บทที่ 3

การทดสอบการนำความร้อนออกที่ชั้นอากาศร้อนสูงสุด

ในการวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิอากาศภายในห้องที่ไม่มีการระบายอากาศ ซึ่งมีทั้งปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ เช่น ความสูงของห้อง ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังห้อง พื้นที่ผิวผนังที่ทำหน้าที่เป็นตัวนำความร้อนออก ปริมาณความร้อนจากภายใน (Internal Heat Gain) และปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ ได้แก่ปัจจัยที่เกิดจากธรรมชาติ เช่น อุณหภูมิอากาศภายนอก ความชื้นอากาศภายนอก ค่ารังสีดวงอาทิตย์ และเพื่อให้สะดวกในการศึกษาถึงตัวแปรที่ควบคุมได้ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงใช้หน่วยจำลองในการศึกษาทดลอง

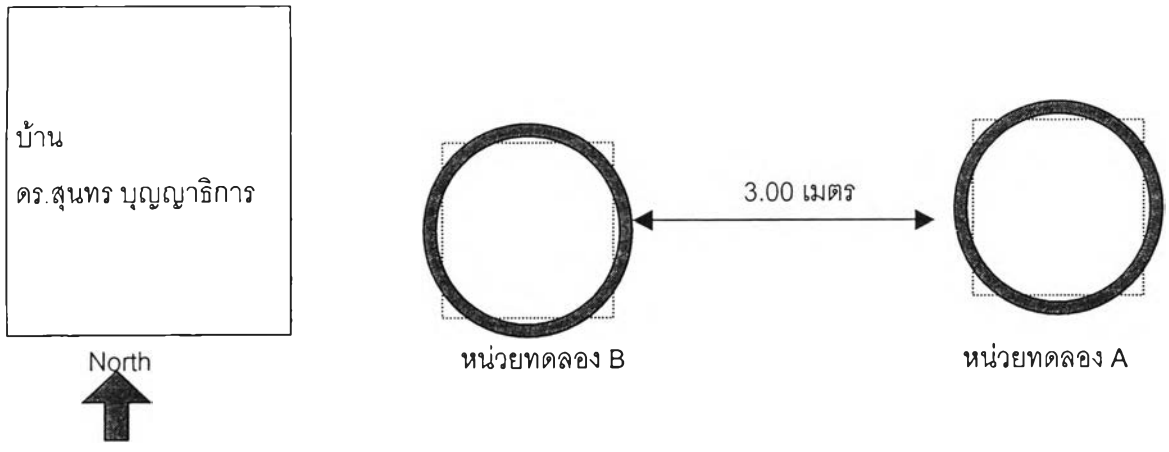
3.1 สาเหตุที่ใช้หน่วยจำลองในการทดสอบ

1. ในการวิจัยนี้ได้มีการทดลอง ในเรื่องของการแบ่งชั้นอากาศในสภาวะที่ไม่มีการถ่ายเทอากาศ และ การหาแนวทางในการลดความร้อนโดยออกที่ชั้นอากาศร้อนสูงสุด ซึ่งหากทดลองกับอาคารจริง จะยากต่อการควบคุมตัวแปร และหาสถานที่ที่เหมาะสมต่อการศึกษาไม่ได้ จึงได้ใช้หุ่นจำลองในการศึกษา (Test Cell)
2. ในการเปลี่ยนค่าของตัวแปรที่ทำการศึกษา เช่น ความสูง วัสดุและพื้นที่ผิวของผนังสามารถปรับเปลี่ยนได้ง่ายและสะดวก

3.2 การเตรียมการทดลอง

3.2.1 **สถานที่ทำการทดลอง** ได้ทำการปลูกสร้างหน่วยทดลองที่ใช้ในการศึกษา ภายในหมู่บ้านเมืองเอก รังสิต บริเวณที่ดินบริเวณด้านข้างของบ้าน ดร. สุนทร บุญญาธิการ ซึ่งได้รับการอนุเคราะห์ เพื่อใช้เป็นที่ศึกษาทดลอง

3.2.2 **การก่อสร้างหน่วยทดลอง** ได้ก่อสร้างหน่วยทดลอง 2 หลังเหมือนกัน คือเป็นรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.00 เมตร สูง 4.00 เมตร และด้านบนถัดขึ้นไปเป็นผนังรูปสี่เหลี่ยมขนาด 0.90 * 0.90 เมตร สูง 0.90 เมตร โดยให้ทิศทั้งสี่ ให้ตรงกับทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก และ ตะวันตก โดยให้มีระยะห่างระหว่าง 2 หลัง ประมาณ 3.00 เมตร ในแนวตะวันออก ตะวันตก ดังรูปที่ 3.1



รูปภาพที่ 3.1 แสดงตำแหน่งหน่วยทดลอง A และ B

3.2.3 **เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลและวัดค่าตัวแปร** ในการทดลองนี้ ค่าตัวแปรที่ทำการวัดได้แก่ อุณหภูมิภายใน ภายนอก ค่ารังสีดวงอาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งใช้อุปกรณ์ดังนี้

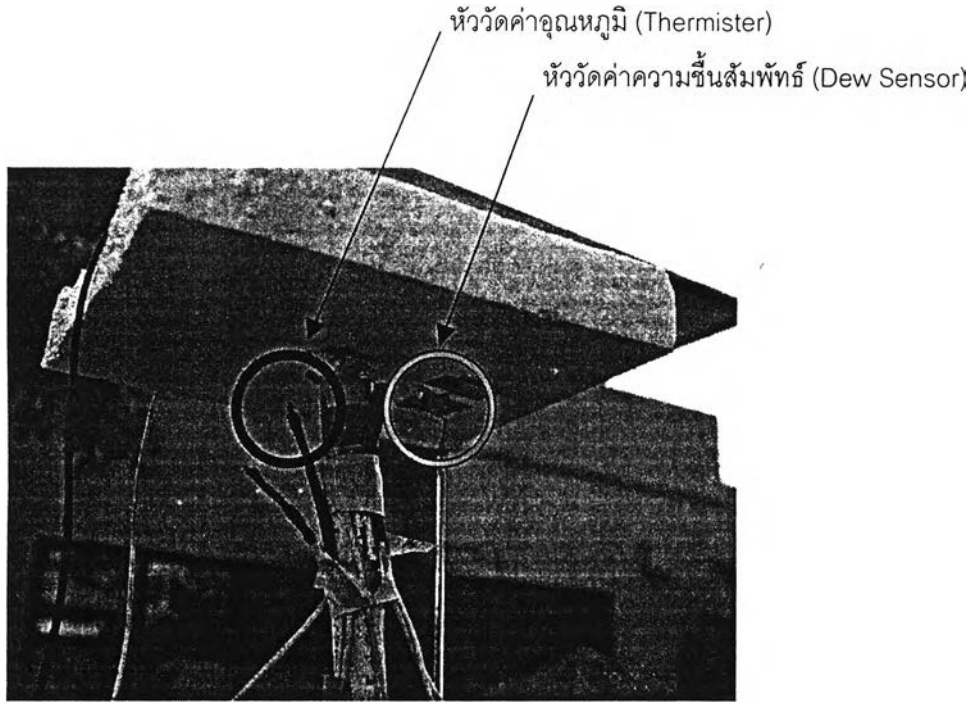
1. อุปกรณ์ในการอ่านค่าตัวแปรและบันทึกข้อมูล

- เครื่องอ่านค่าตัวแปร (Data Logger) เป็นเครื่องมือที่แปลงค่ากระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ หรือ ค่าความต้านทาน มาแปลงเป็นค่า อุณหภูมิ ความชื้น และ อื่นๆ และต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อบันทึกค่าที่อ่านได้ ซึ่งในการทดลองนี้ใช้เครื่องยี่ห้อ SYSTEM 2000 รุ่น 231 ที่มีช่องสำหรับต่อหัววัดค่า ถึง 32 จุด ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จาก ดร. สุนทร บุญญาธิการ
- เครื่องคอมพิวเตอร์ ใช้โปรแกรม GEN 2000 เป็นโปรแกรมสำหรับเก็บและบันทึกข้อมูล รวมถึงสามารถ สร้างแผนภูมิสำหรับเปรียบเทียบค่าที่อ่านในแต่ละช่องของหัววัดค่า

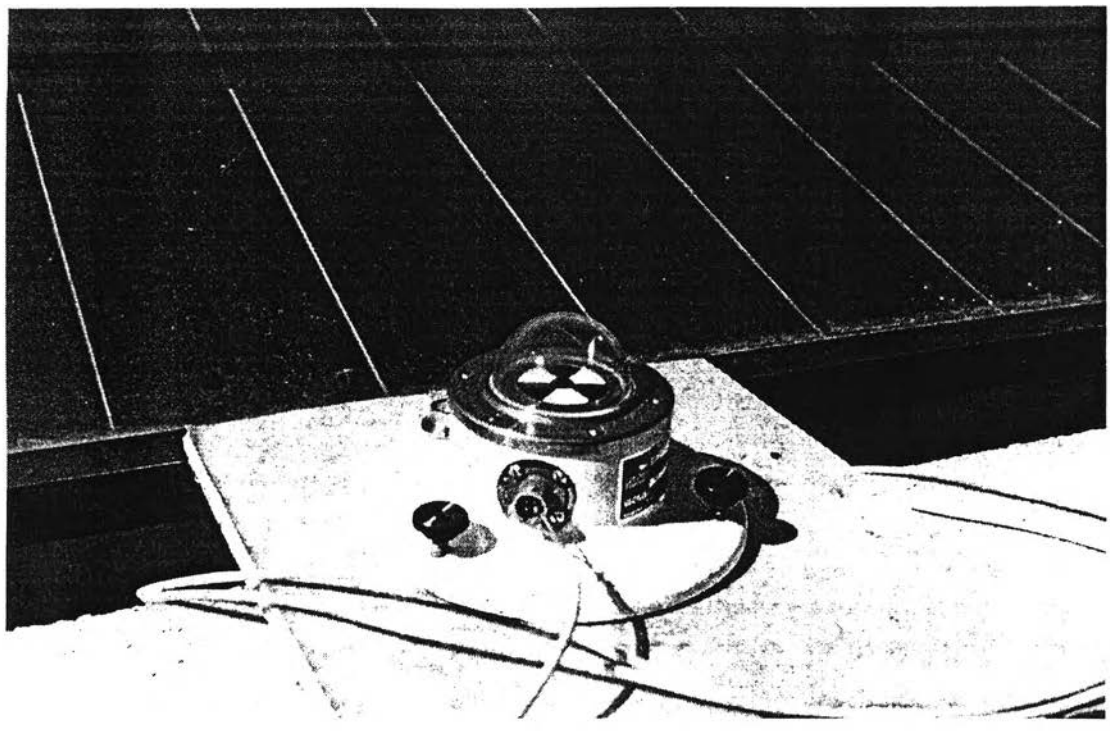
2. หัววัดค่าตัวแปร (Sensor) คือนำไปติดตั้ง ณ. จุดที่ต้องการวัดค่าตัวแปร และใช้สายต่อไปยังเครื่องอ่านค่าตัวแปรในแต่ละช่อง ซึ่งในการทดลองนี้ได้ใช้หัววัดค่าดังนี้

