

Foundations

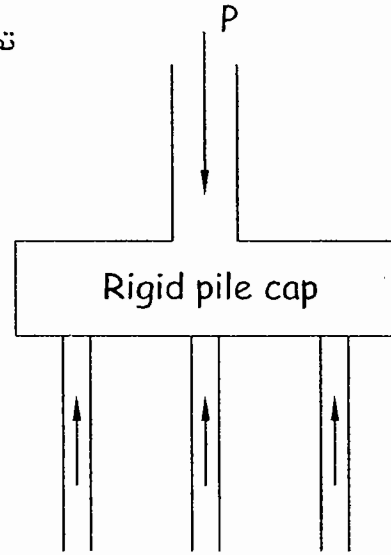
11

Design of
Pile Cap

7 Design of Pile Caps:- تصميم هامات الخوازيق

* Pile Cap:-

- هي القاعدة التي تحمل العمود وتكون مرتكزة على مجموعة الخوازيق.
- ووظيفتها هي نقل حمل العمود وتوزيعه على ال Piles .



* Number of piles below pile cap:-

- الفكرة هي ان يتم توزيع حمل العمود الرأسى على الخوازيق بالتساوى .

$$\text{Load on pile} = \frac{\text{Total load}}{\text{No. of piles}}$$

- ولتحقيق ذلك يجب مراعاة الاتى :-

- (١) ان تكون ال Pile Cap بقدر الامكان Rigid وذلك يتحقق من خلال ان يكون تخانة ال Pile Cap كبيرة بما يكفى لضمان التوزيع المتساوى للحمل .

$$d_{\min.} = 2 \phi$$

Where:

$d_{\min.}$: Minimum depth for pile cap

ϕ : pile diameter or width

- (٢) ان يكون توزيع الخوازيق اسفل ال Pile Cap مناسباً لضمان التوزيع المتساوى للحمل .
وذلك يتحقق من خلال وضع الخوازيق على مسافات متساوية بقدر الامكان من محور العمود .

* Arrangement of piles:-

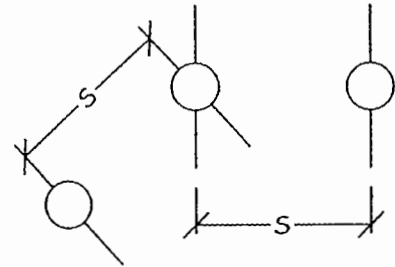
- Spacing:

- $S_{min.} = 3 * d$ —→ For friction pile
 $= 2.5 * d$ —→ For End-bearing pile
 $= 2 * d$ —→ For pile rested on rock
- $S_{max.} = 6 * d$ —→ For friction pile

Where:

S : Spacing between piles

d : Pile diameter or width



- غالبا ما نفضل ترتيب الخوازيق باستخدام $S_{min.}$ وذلك لتوفير ابعاد ال Pile Cap وتكون ذات مساحة صغيرة بقدر الامكان .

$$S_{min.} \approx 3d$$

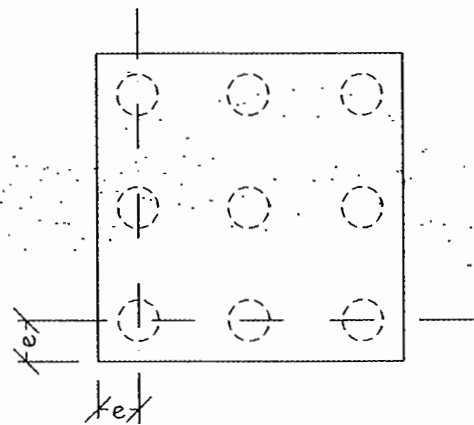
اذا لم يكن معلوم
نوع الخازوق

- Edge distance: "e"

$$e = [1.0 \rightarrow 1.5] * d$$

take

$$e = d$$



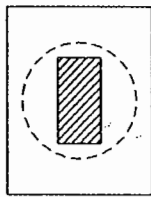
- ملحوظة مهمة:-

عند رص مجموعة الخوازيق اسفل ال Pile Cap يجب مراعاة الاتي :-

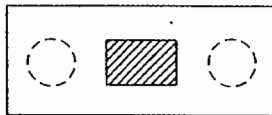
$$c.g \text{ of piles} \equiv c.g \text{ of pile cap} \equiv c.g \text{ of load}$$

