บทที่ 3
วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การสร้างและคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการทดลองชุดทดสอบจริง เพื่อเปรียบเทียบผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลการทดลอง โดยอุปกรณ์และวิธีการทดลองในแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

3.1การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จะทำการศึกษาอุณหภูมิภายในผนังแบบ 2 มิติ โดยไม่คิดการเปลี่ยนแปลงในแนวแกน z (ตามความยาวท่อ) ซึ่งใช้หลักการสมดุลพลังงาน หลักการถ่ายโอนความร้อนและวิธีการผลต่างสืบเนื่อง (Finite Difference) ค่ารังสีอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศสิ่งแวดล้อมใช้ค่าของจังหวัดเชียงใหม่ลักษณะผนังที่ใช้ในการคำนวณมีลักษณะเดียวกันกับผนังอาคารทั่วไปที่มีความหนาประมาณ 0.1 m รายละเอียดและขั้นตอนในการคำนวณ ได้กล่าวแล้ว ดังรายละเอียดในบทที่ 2

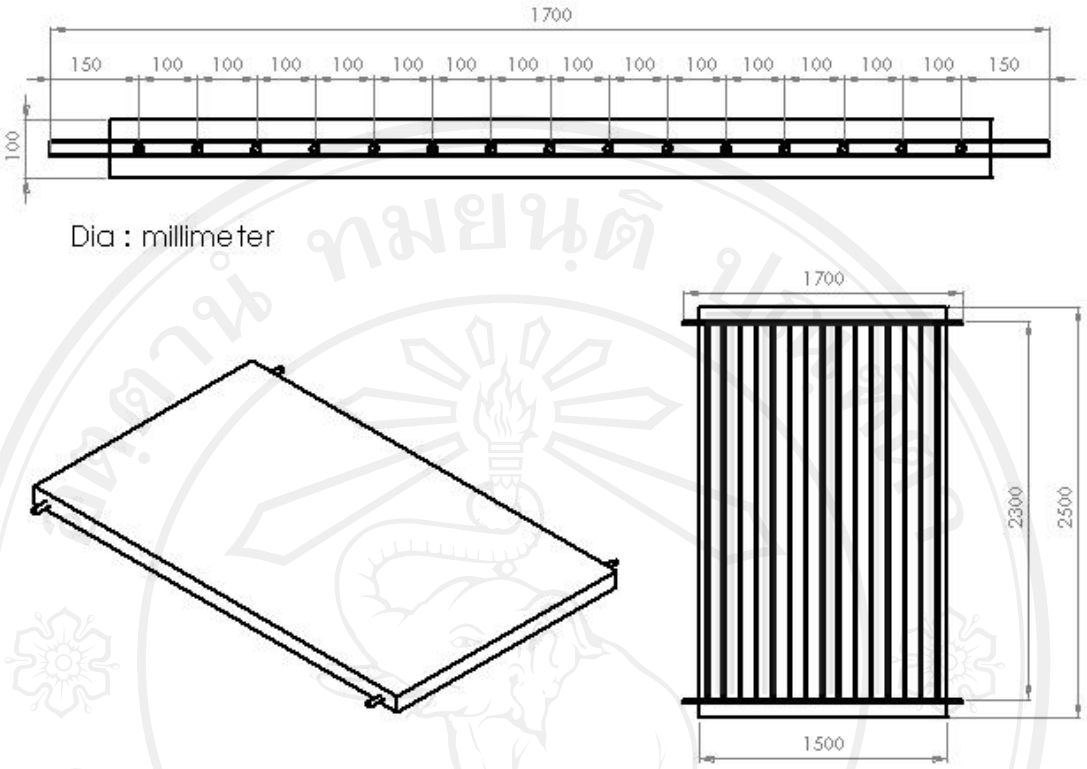
3.2 การทดสอบชุดทดสอบจริง

3.2.1 .อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

(1) ผนังเย็น

ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป ที่ใช้ทดสอบจะมีขนาดกว้าง 1.5 m สูง 2.5 m และหนา 0.1 m ภายในผนังจะฝังด้วยท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.0127 m และท่อทองแดงด้านบน (Header) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.02 m ซึ่งท่อทองแดงวางจะฝังอยู่ตำแหน่งกึ่งกลางของความหนาผนัง ระยะห่างระหว่างท่อแต่ละท่อเท่ากับ 0.1 m ดังรูปที่ 3.1 ผนังคอนกรีตจะถูกทาด้วยสีดำและวางเอียงทำมุมกับพื้น 18 องศา เพื่อให้สามารถรับรังสีแสงอาทิตย์ให้ได้มากที่สุด รูปที่ 3.2 แสดงภาพผนังที่ใช้ทดสอบ ในการทดสอบ จะทำการหุ้มฉนวนที่ขอบผนัง เพื่อให้สอดคล้องกับสมมุติฐานในการจำลองการทำงานในบทที่ 2และในการทดสอบ จะสร้างผนังปกติ ที่มีลักษณะเดียวกัน เพื่อเปรียบเทียบผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



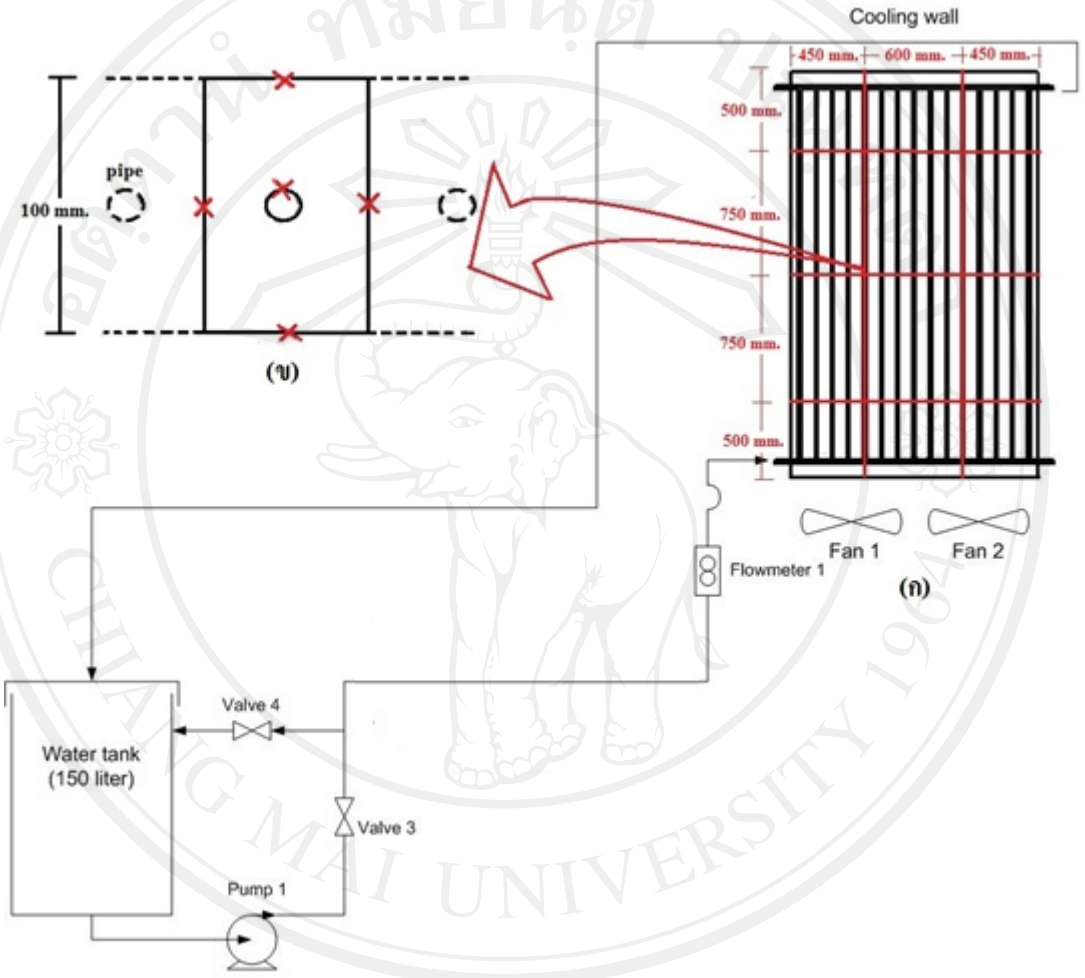
รูปที่ 3.1 ลักษณะของผนังคอนกรีตที่ใช้ทดสอบ

รูปที่ 3.2 ลักษณะของผนังคอนกรีตที่ใช้ทดสอบจริง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(2) ตำแหน่งการวัดค่าอุณหภูมิของผนังเย็น

การวัดอุณหภูมิของผนังเย็นจะมีตำแหน่งที่ตรงกับตำแหน่งท่อทองแดง ตามเส้นสีแดงตัดกันบนผนังเย็นดังรูปที่ 3.3 (ก) จากตำแหน่งดังกล่าวจะมีการวัดอุณหภูมิในผนังรอบท่อดังรูปที่ 3.3 (ข) โดยค่าอุณหภูมิทั้งหมดจะใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K และบันทึกค่าอุณหภูมิด้วยชุดบันทึกข้อมูล



รูปที่ 3.3ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิบนผนังเย็น (ก) (จุดตัดเส้นสีแดง)
และตำแหน่งการวัดอุณหภูมิรอบท่อน้ำ (ข) (จุดกากบาท)

(3) ถังน้ำหุ้มฉนวน

ในการทดสอบจะมีการใช้ถังเก็บสะสมน้ำร้อน โดยใช้ถังน้ำขนาด 150 1 ทำจากวัสดุ Stainless steel หนา 2 mm ถูกหุ้มฉนวนชนิด Aeroflexpre-cut sheetหนา 1 inch

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.4 ถังน้ำหุ้มฉนวนที่ใช้ทดสอบ

(4) ชุดพัดลม

ผนังด้านนอกจะถูกกำหนดความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านด้วยพัดลมโดยใช้มอเตอร์ยี่ห้อ Carlray รุ่นFF-18S ขนาด 18 นิ้ว แสดงดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 พัดลมที่ใช้ทดสอบ

(5) ปั๊มน้ำ

น้ำที่ไหลผ่านท่อน้ำภายในผนังเย็นจะถูกส่งถ่ายด้วยปั๊มน้ำร้อน ยี่ห้อ Arwana Pump ISO 9001 รุ่น SW-60S ทำจากวัสดุ Stainless Steel (AISI 316L) ใช้กำลังไฟฟ้า 0.5 Hpความต่างศักย์ 220V/50 Hz กระแสไฟฟ้า 2.8 A เฮดสูงสุด 18 เมตร อัตราการไหลสูงสุด 120 l/min ความเร็วรอบ 2,850 rpm อุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วง 10^{o}C ถึง 110^{o}Cดังแสดงในรูปที่ 3.6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.6 ปั๊มน้ำที่ใช้ทดสอบ ในการหมุนเวียนน้ำระหว่างผนังและถังเก็บ

3.2.2อุปกรณ์วัดข้อมูล

(1) คอมพิวเตอร์ (Computer)

เป็นอุปกรณ์ใช้บันทึกข้อมูลโดยใช้ร่วมกับเครื่องเก็บข้อมูล ดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 คอมพิวเตอร์เก็บข้อมูล

(2)เครื่องเก็บข้อมูล (Data Logger)

เครื่องเก็บข้อมูลทำหน้าที่อ่านอุณหภูมิ ผลิตจากบริษัท TASKแบบ 24 ช่อง และ 16 ช่อง ดังรูปที่ 3.8 (ก) และ (ข) ตามลำดับ ค่าความถูกต้อง ± 0.01^{o}C โดยใช้ร่วมกับสายวัดเทอร์โมคัปเปิล ชนิด K

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.8 เครื่องเก็บข้อมูล

(3) สายวัดอุณหภูมิ

สายวัดอุณหภูมิหรือเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ผลิตโดยบริษัท OMEGA ใช้งานร่วมกับเครื่องบันทึกข้อมูล ใช้วัดอุณหภูมิผนังปูนอุณหภูมิของน้ำขาเข้าและขาออกจากถังเก็บน้ำหุ้มฉนวน อุณหภูมิภายในถังเก็บน้ำหุ้มฉนวน และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ตามลำดับ ดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 สายวัดอุณหภูมิ

(4) อุปกรณ์วัดอัตราการไหล

อุปกรณ์วัดปริมาณการไหลของน้ำ ผลิตโดยบริษัท OMEGAสามารถวัดอัตราการไหลในช่วง 1-5l/minดังรูปที่ 3.10โดยมีค่าความผิดพลาด ±0.25L/min

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.10 เครื่องวัดอัตราการไหล

(5)อุปกรณ์วัดความเร็วของอากาศ

เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer)ยี่ห้อ Digiconรุ่น DA-43ช่วงการวัด 0.4-25 m/s การแสดงผลแบบ LCD 3.5 อุณหภูมิใช้งาน 0-50°Cตัววัดลดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัด 0.072 m ความละเอียด $\pm$0.1m/s ดังรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.11อุปกรณ์วัดความเร็วของอากาศ

(6)อุปกรณ์วัดค่ารังสีอาทิตย์

เครื่องวัดรังสีแสงอาทิตย์ (Pyranometer) ยี่ห้อ Kipp&Zonen รุ่น CMP 3 ค่า Sensitivity 11.09 $\mu V/W/m^2$อุณหภูมิใช้งาน -40- +80°C ช่วงทำการวัดค่ารังสีอาทิตย์ 0-2,000 W/m^2ดังรูปที่ 3.12

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.12 อุปกรณ์วัดค่ารังสีแสงอาทิตย์

3.2.3 วิธีการทดสอบ

การทดสอบชุดทดสอบจริงของผนังเย็นและผนังปกติ จะมีวิธีการทดสอบดังต่อไปนี้

(1) ทำการเปิดเครื่องวัดอุณหภูมิ เพื่อบันทึกอุณหภูมิเริ่มต้นของผนังและน้ำขาเข้า-ออก และน้ำในถัง รวมถึงค่ารังสีอาทิตย์และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ประมาณ 5 นาที

(2) ทำการเปิดระบบหมุนเวียนน้ำของผนังเย็น และพัดลม แล้วนำอุปกรณ์วัดความเร็วลมมาวัด ความเร็ว ณ จุดที่ ทำการวัดอุณหภูมิทั้งบนและล่างของผนังเย็นและผนังปกติ ดังรูป 3.3 (ก)แล้วทำการวัดความเร็วของลม

(3) ปรับค่าอัตราการไหลของน้ำ โดยมีอัตราการไหลของน้ำอยู่ในช่วง 1-5 m/s

(4)ทำการวัดค่าความเร็วของลมที่ผนังซ้ำ ทุกๆ 1 ชั่วโมง โดยช่วงเวลาที่ใช้ในการทดสอบตั้งแต่ 09.00 น. ถึง 16.00 น.

ข้อมูลจากการทดสอบจะถูกนำมาคำนวณหาอุณหภูมิของผนังและน้ำขาเข้า-ออกผนังเย็น รวมถึงอุณหภูมิของน้ำในถัง ตลอดจนนำเงื่อนไขและค่าเริ่มต้นที่ใช้ในการทดสอบไปใช้ในการคำนวณผลอุณหภูมิของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยเงื่อนไขและคุณสมบัติในการคำนวณจะแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลและเงื่อนไขในการคำนวณ เพื่อหาอุณหภูมิของผนังและน้ำ

รายการ	ขนาด
ขนาดผนังเย็น	1.5 m x 2.5 m
ความหนาผนัง	0.1 m

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลและเงื่อนไขในการคำนวณ เพื่อหาอุณหภูมิของผนังและน้ำ (ต่อ)

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อทองแดง (ส่วนที่ต่อกับ Header)	0.127 m
ปริมาตรถังน้ำหุ้มฉนวน	150 l
ตำแหน่งการวางท่อตามความลึกของผนัง นับจากผนังด้านนอก	0.0167 m(1), 0.0333 m(2), 0.05 m(3), 0.0667 cm(4) และ0.0834 cm(5)
อัตราการไหล	1-5l/min
จำนวนท่อที่ทำการศึกษา ต่อพื้นที่ผนังขนาด 1.5 m x 2.5 m	15ท่อ
เดือนที่ทดสอบ	เดือนธันวาคม 2554
ค่าการดูดกลืนของผิวผนัง (ผิวสีดำ)	0.9
ช่วงเวลาในการคำนวณแต่ละรอบ	60 sec
ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ	4180 J/kg-K
ความหนาแน่นของน้ำ	1,000 kg/m^3
ค่าความจุความร้อนจำเพาะของคอนกรีต	880 J/kg-K (Incropera, et al.,2007)
ความหนาแน่นของคอนกรีต	2,300 kg/m^3 (Incropera, et al.,2007)
ค่าการนำความร้อนของคอนกรีต	1.279 W/m-K (Kothandaraman, et al.,1977)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved