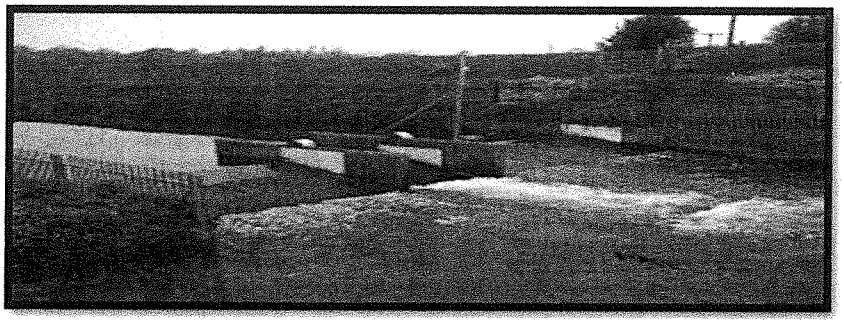
DESIGN OF IRRIGATION STRUCTURE (2)

رابعة مدني

engineer22.com



Continue of Earth Dam

19

5- Free Surface

رسم خط السريان الحر

* يتسبب حدوث فرق فى الضاغط بين US و الـ DS فى حدوث seepage خلال السد .

* يتم رسم خط السريان الحر باحدى الطرق الاتية.

Earth Dam

With DS filter

وجود DS فى الـ filter

الحل بطريقة

Kozeny solution

حتدرس حالتين

Case (1)

Dry DS (with out tail water)

لايوجد مياة فى DS

Case (2)

(with tail water)

يوجد مياة فى الـ DS

without DS filter

عدم وجود DS فى الـ filter

الحل بطريقة

Pavlovsky's Solution

XXX XX

Case (1)

Dry DS (with out tail water)

Case (2)

(With tail water)

طبعاً السد محل دراستنا مزود بفلتر فيتم الحل بطريقة (Kozeny)

فى الحالتين

Case (1)

Case (2)

* الهدف من دراسة التسرب داخل السد الترابي:-

١- حساب كمية المياة المتسربة q

٢- رسم شكل سطح الماء (Free surface)

* سيتم دراسة التسرب داخل السدود الترابية فى حالتين:-

حالة ① ← يوجد مياة فى Ds (with tail water)

حالة ② ← لا يوجد مياة فى Ds (with out tail water)

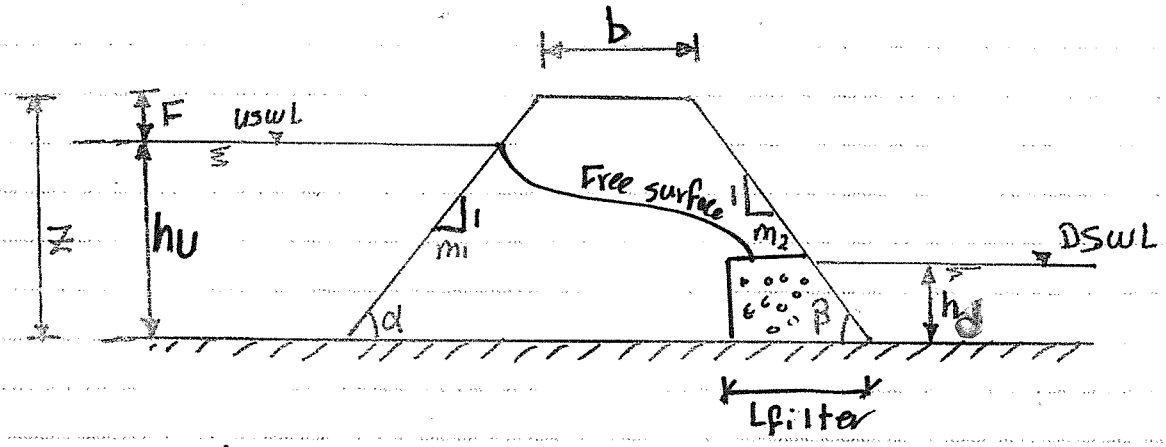
(Kozeny solution)

لحل مسألة السدود بطريقة Kozeny لابد من تحديد اولاً:-

يوجد مياة فى Ds ام لا.

ولذلك يتوقف على ذلك تحديد مكان محور Y .

الرموز المستخدمة



- **hu** → عمق الماء في الأعالي US
- **hd** → عمق الماء في الخلف DS
- **Z = hu + F** → الارتفاع الكلي للسد
- **b** → عرض الجسر
- **m1** → الميل الجانبي في الأعالي US

- **m2** → الميل الجانبي في الخلف DS

ويكون الراس دائماً يساوي (1) لتعيين m_1 ، m_2

$$\therefore m_1 = \cot\alpha \quad , \quad m_2 = \cot\beta$$

Lfilter → طول الفلتر

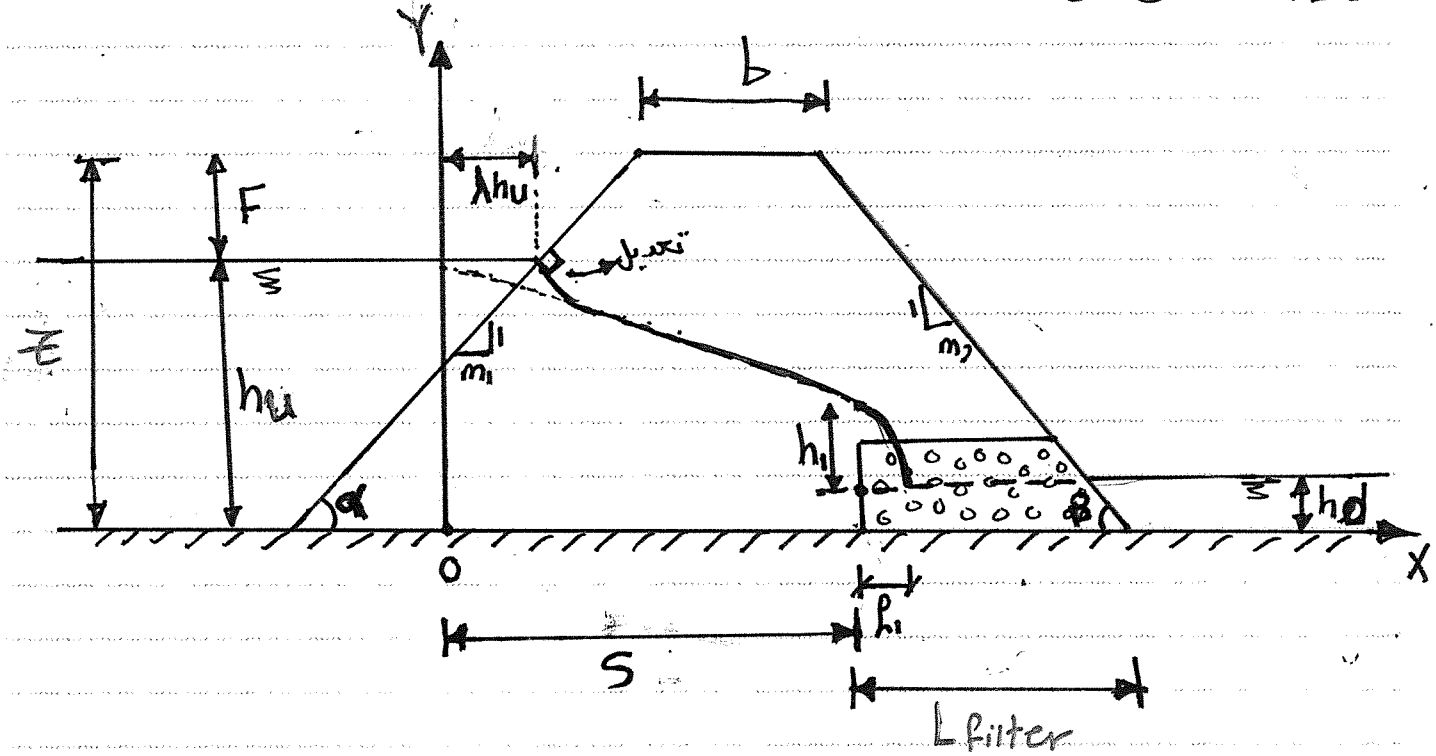
Kozeny Solution

* حالة (١) (وجود فلتر + يوجد ماء فى DS)
(with tail water)

Horizontal drainage blanket :- (الفلتر مستطيل)

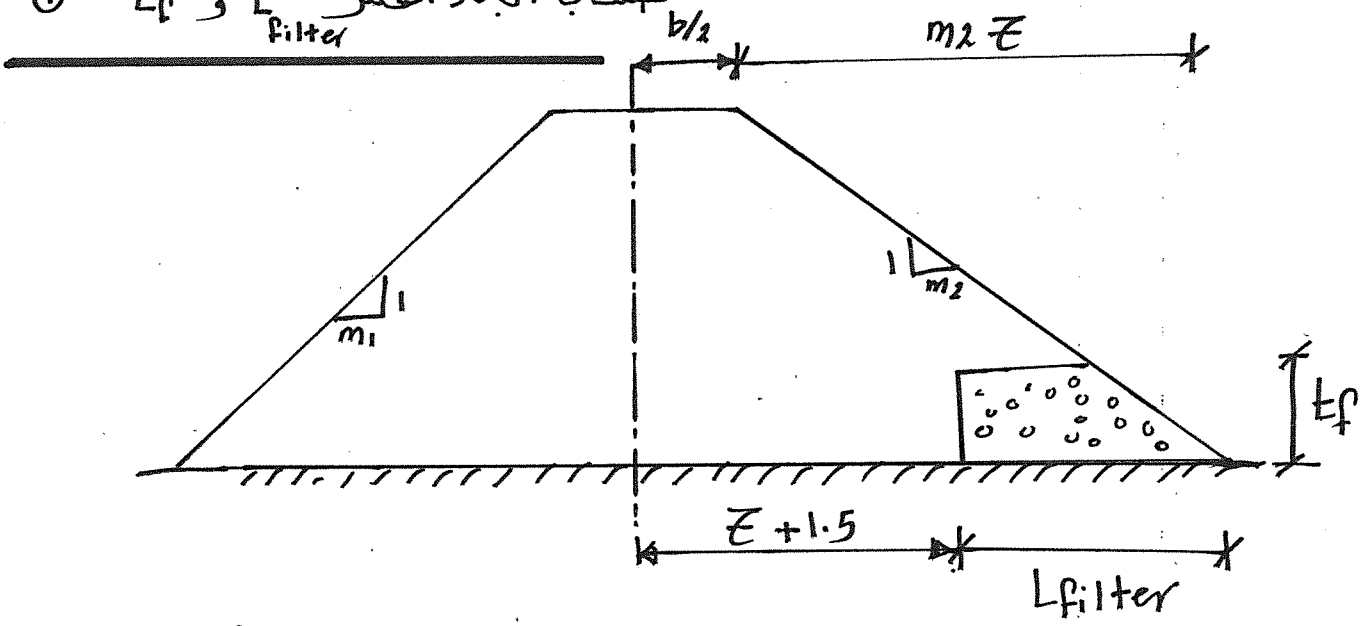
Horizontal drainage blanket :- فلتر مستطيل

يوجد ماء فى DS



نتبع رسم الـ Free surface على خطوات:-

① حساب ابعاد الفلتر L_{filter} و t_f



$$\therefore \frac{b}{2} + m_2 \mathcal{E} = \mathcal{E} + 1.5 + L_{filter}$$

$$L_{filter} = \text{؟؟} \ m$$

$$\therefore t_f = (0.15 \simeq 0.2) * h_u = \text{؟؟} \ m$$

* seepage discharge

$$\frac{q}{k} = \frac{h_u^2 - (h_d + h_l)^2}{2S}$$

where

h_u → عمق الماء في us

h_d → عمق الماء في DS

$$h_1 = \sqrt{S^2 + (h_u - h_d)^2} - S$$

$$\therefore S = \lambda * h_u + F * m_1 + b + Z * m_2 - L_{filter}$$ من هندسة الشكل

$$P_1 = \frac{h_1}{2}$$

$$\therefore \lambda = \frac{m_1}{1 + 2m_1}$$

---

* خطوات الحل

١- حساب λ

٢- حساب S من هندسة الشكل

٣- حساب h_1 ٤- حساب P_1

٥- ايجاد قيمة q او $\frac{q}{k}$

* Draw Free surface :-

$$Y = \sqrt{hu^2 - \frac{2q}{k}(x)}$$

معادلة رسم
الـ Free surface

* يتم فرض قيم لـ (X) من (0) إلى S وايجاد (Y)

X	0	✓	✓	✓	✓	S
Y	hu	✓	✓	✓	✓	$h_1 + h_d$

Problem # 2

Figure (2) shows a **modified** homogenous earthen embankment founded on impervious layer and provide with a horizontal blanket drainage. Using Kozeny's solution, calculate the seepage discharge (q), and draw the free surface for **two cases; neglecting and considering tailwater.**

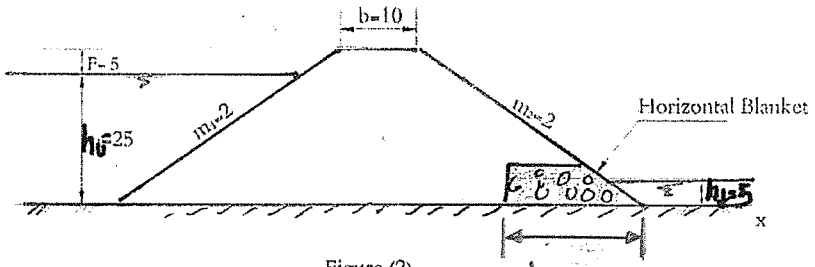
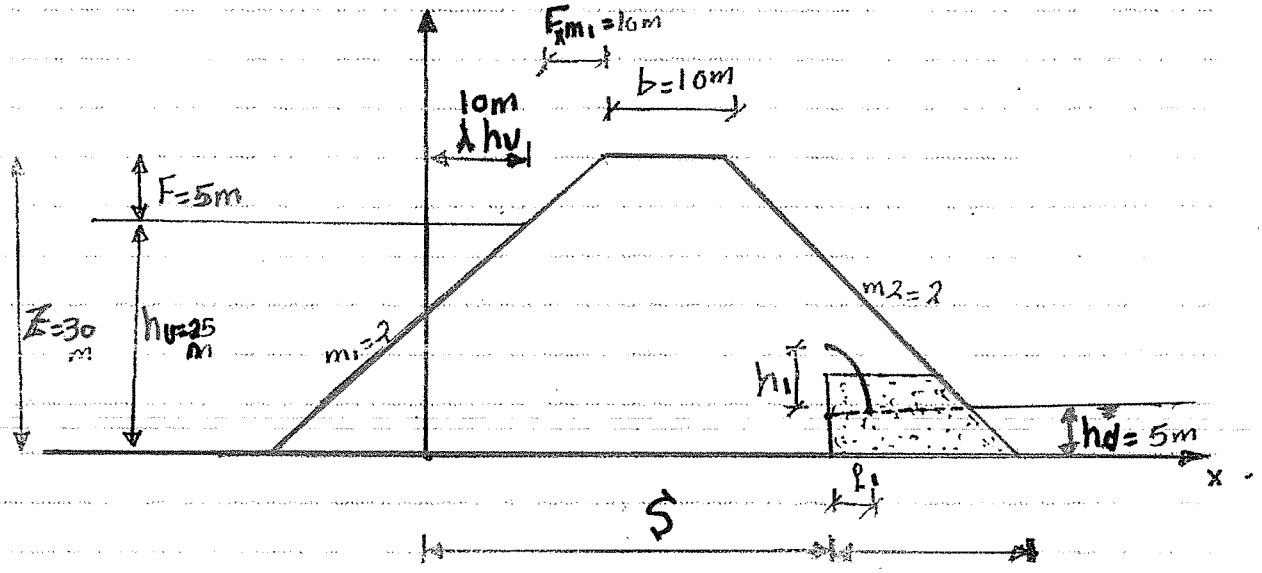


Figure (2)

