายเทความร้อน

2) การศึกษาการเคลื่อนที่ของอากาศในผนังทอมป์แบบปรับปรุง เพื่อการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ

#### ตารางที่ 3.1

##### รูปแบบการศึกษาในงานวิจัย

การศึกษา	ลักษณะการศึกษา	วัตถุประสงค์	
ส่วนที่ 1	การจำลองด้วยโปรแกรม CFD	ศึกษารูปแบบการเคลื่อนที่ของอากาศ	
↓			
ผลจากการศึกษา ส่วนที่ 1 นำไปสู่การกำหนดการศึกษาใน ส่วนที่ 2			
↓			
ส่วนที่ 2	การทดลองที่ 1	การทดลองผนังจำลอง	ศึกษาการเคลื่อนที่ของอากาศเพื่อการลดการถ่ายเทความร้อน
	การทดลองที่ 2	การทดลองผนังจำลอง	ศึกษาการเคลื่อนที่ของอากาศเพื่อการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ

### 3.3 วิธีการศึกษา การทดลอง

#### 3.3.1 การจำลองด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล

การจำลองในโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล เพื่อศึกษารูปแบบการเคลื่อนที่ของอากาศที่เกิดจากความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ 3 แห่ง คือ อุณหภูมิผิวผนังภายในผนังทออมบ์ ( $T_w$ ) แหล่งความร้อนในห้อง (room heat flux) และอุณหภูมิผิวดินใต้อาคาร ( $T_{crawl}$ ) ซึ่งผลที่ได้นำไปสู่การทดลองด้วยกล่องทดลองต่อไป

##### 1) ตัวแปรที่ศึกษา

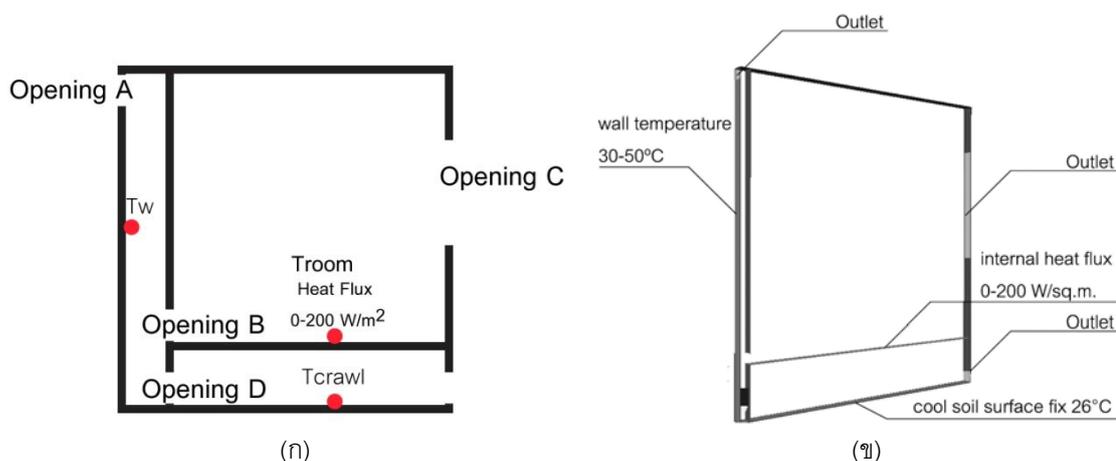
- (1) ตัวแปรต้น คือ อุณหภูมิผิวผนังภายในผนังทออมบ์ ( $T_w$ )  
แหล่งความร้อนในห้อง  
อุณหภูมิผิวดินใต้อาคาร ( $T_{crawl}$ )
- (2) ตัวแปรตาม คือ รูปแบบการเคลื่อนที่ของอากาศ
- (3) ตัวแปรควบคุม คือ ขนาด รูปทรง ลักษณะมิติของแบบจำลอง  
ค่าคุณสมบัติของอากาศ

##### 2) การจำลอง

ลักษณะการจำลองการเคลื่อนที่ของอากาศในลักษณะ 2 มิติ มีช่องเปิดอากาศออกจากช่องว่างอากาศผนังทออมบ์แบบปรับปรุ (A) ช่องเปิดของห้อง (B,C) และช่องเปิดของช่องว่างอากาศใต้อาคาร (D) ดังภาพที่ 3.2(ก) และมีลักษณะในโปรแกรมดังภาพที่ 3.2(ข)

ภาพที่ 3.2

รูปแบบการจำลองการเคลื่อนที่ของอากาศ



จากการศึกษางานวิจัยอื่น ๆ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง จึงกำหนดแบบการจำลองที่มีค่าของอุณหภูมิผิวผนังด้านช่องว่างอากาศผนังทออมป์ ฟลักซ์ความร้อนในห้อง และอุณหภูมิผิวดินใต้อาคาร ดังตารางที่ 3.2

