บทที่ ๓

สมมติฐานงานวิจัยและการดำเนินการวิจัย

สมมติฐานของงานวิจัย

การศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารทางหลังคา ซึ่งมีทั้งระบบระบายอากาศ, วัสดุและกรรมวิธีในการออกแบบ เมื่อเราเข้าใจอิทธิพลของตัวแปรเหล่านี้แล้ว ย่อมสามารถที่จะนำความรู้ที่ได้รับนั้นมาค้นคว้าและหากรรมวิธีที่ถูกต้อง และเหมาะสมกับการใช้งานมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบหลังคาใหม่ ให้มีคุณสมบัติ (Performance) ทางด้านการกันความร้อนดีกว่า ระบบหลังคาที่ใช้กันอยู่ทั่วไปได้

ถ้าสถาปนิกหรือผู้ออกแบบมีความเข้าใจเช่นเดียวกันนี้ ย่อมจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบ หาวิธีการแก้ปัญหาที่ดีได้

การเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่เข้ามาในกล่องทดลอง

การที่ความร้อนถ่ายเทเข้าออกสู่กล่องทดลอง อาจคำนวณได้ดังนี้

$$Q = M \cdot Cp \cdot T \qquad \text{.....(๑)}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อ;

M = มวลของวัตถุ

C_p = ค่าความร้อนจำเพาะของวัตถุ

T = อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง

ในกรณีของกล่องทดลองที่ใช้ ได้สร้างขึ้นให้มีขนาดภายในของกล่องและมวลสารเท่า

กันทุกประการ ดังนั้น จะเห็นว่า

ปริมาณความร้อนที่เข้ามาในกล่อง (Q) แปรผันตามอุณหภูมิ พิจารณาจากสมการข้างล่างได้ดังนี้

$$Q = (MC_p)\, T \qquad .....(๒)$$

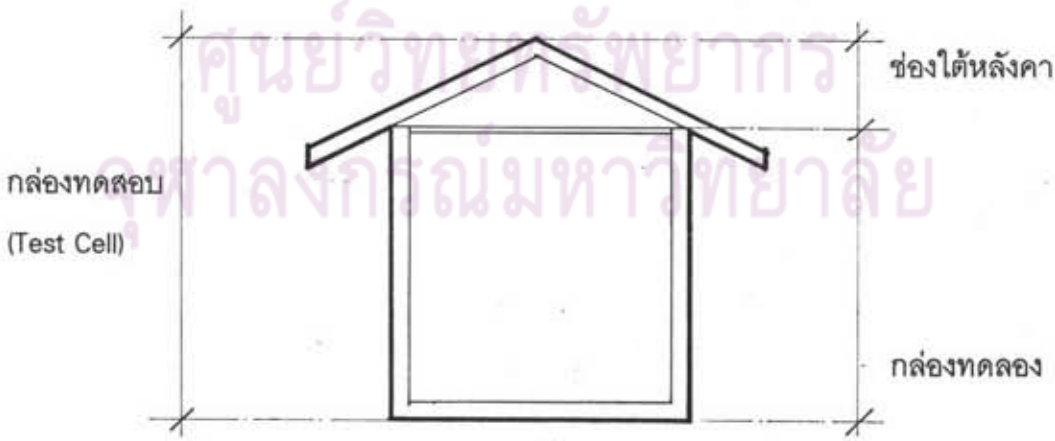
เมื่อ MC_p ของทุกกล่องทดลองเท่ากัน จึงอาจเขียนได้ว่า

$$Q \propto T \qquad .....(๓)$$

ในกรณีนี้ จึงสามารถใช้การวัดอุณหภูมิ (T) แทนปริมาณความร้อนที่เข้ามาในกล่องทดลองแต่ละกล่อง

การ Calibrate กล่องทดลอง

ก่อนทำการทดลองได้มีการ Calibrate กล่องทดลอง เพื่อให้ได้ความเชื่อมั่นว่า ค่าที่ได้จากการทดลองเป็นผลมาจากตัวแปรที่ต้องการทดสอบจริงๆ การ Calibrate ทำโดยใช้วัสดุชนิดเดียวกันปิดด้านบนของกล่องทดลองทุกกล่องและนำไปตั้งกลางแจ้ง จากนั้น จึงทำการวัดอุณหภูมิที่จุดเดียวกันของทุกกล่องทดลองเปรียบเทียบกัน พบว่าอุณหภูมิที่ได้ต่างกันน้อยมาก นั่นแสดงว่า กล่องทดลองทุกกล่องมีคุณสมบัติทางด้านความร้อนไม่แตกต่างกัน



ภาพที่ ๓ก : แสดงส่วนประกอบของ Test Cell
ภาพประกอบโดย: นางสาวจญาดา บุณยเกียรติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารผ่านทางหลังคา

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและจากการค้นคว้าเอกสารอ้างอิงต่างๆ สามารถ รวบรวมปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร โดยผ่านทางหลังคา ได้ดังนี้

ก). วัสดุซึ่งใช้เป็นผิวหลังคา ลักษณะผิวและสีสำหรับด้านที่รับความร้อน จากดวงอาทิตย์

ข). ชนิด-ค่าความต้านทานความร้อน - ตำแหน่งการติดตั้งของฉนวนกันความร้อน และของฝ้าเพดาน

ค). ระบบการระบายอากาศในช่องใต้หลังคา (Ventilation in Attic Space)

ง). การมีระบบป้องกันการแผ่รังสีความร้อน (Radiant Barrier System) ในช่องใต้หลังคา

จ). รูปทรง - ความลาดชัน - พื้นที่ผิวของหลังคา

ปัจจัยที่ถูกคัดเลือกเพื่อมาทำการวิจัย

เลือกจากปัจจัยที่พบว่ามีทางเลือกใช้หลายแบบในท้องตลาดในปัจจุบัน โดยที่ไม่มี งานวิจัยรองรับว่าทางเลือกใดเหมาะกับภูมิอากาศของประเทศไทยมากที่สุด งานวิจัยนี้จึงนำบาง ส่วนของปัจจัยดังกล่าวมาทำการศึกษา

ก). วัสดุซึ่งใช้เป็นผิวหลังคา

ข). ค่าความต้านทานความร้อนและตำแหน่งการติดตั้งในโครงหลังคาของฉนวนกันความร้อน (Thermal Insulation)

ค). ระบบระบายอากาศในช่องใต้หลังคา

ง). การมีระบบการป้องกันการแผ่รังสีความร้อนในช่องใต้หลังคา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การจัดชุดของการทดลอง

การศึกษาปัจจัยดังกล่าวที่ได้เลือกไว้ นำมาจัดชุดการทดลองและตั้งสมมติฐานของ แต่ละชุดการทดลอง แบ่งเป็น ๔ การทดลอง ดังนี้

ชุดที่๑ :เป็นการทดสอบเปรียบเทียบการเปิดช่องเปิดเพื่อให้มีการระบายอากาศในโครงหลังคา (Test of Ventilation)

ชุดที่๒:เป็นการทดสอบเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อน และตำแหน่งการ ติดตั้ง ในโครงหลังคาของฉนวนกันความร้อน และการใช้ระบบป้องกันรังสีความร้อนในโครง หลังคา (Test of Insulation)

ชุดที่ ๓ : เป็นการทดสอบเปรียบเทียบชนิดของวัสดุมุงหลังคา (Test of Materials)

ชุดที่ ๔ : เป็นการทดสอบการรวบรวมทางเลือกที่ดีในปัจจัยต่างๆ ตามทฤษฎีมาประกอบเป็นระบบหลังคา เปรียบเทียบกับระบบหลังคาที่นิยมใช้ในท้องตลาดในปัจจุบัน (Test of Composite)

การออกแบบการทดลอง

จะทำการทดลองในหุ่นจำลองขนาดประมาณ ๑:๒ (ถือเอาความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดานปกติ = ๒.๔๐ ม.) ซึ่งเป็นขนาดกล่องทดสอบที่ไม่ใหญ่หรือเล็กเกินไปเป็นขนาด ที่ไม่ทำให้ค่าอุณหภูมิที่วัดได้ผิดเพี้ยนจนเกินไป เป็นขนาดที่เหมาะสมกับการทำงาน และการ ควบคุมตัวแปร รวมทั้งเป็นขนาดพอเหมาะกับพื้นที่ ที่ตั้งกล่องทดสอบอีกด้วย ในทุกชุดของการ ทดลองจะมีตัวแปรควบคุม ให้เหมือนกันดังนี้

๑). **กล่องทดสอบ** ขนาดด้านนอก กว้างxยาวxสูง เท่ากับ ๑.๒๑x๑.๒๑x๑.๒๑ ลบ.เมตร มีผนัง ๕ ด้าน ใช้โครงเคร่าไม้ปิดด้วยไม้อัดชนิดทนความชื้น หนา ๔ มม. ภายในกรุโฟมทั้ง ๕ ด้าน โดยที่โฟมมีความหนาแน่น ๑ ปอนด์/ลบ.ฟุต ความหนา ๔ นิ้ว เพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในโดยผ่านทางผนังกล่องทดสอบ ด้านบนของกล่องทดสอบจะไม่มีผนัง และใช้เป็นที่ให้หลังคาที่จะทดสอบมาครอบต่อไป สีของกล่องทดสอบทาสีขาวทุกกล่อง

๒).**ฐานรองกล่องทดสอบ** ให้ขอบบนของฐานรองสูงจากพื้น ๐.๖๐ เมตร และกล่องทดสอบทุกกล่องจะตั้งอยู่บนฐานรองนี้ เพื่อป้องกันไม่ให้กล่องทดสอบ ได้รับผล กระทบจากอุณหภูมิของดิน

๓). **โครงหลังคา** ที่ทำขึ้นมาทดสอบ เป็นโครงไม้ ๑.๕ x ๓ นิ้ว ส่วนแป เป็นไม้ ๑.๕ x ๑.๕ นิ้ว ส่วนประกอบอื่นอื่นเป็นไม้หมด ไม่ว่าจะเป็นดั้ง, อกไก่, เชิงชาย ฯลฯ ให้หลังคามีความลาดชัน ๒๖ องศา ซึ่งเป็นระดับความลาดชันที่ทำให้ลมไหลเลื่อนผ่านได้ดีที่สุด หลังคาทุกชุดทดสอบเป็นทรงหน้าจั่ว (Gable)

๔). **การวางทิศทางและตำแหน่งของกล่องทดสอบ** เป็นไปในทิศทางเดียวกันทั้งหมด คือ หันด้านหลังคาที่มีความลาดชันไปทางทิศเหนือ-ใต้ และจัดวางตำแหน่งของทุกกล่องทดสอบให้ได้รับแสงอาทิตย์ และลมเหมือนๆกัน

๕). **ผนังหน้าจั่ว** ในการทดลองชุดที่ ๑ - ๓ หน้าจะกรุด้วยโฟมชนิด, ความหนาแน่น, และความหนาเดียวกันกับกล่องทดสอบ เพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนส่งผ่านเข้าออก ทางผนังหน้าจั่ว

สถานที่ตั้ง Test Cell **และการเตรียมการก่อนการทดลอง**

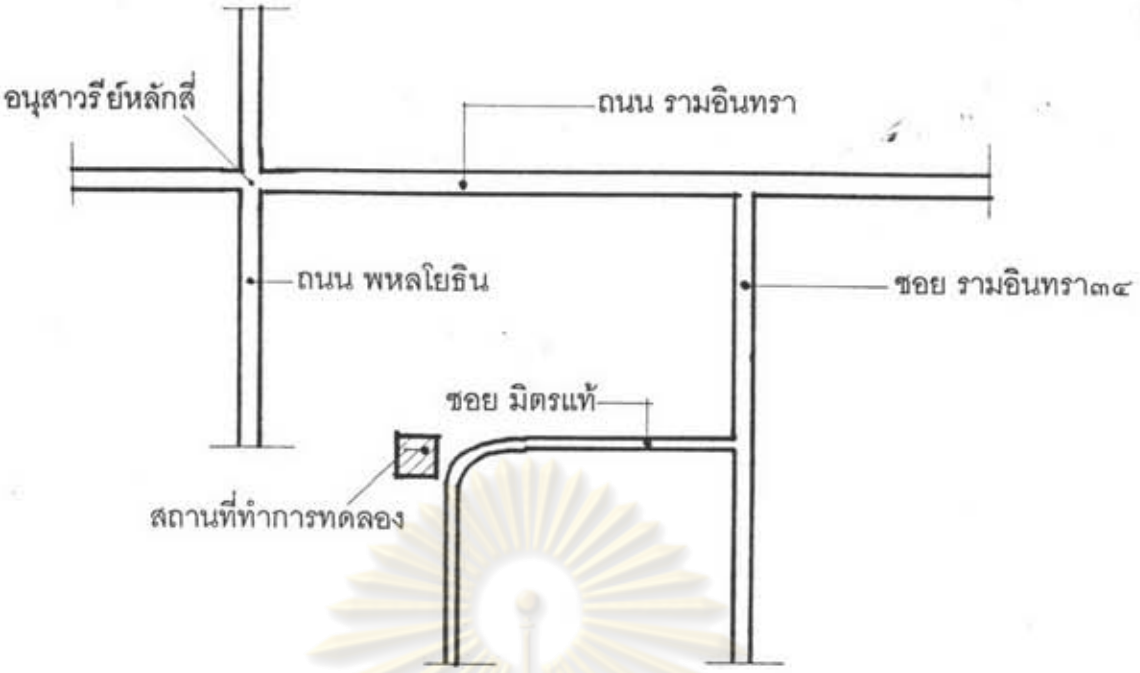
๑). สถานที่ทำการทดลอง เลือกที่ซึ่งเป็นพื้นที่โล่ง กว้าง พอที่จะตั้งกล่องทดสอบ ภายในชุดเดียวกันได้ โดยไม่บังแดดและลมกันเอง

