

4th Year Civil

Public Works Division

فونڈیشن *Foundation Engineering*

۲۰۱۲ - ۲۰۱۳ رابعہ ڈسٹریکٹ

۱۱
م/احمد فوزی

1

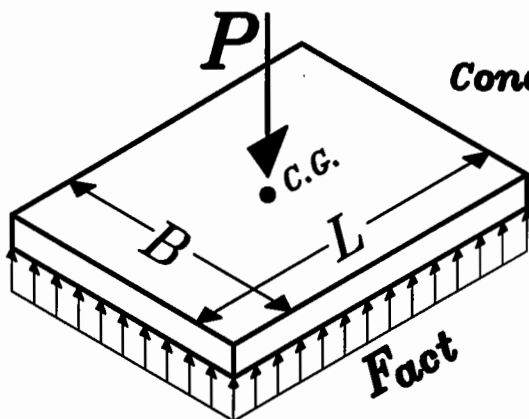
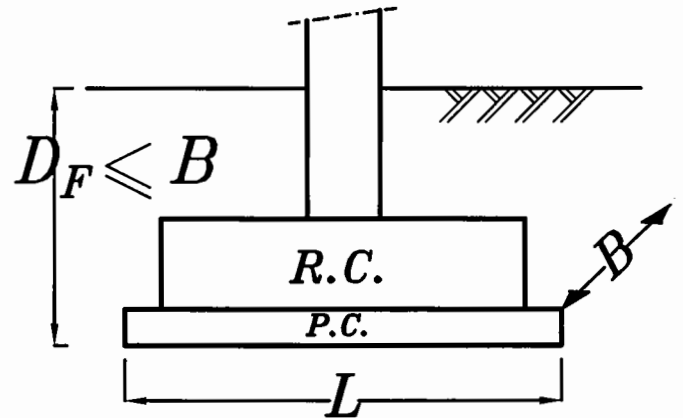
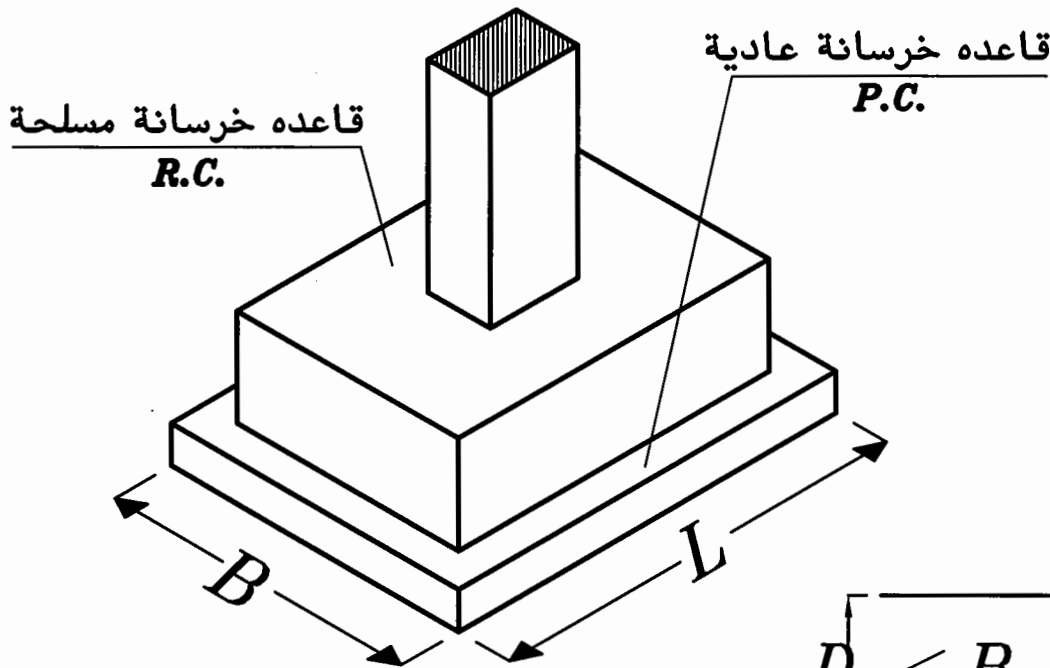
Design of Shallow Foundations

(1) Isolated Footing

Design of Shallow Foundations

الهدف الرئيسي من تصميم الاساسات هو نقل احمال الاعمدة الى التربة باعتبارها المرحلة الاخيرة من مراحل انتقال الحمل حيث ينتقل الحمل من البلاطة الى الكمرات ومنها الى العمود او الى العمود مباشرة في حالة ال **Flat Slab** ثم من العمود الى القاعدة واخيرا من القاعدة الى تربة التأسيس.

الاساسات السطحية **Shallow Foundations** هي الاساسات التي لا يزيد عمقها عن عرض القاعدة.



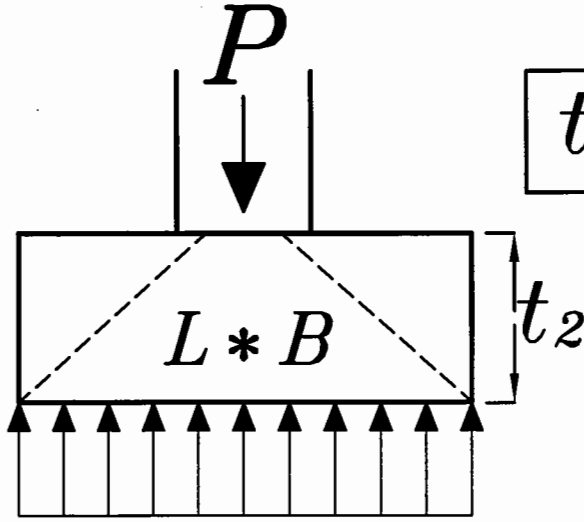
فكرة عمل القواعد السطحية **Shallow Foundations** هي تحويل حمل العمود من حمل مركز **Concentrated load** الى اجهاد منتظم **Uniform stress** يسهل على التربة تحمله لتجنب حدوث اختراق للعمود **Punching** داخل التربة.

$$F_{act} = \frac{P}{L * B}$$

مقدمة تصميم القواعد السطحية

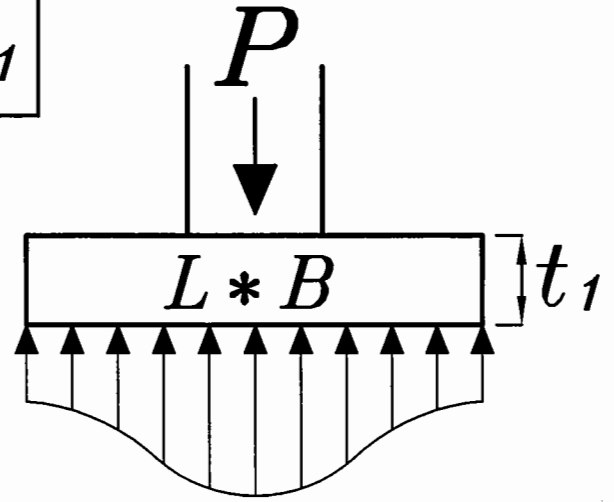
يعتمد تصميم القواعد السطحية على عمل اجهاد منتظم **uniform stresses** على القواعد يمثل رد فعل ترابه التأسيس .

و لتحقيق ذلك يجب أن تكون القاعده جاسئه **Rigid Footing** وذلك باختيار سُمك **depth** كبير للقاعده .



Rigid Footing

Uniform contact stress.



Flexible Footing

Non-Uniform contact stress.

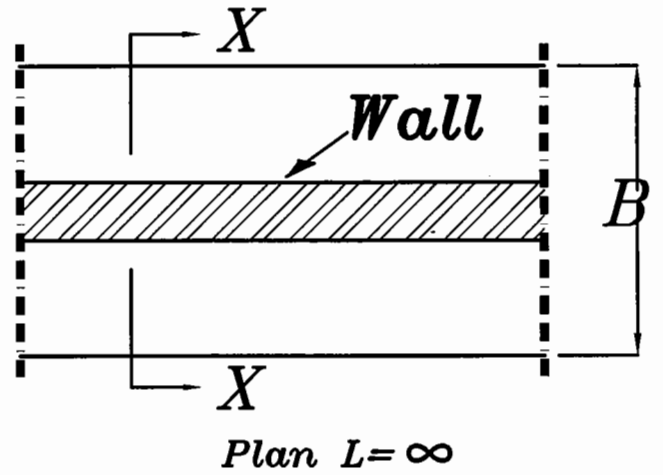
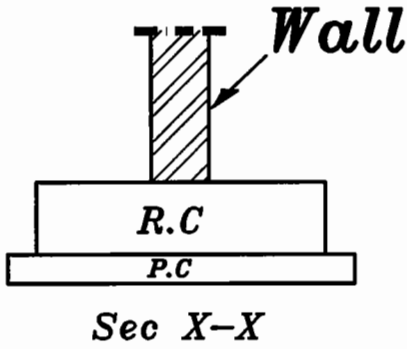
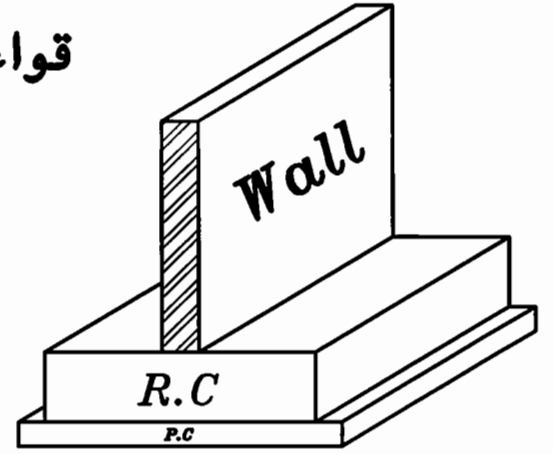
يتم تحديد نوع وشكل القاعدة بناء على :-

- ١- شكل العمود أو الحائط المحمول على القاعده .
- ٢- حمل العمود و المسافات بين الاعمده .
- ٣- وجود حد جار **property Line** بجوار الاعمده .

Types of Shallow Foundations.

1- Strip Footing : قواعد شريطية

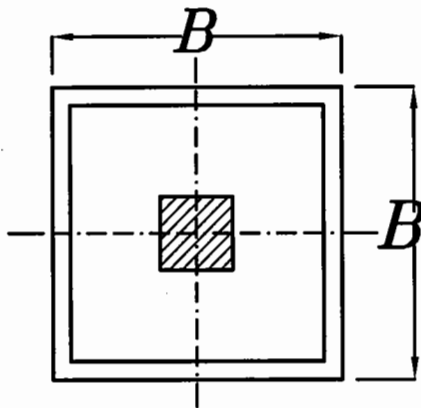
هي قواعد طوليه مستمرة $L = \infty$ تستخدم
فى حالة الاسوار و الحوائط الخرسانية او
المبانى الطوب .



2- Isolated Footing : قواعد منفصلة

هي قواعد ذات مساحة محدده ($L * B$) تنفذ لتحمل عمود واحد فقط
و لها اشكال مختلفه منها :-

a - Squared Isolated Footing : قواعد مربعه

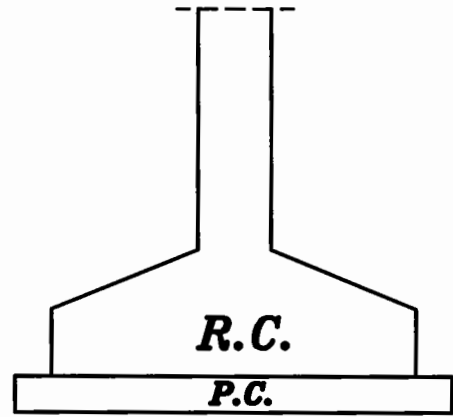
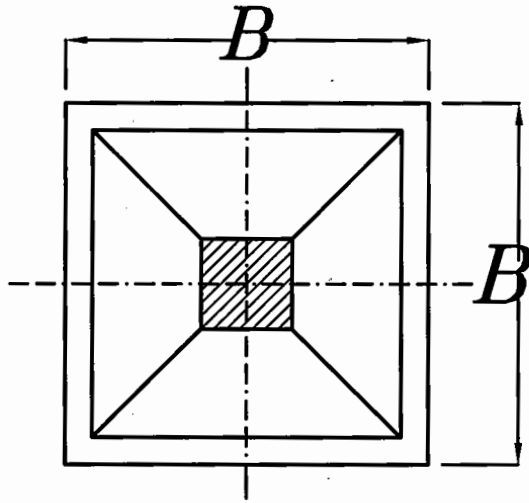


تستخدم فى حالة :

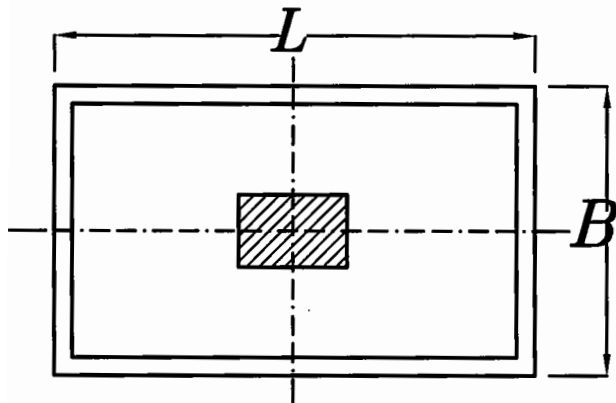
- عمود مربع .
- عمود دائرى .
- يُمكن مع الاعمده المستطيله لكنه غير مفضل .

b - Haunched Square Isolated Footing :

هى قواعد منفصلة ذات سُمك متغير (كبير عند العمود و يقل عند الاطراف) .
و تستخدم مع الاعمده ذات الاحمال الكبيره جدا مثل اعمده الكبارى .



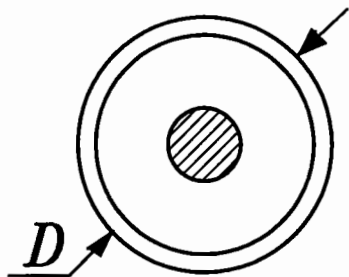
C - Rectangular Isolated Footing : قواعد مستطيله



تستخدم فى حالة :

- الاعمده المستطيله .
- يُمكن مع الاعمده المربعه لكنه غير مفضل .

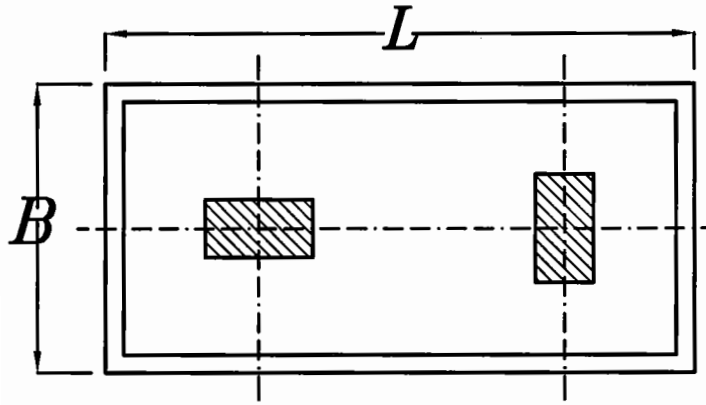
d - Circular Isolated Footing : قواعد دائريه



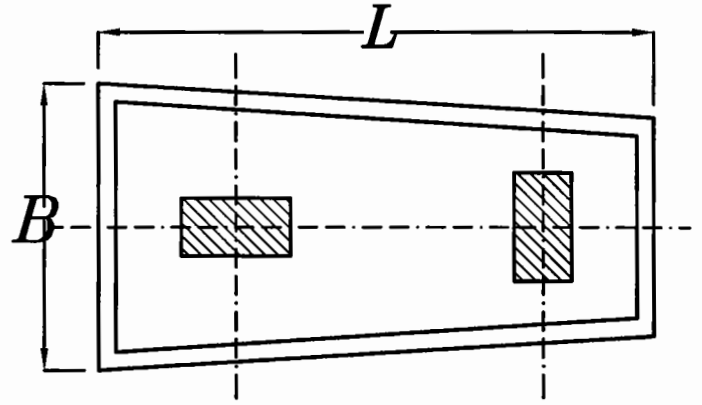
- تستخدم فقط مع الاعمده الدائريه
- صعبه و مكلفه جدا فى التنفيذ لذلك يستخدم بدلا منها القواعد المربعه.

