<< Lateral Earth pressure >>

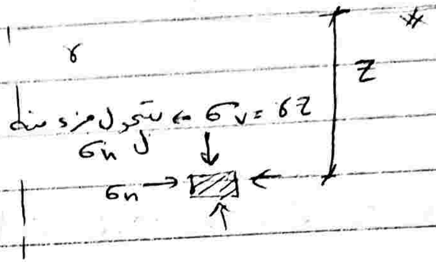
↲ فن الجدران الاستنادية ، بتفصل بين مستويين مختلفين من التربة

* Earth pressure at Rest :- معظم الجدران بحيث ممنوع إنه يتحرك :-

k_o: cofficient of earth pressure at rest $= \frac{\sigma_h}{\sigma_v}$, maximum value = 1

→ $\sigma_v = \gamma z$

→ $\sigma_h = k_o \gamma z$



• k_o : ① For coarse graind soil (loose) :-

$k_o = 1 - \sin\phi$

② For dense sand (backfill) :-

$k_o = (1 - \sin\phi) + \left[\frac{\gamma_d}{\gamma_{d(min)}} - 1\right] 5.5$

③ For Fine-grained, normally consolidated soil :-

$k_o = 0.44 + 0.42 \left[\frac{PI\,(\%)}{100}\right]$ → plastisity Index.

④ For over consolidated clay

$k_o = k_{o(normal)} \sqrt{OCR}$

Over consolidation Ratio OCR =

$= \frac{\text{pre-consolidation pressure}}{\text{present effective pressur}}$ → أقصى consoli. بتتعرضله الـ سويل

OCR < 1 → normally consoli.

OCR > 1 → over consoli.

* Example : ~~Ko~~ = 0.6

معناها إنه 60% من الـ Vertical pressure بتحول لـ Horizantal pressure

$0.6 = \frac{\sigma_h}{\sigma_v}$

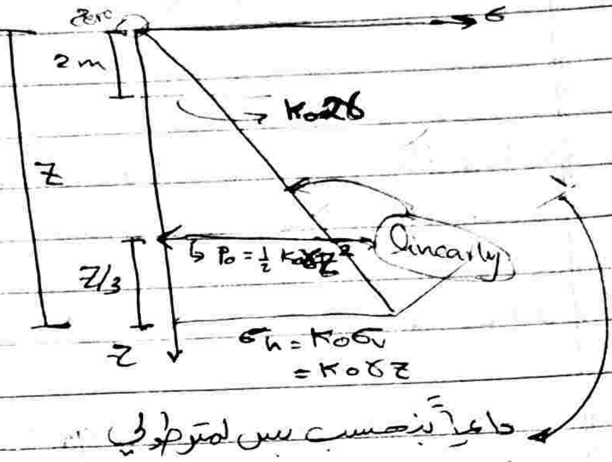
*pressur distibution:-

- P_o : The Total Force / unit lengthe of the wall

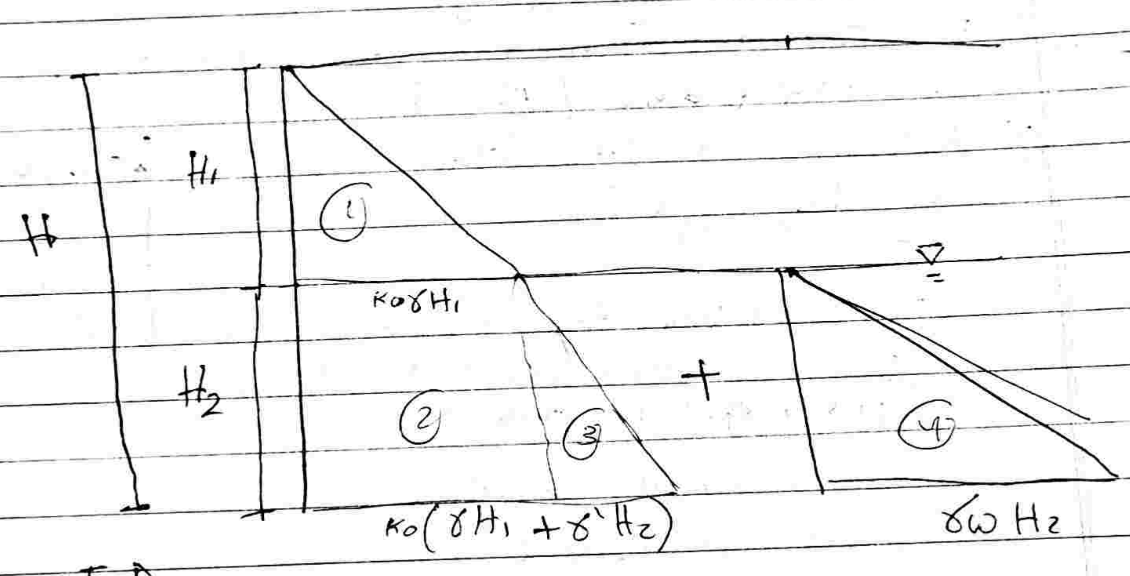
$= \frac{1}{2} \times K_o \times \gamma \times z^2$

$= \frac{1}{2} \sigma_h \times Z$

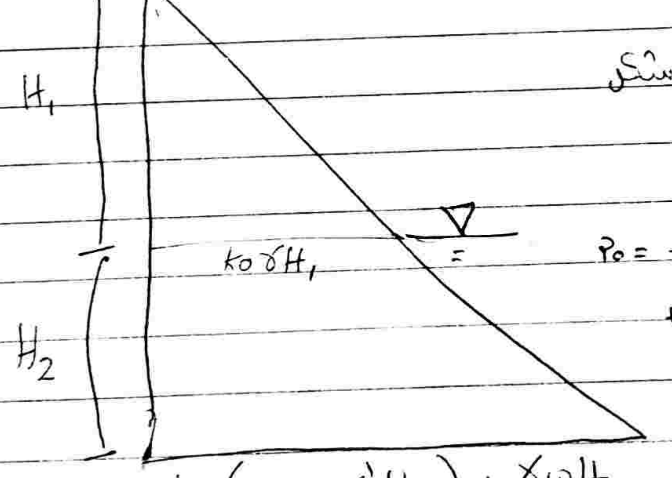
- $\sigma_h = \sigma_v \; K_o$



* For partially sat. soil, earth pressure of rest is:-



=



$K_o(\gamma H_1 + \gamma' H_2) + \gamma_w H_2$

بنحسب المساحة لكل شكل من الأشكال

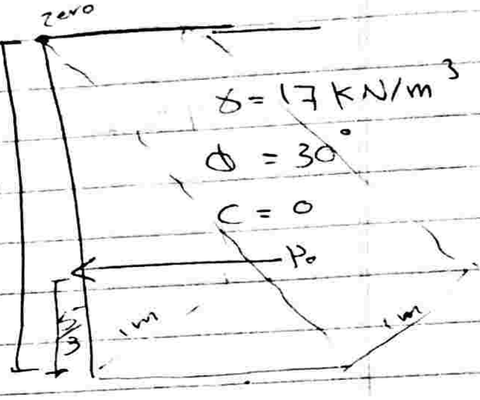
$P_o = \frac{1}{2} K_o \gamma H_1^2 + K_o \gamma H_1 \gamma_2$ (①, ②)

$+ \frac{1}{2} K_o \gamma' H_2^2 + \frac{1}{2} \gamma_w H_2^2$ (③, ④)

معناها
at Rest

※ Example:- restrained From movement.

What will be the lateral Force per Unit length ?!



. $K_o = 1 - \sin\phi = 0.5$ ←. تعتمد على نوع التربة

لا يوجد c ، إذا

granular soil

من الجدول . $\phi = 30$ → loose soil

$\sigma_h = K_o\ \sigma_v = 5 \times 17 \times 0.5 = 42.5\ kN/m^2$ ($H \times \gamma \times K_o$)

. $P_o = \frac{1}{2} \times 42.5 \times 5 = 212.5\ kN/m$

↳ $= \frac{1}{2}(\sigma_h)(H)$

※ Rankine's Theory: الجدران الي مسموح لها تتحرك

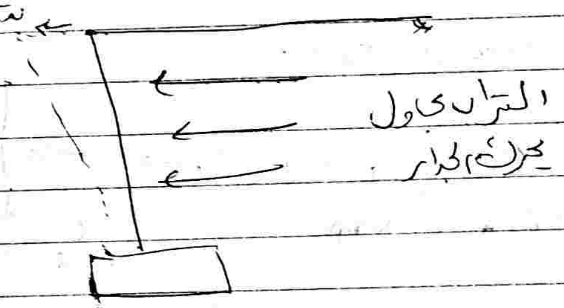
Theory of active and passive pressure:- (يفترض أن الجدار frictionless)

• case (I)

يتحرك الجدار مبتعداً عن الطمم

active Case ←

وال pressure هنا بسمية active pressure

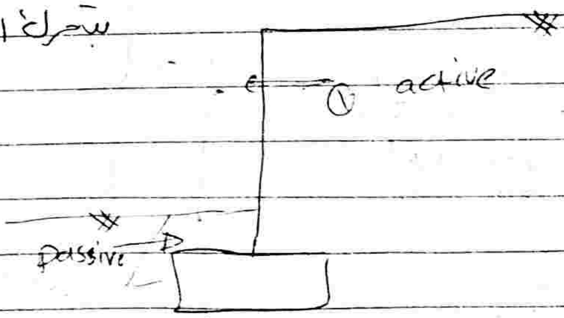


• Case (II)

يتحرك الجدار مقترباً من الطمم

Passive Case ←

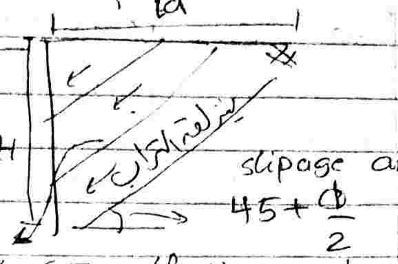
passive pressure ←



⇒ In active State

La Δ

~~maximum slippage angle~~ = $H \tan\left(45+\frac{\Phi}{2}\right)$



Failuer Zone / failure wedge

المنطقة اللي يحصل فيها انزلاق للتراب

• $\sigma_{h\,active} = \sigma_v \tan^2\left(45-\frac{\Phi}{2}\right) - 2C\tan\left(45-\frac{\Phi}{2}\right)$

في المثال السابق ما

ماجبناها لأنه $C=0$

ولا لازم كذا $\sigma_h = \sigma_v K_o - 2C\sqrt{K_o}$

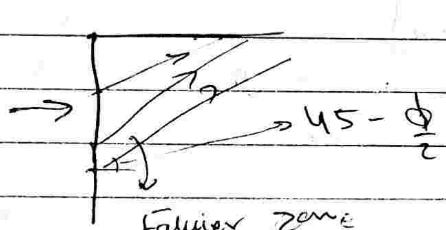
• $\sigma_h = \sigma_v K_a - 2C\sqrt{K_a}$ ⇒ σ_n → تبقى

• $K_a = \tan^2\left(45-\frac{\Phi}{2}\right) = \frac{1-\sin\Phi}{1+\sin\Phi}$

⇒ In passive State

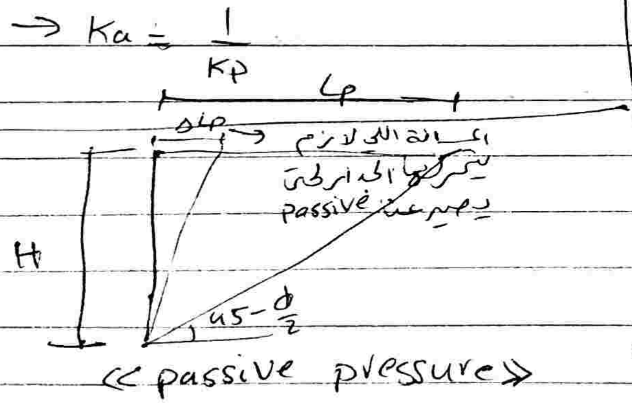
• $\sigma_p = \sigma\tan^2\left(45-\frac{\Phi}{2}\right) + 2C\tan\left(45+\frac{\Phi}{2}\right)$