- หัววัดค่าอุณหภูมิ โดยแปลงจากค่าความต้านทาน (Thermister) ขนาด 10 KΩ และวัดออกมาเป็นค่าอุณหภูมิ หน่วยเป็น องศาเซลเซียล จำนวน 21 จุด

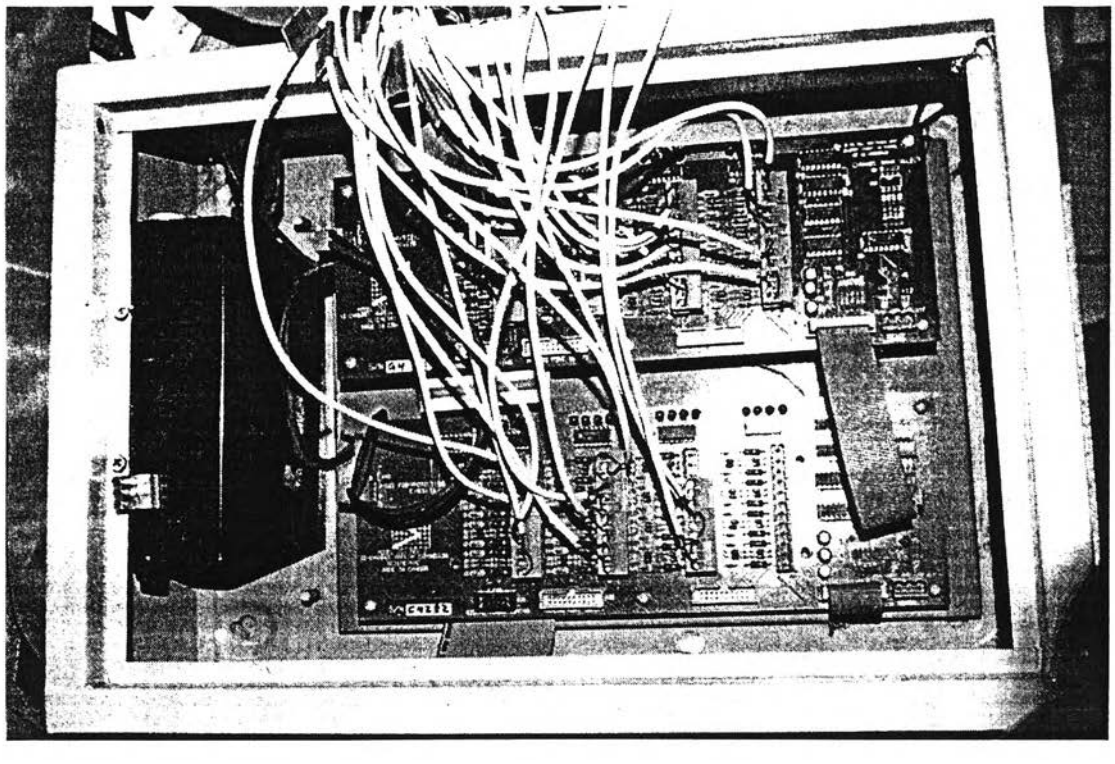
- หัววัดค่าความชื้น (Dew Sensor) โดยจะวัดออกมาเป็นกระแสไฟฟ้า (DC Current) และต่อเข้ากับเครื่องอ่านค่าตัวแปร ให้อ่านค่าออกมาเป็นค่าเปอร์เซ็นความชื้นสัมพัทธ์
- ตัววัดค่ารังสีดวงอาทิตย์ โดยจะวัดออกมาได้เป็นค่าที่ต่างกันของความต่างศักย์จากสายที่ขั้ว + และ ขั้ว - (Different Voltage) และต่อเข้ากับเครื่องอ่านค่าตัวแปร ให้อ่านค่าออกมาเป็นค่ารังสีดวงอาทิตย์ หน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร
- ตัววัดค่าความเร็วลม โดยจะวัดออกมาได้เป็นค่าที่ต่างกันของความต่างศักย์จากสายที่ขั้ว + และ ขั้ว - (Different Voltage) และต่อเข้ากับเครื่องอ่านค่าตัวแปร ให้อ่านค่าออกมาเป็นค่าความเร็วลม หน่วยเป็น เมตรต่อวินาที



รูปภาพที่ 3.2 หัววัดอุณหภูมิ (Thermister) และและหัววัดค่าเปอร์เซ็นความชื้นสัมพัทธ์ (Dew Sensor)



รูปภาพที่ 3.3 หัววัดค่า รังสีดวงอาทิตย์



รูปภาพที่ 3.4 เครื่องอ่านค่าตัวแปร (Data Logger)

3.3 ลักษณะและขั้นตอนการก่อสร้างหน่วยจำลองโดยละเอียด

เป็นหน่วยทดลองทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.95 เมตร และสูง 4 เมตร (ระยะภายในกล่อง) จำนวน 2 กล่อง โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับวัสดุดังนี้

3.3.1 พื้นของหน่วยทดลอง

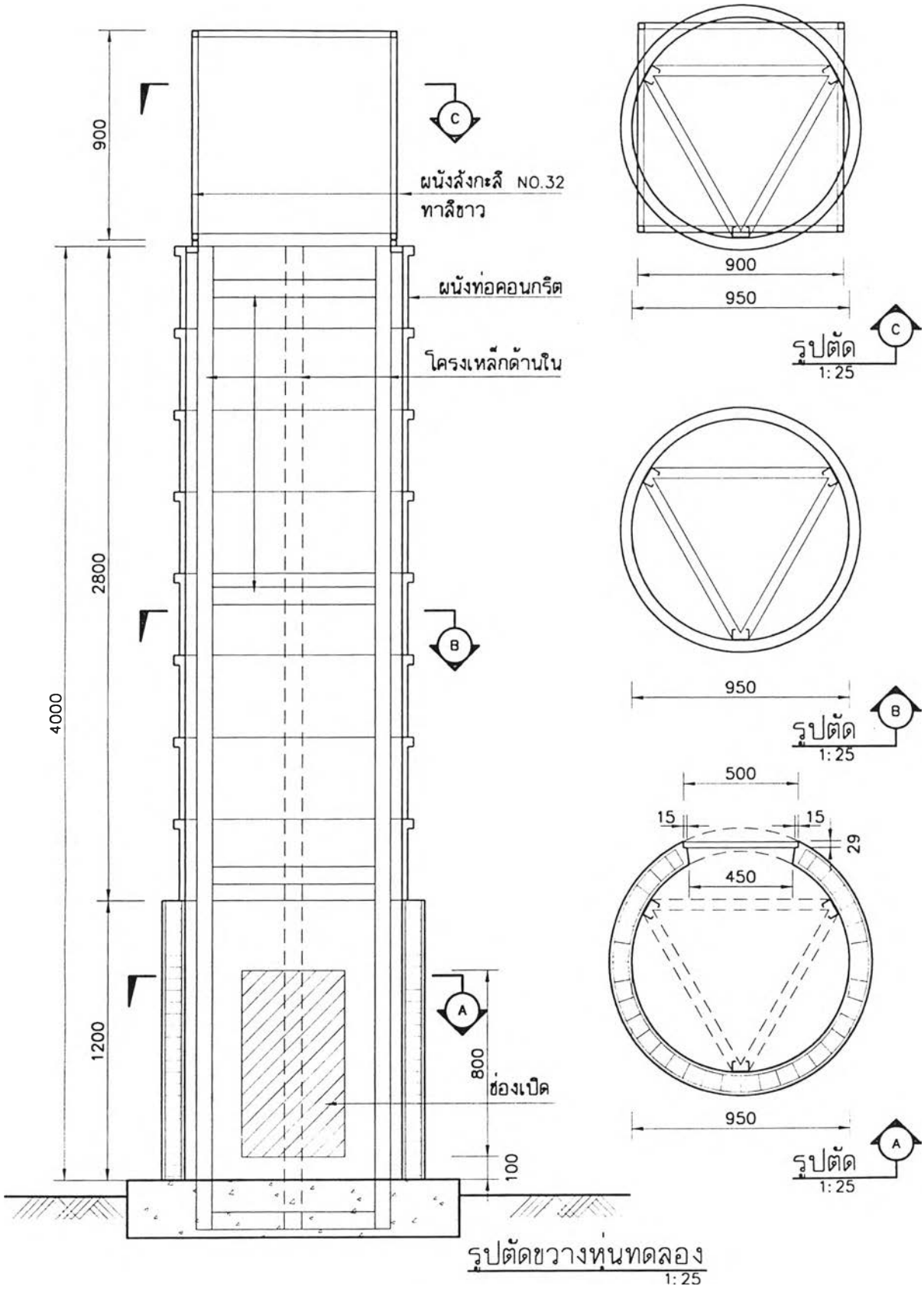
เป็นพื้น คอนกรีต หนา 0.25 เมตร ภายในพื้นมีการใส่โครงเหล็กตัวซีขนาด 75 * 45 * 20 ต่อกันเป็นรูปสามเหลี่ยม และมุมทั้งสามเชื่อมกับเสาเหล็กตั้งขึ้นมา เป็นโครงสำหรับหน่วยทดลอง

