

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการรั่วของน้ำบริเวณรอยต่อวัสดุถุงหลังคากรณีศึกษา แผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำบักก้นน้ำมาเป็นเทคนิคหลักในการป้องกัน ดังนั้นจึงได้กำหนดวัตถุประสงค์ในงานวิจัยไว้ดังนี้

1. ศึกษาและทดสอบตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง (ระยะเวลาในการทดสอบ ปริมาณน้ำ ขนาดของแรงลม และมุมมองเสาที่ติดตั้งวัสดุถุงหลังคา) กับประสิทธิภาพของการใช้บักก้นน้ำมาป้องกันการรั่วของน้ำบริเวณรอยต่อของวัสดุถุงหลังคาประเภทแผงเซลล์แสงอาทิตย์
2. ศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของจำนวนบักก้นน้ำที่ 1 2 และ 3 ชั้น เมื่อนำมาใช้ร่วมกับวัสดุถุงหลังคา กรณีศึกษาแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในการป้องกันการรั่วของน้ำบริเวณรอยต่อของวัสดุถุงหลังคา
3. ศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถของบักก้นน้ำที่นำมาใช้ป้องกันการรั่วของน้ำบริเวณรอยต่อของวัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากคอนกรีต (วัสดุจากท้องตลาด) กับวัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากอะลูมิเนียม (แผงเซลล์แสงอาทิตย์)
4. เสนอแนวทางในการนำบักก้นน้ำมาใช้ป้องกันการรั่วของน้ำบริเวณรอยต่อของวัสดุถุงหลังคา กรณีศึกษาแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3.1 แผนการทดลอง

การวิจัยนี้สามารถแบ่งการทดลองออกได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่

3.1.1 การทดลองเพื่อตรวจสอบมาตรฐานของอุปกรณ์ทดลองและ อิทธิพลของ ระยะเวลาในการทดสอบ ปริมาณน้ำ แรงลม และมุมมองเสาติดตั้งวัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากคอนกรีต

ทำการทดสอบกับวัสดุถุงหลังคาจากท้องตลาด เนื่องจากวัสดุถุงหลังคาจากท้องตลาดที่นำมาทดสอบผ่านการทดสอบจากมาตรฐานสากล โดยสามารถติดตั้งบนหลังคาที่ 22.5 องศาจากแนวนอน โดยแบ่งการทดลองออกได้เป็น 4 ชุดการทดลอง คือ

1. การทดสอบหาระยะเวลาในการทดสอบ โดยศึกษาหาแนวโน้มของผลการทดลองจากการซึมของน้ำบริเวณบัวกันน้ำของวัสดุผนังหลังคาจากห้องตลาด ในระยะเวลาที่แตกต่างกันคือ 5 10 15 20 และ 30 นาที (15 นาทีต่อการทดสอบ) (ASTM, 1995)
2. การทดสอบอิทธิพลจากปริมาณน้ำ โดยศึกษาหาแนวโน้มของผลการทดลองจากการซึมของน้ำบริเวณบัวกันน้ำของวัสดุผนังหลังคาจากห้องตลาด ในปริมาณน้ำที่แตกต่างกันที่ 4.5 ลิตรต่อนาที 9 ลิตรต่อนาที และ 12.63 ลิตรต่อนาที

ภาพที่ 3.1
มาตรฐานปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดลอง



ในการทดสอบขั้นตอนการตรวจสอบความคาดเคลื่อนของอุปกรณ์ได้ใช้หน่วยลิตรต่อนาทีตรวจสอบเครื่องมือ แต่ปริมาณน้ำจากสถิติในรอบ 10 ปีของกรมอุตุนิยมวิทยาใช้หน่วยเป็น มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งจะทำให้การตรวจวัดปริมาณน้ำฝนโดยการนำภาชนะ (ไม่กำหนดรูปทรงหรือรูปร่างของพื้นที่ในการจัดเก็บ) มาวางในที่โล่งและวัดความสูงของปริมาณน้ำในภาชนะออกมาเป็นหน่วยมิลลิเมตรต่อชั่วโมง ดังนั้น เมื่อนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ สามารถคำนวณหาปริมาณน้ำฝนที่กระทำบนโครงสร้างหลังคาที่ใช้ทดสอบ ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{หาพื้นที่หลังคาที่ใช้ทดสอบ โครงสร้างหลังคา กว้าง} \times \text{ยาว} &= 120 \times 150 \text{ ตารางเซนติเมตร} \\ &= 18,000 \text{ ตารางเซนติเมตร} \end{aligned}$$

$$\text{ปริมาณน้ำที่บันทึกได้} = 150 \text{ มิลลิเมตรต่อชั่วโมง}$$

$$\text{เปลี่ยนหน่วยจาก} \text{ ตารางเซนติเมตรต่อชั่วโมง เป็นตารางเซนติเมตรต่อนาที}$$

$$15 / 60 = 0.25 \text{ ตารางเซนติเมตรต่อนาที}$$

$$\text{คิดเป็นปริมาตรน้ำทั้งหมด} \text{ พื้นที่ฐาน} \times \text{ปริมาณน้ำที่ใช้ต่อตารางเซนติเมตร}$$

$$0.25 \times 18,000 = 4,500 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที}$$

เปลี่ยนหน่วยปริมาณน้ำจาก ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที เป็นลิตรต่อนาที

$$4,500 / 1,000 = 4.5 \text{ ลิตรต่อนาที}$$

ดังนั้น ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดสอบมี ดังต่อไปนี้

- 1) ปริมาณน้ำ 4.5 ลิตรต่อนาที ในกรณีปริมาณน้ำที่ตรวจวัดได้ที่ 150 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง
- 2) ปริมาณน้ำ 9 ลิตรต่อนาที ในกรณีปริมาณน้ำที่ตรวจวัดได้ที่ 300 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง
- 3) ปริมาณน้ำ 15.07 ลิตรต่อนาที ในกรณีปริมาณน้ำที่ตรวจวัดได้ที่ 502.4 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง

เนื่องจากเครื่องปั้มน้ำมีความสามารถสูบน้ำสูงสุดเท่ากับ 12.63 ลิตรต่อนาที หรือ 421 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่มากกว่าค่าสถิติปริมาณน้ำฝนในรอบ 10 ปีจาก กรมอุตุนิยมวิทยาที่บันทึกได้ 412.4 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง รองจากค่าที่บันทึกสูงสุดที่ 502.4 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง และมากกว่าค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนทั่วประเทศไทยที่ 150 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง (วรวิทย์ อึ้งภากรณ์, 2541)

3. การทดสอบหาองศาหลังคาต่ำที่สุด ซึ่งสามารถนำวัสดุถุงหลังคาจากท้องตลาด มาติดตั้งเพื่อป้องกันการรั่วของน้ำบริเวณรอยต่อของวัสดุถุงหลังคา กำหนดทดสอบในองศาติดตั้ง หลังคาที่ 22.5 18 17 16 15 13 12 และ 11 องศาจากแนวราบ (22.5 องศาจากแนวราบ) (บริษัท กระเบื้องหลังคาซีแพค จำกัด, 2548)

4. การทดสอบอิทธิพลจากลม โดยศึกษาหาแนวโน้มของผลการทดลองจากการซึม ของน้ำบริเวณบัวกันน้ำของวัสดุถุงหลังคาจากท้องตลาด ได้กำหนดให้ทดสอบที่สถานการณ์ที่มี แรงลมส่งผลต่อหลังคาที่ 8.2 เมตรต่อวินาที และสถานการณ์ที่ไม่มีอิทธิพลจากแรงลมส่งผลต่อ หลังคาที่ 0 เมตรต่อวินาที (ไม่มีลม)

ภาพที่ 3.2

มาตรฐานแรงลมที่ใช้ในการทดลอง



การเปลี่ยนหน่วยความเร็วลม

จาก 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง = 0.539 น็อต (Knots,Kn)

1 น็อต (Knots,Kn) = 0.514 เมตรต่อวินาที

ความเร็วลมสูงสุดที่บันทึกได้ในรอบ 10 ปี (พ.ศ. 2537 ถึง พ.ศ. 2546) 12.2 น็อต

เปลี่ยนหน่วย $12.2 / 0.539 = 22.64$ กิโลเมตรต่อชั่วโมง

เปลี่ยนหน่วย $12.2 \times 0.514 = 6.27$ เมตรต่อวินาที

ความเร็วลมที่ใช้ในการทดสอบอยู่ที่ 8.2 เมตรต่อวินาที (เพียงพอกับขอบเขตในประเทศไทย)

1. ขั้นตอนในการทดลองของชุดการทดลองที่ 1 หาระยะเวลาที่จะใช้ในการทดสอบการป้องกันน้ำรั่วของหลังคา จากอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบในงานวิจัย

1) ศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบเบื้องต้นพบว่า มีการกำหนดระยะเวลาในการทดลอง 1 ชุดการทดลองไว้ที่ 15 นาที (ASTM, 1995) และการทดสอบเบื้องต้นพบว่า แนวโน้มของผลการทดลองจะมีค่าคงที่เมื่อทดลองผ่านไป 15 – 20 นาที

2) กำหนดค่ามาตรฐานต่าง ๆ ในชุดการทดลอง (ดังตารางที่ 3.1)

ตารางที่ 3.1

ค่ามาตรฐานต่าง ๆ ในชุดการทดลองที่ 1

วัสดุผนังหลังคา	ระยะเวลาทดสอบ (นาที)	ปริมาณน้ำในการทดสอบ (ลิตร/ นาที)	องศาติดตั้งโครงสร้างหลังคา	ขนาดของแรงลม (เมตร/ วินาที)
จากท้องตลาด (คอนกรีต)	5	12.63	30	8.20
	10			
	15			
	20			
	30			

3) ปรับโครงสร้างหลังคาที่ใช้ในการทดสอบไว้ที่ 30 องศาจากแนวราบ (มุมติดตั้งที่ 30 องศา เป็นมุมที่ชันกว่ามาตรฐานมุมติดตั้งต่ำสุดของวัสดุผนังหลังคาที่นำมาทดสอบ ซึ่งอยู่ที่ 22.5 องศาจากแนวราบ) และติดตั้งวัสดุผนังหลังคาจากท้องตลาดบนโครงสร้างหลังคาตามมาตรฐานการติดตั้งจากผู้ผลิต

4) ตรวจวัดกระแสไฟฟ้าที่แบตเตอรี่ที่นำมาใช้กับเครื่องปั้มน้ำให้อยู่ที่ 12 โวลต์ และตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปั้มน้ำ (ดังภาคผนวก ง)

5) ติดตั้งอุปกรณ์การทดสอบ พร้อมทั้งตรวจสอบระยะต่าง ๆ และจุดเชื่อมต่อให้พร้อมที่จะทำการทดสอบ

6) เปิดพัดลมเข้าหาโครงสร้างหลังคาที่ 8.2 เมตรต่อวินาที (มากกว่าความเร็วลมสูงสุดที่บันทึกได้ในรอบ 10 ปีของประเทศไทย) เป็นเวลา 1 นาทีก่อนเปิดเครื่องปั้มน้ำเพื่อปรับแรงลมบริเวณด้านหน้าของโครงสร้างหลังคา (ดังภาคผนวก จ)

7) เปิดเครื่องปั้มน้ำที่ 12.63 ลิตรต่อนาที (มากกว่าปริมาณน้ำฝนที่บันทึกได้ในรอบ 10 ปีของประเทศไทย และเป็นปริมาณน้ำสูงสุดที่เครื่องมือในการทดสอบสามารถทำได้) โดยแบ่งเวลาในการทดสอบออกเป็น 5 10 15 20 และ 30 นาทีตามลำดับ ที่ครอบคลุมระยะเวลาทดสอบตามมาตรฐาน ASTM 1646-95 (ASTM, 1995) และการทดสอบเบื้องต้น

8) ปิดเครื่องปั้มน้ำตามระยะเวลาที่กำหนด และปิดพัดลมหลังจากปิดเครื่องปั้มน้ำแล้ว 1 นาที

9) สรุปผลการทดสอบ และวิเคราะห์ผลการทดสอบ

10) ปรับปรุงและพัฒนาวิธีการทดสอบ เพื่อให้ในการทดสอบชุดต่อไป

2. ขั้นตอนในการทดลองของชุดการทดลองที่ 2 ทดสอบอิทธิพลจากปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดสอบการป้องกันน้ำรั่วของหลังคา จากอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบในงานวิจัย

1) ศึกษาปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยรอบ 10 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2537 - 2546 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2547)

2) กำหนดค่ามาตรฐานในการทดสอบ (ดังตารางที่ 3.2)

ตารางที่ 3.2
ค่ามาตรฐานต่าง ๆ ในชุดการทดลองที่ 2

วัสดุถุงหลังคา	ระยะเวลา ทดสอบ (นาที)	ปริมาณน้ำในการ ทดสอบ (ลิตร/ นาที)	องศาติดตั้ง โครงสร้าง หลังคา	ขนาดของ แรงลม (เมตร/ วินาที)
จากท้องตลาด (คอนกรีต)	20	4.5	22.5	8.20
		9		
		12.63		

3) ปรับโครงสร้างหลังคาที่ใช้ในการทดสอบไว้ที่ 22.5 องศาจากแนวนราบ (เป็นมุมติดตั้งต่ำสุดตามข้อกำหนดของวัสดุถุงหลังคาที่นำมาใช้ทดสอบ) และติดตั้งวัสดุถุงหลังคาจากท้องตลาดบนโครงสร้างหลังคาตามมาตรฐานการติดตั้งจากผู้ผลิต

4) ทำการทดลองตามการทดลองชุดแรก ตั้งแต่ข้อ 4 – 6

5) เปิดเครื่องปั้มน้ำที่ 4.5 9 และ 12.63 ลิตรต่อนาที (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2547) และใช้เวลาในการทดสอบที่ 20 นาทีต่อชุดการทดลอง

6) ปิดเครื่องปั้มน้ำตามระยะเวลาที่กำหนด และปิดพัดลมหลังจากปิดเครื่องปั้มน้ำแล้ว 1 นาที

7) สรุปผลการทดสอบ และวิเคราะห์ผลการทดสอบ

8) ปรับปรุงและพัฒนาวิธีการทดสอบ เพื่อให้ในการทดสอบชุดต่อไป

3. ขั้นตอนในการทดลองของการทดลองชุดที่ 3 หองศาโครงสร้างหลังคาที่ต่ำที่สุดจากแนวนราบ ที่สามารถนำวัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากคอนกรีตมาติดตั้ง เพื่อป้องกันการรั่วของน้ำบริเวณรอยต่อของวัสดุถุงหลังคา จากอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบในงานวิจัย

1) ค่ามาตรฐานต่าง ๆ ในการทดสอบ (ดังตารางที่ 3.3)

ตารางที่ 3.3
ค่ามาตรฐานต่าง ๆ ในชุดการทดลองที่ 3

วัสดุถุงหลังคา	ระยะเวลา ทดสอบ (นาที)	ปริมาณน้ำในการ ทดสอบ (ลิตร/ นาที)	องศาติดตั้ง โครงสร้าง หลังคา	ขนาดของ แรงลม (เมตร/ วินาที)
จากท้องตลาด (คอนกรีต)	20	12.63	22.5	8.20
			18	
			17	
			16	
			15	
			13	
			12	
			11	

2) ปรับโครงสร้างหลังคาที่ใช้ในการทดสอบที่ 22.5 18 17 16 15 13 12 และ 11 องศาจากแนวราบ (ที่ตั้งของประเทศไทยอยู่ระหว่างละติจูดที่ 5 องศา 37 ลิปดา เหนือ ถึง 20 องศา 27 ลิปดา เหนือ) ในแต่ละชุดทดสอบ

3) ทำการทดลองตามการทดลองชุดแรก ตั้งแต่ข้อ 4 – 6

4) เปิดเครื่องปั้มน้ำที่ 12.63 ลิตรต่อนาที (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2547) และใช้เวลาในการทดสอบที่ 20 นาทีต่อชุดการทดลอง

5) ปิดเครื่องปั้มน้ำตามระยะเวลาที่กำหนด และปิดพัดลมหลังจากปิดเครื่องปั้มน้ำแล้ว 1 นาที

6) สรุปผลการทดสอบ และวิเคราะห์ผลการทดสอบ

7) ปรับปรุงและพัฒนาวิธีการทดสอบ เพื่อใช้ในการทดสอบชุดต่อไป

4. ขั้นตอนในการทดลองของการทดลองชุดที่ 4 ทดสอบอิทธิพลจากแรงลมที่ใช้ในการทดสอบการป้องกันน้ำรั่วของหลังคา จากอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบในงานวิจัย

- 1) ศึกษาขนาดของแรงลมในประเทศไทยรอบ 10 ปีตั้งแต่ พ.ศ. 2537 - 2546 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2547)
- 2) กำหนดค่ามาตรฐานในการทดสอบ (ดังตารางที่ 3.4)

ตารางที่ 3.4

ค่ามาตรฐานต่าง ๆ ในชุดการทดลองที่ 4

วัสดุผนังหลังคา	ระยะเวลาทดสอบ (นาที)	ปริมาณน้ำในการทดสอบ (ลิตร/ นาที)	องศาติดตั้งโครงสร้างหลังคา	ขนาดของแรงลม (เมตร/ วินาที)
จากท้องตลาด (คอนกรีต)	20	12.63	30	0.00
				8.20

