

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

สำหรับขั้นตอนของการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนั้น เพื่อเป็นการศึกษาให้ทราบปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนและความชื้นผ่านผนังมวลสารปานกลางในอาคารปรับอากาศโดยการดำเนินการทดสอบสามารถแบ่งขั้นตอนในการดำเนินงานได้ดังนี้

- 3.1 การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดลอง
- 3.2 การเตรียมอาคารทดลองเพื่อทดสอบวัสดุ
- 3.3 การเตรียมเครื่องมือและปรับค่าความถูกต้องเครื่องมือในการทดลอง
- 3.4 ทำการวัดและบันทึกข้อมูล
- 3.5 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนและความชื้นของวัสดุ
- 3.6 สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

การวิจัยเพื่อประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานภายในอาคารปรับอากาศโดยเปรียบเทียบคุณสมบัติของการต้านทานความร้อนและความชื้นของผนังอาคารมวลสารปานกลางและผนังอาคารมวลสารปานกลางที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อน จึงใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา โดยที่ปัจจัยทางด้านอื่นจะควบคุมให้เท่าเทียมกันทั้งหมด ซึ่งจะทำการทดสอบวัสดุผนัง 4 ทิศคือ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก ทิศตะวันตกและเลือกวัสดุที่จะนำมาทดสอบขนาด 0.80x0.80 เมตรดังต่อไปนี้

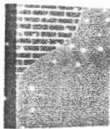
- ผนังอิฐมวลเบา 4 นิ้ว
- ผนังคอนกรีตมวลเบา
- ผนังอิฐมวลเบา 4 นิ้ว ติดตั้งฉนวน 3"-EIFS
- ผนังคอนกรีตมวลเบา 4 นิ้ว ติดตั้งฉนวน 3"-EIFS

3.1.1 ผนังอิฐมอญหนา 4 นิ้ว

เป็นวัสดุที่ผลิตจากดินเหนียวนำมาเผาเพื่อให้ได้วัสดุที่คงรูปและมีความแข็งแรง อิฐมอญมีการใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะก่อสร้างง่ายและมีราคาถูกสามารถผลิตเองได้ในท้องถิ่นทั่วทุกภูมิภาค ของประเทศไทย ในด้านมวลสารมีความใกล้เคียงกันคอนกรีตบล็อกแต่มีความนิยมใช้มากกว่า



รูปที่ 3-1 แสดงการเตรียมผนังอิฐมอญฉาบปูนหนา 4 นิ้ว



ผนังอิฐมอญหนา 4 นิ้ว

รูปแบบกายภาพ	หน่วย
ขนาด (Volume)(cm ³)	7*16*3.5
ความหนาแน่น(kg/m ³)	1615-1650
น้ำหนักต่อตารางเมตร(kg/m ²)	130
น้ำหนักรวมปูนฉาบต่อตารางเมตร(kg/m ²)	200
ค่าการนำความร้อน "K" (Conductivity: K-value)(W/m.k)	0.473
ค่าการต้านทานความร้อน "R" (Resistivity: R-value)(m ² .k/W)	0.15

ตารางที่ 3-1 แสดงคุณสมบัติของอิฐมอญหนา 4 นิ้ว¹

¹ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, พิมพ์ครั้งที่ 1(กรุงเทพฯ: บริษัท แกรนด์ เพอร์ส แอนด์ แพลกิ้ง จำกัด, 2547), หน้า 2-17

ค่าความต้านทานความร้อนของผนังอิฐมวลเบา 4 นิ้ว	หน่วย $m^2.k/W$ (hr.ft ² .°F/Btu)
ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายนอก ²	0.044 (0.25)
ค่าความต้านทานความร้อนของผนังอิฐมวลเบา 4 นิ้ว	0.15 (0.85)
ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายใน ²⁰	0.12 (0.68)
ค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังอิฐมวลเบา 4 นิ้ว	$\Sigma R = 0.314$ (1.78)
ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value)	3.18 (0.56)

ตารางที่ 3-2 แสดงค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังอิฐมวลเบา 4 นิ้ว

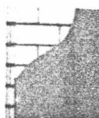
3.1.2 ผนังคอนกรีตมวลเบา

เป็นวัสดุที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันเนื่องจากตัววัสดุเองมีส่วนผสมจากทราย ซีเมนต์ ปูนขาว น้ำ ยิปซัม และผงอลูมิเนียมผสมรวมกันทำให้เกิดฟองอากาศขนาดเล็กไม่ต่อเนื่อง (Disconnecting Voids) ทำให้วัสดุมีน้ำหนักเบาช่วยให้ประหยัดโครงสร้างในการรับน้ำหนัก



รูปที่ 3-2 แสดงการเตรียมผนังคอนกรีตมวลเบา

² American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 2001 ASHRAE Handbook Fundamental S-1 Edition, (Atlanta, Georgia, 2001), Chapter 25 Page 2



ผนังคอนกรีตมวลเบา

รูปแบบกายภาพ	หน่วย
ขนาด (Volume)(cm ³)	7.5*20*60
ความหนาแน่น(kg/m ³)	550-640
น้ำหนักต่อตารางเมตร(kg/m ²)	46.5
น้ำหนักรวมปูนฉาบต่อตารางเมตร(kg/m ²)	90-100
ค่าการนำความร้อน "K" (Conductivity: K-value)(W/m.k)	0.089-0.132
ค่าการต้านทานความร้อน "R" (Resistivity: R-value)(m ² .k/W)	0.58

ตารางที่ 3-3 แสดงคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบา³

ค่าความต้านทานความร้อนของผนังคอนกรีตมวลเบา	หน่วย m ² .k/W (hr.ft ² .°F/Btu)
ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายนอก	0.044 (0.25)
ค่าความต้านทานความร้อนของผนังคอนกรีตมวลเบา	0.58 (3.28)
ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายใน	0.12 (0.68)
ค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังคอนกรีตมวลเบา	ΣR= 0.744 (4.21)
ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value)	1.34 (0.23)

ตารางที่ 3-4 แสดงค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังคอนกรีตมวลเบา

³ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, แนวทางการเลือกวัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, พิมพ์ครั้งที่ 1(กรุงเทพฯ: บริษัท แกรนด์ เพรส แอนด์ แพคกิ้ง จำกัด, 2547), หน้า 2-23

รูปแบบกายภาพของฉนวนโฟม(Expanded Polystyrene)	หน่วย
ความหนาแน่น (kg/m ³)	16 หรือ (1 lb / ft ³)
ค่าการนำความร้อน “K” (Conductivity: K-value)(W/m.k)	0.035-0.038

ตารางที่ 3-5 แสดงคุณสมบัติของฉนวน โฟม (Expanded Polystyrene)⁴

รูปแบบทางกายภาพของ Finished EIFS	หน่วย
ความหนาแน่น(kg/m ³)	1856
ค่าการนำความร้อน “K” (Conductivity: K-value)(W/m.k)	0.72
น้ำหนักต่อตารางเมตร(kg/m ²)	17.7

ตารางที่ 3-6 แสดงคุณสมบัติของ Finished EIFS (Exterior Insulation and Finished System)⁴

การติดตั้งฉนวน โฟม EPS และ Finished EIFS ในผนังก่อก่อทั้งสองชนิด เพื่อศึกษาแนวทางในการปรับลดการถ่ายเทความร้อนและความชื้นผ่านผนังมวลสารปานกลางในอาคารปรับอากาศ ในการติดตั้งฉนวน โฟม ความหนาแน่น 1 ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต ใช้ Base Coat ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูง เป็นตัวประสานระหว่างผนังอิฐมวลเบาและผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 4 นิ้วที่ทำการฉาบปูนเรียบแห้งเซตตัวเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นมีการติดตั้งตาข่าย (Fiber Glass Mesh) ที่ฉนวนภายนอก แล้วทำการฉาบทับด้วย Base Coat อีก 2 รอบ รอให้ Base Coat เซตตัวประมาณ 1-2 วัน แล้วจึงนำวัสดุฉาบผิวนอกสุด (Finished Coat) มาฉาบทับเป็นชั้นตอนสุดท้าย

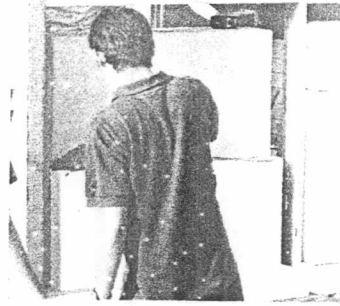
⁴ American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineerings, 2001 ASHRAE Handbook Fundamental S-I Edition, (Atlanta, Georgia, 2001), Chapter 29 Page 31



ผนังก่ออิฐมวลเบา 4 นิ้วติดตั้งฉนวน 3"-EIFS

ค่าความต้านทานความร้อนของผนังอิฐมวลเบา 4 นิ้วติดตั้งฉนวน 3"-EIFS	หน่วย $m^2.k/W$ (hr.ft ² .°F/Btu)
ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายนอก	0.044 (0.25)
ค่าความต้านทานความร้อนของ Finished EIFS :9.5 mm.	0.01 (0.08)
ค่าความต้านทานความร้อนของฉนวน โฟม Expanded Polystyrene ความหนาแน่น 16 kg/m ²	2.0025 (15)
ค่าความต้านทานความร้อนของผนังอิฐมวลเบา 4 นิ้ว	0.15 (0.85)
ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายใน	0.12 (0.68)
ค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังอิฐมวลเบา 4 นิ้วติดตั้งฉนวน โฟม EPS หนา 3 นิ้วภายนอก	$\Sigma R = 2.3265$ (16.86)
ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value)	0.42 (0.059)

ตารางที่ 3-7 แสดงคุณสมบัติค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังอิฐมวลเบา 4 นิ้ว ติดตั้งฉนวน 3"-EIFS



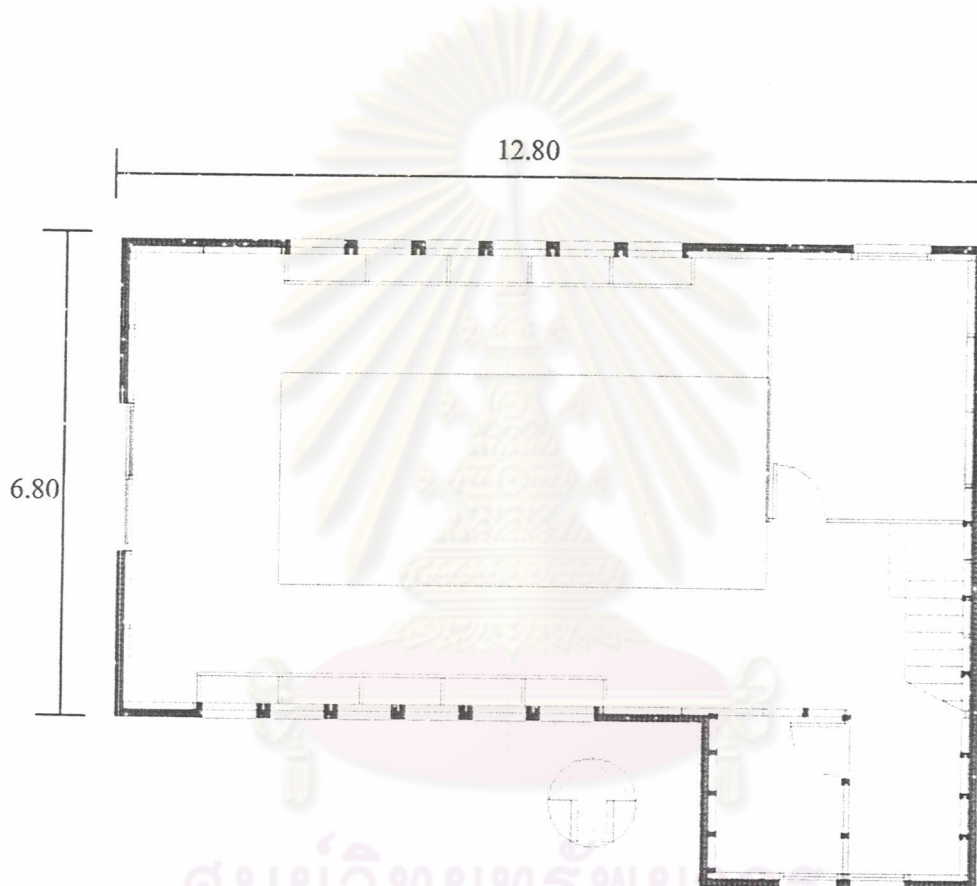
รูปที่ 3-3 แสดงการติดตั้งฉนวนโฟม EPS เข้ากับผนังทดสอบ
ผนังคอนกรีตมวลเบา ติดตั้งฉนวน 3"-EIFS

ค่าความต้านทานความร้อนของผนังคอนกรีตมวลเบา ติดตั้ง ฉนวน 3"-EIFS	หน่วย $m^2.k/W$ (hr.ft ² .°F/Btu)
ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายนอก	0.044 (0.25)
ค่าความต้านทานความร้อนของ Finished EIFS :9.5 mm.	0.01 (0.08)
ค่าความต้านทานความร้อนของฉนวน โฟม Expanded Polystyrene ความหนาแน่น 16 kg/m ²	2.0025 (15)
ค่าความต้านทานความร้อนของผนังคอนกรีตมวลเบา	0.58 (3.28)
ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายใน	0.12 (0.68)
ค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังคอนกรีตมวลเบา ติดตั้ง ฉนวน 3"-EIFS	$\Sigma R = 2.7565$ (19.29)
ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value)	0.36 (0.051)

ตารางที่ 3-8 แสดงคุณสมบัติค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังคอนกรีตมวลเบา
4 นิ้ว ติดตั้ง ฉนวน 3"-EIFS

3.2 การเตรียมอาคารทดลองเพื่อทดสอบวัสดุ

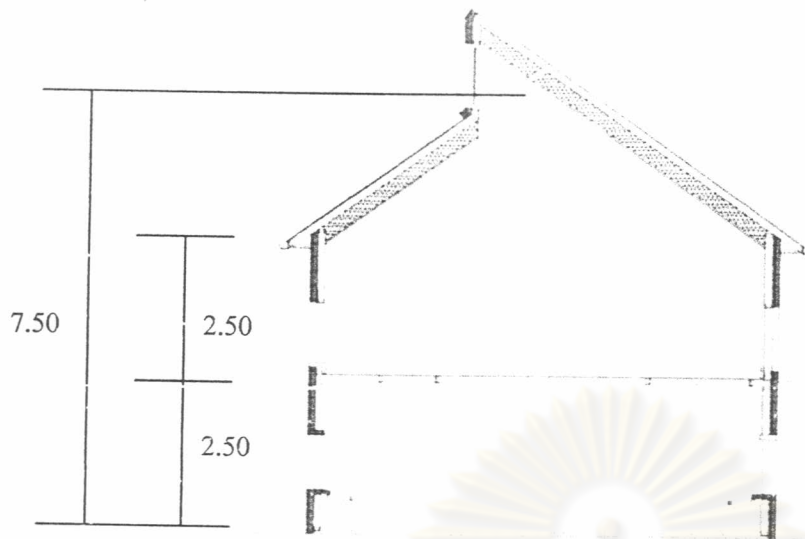
อาคารทดลองที่ใช้การทดสอบวัสดุผนังอาคารมีปริมาตร 6.8x12.8x7.5 ลบ.ม. โดยภายในติดตั้งเครื่องปรับอากาศและทำการวัดอุณหภูมิภายในตลอด 24 ชม.และเก็บข้อมูลทุกชั่วโมงทุกวัสดุพร้อมกันทั้ง 4 ด้านคือ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ภายใต้อุณหภูมิและทดสอบในเงื่อนไขเดียวกัน



รูปที่ 3-4 แสดงแปลนอาคารทดลอง

จากแปลนอาคาร

- ผนังอาคารทางทิศเหนือติดกับถนนคอนกรีต
- ผนังอาคารทางทิศตะวันออกติดกับพื้นที่โล่งพื้นหญ้า
- ผนังอาคารทางทิศตะวันตกติดกับพื้นที่มีร่มเงาต้นไม้
- ผนังอาคารทางทิศใต้ติดกับพื้นที่โล่งพื้นหญ้า



รูปที่ 3-5 แสดงรูปตัดอาคารทดลอง

โครงสร้างของอาคารทดลองนั้น ถูกออกแบบให้ป้องกันอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมโดยรอบ โดยที่โครงสร้างทั้งหมดเป็นโครงสร้างเหล็กที่ถูกยกลอยจากพื้นซึ่งเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก และพื้นโพลีความหนาแน่นสูง PU Foam (Polyurethane Foam) ความหนา 2 นิ้ว รองด้านล่างก่อนจะเทคอนกรีตทับอีกชั้นหนึ่ง ส่วนของผนังอาคารทดลองใช้ผนังระบบ EIFS โดยใช้ฉนวนโพลี Expanded Polystyrene (EPS) ความหนาแน่น 1 lb / ft³ ความหนา 4 นิ้ว และในส่วนของหลังคาอาคารใช้หลังคาที่มวลสารน้อยคือหลังคา Shingle Roof และติดตั้งฉนวนใยแก้ว 9 นิ้ว ซึ่งภายในมีการระบายอากาศ (Attic Ventilation)

ในการติดตั้งวัสดุทดสอบนั้น ได้ออกแบบให้ติดตั้งในส่วนของผนังอาคารทั้ง 4 ด้านโดยใช้ฉนวนโพลี EPS สร้างเป็นกรอบของวัสดุเพื่อป้องกันอิทธิพลที่เกิดจากวัสดุข้างเคียงและจากอาคารทดสอบ



รูปที่ 3-6 แสดงการติดตั้งฉนวนใยแก้วเหนือฝ้าเพดานและการพ่นฉนวนโพลีที่พื้นอาคาร



รูปที่ 3-7 แสดงอาคารทดลองขณะทำการก่อสร้างและอาคารที่สร้างเสร็จพร้อมทำการทดลอง

ประตูทางเข้าอาคารทดลองนั้นอยู่ทางด้านทิศตะวันตก ซึ่งในช่วงเวลาบ่ายจะได้รับแดดจัดจึงติดตั้งฉนวน โฟมเพิ่มลดความร้อนที่จะถ่ายเทเข้าสู่อาคารทดลอง การจัดวางตำแหน่งผนังทดสอบในอาคารทดลองนั้น ในทิศเหนือและทิศใต้จะวางผนังทั้งชั้นล่างและชั้นบน ส่วนในทิศตะวันออกและทิศตะวันตกนั้นจะวางผนังทดสอบเฉพาะชั้นบนเท่านั้น ซึ่งผนังชั้นล่างจะวางสูงจากพื้นดินประมาณ 0.60 ม. ในชั้นบนวางสูงจากพื้นดินประมาณ 2.50 ม.

3.3 การเตรียมเครื่องมือและปรับค่าความถูกต้องเครื่องมือในการทดลอง

ในการทดสอบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนและความชื้นที่แทรกผ่านผนังทึบของอาคารปรับอากาศ เครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้สำหรับการบันทึกข้อมูลประกอบด้วย

เครื่อง Scienmetric Data Logger

เป็นเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ สามารถจัดเก็บข้อมูลอุณหภูมิ โดยการติดตั้งเซนเซอร์ สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิ เช่น Thermister ขนาด 10 K Ω ซึ่งสามารถตอบรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้อย่างรวดเร็ว โดยมีช่วงอุณหภูมิที่สามารถวัดได้อยู่ระหว่าง 9°C - 150°C โดยต่อเชื่อมกับเครื่องเก็บข้อมูลและต่อเชื่อมกับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทาง Scienmetric card model 236 ซึ่งจะต้องติดตั้ง card slot กับเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ส่งจากหัวเซนเซอร์ซึ่งเป็นแบบกระแสหรือ ความต้านศักย์หรือความต้านทาน ซึ่งเป็นไปตามลักษณะหัวเซนเซอร์ชนิดนั้นๆ การวัดและบันทึกผลเป็นแบบ Online ติดตั้งหัวเซนเซอร์ได้ 48 ช่องสัญญาณ

การวัดแบบ Online ทำโดยการ Set up เครื่องโดยใช้ Support software gen 200 run บน PC ซึ่งระบบ OS Windows 3.11 ที่ต่อเชื่อมกับเครื่องเก็บข้อมูล แล้วบันทึกข้อมูลที่ต้องการลงบน Harddisk ของเครื่องคอมพิวเตอร์ทันทีและต้องเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ไว้ตลอดเวลาการบันทึก



รูปที่ 3-8 แสดงภาพ Scienmetric Data Logger ขณะเก็บข้อมูลซึ่งต้อง online ตลอดเวลา

เครื่องวัดความเร็วและทิศทางลม (Anemometer)

เป็นอุปกรณ์วัดค่าความเร็วลมและทิศทางลม โดยวัดความเร็วลมได้ตั้งแต่ 0-50 m/s และวัดทิศทางของลมได้ตั้งแต่ 0-360 องศาโดย 0 คือทิศเหนือ แต่เนื่องจากเครื่องนี้ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ จึงจำเป็นต้องต่อกับเครื่องบันทึกข้อมูลเพื่อบันทึกค่า โดยใช้ร่วมกับเครื่องบันทึกข้อมูล Opus 200



รูปที่ 3-9 ภาพแสดงเครื่องวัดความเร็วและทิศทางลมกับ Opus Data Logger

เครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ (Opus Data Logger)

เป็นเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ สามารถจัดเก็บข้อมูลได้ 2 ช่องสัญญาณต่อเครื่องและสามารถต่อเป็นระบบเดียวกันได้จนถึง 250 ช่องสัญญาณ สามารถวัดได้แบบทั้ง Online หรือ Offline ซึ่งการวัดแบบ Offline ทำโดยการ Set up เครื่องโดยใช้ Software แล้วนำไปติดตั้งโดยไม่ต้องต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ต้องใช้ไฟฟ้าตลอดเวลาการบันทึกและหน่วยความจำจำกัด

เครื่องวัดแสงพระอาทิตย์ (Black & White Pyranometer model 8-48)

ชื่อเครื่อง Met one instruments รุ่น 095 ใช้กับเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ
Campbell Data Logger 23 X

Measurement Sensitivity: 11 microvolts per w/m^2

Temp. Dependency: +/- 1.5% constancy from $-20^{\circ}C$ to $+40^{\circ}C$

Impedance: 350 ohms

Linearity: +/- 1% for 0 to $1400 w/m^2$

Response Time: 5 seconds

Glass Transparency: 280—2800 nm

Cosine Response: +/- 2% from normalization 0—70° Zenith angle +/- 5% 70° - 80° Zenith angle



รูปที่ 3-10 เครื่องวัดพลังงานรังสีดวงอาทิตย์

เครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ (Campbell Data Logger)

เป็นเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ สามารถจัดเก็บข้อมูลได้ 12 ช่องสัญญาณเมื่อต่อแบบ Differential และ 24 ช่องสัญญาณเมื่อต่อแบบ Single end โดยสามารถวัดได้ทั้ง Online และ Offline ใช้เก็บข้อมูลจากเครื่อง Pyranometer ซึ่งเมื่อ sensor ภายในได้รับแสงสว่างจะแปลงแสงนั้นเป็นกระแสไฟฟ้ากระแสต่ำ (Microvolt) ส่งมายังเครื่อง Data Logger ที่ได้รับการเขียนโปรแกรมรองรับเพื่อแปลงกระแสดังกล่าวมาเป็นค่าพลังงาน W/m^2

การเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

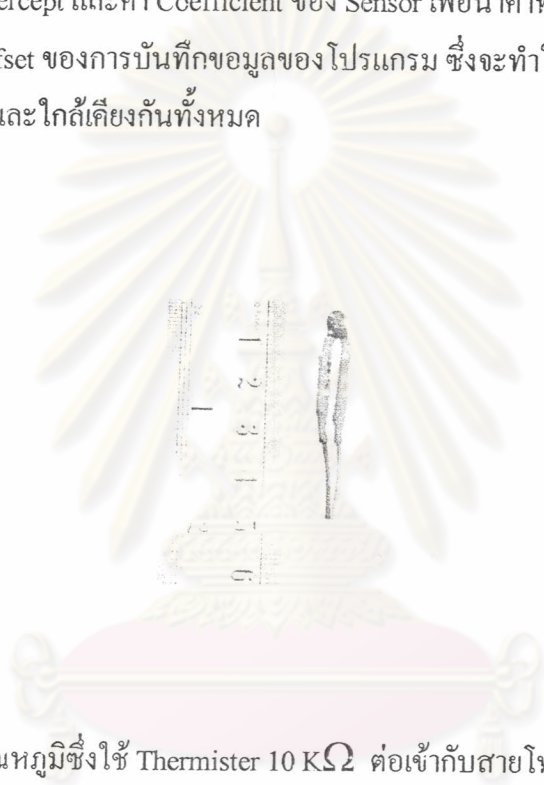
3.3.1 การปรับค่าความถูกต้องเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

ในการทดสอบจำเป็นต้องตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกวัด เพื่อป้องกันการผิดพลาดของผลการทดลอง โดยการตรวจสอบเครื่องมือ ที่ใช้ในการวัดและการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ดังกล่าว

การตรวจสอบ Sensor วัดอุณหภูมิ Sensor ที่ใช้เก็บอุณหภูมิเป็น Thermister ขนาด 10 K Ω ซึ่งมีคุณสมบัติในการตอบรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ได้อย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ Sensor แต่ละตัวสามารถวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อความถูกต้องและน่าเชื่อถือใน

การทดลองต้องมีการตรวจสอบหัววัดก่อนที่ทำการทดลอง โดยมีขั้นตอนการตรวจวัดให้ได้มาตรฐานดังนี้

- 3.3.1.1 การทดสอบหัววัด โดยวัดค่าอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับจุดเยือกแข็งของน้ำ ที่ 0°C อ่านค่าที่ได้
- 3.3.1.2 เพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิน้ำเดือดที่ 100°C อ่านค่าที่ได้
- 3.3.1.3 นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยกระบวนการทางสถิติเพื่อจะได้ทราบค่า Intercept และค่า Coefficient ของ Sensor เพื่อนำค่าที่ได้มาปรับค่า Slope และค่า Offset ของการบันทึกข้อมูลของโปรแกรม ซึ่งจะทำให้ได้ผลของการวัดที่แม่นยำและใกล้เคียงกันทั้งหมด



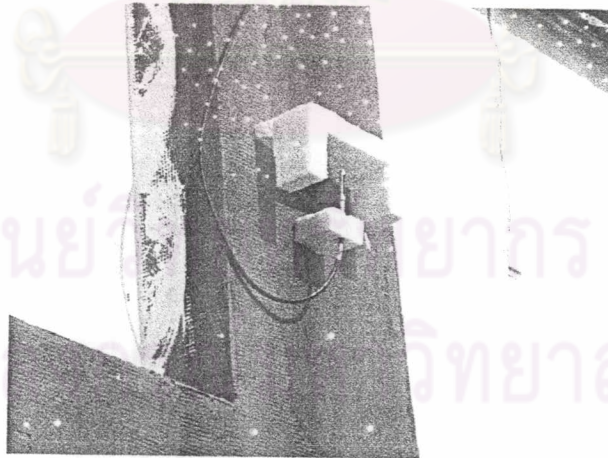
รูปที่ 3-11 หัววัดอุณหภูมิซึ่งใช้ Thermister $10\text{ K}\Omega$ ต่อเข้ากับสายโทรศัพท์ที่ใช้น้ำสัญญาณ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

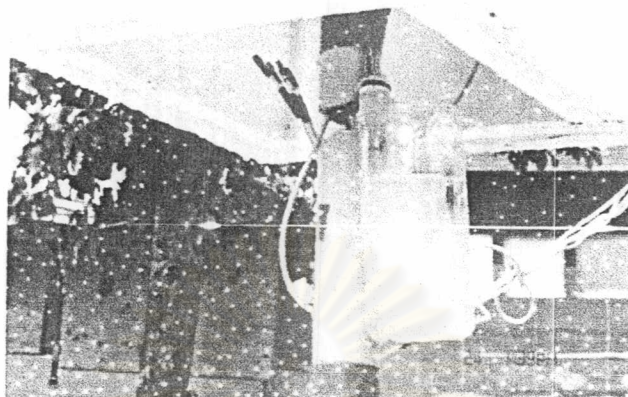


รูปที่ 3-12 แสดงขั้นตอนการตรวจสอบความเที่ยงตรงของหัววัดอุณหภูมิ

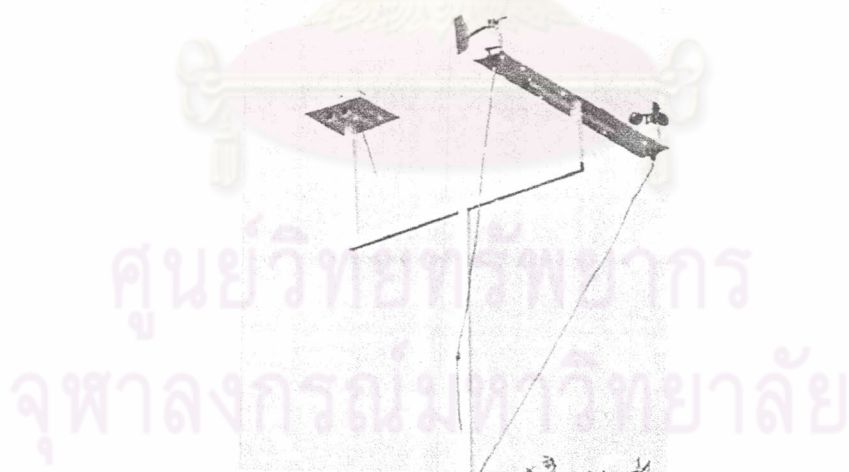
- 3.3.1.4 นำหัว Sensor ที่ปรับแต่งค่าเรียบร้อยแล้วทุกชนิดมาติดตั้งเข้ากับวัสดุทดสอบ หัววัดอุณหภูมิอากาศทั้งกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง โดยการป้องกันรังสีดวงอาทิตย์ด้วยฉนวน โฟม EPS หัววัดความเร็วและทิศทางการไหล หัววัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์และติดตั้ง Data logger



รูปที่ 3-13 ภาพการติดตั้งหัว Sensor วัดอุณหภูมิและหัววัดความเร็วลม



รูปที่ 3-14 ภาพการติดตั้งหัว Sensor วัดอุณหภูมิอากาศกระเปาะเปียก-กระเปาะแห้ง



รูปที่ 3-15 ภาพการติดตั้งหัว Sensor วัดความเร็วทิศทางลมและวัดรังสีดวงอาทิตย์เหนือหลังคา

3.3.2 การทดสอบห้องทดลอง

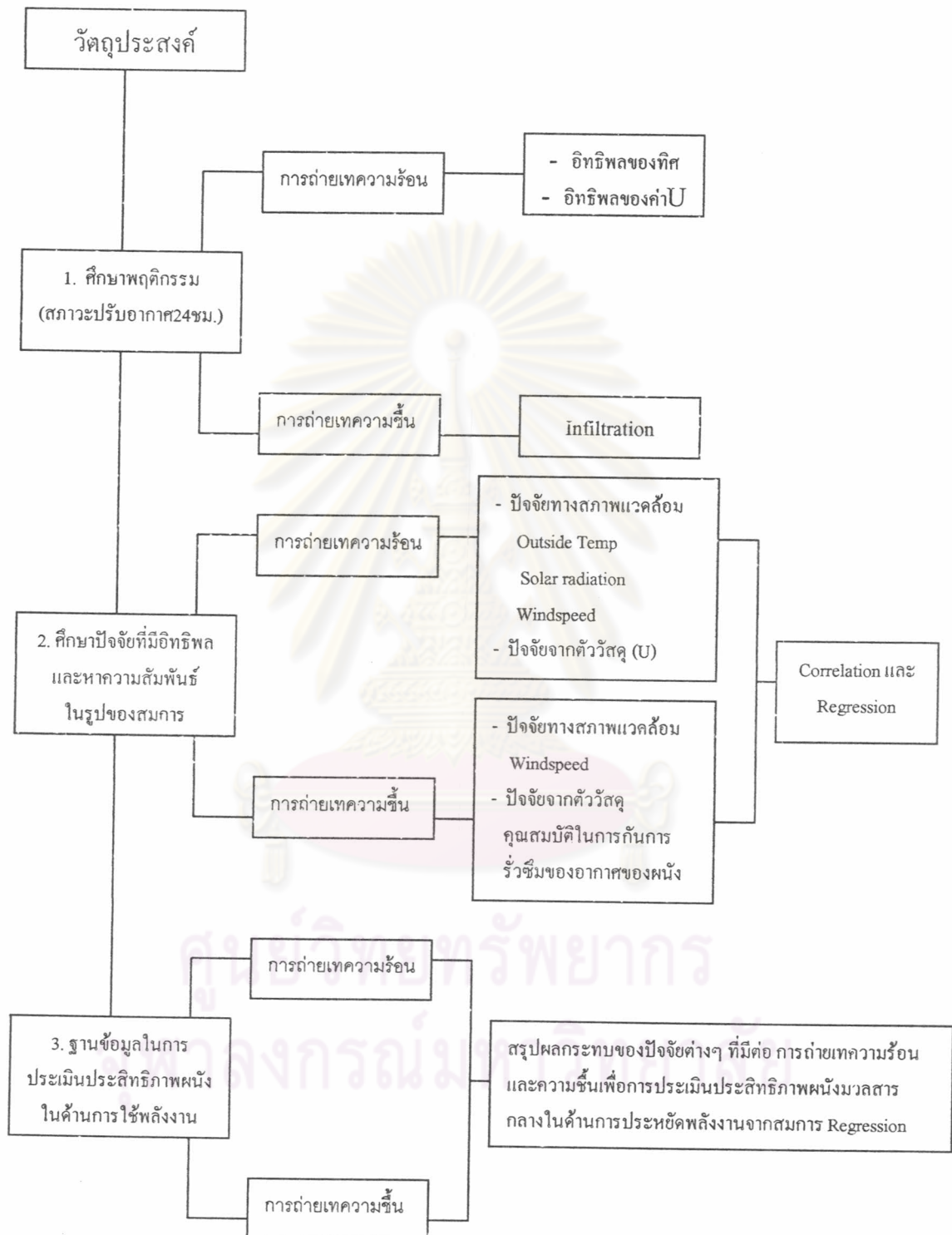
การทดสอบห้องทดลองโดยการติดตั้งเครื่องปรับอากาศภายในและทำการตั้งค่าเครื่องปรับอากาศให้มีอุณหภูมิที่ 25°C และควบคุมให้สภาวะภายในห้องทดสอบมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์คงที่เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่แม่นยำโดยไม่มีอิทธิพลของห้องทดสอบ

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการทดสอบการถ่ายเทความร้อนและความชื้นผ่านผนังมวลสารกลางในอาคารปรับอากาศ จำเป็นต้องรู้ว่าปัจจัยใดเป็นสาเหตุและอิทธิพลมากน้อยเพียงใด โดยปัจจัยที่มุ่งเน้นที่จะศึกษาหาความสัมพันธ์นั้นคือ ปัจจัยทางสภาพแวดล้อม ซึ่งจากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงในสภาพแวดล้อมที่สำคัญนั้นคือ อุณหภูมิอากาศภายนอก(ทั้งอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิกระเปาะแห้ง), อุณหภูมิอากาศภายในอาคารทดลอง (ทั้งอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิกระเปาะแห้ง) ความเร็วและทิศทางลม ความชื้นสัมพัทธ์ทั้งภายในและภายนอกอาคารทดลอง อุณหภูมิผิววัสดุทั้งภายในและภายนอก อุณหภูมิภายในเนื้อวัสดุและรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งในการเก็บข้อมูลจะเก็บข้อมูลทั้งหมดพร้อมกัน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล



ในการวิเคราะห์ข้อมูลการถ่ายเทความร้อนและความชื้นผ่านผนังอาคารมวลสารกลางในอาคารปรับอากาศนั้น จะประเมินออกมาในรูปแบบของภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Cooling Load) ซึ่งจะเป็นผลรวมของความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) กับความร้อนแฝง (Latent Heat) โดยข้อมูลที่เก็บมาทั้งหมดจะนำมาแยกวิเคราะห์ว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลอย่างไรกับภาระการทำความเย็น

3.5.1 การศึกษาพฤติกรรมกรรมการถ่ายเทความร้อน

- 3.5.1.1 อุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุทดสอบแต่ละชนิดในแต่ละทิศทาง และการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายนอกของทุกวัสดุทดสอบ ในทิศตะวันตกซึ่งเป็นทิศที่ได้รับอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด เพื่อทำการเปรียบเทียบการดูดซับความร้อนจากสภาพแวดล้อม จากอิทธิพลของทิศ และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน(U) ที่แตกต่างกัน
- 3.5.1.2 อุณหภูมิผิวภายในของวัสดุทดสอบแต่ละชนิดในแต่ละทิศทาง และการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของทุกวัสดุทดสอบในทิศตะวันตก เพื่อทำการเปรียบเทียบพฤติกรรมของอุณหภูมิผิวผนังภายใน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณการถ่ายเทความร้อนและความรู้สึกทางด้านอุณหภูมิของผู้ใช้อาคารในลักษณะของ MRT
- 3.5.1.3 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในผนังจากผิวภายนอกเข้าสู่ผิวภายใน (Temperature Gradient) ของวัสดุทดสอบแต่ละชนิดในทิศตะวันตก เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนจากผิวภายนอกเข้าสู่ผิวภายในของแต่ละผนังทดสอบซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน(U) ที่แตกต่างกัน
- 3.5.1.4 ปริมาณการถ่ายเทความร้อน (Sensible Load) ของผนังวัสดุแต่ละชนิดในแต่ละทิศทาง และการเปรียบเทียบปริมาณการถ่ายเทความร้อนของทุกวัสดุทดสอบในทิศตะวันตก
- 3.5.1.5 การเปรียบเทียบอุณหภูมิเสมือนที่ได้รับอิทธิพลจาก MRT ที่เกิดจากอุณหภูมิผิวผนังภายใน ของผนังทดสอบแต่ละประเภท

3.5.2 การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อน

ในการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อน จะแบ่งตัวแปรที่ทำการศึกษาออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

- 3.5.2.1 ปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอกที่ทำการศึกษาได้แก่ อุณหภูมิอากาศภายนอก ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบในแนวระนาบ ความเร็วลมภายนอกและ ทิศทาง
- 3.5.2.2 ปัจจัยจากตัววัสดุ ที่ทำการศึกษาได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ของวัสดุ (U) โดยวัสดุที่ทำการทดสอบมีค่าความเป็นฉนวนที่แตกต่างกัน 4 ชนิด ได้แก่ ผนังอิฐมวลเบาหนา 4 นิ้ว (ค่า $U = 0.56 \text{ Btu/h.}^\circ\text{F.ft}^2$) ผนังคอนกรีตมวลเบา (ค่า $U = 0.23 \text{ Btu/h.}^\circ\text{F.ft}^2$) ผนังอิฐมวลเบาหนา 4 นิ้วติดฉนวน 3"-EIFS (ค่า $U = 0.057 \text{ Btu/h.}^\circ\text{F.ft}^2$) , ผนังคอนกรีตมวลเบาติดฉนวน 3"-EIFS (ค่า $U = 0.051 \text{ Btu/h.}^\circ\text{F.ft}^2$) โดยทำการควบคุมปัจจัยของค่าการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ โดยการทาสีวัสดุที่ทำการทดสอบเป็นสีขาว

ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณการถ่ายเทความร้อน โดยการเก็บข้อมูลปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ในช่วงวันและเวลาเดียวกัน ของตัวแปรต่างๆ เพื่อวิเคราะห์

- 3.5.2.3 ค่าความสัมพันธ์ทางสถิติของตัวแปรต่างๆ (Correlation) เพื่อทราบอิทธิพลของปัจจัยที่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณการถ่ายเทความร้อนมากหรือน้อยเพียงใด

- 3.5.2.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ด้วยสมการถดถอย (Regression Analysis) เพื่อสร้างสมการทำนายปริมาณการถ่ายเทความร้อนของผนังที่มีมวลสารกลาง จากปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

3.5.3 จัดทำฐานข้อมูลเพื่อประเมินประสิทธิภาพของผนังมวลสารกลางในด้านการถ่ายเทความร้อน

เมื่อทราบปัจจัยที่มีอิทธิพลและสมการในการทำนายปริมาณการถ่ายเทความร้อนแล้ว จากนั้นนำสมการที่ได้มาประมวลผลในรูปของแผนภูมิ ที่แสดงอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ในการที่จะสามารถทำนายปริมาณการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังที่มีมวลสารกลาง ในสภาวะที่ปัจจัยที่เกี่ยวข้องมีความแตกต่างกัน เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการประเมินประสิทธิภาพของผนังอาคารมวลสารกลางในด้านการถ่ายเทความร้อน ซึ่งในการหาปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารนั้น พิจารณาจาก ค่าความแตกต่างระหว่างผิวผนังภายในและอุณหภูมิอากาศภายในอาคารทดลอง ($^{\circ}\text{C}$) คูณกับค่าการนำความร้อนที่ผิว (Surface conductance) ของอากาศนิ่ง ซึ่งตามมาตรฐาน ASHRAE กำหนดไว้ที่ $8.29 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^5$

$$\text{คังสมการ } Q_s = h_o (t_s - t_i)$$

ซึ่ง $Q_s =$ ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนัง (W/m^2)

$h_o =$ ค่าการนำความร้อนที่ผิวของอากาศนิ่ง ($8.29 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)

$t_s =$ อุณหภูมิผิวภายในของผนังทดสอบ ($^{\circ}\text{C}$)

$t_i =$ อุณหภูมิอากาศภายในอาคารทดลอง ($^{\circ}\text{C}$)

3.5.4 การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อนของผนังอาคาร จะมาจากการรั่วซึมของอากาศที่แทรกซึมผ่าน ผนังเข้ามาภายใน (Infiltration) ซึ่งอากาศที่รั่วซึมเข้ามานั้นนอกจากจะพาความร้อนเข้ามาแล้ว ยังมีการพาความร้อนส่วนหนึ่งเข้ามาอีกด้วย ซึ่งสามารถคำนวณการถ่ายเทความร้อนและความชื้นที่มาจาก การรั่วซึมของอากาศได้จากสมการ

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

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

⁵ American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineerings, 2001 ASHRAE Handbook Fundamental, (Atlanta: Georgia, 2001), p.25.2.

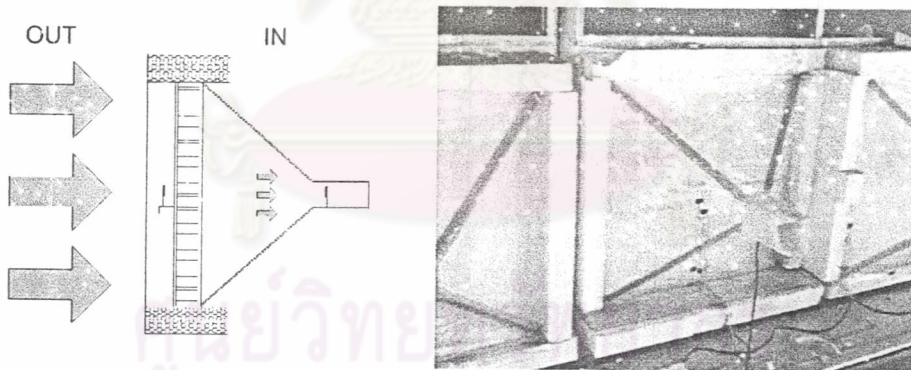
เมื่อ $CFM =$ อัตราการรั่วซึมของอากาศ (cubic foot per minute)
 $=$ ความเร็วลม (foot per minute) * พื้นที่หน้าตัด (square foot)

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

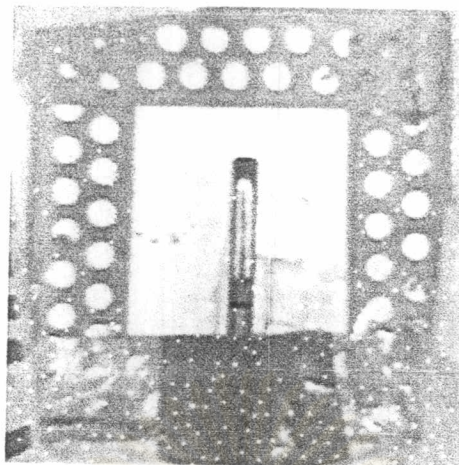
$\Delta W =$ ความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้น (Humidity ratio)
 ระหว่างภายในและภายนอก (Pounds of water / pound of dry air)

ซึ่งในการศึกษาพฤติกรรมของการรั่วซึมของอากาศของผนังที่มีมวลสารกลางทั้ง 4 ชนิด จะทำการทดสอบปัจจัยจากสภาพแวดล้อมภายนอกคือ ความเร็วลมภายนอกที่กระทำกับผนังในแนวตั้งฉาก ซึ่งตำแหน่งในการเก็บข้อมูล ด้านความเร็วลมมีดังนี้

- ความเร็วลมภายนอกที่กระทำกับผนังในแนวตั้งฉาก
- ความเร็วลมที่ปาก Chamber พลาสติกภายในพื้นที่หน้าตัด 5x5 ซม.



รูปที่ 3-16 แสดงภาพจำลองการวัดอัตราการรั่วซึมผ่านผนังและการติดตั้ง Chamber พลาสติก



รูปที่ 3-17 แสดงภาพเครื่องวัดความเร็วลมแบบ Hot wire ที่ติดตั้งที่หน้าผนังและที่ปาก Chamber

3.5.5 การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อน

ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อน นั้นจะเก็บข้อมูลความเร็วลมภายนอกที่กระทำตั้งฉากกับวัสดุทดสอบ และความเร็วลมภายใน Chamber ที่ทำด้วยพลาสติกขนาดพื้นที่หน้าตัด 5x5 ซม. เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณการรั่วซึมของอากาศที่เกิดขึ้นในผนังทดสอบแต่ละชนิด จากนั้นนำข้อมูลความเร็วลมภายนอกที่ได้ มาวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอย (Regression Analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายนอกกับอัตราการรั่วซึมของอากาศที่เกิดขึ้นในผนังแต่ละประเภท

3.5.6 จัดทำฐานข้อมูลเพื่อประเมินประสิทธิภาพของผนังมวลสารกลางในด้านการถ่ายเทความร้อน

นำสมการ Regression ที่ได้มาประมวลผลในรูปแบบของแผนภูมิที่แสดงอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ในการที่จะสามารถทำนายปริมาณการถ่ายเทความร้อนของวัสดุผนังที่มีมวลสารกลาง เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการประเมินประสิทธิภาพของผนังอาคารมวลสารกลางในด้านการถ่ายเทความร้อน

3.6 สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล