



## قوى الضغط على السطوح المغمورة

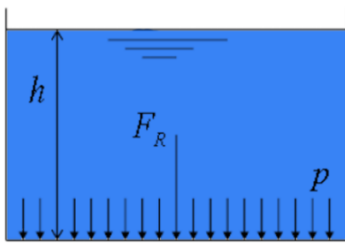
### تمهيد

نتعرض السطوح المغمورة بالسائل إلى قوى ضغط ناظمية ( عمودية ) على سطحها وكما تحدثنا في المحاضرة السابقة فإن قيمت الضغط الهيدروستاتيكي عند نقطت معينة من سائل ساكن مرتبط بعمق هذه النقطت والوزن النوعي للسائل وبالتالي فإن الضغط سيكون متغير بشكل خطي مع العمق.

قوى ضغط السائل الساكن على السطوح المغمورة:

سنعامل مع عدة أنواع من السطوح " بوابات " ( أفقيت - شاقوليت - مائلت - منحنيت ) .

سنبدأ بالحديث أولاً عن القوى المؤثرة في السطوح " البوابات " الأفقيت:

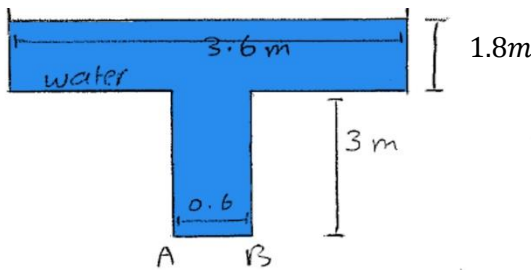


تكون السطوح الأفقيت على عمق معين  $h$  خاضعت لضغط ثابت قيمته  $P_C = \gamma * h_C$  وإذا أردنا حساب القوة المؤثرة عليه نجد:

$$F_R = P_C * A = \gamma * h_C * A$$

أي يمثل وزن السائل الموجود فوق السطح  $A$ .

### مسائل :



وعاء اسطوانوي مركب يستند على سطح أفقي والمطلوب تحديد قيمت القوة المؤثرة على السطح  $AB$  ( المعطيات على الرسم )  
الحل:

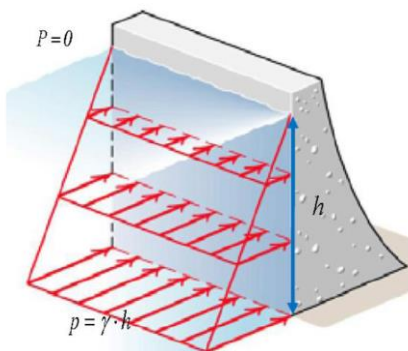
سنقوم بدابت بإيجاد الضغط عند سطح  $AB$

ومن ثم سنقوم بضرب هذا الضغط بمساحت السطح  $AB$  فنحصل على القوة المؤثرة عليه.

$$P_{AB} = \gamma_w * (1.8 + 3) = 47088 \text{ Pa} \Rightarrow F = P_{AB} * A = 47088 * \frac{\pi (0.6)^2}{4} = 13313.81 \text{ N}$$

سننقل الآن للحديث عن البوابات الشاقوليت:

إن توزع الضغط على سطح البوابات الشاقوليت يكون بشكل خطي لأنه وكما تعلمنا سابقاً بأن الضغط يتناسب مع العمق ويتراوح ما بين الصفر ( إذا كان سطح الماء معرض للضغط الجوي ) وقيمته  $P = \gamma * h$  عند القاع.



أما إذا أردنا حساب قوى الضغط المؤثرة على هذا السطح فعندها يمكننا استخدام عدة طرق:

## الطريقت العامة :

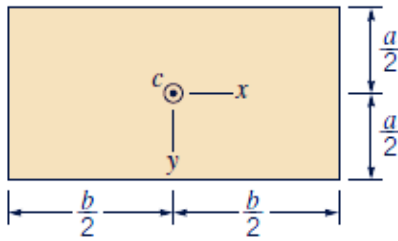
تستخدم دون شروط حيث أن قيمة قوى ضغط الماء المؤثرة على البوابت الشاقوليت هي عبارة عن جداء قيمة قوى الضغط المؤثرة على مركز البوابت في مساحت البوابت. وبشكل أكثر إيضاحاً يمكننا أن نقول بأنها عبارة عن الوزن الحجمي للسائل مضروب بـ ارتفاع مركز ثقل البوابت ( من مركز ثقل البوابت حتى سطح الماء الحر ) مضروب بمساحتها.