๒). หลังจากคิดปริมาณวัสดุ สั่งซื้อ และจัดหาวัสดุเรียบร้อยแล้ว จึงเริ่มดำเนิน การสร้างกล่องทดสอบ จำนวนให้เพียงพอกับตัวแปรที่จะนำมาทดสอบ คือ ๕ กล่อง

๓). สร้างโครงหลังคาแบบมีชายคา ๕ ชุด เพื่อใช้ในการทดสอบ การระบายอากาศ และระบบฉนวน และโครงสร้างหลังคาแบบไม่มีชายคา ๕ ชุด เพื่อใช้ในการทดสอบวัสดุมุงหลังคา

๔). ดำเนินการตามรายละเอียดในแต่ละการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ ๓.ข. : แผนที่ทางเข้าบ้านซึ่งเป็นสถานที่ทำการทดลองโดยสังเขป
ภาพประกอบโดย : นส.จญาดา บุณยเกียรติ

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

ก). เครื่องมือเก็บค่าอุณหภูมิ เป็นเครื่องมือของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย ประกอบด้วย

๑). เครื่องเก็บค่าอุณหภูมิ (Temperature Recorder) จำนวน ๑ เครื่อง Campbell Scientific 21x Micrologger)

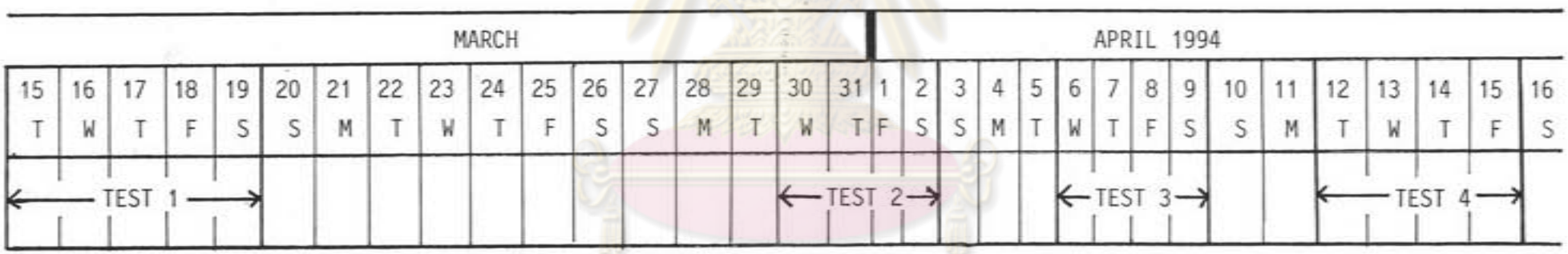
๒). สายเทอร์โมคับเปิล (Thermocouple) type K สำหรับใช้ต่อกับเครื่องเก็บอุณหภูมิไปยังจุดวัดอุณหภูมิต่างๆ

ข).เครื่องมือวัดการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์(Li-Cor Terrestrial Radiation Sensors, Type SZ) เป็นเครื่องมือของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

ค). เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) เป็นเครื่องมือของการพลังงานแห่งชาติ

ง). เครื่องคอมพิวเตอร์ ใช้ Software ชื่อ Telix โปรแกรม ชื่อ Tare 1 ซึ่งเขียนขึ้น มาเพื่อให้เก็บค่าอุณหภูมิและ Radiation จากเครื่อง Campbell Scientific โดยสามารถตั้งช่วง เวลาที่จะทำการเก็บค่าได้ โดยต่อ CPU เข้ากับเครื่องวัดอุณหภูมิด้วยสาย Interface แบบเฉพาะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 แสดงช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลในแต่ละการทดลอง

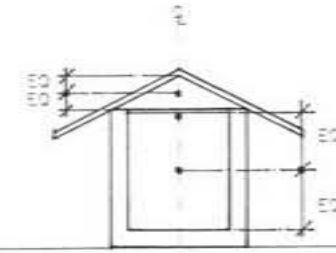
TOPIC: **รูปที่ 3.2ก : แสดงรายละเอียดของการทดลองทั้ง 4 ชุด และแสดงจุดที่ทำการวัดอุณหภูมิในแต่ละการทดลอง**

A REDUCTION OF HEAT GAIN IN BUILDINGS THROUGH ROOFS

จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิ
การใช้ TEST CELL

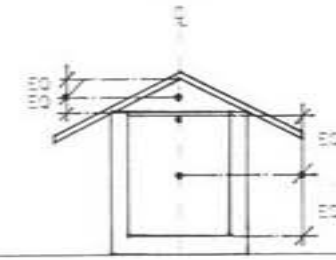
1 TEST OF VENTILATION

UNVENTILATE | LONGITUDE-INSTALLED LATH | LATITUDE-INSTALLED LATH | THE EAVES WITH NO LIVING | LOUVERS AT GABLE FACES



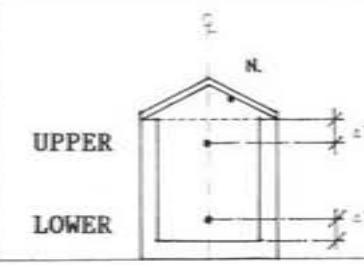
2 TEST OF INSULATION

NO INSULATION | R-7 HORIZONTAL | R-10 HORIZONTAL | R-7 SLOPE | ALUMINUM FOIL "PARSEC"



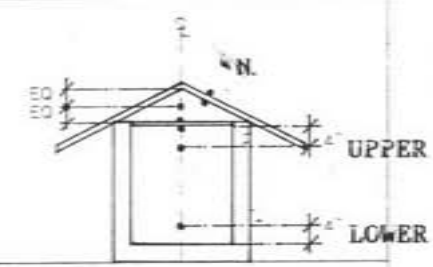
3 TEST OF MATERIALS

CONCRETE | ASBESTOS | **STEEL** | THATCH | CLEAR GLASS



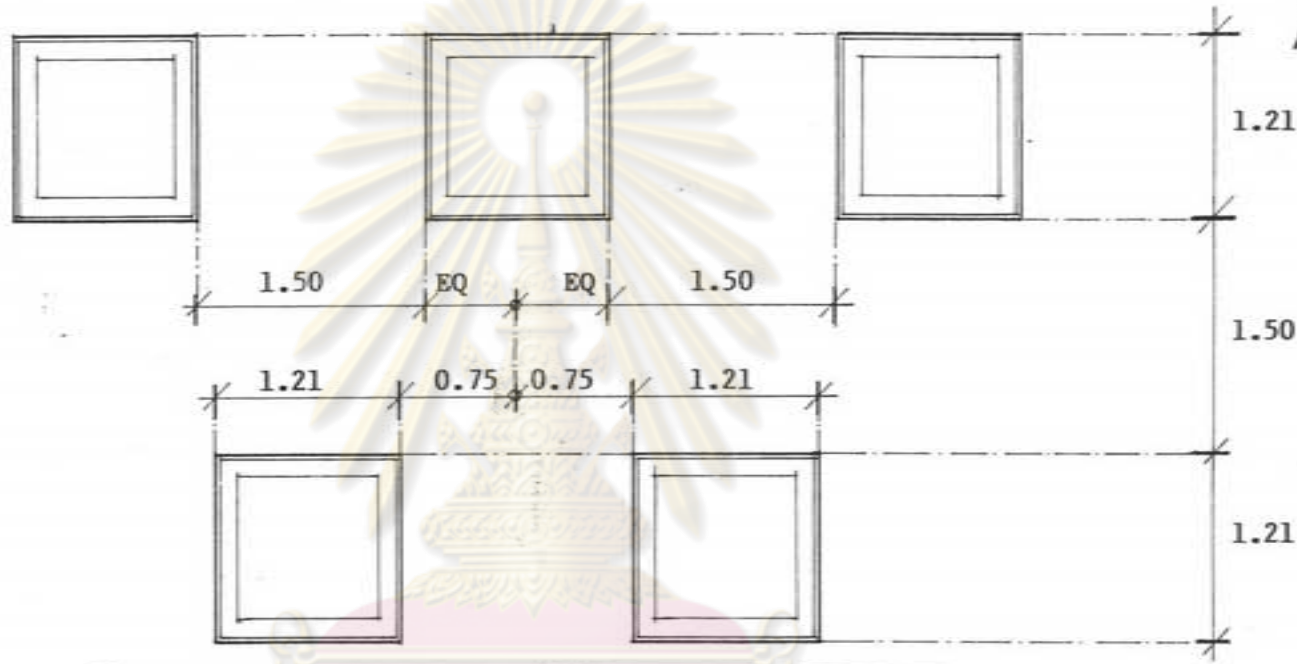
4 TEST OF COMPOSITION

CONVENTIONAL COMPOSITE | DESIGNED COMPOSITE



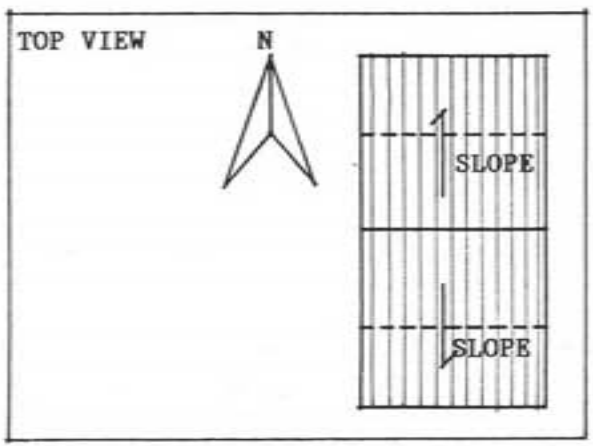
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TEST 1 :	TEST OF VENTILATION :	1 LATITUDE-INSTALLED LATH	1 THE EAVES WITH NO LINING	1 UNVENTILATE
TEST 2 :	TEST OF INSULATION :	2 R-7 HORIZONTAL	2 R-7 SLOPE	2 NO INSULATION
TEST 3 :	TEST OF MATERIALS :	3 STEEL	3 CLEAR GLASS 6 mm. thk.	3 ASBESTOS



