บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาการใช้น้ำเพื่อลดอุณหภูมิผิวหลังคากระจก ใช้วิธีวิจัยในเชิงทดลองและปฏิบัติการ ซึ่งตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา จะแบ่งเป็น 4 ช่วง คือ

1. การทดลองเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวหลังคากระจก ในสภาวะไม่ปรับอากาศภายในห้องที่ใช้ในการศึกษาทดลอง โดยที่ผิวหลังคากระจกภายนอก ได้รับอิทธิพลจากแสงแดด กระแสลม และการแลกเปลี่ยนความร้อนกับสภาพแวดล้อม ส่วนผิวของหลังคากระจกด้านในได้รับอิทธิพลจากแสงแดด และการแลกเปลี่ยนความร้อนกับสภาพแวดล้อมภายในห้องทดลองที่จัดสร้างขึ้น

2. การทดลองเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวหลังคากระจก ในสภาวะปรับอากาศ ควบคุมอุณหภูมิภายในห้องให้คงที่

3. การทดลองเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวหลังคากระจก ในขณะที่มีการใช้น้ำเพื่อลดอุณหภูมิ ในสภาวะไม่ปรับอากาศภายในห้อง

4. การทดลองเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวหลังคากระจก ในขณะที่มีการใช้น้ำเพื่อลดอุณหภูมิ ในสภาวะปรับอากาศ ควบคุมอุณหภูมิภายในห้องให้คงที่

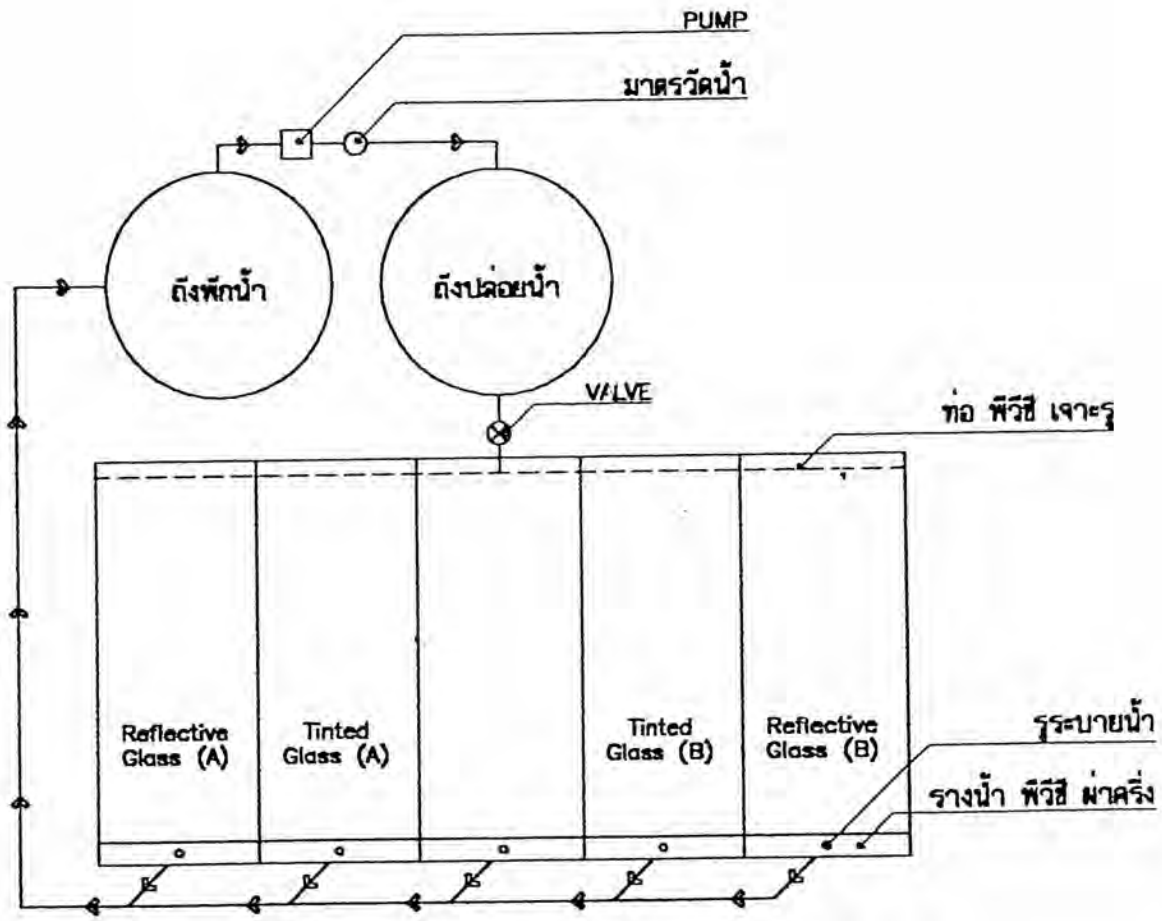
ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ จะต้องจัดสร้างห้องเพื่อใช้ในการศึกษาทดลอง การใช้น้ำเพื่อลดอุณหภูมิผิวกระจก โดยสร้างเป็นห้องทดลองติดตั้งหลังคากระจกที่ใช้ในการศึกษา 4 แผ่นประกอบด้วย

1. กระจกสะท้อนแสง (Reflective Glass) ความหนา 6 มิลลิเมตร แบบกระจกสีน้ำเงิน เคลือบสีเงินด้วยโลหะประเภทไทเทเนียม
2. กระจกสะท้อนแสง (Reflective Glass) ความหนา 6 มิลลิเมตร แบบกระจกสีน้ำเงิน เคลือบสีเงินด้วยโลหะประเภทสแตนเลส สตีล
3. กระจกสี (Tinted Glass) สีชาอ่อน (Cool Gray) ความหนา 6 มิลลิเมตร
4. กระจกสี (Tinted Glass) สีชาดำ (Dark Cool Gray) ความหนา 6 มิลลิเมตร

