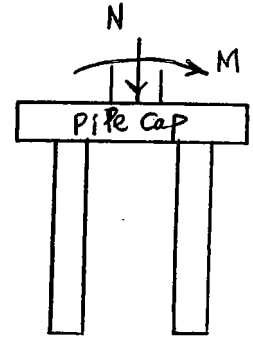
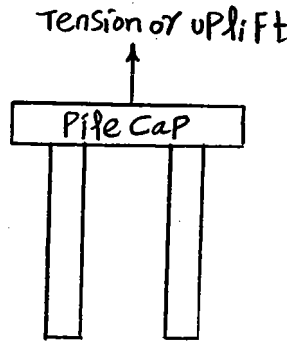
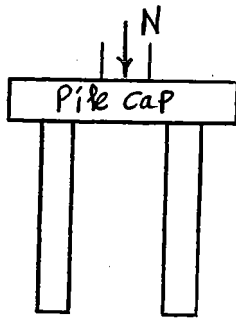


فونديسم رابعه  
انشاءات  
١٥

## Pile group

### Pile cap:-

- هي القاعدة التي تتركز على عدد من الخوازيق ، و تنقل الحمل من العمود وتوزعه على الخوازيق .
- هذه القاعدة قد يكون عليها عمود واحد أو أكثر من عمود .
- الأحمال على ال Pile cap قد تكون أحمال منبسط فقط ، أو أحمال شد فقط أو Normal + Moment .



### Pile group :-

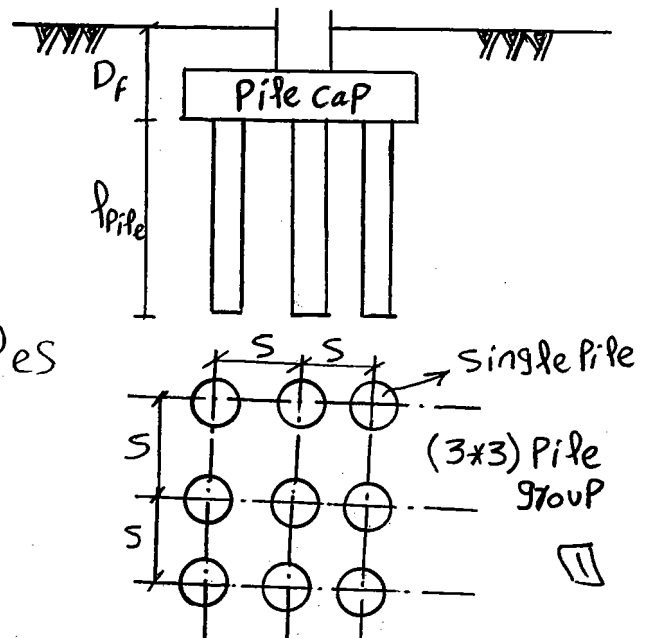
تتكون مجموعة الخوازيق من :-

(P) عدد من الخوازيق (n)

(S) المسافة بين هذه الخوازيق (S)

S :- Spacing between C.G. of Piles

(→) مجموعة الخوازيق يكون لها شكل  
مربعة يعتمد على n ، n > 5 .



# Arrangement of Piles:-

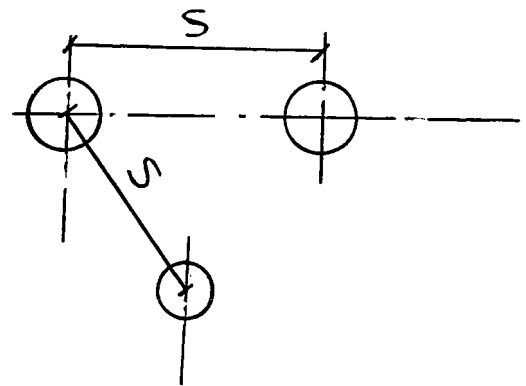
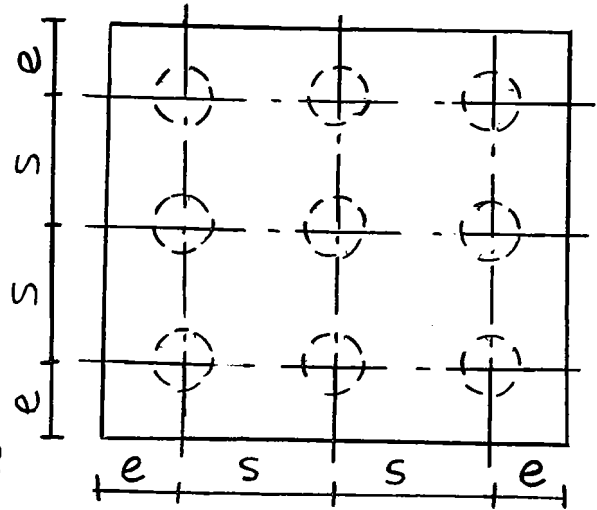
## 1) Piles Spacing:- (S)

المسافة بين C.G. ال Piles و  
هي مسافة أفقية ، رأسية ،  
مائلة .

$$S_{min} = 2.5 d \quad (\text{for end bearing Piles})$$

$$S_{min} = 3 d \quad (\text{for Friction Piles})$$

$$S_{max} = 6 d$$



ملاحظات:-

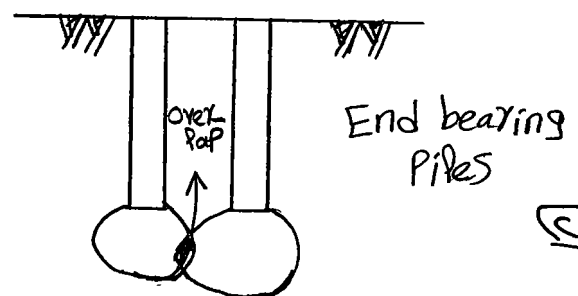
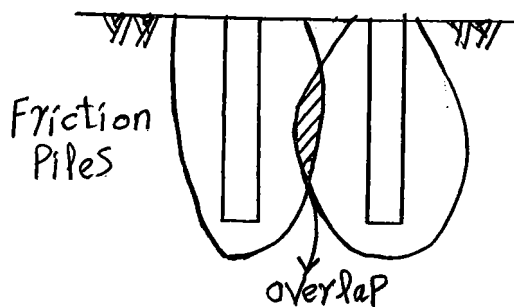
١) نفضل ترتيب الخوازيق باستخدام  $S_{min}$  ، وذلك لتوفير أبعاد ال Pile Cap

$$S_{min} = 3d$$

إذا لم يكن نوع الخاروق معطى في المسألة

٢) تم تحديد المسافات ( $S_{min}$ ) بين الخوازيق حتى لا يحدث تداخل بقدر

الإمكان في الإجهادات بين الخوازيق ، ويتم تحديد  $S_{max}$  ، لأنه إذا زادت  $S$  عن  $S_{max}$  ، يكون سلوك كل خاروق كأنه Single Pile



## 2) Edge distance :- (e)

المسافة من (C.G.) إلى corner or edge pile حتى طرف ال pile cap

$$e = (1-1.5) d$$

ملحوظة :-

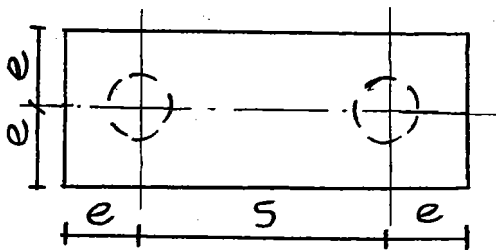
عند زمن مجموعة الخوازيق أسفل ال pile cap يجب تحقيق الشرط الآتي :-

$$C.G. \text{ of Piles } \equiv C.G. \text{ of Pile cap } \equiv C.G. \text{ of load}$$

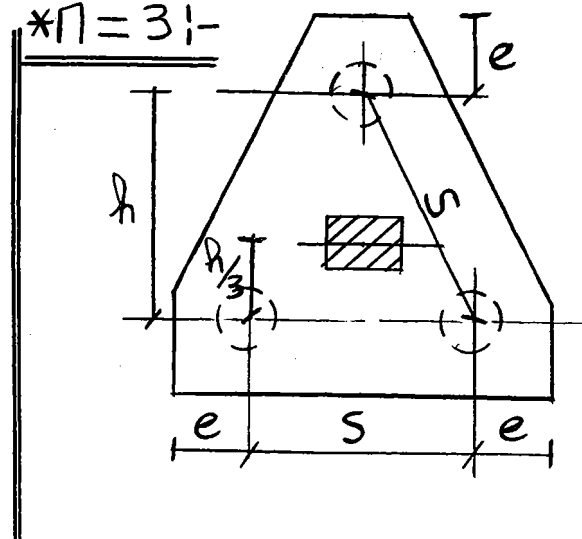
وذلك لضمان عدم وجود Eccentricity قد تسبب عزوم على الخوازيق.