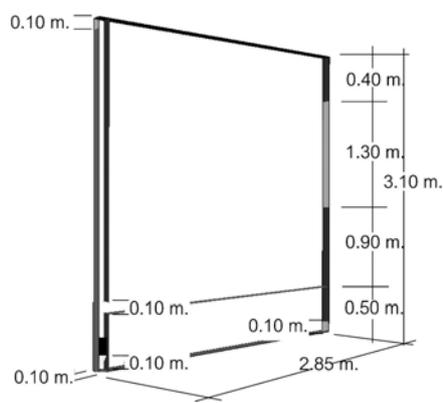
ตารางที่ 3.2  
แบบการจำลอง การศึกษารูปแบบการเคลื่อนที่ของอากาศ

แบบการจำลองที่	อุณหภูมิผิวผนัง $T_w(^{\circ}\text{C})$	แหล่งความร้อนในห้อง room heat flux ( $\text{w}/\text{m}^2$ )	อุณหภูมิผิวดินใต้อาคาร $T_{\text{crawl}}(^{\circ}\text{C})$
1-5	30,35,40,45,50	0	26
6-10	30,35,40,45,50	20	
11-15	30,35,40,45,50	40	
16-20	30,35,40,45,50	60	
21-25	30,35,40,45,50	80	
26-30	30,35,40,45,50	100	
31-35	30,35,40,45,50	200	

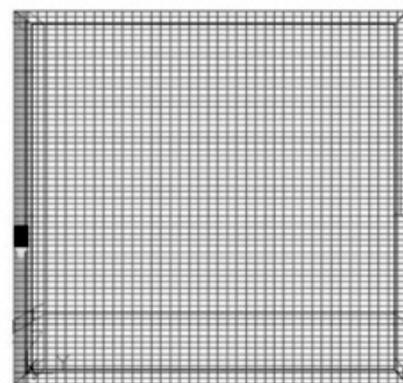
แบบจำลองที่สร้างขึ้นในโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหลมีขอบเขตขนาด กว้าง 2.85 เมตร สูง 3.10 เมตร ตั้งค่ากริด จำนวน 2,790 เซลล์ ขนาด  $2.5 \times 10^{-4} \text{ m}^3$  ดังภาพที่ 3.2(a), (b)

ภาพที่ 3.3

ขนาดของแบบจำลอง และการแบ่งปริมาตรอากาศในขอบเขตที่ศึกษา



(ก)



(ข)

กำหนดการคำนวณในสภาวะคงที่ (steady state) มีแรงโน้มถ่วงกระทำในทิศทางลบ และคำนวณการลอยตัวของอากาศแบบการประมาณค่าการไหลเวียนของอากาศในห้องที่เกิดจากความแตกต่างของความหนาแน่นอากาศด้วยวิธีของบัสซิเนส (Boussinesq approximation) โดยการไหลแบบปั่นป่วน (turbulent) ใช้การแก้สมการการไหลของอากาศแบบ  $k\epsilon$ -RNG ( $k$ - $\epsilon$  Renormalization Group) ที่ครอบคลุมผลในวงกว้างของการไหลของอากาศที่มีช่วงความเร็วต่ำที่เกิดขึ้นในพื้นที่ขนาดใหญ่ ทำการคำนวณจำนวน 30,000 รอบ จนมีค่าความผิดพลาดในการคำนวณต่ำกว่าร้อยละ 0.1 และกำหนดค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของอากาศ ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3

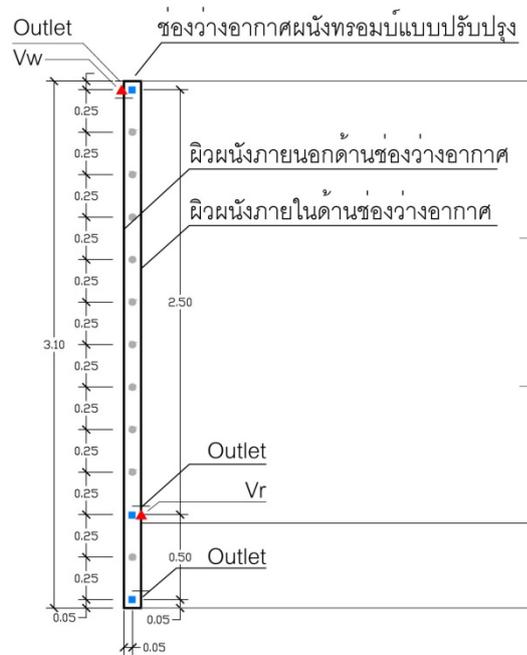
ค่าคุณสมบัติของอากาศในการจำลอง

Properties	Value
Density	1.189 kg/m <sup>3</sup>
Kinematic laminar viscosity	1.544E-5 m <sup>2</sup> /s
Specific heat	1.005 J/kg .°C
Conductivity	0.0263 (W/m.K)
Thermal expansion coefficient	0.00341

