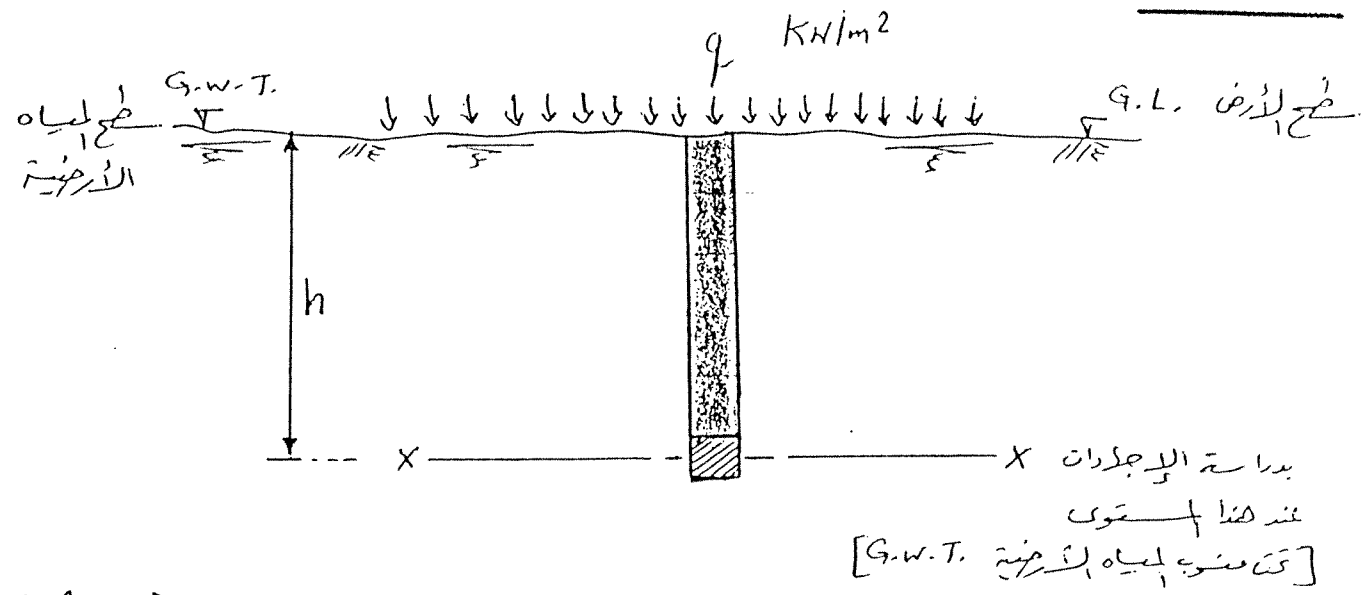
Effective Stress
الإجهاد المؤثر (الفعال)

ملزمة 7

عبد الله عبد الرحمن

Effective Stress

* مقدمة :-



(total Stress) $\sigma = (\Sigma \gamma . h) + q$

وهو يشمل الإجهاد الرأسي الناتج من:
(1) وزن حبيبات التربة
(2) الماء داخل التربة
(3) q إذا وجد

وهو ينقسم إلى جزئين

جهد تتحمله حبيبات التربة	+	جهد تتحمله المياه الموجودة في الفراغات
$\bar{\sigma}$		u
effective Stress		pore water pressure

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

i.e. $\bar{\sigma} = \sigma - u$

* Total Stress & Pore water pressure & effective stress:-
حساب الإجهاد الكلي، ضغط الماء المسامي، الإجهاد المؤثر

عند أي نقطة (تحت سطح المياه الأرضية الساكنة) على عمق = h من سطح الأرض

يكون :

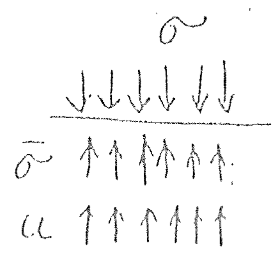
$$\text{Total stress} = \sigma = \sum \gamma_{sat} \cdot h + q \quad \text{(إذا وجد)} \quad ---- \; t/m^2 \; (kN/m^2)$$