✱ Samples of pile arrangement:-

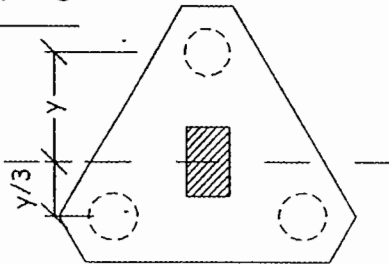
- N = 1



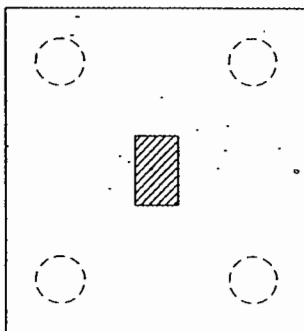
- N = 2



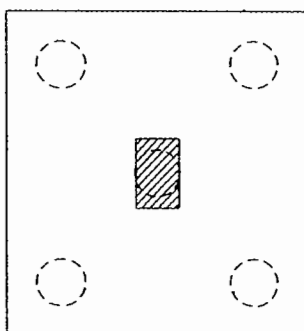
- N = 3



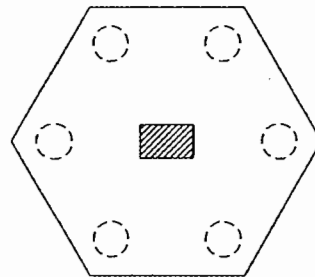
- N = 4



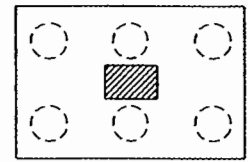
- N = 5



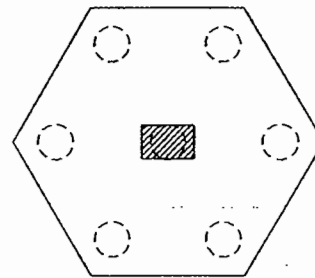
- N = 6



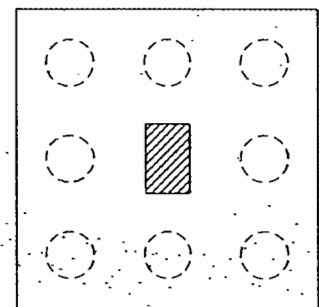
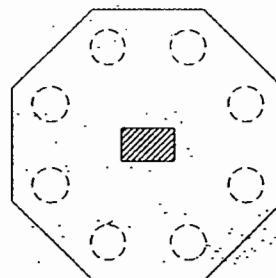
- حل سهل فى التنفيذ



- N = 7

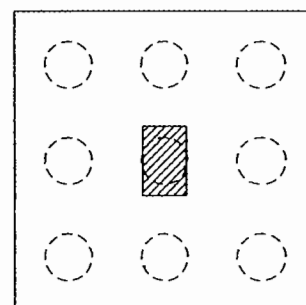


- N = 8



- حل سهل فى التنفيذ

- N = 9



* Design of pile caps subjected to Normal force only:-

- Steps:-

1) Calculate number of piles:-

$$N_{\text{piles}} = \frac{1.15 * P}{Q_{\text{all}}}$$

- يتم زيادة الحمل الرأسى بنسبة 15 % من الحمل الكلى
لندخل تأثير وزن ال Pile Cap والردم فوقها .

get N_{piles}

تقرب لاقرب واحد صحيح بالزيادة

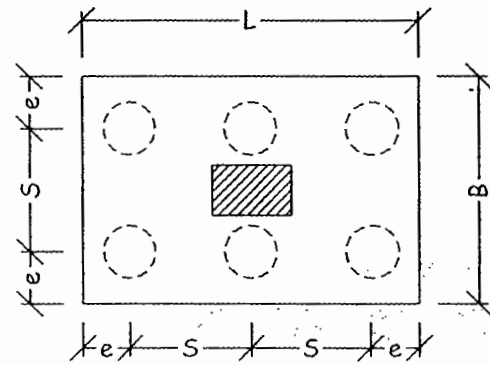
2) Assume $S_{\text{min.}} = 3 * d$ and make a suitable piles arrangement.

