สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ทดลองหาความฝืดของท่อสำหรับของไหลที่อัดตัวไม่ได้

Design and Fabrication of Pipe Friction Apparatus loss For Incompressible Fluid

โดย

นายเอกชัย พันธุ์สถิตย์วงศ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 36727
วัน, เดือน, ปี 28 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2541

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

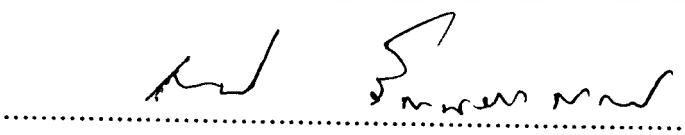
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ทดลองหาความฝืดของท่อสำหรับของไหลที่อัดตัวไม่ได้

Design and Fabrication of Pipe Friction Apparatus loss for Incompressible Fluid

ผู้จัดทำ

นายเอกชัย พันธุ์สถิตย์วงศ์



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาทิป รัตนภาสกร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ทดลองหาความฝืดของท่อสำหรับของไหลที่อัดตัวไม่ได้

นายเอกชัย พันธุ์สถิตย์วงศ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาทิป รัตนภาสกร อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

อุปกรณ์ทดลองหาความฝืดของท่อสำหรับของไหลที่อัดตัวไม่ได้ได้รับการออกแบบและสร้างโครงสร้างของอุปกรณ์ทดลองทำจากเหล็กกล่อง 2*2.5 เซนติเมตร^2 อุปกรณ์ในระบบการไหลประกอบด้วย ท่อตรงยาว 1.5 เมตร มี 3 ขนาดคือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5, 0.75 และ 1 นิ้ว, วาล์วแบบประตูน้ำ, วาล์วแบบกันไหลกลับ, บอลวาล์ว, ข้อต่อ 90 องศา, ข้อต่อ 45 องศา, ข้อต่อลดขนาด, ข้อต่อเพิ่มขนาด และถังพักน้ำ ใช้ปั๊มน้ำขนาด 2 แรงม้า วัดค่าการสูญเสียโดยมานอมิเตอร์ วัดอัตราการไหลโดยใช้โรตามิเตอร์และเครื่องวัดปริมาณน้ำ อุปกรณ์เพื่อการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การเสียดทาน (f) จากการไหลผ่านท่อตรง และหาค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย (K) จากการไหลผ่าน วาล์ว, ข้องอ, ข้อต่อลดและเพิ่มขนาด โดยใช้น้ำเป็นของไหลในการทดลอง พบว่า เมื่อค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ (Re) เพิ่ม ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานมีแนวโน้มลดลง โดยค่าของท่อขนาด 1 นิ้วมีค่ามากกว่า 0.75 นิ้ว, 1 นิ้ว ตามลำดับ ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียนั้นไม่มีความสัมพันธ์กับค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ (Re) โดยค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย(K)ของอุปกรณ์วาล์วนั้น วาล์วแบบกันไหลกลับมีค่ามากกว่าวาล์วแบบประตูน้ำ, บอลวาล์ว ตามลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย(K)ของข้อต่อ ข้อต่อลดจะมีค่ามากกว่าข้องอ 90 องศา, ข้อต่อเพิ่ม, ข้องอ 45 องศา ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design and Fabrication of Pipe Friction Apparatus loss For Incompressible Fluid

Mr. Aekachai Phansathiwong

Assist. Prof. Shtip Ratanapaskorn Advisor

Abstract

The friction loss in pipe apparatus was design and fabricated. The device consists of 4 main parts : 1.) A set of pipes, 2 A set of pipe fittings, 3. A set of flow rate meters and 4. A 2 Hp water pump. A set of pipe is composed of 3 pipes which made of PVC pipes. There are 3 size diameter which are 0.5, 075, and, inches. And 1.5 meter long. This set will be use to study the topic in friction factors which are relation to the Renold Number and Roghness of pipe. A set of pipe fittings is composed of various valves and elbow & such as gate valve ball valve, check valve, 90° elbow, 45°, This set will be use to study the topic in loss coefficient for pipe fittings. A set of flow rate meters is composed of Rotameter and water meter. These meters are used in measurement flow rate in the experiments.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 จุดประสงค์	1
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	2
2.1 ชนิดของของไหล	2
2.2 ชนิดของการไหลของของไหล	2
2.3 สมการเบอร์นูลลี่	3
2.4 สัมประสิทธิ์ความเสียดทานและความขรุขระของท่อ	4
2.5 การสูญเสียหลัก	5
2.6 การสูญเสียรอง	6
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างชุดทดลอง	9
3. 1 การออกแบบ	9
3. 2 การสร้างชุดทดลอง	10
3.2.1 โครงสร้างเหล็ก	10
3.2.1 โครงสร้างท่อ	11
3.2.3 ค่าใช้จ่ายในการสร้างชุดทดลอง	11
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	19
4.1 อุปกรณ์การทดลอง	19
4.2 ขั้นตอนการทดลอง	19
4.3 การคำนวณ	20
4.4 ผลการทดลอง	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง 24
5.1 สรุปผลการทดลอง 24
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง 24
เอกสารอ้างอิง 26
ภาคผนวก ก. แสดงตารางการทดลองในการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน, ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียและค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ในอุปกรณ์ต่าง ๆ 27
ภาคผนวก ข. คู่มือการใช้อุปกรณ์การทดลองและตัวอย่างการทดลอง 35
กิตติกรรมประกาศ 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ ก.1 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของท่อพีวีซีขนาดต่าง ๆ ที่ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ต่าง ๆ 28

ตารางที่ ก.2 ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียของน้ำที่ไหลผ่านข้อต่อชนิดต่าง ๆ ที่ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ต่าง ๆ 29

ตารางที่ ก.3 ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียของน้ำที่ไหลผ่านวาล์แบบต่าง ๆ ที่ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ต่าง ๆ 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 3.1 ตำแหน่งของท่อและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในชุดทดลอง 13
รูปที่ 3.2 ส่วนต่าง ๆ ของชุดอุปกรณ์การทดลองที่ครบสมบูรณ์ 14
รูปที่ 3.3 โครงสร้างเหล็กของชุดทดลอง 15
รูปที่ 3.4 ชุดทดลองที่ประกอบด้วยกันไม่รวมโครงสร้างเหล็ก 16
รูปที่ 3.5 ชุดทดลองที่สร้างเสร็จสมบูรณ์แล้ว 17
รูปที่ 3.6 ลักษณะการจัดวางท่อของชุดทดลอง 17
รูปที่ 3.7 มานอมิเตอร์ที่ติดตั้งในชุดทดลอง 18
รูปที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน
กับค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ของท่อขนาดต่าง ๆ 21
รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย
กับค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ของข้อต่อชนิดต่าง ๆ 22
รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย
กับค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ของวาล์วแบบต่าง ๆ 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ของไหลแบ่งได้สองชนิด คือ ของไหลที่อัดตัวได้ ได้แก่ ก๊าซ (gas) ชนิดต่าง ๆ , ไอ (vapor) และของไหลที่อัดตัวไม่ได้ ได้แก่ ของเหลวชนิดต่าง ๆ น้ำ, น้ำมัน เป็นต้น เมื่อพิจารณาถึงของไหลที่อัดตัวไม่ได้ไหลผ่านในท่อแบบปิดโดย สามารถแบ่งการไหลออกได้ 2 ลักษณะ การไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow) และการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) ของไหลที่ไหลในท่อแบบปิดนั้นเป็นของไหลจริง (Real Fluids) ซึ่งคุณสมบัติของของไหลจริงนั้นจะมีความหนืด ทำให้การไหลของของไหลในท่อเกิดความเสียดทาน ไม่ว่าจะเป็นแรงเสียดทานระหว่างอนุภาคของของไหลเองหรือเป็นแรงเสียดทานที่เกิดจากอนุภาคกับผนังของท่อ โดยเหตุที่ของไหลมีความหนืดของไหลสูญเสียพลังงานไปส่วนหนึ่งในการเอาชนะความเสียดทาน การสูญเสียพลังงานนี้เป็นการสูญเสียเฮดของของไหลหรือเป็นการสูญเสียแรงดันของของไหล การสูญเสียพลังงานเนื่องจากแรงเสียดทานนี้จะขึ้นกับค่าสัมประสิทธิ์การเสียดทาน (f)

การสูญเสียอีกลักษณะหนึ่งคือการสูญเสียพลังงานจากการที่ของไหลไหลผ่านข้อต่องอ, ข้อต่อลด, ข้อต่อเพิ่ม, วาล์วชนิดต่าง ๆ เป็นการสูญเสียพลังงานเนื่องจากเปลี่ยนแปลงทิศทาง, หรือความเร็วของของไหล ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ของของไหลโดยการสูญเสียพลังงานนี้มีค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย (K) เป็นองค์ประกอบ ฉะนั้นการสูญเสียจากการเสียดทานและการสูญเสียเนื่องจากการที่ของไหลไหลผ่านข้อต่อหรือวาล์วนั้น จะมีค่าสัมประสิทธิ์การเสียดทานและค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย ซึ่งในการหาค่าในการคำนวนทางทฤษฎีนั้นเป็นการหาค่าโดยการประมาณเท่านั้น ส่วนการทดลองนั้นทำให้สามารถทราบลักษณะการไหล การไหลของของไหลนั้นมีพฤติกรรมการไหลอย่างไร มีการสูญเสียของพลังงานเมื่อไหลผ่านท่อที่มีขนาดต่างกันและเมื่อมีการไหลผ่านข้อต่อและวาล์วนั้น จะมีค่ามากน้อยเพียงไร สามารถเปรียบเทียบกันได้อย่างชัดเจน

ดังนั้นจึงได้ทำการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ทดลองหาความฝืดของของไหลที่อัดตัวไม่ได้ที่ไหลผ่านท่อและข้อต่อ เพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการสำหรับการศึกษาพฤติกรรมของการไหลของของไหลในท่อ

จุดประสงค์

1. ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ทดลองหาความฝืดของท่อสำหรับของไหลที่อัดตัวไม่ได้
2. ทดลองหาค่าความสัมพันธ์สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (f) ของท่อและค่าสัมประสิทธิ์ของการสูญเสีย (K) ของอุปกรณ์ที่สร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ของไหล คือ สสารที่สามารถไหลได้และเปลี่ยนรูปได้ตามภาชนะที่บรรจุ ที่สภาวะสมดุลของไหลจะอยู่นิ่ง ๆ และไม่มีแรงเฉือนเกิดขึ้น แต่ถ้ามีแรงภายนอกมากระทำก็จะเกิดการเปลี่ยนรูปอย่างต่อเนื่อง

2.1 ชนิดของของไหล แบ่งออกได้ 2 ชนิด ด้วยกันคือ ของไหลชนิดอัดตัวได้ และ ของไหลอัดตัวไม่ได้

2.1.1 ของไหลอัดตัวได้ ได้แก่ ก๊าซ (Gas), ไอ (Vapor) เหตุที่อัดตัวได้เนื่องจากก๊าซมีระยะห่างระหว่างโมเลกุลมาก และมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อยมาก เมื่อมีการเปลี่ยแปลงความดัน ปริมาตรและความหนาแน่นก็จะเปลี่ยนแปลงไปมาก

2.1.2 ของไหลอัดตัวไม่ได้ ได้แก่ ของเหลว เหตุที่อัดตัวไม่ได้เนื่องจากของเหลวมีระยะห่างระหว่างโมเลกุลน้อย และมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อย แต่มากกว่าก๊าซ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความดัน ปริมาตรและความหนาแน่นก็จะเปลี่ยนแปลงไปน้อยมาก

2.2 ชนิดของการไหลของของไหล ชนิดของการไหลของของไหลสามารถได้เป็น 2 ลักษณะคือ แบบการไหลราบเรียบ (Laminar Flow) และการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow)

2.2.1 การไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow) คือการไหลของของไหลที่มีอนุภาคของของไหลเคลื่อนที่ไปเป็นแผ่นบาง ๆ หรือเป็นชั้นบาง ๆ โดยที่ชั้นของของไหลแต่ละชั้นจะเคลื่อนที่อย่างมีระเบียบราบเรียบ การไหลแบบราบเรียบเกิดจากความหนืดของของไหลที่ไหลเป็นไปตามกฎความหนืดของนิวตัน ($\mu = \tau dy/dv$) เช่น การไหลของเหลวที่มีความหนืดสูงการไหลของน้ำใต้ดิน, การไหลของเลือด

2.2.2 การไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) คือการไหลของของไหลซึ่งในขณะที่ไหลนั้น อนุภาคของของไหลเคลื่อนที่แบบไม่เป็นระเบียบแบบแผน และมีการหมุนปั่นป่วนขณะไหลในระหว่างชั้นของของไหล เกิดกระแสไหลวนของอนุภาค ความเร็วไม่คงที่ จะเกิดการถ่ายเทโมเมนตัมระหว่างชั้นของไหล

การไหลแบบนี้ เนื่องจากของไหลนั้นมีความหนืดและแรงเฉื่อย คือขณะที่ของไหลไหลในความเร็วต่ำ แรงเนื่องจากความหนืดของของไหลจะมีค่าสูงกว่าแรงเฉื่อย และเมื่อของไหลไหลในความเร็วสูง แรงเฉื่อยจะมีค่ามากกว่าแรงซึ่งมาจากความหนืด [วิศิษฐ์และขวัญชัย, 2535]

ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์เป็นค่าความสัมพันธ์ของแรงเฉื่อยและแรงที่เกิดจากความหนืด

$$Re = \text{แรงเฉื่อย} / \text{แรงจากความหนืด}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Re = \rho VD/\mu$$

เมื่อ ρ คือความหนาแน่นของของไหล, (kg/m^3)

V คือความเร็วในการไหล, (m/s)

D คือเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ, (m)

μ คือความหนืดสัมบูรณ์ของของไหล, ($N*s/m^2$)