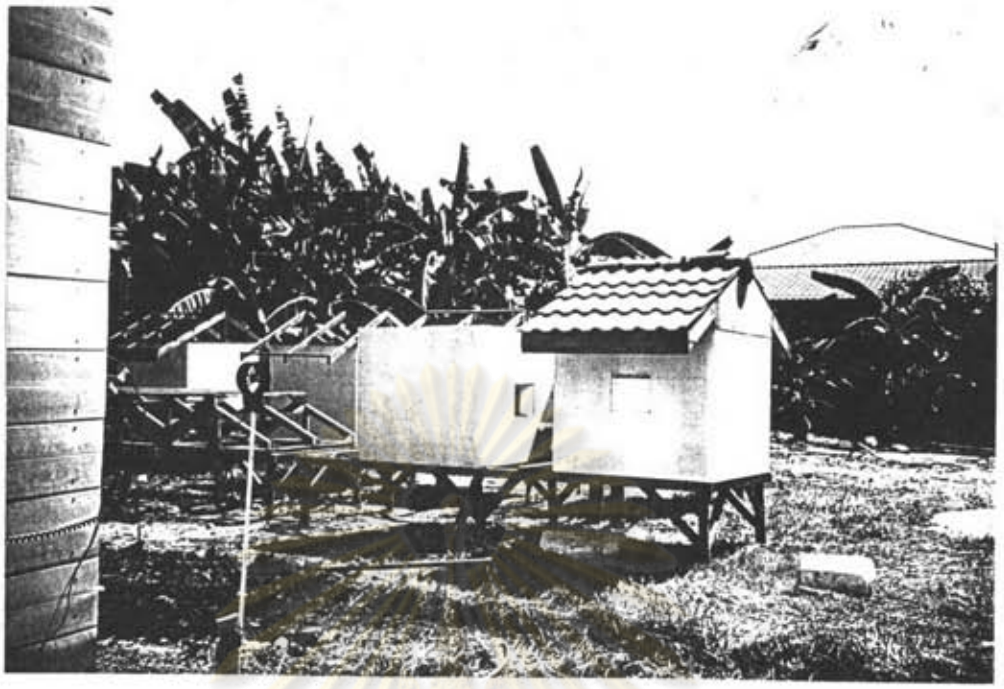
LAY-OUT
1: 50

1 LOUVERS AT GABLE FACES	1 LONGITUTE-INSTALLED LATH
2 PARSEC	2 R-10 HORIZONTAL
3 CONCRETE TILE	3 THATCH

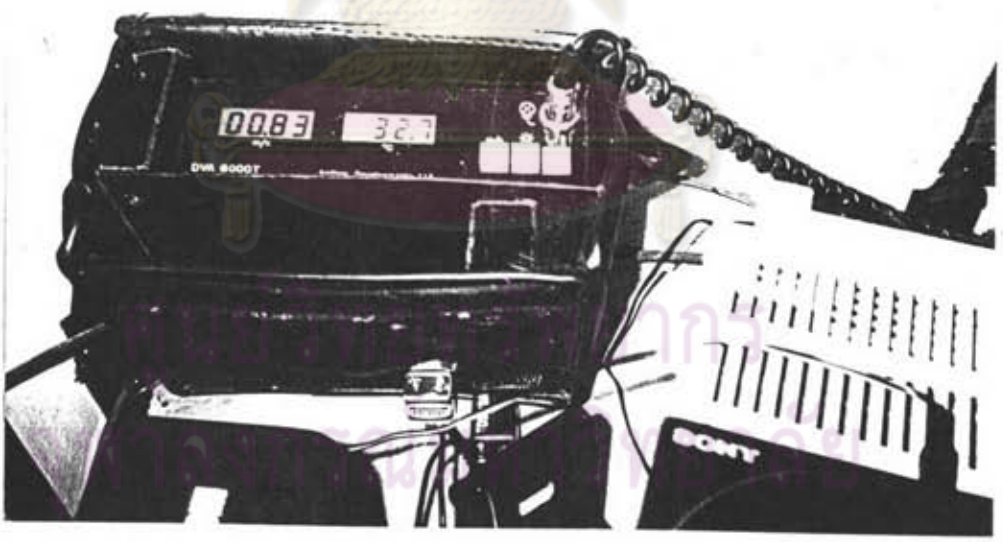


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่3.2ข : แสดงการตั้งกล่องทดสอบ (TEST CELLS) สำหรับการทดลองชุดที่ 1, 2, 3



ภาพที่ 3.1.1



ภาพที่ 3.1.2

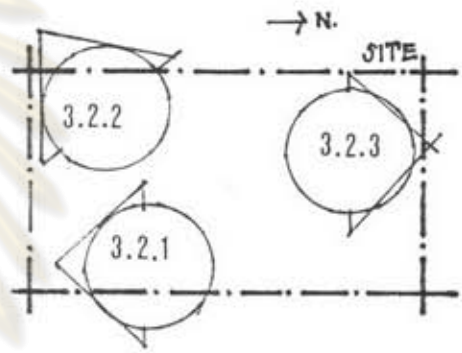
ภาพที่ 3.1.1 และ 3.1.2 :แสดงเครื่องมือที่ใช้วัดความเร็วลม (ANEMOMETER)
ตัวพัดลมตั้งให้วัดความเร็วลมในทิศเหนือ-ใต้

ภาพที่ 3.1.3 : แสดงเครื่องวัดอุณหภูมิ (TEMPERATURE RECORDER) CAMPBELL SCIENTIFIC 21X MICROLOGGER โดยใช้ SENSOR เป็นสาย THERMOCOUPLE TYPE K

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 3.2.1

ภาพที่ 3.2.2



ภาพที่ 3.2.3

ภาพที่ 3.2.1,3.2.2 และ 3.2.3 : แสดงพื้นที่ที่เตรียมจะตั้งกล่องทดสอบ

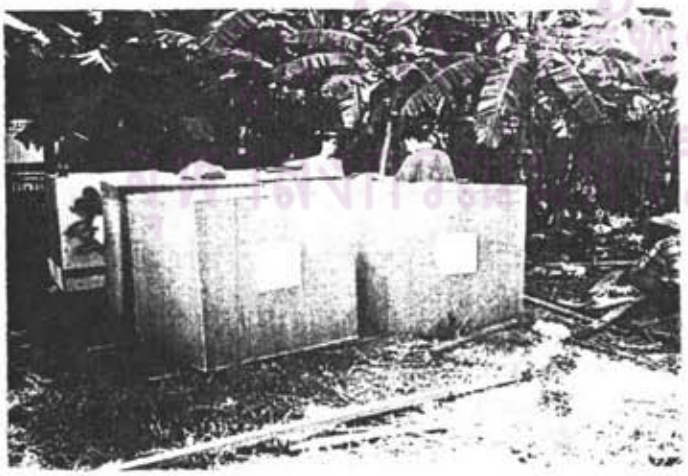
ศูนย์วิทย
จุฬาลงกรณ์

ภาพที่ 3.2.3

ภาพที่ 3.2.6

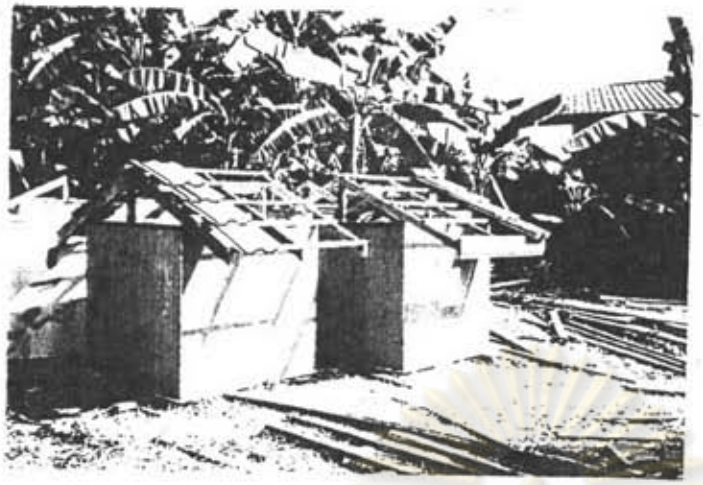
ภาพที่ 3.2.4

ภาพที่ 3.2.3 : เริ่มต้นประกอบกล่องทดสอบ
ภาพที่ 3.2.4 : การกรุโฟมภายในกล่องทั้งสี่ด้าน ด้วยโฟมความหนาแน่น 1 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ความหนารวม 4 นิ้ว เพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่กล่องทดสอบ
ภาพที่ 3.2.5 : การทดสอบกล่องที่กรุโฟม และมีการเจาะช่องเพื่อติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ
ภาพที่ 3.2.6 : การทาสีขาวทุกกล่องทดสอบเพื่อให้มีสีที่เหมือนกัน และสีขาวจะดูดซับความร้อนไว้น้อยกว่าสีเข้ม



ภาพที่ 3.2.5

ภาพที่ 3.2.7 : การประกอบโครงหลังคาที่มีความลาดชัน 26 องศา (สังเกตได้จากฉากปรับมุมที่นำไปเทียบ) เป็นโครงหลังคาชุดที่ให้มีชายคา เพื่อในทดสอบระบบระบายอากาศสำหรับช่องใต้หลังคา



ภาพที่ 3.2.8 : การทดลองวางกระเบื้องมุง
หลังคาคอนกรีตบนโครงหลังคาก่อนการมุงจริง

ภาพที่ 3.2.9 :การตีเชิงชายตามแบบการมุง
หลังคากระเบื้อง

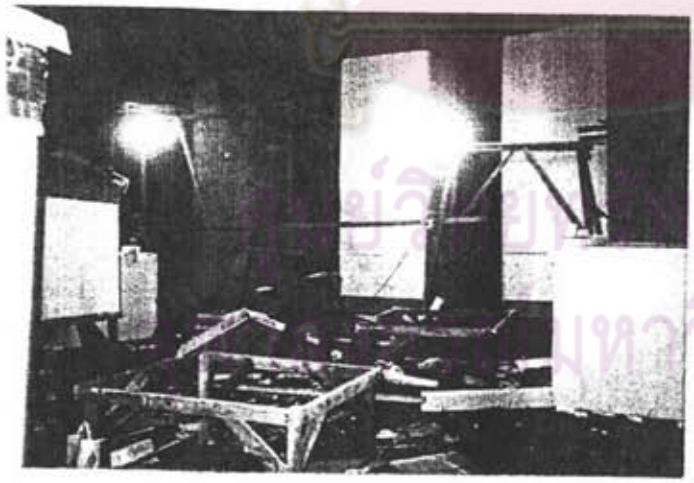
ภาพที่ 3.2.10 การมุงกระเบื้องสำหรับชุดทดลองที่ 1
(ทดสอบระบบ VENTILATION)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 3.2.11

ภาพที่ 3.2.12

ภาพที่ 3.2.11 และ 3.2.12 : การประกอบโครงหลังคา
สำหรับชุดทดสอบวัสดุมุง (ไม่มีชายคา)



ภาพที่ 3.2.13 : แสดงฐานที่ใช้วางกล่องทดสอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองชุดที่ ๑ : Test of Ventilation

๑). **มี ๕ ทางเลือกที่นำมาทดสอบ คือ**

ก). ไม่มีระบบถ่ายเทอากาศ (Unventilate)

ข). เปิดฝ้าชายคา (The Eaves with no Lining)

ค). ตีระแนงไม้ตามยาวที่ฝ้าชายคา (Longitutional Installed Latch)

ง). ตีระแนงไม้ตามขวางที่ฝ้าชายคา (Latitutional Installed Latch)

จ). เจาะช่องบนเกล็ดไม้ที่หน้าจั่ว (Louvers at Gable Faces)

ทางเลือก ข้อ ก,ค, ง, จ เป็นสิ่งที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน ส่วน ข เป็นตัวอย่างทางทฤษฎี

๒). **ตัวแปรควบคุม** ควบคุมสิ่งเหล่านี้ให้เหมือนกันทุกประการ

ก). ชนิดและสีของวัสดุมุง ใช้กระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีต สีเทาเข้ม

