Civilittee

SOIL

Summary

Done by :

Bashar al omari

الهندسة التقنية

ميكانيكا التربة

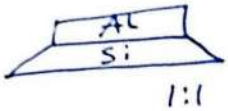
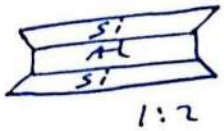
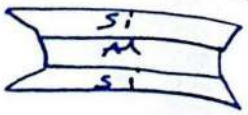
BASHAR AL-OMARI

الهندسة الجيوتقنية
ميكانيكا التربة

Definitions :-

- التربة هي قاعدة أي مبنى لذلك فمن المهم ان نصمم المبنى من مختلف نواحيه بناءً على حالة التربة تحملها وقوتها ونفاذيتها وغير ذلك من الخصائص التي تؤخذ بعين الاعتبار عند التصميم.
- التربة هي نتاج عملية التجوية للصخور بالإضافة الى فراغات بين حبيباتها.
- التربة تقسم الى مجموعتين:
  - [coarse grained] sands / gravel
  - [fine grained] clay / silt
- gravel / sand ينتجوا من التجوية الفيزيائية ويكونوا أكبر حجماً من المجموعة الأخرى.
- clay / silt ينتجوا من التجوية الكيميائية ويكونوا أصغر حجماً من المجموعة الأولى.
- التجوية الفيزيائية هي ناتجة عن عوامل مثل المياه او الرياح او الانهار والسيول ولكن بشرط أن تؤدي لتغير في خصائص التربة مقارنة بخصائص الصخر الأصلي الذي نتجت عنه التربة والعكس صحيح مع التجوية الكيميائية.

- من أنواع الـ (clay):
  - Kalonite
  - Illite
  - (smectite) Montomorlite

types / properties	Kaolinite	Illite	Montmorillonite
charge	zero	flaky	Weak c-film
Basal spacing	7.2 Å	10 Å	9.6 – ∞
Bonding	H^+ & vander wall	K^+	vander wall forc
Swelling Activity	No swelling	no swelling	swelling
semi basic	 1:1	 1:2	 2:2

بينما تكون الرابطة قوية بين شرائح التربة فلا تستطيع المياه عند الدخول للتربة أن تفصل بين الشرائح لذلك لا يحدث (swelling) في (Kaolinite) بينما يحدث في (Montmor.) نظراً لضعف الروابط به.

(illite) هذه الظاهرة تعني أن التربة ككل سوف تتمدد عن دخول المياه لها وهذا خطر على المنشآت سوف تتقلص هذه الظاهرة المتقلبة بين الصيف والشتاء تعاني بعض التربة وتكون موجودة بالتربة التي تعتبر غنية بالـ(Montm.) والعكس

بذلك التربة وتكون موجودة بالتربة التي تعتبر غنية بالـ(Montm.) والعكس

شكل ذرات هذه التربة هو شرائحي كما هو موضح أعلاه مع العلم بأن

octahedral تتشكل ← Al

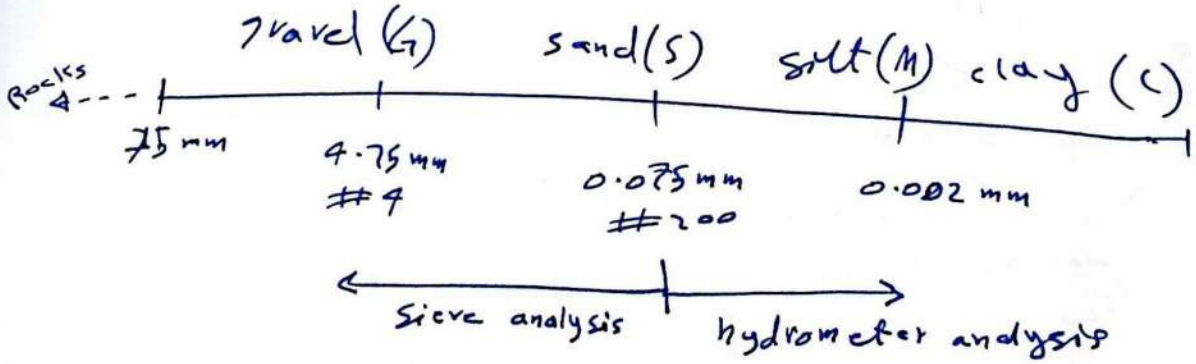
tetrahedral تتشكل ← Si

شكل ذرات الـ(coarse) بنوعيه يكون rounded, subrounded, Angular, subangular

شكل ذرات silt كذلك بينما ذرات

Soil Texture

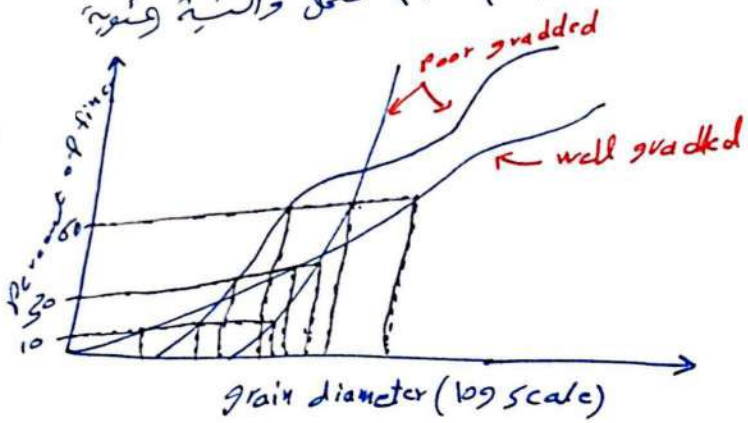
type / Properties	Sand/gravel	Silt	clay
Size	can see by eye	cannot see by eye	cannot see by eye
plastisity	Nonplastic	Nonplastic	Plastic
effect of water	unimportant	Important	very important
effect of size	Important	relatively unimportant	relatively unimportant



نستطيع تمييز (sand) عن (gravel) من خلال (fine) عن (coarse) وتمييز (clay) و(silt) فهناك طريقة أدق وأفضل نتعرف عليها لاحقاً.

[Sieve analysis]

- تحليل العينة لفصل علاقة بين لوغاريتم حجم الحبيبة والنسبة المئوية
- عينة.



D_{10} : لوغاريتم الحبيبة اللي قطرها 10٪ من العينة

D_{30} : " " 30٪ " " " " "

D_{60} : " " 60٪ " " " " "

coefficient of uniformity

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

coefficient of curvature

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10})(D_{60})}$$

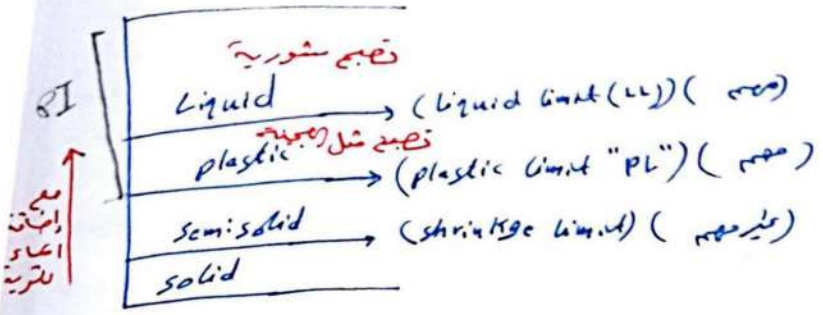
If $1 \leq C_c \leq 3$ and $C_u \geq 4$ (gravel) then it's well gradded

If $1 \leq C_c \leq 3$ and $C_u \geq 6$ (sand) then it's well gradded

إذا لم تحقق واحدة من الشرطين فإنها تكون Poor.

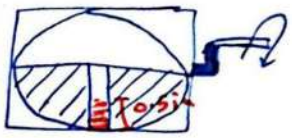
Atterbirg Limits

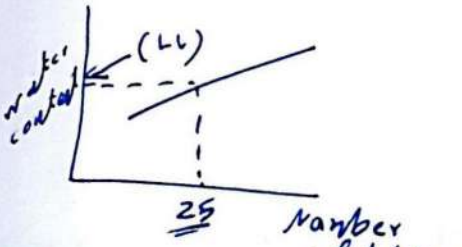
- هي عبارة عن (water content) التي ينتقل عندها التربة من حالة إلى أخرى على الشكل التالي.



- Measurment of "LL" ⇒ [1] casagrand methode - "ASTM"..
[2] cone penetrometer - "BS"..

casagarande methode "ASTM" ⇒





هي الطريقة الأكثر شيوعاً وتتمثل بأن نضع في جهاز على شكل فنجان يفصل بينهما شق فنقوم بطرب العينة (25) ضربة لغاية أن ينغلق الشق مقدار (0.5in) ولكن هذا صعب تحقيقه لذلك فنحن نعمل أكثر من تجربة أي كل مرة نضيف به كمية مياه أكثر ونضرب عدد من الضربات لغاية أن ينغلق الشق (0.5in) ونسجل عدد تلك الضربات وهكذا على عدد من المرات ثم نعمل علاقة بيانية بين عدد الضربات والمحتوى المائي (water content) والمحتوى المائي الذي يقابله (25) ضربة نقيّر هو الـ (LL) وهو المطلوب.

ملاحظة: هذه الطريقة تسمى Multiple Point Method of casagrande

وهناك طريقة أخرى تسمى One Point Methode of casagrande

وتتمثل بعمل تجربة واحدة فقط ومن ثم التعويض على هذا القانون

$$LL = W_n \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

multiple أدق لذلك فهو الأفضل والأكثر شيوعاً.

Measurment of plastisity limit (PL):-

→ Plastisity index (PI) = LL - PL

→ Liquidity index (LI) = $\frac{w - PL}{PI}$ ، w ⇒ natural water content

if LI < 0 → solid

0 < LI < 1 → plastic

LI > 1 → Liquid

هي (atterberg limits) و (liquidity) و (plastisity) أكثر أنواع التربة

gravel ثم sand ثم silt ثم clay

Kaolinate ثم ellite ثم smedite

Water content = $\frac{W_{oven\ dry} - W_{original}}{W_{oven\ dry}} \times 100$

$\Rightarrow \frac{m_w}{m_s}$

Activity (A) ⇒ وتعبر عن نشاط التربة من ناحية الـ swelling حيث
أن كل تربة لها (A) عالي يكون لها (PL) عالي والعكس غير صحيح [مش شرط].

$$A = \frac{PI}{\text{Percent of passing on sieve } 0.002}$$

If $A < 0.75 \rightarrow$ Inactive
$1.25 > A > 0.75 \rightarrow$ Normal
$A > 1.25 \rightarrow$ active

} ⇐ ما بخوفوا
⇐ بخوف

(plasticity) هي (كتير بعبروا عن نوع التربة وغيرها من الخصائص مثل تدرج أحجام حبيباتها و
فبادئ ذي ما سبق ذكره، وفق آلية معينة نبدأ بها بالصفة يسارية وهي
ما نعرف بتصنيف التربة Classification .. so.M

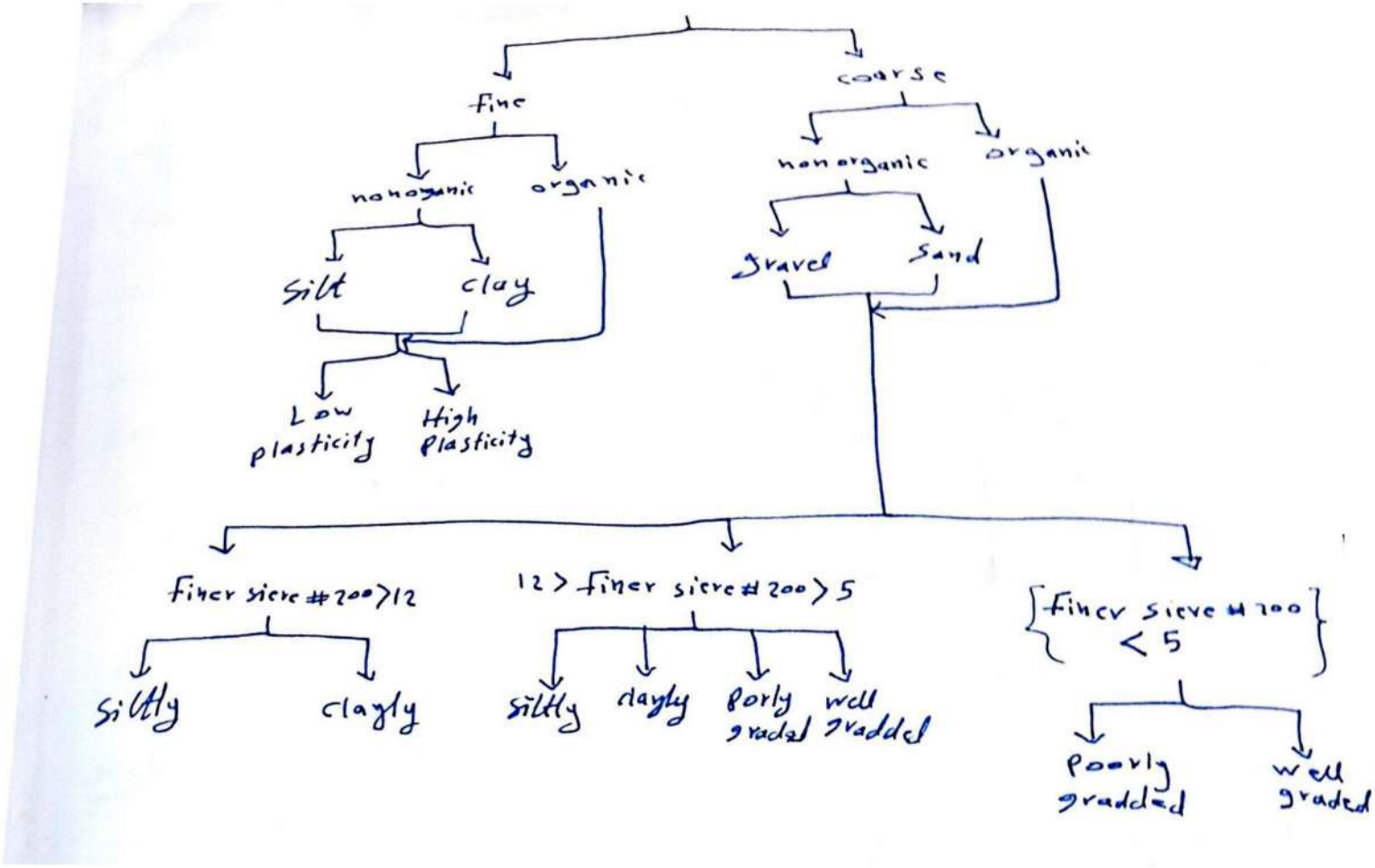
للعلم:
S → sand
G → gravel
M → silt
C → clay
H → high plasticity
L → low "
W → well gradded
P → Poorly gradded

Soil classification

* if % of finer sieve #200 $\geq 50\%$ → Fine
  " " " " " " $< 50\%$ → coarse
* if % of finer sieve #4 $\geq 50\%$ → sand
  " " " " " " $< 50\%$ → gravel
* if $\frac{LL_{oven\,dry}}{LL_{air\,dry}} * 100\% \leq 75\%$ → organic
  " " $> 75\%$ → non organic
* if PI > (A-line) → clay
  " " < " → silt

[A-line] ⇒ $0.73(20 - LL)$

* if $7 \geq PI \geq 4$ → CL-ML
* if $LL \geq 50\%$ → High plasticity
  " " $< 50\%$ → Low "



Ex:

Sieve No.	% finer
#4	90 %
#10	80 %
⋮	⋮
#200	50 %

LL = 60 %
PL = 30 %

Sc - CH

Ex:

Sieve No.	% finer
#4	70%
#200	30%

LL = 39%
PI = 12%

SC

Ex:

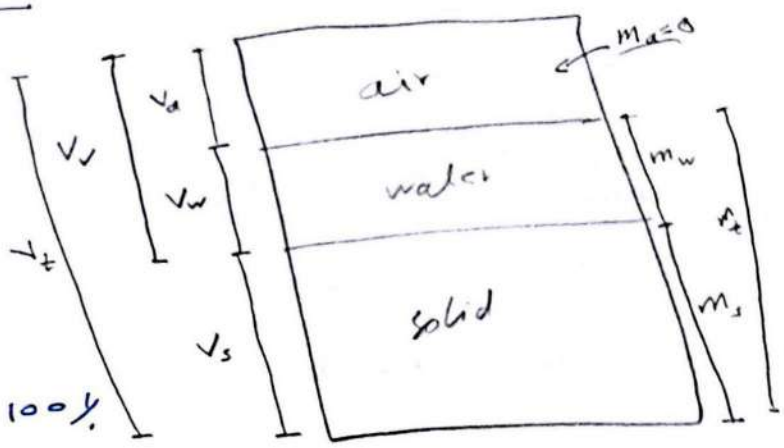
Sieve No.	% finer
#4	99%
#200	60%

LL = 20
PL = 15

ML-CL

ملاحظة: لا يوجد شيء يسمى MH

* Some important formulas of soils :



Voids ratio $[e] = \frac{V_v}{V_s}$

Porosity $[n] = \frac{V_v}{V_t} * 100\%$

Air content $[A] = \frac{V_a}{V_t} * 100\%$

water content $[w] = \frac{m_w}{m_s} * 100\%$

saturated degree $[S_r] = \frac{V_w}{V_v} * 100\%$

$$\rho_{bulk} = \frac{m_t}{V_t} \quad , \quad \rho_{dry} = \frac{m_s}{V_t} \quad , \quad \rho_{solid} = \frac{m_s}{V_s}$$

$$\rho_{wet} = \frac{m_t}{V_t} \quad , \quad \gamma = \rho * G \quad (G \rightarrow 9.806\ m/s^2)$$

G_s → specific gravity (measured)

$$G_s = \frac{\rho_s}{\rho_w} = \frac{m_s}{V_s * \rho_w} \quad (\rho_w \rightarrow 1000\ kg/m^3)$$

$$D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} * 100\%$$

D_r (measured); e_{max} without compaction; e_{min} with compaction

⇒ we find $[e]$ by this way only with coarse soil.

$$n = \frac{e}{1+e}$$

$$e = \frac{n}{1-n}$$

$$\rho_{total\ (bulk)} = \rho_{dry}\ (1+w_c)$$

$$G_s \cdot w_c = S_r \cdot e$$

$$A = n\ (1 - S_r)$$

$$\rho_{bulk} = \frac{G_s\ (1+w_c)}{1+e} \cdot \underbrace{1000}_{\rho_w}$$

ملاحظة ⇐ يجوز فرض V_s او m_s = 1 واذا لم تُذكر في الامتحان.

⇐ نجد m_t من خلال توزين العينة.

نجد m_s من خلال توزين العينة بعد تنشيفها بالفرن.

نجد m_w من خلال طرح السابقتين.

نعتبر $m_a = 0$

نجد V_w من خلال الكثافة $\rho = \frac{m}{V}$

$$1000 = \frac{m_w}{V_w}$$

نجد V_s من خلال (G_s)

نجد V_t من خلال الكثافة

نجد V_a من خلال العلاقة $(V_a = V_t - (V_w + V_s))$

$$m_w = m_v$$

$$V_a + V_w = V_v$$

$$m_s + m_w = m_t$$

$$V_s + V_v = V_t$$

و نجد الخصائص ~~[illegible]~~ باعتماد على صيغة العينة.

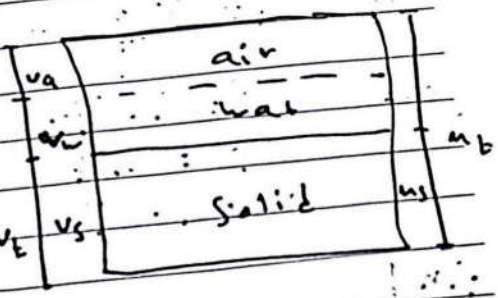
Série

ex $M_t = 2290\ g$

$V_t = 1,15 \times 10^{-3}\ m^3$

$M_s = 2035\ g$

$G_s = 2,62$



① bulk density $= \frac{2290}{1,15 \times 10^{-3}} = 1990\ kg/m^3$

② Unit weight $= 1990 * 9,806 = 19,5\ kN/m^3$

③ $w_c = \frac{M_w}{M_s} = \frac{2290 - 2035}{2035} * 100\ \% = 12,5\ \%$

④ $e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V_t - V_s}{V_s}$

$G_s = \frac{M_s}{V_s \rho_w} = 2,68 \Rightarrow V_s = 7,59 \times 10^{-4}\ m^3$

$e = \frac{1,15 * 10^{-3} - 7,59 * 10^{-4}}{7,59 * 10^{-4}} = 0,52$

⑤ $h = \frac{V_v}{V_t} = \frac{1,15 * 10^{-3} - 7,59 * 10^{-4}}{1,15 * 10^{-4}} * 100\ \% = 34\ \%$

⑥ $S_r = \frac{V_w}{V_v} * 100\ \% = \frac{2,55 * 10^{-4}}{1,15 * 10^{-3} - 7,59 * 10^{-4}} = 65,2\ \%$

$\rho_w = \frac{M_w}{V_w} = 1000 = \frac{2290 - 2035}{V_w}$

$V_w = 2,55 * 10^{-4}$

$A = \frac{V_a}{V_T} = \frac{V_V - V_w}{V_t} = 11,83\ \%$

@ the

$\rho = 1.76\ Mg/m^3$ | $1 Mg/m^3 = 1 g/cm^3$

$\rho_s = 2,7\ Mg/m^2$

$w = 10\ \%$

d

d ?

$d = \frac{G_s}{1+e} \rho_w$ or $\frac{\rho_w}{1+w_c} = \frac{1,76}{1,1} = \boxed{1,6}$

$\rho = 1,76 = \frac{M_t}{V_t}$

$G_s = \frac{\rho_s}{\rho_w} = \frac{2,7}{1} \Longrightarrow = 2,7$

$w_c = \frac{M_w}{M_s} = 0,1 \Rightarrow M_w = 0,1\ M_s$

sume $V_s = 1$

$s = \frac{M_s}{V_s \rho_w} \Rightarrow M_s = 2,7\ g$

$\therefore M_w = 0,27\ g$

$\rho = 1,76 = \frac{2,7 + 0,27}{V_t}$

$V_t = 1,6875$

$v = V_t - V_s = 1,6875 - 1 = 0,6875$

$d = \frac{M_t}{V_t} = \frac{M_s + 0}{V_t} = \frac{2,7}{1,6875} = \boxed{1,6\ Mg/m^3}$

② void ratio (e) =>

$1,6 = \frac{2,7}{1+e} \rho_w \Rightarrow e = ?$

$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{0,6875}{1} = 0,69$

③ porosity (n) $= \frac{e}{1+e} = \frac{V_v}{V_t}$

$= \frac{0,6875}{1,6875} * 100\% = 40,7\%$

④ degree of saturation (S_r)

$G_s w = S_r e$ or $S_r = \frac{V_w}{V_v}$

$\rho_w = \frac{M_w}{V_w}$

$M_w = 0,27 cm^3$

$S_r = \frac{0,27}{0,6875} * 100\% = 39,36\%$

⑤ air content

$A = n(1 - S_r)$ or $\frac{V_a}{V_T} = \frac{V_v - V_w}{V_t}$

$= \frac{0,6875 - 0,27}{1,6875} * 100\%$

$= \frac{M_w}{\quad}$ @ $S_r = 1$ بختلف عن اللي فوق لانو بدو يكون $S_r = 1$

⑥ $\rho_{sat} = \frac{G_s + e}{1+e} \rho_w$ or $\frac{M_t}{V_t} = \frac{M_s + M_w}{V_t}$

$\rho_w = \frac{M_w}{V_w = V_v} = 1 = \frac{M_w}{1,6875}$

$M_w = 1,6875$

Compaction :-

- عملية دمك/رص التربة بهدف رفع كثافتها ومقاومتها وتماسكها وتقليل نفاذيتها والهبوط

- المرحلة الأولى: (في المختبر) لمعرفة جودة الدمك المطلوبة لتربة الموقع.

١) نستخدم إحدى الأجهزة التالية

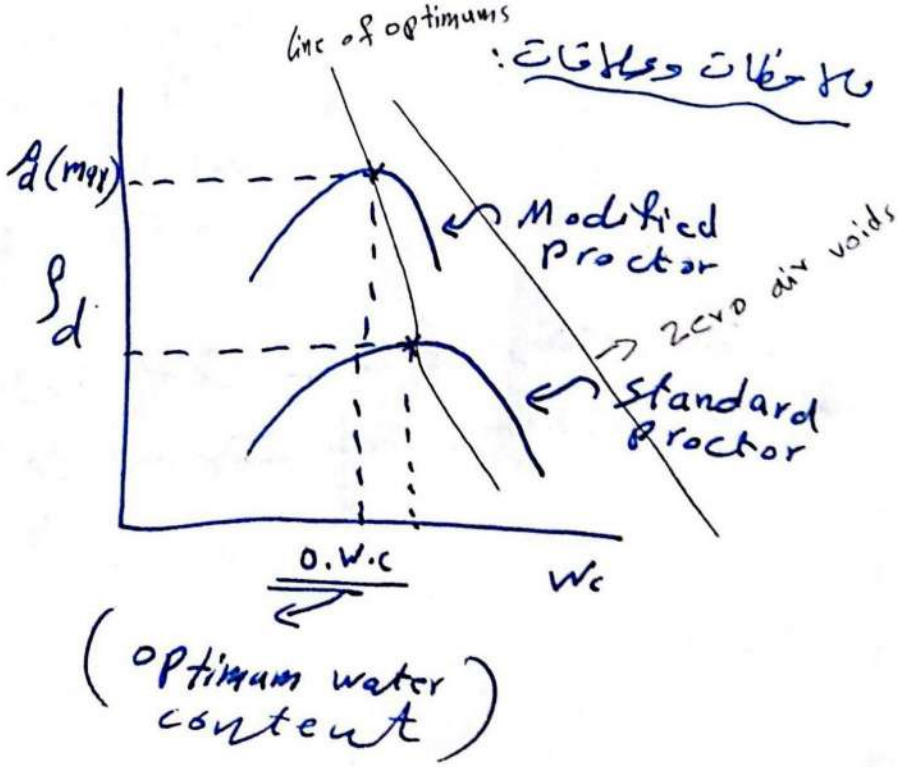
coarse	fine
vibrating hammer	falling weight and hammer Kneading compaction static loading and press

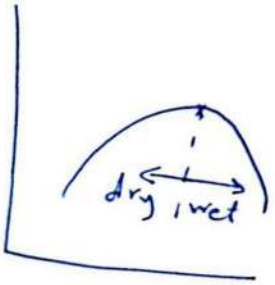
٢) نقوم بوضع العينة داخلها وإجراء دمك لها وفق المواصفات التالية

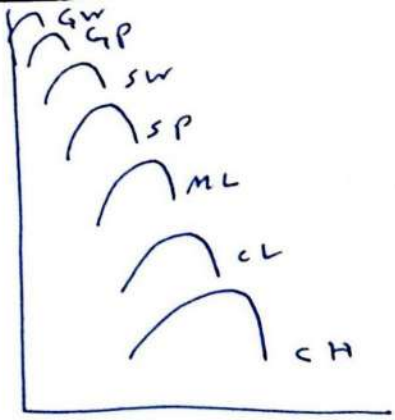
Standard proctor	Modified proctor
12 in height of drop	18 in height of drop
5.5 lb hammer	10 lb hammer
25 blows/layer	25 blows/layer
3 layers	5 layers
1/30 ft^3 mold size	1/30 ft^3 mold size
12.375 ft.lb/ft^3 [energy]	56.250 ft.lb/ft^3 [energy]

٣) نقيس (ρ_d) بعد ذلك وتكون هي أعلى (ρ_d) مطلوبة.

ملاحظات وعلاقات:







المرحلة الثانية: (في الموقع):

$$R.C = \frac{\rho_{d\text{-field}}}{\rho_{d\text{-max (lab)}}} \times 100\%$$

(relative compaction)

* % (90-100) ،

هي تعني نسبة الدمك في الموقع بأي الدمك المطلوب ويجب أن نحقق دوماً ما أكثر منها ونقيس ذلك من خلال أخذ عينة ترابية وقياس كثافتها ولذلك يوجد أكثر من جهاز.

1) Sand cone
2) Ballon
3) Oil (or water)

} destructive methode

4) Nuclear density methode } non-destructive methode

destructive methode: هي طرق تنص على عمل حفرة وأخذ تراب تلك الحفرة الصغيرة ثم وضع جهاز من الأجهزة الثلاثة السابقة وهو سيعطي حجم الحفرة وفي المختبر يتم تنشيف العينة وتوزينها أي أننا (m_s) ومن الأجهزة قسنا (V_t) فبقسمتهما $\left(\frac{m_s}{V_t}\right)$ سنحصل على ρ_d ثم نجد (R.C) فإذا تحققت النسبة المطلوبة نقبل وغير ذلك فنعيد الدمك على طبقة لكفاول أو الدمّاك.

ملاحظة: البالون ممكن يفقع إذا لقي حصوة في الحفرة لذلك وهي طريقة غير عملية.

ملاحظة: الزيت أو الماء طريقة جيدة ولكن هش لائق بهذه الأسئلة فنقوم بوضع مرشة بولستيرين تحتها.

الطريقة الأخيرة: هي الأفضل بمئة مرة أخذ عينة وحفر وفحص وصيانة، على الرغم أننا نضع هذا الجهاز على التراب وهو سيعطيك على القيم المطلوبة من خلال الطلاء بوجات لذلك ولكن من سلبياته أنه يضر بصحة الشخص الذي يستخدمه إذا أخطأ باستخدامه لذا فالأكيد أن يكون خبيراً (حامل شهادة تتيح له استخدامه) غير أن استخدامه مكلف ويتطلب إجراءات إدارية وأمنية، فلذلك لا يستخدم إلا في المشاريع الحكومية والضخمة.

ملاحظة: عند تشغيل الجهاز نبتعد عنه مسافة (٥) متر لتجنب الأشعة الضارة لحواسنا.

تذكير: بشكل عام التذكير انه اثناء عمل وحتى نظافة الكشافة يدك الجسم واللي هو الجسم الحفرة فبنفس السفرة بجانبي زي الرمل. بحيث أننا نكون حاطين الرمل في وعاء مدرج بعد ما نكون عبينا الحفرة نرى كم الحجم اللي نقص من حجم الوعاء ويكون هو الحجم المطلوب، طار عندك كتلة وحجم راح نحصل على الكشافة الجافة المطلوبة

Water in Soil

- المياه تصل إلى التربة نتيجة الأمطار أو سقوط الثلوج أو الري لمياه الشرب أو غير ذلك.
- الماء ينتقل من المنطقة ذات الضغط الهيدروستاتيكي المرتفع للمنطقة ذات الضغط الهيدروستاتيكي المنخفض أي من المنطقة المرتفعة للمنخفضة بفعل الجاذبية وفروقة الضغوط بين المنطقتين وهذه الحركة أو الظاهرة تسمى (Seepage theory)
- (Fine) نفاذية الماء في الرمل من (coarse) لذلك تحتوي على الماء فإنها قد تؤثر عليه كونها تفعل (pressure) على التربة.
- في حالة الأشياء سوف نتعرف على ظواهر وتأثير المياه داخل التربة على أساسات السدود، مما نتائج عنه تصميم هذه السدود لاحقاً.

المرحلة الأولى: نأخذ عينات من أكثر من عمق (طبقة) لمعرفة ثابت النفاذية (Coefficient of Permeability) مختبرياً داخل طبقة.

$$K_x = \frac{\sum H K_x}{\sum H}$$

$$K_z = \frac{\sum H}{\sum \frac{H}{K_z}}$$

$$K_{avg} = \sqrt{K_x * K_z}$$

H: ارتفاع الطبقة المواصفة

K_x: المعامل على المستوى الأفقي
K_z: المعامل على المستوى العمودي
} من المختبر.

K_{avg}: المعامل المستخدم في الحساب والتصميم

If the soil is fine we use falling head machine to meas
K
but if it's coarse we use constant head machine.

المرحلة: معرفة طبيعة الطبقات في مادة الجيولوجيا الهندسية.

$$K_x = \frac{1 \times 5 + 1 \times 1.5 + 2 \times 2.5}{1 + 1.5 + 2} = 3.22$$

$$K_z = \frac{1 + 1.5 + 2}{\frac{1}{4} + \frac{1.5}{2} + \frac{2}{1}} = 1.5$$

$$K_{avg} = \sqrt{1.5 \times 3.22} = 2.2$$

$$\therefore K = 2.2$$

$1m = H_1$	$K_{x_1} = 5$, $K_{z_1} = 4$	(1)
$1.5m = H_2$	$K_{x_2} = 3$, $K_{z_2} = 2$	(2)
$2m = H_3$	$K_{x_3} = 2.5$, $K_{z_3} = 1$	(3)

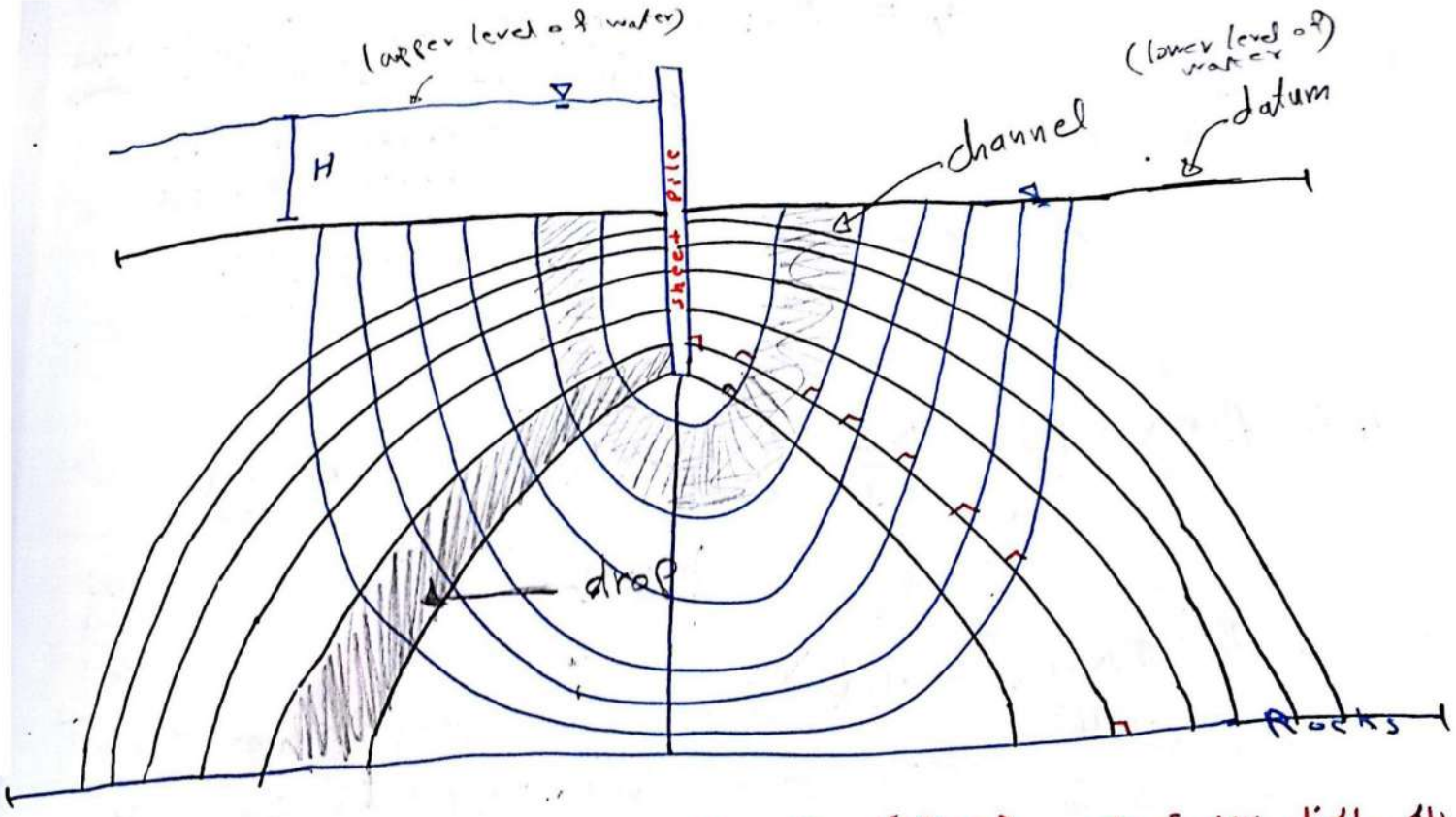
المرحلة الثانية: باستخدام برامج رسم خطوط انسيابية تنقسم لنوعين:

1) flow lines: خطوط تمثل تدفق/حركة الماء بالتربة

2) equipotential lines: خطوط تمثل محدودية الخطوط السابقة

اكمافات بينهم كل (two flow line) تسمى (channel)

" " " (two equ. line) تسمى (drop)



اللي بالخط الأزرق هي (flow) واللي بالأسود هي (equipotential) ولاحظ أنهم متعامدين

نتوقف بالرسم عند الوصول لطبقة صخر.

نفرض عدد وهمي من (flow) أقل من 10 أو بداية ثم نعامده بخطوط الـ (equ.) بعدد

hydraulic gradient (i) $= \frac{\Delta H}{N_D \cdot L} = \frac{\Delta h}{L}$ ، $\Delta h = \frac{\Delta H}{N_D}$

L: طول مسار الجريان
ΔH: الفرق في منسوب الماء
N_D: Number of drops
Δh: Pressure head

$$i_{max} = \frac{\Delta H}{N_D \cdot L_{min}}$$

$$i_{critical} = \frac{G_s - 1}{1 + e} = \frac{\gamma_{sat} - \gamma_w}{\gamma_w} \quad , \gamma_w = 9810$$

{ if $i_{max} > i_{critical}$ then the dam is safe. } ← ملاحظة

Pore water pressure (u) $= h_p \gamma_w$

$$h_p = \Delta H - \frac{\Delta H}{N_D} \cdot N_{D_j} + h_z$$

N_{D_j} ← Number of drops until the point.

h_z ← الفرق بين نقطة الصعود ونقطة الهبوط.

نأخذ لذلك (٣) نقاط على أعماق مختلفة من الجهة اليمنى
ونأخذ (٣) نقاط على نفس الأعماق على الجهة اليسرى

---

uplift force (P) $= \frac{\Delta x}{3} \left(u_f + u_L + 2 \sum u + 4 \sum u \right)$

ذوات الترتيب الزوجي ← ذوات ترتيب فردي

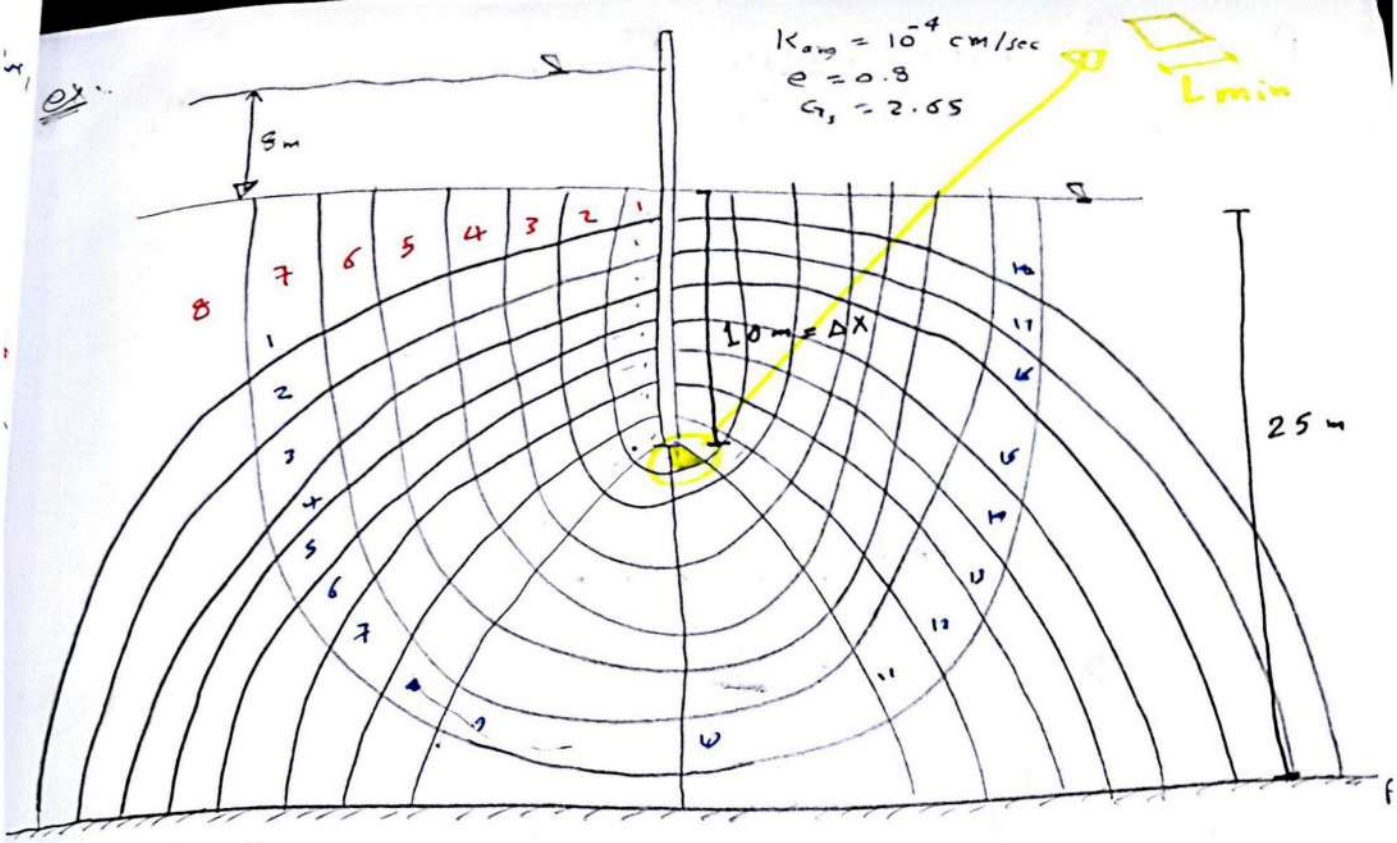
ذوات الترتيب الزوجي: ذوات الترتيب الفردي

ملاحظة: يكون الترتيب من منسوب الماء المرتفع باتجاه منسوب الماء المنخفض.

