

บทที่ 4

อิทธิพลของตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านฉนวนรังสี

ขั้นตอนและหลักเกณฑ์ในการทดสอบ

1. ขั้นตอนในการทดสอบ

ขั้นตอนที่ 1 ทดสอบคุณสมบัติของกล่องทดสอบทั้ง 5 กล่อง ให้มีคุณสมบัติเท่าเทียมกัน โดยนำกล่องทดสอบทั้ง 5 กล่อง มาปิดด้านที่ 6 ซึ่งใช้ผนังโฟมหนา 4 นิ้ว ความหนาแน่น 1 ปอนด์/ลบ.ฟุต ใส่พลังงานความร้อนภายในกล่องทดสอบด้วยหลอดไฟฟ้าชนิดหลอดไส้ (Incandescent) 40 วัตต์ ควบคุมอุณหภูมิภายนอกกล่องให้คงที่ วัดค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องหากผลที่ได้ใกล้เคียงกันหรือมีความแตกต่างกันแบบไม่มีนัยสำคัญ ถือได้ว่าคุณสมบัติของกล่องทดสอบเท่าเทียมกัน

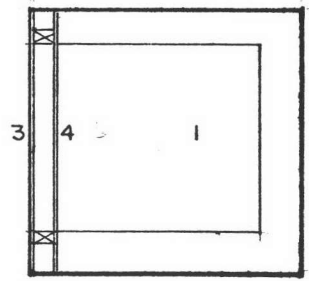
$$\square = \square = \square = \square = \square$$

รูปที่ 13 แสดงขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติของกล่องทดสอบ

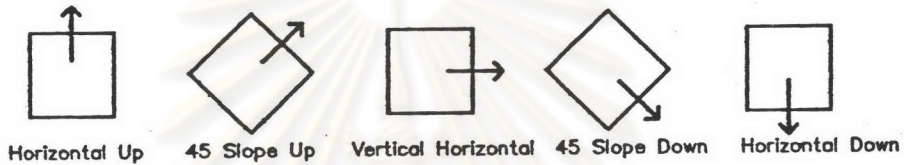
ขั้นตอนที่ 2 ทดสอบอิทธิพลของตัวแปรทิศทางการถ่ายเทความร้อนของระบบป้องกันรังสี ในสภาวะที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอก โดยด้านที่ 6 ของกล่องประกอบด้วย ไม้อัด ยางหนา 6 มม., ช่องอากาศ และยิปซัมบอร์ดหนา 9 มม. ชนิดมีอลูมิเนียมฟอยล์ กำหนดระยะห่างของช่องอากาศให้คงที่ที่ระยะ 3 นิ้ว เท่ากันทุกกล่องแตกต่างกันเพียงทิศทางการถ่ายเทความร้อน (Direction of Heat Flow) ควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอกกล่องให้คงที่ ศึกษาการถ่ายเทพลังงานความร้อนออกจากกล่องทดสอบ เปิดไฟพร้อมๆกันทุกกล่องวัดค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องจนกว่าอุณหภูมิจะคงที่ เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องหากมีค่าสูง แสดงว่า ทิศทางนั้นสามารถป้องกันการถ่ายเทความร้อนได้ดี หรือมีค่าความต้านทานความร้อน(R) สูง

ข้อมูลที่ทำการวัดและบันทึกได้แก่

1. อุณหภูมิอากาศภายในกล่อง
2. อุณหภูมิอากาศภายนอก
3. อุณหภูมิผิวของวัสดุด้านนอกกล่อง
4. อุณหภูมิผิวของวัสดุด้านในกล่อง



เปิดไฟภายในกล่องทดสอบพร้อมกัน เก็บข้อมูลตลอด 24 ชั่วโมง เมื่อเก็บข้อมูลเสร็จ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลเบื้องต้นด้วยการพล็อตกราฟ เพื่อดูผลการทดลองว่ามีส่วนขาด, ตก หรือผิดปกติหรือไม่ หากมีจะต้องทำการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม

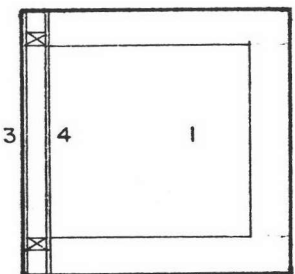


รูปที่ 14 แสดงขั้นตอนการทดสอบทิศทางการถ่ายเทความร้อนในสถานะที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอก

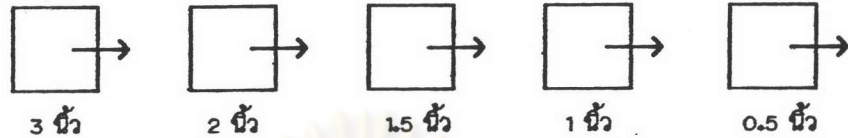
ขั้นตอนที่ 3 ทดสอบอิทธิพลของตัวแปรระยะห่างของช่องอากาศของระบบป้องกันรังสี ในสถานะที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอก โดยด้านที่ 6 ของกล่องประกอบด้วย ไม้ขัดยางหนา 6 มม., ช่องอากาศ และยิปซัมบอร์ดหนา 9 มม. ชนิดมือลูมินัมฟอยล์ ซึ่งระยะห่างของช่องอากาศแต่ละกล่องมีดังนี้ 0.5 นิ้ว, 1 นิ้ว, 1.5 นิ้ว, 2 นิ้ว และ 3 นิ้ว กำหนดทิศทางการถ่ายเทความร้อนในทิศทาง Vertical Horizontal ควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอกกล่องให้คงที่ ศึกษาการถ่ายเทพลังงานความร้อนออกจากกล่องทดสอบ เปิดไฟพร้อมๆกันทุกกล่องวัดค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องจนกว่าอุณหภูมิจะคงที่ เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องหากมีค่าสูงแสดงว่า ระยะห่างของช่องอากาศนั้นสามารถป้องกันการถ่ายเทความร้อนได้ดี หรือมีค่าความต้านทานความร้อน(R) สูง

ข้อมูลที่ทำการวัดและบันทึกได้แก่

1. อุณหภูมิอากาศภายในกล่อง
2. อุณหภูมิอากาศภายนอก
3. อุณหภูมิผิวของวัสดุด้านนอกกล่อง
4. อุณหภูมิผิวของวัสดุด้านในกล่อง



เปิดไฟภายในกล่องทดสอบพร้อมกัน เก็บข้อมูลตลอด 24 ชั่วโมง เมื่อเก็บข้อมูลเสร็จ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลเบื้องต้นด้วยการพล็อตกราฟ เพื่อดูผลการทดลองว่ามีส่วนขาด, ตก หรือผิดปกติหรือไม่ หากมีจะต้องทำการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม

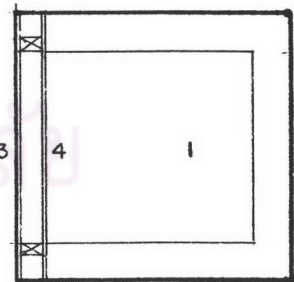


รูปที่ 15 แสดงขั้นตอนการทดสอบระยะห่างของช่องอากาศในสถานะที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอก

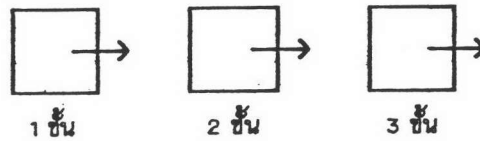
ขั้นตอนที่ 4 ทดสอบอิทธิพลของตัวแปรจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี ของระบบป้องกันรังสี ในสถานะที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอก โดยด้านที่ 6 ของกล่องประกอบด้วย ไม้ฉัดขนาดหนา 6 มม., ช่องอากาศ และยิปซัมบอร์ดหนา 9 มม. ชนิดมือลูมินัมฟอยล์ กำหนดระยะห่างของช่องอากาศให้คงที่ที่ระยะ 3 นิ้ว จำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี ที่ศึกษาคือ 1 ชั้น, 2 ชั้น และ 3 ชั้น กำหนดทิศทางการถ่ายเทความร้อนในทิศทาง Vertical Horizontal ควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอกกล่องให้คงที่ ศึกษาการถ่ายเทพลังงานความร้อนออกจากกล่องทดสอบ เปิดไฟพร้อมๆกันทุกกล่องวัดค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องจนกว่าอุณหภูมิจะคงที่ เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องหากมีค่าสูงแสดงว่า จำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสีนั้น สามารถป้องกันการถ่ายเทความร้อนได้ดี หรือมีค่าความต้านทานความร้อน(R) สูง

ข้อมูลที่ทำการวัดและบันทึกได้แก่

1. อุณหภูมิอากาศภายในกล่อง
2. อุณหภูมิอากาศภายนอก
3. อุณหภูมิผิวของวัสดุด้านนอกกล่อง
4. อุณหภูมิผิวของวัสดุด้านในกล่อง



เปิดไฟภายในกล่องทดสอบพร้อมกัน เก็บข้อมูลตลอด 24 ชั่วโมง เมื่อเก็บข้อมูลเสร็จ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลเบื้องต้นด้วยการพล็อตกราฟ เพื่อดูผลการทดลองว่ามีส่วนขาด, ตก หรือผิดปกติหรือไม่ หากมีจะต้องทำการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม

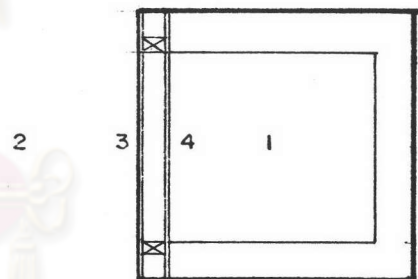


รูปที่ 16 แสดงขั้นตอนการทดสอบจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสีในสภาวะควบคุม อุณหภูมิอากาศภายนอก

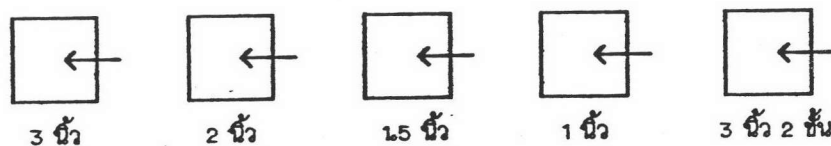
ขั้นตอนที่ 5 ทดสอบอิทธิพลของตัวแปรระยะห่างของช่องอากาศและจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสีในระบบป้องกันรังสี โดยเลือกตัวแปรที่ทดสอบแล้วในขั้นตอนที่ 3 และ 4 นำมาทดสอบพร้อมกันในสภาพแวดล้อมภายนอก กำหนดทิศทางการถ่ายเทความร้อนในทิศทาง Vertical Horizontal ศึกษาการถ่ายเทพลังงานความร้อนเข้ามาในกล่องทดสอบ เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องหากมีค่าน้อยแสดงว่า ตัวแปรนั้นๆสามารถป้องกันการถ่ายเทความร้อนได้ดี หรือมีค่าความต้านทานความร้อน(R) สูง

ข้อมูลที่ทำการวัดและบันทึกได้แก่

1. อุณหภูมิอากาศภายใน
2. อุณหภูมิอากาศภายนอก
3. อุณหภูมิผิวของวัสดุด้านนอก
4. อุณหภูมิผิวของวัสดุด้านใน
5. ค่า Solar Radiation



ทำการเก็บข้อมูลตลอด 24 ชั่วโมง เมื่อเก็บข้อมูลเสร็จนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลเบื้องต้นด้วยการพล็อตกราฟ เพื่อดูผลการทดลอง คัดเลือกตัวแปรที่สามารถกันความร้อนได้ดีและเหมาะสมกับราคามากที่สุด แล้วทดสอบกับตัวแปรที่มีผลใกล้เคียงกันอีกครั้งหนึ่งเพื่อความถูกต้องของข้อมูล ตรวจสอบข้อมูลว่ามีส่วนขาด, ตก หรือผิดปกติหรือไม่ หากมีจะต้องทำการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม



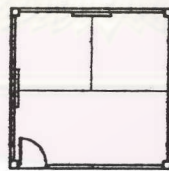
รูปที่ 17 แสดงขั้นตอนการทดสอบระยะห่างของช่องอากาศและจำนวนชั้นของช่องอากาศ รังสีในสภาพแวดล้อมภายนอก

ขั้นตอนที่ 6 ทดสอบเปรียบเทียบการกันความร้อนของผนังก่ออิฐฉาบปูนเปรียบกับผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี โดยนำผลการทดลองในขั้นตอนที่ 5 มาทดสอบกับสภาพแวดล้อมจริงในอาคารจริง ระบบป้องกันรังสีที่ใช้กับผนังคือ ผนังก่ออิฐ, ช่องอากาศ และยิปซัมบอร์ดหนา 12 มม.ชนิดมีอลูมิเนียมฟอยล์ ขนาด 0.60×0.60 ตร.ม. ทดลองด้านทิศใต้และทิศตะวันตก ควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในห้องทดลองให้คงที่ ศึกษาการถ่ายเทความร้อนเข้ามาในห้องทดลอง เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิผิววัสดุภายใน

ข้อมูลที่ทำการวัดและบันทึกได้แก่

1. อุณหภูมิอากาศภายใน
2. อุณหภูมิอากาศภายนอก
3. อุณหภูมิผิวของวัสดุด้านนอก
4. อุณหภูมิผิวของวัสดุด้านใน
5. ค่า Solar Radiation

เก็บข้อมูลตลอด 24 ชั่วโมง เมื่อเก็บข้อมูลเสร็จนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลเบื้องต้นด้วยการพล็อตกราฟ เพื่อดูผลการทดลองว่ามีส่วนขาด, ตก หรือผิดปกติหรือไม่ หากมีจะต้องทำการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม



ติดตั้งระบบป้องกันรังสี

Floor Plan 

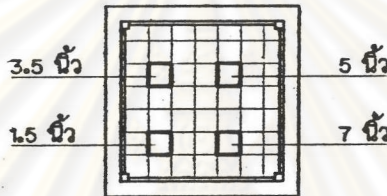
รูปที่ 18 แสดงขั้นตอนการทดสอบเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังก่ออิฐและผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี

ขั้นตอนที่ 7 ทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อน ในทิศทาง Horizontal Down ระยะห่าง 4 ระยะ คือ 1.5 นิ้ว, 3.5 นิ้ว, 5 นิ้ว และ 7 นิ้ว มาทดสอบกับสภาพแวดล้อมจริงในอาคารจริง ซึ่งการควบคุมไม่ให้อากาศรั่วไหลในฝ้าเพดานเป็นไปได้ยากจึงทำการทดลองได้ระดับฝ้า ระบบป้องกันรังสีที่ทดลองคือ ยิปซัมบอร์ดหนา 9 มม., ช่องอากาศ และ ยิปซัมบอร์ดหนา 9 มม.ชนิดมีอลูมิเนียมฟอยล์ ควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในห้องทดลองให้คงที่ ศึกษาการถ่ายเทความร้อนเข้ามาในห้องทดลอง เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิผิววัสดุภายใน

ข้อมูลที่ทำการวัดและบันทึกได้แก่

1. อุณหภูมิอากาศภายใน
2. อุณหภูมิอากาศภายนอก
3. อุณหภูมิผิวของวัสดุด้านนอก
4. อุณหภูมิผิวของวัสดุด้านใน
5. ค่า Solar Radiation

เก็บข้อมูลตลอด 24 ชั่วโมง เมื่อเก็บข้อมูลเสร็จนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลเบื้องต้นด้วยการพล็อตกราฟ เพื่อดูผลการทดลองว่ามีขนาด, ตก หรือผิดปกติหรือไม่ หากมีจะต้องทำการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม

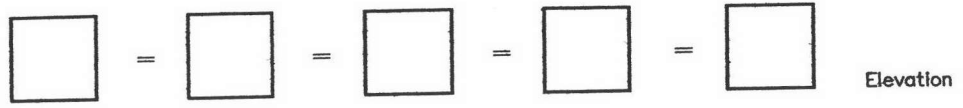


Ceiling Plan 

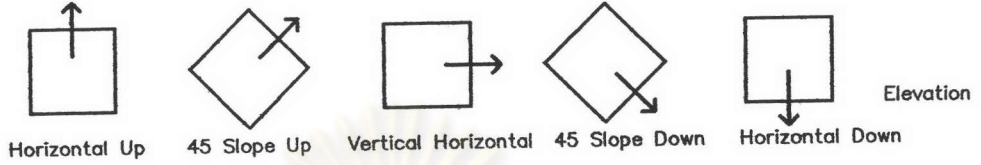
รูปที่ 19 แสดงขั้นตอนการทดสอบเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนผ่านระบบป้องกันรังสีในทิศทาง Horizontal Down

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

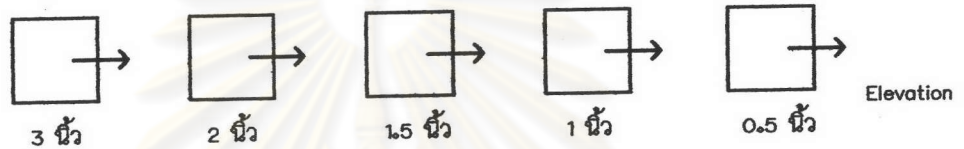
ขั้นตอนที่ 1 (SITE 1; ในห้องทดลอง , บรรจุความร้อนอยู่ในกล่อง)



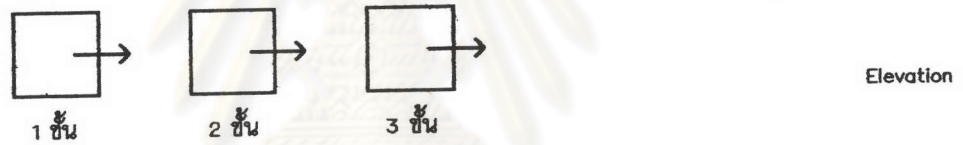
ขั้นตอนที่ 2 (SITE 1; ในห้องทดลอง , บรรจุความร้อนอยู่ในกล่อง)



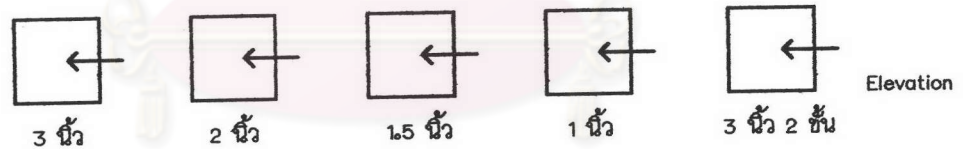
ขั้นตอนที่ 3 (SITE 1; ในห้องทดลอง , บรรจุความร้อนอยู่ในกล่อง)



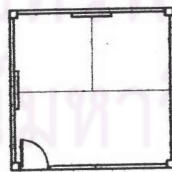
ขั้นตอนที่ 4 (SITE 1; ในห้องทดลอง , บรรจุความร้อนอยู่ในกล่อง)



ขั้นตอนที่ 5 (SITE 2; ฉากพวงดล้อมภายนอก)



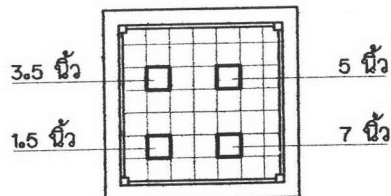
ขั้นตอนที่ 6 (SITE 3; อาคารจำลอง)



ติดตั้งระบบป้องกันรังสี

Floor Plan 

ขั้นตอนที่ 7 (SITE 3; อาคารจำลอง)



Ceiling Plan 

รูปที่ 20 แสดงขั้นตอนของการทดลองวิจัย

2. หลักเกณฑ์ในการทดสอบ

การทดลองได้เก็บข้อมูลในสภาพแวดล้อม 3 แบบคือ

1. ขั้นตอนที่ทดสอบกับกล่องทดสอบในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอกและไม่มีอิทธิพลจากแสงแดด, กระแสลม ฯลฯ
2. ขั้นตอนที่ทดสอบกับกล่องทดสอบในสภาพแวดล้อมภายนอก ที่มีอิทธิพลจากแสงแดด, กระแสลม ฯลฯ
3. ขั้นตอนที่ทดสอบกับห้องทดลองที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศภายใน ในสภาพแวดล้อมภายนอก ที่มีอิทธิพลจากแสงแดด, กระแสลม ฯลฯ

หลักเกณฑ์ในการทดลองในขั้นตอนที่ 1 - 4 เป็นการทดสอบกล่องทดลองในห้องที่ปรับอุณหภูมิอากาศภายนอกและบรรจุแหล่งกำเนิดความร้อนภายในกล่อง เพื่อทดสอบตัวแปรในระบบป้องกันรังสีในแต่ละขั้นตอนว่าจะมีผลกระทบต่อการถ่ายเทความร้อนอย่างไร โดยใช้อุณหภูมิภายในกล่องเป็นตัวบ่งบอกความร้อนที่ถ่ายเทออกจากกล่องทดสอบ และสาเหตุที่ทดสอบประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศให้คงที่เพราะถ้านำไปทดลองกับสภาพแวดล้อมภายนอก แสงแดดจะส่งผลกระทบต่อด้านที่จะทดสอบมากกว่าประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของระบบป้องกันรังสี

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

โดยที่

$$Q = \text{ปริมาณความร้อนจากหลอดไฟ ขนาด 40 วัตต์ เท่ากันทุกกล่อง}$$

$$A = \text{พื้นที่ผิวของกล่องทดสอบ เท่ากันทุกกล่อง}$$

$$T_{\text{out}} = \text{อุณหภูมิอากาศภายนอกกล่อง คงที่}$$

$$T_{\text{in}} = \text{อุณหภูมิอากาศภายในกล่อง}$$

อาจเขียนได้ว่า

$$U = k / \Delta T$$

หรือ

$$U \propto 1 / \Delta T$$

ดังนั้นถ้าแต่ละปัจจัยที่ทดสอบมีประสิทธิภาพการกันความร้อนแตกต่างกันโดยมีค่า U ต่างกัน ค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องควรจะเปลี่ยนแปลงไปโดยแสดงถึงปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทออกมาได้มาน้อยเพียงใด

หลักเกณฑ์ในการทดลองในขั้นตอนที่ 5 เป็นการทดสอบกล่องทดลองในสภาพแวดล้อมภายนอกที่มีอิทธิพลของการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนกับท้องฟ้า, การไหลเวียนของอากาศภายนอก, กระแสลม และรังสีดวงอาทิตย์ การเปลี่ยนแปลงอิทธิพลต่างๆเหล่านี้ตลอดทั้งวันจึงเป็นการจำลองสภาพอาคารที่ไม่ปรับอากาศภายในกล่องทดลอง จึงใช้หลักเกณฑ์ในการทดสอบว่า เมื่อมวลสารของกล่อง, ค่าความจุความร้อนจำเพาะของมวลสารในกล่องและอากาศภายในกล่องเท่ากัน หากมีพลังงานความร้อนผ่านผิวหนังที่จะทดสอบเข้ามาในกล่อง จะทำให้อุณหภูมิภายในกล่องสูงขึ้นหรือต่ำลงตามความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาสู่กล่องทดลอง

$$Q = M \cdot S \cdot T$$

โดยที่

M = ค่ามวลสารของกล่องและอากาศภายในกล่องทดลอง กล่องทดลองมีขนาดเท่ากันทุกกล่องย่อมมีค่าคงที่

S = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของมวลสารในกล่อง ซึ่งมีค่าคงที่

T = อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง

เมื่อ M และ S มีค่าคงที่เท่ากันทุกกล่องทดลองจึงอาจเขียนความสัมพันธ์ใหม่ได้ว่า

$$Q \propto T$$

ดังนั้นจึงสามารถใช้ค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องแทนค่าปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่กล่องทดลองแต่ละกล่อง

หลักเกณฑ์ในการทดลองในขั้นตอนที่ 6 - 7 เป็นขั้นตอนที่ทดสอบกับอาคารจำลองที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในให้คงที่ ในสภาพแวดล้อมภายนอกที่มีอิทธิพลจากการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนกับท้องฟ้า, การไหลเวียนของอากาศภายนอก, กระแสลม, รังสีดวงอาทิตย์ การเปลี่ยนแปลงอิทธิพลต่างๆเหล่านี้ตลอดทั้งวันจึงเป็นการจำลองสภาพอาคารใน

สภาพปรับอากาศภายในอาคารเพื่อควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในห้องทดลองให้คงที่ สามารถคำนวณหาปริมาณพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาในอาคารจากสูตร

$$Q = U \cdot A \cdot CLTD$$

แต่จากการทดลองใช้ค่าที่วัดได้จากอุณหภูมิผิววัสดุที่เกิดขึ้นจริงจากการถ่ายเทความร้อนจึงใช้ค่าอุณหภูมิผิวนอกและอุณหภูมิผิวภายในเป็นตัวบ่งบอกปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคาร

$$Q = C \cdot A \cdot (T_{\text{inside Surface}} - T_{\text{inside Air}})$$

ดังนั้นอุณหภูมิผิววัสดุภายใน จึงเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาในอาคาร

3. การกำหนดทิศในการทดลอง

การทดสอบวิทยานิพนธ์ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นตอนทดสอบในห้องปรับอากาศ ที่มีการปรับค่าอุณหภูมิอากาศภายนอกห้องให้มีค่าคงที่ตลอด ทิศทางจากภายนอกจึงไม่มีผลต่อการทดลอง
2. ขั้นตอนทดสอบภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลจากแสงแดด, กระแสลม, การแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนกับท้องฟ้า ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอิทธิพลตลอดทั้งวัน (Dynamic Variation) ในการทดสอบต้องการอิทธิพลจากดวงอาทิตย์ จึงทดลองทางด้านทิศใต้ เพราะทิศใต้ได้รับอิทธิพลของแสงแดดโดยตรง (Direct Sun) เนื่องจากพระอาทิตย์อ้อมใต้ ในช่วงที่ทำการทดลอง วันที่ 24 กุมภาพันธ์ ถึง 5 มีนาคม 2538
3. ขั้นตอนทดสอบกับห้องทดลอง ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลจากแสงแดด, กระแสลม, การแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนกับท้องฟ้า ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอิทธิพลตลอดทั้งวัน (Dynamic Variation) ในการทดสอบต้องการอิทธิพลจากดวงอาทิตย์ จึงทดสอบด้านทิศตะวันตกและทิศใต้ ในช่วงที่ทำการทดลองวันที่ 18 มีนาคม - 27 มีนาคม 2538 ด้านทิศใต้จะได้รับแสงแดดในมุมเอียงที่น้อยมากจนถึงวันที่ 21 มีนาคม แสงแดดจะทำมุมตั้งฉากในแนวทิศเหนือ - ใต้ แล้วจะอ้อมไปทางทิศเหนือในวันที่ 22 มีนาคม เป็นต้นไป

4. การเก็บผลการทดลอง

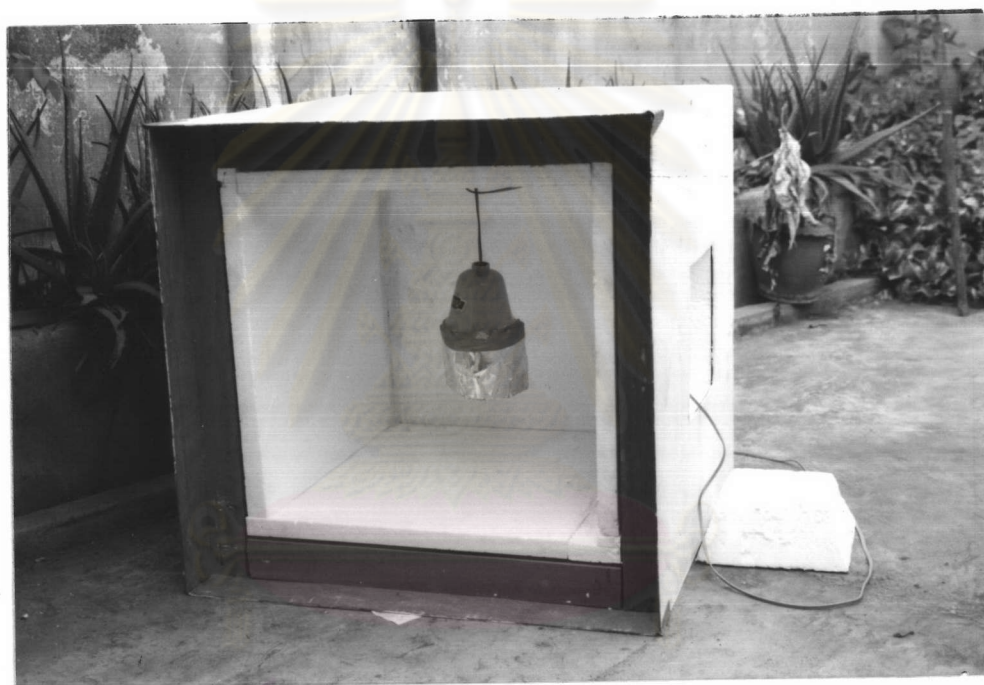
การทดลองได้เก็บข้อมูลทุกช่วง 15 นาที และเก็บค่าต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง เพื่อให้
ไม่ให้เป็นช่วงเวลาที่กระชั้น หรือทิ้งห่างจนสภาพอากาศแปรเปลี่ยน การทดลองเก็บข้อมูลใน
ห้องปรับอุณหภูมิอากาศภายนอก เริ่มตั้งแต่วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2538 ถึงวันที่ 11
กุมภาพันธ์ 2538 การทดลองเก็บข้อมูลในสภาพแวดล้อมภายนอก เริ่มวันที่ 24
กุมภาพันธ์ 2538 ถึงวันที่ 5 มีนาคม 2538 และการทดลองเก็บข้อมูลกับห้องทดลอง เริ่ม
ตั้งแต่ 20 มีนาคม 2538 ถึงวันที่ 27 มีนาคม 2538



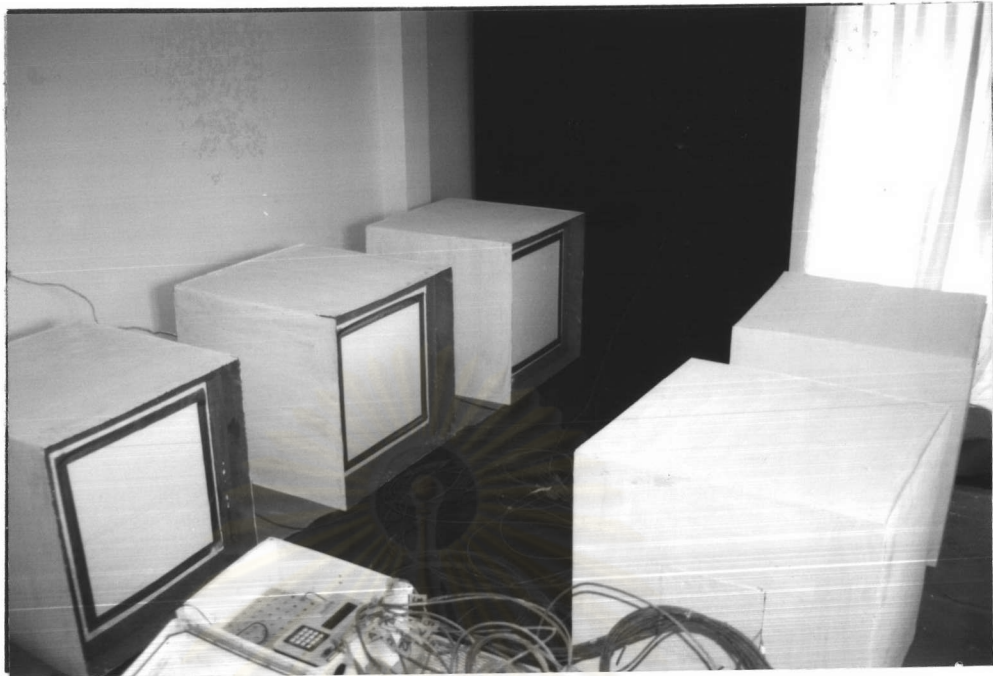
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดสอบคุณสมบัติของกล่องทดสอบ

