

Short & Long Columns.

نسألكم الدعاء

Short & Long Columns. Table of Contents.

<i>Types of Columns.</i>	<i>Page 2</i>
<i>How to know if the column is braced or unbraced.</i>	<i>Page 3</i>
<i>How to know if the column is short or long.</i>	<i>Page 7</i>
<i>Axially Loaded Short Columns.</i>	<i>Page 11</i>
<i>Axially Loaded Circular Columns.</i>	<i>Page 21</i>
<i>Example on Axially Loaded Short Columns.</i>	<i>Page 24</i>
<i>Long Column.</i>	<i>Page 29</i>
<i>Steps of design For Columns.</i>	<i>Page 33</i>
<i>Buckling in Circular Columns.</i>	<i>Page 35</i>
<i>Example on Long Columns.</i>	<i>Page 37</i>

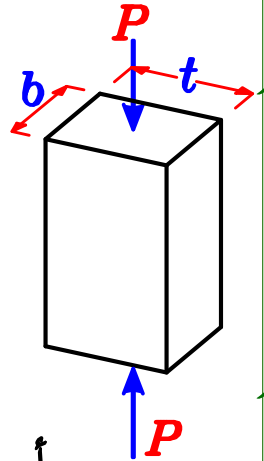
Types of Columns

- * **Short col.** أعمدة قصيرة
- * **Long col.** أعمدة نحيفة
- * **Unbraced col.** أعمدة غير مقيدة
- * **Braced col.** أعمدة مقيدة

① Short columns. الأعمدة القصيرة

ال Short columns هي أعمدة قصيرة لا يحدث لها إنبعاج

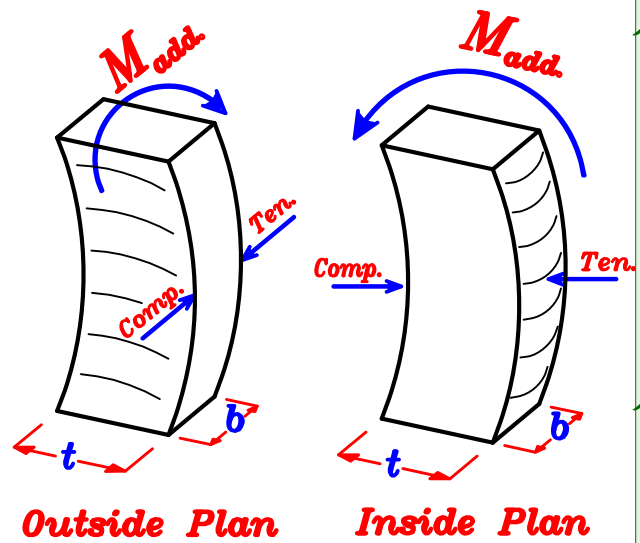
No Buckling → **No Additional Moment**



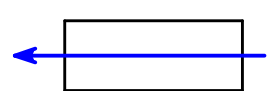
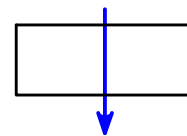
أى عندما تؤثر Axial Force على ال Short column لا يحدث له Buckling أى لا يوجد عليه Additional Moment

② Long columns. الأعمدة النحيفة

الأعمدة النحيفة هي أعمدة عندما يؤثر عليها Axial Force يحدث لها إنبعاج Buckling أى يوجد عليها Additional Moment $M_{add.}$ و يكون ال ($M_{add.}$) فى إتجاه من إتجاهين إما Inside Plan أو Outside Plan و لا يكون فى الإتجاهين معاً.



Buckling → **Additional Moment**



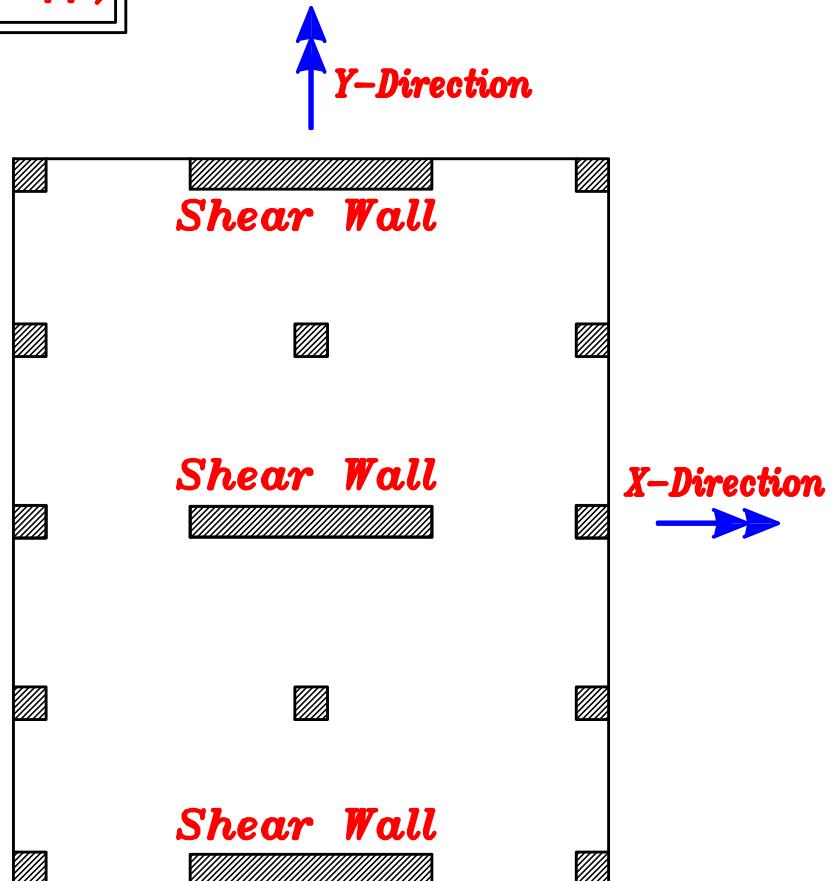
How to know if the column is braced or unbraced.

إذا وجد إتجاه لا يوجد فيه Shear Wall تكون الأعمدة فى هذا الإتجاه unbraced .
إذا وجد إتجاه يوجد فيه Shear Wall تكون الأعمدة إما braced أو unbraced حسب قيمه α .

Egyptian Code Page (6-47)

Example.

إذا وضعت ال Shear Walls فى إتجاه ال X-Direction فقط تصبح الأعمدة فى اتجاه Y غير مقيدة و الأعمدة فى إتجاه X إما مقيدة أو غير مقيدة حسب قيمه α .



Y-Direction.

The columns are unbraced.
because No shear walls at Y-Direction.

X-Direction.

IF (n) number of Floors ≥ 4.0

1- IF $\alpha < 0.60$

the columns are braced.

2- IF $\alpha \geq 0.60$

the columns are unbraced.

IF (n) number of Floors < 4.0

1- IF $\alpha < 0.20 + 0.1(n)$

the columns are braced.

2- IF $\alpha \geq 0.20 + 0.1(n)$

the columns are unbraced.

To calculate the value of α

$$\alpha = H_b \sqrt{\frac{N}{\sum EI}}$$

where:

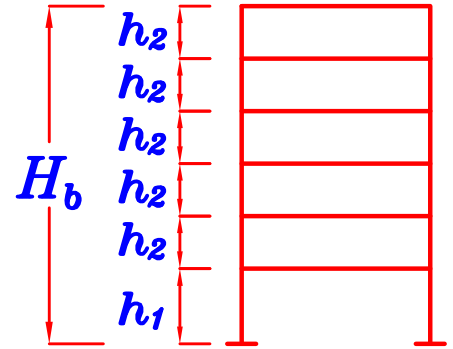
H_b هو الإرتفاع الكلى للمبنى بما فيه الدور الأرضى.

$$H_b = h_1 + (n-1) h_2$$

h_1 هو إرتفاع الدور الأرضى.

h_2 هو إرتفاع الدور المتكرر.

n عدد الأدوار كلها.



$$N = w_{av.} \times A \times n \quad (kN) \quad \text{الوزن الكلى للمبنى.}$$

$w_{av.}$ هو وزن المتر المربع المتوسط للمبنى بما فيه الكمرات و الأعمدة.

Take $w_{av.} \approx 12.0 \quad (kN/m^2)$

A هو المساحة الكليه للدور.

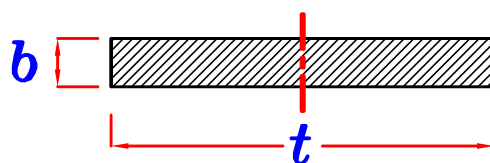
n عدد الأدوار كلها.

$$E = 4400 \sqrt{F_{cu}} \quad (N/mm^2) \quad \text{معايير المرونة للخرسانه.}$$

و لتحويلها الى (kN/m^2) نضربها فى (10^3)

$$I = \frac{b t^3}{12} \quad (m)$$

I هو Shear Wall moment of Inertia



Example.

Data.

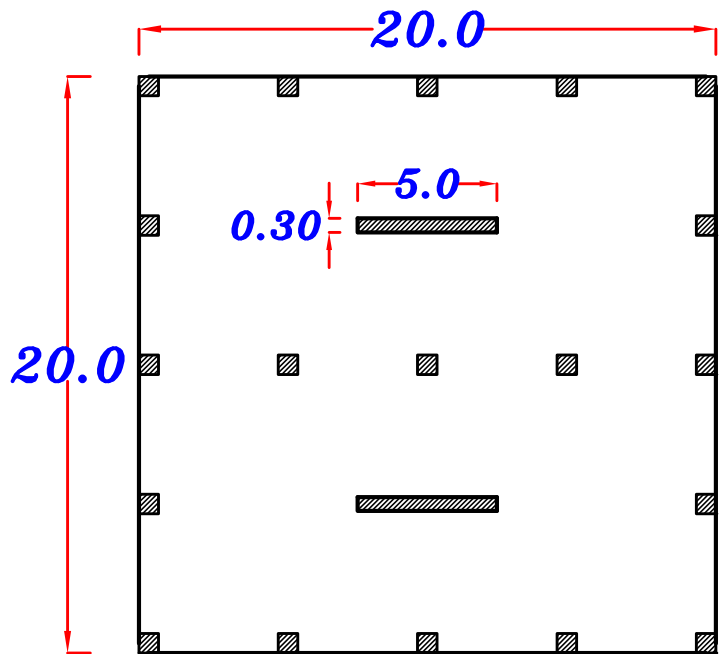
$$F_{cu} = 25 \text{ N/mm}^2$$

Height of Ground Floor = 5.0 m

Height of Typical Floor = 3.0 m

No. of Floors

including Ground Floor = 9.0



Req.

Find IF the columns are braced or unbraced in both directions (X,Y)

Solution.

Egyptian Code Page (6-47)

∴ The shear walls are placed at X-Direction only.

∴ At Y-direction The columns are unbraced.

At X-direction calculate $\alpha = H_b \sqrt{\frac{N}{\sum EI}}$

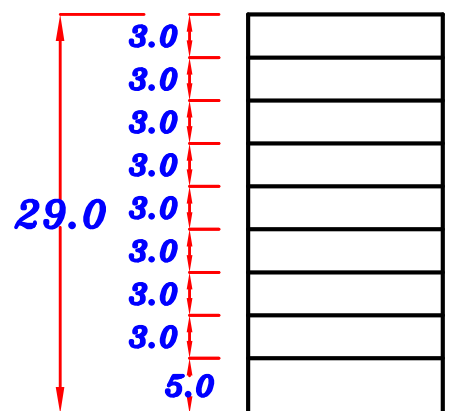
$$\begin{aligned} * H_b &= h_1 + (n-1) h_2 \\ &= 5.0 + (9-1) 3.0 = 29.0 \text{ m} \end{aligned}$$

$$* N = w_{av.} \times A \times n$$

Take $w_{av.} \approx 12.0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

$$A = \text{area of one Floor} = 20.0 \times 20.0 = 400 \text{ m}^2$$

$$N = 12.0 \times 400 \times 9.0 = 43200 \text{ kN}$$

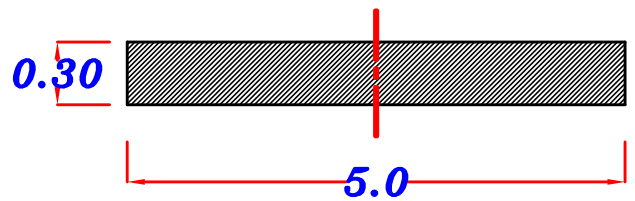


$$* E = 4400 \sqrt{F_{cu}} = 4400 \sqrt{25} = 22000 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

لتحويلها الى (kN/m²) نضربها في (10³)

$$E = 22000 \times 10^3 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$* I = \frac{b t^3}{12} = \frac{0.30 (5.0)^3}{12}$$



$$I = 3.125 \text{ m}^4$$

$$\alpha = H_b \sqrt{\frac{N}{\sum EI}} = 29.0 \sqrt{\frac{43200}{2 \times (22000 \times 10^3) \times 3.125}}$$

2 Shear Walls

$$= 0.514$$

$$\therefore \boxed{\alpha = 0.514} < 0.60$$

$$\therefore \alpha < 0.60$$

\therefore the columns are braced at X-direction.

How to know if the column is short or long.

لتحديد اذا كان العمود (**short or long**)

نحسب نسبه تسمى (نسبه النحافه) (**slenderness ratio**) (λ_b)

في الاتجاهين : **أولا** في الاتجاه الموازي لمستوى الورقه (**In plane**)

ثانيا في الاتجاه العمودي على مستوى الورقه (**Out of plane**)

و نقارن (λ_b) بقيم معينه لتحديد نوع العمود .

Unbraced column.

IF $\lambda_b \leq 10$

The column will be
Short Column.

IF $10 < \lambda_b \leq 23$

The column will be
Long Column.

IF $\lambda_b > 23$ $\xrightarrow[\text{Buckling}]{\text{Unsafe}}$ Increase **b** or **t**

Braced column.

IF $\lambda_b \leq 15$

The column will be
Short Column.

IF $15 < \lambda_b \leq 30$

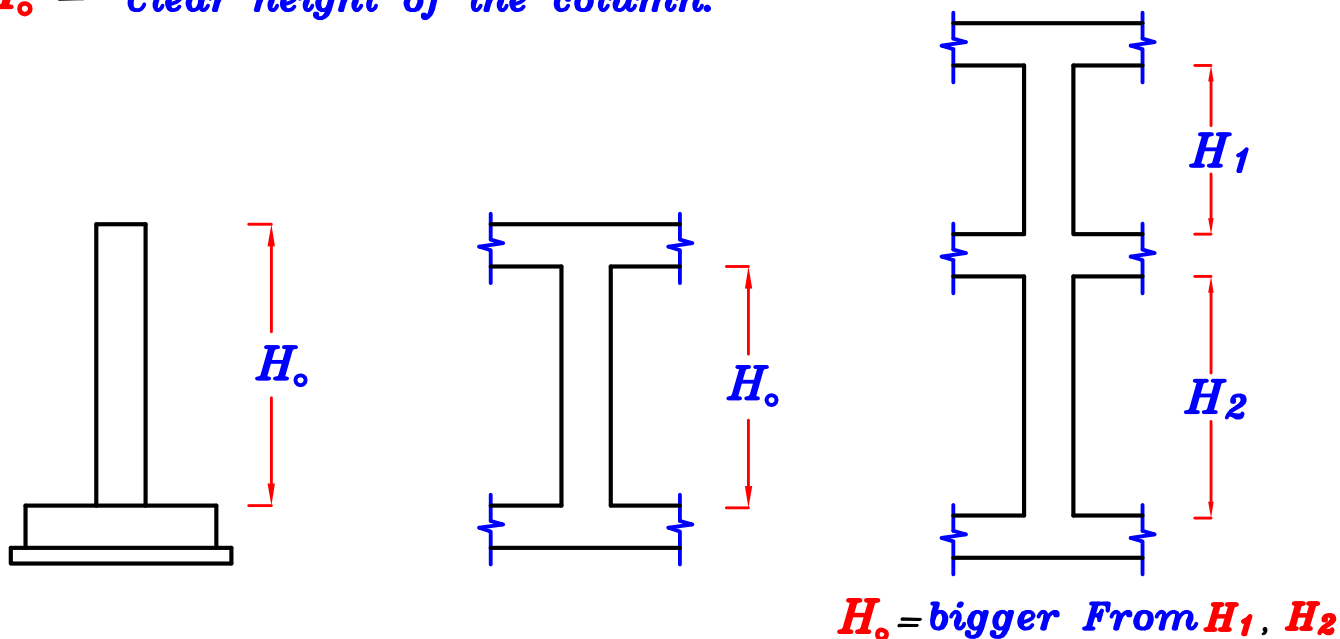
The column will be
Long Column.

