

<b>โครงการจัดการเรียนรู้</b> วิชา 3100-0103 กลศาสตร์ของไหล	
<b>หน่วยที่ 2 ของไหลที่อยู่นิ่ง FLUIDS STATICS</b> <b>เรื่อง</b> - บทนำ - ความดันมีขนาดเท่ากันทุกทิศทาง - ความดันจะเปลี่ยนแปลงไปตามความลึก - ความดัน (Pressure) P - เครื่องมือวัดความดัน	<b>ครั้งที่ 8</b>        <b>จำนวน 3 ชั่วโมง</b>
จุดประสงค์การสอน	รายการสอน
1. อธิบายหลักการของการเกิดความดันขณะที่ของไหลอยู่นิ่งได้ 2. จำแนกประเภทของเครื่องมือที่ใช้วัดความดันได้ 3. คำนวณหาความดันของอุปกรณ์ต่าง ๆ จากเครื่องมือวัดความดันได้ 4. คำนวณหาความดันของของไหลได้	- บทนำ - ความดันมีขนาดเท่ากันทุกทิศทาง - ความดันจะเปลี่ยนแปลงไปตามความลึก - ความดัน (Pressure) P - เครื่องมือวัดความดัน
<b>วิธีการสอน</b> บรรยาย / ถาม-ตอบ / สาธิต	
<b>สื่อการสอน</b> - แบบทดสอบก่อนเรียน - อินเทอร์เน็ต, ห้องสมุด - วีดิทัศน์	<b>หนังสืออ้างอิง</b> จักรี ดันเชื้อ . กลศาสตร์ของไหล ศสอ. กรุงเทพฯ
<b>การประเมินผล</b> ทำแบบฝึกหัด ได้เกินร้อยละ 50	

## แผนการจัดการเรียนรู้

รหัสวิชา 3100-0103    วิชา กลศาสตร์ของไหล    จำนวน 3 ชั่วโมง/สัปดาห์

### หน่วยที่ 2 ของไหลที่อยู่นิ่ง FLUIDS STATICS

เรื่อง

1. บทนำ
2. ความดันมีขนาดเท่ากันทุกทิศทาง
3. ความดันจะเปลี่ยนแปลงไปตามความลึก
4. ความดัน (Pressure)  $P$
5. เครื่องมือวัดความดัน

### สาระสำคัญ

ของไหลที่อยู่นิ่ง (Fluid static) หรือของไหลสถิต ชั้นของของไหลไม่มีการเคลื่อนที่ จึงไม่มีความเค้นเฉือน (Shear stress) จากความหนืดของของไหล ดังนั้นในการคำนวณเกี่ยวกับของไหลที่อยู่นิ่ง จึงไม่ซับซ้อนเท่ากับการคำนวณเกี่ยวกับของไหลที่เคลื่อนที่ (Fluid motion) เพราะของไหลที่อยู่นิ่งจะมีแรงในแนวตั้งฉากที่เกิดจากความดันเท่านั้น ซึ่งการศึกษาในบทนี้จะเป็นประโยชน์ในการนำค่าต่าง ๆ จากการคำนวณไปออกแบบโครงสร้างของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับของไหล เช่น ออกแบบประตูกั้นน้ำ ออกแบบฝายน้ำล้น ออกแบบเรือบรรทุกสินค้า เป็นต้น

### จุดประสงค์การเรียนรู้

#### จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจ เกี่ยวกับหลักการของการเกิดความดันขณะที่ของไหลอยู่นิ่ง จำแนกประเภทของเครื่องมือที่ใช้วัดความดัน คำนวณหาความดันของอุปกรณ์ต่าง ๆ จากเครื่องมือวัดความดัน คำนวณหาแรงกระทำกับวัตถุผิวระนาบที่จมในของไหลได้

#### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

#### พุทธิพิสัย

1. บอกความหมายของของไหลที่อยู่นิ่งได้
2. บอกความหมายของความดันได้

#### ทักษะพิสัย

1. ฝึกการคำนวณสมการของไหลที่อยู่นิ่งได้

#### จิตพิสัย

1. แนะนำวิธีการใช้เครื่องมือวัดความดันต่าง ๆ ได้

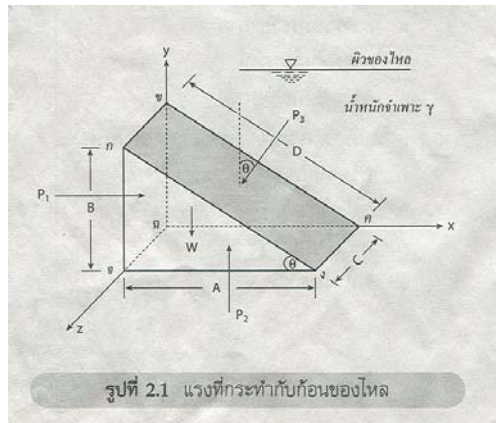
## เนื้อหาสาระ

### 2.1 บทนำ

ของไหลที่อยู่นิ่ง (Fluid static) หรือของไหลสถิต ชั้นของของไหลไม่มีการเคลื่อนที่ จึงไม่มีความเค้นเฉือน (Shear stress) จากความหนืดของของไหล ดังนั้นในการคำนวณเกี่ยวกับของไหลที่อยู่นิ่ง จึงไม่ซับซ้อนเท่ากับการคำนวณเกี่ยวกับของไหลที่เคลื่อนที่ (Fluid motion) เพราะของไหลที่อยู่นิ่งจะมีแรงในแนวตั้งฉากที่เกิดจากความดันเท่านั้น ซึ่งการศึกษาในบทนี้จะเน้นประโยชน์ในการนำค่าต่าง ๆ จากการคำนวณไปออกแบบโครงสร้างของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับของไหล เช่น ออกแบบประตูกั้นน้ำ ออกแบบฝายน้ำล้น ออกแบบเรือบรรทุกสินค้า เป็นต้น

### 2.2 ความดันมีขนาดเท่ากันทุกทิศทาง

ของไหลที่อยู่นิ่ง หรือของไหลสถิตจะไม่เกิดความเค้นเฉือน จะมีเพียงแรงที่เกิดจากความดันกระทำในแนวตั้งฉากกับผิวของของไหลเท่านั้น และจากกฎของปาสคาล (Pascal's law) กล่าวว่าของไหลที่อยู่ในสภาพนิ่ง จะมีขนาดของความดันเท่ากันทุกทิศทาง ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้ ดังนี้



พิจารณาจากดของไหลรูปสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ ดังรูปที่ 2.1 โดยพื้นที่ กขฉ เป็นพื้นที่ของความดัน  $P_1$  พื้นที่ของ ความดัน  $P_2$  และพื้นที่ กขง เป็นพื้นที่ของความดัน  $P_3$  ซึ่งรูปสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ มีขนาดความยาวตามแกน X,Y และ Z คือ A,B และ C ตามลำดับ

$$\text{จากสมการความดัน } P = \frac{F}{A}$$

$$\text{(ย้ายสมการเพื่อหาแรง)} F = P \cdot A$$

ดังนั้น แรง  $F_1$ ,  $F_2$  และ  $F_3$  จะเท่ากับ  $P_1BC$ ,  $P_2AC$  และ  $P_3DC$  ตามลำดับ

สมดุลแรงในแนวแกน x ( $\sum F_x = 0$ ) จะได้

$$P_1BC - P_3DC \sin \theta = 0 \quad \dots\dots\text{ก}$$

สมดุลแรงในแนวแกน y ( $\sum F_y = 0$ ) จะได้

$$P_2AC - P_3DC \cos \theta - W = 0 \quad \dots\dots\text{ข}$$

จากสูตรน้ำหนักจำเพาะ

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

ย้ายสมการหา W จะได้

$$W = \gamma V$$

จากรูปที่ 2.1

$$V = \frac{1}{2} ABC \text{ (พื้นที่สามเหลี่ยม X หนา)}$$

ดังนั้น

$$W = \gamma \left( \frac{1}{2} ABC \right)$$

แทนค่า W ในสมการ ข จะได้

$$P_2 AC - P_3 DC \cos \theta - \gamma \left( \frac{1}{2} ABC \right) = 0 \quad \dots\dots ก$$

