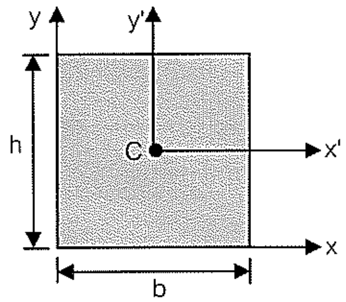
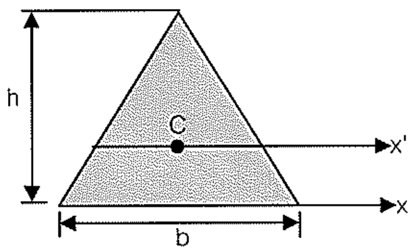
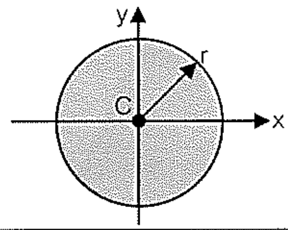
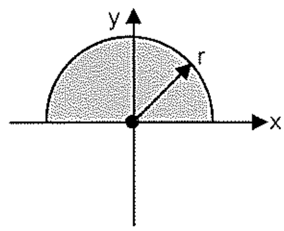
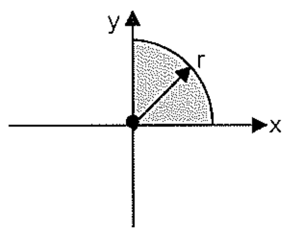
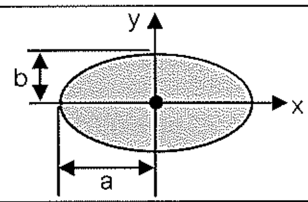
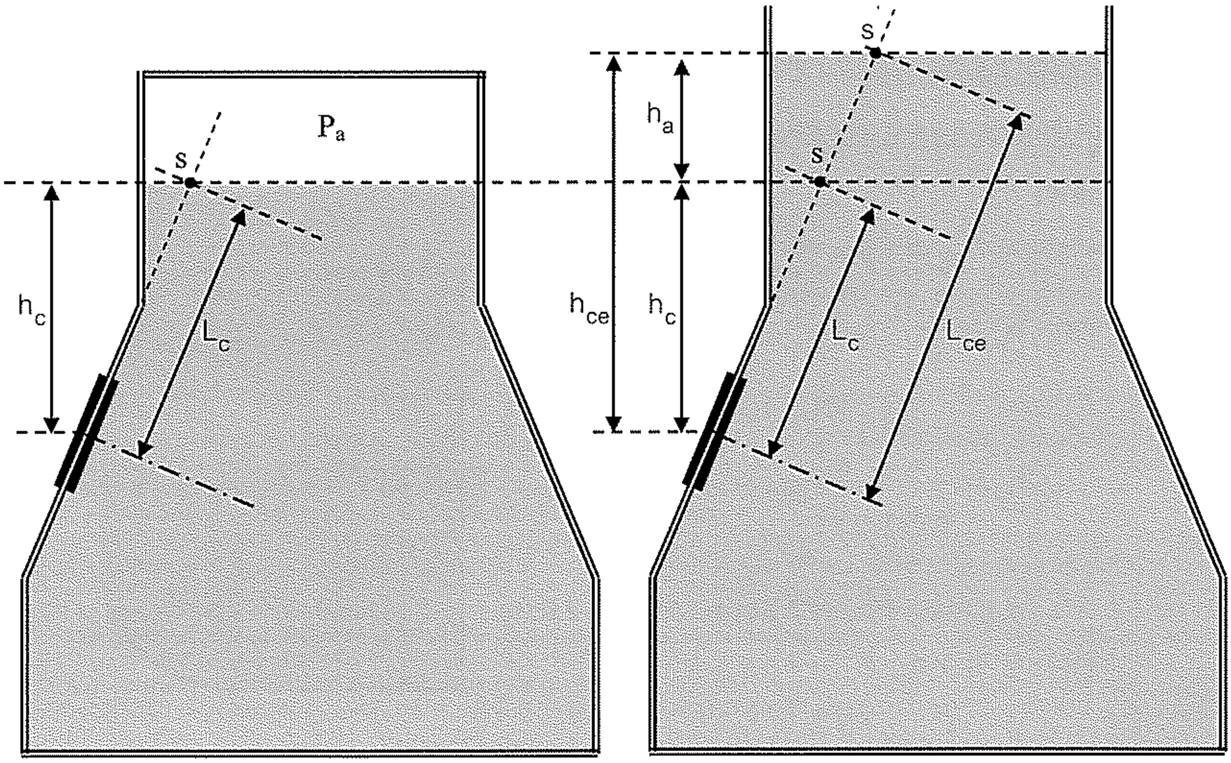
ตารางที่ 2.1 โมเมนต์ความเฉื่อยสำหรับหน้าตัดแบบต่าง ๆ

หน้าตัด		โมเมนต์ความเฉื่อย (I)
สี่เหลี่ยม		$\bar{I}_{x'} = \frac{1}{12}bh^3$ $\bar{I}_{y'} = \frac{1}{12}hb^3$ $I_x = \frac{1}{3}bh^3$ $I_y = \frac{1}{3}hb^3$
สามเหลี่ยม		$\bar{I}_{x'} = \frac{1}{36}bh^3$ $\bar{I}_x = \frac{1}{12}bh^3$
วงกลม		$\bar{I}_x = \bar{I}_y = \frac{1}{4}\pi r^4$
ครึ่งวงกลม		$I_x = I_y = \frac{1}{8}\pi r^4$
หนึ่งในสี่ของวงกลม		$I_x = I_y = \frac{1}{16}\pi r^4$
วงรี		$\bar{I}_x = \frac{1}{4}\pi ab^3$ $\bar{I}_y = \frac{1}{4}\pi a^3b$

2.1.4 **ความสูงพีโซมิเตอร์** (Piezometric head)



ภาพที่ 2.3 หลักการของความสูงพีโซมิเตอร์ สำหรับแรงที่กระทำต่อพื้นผิวเรียบที่จมในของไหล

จากหัวข้อที่ผ่านมา ได้พิจารณาความดันที่ผิวของของเหลวเป็นความดันบรรยากาศ หากพิจารณาความดันเหนือผิวของของเหลวที่ไม่ใช่ความดันบรรยากาศ สามารถพิจารณาได้จากหลักการของความสูงพีโซมิเตอร์ (Piezometric head) กล่าวคือ เมื่อความดันเหนือของเหลวมีค่าเท่ากับ P_a ความดันนี้จะถูกเปลี่ยนเป็นความสูง h_a จาก

$$h_a = \frac{P_a}{\gamma} \qquad (2.3)$$

เมื่อ h_a คือ ความสูงพีโซมิเตอร์

จากภาพที่ 2.3 ความลึกจากผิวของของเหลวอิสระจนถึงจุดศูนย์กลางมวลจึงมีค่าเท่ากับ

$$h_{ce} = h_c + h_a$$

ตัวอย่าง 2.7 จากภาพที่ 2.3 เมื่อถังบรรจุน้ำมันชนิดหนึ่งที่มีความถ่วงจำเพาะ 0.91 แผ่นผิวเรียบสี่เหลี่ยมที่จมน้ำมีขนาด B = 1.2 m H = 0.6 m θ = 60° และตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวลของแผ่นผิวเรียบนี้อยู่ที่ความลึก 1.5 m จากผิวของน้ำมัน จงคำนวณขนาดของแรงลัพธ์ และตำแหน่งจุดศูนย์กลางของความดัน เมื่อความดันเหนือผิวน้ำมัน เท่ากับ 10.3 kPa (gage)