IF $\lambda_b > 30$ $\xrightarrow[\text{Buckling}]{\text{Unsafe}}$ Increase **b** or **t**

To calculate the slenderness ratio (λ_b)

$$\lambda_b = \frac{K * H_o}{b \text{ OR } t}$$

* H_o = Clear height of the column.



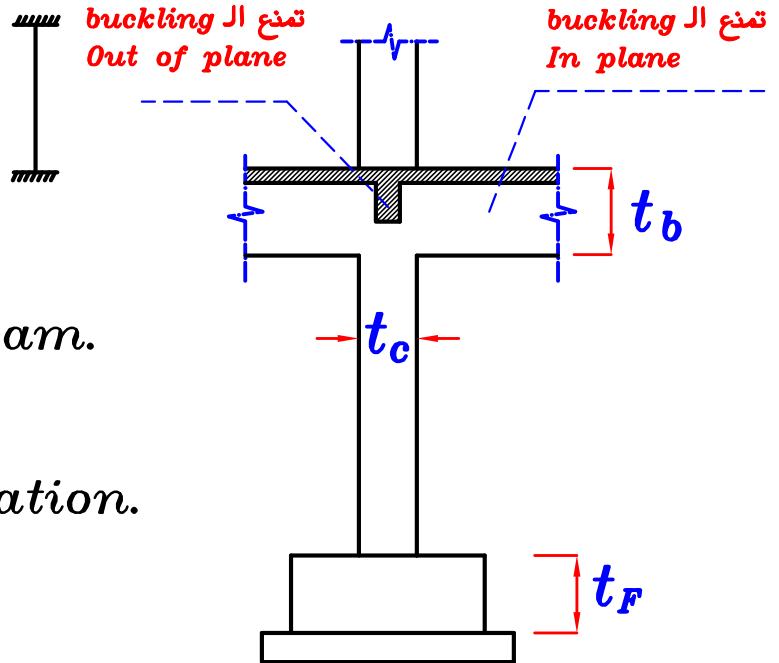
* K = Constant depends on the upper & Lower Conditions of the Column.

Egyptian Code Pages (6-50,51)

Upper End Conditions	Braced Columns			Unbraced Columns		
	Lower End Conditions			Lower End Conditions		
	Case (1)	Case (2)	Case (3)	Case (1)	Case (2)	Case (3)
Case (1)	0.75	0.80	0.90	1.20	1.30	1.60
Case (2)	0.80	0.85	0.95	1.30	1.50	1.80
Case (3)	0.90	0.95	1.0	1.60	1.80	—
Case (4)	—	—	—	2.20	—	—

End Conditions of Columns.

Case (1) Fixed Joint



happened when

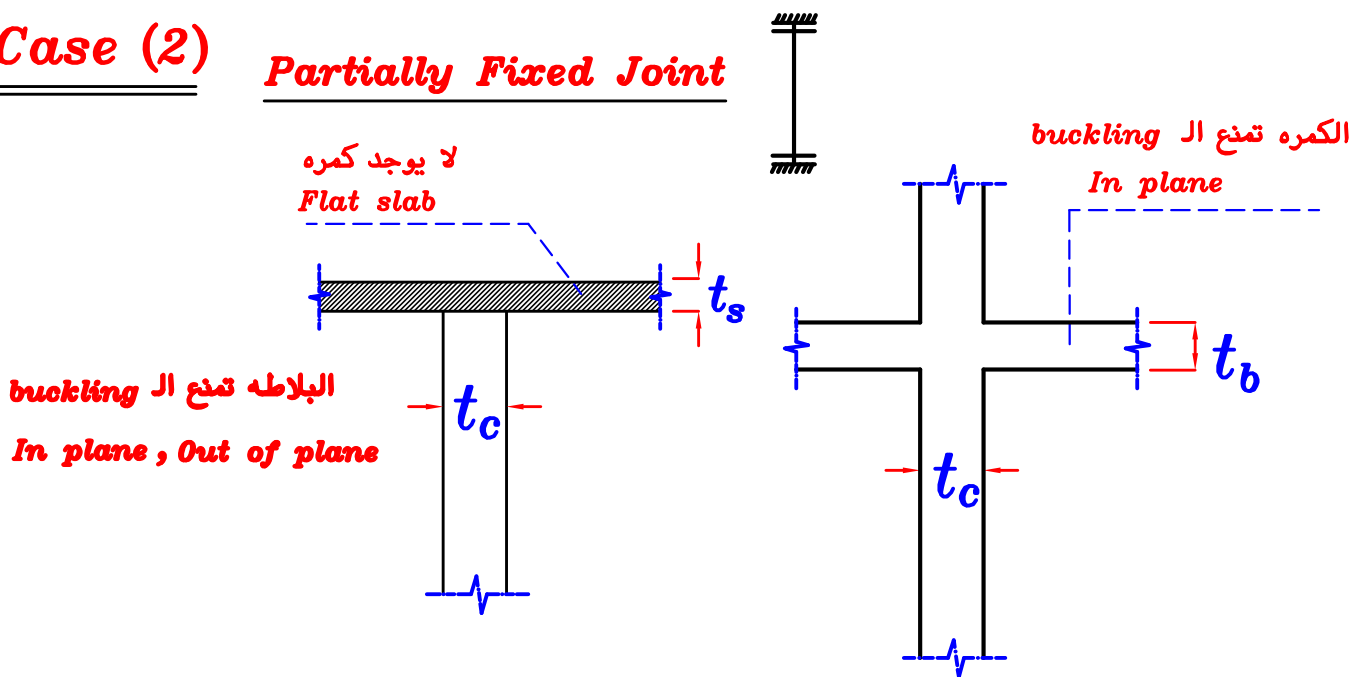
- * Column with Big beam.

$$t_b \geq t_c$$

- * Column with Foundation.

$$t_F \geq t_c$$

Case (2) Partially Fixed Joint



happened when

- * Column with Small beam.

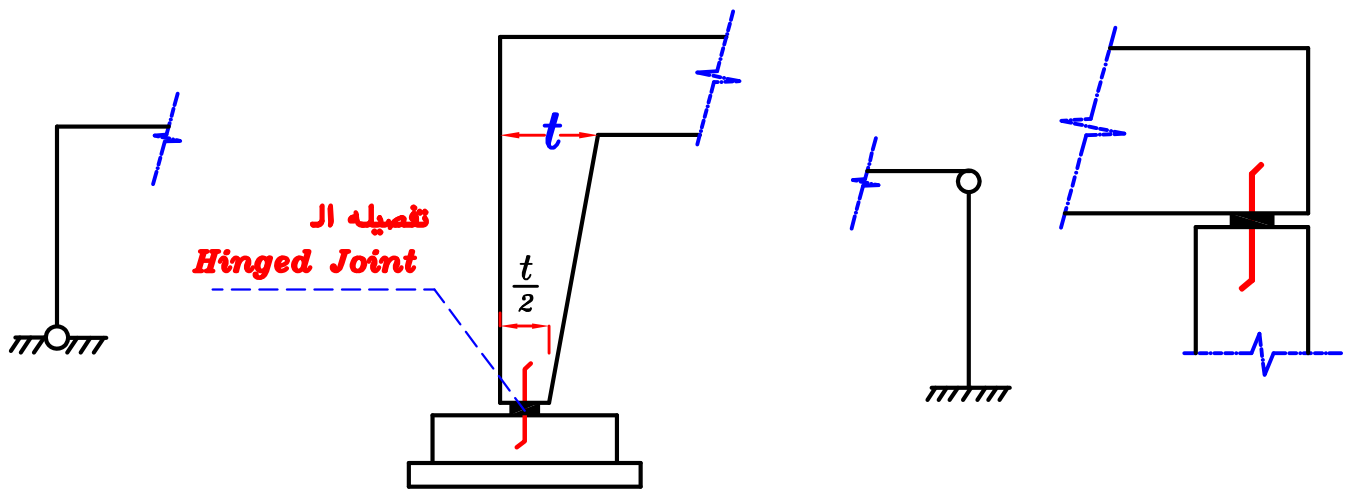
$$t_b < t_c$$

- * Column with Slab. (Flat Slab)

$$t_s < t_c$$

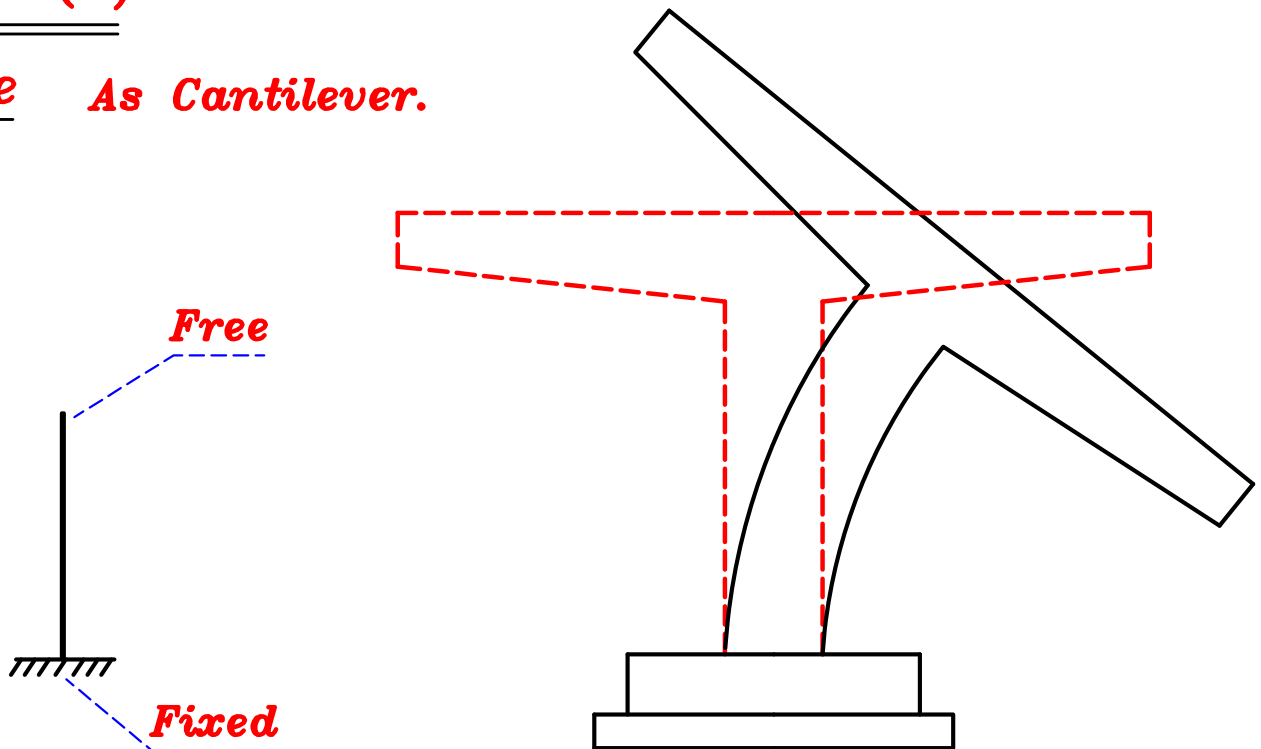
Case (3)

Hinged Joint



Case (4)

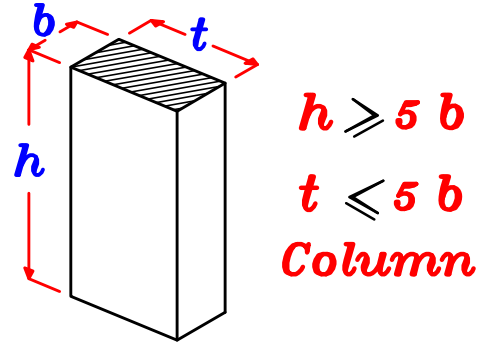
Free As Cantilever.



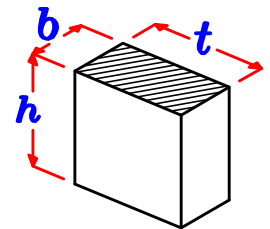
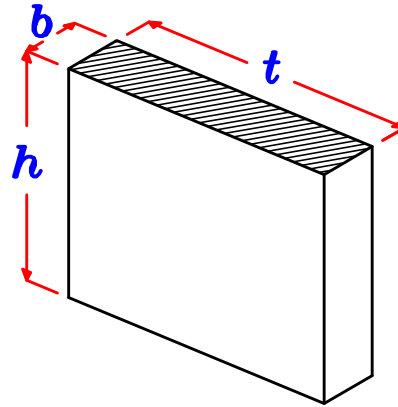
Axially Loaded Short Columns.

For Unbraced Column. IF $\lambda_b \leq 10$ } The column will be
 For Braced Column. IF $\lambda_b \leq 15$ } Axially Loaded Short Column.

$h \geq 5b$
 and
 $t \leq 5b$ } Column



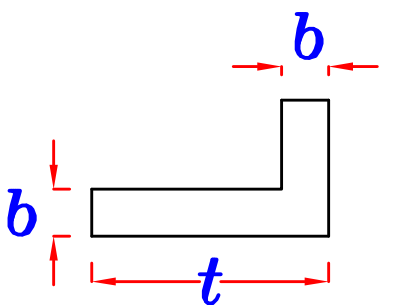
$h < 5b$
 OR
 $t > 5b$ } R.C. Wall



$h < 5b$
 R.C. Wall

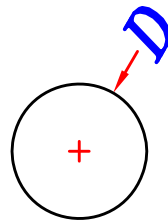
$t > 5b$
 R.C. Wall

أشكال الأعمدة



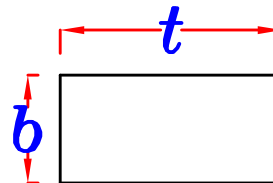
any other shape

$b \leq 250$ mm
 $t \geq 5b$



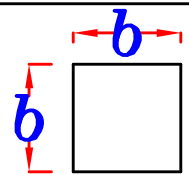
Circle

$D \leq 300$ mm



Rectangle

$b \leq 250$ mm
 $t \geq 5b$



Square

$b \leq 250$ mm

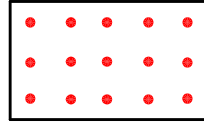
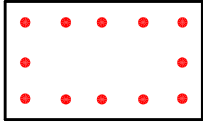
- أقل بُعد خرساني في العمود = ٢٠٠ مم (مربع أو مستطيل) و يفضل أن لا يقل عن ٢٥٠ مم .
- أقل قطر للأعمدة الدائرية = ٢٠٠ مم و يفضل أن لا يقل عن ٣٠٠ مم .
- يجب أن لا يزيد البعد الأكبر في العمود عن خمسة مرات البعد الأصغر $t \geq 5b$ و إلا تحول العمود إلى حائط خرساني .

$\min \phi = \phi 12$

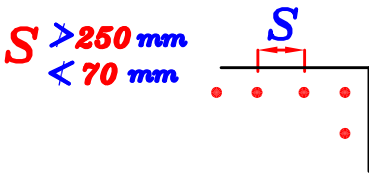
$\max \phi = \phi 25$

- أقل قطر للسياخ = ١٢ مم

- أكبر قطر للسياخ = ٢٥ مم

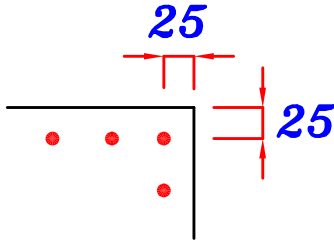


- أسياخ الحديد توجد فى المحيط الخارجى فقط .

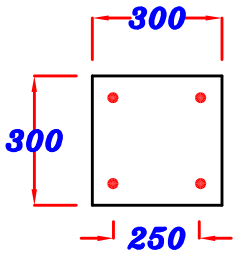


- أكبر مسافه بين سياخين متتاليين = ٢٥٠ مم .

- أقل مسافه بين سياخين متتاليين = ٧٠ مم .



- يؤخذ ال **Cover** للحديد من جميع الجهات ٢٥ مم .

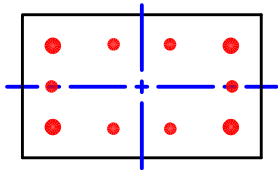


- أكبر قطاع لعمود بة ٤ أسياخ فقط (٣٠٠×٣٠٠) .

- يجب وضع سياخ فى كل ركن من أركان العمود .

- ممكن إستخدام قطرين مختلفين فى العمود بشرط

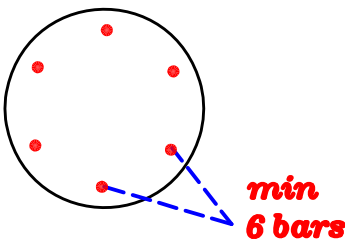
أن يكونا متتاليان فى الجدول 12,16,18,20,22,25



- يجب أن يكون عدد الأسياخ زوجى من كل قطر .