ملاحظة: عند قمة (drops) يكون من منسوب الماء المرتفع للمنخفض.

{ if $P <$ weight of the dam then the dam is safe. } ← ملاحظة

Δx: طول الأفقي للسد الكبير
نجعله في حدود، إذا كان
sheet pile



$\Delta H = 8$

$N_f = 8$

$N_D = 18$

* $q = 10^{-4} \times \frac{8 \times 8 \times 100}{18} = 3.56 \text{ cm}^3/\text{sec}$

$$q = \frac{K \times \Delta H \times N_f}{N_D}$$ flow of water in the soil

* $J_{max} = \frac{\Delta H}{N_D \times L_{min}} = \frac{8}{18 \times 0.6} = 0.74$

* $J_{critical} = \frac{\gamma_{sat} - \gamma_w}{\gamma_w} = \frac{G_s - 1}{1+e} = \frac{2.65 - 1}{1 + 0.8} = 0.916$

*

يمكن الاستغناء عن هذا في الإجابة

النقطة	h_z	N_d	$N_d \cdot \Delta h$	h_p	u
1	0	0	0	8	78.4
2	-2	1	0.44	9.56	93.6
3	-3.6	2	0.89	10.91	106.9
4	-5.2	3	1.33	11.87	116.3
5	-7	4	1.78	13.22	129.6
6	~~-8.4~~	~~5.5~~	2.44	13.96	136.8
7	-10	8	3.56	14.44	141.6

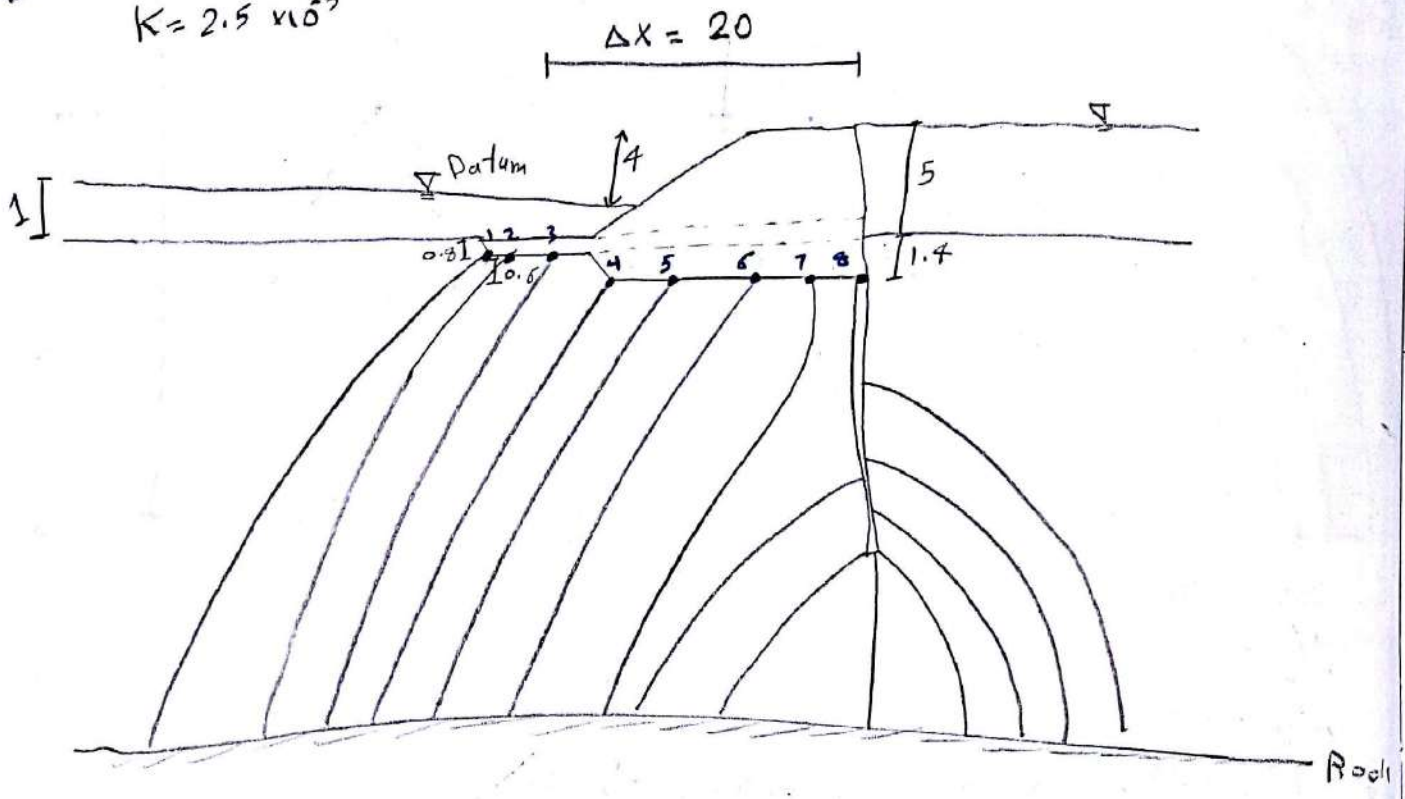
$$P = \frac{\Delta x}{3}\left[78.4 + 141.6 + 2(10.69 + 129.6) + 4(93.6 + 116.3 + 136.8)\right]$$

$$= \frac{10}{3} \cdot 2079.8 = 6.932 \text{ KN}$$

$i_{max} < i_{critical}$ → not safe dam

Ex:

$K = 2.5 \times 10^{-5}$



find q, P ??

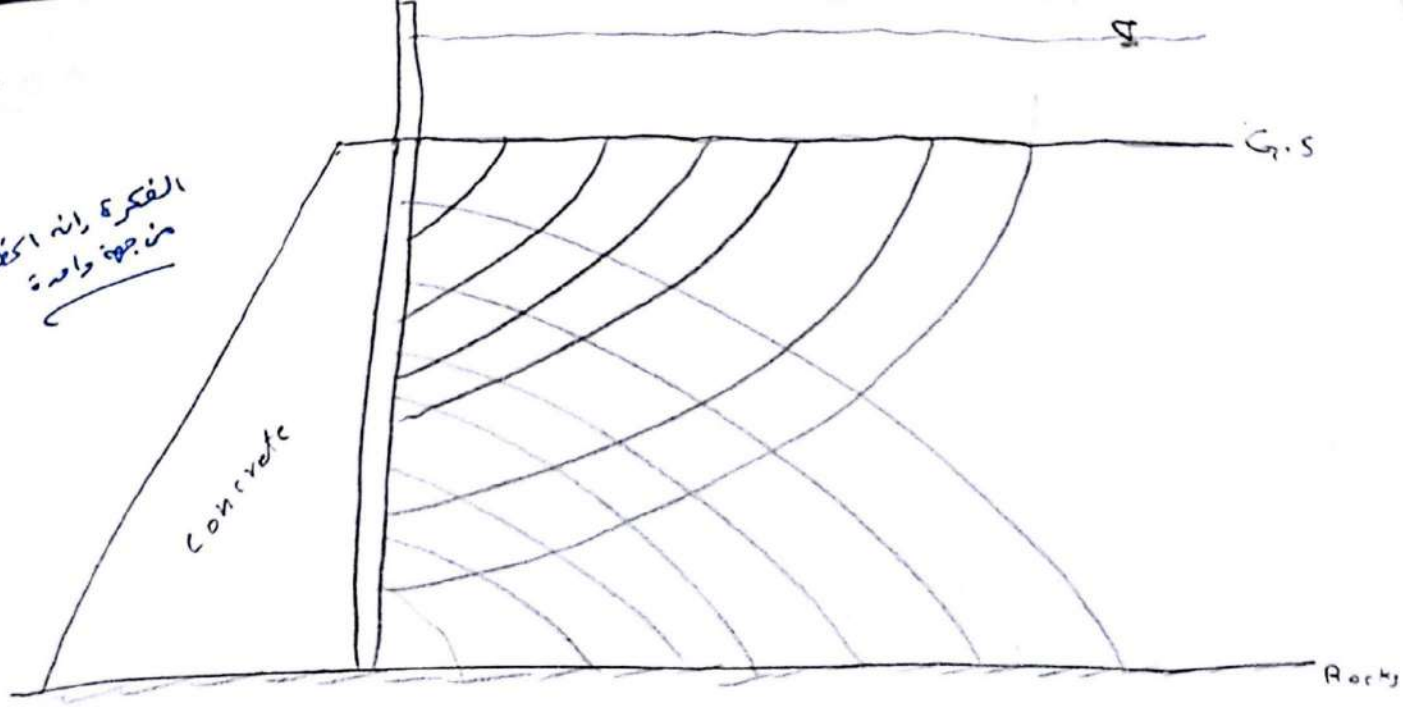
$$q = 2.5 \times 10^{-5} \times \frac{4}{15} \times 5 = 3.1 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sec}$$

point	h_z	h_p	$h_p - h_z$	u
1	-1.8	0.27	2.07	20.3
2	-1.8	0.53	2.33	22.9
3	-1.8	0.8	2.6	25.5
4	-2.1	1.07	3.17	31.1
5	-2.4	1.33	3.73	36.6
6	-2.4	1.6	4	39.2
7	-2.4	1.87	4.27	41.9
8	-2.4	2	4.4	43.1

$$P = \frac{20}{3}\left[20.3 + 42.1 + 2(25.5 + 36.6 + 41.9) + 4(22.9 + 31.1 + 39.2)\right]$$

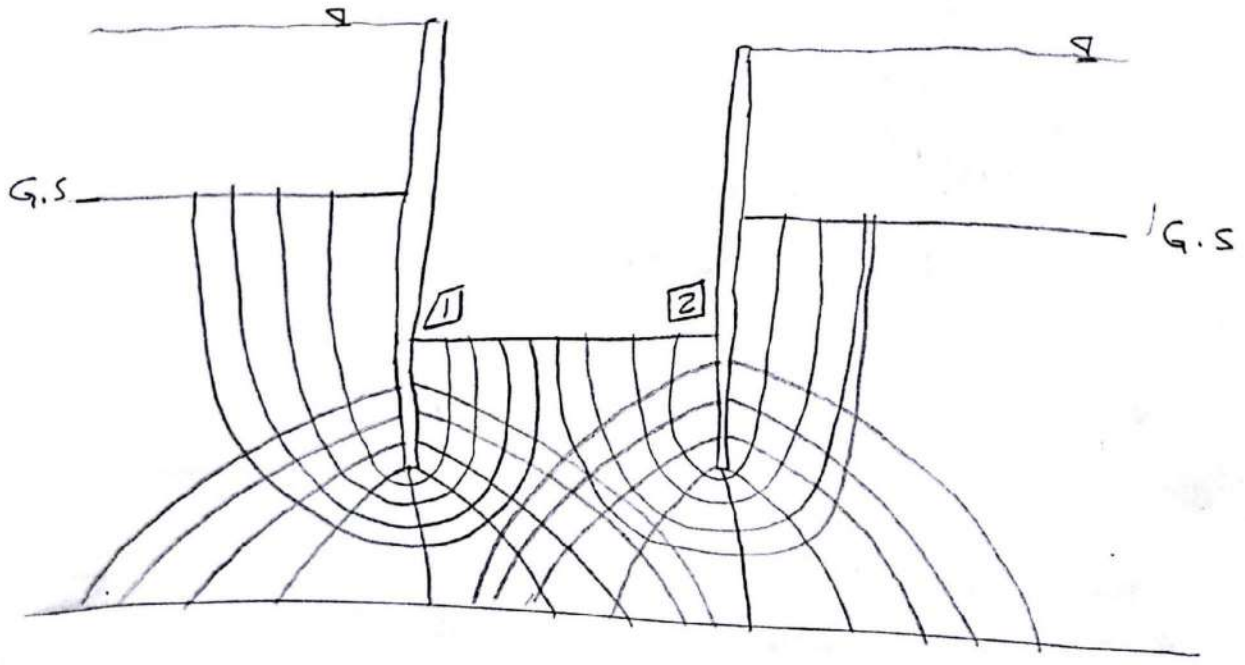
$$= 4.28 \text{ KN}$$

ك١:



الفكرة إنه اكتفوط من جهة واحدة

ك٢:



الفكرة إنه

$$q = q_1 + q_2$$

Scanned by CamScanner

Effective stress :-

* effective stress = total stress - porewater pressure

$$\bar{\sigma} = \sigma - u$$

* إذا كانت التربة (coarse) فإن نفاذيتها عالية مما يعني أنها لن تحتفظ بكمية كبيرة من المياه بداخلها لذلك فإن تأثير الماء مهمل فنعتمد عند التصميم عليها الـ ($\bar{\sigma}$) إلا في حالة إذا كانت المنطقة معرضة للزلازل فنعتمد حينها على (σ) لأنه سيتمنع خروج الماء من طبقة رملية وبالتالي سيكون للماء - ضغط - تأثير.

* إذا كانت التربة (fine) فإن النفاذية قليلة لذا فإنه قادر على تخزين كمية كبيرة ولا نستطيع إهمال تأثير ضغطها عليها لذلك فنحن نعتمد (σ) ولكن بعد الإنتهاء من البناء تبدأ الطبقات بالهبوط وإخراج المياه فيصبح التأثير يقل حتى الإنعدام لذلك فعلينا حينها إعتماد الـ ($\bar{\sigma}$) وعلى هذا الأساس ففي حالة الـ (fine) فنحن نقيس (σ) و ($\bar{\sigma}$) ونعتمد الأقل بينهما في التصميم.

* دراسة الهبوط وليس التصميم فيكون على (σ) في حالة elastic . و ($\bar{\sigma}$) في حالة (consolidation) ، وهذا ما سنتعرف عليه لاحقاً.

* في هذا الشابتر سوف نتعرف على طريقة حساب هذه الإجهادات بأنواعها على التربة بحالات مختلفة :

1 Soil layers :- "overburden stress"

$$\sigma = H\gamma$$

H ← layer height ; γ ← specific weight

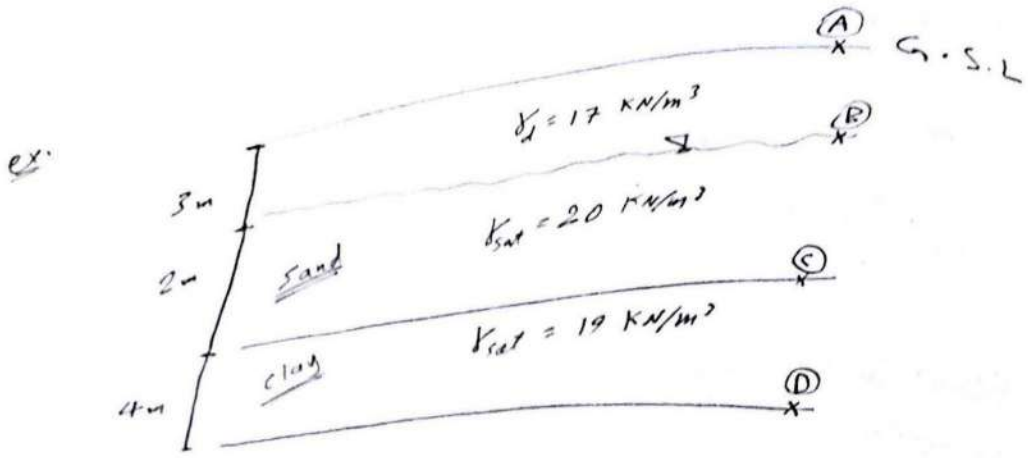
$$u = H\gamma_w$$

H ← distance between point and water table. ; γ_w ← 9810

$$\bar{\sigma} = \sigma_t - u$$

Scanned by CamScanner

ex:



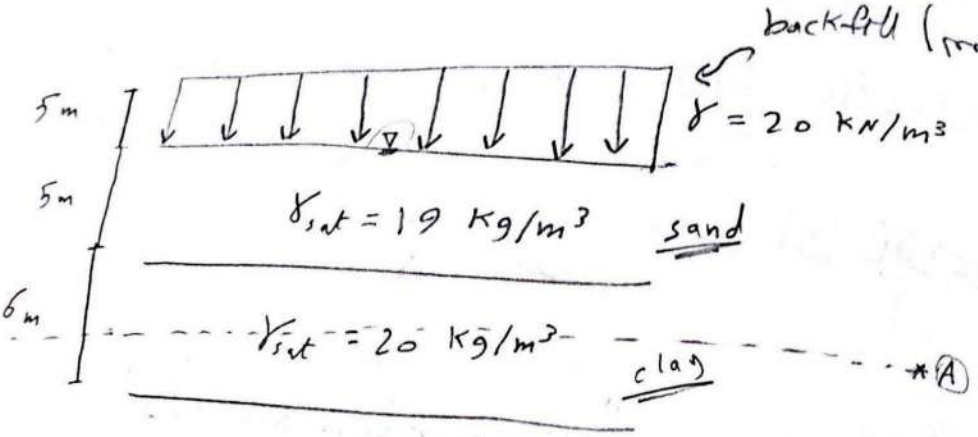
$\bar{\sigma}_A = 0 - 0 = 0$ {(σ) at surface always zero}

$\bar{\sigma}_B = 3 \times 17 - 0 = 51$ {above water table, (u) always zero}

$\bar{\sigma}_C = (3 \times 17 + 20 \times 2) - (2 \times 9.81) = 71.4$

$\bar{\sigma}_D = 108.2$

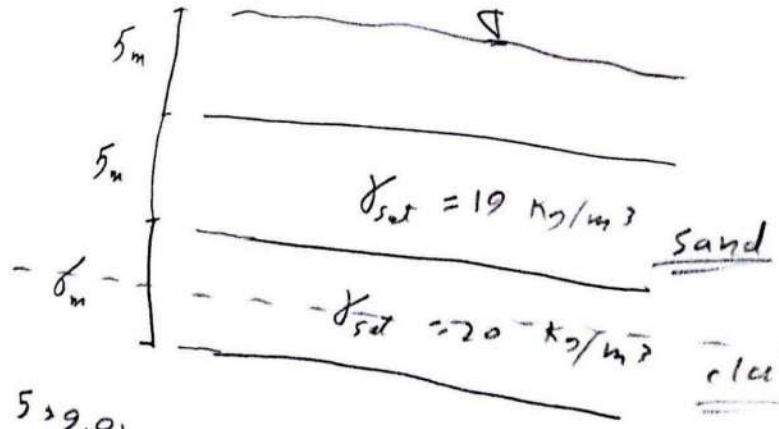
ex:



$\bar{\sigma}_{A\text{-before fill}} = 19 \times 5 + 3 \times 20 - 8 \times 9.81 = 78.6$ KN/m³

$\bar{\sigma}_{A\text{-after fill}} = 5 \times 20 + 5 \times 19 + 3 \times 2 - 8 \times 9.81 = 176.6$ KN/m³

ex:



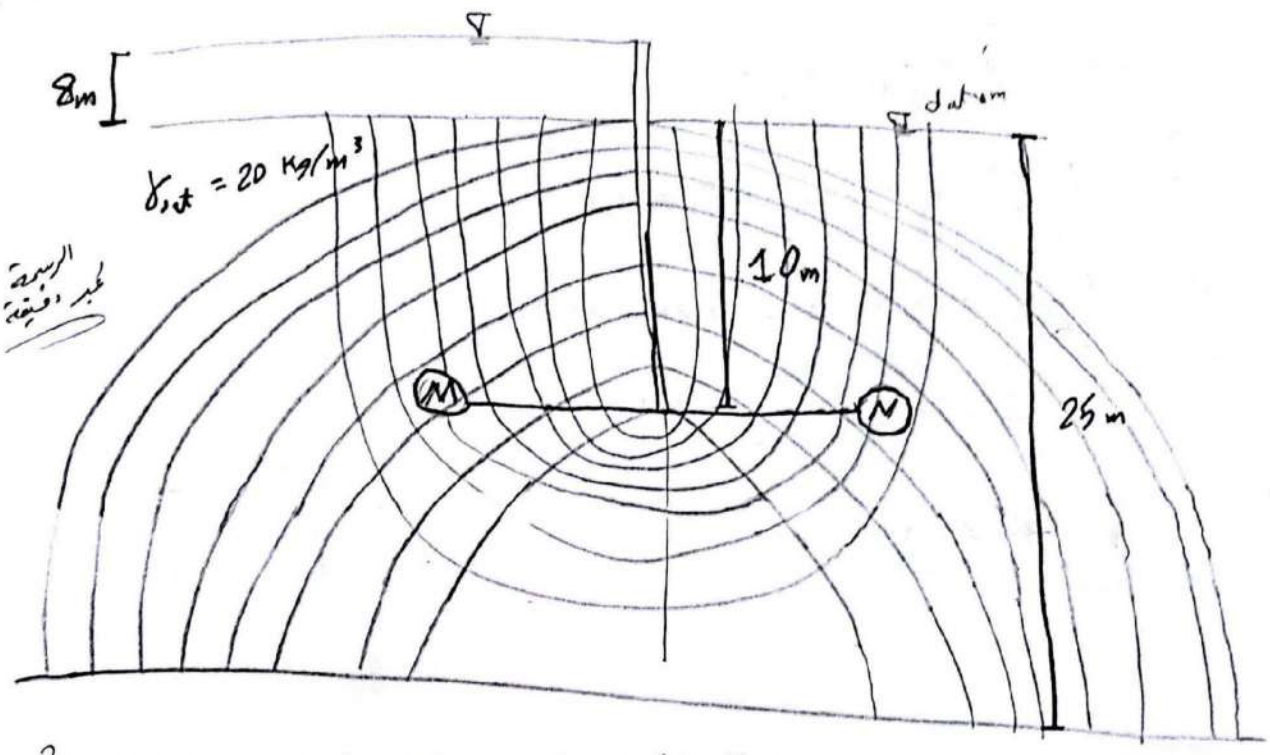
$\bar{\sigma}_A = 5 \times 9.81 + 5 \times 19 + 6 \times 20 - 9.81 \times 13 = 136.57$ KN/m³

ملاحظة: دائماً النقطة تكون في منتصف الطبقة.

- دائماً على ما كانت الطبقة ما تحت أكبر على ما كانت متعرضة للإجهاد أكبر.
- ما سبق يبين حالة الطبقات قبل البدء بالبناء من حيث الإجهادات المتعرضة لها.
- كيف عرفنا أنه صار ترتيب الطبقات؟!!!
  في مادة جيولوجيا هندسية.
- عرفنا مما سبق $(\bar{\sigma}_v)$، الإجهاد الناتج عن الجهد الذي نريد له (σ_z)،
  عند الانتهاء من البناء يكون التربة معرضة لـ ~~مجموع~~ $(\sigma_z + \bar{\sigma}_v = \bar{\sigma}_f)$ ← effective
  $(\sigma_z + \bar{\sigma}_v = \sigma_f)$ ← total

و يُبنى (final stress) ويجب ~~[illegible]~~ مقدار وفق تصميم للأساسات يتناسب مع مقاومة التربة، ونتأكد من التصميم في مادة (تصميم الأساسات) ونتعرف كيف نقيس مقاومة التربة لاحقاً في هذه المادة.

ex:



الرسمة غير دقيقة

$$\sigma_{t_M} = 8 \times 9.81 + 10 \times 20 = 278.48\ Kpa$$

$$u_M = \left(\Delta H - \frac{N_{D_1} \times \Delta H}{N_D} + h_z\right) \times \gamma_w = 9.81\left(8 - 1 \times \frac{8}{18} + 10\right) = 172.22\ Kpa$$

$$\bar{\sigma}_M = \sigma_{t_M} - u_M = 106.26\ Kpa$$

$$\sigma_{t_N} = 10 \times 20 = 200\ Kpa$$

$$u_N = 9.81\left(8 - 16 \times \frac{8}{18} + 10\right) = 106.82\ Kpa$$

$$\bar{\sigma}_N = \sigma_{t_N} - u_N = 93.18\ Kpa$$

Scanned by CamScanner

(2) point load ← مثل محور الحمل

$$\left[\sigma_z = \frac{Q}{z^2} \cdot I_p\right]$$

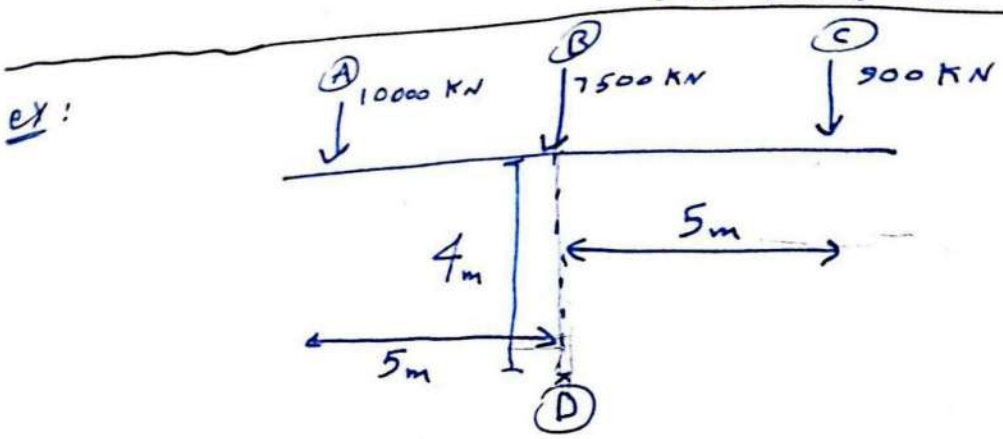
Q = load.

z = vertical distance between load and the point.

I_p = tabulated value dependent on $\left(\frac{r}{z}\right)$.

r = horizontal distance between load and the point.

ex:



$$(\sigma_z)_{at\ D} = \sigma_A + \sigma_B + \sigma_c$$

$$\sigma_A = \frac{10000}{(4)^2} * 0.095 = 2,8.125$$

$$\sigma_B = \frac{7500}{(4)^2} * 0.478 = 224.0625$$

$$\sigma_c = \frac{10000}{(4)^2} * 0.095 = 28.125$$

$$\therefore (\sigma_z)_D = 280.3\ Kpa$$

3 Line load

$$\sigma_z = \frac{2Q z^3}{\pi (x^2+z^2)^2}$$

مثال: اعتبر المثال السابق (line load) وحل.

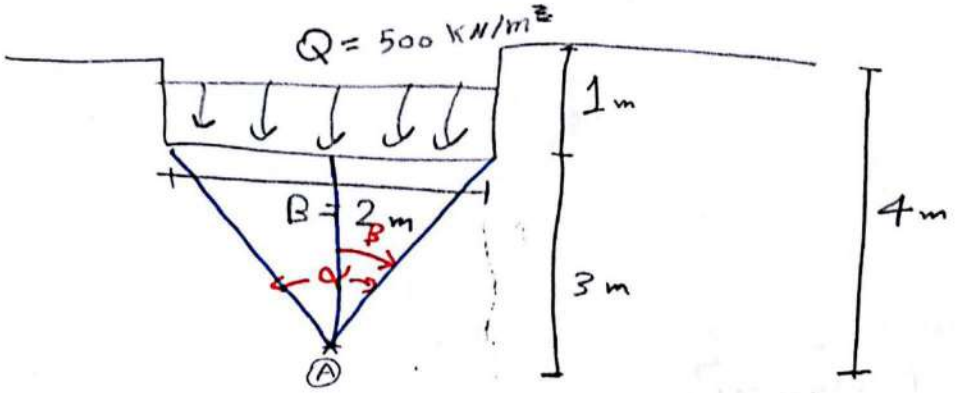
4 strip footing ← مثل الجدار الاستنادي "قاعدة مستمرة"

d - uniform

$$\sigma_z = \frac{q}{\pi}\left[\alpha + \sin\alpha \cdot \cos(\alpha+2\beta)\right]$$

$$q = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{B\times 1} = \frac{Q}{B} \quad , B = \text{thickness}.$$

Ex:



دائماً نحدد خطين من بداية ونهاية القاعدة جانباً أي النقطة (نهاية الطبقة) ونجد (α) و(β)

α = الزاوية بين الخطين.

β = الزاوية من الخط العمودي من النقطة أي الخط الأيمن.

α {Radian ⇐ [redacted]}

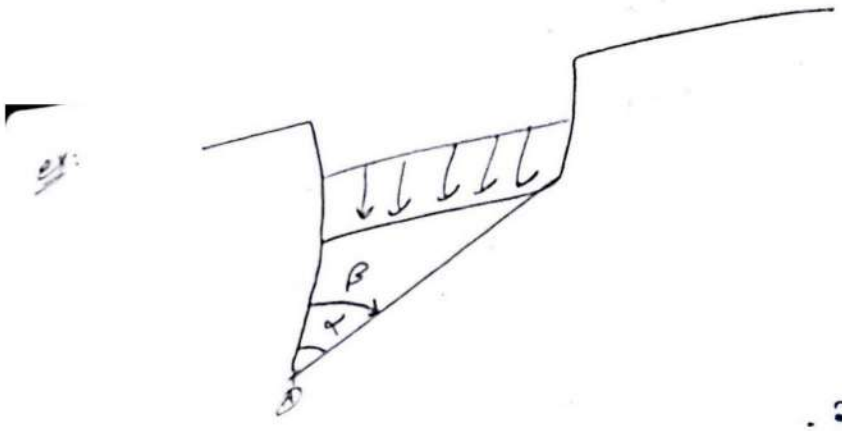
$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{1}{3}\right) = 18 = 0.32 \text{ rad}$$

Solution → $\alpha = 36 = 0.64$ rad

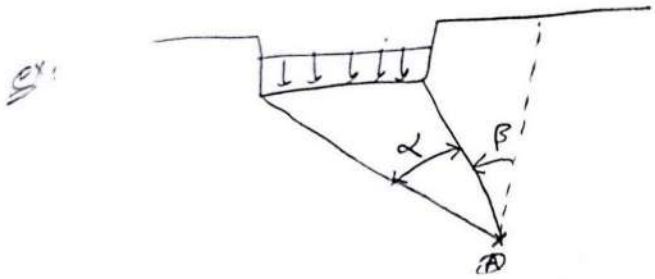
$$\sigma_z = \frac{\frac{5}{2\times 1}}{\pi}\left[0.64 + \sin(36)\cdot\cos(36-36)\right]$$

$$= 99.6 \text{ KPa}$$

Scanned by CamScanner



ملاحظة ⇐ α: دائماً موجبة.
β: موجبة عكس عقارب الساعة والعكس صحيح.



b - Nonuniform

$$\sigma_z = \frac{q}{\pi}\left[\frac{X\alpha}{\beta} - \frac{1}{2}\sin(2\beta)\right]$$

$$q = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{1}{2}\times B\times 1} = \frac{2Q}{B}$$

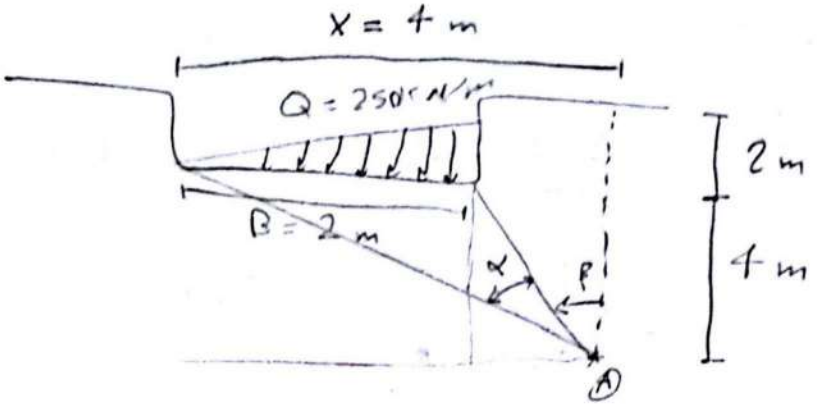
أما بالنسبة للزوايا، α: نفس السابقة

β: من الخط العمودي على النقطة إلى الخط الأقرب.

X = البعد الأفقي بين النقطة حتى النهاية (اليسار) للقاعدة.

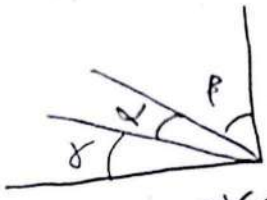
ملاحظة ⇐ لاحظ أننا استعملنا في الحالة السابقة (قاعدة نظراً لكون القاعدة طويلة جداً بينما في الأنواع اللاحقة الأخرى فسنشتغل على الجهة العلوية للقاعدة.

ex:



$$\sigma_z = \frac{\frac{2 \times 250}{2}}{\pi} \times \left[\frac{4 \times 0.32}{0.46} - \frac{\sin(2 \times 0.46)}{2} \right]$$

$$= 220.8 \text{ Kpa}$$



$$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{2}{4}\right) = 26.56$$

$$\gamma = \tan^{-1}\left(\frac{4}{4}\right) = 45$$

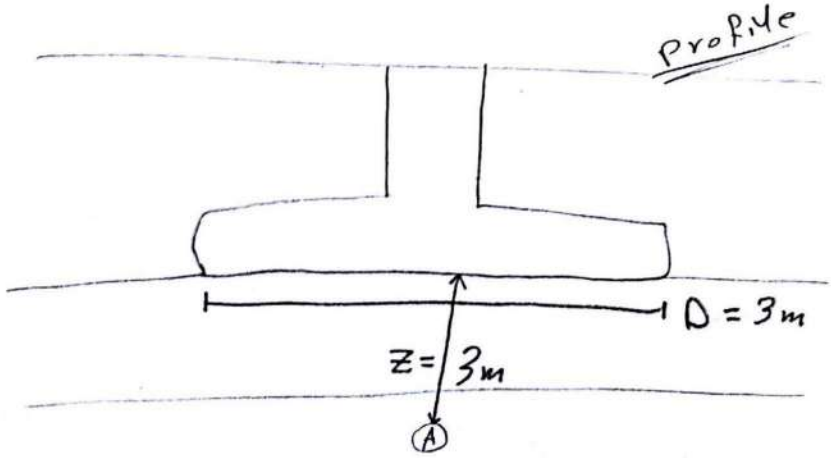
$$\alpha = 90 - (\beta + \gamma) = 18.43$$

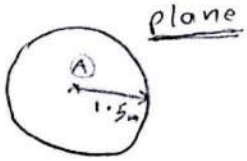
5 Circular footing.

$\sigma_z = q \times I_c$, I_c = ~~tabulated~~ figure value dependent on $\left(\frac{R}{z}\right)$

$$q = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} D^2} = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

ex:

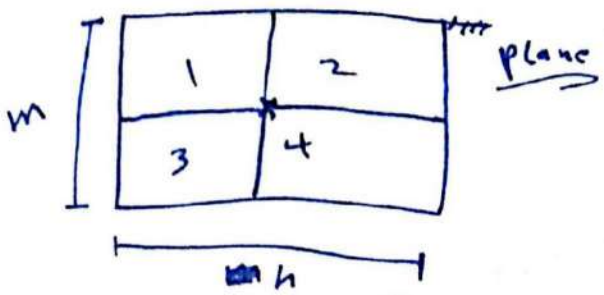




Scanned by CamScanner

6 Rectangular or square footing

* $\sigma_z = q \cdot I_r$, I_r: figure value dependent on (B/L)



* $q = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{m \cdot n}$

m: طول صغير

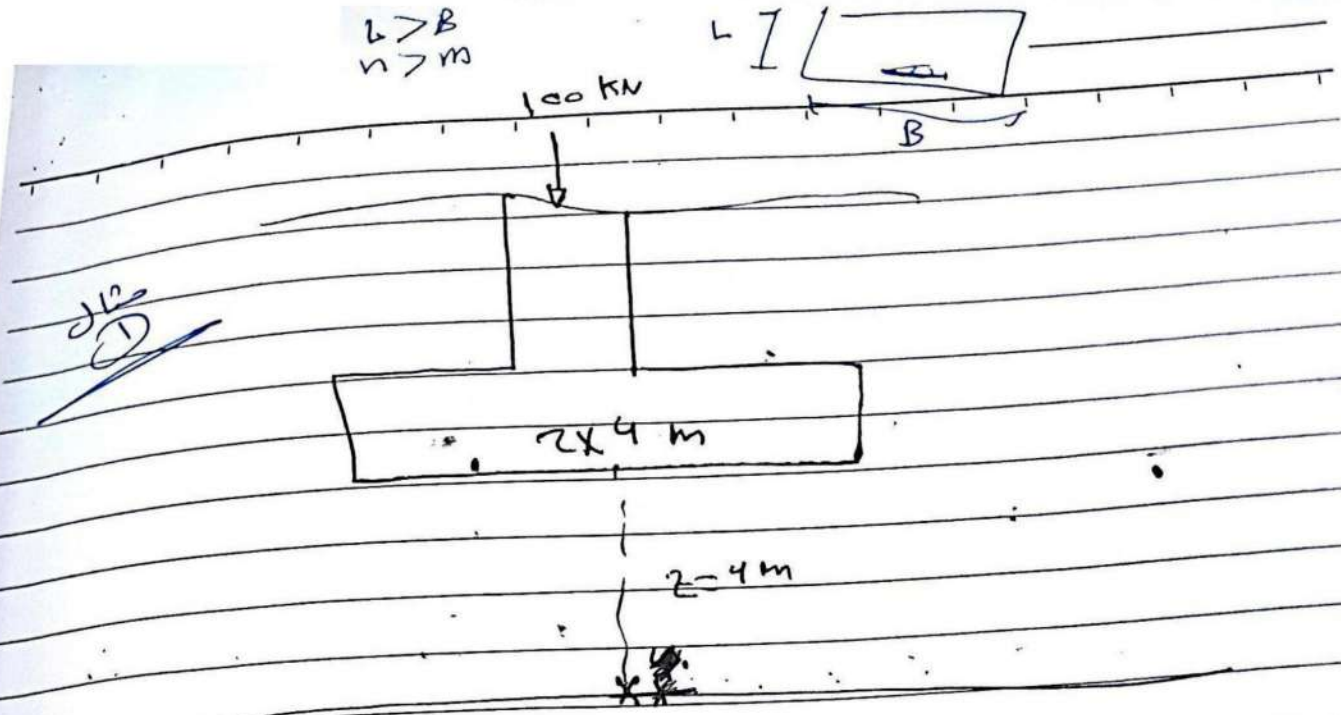
n: طول كبير

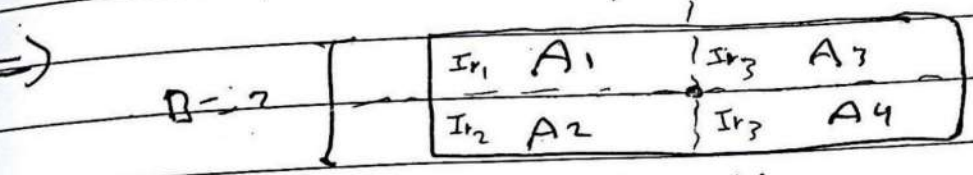
B: طول الجزئي من (m)

L: طول الجزئي من (n)

نقسم الشكل إلى عدة أقسام بحيث تمثل كل واحدة منها مستطيلة للحمل من القاعدة بشرط أن تكون هذه الأقسام تحتوي على النقطة بزاوية لها.

L > B
n > m





L ≠ 4

$$\frac{q}{A_1} + \frac{q}{A_2} + \frac{q}{A_3} + \frac{q}{A_4}$$

$$\sigma_z = \frac{100}{4 \times 2} \left[I_{r_1} + I_{r_2} + I_{r_3} + I_{r_4} \right]$$

$$m = \frac{B}{z} = \frac{1}{4} = 0,25$$

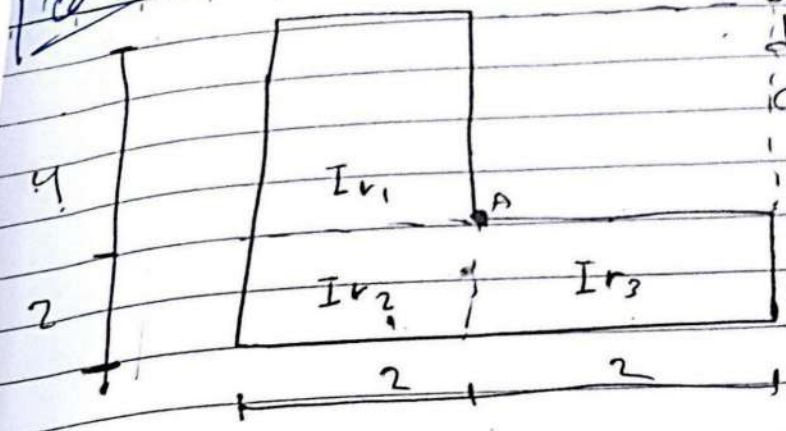
$$n = \frac{2}{4} = \frac{1}{2} = 0,5$$

I_r يؤخذ الجدول نفسه

$\rightarrow I_{r_1} =$ _____

$$= \frac{100}{4 \times 2} \left[4 I_r \right] =$$

@ ثانية



$$I_A = \frac{100}{[4*2]+[2*4]} * [I_{r_1} + I_{r_2} + I_{r_3}]$$

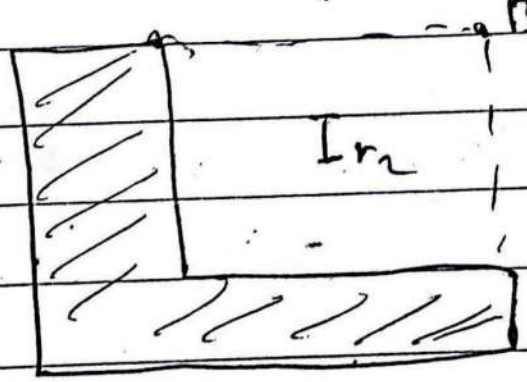
$I_{r_1} \Leftrightarrow m = \frac{2}{4}$ $\quad h = \frac{4}{4}$

$r_2 \rightarrow m = \frac{2}{4}$ $\quad h = \frac{2}{4}$

$r_3 \rightarrow m = \frac{2}{4}$ $\quad h = \frac{2}{4}$

لو كان بدنا عند B

$$I_B = \frac{100}{(4*2)\cdot(2*4)} [I_{r_1} - I_{r_2}]$$

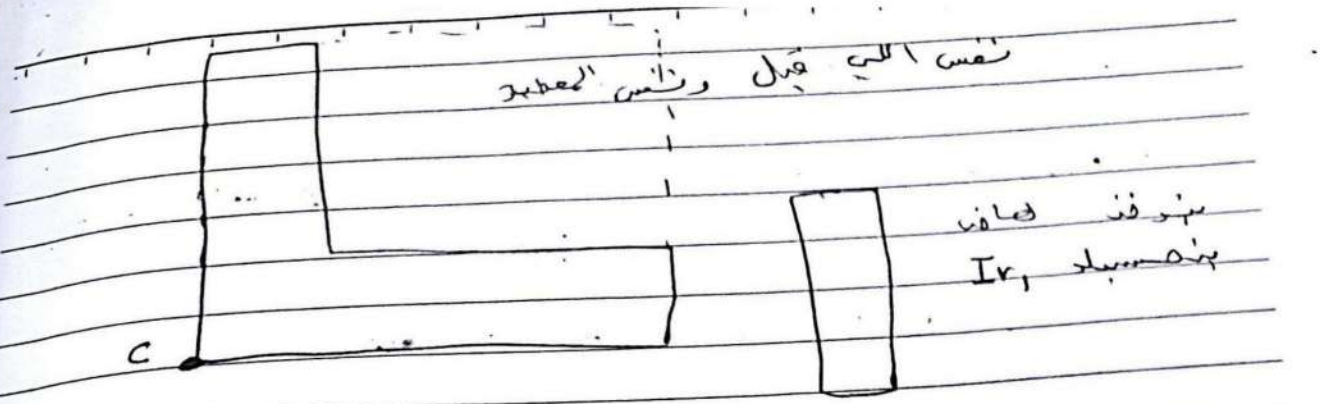


$m = \frac{4}{4}$

$n = \frac{6}{4}$

r_2 $\quad m = \frac{2}{4}$

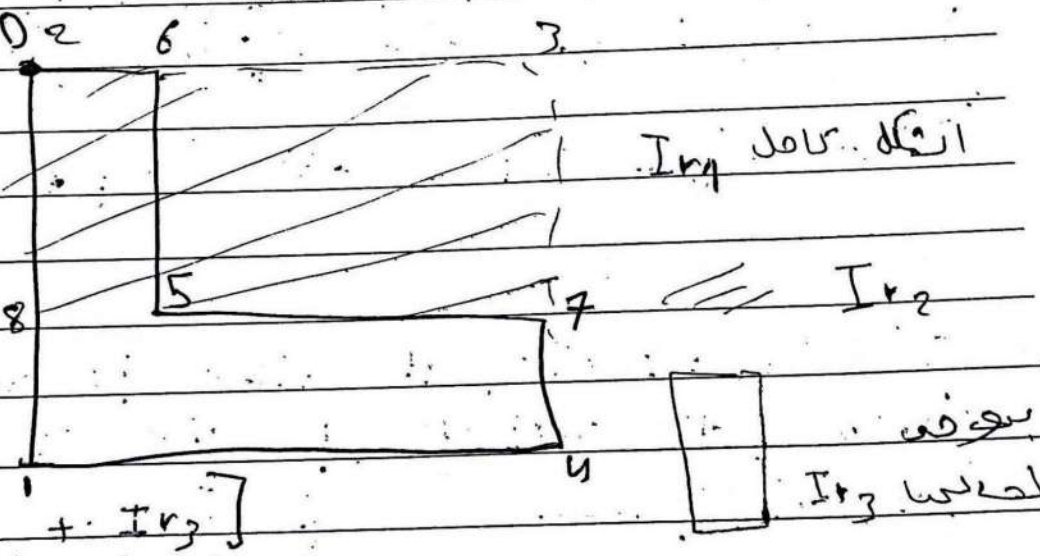
$n = \frac{4}{4}$



بوفق هاذا
نحسبه
I_{r_2}

بوفق هاذا
بنحسبه
I_{r_3}

$$\frac{\text{العطيد}}{A}\left\{I_{r_1} + I_{r_2} - I_{r_3}\right\}$$



$$I_r = \underset{(1,2,3,4)}{I_{r_1}} - \underset{(2,3,7,8)}{I_{r_2}} + \underset{(2,8,5,8)}{I_{r_3}}$$

* نفس النظر عمّا سبق ، إلا أنّ النقطة دائماً في وسط الطبقة وعلى سوى سنتروبد القاعدة .

* 1 ← σ_v ، $\bar{\sigma}_v$ // 2 3 4 5 6 → σ_z

$$\sigma_v + \sigma_z = \sigma_f$$

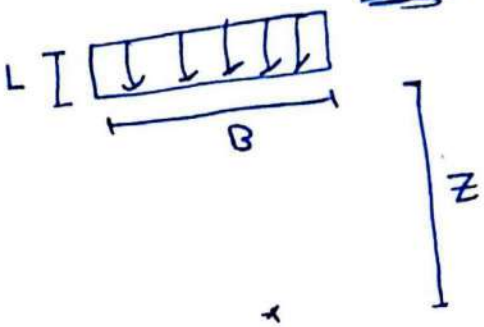
* يوجد قوانين تختصر بعض الحالات السابقة وهي كما يلي:

Strip ⇒ $\sigma_z = \dfrac{q\,B}{B+z}$

square ⇒ $\sigma_z = \dfrac{q\,B^2}{(B+z)^2}$

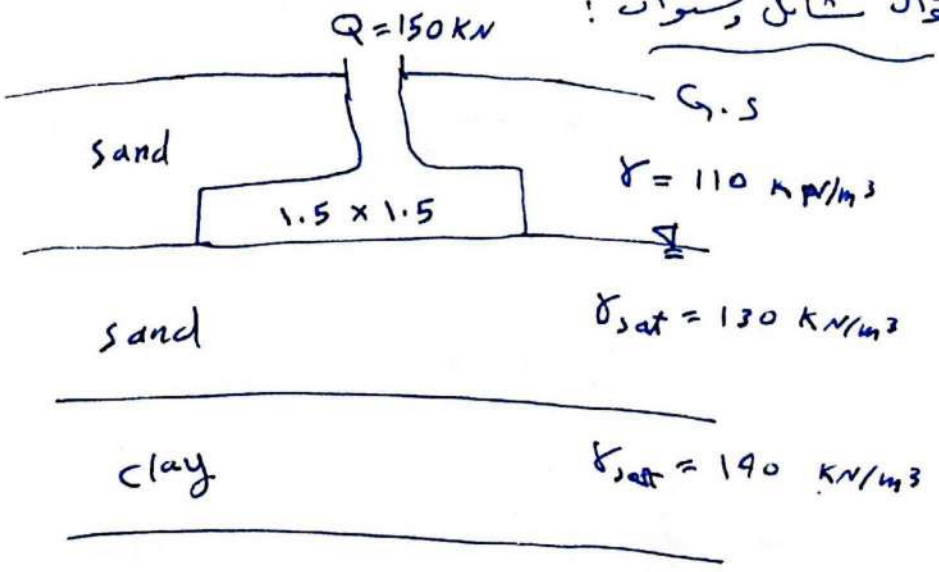
Rectangular ⇒ $\sigma_z = \dfrac{q\,BL}{(B+z)(L+z)}$

Profile



سؤال شامل وسنوات :

Find final effective stress at clay layer ??



Scanned by CamScanner

Consolidation

* معلومات عامة - مقدمة :

- يحدث للتربة هبوط نتيجة حمل اعلى وهو ما يسمى الهبوط الفوري (elastic settlement) حيث انه يأخذ مدة زمنية قصيرة أقل بكثير وهو في (coarse) أكبر من (fine).
- يحدث في (fine) هبوط مرن (elastic) ولكن بمقدار أقل مما هو عليه الـ (coarse) ولكن الـ (fine) معرض لنوع آخر وهو هبوط مركب (consolidation) ويأخذ مدة زمنية طويلة (∞) لذلك فيكون الهبوط في التربة الطينية هو مجموع التوعين من الهبوط وبالتالي فإن الهبوط بشكل عام في الـ (fine) أكبر منه في الـ (coarse).

$(S_{fine})_{total} = S_{elastic}$

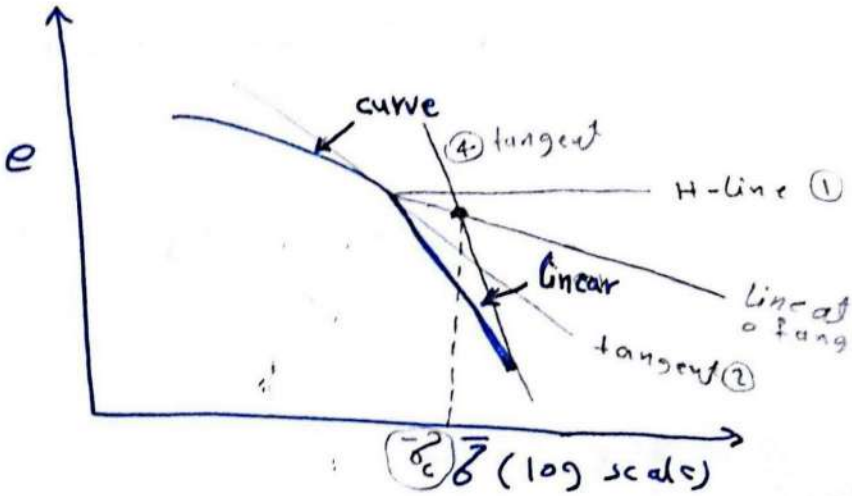
$(S_{coarse})_{total} = S_{elastic} + S_{consolidation}$ → $S_{primary}$ / $S_{secondary}$

- يجب منه دائماً أن نأخذ بعين الاعتبار مقدار الهبوط الذي قد يحدث في التربة إضافة إلى العوامل الأخرى كالمقاومة والسلوح وغير ذلك.
- سنتعرف الآن كيف نقيس مقدار الهبوط الحادث (consolidation):-

المرحلة الأولى: قياس ($S_{primary}$):

- نقوم بوضع عينة في جهاز المختبر يسمى [edometer test]
- يقوم هذا الجهاز بتوفير ظروف الهبوط الحادث وحفظ التربة.
- نتيجة ذلك سوف تقل (e) مع زيادة ($\bar{\sigma}$)، فنحصل على علاقة بينهما كما تالي.

نؤثر على العينة بقوة (P_1) تعطي σ_v ثم نضيف أضعاف مقدار القوة وتتوقف كل مرة عندما يتوقف المقدار عن القراءة.



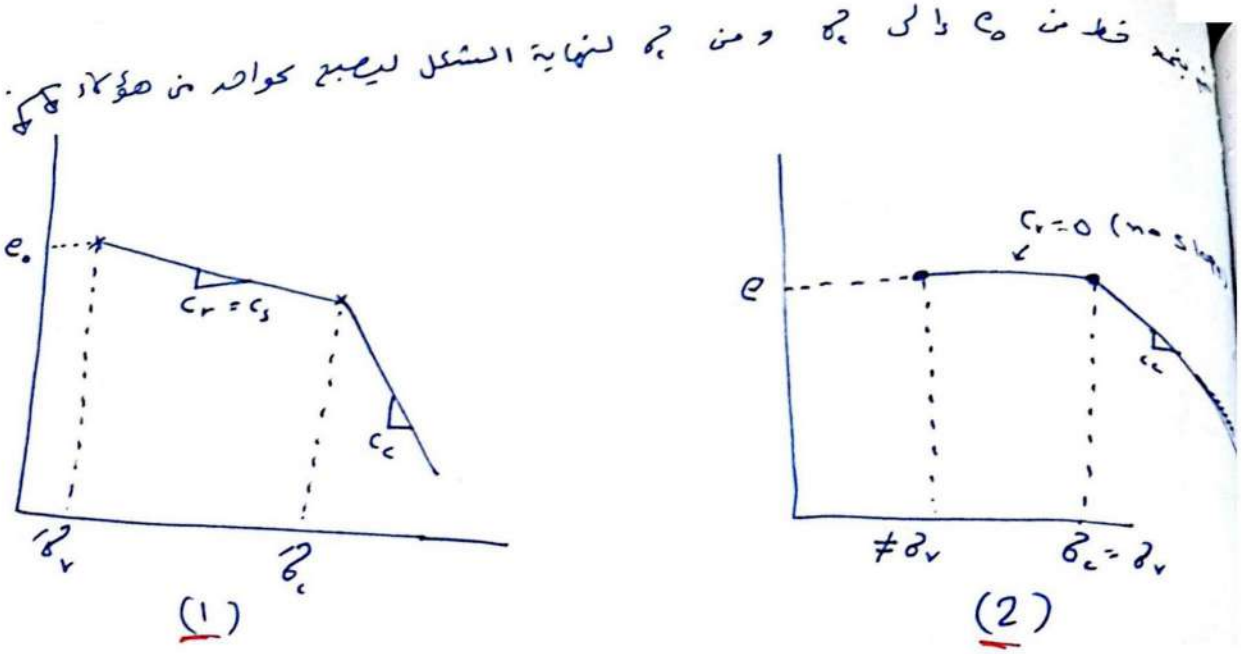
$e = e_o - \frac{\Delta H_v}{H_s}$

$e_o = G_s * w_c$

$\Delta H_v \Rightarrow$ (قراءة المقدار dial gage value)

$H_s \Rightarrow$ ارتفاع العينة

$e \propto \frac{1}{\bar{\sigma}}$



ملاحظة ⇐ حساب الكونسلديشن معتمد على ($\bar{\sigma}$) بينما الالاستيك (elastic) معتمد على (σ).

ملاحظة ⇐ حتى يحصل consolidation يجب ان تكون (fine) ويوجد خوفيا اي نعتبرها طبقة عاكفل fully saturated و coarse.

- Preconsolidated :- حيث ضاغط (ثقيلة) كان مبني عليها في الماضي واصبحت ذات مقاومة أعلى في الوقت الحاضر، ونعرف ذلك من خلال ما يلي ⇓

- over consolidation ratio (OCR) = $\frac{\sigma_c}{\sigma_v}$

(المنحنى (1))

If O.C.R $\geq$ 1 then it's overconsolidated soil (preconsolidation)

If O.C.R = 1 then it's normally consolidated soil.

(المنحنى (2) أعلاه)

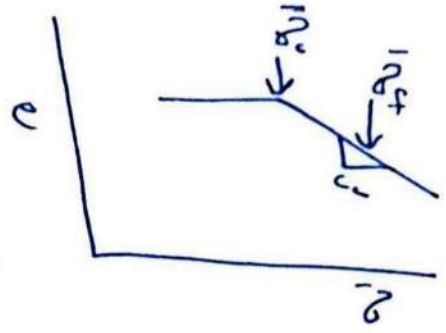
O.C. clay $\xrightarrow{\text{اقوى من}}$ N.C. clay

لحساب (Primary) فيلزم ان نعرف اي حالة واقعة بها التربة وحدد الحالات هي :

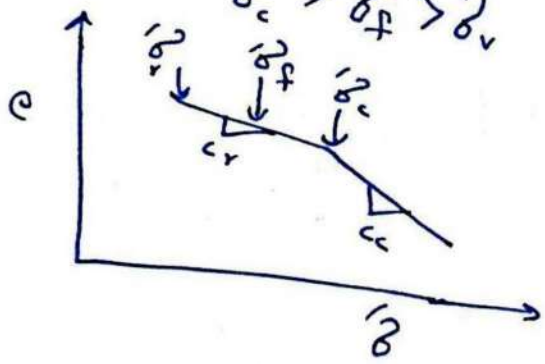
- $\Delta e = C_c \log\left(\frac{\sigma_f}{\sigma_c}\right)$ ⇐ {Normally consolidated soil} 1
- $\sigma_c = \sigma_v$
- $S_p = \frac{\Delta e}{1+e_o} \Delta H$

$$= \frac{C_c \log\left(\frac{\sigma_f}{\sigma_c}\right)}{1+e_o} \cdot \Delta H$$

- $e_o = G_s \times w_c$



$\bar{\sigma}_c > \bar{\sigma}_f > \bar{\sigma}_v$ ⇐ Ⓐ ⇐ {over consolidated soil} 2



$$\Delta e = C_r \log\left(\frac{\bar{\sigma}_f}{\bar{\sigma}_v}\right)$$

$$S_p = \frac{\Delta e}{1+e_o} \cdot \Delta H$$

$$= \frac{C_r \log\left(\frac{\bar{\sigma}_f}{\bar{\sigma}_v}\right)}{1+e_o} \cdot \Delta H$$

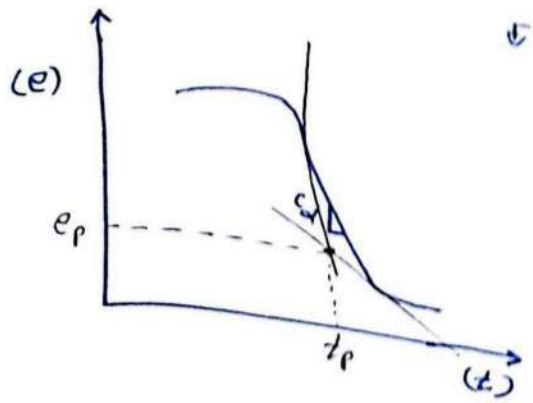
$$e_o = G_s \times w_c$$

$$\Delta e = c_1 \log\left(\frac{\sigma_1}{\sigma_2}\right) + c_2 \log\left(\frac{\sigma_2}{\sigma_3}\right)$$

$$S_p = \frac{\Delta e}{1+c_a}\,\Delta H$$

$$= \frac{c_1 \log\left(\frac{\sigma_1}{\sigma_2}\right) + c_1 \log\left(\frac{\sigma_2}{\sigma_3}\right)}{1+c_a} \times \Delta H$$

$$c_a = c_s \times w_c$$



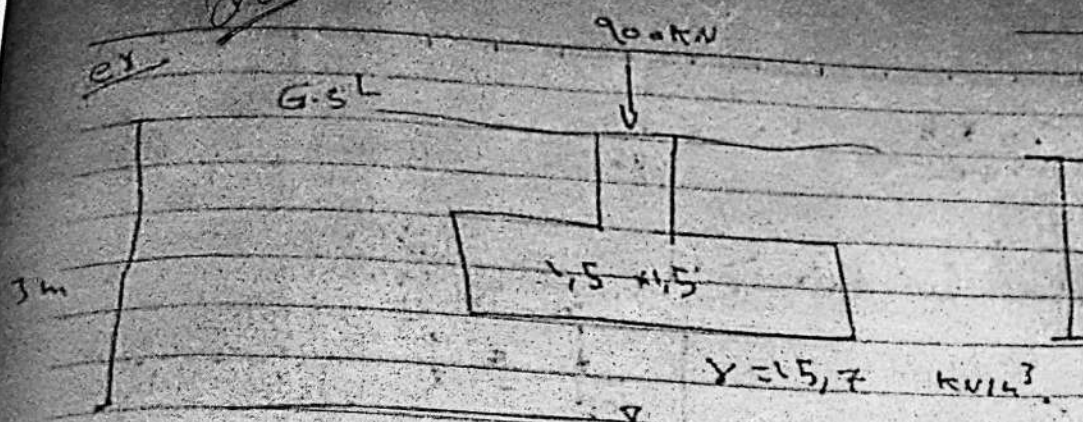
$$\Delta e = C_\alpha \log\left(\frac{t}{t_p}\right)$$

$$S_s = \frac{\Delta e}{1+e_p} \cdot \Delta H$$

$$= \frac{C_\alpha \log\left(\frac{t}{t_p}\right)}{1+e_p} \cdot \Delta H$$

- يبدأ هذا الهبوط بعد انتهاء (Primary) وهو غير منتهي لذا عند أي وقت بدلالة الزمن (t) وبس.
- ما يهمنا أكثر في التصميم هو (elastic + Primary) وكمان بيهمني زمن (90٪) من الـ Primary