### 3) การเก็บข้อมูล

ข้อมูลจากการจำลองนี้ บันทึกผลข้อมูลความเร็วอากาศ 13 จุด หาค่าเฉลี่ยความเร็วอากาศในช่องว่างอากาศผนัง และข้อมูลความเร็วอากาศที่ช่องอากาศเข้า-ออก ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ดังภาพที่ 3.4

ภาพที่ 3.4  
ตำแหน่งการเก็บข้อมูลความเร็วอากาศ



### 3.3.2 การทดลองที่ 1 การศึกษาการเคลื่อนที่ของอากาศ โดยการใช้ประโยชน์จากอากาศใต้อาคาร ร่วมกับผนังทอมน้ำแบบปรับปรุง เพื่อการลดการถ่ายเทความร้อน

การทดลองที่ 1 การศึกษาการใช้ประโยชน์จากอากาศใต้อาคารร่วมกับผนังทอมน้ำแบบปรับปรุงเพื่อการลดการถ่ายเทความร้อนของระบบผนัง โดยเป็นการศึกษาการเคลื่อนที่ของอากาศ เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิในระบบผนังทอมน้ำแบบปรับปรุง เมื่อได้รับอิทธิพลการแผ่รังสีความร้อน การถ่ายเทความร้อน และการนำความร้อน ของวัสดุมวลสาร ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวผนังของระบบผนังทอมน้ำแบบปรับปรุง หรือการลดการถ่ายเทความร้อนของระบบผนัง ศึกษาด้วยการทดลองระบบผนังจำลองในห้องทดลองที่มีการควบคุมปัจจัยภายนอก ประกอบด้วย 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1.1 การจำลองค่าการแผ่รังสีความร้อนเดือนมิถุนายน (ฤดูร้อน) และการทดลองที่ 1.2 การจำลองค่าการแผ่รังสีความร้อนเดือนธันวาคม (ฤดูหนาว)

## 1) ตัวแปรที่ศึกษา

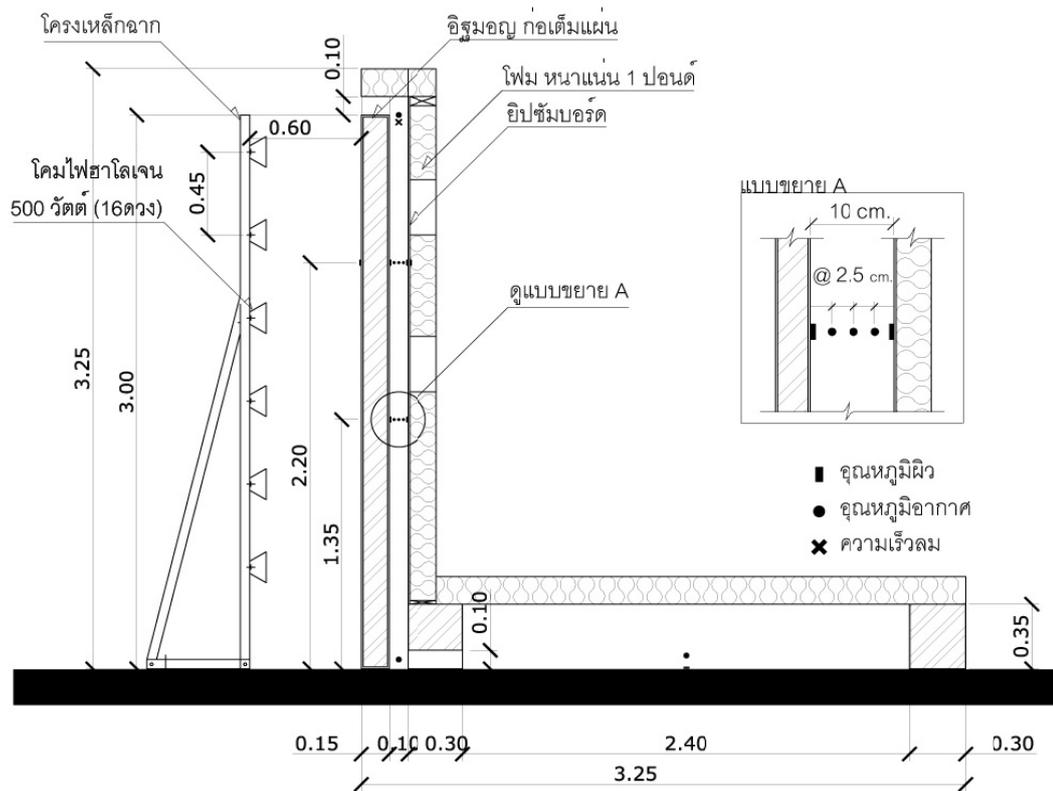
- (1) ตัวแปรต้น คือ การแผ่รังสีความร้อน  
การถ่ายเทความร้อนของวัสดุมวลสารมาก  
การหน่วงความร้อน
- (2) ตัวแปรตาม คือ การเคลื่อนที่ของอากาศ  
การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวผนังของระบบผนัง
- (3) ตัวแปรควบคุม คือ อุณหภูมิอากาศใต้อาคาร  
ขนาด รูปทรง กล้องทดลอง  
ปัจจัยภายนอกอื่นๆ เช่น ลม