و أن تكون الأسياخ متماثلة حول ال C.G. .

و يفضل أن يكون القطر الأكبر فى الأركان .



- أقل عدد أسياخ فى الأعمده الدائريه ٦ أسياخ .

Stirrups.

الكانات .

فائده الكانات الأفقيه فى الأعمده:

١- تمنع إنبعاج الأسياخ الطويله .

٢- تحافظ على شكل العمود و تمنع حركه الأسياخ الطويله أثناء الصب .

٣- تتحمل جزء من الحمل الرأسى فى الأعمده الحلزونيه *Spiral Columns* .

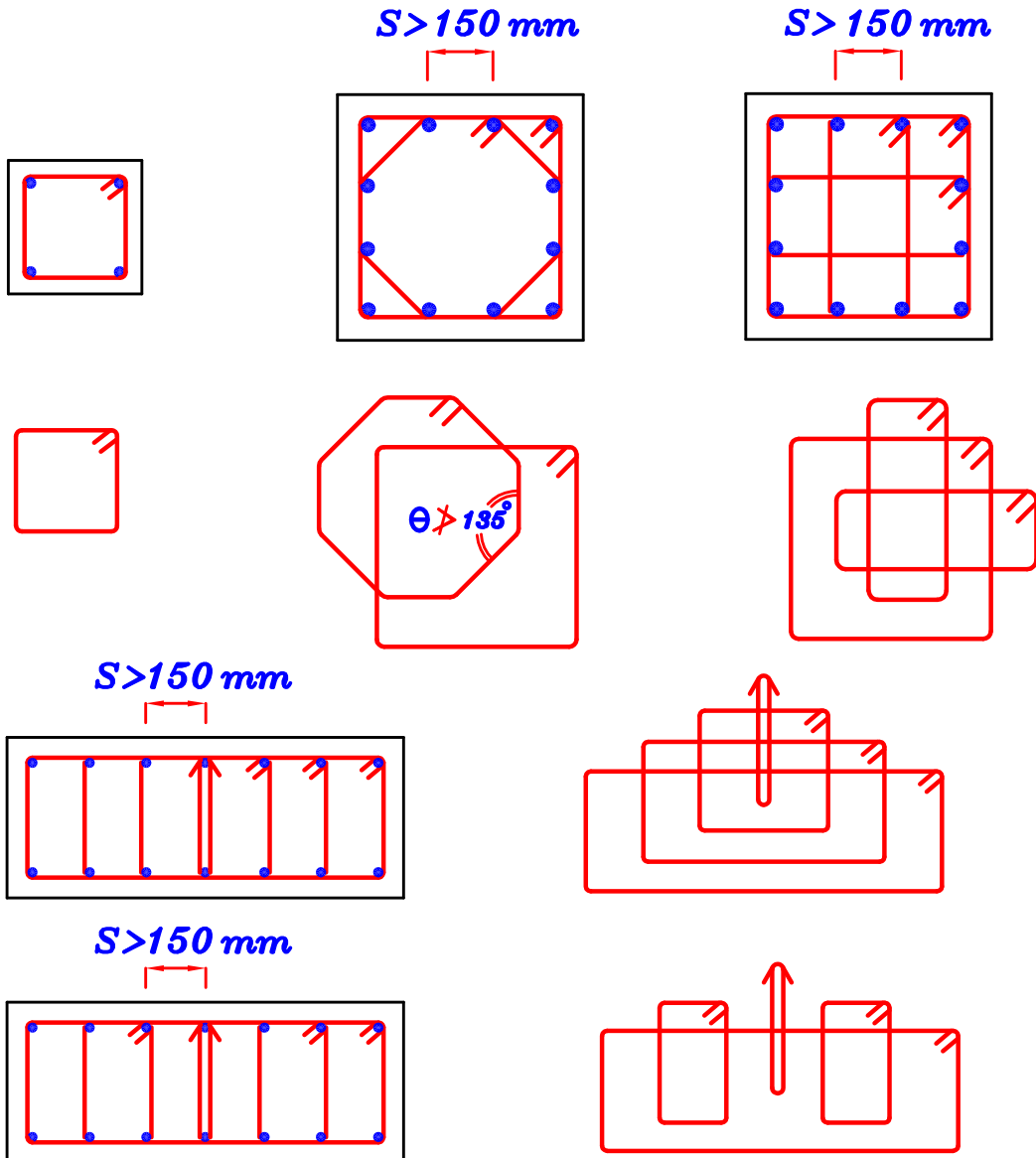
٤- تتحمل جزء من الشد الأفقى الناتج عن الضغط الرأسى للعمود .

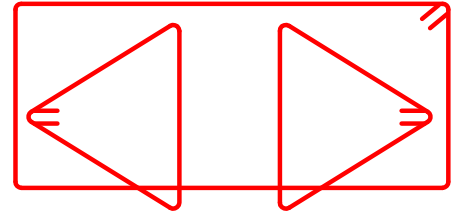
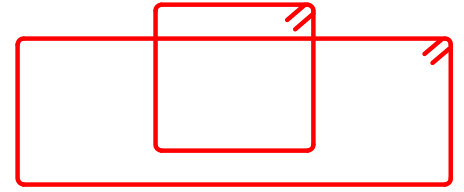
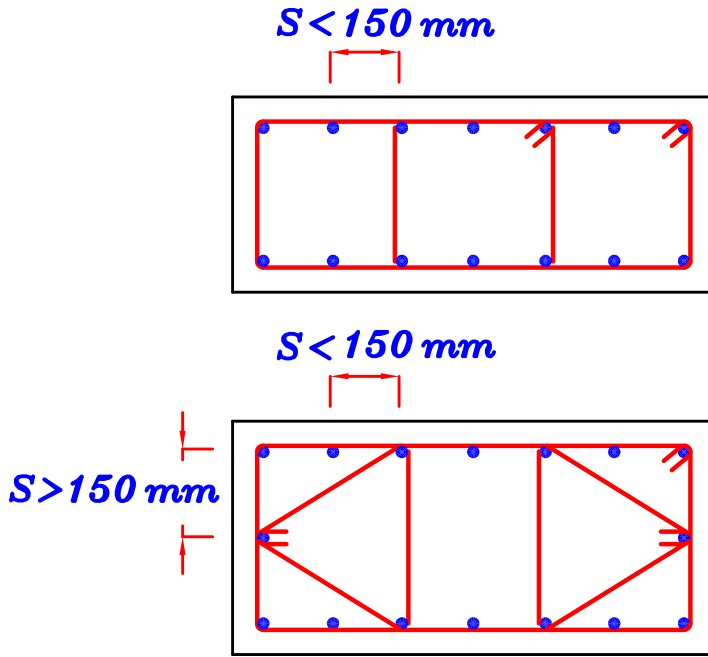
٥- تتحمل قوى القص الناتجه على الأعمده .

يجب أن لا تزيد المسافه بين كل فرع كانه و آخر (فى قطاع العمود) عن ٣٠٠ مم .

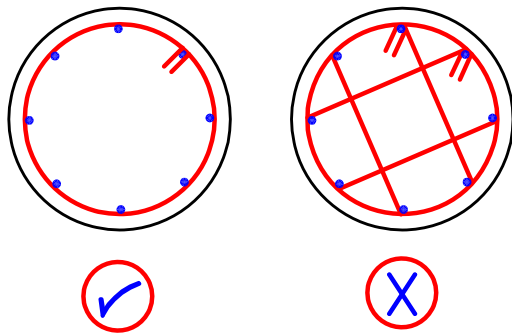
أى أنه يجب ربط كل سيخين متتاليين بكانه إذا كانت المسافه بينهم أكبر من ١٥٠ مم .

يجب أن لا تزيد زاويه الكانه عن ١٣٥° حتى نضمن عدم حركه الاسياخ الطويله .





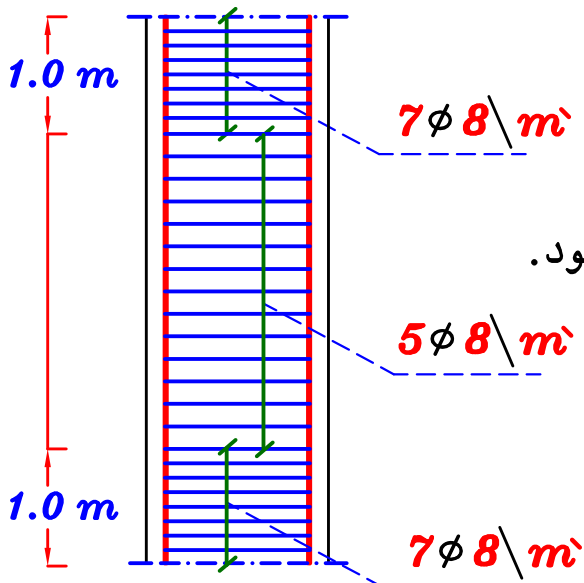
فى الأعمده الدائريه.



لا توضع كانات داخلية مثل الأعمده المستطيله
و لكن نضع كانه واحده خارجيه فقط .

(ممكن وضع كانات داخلية فى الأعمده ذات الاقطار الكبيره) فى التنفيذ فقط .

الكانات فى الإتجاه الرأسى للأعمده .



توضع $7\phi 8 \backslash m$ فى المتر الأول و الأخير من العمود .

و توضع $5\phi 8 \backslash m$ فى باقى العمود .

Types of Problems.

Type ① Given : $P_{D.L.}, P_{L.L.}, F_{cu}, F_y$

Req : Design The Sec. (Get A_c, A_s)

Solution :
$$P_{U.L.} = 0.35 A_c F_{cu} + 0.67 A_s F_y$$

$$P_{U.L.} = 1.4 (D.L.) + 1.6 (L.L.) = \checkmark N$$

$$\text{Take } \mu = \frac{A_s}{A_c} = 1.0 \% \longrightarrow A_s = \frac{A_c}{100}$$

$$\therefore P_{U.L.} = 0.35 A_c F_{cu} + 0.67 \left(\frac{A_c}{100} \right) F_y \longrightarrow \text{Get } A_c = \checkmark \text{ mm}^2$$

$$\text{, Get } A_s = \frac{A_c}{100} = \checkmark \text{ mm}^2$$

— IF the column section is a square ($b \times b$)

$$A_c = b^2 \quad \therefore b = \sqrt{A_c}$$

b لا تقل عن ٢٥٠ مم و تقرب لأقرب ٥٠ مم بالزيادة .

— IF the column section is a rectangle ($b \times t$)

$$A_c = b \times t \quad \text{Choose } b = 250 \text{ mm} \xrightarrow{\text{Get}} t = \frac{A_c}{b}$$

t لا تقل عن ٢٥٠ مم و تقرب لأقرب ٥٠ مم بالزيادة .

يفضل أخذ b تساوى ٢٥٠ مم حتى يكون سُمك العمود هو نفس سُمك الحائط .

$$\text{IF } t > 5b \longrightarrow \text{Increase } b \text{ (take } t = 4b \text{)}$$

$$\text{and then get } b \times t = b \times 4b = A_c \xrightarrow{\text{get}} b = \checkmark \text{ mm}$$

$$t = \frac{A_c}{b} = \checkmark \text{ mm}$$

— IF the column section is a circle.

$$A_c = \frac{\pi D^2}{4} \xrightarrow{\text{Get}} D = \sqrt{\frac{4 A_c}{\pi}}$$

D لا تقل عن ٣٠٠ مم و تقرب لأقرب ٥٠ مم بالزيادة .

Example.

Data. $F_{cu} = 25 \text{ N/mm}^2$, **st. 360/520**

$P_{D.L.} = 2000 \text{ kN}$ $P_{L.L.} = 1150 \text{ kN}$

Req. Design a (**Square , Rectangle , Circular & Hexagon**)
Section For the column.

Solution. $P_{U.L.} = 1.4 (2000) + 1.6 (1150) = 4640 \text{ kN}$

Take $\mu = \frac{A_s}{A_c} = 1.0 \% \rightarrow A_s = \frac{A_c}{100}$

$$\therefore P_{U.L.} = 0.35 A_c F_{cu} + 0.67 \left(\frac{A_c}{100} \right) F_y$$

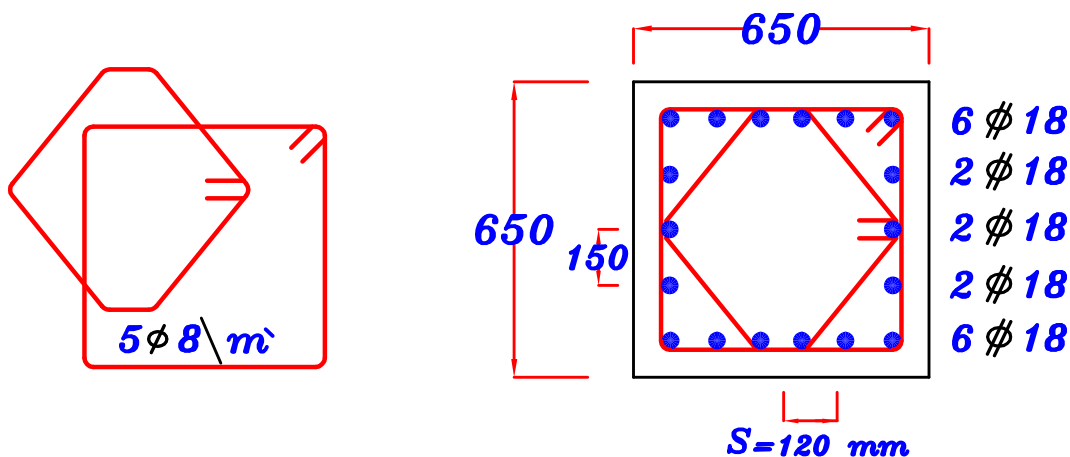
$$4640 \times 10^3 = 0.35 (A_c) (25) + 0.67 \left(\frac{A_c}{100} \right) (360)$$

$$\rightarrow A_c = 415696.1 \text{ mm}^2 \rightarrow A_s = \frac{415696.1}{100} = 4156.9 \text{ mm}^2$$

* For Square Section.

18 ϕ 18

$$b = \sqrt{A_c} = \sqrt{415696.1} = 644.7 \text{ mm} \quad \text{Take } \boxed{b = 650 \text{ mm}}$$



* For Rectangular Section.