3.3.2 ผนังของหน่วยทดลอง แบ่งออกได้ 3 ช่วงดังนี้

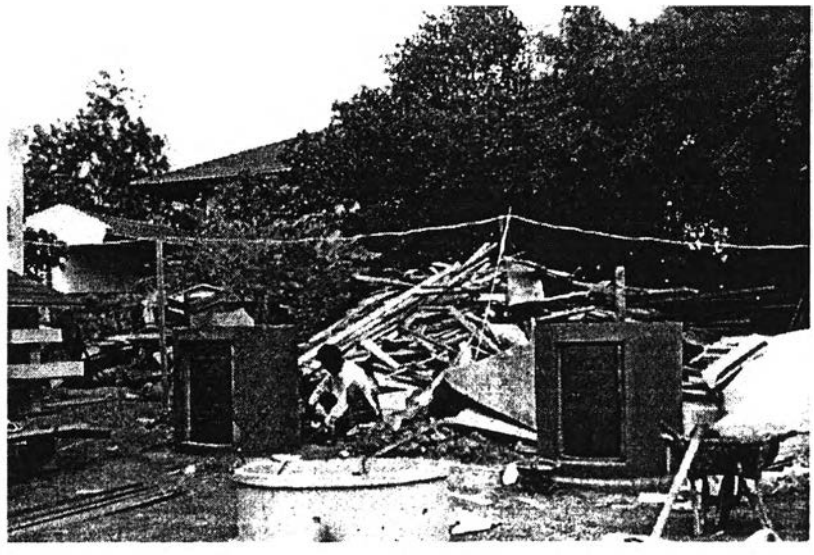
1. ผนังช่วงจากพื้นถึงระดับ 1.20 เมตร เป็นผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น ฉาบปูนเรียบทาสีขาว โค้งเป็นวงกลม มีช่องเปิดขนาด 0.40 * 0.80 เมตร อยู่ทางทิศใต้ สำหรับเป็นทางเข้าภายในกล่องทดลอง ช่องเปิดดังกล่าวมีการทำบังใบสำหรับแผ่นประตูที่จะนำไปปิด เพื่อลดการรั่วซึมของอากาศให้น้อยที่สุดขณะทำการทดลอง และใช้แผ่นโฟมหนา 2 นิ้วเป็นประตู
2. ผนังช่วงระดับ 1.20 – 4.00 เมตร ใช้ท่อคอนกรีตเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เมตร หนา 1" สูง 0.35 เมตร วางซ้อนกันและฉาบรอยต่อทาสีขาว
3. ผนังส่วนบนสุดที่ระดับ 4.00 – 4.90 เมตรเป็นผนังสี่เหลี่ยมกว้างด้านละ 0.90 เมตร สูง 0.90 เมตร วัสดุเป็นโครงเหล็ก 1" * 1" กรุด้วยสังกะสีแผ่นเรียบ เบอร์ 35 (หนา 0.2 มม.) ทาสีขาวภายนอก

3.3.3 หลังคาของหน่วยทดลอง

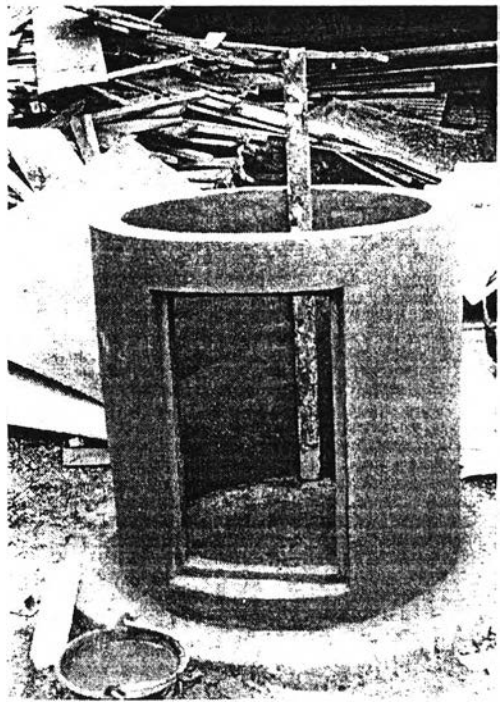
หลังคาใช้กระจกใสหนา 6 มม. ขนาด 0.90 * 0.90 เมตร วางบนโครงเหล็กไม่มีชายคา



รูปภาพที่ 3.5 แสดงแบบก่อสร้างของหน่วยทดลอง

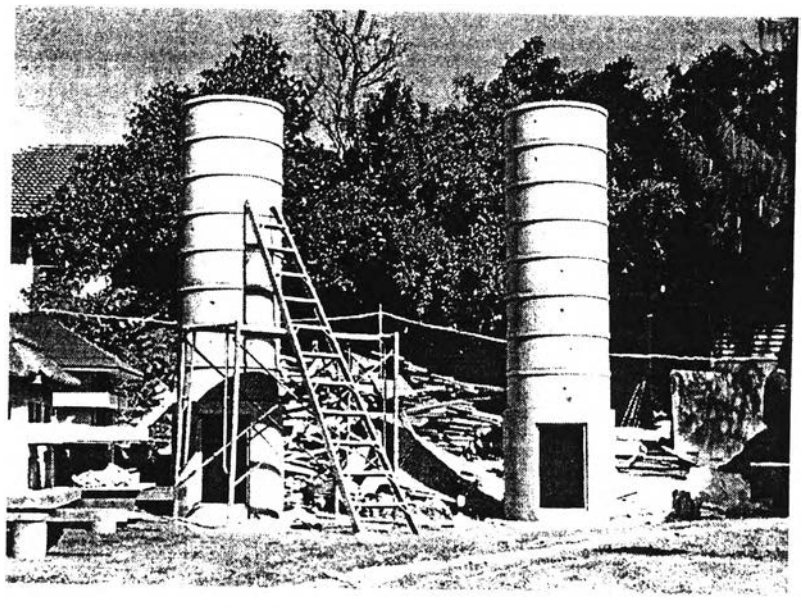


รูปภาพที่ 3.6 แสดงการก่อสร้างผนังช่วงจากพื้นถึง ระดับ 1.20 เมตร

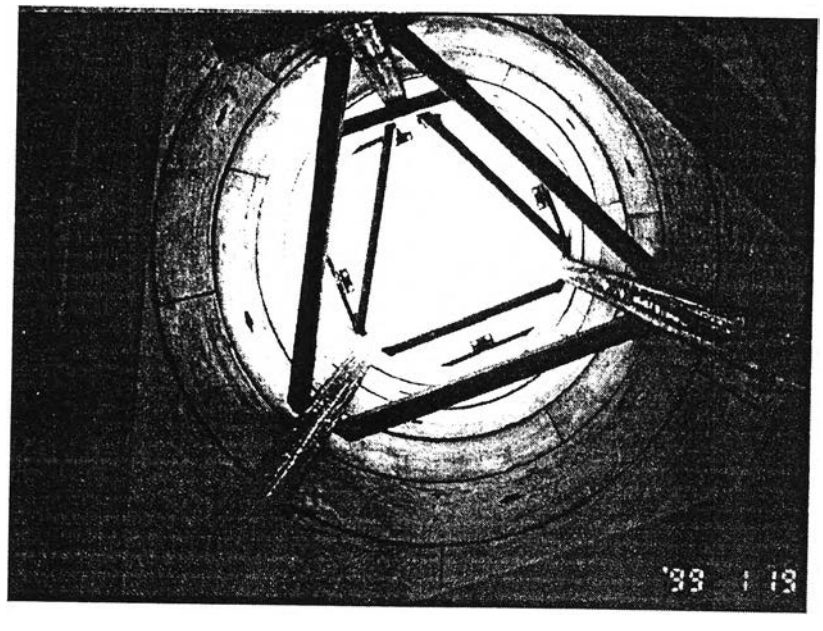


รูปที่ 3.7 แสดงการทำบังใบที่ทางเข้าภายในของหน่วยทดลอง

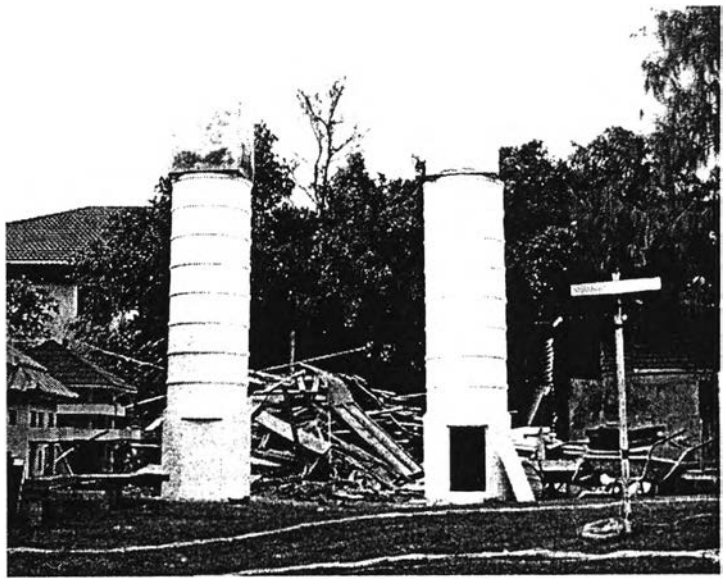
I 19C66C3X



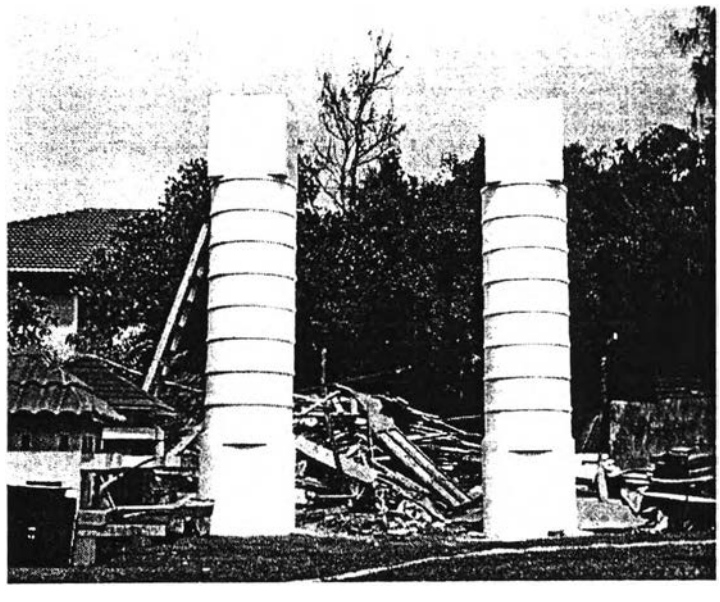
รูปภาพที่ 3.8 แสดงการก่อสร้างผนังช่วงจากพื้นถึงระดับ 4.00 เมตร



รูปภาพที่ 3.9 แสดงภายในของหน่วยทดลอง



รูปภาพที่ 3.10 แสดงหน่วยจำลองเมื่อติดตั้งผนังสังกะสีด้านบน



รูปภาพที่ 3.11 หน่วยจำลองเมื่อก่อสร้างเสร็จเรียบร้อย

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

ก่อนทำการเริ่มทดลอง ได้มีการทดสอบความเหมือนกันของหน่วยทดลองเพื่อควบคุมตัวแปรอื่นที่มีผลต่อ การทดลอง ได้แก่ ความชื้น ซึ่งมีผลต่ออัตราการเพิ่มและลดอุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง เพราะ ปริมาณไอน้ำในอากาศที่ต่างกัน จะมีค่าความจุความร้อนที่ต่างกัน ทดสอบความเหมือนกันของหน่วยทดลองทั้งสอง (Calibrate) โดยการวัดอุณหภูมิภายในกล่อง ทั้งหมด 9 จุด ดังนี้ คือ วัดตรงกลางกล่องที่ระดับพื้น, ระดับสูงจากพื้น 1 เมตร, 2 เมตร, 3 เมตร, 4 เมตร, 4.45 เมตร, ผิวของหลังคากระจกใส(วัดกลางแผ่น), ผิวผนังสังกะสีทิศเหนือ และทิศใต้(วัดกลางแผ่น) และวัดความชื้นสัมพัทธ์ 2 จุดที่ระดับ 2.00 เมตร และที่ผิวหลังคากระจก และวัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายนอก โดยบันทึกค่าที่วัดได้ทุก 15 นาที ได้ทำการทดลองเก็บข้อมูลหลังจากก่อสร้างเสร็จแล้ว 20 วัน

