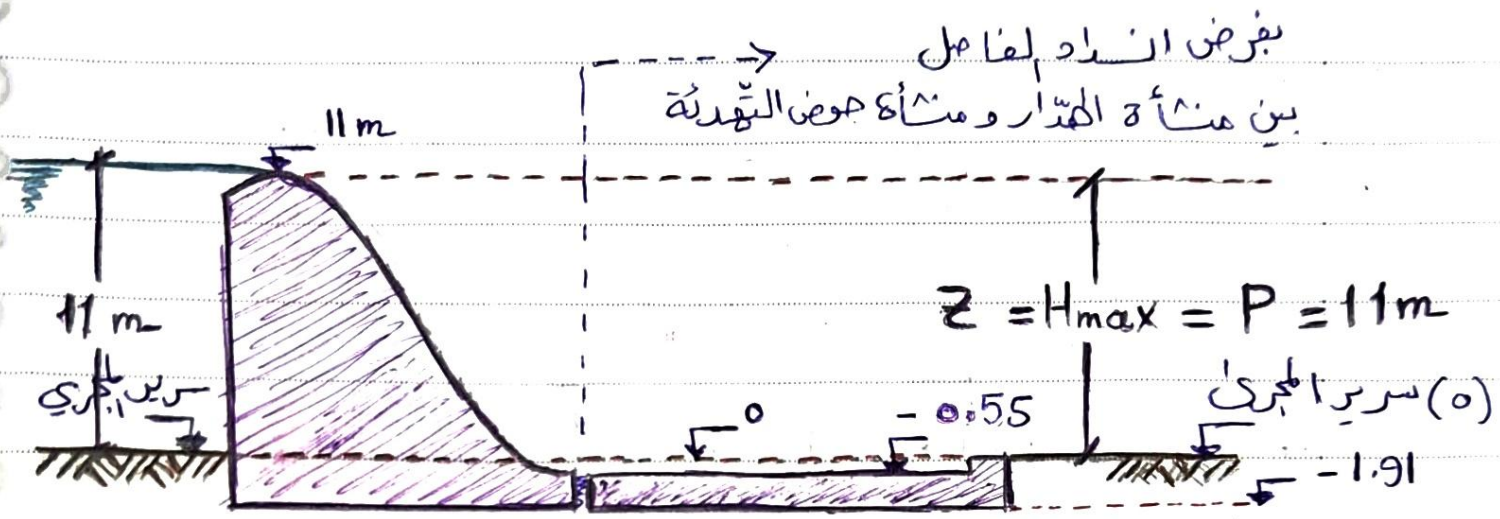
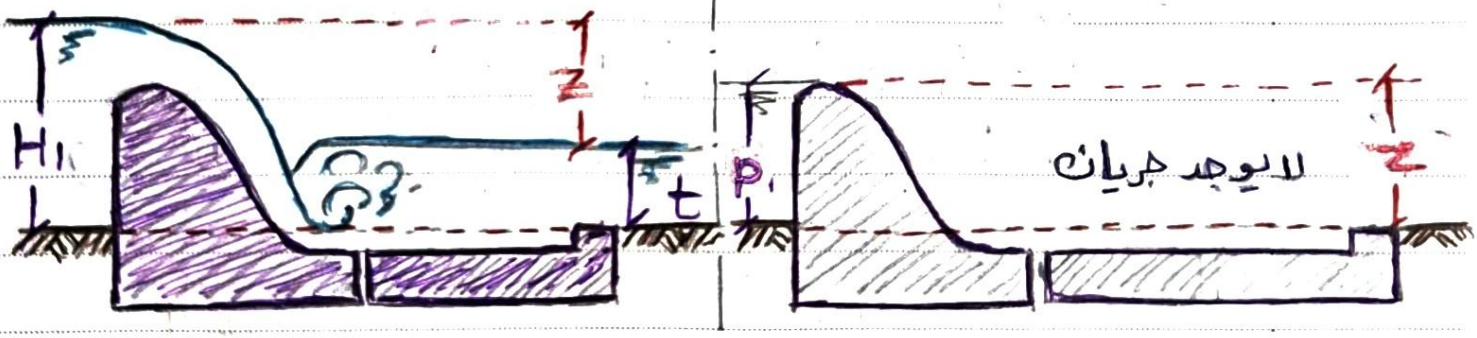
الطلب الرابع: دراسة التسرب تحت المنشأة باستخدام شبكة الجريان



← يُدرس التسرب تحت المنشأة وفق حالة الضاغط الأعظم:

$$H_{max} = H_1 - t \quad [t = o]$$



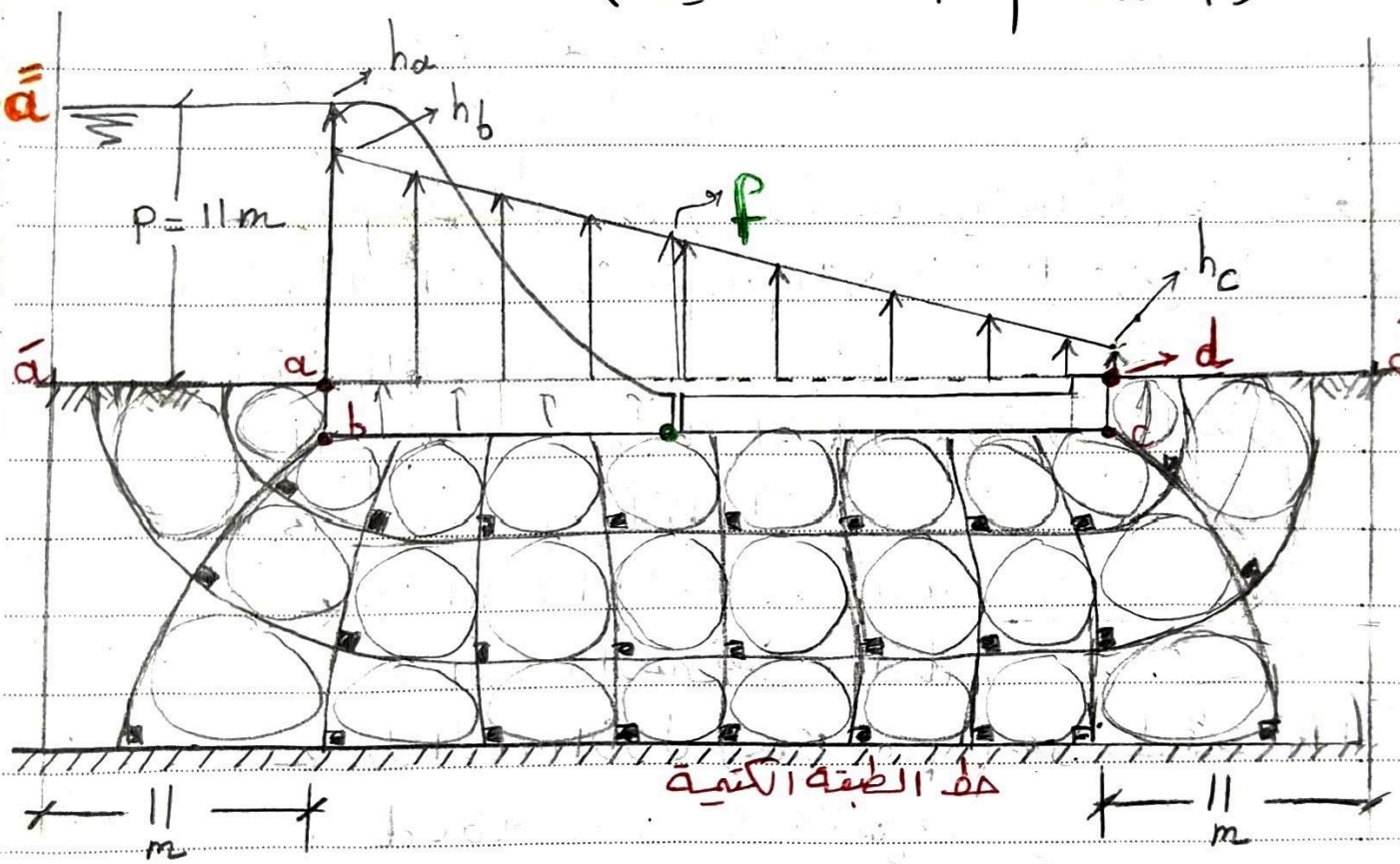
حالة جريان	حالة تخزين (لايوجد جريان)
$Q = \text{mm}$	$t = o \; ، \; Q = o \Rightarrow Z = P$
$Z = H - t$	$H_{max} = P$
فرق منسوب الماء بين أمام وخلف الهدار	ضاغط التسرب الأعظمي

