

## BÖLÜM 3 – Çözümlü Problemler

### Basınç, Manometre ve Barometre

**3-9** Cıva, su ve yağın yoğunluğu sırasıyla, 13,600, 1000, and 850 kg/m<sup>3</sup> I noktasında hava-su temasındaki basınçtan başlayıp, tübteki basınçları ekleyip çıkarırsak,

$$P_1 + \rho_{\text{water}} gh_1 + \rho_{\text{oil}} gh_2 - \rho_{\text{mercury}} gh_3 = P_{\text{atm}}$$

$P_1$  için çözüm yapılırsa,

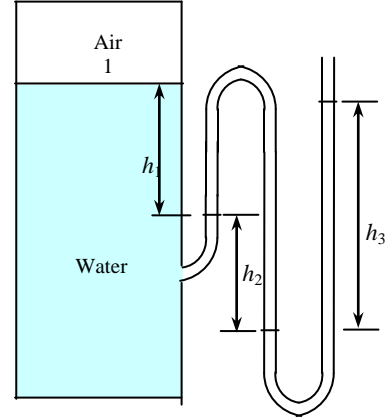
$$P_1 = P_{\text{atm}} - \rho_{\text{water}} gh_1 - \rho_{\text{oil}} gh_2 + \rho_{\text{mercury}} gh_3$$

yada,

$$P_1 - P_{\text{atm}} = g(\rho_{\text{mercury}} h_3 - \rho_{\text{water}} h_1 - \rho_{\text{oil}} h_2)$$

Burada,  $P_{1,\text{gage}} = P_1 - P_{\text{atm}}$  ve yerine konursa,

$$\begin{aligned} P_{1,\text{gage}} &= (9.81 \text{ m/s}^2)[(13,600 \text{ kg/m}^3)(0.46 \text{ m}) - (1000 \text{ kg/m}^3)(0.2 \text{ m}) \\ &\quad - (850 \text{ kg/m}^3)(0.3 \text{ m})] \left( \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2} \right) \left( \frac{1 \text{ kPa}}{1000 \text{ N/m}^2} \right) \\ &= \mathbf{56.9 \text{ kPa}} \end{aligned}$$



**3-20** Havanın yoğunluğu,  $\rho = 1.18 \text{ kg/m}^3$ . Cıvanın yoğunluğu, 13,600 kg/m<sup>3</sup>. Binanın üst ve altındaki atmosferik basınç,

$$\begin{aligned} P_{\text{top}} &= (\rho gh)_{\text{top}} \\ &= (13,600 \text{ kg/m}^3)(9.807 \text{ m/s}^2)(0.730 \text{ m}) \left( \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2} \right) \left( \frac{1 \text{ kPa}}{1000 \text{ N/m}^2} \right) \\ &= 97.36 \text{ kPa} \\ P_{\text{bottom}} &= (\rho gh)_{\text{bottom}} \\ &= (13,600 \text{ kg/m}^3)(9.807 \text{ m/s}^2)(0.755 \text{ m}) \left( \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2} \right) \left( \frac{1 \text{ kPa}}{1000 \text{ N/m}^2} \right) \\ &= 100.70 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Binanın üst ve altında, hava kolonu alınıp, kuvvet balansı yazılırsa,

$$\begin{aligned} W_{\text{air}} / A &= P_{\text{bottom}} - P_{\text{top}} \quad \text{and} \quad (\rho gh)_{\text{air}} = P_{\text{bottom}} - P_{\text{top}} \\ (1.18 \text{ kg/m}^3)(9.807 \text{ m/s}^2)(h) \left( \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2} \right) \left( \frac{1 \text{ kPa}}{1000 \text{ N/m}^2} \right) &= (100.70 - 97.36) \text{ kPa} \end{aligned}$$

$h = 288.6 \text{ m} \cong \mathbf{289 \text{ m}}$ , binanın yüksekliğidir.