Ex



$\gamma_{sat} = 18,9\ KN/m^3$

Sand — 3

clay — $\gamma_{sat} = 18,9\ KN/m^3$, $e_o = 1$, $C_c = 0,27$, $OCR = 1$ — 3

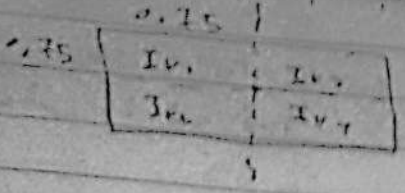
Sol $OCR = 1$ (clay layer) $\Rightarrow \sigma_c' = \sigma_v'$

$$S_c = \frac{\Delta e}{1+e_o} H = \frac{\Delta e}{1+1} \times H$$

$$\sigma_{vo}' = \sigma_t - U = \left[(15,7 \times 3 + 18,9 \times 3 + 18,2 \times 1,5) - (4,5 + 9,81) \right]$$

$$= 88,01\ KN$$

$$\sigma_f' = \sigma_{vo}' + \Delta\sigma_z'$$



$$\Delta\sigma_z = q \times I_v$$

$$= \frac{100}{(1.5)^2} \times 4 I_v$$

$I_{v1} \Rightarrow$ $m = \frac{0.75}{6} = 0.125$

$n = \frac{0.75}{6} = 0.125$

I_v for 0.125 = 0.0075

$\Delta\sigma_z = 12$ KN/m²

or Approximate method

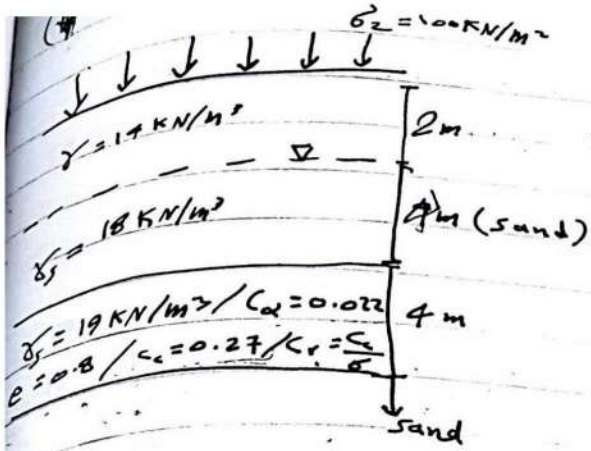
$\Rightarrow \sigma = 88.01 + 12 = 100.01$ KN/m²

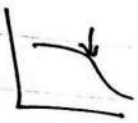
$$S_c = \frac{0.27 * 3}{1+1} \cdot \log \frac{100.01}{88.01} = 0.025 = 25 \text{ mm}$$

$S_c \Rightarrow$ primary

$S_s \Rightarrow$ secondary

(4)





Now

① for N.C. clay

$\bar{\sigma}_{v_o} = 14 \times 2 + 18 \times 4 + \frac{4}{2}(19) - (6 \times 9.806) = 79.14 \ KN/m^2$

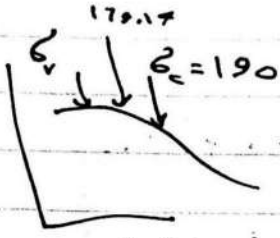
$\bar{\sigma}_f = \bar{\sigma}_v + \Delta\sigma_z = 79.14 + 100 = 179.14 \ KN/m^2$

$S_c = \frac{De}{1+e} \times H = \frac{C_c A}{1+e_o} \log \frac{\bar{\sigma}_f}{\bar{\sigma}_v}$

$= \frac{0.27 \times 4}{1+0.8} \log \frac{179.14}{79.14} = 0.213$

$= 213 \ mm$

② If $\bar{\sigma}_c = 190 \ KN/m^2 \Longrightarrow$



$S_c = \frac{C_r H}{1+e_o} \log \frac{\bar{\sigma}_f}{\bar{\sigma}_v} = \frac{0.27 \times 4}{6} \times \log \frac{179.14}{79.14}$

$= 36 \ mm$

③ if $\bar{\sigma}_c = 170 \ KN/m^2$

$S_c = \frac{\Delta e \times H}{1+e_o} = \frac{C_r H}{1+e_o} \log \frac{\bar{\sigma}_c}{\bar{\sigma}_v} + \frac{C_c H}{1+e_o} \log \frac{\bar{\sigma}_f}{\bar{\sigma}_c}$

$= \frac{(1/6) 0.27 \times 4}{1+0.8} \log \frac{170}{79.14} + \frac{0.27 \times 4}{1+0.8} \log \frac{179.14}{170}$

$= 46.8 \ mm$

estimate secondary consolidation settlement after 10 years assume time for end of primary 3.5 years:

$$C_\alpha = \frac{\Delta e}{\log t/t_p}$$ (في حالة عدم توفر Cc)

1) N.C clay

$$S_s = \frac{\Delta e \times H}{1+e_0} = \frac{C_\alpha H}{1+e_p} \log t/t_p = \frac{0.022 \times 9}{1+e_p} \log \frac{10}{3.5} = 2$$

$$e = e_0 - \Delta e$$
$$= 0.8 - \left[0.27 \log \frac{179.19}{79.19}\right]$$
$$= 0.704$$

2) if $\sigma_c = 190$

$$e_p = 0.8 - \left[C_r \log \frac{\sigma_c}{\sigma_v}\right]$$

3) if $\sigma_c = 120$

$$e_p = 0.8 - \left[C_r \log \frac{\sigma_c}{\sigma_v} + C_c \log \frac{\sigma_v'}{\sigma_c}\right]$$

Scanned by CamScanner

* المرحلة الثالثة: قياس الزمن المستغرق لاحداث الهبوط:

* Degree of consolidation $(U_z) = \frac{e_o - e}{e_o - e_p} * 100\%$ ، e: at any time

or

$$U = (1 - U_z)\, \delta_z$$

or

$$S_{p_e} = \frac{U_z}{S_{p_t}}$$

S_{p_e}: required part of total primary settlement

S_{p_t}: total value of primary settlement

* Time factor $(T_v) = \frac{\pi}{4} U_z$ if $U_z \leq 0.6$

$= -0.9333 \log(1 - U_z) - 0.085$ if $U_z > 0.6$

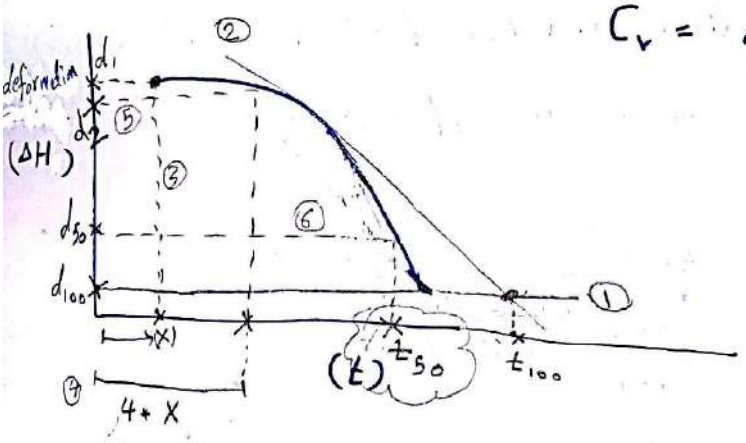
* coefficient of consolidation $(C_v) = \frac{K}{m_v * \gamma_w}$

$\gamma_w \rightarrow 9810\ KN/m^3$

or

$$C_v = \frac{0.196\, d^2}{t_{50}}$$

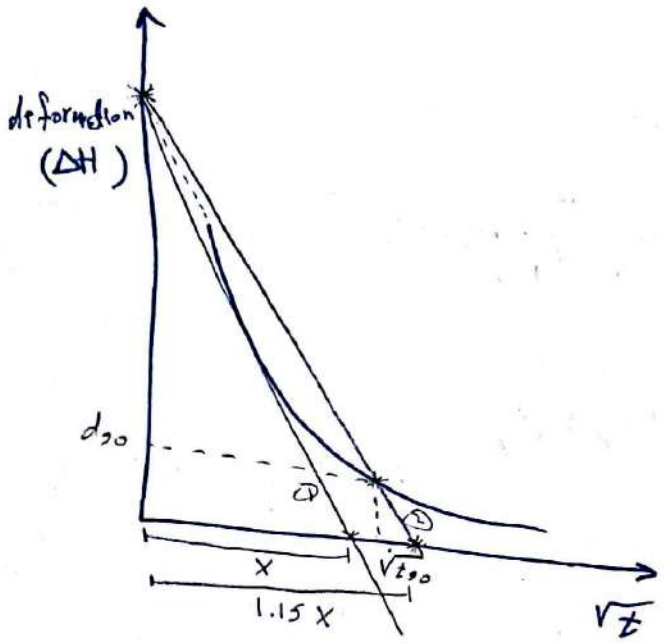
، d = thickness of soil sample.



* deformation = dial gauge reading x 0.01 (mm)

④ $d_o = 2(d_1 - d_2) + d_1$

$d_{50} = \frac{d_o + d_{100}}{2}$



$$t_{50} = (\sqrt{t_{50}})^2$$

or

$$C_v = \frac{0.848\, d^2}{t_{50}}$$

* deformation = dial gauge reding * 0.01 (mm)

* coefficent of volume compressibility (m_v)

$$m_v = \frac{1}{1+e_0} * \frac{\Delta e}{\Delta \sigma'}$$

* Height of layer of the clay (H) :-

if the layer is single drainge then the H = (height of layer).

" " " " ~~double~~ double " " " $H = \frac{1}{2}$ * (height of layer)

sand
clay
sand
$H = d$

sand
clay
clay
$\frac{H}{2} = d$

$$T_v = \frac{C_v * t}{d^2}$$

④ How long (in day) to reach 60% consolidation?

$T_v = \frac{C_v \cdot t}{d^2}$ ← بطريقة الزمن

$T_v = \frac{\pi}{4}(0.1)^2 = 0.286$ (< 0.6) ← من جدول المعادلة الثانية

$C_v = \frac{0.196 \cdot d^2}{t_{50}} = \frac{0.196 \cdot d^2}{t_{50}} = \text{Applied}(0.025)^2$

$C_v = 1.53 \times 10^{-5}$ m^2/min ← (عندما لا C_v لدينا دبل)

$\Rightarrow T_v = 0.286 = \frac{1.53 \times 10^{-5} \times t_{60}}{(1.8)^2}$

$t_{60} = 60.565$ min $= 42.06$ day

⑤ How long in [day] to reach 90% cons.?

$0.842 = \frac{1.53 \times 10^{-5} \times t_{90}}{(1.8)^2}$ (> 0.6)

$T_v = 0.933 \log(1 - 0.9) - 0.085 = 0.848$

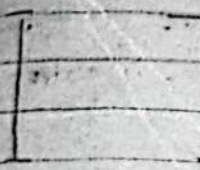
$t_{90} = 124$ days

for N.C. clay sample in lab:

$\bar{\sigma_o}$ = 150 kPa → e_o = 1,1

$\bar{\sigma_o} + \Delta\sigma_z$ = 300 kPa → e = 0,9

- Soil sample thickness = 25 mm
- time for 50% consl. = 2 min



simple

$d = 1.8$

if sand instead of rock it's will be multiple so $d = 1$

① Primary consld. Settlement

$$S_c = \frac{\Delta e}{1+e_o} H = \frac{e_o - e_f}{1+e_o} H = \frac{1,1 - 0,9}{1+1,1} \times 1.8 = 170\ mm$$

② find praimary consld. settlment @ degree of consldiation 70%?

$$U_z = \frac{S_t}{S_c}$$

S_t → primary at ~~specific~~ time (part of primary)

S_c → primary generally (~~total~~ value of it)

$$\Rightarrow S_t = 0,7 \times 170 = 119\ mm$$

③ Excess pore water pressure after 60% degree of consldation.

$$U_e = [1 - U_z] * U_i$$

U_i → $\Delta\sigma_z$ لي فقط

$$= [1 - 0,6] * 150 = 60\ kPa$$

② find the hydraulic conductivity coefficient permeability (k)

$K = Cv * m_v * \gamma_w$

$= 1,53 \times 10^{-5} * \frac{1}{(1+e)} = \frac{1}{(1+0,7)}$

$= 1,53 \times 10^{-5} * \frac{1}{1+e} * \frac{1+e}{a} * \gamma_w = \frac{1}{300 \times 50} * 9,81 = 95,3 \text{ m/min}$

③ find settlement after 70 days?

$U = \frac{S_E}{S_c} = \frac{S_t}{170 cm}$

$T_v = \frac{C_v * t}{d^2} = \frac{1,57 \times 10^{-5} m^2/min * [70 * 24 * 60] min}{(1,8)^2}$

$T_v = 0,48$

$I_v = -0,933 \log(1-U) - 0,085$

$I_v = \frac{\pi}{4} U^2$ (معادلة قطع مكافئ)

$0,48 = -0,933 \log(1-U) - 0,085$

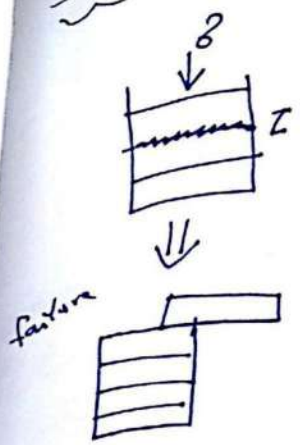
$U = 0,75$

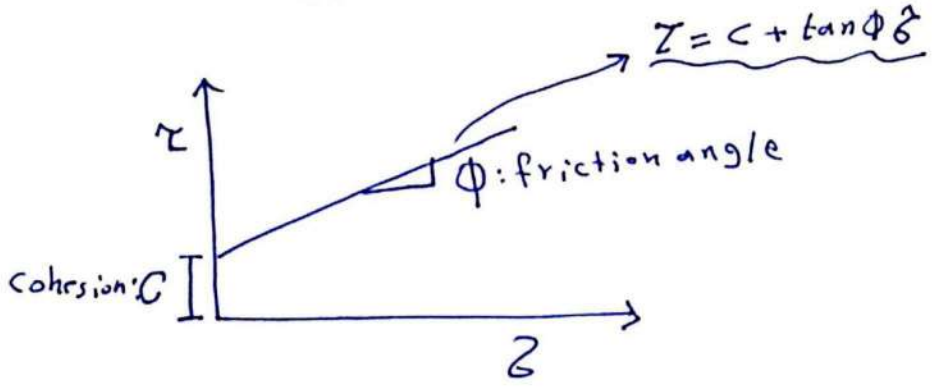
$S_t = 0,75 * 170 = 127,5 \text{ mm}$

ملاحظة: لو بدك تعرف وقت الهبوط (primary) كامل فهذا صعب لأنه عند التعويض ($U_z = 1$) في معادلة T_v رح يكون الجواب (∞) لذلك نفرض ($U_z = 90\%$) ومنها نجد الوقت (الوقت المستغرق لإحداث 90٪ من التشوهات الكلية)

والباقي نفعل واحد مقدار (بسيط).

Soil shear parameter



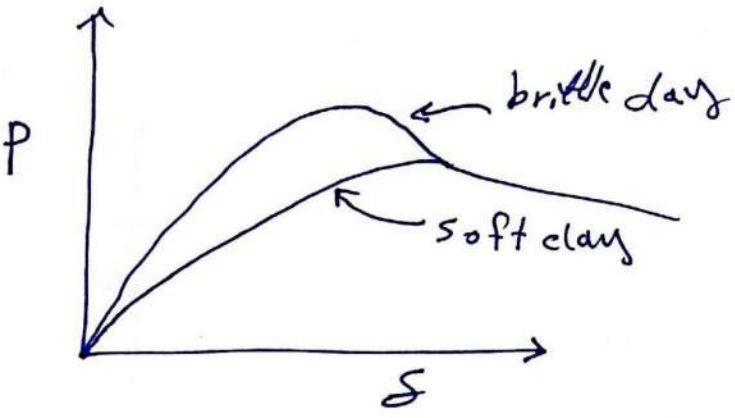


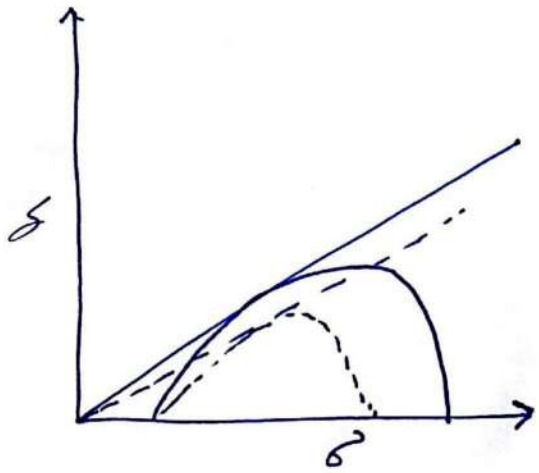
1 Direct

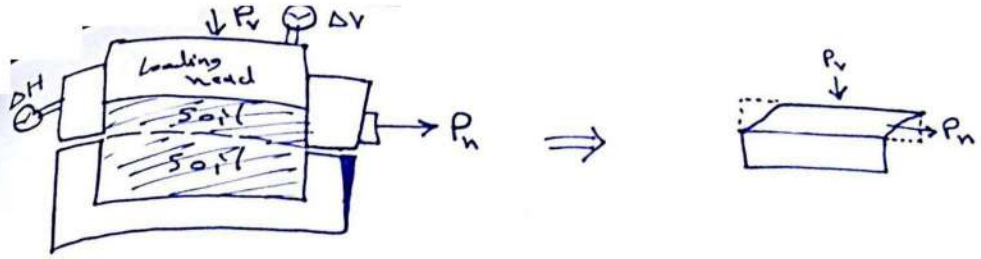
مميزات ⇒ cheap
fast
simple

عيوب ⇒ - measure total stress only (can't measure effective stress)
- it's less adaptable to special requirements.
- less accurate than Trixial

* إختباره قليل ولكن صار له إختبارات خاصة به من أصعب دراسة التربة بعد الإنهيار وهي ما تسمى بـ (Residual soil) حيث تم التوصل إلى المنحنى التالي:







- مبدأ هذا الجهاز أنه يضع عينة التربة ويبدأ بتسليط قوة عمودية وأفقية (ثبت) فتبدأ العينة بالإزاحة جانباً إلى أن تنزلقه عندها يكون قد حدث failure وهذا الجهاز بطريقة بسيطة سوف يعطيك قيم [ح ، ج] لحظة الـ failure واللذان يمثلان مقاومة التربة.

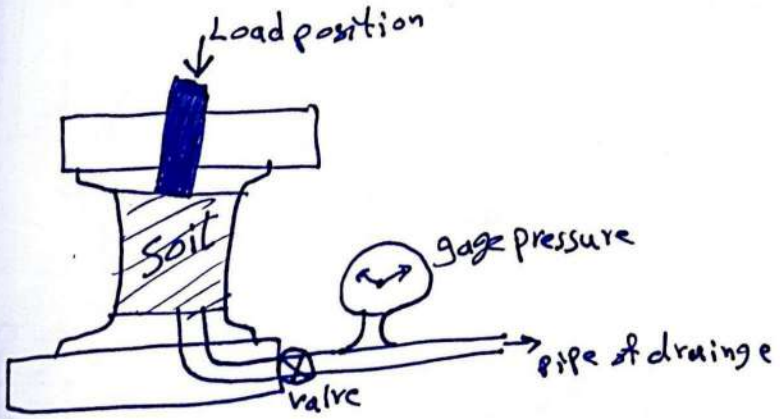
- يوجد تفاصيل أكثر عن هذه الطريقة ولكنها مهمة للمختبر وليس للمادة النظرية.

2] Trixial

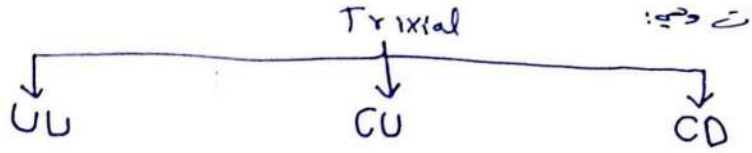
مميزاتها ⇒ More adaptable to spedial requivement
More accurate
Can Measare total and effective stresses

عيوبه ⇒ Need to more time than Divect

- بنقدر من خلال هذا الجهاز أن نتحكم بالظروف التي نفرض العينة لها مما يجعل هذه الطريقة أكثر دقة وواقعية.

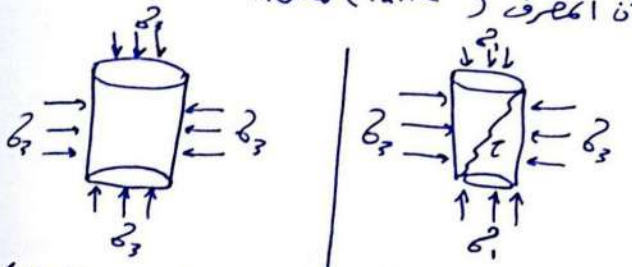


تمر التربة بثلاث حالات وهي:



① Uncosolidated undrained test [UU] [Q-test]:-

لا يحدث فيها هبوط للعينة ولا تعرض للمياه بدون اضافة (valve) مثلاً.