- การไหลในท่อแบบปิดที่มีสภาวะการไหลแบบราบเรียบ ค่า เรย์โนลด์นัมเบอร์จะมีค่า น้อยกว่า 2000
- การไหลในท่อแบบปิดที่มีสภาวะการไหลแบบปั่นป่วน ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์จะมีค่ามากกว่า 4000

ช่วงเปลี่ยนแปลง (Transition) คือ ช่วงรอยต่อระหว่างสภาวะการไหลแบบราบเรียบกับสภาวะการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) ส่วนสภาวะที่มีการไหลในช่วงเปลี่ยนแปลง จะมีค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์อยู่ระหว่าง 2000-4000

ดังนั้นค่า Re สามารถใช้เป็นค่าบอกบ่งบอกลักษณะการไหลในท่อแบบปิดได้

การไหลแบบคงตัว (steady flow) คือการไหลของไหลจะคงตัวก็ต่อเมื่อของไหลนั้นมีคุณลักษณะ เช่น ความเร็ว ความดัน ความหนาแน่น อุณหภูมิ ที่จุดหนึ่งจุดใดไม่เปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา [วิศิษฎ์และขวัญชัย ,2535]

การไหลแบบไม่คงตัว (unsteady flow) การไหลของของไหลจะไม่คงตัวก็ต่อเมื่อคุณลักษณะของของไหลคือ ความเร็ว ความดัน ความหนาแน่น อุณหภูมิ หรือทั้งหมด เกิดการเปลี่ยนแปลงตามเวลาที่จุดต่าง ๆ ในของไหล

2.3 สมการเบอร์นูลี่

สมการเบอร์นูลี่ (Bernoulli Equation) คือ สมการที่อินทิเกรตสมการออยเลอร์ตามเส้นทางการไหล โดยที่การไหลนั้นเป็นการไหลของไหลที่อัดตัวไม่ได้ ปราศจากแรงเสียดทาน [สมานและมนตรี, 2535]

2.3.1 ที่สภาวะคงตัว (Steady state) การไหลของของไหลที่อัดตัวไม่ได้จะอยู่ภายใต้สมการการเคลื่อนที่ "สมการเบอร์นูลลี่ " โดยสมการการเคลื่อนที่นี้ พิสูจน์โดยอาศัยการอินทิเกรตสมการออยเลอร์ไปตามเส้นทางการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการออยเลอร์ตามเส้นสายธาร ;

$$-(1/\rho)(\partial P/\partial s) - g(\partial z/\partial s) = V(\partial v/\partial s)$$

โดยที่ $(\partial P/\partial s)ds = dP$, $(\partial z/\partial s)ds = dz$ และ $(\partial v/\partial s)ds = dV$

จะได้ $$-(1/\rho)dP - gdz = VdV$$

$$-dP/\rho + gdz + VdV = 0$$

อินทิเกรตสมการ

$$\int dp/\rho + gz + V^2/2 = 0$$

เมื่อ P คือความดัน, N/m

ρ คือความหนาแน่นของของไหล, kg/m^3

V คือความเร็วของของไหล, m/s

Z คือความสูงจากระดับอ้างอิง, m

สมการเบอร์นูลี่นี้ ซึ่งใช้สำหรับการไหลตามเส้นสายธาร ภายใต้การไหลแบบคงตัวและปราศจากความเสียดทาน

2.3.2 ที่สภาวะไม่คงตัว (Unsteady state)

$$P_1/\rho + V^2_1/2 + gz_1 = P_2/\rho + V^2_2/2 + gz_2 + \int_1^2(\partial V_s \partial t)ds$$ (ตามเส้นทางการไหล)

เมื่อ 1. เป็นการไหลแบบอัดตัวไม่ได้

2. เป็นการไหลที่ไม่มีความเสียดทาน

3. เป็นการไหลตามเส้นสายธาร

2.4 สัมประสิทธิ์ความเสียดทานและความขรุขระของท่อ

2.4.1 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (f) เกิดจากเมื่อของไหลไหลผ่านท่อจะเกิดความเสียดทานและในความเสียดทานนี้สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานได้ โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์จะขึ้นอยู่กับ ความหนาแน่น (ρ), ความเร็ว (V), เส้นผ่าศูนย์กลาง (D), ความหนืด(μ), ความขรุขระของท่อ (ε)[วิศิษฏ์และขวัญชัย ,2535]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$f = f(\rho, V, D, \mu, \varepsilon)$

หรือขึ้นอยู่กับเรย์โนลด์นัมเบอร์ Re กับค่าความขรุขระ

$f = f(\rho VD/\mu, \varepsilon/D)$

หรือ $f = f(Re, \varepsilon/D)$

โดยที่ Re = ตัวเลขเรย์โนลด์นัมเบอร์

ε = ค่าความขรุขระสมบูรณ์ (absolute roughness) ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดท่อ, m

2.4.2 ความขรุขระของท่อ ท่อในแต่ละท่อนั้นจะมีขรุขระผิวของท่อและในความขรุขระนี้จะขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้มาทำท่อรวมทั้งกรรมวิธีผลิต โดยค่าความขรุขระของท่อแสดงในตารางที่ 1

2.5 การสูญเสียหลัก (Major loss) เป็นการสูญเสียพลังงานที่เกิดขึ้นจากการไหลในท่อเนื่องจากความเสียดทาน การสูญเสียหลักก็เป็นผลจากการที่ของไหลไหลในท่อตรงยาว ซึ่งการสูญเสียพลังงานในท่อลักษณะนี้โดยมากเกิดจากการสูญเสียหลักเมื่อเทียบกับการสูญเสียรอง สูตรที่ใช้ในการคำนวณสำหรับการสูญเสียพลังงานคือ

$$h_f = f(L/D)(V^2/2g)$$

โดยที่ h_f = พลังงานที่สูญเสีย, m ของเหลว

f = สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

L/D = อัตราส่วนระหว่างความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ

V = ความเร็วเฉลี่ยของของไหลในท่อ, m/s

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก = 9.81 m/s^2

ค่า V สามารถหาได้จาก

$$V = Q/[(\pi/4)*d^2]$$

เมื่อ Q = ปริมาตรของน้ำที่ไหลผ่านท่อในหนึ่งวินาที, m^3/sec

d = เส้นผ่านศูนย์กลาง, m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การสูญเสียรอง (minor loss) การสูญเสียรอง คือการสูญเสียอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการไหล ไม่ว่าจะเป็นขนาดหรือทิศทางของความเร็ว หรือเป็นการสูญเสียพลังงานที่มีผลจากพลังงานจลน์เปลี่ยนแปลงไปในการที่ของไหลในท่อนั้นเมื่อไหลผ่านข้อต่อท่อ หรือข้องอ ข้อเพิ่มขนาด ข้อลดขนาด การไหลผ่านวาล์ว เป็นต้น [วิศิษฏ์และขวัญชัย ,2535]

การหาค่าการสูญเสียรองเป็นการสูญเสียอันเนื่องจากพลังงานจลน์เปลี่ยนแปลง ดังนั้นสมการที่ใช้หาค่าการสูญเสียรองจึงอยู่ในรูปของเฮดความเร็ว ($V^2/2g$) คูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของการสูญเสีย (K) เขียนเป็นสมการได้คือ

$$h = KV^2/2g$$

h คือ ค่าการสูญเสียพลังงาน

โดยค่า K จะขึ้นอยู่กับลักษณะของช่องทางการไหล

2.6.1 การสูญเสียเนื่องจากการลดขนาดของพื้นที่หน้าตัดท่อ (loss due to contraction) ในการลดขนาดของพื้นที่หน้าตัดท่อ มี 2 แบบ คือ ลดพื้นที่หน้าตัดโดยทันที หรือ ลดพื้นที่หน้าตัดแบบค่อย ๆ ลด

ก. การลดขนาดพื้นที่หน้าตัดท่ออย่างทันทีทันใด (sudden contraction)

ดังสมการ

$$h'_c = K_c V^2/2g$$

เมื่อ h'_c คือค่าการสูญเสียพลังงานเมื่อลดพื้นที่หน้าตัดอย่างทันทีทันใด

V_2 คือความเร็วเฉลี่ยของของไหลในท่อเล็ก (ท่อที่ลดขนาด)

K_c คือสัมประสิทธิ์ของการสูญเสียเนื่องจากการลดขนาดท่ออย่างทันทีทันใด

ข. การลดขนาดพื้นที่หน้าตัดท่อแบบค่อย ๆ ลดลง (gradual contraction) วิธีนี้มีการสูญเสียพลังงานให้น้อยลงกว่าแบบลดขนาดอย่างทันทีทันใด เพราะการเปลี่ยนแปลงความเร็วและความดันจะไม่เกิดขึ้นมาก แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับลักษณะข้อลดขนาดรูปกรวยด้วยว่ามีการลดขนาดลงเพียงใด ด้วยวิธีลดขนาดในวิธีนี้สามารถลดค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย (K_c) ลงได้ต่ำถึง 0.05 แต่ถ้าใช้ข้อลดขนาดรูปกรวยตัดที่มีมุมกรวย 20 ถึง 40 องศา จะสามารถลดค่า K_c ลงได้จนมีค่าเท่ากับ 0.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 การสูญเสียเนื่องจากการขยายขนาดของพื้นที่หน้าตัดท่อ (loss due to expansion) การสูญเสียเนื่องจากการขยายขนาดของพื้นที่หน้าตัดท่อแบ่งออกเป็นสองลักษณะ คือ การขยายขนาดของพื้นที่หน้าตัดแบบทันทีและแบบการค่อย ๆ ขยายขนาดของพื้นที่หน้าตัดของท่อ

ก. การขยายขนาดของพื้นที่หน้าตัดแบบทันที ค่าความเร็วของของไหลในท่อใหญ่บริเวณที่เพิ่มขนาดท่อให้โตขึ้นอย่างทันทีทันใดจะมีค่าลดลง มีผลทำให้ความดันในท่อใหญ่มีค่าเพิ่มขึ้น และเส้นการไหลที่แยกตัวออกจากผนังท่อไปขยายขนาดโตขึ้นจะทำให้เกิดโพรงของการไหลวนขึ้นบริเวณด้านนอกของลำของไหลที่ทำการขยายตัว และสภาพการไหลจะเป็นแบบปั่นป่วนด้วย ด้วยเหตุนี้การสูญเสียในกรณีนี้มีค่ามากกว่าในกรณีที่ลดขนาดท่ออย่างทันทีทันใด

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ของการสูญเสียในกรณีที่ขยายขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่ออย่างทันทีทันใดนี้ จะมีค่าเท่ากับ 1

ค่าการสูญเสียดังสมการ

$$h'_x = (V_1 - V_2)^2/2g$$

เมื่อ h'_c คือค่าการสูญเสียพลังงานเนื่องจากขยายหน้าตัดแบบทันทีทันใด

V_1 คือความเร็วเฉลี่ยของของไหลในท่อเล็ก

V_2 คือความเร็วเฉลี่ยของของไหลในท่อใหญ่

ข. การขยายขนาดพื้นที่หน้าตัดท่อแบบค่อย ๆ ขยายขึ้น (gradual expansion) วิธีนี้เป็นการช่วยลดค่าการสูญเสียพลังงานให้เกิดขึ้นน้อยลงกว่าแบบขยายทันทีทันใด ด้วยการใช้ท่อหรือข้อต่อรูปกรวยติด ดิฟฟิวเซอร์ (diffuser) เพื่อลดความเร็วของของไหลหรือเพื่อลดพลังงานจลน์ลงทีละน้อยก็จะช่วยลดการสูญเสียได้ การค่อย ๆ ขยายขนาดของพื้นที่หน้าตัดจะมีการสูญเสียที่น้อยกว่าการเพิ่มขนาดของพื้นที่หน้าตัดโดยทันที

2.6.3 การสูญเสียในข้อต่อท่อ (loss in pipe fitting) การสูญเสียเฮดที่ข้อต่อของท่อเป็นการสูญเสียในรูปของเฮดความเร็ว ซึ่งเป็นการสูญเสียอันเนื่องจากพลังงานจลน์ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อของไหลไหลผ่านข้อต่อท่อ ซึ่งเขียนสมการสูญเสียเฮด ในข้อต่อท่อได้ คือ

$$h_L = kV^2/2g$$

เมื่อ h_L คือการสูญเสียพลังงานในข้อต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V เป็นความเร็วของของไหลในท่อที่มีขนาดเดียวกับขนาดของข้อต่อท่อ

k เป็นสัมประสิทธิ์การสูญเสียในข้อต่อแบบต่าง ๆ ดูได้จากตารางที่ 1

การสูญเสียเฮดในข้อต่อท่อนี้ ส่วนใหญ่หาเป็นค่าความยาวสมมูล (equivalent length ; L/D) ซึ่งเป็นการคิดการสูญเสียเฮดโดยการเพิ่มความยาวจริง ดังนั้นการใช้หาโดยวิธีเพิ่มความยาวนี้เหมาะสมเฉพาะในกรณีที่ความเสียดทานของท่ออยู่ในช่วงที่เกิดการไหลแบบปั่นป่วนที่แท้จริง แต่ในกรณีของท่อผิวเรียบควรจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย (k) สำหรับหาค่าการสูญเสียเฮดในข้อต่อท่อมากกว่าที่จะใช้หาจากวิธีเพิ่มความยาวหรือหาจากค่าความยาวสมมูล

2.6.4 การสูญเสียในท่อโค้งและข้องอ (loss in bends and elbows) เมื่อของไหลไหลผ่านท่อโค้งและข้องอหรือท่อที่หักเป็นข้อศอก จะมีผลทำให้เกิดความดันที่โค้งด้านนอก (outside of bend) เพิ่มมากขึ้น และความดันที่โค้งด้านใน (inside of bend) ลดน้อยลง อันเนื่องมาจากผลของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ที่เกิดบริเวณส่วนที่โค้งหรืองอนั้น ในสภาวะของความดันที่ไม่เท่ากันนี้จะทำให้เกิดสภาพการไหลอีกรูปแบบหนึ่งไหลซ้อนขึ้น (secondary flow) ซึ่งเป็นการไหลแบบหมุนม้วนรอบตัว (spiral flow) ทำให้มีการสูญเสียพลังงานจากส่วนนี้ด้วย และการไหลในสภาพดังกล่าวจะต้องใช้ระยะทางที่ยาวพอสมควรจึงจะสามารถกลับคืนสู่สภาพปกติได้ โดยประมาณจะอยู่ในระยะทาง 100 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ โดยนับจากท่อโค้งหรือข้องอนั้น