(لأن فراغات التربة مملوءة بالمياه)

$$\text{Pore water pr.} = u = \gamma_w \cdot h \quad \text{(مقاس من سطح الماء)} \quad ---- \; t/m^2 \; (kN/m^2)$$

$$\gamma_w = 1 \; gm/cm^3 = 1 \; t/m^3$$
$$= 9.81 \; kN/m^3$$

$$\text{effective stress} = \bar{\sigma} = \sigma - u$$



$$\bar{\sigma} = (\gamma_{sat} \cdot h) + q - \gamma_w \cdot h$$
$$= h(\gamma_{sat} - \gamma_w) + q$$

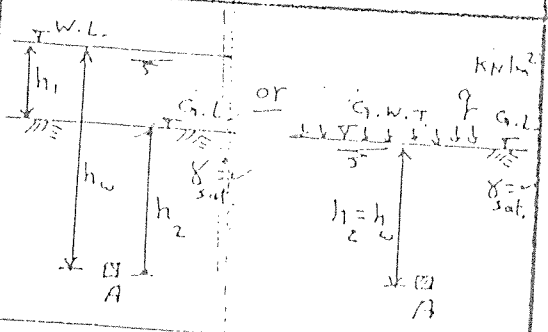
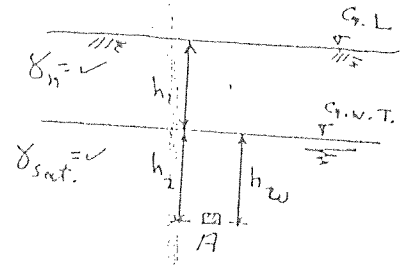
$$\boxed{\bar{\sigma} = h \cdot \gamma_{sub} + q} \quad \text{(إذا وجد)}$$

— ومن هنا أن الإجهاد المؤثر تحت منسوب المياه الأرضية الساكنة يتم حسابه بدلالة $\gamma_{sub.}$

— وكذلك يتم الإجهاد الكلي بدلالة $\gamma_{sat.}$

* Total/ Stress & Pore water pressure & Effective Str... in Soil WITHOUT SEEPAGE :-

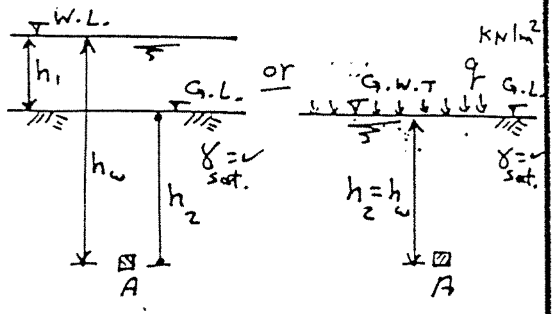
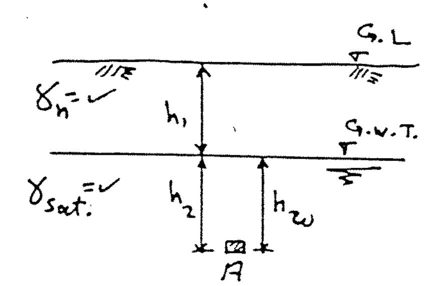
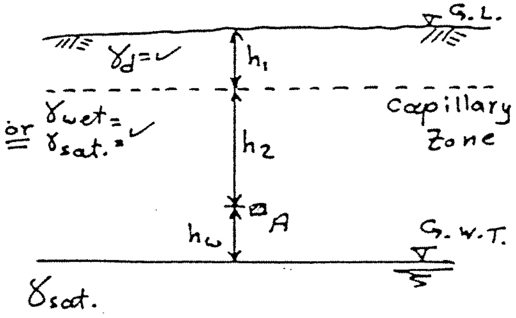
تطبيقات لحساب σ ، σ ، u [في حالة المياه داخل فراغات التربة ساكنة]

	G.W.T. above or at G.L. (منسوب المياه مغطياً أو فوق سطح الأرض)	G.W.T. below G.L. (منسوب المياه تحت سطح الأرض)
Case		
total stress σ KN/m^2 t/m^2	$\sigma_A = \gamma_{sat} \cdot h_2 + \gamma_w h_1 + q$ (إذا وجد) — نقط G.L. فوق W.L. إضافة	$\sigma_A = \gamma_n \cdot h_1 + \gamma_{sat} \cdot h_2 + q$ (إذا وجد)
Pore water pressure u KN/m^2 t/m^2	$u_A = \gamma_w \cdot h_w$ $\gamma_w = 1.0\ t/m^3$ g/cm^3 $= 9.81\ KN/m^3$	$u_A = \gamma_w \cdot h_w$
Effective stress $\bar{\sigma}$ KN/m^2 t/m^2	$\bar{\sigma}_A = \sigma_A - u_A$ $\bar{\sigma}_A = \gamma_{sub} \cdot h_2 + q$ (إذا وجد)	$\bar{\sigma}_A = \sigma_A - u_A$ $\bar{\sigma}_A = \gamma_n \cdot h_1 + \gamma_{sub} \cdot h_2 + q$ (إذا وجد)

دائماً نحسب الإجهادات الناتجة عن الوزن الذاتي (own weight) للتربة وما فوقها.

* Total stress & Pore water pressure & Effective stress :-
in Soil WITHOUT SEEPAGE

تطبيقات لحساب σ ، $\bar{\sigma}$ ، u [في حالة المياه داخل فراغات التربة ساكنة]

	W.L. above or at G.L. (منسوب المياه منطبقاً مع أو فوق سطح الأرض)	G.W.T. below G.L. (منسوب المياه الأرضية تحت سطح الأرض) — γ ثابتة (فوق G.W.T.)	G.W.T. below G.L. (منسوب المياه الأرضية تحت سطح الأرض) — γ متغيرة لنفس الطبقة (فوق G.W.T.)
Case			
Total stress σ KN/m², t/m²	$\sigma_A = \gamma_{sat.} \cdot h_2 + \gamma_\omega \cdot h_1 + q$ (إذا وجد) في حالة W.L. فوق G.L. فقط	$\sigma_A = \gamma_n \cdot h_1 + \gamma_{sat.} \cdot h_2 + q$ (إذا وجد)	**(A) in Capillary Zone** $\sigma_A = \gamma_d \cdot h_1 + \gamma_{sat/wet} \cdot h_2 + q$ (إذا وجد)
Pore water pressure u KN/m², t/m²	$u_A = \gamma_\omega \cdot h_\omega$ $\gamma_\omega = 1.0$ t/m³, g/cm³ $= 9.81$ KN/m³	$u_A = \gamma_\omega \cdot h_\omega$	$u_A = \ominus\, \gamma_\omega \cdot h_\omega \cdot S$ (⊖: suction; S: درجة التشبع) [ويتم التعويض عنها بالقيمة الكسرية مثل: $S = 40\%$ $= 0.40$ ✓]
Effective stress $\bar{\sigma}$ KN/m², t/m²	$\bar{\sigma}_A = \sigma_A - u_A$ $\bar{\sigma}_A = \gamma_{sub.} \cdot h_2 + q$ (إذا وجد)	$\bar{\sigma}_A = \sigma_A - u_A$ $\bar{\sigma}_A = \gamma_n \cdot h_1 + \gamma_{sub.} \cdot h_2 + q$ (إذا وجد)	$\bar{\sigma}_A = \sigma_A - u_A$ $\bar{\sigma}_A = (\gamma_d \cdot h_1 + \gamma_{sat/wet} \cdot h_2 + q) \mp \gamma_\omega \cdot h_\omega \cdot S$ (إذا وجد) لاحظ تغيير الإشارة

دائماً تحسب الإجهادات الناتجة عن الوزن الذاتي (own weight) للتربة وما فوقها

ومن التطبيقات السابقة يمكن تلخيص كيفية حساب $\bar{\sigma}$ في أي حالة كما يلي:

(In Soil Without Seepage)

$\bar{\sigma}$ = effective Stress

في حالة النقطة في (Capillary zone)

في جميع الحالات ماعدا أن تكون النقطة في (Capillary zone)

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

ونحسب σ ، u من المبادئ الأولية حيث:

$$\sigma = (\Sigma \gamma \cdot h) + q$$

$$u = -\gamma_w \cdot h_w \cdot S$$

(لاحظ الإشارة)

حفظ

$$\bar{\sigma} = (\Sigma \gamma_{eff.} \cdot h) + q \quad \text{(وإذا وجد)}$$

where:

$\gamma_{eff} \rightarrow \gamma_n$ فوق الـ G.W.T.