$= \sigma K_p + 2C\sqrt{K_p}$

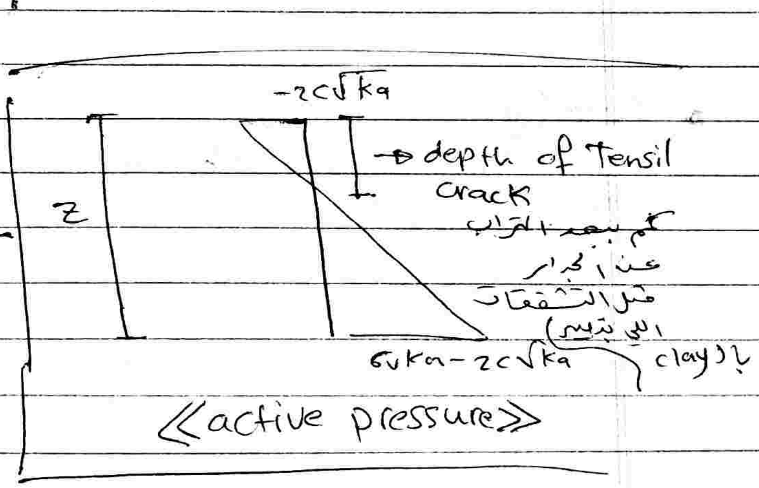


• $K_p = \tan^2\left(45+\frac{\Phi}{2}\right) = \frac{1+\sin\Phi}{1-\sin\Phi}$

→ $K_a = \frac{1}{K_p}$



≪passive pressure≫



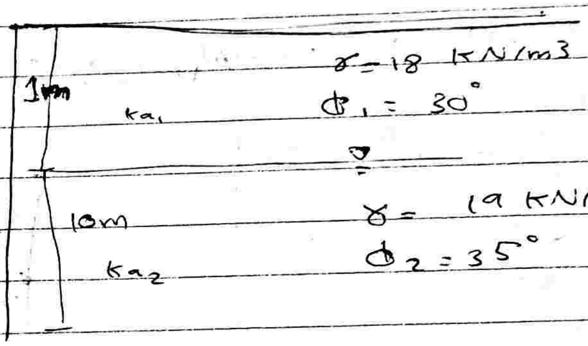
≪active pressure≫

※ Typical values of max wall tilt ($\Delta L_p, \Delta L_a$) required for achieving Ran. stal is:-

soil type	$\Delta La / H$	$\Delta Lp / H$
loose sand	0.001 - 0.002	0.001
Dense sand	0.005 - 0.001	0.005
Soft clay	0.02	0.04
Stiff clay	0.01	0.02

※ Example :-

• Find Po the location ?!



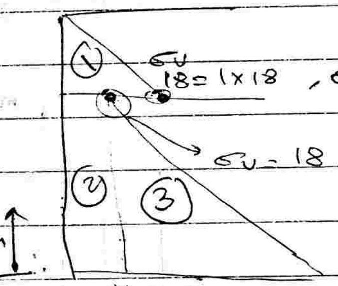
$ka_1 = \frac{1 - \sin 30}{1 + \sin 30} = \frac{1}{3}$

$ka_2 = \frac{1 - \sin 35}{1 + \sin 35} = 0.271$

Part	Area	Arm	Arm x Area
1	10 + 6 x 0.5 x 1 = 13	10 + $\frac{1}{3}$ x 1 = 1.33	17.29
2	4.9 x 10 = 49	$\frac{1}{2}$ x 10 = 5	245
3	$\frac{1}{2}$ x 10 x (29.3 - 4.9) = 122	$\frac{1}{3}$ x 10 = 3.3	402.6
Σ	184		664.89

location of Po = $\frac{664.89}{184}$

= 3.613 m



$\sigma_v = 18 = 1 \times 18$, $\sigma_h = 18 \times \frac{1}{3} = 6$ kN/m²

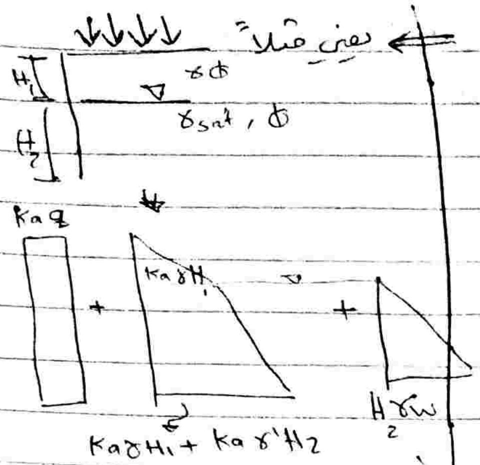
$\sigma_v = 18$, $\sigma_h = 18 \times 0.271 = 4.9$ kN/m² (ka_2)

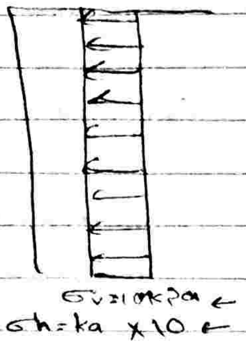
$K_h = 4.9 + 10 \times 9 \times 0.271 = 29.3$ kN/m²

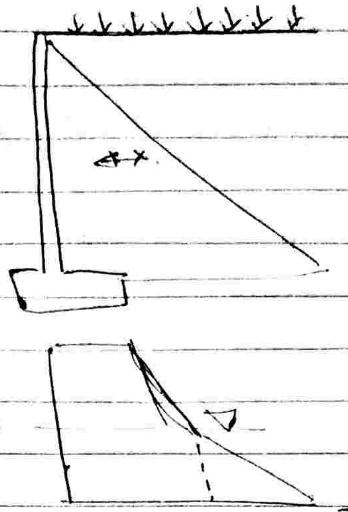
($H_2 \times \gamma' \times ka_2$)

$K_h = (1 \times 18 + 10 \times 9) ka_2$

في حال كان الحمل Unlimited load :-





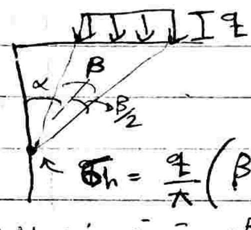


※ Cases :-

[1] Strip load : من أشهر الأمثلة للحمل اللي بيجي من الطريق

$$\sigma_h = \frac{q}{\pi}\left[\beta - \sin\beta \cdot \cos 2\alpha\right]$$

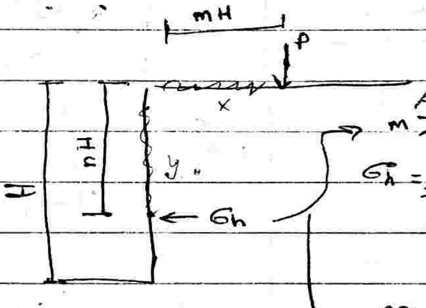
In Rad



$$\sigma_h = \frac{q}{\pi}\left(\beta - \sin\beta \cos 2\alpha\right)$$

β ← يتم تعويضها بالراديان

[2] Line load :-



$n = \frac{H}{y}$

$m = \frac{H}{x}$

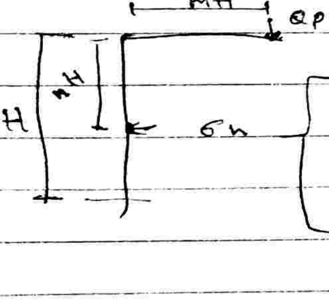
$m > 0.4$

$$\sigma_h = \frac{4P}{\pi H}\left(\frac{m^2 n}{(m^2+n^2)^2}\right)$$

$m \leq 0.4$

$$\sigma_h = \frac{P}{H}\left(\frac{0.203n}{(0.16+n^2)^2}\right)$$

[3] point load :-



$m > 0.4$

$$\sigma_h = 1.77\frac{Q_P}{H^2} + \frac{m^2 n^2}{(m^2+n^2)^3}$$

$m \leq 0.4 \rightarrow \sigma_h = 0.28\frac{Q_P}{H^2} + \frac{n^2}{(0.16+n^2)^3}$

General Case

Backfill - cohesive soil

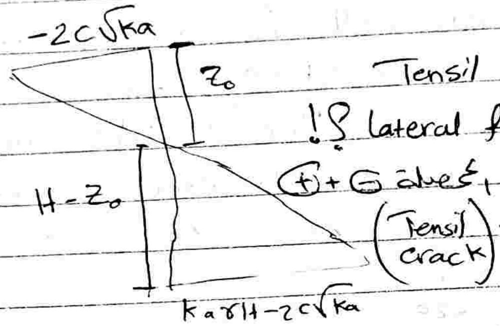
ⓐ active Case

$\sigma_a = K_a \gamma Z - 2\sqrt{K_a}\, C$

⇒ Z_o : depth of tensil crack "the depth of which the active presure becoms = 0".

$\sigma_o = 0 \Rightarrow K_a \gamma Z_o - 2C\sqrt{K_a} = 0 \Rightarrow Z_o = \frac{2C}{\gamma\sqrt{K_a}}$

← داعي نحاول نكونه الحكم granular ?!



- لما يصير عنا Tensil crack بتزيد ال lateral force ؟!
- لان قبل تتكون المحصلة ⊖ + ⊕ ولكنه لما يصير ال (Tensil crack) بتقل تحت البرشر المطروحة وبالتالي بزيد ال (lateral force).
- كما أنه عندما تحدث (Tensial Crack) بتبعد الفينة عن الجدار ويتجمع الماء عند حدوث المطر وبالتالي بتزيد القوة الاضافية على الجدار.
- بتواجد في الجدران الاستنادية فتحات تصريف (wip holes) ، عند وجود الحجر ممكن تغلق الفتحات وبالتالي تحجز المياه ووجود ضغط عالي على الجدران لم يتم أخذ بعين الاعتبار عند التصميم.

⇒ $2Z_o$: critical hight : هو العمق الذي نستطيع الحفر لعنده دون التدعيم (أي أن التربة لا تنهار) الحافة.