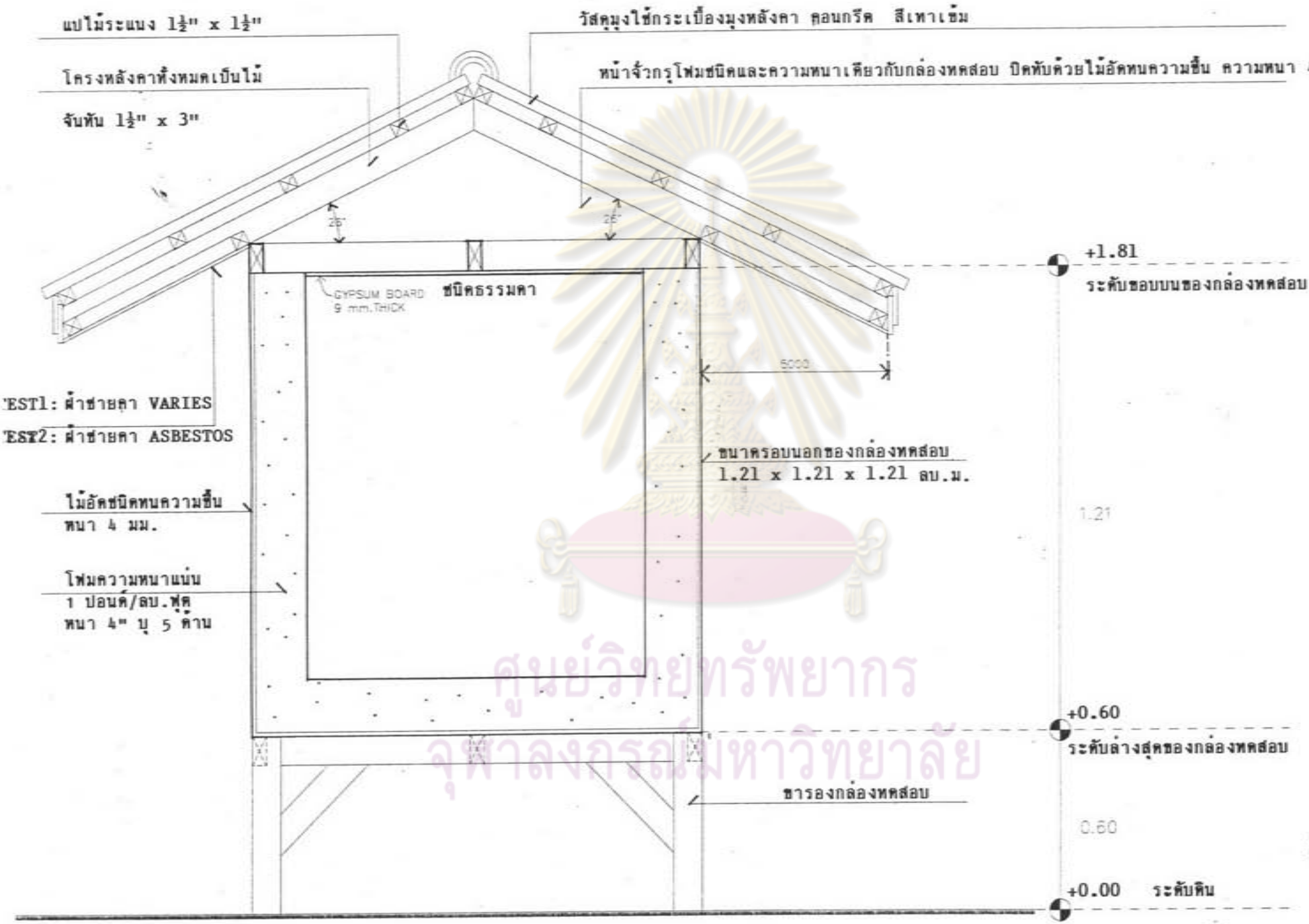
ข). ความลาดชันของหลังคา ระยะยื่นชายคา และรายละเอียดของโครงหลังคาและการมุง

ค). ใช้ฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด หนา ๙ มม.

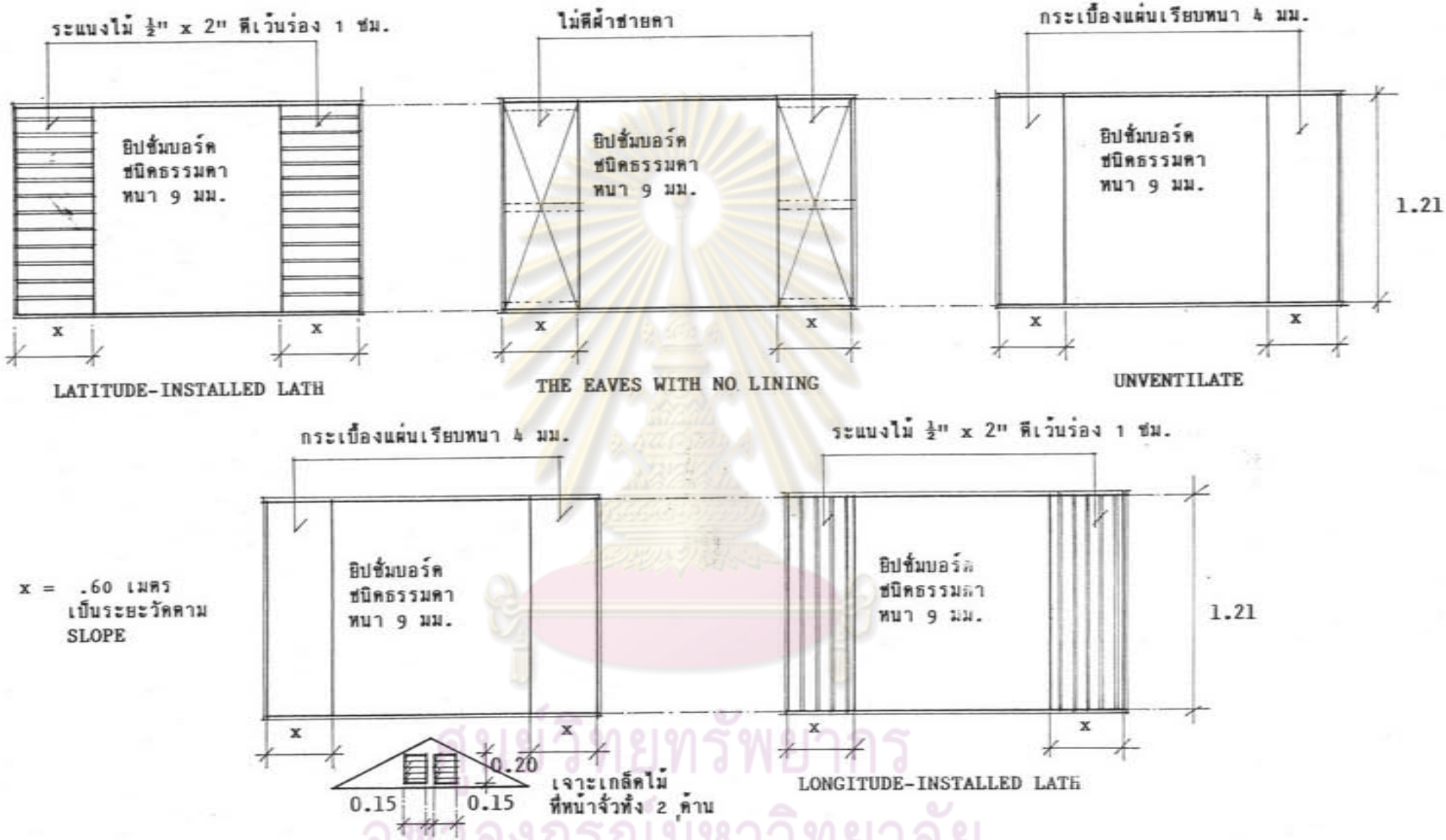
ง). หน้าจั่วกรุด้วยโฟม ความหนาแน่น ๑ ปอนด์/ลบ.ฟุต หนา ๔ นิ้ว ปิดทับด้วยไม้อัดชนิดทนความชื้นหนา ๔ มม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 3.3ก : รูปตัดแสดงรายละเอียดทั่วไปของกล่องทดสอบ ที่ใช้สำหรับการทดลองชุดที่ 1 และ 2



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 3.3ข แสดงรูปแบบช่องทางระบายอากาศให้กับช่องใต้หลังคา ในการทดลองชุดที่ 1

ภาพที่ 3.3.1

ภาพที่ 3.3.1 และ 3.3.2 : การกรุโฟม
ที่หน้าจั่วเพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อน
(การทดลองชุดที่ 1)

ภาพที่ 3.3.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 3.3.3

ภาพที่ 3.3.3 : แสดงช่องเปิดชนิดเจาะเกลียดที่หน้าจั่ว

ภาพที่ 3.3.4 : แสดงช่องเปิดชนิดไม่มีฝาชายคา

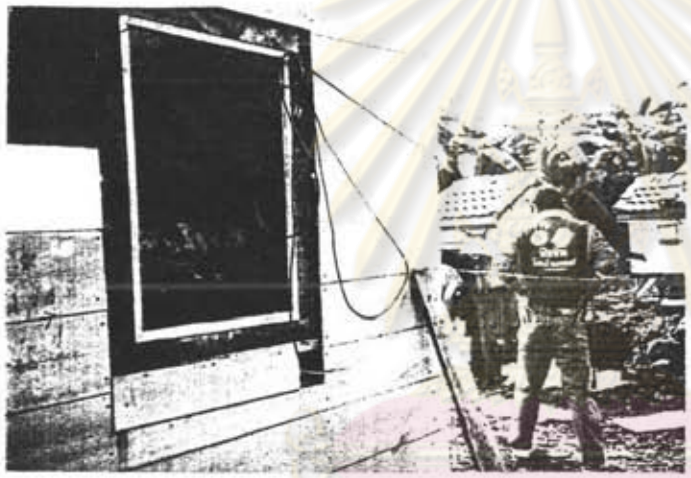
ภาพที่ 3.3.4

I17032040

ภาพที่ 3.3.5 : แสดงช่องเปิดแบบตีระแนงไม้ตามยาว

ภาพที่ 3.3.6 : แสดงช่องเปิดแบบตีไม้ระแนงตามขวาง

ภาพที่ 3.3.7 : การตั้งกล่องทดสอบและเพิ่งเก็บเครื่องมือ เพื่อให้โยงสายเทอร์โมคับเปิลถึงทุกกล่องทดสอบ สำหรับการทดลองชุดที่ 1



ภาพที่ 3.3.8 : การโยงสาย INTERFACE ระหว่างเครื่องมือเก็บอุณหภูมิกับ COMPUTER ในห้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 3.3.9 : การติดตั้งสายเทอร์โมคับเปิลเข้ายังจุดที่ต้องการวัดอุณหภูมิ หลังจากติดตั้งสายแล้ว จะใช้โฟมหนา 4 นิ้วปิดช่องเปิดที่เปิดสำหรับสายวัด แล้วผนึกด้วยเทปผ้า ไม่ให้มีรูอากาศรั่ว

ภาพที่ 3.3.10 : การวัดความเร็วลม ในการทดสอบชุดช่องเปิดในโครงหลังคา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองชุดที่ ๒ : Test of Insulation ทำในระบบปิด ไม่มีการระบายอากาศ

๑). มี ๕ ทางเลือกที่นำมาทดสอบ คือ

ก). ไม่ใช้ฉนวนกันความร้อน (No Insulation)

ข). ใช้ฉนวนไฟเบอร์กลาส R-7 วางในแนวราบบนฝ้าเพดาน (R-7 Horizontal) หันฟอล์ยขึ้น

ค). ใช้ฉนวนไฟเบอร์กลาส R-10 วางในแนวราบบนฝ้าเพดาน (R-10 Horizontal) หันฟอล์ยขึ้น

ง). ใช้ฉนวนไฟเบอร์กลาส R-7 ติดตั้งตามแนวลาดเอียงของหลังคาที่ใต้จันทัน (R-7 Slope) คว่ำฟอล์ยลงสู่ช่องอากาศของ Attic Space

จ). ใช้วัสดุสกัดกั้นรังสีความร้อน อลูมินัมชีท ติดตั้งตามแนวลาดเอียงของหลังคาที่ใต้จันทัน

๒). ตัวแปรควบคุม คุมสิ่งเหล่านี้ให้เหมือนกันทุกประการ

ก). ชนิดและสีของวัสดุมุง ใช้กระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีต สีเทาเข้ม

ข). ความลาดชันของหลังคา ระยะยื่นชายคา รายละอียดของโครงหลังคา

ค). เก็บปิดรูรั่วตามปลายลอนกระเบื้องที่ต่อกับเชิงชายด้วยโฟมและซิลิโคน และเก็บรูรั่วอื่นๆด้วยวิธีการเดียวกันนี้

ง). ใช้ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด หนา ๙ มม.