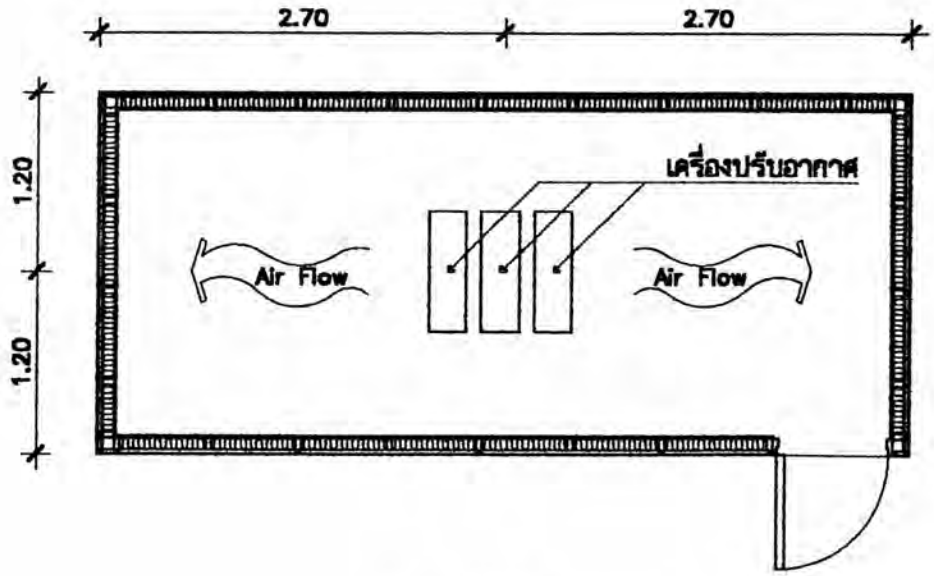
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> การจัดสร้างห้องทดลองที่ใช้เพื่อการศึกษาขนาดกว้าง 2.50 เมตร ยาว 5.30 เมตร ระบบผนังทั้ง 4 ด้านจะต้องเป็นฉนวนเพื่อป้องกันอิทธิพล และผลกระทบจากสภาพแวดล้อมภายนอก ที่ผ่านทางผนังทั้ง 4 ด้านของห้องทดลอง เพื่อให้การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เกิดจากหลังคาของห้องทดลองที่เป็นตัวอย่าง

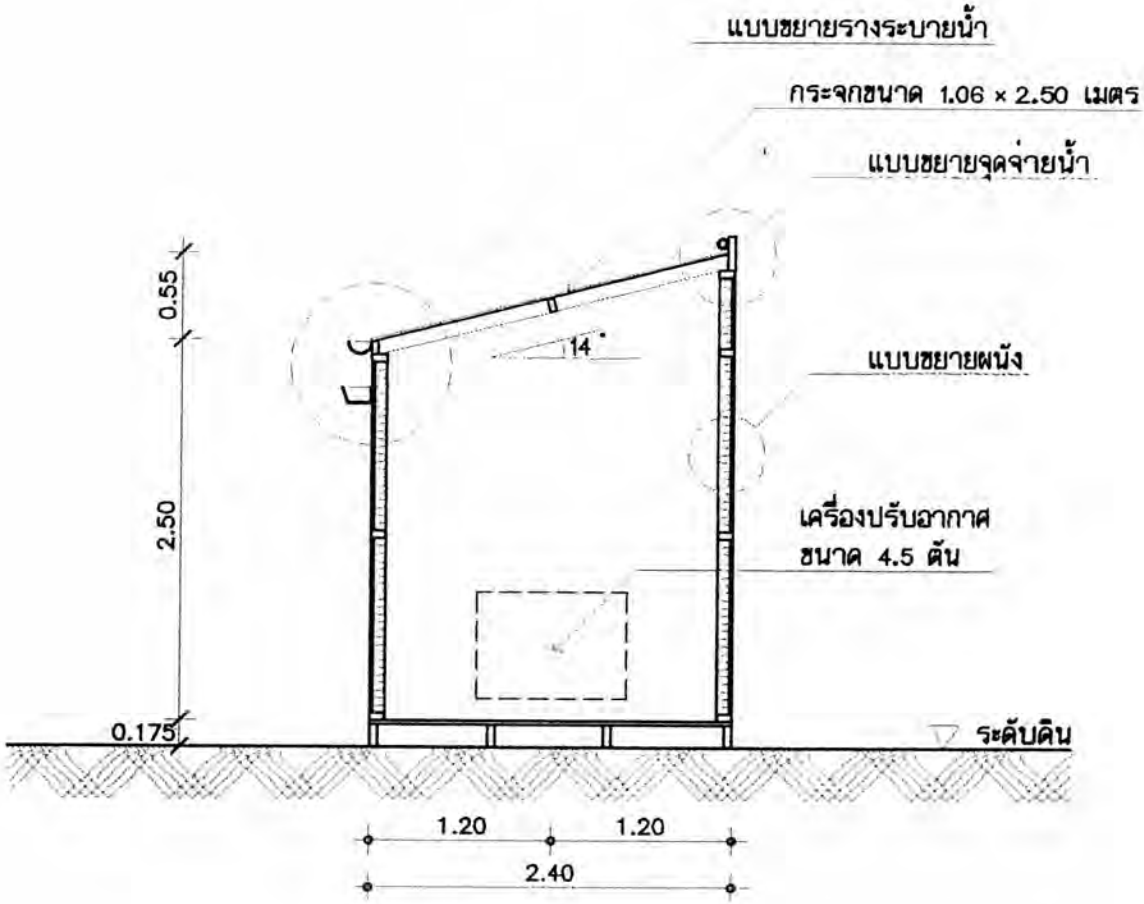
กระจกในการศึกษา ซึ่งมีความเอียงลาด 14 องศาเท่านั้น ติดตั้งระบบน้ำที่ใช้ลดอุณหภูมิผิวกระจก และเครื่องปรับอากาศภายในห้องทดลอง ดังรายละเอียดการก่อสร้างต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 ผังหลังคาห้องทดลอง