3- Combined Footing : قواعد مشتركة

هى قواعد تحمل عمودين أو أكثر تستخدم فى حالة تداخل القواعد المنفصلة أو عند حد الجار ولها شكلان :-



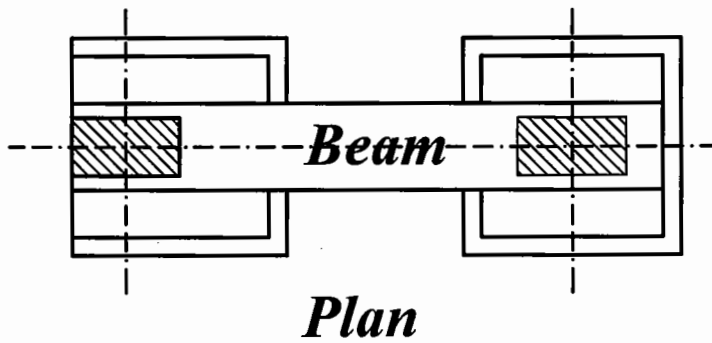
Rectangular footing



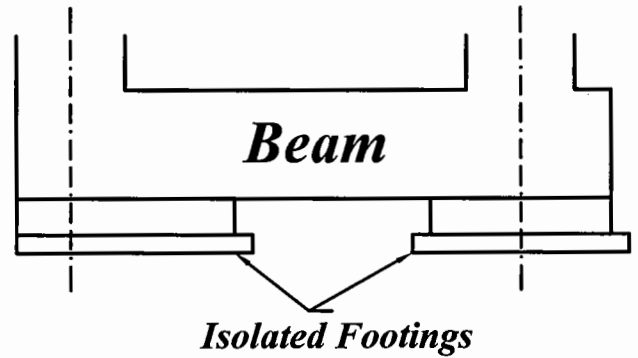
Trapezoidal footing

4- Strap Beam. :

هى كمره عميقه (مقلوبه) تتحمل عمودين و تربطهما سويا ثم ترتكز على قاعدتين منفصلتين .

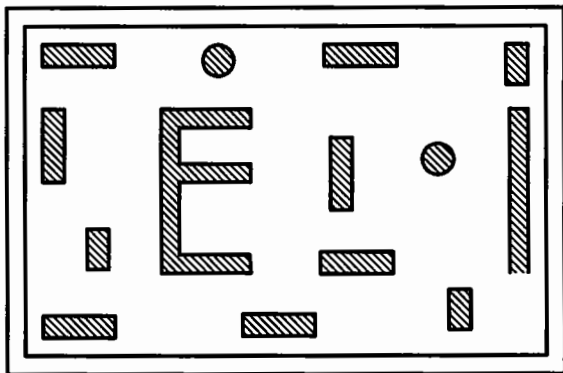


Plan



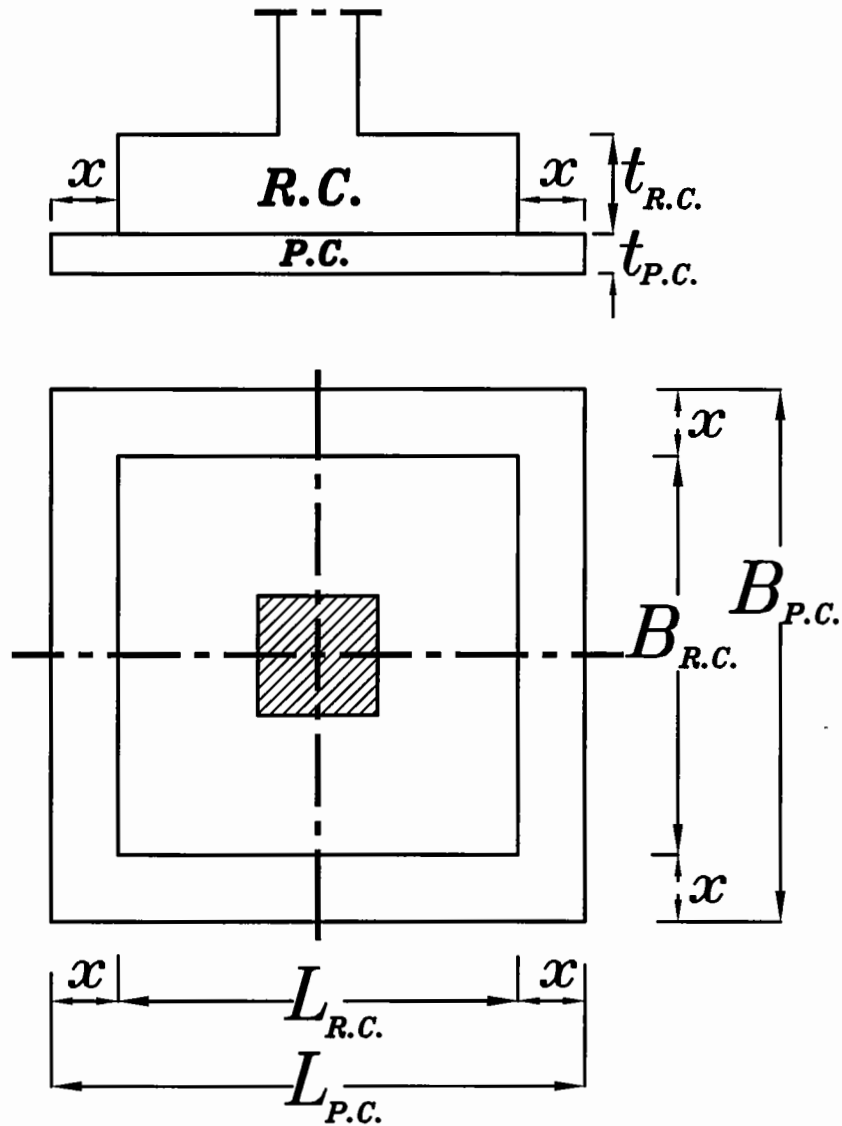
Isolated Footings

5- Raft : لبشه مسلحه



هى قاعده واحده تتحمل جميع أعمده المنشأ وكذلك ال *Cores , Shear Walls* تستخدم فى حالة زيادة مساحة القواعد عن (60 - 75%) من المساحة الكلية للمنشأ.

Main components of shallow foundations:



تتكون أى قاعده من جزئين :-

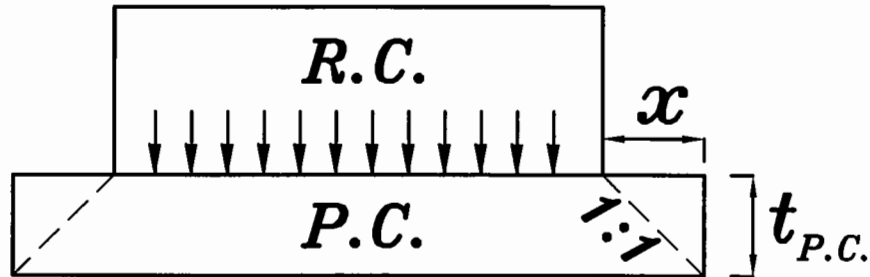
- 1- *Plain Concrete Footing (P.C.)* قاعدة خرسانة عادية
- 2- *Reinforced Concrete Footing (R.C.)* قاعدة خرسانة مسلحة

وظيفة القاعدة العادية :-

١- تكون بمثابة فرشہ أسفل القاعده المسلحه لضمان تسويه السطح الذى سوف يُرص عليه حديد التسليح و كذلك ليكون الحديد بعيدا عن حبيبات التربه لما قد تحمله التربه من أملاح قد تؤدى الى صدأ الحديد .

٢- وجود القاعده العاديه يحسن كثيرا من توزيع الاجهادات على تربة التأسيس.

٣- أبعاد القاعده العاديه ($L_{P.C.}$, $B_{P.C.}$) تكون أكبر من أبعاد القاعدة المسلحة ($L_{R.C.}$, $B_{R.C.}$) بمسافة (x) وتسمى رفرة القاعدة العاديه .



$$X = 0.5t_{P.C.} - \boxed{t_{P.C.}} \text{ Recommended}$$

و بالتالى تكون العلاقه بين القاعدتين المسلحه و العاديه دائما كالاتى :-

$$\begin{aligned} L_{R.C.} &= L_{P.C.} - 2t_{P.C.} \\ B_{R.C.} &= B_{P.C.} - 2t_{P.C.} \end{aligned}$$

Requirments For design of shallow Foundations :

لتصميم أى قاعده لابد من توافر المعلومات الاتيه :

- 1- Column load (Given)
- 2- Column dimensions (Given or calculated)
- 3- Allowable bearing capacity q_{all} (Given)
- 4- $t_{P.C.}$ (Given or assumed)
- 5- F_{cu} , F_y (Given)

ملاحظات :-

١- فى حالة عدم إعطاء أبعاد العمود يمكن حسابها كالآتى:

$$A_{col} = a_{(mm)} * b_{(mm)} = \frac{P_{col(kN)} * 10^3}{F_{co}}$$

Where :

F_{co} = allowable compressive strength of concrete = 6-7 N/mm²

a عرض العمود $a_{min} = 250 \text{ mm}$

b طول العمود $b_{max} = 5a$ (if $b > 5a$ Increase a)

Assume $a = 250 \text{ mm}$ then check that $b < 5a$

٢- فى حالة عدم إعطاء F_{cu} , F_y يتم فرض $F_{cu} = 25 \text{ N/mm}^2$
 $F_y = 360 \text{ N/mm}^2$

٣- فى حالة عدم إعطاء $t_{p.c.}$ يتم فرضها بـ 15 cm

Ultimate Loads :

دائما تكون الأحمال المعطاة أحمال حية **working loads**
 يجب قبل البدء فى التصميم التحويل الى **ultimate loads**

$$P_u = 1.5P_w = 1.5(P_{D.L.} + P_{L.L.}) \text{ for } P_{LL} < 75\%P_{DL}$$

$$P_u = 1.4P_{D.L.} + 1.6P_{L.L.} \text{ for } P_{LL} > 75\%P_{DL}$$

Concrete allowable stress :

(1) $q_{s\ cu}$ = Allowable shear stress in Foundations.

$$q_{s\ cu} = 0.16 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\delta_c}} \quad (N/mm^2)$$

1.5

(2) $q_{p\ cu}$ = Allowable punching shear stress in Foundations.

$$q_{p\ cu} = 0.316 \left(0.5 + \frac{a}{b}\right) \sqrt{\frac{F_{cu}}{\delta_c}} \quad (N/mm^2)$$

a = العرض الصغير للعمود

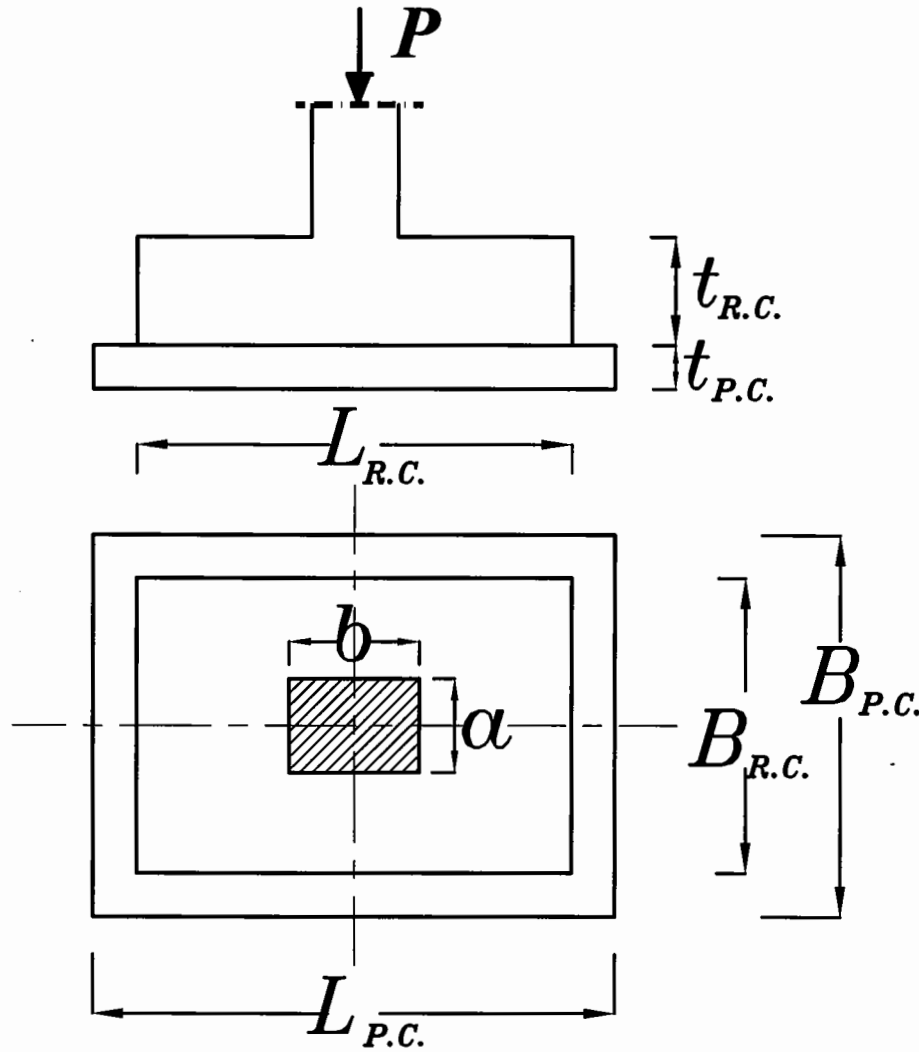
b = العرض الكبير للعمود

Check : $q_{p\ cu} \not> 0.316 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\delta_c}}$

ولكى يتحقق هذا الشرط :

$$IF \quad \frac{a}{b} > 0.50 \xrightarrow{\text{take}} \frac{a}{b} = 0.50$$

Concrete dimensions of shallow Foundations :



لحساب أبعاد أي قاعده :

$$F_{act} = \frac{P_{col (working)} (kN)}{\text{Area of Footing } (m^2)} = q_{all} \text{ (Bearing Capacity of the soil)} (kN/m^2)$$

$P_{col (kN)}$ هو الحمل على العمود المراد عمل قاعده له ويكون (*working*)

$\text{Area of Footing } (m^2)$

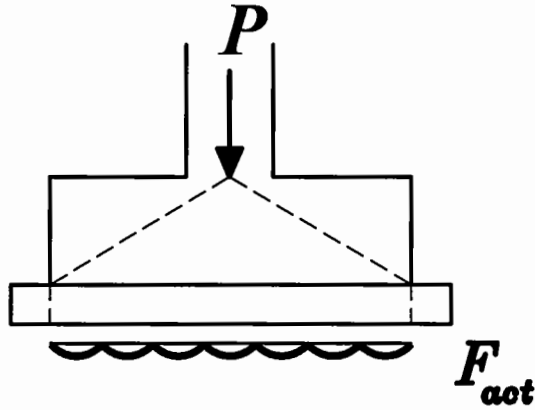
IF $t_{P.C.} \geq 20 \text{ cm}$ تكون مساحه القاعده العاديه