จ). หน้าจั่วกรุด้วยโฟมความหนาแน่น ๑ ปอนด์/ลบ.ฟุต หนา ๔ นิ้ว ปิดทับด้วยไม้อัดชนิดทนความชื้น หนา ๔ มม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเลือกชนิดของฉนวนกันความร้อนที่นำมาทดสอบ

การคัดเลือกตัวอย่างที่นำมาใช้

คัดเลือกโดยถือเกณฑ์ด้านการเลือกคุณสมบัติการเลือกฉนวนที่ดี พิจารณาร่วมกับเรื่องราคา

๑. การพิจารณาเกณฑ์ทางด้านคุณสมบัติ ๑)

ก. ความสามารถในการทนต่ออุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของฉนวนนั้น

ข. ไม่ติดไฟ หรือลุกไหม้ง่าย

ค. มีความแข็งแรงและทนต่อสภาพการใช้งาน, การสั่นสะเทือน โดยไม่เสื่อมสภาพหรือเสียรูป

ง. จะต้องไม่ซับหรืออมน้ำ และทนต่อความชื้น

จ. เมื่อติดไฟแล้ว ต้องไม่ให้แก๊ซพิษออกมา

ฉ. จะต้องติดตั้ง ดูแลรักษา และซ่อมแซมได้ง่าย

๒. การพิจารณาด้านราคา

เนื่องจากเป็นการศึกษาเปรียบเทียบสำหรับอาคารที่ใช้หลังคา ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นที่พักอาศัย ดังนั้นราคาของฉนวนที่จะคัดเลือกมาเป็นตัวอย่าง จึงควรเป็นราคาที่ "พอซื้อได้"

จากการศึกษาเรื่องวัสดุฉนวน ของมิศรชัย อภิพัฒนะมนตรี ๒) และของสมาคมสถาปนิกอเมริกัน ๓) กล่าวถึงคุณสมบัติและข้อดี-ข้อเสีย ของฉนวนกันความร้อนชนิดต่างๆ (ดูตาราง ๑) พบว่า ฉนวนที่มีคุณสมบัติทั้งหมดใกล้เคียงกับเกณฑ์การเลือก มีอยู่ ๒ ชนิดคือ Rock Wool และ Fiberglass (ซึ่งทั้ง ๒ ชนิดนี้มี R-Value ต่อความหนา ๑ นิ้วเท่ากัน ๑) -ดูตาราง ๒) ขั้นต่อไปจึงนำฉนวน ๒ ชนิดนี้มาพิจารณาเกณฑ์ทางด้านราคา

---

๑). ทวี เวชพฤติ. รศ., เอกสารการสอนประกอบวิชาการประหยัดพลังงานในอาคาร **"การเลือกใช้วัสดุกันความร้อน"**, ภาควิชาเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

๒). มิศรชัย อภิพัฒนะมนตรี., **"การจำลองหาค่าความร้อนผ่านรูปร่างรอบนอกของอาคารในกรุงเทพมหานคร"**, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย., ปีการศึกษา ๒๕๓๐

๓). AIA., *"ARCHITECTURAL GRAPHIC STANDARDS"*., AN AMBRIDGEMENT OF THE SEVENTH EDITION.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อพิจารณาเอกสารของบริษัทไมโครไฟเบอร์อุตสาหกรรม พบว่า

๑. **ฉนวนใยหิน** (ROCK WOOL) ความหนาแน่นต่ำสุดที่นำเข้าจากต่างประเทศ คือ ๘๐ กก./ลบ.ม. ซึ่งมีราคาสูง

๒. **ฉนวนใยแก้ว** (FIBERGLASS) ความหนาแน่นที่มีผู้ซื้อไปใช้ในบ้านพักอาศัยมากที่สุด คือ ๑๐ กก./ลบ.ม. ความหนา ๒" และ ๓" (ข้อมูลจากฝ่ายขาย ของบริษัทผู้ผลิต) ซึ่งราคาของฉนวนชนิดนี้ อยู่ในช่วงที่เรียกว่า "พอซื้อได้"

ดังนั้น ฉนวนกันความร้อนที่นำมาเป็นตัวอย่างในการศึกษาเปรียบเทียบ คือ **ฉนวนใยแก้ว** ความหนาแน่น ๑๐ กก./ลบ.ม. ความหนา ๒" หรือที่ตามเอกสารของผู้จำหน่ายเรียกชื่อชนิดเป็น "**บิวดิ้ง เกรด**" และความหนาแน่นเดียวกัน ความหนา ๓" หรือตามที่เอกสารดังกล่าวเรียกชื่อเป็น"**เอชไอ เกรด**" เป็นแบบมีอลูมินั่มฟอล์ย (แบบที่ไม่มีอลูมินั่มฟอล์ยบริษัทฯ ให้ข้อมูลว่าไม่ผลิตแล้ว)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

๗. FRANCIS DK. CHING., *"BUILDING CONSTRUCTION ILLUSTRATED."* SECOND EDITION.

ตารางที่๓.๑ประเภทและจุดเด่นของวัสดุฉนวน

ประเภท	จุดเด่น	คุณสมบัติที่เกี่ยวข้อง		
		การดูดน้ำ และความชื้น	ก๊าซ ควัน กลิ่น	คุณสมบัติที่ได้เมื่อประกอบกับวัสดุอื่น
ใยหิน (Rock Wool)	เป็นฉนวนความร้อนจำพวกเส้นใยอนินทรีย์ที่ไม่ติดไฟ มีคุณสมบัติดูดกลิ่นเสียง และทนต่อการกัดกร่อนได้ดีมาก อ่อนนิ่มจึงใช้งานได้ง่าย	น้อย	ไม่เกิดก๊าซพิษ ไม่มีกลิ่น	มีคุณสมบัติกันเสียง ทนน้ำ, ทนไฟ
ใยแก้ว (Glass Wool)	เป็นฉนวนความร้อนจำพวกเส้นใยอนินทรีย์ มีคุณสมบัติดูดกลิ่น เสียง และทนต่อการกัดกร่อนได้ดีเยี่ยม อ่อนนิ่มจึงใช้งานได้ง่าย นอกจากนี้แล้ว มีการกลับคืนตัวจากการอัดได้ดี จึงสามารถอัดได้	ดูดน้ำได้แต่ก็ไม่มีปรากฏการณ์คาปิลลารี่ มีอัตราการดูดความชื้นน้อย คือ ต่ำกว่า ๑.๕ %	ถูกกำหนดว่าเป็นสารไม่ติดไฟ ไม่มีก๊าซ กลิ่นและควัน	คุณสมบัติกันเสียง, ทนน้ำ, และทนไฟ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประเภท	จุดเด่น	คุณสมบัติที่เกี่ยวข้อง		
		การดูดน้ำ และความชื้น	ก๊าซ ควัน กลิ่น	คุณสมบัติที่ได้เมื่อประกอบกับวัสดุอื่น
Polystyrie Foam	เป็นฉนวนความร้อนจำพวกโฟม มีอัตราการนำความร้อนต่ำ มีการดูดความชื้น, และดูดน้ำต่ำ	เกือบไม่มี	ในกรณีที่ใช้งานตามปกติจะไม่เกิด แต่เมื่อไหม้ไฟจะเกิดขึ้นได้	มีคุณสมบัติกันเสียง และกันไฟ
ยูรีเทนโฟมชนิดแข็ง	เป็นฉนวนความร้อนจำพวกโฟม มีอัตราการนำความร้อนต่ำมาก มีการดูดความชื้นและดูดน้ำต่ำ มีความแข็งแกร่งใช้งานได้สะดวก	เกือบไม่มี	ในกรณีที่ใช้งานตามปกติจะไม่เกิดขึ้น แต่เมื่อไหม้ไฟจะเกิดขึ้นได้	มีคุณสมบัติกันเสียง ทนไฟ

ตารางที่ ๓.๑(ต่อ)

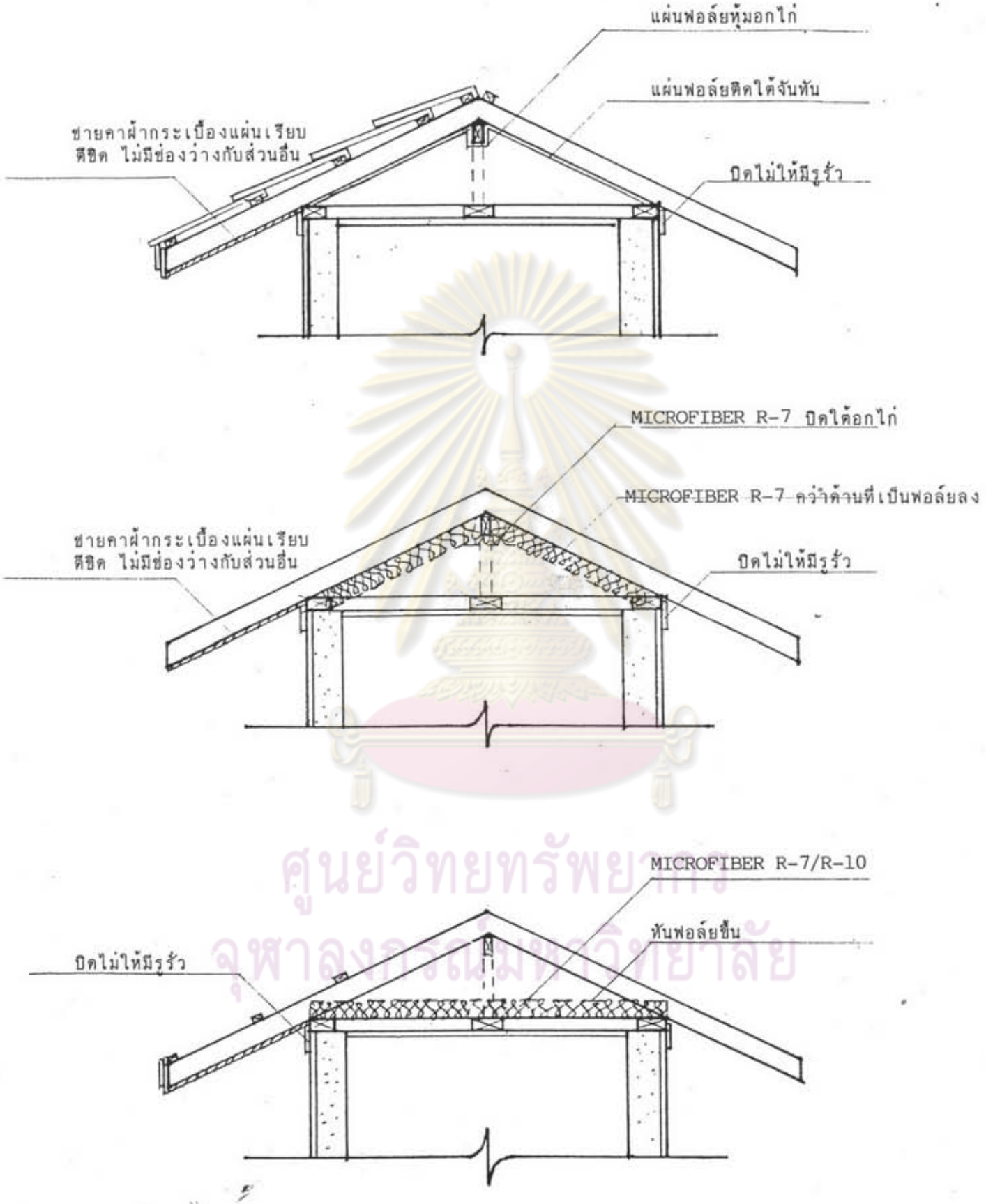
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

INSULATING MATERIALS

FORM	Material R-valve per inch of thickness
BATT OR BLANKET	Fiberglass.....3.3 Rock wool.....3.3
RIGID BOARDS	Cellular glass.....2.5 Polystyrene, molded.....3.6 Polystyrene, extruded.....5.0 Polyurethane, expanded.....6.2 Polyisocyanurate.....7.2 Perlite, expanded.....2.6
FOAMED IN PLACE	Polyurethane.....6.2
LOOSE FILL	Cellulose.....3.7 Perlite.....2.7 Vermiculite.....2.1
CAST	Insulating concrete.....1.1

ตารางที่ ๓.๒: แสดงค่า Thermal Resistance ของวัสดุฉนวนประเภทต่างๆ

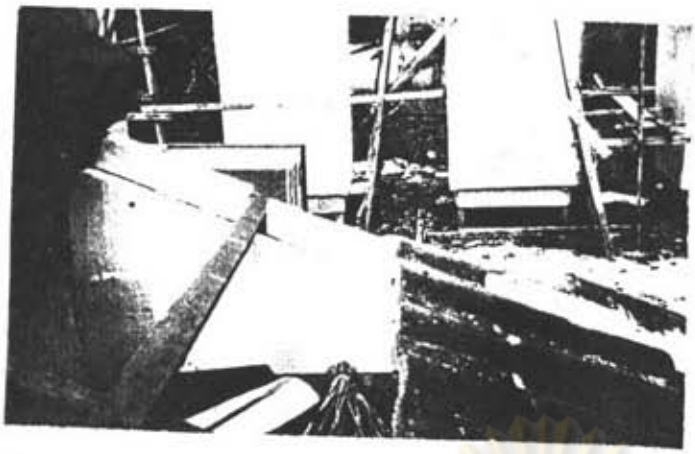
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3.4.ก แสดงรายละเอียดของการติดตั้งฉนวน