$\gamma_{eff} \rightarrow \gamma_{sub.}$ تحت الـ G.W.T.

---

* Example (1):

A cohesionless (يقصد مفككة) soil deposit (as shown in figure). Plot (وقع بيانياً) the variation of total stress, pore water pressure, and effective stress with depth. For that soil, $G_s = 2.65$ and $e = 0.5$, $S = 50\%$ in capillary zone.

(أنظر الرسم في الصفحة التالية)

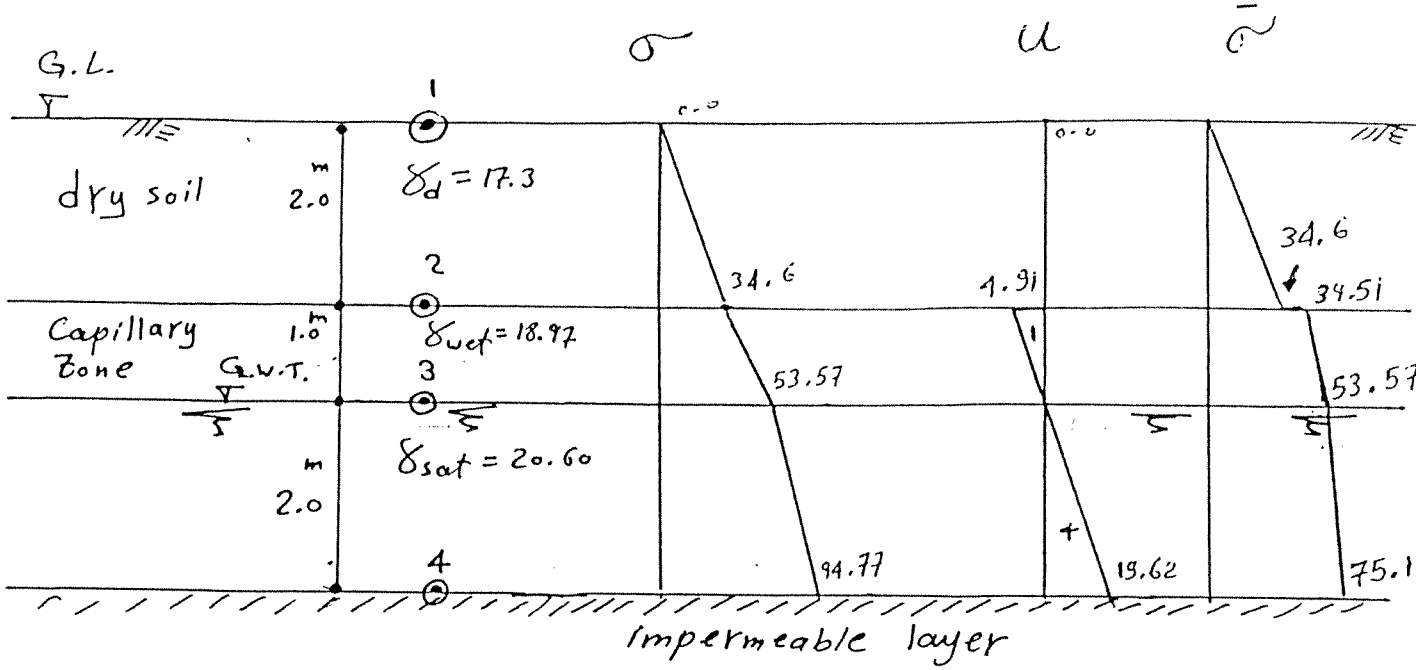
- حساب قيم γ:

$$\gamma = \gamma_w \cdot \frac{G_s + S \cdot e}{1+e}$$ باستخدام القانون السابق دراسته

$$\gamma_{dry} = (9.81)\,\frac{2.65 + 0.0}{1 + 0.5} = 17.3 \ \ KN/m^3$$

(at $S = 50\%$) $$\gamma_{wet} = (9.81)\,\frac{2.65 + (0.5)(0.5)}{1 + 0.5} = 18.97 \ \ KN/m^3$$

