قوى ضغط السائل الساكن على السطوح المغمورة فيه

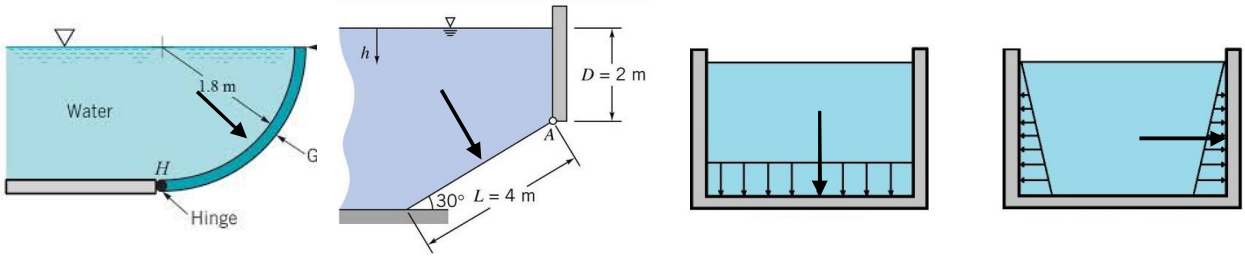
السطوح المغمورة يمكن أن تكون: أفقية–شاقولية–مائلة–منحنية

أولاً: ملاحظات هامة:

1- قوى الضغط هي قوى ناظمية (عمودية) على السطح المغمور المؤثرة فيه

أشكال السطوح المغمورة

سطح شاقولي سطح أفقي سطح مائل سطح منحني



المقاطع العرضية للسطوح المغمورة (الشاقولية – الأفقية– المائلة) يمكن أن تكون: مستطيل– مثلث – مربع – دائرة ....

مقطع مستطيل مقطع دائري

2- العلاقة العامة لحساب محصلة قوى ضغط السائل الساكن المؤثرة على سطح ما $\mathbf{F_R}$

$$\mathbf{F_R = P_c * A = \gamma * h_c * A}$$

$\mathbf{P_c}$: قيمة الضغط في مركز ثقل السطح المغمور

$\boldsymbol{\gamma}$: الوزن النوعي للسائل

$\mathbf{A}$: مساحة السطح المغمور

$\mathbf{h_c}$: بعد مركز ثقل السطح المغمور عن سطح السائل (بعد شاقولي)

3- نقطة تأثير محصلة قوى ضغط السائل الساكن (مركز الضغط)

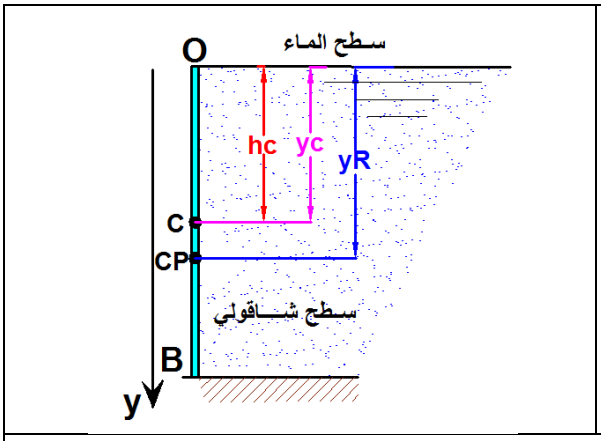
$$\mathbf{y_R = y_c + \frac{\bar{I}_x}{A * y_c}}$$

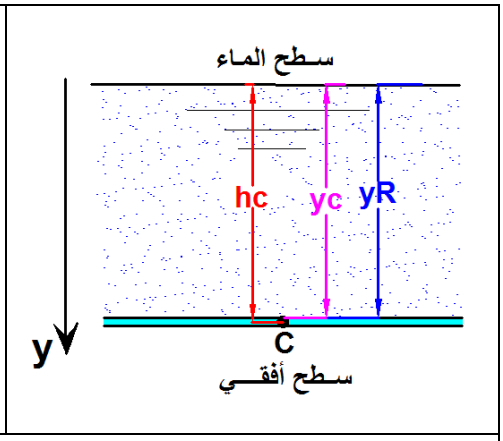
$\mathbf{y_R}$: بعد نقطة تأثير محصلة قوى ضغط السائل الساكن (مركز الضغط) عن سطح السائل وفق المحور $\mathbf{y}$

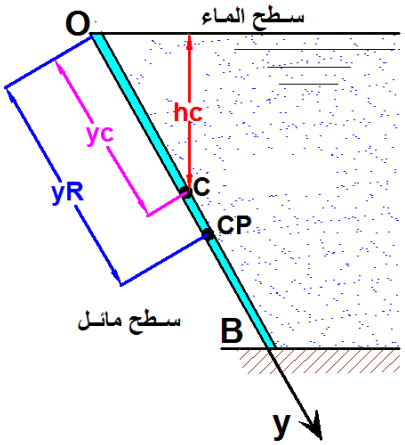
$\mathbf{A}$: مساحة السطح المغمور

$\mathbf{y_c}$: بعد مركز ثقل السطح المغمور عن سطح السائل وفق المحور $\mathbf{y}$

$\mathbf{I_x}$: عزم عطالة السطح المغمور حول المحور المار بمركزه والموازي للمحور $\mathbf{X}$

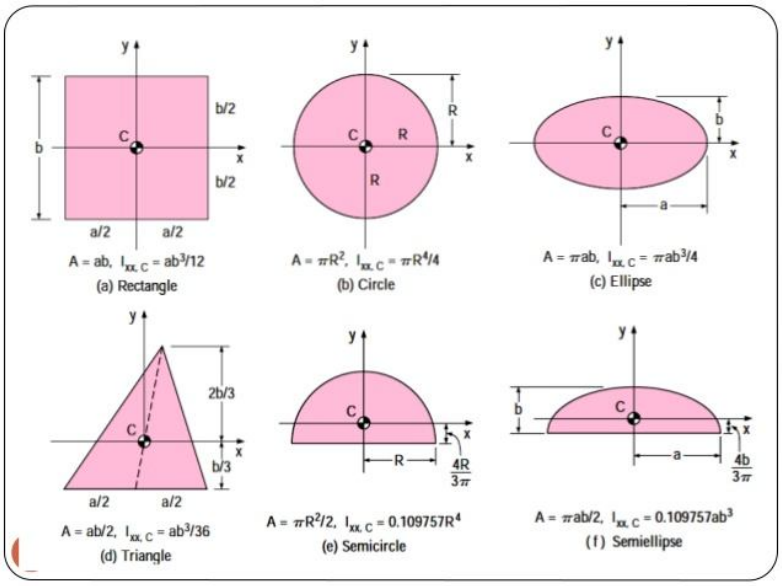




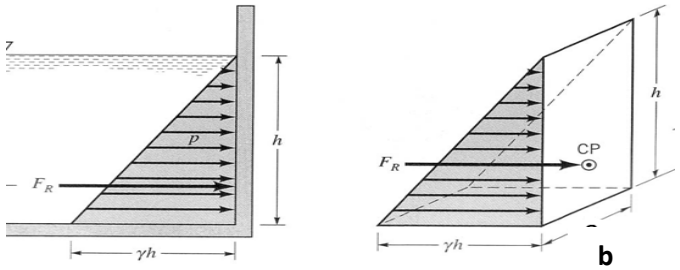


CP نقطة تطبيق محصلة قوى الضغط

C مركز ثقل السطح المغمور



4- قوى الضغط تزداد مع العمق بشكل خطي (مخطط الضغط الهيدروستياتيكي)