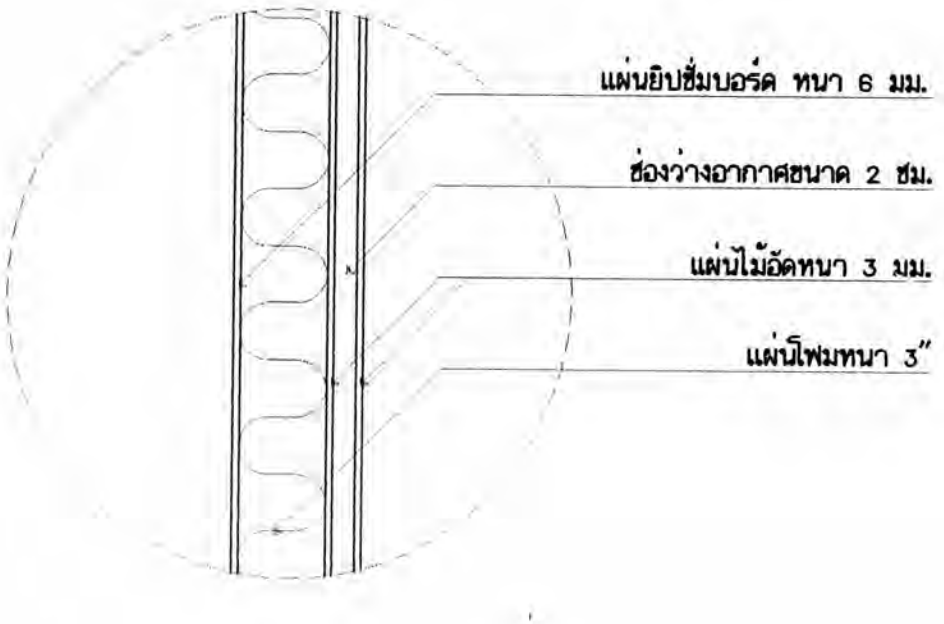


รูปที่ 3.2 ผังพื้นห้องทดลอง



รูปที่ 3.3 รูปตัดห้องทดลอง

ระบบผนังที่จัดสร้างจะต้องมีคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนสูงจึงเลือกใช้ระบบผนังที่มีค่าความต้านทานความร้อน (R) เท่ากับ 3.973 $m^2 . ^{\circ}C$ / Watt หรือค่า U-Value เท่ากับ 0.282 Watt / $m^2 . ^{\circ}C$ ดังประกอบด้วยรายละเอียดต่อไปนี้

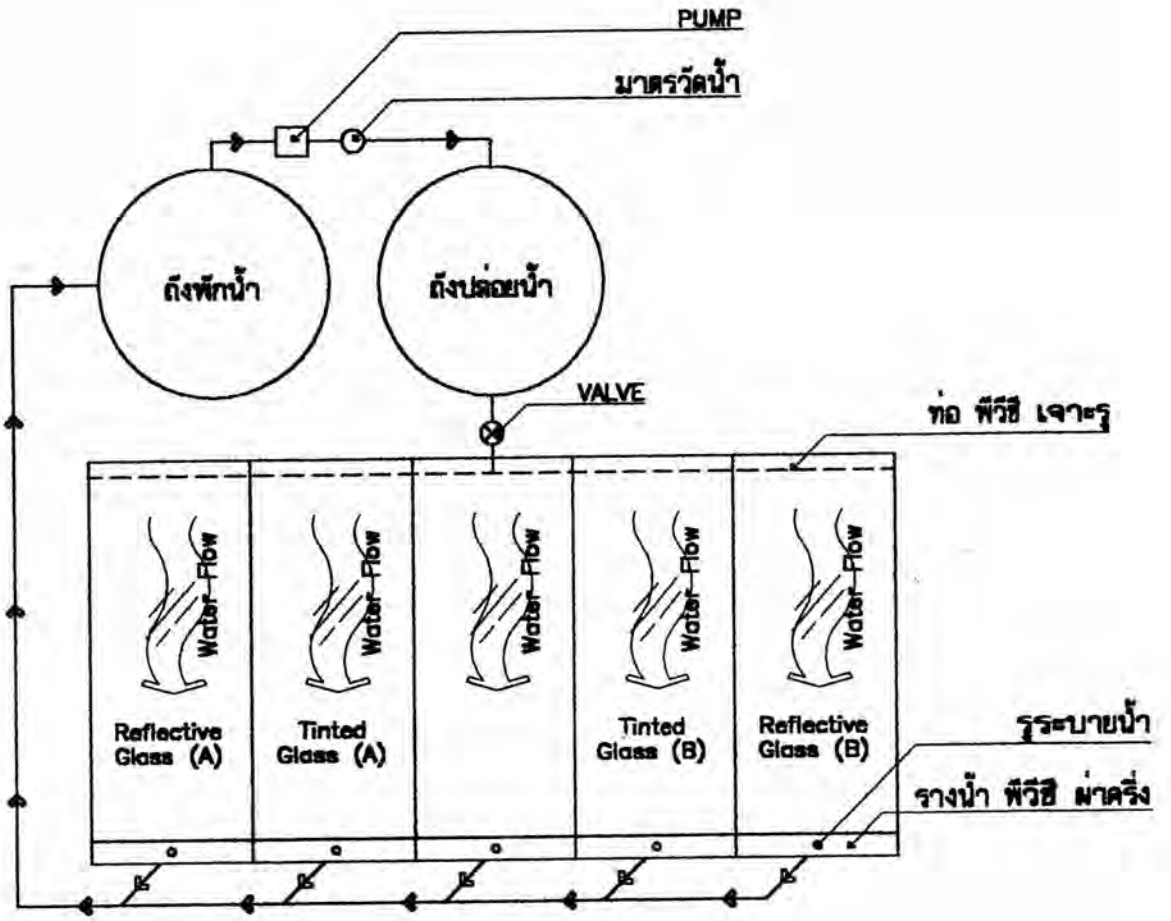


รูปที่ 3.4 แบบขยายผนังห้องทดลอง

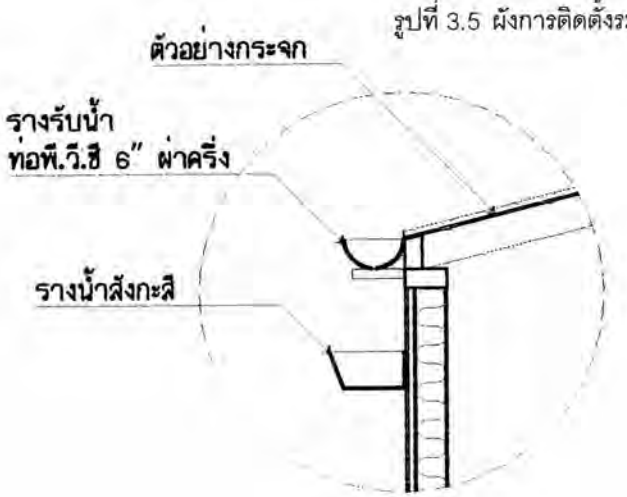
R อากาศภายนอก	=	0.044	$m^2 .C$ / Watt
R ไม้อัดหนา 3 ม.ม.	=	0.043	$m^2 .C$ / Watt
R ช่องว่างอากาศ 2 ซ.ม.	=	0.148	$m^2 .C$ / Watt
R ไม้อัดหนา 3 ม.ม.	=	0.043	$m^2 .C$ / Watt
R แผ่นโฟมหนา 3 "	=	3.125	$m^2 .C$ / Watt
R แผ่นยิปซัมหนา 12 ม.ม.	=	0.063	$m^2 .C$ / Watt
R อากาศภายใน	=	0.120	$m^2 .C$ / Watt
R รวม	=	3.543	$m^2 .C$ / Watt
U - Value	=	0.282	Watt / $m^2 .C$

การติดตั้งระบบน้ำเพื่อใช้ในการศึกษา การใช้น้ำเพื่อลดอุณหภูมิผิวกระจก จะใช้น้ำในลักษณะหมุนเวียน นำกลับมาใช้ใหม่เพื่อมิให้สิ้นเปลือง โดยกำหนดให้น้ำผ่านผิวหลังคาสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น (Uniform) และผ่านกระจกทุกแผ่นพร้อมกัน ด้วยอัตรา 10 ลิตร / นาที / พื้นที่กระจก 1.00 x 2.50 เมตร เท่ากัน

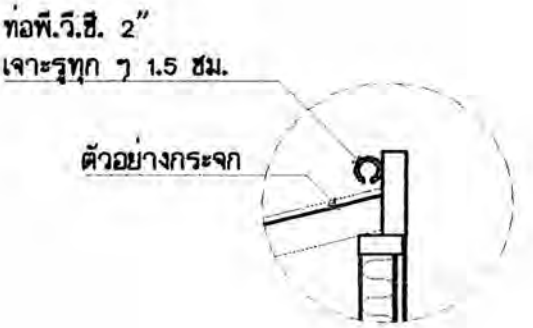
รายละเอียดการติดตั้งระบบน้ำที่ใช้ในการศึกษา ดังแสดงต่อไปนี้



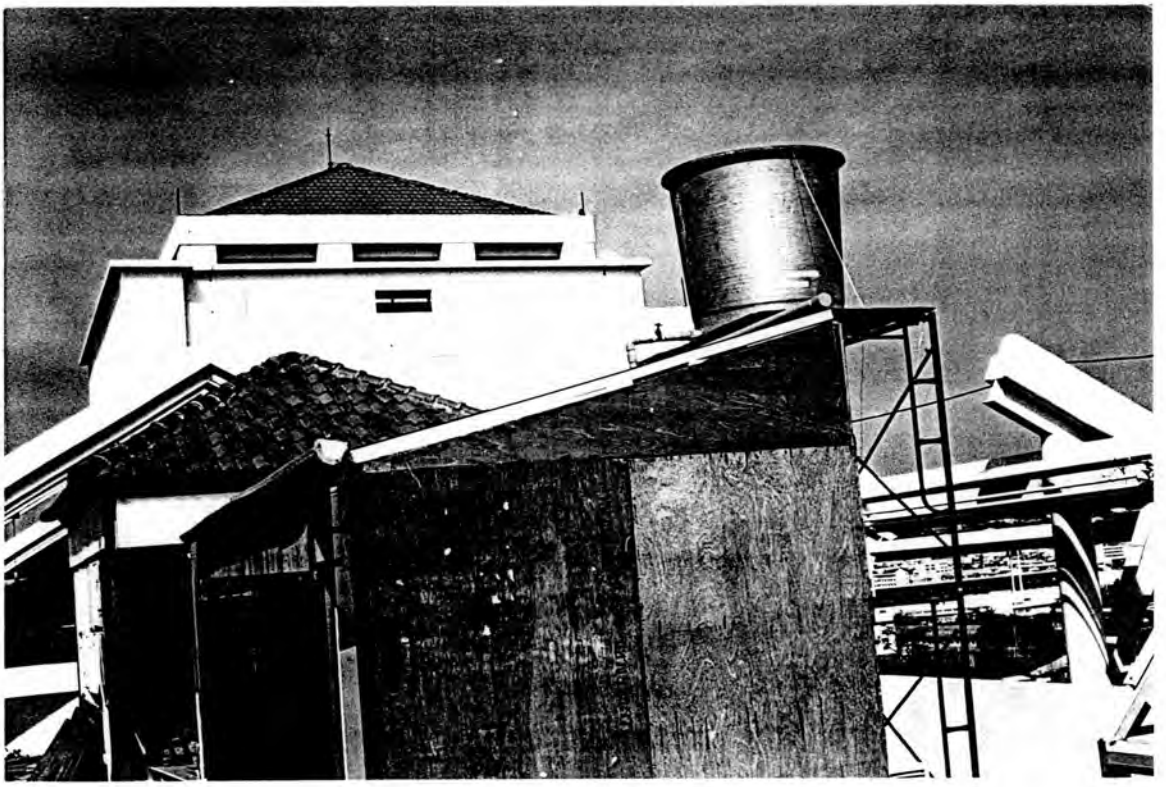
รูปที่ 3.5 ผังการติดตั้งระบบน้ำเพื่อลดอุณหภูมิผิวหลังคากระจก



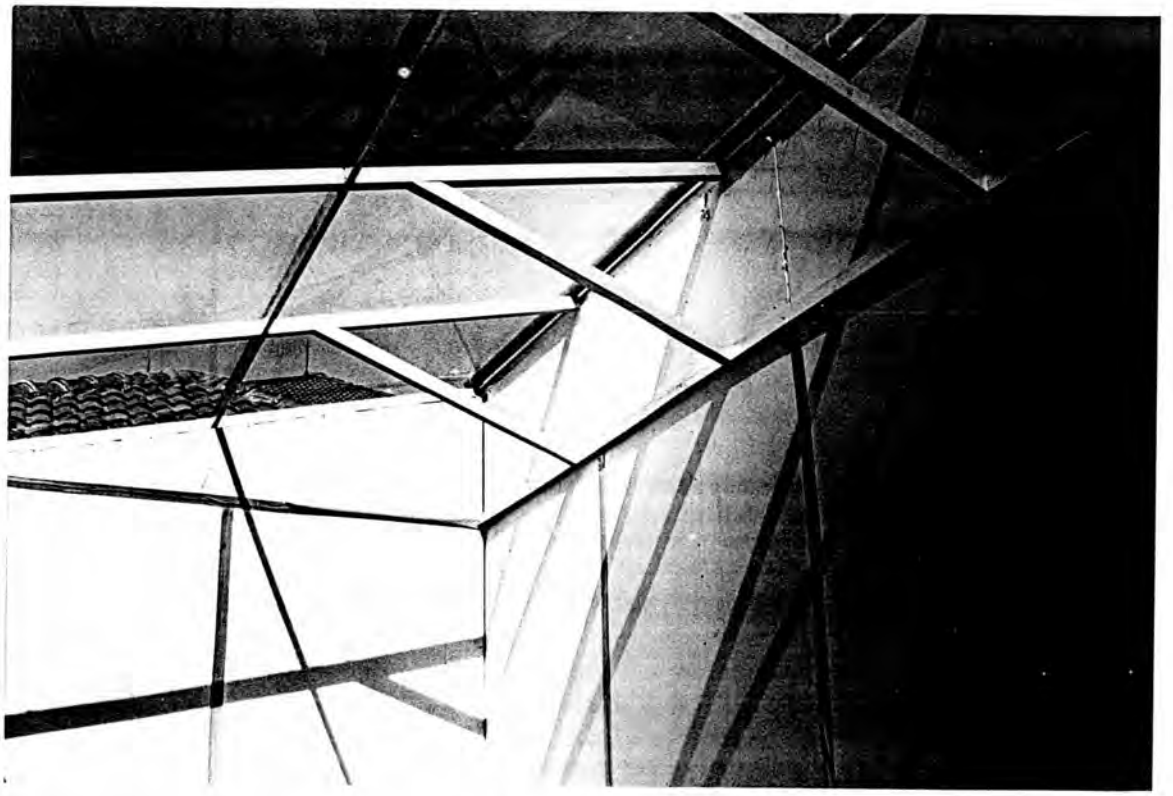
รูปที่ 3.6 แบบขยาย



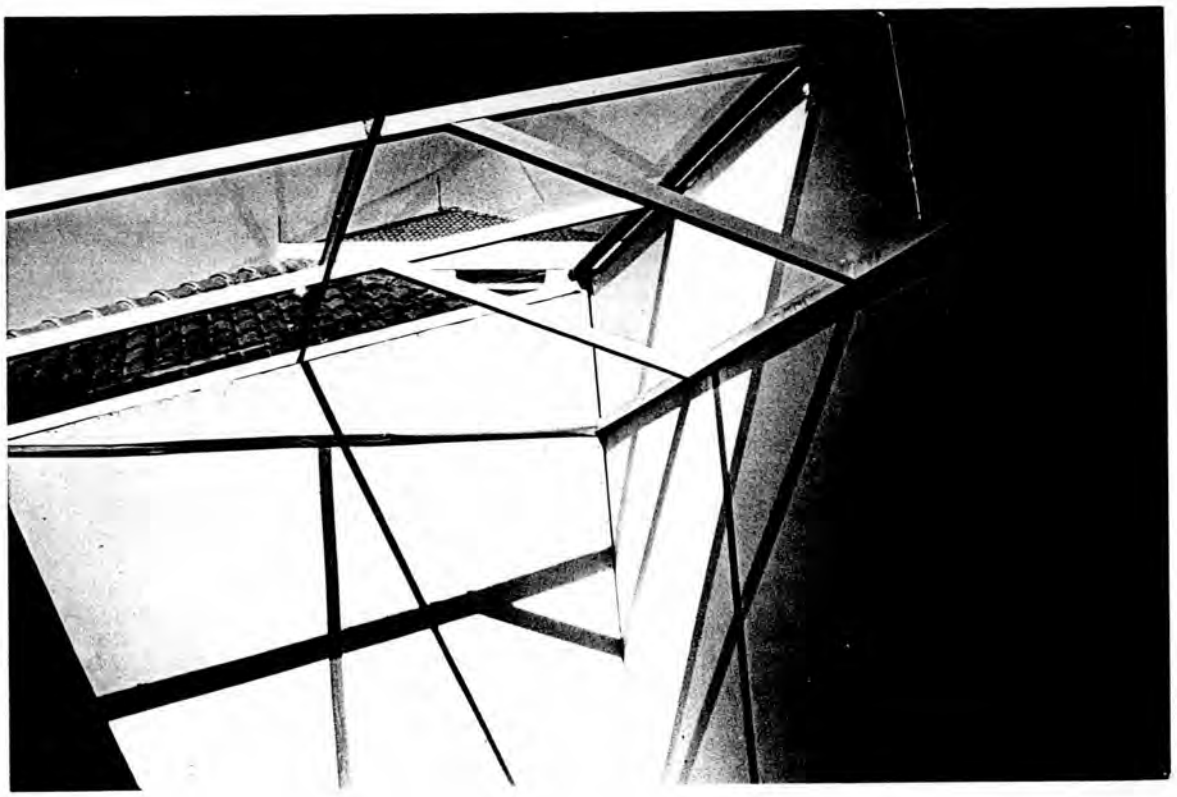
รูปที่ 3.7 แบบขยาย



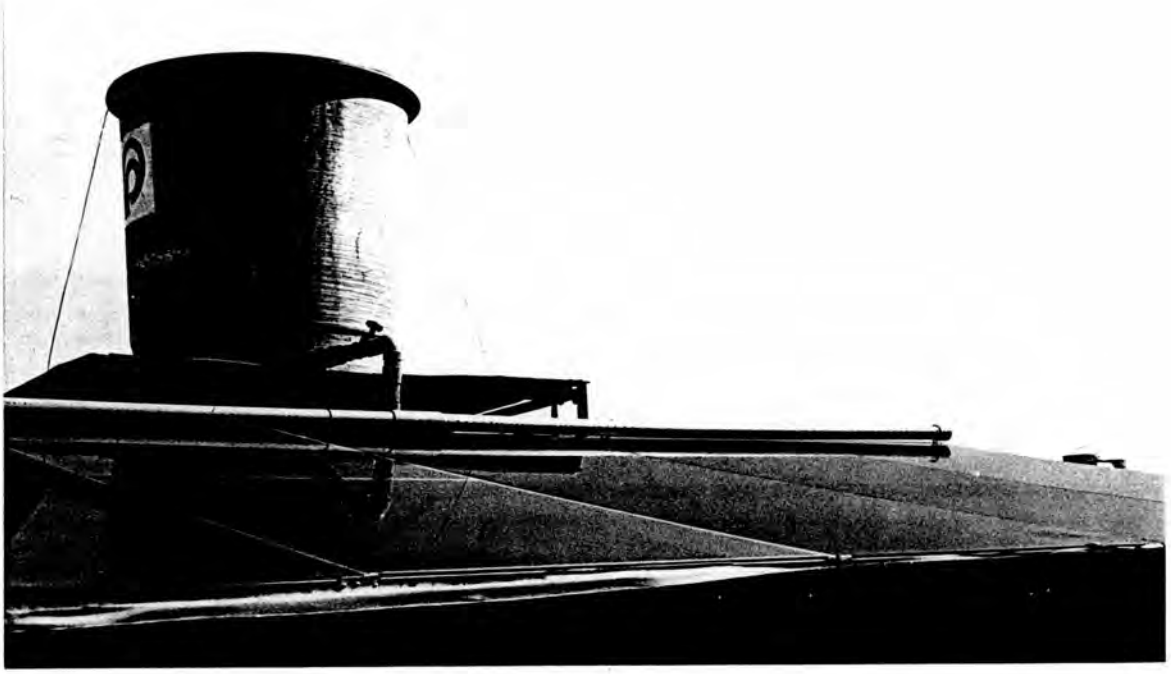
รูปที่ 3.8 รูปแสดงภายนอกห้องทดลอง



รูปที่ 3.9 รูปแสดงภายในห้องทดลอง



รูปที่ 3.10 ลักษณะการติดตั้งตัวอย่างกระจกที่ใช้ในการศึกษา

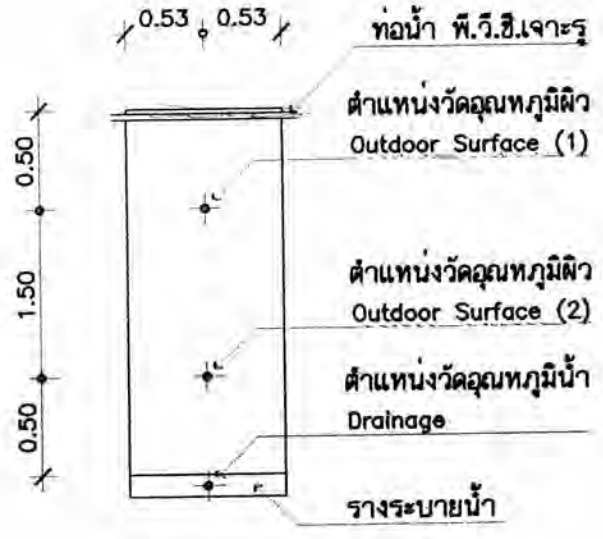


รูปที่ 3.11 การติดตั้งระบบน้ำเพื่อลดอุณหภูมิผิวหลังคากระจก

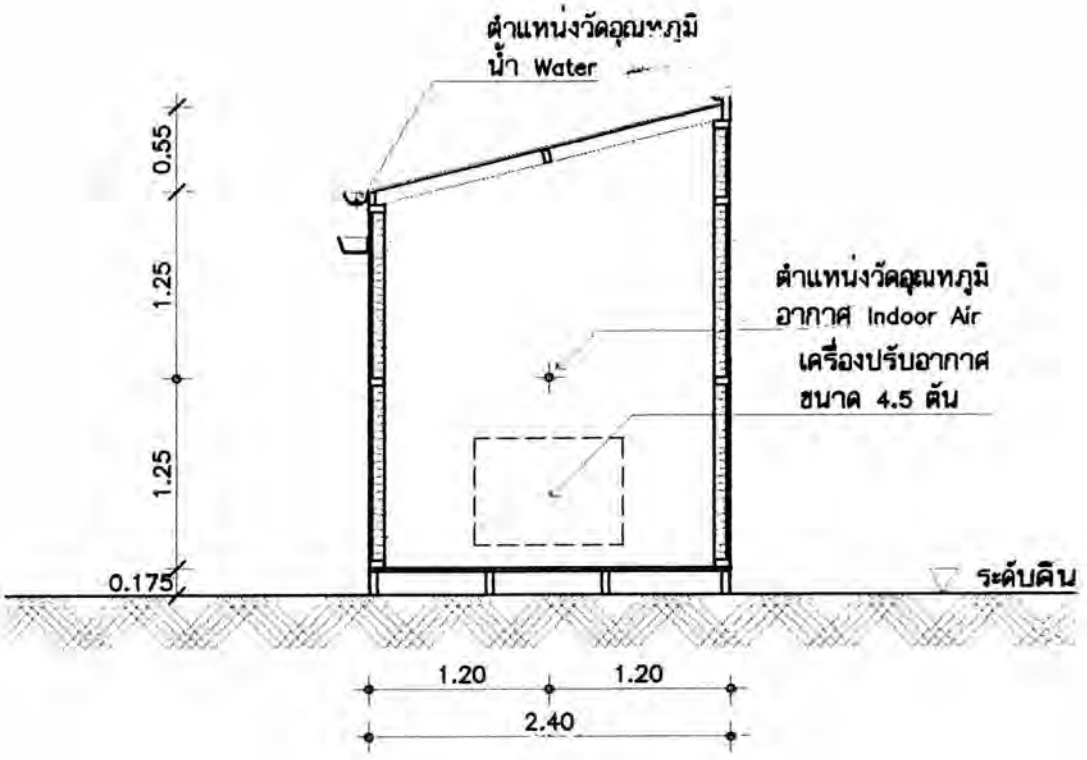
ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านผิวหลังคากระจกทั้ง 5 แผ่น โดยการจับเวลาที่ใช้รองรับน้ำที่ผ่านกระจกแต่ละแผ่น เต็มภาชนะขนาด 5 ลิตร นำเวลาที่ได้มาคำนวณเป็นอัตราการไหลของน้ำ การ เก็บข้อมูลอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านกระจก ทุก 15 นาทีต่อเนื่องกัน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หากได้ผลใกล้เคียงกับ 10 ลิตร / นาที โดยมีความแตกต่างแบบไม่มีนัยสำคัญ ถือว่าอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านผิวหลังคากระจกคงที่ที่ 10 ลิตร / นาที เท่ากันทุกแผ่น

