

## บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย



การดำเนินการวิจัยเพื่อทดสอบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนและความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังมวลสารน้อยสำหรับอาคารปรับอากาศโดยการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือบันทึกข้อมูลและนำข้อมูลมาประมวลผลเพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถแบ่งวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

- 3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.2 การตรวจสอบเครื่องมือ
- 3.3 การเตรียมการทดลองและการติดตั้งเครื่องมือในการทดลอง
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 3.5 การเก็บข้อมูล

### 3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

#### 3.1.1 เครื่อง Sciencemetric Data Logger

เป็นเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติสามารถจัดเก็บข้อมูลอุณหภูมิ โดยการติดตั้งหัวเซนเซอร์(Sensor)สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิ เช่น Thermister ขนาด 10 K $\Omega$  สามารถตอบรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้อย่างรวดเร็วโดยมีช่วงอุณหภูมิที่สามารถวัดได้อยู่ระหว่าง 9 $^{\circ}$ C - 150 $^{\circ}$ C ทำการต่อเชื่อมกับเครื่องเก็บข้อมูลและเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทาง Scienmetric card model 236 ซึ่งจะต้องติดตั้ง card slot กับเครื่องคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากหัวเซนเซอร์เป็นแบบกระแสหรือความต้านศักย์หรือความต้านทานตามแต่ละลักษณะการวัดของเซนเซอร์โดยการวัดและบันทึกผลเป็นแบบ Online ติดตั้งหัวเซนเซอร์ได้ 48 ช่องสัญญาณ การวัดแบบ Online ทำโดยการติดตั้งโปรแกรมที่รองรับกับเครื่องเก็บข้อมูล (Supported software gen 200 )ของคอมพิวเตอร์ในระบบ OS Windows 3.11 ที่ต่อเชื่อมกับเครื่องเก็บข้อมูลแล้วบันทึกข้อมูลที่ต้องการลงบนหน่วยความจำ ของเครื่องคอมพิวเตอร์ทันทีโดยไม่ต้องเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ตลอดเวลาการบันทึกข้อมูล



รูปที่ 3.1 เครื่องวัดอุณหภูมิ Scienmetric Data Logger

### 3.1.2 เครื่องวัดความเร็วและทิศทางลม (Anemometer)

เป็นอุปกรณ์วัดค่าความเร็วและทิศทางลม สามารถวัดความเร็วลมได้ตั้งแต่ 0 - 50 เมตรต่อวินาทีและวัดทิศทางของลมได้ตั้งแต่ 0-360 องศา โดย 0 องศา คือทิศเหนือ แต่ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้จึงจำเป็นต้องติดตั้งกับเครื่องบันทึกข้อมูล Opus 200



รูปที่ 3.2 เครื่องวัดความเร็วและทิศทางลม

### 3.1.3 เครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ (Opus Data Logger)

เป็นเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ สามารถจัดเก็บข้อมูลได้ 2 ช่องสัญญาณและสามารถต่อเป็นระบบเดียวกันได้จนถึง 250 ช่องสัญญาณ วัดข้อมูลแบบ Online หรือ Offline ซึ่งการวัดแบบ Offline ทำได้โดยการติดตั้งโปรแกรมกับเครื่องมือที่ต้องการและใช้ไฟฟ้าตลอดระยะเวลาการบันทึกซึ่งมีหน่วยความจำจำกัด ข้อมูลที่วัดในส่วนความเร็วลมมีหน่วยเป็น กิโลเมตร ต่อ ชั่วโมง และทิศทางมีหน่วยเป็นองศา



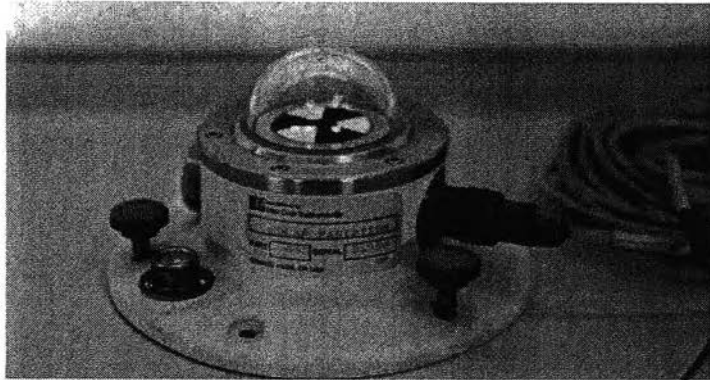
รูปที่ 3.3 แสดงการป้อนข้อมูลของเครื่อง Opus 2000

### 3.1.4 เครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ (Campbell Data Logger)

เป็นเครื่องเก็บข้อมูลแบบอัตโนมัติ สามารถจัดเก็บข้อมูลได้ 12 ช่องสัญญาณเมื่อต่อแบบ Differential และ 24 ช่องสัญญาณเมื่อต่อแบบ Single end โดยสามารถวัดได้ทั้ง Online และ Offline

### 3.1.5 เครื่องวัดแสงพระอาทิตย์ (Black & White Pyranometer model 8-48)

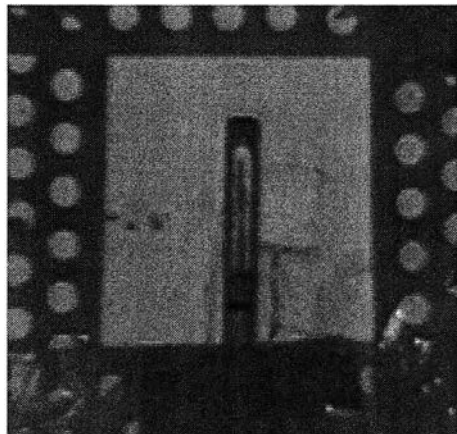
เครื่อง Met one instruments รุ่น 095 ใช้กับเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ สามารถเก็บข้อมูลด้วยความละเอียดถึง 11 ไมโครโวลต์ ต่อ วัตต์ ต่อ ตารางเมตร และสามารถบันทึกข้อมูลพร้อมทั้งทำการเก็บข้อมูลไว้ภายในเครื่องอัตโนมัติโดยใช้พลังงานจากตัวเครื่อง



รูปที่ 3.4 เครื่องวัดพลังงานรังสีดวงอาทิตย์

### 3.1.6 เครื่องวัดความเร็วลม (Hot wire)

เครื่องวัดความเร็วลมตั้งฉากเก็บข้อมูลความเร็วลมและส่งสัญญาณเข้าสู่ Data logger โดย บริเวณเซนเซอร์จะวัดปริมาณอากาศที่ไหลผ่านเป็นความเร็วลม กิโลเมตรต่อชั่วโมง



รูปที่ 3.5 เครื่องวัดความเร็วลม

### 3.2 การตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ในการวิจัยจำเป็นต้องตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลเพื่อป้องกันการผิดพลาดของผลการทดลองดังนี้