วิธีทำ

จากโจทย์ $h_c = 1.5\,\mathrm{m}$

จาก $h_a = \dfrac{P_a}{\gamma}$

$$h_a = \frac{10.3\,\frac{\mathrm{kN}}{\mathrm{m}^2}}{0.91 \times 9.81\,\frac{\mathrm{kN}}{\mathrm{m}^3}} = 1.15\,\mathrm{m}$$

$$h_{ce} = h_c + h_a = 1.5\,\mathrm{m} + 1.15\,\mathrm{m} = 2.65\,\mathrm{m}$$

จาก $F_R = \gamma h_{ce} A$

$$F_R = \left(8.92\,\frac{\mathrm{kN}}{\mathrm{m}^3}\right)(2.65\,\mathrm{m})(1.2\,\mathrm{m} \times 0.6\,\mathrm{m}) = 17.02\,\mathrm{kN}$$ <u>ตอบ</u>

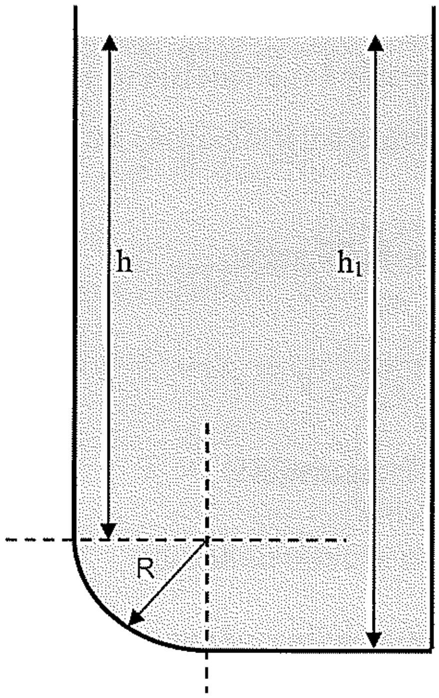
หาตำแหน่งจุดศูนย์กลางของความดัน; L_{pe}

$$L_{ce} = \frac{h_{ce}}{\sin\theta} = \frac{2.65\,\mathrm{m}}{\sin 60^\circ} = 3.06\,\mathrm{m}$$

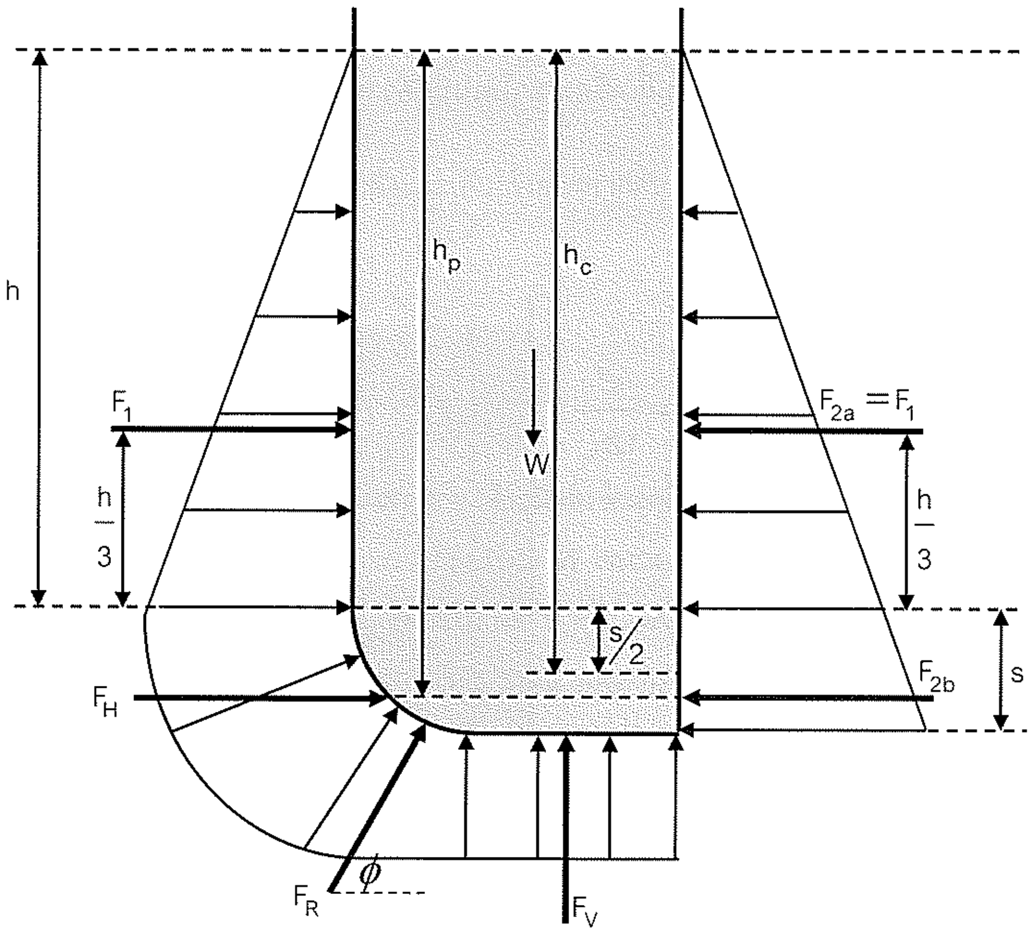
จาก $L_{pe} = L_{ce} + \dfrac{I_c}{L_{ce} A}$

$$L_{pe} = 3.06 + \frac{\frac{1}{12}(1.2\,\mathrm{m})(0.6\,\mathrm{m})^3}{(3.0\,\mathrm{m})(1.2\,\mathrm{m} \times 0.6\,\mathrm{m})} = 3.07\,\mathrm{m}$$ <u>ตอบ</u>

2.1.5 การกระจายแรงดันบนพื้นผิวโค้ง



เมื่อเหนือผิวของเหลวเป็นความดันบรรยากาศ โดยผนังด้านหนึ่งเป็นแนวดิ่งมีความสูงจากผิวของเหลวถึงก้นถังเป็น h_2 และอีกด้านหนึ่งตรงข้างล่างจะเป็นผิวโค้งที่มีรัศมี R ซึ่งในที่นี้จะพิจารณาหาแรงที่กระทำต่อผิวโค้ง



ภาพที่ 2.4 การกระจายแรงดันบนพื้นผิวโค้ง

จากภาพที่ 2.4 แรงที่กระทำต่อด้านข้างผนังมีค่า F_1 และกระทำที่ $\frac{h}{3}$ จากขอบล่าง ที่ช่วงความลึก h_1 และค่า $F_{2a} = F_1$ แต่มีทิศทางตรงกันข้าม