วิธีที่จะช่วยลดการสูญเสียในท่อโค้งหรือข้องอที่มีรัศมีสั้นได้ด้วยการใส่ครีบไว้ภายในท่อโค้งหรือข้องอนั้นเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการไหลซ้อน (secondary flow) เกิดขึ้นได้

สำหรับสมการที่จะใช้หาค่าการสูญเสียเฮดในท่อโค้งหรือข้องอนั้นคือ

$$h_b = k_b V^2/2g$$

เมื่อ h_b คือการสูญเสียพลังงานในข้องอ

K_b เป็นค่าการสัมประสิทธิ์การสูญเสียส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับค่า r/D

เมื่อนำเอาท่อโค้งหรือข้องอที่มีขนาดต่างกันมาต่อเข้าด้วยกันโดยมีระยะห่างระหว่างตัวท่อโค้งหรือข้องอทั้งสองน้อย ๆ แล้ว จะคิดการสูญเสียโดยการนำค่าการสูญเสียของท่อโค้งหรือข้องอแต่ละอันมารวมกันไม่ได้ ทั้งนี้เพราะการสูญเสียรวมนั้นไม่ได้ขึ้นกับระยะห่างระหว่างท่อโค้งหรือข้องอเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ ของทิศทางและระนาบการวางท่อโค้งหรือข้องอทั้งหมดที่นำมาด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและสร้างชุดทดลอง

3.1 การออกแบบ

3.1.1 แนวทางการออกแบบ

สร้างชุดอุปกรณ์การหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน(f) การสร้างชุดอุปกรณ์การหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานนี้โดยให้ ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อมีขนาดต่าง ๆ กัน และความเร็วของของไหลสามารถปรับค่าได้ เพื่อนำมาเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของท่อต่าง ๆ

โดยลักษณะของท่อที่ใช้การออกแบบนี้ใช้ท่อพีวีซีขนาดของท่อ ½ นิ้ว, ¾ นิ้ว, 1 นิ้ว ตามลำดับ และช่วงความยาวของท่อที่ทำการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานนี้ใช้ความยาว 1.5 เมตร

1. สร้างชุดอุปกรณ์การหาค่าสัมประสิทธิ์ของการสูญเสีย (K) ของวาล์วต่าง ๆ โดยในการออกแบบการหาค่าสัมประสิทธิ์ของการสูญเสีย จะใช้ วาล์วแบบประตูน้ำ (Gate valve), บอลวาล์ว (Ball valve), วาล์วกันไหลกลับ (Check valve) ในการนำมาทดสอบ เพื่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ของการสูญเสียของวาล์วต่าง ๆ
2. สร้างชุดอุปกรณ์การหาค่า K ของข้อต่อต่าง ๆ โดยในการออกแบบการหาค่าสัมประสิทธิ์ของการสูญเสียนี้จะมี ข้อต่อดังนี้ ข้องอ 45°, ข้องอ 90°, ข้อต่อเพิ่มขนาด, ข้อต่อลดขนาด และการออกแบบการไหลของของไหลนี้ให้ไหลผ่านข้องอ 90°,ข้อต่อเพิ่มขนาด, ข้อต่อลดขนาด, ข้องอ 45° ตามลำดับ

3.1.2 กำหนดการไหล การกำหนดการไหลนั้นได้ให้ไหลผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ อุปกรณ์ต่าง ๆ โดยได้สร้างช่องการไหลออกเป็น 5 ช่องการไหลด้วยกัน ดังรูปที่ 3.1 จะกำหนดการไหลโดยมีวาล์วควบคุมการไหลเปิดหรือปิดการไหลอยู่หน้าช่องทางการไหลโดยท่อที่ต้องการทดลองก็ทำการเปิดวาล์ว ท่อที่ยังไม่ต้องการทำการทดลองก็ปิดวาล์วไว้

1. สามช่องทางการไหลแรกนั้นให้ใช้สำหรับการทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การเสียดทาน (f) ของท่อ เป็นแนวการออกแบบแรกโดยแต่ละช่องทางมีขนาดท่อต่าง ๆ กันโดยช่องทางการไหลแรกเป็นท่อพีวีซีขนาด ½ นิ้ว ,ช่องทางการไหลที่สองเป็นท่อพีวีซี มีขนาด ¾ นิ้ว , ช่องทางการไหลที่สามเป็นท่อพีวีซี มีขนาด 1 นิ้ว
2. ช่องทางการไหลที่สี่ของชุดอุปกรณ์นี้เป็นออกแบบใช้สำหรับการทดลองเพื่อหาค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมประสิทธิ์การเสียดทานนั้นโดยมี วาล์วแบบประตูน้ำ (Gate valve), บอลวาล์ว (Ball valve), วาล์วกันไหลย้อนกลับ (Check valve) โดยแต่ละอุปกรณ์จะมีข้อต่อสำหรับอุปกรณ์วัดความดันคร่อมอยู่ ทำให้สามารถวัดความดันลดได้ในแต่ละอุปกรณ์

3. ช่องทางการไหลของชุดอุปกรณ์นั้นเป็นการออกแบบใช้สำหรับการทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การเสียดทานนั้นโดยการออกแบบการไหลของของไหลนี้ให้ไหลผ่านข้องอ 90°, ข้อต่อเพิ่มขนาด, ข้อต่อลดขนาด, ข้องอ 45° ตามลำดับ

3.1.3 กำเนิดแรงดัน อุปกรณ์ที่ให้กำเนิดแรงดันนั้นได้ใช้ปั๊มน้ำขนาด 2 แรงม้า ในการไหลไหลของของไหลนั้นจำเป็นต้องมีตัวกำเนิดแรงดันเพื่อให้ของไหลสามารถไหลไปได้ โดยปั๊มน้ำนั้นได้รับน้ำจากถังพักน้ำและไหลออกจากปั๊มน้ำ นั้นได้ให้มีการไหลนั้นแยกออกเป็นสองช่องทางด้วยกันโดยช่องทางหนึ่งเป็นช่องทางแบบบายพลาส (by pass) เพื่อป้องกันอุปกรณ์การทดลองหรือท่อ ไม่สามารถรับแรงดันที่สูงได้ ส่วนอีกช่องทางไหลหนึ่งเป็นการไหลเข้าอุปกรณ์การทดลอง

3.1.4 เครื่องมือวัด เครื่องวัดที่ใช้ในชุดการทดลองนี้ได้แก่

1. เครื่องมือวัดเพื่อกำหนด ปริมาณการไหลต่อนาที ได้แก่ โรตามิเตอร์ , มิเตอร์วัดปริมาณน้ำ โรตามิเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่วัดปริมาณน้ำต่อนาที มีหน่วยเป็น ลิตรต่อนาที การควบคุมการไหลนั้น เปิดวาล์วเป็นการกำหนดอัตราไหลโดยถ้าต้องการให้มีอัตราไหลน้อย ๆ เข้าสู่ชุดอุปกรณ์การทดลองก็เปิดช่องของการไหลของท่อโดยหมุนวาล์วแบบประตูน้ำให้ช่องการไหลน้อยลง แต่ถ้าต้องการให้มีการไหลมาก ๆ ก็หมุนวาล์วแบบประตูน้ำเปิดช่องการไหลให้มากขึ้น

2. เครื่องมือวัดเพื่อใช้ในการทดลอง ได้แก่ ชุดอุปกรณ์วัดความดัน โดยใช้ มานอมิเตอร์วัดความดันที่ตกคร่อม อุปกรณ์ที่ต้องการทดสอบ

3.2 การสร้างชุดทดลอง

3.2.1 โครงสร้างเหล็ก ลักษณะของแบบตามดังรูปที่

ใช้เหล็กกล่องขนาด 2.5*5 cm เชื่อมต่อกันโดยใช้วิธีการเชื่อมโลหะไฟฟ้าและพ่นสีกันสนิม

ขนาดเหล็กที่ใช้ทำโครงสร้างดังนี้

ยาว	250	เซนติเมตร	จำนวน	4	ท่อน
ยาว	200	เซนติเมตร	จำนวน	1	ท่อน
ยาว	160	เซนติเมตร	จำนวน	3	ท่อน
ยาว	100	เซนติเมตร	จำนวน	2	ท่อน
ยาว	95	เซนติเมตร	จำนวน	6	ท่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยาว	80	เซนติเมตร	จำนวน	8	ท่อน
ยาว	32.5	เซนติเมตร	จำนวน	3	ท่อน
ยาว	15	เซนติเมตร	จำนวน	4	ท่อน

3.2.2 โครงสร้างท่อ ใช้ท่อพีวีซีขนาดต่าง ๆ กัน ลักษณะของแบบตามดังรูป รูปที่ 3.4 เลือกท่อพีวีซีชนิดหนาเพื่อให้สามารถรับแรงดันจากของไหลได้สูงและในการเชื่อมต่อกันของท่อได้ใช้วิธีต่าง ๆ เช่นใช้ข้อต่อและกาวที่รับแรงดันได้ ใช้ท่อความยาวขนาด ดังนี้

ท่อพีวีซี ขนาด ½ นิ้ว	ความยาว170	เซนติเมตร	จำนวน	1	ท่อน
ท่อพีวีซี ขนาด ¾ นิ้ว	ความยาว170	เซนติเมตร	จำนวน	1	ท่อน
ท่อพีวีซี ขนาด 1 นิ้ว	ความยาว 170	เซนติเมตร	จำนวน	1	ท่อน
ท่อพีวีซี ขนาด 1 นิ้ว	ความยาว 90	เซนติเมตร	จำนวน	1	ท่อน
ท่อพีวีซี ขนาด 1 นิ้ว	ความยาว 40	เซนติเมตร	จำนวน	1	ท่อน
ท่อพีวีซี ขนาด 1 นิ้ว	ความยาว 30	เซนติเมตร	จำนวน	4	ท่อน
ท่อพีวีซี ขนาด 1 นิ้ว	ความยาว 27	เซนติเมตร	จำนวน	1	ท่อน
ท่อพีวีซี ขนาด 1 นิ้ว	ความยาว 25	เซนติเมตร	จำนวน	1	ท่อน
ท่อพีวีซี ขนาด 1 นิ้ว	ความยาว 20	เซนติเมตร	จำนวน	3	ท่อน
ท่อพีวีซี ขนาด 1 นิ้ว	ความยาว 15	เซนติเมตร	จำนวน	1	ท่อน
ท่อพีวีซี ขนาด 2 นิ้ว	ความยาว 60	เซนติเมตร	จำนวน	1	ท่อน
ท่อพีวีซี ขนาด 2 นิ้ว	ความยาว 15	เซนติเมตร	จำนวน	1	ท่อน
รวมความยาวของท่อพีวีซี ขนาด 2 นิ้ว ทั้งหมด		75	เซนติเมตร		
ความยาวท่อเส้นละ	4	เมตร	จำนวน	1	เส้น
รวมความยาวของท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว ทั้งหมด		547	เซนติเมตร		
ความยาวท่อเส้นละ	4	เมตร	จำนวน	2	เส้น
รวมความยาวของท่อพีวีซีขนาด ½ นิ้ว ทั้งหมด		170	เซนติเมตร		
ความยาวท่อเส้นละ	4	เมตร	จำนวน	1	เส้น
รวมความยาวของท่อพีวีซีขนาด ¾ นิ้ว ทั้งหมด		170	เซนติเมตร		
ความยาวท่อเส้นละ	4	เมตร	จำนวน	1	เส้น

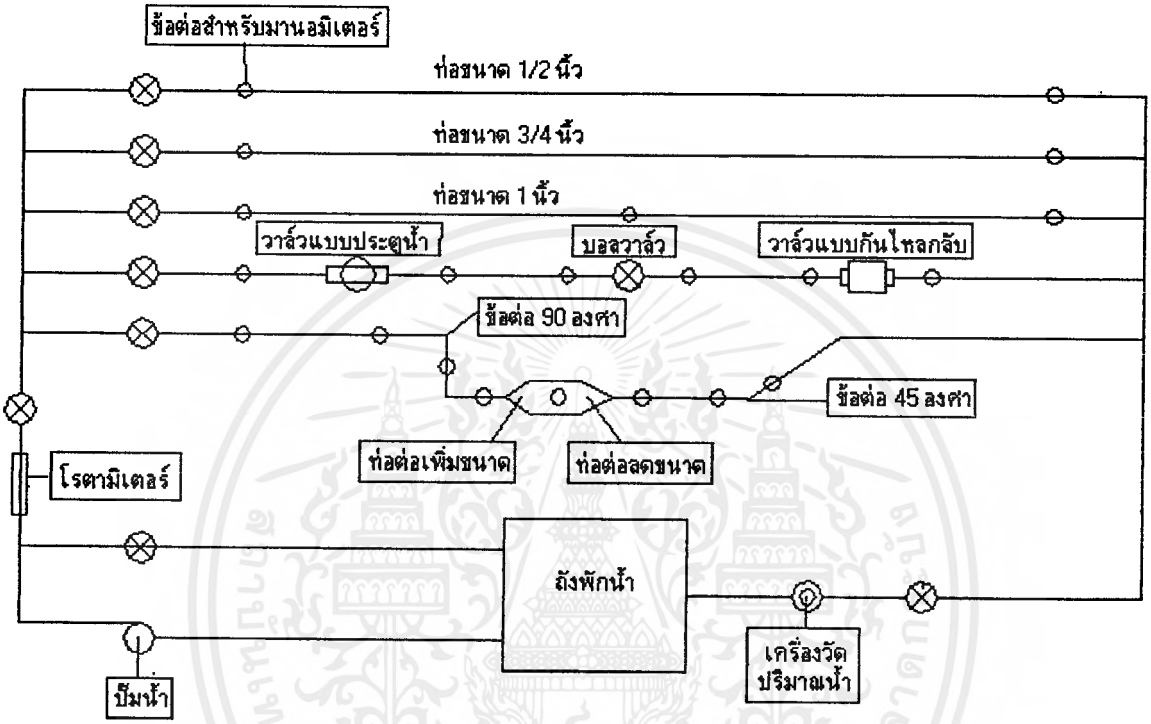
3.2.3 ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการสร้างชุดอุปกรณ์การทดลอง