IF $t_{P.C.} < 20 \text{ cm}$ تكون مساحه القاعده المسلحه

$q_{all (kN/m^2)}$

هو أكبر اجهاد تتحمله التربه ويتم حسابة من تقارير التربه

$$t_{P.C.} < 20 \text{ cm}$$

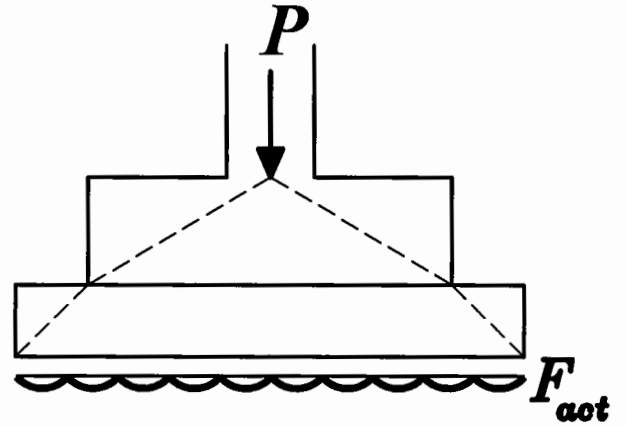


عند استخدام قاعده عاديه ذات سمك $t_{P.C.}$ صغير فان حمل العمود يتوزع داخل القاعده المسلحه ثم ينتقل مباشره الى تربة التاسيس دون اعاده توزيع داخل القاعده العاديه نظرا لعدم وجود المسافة الكافيه $t_{P.C.}$ لاعاده توزيع الاجهاد.

$$F_{aot} = \frac{P}{A_{R.C.}} = q_{all}$$

$$A_{R.C.} = \frac{P}{q_{all}}$$

$$t_{P.C.} \geq 20 \text{ cm}$$



عند استخدام قاعده عاديه ذات سمك $t_{P.C.}$ كبير فان حمل العمود يتوزع داخل القاعده المسلحه ثم يعاد توزيعه داخل القاعده العاديه نظرا لوجود المسافه الكافيه $t_{P.C.}$ لتوزيع الاجهاد للتربة.

$$F_{aot} = \frac{P}{A_{P.C.}} = q_{all}$$

$$A_{P.C.} = \frac{P}{q_{all}}$$

Minimum dimensions of R.C. Footing :

يجب ألا تقل أبعاد القواعد الخرسانيه المسلحه عن الاتي :-

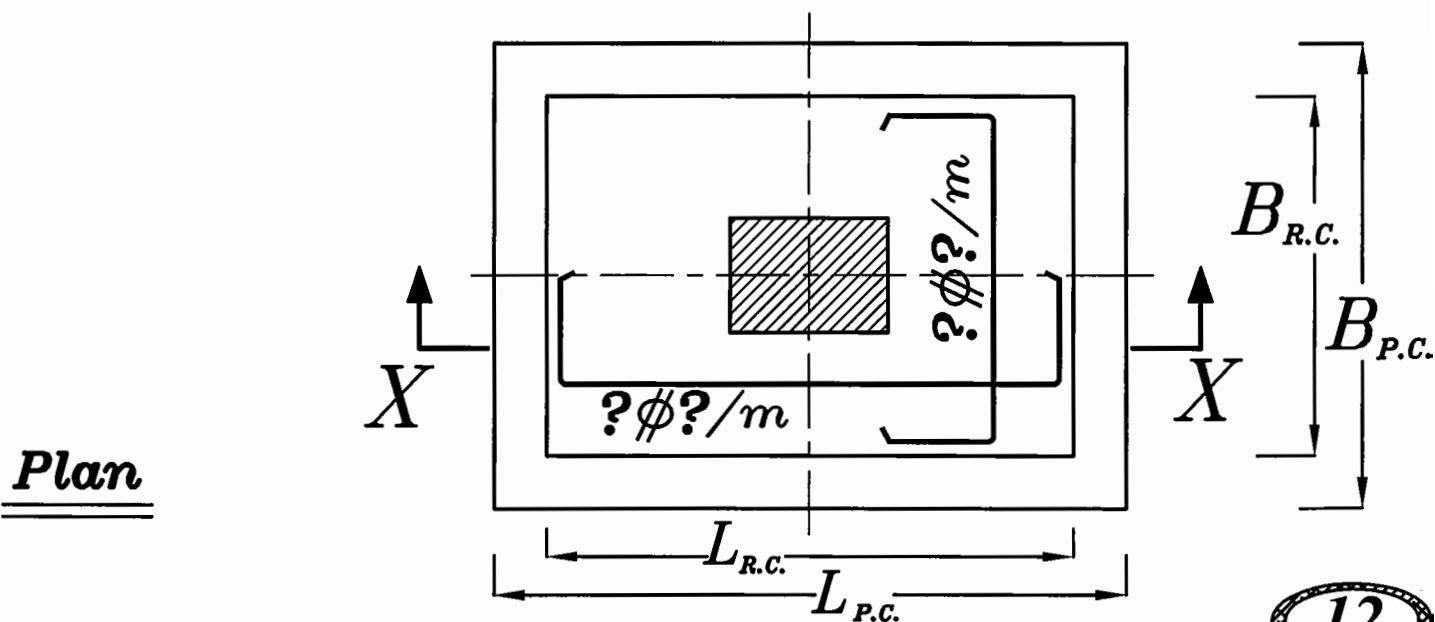
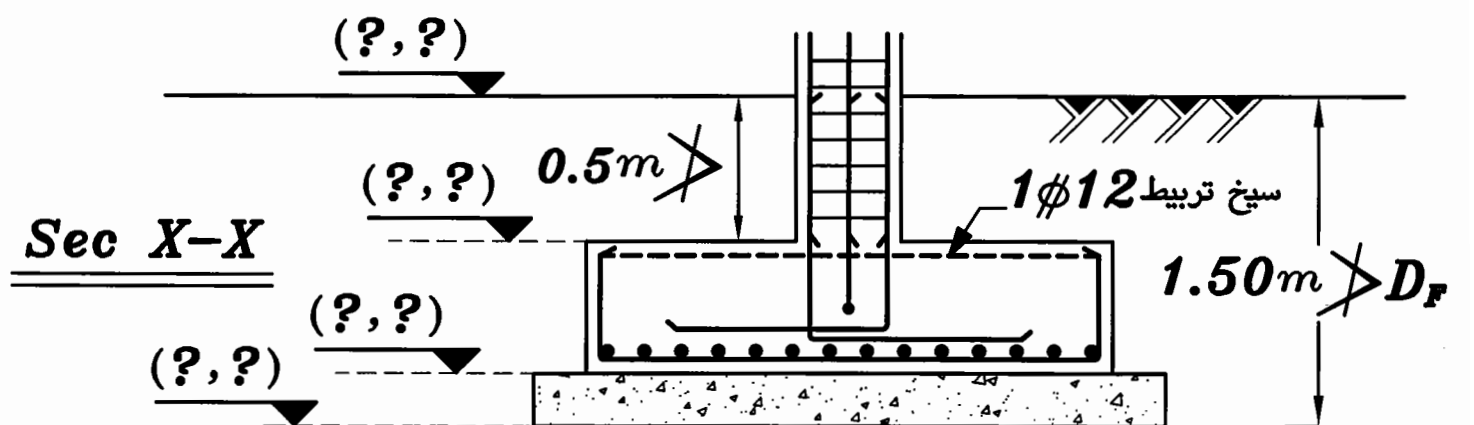
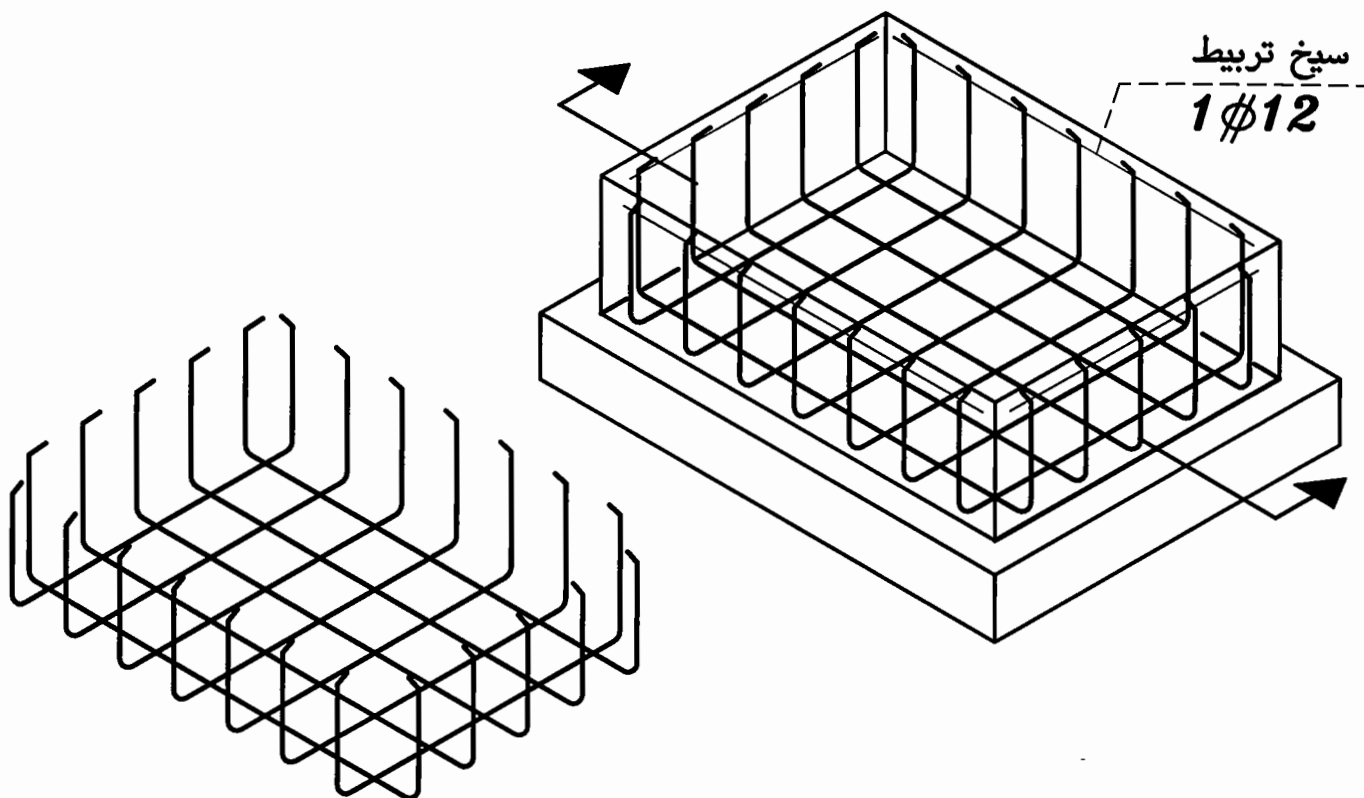
$$B_{R.C. \min} = 80 \text{ cm}$$

$$t_{R.C. \min} = 40 \text{ cm}$$

$$d_{R.C. \min} = 33 \text{ cm}$$

لاحظ ان سمك الغطاء الخرساني (cover) يجب ان لا يقل في حالة القواعد عن (7cm) حفاظا على حديد التسليح من أملاح التربة

Details of RFT. of shallow Foundation :



ملاحظات عامه على تفاصيل رسم القواعد:-

١- دائما حديد القواعد يكون سفلى فى الحالات الاتيه

Strip Footings

Isolated Footings

٢- يكون حديد القواعد سفلى + علوى فى الحالات الاتيه

Strip Footings

Isolated Footings

Combined Footings

Strap beams

in case of $t_{R.C.} \geq 100 \text{ cm}$

حيث توضع شبكه علويه

$5 \phi 12/m'$

٣- يوضع سيخ تربيط $1 \phi 12$ أعلى الاسياخ فقط فى حاله القواعد المنفصله .

٤- أقل قطر سيخ يمكن استخدامه فى القواعد هو $\phi 12$

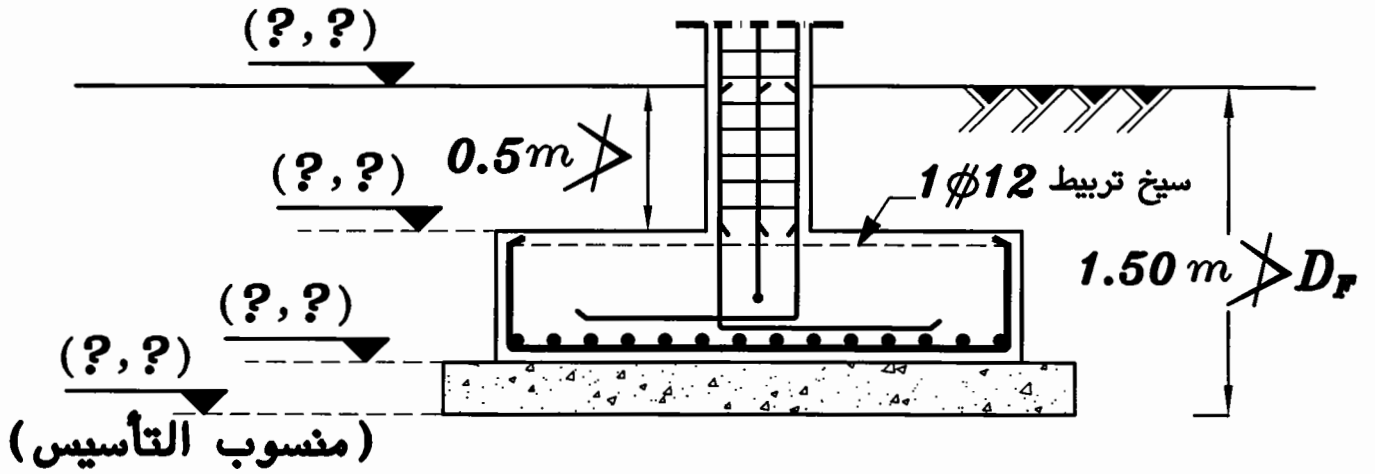
و أقل عدد للاسياخ فى المتر هو 5 و أكبر عدد هو 10

$$A_{smin} \text{ (mm}^2\text{/m)} = \left\{ \begin{array}{l} 1.5 d \text{ (mm)} \\ 5 \phi 12/m' \end{array} \right\} \text{ الأكبر}$$

نلاحظ أنه بذلك تكون اصغر قاعدة خرسانية مسلحة :-

(80*80*40cm) with $A_s \ 5 \phi 12/m'$

تفاصيل رسم ال x -section



١- يجب مراعاة وضوح ال $7cm = Cover$

٢- يتم كتابته المناسب الآتية :

١- التربة

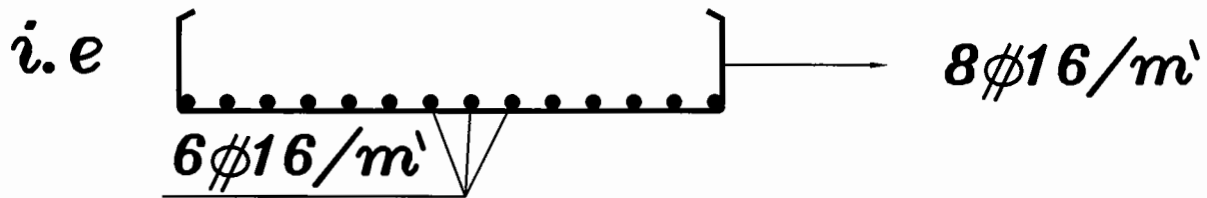
٢- بداية القاعده المسلحه

٣- بداية القاعده العاديه

٤- نهايه القاعده العاديه (منسوب التأسيس)

