

مؤندیشم رابعه

انشاءات 4th Year Civil - Structures

3

Foundation Design

(3)

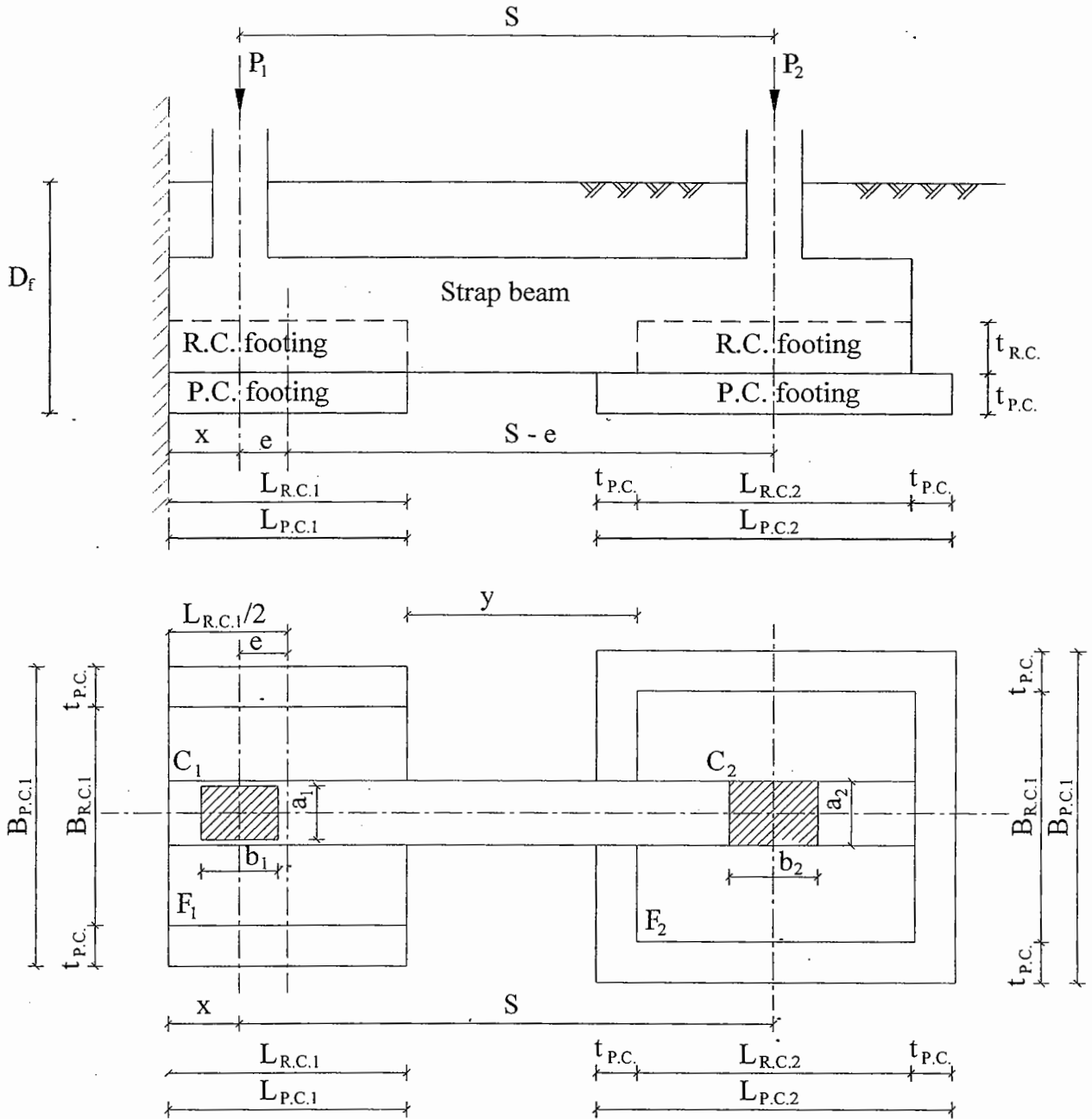
Design of Shallow Foundations (3)

Design of

Strap Beam Footing system

Design of strap beam

تصميم الشدادات



- تستخدم الشدادات لربط عمود الجار بعمود داخلي وذلك عن طريق استخدام كمرية كبيرة (شداد strap beam) تحمل العمودين ثم يتم نقل حمل الكمرية إلى التربة بواسطة قاعدتين منفصلتين (F_1, F_2) .

- نلجأ لاستخدام الشدادات عندما تكون المسافة بين عمود الجار والعمود الداخلي كبيرة بالنسبة لأحمال العمودين وقدرة تحمل التربة (عادة عندما تكون $S > 5 \text{ m}$ تصبح مساحة القاعدة المشتركة Combined footing كبيرة مقارنة بحمل العمودين وتكون

العزوم كبيرة مما يؤدي لزيادة سمك وتسليح القاعدة) وبالتالي يكون الحل الأفضل هو استخدام الـ **strap beam**.

- تعتمد عملية الاختيار بين استخدام القاعدة المشتركة (combined footing) أو استخدام الشدّاد (strap beam) على ثلاثة عوامل وهي:-

١- المسافة بين العمودين (S).

٢- أحمال الأعمدة (P_1, P_2).

٣- قدرة تحمل التربة (q_{all}).

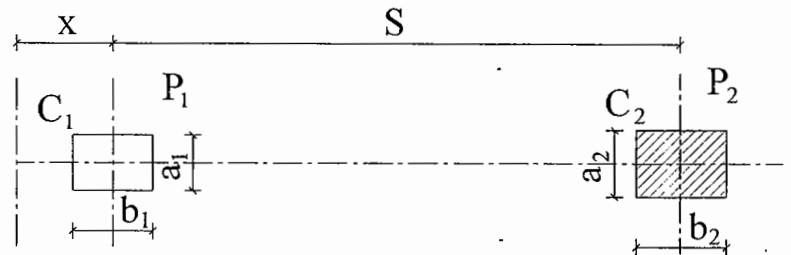
- الفكرة الأساسية في الشدّادات هي ترحيل مركز ثقل القاعدة التي أسفل عمود الجار عن مركز ثقل العمود مسافة e حتى تدخل القاعدة داخل حدود الأرض وتكون قيمة الترحيل في حدود $(0.1-0.2 S)$.