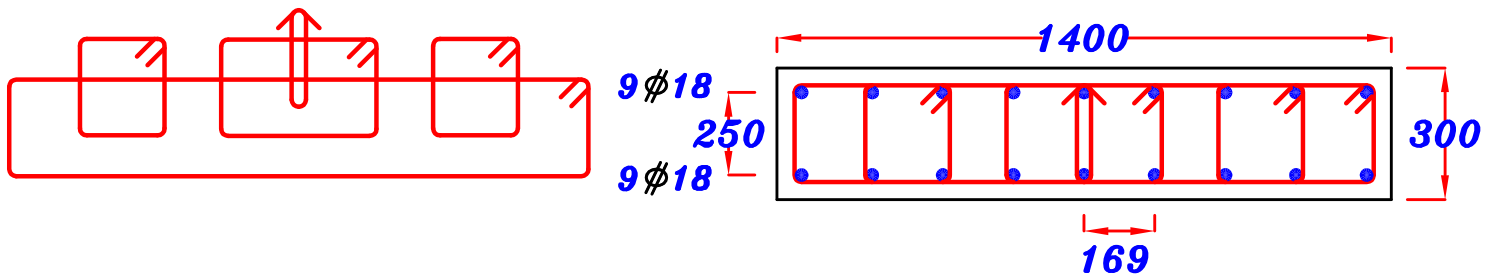
$$A_c = 415696.1 \text{ mm}^2 \quad \text{Take } b = 250 \text{ mm}$$

$$\rightarrow t = \frac{A_c}{b} = \frac{415696.1}{250} = 1662.7 \text{ mm}$$

$t > 5b \longrightarrow \text{Increase } b \text{ (take } t = 4b \text{)}$

$$b * t = b * 5b = 415696.1 \xrightarrow{\text{get}} b = 288 \xrightarrow{\text{take}} \boxed{b = 300 \text{ mm}}$$

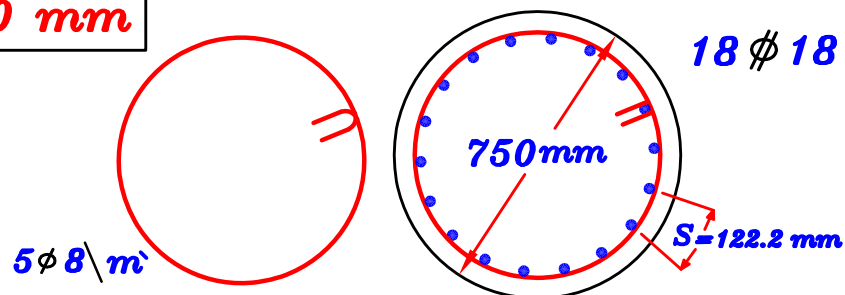
$$t = \frac{A_c}{b} = \frac{415696.1}{300} = 1385.6 \text{ mm} \quad \boxed{t = 1400 \text{ mm}}$$



* For Circular Section. $A_c = 415696.1 \text{ mm}^2$

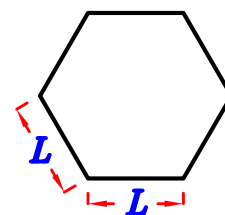
$$A_c = \frac{\pi D^2}{4} \xrightarrow{\text{Get}} D = \sqrt{\frac{4(415696.1)}{\pi}} = 727.5 \text{ mm}$$

Take $\boxed{D = 750 \text{ mm}}$

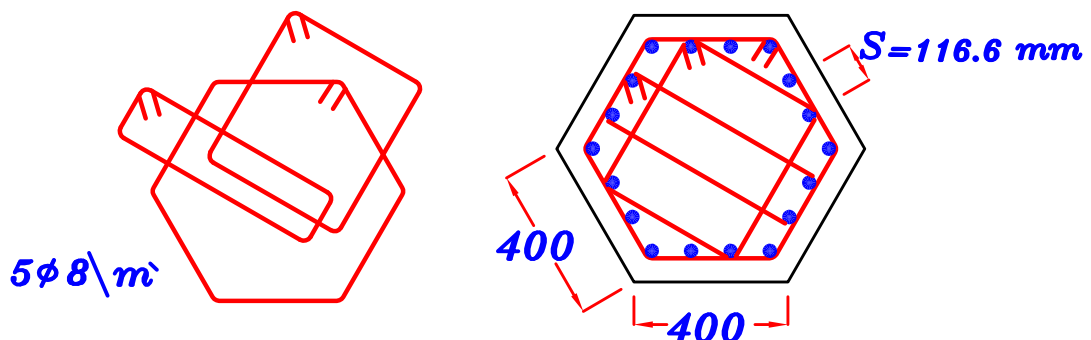


* For Hexagon Section.

$$\text{Area of hexagon} = 1.5 * \sqrt{3} * L^2$$



$$A_c = 415696.1 = 1.5 * \sqrt{3} * L^2 \longrightarrow \boxed{L = 400 \text{ mm}}$$



Type ②

Given : $P_{D.L.}$, $P_{L.L.}$, F_{cu} , F_y , A_c

Req : Design The Sec. (Get A_s)

Solution :

$$P_{U.L.} = 1.4 (D.L.) + 1.6 (L.L.) = \checkmark N$$

$$P_{U.L.} = 0.35 A_c F_{cu} + 0.67 A_s F_y$$

$$\xrightarrow{\text{Get}} A_s = \checkmark \text{ mm}^2 \quad \xrightarrow{\text{Get}} \mu = \frac{A_s}{A_c}$$

$$\text{Check } \mu_{min} = 0.8 \% A_{c(\text{required})} \text{ OR } 0.6 \% A_{c(\text{chosen})}$$

$$\text{IF } \mu < 0.6 \% \quad \text{Take } \mu = 0.6 \%$$

$$\text{IF } 0.6 \% < \mu < 0.8 \% \quad \text{Take } \mu = 0.8 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Check } \mu_{max} &= 4 \% \text{ Interior col.} \\ &5 \% \text{ Edge col.} \\ &6 \% \text{ Corner col.} \end{aligned}$$

$$\text{IF } \mu > \mu_{max} \xrightarrow{\text{Take}} \mu = \mu_{max} \xrightarrow{\text{Get}} A_{c_{new}}$$

$$A_s = \mu_{max} * A_{c_{new}}$$

$$P_{U.L.} = 0.35 A_{c_{new}} F_{cu} + 0.67 (\mu_{max} A_{c_{new}}) F_y$$

$$\xrightarrow{\text{Get}} A_{c_{new}} = \checkmark \text{ mm}^2 \quad \xrightarrow{\text{Get}} A_s = \mu_{max} * A_{c_{new}} = \checkmark \text{ mm}^2$$

Example.

Data.

$$F_{cu} = 25 \text{ N/mm}^2, \text{ st. } 360/520$$

$$P_{D.L.} = 1500 \text{ kN}, \quad P_{L.L.} = 1000 \text{ kN}$$

Req. Design an interior Column.

IF the column, (450×1100)

(450×700)

(450×400)

Solution. $P_{U.L.} = 1.4 (1500) + 1.6 (1000) = 3700 \text{ kN}$

* For Column. (450×1100)

$$A_c = 450 \times 1100 = 495000 \text{ mm}^2$$

$$\therefore P_{U.L.} = 0.35 A_c F_{cu} + 0.67 A_s F_y$$

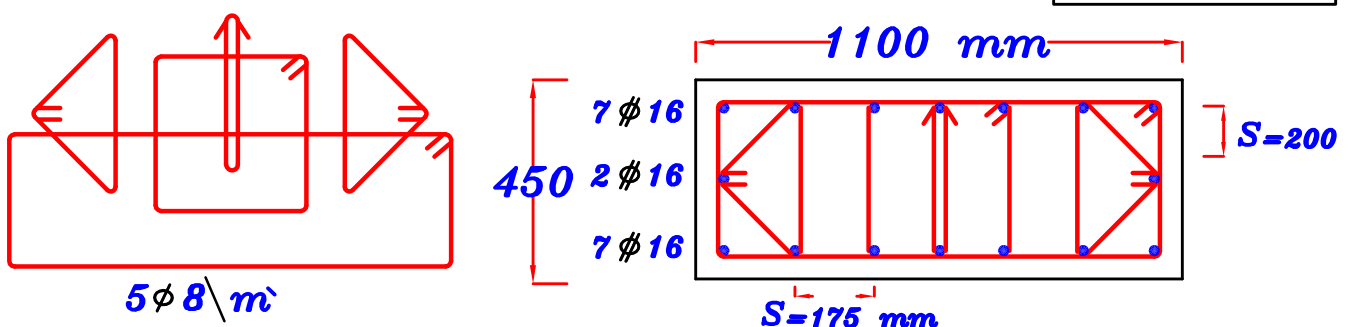
$$\therefore 3700 \times 10^3 = 0.35 (495000) (25) + 0.67 A_s (360)$$

$$\therefore A_s = -2617.1 \text{ mm}^2$$

$$\therefore \mu = \frac{A_s}{A_c} = \frac{-2617.1}{495000} = -0.0052 = -0.52 \% < 0.6 \%$$

$$\therefore \text{Take } \mu = 0.6 \% \rightarrow A_s = \frac{0.6}{100} \times 495000 = 2970 \text{ mm}^2$$

16 ϕ 16



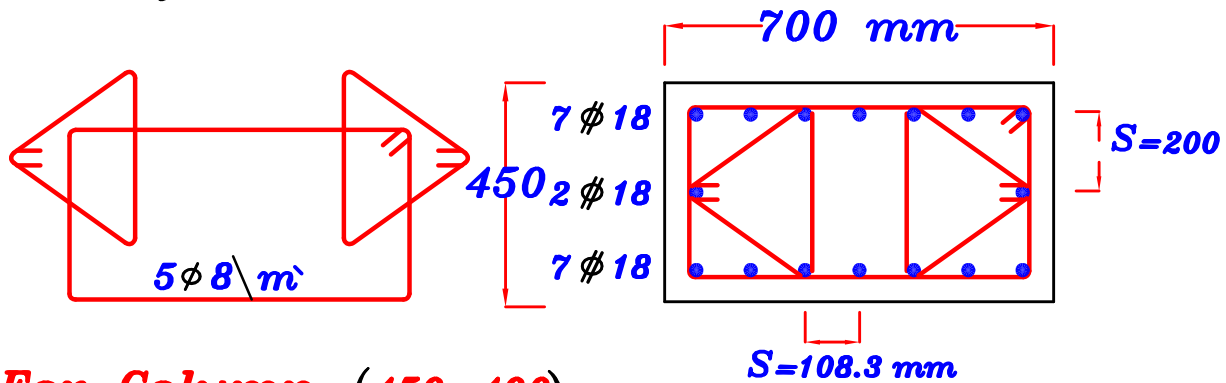
*** For Column. (450*700)** $A_c = 450 * 700 = 315000 \text{ mm}^2$

$$\therefore P_{U.L.} = 0.35 A_c F_{cu} + 0.67 A_s F_y$$

$$\therefore 3700 * 10^3 = 0.35 (315000) (25) + 0.67 A_s (360)$$

$$\therefore A_s = 3912.7 \text{ mm}^2 \quad \boxed{16 \phi 18}$$

$$\therefore \mu = \frac{A_s}{A_c} = \frac{3912.7}{315000} = 0.0124 = 1.24 \% \therefore \mu_{min} < \mu < \mu_{max}$$



*** For Column. (450*400)** $A_c = 450 * 400 = 180000 \text{ mm}^2$

$$\therefore P_{U.L.} = 0.35 A_c F_{cu} + 0.67 A_s F_y$$

$$\therefore 3700 * 10^3 = 0.35 (180000) (25) + 0.67 A_s (360)$$

$$\therefore A_s = 8810.1 \text{ mm}^2 \therefore \mu = \frac{A_s}{A_c} = \frac{8810.1}{180000} = 0.0489 = 4.89 \%$$

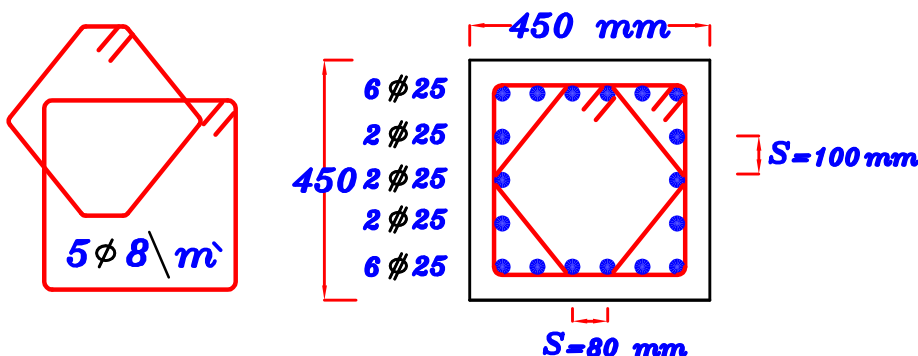
$$\therefore \mu > \mu_{max} \therefore \text{Take } \mu = \mu_{max} = 4.0 \% \therefore A_s = \mu_{max} * A_{c_{new}} = \frac{4.0}{100} * A_{c_{new}}$$

$$\therefore P_{U.L.} = 0.35 A_{c_{new}} F_{cu} + 0.67 \left(\frac{4.0}{100} \right) * A_{c_{new}} F_y$$

$$\therefore 3700 * 10^3 = 0.35 (A_{c_{new}}) (25) + 0.67 \left(\frac{4.0}{100} \right) * A_{c_{new}} (360)$$

$$\therefore A_{c_{new}} = 201108.8 \text{ mm}^2 \rightarrow (450 * 450)$$

$$A_s = \frac{4.0}{100} * 201108.8 = 8044.35 \text{ mm}^2 \quad \boxed{18 \phi 25}$$

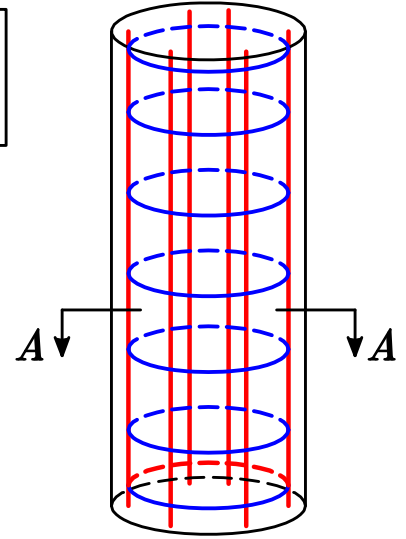
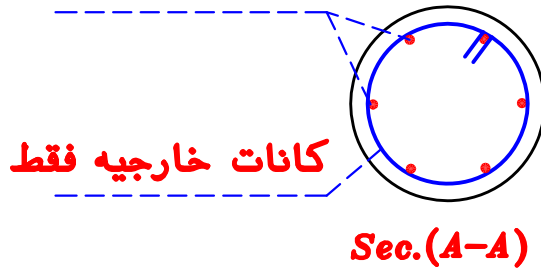


① Circular column with tied stirrups.

عمود دائري ذو كانات دائرية منفصلة

$$P_{u.L.} = 0.35 A_c F_{cu} + 0.67 A_s F_y$$

min. no. of
bars is 6 bars



② Spiral Column. عمود دائري ذو كانات حلزونية

$$P_{u.L.} = 0.35 A_k F_{cu} + 0.67 A_s F_y + 1.38 V_{sp} F_{yp}$$

Cover = 30 mm

$$A_k = \frac{\pi D_k^2}{4}$$

مساحة قلب القطاع الخرساني المحدد
بدائره الكانه الحلزونية

$$V_{sp} = (\pi A_{sp} D_k) / P$$

نسبه حجم الحديد في الدوره الواحده

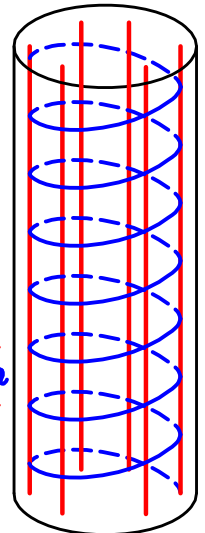
$$A_{sp} =$$

مساحه مقطع الكانه الحلزونية

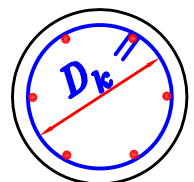
$$F_{yp} = 360 \text{ N/mm}^2$$

لحديد الكانه F_y

$$P = (30-80) \text{ mm}$$



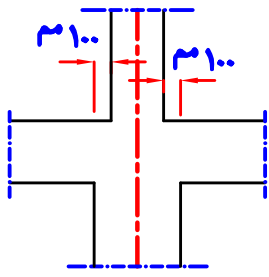
or
$$P_{u.L.} = 1.14 (0.35 A_c F_{cu} + 0.67 A_s F_y)$$



ملحوظات على تغيير أبعاد الأعمدة و وصلات الأشير.

① نعمل تصميم لقطاع العمود كل طابقين .

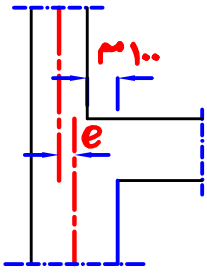
② نعمل تصميم للأعمدة السفليه أولاً (التى تحمل أحمال أكبر) .



③ أكبر مسافه ممكن أن تقل فى العمود من جهتين هى ١٠٠ مم

و هذا حتى لا يكون هناك فرق كبير فى ال *Stiffness*

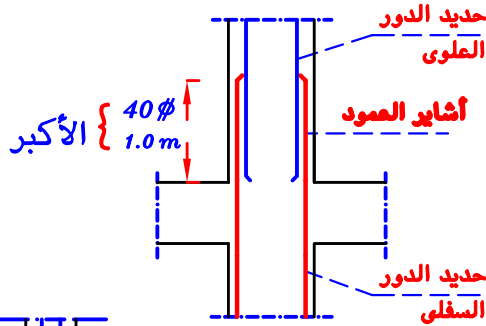
بين الأعمده . (عملياً لا تقل أكثر من ٥٠ مم من كل جهه)



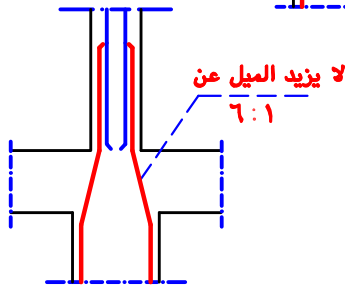
④ أكبر مسافه ممكن أن تقل فى العمود من جهه واحده هى ١٠٠ مم

و هذا حتى لا يكون هناك *Eccentricity (e)* كبيره على العمود

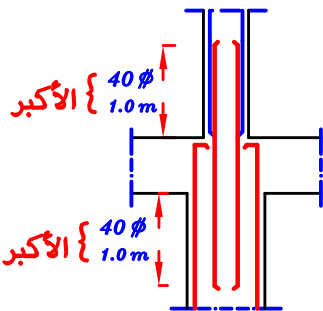
و إلا إضطررنا أن نصمم العمود على M, N .