الحالة الأخطر

إذاً الحالة الأخطر، هي حالة عدم وجود ماء خلف الجدار
وتُدعى (حالة التخزين) حيث:

$$Z = H_{max} = p$$

← رسم شبكة الجريان تحت قاعدة المنشأة
(افتراض عدم وجود عناصر كتيمة)



- بأخذ النقاط الأساسية لقاعدة المنشأة (a, b, c, d).
وبافتراض الطبقة الكتيمة تحت المنشأة تقع على عمق 15m تحت سرير المجرى.
- بأخذ طول منحنيات الدخول والخروج (قبل وبعد المنشأة) وما في

T عند الطبقة الكتيمة

- سنبدأ برسم خطوط الجريان باعتبار ثلاثة أنفية جريان، لتصريف النوعي (في واحدة الطول) لكل منها Δq، بحيث تصريف الشرب الكلي في واحدة الطول:

$$q = \Delta q_1 + \Delta q_2 + \Delta q_3$$

ملاحظة: يتم الرسم باليد الحرة، بشكل متناسب مع محيط المنشأة الكتيم الملامس للتربة.

- نرسم خطوط الكمون (خطوط تساوي الضاغط) بشكل عمودي على خطوط الجريان، بحيث يتم رسم دائرة ضمن كل مربع منحنٍ منه المربعات المتشكلة.

لذا يتم تعديل خطوط الجريان لتلائم وتحقق هذا الشرط

- يجب تحقيق ما يأتي أثناء الرسم:

← خط الكمون الأول هو $a\bar{a}$.

خط الكمون الأخير هو $d\bar{d}$.

← خط الجريان الأول (حيث $q=0$) هو خط المنشأة الكتيم abcd

خط الجريان الأخير هو خط الطبقة الكتيمة (حيث $q = q_{max}$)

← نراعي التعامد بين خطوط الجريان والكمون عند هذه الحدود.

من الشكل السابق نستنتج:

عدد أنفية الجريان: $N_f = 3$

عدد هبوطات الضغط: $N_d = 10$

(ويرمز لهبوط الضغط بين كل خطي كمون بـ Δh)

$$\Delta h = \frac{H_{max}}{Nd} = \frac{11}{10} = 1.1\ m$$

- التصريف خلال قناة جريان واحدة:

$$\Delta q = K \cdot \frac{H_{max}}{Nd}$$

باعتبار الوسط المسامي تحت المنشأة متجانس التركيب والخواص، أي أن النفاذية بالاتجاهين الشاقولي والأفقي واحدة.

وباعتبار أن معامل النفاذية K يساوي $4.5 \times 10^{-3}\ \frac{cm}{sec}$

أي $K = 4.5 \times 10^{-5}\ m/sec$

$$\Rightarrow \Delta q = 4.5 \times 10^{-5} \times \frac{11}{10} = 4.95 \times 10^{-5}\ m^3/sec.m$$

ويكون التصريف الكلي:

$$q = N_f \cdot \Delta q = 3 \times 4.95 \times 10^{-5}$$

$$\Rightarrow q = 14.85 \times 10^{-5}\ m^3/sec.m$$

وخلال يوم واحد، تتسرب كمية مقدارها:

$$q = 14.85 \times 10^{-5} \times (60 \times 60 \times 24)$$
$$= 12.83\ m^3/day.m$$

/ /

← تحديد قوى الرفع المائي المؤثرة على كل من كتلة الهدار وكتلة حوض التهدئة.

يُحدد الضاغط عند كل نقطة من النقاط الأساسية a, b, c, d كما يلي:

* عند النقطة (a)، التي تمثل بداية خط الجريان الأول حيث q=0 الضاغط هو Hmax = 11m وهو ثابت على جميع النقاط التي تقع على خط تساوي الكمون (الضاغط) الأول a.
* عند أي نقطة تقع على خطوط تساوي الضاغط الأخرى، يكون الضاغط البيزومتري:

$$h_i = H - \leq Nd * \Delta h$$

- h_i ← في حالتنا 11m
- $\leq Nd$ ← عدد هبوطات الضغط حتى النقطة المطلوبة
- Δh ← هبوط الضغط بين كل خطّي تساوي كمون

المقدار $\leq Nd . \Delta h$ يمثل الضياعات بشكل تراكمي بين النقطة a والنقطة المراد حساب الضاغط عندها.

بناءً على ذلك:

$h_a = 11 - 0 \times 1.1 = 11m$

$h_b = 11 - 1 \times 1.1 = 9.9m$

$h_c = 11 - 9 \times 1.1 = 1.1m$

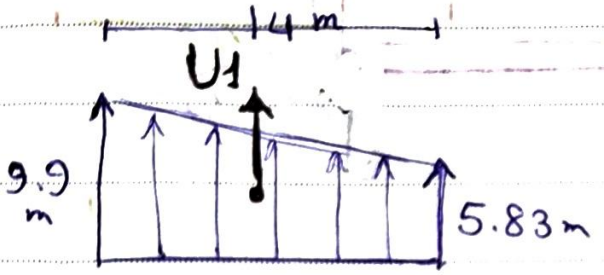
$h_d = 11 - 10 \times 1.1 = 0 m$

ويمكننا رسم خط الضاغط البيزومتري على الشكل المثل للمنشأة وعلى كامل الارتفاع 11m، بداية من a وانتهاءً بـ d

بإضافة نقطة f في نهاية قاعدة الهدار ،

$$h_f = 11 - 4.7 * 1.1 = \underline{5.83\ m}$$

قوة ضغط التشرب المعاكس المؤثرة على طول قاعدة الهدار

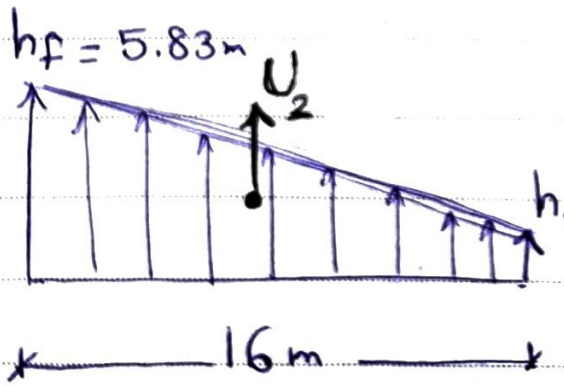


$$U_1 = \frac{9.9 + 5.83}{2} \times 14 \times 10$$

γ_w ← الوزن الحجمي للماء بواحدة $\frac{KN}{m^3}$

$$\Rightarrow U_1 = 1101.1\ KN/m$$

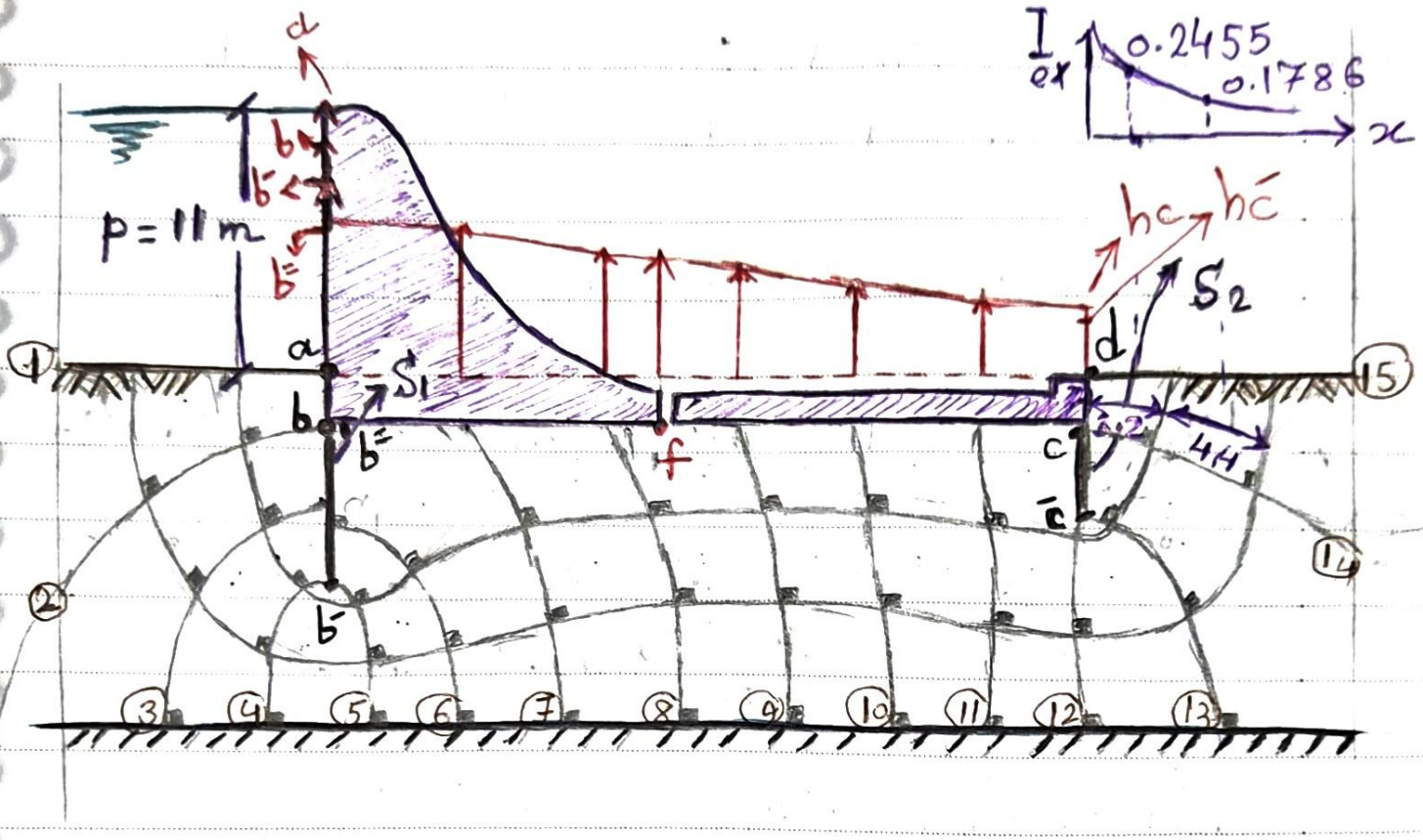
وقوة ضغط التشرب المعاكس المؤثرة على طول حوض التهدئة



$$U_2 = \frac{5.83 + 1.1}{2} \times 16 \times 10$$

$$\Rightarrow U_2 = 554.4\ \frac{KN}{m}$$

← بافتراض إضافة ستارة أمامية عند b [الستارة عبارة عن عنصر كتيم شاقولي يزيد منه طول الجريان وبالتالي يقلل الميل الهيدروليكي]، وهذه الستارة بطول 7m (أقل من قيمة Hmax بطبيعة الحال، وستارة خلفية عند النقطة c (طبق ظاهرة فوران التربة) بطول 4m.



- باتباع نفس الخطوات التي ذكرناها آنفاً نرسم شبكة الجريان مع الأخذ بعين الاعتبار وجود الستائر.

$N_f = 3$ عدد أنبوبة الجريان

$N_d = 14$ عدد هبوطات الضغط

$\Delta h = \frac{H_{max}}{N_d} = \frac{P}{N_d}$ قيمة هبوط الضغط

$$\Rightarrow \Delta h = \frac{11}{14} = 0.7857\ m$$

← قيمة التصريف خلال قناة جريان واحدة:

$$\Delta q = K \cdot \Delta h = 4.5 \times 10^{-5} \times 0.7857$$

$$\Rightarrow \Delta q = 3.54 \times 10^{-5}\ m^3/sec.m$$

قيمة التصريف الراشح الكلي

$$q = N_f \cdot \Delta q = 3 \times 3.54 \times 10^{-5} = 1.062 \times 10^{-4} \ m^3/s.m$$

وخلال يوم واحد، يرشح:

$$q = 1.062 \times 10^{-4} \times 60 \times 60 \times 24$$

$$\Rightarrow q_{in\ day} = 9.18 \ m^3/day.m$$

يتضح أنّ إضافة الستائر قد ساهمت في خفض قيمة التصريف الراشح

بأخذ النقاط الأساسية على المحيط المبتل للمنشأة: a, b, b', c, c', d حيث b عند بداية الستارة، b' عند أسفل الستارة، c' عند نهاية الستارة، c عند بداية الستارة الخلفية، c' عند أسفل الستارة الخلفية

$$h_a = 11 - 0 \times 0.7857 = 11 \ m$$
$$h_b = 11 - 1 \times 0.7857 = 10.21 \ m$$
$$h_{b'} = 11 - 3 \times 0.7857 = 8.64 \ m$$
$$h_{b'} = 11 - 5.4 \times 0.7857 = 6.76 \ m$$
$$h_c = 11 - 10.5 \times 0.7857 = 2.75 m$$
$$h_{c'} = 11 - 11 \times 0.7857 = 2.36 m$$
$$h_d = 11 - 14 \times 0.7857 = 0 \ m$$

← يمكنه إضافة النقطة f وهي النقطة الفاصلة بين الستار وعرض التهدئة.

$$h_f = 11 - 7.4 \times 0.7857 = 5.19 m$$

/ /

← ويمكننا أيضاً حساب الضاغط البيزومتري عند كل خطوط تساوي الضاغط لرسم خط ضغط التربة المعاكس بدقة.

مثلاً:

$h_7 = 11 - 6 \times 0.7857 = 6.29\,m$

$h_8 = 11 - 7 \times 0.7857 = 5.50\,m$

$h_9 = 11 - 8 \times 0.7857 = 4.71\,m$

$h_{10} = 11 - 9 \times 0.7857 = 3.93\,m$

$h_{11} = 11 - 10 \times 0.7857 = 3.14\,m$

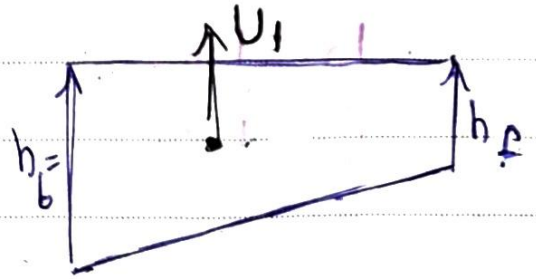
$h_{12} = h_c = 2.36\,m$

$h_{13} = 11 - 12 \times 0.7857 = 1.57\,m$

$h_{14} = 11 - 13 \times 0.7857 = 0.79\,m$

← بتقريب خط ضغط التربة المتشكل إلى شكل شبه منحرف:

يكون خط ضغط التربة المؤثر على قاعدة الجدار



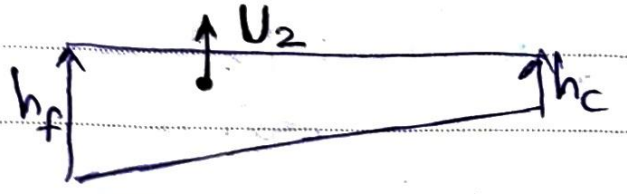
$U_1 = \frac{6.76 + 5.19}{2} \times 10 \times 14$

← الوزن الحجمي للماء

← عرض قاعدة الجدار

$\Rightarrow U_1 = 836.5\ KN/m'$

وخط ضغط التربة المؤثر على بلاطة حوض التهدئة:



$U_2 = \frac{5.19 + 2.75}{2} \times 10 \times 16$

← طول حوض التهدئة

$\Rightarrow U_2 = 635.2\ KN/m'$

بالإضافة لذلك: يمكننا رسم مخطط التدرج الهيدروليكي في منطقة سطح التشرب عند المخرج (عند النقطة d وما بعد).

قيمة التدرج الهيدروليكي بين كل خطين تساوي كمون عند مخرج سطح التشرب هي

$$I_{ex} = \frac{\Delta h}{l_i}$$

حيث Δh قيمة هبوط الضغط وهي ثابتة

l_i طول ضلع المربع الجريانيّ في منطقة الخروج

وباعتبار أطوال المربعات في منطقة المخرج هي 3,2 m بعد حوض التهدئة تماماً، و 4.4 m في المربع الذي يليه

يكون التدرج الهيدروليكي:

$$I_{ex_1} = \frac{0.7857}{3.2} = 0.2455$$

$$I_{ex_2} = \frac{0.7857}{4.4} = 0.1786$$

وهذه الميول الهيدروليكية تلائم التربة المكونة من الحصى الناعم والرمل الخشن (انظر جدول قيم I_{ex} المسموحة في محاضرات الدكتور محمد الشبلاق).

- التحقق من سماكة حوض التهدئة (في حالة إضافة الستائر).

يجب أن يتحقق الشرط

$$W_s > 1.25\ U$$

W_s وزنة حوض التهدئة

U قوة ضغط التربة تحت الحوض

وجدنا أن $U_z = 635.2\ KN/m^2$

كما أن وزن الحوض:

$$W_s = \gamma_b * (16 \times 1.36 \times 1)$$

γ_b ← للبيتون ، $(16 \times 1.36 \times 1)$ ← حجم كتلة الحوض

$$= 25 \times 16 \times 1.36 \times 1 = 544\ KN/m$$

أي أن سماكة الحوض لا تزال صغيرة ، و المنشأة غير مستقرة تحت تأثير ضغط الرفع المعاكس

وهنا نلجأ للآتي:

$$\frac{635.2 \times 1.25}{25 \times 16 \times 1} = \frac{2}{m}$$

- إما زيادة سماكة الحوض لتكون أكبر من:
- تخفيض قوة ضغط التربة على الحوض بإضافة عناصر كتيمة إضافية مثل (مصطبة أفقية أمام الهدار)
(ستارة أمام الحوض وعند بدايته مباشرة).

الطلب الخامس: دراسة التسرب تحت المنشأة بطريقتي بلاي ولين

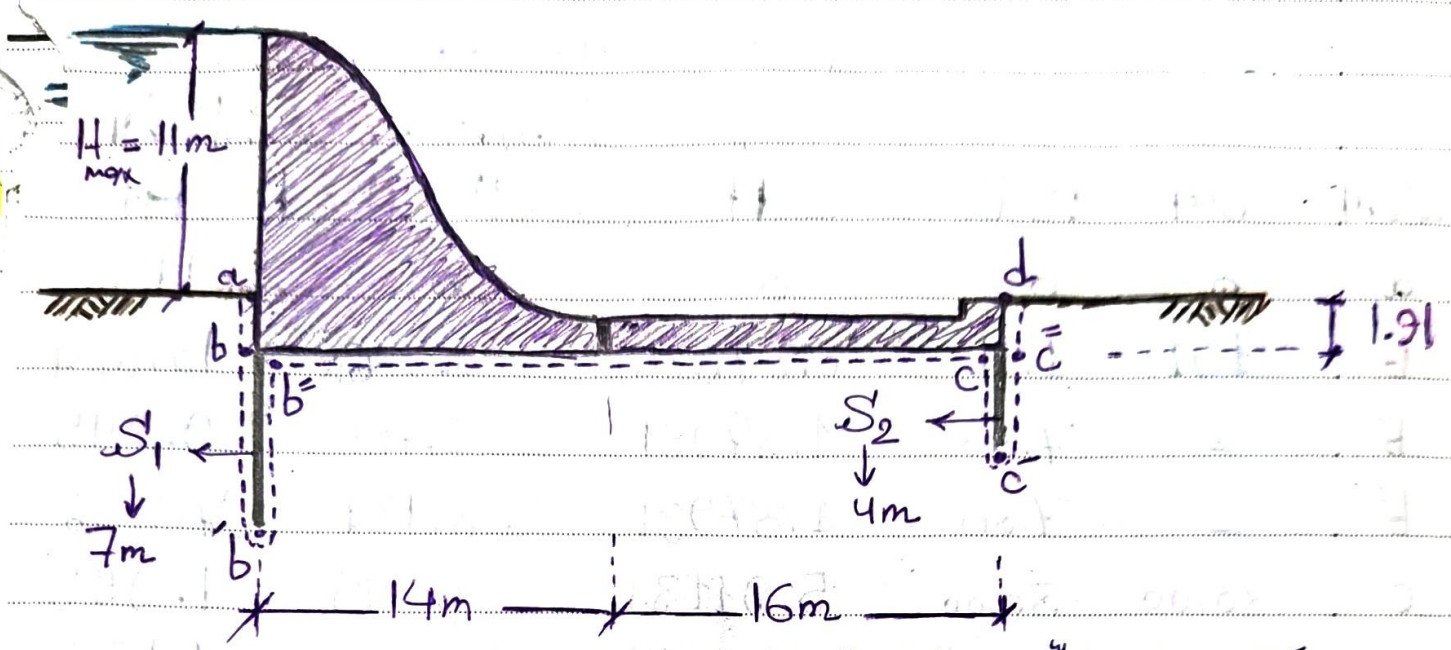
وفق نظرية بلاي Bligh: وبناءً على أطوال العناصر الكتيمة (الستائر) التي فرضت في الطلب السابق

- طول الزحف (التسرب) بعد إضافة الستائر هو:

$$L'p = ab + bc + cd + 2S_1 + 2S_2$$

$$\Rightarrow L'p = 1.91 + (14 + 16) + 2 \times 7 + 2 \times 4 + 1.91$$

$$\Rightarrow L'p = 55.82m$$



ويكون معامل التّراص (الرّشح) الفعلي :

$$C_{\bar{B}} = \frac{L_{\bar{P}}}{H_{max}} = \frac{55.82}{11} = 5.075$$

الضّياع على أيّ طول من محيط المنشأة الكتيم :

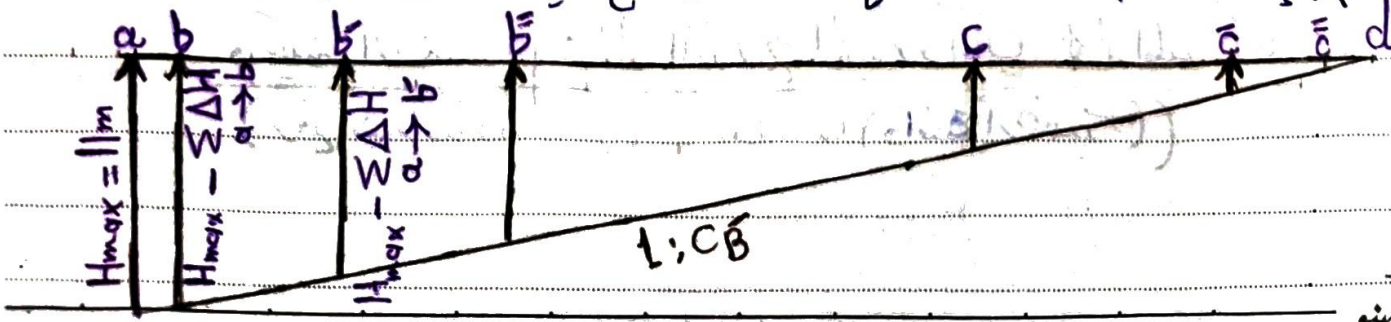
$$\Delta H = \frac{\Delta L}{C_{\bar{B}}} \iff \text{الميل الهيدروليكي} = \frac{\Delta H}{\Delta L} = \frac{1}{C_{\bar{B}}}$$

أمّا الضّياع عند نقطة معينة من المحيط الكتيم :

$$h_i = H_{max} - \sum \Delta H$$

↳ مجموع الضّياعات حتى هذه النّقطة

* إذا أخذنا بعين الطول L_b والذي تقع عليه النّقاط abb'b''cc̄d ←



/ /

يمكننا تنظيم الحل في الجدول الآتي:

النقطة	أفقي	شاقولي	جزئي ΔH	كلي $\sum \Delta H$	الضاغط H
a	0	0	0	0	11.00
b	–	1.91	0.376	0.376	10.624
b'	–	7.00	1.379	1.755	9.245
b''	–	7.00	1.379	3.134	7.866
c	30.00	–	5.911	9.045	1.955
c'		4.00	0.788	9.833	1.167
c''		4.00	0.788	10.621	0.376
d		1.91	0.376	11.00m	0
$\sum$ مجموع	30.00	25.82	11.00m		