(تحت الـ G.W.T.) $$\gamma_{sat} = (9.81)\,\frac{2.65 + (1)(0.5)}{\ } = 20.60 \ \ KN/m^3$$



حيث σ ، σ̄ ، u عند النقاط (1,2,3,4) كالتالي:

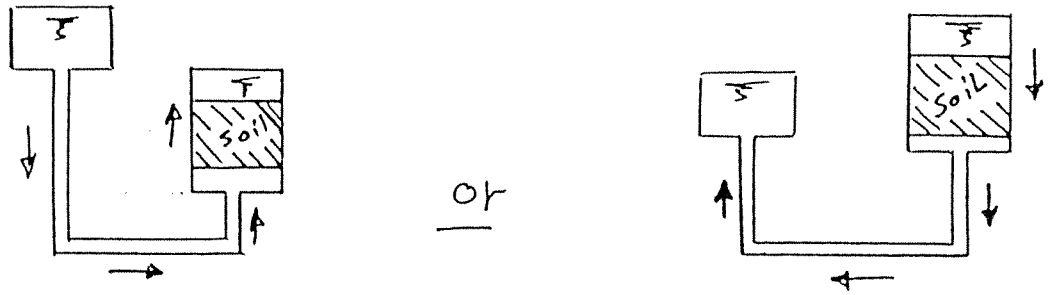
Point	$\sigma = \Sigma \gamma \cdot h + q$ (KN/m²)	$u = \gamma_w \cdot h_w$ (KN/m²)	$\bar{\sigma} = \sigma - u$ (KN/m²)
1	0.0	0.0	0.0
2	(17.3)(2.0) = 34.6	• just above point 2 $u = 0.0$ • just below point 2 $u = -\gamma_w h_w$ $u = -(9.81)(1)(0.5) = -4.91$	above → 34.6 below → 39.51
3	34.6 + (18.97)(1) = 53.57	0.0	53.57
4	53.57 + (20.6)(2) = 94.77	(9.81)(2) = 19.62	75.15

ثم يتم رسم (كروكي تقريبي) لتوزيع σ ، σ̄ ، u [كما بالرسم عالية]

* Effective Stress in Case of Flow :-

حساب قيمة ضغط التربة في حالة سريان المياه خلال التربة

- وتظهر هذه الحالة بموضوع نفاذية التربة permeability مثل الآتي:

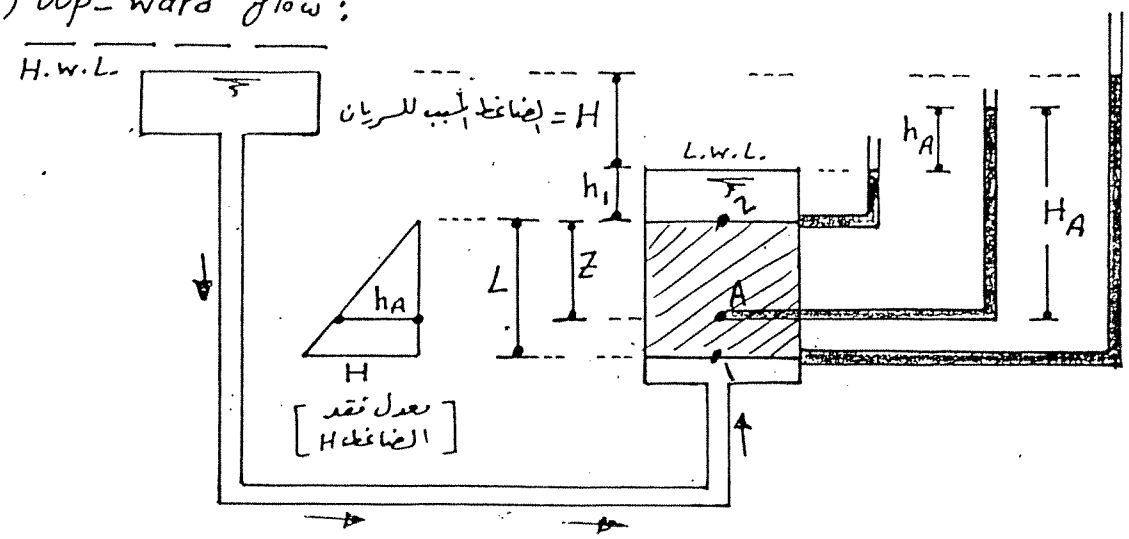


(up-ward flow)
سريان داخل العينة من أسفل لأعلى

(down-ward flow)
سريان داخل العينة من أعلى لأسفل

- ويمكن تقسيم كل حالة منها لاستنتاج قيمة ضغط التربة كالتالي:

(a) Up-ward flow:



من تشابه مثلثات فقد H ← $\frac{h_A}{H} = \frac{Z}{L}$ ← $\therefore h_A = \frac{H}{L} Z = i \cdot Z$

$$u_A = \gamma_w (H_A) = \gamma_w [Z + h_1 + h_A]$$
$$= \gamma_w [Z + h_1 + i Z]$$
$$= \gamma_w \cdot Z + \gamma_w \cdot h_1 + \gamma_w \cdot i \cdot Z \longrightarrow (1)$$

Total stress $\sigma_A = \gamma_w \cdot h_1 + \gamma_{sat.} \cdot Z \longrightarrow (2)$

effective stress $\bar{\sigma}_A = \sigma_A - u_A = (2) - (1)$

$$\bar{\sigma}_A = \gamma_{sub.} \cdot Z - \gamma_w \cdot i \cdot Z \qquad \text{up-ward flow}$$

$$\bar{\sigma}_A = \gamma_{sub.} \cdot Z + \gamma_w \cdot i \cdot Z \qquad \text{down-ward flow}$$

---

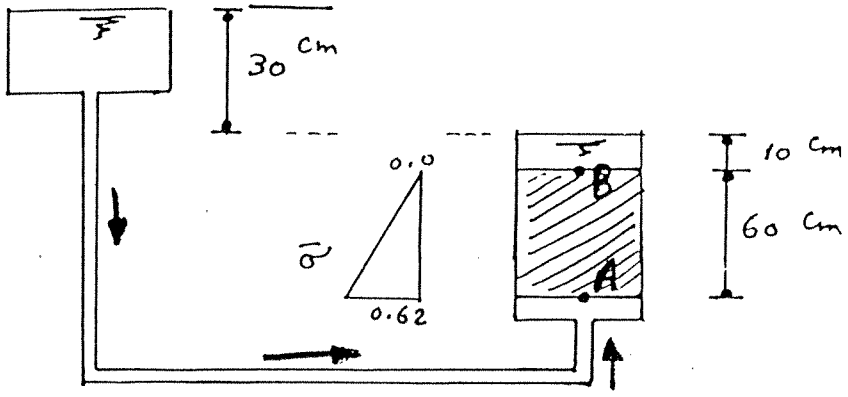
* Example (2):

Refer to the shown figure, determine the distribution of effective stress along the height of the soil sample. ($\gamma_{sat.} = 17.81\ KN/m^3$)

الوحدات KN, m

من الرسم نجد أن :

$$i = \frac{H}{L} = \frac{0.30}{0.60} = 0.5$$



- أولاً : نحدد حالة السريان ← وفي هذه الحالة up-ward flow .