- يتم تصميم الـ Strap beam footing system تبعاً للخطوات التالية:-

Steps for design of strap beam footing system:-

- Given:-

- Column load (P_1, P_2)
- Column dimensions (a_1, b_1 & a_2, b_2)
- Spacing between columns (S)
- Property line (x) حد الجار
- q_{all} = allowable bearing capacity
- $t_{p.c.}$ = plain concrete thickness
- f_{cu} & f_y



- Steps of design:-

1- Calculate the dimensions of footings:-

- Assume $e = (0.1 \rightarrow 0.2) S$

- Calculate R_1 & R_2 .

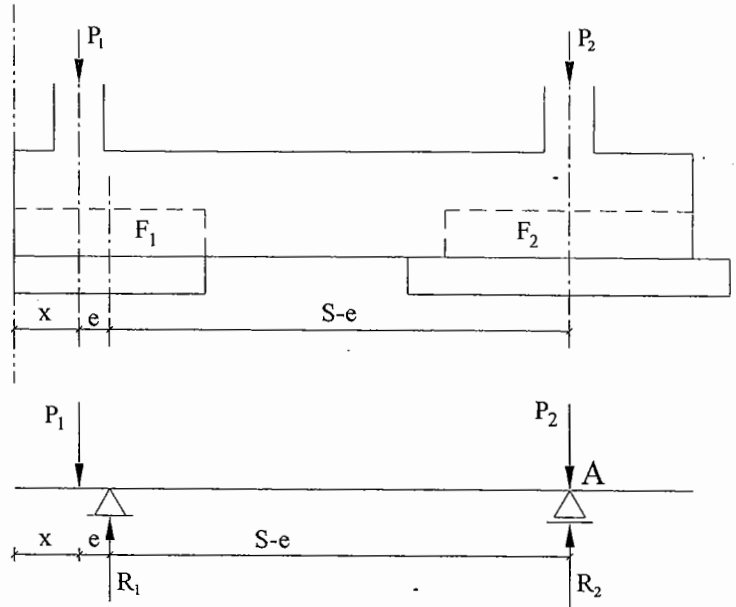
$$-\sum M_{@A} = 0$$

$$\Rightarrow P_1 \cdot S = R_1 \cdot (S - e)$$

$$\therefore R_1 = \frac{P_2 \cdot S}{S - e}$$

$$-\sum F_y = 0$$

$$\Rightarrow R_2 = (P_1 + P_2) - R_1$$



- Dimensions of F1:-

i- for $t_{p.c.} < 20$ cm:-

$$-L_{P.C.1} = L_{R.C.1} = 2 \times (e + x)$$

$$-A_{R.C.1} = \frac{R_1}{q_{all}} = B_{R.C.1} \times L_{R.C.1}$$

$$\Rightarrow B_{R.C.1} = \sqrt{\quad}$$

$$-B_{P.C.1} = B_{R.C.1} + 2 t_{p.c.}$$

ii- for $t_{p.c.} \geq 20$ cm:-

$$-L_{P.C.1} = L_{R.C.1} = 2 \times (e + x)$$

$$-A_{P.C.1} = \frac{R_1}{q_{all}} = B_{P.C.1} \times L_{P.C.1}$$

$$\Rightarrow B_{P.C.1} = \sqrt{\quad}$$

$$-B_{R.C.1} = B_{P.C.1} - 2 t_{p.c.}$$

- Very important check:-

- بعد تحديد أبعاد القاعدة F_1 يجب التأكد من أن عرض القاعدة المسلحة عند حد الجار F_1 لا يزيد عن 1.5 طولها.

- If $B_{R.C.1} \leq 1.5 L_{R.C.1} \Rightarrow$ O.K.

- If $B_{R.C.1} > 1.5 L_{R.C.1} \Rightarrow$ Not O.K. (Strap beam is refused)

\Rightarrow Use combined footing

- Dimensions of F2 (square footing):-

i- for $t_{p.c.} \leq 20$ cm:-

$$- A_{R.C_2} = \frac{R_2}{q_{all}} = (B_{R.C_2})^2$$

$$\Rightarrow B_{R.C_2} = \sqrt{\quad}$$

$$- B_{P.C_2} = B_{R.C_2} + 2 t_{p.c.}$$

ii- for $t_{p.c.} > 20$ cm:-

$$- A_{P.C_2} = \frac{R_2}{q_{all}} = (B_{P.C_2})^2$$

$$\Rightarrow B_{P.C_2} = \sqrt{\quad}$$

$$- B_{R.C_2} = B_{P.C_2} - 2t_{p.c.}$$

- Very important check:-

- بعد تحديد أبعاد القاعدة F_2 يتم حساب المسافة الفارغة بين القاعدتين (y) فإذا كانت هذه المسافة أقل من نصف طول القاعدة الصغيرة يكون حل القاعدة المشتركة أفضل.

i- for $t_{p.c.} \leq 20$ cm:-

$$- y = S - e - \frac{L_{R.C_1}}{2} - \frac{L_{R.C_2}}{2}$$

$$- \text{If } y < \frac{L_{R.C_{min}}}{2}$$

\Rightarrow Strap beam is refused

\Rightarrow use combined footing

ii- for $t_{p.c.} > 20$ cm:-

$$- y = S - e - \frac{L_{P.C_1}}{2} - \frac{L_{P.C_2}}{2}$$

$$- \text{If } y < \frac{L_{P.C_{min}}}{2}$$

\Rightarrow Strap beam is refused

\Rightarrow use combined footing

2- Design of Strap beam:-

١- يتم تحويل جميع الأحمال إلى ultimate loads قبل عمل أى حسابات للعزوم.