จากการรวมแรงในแนวระดับในส่วนความลึกด้านล่างลงไปจาก h จะได้ว่า $F_H = F_{2b}$ โดยพื้นที่ที่ F_{2b} กระทำ คือ ส่วนโค้งที่ถูกฉาย (Projection) มาเป็นแนวดิ่ง ดังนั้น

$$F_{2b} = \gamma h_c A \tag{2.4}$$

เมื่อ h_c คือ ความลึกจากผิวของเหลวจนถึงจุดเซนทรอยของพื้นที่ที่ถูกฉาย

$$h_c = h + \frac{s}{2}$$

เมื่อ s คือ ความสูงของการฉาย

พื้นที่ที่ฉาย (A) = sw เมื่อ w คือ ความกว้างของส่วนโค้ง

ดังนั้น $$F_{2b} = F_H = \gamma sw\left(h + \frac{s}{2}\right) \tag{2.5}$$

ตำแหน่งที่ F_{2b} กระทำ หรือตำแหน่งจุดศูนย์กลางความดันของพื้นที่ที่ฉาย มีค่าเท่ากับ $$h_p = h_c + \frac{I_c}{h_c A} \tag{2.6}$$

สำหรับพื้นที่ที่ฉายเป็นสี่เหลี่ยม ค่าโมเมนต์ความเฉื่อย (I_c) สามารถหาค่าได้จากสมการ ดังนี้

$$I_c = \frac{ws^3}{12}$$

เมื่อ $A = sw$

ดังนั้น $$h_p = h_c + \frac{ws^3}{12 h_c sw} = \frac{s^2}{12 h_c} \tag{2.7}$$

สำหรับแรงในแนวดิ่งที่กระทำต่อผิวโค้ง สามารถหาค่าได้จากการรวมแรงในแนวดิ่งจากภาพพบว่า มีเพียงน้ำหนักของของเหลว W และแรง F_v เท่านั้น

$F_v = W = \gamma V = \gamma Aw$ เมื่อ V คือ ปริมาตร

สำหรับแรงลัพธ์ F_R สามารถหาค่าได้ ดังนี้ $F_R = \sqrt{F_H^2 + F_v^2}$ ซึ่งมุม ϕ ที่แรงลัพธ์ F_R กระทำกับแนวระดับ สามารถหาค่าได้ ดังนี้ $\phi = \tan^{-1}\left(\frac{F_v}{F_H}\right)$

ขั้นตอนการคำนวณแรงที่กระทำบนพื้นผิวโค้งที่จม มีดังนี้

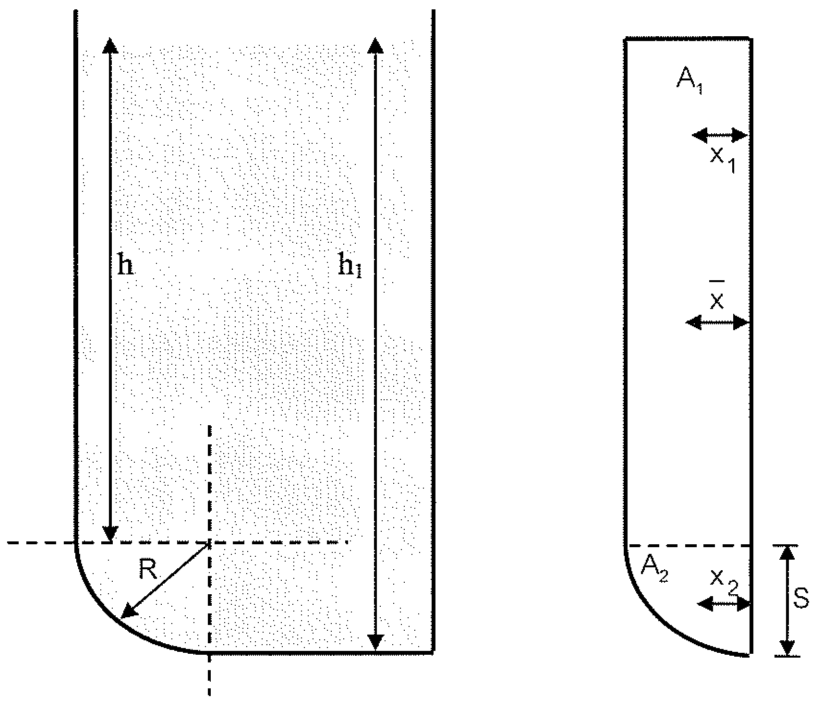
1. แยกปริมาตรของเหลวในส่วนแนวผิวดิ่งกับแนวผิวโค้งออกจากกัน
2. คำนวณหาน้ำหนักของปริมาตรที่แยกออกมาในเฉพาะส่วนโค้ง

3. ขนาดของแรง F_v เท่ากับน้ำหนักของของเหลว W
4. วาดส่วนโค้งที่ฉายไปในแนวดิ่งแล้วคำนวณหาความลึกของการฉาย หรือ “s”
5. หา $h_c = h + \frac{s}{2}$
6. หา $F_{2b} = F_H = \gamma sw\left(h + \frac{s}{2}\right) = \gamma swh_c$
7. หา $h_p = h_c + \frac{s^2}{12h_c}$
8. หา $F_R = \sqrt{F_H^2 + F_v^2}$
9. หา $\phi = \tan^{-1}\left(\frac{F_v}{F_H}\right)$
10. แสดงแรงทั้งขนาด และตำแหน่งในรูปภาพ

ตัวอย่าง 2.8 จากภาพที่ 2.4 เมื่อ h = 3.00 m h_1 = 4.50 m w = 2.5 m γ = 9.81 kN/m^3 จงหาแรงประกอบในแนวระดับและแนวดิ่งที่กระทำต่อผิวโค้ง และหาแรงลัพธ์

วิธีทำ

1. แยกปริมาตรในส่วนแนวดิ่งและเส้นโค้งออกจากกัน ดังภาพข้างล่าง



2. หาน้ำหนักของปริมาตรที่แยกออกมาในเฉพาะส่วนโค้ง

$$A = A_1 + A_2 = h_1 R + \left(\frac{1}{4}\pi R^2\right) = (3.0\,m \times 1.5\,m) + \left(\frac{1}{4}\pi(1.5\,m)^2\right)$$

$$A = 6.267\,m^2$$

$$V = Aw = (6.267\,m^2)(2.50\,m) = 15.67\,m^3$$

$$W = \gamma \cdot V = \left(9.81\frac{kN}{m^3}\right)\left(15.67\,m^3\right) = 153.7\,kN$$

3. จาก $F_V = W = 153.7\,kN$ <u>ตอบ</u>

ตำแหน่งที่ F_V กระทำ คือ x_2 ซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางมวล

จาก $x_2 = 0.424R = 0.424(1.50\,m) = 0.636\,m$

$$x_1 = \frac{1.5}{2} = 0.75\,m$$

ดังนั้น จุดศูนย์กลางมวลของ A_1 และ A_2 คือ $\bar{x}$

$$\bar{x} = \frac{A_1x_1 + A_2x_2}{A_1 + A_2} = \frac{(4.50\,m^2)(0.75\,m) + (1.767\,m^2)(0.636\,m)}{4.50\,m^2 + 1.767\,m^2} = 0.718\,m$$

4. จากภาพ s = 1.50 m

5. จาก $h_c = h_1 + \frac{s}{2}$

$$h_c = 3.0\,m + \frac{1.50\,m}{2} = 3.75\,m$$

6. จาก $F_H = \gamma sw\left(h_1 + \frac{s}{2}\right) = \gamma\, swh_c$

$$F_H = \left(9.81\frac{kN}{m^3}\right)(1.50\,m)(2.50\,m)(3.75\,m) = 138.0\,kN$$ <u>ตอบ</u>