$$F_R = P_C * A : P_C = \gamma * h_C$$

أما بالنسبة لمركز تطبيق محصلة قوى الضغط المؤثرة فيعطى بالعلاقة :

$$y_R = y_C + \frac{\bar{I}_x}{A * y_C}$$

عزوم العطالت ومراكز الثقل لبعض الأشكال الشاعيرة:



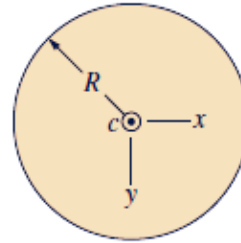
(a) Rectangle

$$A = ba$$

$$I_{xc} = \frac{1}{12} ba^3$$

$$I_{yc} = \frac{1}{12} ab^3$$

$$I_{xyc} = 0$$

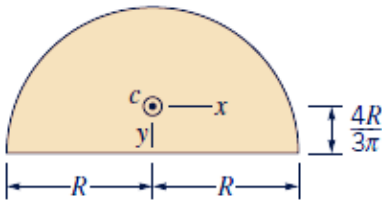


(b) Circle

$$A = \pi R^2$$

$$I_{xc} = I_{yc} = \frac{\pi R^4}{4}$$

$$I_{xyc} = 0$$



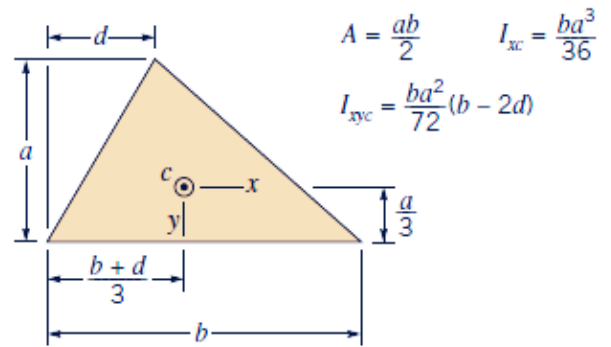
(c) Semicircle

$$A = \frac{\pi R^2}{2}$$

$$I_{xc} = 0.1098R^4$$

$$I_{yc} = 0.3927R^4$$

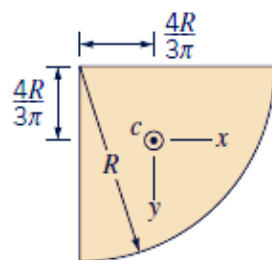
$$I_{xyc} = 0$$



(d) Triangle

$$A = \frac{ab}{2} \quad I_{xc} = \frac{ba^3}{36}$$

$$I_{xyc} = \frac{ba^2}{72}(b - 2d)$$



(e) Quarter circle

$$A = \frac{\pi R^2}{4}$$

$$I_{xc} = I_{yc} = 0.05488R^4$$

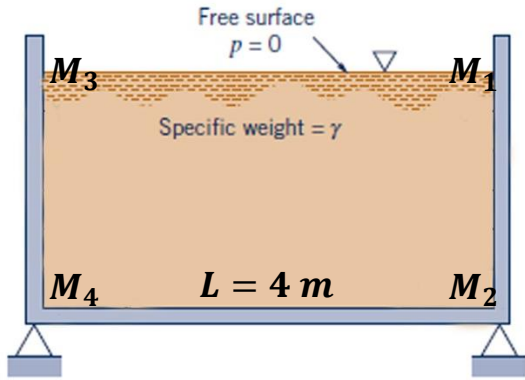
$$I_{xyc} = -0.01647R^4$$

## الطريقت الثانية: (حجم موثور الضغط)

محصلت قوى ضغط السائل على الجدار الشاقولي تحسب بأنها مساحت مخطط الضغط ( مثلث - شبه منصرف ) مضروبة في عرض الجدار  $b$ . أما مركز قوة الضغط فيقع في مركز ثقل مخطط الضغط.

**ملاحظة تستخدم هذه الطريقت فقط من أجل البوابات ذات العرض الثابت ( $b = const$ )**

مسألة:



ليكن لدينا خزان المياه التالي : والمطلوب رسم مخطط توزيع الضغط على جدران الخزان الأفقي والشاقوليت ومن ثم حساب قوى الضغط المؤثرة عليها وأوجد بعد مركز تطبيقها عن سطح الماء الحر.

اعد الحل باعتبار أن الخزان مغلق ومطبق عليه ضغط مقداره  $10Kp$ .

علماً أن ارتفاع الخزان  $h = 3m$  والحل في واحدة العرض ( $B = 1$ )

الحل:

بدايت نعلم أن الضغط المؤثر على القاعدة ( سطح أفقي ) يكون ثابت في حين أن القوة على السطح الأفقي تعطى بالعلاقة:

$$F_{R1} = P_C * A = \gamma * h_c * A$$

وهنا يجب التأكيد أن  $h_c$  دائماً من مركز الثقل حتى سطح الماء الحر. وبالتالي نجد أن القوة هي:

$$F_{R1} = 9810 * 3 * (4 * 1) = 117720N = 117.2 KN$$

### (مركز تطبيق القوة هو مركز القاعدة)

أما بالنسبة للقوة الشاقوليت فإنه وفقاً لما تعلمناه فإن الضغط يتزايد مع العمق وبالتالي فإن مخطط الضغط يتزايد مع العمق ويكون بشكل مثلثي وإذا أردنا حساب قوة الضغط فعندها وباعتبار أن العرض ثابت وليس متغير فيمكن الحل بأحد الطريقتين ( العامة ، حجم مخطط الضغط ) :

الحل بدايت باستخدام طريقت حجم مخطط الضغط:

$$F_{R2} = \text{مساحت مخطط الضغط} * B : B = 1 m$$

$$F_{R2} = \left( \gamma * h * \frac{h}{2} \right) * 1 = 9810 * 3 * \frac{3}{2} * 1 = 44145 N = 44.15 KN$$

وبالنسبة لمركز تطبيقها فهو مركز ثقل مخطط الضغط وباعتباره مثلث فيكون  $h_{FR2} = h * \frac{2}{3} = 3 * \frac{2}{3} = 2 m$  الحل باستخدام الطريقت العامة:

إن قوى الضغط الشاقوليت وفق الطريقت العامة تعطى : الوزن الحجمي للسائل مضروب ب ارتفاع مركز ثقل البوابت مضروب بمساحتها.

$$F_{R2} = \gamma * h_c * A = 9810 * \frac{3}{2} * 3 * 1 = 44145 N = 44.15 KN$$

أما بالنسبة لمركز تطبيق القوة فيعطى بالعلاقة:

$$y_R = y_C + \frac{\bar{I}_x}{A * y_C} = 1.5 + \frac{2.25}{3 * 1 * 1.5} : \bar{I}_x = \frac{b * h^3}{12} = \frac{1 * 3^3}{12} = 2.25 \Rightarrow y_R = 2 m$$

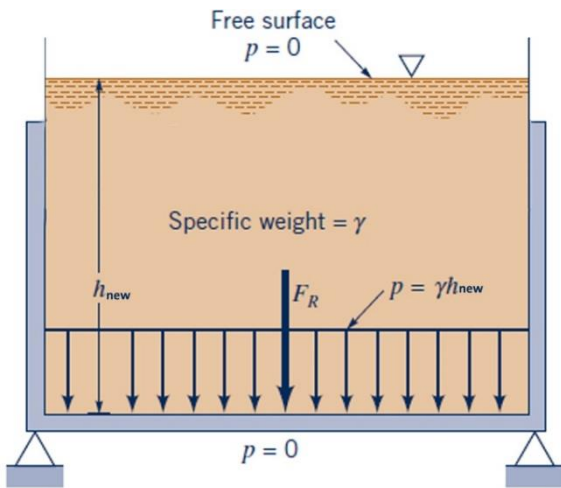
الطلب الثاني:

في هذا الطلب إن سطح الماء لم يعد حراً بل أصبح معرض لضغط وفي مثل هذه المسائل فإن أول خطوة نقوم بها هي تحويل الضغط لضغط كفي أحصل على ارتفاع ماء جديد يكون الضغط على سطحه معدوماً. لذلك بدايت نقوم بإيجاد الضاغظ المكافئ للضغط المعطى بالمسألة:

$$h_1 = \frac{P}{\gamma} = \frac{10000}{9810} \approx 1 m$$

وبالتالي أصبح مقدار الارتفاع الجديد :