3) ปรับโครงสร้างหลังคาที่ใช้ในการทดสอบไว้ที่ 30 องศาจากแนวนราบ (มุมติดตั้งที่ 30 องศา เป็นมุมที่ชันกว่ามาตรฐานมุมติดตั้งต่ำสุดของวัสดุผนังหลังคาที่นำมาทดสอบ ซึ่งอยู่ที่ 22.5 องศาจากแนวนราบ) และติดตั้งวัสดุผนังหลังคาจากท้องตลาดบนโครงสร้างหลังคาตามมาตรฐานการติดตั้งจากผู้ผลิต

- 4) ทำการทดลองตามการทดลองชุดที่แรก ตั้งแต่ข้อ 4 – 6
- 5) เปิดเครื่องปั้มน้ำที่ 12.63 ลิตรต่อนาที (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2547) และใช้เวลาในการทดสอบที่ 20 นาทีต่อชุดการทดลอง
- 6) ปิดเครื่องปั้มน้ำตามระยะเวลาที่กำหนด และปิดพัดลมหลังจากปิดเครื่องปั้มน้ำแล้ว 1 นาที
- 7) สรุปผลการทดสอบ และวิเคราะห์ผลการทดสอบ
- 8) ปรับปรุงและพัฒนาวิธีการทดสอบ เพื่อใช้ในการทดสอบชุดต่อไป

3.1.2 การทดลองเรื่องจำนวนบัวกันน้ำ

ในการทดลองเรื่องจำนวนบัวกันน้ำ จะทำการทดลองกับวัสดุถุงหลังคาที่ผลิตขึ้นเพื่อทำการทดลองในงานวิจัยนี้ (วัสดุอะลูมิเนียม) โดยกำหนดให้มีจำนวนบัวกันน้ำแตกต่างกันที่ 1 2 และ 3 ชั้นตามลำดับ

โดยสามารถแบ่งการทดลองออกได้เป็น 3 ชุดการทดลองคือ

1. การทดสอบความสามารถของบัวกันน้ำ 1 ชั้นที่นำมาใช้กับวัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากอะลูมิเนียมเพื่อช่วยป้องกันการรั่วของน้ำบริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นวัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากอะลูมิเนียมกับวัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากคอนกรีตขณะใช้งานร่วมกัน โดยกำหนดทดสอบในองศาติดตั้งหลังคาที่ 22.5 17 16 15 13 12 และ 11 องศาจากแนวราบ (22.5 จากแนวราบ) (วัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากคอนกรีต)

2. การทดสอบความสามารถของบัวกันน้ำ 2 ชั้นที่นำมาใช้กับวัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากอะลูมิเนียม เพื่อช่วยป้องกันการรั่วของน้ำบริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นวัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากอะลูมิเนียม กับวัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากคอนกรีตขณะใช้งานร่วมกัน โดยกำหนดทดสอบในองศาติดตั้งหลังคาที่ 22.5 17 16 15 13 12 และ 11 องศาจากแนวราบ (22.5 จากแนวราบ) (วัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากคอนกรีต)

3. การทดสอบความสามารถของบัวกันน้ำ 3 ชั้นที่นำมาใช้กับวัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากอะลูมิเนียม เพื่อช่วยป้องกันการรั่วของน้ำบริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นวัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากอะลูมิเนียม กับวัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากคอนกรีตขณะใช้งานร่วมกัน โดยกำหนดทดสอบในองศาติดตั้งหลังคาที่ 22.5 17 16 15 13 12 และ 11 องศาจากแนวราบ (22.5 จากแนวราบ) (วัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากคอนกรีต)

1. ขั้นตอนในการทดลองของการทดลองในชุดที่ 1 หาความสามารถของบัวกันน้ำ 1 ชั้นในการป้องกันน้ำรั่วของหลังคาในมุมมองศาติดตั้งหลังคาที่แตกต่างกัน จากอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองในงานวิจัย

1) สรุปผลการทดลองจากการทดสอบความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบในงานวิจัย เพื่อนำมาเป็นข้อกำหนดค่ามาตรฐานต่าง ๆ สำหรับการทดลองเรื่องจำนวนบัวกันน้ำ

2) กำหนดค่ามาตรฐานในการทดสอบ (ดังตารางที่ 3.5)

ตารางที่ 3.5

ค่ามาตรฐานต่าง ๆ ในชุดการทดลองจำนวนกันน้ำ 1 ชั้น

วัสดุถุงหลังคา	ระยะเวลา ทดสอบ (นาที)	ปริมาณน้ำในการ ทดสอบ (ลิตร/ นาที)	องศาติดตั้ง โครงสร้าง หลังคา	ขนาดของ แรงลม (เมตร/ วินาที)
จากงานวิจัยที่มี จำนวนบัวกันน้ำ ที่ 1 ชั้น (อะลูมิเนียม)	20	12.63	22.5	8.20
			17	
			16	
			15	
			13	
			12	
			11	

3) ปรับโครงสร้างหลังคาที่ใช้ในการทดสอบที่ 22.5 17 16 15 13 12 และ 11 องศาจากแนวราบ (ที่ตั้งของประเทศไทยอยู่ระหว่างละติจูดที่ 5 องศา 37 ลิปดา เหนือ ถึง 20 องศา 27 ลิปดา เหนือ) ในแต่ละชุดทดสอบ

4) ตรวจสอบวัดกระแสไฟฟ้าที่เบตเตอร์ที่นำมาใช้กับเครื่องปั้มน้ำให้อยู่ที่ 12 โวลต์ และตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปั้มน้ำ (ดังภาคผนวก ง)

5) ติดตั้งอุปกรณ์การทดสอบ พร้อมทั้งตรวจสอบระยะต่าง ๆ และจุดเชื่อมต่อให้พร้อมที่จะทำการทดสอบ

6) เปิดพัดลมเข้าหาโครงสร้างหลังคาที่ 8.2 เมตรต่อวินาที เป็นเวลา 1 นาที ก่อนเปิดเครื่องปั้มน้ำเพื่อปรับแรงลมบริเวณด้านหน้าของโครงสร้างหลังคา (ดังภาคผนวก จ)

7) เปิดเครื่องปั้มน้ำที่ 12.63 ลิตรต่อนาที โดยกำหนดระยะเวลาในการทดสอบที่ 20 นาทีต่อชุดการทดลอง

8) ปิดเครื่องปั้มน้ำตามระยะเวลาที่กำหนด และปิดพัดลมหลังจากปิดเครื่องปั้มน้ำแล้ว 1 นาที

9) สรุปผลการทดสอบ และวิเคราะห์ผลการทดสอบ

2. ขั้นตอนในการทดลองของชุดการทดลองที่ 2 หาความสามารถของบักก้นน้ำ 2 ชั้น ในการป้องกันน้ำรั่วของหลังคาในมุมมองศาติดั้งหลังคาที่แตกต่างกัน จากอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองในงานวิจัย

1) กำหนดค่ามาตรฐานในการทดสอบ (ดังตารางที่ 3.6)

ตารางที่ 3.6

ค่ามาตรฐานต่าง ๆ ในชุดการทดลองจำนวนบักก้นน้ำ 2 ชั้น

วัสดุเมุงหลังคา	ระยะเวลา ทดสอบ (นาที่)	ปริมาณน้ำในการ ทดสอบ (ลิตร/ นาที่)	องศาติดตั้ง โครงสร้าง หลังคา	ขนาดของ แรงลม (เมตร/ วินาที)
จากงานวิจัยที่มี จำนวนบักก้นน้ำ ที่ 2 ชั้น (อะลูมิเนียม)	20	12.63	22.5	8.20
			17	
			16	
			15	
			13	
			12	
			11	

2) ทำการทดลองตามการทดลองชุดแรกตั้งแต่ข้อ 3 - 8

3) สรุปผลการทดสอบ และวิเคราะห์ผลการทดสอบ

3. ขั้นตอนในการทดลองของชุดการทดลองที่ 3 หาความสามารถของบักก้นน้ำ 3 ชั้น ในการป้องกันน้ำรั่วของหลังคาในมุมมองศาติดั้งหลังคาที่แตกต่างกัน จากอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองในงานวิจัย

1) กำหนดค่ามาตรฐานในการทดสอบ (ดังตารางที่ 3.7)

ตารางที่ 3.7

ค่ามาตรฐานต่าง ๆ ในชุดการทดลองจำนวนกันน้ำ 3 ชั้น

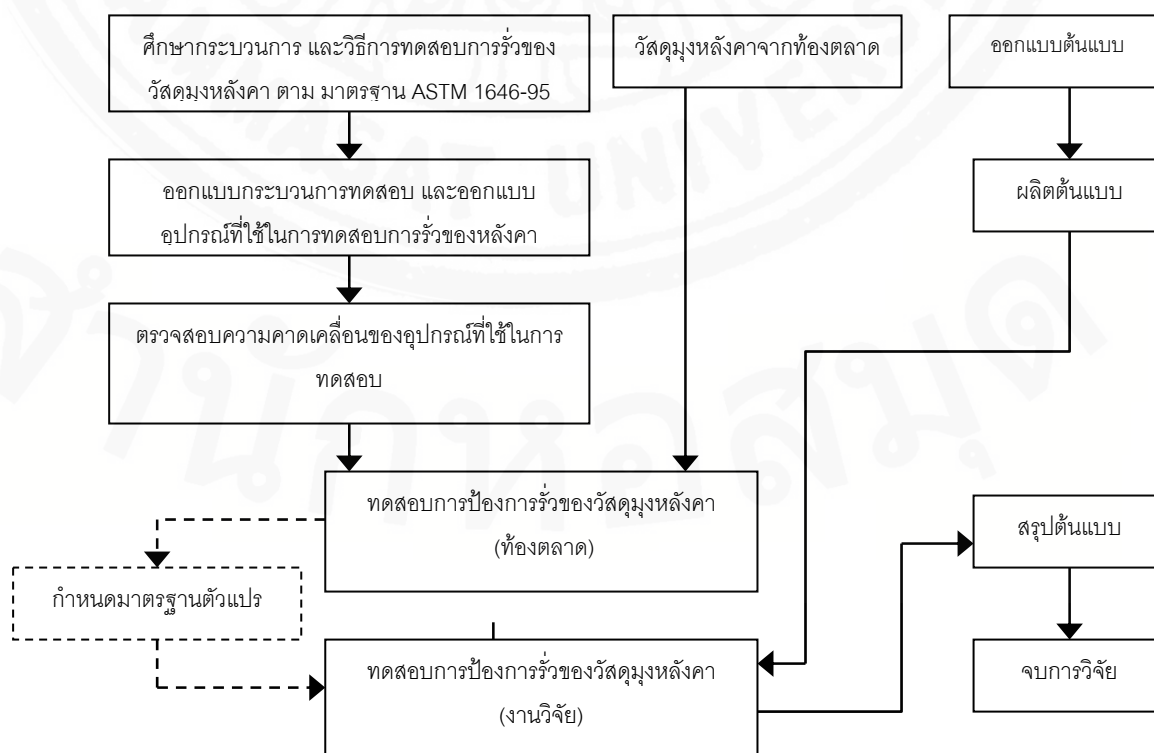
วัสดุถุงหลังคา	ระยะเวลา ทดสอบ (นาทีก)	ปริมาณน้ำในการ ทดสอบ (ลิตร/ นาทีก)	องศาติดตั้ง โครงสร้าง หลังคา	ขนาดของ แรงลม (เมตร/ วินาที)
จากงานวิจัยที่มี จำนวนบัวกันน้ำ ที่ 3 ชั้น (อะลูมิเนียม)	20	12.63	22.5	8.20
			17	
			16	
			15	
			13	
			12	
			11	

2) ทำการทดลองตามการทดลองชุดแรกตั้งแต่ข้อ 3 - 8

3) สรุปผลการทดสอบ และวิเคราะห์ผลการทดสอบ

ภาพที่ 3.3

ขั้นตอนการทดลองและวิธีการดำเนินงานในภาพรวม



3.2 ตัวแปรในการศึกษา

ตัวแปรต้นในงานวิจัย คือ จำนวนบัวกันน้ำที่ติดตั้งบริเวณปลายของวัสดุถุงหลังคา เพื่อใช้ป้องกันการรั่วของหลังคาจากบริเวณรอยต่อของวัสดุถุงหลังคา

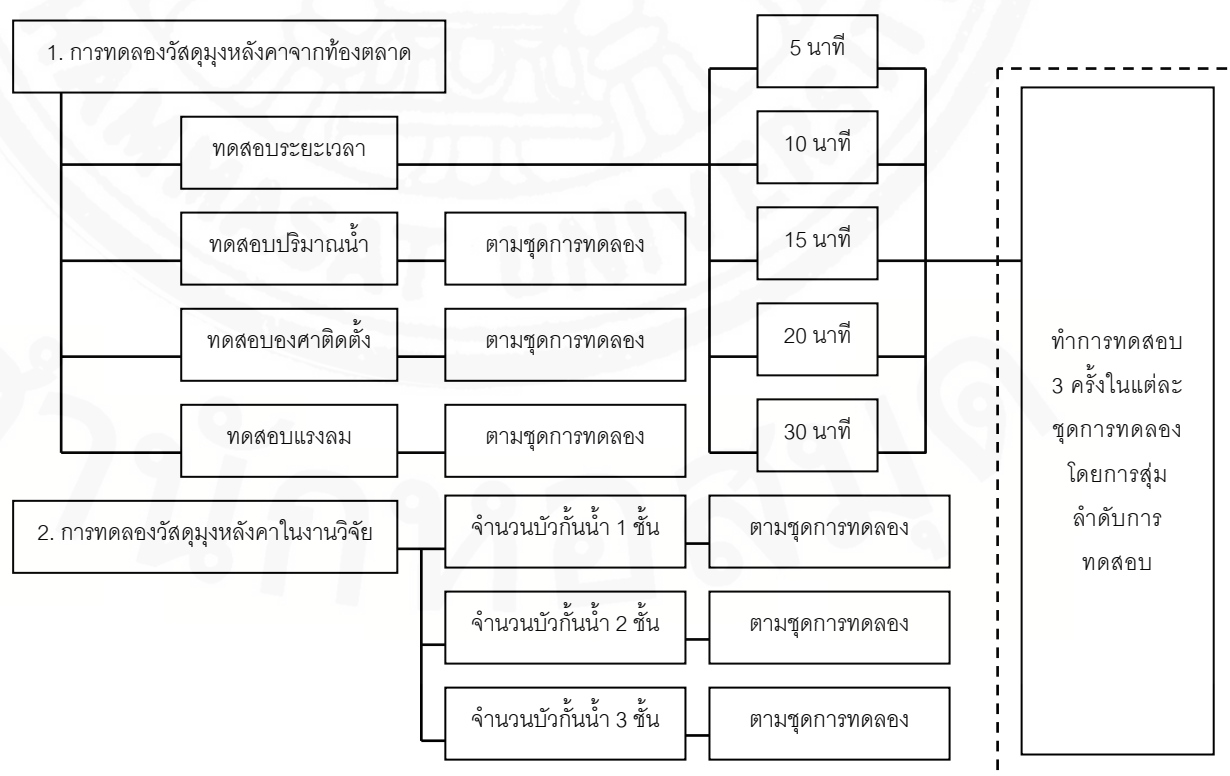
ตัวแปรตามในงานวิจัย สามารถแบ่งออกได้ 2 ลักษณะตามวัสดุถุงหลังคาที่ใช้ทดสอบ ดังต่อไปนี้

1. วัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากคอนกรีต ตำแหน่งการดูดซึมน้ำบนวัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากคอนกรีตบริเวณรอยต่อของแผ่นวัสดุถุงหลังคา และตำแหน่งการรั่วของหลังคา
2. วัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากอะลูมิเนียม ตรวจวัดโดยบันทึกผลการทดลองเมื่อมีการไหลของน้ำลงภายใต้หลังคาบริเวณรอยต่อของวัสดุถุงหลังคา ใน 1 ชุดการทดสอบ

การสุ่มตัวอย่างการทดลองในแต่ละชุดการทดลอง จะทำการทดลองซ้ำชุดละ 3 ครั้งเพื่อลดค่าความคาดเคลื่อนของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง และได้ทำการสุ่มชุดการทดลองสลับชุดการทดลองโดยจะไม่ทำการทดลองชุดการทดลองที่มีลักษณะเดิมต่อเนื่องกัน แต่จะทำการทดลองแบบสุ่มชุดการทดลองขึ้นมา เพื่อลดค่าความผิดพลาดของอุปกรณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้อีกขั้นหนึ่ง

ภาพที่ 3.4

ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างในการทดลองชุดการทดลองระยะเวลา



3.2.1 ตัวแปรในการทดลองเรื่องระยะเวลาในการทดลอง

1. ตัวแปรต้น

ระยะเวลาในการทดสอบที่ 5 10 15 20 และ 30 นาที

2. ตัวแปรตาม

ตำแหน่งการดูดซึมน้ำบนวัสดุผงหลังคาที่ผลิตจากคอนกรีตบริเวณรอยต่อของแผ่นวัสดุผงหลังคา ตรวจวัดโดยการกำหนดระยะห่างจากขอบของวัสดุผงหลังคาเข้ามาเป็นช่วง ๆ และบันทึกระยะที่น้ำซึมเข้ามาบริเวณด้านใต้ของผิววัสดุผงหลังคา

3. ตัวแปรควบคุม

- 1) องศาในการติดตั้งหลังคาที่ 30 องศาจากแนวนราบ
- 2) ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดลองที่ 12.63 ลิตรต่อหน้าที่
- 3) ขนาดของแรงลมที่ใช้ในการทดสอบกำหนดที่ 8.2 เมตรต่อวินาที

3.2.2 ตัวแปรในการทดลองเรื่องอิทธิพลจากปริมาณน้ำ

1. ตัวแปรต้น

ปริมาณน้ำที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดสอบที่ 4.5 9 และ 12.63 ลิตรต่อหน้าที่

2. ตัวแปรตาม

ตำแหน่งการดูดซึมน้ำบนวัสดุผงหลังคาที่ผลิตจากคอนกรีตบริเวณรอยต่อของแผ่นวัสดุผงหลังคา ตรวจวัดโดยการกำหนดระยะห่างจากขอบของวัสดุผงหลังคาเข้ามาเป็นช่วง ๆ และบันทึกระยะที่น้ำซึมเข้ามาบริเวณด้านใต้ของผิววัสดุผงหลังคา

3. ตัวแปรควบคุม

- 1) องศาในการติดตั้งหลังคาที่ 22.5 องศาจากแนวนราบ
- 2) ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองที่ 20 นาทีต่อชุดการทดสอบ
- 3) ขนาดของแรงลมที่ใช้ในการทดสอบกำหนดที่ 8.2 เมตรต่อวินาที

3.2.3 ตัวแปรในการทดลองเรื่ององศาหลังคาต่ำที่สุด ซึ่งสามารถนำวัสดุผงหลังคาจากท้องตลาดมาติดตั้งเพื่อป้องกันการรั่วของน้ำบริเวณรอยต่อของวัสดุผงหลังคา

1. ตัวแปรต้น

กำหนดองศาหลังคาในการติดตั้งวัสดุผงหลังคาที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดสอบที่ 22.5 18 17 16 15 13 12 และ 11 องศาจากแนวนราบ

2. ตัวแปรตาม

ตำแหน่งการดูดซึมน้ำบนวัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากคอนกรีตบริเวณรอยต่อของแผ่นวัสดุถุงหลังคา ตรวจวัดโดยการกำหนดระยะห่างจากขอบของวัสดุถุงหลังคาเข้ามาเป็นช่วง ๆ และบันทึกระยะที่น้ำซึมเข้ามาบริเวณด้านใต้ของผิววัสดุถุงหลังคา

3. ตัวแปรควบคุม

- 1) ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดลองที่ 12.63 ลิตรต่ออนาที
- 2) ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองที่ 20 นาทีต่อชุดการทดสอบ
- 3) ขนาดของแรงลมที่ใช้ในการทดสอบกำหนดที่ 8.2 เมตรต่อวินาที

3.2.4 ตัวแปรในการทดลองเรื่องอิทธิพลจากลม

1. ตัวแปรต้น

กำหนดให้ทดสอบที่สถานการณ์ที่มีแรงลมส่งผลต่อหลังคาที่ 8.2 เมตรต่อวินาที และสถานการณ์ที่ไม่มีอิทธิพลจากแรงลมส่งผลต่อหลังคาที่ 0 เมตรต่ออนาที (ไม่มีลม)

2. ตัวแปรตาม

ตำแหน่งการดูดซึมน้ำบนวัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากคอนกรีตบริเวณรอยต่อของแผ่นวัสดุถุงหลังคา ตรวจวัดโดยการกำหนดระยะห่างจากขอบของวัสดุถุงหลังคาเข้ามาเป็นช่วง ๆ และบันทึกระยะที่น้ำซึมเข้ามาบริเวณด้านใต้ของผิววัสดุถุงหลังคา

3. ตัวแปรควบคุม

- 1) ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดลองที่ 12.63 ลิตรต่ออนาที
- 2) ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองที่ 20 นาทีต่อชุดการทดสอบ
- 3) องศาในการติดตั้งหลังคาที่ 30 องศาจากแนวนราบ

3.2.5 ตัวแปรในการทดลองเรื่องจำนวนบัวกั้นน้ำ ชุดการทดลองที่ 1

1. ตัวแปรต้น

1) จำนวนบัวกั้นน้ำ 1 ชั้นที่ติดตั้งบริเวณปลายของวัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากอะลูมิเนียมซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างแผ่นวัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากอะลูมิเนียมกับวัสดุถุงหลังคา ที่ผลิตจากคอนกรีต

2) กำหนดทดสอบในองศาติดตั้งหลังคาที่ 22.5 17 16 15 13 12 และ 11

องศาจากแนวราบ

2. ตัวแปรตาม

ตำแหน่งและระยะเวลาในการทดลองที่ส่งผลทำให้หลังคาเกิดการรั่วเกิดขึ้นบริเวณรอยต่อของแผ่นวัสดุหลังคา ตรวจวัดโดยการสังเกตบริเวณรอยต่อของวัสดุหลังคาและทำการบันทึกผลการทดลองเมื่อมีการไหลของหยดน้ำลงภายใต้หลังคา หรือหมดช่วงระยะที่กำหนดในชุดการทดสอบ

3. ตัวแปรควบคุม

- 1) ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดลองที่ 12.63 ลิตรต่อนาที
- 2) ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองที่ 20 นาทีต่อชุดการทดสอบ
- 3) ขนาดของแรงลมที่ใช้ในการทดสอบกำหนดที่ 8.2 เมตรต่อวินาที

3.2.6 ตัวแปรในการทดลองเรื่องจำนวนบัวกันน้ำ ชุดการทดลองที่ 2

1. ตัวแปรต้น

1) จำนวนบัวกันน้ำ 2 ชั้นที่ติดตั้งบริเวณปลายของวัสดุหลังคาที่ผลิตจากอะลูมิเนียม ซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างแผ่นวัสดุหลังคาที่ผลิตจากอะลูมิเนียมกับวัสดุหลังคาที่ผลิตจากคอนกรีต

2) กำหนดทดสอบในองศาติดตั้งหลังคาที่ 22.5 17 16 15 13 12 และ 11

องศาจากแนวราบ

2. ตัวแปรตาม

ตำแหน่งและระยะเวลาในการทดลองที่ส่งผลทำให้หลังคาเกิดการรั่วเกิดขึ้นบริเวณรอยต่อของแผ่นวัสดุหลังคา ตรวจวัดโดยการสังเกตบริเวณรอยต่อของวัสดุหลังคาและทำการบันทึกผลการทดลองเมื่อมีการไหลของหยดน้ำลงภายใต้หลังคา หรือหมดช่วงระยะที่กำหนดในชุดการทดสอบ

3. ตัวแปรควบคุม

- 1) ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดลองที่ 12.63 ลิตรต่อนาที
- 2) ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองที่ 20 นาทีต่อชุดการทดสอบ
- 3) ขนาดของแรงลมที่ใช้ในการทดสอบกำหนดที่ 8.2 เมตรต่อวินาที

3.2.7 ตัวแปรในการทดลองเรื่องจำนวนบัวก้นน้ำ ชุดการทดลองที่ 3

1. ตัวแปรต้น

1) จำนวนบัวก้นน้ำ 3 ชั้นที่ติดตั้งบริเวณปลายของวัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากอะลูมิเนียม ซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างแผ่นวัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากอะลูมิเนียมกับวัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากคอนกรีต

2) กำหนดทดสอบในองศาติดตั้งหลังคาที่ 22.5 17 16 15 13 12 และ 11 องศาจากแนวราบ

2. ตัวแปรตาม

ตำแหน่งและระยะเวลาในการทดลองที่ส่งผลทำให้หลังคาเกิดการรั่วเกิดขึ้นบริเวณรอยต่อของแผ่นวัสดุถุงหลังคา ตรวจวัดโดยการสังเกตบริเวณรอยต่อของวัสดุถุงหลังคาและทำการบันทึกผลการทดลองเมื่อมีการไหลของหยดน้ำลงภายใต้หลังคา หรือหมดช่วงระยะที่กำหนดในชุดการทดสอบ

3. ตัวแปรควบคุม

- 1) ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดลองที่ 12.63 ลิตรต่อนาที
- 2) ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองที่ 20 นาทีต่อชุดการทดสอบ
- 3) ขนาดของแรงลมที่ใช้ในการทดสอบกำหนดที่ 8.2 เมตรต่อวินาที

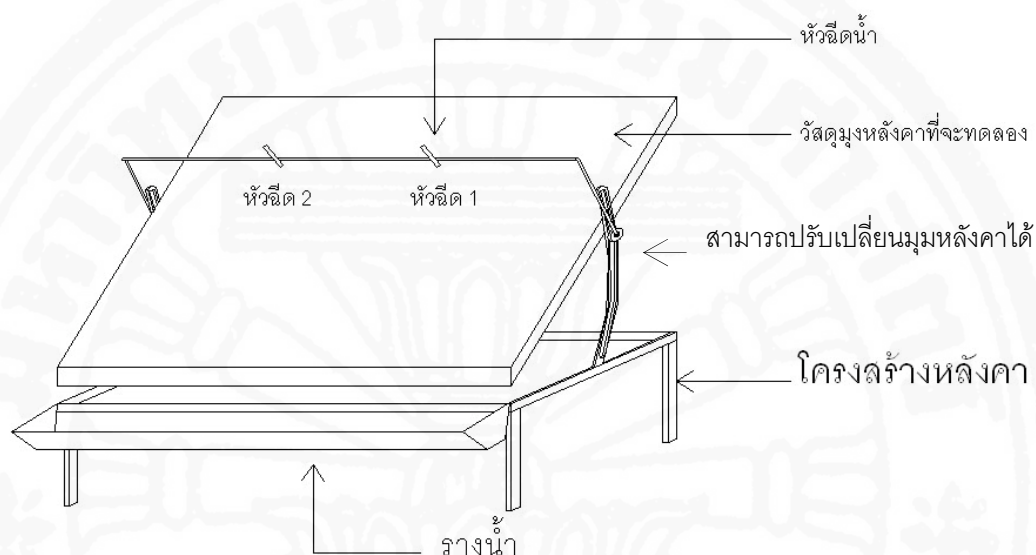
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

ผู้วิจัยทำการศึกษากระบวนการทดสอบการป้องกันการรั่วของวัสดุถุงหลังคา พร้อมทั้งขั้นตอนการทดลองจาก ASTM 1646 -95 (ASTM, 1995) และนำมาปรับปรุงให้มีความสอดคล้องกับสภาพอากาศในประเทศไทยและอุปกรณ์ที่มีอยู่เพื่อทำการทดสอบ โดยองค์ประกอบหลักของการทดลองประกอบด้วย 3 ระบบ ดังนี้

1. แบบจำลองโครงสร้างหลังคาที่ใช้ในการติดตั้งวัสดุถุงหลังคา
2. ระบบฉีดจ่ายน้ำ
3. ระบบเพิ่มแรงดันอากาศ

ภาพที่ 3.5

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบการป้องกันน้ำรั่วบริเวณรอยต่อของวัสดุผนังหลังคา

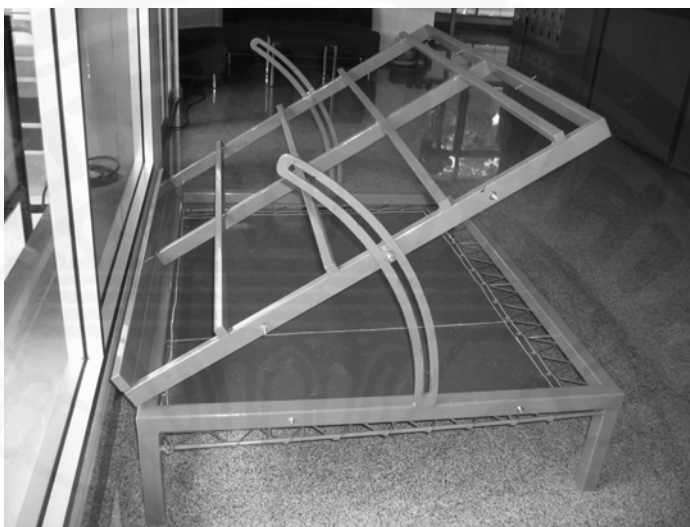


หมายเหตุ: จ้างถ่ายภาพโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 20 มกราคม 2549.

1. แบบจำลองโครงร่างหลังคาขนาดกว้าง x ยาวได้แก่ 126.5 x 150 เซนติเมตร (ดังภาพที่ 3.6)
2. หัวฉีดน้ำทองเหลือง (ดังภาพที่ 3.7)
3. เครื่องปั้มน้ำขนาด 1.4 และ 3.0 GPM. ต่อกับกับแผงควบคุมไฟฟ้า
4. เครื่องกำเนิดแรงลม (พัดลม) ขนาด 220 Volt ,1/2 HP, 50 Hertz
5. เครื่องมือสำหรับวัดความเร็วลม (Anemometer)
6. ฉากกั้นลม ขนาดกว้าง x ยาว x สูง ได้แก่ 5 x 200 x 150 เซนติเมตร
7. รางน้ำฝน
8. ถังเก็บน้ำสำหรับหมุนเวียนน้ำใช้ในการทดสอบขนาดความจุ 8 ลิตร
9. วัสดุผนังหลังคาจากท้องตลาด
10. วัสดุผนังหลังคาในงานวิจัย (อะลูมิเนียม)

ภาพที่ 3.6

โครงสร้างหลังคาจำลองที่ใช้ในงานวิจัย



หมายเหตุ: ถ่ายภาพโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 20 มกราคม 2549.

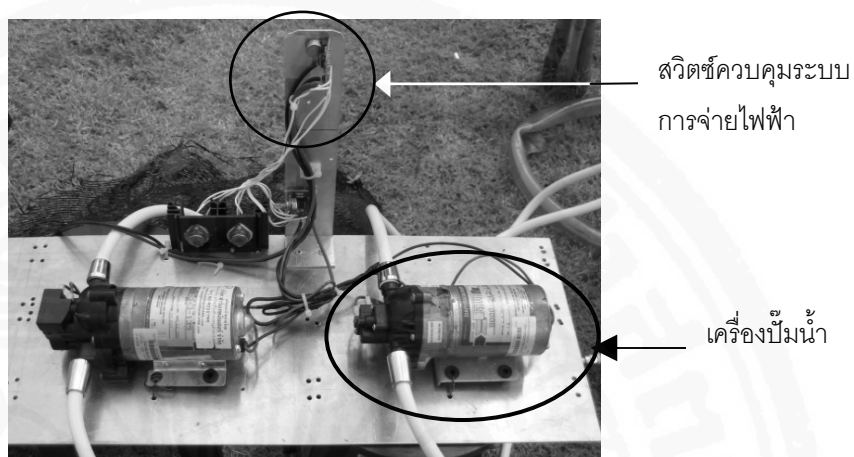
ภาพที่ 3.7

ลักษณะของหัวฉีดน้ำที่ใช้ในงานวิจัย



หมายเหตุ: ถ่ายภาพโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 20 มกราคม 2549.

ภาพที่ 3.8
เครื่องปั้มน้ำและแผงควบคุม



หมายเหตุ: ถ่ายภาพโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 20 มกราคม 2549.

ภาพที่ 3.9
พัดลมที่ใช้งานวิจัย



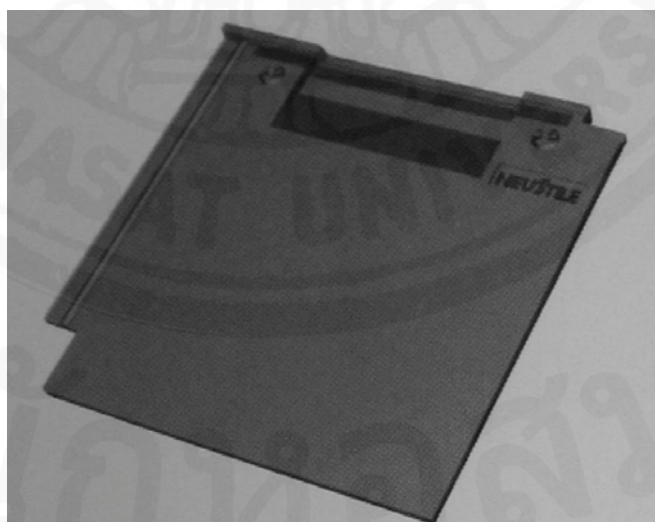
หมายเหตุ: ถ่ายภาพโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 20 มกราคม 2549.

ภาพที่ 3.10
เครื่องวัดความเร็วลม



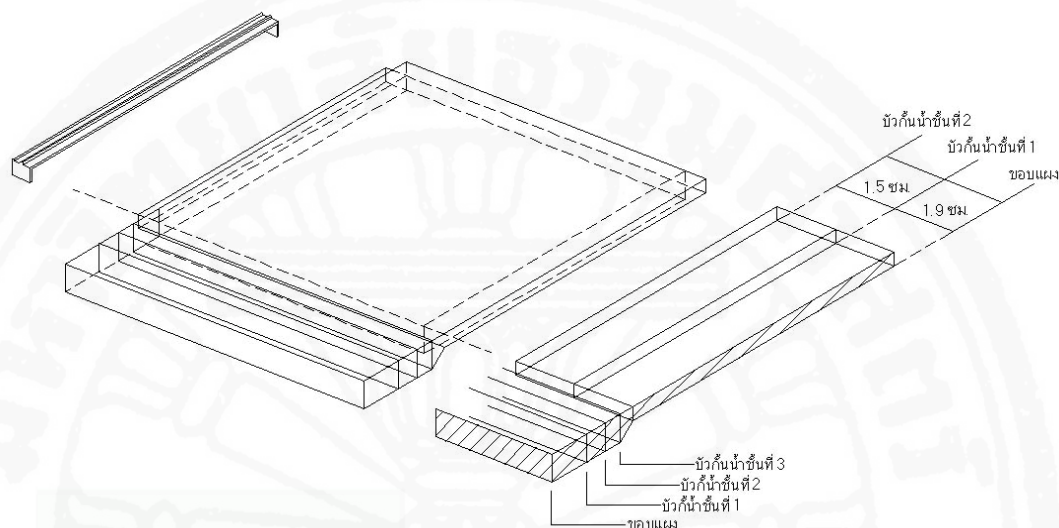
หมายเหตุ: ถ่ายภาพโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 20 มกราคม 2549.

ภาพที่ 3.11
วัสดุถุงหลังคาจากห้องตลาด



ที่มา: บริษัท กระเบื้องหลังคาซีแพค จำกัด, 2548.

ภาพที่ 3.12
วัสดุถุงหลังคาในงานวิจัย



หมายเหตุ: จำลองภาพโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 20 มกราคม 2549.

3.4 การทดสอบเครื่องมือ

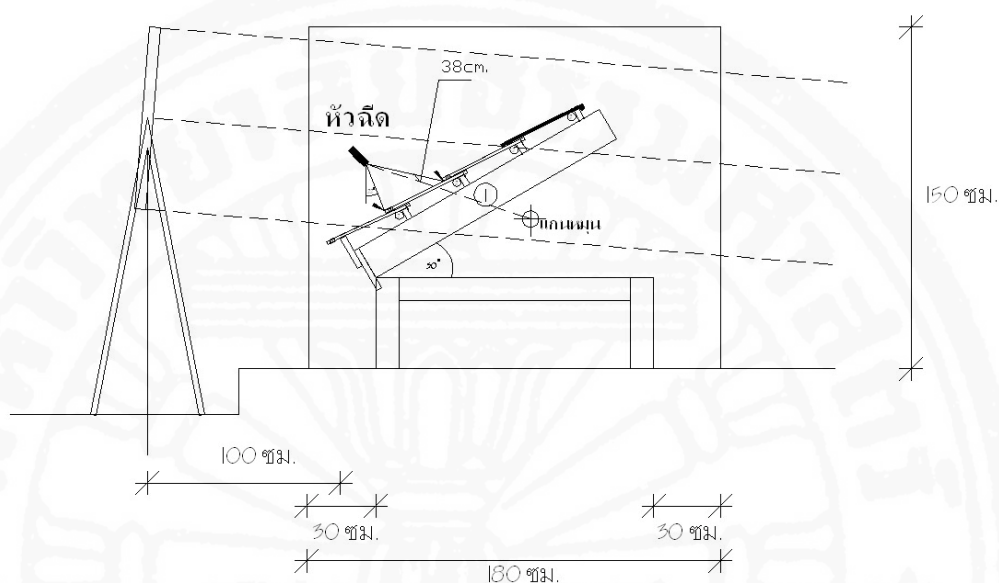
3.4.1 การทดสอบเครื่องมือระบบจ่ายน้ำ

1. นำเครื่องปั้มน้ำที่ต่อกับแผงควบคุมการจ่ายไฟฟ้าเรียบร้อยแล้วมาต่อสายยางเพื่อเตรียมทดสอบความสามารถของการจ่ายน้ำในระยะเวลา 1 นาที โดยต่อปลายข้างหนึ่งกับถังเก็บน้ำ
2. ทำการจ่ายไฟฟ้าให้เครื่องทำงานเป็นเวลา 1 นาที วัดตรวจวัดปริมาณน้ำที่ได้ในถังเก็บน้ำ
3. ทำซ้ำตามข้อ 1 และ 2 จำนวน 5 รอบ
4. นำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

3.4.2 การทดสอบเครื่องมือระบบเพิ่มแรงลม

1. นำเครื่องกำเนิดแรงลม (พัดลม) มาติดตั้งในตำแหน่งที่ใช้ทดสอบจริง

ภาพที่ 3.13
ตำแหน่งติดตั้งเครื่องกำเนิดแรงลมในการทดสอบ



หมายเหตุ: จำลองภาพโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 20 มกราคม 2549.

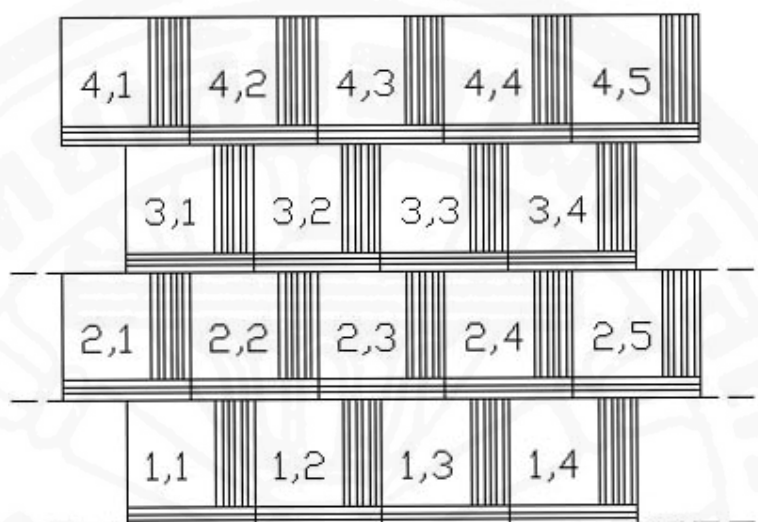
2. ทำการวัดความเร็วลมด้วยเครื่องวัดความเร็วลม (anemometer) ณ บริเวณด้านหน้าของพัดลมเป็นระยะทาง 0 30 และ 100 เซนติเมตร บริเวณ 10 เซนติเมตร เหนือรอยต่อระหว่างแผ่นวัสดุผนังหลังคาทั้ง 3 แถว และ ณ บริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นวัสดุผนังหลังคาทั้ง 3 แถว
3. ทำซ้ำตามข้อ 1 และ 2 จำนวน 3 รอบ
4. นำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

3.5 การเก็บข้อมูล

1. ในหนึ่งชุดการทดสอบจะประกอบไปด้วย วัสดุผนังหลังคา 18 แผ่น นำมาทดสอบการป้องกันการรั่วของน้ำบริเวณรอยต่อของวัสดุผนังหลังคา (ดังภาพที่ 3.14)

ภาพที่ 3.14

ตำแหน่งการติดตั้งวัสดุผนังหลังคาแบบจำลองโครงสร้างหลังคา

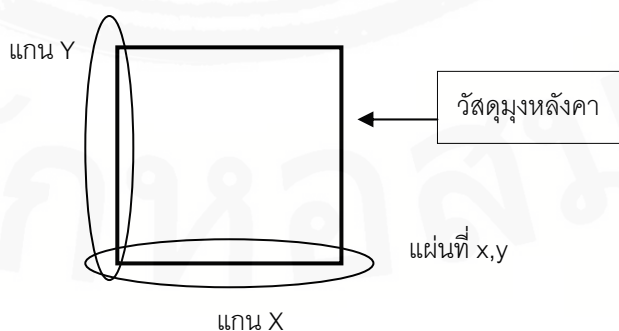


หมายเหตุ: จำลองภาพโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 20 มกราคม 2549.

2. ทำการเก็บข้อมูลกับวัสดุผนังหลังคาในตำแหน่งติดตั้งแผ่นที่ 1,2 1,3 2,2 2,3 2,4 3,2 และ 3,3 ซึ่งจะบันทึกข้อมูลบริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นวัสดุผนังหลังคาแต่ละแผ่น โดยเริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่เริ่มทำการทดสอบ จนถึงสิ้นสุดระยะเวลาในการทดสอบในแต่ละชุดการทดสอบ

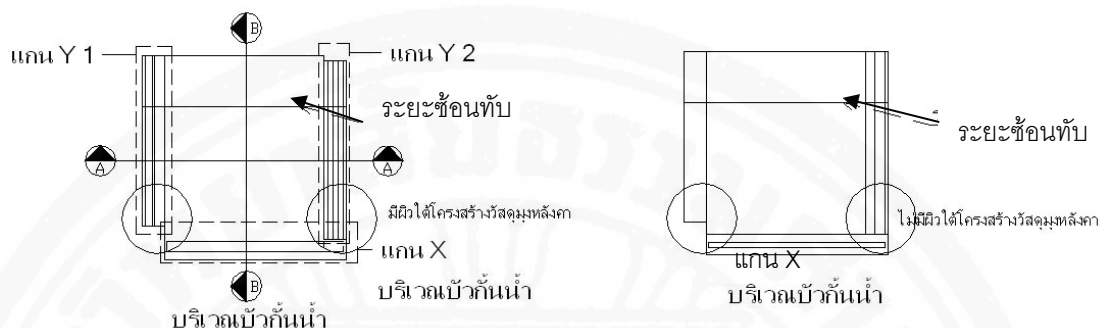
ภาพที่ 3.15

การกำหนดตำแหน่งที่ทำการบันทึกผลการทดสอบของแผ่นวัสดุผนังหลังคา



หมายเหตุ: จำลองภาพโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 20 มกราคม 2549.

ภาพที่ 3.15 (ต่อ)



วัสดุผนังหลังจากห้องตลาด

วัสดุผนังหลังจากในงานวิจัย

หมายเหตุ: จำลองภาพโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 20 มกราคม 2549.

3. นำผลที่บันทึกได้ทั้ง 3 รอบ ในหนึ่งชุดการทดสอบมาหาค่าเฉลี่ยและนำผลที่ได้ในแต่ละชุดการทดสอบของแต่ละเรื่องทดสอบมาวิเคราะห์ผลการทดสอบ

4. ทำการเก็บข้อมูลในลักษณะเดียวกันทุกตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ

5. การบันทึกผลการทดสอบจะแบ่งออกเป็น 2 แบ่ง ได้แก่

1) วัสดุผนังหลังจากที่ผลิตจากคอนกรีต ทำการบันทึกใน 2 ลักษณะ ได้แก่

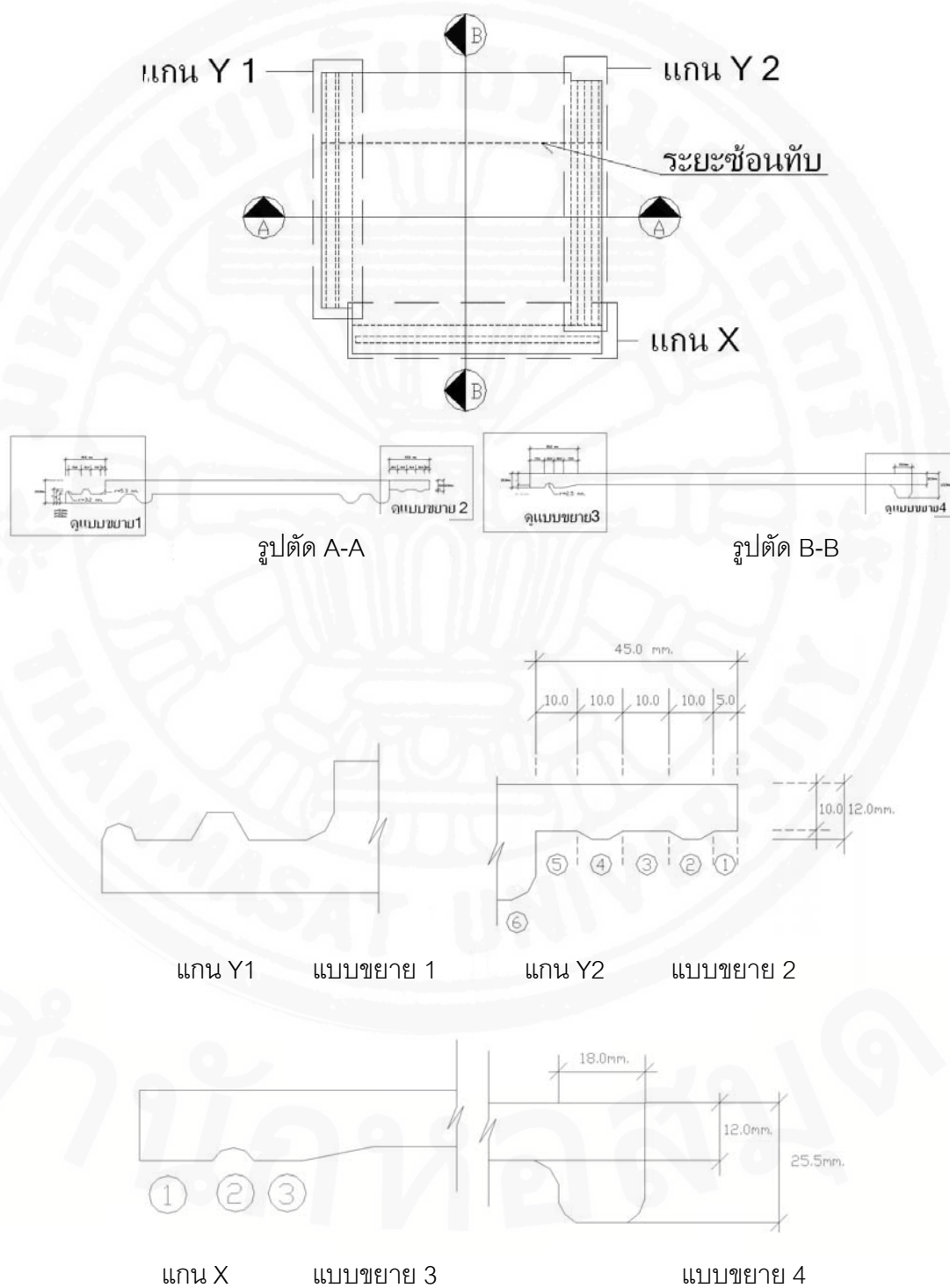
(1) บันทึกการซึมของน้ำจากปลายรอยต่อของแผ่นวัสดุผนังหลังจากเข้ามาด้านใต้แผ่น โดยกำหนดแบ่งระดับของการซึมของน้ำ จากการวัดระยะห่างจากปลายของแผ่นวัสดุผนังหลังจากเข้ามาที่ 1.5 2.5 และ 3.5 เซนติเมตรเป็นตำแหน่งที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับบริเวณตำแหน่งรอยต่อที่แกน X (ดังภาพที่ 3.16 แบบขยายที่ 3) และวัดระยะห่างจากปลายแผ่นวัสดุผนังหลังจากเข้ามาที่ 0.5 1.5 2.5 3.5 4.5 และเกิน 4.5 เซนติเมตร เป็นตำแหน่งที่ 1 2 3 4 5 และ 6 ตามลำดับบริเวณตำแหน่งรอยต่อที่บริเวณแกน Y 2 (ดังภาพที่ 3.16 แบบขยายที่ 2)

(2) บันทึกการรั่วของหลังจาก เมื่อมีหยดน้ำไหลผ่านบริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นวัสดุผนังหลังจากเข้าไปด้านใต้ของหลังจาก โดยทำการบันทึกเวลาและตำแหน่งที่มีการรั่วเกิดขึ้น

2) วัสดุผนังหลังจากที่ผลิตจากอะลูมิเนียม ทำการบันทึกเพียงลักษณะเดียว คือ บันทึกการรั่วของหลังจาก เมื่อมีหยดน้ำไหลผ่านบริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นวัสดุผนังหลังจากเข้าไปด้านใต้ของหลังจาก โดยทำการบันทึกเวลาและตำแหน่งที่มีการรั่วเกิดขึ้น

ภาพที่ 3.16

การแบ่งระดับการเชื่อมของวัสดุผนังหลังคา ของวัสดุผนังหลังคาที่ผลิตจากคอนกรีต



หมายเหตุ: จำลองภาพโดยผู้วิจัย เมื่อวันที่ 20 มกราคม 2549.

3.6 การวิเคราะห์และตีความ

1. นำผลการทดสอบที่บันทึกตำแหน่งการซึ่มบนกระเบื้องจากแนวแกน X และแนวแกน Y ของวัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากคอนกรีต แต่ละชุดการทดสอบ (ทำการทดสอบ 3 ครั้งในแต่ละชุดการทดสอบ) มาหาค่าเฉลี่ย และเขียนกราฟแสดงผลการทดสอบ สำหรับวัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากอะลูมิเนียมจะบันทึกผลเพียงการรั่วของหลังคาเท่านั้น และเขียนตารางแสดงผลการทดสอบ
2. ผลการทดสอบชี้วัดที่ การรั่วของหลังคาเป็นสำคัญ สำหรับการซึ่มของวัสดุถุงหลังคาที่ผลิตจากคอนกรีตเป็นการศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปร โดยทำการวิเคราะห์หาแนวโน้มจากกราฟที่เขียนได้จากผลการทดสอบเท่านั้น