⑤ طول أشاير الأعمده = الأكبر من $\left\{ \begin{matrix} 40 \phi \\ 1.0 m \end{matrix} \right\}$



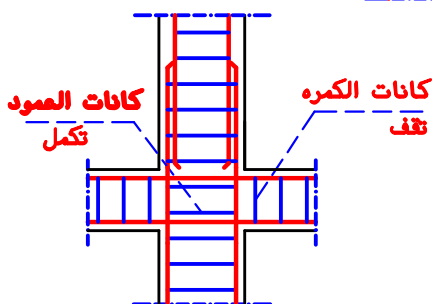
⑥ يجب أن لا يزيد ميل أسياخ الحديد عن ٦:١



⑦ إذا زاد ميل أسياخ الحديد عن ٦:١

يجب أن نوقف أسياخ الحديد السفلى و نعمل

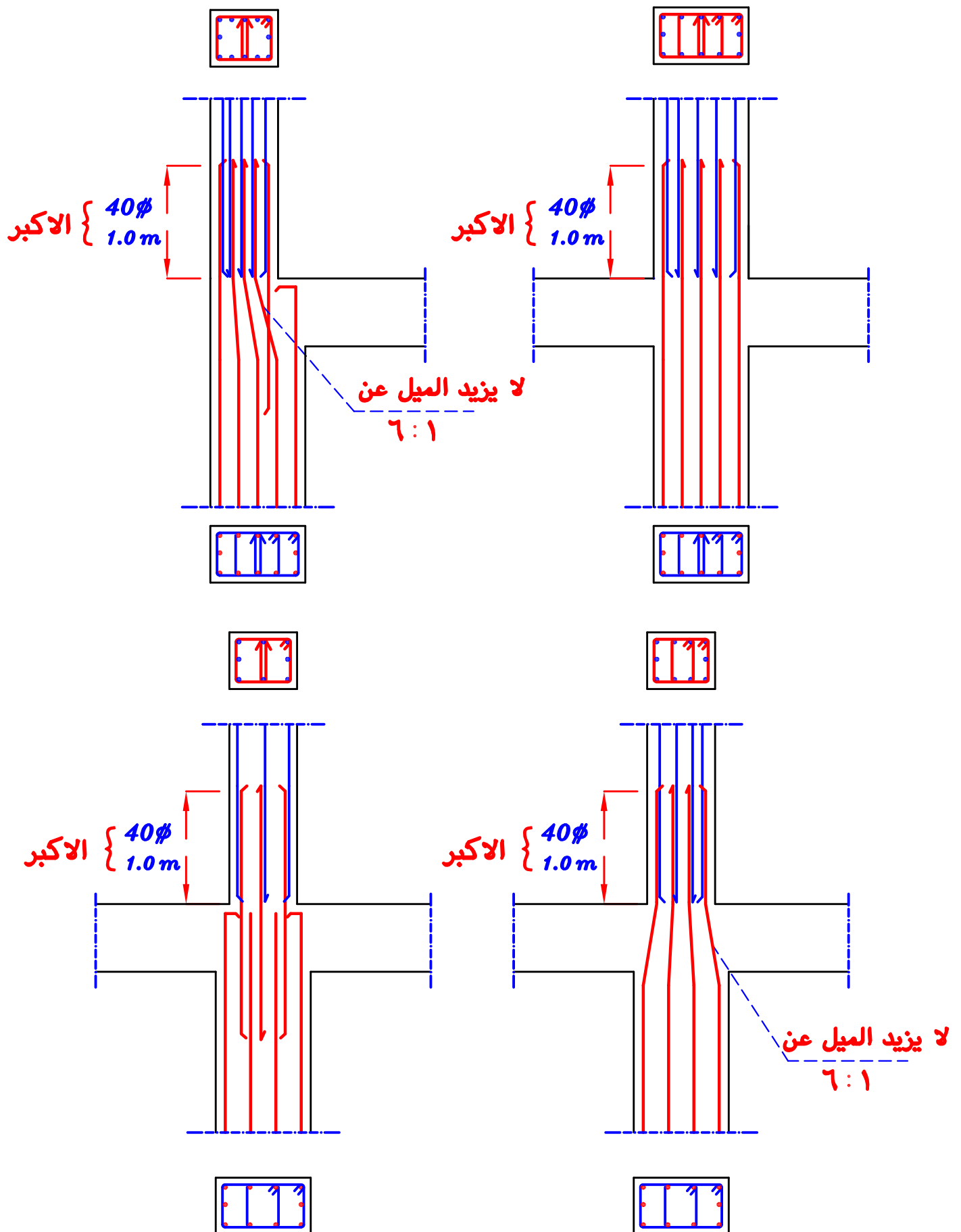
أشاير للعمود كما هو موضح بالشكل .



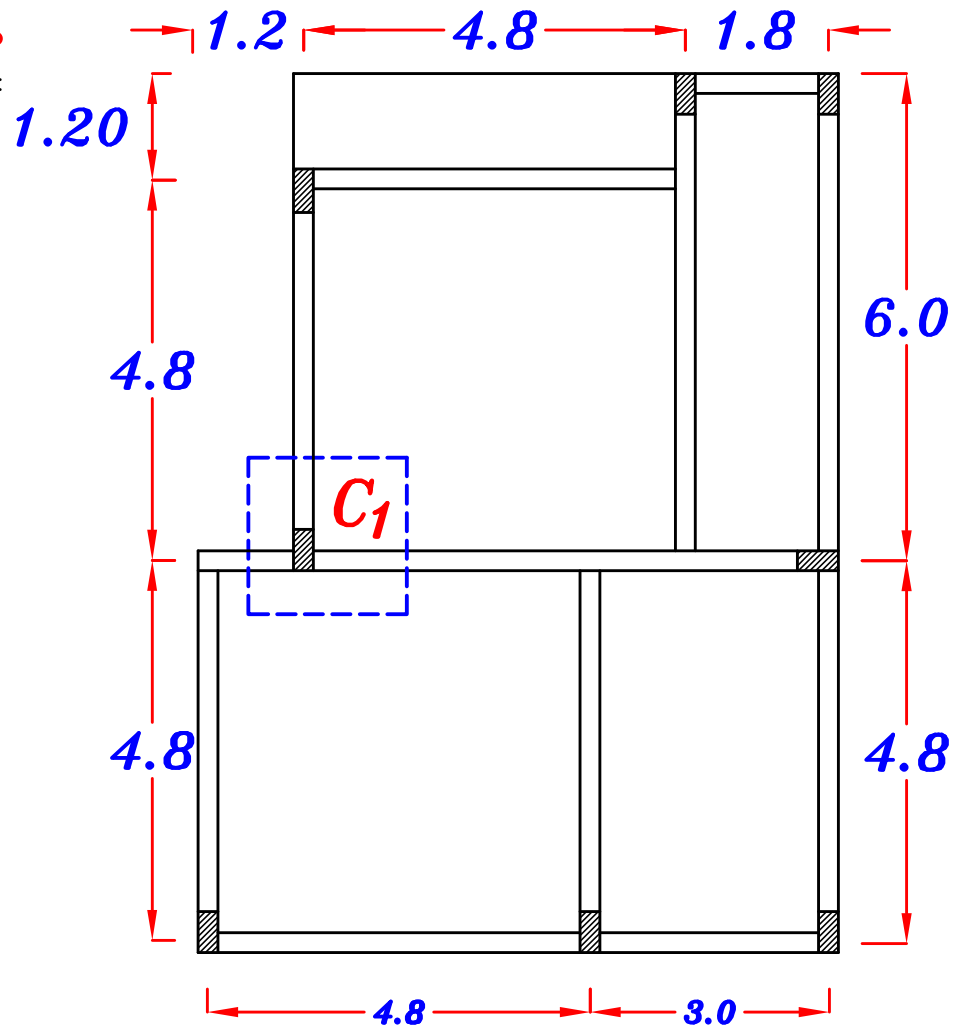
⑧ فى منطقه تقاطع العمود و الكمره

كانات العمود تكمل و كانات الكمره تقف .

The Connection between the column & the beam.



Example.



Data:

The given Figure shows the structural plan For a residential building which consists of ground Floor & three typical Floors.

Height of each Floor = **2.85 m**

All beams (**250 * 700**)

$t_s = 120$ mm

Average weight of Floor cover + walls = **5.0** kN/m²

Live Load = **4.0** kN/m²

$F_{cu} = 25$ N/mm²

st. **360/520**

Req.

It is required to design the column C_1 and draw its details of reinforcement in elevation (**Scale 1:25**) and Cross-Sections (**Scale 1:10**)

$$o.w. \text{ of Beams.} = b t \delta_c$$

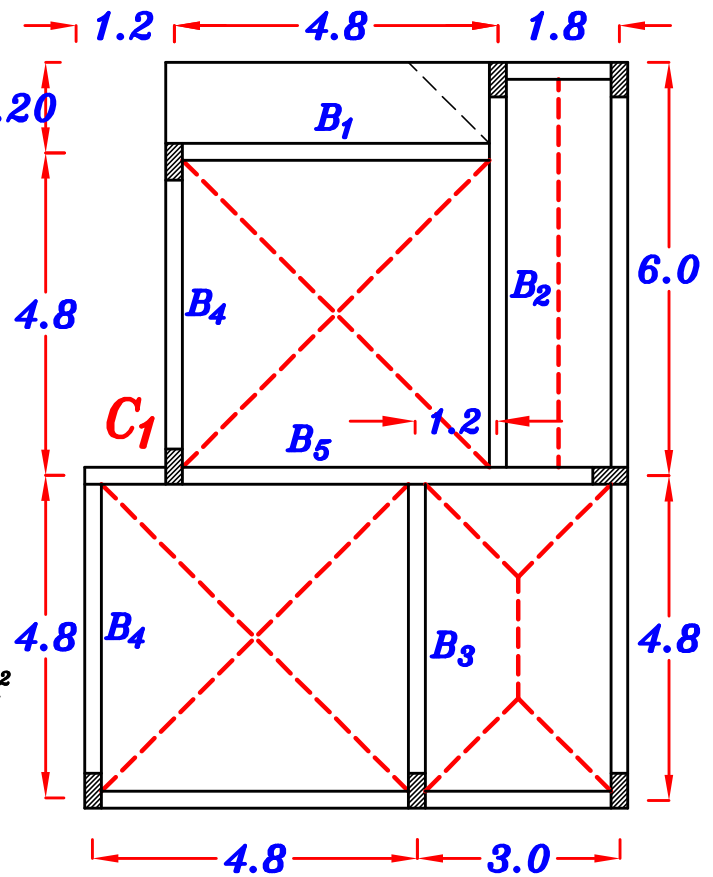
$$= (0.25) (0.7) (25) = 4.375 \text{ kN/m}$$

w_s

$$w_s = t_s * \delta_c + F.C. + L.L.$$

$$w_s = 0.12 * 25 + 5.0 + 4.0 = 12.0 \text{ kN/m}^2$$

$$w_s = 12.0 \text{ kN/m}^2$$



B_1

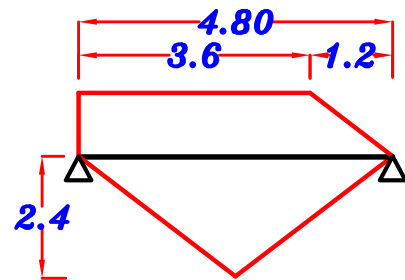
$$\frac{\sum \text{area}}{\text{span}} = \frac{\left(\frac{3.6+4.8}{2.0}\right) (1.2)}{4.80} = 1.05$$

$$w_a = o.w. + \frac{\sum \text{area}}{\text{span}} * w_s + C_a w_s \frac{L_s}{2}$$

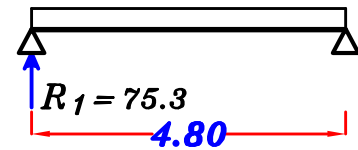
$$= 4.375 + (1.05) (12.0) + (0.5) (12.0) \left(\frac{4.8}{2}\right)$$

$$= 31.375 \text{ kN/m}$$

$$R_1 = 75.3 \text{ kN}$$



$$31.375 \text{ kN/m}$$



B_2

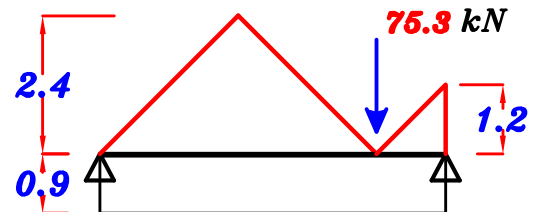
$$\frac{\sum \text{area}}{\text{span}} = \frac{\frac{1}{2} (4.8) (2.4) + \frac{1}{2} (1.2) (1.2)}{6.0} = 1.08$$

$$w_a = o.w. + \frac{\sum \text{area}}{\text{span}} * w_s + w_s \frac{L_s}{2}$$

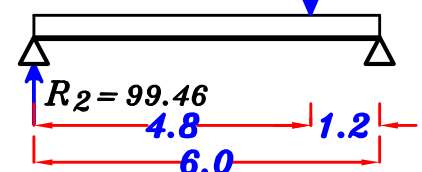
$$= 4.375 + (1.08) (12.0) + (12.0) \left(\frac{1.8}{2}\right)$$

$$= 28.135 \text{ kN/m}$$

$$R_2 = 99.46 \text{ kN}$$



$$28.135 \text{ kN/m}$$



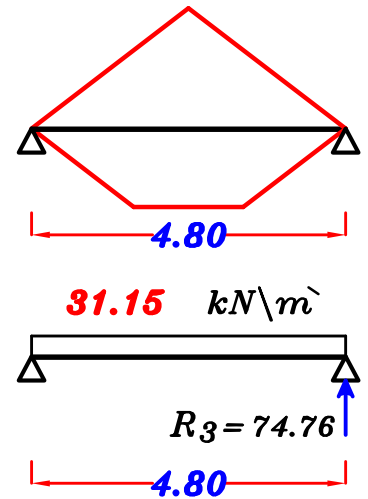
B₃

For Triangle $C_a = \frac{1}{2}$

For Trapezoid $C_a = 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{L_s}{L} \right) = 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{3.0}{4.8} \right) = 0.6875$

$$\begin{aligned}
 W_a &= o.w. + C_a w_s \frac{L_s}{2} + C_a w_s \frac{L_s}{2} \\
 &= 4.375 + (0.5)(12.0) \left(\frac{4.8}{2} \right) + (0.6875)(12.0) \left(\frac{4.8}{2} \right) \\
 &= 31.15 \text{ kN}\backslash\text{m}
 \end{aligned}$$

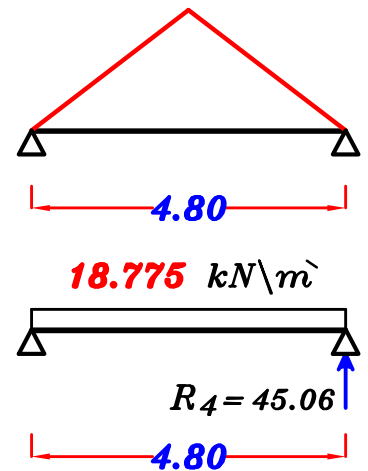
$$R_3 = 74.76 \text{ kN}$$



B₄

$$\begin{aligned}
 W_a &= o.w. + C_a w_s \frac{L_s}{2} = 4.375 + (0.5)(12.0) \left(\frac{4.8}{2} \right) \\
 &= 18.775 \text{ kN}\backslash\text{m}
 \end{aligned}$$

$$R_4 = 45.06 \text{ kN}$$



B₅

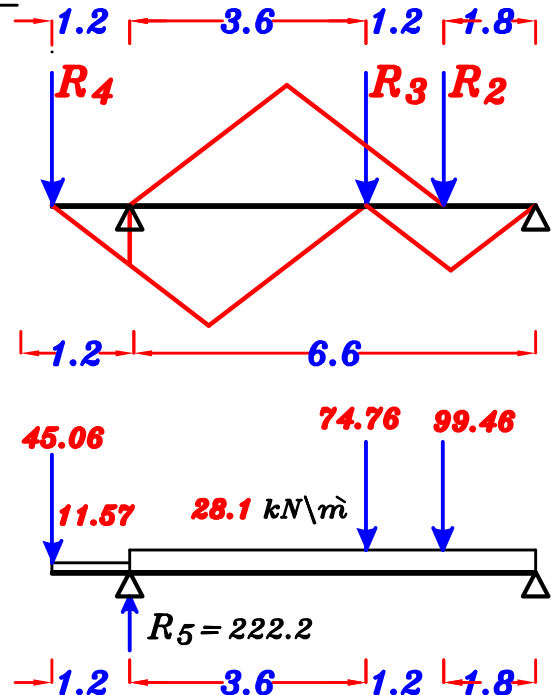
$$\begin{aligned}
 \frac{\sum \text{area}}{\text{span}} &= \frac{\frac{1}{2}(4.8)(2.4) + \left[\frac{1}{2}(4.8)(2.4) - \frac{1}{2}(1.2)(1.2) \right] + \frac{1}{2}(3.0)(1.5)}{6.60} \\
 &= 1.977
 \end{aligned}$$

$$W_1 = o.w. + \frac{\sum \text{area}}{\text{span}} * w_s$$

$$= 4.375 + (1.977)(12.0) = 28.1 \text{ kN}\backslash\text{m}$$

$$\begin{aligned}
 W_2 &= o.w. + C_a w_s L_c \\
 &= 4.375 + (0.5)(12.0)(1.20) \\
 &= 11.57 \text{ kN}\backslash\text{m}
 \end{aligned}$$

$$R_5 = 222.2 \text{ kN}$$



Take o.w. (Column) = 10 % of the load From one Floor

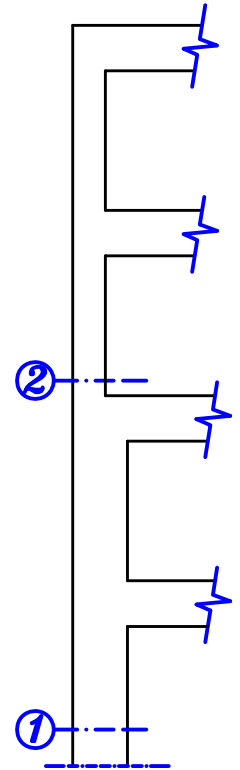
$$= \frac{R_4 + R_5}{10} = \frac{45.06 + 222.2}{10} = \mathbf{26.7 \text{ kN}}$$