3) From pile arrangement get the dimensions of pile cap.

ex.:-

$$L = 2S + 2e$$

$$B = S + 2e$$



4) Calculate ultimate reaction on pile:-

$$Q_{u_{\text{pile}}} = \frac{1.5 * P}{N_{\text{piles}}}$$

العدد النهائى
بعد التقريب

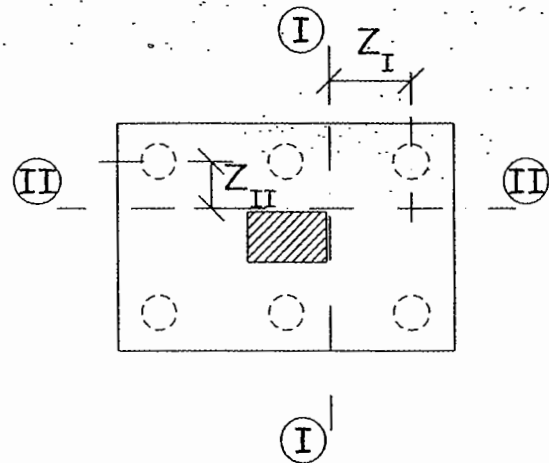
5) Critical sections for moments:-

- القطاع الحرج للعزم يكون على وش العمود
من الناحيتين .

$$M_{u_I} = \sum Q_{u_i} * Z_I$$

$$d_I = C_1 \sqrt{\frac{M_{u_I} * 10^6}{f_{cu} (N/mm^2) * B}}$$

$$M_{u_{II}} = \sum Q_{u_i} * Z_{II} \quad d_{II} = C_1 \sqrt{\frac{M_{u_{II}} * 10^6}{f_{cu} (N/mm^2) * L}}$$



take the bigger d

Check $d \nless 2\phi$

if $d < 2\phi$

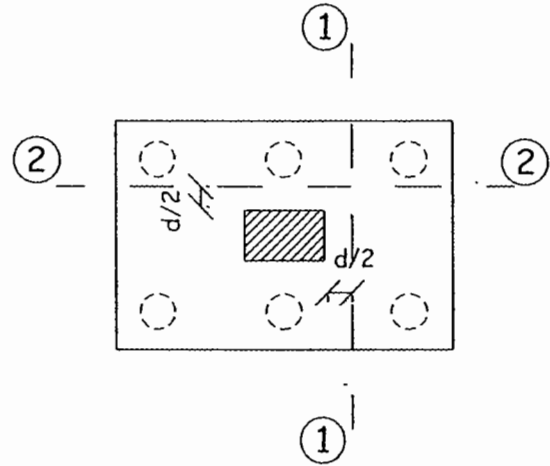
take $d = 2\phi$

6) Check shear:-

على بعد $d/2$ من وش العمود من الناحيتين

$$Q_{su} = \sum Q_{ui} = Q_{ui} \times n$$

حاصل ضرب رد فعل الخازوق في عدد الخوازيق الواقعة خلف القطاع الحرج



Ex. $Q_{su1} = 2 Q_{u \text{ pile}}$

$Q_{su2} = 3 Q_{u \text{ pile}}$

*** ملاحظات هامة :-

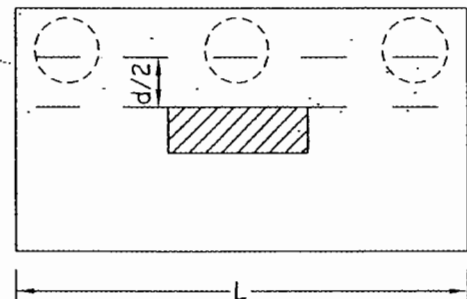
*** اذا قطع القطاع الحرج في القص الخوازيق

$$Q_{su} = \sum \%A_s \times Q_{ui}$$

Where

$\%A_s$ = نسبة المساحة من قطاع الخازوق الواقعة خلف القطاع الحرج

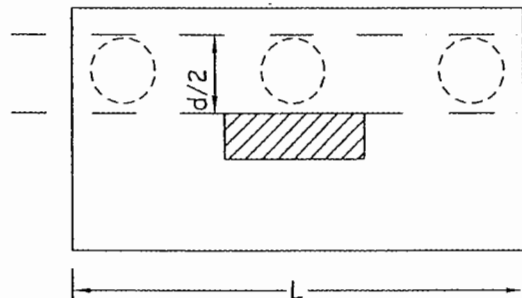
Ex. $Q_{su} = 3_{\text{piles}} \times 70\% \times Q_{ui}$



*** اذا وقع القطاع الحرج في القص خلف الخوازيق

$$Q_{su} = \text{Zero}$$

No need to check shear



check shear :- تابع

$$q_{su1} = \frac{Q_{su1}}{(B) \times d} \geq 0.16 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} \text{ N/mm}^2$$

$$q_{su2} = \frac{Q_{su2}}{(L) \times d} \geq 0.16 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} \text{ N/mm}^2$$