$$h_{new} = h + h_1 = 3 + 1 = 4 m$$



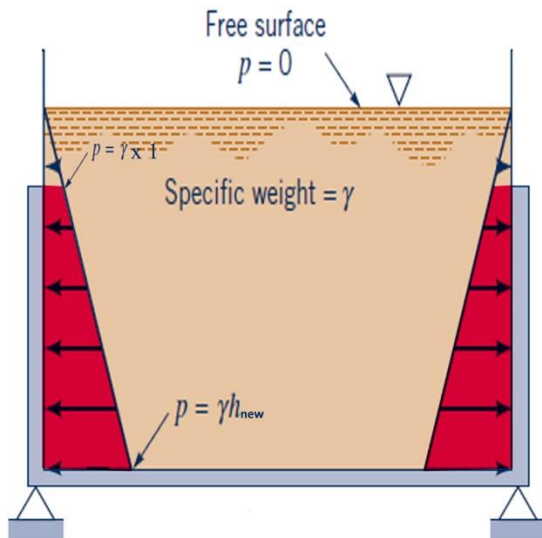
وبالتالي نرسم المسألة بوجود ارتفاع الماء الجديد وتكون قوة الضغط على السطح الأفقي:

$$F_{R1} = P_C * A = \gamma * h_c * A$$

$$F_{R1} = 9810 * 4 * (4 * 1) = 156960 N$$

$$\Rightarrow F_{R1} = 156.96 KN$$

أما بالنسبة للمركبة الشاقوليت فسندرس تأثيرها على الجزء  $M_1M_2$  فقط:



نلاحظ بأن مخطط الضغط على السطح  $M_1M_2$  هو عبارة

عن شبهة منحرفه قاعدته العليا هي :  $\gamma * h_1 = \gamma * 1 = \gamma$

$$1 = \gamma$$

أما قاعدته الدنيا هي :  $\gamma * h_{new} = \gamma * 4 = 4\gamma$

وبالتالي إذا استخدمنا الطريقت العامة يمكننا أن نكتب:

$$F_{R2} = \gamma * h_c * A = 9810 * \left(\frac{3}{2} + 1\right) * 3 * 1$$

$$\Rightarrow F_{R2} = 73575 N = 73.58 KN$$

أما بالنسبة لمركز تطبيق القوة فيعطى بالعلاقة:

$$y_R = y_C + \frac{\bar{I}_x}{A * y_C} = 2.5 + \frac{2.25}{3 * 1 * 2.5} = 2.8 m$$

طريقتا ثابتة للحل: يمكن استخدام طريقتا حجم المخطط الضغط بأسلوبين:

الأول أن نأخذ حجم المخطط ( شبه المنحرف )

$$F_{R2} = \frac{(\gamma * 1) + (\gamma * 4)}{2} * 3 * 1 = 9810 * \frac{5}{2} * 3 * 1 = 73575 N = 73.58 KN$$

وبالنسبة لنقطت تطبيق القوة فهى مركز شبه المنحرف حيث يعطى بالعلاقة:

$$y_c = \frac{h}{3} * \left[ \frac{g + 2f}{g + f} \right]$$

حيث:  $g$  القاعدة الصغرى لشبه المنحرف ،  $f$  القاعدة الكبرى لشبه المنحرف.

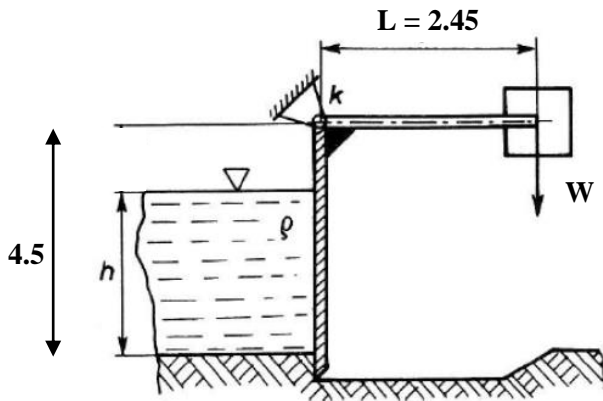
$$y_c = \frac{3}{3} * \frac{1 * \gamma + 2 * 4 * \gamma}{1 * \gamma + 4 * \gamma} = 1.8 m$$

$$\Rightarrow y_R = y_c + h_1 = 1.8 + 1 = 2.8 m$$

أما الأسلوب الثاني:

فسنقوم بتقسيم مخطط الضغط لمثلث ومستطيل ونوجد القوة لكل شكل هندسي ومن ثم تكون القوة المكافئة هي مجموع قوة المثلث وقوة المستطيل.