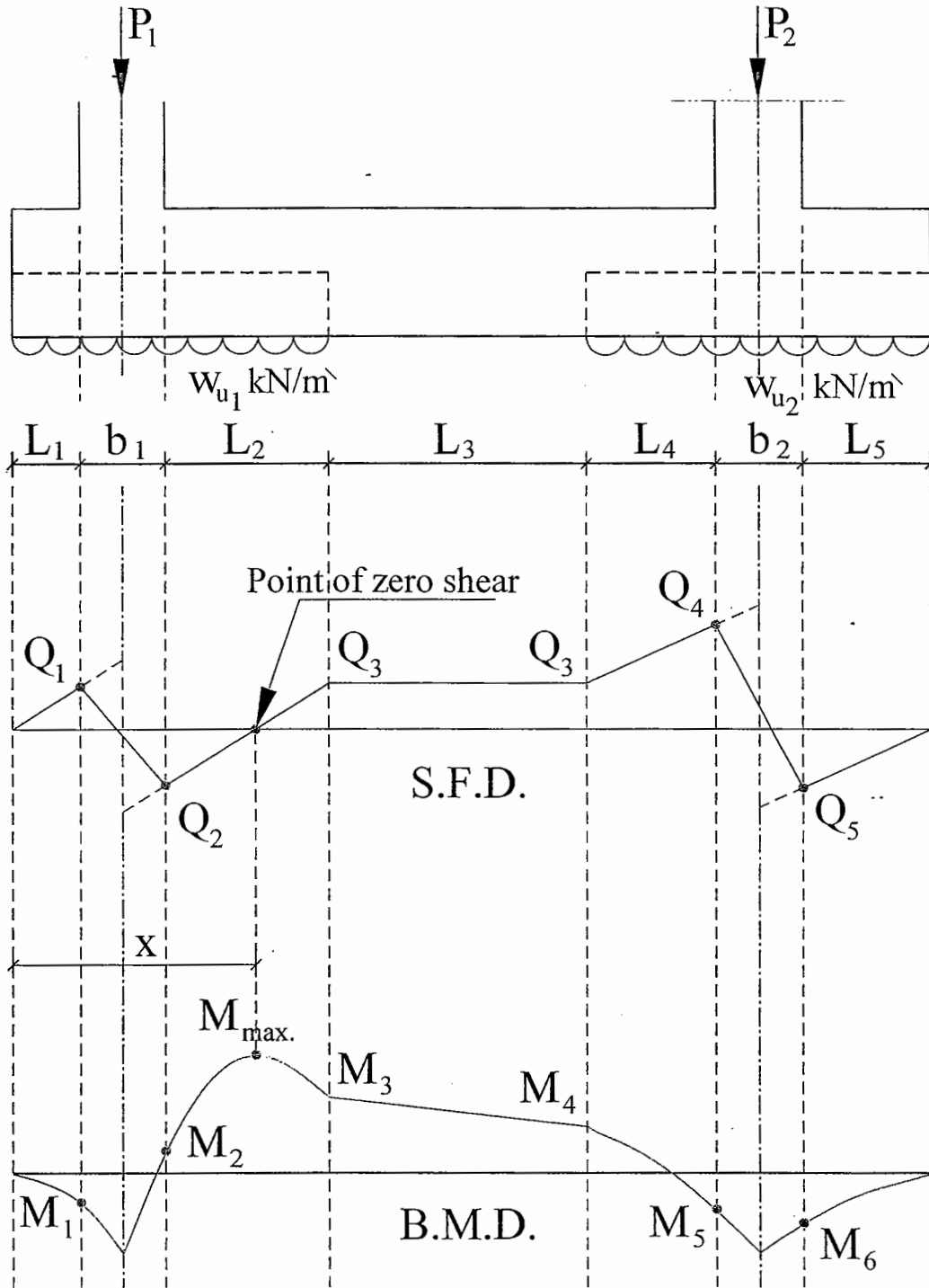
$$- P_{1u} = P_1 \times 1.5 \quad - P_{2u} = P_2 \times 1.5$$

$$- R_{1u} = R_1 \times 1.5 \quad - R_{2u} = R_2 \times 1.5$$

$$- W_{1u} = \frac{R_{1u}}{L_{R.C_1}} = \text{ultimate uniform load under } F_1 \text{ in long direction}$$

$$- W_{2u} = \frac{R_{2u}}{L_{R.C_2}} = \text{ultimate uniform load under } F_2 \text{ in long direction}$$

- بمعلومية جميع قيم الأحمال والأبعاد نقوم برسم كل من الـ B.M.D. & S.F.D. وذلك عن طريق حساب قيم الـ B.M. & S.F. على وش الأعمدة والقواعد كما يجب حساب قيمة M_{max} وذلك عند الـ Point of zero shear كما يلي:-



$$\begin{aligned}
-Q_1 &= w_{lu} \cdot L_1 & -M_1 &= w_{lu} \cdot \frac{(L_1)^2}{2} \\
-Q_2 &= P_{lu} - w_{lu} \cdot (L_1 + b_1) & -M_2 &= w_{lu} \cdot \frac{(L_1 + b_1)^2}{2} - P_{lu} \cdot \frac{b_1}{2} \\
-Q_3 &= w_{lu} \cdot L_{R.C.1} - P_{lu} & -M_3 &= P_{lu} \cdot (L_2 + \frac{b_1}{2}) - w_{lu} \cdot \frac{(L_{R.C.1})^2}{2} \\
-Q_4 &= w_{2u} \cdot (L_5 + b_2) - P_{2u} & -M_4 &= P_{2u} \cdot (L_4 + \frac{b_2}{2}) - w_{2u} \cdot \frac{(L_{R.C.2})^2}{2} \\
& & -M_5 &= w_{2u} \cdot \frac{(L_5 + b_2)^2}{2} - P_{2u} \cdot \frac{b_2}{2} \\
-Q_5 &= w_{2u} \cdot L_5 & -M_6 &= w_{2u} \cdot \frac{(L_5)^2}{2}
\end{aligned}$$

- ملحوظة هامة:-

- قيم الـ B.M. & S.F. السابقة تحسب على الـ calculator بسرعة ونكتبها على الرسم فقط لتوفير الوقت.