if unsafe increase d

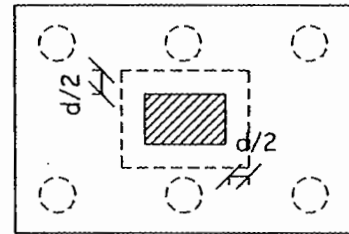
7) Check punching:-

على بعد $d/2$ من وش العمود من كل ناحية

$$Q_{punch} = 1.5 \times P_{col.} - \sum Q_{upile}$$

↓
مجموع ردود افعال الخوازيق
قد تقع داخل النطاق الحرج

$$q_p = \frac{Q_{punch}}{d \times \text{perimeter}} \geq q_{pcu}$$



Where

$$q_{pcu} = 0.316 \left[0.5 + \frac{a}{b} \right] \times \sqrt{\frac{F_{cu}}{\gamma_c}} \geq 0.5$$

if unsafe increase d

8) Final thickness:-

$$t = d_{safe} + 10 \xrightarrow{\text{cover}} 15 \text{ cm}$$

9) R.F.T:-

$$A_{s1} = \frac{M_{u1}}{f_y \times J \times d_{mm} \times B_m} = \text{mm}^2/\text{m}$$

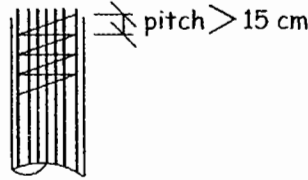
$$A_{s2} = \frac{M_{u2}}{f_y \times J \times d_{mm} \times L_m} = \text{mm}^2/\text{m}$$

$$\text{check :- } A_{s1} \& A_{s2} > A_{s_{min.}} = 1.50 \times d_{mm} \text{ mm}^2/\text{m}$$

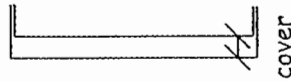
10) Details:-

ملاحظات عامة على التفاصيل

- ١) يجب مراعاة الخوازيق باستخدام اسطمة دوائر وليس باليد المجردة و يكون منقط
- ٢) يجب عمل محاور صغيرة بين كل صف او عمود خوازيق وذلك بخلاف محاور العمود
- ٣) تسليح الخازوق يكون مثل العمود والكانات تكون حلزونية



٤) مراعاة المناسب كما فى حالة ال Shallow foundation

٥) يتم وضع فرشاة (p.c) اسفل ال pile cap بحيث $t_{p.c} = 10 \rightarrow 20 \text{ cm}$ ٦) يتم رسم ال cover بال scale ويكون واضح لانه كبير $\approx 15 \text{ cm}$ 

انظر المثال القادم

✱ Example:-

It is required to design an isolated pile cap to support a column (400x1100mm) carries an axial load of 5000 KN , If the pile capacity is 800 KN and its diameter is 500 mm.

$$[F_{cu} = 30 \text{ N/mm}^2 , F_y = 360 \text{ N/mm}^2]$$

" Solution "** Given

- * $P_{col.} = 5000 \text{ KN}$
- * Col. dims. = 40 x 110 cm
- * $Q_{all} = 800 \text{ KN}$
- * $\phi_{pile} = 50 \text{ cm}$
- * $F_{cu} = 30 \text{ N/mm}^2$
- * $F_y = 360 \text{ N/mm}^2$

* Calculations of no. of piles & arrangement:-

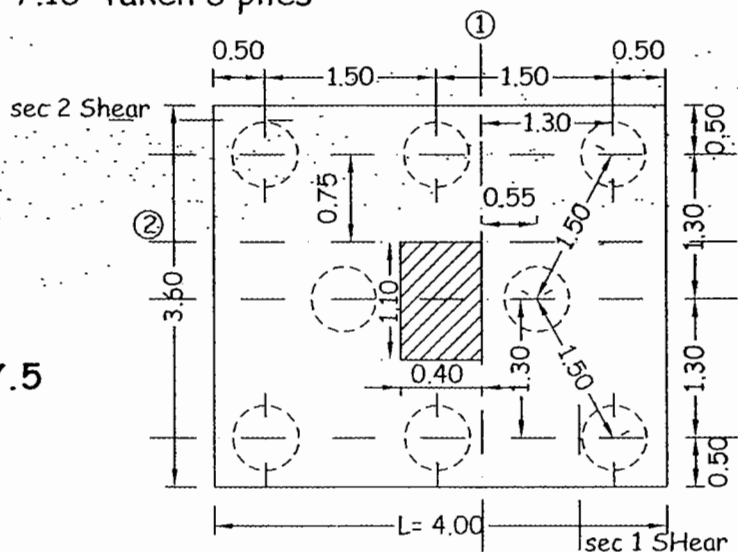
$$N_{piles} = \frac{1.15 \times P}{Q_{all. \text{ given}}} = \frac{1.15 \times 5000}{800} = 7.18 \text{ taken 8 piles}$$