∴ Load on the Column (**C₁**) From one Floor

$$= R_4 + R_5 + \text{o.w. (Column)}$$

$$= 45.06 + 222.2 + 26.7$$

$$= \mathbf{293.96 \text{ kN}}$$



نعمل تصميم لقطاع العمود كل طابقين
و نعمل تصميم للأعمدة السفليه أولاً (التي تحمل أحمال أكبر)

Sec. ①

$$P = 293.96 * 4.0 = 1175.84 \text{ kN}$$

$$\therefore P_{U.L.} = 1175.84 * 1.5 = 1763.76 \text{ kN}$$

$$\therefore P_{U.L.} = 0.35 A_c F_{cu} + 0.67 A_s F_y \rightarrow \text{Take } \mu = 1.0 \%$$

$$\rightarrow \text{Take } \mu = \mathbf{1.0 \%} \rightarrow A_s = \frac{A_c}{100}$$

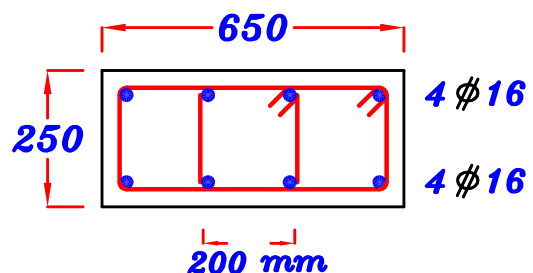
$$\therefore 1763.76 * 10^3 = 0.35 (A_c) (25) + 0.67 \left(\frac{A_c}{100} \right) (360)$$

$$\rightarrow A_c = \mathbf{158014.69 \text{ mm}^2} \text{ Take } \boxed{b = 250 \text{ mm}}$$

$$\therefore t = \frac{A_c}{b} = \frac{158014.69}{250} = 632.06 \text{ mm} \text{ Take } \boxed{t = 650 \text{ mm}}$$

$$A_s = \frac{158014.69}{100} = 1580.14 \text{ mm}^2$$

8 ϕ 16



Sec. ②

لا نستطيع أن نقلل عرض العمود من جهة واحدة عن ١٠٠ مم

$$\therefore \text{Take the Sec. } (250 * 550) \therefore A_c = 137500 \text{ mm}^2$$

$$P = 293.96 * 2.0 = 587.92 \text{ kN}$$

$$\therefore P_{U.L.} = 587.92 * 1.5 = 881.88 \text{ kN}$$

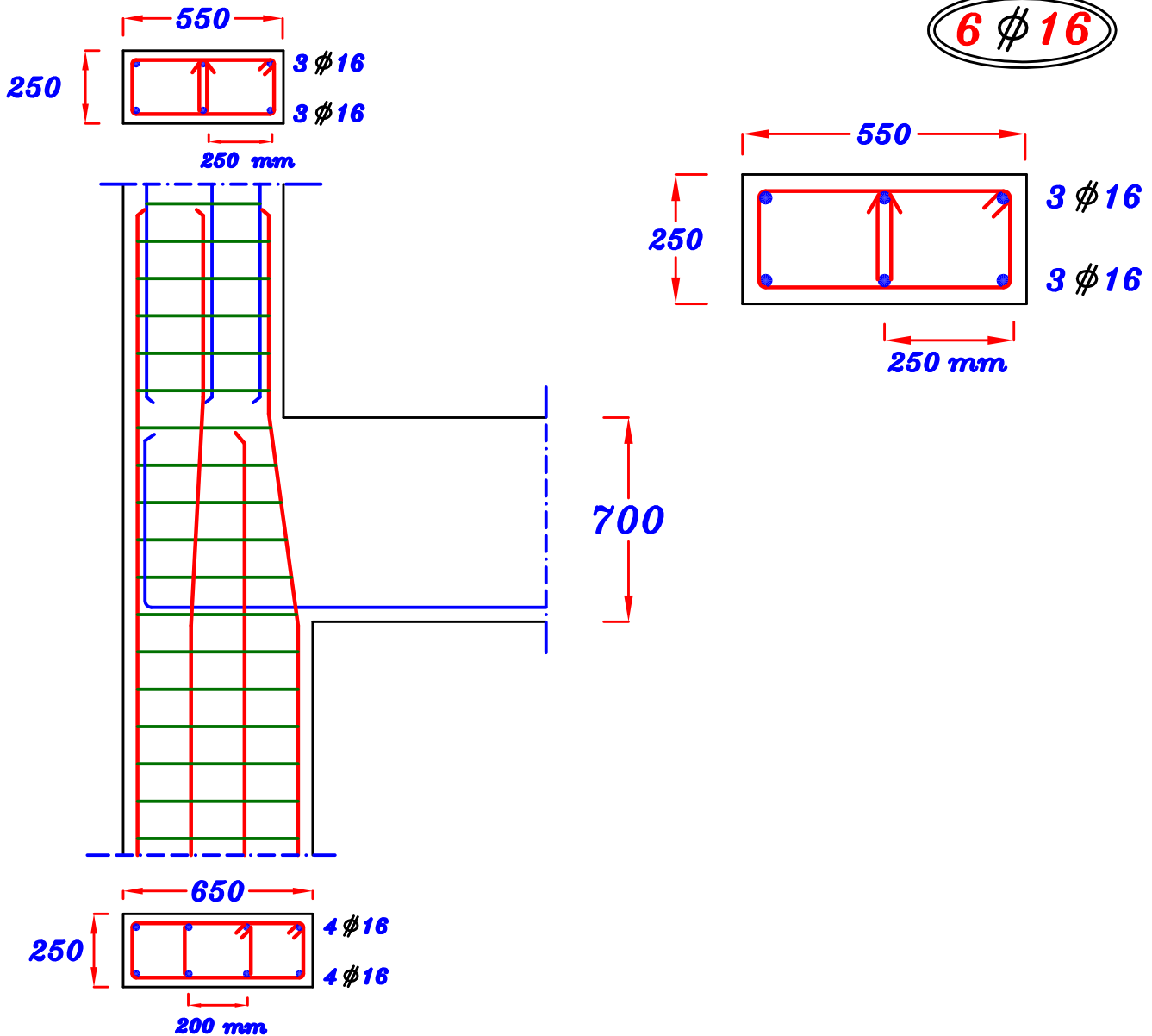
$$\therefore P_{U.L.} = 0.35 A_c F_{cu} + 0.67 A_s F_y$$

$$\therefore 881.88 * 10^3 = 0.35 (137500) (25) + 0.67 A_s (360)$$

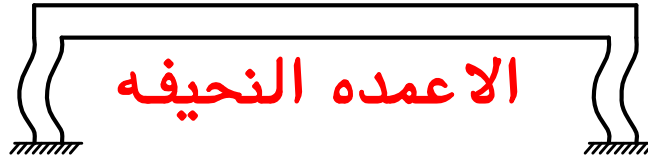
$$\therefore A_s = -1331.86 \text{ mm}^2$$

$$\therefore \mu = \frac{A_s}{A_c} = \frac{-1331.86}{137500} = -0.0096 = -0.96 \% < 0.6 \%$$

$$\therefore \text{Take } \mu = 0.6 \% \rightarrow A_s = \frac{0.6}{100} * 137500 = 825 \text{ mm}^2$$



Long Columns.

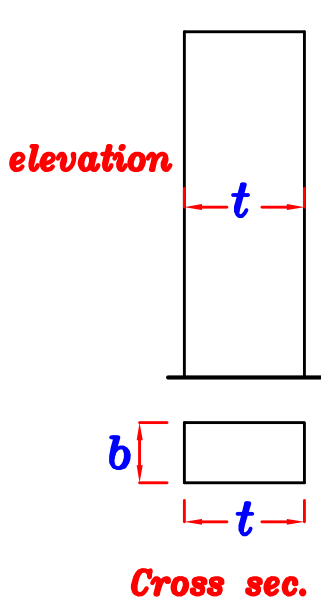


For Unbraced Column. IF $10 < \lambda_b < 23$ } The column will be
For Braced Column. IF $15 < \lambda_b < 30$ } Long Column

الاعمده النحيفه (**Long columns**) هى اعمده إذا تعرضت إلى قوى ضغط محوريه يحدث لها انبعاج (**Buckling**) .

و هذا الانبعاج ينتج عنه إجهادات ضغط و شد مثل العزوم تماما .

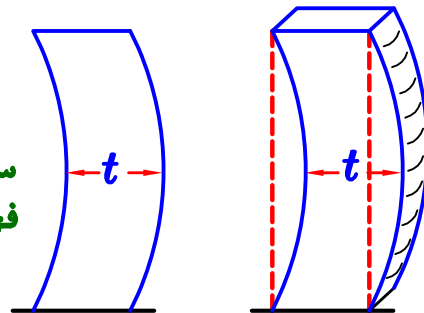
فنعتبر أن العمود النحيف يؤثر عليه عزم إضافي (**additional moment**) ($M_{add.}$)



إذا رسم عمود فى الورقه فى ال elevation بحيث ظهر عرض العمود (t) و لم يظهر العرض (b)

Buckling In plane.

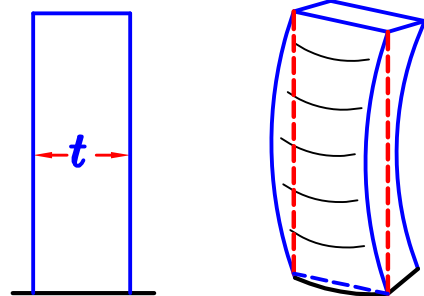
سيظهر الانبعاج فى ال elevation



إذا حدث انبعاج فى نفس مستوى الورقه التى نرسم عليها يسمى هذا الانبعاج **Buckling In plane**

Buckling Out of plane.

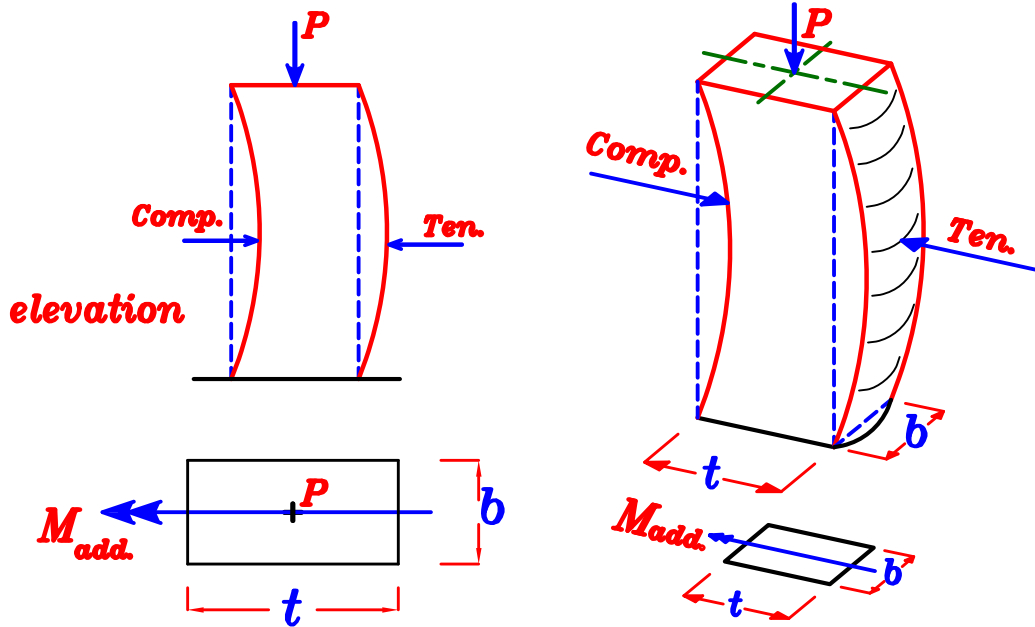
لن يظهر الانبعاج فى ال elevation



إذا حدث انبعاج فى اتجاه عمودى على مستوى الورقه التى نرسم عليها يسمى هذا الانبعاج **Buckling Out of plane**

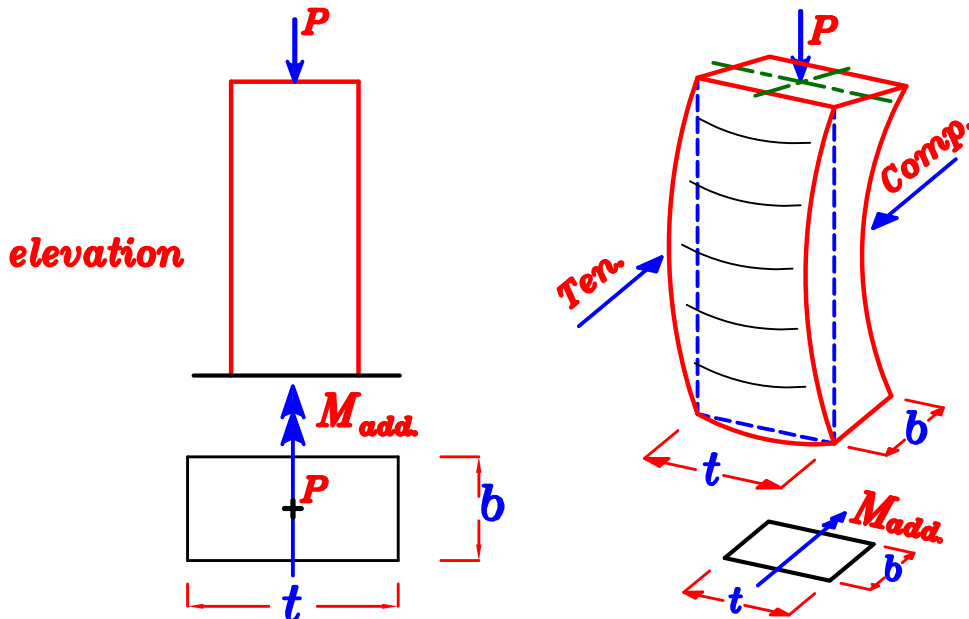
Buckling In plane.

يحدث الانبعاج فى نفس مستوى الورقه التى نرسم عليها .
و فى هذه الحاله سوف نرى الانبعاج فى ال *elevation*
و يكون العزم الناتج عن الانبعاج ($M_{add.}$) موازى للعرض الظاهر فى ال *elevation*



Buckling Out of plane.

يحدث الانبعاج فى اتجاه عمودى على مستوى الورقه التى نرسم عليها .
و فى هذه الحاله لن نرى الانبعاج فى ال *elevation*
و يكون العزم الناتج عن الانبعاج ($M_{add.}$) موازى للعرض الغير الظاهر فى ال *elevation*



Moment due to Buckling. ($M_{add.}$)

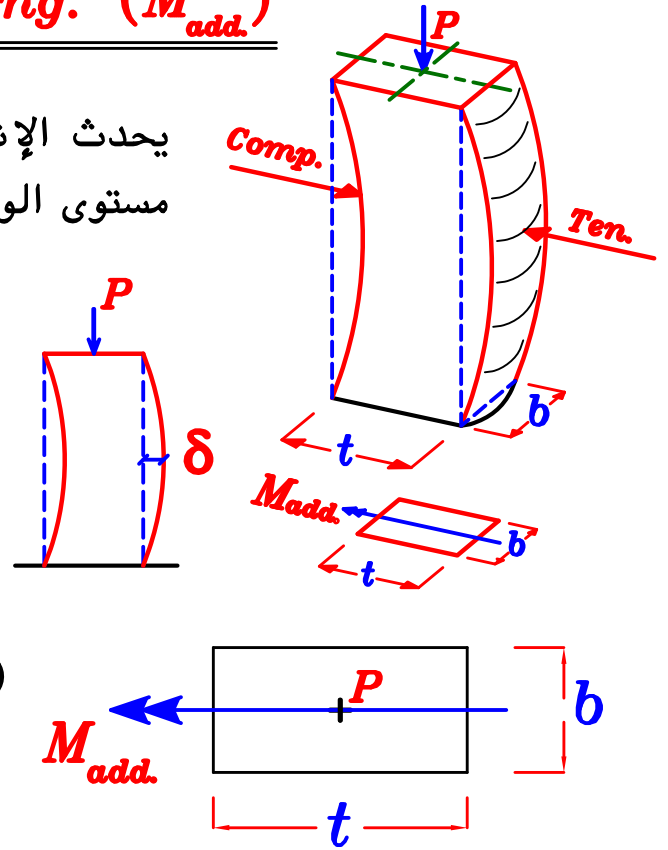
In plane.

يحدث الإنبعاج فى نفس
مستوى الورقه فيمكن رؤيته.

$$\delta = \frac{(\lambda_b)^2 * t}{2000} \quad (m)$$

t هو العرض الموازى لـ moment

$$M_{add.} = P_{(kN)} * \delta \quad (m) \quad (kN.m)$$



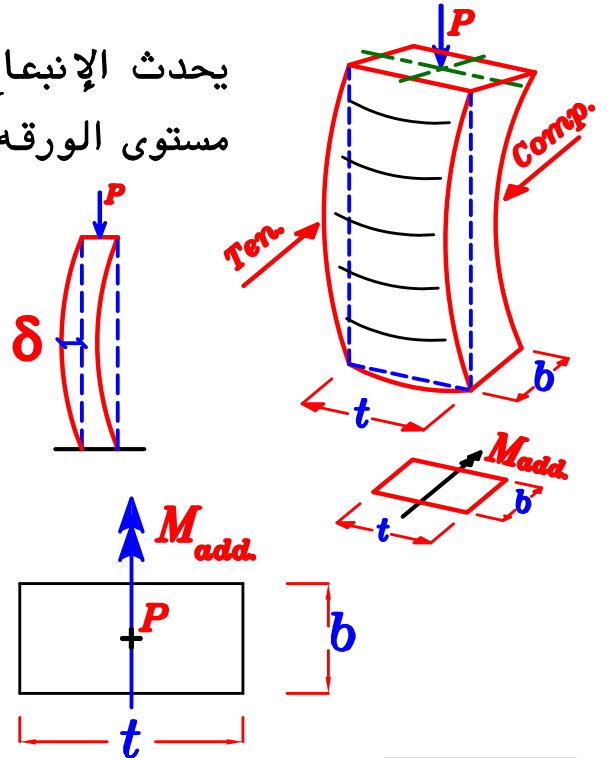
Out of plane.

يحدث الإنبعاج عمودى على
مستوى الورقه فلا يمكن رؤيته.

$$\delta = \frac{(\lambda_b)^2 * b}{2000} \quad (m)$$

b هو العرض الموازى لـ moment

$$M_{add.} = P_{(kN)} * \delta \quad (m) \quad (kN.m)$$



ملحوظه

لا يمكن حدوث Buckling للعمود فى الإتجاهين
لذا إذا وجدّ فى العمود الإتجاهان Long Column
نأخذ فقط الإتجاه الذى فيه λ أكبر.

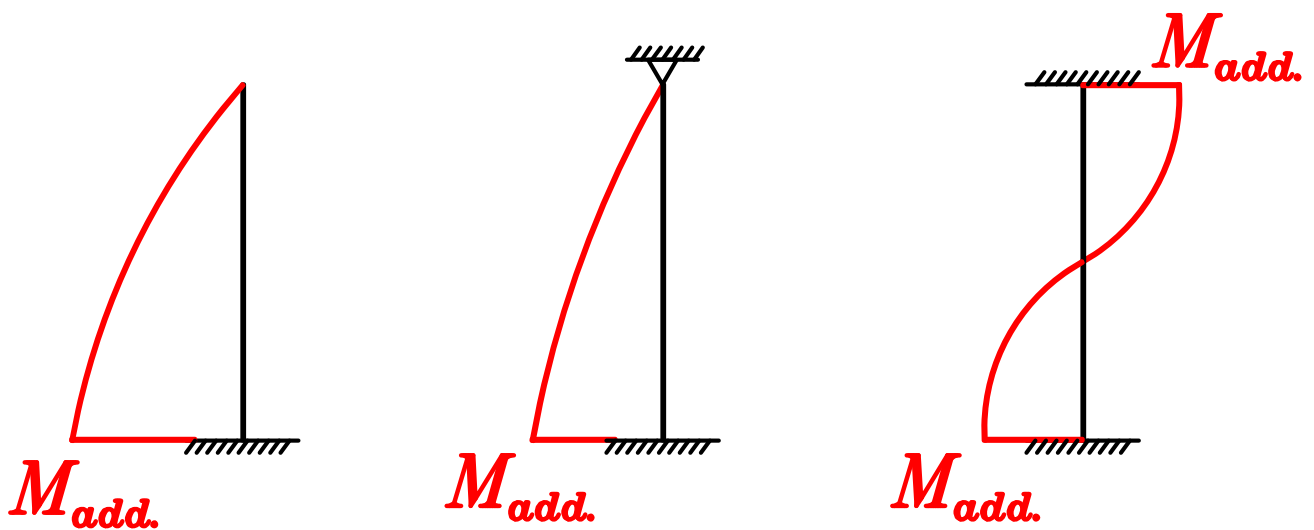
IF $M_{ext.}$ & $M_{add.}$ at the same direction.

$$M_{des.} = M_{ext.} + M_{add.}$$

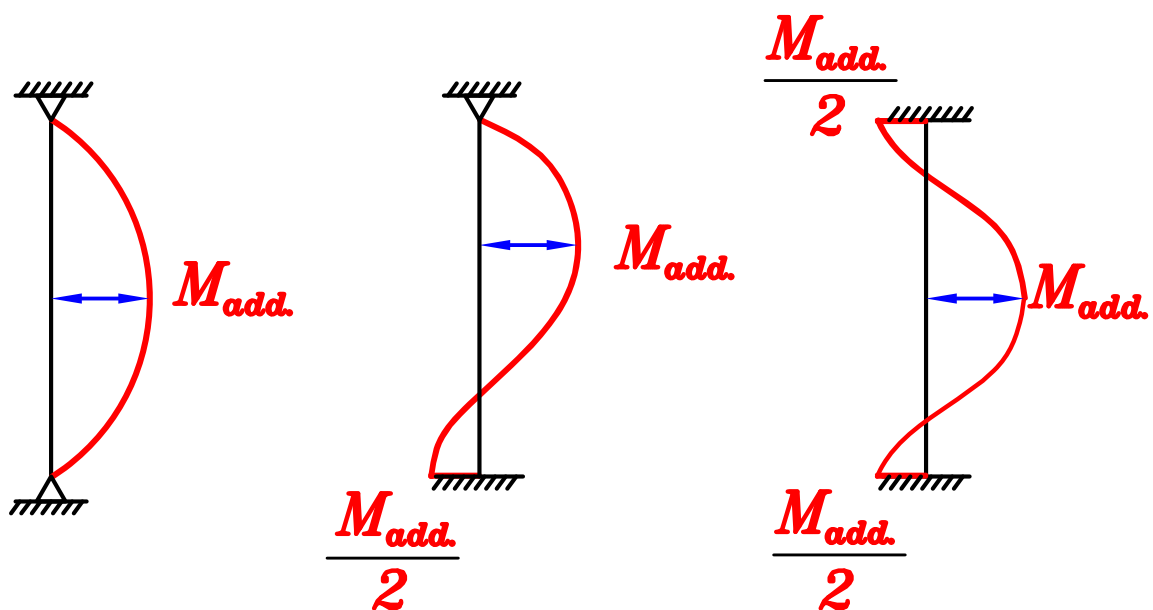
Where $M_{ext.}$ & $M_{add.}$

depends on the column end conditions.

UnBraced Columns.



Braced Columns.



Steps of design For Columns. ($P_U, M_{ext.}$) Given

- 1_ Determine, IF the column is braced or unbraced.
- 2_ Determine, the end conditions at top and bottom of the column. (i.e. Fixed, partially Fixed, hinged or Free) to get the Factor (K).
- 3_ Get the clear height of the column (H_o) and then calculate the effective height = $K * H_o$.
- 4_ Calculate the slenderness ratio (λ_b) For the two directions (In plane & Out of plane) To get, IF the Column is short or Long.
- 5_ For short column, $M_{add.} = \text{Zero}$ and Designed under P_U & $M_{ext.}$
- 6_ For Long column, calculate $M_{add.}$
 - * IF $M_{ext.}$ & $M_{add.}$ at the same direction.
 $\therefore M_{des.} = M_{ext.} + M_{add.}$
Design the Column under P_U & $M_{des.}$
 - * IF $M_{ext.}$ & $M_{add.}$ are perpendicular to each other
 \therefore Design the Column under double moment
 $P_U, M_{ext.}$ & $M_{add.}$
- 7_ Check the code requirements For concrete dimensions and steel bars.

RFT. of columns.

$$A_{s_{min}} = 0.6 \% A_{c_{chosen}} \\ = 0.8 \% A_{c_{req.}}$$

→ Short Column.

$$A_{s_{min}} = \mu_{min} * b * t$$

$$\mu_{min} = \frac{0.25 + 0.052 \lambda_{max}}{100}$$

→ Long Column.

$$\mu_{max} = \begin{array}{ll} 4 \% & \text{Interior col.} \\ 5 \% & \text{Edge col.} \\ 6 \% & \text{Corner col.} \end{array}$$

→ Short Column.
&
Long Column.

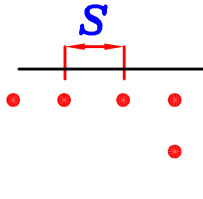
$$\min \phi = \phi 12$$

$$\max \phi = \phi 25$$

- أقل قطر للسيخ = ١٢ مم

- أكبر قطر للسيخ = ٢٥ مم

$$S \begin{array}{l} \times 250 \text{ mm} \\ \times 70 \text{ mm} \end{array}$$

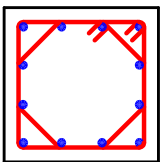


- أكبر مسافه بين سيخين متتاليين = ٢٥٠ مم

- أقل مسافه بين سيخين متتاليين = ٧٠ مم

- ممكن استخدام قطرين مختلفين فى العمود بشرط
أن يكونا متتاليان فى الجدول 12,16,18,20,22,25

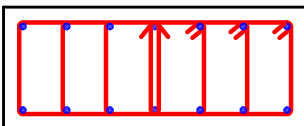
$$S > 150 \text{ mm}$$



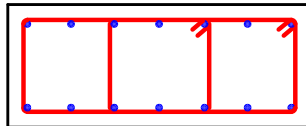
الكانات

يجب أن لا تزيد المسافه بين كل فرع كانه و آخر عن ٣٠٠ مم
أى أنه يجب ربط كل سيخين متتاليين بكانه
إذا كانت المسافه بينهم أكبر من ١٥٠ مم

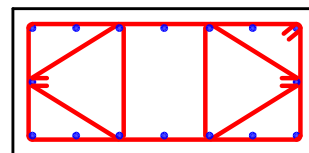
$$S > 150 \text{ mm}$$



$$S < 150 \text{ mm}$$



$$S < 150 \text{ mm}$$



$$S > 150 \text{ mm}$$

Buckling in Circular Columns.

Calculate the slenderness ratio (λ_b)

$$\lambda_b = \frac{K * H_o}{D}$$

D is the diameter of the column.

Unbraced column.

IF $\lambda_b \leq 8$

The column will be
Short Column.

IF $8 < \lambda_b \leq 18$

The column will be
Long Column.

IF $\lambda_b > 18$ $\xrightarrow[\text{Buckling}]{\text{Unsafe}}$ Increase D

Braced column.

IF $\lambda_b \leq 12$

The column will be
Short Column.

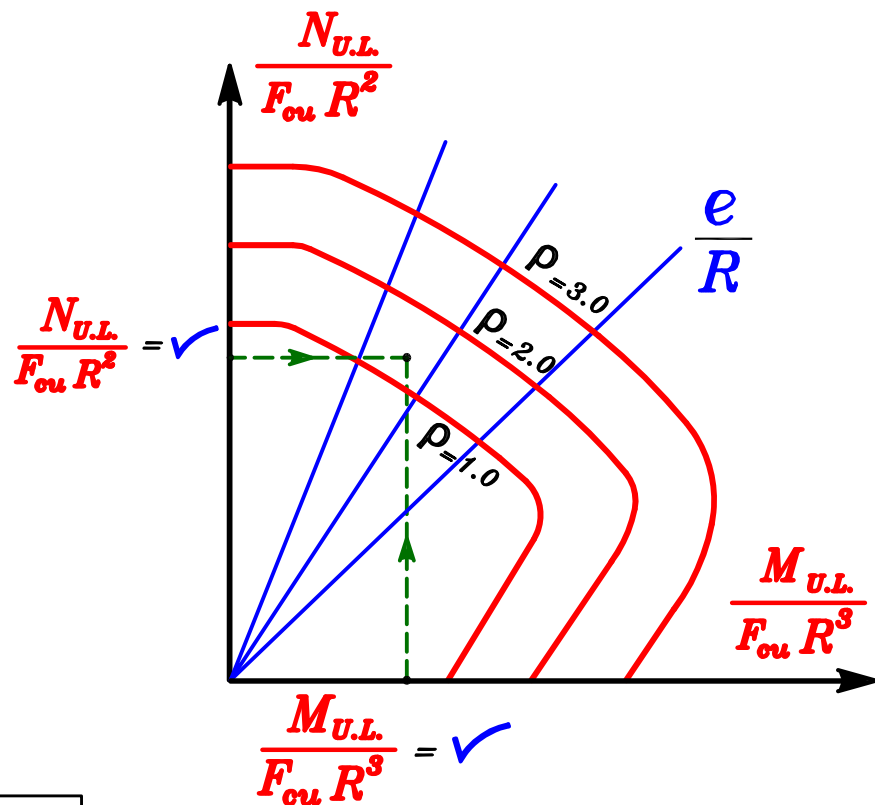
IF $12 < \lambda_b \leq 25$

The column will be
Long Column.

IF $\lambda_b > 25$ $\xrightarrow[\text{Buckling}]{\text{Unsafe}}$ Increase D

Design of Circular Sections subjected to (M,N).

Use I.D. ECCS Page (4-52) → (4-63)



$$\zeta = \frac{R - 30 \text{ mm}}{R}$$

بعد تحديد ال Curve بمعرفه كل من F_y , ζ

نحدد قيمه كل من $\frac{M_{U.L.}}{F_{cu} R^3}$ و $\frac{N_{U.L.}}{F_{cu} R^2}$

حيث ال R هو نصف قطر العمود ثم نحدد قيمه ρ كما هو موضح

$$\text{IF } \rho < 1.0 \xrightarrow{\text{Take}} \rho = 1.0$$

ثم نعوض فى المعادلات الآتية لتحديد قيمه $A_{S_{Total}}$

$$\mu = \rho * F_{cu} * 10^{-4}$$

$$A_{S_{Total}} = \mu * \pi * R^2$$

Example.

Data.

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

$$F_y = 360 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{U.L.} = 1800 \text{ kN}$$

$$b = 0.25 \text{ m}$$

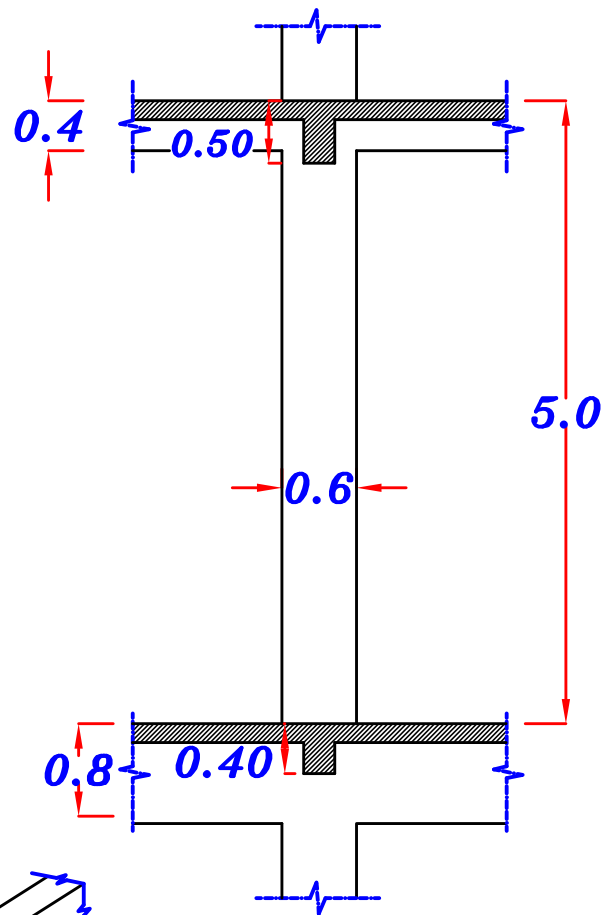
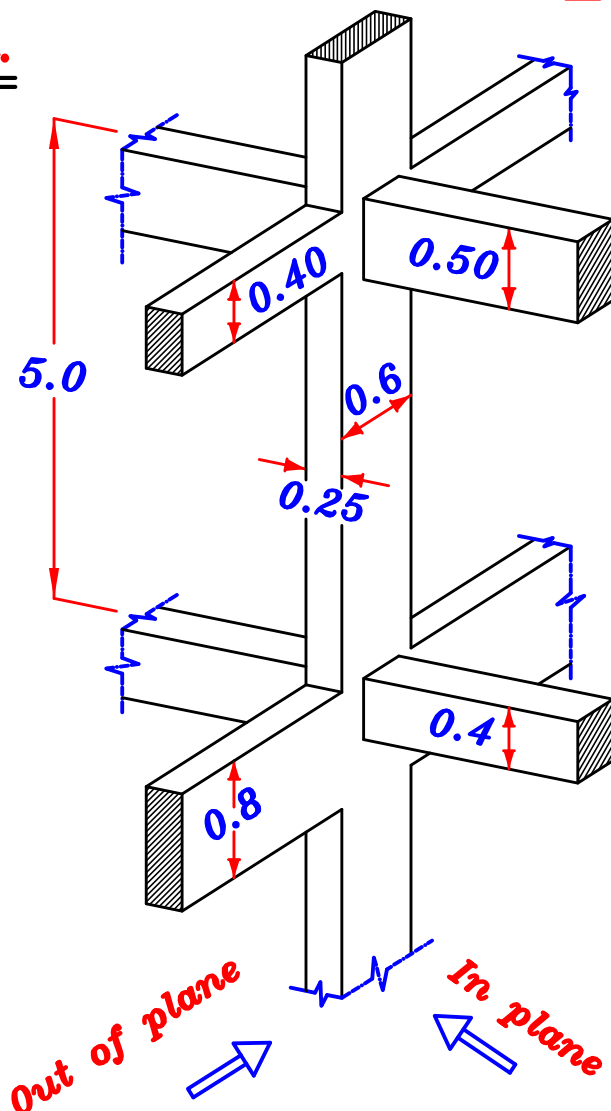
Floor Height = 5.0 m

Unbraced Col.

Req.

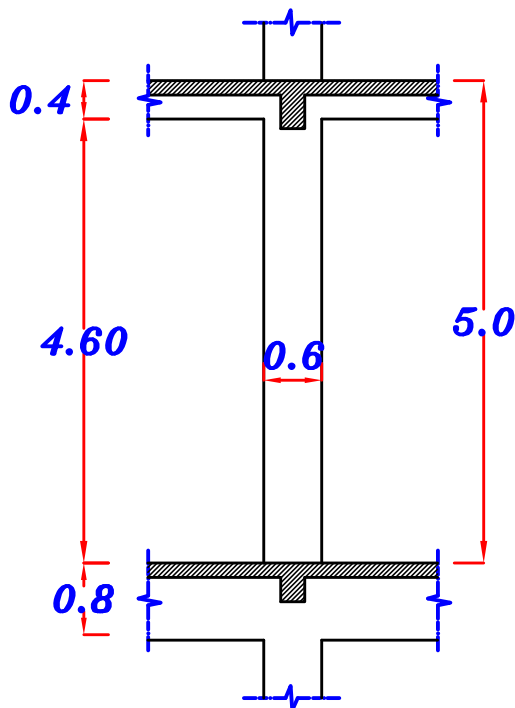
Design the column.

Solution.



Check Buckling.

① In plane.

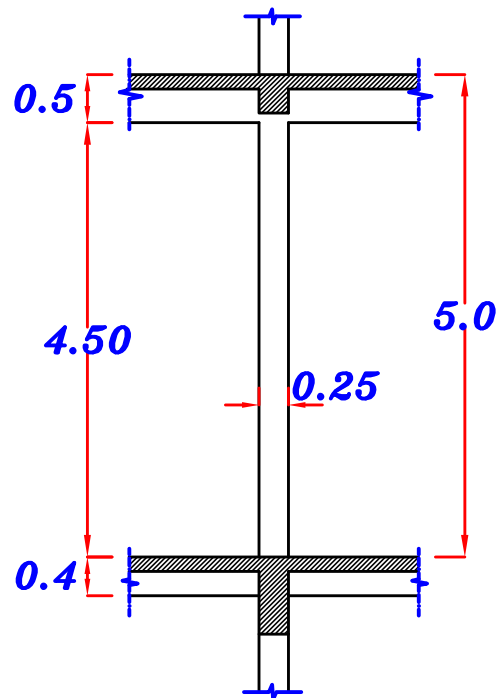


Upper Case ② } $k = 1.3$
Lower Case ① }

$$H_o = 4.60 \text{ m}$$

$$\lambda_b = \frac{1.3 * 4.6}{0.6} = 9.9 < 10$$

② Out of plane.



Upper Case ① } $k = 1.2$
Lower Case ① }

$$H_o = 4.50 \text{ m}$$

$$\lambda_b = \frac{1.2 * 4.5}{0.25} = 21.6 > 10$$

Take the bigger value of $\lambda_b = 21.6$ (In plane)

The Buckling In Plane.

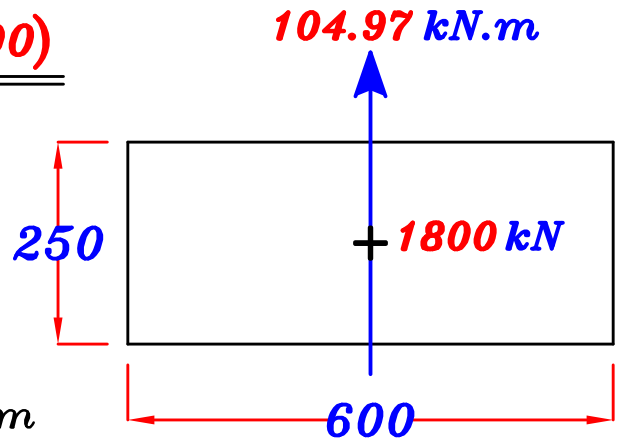
$$\delta = \frac{(\lambda_b)^2 * b}{2000} = \frac{21.6^2 * 0.25}{2000} = 0.0583 \text{ m}$$

$$M_{add.} = P * \delta = 1800 * 0.0583 = 104.97 \text{ kN.m}$$

Design the Sec. (250*600)

ملحوظة

t هو العرض الموازي للمoment



$$\therefore t = 250 \text{ mm} \quad b = 600 \text{ mm}$$

$$e = \delta = \frac{M}{N} = \frac{104.97}{1800} = 0.0583 \text{ m}$$

$$\therefore \frac{e}{t} = \frac{0.0583}{0.25} = 0.2332 < 0.5 \xrightarrow{\text{use}} \text{I.D.}$$

$$\zeta = \frac{0.25 - 0.2}{0.25} = 0.6 \xrightarrow{\text{Take}} \zeta = 0.7 \xrightarrow{\text{Use}} \text{I.D.} \quad \boxed{\text{ECCS Page (4-25)}}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{N_U}{F_{cu} b t} &= \frac{1800 \cdot 10^3}{25 \cdot 600 \cdot 250} = 0.48 \\ \frac{M_U}{F_{cu} b t^2} &= \frac{104.97 \cdot 10^6}{25 \cdot 600 \cdot 250^2} = 0.112 \end{aligned} \right\} \rho = 6.90$$

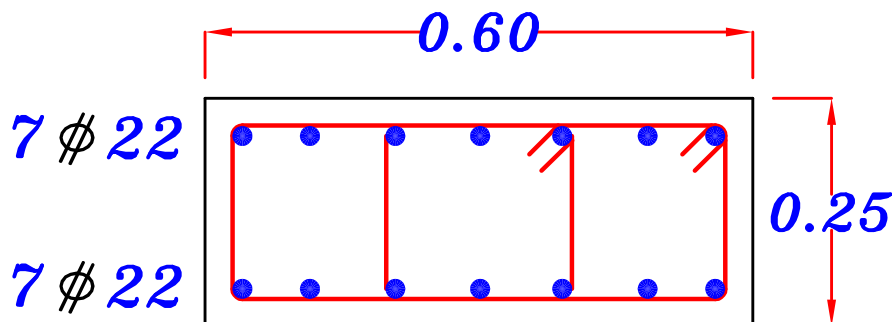
$$A_s = A_s' = \mu * b * t = \rho * F_{cu} * 10^{-4} * b * t = 6.9 * 25 * 10^{-4} * 600 * 250 = 2587.5 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{total}} = A_s + A_s' = 5175 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0.25 + 0.052 \lambda_{max}}{100} * b * t$$

$$= \frac{0.25 + 0.052 (21.6)}{100} * 600 * 250 = 2065 \text{ mm}^2 < A_{s_{total}} \therefore \text{O.K.}$$

$$A_s = A_s' = 2587.5 \text{ mm}^2 \quad \boxed{7 \phi 22}$$



Example.

Data.

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

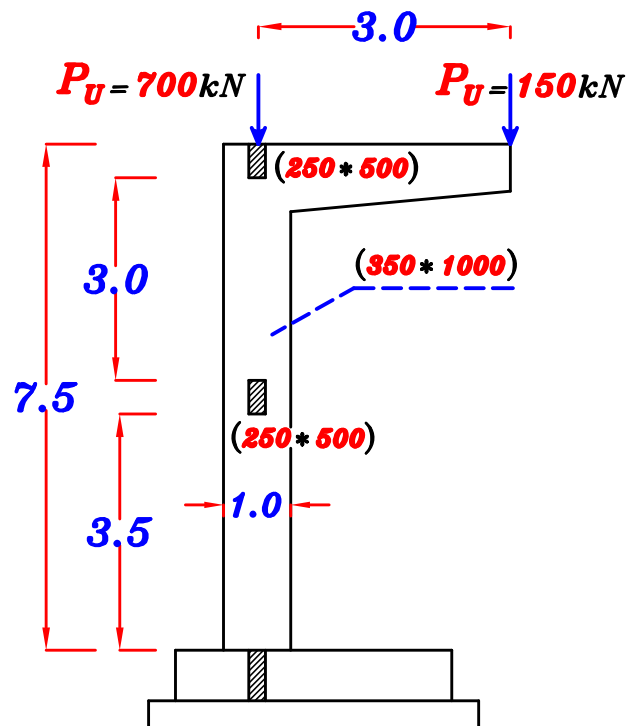
$$F_y = 360 \text{ N/mm}^2$$

Unbraced Col.

Req.

Design the column.

Solution.

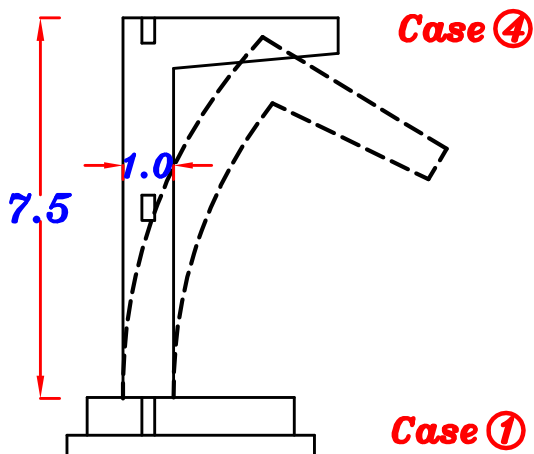


$$P_U = 700 + 150 = 850 \text{ kN}$$

$$M_U = M_{ext.} = 150 * 3.0 = 450 \text{ kN.m}$$

Check Buckling.

① In plane.

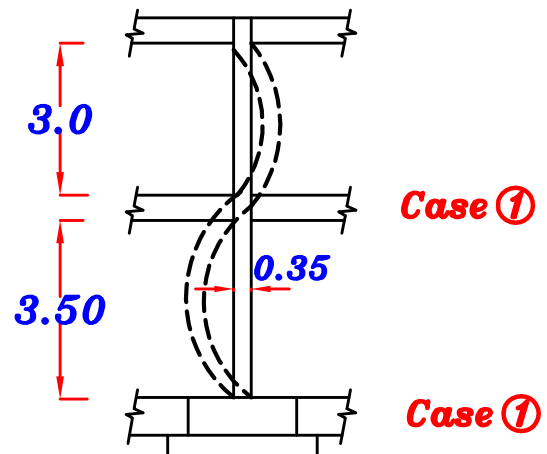


Upper Condition Case ④
Lower Condition Case ① } $k = 2.2$

$$H_o = 7.5 \text{ m}$$

$$\lambda_b = \frac{2.2 * 7.5}{1.0} = 16.5 > 10$$

② Out of plane.



Upper Condition Case ①
Lower Condition Case ① } $k = 1.2$

$$H_o = 3.5 \text{ m}$$

$$\lambda_b = \frac{1.2 * 3.5}{0.35} = 12 > 10$$

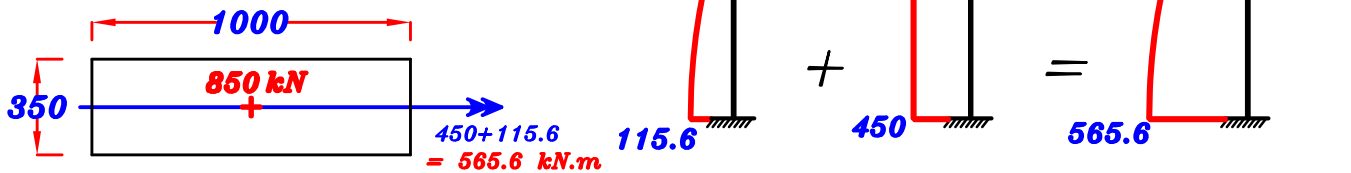
Take the bigger value of $\lambda_b = 16.5$ (In plane)

$$\delta = \frac{(\lambda_b)^2 * t}{2000} = \frac{16.5^2 * 1.0}{2000} = 0.136 \text{ m}$$

$$M_{add.} = P * \delta = 850 * 0.136 = 115.6 \text{ kN.m}$$

$$\therefore M_{des.} = M_{ext.} + M_{add.}$$

$$\therefore M_{des.} = 450 + 115.6 = 565.6 \text{ kN.m}$$



Design the Sec.

$$e = \frac{M}{N} = \frac{565.6}{850} = 0.665 \text{ m} \quad \therefore \frac{e}{t} = \frac{0.665}{1.0} = 0.665 > 0.5 \xrightarrow{\text{use}} e_s$$

$$e_s = e + \frac{t}{2} - c = 0.665 + \frac{1.0}{2} - 0.05 = 1.115 \text{ m}$$

$$M_s = N * e_s = 850 * 1.115 = 947.75 \text{ kN.m}$$

$$\therefore 950 = C_1 \sqrt{\frac{947.75 * 10^6}{25 * 350}} \rightarrow C_1 = 2.886 \rightarrow J = 0.728$$

$$\therefore A_s = \frac{M_s}{J F_y d} - \frac{N_{U.L.}}{(F_y \setminus \delta_s)} = \frac{947.75 * 10^6}{0.728 * 360 * 950} - \frac{850 * 10^3}{(360 \setminus 1.15)} = 1091.3 \text{ mm}^2$$

$$\text{Take } A_s = A_{s'} = 1091.3 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{total}} = A_s + A_{s'} = 2182.6 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0.25 + 0.052 \lambda_{max}}{100} * b * t$$

$$= \frac{0.25 + 0.052 (16.5)}{100} * 350 * 1000 = 3878 \text{ mm}^2 > A_{s_{total}}$$

$$A_{s'} = A_s = \frac{A_{s_{min}}}{2} = 1939 \text{ mm}^2$$

6 ϕ 22