- At point of zero shear:-

$$-P_{lu} = w_{lu} \cdot x \Rightarrow x = \sqrt{\frac{P_{lu}}{w_{lu}}}$$

$$\therefore M_{\max.} = P_{lu} \left(x - L_1 - \frac{b_1}{2} \right) - w_{lu} \cdot \frac{(x)^2}{2}$$

- Design of critical section in B.M.:-

$$-d = C_1 \times \sqrt{\frac{M_{u\max} \times 10^6}{f_{cu} \times b_{(mm)}}}$$

- Where $M_{u\max}$ is the max. of $M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6$ & $M_{\max.}$

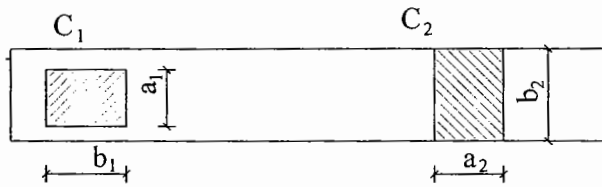
- $b = 40-120 \text{ cm}$

- Assume $C_1 = 4.5 \Rightarrow d = \sqrt{\text{mm}}$ (تقرب لأقرب 3 سم أو أقرب 8 سم بالزيادة)

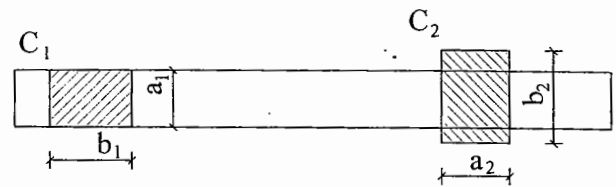
$$\Rightarrow t_{R.C.} = d + 7 \text{ cm}$$

- ملحوظة هامة:-

- يجب أن لا يقل عرض الكمره عن عرض العمود الكبير



حَل مقبول



حَل مرفوض

2- Check shear for strap beam:-

- القطاع الحرج فى القص على بعد $(d/2)$ من وش العمود من الناحية التى تكون عندها قيمة ال. S.F. أكبر ما يمكن.

$$- q_{scu} = 0.24 \times \sqrt{\frac{f_{cu}}{1.5}} \quad (\text{allowable shear stress with min. shear RFT})$$

$$- q_{scu_{max}} = 0.7 \times \sqrt{\frac{f_{cu}}{1.5}} \quad (\text{allowable shear stress with max. shear RFT})$$

$$- Q_{su_{max}} = Q_{max} \cdot w_u \cdot \left(\frac{d}{2}\right)$$

- Where:-

- Q_{max} is the max. of Q_1, Q_2, Q_3 & Q_4 .

- w_u is w_{1u} or w_{2u} على حسب مكان القطاع الحرج فى القص

$$- q_{su} = \frac{Q_{su_{max}} \times 10^3}{b_{(min)} \times d_{(min)}} = \sqrt{\quad} \quad (N/mm^2)$$

- if $q_{su} \leq q_{scu} \Rightarrow$ safe

- use Stirrups $5\phi 8 \setminus m^1$ 4 branches

- if $q_{su} > q_{scu_{max}} \Rightarrow$ unsafe (increase d and recheck)

- if $q_{scu} < q_{su} < q_{scu_{max}} \Rightarrow$ use shear RFT (stirrups)

$$- q_{su} \cdot \frac{q_{scu}}{2} = \frac{n \times A_\phi \times f_y / \gamma_s}{b \times S} \quad \text{assume } n = 4 \text{ or } 6 \text{ \& find } S$$

- نختار عدد فروع الكانة بحيث لا تزيد المسافة بين الفروع عن 25 cm.

3- RFT of strap beam:-

$$- A_{s_{top}} = \frac{M_{umax, top} \times 10^6}{f_y \times j \times d} = \sqrt{\quad} \text{ mm}^2$$

$$- A_{s_{bottom}} = \frac{M_{umax, bottom} \times 10^6}{f_y \times j \times d} = \sqrt{\quad} \text{ mm}^2$$

- check $A_s > A_{smin}$.

$$\begin{array}{l} - A_{s_{min}} = 1.3 A_{s_{req}} \\ - A_{s_{min}} = \frac{1.1}{f_y} b d \\ - A_{s_{min}} = \frac{0.15}{100} b d \end{array} \left. \begin{array}{l} \text{min.} \\ \text{max.} \end{array} \right\}$$

- If $A_{s_{top}}$ or $A_{s_{bottom}} < A_{s_{min}} \Rightarrow$ Use $A_{s_{min}}$

- use $A_{s_{Top}} = ? \text{ } \cancel{\text{mm}} \text{ } \backslash \text{ m}^2$

- use $A_{s_{Bottom}} = ? \text{ } \cancel{\text{mm}} \text{ } \backslash \text{ m}^2$

4- Design of footings:-

- Design of F1:-

1- Design of critical section for Bending Moment:-

- القطاع الحرج فى العزوم يكون على وش الكمرة.

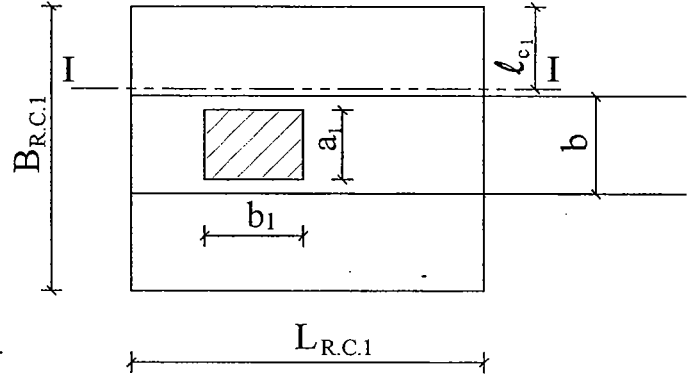
- يتم حساب العزوم على شريحة عرضها 1.00 m.

$$- q_{u1} = \frac{R_{1u}}{B_{R.C.1} \times L_{R.C.1}}$$

$$- \ell_{c1} = \frac{B_{R.C.1} - b}{2}$$

$$- M_{u2} = q_{u1} \times \frac{(\ell_{c1})^2}{2}$$

$$- d_1 = C_1 \times \sqrt{\frac{M_{u1} \times 10^6}{f_{cu} \times 1000}}$$



- Assume $C_1 = 5.0 \Rightarrow d_1 = \sqrt{\text{سم}} \text{ أو أقرب } 8 \text{ سم}$ (تقرب لأقرب 3 سم أو أقرب 8 سم بالزيادة)

$$\Rightarrow t_{R.C.1} = d + 7 \text{ cm}$$

2- Check shear:-

- القطاع الحرج فى القص يكون على بعد d من وش الكمرة.

$$- q_{scu} = 0.16 \times \sqrt{\frac{f_{cu}}{1.5}}$$

$$- z_1 = \ell_{c1} - d_1$$

$$- Q_{su1} = q_{u1} \times z_1$$

$$- q_{su1} = \frac{Q_{su1} \times 10^3}{d_1 \times 1000} = \sqrt{\quad} \quad (N / mm^2)$$

$$- \text{if } q_{su1} \leq q_{scu} \Rightarrow \text{safe}$$

$$- \text{if } q_{su1} > q_{scu} \Rightarrow \text{unsafe (increase d and recheck)}$$

3- RFT:-

$$- A_{s_{min}} = 1.5 \times d_1$$

$$- A_{s_1} = \frac{M_{u_1} \times 10^6}{f_y \times j \times d_1} = \sqrt{\text{mm}^2 / m}$$

- check $A_s > A_{s_{min}}$.