## Examples on Piles arrangement :-

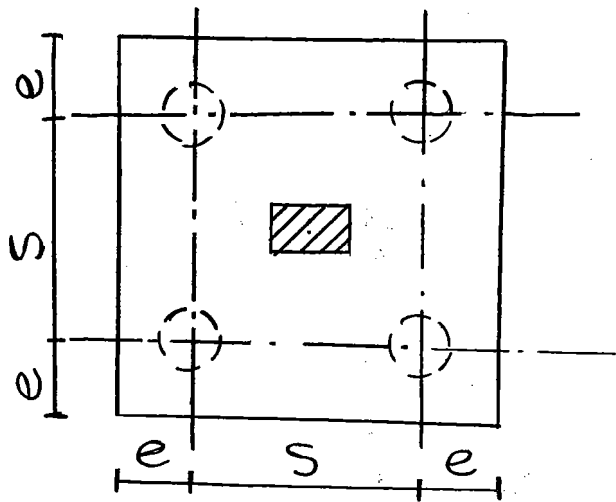
\* N=2 :-



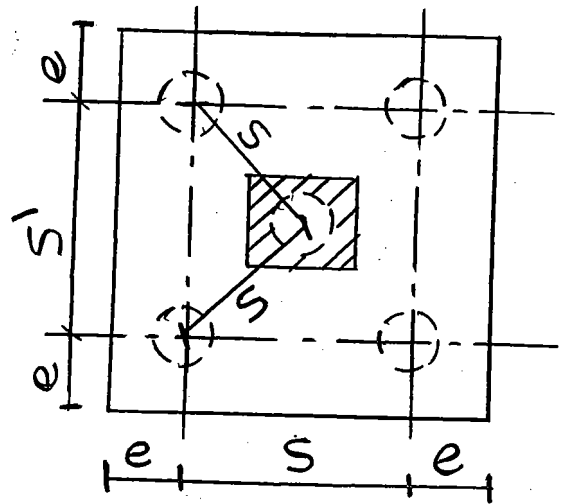
\* N=3 :-



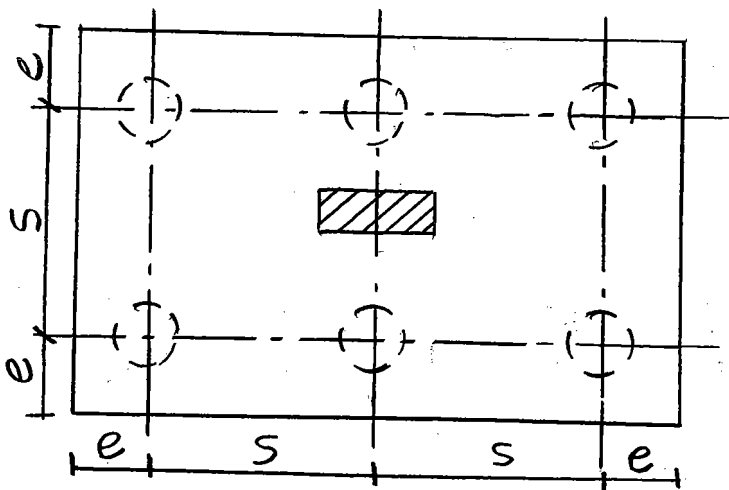
\*  $n=4$  :-



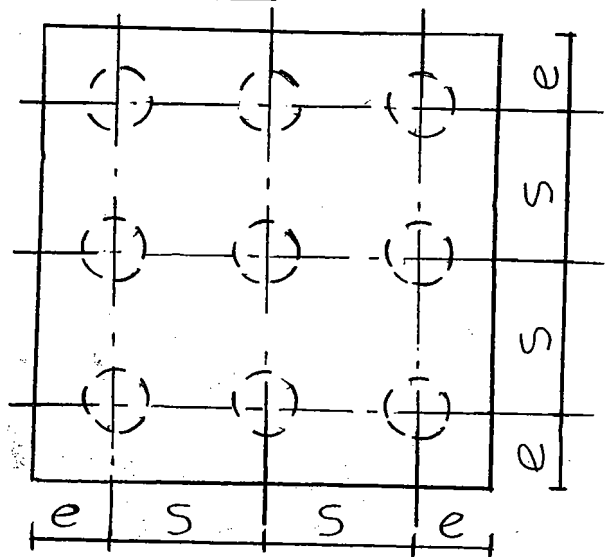
\*  $n=5$  :-



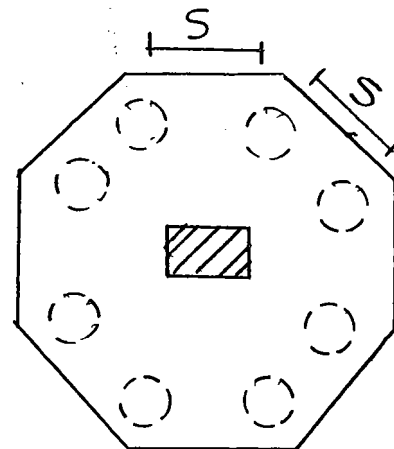
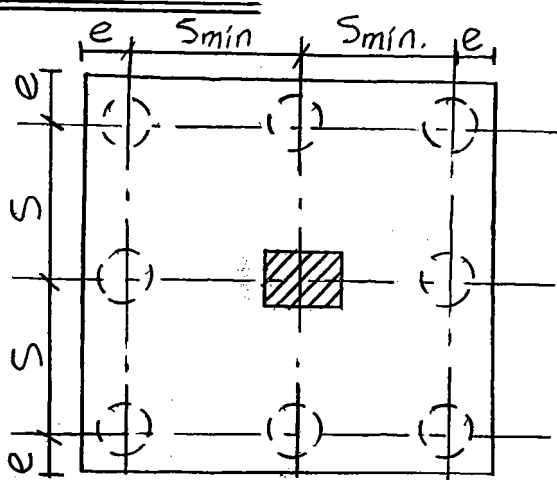
\*  $n=6$  :-



\*  $n=9$  :-



$n=8$  :-



## Number of Piles below the Pile cap:-

### 1) Case of Normal Compression load:-

$$n = \frac{1.15 * P_{col}}{Q_{all}}$$

n:- Number of Piles (يقرب بالزيادة لأقرب واحد صحيح)

P<sub>col</sub>:- Working column load (Given)

Q<sub>all</sub>:- Allowable compression capacity of single pile

1.15:- زيادة لأخذ تأثير وزن الـ Pile cap

$$\sim Q/pile = \frac{1.15 P_{col}}{n_{final}}$$

### 2) Case of Tension (uplift) load:-

$$n = \frac{T \text{ or } U_{uplift}}{T_{all}}$$

T:- Working Tension Force or Uplift Force on the Pile cap

T<sub>all</sub>:- Allowable tension capacity of single pile.

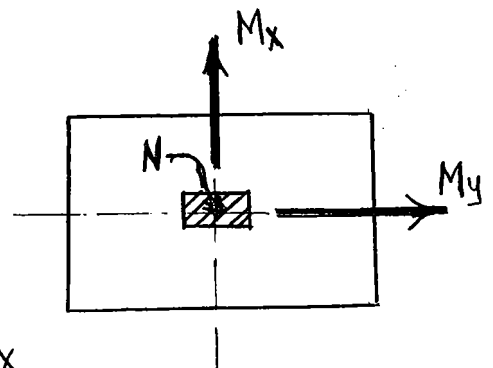
$$\sim T/pile = \frac{T \text{ or } U}{n_{final}}$$

### 3) Case of Normal Compression force and double moments $M_x, M_y$ :-

1) Assume

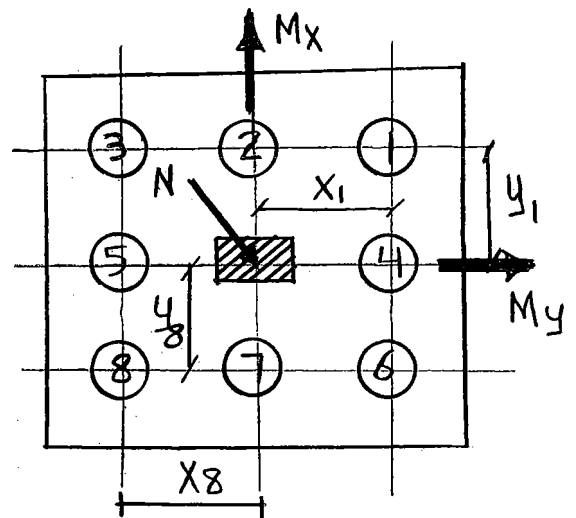
$$n = \frac{1.15 N}{Q_{all}} * (1 + e_x)(1 + e_y)$$

where :-  $e_x = \frac{M_y}{N}$ ,  $e_y = \frac{M_x}{N}$



2) Arrange the estimated number of piles

3) Calculate  $Q/pile$



$$Q/pile = \frac{1.15 N}{n} + \frac{M_x * y_i}{\sum (y_i^2)} + \frac{M_y * x_i}{\sum (x_i^2)}$$

where :-

$X_i, Y_i$  :- البعد الأفقي، الرأسى على التوالي من C.G. الخاروق - (أ) إلى C.G. مجموعة الخوازيق.

$\sum (X_i^2)$  :- مجموع مربعات الإحداثيات  $(X_i)$  لكل الخوازيق.

$\sum (Y_i^2)$  :- مجموع مربعات الإحداثيات  $(Y_i)$  لكل الخوازيق.

### 3) Check $Q_{max}/pile$ , $Q_{min}/pile$

Example:- رصّة الخوازيق الموجودة في الشكل السابق.

$$\underline{Q_{max}} = Q_{pile \text{ No. (1)}} = \frac{1.15 N}{8} \downarrow \begin{matrix} \oplus \\ \text{Compression} \end{matrix} \frac{M_x * y_1}{\sum (y_i^2)} + \frac{M_y * x_1}{\sum (x_i^2)}$$

$$\underline{Q_{min}} = Q_{pile \text{ No. (8)}} = \frac{1.15 N}{8} \downarrow \begin{matrix} \ominus \\ \text{Tension} \end{matrix} \frac{M_x * y_8}{\sum (y_i^2)} - \frac{M_y * x_8}{\sum (x_i^2)}$$

check:-

\*  $Q_{max} \nlessgtr Q_{all}$

\*  $Q_{min} \nlessgtr \text{Zero}$

$\downarrow$  -ve or  $\nlessgtr T_{all} \sim$  IF given or calculated  $\downarrow$  -ve

IF UNSAFE ( $Q_{max} > Q_{all}$  or  $Q_{min} > T_{all}$ )

Example:-  $Q_{all} = 800 \text{ kN}$  ,  $T_{all} = -400 \text{ kN}$

IF  $Q_{max} = 1000 \text{ kN}$  ,  $Q_{min} = -500 \text{ kN}$

$\sim Q_{max} > Q_{all} \text{ , } Q_{min} > T_{all}$

نه يتبع عمل الآتي:-

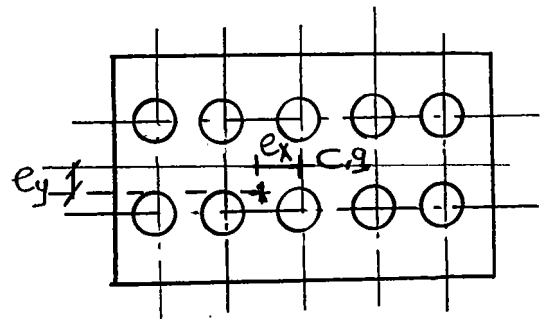
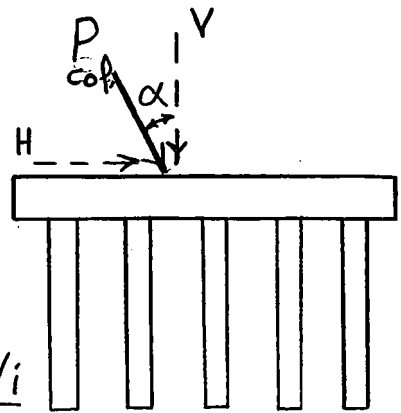
1) نرود عدد الخوازيق (n) ونرسم الخوازيق مرة أخرى ونعيد حساب  $Q_{max}$   $Q_{min}$  و نعيد رص الخوازيق