ในการทดลองชุดที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

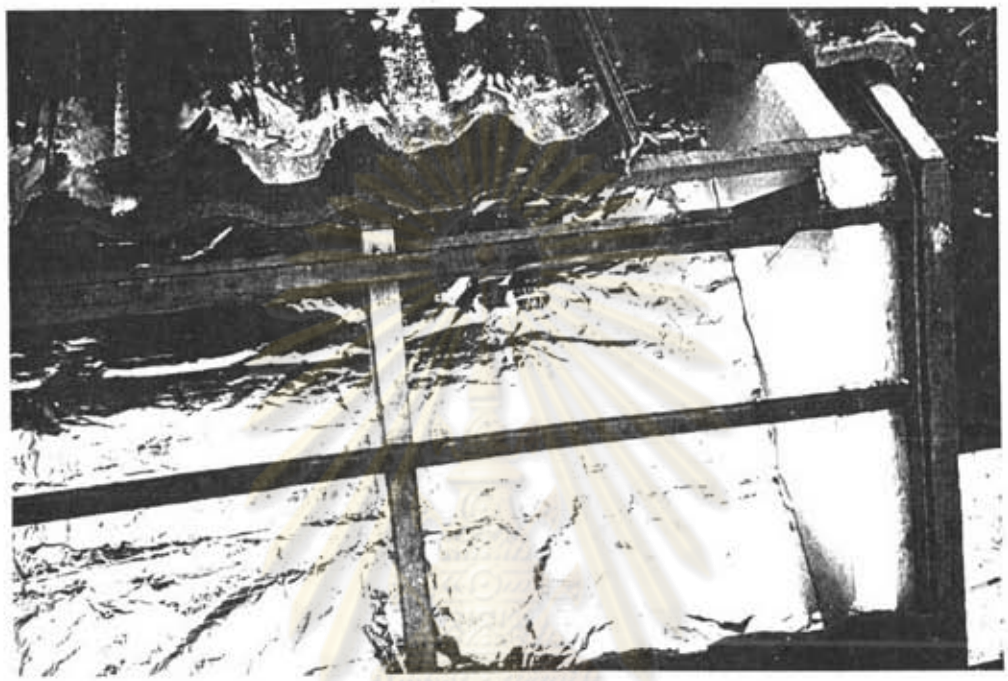


ภาพที่ 3.4.1 : การใช้โฟมกรุด้านหน้าจั่วเพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อน (การทดลองชุดที่ 2)

ภาพที่ 3.4.2 : แสดงฝ้าชายคากระเบื้องแผ่นเรียบและการอุดรูรั่วด้วยซิลิโคน ในทุกกล่องทดสอบ

ภาพที่ 3.4.3 : การอุดรูรั่วของทุกลอนกระเบื้องด้วยซิลิโคน

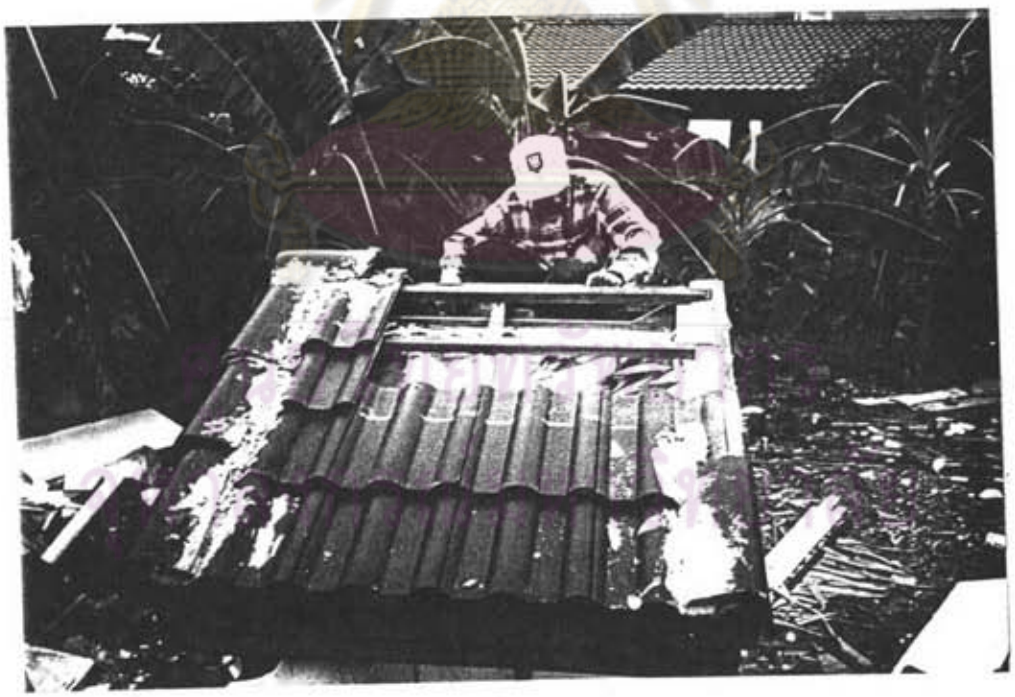
ภาพที่ 3.4.4 : การเปิดกระเบื้องหลังคาจากการทดลองชุดที่ 1 เพื่อติดตั้งฉนวนในการทดลองชุดที่ 2



ภาพที่ 3.4.5 : แสดงลักษณะการวางฉนวนในแนวราบ
(HORIZONTAL) เป็นลักษณะเดียวกันทั้งฉนวน R-7 และ R-10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

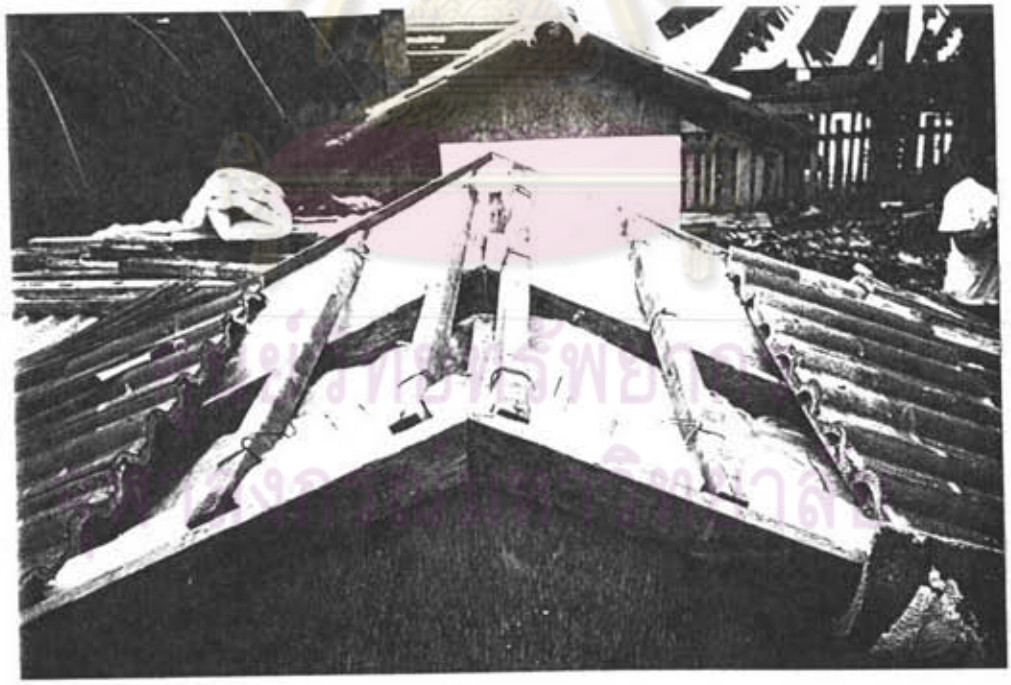
ภาพที่ 3.4.6



ภาพที่ 3.4.7

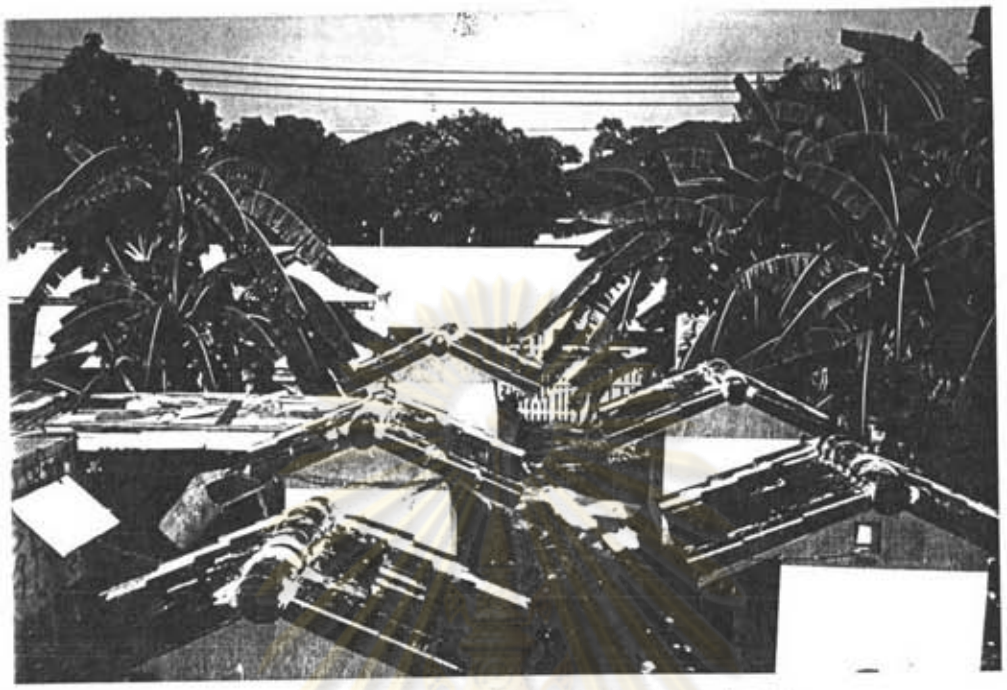
ภาพที่ 3.4.6 และ 3.4.7 : การติดตั้งอลูมิเนียมซีทตามแนวลาดเอียง
ของหลังคา โดยวางไว้ในแนวใต้จันทัน

ภาพที่ 3.4.8



ภาพที่ 3.4.9

ภาพที่ 3.4.8 และ 3.4.9 : การติดตั้งฉนวนไฟเบอร์กลาสซึ่งมีความต้านทาน R-7 ในแนวลาดเอียงของหลังคา ควำ่าด้านที่เป็นฟอล์ยลงสู่ช่องว่างอากาศในช่องใต้หลังคา



ภาพที่ 3.4.10 : การวางกล่องทดสอบทั้ง 5 กล่อง กับเพิ่งเก็บเครื่องมือวัดผล
และสิ่งแวดล้อมอื่น ๆสำหรับการทดลองชุดที่ทดสอบฉนวนกันความร้อนนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองชุดที่ ๓ : Test of Materials ทำในระบบปิดไม่มีการระบายอากาศ

๑). **มี ๕ ทางเลือกที่นำมาทดสอบ คือ**

ก). กระเบื้องหลังคาคอนกรีต (Concrete Tile) เป็นตัวอย่างที่ใช้กันโดยทั่วไป

ข). กระเบื้องลอนคู่แอสเบสตอส (Asbestos) เป็นตัวอย่างที่ใช้กันโดยทั่วไป

ค). แผ่นเหล็กลอนมุงหลังคา (Steel) ด้านล่างมีค่า Emmissivity ต่ำ เป็นตัวอย่างวัสดุที่พวกผู้ผลิตกล่าวว่าช่วยให้หลังคาเย็น

ง). จาก (Thatch) ซึ่งเป็นวัสดุมุงหลังคาพื้นถิ่นโบราณของไทย

จ). กระจกใสหนา ๖ มม. (Clear Glass)

๒). **ตัวแปรควบคุม** ควบคุมสิ่งเหล่านี้ให้เหมือนกันทุกประการ

ก). ความลาดชันของหลังคา, รายละเอียดของโครงหลังคา, ระยะยื่นของชายคา (คือไม่มีการยื่นชายคา)