Lfilter=35 (given) الحل

*Case of tail water :-

يوجد ماء في DS + فلتر مستطيل



$m_1 = 2$, $m_2 = 2$

Lfilter = 35m

$$\lambda = \frac{m_1}{1+2m_1} = \frac{2}{1+2*2} = 0.4$$

$$\lambda h_u = 0.4 * 25 = 10\,m$$

$$\therefore S = \lambda h_u + (F * m_1) + b + (Z * m_2) - L_{filter}$$

$$S = 10 + (5*2) + 10 + (30*2) - 35 = 55\ m$$

$$\therefore h_1 = \sqrt{S^2 + (h_u - h_d)^2} - S$$

$$h_1 = \sqrt{55^2 + (25-5)^2} - 55 = 3.52\ m$$

$$l_1 = \frac{h_1}{2} = \frac{3.52}{2} = 1.52\ m$$

$$\therefore q = \frac{k}{2S}\left[h_u^2 - (h_d + h_1)^2\right]$$

$$\frac{q}{k} = \frac{1}{2S}\left[h_u^2 - (h_d + h_1)^2\right]$$

$$\frac{q}{k} = \frac{1}{2*55}\left[25^2 - (5 + 3.52)^2\right] =$$

$$\frac{q}{k} = 5.02$$

* Draw Free surface

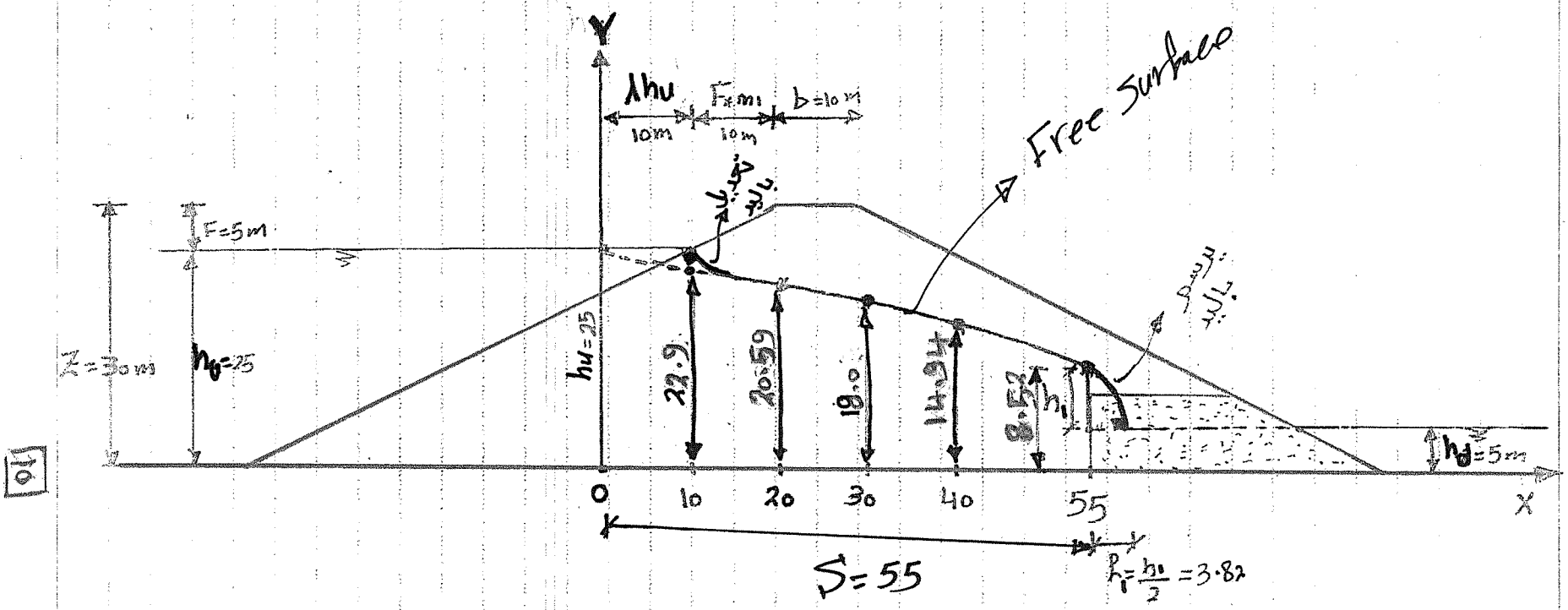
$$Y = \sqrt{h_u^2 - \frac{2q}{k}(x)}$$

(S إلى 0) نأخذ فرض قيم لـ x من

$$Y = \sqrt{25^2 - 2*5.02(X)}$$

X	0	10	20	30	40	S=55
Y	h_1=25	22.9	20.59	18.0	14.94	8.52

$h_1 + h_d$



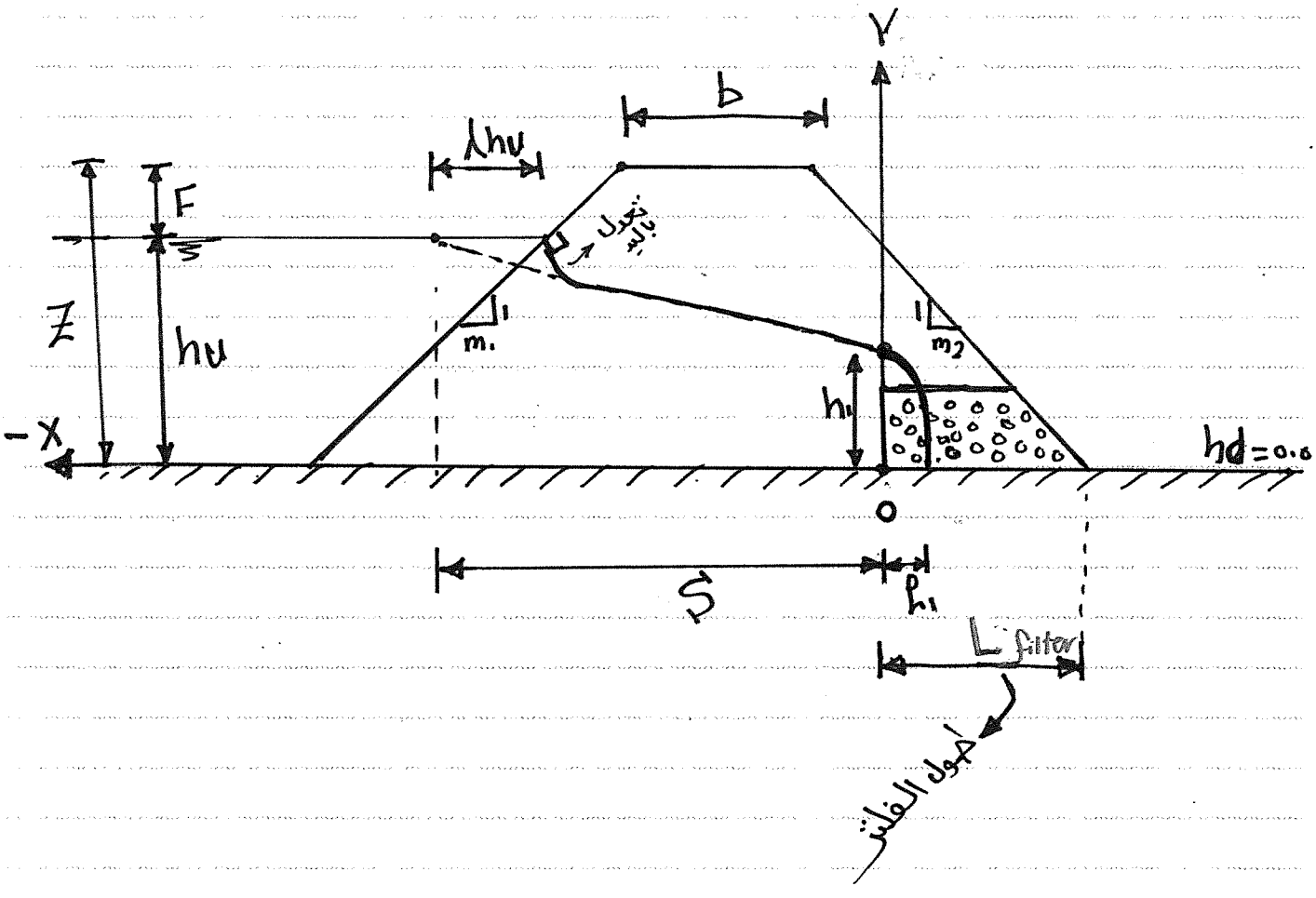
الرسم بيكون scale

Kozeny solution

(وجود فلتر + لايوجد ماء فى Ds)
اى $h_d = 0.0$

Horizontal drainage blanket :-

فلتر مستطيل
+ لايوجد ماء فى الـ Ds (Dry Ds) . $h_d = 0.0$



* خلى بالك شوف محور Y موجود فين فى هذه الحالة.

* See Page discharge :-

$$\frac{q}{k} = h_1$$

Where

$$h_1 = \sqrt{S^2 + h_u^2} - S$$

$$\therefore S = \lambda h_u + F * m_1 + b + Z * m_2 - L_{Filter}$$ من هندسة الشكل

$$\therefore \ell_1 = \frac{h_1}{2}$$

$$\lambda = \frac{m_1}{1 + 2m_1}$$

خطوات الحل

١- حساب λ

٢- حساب S من هندسة الشكل

٣- حساب h_1 ٤- حساب ℓ_1

٥- ايجاد قيمة q او $\frac{q}{k}$

Draw Free surface :-

$$Y = h_1 \sqrt{1 - \frac{2X}{h_1}}$$

OR $Y = 2L_1 \sqrt{1 - \frac{X}{L_1}}$

معادلة رسم الـ Free surface

يتم فرض قيم الـ X من (٥) إلى (-$) وايجاد (Y)

X	٥	- ✓	- ✓	- ✓	- ✓	- $
Y	h_1	✓	✓	✓	✓	h_V

* بعد على الرسم و شوف المحاور فين والـ .....

تكملة المثال ص8

* Case of Dry DS :-

$$h_d = 0.0$$

$m_1 = 2 \qquad m_2 = 2 \qquad \lambda = \frac{m_1}{1+2m_1} = \frac{2}{1+2*2} = 0.4$

$\lambda h_v = 0.4 * 25 = 10m$

$S = \lambda h_v + (F * m_1) + b + Z * m_2 - L_{filter}$

$S = 10 + (5*2) + 10 + 30*2 - 35 = 55\ m$

$h_1 = \sqrt{S^2 + h_v^2} - S = \sqrt{55^2 + 25^2} - 55 = 5.4\ m$

$l_1 = \frac{h_1}{2} = \frac{5.4}{2} = 2.7\ m$

$\therefore \frac{q}{k} = h_1 = 5.4$

* Draw Free surface :-

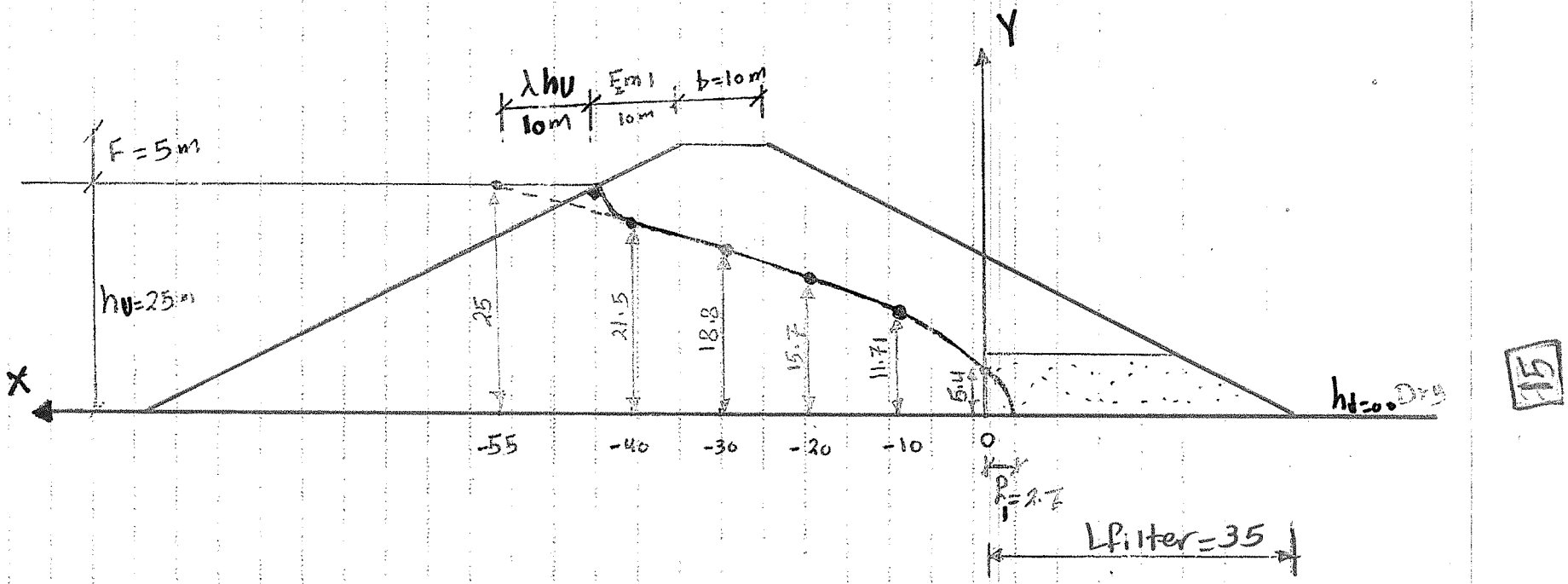
$$Y = h_1\sqrt{1 - \frac{2X}{h_1}}$$

$$Y = 5.4\sqrt{1 - \frac{2(X)}{5.4}}$$

- S يتم فرض قيم X مناوبة (بالسالب)

X	0	-10	-20	-30	-40	-55
Y	5.4	11.71	15.7	18.8	21.5	25

h_1 ← 5.4 ، 25 → h_v


Y
λhu
10m
Em1
10m
b=10m
F=5m
hu=25m
X
25
21.5
18.8
15.7
11.71
6.4
-55
-40
-30
-20
-10
0
Lfilter=35

* Check of Earth Dam Slopes Stability :-

عمل Check على اتزان هيول السد .

* نتيجة لان السد منشا من التراب يجب التاكد من عدم حدوث انزلاق للهيول الجانبية للسد.

* سوف يتم عمل هذا الـ Check على الحالات الاتية.

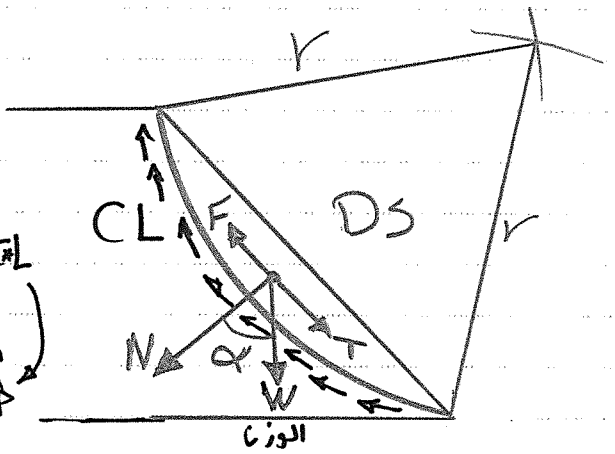
1- Case of Just after Construction (DS only)

2- Check of slope stability during steady seepage (DS or US)

3- Check of stability of US slope against Sloughing (تزحلق)
Rapid Draw down .