#### 4) Case of Pile cap subjected to inclined eccentric load :-

1)  $V = P \cos \alpha$

2)  $n = \frac{1.15 V}{Q_{all}} * (1 + e_x)(1 + e_y)$

3)  $Q_{/pile} = \frac{1.15 V}{n} \pm \frac{V \cdot e_x \cdot X_i}{\sum X_i^2} \pm \frac{V \cdot e_y \cdot Y_i}{\sum Y_i^2}$



\* المعادلة السابقة تنطبق على قيم تقريبية للحمل الرأسى على الخاروق ( $Q_{/pile}$ ) باعتبار أن حامة الخوازيق جاسئة (Rigid Pile cap) و  $\alpha$  و  $V$

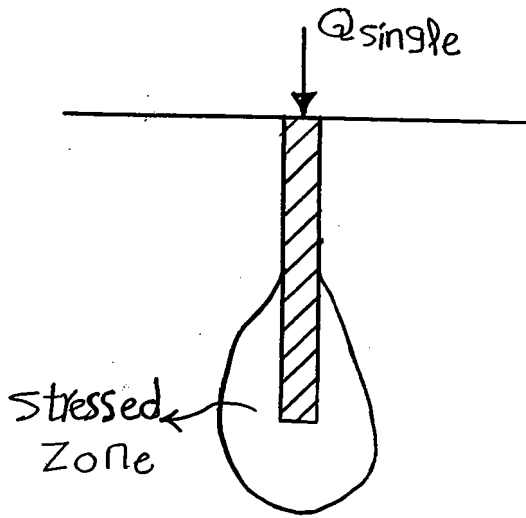
المركبة الأفقية للحمل (H) صغيرة ويمكن تحملها بأحاديث الخوازيق الرأسية.

4) Check  $Q_{max/pile} > Q_{min/pile}$

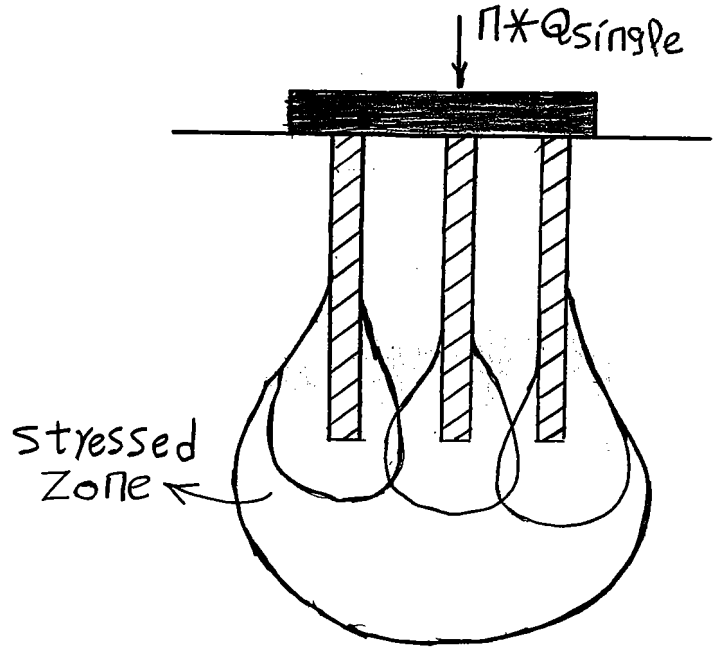


## Pile group Capacity

يجب دراسة قدرة تحمل مجموعة الخوازيق، حيث إذا قارنا المنطقة التي تتلقى إجهادات مؤثرة في حالة تحميل خاروق واحد بمثيلتها عند تحميل مجموعة من الخوازيق، نجد أن المنطقة المجهدة تحت مجموعة الخوازيق تكون أكبر بكثير، وذلك لأن تكامل الإجهادات الناتجة عن كل خاروق من خوازيق المجموعة يرفع من قيمة الإجهادات المتولدة بالتربة، وبالتالي تزيد من أبعاد المنطقة المجهدة تحت مجموعة الخوازيق،

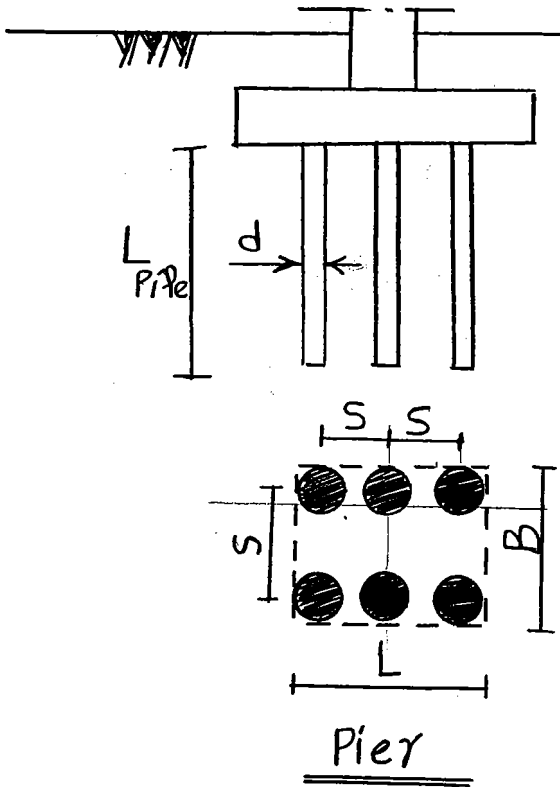


single Pile



Pile group

## Capacity of Pile group:-



\* يُقصد بها حساب قدرة تحمل مجموعة  
من الخوازيق أسفل الـ Pile cap  
وكأنهم خاروق واحد كبير.

\* يتم التعامل مع البلوك الذي يتحدد  
بالمحيط الخارجى للخوازيق وبكامل  
ارتفاع الخوازيق  $(L_{Pile})$ .

\* هذا البلوك يسمى (Pier) وتعامل  
مع كأنه خاروق واحد كبير مقطوع  
عبارة عن مستطيل أبعاده  $(L \times B)$ .

$$\underline{L = 2S + d} \quad \underline{B = S + d}$$

## GROUP Capacity:- (under Compression load)

$$Q_{ultg} = G_e * n * Q_{us}$$

where:-

$Q_{ultg}$  :- ultimate capacity of Pile group

$\pi$  :- Number of Piles in group.

$Q_{us}$  :- ultimate Capacity of single pile.

$G_e$  :- Group efficiency

$$G_e = \frac{Q_{ug}}{\pi * Q_{us}}$$

Factors affecting the value of " $G_e$ " :-

- 1) TYPE of soil
- 2) Spacing between piles " $S$ "
- 3) Pile length-diameter ratio " $L/d$ "
- 4) Arrangement of Piles ( $3 \times 3$  or  $5 \times 5$  pile group)

Allowable group Capacity :-

$$Q_{allg} = G_e * \pi * Q_{alls} \quad \text{or} \quad Q_{allg} = \frac{Q_{ultg}}{F.O.S.}$$

$Q_{alls}$  :- Allowable Capacity of single Pile

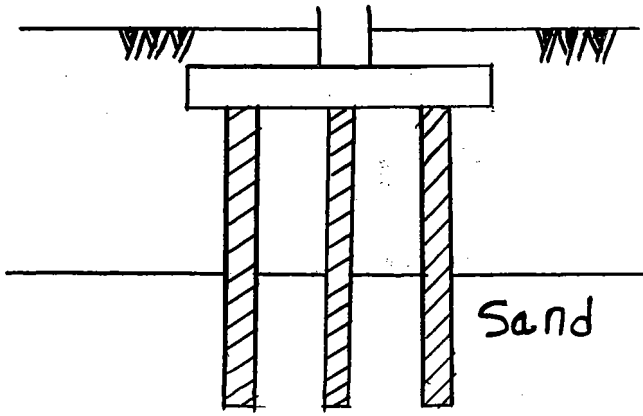
\* حمل المود على ال Pile Cap، يجب ألا يزيد عن  $Q_{allg}$ .

$$P_{col} \leq Q_{allg}$$



## Pile group efficiency:-

### 1) Pile group efficiency in Sand:-



• في حالة مجموعات الخوازيق التي تتركز في تربة غير متماسكة (رمل)، نجد أن مجموعة الخوازيق تعطى مقاومة أعلى من حاصل ضرب عدد الخوازيق في مقاومة الخاروق الواحد.

