

1) Soil classification :-

Soil is classified into 2 types

1) Cohesive soil :- تربة متماسكة

* clay , silt
طين غلي

2) Cohesionless soil :- تربة غير متماسكة

* Sand , Gravel
رمل الحصى

Note:- According to size

Gravel > Sand > silt > clay

2) Soil shear strength :- مقاومة التربة للقص

نرمز لها بـ τ وتحسب من المعادلة التالية

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi \quad (\text{Shear between soil and soil})$$

τ :- Soil shear strength = max shear stress at Failure Plan

σ_n :- Normal stress at Failure Plan

C, ϕ - Shear Parameters

C :- Cohesion strength $(\text{KN/m}^2, \text{t/m}^2)$
مقاومة التماسك للتربة

ϕ :- internal friction angle (degrees)
زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة

Shear Parameters for different soil conditions :-

1) Cohesionless soil :- (ϕ -Soil) (sand, gravel)

$$C = \text{Zero} \quad \rightarrow \quad \phi = \checkmark$$

2) Cohesive soil :- (clay, silt)

للتربة المتماسكة فقط يتم تحديد shear strength في حالتين

a) Undrained Condition

b) Drained Condition

a) undrained condition :- (C -Soil)

«Short term Condition» يتم تسميتها أيضاً

«Just after Construction»

* يقصد بها التحميل على تربة متماسكة - حشيرة بالماء كالآتي :-

1) معدل التحميل سريع جداً وبالتالي لا تتفكك التربة وتصرف الماء الموجود بفراغات التربة .

(التربة المتعاسكة بعد زرع قليل من التحميل .

(التربة المتعاسكة مقاس فراغتها صغير جداً ، وبالتالي نفاذيتها

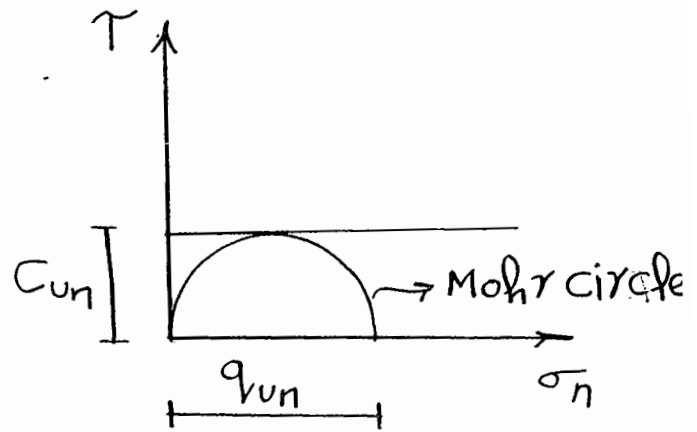
قليلة جداً مما يعنى بطء خروج الماء من فراغات التربة المتعاسكة)

* خواص التربة المتعاسكة في هذه الحالة كالآتي :-

* $C = C_{un}$ (undrained shear strength)

$= \frac{q_{un}}{2} \rightarrow$ unconfined compression strength

* $\phi = \phi_{un} = \text{Zero}$



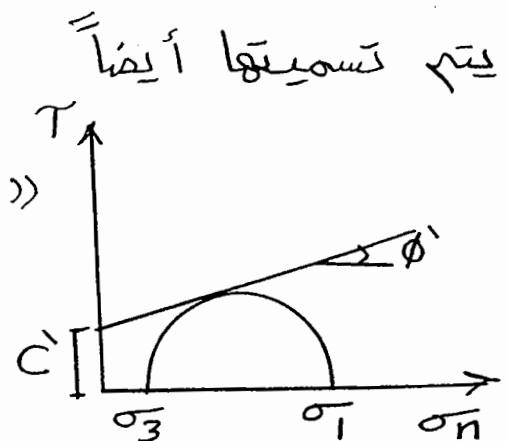
ملحوظة :-

$\phi = \text{Zero}$ ، لا يتم تبق عارف اب C_{un} or q_{un} المسألة في الما ذكر

B) Drained Condition:- ($C-\phi$ Soil)

« long term condition »

« long time after construction »



هذه الحالة تسمى آف جزء كبير من الماء تصرف من التربة وذلك نتيجة
(أ) معدل التحميل بطيء مما يسمح بخروج الماء من فراغات التربة الممتلئة
(ب) مرور زهاب كبير منذ بداية التحميل.

* خواص التربة المتعاسكة في هذه الحالة كالآتي :-

* $C = C'$ (Drained cohesion strength)

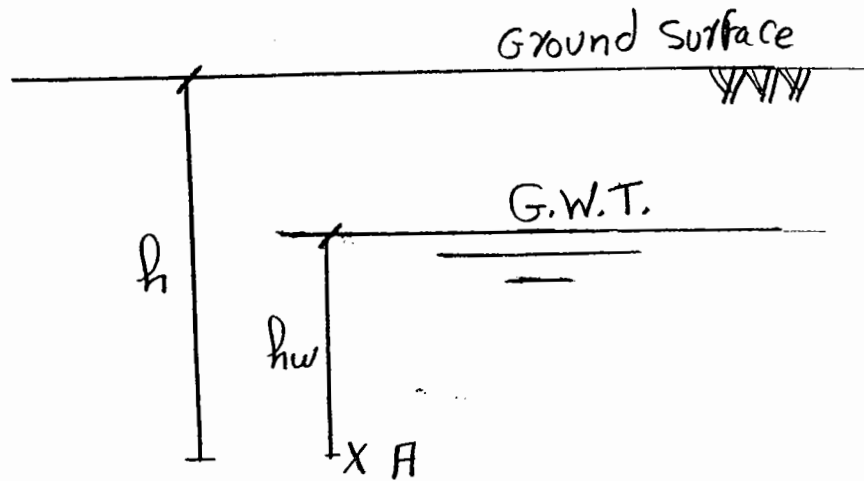
* $\phi = \phi'$ (Drained friction angle)

ملاحظة :-

* $C_{un} > C'$

* $\phi_{un} = \text{Zero} < \phi'$

3) Total stresses, effective stresses, Pore water pressure



يتم حساب الإجهادات عند نقطة (A) كالآتي :-

1) Total stress (σ)

$$\sigma = \gamma_{\text{total}} * h$$

$$\gamma_{\text{total}} = \begin{cases} \gamma_{\text{dry}} \text{ or } \gamma_{\text{bulk}} \\ \gamma_{\text{sat}} \end{cases}$$

above G.W.T.

below G.W.T.

2) Pore water pressure :- (π)

$$\pi = \gamma_w * h_w$$

$$\gamma_w = 1 \text{ t/m}^3 = 1 \text{ gm/cm}^3 = 10 \text{ kN/m}^3$$

3) Effective stress (σ')

$$\sigma' = \gamma_{eff} * h$$

$$\gamma_{eff} = \begin{cases} \rightarrow \gamma_{dry} \text{ or } \gamma_{bulk} \\ \rightarrow \gamma_{sub} \end{cases}$$

above G.W.T.

below G.W.T.

$$\gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_w = \frac{G_s - 1}{1 + e} * \gamma_w$$

G_s :- Specific density (2.6-2.8)