วันและเวลาที่ทำการทดลอง 10 กุมภาพันธ์ 2542 ถึง 19 กุมภาพันธ์ 2542
สภาพอากาศที่ทำการทดลอง ท้องฟ้าแจ่มใสเกือบทุกวัน ไม่มีฝนตกเลย

ผลการทดลองที่ได้ในช่วงแรก ทั้ง 2 หน่วยทดลองจะไม่เท่ากัน และ ภายในหน่วยทดลองมีความชื้นสูงเกือบตลอดทั้งวัน จึงได้ทำการแก้ไข คือทำการป้องกันความชื้นจากดินที่ซึมผ่านพื้นคอนกรีตหนาประมาณ 25 ซม. ซึ่งไม่ได้ป้องกันความชื้นในตอนก่อสร้าง โดยใช้ น้ำยากันซึมฟลิ้นโค้ต ทาที่พื้นภายในและผนังสูงขึ้นมาประมาณ 0.10 ม. ของหน่วยทดลองทั้งสอง และโรยผงซีเมนต์ทับเพื่อไม่ให้พื้นเหนียว ติดรองเท้าหากมีการเข้าไปตรวจสอบภายในหน่วยทดลอง

หลังจากทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาความชื้นภายในหน่วยทดลองแล้ว ได้ทำการเก็บข้อมูลและนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ผลโดยใช้การทดสอบนัยสำคัญ

โดยมีการตั้งสมมติฐานว่าง (Ho) ว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A และ หน่วยทดลอง B ที่ระดับความสูง เดียวกันมีค่าไมาแตกต่างกัน

เขียนเป็นสัญลักษณ์ทางสถิติว่า $\mu_1 - \mu_2 = 0$

และตั้งสมมติฐานเลือก (H1) ว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A และ B ที่ความสูงระดับเดียวกันมีค่าแตกต่างกัน

เขียนเป็นสัญลักษณ์ทางสถิติว่า $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$

กำหนดให้ ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 แบบ สองหาง (Two Tail) และใช้ คุณสมบัติการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) เป็นค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบ มีค่าวิกฤติเท่ากับ $\pm$ 1.96 และแบ่งการทดสอบออกเป็นช่วงกลางวัน (ช่วงที่มีรังสีดวงอาทิตย์ 6:15 – 18:00) และช่วงกลางคืน (ช่วงที่ไม่มีรังสีดวงอาทิตย์ 18:00 – 6:00 ของวันใหม่)

โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$X_1 - X_2 \,/\, ((\delta_1/N_1) + (\delta_2/N_2))^{1/2}$$

โดย X_1 คือ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ที่ระดับ H

X_2 คือ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง B ที่ระดับ H

δ_1 คือ ค่าความแปรปรวนของค่าอุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ที่ระดับ H

δ_2 คือ ค่าความแปรปรวนของค่าอุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ที่ระดับ H

N_1 คือ จำนวนของค่าอุณหภูมิที่วัดของหน่วยทดลอง A ที่ระดับ H

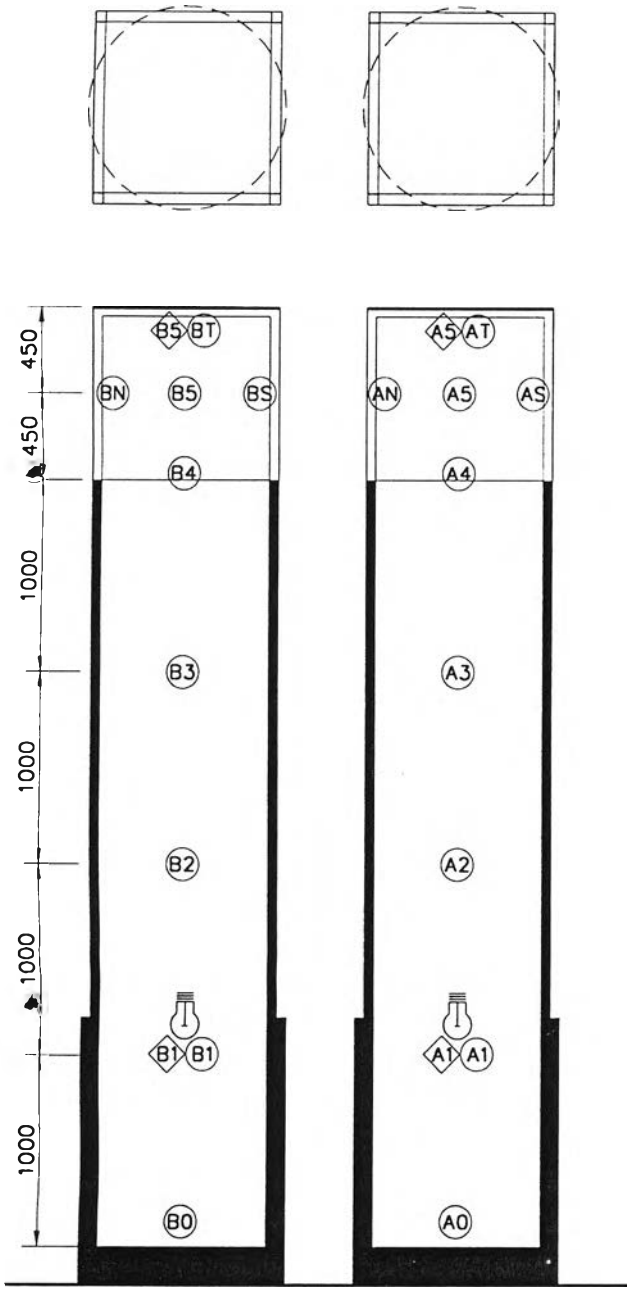
N_2 คือ จำนวนของค่าอุณหภูมิที่วัดของหน่วยทดลอง B ที่ระดับ H

ได้ค่าสถิติที่ใช้ทดสอบดังนี้

เวลากลางวัน	หน่วย A และ หน่วยB ที่ระดับ 0.10 เมตร	เท่ากับ	-0.565
	หน่วย A และ หน่วยB ที่ระดับ 1.00 เมตร	เท่ากับ	-0.647
	หน่วย A และ หน่วยB ที่ระดับ 2.00 เมตร	เท่ากับ	-0.513
	หน่วย A และ หน่วยB ที่ระดับ 3.00 เมตร	เท่ากับ	2.059
	หน่วย A และ หน่วยB ที่ระดับ 4.00 เมตร	เท่ากับ	1.238
	หน่วย A และ หน่วยB ที่ระดับ 4.45 เมตร	เท่ากับ	1.443
	หน่วย A และ หน่วยB ที่ผิวหลังคา	เท่ากับ	-1.216
	หน่วย A และ หน่วยB ที่ผิวผนังด้านบนทิศเหนือ	เท่ากับ	0.892
	หน่วย A และ หน่วยB ที่ผิวผนังด้านบนทิศใต้	เท่ากับ	0.833

เวลากลางคืน	หน่วย A และ หน่วยB ที่ระดับ 0.10 เมตร	เท่ากับ	0.824
	หน่วย A และ หน่วยB ที่ระดับ 1.00 เมตร	เท่ากับ	-0.520
	หน่วย A และ หน่วยB ที่ระดับ 2.00 เมตร	เท่ากับ	0.380
	หน่วย A และ หน่วยB ที่ระดับ 3.00 เมตร	เท่ากับ	0.514
	หน่วย A และ หน่วยB ที่ระดับ 4.00 เมตร	เท่ากับ	-0.269
	หน่วย A และ หน่วยB ที่ระดับ 4.45 เมตร	เท่ากับ	-0.800
	หน่วย A และ หน่วยB ที่ผิวหลังคา	เท่ากับ	1.222
	หน่วย A และ หน่วยB ที่ผิวผนังด้านบนทิศเหนือ	เท่ากับ	0.449
	หน่วย A และ หน่วยB ที่ผิวผนังด้านบนทิศใต้	เท่ากับ	-0.558

เมื่อใช้ค่าทางสถิติที่ได้ทดสอบแล้ว สรุปได้ว่า ทุกๆจุด ยกเว้น ที่ระดับ 3.00 เมตร ยอมรับสมมติฐานว่างที่ตั้งไว้ ส่วนที่ระดับ 3.00 เมตร หน่วยทดลองทดลอง A และ B ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ หน่วยทดลอง A มีอุณหภูมิสูงกว่า B



การทดสอบความเหมือน

ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิอากาศภายในหน่วยทดลอง

- A0 อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ระดับ 0.10
- A1 อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ระดับ 1.00
- A2 อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ระดับ 2.00
- A3 อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ระดับ 3.00
- A4 อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ระดับ 4.00
- A5 อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ระดับ 4.45
- AT อุณหภูมิผิวหลังคาภายในหน่วยทดลอง A
- AN อุณภูมิผิวผนังด้านบนทิศเหนือภายในหน่วยทดลอง A
- AS อุณหภูมิผิวผนังด้านบนทิศใต้ภายในหน่วยทดลอง A

- B0 อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง B ระดับ 0.10
- B1 อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง B ระดับ 1.00
- B2 อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง B ระดับ 2.00
- B3 อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง B ระดับ 3.00
- B4 อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง B ระดับ 4.00
- B5 อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง B ระดับ 4.45
- BT อุณหภูมิผิวหลังคาภายในหน่วยทดลอง B
- BN อุณภูมิผิวผนังด้านบนทิศเหนือภายใน หน่วยทดลอง B
- BS อุณหภูมิผิวผนังด้านบนทิศใต้ภายใน หน่วยทดลอง B

ตำแหน่งที่วัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในหน่วยทดลอง

- A1 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในหน่วยทดลอง A ระดับ+1.00
- A5 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในหน่วยทดลอง A ระดับ+4.90
- B1 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในหน่วยทดลอง Bระดับ+1.00
- B5 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในหน่วยทดลอง Bระดับ+4.90

รูปภาพที่ 3.12 แสดงตำแหน่งการติดตั้งหัววัดอุณหภูมิและความชื้นภายในหน่วยทดลอง A และB

