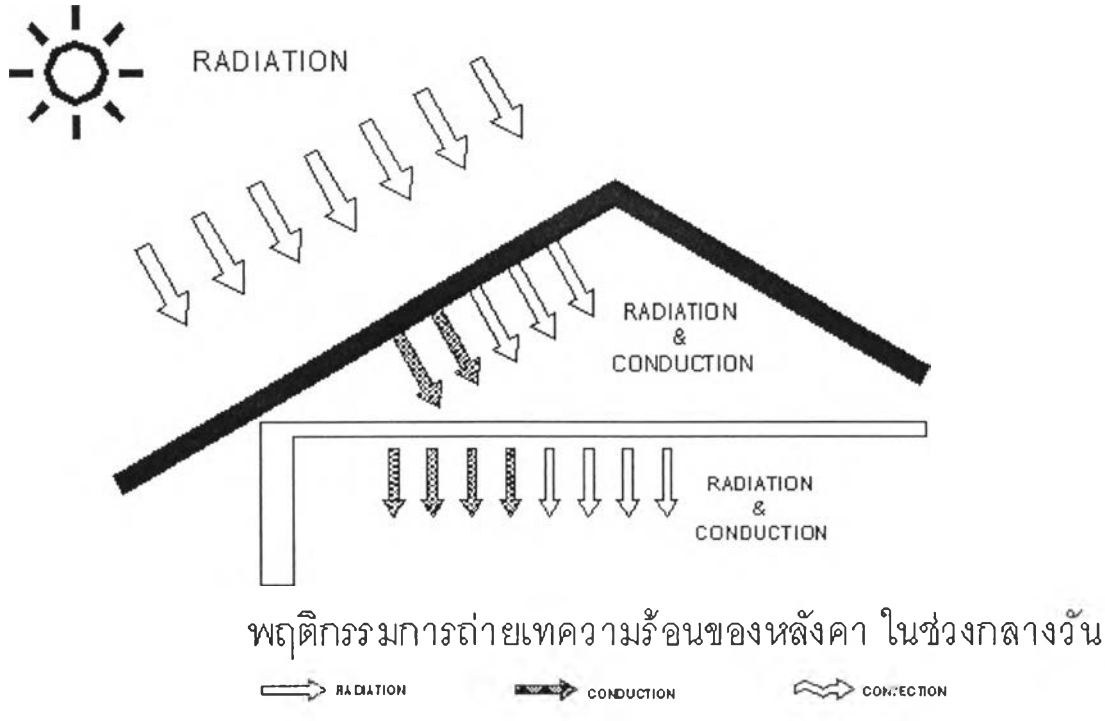
บทที่ 3

รายละเอียดการทดลองและการทดสอบสมมติฐาน

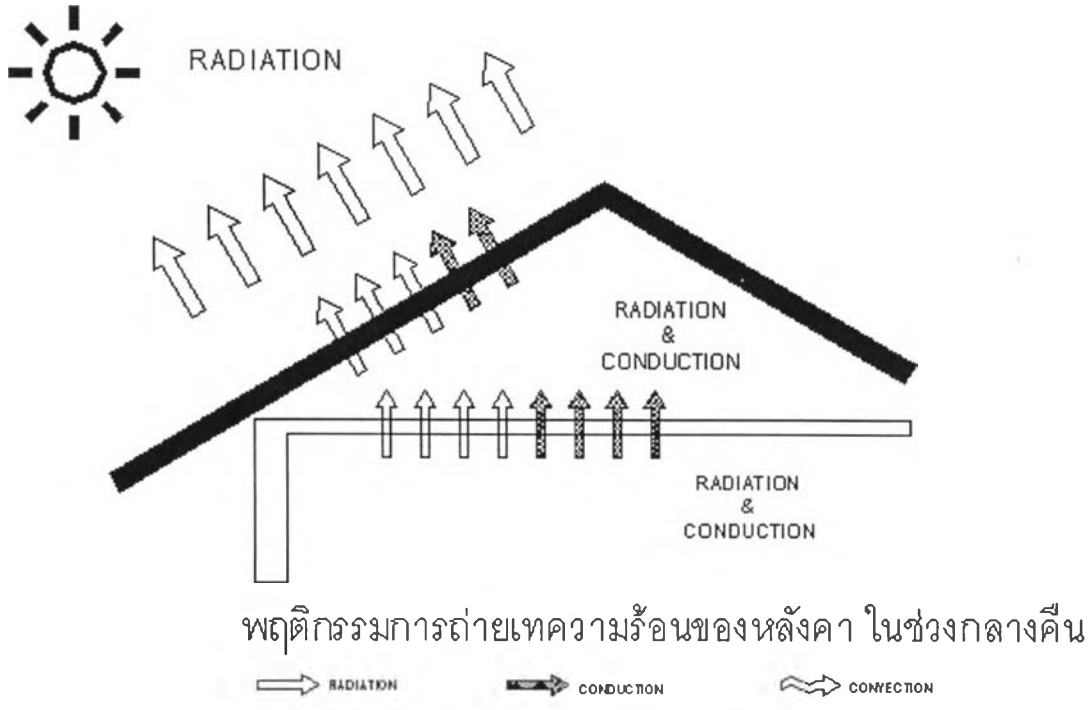
พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของหลังคาทั่วไป

จากการศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของหลังคาทั่วไปพบว่า



รูปที่ 3.1 แสดงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของหลังคาในช่วงกลางวัน

ในช่วงเวลากลางวันหลังคาจะเป็นส่วนที่ได้รับแสงแดดมากที่สุดเกือบตลอดทั้งวัน วัสดุมุงหลังคาจะดูดซับรังสีความร้อนที่มากับแสงอาทิตย์ จึงทำให้อุณหภูมิผิวของวัสดุมุงหลังคาสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศภายนอก ความร้อนที่สะสมในวัสดุมุงหลังคาจะถูกถ่ายเทไปยังช่องว่างอากาศใต้หลังคา เมื่อช่องอากาศใต้หลังคามีอุณหภูมิสูงขึ้นก็จะถ่ายเทความร้อนไปสู่ฝ้าเพดานที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า และเมื่อฝ้าเพดานมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้อง ก็จะเกิดการแผ่รังสีความร้อนให้กับห้องส่งผลให้ภายในห้องมีอุณหภูมิสูงตามไปด้วย



รูปที่ 3.2 แสดงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของหลังคาในช่วงกลางคืน

ในช่วงกลางคืนจะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าขึ้น (Night sky radiation) ทำให้อุณหภูมิผิวของวัสดุมุงหลังคาภายนอกอาคารเย็นลงกว่าอุณหภูมิของอากาศเนื่องจากออิทธิพลของ Sol - air temperature ในส่วนของช่องว่างใต้หลังคาที่มีอุณหภูมิสูงกว่าก็จะสูญเสียความร้อนให้กับผิววัสดุมุงหลังคาภายนอกทำให้ช่องอากาศมีอุณหภูมิลดลง

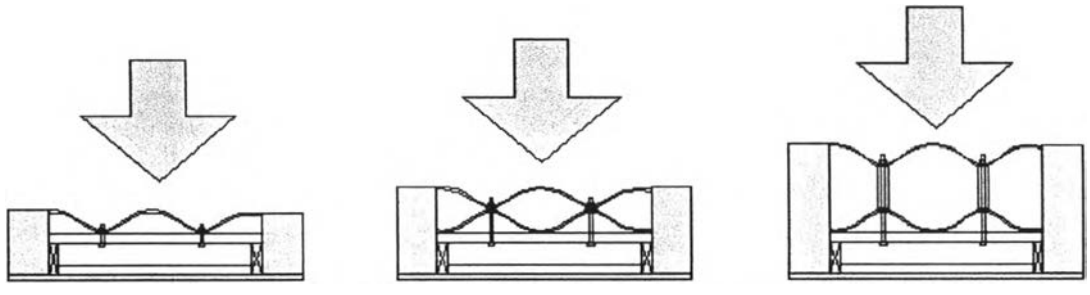
เมื่อมีความร้อนสะสมในพื้นที่ใต้หลังคามากขึ้นจะส่งผลทำให้อุณหภูมิภายในพื้นที่ใต้หลังคาสูงขึ้นตามไปด้วย เมื่ออากาศร้อนขึ้นความหนาแน่นของอากาศจะน้อยลง อากาศที่ร้อนก็จะลอยตัวขึ้น เมื่อเป็นเช่นนี้หากมีพื้นที่ที่สามารถทำให้อากาศร้อนที่ลอยตัวอยู่ทางด้านบนระบายออกไปก็จะช่วยลดการสะสมความร้อนในพื้นที่ใต้หลังคา

I 19912613

การออกแบบการทดลอง

ดำเนินการสร้างแบบทดลองหลังคาและโครงฐานรองรับ โครงหลังคาทดลองและฐานรองจะใช้วัสดุที่เป็นไม้ในการประกอบทั้งหมดเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการทำงานโดยกำหนดให้ขนาดของแบบทดลอง คือ ขนาด 0.75 * 4.00 เมตร จำนวน 3 ชุด และ ขนาด 0.75 * 12.00 เมตร จำนวน 1 ชุด