## 2) กล้องทดลอง

ลักษณะของระบบผนังจำลองมีขนาดกว้าง 1 เมตร สูง 3.10 เมตร ประกอบด้วย ผนังก่ออิฐฉาบปูนเต็มแผ่นฉาบปูน 1 ด้าน ความหนารวม 15 เซนติเมตร (ผนังด้านนอก) ช่องว่างอากาศ 10 เซนติเมตร และอิฐซิมบอร์ต ความหนา 9 มิลลิเมตร (ผนังด้านใน) และป้องกันปัจจัยภายนอกที่จะมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนด้านอื่นๆ ด้วยการติดตั้งโฟม ความหนาแน่น 1 ปอนด์ หนา 6 นิ้ว จำลองพื้นที่ใต้อาคาร ขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 2.4 เมตร สูง 35 เซนติเมตร จำลองอากาศเย็นใต้อาคารด้วยแผ่นอะลูมิเนียม และจำลองการแผ่รังสีความร้อนด้วยดวงโคมฮาโลเจนขนาด 500 วัตต์ จำนวน 16 ดวง โดยกำหนดค่าให้เป็นไปตามช่วงเวลาของการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ แสดงลักษณะกล้องทดลองดังภาพที่ 3.5

เนื่องจากการทดลองในสภาพแวดล้อมจริงมีปัจจัยที่ควบคุมได้ยาก เช่น ค่าการแผ่รังสีความร้อน และค่าความเร็วลมภายนอกที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของอากาศในการทดลอง ดังนั้นการทดลองนี้จึงทำในห้องทดลอง ดังภาพที่ 3.6

ภาพที่ 3.5  
การติดตั้งเครื่องมือการทดลอง



ภาพที่ 3.6  
การติดตั้งระบบผนังจำลองในห้องทดลอง



### 3) วิธีการทดลอง

ในการทดลองที่ 1 นี้ประกอบด้วย 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1.1 การจำลองค่าการแผ่รังสีความร้อนเดือนมิถุนายน (ฤดูร้อน) และการทดลองที่ 1.2 การจำลองค่าการแผ่รังสีความร้อนเดือนธันวาคม (ฤดูหนาว) มีการปรับค่าให้มีการเปลี่ยนแปลงเสมือนดวงอาทิตย์ ด้วยการใช้สวิตช์ปรับแสง (dimmer) มีค่าดังตารางที่ 3.4

#### ตารางที่ 3.4

ค่าการแผ่รังสีความร้อนที่ใช้ในการทดลองที่ 1.1 และ 1.2

เวลา	ความเข้มรังสีอาทิตย์จำลอง (Watt/sq.m.)	
	มิ.ย. (Summer Equinox)	ธ.ค. (Winter Equinox)
	การทดลองที่ 1.1	การทดลองที่ 1.2
06:00 น.	10.00	0.00
07:00 น.	180.00	80.00
08:00 น.	345.00	345.00
09:00 น.	490.00	590.00
10:00 น.	590.00	790.00
11:00 น.	650.00	920.00
12:00 น.	700.00	980.00
13:00 น.	650.00	980.00
14:00 น.	650.00	880.00
15:00 น.	560.00	700.00
16:00 น.	440.00	500.00
17:00 น.	290.00	240.00
18:00 น.	130.00	0.00

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550 (ดัดแปลง)

ทดลองโดยเปิดค่าการแผ่รังสีตามที่ตั้งไว้ และทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิผิว โดยบันทึกค่าทุก 15 นาที เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ด้วยเครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Thermocouple Type-T) ที่ต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูล (data logger) และเก็บข้อมูลความเร็วอากาศด้วยเครื่องวัดความเร็วอากาศ (Hotwire Anemometer) บันทึกค่าด้วยการถ่ายภาพทุก 1 นาที มีตำแหน่งการเก็บ