⇒ Total active force P_a :-

$P_a = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2 - 2C\sqrt{K_a}\, H$

• for $\phi = 0$: pure clay $P_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 - 2CH$ ↑ Before tensile	for $\phi = 0$: $P_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 - 2CH + \frac{2C^2}{\gamma}$ ↑ after tensile

عند وجود الماء :

$$P_a = \frac{1}{2}\left(K_a \gamma H - 2c\sqrt{K_a}\right)\left(H - \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}}\right)$$

$$= \frac{1}{2} K_a \gamma H^2 - 2c\sqrt{K_a}\, H + \frac{2c^2}{\gamma}$$

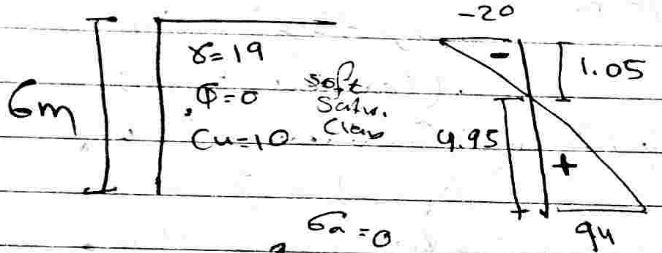
For $\phi = 0$ Condition:-

$$P_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 - 2cH + \frac{2c^2}{\gamma}$$

* Example:- A retaining wall has a soft, sat. clay backfill undrained condition ($\phi = 0$); det:
  (a) max. depth of the tensile crack.
  (b) P_a before the tensile crack occurs
  (c) P_a after " " " "

* note:- for $\phi = 0 \rightarrow K_a = 1$, $c_u = c$

• الكل يختلف عندما :
- نقول أنه Saturated :
وزن التراب زاد ولكن ما في buoncy force
- أما عندما يكون ال Water Table :
معناه إنه يزيد وزن التراب ويصير في buoncy force
والفراغات مليئة بالماء
تقسم كل القيمة
نأخذ الحالة الفعلية
تصبح unit effective weight



$\sigma_a = 0$

at $z = 0$ $\sigma_a = -2(10) = -20$ kN/m²

at $z = 6$m
$\sigma_a = (6)19 - 20 = 94$ kN/m²

(a) $z_0 = \frac{2c_u}{\gamma} = \frac{2(10)}{19} = 1.05$m

(b) $P_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 - 2c_u H = \frac{1}{2}(94)(4.94) - \frac{1}{2}(20)(1.05) = 222.1$ kN/m

(c) $P_a = \frac{1}{2}(94)(4.94) + \frac{1}{2}(1.05 \times 10) = 238.2$ kN/m

water
المنطقة اللي راح يتعبى

$\frac{1}{2} z_0^2\, c$ = ؟

· (Tensile Crack) طول ما في cohesion ـــ يعني في

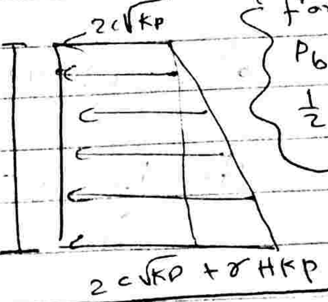
$$P_b = \frac{1}{2} K_p \gamma H^2 + 2c\sqrt{K_p}\, H$$

※ Passive Case:

$\sigma_p = K_p \gamma z + 2c\sqrt{K_p}$

→ at $z=0$ → $\sigma_p = 2c\sqrt{K_p}$

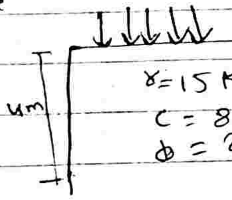
→ at $z=H$ → $\sigma_p = 2c\sqrt{K_p} + \gamma H K_p$



{ for $\phi = 0$, $K_p = 1$
$P_b = \frac{1}{2} H^2 \gamma + 2 c_u H$ }

※ Example:

$q = 10\,kN/m^2$



$\gamma = 15\,kN/m^3$
$c = 8\,kN/m^2$
$\phi = 26$

ⓐ Pa after the Tensile crack ?
ⓑ Pb ?

sol:

ⓐ for $\phi = 26°$

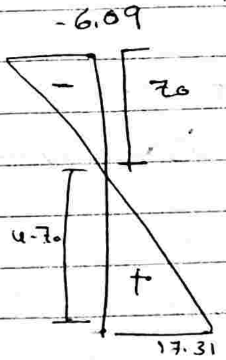
$K_a = \frac{1-\sin 26}{1+\sin 26} = 0.39$

at $z=0$ → $\sigma_a = -2(8)\sqrt{0.39} = -6.09\,kN/m^2$

$z=4$ → $\sigma_a = 0.39[15\times4+10] - 6.09 = 17.31$ (q)