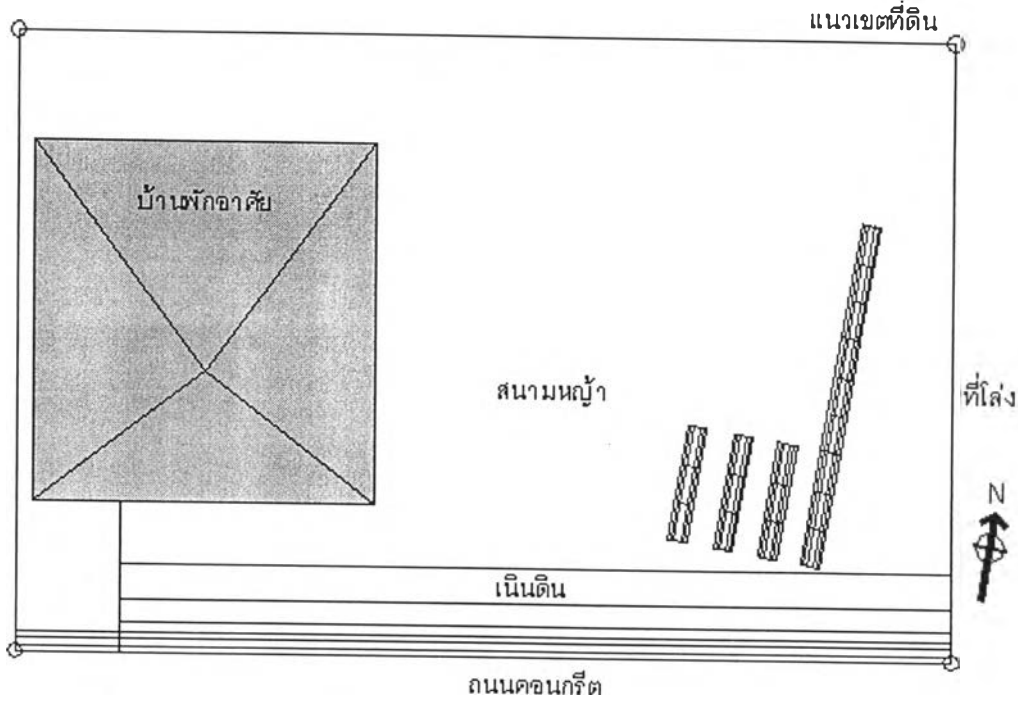
เนื่องจากในการวิจัยจะทดลองถึงผลของการปรับปรุงหลังคาที่มีต่ออุณหภูมิผิวฝ้าเพดานและอุณหภูมิภายในกล่องทดลองด้านล่างหลังคาทดลองเพียงอย่างเดียว จึงต้องป้องกันอิทธิพลจากภายนอกให้เข้ามามีผลกระทบให้น้อยที่สุด การออกแบบหลังคาทดลองจึงเลือกใช้ โฟม EPS ความหนาแน่น 1 ปอนด์ ต่อลูกบาศ์กฟุตเป็นวัสดุหุ้มภายนอกหลังคาและใช้เป็นวัสดุในการสร้างกล่องทดลอง



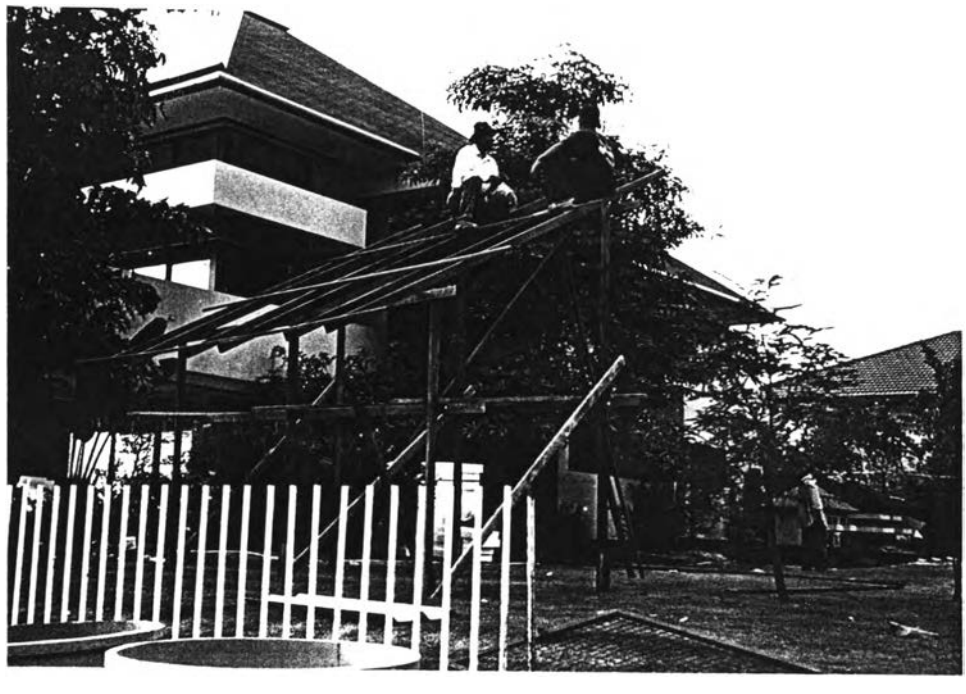
รูปที่ 3.3 แนวความคิดในการออกแบบหลังคาทดลอง

สถานที่ทดลอง

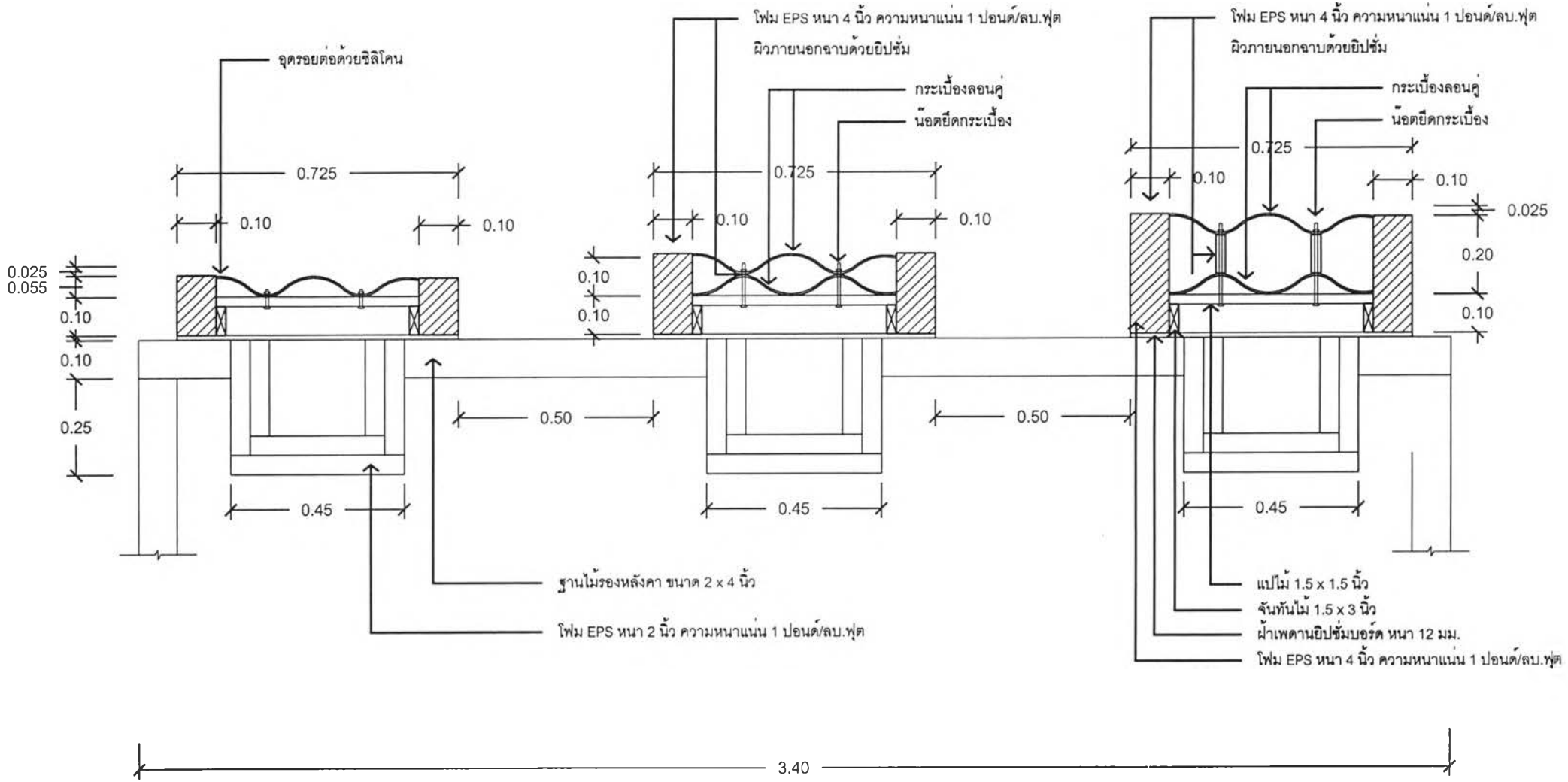
สถานที่ทดลองตั้งอยู่ในหมู่บ้านเมืองเอก อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี ลักษณะโดยรอบเป็นบ้านพักอาศัยความสูง 2 – 3 ชั้น และเป็นทุ่งหญ้าโล่ง มีต้นไม้สูงปานกลางโดยรอบ ไม่มีอาคารสูงมาบดบัง ทิศทางของสถานที่ทดลองเอียงจากแนวเหนือ-ใต้ 10 องศา ที่ตั้งของหลังคาจำลองหันหน้าไปยังทิศใต้เพื่อให้รับอิทธิพลจากแสงอาทิตย์ได้เต็มที่ในช่วงที่ทำการทดลอง ทางด้านหน้าของสถานที่ทดลองเป็นเนินลาดความสูง ประมาณ 1.5 เมตร เพื่อให้ลมสามารถพัดผ่านเข้ามายังหลังคาทดลองได้อย่างเต็มที่



