

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

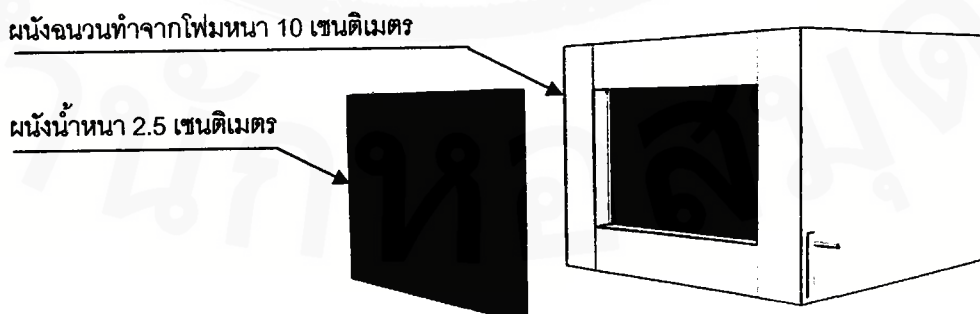
งานวิจัยนี้เป็นการวิจัย เพื่อการออกแบบผนังน้ำที่มีลักษณะเป็นผนังแผ่นบางที่มีน้ำไหลเวียนอยู่ภายใน โดยการศึกษาประสิทธิภาพของผนังน้ำในการถ่ายเทความร้อน ที่จะเข้าสู่ตัวอาคารเทียบกับผนังก่ออิฐฉาบปูนแบบทั่วไป และหลักการในการนำไปใช้ เพื่อช่วยให้อุณหภูมิภายในอาคารอยู่ในสภาวะน่าสบายที่อุณหภูมิตามธรรมชาติให้มากที่สุด วิธีการวิจัยจะเป็นเชิงทดลอง การดำเนินการวิจัยได้กำหนดให้ทดสอบกับกล่องทดลอง สถานที่ตั้งอยู่ที่ศาลาฟ้าอาคารเรียน ทดสอบเมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ. 2551

3.1 ลักษณะทางกายภาพของกล่องทดลอง

กล่องทดลองที่ใช้ทดสอบมีขนาดกว้าง 90 เซนติเมตร ยาว 90 เซนติเมตร สูง 90 เซนติเมตร เป็นกล่องทำมาจากโฟมที่มีความหนาแน่น 1.5 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต หนา 4 นิ้ว ซึ่งจะ เป็นฉนวนป้องกันความร้อนจากภายนอกเข้ามาในกล่องทดลองแบบระบบปิด ผนังด้านหนึ่งเจาะ ช่องไว้ติดตั้งผนังก่ออิฐฉาบปูน และผนังน้ำ ผนังโฟมจะคลุมด้วยตาข่าย (fiber mesh) ที่มีความเหนียวเพื่อกันโฟมเปราะหัก และใช้ปูนขาว (base coat) ฉาบทับสองครั้ง ทาทับอีกที่ด้วยสีผสมทรายสีขาว (finish coat) เพื่อช่วยลดความร้อนที่ตกกระทบผนังกล่องได้

ภาพที่ 3.1

ภาพจำลองของกล่องทดลอง



3.2 ลักษณะของผนังน้ำ

เนื่องจากรูปแบบและโครงสร้างของวัสดุที่ใช้ทำผนังน้ำจะต้องออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยให้ผนังน้ำมีความบางเบา มีโครงสร้างที่แข็งแรงเพื่อรับน้ำหนักของน้ำ และคำนึงถึงเศรษฐกิจด้วย ซึ่งเกณฑ์ในการคัดเลือก ดังนี้