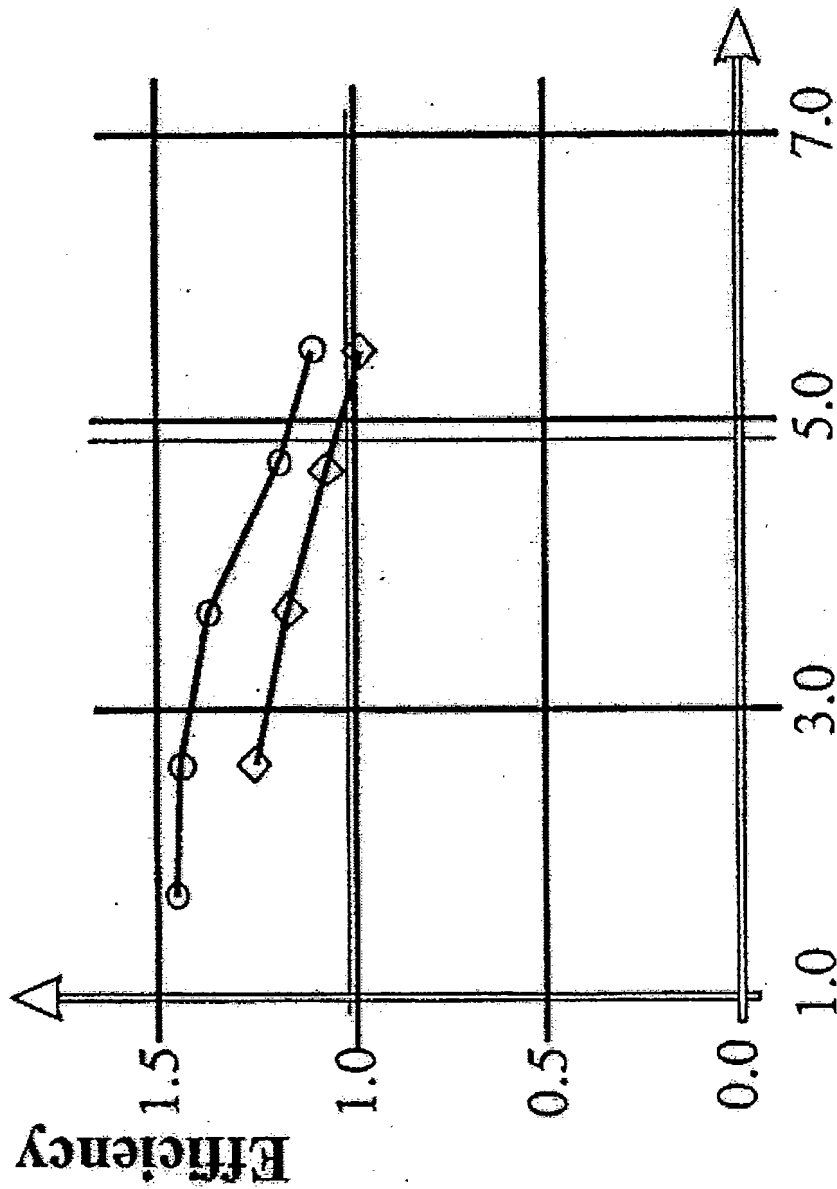
• لذلك فإن احتمال انهيار المجموعة كوحدة واحدة غير وارد.

• يتضح مما سبق أن مقاومة مجموعة الخوازيق غالباً تساوي حاصل ضرب عدد الخوازيق في مقاومة الخاروق الواحد.

$$\hat{\sim} \boxed{G_e = 1.00}$$

$$\hat{\sim} \boxed{Q_{ug} = Q_{us} * n}$$

● نلاحظ من chart أن  $G_e$  غالباً تكون أكبر من (100)  
 ~ Assume  $G_e = 100$   
 ~  $Q_{ug} = Q_{us} * \eta$



Pile width = 0.1 m  
 Length = 2.0 m  
 Soil : Fine sand



○ 2 X 2 pile group

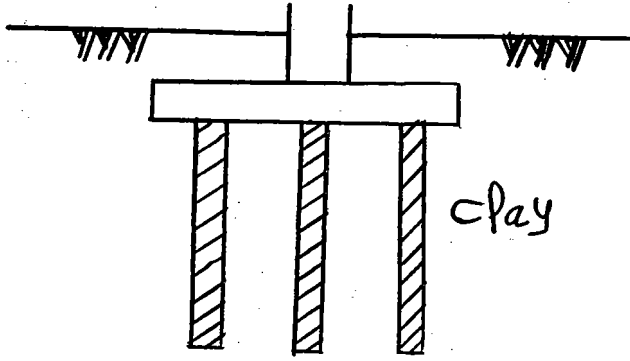


◇ Pile row (4 piles)

S:- Spacing

D:- Pile diameter

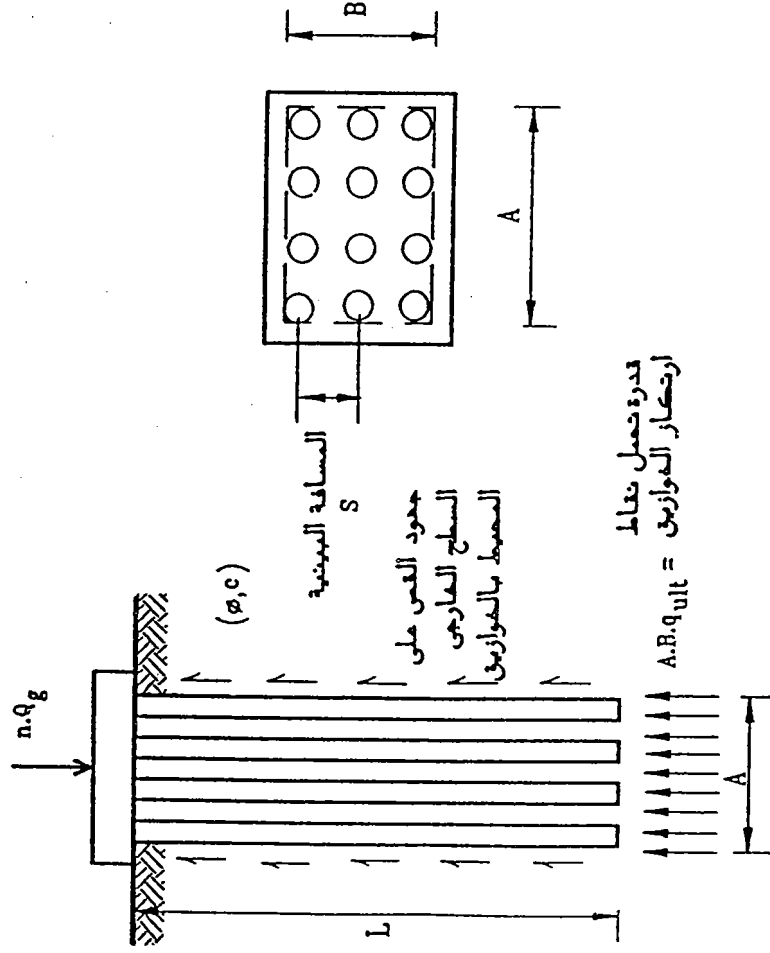
## 2) Pile group efficiency in clay:-



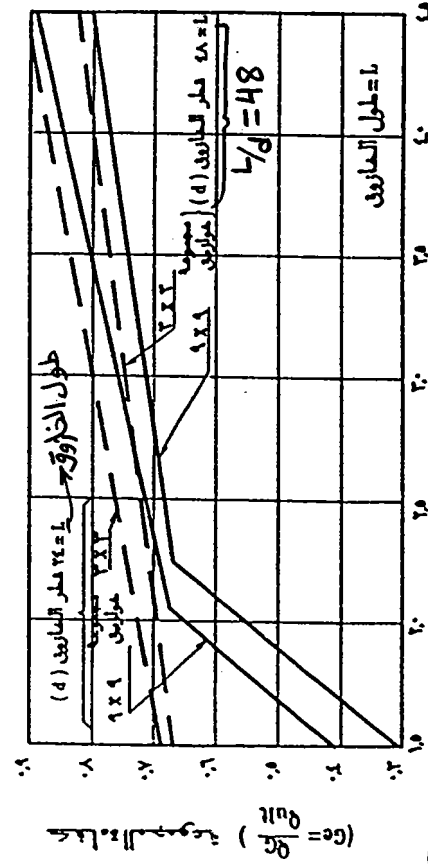
• إذا كانت مجموعة الخوازيق تتركز في تربة متماسكة (طين) ، يتم استنتاج قيمة  $(G_e)$  من شكل رقم (٤-٢٢)

$$Q_{vg} = G_e * \pi * Q_{vs}$$

من شكل (٤-٢٢)



شكل (١٨-٤) : قدرة تحمل مجموعة الخوازيق بالتربة الطينية



شكل (٩٣-٤) : كثافة مجموعات الخوازيق في التربة الطينية

٥-٥-٦-٣-٤ مجموعات الخوازيق بالتربة الطينية  
تقدرة القدرة التصوي لتعمل الخوازيق  $Q_{ult}$  كما يلي:  
(انظر شكل رقم (١٨-٤)).

$$Q_{ult} \text{ group} = n \cdot Q_G = n \cdot G_e \cdot Q_{ult}$$

(١٥-٤)

حيث

عدد الخوازيق في المجموعة .

الحمل الاقصى الذي يتحملة الخوازيق الواحد عندما يعمل داخل

المجموعة

$$\frac{Q_G}{Q_{ult}} = G_e$$

وتستنتج من الشكل رقم (١٩-٤)

محسب من الصيغة المبينة بالبند رقم (١-٢-٣-٤) .

$Q_{ult}$

٦-٥-٦-٣-٤ احمال الشد على مجموعة الخوازيق

أ - حالة التربة غير متماسكة الجيبات

يؤخذ حمل الشد على المجموعة مساويا لاقبل القيمتين التاليتين (١) ، (٢) .

(١) مجموع جهود الاحتكاك على جلود خوازيق المجموعة مع عدم تخفيض قيمتها في

حالة الخوازيق المسلوبة ومع اخذ معامل امان = ٣ .

(٢) الوزن الفعال " effective weight " لكتلة التربة الواقعة داخلها خوازيق

المجموعة مع اضافة وزن منشور دائري يمتد من اسفل نهايات الخوازيق الى سطح التربة

ويجبل ٤ (رأسى) : ١ (أفقى) . مع اعتبار الوزن الذاتي للخوازيق مساويا لكتلة

التربة المكافئة لمجموعها ومع اعتبار معامل امان قدره ١ .

## Group Capacity under tension load:-

### i) Case of Cohesionless soil (sand):-

$$T_{allg} = \text{Minimum of } \begin{cases} T_1 \\ T_2 \end{cases}$$

where:-

$T_{allg}$  :- Allowable tension capacity of Pile group.

#### a) Calculation of $T_1$ :-

$$T_1 = \frac{n * Q_s}{3.00} + n * O.W._{pile}$$

where:-

$n$  :- Number of Piles ,  $Q_s$  :- Ultimate skin Friction of single pile.

3.00 :- F.O.S.

$O.W._{pile}$  :- وز الخاروجي الواحد

#### b) Calculation of $T_2$ :-

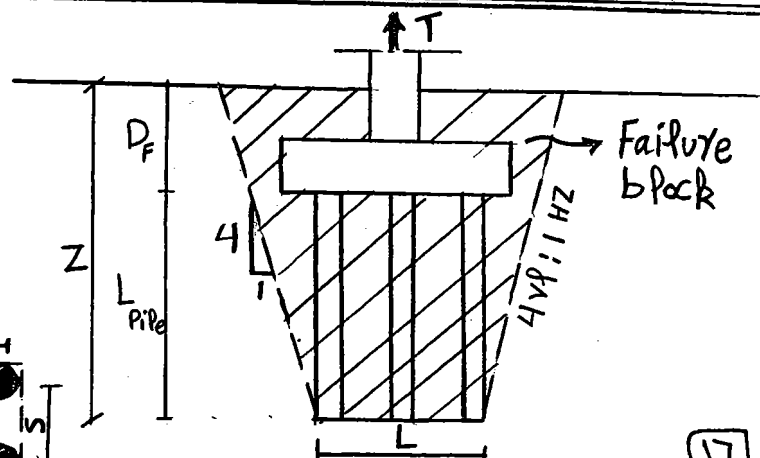
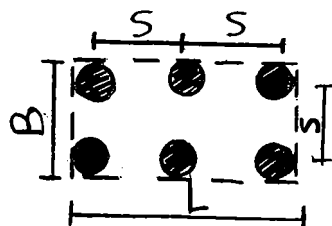
$$T_2 = \gamma_{eff} * Z * \left[ \left( L + \frac{Z}{4} \right) \left( B + \frac{Z}{4} \right) \right]$$

soil

$$Z = D_F + L_{pile}$$

$$L = 2S + d$$

$$B = S + d$$



$T_2 = \text{Weight of Failure block}$  (17)



## 2) Case of Cohesive Soil :- (clay)

$$T_{all} = \text{Minimum of } \begin{cases} T_1 \\ T_2 \end{cases}$$

### a) Calculation of " $T_1$ " :-

$$T_1 = n * T_{all_s}$$

where :-

$n$  :- No. of Piles

$T_{all_s}$  :- Allowable Tension Capacity of single Pile

$$T_{all_s} = \frac{Q_s}{F.O.S.} + o.w. \text{ Pile}$$

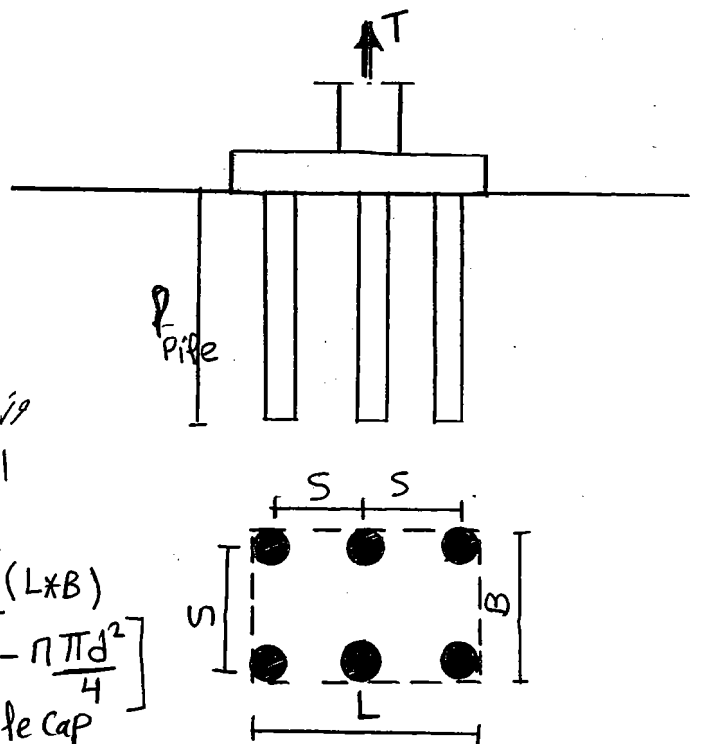
### b) Calculation of " $T_2$ " :-

$$T_2 = \frac{C * A_{side}}{F.O.S.} + W_p$$

$$A_{side} = 2(L+B) * l_{pile}$$

$W_p$  :-  $\frac{W}{\text{pile cap}} + \frac{W}{\text{pile cap}} + \frac{W}{\text{pile cap}}$   
التراب المحصورة بين كوابلك المجموع

$$W_p = n * o.w. \text{ Pile} + \gamma_{eff} \left[ \frac{(L*B)}{4} - \frac{n \pi d^2}{4} \right] + o.w. \text{ Pile cap}$$



## Settlement of Pile group

يجب الأخذ في الاعتبار عند حساب الهبوط مساحة الأساس، حيث أنه بزيادة مساحة الأساس يزيد الهبوط، وذلك بسبب زيادة المنطقة من التربة المتأثرة بالإجهادات كما سبق شرحه.  
وبالتالي فإن هبوط مجموعة الخوازيق يكون أكبر من هبوط الخوازيق بمفرده.

## Settlement of Pile group due to Soil Compressibility

### 1) Cohesionless soil (sand) :-

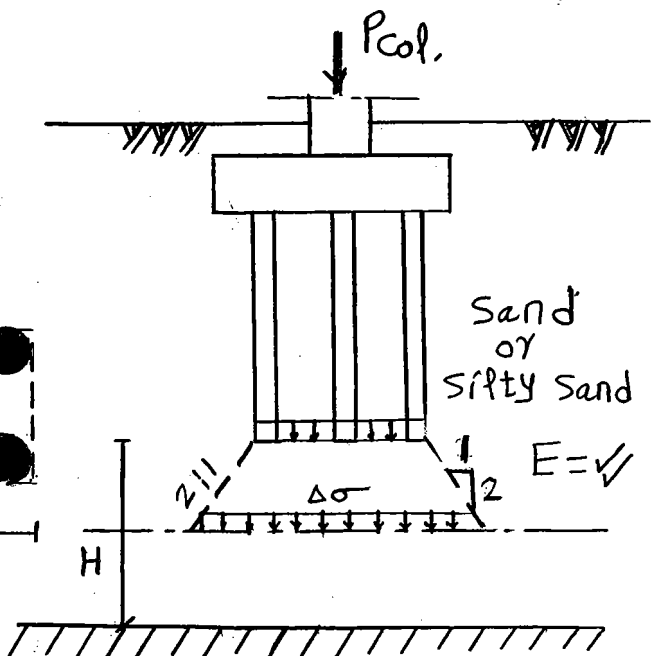
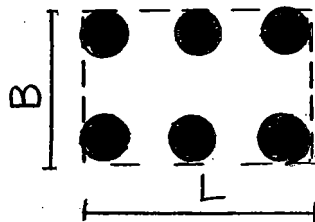
يمكن حساب هبوط مجموعة الخوازيق نتيجة انضغاط تربة رملية من خلال إحدى المعادلتين التاليتين :-

a)

$$S_{g_{sand}} = \frac{1}{E} \Delta \sigma H$$

where :-

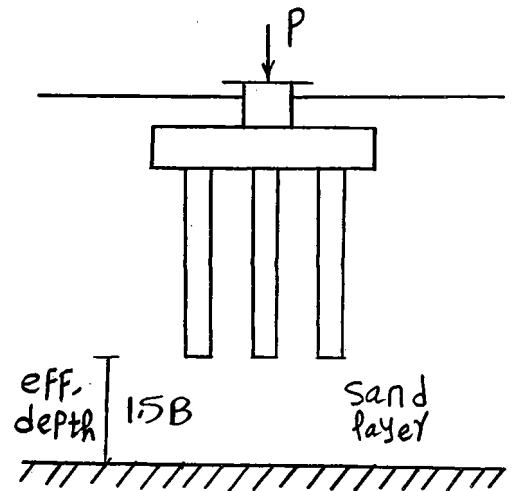
E :- Young's modulus  
of the sand layer (KN/m<sup>2</sup>)  
(Given)



H:- Thickness of the sand layer below the piles tip.

- H may given or assumed 1.5 B

\* إذا كانت طبقة الرمل ممتدة، يتم  
فرض  $H$  تساوي ال effective depth  
ويساوي  $1.5 B$ ، حيث  $B$  هو العرض  
الأصغر لل Pier.



$\Delta \sigma$  :- Stress at  $H/2$

$$\Delta \sigma = \frac{P_{col. \text{ or } Q_{all}}}{(L + H/2)(B + H/2)} \quad \text{KN/m}^2$$

b)

$$S_{g \text{ sand}} = S_o \sqrt{\frac{B}{d}}$$

Where:-

$B$ :- العرض الأصغر لل Pier (m)

$d$ :- Pile diameter or width (m)

$S_o$ :- Settlement of single Pile (m) [Given]

## Notes :-

1)

$$S_o = S_s + S_{pp} + S_{ps}$$

Where :-

$S_s$  :- Elastic shortening of single pile (given) ✓

$S_{pp}$  :- Pile Settlement due to end bearing (given) ✓

$S_{ps}$  :- Pile Settlement due to skin friction. (given) ✓

٢)  $S_o$  :- مجموع الخوازيق لهبوط ال Pile cap

# Case of Piles bearing in Sand layer

underlain by clay layer

$$S_g = S_{g_{\text{sand}}} + S_{g_{\text{clay}}}$$

$$* S_{g_{\text{sand}}} = \frac{1}{E} * \Delta \sigma_{\text{sand}} * H_1$$

$$\Delta \sigma_{\text{sand}} = \frac{P_{\text{col. or Qallg}}}{(L + H_1/2)(B + H_1/2)}$$