ข้อมูลอุณหภูมิผิว อุณหภูมิอากาศ และความเร็วอากาศ ดังภาพที่ 3.5 และดังตารางที่ 3.5 โดยลักษณะการติดตั้งหัวเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และความเร็วอากาศ มีลักษณะดังภาพที่ 3.7 บันทึกข้อมูลที่ได้ลงคอมพิวเตอร์เพื่อจัดการ และวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

ตารางที่ 3.5  
การเก็บข้อมูลการทดลองที่ 1

ชุดข้อมูล	ตำแหน่ง	จำนวน	ตัวอักษรย่อ
อุณหภูมิผิว	ผนังอิฐด้านนอก	1	Tw1
	ผนังอิฐด้านในช่องอากาศ	2	Tw2
	ผนังยิปซัมด้านในช่องอากาศ	2	Tw3
	ผนังยิปซัมด้านนอก	1	Tw4
	พื้นใต้อาคาร	1	Tcrawl
อุณหภูมิอากาศ	อากาศแวดล้อม	1	TA ambient
	อากาศใต้อาคาร	1	TA crawl
	ช่องอากาศเข้า	1	TA inflow
	ช่องอากาศออก	1	TA outflow
	ช่องว่างอากาศ	6	TA gab
ความเร็วอากาศ	ช่องอากาศออก	1	v

ภาพที่ 3.7  
การติดตั้งหัวเซนเซอร์บันทึกข้อมูล



(ก) หัววัดอุณหภูมิผิว

(ข) หัววัดอุณหภูมิอากาศ

(ค) หัววัดความเร็วอากาศ

### 3.3.3 การทดลองที่ 2 การศึกษาการเคลื่อนที่ของอากาศในผนังทออมป์แบบปรับปรุง เพื่อการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ

การทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาการใช้ผนังทออมป์แบบปรับปรุงเพื่อการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ เป็นการศึกษาอิทธิพลการถ่ายเทความร้อนของวัสดุมวลสาร การหน่วงความร้อนและอิทธิพลของแหล่งความร้อนในห้องที่เกิดจากการใช้งาน ต่อการเคลื่อนที่ของอากาศเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ที่เป็นผลทำให้เกิดการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ ทดลองด้วยระบบผนังจำลองที่อยู่ในห้องทดลองที่มีการควบคุมปัจจัยภายนอก ประกอบด้วย 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 2.1 การใช้งานช่วงเวลากลางวัน และการทดลองที่ 2.2 การใช้งานช่วงเวลากลางคืน