1. การเลือกวัสดุของผนังน้ำ

การเลือกใช้วัสดุในการทำผนังน้ำ มีหลักการคล้ายกับผนังน้ำคือเป็นแผ่นโลหะบางที่มีน้ำหนักเบา แข็งแรง และราคาถูก แต่ต่างกันตรงที่ผิววัสดุ ซึ่งจะใช้โลหะที่มีผิวมันจะสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ออกเป็นส่วนใหญ่และดูดกลืนไว้เล็กน้อย เนื่องจากไม่ต้องการให้ความร้อนส่งผ่านเข้ามามาก จึงใช้วัสดุที่สามารถกันความร้อนได้ส่วนหนึ่ง และเลือกใช้วัสดุเป็นแผ่นบางจึงไม่มีการดูดซับความร้อนไว้ในวัสดุแต่จะส่งผ่านไปยังน้ำภายในอย่างรวดเร็ว

วัสดุที่เลือกใช้ คือ แผ่นสังกะสี เนื่องจากสังกะสีมีค่าการสะท้อนรังสีมาก แต่ค่าการเปล่งรังสีและค่าการดูดกลืนน้อย ในขณะที่ผนังก่ออิฐฉาบปูนมีค่าสะท้อนรังสีน้อย แต่ดูดซับไว้มาก

ตารางที่ 3.1

คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำผนังน้ำเทียบกับผนังก่ออิฐฉาบปูน

วัสดุ	ค่าการดูดกลืน (เปอร์เซ็นต์)	ค่าการสะท้อน (เปอร์เซ็นต์)	ค่าการเปล่งรังสี (เปอร์เซ็นต์)
ผนังก่ออิฐฉาบปูน	60	20	97
แผ่นสังกะสีขัดมัน	46	70	2

ที่มา: Anderson, Bruce, 1997.

2. รูปแบบของการไหลของน้ำ

รูปแบบการไหลของน้ำจะมีการใช้เป็นการใช้เป็นไหลแบบทุกส่วนเป็นผืนเดียว (mass-flow) และไหลแบบท่อ (tunnel-flow) เนื่องจากการไหลแบบท่อเป็นรูปแบบที่ต้องมีผนังเพื่อติดตั้งท่อ ทำให้น้ำหนักผนังมากขึ้น และติดตั้งลำบาก ดังนั้น การทดลองนี้จึงใช้รูปแบบที่ไหลแบบทุกส่วน เพราะต้องการให้ผนังบางและน้ำหนักน้อยที่สุด และมีพื้นที่ผิวให้น้ำสามารถดึงความร้อนออกจากผนังได้ทุกส่วน นอกจากนั้นยังลดแรงเสียดทานระหว่างผิววัตถุกับน้ำได้อีกด้วย

3. ลักษณะการไหลของน้ำ

ลักษณะการไหลของน้ำจะมีทิศทางจากล่างขึ้นบน เนื่องจากการทดลองนี้ไม่มีตัวควบคุมอัตราการไหลที่ท่อน้ำออก หากทิศทางการไหลของน้ำไหลจากบนลงล่างจะทำให้น้ำไหลออกโดยที่ยังไหลไม่เต็มผนัง ดังนั้น เพื่อให้ น้ำไหลแบบทุกส่วนจะต้องให้น้ำไหลจากล่างขึ้นบน และยังสามารถดันอากาศภายในกล่องให้ไหลขึ้นเพื่อระบายออกด้านบนด้วย

อัตราการไหลของน้ำกำหนดจากความเหมาะสมของแรงดันปั๊มที่กระทำต่อโครงสร้างของผนัง โดยการทดลองจะใช้ปั๊มขนาดเล็ก แรงดันต่ำ ที่มีอัตราการไหลสูงสุดที่ 9 ลิตรต่อชั่วโมง อัตราการไหลต่ำสุด 4 ลิตรต่อชั่วโมง มาจากแรงดันต่ำสุดของปั๊ม และอัตราการไหลที่ 6.5 ลิตรต่อชั่วโมง มาจากการเฉลี่ยระหว่างอัตราการไหลมากที่สุด และต่ำที่สุด

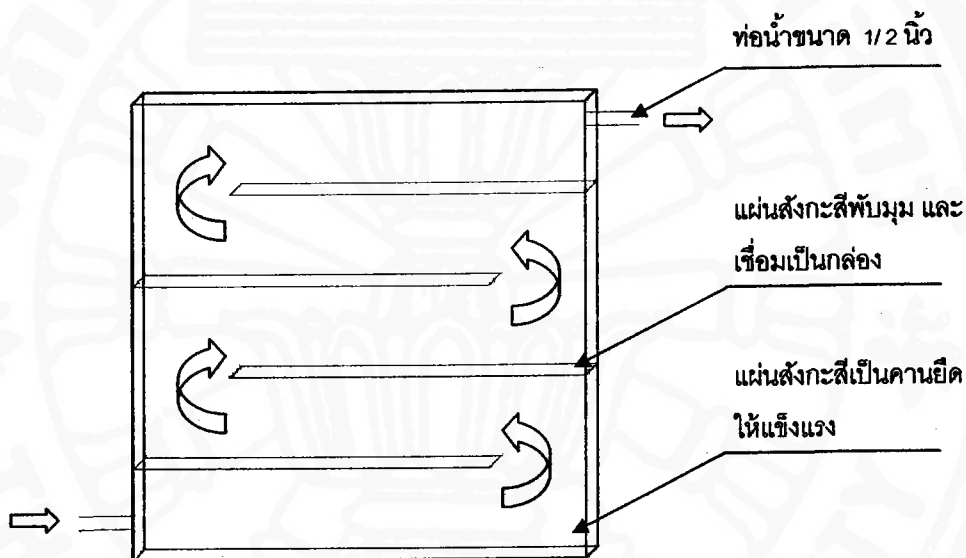
4. รูปแบบของผนังน้ำ

ลักษณะของผนังน้ำที่ทำการทดลองประกอบด้วยกล่องทำจากสังกะสี ประกอบขึ้นเพื่อบรรจุน้ำมีขนาดกว้าง 75 เซนติเมตร ยาว 75 เซนติเมตร หนา 2.5 เซนติเมตร วัสดุสังกะสีนี้เป็นวัสดุสำหรับใช้กับทำรางน้ำ ตู้น้ำแข็งโดยตัดเป็นแผ่น แล้วพับมุม เพื่อเชื่อมไม่ให้รั่ว และเคลือบผิวภายในกันสนิมและลดแรงเสียดทานต่อน้ำไหลและมีคานเป็นตัวดันให้กล่องคงรูปร่างได้ มุมบนและล่างตอนเปิดท่อเกลียวทองเหลืองขนาดท่อ 4 หุน (1/2 นิ้ว) เป็นทางสำหรับน้ำเข้า และน้ำออก เมื่อจะเริ่มทำการติดตั้งต้องตรวจสอบการรั่วซึมก่อน

การติดตั้งตำแหน่งของกล่องทดลอง กำหนดให้ต่อเชื่อมกับผนังด้านข้างที่เป็นผนังปูนธรรมดา การต่อท่อน้ำเพื่อนำน้ำเข้าสู่กล่องทดลอง โดยต้องต่อท่อจากถังเก็บน้ำผ่านมิเตอร์ ที่ใช้วัด

อัตราการไหลที่เกิดขึ้นเข้าทางซ้ายบนของกล่อง เพื่อให้น้ำได้ไหลเวียนจากบนลงล่าง เพื่อลดพลังงานที่ใช้และจ่ายไปทางด้านขวา ภายในกล่องจะมีแผ่นกั้นเพื่อควบคุมทิศทางน้ำให้ไหลแบบคดเคี้ยวทั่วทั้งกล่อง และสุดท้ายน้ำจะออกจากกล่องทดลองจะออกทางด้านล่างของกล่อง และต่อท่อรวมเพื่อระบายน้ำออก ปริมาณน้ำที่บรรจุอยู่ในแต่ละกล่องเท่ากับ 0.014 ลูกบาศก์เมตร

ภาพที่ 3.2
รูปแบบของผนังน้ำ



3.3 ลักษณะของการทดลอง

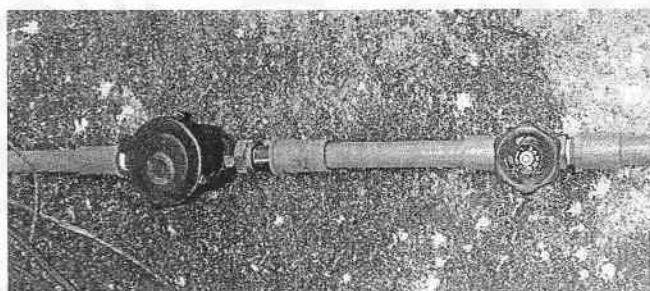
3.3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. บัมพ์น้ำ ใช้สูบน้ำจากแท็งก์น้ำเข้าสู่ระบบ โดยใช้ปั๊มจุ่ม ขนาดเล็ก 100 วัตต์ อัตราการไหลสูงสุด 90 ลิตรต่อนาที ระยะทางไกลที่สุด 6.5 เมตร ต่อเข้ากล่องด้วยท่อพีวีซีต่อไปสู่กล่อง
2. วาล์วน้ำ ควบคุมอัตราการไหลตัวหลัก เป็นตัวที่ควบคุมน้ำที่ท่อหลัก เป็นจุดที่ติดกับมิเตอร์น้ำ และอีกตัวอยู่ที่ท่อน้ำออกจากกล่อง

3. มาตรวัดน้ำ ใช้วัดอัตราการไหลของน้ำ ซึ่งสามารถอ่านค่าได้จากตัวเลขที่หน้าปัด เป็นหน่วยลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะมีความละเอียดหลายระดับตั้งแต่ 0.0001-1 ลูกบาศก์เมตร โดยจะควบคุมน้ำ ให้มีอัตราการไหลตามที่กำหนดไว้ คือ 4 6.5 และ 9 ลิตรต่อชั่วโมงหรือ 0.00007 0.00011 และ 0.00015 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที ตามลำดับ

ภาพที่ 3.3

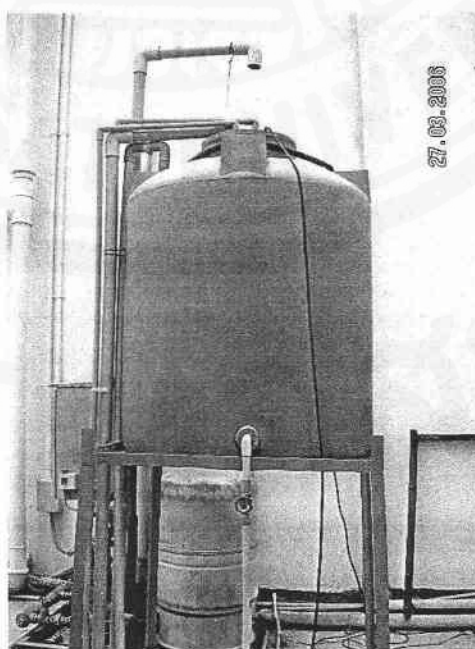
มิเตอร์น้ำที่ติดตั้งเพื่อควบคุมอัตราการไหล



4. ถังเก็บน้ำขนาด 500 ลิตร ทำจากถังพีวีซีความสูงของปากถังจากพื้นดินประมาณ 2 เมตร คุ้มด้วยตาข่ายสีดำเพื่อกันแสงแดดที่จะทำอุณหภูมิในถังเพิ่มขึ้น

ภาพที่ 3.4

ถังเก็บน้ำ



5. ท่อส่งน้ำ ทำจากท่อพีวีซีที่ใช้กับงานประปาทั่วไป ขนาด 4 นิ้ว (1/2 นิ้ว) เมื่อเดินท่อเสร็จจะทำการอุดทวาร เพื่ออุดรอยต่อต่าง ๆ และหุ้มด้วยปลอกฟองน้ำ เพื่อเป็นฉนวนป้องกันความร้อน

6. เครื่องบันทึกผล (data logger) เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ซึ่งจะมีเซ็นเซอร์วัดจำนวน 20 ช่อง สายเทอร์โมคัปเปิลชนิดเค โดยจะต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่ออ่านค่าเป็นตัวเลข ซึ่งสามารถแสดงผลเป็นกราฟได้ และกำหนดให้วัดอุณหภูมิทุก ๆ 1 นาที

ภาพที่ 3.5
เครื่องบันทึกผล (Data Logger)



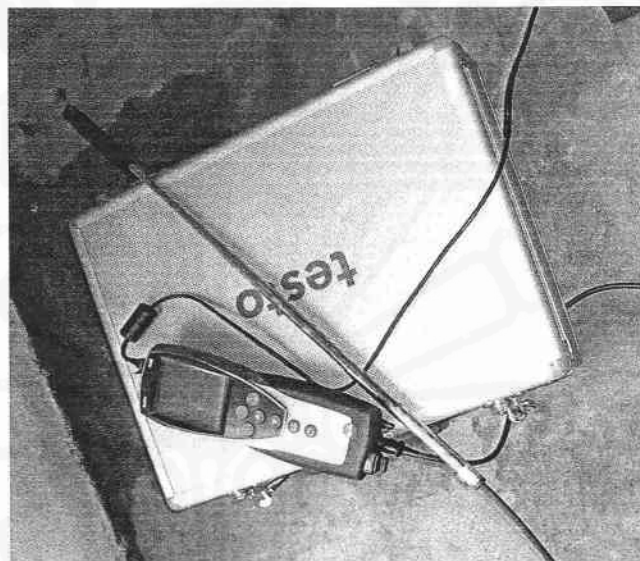
7. เครื่องมือวัดแสง คือ Pyranometer ซึ่งจะวัดได้หน่วยเป็น mV จะทำการวัดปริมาณแสงที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน มีค่าความไวแสง (sensibility) 10.09 mV/W/m^2 โดยใช้ต่อเครื่องวัดลักษณะเป็นจนวนวงกลมต่อเข้ากับสายเทอร์โมคัปเปิล และต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่ออ่านผล ซึ่งใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (data logger) เป็นตัวอ่านผล

8. เครื่องมือวัดอุณหภูมิอากาศ ความเร็วลม และความชื้นที่ใช้วัด คือ Testo 435 ซึ่งใช้วัดอุณหภูมิอากาศ หน่วยเป็นองศาเซลเซียส ความเร็วลมหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที ที่เกิดขึ้นใน

แต่ละวัน โดยจะมีหัวเซ็นเซอร์เพื่อวัดผล ซึ่งจะต้องวางไว้ในที่ร่มที่ไม่มีแสงแดดมากระทบโดยตรง เนื่องจากมีผลต่ออุณหภูมิ และมีตัวรับสัญญาณซึ่งจะต่อเข้าคอมพิวเตอร์เพื่ออ่านผล

ภาพที่ 3.6

เครื่อง Testo 435 วัดอุณหภูมิอากาศ และความเร็วลม



3.3.2 การวัดแสงอาทิตย์

การวัดแสงอาทิตย์จะทำการวัดตลอดช่วงที่มีแสงอาทิตย์ โดยความละเอียดในการวัดอยู่ที่ทุก ๆ 1 นาที บริเวณที่วางเครื่องมือวัด ต้องเป็นบริเวณที่โล่ง แต่ไม่ให้หัวเซ็นเซอร์โดนแดดโดยตรง

3.3.3 การวัดอุณหภูมิจากกล่องทดลอง

1. การวัดอุณหภูมิผนังก่อนการทดลอง

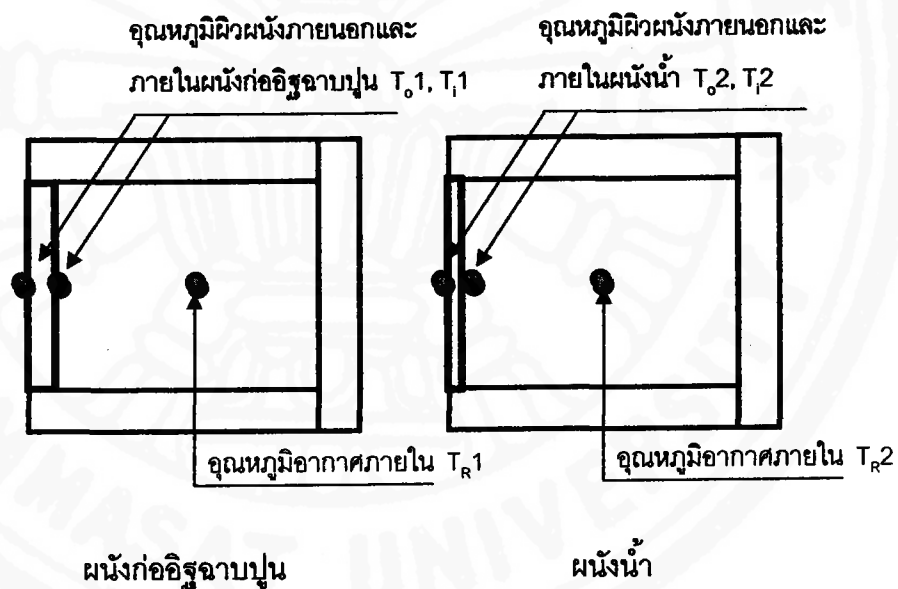
การวัดอุณหภูมิจะวัดทั้งภายนอกและภายใน โดยการนำสายเทอร์โมคัปเปิลติดไว้ตามจุดต่าง ๆ ได้แก่ อากาศภายใน 2 จุด ผิวผนังภายนอก 2 จุด และผิวผนังภายใน 2 จุด ระยะเวลาการวัดคือ วัดตลอดเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทอุณหภูมิของผนังทดลอง

2. การวัดอุณหภูมิผนังเมื่อทำการทดลองกับผนังน้ำ

การวัดอุณหภูมิจะวัดทั้งภายนอกและภายใน โดยการนำสายเทอร์โมคัปเปิลติดไว้ตามจุดต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนและผนังน้ำ (T_{R1} และ T_{R2}) อุณหภูมิผิวผนังภายนอก และภายในกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนและผนังน้ำ (T_{o1} , T_{o2} , T_{i1} และ T_{i2}) (ดังภาพที่ 3.7) ระยะเวลาการวัด คือ วัดตลอดเวลาทั้งกลางวัน และกลางคืน เพื่อศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทอุณหภูมิของผนังทดสอบก่อนทำการทดสอบ และวัดในขณะที่ทำการทดลอง

ภาพที่ 3.7

ตำแหน่งของตัววัดอุณหภูมิที่ติดตั้งในกล่องทดลอง



3. การวัดอุณหภูมิน้ำ

การติดตั้งสายวัดโดยการเจาะรูที่ท่อพีวีซี สอดสายเซ็นเซอร์เข้าไป และทำการอุดรูด้วยกาวอีพอกซี เพื่อไม่ให้น้ำรั่ว ตำแหน่งที่ทำการวัด ได้แก่ ถังเก็บน้ำ 1 จุด ท่อทางน้ำเข้า 1 จุด และท่อทางน้ำออก 1 จุด ระยะเวลาการวัด คือ วัดในขณะที่ทำการทดลอง

3.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.4.1 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

ในขั้นตอนนี้จะเริ่มจากการกำหนดตัวแปรในการวิจัยทั้งหมด เพื่อทราบถึงอิทธิพลของตัวแปรทั้งหมดที่มีผลต่อการทดลอง จึงสามารถกำหนดควบคุมตัวแปรดังกล่าวในการทดลองได้ ดังนี้

1. ตัวแปรอิสระ

อัตราการไหลของน้ำ ได้แก่ 4 6.5 และ 9 ลิตรต่อชั่วโมง
ประเภทของผนัง ได้แก่ ผนังน้ำ ผนังก้ออิฐฉาบปูน
พลังงานแสงอาทิตย์

2. ตัวแปรตาม

- | | |
|---|-----------|
| (1) อุณหภูมิน้ำเข้าผนังน้ำ | T_{wi} |
| (2) อุณหภูมิน้ำออกจากผนังน้ำ | T_{wo} |
| (3) อุณหภูมิผิวผนังก้ออิฐฉาบปูนภายนอกกล่อง | $T_{o,1}$ |
| (4) อุณหภูมิผิวผนังน้ำภายนอกกล่อง | $T_{o,2}$ |
| (5) อุณหภูมิผิวผนังก้ออิฐฉาบปูนภายในกล่อง | $T_{i,1}$ |
| (6) อุณหภูมิผิวผนังน้ำภายในกล่อง | $T_{i,2}$ |
| (7) อุณหภูมิอากาศภายในกล่องผนังก้ออิฐฉาบปูน | $T_{R,1}$ |
| (8) อุณหภูมิอากาศภายในกล่องผนังน้ำ | $T_{R,2}$ |
| (9) อุณหภูมิอากาศภายนอก | T_a |

3. ตัวแปรควบคุม

ได้แก่ สถานที่การทดลอง อุณหภูมิอากาศ กระแสลม ความร้อนที่ส่งผ่านจากผนังด้านที่เป็นฉนวน

3.4.2 การสอบเทียบสายเทอร์โมคัปเปิล

ก่อนจะติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลหรือสายวัดอุณหภูมิที่จะใช้วัดตามจุดต่าง ๆ จะต้องมี การสอบเทียบสาย หรือเรียกว่า calibrate คือ กระบวนการในการตรวจสอบความถูกต้องของ เครื่องมือวัด ด้วยการเปรียบเทียบกับค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดกับค่าจริงของสิ่งที่ถูกวัด เพื่อการ ผลการวัดอุณหภูมิที่ได้จะไม่คลาดเคลื่อน

3.4.3 ก่อนเริ่มการทดลอง

เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือเรียบร้อยแล้ว ต้องทำการวัดอุณหภูมิเริ่มแรก ก่อนการทดลอง ได้แก่

1. อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนและผนังน้ำ (T_{R1} และ T_{R2})
 2. อุณหภูมิผิวผนังภายนอก และภายในกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนและผนังน้ำ (T_{o1} T_{o2} T_{i1} และ T_{i2})
 3. ปริมาณแสงอาทิตย์
- เพื่อนำไปศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารโดยธรรมชาติ และเก็บไว้เป็นฐานข้อมูลเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิก่อนการทดลอง และระหว่างการทดลอง

3.4.4 การทดลอง

เมื่อทำการวัดอุณหภูมิเริ่มแรกก่อนการทดลองเรียบร้อยแล้ว ต่อจากนั้น จึงเริ่มการทดลองโดยการปล่อยน้ำให้เข้าสู่ระบบ และวัดอุณหภูมิต่าง ๆ ได้แก่

- 1) อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง (T_{R1} และ T_{R2})
- 2) อุณหภูมิผิวผนังภายนอก และภายในกล่องทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนและผนังน้ำ (T_{o1} T_{o2} T_{i1} และ T_{i2})
- 3) อุณหภูมิน้ำเข้า น้ำออก (T_{wi} และ T_{wo})

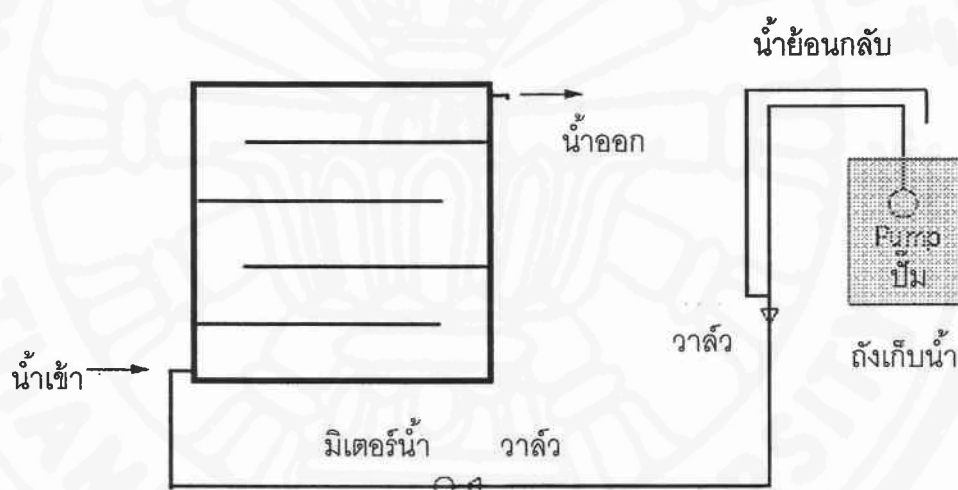
3.4.5 การกำหนดการไหลของน้ำในระบบ

น้ำจะลำเลียงเข้าสู่ระบบโดยจะไหลเข้ากล่องด้านซ้ายล่างของกล่อง ไหลออกจากกล่องด้านขวาบน และไหลออกไปโดยไม่ตอกลับเข้าถังเก็บน้ำ เพราะจะทำให้ น้ำสะสมอุณหภูมิ

3.4.6 ไดอะแกรมของการทำงานของระบบของผนังน้ำ

ภาพที่ 3.8

ไดอะแกรมการทำงานของระบบของผนังน้ำ



3.5 การคำนวณหาคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนจากผลการทดลอง

1. การหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของผนังก่ออิฐฉาบปูนเทียบกับผนังน้ำ โดยผนังก่ออิฐฉาบปูนใช้สมการการถ่ายเทความร้อนในการคำนวณ

$$Q_x = \frac{k(I_1 - I_2)}{L} = \frac{k\Delta T}{L}$$

2. การหาปริมาณความร้อนที่น้ำสามารถดึงออกไปได้

การถ่ายเทความร้อนจากผนังน้ำที่หมุนเวียนอยู่ตลอดเวลา เป็นกระบวนการโดยน้ำเป็นตัวดึงความร้อนออกจากผิวผนังน้ำที่ถูกแสงอาทิตย์ตกกระทบ และถ่ายเทความร้อนออกไปพร้อมกับน้ำที่ไหลออกไป ดังนั้น ปริมาณความร้อนที่น้ำสามารถดึงออกไปได้จะขึ้นอยู่กับความจุความร้อนของน้ำที่สามารถจุความร้อนได้ และขึ้นอยู่กับความเร็วที่เหมาะสมที่น้ำจะสามารถดึงความร้อนออกมาได้มากที่สุด

ซึ่งสามารถหาปริมาณความร้อนที่น้ำสามารถดึงออกมาได้โดย

$$\dot{Q} = \dot{m} C_p (T_{wo} - T_{wi})$$

$$\dot{m} = \rho V$$

- เมื่อ
- \dot{m} = อัตรามวลไหล หน่วยคือ กิโลกรัมต่อวินาที (kg/ s)
 - ρ = ความหนาแน่นของน้ำ หน่วยคือ กิโลกรัมต่อตารางเมตร (kg/ m³)
 - \dot{V} = ความเร็วเฉลี่ย หน่วยคือ ตารางเมตรต่อวินาที (m³/ s)
 - C_p = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ เป็นค่าคงที่ หน่วยคือ กิโลจูลต่อกิโลกรัม องศาเซลเซียส (kJ/ kg·°C)
 - ΔT = ผลต่างของอุณหภูมิน้ำออกกับน้ำเข้า หน่วยคือ องศาเซลเซียส (°C)
 - \dot{Q} = อัตราการถ่ายเทความร้อน หน่วยคือ กิโลจูลต่อวินาที (kJ/ s) เท่ากับกิโลวัตต์ (kW)

3) การหาค่า Mean Cooling Potential หรือ MCP ของผนังน้ำโดยเทียบกับผนังก่ออิฐฉาบปูน การคำนวณจะใช้สมการอัตราการถ่ายเทความร้อนรวม

$$MCP = (UA)(T_{ref} - T_{exp}) / A$$

- เมื่อ
- UA = ค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนของผนังปูน
 - T_{ref} = อุณหภูมิของอากาศภายในกล่องผนังก่ออิฐฉาบปูนที่ใช้เป็นค่าอ้างอิง
 - T_{exp} = อุณหภูมิของอากาศภายในกล่องผนังน้ำ