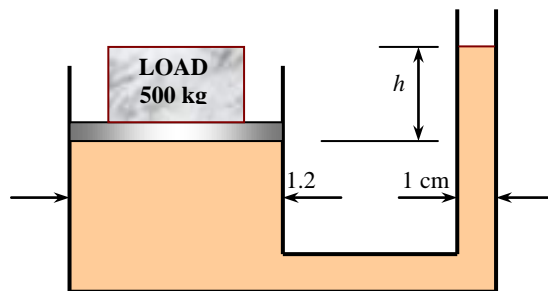
**3-43** Yağın yoğunluğu,  $\rho = 780 \text{ kg/m}^3$ .

$$P_{\text{gage}} = \frac{W}{A} = \frac{mg}{\pi D^2 / 4} = \frac{(500 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2)}{\pi (1.20 \text{ m})^2 / 4} \left( \frac{1 \text{ kN}}{1000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2} \right) = 4.34 \text{ kN/m}^2 = 4.34 \text{ kPa}$$

Gereken yağ yüksekliği 4.34 kPa basınç yüksekliğine sebep olacaktır.

$$P_{\text{gage}} = \rho gh \rightarrow h = \frac{P_{\text{gage}}}{\rho g} = \frac{4.34 \text{ kN/m}^2}{(780 \text{ kg/m}^3)(9.81 \text{ m/s}^2)} \left( \frac{1000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2}{1 \text{ kN/m}^2} \right) = \mathbf{0.567 \text{ m}}$$

Bu yüzden 500 kg lık yük hidrolik kaldıraçla, yağ seviyesini 56.7 cm yaparak kaldırılır.



### Akışkan statikliği

**3-64** deniz suyunun özgül ağırlığı 1.025, ve yoğunluğu 1025 kg/m<sup>3</sup>. Ortalama basınç, yüzeydeki orta noktaya (centroid) etkiyen basınç,

$$P_{avg} = P_C = \rho g h_C = (1025 \text{ kg/m}^3)(9.81 \text{ m/s}^2)(5 \text{ m}) \left( \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2} \right) = 50,276 \text{ N/m}^2$$

Her bir pencereye etkiyen hidrostatik kuvvet

$$F_R = P_{avg} A = P_{avg} [\pi D^2 / 4] = (50,276 \text{ N/m}^2)[\pi (0.3 \text{ m})^2 / 4] = 3554 \text{ N} \cong \mathbf{3550 \text{ N}}$$

Basınç merkezinden geçen kuvvetin etki doğrultusunun yüzeyden mesafesi,

$$y_P = y_C + \frac{I_{xx,C}}{y_C A} = y_C + \frac{\pi R^4 / 4}{y_C \pi R^2} = y_C + \frac{R^2}{4 y_C} = 5 + \frac{(0.15 \text{ m})^2}{4(5 \text{ m})} = 5.0011 \text{ m} \cong \mathbf{5.00 \text{ m}}$$

**3-66** Suyun yoğunluğu, 1000 kg/m<sup>3</sup>  
Yüzeydeki ortalama basınç, yüzeyin centroid deki basınçtır.

$$P_{avg} = P_C = \rho g h_C = \rho g (h/2) \\ = (1000 \text{ kg/m}^3)(9.81 \text{ m/s}^2)(4/2 \text{ m}) \left( \frac{1 \text{ kN}}{1000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2} \right) = 19.62 \text{ kN/m}^2$$

Yüzeydeki hidrostatik basınç,

$$F_R = P_{avg} A = (19.62 \text{ kN/m}^2)(4 \text{ m} \times 5 \text{ m}) = 392 \text{ kN}$$

Basınç merkezinden geçen kuvvet (yüzeyden 2h/3 mesafede),

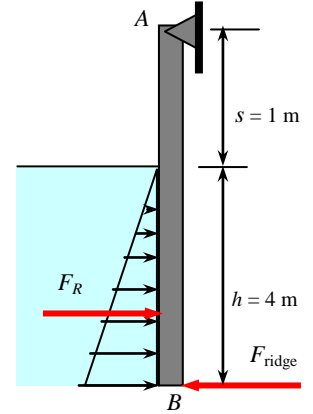
$$y_P = \frac{2h}{3} = \frac{2 \times (4 \text{ m})}{3} = 2.667 \text{ m}$$

A noktasında moment alınıp sıfıra eşitlenirse,

$$\sum M_A = 0 \rightarrow F_R (s + y_P) = F_{ridge} \overline{AB}$$

$F_{ridge}$  için çözüm yapıp yerine konursa,

$$F_{ridge} = \frac{s + y_P}{AB} F_R = \frac{(1 + 2.667) \text{ m}}{5 \text{ m}} (392 \text{ kN}) = \mathbf{288 \text{ kN}}$$



### Kaldırma

**3-82**

Saf suyun yoğunluğu, 1000 kg/m<sup>3</sup>.

Hidrometre statik dengededir, ve kaldırma kuvveti,  $F_B = W$ .

$$F_B = \rho g V_{sub} = \rho g h A_c$$

Burada h hidrometrenin dalmış kısmı ve  $A_c$  kesit alanı,

$$\text{Saf suda: } W = \rho_w g h_w A_c$$

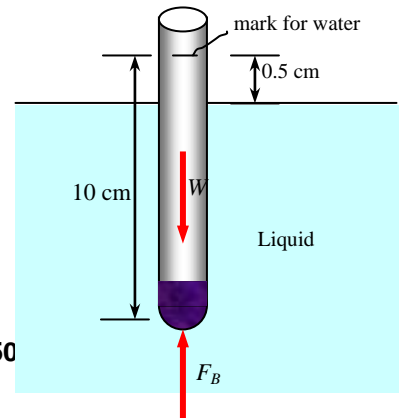
$$\text{sıvıda: } W = \rho_{liquid} g h_{liquid} A_c$$

yukardaki ağırlıkları eşitliyerek,

$$\rho_w g h_w A_c = \rho_{liquid} g h_{liquid} A_c$$

Sıvı yoğunluğu için çözülür ve yerine konursa,

$$\rho_{liquid} = \frac{h_{water}}{h_{liquid}} \rho_{water} = \frac{10 \text{ cm}}{(10 - 0.5) \text{ cm}} (1000 \text{ kg/m}^3) = 1053 \text{ kg/m}^3 \cong \mathbf{1050}$$



### 3-89

Deniz suyunun yoğunluğu,  $1.03 \times 1000 = 1030 \text{ kg/m}^3$ . Suyun yoğunluğu,  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

Boşaltılan yük,

$$W_{\text{boat}} = mg = (8560 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2) \left( \frac{1 \text{ kN}}{1000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2} \right) = 84.0 \text{ kN}$$

Tüm gemi su içinde battığında, kaldırma kuvveti maksimum olur ve bu kuvvet,

$$F_{B,\text{lake}} = \rho_{\text{lake}} g V = (1000 \text{ kg/m}^3)(9.81 \text{ m/s}^2)(150 \text{ m}^3) \left( \frac{1 \text{ kN}}{1000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2} \right) = 1472 \text{ kN}$$

$$F_{B,\text{sea}} = \rho_{\text{sea}} g V = (1030 \text{ kg/m}^3)(9.81 \text{ m/s}^2)(150 \text{ m}^3) \left( \frac{1 \text{ kN}}{1000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2} \right) = 1516 \text{ kN}$$

Yüzten geminin ağırlığı kaldırma kuvvetine eşittir. Bu yüzden maksimum yükün ağırlığı,