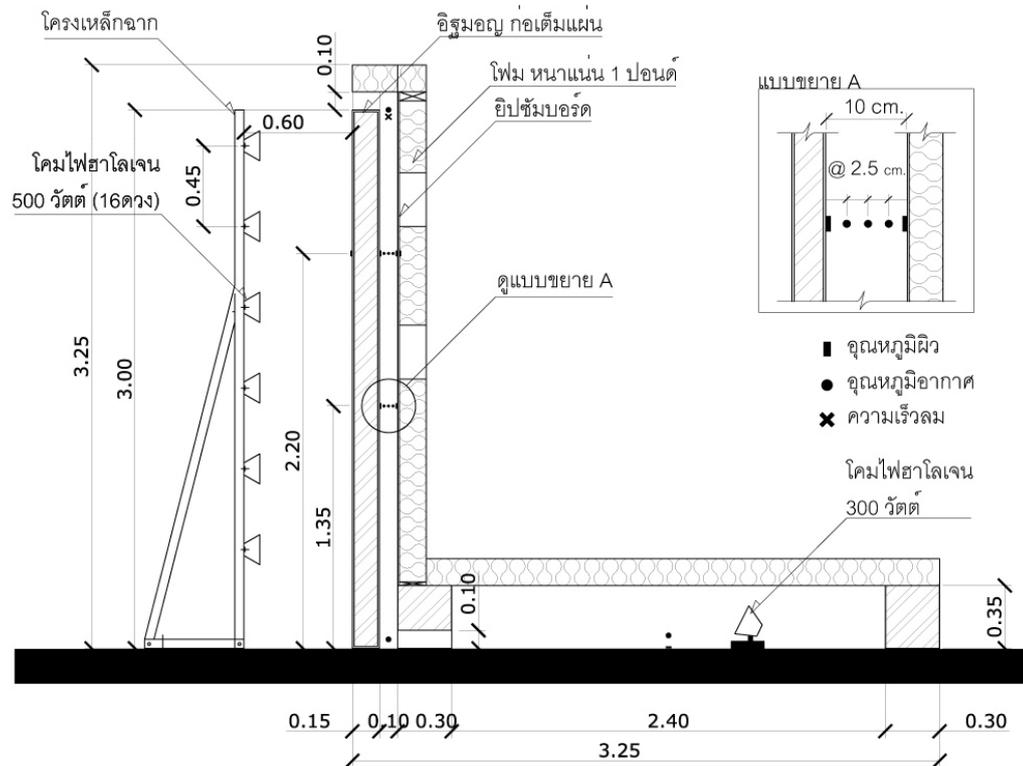
#### 1) ตัวแปรที่ศึกษา

- (1) ตัวแปรต้น คือ การถ่ายเทความร้อนของวัสดุมวลสาร  
การหน่วงความร้อน  
ช่วงเวลาการใช้งาน (ช่วงเวลาที่ มีแหล่งความร้อน)
- (2) ตัวแปรตาม คือ การเคลื่อนที่ของอากาศ และอัตราการระบายอากาศ
- (3) ตัวแปรควบคุม คือ ค่าการแผ่รังสีความร้อน  
ขนาด รูปทรง กล้องทดลอง  
ปัจจัยภายนอกอื่น ๆ เช่น ลม

#### 2) กล้องทดลอง

ลักษณะของระบบผนังจำลองมีขนาดกว้าง 1 เมตร สูง 3.10 เมตร ประกอบด้วย ผนังก่ออิฐฉาบปูนเต็มแผ่นฉาบปูน 1 ด้าน ความหนารวม 15 เซนติเมตร (ผนังด้านนอก) ช่องว่างอากาศ 10 เซนติเมตร และยิปซัมบอร์ด ความหนา 9 มิลลิเมตร (ผนังด้านใน) และป้องกันปัจจัยภายนอกที่จะมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนด้านอื่น ๆ ด้วยการติดตั้งโฟม ความหนาแน่น 1 ปอนด์ หนา 6 นิ้ว จำลองความร้อนที่เกิดจากการใช้งานในห้องขนาด กว้าง 1 เมตร ยาว 2.4 เมตร สูง 35 เซนติเมตร ด้วยโคมไฟฮาโลเจนขนาด 300 วัตต์ 1 หลอด และจำลองการแผ่รังสีความร้อนด้วยดวงโคมฮาโลเจนขนาด 500 วัตต์ จำนวน 16 ดวง โดยกำหนดค่าให้เป็นไปตามช่วงเวลาของการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ของเดือนมิถุนายน ดังตารางที่ 3.4 และลักษณะกล้องทดลองแสดงดังภาพที่ 3.8

ภาพที่ 3.8  
การติดตั้งเครื่องมือการทดลอง



เนื่องจากการทดลองในสภาพแวดล้อมจริงมีปัจจัยที่ควบคุมได้ยาก เช่น ค่าการแผ่รังสีความร้อน และค่าความเร็วลมภายนอกที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของอากาศในการทดลอง ดังนั้นการทดลองนี้จึงทำในห้องทดลอง ดังภาพที่ 3.6

### 3) วิธีการทดลอง

ในการทดลองที่ 2 นี้ประกอบด้วย 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 2.1 การใช้งานช่วงเวลากลางวัน และการทดลองที่ 2.2 การใช้งานช่วงเวลากลางคืน โดยจำลองความร้อนด้วยโคมฮาโลเจนขนาด 300 วัตต์ 1 ดวง ในช่วงเวลาดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6

ช่วงเวลาที่เกิดความร้อนในห้องของการทดลองที่ 2.1 และ 2.2

การทดลอง	ช่วงเวลาที่มีการเปิดไฟ 300 วัตต์
การทดลองที่ 2.1	08.00 – 18.00 น.
การทดลองที่ 2.2	18.00 – 22.00 น.

ทดลองโดยเปิดค่าการแผ่รังสีความร้อนเดือนมิถุนายนตามที่ตั้งไว้ และทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิผิว โดยบันทึกค่าทุก 15 นาที เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ด้วยเครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Thermocouple Type-T) ที่ต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูล (data logger) และเก็บข้อมูลความเร็วอากาศด้วยเครื่องวัดความเร็วอากาศ (Hotwire Anemometer) บันทึกค่าด้วยการถ่ายภาพทุก 1 นาที มีตำแหน่งการเก็บข้อมูลอุณหภูมิผิว อุณหภูมิอากาศ และความเร็วอากาศ ดังภาพที่ 3.8 และดังตารางที่ 3.7 โดยลักษณะการติดตั้งหัวเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความเร็วอากาศ มีลักษณะดังภาพที่ 3.7 บันทึกข้อมูลที่ได้นำคอมพิวเตอร์เพื่อจัดการ และวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