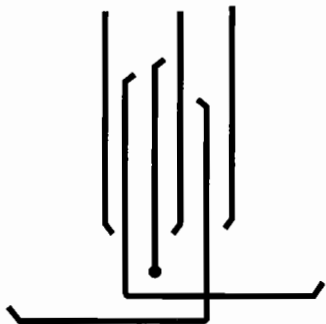
٣- يتم تهشير القاعده العاديه

٤- رسم حديد التسليح فى الاتجاهين و كتابه قيمه التسليح عليه

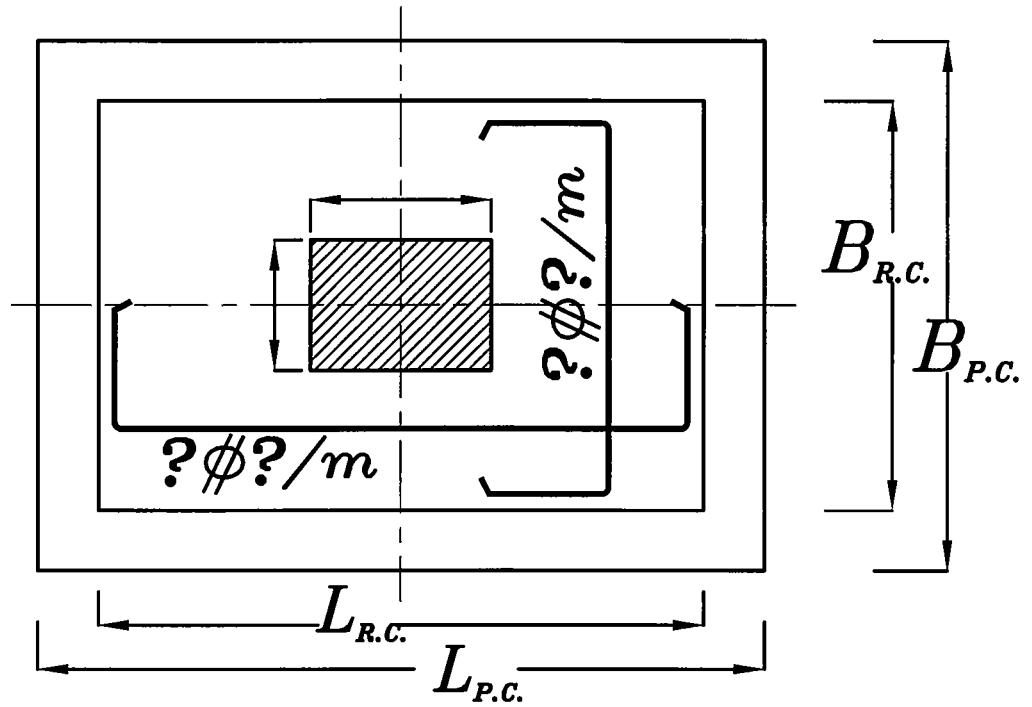


٥- يتم رسم حديد العمود و كيفية اتصاله بالقاعده مع مراعاة توضيح

أماكن توقيف حديد العمود و الأشاير .



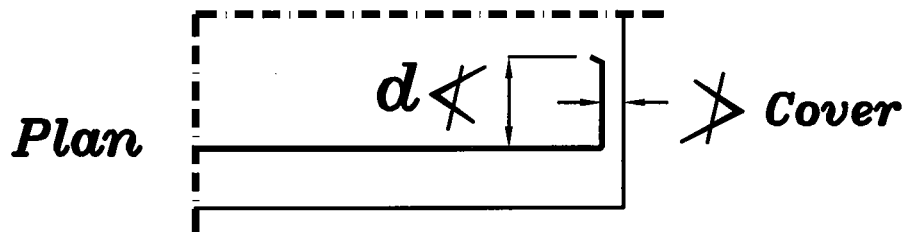
Plan



١- رسم محاور العمود مع توقييع العمود بأبعاده و تهشير العمود

٢- رسم القاعده العاديه و المسلحه

٣- تفريد الحديد فى الاتجاهين مع مراعاة ال *Cover* و أن ركه السبخ لا تزيد عن ال *depth*



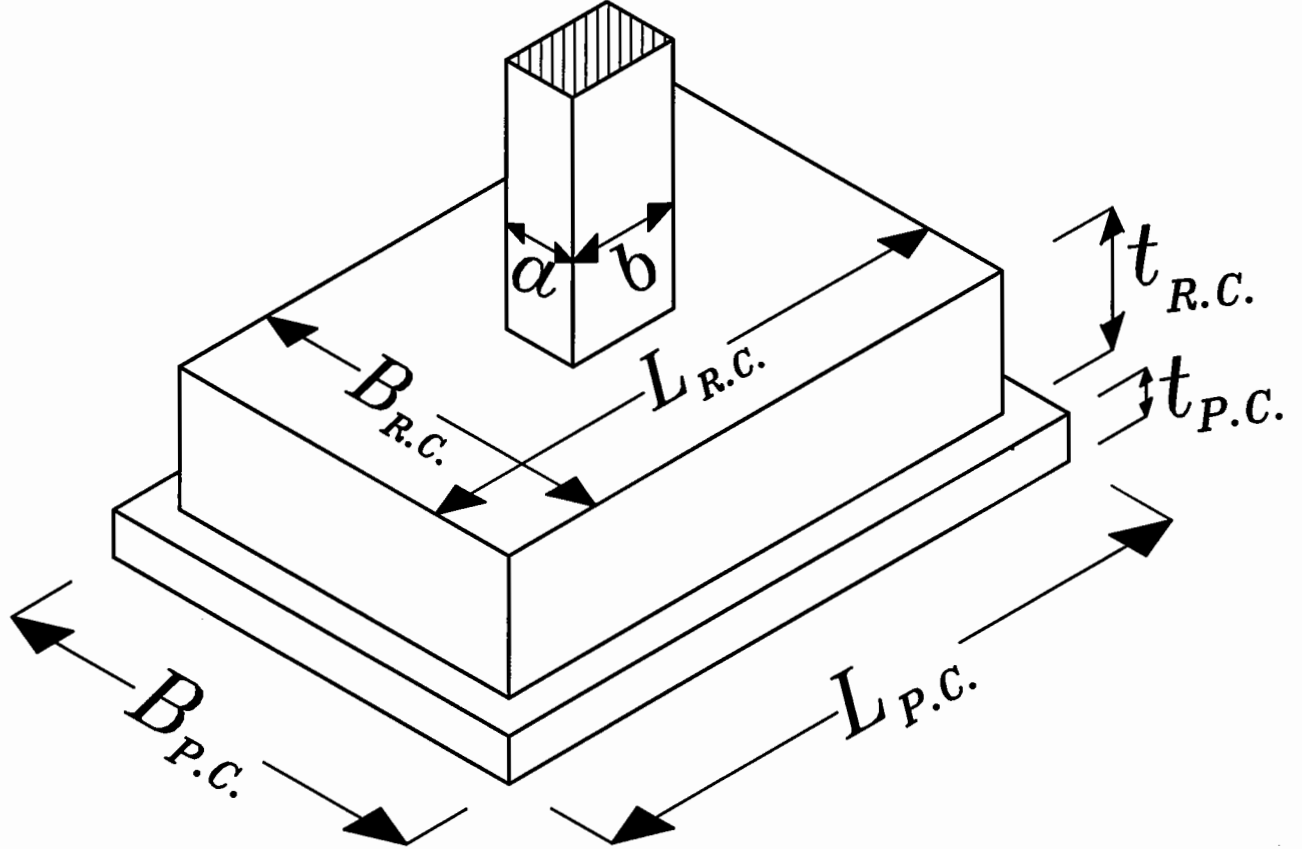
٤- كتابه قيم التسليح على الاسياخ 200/m

٥- وضع أبعاد كامله لـ *Column* , *P.C Footing* , *R.C Footing*

Design of Isolated Footings

تصميم القواعد المنفصلة

القاعدة المنفصلة هي قاعدة أبعادها محدده تكون مربعة أو مستطيلة تصمم لتحمل عمود واحد فقط .



Given :

P_{col} = Column Load (kN)

q_{all} = Allowable bearing capacity (kN/m²)

a , b = Column Dimensions (or calculated)

$t_{P.C.}$ = Plain concrete thickness (or assumed)

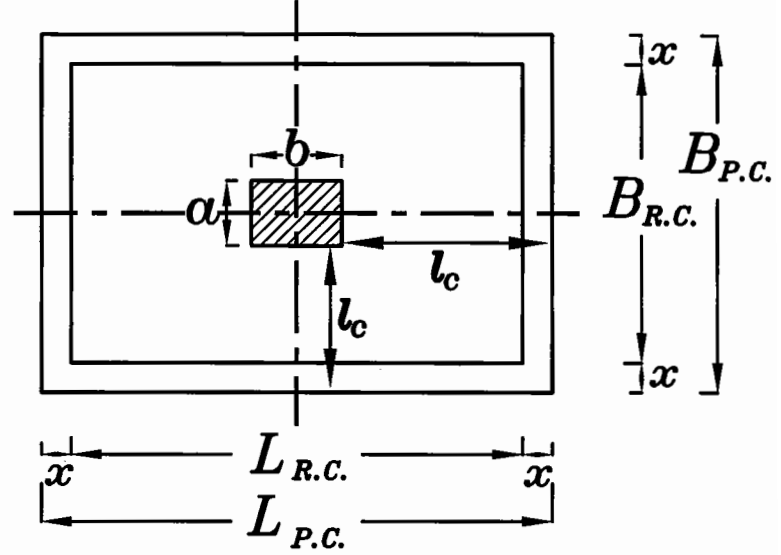
Design steps :

a - Area of Footing :

1-For $t_{P.C.} < 20cm$

$$A_{R.C.} = \frac{P_{col}}{q_{all}} = L_{R.C.} * B_{R.C.}$$

لتعيين أبعاد القاعدة نحتاج معادلة إضافية
بين (L, B) .



أفضل علاقة بين (L, B) هي التي تحقق طول كابولي (l_c) متساوى فى الإتجاهين
(سيتم معرفة الأسباب فى مرحلة حساب العزوم) .

بذلك تكون المعادلة الإضافية :

$$L_{R.C.} - B_{R.C.} = b - a$$

من المعادلتين السابقتين نستطيع تعيين أبعاد القاعدة المسلحة ($L_{R.C.}, B_{R.C.}$)
ويقربان لاقرب $5cm$ بالزيادة ثم نعين أبعاد القاعدة العادية :

$$L_{P.C.} = L_{R.C.} + 2t_{P.C.}$$

$$B_{P.C.} = B_{R.C.} + 2t_{P.C.}$$

2-For $t_{P.C.} \geq 20cm$

$$A_{P.C.} = \frac{P_{col}}{q_{all}} = L_{P.C.} * B_{P.C.}$$

$$L_{P.C.} - B_{P.C.} = b - a$$

من المعادلتين السابقتين نستطيع تعيين أبعاد القاعدة العادية ($L_{P.C.}, B_{P.C.}$)
ويقربان لاقرب $5cm$ بالزيادة ثم نعين أبعاد القاعدة المسلحة :

$$L_{R.C.} = L_{P.C.} - 2t_{P.C.}$$

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

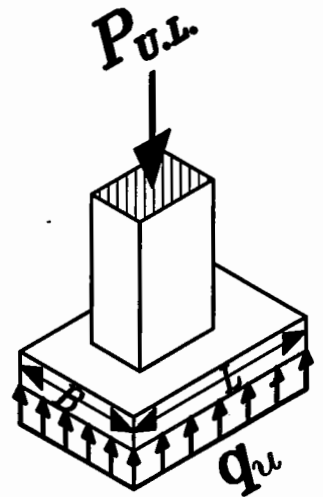
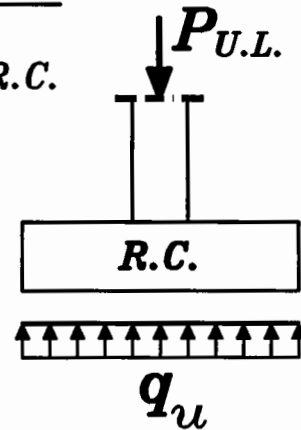
b - Design the critical sections For moment :

$$B_{R.C.} = \sqrt{m} , L_{R.C.} = \sqrt{m}$$

$$P_{U.L.} = P_w * 1.5 \text{ (kN)}$$

Actual Normal stress on R.C. Footing (U.L.)

$$q_u \text{ (kN/m}^2\text{)} = \frac{P_{U.L.}}{B_{R.C.} * L_{R.C.}}$$



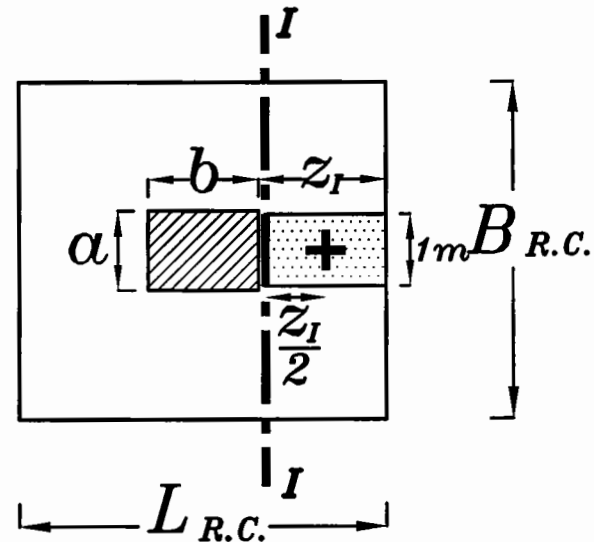
Direction I-I

سيتم تصميم القطاع الحرج لكل إتجاه و يكون على وش العمود الخرسانى .

