

บทที่ 6

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

ในบทนี้กล่าวถึง ผลการทดลอง การวิเคราะห์ของการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบในหนึ่งมิติที่แปรเปลี่ยนตามเวลา การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นของห้องทดลอง และการวิเคราะห์ค่า Heat extraction rate ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยแบ่งผลการทดลองและการวิเคราะห์ออกเป็นหัวข้อดังนี้

ผลการตรวจวัด

การเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบ

การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นของห้องทดลอง

การเปรียบเทียบค่า Heat extraction rate ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

การเปรียบเทียบค่า Cooling load temperature difference ของผนังด้านที่ทำการตรวจวัด

สาเหตุของความคลาดเคลื่อนและขีดจำกัดของอุปกรณ์ตรวจวัด

ในส่วนของการวิเคราะห์ผลการทดลอง จะนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับผลเฉลยที่คำนวณได้จากโปรแกรม DOE 2.1E เป็นหลัก เนื่องจากโปรแกรม DOE 2.1E เป็นโปรแกรมประมาณค่าพลังงานของอาคารที่ได้รับการยอมรับจากผู้วิจัยส่วนใหญ่ว่า สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์การใช้พลังงานของอาคารได้เป็นอย่างดี

6.1 ผลการตรวจวัด

ในหัวข้อนี้เป็นการแสดงผลการตรวจวัดเฉลี่ยรายชั่วโมงข้อมูล ณ วันที่ 2-3 มกราคม 2542 (ผลการตรวจวัดทั้งหมดแสดงในภาคผนวก ก.) โดยผลการตรวจวัดสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

1. ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวผนังห้องทดลองแต่ละด้านถูกแสดงไว้ในตารางที่ 6.1
2. ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของลมจ่ายและลมกลับของเครื่องปรับอากาศ และ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องทดลอง และภายนอกห้องทดลอง ถูกแสดงไว้ในตารางที่ 6.2
3. ค่าอุณหภูมิผิวด้านในและด้านนอกของผนังทิศตะวันตกที่ใช้ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบ ถูกแสดงไว้ในตารางที่ 6.3 (ค่าอุณหภูมิผิวในข้อที่ 1 เป็นค่า

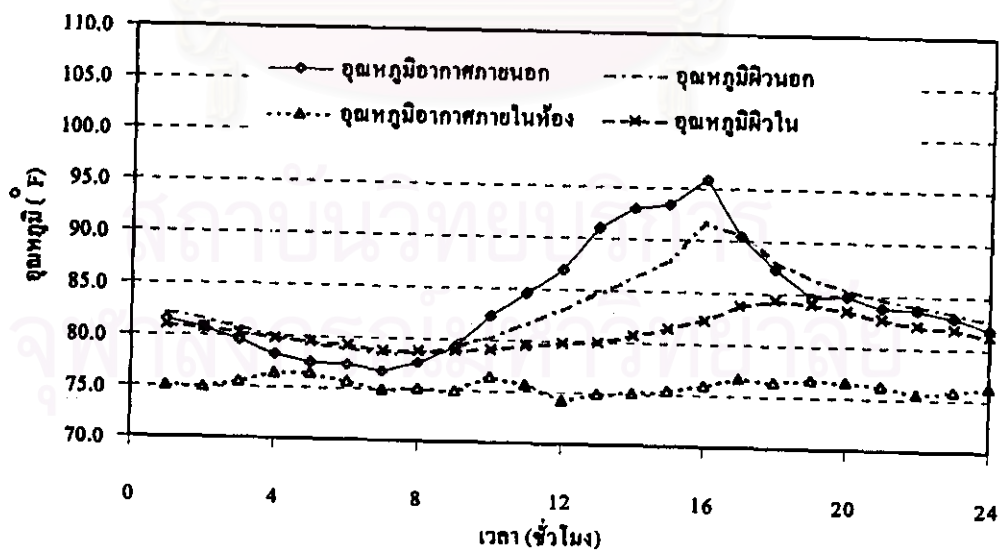
เฉลี่ยของผนังทั้งสี่ แต่ค่าอุณหภูมิผิวในข้อที่ 3 เป็นค่าเฉลี่ยของพื้นที่แรงอบบริเวณมุม ขวาบน ดูรูปที่ ก.2)

4. รูปแสดงผลการตรวจวัดอุณหภูมิผิวนอกและผิวใน กับ อุณหภูมิอากาศภายนอกและ ภายในที่ใช้เป็นค่าเงื่อนไขขอบเขตของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น จะถูกแสดงไว้ในรูปที่ 6.1
5. รูปแสดงผลการตรวจวัดค่ารังสีรวม ค่ารังสีกระจายจากดวงอาทิตย์ ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 6.2
6. ค่าปริมาณลมเย็นจากการตรวจวัดมีค่าเท่ากับ 742 CFM (การตรวจวัดแสดงในตารางที่ ก.3)
7. ค่าปริมาณลมระบายอากาศจากการตรวจวัดมีค่าเท่ากับ 219 CFM
8. ผลการตรวจวัดคุณลักษณะทางไฟฟ้าของชุดเครื่องอัดและเครื่องควบแน่น มีดังนี้

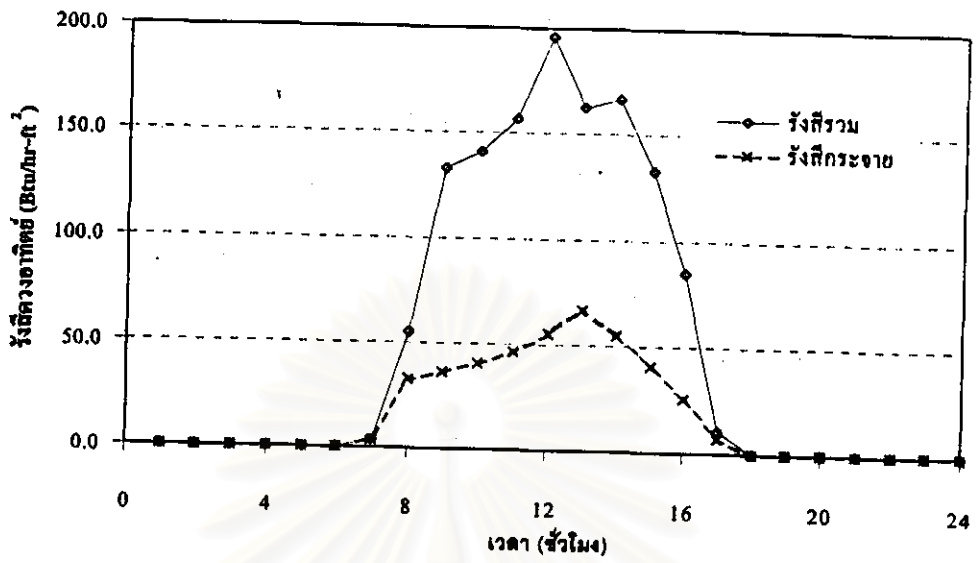
ค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าขณะทำงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.0 แอมแปร์

ค่าปริมาณแรงดันไฟฟ้าขณะทำงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 226 โวลท์

ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ขณะทำงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.94



รูปที่ 6.1 ค่าอุณหภูมิผิวผนัง และอุณหภูมิอากาศจากการตรวจวัดที่ใช้เป็นเงื่อนไขขอบเขต



รูปที่ 6.2 ค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่ได้จากการตรวจวัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.1 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิผิวหนังห้องทดลองเฉลี่ยรายชั่วโมง ของวันที่ 2 และ 3 มกราคม 2542

เวลา	อุณหภูมิผิว (°F)													
	ศีรษะนอก		ศีรษะตก		เหนือ		ใต้				พื้น		เพดาน	
	ผิวใน	ผิวนอก	ผิวใน	ผิวนอก	ผิวใน	ผิวนอก	หนังผิวใน	หนังผิวนอก	กระดูกผิวใน	กระดูกผิวนอก	ชั้น 3	ชั้น 4	ชั้น 3	ชั้น 2
1:00	76.9	77.0	80.1	81.3	77.3	80.4	77.0	81.7	79.3	79.5	78.8	82.0	75.2	82.0
2:00	76.9	77.0	79.9	80.9	77.3	80.2	77.0	81.6	79.2	79.3	78.8	82.0	75.2	82.0
3:00	76.8	77.0	79.6	80.5	77.2	80.0	76.9	81.4	79.2	79.2	78.8	82.0	77.0	82.0
4:00	76.8	76.9	79.3	79.9	77.1	79.6	76.7	81.0	79.0	79.2	78.8	82.0	75.2	82.0
5:00	76.9	77.0	79.1	79.4	77.1	79.3	76.7	80.7	79.0	79.0	78.8	82.0	77.0	82.0
6:00	76.8	77.0	78.8	79.0	76.9	79.1	76.6	80.5	78.9	78.9	78.8	82.0	77.0	82.0
7:00	76.7	77.1	78.5	78.7	76.9	79.0	76.6	80.4	78.6	78.8	78.8	82.0	75.2	82.0
8:00	76.7	77.3	78.5	79.0	76.9	79.3	76.7	80.5	78.6	78.8	78.8	82.0	77.0	82.0
9:00	76.9	77.5	78.6	79.6	77.0	79.9	76.9	80.9	78.6	78.8	78.8	82.0	75.2	82.0
10:00	77.0	77.7	78.8	80.4	77.1	80.6	77.1	81.4	79.7	79.9	79.5	82.0	76.3	82.0
11:00	77.2	77.9	79.1	81.4	77.2	81.2	77.3	81.8	79.8	80.0	80.6	82.0	75.2	82.0
12:00	77.3	78.0	79.4	82.2	77.3	81.5	77.4	82.1	80.2	80.4	80.6	82.0	75.2	82.0

ตารางที่ 6.1 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิผิวหนังห้องทดลองเฉลี่ยรายชั่วโมง ของวันที่ 2 และ 3 มกราคม 2542 (ต่อ)

เวลา	อุณหภูมิผิว (°F)													
	ศีรษะออก		ศีรษะคก		เหนือ		ใต้				พื้น		เพดาน	
	ผิวใน	ผิวนอก	ผิวใน	ผิวนอก	ผิวใน	ผิวนอก	หนังผิวใน	หนังผิวนอก	กระจกผิวใน	กระจกผิวนอก	ชั้น 3	ชั้น 4	ชั้น 3	ชั้น 2
13:00	77.3	78.0	79.6	82.9	77.4	81.4	77.4	82.2	80.1	80.2	78.8	82.0	75.2	82.0
14:00	77.4	78.1	79.9	84.8	77.5	81.9	77.4	82.6	79.9	80.1	78.8	82.0	75.2	82.0
15:00	77.3	78.1	80.4	86.2	77.5	82.0	77.5	82.8	80.2	80.4	78.8	82.0	77.0	82.0
16:00	77.4	78.2	81.1	88.4	77.7	82.4	77.6	83.1	80.6	80.8	78.8	83.0	77.0	83.0
17:00	77.4	78.1	82.0	87.4	77.8	81.8	77.5	82.9	80.2	80.4	78.8	84.0	78.8	84.0
18:00	77.4	78.1	82.4	85.6	77.9	81.2	77.3	82.6	80.1	80.2	78.8	84.0	77.0	84.0
19:00	77.5	78.2	82.3	84.7	77.6	81.2	77.4	82.5	80.1	80.1	78.8	84.0	75.2	84.0
20:00	77.4	78.2	81.9	84.0	77.5	81.1	77.3	82.4	79.9	80.1	78.8	84.0	75.2	84.0
21:00	77.4	78.0	81.4	83.4	77.5	81.0	77.3	82.3	79.8	80.0	78.8	84.0	76.1	84.0
22:00	77.3	77.6	81.0	82.8	77.4	80.9	77.2	82.2	79.5	79.9	78.8	83.0	77.0	83.0
23:00	77.1	77.3	80.7	82.3	77.4	80.7	77.1	82.0	79.5	79.7	78.8	83.0	77.0	83.0
24:00	76.9	77.2	80.4	81.9	77.4	80.6	77.1	81.9	79.5	79.7	78.8	82.0	77.0	82.0

ตารางที่ 6.2 ผลการตรวจวัดคุณสมบัติของอากาศเฉลี่ยรายชั่วโมงภายในห้อง
ทดลอง ภายนอกห้องทดลอง และระบบส่งจ่ายลมเย็น ของวันที่ 2
และ 3 มกราคม 2542

เวลา	ภายใน		ภายนอก		เครื่องปรับอากาศ			
	ห้องทดลอง		ห้องทดลอง		ลมจ่าย		ลมกลับ	
	T (°F)	RH (%)	T (°F)	RH (%)	T (°F)	RH (%)	T (°F)	RH (%)
1:00	75.2	58.2	81.5	55.0	66.9	88.3	75.0	59.2
2:00	75.0	57.0	80.8	54.6	60.5	86.3	75.1	59.1
3:00	75.6	59.0	79.5	54.1	58.0	86.5	74.9	58.9
4:00	76.5	58.6	78.3	55.2	63.4	87.1	74.6	58.1
5:00	76.5	60.2	77.5	54.3	63.7	87.5	74.9	59.2
6:00	75.7	59.8	77.4	54.2	66.3	88.2	74.8	59.6
7:00	75.0	56.4	76.8	54.8	66.2	88.2	75.2	60.9
8:00	75.2	59.3	77.7	50.9	66.2	88.3	75.2	60.4
9:00	75.0	58.2	79.3	49.8	66.2	88.4	75.2	60.4
10:00	76.4	61.7	82.4	59.7	65.8	88.6	75.3	60.4
11:00	75.7	60.0	84.6	58.9	64.8	88.6	74.8	60.0
12:00	74.3	58.1	86.9	57.6	60.5	88.5	74.9	59.7
13:00	75.0	57.8	91.0	49.2	57.4	88.2	74.6	59.0
14:00	75.2	54.9	93.0	48.1	57.5	88.6	74.7	59.2
15:00	75.4	57.3	93.4	49.6	60.4	78.6	74.8	58.8
16:00	76.1	59.5	95.9	45.8	57.4	88.4	74.7	58.1
17:00	76.8	60.7	90.5	52.5	57.3	88.1	74.8	57.9
18:00	76.5	59.3	87.4	52.8	60.4	88.3	75.6	59.1
19:00	76.8	59.0	84.7	57.1	63.2	87.9	75.3	58.8
20:00	76.6	58.4	84.9	61.5	60.4	88.3	74.8	58.4
21:00	76.3	60.8	83.8	59.3	65.8	78.5	75.1	59.5
22:00	75.6	54.4	83.7	58.6	63.5	88.5	75.2	60.0
23:00	75.9	59.9	82.9	58.2	58.3	87.7	74.9	59.5
24:00	76.3	60.2	81.9	57.7	66.0	88.0	75.1	59.4

ตารางที่ 6.3 ค่าอุณหภูมิผิวด้านในและด้านนอกเฉลี่ยรายชั่วโมงของผนังทิศตะวันตกที่ใช้ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบ ของวันที่ 2 และ 3 มกราคม 2542

เวลา	อุณหภูมิผิว (°F)		เวลา	อุณหภูมิผิว (°F)		เวลา	อุณหภูมิผิว (°F)	
	ผิวใน	ผิวนอก		ผิวใน	ผิวนอก		ผิวใน	ผิวนอก
1:00	81.0	82.2	9:00	78.9	79.3	17:00	83.8	90.7
2:00	80.7	81.6	10:00	79.2	80.3	18:00	84.4	88.1
3:00	80.3	80.9	11:00	79.5	81.6	19:00	84.2	86.7
4:00	79.9	80.2	12:00	79.8	83.1	20:00	83.5	85.6
5:00	79.6	79.5	13:00	80.1	84.7	21:00	82.8	84.8
6:00	79.2	79.0	14:00	80.7	86.3	22:00	82.2	84.1
7:00	78.9	78.5	15:00	81.4	88.0	23:00	81.9	83.5
8:00	78.8	78.7	16:00	82.3	91.7	24:00	81.3	82.8