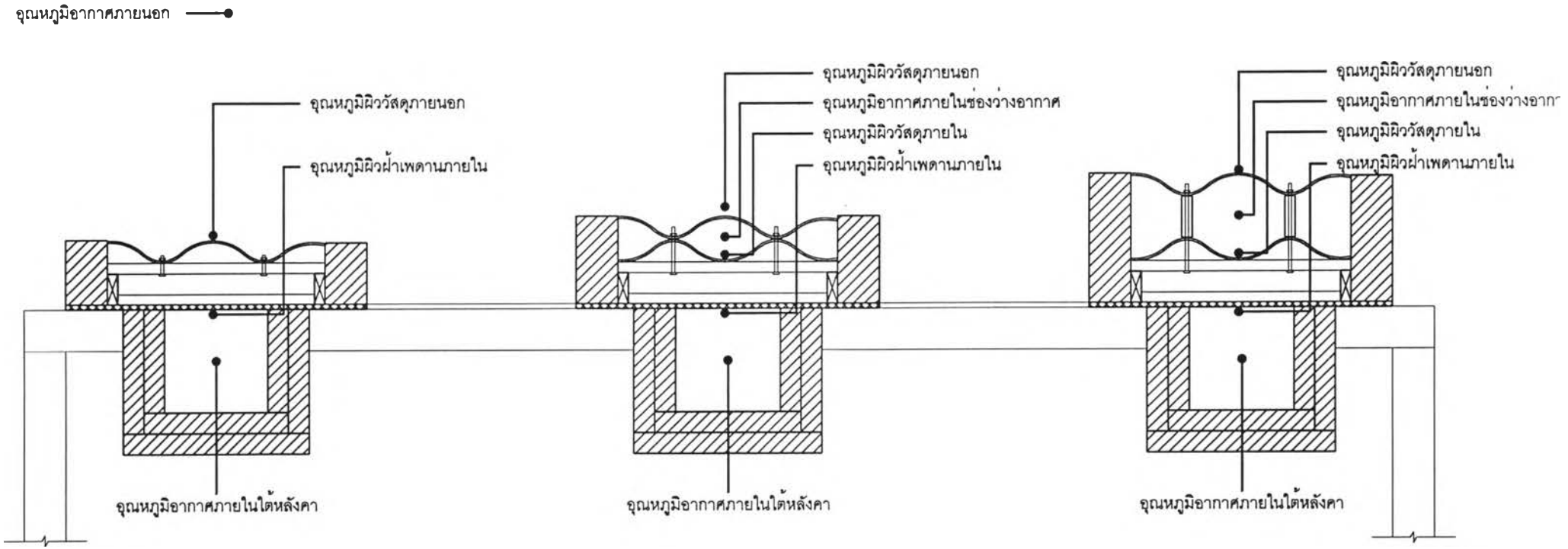
รูปที่ 3.4 แสดงสภาพแวดล้อมของสถานที่ทดลอง



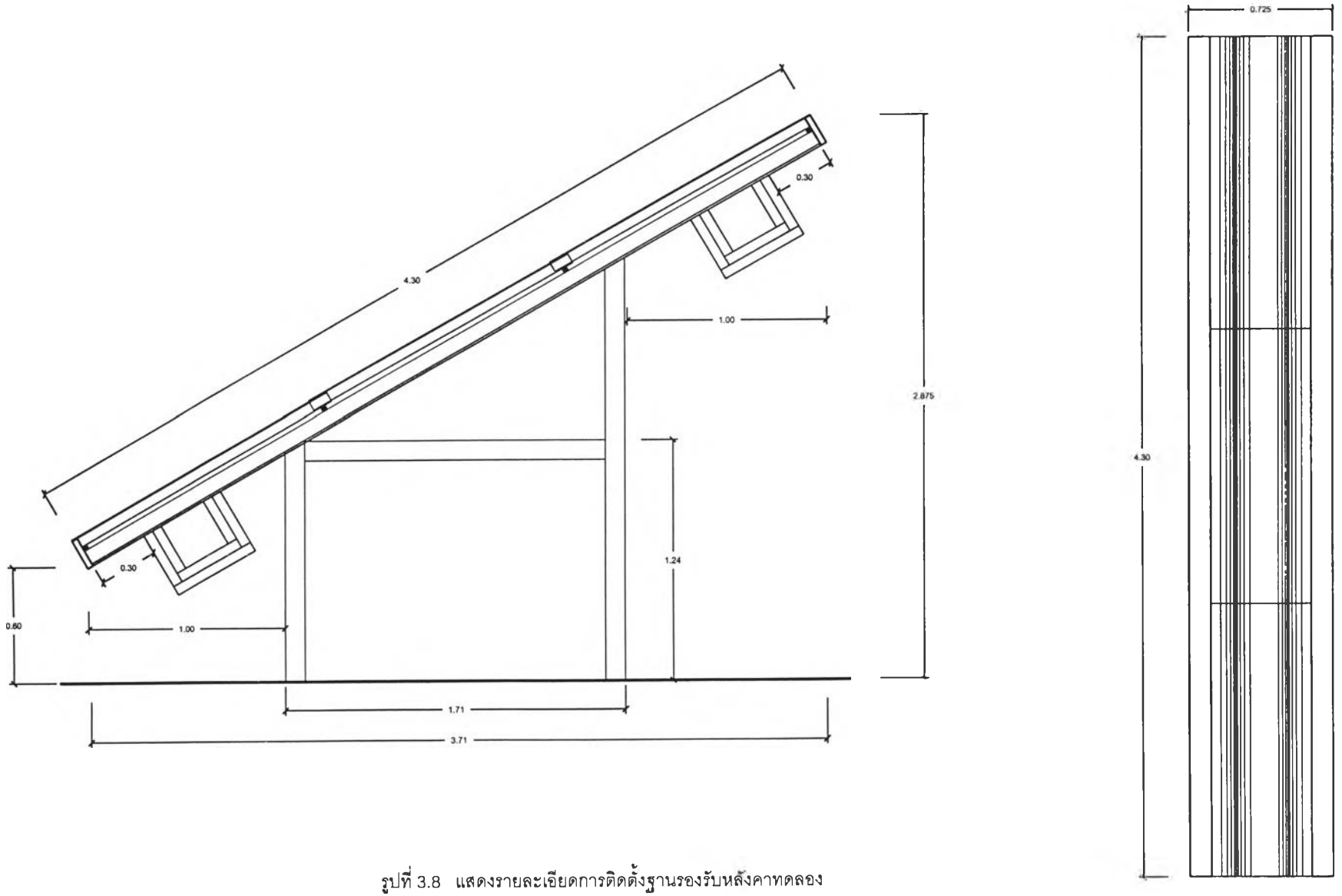
รูปที่ 3.5 แสดงสภาพแวดล้อมของสถานที่ทดลอง



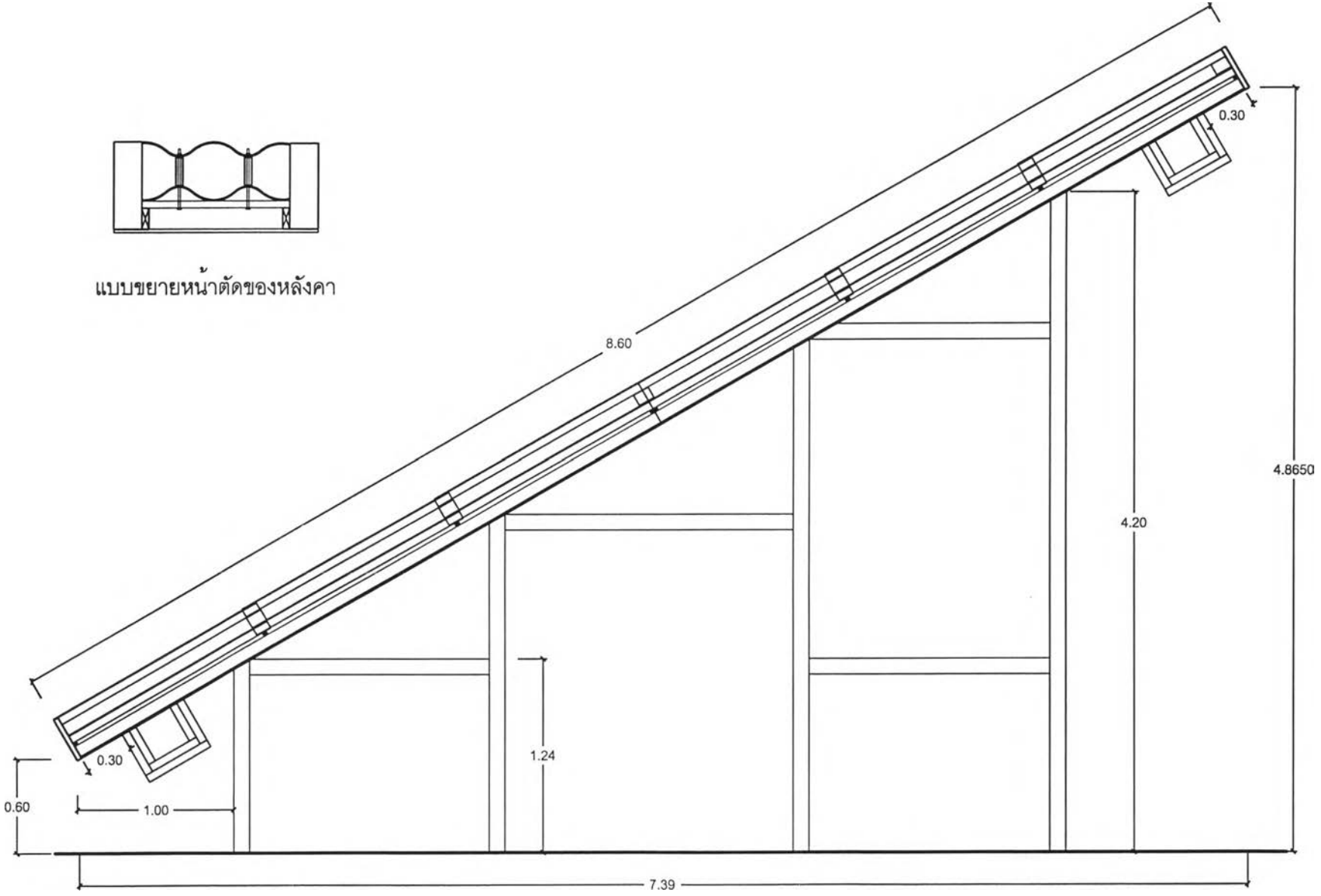
รูปที่ 3.6 แสดงรายละเอียดของหลังคาทดลอง



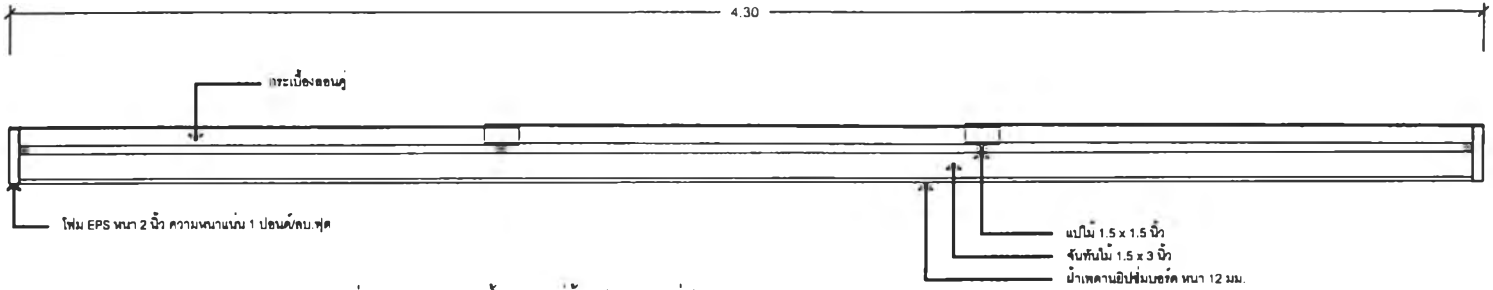
รูปที่ 3.7 แสดงรายละเอียดตำแหน่งของหัววัดสัญญาณที่ตำแหน่งต่างๆของหลังคาทดลอง