$$* S_{g_{\text{clay}}} = m_v * \Delta \sigma_{\text{clay}} * H_2$$

where:-

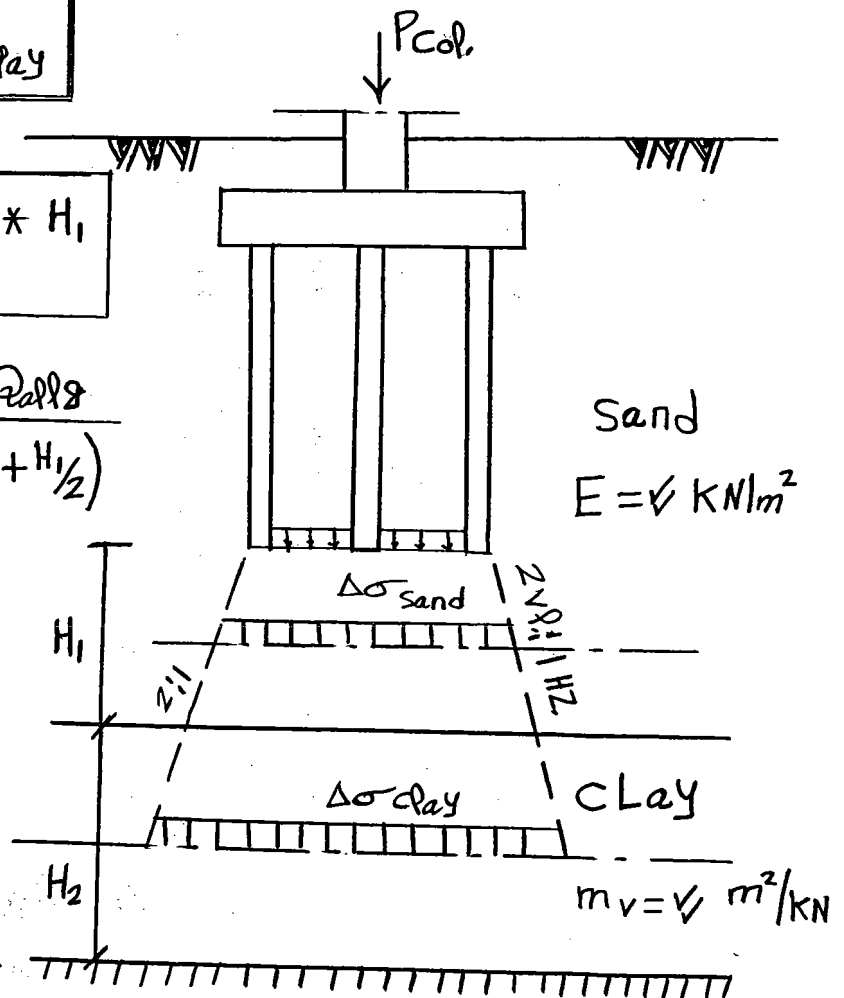
•  $m_v$ :- Coeff. of Volume Change ( $m^2/kN$ )

$$m_v = \frac{1}{E_{\text{clay}}} \quad (\text{given})$$

•  $\Delta \sigma_{\text{clay}}$ :- Stress at middle of clay layer

$$\Delta \sigma_{\text{clay}} = \frac{P_{\text{col. or Qallg}}}{(L + H_1 + H_2/2)(B + H_1 + H_2/2)}$$

•  $H_2$ :- Thickness [or effective depth of clay layer]

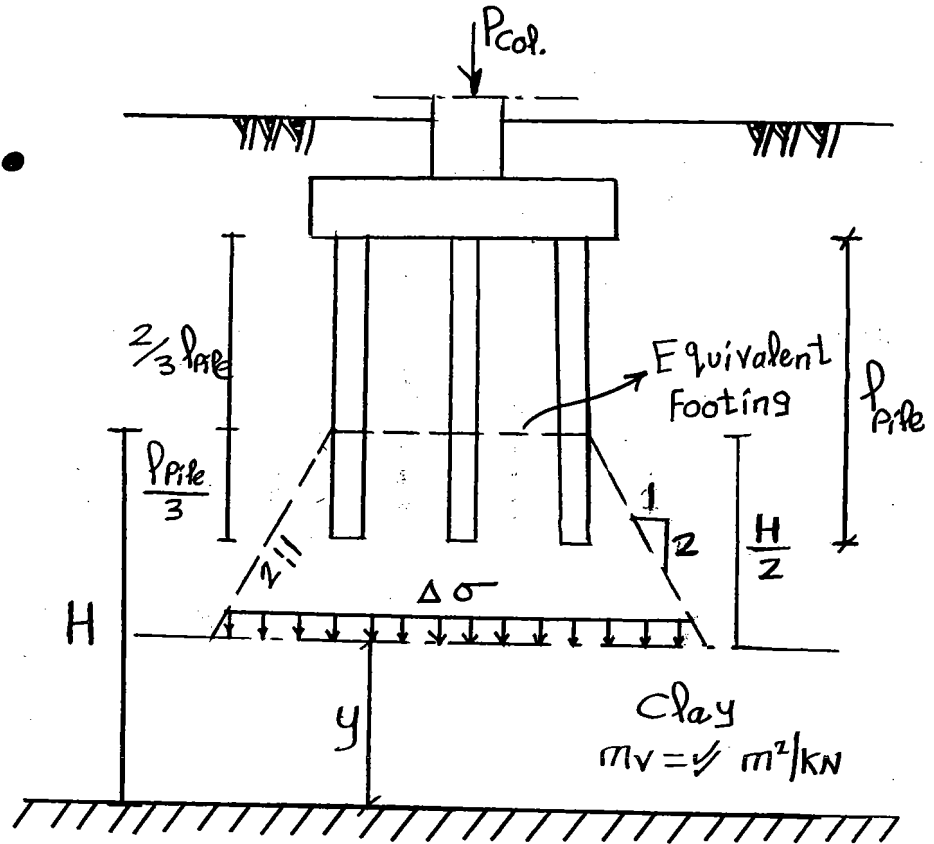


## 2) Cohesive Soil (clay) :-

• في حالة التربة الطينية وُجد  
أولاً الإجهاد ينتقل صافٍ مجموعة  
الخوازيق إلى التربة عند منسوب  
أعلى من نهاية الخوازيق  
بمسافة  $\frac{p_{pile}}{3}$ .

$$S_g = m_v \Delta \sigma H$$

clay



Where :-

$m_v$  :- Coeff. of Volume change ( $m^2/kN$ )

$$m_v = \frac{1}{E_{clay}} \quad (\text{given})$$

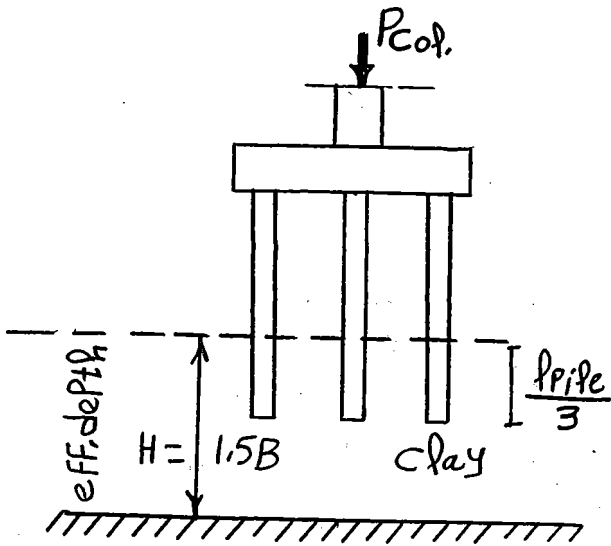
$\Delta \sigma$  :- Stress at  $H/2$

$$\Delta \sigma = \frac{P_{col, \text{ or } Q_{allg}}}{(L + H/2)(B + H/2)} \quad kN/m^2$$

$L, B$  :- Pier dimensions.

H:-

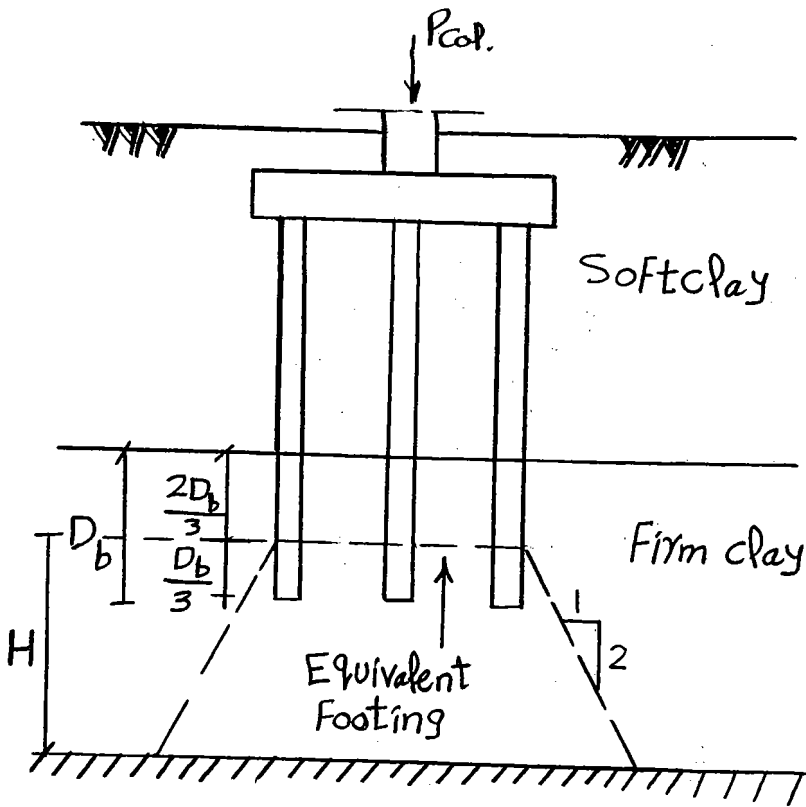
$$H = \frac{P_{pile}}{3} + y \rightarrow \text{Thickness of clay layer below Pile.}$$



• إذا كانت طبقة ال clay أسفل الخوازيق حمدة، يتم فرض H تساوي B 1,5 و يبدأ من منسوب

$$\frac{1 \text{ Pile}}{3}$$

### ملاحظات 1-



• في حالة اختراق الخازوق للطبقتين أو أكثر (كما في المرسوم) ، فإن الإجهاد يتقلص الخازوق للتربة عند منسوب  $\frac{D_b}{3}$  أعلى كعب الخازوق ، حيث  $D_b$  هو طول الخازوق داخل الطبقة التي يرتكز عليها ،

• في حالة اختراق الخزوق لطبقة clay واحدة كما سبق فإن

$$P_b = P_{pile}$$

## Group action:- ( $G_A$ )

$$G_A = \frac{\text{Settlement of Pile group } (S_g)}{\text{Settlement of single Pile } (S_p)}$$

where:-

- $S_p = S_s + S_{pp} + S_{ps}$
- $S_g$  :- Settlement of Pile group

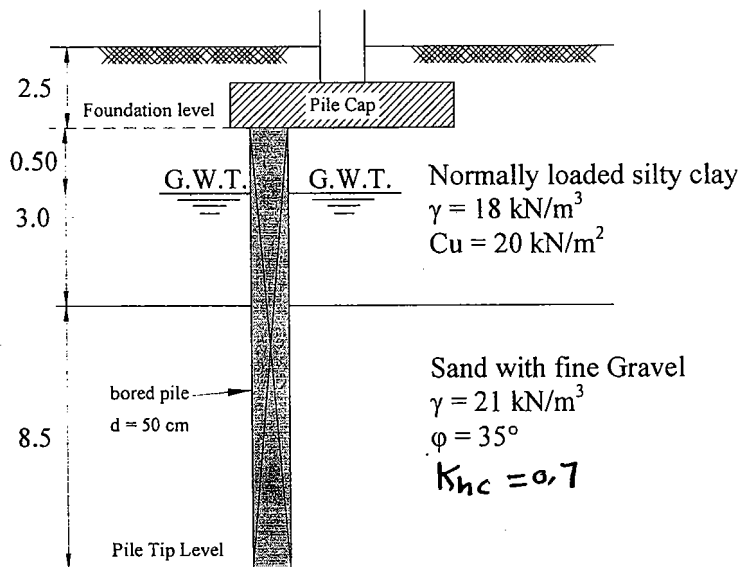
• تعبر قيمة  $G_A$  عن أداء مجموعة الخوازيق .