ปั๊มน้ำ 2 แรงม้า	1	ตัว	ราคา	6000	บาท	รวมราคา 6,000 บาท
ถังพักน้ำ	1	ใบ	ราคา	1200	บาท	รวมราคา 1,200 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

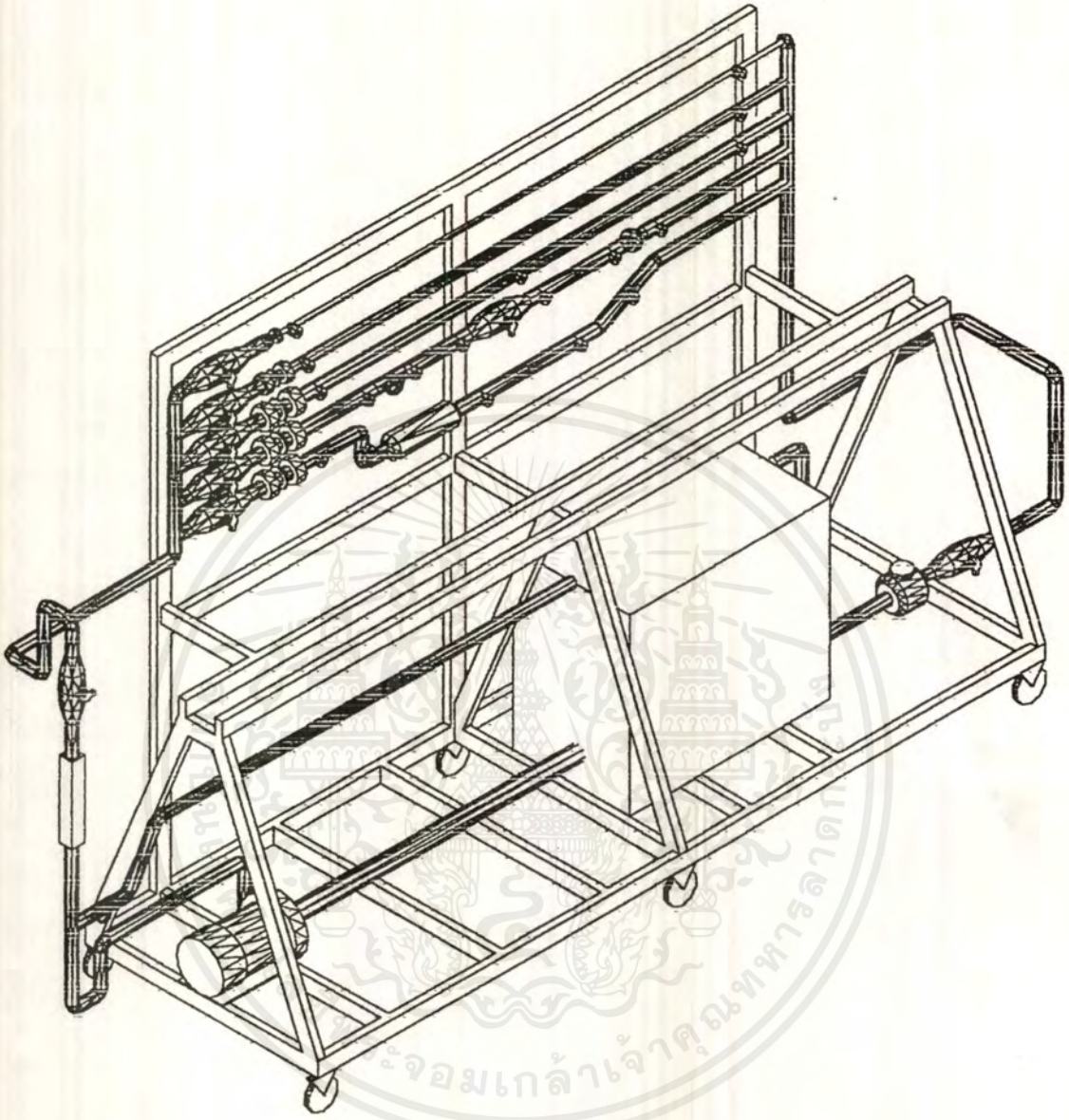
บอลวาล์ว	7	ตัว	ราคา	170	บาท	รวมราคา	1,190	บาท
วาล์วแบบประตูน้ำ	3	ตัว	ราคา	500	บาท	รวมราคา	1,500	บาท
วาล์วแบบกันไหลกลับ	1	ตัว	ราคา	450	บาท	รวมราคา	450	บาท
โรตามิเตอร์	1	ตัว	ราคา	6700	บาท	รวมราคา	6,700	บาท
มิเตอร์วัดปริมาณน้ำ	1	ตัว	ราคา	700	บาท	รวมราคา	700	บาท
ท่อพีวีซี 1 นิ้ว 2 เส้น	ราคาเส้นละ 100 บาท					รวมราคา	200	บาท
ท่อพีวีซี 4 หุน 1 เส้น	ราคาเส้นละ 50 บาท					รวมราคา	50	บาท
ท่อพีวีซี 6 หุน 1 เส้น	ราคาเส้นละ 60 บาท					รวมราคา	60	บาท
ท่อพีวีซี 8 หุน 1 เส้น	ราคาเส้นละ 150 บาท					รวมราคา	150	บาท
ข้อต่อสำหรับที่วัดความดัน	20	ตัว	ตัวละ	400	บาท	รวมราคา	8,000	บาท
ยูเนียน	5	ตัว	ตัวละ	120	บาท	รวมราคา	600	บาท
เหล็ก กล่อง 2.5*5 cm	6	เส้น	ราคาเส้นละ	180	บาท	รวมราคาเส้นละ	1,080	บาท
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการสร้างอุปกรณ์การทดลอง							27,780	บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



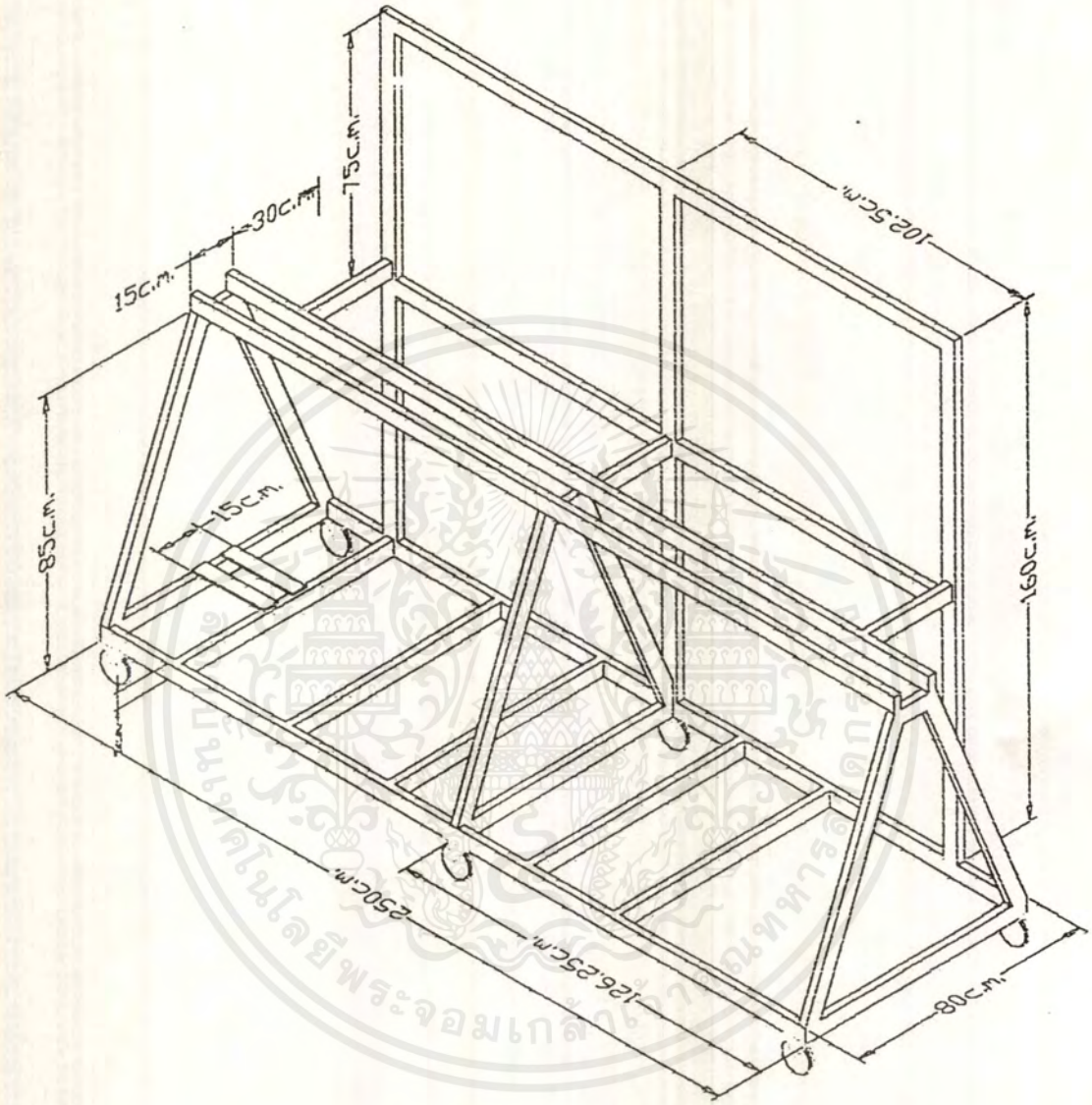
รูปที่ 3.1 ตำแหน่งของท่อและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในชุดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



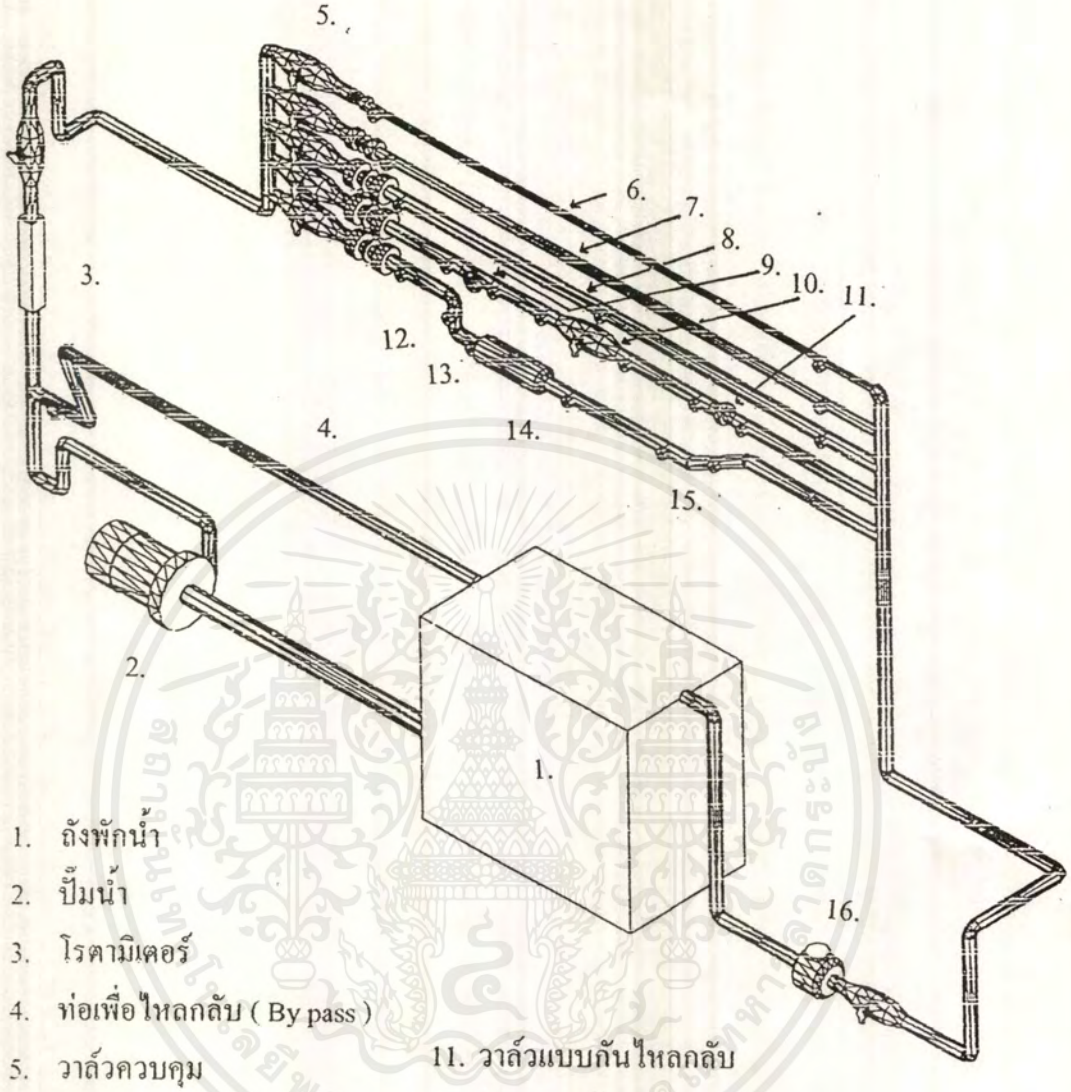
รูปที่ 3.2 ส่วนต่าง ๆ ของชุดอุปกรณ์การทดลองที่ครบสมบูรณ์แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 โครงสร้างเหล็กของชุดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

