

4th Year Civil

Public Works Department

Foundation Engineering

2012 - 2013

فؤاد ريسم رابعه
رئيس خال
م/محمود فوزى
٨

8

Deep Foundations (2)

Design of piled foundations

* بعد ان تعرفنا على انواع الاساسات العميقة و طريقة تنفيذ كل نوع نبدأ فى تعلم كيفية تصميم الاساسات الخازوقية *piled foundations*

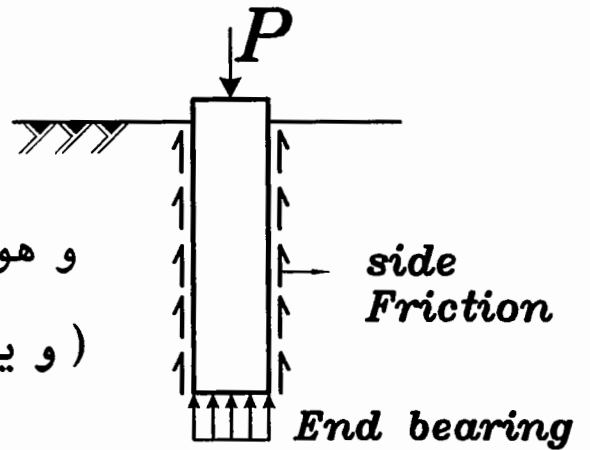
Load transfer From pile to soil.

انتقال الحمل من الخازوق للتربة .

* تنتقل الاحمال الرأسية من الخازوق مباشرة الى التربة عن طريق :

1 - End bearing:

و هو اجهاد ارتكاز الخازوق على تربة التأسيس
(و يؤثر على مساحه قاعده الخازوق)



2 - Side Friction:

و هو اجهاد الاحتكاك الجانبى بين التربة و جسم الخازوق
(ويؤثر على المساحة الجانبية للخازوق)

ملحوظه هامه قد تنتقل الاحمال من الخازوق الى التربة عن طريق :

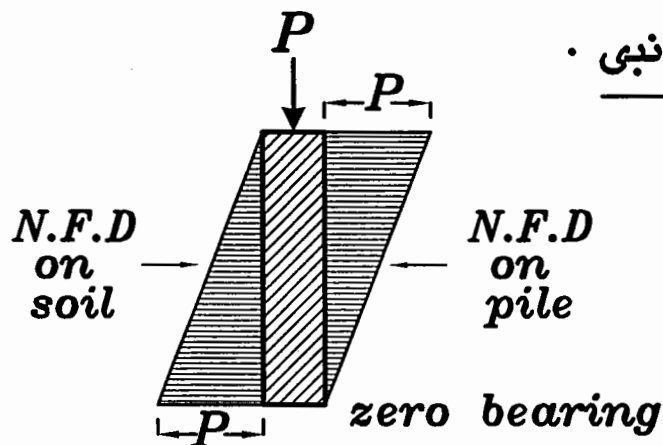
1 - End bearing only (End bearing pile)

2 - Side Friction only (Friction pile)

3 - End bearing + Side Friction.

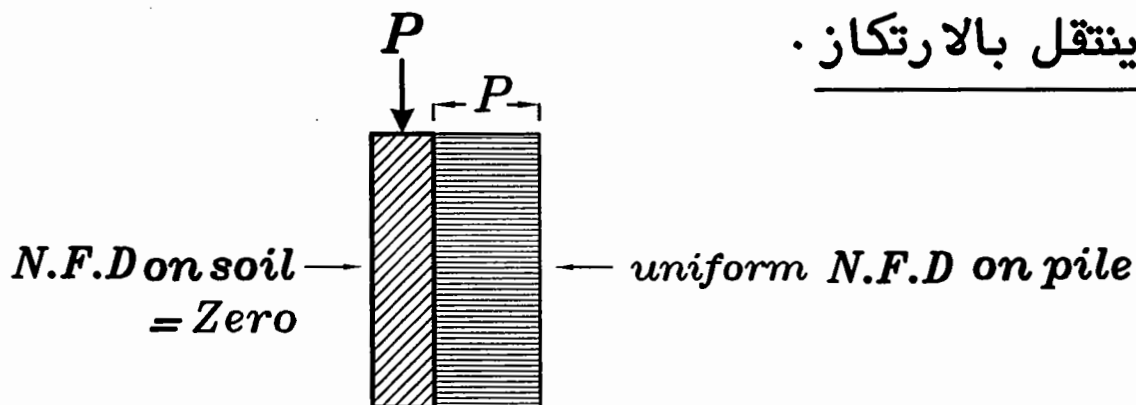
Normal Force diagrams during load transfer :

1 - For Friction pile.



* الحمل كله ينتقل بالاحتكاك الجانبي .

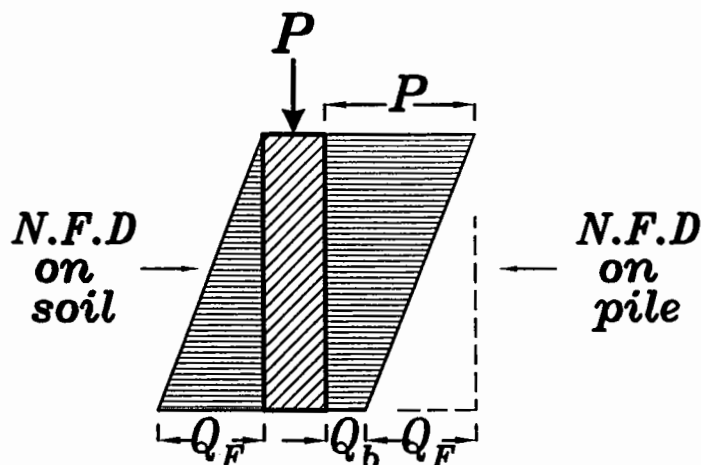
2 - For end bearing pile.



* الحمل كله ينتقل بالارتكاز .

3 - For bearing - Friction pile.