การทดลองที่ 1 เปรียบเทียบพฤติกรรมของอากาศภายในหน่วยทดลอง เมื่อมีการติดตั้งฉนวนและเพิ่มมวลสารที่ผนังส่วนด้านล่างของหน่วยทดลองสูงขึ้นมา 3.60 เมตร

ขั้นตอนที่ 1 หน่วยทดลอง A คงเดิม

หน่วยทดลอง B เหมือนกล่อง A และใส่ฉนวนที่มีมวลสาร (Stay Cool) มีค่าความต้านทานความร้อน 10.82 F sq.ft. hr. / Btu และ ความจุความร้อน 0.035 Btu / sq.ft F หุ้มผนังภายนอกหน่วยทดลองที่ระดับพื้น ถึงระดับ 3.60 เมตร

- มีแหล่งกำเนิดความร้อนภายใน 100 วัตต์ / ตรม. ทั้ง 2 หน่วยทดลอง

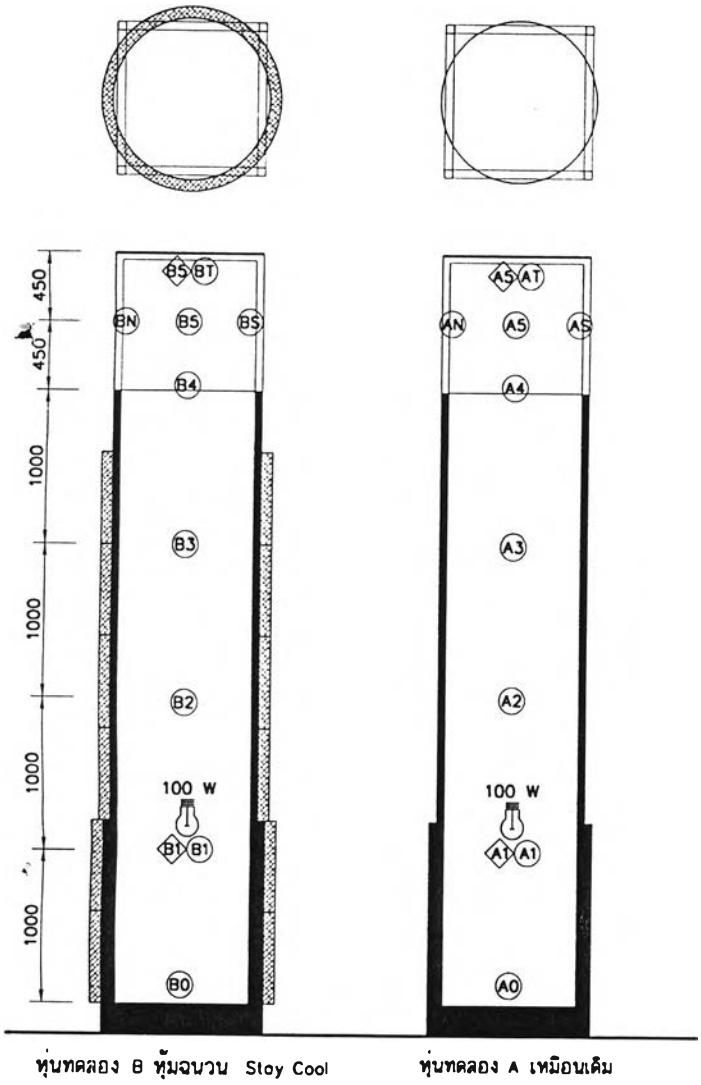
ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิและความชื้นเช่นเดียวกับการทดสอบวัดความเหมือนกันของหน่วยทดลอง

ตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงไปได้แก่

- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังที่สูงจากพื้นถึงระดับ 3.60 เมตร
- ค่าความจุความร้อนที่เพิ่มขึ้นของผนังที่สูงจากพื้นถึงระดับ 3.60 เมตร

ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติด้านอุณหภูมิบางประการของวัสดุที่ใช้เป็นตัวแปรในการทดลอง

คุณสมบัติ	แผ่นสังกะสี หนา 0.2 มม.	ฉนวนใยแก้วหนา 3" หุ้มฟอลย์ (Stay Cool)	กระจกใส หนา 3 มม.
ความหนาแน่น (lb / cu.ft.)	445	0.8324	
ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Btu / lb. F)	0.094	0.17	
ค่าการนำความร้อนจำเพาะ (Btu. / hr..ft. F)	62	0.0231	
ความหนา (ft.)	0.00066	0.25	
น้ำหนัก ต่อ พื้นที่ (lb/sq.ft.)	0.027	0.208	
ค่าความจุความร้อน (Btu / sq.ft. F)	129.93	0.035	
ค่าความต้านทานความร้อน (F sq.ft. hr/ Btu)	1.06 * 10^-5	10.82	
ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	1.075	0.085	1.09



ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิอากาศภายในหน่วยทดลอง

- (A0) อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ระดับ 0.10
- (A1) อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ระดับ 1.00
- (A2) อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ระดับ 2.00
- (A3) อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ระดับ 3.00
- (A4) อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ระดับ 4.00
- (A5) อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ระดับ 4.45
- (AT) อุณหภูมิผิวหลังคาภายในหน่วยทดลอง A
- (AN) อุณภูมิผิวผนังด้านบนทิศเหนือภายในหน่วยทดลอง A
- (AS) อุณหภูมิผิวผนังด้านบนทิศใต้ภายในหน่วยทดลอง A

- (B0) อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง B ระดับ 0.10
- (B1) อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง B ระดับ 1.00
- (B2) อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง B ระดับ 2.00
- (B3) อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง B ระดับ 3.00
- (B4) อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง B ระดับ 4.00
- (B5) อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง B ระดับ 4.45
- (BT) อุณหภูมิผิวหลังคาภายในหน่วยทดลอง B
- (BN) อุณภูมิผิวผนังด้านบนทิศเหนือภายในหน่วยทดลอง B
- (BS) อุณหภูมิผิวผนังด้านบนทิศใต้ภายในหน่วยทดลอง B

รูปภาพที่ 3.13 แสดงการทดลองที่ 1 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผนังด้านล่าง ขั้นตอนที่ 1

ขั้นตอนที่ 2 เปรียบเทียบพฤติกรรมของอากาศภายในหน่วยทดลอง เมื่อมีการติดตั้งฉนวน มีการบังรังสีดวงอาทิตย์ไม่ให้เข้ามากระทบหลังคากระจกและผนังสังกะสีด้านบน เมื่อไม่มีความร้อนเกิดขึ้นภายใน

หน่วยทดลอง A คงเดิม

หน่วยทดลอง B เหมือนกล่อง A และใส่ฉนวนที่มีมวลสาร (Stay Cool) มีค่าความต้านทานความร้อน 10.82 F sq.ft. hr. / Btu และ ความจุความร้อน 0.035 Btu / sq.ft F หุ้มผนังภายนอกหน่วยทดลองที่ระดับพื้น ถึงระดับ 3.60 เมตร

- มีการบังรังสีดวงอาทิตย์ที่หลังคากระจกด้วยโฟม และใช้ไนลอนบังแดดชนิดที่บังได้ 80% บังที่ผนังสังกะสี ทิศตะวันออก, ตะวันตก และทิศใต้ ทั้ง 2 หน่วยทดลอง
- ไม่มีแหล่งกำเนิดความร้อนภายใน ทั้ง 2 หน่วยทดลอง

ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 1 วัดทุก 15 นาทีเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

ตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงไปได้แก่

- ค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่มีกระทบผนังที่ทำหน้าที่เป็นตัวนำความร้อนออกจากหน่วยทดลอง
- ค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่มีกระทบหลังคากระจกใส
- ค่าความร้อนที่เกิดขึ้นภายใน

ขั้นตอนที่ 3 เปรียบเทียบพฤติกรรมของอากาศภายในหน่วยทดลอง เมื่อมีการติดตั้งฉนวน มีการบังรังสีดวงอาทิตย์ไม่ให้เข้ามากระทบหลังคากระจกและผนังสังกะสีด้านบน
เมื่อมีความร้อนเกิดขึ้นภายใน 100 วัตต์ / ตรม.

หน่วยทดลอง A เหมือนการทดลองที่ 1

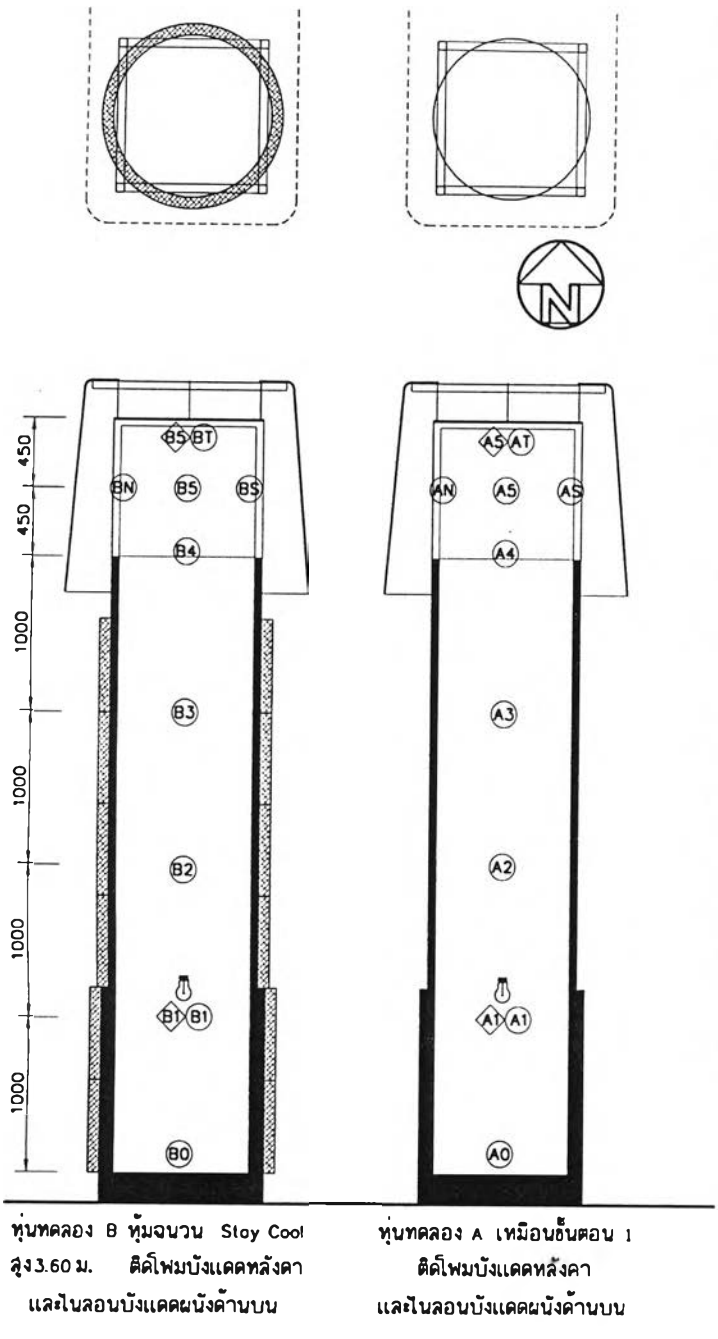
หน่วยทดลอง B เหมือนกล่อง A และใส่ฉนวนที่มีมวลสาร (Stay Cool) มีค่าความต้านทานความร้อน 10.82 F sq.ft. hr. / Btu และ ความจุความร้อน 0.035 Btu / sq.ft F หุ้มผนังภายนอกหน่วยทดลองที่ระดับพื้น ถึงระดับ 3.60 เมตร

