



เนื้อหาการสอน

ประจำสัปดาห์ที่

14

หน้าที่

1

รหัสและชื่อวิชา : 3106-2112 ชลศาสตร์ 1

วันที่ :

เวลา :

แผนกวิชา : ช่างก่อสร้าง

ชื่อสถานศึกษา : วิทยาลัยเทคนิคน่าน

การไหลในทางน้ำเปิด

(OPEN CHANNEL FLOW)

การไหลในทางน้ำเปิด

การไหลในทางน้ำเปิด หมายถึง การไหลที่มีผิวของไหลสัมผัสกับอากาศ ซึ่งเรียกผิวของของไหลนี้ว่า ผิวของไหลอิสระ โดยมีความดันบรรยากาศ (atmospheric pressure) กระทำต่อผิวของไหลอิสระ ดังนั้น ผิวของไหลอิสระตามแนวยาวของทางน้ำเปิดจึงเป็นเส้นระดับชลศาสตร์ (hydraulic grade line) ทางน้ำเปิดที่พบเห็นโดยทั่วไปแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ

1. ทางน้ำเปิดตามธรรมชาติ (natural open channel) เป็นทางน้ำเปิดที่มีสภาพล้นซับซ้อน เปลี่ยนแปลงไปตามสถานที่ ลักษณะไม่แน่นอน เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ร่องน้ำ คู คลอง และแม่น้ำ เป็นต้น
2. ทางน้ำเปิดที่สร้างขึ้น (artificial channel) เป็นทางน้ำเปิดที่มนุษย์สร้างขึ้น เพื่อให้เกิดประโยชน์ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ซึ่งการวางแผนทางการไหลสามารถกำหนดได้จากเส้นระดับความสูง (contour) ของพื้นที่ โดยอาศัยหลักการที่ว่าของไหลย่อมไหลจากที่ที่มีพลังงานสูงไปสู่ที่ที่มีพลังงานต่ำกว่าแรงโน้มถ่วงของโลก ตัวอย่างของทางน้ำเปิดที่สร้างขึ้น เช่น คลองคอนกรีต รางระบายน้ำข้างถนน รางคอนกรีตเสริมเหล็ก และท่อที่มีน้ำไหลไม่เต็มท่อ เป็นต้น

ประเภทของการไหลในทางน้ำเปิด

ในทางชลศาสตร์สามารถแบ่งการไหลในทางน้ำเปิดได้ 2 ประเภท คือ การแบ่งตามชนิดของการไหล (type of flow) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การแบ่งตามชนิดของการไหล มีเกณฑ์ในการแบ่ง 2 ประการ

1. เกณฑ์เกี่ยวกับเวลา (time criterion) มี 2 ลักษณะคือ
 - การไหลคงที่ (steady of flow) คือ การไหลที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา กล่าวคือ ตัวแปรต่างๆ ของการไหล เช่น y ความเร็ว V และอัตราการไหล Q ที่หน้าตัดใดหน้าตัดหนึ่งของทางน้ำเปิดคงที่ในช่วงเวลาที่กำหนด ลักษณะการไหลคงที่ มักจะเกิดในทางน้ำเปิดที่มนุษย์สร้างขึ้น เพราะสามารถควบคุมปริมาณการไหลคงที่ได้ด้วยประตูน้ำต่างๆ ส่วนทางน้ำเปิดตามธรรมชาติก็อาจเกิดการไหลแบบคงที่ได้ในกรณีที่พิจารณาการไหลในช่วงเวลาสั้นๆ
 - การไหลไม่คงที่ (unsteady flow) คือ การไหลที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา กล่าวคือ ตัวแปรต่างๆ ของการไหล เช่น ความลึก y ความเร็ว V และอัตราการไหล Q ที่หน้าตัดใดหน้าตัดหนึ่งของทางน้ำเปิดเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ลักษณะการไหลไม่คงที่ มักจะเกิดขึ้นกับทางน้ำเปิดตามธรรมชาติ ซึ่งมีความผันแปรของตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องมาก โดยปริมาณน้ำที่ไหลลงทางน้ำเปิด ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น



เนื้อหาการสอน

ประจำสัปดาห์ที่

14

หน้าที่

2

รหัสและชื่อวิชา : 3106-2112 ชลศาสตร์ 1

วันที่ :

เวลา :

แผนกวิชา : ช่างก่อสร้าง

ชื่อสถานศึกษา : วิทยาลัยเทคนิคน่าน

ปริมาณน้ำฝน การซึมลงดิน การกักขังบนผิวดิน และการระเหย เป็นต้น ซึ่งมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความลึก ความเร็ว และอัตราการไหลในทางน้ำเปิด ส่วนทางน้ำเปิดที่มนุษย์สร้างขึ้น ก็เกิดการไหลไม่คงที่ได้ เช่น ปริมาณน้ำที่ปล่อยจากเขื่อนสู่คลองชลประทานเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาที่ควบคุมหรือการผันน้ำจากคลองชลประทานไปใช้ก็จะทำให้เกิดการไหลไม่คงที่ได้