6.2 การเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบ

วัตถุประสงค์ของการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบ เพื่อศึกษาว่า การใช้ข้อมูลขาเข้าที่แตกต่างกันจะส่งผลกระทบต่อค่าการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนมากน้อยเพียงไร ถ้าพิจารณาสมการการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบด้วยวิธี Transfer function ตามสมการที่ 3.36 พบว่า ข้อมูลขาเข้าของสมการดังกล่าวอาจมีได้หลายแบบด้วยกัน ขึ้นกับชนิดของวัสดุประกอบผนังชั้นนอกสุดและชั้นในสุด ในทางทฤษฎีกล่าวว่า ไม่ว่าจะใช้ข้อมูลขาเข้าแบบใด สมการที่ 3.36 ก็ควรให้ค่าการถ่ายเทความร้อนที่เท่ากันเสมอ แต่ในทางปฏิบัติแล้วโอกาสที่ผลเฉลยจะมีค่าเท่ากันเป็นไปได้ยากเนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้วัดข้อมูลขาเข้าแต่ละชนิดอาจมีความแม่นยำของอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น ถ้าข้อมูลขาเข้าคืออุณหภูมิผิวก็จะใช้ถูกวบอุณหภูมิในการตรวจวัด ในกรณีที่เพิ่มฟิล์มอากาศให้กับผิวผนังด้านใดด้านหนึ่ง จะพบว่าชนิดของข้อมูลขาเข้าจะเปลี่ยนเป็น ความเร็วลมที่ผิวผนัง อุณหภูมิอากาศ และการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนคลื่นสั้นและคลื่นยาว เป็นต้น ซึ่งจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ในการตรวจวัดที่มีความหลากหลายและมีความซับซ้อนมากขึ้น

จากเหตุผลในขั้นต้น จะเห็นได้ว่า ถ้าใช้ฟิล์มอากาศเป็นวัสดุประกอบผนังชั้นริมสุด จะต้องใช้อุปกรณ์จำนวนมากในการตรวจวัดข้อมูลขาเข้าซึ่งส่งผลให้ความคลาดเคลื่อนโดยรวมสูงขึ้นมาก

ตามไปด้วย แต่ในทางกลับกัน การที่มีตัวแปรหลายตัวเป็นข้อมูลขาเข้าก็จะช่วยลดความคลาดเคลื่อนของผลเฉลยในกรณีที่ตรวจวัดตัวแปรบางตัวผิดพลาดได้ ซึ่งต่างจากการใช้ข้อมูลตรวจวัดชนิดเดียว เช่น อุณหภูมิผิวผนังทั้ง 2 ด้านเป็นข้อมูลขาเข้า ซึ่งถ้าการตรวจวัดด้วยคู่ควมอุณหภูมิเกิดความผิดพลาดก็จะส่งผลให้ผลเฉลยมีความผิดพลาดตามไปด้วย

การเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่บดด้านทิศตะวันตกของห้องทดลองจะทำการเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นเมื่อกำหนดให้ข้อมูลขาเข้ามีความแตกต่างกันจำนวน 3 ประเภท ผลลัพธ์ของโปรแกรม DOE 2.1E และ ผลการตรวจวัดด้วย Heat flux meter

ประเภทของข้อมูลขาเข้าที่ใช้เป็นค่าเงื่อนไขขอบเขตของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นจะขึ้นกับชนิดของวัสดุประกอบผนังตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 5.1 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. เงื่อนไขขอบเขตที่เป็นค่าอุณหภูมิผิวผนังชั้นนอกสุด และค่าอุณหภูมิผิวผนังชั้นในสุด ซึ่งจะใช้ในกรณีที่ใช้วัสดุประกอบผนังเป็นวัสดุที่มีมวลจำนวน 3 ชั้น ได้แก่ วัสดุตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 โดยไม่คิดฟิล์มอากาศภายใน โดยมีเงื่อนไขขอบเขตจะมีดังนี้ ใช้ค่าอุณหภูมิผิวผนังชั้นนอกจากการตรวจวัดตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 6.3 ส่วนอุณหภูมิผิวผนังชั้นในจะมี 2 แบบ คือ ใช้ค่าอุณหภูมิผิวผนังชั้นในสุดรายชั่วโมง จากตารางที่ 6.3 และใช้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวผนังชั้นในจากการตรวจวัด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 81.0°F โดยกราฟของค่าข้อมูลขาเข้าถูกแสดงไว้ในรูปที่ 6.3
2. เงื่อนไขขอบเขตที่เป็นค่าอุณหภูมิผิวผนังชั้นนอกสุด และ ค่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง เมื่อใช้วัสดุประกอบผนังเป็นจำนวน 4 ชั้น ได้แก่ วัสดุตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 โดยรวมฟิล์มอากาศภายในห้อง โดยมีเงื่อนไขขอบเขตดังนี้ ใช้ค่าอุณหภูมิผิวผนังชั้นนอกจากการตรวจวัดตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 6.3 ส่วนอุณหภูมิอากาศภายในห้องจะมีทั้งหมด 2 แบบ คือ ใช้ค่าอุณหภูมิอากาศภายในห้องรายชั่วโมงจากตารางที่ 6.2 และ ใช้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศภายในห้อง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 75.8°F ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่บดของโปรแกรม DOE 2.1E [46] โดยโปรแกรม DOE2.1E จะนำข้อมูลสภาพบรรยากาศที่เป็นข้อมูลขาเข้ามาคำนวณหาค่าอุณหภูมิผิวผนังชั้นนอกสุด ซึ่งตรงกันข้ามกับวิธีของ Stephenson และ Mitalas ที่ใช้ข้อมูลสภาพบรรยากาศมาคำนวณค่า Solar-air temperature ตามที่ได้กล่าวในหัวข้อที่ 3.2 โดยกราฟของข้อมูลขาเข้าและอุณหภูมิผิวผนังชั้นนอกสุดที่โปรแกรม DOE 2.1E คำนวณได้จะถูกแสดงไว้ในรูปที่ 6.4 ซึ่งพบว่าค่าอุณหภูมิผิวผนังชั้นนอกสุดรายชั่วโมง

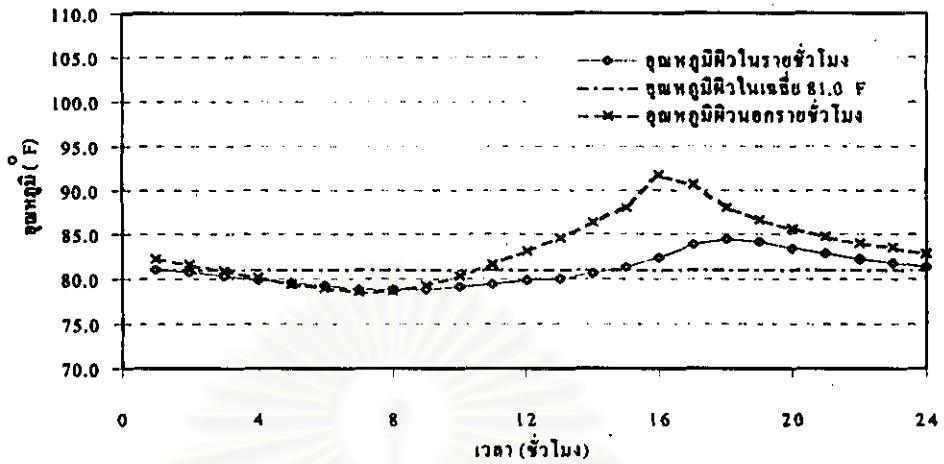
จากการตรวจวัดมีค่าใกล้เคียงกับค่าอุณหภูมิผิวผนังชั้นนอกที่โปรแกรม DOE 2.1E
คำนวณจากโปรแกรม DOE 2.1E [46]

3. เงื่อนไขขอบเขตที่เป็น ค่า Solar-air temperature และ ค่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง ซึ่ง
จะใช้ในกรณีที่ใช้วัสดุประกอบผนังเป็นจำนวน 5 ชั้น ได้แก่ พิล์มอากาศภายนอกรวม
กับวัสดุจากตารางที่ 4.1 โดยมีเงื่อนไขขอบเขต คือ ใช้ค่า Solar - air temperature ที่
คำนวณได้จากสมการที่ 3.40 เมื่อใช้ข้อมูลสภาพบรรยากาศรายชั่วโมงจากการตรวจวัด
ตามตารางที่ ก.2 เป็นเงื่อนไขขอบเขตด้านนอก และใช้ค่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง
เป็นเงื่อนไขขอบเขตด้านใน (วิธีนี้เป็นวิธีการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง
ของ ASHRAE [1] ซึ่งถูกเสนอโดย Stephenson และ Mitalas) ประเภทของข้อมูลขาเข้า
มีทั้งหมด 3 แบบ และกราฟของค่าข้อมูลขาเข้าจะถูกแสดงไว้ในรูปที่ 6.5

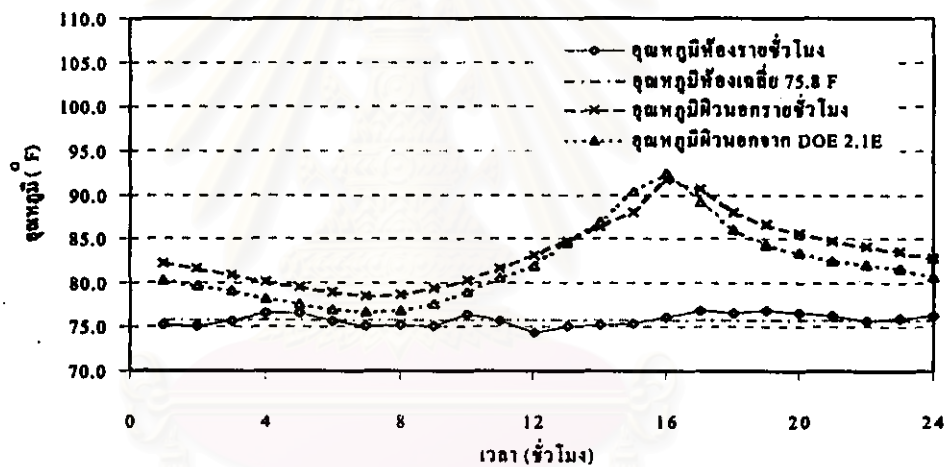
- 1) แบบใช้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศภายในห้องรายชั่วโมงกับค่า Solar - air
temperature เมื่อกำหนดให้ ค่า h_o เท่ากับ $3.0 \text{ Btu}/(\text{hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F})$ และค่า ΔR
เท่ากับ 0 ตามสมมติฐานของ ASHRAE [1]
- 2) แบบใช้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศภายในห้องซึ่งมีค่าเท่ากับ 75.8°F กับ
ค่า Solar - air temperature ที่ใช้ค่า h_o และค่า ΔR จากสมมติฐานของ
ASHRAE
- 3) แบบใช้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศภายในห้องซึ่งมีค่าเท่ากับ 75.8°F กับ
ค่า Solar - air temperature ที่ใช้ค่า h_o และค่า ΔR จากการตรวจวัด ซึ่ง
คำนวณได้จากสมการที่ 3.41 และ 3.42 ตามลำดับ

เงื่อนไขขอบเขตที่มีความแตกต่างกันจำนวน 3 ประเภทตามหัวข้อที่ 1, 2 และ 3 จะได้มา
จากการใช้วัสดุประกอบผนังที่แตกต่างกันจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ วัสดุประกอบผนังจำนวน 3 ชั้น
4 ชั้น และ 5 ชั้น ตามลำดับ ซึ่งหมายความว่า การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่จำเป็น
ต้องใช้ค่าสัมประสิทธิ์ CTF จำนวน 3 ชุด ด้วยเช่นเดียวกัน

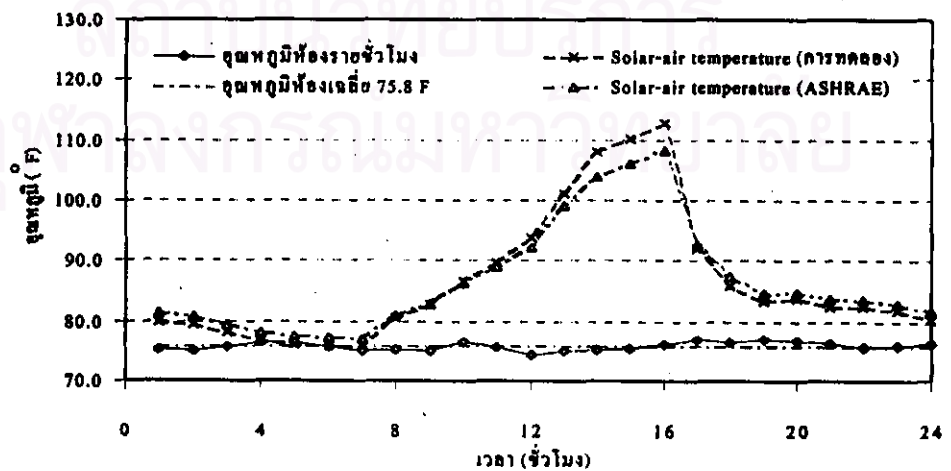
หมายเหตุ ข้อมูลขาเข้าของโปรแกรม DOE 2.1E คือ เพิ่มข้อมูลสภาพบรรยากาศในรูปแบบ TMY
(ภาคผนวก ก.) ที่ตรวจวัดที่ห้องทดลองในวันที่ 2 และ 3 มกราคม 2542 กับเพิ่มข้อมูลที่
บอกรูปร่างและลักษณะการใช้ห้องทดลอง (ภาคผนวก ข.)



รูปที่ 6.3 ข้อมูลขาเข้าของโปรแกรมเมื่อใช้วัสดุประกอบผนังจำนวน 3 ชั้น



รูปที่ 6.4 ข้อมูลขาเข้าของโปรแกรมเมื่อใช้วัสดุประกอบผนังจำนวน 4 ชั้น



รูปที่ 6.5 ข้อมูลขาเข้าของโปรแกรมเมื่อใช้วัสดุประกอบผนังจำนวน 5 ชั้น

ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่บดด้านทิศตะวันตกที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น เมื่อใช้ข้อมูลขาเข้าที่แตกต่างกันทั้งหมด 3 ประเภท ตามที่ได้กล่าวมาเบื้องต้น (ดังรูปที่ 6.3, 6.4 และ 6.5) จะถูกแสดงไว้ในรูปที่ 6.6, 6.7 และ 6.8 ตามลำดับ (รายละเอียดของค่าการถ่ายเทความร้อนจะถูกแสดงไว้ในภาคผนวก ข.) โดยที่ผลเฉลยจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นเมื่อใช้เงื่อนไขขอบเขตแบบต่างๆ จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับผลเฉลยจากโปรแกรม DOE 2.1E ส่วนกราฟเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนเมื่อใช้วัสดุจำนวน 3 ชั้น 4 ชั้น และ 5 ชั้น (เมื่อกำหนดให้เงื่อนไขขอบเขตในเป็นค่าเฉลี่ยของแต่ละชั่วโมงกับเงื่อนไขขอบเขตผิวนอกเป็นค่ารายชั่วโมง) ค่าผลเฉลยที่คำนวณได้จากโปรแกรม DOE 2.1E และค่าจากการตรวจวัดด้วย Heat flux meter จะถูกประมวลไว้ในรูปที่ 6.9

เมื่อเปรียบเทียบกราฟระหว่างค่าอุณหภูมิที่เป็นข้อมูลขาเข้ากับค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผิวผนังด้านในที่เป็นผลเฉลยพบว่า ค่าความหน่วงของเวลาเนื่องจากผลของการสะสมความร้อนในเนื้อวัสดุสำหรับผนังด้านทิศตะวันตกมีค่าประมาณ 3 ชั่วโมง และเมื่อพิจารณากราฟของค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผิวผนังด้านในพบว่า ผลเฉลยจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมีความเบี่ยงเบนจากผลเฉลยที่คำนวณได้จากโปรแกรม DOE 2.1E สาเหตุเกิดจากลักษณะของข้อมูลขาเข้าที่มีความแตกต่างกัน นั่นคือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นจะใช้ข้อมูลขาเข้าเป็นอุณหภูมิจากการตรวจวัดจริง (ยกเว้นกรณีของผนังที่ประกอบด้วยวัสดุจำนวน 5 ชั้นที่ใช้ค่า Solar - air temperature ทำคำนวณได้จากข้อมูลสภาพบรรยากาศเป็นข้อมูลขาเข้า) ส่วนโปรแกรม DOE 2.1E จะใช้ข้อมูลขาเข้าที่เป็นข้อมูลสภาพบรรยากาศซึ่งจะนำมาคำนวณค่าอุณหภูมิผิวของผนัง แล้วจึงนำค่าของอุณหภูมิผิวนั้นมาคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่บดในภายหลัง โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ CTF สำหรับผนังที่ประกอบด้วยวัสดุจำนวน 4 ชั้น (วัสดุประกอบผนังดังตารางที่ 4.1 โดยรวมฟิล์มอากาศภายในด้วย) และจุดบกพร่องของการหาค่าการถ่ายเทความร้อนด้วยวิธี Transfer function ที่ไม่สามารถใช้ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่บดได้ ถ้าผลต่างของอุณหภูมิที่เป็นค่าเงื่อนไขขอบเขตมีค่าน้อยมากหรือมีค่าติดลบ) ทั้งสองสาเหตุประกอบเข้าด้วยกัน

