บทที่ 4

การทดลอง

ในบทนี้กล่าวถึงขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานของการทดลองในการทำวิทยานิพนธ์ โดยสามารถกล่าวรายละเอียดแยกเป็นหัวข้อดังนี้

ลักษณะของการทดลอง

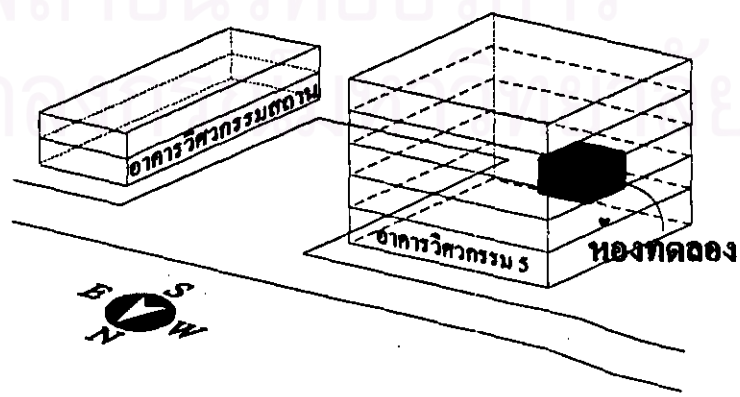
การตรวจวัดข้อมูลสภาพบรรยากาศและข้อมูลอื่นๆ

รายละเอียดของเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัด

4.1 ลักษณะของการทดลอง

ห้องทดลองตั้งอยู่ที่ อาคารวิศวกรรม 5 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พิกัดอยู่ที่ละติจูด 13.7 องศาเหนือ ลองจิจูดที่ 100.5 องศาตะวันออก
ชนิดของอาคาร อาคารเรียนและปฏิบัติการ จำนวน 5 ชั้น

สำหรับในงานวิจัยนี้ ได้ใช้ห้อง 320 ที่ตั้งอยู่ที่ชั้นที่ 3 เป็นห้องทดลอง ดังรูปที่ 4.1 ลักษณะของห้องดังกล่าวเป็นห้องโล่งขนาดเล็ก มีผนังทึบเพียงด้านเดียวที่เป็นผนังภายนอก ส่วนผนังอีก 3 ด้านเป็นผนังภายใน ซึ่งเอื้ออำนวยต่อการศึกษาการถ่ายความร้อนผ่านผนังทึบอย่างมาก



รูปที่ 4.1 ตำแหน่งที่ตั้งของห้องทดลอง

ข้อมูลของห้องทดลอง

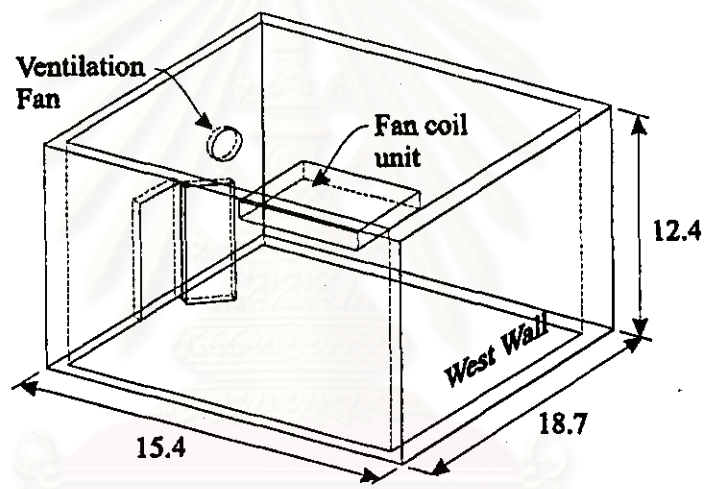
พื้นที่ของการปรับอากาศ: 18.7 x 15.4 ตารางฟุต ความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดาน: 12.4 ฟุต