ثانياً: حساب محصلة قوى ضغط السائل الساكن

1. حساب محصلة قوى ضغط السائل الساكن المؤثرة على السطوح الأفقية المغمورة

تعطى محصلة قوى الضغط المؤثرة على السطوح الأفقية المغمورة **بالعلاقة العامة:**

$$\mathbf{F_R = \gamma * h_c * A}$$

حيث:

$\mathbf{h_c}$: بعد مركز ثقل السطح الأفقي المغمور عن سطح السائل (بعد شاقولي)

وهنا يساوي $\mathbf{h}$: ارتفاع الماء فوق السطح المغمور

$\mathbf{A = a * b}$: مساحة السطح المغمور

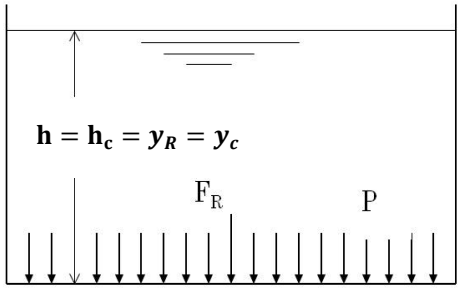
بالتعويض:

$$\mathbf{F_R = \gamma * h * a * b = \gamma * \forall = W}$$

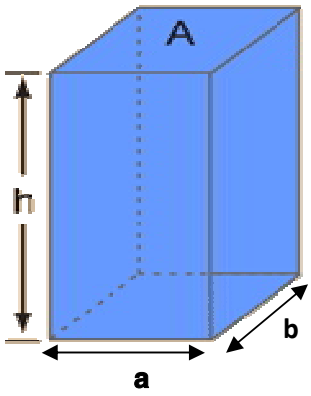
أي أن قوى ضغط السائل المؤثرة على السطح الأفقي تساوي وزن السائل فوق السطح

حالة خاصة:

من أجل سطح أفقي ذو عرض ثابت تكون محصلة قوى ضغط السائل الساكن المؤثرة عليه تساوي وزن السائل فوق السطح مباشرة



الشكل في المستوي



الشكل في الفراغ

y_R : بعد نقطة تأثير محصلة قوى ضغط السائل الساكن (مركز الضغط) عن سطح الماء

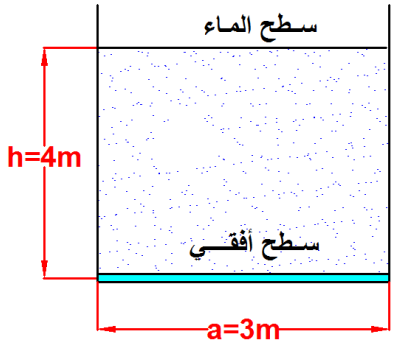
y_c : بعد مركز ثقل السطح الأفقي المغمور عن سطح السائل وفق المحور $\mathbf{y}$ حيث من أجل السطح الأفقي:

$$\mathbf{h = h_c = y_R = y_c}$$

تطبيق (1):

أرضية خزان مستطيلة الشكل عرضها $b = 2m$، ارتفاع الماء فوقها البوابة $h = 4m$ والمطلوب:

احسب محصلة قوى محصلة قوى ضغط السائل الساكن المؤثرة على الأرضية



الحل:

لحساب محصلة قوى ضغط السائل الساكن المؤثرة نستخدم العلاقة العامة:

$$\mathbf{F_R = P_c * A = \gamma * h_c * A}$$

$$A = a * b = 3 * 2 = 6m^2$$

$$h_c = h = 4m$$

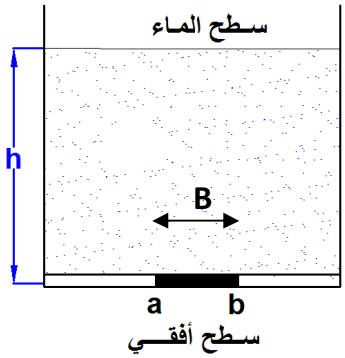
$$F_R = \gamma * (h) * (a * b) = \gamma * h * a * b$$

$$\Rightarrow\Rightarrow \mathbf{F_R = \gamma * \forall = w}$$

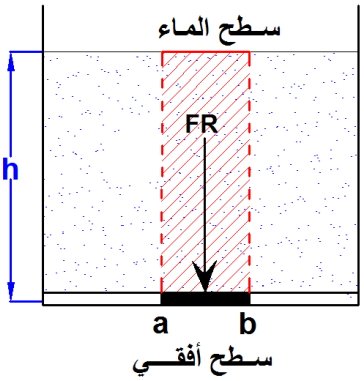
وتمثل وزن الماء فوق الأرضية

تطبيق (2)

احسب محصلة قوى محصلة قوى ضغط السائل الساكن المؤثرة على الفتحة ab بأبعاد (L*B)



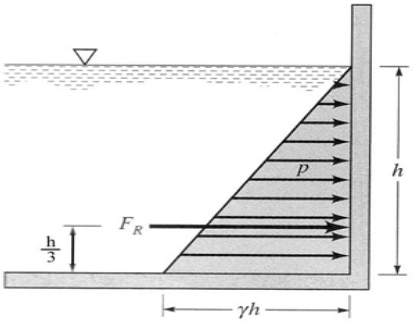
- نرفع شاقول من بداية السطح الأفقي a حتى يتقاطع مع سطح الماء أو ممده
- نرفع شاقول من نهاية السطح الأفقي b حتى يتقاطع مع سطح الماء أو ممده
- وزن الماء المحصور بين السطح الأفقي وسطح الماء أو ممده والشاقولين الممدين من بداية ونهاية السطح الأفقي يمثل FR



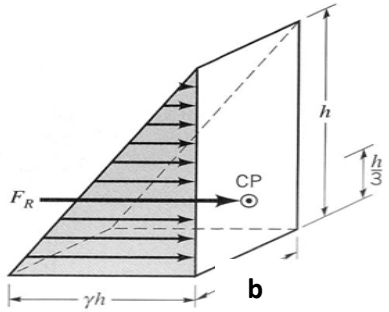
$$\Rightarrow\Rightarrow \mathbf{F_R = w = \gamma * \forall = \gamma * h * B * L}$$

2. حساب محصلة قوى ضغط السائل الساكن المؤثرة على السطوح الشاقولية المغمورة

A. **الحالة الأولى : السطح الشاقولي يبدأ من سطح السائل**



الشكل في المستوي



الشكل في الفراغ

- قوى الضغط تزداد مع العمق بشكل خطي
- شكل مخطط الضغط (موشور الضغط) مثلث

تحسب قوة ضغط السائل الموثرة على سطح شاقولي مغمور فيه من **العلاقة العامة**:

$$\mathbf{F_R = \gamma * h_c * A}$$

$\mathbf{A = b * h}$: مساحة السطح المغمور

$\mathbf{h_c}$: بعد مركز ثقل السطح الشاقولي المغمور عن سطح السائل (بعد شاقولي)

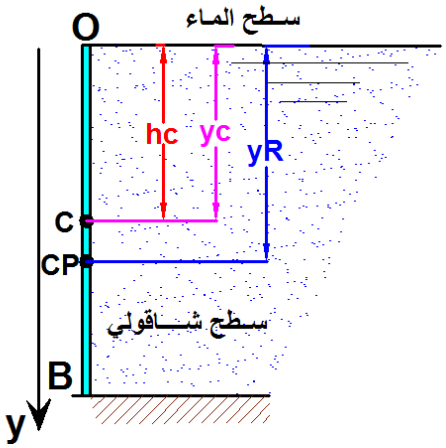
- نقطة تأثير محصلة قوى ضغط السائل الساكن (مركز الضغط)