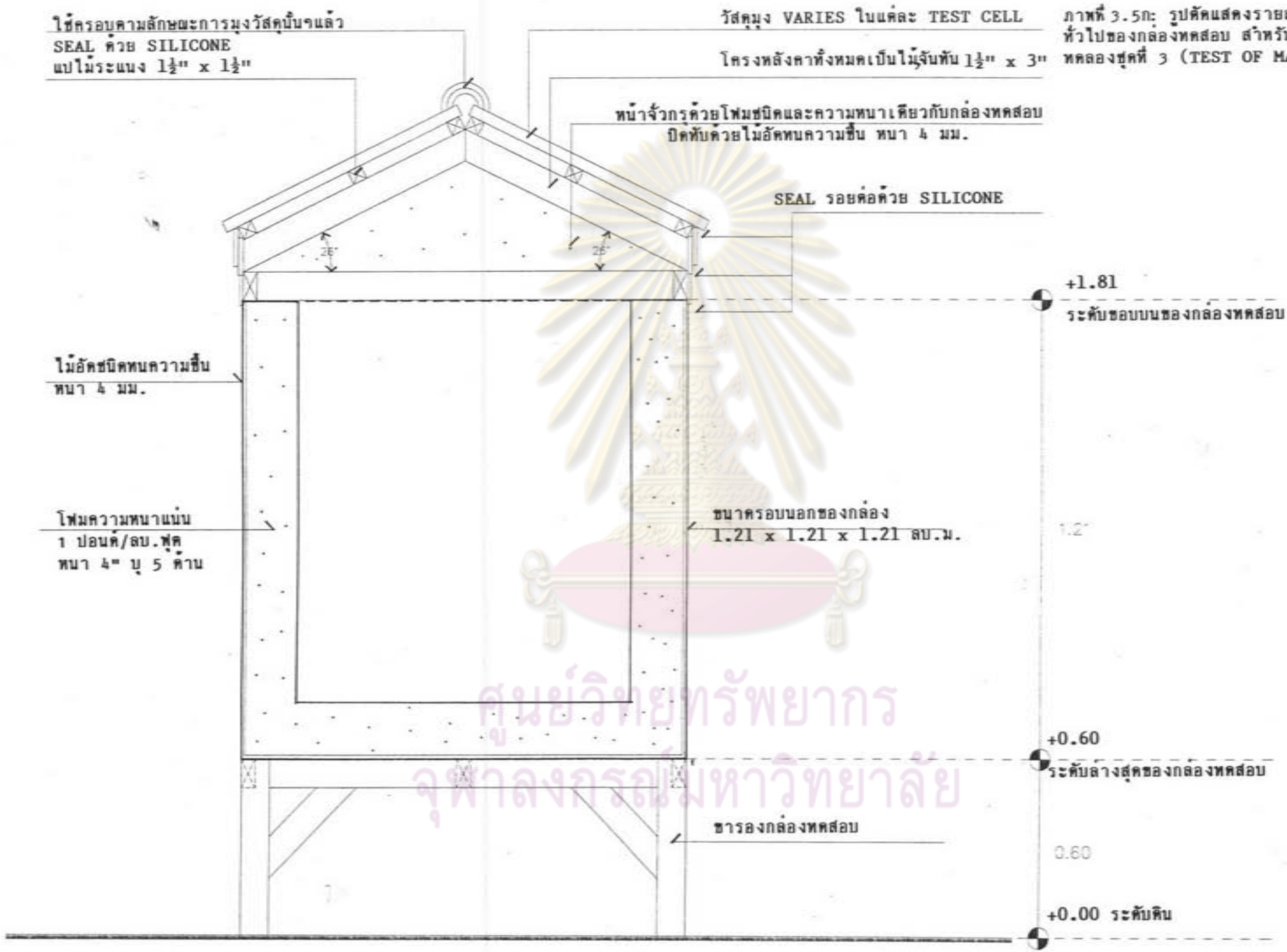
ข). เก็บรูรั่วตามลอนกระเบื้อง, ขอบกระจก, รอยต่อ ด้วยโฟมและซิลิโคน

ค). ไม่ใช้ฝ้าเพดานใดๆ

ง). หน้าจั่วกรุด้วยโฟมความหนาแน่น๑ปอนด์/ลบ.ฟุต หนา ๔ นิ้ว ปิดทับด้วยไม้อัดชนิดทนความชื้น หนา ๔ มม.

จ). ผิวด้านนอกของวัสดุมุงทุกหลังนอกจากกระจกกับจาก เป็นสีขาว หรือทาด้วยสีขาว เพื่อไม่มีอิทธิพลจากเรื่องของสีมาเกี่ยวข้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3.5ก: รูปตัดแสดงรายละเอียดทั่วไปของกล่องทดสอบ สำหรับการทดลองชุดที่ 3 (TEST OF MATERIALS)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 3.5.1 : การติดตั้งหลังคากระจก
โดยช่องว่างระหว่างกระจกกับกระจก
หรือกระจกกับไม้จะอุดซิลิโคนสำหรับติดกระจก
ส่วนช่องว่างหรือรูรั่วบริเวณอื่น ๆ จะยาแนวด้วย
ซิลิโคนอุดรูรั่ว

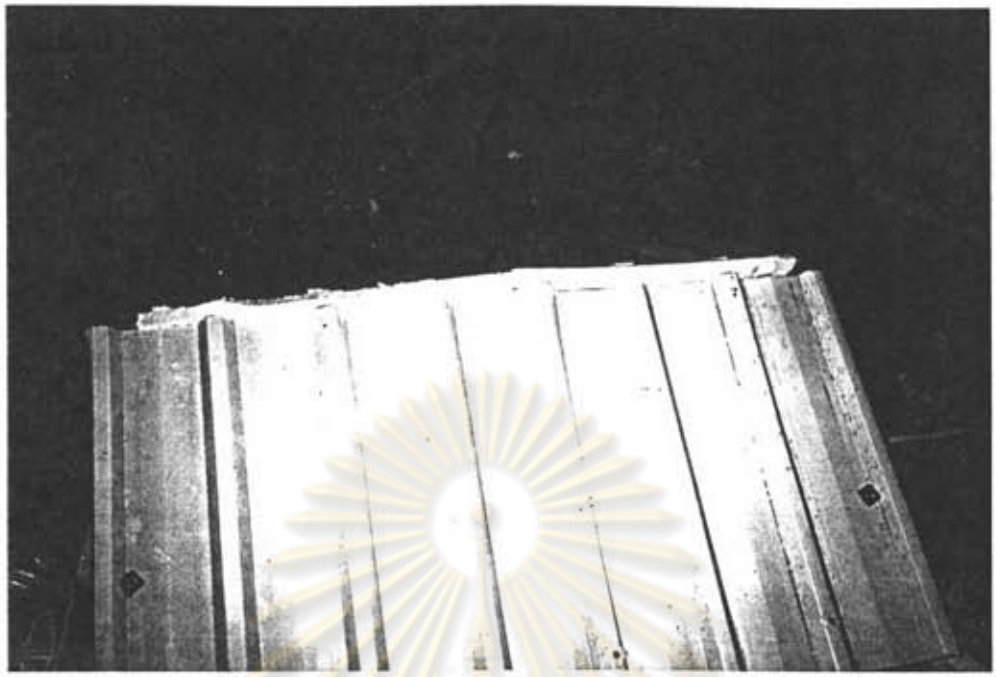
ภาพที่ 3.5.2 : แสดงการอุดรูรั่วที่อื่น ๆ
แม้แต่ที่หน้าจั่วช่วงต่อไม้อัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 3.5.3 : การมุงกระเบื้องหลังคาแบบไม่มีชายคาสำหรับทดสอบวัสดุมุง

ภาพที่ 3.5.4 : การทาสีขาวบนกระเบื้องหลังคา เพื่อให้สีขาวเป็นตัวแปรควบคุมที่เหมือนกัน ทุกกล่อง (ยกเว้นกระจกกับจาก)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

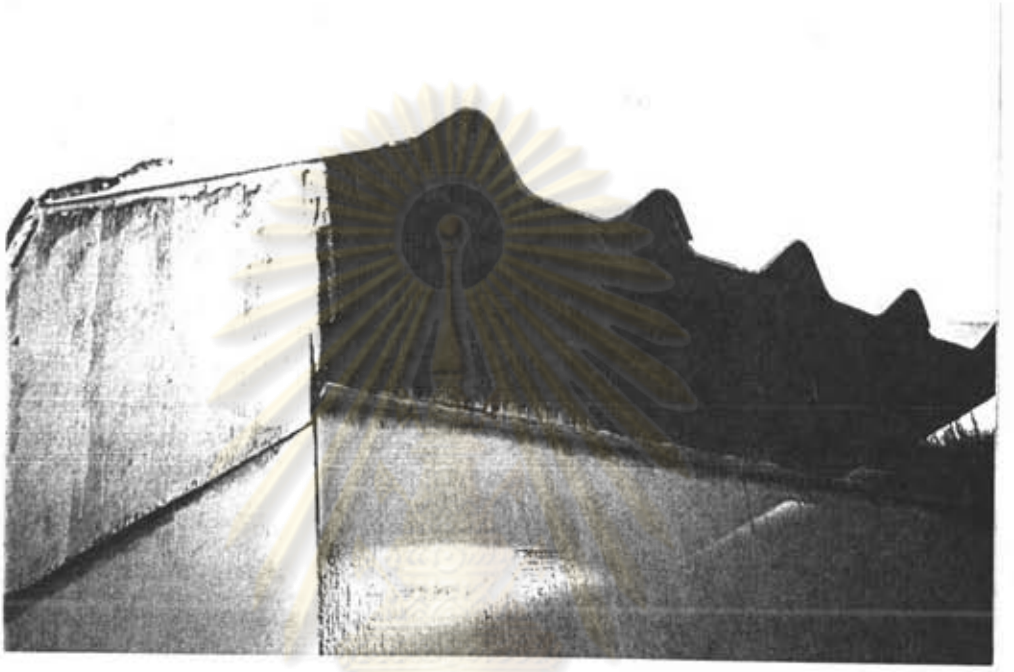


ภาพที่ 3.5.5

ภาพที่ 3.5.5 และ 3.5.6 การใช้โฟมปิดช่องว่าง
และตามด้วยซิลิโคนสำหรับหลังคาเหล็ก

ภาพที่ 3.5.6

ภาพที่ 3.5.7 : การอุดโฟมที่สันหลังคา
ช่วงหน้าจั่วอีกครั้ง เพื่อไม่ให้มีรูรั่ว



ภาพที่ 3.5.8 : การปิดรูรั่วของหลังคากระเบื้องลอนคู่ โดยช่วงสันหลังคามีปูนยาแนว และช่วงลอนอุดด้วยโฟมกับซิลิโคน และช่วงหน้าจั่วก็อุดด้วยซิลิโคนเช่นกัน ผิวหลังคาด้านบนทาด้วยสีขาว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 3.5.9 : แสดงกล่องทดสอบหลังคา
กระจกใสหนา 6 มม.

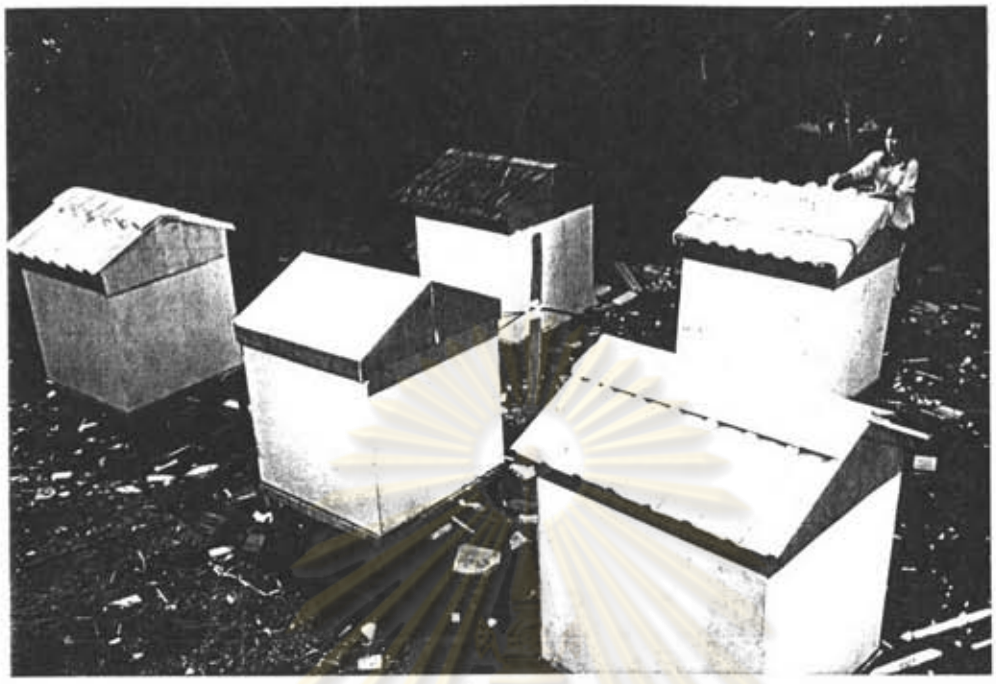
ภาพที่ 3.5.10 : แสดงกล่องทดสอบหลังคา
มุงจาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 3.5.11 : แสดงกล่องทดสอบหลังคา
มุงด้วยแผ่นเหล็ก

ภาพที่ 3.5.12 : แสดงกล่องทดสอบหลังคา
มุงด้วยกระเบื้องลอนคู่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3.5.13

ภาพที่ 3.5.14

ภาพที่ 3.5.13 และ 3.5.14 : การตั้งกล่องทดสอบสำหรับการทดลอง
ชุดทดสอบวัสดุมุง

การทดลองชุดที่ ๔ : Test of Composition

นำ ๒ ระบบหลังคามาทดสอบเปรียบเทียบ คือ

๑). composite ที่นิยมใช้กันทั่วไป (Conventional Composite)

๒). composite ที่เกิดจากการนำทางเลือกที่ดีจากการทดลอง ๓ ชุดแรก มาพิจารณาออกแบบเป็นระบบหลังคา (Designed Composite)

โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ก). Conventional Composite ประกอบด้วย

- กระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีต สีเทาเข้ม ซึ่งใช้กันมากในปัจจุบัน
- ฝ้าชายคาตีระแนงไม้ตามขวาง เป็นแบบของการตีฝ้าชายคาแบบหนึ่ง ซึ่งเป็นที่นิยม
- หน้าจั่วปิดด้วยไม้อัด หนา ๔ มม.