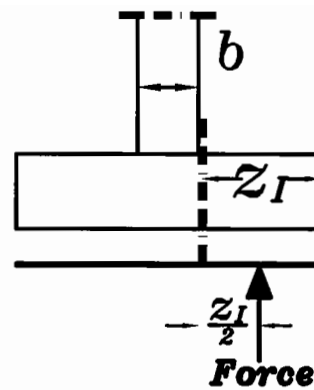
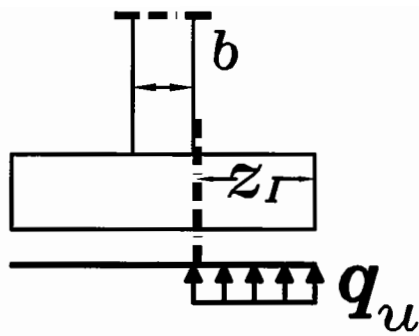
$$z_I = \frac{L_{R.C.} - b}{2} \text{ (m)}$$

Force = Stress * Area

$$\text{Force} = q_u * z_I * 1m$$

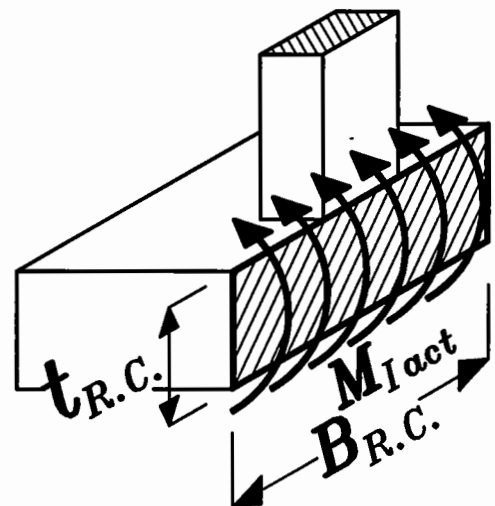
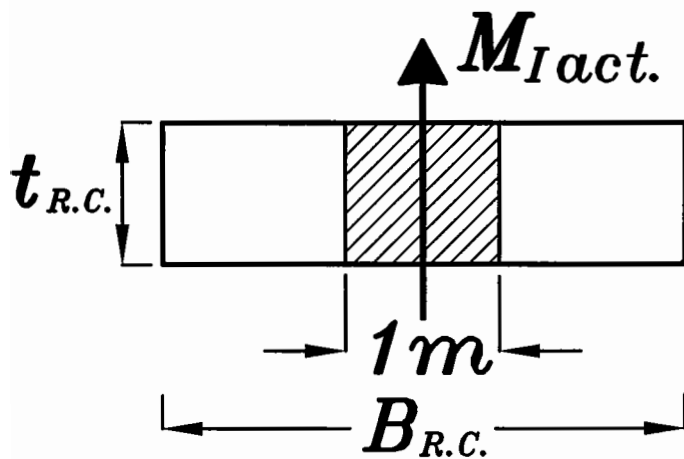


(Strip 1m)



Moment = Force * Distance

$$M_{Iact.} = (q_u * z_I * 1m) \frac{z_I}{2} \quad (kN.m/m)$$



$$d_I (mm) = C_1 \sqrt{\frac{M_{Iact.} (kN.m/m) * 10^6}{F_{cu} (N/mm^2) * \boxed{B} (mm)}}$$

1000mm

Choose $C_1 = (3.5 \rightarrow \boxed{5.0})$ *Recommended*

Get $d_I = \checkmark \checkmark$ mm تقریب لاقرب ۳۰ مم او ۸۰ مم بالزیاده

Take **cover** = 70 mm

$$t_{I R.C.} = d_I + \text{cover (70 mm)}$$

Direction II-II

$$z_{II} = \frac{B_{R.C.} - a}{2} \quad (m)$$

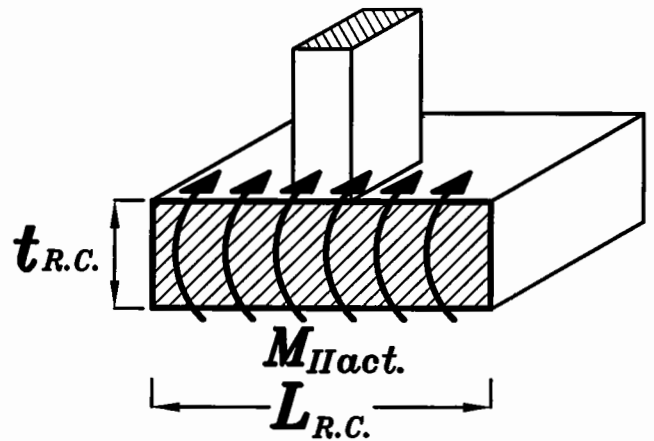
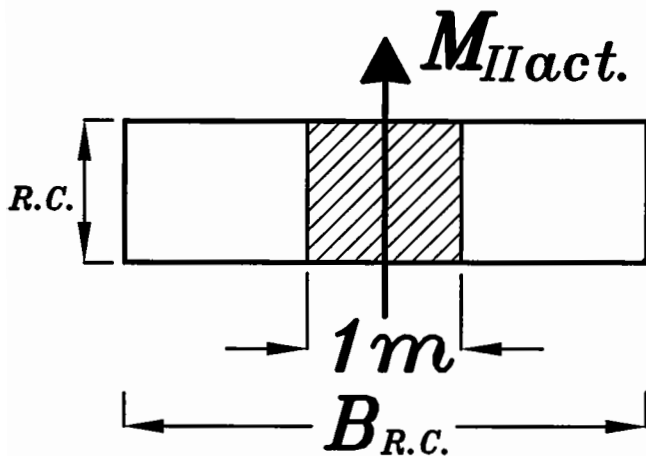
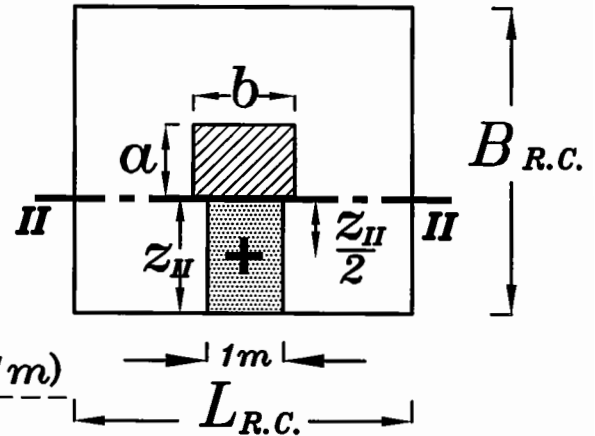
Force = Stress * Area

$$\text{Force} = q_u * z_{II} * 1m$$

(Strip 1m)

Moment = Force * Distance

$$M_{IIact.} = (q_u * z_{II} * 1m) \frac{z_{II}}{2} \quad (kN.m/m)$$



$$d_{II(mm)} = C_1 \sqrt{\frac{M_{IIact.} (kN.m/m) * 10^6}{F_{cu} (N/mm^2) * \boxed{B} (mm)}}$$

1000 mm

Choose $C_1 = (3.5 \rightarrow \boxed{5.0})$ Recommended

Get $d_{II} = \sqrt{\quad} mm$ تقرب لا قرب ٣٠ مم او ٨٠ مم بالزيادة

Take **cover** = 70 mm

$$t_{II.R.C.} = d_{II} + \text{cover} (70 mm)$$

نأخذ الاكبر من $t_{I.R.C.}$ & $t_{II.R.C.}$ تكون هي $t_{R.C.}$

ملحوظة مهمة جدا

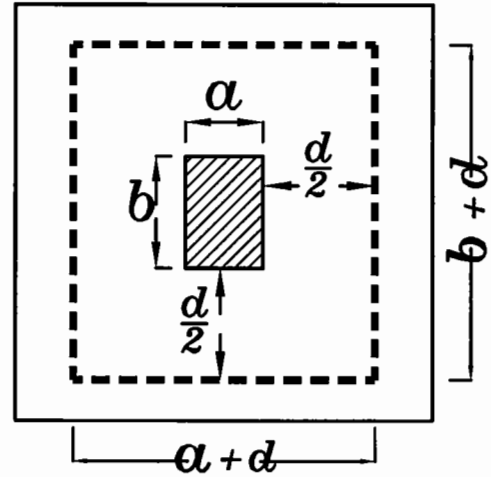
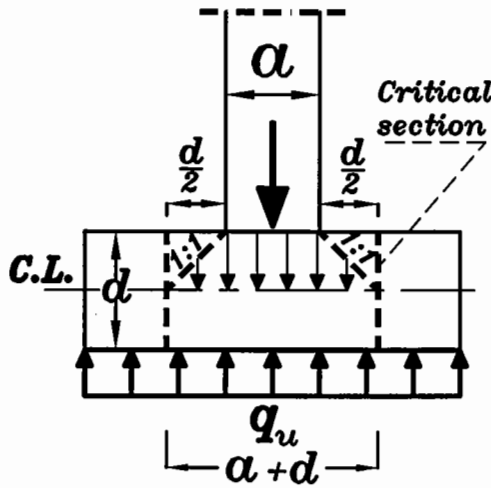
$$L - B = b - a$$

(المعادلة الإضافية في حساب أبعاد القاعدة)

فيكون $Z_I = Z_{II}$ و بالتالى سيكون $M_I = M_{II}$ و من ثم سيكون $d_I = d_{II}$ أى انه يمكن أن ندرس اتجاه واحد فقط و يكون الآخر بالمثل .

c - Check shear :

حمل العمود يتوزع من أعلى الى أسفل داخل القاعده بميل (1:1) أى أن القطاع الحرج يكون على مسافة ($d/2$) من وش العمود من كل جانب



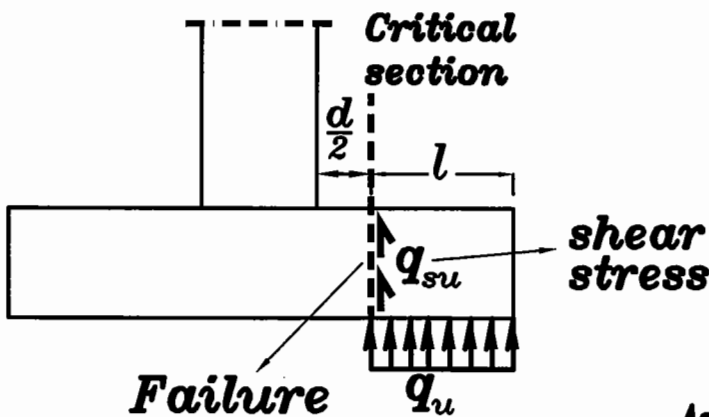
Shear Failure

يجب التحقق من أن اجهاد القص على جانب السطح المتوقع للانفصال لا يتعدى مقاومه الخرسانه فى القص

$$q_{su} \leq q_{scu}$$

Actual Shear stress

Allowable Shear stress



Calculate Allowable shear stress. (q_{scu})

$$q_{scu} = 0.16 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\delta_c}} \quad (N/mm^2)$$

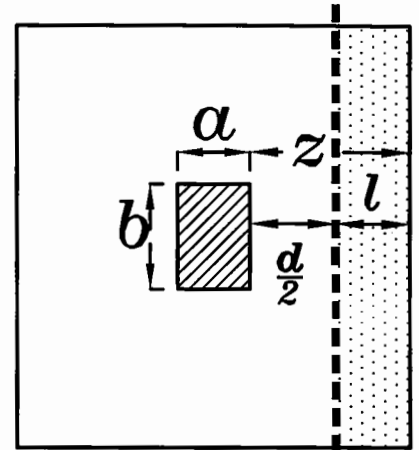
Calculate Actual shear Force. (Q_{su})

$$l = Z - \frac{d}{2} \quad (m)$$

نختار Z الاكبر من Z_I, Z_{II}

$$Q_{su} = q_u * l * 1.0 \text{ m} \quad (kN)$$

نحسب l - طول من القاعدة



Calculate Actual shear stress. (q_{su})

$$q_{su} = \frac{Q_{su}}{b * d}$$

$$q_{su} = \frac{Q_{su(kN)} * 10^3}{1000 (mm) * d (mm)} \quad (N/mm^2)$$

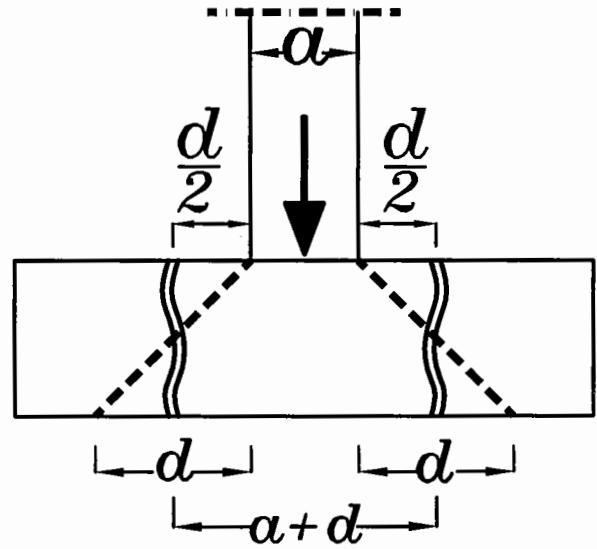
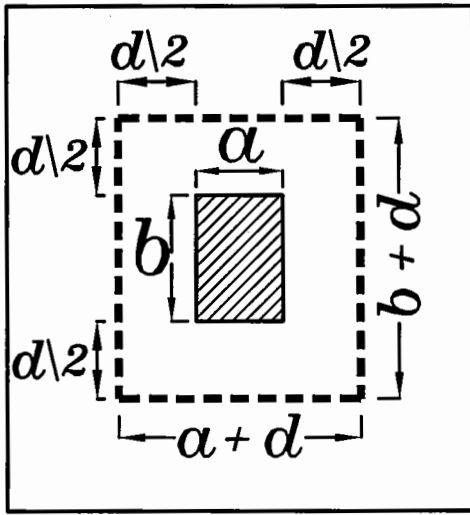
- IF $q_{su} \leq q_{scu}$ **safe**

- IF $q_{su} > q_{scu}$ **increase (d) by 100 mm then check**

d - Check Punching shear :

يجب التأكد من أن العمود لن يخترق القاعده و للتأكد من ذلك نحسب Q_{pu} و هو اجهاد القص الذى سينتج عن ثقب العمود للقاعده ونحسب Q_{pcu} و هى مقاومه الخرسانه للقص الناتج عن ثقب القاعده .

القطاع الحرج فى القص الثاقب عبارة عن محيط يحيط بالعمود على مسافه $\frac{d}{2}$ من وش العمود من كل جهه .

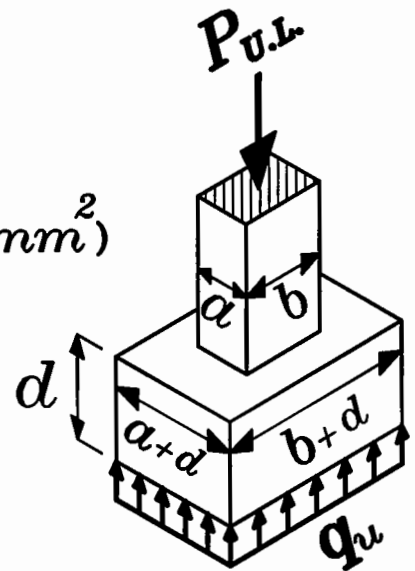


allowable Punching shear stress. (Q_{pcu})

$$Q_{pcu} = 0.316 \left(0.5 + \frac{a}{b}\right) \sqrt{\frac{F_{cu}}{\delta_c}} \quad (N/mm^2)$$

$$IF \quad \left(0.5 + \frac{a}{b}\right) \geq 1.0$$

$$Take \quad Q_{pcu} = 0.316 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\delta_c}} \quad (N/mm^2)$$



Calculate Punching Force. (Q_{pu})

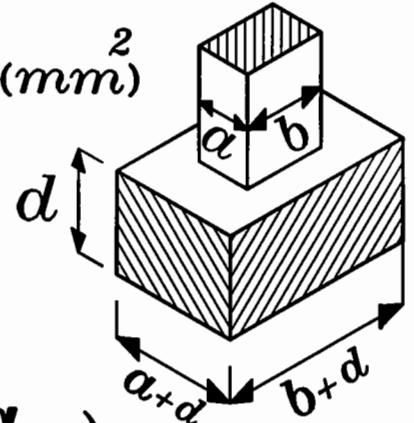
$$Q_{pu} = P_{U.L.} - (q_u) [(a+d)(b+d)] \quad (kN)$$

Calculate Punching shear area. (A_p)

$$A_p = [2(a+d) + 2(b+d)] * d \quad (mm^2)$$

المحيط

العمق



Calculate Actual Punching shear stress. (q_{pu})

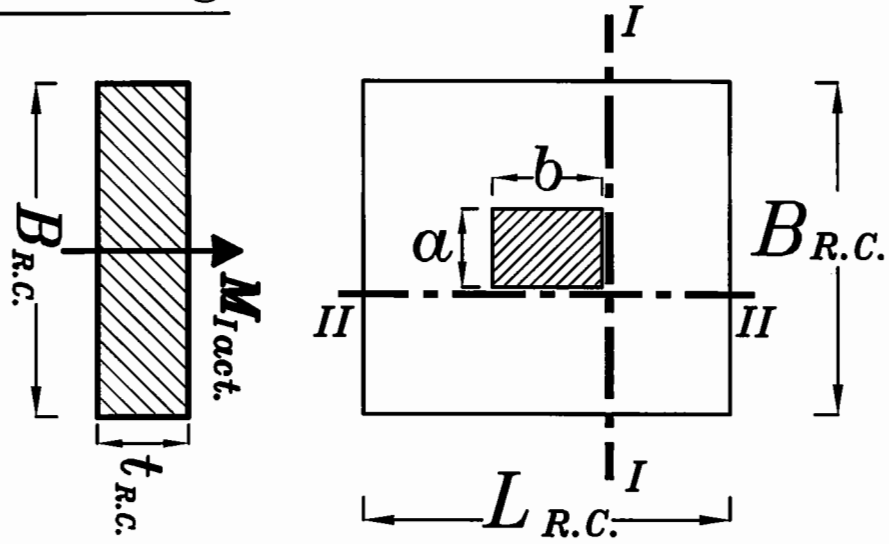
$$q_{pu} = \frac{\text{Punching Force}}{\text{Punching area}}$$

$$q_{pu} = \frac{Q_{pu(kN)} * 10^3}{[2(a+d) + 2(b+d)] * d \quad (mm^2)} \quad (N/mm^2)$$

IF $q_{pu} \leq q_{pcu} \longrightarrow$ Safe punching shear.