#### 3.2.1 การตรวจสอบหัววัดอุณหภูมิ(Sensor)

Sensor ที่ใช้เก็บอุณหภูมิเป็น Thermister ขนาด  $10\text{ K}\Omega$  มีคุณสมบัติในการตอบรับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจาก Sensor แต่ละตัวสามารถวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่แตกต่างกันเพื่อความถูกต้องและน่าเชื่อถือในการทดลองต้องมีการตรวจสอบหัววัด โดยมีขั้นตอนการตรวจวัดให้ได้มาตรฐานดังนี้

- การทดสอบหัววัดโดยวัดค่าอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับจุดเยือกแข็งของน้ำที่  $0^{\circ}\text{C}$  และบันทึกข้อมูลที่ Sensor อ่านได้
- เพิ่มอุณหภูมิของน้ำให้สูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิน้ำเดือด( $100^{\circ}\text{C}$ )และบันทึกข้อมูลที่ Sensor อ่านได้
- นำข้อมูลที่ได้อ่านวิเคราะห์ด้วยกระบวนการทางสถิติเพื่อหาค่า Intercept และค่า Coefficient ของ Sensor เพื่อนำค่าที่ได้มาปรับค่าความชัน และค่า Offset ของการบันทึกข้อมูลของโปรแกรม ซึ่งจะทำได้ผลของการวัดที่แม่นยำ และใกล้เคียงกันทั้งหมด

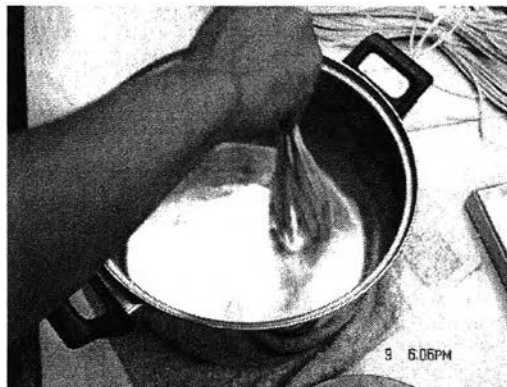


รูปที่ 3.6 หัววัดอุณหภูมิ Thermister

### 3.2.2 การตรวจสอบห้วงวัดความชื้นสัมพัทธ์

การวัดความชื้นสัมพัทธ์โดย Humidity Sensor สามารถวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ได้แตกต่างกันเพื่อความถูกต้องและความน่าเชื่อถือในการทดลองต้องมีการตรวจสอบห้วงวัดก่อนที่จะทำการทดลองโดยมีขั้นตอนการตรวจวัดให้ได้มาตรฐานดังนี้

- ทดสอบวัดค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่ใกล้เคียงกับ 10% RH และบันทึกข้อมูลที่ Sensor อ่านได้
- เพิ่มปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ขึ้นเรื่อยๆจนใกล้เคียงจุดกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ (Dew point Temperature) ที่ 100%RH และบันทึกข้อมูลที่ Sensor อ่านได้
- นำค่าที่ได้เปรียบเทียบและวิเคราะห์ด้วยกระบวนการทางสถิติเพื่อหาค่า Intercept และค่า Coefficient ของ Sensor และนำค่าที่ได้มาปรับค่าความชัน(Slope)และค่า Offset ของการบันทึกข้อมูลด้วยโปรแกรมทำให้ได้ผลของการวัดที่แม่นยำและใกล้เคียงกันทั้งหมด



รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการตรวจสอบความเที่ยงตรงของห้วงวัดอุณหภูมิ

### 3.3 การเตรียมการทดลองและการติดตั้งเครื่องมือในการทดลอง

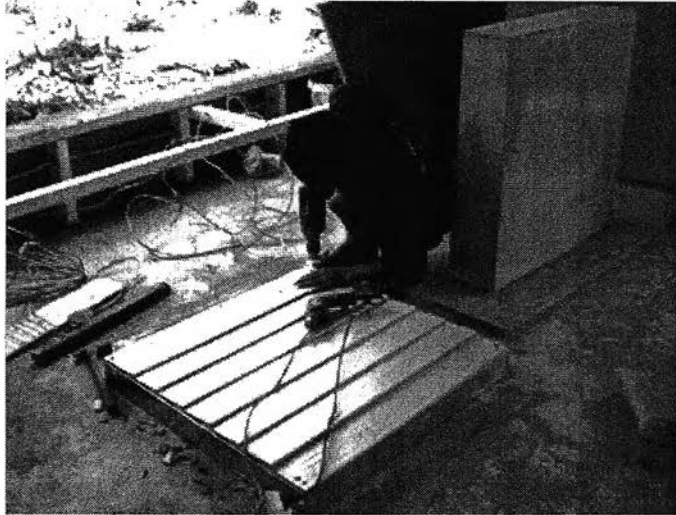
การเตรียมวัสดุทดลองประกอบไปด้วยวัสดุมวลสารน้อยที่นิยมใช้ในการก่อสร้างปัจจุบัน พิจารณาค่าการต้านทานความร้อน(R) และลักษณะการใช้งานของอาคารบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงานในปัจจุบันแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

#### 3.3.1 ผนังไม้ฝาสำเร็จรูปโครงเคร่าสังกะสี

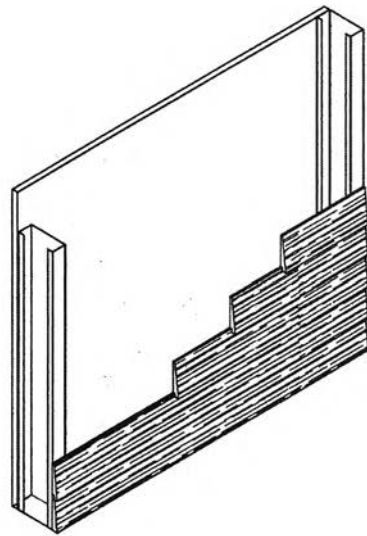
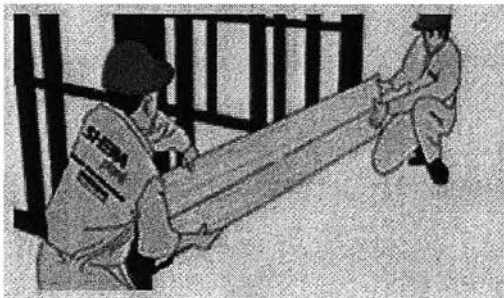
เปรียบเทียบลักษณะการใช้งานของบ้านไทยที่มีการใช้ผนังไม้โดยติดตั้งแบบตีซ้อนเกล็ด ซึ่งเป็นวัสดุที่นิยมใช้กันมากในอดีตเนื่องจากเป็นวัสดุที่หาง่าย ราคาถูก แต่ในปัจจุบันมีการพัฒนารูปแบบการผลิตหลากหลายมากขึ้น การเลือกใช้ไม้ฝาสำเร็จรูป หรือ ผนังไฟเบอร์ซีเมนต์ ที่มีลักษณะทางกายภาพที่ใกล้เคียงกับวัสดุธรรมชาติจริงเช่น สีสนพื้นผิวตลอดจนคุณสมบัติของวัสดุที่พัฒนาตอบสนองต่อสภาพการใช้งานหลากหลายมากยิ่งขึ้น ขนาด กว้าง 6 นิ้ว หนา 0.8 เซนติเมตร ยาว 0.80 เมตร ติดตั้งแบบซ้อนเกล็ด โดยมีระยะซ้อนระหว่างแผ่น 1 นิ้ว ติดตั้งกับโครงสังกะสีตัวซี (C) กว้าง 4 นิ้ว ขนาดโครง 0.80 x 0.80 เมตร ยึดด้วยสกรูเกลียวปล่อยภายในติดตั้งผนังยิปซัมบอร์ดภายในหนา 12 มิลลิเมตร รวมขนาดผนังไม้พร้อม โครงสร้างกว้าง 0.12 เมตร ยาว 0.80 เมตร สูง 0.80 เมตร มีน้ำหนัก 23.5-24 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