e :- Void ratio

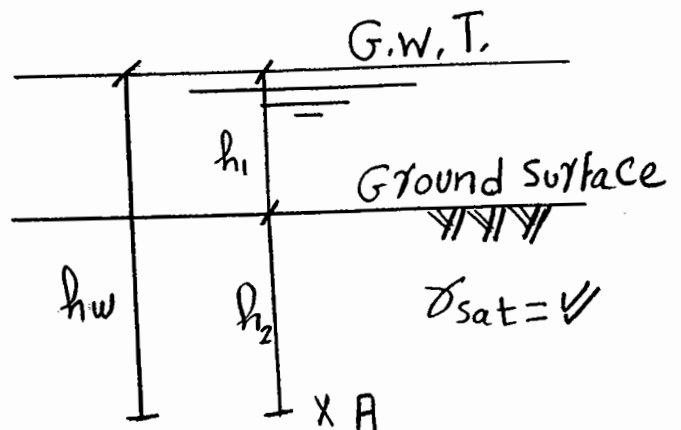
$$\sigma = \sigma' + \eta$$

Note :-

$$\sigma = \gamma_w * h_1 + \gamma_{sat} * h_2$$

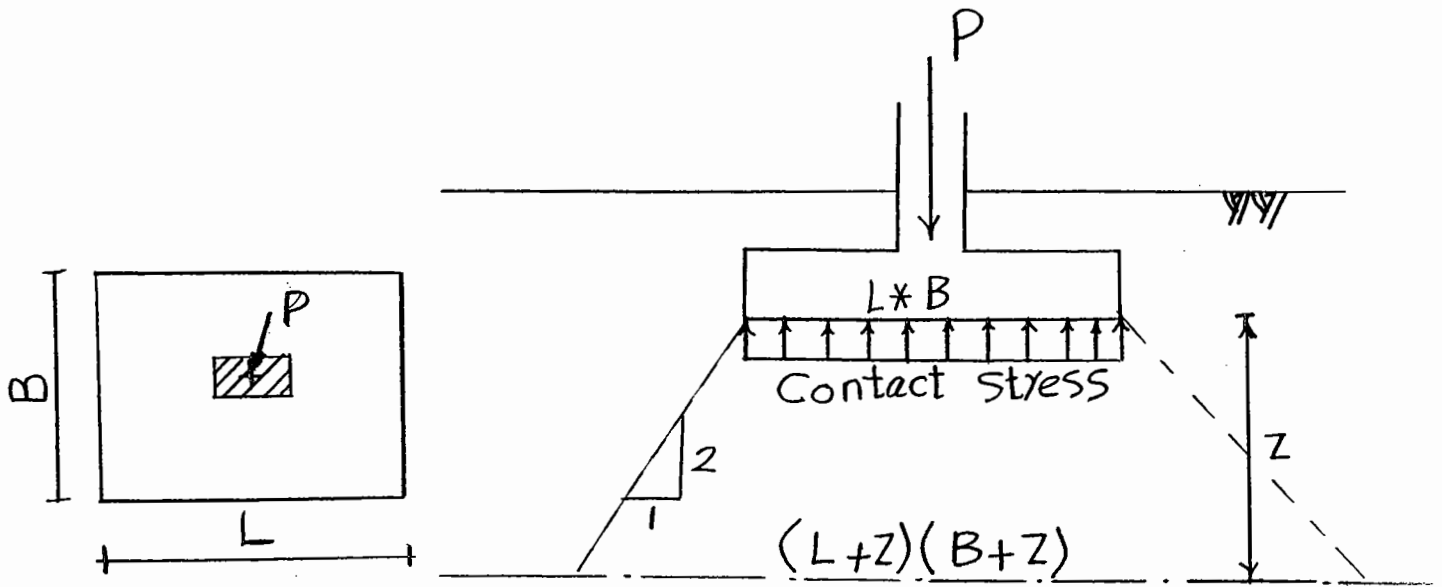
$$\eta = \gamma_w * h_w$$

$$\begin{aligned} \sigma' &= \gamma_{sub} * h_2 \\ &= \sigma - \eta \end{aligned}$$



4) Vertical stress distribution

(Calculation of vl. stress increase due to external load)



P :- Col. load (KN, t)

$L \times B$:- Footing dimensions

Contact stress :-

$$F_{act.} = \frac{P}{L \times B} \quad \text{KN/m}^2, \text{ t/m}^2$$

* إجهاد الصلابة المؤثر على التربة عند سطح التلامس بين القاعدة و التربة و يساوى حمل القاعدة مقسوماً على مساحتها.

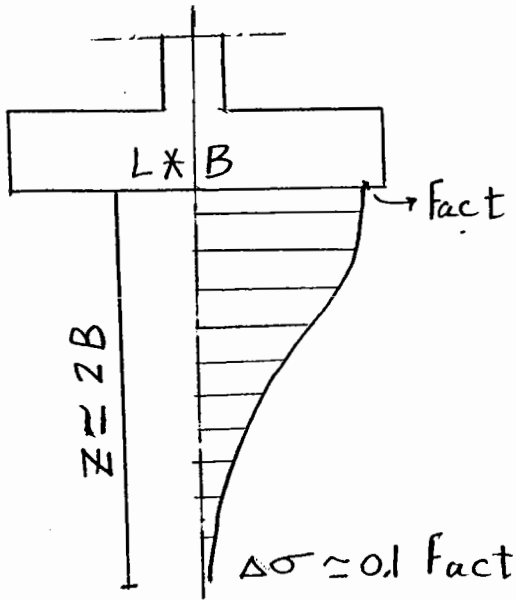
لحساب الإجهاد الناتج عن القاعدة عند أى عمق (Z) أسفل القاعدة
يتم استخدام طريقة (1.2) كالآتي :-

$$\Delta \sigma_z = \frac{P}{(L+Z)(B+Z)} \quad \text{KN/m}^2, \text{ t/m}^2$$

$\Delta \sigma_z$:- stress distribution at depth (Z) (KN/m^2) (t/m^2)