ตารางที่ 3.7  
การเก็บข้อมูลการทดลองที่ 2

ชุดข้อมูล	ตำแหน่ง	จำนวน	ตัวอักษรย่อ
อุณหภูมิผิว	ผนังอิฐด้านนอก	1	Tw1
	ผนังอิฐด้านในช่องอากาศ	2	Tw2
	ผนังยิปซัมด้านในช่องอากาศ	2	Tw3
	ผนังยิปซัมด้านนอก	1	Tw4
อุณหภูมิอากาศ	อากาศแวดล้อม	1	TA ambient
	อากาศในห้อง	1	TA room
	ช่องอากาศเข้า	1	TA inflow
	ช่องอากาศออก	1	TA outflow
	ช่องว่างอากาศ	6	TA gab
ความเร็วอากาศ	ช่องอากาศออก	1	v

### 3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ภาพที่ 3.9

เครื่องมือที่ใช้บันทึกข้อมูลการทดลอง



Pyranometer



Thermocouple Type T



Hotwire Anemometer



Data Logger

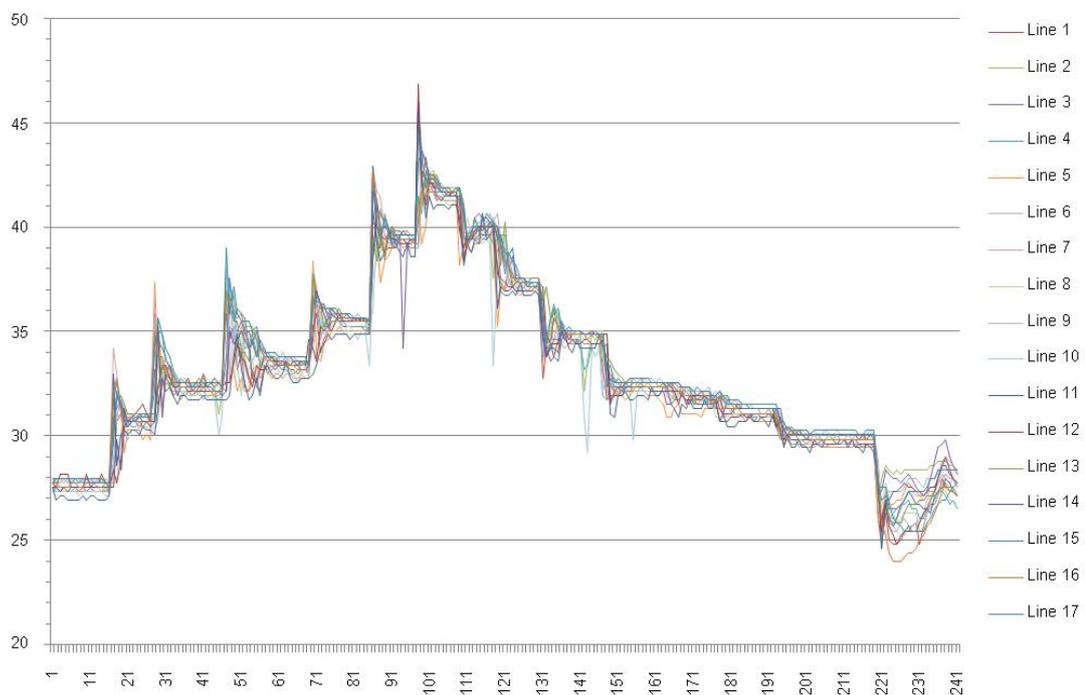
- 1) เครื่องมือวัดความเข้มแสง (Pyranometer) ใช้วัดค่าความเข้มแสงในการตั้งค่าการแผ่รังสีความร้อน
- 2) เครื่องมือวัดความเร็วอากาศแบบขดลวด (Hotwire Anemometer) ยี่ห้อเทสโต (testo) รุ่น testo 435-1 วัดความเร็วอากาศช่วง 0-20 เมตรต่อวินาที ความละเอียด 0.01 เมตรต่อวินาที ความคลาดเคลื่อนที่  $\pm 5\%$  วัดได้ที่อุณหภูมิ  $-20^{\circ}\text{C}$  ถึง  $50^{\circ}\text{C}$  จำนวน 1 เครื่อง
- 3) สายเทอร์โมคอปเปิล ชนิดที (Thermocouple Type T) เครื่องมือวัดอุณหภูมิ วัดอุณหภูมิในช่วง  $-200^{\circ}\text{C}$  ถึง  $100^{\circ}\text{C}$  จำนวน 17 เส้น
- 4) เครื่องมือเก็บบันทึกข้อมูล (data logger) ยี่ห้อโฮโบ (HOBO) รุ่น U12 ใช้ในการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ ใช้จำนวน 17 เครื่อง
- 5) เครื่องคอมพิวเตอร์ ใช้ในการบันทึกผลข้อมูลจำนวน 1 เครื่อง