คุณสมบัติทางกายภาพของผนังไม้ฝาสำเร็จรูปคือ

ส่วนผสม	ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์, เชื้อธรรมชาติ, ทรายละเอียดและน้ำ
ความหนาแน่น	1,250 – 1,450 กิโลกรัม ต่อ ลูกบาศก์เมตร
ค่ามอดคูลัสยืดหยุ่น	มากกว่าหรือเท่ากับ 7,000 นิวตันต่อตารางเมตร
ปริมาณความชื้นในแผ่น	11.7 – 14.3 %
การดูดซึมน้ำ	30 – 34 % โดยน้ำหนัก
ความเป็นด่างของผิวหน้า	PH 7-8
ความต้านแรงดัดโค้ง	มากกว่าหรือเท่ากับ 18 นิวตันต่อตารางเมตร
ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า	มากกว่าหรือเท่ากับ 0.40 นิวตันต่อตารางเมตร
ค่าการนำความร้อน	น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.49 วัตต์ต่อตารางเมตร



รูปที่ 3.8 แสดงการติดตั้งผนังไม้สำเร็จรูป



รูปที่ 3.9 รูปตัดแสดงโครงสร้างของผนังไม้สำเร็จรูปและการติดตั้ง

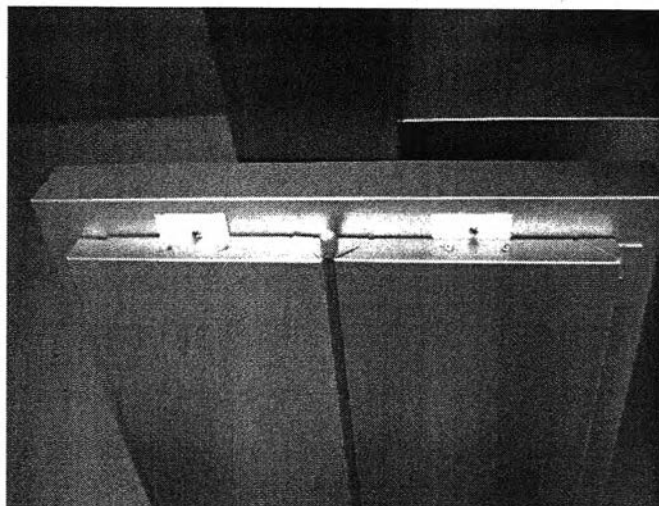


### 3.3.2 ผนังอลูมิเนียม แคลดดิ้ง (Aluminum Cladding)

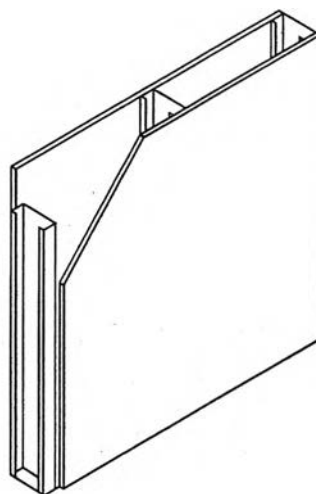
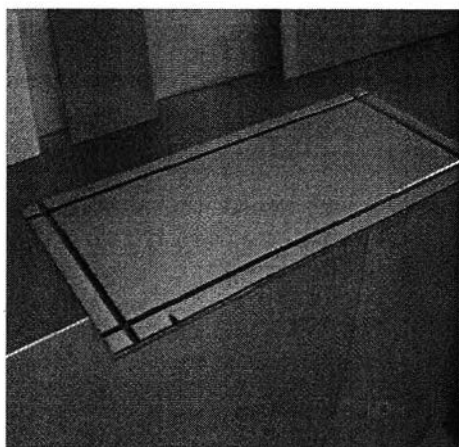
เป็นระบบผนังภายนอกพิจารณาการใช้งานของอาคารสูงเนื่องจากมีความแข็งแรง ทนทาน น้ำหนักเบาจึงเหมาะสำหรับการตกแต่งภายนอกอาคารอีกทั้งยังสะดวกในการดูแลรักษา โดย วัสดุแผ่นอลูมิเนียมคอมโพสิตเคลือบสีด้วยระบบลูมิฟลอนเบสด์ฟลูโอคาร์บอน (Lumiflon-based Fluorocarbon) เทียบเท่าแผ่นอลูมิเนียมเคลือบสีทั่วไป (Solid Aluminium) ทนต่อสภาพความเป็นกรดและด่างประกอบประกอบด้วย แผ่นอลูมิเนียม (3105-H14) ความหนา 0.5 มิลลิเมตร 2 ชั้นประกบกัน ด้านหน้าปิดด้วยฟิล์มป้องกันรอยขีดข่วน (Protective film)ซึ่งมีความทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศได้นานถึง 6 เดือนเพื่อป้องกันความเสียหายหรือความสกปรกในช่วงระหว่างเวลาการติดตั้ง โดยมีไส้กลางเป็นสารที่ไม่ติดไฟโดยมีคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นอลูมิเนียมคอมโพสิต คือ

1. มีน้ำหนักเบาแต่แข็งแรง ทนทาน มีความแข็งแรงเทียบเท่าแผ่น Solid aluminium ความหนา 3 มิลลิเมตร แต่น้ำหนักเบากว่า 15% ถึง 5.8 กิโลกรัม ต่อ ตารางเมตร
2. ติดตั้งสะดวก รวดเร็ว สามารถตัดโค้ง และประกอบได้ทุกรูปทรง
3. สามารถเคลือบเงา (Gloss) ได้ตั้งแต่ 30-80%
4. เคลือบสีด้วยเทคโนโลยีใหม่ล่าสุด ระบบลูมิฟลอนเบสด์ ฟลูโอคาร์บอน มีความสวยงาม และทนต่อกรดและด่างในทุกสภาพภูมิอากาศ
5. สามารถซ่อมแซมความเสียหาย หรือรอยขีดข่วนได้ทันที โดยไม่ต้องรื้อถอนแผ่น (Recoatibility)