7. จาก $h_p = h_c + \frac{S^2}{12h_c}$

$$h_p = 3.75\,m + \frac{(1.50\,m)^2}{12(3.75\,m)} = 3.80\,m$$

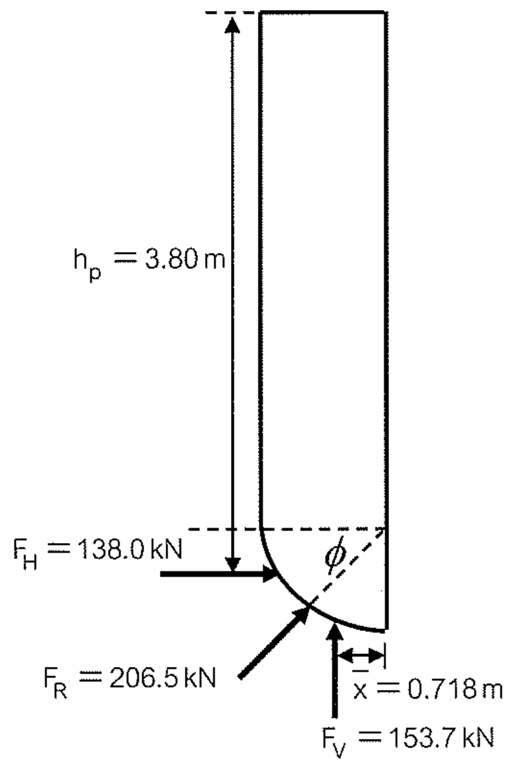
8. จาก $F_R = \sqrt{F_V^2 + F_H^2}$

$$F_R = \sqrt{(153.7\,kN)^2 + (138.0\,kN)^2} = 206.5\,kN$$

9. จาก $\phi = \tan^{-1}\left(\frac{F_V}{F_H}\right)$

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{153.7\,\text{kN}}{138.0\,\text{kN}}\right) = 48.1^{\circ}$$ <u>ตอบ</u>

10. แสดงตำแหน่งของแต่ละค่า ดังภาพข้างล่าง



2.2 **แรงลอยตัว** (Buoyancy)

แรงลอยตัว คือ แรงลัพธ์ที่ของไหลสถิตกระทำต่อวัตถุที่จม หรือลอยอยู่ในของไหลนั้น แรงลอยตัวจะกระทำขึ้นในแนวดิ่งเสมอ

$$F_b = \gamma_f V_d \tag{2.8}$$

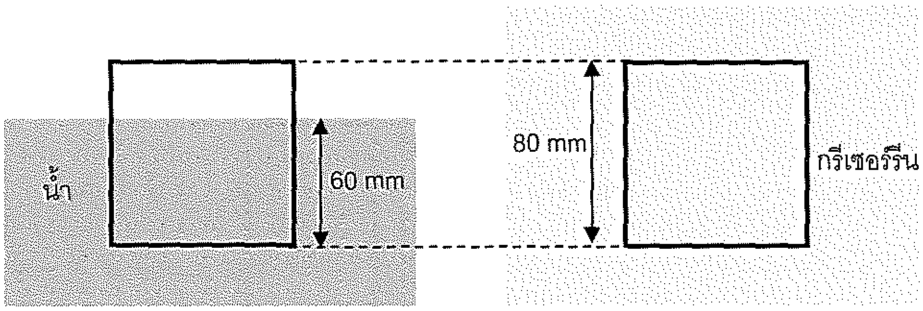
เมื่อ F_b คือ แรงลอยตัว

γ_f คือ น้ำหนักจำเพาะของของเหลว

V_d คือ ปริมาตรของของเหลวที่ถูกแทนที่โดยวัตถุ (ปริมาตรของวัตถุในส่วนที่จม)

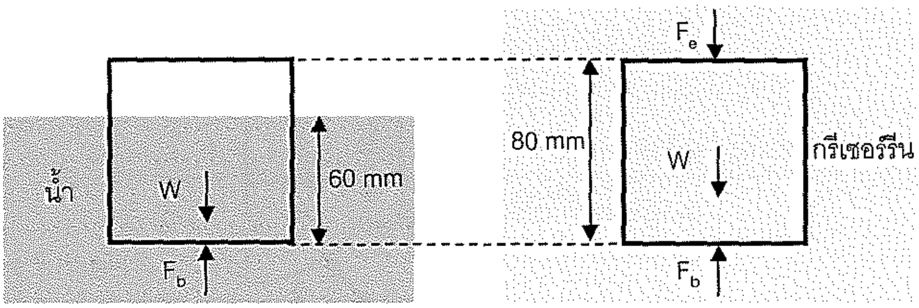
แรงลอยตัวจะกระทำผ่านจุดศูนย์ถ่วงของของเหลวที่ถูกแทนที่ ซึ่งจุดศูนย์ถ่วงของของเหลวที่ถูกแทนที่นี้ เรียกว่า จุดศูนย์กลางของการลอยตัว (Center of buoyancy)

ตัวอย่าง 2.9 เมื่อลูกบาศก์ขนาด 80 mm ลอยอยู่ในน้ำได้ดังภาพ (ก) จงหาว่าจะต้องใช้แรงเท่าใดในการทำให้ลูกบาศก์นี้จมในกรีเซอร์รีน (ภาพ (ข)) ที่มีความถ่วงจำเพาะ 1.26 ได้



(ก) (ข)

วิธีทำ



เมื่อลูกบาศก์ลอยในน้ำ $\sum F_V = 0$

$$F_b - W = 0$$

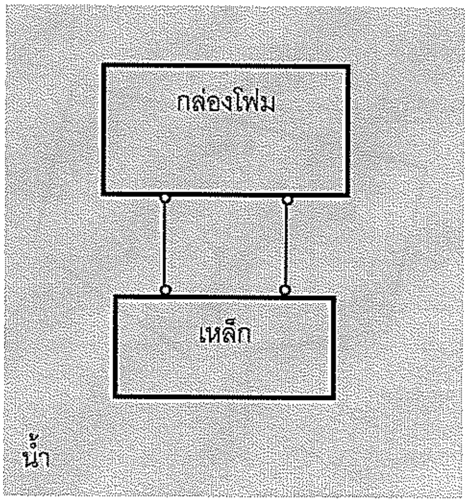
$$W = F_b = \gamma_f V_d = \left(9.81\frac{kN}{m^3}\right)(80\,mm \times 80\,mm \times 60\,mm) = 3.77\,N$$ <u>ตอบ</u>

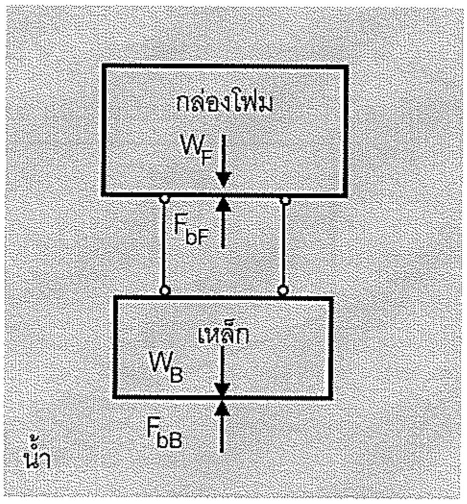
เมื่อลูกบาศก์จมในกรีเซอร์รีน $\sum F_V = 0$

$$F_b - W - F_e = 0$$

$$F_e = F_b - W = \gamma_f V_d - W = \left(1.26 \times 9.81\frac{kN}{m^3}\right)(80\,mm)^3 - 3.77\,N = 2.56\,N$$ <u>ตอบ</u>