ความเบี่ยงเบนที่เห็นได้ชัดเจนที่สุด เมื่อใช้วัสดุประกอบผนังจำนวน 3 ชั้น ที่ใช้ค่าอุณหภูมิที่ตรวจวัดที่ผิวผนังทั้ง 2 ด้าน จากรูปที่ 6.3 เป็นข้อมูลขาเข้า ซึ่งพบว่าผลต่างอุณหภูมิผิวผนังภายนอกและภายในมีค่าเป็นลบในช่วงเวลาประมาณ 4:00 น. - 9:00 น. ซึ่งส่งผลให้กราฟของค่าการถ่ายเทความร้อนเริ่มลดระดับต่ำลงมาอย่างรวดเร็วโดยเริ่มลดตั้งแต่วันที่ 7:00 น. (เนื่องจากผลของการหน่วงของเวลา) และตกอย่างต่อเนื่องจนถึงเวลา 12:00 น. อิทธิพลของผลต่างอุณหภูมิที่มีค่าติดลบจึงเริ่มน้อยลง ทำให้กราฟเริ่มยกตัวสูงขึ้นเพราะค่าของผลต่างอุณหภูมิผิวนอกและผิวในที่เริ่มมีค่าเป็นบวก แต่การที่กราฟของผลเฉลยยังไม่มีค่าเป็นบวกเนื่องจากอิทธิพลของการถ่ายเทความร้อนใน

อดีตที่มีค่าติดลบต่อเนื่องกันเป็นเวลา 3 ชั่วโมงตั้งแต่เวลา 10:00 น. ถึง 12:00 น. จึงทำให้พจน์ผลต่างของอุณหภูมิผิวนอกและผิวในซึ่งอยู่ในพจน์แรกและพจน์ที่สองมีอิทธิพลค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับพจน์ที่สามซึ่งเป็นพจน์ของค่าการถ่ายเทความร้อนในอดีต (จากสมการที่ 3.36) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 6.10

การที่กราฟมีค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผิวด้านในเท่ากับ $-1.85 \text{ Btu/hr-ft}^2$ ที่เวลา 17:00 น. เป็นผลมาจากจุดบกพร่องของการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่บด้วยวิธี Transfer function ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อค่าผลต่างอุณหภูมิผิวนอกและผิวในมีค่าน้อยหรือมีค่าติดลบต่อเนื่องกันเป็นเวลาหลายชั่วโมง ซึ่งสามารถอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวด้วยกราฟของแต่ละพจน์ที่ปรากฏในสมการที่ 3.36 ดังรูปที่ 6.10 ดังนี้ ถ้าพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ $Y_{k,m}$ จากตารางที่ 6.4 จะพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของชั่วโมงปัจจุบันมีค่าน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ของสองชั่วโมงก่อนมากซึ่งทำให้เกิดการหน่วงของเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ทำให้ค่าสูงสุดของพจน์ที่หนึ่งเกิดขึ้นเวลา 18:00 น. ทั้งที่ค่าอุณหภูมิผิวนอกสูงสุดอยู่ที่เวลา 16:00 น. ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ $Z_{k,m}$ จะมีนัยยะสำคัญเฉพาะของชั่วโมงปัจจุบันและของชั่วโมงก่อนซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.267745 และ -3.89083 ตามลำดับ ทำให้ค่าสูงสุดของพจน์ที่สองขึ้นกับตัวแปร 2 ตัว ด้วยกัน คือ ค่าแอมพลิจูดของอุณหภูมิผิวในและความชันของแต่ละช่วงเวลา ซึ่งทำให้ค่าสูงสุดของพจน์ที่สองเกิดขึ้นที่เวลา 17:00 น. ทั้งที่ค่าอุณหภูมิผิวในสูงสุดอยู่ที่ 18:00 น. เพราะความชันของกราฟในช่วงเวลา 16:00 น. ถึง 17:00 น. มีค่าน้อยกว่าความชันในช่วงเวลา 17:00 น. ถึง 18:00 น. ซึ่งเมื่อนำพจน์ที่ 1 มาหักลบด้วยพจน์ที่ 2 ตามสมการที่ 3.36 พบว่าสมการจะให้ค่าการถ่ายเทความร้อนที่มีค่าเป็นลบมากกว่าชั่วโมงที่ผ่านๆ มา (ไม่นับรวมพจน์ที่ 3 ที่เป็นพจน์ของค่าการถ่ายเทความร้อนในอดีตที่มีค่าติดลบอย่างต่อเนื่องอยู่แล้ว) ส่วนในกรณีที่ใช้อุณหภูมิผิวในเป็นค่าคงที่เท่ากับ 81°F ก็สามารถอธิบายได้ในลักษณะเดียวกัน ดังนี้

จากรูปที่ 6.6 พบว่า ในกรณีที่ใช้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวในซึ่งมีค่าเท่ากับ 81.0°F กับค่าอุณหภูมิผิวนอกรายชั่วโมงเป็นข้อมูลขาเข้า จะได้กราฟของค่าการถ่ายเทความร้อนจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นที่มีแนวโน้มเดียวกับค่าผลเฉลี่ยที่คำนวณได้จากโปรแกรม DOE 2.1E แต่ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังในช่วง ตั้งแต่เวลา 23:00 น. ถึง 14:00 น. มีความแตกต่างจากผลเฉลี่ยของโปรแกรม DOE 2.1E ค่อนข้างสูง ซึ่งสามารถอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวดังนี้ เนื่องจากสมการที่ 3.36 เป็นสมการเชิงเส้นที่มีข้อมูลขาเข้า คือ ค่าอุณหภูมิผิวใน และค่าอุณหภูมิผิวนอก ซึ่งถ้ากำหนดให้ค่าอุณหภูมิผิวในเป็นค่าคงที่แล้วจะได้ลักษณะกราฟของค่าการถ่ายเทความร้อนที่แปรผันโดยตรงตามค่าอุณหภูมิผิวนอกโดยมีค่าความหน่วงของเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง นั่นคือ ในกรณีที่ค่าผลต่างของอุณหภูมิผิวในและผิวนอกมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ -1.5°F ที่เวลาประมาณ 7:00 น. (รูปที่ 6.3) จะให้ค่าผลเฉลี่ยที่มีค่าเป็นลบค่าสุดที่เวลาประมาณ 10:00 น. ในกรณีที่ค่าผลต่างของอุณหภูมิ

ผิวในและผิวนอกมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ $+10.7^{\circ}\text{F}$ ที่เวลาประมาณ 16:00 น. จะให้ค่าผลเฉลยที่มีค่าเป็นบวกสูงสุดที่เวลาประมาณ 19:00 น. และในกรณีที่ผลต่างของอุณหภูมิผิวในและผิวนอกมีค่าติดลบในช่วงเวลา 3:00 น. - 11:00 น. พบว่า สมการที่ 3.36 จะให้ผลเฉลยมีค่าเป็นลบในช่วงเวลาประมาณ 5:00 น. ถึง 13:00 น. เช่นเดียวกัน

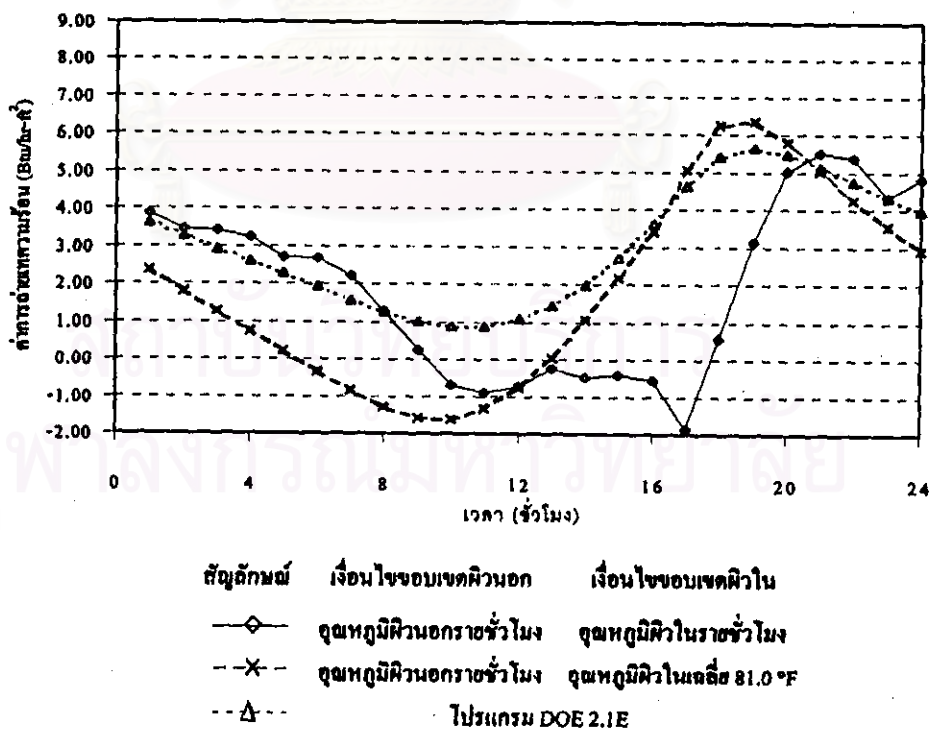
สำหรับค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบที่ประกอบด้วยวัสดุจำนวน 4 ชั้น ที่ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 6.7 พบว่า การเพิ่มชั้นของฟิล์มอากาศภายในทำให้ค่าผลต่างของค่าอุณหภูมิที่เป็นค่าเงื่อนไขขอบเขตซึ่งได้แก่ ค่าอุณหภูมิอากาศภายในห้องกับค่าอุณหภูมิผิวผนังภายนอกมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งส่งผลกระทบต่อเนื่องทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบมีค่าเป็นบวกทุกช่วงเวลา ถ้าพิจารณากราฟของค่าการถ่ายเทความร้อนจะพบว่า การที่ผลเฉลยจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นจะมีค่าสูงกว่าผลเฉลยที่คำนวณได้จากโปรแกรม DOE 2.1E ทั้งๆ ที่วิธีการคำนวณใช้หลักการเดียวกัน เพราะว่าค่าอุณหภูมิผิวนอกที่ได้จากการตรวจวัดมีค่ามากกว่าค่าอุณหภูมิผิวนอกที่คำนวณได้จากโปรแกรม DOE 2.1E (รูปที่ 6.4)

สำหรับค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบที่ประกอบด้วยวัสดุจำนวน 5 ชั้น ที่ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 6.8 พบว่า ผลเฉลยจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นจะมีค่าใกล้เคียงกับผลเฉลยที่คำนวณได้จากโปรแกรม DOE 2.1E ในช่วงเวลาดังแต่ 1:00 น. ถึง 16:00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ผนังด้านทิศตะวันตกไม่ได้รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์โดยตรง หลังจากนั้นกราฟของผลเฉลยทั้งสองเส้นเริ่มแยกออกจากกันและจะมาบรรจบกันอีกครั้งเวลาประมาณ 24:00 น. ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สำหรับการทดลองชุดนี้ การใช้ค่า Solar-air temperature เป็นข้อมูลขาเข้าจะให้ผลเฉลยที่ใกล้เคียงกับการใช้ค่าอุณหภูมิผิวนอกเป็นข้อมูลขาเข้าเฉพาะในช่วงที่ไม่มีแสงอาทิตย์หรือมีแต่เฉพาะค่ารังสีกระจายตกกระทบผนัง แต่หลังจากที่ผนังเริ่มได้รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์แล้ว ผลเฉลยจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจะเริ่มสูงกว่าผลเฉลยที่คำนวณได้จากโปรแกรม DOE 2.1E ก่อนข้างมาก เป็นเพราะค่า Solar-air temperature จะมีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงที่ผนังรับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งสูงกว่าค่าอุณหภูมิผิวนอกที่คำนวณได้จากโปรแกรม DOE 2.1E อย่างมาก (การสรุปผลดังกล่าวอาจไม่ชัดเจนนักเนื่องจากมีผลการทดลองเพียง 1 ชุดเท่านั้น)

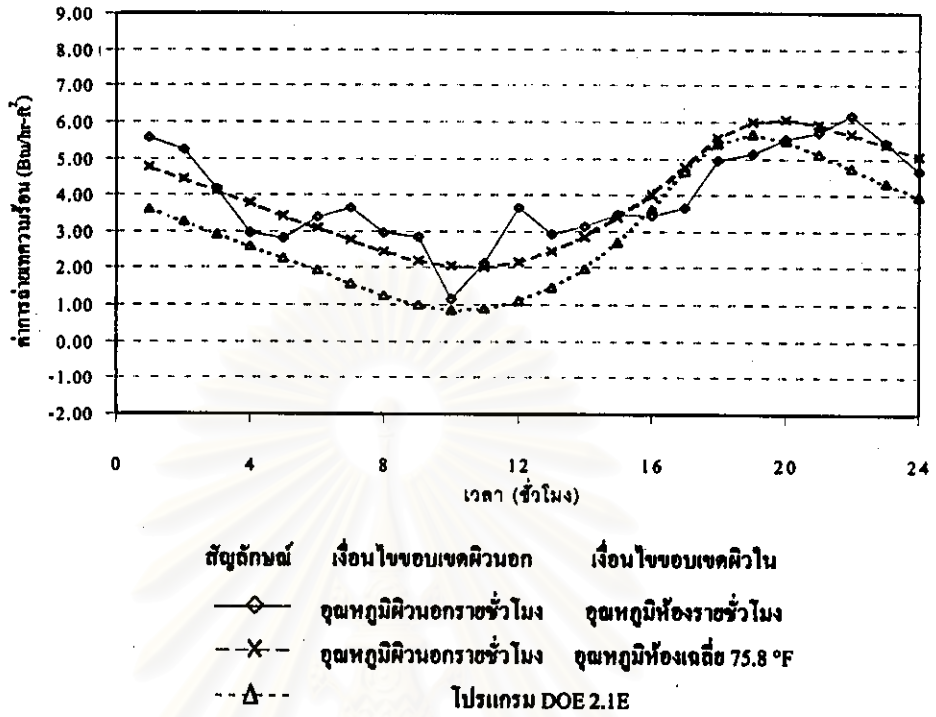
สำหรับการเปรียบเทียบกราฟระหว่างค่าการถ่ายเทความร้อนสำหรับผนังที่ประกอบด้วยวัสดุจำนวน 5 ชั้น ที่คำนวณโดยใช้สมมติฐานของ ASHRAE ตามหัวข้อที่ 3.2 เมื่อกำหนดให้ค่า ΔR เท่ากับ $0 \text{ Btu}/(\text{hr}\cdot\text{ft}^2)$ สำหรับผนังในแนวตั้ง และ ค่า h_o เท่ากับ $3.0 \text{ Btu}/(\text{hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^{\circ}\text{F})$ กับใช้ค่า ΔR และ h_o ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลจากผลการตรวจวัด (วิธีคำนวณค่า ΔR แสดงในภาคผนวก ง. และวิธีคำนวณค่า h_o ดูได้จากสมการที่ 3.41) เพื่อตรวจสอบว่าสมมติฐานที่ ASHRAE

กำหนดไว้มีความเหมาะสมสำหรับใช้ในสภาพการทดลองจริงอย่างไร ซึ่งจากรูปที่ 6.8 จะสังเกตเห็นว่าผลเฉลยจากทั้งสองวิธีจะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่จะมีค่าแตกต่างกันมากที่สุดประมาณ $1 \text{ Btu}/(\text{hr}\cdot\text{ft}^2)$ ที่เวลา 17:00 น. และมีร้อยละของค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean absolute percentage error, MAPE) ประมาณ 0.3

