



# เนื้อหาการสอน

ประจำสัปดาห์ที่

15

หน้าที่

1

รหัสและชื่อวิชา : 3106-2112 ชลศาสตร์ 1

วันที่ :

เวลา :

แผนกวิชา : ช่างก่อสร้าง

ชื่อสถานศึกษา : วิทยาลัยเทคนิคน่าน

## การไหลในทางน้ำเปิด (OPEN CHANNEL FLOW)

### การไหลแบบสม่ำเสมอ

การไหลในทางน้ำเปิดเป็นการเคลื่อนที่ของของไหลภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก (gravity force) จากที่ที่มีพลังงานสูงไปสู่บริเวณที่มีพลังงานต่ำ ซึ่งขณะที่ของไหลเคลื่อนที่จะเกิดการสูญเสียพลังงานเนื่องจากมีแรงเสียดทานในบริเวณที่ของไหลสัมผัสกับทางน้ำเปิด แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นนี้มีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางของการไหล ซึ่งการไหลแบบสม่ำเสมอจะเกิดขึ้นเมื่อแรงเสียดทานเท่ากับแรงเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก โดยที่การไหลแบบสม่ำเสมอนี้ บางครั้งเรียกว่า การไหลแบบปกติ (normal flow)

การไหลแบบสม่ำเสมอจะเกิดขึ้นเมื่อ

1. คุณสมบัติทางเรขาคณิตและสภาพการไหลในทางน้ำเปิด คือ  $y$ ,  $A$ ,  $Q$  และ  $V$  ที่คงที่ทุกหน้าตัดการไหล
2. ความลาดชันเท่ากันตลอดช่วงความยาวที่เกิดการไหลแบบสม่ำเสมอ ซึ่งในทางน้ำเปิดจะมีสภาพการไหลแบบสม่ำเสมอได้ถ้าไม่มีความเร่ง (acceleration) หรือ ความหน่วง (deceleration) ในแต่ละหน้าตัดการไหล แสดงว่า สภาพการไหลแบบสม่ำเสมอจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อแรงโน้มถ่วงของโลกในทิศทางการไหลมีค่าเท่ากับแรงเสียดทานของการไหล

Robert Manning (พ.ศ. 2434 - 2438) วิศวกรชาวไอร์แลนด์ได้วิเคราะห์ผลการทดลองการไหลในทางน้ำเปิดทั้งในห้องปฏิบัติการและในแม่น้ำหลายแห่ง พบว่า ในการไหลแบบสม่ำเสมอค่าสัมประสิทธิ์ของ Chezy มีความสัมพันธ์กับสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning คือ

$$C = (1/n) (R)^{1/6}$$

โดยที่  $n$  คือ สัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ซึ่ง Chow (พ.ศ. 2502) แนะนำค่า  $n$  และแทนค่า  $C$  ใหม่จะได้สมการ

$$\text{ความเร็ว } V = (1/n) (R^{2/3}) (S^{1/2})$$

$$\text{อัตราการไหล } Q = AV$$

$$\text{อัตราการไหล } Q = (1/n) (A) (R^{2/3}) (S^{1/2})$$

สมการด้านบน คือ สมการการไหลแบบสม่ำเสมอของ Manning ซึ่งมีความถูกต้อง เมื่อมีสภาพการไหลแบบปั่นป่วนสมบูรณ์ (fully turbulent flow)

ปี พ.ศ. 2509 Henderson ได้แนะนำเงื่อนไขที่จะทำให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วนสมบูรณ์ในทางน้ำเปิดคือ ต้องมีความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ( $n$ ) รัศมีชลศาสตร์ ( $R$ ) และความลาด ( $S$ )



# เนื้อหาการสอน

ประจำสัปดาห์ที่

15

หน้าที่

2

รหัสและชื่อวิชา : 3106-2112 ชลศาสตร์ 1

วันที่ :

เวลา :

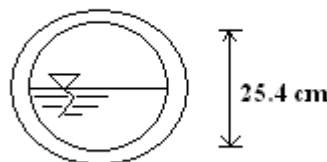
แผนกวิชา : ช่างก่อสร้าง

ชื่อสถานศึกษา : วิทยาลัยเทคนิคบ้าน

การเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ  $n$  ที่เหมาะสม ต้องอาศัยประสบการณ์และการตัดสินใจ (judgement) จากองค์ประกอบต่างๆ (factors) ที่สำคัญดังนี้