ผนังอลูมิเนียม แคลดดิ้ง ขนาด กว้าง 0.80 ม. ยาว 0.80 เมตร หนา 3 มิลลิเมตร ติดตั้งกับโครงสังกะสีตัวซี (C) กว้าง 4 นิ้ว ขนาด โครง 0.80 x 0.80 เมตร ยึดด้วยสกรูภายในติดตั้งผนังยิปซัมบอร์ดภายในหนา 12 มิลลิเมตร รวมขนาดผนังไม้พร้อมโครงสร้างกว้าง 0.12 เมตร ยาว 0.80 เมตร สูง 0.80 เมตร มีน้ำหนัก 20.5-21 กิโลกรัมต่อตารางเมตร



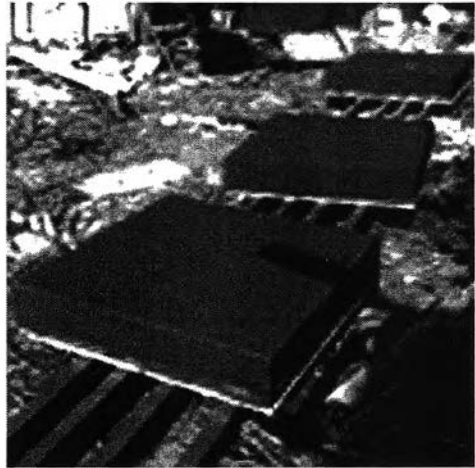
รูปที่ 3.10 การติดตั้งผนังอลูมิเนียม เคลดดิ้ง



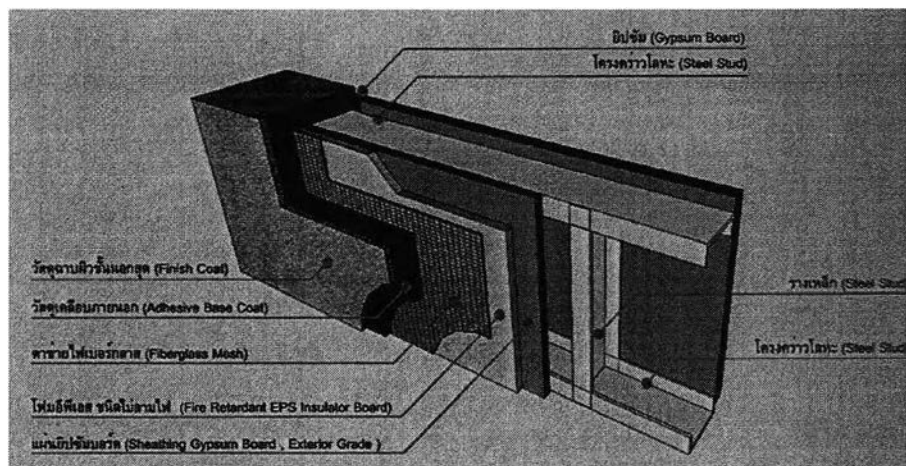
รูปที่ 3.11 รูปตัดแสดงโครงสร้างของผนังเคลดดิ้ง

### 3.3.3 ผนัง EIFS (Exterior Insulation and Finished System)

เป็นผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกโครงสร้างคอนกรีตหนา 10 เซนติเมตร มีน้ำหนักเบา และมีการติดตั้งติดตั้งแผ่นยิปซัมหนา 12 ม.ม. ไว้ภายในและภายนอก ผิวภายนอกติดฉนวนกันความร้อนที่ทำจากโพลีเอสเตอร์กลาสความหนาแน่น 1 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุตหนา 3 นิ้ว และระบบเคลือบผิว(Basecoat)กันความเสียหายจากความร้อนและความชื้นภายนอก<sup>1</sup> รวมขนาดผนังหนา 20 เซนติเมตร น้ำหนักรวม 15 กิโลกรัม



รูปที่ 3.12 แสดงการติดตั้งผนัง EIFS



รูปที่ 3.13 แสดงส่วนประกอบของผนัง EIFS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> สุนทร บุญญาธิการ, เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า, ครั้งที่2(กรุงเทพฯ: โอเอส. พรินต์ติ้ง, 2542), หน้า 165.

ตารางที่ 3.1 ตารางสรุปค่าการต้านทานความร้อนของผนังไม้ฝาสำเร็จรูป

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (เมตร)	ค่า k W/(m <sup>2</sup> °K)	ค่า R m <sup>2</sup> °K/W	ค่า R ft <sup>2</sup> .°F .h /Btu
ผนัง Shera				
ฟิล์มอากาศภายนอก			0.044	0.25
แผ่นไม้	0.008	0.072	0.11	0.63
ช่องว่างอากาศภายใน	0.10		0.16	0.91
แผ่นยิปซัมบอร์ด	0.012	0.19	0.063	0.45
ฟิล์มอากาศภายใน			0.12	0.68
	0.12		$\Sigma R = 0.497$	$\Sigma R = 2.92$
$U = 1/\Sigma R$			U = 2.01	U = 0.34

ตารางที่ 3.2 ตารางสรุปค่าการต้านทานความร้อนของผนัง EIFS

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (เมตร)	ค่า k W/(m <sup>2</sup> °K)	ค่า R m <sup>2</sup> °K/W	ค่า R ft <sup>2</sup> .°F .h /Btu
ผนัง EIFS				
ฟิล์มอากาศภายนอก			0.044	0.25
EIFS finished			0.01	0.08
โฟม EPS หนา 3 นิ้ว	0.076	0.037	2.05	12
แผ่นยิปซัมบอร์ด	0.012	0.19	0.063	0.45
ช่องว่างอากาศภายใน	0.10		0.16	0.90
แผ่นยิปซัมบอร์ด	0.012	0.19	0.063	0.45
ฟิล์มอากาศภายใน			0.12	0.68
	0.20		$\Sigma R = 2.51$	$\Sigma R = 14.28$
$U = 1/\Sigma R$			U = 0.39	U = 0.07

ตารางที่ 3.3 ตารางสรุปค่าการต้านทานความร้อนของผนังอลูมิเนียมเคลดดิ้ง

ชนิดของวัสดุ	ความหนา (เมตร)	ค่า k $W/(m^2 \text{ } ^\circ K)$	ค่า R $m^2 \text{ } ^\circ K / W$	ค่า R $ft^2 \text{ } ^\circ F \cdot h / Btu$
ผนัง Aluminum Cladding				
ฟิล์มอากาศภายนอก			0.044	0.25
Aluminum Composite	0.004	0.11	0.036	0.01
ช่องว่างอากาศภายใน	0.10		0.16	0.91
แผ่นอิพซัมบอร์ด	0.012	0.19	0.063	0.45
ฟิล์มอากาศภายใน			0.12	0.68
	0.19		$\Sigma R = 0.423$	$\Sigma R = 2.3$
	$U = 1/\Sigma R$		U = 2.36	U = 0.43