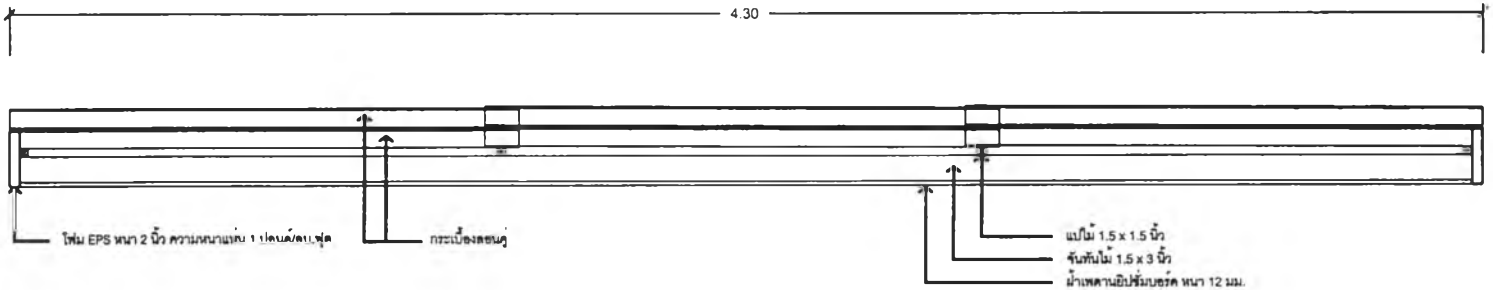
รูปที่ 3.8 แสดงรายละเอียดการติดตั้งฐานรองรับหลังคาทดลอง



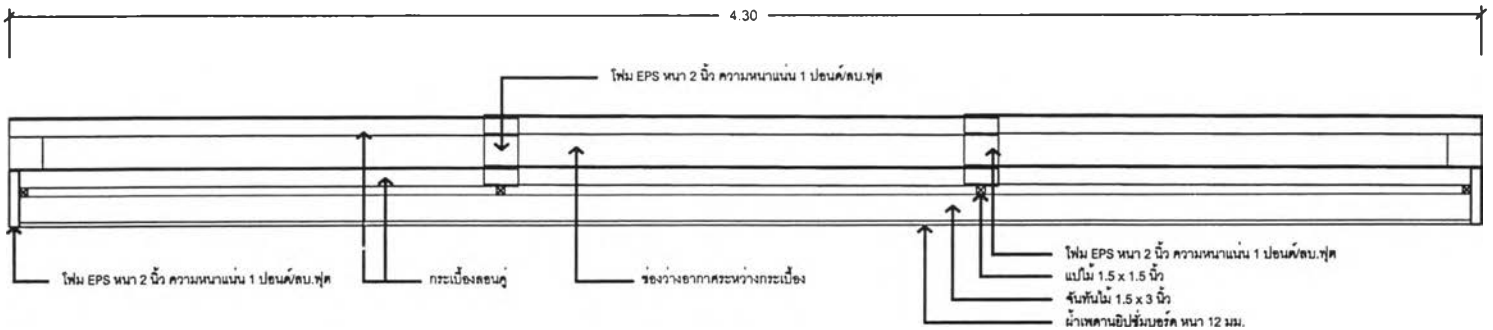
รูปที่ 3.9 แสดงรายละเอียดการติดตั้งฐานรองรับหลังคาทดลองที่มีความยาวมากขึ้น



แสดงรายละเอียดของหลังคาทดลองแบบที่ 1 หลังคากระเบื้องลอนคู่ชั้นเดียวแบบทั่วไป

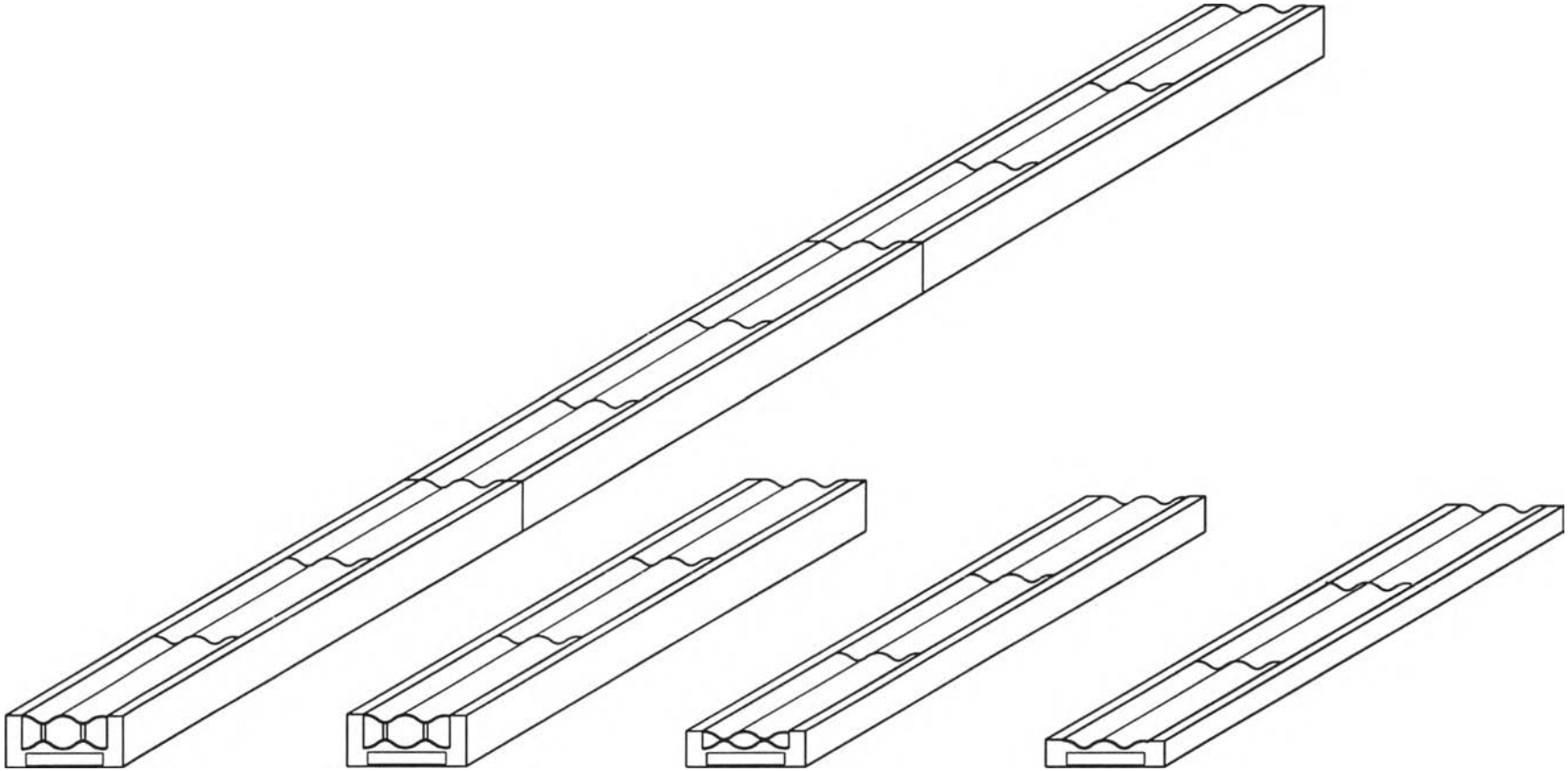


แสดงรายละเอียดของหลังคาทดลองแบบที่ 2 หลังคากระเบื้องลอนคู่ 2 ชั้น มีช่องว่างระบายอากาศระหว่างกระเบื้องลอนคู่ทั้ง 2 แผ่น



แสดงรายละเอียดของหลังคาทดลองแบบที่ 3 หลังคากระเบื้องลอนคู่ 2 ชั้น มีช่องว่างระบายอากาศระหว่างกระเบื้องลอนคู่ทั้ง 2 แผ่นกว้างเพิ่มขึ้นอีกเท่าตัว

รูปที่ 3.10 แสดงรายละเอียดของหลังคาทดลองทั้ง 3 แบบ



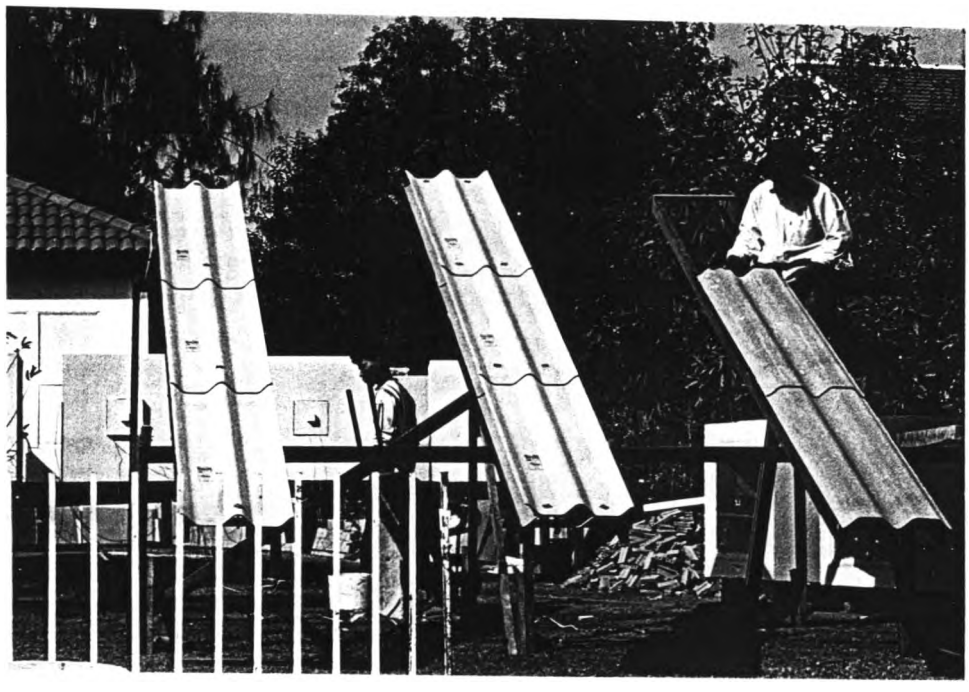
หลังคาที่มีการซ้อนทับ มีช่องว่างอากาศ 20 ซม. ยาว 12 ม.