- if $A_s < A_{s_{min}} \Rightarrow$ use $A_{s_{min}}$.

- use $A_{s_1} = ? \text{ } \backslash m$

- Design of F2:-

1- Design of critical section for Bending Moment:-

- القطاع الحرج فى العزوم يكون على وش الكمرة.

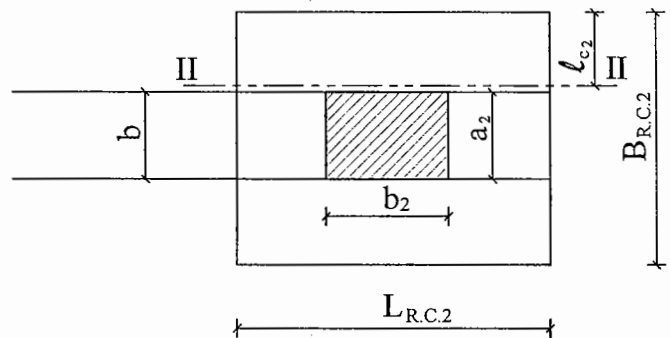
- يتم حساب العزوم على شريحة عرضها 1.00 m.

$$- q_{u_2} = \frac{R_{2u}}{B_{R.C.2} \times L_{R.C.2}}$$

$$- \ell_{c_2} = \frac{B_{R.C.2} - b}{2}$$

$$- M_{u_2} = q_{u_2} \times \frac{(\ell_{c_2})^2}{2}$$

$$- d_2 = C_1 \times \sqrt{\frac{M_{u_2} \times 10^6}{f_{cu} \times 1000}}$$



- Assume $C_1 = 5.0 \Rightarrow d_2 = \sqrt{\text{mm}}$ (تقرب لأقرب ٣ سم أو أقرب ٨ سم بالزيادة)

$$\Rightarrow t_{R.C.2} = d + 7 \text{ cm}$$

2- Check shear:-

- القطاع الحرج فى القص يكون على بعد d من وش الكمرة.

$$- q_{scu} = 0.16 \times \sqrt{\frac{f_{cu}}{1.5}}$$

$$- z_2 = \ell_{c_2} - d_2$$

$$- Q_{su_2} = q_{u_2} \times z_2$$

$$- q_{su_2} = \frac{Q_{su_2} \times 10^3}{d_2 \times 1000} = \sqrt{\quad} \quad (N/mm^2)$$

$$- \text{if } q_{su_2} \leq q_{scu} \Rightarrow \text{safe}$$

$$- \text{if } q_{su_2} > q_{scu} \Rightarrow \text{unsafe (increase } d \text{ and recheck)}$$

3- RFT:-

$$- A_{s_{min}} = 1.5 \times d_2$$

$$- A_{s_2} = \frac{M_{u_2} \times 10^6}{f_y \times j \times d_2} = \sqrt{\quad} \quad mm^2 / m'$$

$$- \text{check } A_s > A_{s_{min.}}$$

$$- \text{if } A_s < A_{s_{min.}} \Rightarrow \text{use } A_{s_{min.}}$$

$$- \text{use } A_{s_2} = ? \text{ } \phi \text{ } ? \setminus m'$$

- Details of RFT:-

- See next example

- Example 1:-

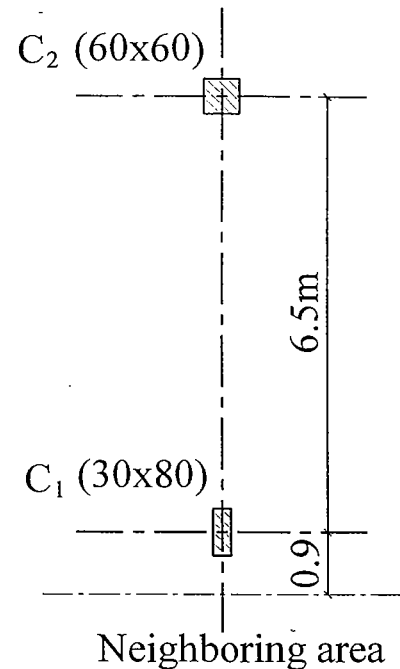
For the two columns shown in the given plan:

The outer column load is 1600 kN,

The inner column load is 2500 kN.

It is required to:-

- Design the required strap beam footing system, if the thickness of P.C. is 30 cm, and $q_{all} = 175 \text{ kN/m}^2$.
($f_{cu} = 25 \text{ N/mm}^2$, $f_y = 360 \text{ N/mm}^2$)
- Draw a plan and sectional elevation for the footing with scale 1:50, showing on them the RFT details.



-Solution:-

1- Dimensions of footings:-

- Assume $e = 0.15 S$

$$\Rightarrow e = 0.15(6.5) = 0.975$$

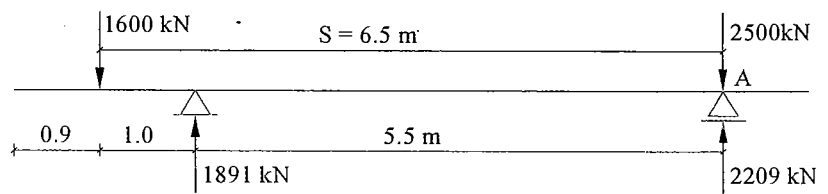
- take $e = 1.0 \text{ m}$

$$\sum M_A = 0$$

$$\Rightarrow 1600 \times 6.5 = R_1 \times 5.5 \quad \Rightarrow R_1 = 1891 \text{ kN}$$

$$- R_2 = P_1 + P_2 - R_1$$

$$- R_2 = 1600 + 2500 - 1891 \Rightarrow R_2 = 2209 \text{ kN}$$



- Dimensions of F1:-

$$- L_{P.C.} = L_{R.C.} = 2(1 + 0.9) = 3.8 \text{ m}$$

$$- A_{P.C.} = \frac{1891}{175} = 10.81 \text{ m}^2 = B_{P.C.} \times 3.8$$

$$- B_{P.C.} = \frac{10.81}{3.8} = 2.84 \text{ m} \Rightarrow \text{take } B_{P.C.} = 2.85 \text{ m}$$

$$- B_{R.C.} = 2.85 - 2(0.3) = 2.25 \text{ m} < 1.5 \times L_{R.C.} = 4.2 \text{ m} \quad \text{O.K.}$$

- Dimensions of F2:-

$$- A_{P.C.} = \frac{2209}{175} = 12.62 \text{ m}^2 = (B_{P.C.})^2$$

$$\Rightarrow B_{P.C.} = 3.55 \text{ m}$$

$$- B_{R.C.} = 3.55 - 2(0.3) = 2.95 \text{ m}$$

$$y = S - e - \frac{L_{P.C.1}}{2} - \frac{L_{P.C.2}}{2}$$

$$= 6.5 - 1 - \frac{3.8}{2} - \frac{3.55}{2} = 1.825 \text{ m} > \frac{3.55}{2} = 1.775 \text{ m} \quad \text{O.K}$$

2- Design of Strap beam:-

$$- P_{1u} = 1600 \times 1.5 = 2400 \text{ kN}$$

$$- P_{2u} = 2500 \times 1.5 = 3750 \text{ kN}$$

$$- R_{1u} = 1891 \times 1.5 = 2836.5 \text{ kN}$$

$$- R_{2u} = 2209 \times 1.5 = 3313.5 \text{ kN}$$

$$- w_{1u} = \frac{2836.5}{3.8} = 746.4 \text{ kN/m}$$

$$- w_{2u} = \frac{3313.5}{2.95} = 1123.2 \text{ kN/m}$$

- At point of zero shear:-

$$- 2400 = 746.4(x)$$

$$\Rightarrow x = 3.22 \text{ m}$$

$$\therefore M_{\max} = 2400(3.22 - 0.9)$$

$$- 746.4 \times \frac{(3.22)^2}{2}$$

$$\Rightarrow M_{\max} = 1698.5 \text{ kN.m}$$

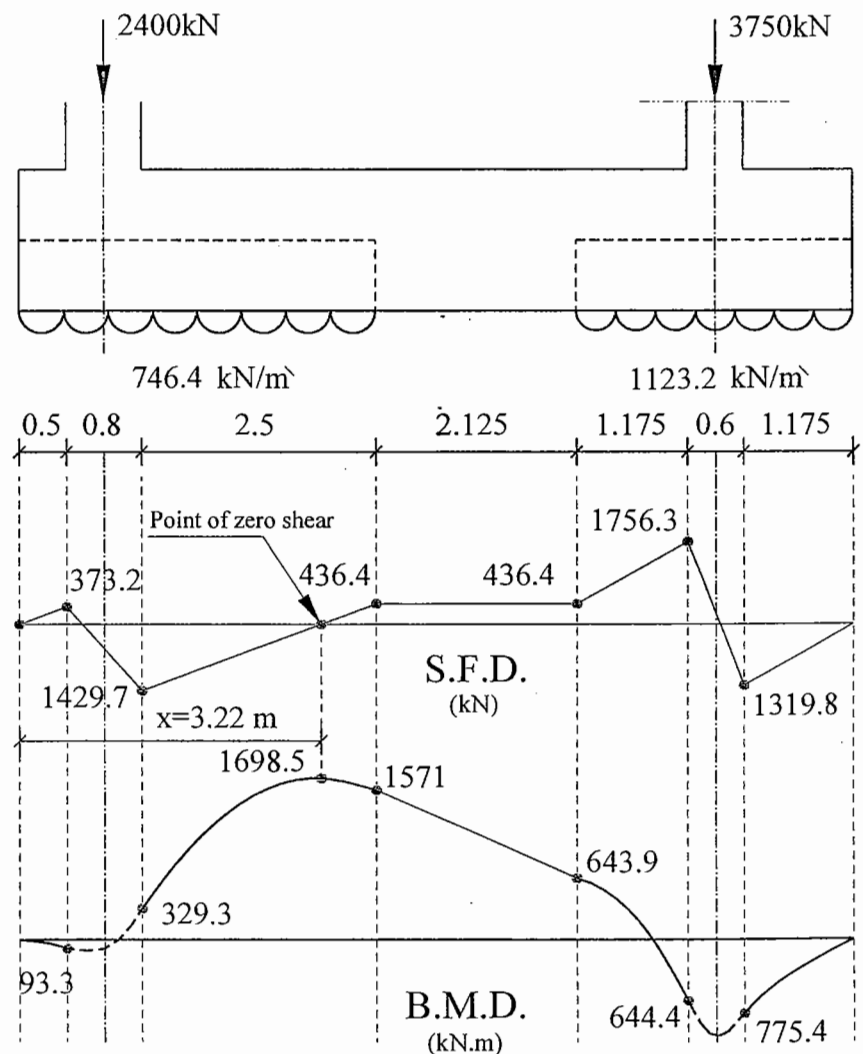
$$- d = C_1 \times \sqrt{\frac{M_{\max} \times 10^6}{f_{cu} \times b_{(mm)}}}$$

$$\Rightarrow d = 3.5 \times \sqrt{\frac{1698.5 \times 10^6}{25 \times 600}}$$

$$= 1178 \text{ mm}$$

$$- \text{take } d = 1180 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow t = 1250 \text{ mm}$$