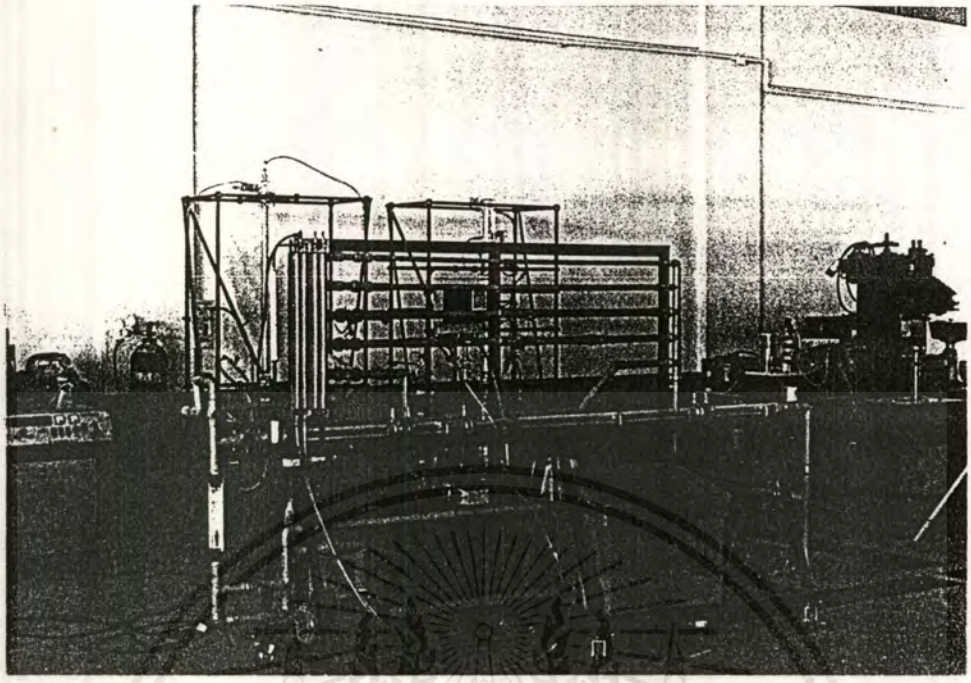


1. ถังพักน้ำ
2. ปั๊มน้ำ
3. โรตามิเตอร์
4. ท่อเพื่อไหลกลับ (By pass)
5. วาล์วควบคุม
6. ท่อพีวีซีขนาด 4 หุน
7. ท่อพีวิซีขนาด 6 หุน
8. ท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว
9. วาล์วแบบประตูน้ำ
10. บอลวาล์ว
11. วาล์วแบบกันไหลกลับ
12. ข้องอ 90 องศา
13. ข้อเพิ่ม
14. ข้อลด
15. ข้อข้องอ 45 องศา
16. มาตรวัดปริมาตรน้ำ

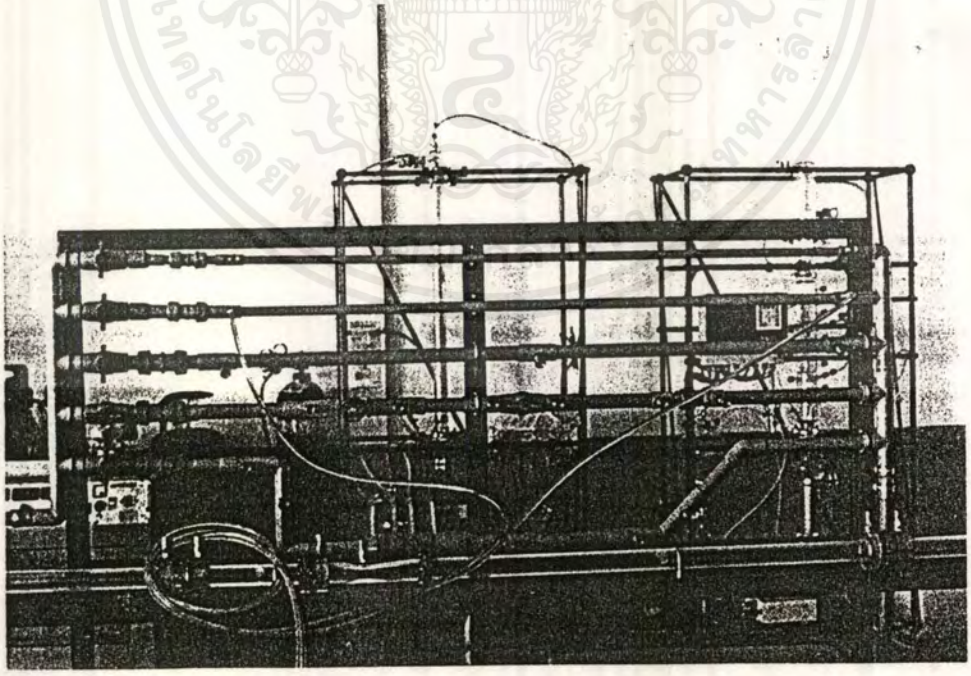
รูปที่ 3.4 ชุดทดลองที่ประกอบด้วยกันไม่รวมโครงสร้างเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

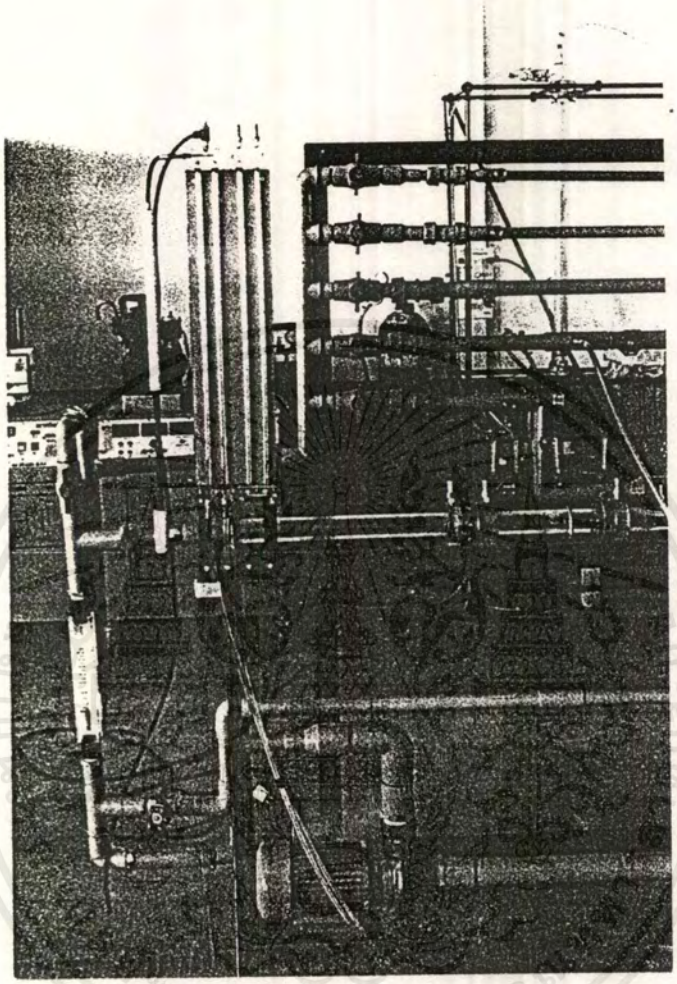


รูปที่ 3.5 ชุดทดลองที่สร้างเสร็จสมบูรณ์แล้ว



รูปที่ 3.6 ลักษณะการจัดวางท่อของชุดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
36727



รูปที่ 3.7 มานอมิเตอร์ที่ติดตั้งในชุดทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองเพื่อหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การเสียดทาน (f) กับค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ (Re) และหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิ์การสูญเสีย (K) กับค่ากับค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ (Re)

การหาค่าสัมประสิทธิ์การเสียดทานจะทำการทดลองในท่อที่มีขนาดต่าง ๆ กันคือ ท่อพีวีซีขนาด ½ นิ้ว, ท่อพีวีซีขนาด ¾ นิ้ว, ท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว

การหาค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียทำการทดลองในอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. การหาค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียในข้อต่อต่าง ๆ ดังนี้ ข้องอ 90 องศา, ข้องอ 45 องศา, ข้อต่อเพิ่มขนาด, ข้อต่อลดขนาด
2. การหาค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียในวาล์วต่าง ๆ ดังนี้ วาล์วแบบประตูน้ำ, บอลวาล์ว, วาล์วแบบกันไหลกลับ

4.1 อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดอุปกรณ์การหาสูญเสียแรงดันในท่อปิด ดังรูปที่ 3.1 ประกอบด้วย ปั๊มน้ำ, อุปกรณ์วัดอัตราการไหล, ท่อน้ำ, วาล์วและข้องอแบบต่าง ๆ , มานอมิเตอร์ (manometer)
2. นาฬิกาจับเวลา
3. อุปกรณ์วัดความยาว เช่น ไม้บรรทัด, ตลับเมตร

4.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. บรรจุน้ำใส่ถังเก็บน้ำให้เต็ม
2. เลือกอุปกรณ์ที่ต้องการทดสอบ เปิดวาล์วให้น้ำสามารถเข้าสู่อุปกรณ์ที่ต้องการทดสอบเพียงอุปกรณ์เดียว โดยทำการปิดวาล์วตัวอื่นที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ที่ทดสอบตัวอื่น
3. ตรวจสอบวาล์วที่ควบคุมท่อเพื่อไหลย้อนกลับ (By pass) ให้ เปิดอยู่เสมอ
4. นำชุดอุปกรณ์มานอมิเตอร์มาต่อคร่อมกับอุปกรณ์ที่ต้องการทดสอบ
5. เปิดสวิทซ์ให้ปั๊มน้ำทำงาน
6. ปรับอัตราการไหลของน้ำโดยเริ่มต้นให้อัตราไหลต่ำ ๆ โดยใช้ วาล์ว เป็นตัวควบคุมอัตราการไหล และดูอัตราการไหลที่โรตามิเตอร์
7. วัดระยะความแตกต่างของ h_f ที่มานอมิเตอร์แล้วบันทึกผลการทดลองลงในตาราง
8. หาปริมาตรน้ำที่ไหลผ่านในท่อ ใน 1 นาที โดยการจับเวลาที่ มาตรวัด Q ใน 1 นาที แล้วทำการบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ปรับอัตราการไหลของน้ำให้มีค่าสูงขึ้นตามลำดับ โดยทำในลักษณะเดียวกับข้อ 6, 7

4.3 การคำนวณ

ค่าเรย์โนลด์นำเบอร์ $Re = vd\rho/\mu$

เมื่อ ρ คือความหนาแน่นของของไหล, (kg/m^3)

V คือความเร็วในการไหล, (m/s)

D คือเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ, (m)

μ คือความหนืดสัมบูรณ์ของของไหล, ($N*s/m^2$)

ค่าสัมประสิทธิ์การเสียดทาน $h_f = f(L/D)(V^2/2g)$

เมื่อ h_f = พลังงานที่สูญเสีย, m ของเหลว

f = สัมประสิทธิ์การเสียดทาน

L/D = อัตราส่วนระหว่างความยาวต่อเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ

V = ความเร็วเฉลี่ยของของไหลในท่อ, m/s

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก = 9.81 m/s^2

ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย $K = \Delta h_f 2g/v^2$

เมื่อ K = สัมประสิทธิ์การสูญเสีย

Δh_f = ค่าความแตกต่างของพลังงาน, mของเหลว

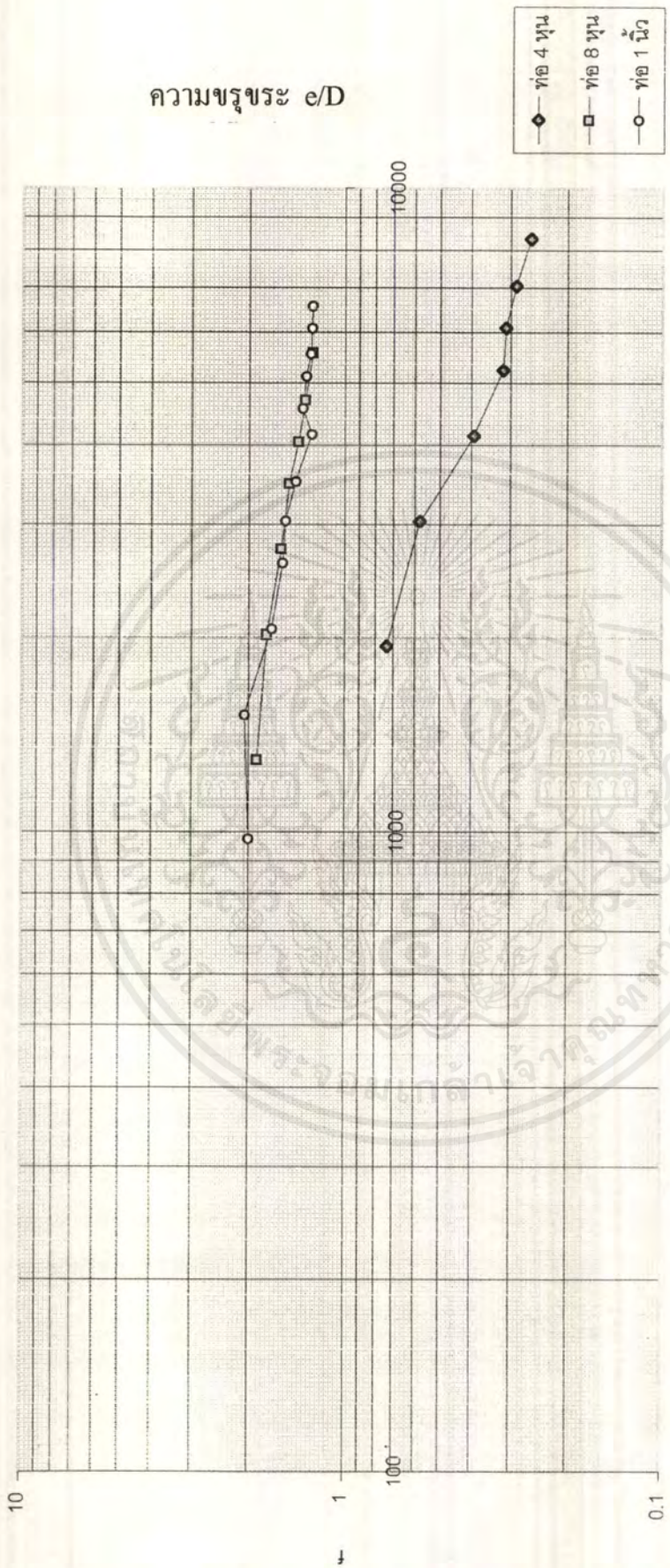
4.4 ผลการทดลอง

จากการผลทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การเสียดทานและการหาค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียสามารถนำมาเขียนเป็นกราฟความสัมพันธ์ได้โดย