**IF $q_{pu} > q_{pcu} \longrightarrow$ UnSafe punching shear.
We have to increase dimensions.**

e - Reinforcement of the Footing.



$$A_{SI} = \frac{M_{I act.}}{J F_y d} \quad (\text{mm}^2/\text{m}')$$

$$A_{SII} = \frac{M_{II act.}}{J F_y d} \quad (\text{mm}^2/\text{m}')$$

$$A_{S min} \quad (\text{mm}^2/\text{m}) = \left\{ \begin{array}{l} 1.5 d \quad (\text{mm}) \\ 5 \phi 12 / \text{m}' \end{array} \right\} \text{الأكبر}$$

$$\text{IF } A_S \geq A_{S min} \longrightarrow \text{o.k.}$$

$$\text{IF } A_S < A_{S min} \longrightarrow \text{Take } A_S = A_{S min}$$

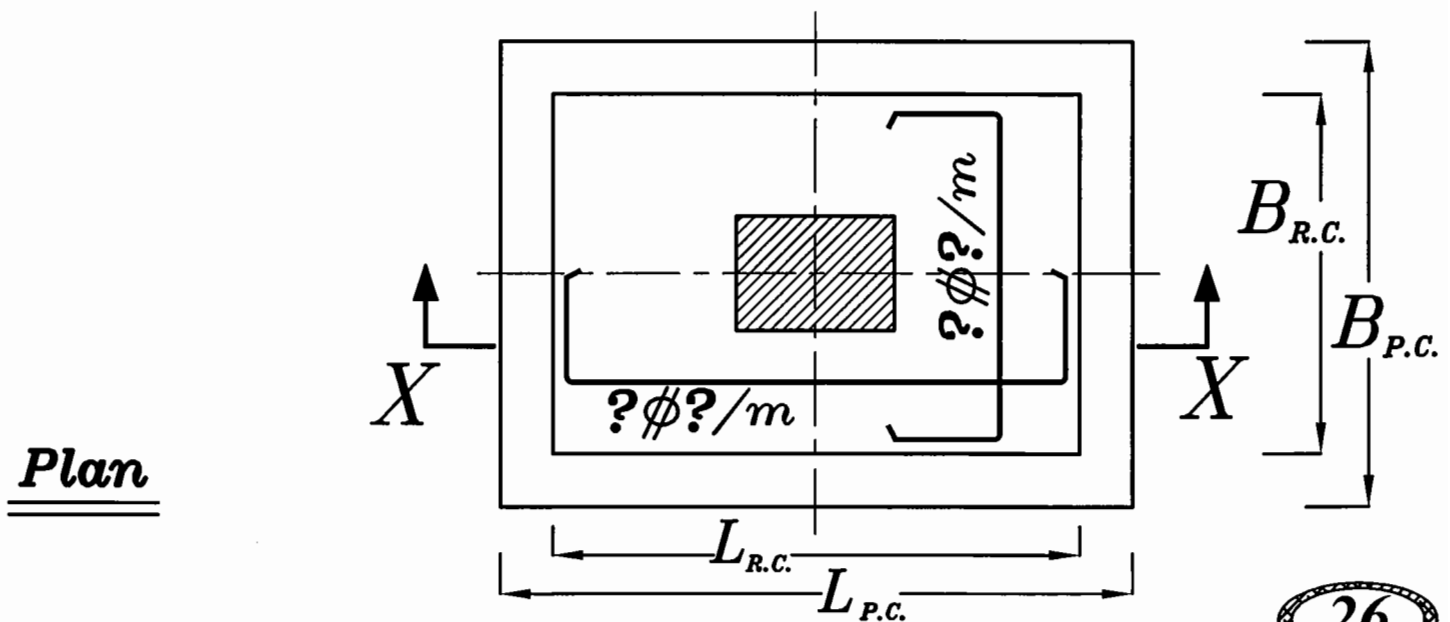
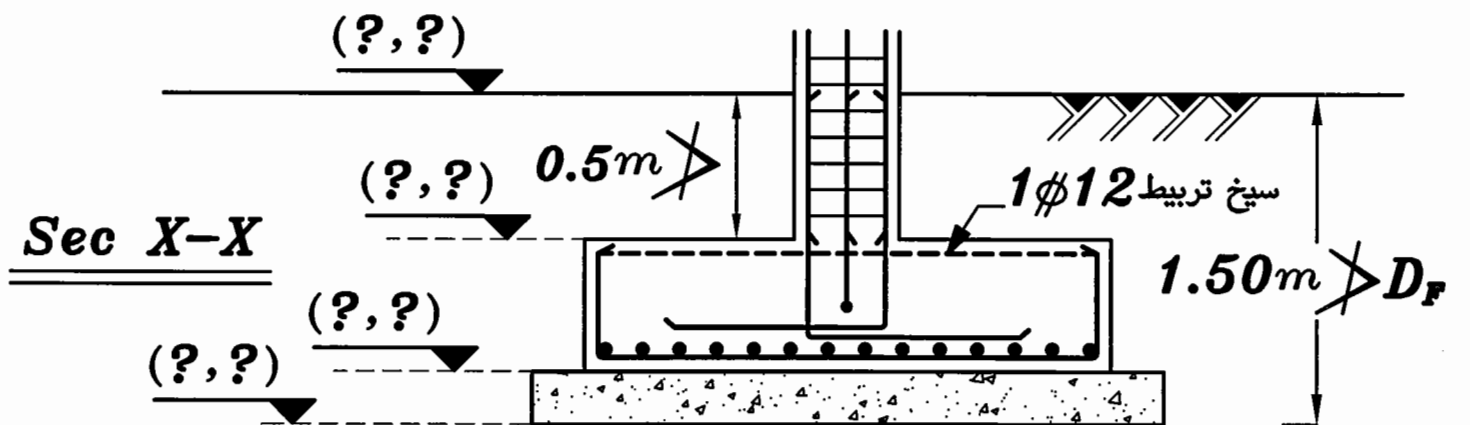
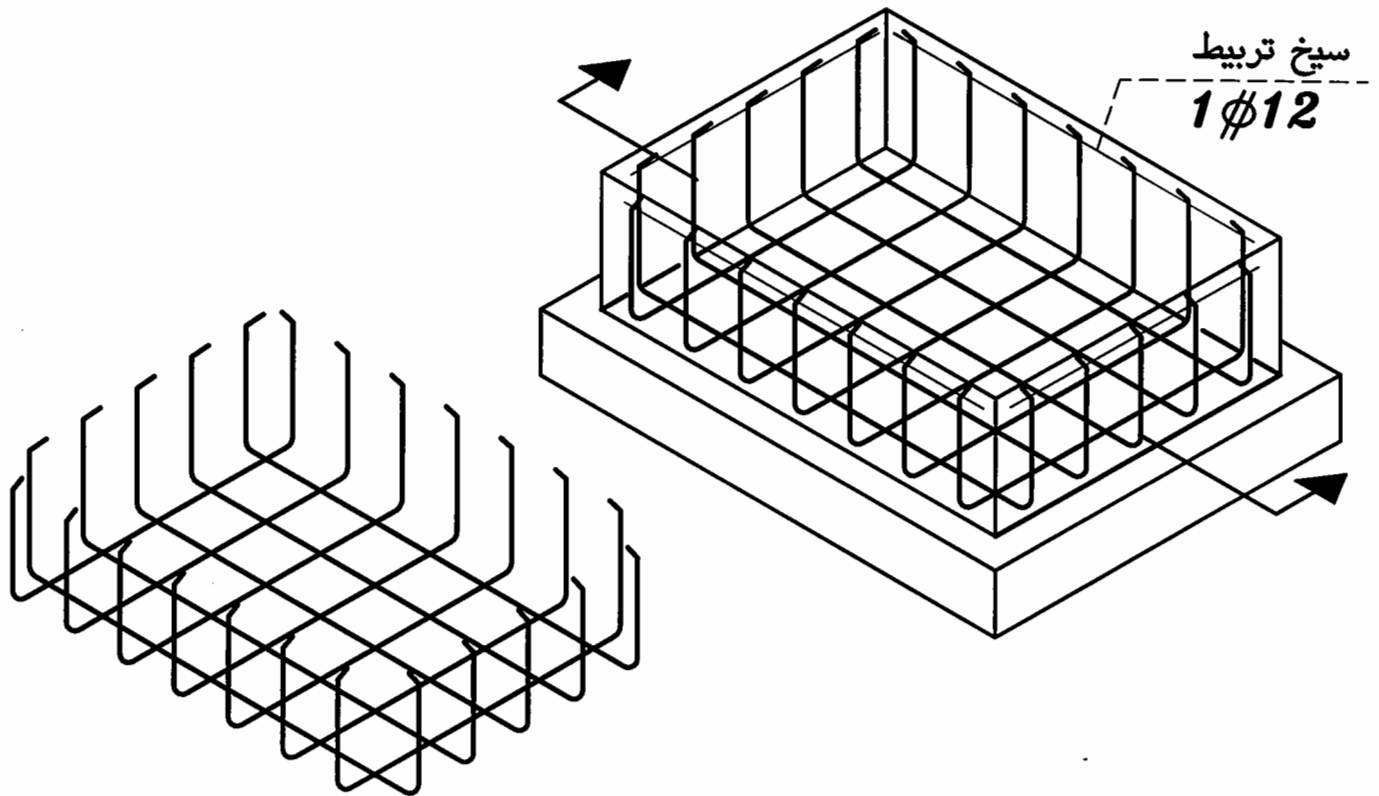
ملحوظة مهمة جدا

في حالة تحقيق الشرط $L - B = b - a$ سيكون $M_{I act.} = M_{II act.}$

و بالتالى من الممكن حساب A_S فى اتجاه واحد فقط و يكون الاتجاه الاخر نفس القيمة

$$A_{SI} = A_{SII}$$

f- Details of Reinforcement.



Example (1):

It is required to design a rectangular Footing to Support a R.C column of thickness (40×90) cm.

The column working load is **2500 kN**, and the allowable net bearing capacity in the Footing site is **150 kN/m²**.
thickness of P.C. **40 cm**. ($F_{cu} = 25 \text{ N/mm}^2$, $F_y = 360 \text{ N/mm}^2$).
and draw details of RFT. to scale **1:50**

Solution.

Givens :

column dimensions (400×900) mm

$$P_{\text{col.}} (\text{working}) = 2500 \text{ kN} \quad P_{\text{col.}} (\text{U.L.}) = 2500 \times 1.5 = 3750 \text{ kN}$$

Bearing capacity of the soil = $q_{\text{all}} = 150 \text{ kN/m}^2$

$$F_{cu} = 25 \text{ N/mm}^2 \quad F_y = 360 \text{ N/mm}^2$$

Area of Footing :

$$t_{\text{P.C.}} = 40 \text{ cm} > 20 \text{ cm} \longrightarrow (\text{Area of P.C.})$$

$$L_{\text{P.C.}} - B_{\text{P.C.}} = b - a = 0.90 - 0.40 = 0.50 \text{ m}$$

$$L_{\text{P.C.}} = B_{\text{P.C.}} + 0.50 \text{ m} \text{ ----- } \textcircled{1}$$

$$A_{\text{P.C.}} = \frac{P_w}{q_{\text{all}}} = \frac{2500 \text{ (kN)}}{150 \text{ (kN/m}^2\text{)}} = 16.67 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{P.C.}} = B_{\text{P.C.}} * L_{\text{P.C.}} = 16.67 \text{ m}^2 \text{ ----- } \textcircled{2}$$

$$B_{P.C.} * L_{P.C.} = B_{P.C.} * (B_{P.C.} + 0.50) = 16.67 \text{ m}^2$$

$$B_{P.C.} = 3.84 \text{ m} \xrightarrow{\text{Take}} B_{P.C.} = 3.85 \text{ m}$$

$$L_{P.C.} = B_{P.C.} + 0.50 \text{ m} \longrightarrow L_{P.C.} = 4.35 \text{ m}$$

$$B_{R.C.} = B_{P.C.} - 2t_{P.C.} \longrightarrow B_{R.C.} = 3.05 \text{ m}$$

$$L_{R.C.} = L_{P.C.} - 2t_{P.C.} \longrightarrow L_{R.C.} = 3.55 \text{ m}$$

$$B_{P.C.} = 3.85 \text{ m}$$

$$L_{P.C.} = 4.35 \text{ m}$$

$$B_{R.C.} = 3.05 \text{ m}$$

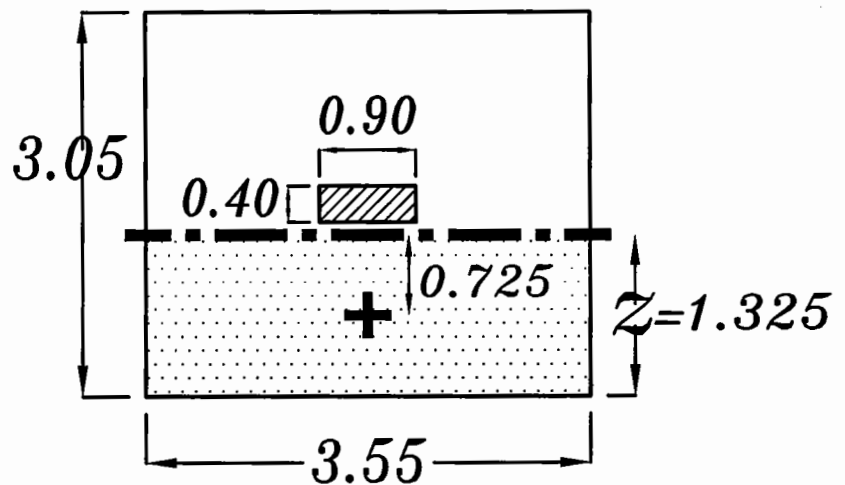
$$L_{R.C.} = 3.55 \text{ m}$$

Design the critical sections for moment :

Actual Normal stress on R.C. Footing (U.L.)