2- Check shear for strap beam:-

$$- q_{scu} = 0.24 \times \sqrt{\frac{25}{1.5}} = 0.98 \text{ N/mm}^2$$

$$- q_{scu_{max}} = 0.7 \times \sqrt{\frac{25}{1.5}} = 2.86 \text{ N/mm}^2$$

$$- Q_{su_{max}} = Q_{max} - w_u \cdot \left(\frac{d}{2}\right) = 1756.7 - 1123.2 \times \left(\frac{1.08}{2}\right) = 1150.2 \text{ kN}$$

$$- q_{su} = \frac{1050.2 \times 10^3}{1180 \times 600} = 1.48 \text{ N/mm}^2$$

$$- q_{scu} < q_{su} < q_{scu_{max}} \Rightarrow \text{use shear RFT (stirrups)}$$

$$- q_{su} - \frac{q_{scu}}{2} = \frac{n \times A_\phi \times f_y / \gamma_s}{b \times S}$$

- Try Stirrups $\nless 8$ 4 branches

$$- 1.48 - \frac{0.98}{2} = \frac{4 \times 50.3 \times 360 / 1.15}{600 \times S}$$

$$\Rightarrow S = 106 \text{ mm}$$

- use Stirrups $10 \nless 10 \setminus m$ 4 branches

3- RFT of strap beam:-

$$- A_{s_{Top}} = \frac{M_{umax.top} \times 10^6}{f_y \times j \times d} = \frac{1698.5 \times 10^6}{360 \times 0.781 \times 1180} = 5120 \text{ mm}^2$$

$$- A_{s_{Bottom}} = \frac{M_{umax.bottom} \times 10^6}{f_y \times j \times d} = \frac{775.2 \times 10^6}{360 \times 0.826 \times 1180} = 2209 \text{ mm}^2$$

$$- A_{s_{min}} = \frac{0.15}{100} b d = \frac{0.15}{100} \times 600 \times 1180 = 1062 \text{ mm}^2$$

- use $A_{s_{Top}} = 11 \nless 25 \setminus m$

- use $A_{s_{Bottom}} = 5 \nless 25 \setminus m$

4- Design of footings:-

- Design of F_1 :-

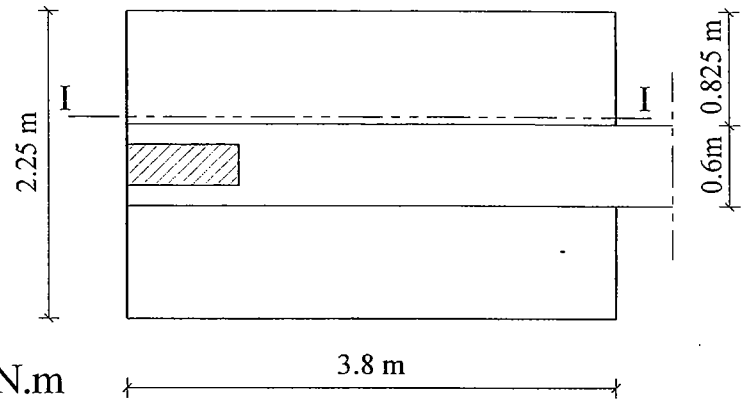
$$- q_{u_1} = \frac{2836.5}{2.25 \times 3.8} = 331.8 \text{ kN/m}^2$$

$$- \ell_{c_1} = \frac{2.25 - 0.6}{2} = 0.825 \text{ m}$$

$$- M_{u_1} = 331.8 \times \frac{(0.825)^2}{2} = 112.9 \text{ kN.m}$$

$$- d_1 = 5 \times \sqrt{\frac{112.9 \times 10^6}{25 \times 1000}} = 336 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \text{take } d_1 = 380 \text{ mm \& } t_1 = 450 \text{ mm}$$



2- Check shear:-

$$- q_{scu} = 0.16 \times \sqrt{\frac{25}{1.5}} = 0.653 \text{ N/mm}^2$$

$$- z_1 = 0.825 - 0.38 = 0.445 \text{ m}$$

$$- Q_{su_1} = q_{u_1} \times z_1 = 360.2 \times 0.445 = 160.3 \text{ kN}$$

$$- q_{su_1} = \frac{160.3 \times 10^3}{380 \times 1000} = 0.422 \text{ N/mm}^2 < q_{scu} \quad \text{safe}$$

3- RFT:-

$$- A_{s_{min}} = 1.5 \times 380 = 570 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$- A_{s_1} = \frac{112.9 \times 10^6}{360 \times 0.826 \times 380} = 999 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$- \text{use } A_{s_1} = 5 \text{ } \cancel{16} \text{ } 16 \text{ } \backslash \text{ m}$$

- Design of F₂:-

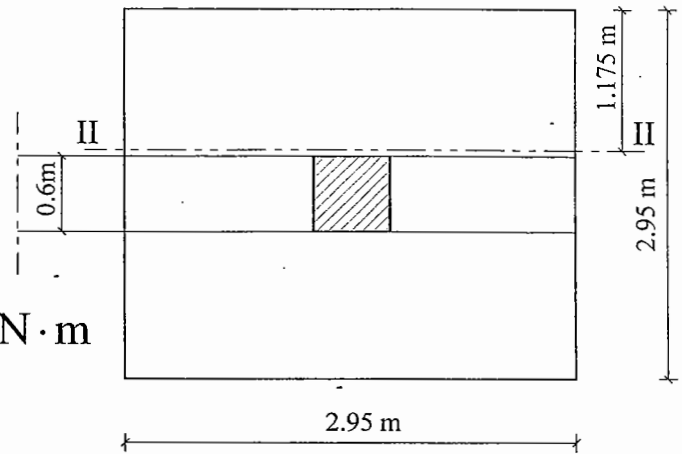
$$- q_{u_2} = \frac{3313.5}{2.95 \times 2.95} = 380.8 \text{ kN/m}^2$$

$$- \ell_{c_2} = \frac{2.95 - 0.6}{2} = 1.175 \text{ m}$$

$$- M_{u_2} = 380.8 \times \frac{(1.175)^2}{2} = 262.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$- d_2 = 5 \times \sqrt{\frac{262.9 \times 10^6}{25 \times 1000}} = 512.7 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \text{take } d_2 = 530 \text{ mm} \text{ \& } t_2 = 600 \text{ mm}$$