---

* بوجه عام سواء الـ Ds slope او US تتولد قوتين على الميل الجانبي قوة انزلاق T وقوة مقاومة للانزلاق F



∴ Sliding force (T) = W sinα

∴ Stability force (F) = N tanØ + CL

W cosα

Cohession تماسك التربة

angle of repose

Check

$$F.o.S = \frac{N \tan \emptyset + CL}{W \sin \alpha} = \frac{F}{T} \geq \text{رقم معين}$$

Stability of Dam slopes

1- stability of DS slope Just after construction :-

(بدون وجود مياه)

يتم عمل هذا الـ Check على (DS slope) دائماً لان دائماً الميل الامامى (m_1) اكبر من الميل الخلفى (m_2).

وبالتالى لو الميل الخلفى أمن فى حالة (Just after Cn) سيكون الميل الامامى أمن فى هذه الحالة.

خطوات الحل

1- يتم رسم الجزء الخلفى من السد بمقياس رسم مناسب.

غالباً (مقياس الرسم (1 Cm : 4m OR 1 Cm : 5m)).

2- ايجاد مركز القوس O_1 كما يلى.

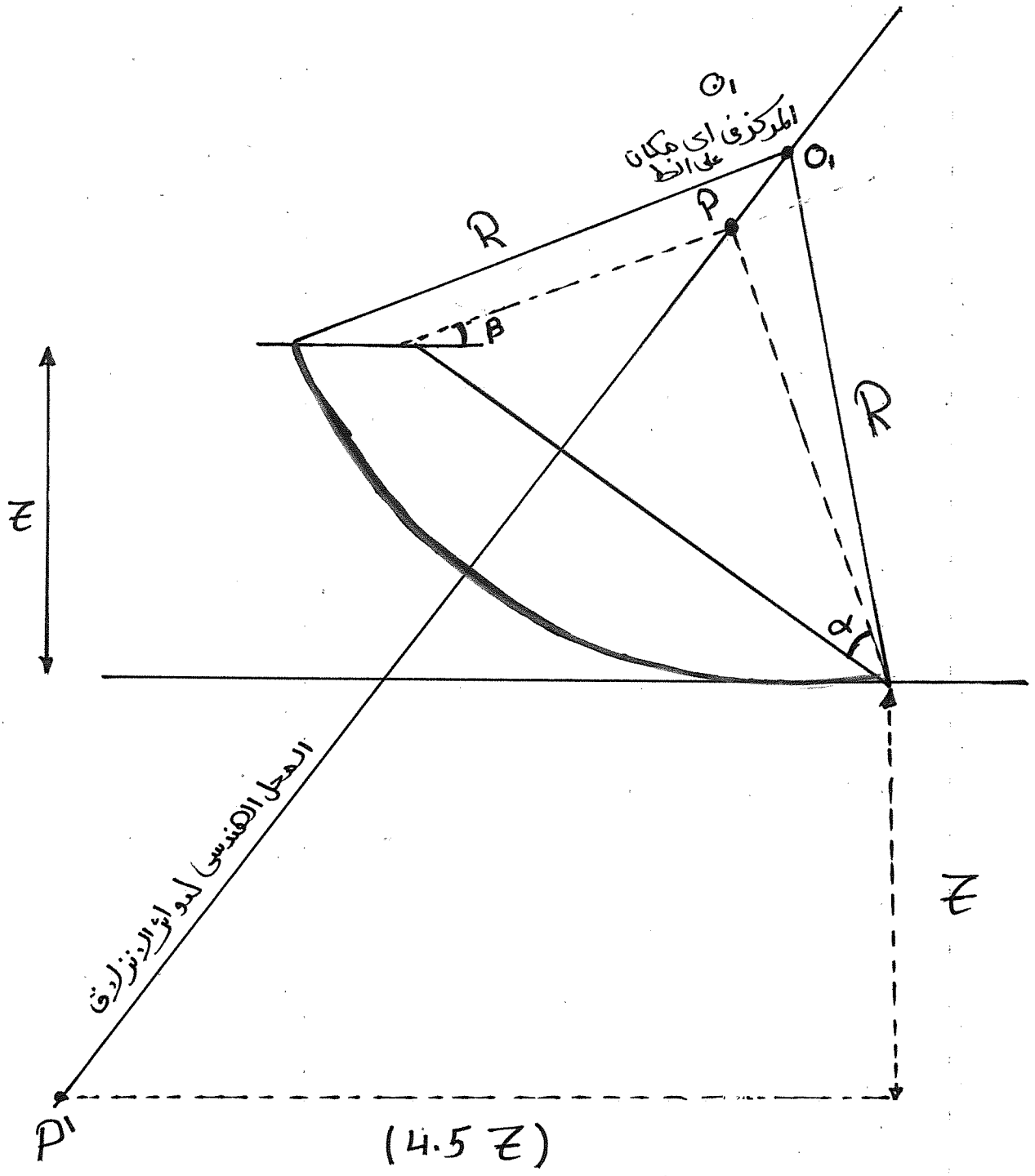
- من الـ DS نقيس زاوية ($\alpha = 25°$) ومع الافقى نقيس زاوية ($B = 35°$)

ونجد نقطة التقاطع P.

- ننزل مسافة مقدارها (Z) من نهاية السد لاسفل ونمشى افقى مسافة (4.5 Z) ونجد نقطة P'

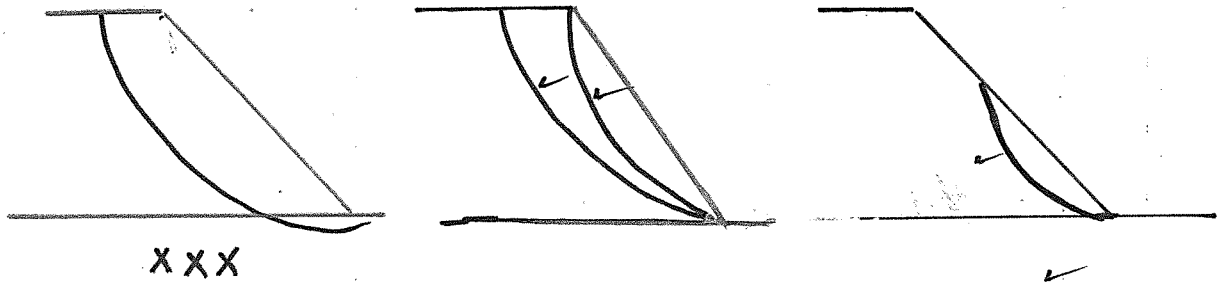
- نصل الخط الواصل بين (P و P') وهو المحل الهندسى لمركز دوائر الانزلاق

- نختار اى نقطة على هذا الخط لتكون هى المركز O_1 ونرسم القوس بحيث يمر بزاوية السد السفلية بفصف قطر (R)

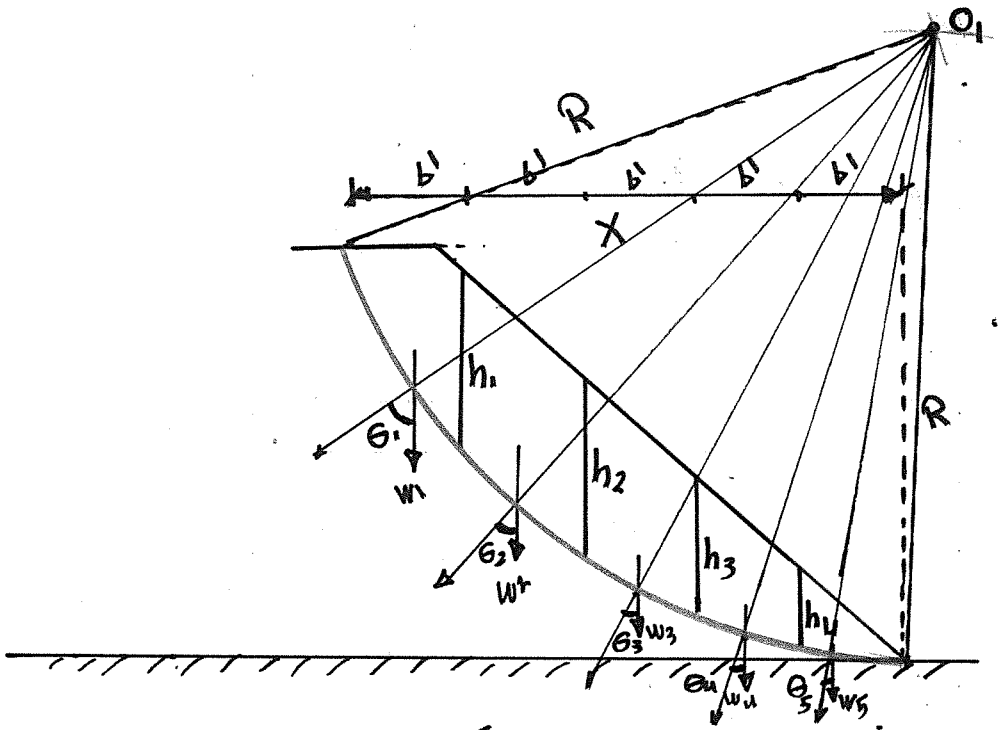

O_1
المركز اى مكان
على الخط
O_1
P
R
β
R
ε
α
المحل الهندسى لمواثل الزلزلق
ε
P_1
(4.5 ε)

ملحوظة على اختيار مركز القوس O_1 :

- لازم نختار O_1 بحيث يكون القوس مماس لخط قاعدة السد ولا تتخطى ℄ السد



بعد رسم دائرة الانزلاق :



① يتم قياس المسافة (X) وهى العرض الكلى للقوس .

② يتم تقسيمها إلى 4 او 5 اجزاء متساوية فى العرض $b' = \frac{X}{4}$ or $\frac{X}{5}$

ونقيس المسافات (h_1, h_2, h_3 و ----)

③ نحسب وزن كل شريحة كما يلي:

- لو الشريحة ≈ مثلث ← نحط الـ W في $(\frac{2}{3}, \frac{1}{3})$
- لو الشريحة ≈ شبه منحرف ← نحط الـ W في $(\frac{1}{2})$ المنتصف

$$W_1 = \frac{1}{2} * h_1 * b' * \gamma_{Bulk}$$

$$W_2 = \frac{h_1 + h_2}{2} * b' * \gamma_{Bulk}$$

$$W_3 = \frac{h_2 + h_3}{2} * b' * \gamma_{Bulk}$$

④ نقيس الزوايا ($\Theta_1, \Theta_2, \Theta_3, \dots$)

⑤ نجد حساب كل وزن W و Θ نحسب المركبتين N عمودية، T مماسة لكل شريحة.

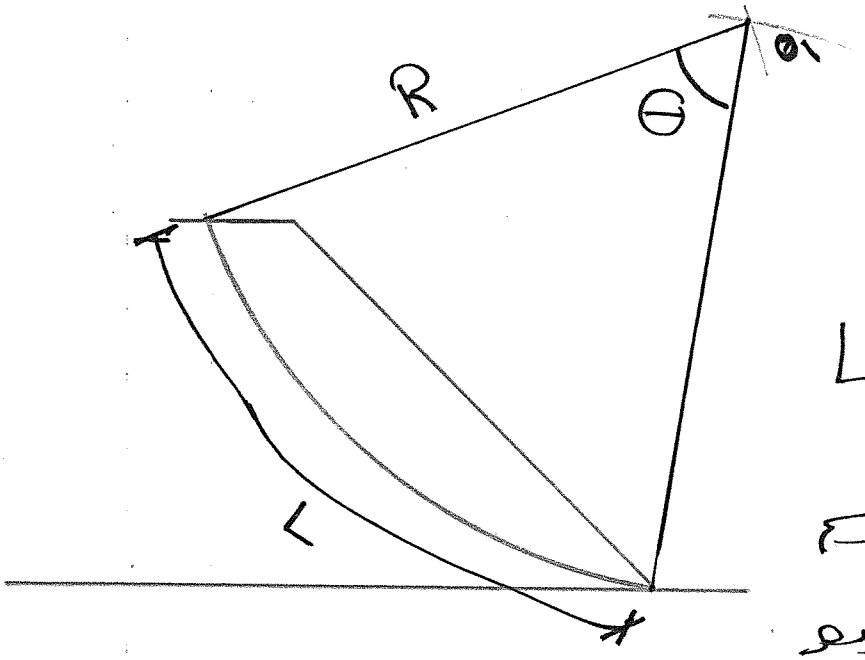
$$T = W \sin\Theta$$

$$N = W \cos\Theta$$

⑥ يتم عمل الجدول التالى:-

Slice Number	W	θ	$N = W\cos\alpha$	$T = W\sin\alpha$
1	W_1	θ_1	N_1	T_1
2	W_2	θ_2	N_2	T_2
3	W_3	θ_3	N_3	T_3
4	W_4	θ_4	N_4	T_4
↓	↓	↓	↓	↓
			ΣN	ΣT

⑦ نحسب طول القوس L :-



$$L = \frac{\theta}{360} * 2\pi R$$

R ← يتم قياسها من الرسم

θ ← يتم قياسها من الرسم

٨- يتم عمل check :-

$$F.O.S = \frac{C\,L + \Sigma N \tan\phi}{\Sigma T} \geq 1.25$$

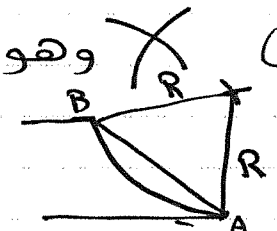
∴ C → Cohesion التماسك (given) لو غير معطى C = 0.0

∴ ϕ → angle of internal friction (given)
زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة .

---

* في حالة لو كان معطى نصف قطر دائرة الانزلاق (R) :

* ممكن نرسم دائرة الانزلاق على طول بحيث نقف بالبرجل عند نقطة (A) بنصف قطر دائرة الانزلاق (R) ونعمل قوس ونعيد نفس الكلام عند نقطة (B) حيث تقاطعوا القوسين وهو ده مركز دائرة الانزلاق (O).



* في الامتحان ممكن يعطى المسألة مرسومة بـ Scale ومعطى نصف القطر (R) والمركز (O)

ملحوظة

لو طلب دراسة اتزان الميل الرملي كذا نفس الخطوات بس على الميل الرملي

2- Stability of DS slope during Steady seepage:-

في حالة وجود مياه

وهذا الـ check بيتعمل في الـ DS slope بس

$$F.o.S = \frac{CL + \Sigma N' \tan\phi}{\Sigma T'} \geq 1.5$$

$$\therefore \Sigma N' = \Sigma N * \frac{\gamma_{sub}}{\gamma_{bulk}}$$

ΣN , ΣT من الحالة الاولى Just after Constraction

$$\Sigma T' = \Sigma T * \frac{\gamma_{sub}}{\gamma_{bulk}}$$

الفرق بدل γ_{bulk} ← نستعمل بـ γ_{sub}

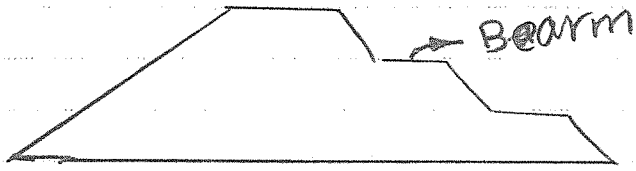
$$\therefore \gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_{water}$$

$$\therefore \gamma_{bulk} = \gamma_{dry}$$

ملحوظة

لو الـ F.o.S طلع (Not Safe)

تكتب (Comment) انه يجب زيادة الميول او يتم عمل (Bearm)



ملحوظة

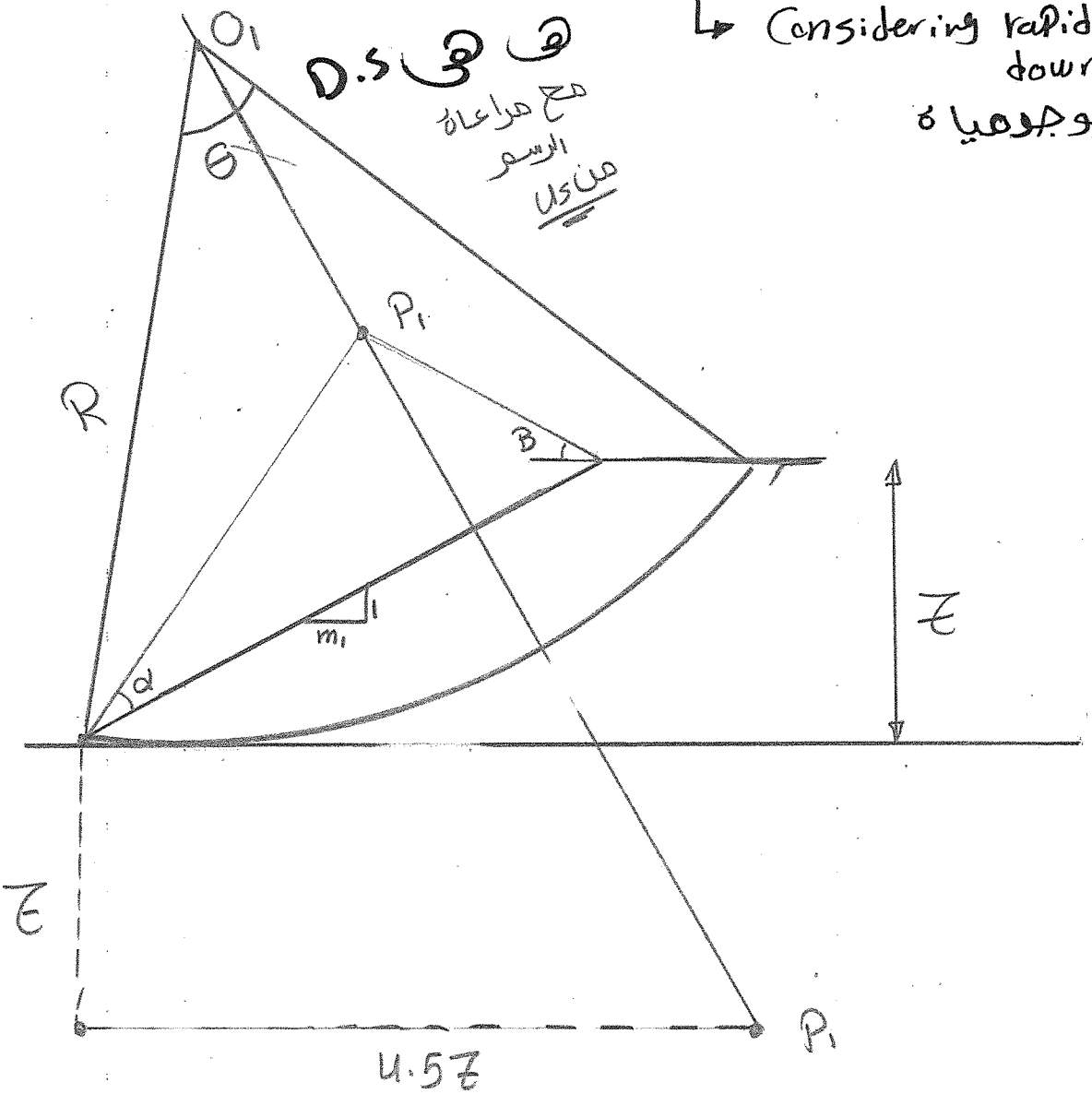
هذا الـ check ← (stability of DS slope)

يطلبت فى (US) حنحلة عادى جداً بس على الميل الاماى

ويكون السؤال بهذا الشكل

* stability of Dam US slope → JAC
  - Considering rapid draw down
  - يوجد هيا ه

هى هى D.S
مع مراعاة
الرسم
من US



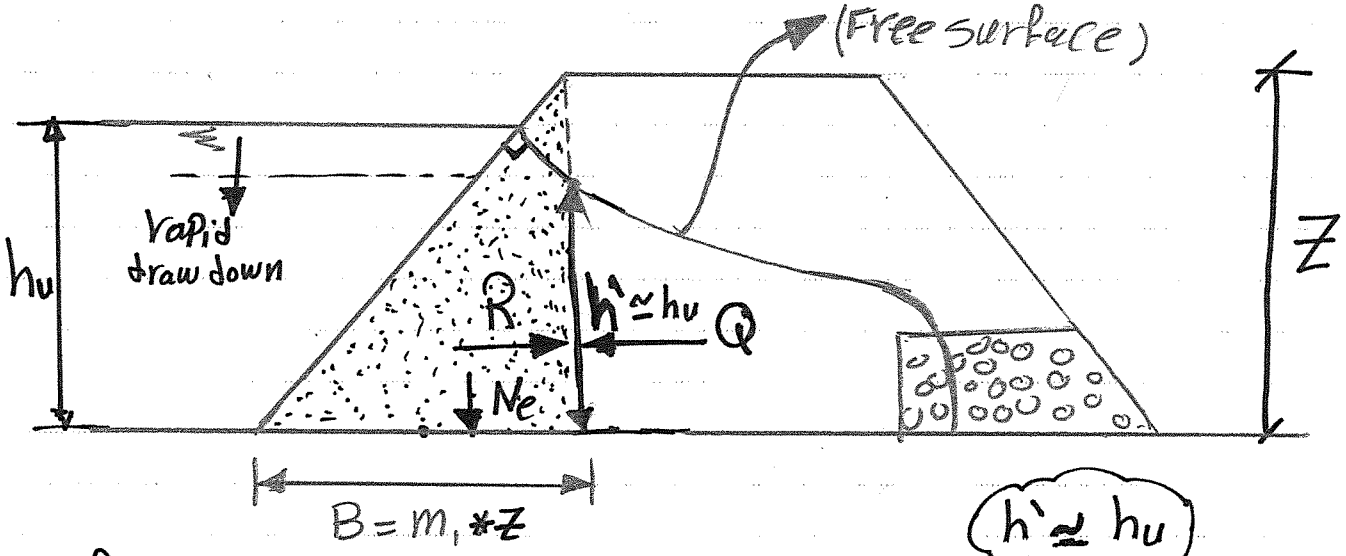
وكمل عادى جداً.

Check of slope stability against Rapid draw down

- نتم عمل نفس الـ check السابق بتاع Ds باستخدام ENVELOPE وليكن على ميول US فقط لان في حالة حدوث draw down بتأثر في الـ US بأنخفاض المياة السريع وليس DS

3- Stability of US slope against Sloughing (نزع) rapid draw down :-

ويتم عمل هذا الـ check في US فقط ومعنى كلمة (Sloughing) هو انفصال السد نتيجة هبوط المياة في الـ US بمعدل كبير.



$h' \simeq hu$

shear force

$$Q = \frac{\gamma_{sat} * Z^2}{2} * \tan^2(45 - \frac{\phi}{2}) + \frac{\gamma_w h'^2}{2} = \text{?? ton}$$

shear resistance

$$R = (N_e * \tan\phi) + C * B = \text{?? ton}$$

$$Ne = \frac{1}{2} * B * Z * \gamma_{sub}$$

$$\therefore F.O.S = \frac{R}{Q} = \text{??} \geq 2.0$$

h' → if not given يتم ايجادها من (Kozeny) لو اتدت
hu = h' ✓✓

Design of Earth-fill Dam

The given contour map shows the topographic of Wadi Elkarm. A storage earth-fill dam is to be constructed across Wadi Elkarm (Wadi Elkarm Dam). The foundation soil of this wadi is pervious layer with sallow depth (10 m) overlaying an impervious layer.

The following data is available:

1- The normal reservoir level (NRL) = 18m

2- The dam may be subjected to a sudden drawdown.

3- Field investigation of the construction site shows the following :

- There are enough quantities of soil materials which are classified as; Fat clay CH, clayey sandy soil SC, poorly graded sand SP, poorly graded gravel GP.
- The GP, SP & SC soils meet the filter criteria of SP, SC & CH, respectively.
- The gradation limits of SP, SC & CH are given in Table (1)

4- Properties of dam materials are :

- Bulk density, γ_b=1.76 t/m^3
- Saturated density, , γ_{sat}=2.16 t/m^3,
- Average unit weight under steady seepage = 2.0 t/m^3,
- Average angle of internal friction, $\phi = 26°$.
- Average cohesion c =1.95 t/m^2, and
- Hydraulic conductivity=5×10^{-4} cm/sec

5- Fetch is of about 1600 m

Table (1)

% ge. passing by weight	Min. Size in mm	Max. Size in mm
10	0.012	0.026
20	0.017	0.04
30	0.022	0.056
40	0.03	0.07
50	0.036	0.09
60	0.045	0.11
70	0.06	0.15
80	0.08	0.20
90	0.12	0.30
100	0.23	0.60

You are asked to:

1- Fix the longitudinal axis of dam across the wadi. (حدد مكان السد مع الخريطة)

2- Determine the dimensions of dam embankment section.

3- Determine the dimensions of the maximum and intermediate cross section of the dam. (نفس السؤال)

4- Find the gradation limits of the filter layers for a horizontal drainage blanket provided with a drainage trench confining a pipe drain having surface openings of 8 mm diameter.

5- Determine the free surface through the dam. (حل انتباه)

6- Check the stability of the dam faces :

(i)- Just after construction.

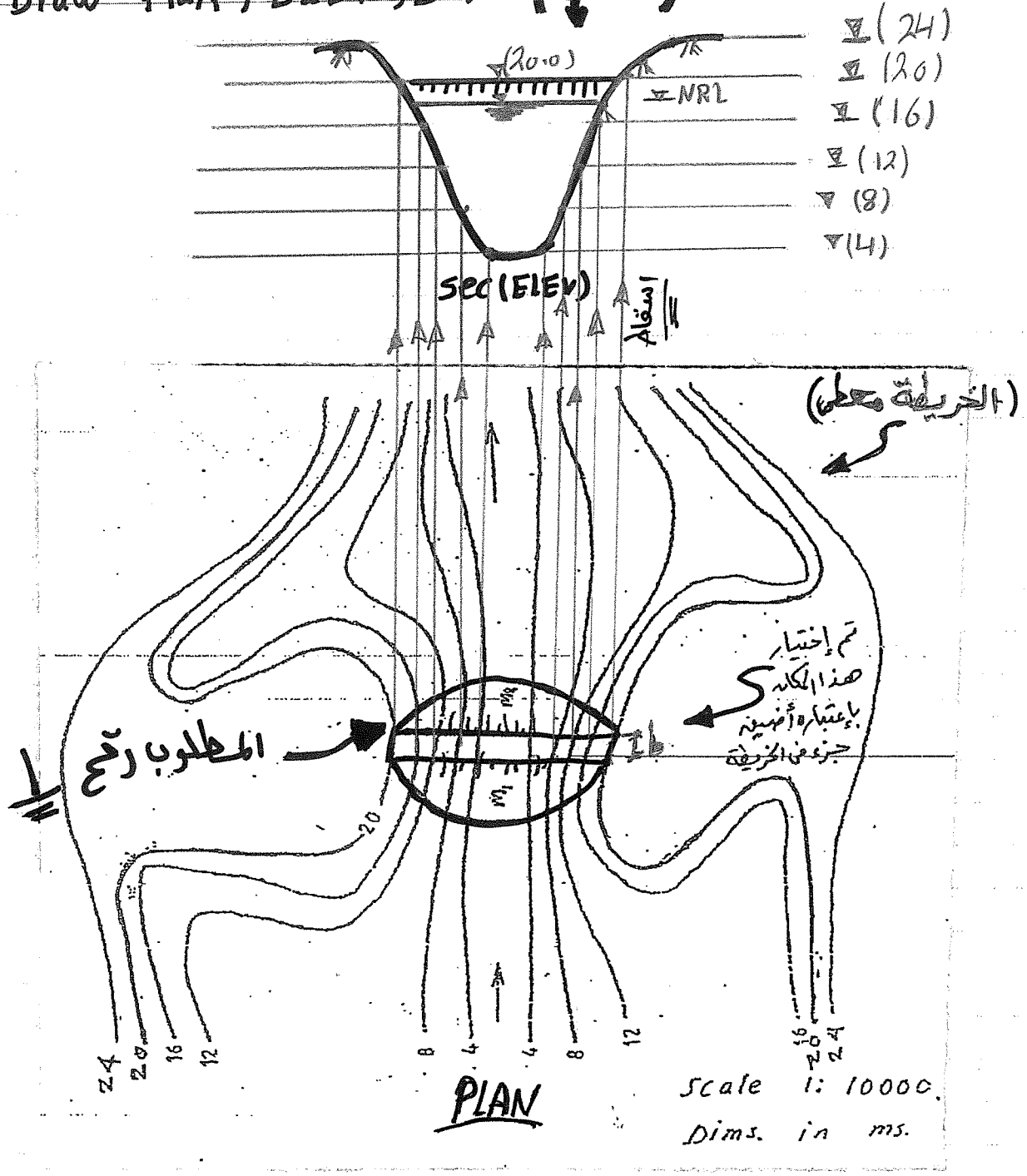
(ii)- During steady seepage.

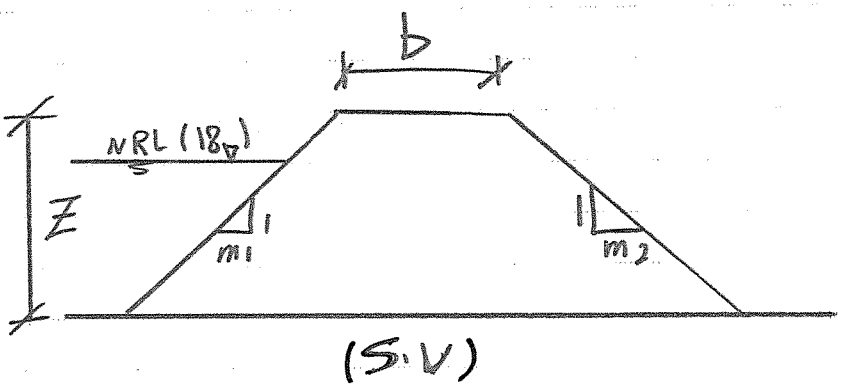
(iii)- UP slope during rapid draw down.

(iv)- Check against sloughing of the upstream slope during sudden draw down. if h' = 11.7m

7- Draw plan, elevation and detailed cross section for the dam.

⑦ Draw Plan , ELEV , S.V (الحل)





(S.V)

يتم رسم هذا القطاع في آخر المسألة عليه كل الأبعاد المحسوبة والمناسيب والفلتر.

2) Dimension of Dam :-

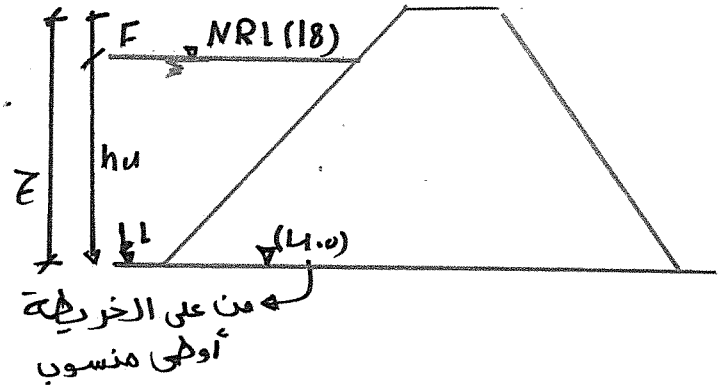
[1] Free board :- F

∴ given Fetch = 1600m = 1.6km

From table F = 1.2 m

يتم تقريبة إلى اقرب 1m لاكبر

F = 1.2 ≅ 2m



hu = 18 - 4 = 14 m

E = hu + F

E = 14 + 2 = 16 m

[2] Crest width :- b

E = 16 m 10 < E < 30

$b_1 = 0.55\sqrt{E} + 0.2E = 0.55\sqrt{16} + 0.2 \times 16 = 5.4$ m

$b_2 = 6$ m

b_3 = Road width غير معطى

∴ $b = \max \begin{matrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{matrix} = (6m)$

3- Dam slope :- m_1, m_2

Given

The foundation soil of this is Pervious Layer with shallow depth (10m)

* السد (Zoned) لان معطى اكثر من نوع من التربة.

* تربة التاسيس منفذة بعمق (10m) اقل من (20m)

Zoned → Table

Foundation Pervious shallow depth → Core (A)

$\therefore m_1 = 2$ & $m_2 = 2$

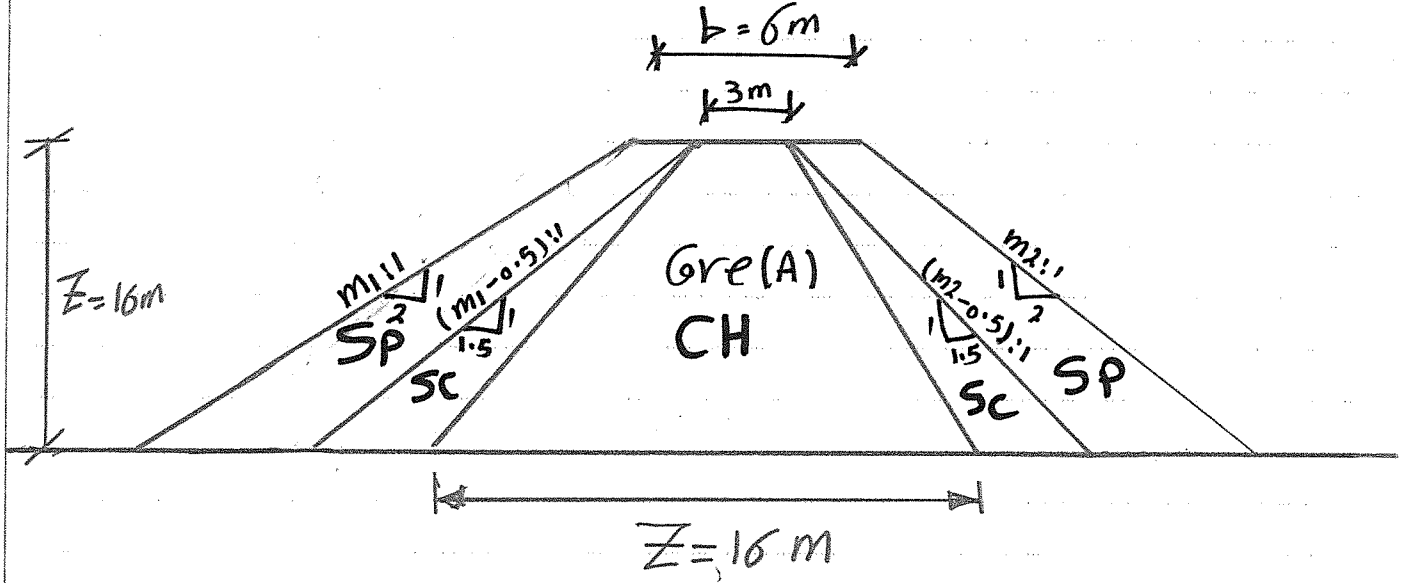
For Core (A)

(GP - SP - SC - CH) ← السد (Materials) هعطى الـ

* يتم اختيار التربة اقل نفاذية لـ Core ← CH

واختيار نفاذية متوسطة لـ Max ← SC

واختيار الاعلى نفاذية لـ Shell ← SP

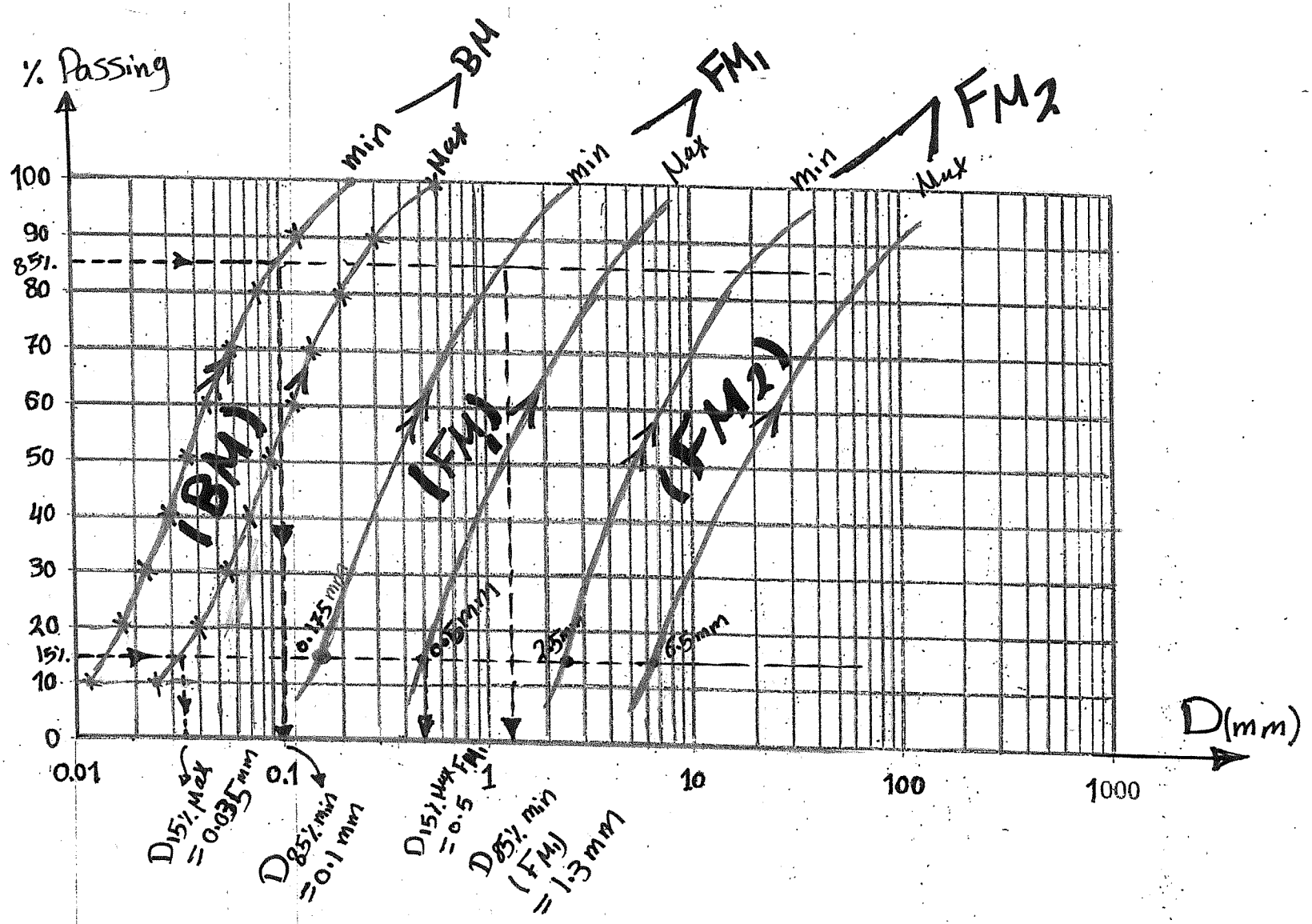


4) Find the gradation limits of the filter

منحنى التدرج

يتم رسم على ورقة (Semi Log)

given $\phi = 8mm$ قطر الفتحة


% Passing
100
90
85%
80
70
60
50
40
30
20
15%
10
0
0.01
0.1
1
10
100
1000
D(mm)
BM
FM1
FM2
min
Max
min
Max
min
Max
(BM)
(FM1)
(FM2)
0.035mm
0.1mm
0.5mm
1.3mm
2.5mm
6.5mm
D15% Max = 0.035 mm
D85% min = 0.1 mm
D15% Max FM1 = 0.5
D85% min (FM1) = 1.3 mm

من الرسم

$D_{15\% Max}(BM) = 0.035\ mm$

$D_{85\% min}(BM) = 0.1\ mm$

$\therefore\ D_{15\% min}(FM) = 5 * (D_{15\% Max}(BM))$

$= 5 * 0.035 = 0.175\ mm$

$\therefore\ D_{15\% Max}(FM) = 5\ (D_{85\% min}(BM))$

$= 5 * 0.1 = 0.5\ mm$

يتم توقيع القيمتين على الملف .

* عمل (Check) :

$D_{85\% FM\ min} \geq 2\emptyset$

$1.3 < 2\emptyset = 2*8 = 16\ mm$

(Not ok)

يتم عمل الفلتر من طبقتين

$\therefore\ D_{85\% min\ FM_1} = 1.3\ mm$

$D_{15\% Max\ FM_1} = 0.5\ mm$

$\therefore\ D_{15\% min}(FM_2) = 5 * 0.5 = 2.5\ mm$

$D_{15\% Max}(FM_2) = 5 * 6.3 = 6.5\ mm$

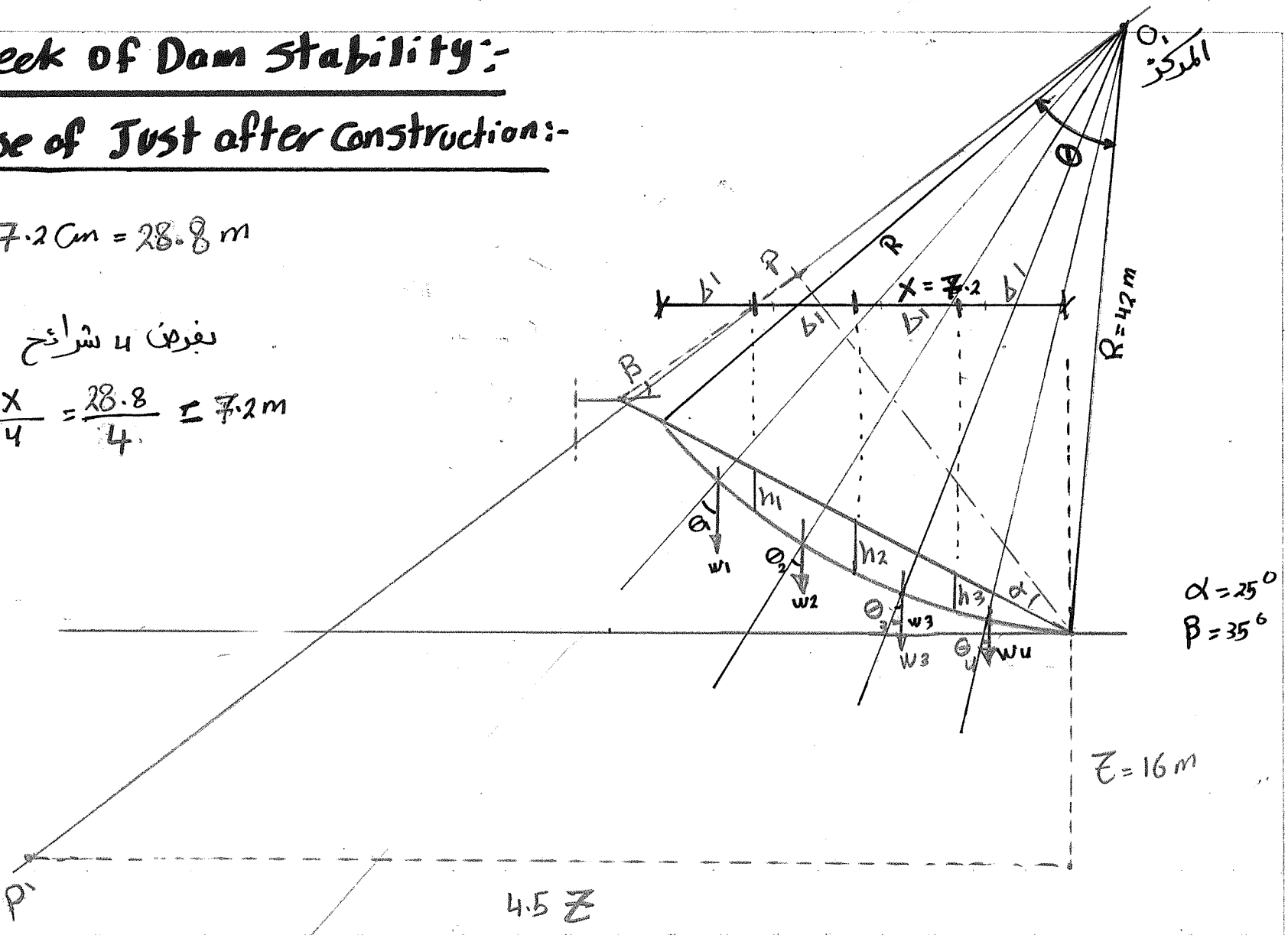
6- Check of Dam Stability :-

i) Case of Just after Construction :-

بالقياس X = 7.2 Cm = 28.8 m
طول القوس الافقى

نفرض 4 شرائح

$b' = \frac{X}{4} = \frac{28.8}{4} = 7.2\ m$



متنساش وانت بتقيس تضرب scale *

scale $\frac{1}{Cm}:\frac{4}{m}$

من على الرسم نجد 4 حاجات:

١- عرض القوس X ونقسمة على عدد الشرائح فنحصل على عرض الشريحة b

٢- قياس (h_1, h_2, h_3) $(3m, 3.4m, 2.8m)$ قيس واضرب * scale

٣- قياس زاوية كل شريحة $(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4)$ $(41^\circ, 31^\circ, 18^\circ, 11^\circ)$

٤- قياس زاوية القوس الكلية $\theta = 45^\circ$ ونصف قطر القوس $R = 42m$

slice	W	θ	$N = W\cos\theta$	$T = W\sin\theta$
1	$W_1 = \frac{1}{2} * h_1^3 * b^{7.2} * \gamma_{Bulk}^{1.76}$ $W_1 = 19$	$\theta_1 = 41^\circ$	14.33	12.46
2	$W_2 = \frac{h_1 + h_2}{2} * b' * \gamma_{Bulk}$ $W_2 = 40.55$ ton	$\theta_2 = 31^\circ$	34.75	20.88
3	$W_3 = \frac{h_2 + h_3}{2} * b' * \gamma_{Bulk}$ $W_3 = 39.3$ ton	$\theta_3 = 18^\circ$	37.37	12.14
4	$W_4 = \frac{1}{2} * b' * h_3 * \gamma_{Bulk}$ $W_4 = 17.74$	$\theta_4 = 11^\circ$	17.38	3.38
			$\Sigma N = 103.84$	$\Sigma T = 48.86$

$$L = \frac{\theta}{360} * 2\pi R = \frac{45}{360} * 2\pi * 42 = 32.98\ m$$

$$F.o.S = \frac{Cl + \Sigma N \tan\phi}{\Sigma T}$$

$$F.o.S = \frac{1.95 * 32.98 + 103.84 * \tan 26}{48.86} = 2.35 > 1.25$$

ok

ii) Case of steady seepage :-

نفس الخطوات السابقة (لا تغير الحسابات) ولكن بعد حساب

ΣT ، ΣT

$\gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_w = 2.16 - 1 = 1.16$

بنتج حساب $\Sigma N'$ ، $\Sigma T'$

$$\Sigma N' = \Sigma N * \frac{\gamma_{sub}}{\gamma_{Bulk}} = 103.84 * \frac{1.16}{1.76} = 68.44 \text{ ton}$$

$$\Sigma T' = \Sigma T * \frac{\gamma_{sub}}{\gamma_{Bulk}} = 48.86 * \frac{1.16}{1.76} = 32.2 \text{ ton}$$

$$F.o.S = \frac{Cl + \Sigma N' \tan\phi}{\Sigma T'}$$

$$F.o.S = \frac{1.95 * 32.98 + 68.44 * \tan 26}{32.2} = 3.03 > 1.5$$

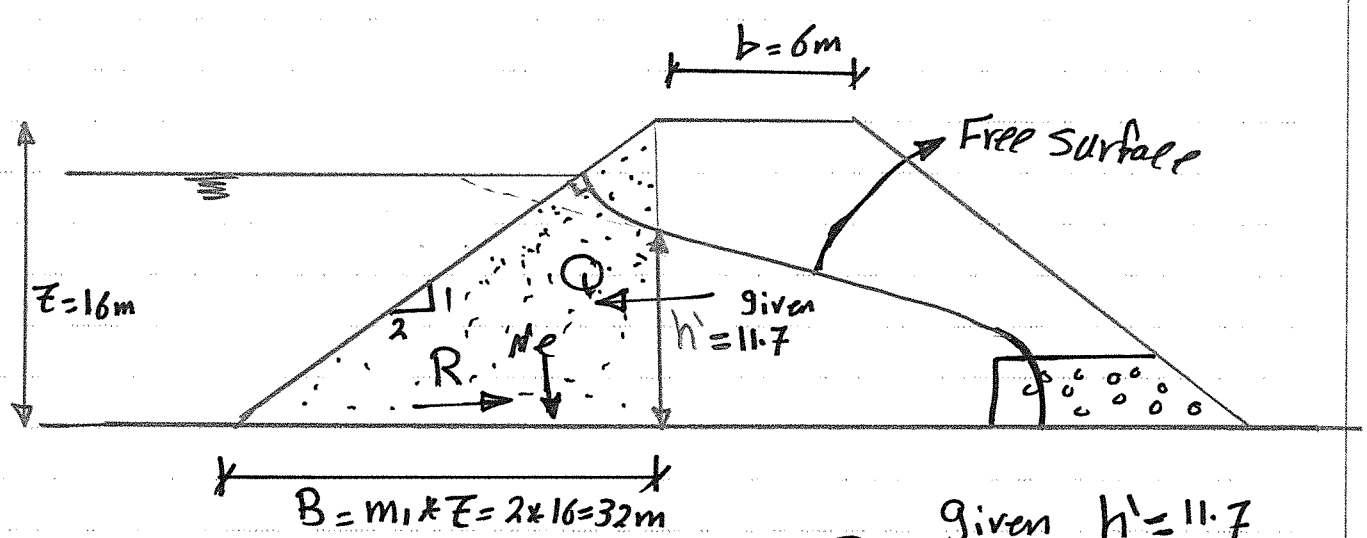
ok

iii) Check of US slope during rapid draw down :-

نفس الـ check في المطلوب رقم (ii) ولكن على ميول US

ولكن لا داعي لعملة لان $m_1 = m_2$

iv) Check against Sloughing of the US slope :-



given $h' = 11.7$ لو غير معطى خدها hh

Free surface

$$Q = \frac{\gamma_{sat} * Z^2}{2} \tan^2(45 - \frac{\phi}{2}) + \frac{\gamma_w h'^2}{2}$$

$$Q = \frac{2.16 * 16^2}{2} \tan^2(45 - \frac{26}{2}) + \frac{1 * 11.7^2}{2} = 176.4 \text{ ton}$$

$$R = ((Ne * \tan\phi) + C B) = ((\tfrac{1}{2} * B * Z * \gamma_{sub} * \tan\phi) + B C)$$

$$R = (\tfrac{1}{2} * 32 * 16 * 1.16 \tan 26) + 1.95 * 32 = 207.24 \text{ ton}$$

$$F.O.S = \frac{R}{Q} = \frac{207.24}{176.4} = 1.17 < 1.5$$

Not ok