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

$\mathbf{y_R}$: بعد نقطة تأثير محصلة قوى ضغط السائل الساكن (مركز الضغط) عن سطح السائل وفق المحور $\mathbf{y}$

$\mathbf{y_c}$: بعد مركز ثقل السطح المغمور عن سطح السائل وفق المحور $\mathbf{y}$ وهنا $\mathbf{h_c = y_c}$

$\mathbf{I_x}$: عزم عطالة السطح المغمور حول المحور المار بمركزه والموازي للمحور $\mathbf{X}$



حالة خاصة:

من أجل سطح شاقولي ذو عرض ثابت (مستطيل- مربع- اسطوانة أفقية) تكون محصلة قوى ضغط السائل الساكن المؤثرة عليه تساوي حجم مخطط الضغط الهيدروستاتيكي

أي: F_R تساوي حجم مخطط الضغط

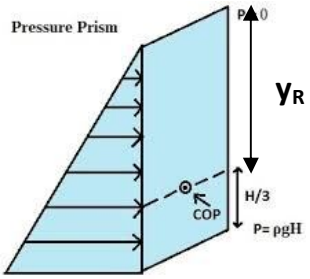
وحجم مخطط الضغط : يساوي مساحة مخطط الضغط ضرب عرض السطح المغمور (العمق)

بمأن مخطط الضغط في المستوي مثلثي الشكل فإن:

$$F_R = \frac{\gamma * h * h}{2} * b = \gamma * \frac{h^2}{2} * b$$

b : عرض السطح المغمور (العمق أو البعد العمودي على الورقة)

وتحدد نقطة تأثير محصلة قوى ضغط السائل الساكن (مركز الضغط) من أجل سطح شاقولي ذو عرض ثابت



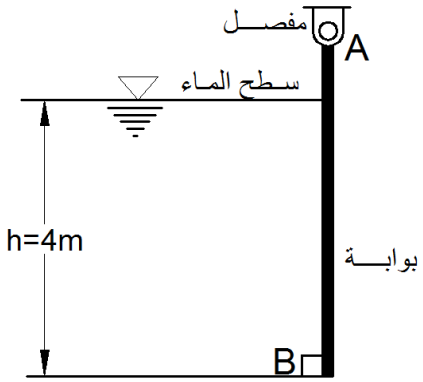
$$y_R = \frac{2}{3} * h$$

تطبيق (3):

بوابة شاقولية مستطيلة الشكل عرضها $b = 2m$، ارتفاع الماء أمام البوابة $h = 4m$ والمطلوب:

1- ارسم مخطط الضغط الهيدروستاتيكي المؤثر على البوابة

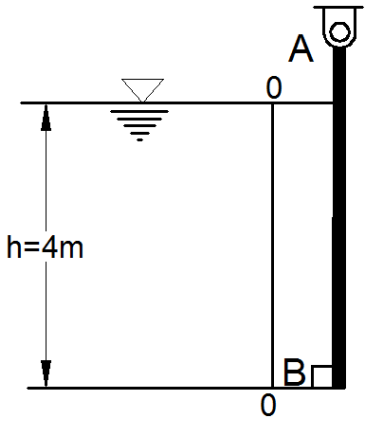
2- احسب محصلة قوى محصلة قوى ضغط السائل الساكن المؤثرة على البوابة



الحل:

لرسم مخطط الضغط الهيدروستاتيكي (وهو موشور في الفراغ)

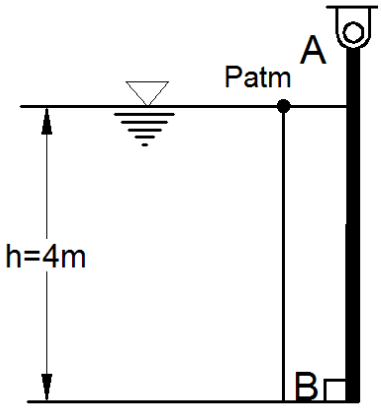
1- نرسم خط يوازي محور البوابة (شاقولي) بدءاً من سطح الماء يمثل (0-0)



2- الضغط يزداد بشكل خطي مع العمق، لذلك يكفي لرسمه تحديد نقطتين:

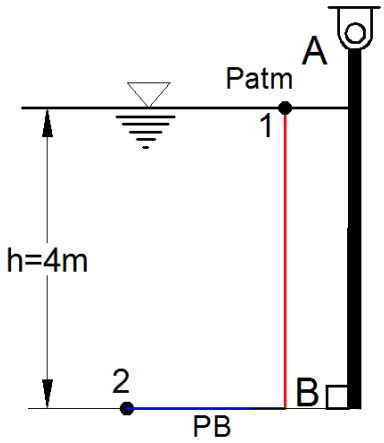
النقطة الأولى عند سطح الماء ويساوي الضغط عند سطح الماء P_{atm} وبمأننا نتعامل مع الضغوط النسبية

$$P_{atm} = 0$$

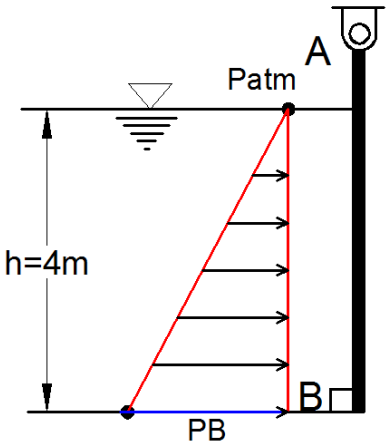


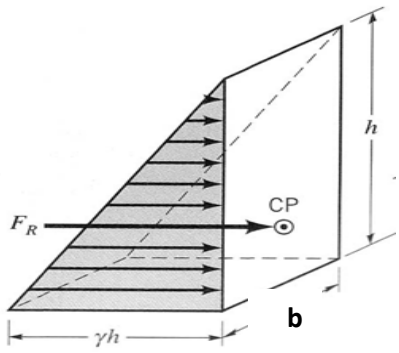
النقطة الثانية عند B حيث:

$$P_B = P_{atm} + \gamma * h = 0 + \gamma * h = 4 * \gamma$$



3- نصل بين النقطتين 1و 2 وبذلك نكون حصلنا على مخطط الضغط الهيدروستاتيكي





لحساب محصلة قوى ضغط السائل الساكن المؤثرة على البوابة نستخدم العلاقة العامة:

$$\mathbf{F_R = P_c * A = \gamma * h_c * A}$$

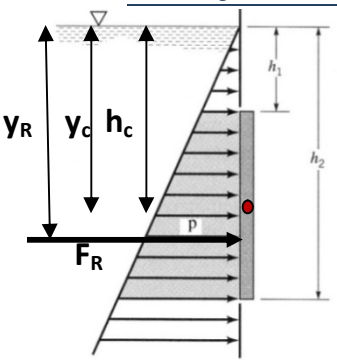
$$A = h * b = 4 * 2 = 8m^2$$

$$h_c = \frac{h}{2} = \frac{4}{2} = 2m$$

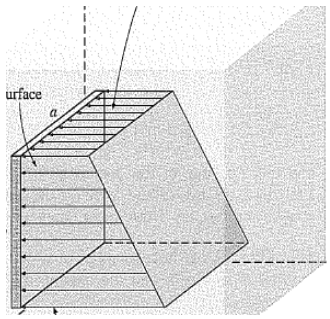
$$F_R = \gamma * \left(\frac{h}{2}\right) * (h * b) = \frac{\gamma * h * h}{2} * b \qquad \Rightarrow\Rightarrow \mathbf{F_R = \frac{\gamma * h * h}{2} * b}$$

وتمثل حجم موشور الضغط (حجم مخطط الضغط الهيدروستاتيكي)

B. الحالة الثانية: السطح الشاقولي على عمق معين من سطح السائل:



الشكل في المستوي



الشكل في الفراغ

- قوى الضغط تزداد مع العمق بشكل خطي
- يصبح مخطط الضغط بشكل شبه منحرف
- تحسب قوة ضغط السائل الموثرة على سطح شاقولي مغمور فيه من **العلاقة العامة**:

$$F_R = \gamma * h_c * A$$

$A = b * h$: مساحة السطح المغمور

h_c : بعد مركز ثقل السطح الشاقولي المغمور عن سطح السائل (بعد شاقولي)

- نقطة تأثير محصلة قوى ضغط السائل الساكن (مركز الضغط)

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

y_R : بعد نقطة تأثير محصلة قوى ضغط السائل الساكن (مركز الضغط) عن سطح السائل وفق المحور y

y_c : بعد مركز ثقل السطح المغمور عن سطح السائل وفق المحور y وهنا $h_c = y_c$

I_x: عزم عطالة السطح المغمور حول المحور المار بمركزه والموازي للمحور X

حالة خاصة:

من أجل سطح شاقولي ذو عرض ثابت (مسطيل- مربع- اسطوانة أفقية) تكون محصلة قوى ضغط السائل الساكن المؤثرة عليه تساوي حجم مخطط الضغط الهيدروستاتيكي

حيث: F_R تساوي حجم مخطط الضغط

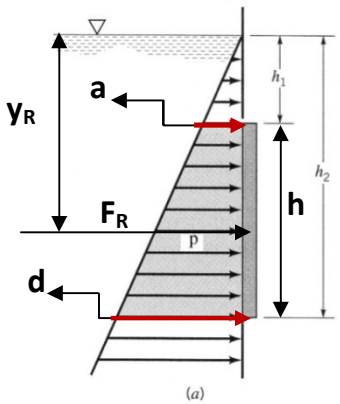
حجم مخطط الضغط : يساوي مساحة مخطط الضغط ضرب عرض السطح المغمور (العمق)

بمأن مخطط الضغط في المستوي بشكل شبه منحرف فإن:

$$F_R = \frac{[\gamma * h_1 + \gamma * h_2]}{2} * [h_2 - h_1] * b$$

b : عرض السطح المغمور (العمق أو البعد العمودي على الورقة)

وتحدد نقطة تأثير محصلة قوى ضغط السائل الساكن (مركز الضغط) من أجل سطح شاقولي ذو عرض ثابت

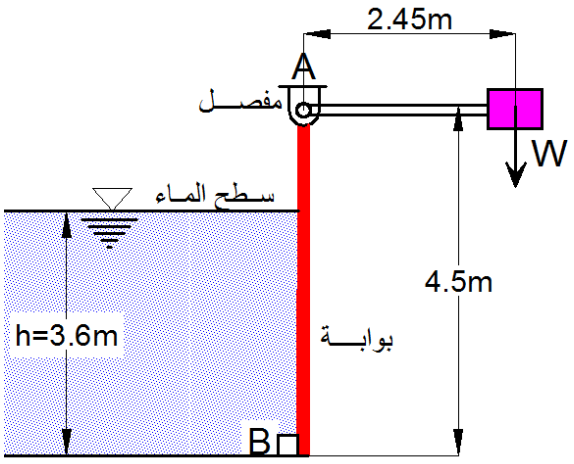


$$y_R = \frac{h}{3}\left(\frac{a+2*d}{a+d}\right) + h_1$$

a: القاعدة الصغرى

d: القاعدة الكبرى

h: ارتفاع شبه المنحرف



مسألة(1)

بوابة مستطلية عرضها $b = 1.5m$، متمفصلة في النقطة A فإذا كان المطلوب فتح البوابة عندما يكون ارتفاع الماء أمام البوابة $h = 3.6m$، فاحسب الوزن W الذي يحقق ذلك

الحل:

لحساب **W** ، نأخذ معادلة العزوم حول المفصل A:

$$\sum M_A = 0 \quad \Leftrightarrow \quad F_R * a = W * 2.45$$

حساب F_R

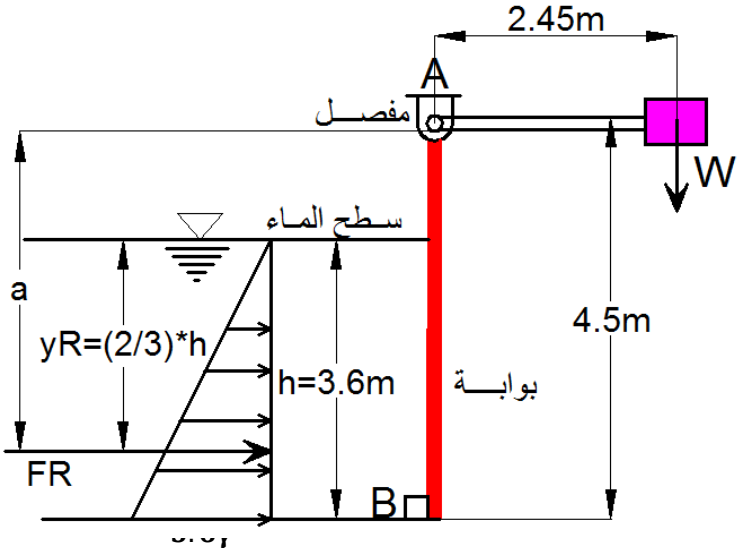
الطريقة الأولى: من العلاقة العامة:

$$\mathbf{F_R = \gamma * h_c * A}$$

$$A = h * b = 3.6 * 1.5 = 5.4m^2$$

$$h_c = \frac{h}{2} = \frac{3.6}{2} = 1.8m$$

$$F_R = 1000 * 9.81 * 1.8 * 5.4 = 95353.2\ N$$



الطريقة الثانية: نرسم مخطط الضغط الهيدروستاتيكي ثم نحسب F_R من المخطط:

$$F_R = \textbf{حجم مخطط الضغط}$$

$$F_R = \frac{\gamma * h * h}{2} * b$$

$$F_R = \frac{1000 * 9.81 * 3.6 * 3.6}{2} * 1.5$$

$$\mathbf{F_R = 95353.2\ N}$$

حساب ذراع F_R:

$$a = y_R + (4.5 - 3.6) = \frac{2}{3} * h + (4.5 - 3.6) = 3.3m$$

$$OR \ldots . a = 4.5 - \frac{1}{3} * h = 3.3m$$

بالتعويض:

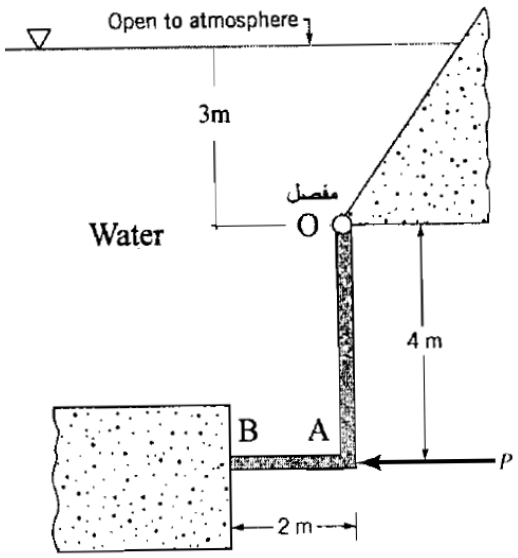
$$95353.2 * 3.3 = W * 2.45$$

$$W = \mathbf{128434.92\ N}$$

مسألة رقم (13) غير محلولة صفحة 126:

يطلب حساب القوة الأفقية الدنيا ***P*** الواجب تطبيقها عند أسفل البوابة الصلبة ***OAB*** القابلة للدوران حول المفصل ***O*** كما في الشكل، بحيث تبقى البوابة مغلقة.

بافتراض عرض البوابة **3m** وأن وزنها مهمل

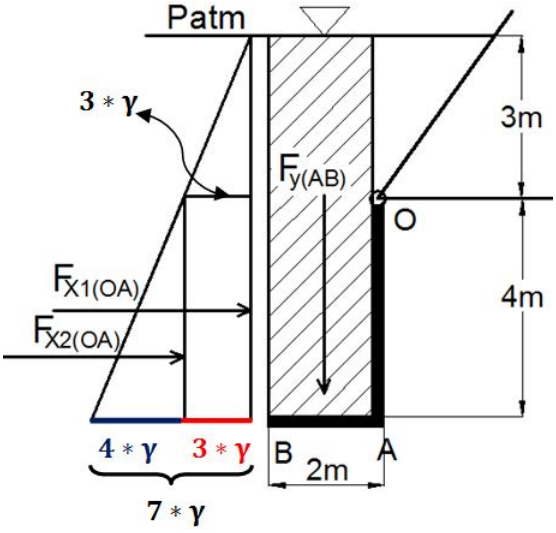


الحل:

لحساب القوة الأفقية الدنيا ***P*** ، نأخذ معادلة العزوم حول المفصل O:

$$\sum M_O = 0 \quad \Leftrightarrow \quad F_R * a = P * 4$$

لحساب F_R نجزأ البوابة إلى جزأين: AB جزء أفقي و OA جزء أفقي



$\mathbf{F_y}$ تؤثر على الجزء الأفقي:

$$\mathbf{F_y} = 7 * 2 * \gamma * 3 = \mathbf{42} * \boldsymbol{\gamma}$$

$$a_3 = \frac{2}{2} = 1\text{m}$$

$\mathbf{F_x}$ تؤثر على الجزء الشاقولي

مخطط الضغط بشكل شبه منحرف لسهولة الحساب نجزأ المخطط إلى مثلث $\mathbf{F_{x2}}$ ومستطيل $\mathbf{F_{x1}}$

$$\mathbf{F_{x1}} = 3 * \gamma * 4 * 3 = \mathbf{36} * \boldsymbol{\gamma}$$

$$a_1 = \frac{4}{2} = 2\text{m}$$

$$\mathbf{F_{x2}} = \frac{4*\gamma*4}{2} * 3 = \mathbf{24} * \boldsymbol{\gamma}$$

$$a_2 = \frac{2}{3} * 4 = \frac{8}{3}\text{m}$$

بأخذ معادلة العزوم حول النقطة O:

$$P * 4 = F_{x1} * a_1 + F_{x2} * a_2 + F_y * a_3$$

$$P * 4 = 36 * 9810 * 2 + 24 * 9810 * \frac{8}{3} + 42 * 9810 * 1$$

$$\mathbf{P = 436545\ N}$$

مسألة دورة:

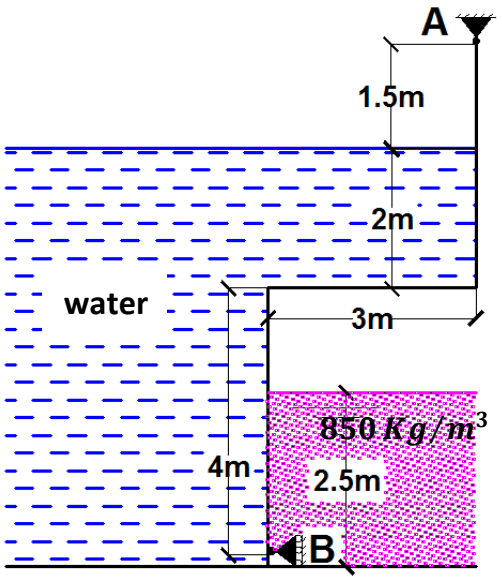
احسب قيمة واتجاه رد الفعل في **B** على واحدة العرض من البوابة الصلدة **AB** المعرضة لضغط السائلين المبينين في الشكل

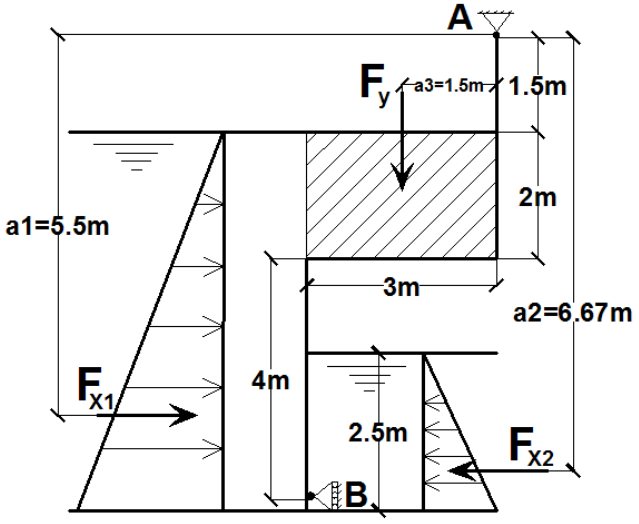
الحل:

لحساب رد الفعل في النقطة B ، نأخذ معادلة العزوم حول النقطة A:

نحسب القوى المؤثرة:

وهي قوى ضغط السائلين على البوابة الصلدة AB





$$\mathbf{F_{x1}} = \frac{6*\gamma*6}{2} * 1 = \frac{6*1000*9.81*6}{2} * 1 = \mathbf{176.6\ KN}$$

$$a_1 = \frac{2}{3} * 6 + 1.5 = \mathbf{5.5m}$$

$$\mathbf{F_{x2}} = \frac{2.5*\gamma*2.5}{2} * 1 = \frac{2.5*850*9.81*2.5}{2} * 1 = \mathbf{26.1\ KN}$$

$$a_2 = \frac{2}{3} * 2.5 + 1.5 + 2 + 1.5 = \mathbf{6.67m}$$

$$\mathbf{F_y} = 2 * 3 * \gamma = 2 * 3 * 1000 * 9.81 = \mathbf{58.60KN}$$

$$a_3 = \frac{1}{2} * 3 = \mathbf{1.5m}$$

ذراع قوة رد الفعل في B

$$a = 4 + 2 + 1.5 = \mathbf{7.5m}$$

بأخذ معادلة العزوم حول النقطة A:

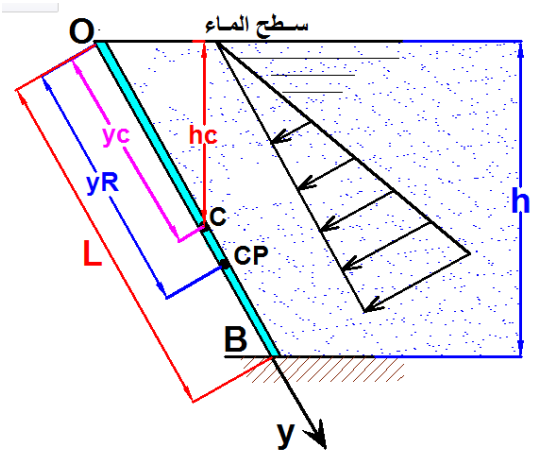
$$R_B * a + F_{x2} * a_2 = F_{x1} * a_1 + F_y * a_3$$

$$R_B * 7.5 + 26.1 * 10^3 * 6.67 = 176.6 * 10^3 * 5.5 + 58.60 * 10^3 * 1.5$$

$$\mathbf{R_B = 118.1KN}$$

3. حساب محصلة قوى ضغط السائل الساكن المؤثرة على السطوح المائلة المغمورة

A. الحالة الأولى : السطح المائل يبدأ من سطح السائل



- قوى الضغط تزداد مع العمق بشكل خطي
- شكل مخطط الضغط مثلث (موشور الضغط)
- تحسب قوة ضغط السائل الموثرة على سطح مائل مغمور فيه من **العلاقة العامة**:

$$\mathbf{F_R = \gamma * h_c * A}$$

$\mathbf{A = b * L}$: مساحة السطح المغمور

$\mathbf{h_c}$: بعد مركز ثقل السطح المائل المغمور عن سطح السائل (بعد شاقولي)