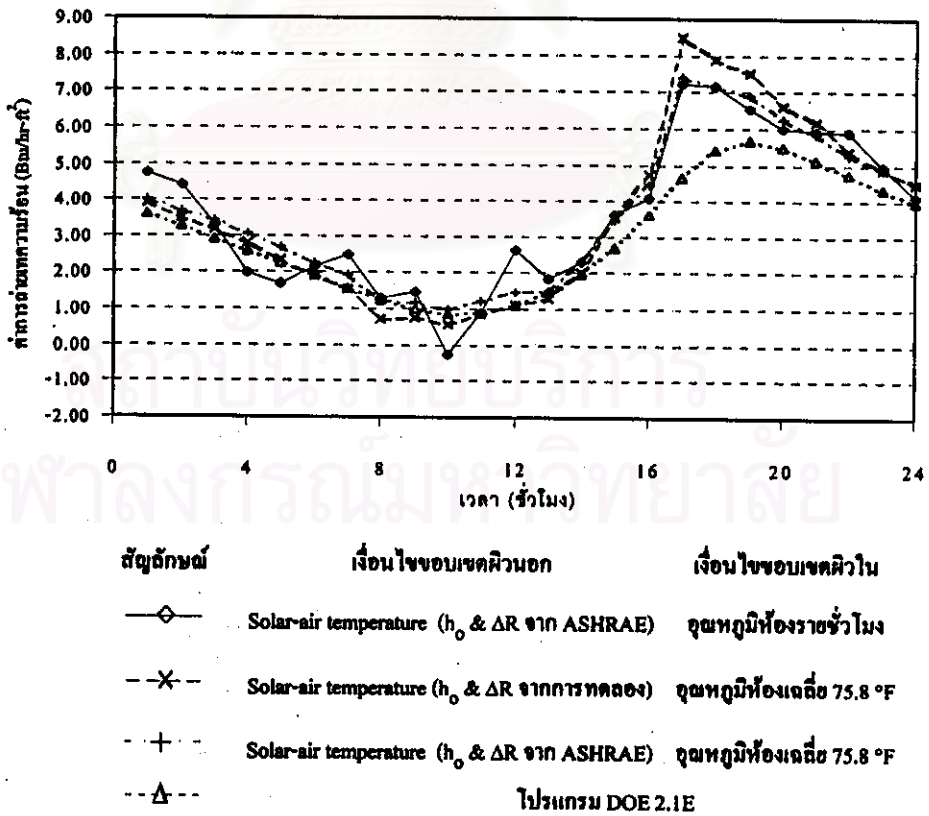
สำหรับการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังระหว่างค่าที่ตรวจวัดด้วย Heat flux meter กับค่าที่ได้จากผลเฉลยของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นเมื่อใช้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเป็นเงื่อนไขขอบเขตด้านใน และ ผลเฉลยจากโปรแกรม DOE 2.1E ที่ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 6.9 พบว่าค่าการถ่ายเทความร้อนจากการตรวจวัดด้วย Heat flux meter มีแนวโน้มเดียวกับผลเฉลยจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นและผลเฉลยจากโปรแกรม DOE 2.1E แต่จะมีค่าสูงกว่ากันมาก อาจมีสาเหตุมาจากความผิดพลาดจากการตรวจวัดด้วย Heat flux meter เนื่องจากผู้วิจัยขาดอุปกรณ์สำหรับหาค่าตัวตรวจแก้ (correction factor) ที่เหมาะสมสำหรับสภาพการทดลอง ดังที่ได้กล่าวถึงในหัวข้อที่ 2.2 ดังนั้นจึงใช้ผลจากการตรวจวัดด้วย Heat flux meter เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจสอบแนวโน้มของผลการคำนวณเท่านั้น



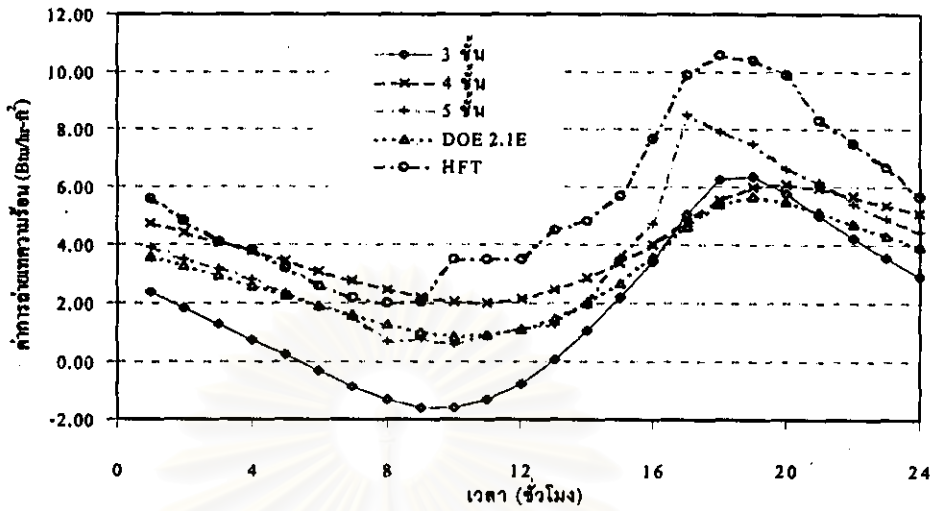
รูปที่ 6.6 เปรียบเทียบผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนเมื่อใช้วัสดุประกอบผนังจำนวน 3 ชั้น



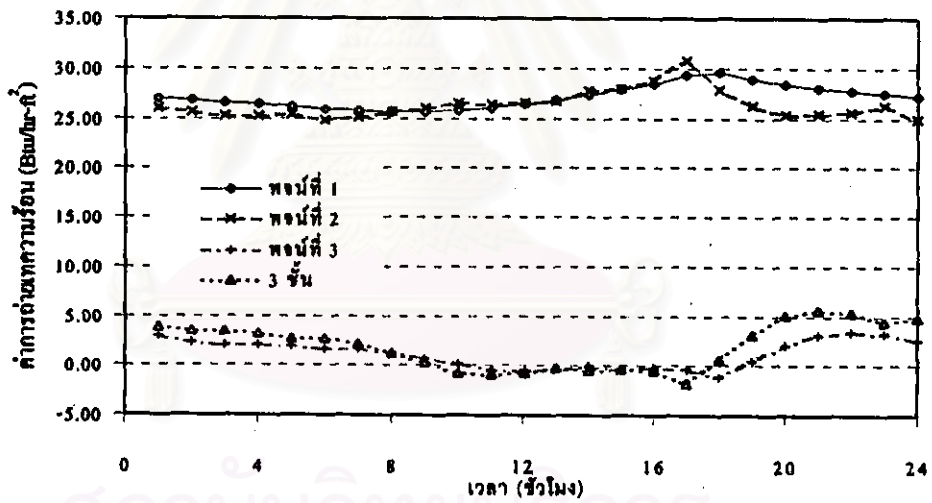
รูปที่ 6.7 เปรียบเทียบผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนเมื่อใช้วัสดุประกอบผนังจำนวน 4 ชั้น



รูปที่ 6.8 เปรียบเทียบผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนเมื่อใช้วัสดุประกอบผนังจำนวน 5 ชั้น



รูปที่ 6.9 เปรียบเทียบผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนระหว่างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น โปรแกรม DOE 2.1E และค่าจาก Heat flux meter



รูปที่ 6.10 ค่าของแต่ละพจน์ของสมการที่ 3.36 เมื่อใช้วัสดุประกอบผนังจำนวน 3 ชั้น

ตารางที่ 6.4 อนุกรมค่าสัมประสิทธิ์ Conduction transfer function ของผนังที่ประกอบด้วยวัสดุ 3 ชั้น

$X_{k,m}$	$Y_{k,m}$	$Z_{k,m}$	F_k
3.267745	0.01416	3.267745	0.64161
-3.89083	0.185491	-3.89083	-0.04691
0.988541	0.119676	0.988541	0.000116
-0.04061	0.005586	-0.04061	
0.0000729	0.00000892	0.0000729	

การเปรียบเทียบร้อยละของค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean absolute percentage error, MAPE) ของค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่บจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาเมื่อใช้ข้อมูลขาเข้าแบบต่างๆ โดยเปรียบเทียบกับค่าผลเฉลยจากโปรแกรม DOE 2.1E พบว่าค่า MAPE น้อยที่สุดเป็นของวัสดุประกอบผนังจำนวน 5 ชั้น เมื่อให้ค่าอุณหภูมิอากาศภายในเท่ากับ 75.8°F และใช้ค่า ΔR กับ h_o จากผลการทดลอง จะให้ค่า MAPE เท่ากับ 19.27 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่า MAPE มากที่สุดเป็นของวัสดุประกอบผนังจำนวน 3 ชั้น เมื่อให้ค่าอุณหภูมิผิวผนังด้านในเท่ากับ 81.0°F จะให้ค่า MAPE เท่ากับ 83.38 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่า MAPE จากผลการทดลองทั้งหมดจะถูกแสดงไว้ในตารางที่ 6.5 ดังนี้

ตารางที่ 6.5 ร้อยละค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ของค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่บที่ผิวด้านในเมื่อใช้ค่าเงื่อนไขขอบเขตที่ผิวด้านในแบบต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกับผลเฉลยจากโปรแกรม DOE 2.1E

	วัสดุ 3 ชั้น		วัสดุ 4 ชั้น		วัสดุ 5 ชั้น			HFT	
	อุณหภูมิที่เป็นเงื่อนไขขอบเขต (T)								
	T ผิวนอก		T ผิวนอก		Solar - air temperature				
	T ผิวใน รายชั่วโมง	T ผิวในเฉลี่ย 81°F	T ห้อง รายชั่วโมง	T ห้องเฉลี่ย 75.8°F	T ห้อง รายชั่วโมง	T ห้องเฉลี่ย 75°F เมื่อใช้ h_o & ΔR จาก			
					การทดลอง		ASHRAE		
MEAN	.65.55	83.38	59.67	48.28	32.09	19.27	19.60	101.57	
MAX.	202.41	283.93	232.83	133.09	139.63	82.38	59.65	300.70	
MIN.	0.04	2.42	0.75	2.47	0.44	0.47	2.59	34.94	

จากตารางที่ 6.5 พบว่า ร้อยละค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ของค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่บของผนังที่ประกอบด้วยวัสดุจำนวน 5 ชั้น มีค่าใกล้เคียงกับค่าผลเฉลยที่คำนวณได้จากโปรแกรม DOE 2.1E มากที่สุด ถึงแม้ว่าจะใช้ค่าเงื่อนไขขอบเขตต่างชนิดกันก็ตาม สาเหตุเนื่องจากค่าอุณหภูมิผิวผนังด้านนอกที่คำนวณจากโปรแกรม DOE 2.1E และค่า Solar-air temperature ต่างก็เป็นผลการคำนวณด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์โดยใช้ข้อมูลสภาพบรรยากาศรายชั่วโมงที่ตรวจวัดบริเวณห้องทดลองเป็นข้อมูลขาเข้าเหมือนกัน ซึ่งแตกต่างจากค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่บของผนังที่ประกอบด้วยวัสดุจำนวน 3 ชั้น และ 4 ชั้น ที่ใช้ค่าเงื่อนไขขอบเขต ได้แก่ ค่าอุณหภูมิผิว

ผนังด้านในและด้านนอกทรายชั่วโมงซึ่งต่างก็เป็นการตรวจวัดค่าอุณหภูมิผิวที่ได้ผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมและสภาพบรรยากาศตามความเป็นจริง

นอกเหนือจากการเปรียบเทียบความแม่นยำของการทำนายค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่มาจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี Transfer function แล้ว ในงานวิจัยนี้ยังใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ Conduction transfer function สำหรับผนังชนิดต่างๆ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประกอบการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนได้ ตัวอย่างของค่าสัมประสิทธิ์ Conduction transfer function สำหรับผนังที่นิยมใช้ในประเทศไทยถูกแสดงดังตารางที่ ๓.๒

๓.๓ การคำนวณค่าภาระการทำความเย็นของห้องทดลอง

จากค่าความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ภายในบริเวณที่พิจารณา ความร้อนบางส่วนจะถูกแปลงเป็นภาระการทำความเย็นโดยตรง เช่น ความร้อนแฝง ส่วนความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนจะถูกดูดไว้ในเฟอร์นิเจอร์ พื้น เพดาน และผนังด้านต่างๆ ในบริเวณที่พิจารณา ก่อนที่จะคายความร้อนออกมาเป็นภาระการทำความเย็นในรูปของการพาความร้อนภายหลังเมื่ออุณหภูมิของวัตถุเหล่านั้นมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศโดยรอบ โดยทั่วไปค่าปริมาณความร้อนของแหล่งกำเนิดความร้อนภายในบริเวณที่พิจารณาจะมีค่าไม่เท่ากับค่าภาระการทำความเย็น โดยตรงแต่จะมีความหน่วงของเวลาเนื่องจากการสะสมความร้อนภายในเนื้อวัสดุ ค่าความหน่วงของเวลาจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับมวลรวมของบริเวณที่พิจารณา ชนิดของวัสดุพื้น ชนิดของผนังภายใน ชนิดของผนังภายนอก และสัดส่วนของบริเวณที่พิจารณา เป็นต้น

วิธีการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นของบริเวณที่พิจารณาสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 3.45 โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ RTF อาจมาจากการให้โปรแกรม TFMTAB (Falconer [38]) คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ RTF ของโซนตัวอย่างที่มีรูปร่างและคุณสมบัติทางความร้อนใกล้เคียงกับโซนที่กำลังพิจารณาอยู่มาให้ โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ RTF ของโซนตัวอย่างได้มาจากผลงานวิจัยของ Sowell [31], [32] และ [33] หรืออาจใช้ค่าสัมประสิทธิ์ RTF ของบริเวณที่พิจารณาจริงๆ ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ Custom weighting-factor method ของ Kerrisk [12] ซึ่งเป็นโปรแกรมย่อยของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DOE 2.1E โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวสามารถทำนายค่าภาระการทำความเย็นของห้องทดลองได้ดีกว่าค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากโปรแกรม TFMTAB เนื่องจากวิธี Custom weighting-factor จะนำรูปร่างและคุณสมบัติทางความร้อนของห้องทดลองมาทำการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ RTF โดยตรงดังที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อที่ 2.3 สำหรับในวิทยานิพนธ์นี้ขอเลือกใช้

ค่าสัมประสิทธิ์ RTF ของแหล่งกำเนิดความร้อนแต่ละแบบที่ได้มาจากการคำนวณของโปรแกรม DOE 2.1E ซึ่งถูกแสดงไว้ในตารางที่ 6.6

ตารางที่ 6.6 ค่าสัมประสิทธิ์ Room transfer function ของแหล่งกำเนิดความร้อน ภายในและภายนอกห้องทดลอง

RTF	SOLAR	GENERAL LIGHTING	TASK LIGHTING	PEOPLE EQUIPMENT	CONDUCTION
v_0	0.17200	0.45995	0.42771	0.43577	0.49559
v_1	-0.15393	-0.58207	-0.53089	-0.54368	-0.63864
v_2	0.00804	0.16319	0.14403	0.14882	0.18437
w_1	1.54583	1.43936	1.43936	1.43936	1.43936
w_2	-0.57496	-0.48415	-0.48415	-0.48415	-0.48415

ในการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นของห้องทดลอง ค่าภาระการทำความเย็นของแหล่งกำเนิดความร้อนที่นำมาพิจารณา ได้แก่ ค่าภาระการทำความเย็นของการนำความร้อนผ่านผนังด้านทิศเหนือ (N_Wall) ใต้ (S_Wall) ตะวันออก (E_Wall) ตะวันตก (W_Wall) หน้าต่างด้านทิศใต้ (หน้าต่างภายในอาคาร) (S_Glass) เพดาน (Ceiling) พื้น (Floor) ค่าภาระการทำความเย็นของผู้ใช้อาศัย (Peop. Sens. & Peop. Lat) หลอดไฟฟ้า (Lighting) และ เครื่องใช้ไฟฟ้า (Equipment) เป็นต้น

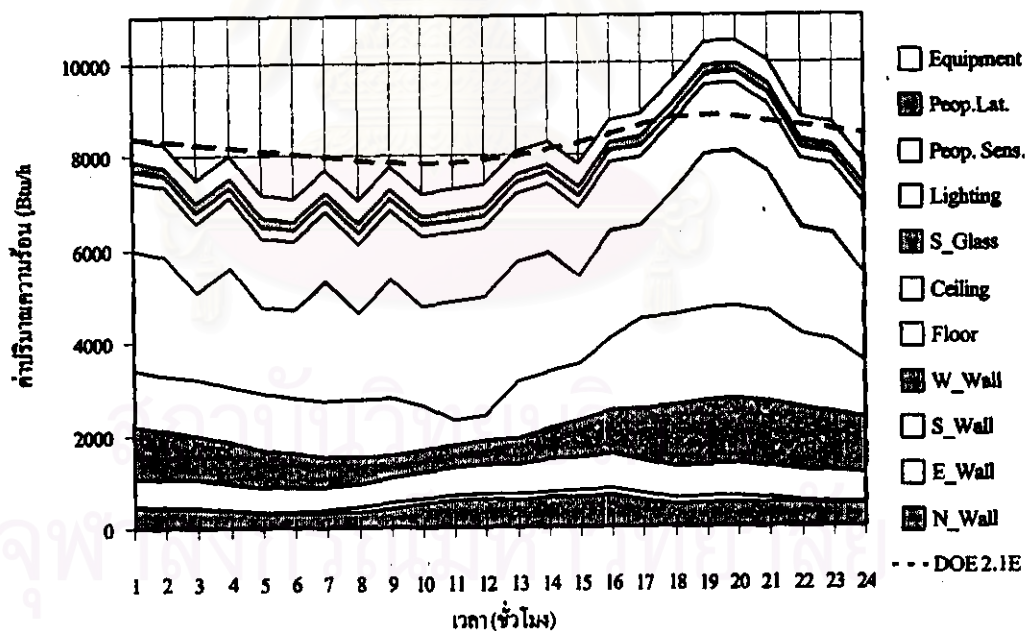
ขั้นตอนการคำนวณเริ่มจากการนำค่าปริมาณความร้อนภายในบริเวณที่พิจารณาซึ่งเกิดจากแหล่งกำเนิดความร้อนภายในและภายนอกห้องทั้งหมดมาคำนวณหาค่าภาระการทำความเย็นของแหล่งกำเนิดความร้อนแต่ละแหล่งด้วยสมการที่ 3.45 และใช้ค่าสัมประสิทธิ์ RTF จากตารางที่ 6.6

