

Ege Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Tekstil Mühendisliği Bölümü

Akışkanlar Mekaniği Ders Notu

Ders06-Konu: **Hidrostatik Kavramı**

Prof.Dr.Hüseyin GÜNERHAN

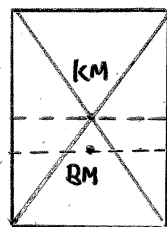
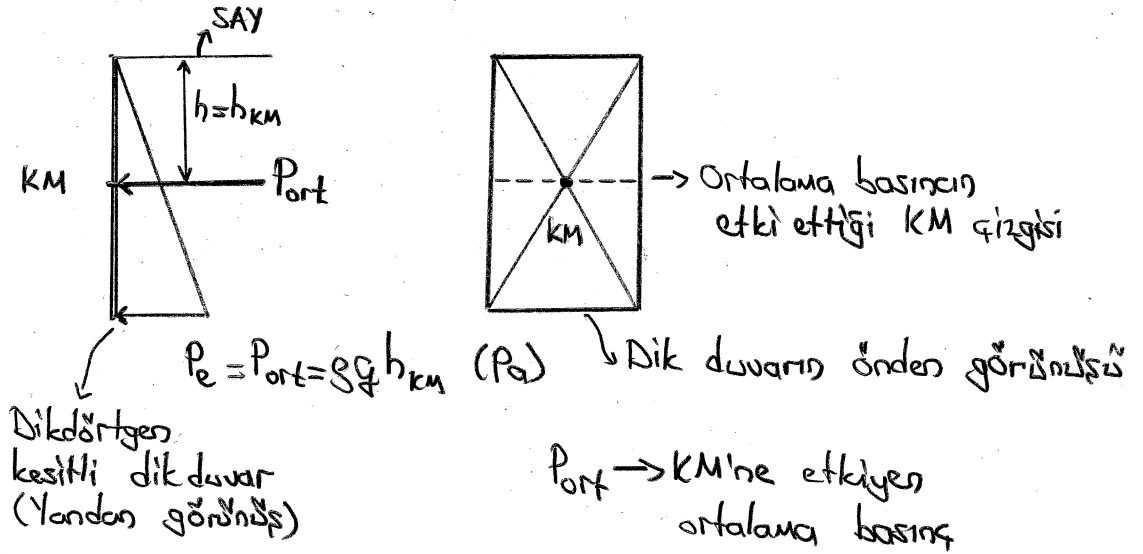
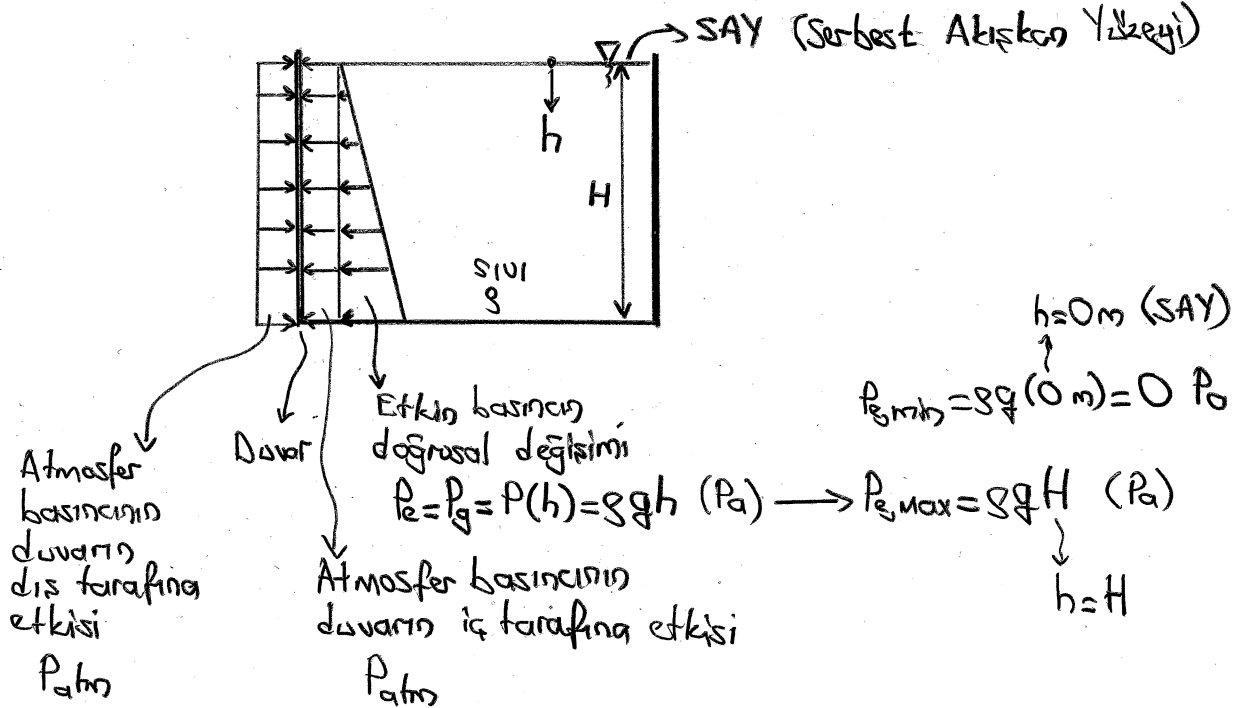
<https://www.huseyingunerhan.com/>