مسألة خارجية:



بوابت على شكل حرف  $L$  عرضها  $b = 1.5 m$  تتحكم بتدوير الماء من خزان أرضي، وهي متمفصلت بالنقطت  $A$ ، فإذا كان المطلوب فتح البوابت عندما يكون ارتفاع الماء أمام البوابت  $h = 3.6 m$ ، فاحسب كتلت الوزن الذي يحقق ذلك.

فكرة الحل:

” عندما يصل ارتفاع الماء لقيمة أكبر من  $h = 3.6 m$  بغليلى سيصبح عندها عزم قوة الماء فى الخزان أكبر من عزم الوزن  $w$  فتفتح البوابت.”

الحل:

$$\sum M_A = 0$$

نأخذ مجموع العزوم حول النقطت  $A$  أي :

وبما أن شكل مخطط الضغط هو مثلث وعرض البوابت ثابت فيمكننا استخدام طريقتا حجم موشور الضغط ويكون مركز تطبيق القوة يقع على ارتفاع  $\frac{1}{3}$  من القاعدة أي :

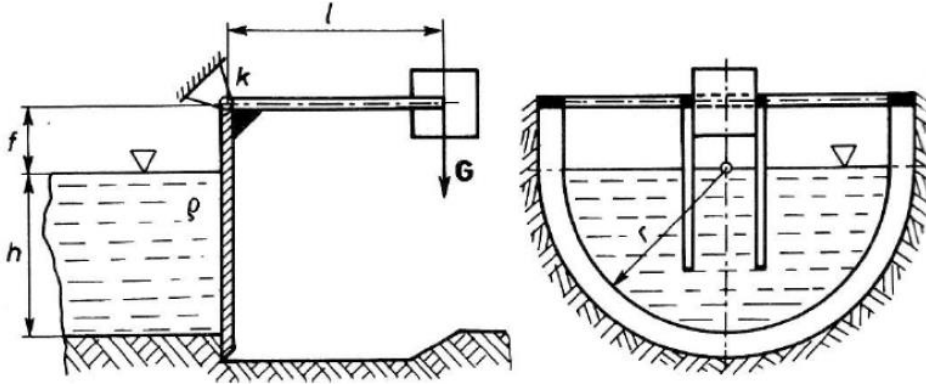
$$w * 2.45 = F * \left( 4.5 - \frac{3.6}{3} \right) : F = \gamma h * \frac{h}{2} * b = \gamma * \frac{3.6^2}{2} * 1.5 = 95353.2 N$$



وظيفة ( إعادة حل المسألة باستخدام طريقة حجم موشور الضغط " شبه منحرف " و بالطريقة العامة )

مسألة 8 صفحت 124

وضعت في قناة بوابت على شكل نصف دائرة، نصف قطرها  $r = 0.6 \text{ m}$  ووصلت مع ذراع طولها  $L = 0.5 \text{ m}$  بحيث تكون قابلت للدوران حول المفصل  $K$  وثبتت وزن مقداره  $G$  في نهاية الذراع، احسب قيمة هذا الوزن بحيث لا تفتح البوابت عندما يصل ارتفاع الماء  $h$  إلى قيمة عظمى تساوي نصف قطر البوابت  $r$  علماً أن بعد المفصل  $K$  عن سطح الماء  $f = 0.1 \text{ m}$ .



الحل:

نلاحظ بأن عرض البوابت غير ثابت ( نصف دائرة ) بالتالي لا يمكننا استخدام طريقة حجم موشور الضغط بل يجب استخدام الطريقة العامة حصراً.

بداية سنأخذ مجموع العزوم حول النقطة  $K$ :

$$\sum M_K = 0 \Rightarrow G * L = F (y_b + f)$$

• نحسب قيمة  $F$  من الطريقة العامة:

$$F = \gamma * h_c * A : h_c = y_c * \sin \alpha$$

$$\Rightarrow F = \gamma * \frac{4 * r}{3 * \pi} * \frac{\pi * r^2}{2} = \gamma * \frac{2}{3} * r^3 = 1412.62 \text{ N}$$

• إيجاد نقطة تطبيق القوة  $y_b$ :

$$y_b = y_c + \frac{\bar{I}_x}{A * y_c} = \frac{4 * r}{3 * \pi} * \frac{0.11 r^4}{\frac{\pi * r^2}{2} * \frac{4 * r}{3 * \pi}} = 0.353 \text{ m}$$

بالتعويض في معادلت مجموع العزوم نجد:

$$G * 0.5 = 1412.64 * (0.353 + 0.1) = 1271.376 \text{ N}$$

نهاية المحاضرة