$$Q_{u/pile} = \frac{1.5 \times 5000}{8} = 937.5 \text{ KN}$$

$$\text{Assume } S = 3d = 1.50 \text{ m} \\ e = d = 0.50 \text{ m}$$

$$M_{u1} = [1 \times 0.55 + 2 \times 1.3] \times 937.5 \\ = 2953 \text{ KN.m/B}$$

$$M_{u2} = 3 \times 0.75 \times 937.5 \\ = 2109 \text{ KN.m/L}$$



$$d_1 = 4 \sqrt{\frac{2953 \times 10^6}{30 \times 3600}} = 661 \text{ mm} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{خذ B كلها} \\ \text{خذ L كلها} \end{array} \right. \quad d_{\text{bigger}} = 661 \text{ mm}$$

$$d_2 = 4 \sqrt{\frac{2109 \times 10^6}{30 \times 4000}} = 530 \text{ mm}$$

but $d_{\min} = 2 \phi = 2 \times 500 \text{ mm} = 1000 \text{ mm}$

Take $d = 1000 \text{ mm} = 100 \text{ cm}$

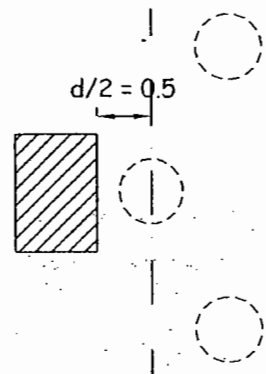
**** Check shear :-**

على بعد $d/2$

*** For section 1**

$$Q_{s1} = 2 \times 937.5 + 50 \% \times 937.5$$

$$q_{s1} = \frac{2343.8 \times 10^3}{\frac{3600 \times 1000}{B \cdot d}} = 0.65 < 0.16 \sqrt{\frac{30}{1.5}}$$



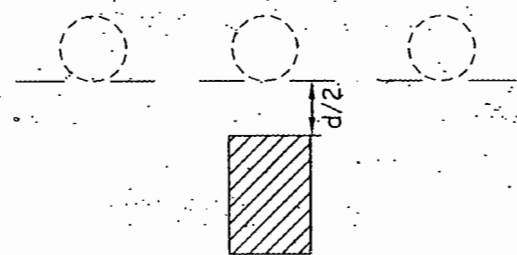
*** For section 2**

Safe #

$$Q_{s2} = 3 \times 937.5 = 2812.5 \text{ KN}$$

$$q_{s2} = \frac{2812.5 \times 10^3}{\frac{4000 \times 1000}{B \cdot d}} = 0.71 < q_{scu}$$

Safe #



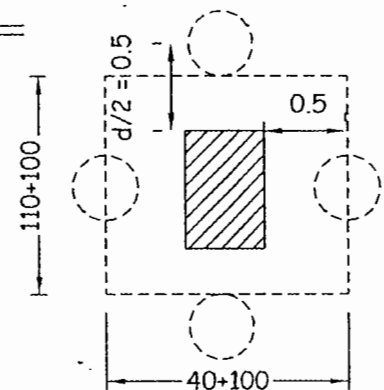
**** Check punching :-**

$$q_{pcu} = 0.316 \left[0.5 + \frac{40}{110} \right] \times \sqrt{\frac{30}{1.5}} = 1.22 \text{ N/mm}^2$$

$$Q_{pu} = 1.5 \times 5000 - 2 \times 0.5 \times 937.5 = 6562.5 \text{ KN}$$

$$q_{pu} = \frac{6562.5 \times 10^3}{1000 \times 2(1400 + 2100)} = 0.94 \text{ N/mm}^2 < q_{pcu}$$

Safe #



$\therefore d_{\text{safe}} = 100 \text{ cm} , t = 100 + 15_{\text{cover}} = 115 \text{ cm}$

**** R.F.T :-**

$$A_{S_1} = \frac{2953 \times 10^6}{360 \times 0.826 \times 1000 \times \boxed{3.60}} = 2759 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{S_2} = \frac{2109 \times 10^6}{360 \times 0.826 \times 1000 \times \boxed{4.00}} = 1773 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{S_{\min.}} = 1.50 \times 1000 = 1500 \text{ mm}^2/\text{m} < A_{S_1} \text{ Ok}$$

$$< A_{S_2} \text{ Ok}$$

For $A_{S_1} = 2759 \text{ mm}^2/\text{m}$ Use $8 \phi 22 / \text{m}$

For $A_{S_2} = 1773 \text{ mm}^2/\text{m}$ Use $7 \phi 18 / \text{m}$

**** Details :-**