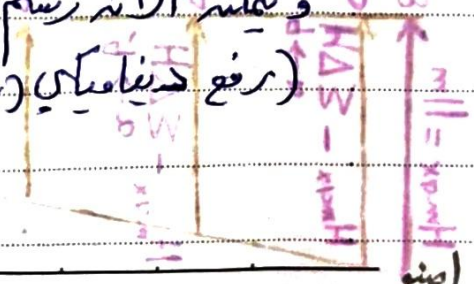
$L_p = 55.82m$

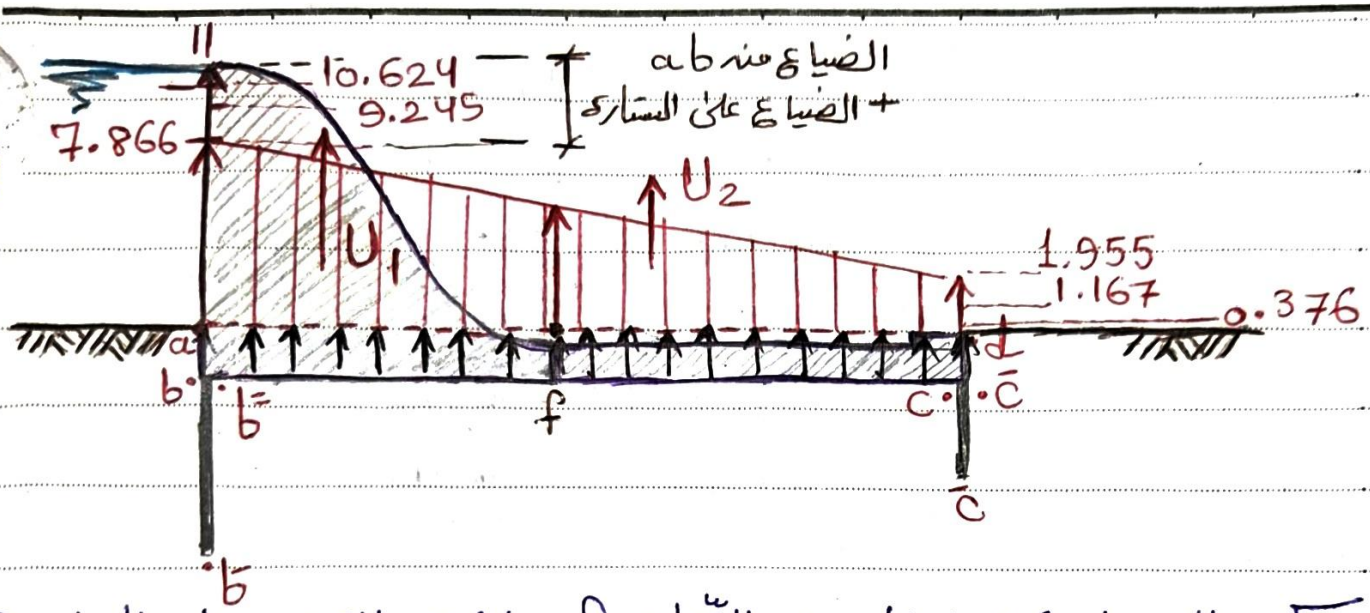
حيث:

الضياع الجزئي $\Delta H = \frac{\Delta L}{C_B} = \frac{\Delta L}{5.075}$

الضاغط عند نقطة معينة $h = H_{max} - \sum \Delta H = 11 - \sum \Delta H$

ويمكننا الآن رسم خط التدرج الهيدروليكي على المنشأة
(رفع ديناميكي (رشح) + ستاتيكي (دافعة أرخميدس))





يمكننا الحصول على الضاغط عند النقطة f مباشرة بالقياس أو بالحساب:

$$h_f = 11 - \frac{1}{CB} * (1.91 + 7 \times 2 + 14)$$

$$\Rightarrow h_f = 11 - \frac{1}{5.075} \times 29.91 = 5.106\,m$$

قوة الرشح المؤثرة على قاعدة الهدار

$$U_1 = 10\ \frac{KN}{m^3} \times \frac{7.866 + 5.106}{2} \times 14 = 908.04\ KN/m$$

قوة الرشح المؤثرة على قاعدة حوض التهدئة:

$$U_2 = 10 \times \frac{5.106 + 1.955}{2} \times 16 = 564.88\ KN/m$$

وهذه القوى تمثل الرفع الديناميكي (الرشح)

أما الرفع الستاتيكي (أرخميدس): (الأسهم باللون الأسود على الشكل أعلاه)

$$10 \times (30 \times 1.91) \times 1 = 573\ KN/m$$

شكل مخطط القوى تحليل

ملاحظة: بما أنّ المنشأة محدّدة الأبعاد سلفاً فيما يتعلّق بمحيطها الكتيم فإنّ $C_{\acute{B}}$ المحسوبة يجب أن يكون أكبر منه قيمة C_B للتربة التي بُني عليها المنشأ.

ونفرض أنّ التربة خليط من الرمل والبحص بمعامل بلاي يعادل $C_B = 4.5$

فإنّ:

$C_{\acute{B}} = 5.075 > C_B = 4.5$

المحسوبة — للتربة

... ok

وفق نظرية Lane تُعطى لين وزناً أكبر لمساهمة الأطوال الشاقولية منه القاعدة أكثر من الأفقية والمنبسطة.

وحسب Lane فإنّ طول الرّشح (الرشح) الأقلي:

$$L_p = \frac{1}{3}\sum L_H + \sum L_V$$

$\sum L_H$ ← مجموع الأطوال الأفقية

$\sum L_V$ ← مجموع الأطوال الشاقولية

* بالنسبة لمنشأة ذات أبعاد محيط كتيم محدّد مسبقاً:

تُستنتج $C_{\acute{L}}$ [معامل لين] للمحيط الكتيم الموجود من العلاقة:

$$C_{\acute{L}} = \frac{L_{\acute{p}}}{H_{max}}$$

حسب لين $L_{\acute{p}} = \frac{1}{3}\sum L_H + \sum L_V$

$$\Sigma L_H = 14 + 16 = 30.0\ m$$
$$\Sigma L_V = 1.91 + 7 \times 2 + 4 \times 2 \times 1.91 = 25.82\ m$$

$$\Rightarrow \underset{\text{وفقدلين}}{L\acute{p}} = \frac{1}{3} \times 30 + 25.82 = \underline{35.82\ m}$$

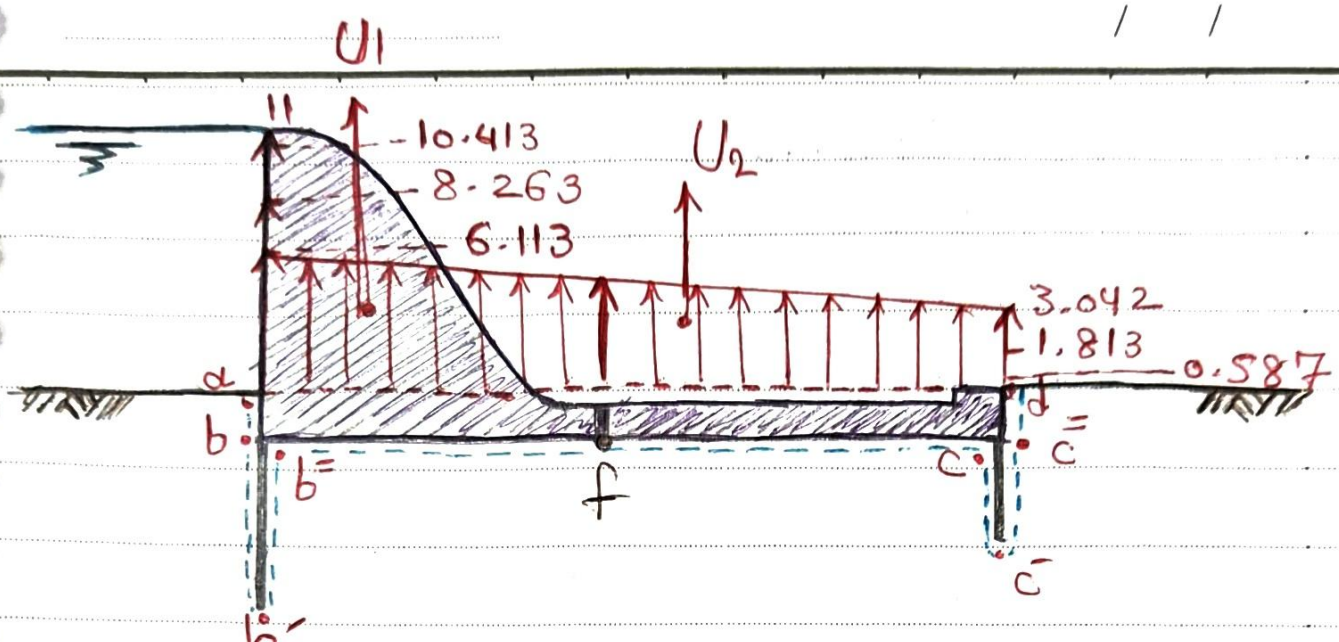
$$\Rightarrow \underset{\text{للمحيط الكتيم}}{\text{معامل لينه}}\ C_{L}' = \frac{35.82}{11} = \underline{3.256}$$

ويكون الضياع الجزئي لأيّ طول منه لقاعدة:

$$\Delta H = \frac{\Delta L_V}{C_{L}'} + \frac{1}{3}\frac{\Delta L_H}{C_{L}'}$$

ويمكننا تنظيم النتائج في الجدول الآتي:

النقطة	أفقي	شاقولي	ΔH	$\Sigma \Delta H$	h
a	-	-	0	0	11.00
b	-	1.91	0.587	0.587	10.413
b́	-	7.00	2.150	2.737	8.263
b̄	-	7.00	2.150	4.887	6.113
c	30	-	3.071	7.958	3.042
c̄	-	4.00	1.229	9.187	1.813
c̿	-	4.00	1.229	10.416	0.587
d	-	1.91	0.587	11.00	0
Σ	30	25.82	11.00		



يمكنه الحصول على الضاغط (ضاغط الترشح) عند النقطة f إما بالقياس مباشرة أو بالحساب:

$$h_f = 11 - \left[\frac{1}{3} \times \frac{14}{3.256} + \frac{1.91 + 7 \times 2}{3.256}\right]$$

$$\Rightarrow h_f = 4.68\,m$$

بناءً عليه، تكون قوة الترشح المؤثرة على قاعدة الهدار:

$$U_1 = 10 \times \frac{6.113 + 4.68}{2} \times 14 = 755.51\,KN/m$$

وقوة الترشح المؤثرة على قاعدة حوض التهدئة:

$$U_2 = 10 \times \frac{4.68 + 3.042}{2} \times 16 = 617.76\,KN/m$$

شروط إضافة العناصر الكتيمة الشاقولية (الستائر)

لفرض إضافة أكثر من صفيحة شاقولية (ستارة) فيجب أن تحقق هذه الستائر الشروط الآتية:

1- طول الستارة الأولى أقل من نصف المسافة الأفقية بينها وبين الستارة التالية.
لا أو يساوي

فإذا رمزنا للستارة الأولى بـ S_1 وللمسافة الأفقية بينها وبين الستارة التالية بـ l فإن:

$$S_1 \leq \frac{l}{2}$$

2- طول الستارة الثانية أقل من الأولى أي:

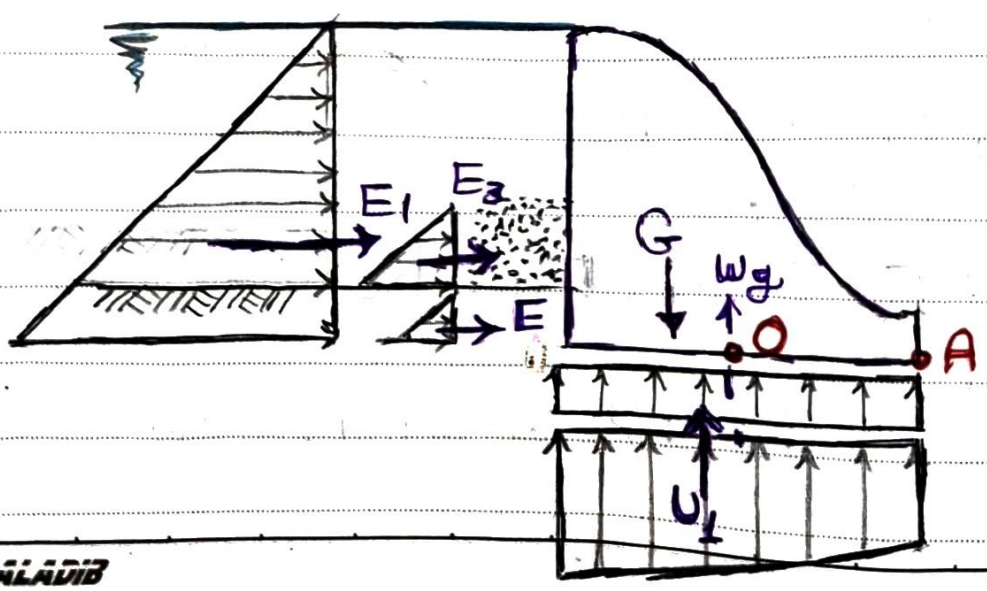
$S_1 > S_2$ ← طول الستارة الثانية

3- المسافة الأفقية بين الستارتين يجب أن تحقق الشرط:

$$l \geq 1.5 \frac{S_1 + S_2}{2}$$

الطلب السادس: دراسة استقرار منشأة الهدار

نبين الشكل أدناه القوى المؤثرة على المنشأة:



ملاحظة هامة: فيما لو طُلب تحديد أطوال العناصر الكتمية بناءً على قيمة C_B أو C_L للتربة، في هذه الحالة يكون الحل كالآتي:

وفق نظرية بلاي:

الطول الأساسي (الطبيعي) $L_N = ab + bc + cd$

(قبل إضافة العناصر الكتمية) $= 1.91 + 30 + 1.91 = 33.82\ m$

نفرض معامل بلاي للتربة تحت المنشأة $C_B = 5$

عندئذٍ، نحدد طول العناصر الكتمية كما يلي:

← ستائر (عناصر شاقولية):

$$\sum S = \frac{L_B - L_N}{2} \quad ; \quad L_B = C_B \cdot H_{max}$$

مجموع أطوال الستائر

حيث L_B هو طول الزحف الرأفولي حسب بلاي

← مصطبة أفقية (بسماكة صفرية):

طول المصطبة $L = L_B - L_N$

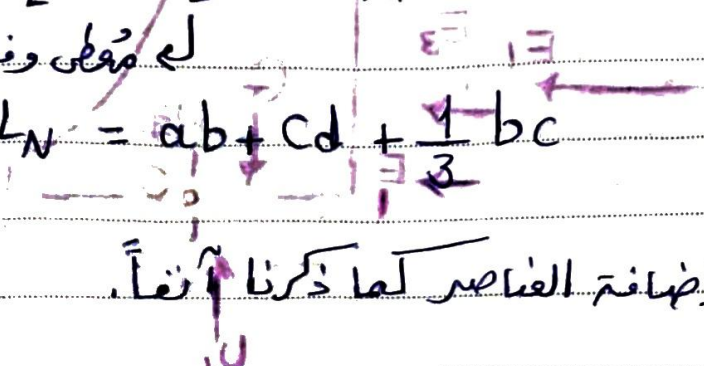
← عند إضافة ستائر ومصطبة، يُقسم جزء من طول $L_B - L_N$ على 2 ويمثل الستائر، والباقي يمثل المصطبة.

وفق نظرية لين:

طول الزحف حسب لين $L_L = C_L \cdot H_{max}$

لمعطى وفق نوع التربة

الطول الطبيعي قبل إضافة العناصر الكتمية $L_N = ab + cd + \frac{1}{3} bc$



ويتم إضافة العناصر كما ذكرنا آنفاً.

/ /

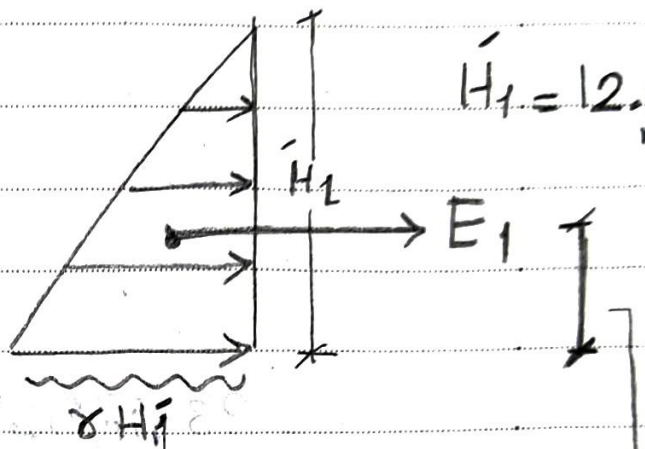
← القوى الأفقية :

- ضغط الماء الهيدروستاتيكي الأمامي :

$$E_1 = 10 \times (11+1.91) \times (11+1.91) \times \frac{1}{2} \times 1$$

γ_w الوزن الحجمي للماء

H_1 الارتفاع منذ ذروة الهتار ابتداءً منذ منسوب الأساس (لأخذ تأثير ضغط المياه ضمنه التربة بالاعتبار)



ذراع القوة $y = \frac{1}{3} \times 12.91 = \underline{4.30\ m}$

$$\Rightarrow E_1 = 10 \times 12.91^2 \times \frac{1}{2} = \underline{833.34\ KN}$$

- ضغط الجانبي للتربة المغمور أمام الهتار :

أُخذ ضغط الماء ضمنه التربة بعين الاعتبار في حساب القوة E_1 ، بقي فقط ضغط التربة (في هذه الحالة، يُؤخذ γ_{sub} الوزن الحجمي المغمور للتربة).

$$E_2 = \frac{1}{2} \gamma_{sub} \times (1.91)^2 \times K_a - C \times 1.91 \times \sqrt{K_a}$$

هذه العلاقة تشمل علاقة رانكين لحساب الضغط الجانبي للتربة

C معامل التماسك للتربة (KN/m^2)

K_a معامل الضغط الجانبي للتربة ويتعلق بزاوية احتكاكها

/ /

سندرس القوى المؤثرة في حالة التخزين :

← القوى الشاقولية :

- الوزن الذاتي للمنشأة G :

$$G = \gamma_b \times (A \cdot 1)$$

γ_b ← الوزن الحجمي للبيتون $24 \to 25\ KN/m^3$

A ← مساحة جسم الهدار

1 ← سماكة شريحة قدرها $1m$ عند المنشأة

$$G = (85.7508 \times 1) \times 25$$

$$\Rightarrow G = 2093.77\ KN/m$$

مركز الثقل : $x_A = 9.89m$ ، $x_0 = 2.89m$

- قوة الضرب المعاكس (الرفع الديناميكي) : U_1

وفقاً لطريقة لينز مثلاً : $U_1 = 755.51\ KN/m$

- قوة الرفع المعاكس الستاتيكي (أرخميدس) :

$$W_g = 10 \times 14 \times 1.91 \times 1$$

10 ← الوزن الحجمي للماء

14 ← طول قاعدة الهدار

1.91 ← سماكة جسم الهدار ضمن التربة

1 ← سماكة شريحة بمقدار $1m$ عند المنشأة

$$\Rightarrow W_g = 267.4\ KN/m$$

صنو الحجارة

$K_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}$; φ زاوية الاحتكاك

نفرض $C = 0$ ، و $\varphi = 38°$

$\Rightarrow K_a = \frac{1 - \sin 38}{1 + \sin 38} = 0.3333$

$\Rightarrow E_2 = \frac{1}{2} \times 12 \times 1.91^2 \times 0.3333$

γ الوزن الحجمي المغمور للتربة

$\Rightarrow E_2 = 7.295 \ KN/m$

- ضغط الرواسب (الطمي) المتجمع أمام الجدار :

نفرض تجمع طبقة متر من الطمي أمام الجدار، حيث قد تتجمع هذه الرواسب

← بارتفاع $\frac{1}{3}p$ في حال وجود مصارف لتصريف الطمي

← أو بارتفاع $\frac{2}{3}p$ في حال عدم وجود مصارف

باعتماد ارتفاع طبقة الطمي المتجمعة $\frac{1}{3}p = 3.67 \ m$

$\Rightarrow E_3 = \frac{1}{2} \gamma_{sub} \times 3.67^2 \times K_a$

γ الوزن الحجمي المغمور للرواسب

ارتفاع طبقة الرواسب أمام الجدار

معامل الضغط الجانبي لطبقة الرواسب

(لا يوجد تماسك لطبقة الرواسب)

بافتراض زاوية الاحتكاك الداخلي لطبقة الرواسب $\varphi' = 8°$

$\Rightarrow E_3 = \frac{1}{2} \times 4 \times 3.67^2 \times \frac{1 - \sin 8}{1 + \sin 8}$

γ الوزن الحجمي المغمور

بالإضافة لذلك: يمكننا رسم مخطط التدرج الهيدروليكي في منطقة سطح التشرب عند المخرج (عند النقطة d وما بعد).

قيمة التدرج الهيدروليكي بين كل خطين تساوي كمون عند مخرج سطح التشرب هي

$$I_{ex} = \frac{\Delta h}{l_i}$$

حيث Δh قيمة هبوط الضغط وهي ثابتة

l_i طول ضلع المربع الجريانيّ في منطقة الخروج

وباعتبار أطوال المربعات في منطقة المخرج هي 3,2 m بعد حوض التهدئة تماماً، و 4.4 m في المربع الذي يليه

يكون التدرج الهيدروليكي:

$$I_{ex_1} = \frac{0.7857}{3.2} = 0.2455$$

$$I_{ex_2} = \frac{0.7857}{4.4} = 0.1786$$

وهذه الميول الهيدروليكية تلائم التربة المكونة من الحصى الناعم والرمل الخشن (انظر جدول قيم I_{ex} المسموحة في محاضرات الدكتور محمد الشبلاق).

- التحقق من سماكة حوض التهدئة (في حالة إضافة الستائر).

يجب أن يتحقق الشرط

$$W_s > 1.25\ U$$

W_s وزنة حوض التهدئة

U قوة ضغط التربة تحت الحوض

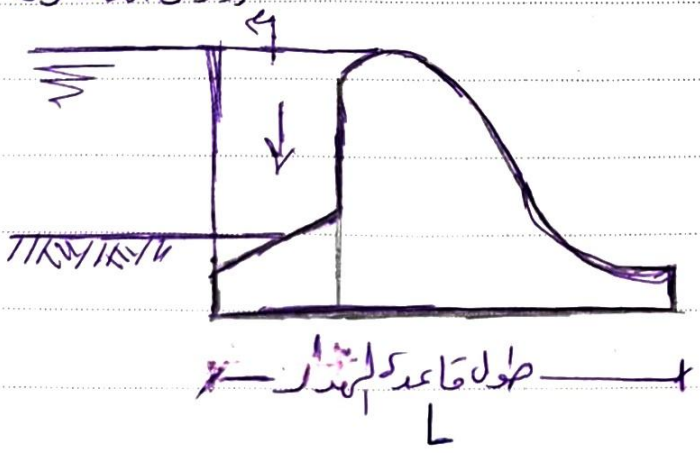
/ /

$$\Rightarrow \underset{\text{على الانزلاق}}{k} = 0.97 < 1.5$$

لغرض هذه القيمة الدنيا ليكون الجدار آمناً ضد الانزلاق

إذاً الجدار غير مستقر على الانزلاق، ولا بدّ من زيادة طوله قاعدته كما في الشكل أدناه (عبر إضافة سن أماني).

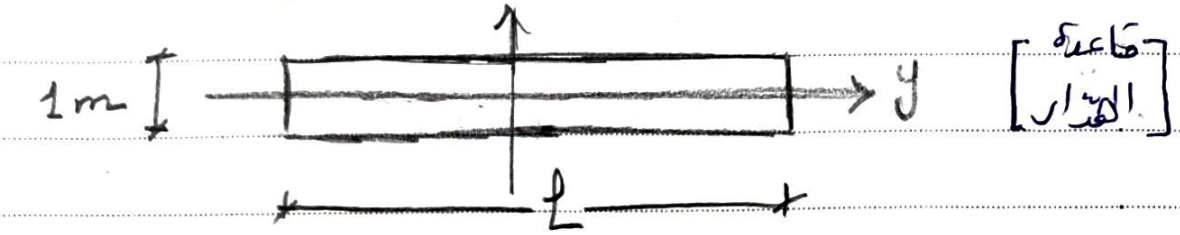
(وزن الماء فوق السن)



أما بالنسبة لشرط الإجهادات:

$$\sigma^{max}_{min} = \frac{\Sigma V}{L \cdot 1} \pm \frac{\Sigma M_o}{I_x} \cdot y$$

L طول قاعدة الجدار



$$I_x = \frac{l^3 \cdot 1}{12} \quad , \quad y = \frac{L}{2}$$

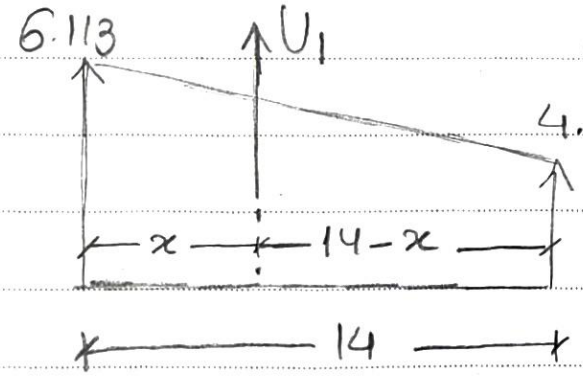
$$\Rightarrow \sigma^{max}_{min} = \frac{\Sigma V}{L} \pm \frac{6 \Sigma M_o}{L^2}$$

$\Rightarrow E_3 = 20.356 \text{ KN/m}$

ننظم الجدول الآتي بالنسبة لشرط الاستقرار على الانقلاب :

القوى	أفقية	شاقولية	x_A	y_A	M_A
G	-	2093.77	9.89	-	20707.39
U_1	-	755.51	7.31	-	5522.78
Wg	-	267.4	7.00	-	1871.8
E_1	833.34	-		4.30	3583.36
E_2	7.295	-	-	$\frac{1.91}{3}$	4.64
E_3	20.356	-	-	$\left[\frac{3.67+1.91}{3}\right]$ ~ 3.13 m	63.17

مركز ثقل القوة U_1 بالنسبة للنقطة A :



$$x = \left(\frac{2 \times 4.68 + 6.113}{4.68 + 6.113}\right) \times \frac{14}{3}$$

$$\Rightarrow x = 6.69 \text{ m}$$

$$\Rightarrow L_{-x} = 14 - 6.69 = 7.31 \text{ m}$$

ذراع الذراع حول A

باعتبار العزوم المثبتة ↻ وهي عقارب الساعة ↻ قالبة

$$\Rightarrow \sum M_A = 20707.39 \text{ KN.m}$$

كل القوى التي تدور عكس عقارب الساعة

/ /

$$\sum M_{A\ \text{قالبة}} = 5522.78 + 1871.8 + 3583.36 + 4.64 + 63.17$$

$$\Rightarrow \sum M_{A\ \text{قالبة}} = 11045.75$$

$$\Rightarrow K = \frac{20707.39}{11045.75} = 1.87 > 1.5$$

معامل الأمان على الانقلاب

ok ...

إذاً الهدار مستقر ضد الانقلاب

استقرار المنشأة على الانزلاق:

$$K = \frac{\sum V \cdot tg\varphi + C.(L.1)}{\sum H}$$

- $\sum V$ المجموع الجبري للقوى الشاقولية و $\sum H$ المجموع الجبري للقوى الأفقية
- φ زاوية الاحتكاك لتربة الأساس و C معامل التماسك لهذه التربة.
- $L.1$ المساحة من قاعدة المنشأة التي يؤثر عليها التماسك.

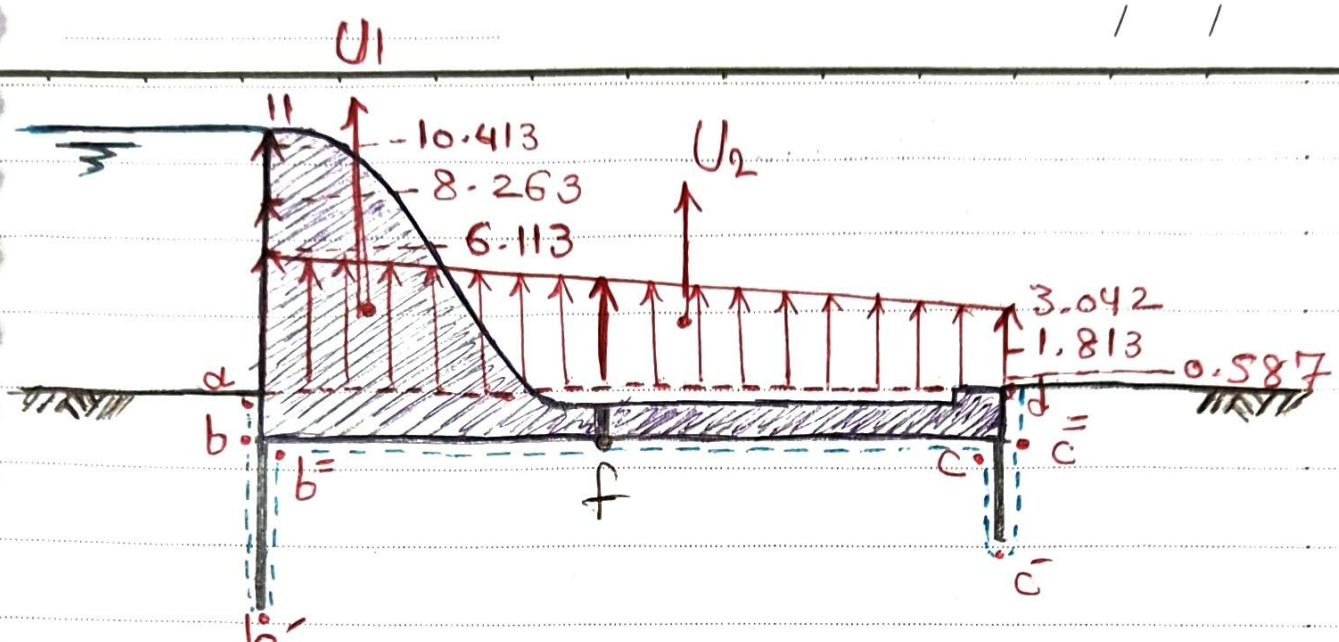
$$+\downarrow \quad -\uparrow \quad \sum V = 2093.77 - 755.5 - 267.4$$

$$= 1070.87\ KN/m$$

$$\rightarrow \quad \sum H = 833.34 + 7.295 + 20.356$$

$$= 860.99\ KN/m$$

$$\Rightarrow K = \frac{1070.87 * tg(38) + 0}{860.99} = 0.97$$



يمكنه الحصول على الضاغط (ضاغط الترشح) عند النقطة f إما بالقياس مباشرة أو بالحساب:

$$h_f = 11 - \left[\frac{1}{3} \times \frac{14}{3.256} + \frac{1.91 + 7 \times 2}{3.256}\right]$$

$$\Rightarrow h_f = 4.68\,m$$

بناءً عليه، تكون قوة الترشح المؤثرة على قاعدة الهدار:

$$U_1 = 10 \times \frac{6.113 + 4.68}{2} \times 14 = 755.51\,KN/m$$

وقوة الترشح المؤثرة على قاعدة حوض التهدئة:

$$U_2 = 10 \times \frac{4.68 + 3.042}{2} \times 16 = 617.76\,KN/m$$

/ /

ولا بُدّ من حساب العزوم حول النقطة (O) الواقعة في منتصف القاعدة :

القوى	أفقية	شاقولية	x_o	y_o	M_o
G	–	2093.77	2.89	–	+ 6051
U_1	–	755.51	0.31	–	- 234.21
W_g	–	267.4	0	–	0
E_1	833.34	–	–	4.30	- 3583.36
E_2	7.295	–	–	0.637	- 4.65
E_3	20.356	–	–	3.13	- 63.71

(+) (-) $\Sigma M_o = 6051 - [234.21 + 3583.36 + 4.65 + 63.71]$

$\Rightarrow \Sigma M_o = 2165.17$ KN/m

$\Rightarrow \sigma_{max} = \frac{1070.87}{14} + \frac{6 \times 2165.17}{14^2}$

$\Rightarrow \sigma_{max} = 142.77$ KN/m² < 500 KN/m²

لم نفرض هذه قيمة قدرة تحمل التربة المسموحة ps

$\sigma_{min} = \frac{1070.87}{14} - \frac{6 \times 2165.17}{14^2}$

$\Rightarrow \sigma_{min} = 10.21$ KN/m² > 0 ... ok

ولا يوجد شد