ในการทดสอบประสิทธิภาพการกันความร้อนของระบบป้องกันรังสี อาศัยการทดสอบจากกล่องทดลอง ก่อนทำการทดลองจึงต้องทดสอบคุณสมบัติของกล่องทดสอบ เพื่อให้ได้ความเชื่อมั่นว่า ค่าที่ได้จากการทดลองเป็นผลมาจากตัวแปรที่ต้องการทดสอบจริงๆ กล่องทดสอบมีลักษณะดังบทที่ 3 นำกล่องทั้ง 5 กล่อง มาทดสอบเพื่อให้ได้คุณลักษณะเท่าเทียมกัน ตามขั้นตอนที่ 1



รูปที่ 21 แสดงการให้ความร้อนภายในกล่องทดสอบด้วยหลอดไฟชนิดหลอดไส้ (Incandescent) ขนาด 40 วัตต์



รูปที่ 22 แสดงการทดสอบคุณสมบัติของกล่องทดสอบทั้ง 5 กล่องด้วยการติดตั้งผนังใหม่หนา 4 นิ้ว ที่ผนังด้านที่ 6 ของทุกกล่อง ให้ความร้อนภายในกล่องและปรับค่าอุณหภูมิอากาศภายนอกกล่องให้คงที่ตลอด ทำการเก็บอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบ

ทำการเก็บข้อมูลในขณะที่มีการปรับอุณหภูมิอากาศให้คงที่ เก็บค่าอุณหภูมิอากาศภายในทุกครึ่งชั่วโมง จนกระทั่งอุณหภูมิคงที่นำมาพิจารณา พบว่าอุณหภูมิภายในกล่องทั้ง 5 กล่องใกล้เคียงกัน หรือมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญดังตารางที่ 5.1 และ 5.2

ทดสอบคุณสมบัติของกล่องทดสอบ						กล่องที่ 1	กล่องที่ 2	กล่องที่ 3	กล่องที่ 4	กล่องที่ 5	อากาศภายนอก
Year	Month	Day	Hour	Min	Site	อากาศภายใน	อากาศภายใน	อากาศภายใน	อากาศภายใน	อากาศภายใน	(ภายในห้อง)
1995	2	2	13	0	1	69.145	69.625	69.325	69.658	69.854	24.723
1995	2	2	13	30	1	69.357	69.325	69.362	69.328	69.326	25.143
1995	2	2	14	0	1	69.248	69.264	69.524	69.959	69.985	24.835
1995	2	2	14	30	1	69.964	69.362	69.362	69.859	69.326	25.033
1995	2	2	15	0	1	69.548	69.652	69.254	69.625	69.958	25.485
1995	2	2	15	30	1	69.358	69.625	69.967	69.326	69.362	25.21
1995	2	2	16	0	1	69.351	69.562	69.265	69.82	69.362	24.416
1995	2	2	16	30	1	69.558	69.536	69.684	69.365	69.326	25.519
1995	2	2	17	0	1	69.594	69.362	69.358	69.856	69.632	25.328
1995	2	2	17	30	1	69.584	69.462	69.326	69.695	69.524	25.273
1995	2	2	18	0	1	69.584	69.462	69.562	69.865	69.255	24.511
1995	2	2	18	30	1	69.854	69.416	69.684	69.864	69.695	25.369
1995	2	2	19	0	1	69.847	69.365	69.325	69.625	69.847	25.493
1995	2	2	19	30	1	69.728	69.456	69.326	69.352	69.355	25.155

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลจากการทดสอบคุณสมบัติของกล่องทดสอบทั้ง 5 กล่อง

ทดสอบคุณสมบัติของกล่องทดสอบ						กล่องที่ 1	กล่องที่ 2	กล่องที่ 3	กล่องที่ 4	กล่องที่ 5	อากาศภายนอก
Year	Month	Day	Hour	Min	Site	อากาศภายใน	อากาศภายใน	อากาศภายใน	อากาศภายใน	อากาศภายใน	(ภายในห้อง)
1995	2	2	20	0	1	69.564	69.365	69.847	69.658	69.265	25.479
1995	2	2	20	30	1	69.345	69.695	69.659	69.659	69.326	25.62
1995	2	2	21	0	1	69.584	69.864	69.958	69.326	69.584	25.13
1995	2	2	21	30	1	69.547	69.624	69.864	69.968	69.367	25.375
1995	2	2	22	0	1	69.864	69.584	69.625	69.326	69.695	25.451
1995	2	2	22	30	1	69.714	69.784	69.326	69.847	69.548	25.501
1995	2	2	23	0	1	69.354	69.695	69.625	69.369	69.326	24.634
1995	2	2	23	30	1	69.251	69.598	69.487	69.254	69.247	25.345
1995	2	2	24	0	1	69.547	69.847	69.584	69.836	69.258	25.36
1995	2	2	24	30	1	69.584	69.984	69.584	69.825	69.652	25.348
1995	2	3	1	0	1	69.664	69.584	69.879	69.695	69.326	25.354
1995	2	3	1	30	1	69.325	69.698	69.854	69.854	69.326	25.428
1995	2	3	2	0	1	69.314	69.845	69.668	69.365	69.847	25.392
1995	2	3	2	30	1	69.362	69.695	69.265	69.864	69.584	25.374
1995	2	3	3	0	1	69.468	69.658	69.985	69.965	69.741	25.356
1995	2	3	3	30	1	69.479	69.847	69.879	69.847	69.326	25.295
1995	2	3	4	0	1	69.684	69.895	69.214	69.478	69.859	25.309
1995	2	3	4	30	1	69.647	69.685	69.658	69.584	69.369	25.295
1995	2	3	5	0	1	69.784	69.265	69.235	69.825	69.548	25.249
1995	2	3	5	30	1	69.785	69.365	69.684	69.362	69.326	25.249
1995	2	3	6	0	1	69.254	69.52	69.695	69.521	69.847	25.202
1995	2	3	6	30	1	69.362	69.468	69.351	69.625	69.959	25.172
1995	2	3	7	0	1	69.365	69.635	69.365	69.326	69.369	25.172
1995	2	3	7	30	1	69.328	69.56	69.326	69.322	69.847	25.174
1995	2	3	8	0	1	69.398	69.362	69.584	69.306	69.326	25.108
1995	2	3	8	30	1	69.659	69.452	69.365	69.021	69.864	25.168
1995	2	3	9	0	1	69.684	69.528	69.625	69.021	69.864	25.176
1995	2	3	9	30	1	69.684	69.365	69.698	69.365	69.852	25.172
1995	2	3	10	0	1	69.598	69.845	69.845	69.652	69.584	25.14
1995	2	3	10	30	1	69.684	69.632	69.328	69.265	69.035	25.152
1995	2	3	11	0	1	69.784	69.251	69.315	69.325	69.854	25.263
1995	2	3	11	30	1	69.635	69.326	69.315	69.847	69.326	25.269
1995	2	3	12	0	1	69.326	69.251	69.547	69.326	69.836	24.667
1995	2	3	12	30	1	69.852	69.326	69.326	69.632	69.326	25.151
1995	2	3	13	0	1	69.628	69.541	69.958	69.326	69.455	24.68
1995	2	3	13	30	1	69.451	69.421	69.858	69.326	69.326	24.784
1995	2	3	14	0	1	69.325	69.325	69.326	69.326	69.326	25.157
1995	2	3	14	30	1	69.315	69.214	69.369	69.854	69.369	25.039
1995	2	3	15	0	1	69.324	69.325	69.854	69.362	69.035	24.984
1995	2	3	15	30	1	69.584	69.584	69.854	69.695	69.985	25.152
1995	2	3	16	0	1	69.462	69.428	69.662	69.854	69.255	24.108
1995	2	3	16	30	1	69.326	69.321	69.326	69.858	69.532	24.481
1995	2	3	17	0	1	69.581	69.214	69.326	69.564	69.874	25.007
1995	2	3	17	30	1	69.625	69.326	69.235	69.326	69.548	24.398
1995	2	3	18	0	1	69.635	69.214	69.362	69.326	69.789	24.978
1995	2	3	18	30	1	69.628	69.214	69.326	69.265	69.874	24.016
1995	2	3	19	0	1	69.652	69.362	69.652	69.326	69.895	24.79
1995	2	3	19	30	1	69.368	69.625	69.658	69.235	69.852	24.439
1995	2	3	20	0	1	69.562	69.362	69.365	69.325	69.689	24.399
1995	2	3	20	30	1	69.628	69.14	69.858	69.214	69.258	24.117
Average						69.53270313	69.50134375	69.48167188	69.54251563	69.42795313	25.06926

ตารางที่ 5.2 ข้อมูลจากการทดสอบคุณสมบัติของกล่องทดสอบทั้ง 5 กล่อง ตามหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการทดสอบ หากผนังทดสอบมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเท่ากัน อุณหภูมิอากาศภายในกล่องควรจะเท่ากันด้วย จากผลที่ได้จึงถือว่าคุณสมบัติของกล่องทั้ง 5 กล่องเท่าเทียมกัน

การทดสอบอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของระบบป้องกันรังสี และการวิเคราะห์ผลจากการทดสอบ

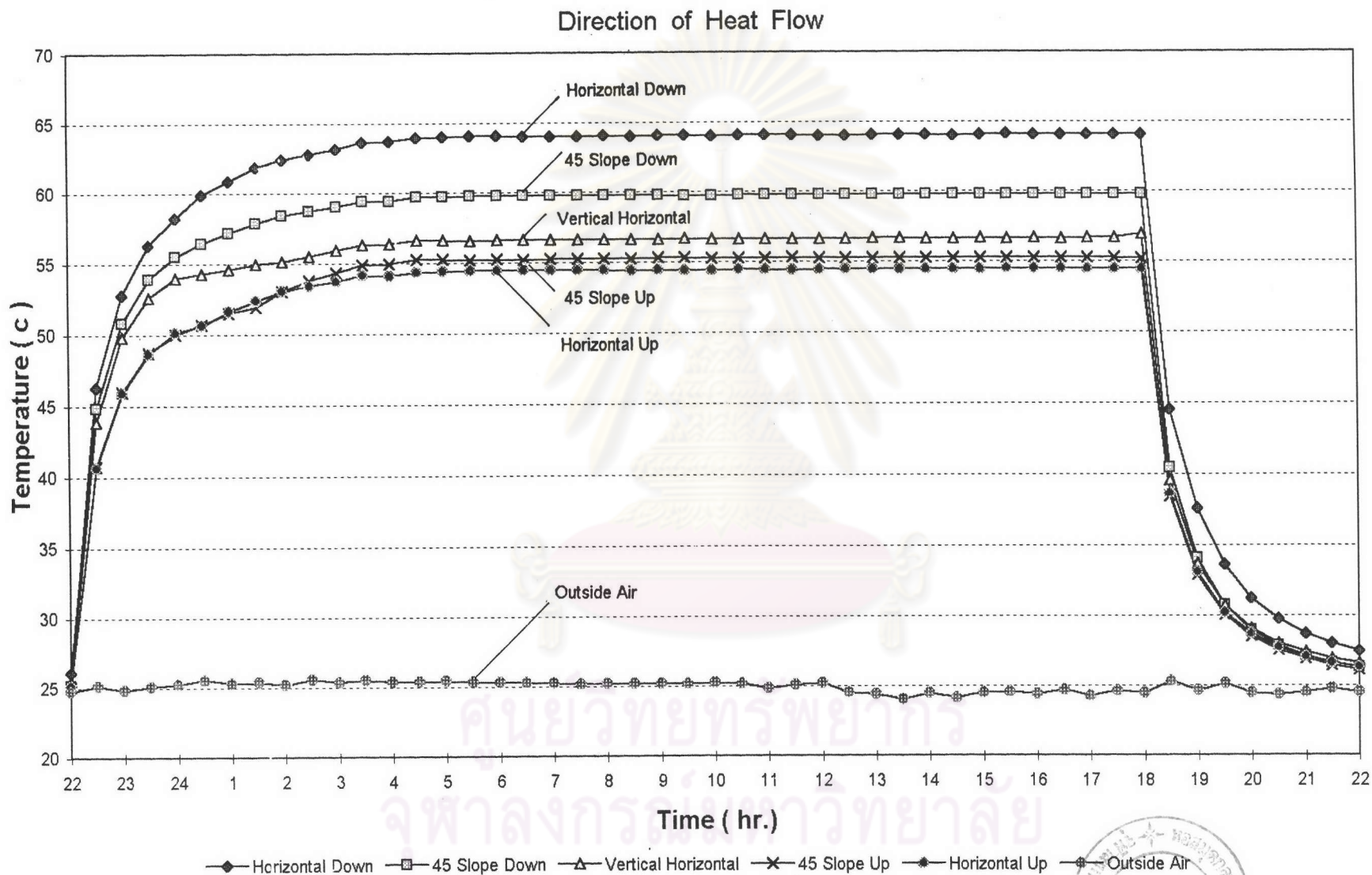
การทดลองขั้นตอนที่ 2

การทดสอบอิทธิพลของตัวแปรทิศทางการถ่ายเทความร้อนของระบบป้องกันรังสี ในสภาวะที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอก เมื่ออุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองคงที่แล้ว ผลการทดลองที่ได้คือ อุณหภูมิอากาศภายในกล่องมีค่าแตกต่างกัน ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของระบบป้องกันรังสีในแต่ละทิศทางมีความแตกต่างกัน



รูปที่ 23 แสดงการทดสอบทิศทางการถ่ายเทความร้อนในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศ

Comparison Inside Air Temperature of Test-Cells

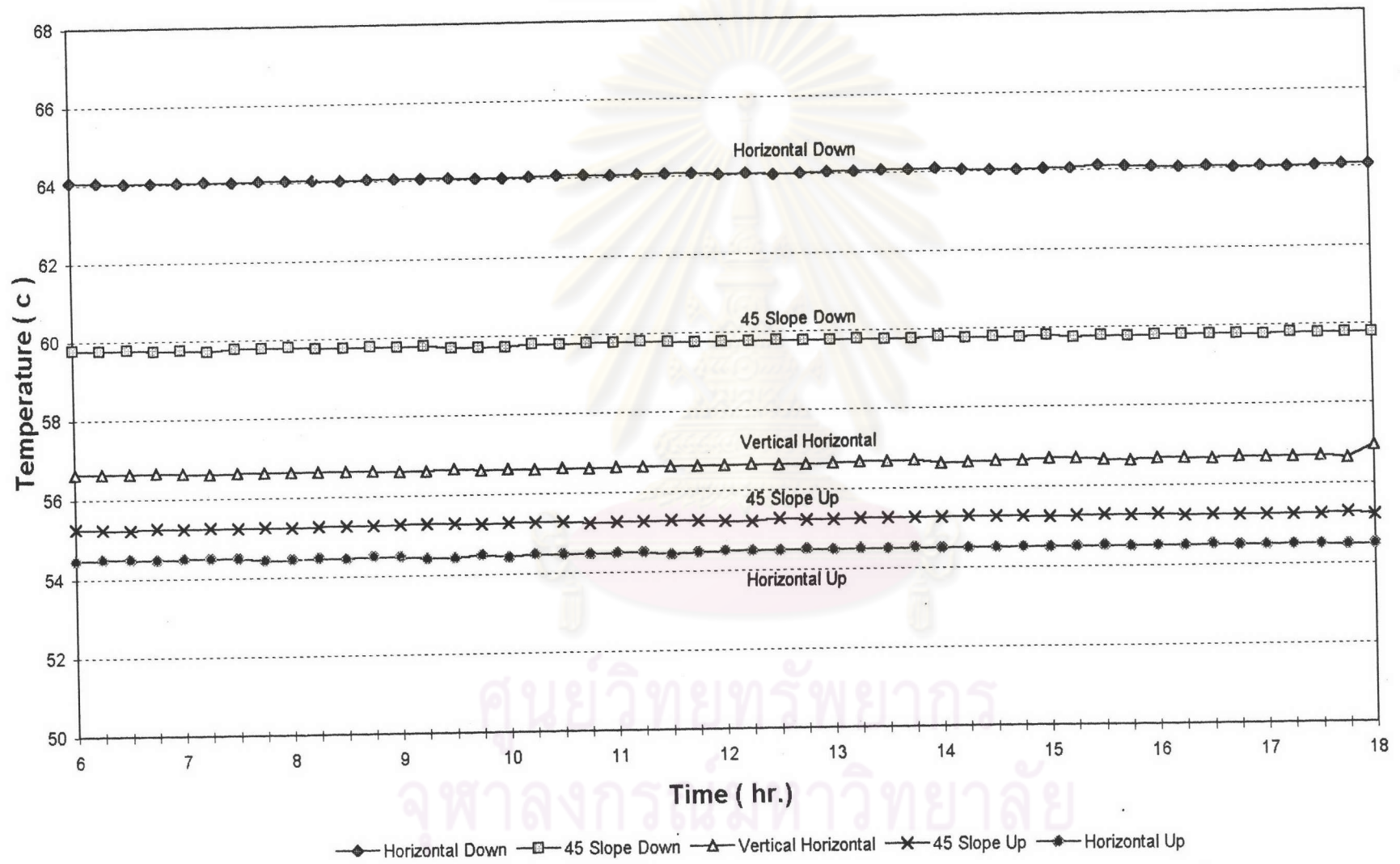


แผนภูมิที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในสองทดสอบในตัวแปรทิศทาง การถ่ายเทความร้อน ภายใต้สภาวะควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอกคงที่



Comparison Inside Air Temperature of Test-Cells

Direction of Heat Flow



แผนภูมิที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในสองทดสอบในตัวแปรทิศทางการถ่ายเทความร้อน ภายใต้สภาวะควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอกคงที่

ผลจากการทดลองวัดค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบในแต่ละทิศทางได้ผลดังนี้

Horizontal Down	มีค่าอุณหภูมิอากาศภายในคงที่	= 64 °C
45 ° Slope Down	มีค่าอุณหภูมิอากาศภายในคงที่	= 59.7 °C
Vertical Horizontal	มีค่าอุณหภูมิอากาศภายในคงที่	= 56.6 °C
45 ° Slope Up	มีค่าอุณหภูมิอากาศภายในคงที่	= 55.2 °C
Horizontal Up	มีค่าอุณหภูมิอากาศภายในคงที่	= 54.4 °C

ตามหลักเกณฑ์ในการทดสอบ กล่องทดสอบที่มีอุณหภูมิอากาศภายในสูง แสดงว่ากล่องนั้นมีตัวแปรที่มีประสิทธิภาพในการกันความร้อนได้ดี และในทางตรงกันข้ามหากกล่องทดสอบใดมีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่า แสดงว่า กล่องนั้นมีตัวแปรที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนน้อยกว่า จากผลการทดลองสามารถเรียงลำดับประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนในแต่ละทิศทางของการถ่ายเทความร้อนจากมากไปหาน้อยดังนี้

Horizontal Down	ค่าความต้านทานความร้อน (R) มาก	
45 ° Slope Down		
Vertical Horizontal		
45 ° Slope Up		
Horizontal Up	ค่าความต้านทานความร้อน (R) น้อย	

สมมติฐานข้อที่ 1 อิทธิพลของทิศทางการถ่ายเทความร้อน ที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเป็นฉนวนของระบบป้องกันรังสี ภายในสภาวะควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกคงที่ตลอดในห้องทดลอง ระบบป้องกันรังสีในทิศทางที่ต่างต่างกันจะมีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่ต่างต่างกัน เป็นจริง โดยเรียงลำดับประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ Horizontal Down, 45 ° Slope Down, Vertical Horizontal, 45 ° Slope Up และ Horizontal Up

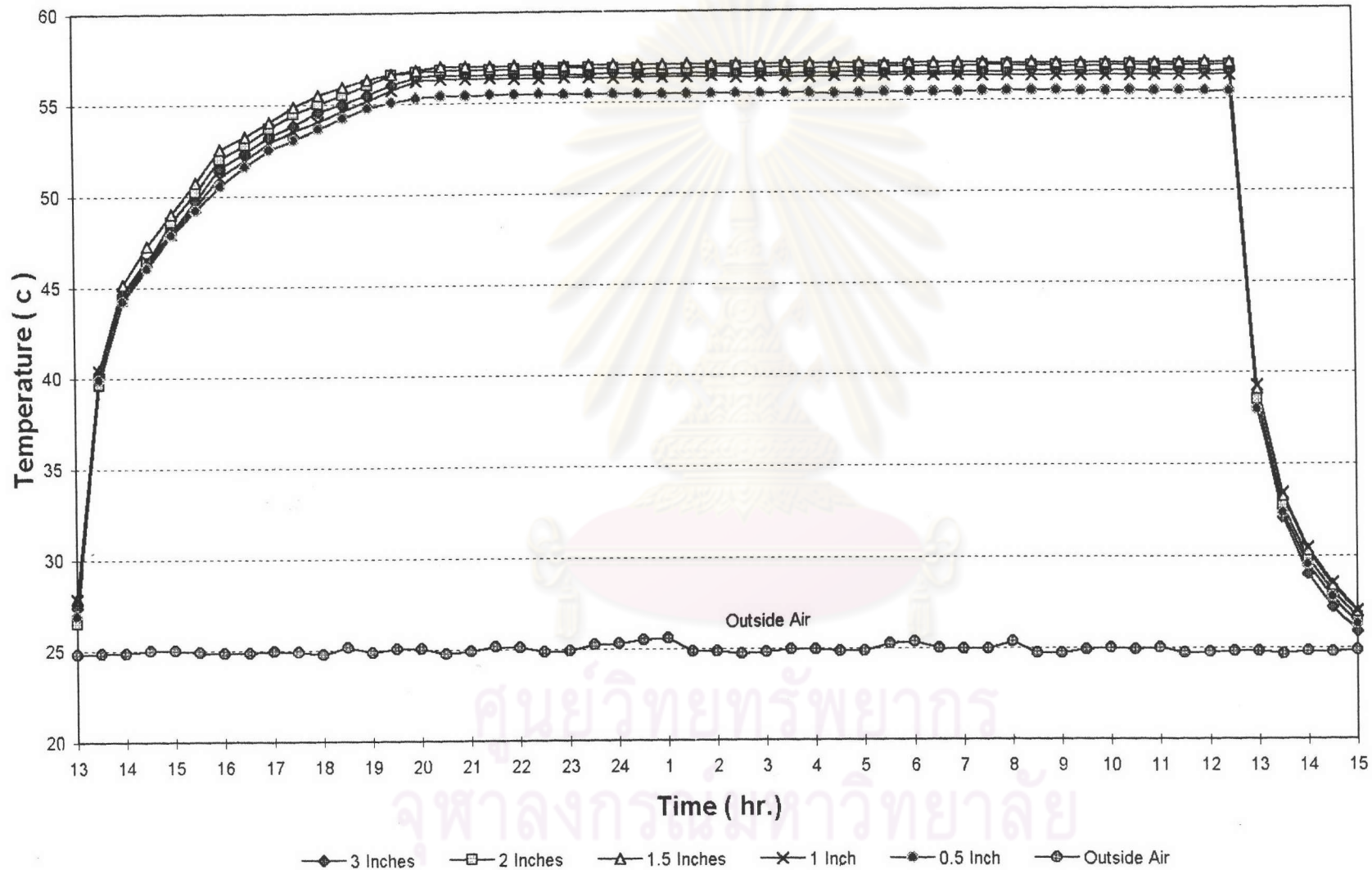
การทดลองขั้นตอนที่ 3

การทดสอบอิทธิพลของตัวแปร ระยะห่างของช่องอากาศของระบบป้องกันรังสีในสถานะที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอกในทิศทาง Vertical Horizontal เมื่ออุณหภูมิอากาศภายในกล่องคงที่แล้ว ผลการทดลองที่ได้คือ อุณหภูมิอากาศภายในกล่องมีความแตกต่างกัน ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของระบบป้องกันรังสีในแต่ละระยะห่างของช่องอากาศมีความแตกต่างกัน



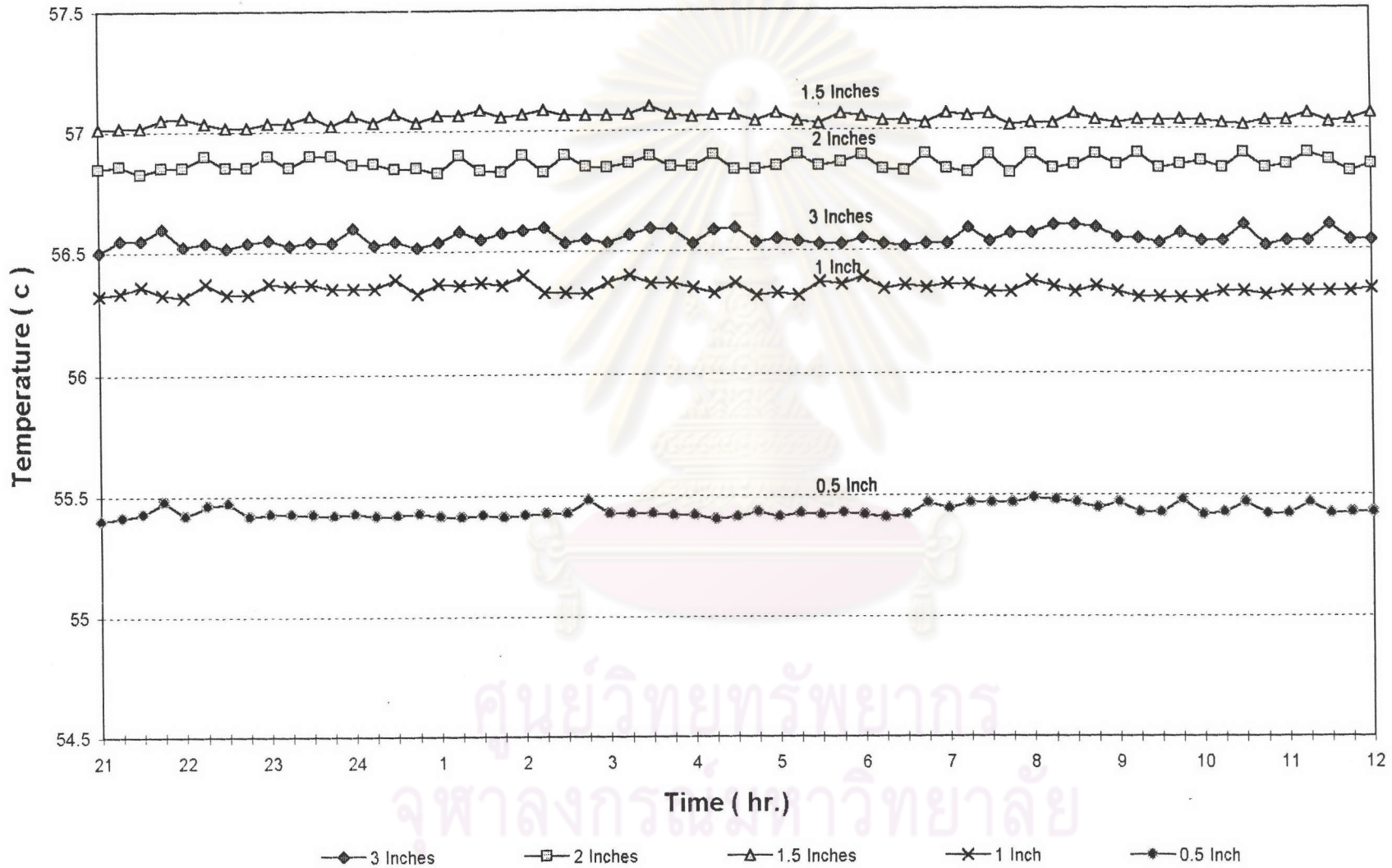
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รูปที่ 24 แสดงการทดสอบระยะห่างของช่องอากาศในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศ

Comparison Inside Air Temperature of Test-Cells Thickness of Air Spaces



แผนภูมิที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในห้องทดสอบในตัวแปรระยะห่างของช่องอากาศ
ภายใต้สภาวะควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอกคงที่

Comparison Inside Air Temperature of Test-cells Thickness of Air Spaces



แผนภูมิที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบในตัวแปรระยะห่างของช่องอากาศ
ภายใต้สภาวะควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอกคงที่

ผลจากการวัดค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบในแต่ละระยะห่างของช่องอากาศ
ได้ผลดังนี้

- ระยะห่างของช่องอากาศ 3 นิ้ว มีค่าอุณหภูมิอากาศภายในคงที่ = 56.5 °C
- ระยะห่างของช่องอากาศ 2 นิ้ว มีค่าอุณหภูมิอากาศภายในคงที่ = 56.8 °C
- ระยะห่างของช่องอากาศ 1.5 นิ้ว มีค่าอุณหภูมิอากาศภายในคงที่ = 57.0 °C
- ระยะห่างของช่องอากาศ 1 นิ้ว มีค่าอุณหภูมิอากาศภายในคงที่ = 56.3 °C
- ระยะห่างของช่องอากาศ 0.5 นิ้ว มีค่าอุณหภูมิอากาศภายในคงที่ = 55.4 °C

ตามหลักเกณฑ์ในการทดสอบกล่องทดสอบที่มีอุณหภูมิอากาศภายในสูง แสดงว่า
กล่องนั้นมีตัวแปรที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนได้ดี และในทางตรงกันข้ามหากกล่อง
ทดสอบใดมีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่า แสดงว่ากล่องนั้นมีตัวแปรที่มีประสิทธิภาพในการ
ป้องกันความร้อนได้น้อยกว่า จากผลการทดลองสามารถเรียงลำดับประสิทธิภาพในการป้องกัน
ความร้อนในแต่ละระยะห่างของช่องอากาศ จากมากไปหาน้อยได้ดังนี้

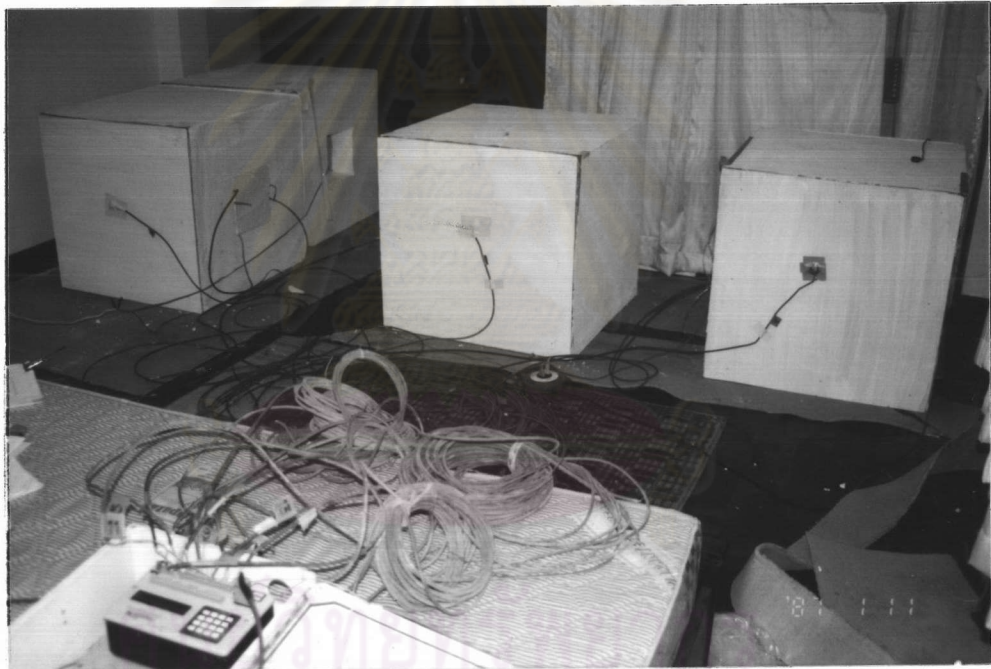
- ระยะห่างของช่องอากาศ 1.5 นิ้ว ค่าความต้านทานความร้อน (R) มาก
- ระยะห่างของช่องอากาศ 2 นิ้ว
- ระยะห่างของช่องอากาศ 3 นิ้ว
- ระยะห่างของช่องอากาศ 1 นิ้ว
- ระยะห่างของช่องอากาศ 0.5 นิ้ว ค่าความต้านทานความร้อน (R) น้อย