ขั้นตอนที่ 3 การติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเก็บบันทึกอุณหภูมิต่าง ๆ ทุก 15 นาที ต่อเนื่องกันเป็นเวลา 36 ชั่วโมงประกอบด้วย

1. อุณหภูมิอากาศภายนอกห้องทดลอง (Outdoor Air Temperature)
2. อุณหภูมิอากาศภายในห้องทดลอง (Indoor Air Temperature)
3. อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature)
4. อุณหภูมิผิวกระจกภายนอก (Outdoor Surface Temperature)
5. อุณหภูมิผิวกระจกภายใน (Indoor Surface Temperature)
6. อุณหภูมิน้ำก่อนที่จะผ่านผิวกระจก (Water Supply Temperature)
7. อุณหภูมิน้ำภายหลังที่ผ่านผิวกระจก (Drainage Temperature)



รูปที่ 3.12 ตำแหน่งวัดอุณหภูมิผิวกระจก



รูปที่ 3.13 ตำแหน่งวัดอุณหภูมิอากาศภายในห้องทดลอง

ขั้นตอนที่ 4 การศึกษาและเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิว รวมทั้งพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของหลังคาตัวอย่างกระจกที่ในการศึกษา ในสภาวะที่ไม่มีการปรับอากาศภายในห้องที่ศึกษา โดยการเก็บบันทึกอุณหภูมิตามตำแหน่งต่าง ๆ คือ

1. อุณหภูมิอากาศภายนอกห้องทดลอง (Outdoor Air Temperature)
2. อุณหภูมิอากาศภายในห้องทดลอง (Indoor Air Temperature)
3. อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature)
4. อุณหภูมิผิวกระจกภายนอก (Outdoor Surface Temperature)
5. อุณหภูมิผิวกระจกภายใน (Indoor Surface Temperature)

การเก็บข้อมูลจะกระทำทุก 15 นาที ติดต่อกัน 36 ชั่วโมง นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ ด้วยการทำแผนภูมิเพื่อศึกษาผลที่ได้ว่ามีข้อผิดพลาดหรือไม่ หากข้อมูลที่ได้ยังไม่สมบูรณ์ จะต้องทำการเก็บข้อมูลใหม่

ขั้นตอนที่ 5 การศึกษาและเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิว รวมทั้งพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของหลังคาตัวอย่างกระจกที่ในการศึกษา ในสภาวะปรับอากาศควบคุมอุณหภูมิภายในห้องที่ศึกษาให้คงที่ โดยการเก็บบันทึกอุณหภูมิตามตำแหน่งต่าง ๆ คือ

1. อุณหภูมิอากาศภายนอกห้องทดลอง (Outdoor Air Temperature)
2. อุณหภูมิอากาศภายในห้องทดลอง (Indoor Air Temperature)
3. อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature)
4. อุณหภูมิผิวกระจกภายนอก (Outdoor Surface Temperature)
5. อุณหภูมิผิวกระจกภายใน (Indoor Surface Temperature)

การเก็บข้อมูลจะกระทำทุก 15 นาที ติดต่อกัน 36 ชั่วโมง นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ ด้วยการทำแผนภูมิ เพื่อศึกษาผลที่ได้ว่ามีข้อผิดพลาดหรือไม่ หากข้อมูลที่ได้ยังไม่สมบูรณ์ จะต้องทำการเก็บข้อมูลใหม่

ขั้นตอนที่ 6 การศึกษาและเปรียบเทียบผลของการใช้น้ำเพื่อลดอุณหภูมิผิวหลังคากระจก ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิว รวมทั้งพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของหลังคาตัวอย่างกระจกที่ในการศึกษาในสภาวะที่ไม่มีการปรับอากาศภายในห้องที่ศึกษา โดยการเก็บบันทึกอุณหภูมิตามตำแหน่งต่าง ๆ คือ

1. อุณหภูมิอากาศภายนอกห้องทดลอง (Outdoor Air Temperature)
2. อุณหภูมิอากาศภายในห้องทดลอง (Indoor Air Temperature)
3. อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature)
4. อุณหภูมิผิวกระจกภายนอก (Outdoor Surface Temperature)
5. อุณหภูมิผิวกระจกภายใน (Indoor Surface Temperature)
6. อุณหภูมิน้ำก่อนที่จะผ่านผิวกระจก (Water Supply Temperature)
7. อุณหภูมิน้ำภายหลังที่ผ่านผิวกระจก (Drainage Temperature)

การเก็บข้อมูลจะกระทำทุก 15 นาที ติดต่อกัน 36 ชั่วโมง นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ ด้วยการทำแผนภูมิ เพื่อศึกษาผลที่ได้ว่ามีข้อผิดพลาดหรือไม่ หากข้อมูลที่ได้ยังไม่สมบูรณ์ จะต้องทำการเก็บข้อมูลใหม่

ขั้นตอนที่ 7 การศึกษาและเปรียบเทียบผลของการใช้น้ำเพื่อลดอุณหภูมิผิวหลังคากระจก ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิว รวมทั้งพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของหลังคาตัวอย่างกระจกที่ในการศึกษาในสภาวะปรับอากาศภายในห้องที่ศึกษาให้คงที่ โดยการเก็บบันทึกอุณหภูมิตามตำแหน่งต่าง ๆ คือ

1. อุณหภูมิอากาศภายนอกห้องทดลอง (Outdoor Air Temperature)
2. อุณหภูมิอากาศภายในห้องทดลอง (Indoor Air Temperature)
3. อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb Temperature)
4. อุณหภูมิผิวกระจกภายนอก (Outdoor Surface Temperature)
5. อุณหภูมิผิวกระจกภายใน (Indoor Surface Temperature)
6. อุณหภูมิน้ำก่อนที่จะผ่านผิวกระจก (Water Supply Temperature)
7. อุณหภูมิน้ำภายหลังที่ผ่านผิวกระจก (Drainage Temperature)

การเก็บข้อมูลจะกระทำทุก 15 นาที ติดต่อกัน 36 ชั่วโมง นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ ด้วยการทำแผนภูมิเพื่อศึกษาผลที่ได้ว่ามีข้อผิดพลาดหรือไม่ หากข้อมูลที่ได้ยังไม่สมบูรณ์ จะต้องทำการเก็บข้อมูลใหม่

ขั้นตอนที่ 8 การวิเคราะห์ และสรุปผลการศึกษาการทดลองทั้ง 4 แบบ คือ

การศึกษาในสภาวะไม่มีการปรับอากาศภายในห้องทดลอง และไม่มีการใช้น้ำเพื่อลดอุณหภูมิผิวหลังคากระจก

การศึกษาในสภาวะปรับอากาศควบคุมอุณหภูมิภายในห้องทดลอง และไม่มีการใช้น้ำเพื่อลดอุณหภูมิผิวหลังคากระจก

การศึกษาในสภาวะไม่มีการปรับอากาศภายในห้องทดลอง และใช้น้ำเพื่อลดอุณหภูมิผิวหลังคากระจก

การศึกษาในสภาวะปรับอากาศควบคุมอุณหภูมิภายในห้องทดลอง และใช้น้ำเพื่อลดอุณหภูมิผิวหลังคากระจก

เมื่อได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ซึ่งได้จากการเก็บบันทึกอุณหภูมิต่าง ๆ ทั้ง 4 กรณีศึกษาแล้ว นำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยการจัดทำแผนภูมิของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และเวลา เพื่อทำการสรุปผลการศึกษาต่อไป

คุณสมบัติของตัวอย่างกระจก

กระจกมีแหล่งกำเนิดในแถบเมโสโปเตเมีย และอียิปต์ เมื่อประมาณ 4,000 ปีก่อนคริสตกาล เป็นผลิตภัณฑ์อย่างหนึ่งของแก้ว วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตกระจกจะประกอบด้วย ทรายแก้ว (Silica Sand) โซเดียมซัลเฟต (Sodium Sulfate) หินฟันม้า (Feldspar) โซดาแอช (Soda Ash) แร่โดโลไมต์ (Dolomite) หินปูน และเศษกระจก ในอัตราส่วนดังต่อไปนี้

ทรายแก้ว	43	%	โซเดียมซัลเฟต	0.9	%
หินปูน	2.5	%	เศษกระจก	31.6	%
โซดาแอช	10.8	%	หินฟันม้า	1.1	%
แร่โดโลไมต์	9.8	%			

ในการผลิตกระจกแผ่น จะนำส่วนผสมต่าง ๆ ในอัตราส่วนข้างต้นมาผสมกัน หากต้องการผลิตกระจกสีจะเติมสารออกไซด์ของโลหะประเภทต่าง ๆ เช่น เหล็ก นิกเกิล โคบอลท์ เป็นต้น แล้วนำเข้าเตาหลอม ซึ่งส่วนผสมต่าง ๆ จะละลายกลายเป็นน้ำแก้วที่มีอุณหภูมิประมาณ 1,500 องศาเซลเซียส เมื่อน้ำแก้วมีอุณหภูมิประมาณ 1,100 องศาเซลเซียส จะถูกผ่านไปสู่อ่างโลหะ ที่บรรจุดีบุกหลอมเหลว ซึ่งไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำแก้ว และมีความ

หนาแน่นมากกว่าน้ำแก้ว ทำให้น้ำแก้วลอยตัวอยู่บนดีบุกหลอมเหลว หลังจากนั้นจะปล่อยให้น้ำแก้วค่อย ๆ เย็นตัวลง แล้วจึงตัดเป็นแผ่นตามขนาดที่ต้องการ

กรรมวิธีในการผลิตกระจกดังกล่าวเรียกว่า Float Process กระจกที่ได้จะเรียกว่ากระจกโฟลต ซึ่งมีความเรียบของผิวกระจกสูงมาก ทำให้ภาพที่มองผ่านไม่บิดเบี้ยว หลอกตา

ตัวอย่างกระจกที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย กระจก 2 ชนิด คือกระจกสีตัดแสง (Tinted Glass) จำนวน 2 แผ่น และกระจกสะท้อนแสง (Reflective) จำนวน 2 แผ่น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. กระจกสะท้อนแสง (A) ความหนา 6 ม.ม. เป็นกระจกสีน้ำเงินที่มีการเคลือบสีเงินด้วยวัสดุประเภทโลหะไทเทเนียม ค่า SC = 0.39
2. กระจกสะท้อนแสง (C) ความหนา 6 ม.ม. เป็นกระจกสีน้ำเงิน ที่มีการเคลือบสีเงินด้วยวัสดุประเภทโลหะสแตนเลสสตีล ค่า SC = 0.26
3. กระจกสี (A) กระจกสีเขียว (Ocean Green) ความหนา 6 ม.ม. ค่า SC = 0.65
4. กระจกสี (B) กระจกสีชาดำ (Dark Cool Gray) ความหนา 6 ม.ม. ค่า SC = 0.63

ประเภทกระจก	Shading Coefficient (SC)	Visible Ray		Solar Energy			Relative Heat Gain	U - Value (BTU/ f^2 hr $^{\circ}$F)	
		Reflectance	Trasmittance	Reflectance	Trasmittance	Absorption	(BTU/ f^2 hr $^{\circ}$F)	Winter Nighttime	Summer Daytime
1. Reflective Glass (A)	0.39	8	20	8	13	79	93	0.99	1.04
2. Reflective Glass (B)	0.26	21	6	14	4	82	65	0.88	0.91
3. Tinted Glass (A)	0.65	7	72	7	42	51	146	1.09	1.10
4. Tinted Glass (B)	0.63	4	15	5	34	61	142	1.13	1.10

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติต่าง ๆ ของตัวอย่างกระจกที่ใช้ในการศึกษา

ที่มา : Thai - Asahi Glass. Architectural Glass.