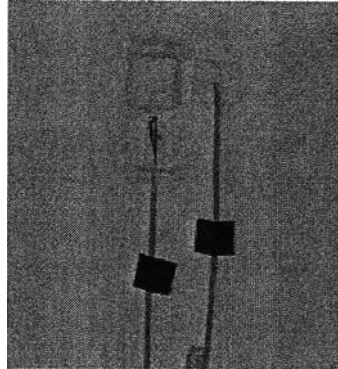
### 3.3.4 การติดตั้งวัสดุทดลองและหั่วัดอุณหภูมิ

เมื่อทำการสร้างวัสดุทดสอบเรียบร้อยแล้วจึงทำการติดตั้งกับห้องทดลองซึ่งมีการติดตั้งระบบปรับอากาศจำลองการใช้งานจริง พร้อมทั้งติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าตัวแปรต่างๆ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้



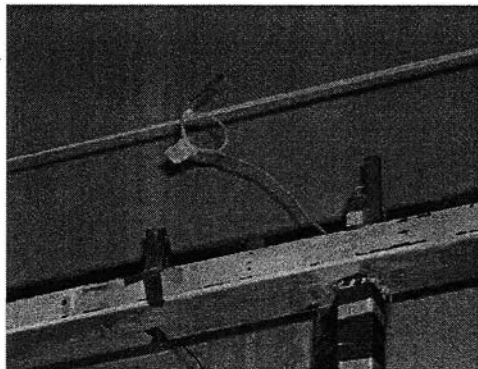
รูปที่ 3.14 การติดตั้งผนังทั้ง 3 ประเภท โดยติดตั้งบริเวณชั้น 2 ของห้องทดลองทั้ง 4 ทิศ

1. ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิบริเวณผิวผนังภายใน กึ่งกลางผนัง หลังฉนวน และบริเวณผิวภายนอกของวัสดุทดลอง



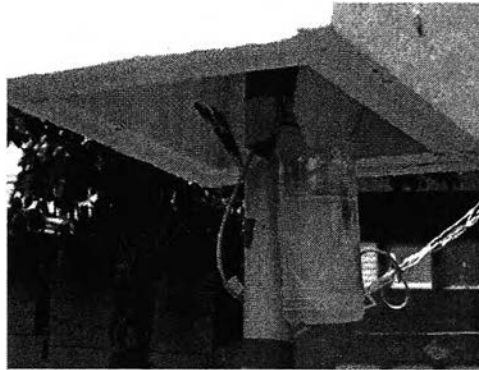
รูปที่ 3.15 การติดตั้งหัววัดอุณหภูมิบริเวณผิวภายในของผนังทดสอบ

2. ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิบริเวณกึ่งกลางของห้องทดลอง เพื่อวัดอุณหภูมิอากาศภายในและอุณหภูมิกระเปาะเปียกภายใน



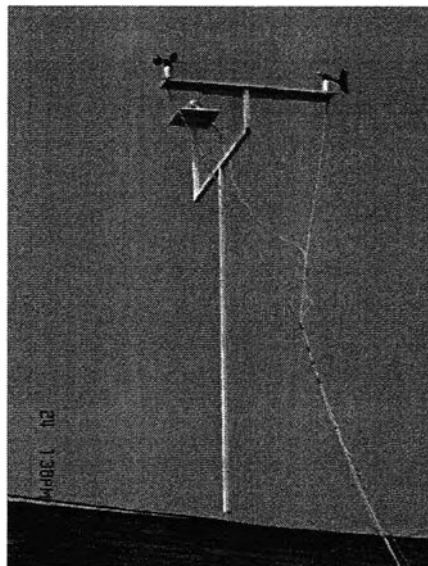
- รูปที่ 3.16 การติดตั้งหัววัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกบริเวณภายในของห้องทดสอบ

3. ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิกระเปาะเปียกภายนอกบริเวณลานโล่งในร่มบริเวณภายนอกอาคาร เพื่อป้องกันอิทธิพลของแสงแดดที่ส่งผลต่อการเก็บข้อมูล



รูปที่ 3.17 การติดตั้งหัววัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกบริเวณภายนอกห้องทดสอบ

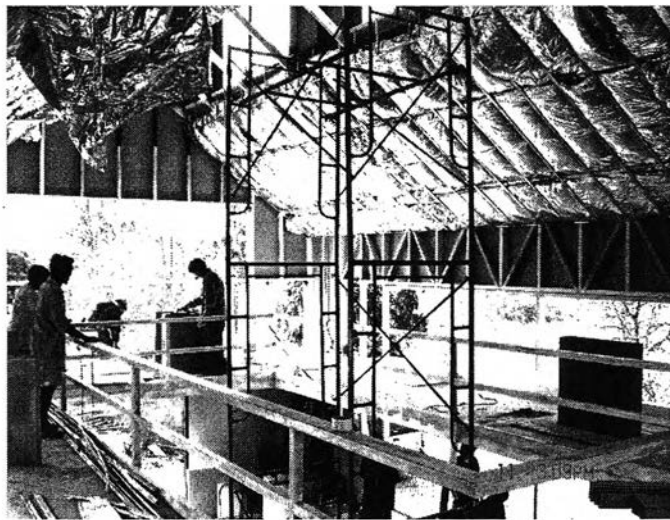
4. ติดตั้งเครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์พร้อมกับเครื่องวัดลมที่บนหลังคา



รูปที่ 3.18 การติดตั้งเครื่องวัดลมไว้บนหลังคา

### 3.3.5 การเตรียมห้องทดลอง

ในการทดลองต้องควบคุมสภาวะห้องทดลองให้มีอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์คงที่ และให้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดโดยการติดตั้งเครื่องปรับอากาศภายใน และทำการตั้งค่าเครื่องปรับอากาศให้มีอุณหภูมิที่  $25^{\circ}\text{C}$  เพื่อควบคุมให้สภาวะภายในห้องทดลองมีความชื้นสัมพัทธ์คงที่เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่แม่นยำ โดยไม่มีอิทธิพลของห้องทดลองต่อผลการวัดข้อมูล ซึ่งห้องทดลองเป็นอาคารขนาด  $6.8 \times 12.8 \times 7.5$  เมตร โครงสร้างเหล็กพร้อมติดตั้งผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) ชนิดโพลีเมอร์ EPS ความหนาแน่น 1 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต หนา 4 นิ้วภายในบุผนังยิปซัมบอร์ดหนา 12 มิลลิเมตร ส่วนหลังคาติดตั้งฉนวนใยแก้ว (Fiber Glass) หนา 9 นิ้ว ตามความชันของหลังคา และติดตั้งฝ้าเพดานฉาบเรียบทาสีขาว พื้นภายในพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กพันทับด้วยฉนวนกันความร้อนชนิดฟอง (Polyurethane, PU Foam) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นฉนวนแบบกึ่งเซลล์ปิด<sup>2</sup> และมีการป้องกันความร้อนได้ดีอีกทั้งยังมีความยืดหยุ่นสูงเนื่องจากสามารถฉีดพ่นได้