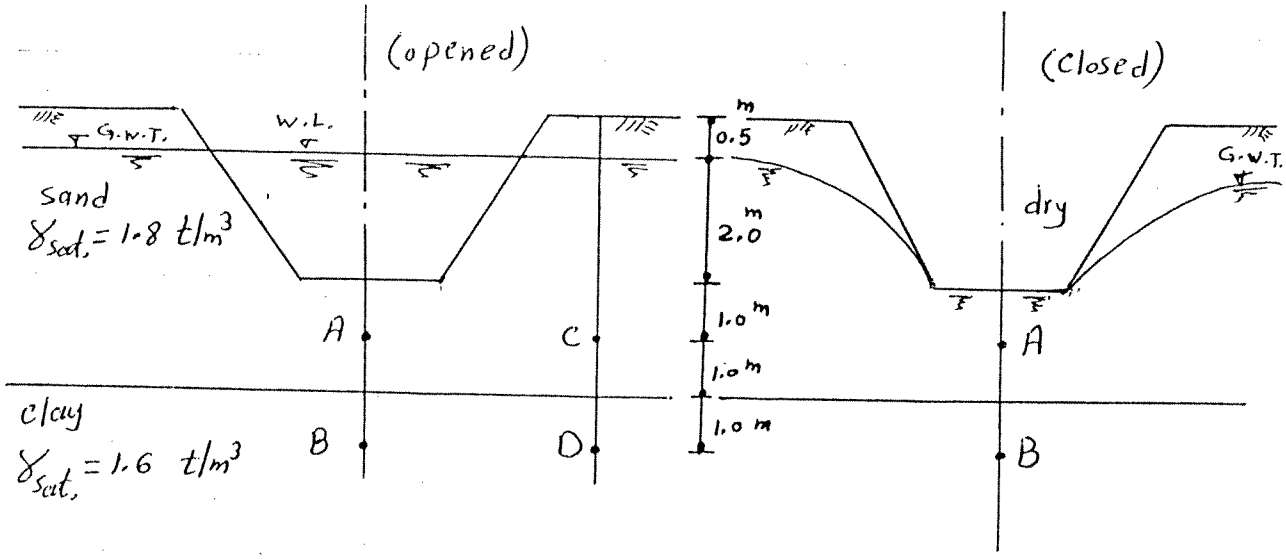
- ولحساب توزيع $\bar{\sigma}$ ← نختار نقاط نحسب عندها [مع العلم أن التوزيع خطي] بعبارة أخرى هذه الحالة يكفي حساب $\bar{\sigma}$ عند نقطتين ثم التوصيل بينهما بخط مستقيم (نقطتي B, A).

point	Z (m)	$\bar{\sigma} = \gamma_{sub.} \cdot Z - \gamma_w \cdot i \cdot Z$ ... KN/m^2
A	0.6	$\bar{\sigma}_A = (17.81-9.81)(0.2) - (9.81)(0.5)(0.2) = 0.62$
B	0.0	$\bar{\sigma}_B = 0.0 - 0.0 = 0.0$

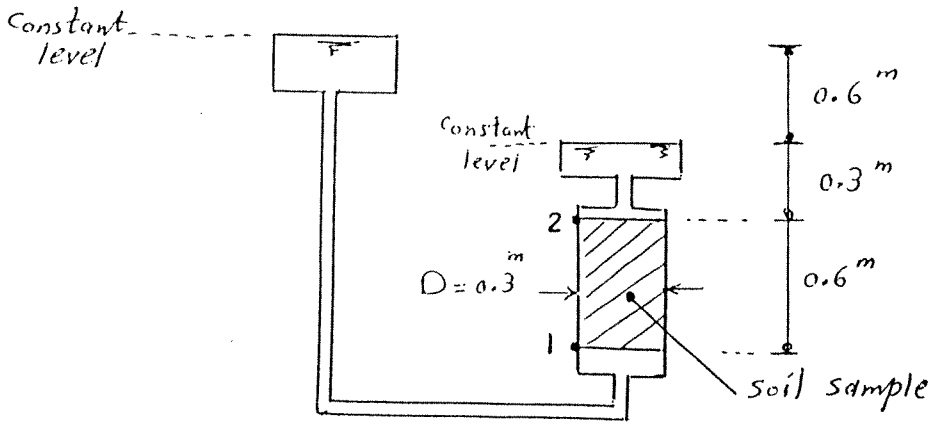
Homework (4)

(1) For the channel shown in figure, Compute the total stress, effective stress and pore water pressure at points A, B, C and D.

If the channel was closed for 3 days and became dry, what would be the values of total stress, effective stress and pore water pressure at points A and B.



(2)



For the set-up shown in figure, Compute the following:- ١٢٥

1- Discharge quantity. ($cm^3/sec.$) 2- seepage velocity. (cm/sec.)

3- Total stress, pore water pressure and effective stress at levels 1 and 2. Comment on your answer.

The soil has the following properties:

$\gamma_{sat.} = 2\ t/m^3$, $K = 0.1$ cm/sec. , $n = 0.33$