หลังคาที่มีการซ้อนทับ มีช่องว่างอากาศ 20 ซม. ยาว 4 ม.

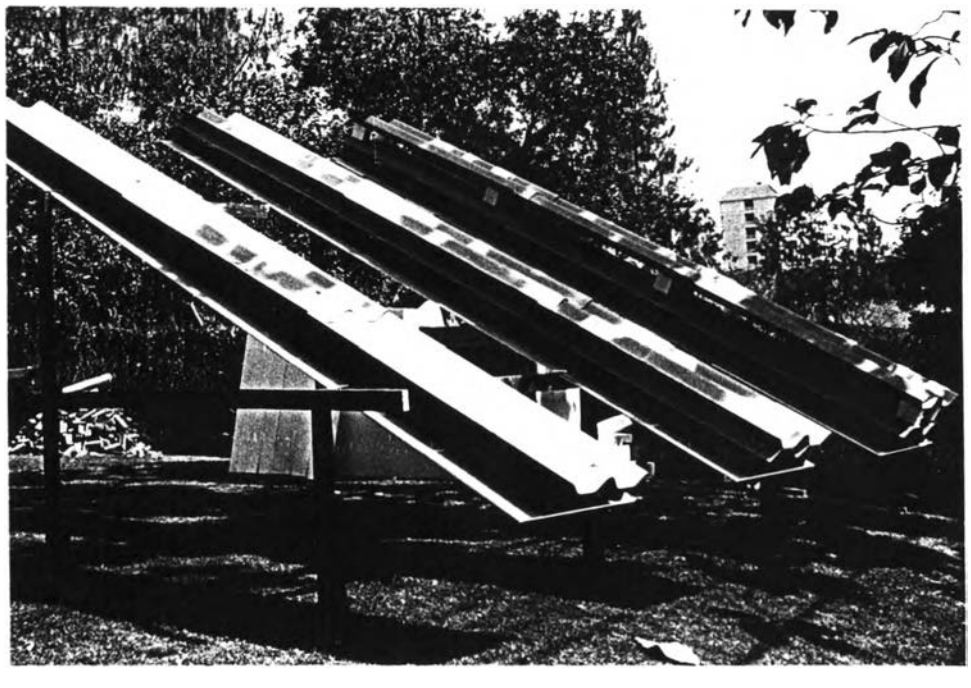
หลังคาที่มีการซ้อนทับ มีช่องว่างอากาศ 10 ซม. ยาว 4 ม.

หลังคาทั่วไป

รูปที่ 3.11 แสดงแบบรายละเอียดหลังคาทดลอง



รูปที่ 3.12 แสดงการดำเนินการก่อสร้างหลังคาทดลอง

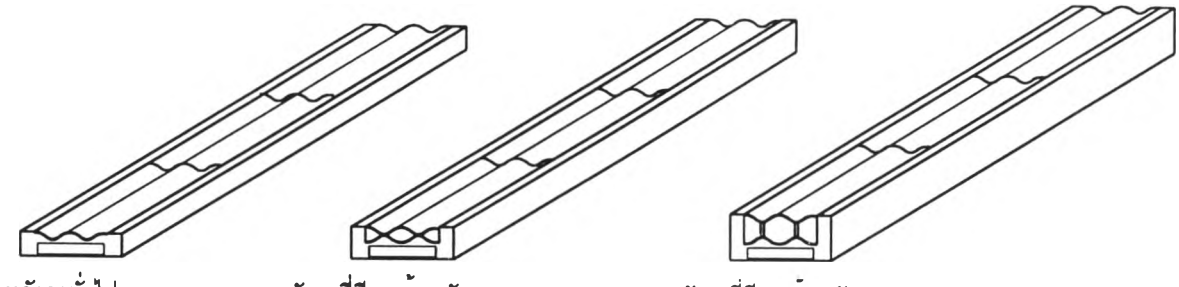


รูปที่ 3.13 แสดงการดำเนินการก่อสร้างหลังคาทดลอง

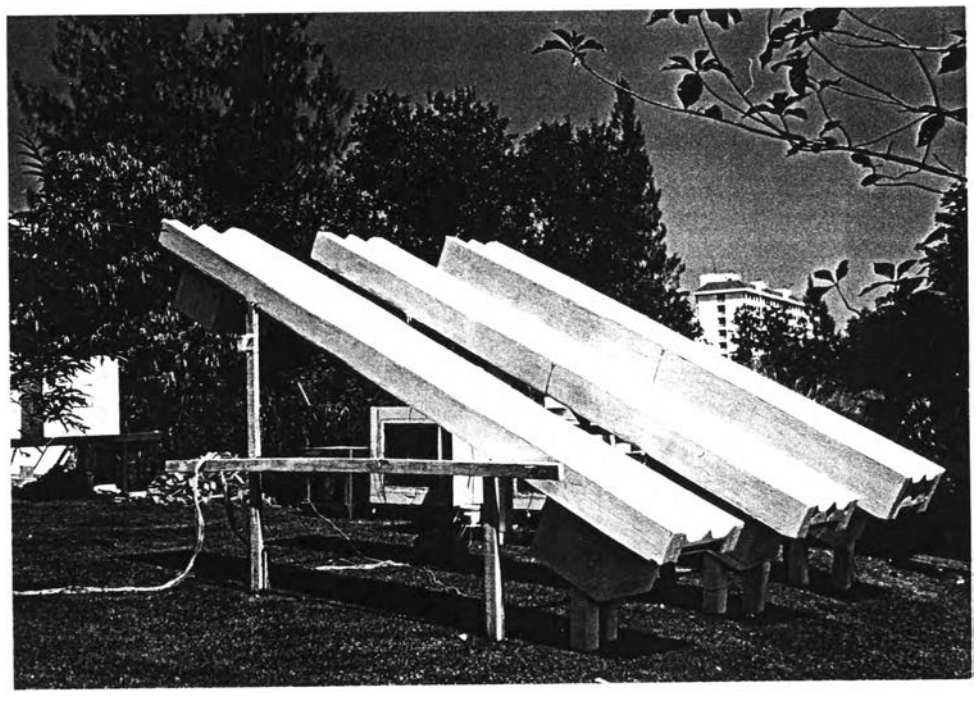
จากระเบียบวิธีวิจัยนำมากำหนดขั้นตอนการทดลองดังนี้

<u>การทดลองที่ 1</u> การศึกษาถึงผลของระยะห่างระหว่างวัสดุมุงหลังคาทั้ง 2 ชั้นและพื้นที่หน้าตัดช่องระบายอากาศที่เพิ่มขึ้นต่อผลของการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารทางหลังคา เมื่อมีความร้อนสะสมในพื้นที่ใต้หลังคามากขึ้นจะส่งผลทำให้อุณหภูมิภายในพื้นที่ใต้หลังคาสูงขึ้นตามไปด้วย จากหลักการของการลอยตัวของอากาศ เมื่ออากาศร้อนขึ้นความหนาแน่นของอากาศจะน้อยลง อากาศที่ร้อนก็จะลอยตัวขึ้นและอากาศที่เย็นกว่าก็จะเข้ามาแทน เมื่อเป็นเช่นนี้หากมีพื้นที่ที่สามารถทำให้อากาศร้อนที่ลอยตัวอยู่ทางด้านบนระบายออกไปก็จะช่วยลดการสะสมความร้อนในพื้นที่ใต้หลังคา จึงทำการทดลองโดยการเปิดช่องเปิดทางด้านบนของหลังคา เพื่อให้อากาศร้อนสามารถระบายออกได้

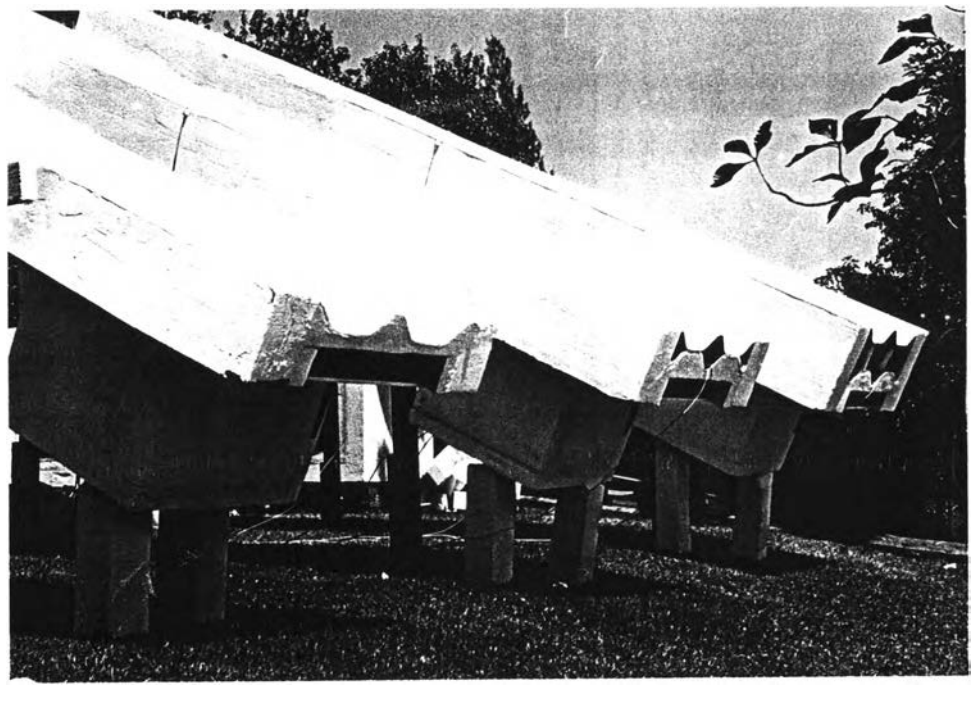
การทดลองจะทำการเปรียบเทียบระหว่างหลังคาทั่วไปที่ไม่การปรับปรุงกับหลังคาที่มีการปรับปรุงโดยการใช้ช่องอากาศที่มีระยะห่างของช่องอากาศ 10 ซม.และ 20 ซม. ความยาว 4 ม. วัสดุมุงหลังคาที่ใช้จะเป็นกระเบื้องลอนคู่ที่ทาสีขาวเหมือนกันทุกแผ่น