1. ความขรุขระของผิวทางน้ำเปิด (surface roughness) หมายถึง ขนาดและรูปร่างของวัสดุที่เป็นผิวทางน้ำเปิด ถ้าวัสดุเป็นเม็ดละเอียด (fine grain) จะมีค่า  $n$  ต่ำ ในขณะที่วัสดุเม็ดหยาบ (coarse grain) มีค่า  $n$  สูง
2. พืชปกคลุม (vegetation) หมายถึง การที่มีพืชเจริญเติบโตในทางน้ำเปิด เช่น มีหญ้าขึ้นหรือมีผักตบชวาลอยน้ำ เป็นต้น ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ค่า  $n$  มากขึ้น เพราะไปขวางทางน้ำ ทำให้ลดพื้นที่หน้าตัดการไหล ซึ่งผลของการมีพืชคลุมต่อสัมประสิทธิ์ความขรุขระจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความหนาแน่น และชนิดของพืช
3. ความผันแปรและความคดเคี้ยวของทางน้ำเปิด (channel irregularities and channel alignment) คือ ความแปรผันของทางน้ำเปิดอันเนื่องมาจากความแปรเปลี่ยนของรูปร่าง หน้าตัดและขนาดตามความยาวของทางน้ำเปิดตลอดจนความคดเคี้ยวของทางน้ำเปิด ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงมาก จะทำให้สัมประสิทธิ์ความขรุขระมากตามไปด้วย
4. การกัดเซาะและการตกตะกอน (scouring and silting) เมื่อทางน้ำเปิดถูกกัดเซาะโดยกระแสน้ำมากก็เท่ากับเป็นการเพิ่มความขรุขระของผนังคลอง ทำให้สัมประสิทธิ์ความขรุขระมากขึ้น ในทางตรงข้าม หากมีการตกตะกอนด้วยวัสดุที่มีความละเอียดกว่าผิวทางน้ำเปิด จะช่วยลดความขรุขระของพื้นผิว ทำให้สภาพการไหลสะดวกยิ่งขึ้น ดังนั้นสัมประสิทธิ์ความขรุขระจะมีแนวโน้มน้อยลง

ตัวอย่างที่ 13 ท่อเหล็กหล่อมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 25.4 cm วางในแนวความลาด 0.002 ในขณะที่มีน้ำไหลผ่านครั้งต่อแล้วเกิดสภาพการไหลแบบสมำเสมอ จงหาอัตราการไหลในท่อเหล็กหล่อ [ $n = 0.013$ ]



วิธีทำ การไหลในท่อเหล็กหล่อเพียงครั้งต่อเป็นการไหลในทางน้ำเปิด เพราะมีส่วนของผิวน้ำที่สัมผัสกับบรรยากาศ เมื่อท่อมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 cm และมีน้ำไหลครั้งต่อ

$$\begin{aligned}
 \text{ดังนั้น พื้นที่หน้าตัดการไหล } A &= \frac{1}{2} [\pi D^2]/4 \\
 &= \frac{1}{2} [\pi (0.254)^2]/4 \\
 &= 0.0253 \text{ m}^2 \\
 \text{เส้นขอบเปียก } P &= \pi D/2
 \end{aligned}$$



# เนื้อหาการสอน

ประจำสัปดาห์ที่

15

หน้าที่

3

รหัสและชื่อวิชา : 3106-2112 ชลศาสตร์ 1

วันที่ :

เวลา :

แผนกวิชา : ช่างก่อสร้าง

ชื่อสถานศึกษา : วิทยาลัยเทคนิคน่าน

$$\begin{aligned} &= \pi/2 (0.254) \\ &= 0.399 \text{ m} \\ \text{รัศมีชลศาสตร์ R} &= A/P \\ &= 0.0253/0.399 \\ &= 0.063 \text{ m} \\ \text{อัตราการไหล Q} &= (1/n) (A) (R^{2/3}) (S^{1/2}) \\ &= (1/0.013) (0.0253) (0.063)^{2/3} (0.002)^{1/2} \\ &= 0.0138 \text{ m}^3/\text{s} \quad \underline{\text{Answer}} \end{aligned}$$