ค่าการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดของแหล่งกำเนิดความร้อนภายในและภายนอกของห้องทดลองจะถูกแสดงไว้ในรูปที่ 6.11 ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าปริมาณความร้อนรวมที่คำนวณได้จากโปรแกรม DOE 2.1E เมื่อกำหนดให้อุณหภูมิของโซนที่อยู่ติดห้องทดลองเป็นค่าคงที่เท่ากับค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในหนึ่งวันของโซน (คำนวณได้โดยใช้ข้อมูลค่าอุณหภูมิรายชั่วโมงจากตารางที่ 6.1 และ 6.2) จากรูปจะสังเกตเห็นว่า ค่าปริมาณความร้อนรวมที่คำนวณได้จากโปรแกรม DOE 2.1E จะมีค่าสูงกว่าค่าจากการทดลองในช่วงเวลาตั้งแต่ 3:00 น. ถึง 12:00 น. และมีค่าต่ำกว่าค่าจากการทดลองในช่วงเวลาตั้งแต่ 13:00 น. ถึง 21:00 น. เนื่องจากสาเหตุหลัก 2 ประการ ดังนี้ ปริมาณความร้อนผ่านผนังภายนอกด้านทิศตะวันตกจากการทดลองมีค่ามากกว่าค่าที่คำนวณได้จากโปรแกรม DOE 2.1E สังเกตได้จากรูปที่ 6.7 และ ปริมาณความร้อนที่โซนรอบข้างถ่ายเทให้แก่ห้องทดลอง

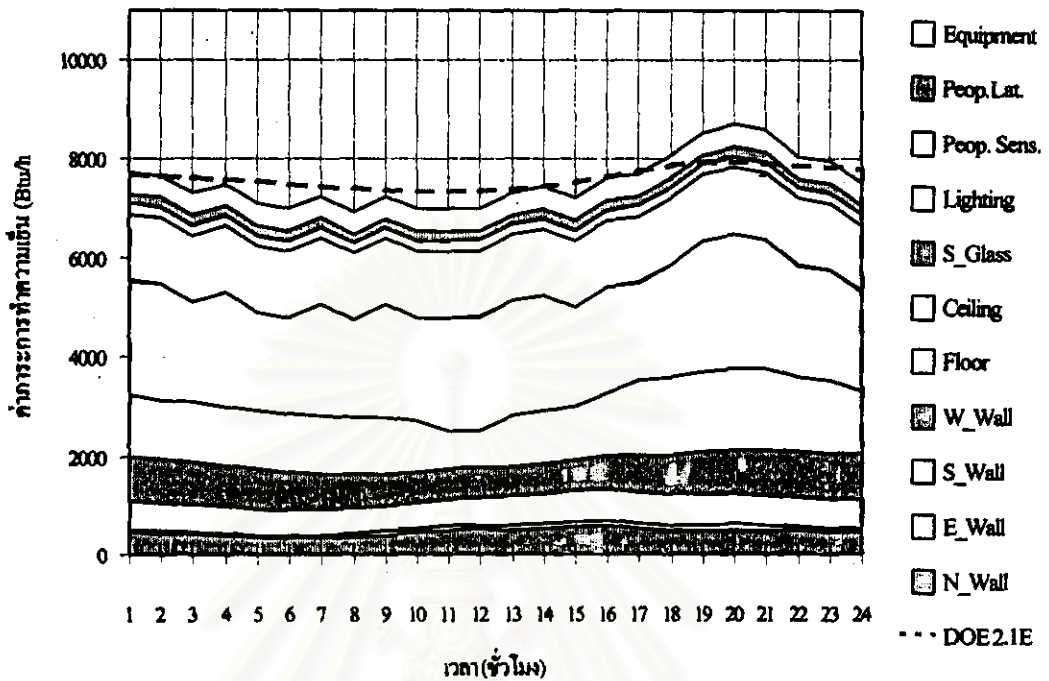
โดยการนำความร้อนผ่านผนังภายในทิศต่างๆ ได้แก่ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก พื้น และ เพดาน มีค่าแปรเปลี่ยนตามเวลาซึ่งต่างจากการคำนวณของโปรแกรม DOE 2.1E ที่สมมติให้ค่าการถ่ายเทความร้อนส่วนนี้เป็นค่าคงที่ตลอดเวลา

หลังจากนั้นนำค่าปริมาณความร้อนจากแหล่งกำเนิดความร้อนภายในและภายนอกห้อง ทดลองจากรูปที่ 6.11 มาคำนวณค่าภาระการทำความเย็นตามสมการที่ 3.45 เมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์ RTF ของห้องทดลองจากตารางที่ 6.6 ซึ่งจะได้ค่าภาระการทำความเย็นของห้องทดลองแสดงไว้ในรูปที่ 6.12 (ไม่รวมภาระการทำความเย็นเนื่องจากการระบายอากาศ)

จากรูปที่ 6.12 พบว่า ค่าความหน่วงเนื่องจากการสะสมความร้อนในห้องทดลองจะมีประมาณ 1 ชั่วโมง และค่าภาระการทำความเย็นที่คำนวณได้จากโปรแกรม DOE 2.1E มีค่าต่ำกว่าค่าที่ตรวจวัดได้เป็นผลมาจากค่าปริมาณความร้อนรวมของโปรแกรม DOE 2.1E มีค่าต่ำกว่าค่าที่ตรวจวัด



รูปที่ 6.11 เปรียบเทียบค่าปริมาณความร้อนของแหล่งกำเนิดความร้อนภายในและภายนอกของห้องทดลองแบบต่างๆ เทียบกับค่าปริมาณความร้อนที่คำนวณได้จากโปรแกรม DOE 2.1E



รูปที่ 6.12 เปรียบเทียบค่าภาระการทำความร้อนของแหล่งกำเนิดความร้อนภายในห้องแบบต่างๆ เทียบกับค่าภาระการทำความร้อนที่คำนวณได้จากโปรแกรม DOE 2.1E

6.4 การเปรียบเทียบค่า Heat extraction rate ของเครื่องปรับอากาศ

ค่าภาระการทำความร้อนเป็นปริมาณความร้อนทางทฤษฎีที่เครื่องปรับอากาศต้องนำออกจากบริเวณที่พิจารณาเพื่อควบคุมให้คุณสมบัติทางความร้อนของอากาศภายในบริเวณนั้นมีค่าคงที่ตามที่กำหนดไว้ ซึ่งก็คือ การควบคุมค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศให้มีค่าคงที่นั่นเอง แต่ในสถานะการใช้งานจริงค่าปริมาณความร้อนที่เครื่องปรับอากาศสามารถนำออกไปจากบริเวณที่พิจารณาอาจมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่าภาระการทำความร้อน เนื่องจากอิทธิพลของตัวแปรหลายตัวด้วยกัน ยกตัวอย่างเช่น ขนาดการทำความร้อนของเครื่องปรับอากาศ ค่า throttling range ของเทอร์โมสแตด วิธีการควบคุมเครื่องปรับอากาศ ปริมาณความร้อนบางส่วนที่ระบบถ่ายเทคืนให้สิ่งแวดล้อมภายนอก และ คุณสมบัติทางความร้อนของอากาศในบริเวณที่พิจารณามีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เป็นต้น ปริมาณความร้อนส่วนที่เครื่องปรับอากาศสามารถนำออกจากบริเวณที่พิจารณาได้จริงจะถูกเรียกว่า ค่า Heat extraction rate

ในหัวข้อนี้เป็นการศึกษาว่า ค่า Heat extraction rate ที่ได้จากการตรวจวัดทางด้าน Air-side ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ติดตั้งที่ห้องทดลอง (ข้อมูลจำเพาะของเครื่องปรับอากาศแบบ

แยกส่วนและอุปกรณ์ควบคุมจะแสดงไว้ในหัวข้อที่ 4.1) จะมีความสอดคล้องกับค่า Heat extraction rate ที่ทำนายได้จากโปรแกรม DOE 2.1E มากน้อยเพียงไร การคำนวณค่า Heat extraction rate ด้าน Air-side ของเครื่องปรับอากาศจะใช้ผลการตรวจวัดรายชั่วโมงของอุณหภูมิกระเปาะแห้งและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของลมจ่ายและลมกลับ ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 6.2 มาประกอบการพิจารณา ค่า Heat extraction rate สามารถแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของค่า Sensible heat extraction rate (ER_{Sens}) และ Total heat extraction rate (ER_{Tot}) ซึ่งค่าทั้งสองนี้สามารถคำนวณจากสมการที่ 6.1 และ 6.3 ตามลำดับ

$$ER_{Sens} = Const_1 \cdot cfm \cdot (T_{c,r} - T_{c,s}) \quad (6.1)$$

$$ER_{Lat} = Const_2 \cdot cfm \cdot (W_{c,r} - W_{c,s}) \quad (6.2)$$

$$ER_{Tot} = ER_{Sens} + ER_{Lat} \quad (6.3)$$

เมื่อ	ER_{Tot}	คือ	ค่า Total heat extraction rate, <i>Btu/hr</i>
	ER_{Sens}	คือ	ค่า Sensible heat extraction rate, <i>Btu/hr</i>
	ER_{Lat}	คือ	ค่า Latent heat extraction rate, <i>Btu/hr</i>
	$Const_1$	คือ	ค่าคงที่ในสมการที่ 6.1 ซึ่งมีค่าประมาณ $1.08 \text{ Btu-min}/(\text{hr-ft}^3 \cdot \text{°F})$ ที่สภาวะมาตรฐาน หรือมีค่าเท่ากับ $\frac{(0.24 + 0.44 \cdot W_a) \cdot 60}{v_a}$
	$Const_2$	คือ	ค่าคงที่ในสมการที่ 6.2 ซึ่งมีค่าประมาณ $4840 \text{ Btu-min}/(\text{hr-ft}^3 \cdot \text{°F})$ ที่สภาวะมาตรฐาน หรือมีค่าเท่ากับ $\frac{1076 \cdot 60}{v_a}$
	cfm	คือ	ค่าอัตราการไหลของอากาศ, <i>CFM</i>
	W_a	คือ	ค่าอัตราส่วนความชื้นของอากาศผ่านคอยล์, <i>lb / lb dry air</i>
	v_a	คือ	ค่าปริมาตรจำเพาะเฉลี่ยของอากาศผ่านคอยล์, <i>ft³/lb</i>
	$T_{c,s}, T_{c,r}$	คือ	ค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งของลมจ่าย และลมกลับ, <i>°F</i>
	$W_{c,s}, W_{c,r}$	คือ	ค่าอัตราส่วนความชื้นของลมจ่าย และลมกลับ, <i>lb / lb dry air</i>
	$v_{c,s}, v_{c,r}$	คือ	ค่าปริมาตรจำเพาะของลมจ่าย และลมกลับ, <i>ft³/lb</i>

สถานะของลมจ่ายและลมกลับที่ตรวจวัดทุกๆ 15 นาที ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ถูกแสดงบน psychrometric chart ดังรูปที่ 6.13 โดยมีสถานะของลมกลับโดยเฉลี่ยประมาณ $77^{\circ}\text{F} / 65\%\text{RH}$ ส่วนสถานะของลมจ่ายจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วนอย่างชัดเจน คือ ในช่วงที่คอมเพรสเซอร์ทำงานสถานะของลมจ่ายจะประมาณ $52^{\circ}\text{F} / 86\%\text{RH}$ ในช่วงที่คอมเพรสเซอร์หยุดทำงานสถานะของลมจ่ายจะประมาณ $68^{\circ}\text{F} / 89\%\text{RH}$ ซึ่งถ้าคอมเพรสเซอร์ทำงานเต็มที่ค่าอุณหภูมิลมจ่ายอาจมีค่าถึง $50.0^{\circ}\text{F} / 88\%\text{RH}$ โดยค่าแต่ละค่าเป็นการตรวจวัดที่เวลานั้น

ในกรณีที่ต้องการนำค่า Heat extraction rate จากการทดลองที่ได้จากการตรวจวัดทุก 15 นาที มาเปรียบเทียบกับผลเฉลยจากโปรแกรม DOE 2.1E ที่เป็นค่ารายชั่วโมง จำเป็นต้องนำผลการตรวจวัดทุก 15 นาที มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้เป็นตัวแทนของแต่ละชั่วโมงถึงจะนำมาเปรียบเทียบกับผลเฉลยของโปรแกรม DOE 2.1E ได้ สถานะของลมจ่ายและลมกลับรายชั่วโมงของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน จะถูกนำมากำหนดจุดลงใน psychrometric chart ดังรูปที่ 6.14 โดยมีสถานะของลมกลับประมาณ $75^{\circ}\text{F} / 60\%\text{RH}$ เกือบคงที่ ส่วนสถานะของลมจ่ายจะแปรเปลี่ยนตามการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ดังนี้ ในช่วงที่คอมเพรสเซอร์ทำงานสถานะของลมจ่ายจะมีค่าประมาณ $57.5^{\circ}\text{F} / 88\%\text{RH}$ ในช่วงที่คอมเพรสเซอร์หยุดทำงานสถานะของลมจ่ายจะประมาณ $66^{\circ}\text{F} / 88\%\text{RH}$ ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าค่าอุณหภูมิลมจ่ายมีค่าค่อนข้างสูงกว่าค่าการตรวจวัดทุกๆ 15 นาที เนื่องจากค่าดังกล่าวเป็นการเฉลี่ยค่าจากการตรวจวัดทุก 15 นาทีให้เป็นตัวแทนของแต่ละชั่วโมง