$\frac{Z_o}{4-Z_o} = \frac{6.09}{17.31}$

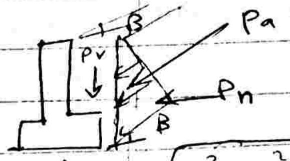
⇒ $Z_o = 1.04$



⇒ After Tensil crack:—

$P_a = \frac{1}{2}(17.31)(4-1.04) = 25.62\,kN/m$ + water

※ For Inclined back Fill

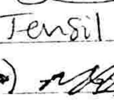


· $K_a = (\cos\beta)\,\frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}$

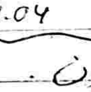
· $K_p = (\cos\beta)\,\frac{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}$

※ لازم نعرف ارتفاع الجدار لحتى نقرر أي نوع ـــ نستخدم هذه الجدران.

· مثل gravity wall : مناسب لارتفاعات قليلة، لأنه يعتمد على حجم قاعدته

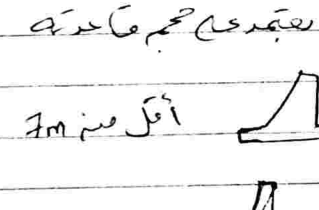


أقل من 7m . Costly الكبيرة في تثبيته، وبالتالي هو



(7m - 8m) لارتفاع economical ـ: Cantilever wall .

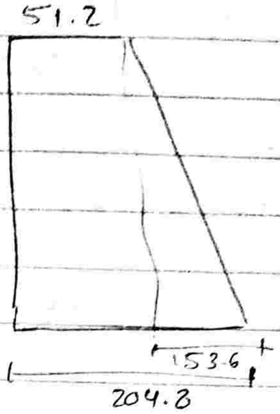
8m يصلح للارتفاعات الأكثر من Counterfort wall.



يتم تربطهم بالحديد
هو بالأصل يشتغل
Cantilever
ولكن لما تحط الشرائح
يصير يشتغل مثل
السلابات

منعرف نصمم الجدار بأي نوع من Structural wall
ولكنه يختلف costly حسب ارتفاع الجدار

(b) $K_p = \dfrac{1+\sin\Phi}{1-\sin\Phi} = 2.56$



at $z = 0$

$\sigma_h = 2.56(10) + 2c\sqrt{K_p} = 51.2$ (q = 10)

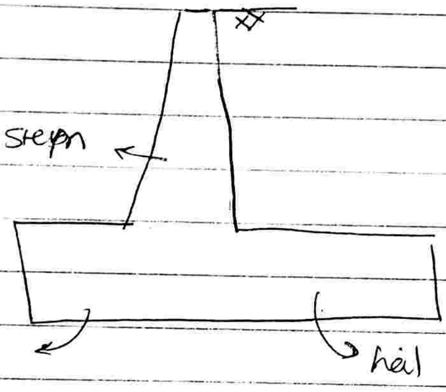
at $z = 4$

$\sigma_h = 2c\sqrt{K_p} + 2.56(10 + 4\times15)$

$= 204.8$

$P_b = 4\times51.2 + \frac{1}{2}(153.6)\times4$

$= 512 \ kN/m^2$



* أول اشي بنفرض الأساس وبعدين بنفقته نرسم حسب الشيلتي :-

Stability of Retaining wall:-

(a) horizantally by sliding (الجدار ثابت أفقياً - إنه التراب لا يحرك الجدار)

(b) Vertically by sett on bearing Capacity fail (عدم تجاوز ال Sett. وال Bearing capacity)

(c) Rotation by over terning. (نتأكد إنه الجدار مش منقلب)

To check:

(a) (Σ Perpendicular force) $\times$ M

معامل الاحتكاك بين الكونكريت والأرض

* Cohesive soil:-

Rsisting force → $F = (W+P)\,M + C_a(B - a_i b) + C(a_i b) + P_p$

(مجموع الأوزان العمودية على القاعدة) ← (W+P)

C_a adhesion: $C_a = \frac{2}{3}C$

Rankine active force

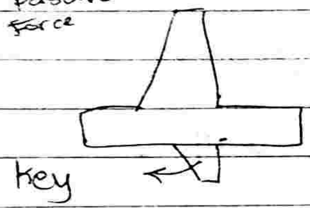
* granilaur Soil:-

$F = (W+P)\,M + P_p$

$$F.S_{sliding} = \frac{F}{P_h}$$

* P_p: passive force

بنهملها بالعادة [ويمكن ما يكون عنا ← نوع من السفتي] بنحطها (key)

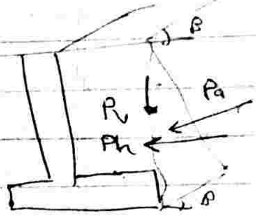


= 1.5 if passive pressure of the soil at the toe in the front of the wall is neglected

= 2 if passive pressure of the soil included.