$\mathbf{L}$: طول السطح المغمور

$\mathbf{b}$: عرض السطح المغمور (العمق أو البعد العمودي على الورقة)

- نقطة تأثير محصلة قوى ضغط السائل الساكن (مركز الضغط)

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

$\mathbf{y_R}$: بعد نقطة تأثير محصلة قوى ضغط السائل الساكن (مركز الضغط) عن سطح السائل وفق المحور $\mathbf{y}$

$\mathbf{y_c}$: بعد مركز ثقل السطح المغمور عن سطح السائل وفق المحور $\mathbf{y}$

$\mathbf{I_x}$: عزم عطالة السطح المغمور حول المحور المار بمركزه والموازي للمحور $\mathbf{X}$

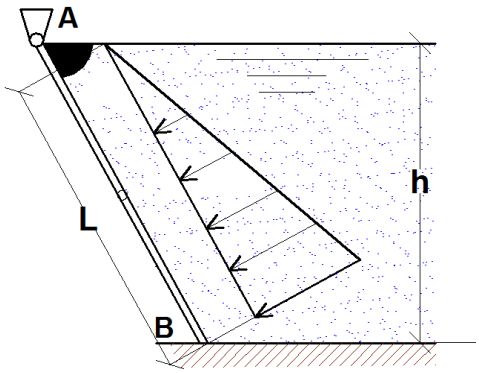
حالة خاصة:

من أجل سطح مائل ذو عرض ثابت (مستطيل- مربع- اسطوانة أفقية) تكون محصلة قوى ضغط السائل الساكن المؤثرة عليه تساوي حجم مخطط الضغط الهيدروستاتيكي

حيث: F_R تساوي حجم مخطط الضغط

حجم مخطط الضغط : يساوي مساحة مخطط الضغط ضرب عرض السطح المغمور (العمق)

بمأن مخطط الضغط في المستوي مثلثي الشكل فإن:

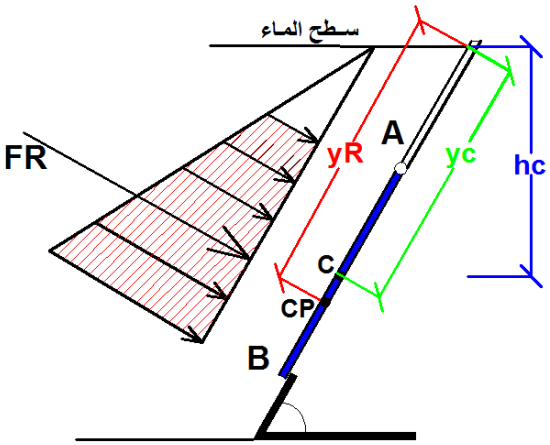


$$\mathbf{F_R = \frac{\gamma * h * L}{2} * b = \gamma * \frac{h^2}{2} * b}$$

وتحدد نقطة تأثير محصلة قوى ضغط السائل الساكن (مركز الضغط) من أجل سطح مائل ذو عرض ثابت

$$\mathbf{y_R = \frac{2}{3} * L}$$

B. الحالة الثانية: السطح المائل على عمق معين من سطح السائل:



- قوى الضغط تزداد مع العمق بشكل خطي
- يصبح مخطط الضغط بشكل شبه منحرف

تحسب قوة ضغط السائل الموثرة على سطح مائل مغمور فيه من **العلاقة العامة**:

$$F_R = \gamma * h_c * A$$

$A = b * L$: مساحة السطح المغمور

h_c : بعد مركز ثقل السطح المائل المغمور عن سطح السائل (بعد شاقولي)

L: طول السطح المغمور

b : عرض السطح المغمور (العمق أو البعد العمودي على الورقة)

- تحديد نقطة تأثير محصلة قوى ضغط السائل الساكن (مركز الضغط)

يحدد بعد نقطة تأثير محصلة قوى ضغط السائل الساكن (مركز الضغط) عن سطح الماء y_R من العلاقة التالية:

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

y_c : بعد مركز ثقل السطح المائل المغمور عن سطح السائل وفق المحور Y

I_x: عزم عطالة السطح حول المحور المار بمركزه والموازي للمحور X

حالة خاصة:

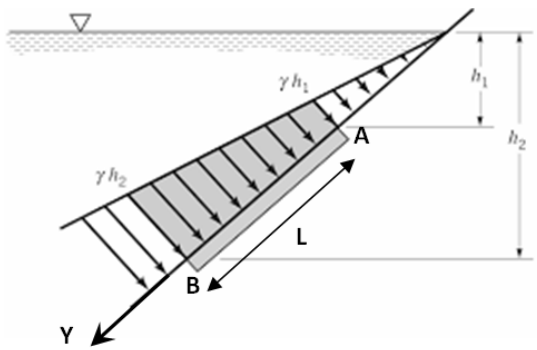
من أجل سطح مائل ذو عرض ثابت (مسطيل- مربع- اسطوانة أفقية) تكون محصلة قوى ضغط السائل الساكن المؤثرة عليه تساوي حجم مخطط الضغط الهيدروستاتيكي

حيث: F_R تساوي حجم مخطط الضغط

حجم مخطط الضغط : يساوي مساحة مخطط الضغط ضرب عرض السطح المغمور (العمق)

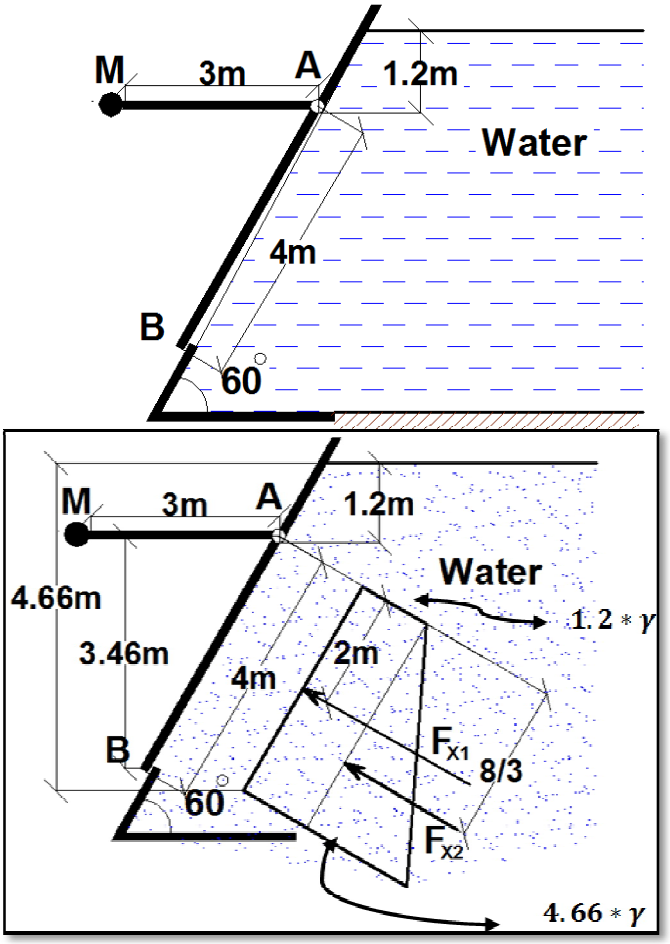
بمأن مخطط الضغط في المستوي **بشكل شبه منحرف فإن**:

$$F_R = \frac{[\gamma * h_1 + \gamma * h_2]}{2} * L * b$$



مسألة دورة:

بوابة مستوية مستطيلة $\mathbf{AB = 4m}$ وبعدها الآخر العمودي على مستوي الورقة **2 متر** موجودة في جدار مائل بزاوية **60** عن الأفق، الماءعلى يمين البوابة، ملحوم على البوابة في A ذراع أفقي ينتهي بكتلة M والمطلوب: حساب أصغر قيمة للكتلة M تبقي على البوابة مغلقة، يهمل وزن البوابة ووزن الذراع الحامل للكتلة M



الحل:

طريقة أولى: نرسم مخطط الضغط الهيدروستياكي:

$$P_A = 1.2 * \gamma$$

$$P_B = [1.2 + 4 * \mathrm{Sin}(60)] * \gamma = 4.66 * \gamma$$

نقوم بتجزئة مخطط الضغط : F_{x1} و F_{x2}

الهيدروستاتيكي إلى مثلث ومستطيل: ونحسب

$$F_{x1} = 9810 * 1.2 * 4 * 2 = \mathbf{94176\ N}$$

$$a_1 = \frac{4}{2} = \mathbf{2m}$$

$$Fx_2 = 9810 * \frac{[4*\mathrm{Sin}(60)]*4}{2} * 2 = \mathbf{135931\ N}$$

$$a_2 = \frac{2}{3} * 4 = \mathbf{\frac{8}{3}\,m}$$

نأخذ معادلة العزوم حول النقطة A :

$$\sum M_A = 0 \quad \Leftrightarrow \quad F_1 * a_1 + F_2 * a_2 = m * g * 3$$

$$m = \frac{\mathbf{94176} * 2 + \mathbf{135931} * \frac{8}{3}}{3 * 9.81} = \mathbf{18717\ Kg \approx 18.7\ ton}$$

طريقة ثانية: باستخدام العلاقة العامة:

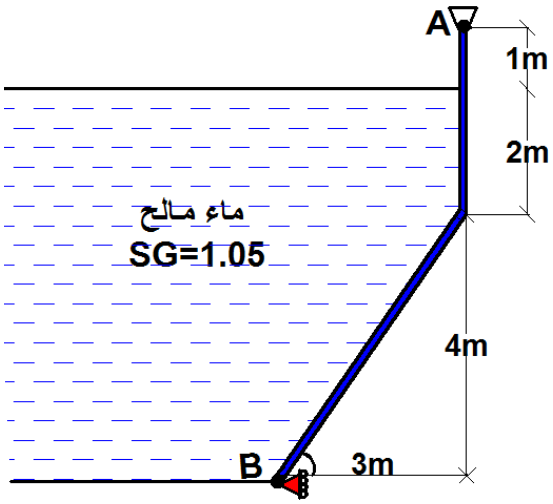
$$F_R = A * P_c = A * \gamma * h_c = 4 * 2 * 9810 * (1.2 + 2 * \mathrm{Sin}(60)) \approx \mathbf{230\ KN}$$

$$y_R = y_c + \frac{\bar{I}_x}{A * y_c} = \left(\frac{1.2}{\mathrm{Sin}(60)} + 2\right) + \frac{2 * 4^3}{12 * 8 * 3.386} = \mathbf{3.78\ m}$$

نأخذ معادلة العزوم حول النقطة A :

$$\sum M_A = 0 \quad \Leftrightarrow \quad F * \left(3.78 - \frac{1.2}{\mathrm{Sin}(60)}\right) = m * g * 3$$

$$m = \frac{230 * (3.78 - \frac{1.2}{\mathrm{Sin}(60)})}{3 * 9.81} = \mathbf{18717\ Kg \approx 18.7\ ton}$$



مسألة دورة:

بوابة صلدة AB متمفصلة في **A** ومهملة الكتلة، معرضة لضغط الماء المالح من اليسار كما هو مبين في الشكل، عرض البوابة العمودي على مستوي الورقة **1متر** والمطلوب

1. ارسم مخطط الضغط المؤثر على البوابة
2. حساب رد الفعل الأفقي في المسند المتدحرج B

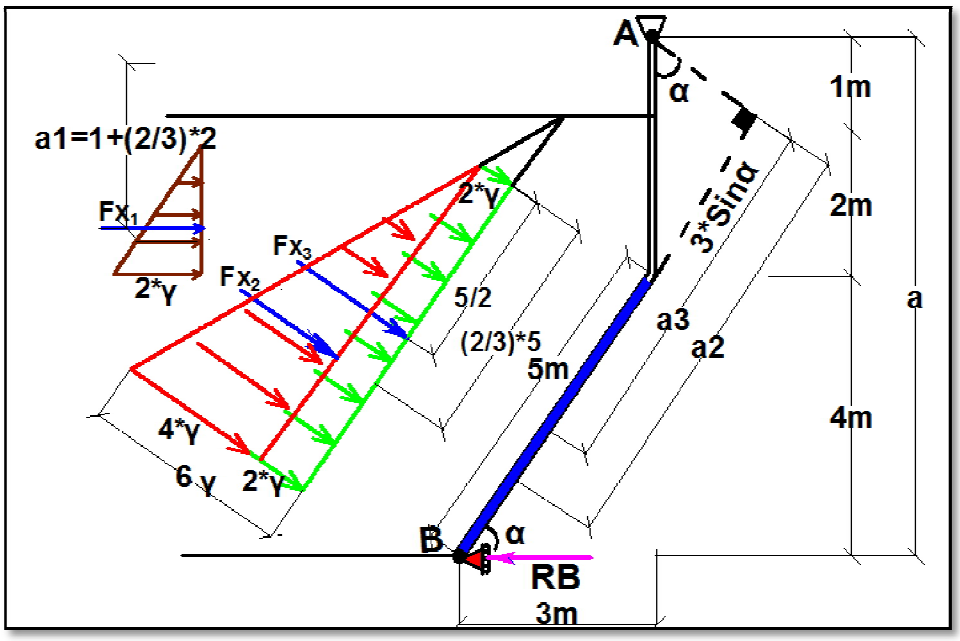
الحل:

$$tg\alpha = \frac{4}{3} \Rightarrow \alpha = 53.13^0$$

طول الضلع المائل : $L = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5m$

نأخذ معادلة العزوم حول النقطة A : $\sum M_A = 0$

الطريقة الأولى لحساب محصلة قوى الضغط:



$$Fx_1 = \frac{2*\gamma*2}{2} * 1 = \frac{2*1.05*9810*2}{2} * 1 = \mathbf{20601\ N}$$

$$a_1 = \frac{2}{3} * 2 + 1 = \mathbf{2.33m}$$

$$F_{x2} = \frac{4*\gamma*5}{2} * 1 = \frac{4*1.05*9810*5}{2} * 1 = \mathbf{103005\ N}$$

$$a_2 = \frac{2}{3} * 2 + 3 * \mathrm{Sin}(53.13) = \mathbf{5.73m}$$

$$F_{x3} = 2 * \gamma * 5 * 1 = 2 * 1.05 * 9810 * 5 * 1 = \mathbf{103005\ N}$$

$$a_3 = \frac{5}{2} + 3 * \mathrm{Sin}(53.13) = \mathbf{4.9m}$$

$$a = 4 + 2 + 1 = \mathbf{7m}$$

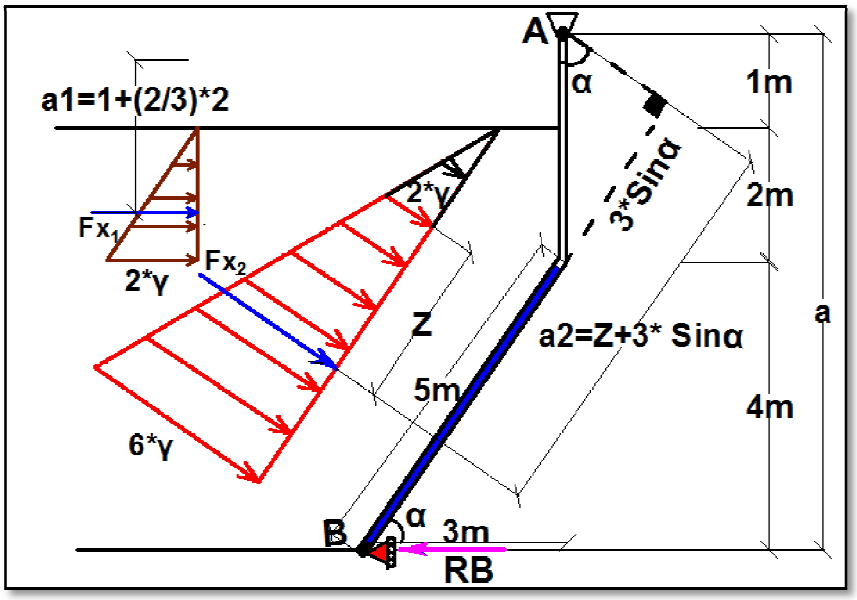
نعوض في معادلة العزوم:

$$F_{x1} * a_1 + F_{x2} * a_2 + F_{x3} * a_3 = R_B * a$$

$$20601 * 2.33 + 103005 * 4.9 + 103005 * 5.73 = R_B * 7$$

$$\mathbf{R_B = 163277.64\ N}$$

الطريقة الثانية لحساب محصلة قوى الضغط:



$$Fx_1 = \frac{2*\gamma*2}{2} * 1 = \frac{2*1.05*9810*2}{2} * 1 = \mathbf{20601\ N}$$

$$a_1 = \frac{2}{3} * 2 + 1 = \mathbf{2.33m}$$

$$F_{x2} = \frac{2*\gamma+6*\gamma}{2} * 5 * 1 = \frac{2*1.05*9810+6*1.05*9810}{2} * 5 * 1 = \mathbf{206010\ N}$$

$$a_2 = Z + 3 * \mathrm{Sin}(53.13) = \frac{h}{3} * \left[\frac{a+2d}{a+d}\right] + 3 * \mathrm{Sin}(53.13)$$

$$a_2 = \frac{5}{3} * \left[\frac{2*\gamma+2*6*\gamma}{2*\gamma+*6*\gamma}\right] + 3 * \mathrm{Sin}(53.13) = \mathbf{5.32m}$$

نعوض في معادلة العزوم:

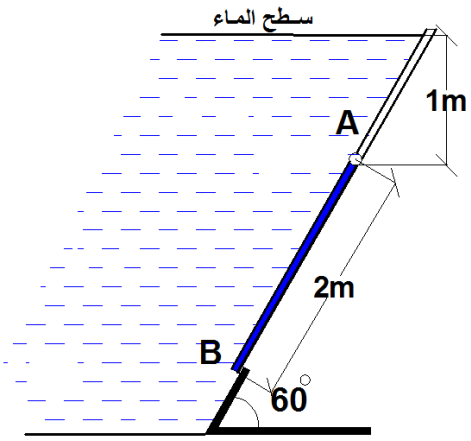
$$F_{x1} * a_1 + F_{x2} * a_2 = R_B * a$$

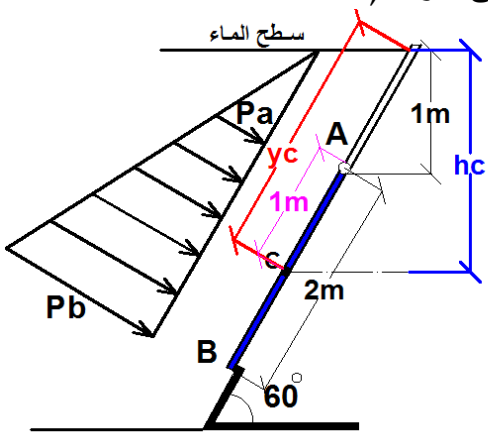
$$20601 * 2.33 + 206010 * 5.32 = R_B * 7$$

$$\mathbf{R_B = 163277.64\ N}$$

مسألة دورة:

بوابة مستوية مستطيلة $\mathbf{AB = 2m}$ وبعدها الآخر العمودي على مستوي الورقة **3متر** موجودة في جدار مائل بزاوية **60** عن الأفق، يحجز الماء كما في الشكل.حدد عناصر محصلة قوى ضغط الماء المؤثرة على البوابة (الحامل- الاتجاه- الشدة- نقطة التأثير)



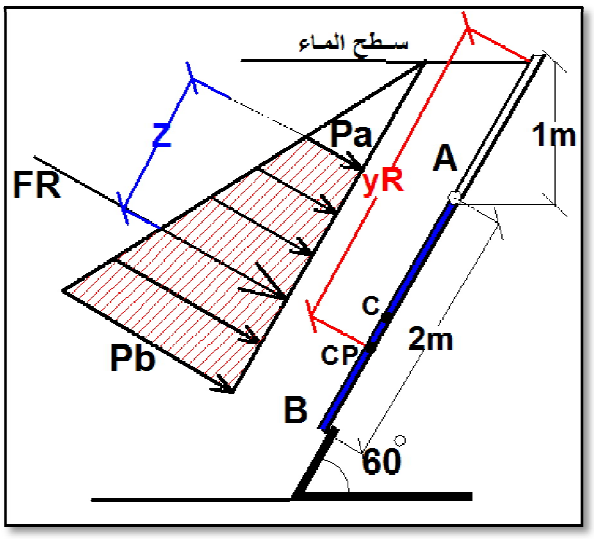


طريقة أولى: باستخدام العلاقة العامة:

$$F_R = \gamma * h_c * A$$
$$A = 2 * 3 = 6m^2$$
$$h_c = 1 + 1 * Sin(60) = 1.87m$$
$$F_R = 9.81 * 1000 * 1.87 * 6 = 109834.255N$$

نقطة التأثير:

$$y_R = y_c + \frac{\bar{I}_x}{A * y_c}$$
$$y_c = 1 + \frac{1}{Sin\,(60)} = 2.16m$$
$$\bar{I}_x = \frac{a^3 * b}{12} = \frac{2^3 * 3}{12} = 2m^4$$
$$y_R = 2.16 + \frac{2}{6 * 2.16} = 2.31m$$



طريقة ثانية: نرسم مخطط الضغط الهيدروستياكي:

$$P_A = 1 * \gamma$$
$$P_B = [1 + 2 * Sin(60)] * \gamma = 2.73 * \gamma$$
$$F_R = \frac{[1*\gamma + 2.73*\gamma]}{2} * 2 * 3 = 109773.9N$$

نقطة التأثير: باستخدام قانون مركز ثقل شبه المنحرف:

$$y_R = Z + \frac{1}{Sin(60)}$$
$$y_R = \frac{h}{3} * \left[\frac{a+2d}{a+d}\right] + \frac{1}{Sin(60)} = \frac{2}{3} * \left[\frac{P_A + 2*P_B}{P_A + P_B}\right] + \frac{1}{Sin(60)}$$
$$y_R = 2.31m$$