ตัวอย่าง 2.10 เมื่อต้องการที่จะทำให้ลูกบาศก์เหล็กขนาด 152.4 mm หนัก 298.2 N ลอยอยู่ในน้ำได้ จำเป็นที่จะต้องนำกล่องโฟมมาแขวนไว้ ดังภาพข้างล่าง เมื่อกล่องโฟมนี้มีน้ำหนักจำเพาะ 707 N/m^3 จงหาปริมาตรของกล่องโฟมที่จะให้ลูกบาศก์เหล็กลอยอยู่ในน้ำได้





วิธีทำ

จาก $\sum F_V = 0$

$$F_{bB} + F_{bF} - W_B - W_F = 0 \tag{1}$$

$$W_B = 298.2\,\text{N}$$

$$F_{bB} = \gamma_f V_{dB} = \left(9.81\frac{\text{kN}}{\text{m}^3}\right)(0.152\,\text{m})^3 = 34.5\,\text{N}$$

$$W_F = \gamma_F V_F = \left(707\frac{\text{N}}{\text{m}^3}\right)V_F$$

$$F_{bF} = \gamma_f V_F = \left(9.81\frac{\text{kN}}{\text{m}^3}\right)V_F$$

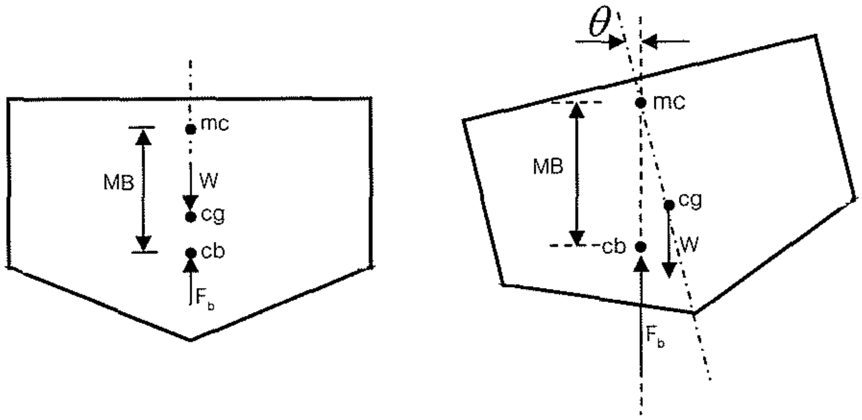
แทนค่า F_{bB}, F_{bF}, W_B, W_F ในสมการที่ (1)

$$34.5\,\text{N} + \left(9.81\frac{\text{kN}}{\text{m}^3}\right)V_F - 298.2\,\text{N} - \left(707\frac{\text{N}}{\text{m}^3}\right)V_F = 0$$

$$V_F = 0.029\,\text{m}^3$$

2.2.1 ความเสถียรของวัตถุลอยในของไหล

ความเสถียรภาพของวัตถุที่ลอยและจมในของไหล ขึ้นอยู่กับตำแหน่งกระทำของแรงลอยตัวและน้ำหนักของวัตถุ ซึ่งวัตถุจะมีความเสถียรภาพ เมื่อตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของการลอยตัว (cb) ต้องอยู่ใต้จุดศูนย์ถ่วงของวัตถุ (cg) เสมอ มิฉะนั้นวัตถุจะไม่มีความเสถียรภาพ



(ก) (ข)

ภาพที่ 2.5 ความเสถียรของวัตถุลอยในของไหล

ในสภาพสมดุล ดังภาพที่ 2.5 (ก) แรงเนื่องจากน้ำหนักของวัตถุ W กระทำที่จุด cg และแรงลอยตัว F_b กระทำที่จุด cb จะต้องอยู่ในแนวเดียวกัน เมื่อวัตถุเอียงจากเดิมไปเป็นมุมเล็กๆ θ ดังภาพที่ 2.5 (ข) แนวกระทำของแรงลอยตัวจะต้องตัดกับแนวเส้นผ่าศูนย์กลาง (Center line) ของวัตถุที่จุด mc ถ้า θ เข้าใกล้ศูนย์ จุด mc จะเลื่อนเข้าอยู่ในตำแหน่งที่เรียกว่า จุดศูนย์เสถียร (Metacenter)

ระยะจากจุด mc ถึง cb คือ ระยะ MB ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ ดังต่อไปนี้

$$MB = \frac{I}{V_d} \tag{2.9}$$

เมื่อ I คือ โมเมนต์ความเฉื่อยที่น้อยที่สุดในหน้าตัดแนวระดับของวัตถุในส่วนที่จม ซึ่งสามารถหาค่าได้จากตารางที่ 2.1

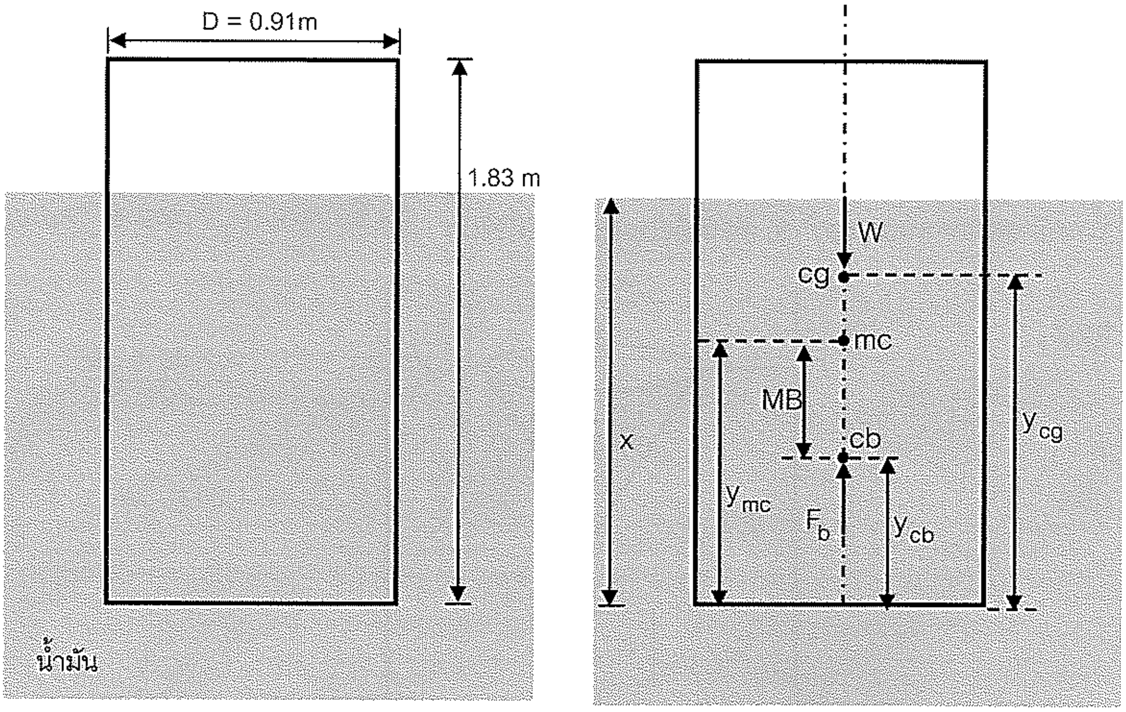
V_d คือ ปริมาตรส่วนที่จมในของเหลว

ถ้า mc อยู่เหนือ cg วัตถุนั้นจะอยู่ในสภาวะสมดุล ในทางตรงกันข้าม ถ้า mc อยู่ใต้ cg วัตถุนั้นจะอยู่ในสภาวะไม่สมดุล

ขั้นตอนในการหาความเสถียรภาพของวัตถุลอยในของไหล มีดังนี้

1. หาตำแหน่งของวัตถุที่ลอย
2. หาตำแหน่ง cb ซึ่งคำนวณหาระยะทางจากแกนอ้างอิงถึง cb (เรียกว่า y_{cb}) โดยปกติแล้วจะใช้ก้นวัตถุเป็นระดับอ้างอิง
3. หาตำแหน่ง cg ซึ่งคำนวณระยะ y_{cg} โดยวัดจากระดับอ้างอิง
4. คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดการไหล และโมเมนต์ความเฉื่อยที่น้อยที่สุดของพื้นที่นั้น
5. คำนวณหาปริมาตรที่ถูกแทนที่ (V_d)
6. คำนวณหา $MB = \dfrac{I}{V_d}$
7. หา $y_{mc} = y_{cb} + MB$
8. ถ้า $y_{mc} > y_{cg}$ แสดงว่า วัตถุนั้นมีเสถียร (Stable)
9. ถ้า $y_{mc} < y_{cg}$ แสดงว่า วัตถุนั้นมีไม่เสถียร (Unstable)

ตัวอย่าง 2.11 วัตถุทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.91 m สูง 1.83 m หนัก 6.90 kN ถูกนำไปลอยในของเหลวชนิดหนึ่งที่มีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.90 จงหาว่าสภาวะของทรงกระบอกนี้จะอยู่ในสภาวะสมดุลหรือไม่



วิธีทำ

$$y_{cg}=\frac{1.83\,m}{2}=0.915\,m$$

จาก $\sum F_V=0$

$$W=F_b=\gamma V_d=\gamma(\frac{\pi}{4}D^2x)$$

$$x=\frac{4W}{\gamma\pi D^2}=\frac{4(6.90\,kN)}{\left(0.9\times 9.81\frac{kN}{m^3}\right)\pi(0.91m)^2}=1.202\,m$$

ตำแหน่ง $cb=\frac{x}{2}=\frac{1.202\,m}{2}=0.601m=y_{cb}$

จาก $MB=\frac{I}{V_d}$

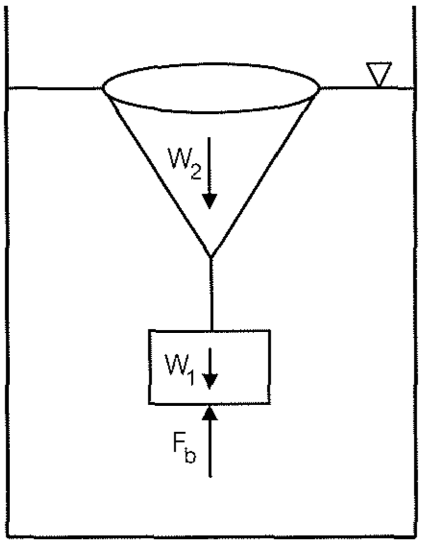
$$MB=\frac{\frac{\pi D^4}{64}}{\frac{\pi}{4}D^2x}=\frac{\frac{\pi(0.91m)^4}{64}}{\frac{\pi}{4}(0.91m)^2(1.202\,m)}=0.043\,m$$

$$y_{mc}=y_{cb}+MB=0.601m+0.043\,m=0.644\,m$$

$\because y_{mc}<y_{cg}$ ทรงกระบอกนี้จึงไม่มีความเสถียรภาพ <u>ตอบ</u>

ตัวอย่าง 2.12 ท่อนทรงกรวย (S = 0.50) หนัก 90 นิวตัน ลอยตัวอยู่ในของเหลว ที่มีความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 0.80 โดยมีปลายแหลมข้างล่าง เมื่อต้องการทำให้ท่อนทรงกรวยนี้จมลงในของเหลวพอดี จึงได้นำเอาแท่งทองเหลือง (S = 7.8) มาผูกที่ปลายกรวย จงคำนวณหา (ก) น้ำหนักของแท่งเหล็ก และ (ข) ความตึงในเส้นเชือกที่ใช้ผูก

วิธีทำ



จากโจทย์ ทองเหลือง; $S_1 = 7.8$

กรวย; $S_2 = 0.5$, $W_2 = 90\ N$

ของเหลว; $S_3 = 0.8$

(ก) กำหนดให้ W คือ น้ำหนักของแท่งเหล็กที่มีปริมาตร V_1

V_2 คือ ปริมาตรของกรวยที่จมพอดี

V_3 คือ ปริมาตรของของเหลวที่ถูกแทนที่ด้วยกรวยและแท่งทองเหลือง

จาก $\sum F_V = 0$

$W_1 + W_2$ = แรงลอยตัวของของเหลวที่ถูกแทนที่ทั้งหมด = F_b

$$W_1 + W_2 = \gamma_3 V_3 = \gamma_3 (V_1 + V_2) = 0.8\left(9.81\frac{kN}{m^3}\right)(V_1 + V_2) \tag{1}$$

$$W_1 = \left(7.8 \times 9.81\frac{kN}{m^3}\right)V_1$$

$$V_1 = \frac{W_1}{\left(7.8 \times 9.81\frac{kN}{m^3}\right)}$$

$$W_2 = \left(0.5 \times 9.81\frac{kN}{m^3}\right)V_2 = 90\,N$$

$$V_2 = \frac{90\,N}{\left(0.5 \times 9.81\frac{kN}{m^3}\right)}$$

แทนค่า V_1 และ V_2 ในสมการที่ (1)

$$W_1 + 90\,N = \left(0.8 \times 9.81\frac{kN}{m^3}\right)\left[\frac{W_1}{\left(7.8 \times 9.81\frac{kN}{m^3}\right)} + \frac{90\,N}{\left(0.5 \times 9.81\frac{kN}{m^3}\right)}\right]$$

$\therefore W_1 = 60.17\,N$ <u>ตอบ</u>

(ข) แรงตึงในเชือก = น้ำหนักของแท่งเหล็กที่ชั่งในของเหลว

= น้ำหนักของแท่งเหล็กที่ชั่งในอากาศ – แรงลอยตัวสำหรับแท่งทองเหลือง

จาก $\sum F_V = 0$

$$T = W - F_b = W - \gamma_3 V_1 = 60.17\,\text{N} - \left(0.8 \times 9.81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}\right) V_1$$

จาก $V_1 = \dfrac{W}{\gamma}$

$$V_1 = \frac{60.17\,\text{N}}{\left(7.8 \times 9.81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}\right)}$$

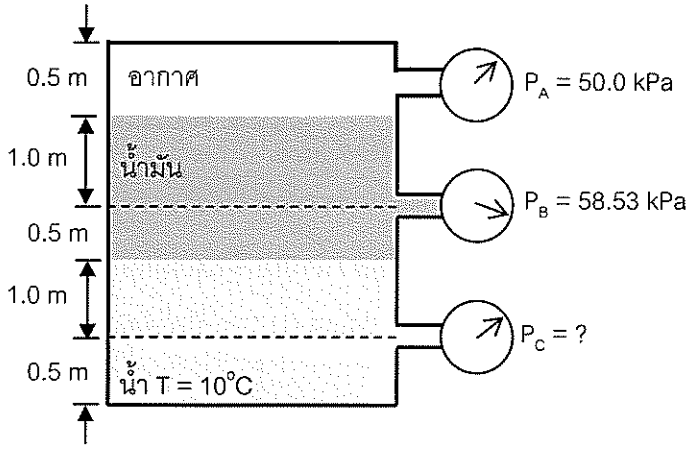
$$\therefore T = 60.17\,\text{N} - \left(0.8 \times 9.81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}\right)\left(\frac{60.17\,\text{N}}{\left(7.8 \times 9.81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}\right)}\right) = 54\,\text{N}$$ <u>ตอบ</u>

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 2

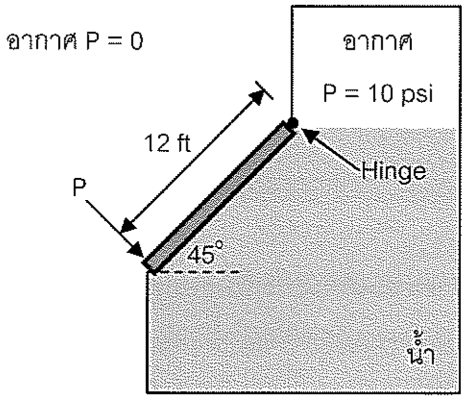
1. จงคำนวณหาความดันของถังที่บรรจุน้ำมัน ซึ่งเปิดสู่บรรยากาศ ณ ความลึก 8 ft (2.4 m) วัดจากผิวน้ำมัน กำหนดให้ น้ำมันมีน้ำหนักจำเพาะ 1.66 slug/ft^3 (855.6 kg/m^3)

2. ถ้าความดัน ณ ความลึก 10 ft (3 m) จากผิวของเหลวที่เปิดสู่บรรยากาศ มีค่า 20 psi (140 kPa) จงคำนวณหาน้ำหนักจำเพาะ และความถ่วงจำเพาะของของเหลวชนิดนี้

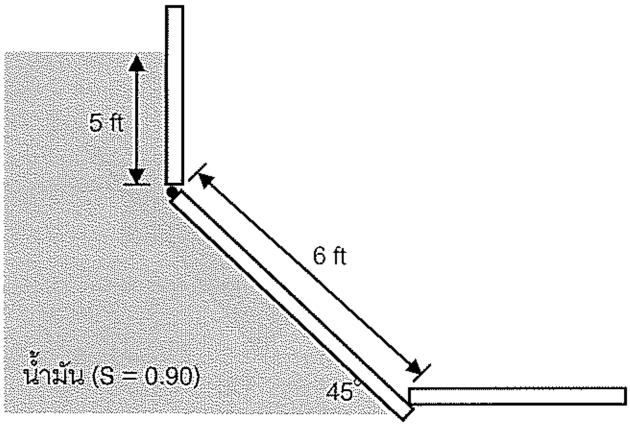
3. จากภาพ จงหาว่าที่เครื่องวัดความดัน C จะอ่านค่าได้เท่าไร



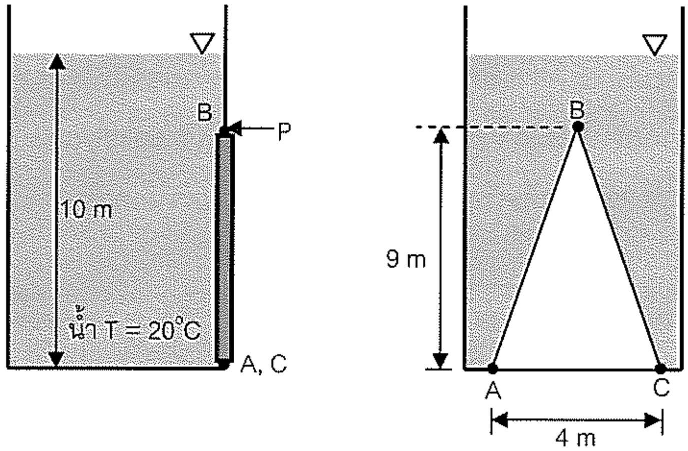
4. จงคำนวณหาแรง P ที่น้อยที่สุดที่กระทำต่อแผ่นระนาบเรียบจัตุรัสขนาด 12 ft หนัก 500 lb ที่ปิดถังน้ำภายใต้ความดัน 10 psi ให้อยู่ในสภาวะปิดดังภาพ



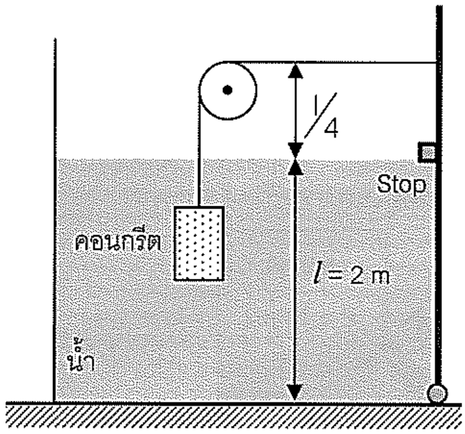
5. จงคำนวณหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อแผ่นระนาบเรียบขนาด 6 ft x 10 ft



6. ประตูน้ำรูปสามเหลี่ยม ABC ดังภาพข้างล่าง จงคำนวณหาแรงที่กระทำต่อประตู และแรง P ที่จะทำให้ประตูปิดสนิท

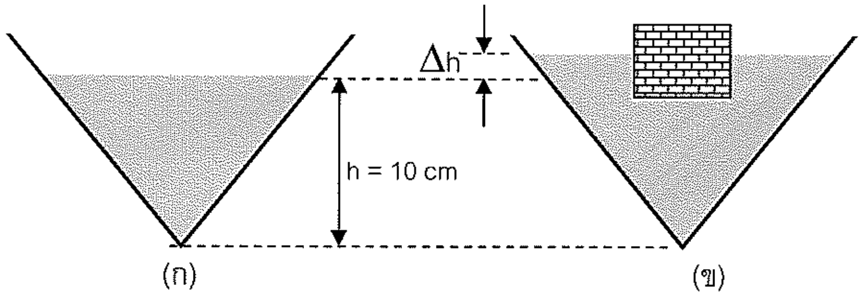


7. จงคำนวณหาปริมาตรของคอนกรีตที่น้อยที่สุด (น้ำหนักจำเพาะคอนกรีต = 23.6 kN/m^3) ที่จะทำให้ประตูน้ำขนาดความกว้าง (W) 1 m และความสูง (l) 2 m ปิดได้อย่างสนิท

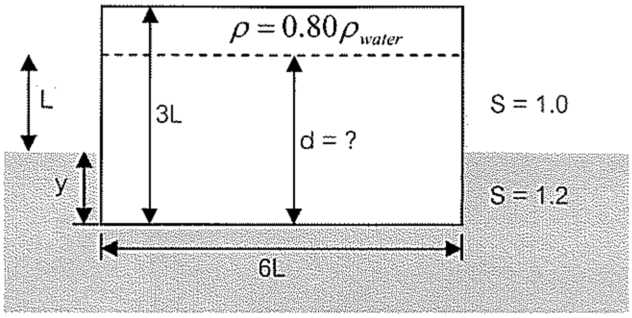


8. จากภาพในข้อ 7 จงคำนวณหาปริมาตรของคอนกรีตที่น้อยที่สุด (น้ำหนักจำเพาะคอนกรีต = 150 lb/ft^3) ที่จะทำให้ประตูน้ำขนาดความกว้าง (W) 2 ft และความสูง (l) 5 ft ปิดได้อย่างสนิท