Z :- العمق أسفل القاعدة المطلوب حساب الإجهاد عنده (m)

Note :-



* كلما نزلنا للأسفل ، كلما تقل قيمة الإجهاد في التربة وبالتالي

$$\Delta \sigma_z < F_{act}$$

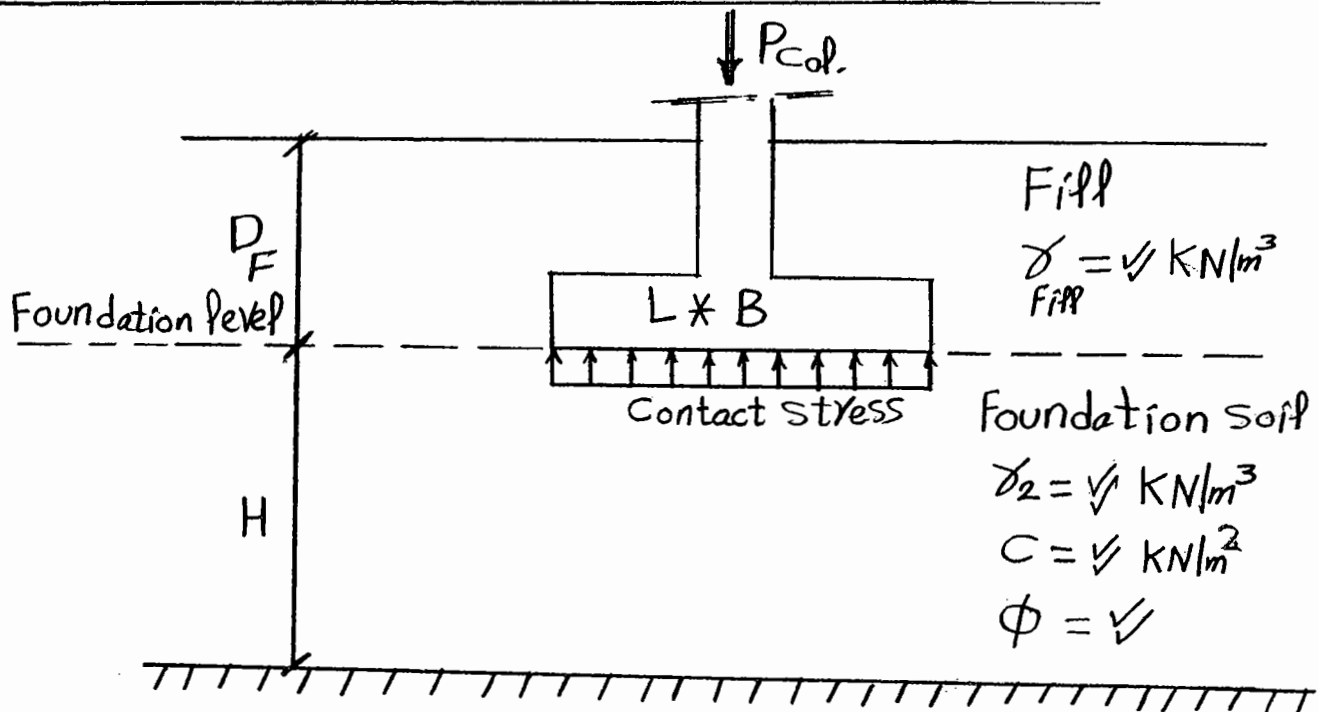
و ينتهي تأثير حمل القاعدة داخل التربة

عند العمق Z الذي يساوي $\frac{2B}{}$

والذي يكون عنده $\Delta \sigma_z = 0.1 \times F_{act}$

B :- min. width of Footing

5) Bearing capacity of Foundation Soil :-



Bearing capacity of foundation soil

• أقصى إجهاد ضئيل تتحمله التربة دون حدوث انهيار، بالقص أو هبوط زائد، هذا الإجهاد ناتج عن ارتكاز القواعد على التربة،

يتم حساب ال B.C. كالتالي :-

$$1) \quad q_{ult. \text{ gross}} = C N_c \lambda_c + \gamma N_q \lambda_q + B \gamma_2 N_\gamma \lambda_\gamma$$

- $q_{ult. \text{ gross}}$:- ult. gross bearing capacity of soil
- C :- cohesion strength of foundation soil
- B :- البعد الصغير للقاعدة
- γ :- σ' at Foundation level
- N_c, N_q, N_γ :- friction factors depends on (ϕ) of Foundation soil.

- $\lambda_c, \lambda_q, \lambda_\gamma$:- Shape Factors

$$\lambda_c = \lambda_q = 1 + 0.3 \frac{B}{L} > \lambda_\gamma = 1 - 0.3 \frac{B}{L}$$

- γ_2 :- γ_{eff} of Foundation Soil.

2)

$$q_{\text{all net}} = \frac{q_{\text{ult gross}}}{F.O.S.} - \sigma$$

- $q_{\text{all net}}$:- Allowable net bearing capacity,
- F.O.S. :- Factor of safety against B.C. Failure
- σ :- Effective stress due to Fill

Note:-

- Contact stress $\rightarrow F_{act} = \frac{P_{col.}}{L \times B}$
- For safe Footing design $\rightarrow F_{act} < q_{\text{all net}}$
- For safe and economic footing design

$$F_{act} = q_{\text{all net}}$$

$$\frac{P_{col.}}{L \times B} = q_{\text{all net}}$$

$$\therefore A_{\text{footing}} = L \times B = \frac{P_{col.}}{q_{\text{all net}}}$$

SOLVED EXAMPLE ON BEARING CAPACITY OF FOUNDATION SOIL

Figure (1) shows the soil profile in a certain construction site. Three different buildings will be constructed in this site. Calculate the allowable bearing capacity for the subsoil below each of the following three buildings considering a shallow foundation of arbitrarily minimum dimensions of (1.0x1.0 m).

Table (1): Data of buildings

Building No.	Foundation level (m)	Finish level above foundations (m)
1	-2.00	0.00
2	-4.00	-2.50
3	-6.00	-5.00 Represents the top surface of foundation (no fill is used)

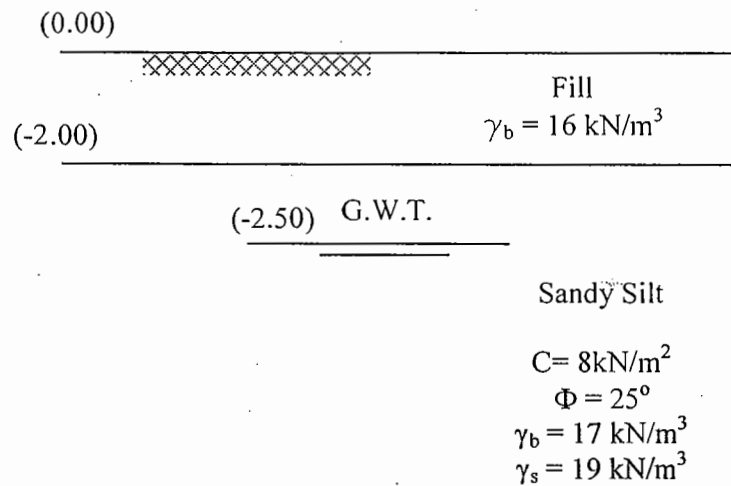


Figure (1): Soil profile.