รูปที่ 3.19 แสดงการติดตั้งฉนวนกันความร้อนบริเวณใต้หลังคา

<sup>2</sup> กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. พิมพ์ครั้งที่ 1 (แกรนด์ เพรส แอนด์ แพคกิ้ง, 2547), หน้า 2-42

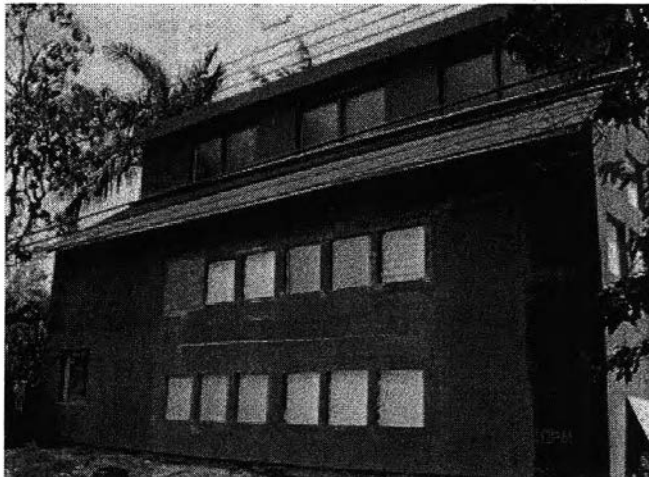




รูปที่ 3.20 แสดงการฉีดพ่นฉนวน โฟม PU กันความร้อนบริเวณพื้น

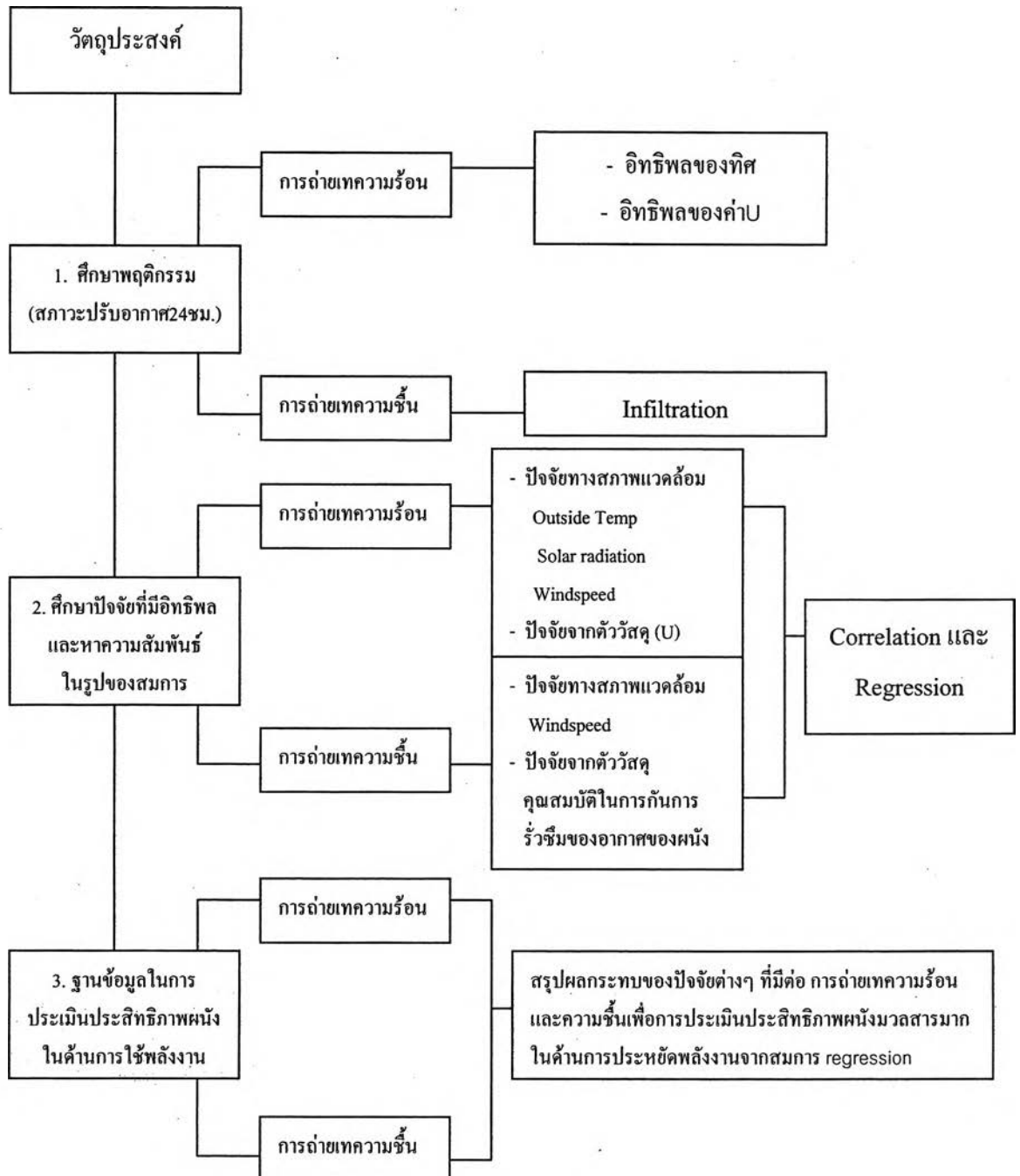


รูปที่ 3.21 บรรยากาศภายในห้องทดลอง



รูปที่ 3.22 บรรยากาศภายนอกห้องทดลอง

## 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล



รูปที่ 3.23 แสดงแนวทางการวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการประเมินประสิทธิภาพผนังอาคารมวลสารน้อยสำหรับอาคารปรับอากาศ แบ่งการศึกษาตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