จากขั้นตอนนี้ได้เลือกตัวแปรระยะห่างของช่องอากาศไปทดสอบกับสภาพแวดล้อมภาย
นอก (ในขั้นตอนที่ 5) โดยใช้ระยะห่างที่ 1 นิ้ว, 1.5 นิ้ว, 2 นิ้ว และ 3 นิ้ว เพราะระยะห่าง
0.5 นิ้ว ป้องกันความร้อนได้น้อยที่สุด ซึ่งจะไม่เลือกไปเป็นแนวทางในการติดตั้งระบบป้องกัน
รังสีในผนังอาคาร

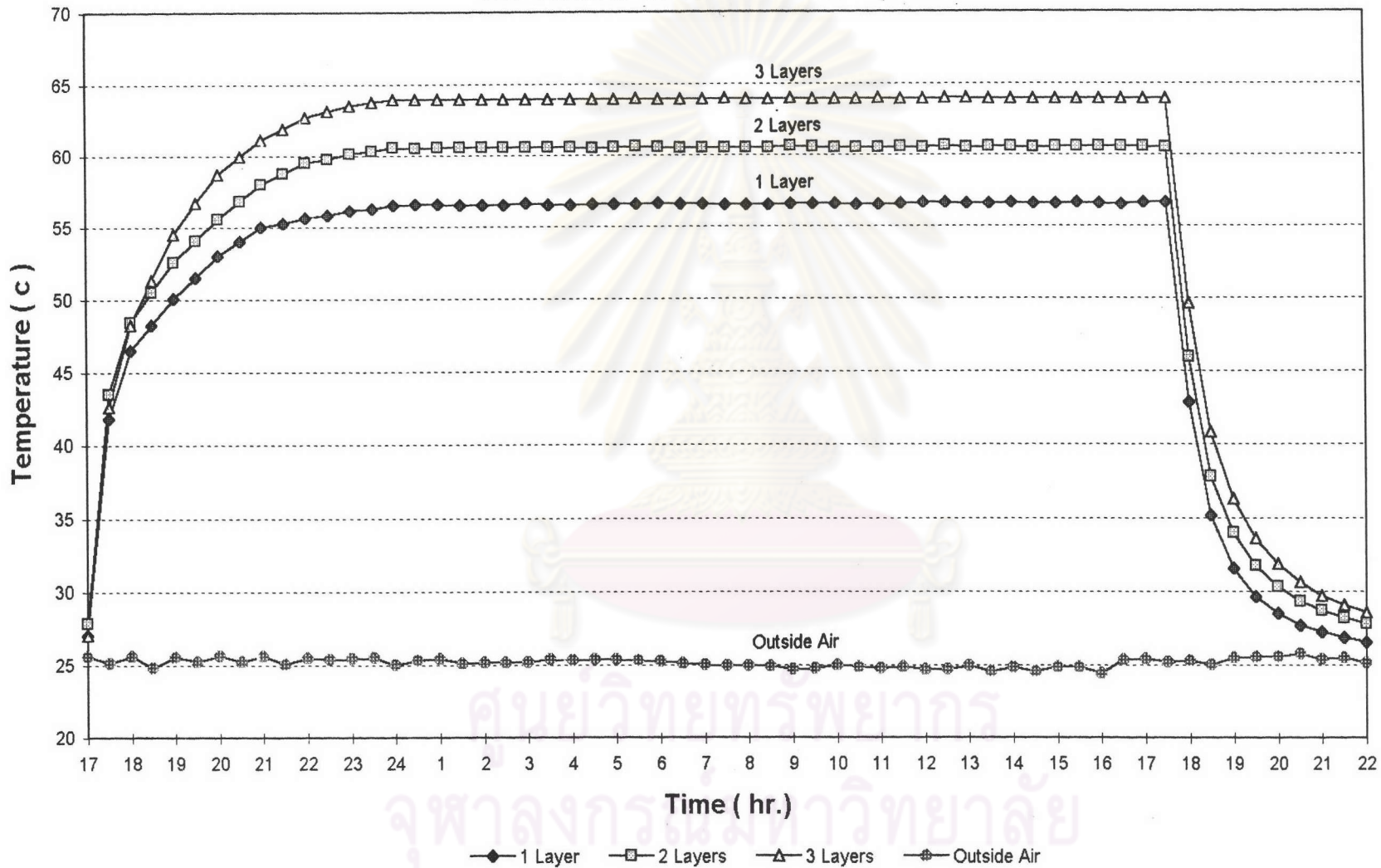
การทดลองขั้นตอนที่ 4

การทดสอบอิทธิพลของตัวแปรจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี ในสภาวะที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอกในทิศทาง Vertical Horizontal เมื่ออุณหภูมิอากาศภายในกล่องคงที่แล้ว ผลการที่ได้คือ อุณหภูมิอากาศภายในกล่องมีค่าแตกต่างกัน ซึ่งหมายถึง ประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนในแต่ละจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสีในระบบป้องกันรังสีมีความแตกต่างกัน



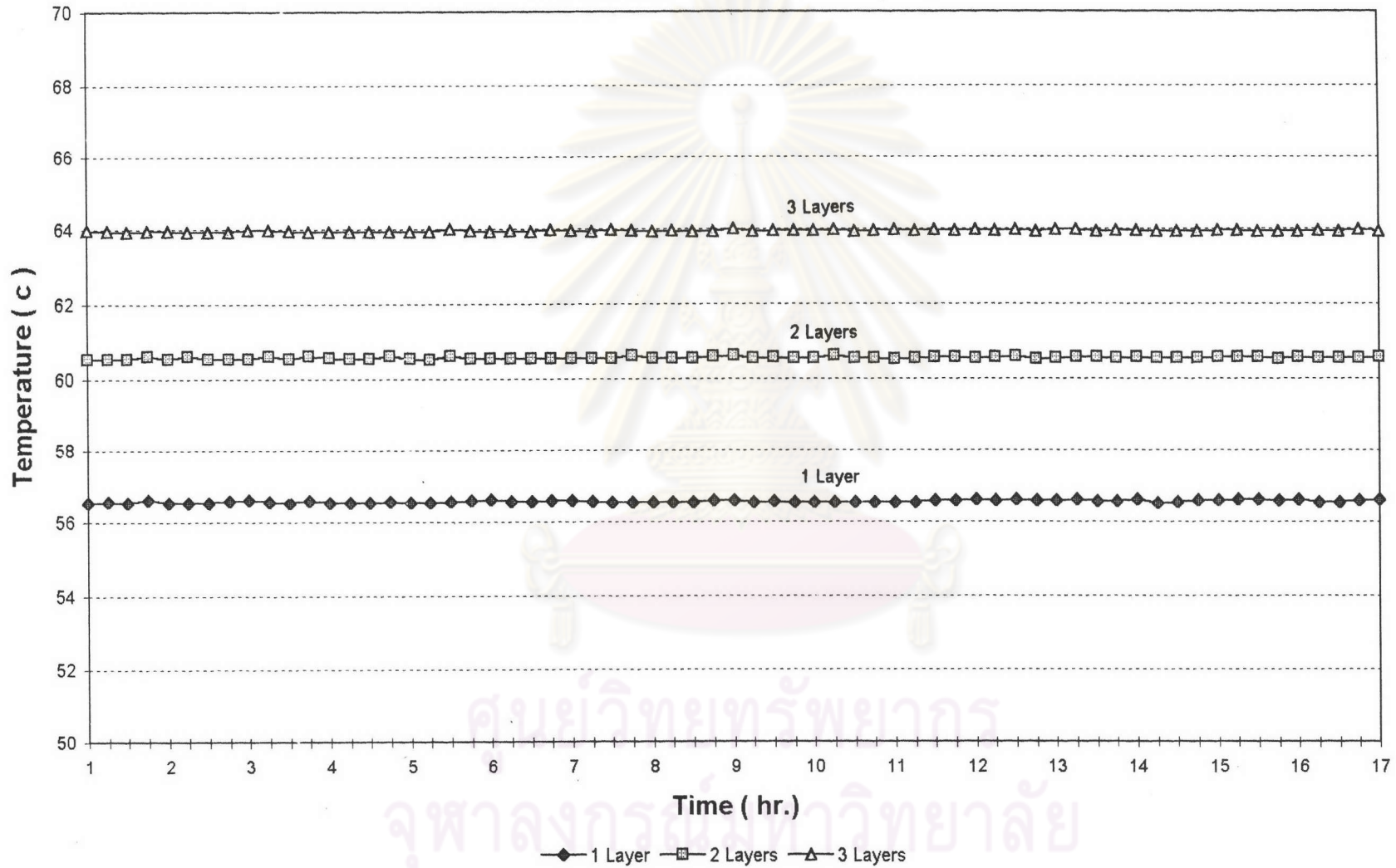
รูปที่ 25 แสดงการทดสอบจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี ในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอก

Comparison Inside Air Temperature of Test-Cells The Number of Reflective Air Space



แผนภูมิที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในห้องทดสอบในตัวแปรจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี
ภายใต้สภาวะควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอกคงที่

Comparison Inside Air Temperature of Test-Cells The Number of Reflective Air Space



แผนภูมิที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบในตัวแปรจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี ภายใต้สภาวะควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอกคงที่

ผลจากการวัดค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบในแต่ละจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสีได้ผลดังนี้

ช่องอากาศสะท้อนรังสี 1 ชั้น มีค่าอุณหภูมิอากาศภายในคงที่ = 56.5°C

ช่องอากาศสะท้อนรังสี 2 ชั้น มีค่าอุณหภูมิอากาศภายในคงที่ = 60.5°C

ช่องอากาศสะท้อนรังสี 3 ชั้น มีค่าอุณหภูมิอากาศภายในคงที่ = 63.9°C

ตามหลักเกณฑ์ในการทดสอบ กล่องทดสอบที่มีอุณหภูมิอากาศภายในสูงแสดงว่ากล่องนั้นมีตัวแปรที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนได้ดีและในทางตรงกันข้ามหากกล่องทดสอบใดมีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าแสดงว่ากล่องนั้นมีตัวแปรที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนน้อยกว่า จากผลการทดลองสามารถเรียงลำดับประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนในแต่ละจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี ได้ดังนี้

ช่องอากาศสะท้อนรังสี 3 ชั้น ค่าความต้านทานความร้อน (R) มาก

ช่องอากาศสะท้อนรังสี 2 ชั้น

ช่องอากาศสะท้อนรังสี 1 ชั้น ค่าความต้านทานความร้อน (R) น้อย

จากขั้นตอนนี้ได้เลือกจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี 1 ชั้นและ 2 ชั้นไปทดสอบกับสภาพแวดล้อมภายนอกในขั้นตอนที่ 5 เพราะจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี 3 ชั้นสำหรับการติดตั้งระบบป้องกันรังสีในผนังอาคารมีโอกาสนั้นเป็นไปได้น้อย เพราะงบประมาณที่ต้องเพิ่มมากขึ้นและขั้นตอนในการติดตั้งที่ซับซ้อนมากขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองขั้นตอนที่ 5

การทดสอบอิทธิพลของตัวแปรระยะห่างของช่องอากาศและ จำนวนชั้นของช่องอากาศ สะท้อนรังสีในระบบป้องกันรังสี ในทิศทาง Vertical Horizontal ในสภาพแวดล้อมภายนอก หันด้านที่ทดสอบไปทางด้านทิศใต้

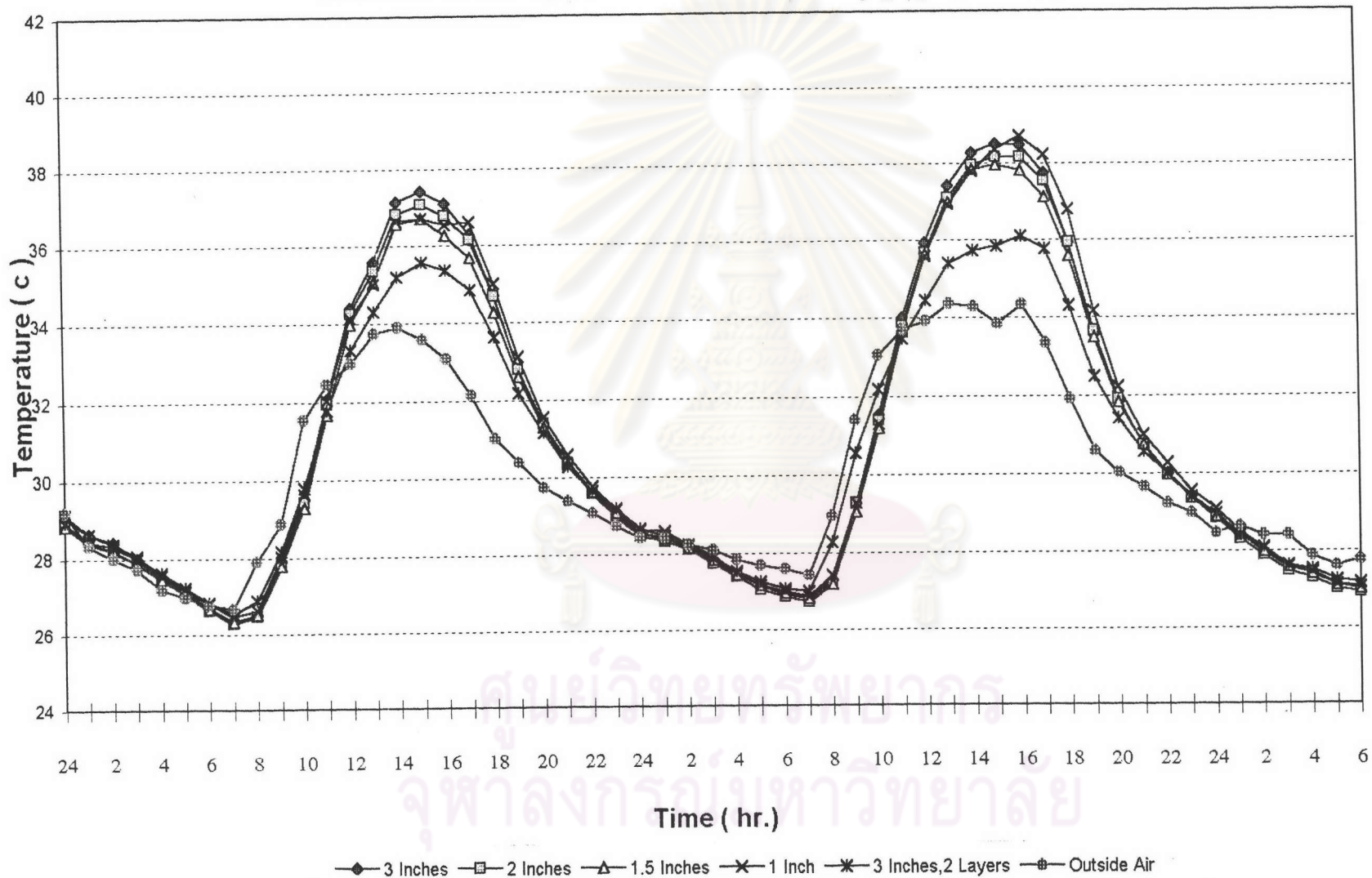
ตัวแปรที่นำมาทดสอบประกอบด้วย ระยะห่างของช่องอากาศ 3 นิ้ว, 2 นิ้ว, 1.5 นิ้ว และ 1 นิ้ว จำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี 1 ชั้น ระยะห่าง 3 นิ้ว และช่องอากาศสะท้อนรังสี 2 ชั้น ระยะห่าง 3 นิ้ว



รูปที่ 26 แสดงการทดสอบระยะห่างของช่องอากาศและจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสีใน สภาพแวดล้อมภายนอก

Comparison Inside Air Temperature of Test-Cells

Thickness of Air Space and The Number of Reflective Air Space



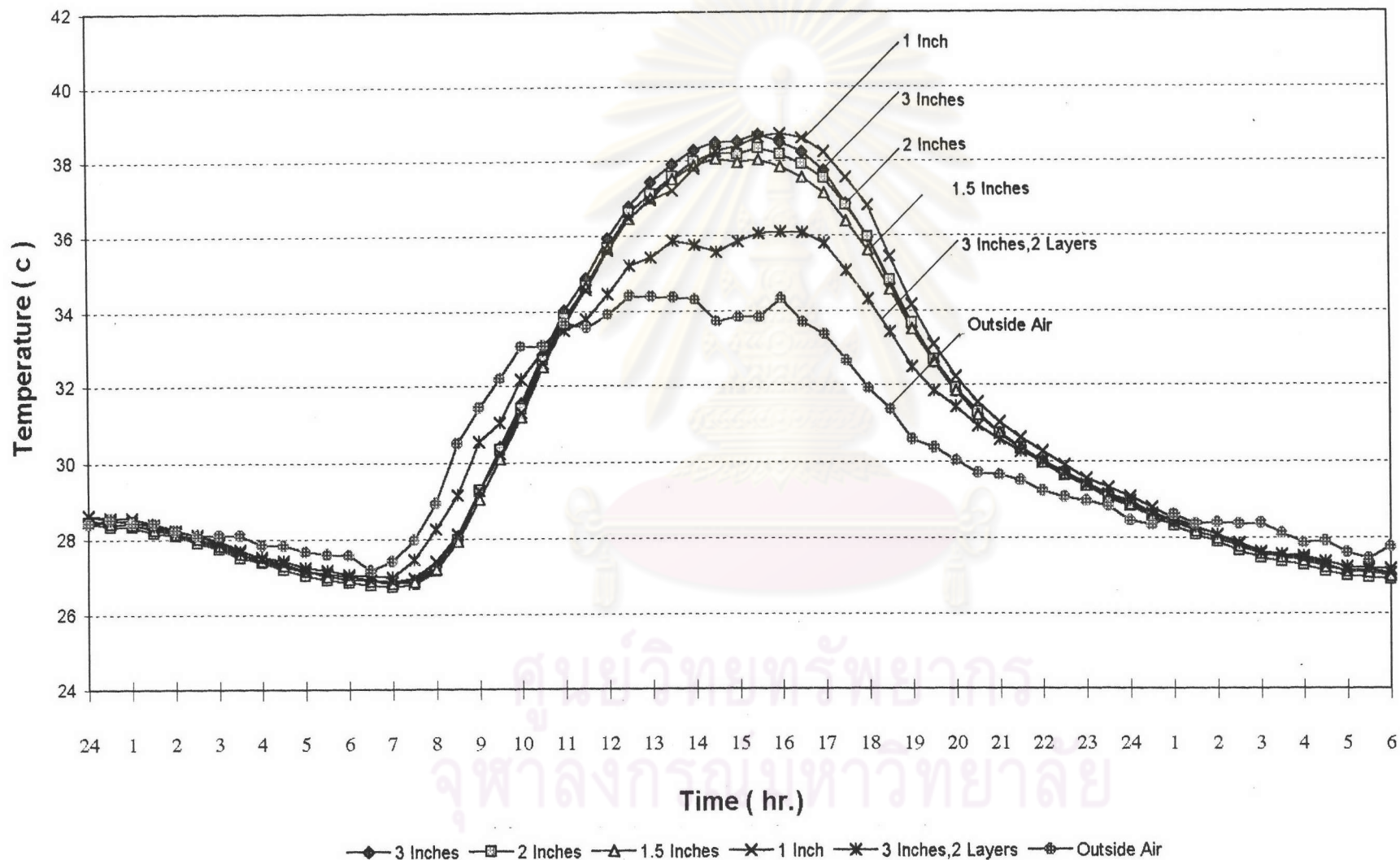
แผนภูมิที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบในตัวแปรระยะห่างของช่องอากาศ

และจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี

วันที่ 25 ก.พ. ถึง 27 ก.พ. 2538

Comparison Inside Air Temperature of Test-Cells

Thickness of Air Space and The Number of Reflective Air Space

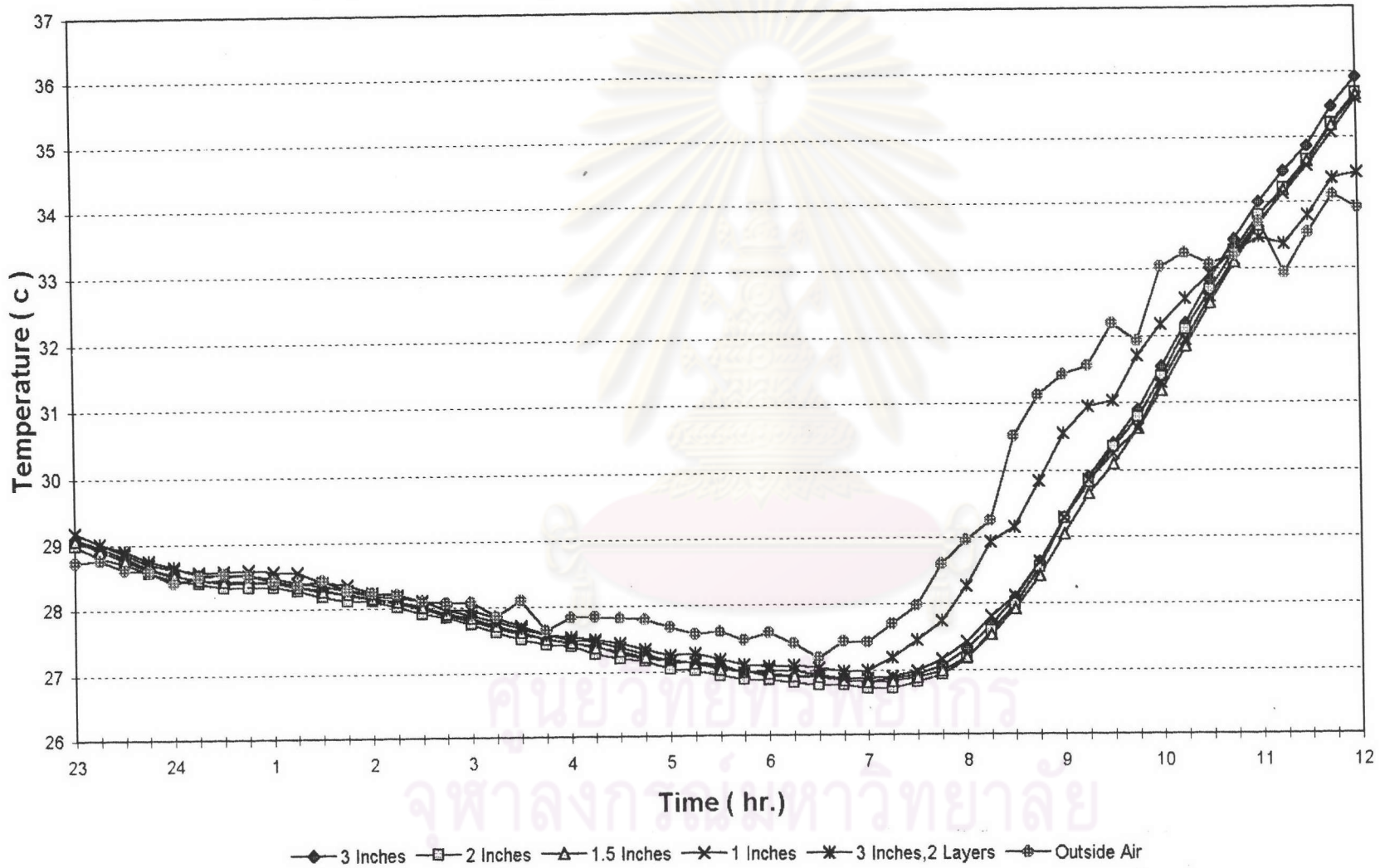


แผนภูมิที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในห้องทดสอบในตัวแปรระยะห่างของช่องอากาศ

และจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี

วันที่ 26 ก.พ. ถึง 27 ก.พ. 2538

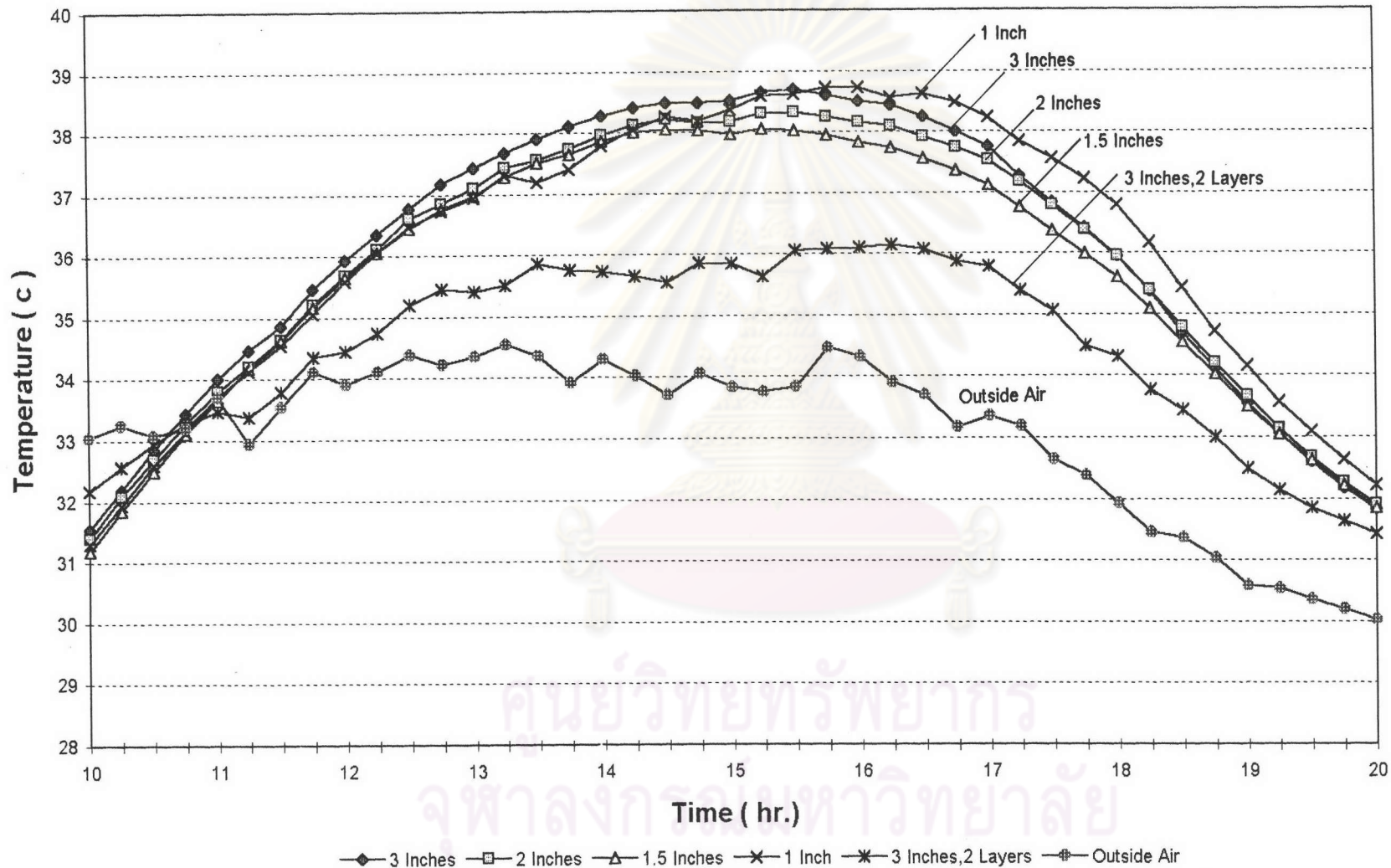
Comparison Inside Air Temperature of Test-Cells Thickness of Air Space and The Number of Reflective Air Space



แผนภูมิที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบในตัวแปรระยะห่างของช่องอากาศ และจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี

วันที่ 26 ก.พ. 2538

Comparison Inside Air Temperature of Test-Cells Thickness of Air Space and The Number of Reflective Air Space

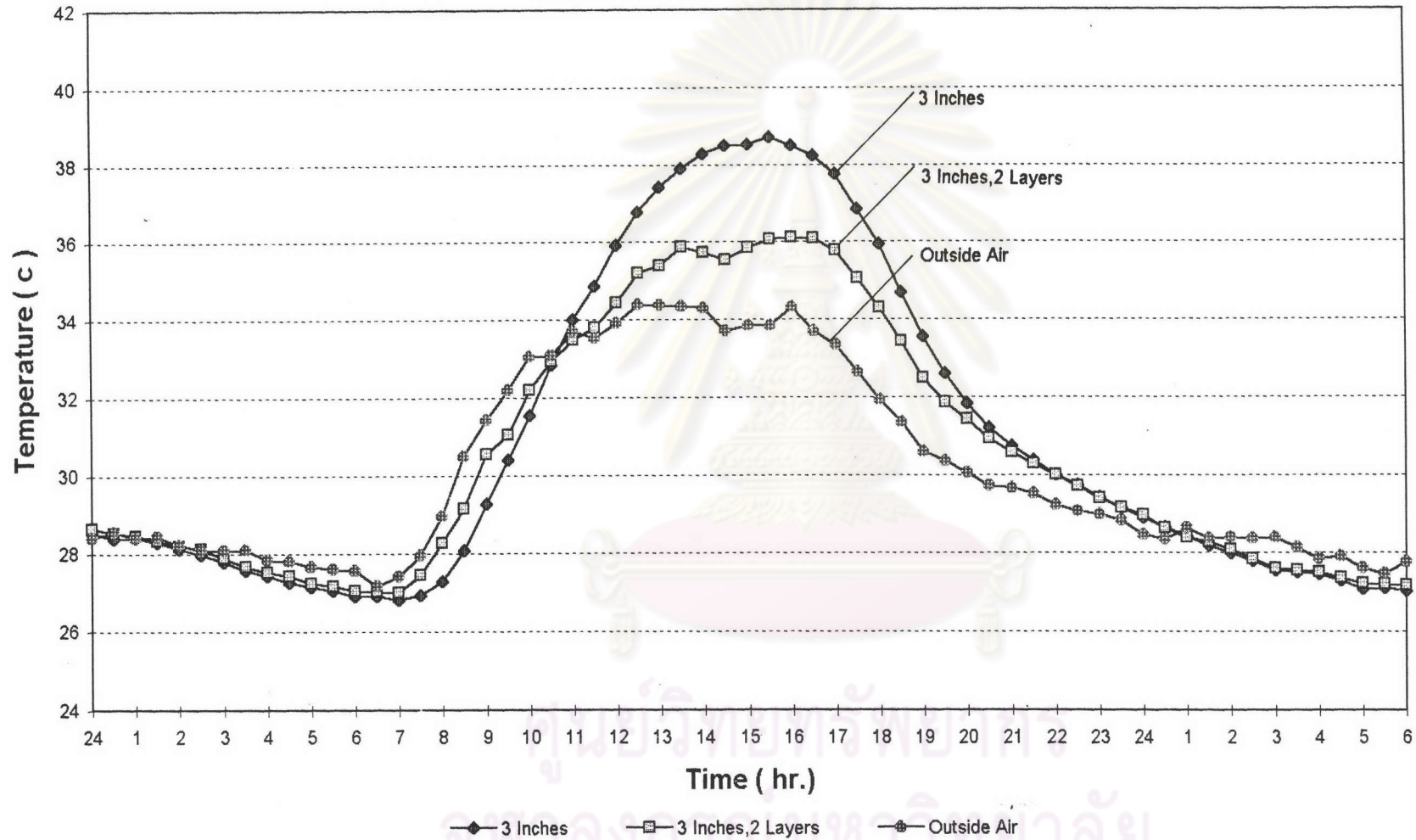


แผนภูมิที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบในตัวแปรระยะห่างของช่องอากาศ และจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี

วันที่ 26 ก.พ. 2538

Comparison Inside Air Temperature of Test-Cells

The Number of Reflective Air Space



แผนภูมิที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบในตัวแปรจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี

วันที่ 26 ก.พ. ถึง 27 ก.พ. 2538

ผลจากการทดลอง

1. ในเวลากลางวัน (6.00-18.00 น.) อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบของตัวแปร ระยะห่าง 3 นิ้ว จำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี 2 ชั้น มีอุณหภูมิอากาศภายในน้อยที่สุด รองลงมาคือ ระยะห่าง 1.5 นิ้ว, 2 นิ้ว, 3 นิ้ว และ 1 นิ้ว ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ระยะห่างของช่องอากาศ 3 นิ้ว, 2 ชั้น อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดที่ 36.1°C

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 31.9°C

ระยะห่างของช่องอากาศ 1.5 นิ้ว, 1 ชั้น อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดที่ 37.8°C

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 32.3°C

ระยะห่างของช่องอากาศ 2 นิ้ว, 1 ชั้น อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดที่ 38.1°C

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 32.5°C

ระยะห่างของช่องอากาศ 3 นิ้ว, 1 ชั้น อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดที่ 38.5°C

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 32.7°C

ระยะห่างของช่องอากาศ 1 นิ้ว, 1 ชั้น อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดที่ 38.7°C

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 32.8°C

2. ในเวลากลางคืน (18.00-6.00 น.) เนื่องจากในเวลากลางคืนไม่ได้รับอิทธิพลจาก แสงแดดและ ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกมีค่าน้อย ประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของตัวแปรระยะห่างของช่องอากาศและจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี จึงมีความแตกต่างกันน้อย ระยะห่าง 3 นิ้ว, 2 ชั้น มีอุณหภูมิอากาศภายในน้อยที่สุด รองลงมาคือ ระยะห่าง 1.5 นิ้ว, 2 นิ้ว, 3 นิ้ว และ 1 นิ้ว ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ระยะห่างของช่องอากาศ 3 นิ้ว, 2 ชั้น อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 29.148°C

ระยะห่างของช่องอากาศ 1.5 นิ้ว, 1 ชั้น อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 29.164°C

ระยะห่างของช่องอากาศ 2 นิ้ว, 1 ชั้น อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 29.175°C

ระยะห่างของช่องอากาศ 3 นิ้ว, 1 ชั้น อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 29.204°C

ระยะห่างของช่องอากาศ 1 นิ้ว, 1 ชั้น อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 29.347°C

สมมติฐานข้อที่ 3 ภายในสภาวะควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกคงที่ ตลอดในห้องทดลองและในสภาพความจริงที่มีอิทธิพลของ ลม, แดด ฯลฯ การถ่ายเทความร้อนผ่านระบบป้องกันรังสีในทิศทางการถ่ายเทความร้อนในระนาบนอนผ่านวัสดุระนาบตั้ง (Vertical Horizontal) ระยะห่างของช่องอากาศที่แตกต่างกันจะมีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่ต่างกัน เป็นจริง โดยเรียงลำดับประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนจากมากไปหาน้อย ได้ดังนี้ ระยะห่าง 1.5 นิ้ว, 2 นิ้ว, 3 นิ้ว, 1 นิ้ว และ 0.5 นิ้ว ตามลำดับ

การทดลองในชั้นตอนนี้เป็นการทดลองในสภาพแวดล้อมภายนอก ซึ่งจะได้ผลในลักษณะกันกับการทดลองในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิอากาศภายนอก คือ ระยะห่างของช่องอากาศที่ 1.5 นิ้ว จะป้องกันความร้อนได้ดีที่สุด รองลงมาคือ 2 นิ้ว, 3 นิ้ว และ 1 นิ้ว ส่วนจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี 2 ชั้น จะป้องกันความร้อนได้ดีกว่า 1 ชั้น โดยที่ ตั้งแต่เวลา 10.00-24.00 น. อากาศภายในกล่องช่องอากาศสะท้อนรังสี 1 ชั้น จะร้อนกว่าช่องอากาศสะท้อนรังสี 2 ชั้น แต่ในเวลา 24.00-10.00 น. อากาศภายในกล่องช่องอากาศสะท้อนรังสี 2 ชั้น จะร้อนกว่าช่องอากาศสะท้อนรังสี 1 ชั้น แสดงว่าจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี ที่มีมากขึ้นจะป้องกันความร้อนได้ดีในช่วงกลางวัน

ดังนั้นตัวแปรที่ควรพิจารณาในการนำไปใช้ในการติดตั้งระบบป้องกันรังสีในทิศทาง Vertical Horizontal คือ ระยะห่างของช่องอากาศ 1.5 นิ้ว และ 2 นิ้ว, จำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี 1 ชั้น และ 2 ชั้น

การพิจารณาเลือกตัวแปรช่องอากาศสะท้อนรังสี 1 ชั้น และ 2 ชั้น

การคิดภาระการปรับอากาศในการคำนวณหาค่าพลังงานความร้อนที่เข้ามาในอาคารจะใช้ค่าสูงสุดของความร้อนที่เข้ามา ดังนั้น ในการเปรียบเทียบจึงใช้ค่าสูงสุดของอุณหภูมิผิวภายในและอุณหภูมิอากาศภายในกล่องมาพิจารณา

ช่องอากาศสะท้อนรังสี 1 ชั้น	อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุด	38.499°C, 101.30° F
	อุณหภูมิผิวภายในสูงสุด	38.546°C, 101.38° F
ช่องอากาศสะท้อนรังสี 2 ชั้น	อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุด	36.139°C, 97.05° F
	อุณหภูมิผิวภายในสูงสุด	36.249°C, 97.25° F

จากสูตร

$$Q = U * A * CLTD$$

หรือ $Q = C * A * (T_{\text{inside Surface}} - T_{\text{inside Air}})$

โดยที่ $C =$ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของอากาศที่ผิวภายใน

ช่องอากาศสะท้อนรังสี 1 ชั้น $Q = 1/0.68 * 1 * 26.38$

Peak load = 38.79 BTU/hr. sq f.

ช่องอากาศสะท้อนรังสี 2 ชั้น $Q = 1/0.68 * 1 * 22.25$

Peak load = 32.72 BTU/hr. sq f.

ราคาในการติดตั้งฉนวนสะท้อนรังสี

- ครัวไม้ 1.5*1.5 นิ้ว	280	บาท/ลบ.ฟุต
- ยิปซัมบอร์ดหนา 12 มม. ชนิดมีฟอยล์แผ่นละ	194	บาท
- แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์	45-50	บาท/ตร.ม.
- ค่าแรง (ไม้ครัว 0.60*1.20)	40	บาท/ตร.ม.
ราคาในการติดตั้งฉนวนสะท้อนรังสี 1 ชั้น	= 14.6	บาท/ตร.ฟุต
ราคาในการติดตั้งฉนวนสะท้อนรังสี 2 ชั้น	= 19.1	บาท/ตร.ฟุต

การเพิ่มช่องอากาศสะท้อนรังสีจาก 1 ชั้น เป็น 2 ชั้น จะลดความร้อน(Peak Load)ลง 15.64 % ในขณะที่เดียวกันการเพิ่มช่องอากาศสะท้อนรังสีจาก 1 ชั้น เป็น 2 ชั้น จะต้องเพิ่มราคา 30.8 % แสดงให้เห็นว่ายิ่งเพิ่มจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสีมากขึ้นเท่าใด ประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนก็มากขึ้นแต่ต้องเพิ่มงบประมาณในสัดส่วนที่มากกว่าประสิทธิภาพที่มากขึ้นหรืออีกนัยหนึ่ง การเพิ่มช่องอากาศสะท้อนรังสีจาก 1 ชั้น เป็น 2 ชั้น ถ้าเพิ่มงบประมาณ 100 เปอร์เซ็นต์ จะได้คุณสมบัติการป้องกันความร้อนที่เพิ่มขึ้นเพียง 50.64 เปอร์เซ็นต์

การคัดเลือกตัวแปรจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสีในการนำไปใช้ในระบบป้องกันรังสีในผนังอาคารจึงเลือกจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี 1 ชั้น ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นและขั้นตอนในการติดตั้งที่สะดวกรวดเร็วกว่าเพราะสามารถเลือกใช้แผ่นยิปซัมชนิดมีฟอยล์มาใช้ได้เลย ถ้าเพิ่มจำนวนชั้นจะทำให้เสียเวลาและเพิ่มขั้นตอนในการติดตั้งมากขึ้น

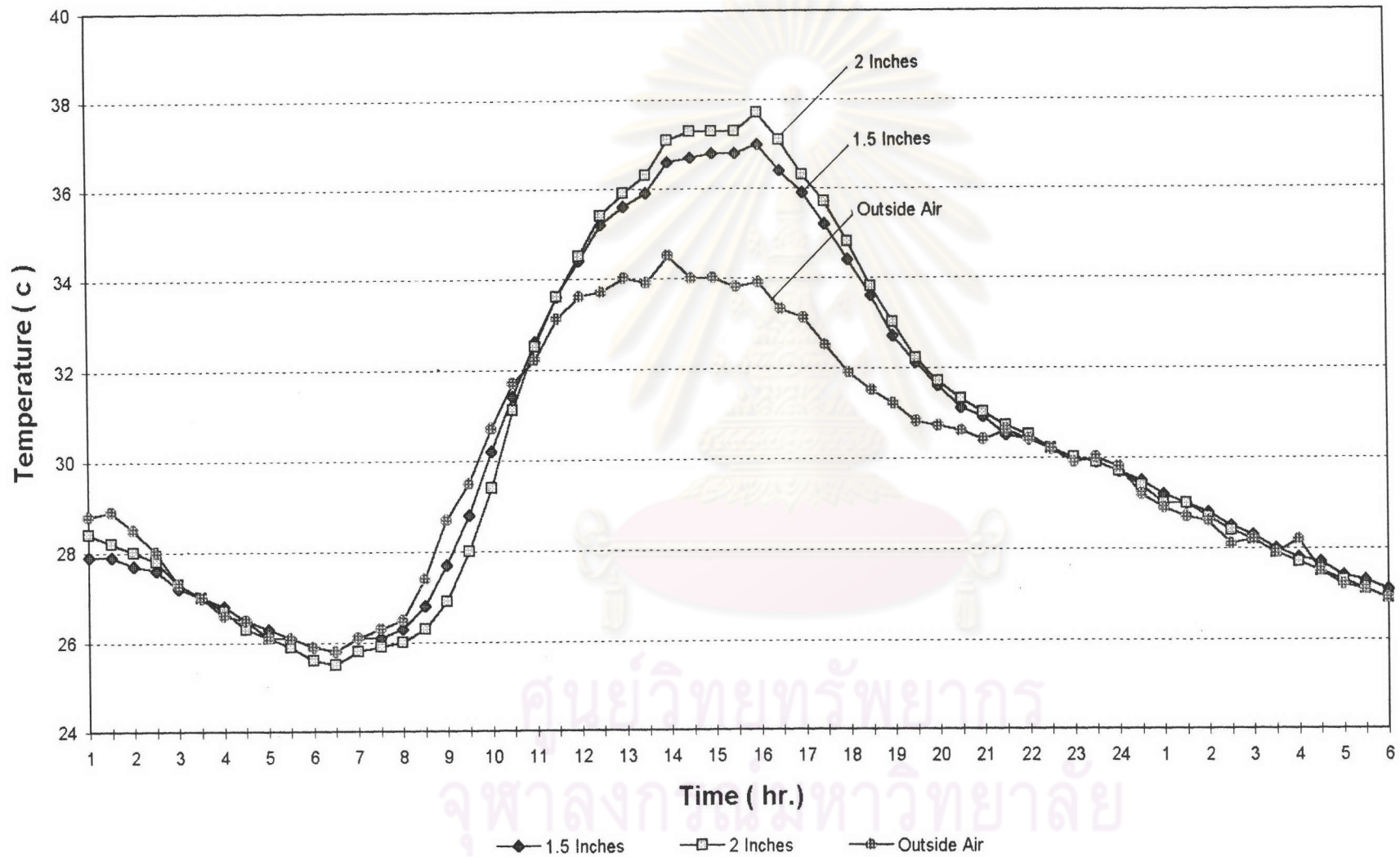
การพิจารณาเลือกตัวแปรระยะห่างของช่องอากาศ 1.5 นิ้ว และ 2 นิ้ว

ระยะห่างที่ต่างกันระหว่าง 1.5 นิ้ว กับ 2 นิ้ว ในแง่งบประมาณในการติดตั้งถือว่าไม่แตกต่างกันเพราะการเพิ่มระยะห่างระหว่างพื้นผิวอาจใช้เทคนิควิธีในการติดตั้ง โดยที่ราคาไม้ครัวไม้ใช้ปัจจัย (Factor) หลัก ดังนั้นจึงควรเลือกระยะห่างที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนที่ดีที่สุดมาใช้ในการติดตั้งระบบป้องกันรังสีในผนังอาคาร จากการทดลองนี้ ค่าอุณหภูมิอากาศภายในของกล่องทดสอบตัวแปร 1.5 นิ้ว จะมีค่าน้อยกว่า 2 นิ้ว ดังนี้

ระยะห่างของช่องอากาศ 1.5 นิ้ว อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดที่	37.825 °C
อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย	31.645 °C
ระยะห่างของช่องอากาศ 2 นิ้ว อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดที่	38.154 °C
อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย	31.710 °C

จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันมาก เพื่อความแน่ใจในการสรุปผลจึงทำการทดลองอีกครั้งหนึ่งโดยทดสอบระยะห่างของช่องอากาศ 2 นิ้ว และ 1.5 นิ้ว ในสภาพแวดล้อมภายนอก หันด้านที่ทดสอบไปทางทิศใต้

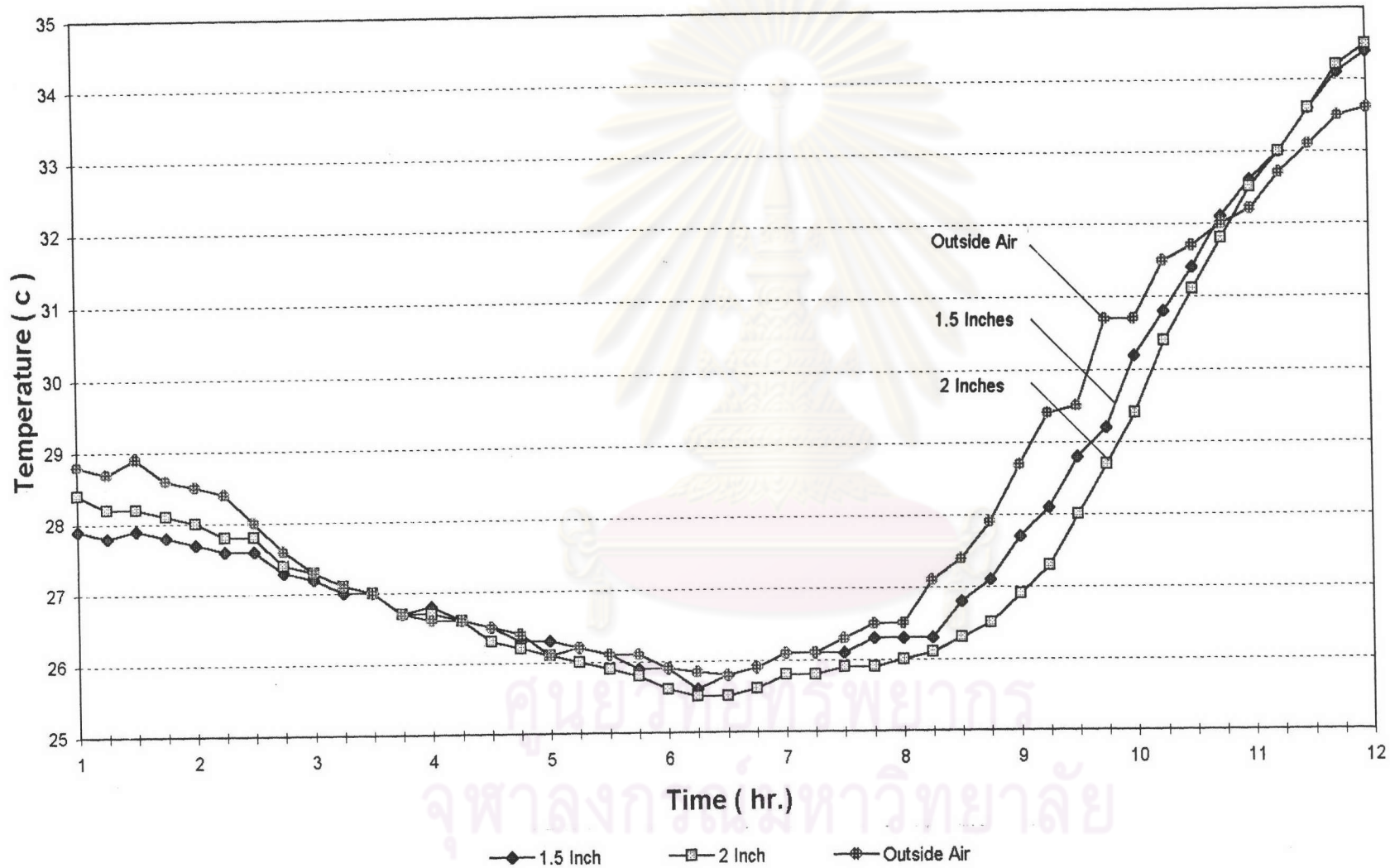
Comparison Inside Air Temperature of Test-Cells Thickness of Air Spaces



แผนภูมิที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในช่องทดสอบในตัวแปร
ระยะห่างของช่องอากาศ 2 นิ้ว และ 1.5 นิ้ว
วันที่ 4 มี.ค. ถึง 5 มี.ค. 2538

Comparison Inside Air Temperature of Test-Cells

Thickness of Air Spaces



แผนภูมิที่ 16 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในช่องทดสอบในตัวแปร
ระยะห่างของช่องอากาศ 2 นิ้ว และ 1.5 นิ้ว
วันที่ 4 มี.ค. 2538



รูปที่ 27 แสดงการทดสอบระยะห่างของช่องอากาศระหว่าง 1.5 นิ้วและ 2 นิ้ว ในสภาพแวดล้อมภายนอก

ผลที่ได้คืออุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบระยะห่างของช่องอากาศ 1.5 นิ้ว มีค่าน้อยกว่าระยะห่างของช่องอากาศ 2 นิ้ว ในเวลากลางวันโดยมีรายละเอียดดังนี้

ระยะห่างของช่องอากาศ 1.5 นิ้ว อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดที่ 37.1°C

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 30.9°C

ระยะห่างของช่องอากาศ 2 นิ้ว อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดที่ 37.7°C

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 30.97°C

ตามหลักเกณฑ์ในการทดสอบ อุณหภูมิอากาศภายในกล่องจะแสดงถึงปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาในกล่องทดสอบ ซึ่งกล่องทดสอบที่ระยะห่างของช่องอากาศ 1.5 นิ้ว มีค่าอุณหภูมิอากาศภายในน้อยกว่ากล่องทดสอบที่ระยะห่างของช่องอากาศ 2 นิ้ว แสดงว่าระยะห่างของช่องอากาศที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของระบบป้องกันรังสีที่ดีที่สุด ในเวลากลางวันในทิศทาง Vertical Horizontal คือระยะห่าง 1.5 นิ้ว

จากขั้นตอนนี้สามารถเลือกตัวแปรที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของระบบป้องกันรังสีในทิศทาง Vertical Horizontal ที่ระยะห่างของช่องอากาศ 1.5 นิ้ว และจำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี 1 ชั้น โดยนำแนวทางนี้ไปทดสอบกับอาคารจริงในขั้นตอนที่ 6

การทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนสะท้อนรังสีในอาคารทดลอง และการวิเคราะห์ผลจากการทดสอบ

การทดลองขั้นตอนที่ 6

ทดสอบเปรียบเทียบการป้องกันความร้อนของผนังก่ออิฐฉาบปูนเปรียบกับผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี โดยตัวแปรที่เลือกมาทดสอบคือ

ทิศทางการถ่ายเทความร้อน Vertical Horizontal

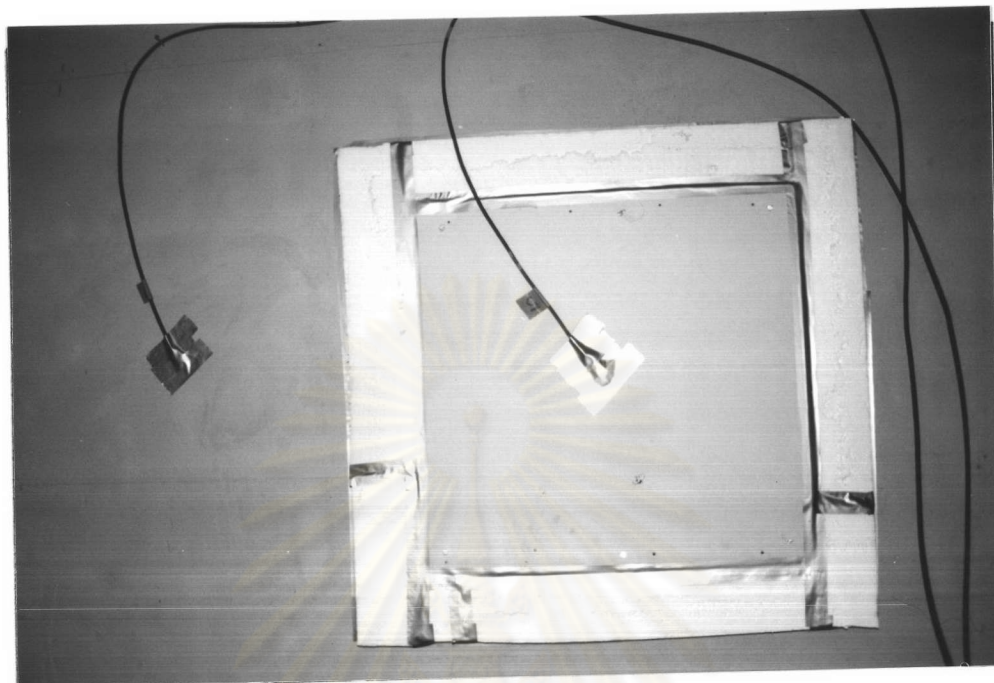
ระยะห่างของช่องอากาศ 1.5 นิ้ว

จำนวนชั้นของช่องอากาศสะท้อนรังสี 1 ชั้น

ระบบป้องกันรังสีที่ทดลองประกอบด้วย ภายนอกเป็นผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ ภายในมีช่องอากาศระยะห่าง 1.5 นิ้ว และ ยิปซัมบอร์ดหนา 12 มม.ชนิดมือฉลุมีน้ำพอยล์ขนาด 0.60*0.60 ตร.ม. ทดสอบทางด้านทิศใต้และทิศตะวันตกในอาคารจำลองขนาด 4.00*4.00 เก็บข้อมูลอุณหภูมิผิวภายในและผิวภายนอก



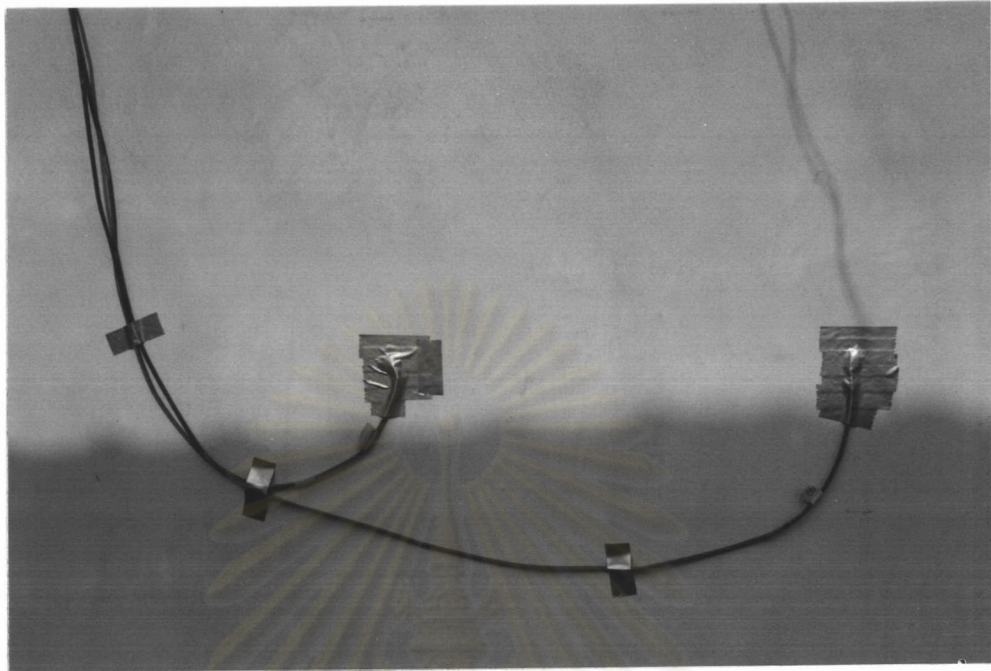
รูปที่ 28 แสดงสภาพภายนอกอาคารทางด้านทิศใต้



รูปที่ 29 แสดงการติดตั้งระบบป้องกันรังสีกับผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบภายในอาคาร



รูปที่ 30 แสดงสภาพทั่วไปภายในอาคาร

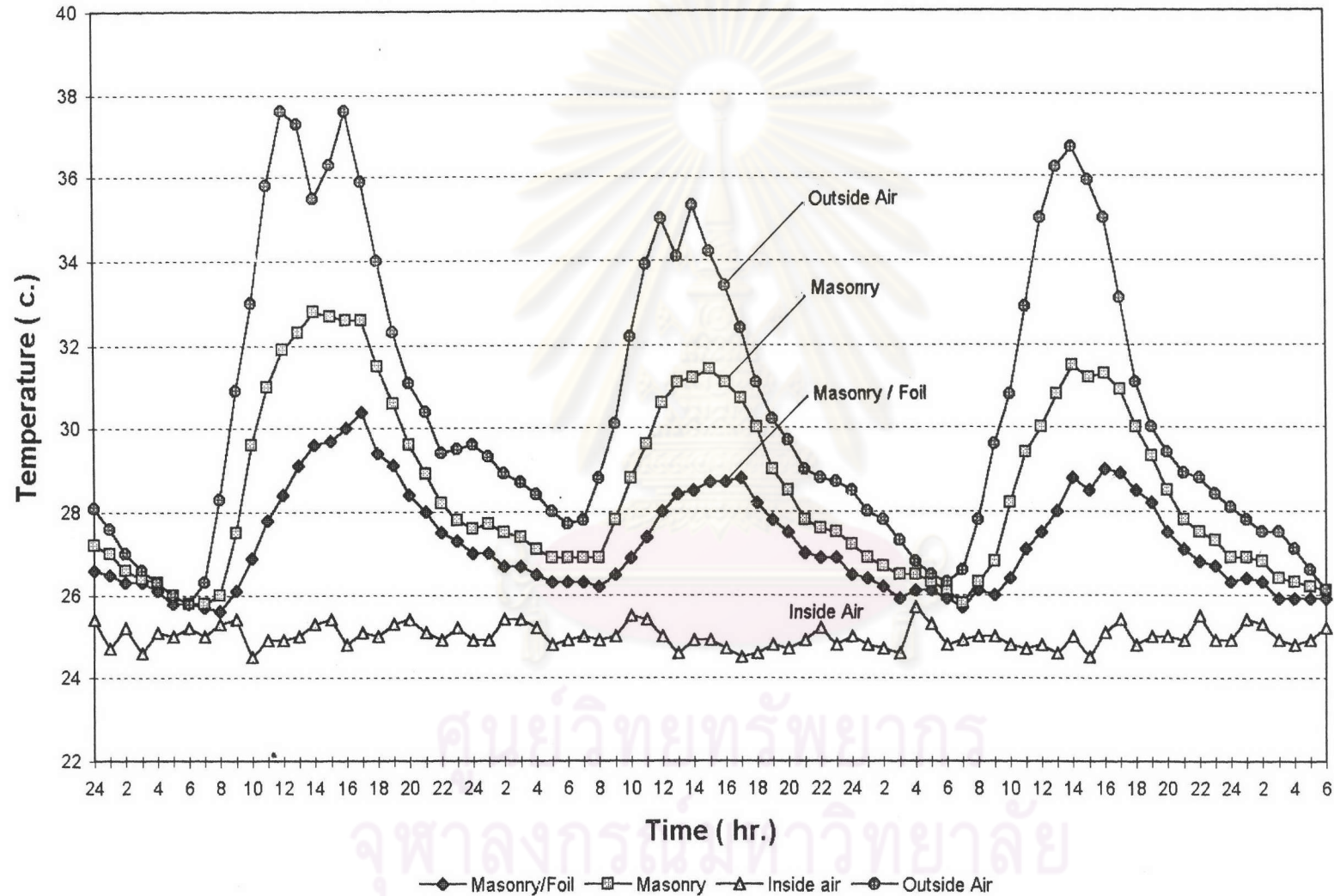


รูปที่ 31 แสดงการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ Thermo Couple Type "J" กับผนังภายนอก