2. เกณฑ์เกี่ยวกับตำแหน่งพื้นที่การไหล (space criterion) แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

- การไหลแบบสม่ำเสมอ (uniform flow) คือ การไหลที่มีความลึกของของไหลคงที่ ตลอดระยะทางในแนวราบของทางน้ำเปิด ลักษณะการไหลแบบสม่ำเสมอมักจะพบเห็นในทางน้ำเปิดที่มนุษย์สร้างขึ้นที่มีหน้าตัดคงที่และเกิดขึ้นในช่วงระยะทางที่ไม่มาก
- การไหลแบบเปลี่ยนแปลง (varied flow) หรือการไหลแบบไม่สม่ำเสมอ (nonuniform flow) คือ การไหลที่มีความลึกของของไหลเปลี่ยนแปลงไปตามระยะทางของทางน้ำเปิด

การแบ่งตามสถานะการไหล จะพิจารณาผลของแรงกระทำที่เกี่ยวข้องกับการไหล 3 ชนิด คือ แรงเนื่องจากความหนืด (viscous force) แรงเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (gravity force) และแรงเนื่องจากความเฉื่อยของมวล (inertia force) โดยมีผลของแรงต่างๆดังนี้

1. ผลของแรงเนื่องจากความหนืด เมื่อเปรียบเทียบกับแรงเนื่องจากความเฉื่อยของมวลจะได้ Reynolds number ดังนี้

$$\text{Reynolds number } (N_R) = \frac{VR}{\nu}$$

โดยที่ V คือ ความเร็วของการไหลในทางน้ำเปิด

R คือ รัศมีชลศาสตร์ หาได้จากพื้นที่หน้าตัดการไหลหารด้วยเส้นขอบเปียกของทางน้ำเปิด

ν คือ ความหนืดเปรียบเทียบ

จากผลการทดลองและการทดสอบ ทั้งในห้องปฏิบัติการและสภาพแม่น้ำจริง พบว่า ผลของแรงเนื่องจากความหนืดสามารถแบ่งสถานะการไหลในทางน้ำเปิดได้ 3 ประเภท คือ 1. การไหลแบบราบเรียบ (laminar flow) คือ การไหลที่มีการเคลื่อนที่อย่างเป็นระเบียบ มีแรงกระทำเนื่องจากความหนืดมาก โดยมีค่า $N_R < 500$ 2. การไหลแบบปั่นป่วน (turbulent) คือ การไหลที่มีการเคลื่อนที่อย่างไม่เป็นระเบียบ สายน้ำปั่นป่วนวุ่นไม่แน่นอนมีแรงกระทำเนื่องจากความหนืดน้อย โดยมีค่า $N_R > 2000$ 3. การไหลแบบผสม (transitional flow) คือ การไหลที่ผสมกันอยู่ระหว่างการไหลแบบราบเรียบกับการไหลแบบปั่นป่วน โดยมีค่า $500 < N_R < 2000$

2. ผลของแรงเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก เมื่อเปรียบเทียบกับแรงเนื่องจากความเฉื่อยของมวล จะได้ค่า Froude number คือ

$$\text{Froude number } (F_r) = \frac{V}{\sqrt{gD}}$$



เนื้อหาการสอน

ประจำสัปดาห์ที่

14

หน้าที่

3

รหัสและชื่อวิชา : 3106-2112 ชลศาสตร์ 1

วันที่ :

เวลา :

แผนกวิชา : ช่างก่อสร้าง

ชื่อสถานศึกษา : วิทยาลัยเทคนิคน่าน

โดยที่ V คือ ความเร็วของการไหลในทางน้ำเปิด

g คือ ความเร่งของโลก

D คือ ความลึกชลศาสตร์ (hydraulic depth) หาได้จากพื้นที่หน้าตัดการไหลหารด้วยความกว้างของผิวของของไหลอิสระบนหน้าตัดการไหล

จากผลการทดสอบการไหลในทางน้ำเปิดพบว่า ผลของแรงเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกสามารถแบ่งสภาวะการไหลในทางน้ำเปิดได้ 3 ประเภท คือ

1. การไหลวิกฤต (critical flow) คือ การไหลที่มีค่า Froude number เท่ากับ 1 มีความลึกเท่ากับความลึกวิกฤต และความเร็วเท่ากับความเร็ววิกฤต
2. การไหลใต้วิกฤต (subcritical) คือ การไหลที่มีการไหลอย่างช้าๆ ความลึกมากกว่าความลึกวิกฤต และความเร็วน้อยกว่าความเร็ววิกฤต โดยมีค่า Froude number น้อยกว่า 1
3. การไหลเหนือวิกฤต (supercritical flow) คือ การไหลที่มีการไหลเร็ว ความลึกน้อยกว่าความลึกวิกฤต และความเร็วมากกว่าความเร็ววิกฤต โดยมีค่า Froude number มากกว่า 1