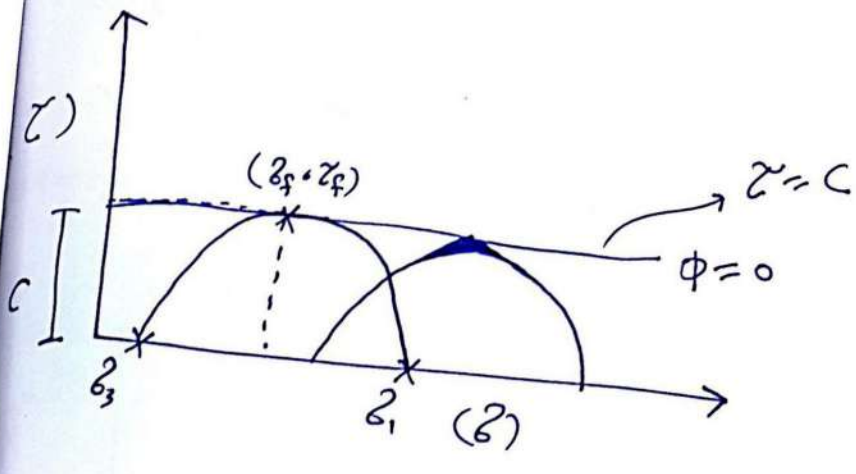


stage ①: confinement stage

stage ②: shear stage

σ_3 [chamber] ~~stress of confinement stage~~ stress of confinement stage

σ_1 : failure stress of the sample in the lab.



$$\sigma_f = \frac{\sigma_3 + \sigma_1}{2}$$

$$\tau_f = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

$$\tau = C = \tau_f$$

ملاحظة: لا يمكن عمل هذه الطريقة على N.C clay او coarse soil.

Ex:1 ⇒ $\sigma_1 = 310$ kpa

$\sigma_3 = 276$ kpa

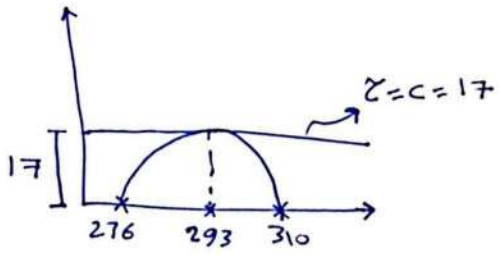
Calculate σ_f , τ_f - failure equation ??

$\sigma_f = \frac{\sigma_3 + \sigma_1}{2} = 293$ kpa

$\tau_f = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = 17$ kpa

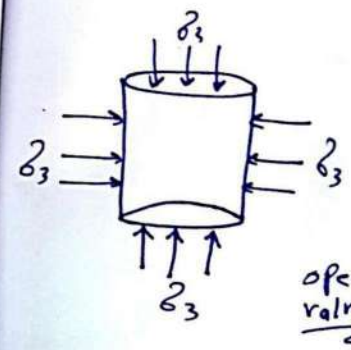
$\tau = C = \tau_f = 17$

$\therefore \tau = 17$

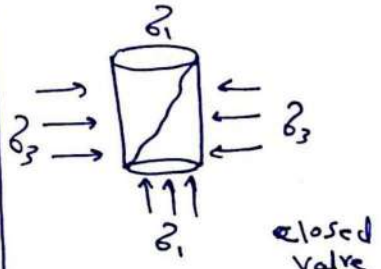


B⇒ Consolidated Undrainged test [CU] [R-test]:-

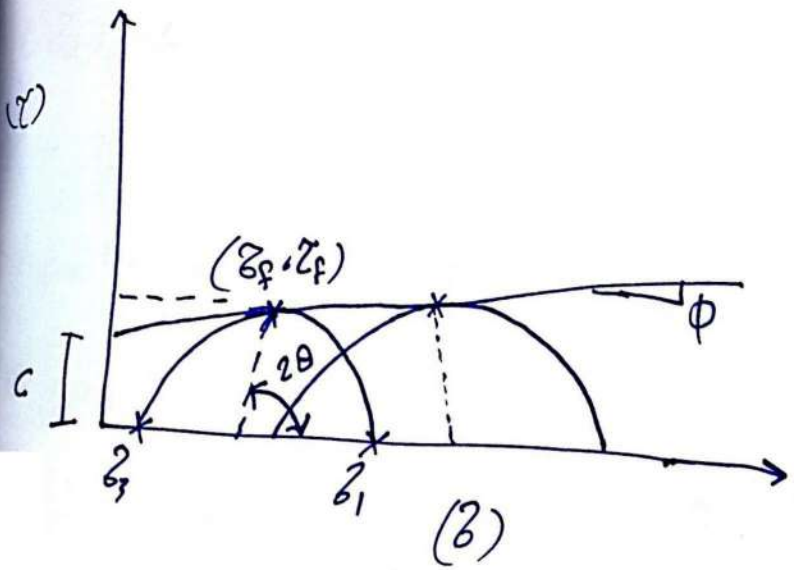
يحدث فيها ضبط للعينة تتيجة فتح اصرف ثم نقوم بإغلاقه فيحافظ على إرتفاع العينة دون ضبط لذلك سُمي CU



stage ①: confinement stage



stage ②: shear stage



{ θ: failure angle
ϕ: friction angle
c: cohesion }

$$\sin\phi = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3}$$

$$2\theta = 90 + \phi$$

$$\sigma_f = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\cos(2\theta)$$

$$\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2\theta + 2c\tan\theta$$

$$\tau_f = c + \tan\phi \cdot \sigma_f$$

$$\tau = c + \tan\phi \cdot \sigma$$

$$\sigma_{max} = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$$

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

- في طريقة الـ (Triaxial) بكون في أكثر من دائرة، حيث كل دائرة تدل على عينة وكل عينة تدل على طبقة من طبقات الموقع، حيث قيم (ϕ، c) تكون مختلفة لكل واحدة ولكن كونها في موقع واحد بتلزمني كمادلة واحدة: تشمل الكل فمعادلة الخط هي ذلك ليأن ϕ, C ثابتة مع الكل.

- هام ⇐ إذا كانت التربة (coarse) او (N.C clay) تكون $\{c = 0\}$ ⇐ ($\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2\theta + 2c\tan\theta$) وما يبقى ذلك نجدها من المعادلة الموجودة أعلاه

Example! 2

N.C. clay $\Rightarrow c = 0$

$\sigma_3 = 276$

$(\Delta\sigma_d) = 276$

find σ_f، τ_f ؟؟

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma_d = 276 + 276 = 552$$

$$\phi = \sin^{-1}\left(\frac{552 - 276}{552 + 276}\right) = 19.45^\circ$$

$$\theta = 90 + \phi = 109.45^\circ$$

$$\sigma_f = \frac{552 + 276}{2} + \frac{552 - 276}{2} \cdot \cos(109.45) = 368.03$$

$$\tau_f = c + \tan\phi * \sigma_f = 130$$

فانون آخر

$$\tau_f = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sin 2\theta = 130$$

~~Example ③ : solve the previous example using~~

Example ④ :

$\sigma_3 = 100$
$\Delta\sigma_d = 410.6$
} → sample ① → $\sigma_1 = 510.6$

$\sigma_3 = 50$
$\Delta\sigma_d = 384.37$
} → sample ② → $\sigma_1 = 434.37$

$$\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) + 2C \tan\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$

$510.6 = 100 \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) + 2C \tan\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$ → sample ①

$434.37 = 50 \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) + 2C \tan\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$ → sample ②

$76.23 = 50 \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$

$\Rightarrow \phi = 12$

$\Rightarrow C = 145$

$\therefore \tau = C + \tan\phi\, \sigma$

$= 145 + (\tan 12)\, \sigma$

(σ') يعني (effective) يشير إلى قيمة (u) وبالتالي فإن ذلك يساعدنا على إيجاد (σ').

Example(5):

n.c clay ⇒ c = 0

$\sigma_3 = 112$

$\Delta\sigma_d = 100.14$

$\phi' = 31$

find u ??

$$\sin\phi' = \frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{\sigma_1' + \sigma_3'} = \frac{(\sigma_1 - u) - (\sigma_3 - u)}{(\sigma_1 - u) + (\sigma_3 - u)} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3 - 2u}$$

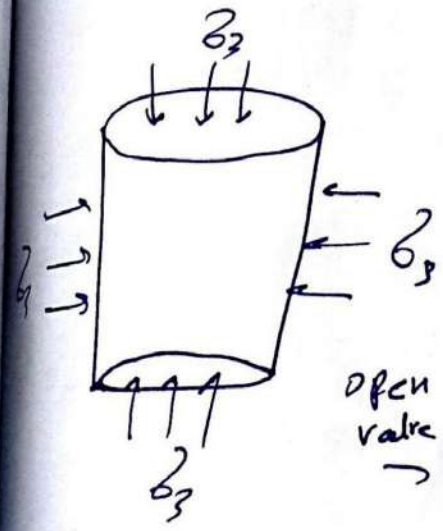
$$\sin 31 = \frac{212.14 - 112}{212.14 + 112 - 2*u}$$

$u = ($ $)$

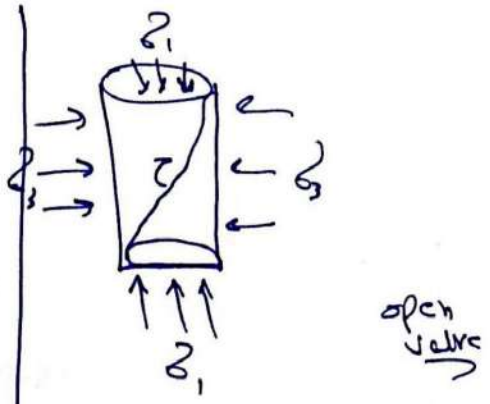
تذكر $[\sigma' = \sigma - u]$

② ⇒ consolidated drainge test [CD] [S-test] :-

-متى يوجد ضغوط و تفريغ للمياه.



Stage ①: confinement stage



Stage ②: shear stage

- الحسابات على هذه الطريقة نفس الطريقة السابقة.
- هذه الطريقة تجيب فقط ال σ.
- يوجد في السلايدات توضيح وأي اختبارات كل حالة من حالات ال Trixial.

Example ⑥

refer to example (2), determine σ on the plane of maximum shear stress

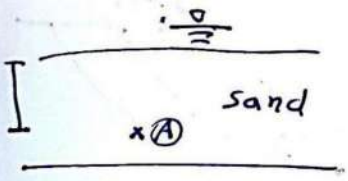
$$\sigma_{max} = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} = \frac{276 + 552}{2} = 414$$

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \frac{552 - 276}{2} = 138$$

$$\tau_{failure} = 0 + \tan(19.45) * (414) = 146.2$$

$$\tau_{max} < \tau_{failure} \Longrightarrow \text{No failure (Safe)}$$

Example ⑦



$G_s = 2.67$
$e = 0.8$
$\phi' = 35$

find shear resistance τ_{ult}(A) using CD test ??

$$\tau' = c' + \sigma \tan\phi'$$

$$\tau'_A = 0 + \tan(35) * \sigma'_A$$

$$\sigma'_A = \sigma_A - u = 10 * \gamma_s - 10\gamma_w$$
$$= 10 * 18.9 - 10 * 9.81$$
$$= 91 \text{ Kpa}$$

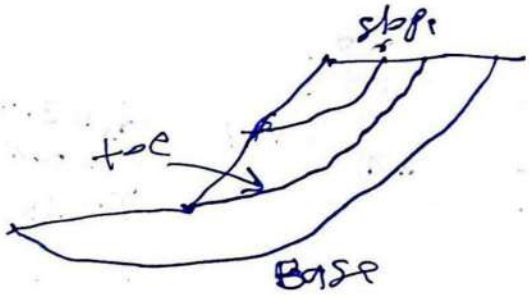
$$\gamma_{saturad} = \frac{G_s + e}{1 + e}\gamma_w$$
$$= \frac{2.67 + 0.8}{1 + 0.8} * 9.81$$
$$= 18.9$$

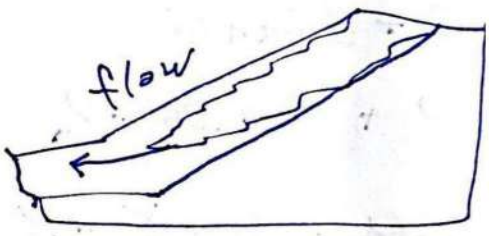
Slope stability

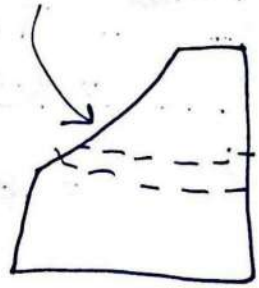
* slope failure depends on: 1) Soil type
2) Soil stratification
3) Ground water
4) seepage
5) geology

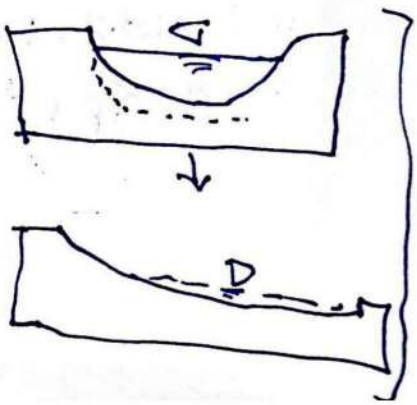
* Some causes of slope failure: 1) erosion
2) Rainfall
3) earthquack
4) geological factures
5) External Loading
6) Construction activity
7) Excavated slope
8) Fill slope
9) Rapid draw down

*Some types of slope failure: 1) Base slide
2) Toe slide
3) Slop slide
4) Flow slide
5) Block slide
6) Movement of soil mass along a thin layer of weak soil.









Subject:

Infinite slope

F.S < 1 ⇒ Failure (unstable/unsafe)

1 < F.S < 1.5 ⇒ [redacted] stable / unsafe

F.S > 1.5 ⇒ [redacted] stable/safe

$$\sigma_m = \left[(1-m)\gamma_{bulk} + m\gamma_{sat}\right] z \cos^2\beta$$

$$\tau_m = \left[(1-m)\gamma_{bulk} + m\gamma_{sat}\right] z \sin\beta \cdot \cos\beta$$

$$u = mz\gamma_w \cos^2\beta$$

$$\tau_f' = c' + (\sigma - u)\tan\phi'$$

$$F.S = \frac{\tau_f}{\tau_m}$$

* Two special cases:

1) if $m = 0$ & $c' = 0 \Rightarrow F.S = \frac{\tan\phi'}{\tan\beta}$

2) if $m = 1$ & $c' = 0 \Rightarrow F.S = \frac{\gamma'}{\gamma_{sat}} \cdot \frac{\tan\phi'}{\tan\beta}$

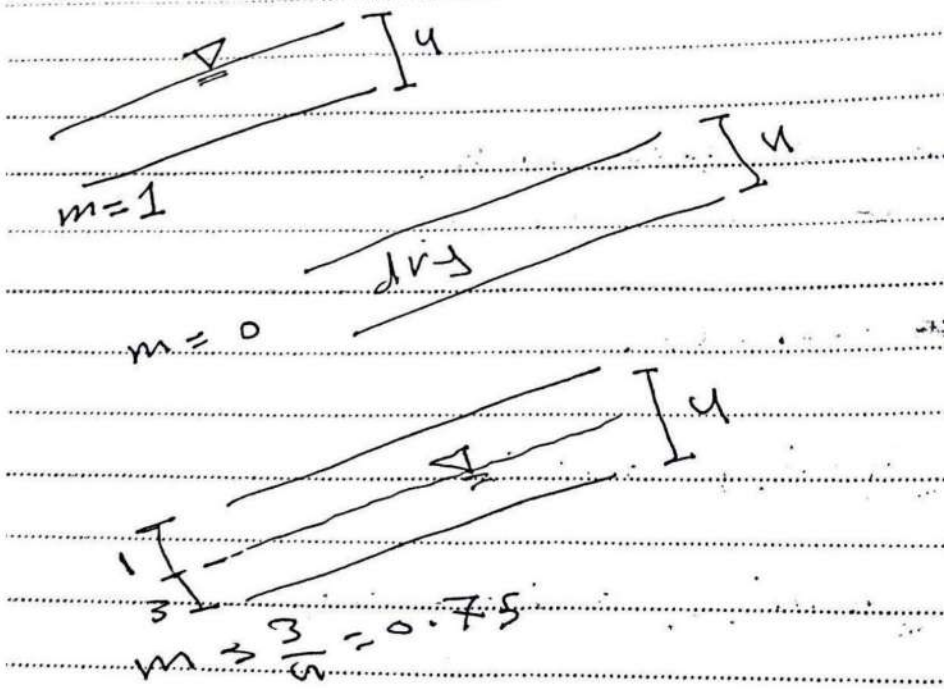
$$\left[\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_{water}\right]$$

Z: soil depth

β: slope angle of site

m: height of water table in the soil.

Subject:.....



Ex: N.C clay → C=0

$\beta = 12$

$\gamma_w = 20$

water table at surface → m = 1

$Z = 5$

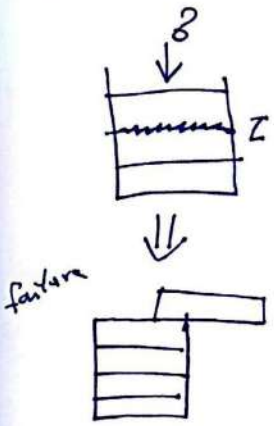
$\phi = 28$

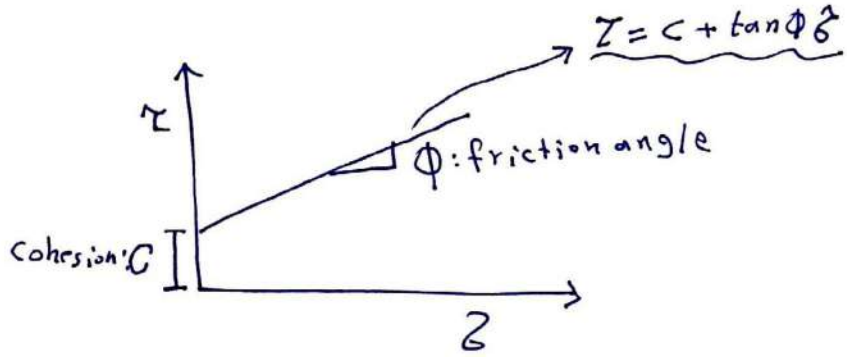
find F.S ??

$$F.S = \frac{\gamma'}{\gamma} * \frac{\tan\phi}{\tan\beta} = \left(\frac{20 - 9.81}{20}\right) * \frac{\tan(28)}{\tan(12)}$$

$= 1.28$ "Stable, unsafe"

Soil shear parameter



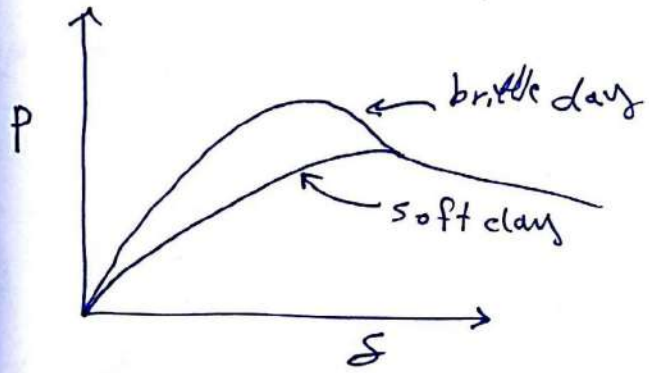


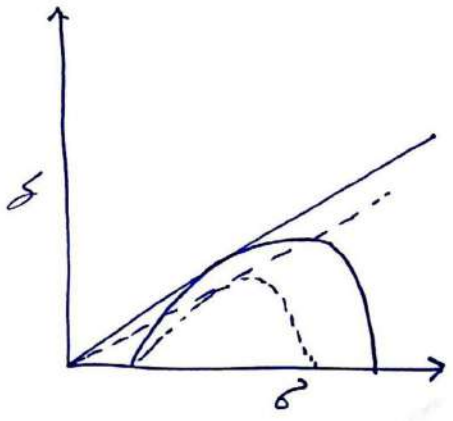
1 Direct

مميزاته ⇒ cheap
fast
simple

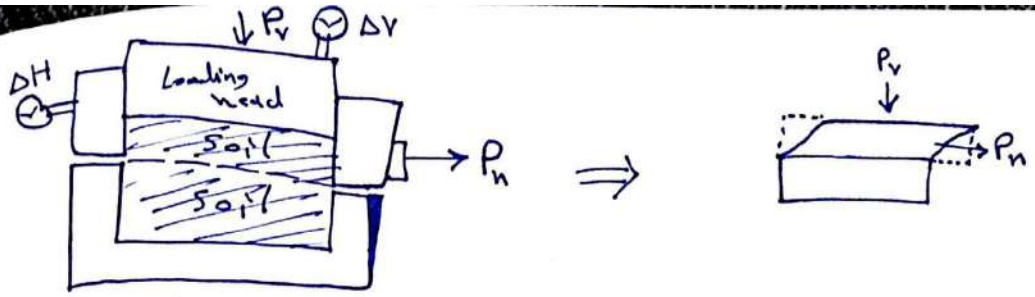
عيوبه ⇒ - measare total stress only (can't measure effective stress)
- it's less adaptable to special requirements.
- Less accurate than Trixial

* إختباره قليل ولكن صناك إختبارات خاصة بك من أجلها دراسة التربة بعد الإنهيار وهي ما تسمى بـ (Residual soil) حيث تم التوصل إلى المعنى التالي:





Scanned by CamScanner



- مبدأ هذا الجهاز أنه يضع عينة التربة ويبدأ بتسليط قوة عمودية وأفقية (ثابت) فتبدأ العينة بالإزاحة جانبياً إلى أن تنزلقه عندها يكون قد حدث failure وهذا الجهاز بطريقة بسيطة سوف يعطيك قيم [ح، ح] عند الـ failure واللذان يمثلان مقاومة التربة.

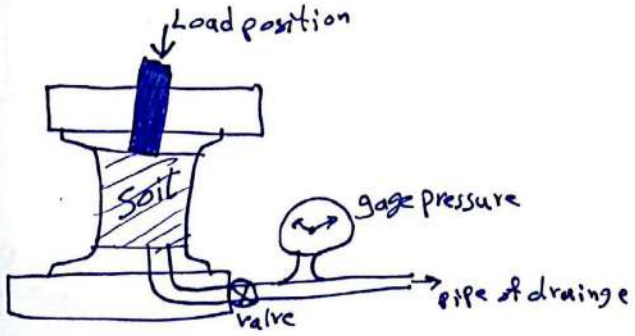
- يوجد تفاصيل أكثر عن هذه الطريقة ولكنها مهمة للمختبر وليس للمادة النظرية.

2 Trixial

مميزاته ⇒ More adaptable to special requirement
More accurate
Can Measare total and effective stresses

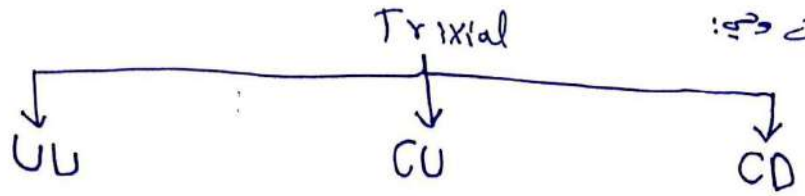
عيوبه ⇒ Need to more time than Direct

- بنقدر من خلال هذا الجهاز أن نتحكم بالظروف التي نعرض العينة لها مما يجعل هذه الطريقة أكثر دقة وواقعية.



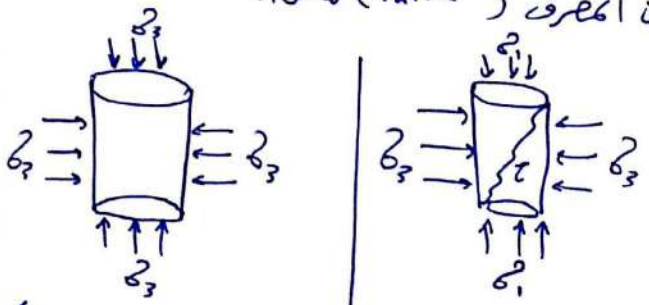
Scanned by CamScanner

تمر التربة بثلاث حالات وهي:



① Unconsolidated undrained test [UU] [Q-test] :-

لا يحدث صنا ضبوط للعينة ولا تعرف للمياه إذن اقصرف (valve) مغلقة.

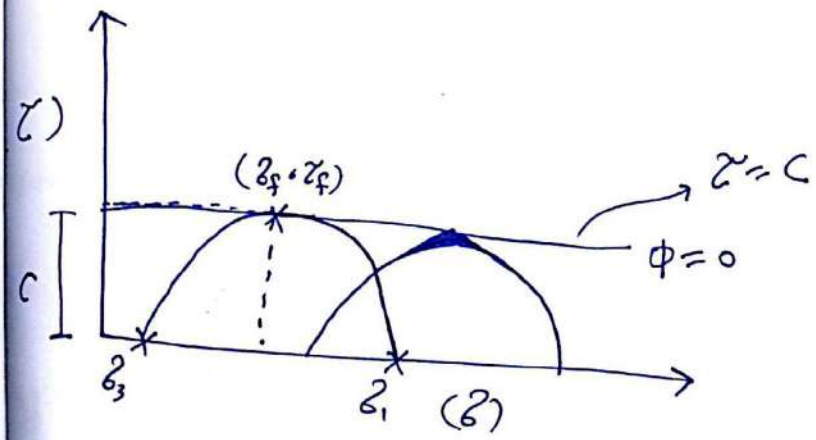


stage ①: confinement stage

stage ②: shear stage

σ_3 [chamber] ~~[illegible]~~ stress of confinement stage

σ_1 : failure stress of the sample in the lab.



$$\sigma_f = \frac{\sigma_3 + \sigma_1}{2}$$

$$\tau_f = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

$$\tau = C = \tau_f$$

ملاحظة: لا يمكن عمل هذه الطريقة على coarse او soil = N.C clay .

Scanned by CamScanner

EX:1 ⇒ $\sigma_1 = 310$ kpa

$\sigma_3 = 276$ kpa

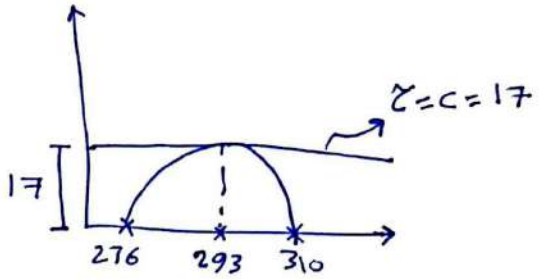
Calculate σ_f , τ_f - Failure equation ??

$$\sigma_f = \frac{\sigma_3 + \sigma_1}{2} = 293 \text{ kpa}$$

$$\tau_f = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = 17 \text{ kpa}$$

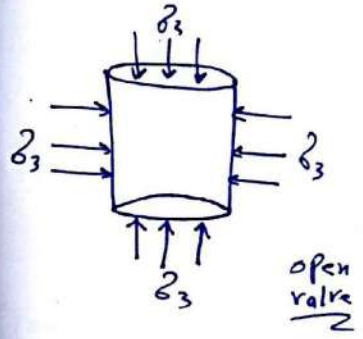
$\tau = c = \tau_f = 17$

$\therefore \tau = 17$

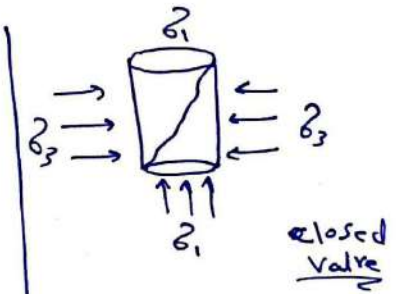


B⇒ Consolidated Undrainged test [CU] [R-test]:-

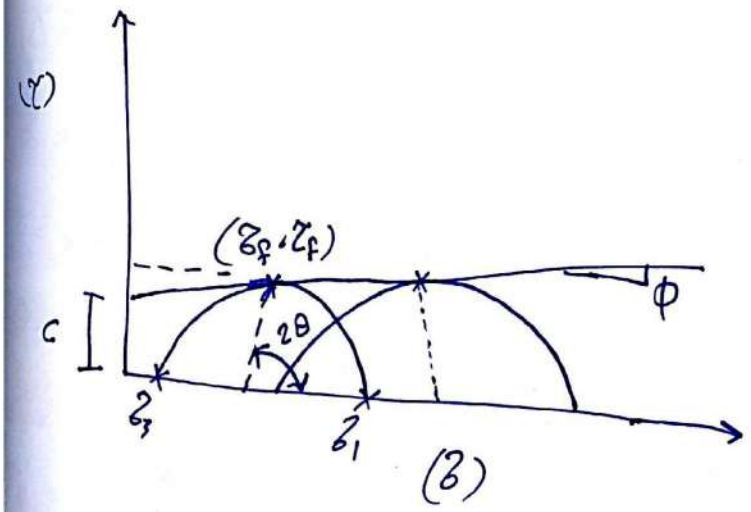
يحدث هنا ضبط للعينة تتيجة فتح اعرف ثم نقوم بإغلاقه فيحافظ على إرتفاع العينة دون ضبط لذلك سمي CU



stage ①: confinement stage



stage ②: shear stage



{ θ: failure angle
ϕ: friction angle
c: cohesion }

Scanned by CamScanner

$$\sin\phi = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3}$$

$$2\theta = 90 + \phi$$

$$\sigma_f = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\cos(2\theta)$$

$$\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2\theta + 2c\tan\theta$$

$$\tau_f = c + \tan\phi * \sigma_f$$

$$\tau = c + \tan\phi * \sigma$$

$$\sigma_{max} = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$$

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

- في طريقة الـ (TriXial) بكون في أكثر من دائرة ، حيث كل دائرة تدل على عينة وكل عينة تدل على طبقة من طبقات الموقع ، حيث قيم (ϕ، c) تكون مختلفة لكل واحدة ولكن كونها في موقع واحد بتلزم في طالبة واحدة تشمل الكل فمعادلة الخط هي ذلك بيكون ϕ, C ثابتة مع الكل.

- مهم ⇐ إذا كانت التربة (coarse) او (N.C clay) تكون $\{C = 0\}$

وما سوى ذلك نجدها من المعادلة الموجودة أعلاه ⇐ ($\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2\theta + 2c\tan\theta$)

Example! 2

N.C. clay $\Rightarrow C = 0$

$\sigma_3 = 276$

$(\Delta\sigma_d) = 276$

find σ_f , τ_f ??

$\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma_d = 276 + 276 = 552$

$\phi = \sin^{-1}\left(\frac{552 - 276}{552 + 276}\right) = 19.45°$

$2\theta = 90 + \phi = 109.45°$

$\sigma_f = \frac{552 + 276}{2} + \frac{552 - 276}{2} * \cos(109.45) = 368.03$

$\tau_f = c + \tan\phi * \sigma_f = 130$

Scanned by CamScanner

$\tau_f = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sin 2\theta = 130$ قانون آخر

~~Example ② : refer to previous example assume~~

Example ① :

$\sigma_3 = 100$, $\Delta\sigma_d = 410.6$ ← sample ① → $\sigma_1 = 510.6$

$\sigma_3 = 50$, $\Delta\sigma_d = 384.37$ ← sample ② → $\sigma_1 = 434.37$

$$\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) + 2C \tan\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$

$510.6 = 100 \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) + 2C \tan(45 + \frac{\phi}{2})$ → sample ①

$434.37 = 50 \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) + 2C \tan(45 + \frac{\phi}{2})$ → sample ②

$76.23 = 50 \tan^2(45 + \frac{\phi}{2})$

$\Rightarrow \phi = 12$

$\Rightarrow C = 145$

$\therefore \tau = C + \tan\phi\, \sigma$

$= 145 + (\tan 12)\, \sigma$

Scanned by CamScanner

- يوجد (dial gage) يشير الى قيمة (u) وبالتالي خلال ذلك يساعدنا على ايجاد (σ).

Example(5):

N.C clay $\Rightarrow c \approx 0$

$\sigma_3 = 112$

$\Delta\sigma_d = 100.14$

$\phi' = 31$

find u ??

$$\sin\phi' = \frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{\sigma_1' + \sigma_3'} = \frac{(\sigma_1 - u) - (\sigma_3 - u)}{(\sigma_1 + u) + (\sigma_3 - u)} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3 - 2u}$$

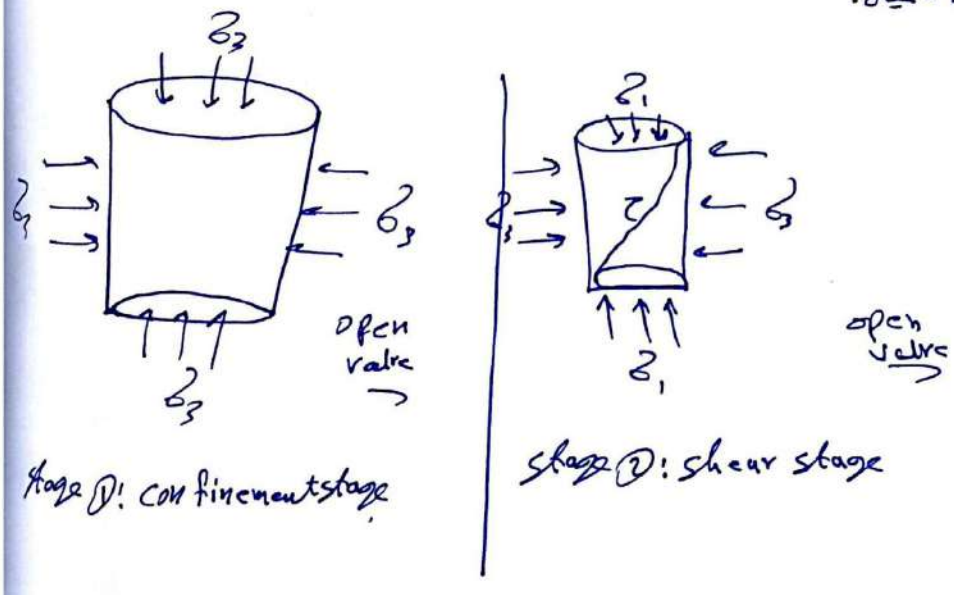
$$\sin 31 = \frac{212.14 - 112}{212.14 + 112 - 2*u}$$

$u = (\quad)$

تذكر $[\sigma' = \sigma - u]$

② ⇒ Consolidated drainge test [CD] [S-test] :-

- هنا يوجد ضغوط و تفريغ للمياه.



Stage ①: confinement stage

Stage ②: shear stage

Scanned by CamScanner

- الحسابات على هذه الطريقة نفس الطريقة السابقة.
- هذه الطريقة تجد فقط الـ C.
- يوجد في السلايدات توضيح وأي اختلافات كل حالة من حالات الـ Trixial.

Example ⑥

refer to example (2), determine τ on the plane of maximum shear stress

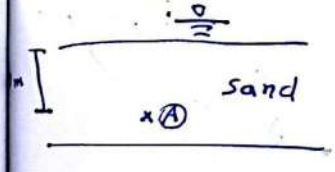
$\sigma_{max} = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} = \frac{276 + 552}{2} = 414$

$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \frac{552 - 276}{2} = 138$

$\tau_{failure} = 0 + \tan(19.45) * (414) = 146.2$

$\tau_{max} < \tau_{failure} \Longrightarrow$ No failure (Safe)

Example ⑦



$G_s = 2.67$
$e = 0.8$
$\phi' = 35$

find shear resistance value (A) using CD test ??

$\tau' = c' + \sigma \tan\phi'$

$\tau'_A = 0 + \tan(35) * \sigma_A$

$\sigma'_A = \sigma_A - u = 10 * \gamma_s - 10\gamma_w$
$= 10 * 18.9 - 10 * 9.81$
$= 91$ Kpa

$\gamma_{saturated} = \frac{G_s + e}{1 + e}\gamma_w$
$= \frac{2.67 + 0.8}{1 + 0.8} * 9.81$
$= 18.9$

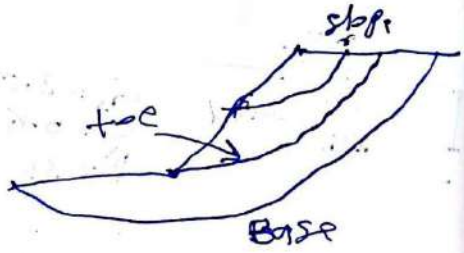
Scanned by CamScanner

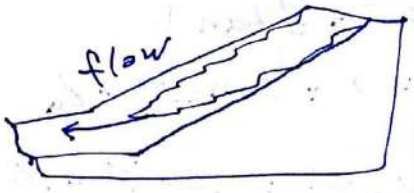
Slope stability

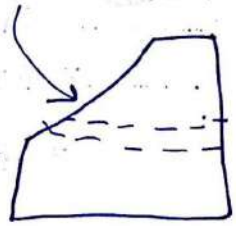
* Slope failure depends on: 1) Soil type
2) Soil stratification
3) Ground water
4) seepage
5) geometry

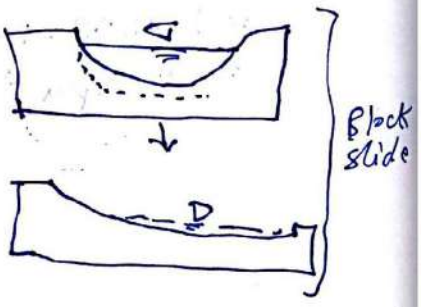
* Some causes of slope failure: 1) erosion
2) Rainfall
3) earthquack
4) geological factures
5) External Loading.
6) Construction activity
7) Excavated slope
8) Fill slope
9) Rapid draw down

*Some types of slope failure: 1) Base slide
2) Toe slide
3) Slop slide
4) Flow slide
5) Block slide
6) Movement of soil mass along a thin layer of weak soil.









Scanned by CamScanner

Infinite slope

F.S < 1 ⇒ Failure (unstable/unsafe)

If F.S < 1.5 ⇒ [redacted] stable / unsafe

F.S > 1.5 ⇒ [redacted] stable / safe

$$\sigma_m = \left[(1-m)\gamma_{bulk} + m\gamma_{sat}\right] z \cos^2\beta$$

$$\tau_m = \left[(1-m)\gamma_{bulk} + m\gamma_{sat}\right] z \sin\beta \cdot \cos\beta$$

$$u = m z \gamma_w \cos^2\beta$$

$$\tau_f' = c' + (\sigma - u)\tan\phi'$$

$$F.S = \frac{\tau_f}{\tau_m}$$

* Two special cases:

1) if $m = 0$ & $c' = 0 \Rightarrow F.S = \frac{\tan\phi'}{\tan\beta}$

2) if $m = 1$ & $c' = 0 \Rightarrow F.S = \frac{\gamma'}{\gamma_{sat}} \times \frac{\tan\phi'}{\tan\beta}$

$$\left[\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_{water}\right]$$

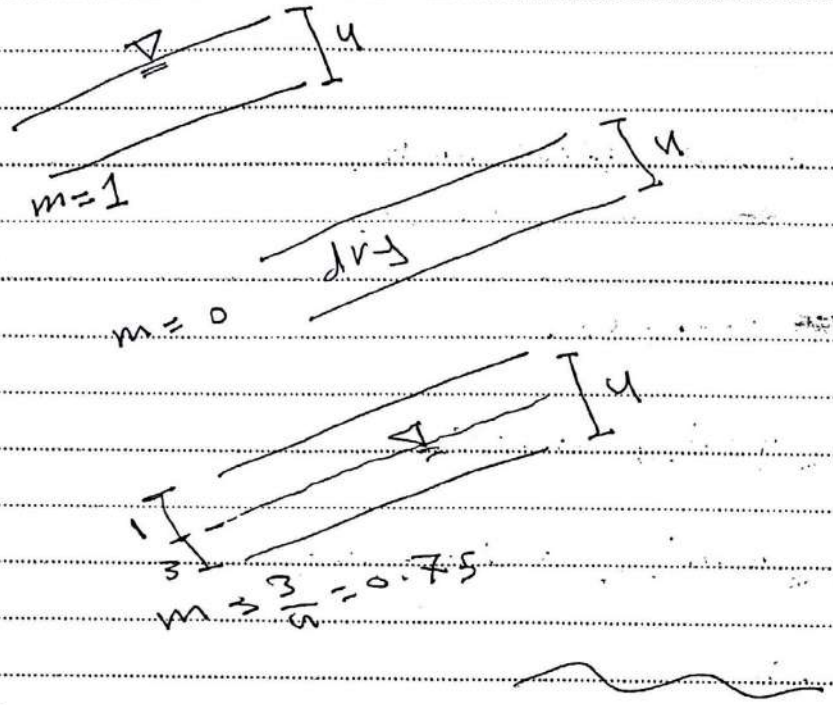
z: soil depth

β: slope angle of site

m: height of water table in the soil.

Scanned by CamScanner

Subject:..... / /



Ex: N.C clay → c=0

β = 12

$\gamma_w = 20$

water table at surface → m=1

Z = 5

$\phi = 28$

find F.S??

$$F.S = \frac{\gamma'}{\gamma} * \frac{\tan\phi}{\tan\beta} = \left(\frac{20-9.81}{20}\right) * \frac{\tan(28)}{\tan(12)}$$

= 1.28 "Stable, unsafe"

Scanned by CamScanner