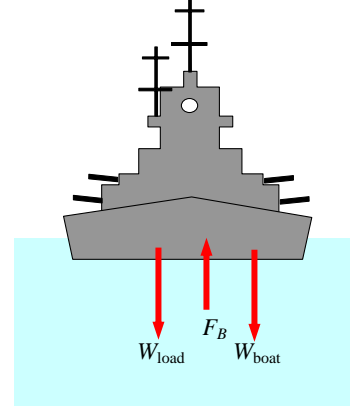
$$W_{\text{load,lake}} = F_{B,\text{lake}} - W_{\text{boat}} = 1472 - 84 = 1388 \text{ kN}$$

$$W_{\text{load,sea}} = F_{B,\text{sea}} - W_{\text{boat}} = 1516 - 84 = 1432 \text{ kN}$$

Yük kütleleri,

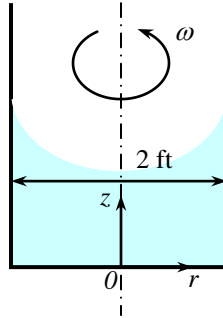
$$m_{\text{load,lake}} = \frac{W_{\text{load,lake}}}{g} = \frac{1388 \text{ kN}}{9.81 \text{ m/s}^2} \left( \frac{1000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2}{1 \text{ kN}} \right) = 141,500 \text{ kg} \cong \mathbf{142,000 \text{ kg}}$$

$$m_{\text{load,sea}} = \frac{W_{\text{load,sea}}}{g} = \frac{1432 \text{ kN}}{9.81 \text{ m/s}^2} \left( \frac{1000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2}{1 \text{ kN}} \right) = 145,970 \text{ kg} \cong \mathbf{146,000 \text{ kg}}$$



### Rijit cisim hareketi yapan akışkanlar,

**3-97E** Atmosfere açık dikey bir silindirik şekildeki gibi tank ekseni etrafında dönmektedir. Tank dibinin ilk defa görüneceği açılmal hız ve bu hızdaki su yüksekliği belirlenecek.



Dönme hızı artışı çok yavaş bu yüzden tanktaki su rijit cisim olarak kabul ediliyor.

( $r = 0, z = 0$ ), dönen su yüzeyinin denklemi,

$$z_s(r) = h_0 - \frac{\omega^2}{4g} (R^2 - 2r^2)$$

Burada  $h_0 = 1 \text{ ft}$  suyun dönmeye önceki yüksekliği. Tank dibi görüldüğündeki yükseklik,  $z_s(0) = 0$ . Denklemi  $\omega$  için çözüp değerler yerine konursa,

$$\omega = \sqrt{\frac{4gh_0}{R^2}} = \sqrt{\frac{4(32.2 \text{ ft/s}^2)(1 \text{ ft})}{(1 \text{ ft})^2}} = 11.35 \text{ rad/s} \cong \mathbf{11.4 \text{ rad/s}}$$

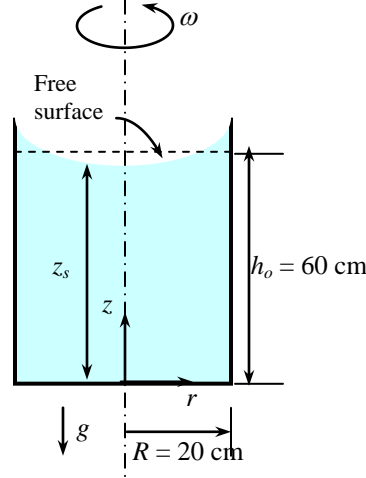
Burada bir tam dönme  $2\pi$  radiana tekabül eder, tankın dönme hızı RPM olarak ifade edilirse,

$$\dot{n} = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{11.35 \text{ rad/s}}{2\pi \text{ rad/rev}} \left( \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right) = \mathbf{108 \text{ rpm}}$$

Bu yüzden tankın dönme hızı 108 rpm ile sınırlı olmalıdır. Sıvının maksimum yüksekliği tankın kenarlarında oluşur, ( $r = R = 1 \text{ ft}$ ), ve bu yükseklik,

$$z_s(R) = h_0 + \frac{\omega^2 R^2}{4g} = (1 \text{ ft}) + \frac{(11.35 \text{ rad/s})^2 (1 \text{ ft})^2}{4(32.2 \text{ ft/s}^2)} = \mathbf{2.00 \text{ ft}}$$

**3-99**



Dönme eksenini dibini origin alınırsa, ( $r = 0, z = 0$ ), açık sıvı yüzeyin denklemi,

$$z_s(r) = h_0 - \frac{\omega^2}{4g} (R^2 - 2r^2)$$

Burada,  $h_0 = 0.6 \text{ m}$ , sıvının dönmeden önce original yüksekliği,

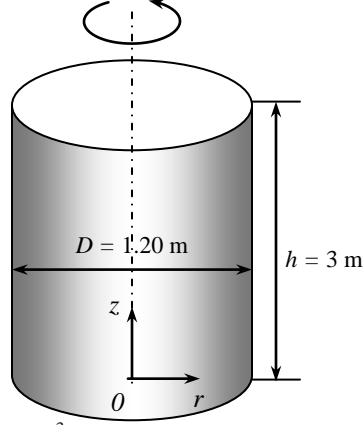
$$\omega = 2\pi\dot{n} = 2\pi(120 \text{ rev/min}) \left( \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \right) = 12.57 \text{ rad/s}$$

Tankın merkezindeki ( $r = 0$ ) sıvının dikey yüksekliği,

$$z_s(0) = h_0 - \frac{\omega^2 R^2}{4g} = (0.60 \text{ m}) - \frac{(12.57 \text{ rad/s})^2 (0.20 \text{ m})^2}{4(9.81 \text{ m/s}^2)} = 0.44 \text{ m}$$

Bu yüzden, silindirin merkezindeki sıvının alçalması,

$$\Delta h_{\text{drop,center}} = h_0 - z_s(0) = 0.60 - 0.44 = \mathbf{0.16 \text{ m}}$$



Benzinin yoğunluğu,  $740 \text{ kg/m}^3$ .

1 ve 2 noktaları arasındaki basınç farkı,

$$P_2 - P_1 = \frac{\rho\omega^2}{2}(r_2^2 - r_1^2) - \rho g(z_2 - z_1)$$

Burada yarıçap,  $R = 0.60 \text{ m}$

$$\omega = 2\pi i = 2\pi(70 \text{ rev/min})\left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}\right) = 7.330 \text{ rad/s}$$

(a) 1 ve 2 noktaları üst ve alt yüzeyler merkezi alınırsa,  $r_1 = r_2 = 0$  ve  $z_2 - z_1 = h = 3 \text{ m}$ .

$$\begin{aligned} P_{\text{center, top}} - P_{\text{center, bottom}} &= 0 - \rho g(z_2 - z_1) = -\rho g h \\ &= -(740 \text{ kg/m}^3)(9.81 \text{ m/s}^2)(3 \text{ m})\left(\frac{1 \text{ kN}}{1000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2}\right) = 21.8 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{21.8 \text{ kPa}} \end{aligned}$$

(b) 1 ve 2 noktaları alt yüzeyin merkez ve kenarı olarak alınırsa,  $r_1 = 0$ ,  $r_2 = R$ , and  $z_2 = z_1 = 0$ .

$$\begin{aligned} P_{\text{edge, bottom}} - P_{\text{center, bottom}} &= \frac{\rho\omega^2}{2}(R^2 - 0) - 0 = \frac{\rho\omega^2 R^2}{2} \\ &= \frac{(740 \text{ kg/m}^3)(7.33 \text{ rad/s})^2 (0.60 \text{ m})^2}{2}\left(\frac{1 \text{ kN}}{1000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2}\right) = 7.16 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{7.16 \text{ kPa}} \end{aligned}$$