2- Check shear:-

$$- q_{scu} = 0.16 \times \sqrt{\frac{25}{1.5}} = 0.653 \text{ N/mm}^2$$

$$- z_2 = 1.175 - 0.53 = 0.645 \text{ m}$$

$$- Q_{su_2} = q_{u_2} \times z_2 = 380.8 \times 0.645 = 245.6 \text{ kN}$$

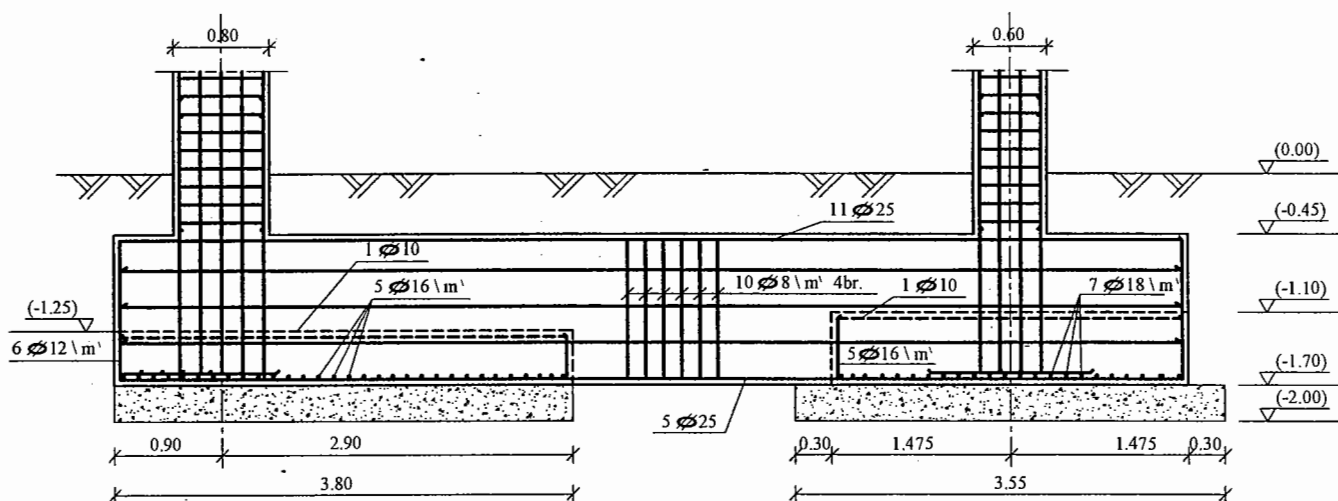
$$- q_{su_2} = \frac{245.6 \times 10^3}{530 \times 1000} = 0.463 \text{ N/mm}^2 < q_{scu} \quad \text{safe}$$

3- RFT:-

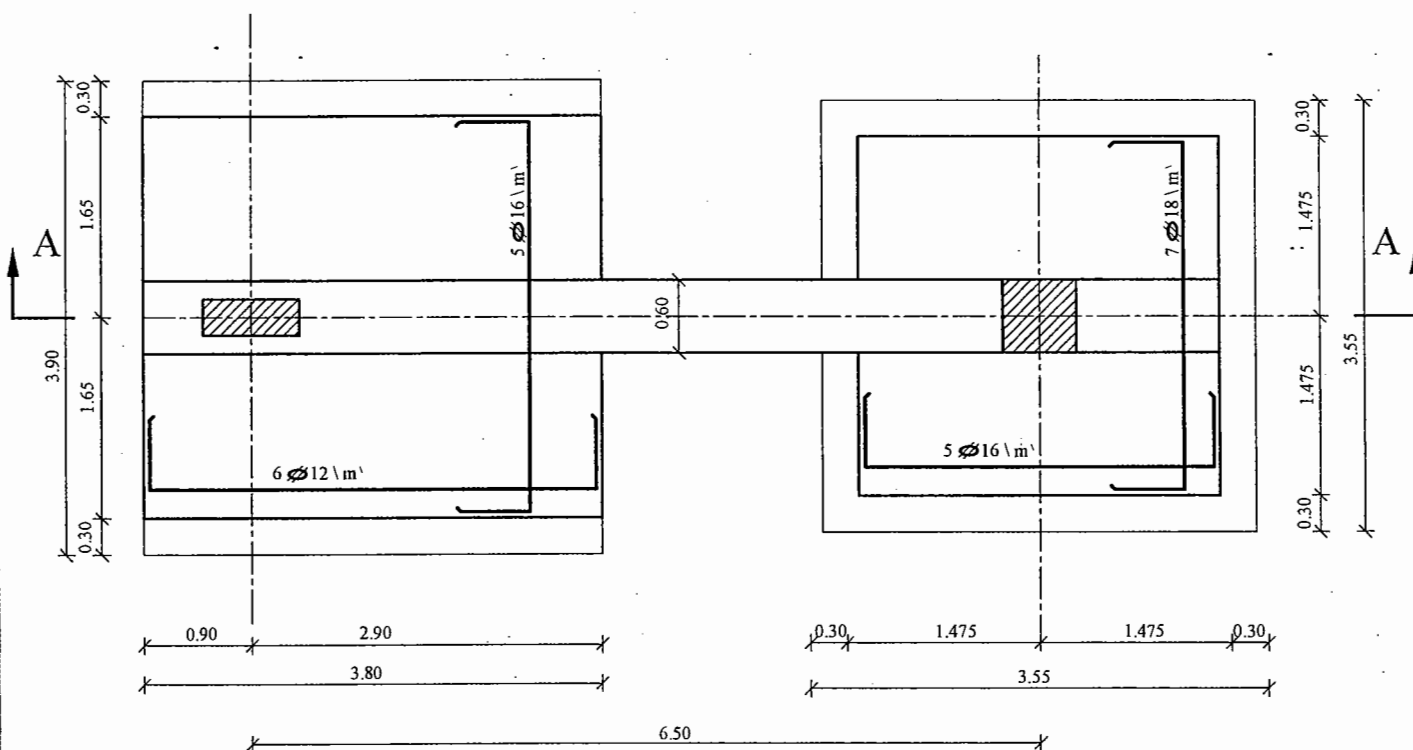
$$- A_{s_{min}} = 1.5 \times 530 = 795 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$- A_{s_2} = \frac{262.9 \times 10^6}{360 \times 0.826 \times 530} = 1668 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$- \text{use } A_{s_2} = 7 \phi 18 \text{ \textbackslash m}$$



Section A-A
scale 1:50



Plan
scale 1:50