Bu ders notu Dr.Hüseyin GÜNERHAN tarafından hazırlanmış ve her sayfası izinsiz kopyalamaya ve çoğaltmaya karşı notere tasdik ettirilmiştir. Ders notunun tüm hakları saklıdır. Ders notunun fotokopi ile çoğaltılıp-ciltletilmesi için yazarından yazılı olarak izin alınması zorunludur.

Bu ders notu, kitap değildir ve yazarın özgün fikirlerini içermektedir. Kaynaklardan alınan bilgiler için kaynak isimleri her bölümün “özet bilgiler” kısmında verilmiştir.

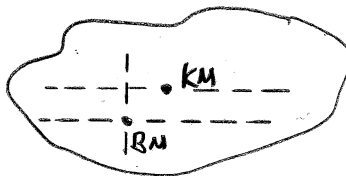
Hidrostatik Bilgisi

Akışkan statikliği - Basıncın derinlikle değişimi



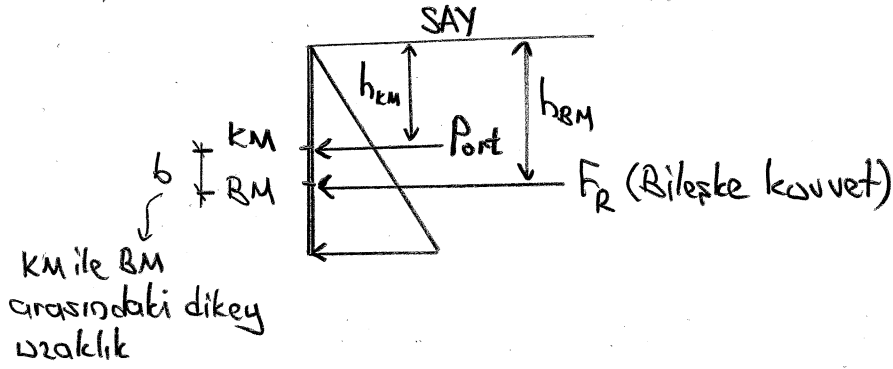
$\rightarrow$ Kütle merkezi çizgisi
 $\rightarrow$ Basınç merkezi çizgisi

Dikdörtgen gibi düzgün kesitli katılarda **KM** ve **BM** noktaları bir çizgi boyunca gösterilebilir.



Düzensiz kesitli olmayan katılarda **KM** ve **BM** noktaları bu şekilde olabilir.

BM, basınç merkezine bileşke kuvvet F_R etki eder.



Kuvvet, $F = P \cdot A$ (N)
 Sıvının uyguladığı basınç (Pa) $\swarrow$ Sıvının etki ettiği ISLAK yüzey alanı (m^2)

$$F_R = P_{ort} \cdot A \text{ (N)}$$

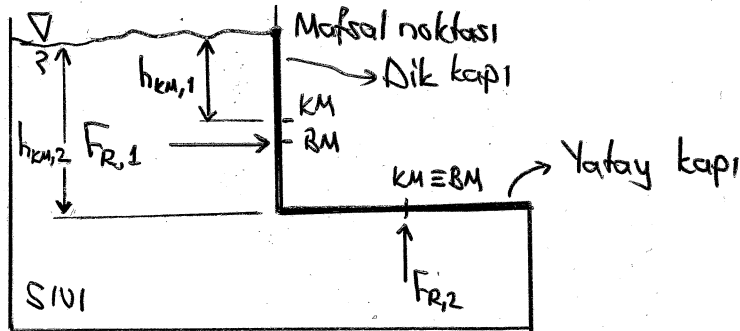
$$= \rho g h_{KM} A$$

$$= \gamma h_{KM} A$$

$$h_{BM} - h_{KM} = b \text{ (m)}$$

Dikkat!

Bileşke kuvvet eşitliğinde h_{KM} yer alır. h_{BM} değil.



Dik kapı $\rightarrow h_{KM,1} \neq h_{BM,1}$, $h_{BM,1} > h_{KM,1}$

$$F_{R,1} = \rho g h_{KM,1} A_{dik} = \underbrace{\gamma h_{KM,1}}_{P_{ort,1}} A_{dik} \text{ (N)}$$

Yatay kapı $\rightarrow h_{KM,2} = h_{BM,2}$ (Yatayda basınç değişmez)

$$F_{R,2} = \rho g h_{KM,2} A_{yatay} = \underbrace{\gamma h_{KM,2}}_{P_{ort,2}} A_{yatay} \text{ (N)}$$

$$P_{0m,2} > P_{0m,1}$$

$$F_{R,2} > F_{R,1}$$

$h_{km,2} > h_{km,1}$ (Serbest Akıştan Yüzeyine olan
DİKEY uzaklıklar).

$$b = \frac{I_{xx,km}}{h_{km} \cdot A} \quad (\text{Düzgün kesitli dik duvar (kapı) için}).$$

$I_{xx,km} \rightarrow$ Kapının şekline göre (m⁴)
tablodan alınır.

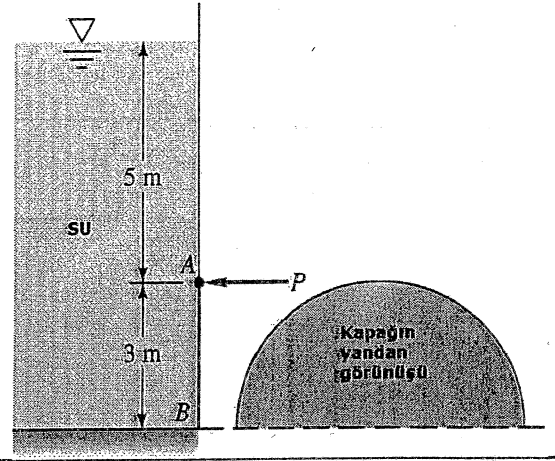
$A \rightarrow$ Islak yüzey alanı (m²)

$$\text{Eğimli kapı} \rightarrow b = \frac{I_{xx,km}}{y_{km} \cdot A}, \quad y_{km} = \frac{h_{km}}{\sin \theta}$$

$\hookrightarrow$ Kapının yatayla yaptığı açı (°)

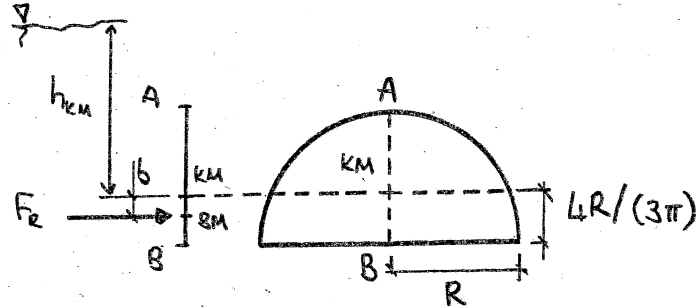
Eşitliklerin çıkartılması için Akışkanlar Mekaniği kitaplarına bakabilirsiniz.

Şekil ile verilen AB kapağı yarım daire şeklindedir ve kapak B noktasından mafsallanmıştır. Kapağın açılmaması için gereken en az P kuvvetini [kN] olarak hesaplayınız. (Ölçüler şekil üzerinde verilmiştir. Suyun sıcaklığı 20°C değerindedir).



Gözüm: $S_0, 20^\circ\text{C} \rightarrow \rho = 998 \text{ kg/m}^3$ (Tablo A-3)

$$\gamma = \rho \cdot g = (998)(9,81) = 9790.38 \text{ N/m}^3$$



Yarıçap: $R = \overline{AB} = 3 \text{ m}$

Atalet momenti: $I_{xx,c} = 0.109757 R^4 \text{ (m}^4\text{)}$
(Şekil 3-28)

KM ile B arası uzaklık = $\frac{4R}{3\pi} = \frac{4(3)}{3\pi} = 1.273 \text{ m}$

A ile KM arası uzaklık = $3 - 1.273 = 1.727 \text{ m}$

KM ile BM arası uzaklık = $b = \frac{I_{xx}}{y_c \cdot A} = \frac{0.109757(3)^4}{(5+1.727) \frac{\pi(3)^2}{2}} = 0.0935 \text{ m}$
($y_c = h_{KM}$)

$h_{KM} = 5 + 1.727 = 6.727 \text{ m}$

Bileşke kuvvet, $F_R = \gamma h_{KM} A = (9790.38)(6.727) \pi (3)^2 / 2$
 $= 931072.2 \text{ N}$

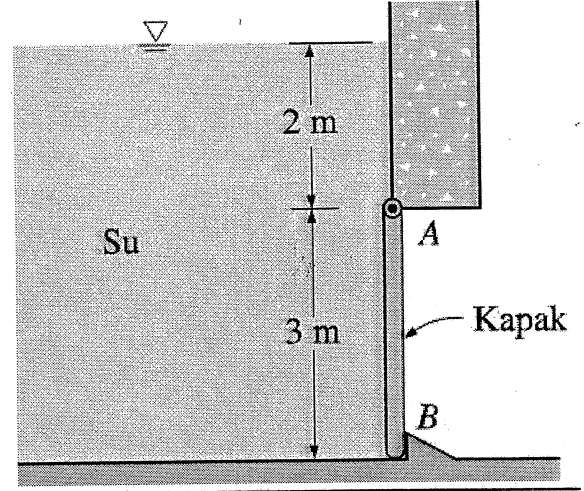
Mafsal noktasına göre momentlerin toplamı sıfır olacaktır.

$$\sum M_B = 0 \rightarrow \underbrace{(931072.2)}_{F_R} \underbrace{(1.273 - 0.0935)}_{\text{KM-B arası}} - \underbrace{P(3)}_b = 0$$

$P = 366071.78 \text{ N}$

$P = 366.07 \text{ kN}$

Şekil ile verildiği gibi, 3 m yüksekliğinde ve 6 m genişliğindeki dikdörtgen kesitli kapak üst kenarındaki A noktasından mafsallanmış olup B noktasındaki sabit bir durdurucu ile açılması engellenmiştir. Kapağın üst noktası ile alt noktasına suyun uyguladığı basınçları [kPa] olarak, suyun kapağa uyguladığı bileşke kuvveti [kN] olarak, serbest akışkan yüzeyi ile kütle merkezi arasındaki dikey uzaklığı [m] olarak ve serbest akışkan yüzeyi ile basınç merkezi arasındaki dikey uzaklığı [m] olarak hesaplayınız. [Suyun sıcaklığını 25°C olarak alınız].