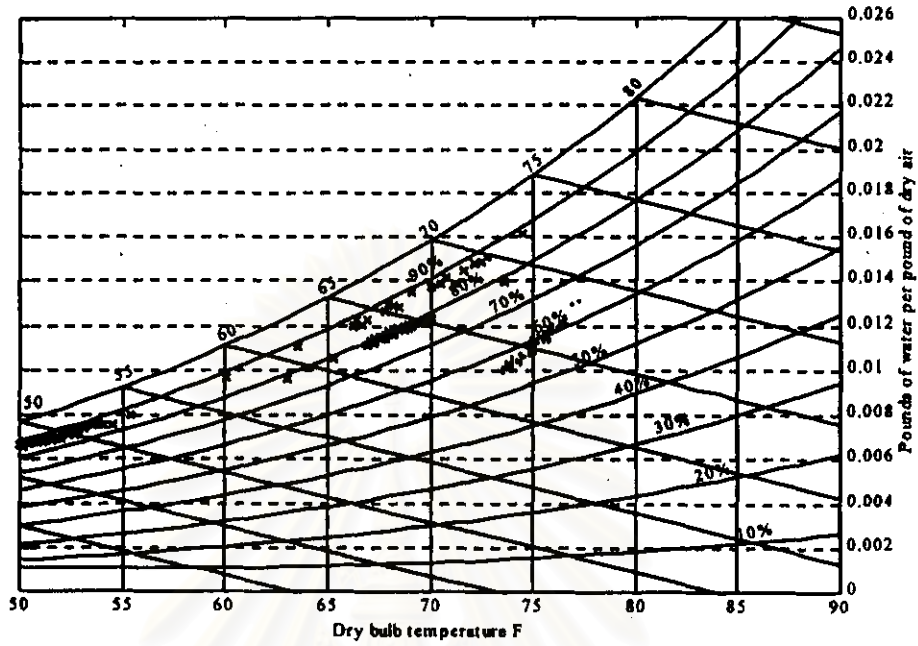
หลังจากนั้น ถ้านำค่า Total Heat Extraction rate ที่ได้จากการตรวจวัดทุกๆ 15 นาที ที่คำนวณตามสมการที่ 6.3 กับค่า Total heat extraction rate ที่คำนวณได้จากโปรแกรม DOE 2.1E มาพล็อตลงในรูปที่ 6.15 พบว่า ค่า Total heat extraction rate ของการตรวจวัดทุกๆ 15 นาที จะแยกออกเป็น 2 ส่วนอย่างเด่นชัด คือ ในช่วงเวลาที่เครื่องคอมเพรสเซอร์ทำงานมีค่า Total heat extraction rate ประมาณ 2.69 ตัน ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่ ARI standard ($80^{\circ}\text{F}/67^{\circ}\text{F}$ ในบ้าน และ $95^{\circ}\text{F}/75^{\circ}\text{F}$ นอกบ้าน) ที่มีค่าเท่ากับ 2.44 ตัน ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ และในช่วงเวลาที่เครื่องคอมเพรสเซอร์หยุดทำงานมีค่า Total heat extraction rate ประมาณ 0.45 ตัน ซึ่งถ้านำค่าจากการตรวจวัดทุกๆ 15 นาที นี้มาหาตัวแทนของแต่ละชั่วโมงด้วยวิธีการเฉลี่ยจำนวน 2 แบบ คือ แบบที่ 1 หาค่าเฉลี่ยของค่า Total heat extraction rate ที่อยู่ในช่วงก่อนและหลังของแต่ละชั่วโมงเป็นเวลา 30 นาที (จำนวน 5 ค่า) ให้เป็นตัวแทนของค่าชั่วโมงนั้นๆ และแบบที่ 2 หาค่าเฉลี่ยของค่า Total heat extraction rate โดยเฉลี่ยตั้งแต่ช่วงต้นชั่วโมงถึงปลายชั่วโมงให้เป็นตัวแทนของค่าที่ปลายชั่วโมงนั้นๆ ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 6.15 ซึ่งพบว่า ถึงแม้จะใช้ข้อมูลเบื้องต้นเดียวกัน แต่ถ้าใช้วิธีการเฉลี่ยที่ต่างกันก็ส่งผลให้ค่าที่เป็นตัวแทนมีความแตกต่างกันไปด้วย ส่วนกราฟระหว่างค่า Sensible heat extraction rate กับ ค่า Total heat extraction

rate จะถูกแสดงไว้ในผังรูปที่ 6.16 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่า Sensible heat ratio (SHR) ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเมื่อคอมเพรสเซอร์ทำงาน มีค่าเกือบคงที่ตลอดช่วงการตรวจวัดซึ่งมีค่าประมาณ 0.6 ส่วนในกรณีที่คอมเพรสเซอร์หยุดทำงาน พบว่า กราฟของค่า Sensible heat extraction rate กับ ค่า Total heat extraction rate ของเครื่องปรับอากาศทับกันพอดี ซึ่งแสดงว่าค่า SHR ที่เวลานั้นมีค่าเท่ากับ 1.0

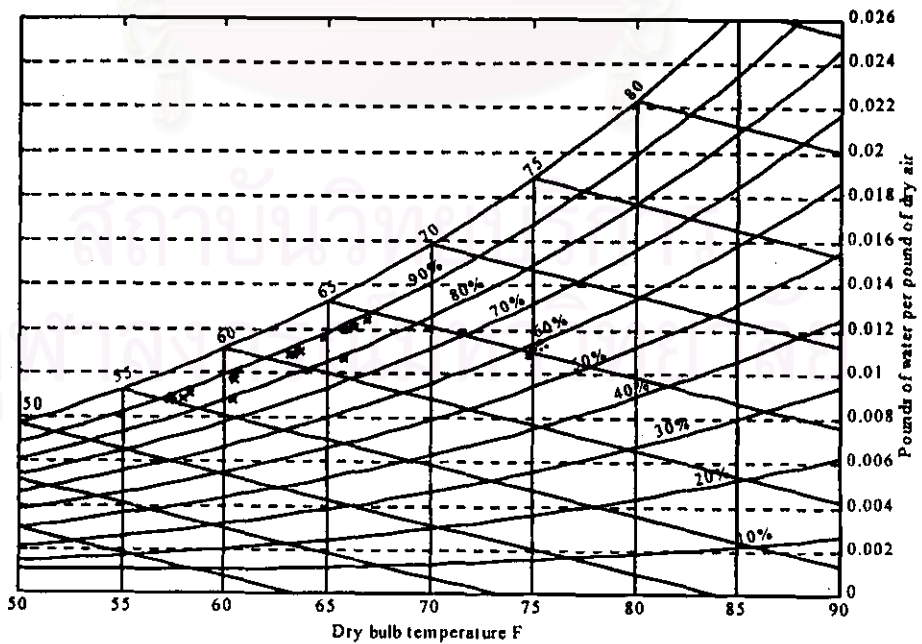
จากรูปที่ 6.15 และ 6.16 พบว่า จำนวนครั้งของการเดินเครื่องคอมเพรสเซอร์สูงสุดในแต่ละชั่วโมงเท่ากับ 3 ครั้ง และต่ำสุดเท่ากับ 1 ครั้ง ซึ่งเมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยตลอด 24 ชั่วโมง แล้วมีค่าเท่ากับ 1.66 ครั้งในหนึ่งชั่วโมง

ส่วนกราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่า Total heat extraction rate รายชั่วโมงเมื่อใช้วิธีการเฉลี่ยแบบที่ 1 และ 2 กับ ผลเฉลี่ยจากการคำนวณด้วยโปรแกรม DOE 2.1E จะถูกแสดงไว้ในรูปที่ 6.17 พบว่า ผลเฉลี่ยที่คำนวณด้วยโปรแกรม DOE 2.1E ที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบ Package air conditioner จะมีลักษณะเป็นกราฟรูปไซน์ที่มีการเปลี่ยนแปลงตามค่าภาระการทำความเย็นของห้องทดลอง และค่าภาระการทำความเย็นของการระบายอากาศ จากกราฟแสดงค่า Heat extraction rate ที่คำนวณจากโปรแกรม DOE 2.1E พบว่า ค่าของผลเฉลี่ยที่เวลา 1:00 น. มีค่าสูงถึงประมาณ 1.70 ตัน แล้วจึงมีค่าน้อยลงมาเรื่อยๆ จนมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.03 ตัน ที่เวลา 8:00 น. ซึ่งเป็นผลมาจากการที่เครื่องปรับอากาศพยายามดึงปริมาณความร้อนที่สะสมอยู่ในห้องทดลองก่อนเปิดเครื่องปรับอากาศที่เวลา 1:00 น. ออกไปทิ้งนอกห้องทดลอง โดยมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 1.43 ตัน ซึ่งแตกต่างจากผลการตรวจวัดที่มีลักษณะเป็นกราฟที่หาแนวโน้มไม่ได้ โดยมีค่าเฉลี่ยของวิธีการเฉลี่ยแบบที่ 1 เท่ากับ 1.12 ตัน และมีค่าเฉลี่ยแบบที่ 2 เท่ากับ 1.40 ตัน สาเหตุอาจเกิดขึ้นเนื่องจากโปรแกรม DOE 2.1E จะคำนวณค่าภาระการทำความเย็นทั้งหมดที่ห้อง แล้วจึงประมาณว่าเครื่องปรับอากาศควรมีค่า Total heat extraction rate และ Sensible heat extraction rate เท่าไรจึงสามารถนำค่าภาระการทำความเย็นปริมาณดังกล่าวออกจากห้อง เพื่อควบคุมให้ระดับของอุณหภูมิห้องเท่ากับค่าที่กำหนด ส่วนผลการตรวจวัดเป็นค่าที่เกิดจากการตัด-ต่อของเครื่องคอมเพรสเซอร์

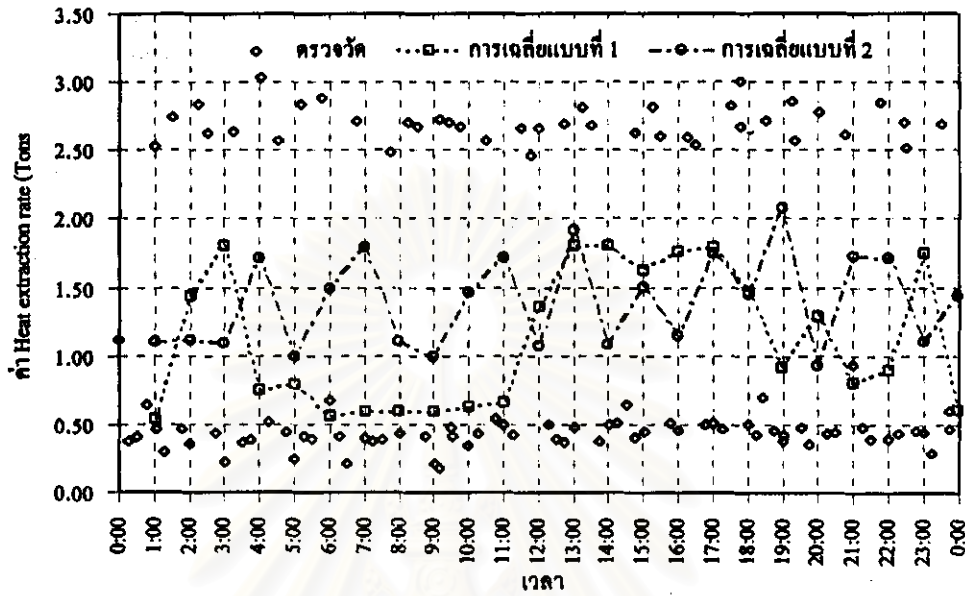
จากลักษณะของผลเฉลี่ยขั้นต้น พบว่ามีความคลาดเคลื่อนในการหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้เป็นตัวแทนของแต่ละชั่วโมง ซึ่งอาจสรุปได้ว่า เวลาในการสุ่มค่าทุกๆ 15 นาที อาจไม่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการหาค่าเฉลี่ย เนื่องจากช่วงการตรวจวัดข้อมูลห่างกันเกินไป ทำให้โอกาสในการผิดพลาดมีสูงตามไปด้วย



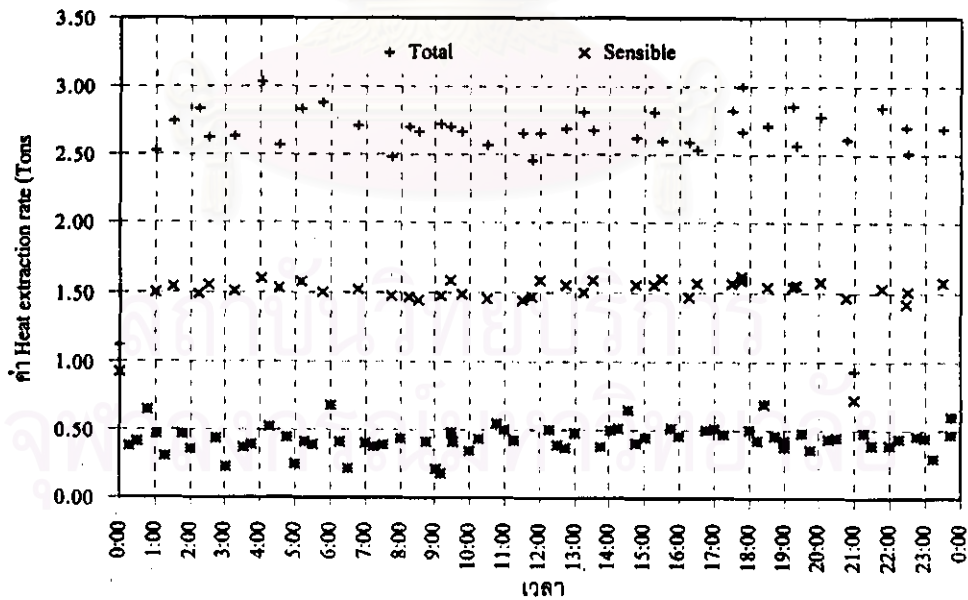
รูปที่ 6.13 ค่าสถานะของลมจ่ายและลมกลับทุกๆ 15 นาทีของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน
(เมื่อ "x" คือ Supply air conditions และ "." คือ Return air conditions)



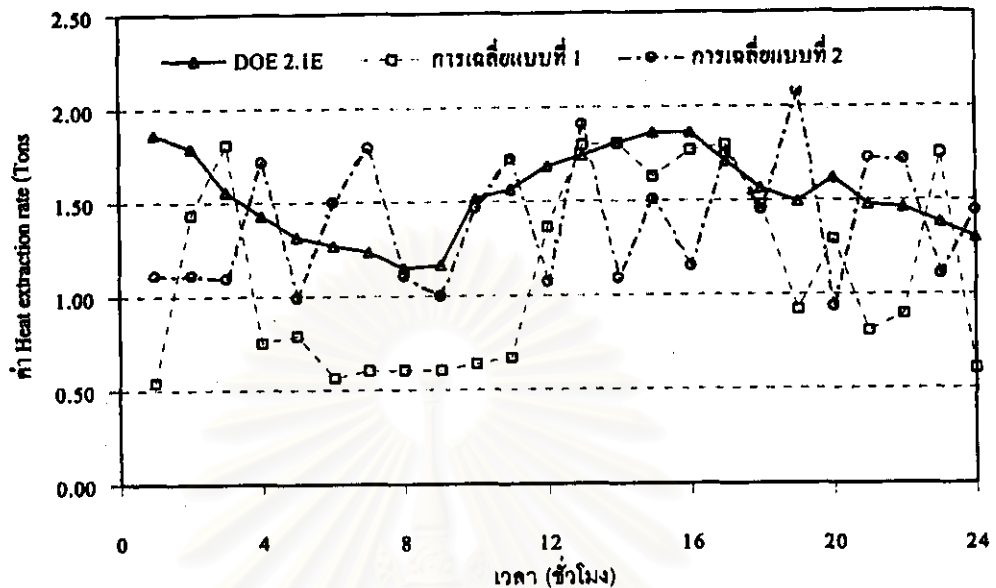
รูปที่ 6.14 ค่าสถานะของลมจ่ายและลมกลับรายชั่วโมงของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน
(เมื่อ "x" คือ Supply air conditions และ "." คือ Return air conditions)



รูปที่ 6.15 เปรียบเทียบค่า Total heat extraction rate ทุกๆ 15 นาที ระหว่างผลการตรวจวัดทุกๆ 15 นาที กับวิธีการเฉลี่ยรายชั่วโมงแบบที่ 1 และ 2



รูปที่ 6.16 เปรียบเทียบค่า Total heat extraction rate กับ Sensible heat extraction rate จากการตรวจวัดทุกๆ 15 นาที



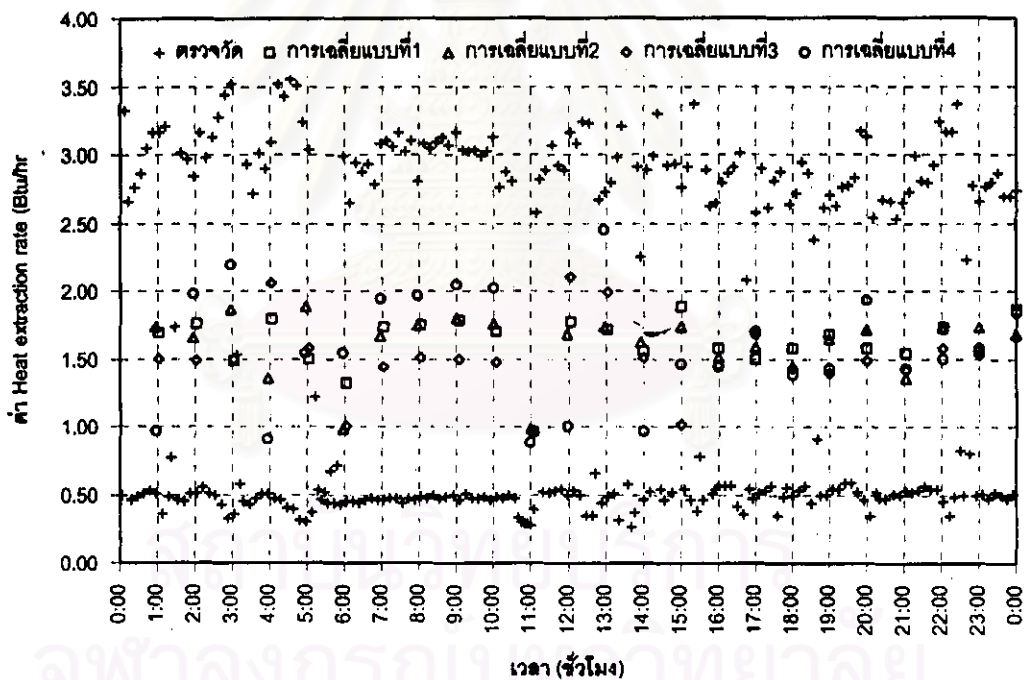
รูปที่ 6.17 เปรียบเทียบค่า Total heat extraction rate รายชั่วโมง เมื่อใช้วิธีการเฉลี่ยแบบที่ 1 และ 2 กับ ค่าที่คำนวณได้จากโปรแกรม DOE 2.1E

หลังจากตรวจพบว่า ช่วงเวลาการตรวจวัดมีผลกระทบต่อการคำนวณค่า Heat extraction rate อย่างมาก ซึ่งทำให้การตรวจวัดคุณสมบัติทางความร้อนของลมจ่ายและลมกลับทุกๆ 15 นาที ไม่อาจเป็นตัวแทนที่ดีของการทดลองได้ จึงทำการตรวจวัดค่า Heat extraction rate ใหม่อีกครั้งในช่วงเดือนมีนาคม เพื่อตรวจสอบว่า การลดช่วงเวลาการตรวจวัดให้แคบลงจะทำให้ได้ค่า Heat extraction rate ที่แม่นยำขึ้นหรือไม่ ในการทดสอบครั้งนี้จะใช้ช่วงเวลาการตรวจวัดคุณสมบัติทางความร้อนของลมจ่ายและลมกลับทุก 5 นาที ซึ่งผลการตรวจวัดค่า Total heat extraction rate จะแสดงดังรูปที่ 6.18 แล้วนำค่าดังกล่าวมาหาตัวแทนของแต่ละชั่วโมงด้วยวิธีการเฉลี่ยจำนวน 4 แบบ คือ แบบที่ 1 หาค่าเฉลี่ยของค่า Total heat extraction rate ที่อยู่ในช่วงก่อนและหลังของแต่ละชั่วโมงเป็นเวลา 30 นาที (จำนวน 13 ค่า) ให้เป็นตัวแทนของค่าชั่วโมงนั้นๆ แบบที่ 2 หาค่าเฉลี่ยของค่า Total heat extraction rate โดยเฉลี่ยตั้งแต่ช่วงต้นชั่วโมงถึงปลายชั่วโมงให้เป็นตัวแทนของค่าที่ปลายชั่วโมงนั้นๆ (จำนวน 12 ค่า) แบบที่ 3 หาค่าเฉลี่ยของค่า Total heat extraction rate แบบเดียวกับวิธีที่ 1 แต่จะสุ่มค่าการตรวจวัดทุก 15 นาที จากข้อมูลชุดเดียวกัน (จำนวน 5 ค่า) แบบที่ 4 หาค่าเฉลี่ยของค่า Total heat extraction rate แบบเดียวกับวิธีที่ 2 แต่จะสุ่มค่าการตรวจวัดทุก 15 นาที จากข้อมูลชุดเดียวกัน (จำนวน 4 ค่า) ซึ่งทั้งหมดจะถูกแสดงไว้ในรูปที่ 6.18 ซึ่งพบว่า การลดช่วงเวลาการตรวจวัดให้แคบลงจะช่วยให้ค่าเฉลี่ยของ Total heat extraction rate มีความต่อเนื่องกันมากขึ้น ดังวิธีการเฉลี่ยแบบที่ 1 และ 2 แต่เมื่อเพิ่มช่วงเวลาการสุ่มค่าคุณสมบัติทางความร้อนของลมจ่ายและลมกลับพบว่า ค่า Total heat extraction rate ของวิธีการเฉลี่ยแบบที่ 3 และ 4 จะมีค่าที่กระโดดออกมามาก

กว่าวิธีการเฉลี่ยแบบที่ 1 และ 2 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า การลดช่วงเวลาการตรวจวัดจะเพิ่มความแม่นยำของค่าเฉลี่ยที่ใช้เป็นตัวแทนของแต่ละชั่วโมง แต่ก็ยังไม่อาจนำเอาผลการเฉลี่ยครั้งใหม่ไปเปรียบเทียบกับผลเฉลี่ยจากโปรแกรม DOE 2.1E ได้โดยตรง

จากรูปที่ 6.19 ที่แสดงกราฟระหว่างค่า Sensible heat extraction rate และค่า Total heat extraction rate ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (SHR) พบว่าค่า SHR มีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.6 ตลอดช่วงเวลาที่คอมเพรสเซอร์ทำงาน ยกเว้นแต่ช่วงกลางคืนที่ค่า SHR จะมีค่าสูงขึ้นกว่าช่วงกลางวันเล็กน้อย

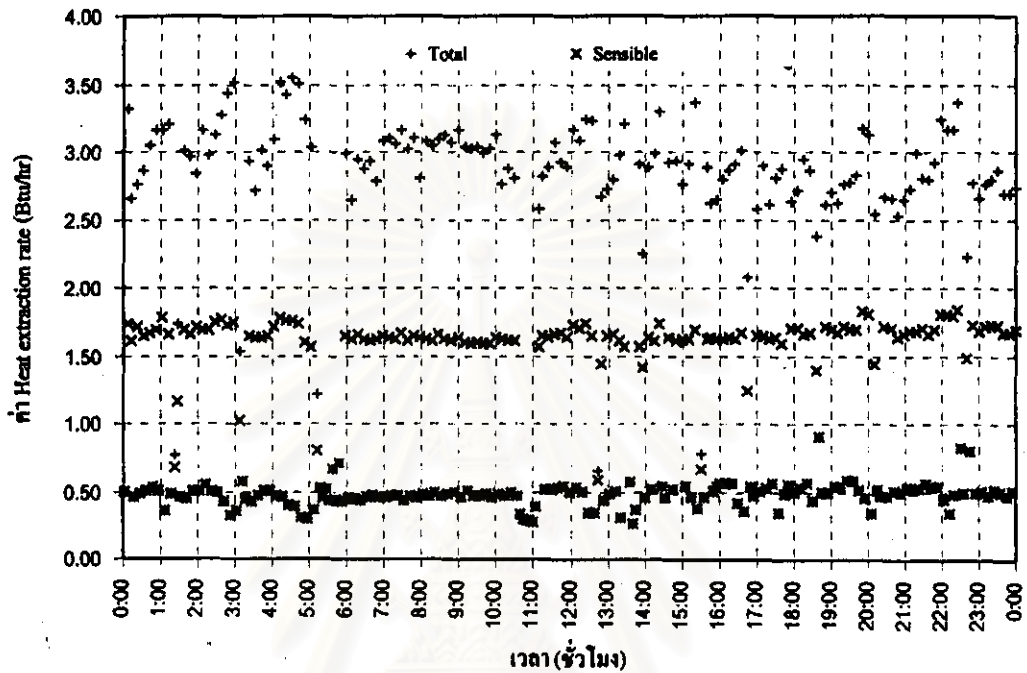
จากรูปที่ 6.18 และ 6.19 พบว่า จำนวนครั้งของการเดินเครื่องคอมเพรสเซอร์สูงสุดในแต่ละชั่วโมงจะเพิ่มจาก 1.66 ครั้งต่อชั่วโมง เป็นประมาณ 6 ครั้งต่อชั่วโมง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มความถี่ในการตรวจวัดทำให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนมากขึ้น



รูปที่ 6.18 เปรียบเทียบค่า Total heat extraction rate ทุกๆ 5 นาที ระหว่างผลการตรวจวัดทุกๆ 5 นาที กับวิธีการเฉลี่ยรายชั่วโมงแบบที่ 1, 2, 3 และ 4

การที่ค่า Total heat extraction rate จากการตรวจวัดมีค่าสูงกว่าค่าความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องอาจเกิดจากความผิดพลาดในการตรวจวัดค่าสถานะของลมจ่ายและลมกลับ อันมีผลตั้งแต่ความแม่นยำของการตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้นของลมจ่ายและลมกลับ อัตราการ

ไหลของอากาศที่เครื่องทำได้ ซึ่งความคลาดเคลื่อนเหล่านี้ อาจเกิดจากทั้ง ความสามารถและความแม่นยำของเครื่องมือวัด และลักษณะการวัด เป็นต้น



รูปที่ 6.19 เปรียบเทียบค่า Total heat extraction rate กับ Sensible heat extraction rate จากการตรวจวัดทุกๆ 5 นาที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.5 การเปรียบเทียบค่า Cooling load temperature difference ของผนังห้องด้านทิศตะวันตก

ในหัวข้อนี้กล่าวถึงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ CLTD ของผนังห้องทดลองด้านทิศตะวันตกที่มีลักษณะความเป็นมาของค่าสัมประสิทธิ์ CLTD จำนวน 2 ลักษณะ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ CLTD ที่ได้จากโปรแกรม CLDTAB ที่ ASHRAE เสนอให้ใช้เป็นมาตรฐาน และ ค่าสัมประสิทธิ์ CLTD ที่ได้จากการนำค่าภาระการทำความเย็นของการนำความร้อนผ่านผนังด้านทิศตะวันตกมาหารด้วยค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมและพื้นที่ผิวของผนังตามสมการที่ 3.46 โดยค่าภาระการทำความเย็นนี้คำนวณได้โดยอาศัย Custom weighting-factor method ที่เป็นโปรแกรมย่อยของโปรแกรม DOE 2.1E เพื่อเป็นแนวทางในศึกษาว่าค่าสัมประสิทธิ์ CLTD ที่ ASHRAE เสนอให้ใช้เป็นมาตรฐานนั้นมีความเหมาะสมสำหรับใช้กับผนังและอาคารที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในประเทศไทยมากน้อยเพียงไร

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ CLTD เริ่มจากการนำค่าภาระการทำความเย็นของการนำความร้อนผ่านผนังที่ด้านทิศตะวันตกในหัวข้อที่ 6.4 มาหารด้วยค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังที่ประกอบด้วยวัสดุประกอบผนังตามตารางที่ 4.1 รวมกับค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนของฟิล์มอากาศภายนอก (h_o) และพื้นที่ผิวของผนังตามสมการที่ 3.46 โดยจำแนกที่มาของค่าภาระการทำความเย็นของผนังด้านทิศตะวันตกออกเป็น 3 แบบ ดังนี้ (โดยที่ค่าภาระการทำความเย็นของทุกแบบจะคำนวณภายใต้ข้อมูลสภาพบรรยากาศที่ได้จากการตรวจวัดของเดือนมกราคม)

1. ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ RTF ของการนำความร้อนจาก Custom weighting-factor method จากตารางที่ 6.6 เพื่อแปลงค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผิวด้านในของผนังที่ประกอบด้วยวัสดุจำนวน 4 ชั้น (ตารางที่ 4.1) ให้เป็นค่าภาระการทำความเย็นของผนังด้านทิศตะวันตก
2. ใช้ค่าภาระการทำความเย็นของผนังด้านทิศตะวันตกที่เป็นผลเฉลยจาก Custom weighting-factor method ของโปรแกรม DOE 2.1E (รูปที่ 6.12)
3. ใช้ค่าภาระการทำความเย็นของผนังด้านทิศตะวันตกที่เป็นผลเฉลยจาก Precalculated weighting factor method ของโปรแกรม DOE 2.1E เมื่อกำหนดให้น้ำหนักโดยเฉลี่ยของห้องทดลองเท่ากับ 70 lb/ft^2 ตามตารางที่ 2.1

วิธีการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ CLTD แบบที่หนึ่ง มีข้อกำหนดเนื่องจากการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นดังต่อไปนี้ กำหนดให้ค่าอุณหภูมิผิวผนังภายนอกจากการตรวจวัดมีค่าตามที่แสดงไว้ใน

ตารางที่ 6.3 ซึ่งเป็นข้อมูลของวันที่ 2 และ 3 มกราคม กำหนดให้ค่าอุณหภูมิอากาศภายในห้องมีค่าเท่ากับ 75.8°F และ กำหนดให้ผนังมีสีอ่อน เป็นต้น

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ CLTD ของผนังด้านทิศตะวันตก จะกำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) ของผนังมีค่าเท่ากับ $0.375 \text{ Btu}/(\text{hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^{\circ}\text{F})$ และมีพื้นที่ผนังมีค่าเท่ากับ 26.87 ft^2 แล้วแทนค่าลงในสมการที่ 3.46 จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ CLTD ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6.7

ตารางที่ 6.7 ขั้นตอนการคำนวณค่า CLTD จากค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่ประกอบด้วยวัสดุประกอบผนังจำนวน 4 ชั้น

เวลา	Heat gain $\text{Btu}/(\text{hr}\cdot\text{ft}^2)$	Cooling load $\text{Btu}/(\text{hr}\cdot\text{ft}^2)$	CLTD
1:00	4.7	4.3	11.5
2:00	4.4	4.2	11.1
3:00	4.1	4.0	10.6
4:00	3.8	3.8	10.1
5:00	3.4	3.6	9.5
6:00	3.1	3.3	8.9
7:00	2.8	3.1	8.4
8:00	2.5	2.9	7.8
9:00	2.2	2.7	7.2
10:00	2.0	2.5	6.7
11:00	2.0	2.4	6.5
12:00	2.2	2.5	6.6
13:00	2.4	2.5	6.7
14:00	2.8	2.7	7.2
15:00	3.4	3.0	8.0
16:00	4.0	3.3	8.9
17:00	4.8	3.8	10.1
18:00	5.6	4.3	11.4
19:00	6.0	4.6	12.3
20:00	6.1	4.8	12.7
21:00	5.9	4.8	12.7
22:00	5.7	4.7	12.7
23:00	5.4	4.6	12.4
24:00	5.1	4.5	12.0

วิธีการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ CLTD แบบที่สอง มีข้อกำหนดเนื่องจากการใช้โปรแกรมประมาณค่าพลังงานของอาคารดังต่อไปนี้ กำหนดให้ข้อมูลสภาพบรรยากาศมีค่าตามที่แสดงไว้ใน

ตารางที่ ก.2 กำหนดให้ค่าอุณหภูมิอากาศภายในห้องมีค่าเท่ากับ 75.8 °F กำหนดให้ผนังมีสีอ่อน และกำหนดให้ค่า ground reflectance มีค่าเท่ากับ 0.2 เป็นต้น

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ CLTD ของผนังด้านทิศตะวันตก จะกำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) ของผนังมีค่าเท่ากับ 0.375 Btu/(hr-ft²-°F) และมีพื้นที่ผนังมีค่าเท่ากับ 26.87 ft² แล้วแทนค่าลงในสมการที่ 3.46 จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ CLTD ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6.8

ตารางที่ 6.8 ขั้นตอนการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ CLTD จากค่าภาระการทำความร้อนที่เป็นผลเฉลยจาก Custom weighting-factor method ของโปรแกรม DOE 2.1E

เวลา	Cooling load (Btu/hr-ft ²)	CLTD
1	3.33	8.9
2	3.14	8.4
3	2.96	7.9
4	2.76	7.4
5	2.56	6.8
6	2.35	6.3
7	2.13	5.7
8	1.92	5.1
9	1.73	4.6
10	1.61	4.3
11	1.57	4.2
12	1.62	4.3
13	1.78	4.7
14	2.02	5.4
15	2.38	6.3
16	2.83	7.5
17	3.37	9.0
18	3.84	10.2
19	4.08	10.9
20	4.11	11.0
21	4.02	10.7
22	3.87	10.3
23	3.70	9.9
24	3.52	9.4

วิธีการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ CLTD แบบที่สาม เนื่องจากแบบที่สามใช้โปรแกรม DOE 2.1E ช่วยในการคำนวณค่าภาระการทำความร้อนเย็นเหมือนกับแบบที่สอง มีความแตกต่างกันที่วิธีการ

คำนวณค่าภาระการทำความเย็นเท่านั้น ดังนั้นแบบที่สามจึงมีข้อกำหนดเนื่องจากการใช้โปรแกรม ประมาณค่าพลังงานของอาคารเหมือนกับแบบที่สอง

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ CLTD ของผนังด้านทิศตะวันตก จะกำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์ การถ่ายเทความร้อนรวม (U) ของผนังมีค่าเท่ากับ $0.375 \text{ Btu}/(\text{hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^{\circ}\text{F})$ และมีพื้นที่ผนังมีค่าเท่ากับ 26.87 ft^2 แล้วแทนค่าลงในสมการที่ 3.46 จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ CLTD ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6.9

ตารางที่ 6.9 ขั้นตอนการคำนวณค่า CLTD จากค่าภาระการทำความเย็นที่เป็นผล
 ผลิตจาก Precalculated weighting-factor method ของโปรแกรม
 DOE 2.1E

เวลา	Cooling load (Btu/hr-ft ²)	CLTD
1	3.6	9.7
2	3.4	9.0
3	3.2	8.4
4	2.9	7.8
5	2.7	7.1
6	2.4	6.4
7	2.1	5.7
8	1.9	5.0
9	1.7	4.4
10	1.5	4.1
11	1.5	4.0
12	1.6	4.3
13	1.8	4.9
14	2.2	5.8
15	2.6	7.0
16	3.2	8.6
17	3.9	10.4
18	4.5	11.9
19	4.7	12.6
20	4.7	12.5
21	4.5	12.1
22	4.3	11.5
23	4.1	10.9
24	3.9	10.3

ต่อมำนำค่าสัมประสิทธิ์ CLTD ที่คำนวณได้จากทั้ง 3 วิธี ดังที่ได้กล่าวในขั้นตอนมาเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์ CLTD ที่คำนวณได้จากโปรแกรม CLDTAB ที่ได้รับการปรับแก้ ให้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ CLTD ของเดือนมกราคม ที่ละติจูด 14°N ของผนังชนิดที่ 4 ด้านทิศตะวันตก โดยที่ผนังชนิดที่ 4 (ตารางที่ 6.10) นี้เป็นผนังที่มีคุณสมบัติทางความร้อนใกล้เคียงกับคุณสมบัติของผนังที่ทำการตรวจวัด (ตารางที่ 4.1) หลังจากนั้นนำค่าสัมประสิทธิ์ CLTD เหล่านี้มาทำการปรับแก้ด้วยตัวตรวจแก้ที่ได้มาจากการตรวจวัด ดังนี้ กำหนดอุณหภูมิของอากาศภายในห้องทดลองให้มีค่าเท่ากับค่า 75.8 °F ค่าสูงสุดของอุณหภูมิอากาศภายนอกห้องมีค่าเท่ากับ 95.9 °F และ ผลต่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดระหว่างวันมีค่าเท่ากับ 19.1 °F กำหนดสีของผนังห้องทดลองเป็นสีเหลืองอ่อน แล้วแทนค่าทั้งหมดลงในสมการที่ 3.47 ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ CLTD ทั้งหมดจะถูกแสดงไว้ในตารางที่ 6.11 ส่วนการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ CLTD ของผนังด้านทิศตะวันตกจะถูกแสดงดังตารางที่ 6.12 และถูกแสดงดังรูปที่ 6.20 ร้อยละค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์เมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์ CLTD ของวิธีที่ 2 เป็นเกณฑ์ จะถูกแสดงดังตารางที่ 6.13

ตารางที่ 6.10 คุณสมบัติของผนังชนิดที่ 4 จากตารางที่ 33B ของ ASHRAE [1]

ชนิด	ผนังด้านทิศตะวันตก
Principal wall material	4 in. Common brick (C4)
Secondary wall material	Stucco and/or plaster
R-factor (ft ² -hr-°F/Btu)	0.225

ตารางที่ 6.11 ค่าสัมประสิทธิ์ CLTD ของผนังชนิดที่ 4 ของเดือนมกราคม ที่ละติจูด 14 °N ที่ปรับแก้แล้ว

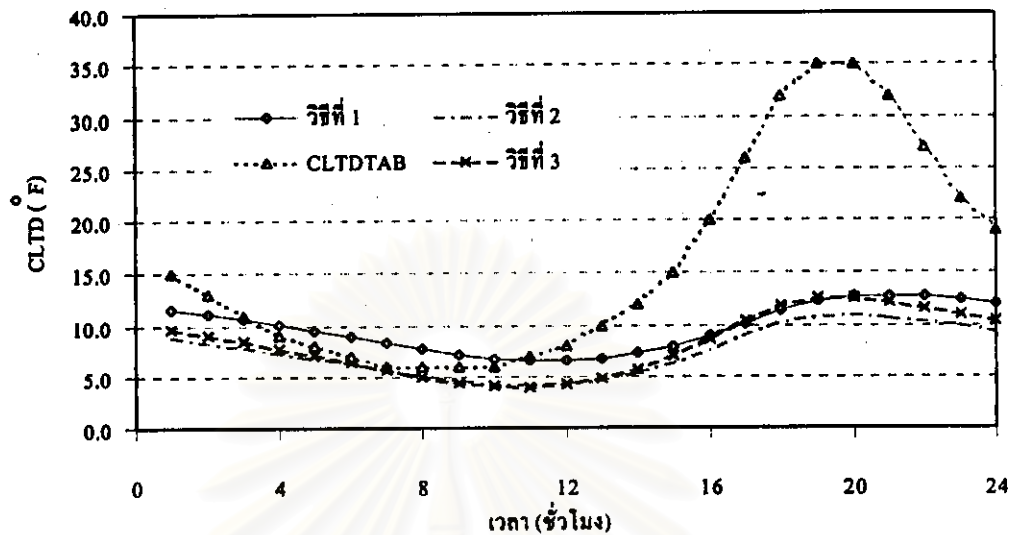
ทิศ	ชั่วโมง																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	10	9	7	7	6	5	4	4	4	4	6	7	9	11	13	15	16	17	17	17	15	14	13	11
NE	10	9	8	7	6	6	5	4	5	7	9	11	13	14	15	17	17	18	18	17	16	15	13	11
E	11	10	9	8	7	6	6	6	7	13	19	24	28	28	28	26	25	24	22	20	19	17	15	13
SE	13	11	10	9	7	7	6	6	8	13	21	28	33	37	38	37	34	31	28	24	22	19	17	15
S	16	14	12	10	9	8	7	7	7	10	15	20	26	32	36	40	42	43	41	37	32	27	22	19
SW	17	15	13	11	9	8	7	6	6	6	7	9	12	17	23	30	37	42	44	42	37	31	26	21
W	15	13	11	9	8	7	6	6	6	6	7	8	10	12	15	20	26	32	35	35	32	27	22	19
NW	11	9	8	7	6	6	5	4	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	20	19	17	15	13

ตารางที่ 6.12 ค่าสัมประสิทธิ์ CLTD ของผนังห้องทดลองด้านทิศตะวันตก เมื่อ
วันที่ 2 และ 3 มกราคม 2541

เวลา	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
วิธีที่ 1	11.6	11.1	10.6	10.1	9.5	8.9	8.3	7.7	7.2	6.7	6.5	6.5
วิธีที่ 2	8.9	8.4	7.9	7.4	6.8	6.3	5.7	5.1	4.6	4.3	4.2	4.3
วิธีที่ 3	9.7	9.0	8.4	7.8	7.1	6.4	5.7	5.0	4.4	4.1	4.0	4.3
CLDTAB	15	13	11	9	8	7	6	6	6	6	7	8
เวลา	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
วิธีที่ 1	6.7	7.2	7.9	8.8	10.0	11.3	12.2	12.7	12.8	12.6	12.4	12.0
วิธีที่ 2	4.7	5.4	6.3	7.5	9.0	10.2	10.9	11.0	10.7	10.3	9.9	9.4
วิธีที่ 3	4.9	5.8	7.0	8.6	10.4	11.9	12.6	12.5	12.1	11.5	10.9	10.3
CLDTAB	10	12	15	20	26	32	35	35	32	27	22	19

ตารางที่ 6.13 ร้อยละค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ CLTD ของ
ผนัง ห้องทดลองด้านทิศตะวันตก เมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์ CLTD
ของวิธีที่ 2 (Custom weighting-factor) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ

MAPE	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	CLDTAB
Mean	33.24	7.96	101.03
Max.	56.21	16.22	221.84
Min.	11.19	0.21	5.54



รูปที่ 6.20 ค่าสัมประสิทธิ์ CLTD ของผนังห้องทดลองด้านทิศตะวันตก เมื่อ วันที่ 2 และ 3 มกราคม 2541

จากรูปที่ 6.20 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ CLTD ของวิธีที่ 1 จากการทดลอง วิธีที่ 2 จาก Custom weighting-factor method (CWF) และวิธีที่ 3 จาก Precalculated weighting-factor method (PWF) จะมีแนวโน้มเดียวกัน แต่มีค่าสัมประสิทธิ์จากการทดลองจะมีค่าสูงกว่าวิธี CWF และวิธี PWF เกือบตลอดเวลาเนื่องจากค่าเริ่มต้น คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่บจากการทดลองมีค่ามากกว่าค่าจากโปรแกรม DOE ตลอดเวลานั่นเอง ส่วนการที่ค่าสัมประสิทธิ์ของวิธี PWF จะมีค่าสูงกว่าของวิธี CWF ในช่วงเวลา 15:00 น. ถึง 23:00 น. เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์ RTF จากวิธี PWF ของโปรแกรม DOE 2.1E ได้มาจากการประมาณค่าในช่วงของค่าสัมประสิทธิ์ RTF ของโชนมาตรฐานซึ่งโชนเหล่านั้นจะมีกระจกประกอบอยู่ด้วย ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ RTF เหล่านี้รวมผลของการเก็บความร้อนจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ผ่านกระจกที่เก็บไว้ในห้องด้วย ซึ่งต่างจากค่าสัมประสิทธิ์จากวิธี CWF ที่สามารถสมมติให้ปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านกระจกมีค่าเป็นศูนย์ได้ (ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ RTF ของวิธี CWF ไม่รวมผลของปริมาณความร้อนเนื่องจากรังสีจากดวงอาทิตย์ที่สะสมอยู่ใน พื้น เพดาน และเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น) (วิธีการคำนวณอย่างคร่าวๆ ถูกแสดงในบทที่ 2)

ผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ CLTD จากวิธี CWF และวิธี PWF ดังที่ได้กล่าวในขั้นต้นแสดงให้เห็นว่า ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยที่วิธี CWF น่าจะเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้ในการคำนวณค่าการทำความเย็นและค่าสัมประสิทธิ์ CLTD มาตรฐาน

แต่เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ CLTD เหล่านั้นมาเปรียบเทียบกับค่าจากโปรแกรม CLDTAB แล้วพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ CLTD จากโปรแกรม CLDTAB จะมีค่าสูงกว่า 3 วิธีแรกเกือบจะตลอดทั้งวัน เพราะค่าสัมประสิทธิ์ CLTD จากโปรแกรม CLDTAB ใช้ข้อมูลสภาพบรรยากาศมาตรฐานสำหรับวันออกแบบ (design day) และข้อมูลขาเข้าเป็นสภาวะการออกแบบด้วย (design condition) ซึ่งต่างจากค่าจากการทดลองที่เป็นข้อมูลของวันธรรมดาวันหนึ่งซึ่งอาจมีอุณหภูมิสูงกว่าหรือต่ำกว่าข้อมูลของโปรแกรม CLDTAB ได้ เหตุผลอีกข้อหนึ่ง คือ ผลเฉลยของโปรแกรม CLDTAB จะเลือกค่าสัมประสิทธิ์ RTF ของโซนที่มีคุณสมบัติทางความร้อนใกล้เคียงกับคุณสมบัติของห้องทดลองมากที่สุดที่เก็บรวบรวมไว้ในแฟ้มข้อมูลของโปรแกรมมาให้ ซึ่งค่าดังกล่าวไม่ได้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ RTF ของห้องทดลองเหมือนกับวิธีแรก

6.6 สาเหตุของความคลาดเคลื่อนและขีดจำกัดของอุปกรณ์ตรวจวัด

จากผลการวิเคราะห์ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว พบว่า ความคลาดเคลื่อนของการตรวจวัดค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบที่มีจำนวนชั้นแตกต่างกัน การตรวจวัดค่า Heat extraction rate ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน และการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ CLTD ของผนังทึบด้านทิศตะวันตกอาจเกิดได้หลายสาเหตุด้วยกัน ถึงแม้ว่าลักษณะของห้องทดลองที่มีผนังด้านทิศตะวันตกเพียงด้านเดียวที่เป็นผนังภายนอก จะเอื้ออำนวยต่อการศึกษากการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบอย่างมาก เนื่องจากสามารถสมมติให้การถ่ายเทผ่านผนังด้านอื่นอีก 5 ด้าน ให้อยู่ในสภาวะคงตัวได้ แต่เนื่องจากผนังด้านทิศตะวันตกเป็นผนังที่มีโครงสร้างซับซ้อนอย่างมากจึงอาจทำให้สภาพของการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี ตัวอย่างเช่น

ภายในห้องทดลองมีเสาคอนกรีตขนาดใหญ่ 1 ต้น เป็นส่วนหนึ่งของผนังด้านทิศตะวันตก (ดังรูปที่ ค.2) เนื่องจากเสาดังกล่าวมีมวลมากกว่าผนังส่วนอื่นๆ มาก เสาต้นนี้จึงทำหน้าที่เป็นตัวเก็บความร้อนในช่วงตอนกลางวันแล้วจึงคายกลับให้สิ่งแวดล้อมในช่วงตอนกลางคืน สังเกตได้จากค่าอุณหภูมิผิวในของเสาดังกล่าว (W-IN-C) มีช่วงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตลอดการตรวจวัดเพียง 1.2°F เท่านั้น ขณะที่อุณหภูมิผิวในบริเวณที่ทำการตรวจวัด ($2'$) ที่ตรวจวัดในช่วงเวลาเดียวกันมีช่วงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสูงถึง 6.5°F

ผนังด้านทิศตะวันตกเป็นผนังส่วนที่ติดกับบันไดหนีไฟดังรูปที่ ค.1 จึงทำให้เนื้อวัสดุของผนังด้านทิศตะวันตกมีความหลากหลาย เช่น มีผนังส่วนที่ก่ออิฐฉาบปูนตามตารางที่ 4.1 มีผนังส่วนที่เป็นคานคอนกรีตวางตัวในแนวระดับเพื่อรับน้ำหนักของชานพักบันได มีผนังส่วนที่เป็นคาน

คอนกรีตวางตัวในแนวเอียงเพื่อรับน้ำหนักของชั้นบันได เป็นต้น ซึ่งทำให้คุณสมบัติทางความร้อนของผนังด้านทิศตะวันตกไม่มีความเป็นเนื้อเดียวกันเหมือนกับที่สมมติในทางทฤษฎี

ตำแหน่งของการตรวจวัดค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบ คือ ผนังส่วนที่แรงเงาเป็นสีทึบ ในรูปที่ ก.1 และ ก.2 ซึ่งคิดเป็น 13 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผนังด้านทิศตะวันตกทั้งหมด ซึ่งผนังส่วนนี้เป็นผนังส่วนที่ได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ค่อนข้างที่จะคงที่ตลอดช่วงบ่าย เนื่องจากพื้นที่ผนังส่วนอื่นจะถูกเงาจากผนังบันได ชานพักบันได และ ชั้นบันได บังรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ในบางช่วงเวลา แต่เนื่องจากผนังส่วนที่แรงเงานี้จะอยู่ใกล้กับผนังก่ออิฐฉาบปูน และพื้นคอนกรีตที่ติดคู่ควบอุณหภูมิ หมายเลข 4 และ 7 ตามลำดับ(ดังรูปที่ ก.1) จึงทำให้มีการถ่ายเทความร้อนเนื่องจากการนำความร้อนจากผนังที่กำลังพิจารณาไปยัง ผนัง พื้น และ ชั้นบันได เหล่านั้น ซึ่งทำให้การถ่ายเทความร้อนที่ขอบของบริเวณที่พิจารณาเป็นการนำความร้อนใน 3 มิติ มิใช่ 1 มิติ ตามที่ได้สมมติไว้ นอกจากนี้ ผนัง พื้น ชั้นบันได และ ราวบันไดที่เป็นคอนกรีต ยังทำหน้าที่คล้ายครีป (film) ที่ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวของการถ่ายเทความร้อนจากผนังสู่อากาศด้วยการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน เป็นต้น

นอกจากนี้ การทดลองทั้งหมดยังกระทำภายใต้สภาพแวดล้อมตามความเป็นจริง ซึ่งทำให้ไม่สามารถควบคุมหรือทำการตรวจสอบได้ว่าตัวแปรใดที่ทำให้การทดลองคลาดเคลื่อนจากที่ควรจะเป็น

การตรวจวัดข้อมูลจะถูกกระทำด้วยเครื่องมือวัดที่มีอยู่ในขณะนั้น ตัวอย่างเช่น การตรวจวัดคุณสมบัติทางความร้อนของลมจ่ายและลมกลับของเครื่องปรับอากาศควรเป็นการตรวจวัดข้อมูลอย่างต่อเนื่องแล้วจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยที่ใช้เป็นตัวแทนของแต่ละชั่วโมง แต่การตรวจวัดจริงนั้นใช้ข้อมูลการตรวจวัดที่เวลาใดๆ ซึ่งอาจทำให้ได้ตัวแทนที่ไม่ถูกต้องนัก นอกจากนี้ยังมีจุดบกพร่องที่เกิดจากความไม่สอดคล้องของผลการทดลองกับเครื่องมือที่ใช้ในการเปรียบเทียบ (โปรแกรม DOE 2.1E) ตัวอย่างเช่น วิธีการควบคุมชุดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่เป็นแบบ เปิด-ปิด จะมีความแตกต่างจากวิธีการควบคุมชุดเครื่องปรับอากาศแบบ Packaged terminal air conditioner (PTAC) ของโปรแกรม DOE 2.1E ที่สมมติให้มีการควบคุมเป็นแบบ proportional เป็นต้น