جزء من الحمل ينتقل بالاحتكاك أولا ثم جزء آخر ينتقل بالارتكاز ثانيا .



$$Q_b = \text{bearing}$$

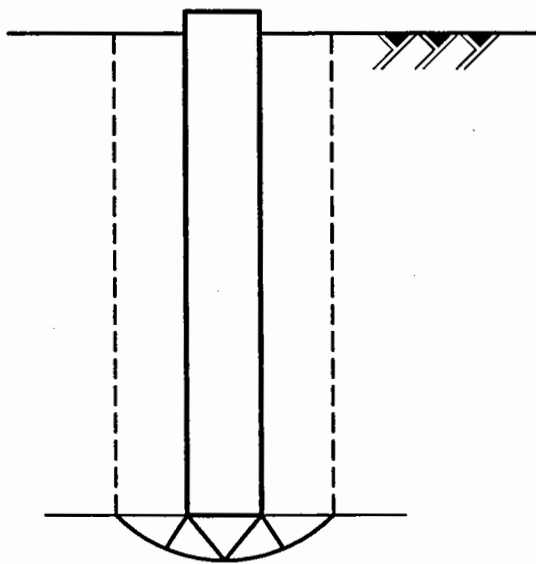
$$Q_F = \text{Friction}$$

$$P = Q_F + Q_b$$

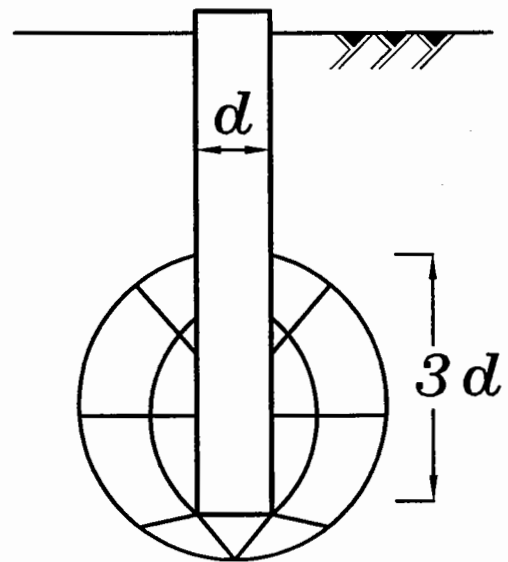
Slip Surfaces in case of piles.

أشكال انهيار التربة حول الخوازيق .

• *According to Terzaghi*



- *Failure at pile tip.*
- *For end bearing pile*



- *Local Failure*
- *For Friction piles and bearing – Friction pile*

Pile capacity (Q_{all})

قدره تحمل الخازوق .

هي أكبر قوة محوريه (ضغط أو شد) يستطيع الخازوق الواحد أن يتحملها بأمان .

Pile capacity (Q_{all}) :-

Is the maximum safe axial Force (compression or tension) can be carried safely by a single pile.

Methods of pile capacity determination.

طرق تحديد قدره تحمل الخازوق .

1 - Structural Formula.

2 - Statical Formula.

3 - Pile capacity and pile settlement For large diameter bored piles.

4 - Dynamic Formula.

5 - Field tests. (S.P.T - C.P.T - Pile load test)

Methods of pile capacity determination.

1 - Pile capacity From structural Formula.

* فى هذه الطريقة تم تحديد قدره تحمل الخازوق من خلال قدره تحمل قطاع الخازوق الخرسانى فى الضغط و الشد .

* تطبق هذه الطريقة دائما على جميع أنواع الخوازيق مهما كانت ابعاد الخازوق .

a - In case of Compression pile.

$$Q_{all(pile)} = A_{pile} * F_{co}$$

Where: $Q_{all(pile)}$ = allowable compression load per single pile.

A_{pile} = cross sectional area of pile.

$$A_{pile} = \frac{\pi}{4} d^2 \quad \text{d} \quad \text{d}$$
$$A_{pile} = d^2 \quad \text{d}$$

F_{co} = axial compressive strength of concrete.

$$= 4.0 \rightarrow 5.0 \text{ N/mm}^2$$

b - In case of Tension pile.

$$T_{all(pile)} = n * A_{\phi} * F_s$$

Where: $T_{all(pile)}$ = allowable tension load per single pile.

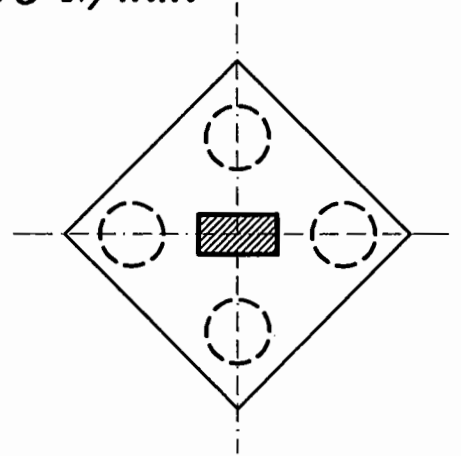
n = number of R.F.T. bars.

A_{ϕ} = مساحة مقطع السيخ ($n * A_{\phi} = A_s$)

$$F_s = 160 \text{ N/mm}^2 \text{ For } \phi \quad F_y = 360 \text{ N/mm}^2$$
$$= 140 \text{ N/mm}^2 \text{ For } \phi \quad F_y = 240 \text{ N/mm}^2$$

Example.

For the shown pile cap if the total column load is 2000 KN determine the pile diameter if $F_{co} = 4.50 \text{ N/mm}^2$



Solution.

• The used No. of piles = 4 piles

• $P_{col} = 2000 \text{ KN}$ o.w pile cap

$$\therefore \text{Load per pile} = \frac{1.15 * 2000}{4} = 575 \text{ KN}$$

$$\therefore Q_{all(pile)} = 575 \text{ KN} = A_{pile} * F_{co}$$

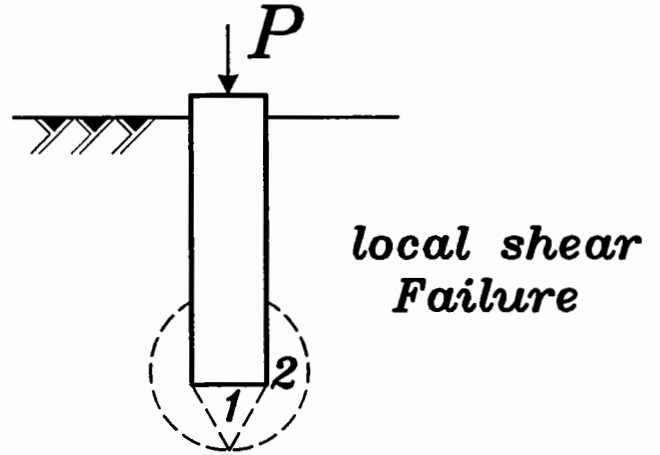
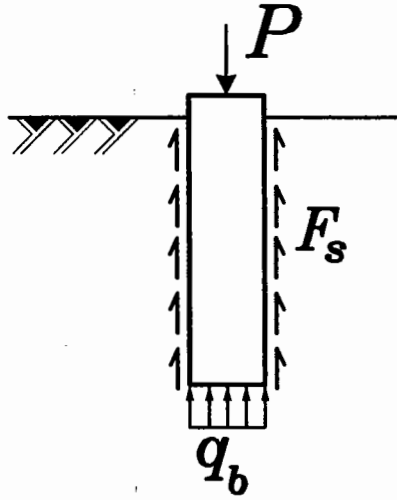
$$\therefore 575 * 10^3 = \frac{\pi}{4} d^2 * 4.5 \rightarrow d_{pile} = 403 \text{ mm}$$

$$\therefore \boxed{\text{Pile diameter} = 450 \text{ mm}}$$

Methods of pile capacity determination.

2 - Static Formula. طريقه المعادله الاستاتيكيه

- For Bored or Driven piles.
- For piles diameter ≤ 60 cm



شكل انهيار التربة حول الخازوق
عند وصول الحمل P الى اقصى قيمه

* نلاحظ من شكل انهيار التربة أن مقاومه التربة حول الخازوق انقسمت الى جزئين :

1 - Bearing. —→ ارتكاز

2 - Side Friction. —→ احتكاك جانبي

* عندما يتعرض الخازوق لحمل خارجي P فان هذا الحمل يقاوم باقصى رد فعل للتربة قبل الانهيار مباشره Q_{ult} على الخازوق نتيجة اجهاد ارتكاز q_b مع اجهاد احتكاك جانبي F_s

* و بالتالي تكون مقاومه الخازوق القصوى Q_{ult} مقسمه الى جزئين :

$$Q_b = q_b * A_{base}$$

1 - جزء يعتمد على قوه الارتكاز q_b حيث
(q_b) is the bearing capacity
of soil below the pile base

٢- جزء يعتمد على قوة الاحتكاك الجانبى Q_s حيث

$$\boxed{Q_s = F_s * A_{side}} \quad \text{where } F_s = \text{Side Friction resistance}$$

$$\boxed{Q_{ult} = Q_b + Q_s} \quad \text{و بالتالى تكون مقاومه الخازوق القصوى}$$

Where : Q_{ult} = Ultimate pile capacity.

Q_b = Bearing resistance Force.

Q_s = Side Friction resistance Force.

$$\therefore \boxed{Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{F.O.S.}}$$

Where : Q_{all} = allowable pile capacity

$F.O.S$ = Factor of safety

= 3.0 فى حالة الاحمال العاديه
D.L + L.L

= 2.50 فى حالة الاحمال الثانويه مثل الرياح

= 2.0 فى حالة احمال الزلازل

* يعتمد حساب Q_b و F_s المستخدمين فى حساب Q_{ult} على نوع التربه المدفون فيها الخازوق .

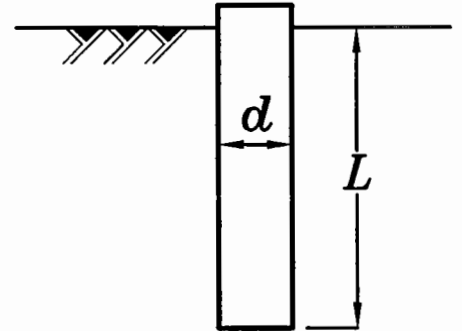
a- For (C-soil.)

$$C = \checkmark\checkmark$$

$$\phi = \text{Zero}$$

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s$$

$$Q_{ult} = q_b * A_b + F_s * A_s$$



Where: A_b = area of pile base.

$$= \frac{\pi}{4} d^2 \text{ For circular pile}$$

$$= d^2 \text{ For square pile}$$

A_s = area of pile sides.

$$= \pi dL \text{ — For circular pile}$$

$$= 4 dL \text{ — For square pile}$$

$$* q_b = C * N_c \text{ while } N_c = 9.0, C = C_{soil}$$

* $F_s = C_a$ = adhesion strength of soil.

$$F_s = \alpha * C_{soil} \begin{matrix} > 100 \text{ kN/m}^2 \\ > 10 \text{ t/m}^2 \\ > 1 \text{ Kg/m}^2 \end{matrix}$$

Where: $\alpha = 0.35$ For bored piles

$$\alpha C_{soil} = \checkmark\checkmark$$

For driven piles

From table (4-4)

C_{soil} من جداول على حسب C_{soil}

b- For (ϕ -soil.)

$$\phi = \checkmark\checkmark$$

$$C = \text{Zero}$$

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s$$

$$Q_{ult} = q_b * A_b + F_s * A_s$$

Where : $q_b = q * N_q$

* Q = Effective stress at pile tip.

الاجهادات الفعالة عند نهايه الخازوق بدايه من سطح التربه

$N_q \rightarrow$ From table (4-5)

ϕ	\checkmark	\checkmark	\checkmark	\checkmark	\checkmark
N_q	\checkmark	\checkmark	\checkmark	\checkmark	\checkmark

حيث ندخل الجدول بقيمه ϕ و منها نحدد قيمه N_q

و يتم حساب قيمه ϕ التي تعتمد على كلا من ϕ_{soil} و نوع الخازوق .

$$\phi' = \frac{\phi_{soil} + 40}{2}$$

For driven piles

$$\phi' = \phi_{soil} - 3^\circ$$

For bored piles

$$* F_s = K_{HC} * \sigma' * \tan \delta$$

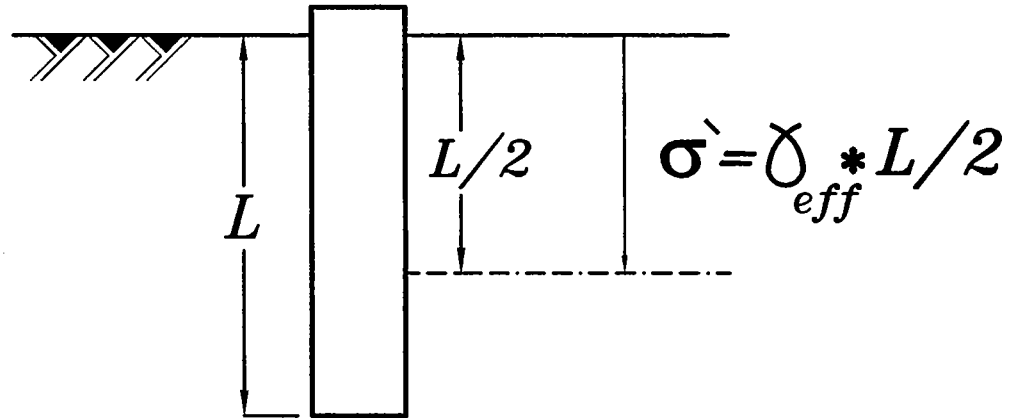
While : K_{HC} is the Coefficient of earth pressure on pile in case of compression loading.