ก. ข้อมูลสำหรับค่าสัมประสิทธิ์การเสียดทานในท่อขนาดต่าง ๆ นำมาเขียนในกราฟ log–log ซึ่งเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การเสียดทาน (K) กับค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ (Re) ดังรูปที่ 4.1

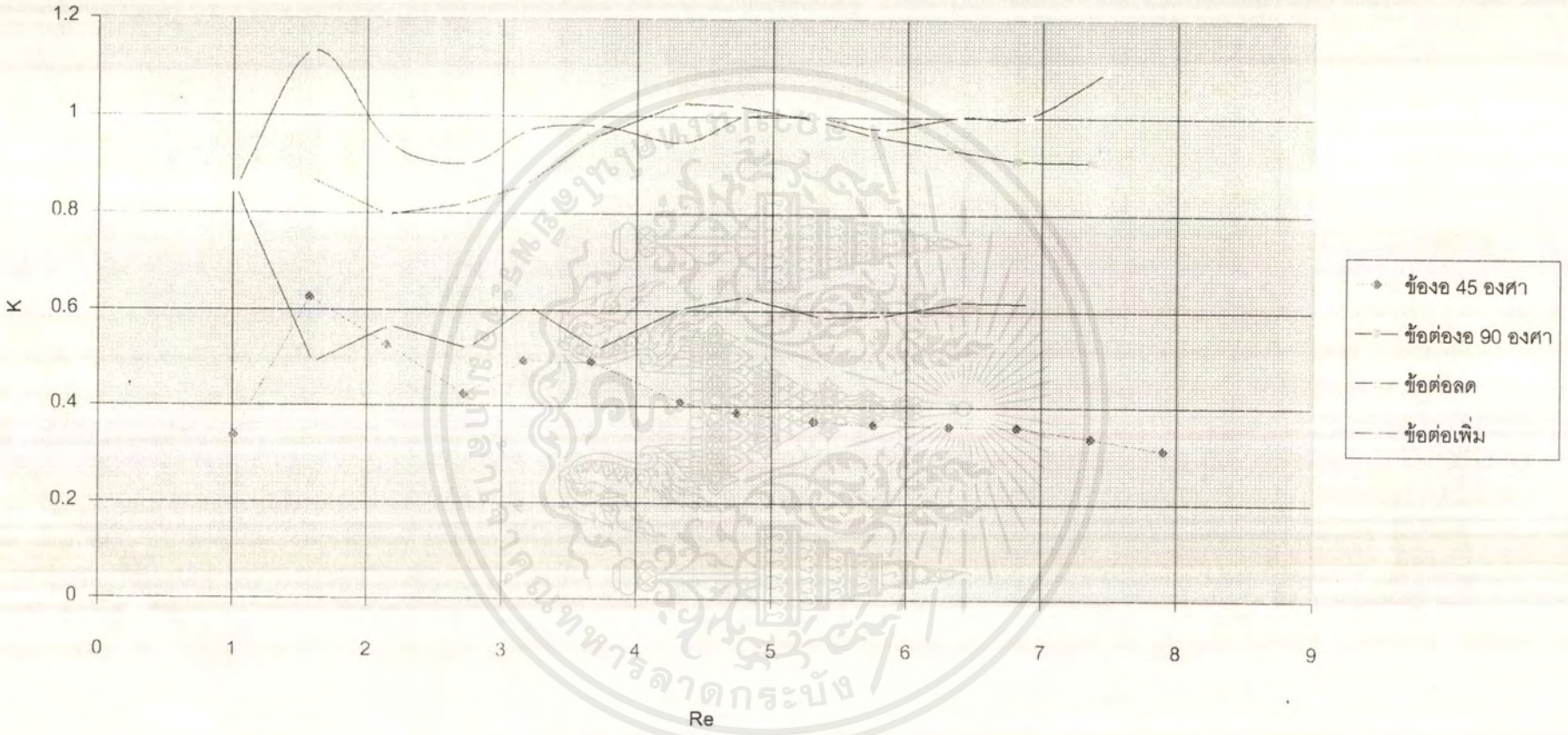
ข. ข้อมูลสำหรับค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียในข้อต่อและในวาล์วต่าง ๆ นั้น นำมาเขียนลงในกราฟ X-Y ซึ่งเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย (K) กับค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ (Re) ดังรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

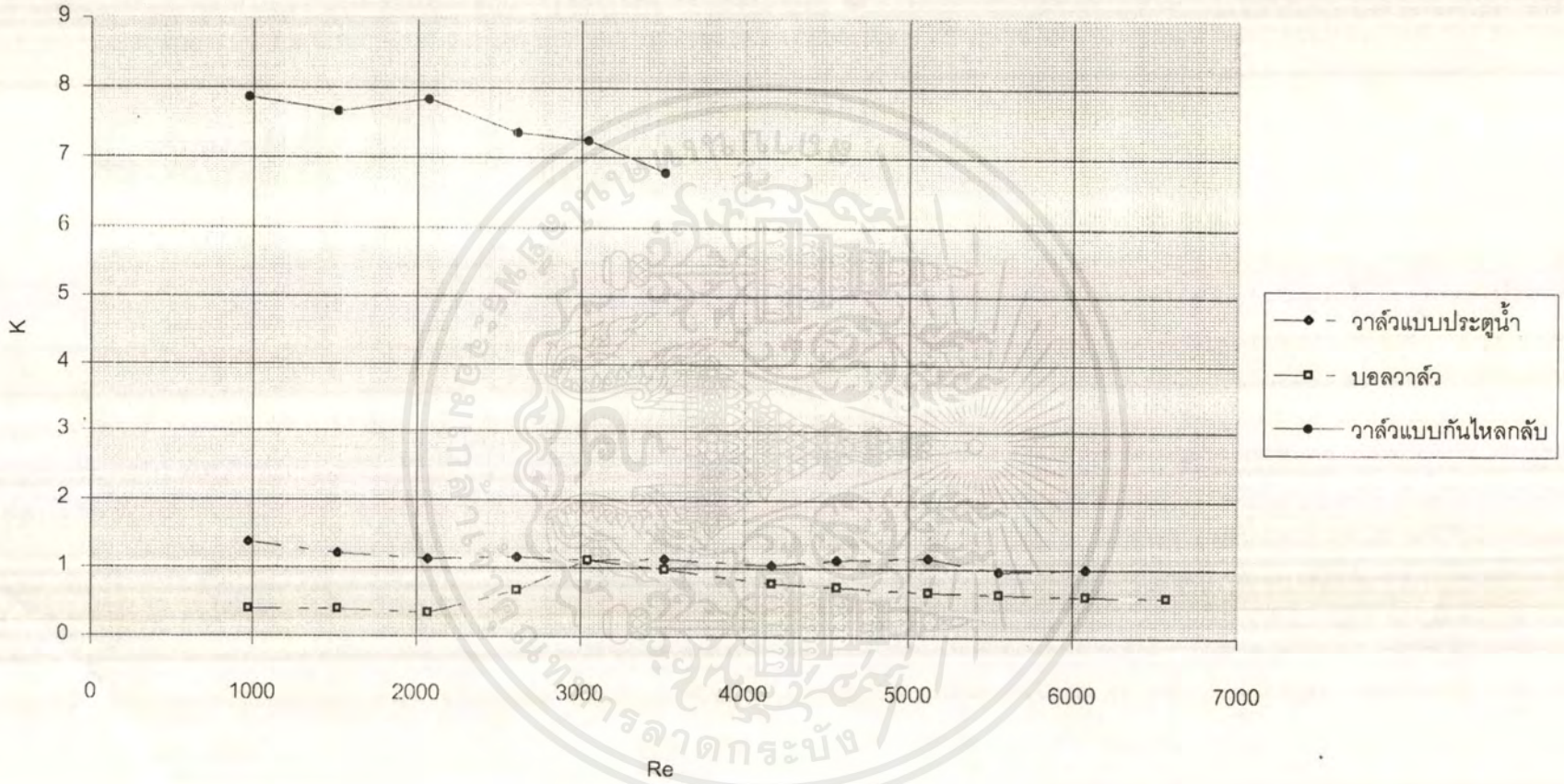


รูปที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า f กับค่า Re ของท่อขนาดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า K กับ Re ของข้อต่อต่าง ๆ



รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า K กับค่า Re ของ วาล์วแบบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ความสัมพันธ์ค่า f และค่า Re ของท่อขนาดต่าง ๆ

ในท่อขนาด ½ นิ้ว เมื่อ ค่า Re มีค่าเพิ่มขึ้น ค่า f จะมีแนวโน้มลดลง

ในท่อขนาด ¾ นิ้ว เมื่อ ค่า Re มีค่าเพิ่มขึ้น ค่า f จะมีแนวโน้มลดลง

ในท่อขนาด 1 นิ้ว เมื่อ ค่า Re มีค่าเพิ่มขึ้น ค่า f จะมีแนวโน้มลดลง

ท่อ 1 นิ้วจะมีค่า f สูงกว่าค่า f ของท่อที่มีขนาด ¾ นิ้ว , ½ นิ้ว เมื่อค่า Re เท่ากัน

$$f_{\text{ท่อ 1 นิ้ว}} > f_{\text{ท่อ ¾ นิ้ว}} > f_{\text{ท่อ ½ นิ้ว}}$$

เนื่องจากท่อทั้งสามขนาดนี้ทำมาจากวัสดุเดียวกันทั้งยังมีกรรมวิธีการผลิตที่เหมือนกันจึงทำให้ค่า ε นั้นมีค่าเท่ากัน ฉะนั้นค่า ε/D จึงขึ้นกับค่า D

5.1.2 ความสัมพันธ์ค่า K กับค่า Re ของข้อต่อต่าง ๆ

จากกราฟ ค่า K ของแต่ละข้อต่อคือข้องอ 45 องศา, ข้องอ 90 องศา, ข้อลด, ข้อเพิ่ม เมื่อค่า Re มีค่าเพิ่มขึ้นจะมีค่าใกล้เคียงกันดังนั้นค่า K จะไม่ขึ้นกับค่า Re ไม่ว่าค่า Re จะมีค่ามากน้อยเพียงไร โดยค่า K ของข้อต่อลดจะมีค่ามากที่สุด และ ค่า K ของข้องอ 45 องศา จะมีค่าน้อยที่สุด

$$K_{\text{ข้อต่อลด}} > K_{\text{ข้อต่อ 90 องศา}} > K_{\text{ข้อต่อเพิ่ม}} > K_{\text{ข้อต่อ 45 องศา}}$$

5.1.3 ความสัมพันธ์ค่า K กับค่า Re ของวาล์วชนิดต่าง ๆ

จากกราฟ ค่า K ของแต่ละวาล์วคือวาล์วแบบประตูน้ำ, บอลวาล์ว, วาล์วแบบกันไหลกลับ เมื่อค่า Re มีค่าเพิ่มขึ้นจะมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นค่า K จะไม่ขึ้นกับค่า Re โดยค่า K ของวาล์วแบบกันไหลกลับจะมีค่าสูงมาก ๆ และสูงกว่าค่า K ของวาล์วประตูน้ำและบอลวาล์วมาก

ซึ่งค่า K โดยเฉลี่ยของวาล์วแบบกันไหลกลับ 7.46

ค่า K โดยเฉลี่ยของวาล์วแบบประตูน้ำ 1.021

ค่า K โดยเฉลี่ยของบอลวาล์ว 6.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า

5.2.1 อุปกรณ์การทดลองมีความสามารถจำกัดเนื่องจาก

1. เมื่อความแตกต่างความดันมาก ๆ หรือ ค่า Δh มีค่าสูง เกิน 40 cm ก็ไม่สามารถทำการวัดความดันได้แล้วเนื่องจากอุปกรณ์วัดความดันมานอมิเตอร์ของชุดทดลองวัดความดันที่ต่างกันเกิน 40 cm ไม่ได้ ดังเช่น การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย (K) ของวาล์วแบบกันไหลกลับ ซึ่งสามารถทดลองได้แค่ระดับ อัตราการไหลที่ 30 ลิตรต่อนาที แต่วาล์วชนิดอื่น สามารถทำการทดลองถึงระดับอัตราการไหลที่ 70 ลิตรต่อนาที

2. อุปกรณ์การทดลองไม่สามารถให้ระดับการไหลที่สูงกว่า 75 ลิตรต่อนาที ได้เนื่องจากเมื่อที่อัตราการไหลที่สูง ๆ จะต้องเพิ่มแรงดันหรือเพิ่มขนาดของปั๊มน้ำ ซึ่งจะทำให้ระดับแรงดันของของไหลสูง ท่อพีวีซีไม่สามารถรับแรงดันที่สูง ๆ ได้

5.2.2 ข้อผิดพลาดที่เกิดจากการทดลอง

1. การวัดในอุปกรณ์มานอมิเตอร์ เมื่อทำการทดลองในอัตราการไหลที่ระดับต่ำ ๆ นั้น ค่า Δh จะมีค่า น้อยมาก ดังเช่นการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียของข้อต่อต่าง ๆ นั้นจะพบว่าการทดลองในในครั้งที่ 1 ถึง 4 นั้น กราฟจะมีการขึ้น ๆ ลง ๆ เนื่องจากการวัดค่า Δh ซึ่งมีค่าต่างกันในหน่วย มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ไม่สามารถวัดได้อย่างละเอียด จึงอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน และเมื่อการทดลองที่อัตราการไหลที่ระดับสูง ๆ ก็จะทำให้ระดับน้ำในมานอมิเตอร์ไม่นิ่ง คือขึ้น ๆ ลง ๆ ทำให้วัดลำบาก