- มีการบังรังสีดวงอาทิตย์ที่หลังคากระจกด้วยโฟม และใช้ไนลอนบังแดดชนิดที่บังได้ 80% บังที่ผนังสังกะสี ทิศตะวันออก, ตะวันตก และทิศใต้ ทั้ง 2 หน่วยทดลอง
- มีแหล่งกำเนิดความร้อนภายใน 100 วัตต์ / ตรม. ทั้ง 2 หน่วยทดลอง

ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 1 วัดทุก 15 นาที เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

ตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงไปได้แก่

- ค่าความร้อนที่เกิดขึ้นภายใน



หุ่นทดลอง B หุ้มฉนวน Stoy Cool สูง 3.60 ม. ติดโฟมบังแดดหลังคา และไนลอนบังแดดผนังด้านบน

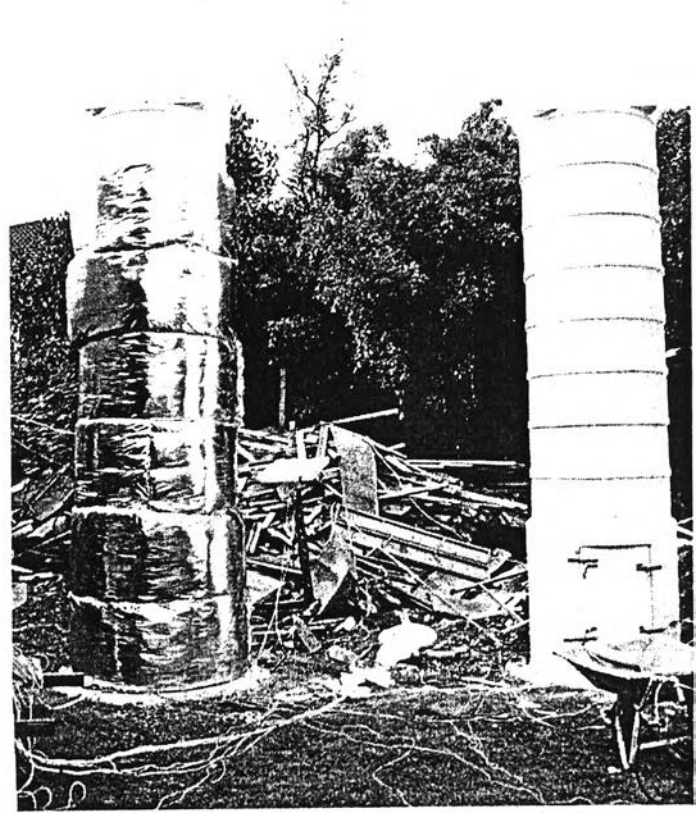
หุ่นทดลอง A เหมือนขั้นตอน 1 ติดโฟมบังแดดหลังคา และไนลอนบังแดดผนังด้านบน

ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิอากาศภายในหน่วยทดลอง

- A0 อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ระดับ 0.10
- A1 อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ระดับ 1.00
- A2 อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ระดับ 2.00
- A3 อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ระดับ 3.00
- A4 อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ระดับ 4.00
- A5 อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ระดับ 4.45
- AT อุณหภูมิผิวหลังคาภายในหน่วยทดลอง A
- AN อุณภูมิผิวผนังด้านบนทิศเหนือภายในหน่วยทดลอง A
- AS อุณหภูมิผิวผนังด้านบนทิศใต้ภายในหน่วยทดลอง A

- B0 อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง B ระดับ 0.10
- B1 อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง B ระดับ 1.00
- B2 อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง B ระดับ 2.00
- B3 อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง B ระดับ 3.00
- B4 อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง B ระดับ 4.00
- B5 อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง B ระดับ 4.45
- BT อุณหภูมิผิวหลังคาภายในหน่วยทดลอง B
- BN อุณภูมิผิวผนังด้านบนทิศเหนือภายในหน่วยทดลอง B
- BS อุณหภูมิผิวผนังด้านบนทิศใต้ภายในหน่วยทดลอง B

รูปภาพที่ 3.14 แสดงการทดลองที่ 1 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผนังด้านล่าง ขั้นตอนที่ 2 และ 3



รูปภาพที่ 3.15 แสดงขณะทำการทดลองที่ 1 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผนังด้านล่าง ขั้นตอนที่ 1

การทดลองที่ 2 เปรียบเทียบพื้นที่ของวัสดุนำความร้อน และ ความสูงของหน่วยทดลอง

ขั้นตอนที่ 1 หน่วยทดลอง A เหมือนการทดลองที่ 3

หน่วยทดลอง B เพิ่มความสูงของผนังสี่เหลี่ยมด้านบนเป็น 3 เท่า คือ สูง 2.70 เมตร หลังคาเป็นกระจกใส 6 มม. เช่นเดียวกับกล่องทดลอง A

ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิและความชื้นเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 สำหรับหน่วยทดลอง B เพิ่มจุดวัดอุณหภูมิที่ระดับ 5.35 และ 6.25 เมตร

- มีการบังรังสีดวงอาทิตย์ที่หลังคากระจกด้วยโฟม และใช้ไนลอนบังแดดชนิดที่บังได้ 80% บังที่ผนังสังกะสี ทิศตะวันออก, ตะวันตก และทิศใต้ ทั้ง 2 หน่วยทดลอง
- หุ้มฉนวนที่ผนังส่วนล่างของหน่วยทดลอง (ระดับพื้น ถึง +3.60 เมตร) ทั้ง 2 หน่วยทดลอง
- ไม่มีแหล่งกำเนิดความร้อนภายใน ทั้ง 2 หน่วยทดลอง

ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิเช่นเดิม วัดทุก 15 นาที เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

ตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงไปได้แก่

- ความสูงของหน่วยทดลอง
- พื้นที่ผนังที่เป็นตัวนำความร้อนออกจากหน่วยทดลอง
- ไม่มีแหล่งกำเนิดความร้อนภายใน

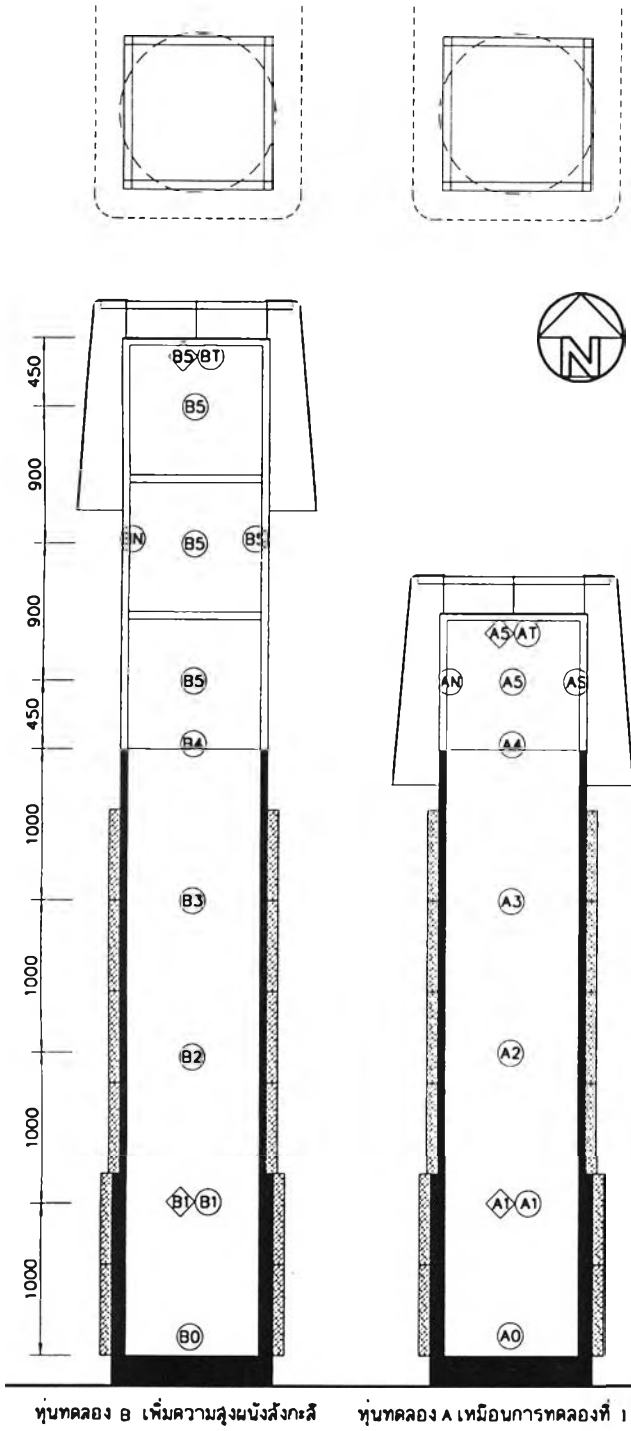
ขั้นตอนที่ 2 ทดลองเพิ่มแหล่งความร้อนภายในเป็น 40 วัตต์ / ตรม. ภายในหน่วยทดลองที่ระดับสูง 1.20 เมตร

ขั้นตอนที่ 3 ทดลองเพิ่มแหล่งความร้อนภายในเป็น 40 วัตต์ / ตรม. ภายในหน่วยทดลองที่ระดับสูง 1.20 เมตร

ขั้นตอนที่ 4 ทดลองเปลี่ยนปริมาณความร้อนจากภายในหน่วยทดลอง คือเปลี่ยนเป็น 200 วัตต์ ที่ระดับ 1.20

ตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงในขั้นตอนที่ 2 – 4 ได้แก่

- ปริมาณแหล่งกำเนิดความร้อนภายในหน่วยทดลองทั้งสอง



ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิอากาศภายในหุ่นทดลอง

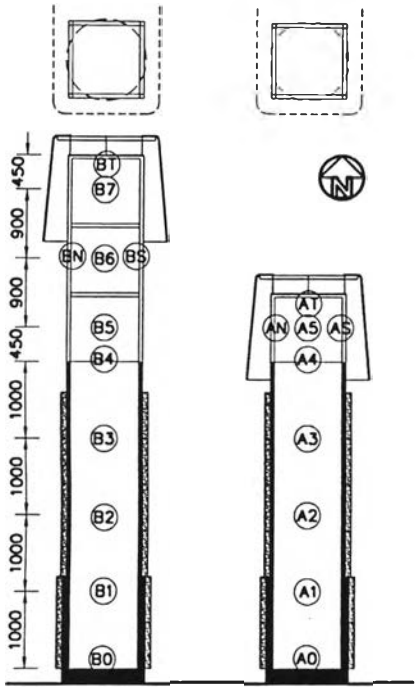
- A0 อุณหภูมิภายในหุ่นทดลอง A ระดับ 0.00
- A1 อุณหภูมิภายในหุ่นทดลอง A ระดับ 0.00
- A2 อุณหภูมิภายในหุ่นทดลอง A ระดับ 0.00
- A3 อุณหภูมิภายในหุ่นทดลอง A ระดับ 0.00
- A4 อุณหภูมิภายในหุ่นทดลอง A ระดับ 0.00
- A5 อุณหภูมิภายในหุ่นทดลอง A ระดับ 0.00
- AT อุณหภูมิผิวหลังคาภายในหุ่นทดลอง A
- AN อุณภูมิผิวผนังด้านบนทิศเหนือภายในหุ่นทดลอง A
- AS อุณหภูมิผิวผนังด้านบนทิศใต้ภายในหุ่นทดลอง A

- B0 อุณหภูมิภายในหุ่นทดลอง B ระดับ 0.00
- B1 อุณหภูมิภายในหุ่นทดลอง B ระดับ 0.00
- B2 อุณหภูมิภายในหุ่นทดลอง B ระดับ 0.00
- B3 อุณหภูมิภายในหุ่นทดลอง B ระดับ 0.00
- B4 อุณหภูมิภายในหุ่นทดลอง B ระดับ 0.00
- B5 อุณหภูมิภายในหุ่นทดลอง B ระดับ 0.00
- BT อุณหภูมิผิวหลังคาภายในหุ่นทดลอง B
- BN อุณภูมิผิวผนังด้านบนทิศเหนือภายในหุ่นทดลอง B
- BS อุณหภูมิผิวผนังด้านบนทิศใต้ภายในหุ่นทดลอง B

ตำแหน่งที่วัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในหุ่นทดลอง

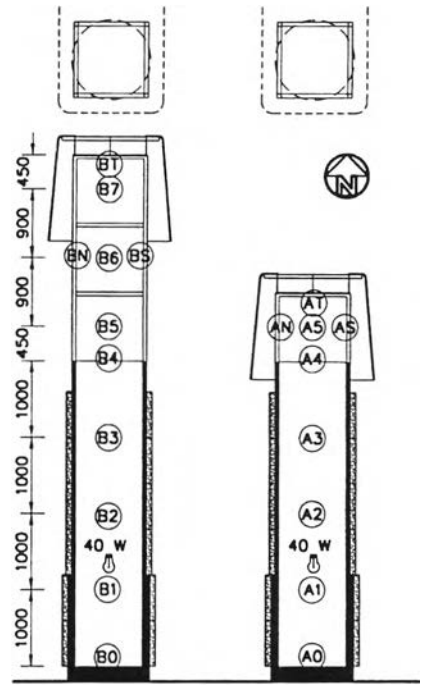
- A1 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในหุ่นทดลอง A ระดับ+1.00
- A5 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในหุ่นทดลอง A ระดับ+4.90
- B1 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในหุ่นทดลอง B ระดับ+1.00
- B5 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในหุ่นทดลอง B ระดับ+4.90

รูปภาพที่ 3.13 แสดงการทดลองที่ 2 เปรียบเทียบพื้นที่ของวัสดุนำความร้อน และ ความสูงของหุ่นทดลอง ขั้นตอนที่ 1



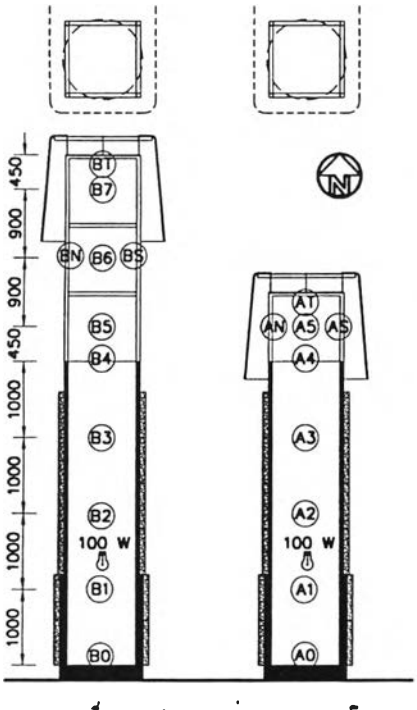
ทุ่นทดลอง B เพิ่มความสูง ทุ่นทดลอง A เหมือนการทดลองที่ 1
ผนังลังกะลีเป็น 2.70ม.

ขั้นตอนที่ 1 ไม่มีแหล่งกำเนิดความร้อนภายในทุ่นทดลอง



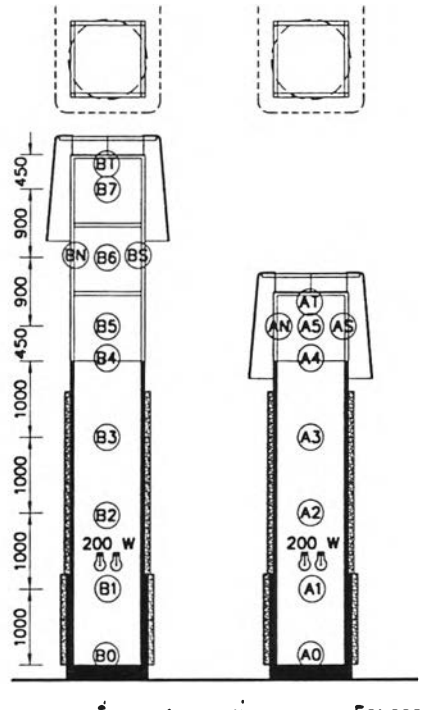
ทุ่นทดลอง B เพิ่มความสูง ทุ่นทดลอง A เหมือนการทดลองที่ 1
ผนังลังกะลีเป็น 2.70ม.

ขั้นตอนที่ 2 มีแหล่งกำเนิดความร้อนภายใน 100 วัตต์
ที่ระดับ 1.20 ม.



ทุ่นทดลอง B เพิ่มความสูง ทุ่นทดลอง A เหมือนการทดลองที่ 1
ผนังลังกะลีเป็น 2.70ม.

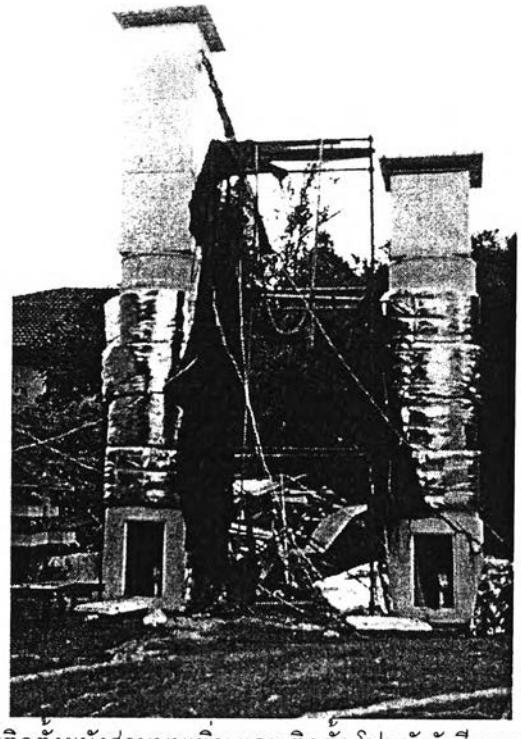
ขั้นตอนที่ 3 มีแหล่งกำเนิดความร้อนภายใน 100 วัตต์
ที่ระดับ 2.00 ม.



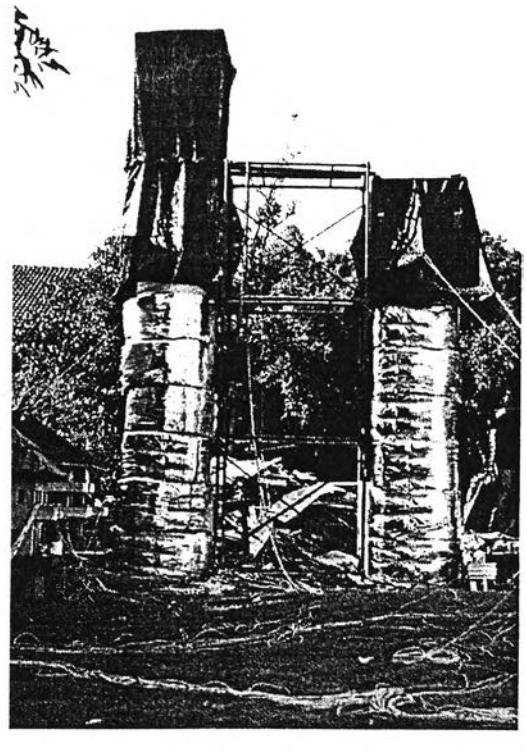
ทุ่นทดลอง B เพิ่มความสูง ทุ่นทดลอง A เหมือนการทดลองที่ 1
ผนังลังกะลีเป็น 2.70ม.

ขั้นตอนที่ 2 มีแหล่งกำเนิดความร้อนภายใน 40 วัตต์
ที่ระดับ 1.20 ม.

รูปภาพที่ 3.17 แสดงการทดลองที่ 2 เปรียบเทียบพื้นที่ของวัสดุนำความร้อน และ ความสูงของหน่วยทดลอง ในแต่ละขั้นตอน



รูปภาพที่ 3.18 แสดงขณะติดตั้งผนังส่วนบนเพิ่ม และ ติดตั้ง โฟมบังรังสีดวงอาทิตย์



รูปภาพที่ 3.19 แสดงขณะทำการทดลองที่ 2

การทดลองที่ 3 เปรียบเทียบวัสดุนำความร้อนที่ผนังส่วนบนด้านทิศเหนือและทิศใต้ ระหว่างวัสดุ ที่ทึบแสง และโปร่งแสง ที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนและมวลสารใกล้เคียงกัน

ขั้นตอนที่ 1 หน่วยทดลอง A เหมือนการทดลองที่ 1

หน่วยทดลอง B ผนังสี่เหลี่ยมด้านบนเปลี่ยนเป็นกระจกใส 6 มม. 1 ด้าน คือทิศเหนือ ส่วนผนังทิศตะวันออกและตะวันตก และ ทิศใต้ เป็นผนังสังกะสีเช่นเดิม

- มีการบังรังสีดวงอาทิตย์ที่หลังคากระจกด้วยโฟม และใช้ไนลอนบังแดดชนิดที่บังได้ 80% บังที่ผนังส่วนบน ทิศตะวันออก, ตะวันตก และทิศใต้ ทั้ง 2 หน่วยทดลอง
- หุ้มฉนวนที่ผนังส่วนล่างของหน่วยทดลอง (ระดับพื้น ถึง +3.60 เมตร) ทั้ง 2 หน่วย
- ไม่มีแหล่งกำเนิดความร้อนภายใน ทั้ง 2 หน่วยทดลอง

ตำแหน่งและระยะเวลาที่วัดอุณหภูมิเช่นเดิม

ขั้นตอนที่ 2 เปรียบเทียบวัสดุนำความร้อนที่ผนังส่วนบนด้านทิศเหนือ ระหว่างวัสดุ ที่ทึบแสง และโปร่งแสง ที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนและมวลสารใกล้เคียงกัน

หน่วยทดลอง A เหมือนการทดลองที่ 1

หน่วยทดลอง B ผนังสี่เหลี่ยมด้านบนเปลี่ยนเป็นกระจกใส 6 มม. 1 ด้าน คือทิศเหนือ ส่วนผนังทิศตะวันออกและตะวันตก และ ทิศใต้ เป็นผนังสังกะสีเช่นเดิม

- มีการบังรังสีดวงอาทิตย์ที่หลังคากระจกด้วยโฟม และใช้ไนลอนบังแดดชนิดที่บังได้ 80% บังที่ผนังสังกะสีทิศตะวันออก, ตะวันตก และทิศใต้ ทั้งสอง
- หุ้มฉนวนที่ผนังส่วนล่างของหน่วยทดลอง (ระดับพื้น ถึง +3.60 เมตร) ทั้ง 2 หน่วย
- มีแหล่งกำเนิดความร้อนภายใน 100 วัตต์ / ตรม. ทั้งสอง

ตำแหน่งและระยะเวลาที่วัดอุณหภูมิเช่นเดิม

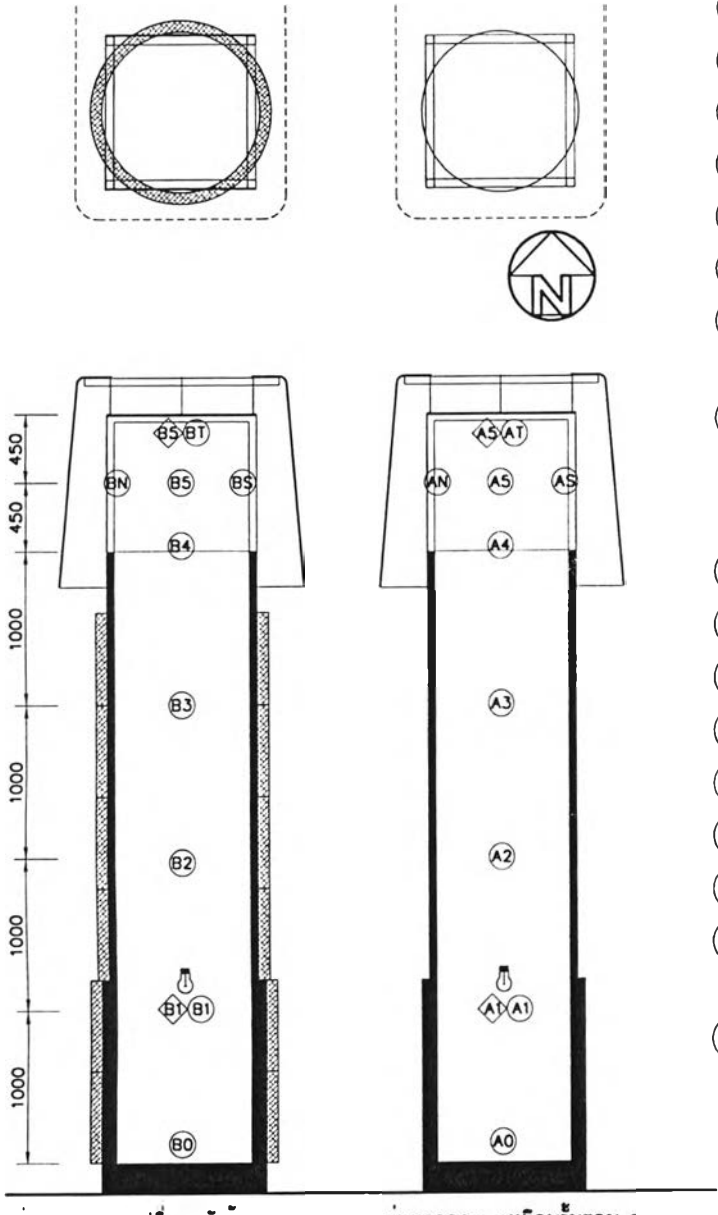
ขั้นตอนที่ 3 เปรียบเทียบวัสดุนำความร้อนที่ผนังส่วนบนด้านทิศเหนือ ระหว่างวัสดุ ที่ทึบแสง และโปร่งแสง ที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนและมวลสารใกล้เคียงกัน

หน่วยทดลอง A เหมือนการทดลองที่ 1

หน่วยทดลอง B หน่วยทดลอง B ผนังสี่เหลี่ยมด้านบนเปลี่ยนเป็นกระจกใส 6 มม. 2 ด้าน คือทิศเหนือ และ ใต้ ส่วนผนังทิศตะวันออกและตะวันตกเป็นผนังสังกะสีเช่นเดิม

- มีการบังรังสีดวงอาทิตย์ที่หลังคากระจกด้วยโฟม และใช้ไนลอนบังแดดชนิดที่บังได้ 80% บังที่ผนังส่วนบน ทิศตะวันออก, ตะวันตก และทิศใต้ ทั้งสอง
- หุ้มฉนวนที่ผนังส่วนล่างของหน่วยทดลอง (ระดับพื้น ถึง +3.60 เมตร) ทั้ง 2 หน่วย
- มีแหล่งกำเนิดความร้อนภายใน 100 วัตต์ / ตรม. ทั้งสอง

ตำแหน่งและระยะเวลาที่วัดอุณหภูมิเช่นเดิม



หุ่นทดลอง B เปลี่ยนผนังด้านบน ทิศเหนือ และใต้ เป็นกระจกใส 6 มม.

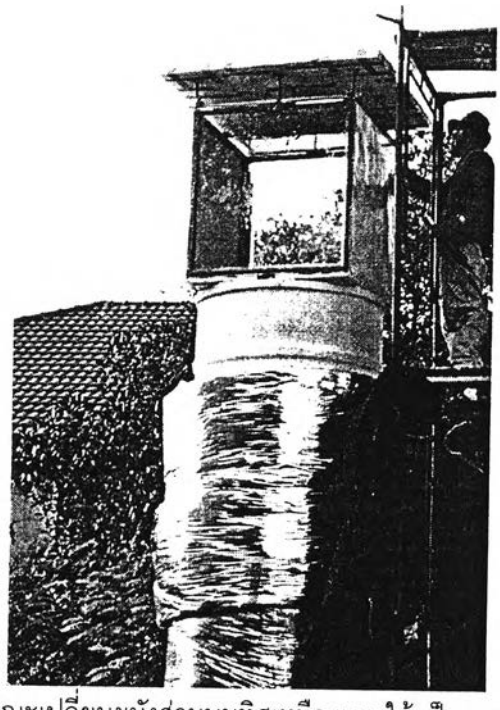
หุ่นทดลอง A เหมือนขั้นตอน 1

ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิอากาศภายในหน่วยทดลอง

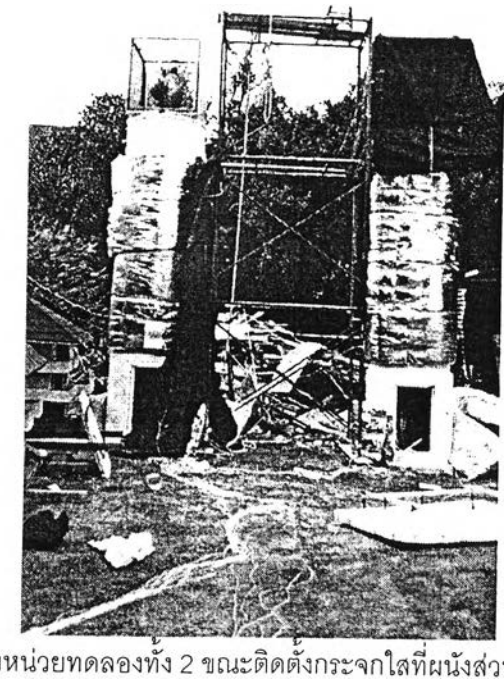
- (A0) อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ระดับ 0.10
- (A1) อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ระดับ 1.00
- (A2) อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ระดับ 2.00
- (A3) อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ระดับ 3.00
- (A4) อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ระดับ 4.00
- (A5) อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง A ระดับ 4.45
- (AT) อุณหภูมิผิวหลังคาภายในหน่วยทดลอง A
- (AN) อุณภูมิผิวผนังด้านบนทิศเหนือภายในหน่วยทดลอง A
- (AS) อุณหภูมิผิวผนังด้านบนทิศใต้ภายในหน่วยทดลอง A

- (B0) อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง B ระดับ 0.10
- (B1) อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง B ระดับ 1.00
- (B2) อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง B ระดับ 2.00
- (B3) อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง B ระดับ 3.00
- (B4) อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง B ระดับ 4.00
- (B5) อุณหภูมิภายในหน่วยทดลอง B ระดับ 4.45
- (BT) อุณหภูมิผิวหลังคาภายในหน่วยทดลอง B
- (BN) อุณภูมิผิวผนังด้านบนทิศเหนือภายในหน่วยทดลอง B
- (BS) อุณหภูมิผิวผนังด้านบนทิศใต้ภายในหน่วยทดลอง B

รูปภาพที่ 3.20 แสดงการทดลองที่ 3 เปรียบเทียบวัสดุนำความร้อนที่ผนังส่วนบนด้านทิศเหนือ และ ใต้ ระหว่างวัสดุทึบแสง และ โปร่งแสง



รูปภาพที่ 3.21 แสดงขณะเปลี่ยนผนังส่วนบนทิศเหนือ และ ใต้ เป็นกระจกใส 6 มม.



รูปภาพที่ 3.22 แสดงหน่วยทดลองทั้ง 2 ขณะติดตั้งกระจกใสที่ผนังส่วนบน