على حسب نوع الخازوق (4-6) From table

* δ هي زاويه الاحتكاك بين التربه و جسم الخازوق

$$\delta = \frac{3}{4} \phi_{soil}$$

* $\sigma' =$ effective stress at the middle of pile length subjected to the soil Friction.



C - For (C- ϕ soil.)

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

$Q_{ult} = Q_b + Q_s$

$Q_{ult} = q_b * A_b + F_s * A_s$

Where :

*

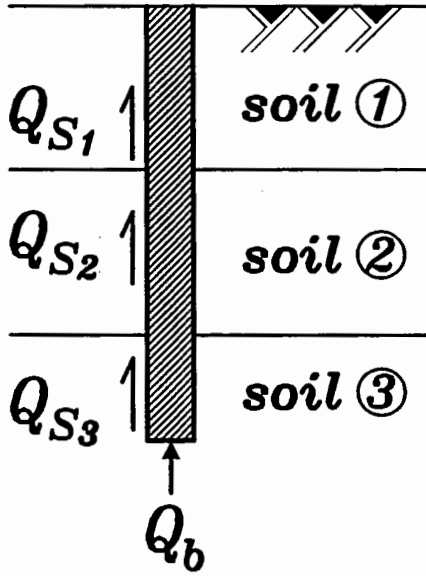
$q_b = C * N_c + q * N_q$

*

$F_s = K_{Hc} * \sigma' * \tan \delta + C_a$

بحیث یتیم حساب کل قیّمہ کما سبق .

ملاحظات هامه .



١ - فى معظم الاحيان يخترق الخازوق أكثر من طبقه
و هنا نلاحظ :

* الارتكاز يحدث فى طبقه واحده فقط

$$Q_b = \checkmark \checkmark \text{ من معلومات soil ③}$$

* الاحتكاك الجانبى يحدث فى ٣ طبقات

$$\therefore Q_S = Q_{S1} + Q_{S2} + Q_{S3}$$

و يتم حساب Q_S من معلومات التربه الخاصه بها

$$\therefore Q_{Ult} = Q_b + (Q_{S1} + Q_{S2} + Q_{S3})$$

٢ - فى حاله وجود طبقه من الردم غير معلوم لها C أو ϕ فاننا لا نعتبرها
تؤثر بقوه احتكاك على الخازوق .

جدول رقم (٤-٤)

القيم المناسبه للاتصاق فى حاله خوازيق الازاحه المنشاه فى تربه طينيه صرفه

نوع الخازوق	قوام التربه	(C) التماسك kN/m^2	(C _a) اجهاد الالتصاق الاقصى kN/m^2
خشب أو خرسانه	ضعيف التماسك جدا	صفر - ١٢,٥	صفر - ١٢,٥
	ضعيف التماسك	١٢,٥ - ٢٥	١٢,٥ - ٢٤
	متوسط التماسك	٢٥ - ٥٠	٢٤ - ٣٧,٥
	متماسك	٥٠ - ١٠٠	٣٧,٥ - ٤٧,٥
	شديد التماسك	١٠٠ - ٢٠٠	٤٧,٥ - ٦٥
صلب	ضعيف التماسك جدا	صفر - ١٢,٥	صفر - ١٢,٥
	ضعيف التماسك	١٢,٥ - ٢٥	١٢,٥ - ٢٣
	متوسط التماسك	٢٥ - ٥٠	٢٣ - ٣٥
	متماسك	٥٠ - ١٠٠	٣٥ - ٣٦
	شديد التماسك	١٠٠ - ٢٠٠	

جدول رقم (٤-٥)

العلاقه بين قيم معامل قدره التحميل (N_q) و قيم زاويه الاحتكاك الداخلي (ϕ) لقربه غير متماسكه الحبيبات .

ϕ بالدرجات	٢٥	٣٠	٣٥	٤٠
N_q	١٥	٣٠	٧٥	١٥٠

جدول رقم (٤-٦)

قيم المعاملات (K_{HT}) و (K_{HC})

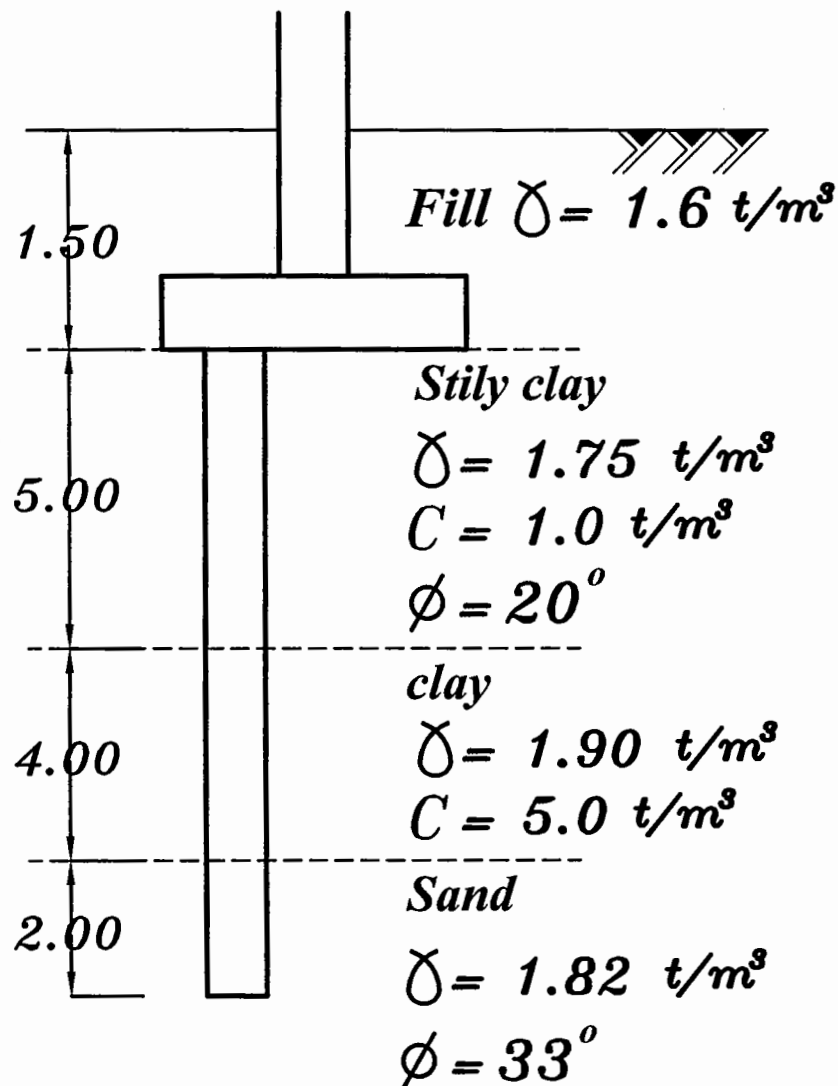
K_{HT}	K_{HC}	نوع الخازوق
٠,٣ - ٠,٥	٠,٥ - ١,٠٠	خازوق ذو قطاع H
٠,٦ - ١,٠٠	١,٠٠ - ١,٥	خازوق ازاحه .
١,٣ - ١,٠٠	١,٥ - ٢,٠	خازوق ازاحه متغير القطاع .
٠,٦ - ٠,٣	٠,٤ - ٠,٩	خازوق ازاحه باستخدام النفاثات .
٠,٤ - ١,٠٠	٠,٧ - ١,٥	خازوق التثقيب . (قطر أقل من ٠,٦ متر)

Example (1):

1 – For the shown soil profile, Find out the maximum allowable compression load For a square pile (400mm × 400mm)

2 – IF the pile will be a bored pile of diameter (500 mm)

Calculate the allowable pile capacity if seismic is considered in loading.



Solution.

A - From structural Formula.

1- In case of square pile (400mm × 400mm)

$$\begin{aligned} Q_{all(pile)} &= A_{pile} * F_{co} \\ &= (400 \times 400) * 5.0 = 800000 \text{ N} \\ &= 800 \text{ kN} \\ &= 80 \text{ ton} \end{aligned}$$

2- In case of bored circular pile (d = 500mm)

$$\begin{aligned} Q_{all(pile)} &= A_{pile} * F_{co} = \frac{\pi}{4} d^2 * F_{co} \\ &= \left(\frac{\pi}{4} \times 500^2 \right) * 5.0 = 981747 \text{ N} \\ &= 981 \text{ kN} \\ &= 98 \text{ ton} \end{aligned}$$

B - From statical Formula.

1- In case of square pile (400mm × 400mm)

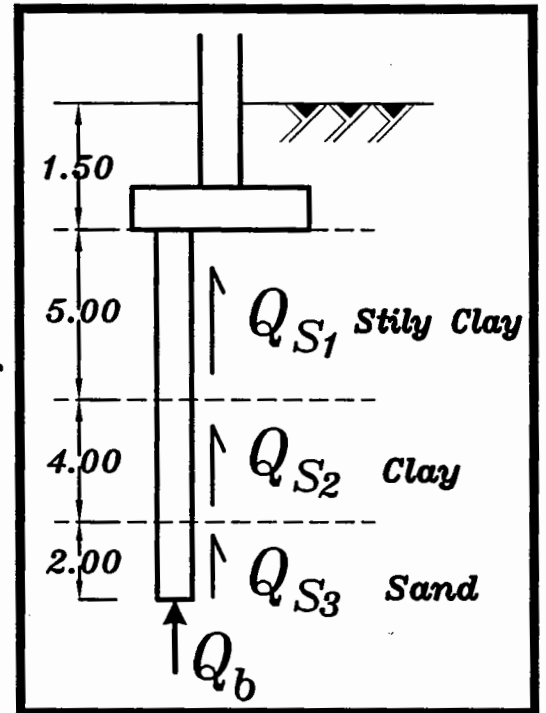
The pile is Driven pile.

$$Q_{ult} = Q_b + (Q_{S1} + Q_{S2} + Q_{S3})$$

$$Q_b = q_b * A_b \rightarrow \text{in sand layer } \phi\text{-soil}$$

$$\therefore A_b = 0.4 * 0.4 = 0.16 \text{ m}^2$$

$$Q_b = q * N_q$$



$$Q = 1.60 * 1.50 + 0.75 * 5 + 0.90 * 4 + 0.82 * 2 = 11.39 \text{ t/m}^2$$

$$N_q \rightarrow \text{From table (4-6) at } \phi' = \frac{33 + 40}{2} = 36.5^\circ$$

$$\therefore N_q = 97.5$$

$$\therefore Q_b = 11.39 * 97.5 * (0.16) = 177.7 \text{ ton}$$

$$Q_{S1} = (K_{Hc} * \sigma' * \tan \delta + C_\alpha) * A_{S1} \rightarrow \text{in } C-\phi \text{ soil}$$

$$\text{Where: } A_{S1} = 4 * 0.4 * 5 \text{ m} = 8 \text{ m}^2$$

الطول الحادث عليه الاحتكاك في هذه الطبقة

$$\text{at } C_{\text{Soil}} = 1.0 \text{ t/m}^2 = 10 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{خازوق خرسانه Driven})$$

$$\therefore \text{From table (4-4)} \rightarrow \boxed{C_\alpha = 1.0 \text{ t/m}^2}$$

$$K_{Hc} = 1.0$$

$$\sigma' = 1.60 * 1.50 + 0.75 * 2.5 = 4.3 \text{ t/m}^2$$

فى منتصف الطبقة

$$\therefore Q_{S1} = \left[1 * 4.3 * \tan \left(\frac{3}{4} * 20 \right) + 1 \right] * 8 = 17.22 \text{ ton}$$

$$* Q_{S2} = F_S * A_{S2} \rightarrow \text{in } C - \text{soil}$$

$$A_{S2} = 4 * 0.4 * 4 = 6.4 \text{ m}^2$$

$$F_S = C_a$$

$$\text{at } C = 5 \text{ t/m}^2 = 50 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{From table (4-5)} \rightarrow C_a = 37.5 \text{ kN/m}^2 \\ = 3.75 \text{ t/m}^2$$

$$\therefore Q_{S2} = 3.75 * 6.4 = 24 \text{ ton}$$

$$Q_{S3} = F_S * A_{S3} \rightarrow \text{in } \phi - \text{soil}$$

$$A_{S3} = 4 * 0.4 * 2 = 3.2 \text{ m}^2$$

$$F_S = K_{Hc} * \sigma' * \tan \delta$$

$$= 1 * \left[1.6 * 1.5 + 0.75 * 5 + 0.9 * 4 + 0.82 * 1 \right] * \tan \left(\frac{3}{4} * 33 \right) \\ = 4.87 \text{ t/m}^2$$

$$\therefore Q_{S3} = 4.87 * 3.2 = 15.6 \text{ ton}$$

$$\therefore Q_{Ult} = Q_b + (Q_{S1} + Q_{S2} + Q_{S3})$$

$$= 177.7 + [17.22 + 24 + 15.6] = 234.5 \text{ ton}$$

$$\therefore Q_{all} = \frac{Q_{Ult}}{F.O.S} = \frac{234.5}{3} = 78.17 < Q_{all} = 80 \text{ ton}$$

structural Formula

$$\therefore \text{take } \boxed{Q_{all} = 78 \text{ ton}}$$

2- In case of bored circular pile ($d=0.50 \text{ m}$)

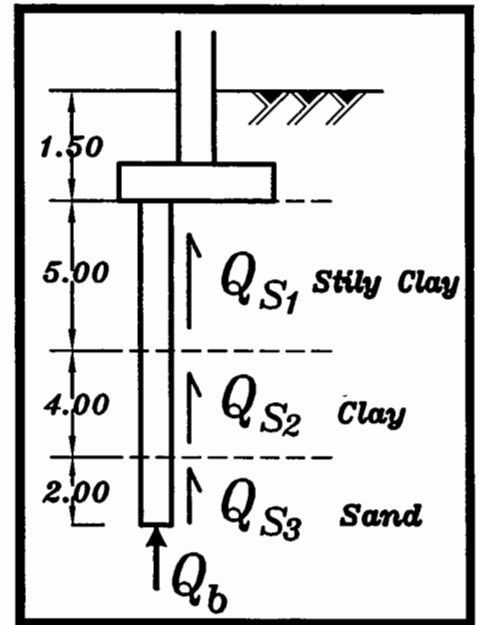
$$\therefore Q_{ult} = Q_b + (Q_{S1} + Q_{S2} + Q_{S3})$$

$$Q_b = q_b * A_b \rightarrow \text{in sand layer } \phi - \text{soil}$$

$$\therefore A_b = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$= \left(\frac{\pi}{4} \times 0.5^2 \right) = 0.196 \text{ m}^2$$

$$Q_b = q * N_q$$



$$Q = 1.60 * 1.50 + 0.75 * 5 + 0.90 * 4 + 0.82 * 2 = 11.39 \text{ t/m}^2$$

$$N_q \rightarrow \text{From table (4-5) at } \phi' = 33 - 3 = 30^\circ$$

$$\therefore N_q = 30$$

$$\therefore Q_b = 11.39 * 30 * (0.196) = 67.1 \text{ ton}$$

$$Q_{S1} = F_{S1} * A_{S1} = (K_{Hc} * \sigma' * \tan \delta + C_\alpha) * A_{S1} \rightarrow \text{in } C - \phi \text{ soil}$$

$$\text{Where: } A_{S1} = \pi * 0.5 * 5 \text{ m} = 7.85 \text{ m}^2$$

$$F_{S1} = (K_{Hc} * \sigma' * \tan \delta + C_\alpha)$$

bored pile

$$C_\alpha = \alpha * C_{\text{soil}} = 0.35 * 1.0 = 0.35 \text{ t/m}^2$$

$$K_{Hc} = 1.0 \quad \sigma' = 1.60 * 1.50 + 0.75 * 2.5 = 4.3 \text{ t/m}^2$$

$$\therefore Q_{S1} = \left[1 * 4.3 * \tan \left(\frac{3}{4} * 20 \right) + 1 \right] * 7.85 = 16.90 \text{ ton}$$

$$* Q_{S2} = F_{S2} * A_{S2} \rightarrow \text{in } C - \text{soil}$$

$$A_{S2} = \pi * 0.5 * 4 = 6.28 \text{ m}^2 \quad \text{bored pile}$$

$$F_{S2} = C_{\alpha} = \alpha * C_{\text{soil}} = 0.35 * 5.0 = 1.75 \text{ t/m}^2$$

$$\therefore Q_{S2} = 1.75 * 6.28 = 11.0 \text{ ton}$$

$$Q_{S3} = F_{S3} * A_{S3} \rightarrow \text{in } \phi - \text{soil}$$

$$A_{S3} = \pi * 0.5 * 2 = 3.14 \text{ m}^2$$

$$F_{S3} = K_{Hc} * \sigma' * \tan \delta$$

$$= 1 * [1.6 * 1.5 + 0.75 * 5 + 0.9 * 4 + 0.82 * 1] * \tan \left(\frac{3}{4} * 33 \right)$$

$$= 4.87 \text{ t/m}^2$$

$$\therefore Q_{S3} = 3.14 * 4.87 = 15.3 \text{ ton}$$

$$\therefore Q_{Ult} = Q_b + (Q_{S1} + Q_{S2} + Q_{S3})$$

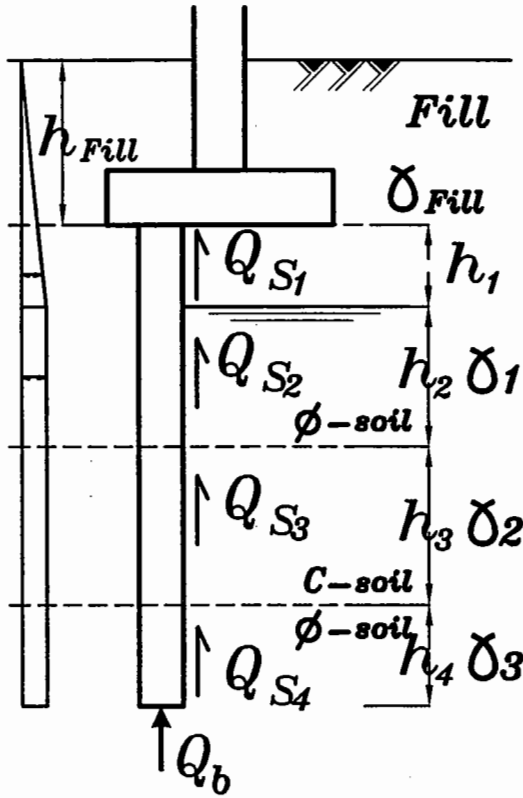
$$= 67.1 + [16.9 + 11 + 15.3] = 110.3 \text{ ton}$$

$$\therefore Q_{all} = \frac{Q_{Ult}}{F.O.S} = \frac{110.3}{2} = 55.15 < Q_{all} = 98 \text{ ton}$$

structural Formula

$$\therefore \text{take } \boxed{Q_{all} = 55 \text{ ton}}$$

ملاحظات هامه .



١ - اذا كان الخازوق يمر بطبقة ϕ - soil
و كان منسوب الماء الجوفى $G.W.T.$ يقع داخل الطبقة
فانه عند حساب Q_s لهذه الطبقة يتم
تقسيمها الى جزئين :

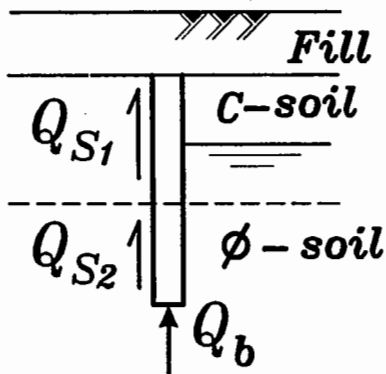
$Q_{S1} \rightarrow$ above $G.W.T.$

$Q_{S2} \rightarrow$ under $G.W.T.$

فى المثال المقابل

$$Q_{S1} = K_{Hc} \left[\underbrace{\delta_F h_F + \delta_{1b} * \frac{h_1}{2}}_{\sigma' \text{ at C.L of } h_1 \text{ above } G.W.T.} \right] \tan \delta * \pi d * h_1$$

$$Q_{S2} = K_{Hc} \left[\underbrace{\delta_F h_F + \delta_{1b} * h_1 + \delta_{1sub} * \frac{h_2}{2}}_{\sigma' \text{ at C.L of } h_2 \text{ under } G.W.T.} \right] \tan \delta * \pi d * h_2$$



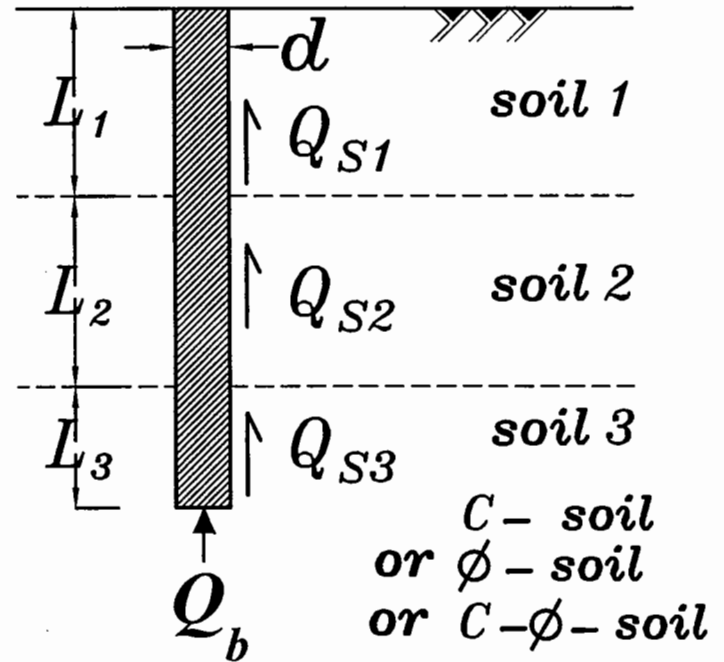
٢ - اذا كان منسوب الماء الجوفى يقع داخل طبقة C - soil
فاننا نحسب Q_s عادى جدا لهذه الطبقة بدون تقسيمها
لانها لا تعتمد على اختلاف شكل توزيع σ' داخل الطبقة .

ملحوظه هامه .

* عندما يمتد أى خازوق داخل مجموعه من طبقات التربيه فانه عندما ينتهى فى أى طبقه يجب ان يخترق هذه الطبقة مسافه لا تقل عن $3d$ حيث d هى قطر أو عرض الخازوق

فمثلا فى الشكل المقابل يجب أن

$$L_3 \nless 3d$$



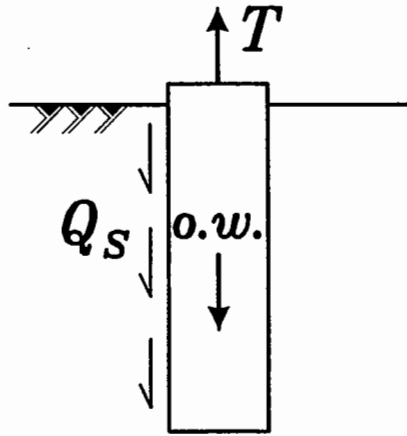
• IF $L_3 < 3d$

Neglect the Friction of soil 3

$$\therefore Q_{Ult} = Q_b + Q_{s1} + Q_{s2}$$

From soil 3

Statical Formula For pile subjected to tension.



في حالة تعرض الخازوق لقوة شد فانه يقاوم الشد
عن طريق :

١ - قوة مقاومه الاحتكاك على جانبي الخازوق Q_s

٢ - وزن الخازوق $o.w.$

$$\therefore T_{ult} = Q_s + O.W.$$

Where : $Q_s = F_s * A_s$

$$F_s$$

in $C-\phi$ soil

$$F_s = (K_{HT} * \sigma' * \tan \delta + C_a)$$

in ϕ - soil

$$F_s = K_{HT} * \sigma' * \tan \delta$$

From table (4-6)

in C - soil

$$F_s = C_a$$

كما سبق في
حاله الضغط

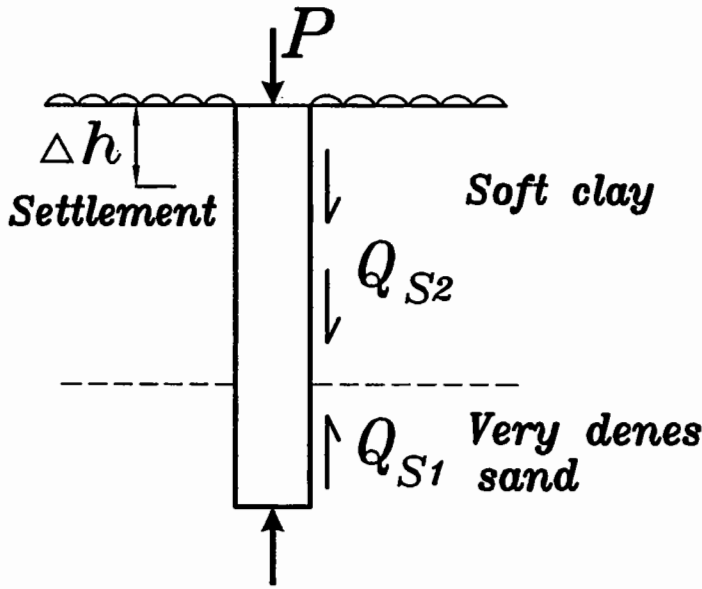
$$K_{HT} \approx 0.75$$

ملحوظه.

لان وزن الخازوق يعتبر مقدار ثابت فلا يوجد له معامل امان.

$$T_{all} = \frac{Q_s}{F.O.S.} + O.W.$$

Negative skin Friction.



* عندما تكون احدى الطبقات الملاصقه

للخازوق ترابه ضعيفه جدا

مثل *Soft clay* .

بينما ينتهى الخازوق فى ترابه قويه

مثل *Very dense sand* .

* عندما تتعرض التربه لضغط

خارجى (Q) بخلاف حمل الخازوق .

* فانه يحدث عندئذ انضغاط أو هبوط فى الطبقة الضعيفه أى أنها تتزحلق على

جسم الخازوق و لاسفل .

و بالتالى فان الاحتكاك (Q_s) الناتج عن هذه الطبقة يصبح *action* أو حمل

اضافى على الخازوق و ليس مقاومه .

لذلك يسمى الاحتكاك الناتج عن هذه الطبقة الضعيفه على جسم الخازوق

بالاحتكاك السالب ($-Ve Skin Friction$) .

و بالتالى يكون

$$Q_{ult} = Q_b + Q_{S1} - Q_{S2}$$

in case of compression
loading on pile.

And

$$Q_{all} = \frac{Q_b + Q_{S1}}{F.O.S.} - Q_{S2}$$

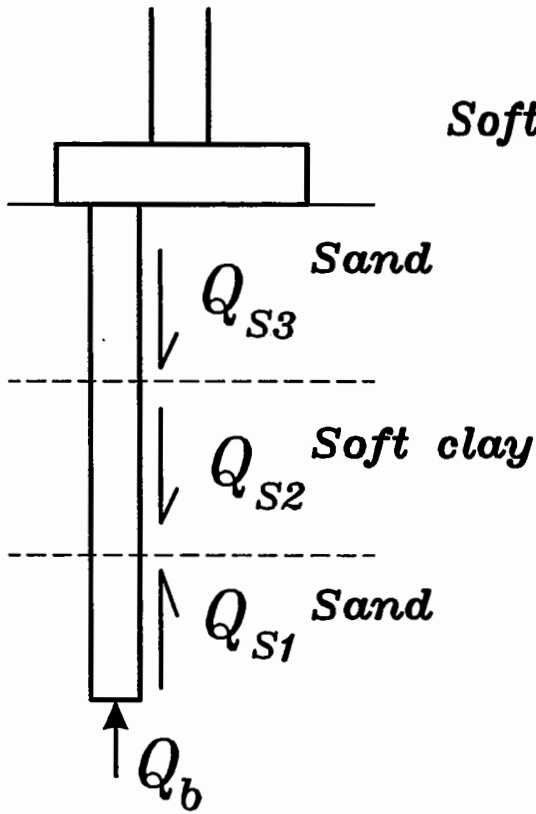
ملاحظات هامة.

في حالة وجود طبقه من الرمل فوق طبقه *Soft clay*

فانه عند هبوط طبقه الطين لابد و أن يهبط

معها طبقه الرمل الذي يعلوها و بالتالى يكون

هناك *-Ve skin Friction* من الطين و الرمل .



$$Q_{ult} = Q_b + Q_{S1} + Q_{S2} + Q_{S3}$$

$$Q_{all} = \frac{Q_b + Q_{S1}}{F.O.S.} - Q_{S2} - Q_{S3}$$

مع ملاحظه

Q_{S3} in sand where *-Ve skin Friction* = $F_{S3} * A_{S3}$

$$F_{S3} = 0.3 * K_{Hc} * \sigma'$$

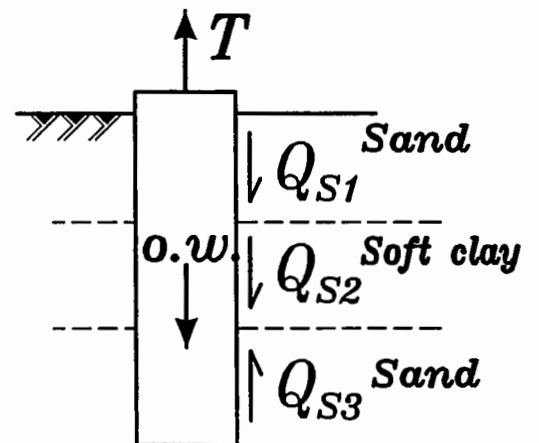
For piles under Friction.

في حالة الخوازيق المعرضه للشد و توجد طبقه بها

-Ve S.F. فان قوه الاحتكاك من هذه الطبقة لا

تؤخذ معنا فى الحسابات. $T_{ult} = Q_{S3} + O.W.$

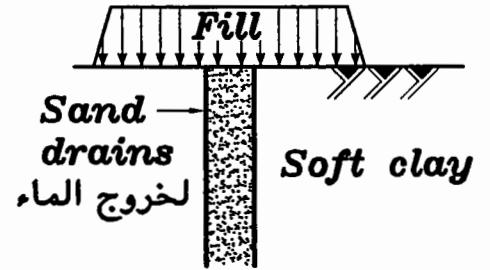
$$T_{all} = \frac{Q_s}{F.O.S} + O.W.$$



How to reduce the effect of -Ve skin Friction.

1- By pre-loading. التحميل المسبق

- عن طريق تحميل التربة باستخدام تربة ردم *Fill* وذلك قبل تنفيذ الخوازيق.
- يعمل ذلك على هبوط التربة و خروج الماء منها *Sand drains* من خلال *Consolidation*
- و بالتالى عند تنفيذ الخوازيق المطلوبه و اذا حدث و تواجد أى حمل خارجى يكون الهبوط المتوقع صغير جدا مما يقلل من فرصه وجود احتكاك عكسى *-Ve Skin Friction*



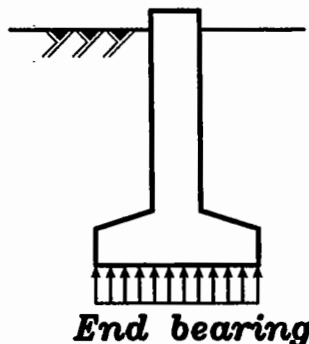
2- Using bored piles.

حيث لا تعتمد الخوازيق ال *bored* على الاحتكاك الجانبى و بالتالى يقل تأثير *-Ve S.F.* عليها.

3- Using bitumen.

حيث يتم دهان جوانب الحفر بالبيتومين الذى يقلل تأثير الاحتكاك الجانبى عامه و بالتالى اذا حدث *-Ve S.F.* يكون ليس له تأثير على الخازوق.

4- Using wide end.



حيث يتم تنفيذ الخازوق بنهايه متسعه من أسفل .
و بالتالى تزيد A_{base} و كذلك تزيد Q_b
مما يعوض النقص الحادث فى Q_{ult}
بسبب *-Ve S.F.*

5- Using double casing.

حيث يتم استخدام ماسوره بغلافين عند تنفيذ الخازوق , و بالتالى عند سحب الماسوره بعد تنفيذ الخازوق يكون هناك فراغ بين الخازوق و التربه مما يبعد تاثير الاحتكاك تماما عن الخازوق.