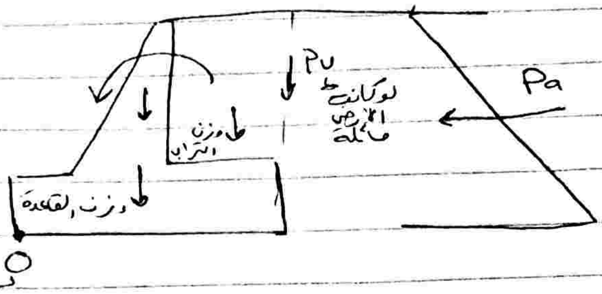
• pressure Diagrams

لازم تكون موازية لسطح الأرض



Ph: هي اللي بتعمل مشاكل

* Over terning:-



← إذا ضمنا إنه ما صار دوران حول هذه النقطة
إذا ضمنا إنه مش هيتحرك. (Critical)
((مجموع المومنت الناتجة عن الفير تكل فورسز حول نقطة القاعدة))

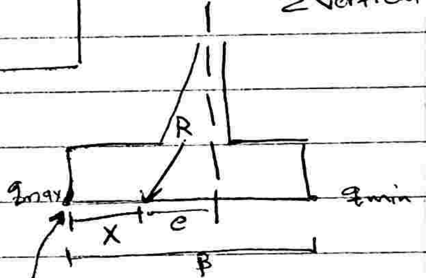
- $F.s_{\text{over turning}} = \dfrac{Mr}{Mo} \geq 1.5$: Mr: resisting moment → vertical Forces; Mo: orintation moment → horizontal Forces

Mo ← المومنت الناتجة عن Pa حول O

- $F.s_{\text{bearing}} = \dfrac{q_{ult}}{q_{toe}}$ ← General equ

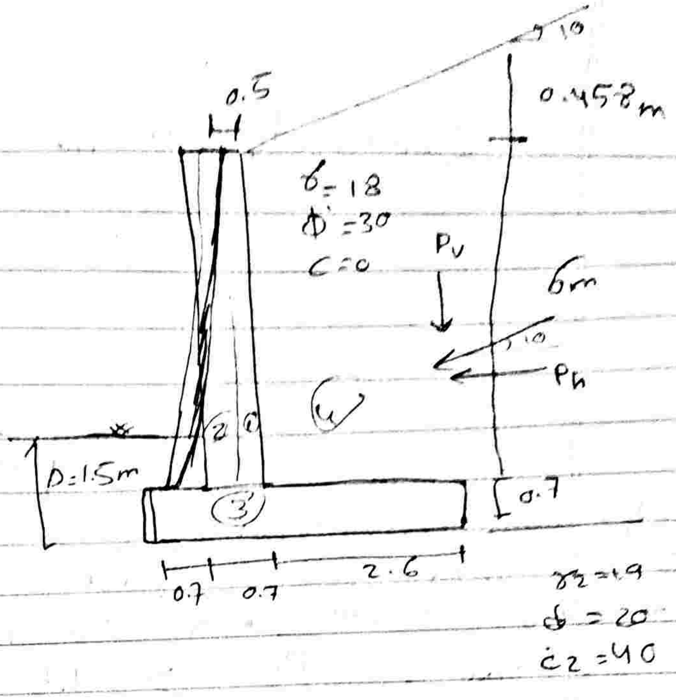
* التقسيم مهم في الحالة ما بنجيب ... منتصف العود في السفر ، بحيث نفرض موقعها

$X = \dfrac{Mr - M_o}{\Sigma \text{Vertical forces}}$



General Equation →
- $q_{ult} =$ ______ ← General equ
- $B' = B - 2e$
- $q_{max} = \dfrac{V}{A}\left[1 + \dfrac{6e}{B}\right]$
- $q_{max} < q_{all}$
- $q_{min} = \dfrac{V}{A}\left[1 - \dfrac{6e}{B}\right] \geq 0$

$q_{max} \not< q_{all}$
$q_{min} \geq 0$

* Example :

الحل بالملاحظة