รูปที่ 3.14 แสดงรายละเอียดการทดลองที่ 1

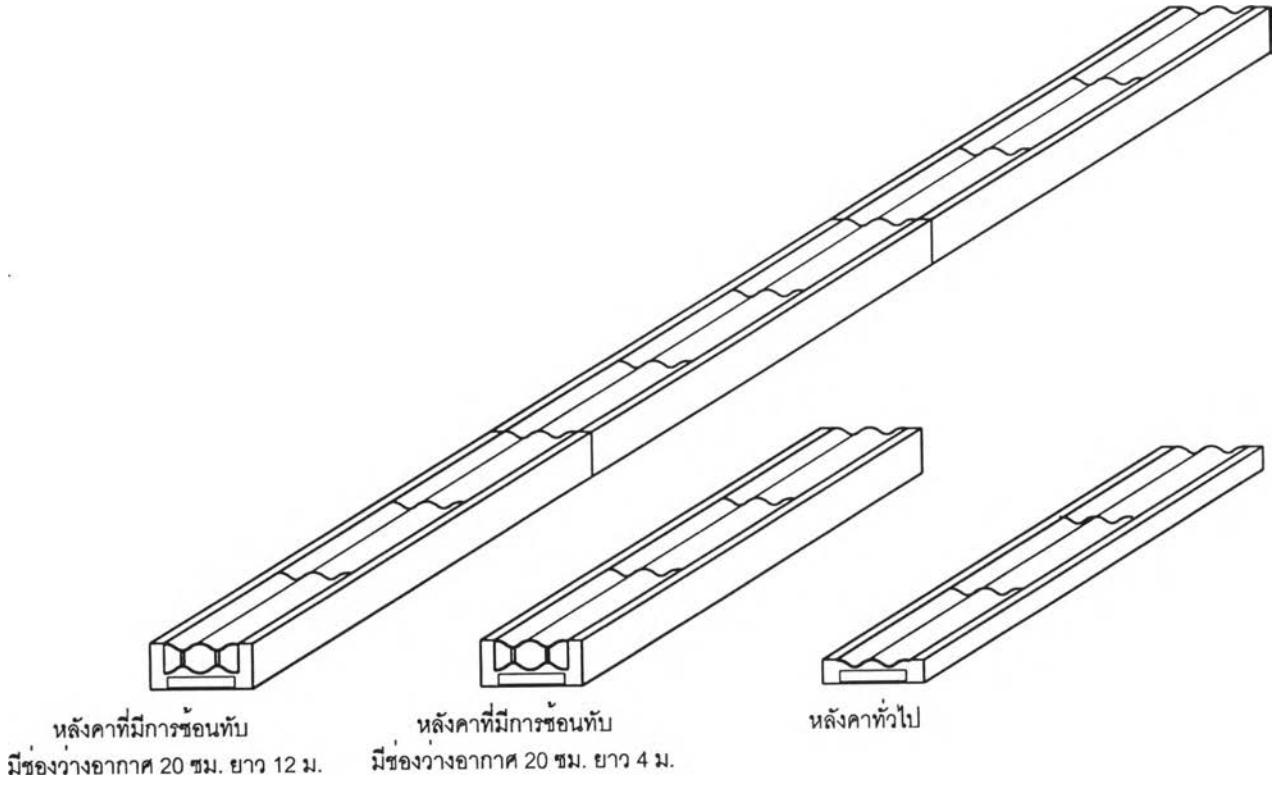


รูปที่ 3.15 แสดงรายละเอียดการทดลองที่ 1

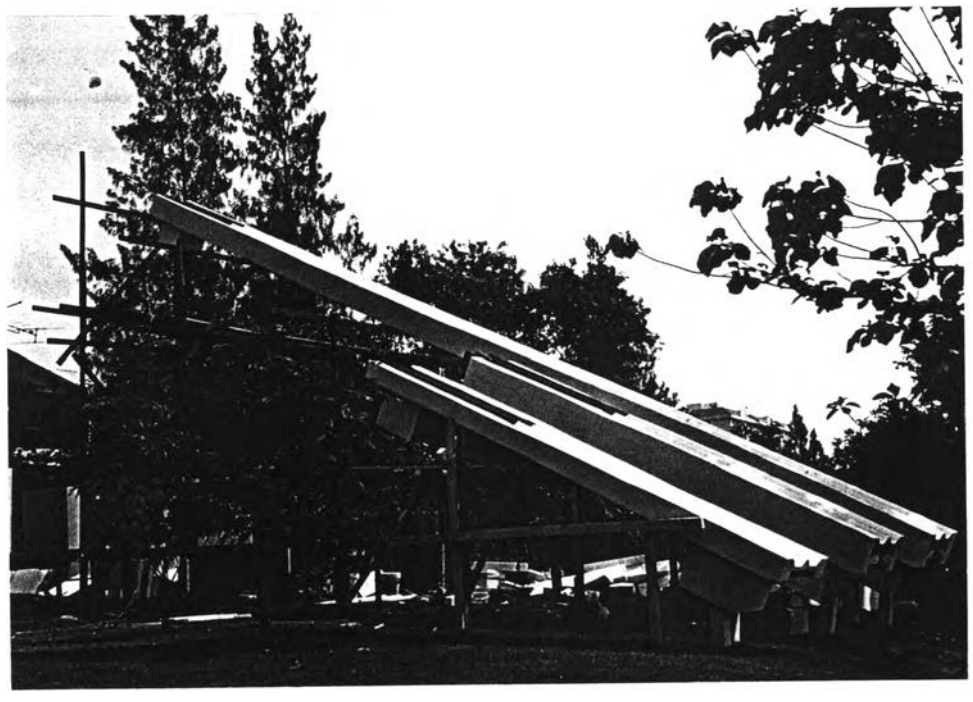


รูปที่ 3.16 แสดงรายละเอียดการทดลองที่ 1

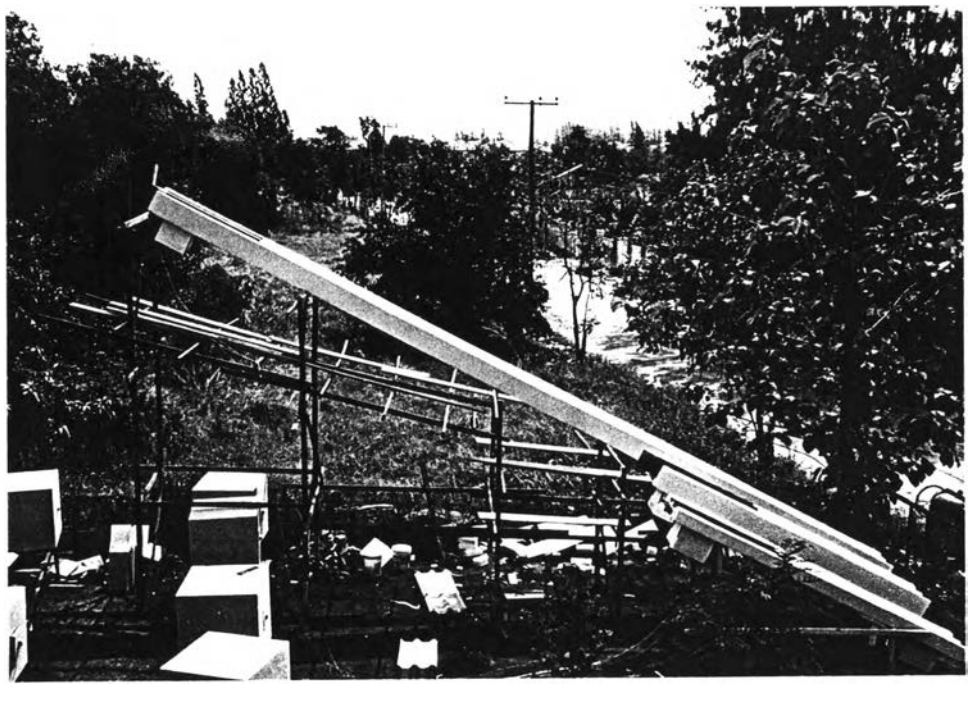
การทดลองที่ 2 การทดลองถึงผลของความยาวของหลังคาที่เพิ่มขึ้นมีต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ทำการทดลองโดยการเปรียบเทียบระหว่างหลังคาทั่วไปที่ไม่มีการปรับปรุงความยาว 4 ม. หลังคาที่มีระยะห่างของช่องอากาศ 20 ซม. ความยาว 4 ม. และหลังคาที่มีระยะห่างของช่องอากาศ 20 ซม. มีความยาว 12 ม.เพื่อให้การเปรียบเทียบเห็นผลได้ชัดเจนยิ่งขึ้น วัสดุมุงหลังคาที่ใช้จะเป็นกระเบื้องลอนคู่ที่ทาสีขาวเหมือนกันทุกแผ่น



รูปที่ 3.17 แสดงรายละเอียดการทดลองที่ 2

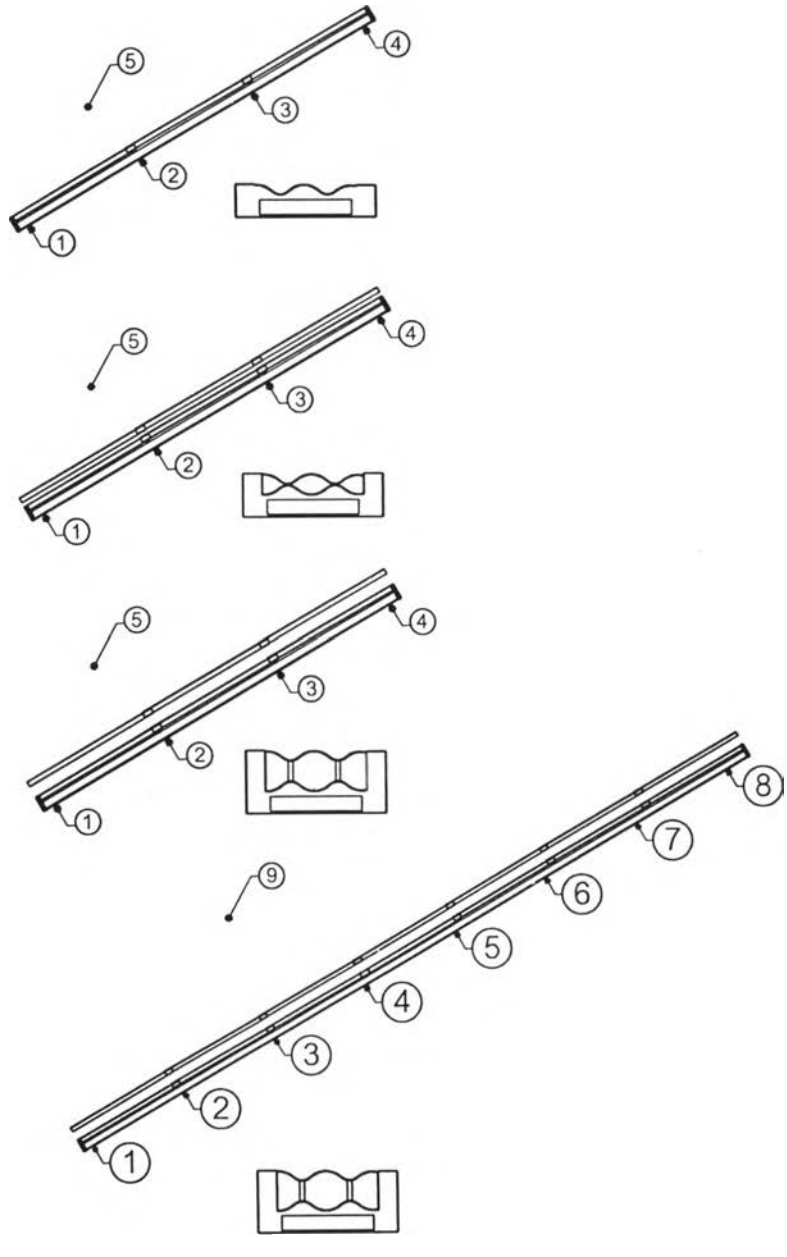


รูปที่ 3.18 แสดงรายละเอียดการทดลองที่ 2



รูปที่ 3.19 แสดงรายละเอียดการทดลองที่ 2

<u>การทดลองที่ 3</u> การทดลองถึงการเพิ่มของอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานที่ระดับความสูงต่างกัน โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดสัญญาณที่ฝ้าเพดานในแต่ละระดับความสูงของหลังคา โดยเปรียบเทียบระหว่างหลังคาทั่วไปที่ไม่มีการปรับปรุง ความยาว 4 ม. หลังคาที่มีช่องอากาศใต้หลังคา 10 ซม. ความยาว 4 ม. หลังคาที่มีช่องอากาศใต้หลังคา 20 ซม. ความยาว 4 ม. หลังคาที่มีช่องอากาศใต้หลังคา 20 ซม. ความยาว 12 ม. วัสดุมุงหลังคาที่ใช้จะเป็นกระเบื้องลอนคู่ที่ทาสีขาวเหมือนกันทุกแผ่น ทำการวัดอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานทุกระยะ 1.50 ม. จากฐานหลังคาถึงส่วนปลายหลังคา

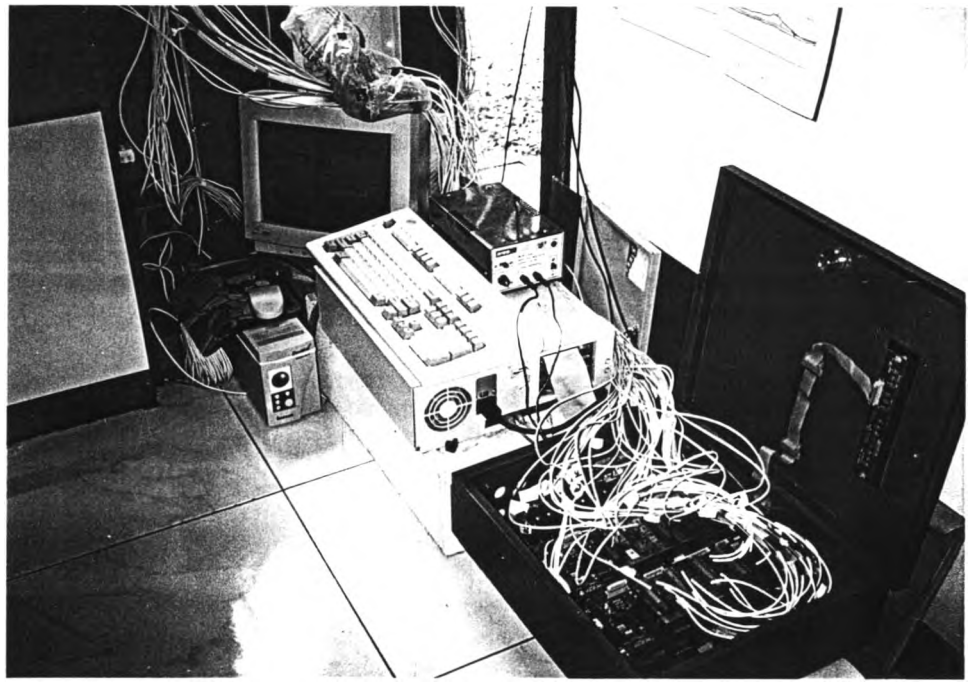


รูปที่ 3.20 แสดงรายละเอียดการทดลองที่ 3

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

1. เครื่องวัดอุณหภูมิ

เตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล โดยในการเก็บข้อมูลจะใช้เครื่องคอมพิวเตอร์บันทึกข้อมูลทั้งหมด เครื่องมือที่ใช้ในการรับสัญญาณเป็นเครื่อง Data Logger system 200 ใช้สายโทรศัพท์แบบ 2 สายเป็นสายวัดอุณหภูมิ โดยจะแปลงสัญญาณเป็นตัวเลขเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ หัวรับสัญญาณที่วัดอุณหภูมิเป็นหัวเทอร์มิสเตอร์ (Thermistor) ขนาดความต้านทาน 10 กิโลโอห์ม (KvΩ)



รูปที่ 3.21 แสดงภาพเครื่องมือเก็บข้อมูล Data Logger system 200 เครื่องคอมพิวเตอร์

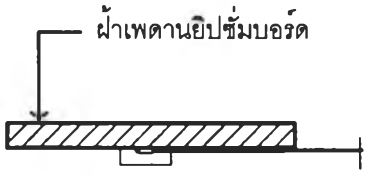
การทดสอบคุณสมบัติของสายสัญญาณ

เนื่องจากการประกอบและการติดตั้งสายสัญญาณที่อาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ การทดสอบคุณสมบัติของสายวัดสัญญาณนั้นจึงทำขึ้นเพื่อที่จะทำการปรับค่าตัวประกอบของแต่ละสายสัญญาณให้สามารถวัดค่าอุณหภูมิที่ได้ใกล้เคียงกันมากที่สุด

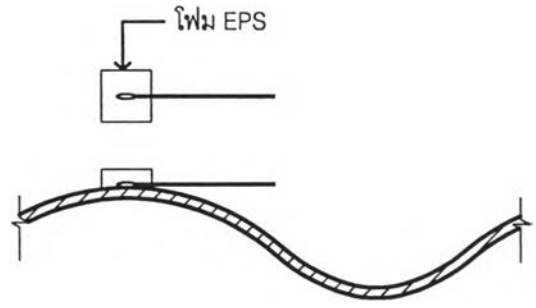
การทดสอบจะทำโดยการนำสายทุกสายมาวัดอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งเดียวกันทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 5 วินาที ทิ้งช่วงระยะเวลาประมาณ 20 นาทีเพื่อให้สายสัญญาณอ่านอุณหภูมิในช่วงนั้นๆ ได้คงที่ จากนั้นนำสายสัญญาณทั้งหมดไปอยู่ในถาดน้ำแข็ง เพื่อทดสอบสายสัญญาณในช่วงอุณหภูมิต่ำทิ้งระยะเวลาไว้ประมาณ 20 นาที จากนั้นนำสายสัญญาณทั้งหมดไปอังที่ไอน้ำเดือด เพื่อทดสอบสายสัญญาณในช่วงอุณหภูมิสูง ทิ้งระยะเวลาไว้ประมาณ 20 นาทีเช่นกัน ทำการทดสอบซ้ำ นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาสมการถดถอยเพื่อหาค่าตัวประกอบ เพื่อที่จะนำค่าที่ได้ไปปรับตั้งค่าใหม่ที่เครื่องรับสัญญาณ จากนั้นนำสายสัญญาณไปทดสอบวัดอุณหภูมิอีกครั้ง

สายสัญญาณที่	ค่าหลักที่วัดได้	ค่า slope	ค่าที่วัดได้จริง	bX	ค่า offset	ค่าที่ปรับแก้แล้ว
C1	24.405	0.937786	23.366	21.91230	2.49270	24.405
C2	24.405	0.896420	26.23	23.51310	0.89190	24.405
C3	24.405	0.942334	25.878	24.38571	0.01929	24.405
C4	24.405	0.976140	25.994	25.37380	-0.96880	24.405
C5	24.405	0.931216	25.994	24.20604	0.19896	24.405
C6	24.405	0.968592	26.348	25.52045	-1.11545	24.405
C7	24.405	0.940734	23.572	22.17499	2.23001	24.405
C8	24.405	0.907511	25.762	23.37930	1.02570	24.405
C9	24.405	0.947965	26.468	25.09075	-0.68575	24.405
C10	24.405	0.946169	26.588	25.15675	-0.75175	24.405
C11	24.405	0.896267	25.994	23.29757	1.10743	24.405
C12	24.405	0.999335	25.418	25.40110	-0.99610	24.405
C13	24.405	0.916409	25.878	23.71483	0.69017	24.405
C14	24.405	0.889623	26.112	23.22984	1.17516	24.405
C16	24.405	0.920209	25.762	23.70641	0.69859	24.405
C17	24.405	0.967563	25.532	24.70383	-0.29883	24.405
C18	24.405	0.908344	25.304	22.98473	1.42027	24.405
C19	24.405	0.932197	25.994	24.23152	0.17348	24.405
C20	24.405	0.941628	23.886	22.49172	1.91328	24.405
C21	24.405	0.996223	26.709	26.60813	-2.20313	24.405
C22	24.405	0.913805	24.747	22.61392	1.79108	24.405
C23	24.405	0.979305	25.994	25.45607	-1.05107	24.405
C24	24.405	0.967703	25.532	24.70738	-0.30238	24.405
C25	24.405	0.932447	25.994	24.23802	0.16698	24.405

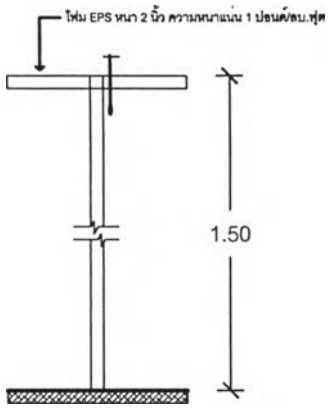
ตารางที่ 3.1 แสดงค่าตัวประกอบที่ได้จากการวิเคราะห์สมการถดถอย



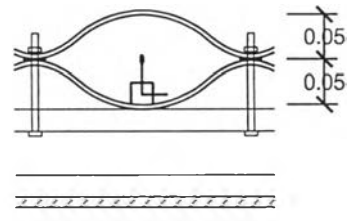
อุณหภูมิผิวฝ้าเพดาน

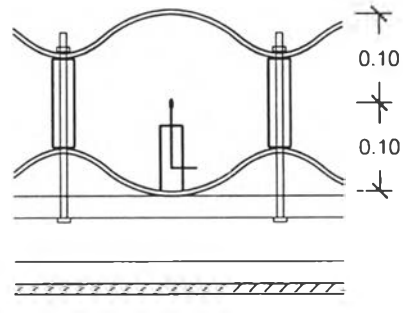


การวัดอุณหภูมิผิววัสดุ

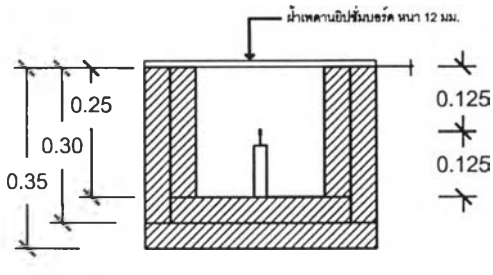


การวัดอุณหภูมิอากาศภายนอก





การวัดอุณหภูมิอากาศภายในช่องว่างอากาศระหว่างวัสดุมุงหลังคา



การวัดอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง

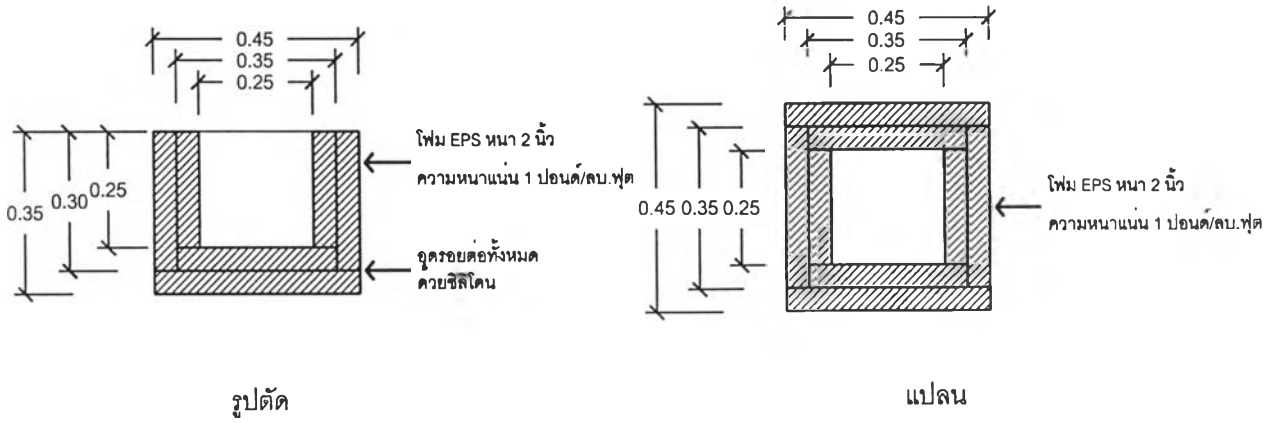
รูปที่ 3.22 แสดงการติดตั้งสายและหัววัดสัญญาณที่ตำแหน่งต่างๆ

รายละเอียดของกล่องทดลอง

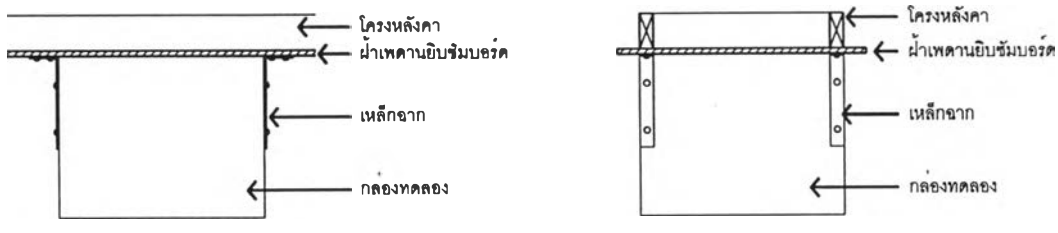
ในการทดลองการปรับปรุงหลังคาเพื่อลดปริมาณการถ่ายเทความร้อนต้องมีการวัดอุณหภูมิใต้ฝ้าเพดาน เพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ถึงความสามารถในการป้องกันความร้อนของหลังคา ดังนั้นวัสดุที่นำมาทำกล่องทดลองควรที่จะมีคุณสมบัติสามารถมารถป้องกันอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมได้เท่าๆกันทุกกล่อง เพื่อไม่ให้เกิดความผิดความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูล จึงเลือกใช้ โฟม EPS หนา 0.10 เมตร ความหนาแน่น 1 ปอนด์ต่อลบ.ฟุต มีค่าความต้านทานความร้อนสูง (R) = 15 เชื่อมรอยต่อและอุดรอยรั่วระหว่างขอบโฟมด้วยซิลิโคนเพื่อป้องกันการรั่วซึมของอากาศ จากนั้นฉาบทับด้วยยิปซัมและทาสีขาวเพื่อให้ภายนอกมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน

กล่องทดลองที่ใช้มีปริมาตรภายใน 0.25 * 0.25 *0.25 เมตรเนื่องจากในการทดลองครั้งนี้เป็นการวัดอุณหภูมิภายในกล่อง ไม่ได้ทำการทดสอบพฤติกรรมของชั้นความร้อนภายในกล่องจึงไม่จำเป็นที่ต้องทำกล่องให้มีขนาดใหญ่

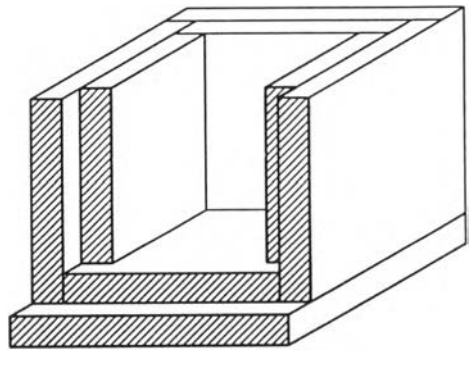
รูปที่ 3.23 แสดงการติดตั้งกล่องทดลอง



รูปตัด แปลน



แบบขยายการติดตั้งกล่องวัดอุณหภูมิ



รูปที่ 3.24 รายละเอียดของกล่องทดลอง

หลักเกณฑ์ในการพิจารณาอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง

จากชุดของการทดลองทั้งหมดที่มีการวัดอุณหภูมิของอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปใต้พื้นที่ของฝ้าเพดานของแบบทดลอง จึงได้ทำการสร้างกล่องทดลองมาครอบติดตั้งบริเวณกึ่งกลางฝ้าเพดานของหลังคาทดลองทั้งในส่วนล่างและส่วนบนเพื่อต้องการทราบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองที่เปลี่ยนแปลงไปโดยที่จะป้องกันไม่ให้อุณหภูมิภายในกล่องได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมภายนอก

จากสมการ

$$Q = MST$$

โดยที่

Q = ปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามาในกล่องทดลอง

M = ค่ามวลสารของกล่องและอากาศภายในกล่องทดลอง

S = ค่าความจุความร้อนของมวลสารในกล่อง

T = อุณหภูมิของอากาศภายในกล่องทดลอง

เมื่อในกล่องทดลองที่นำมาติดตั้งเพื่อที่วัดอุณหภูมิของอากาศ

เมื่อมวลสารของกล่อง (M) และค่าความจุความร้อนของกล่อง (S) ของกล่องทดลองมีค่าเท่ากัน แล้วหากมีปริมาณความร้อนที่เข้ามาภายในกล่องทดลอง ตัวแปรที่ส่งผลต่อปริมาณความร้อนที่เข้ามาภายในกล่องทดลองและใช้เปรียบเทียบคือ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงภายในกล่องทดลอง จากสมการ

$$Q = MST$$

เมื่อมวลสารของกล่อง (M) และค่าความจุความร้อนของกล่อง (S)มีค่าคงที่จะสามารถเขียนเป็นความสัมพันธ์ใหม่ได้ว่า

$$Q \propto T$$

นั่นคือปริมาณความร้อนภายในกล่องทดลองจะมีค่าแปรผันตามอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง จึงสามารถใช้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองเป็นตัวเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ภายในกล่องทดลองได้