พื้นที่ของผนังด้านทิศตะวันตก: 18.7 x 12.4 ตารางฟุต จำนวนผู้อาศัย: 1 คน

ระบบแสงสว่าง: กำลังไฟฟ้า 1.49 วัตต์/ตารางฟุต

อุปกรณ์ไฟฟ้า: กำลังไฟฟ้า 0.5 วัตต์/ตารางฟุต

สำหรับลักษณะของห้องทดลองจะถูกแสดงดังรูปที่ 4.2 ส่วนรายละเอียดของวัสดุที่ใช้ประกอบเป็นผนังด้านทิศตะวันตกจะถูกแสดงไว้ดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.2 ลักษณะของห้องทดลอง

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุที่ใช้ประกอบเป็นผนังด้านทิศตะวันตก (อ้างอิงคุณสมบัติวัสดุจาก คู่มือโปรแกรม OTTV [48])

วัสดุ	*L*	*ρ*	*k*	*Cp*	*R*
ปูนผสมทราย	0.082	97.9	0.308	0.26	0.26
อิฐ	0.333	109.9	0.466	0.22	0.71
ปูนผสมทราย	0.082	97.9	0.308	0.26	0.26
ฟิล์มอากาศภายใน	0.0	0.0	0.0	0.0	0.69

L = thickness, *ft* *ρ* = density, lb/ft^3 *k* = thermal conductivity, *Btu/(hr-ft-°F)*

Cp = specific heat, *Btu/(lb-°F)* *R* = thermal resistance, *°F-ft-hr/Btu*

อุณหภูมิของอากาศในห้องทดลองจะถูกควบคุมให้คงที่ด้วยเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ยี่ห้อ Engineer โดยที่พัดลมของเครื่องปรับอากาศถูกตั้งให้มีการทำงานอย่างต่อเนื่องที่ระดับของความเร็วลมสูงสุด ซึ่งมีข้อมูลจำเพาะของเครื่องปรับอากาศแสดงดังตารางที่ 4.2 ชุดเครื่องปรับอากาศถูกควบคุมด้วยเทอร์โมสตัทที่มีช่วงการควบคุมอุณหภูมิ (throttling range) เท่ากับ ±1 °F ส่วนชุดเครื่องอัดและเครื่องควบแน่น (condensing unit) จะมีการทำงานแบบเปิด-ปิด (cycling) ซึ่งมีข้อมูลจำเพาะของชุดเครื่องอัดและเครื่องควบแน่นดังตารางที่ 4.3 และติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 219 CFM

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องปรับอากาศ (ข้อมูลตาม Name-plate)

รุ่น	EB/EF - 29
ความสามารถในการทำความเย็น	29,310 Btu/hr
กระแสไฟฟ้าขณะทำงาน	0.82 A
แรงดันไฟฟ้า	220 V
ปริมาณลมเย็น	800 CFM
อุณหภูมิในบ้าน (DB/WB)	80/67 °F
อุณหภูมินอกบ้าน (DB/WB)	95/75 °F

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลจำเพาะของชุดเครื่องอัดและเครื่องควบแน่น (ข้อมูลตาม Name-plate)

รุ่น	EB/EF - 29
ความสามารถในการทำความเย็น	25,100 Btu/hr
กระแสไฟฟ้าขณะทำงาน	13.8 A
แรงดันไฟฟ้า	220 V
ปริมาณสารทำความเย็น	1.7 kg
อุณหภูมิในบ้าน (DB/WB)	80/67 °F
อุณหภูมินอกบ้าน (DB/WB)	95/75 °F

4.2 การตรวจวัดข้อมูลสภาพบรรยากาศและข้อมูลอื่นๆ

จุดประสงค์ของการตรวจวัดมี 2 ส่วน คือ

1. การตรวจวัดข้อมูลสภาพบรรยากาศเพื่อบรรจุลงในแฟ้มข้อมูลอากาศแบบ TMY ของโปรแกรม DOE 2.1E
2. การตรวจวัดเพื่อศึกษาการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบ และเพื่อใช้ในการคำนวณค่า Heat extraction rate ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

1. การตรวจวัดข้อมูลสภาพบรรยากาศ

ข้อมูลสภาพบรรยากาศจะถูกตรวจวัดทุกๆ ½ ชั่วโมง ติดต่อกันเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจะถูกนำมาเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนของแต่ละชั่วโมง ข้อมูลนี้จะถูกนำไปใช้ใน 2 ลักษณะ คือ

1. นำไปบรรจุลงในแฟ้มข้อมูลสภาพบรรยากาศแบบ TMY (ภาคผนวก ก.) สำหรับโปรแกรม DOE 2.1E เพื่อใช้ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังด้านทิศตะวันตก ค่าภาระการทำความเย็นของห้องทดลอง และ ค่า heat extraction rate ของเครื่องปรับอากาศ
2. นำไปใช้ในการคำนวณค่า Solar-air temperature เพื่อใช้เป็นข้อมูลขาเข้าของโปรแกรมการถ่ายเทความร้อนที่พัฒนาขึ้น (ดูรายละเอียดได้จากบทที่ 5)

ชนิดของข้อมูลที่ถูกตรวจวัด ได้แก่ ค่ารังสีรวมจากดวงอาทิตย์ (global radiation) ค่ารังสีกระจายจากดวงอาทิตย์ (diffuse radiation) ค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง ค่าความชื้นสัมพัทธ์ และค่าความเร็วลม

2. การตรวจวัดเพื่อใช้ในการศึกษาการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบและเพื่อใช้ในการคำนวณค่า Heat extraction rate

สัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจวัดจะถูกบันทึกโดยอัตโนมัติด้วยเครื่อง data logger ทุก 15 นาที ส่วนข้อมูลจากอุปกรณ์อื่นที่ไม่สามารถบันทึกด้วยเครื่อง data logger ได้จะถูกบันทึกด้วยมือทุก ½ ชั่วโมง โดยทำการจดบันทึกติดต่อกันอย่างน้อยที่สุด 24 ชั่วโมง แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนของแต่ละชั่วโมง ข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ใน 2 ลักษณะ คือ เป็นข้อมูลขาเข้าของโปรแกรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบที่พัฒนาขึ้น และเพื่อใช้ในการคำนวณค่า Heat extraction rate ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

ชนิดของข้อมูลที่ถูกตรวจวัด ได้แก่ ค่าอุณหภูมิผิวของผนังทุกด้าน ค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องและค่าปริมาณลมจ่ายกับลมกลับของเครื่องปรับอากาศ ค่าความเร็วลมที่ผิวของผนังด้านทิศตะวันตก และค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังด้านทิศตะวันตก ที่ตรวจวัดด้วย heat flux meter

การตรวจวัดอุณหภูมิผิวผนัง

(ตำแหน่งของคู่ควบอุณหภูมิถูกแสดงไว้ในรูปที่ ค.1 และ ค.2)

ผนังด้านทิศตะวันตกที่เป็นผนังภายนอก

ติดตั้งคู่ควบอุณหภูมิที่ผิวด้านในจำนวน	7	ตำแหน่ง
ติดตั้งคู่ควบอุณหภูมิที่ผิวด้านนอกจำนวน	4	ตำแหน่ง

ผนังด้านทิศตะวันออกและผนังด้านทิศเหนือที่เป็นผนังภายใน

ติดตั้งคู่ควบอุณหภูมิที่ผิวด้านในผนังละ	1	ตำแหน่ง
ติดตั้งคู่ควบอุณหภูมิที่ผิวด้านนอกผนังละ	1	ตำแหน่ง

ผนังด้านทิศใต้ที่เป็นผนังติดกับโถงทางเดิน

ติดตั้งคู่ควบอุณหภูมิที่ผิวด้านในจำนวน	2	ตำแหน่ง
ติดตั้งคู่ควบอุณหภูมิที่ผิวด้านนอกจำนวน	3	ตำแหน่ง

พื้นชานพัก และกำแพงของบันไดด้านนอก

ติดตั้งคู่ควบอุณหภูมิจำนวน	3	ตำแหน่ง

ฝ้าเพดานชั้น 3 พื้นห้องชั้น 3 พื้นห้องชั้น 4 และเพดานชั้น 2 จะถูกตรวจวัดอุณหภูมิด้วยเครื่อง Noncontact portable thermometer แห่งละ 1 ตำแหน่ง

การติดตั้งคู่ควบอุณหภูมิที่ผิวผนัง

คู่ควบอุณหภูมิจะถูกติดบนผิวหน้าของวัสดุชั้นนอกสุดด้วยเทปอะลูมิเนียม ซึ่งจะทาผิวหน้าของเทปด้วยสีพลาสติกสีขาวเพื่อให้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับรังสีของเทปอะลูมิเนียมมีค่าใกล้เคียงกับค่าสัมประสิทธิ์ของผนังที่ทำการตรวจวัด บริเวณหน้าสัมผัสระหว่างคู่ควบอุณหภูมิและผิวผนังจะถูกทาด้วยซิลิโคนนำความร้อน ยี่ห้อ Unick เพื่อเพิ่มพื้นที่หน้าสัมผัส รวมทั้งเป็นการลดปริมาณช่องอากาศที่อาจเกิดขึ้นในกรณีที่ยึดคู่ควบอุณหภูมิด้วยเทปอะลูมิเนียมแต่เพียงอย่างเดียว ลักษณะการติดตั้งคู่ควบอุณหภูมิแสดงดังรูปที่ 4.3

การตรวจวัดอุณหภูมิท้องฟ้าส่วนที่ประจันหน้ากับผนังที่ถูกตรวจวัด

ตรวจวัดด้วยเครื่อง Noncontact portable thermometer

ในแนวระดับ จำนวน	1	ตำแหน่ง
ในแนวทำมุมเงย 45° กับแนวระดับ	4	ตำแหน่ง

รูปที่ 4.3 การติดตั้งคู่ควบอุณหภูมิเพื่อตรวจวัดอุณหภูมิผิวผนัง

4.3 รายละเอียดของเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัด

1) Pyranometer

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดค่ารังสีรวมและรังสีกระจายจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นผิวในแนวระดับ เครื่องมือที่ใช้ ยี่ห้อ Instruments Trading รุ่น MS-4 มีค่า sensitivity 6.0 mV/Cal-cm^2-min มีค่าความต้านทาน 500 โอห์ม ในส่วนของการแสดงค่าที่วัดจะทำได้โดยใช้ digital multimeter รุ่น Protek 506 เป็นอุปกรณ์รับสัญญาณทางไฟฟ้าแล้วเฉลี่ยสัญญาณในระยะเวลา 1 นาที แล้วแสดงผลในหน่วย มิลลิโวลต์ Pyranometer มีรูปร่างลักษณะแสดงดังรูปที่ 4.4

2) Humidity และ temperature meter

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศ และใช้วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ เครื่องมือที่ใช้ยี่ห้อ Vaisala รุ่น HM 34C มีช่วงอุณหภูมิใช้งานระหว่าง -20 - 60 °C มีช่วงความชื้นการใช้งานระหว่าง 0 - 100 %RH มีรูปร่างลักษณะแสดงดังรูปที่ 4.5

3) Velocity และ temperature meter

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าความเร็วลม และค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศ เครื่องมือที่ใช้ยี่ห้อ Testo รุ่น Testo 415 มีช่วงความเร็วลมใช้งานระหว่าง 0 - 10 m/s มีค่าความคลาดเคลื่อน ± 0.05 m/s มีช่วงอุณหภูมิใช้งานระหว่าง 0 - 50 °C มีค่าความคลาดเคลื่อน ± 0.5 °C มีรูปร่างลักษณะแสดงดังรูปที่ 4.6

4) คู่ควบความร้อน และ Microprocessor thermometer

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิผิวของผนัง เครื่องมือที่ใช้ยี่ห้อ Comark รุ่น 6600 มีรูปร่างลักษณะแสดงดังรูปที่ 4.7 จะถูกใช้ในการแปลงสัญญาณไฟฟ้าจากคู่ควบความร้อน ชนิด K (Chromel - Alumel) ยี่ห้อ OMEGA รุ่น TT-K-24 SLE แล้วจึงแสดงผลในหน่วย °C โดยมีช่วงอุณหภูมิการใช้งานระหว่าง -200 - 1372 °C มีค่าความคลาดเคลื่อน ± 0.15 °C

5) Noncontact portable thermometer

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิพื้น, ฝ้าเพดาน และอุณหภูมิท้องฟ้า โดยแปลงค่าการแผ่รังสีคลื่นยาวจากวัตถุเป็นค่าของอุณหภูมิ เครื่องมือที่ใช้ยี่ห้อ Raytek รุ่น Raynger PM มีช่วงอุณหภูมิการใช้งานระหว่าง -18 - 870 °C มีค่าความคลาดเคลื่อน ± 1.0 °C มีรูปร่างลักษณะแสดงดังรูปที่ 4.8

6) Heat flux meter

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบ เครื่องมือที่ใช้ยี่ห้อ EKO รุ่น MF-9LT มีค่า sensibility 0.020 mV/W-m^2 มีค่า temperature dependency 0.1 %/°C มีค่าความคลาดเคลื่อน ± 5 % มีช่วงอุณหภูมิการใช้งานระหว่าง -20 - 120 °C มีรูปร่างลักษณะแสดงดังรูปที่ 4.9

7) Data logger

เป็นอุปกรณ์เก็บรวบรวมข้อมูลแล้วแสดงผลการวัดทุก 15 นาที โดยพิมพ์ออกทางกระดาษพิมพ์ ชนิดของข้อมูลที่ถูกจดบันทึก ได้แก่ ค่าอุณหภูมิผิวผนัง ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนเข้าและหลังออกจากเครื่องปรับอากาศ และค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผิวผนังด้านใน เครื่องมือที่ใช้เป็นยี่ห้อ Kaye รุ่น Digistrip II มีรูปร่างลักษณะแสดงดังรูปที่ 4.10

8) Electronic humidity transmitter

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนเข้าและหลังออกจากเครื่องปรับอากาศ เครื่องมือที่ใช้เป็นยี่ห้อ Barber-Colman รุ่น HSP 8542 มีช่วงการใช้งานระหว่าง 20 - 95 %RH ความคลาดเคลื่อน ± 2 %RH ในส่วนของการแสดงค่าที่วัดจะทำได้โดยใช้ data logger เป็น

อุปกรณ์รับสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งจะแสดงผลในหน่วย มิลลิโวลต์ มีรูปร่างลักษณะแสดงดังรูปที่ 4.11

9) Clamp on P.F. Hi Tester และ Digital clamp meter

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่างๆ โดยสามารถวัดค่าทางไฟฟ้าได้ทั้งระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ ระบบ 3 เฟส สำหรับค่าที่สามารถวัดได้ คือ ค่าแรงดันไฟฟ้า (voltage) ค่ากระแสไฟฟ้า (ampre) ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (power factor) สำหรับเครื่องมือที่ใช้เป็นเครื่องยี่ห้อ Hioki รุ่น 3266 มีช่วงวัดแรงดันไฟฟ้าใช้งานระหว่าง 0 - 1000 A มีค่าความคลาดเคลื่อน ± 1.0 % มีช่วงวัดกระแสไฟฟ้าใช้งานระหว่าง 0 - 600 V มีค่าความคลาดเคลื่อน ± 1.0 % มีช่วงวัดเพาเวอร์แฟคเตอร์ใช้งานระหว่าง lead 90° - lag 90° มีค่าความคลาดเคลื่อน ± 3° มีรูปร่างลักษณะแสดงดังรูปที่ 4.12

รูปที่ 4.4 Pyranometer

รูปที่ 4.5 Humidity และ temperature meter

รูปที่ 4.6 Velocity และ temperature meter

รูปที่ 4.7 Microprocessor thermometer

รูปที่ 4.8 Noncontact portable thermometer

รูปที่ 4.9 Heat flux meter

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.10 Data logger

รูปที่ 4.11 Electronic humidity transmitter

รูปที่ 4.12 Clamp on P.F. Hi Tester

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย