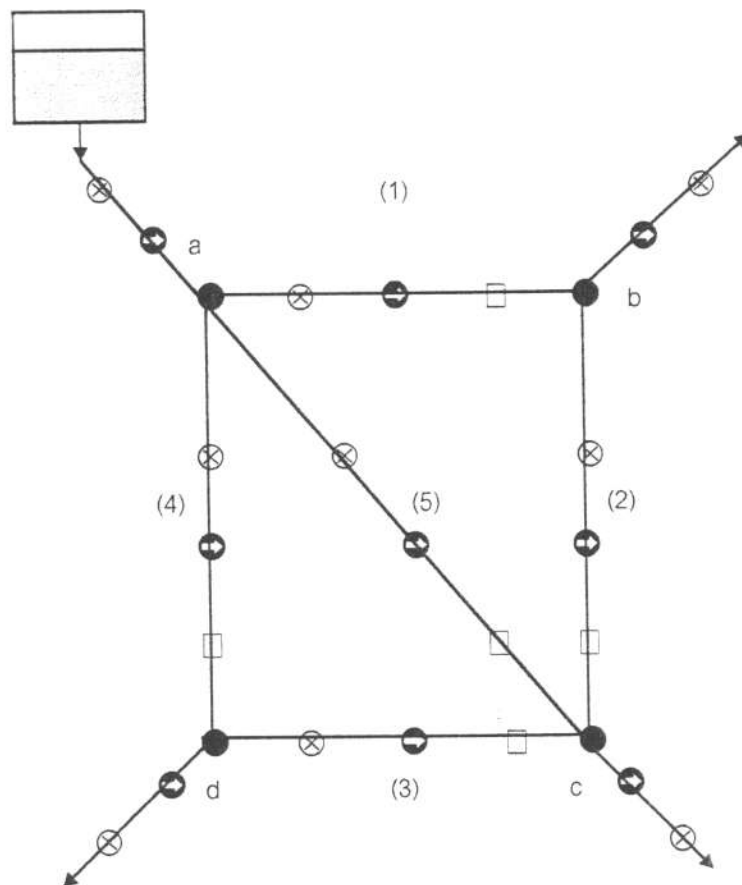


บทที่ 5

การทดลองในระบบท่อโครงข่าย

5.1 บทนำ

บทนี้จะเป็นการจำลองระบบท่อโครงข่ายที่มี basic loop 2 loops ประกอบด้วยท่อ 5 ท่อ ดังภาพที่ 5.1



ภาพที่ 5.1 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง

- ➔ มิเตอร์วัดปริมาณการไหล
- ⊗ วาล์วเปิดปิด
- วาล์วแรงเสียดทาน
- อุปกรณ์วัดแรงดันที่ node

โดยจะทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดอัตราการไหลและวาล์วเปิด - ปิดน้ำในท่อทั้ง 5 ท่อ ที่แหล่งจ่ายน้ำและจุดจ่ายน้ำทุกจุด อีกจำนวน 4 แห่ง พร้อมทั้ง ติดตั้งวาล์วสำหรับเป็นตัวแทนแรงเสียดทานในท่อทั้ง 5 ท่อ และที่ node ทั้ง 4 node ติดตั้งอุปกรณ์วัดแรงดันดังภาพที่ 5.1

5.2 อุปกรณ์การทดลอง

1. มิเตอร์สำหรับวัดปริมาณน้ำ	9 ตัว
2. วาล์วเปิดปิด	9 ตัว
3. วาล์ว (แทนแรงเสียดทาน)	5 ตัว
4. ท่อ PVC ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{1}{2}$ นิ้ว	5 ท่อน
5. ข้องอ 45 องศา	8 อัน
6. ข้อต่อสามทาง	2 อัน
7. ข้อต่อสี่ทาง	2 อัน
8. ข้อต่อเกลียวนอกสองด้าน	18 อัน
9. ข้อต่อเกลียวนอกด้านเดียว	2 อัน
10. สายยางใส สำหรับวัดแรงดันน้ำที่ node ยาว 5 เมตร	5 เส้น
11. ไม้บรรทัดขนาดยาว 60 ซม.	4 อัน
12. นาฬิกา	1 เรือน

5.3 วิธีการทดลอง

ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ดังภาพที่ 5.1 และเรียกอุปกรณ์ต่างๆ ที่ node ตามชื่อ node นั้นๆ เช่นที่ node a เรียกว่า มิเตอร์ a วาล์ว a เป็นต้น และเรียกอุปกรณ์ในแต่ละท่อตามหมายเลขท่อนั้นๆ เช่น ที่ท่อหมายเลข 1 เรียกว่า มิเตอร์ 1, วาล์ว 1, วาล์วแรงเสียดทาน 1 เป็นต้น และที่ node a,b,c,d, เจาะรูเล็กๆ ต่อสายยางใสสำหรับวัดแรงดันของน้ำที่แต่ละ node นั้นๆ

5.3.1 การปรับแต่งอุปกรณ์ทดลอง

1. ต่อระบบน้ำประปาเข้าที่ node a (source) และให้ node b,c, และ d เป็นจุดจ่ายน้ำ (demand node)
2. เปิดวาล์วทุกตัวและสังเกตแรงดันน้ำที่สายยางในแต่ละ node ปรับวาล์วแรงเสียดทานให้ได้ผลต่างของแรงดันในแต่ละ node พอประมาณ
3. ห้ามปรับแต่งวาล์วแรงเสียดทานในท่อที่ 1 ถึง 5 อีกเป็นอันขาด

5.3.2 การปรับเทียบมิเตอร์วัดปริมาณน้ำ

1. ปิดวาล์ว 2,4,5 และค่อยๆ เปิดวาล์ว a ให้น้ำไหลจาก node a ไปยัง node b เพียงเล็กน้อย
2. อ่านค่ามิเตอร์ a,1,b พร้อมทั้งบันทึกเวลาขณะอ่านมิเตอร์แต่ละตัว และบันทึกแรงดันน้ำที่ node a และ b จากนั้นทิ้งระยะไว้ประมาณ 5 - 10 นาที จึงอ่านค่ามิเตอร์ a,1,b พร้อมทั้งบันทึกเวลาขณะอ่านมิเตอร์แต่ละตัวอีกครั้ง
3. ปรับวาล์ว a ให้เพิ่มปริมาณการไหลของน้ำอีกเล็กน้อย และดำเนินการตามข้อ 2 อีกครั้ง
4. ปรับวาล์ว a ให้เพิ่มปริมาณน้ำขึ้นเรื่อยๆ ประมาณ 5 - 6 ครั้ง
5. ปิดวาล์ว 3,4,5,b และดำเนินการเช่นเดียวกับ ข้อ 2,3,4 แต่เปลี่ยนเป็นอ่านค่าจากมิเตอร์ a,2 และบันทึกแรงดันน้ำที่ node b และ c แทน
6. ปิดวาล์ว 1,2,5,d และดำเนินการเช่นเดียวกับ ข้อ 2,3,4 แต่เปลี่ยนเป็นอ่านค่าจากมิเตอร์ a,3 และบันทึกแรงดันน้ำที่ node d และ c แทน
7. ปิดวาล์ว 1,3,5 และดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 2,3,4 แต่เปลี่ยนเป็นอ่านค่าจากมิเตอร์ a,4,d และบันทึกแรงดันน้ำที่ node a และ d แทน
8. ปิดวาล์ว 1,2,3,4 และดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ 2,3,4 แต่เปลี่ยนเป็นอ่านค่าจากมิเตอร์ a,5,c และบันทึกแรงดันน้ำที่ node a และ c แทน

5.3.3 การทดลองเพื่อหาפקเตอร์ความเสียดทาน

1. เปิดวาล์วทุกตัว และค่อยๆ ปรับเฉพาะที่วาล์ว b,c,d, ให้มีความแตกต่างของแรงดันน้ำ ลดลงจาก node a ลดไป b ลดไป c และจาก node a ลดไป d ลดไป c พอประมาณ
2. อ่านค่ามิเตอร์ a,b,c,d และมิเตอร์ 1 ถึง 5 พร้อมทั้งบันทึกเวลาขณะอ่านมิเตอร์แต่ละตัวและบันทึกแรงดันน้ำที่ node a,b,c,d จากนั้นทิ้งระยะไว้ประมาณ 5 - 10 นาที จึงอ่านมิเตอร์ทุกตัวใหม่อีกครั้ง พร้อมทั้งบันทึกเวลาขณะอ่านมิเตอร์แต่ละตัว
3. ปรับวาล์ว b,c,d ให้มีความต่างของแรงดันน้ำ ลดลงจาก node a ลดไป b ลดไป c และจาก node a ลดไป d ลดไป c แตกต่างจากในข้อ 1 และดำเนินการตามข้อ 2 ต่อไป

4. ดำเนินการตามข้อ 3 อีกครั้งแต่ให้มีความแตกต่างของแรงดันน้ำที่ node แตกต่างจาก 2 ครั้งแรงดันที่ผลการทดลองทั้ง 3 ครั้งไว้

ผลการทดลองจำนวน 3 ครั้งจะสามารถคำนวณหาค่าแฟกเตอร์ความเสียดทานได้ตามวิธีการที่นำเสนอไปแล้วในบทที่ 4

5.4 ปัญหาและข้อผิดพลาดในการทดลอง

ในการทดลองเพื่อหาค่าแฟกเตอร์ความเสียดทาน (f) นี้ ผู้เขียนได้ทำการทดลองหลายครั้งซึ่งเกิดปัญหาและข้อผิดพลาดต่างๆ ดังนี้

การทดลองครั้งที่ 1 ในการทดลองระยะแรกยังไม่ได้ติดตั้งมิเตอร์ที่ท่อ 1,2,3,4, และ 5 คงติดตั้งเฉพาะที่ node ทั้ง 4 คือ มิเตอร์ a,b,c, และ d เท่านั้น การทดลองในครั้งนี้เป็นการปรับเทียบมิเตอร์แต่ละตัวโดยใช้มิเตอร์ a เป็นมิเตอร์หลักในการปรับเทียบ การทดลองครั้งนี้ยังไม่พบข้อผิดพลาด แต่พบว่าการปรับเทียบมิเตอร์แต่ละตัวมีความผิดพลาดสูงถึง ประมาณ 10 % จากนั้นทำการทดลองหาค่า f โดยวิธีปกติในแต่ละท่อ ในการหาค่า f แต่ละครั้งจะปิดวาล์วในท่ออื่นๆ ให้น้ำไหลเฉพาะในท่อที่หาค่า f เท่านั้น และในแต่ละครั้งจะทำการทดลองโดยเปลี่ยนอัตราการไหลประมาณ 5 - 7 ครั้ง ได้ผลการทดลองค่า f ในแต่ละท่อมีลักษณะคล้ายๆ กัน คือเมื่ออัตราการไหลมีค่าน้อยค่า f จะมีค่าสูงเล็กน้อยและเมื่อเพิ่มอัตราการไหลค่า f จะมีค่าลดลงจนเมื่ออัตราการไหลมากขึ้นค่า f จะค่อยๆ คงที่ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับ Moody diagram

การทดลองครั้งที่ 2 การทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองเพื่อหาค่า f โดยวิธีใหม่ซึ่งจะทำการวัดอัตราการไหล และแรงดันน้ำ ที่จุดจ่ายน้ำ (demand node) ที่จุด b,c, และ d และนำผลการทดลองมาคำนวณเพื่อหาค่า r ในแต่ละท่อตามวิธีการในบทที่ 4 ที่ได้เสนอไปแล้วแต่ไม่สามารถหาค่า r จากสมการที่ 4.25 ได้ เนื่องจากเมื่อแก้สมการแล้วได้ค่า $1/\sqrt{r}$ ของบางท่อเป็นค่าติดลบ ปัญหาจากการทดลองครั้งนี้สันนิษฐานว่าอาจเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนจากมิเตอร์

การทดลองครั้งที่ 3 การทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองเช่นเดียวกับครั้งที่ 2 ทำการวัดอัตราการไหล,แรงดันน้ำที่จุดจ่ายน้ำ (demand node) ที่จุด b,c, และ d เช่นเดียวกับการทดลองครั้งที่ 2 แต่เพิ่มการวัดอัตราการไหลที่จุดจ่ายน้ำโดยการใช้อัดรอนน้ำที่จุดจ่ายน้ำ b,c, และ d และบันทึกเวลาไว้ ทำการตวงน้ำ และคำนวณอัตราการไหล พบว่ามีความแตกต่างจากที่อ่านได้จากมิเตอร์ประมาณ 15 % และนำไปทำการคำนวณหาค่า f ก็ยังไม่สามารถหา