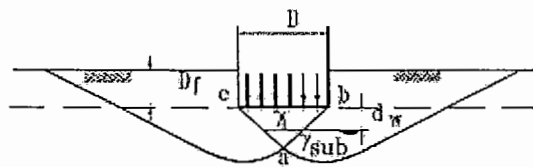
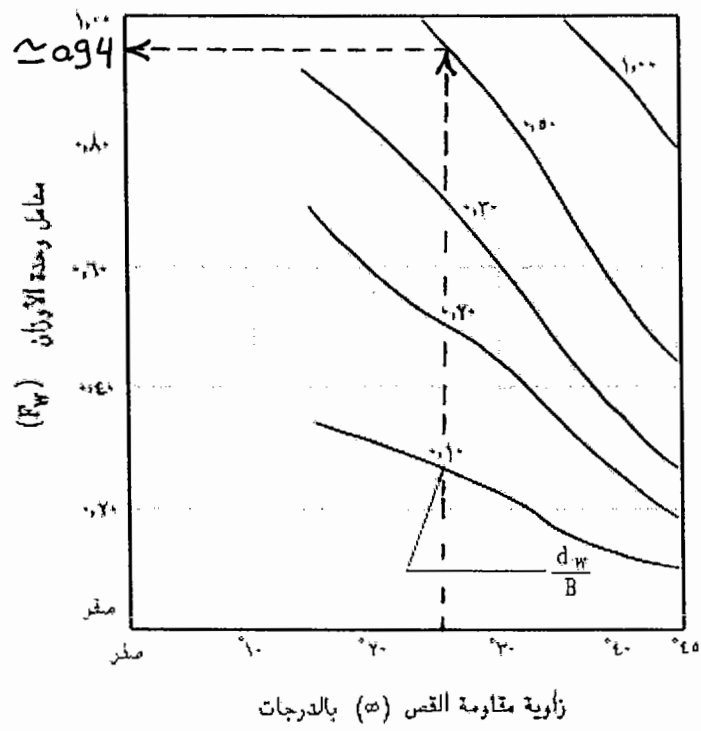
جدول رقم (٣-٩-أ) قيم المعاملات $\lambda_y, \lambda_q, \lambda_c$ للأساسات الضحلة

λ_y	λ_q, λ_c	شكل الأساس
1.0	1.0	تربيعي
$1-0.3B/L$	$1+0.3B/L$	مستطيل
0.7	1.3	مربع أودائري

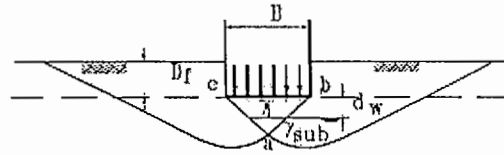
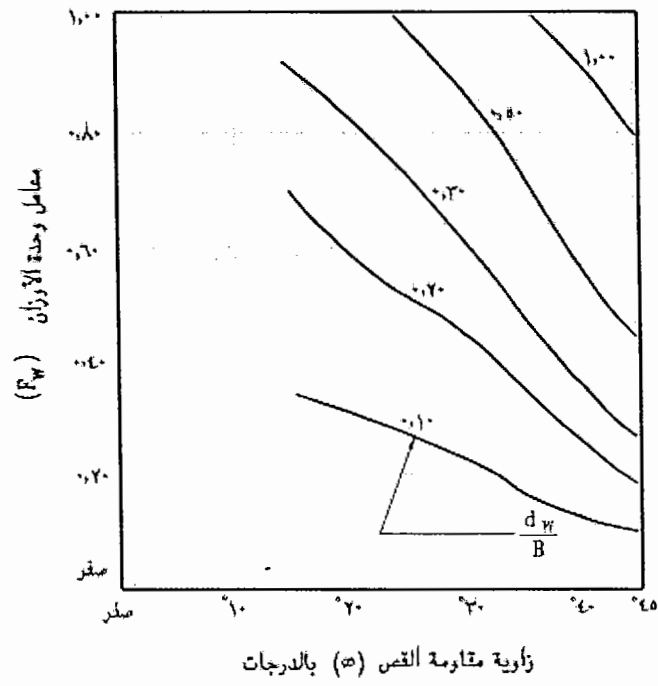
جدول رقم (٣-٩-ب) : قيم المعاملات N_y, N_q, N_c للأساسات الضحلة
مقربة إلى أقرب نصف إلى ناحية الأمان

N_y	N_q	N_c	ϕ
٧.٠	١٤.٠	٢٥.٠	٢٧.٥
١٠.٠	١٨.٠	٣٠.٠	٣٠
١٥.٠	٢٥.٠	٣٧.٠	٣٢.٥
٢٣.٠	٣٣.٠	٤٦.٠	٣٥
٣٤.٠	٤٦.٠	٥٨.٠	٣٧.٥
٥٣.٠	٦٤.٠	٧٥.٠	٤٠.٠
٨٣.٠	٩٢.٠	٩٩.٠	٤٢.٥