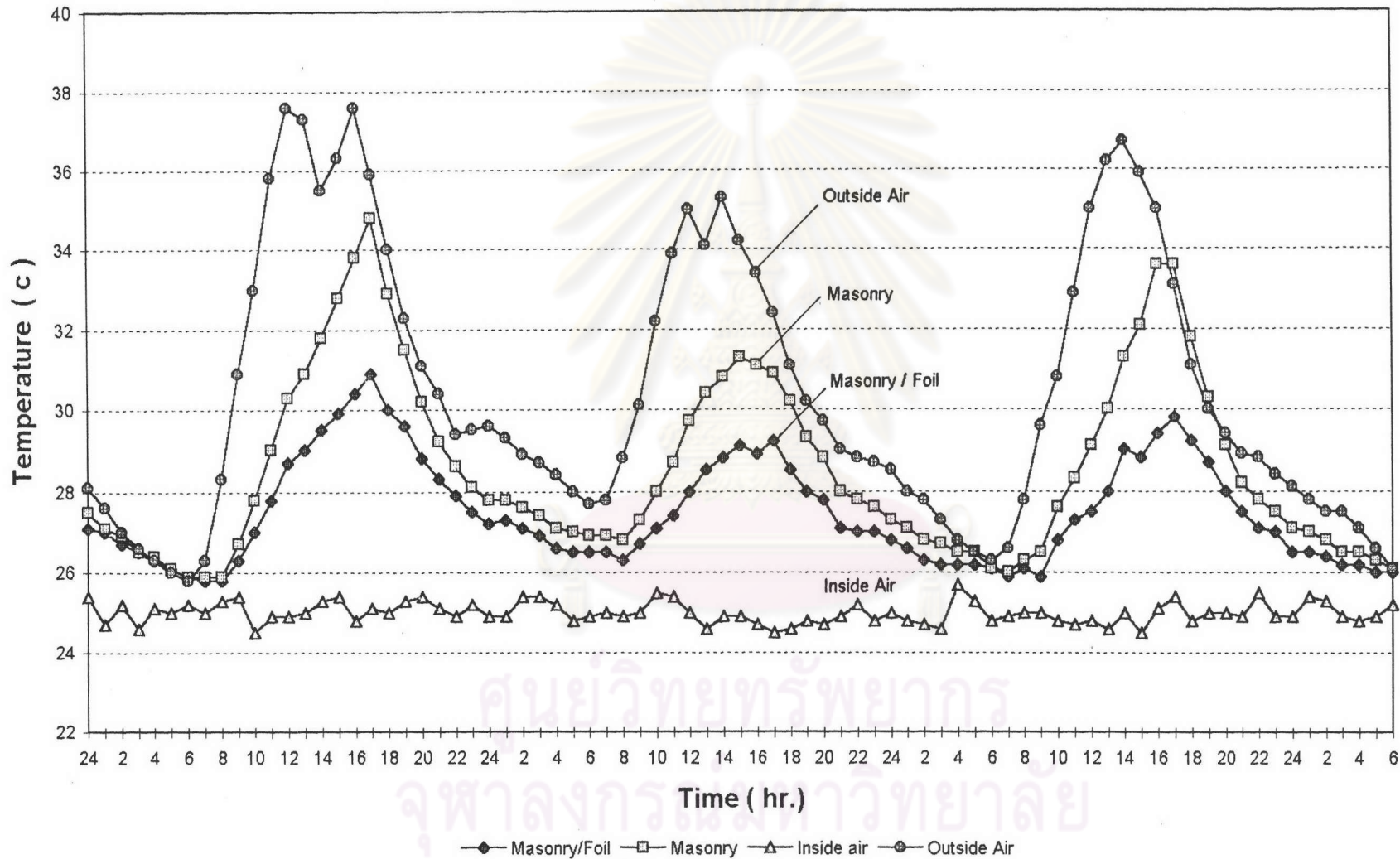
รูปที่ 32 แสดงการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ Thermo Couple Type "J" วัดอุณหภูมิอากาศภายนอก

Comparison Inside Surface Temperature Masonry and Masonry with Reflective Insulation in South Wall



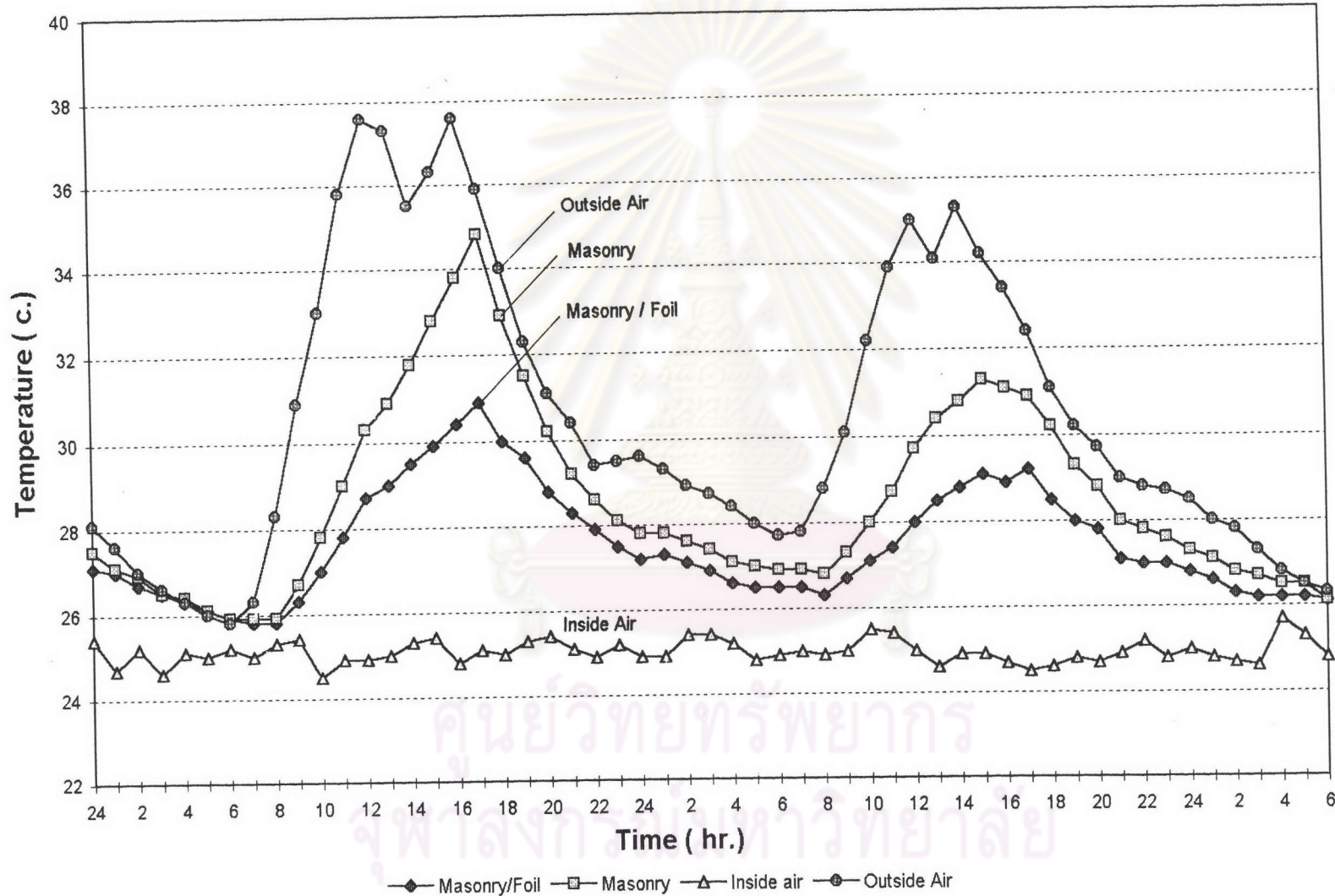
แผนภูมิที่ 17 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในผนังก่ออิฐและผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี
ด้านทิศใต้
วันที่ 21 มี.ค. ถึง 24 มี.ค. 2538

Comparison Inside Surface Temperature Masonry and Masonry with Reflective Insulation in West Wall



แผนภูมิที่ 19 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในผนังก่ออิฐและ ผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี
ด้านทิศตะวันตก
วันที่ 21 มี.ค. ถึง 24 มี.ค. 2538

Comparison Inside Surface Temperature Masonry and Masonry with Reflective Insulation in West Wall

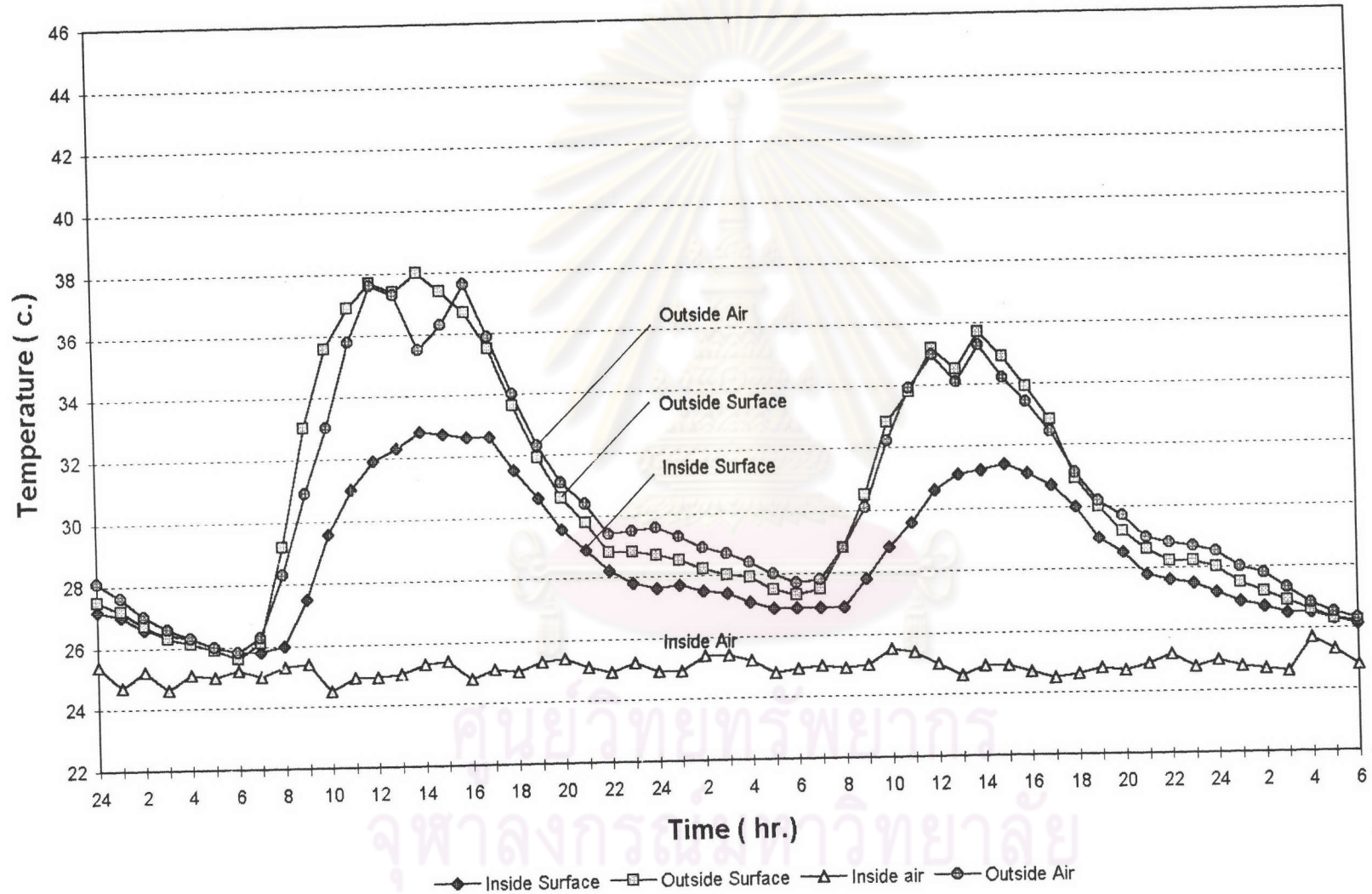


แผนภูมิที่ 20 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในผนังก่ออิฐและผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี

ด้านทิศตะวันตก

วันที่ 21 มี.ค. ถึง 23 มี.ค. 2538

Comparison Surface Temperature Masonry Wall in South

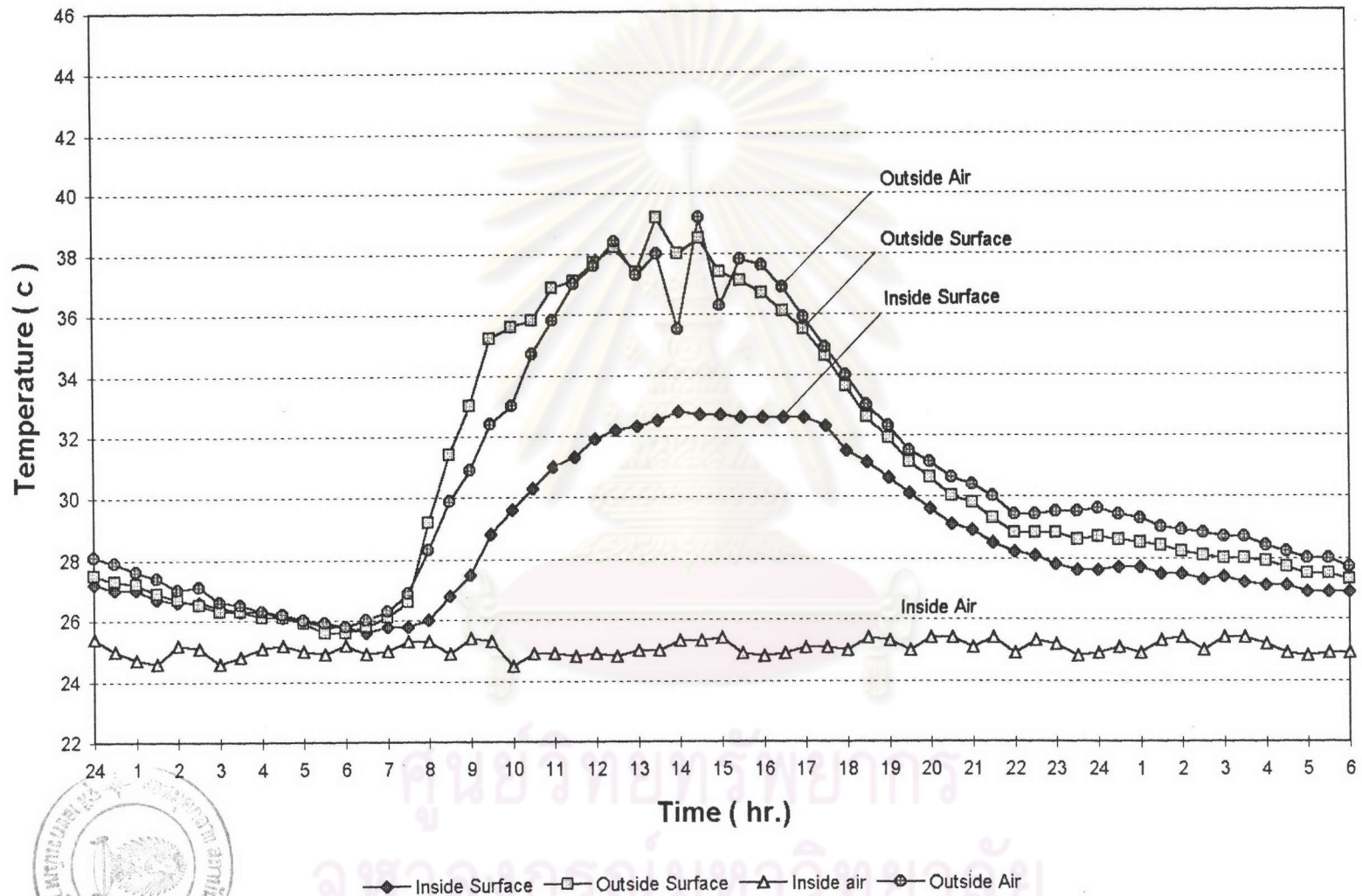


แผนภูมิที่ 21 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในและภายนอก มันทังก่ออิฐด้านทิศใต้

วันที่ 21 มี.ค. ถึง 23 มี.ค. 2538

Comparison Surface Temperature

Masonry Wall in South

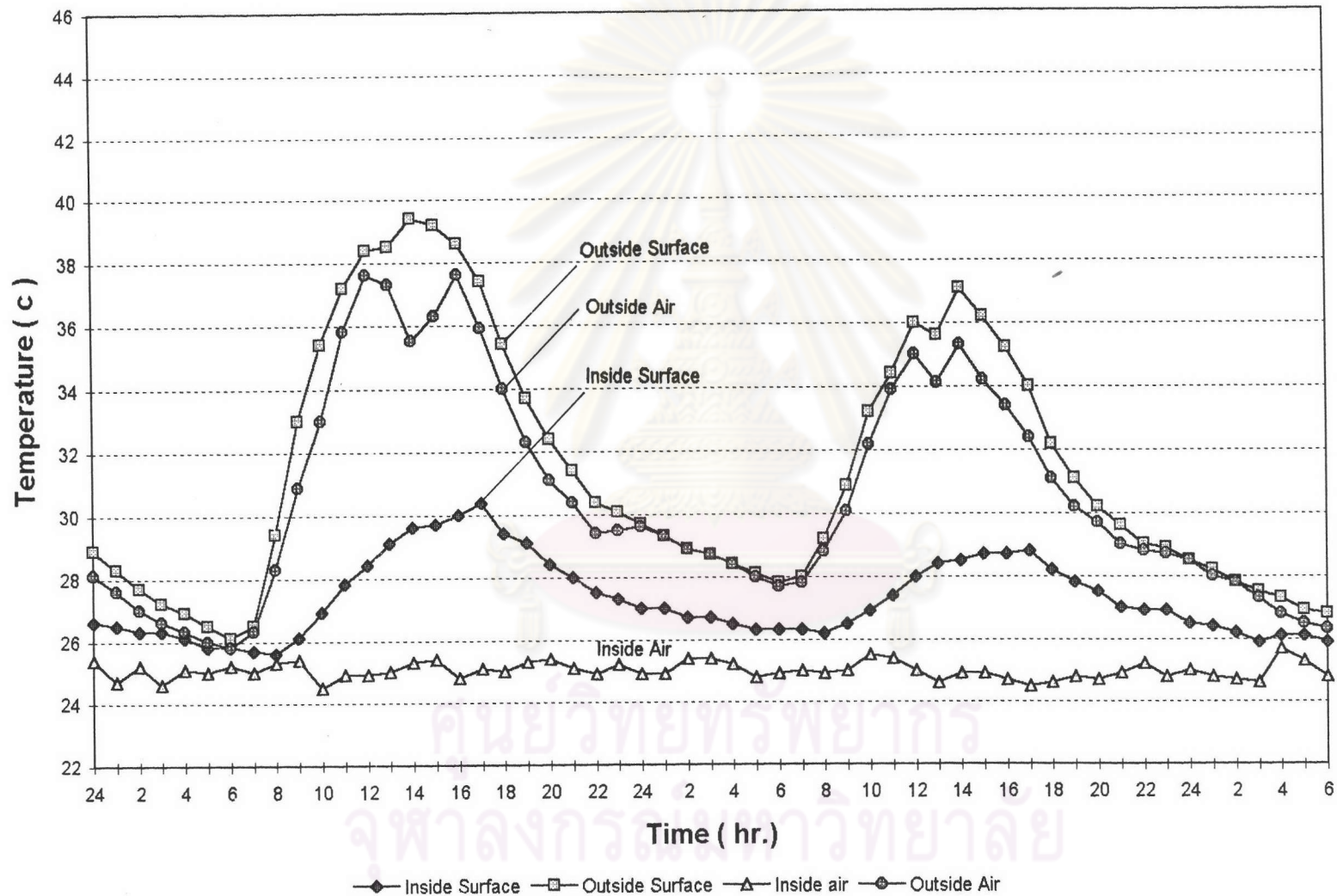


แผนภูมิที่ 22 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในและภายนอก ผนังก่ออิฐด้านทิศใต้

วันที่ 21 มี.ค. ถึง 22 มี.ค. 2538

Comparison Surface Temperature

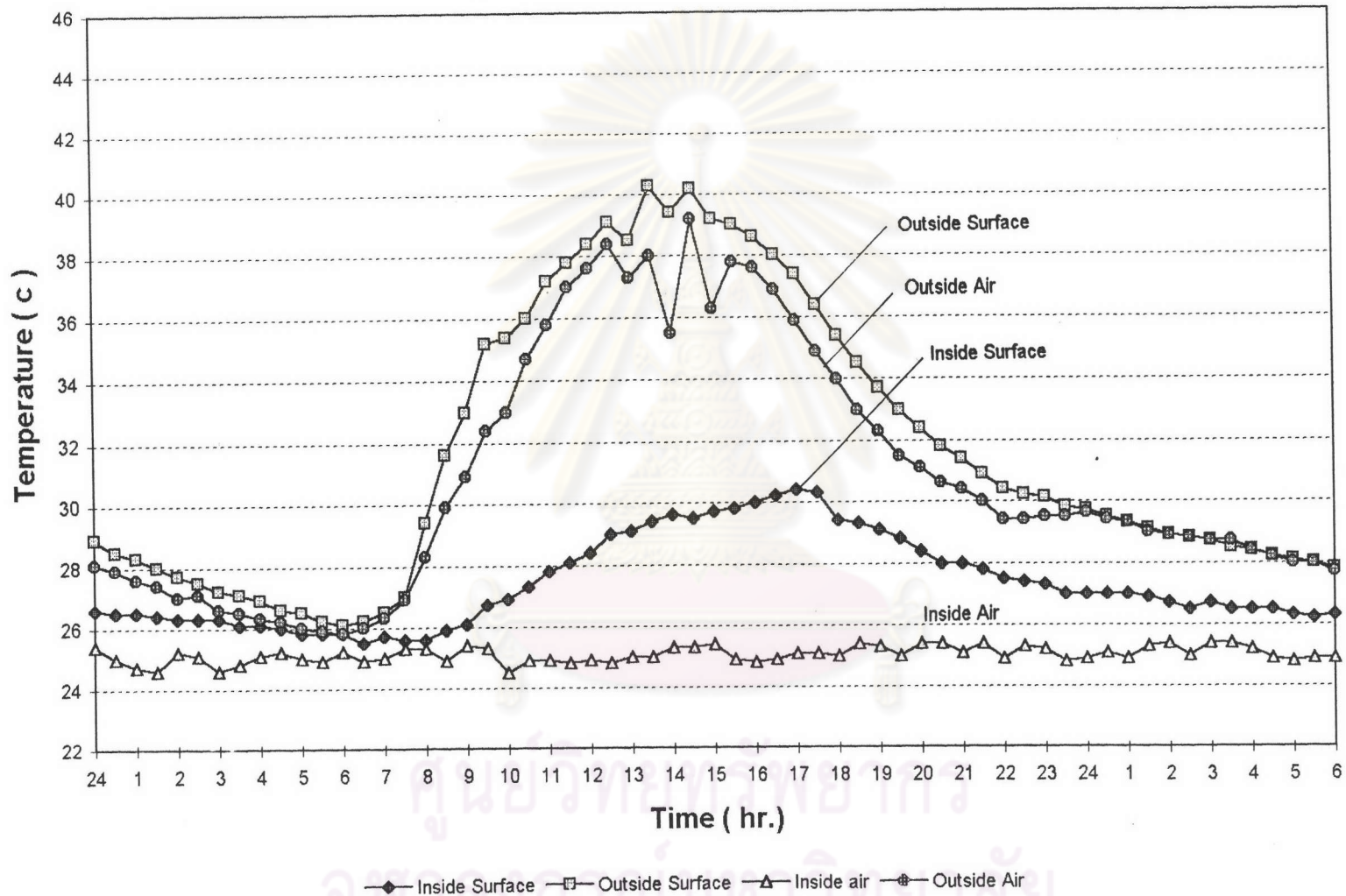
Masonry Wall with Reflective Insulation in South



แผนภูมิที่ 23 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในและภายนอก ผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี ด้านทิศใต้

วันที่ 21 มี.ค. ถึง 23 มี.ค. 2538

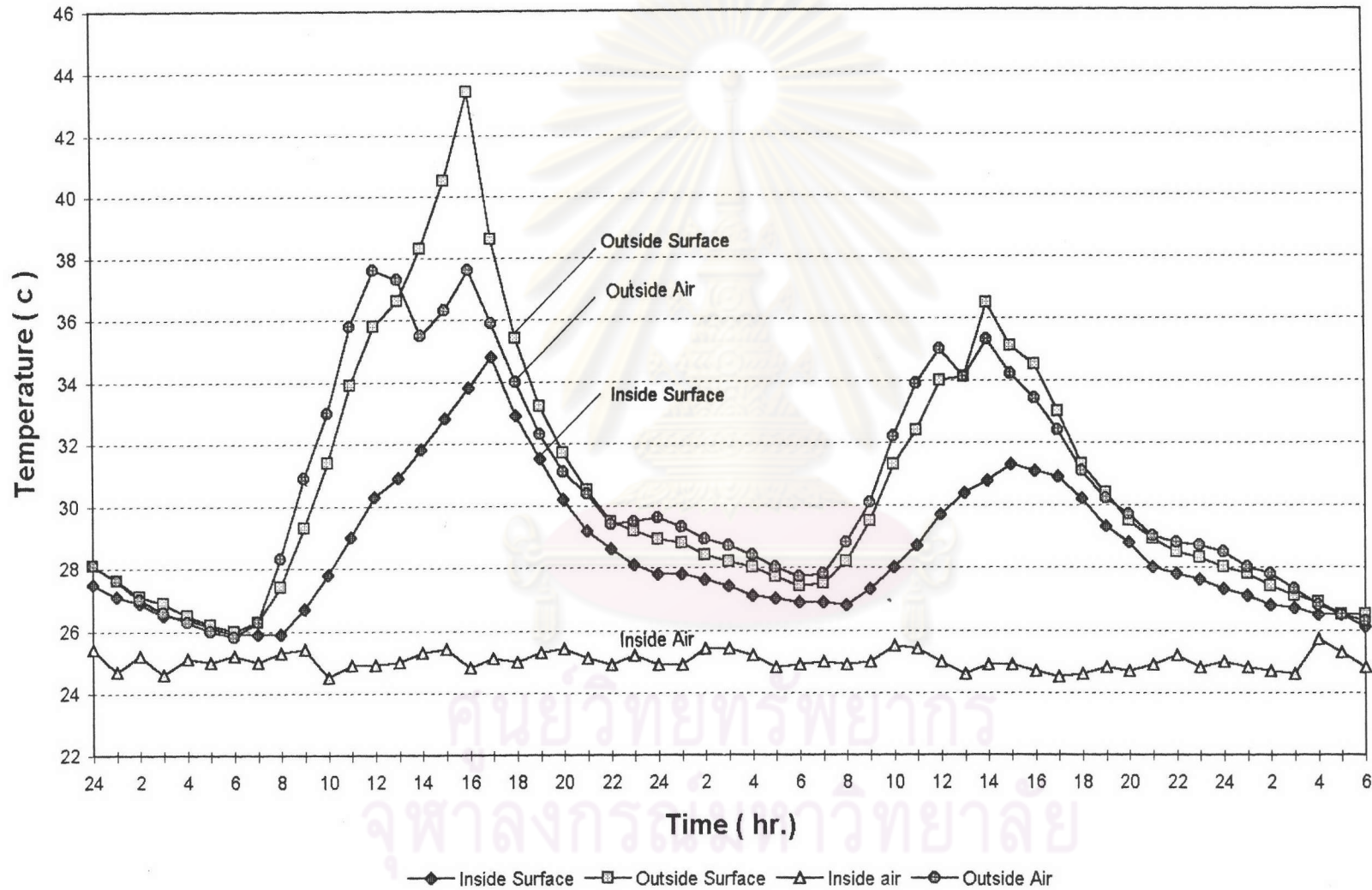
Comparison Surface Temperature Masonry Wall with Reflective Insulation in South



แผนภูมิที่ 24 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในและภายนอกผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี ด้านทิศใต้
วันที่ 21 มี.ค. ถึง 22 มี.ค. 2538

Comparison Surface Temperature

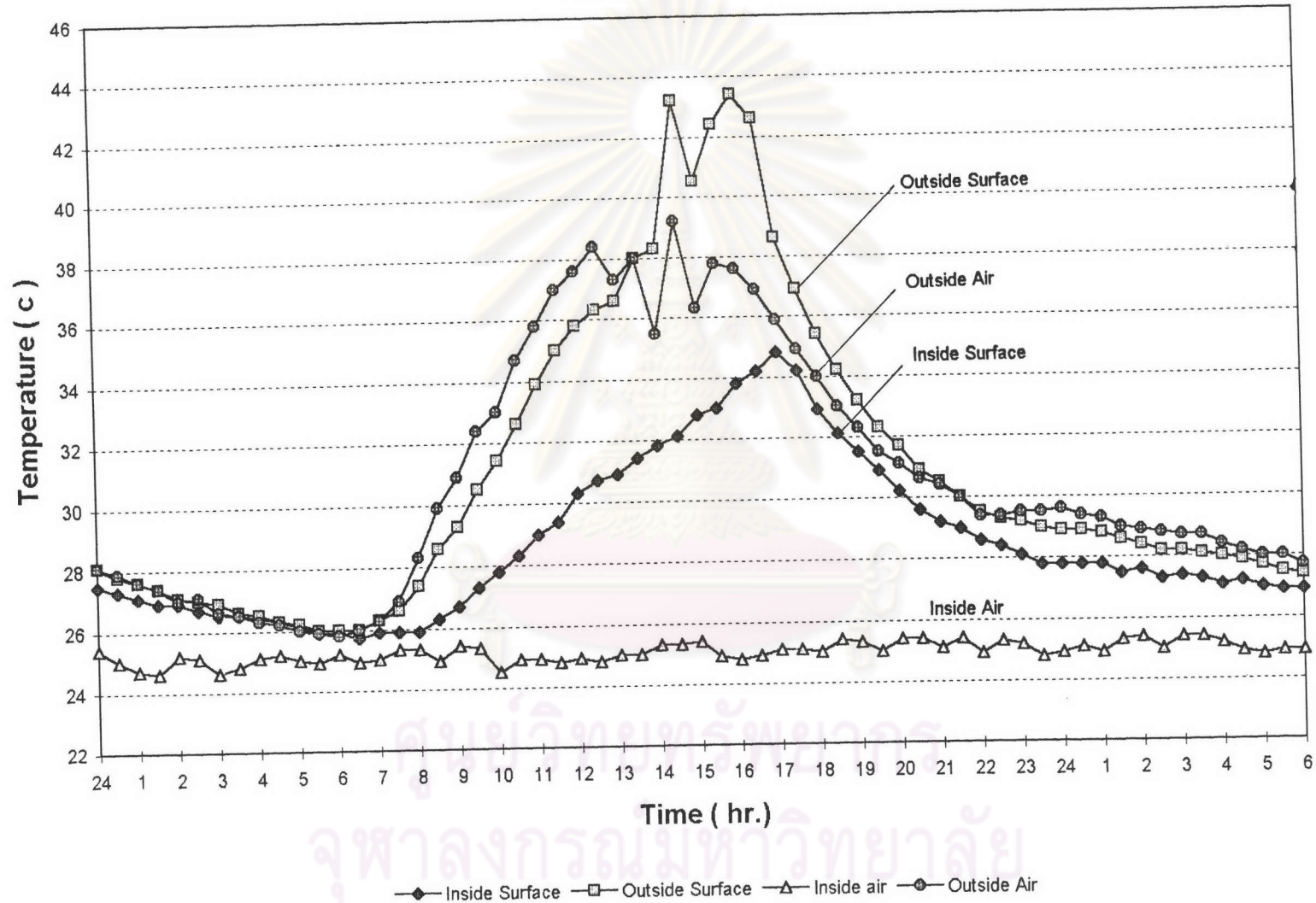
Masonry Wall in West



แผนภูมิที่ 25 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในและภายนอก ผนังก่ออิฐ ด้านทิศตะวันตก