$$q_u = \frac{P_{U.L.}}{B_{R.C.} * L_{R.C.}} = \frac{3750}{3.05 * 3.55} = 346.34 \text{ kN/m}^2$$

$$z = \frac{B_{R.C.} - a}{2} = \frac{3.05 - 0.4}{2} = 1.325 \text{ m}$$



ملحوظه

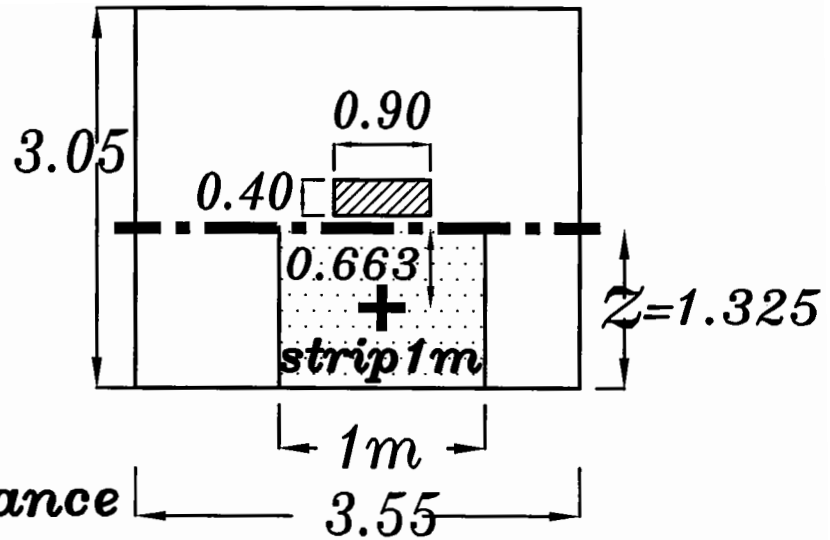
إذا حافظنا على الشرط $L - B = b - a$ فيكون $z_I = z_{II}$ و بالتالي سيكون $M_I = M_{II}$ و من ثم يكون $d_I = d_{II}$ لذلك يمكن أن ندرس اتجاه واحد فقط.

$$\text{Force} = \text{Stress} * \text{Area}$$

$$\text{Force} = q_u * Z * 1m$$

$$= 346.3 * 1.325 * 1$$

$$= 458.85 \text{ kN}$$



$$\text{moment} = \text{Force} * \text{Distance}$$

$$M_{act.} = (q_u * Z * 1m) \frac{Z}{2}$$

$$= (346.3 * 1.325 * 1) \frac{1.325}{2} = 304 \text{ kN.m/m'}$$

$$d = C_1 \sqrt{\frac{M_{act.}}{F_{cu} * b}} \quad \text{Choose } C_1 = 5.0$$

$$d = 5.0 \sqrt{\frac{304 * 10^6}{25 * 1000}} = 551.4 \text{ mm}$$

تقرب لا قرب ٣٠ مم او ٨٠ مم بالزيادة

$$\text{Take } d = 580 \text{ mm}$$

$$t_{R.C.} = d + 70 \text{ mm} = 580 + 70 = 650 \text{ mm}$$

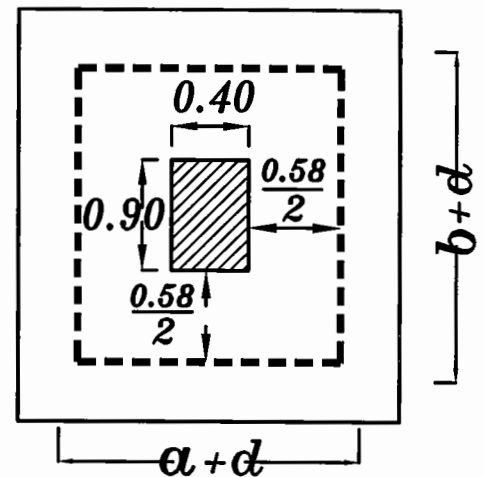
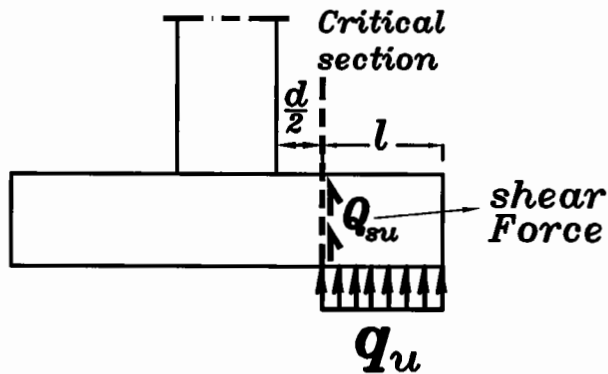
$$t_{R.C.} = 650 \text{ mm}$$

$$d = 580 \text{ mm}$$

Check Shear :

$$a + d = 0.40 + 0.58 = 0.98 \text{ m}$$

$$b + d = 0.90 + 0.58 = 1.48 \text{ m}$$

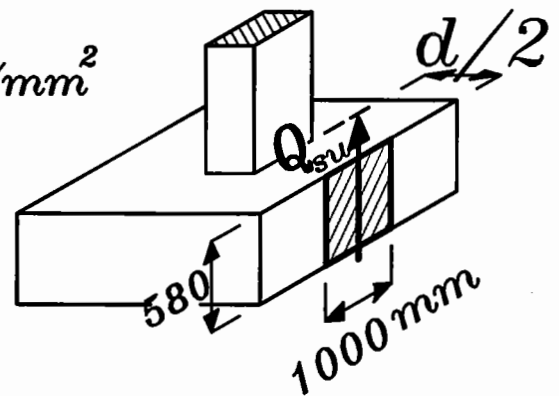


$$l = z - \frac{d}{2} \quad \text{Critical section For Shear.}$$

$$l = 1.325 - \frac{0.58}{2} = 1.035 \text{ m}$$

$$Q_{su} = q_u * l * 1.0 \text{ m} = 346.3 * 1.035 * 1.0 = 358.4 \text{ kN}$$

$$q_{su} = \frac{Q_{su}}{b * d} = \frac{358.4 * 10^3}{1000 * 580} = 0.618 \text{ N/mm}^2$$



$$q_{scu} = 0.16 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\delta_c}} = 0.16 \sqrt{\frac{25}{1.5}} = 0.653 \text{ N/mm}^2$$

$$\boxed{q_{su} < q_{scu}} \longrightarrow \text{Safe shear stresses}$$

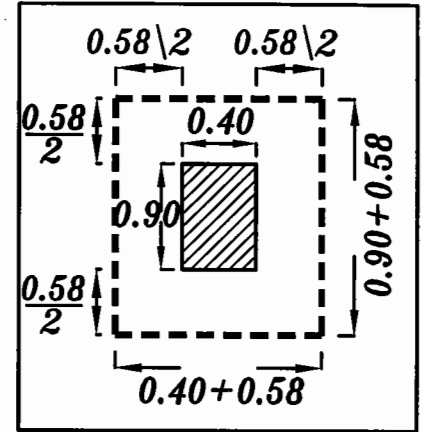
Check Punching shear :

$$a + d = 0.40 + 0.58 = 0.98 \text{ m}$$

$$b + d = 0.90 + 0.58 = 1.48 \text{ m}$$

Calculate Punching Force.

$$Q_{pu} = P_{U.L.} - (q_u) [(a+d)(b+d)]$$

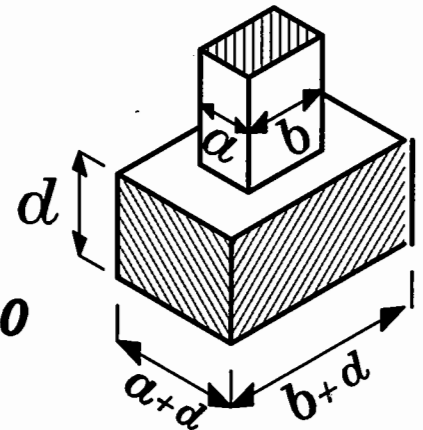


$$Q_{pu} = 3750 - 346.3 [0.98 * 1.48] = 3247.73 \text{ kN}$$

Calculate Punching shear area.

$$A_p = [2(a+d) + 2(b+d)] * d$$

$$A_p = [2(400 + 580) + 2(900 + 580)] * 580$$



$$A_p = 2853600 \text{ mm}^2$$

Calculate Actual Punching shear stress.

$$q_{pu} = \frac{Q_{pu}}{[2(a+d) + 2(b+d)] * d}$$

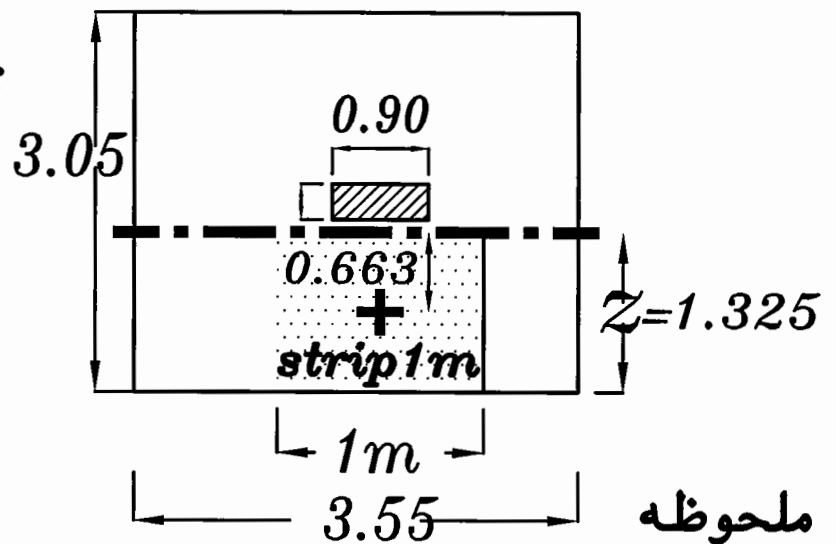
$$q_{pu} = \frac{3247.7 * 10^3}{2853600} = 1.138 \text{ N/mm}^2$$

$$(0.5 + \frac{a}{b}) = (0.5 + \frac{0.40}{0.90}) = 0.944 \leq 1.0$$

$$q_{pcu} = 0.316 (0.5 + \frac{a}{b}) \sqrt{\frac{F_{cu}}{\delta_c}} = 0.316 (0.944) \sqrt{\frac{25}{1.5}}$$
$$= 1.218 \text{ N/mm}^2$$

$$q_{pu} < q_{pcu} \longrightarrow \text{Safe punching shear.}$$

Reinforcement of Footing :



إذا حافظنا على الشرط $L - B = b - a$ فيكون $z_I = z_{II}$ و بالتالي سيكون $M_I = M_{II}$ و من ثم يكون $A_{SI} = A_{SII}$ لذلك يمكن أن ندرس اتجاه واحد فقط.

$$M_{act.} = (q_u * z * 1m) \frac{z}{2}$$

$$= (346.3 * 1.325 * 1) \frac{1.325}{2} = 304 \text{ kN.m/m'}$$

$$J = 0.826$$

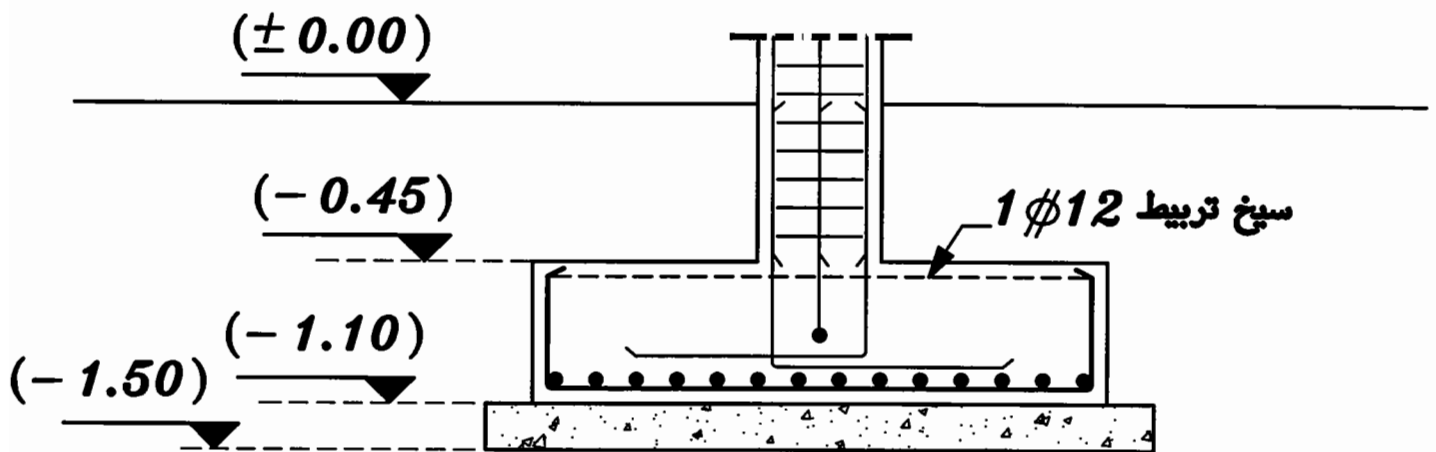
$$A_S = \frac{M_{act.}}{J F_y d} = \frac{304 * 10^6}{0.826 * 360 * 580}$$

$$= 1762.6 \text{ mm}^2/\text{m'} > A_{Smin}$$

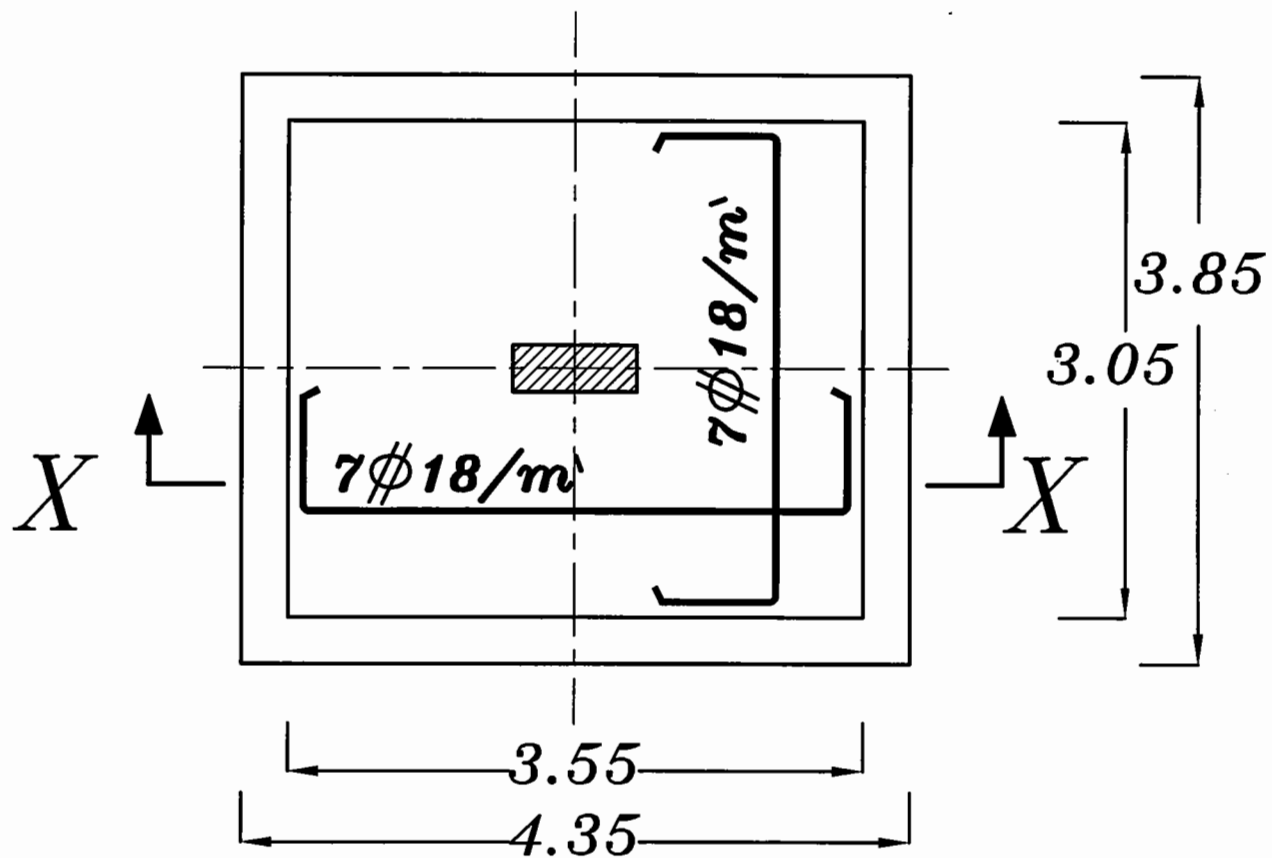
$$A_{Smin} = \left\{ \begin{array}{l} 1.5 d = 1.5 * 580 = 870 \\ 5 \phi 12/\text{m'} = 565 \end{array} \right\} 870 \text{ mm}^2$$

$$A_S = 7 \phi 18/\text{m'}$$

Details of RFT :



Sec X-X



Plan

Example (2):

It is required to design a Footing to support a square R.C column , The column working load is **100 kN** , and the allowable net bearing capacity in the Footing site is **200 KPa** . thickness of P.C. **10cm** .
($F_{cu} = 22.5 \text{ N/mm}^2$, $F_y = 360 \text{ N/mm}^2$).
and draw details of RFT. to scale **1:50**

Solution.