N_y	N_q	N_c	ϕ
-	١.٠	٥.٠	صفر
-	١.٥	٦.٥	٥
٠.٥	٢.٥	٨.٥	١٠
١.٠	٤.٠	١١.٠	١٥
٢.٠	٦.٥	١٥.٠	٢٠
٣.٠	٨.٠	١٧.٥	٢٢.٥
٤.٥	١٠.٥	٢٠.٥	٢٥.٠



شكل (٣٢-٣) تأثير المياه الجوفية على قدرة التحمل القصوى



شكل (٢٢-٣) تأثير المياه الجوفية على قدرة التحمل القصوى

Bearing capacity of Foundation Soil

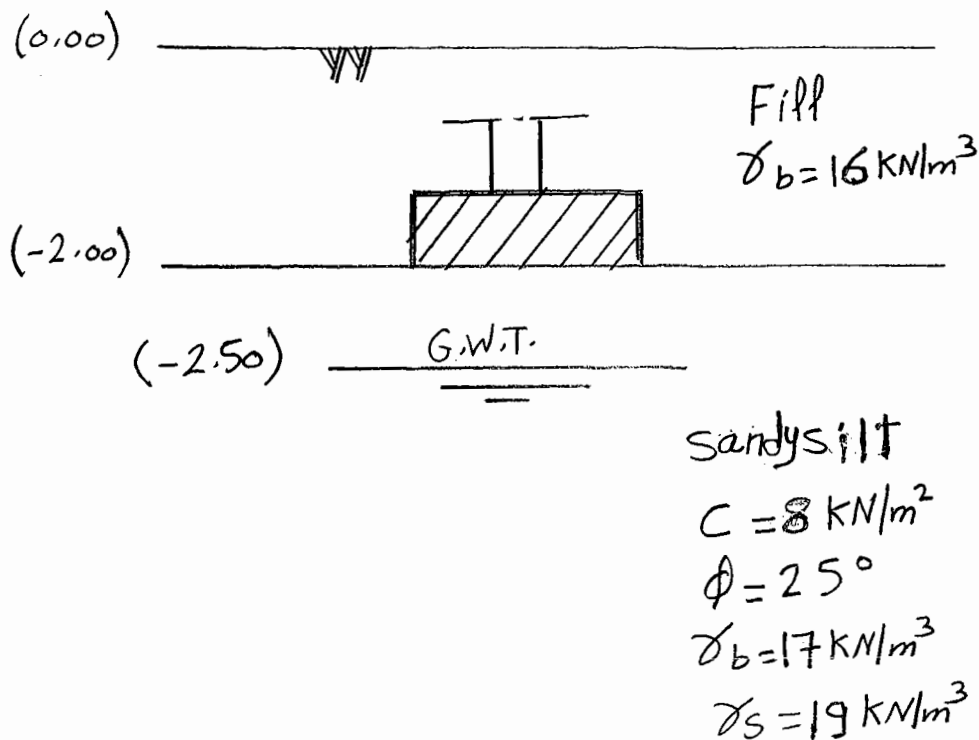
Given:-

- 1) Soil Profile (Soil Properties, G.W.T.)
- 2) Foundation level for each building.
- 3) Finish level for each building.
- 4) Footing type for each building.

Required:-

- 1) Allowable bearing capacity for sub soil below each building. (Assuming $B = 1\text{m}$)

Building No. (1):-



Solution:-

$$1) q_{\text{ult. gross}} = C N_c \lambda_c + q N_q \lambda_q + B \gamma_2 N_\gamma \lambda_\gamma$$

$$* \phi = 25^\circ \xrightarrow{\substack{\text{جدول} \\ \phi(25^\circ)}} N_c = 20.5, N_q = 10.5, N_\gamma = 4.5$$

$$* \lambda_c = \lambda_q = 1 + 0.3 \frac{B}{L} = 1.3 \quad \lambda_\gamma = 1 - 0.3 \frac{B}{L} = 0.7 \quad [\text{Square footing}]$$

$$* q = 16 \times 2 = 32 \text{ kPa}$$

$$* \gamma_2 = \gamma_{\text{sub.}} + F_w (\gamma_b - \gamma_{\text{sub.}})$$

$$\frac{dw}{B} = \frac{0.5}{1} \xrightarrow[\phi=25^\circ]{\substack{(25-3) \text{ دسكس}}} F_w \approx 0.94$$

$$\sim \gamma_2 = 9 + 0.94 (17 - 9) = 16.52 \text{ kN/m}^3$$

$$\therefore q_{ult. \text{ gross}} = 8 \times 20.5 \times 1.3 + 32 \times 10.5 \times 1.3 + 1 \times 16.52 \times 45 \times 0.7$$

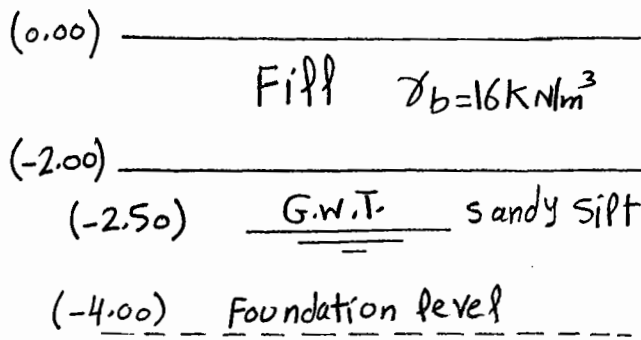
$$= 702.04 \text{ kPa}$$

$$\therefore q_{all. \text{ net.}} = \frac{q_{ult. \text{ gross}}}{F.O.S.} - \sigma$$

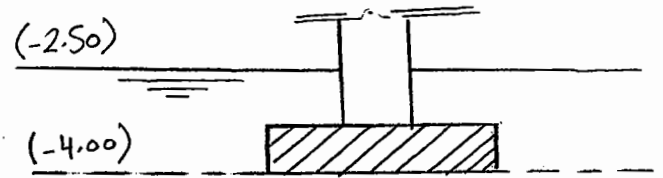
$$= \frac{702.04}{3} - (16 \times 2)$$

$$= 202.013 \text{ kPa}$$

Building (2):-



(Before Construction)



(After Construction)

Solution:-

$$1) q_{ult. \text{ gross}} = C N_c \lambda_c + q N_q \lambda_q + B \gamma_2 N_\gamma \lambda_\gamma$$

$$* \phi = 25^\circ \xrightarrow[\text{جداول}]{\text{من } (q-\gamma)} N_c = 20.5, N_q = 10.5, N_\gamma = 4.5$$

$$* \lambda_c = \lambda_q = 1.3, \quad \lambda_\gamma = 0.7$$

$$* q = (16 \times 2) + (17 \times 0.5) + (9 \times 1.5) = 54 \text{ kPa}$$

$$* \gamma_2 = \gamma_{sub.} = 9 \text{ kN/m}^3$$

$$\begin{aligned} \therefore q_{ult. \text{ gross}} &= 8 \times 20.5 \times 1.3 + 54 \times 10.5 \times 1.3 + 1 \times 9 \times 4.5 \times 0.7 \\ &= 978.65 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore q_{all \text{ net}} &= \frac{q_{ult. \text{ gross}}}{F.o.S.} - \sigma \\ &= \frac{978.65}{3} - (9 \times 1.5) \\ &= 312.72 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Building (3):-

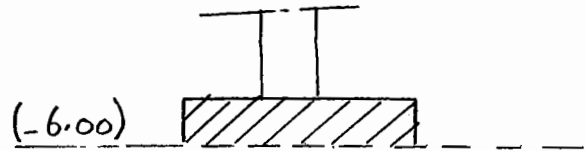
(0.00) _____
Fill $\gamma_b = 16 \text{ kN/m}^3$

(-2.00) _____

(-2.50) G.W.T. Sandy silt

(-6.00) Foundation level

(Before Construction)



(After Construction)

Solution:-

$$* q = (16 \times 2) + (17 \times 0.5) + (9 \times 3.50) = 72 \text{ kPa}$$

$$\begin{aligned} 1) q_{ult, gross} &= C N_c \lambda_c + q N_q \lambda_q + \gamma_2 B N_\gamma \lambda_\gamma \\ &= 8 \times 20.5 \times 1.3 + 72 \times 10.5 \times 1.3 + 9 \times 1 \times 45 \times 0.7 \\ &= 1224.35 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$2) q_{ult, net} = \frac{1224.35}{3} = 408.11 \text{ kPa}$$