2. อุณหภูมิ เมื่อทำการทดลองในช่วงแรก อุณหภูมิของน้ำจะอยู่ในระดับปรกติ แต่เมื่อทำการทดลองไปเรื่อย ๆ อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจาก ปั๊มน้ำเมื่อทำงานจะทำให้เกิดพลังงานความร้อนขึ้น ซึ่งน้ำจะไปรับความร้อนจากปั๊มน้ำ ทำให้มีผลต่อผลการทดลองเนื่องจาก ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์จะขึ้นกับ ความหนาแน่นของน้ำ และ ค่าความหนืด ซึ่งจะผันตาม อุณหภูมิ

5.2.2 แนวทางการแก้ไข

1. เมื่อมี ค่า Δh มีค่าสูงมาก ๆ สามารถแก้ไขโดยการเปลี่ยนของไหลในมานอมิเตอร์เป็นของไหลที่มีค่าความถ่วงจำเพาะสูง ๆ เช่น น้ำปรอทซึ่งมีค่าความถ่วงจำเพาะสูงกว่าน้ำมาก ซึ่งจะทำให้ค่า Δh ในมานอมิเตอร์มีค่าน้อยลง

2. เมื่ออุณหภูมิ มีค่าสูงกว่า อุณหภูมิที่เริ่มทำการทดลอง สามารถแก้ไขโดยการทำการทดลองเป็นช่วง ๆ โดยทำการเปลี่ยนน้ำ และพักเครื่องปั๊มน้ำ ให้มีอุณหภูมิลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. สมาน เจริญกิจพูลผล และ มนตรี พิรุณณเกษตร, "กลศาสตร์ของไหล ", ซีเอ็ด, 2535
2. วิศิษฏ์ จาตุรมาร และ ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์, "กลศาสตร์ของไหล", ซีเอ็ด, 2535
3. Robert W. Fox, and Alan T. McDonald, "Introducttion to Fluid Mechanics", Joh Wiley & Son, Inc., USA, 1979.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

แสดงตารางผลการทดลองในการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน, ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียและค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ในอุปกรณ์ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ค่าสัมประสิทธิ์การเสียดทานในท่อพีวีซีขนาดต่าง ๆ ที่ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ต่าง ๆ

ท่อที่ 1	D = 0.0127 m, L = 1.5 m					
	การทดลอง	มาตรวัด Q_{ac}, m^3/sec	Δh_f, m	$V = Q_{ac}/[(\pi/4)*d^2]$, m/sec	$Re = vd\rho/\mu$	$f = 2g.d.\Delta h_f/[V^2.L]$
	1	$1.6*10^{-4}$	0.007	1.26	$1.943*10^3$	$7.33*10^{-4}$
	2	$2.5*10^{-4}$	0.0135	1.97	$3.039*10^3$	$5.78*10^{-4}$
	3	$3.4*10^{-4}$	0.017	2.685	$4.141*10^3$	$3.92*10^{-4}$
	4	$4.3*10^{-4}$	0.022	3.395	$5.237*10^3$	$3.17*10^{-4}$
	5	$5*10^{-4}$	0.031	3.947	$6.089*10^3$	$3.31*10^{-4}$
	6	$5.8*10^{-4}$	0.0365	4.58	$7.065*10^3$	$2.89*10^{-4}$
	7	$6.85*10^{-4}$	0.0456	5.408	$8.342*10^3$	$2.59*10^{-4}$
ท่อที่ 2	D = 0.01905 m, L = 1.5 m					
	การทดลอง	มาตรวัด Q_{ac}, m^3/sec	Δh_f, m	$V = Q_{ac}/[(\pi/4)*d^2]$, m/sec	$Re = vd\rho/\mu$	$f = 2g.d.\Delta h_f/[V^2.L]$
	1	$1.6*10^{-4}$	0.0025	0.561	$1.298*10^3$	$1.98*10^{-3}$
	2	$2.5*10^{-4}$	0.0057	0.877	$2.029*10^3$	$1.85*10^{-3}$
	3	$3.4*10^{-4}$	0.0098	1.193	$2.76*10^3$	$1.72*10^{-3}$
	4	$4.3*10^{-4}$	0.0155	1.509	$3.491*10^3$	$1.7*10^{-3}$
	5	$5*10^{-4}$	0.0215	1.754	$4.059*10^3$	$1.74*10^{-3}$
	6	$5.8*10^{-4}$	0.0277	2.035	$4.709*10^3$	$1.67*10^{-3}$
	7	$6.85*10^{-4}$	0.355	2.406	$5.567*10^3$	$1.53*10^{-3}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ต้องขอขอบพระคุณผู้มีส่วนช่วยเหลือในโครงงานดังนี้

- ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาทิป รัตนภาสกร ที่ได้ให้คำปรึกษา, คำแนะนำต่าง และการยืดระยะเวลาในการทำโครงงาน
- อาจารย์สรรวริศ อุ่ยวัฒนา ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำในการออกแบบ
- คุณเกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง ที่ได้ให้ปรึกษา, คำแนะนำ, ความช่วยเหลือในการสร้างชุดอุปกรณ์การทดลอง, และในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการทำงาน
- เพื่อนอ้อ ที่ได้ให้คำแนะนำในงานเอกสาร
- เพื่อนเอก ที่ได้ช่วยเหลือในงานเอกสาร
- น้องตาล ที่ได้ให้กำลังใจเสมอมา
- ฝ่ายทะเบียน ที่ได้ ยืดระยะเวลาให้สามารถทำโครงงานสำเร็จ

รวมทั้งบุคคลอื่นที่ไม่ได้กล่าวมา ณ ที่นี้ ซึ่งได้ให้คำแนะนำ ปรึกษาและช่วยเหลือในการทำชิ้นงานนี้ให้เสร็จลงได้ ผู้จัดทำขอขอบคุณไว้ ณ โอกาส นี้ด้วย

วันที่ 25 พฤษภาคม 2543

นายเอกชัย พันธุ์สถิตย์วงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ต่อ

ข้องอ 45°	D = 0.0254 m					
	การทดลอง	มาตรวัด Q_{ac}, m^3/sec	Δh_f, m	$V = Q_{ac}/[(\pi/4)*d^2]$, m/sec	$Re = vd\rho/\mu$	$K = \Delta h_f 2g/v^2$
	4	$4.3*10^{-4}$	0.018	0.912	$2.748*10^3$	0.424
	5	$5*10^{-4}$	0.021	1.061	$3.195*10^3$	0.494
	6	$5.8*10^{-4}$	0.038	1.230	$3.706*10^3$	0.492
	7	$6.85*10^{-4}$	0.044	1.453	$4.337*10^3$	0.408
	8	$7.5*10^{-4}$	0.05	1.591	$4.793*10^3$	0.387
	9	$8.4*10^{-4}$	0.06	1.782	$5.368*10^3$	0.370
	10	$9.1*10^{-4}$	0.069	1.930	$5.814*10^3$	0.363
	11	$1*10^{-3}$	0.083	2.121	$6.390*10^3$	0.361
	12	$1.08*10^{-3}$	0.096	2.291	$6.902*10^3$	0.358
	13	$1.166*10^{-3}$	0.105	2.482	$7.477*10^3$	0.336
	14	$1.25*10^{-3}$	0.112	2.654	$7.898*10^3$	0.312
ข้องอ 90°	D = 0.0254 m					
	การทดลอง	มาตรวัด Q_{ac}, m^3/sec	Δh_f, m	$V = Q_{ac}/[(\pi/4)*d^2]$, m/sec	$Re = vd\rho/\mu$	$K = \Delta h_f 2g/v^2$
	1	$2.5*10^{-4}$	0.014	0.316	$0.975*10^3$	0.869
	2	$3.4*10^{-4}$	0.02	0.493	$1.521*10^3$	0.796
	3	$4.3*10^{-4}$	0.028	0.671	$2.07*10^3$	0.819
	4	$5*10^{-4}$	0.037	0.848	$2.616*10^3$	0.856
	5	$5.8*10^{-4}$	0.048	0.987	$3.045*10^3$	0.954
	6	$6.85*10^{-4}$	0.060	1.14	$3.517*10^3$	1.026
	7	$7.5*10^{-4}$	0.095	1.351	$4.168*10^3$	1.021
	8	$8.4*10^{-4}$	0.111	1.48	$4.566*10^3$	0.994
	9	$9.1*10^{-4}$	0.135	1.66	$5.12*10^3$	0.961

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ต่อ

ข้องอ 90°	D = 0.0254 m					
	การทดลอง	มาตรวัด Q_{ac}, m^3/sec	Δh_f, m	$V = Q_{ac}/[(\pi/4)*d^2]$, m/sec	$Re = vd\rho/\mu$	$K = \Delta h_f 2g/v^2$
	10	$1*10^{-3}$	0.154	1.80	$5.55*10^3$	0.933
	11	$1.08*10^{-3}$	0.18	1.97	$6.078*10^3$	0.910
	12	$1.17*10^{-3}$	0.21	2.13	$6.57*10^3$	0.908
ข้อต่อลด	D = 0.0254 m					
	การทดลอง	มาตรวัด Q_{ac}, m^3/sec	Δh_f, m	$V = Q_{ac}/[(\pi/4)*d^2]$, m/sec	$Re = vd\rho/\mu$	$K = \Delta h_f 2g/v^2$
	1	$1.6*10^{-4}$	0.005	0.316	$1.022*10^3$	0.85
	2	$2.5*10^{-4}$	0.014	0.493	$1.598*10^3$	1.130
	3	$3.4*10^{-4}$	0.025	0.671	$2.173*10^3$	0.94
	4	$4.3*10^{-4}$	0.039	0.848	$2.748*10^3$	0.902
	5	$5*10^{-4}$	0.056	0.987	$3.195*10^3$	0.97
	6	$5.8*10^{-4}$	0.076	1.14	$3.706*10^3$	0.98
	7	$6.85*10^{-4}$	0.088	1.351	$4.337*10^3$	0.946
	8	$7.5*10^{-4}$	0.112	1.48	$4.793*10^3$	1.00
	9	$8.4*10^{-4}$	0.14	1.66	$5.368*10^3$	0.997
	10	$9.1*10^{-4}$	0.161	1.80	$5.814*10^3$	0.975
	11	$1*10^{-3}$	0.198	1.97	$6.390*10^3$	1.001
	12	$1.08*10^{-3}$	0.232	2.13	$6.902*10^3$	1.003
	13	$1.17*10^{-3}$	0.266	2.25	$7.477*10^3$	1.095

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ต่อ

ข้อต่อเพิ่ม	D = 0.0508 m					
	การทดลอง	มาตรวัด Q_{ac}, m^3/sec	Δh_f, m	$V = Q_{ac}/[(\pi/4)*d^2]$, m/sec	$Re = vd\rho/\mu$	$K = \Delta h_f 2g/v^2$
	1	$1.6*10^{-4}$	-0.005	0.339	$1.022*10^3$	0.854
	2	$2.5*10^{-4}$	-0.007	0.530	$1.598*10^3$	0.489
	3	$3.4*10^{-4}$	-0.015	0.721	$2.173*10^3$	0.566
	4	$4.3*10^{-4}$	-0.022	0.912	$2.748*10^3$	0.519
	5	$5*10^{-4}$	-0.035	1.061	$3.195*10^3$	0.610
	6	$5.8*10^{-4}$	-0.04	1.230	$3.706*10^3$	0.518
	7	$6.85*10^{-4}$	-0.065	1.453	$4.337*10^3$	0.604
	8	$7.5*10^{-4}$	-0.081	1.591	$4.793*10^3$	0.628
	9	$8.4*10^{-4}$	-0.095	1.782	$5.368*10^3$	0.587
	10	$9.1*10^{-4}$	-0.112	1.930	$5.814*10^3$	0.590
	11	$1*10^{-3}$	-0.142	2.121	$6.390*10^3$	0.619
	12	$1.08*10^{-3}$	-0.165	2.291	$6.902*10^3$	0.617

ตารางที่ ก. 3 ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย (K) ของน้ำที่ไหลผ่านวาล์วแบบต่าง ๆ ที่ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ต่าง ๆ

วาล์วแบบประตูน้ำ	D = 0.0254 m					
	การทดลอง	มาตรวัด Q_{ac}, m^3/sec	Δh_f, m	$V = Q_{ac}/[(\pi/4)*d^2]$, m/sec	$Re = vd\rho/\mu$	$K = \Delta h_f 2g/v^2$
	1	$1.6*10^{-4}$	0.007	0.316	$0.975*10^3$	1.37
	2	$2.5*10^{-4}$	0.015	0.493	$1.521*10^3$	1.21
	3	$3.4*10^{-4}$	0.026	0.671	$2.07*10^3$	1.13
	4	$4.3*10^{-4}$	0.042	0.848	$2.616*10^3$	1.15
	5	$5*10^{-4}$	0.055	0.987	$3.045*10^3$	1.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ต่อ