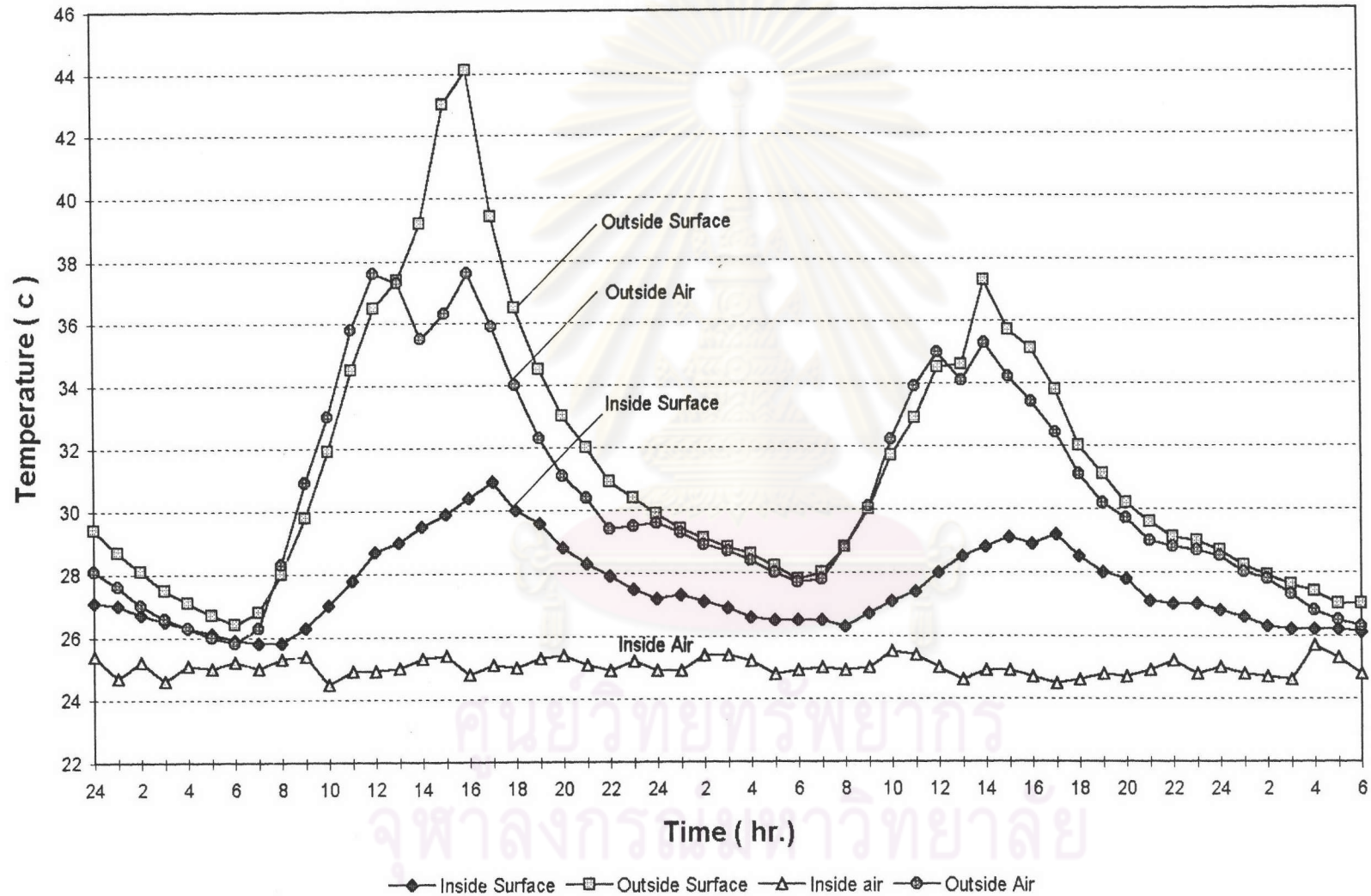
วันที่ 21 มี.ค. ถึง 23 มี.ค. 2538

Comparison Surface Temperature Masonry Wall in West



แผนภูมิที่ 26 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในและภายนอก ผังก่ออิฐ ด้านทิศตะวันตก
วันที่ 21 มี.ค. ถึง 22 มี.ค. 2538

Comparison Surface Temperature Masonry Wall with Reflective Insulation in West

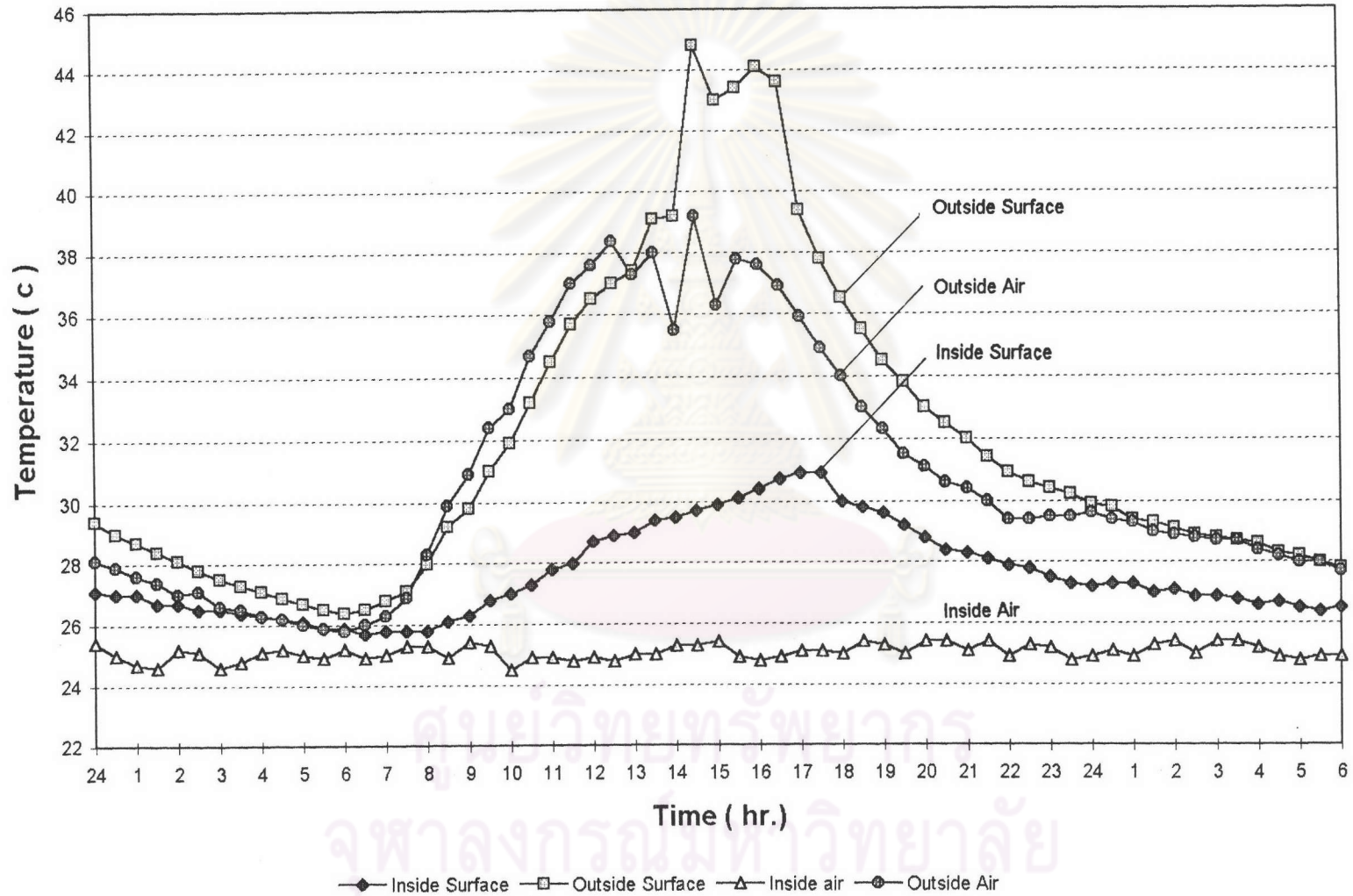


แผนภูมิที่ 27 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในและภายนอก ผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี

ด้านทิศตะวันตก

วันที่ 21 มี.ค. ถึง 23 มี.ค. 2538

Comparison Surface Temperature Masonry Wall with Reflective Insulation in West



แผนภูมิที่ 28 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในและภายนอก ผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี

ด้านทิศตะวันตก

วันที่ 21 มี.ค. ถึง 22 มี.ค. 2538

เปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังก่ออิฐฉาบปูนเปรียบกับผนังที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี

เนื่องจากเก็บข้อมูลในเวลา 3 วัน ตั้งแต่วันที่ 21-23 มีนาคม 2538 พิจารณาจากกราฟ จะเห็นว่า วันที่ 21 มีนาคม 2538 เป็นวันที่มีอุณหภูมิร้อนที่สุด จึงนำข้อมูลของวันที่ 21 มีนาคม 2538 มาพิจารณา

ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว

อุณหภูมิผิวภายใน

มีค่าอุณหภูมิผิวภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกตลอด 24 ชั่วโมงทั้งทางทิศใต้ และในทิศตะวันตก

มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศ 2.4°C ทางทิศใต้
และ 2.4°C ทางตะวันตก

มีค่าอุณหภูมิสูงสุด (Peak Temperature) 32.8°C ในเวลา 14.00 น. ทางทิศใต้
และ 34.8°C ในเวลา 17.00 น. ทางทิศตะวันตก

มีความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด 7.2°C ทางทิศใต้
และ 9.1°C ทางทิศตะวันตก

มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิตลอด 24 ชั่วโมง 29.107°C ทางทิศใต้
และ 29.104°C ทางตะวันตก

อุณหภูมิผิวภายนอก

มีค่าอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ตั้งแต่เวลา 13.00-8.00 น. ในทิศใต้
และ ตั้งแต่เวลา 22.00-3.00 น. , 7.30-13.30 น. ในทิศตะวันตก

มีค่าอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ตั้งแต่เวลา 8.00-13.00 น. ในทิศใต้
และ ตั้งแต่เวลา 3.00-7.30 น. , 13.30-22.00 น. ในทิศตะวันตก

มีค่าอุณหภูมิสูงสุด (Peak Temperature) 39.2°C ในเวลา 13.30 น. ทางทิศใต้
และ 43.4°C ในเวลา 16.00 น. ทางทิศตะวันตก

ความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด 13.6°C ทางทิศใต้
และ 17.4°C ทางทิศตะวันตก

ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวภายนอกตลอด 24 ชั่วโมง 31.5°C ทางทิศใต้
และ 31.9°C ทางทิศตะวันตก

ผนังก้ออิฐฉาบปูน 4 นิ้วติดตั้งระบบป้องกันรังสี

อุณหภูมิผิวภายใน

มีค่าอุณหภูมิผิวภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกตลอด 24 ชั่วโมงทั้งทางทิศใต้ และในทิศตะวันตก

มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศ 3.85°C ทางทิศใต้

และ 3.59°C ทางตะวันตก

มีค่าอุณหภูมิสูงสุด (Peak Temperature) 30.4°C ในเวลา 17.00 น. ทางทิศใต้

และ 30.9°C ในเวลา 17.00 น. ทางทิศตะวันตก

มีความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด 4.9°C ทางทิศใต้

และ 5°C ทางทิศตะวันตก

มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิตลอด 24 ชั่วโมง 27.66°C ทางทิศใต้

และ 27.915°C ทางตะวันตก

อุณหภูมิผิวภายนอก

มีค่าอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ตั้งแต่เวลา 8.00-13.00 น. ในทิศตะวันตก

มีค่าอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ตั้งแต่เวลา 13.00-8.00 น. ในทิศตะวันตก

และ ตลอด 24 ชั่วโมง ในทางทิศใต้

มีค่าอุณหภูมิสูงสุด (Peak Temperature) 40.3°C ในเวลา 13.30 น. ทางทิศใต้

และ 44.8°C ในเวลา 14.30 น. ทางทิศตะวันตก

ความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด 4.3°C ทางทิศใต้

และ 4.5°C ทางทิศตะวันตก

ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวภายนอกตลอด 24 ชั่วโมง 32.617°C ทางทิศใต้

และ 32.815°C ทางทิศตะวันตก

ผลจากการพิจารณา

1. อุณหภูมิผิวภายในของผนังก้ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี มีค่าเฉลี่ยตลอด 24 ชั่วโมงต่ำกว่าอุณหภูมิผิวภายในของผนังก้ออิฐฉาบปูนเรียบ 1.5°C ทางทิศใต้ และ 1.2°C ทางทิศตะวันตก

และ ผนังก้ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี มีค่าอุณหภูมิผิวภายในสูงสุด (Peak Temperature) ต่ำกว่าผนังก้ออิฐฉาบปูนเรียบ 2.4°C ทางทิศใต้ และ 3.9°C ทางทิศตะวันตก

2. อุณหภูมิผิวภายนอกของผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี มีค่าเฉลี่ยตลอด 24 ชั่วโมงสูงกว่าอุณหภูมิผิวภายในของผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ 1.1°C ทางทิศใต้ และ 0.9°C ทางทิศตะวันตก

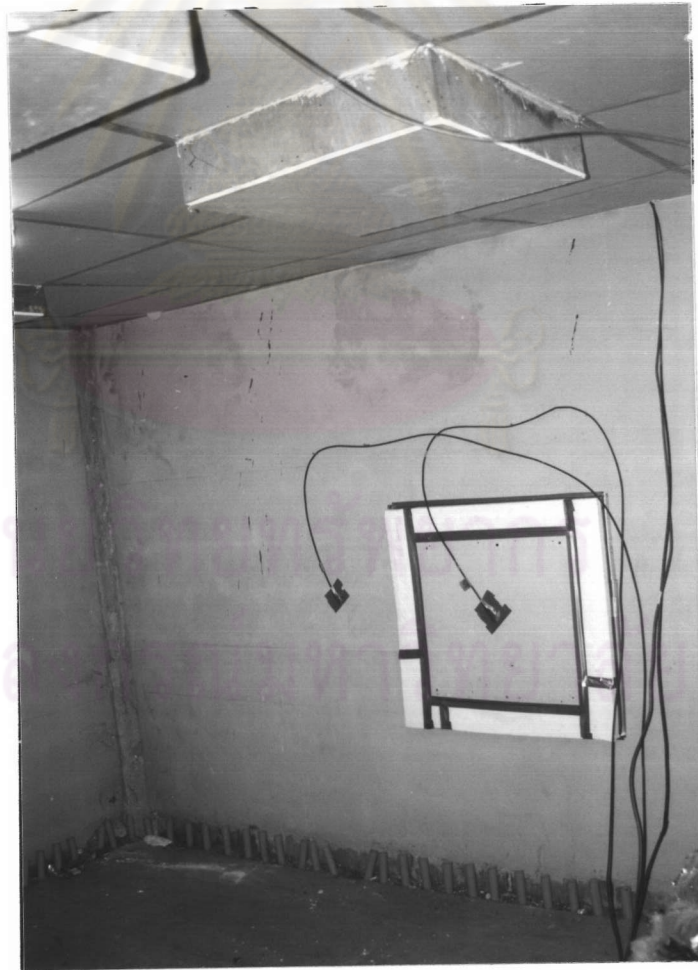
และ ผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี มีค่าอุณหภูมิผิวภายในสูงสุด (Peak Temperature) ต่ำกว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ 1.1°C ทางทิศใต้ และ 1.4°C ทางทิศตะวันตก



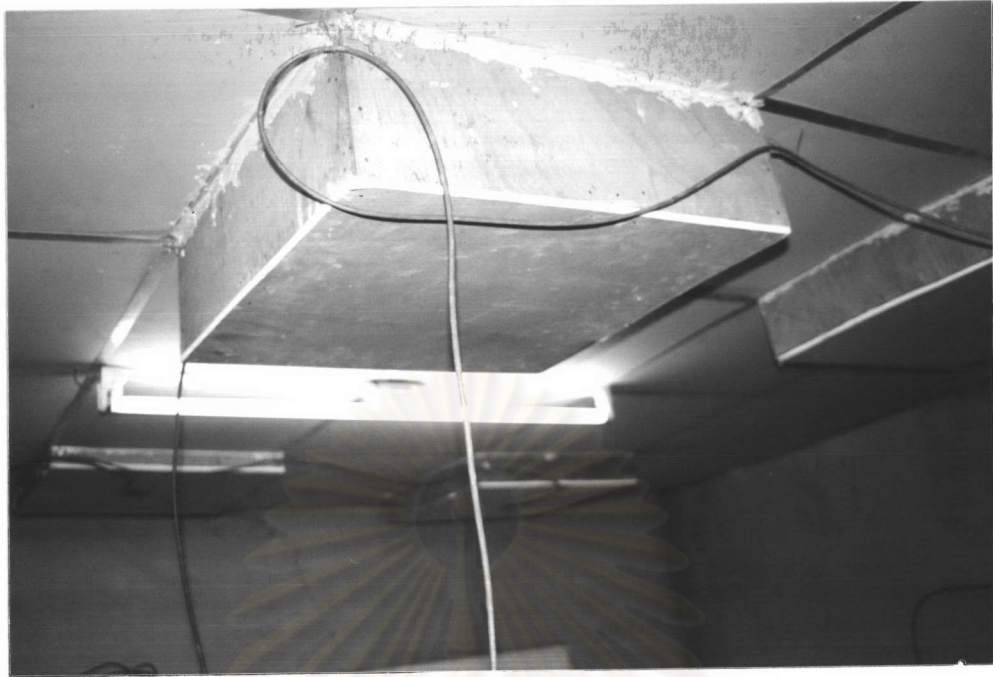
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองขั้นตอนที่ 7

ทดสอบเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนในทิศทาง Horizontal Down ในระยะห่างของช่องอากาศ 4 ระยะ คือ 1.5 นิ้ว, 3.5 นิ้ว, 5 นิ้ว และ 7 นิ้ว มาทดสอบในสภาพแวดล้อมจริงในอาคาร ซึ่งเป็นการทดสอบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศภายนอกจะมีผลต่อประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของระบบป้องกันรังสี ในทิศทาง Horizontal Down อย่างไรบ้าง โดยติดตั้งระบบป้องกันรังสีที่ประกอบด้วย ช่องอากาศ และ ยิปซัมบอร์ดหนา 9 มม. ชนิดมีอลูมิเนียมฟอยล์ ติดตั้งได้ระดับฝ้าเพดานในอาคารจริงที่ปรับอุณหภูมิอากาศภายในห้องให้คงที่



รูปที่ 33 แสดงสภาพแวดล้อมทั่วไปภายในห้อง



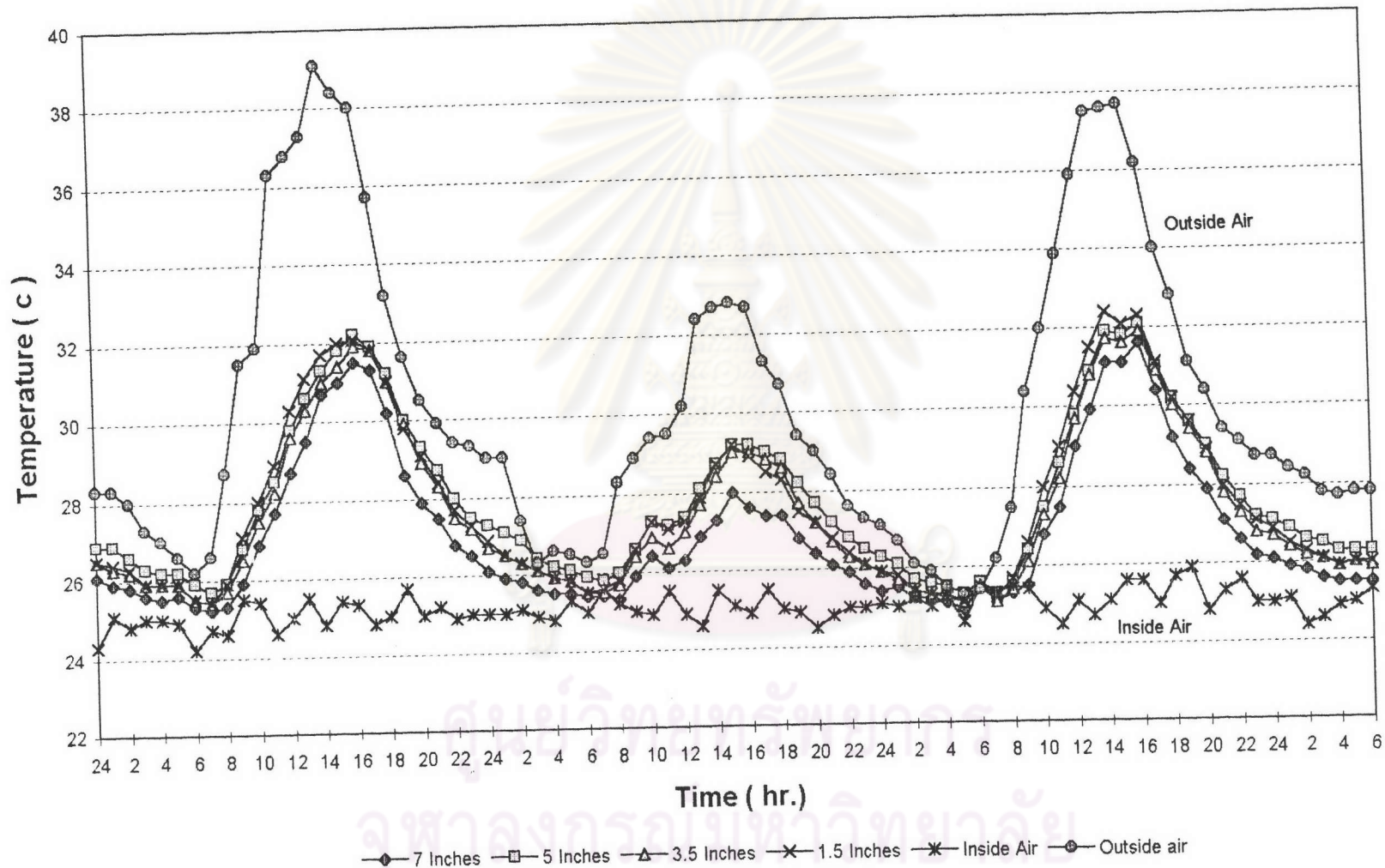
รูปที่ 34 แสดงการติดตั้งระบบป้องกันรังสีในระยะห่างของช่องอากาศต่างๆได้ฝ้าเพดาน



รูปที่ 35 แสดงการติดตั้งสาย Thermo Couple Type "J" ที่ฉนวนวัสดุ



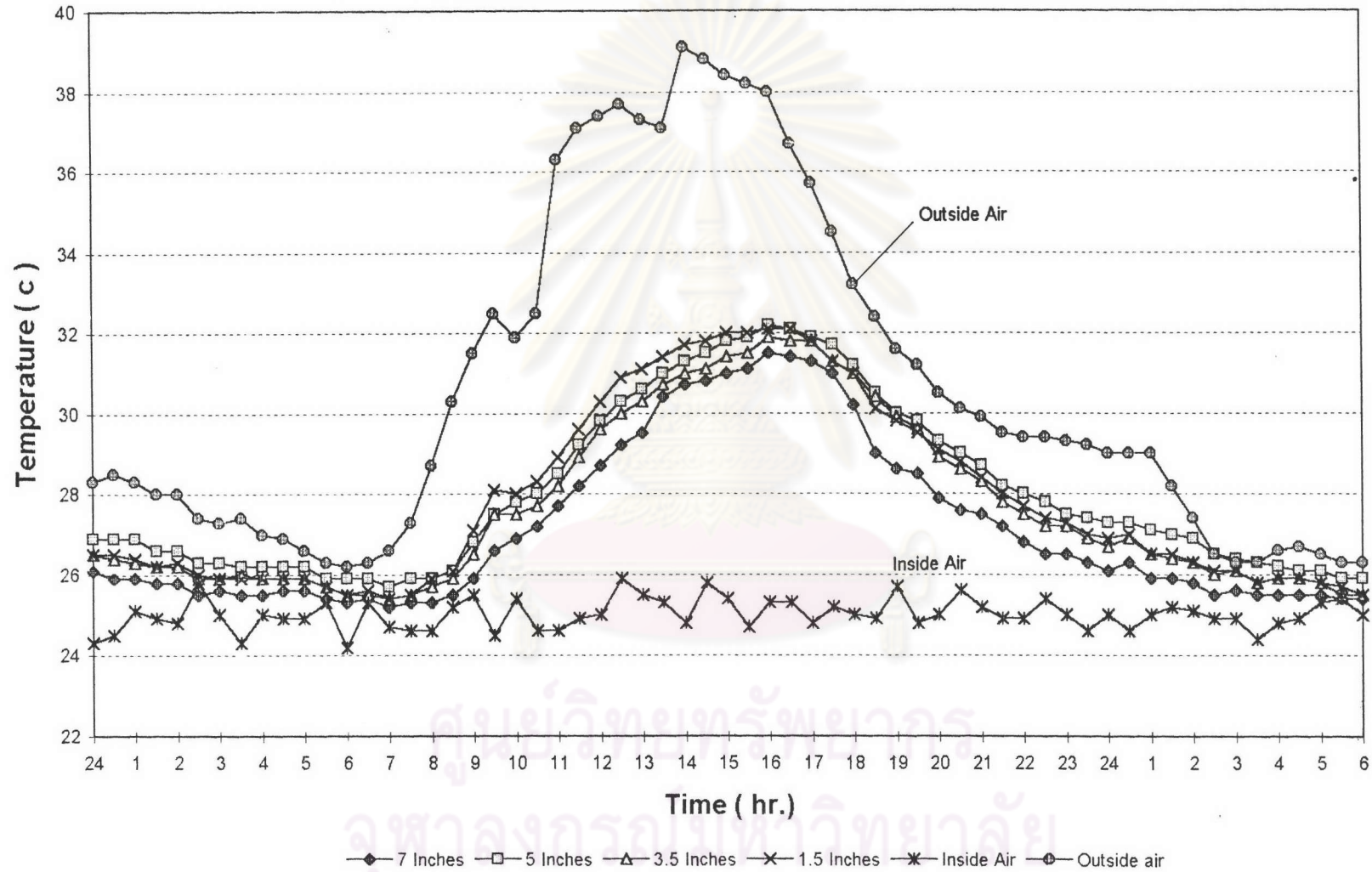
Comparison Inside Surface Temperature Thickness of Air Spaces in Horizontal Down Direction



แผนภูมิที่ 29 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายใน ระยะห่างของช่องอากาศในทิศทาง Horizontal Down
วันที่ 25 มี.ค. ถึง 28 มี.ค. 2538

Comparison Inside Surface Temperature

Thickness of Air Spaces in Horizontal Down Direction

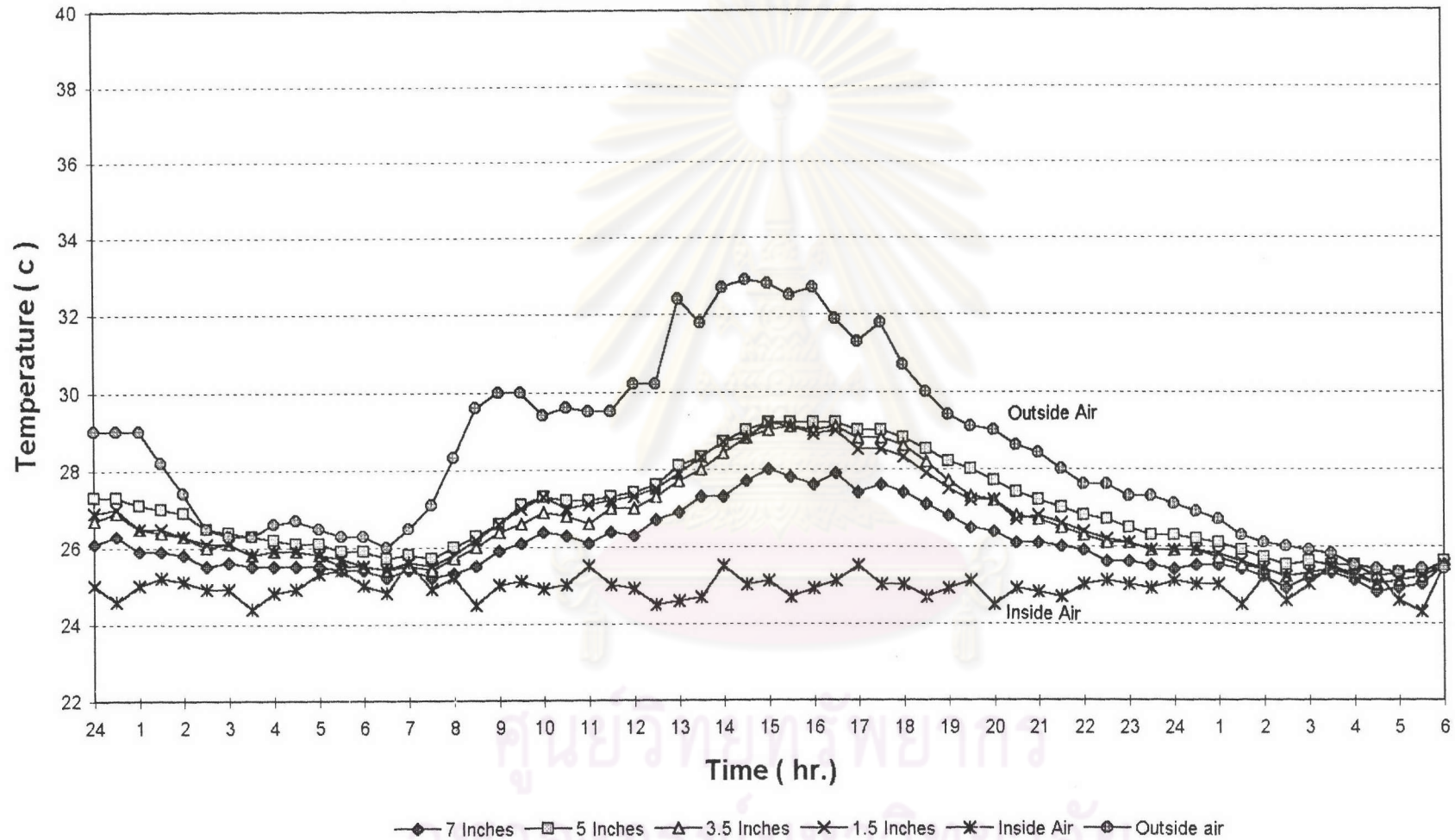


แผนภูมิที่ 30 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายใน ระยะห่างของช่องอากาศในทิศทาง Horizontal Down

วันที่ 25 มี.ค. ถึง 26 มี.ค. 2538

Comparison Inside Surface Temperature

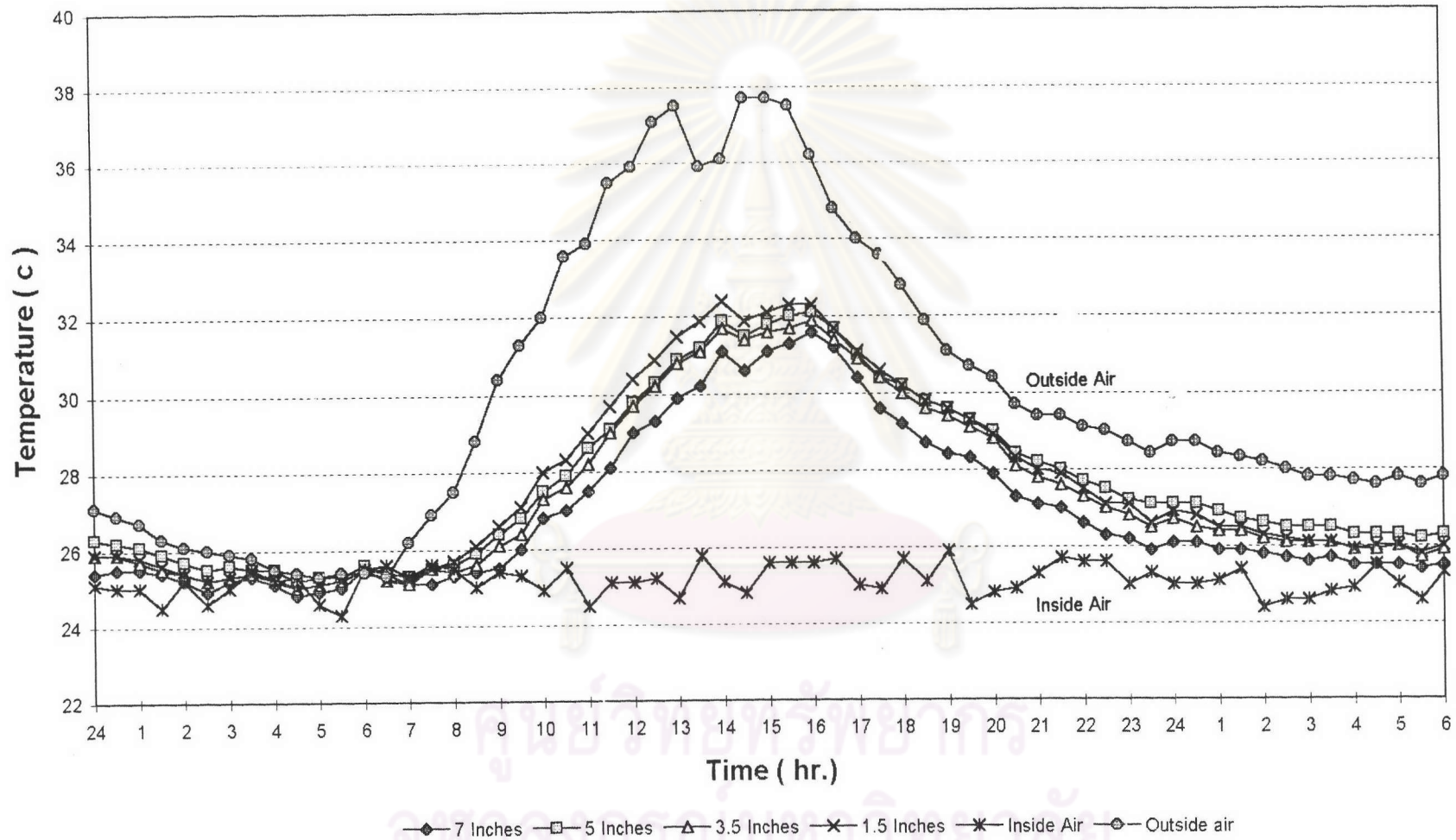
Thickness of Air Spaces in Horizontal Down Direction