แต่  $B = D \sin \theta$  ; แทนค่า  $D \sin \theta$  ด้วย A ในสมการ ก จะได้

$$P_1 BC - P_3 BC = 0$$

$$P_1 - P_3 = 0 \text{ (เอา BC หารตลอดสมการ)}$$

$$P_1 = P_3 \quad \dots\dots ง$$

แต่  $A = D \cos \theta$  ; แทนค่า  $D \cos \theta$  ด้วย A ในสมการ ก จะได้

$$P_2 AC - P_3 DC \cos \theta - \frac{\gamma}{2} ABC = 0$$

ซึ่ง  $\frac{\gamma}{2} ABC$  เป็นน้ำหนักของของไหลขนาดเล็ก ๆ มีค่าน้อยมากจึงอาจตัดทิ้งไปได้

ดังนั้น สมการจะได้

$$P_2 AC - P_3 DC = 0$$

$$P_2 - P_3 = 0 \text{ (เอา AC หารตลอดสมการ)}$$

$$P_2 = P_3 \quad \dots\dots จ$$

จากสมการ ง และ จ ต่างก็เท่ากับ  $P_3$  นั่นคือ

$$P_1 = P_2 = P_3$$

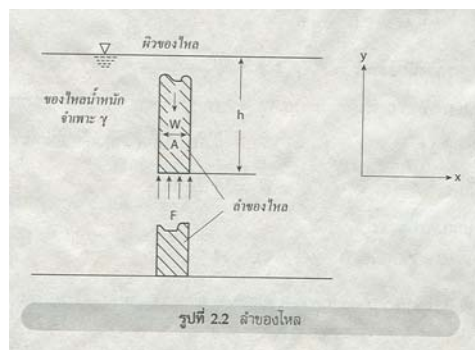
จึงสรุปได้ว่า

ความดันที่จุดใด ๆ ในของไหลที่อยู่นิ่ง มีขนาดเท่ากันทุกทิศทาง

### 2.3 ความดันจะเปลี่ยนแปลงไปตามความลึก

ที่ระดับความลึกต่างกัน ความดันของของไหลจะแตกต่างกันไปด้วย พิจารณาลำของไหล

รูปที่ 2.2



พิจารณาลำของไหลที่ระดับความลึก  $h$  จากผิวของไหล มีพื้นที่หน้าตัด  $A$

เมื่อสมดุลแรงในแนวดิ่ง ( $\sum F_y = 0$ ) จะได้

แรงที่กระทำกับฐานล่ำของไหล - น้ำหนักของล่ำของไหล = 0

จะได้

$$P = \gamma h$$

หรือ

$$P = \rho gh$$

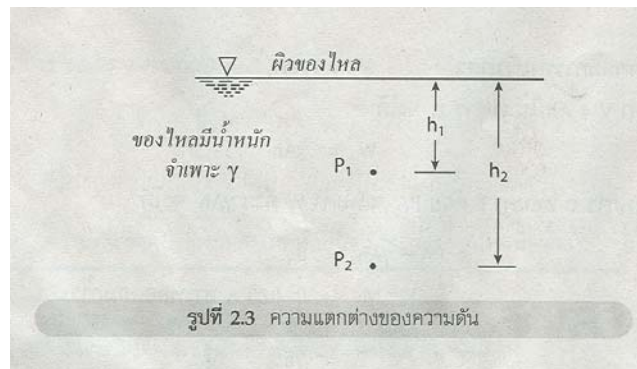
$$(\gamma = \rho g)$$

จึงสรุปได้ว่า

ความดันที่ระดับความลึกใด ๆ ของของไหลที่อยู่นิ่ง จะขึ้นอยู่กับความลึก  $h$

ดังนั้นการบอกความดันของของไหล อาจบอกได้จากระดับความลึกของของไหล หรือระดับความสูงของล่ำของไหล ซึ่งเรียกว่า เสดความดัน (Pressure head)

ความแตกต่างของความดันระหว่างจุดสองจุด ซึ่งต่างระดับความลึกกันในของไหล พิจารณา รูปที่ 2.3



จะได้สมการความดันที่แตกต่าง คือ

$$P_2 - P_1 = \gamma(h_2 - \gamma h_1)$$

## 2.4 ความดัน (Pressure) $p$

ความดัน หมายถึง แรงที่กระทำในหนึ่งหน่วยพื้นที่ ความดันของของไหลที่อยู่นิ่งที่ตำแหน่งหนึ่ง ๆ มีค่าเท่ากันทุกทิศทาง

ความดันของไหล ไม่สามารถวัดได้โดยตรง ต้องวัดออกมาในรูป ความแตกต่างของความดันระหว่างของไหล กับความดันบรรยากาศ (atmosphere pressure)  $P_{\text{atm}}$  ความดันที่เราอ่านได้จากเครื่องวัดความดัน เมื่อสูงกว่าบรรยากาศเรียกว่า ความดันเกจ (gauge pressure)  $P_g$  และ ความดันที่เราอ่านได้จากเครื่องวัดความดันเมื่อต่ำกว่าความดันบรรยากาศ เรียกว่า ความดันสุญญากาศ (vacuum pressure)  $P_{\text{vac}}$  ส่วนความดันที่เราวัดเปรียบเทียบกับความดันศูนย์สัมบูรณ์เรียกว่า ความดันสัมบูรณ์ (absolute pressure)  $P_{\text{abs}}$

## 2.5 เครื่องมือวัดความดัน

เครื่องมือที่ใช้วัดความดันของของไหล มีหลายชนิดด้วยกัน ดังนี้

1. บูร์ดอนเกจ เป็นเครื่องมือวัดความดันที่ง่ายที่สุด เป็นแบบหน้าปัดที่สามารถวัดความดันที่สูงหรือที่ต่ำกว่าบรรยากาศได้ ประกอบด้วยท่อโลหะกลวงมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปวงรี
2. บาโรมิเตอร์ เป็นเครื่องมือวัดความดันสัมบูรณ์ของบรรยากาศประกอบด้วยภาชนะบรรจุของเหลวแล้วสูบบวกาศในหลอดแก้วออกจนเป็นสุญญากาศจะทำให้ความดันบรรยากาศภายนอกกดคันทิวของเหลวให้สูงขึ้นเป็นระยะ  $h$
3. มาโมมิเตอร์ เป็นเครื่องมือวัดความดันของของไหลทั้งชนิดของเหลวและแก๊ส มีลักษณะเป็นหลอดแก้วรูปตัวยู ภายในบรรจุของเหลว เช่น ปรอท น้ำ แอลกอฮอล์ หรือน้ำมันเอาไว้

### กิจกรรมการเรียนรู้

#### ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน

1. ครูทำการอธิบายถึงจุดประสงค์การเรียนรู้ในวิชานี้
2. ครูให้นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียน
3. ครูเฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน โดยให้นักศึกษาเปลี่ยนกันตรวจด้วยความซื่อสัตย์

#### ขั้นสอน

4. ให้นักศึกษาเปิด วิดีทัศน์ เรื่องของไหลที่อยู่นิ่ง
5. ครูบอกจุดสังเกต “สาระน่ารู้” ในหนังสือว่าเป็นเกร็ดความรู้เพิ่มเติมในแต่ละเรื่อง
6. ครูถามเกี่ยวกับ “ปัญหาน่าคิด” แล้วให้นักศึกษาช่วยกันตอบ
7. นักเรียนทำการจดบันทึกลงในสมุดตามความเข้าใจ
8. ครูทำการอธิบายรายละเอียดในหนังสือ
9. นักเรียนทำการแลกเปลี่ยนความรู้ วิธีการแก้สมการต่าง ๆ ภายในกลุ่ม

#### ขั้นสรุป

10. ครูเปิดโอกาสให้นักศึกษาสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม
11. ครูสรุปเนื้อหาทั้งหมดร่วมกับนักศึกษาอีกครั้งหนึ่ง

#### สื่อการเรียนการสอน

1. แบบทดสอบก่อนเรียน
2. อินเทอร์เน็ต, ห้องสมุด
3. วิดีทัศน์

## การบูรณาการเชื่อมโยง

สาระการเรียนรู้	การบูรณาการ	กิจกรรม
ของไหลที่อยู่นิ่ง	คณิตศาสตร์ ภาษาไทย	การแก้โจทย์ปัญหา การจดบันทึก