วาล์วแบบประตูน้ำ	D = 0.0254 m					
	การทดลอง	มาตรวัด Q_{ac}, m^3/sec	Δh_f, m	$V = Q_{ac}/[(\pi/4)*d^2]$, m/sec	$Re = vd\rho/\mu$	$K = \Delta h_f 2g/v^2$
	6	$5.8*10^{-4}$	0.075	1.14	$3.517*10^3$	1.13
	7	$6.85*10^{-4}$	0.097	1.351	$4.168*10^3$	1.04
	8	$7.5*10^{-4}$	0.125	1.48	$4.566*10^3$	1.12
	9	$8.4*10^{-4}$	0.162	1.66	$5.12*10^3$	1.15
	10	$9.1*10^{-4}$	0.19	1.80	$5.55*10^3$	0.961
	11	$1*10^{-3}$	0.23	1.97	$6.078*10^3$	0.996
บอลวาล์ว	D = 0.0254 m					
	การทดลอง	มาตรวัด Q_{ac}, m^3/sec	Δh_f, m	$V = Q_{ac}/[(\pi/4)*d^2]$, m/sec	$Re = vd\rho/\mu$	$K = \Delta h_f 2g/v^2$
	1	$1.6*10^{-4}$	0.002	0.316	$0.975*10^3$	0.40
	2	$2.5*10^{-4}$	0.005	0.493	$1.521*10^3$	0.40
	3	$3.4*10^{-4}$	0.008	0.671	$2.07*10^3$	0.35
	4	$4.3*10^{-4}$	0.025	0.848	$2.616*10^3$	0.68
	5	$5*10^{-4}$	0.055	0.987	$3.045*10^3$	1.11
	6	$5.8*10^{-4}$	0.065	1.14	$3.517*10^3$	0.98
	7	$6.85*10^{-4}$	0.073	1.351	$4.168*10^3$	0.78
	8	$7.5*10^{-4}$	0.082	1.48	$4.566*10^3$	0.73
	9	$8.4*10^{-4}$	0.092	1.66	$5.12*10^3$	0.66
	10	$9.1*10^{-4}$	0.105	1.80	$5.55*10^3$	0.636
	11	$1*10^{-3}$	0.121	1.97	$6.078*10^3$	0.61
	12	$1.08*10^{-3}$	0.135	2.13	$6.57*10^3$	0.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ต่อ

วาล์วแบบกันไหลกลับ	D = 0.0054 m					
	การทดลอง	มาตรวัด Q_{ac}, m^3/sec	Δh_f, m	$V = Q_{ac}/[(\pi/4)*d^2]$, m/sec	$Re = vd\rho/\mu$	$K = \Delta h_f 2g/v^2$
	1	$1.6*10^{-4}$	0.04	0.316	$0.975*10^3$	7.86
	2	$2.5*10^{-4}$	0.905	0.493	$1.521*10^3$	7.66
	3	$3.4*10^{-4}$	0.18	0.671	$2.07*10^3$	7.84
	4	$4.3*10^{-4}$	0.27	0.848	$2.616*10^3$	7.36
	5	$5*10^{-4}$	0.36	0.987	$3.045*10^3$	7.25
	6	$5.8*10^{-4}$	0.45	1.14	$3.517*10^3$	6.79

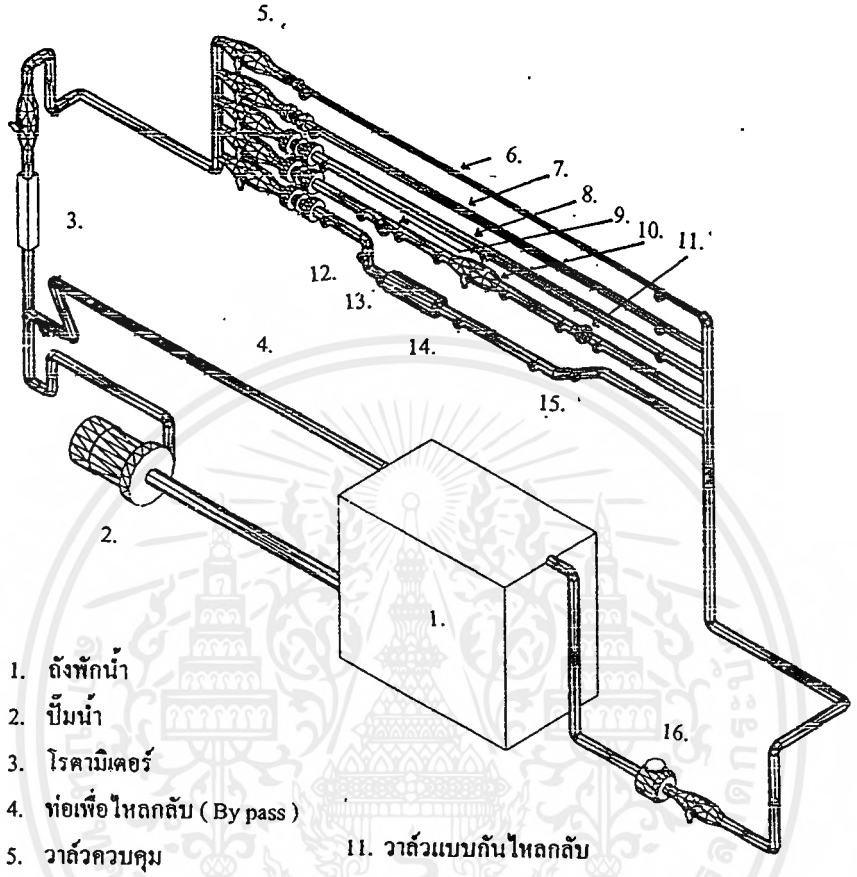
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

คู่มือการใช้อุปกรณ์การทดลองและตัวอย่างการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้อุปกรณ์การทดลอง



1. ถังพักน้ำ
2. ปั๊มน้ำ
3. โรตามิเตอร์
4. ท่อเพื่อไหลกลับ (By pass)
5. วาล์วควบคุม
6. ท่อพีวีซีขนาด 4 หุน
7. ท่อพีวีซีขนาด 6 หุน
8. ท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว
9. วาล์วแบบประตูน้ำ
10. บอลวาล์ว
11. วาล์วแบบกันไหลกลับ
12. ข้องอ 90 องศา
13. ข้อเพิ่ม
14. ข้อลด
15. ข้อข้องอ 45 องศา
16. มาตรวัดปริมาตรน้ำ

รูปที่ 3.4 ชุดทดลองที่ประกอบด้วยกันไม่รวมโครงสร้างเหล็ก

1. ถังพักน้ำ ใช้สำหรับเป็นที่พักน้ำของระบบ
2. ปั๊มน้ำ เป็นเครื่องกำเนิดแรงดันทำให้ของไหลสามารถไหนในระบบได้
3. โรตามิเตอร์ ใช้สำหรับประมาณวัดปริมาตรของของไหลที่ไหลในท่อ , ลิตร/นาที
4. ท่อเพื่อไหลกลับ ท่อที่ใช้สำหรับป้องกันความดันของชุดทดลองมีค่าสูงเกินไป
5. วาล์วควบคุม อุปกรณ์สำหรับเปิดปิดทางไหลของของไหลในท่อ
6. ท่อพีวีซีขนาด ½ นิ้ว อุปกรณ์การทดลองสำหรับการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียด ทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ท่อพีวีซีขนาด ¾ นิ้ว อุปกรณ์การทดลองสำหรับการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน
8. ท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว อุปกรณ์การทดลองสำหรับการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน
9. วาล์วแบบประตูน้ำ อุปกรณ์การทดลองสำหรับการหาค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย
10. บอลวาล์ว อุปกรณ์การทดลองสำหรับการหาค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย
11. วาล์วแบบกันไหลกลับ อุปกรณ์การทดลองสำหรับการหาค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย
12. ข้องอ 90 ° อุปกรณ์การทดลองสำหรับการหาค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย
13. ข้อขยาย อุปกรณ์การทดลองสำหรับการหาค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย
14. ข้อลด อุปกรณ์การทดลองสำหรับการหาค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย
15. ข้องอ 45 ° อุปกรณ์การทดลองสำหรับการหาค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย
16. อุปกรณ์วัดมาตรน้ำ อุปกรณ์สำหรับวัดปริมาตรน้ำที่ไหลในท่อ, ลูกบาศก์เมตร

ตัวอย่างการทดลอง

อุปกรณ์ที่ต้องการทำการทดลอง คือ ท่อพีวีซี ขนาด ½ นิ้ว และของไหลที่ใช้ คือ น้ำ

ขั้นตอนการทดลอง

1. บรรจุน้ำใส่ถังเก็บน้ำให้เต็ม
2. เปิดวาล์วให้น้ำสามารถเข้าสู่อุปกรณ์ที่ต้องการทดสอบเพียงอุปกรณ์เดียวคือท่อขนาด ½ นิ้ว โดยทำการปิดวาล์วตัวอื่นที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ที่ทดสอบตัวอื่น
3. ตรวจสอบวาล์วที่ควบคุมท่อเพื่อไหลย้อนกลับ (By pass) ให้ เปิดอยู่เสมอ
4. นำชุดอุปกรณ์มานอมิเตอร์มาต่อคร่อมกับอุปกรณ์ที่ต้องการทดสอบ
5. เปิดสวิทซ์ให้ปั๊มน้ำทำงาน
6. ปรับอัตราการไหลของน้ำโดยเริ่มต้นให้อัตราไหลต่ำ ๆ เริ่มที่ 15 ลิตรต่อนาที โดยใช้ วาล์ว เป็นตัวควบคุมอัตราการไหล และดูอัตราการไหลที่โรตามิเตอร์
7. วัดระยะความแตกต่างของ h_f ที่มานอมิเตอร์แล้วบันทึกผลการทดลอง
8. หาปริมาตรน้ำที่ไหลผ่านในท่อ ใน 1 นาที โดยการจับเวลาที่ มาตรวัด Q ใน 1 นาที แล้วทำการบันทึกผล
9. ปรับอัตราการไหลของน้ำให้มีค่าสูงขึ้นตามลำดับ โดยทำในลักษณะเดียวกับข้อ 6, 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองเมื่อมีเวลาจำกัดใน 1 ชม

การทดลองสำหรับหาความดันสูญเสียนั้นมีอุปกรณ์ที่ต้องการทดสอบหลายอุปกรณ์ ซึ่งในแต่ละอุปกรณ์ต้องใช้เวลา ถึง 15-20 นาที แต่ในขณะที่ผู้ทำการทดลองมีเวลาไม่มากจึงแนะนำให้ทำการทดลองไม่กี่อุปกรณ์ และเลือกอัตราการไหลที่ไม่ละเอียดมากนัก แต่ก็สามารถที่จะศึกษาลักษณะการไหลของของไหลได้และสามารถเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความเสียดทานและสัมประสิทธิ์การสูญเสีย

1. การทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

เลือกอุปกรณ์ที่ใช้ทำการทดลองคือ 1. ท่อขนาด 1 นิ้ว 2. ท่อขนาด ½ นิ้ว

สำหรับท่อขนาด 1 นิ้ว ให้อัตราการไหลของของไหลเริ่มต้นที่ 10, 20, 30, 40 ตามลำดับ

สำหรับท่อขนาด ½ นิ้ว ให้อัตราการไหลของของไหลเริ่มต้นที่ 20, 30, 40, 50 ตามลำดับ

2. การทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียของข้อต่อแบบต่าง ๆ

เลือกอุปกรณ์ที่ใช้ทำการทดลอง คือ 1. ข้องอ 90 องศา 2. ข้องอ 45 องศา

สำหรับข้องอ 90 องศา ให้อัตราการไหลของของไหลเริ่มต้นที่ 10, 20, 30, 40 ตามลำดับ

สำหรับข้องอ 45 องศา ให้อัตราการไหลของของไหลเริ่มต้นที่ 20, 30, 40, 50 ตามลำดับ

3. การทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียของวาล์วแบบต่าง ๆ

เลือกอุปกรณ์ที่ใช้ทำการทดลอง คือ 1. วาล์วแบบประตูน้ำ 2. วาล์วแบบกันไหลกลับ

สำหรับวาล์วแบบประตูน้ำ ให้อัตราการไหลของของไหลเริ่มต้นที่ 20, 30, 40, 50 ตามลำดับ

สำหรับวาล์วแบบกันไหลกลับ ให้อัตราการไหลของของไหลเริ่มต้นที่ 10, 15, 20, 15 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ต่อ

ท่อที่ 3	D = 0.0254 m, L = 1.5 m					
	การทดลอง	มาตรวัด Q_{ac}, m^3/sec	Δh_f, m	$V = Q_{ac}/[(\pi/4)*d^2]$, m/sec	$Re = vd\rho/\mu$	$f = 2g.d.\Delta h_f/[V^2.L]$
	1	$1.6*10^{-4}$	0.006	0.316	$0.975*10^3$	$1.996*10^{-3}$
	2	$2.5*10^{-4}$	0.015	0.493	$1.521*10^3$	$2.05*10^{-3}$
	3	$3.4*10^{-4}$	0.023	0.671	$2.07*10^3$	$1.697*10^{-3}$
	4	$4.3*10^{-4}$	0.034	0.848	$2.616*10^3$	$1.571*10^{-3}$
	5	$5*10^{-4}$	0.045	0.987	$3.045*10^3$	$1.534*10^{-3}$
	6	$5.8*10^{-4}$	0.06	1.14	$3.517*10^3$	$1.530*10^{-3}$
	7	$6.85*10^{-4}$	0.07	1.351	$4.168*10^3$	$1.274*10^{-3}$
	8	$7.5*10^{-4}$	0.09	1.48	$4.566*10^3$	$1.36*10^{-3}$
	9	$8.4*10^{-4}$	0.11	1.66	$5.12*10^3$	$1.326*10^{-3}$
	10	$9.1*10^{-4}$	0.125	1.80	$5.55*10^3$	$1.281*10^{-3}$
	11	$1*10^{-3}$	0.153	1.97	$6.078*10^3$	$1.301*10^{-3}$
	12	$1.08*10^{-3}$	0.173	2.13	$6.57*10^3$	$1.267*10^{-3}$

หมายเหตุ ที่อุณหภูมิ 28 องศา น้ำมี ρ = 996 Kg/m^3, μ = $8.2*10^{-3}$Pa.S

ตารางที่ ก.2 ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสีย (K) ของน้ำที่ไหลผ่านข้อต่อชนิดต่าง ๆ ที่ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ต่าง ๆ

ข้องอ 45°	D = 0.0254 m					
	การทดลอง	มาตรวัด Q_{ac}, m^3/sec	Δh_f, m	$V = Q_{ac}/[(\pi/4)*d^2]$, m/sec	$Re = vd\rho/\mu$	$K = \Delta h_f 2g/v^2$
	1	$1.6*10^{-4}$	0.002	0.339	$1.022*10^3$	0.339
	2	$2.5*10^{-4}$	0.009	0.530	$1.598*10^3$	0.626
	3	$3.4*10^{-4}$	0.014	0.721	$2.173*10^3$	0.528

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้