แผนภูมิที่ 31 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายใน ระยะห่างของช่องอากาศในทิศทาง Horizontal Down

วันที่ 26 มี.ค. ถึง 27 มี.ค. 2538

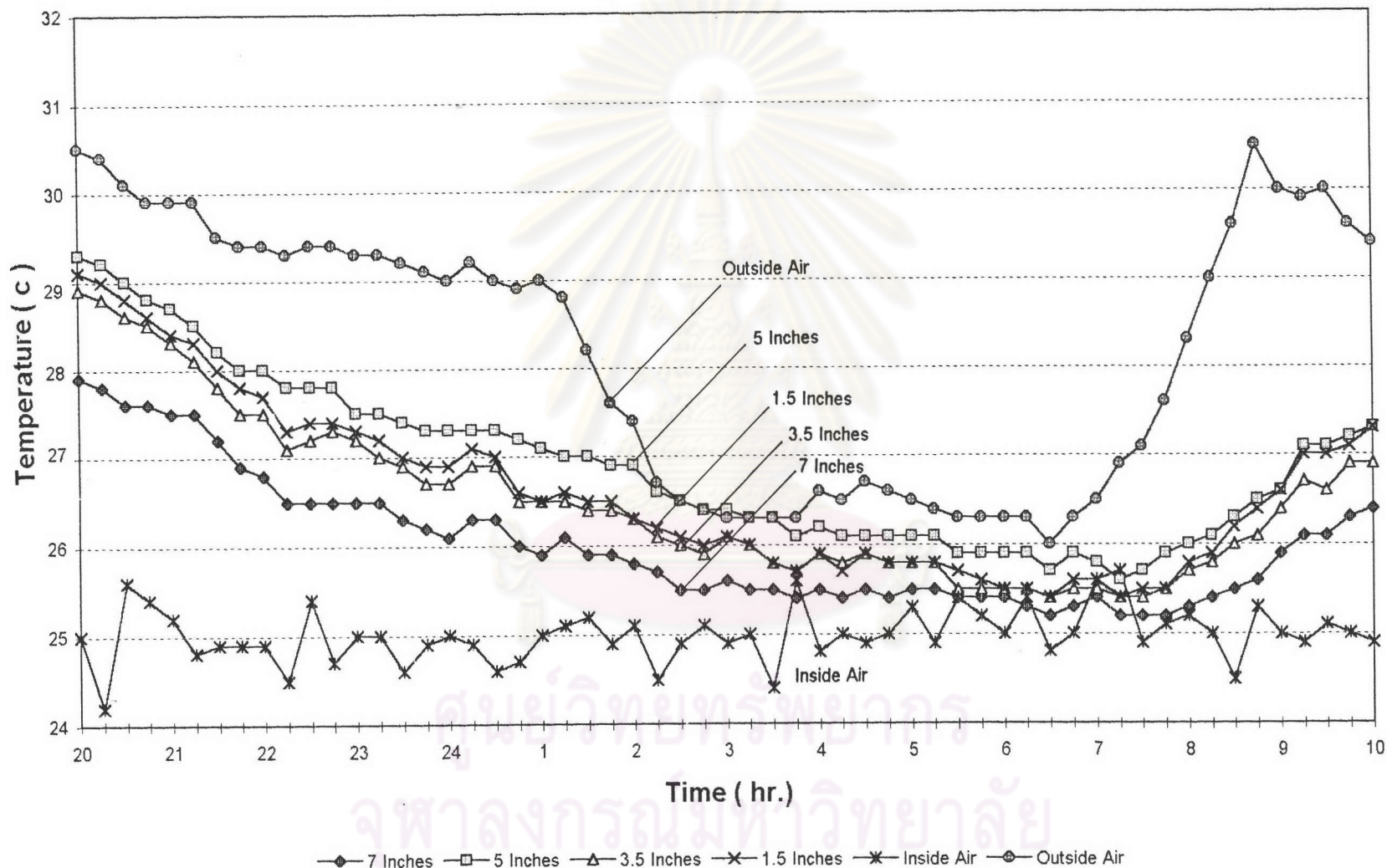
Comparison Inside Surface Temperature Thickness of Air Spaces in Horizontal Down



แผนภูมิที่ 32 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายใน ระยะห่างของช่องอากาศในทิศทาง Horizontal Down

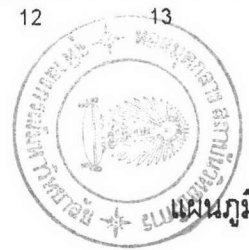
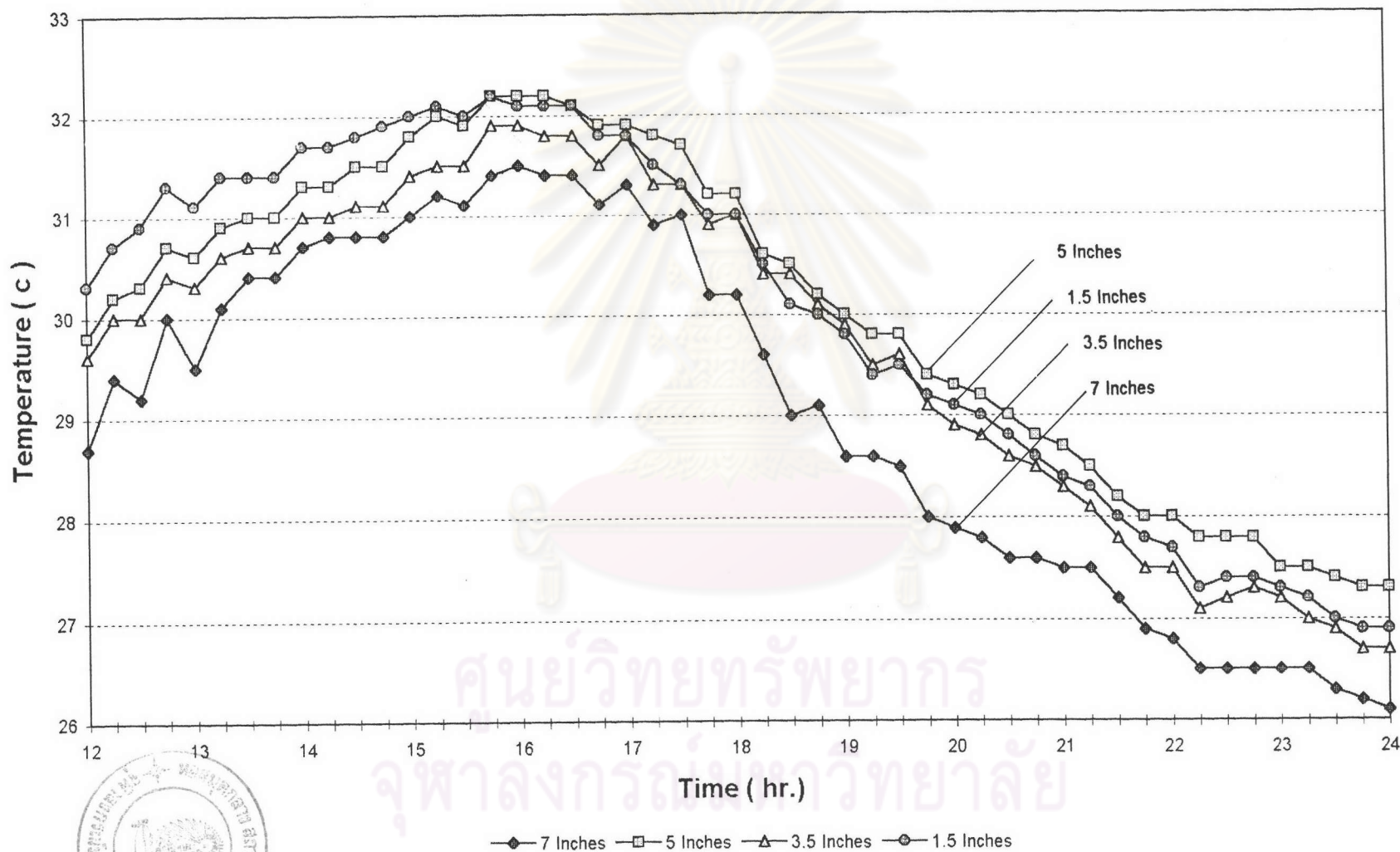
วันที่ 27 มี.ค. ถึง 28 มี.ค. 2538

Comparison Inside Surface Temperature Thickness of Air Spaces in Horizontal Down Direction



แผนภูมิที่ 33 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายใน ระยะห่างของช่องอากาศในทิศทาง Horizontal Down
วันที่ 25 มี.ค. ถึง 26 มี.ค. 2538

Comparison Inside Surface Temperature
 Thickness of Air Spaces in Horizontal Down Direction



แผนภูมิที่ 34 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายใน ระยะห่างของช่องอากาศในทิศทาง Horizontal Down

วันที่ 25 มี.ค. 2538

เปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนผ่านทิศทาง Horizontal Down ในระยะห่างของช่องอากาศ 7 นิ้ว, 5 นิ้ว, 3.5 นิ้ว และ 1.5 นิ้ว

อุณหภูมิผิวภายในมีความแตกต่างกันดังนี้

ระยะห่างของช่องอากาศ 7 นิ้ว	มีอุณหภูมิผิวภายในเฉลี่ย 27.601°C ในวันที่ 25/3/38
	26.259°C ในวันที่ 26/3/38
	27.367°C ในวันที่ 27/3/38
ระยะห่างของช่องอากาศ 5 นิ้ว	มีอุณหภูมิผิวภายในเฉลี่ย 28.464°C ในวันที่ 25/3/38
	27.278°C ในวันที่ 26/3/38
	28.107°C ในวันที่ 27/3/38
ระยะห่างของช่องอากาศ 3.5 นิ้ว	มีอุณหภูมิผิวภายในเฉลี่ย 28.129°C ในวันที่ 25/3/38
	26.896°C ในวันที่ 26/3/38
	27.862°C ในวันที่ 27/3/38
ระยะห่างของช่องอากาศ 1.5 นิ้ว	มีอุณหภูมิผิวภายในเฉลี่ย 28.388°C ในวันที่ 25/3/38
	26.959°C ในวันที่ 26/3/38
	28.154°C ในวันที่ 27/3/38

ผลจากการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายใน ระยะห่างของช่องอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดคือ 7 นิ้ว ส่วนระยะห่าง 5 นิ้ว, 3.5 นิ้ว และ 1.5 นิ้ว มีความแตกต่างกันน้อยมาก และมีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่ใกล้เคียงกัน ในเวลา 1.00-9.00 น. และ 15.00-20.00 น. มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนไม่สม่ำเสมอ มีการสลับกันในระยะห่างของช่องอากาศ 5 นิ้ว, 3.5 นิ้ว และ 1.5 นิ้ว โดยมีการเปลี่ยนแปลงไปตามความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิอากาศภายในที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งวัน

สมมติฐานข้อที่ 2 ภายในสภาพภูมิอากาศภายนอกที่มีอิทธิพลของ ลม, แดด, ฯลฯ การถ่ายเทความร้อนของระบบป้องกันรังสีในทิศทาง Horizontal Down จะมีประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนที่ไม่คงที่ขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิอากาศภายใน เป็นจริง

การวิเคราะห์พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังก่ออิฐฉาบปูนเปรียบเทียบกับผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี

ขั้นตอนในการเปรียบเทียบแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน

1. เปรียบเทียบปริมาณความร้อนจริงที่ถ่ายเทผ่านผนังภายนอกเข้าสู่อาคาร
2. เปรียบเทียบปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ในการขจัดปริมาณความร้อนที่เกิดจากข้อ 1.
3. เปรียบเทียบมูลค่าของพลังงานที่ต้องใช้ในแต่ละปี

ข้อกำหนดในการวิเคราะห์เปรียบเทียบ

1. เนื่องจากอาคารแต่ละประเภทมีจุดประสงค์ในการใช้งานแตกต่างกันไป วัสดุชนิดหนึ่งอาจเหมาะกับอาคารประเภทหนึ่งแต่ไม่เหมาะกับอาคารอีกประเภทหนึ่ง ในการเปรียบเทียบจึงพิจารณาเฉพาะในด้าน Thermal Performance

2. การเปรียบเทียบจะแยกตามเวลาการใช้งานโดยทั่วไปของอาคาร โดยแยกเป็น สำหรับช่วงกลางวัน (Office Hour) ตั้งแต่ 8.00–17.00 น. และเวลากลางคืน (Home Hour) ตั้งแต่ 18.00–6.00 น โดยสำหรับช่วงเวลากลางวันจะคิดเฉพาะวันทำงาน (สัปดาห์ละ 5 วัน)

3. เนื่องจากการคำนวณขนาดเครื่องปรับอากาศจะต้องคิดในช่วง Peak Load ดังนั้นจึงใช้ค่าที่วัดได้เป็นค่าสูงสุดตลอดปี

4. การคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการปรับอากาศ

สำหรับเครื่องปรับอากาศทั่วไปที่ใช้ในประเทศไทย ใช้มาตรฐานความสามารถของเครื่องปรับอากาศที่ 1.4 Kw / Ton นั่นคือในการลดความร้อนที่เกิดขึ้น 12,000 Btu จะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 1.4 Kw หรือ 4,776 Btu

ประสิทธิภาพของพลังงานที่ใช้จริง (Coefficient of Performance) หรือ COP

$$\text{จากสูตร} \quad \text{COP} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}}$$

โดยที่ Output = พลังงานที่ได้จากการทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศ

ขนาด 1 ตัน (Cooling Load) เท่ากับ 12,000 Btu / hr.sq.ft

Input = พลังงานที่ใช้ในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตัน

เท่ากับ 1.4 Kw / Ton หรือ 4,776 Btu

$$\text{COP} = \frac{12,000}{4,776} = 2.51$$

5. ในการวิเคราะห์การใช้พลังงานถือว่าประสิทธิภาพของพลังงานที่ใช้จริง (COP) มีค่าคงที่ตลอด 24 ชั่วโมงการใช้งานเครื่องปรับอากาศ

6. อัตราค่าไฟฟ้าสำหรับอาคารในประเทศไทย คิดในราคา 1.07 บาทต่อ 1 หน่วย (1 หน่วย = 1 Kw.hr หรือ 3,412 Btu.hr)

ประเภท	Time of Day Rate		Energy Charge (Baht / Unite)
		Demand Charge (Baht / Kw / Month)	
กิจการขนาดใหญ่ 11-33 Kw.	Peak	305	1.07
	Partial Peak	63	1.07
	Off Peak	0	1.07

ที่มา เอกสารการไฟฟ้าแห่งประเทศไทย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. เปรียบเทียบปริมาณความร้อนจริงที่ถ่ายเทผ่านผนังภายนอกเข้าสู่อาคาร

การหาปริมาณความร้อนจากสูตร

$$Q = U * A * CLTD$$

แต่ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

1. อุณหภูมิผิวภายใน
2. อุณหภูมิผิวภายนอก

ดังนั้นสามารถเขียนสูตรเป็น

$$Q = C_1 * A * (T_{\text{Outside Surface}} - T_{\text{Inside Surface}}) \dots \dots \dots (1)$$

และ $Q = C_2 * A * (T_{\text{Inside Surface}} - T_{\text{Inside Air}}) \dots \dots \dots (2)$

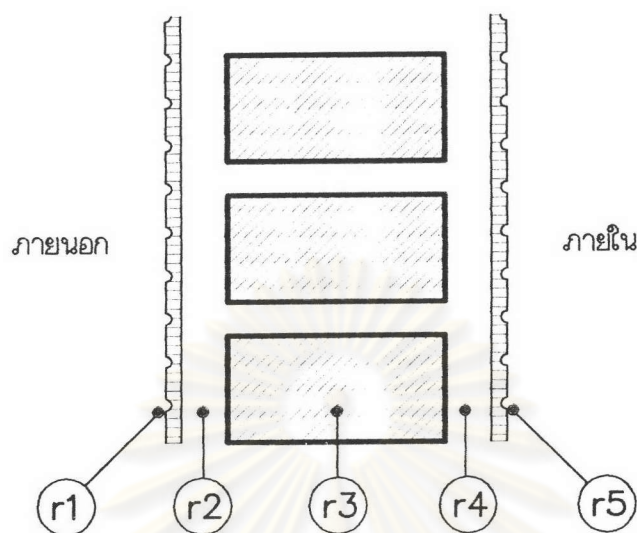
โดยที่ $C_1 =$ อัตราการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านวัสดุโดยคิดความร้อนผ่านผิววัสดุภายนอกเข้าสู่ผิววัสดุภายใน

$C_2 =$ อัตราการถ่ายเทความร้อนรวมผ่าน Surface Air Film โดยคิดความร้อนผ่านผิววัสดุภายในเข้าสู่อากาศภายในห้องภายใน

ในการเปรียบเทียบจะวิเคราะห์เป็น 2 กรณี โดยสูตรที่ 1 เป็นการหาปริมาณความร้อนที่ต้องอาศัยค่า R ของวัสดุจากการเปิดตาราง ส่วนการหาปริมาณความร้อนจากสูตรที่ 2 เป็นปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจริงโดยใช้ค่า R จาก Surface Air Film Resistance

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคิดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน " U " ของผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ 4 นิ้ว



รูปที่ 36 แสดงการคิดค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังก่ออิฐ 4 นิ้ว

หาค่า ΣR (ความต้านทานรวม) ของผนังก่ออิฐฉาบปูน โดยใช้ข้อมูลจากหนังสือ ASHRAE , 1993

R1	Outside Air Film (15 M.P.H.)	=	0.17
R2	Cement Mortar	= $\frac{1.5/2.54}{5}$	= 0.118
R3	Brick	= $\frac{7/2.54}{5}$	= 0.55
R4	Cement Mortar	=	0.118
R5	Inside Air Film	=	0.68

$$\Sigma R_{1-5} = 1.636$$

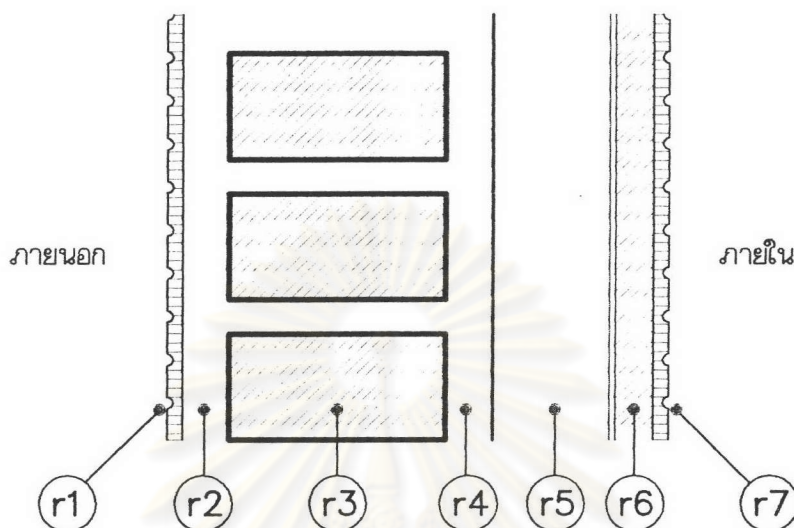
$$U = 1/\Sigma R = 1/1.636 = 0.611$$

$$\Sigma R_{2-4} = 0.786$$

$$C1 = 1/R = 1/0.786 = 1.272$$

$$C2 = 1/R = 1/0.68 = 1.47$$

การคิดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน " U " ของผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ 4 นิ้ว ที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี



รูปที่ 37 แสดงการคิดค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังก่ออิฐ 4 นิ้วที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี

หาค่า ΣR (ความต้านทานรวม) ของผนังก่ออิฐฉาบปูน โดยใช้ข้อมูลจากหนังสือ ASHRAE , 1993

R1	Outside Air Film (15 M.P.H.)	=	0.17
R2	Cement Mortar	=	0.118
R3	Brick	=	0.55
R4	Cement Mortar	=	0.118
R5	Reflective Air Space	=	3.66
R6	Gypsum 12 mm.	=	0.45
R7	Inside Air Film	=	0.68

$$\Sigma R_{1-7} = 5.746$$

$$U = 1/\Sigma R = 1/5.746 = 0.174$$

$$\Sigma R_{2-6} = 4.896$$

$$C1 = 1/R = 1/4.896 = 0.204$$

$$C2 = 1/R = 1/0.68 = 1.47$$

Comparison Heat Gain (Btu/hr.sq.ft)

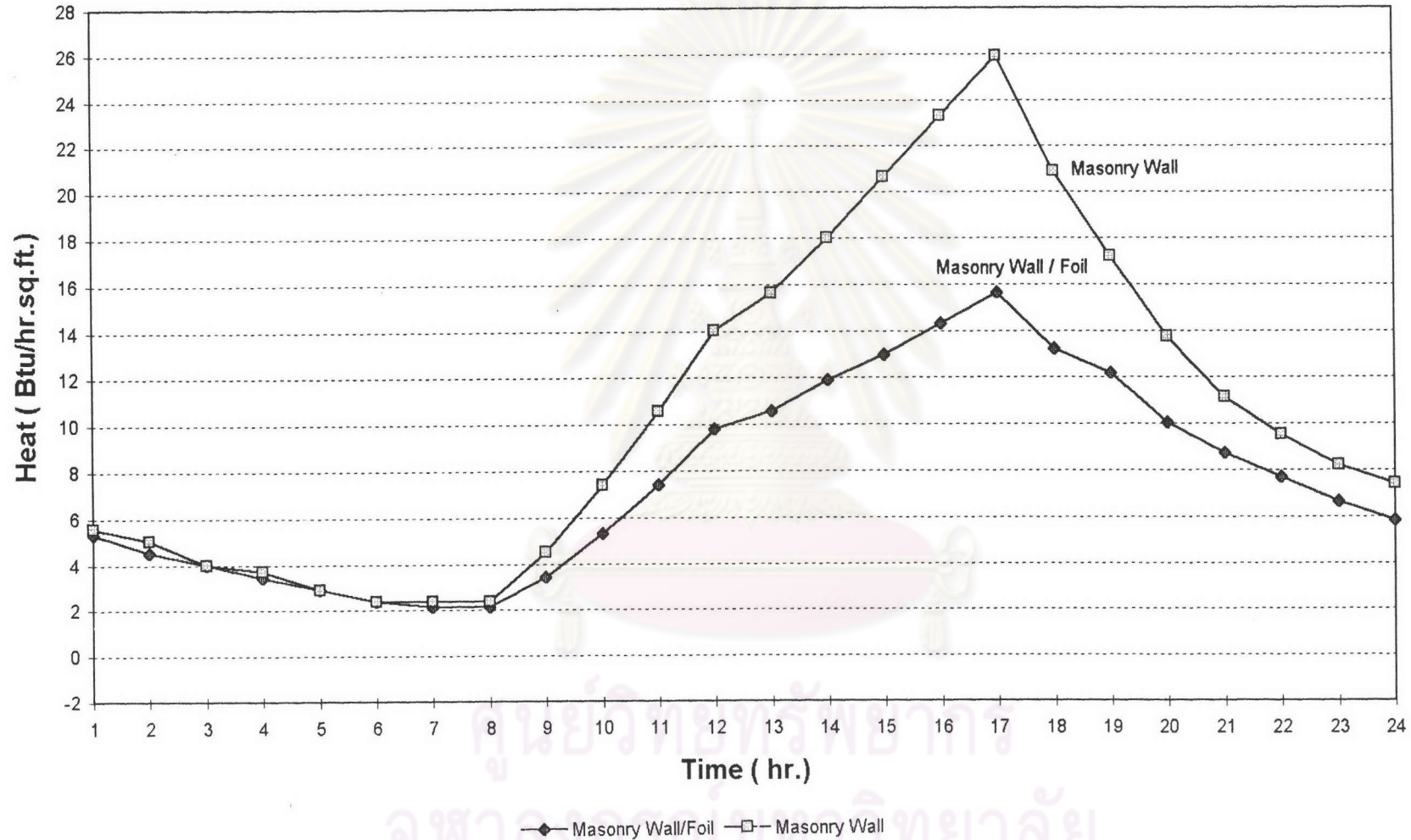
Time	Calculate		Actual	
	Masonry/Foil	Masonry Wall	Masonry/Foil	Masonry Wall
1.00	0.6242	1.1448	5.292	5.556
2.00	0.514	0.4579	4.4982	5.0274
3.00	0.3672	0.9158	3.969	3.969
4.00	0.2937	0.2289	3.4398	3.7044
5.00	0.2203	0.2289	2.91	2.91
6.00	0.1836	0.2289	2.3814	2.3814
7.00	0.3672	0.9158	2.1168	2.3814
8.00	0.8078	3.4344	2.1168	2.3814
9.00	1.2852	5.9529	3.4398	4.4982
10.00	1.7992	8.2425	5.292	7.4088
11.00	2.4602	11.219	7.4088	10.584
12.00	2.8641	12.5928	9.7902	14.0238
13.00	3.0844	13.0507	10.584	15.6114
14.00	3.5618	14.8824	11.907	17.9928
15.00	4.8103	17.6299	12.9654	20.6388
16.00	5.0306	21.9801	14.2884	23.2848
17.00	3.1212	8.7004	15.6114	25.9308
18.00	2.3868	5.724	13.23	20.9034
19.00	1.7992	3.8923	12.1716	17.199
20.00	1.5422	3.4344	10.0548	13.7592
21.00	1.3586	2.9764	8.7318	11.1132
22.00	1.1016	2.0606	7.6734	9.5256
23.00	1.0648	2.5185	6.615	8.2026
24.00	0.9914	2.5185	5.8212	7.4088
Total	41.6396	144.9308	182.3088	256.3962

Operating Time

08.00-17.00	28.8248	117.6851	93.4038	142.3548
18.00-06.00	12.4476	26.3299	86.7882	111.66

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณความร้อนที่ผ่านผนังก่ออิฐและผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี

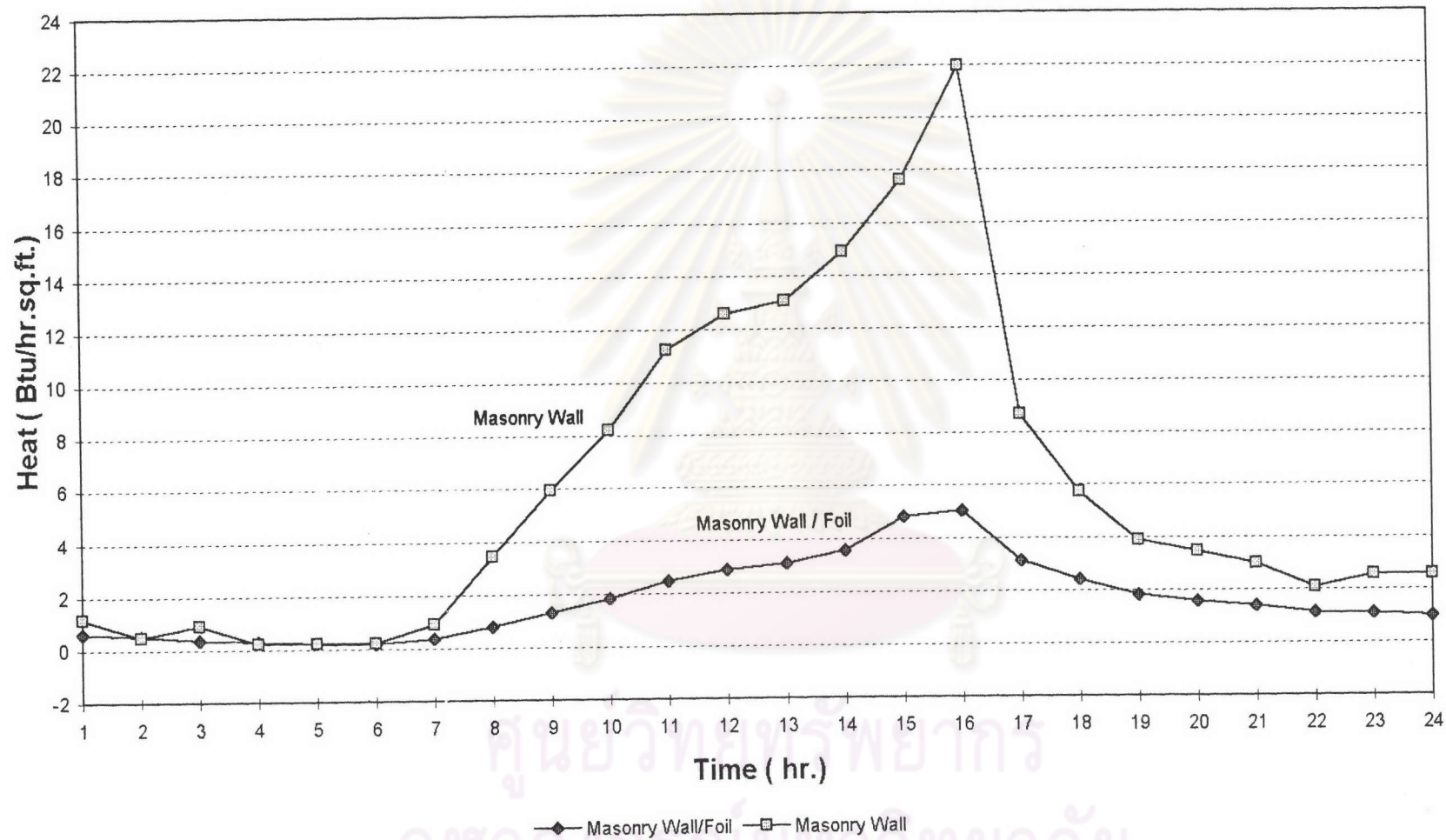
Heat Gain Comparison
Measurement - Masonry Wall with Foil and Masonry Wall



แผนภูมิที่ 35 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนจริงที่ผ่านผนังก่ออิฐ และผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี

Heat Gain Comparison

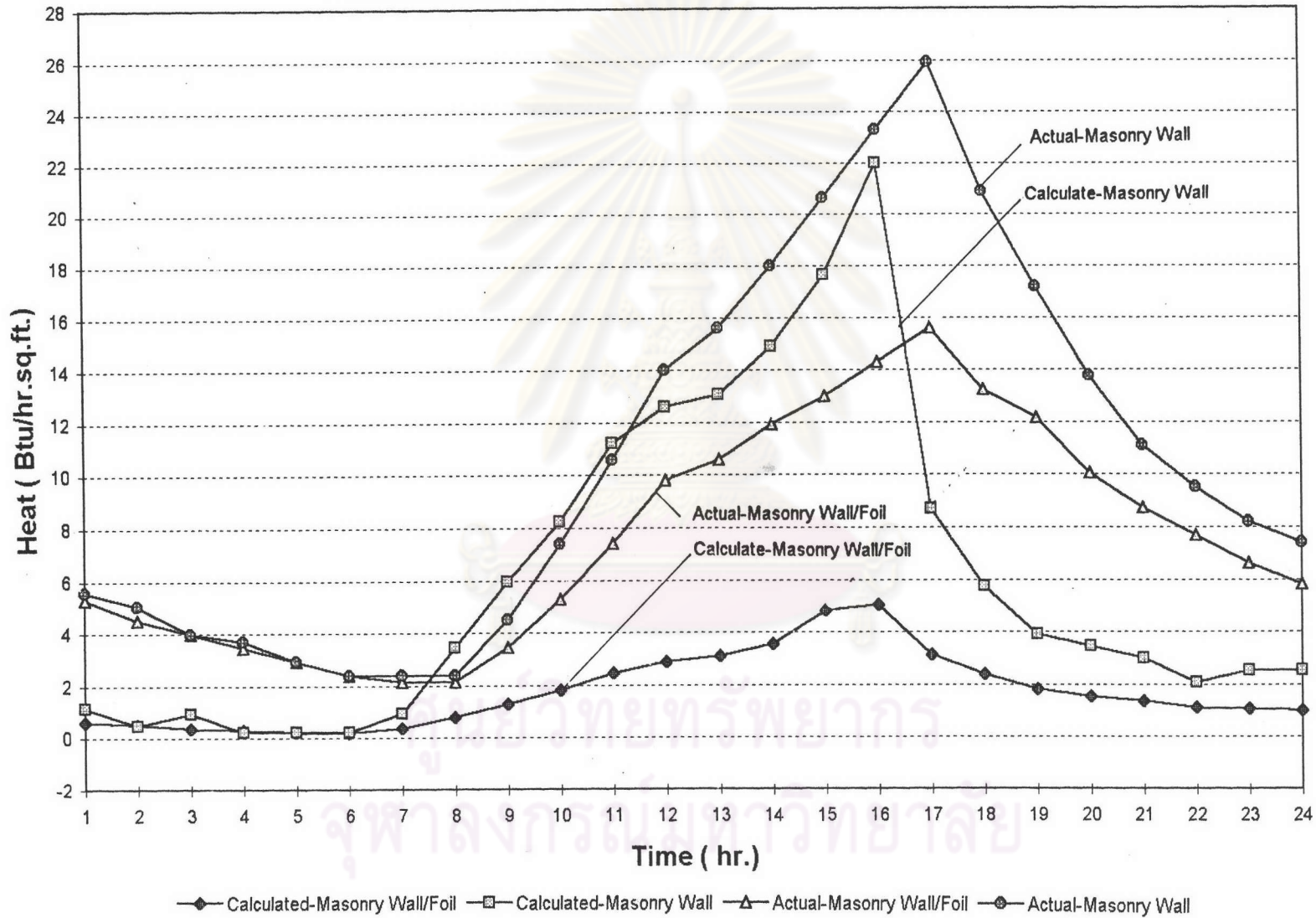
Calculation - Masonry Wall with Foil and Masonry Wall



แผนภูมิที่ 36 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนจากการคำนวณที่ผ่าน

ผนังก่ออิฐและผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี

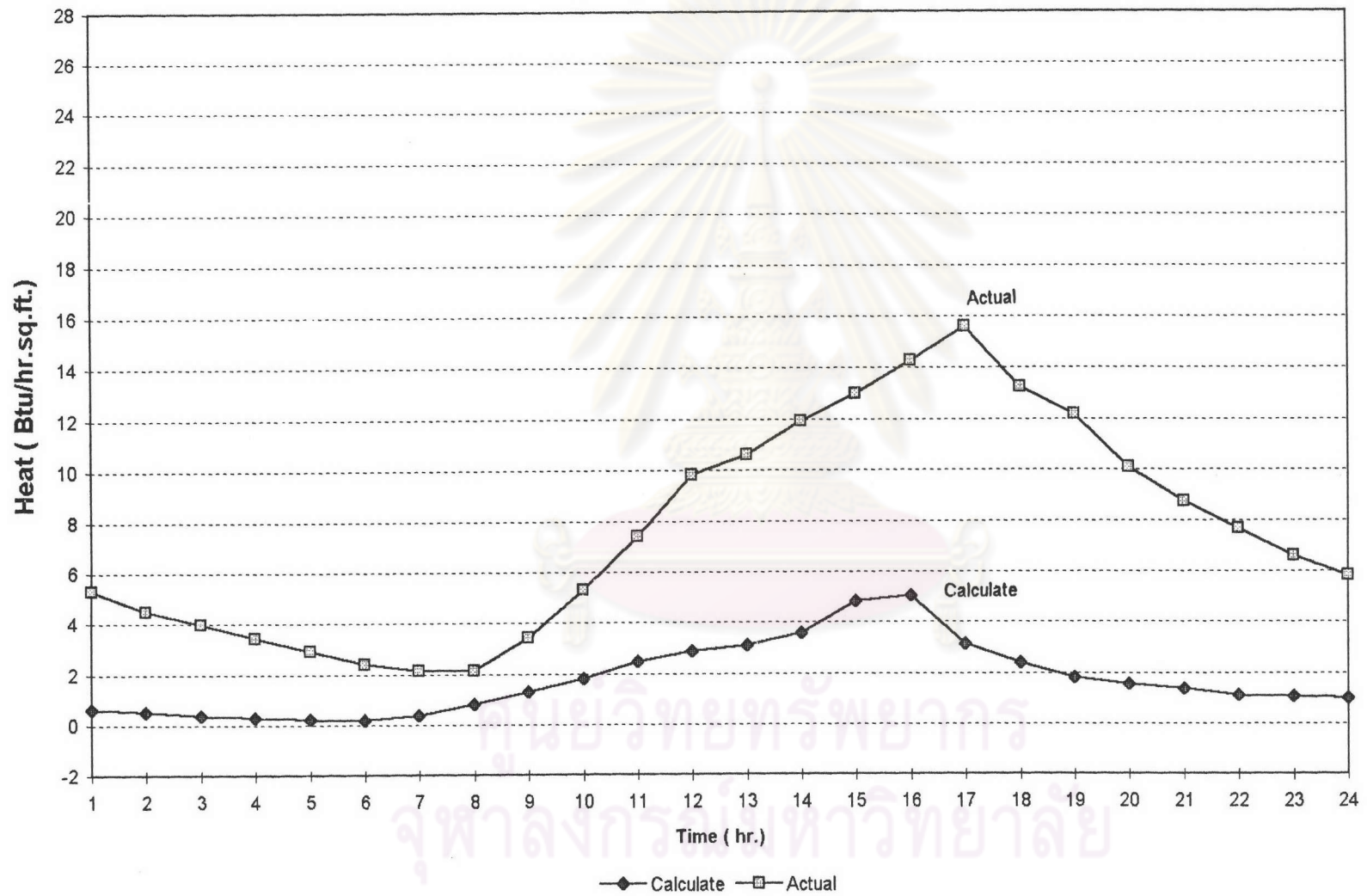
Heat Gain Comparison Measurement and Calculation



แผนภูมิที่ 37 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนจริงและปริมาณความร้อนจากการคำนวณ

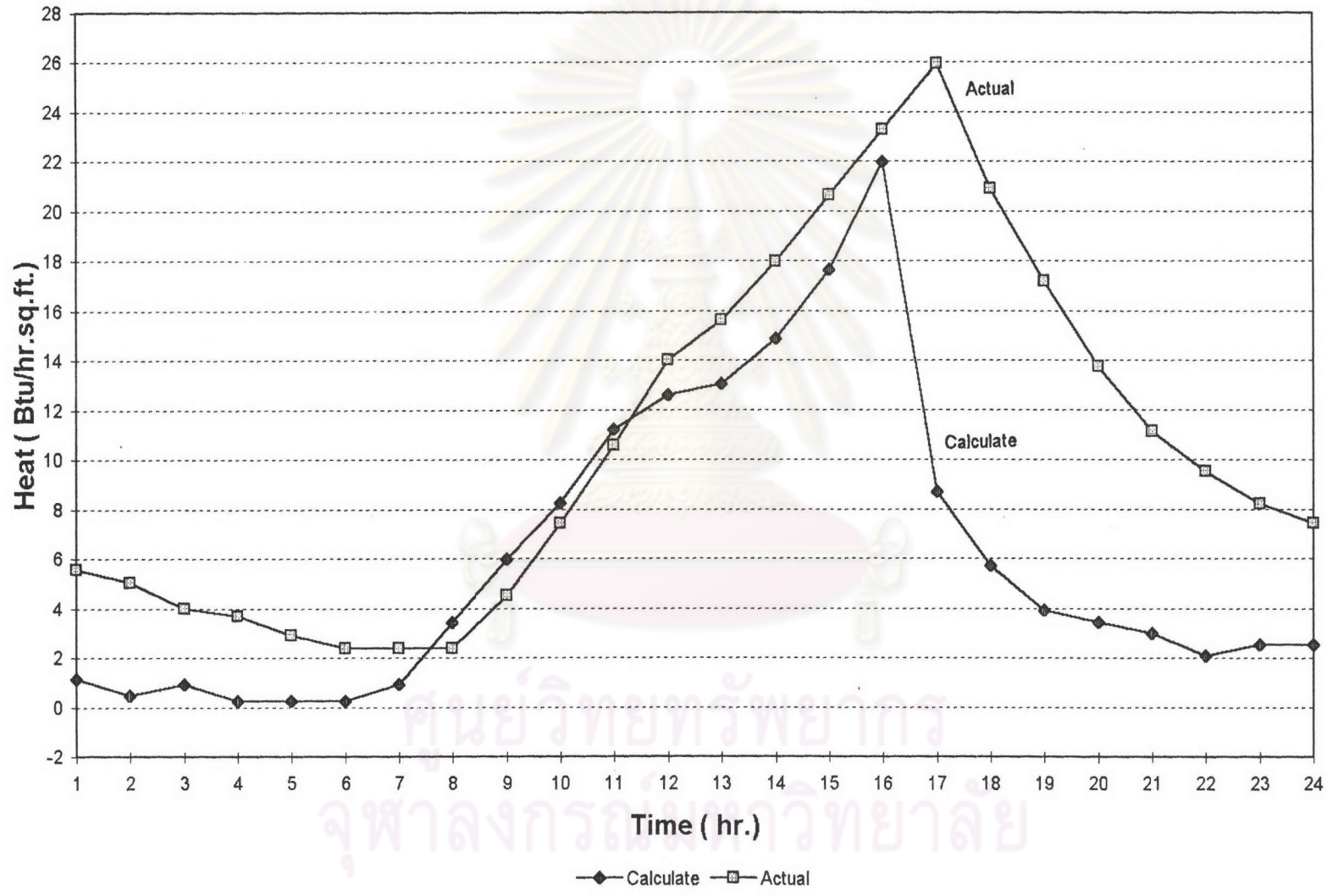
✓ 35

Heat Gain Comparison Measurement and Calculation - Masonry Wall with Foil



แผนภูมิที่ 38 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนจริงและปริมาณความร้อนจากการคำนวณของผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี

Heat Gain Comparison Measurement and Calculation - Masonry Wall



แผนภูมิที่ 39 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความร้อนจริงและปริมาณความร้อนจากการคำนวณของผนังก่ออิฐ

ผลการทดสอบเปรียบเทียบ

ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจริงโดยใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิผิวภายในและอากาศภายใน มีค่ามากกว่าปริมาณความร้อนที่เกิดจากการใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิผิวนอกและผิวภายใน เพราะในการคำนวณ (สูตรที่ 1) จะต้องอาศัยข้อมูลจากตารางซึ่งอาจคลาดเคลื่อนได้และยังไม่มีกำหนดหน่วงเหนี่ยวความร้อนของผนัง (Time Lag) ดังนั้นในการเปรียบเทียบผนังก่ออิฐและผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสีจึงใช้ค่าปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจริงที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิผิวนอกและอุณหภูมิอากาศภายใน

$$Q = C2 * A * (T_{\text{inside surface}} - T_{\text{inside Air}})$$

ซึ่งได้ผลดังนี้

ผนังก่ออิฐฉาบเรียบ 4 นิ้ว

ช่วง 08.00-17.00 น.	มีปริมาณความร้อน	142.35	Btu/Day.sq.ft.
18.00-06.00 น.	มีปริมาณความร้อน	111.66	Btu/Day.sq.ft.
ตลอด 24 ชั่วโมง	มีปริมาณความร้อน	256.39	Btu/Day.sq.ft.

ช่วง Peak Load ในเวลา 17.00 น. มีปริมาณความร้อน 25.93 Btu/hr.sq.ft.

ผนังก่ออิฐฉาบเรียบ 4 นิ้ว ที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี

ช่วง 08.00-17.00 น.	มีปริมาณความร้อน	93.40	Btu/Day.sq.ft.
18.00-06.00 น.	มีปริมาณความร้อน	86.78	Btu/Day.sq.ft.
ตลอด 24 ชั่วโมง	มีปริมาณความร้อน	182.30	Btu/Day.sq.ft.
ช่วง Peak Load ในเวลา 17.00 น.	มีปริมาณความร้อน	15.61	Btu/hr.sq.ft.

ผลจากการเปรียบเทียบปริมาณความร้อน (Heat Gain) ผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี จะลดความร้อนลง โดยในช่วง Peak Load จะลดความร้อนจาก 25.93 Btu/hr.sq.ft. เป็น 15.61 Btu/hr.sq.ft. ซึ่งเป็นการลดภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ได้ถึง 39.79 %

2. เปรียบเทียบปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ในการกำจัดปริมาณความร้อน

$$\text{การหาพลังงานที่ใช้จริงในการปรับอากาศ} = \frac{Q}{\text{COP}}$$

$$\text{ซึ่งจากข้างต้น} \quad \text{COP} = 2.51$$

$$\text{ดังนั้นพลังงานที่ใช้จริงในการปรับอากาศ} = \frac{Q}{2.51} \quad \text{Btu/hr.sq.ft.}$$

ได้ผลดังตารางที่ 7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Comparison Energy Consumption (Btu/hr.sq.ft)

Time	Masonry/Foil	Masonry Well
1.00	2.11	2.21
2.00	1.79	2.00
3.00	1.58	1.58
4.00	1.37	1.47
5.00	1.16	1.16
6.00	0.95	0.95
7.00	0.84	0.95
8.00	0.84	0.95
9.00	1.37	1.79
10.00	2.10	2.95
11.00	2.95	4.22
12.00	3.90	5.58
13.00	4.22	6.22
14.00	4.74	7.17
15.00	5.16	8.22
16.00	5.69	9.27
17.00	6.22	10.33
18.00	5.27	8.33
19.00	4.85	6.85
20.00	4.01	5.48
21.00	3.48	4.43
22.00	3.06	3.79
23.00	2.63	3.27
24.00	2.32	2.95
Total	72.61	102.12

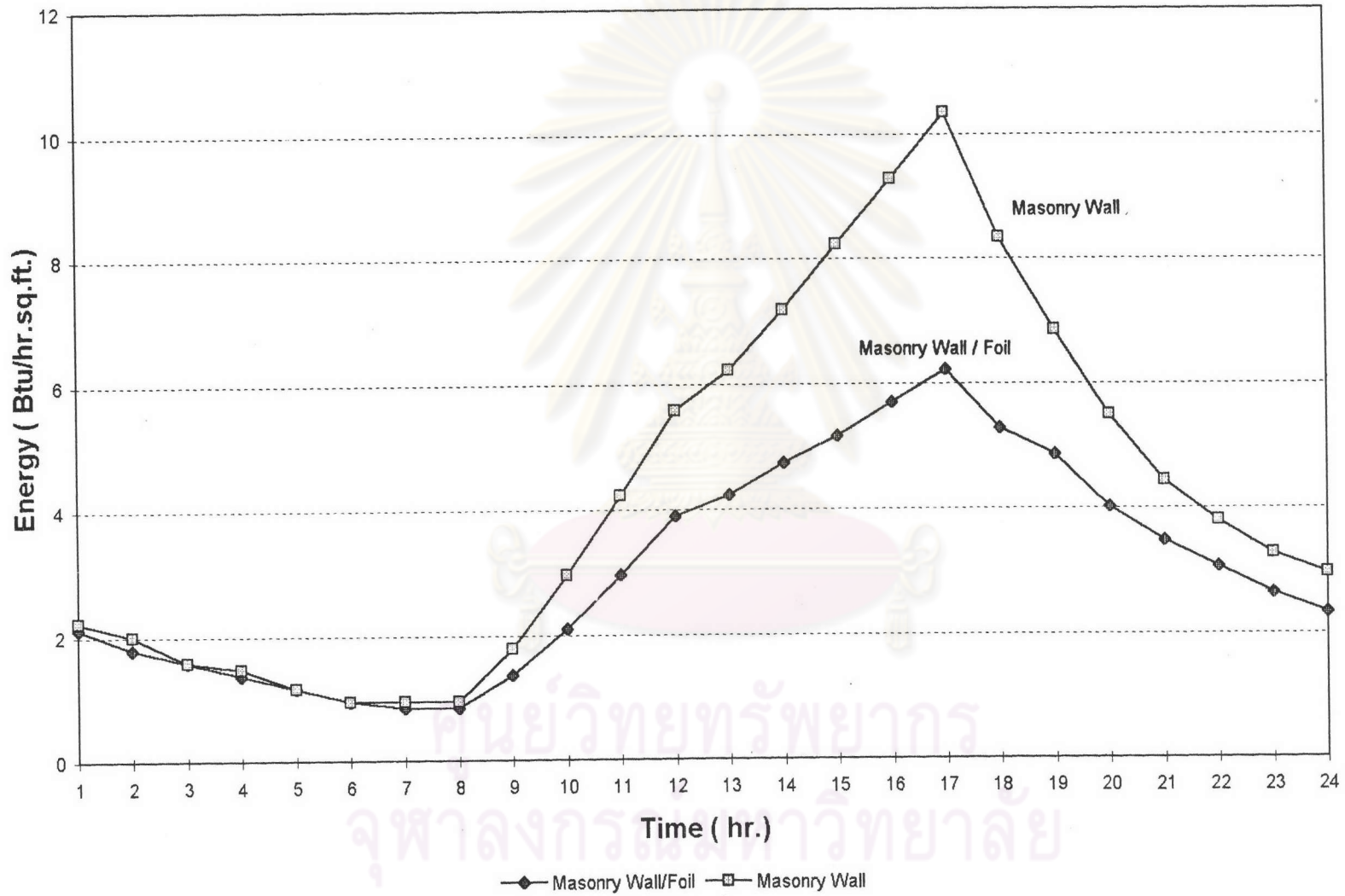
Operating Time

08.00-17.00	37.19	56.70
18.00-06.00	34.58	44.47

ตารางที่ 7 แสดงพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนที่ผ่านผนังก่ออิฐและผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี

Energy Comparison

Masonry Wall with Foil and Masonry Wall



แผนภูมิที่ 40 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนที่ผ่านผนังก่ออิฐและผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี

ผลการทดลองเปรียบเทียบผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ 4 นิ้ว

ช่วง 08.00-17.00 น.	ใช้พลังงาน	56.70	Btu/Day.sq.ft.
18.00-06.00 น.	ใช้พลังงาน	44.47	Btu/Day.sq.ft.
ตลอด 24 ชั่วโมง	ใช้พลังงาน	102.12	Btu/Day.sq.ft.

ช่วง 08.00-17.00 น.	ใช้พลังงาน	1,710	Btu/Month.sq.ft.
18.00-06.00 น.	ใช้พลังงาน	1,341	Btu/Month.sq.ft.
ตลอด 24 ชั่วโมง	ใช้พลังงาน	3,063.6	Btu/Month.sq.ft.

ช่วง 08.00-17.00 น.	ใช้พลังงาน	20,520	Btu/Year.sq.ft.
18.00-06.00 น.	ใช้พลังงาน	16,092	Btu/Year.sq.ft.
ตลอด 24 ชั่วโมง	ใช้พลังงาน	36,763.2	Btu/Year.sq.ft.

ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ 4 นิ้ว ที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี

ช่วง 08.00-17.00 น.	ใช้พลังงาน	37.70	Btu/Day.sq.ft.
18.00-06.00 น.	ใช้พลังงาน	34.58	Btu/Day.sq.ft.
ตลอด 24 ชั่วโมง	ใช้พลังงาน	72.61	Btu/Day.sq.ft.

ช่วง 08.00-17.00 น.	ใช้พลังงาน	1,131	Btu/Month.sq.ft.
18.00-06.00 น.	ใช้พลังงาน	1,037	Btu/Month.sq.ft.
ตลอด 24 ชั่วโมง	ใช้พลังงาน	2,178.3	Btu/Month.sq.ft.

ช่วง 08.00-17.00 น.	ใช้พลังงาน	13,572	Btu/Year.sq.ft.
18.00-06.00 น.	ใช้พลังงาน	12,444	Btu/Year.sq.ft.
ตลอด 24 ชั่วโมง	ใช้พลังงาน	26,139.6	Btu/Year.sq.ft.

ผลจากการเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนที่ผ่านผนังก่ออิฐและผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี โดยการติดตั้งระบบป้องกันรังสีจะลดการใช้พลังงานต่อไปนี้

ช่วง 08.00-17.00 น.	จะลดการใช้พลังงาน	6,948	Btu/sq.ft.
	หรือ	33.86	เปอรเซ็นต์
18.00-06.00 น.	จะลดการใช้พลังงาน	3,648	Btu/sq.ft.
	หรือ	22.67	เปอรเซ็นต์
ตลอด 24 ชั่วโมง	จะลดการใช้พลังงาน	10,623.6	Btu/sq.ft.
	หรือ	28.90	เปอรเซ็นต์



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. เปรียบเทียบมูลค่าของพลังงานที่ต้องใช้ในแต่ละปี

จากปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ในการบริหารจัดการปริมาณความร้อนในข้อ 2 จะได้พลังงานในหน่วย Btu/hr.sq.ft.

อัตราค่าไฟฟ้าสำหรับอาคารขนาดใหญ่ คิดในราคา 1.07 บาทต่อ 1 หน่วย (1 หน่วย = 1 Kw.hr หรือ 3,412 Btu.hr)

ดังนั้นมูลค่าของพลังงาน เท่ากับ
$$\frac{\text{Energy (Btu/hr.sq.ft.)} * 1.07}{3412}$$

ได้ผลดังตารางที่ 8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Comparison Energy Cost (Baht/hr.sq.ft)

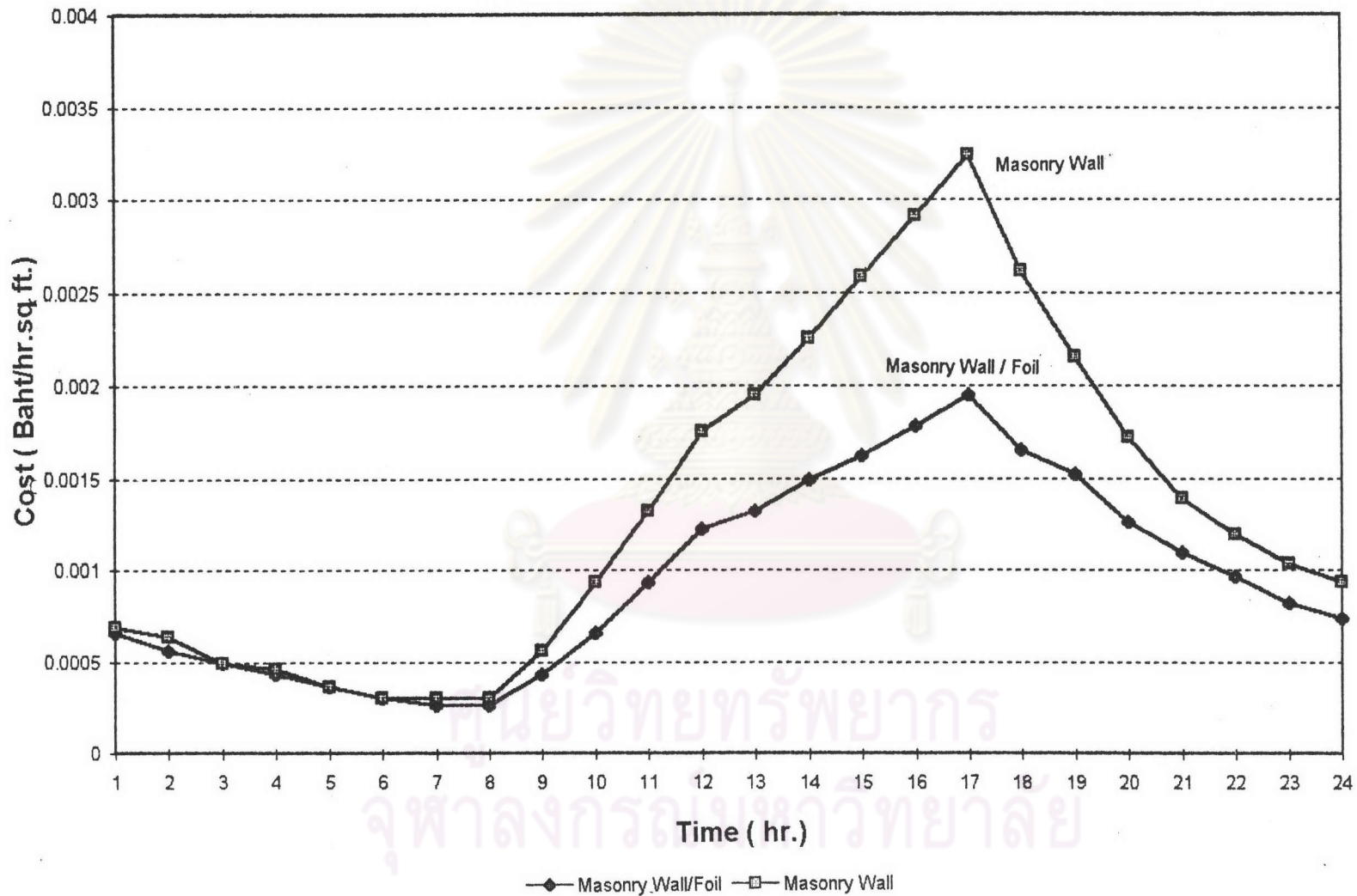
Time	Masonry/Foil	Masonry Well
1.00	0.00066	0.00069
2.00	0.00056	0.00063
3.00	0.00049	0.00049
4.00	0.00043	0.00046
5.00	0.00036	0.00036
6.00	0.0003	0.0003
7.00	0.00026	0.0003
8.00	0.00026	0.0003
9.00	0.00043	0.00056
10.00	0.00066	0.00093
11.00	0.00093	0.00132
12.00	0.00122	0.00175
13.00	0.00132	0.00195
14.00	0.00149	0.00225
15.00	0.00162	0.00258
16.00	0.00178	0.00291
17.00	0.00195	0.00324
18.00	0.00165	0.00261
19.00	0.00152	0.00215
20.00	0.00126	0.00172
21.00	0.00109	0.00139
22.00	0.00096	0.00119
23.00	0.00082	0.00103
24.00	0.00073	0.00093
Total	0.02275	0.03204

Operating Time

08.00-17.00	0.01166	0.01779
18.00-06.00	0.01083	0.01395

ตารางที่ 8 แสดงมูลค่าของพลังงานที่ใช้ในภาวะปรับอากาศของผนังก่ออิฐและก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี

Energy Cost Comparison Masonry Wall with Foil and Masonry Wall



แผนภูมิที่ 41 แสดงการเปรียบเทียบมูลค่าของพลังงานที่ใช้ในภาวะปรับอากาศของผนังก่ออิฐและผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี

ผลการทดลองเปรียบเทียบผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ 4 นิ้ว

ช่วง 08.00-17.00 น.	ใช้พลังงานมูลค่า	0.01779	Baht/Day.sq.ft.
18.00-06.00 น.	ใช้พลังงานมูลค่า	0.01395	Baht/Day.sq.ft.
ตลอด 24 ชั่วโมง	ใช้พลังงานมูลค่า	0.03204	Baht/Day.sq.ft.
ช่วง 08.00-17.00 น.	ใช้พลังงานมูลค่า	0.5337	Baht/Month.sq.ft.
18.00-06.00 น.	ใช้พลังงานมูลค่า	0.4185	Baht/Month.sq.ft.
ตลอด 24 ชั่วโมง	ใช้พลังงานมูลค่า	0.9612	Baht/Month.sq.ft.
ช่วง 08.00-17.00 น.	ใช้พลังงานมูลค่า	6.4044	Baht/Year.sq.ft.
18.00-06.00 น.	ใช้พลังงานมูลค่า	5.022	Baht/Year.sq.ft.
ตลอด 24 ชั่วโมง	ใช้พลังงานมูลค่า	11.5344	Baht/Year.sq.ft.

ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ 4 นิ้ว ที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี

ช่วง 08.00-17.00 น.	ใช้พลังงานมูลค่า	0.01166	Baht/Day.sq.ft.
18.00-06.00 น.	ใช้พลังงานมูลค่า	0.01083	Baht/Day.sq.ft.
ตลอด 24 ชั่วโมง	ใช้พลังงานมูลค่า	0.02275	Baht/Day.sq.ft.
ช่วง 08.00-17.00 น.	ใช้พลังงานมูลค่า	0.3498	Baht/Month.sq.ft.
18.00-06.00 น.	ใช้พลังงานมูลค่า	0.3249	Baht/Month.sq.ft.
ตลอด 24 ชั่วโมง	ใช้พลังงานมูลค่า	0.6825	Baht/Month.sq.ft.
ช่วง 08.00-17.00 น.	ใช้พลังงานมูลค่า	4.1976	Baht/Year.sq.ft.
18.00-06.00 น.	ใช้พลังงานมูลค่า	3.8988	Baht/Year.sq.ft.
ตลอด 24 ชั่วโมง	ใช้พลังงานมูลค่า	8.19	Baht/Year.sq.ft.

ผลจากการเปรียบเทียบมูลค่าของพลังงานที่ใช้ในภาวะปรับอากาศของผนังก่ออิฐและผนังก่ออิฐที่ติดตั้งระบบป้องกันรังสี โดยการติดตั้งระบบป้องกันรังสีจะลดมูลค่าการใช้พลังงานต่อปีดังนี้

ช่วง 08.00-17.00 น.	จะลดค่าใช้จ่ายพลังงาน	2.2068	Baht/sq.ft.
	หรือ	34.46	เปอร์เซ็นต์
18.00-06.00 น.	จะลดค่าใช้จ่ายพลังงาน	1.1232	Baht/sq.ft.
	หรือ	22.37	เปอร์เซ็นต์
ตลอด 24 ชั่วโมง	จะลดค่าใช้จ่ายพลังงาน	3.3444	Baht/sq.ft.
	หรือ	28.99	เปอร์เซ็นต์

หมายเหตุ

การวิเคราะห์มูลค่าในการใช้พลังงาน คิดเฉพาะ ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge) ซึ่งเป็นค่าคงที่ ส่วน Demand Charge ยังไม่ได้รวมไว้ ณ.ที่นี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย