



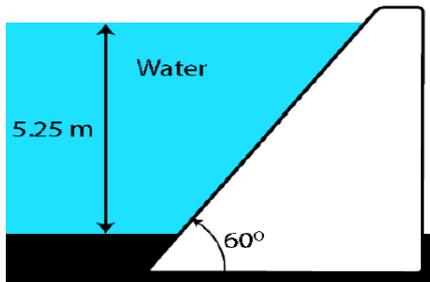
قوى الضغط على السطوح المغمورة - تنمة

حساب القوى على السطوح المائلة:

يمكن حساب القوى على السطوح المائلة باستخدام ثلاث طرق:

- 1- حجم مخطط موشور الضغط وذلك إذا كان عرض البوابة ثابتاً.
- 2- الطريقة العامة التي تعلمناها في المحاضرة السابقة مع الانتباه لكيفية أخذ الأبعاد (توضيح بالمثال).
- 3- طريقة الإسقاط: (بوابة مائلة "بوابة منحنية بنصفه قطر ∞ " = بوابة أفقية + بوابة شاقولية).

مثال:



لدينا سد بعرض 17 متر ويحجز بحيرة خلفه كما في الشكل المجاور المطلوب حساب قوى الضغط المؤثرة على هذا السد إذا كان ارتفاع الماء خلفه 5.25 m.

علماً أن زاوية ميلان سفح السد عبارة عن 60° .

الحل:

طريقة 1:

باعتبار عرض السد ثابت عندها يمكننا تطبيق طريقة حجم مخطط موشور الضغط وبالتالي يمكننا أن نكتب:

$$F = \gamma * \frac{5.25}{2} * \frac{5.25}{\sin 60} * 17 = 2653.85 \text{ KN}$$

حيث: الضغط في أسفل السد هو $\gamma * 5.25$

طول منحدر السد المائل (هو عبارة عن $\frac{5.25}{\sin 60}$)، عرض السد ثابت هو (17)

$$y_R = \frac{2 * 5.25}{3 * \sin 60} = 4.04 \text{ m} \quad \text{ومركز تطبيق القوة هو}$$

طريقة 2:

يمكننا تطبيق الطريقة العامة وذلك بأخذ قوى الضغط عند مركز ثقل البوابة مضروبة بمساحة البوابة:

$$F = P_c * A = \gamma * \frac{5.25}{2} * \left(\frac{5.25}{\sin 60} * 17 \right) = 2653.85 \text{ KN}$$

$$y_R = y_c + \frac{\bar{I}_x}{A * y_c} = \frac{5.25}{2 * \sin 60} + \frac{17 * \left(\frac{5.25}{\sin 60} \right)^3}{\frac{5.25}{\sin 60} * 17 * 2 * \sin 60} = 4.04 \text{ m} \quad \text{ويحسب مركز تطبيق القوة}$$

سنقوم بحساب القوى وباعتبار أن العرض ثابت ($B = 60 \text{ cm}$) باستخدام طريقة حجم موشور الضغط.

$$F_1 = 1 * \gamma * (H - \sin 60) * 0.6$$

$$F_2 = \gamma \sin 60 * \frac{1}{2} * 0.6$$

حيث نلاحظ أن القوة F_2 هي قوة بمقدار ثابت حيث أنها غير مرتبطة بارتفاع الماء H وبالتالي بالتعويض في علاقة (*)

$$\gamma * (H - \sin 60) * 0.6 * 0.05 = \gamma \sin 60 * \frac{1}{2} * 0.6 * \left(0.45 - \frac{1}{3}\right)$$

$$H = 1.876 \text{ m}$$

ولكي تفتح البوابت يجب أن يكون $H > 1.876 \text{ m}$

مسألة دورة:

احسب محصلة قوى الضغط المؤثرة على وحدة العرض من السطح المائل AB . إذا علمت أن السطح معرض لضغط مقداره: $P = 50 \text{ Kpa}$

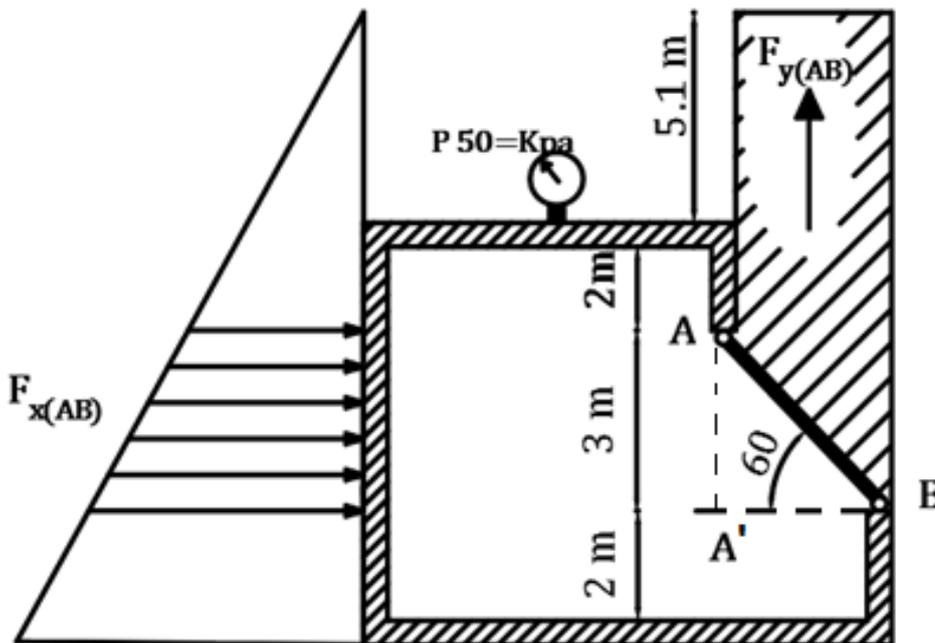
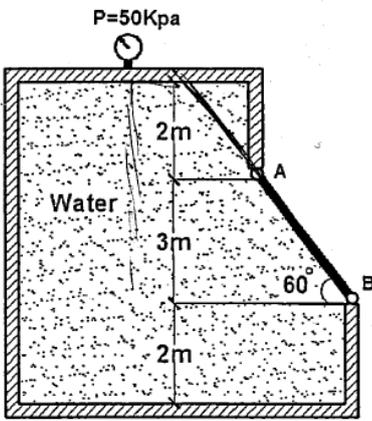
ملاحظة: استعن بالرسم حيث يتخصص له جزء من العلامة.

الحل:

- حساب مركبة قوة ضغط الماء الأفقية المؤثرة على السطح AB :

نحول الضغط المطبق (ذو القيمة 50 Kpa) إلى ضاغط واحدته m

$$h_1 = \frac{P}{\gamma} = \frac{50 * 10^3 \text{ (pas)}}{9.81 * 1000} = 5.10 \text{ m}$$



المركبة هي محصلة شكل شبه مندرج :

الحساب على متر طولي عمودي على الشكل	الارتفاع	طول القاعدة الكبرى	طول القاعدة الصغرى
	3 m	$\gamma * (5.1 + 2 + 3)$ $= \gamma * 10.1$	$\gamma * (5.1 + 2)$ $= \gamma * 7.1$

$$\Rightarrow F_{x_{AB}} = \frac{\gamma * 7.1 + \gamma * 10.1}{2} * 3 * 1 = \frac{9.81 * 1000 * (17.2)}{2} * 3 * 1$$

$$\Rightarrow F_{x_{AB}} = 253098 N$$

- حساب مركبة قوة ضغط الماء الشاقوليت المؤثرة على السطح AB:

$$F_{y_{AB}} = \text{الحجم} * \text{الوزن الحجمي} = \gamma * V$$

نوجد أولاً الطول A'B: (من المثلث القائم AA'B):

$$\tan 60 = \frac{3}{A'B} \Rightarrow A'B = \frac{3}{\tan 60} = 1.73 m$$

حيث الحجم هو مجموع حجم المثلث الذي طول ضلعيه القائمين $3 * 1.73$ ، وحجم المستطيل الذي طول ضلعيه $7.1 * 1.73$.

$$\Rightarrow F_{y_{AB}} = 9.81 * 1000 * \left[\left(\frac{3 * 1.73}{2} \right) + (7.1 * 1.73) \right] * 1 = 145953.18 N$$

- وتكون محصلة قوة ضغط الماء الكليث المؤثرة على السطح AB هي:

$$F_R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{253098^2 + 145953.18^2}$$

$$\Rightarrow F_R = 292165.93 N = 292.166 KN$$

قوى ضغط السائل الساكن على السطوح المنحنية

إذا كان لدينا سطح منحنى فإن قوى الضغط فيه ناظمية على السطح لذلك سنقوم بتحليل محصلة هذه القوى F_R إلى مركبتين F_x, F_y : ويكون

$$F_R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \quad , \quad \tan \theta = \frac{F_y}{F_x}$$

حيث نحصل على مساقط القوة F_R كما يلي:

نقوم بأسقاط السطح على الشاقول فيتشكل لدينا سطح شاقولي نحسب القوة F_x المؤثرة عليه بكل بساطة عن طريق حجم موشرور الضغط $F_x = \gamma * h * \frac{h}{2} * b$ أو باستخدام الطريقة العامة $F_x = P_c * A$

أما بالنسبة للقوة F_y نقوم بأسقاط السطح على الأفق فيصبح سطح أفقي نتعامل معه كـ تعاملنا مع السطح الأفقي مع اختلاف بسيط جداً إن حجم السائل الذي يعلوه سنأخذه من الوضع الأصلي: (سنأخذ خط شاقولي من بدايت السد وخط شاقولي من نهايت السد وسطح البوابت من الأسفل وسطح الماء العر من الأعلى ونحسب الوزن)

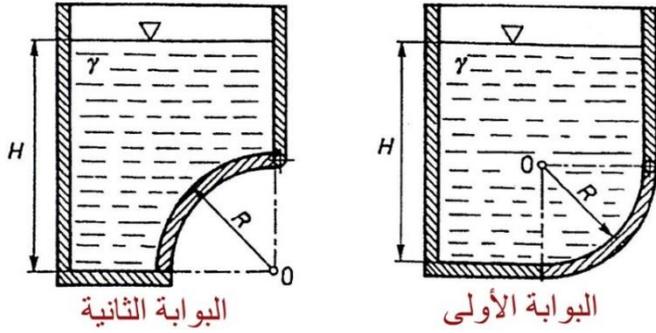
$$F_y = \gamma * V$$

مسائل (10 صفحات 125)

احسب محصلة قوى الضغط المؤثرة على البوابتين ربع الأسطوانتين المبينتين في الشكل. إذا كان نصف قطر القاعدة R ، الطول L ، ارتفاع السائل H ، الكتلة النوعية ρ

الحل:

البوابة الأولى:



إن القوة المؤثرة هي F_R تعطى بالعلاقة: $F_R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$

$$F_x = P_c * A = \gamma * h_c * A$$

حيث:

$$h_c = \frac{R}{2} + (H - R) = H - \frac{R}{2}$$

$$A = R * L$$

$$\Rightarrow F_x = \gamma * \left(H - \frac{R}{2} \right) * R * L$$

أما بالنسبة للقوة الشاقولية:

فهي تمثل حجم الماء الموجود فوق البوابة وجهتها للأسفل إن وجد ماء فوقها أو للأعلى إن كان الماء غير موجود.

$$F_y = \gamma * V = \gamma * \left[\frac{\pi R^2}{4} + R (H - R) \right] * L$$

الحجم = (المساحة مستطيل صغير + ربع دائرة) * L

البوابة الثانية:

إن القوة المؤثرة هي F_R تعطى بالعلاقة: $F_R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$

F_x : هي نفسها من الطلب السابق لا يوجد أي تغيير.

$$\Rightarrow F_x = \gamma * \left(H - \frac{R}{2} \right) * R * L$$

أما بالنسبة للقوة الشاقولية:

فهي تمثل حجم الماء الموجود فوق البوابة وجهتها للأسفل إن وجد ماء فوقها أو للأعلى إن كان الماء غير موجود.

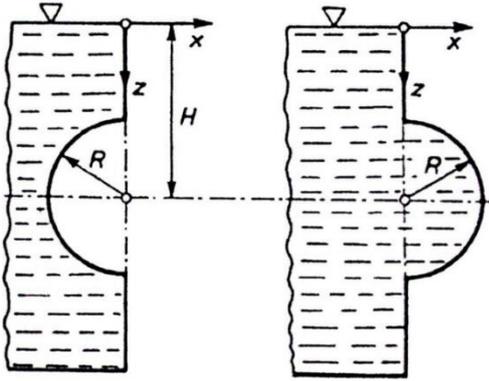
$$F_y = \gamma * V = \gamma * \left[(R * H) - \frac{\pi R^2}{4} \right] * L$$

الحجم = (المساحة مستطيل كبير - ربع دائرة) * L

المسالت (11 صفحات 125)

الحالة الثانية

الحالة الأولى



احسب محصلت القوى المؤثرة على واحدة العرض من نصفي الأسطوانتين المبينتين في الشكل. علماً أن البعد بين مركز قاعدة نصف الاسطوانة وسطح الماء $H = 4\text{ m}$ وأن نصف قطر القاعدة $R = 2\text{ m}$

الحل:

$$F_R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \quad \text{الحالت الأولى:}$$

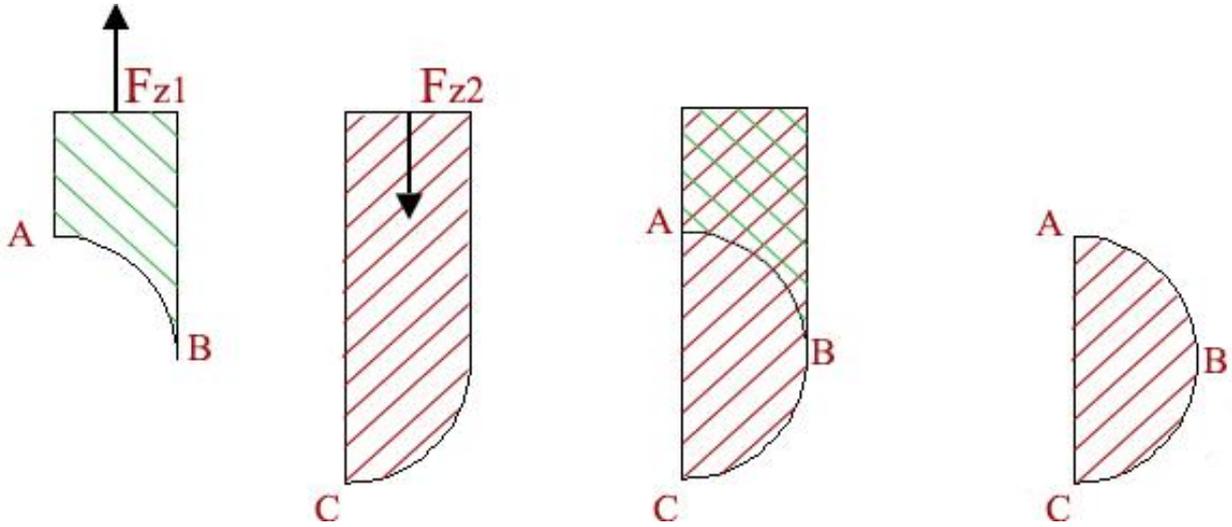
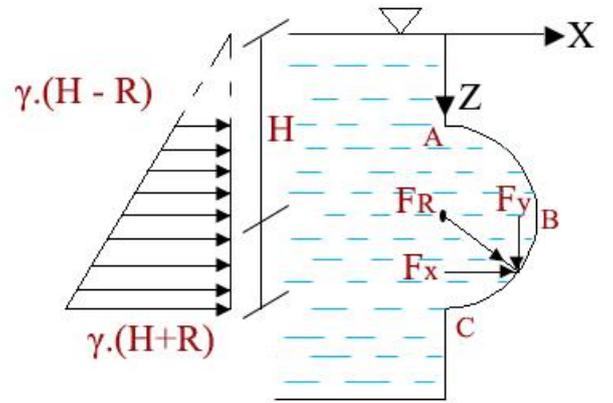
نحسب F_x وباعتبار العرض ثابت (نستطيع استخدام طريقة حجم موشور الضغط)

$$F_x = \frac{\gamma(H-R) + \gamma(H+R)}{2} * 2R * 1$$

$$F_x = \gamma * H * 2R * 1 = 16\gamma \text{ 156960 N}$$

أما بالنسبة لـ F_y :

نلاحظ أن الشكل ABC متناظر حول المحور x لذلك هنا يجب أن نجزئه إلى جزئين (AB, AC) وعند إجراء التقسيم سنلاحظ تشكل مخططين والقوة الكلية هي المجموع الجبري للمخططين.



نلاحظ أن $F_y = F_{y2} - F_{y1}$ والجواب سيكون عبارة عن حجم نصف الاسطوانة ABC فقط. والقوة نحو الأسفل

$$F_y = \gamma * \frac{\pi R^2}{2} * 1 = 61638\text{ N}$$

$$F_R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = 168628\text{ N} \quad , \quad \theta = \text{tg}^{-1} \left(\frac{F_y}{F_x} \right) = -21.44^\circ$$

الحالة الثانية:

إن قيمة F_x تبقى ثابتة ولا تتغير عن الحالة السابقة

$$F_x = 156960 \text{ N} \text{ أي أن}$$

أما بالنسبة لـ F_y فنقوم بالتقسيم كما في الحالة السابقة (لأن السطح متناظر)

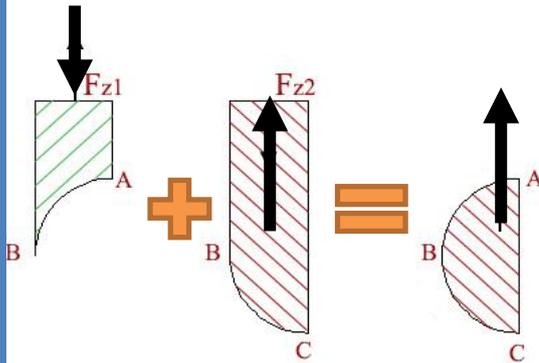
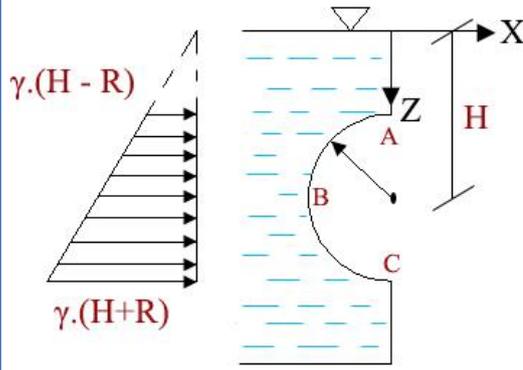
$$F_y = F_{y2} - F_{y1}$$

نلاحظ أن الجواب والجواب سيكون عبارة عن حجم نصف الاسطوانة ABC فقط. وجهتها نحو الأعلى

$$F_y = \gamma * \frac{\pi R^2}{2} * 1 = 61638 \text{ N}$$

$$F_R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = 168628 \text{ N}$$

$$\theta = \text{tg}^{-1} \left(\frac{F_y}{F_x} \right) = 21.44^\circ$$



مسألة دورة:

احسب محصلة قوى الضغط المؤثرة على وحدة العرض الأسطواني AB، إذا علمت أن ارتفاع الماء في الخزان $h = 4 \text{ m}$ ، والخزان معرض لضغط إضافي مقداره $P = 50 \text{ Kpa}$ ، ونصف قطر السطح الأسطواني $R = 1 \text{ m}$.

ملاحظة: استعن بالرسم حيث يخصص له جزء من العلامة.

الحل:

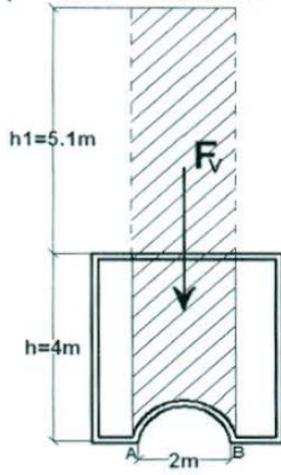
✓ مركبة قوة ضغط الماء الشاقولية المؤثرة على السطح AB:

بتحويل الضغط الإضافي المؤثر على الخزان إلى ضاغط مائي (واحدته متر):

$$h_1 = \frac{P}{\gamma} = \frac{50 * 10^3}{9.81 * 1000} = 5.12 \text{ m}$$

$$F_{V_{AB}} = \gamma * V = \gamma * \left[((h_1 + h) * 2 * R) - \left(\frac{\pi * R^2}{2} \right) \right] * b$$

$$F_{V_{AB}} = \gamma * \left[((5.12 + 4) * 2) - \left(\frac{\pi * 1^2}{2} \right) \right] * 1 = 163524.89 \text{ N}$$



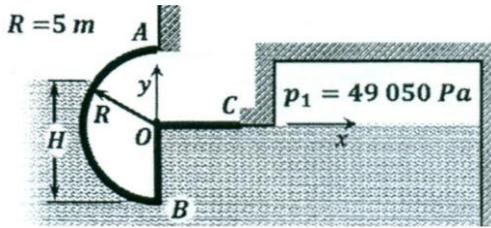
✓ لا توجد مركبت أفقية لقوة ضغط الماء المؤثرة على السطح AB وذلك لأن الشكل متناظر وفق المحور الشاقولي.

✓ محصلة قوة ضغط الماء الكلية المؤثرة على السطح AB :

$$F_R = \sqrt{F_H^2 + F_V^2}$$

$$F_R = \sqrt{0 + 163524.89^2} = 163524.89 \text{ N}$$

مسائل دورة:



يتعرض الجدار $ABOC$ لقوى الضغط الهيدروستاتيكي، إذا علمت أن سطح الماء يتعرض للضغط الجوي من الطرف اليساري (يسار السطح AB) ويتعرض لضغط نسبي مقداره P والمطلوب:

1. حساب قيمة الارتفاع H .

2. حساب قيمة الضغط على واحدة العرض من السطوح OC ، BO ، AB وتحديد اتجاهه ونقطة تطبيقه

$$x_c = \frac{-4R}{3\pi} \text{ مع العلم أن مركز نصف الدائرة}$$

الحل:

الطلب الأول:

الضغط على السطح الأفقي المار من النقطت B مثلاً متساوي، أي أن:

$$P_{B-left} = P_{B-right} \Rightarrow \gamma H = \gamma R + P_1 \Rightarrow H = R + \frac{P_1}{\gamma} = 5 + \frac{49050}{9.81 * 1000} = 10 \text{ m} = 2R$$

الطلب الثاني:

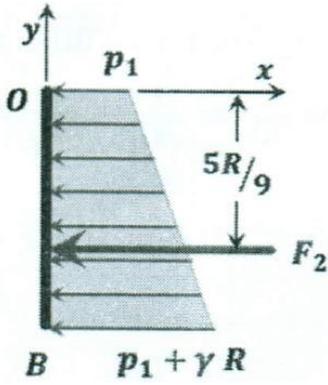
قوة الضغط على السطح OC :

$$F_1 = P_1 * A_{OC} = \gamma R * R * 1 = \gamma R^2 = 245.250 \text{ KN/m}'$$

نقطت تطبيق القوة في منتصف المسافت ما بين O و C أي احداثياتها $(2.5 \text{ m}, 0)$ ومتجهها شاقولي نحو الأعلى.

قوة الضغط على السطح OB :

$$F_2 = \frac{(P_1 + P_1 + \gamma R)}{2} * A_{OB} = \gamma \left(H - \frac{1}{2}R \right) * R * 1 = \frac{3}{2} \gamma R^2 = 367.875 \text{ KN/m}'$$



نقطت تطبيق القوة:

$$y_2 = R - \frac{H}{3} * \frac{a + 2b}{a + b} = R - \frac{R}{3} * \frac{2\gamma R + 2\gamma R}{2\gamma R + \gamma R} = \frac{5}{9}R = 2.778 m$$

أو بأخذ معادلت العروم حوال المحور 0:

$$\gamma R^2 * \frac{R}{2} + \frac{1}{2} \gamma R^2 * \frac{2R}{3} = \frac{3}{2} \gamma R^2 * y_2 \Rightarrow y_2 = \frac{5}{9}R = 2.778 m$$

إحداثيات نقطت تطبيق القوة (0, -2.78 m) ومنتجها أفقي نحو اليسار.

قوة الضغط على السطح AB:

محصلت القوى المؤثرة على السطح المنحني:

$$F = \sqrt{F_{x_3}^2 + F_{y_3}^2}$$

المركبة الأفقية:

$$F_{x_3} = \frac{1}{2} * \gamma H * A'_{AB} = \frac{1}{2} * \gamma H * 2R = 2\gamma R^2 = 490.500 KN/m'$$

المركبة الشاقولية:

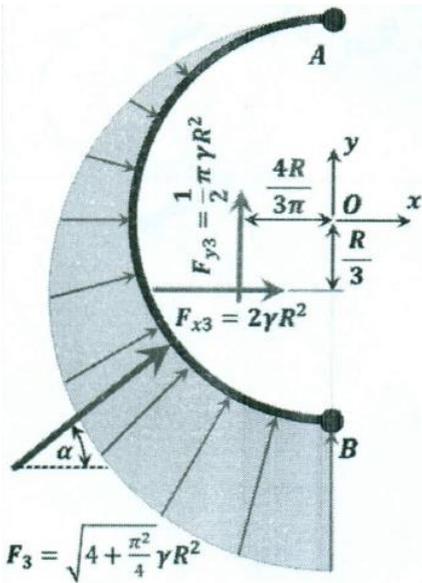
$$F_{y_3} = \gamma * V = \gamma * \frac{1}{2} \pi R^2 = \frac{1}{2} \pi \gamma R^2 = 385.238 KN/m'$$

$$F_3 = \sqrt{4 + \frac{\pi^2}{4}} * \gamma R^2 = 623.697 KN/m'$$

محصلت القوى:

القوة عمودية على السطح المنحني وتم من مركز الدائرة O و زاوية

$$\alpha = \arctan \frac{F_{y_3}}{F_{x_3}} = 38.146^\circ = 38^\circ 24.3'$$

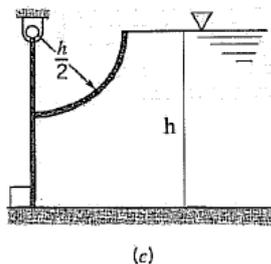
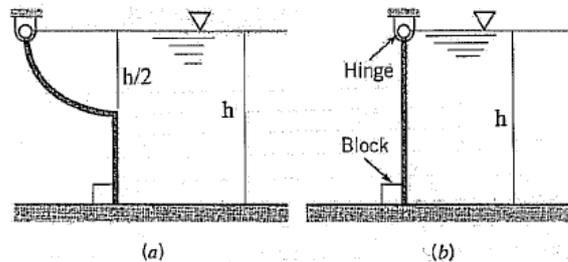


وبالتالي يمكن اعتبار نقطت تطبيقها هي O أو يمكن نقطت تقاطع المنتج مع السطح الأسطواني:

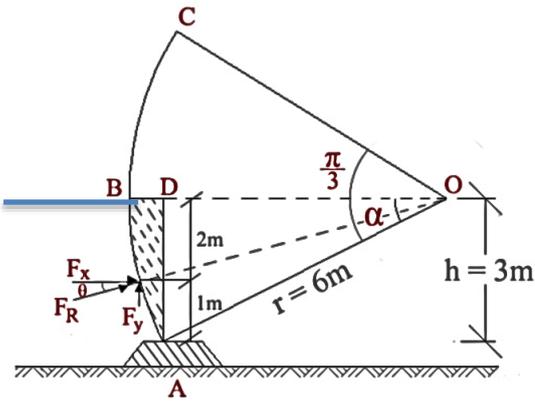
$$x_3 = -R \sin \alpha = -3.088 m \quad \& \quad y_3 = -r \cos \alpha = -3.932 m$$

مسائل هامة : مسالت (20 صفحت 129)

احسب القوة الأفقية الواجب تطبيقها عند أسفل البوابات الثلاث المبينة في الشكل أدناه لتبقى مغلقة.



مسائل خارجية عن البوابات القوسية:



بوابة على شكل قوس دائري نصف قطره $r = 6m$ ، احسب
محصلة قوى الضغط الساكن على واحدة العرض للبواب،
واحسب اتجاهها ($\theta = ?$)، ومن اين تم المحصلة F_R ؟

الحل:

يمكن تحليل القوة لمركبتين أفقية وشاقولية بالنسبة
للمركبة الأفقية نقوم بأسقاط البوابة على الشاقول فنحصل
على بوابة شاقولية مستطيلة الشكل (عرضها ثابت)
يمكن حساب القوة عن طريق حجم موثور الضغط كالتالي:

$$F_x = \gamma * 3 * \frac{3}{2} * 1 = 44.145 \text{ KN}$$

أما بالنسبة للمركبة الشاقولية فهي عبارة عن حجم السائل الوهمي أو الحقيقي فوق البوابة حيث:

$$F_y = \gamma * A * 1 : A = A_{OAB} \text{ قطاع دائري} - A_{ODA} \text{ مثلث}$$

$$A_{ABD} = \frac{1}{2} r^2 * \alpha - \frac{1}{2} * 3 * r * \cos \alpha$$

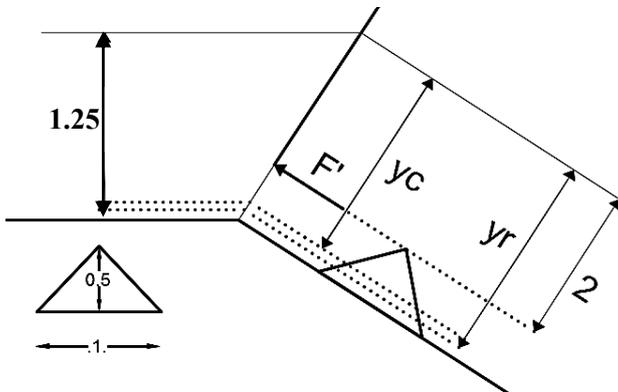
$$A_{ABD} = \frac{1}{2} * 6^2 * \frac{\pi}{6} - \frac{1}{2} * 3 * 6 * \cos \frac{\pi}{6} = 1.63$$

$$\Rightarrow F_y = 9810 * 1.63 = 15.95 \text{ KN}$$

$$F_R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{44.145^2 + 15.95^2} = 46.94 \text{ KN}$$

$$\theta = \text{tg}^{-1} \left(\frac{F_y}{F_x} \right) = 19.8^\circ$$

تم محصلة قوة الضغط من مركز القطاع الزاوي (لأن القوة ناظمية على السطح والناظم يم من مركز الانحناء دائماً)



مسائل خارجية: المطلوب حساب F' القوة الواجب
تطبيقها حتى تبقى البوابة مغلقة.

الحل:

بما أن البوابة متغيرة المقطع لذلك لا يمكننا الحل إلا
بالطريقة العامة ومنه نكتب أولاً:

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow F * (2 + 0.5 - y_b) - F' * (0.5) \quad (*)$$

سنقوم أولاً بحساب قيمة F من الطريقة العامة:

$$F = \gamma * h_c * A : h_c = y_c * \sin \theta = \left(2 + \frac{2}{3} * 0.5 \right) * \frac{1.25}{2.5}$$

$$\Rightarrow F = 9810 * \left(2 + \frac{2}{3} * 0.5\right) * \frac{1.25}{2.5} * \left(\frac{1 * 0.5}{2}\right)$$

$$\Rightarrow F = 2857.16 N = 2.86 KN$$

حساب y_b :

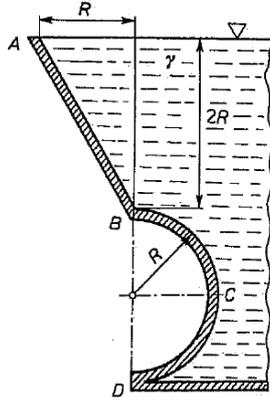
$$y_b = y_c + \frac{\bar{I}_x}{A * y_c} : \bar{I}_x = \frac{b * h^3}{36}$$

$$\Rightarrow y_b = 2.33 + \frac{1 * 0.5^3}{36 * \left(\frac{1 * 0.5}{2}\right) * 2.33} = 2.34 m$$

نعوض في (*) فنجد :

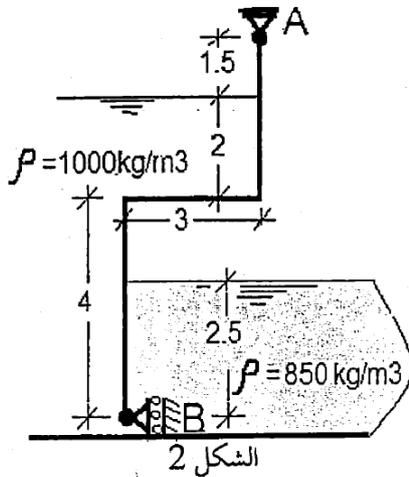
$$2857.16 * (2.5 - 2.34) = F' * 0.5 \Rightarrow F' = 0.91 KN$$

مسألة محلولة (14 صفحة 110)

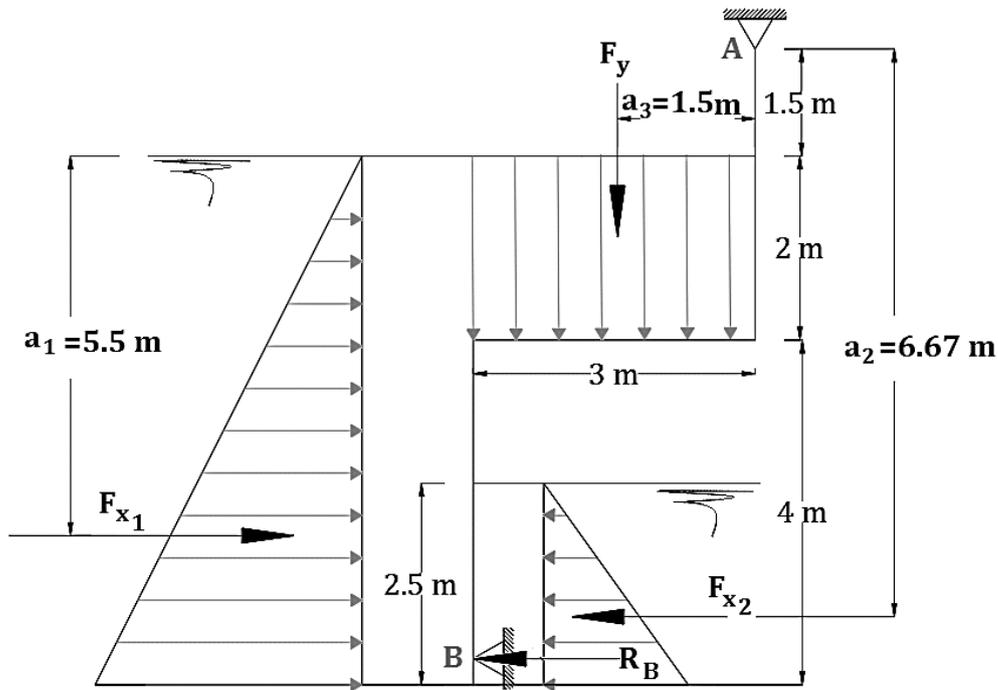


احسب محصلة واتجاه قوى ضغط السائل الساكن المؤثر على واحدة العرض من السطح الأسطواني ABCD المبين في الشكل والمؤلف من جزئين، الأول هو الجزء المائل، والثاني هو الجزء BCD على شكل نصف دائرة نصف قطرها R. علماً أن الوزن النوعي للسائل هو γ

مسألة دورة:



في الشكل (2)، احسب قيمة واتجاه رد الفعل في B على واحدة العرض من البوابة الصلدة AB المعرضة لضغط السائلين المبينين. الأبعاد بالمتري.



مسألة دورة:

أوجد فرق الضغط بين مركزي الخزائين A, B إذا كان فرق المنسوب في المانومتر الرئقي $h = 5\text{ cm}$ والخزائين مملوئين بالماء والكثافة النسبية للزئبق 13.6

الحل

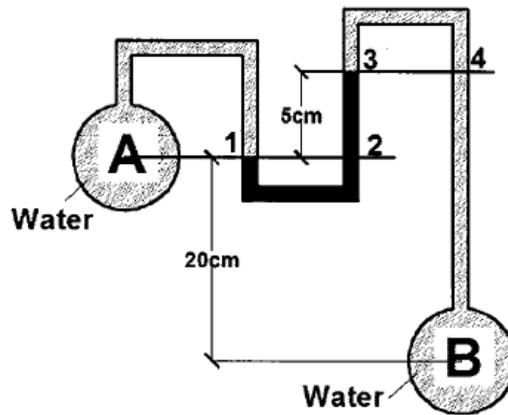
نأخذ مستوي تساوي ضغط 1-2:

$$P_1 = P_2 = P_A \dots\dots\dots (2 \text{ درجة})$$

$$P_2 = P_3 + \gamma_{\text{Hg}} * 0.05 \dots\dots\dots (3 \text{ درجة})$$

$$P_3 = P_B - \gamma_W * 0.25$$

$$P_A - P_B = \gamma_{\text{Hg}} * 0.05 - \gamma_W * 0.25 = 13600 * 9.81 * 0.05 - 9810 * 0.25 = 4218.3 \text{ Pa} \dots\dots\dots (5 \text{ درجة})$$



نهاية المحاضرة