Column Dimensions :

$$A_{col} = a^2 = \frac{P_{col(kN)} * 10^3}{F_{co}} = \frac{100 * 10^3}{6} = 16666.67 \text{ mm}^2$$

$$a = 129 \text{ mm} \xrightarrow{\text{take}} a_{min} = 250 \text{ mm}$$

Area of Footing :

$$t_{P.C.} = 10 \text{ cm} < 20 \text{ cm} \longrightarrow (\text{Area of R.C.})$$

$$A_{R.C.} = \frac{P_w}{q_{all}} = \frac{100 \text{ (kN)}}{200 \text{ (kN/m}^2\text{)}} = 0.5 \text{ m}^2$$

footing will be square because
the column is square

$$A_{R.C.} = B_{R.C.}^2 = 0.5 \text{ m}^2$$

$$B_{R.C.} = 0.71 \text{ m} \xrightarrow{\text{Take}} B_{P.C. \min} = 0.80 \text{ m}$$

$$B_{P.C.} = B_{R.C.} + 2t_{P.C.} \longrightarrow B_{P.C.} = 1.00 \text{ m}$$

$$B_{P.C.} = 1.00 \text{ m}$$

$$B_{R.C.} = 0.80 \text{ m}$$

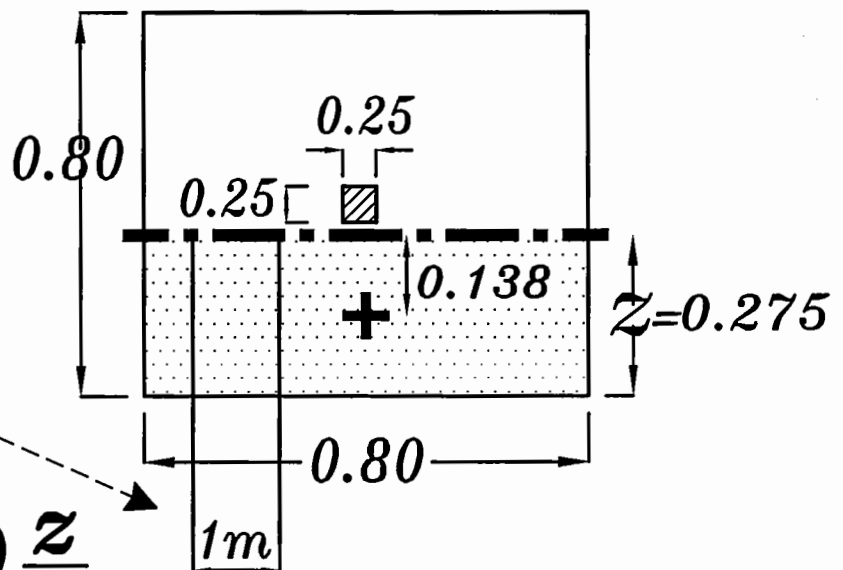
Design the critical sections for moment :

Actual Normal stress on R.C. Footing (U.L.)

$$q_u = \frac{P_{U.L.}}{B_{R.C.}^2} = \frac{100 * 1.5}{0.80^2} = 234.375 \text{ kN/m}^2$$

$$z = \frac{B_{R.C.} - a}{2} = \frac{0.80 - 0.25}{2} = 0.275 \text{ m}$$

take strip 1m



$$M_{act.} = (q_u * z * 1\text{m}) \frac{z}{2} = (234.375 * 0.275 * 1) \frac{0.275}{2} = 8.9 \text{ kN.m/m'}$$

$$d = C_1 \sqrt{\frac{M_{act.}}{F_{cu} * b}} \quad \text{Choose } C_1 = 5.0$$

$$d = 5.0 \sqrt{\frac{8.90 * 10^6}{22.5 * 1000}} = 99.44 \text{ mm}$$

$$\text{Take } d_{min} = 330 \text{ mm}$$

$$t_{R.C.} = d + 70 \text{ mm} = 330 + 70 = 400 \text{ mm}$$

$$t_{R.C.} = 400 \text{ mm}$$

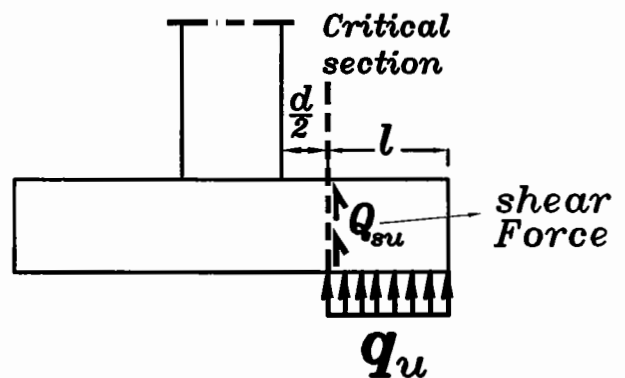
$$d = 330 \text{ mm}$$

Check Shear :

$$b + d = 0.80 + 0.33 = 1.48 \text{ m}$$

$$l = z - \frac{d}{2}$$

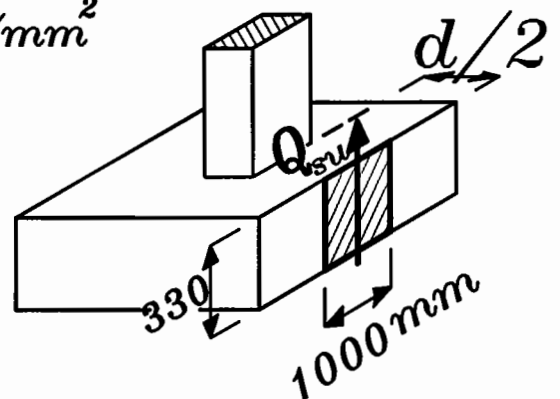
$$l = 0.275 - \frac{0.33}{2} = 0.11 \text{ m}$$



$$Q_{su} = q_u * l * 1.0 \text{ m} = 234.375 * 0.11 * 1.0 = 25.781 \text{ kN}$$

$$q_{su} = \frac{Q_{su}}{b * d} = \frac{25.781 * 10^3}{1000 * 330} = 0.078 \text{ N/mm}^2$$

$$q_{scu} = 0.16 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\delta_c}} = 0.16 \sqrt{\frac{22.5}{1.5}} = 0.619 \text{ N/mm}^2$$



$$q_{su} < q_{scu}$$

Safe shear stresses

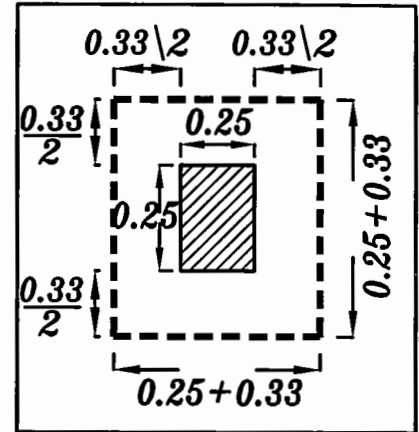
Check Punching shear :

$$b + d = 0.25 + 0.33 = 0.58 \text{ m}$$

Calculate Punching Force.

$$Q_{pu} = P_{U.L.} - (q_u) (b + d)^2$$

$$Q_{pu} = 150 - 234.375 * 0.58^2 = 71.15 \text{ kN}$$

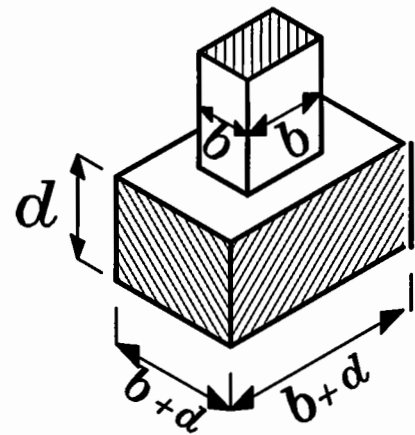


Calculate Punching shear area.

$$A_p = [4(b + d)] * d$$

$$A_p = 4 * 0.58 * 0.33$$

$$A_p = 765600 \text{ mm}^2$$



Calculate Actual Punching shear stress.

$$q_{pu} = \frac{Q_{pu}}{[4(b + d)] * d} = \frac{71.15 * 10^3}{765600} = 0.093 \text{ N/mm}^2$$

$$(0.5 + \frac{a}{b}) = (0.5 + \frac{0.25}{0.25}) = 1.5 > 1.0$$

$$q_{pcu} = 0.316 (0.5 + \frac{a}{b}) \sqrt{\frac{F_{cu}}{\delta_c}} = 0.316 (1.0) \sqrt{\frac{22.5}{1.5}} \\ = 1.22 \text{ N/mm}^2$$

$$\boxed{q_{pu} < q_{pcu}} \longrightarrow \text{Safe punching shear.}$$

Reinforcement of Footing :

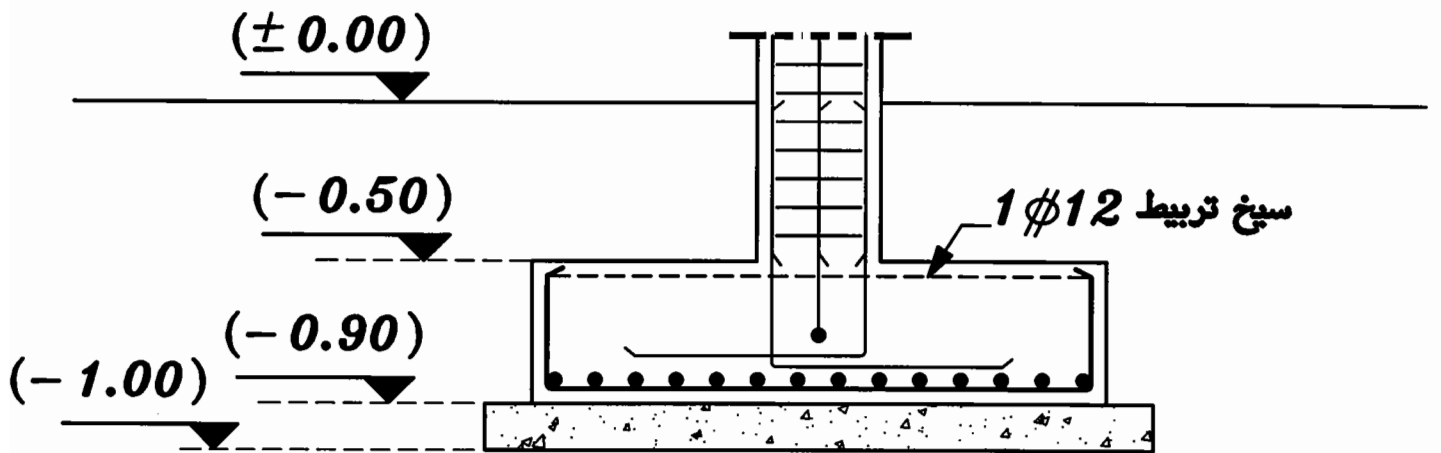
$$A_S = \frac{M_{act.}}{J F_y d} = \frac{8.90 \cdot 10^6}{0.826 \cdot 360 \cdot 330}$$

$$= 91.8 \text{ mm}^2/\text{m}' < A_{Smin}$$

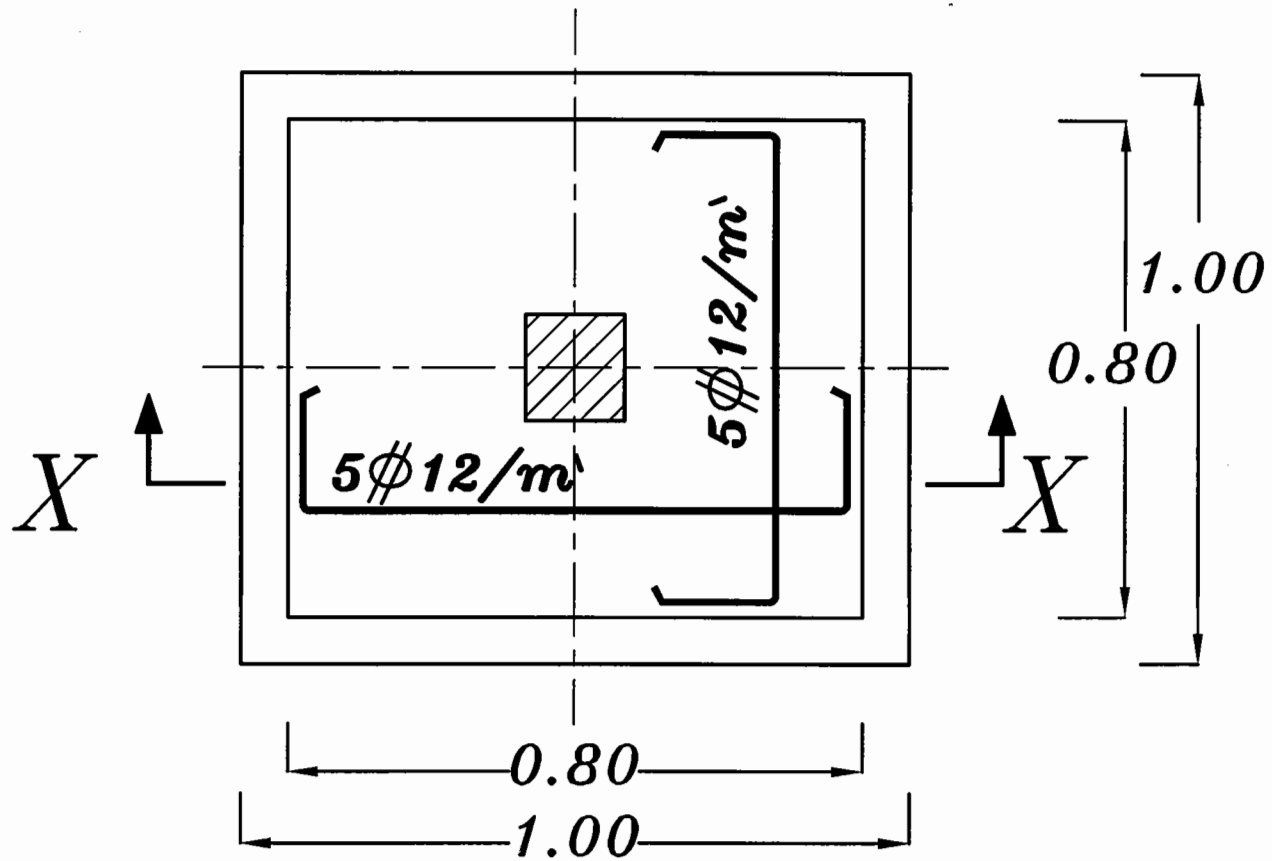
$$A_{Smin} = \left\{ \begin{array}{l} 1.5 d = 1.5 \cdot 330 = 495 \\ 5 \phi 12/\text{m}' = 565 \end{array} \right\} 565 \text{ mm}^2$$

$$A_S = 5 \phi 12/\text{m}'$$

Details of RFT :



Sec X-X



Plan