### 3.5 การทดสอบเครื่องมือ

การทดสอบเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองนี้ใช้เซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิในถังน้ำที่ค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิ น้ำ และลดอุณหภูมิ น้ำ ทำให้ได้ผลดังภาพที่ 3.10

ภาพที่ 3.10

ผลข้อมูลเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ 17 สาย



เมื่อเทียบผลจากการทดลอง ผลปรากฏว่าข้อมูลชุดที่ 7 (Line 7) อ่านค่าได้ค่ากลางของชุดข้อมูลทั้งหมด จึงถือเป็นเส้นที่ใช้ในการอ้างอิง และคำนวณปรับข้อมูลของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิอีก 16 เส้น ให้ใกล้เคียงกับเซนเซอร์อ้างอิงด้วยสมการดังตารางที่ 3.8 เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือ

## ตารางที่ 3.8

## สมการการปรับค่าอุณหภูมิของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

หัวเซนเซอร์	สมการ	หัวเซนเซอร์	สมการ
1	$Y=2.331+0.931X$	10	$Y=2.299+0.932X$
2	$Y=0.496+0.984X$	11	$Y=1.177+0.971X$
3	$Y=0.664+0.976X$	12	$Y=1.982+0.938X$
4	$Y=1.858+0.944X$	13	$Y=1.742+0.943X$
5	$Y=0.154+1.004X$	14	$Y=1.284+0.963X$
6	$Y=1.351+0.956X$	15	$Y=2.666+0.911X$
7	หัวเซนเซอร์ที่ใช้เปรียบเทียบ	16	$Y=3.059+0.903X$
8	$Y=1.897+0.941X$	17	$Y=1.175+0.961X$
9	$Y=2.152+0.931X$	-	-

## 3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลของงานวิจัยนี้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ตามวิธีการศึกษา และการทดลอง  
ดังนี้

## 3.6.1 การจำลองด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล

- 1) วิเคราะห์รูปแบบการเคลื่อนที่ของอากาศ กับความสัมพันธ์ของความแตกต่างของอุณหภูมิผิวผนัง อุณหภูมิอากาศใต้อาคาร และอุณหภูมิอากาศในห้อง
- 2) เลือกรูปแบบการเคลื่อนที่ของอากาศที่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งาน ของการใช้ประโยชน์จากอากาศใต้อาคารร่วมกับผนังทอรั่มแบบปรับปรุง เพื่อศึกษาต่อด้วยการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2

### 3.6.2 การทดลองที่ 1 การศึกษาการเคลื่อนที่ของอากาศ โดยการใช้ประโยชน์จากอากาศใต้อาคาร ร่วมกับผนังทอมบ์แบบปรับปรุง เพื่อการลดการถ่ายเทความร้อน

1) วิเคราะห์อิทธิพลของการแผ่รังสีความร้อน การถ่ายเทความร้อน และการหน่วงความร้อนของวัสดุมวลสาร ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวผนัง อุณหภูมิอากาศในระบบผนัง และอุณหภูมิอากาศใต้อาคาร ณ เวลาต่าง ๆ

2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการเคลื่อนที่ของอากาศในผนังทอมบ์แบบปรับปรุง กับการเปลี่ยนแปลงของความแตกต่างอุณหภูมิผิวผนัง และอุณหภูมิอากาศ

3) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเร็วในการเคลื่อนที่ของอากาศในผนังทอมบ์แบบปรับปรุง ที่ส่งผลต่อการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

### 3.6.3 การทดลองที่ 2 การศึกษาการเคลื่อนที่ของอากาศในผนังทอมบ์แบบปรับปรุง เพื่อการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ

1) วิเคราะห์อิทธิพลแหล่งความร้อนในห้อง ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในห้อง และอุณหภูมิอากาศในผนังทอมบ์แบบปรับปรุง

2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการเคลื่อนที่ของอากาศในผนังทอมบ์แบบปรับปรุง กับการเปลี่ยนแปลงของความแตกต่างอุณหภูมิผิวผนัง และอุณหภูมิอากาศ

3) วิเคราะห์ความเร็วในการเคลื่อนที่ของอากาศ ที่ส่งผลต่อการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติของห้อง

4) วิเคราะห์อิทธิพลการหน่วงความร้อนของวัสดุผนังทอมบ์แบบปรับปรุง และช่วงเวลาที่เกิดการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