25°C su için $\rho = 997 \text{ kg/m}^3$ (Tablodan)

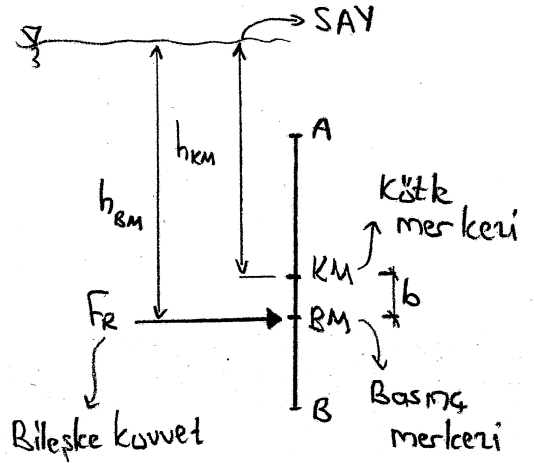
Serbest cisim diyagramı:

A noktasındaki basınca:

$$\begin{aligned} P_A &= \rho g h_A \\ &= (997 \text{ kg/m}^3)(9,81 \text{ m/s}^2)(2 \text{ m}) \\ &= 19561,14 \text{ Pa} \\ &= 19,561 \text{ kPa (Gösterge)} \end{aligned}$$

B noktasındaki basınca:

$$\begin{aligned} P_B &= \rho g h_B \\ &= (997 \text{ kg/m}^3)(9,81 \text{ m/s}^2)(5 \text{ m}) \\ &= 48902,85 \text{ Pa} \\ &= 48,903 \text{ kPa (Gösterge)} \end{aligned}$$



Serbest akışkan yüzeyi (SAY) ile KM arasındaki uzaklık:

$$h_{KM} = (2 \text{ m}) + (1,5 \text{ m}) = 3,5 \text{ m}$$

Kapak yüksekliğinin yarısı

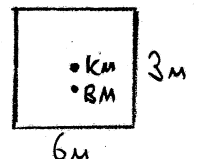
SAY ile BM arasındaki uzaklık:

$$h_{BM} = h_{KM} + b \rightarrow b = \frac{I_{xx,c}}{h_{KM} \cdot A} \rightarrow I_{xx,c} = \frac{6 \cdot 3^3}{12} = 13,5 \text{ m}^4$$

Tablodan (Dikdörtgen kesitli kapak için)

$$b = \frac{13,5 \text{ m}^4}{(3,5 \text{ m})(3 \times 6 \text{ m}^2)} = 0,214 \text{ m}$$

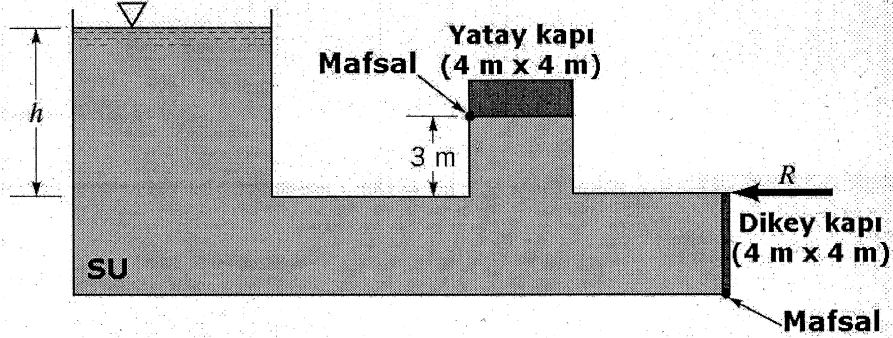
$$\begin{aligned} h_{BM} &= (3,5 \text{ m}) + (0,214 \text{ m}) \\ &= 3,714 \text{ m} \end{aligned}$$



Bileşke kuvvet: $F_R = P_{ort} \cdot A$ (N)

$$\begin{aligned} &= (\rho g h_{KM}) A = (997 \text{ kg/m}^3)(9,81 \text{ m/s}^2)(3,5 \text{ m})(18 \text{ m}^2) \\ &= 616175,91 \text{ N} \\ &= 616,176 \text{ kN} \end{aligned}$$

Şekil ile verildiği gibi, 20°C sıcaklıkta su ile doldurulmuş atmosfere açık deponun üzerinde her biri bir noktadan mafsallanmış 2 adet kare kesitli kapı vardır. Su yüksekliği olan h , 5 m değerine ulaştığı zaman iki kapı aynı anda açılır duruma gelmektedir. Bu durumda, yatay kapının ağırlığını [kN] olarak ve dikey kapının ağırlığını ihmal ederek R kuvvetini [kN] olarak hesaplayınız.



Cözüm

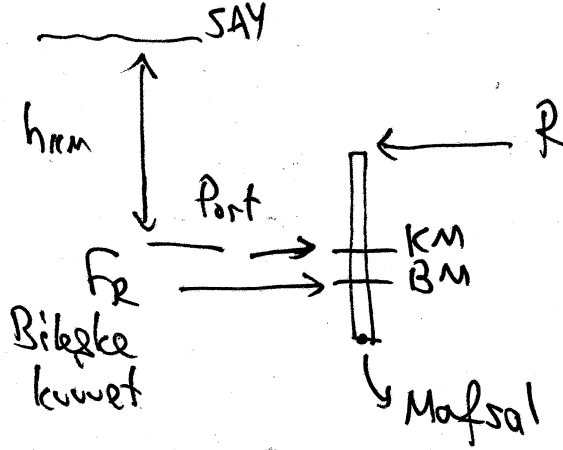
Verilenler: 20°C sıcaklıkta su

Basınç: $P = \rho gh$ [Pa], Bileşke kuvvet: $F_R = \rho_{\text{sivi}} gh_{\text{KM}} A = \gamma_{\text{sivi}} h_c A$ [N]

Bu sorunun çözümü aşağıda verildiği gibi sınıfta öğrenciler ile birlikte adım-adım yapılacaktır.

Hesaplama Adımları	Hesaplama Sonuçları
Adım 1: 20°C sıcaklıktaki su için yoğunluk değerini ilgili tablodan alınız ve suyun özgül ağırlığını hesaplayıp [N/m ³] olarak yan tarafa yazınız.	$\rho_{\text{su}} = 998 \text{ kg/m}^3$ $\gamma_{\text{su}} = \rho_{\text{su}} \cdot g = 9790,38 \text{ N/m}^3$
Adım 2: Yatay kapıya etkiyen kuvvetlerin gösterildiği serbest cisim diyagramını yan tarafa çiziniz. [Kapının ağırlığını ve kapıya etkiyen basınç kuvvetini dikkate alınız].	$\uparrow$ $\downarrow W_{\text{yk}} \text{ (N)}$ $\uparrow P \cdot A \text{ (N)}$
Adım 3: Serbest cisim diyagramından yararlanarak hidrostatik durumda yatay kapıya ait kuvvet dengesi eşitliğini yan tarafa yazınız.	$\sum F_z = 0 \Rightarrow W_{\text{yk}} = P \cdot A$ $W_{\text{yk}} = mg \text{ (N)}, A = 4 \times 4 = 16 \text{ m}^2$
Adım 4: Yatay kapının su ile temas ettiği noktadaki basınç değerini hesaplayıp [kPa] olarak yan tarafa yazınız.	$P = \gamma \cdot h_{\text{icm}} = (9790,38) (5-3) \text{ m} / 1000$ $= 19,58 \text{ kPa}$ ↪ Dikey
Adım 5: Yatay kapağın ağırlığını hesaplayıp [kN] olarak yan tarafa yazınız.	$W_{\text{sk}} = P \cdot A = (19,58) (16)$ $= 313,29 \text{ kN}$

Adım 6: Dikey kapıya etkiyen kuvvetlerin gösterildiği serbest cisim diyagramını alt tarafa çiziniz. [R kuvvetini ve kapıya etkiyen bileşke basınç kuvvetini dikkate alınız. Kütle ve basınç merkezlerinin yeri ile mafsall noktasının yerini gösteriniz].



$$h = 5 \text{ m (verilmiş)}$$

$$h_{KM} = h + \frac{4}{2}$$

$$\text{Islak yüzey alanı } A = 26 \text{ m}^2$$

9. Adım

$$b = \frac{I_{xx,c}}{h_{KM} \cdot A}$$

$$I_{xx,c} = \frac{1}{12} (4 \text{ m}) (4 \text{ m})^3$$

$$= 21,3 \text{ m}^4$$

Adım 7: Bileşke kuvvet eşitliği içinde bulunan ve dikey kapıya ait kütle merkezinin serbest akışkan yüzeyinden düşey yönde olan uzaklığını gösteren h_c değerini hesaplayıp [m] olarak yan tarafa yazınız.

Dikkat

$$h_{KM} = h + (4/2) = 7 \text{ m}$$

Adım 8: Dikey kapı için bileşke kuvvetin değerini hesaplayıp [kN] olarak yan tarafa yazınız.

$$F_R = \gamma \cdot h_{KM} \cdot A$$

$$= (9790,38) (7) (16) = 1096,57 \text{ kN}$$

Adım 9: Kütle merkezi ile basınç merkezi arasındaki uzaklığı (b) veren bir eşitliği yan tarafa yazınız.

$$b = \frac{21,3 \text{ m}^4}{(7 \text{ m}) (4 \times 4) \text{ m}^2}$$

Adım 10: Kütle merkezi ile basınç merkezi arasındaki uzaklığı (b) hesaplayıp [m] olarak yan tarafa yazınız.

$$b = 0,190 \text{ m}$$

Adım 11: Serbest cisim diyagramından yararlanarak hidrostatik durumda dikey kapıya ait moment dengesi eşitliğini yan tarafa yazınız.

$$\sum M_M = 0 \text{ (Mafsal nok. göre)}$$

$$F_R \cdot (2 \text{ m} - 0,19 \text{ m}) = R (4 \text{ m})$$

Adım 12: R değerini hesaplayıp [kN] olarak yan tarafa yazınız.

$$R = 496,18 \text{ kN}$$

Mafsal nok. göre moment alınır. Ve sıfıra eşitlenir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR:

“Fluid Mechanics-Fundamentals and Applications”, Fourth Edition in SI Units, Cengel YA, Cimbala JM, McGraw-Hill Education, 2020.

“Akışkanlar Mekaniği-Temelleri ve Uygulamaları”, Üçüncü Baskıdan Çeviri, Cengel YA, Cimbala JM, Çeviri Editörü: Tahsin Engin, Palme Yayıncılık, 2015.

“Fluid Mechanics”, 8th Edition, Fox RW, McDonald AT, Pritchard PJ, Wiley, 2012.

“Engineering Fluid Mechanics”, 9th Edition, Crowe CT, Elger DF, Williams BC, Roberson JA, Wiley, 2010.

“Fluid Mechanics”, Sixth Edition, White FM, McGraw-Hill, 2008.

<https://www.huseyingunerhan.com/akmek/akmek.html> sayfasında verilen “Akışkanlar Mekaniği” dersine ait tüm ders notlarının bazı bölümleri yukarıda verilen kitaplardan ve/veya ilgili sunumlarından yararlanılarak veya ilham alınarak hazırlanmıştır.

“Akışkanlar Mekaniği” derslerine ait bilgi notları; Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Termodinamik Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Hüseyin GÜNERHAN tarafından çeşitli kaynaklardan da yararlanılarak ve emek ve zaman harcanarak hazırlanmış özgün bir eserdir. İzin alınmadan çoğaltılması ve kullanılması telif hakları gereği yasaktır.

(Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu, Kanun Numarası: 5846, Kabul Tarihi: 5/12/1951, Yayımlandığı Resmi Gazete: 13/12/1951 Sayı: 7981, Yayımlandığı Düstur: Tertip 3 Cilt 33 Sayfa 49).