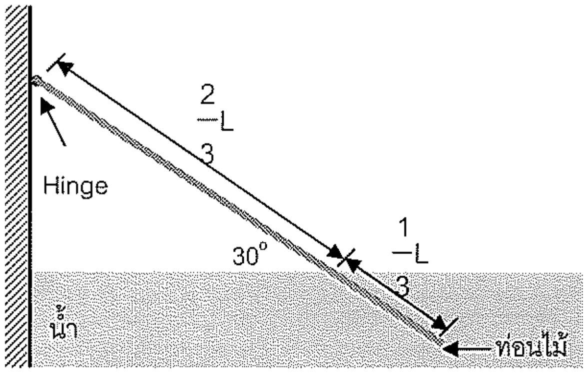
9. จากภาพ (ก) เป็นสภาวะเริ่มต้น ซึ่งมีปริมาณของน้ำที่บรรจุอยู่เท่ากับ $V = \frac{\pi}{3}h^3$ เมื่อนำกล่องมาลอยดังภาพ (ข) จงคำนวณหาระดับน้ำที่เพิ่มสูงขึ้น (Δh) เมื่อกล่องมีปริมาตร 200 cm^3 และความถ่วงจำเพาะ 0.5



10. จงคำนวณหาค่า d เมื่อวัตถุทรงสี่เหลี่ยมลอยบนของเหลวสองชนิด ดังภาพข้างล่าง



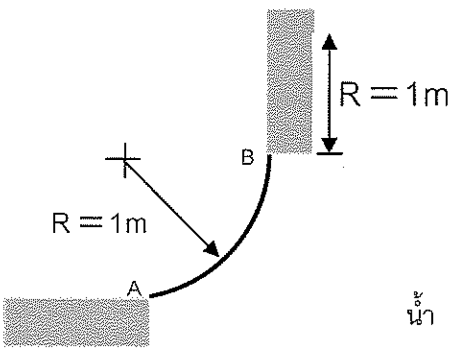
11. จากภาพ เมื่อท่อนไม้ที่ถูกยึดไว้กับกำแพงด้านหนึ่ง ลอยอยู่บนน้ำด้วยสภาวะสมดุลระหว่างน้ำหนักของท่อนไม้และแรงลอยตัว จงคำนวณหาความหนาแน่นของท่อนไม้นี้



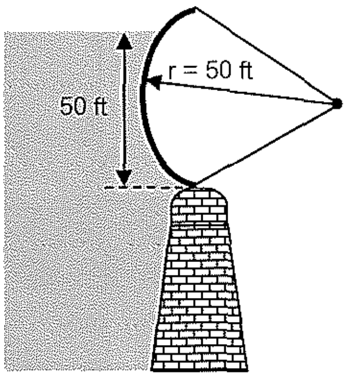
12. (ก) จงคำนวณหาขนาดและทิศทางของแรงในแนวดิ่งที่กระทำต่อประตูบานโค้ง AB เมื่อ l = 1 m

(ข) จงคำนวณหาขนาดและทิศทางของแรงในแนวระดับที่กระทำต่อประตูบานโค้ง AB

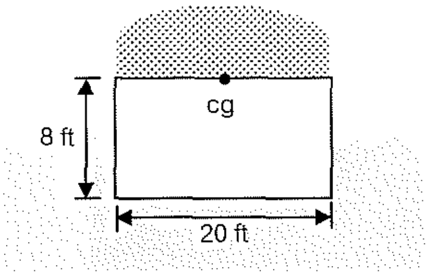
(ค) จงคำนวณหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อประตูบานโค้ง AB



13. จงคำนวณหาแรงที่กระทำต่อประตูน้ำบานโค้งซึ่งยาว 40 ft

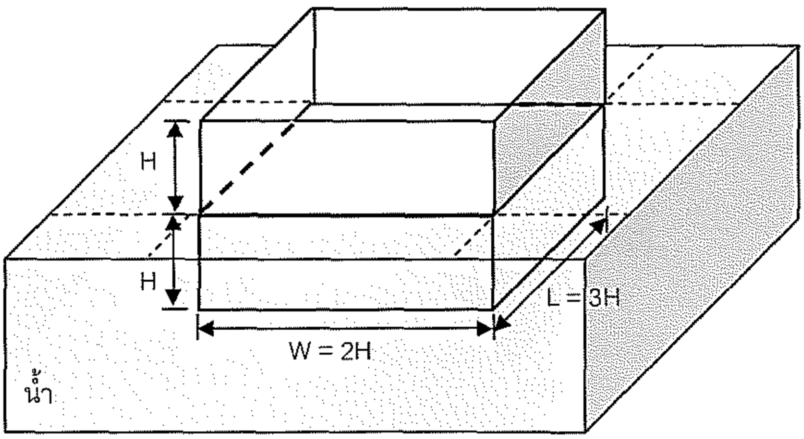


14. เรือขนาดกว้าง 20 ft และยาว 50 ft บรรทุกทรายไว้ดังภาพ กำหนดให้จุด cg ของทั้งเรือและทรายอยู่ตามแนวเส้นศูนย์กลาง (Center Line) ด้านบนของเรือ โดยน้ำหนักของเรือและทรายรวมกันได้ 400,000 lb จงหาว่าเรือนี้จะยังคงตั้งตรงหรือจะพลิกคว่ำ

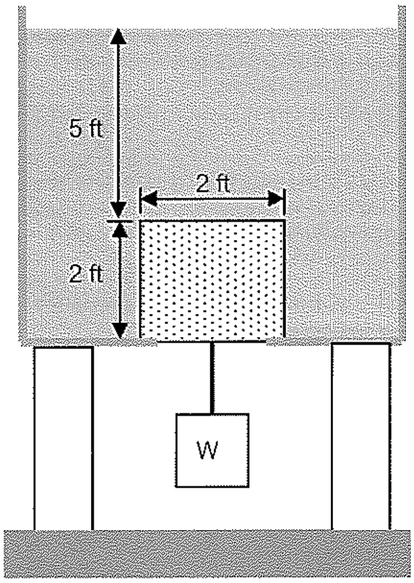


15. ไม้ทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 m และยาว 1 m มีน้ำหนักจำเพาะ 8000 N/m^3 จงหาว่าท่อนไม้นี้จะสามารถลอยในแนวดิ่งได้หรือไม่

16. จากภาพ จงพิจารณาว่ากล่องนี้อยู่ในสภาวะที่มีความเสถียรภาพหรือไม่



17. ถังน้ำรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีช่องเปิดด้านล่างขนาดเล็กกว่า 2 ft x 2ft เพียงเล็กน้อย ซึ่งถูกปิดไว้ด้วยกล่องไม้ ดังภาพ จงคำนวณหาน้ำหนัก w ที่จะต้องใช้เพื่อให้กล่องไม้นี้ปิดช่องด้านล่างได้อย่างสนิท กำหนดให้ น้ำหนักจำเพาะของไม้ 40 lb/ft^3



18. ประตูน้ำทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 m ยาว 6 m อยู่ในสภาพน้ำเต็มพอดี ดังภาพ ประตูนี้วางอยู่บนฐานที่จุด B และด้านขวามือสัมผัสกับผนังที่จุด A สัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่จุด A เท่ากับ 0.15 จงคำนวณหาน้ำหนักที่น้อยที่สุดของประตูนี้ที่จะไม่ทำให้ประตูลอยขึ้น โดยสมมุติว่าแนวแรงกระทำของน้ำผ่านจุด B และประตูไม่มีการหมุนกลิ้ง