



เนื้อหาการสอน

ประจำสัปดาห์ที่

11

หน้าที่

1

รหัสและชื่อวิชา : 3106-2112 ชลศาสตร์ 1

วันที่ :

เวลา :

แผนกวิชา : ช่างก่อสร้าง

ชื่อสถานศึกษา : วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา

การไหลของของไหลในท่อ

(FLOW IN CLOSED CONDUITS)

การไหลของของไหลในท่อ คือ การไหลของของไหลเต็มพื้นที่หน้าตัดของท่อ ทำให้เกิดความดันภายในท่อ ซึ่งการใช้ท่อในระบบส่งผ่านของไหล มีข้อดีดังนี้

1. การวางแนวท่อในระบบส่งหรือระบายของไหล สามารถทำได้ในเส้นทางที่ต้องการด้วยระยะทางที่สั้น
2. การไหลในท่อสามารถป้องกันการสูญเสียของไหลเนื่องจากการระเหยและการรั่วซึมได้
3. การไหลในท่อจะประหยัดพื้นที่ใช้สอยได้ เพราะสามารถวางท่อบนดิน ใต้ดิน ในแนวพื้น เสา หรือคานของโครงสร้างอาคารได้โดยไม่เปลืองพื้นที่มาก

ธรรมชาติของการไหลในท่อ

ในปี พ.ศ. 2426 ออสบอร์น เรย์โนลด์ (Osborne Reynolds) วิศวกรชาวฝรั่งเศส ได้ทดลองหารูปแบบการไหลในท่อ โดยสร้างเครื่องมือทดลองซึ่งประกอบด้วยถังน้ำขนาดใหญ่มีท่อใส A ปักเข้าไปในถังน้ำ โดยปลายท่อกว้าง B ที่ถังน้ำมีถ้วยแก้ว C สำหรับใส่สี และมีก๊อกสำหรับปิดเปิด

เมื่อเปิดก๊อกน้ำ B เล็กน้อย จะพบว่า น้ำในท่อใสจะไหลอย่างช้าๆ และแนวเส้นสีเป็นเส้นตรง ซึ่งเส้นสีที่เห็นนี้คือ เส้นแนวการไหล สภาพการไหลเช่นนี้เรียกว่าการไหลแบบราบเรียบ (laminar flow) ถ้าเปิดก๊อกน้ำ B อีกเล็กน้อย จะเห็นแนวเส้นสีเริ่มมีการกระเพื่อมและปั่นป่วนเป็นแนวเล็กน้อยเรียกลักษณะเช่นนี้ว่า การไหลแบบเปลี่ยนแปลง (transition flow) และเมื่อเปิดก๊อกน้ำ B ให้มากขึ้นอีก ทำให้อุณหภูมิของของไหลมีการเคลื่อนที่ไม่เป็นระเบียบ ดังจะเห็นได้จากแนวเส้นสีเกิดการปั่นป่วนเรียกว่า การไหลแบบปั่นป่วน (turbulent flow)

จากผลการทดลอง เรย์โนลด์ ได้แบ่งชนิดการไหลตามอัตราส่วนขอแรงเฉื่อย (inertia force) ต่อแรงเนื่องจากความหนืด (viscous force) และเรียกอัตราส่วนที่ได้ชื่อว่า Reynolds number : N_R ดังสมการ

$$N_R = \frac{\text{แรงเฉื่อย}}{\text{แรงเนื่องจากความหนืด}}$$

$$N_R = \frac{VD}{\nu}$$

$$N_R = \frac{\rho VD}{\mu}$$

โดยที่ V คือ ความเร็วของการไหลในท่อ

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ

ν คือ ความหนืดเปรียบเทียบ

μ คือ ความหนืดพลวัต

ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล



เนื้อหาการสอน

ประจำสัปดาห์ที่

11

หน้าที่

2

รหัสและชื่อวิชา : 3106-2112 ชลศาสตร์ 1

วันที่ :

เวลา :

แผนกวิชา : ช่างก่อสร้าง

ชื่อสถานศึกษา : วิทยาลัยเทคนิคน่าน

Reynolds number เป็นตัวเลขที่ไม่มีหน่วย สามารถแบ่งการไหลได้ 3 ชนิดดังตาราง

Reynolds number	ชนิดของการไหล
$N_R < 2000$	การไหลแบบราบเรียบ
$2000 < N_R < 4000$	การไหลแบบเปลี่ยนแปลง
$4000 < N_R$	การไหลแบบปั่นป่วน

ตัวอย่างที่ 8 น้ำที่อุณหภูมิ 10 องศา ซึ่งมี $U = 1.038 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ไหลในท่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 mm ด้วยความเร็ว 6 m/s จะมีลักษณะเป็นการไหลแบบใด

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ} \quad N_R &= VD / U \\ &= (6 \text{ m/s}) (0.10 \text{ m}) / (1.038 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}) \\ N_R &= 458715.60 > 4000 \end{aligned}$$

แสดงว่า เป็นการไหลแบบปั่นป่วน *Answer*

การสูญเสียหลัก (Major loss)

การสูญเสียหลัก คือ การสูญเสียที่เกิดจากแรงเสียดทานเนื่องจากความหนืดของของไหลและแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างการไหลกับผนังท่อ ซึ่งเป็นการสูญเสียที่เกิดขึ้นในเส้นท่อ

การสูญเสียพลังงานของการไหลในท่อ ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ ความยาวท่อ ความขรุขระของผนังท่อ ความหนืดของของไหล และความเร็วในการไหล

การสูญเสียพลังงานของการไหลแบบราบเรียบ (energy loss in laminar flow) การไหลคงที่แบบราบเรียบในท่อกลมมีลักษณะการไหลอย่างช้าๆ ไม่มีความเร่งต่ออนุภาคของของไหลดังสมการ

$$h_f = (64 / N_R) (L / D) (V^2 / 2g)$$

การสูญเสียพลังงานในการไหลแบบปั่นป่วน (energy loss in turbulent flow)

$$h_f = f (LV^2) / (D2g)$$

เมื่อ $f = 8c / \rho$ เรียกว่า สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (friction factor)

ตัวอย่างที่ 9 ของไหลชนิดหนึ่งมีความหนืดเปรียบเทียบ $4 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ ไหลในท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm ด้วยความเร็ว 0.10 m/s จงหาการสูญเสียพลังงานที่เกิดขึ้นในช่วงความยาวท่อ 1 km



เนื้อหาการสอน

ประจำสัปดาห์ที่

11

หน้าที่

3

รหัสและชื่อวิชา : 3106-2112 ชลศาสตร์ 1

วันที่ :

เวลา :

แผนกวิชา : ช่างก่อสร้าง

ชื่อสถานศึกษา : วิทยาลัยเทคนิคน่าน

วิธีทำ

$$N_R = VD / \nu = (0.10)(0.01) / (4 \times 10^{-5})$$
$$N_R = 25 < 2000 \quad \text{แสดงว่าเป็นการไหลแบบราบเรียบ}$$

คั้งนั้นการสูญเสียพลังงาน

$$h_f = (64 / N_R) (L / D) (\nu^2 / 2g)$$
$$= (64/25) (1000/0.01) (0.1^2/9.81)$$
$$h_f = 130.48 \text{ m} \quad \text{Answer}$$