### เครื่องมือวัดผลตามพุทธิพิสัย (6 คะแนน)

1. บอกความหมายของของไหลที่อยู่นิ่งได้ (3 คะแนน)
2. บอกความหมายของความดันได้ (3 คะแนน)

### เครื่องมือวัดผลตามทักษะพิสัย

1. ฝึกการคำนวณสมการของไหลที่อยู่นิ่งได้ (8 คะแนน)

### เครื่องมือวัดผลตามจิตพิสัย (6 คะแนน)

1. แนะนำวิธีการใช้เครื่องมือวัดความดันต่าง ๆ ได้ (6 คะแนน)

### เกณฑ์การวัดผลตามพุทธิพิสัย

#### การตอบคำถามข้อที่ 1

#### ความหมายของของไหลที่อยู่นิ่ง

ของไหลที่อยู่นิ่ง (Fluid static) หรือของไหลสถิต ชั้นของของไหลไม่มีการเคลื่อนที่ จึงไม่มีความเค้นเฉือน (Shear stress) จากความหนืดของของไหล ดังนั้นในการคำนวณเกี่ยวกับของไหลที่อยู่นิ่ง จึงไม่ซับซ้อนเท่ากับการคำนวณเกี่ยวกับของไหลที่เคลื่อนที่ (Fluid motion) เพราะของไหลที่อยู่นิ่งจะมีแรงในแนวตั้งฉากที่เกิดจากความดันเท่านั้น ซึ่งการศึกษาในบทนี้จะเน้นประโยชน์ในการนำค่าต่าง ๆ จากการคำนวณไปออกแบบโครงสร้างของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับของไหล เช่น ออกแบบประตูกั้นน้ำ ออกแบบฝายน้ำล้น ออกแบบเรือบรรทุกสินค้า เป็นต้น

ให้คะแนนข้อนี้ 3 คะแนน หากผู้เรียนตอบผิดให้ผู้สอนพิจารณาหักจุดละ 1 คะแนน

#### การตอบคำถามข้อที่ 2

#### ความหมายของความดัน

ความดัน หมายถึง แรงที่กระทำในหนึ่งหน่วยพื้นที่ ความดันของของไหลที่อยู่นิ่งที่ตำแหน่งหนึ่ง ๆ มีค่าเท่ากันทุกทิศทาง

ความดันของไหล ไม่สามารถวัดได้โดยตรง ต้องวัดออกมาในรูป ความแตกต่างของความดันระหว่างของไหล กับความดันบรรยากาศ (atmosphere pressure)  $P_{atm}$  ความดันที่เราอ่านได้จากเครื่องวัดความดัน เมื่อสูงกว่าบรรยากาศเรียกว่า ความดันเกจ (gauge pressure)  $P_g$  และ ความดันที่เรา

อ่านได้จากเครื่องวัดความดันเมื่อต่ำกว่าความดันบรรยากาศ เรียกว่า ความดันสุญญากาศ (vacuum pressure)  $P_{vac}$  ส่วนความดันที่เราวัดเปรียบเทียบกับความดันศูนย์สัมบูรณ์เรียกว่า ความดันสัมบูรณ์ (absolute pressure)  $P_{abs}$

ให้คะแนนข้อนี้ 3 คะแนน หากผู้เรียนตอบผิดให้ผู้สอนพิจารณาหักจุดละ 1 คะแนน

### เกณฑ์การวัดผลตามทักษะพิสัย

การตอบคำถามข้อที่ 1

#### **ฝึกการคำนวณสมการของไหลที่อยู่นิ่ง**

ให้ผู้สอนพิจารณาจากการใช้ทักษะ การแก้ปัญหา การใช้ความคิด และคำตอบของสมการ ถ้าครบถ้วนถูกต้องให้ 8 คะแนน ถ้านอกเหนือจากนี้ให้ผู้สอนพิจารณาตามความเหมาะสม

### เกณฑ์การวัดผลตามจิตพิสัย

การตอบคำถามข้อที่ 1

#### **แนะนำวิธีการใช้เครื่องมือวัดความดันต่างๆ**

ให้ผู้สอนพิจารณาตามความเหมาะสม ให้คะแนนข้อนี้ 6 คะแนน