#### 3.4.1 การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน

ในการศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังทดสอบแต่ละชนิดจะทำการศึกษาเปรียบเทียบดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในผนังจากผิวภายนอกเข้าสู่ผิวภายใน (Temperature Gradient) ของวัสดุทดสอบแต่ละชนิด ในทิศตะวันตกเพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนจากผิวภายนอกเข้าสู่ผิวภายในของแต่ละผนังทดสอบซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน(U) ที่แตกต่างกัน
2. อุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุทดสอบแต่ละชนิดในแต่ละทิศทาง และการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของทุกวัสดุทดสอบในทิศตะวันตกซึ่งเป็นทิศที่ได้รับอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด เพื่อทำการเปรียบเทียบการดูดซับความร้อนจากสภาพแวดล้อมจากอิทธิพลของทิศ และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน(U) ที่แตกต่างกัน
3. อุณหภูมิผิวภายในของวัสดุทดสอบแต่ละชนิดในแต่ละทิศทาง และการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของทุกวัสดุทดสอบในทิศตะวันตก เพื่อทำการเปรียบเทียบพฤติกรรมของอุณหภูมิผนังภายในซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณการถ่ายเทความร้อน และความรู้สึกทางด้านอุณหภูมิของผู้ใช้อาคาร(MRT)
4. ปริมาณการถ่ายเทความร้อน (Sensible Load) ของผนังวัสดุแต่ละชนิดในแต่ละทิศทาง และการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อนของทุกวัสดุทดสอบในทิศตะวันตก

### 3.4.1.1 การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อน

ในการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนจะแบ่งตัวแปรที่ทำการศึกษาออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. ปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอก ได้แก่ อุณหภูมิอากาศภายนอก ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบในแนวระนาบ ความเร็วลมภายนอก และทิศทาง
2. ปัจจัยจากตัววัสดุ ที่ทำการศึกษาได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ (U) โดยวัสดุที่ทำการทดสอบมีค่าความเป็นฉนวนที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ ผนังไม้ฝาสำเร็จรูป (ค่า  $U = 2.01 \text{ Watt/m}^2 \cdot \text{K}$ ) ผนัง EIFS ตึคฉนวนโฟมหนา 3 นิ้ว (ค่า  $U = 0.39 \text{ Watt/m}^2 \cdot \text{K}$ ) และผนังอลูมิเนียมเคลดคิง (ค่า  $U = 2.36 \text{ Watt/m}^2 \cdot \text{K}$ ) โดยทำการควบคุมปัจจัยของค่าการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ด้วยการเลือกสีวัสดุที่ทำการทดสอบเป็นสีอ่อนหรือสีขาวที่มีค่าการดูดซับรังสีต่ำสุด

### 3.4.1.2 การหาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณการถ่ายเทความร้อน

ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณการถ่ายเทความร้อนโดยการเก็บข้อมูลของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ในช่วงวันและเวลาเดียวกันของตัวแปรต่างๆ

1. ค่าความสัมพันธ์ทางสถิติของตัวแปรต่างๆ (Correlation) เพื่อทราบอิทธิพลของปัจจัยที่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณการถ่ายเทความร้อนมากหรือน้อยเพียงใด
2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ด้วยสมการถดถอย (Regression Analysis) เพื่อสร้างสมการทำนายปริมาณการถ่ายเทความร้อนของผนังที่มีมวลสารน้อยจากปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

### 3.4.1.3 จัดทำฐานข้อมูลเพื่อประเมินประสิทธิภาพของผนังมวลสารน้อยในด้านการถ่ายเทความร้อน

เมื่อทราบปัจจัยที่มีอิทธิพลและสมการในการทำนายปริมาณการถ่ายเทความร้อนแล้วจากนั้นนำสมการที่ได้มาประมวลผลในรูปของแผนภูมิที่แสดงอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ในการที่จะสามารถทำนายปริมาณการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังมวลสารน้อยในสภาวะที่ปัจจัยที่เกี่ยวข้องมีความแตกต่างกันเพื่อเป็นฐานข้อมูลในการประเมินประสิทธิภาพของผนังอาคารมวลสารน้อยในด้านการถ่ายเทความร้อน

### 3.4.2 การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารจากการรั่วซึมของอากาศที่แทรกซึมผ่านผนังเข้ามาสู่ภายใน (Infiltration) ซึ่งอากาศที่รั่วซึมจะพาความร้อนและความชื้นเข้ามาสามารถคำนวณการถ่ายเทความร้อนและความชื้นที่มาจากอากาศรั่วซึมของอากาศได้จากสมการ

$$\text{Infiltration (Sensible Load, Btu/hr.)} = 1.08 \cdot \text{CFM} \cdot \Delta T$$

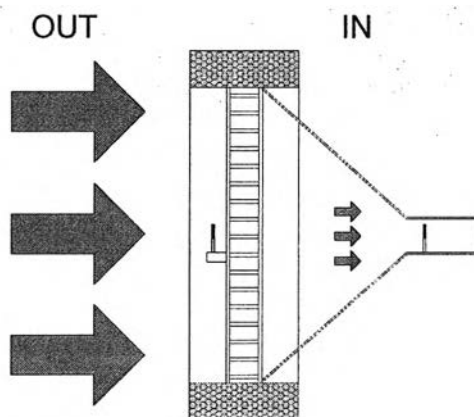
$$\text{Infiltration (Latent Load, Btu/hr.)} = 4840 \cdot \text{CFM} \cdot \Delta W$$

เมื่อ CFM = อัตราการรั่วซึมของอากาศ (cubic foot per minute)

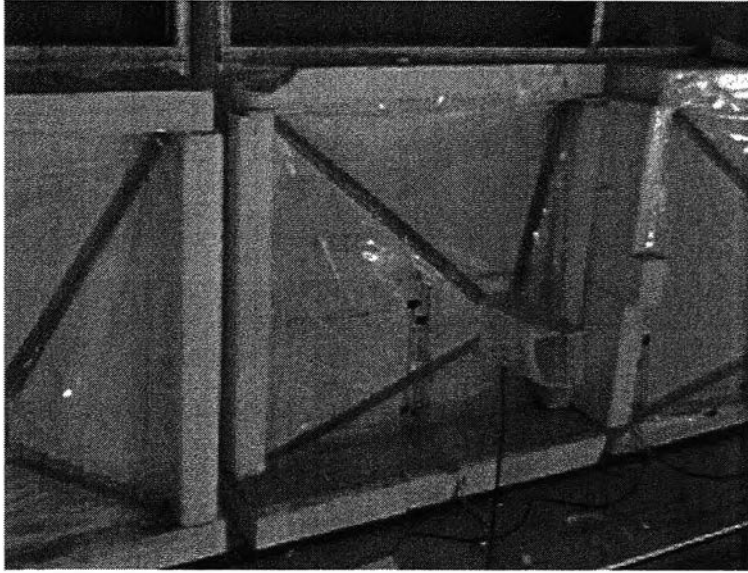
$\Delta T$  = ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอก ( $^{\circ}\text{F}$ )

$\Delta W$  = ความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้น (Humidity ratio) ระหว่างภายในและภายนอก ( $\text{lb}_{\text{water}}/\text{lb}_{\text{dryair}}$ )