### Example

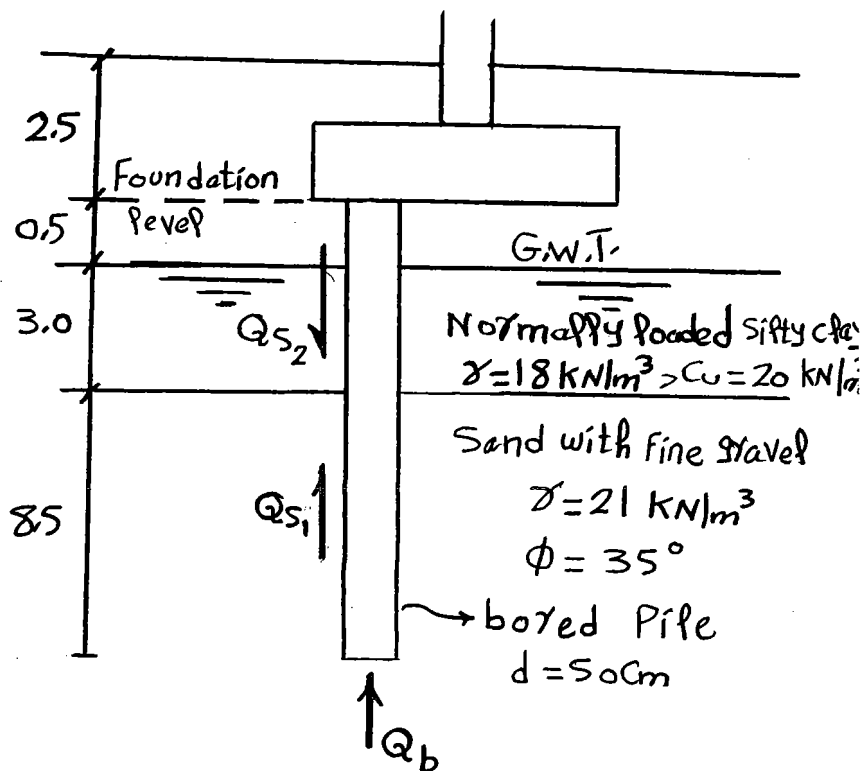
Figure shows the subsurface soil profile at a site, and the geotechnical parameters of the soil layers in that site. Groups of bored piles (50 cm in diameter and 12 m long) were proposed to support the columns foundations (pile caps) in this site. The foundation depth of such pile caps is 2.5 m below the ground surface.

- Calculate the allowable pile compression load, applying a factor of safety of 3.0.
- Determine the required number of piles if the column load is 9000 kN.
- Draw the pile cap with arrangement of the estimated number of piles beneath it.
- Calculate the pile group settlement, assuming that the settlement of the single pile, under its working load, is 1% of the pile diameter.
- Re-calculate the required number of piles if the column loads are as follows:  
Vertical normal load  $Q_v = 9000$  kN,  
Moments  $M_x = 2000$  kN.m, and  $M_y = 1000$  kN.m



Solution:-

a) The allowable Pile Comp. load:-



1)  $Q_b$ :- ( $\phi$ -Soil)

$$Q_b = \gamma N_q A_{\text{base}}$$

$$\gamma = 18 \times 3 + 8 \times 3 + 11 \times 8.5 = 171.5 \text{ kPa}$$

Bored Pile,  $\phi = 35^\circ$       $\phi' = 35 - 3 = 32^\circ \xrightarrow[\phi - \frac{3}{2}]{\text{جاء}} N_q = 48$

$$\therefore Q_b = 171.5 \times 48 \times \pi \frac{(0.5)^2}{4} = 1616.35 \text{ kN}$$

2) Q<sub>s</sub> :-

Q<sub>s1</sub> :-

$$Q_{s1} = F_{s1} * A_{side①}$$

$$A_{side①} = \pi * 0.5 * 8.5 = 13.35 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} F_{s1} &= K_{\text{HC}} * P_0 * \tan \delta \\ &= 0.7 * [171.5 - 11 * 4.25] * \tan\left(\frac{3}{4} * 35^\circ\right) \\ &= 43.064 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\therefore Q_{s1} = 43.064 * 13.35 = 574.97 \text{ kN}$$

Q<sub>s2</sub> :-

~ Normally loaded clay layer,  $C_u = 20 \text{ kN/m}^2 < 25 \text{ kN/m}^2$

~ Negative skin friction occurs

$$Q_{s2} = F_{s2} * A_{side2}$$

$$A_{side2} = \pi * 0.5 * 3.5 = 5.498 \text{ m}^2$$

$$F_{s2} = C_a = 0.35 * 20 = 7 \text{ kN/m}^2 \text{ (bored Pile)}$$

$$\therefore Q_{s2} = 7 * 5.498 = 38.485 \text{ kN}$$

Q<sub>all</sub> :-

$$Q_{all} = \frac{Q_b + Q_{s1}}{F.O.S.} - Q_{s2}$$

$$= \frac{1616.35 + 574.97}{3} - 38.485 = 691.955 \text{ kN}$$

(✓)

## b) Required No. of Piles:-

$$\text{Col. load} = 9000 \text{ kN}$$

$$n = \frac{1.15 \times 9000}{Q_{app}} = \frac{1.15 \times 9000}{691.955} = 14.96 \text{ Piles}$$

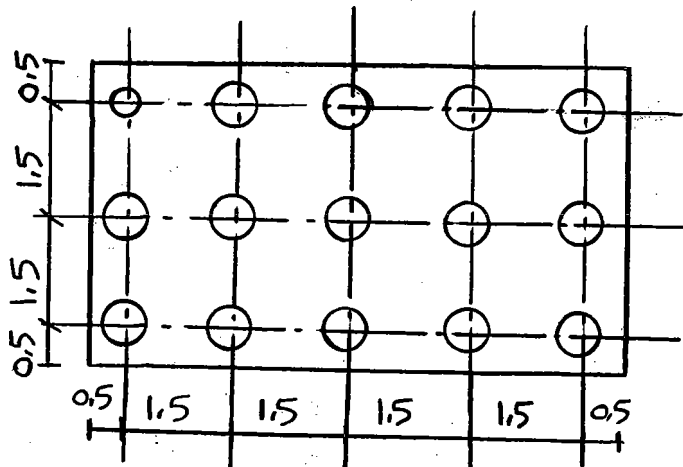
$\approx 15 \text{ Piles}$

## c) Pile arrangement:-

Assume

$$S = S_{min} = 3d = 1.5 \text{ m}$$

$$e = d = 0.5 \text{ m}$$



## d) Pile group Settlement:-

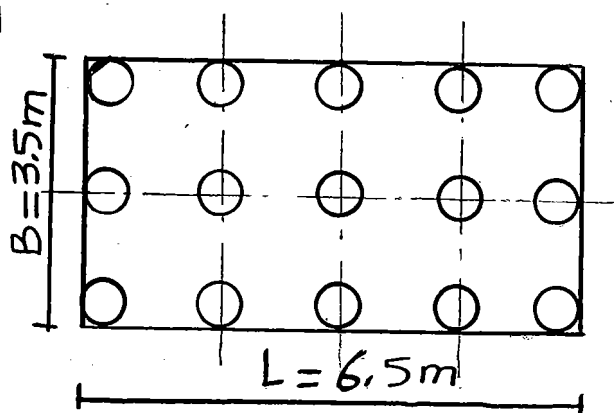
$$S = S_0 \sqrt{\frac{B}{d}}$$

$\rightarrow$  البعد الصغير لل Pier  $\rightarrow$  Pile diameter

$$S_0 = 1\% d = \frac{1}{100} \times 0.5 = 5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\sim S = 5 \times 10^{-3} \sqrt{\frac{3.50}{0.50}}$$

$$= 0.0132 \text{ m} = 1.32 \text{ cm}$$



(21)

### e) Required No. of Piles:-

$$N = 9000 \text{ KN} , M_x = 2000 \text{ KN.m} , M_y = 1000 \text{ KN.m.}$$

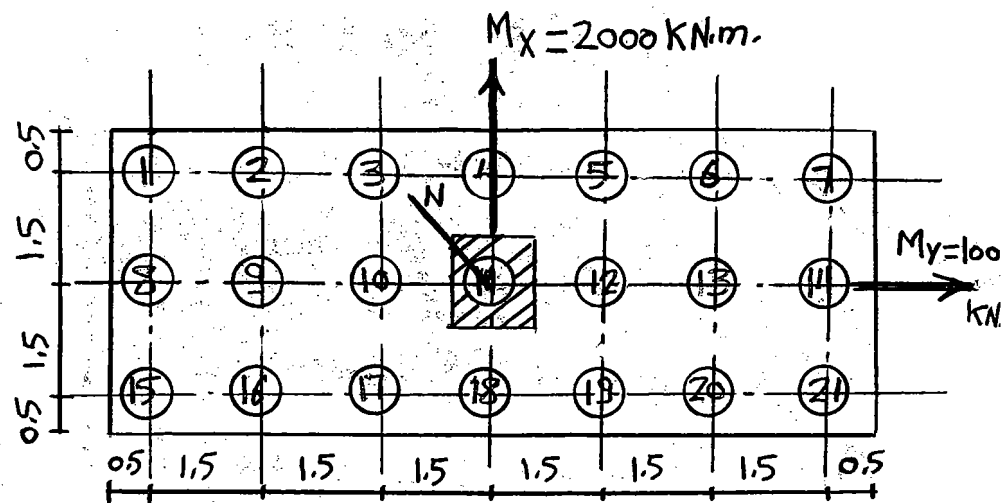
$$e_x = \frac{M_y}{N} = \frac{1000}{9000} = 0.11$$

$$e_y = \frac{M_x}{N} = \frac{2000}{9000} = 0.22$$

$$n = \frac{1.15(N)}{Q_{all}} * (1+e_x)(1+e_y)$$

$$= \frac{1.15 \times 9000}{691.955} * (1+0.11)(1+0.22)$$

$$= 20.25 \approx 21 \text{ Piles}$$



### Check No. of Piles:-

$$\sum (X_i)^2 = 6 \times (4.5)^2 + 6 \times (3)^2 + 6 \times (1.5)^2 = 189 \text{ m}^2$$

$$\sum (Y_i)^2 = 2 \times 7 \times (1.5)^2 = 31.5 \text{ m}^2$$

$$Q_{\max} = \frac{1.15 \times 9000}{21} + 1000 \times \frac{4.5}{189} + 2000 \times \frac{1.5}{31.5}$$

(pile 7)

$$= 611.9 \text{ KN} < Q_{\text{all}} = 691.955 \text{ KN}$$

$$Q_{\min} = \frac{1.15 \times 9000}{21} - 1000 \times \frac{4.5}{189} - 2000 \times \frac{1.5}{31.5}$$

$$= 373.81 \text{ KN} > \text{Zero}$$

### Example

A group of 25 pre-cast concrete piles is driven to a depth of 7.5m in a silt clay deposit 12m thick. The piles are square in cross section (25 x 25cm) and spaced at 1.0 m center to center. The unconfined compressive strength of clay layer varies with depth from 70 kN/m<sup>2</sup> at the foundation level (0.00) to 220 kN/m<sup>2</sup> at the end of the clay layer (-12.0).

- 1- Determine the allowable compression load on the pile group, if the safety factor is 2.5 and the allowable group settlement is 25 mm. Assume  $m_v = 0.5 \text{ cm}^2/\text{kN}$ .
- 2- Determine the pile capacity under tension forces

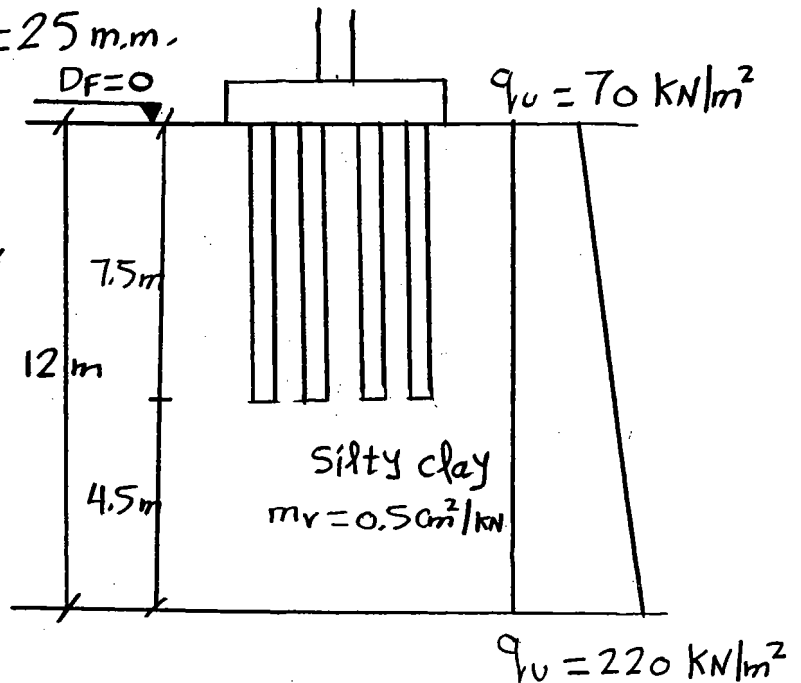
\* طالما لم يذكر في المسألة الـ Foundation level ، ففرض  $D_f = 0$

Given:-

- All. group Settlement = 25 m.m.
- 25 Square Piles  
(25\*25) cm, Spaced  
1.0m Center to Center

Required:-

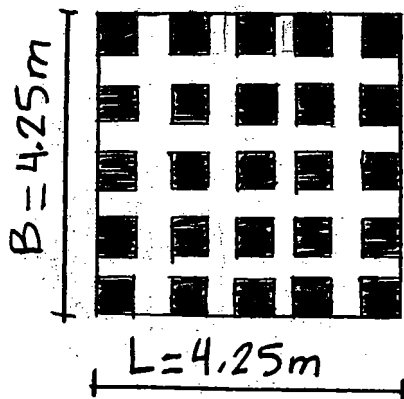
- 1) Allowable Compression  
load on Pile group.
- 2) The single Pile Capacity under  
tension Forces.



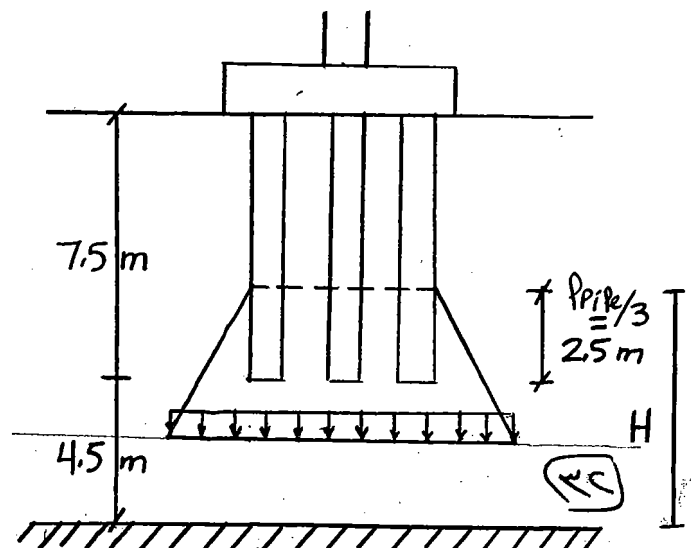
Solution:-

1) Allowable Comp. load on Pile group:-

a) Group Capacity From group settlement:-



$$L = B = 4 \times 1 + d = 4.25 \text{ m}$$





$$S_{g \text{ all.}} = m_v \times \Delta \sigma \times H$$

$$H = 4.5 + \frac{7.5}{3} = 7.00 \text{ m}$$

$$\therefore \Delta \sigma = \frac{Q_{g \text{ all}}}{(L + H/2)(B + H/2)} = \frac{Q_{g \text{ all}}}{(4.25 + 7/2)^2}$$

$$\therefore 0.025 = 0.5 \times 10^{-4} \times \frac{Q_{g \text{ all}}}{(4.25 + 7/2)^2} \times 7$$

$$\therefore \underline{\underline{Q_{g \text{ all}} = 4290.18 \text{ KN}}}$$

b) Group Capacity From single Pile Capacity:-

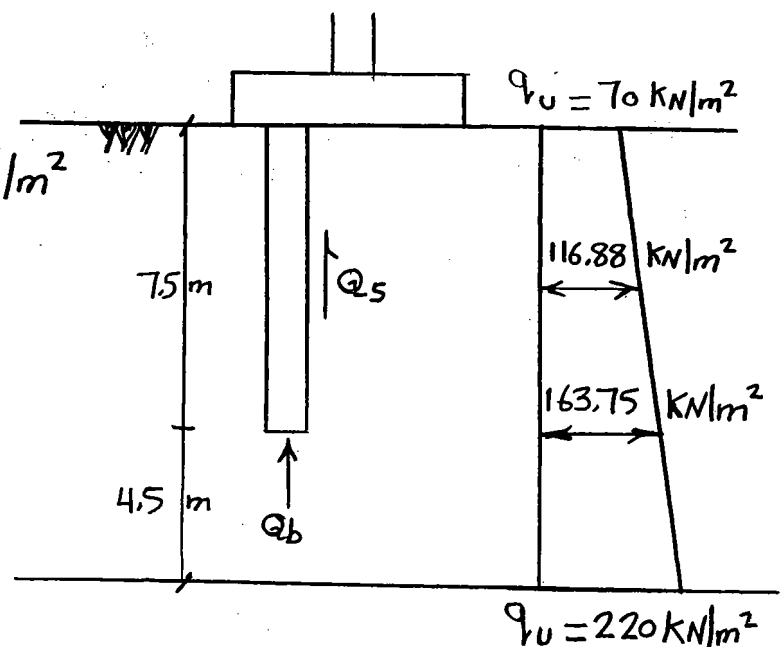
$Q_b$ :-

$$C_{u \text{ base}} = \frac{q_{u \text{ base}}}{2} = \frac{163.75}{2} = 81.875 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_b = C_{u \text{ base}} \times A_{\text{base}} = 81.875 \times 9 \times (0.25)^2 = 46.05 \text{ KN}$$

$Q_s$ :-

$$Q_s = f_s \times A_{\text{side}}$$



$$C_{\frac{p_{pile}}{2}} = \frac{q_{un}}{2} = \frac{116.88}{2} = 58.44 \text{ KN/m}^2$$

~  $C = 58.44 \text{ KN/m}^2$ , Driven Piles

~ From Table (4-4)  $\rightarrow C_a = 39.2 \text{ KN/m}^2$

$$\sim Q_s = 39.2 \times 4 \times 0.25 \times 7.5 = 294 \text{ KN}$$


---

Qall :-

$$Q_{all \text{ single pile}} = \frac{Q_b + Q_s}{F.O.S.} = \frac{46.05 + 294}{2.5} = 136.02 \text{ KN}$$


---

Qall group :-

$$Q_{allg} = G_e \times n \times Q_{alls}$$

• يتم إيجاد  $G_e$  للتربة الطينية ص شكل رقم (٤-٢٢)

$$S/d = \frac{1}{0.25} = 4 \quad , \quad l/d = \frac{7.5}{0.25} = 30$$

Group (5\*5)

~ By interpolation From curve

$$G_e = 0.83$$

$$\sim Q_{allg} = 0.83 \times 25 \times 136.02 = 2822.415 \text{ KN}$$

$$Q_{allg} \left[ \begin{array}{c} 4290.18 \\ 2822.415 \end{array} \right] = 2822.415 \text{ KN (minimum)}$$

2) Single Pile Capacity under tension Forces:-

$$\begin{aligned} T_{ult.} &= Q_s + O.W. \\ &= 294 + (0.25^2 * 7.5 * 25) \\ &= \underline{\underline{305.72 \text{ KN}}} \end{aligned}$$