ค่า f ได้ เช่นเดียวกับการทดลองครั้งที่ 2 ความผิดพลาดในการทดลองครั้งนี้สันนิษฐานว่าอาจเกิดจากทิศทางการไหลในท่อไม่เป็นไปตามที่สมมติไว้

การทดลองครั้งที่ 4 ทำการทดลองใหม่ เช่นเดียวกับครั้งที่ 2 แต่ครั้งนี้ปรับวาล์วที่จุดจ่ายน้ำ (demand node) ที่จุด b,c, และ d ให้น้ำในแต่ละท่อที่มีทิศทางการไหลจริงเหมือนกับที่ได้สมมติไว้ คือ น้ำไหล จาก node a ไป b และ a ไป d, จาก node b ไป c และ d ไป c โดยสังเกตจากแรงดันน้ำที่ node a,b,c,d ให้ที่ a จะมีแรงดันสูงสุดและที่ c มีแรงดันต่ำที่สุดที่ b และ d แรงดันอยู่ระหว่าง a กับ c ผลการทดลองเมื่อนำไปหาค่า f ยังให้ผลเช่นเดียวกับการทดลองครั้งที่ 2 คือ ค่า $1/\sqrt{f}$ ในบางท่อเป็นค่าติดลบซึ่งไม่สามารถหาค่า f ได้

การทดลองครั้งที่ 5 ทำการทดลองใหม่อีกครั้ง โดยทำการปรับวาล์วที่ node b,c, และ d ให้มีแรงดันในลักษณะเดียวกัน ในแต่ละชุดการทดลอง เพื่อนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบ แต่ก็ยังไม่สามารถหาข้อผิดพลาดได้

การทดลองครั้งที่ 6 ทำการติดตั้ง มิเตอร์ เพิ่มที่ท่อที่ 1,2,3,4 และ 5 เพื่อให้ทราบการไหลจริงในแต่ละท่อ และทำการปรับเทียบมิเตอร์ b,c,d และมิเตอร์ 1 ถึง 5 เทียบกับมิเตอร์ a ใหม่และหาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง Q กับ f ในท่อที่ 1 ถึง 5 พบว่ายังคงมีลักษณะเช่นเดิม คือมีลักษณะคล้ายกับ Moody diagram

การทดลองครั้งที่ 7 ทำการทดลองหาค่า f โดยวิธีใหม่อีกครั้ง แต่ในครั้งนี้จะสามารถทราบอัตราการไหลจริงในแต่ละท่อด้วย ซึ่งจะนำไปคำนวณหาค่า f โดยวิธีปกติได้ ผลการทดลองในครั้งนี้ก็ยังไม่สามารถหาค่า f โดยวิธีใหม่ได้เช่นเดิม จึงทำการตรวจสอบการไหลพบว่าการไหลในบางท่อไม่เป็นการไหลแบบปั่นป่วนสมบูรณ์ (fully turbulent flow)

การทดลองครั้งที่ 8 ทำการทดลองใหม่ โดยปิดวาล์วที่ node b และ d ให้น้ำไหลเข้าที่ node a และไหลออกที่ node c เพียงจุดเดียว เพื่อให้การไหลในท่อที่ 3 และ ท่อที่ 4 เป็นการไหลแบบปั่นป่วนมากยิ่งขึ้นผลการทดลองครั้งนี้ ก็ยังคงไม่สามารถหาค่า f ได้เช่นเดิม

การทดลองครั้งที่ 9 ทำการทดลองใหม่อีกครั้งโดยการเพิ่มอัตราการไหลในท่อให้มากยิ่งขึ้นเพื่อให้การไหลเป็นแบบปั่นป่วนยิ่งขึ้น ซึ่งทำการต่อน้ำประปาเข้าเชื่อมที่จุด a เพิ่มอีกซึ่งจะทำให้อัตราการไหลในระบบเพิ่มขึ้นประมาณ 60% ผลการทดลองดังจะได้เสนอในบทที่ 7 ต่อไป

สำหรับผลการทดลองที่เกิดความผิดพลาดและไม่สามารถหาค่า f ได้นั้นไม่ขอแสดงรายละเอียดในที่นี้