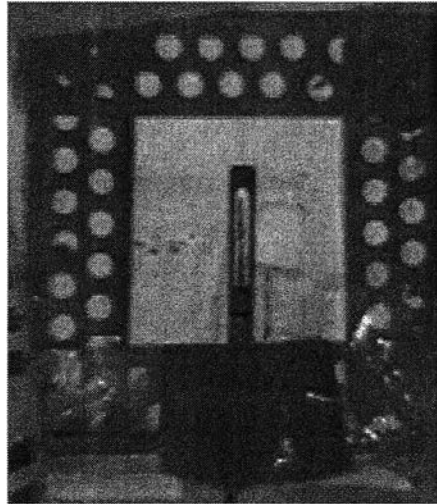
การศึกษาพฤติกรรมการรั่วซึมของอากาศของผนังมวลสารน้อยโดยทำการทดสอบปัจจัยจากสภาพแวดล้อมภายนอกคือ ความเร็วลมภายนอกที่กระทำกับผนังในแนวตั้งฉากซึ่งตำแหน่งในการเก็บข้อมูลด้านความเร็วลมด้วยเครื่องมือวัดลม (hotwire) และทำการทดลองวัดความเร็วลมตกกระทบผนังภายนอก และวัดความเร็วลมที่ผ่านปากกระโจมลมที่มีความกว้างขนาด  $0.05 \cdot 0.05$  ตารางเมตร โดยติดตั้งแผ่นพลาสติกขึ้นเป็นรูปทรงปิรามิดฐานสี่เหลี่ยมขนาด  $0.8 \cdot 0.8$  ตารางเมตร (ขนาดเท่ากับพื้นที่ผนังทดสอบ) สูง 0.6 ม. ดังนี้



รูปที่ 3.24 แสดงการจำลองการติดตั้งเครื่องมือวัดลมของผนังทดสอบ



รูปที่ 3.25 แสดงการติดตั้งเครื่องมือวัดลมและกระโจมลมที่ผนังทดสอบ



รูปที่ 3.26 แสดงการติดตั้งเครื่องมือวัดลมที่ปากกระโจมลม

### 3.4.2.1 การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อน

การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนโดยการเก็บข้อมูลความเร็วลมภายนอกที่กระทำตั้งฉากกับวัสดุทดสอบ และความเร็วลมภายในกระโจมลม (chamber) ที่ทำด้วยพลาสติกขนาดพื้นที่หน้าตัด 5x5 ซม. เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณการรั่วซึมของอากาศที่เกิดขึ้นในผนังทดสอบแต่ละชนิด จากนั้นนำข้อมูลความเร็วลมภายนอกที่ได้ มาวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอย (Regression Analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับอัตราการรั่วซึมของอากาศที่เกิดขึ้นในผนังแต่ละประเภท

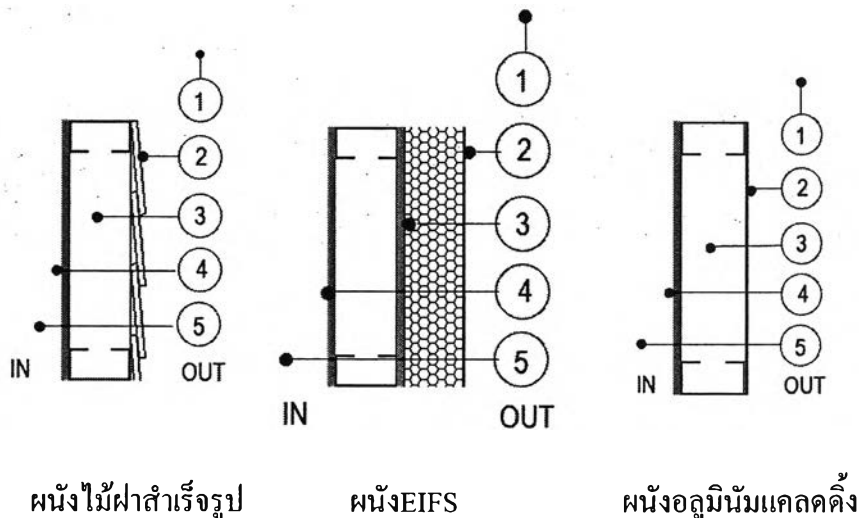
### 3.4.2.2 จัดทำฐานข้อมูลเพื่อประเมินประสิทธิภาพของผนังมวลสารน้อยในด้านการถ่ายเทความร้อน

นำสมการ regression ที่ได้มาประมวลผลในรูปของแผนภูมิที่แสดงอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ในการที่จะสามารถทำนายปริมาณการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังที่มีมวลสารมาก เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการประเมิน ประสิทธิภาพของผนังอาคารมวลสารมากในด้านการถ่ายเทความร้อน

## 3.5 การเก็บข้อมูล พิจารณาปัจจัยดังต่อไปนี้

### 1. อุณหภูมิผิวแต่ละชั้นของวัสดุ (Surface Temperature)

เพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังภายนอก และภายในช่องว่างอากาศ อุณหภูมิในเนื้อวัสดุ และอุณหภูมิผิวผนังภายใน เรียงลำดับจากภายนอกเข้าสู่ภายในดังนี้



รูปที่ 3.27 แสดงการติดตั้งหัวเซนเซอร์ตามตำแหน่งต่างๆของผนัง

## 2. อุณหภูมิอากาศภายในห้องทดลอง

โดยเก็บข้อมูลทั้งอุณหภูมิกระเปาะแห้ง(Dry bulb Temperature) และกระเปาะเปียก (Wet bulb Temperature) ซึ่งในการหาปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารนั้น พิจารณาจาก ค่าความแตกต่างระหว่างผิวผนังภายในและอุณหภูมิอากาศภายในอาคารทดลอง ( $^{\circ}\text{C}$ ) คูณกับค่าการนำความร้อนที่ผิว (Surface conductance) ของอากาศนิ่งตามมาตรฐาน ASHRAE กำหนดไว้ที่  $8.29 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^3$  ดังสมการ

$$Q_s = h_o (t_s - t_i)$$

ซึ่ง	$Q_s$	=	ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนัง ( $\text{W}/\text{m}^2$ )
	$h_o$	=	ค่าการนำความร้อนที่ผิวของอากาศนิ่ง ( $8.29 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ )
	$t_s$	=	อุณหภูมิผิวภายในของผนังทดสอบ ( $^{\circ}\text{C}$ )
	$t_i$	=	อุณหภูมิอากาศภายในอาคารทดลอง ( $^{\circ}\text{C}$ )

3. ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์โดยเก็บข้อมูลด้วย Global หน่วย  $\text{Watt}/\text{m}^2$
4. ทิศทางและความเร็วลมภายนอก โดยเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือวัดความเร็วและทิศทาง หน่วย  $\text{Km}/\text{hr}$

---

<sup>3</sup> American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineerings, 2001 ASHRAE Handbook Fundamental. (Atlanta: Georgia, 2001), p.25.2.