ข). Designed Composite ประกอบด้วย

- มุงด้วยหลังคาเหล็ก ผิวด้านบนขาวและมีความมัน ผิวด้านล่างมีอลูมินั่มฟอล์ยรีดติด ซึ่งมีค่า Emmissivity ต่ำ
- ฝ้าชายคาตีระแนงไม้ตามยาวที่ช่วงปลาย ช่วงในเปิดโล่ง
- หน้าจั่วปิดด้วยไม้อัด หนา ๔ มม. มีการเจาะช่องเปิดเป็นบานเกล็ดไม้
- ใช้ฉนวนกันความร้อน คือ ฉนวนใยแก้ว ค่าความต้านทาน-10 วางบนฝ้าเพดานในแนวราบ

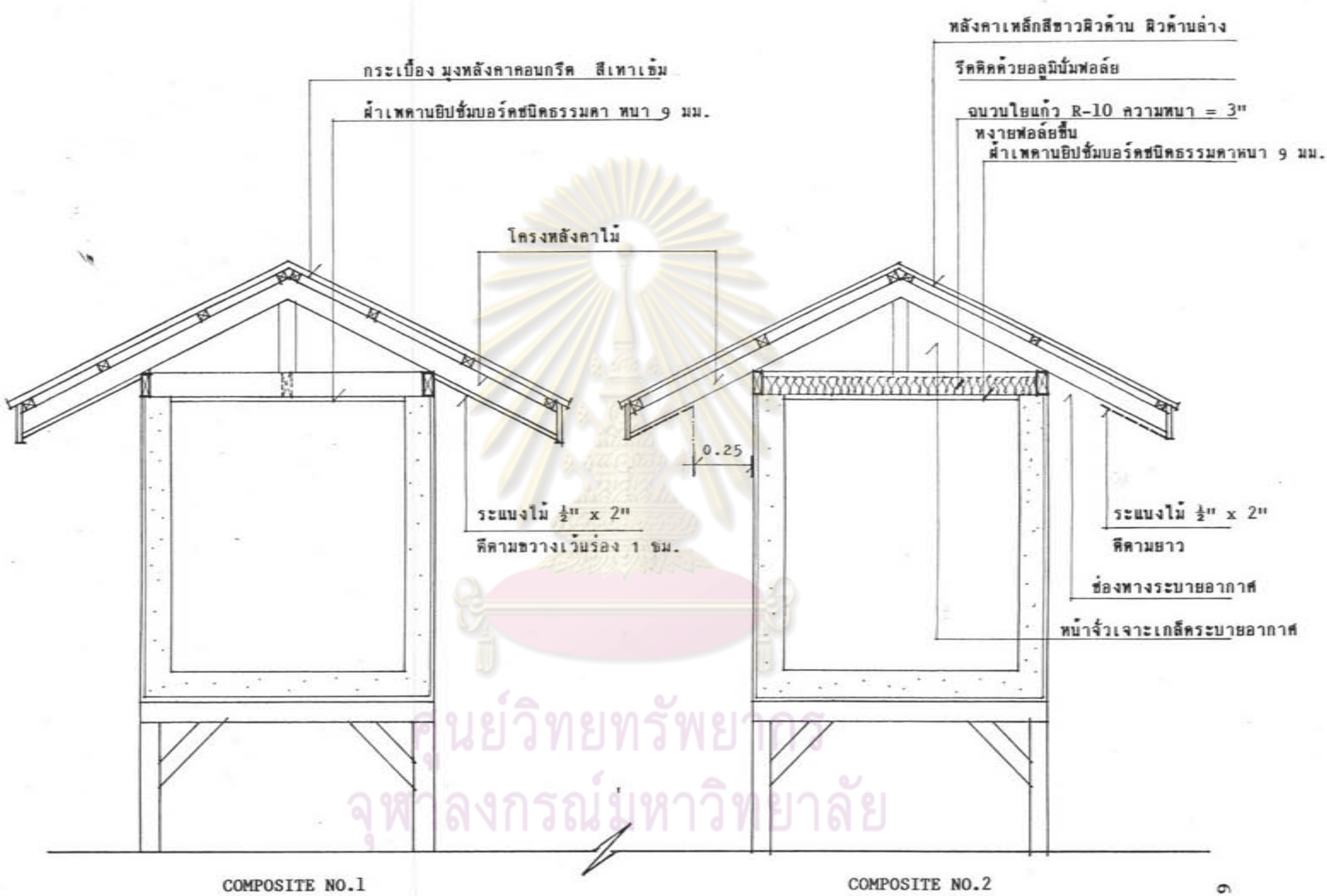
ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้เหมือนกันทุกประการ คือ

ก). ความลาดชันของหลังคา, รายละเอียดของโครงหลังคาไม้, ระยะยื่นของชายคา

ข). กล่องทดลอง เพื่อให้ผลข้อมูลที่ได้ เป็นผลมาจากระบบหลังคาเท่านั้น

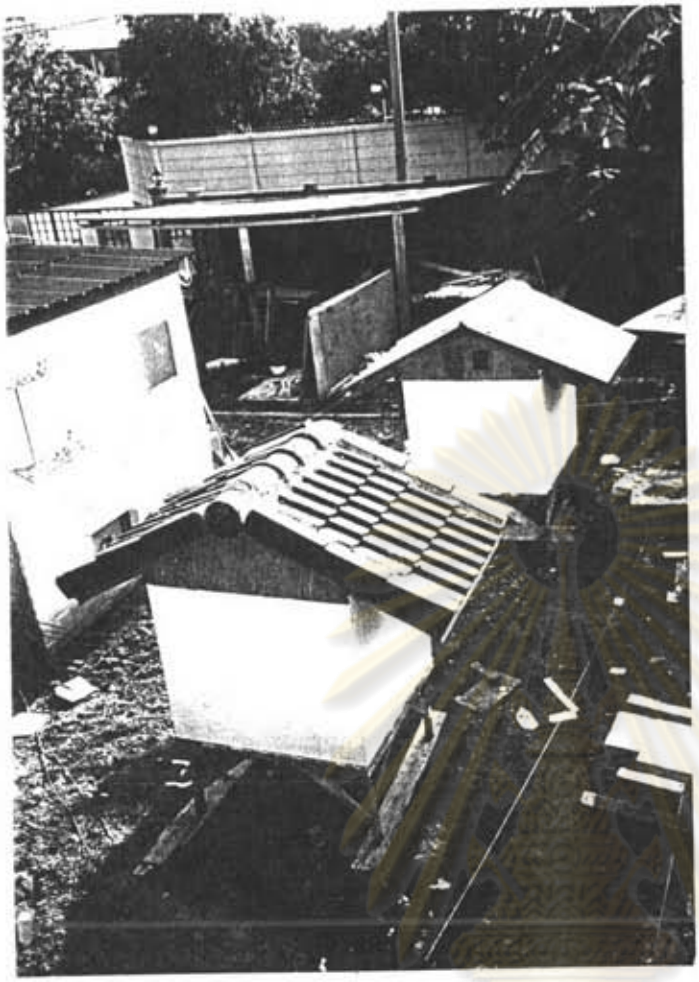
ค). จานรองกล่องทดสอบ ให้มีทั้ง ๒ ระบบ เพื่อป้องกัน Effect จากดิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



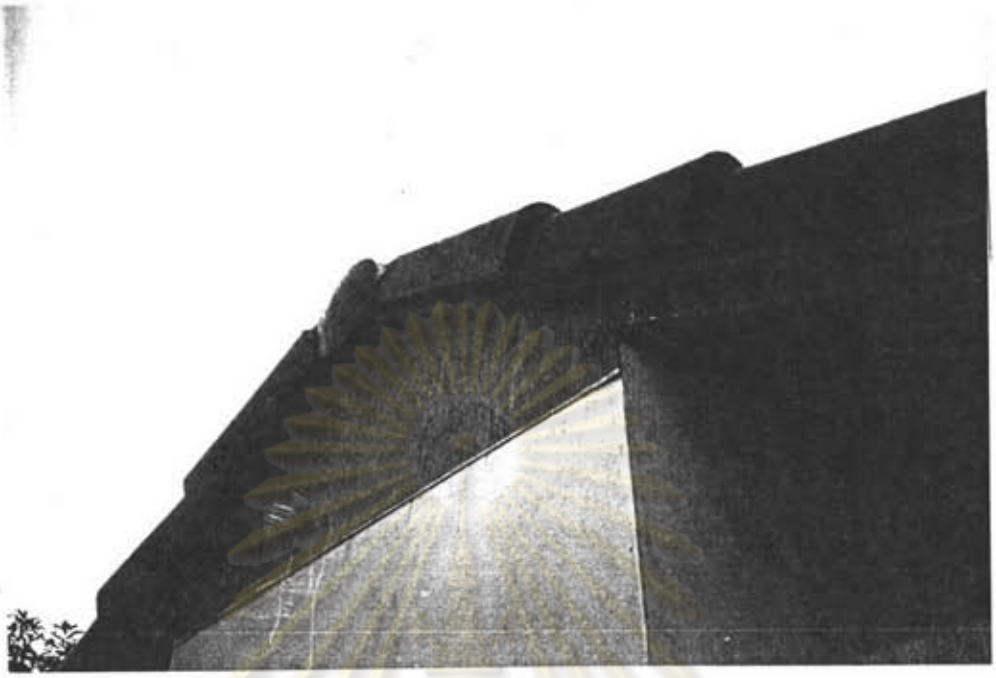
ภาพที่ 3.6ก : แสดงรายละเอียดของ TEST CELL ใน TEST OF COMPOSITE

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3.6.1 : รูปลักษณะของชุดทดสอบ
องค์ประกอบหลังคา ซึ่งมี 2 หุ่นจำลอง
โดยองค์ประกอบแรกน่าจะมีผลการลดความร้อน
เข้าสู่อาคารได้ดีตามทฤษฎี ส่วนองค์ประกอบ
ที่เหลือเป็นรูปแบบที่นิยมใช้แพร่หลายในปัจจุบัน

ภาพที่ 3.6.2 : แสดงตำแหน่งการวางที่พยายามให้กล่องทดสอบทั้งสอง
ได้รับแดดและลมเหมือนกันเท่าที่จะทำได้



ภาพที่ 3.6.3 : ลักษณะการตีฝ้าชายคาด้วยไม้ระแนงตามแนวขวาง
เว้นร่องประมาณ 1 ซม. ซึ่งเป็นวิธีการตีระแนงที่นิยมทำกันวิธีหนึ่ง

ภาพที่ 3.6.4 : แสดงลักษณะของฝ้าชายคาซึ่งเปิดด้านที่ติดกับตัวอาคาร
เพื่อผลของการไหลเวียนที่ดีของอากาศภายในช่องหลังคา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย