

ال (**Flat Slabs**) هى عبارة عن بلاطات مسطحة (**أى لا توجد بها كمرات**) و ترتكز على الأعمده مباشره .
و تكون **البلاطه** إما بسقوط (**Drop Panel**) أو بدون سقوط .
و تكون **الأعمده** إما بتيجان (**Column Head**) أو بدون تيجان .
البلاطات ال (**Flat Slabs**) مفضلة معمارياً لعدم وجود سقوط للكمرات و لإمكانية وضع الحوائط فى أى مكان داخل المبنى و لسهولة وسرعه تنفيذ شدتها الخشبيه .
و من أهم عيوب ال (**Flat Slabs**) زيادة تكلفتها عن بقية أنواع البلاطات .

Types of Flat Slabs.

يوجد أربعة أنواع من البلاطات ال *Flat Slabs* تختلف من حيث إتصال البلاطه بالعمود

1 – Ordinary Flat Slab.

(*Flat Slab without Drop Panel or Column Head*)

2 – Flat Slab with Drop Panel only.

(*Without Column Head*)

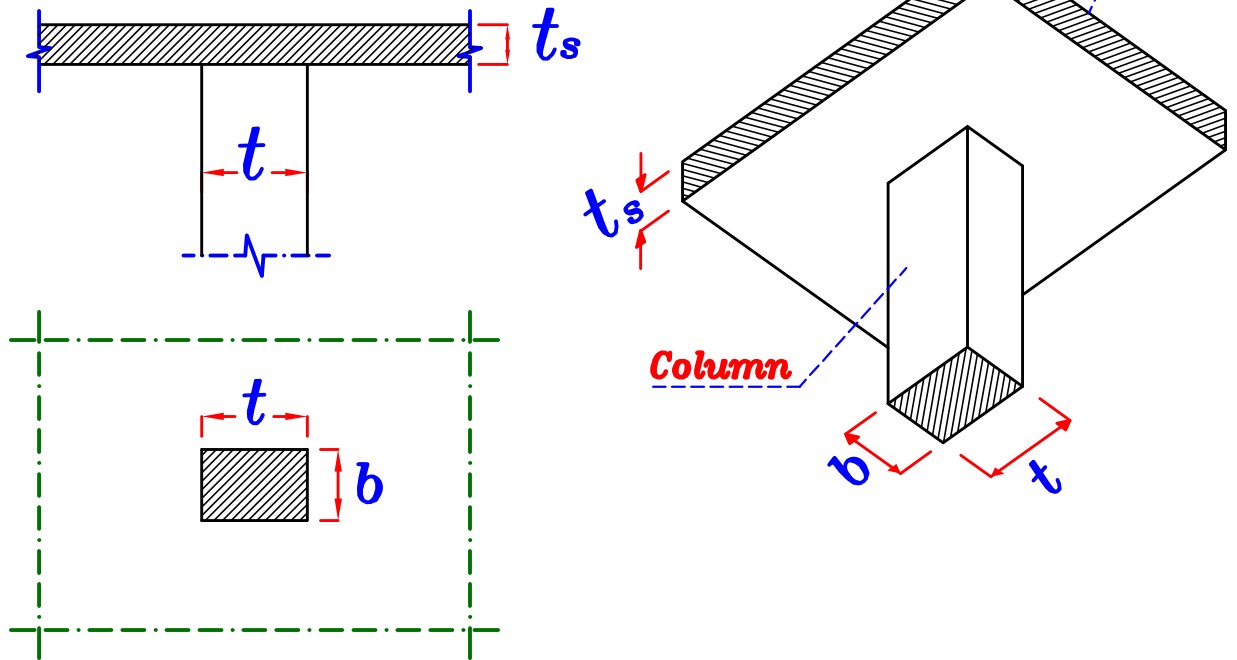
3 – Flat Slab with Column Head only.

(*Without Drop Panel*)

4 – Flat Slab with Drop Panel & Column Head.

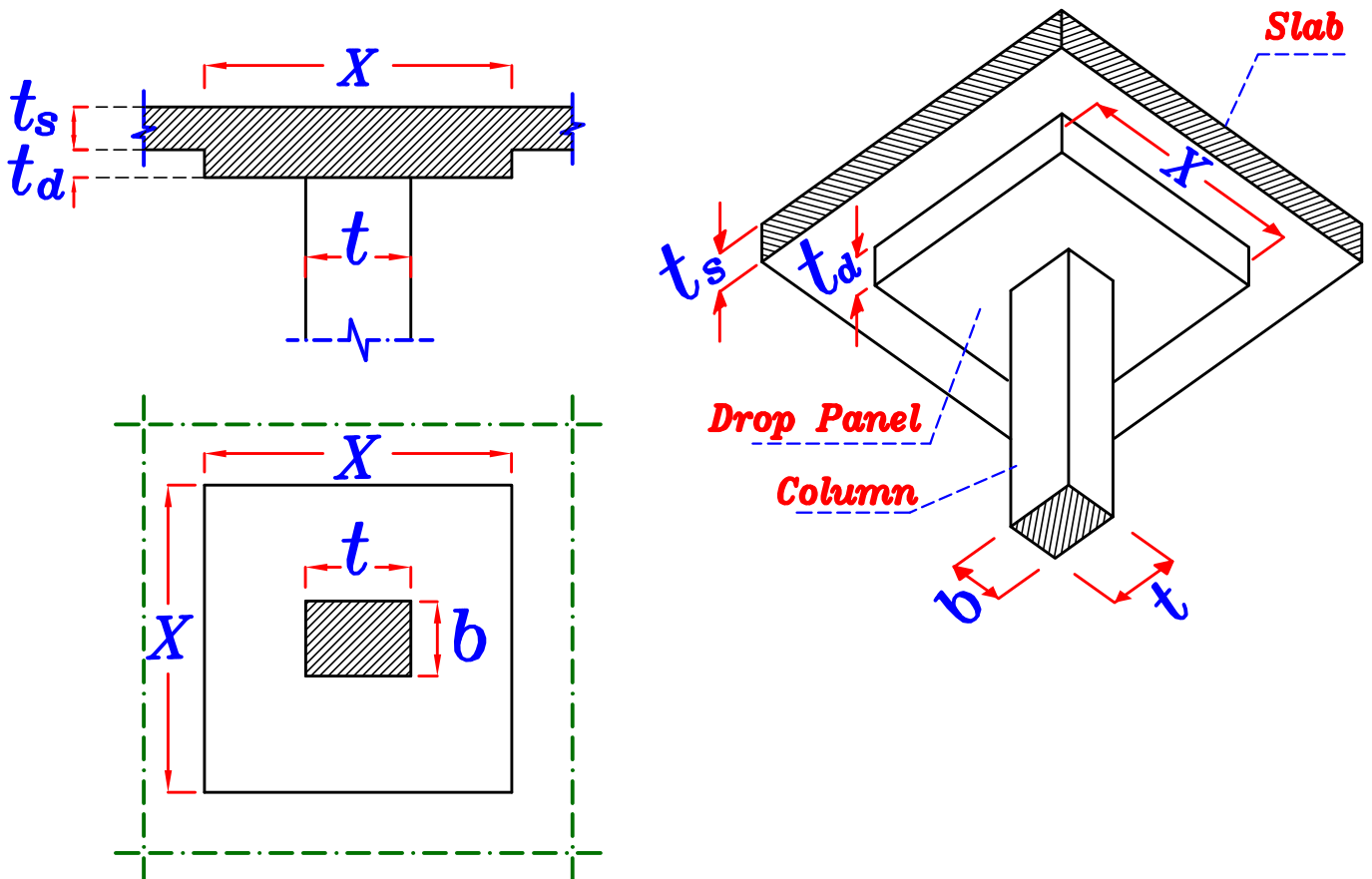
1- Ordinary Flat Slab.

(Flat Slab without Drop Panel or Column Head)

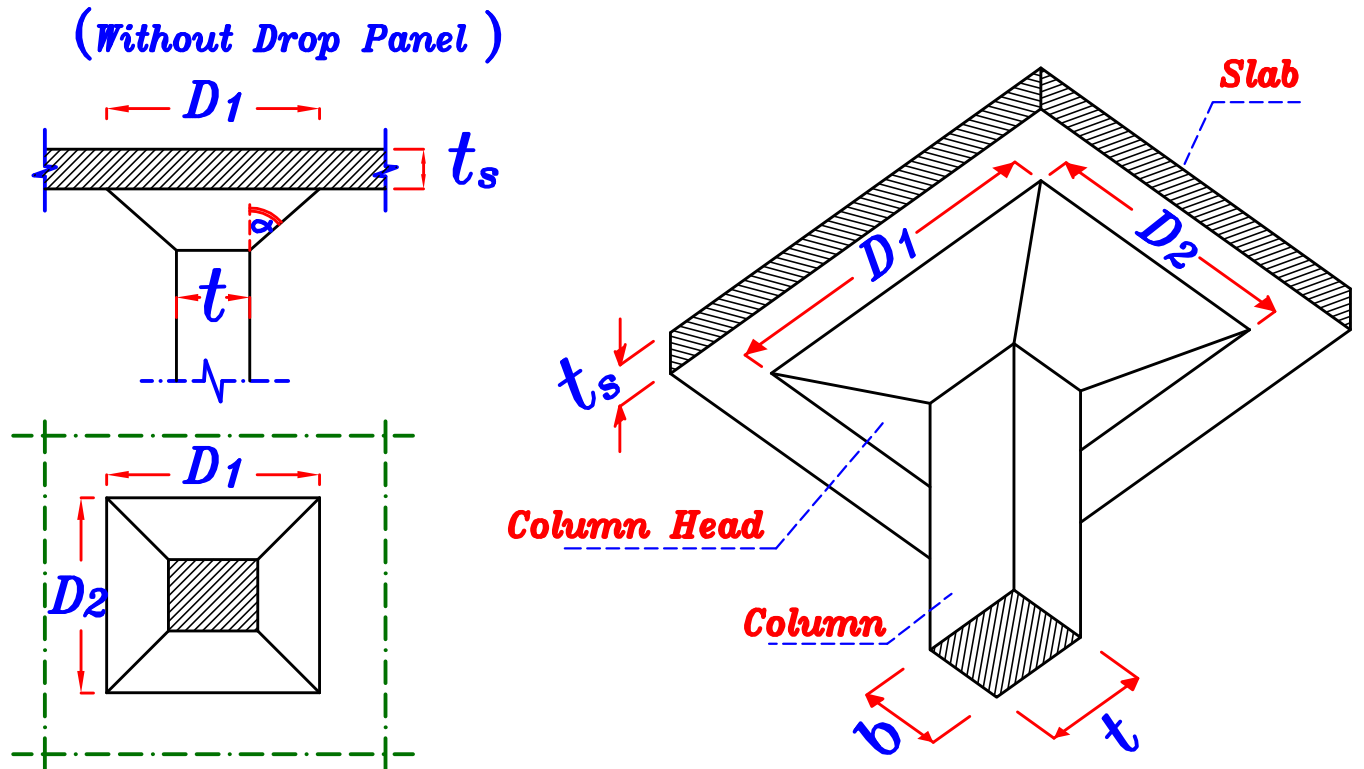


2- Flat Slab with Drop Panel only.

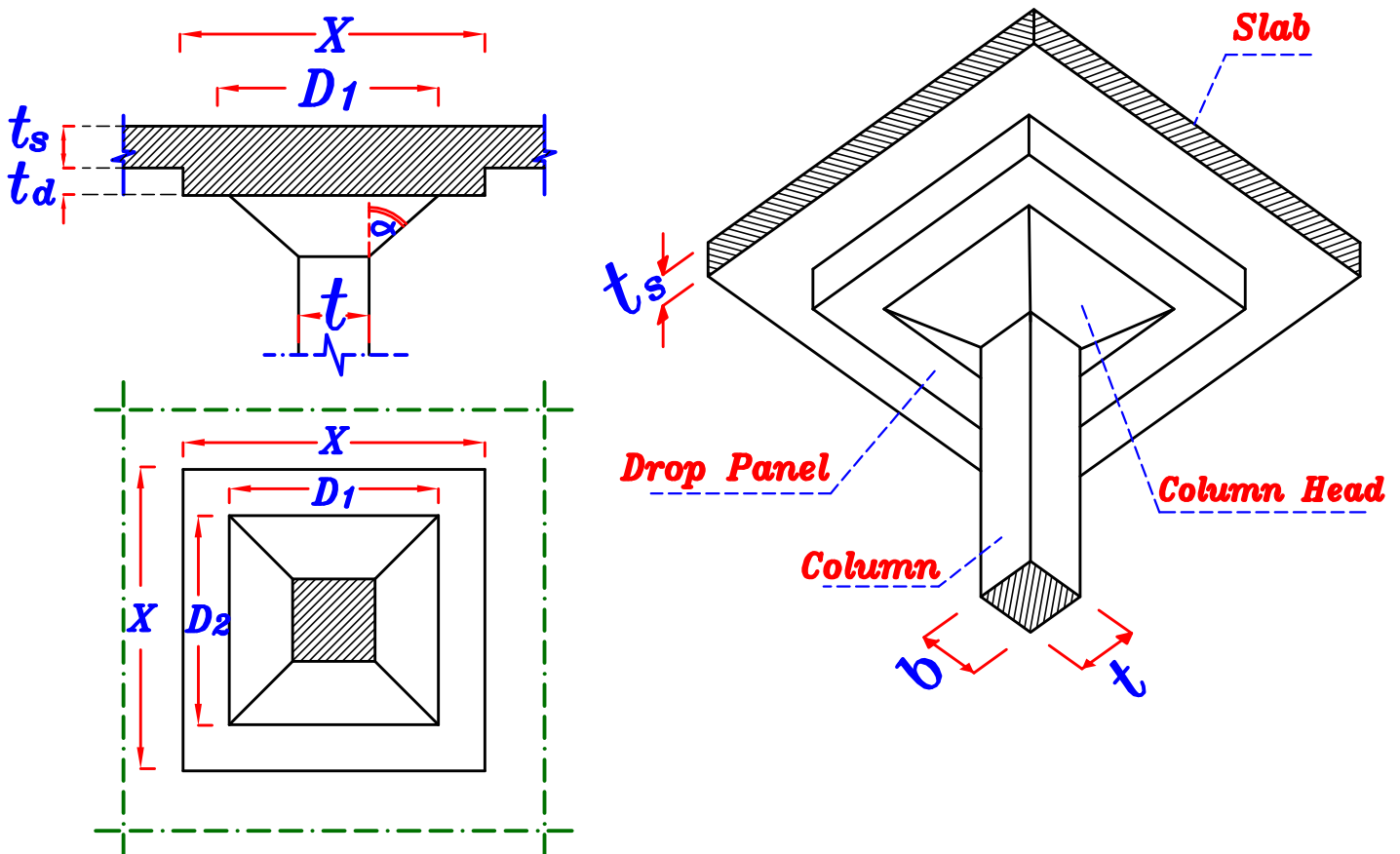
(Without Column Head)



3-Flat Slab with Column Head only.



4-Flat Slab with Drop Panel & Column Head.



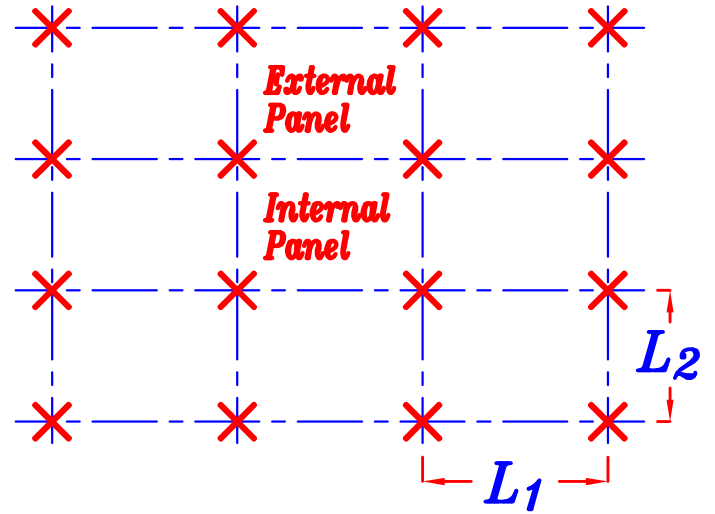
Concrete Dimensions For the Flat Slab Elements.

① Length of the Slab.

L_1 = The Long span of the Panel.

L_2 = The Short span of the Panel.

L = The bigger length of L_1, L_2



② Thickness of the Slab. (t_s)

$$(t_s)_{min.} = 150 \text{ mm}$$

$$t_s = 150, 160, 180, 200, 220, 240, 250, 260, 280, 300, 320, 340, 350.$$

يعتمد إختيار تخانة البلاطة (t_s) على وجود Drop Panel أو عدم وجودها

t_s	Slab without Drop Panel		Slab with Drop Panel
External Panel	$t_s = \frac{L}{32}$	} نأخذ القيمة الأكبر	$t_s = \frac{L}{36}$
Internal Panel	$t_s = \frac{L}{36}$		$t_s = \frac{L}{40}$

و عند إختيار تخانة البلاطة (t_s) يتم التقريب لأقرب رقم زوجى بالزيادة أو يقبل القسمة على ٥ م

Example.

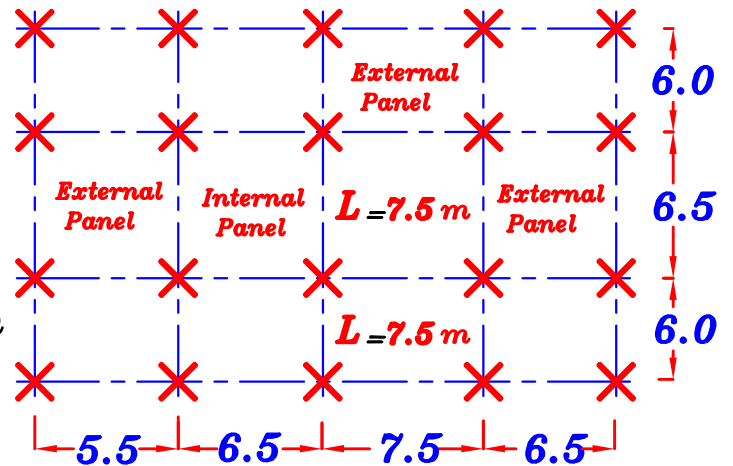
External Panel $L = 7.50 \text{ m}$

Internal Panel $L = 7.50 \text{ m}$

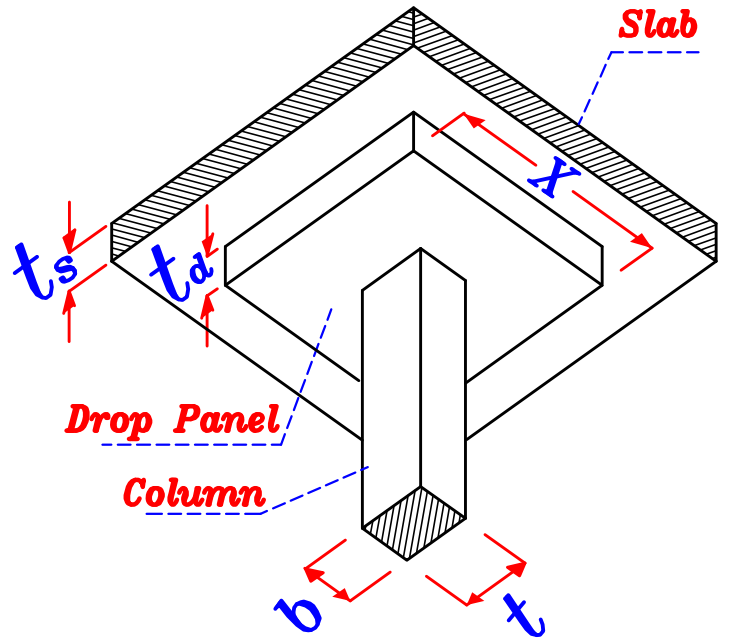
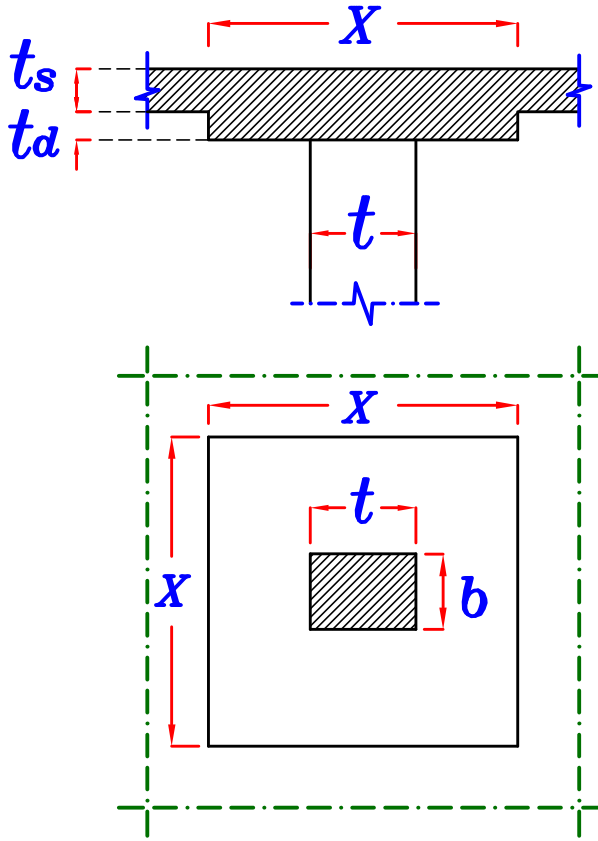
$$\text{Ext. } t_s = \frac{L}{32} = \frac{7500}{32} = 234.3$$

$$\text{Int. } t_s = \frac{L}{36} = \frac{7500}{36} = 208.3$$

$t_s = 240 \text{ mm}$



③ Drop Panel.



حالات استخدام ال Drop Panel

- * تستعمل فى حالة وجود أحمال حيه عاليه .
- * فى حالة زياده ال t_s عن ٢٢٠ مم
- * عندما يكون ال $Moment$ (-ve) كبير .
- * فى حالة البحور الكبيره .

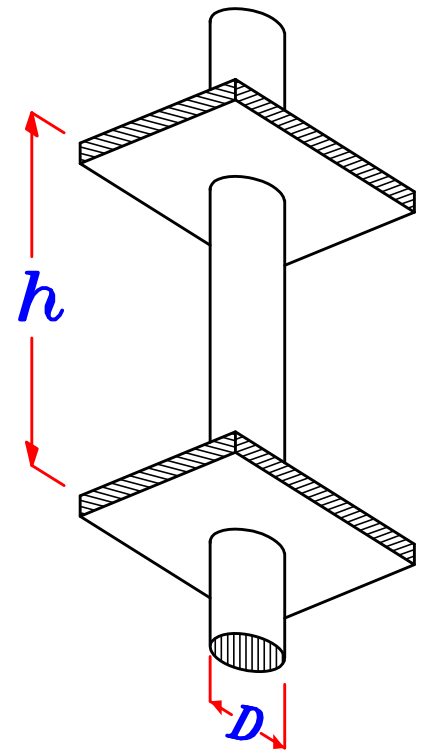
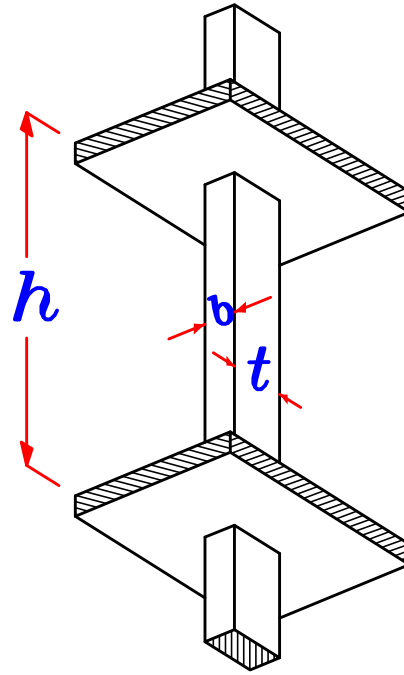
Dimensions of the Drop Panel.

$$\frac{L_2}{3} \leq X \leq \frac{L_2}{2} \quad \text{تكون دائماً مربعة } (X \times X)$$

$$\frac{t_s}{4} \leq t_d \quad \text{تخانه ال Drop Panel } (t_d)$$

Take $t_d = \frac{t_s}{2}$ & $X = \frac{L_2}{2}$ فى الإتجاهين

④ Columns.



$b_{min.}$ (للأعمدة المستطيلة)

$D_{min.}$ (للأعمدة الدائرية)

$$= \begin{cases} 300 \text{ mm} \\ \frac{h}{15} \\ \frac{L_1}{20} \end{cases}$$

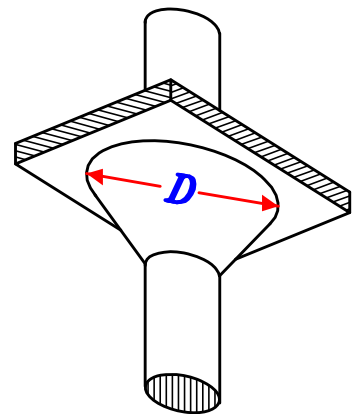
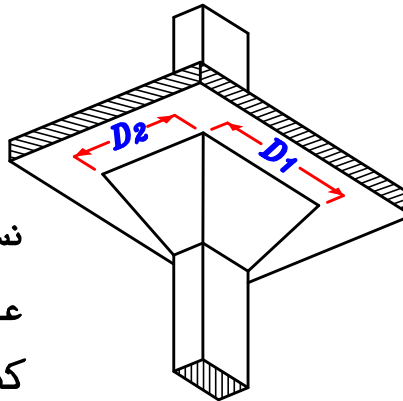
نأخذ القيمة الأكبر

و تقرب لأقرب ٥٠ مم بالزيادة

⑤ Column Heads.

الأعمدة المستطيلة

الأعمدة الدائرية

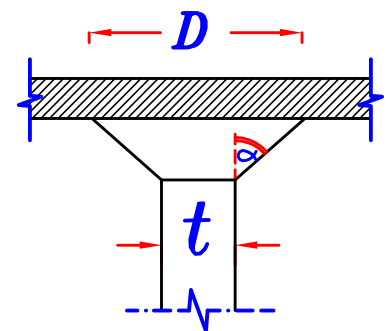
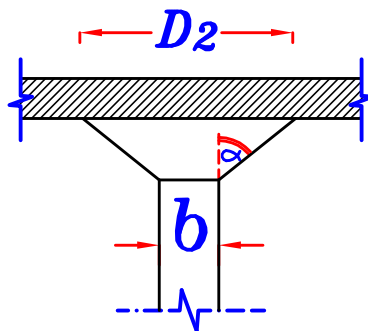


نستخدم ال *Column Head* عندما يكون ال *Punching Stress* كبير على البلاطة

$$\alpha \triangleright 45.0^\circ$$

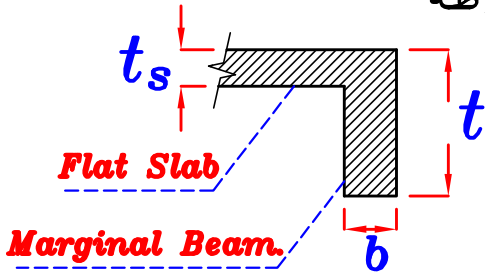
D_2 العرض الأصغر لل *Column Head* للأعمدة المستطيلة $\triangleright \frac{L_2}{4}$

D (للأعمدة الدائرية) $\triangleright \frac{L_2}{4}$



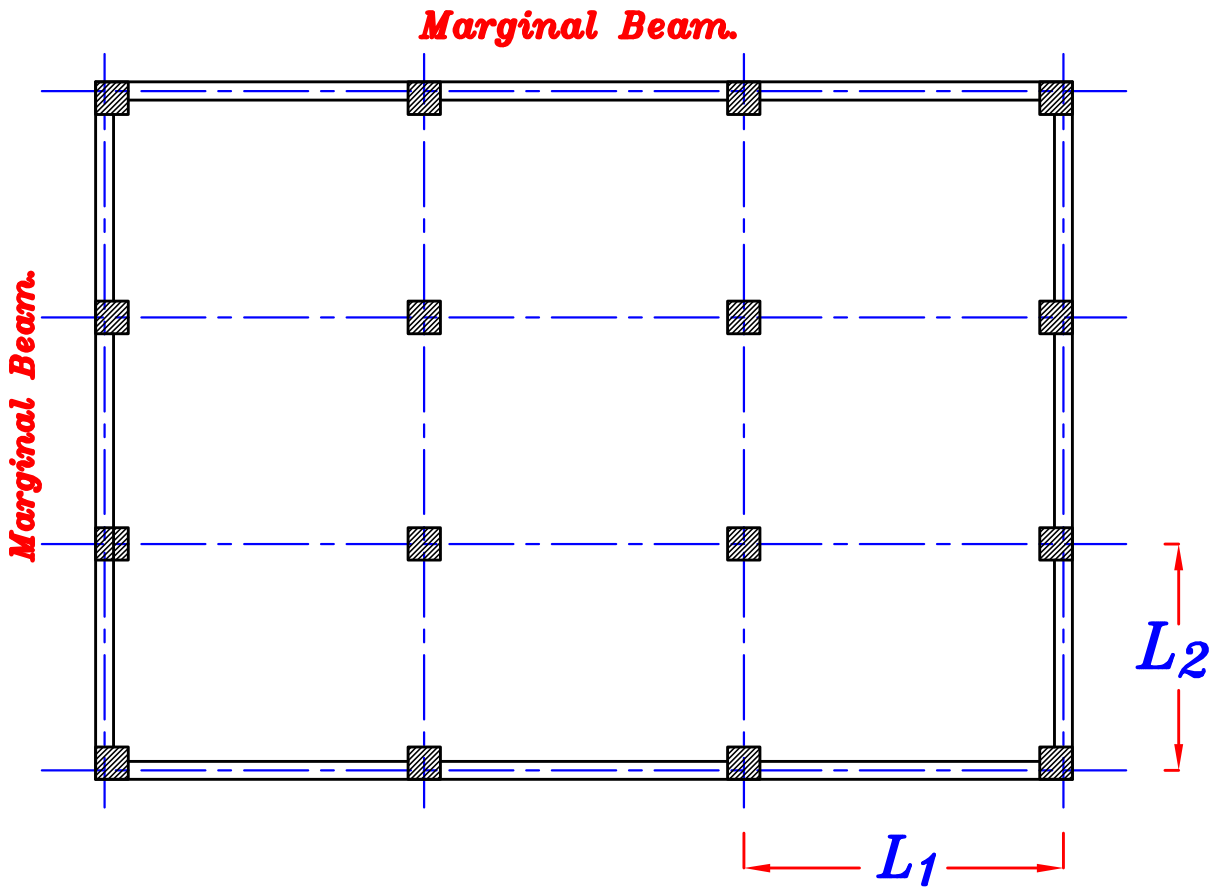
⑥ Marginal Beam.

هي عبارة عن كمره تكون على أطراف البلاطة الخارجية و ممكن وضع هذه الكمره أو ترك البلاطة بدونها و لكي نضمن أن تعمل هذه الكمره على حمل البلاطة و لا تعتبر جزء من البلاطة يجب أن تكون ال *Stiffness* للكمرة أكبر بكثير من البلاطة



$$t \geq 3 t_s$$

لذا يجب أن تكون



فوائد ال Marginal Beam

- ١- تحزيم المبنى لمقاومة الرياح و الزلازل.
- ٢- تقوية أطراف البلاطة.
- ٣- حمل حوائط الواجهة.

Analysis of Flat Slab.

We have Four Methods to analyze the Slab.

Methods of Analysis.

- ① Empirical Method.
- ② Frame Analysis Method.
- ③ Computer Programs Method. ✓✓
- ④ Yield Line Method.

① Empirical Method.

هناك عدة شروط لكي نستطيع أن نستخدم ال Empirical Method

$$\frac{L_1}{L_2} > \frac{4}{3}$$

١- أن لا يقل عدد البحور عن ٣ بحور في الاتجاهين

٢- أن لا تزيد نسبة طول بلاطه الباقيه الواحده الى عرضها عن $\frac{4}{3}$

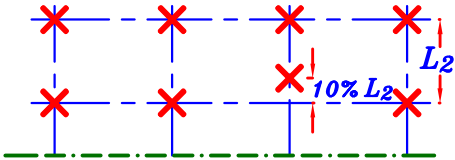
٣- الفرق في طول أو عرض أى باكيتين متجاورتين لا يزيد عن ١٠٪.

و الفرق في طول أو عرض أى باكيتين غير متجاورتين لا يزيد عن ٢٠٪.

٤- البحور الخارجيه يجب أن تكون أقل من أو تساوى البحور الداخليه

٥- يجب أن تكون الاعمده موضوعه على خطوط مستقيمه

أو بتفاوت لا يزيد عن ١٠٪ من طول الباقيه



تؤخذ الشرائح فى الإتجاهين و الشرائح نوعان :

١- شريحة عمود (C.S.) Column Strip

و يكون عرضها $\frac{L_2}{2}$ فى حالة عدم إستخدام Drop Panel

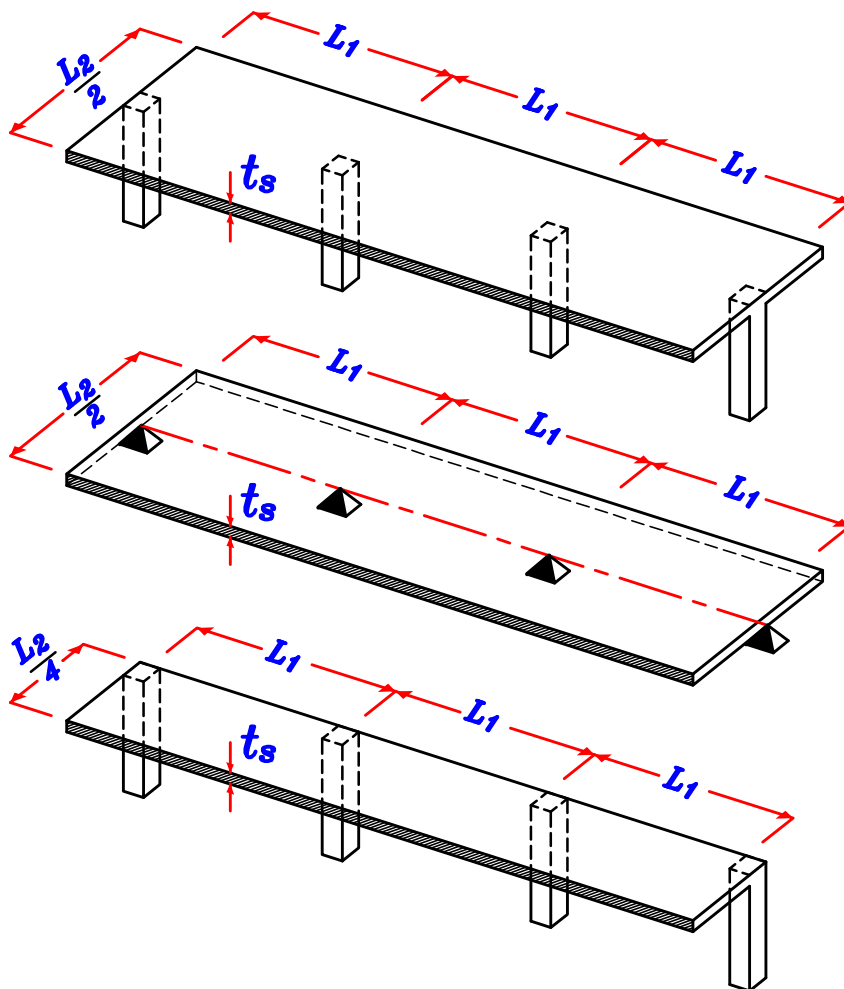
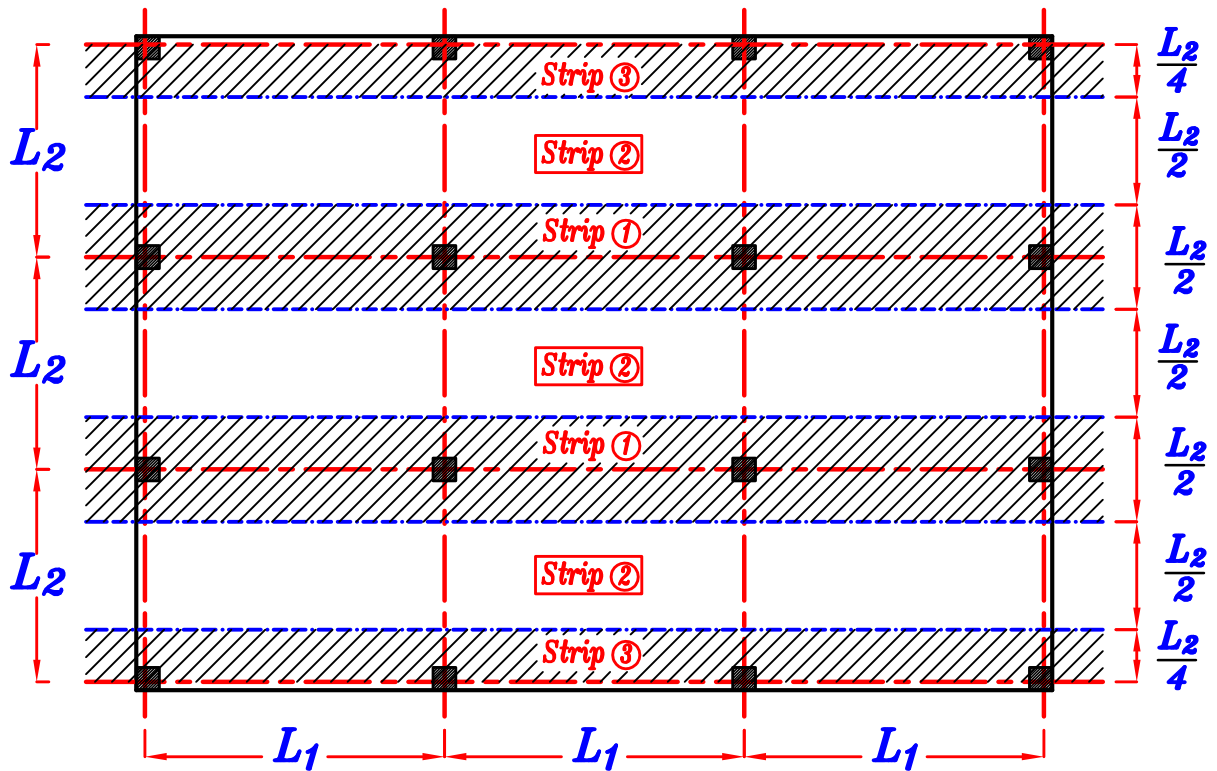
و يكون عرضها X فى حالة إستخدام Drop Panel

٢- شريحة وسط (F.S.) Field Strip

و يكون عرضها $(L_1 - \frac{L_2}{2})$ أو $(L_2 - \frac{L_2}{2})$ فى حالة عدم إستخدام Drop Panel

و يكون عرضها $(L_1 - X)$ أو $(L_2 - X)$ فى حالة إستخدام Drop Panel

Without Drop Panel. (Strips in Long Direction)

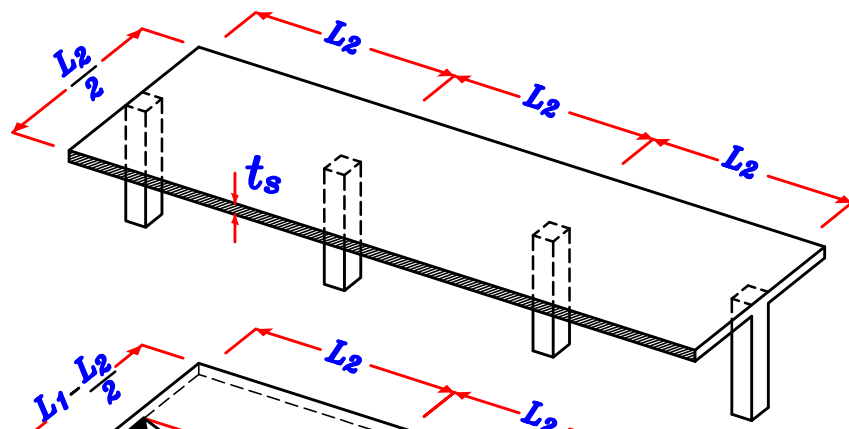
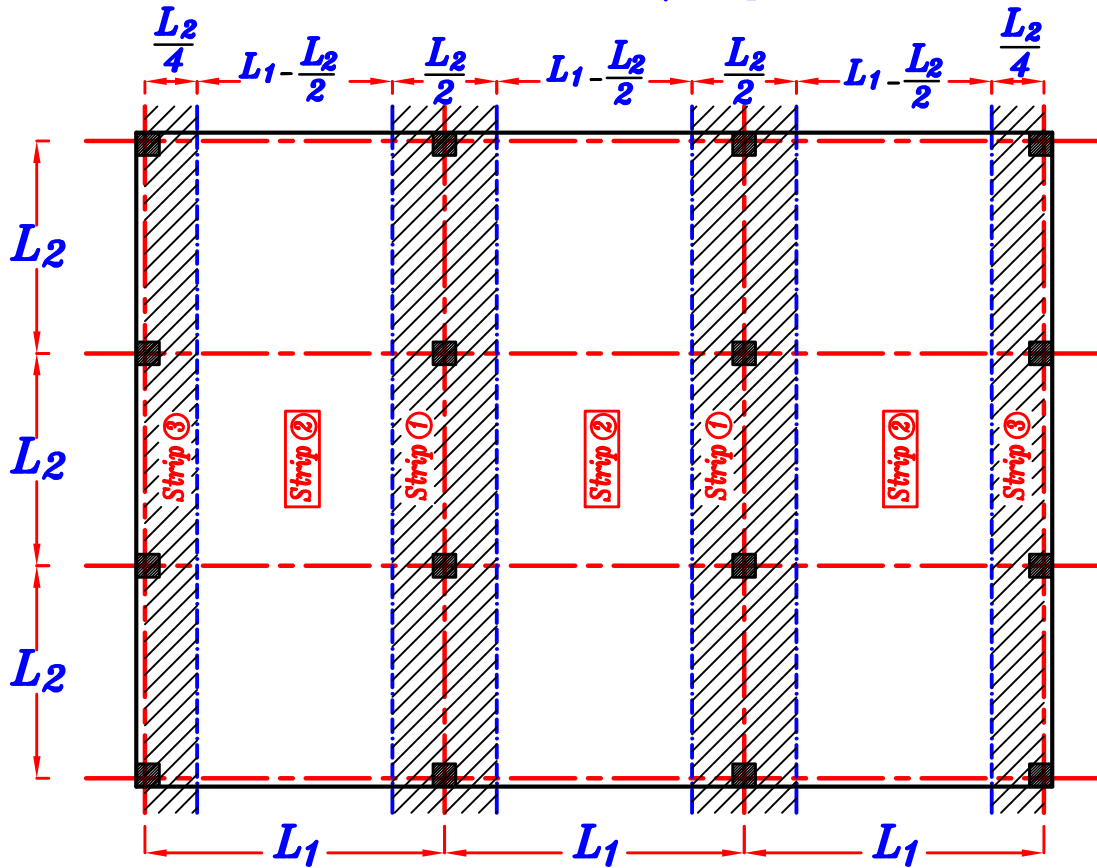


Strip ①
Column Strip

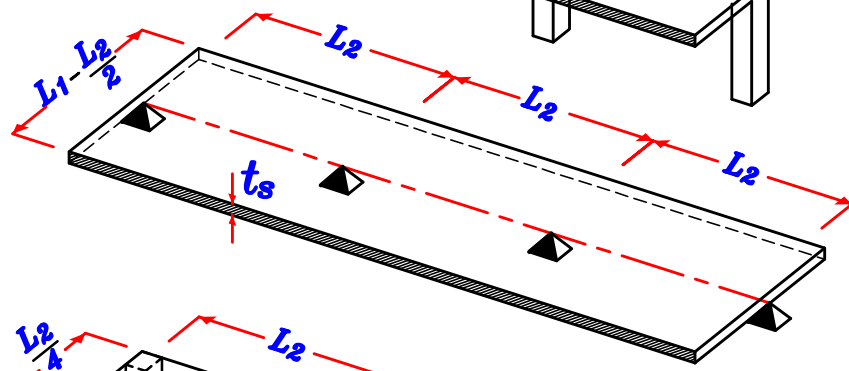
Strip ②
Field Strip

Strip ③
Edge Column Strip

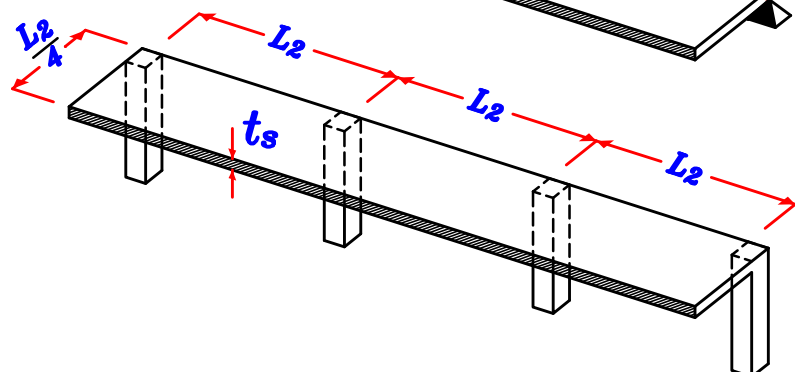
Without Drop Panel. (Strips in Short Direction)



Strip ①
Column Strip



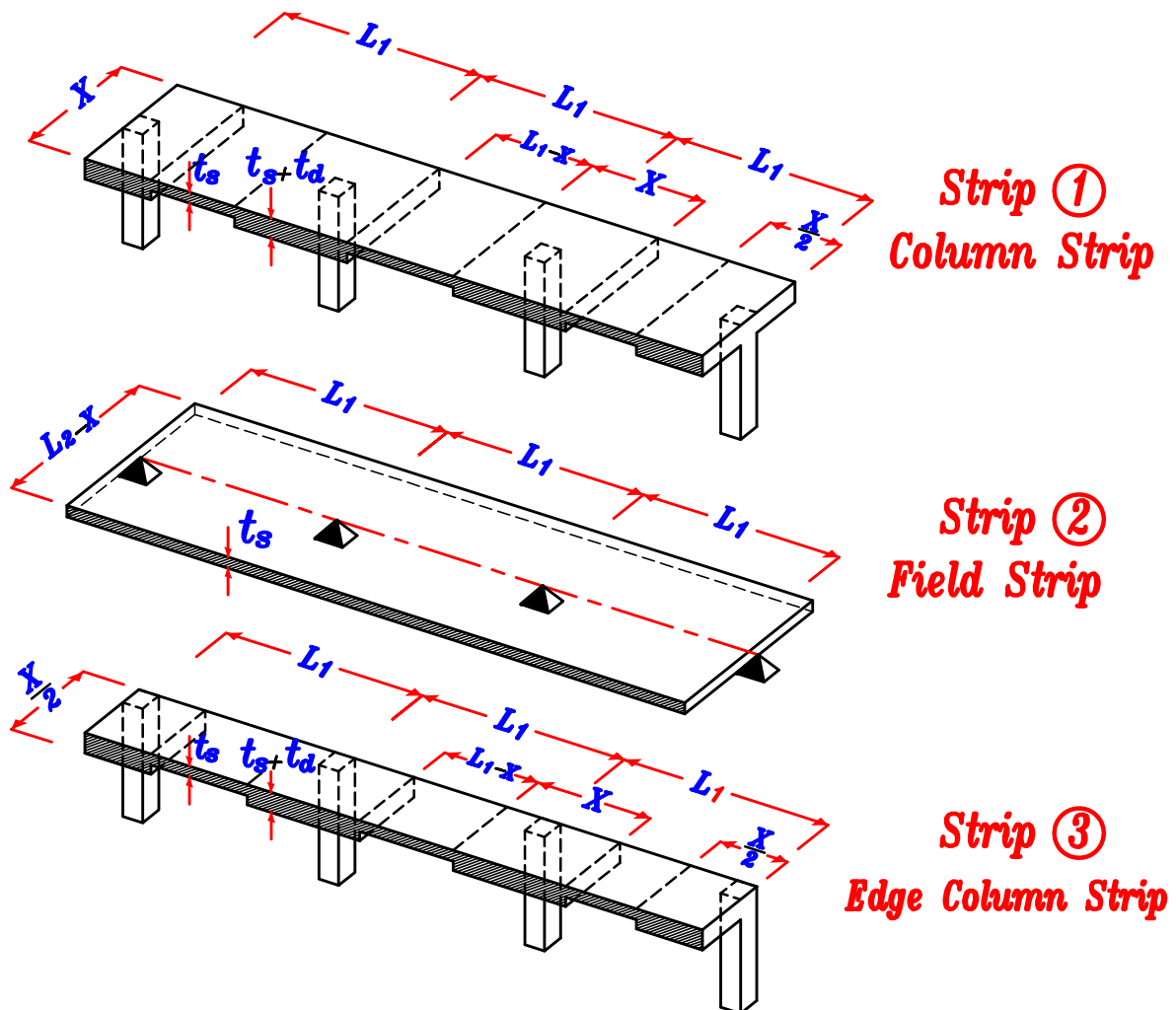
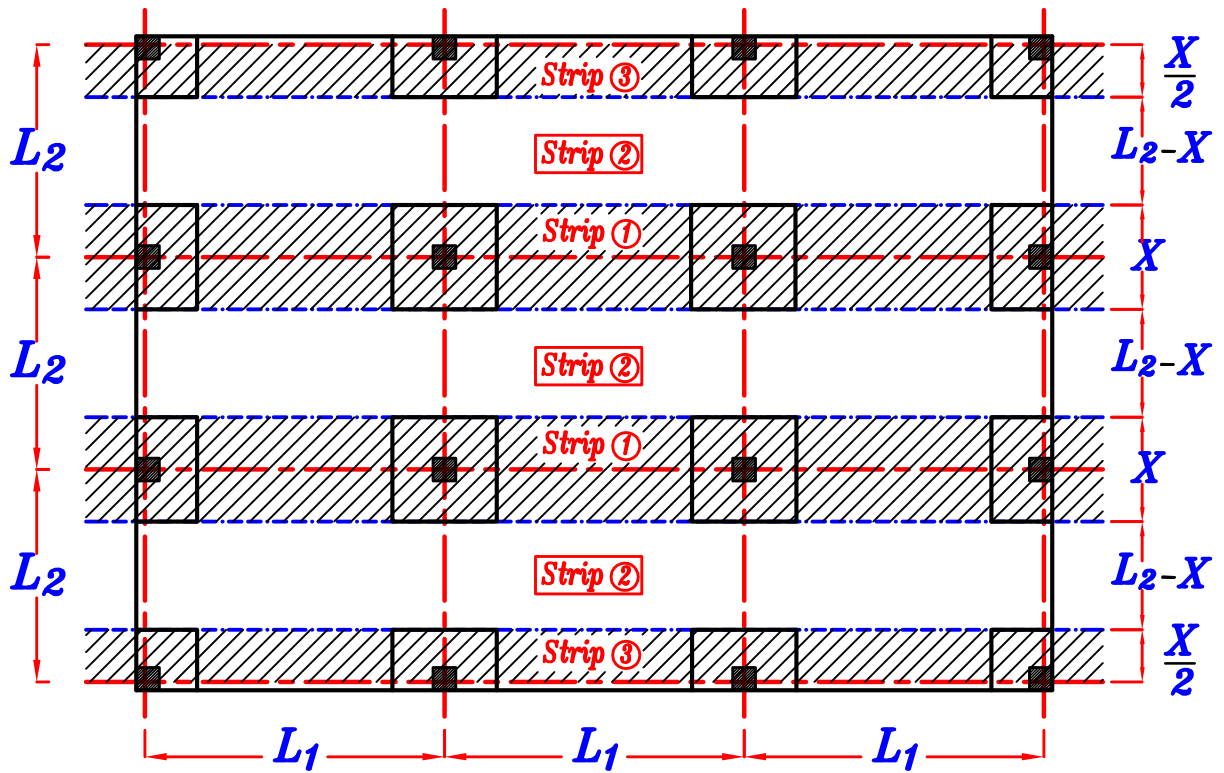
Strip ②
Field Strip



Strip ③
Edge Column Strip

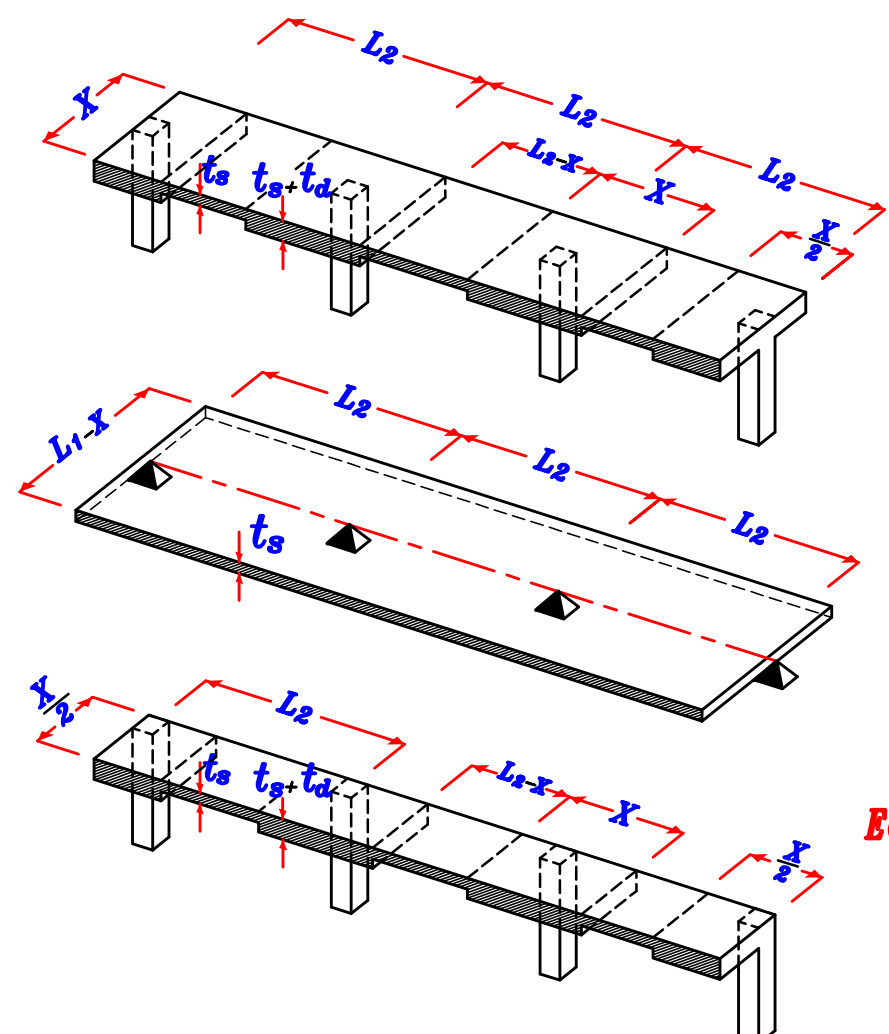
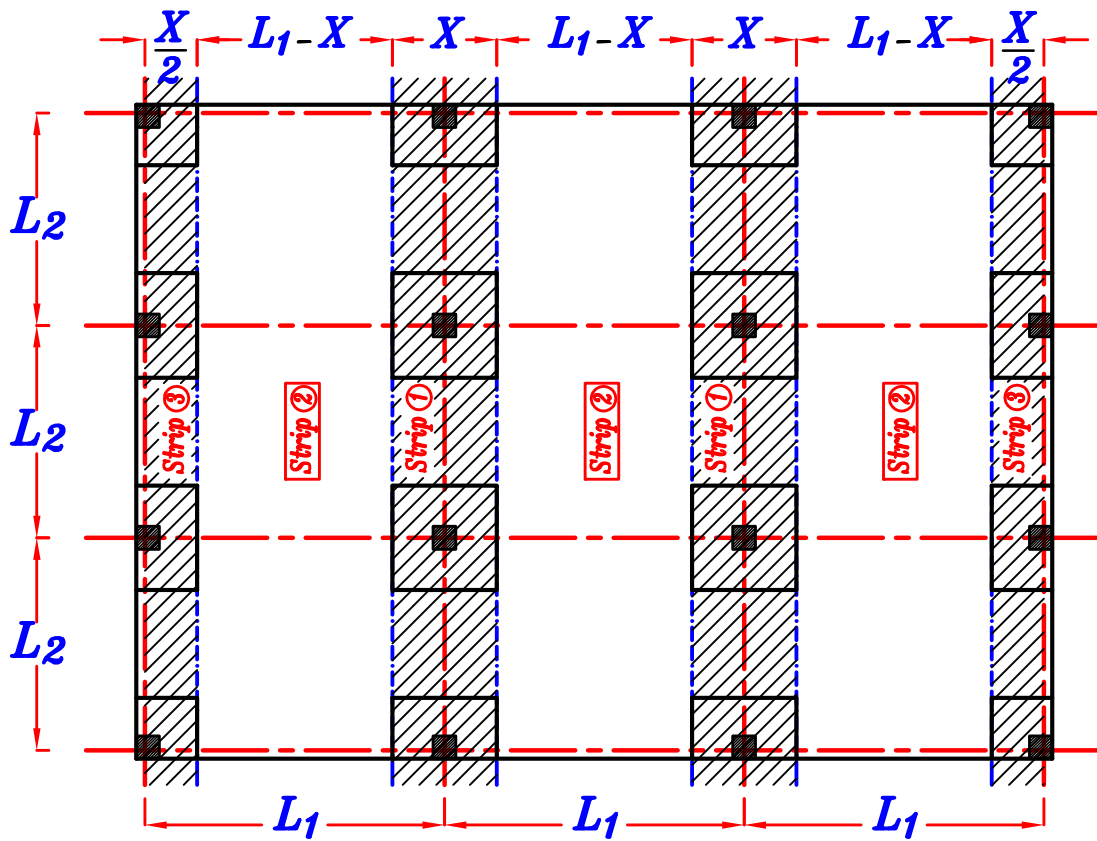
With Drop Panel.

(Strips in Long Direction)



With Drop Panel.

(Strips in Short Direction)



Strip ①
Column Strip

Strip ②
Field Strip

Strip ③
Edge Column Strip

Steps of Design.

- ① Choose Thickness of the Slab. (t_s)
- ② Get the Loads on the Slab. (w_s)
- ③ Take a Strips in the Two directions. (with width L_1, L_2)
- ④ Calculate B.M. (as a simple beam.) (M_o)
(In case of different spans use the bigger span to calculate M_o)
- ⑤ Distribute the B.M. (M_o) on Strip & Field Strip.
- ⑥ Design the strips by using charts (C_1, J)
- ⑦ Draw details of RFT. in Plan.

① Choose Thickness of the Slab. (t_s)

t_s	Slab without Drop Panel	Slab with Drop Panel
External Panel	$t_s = \frac{L}{32}$	$t_s = \frac{L}{36}$
Internal Panel	$t_s = \frac{L}{36}$	$t_s = \frac{L}{40}$

← تأخذ القيمة الأكبر
← تأخذ القيمة الأكبر

② Get the Loads on the Slab. (w_s)

(a) Without Drop Panel

$$(w_s)_{U.L.} = 1.4 [t_s \delta_c + F.C. + walls] + 1.6 (L.L.)$$

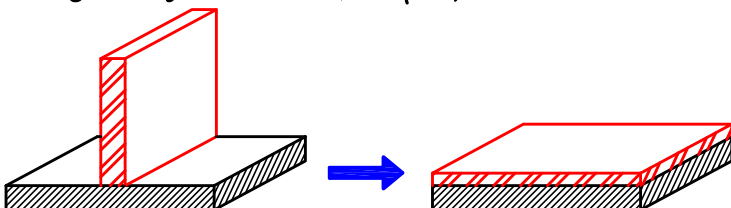
(b) With Drop Panel

$$(w_s)_{U.L.} = 1.4 \left[\left(t_s + \frac{t_d}{4} \right) \delta_c + F.C. + walls \right] + 1.6 (L.L.)$$

$$t_{sav} = \left(t_s + \frac{t_d}{4} \right)$$

- Weight of Drop Panel (kN/m^2) = $\frac{(X \times X \times t_d) \times \delta_c}{L_1 \times L_2} \approx \frac{t_d}{4} \times \delta_c$

- Weight of Walls (kN/m^2)



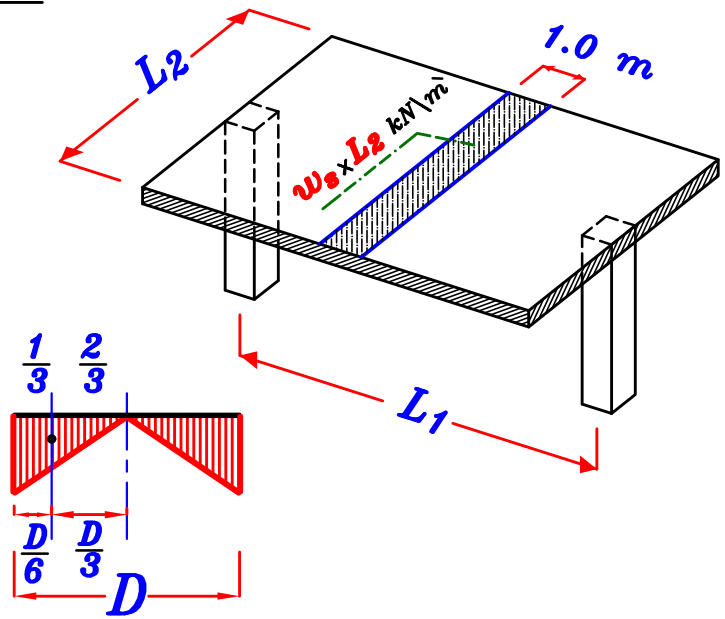
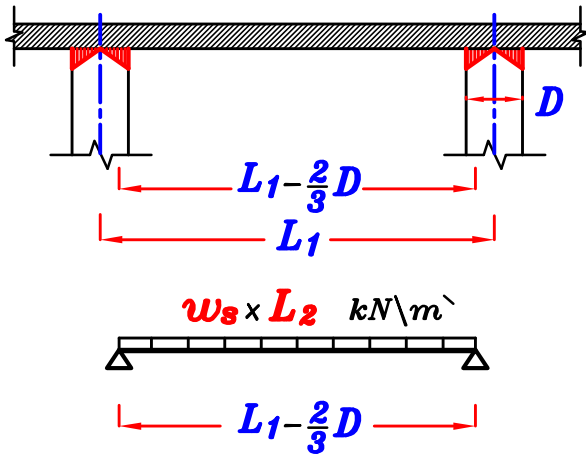
نعمل على توزيع وزن الحائط المركز الى حمل موزع على البلاطة

Take walls (working) = $(0.1 \rightarrow 0.2) (kN/m^2)$

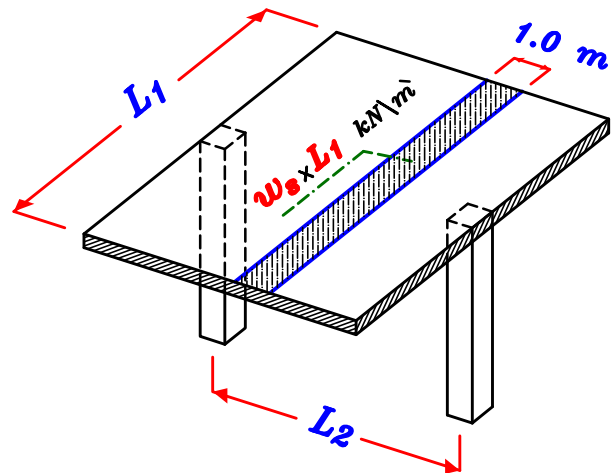
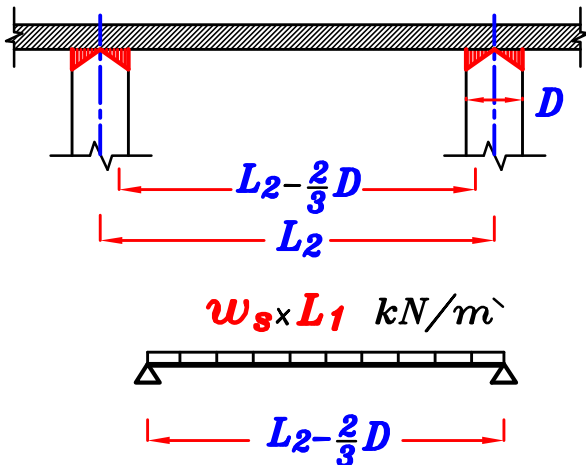
③ Take a Strips in the Two directions.

Ⓐ Strip in Long direction.

نأخذ شريحة بعرض الباكية كاملة



Ⓑ Strip in Short direction.



④ Calculate B.M. (as a simple beam.) (Mo)

Ⓐ Moment in Long Direction.

$$M_o = \frac{(w_s \times L_2) \times (L_1 - \frac{2}{3} D)^2}{8}$$

Ⓑ Moment in Short Direction.

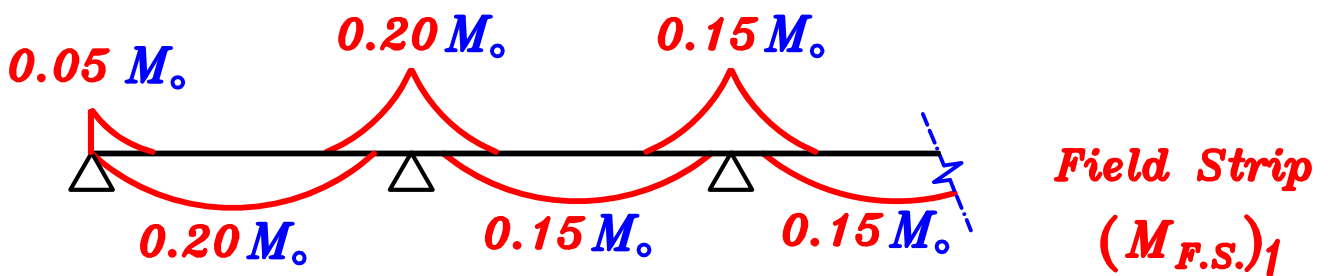
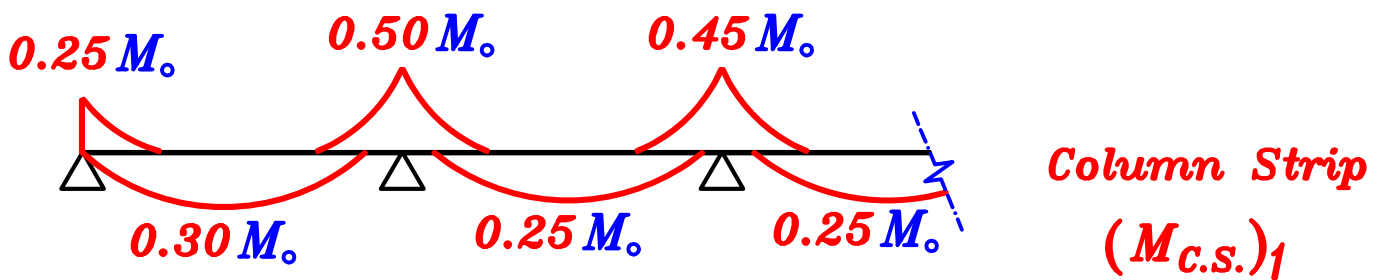
$$M_o = \frac{(w_s \times L_1) \times (L_2 - \frac{2}{3} D)^2}{8}$$

⑤ Distribute the B.M. (M_o) on C.S. & F.S.

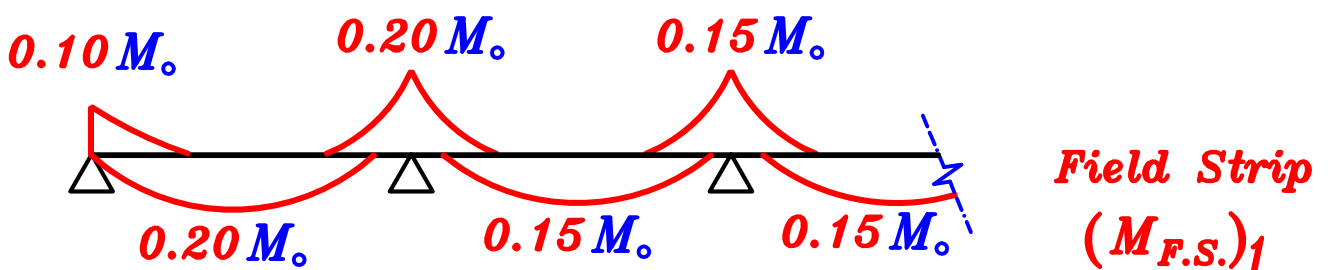
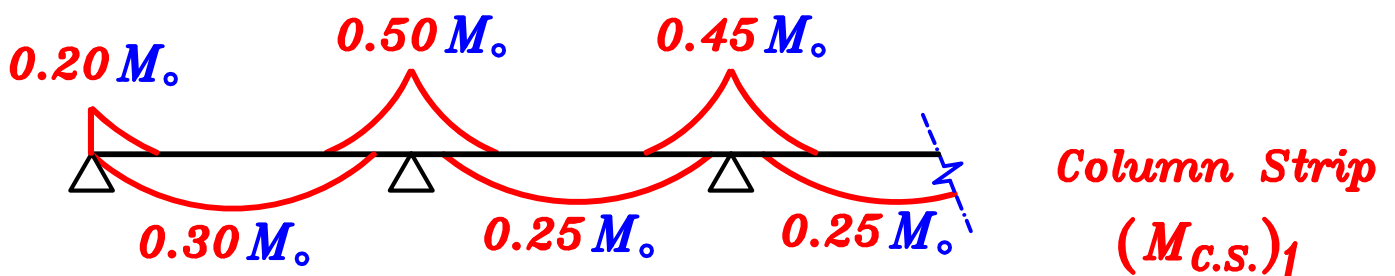
يوزع ال moment (M_o) على الشريحتين Column Strip & Field Strip
و يوجد عدة حالات :

□ عرض ال F.S. يساوى عرض ال C.S. يساوى $\frac{L_2}{2}$

Ⓐ Without Marginal Beam.



Ⓑ With Marginal Beam.



٢ عرض الـ F.S. أكبر من عرض الـ C.S. يساوى $L_1 - \frac{L_2}{2}$

وهذا معناه أن الـ moment $(M_{F.S.})_2$ على الـ (F.S.) أكبر من الـ moment فى الحالة الاولى $(M_{F.S.})_1$

و أن الـ moment $(M_{C.S.})_2$ على الـ (C.S.) أقل من الـ moment فى الحالة الاولى $(M_{C.S.})_1$

و لحساب قيم الـ moment الصحيحة $(M_{F.S.})_2$ & $(M_{C.S.})_2$ هناك عدة خطوات :

① نحسب القيم الـ Empirical $(M_{F.S.})_1$ & $(M_{C.S.})_1$ مع مراعاة أن هذه القيم محسوبة على أساس أن عرض الـ (C.S.) = الـ (F.S.)

② نحسب الـ Correction Factor

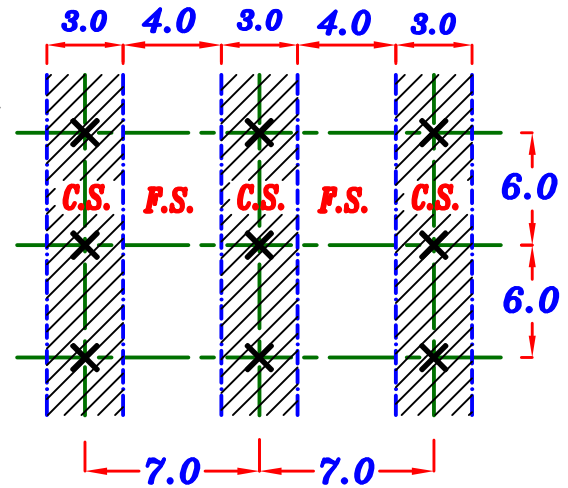
$$\text{Correction Factor} = \frac{\text{عرض الـ F.S.}}{L_1 \setminus 2} = \frac{L_1 - L_2 \setminus 2}{L_1 \setminus 2}$$

③ نحسب قيمة الـ moment على الـ F.S. أولاً $(M_{F.S.})_2$

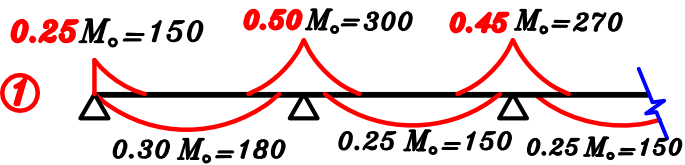
$$(M_{F.S.})_2 = (M_{F.S.})_1 \times \text{Correction Factor}$$

④ نحسب قيمة الـ moment على الـ C.S. بعد ذلك $(M_{C.S.})_2$

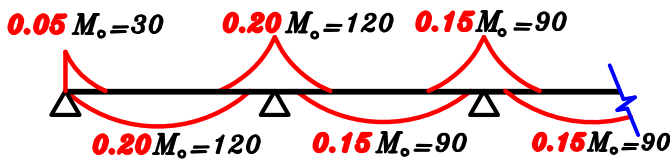
$$(M_{C.S.})_2 = (M_{F.S.})_1 + (M_{C.S.})_1 - (M_{F.S.})_2$$



Example. $L_1 = 7.0 \text{ m}$, $L_2 = 6.0 \text{ m}$, $M_o = 600 \text{ kN.m}$
without marginal beam



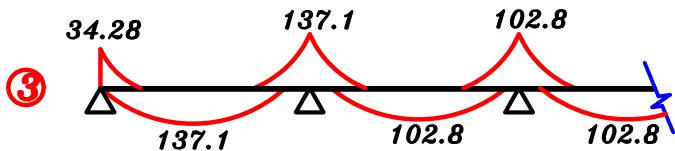
$(M_{C.S.})_1$



$(M_{F.S.})_1$

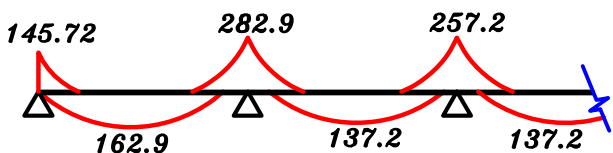
② $\text{Correction Factor} = \frac{L_1 - L_2 \setminus 2}{L_1 \setminus 2} = \frac{4.0}{3.5}$

$\therefore (M_{F.S.})_2 = (M_{F.S.})_1 \times \frac{4.0}{3.5}$



$(M_{F.S.})_2$

④ $(M_{C.S.})_2 = (M_{F.S.})_1 + (M_{C.S.})_1 - (M_{F.S.})_2$

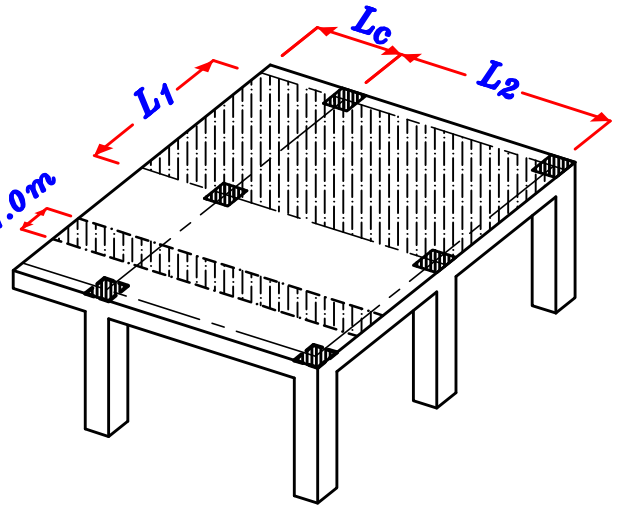


$(M_{C.S.})_2$

Calculate.

$$M_{Cant. (Total)} = \frac{(w_s \times L_1) \times (L_c)^2}{2} = \checkmark \text{ kN.m}$$

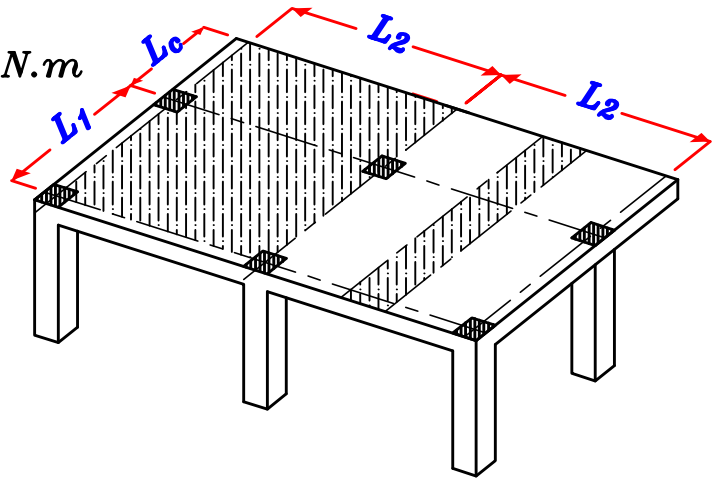
العزم على عرض L_1 من البلاطة



OR

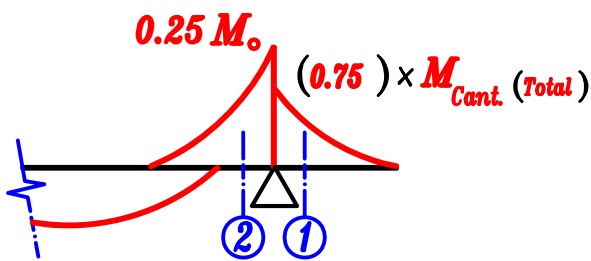
$$M_{Cant. (Total)} = \frac{(w_s \times L_2) \times (L_c)^2}{2} = \checkmark \text{ kN.m}$$

العزم على عرض L_2 من البلاطة



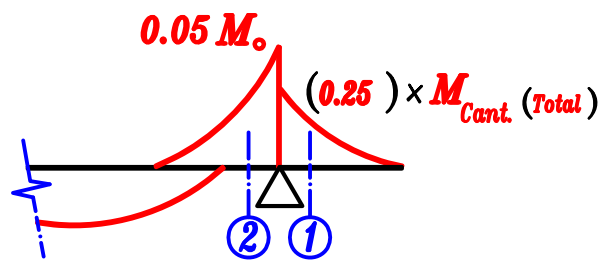
For Column Strip $M_{Cant.} = (0.75) \times M_{Cant. (Total)}$

For Field Strip $M_{Cant.} = (0.25) \times M_{Cant. (Total)}$



Column Strip

نصم القطاع الذي عليه عزم أكبر من ① أو ②



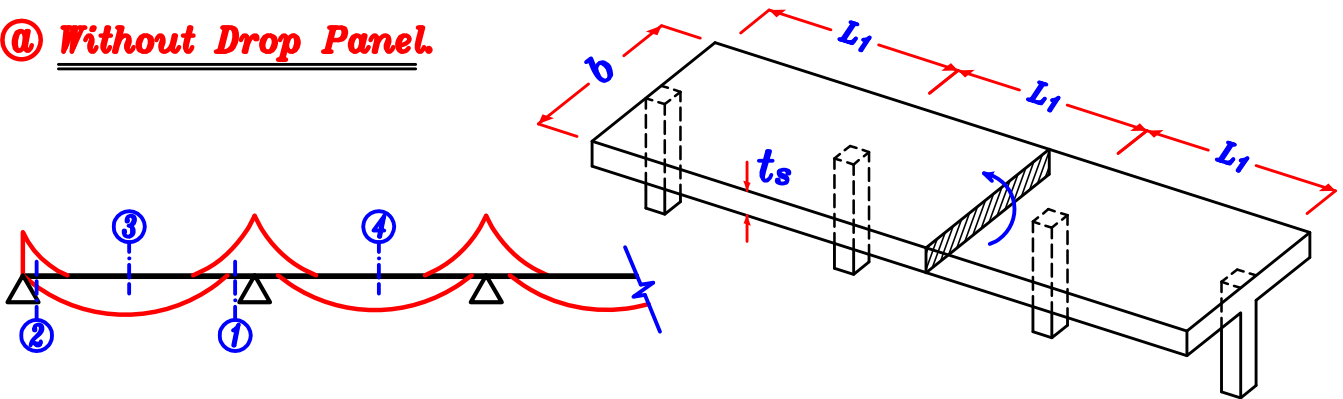
Field Strip

نصم القطاع الذي عليه عزم أكبر من ① أو ②

⑥ Design the strips by using charts (C_1, J)

Each strip has 4 sections to design

Ⓐ Without Drop Panel.



$M = \sqrt{kN.m \backslash strip}$ $b = \text{Strip Width} = \sqrt{mm}$ $t_s = \text{depth of the slab.}$

$$d = t_s - \text{cover} \begin{cases} t_s - 20 \text{ mm} & \text{فى الاتجاه الطويل (فرش)} \\ t_s - 30 \text{ mm} & \text{فى الاتجاه القصير (غطاء)} \end{cases}$$

$$\therefore d = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu} b}} \xrightarrow{\text{get } C_1} \xrightarrow{\text{get } J}$$

عرض الشريحة

$$\therefore A_s (mm^2 \backslash b) = \frac{M_{U.L.}}{J F_y d} = \sqrt{mm^2 \backslash b}$$

قيمة التسليح الموجود
فى عرض الشريحة بالكامل

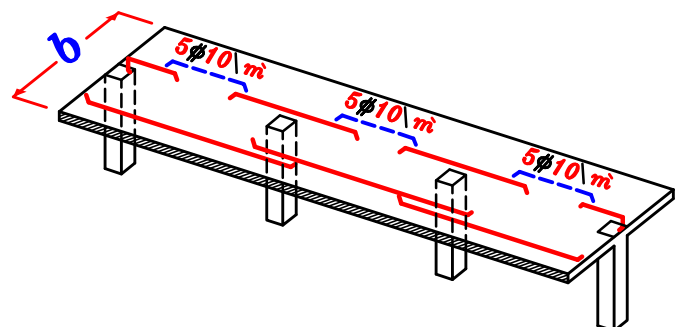
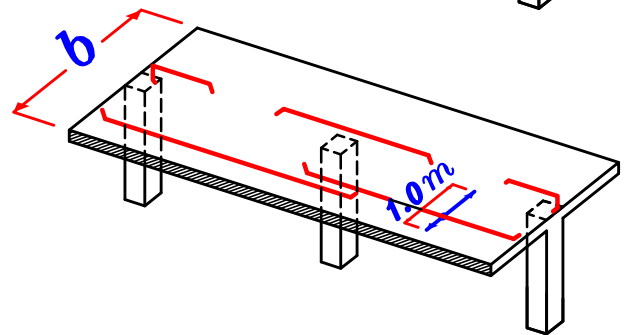
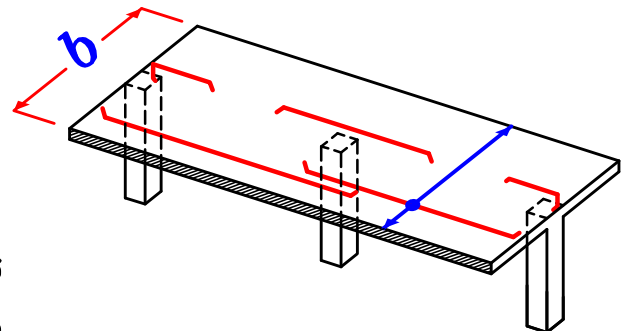
$$\therefore A_s (mm^2 \backslash m) = \frac{A_s (mm^2 \backslash b)}{b} = \sqrt{mm^2 \backslash m}$$

قيمة التسليح الموجود
فى عرض - ١م

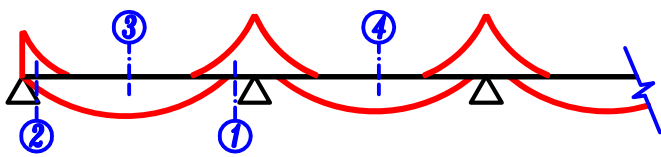
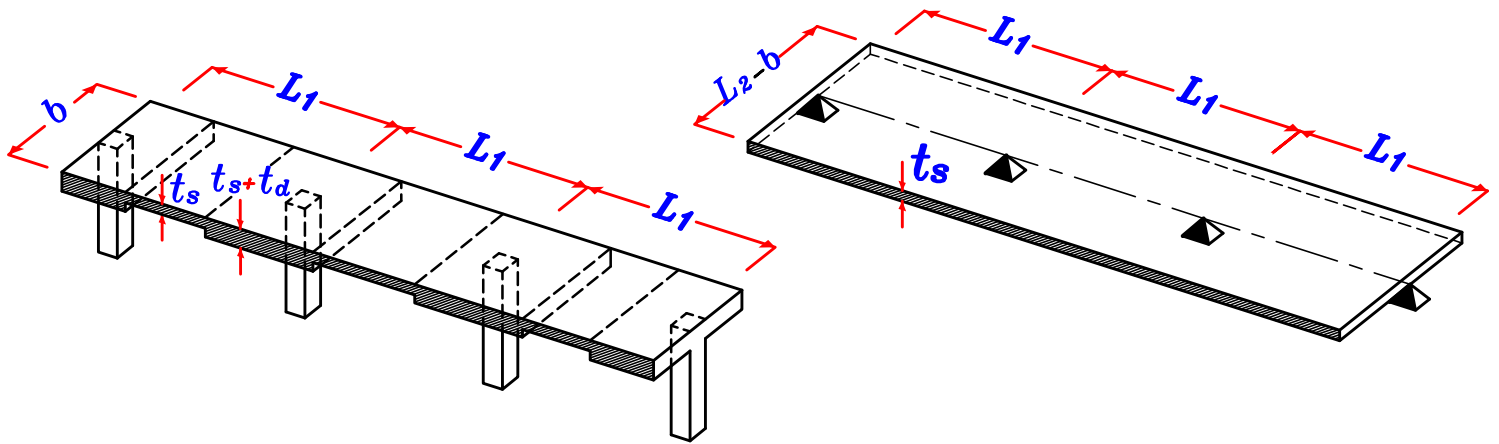
$$A_{s_{min}} = 5 \phi 12 \backslash m$$

ملحوظة

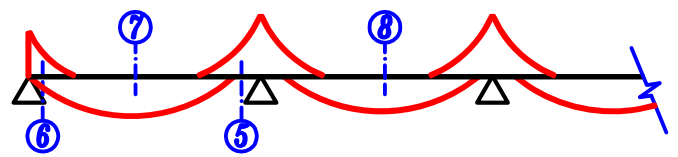
إذا كانت تخانة البلاطة أكبر من ١٦ سم
نعمل شبكة علوية أيضا لمقاومة الانكماش
و ذلك بتكملة الحديد العلوى بحديد $5 \phi 10 \backslash m$



⑥ With Drop Panel.



Col strip



Field strip

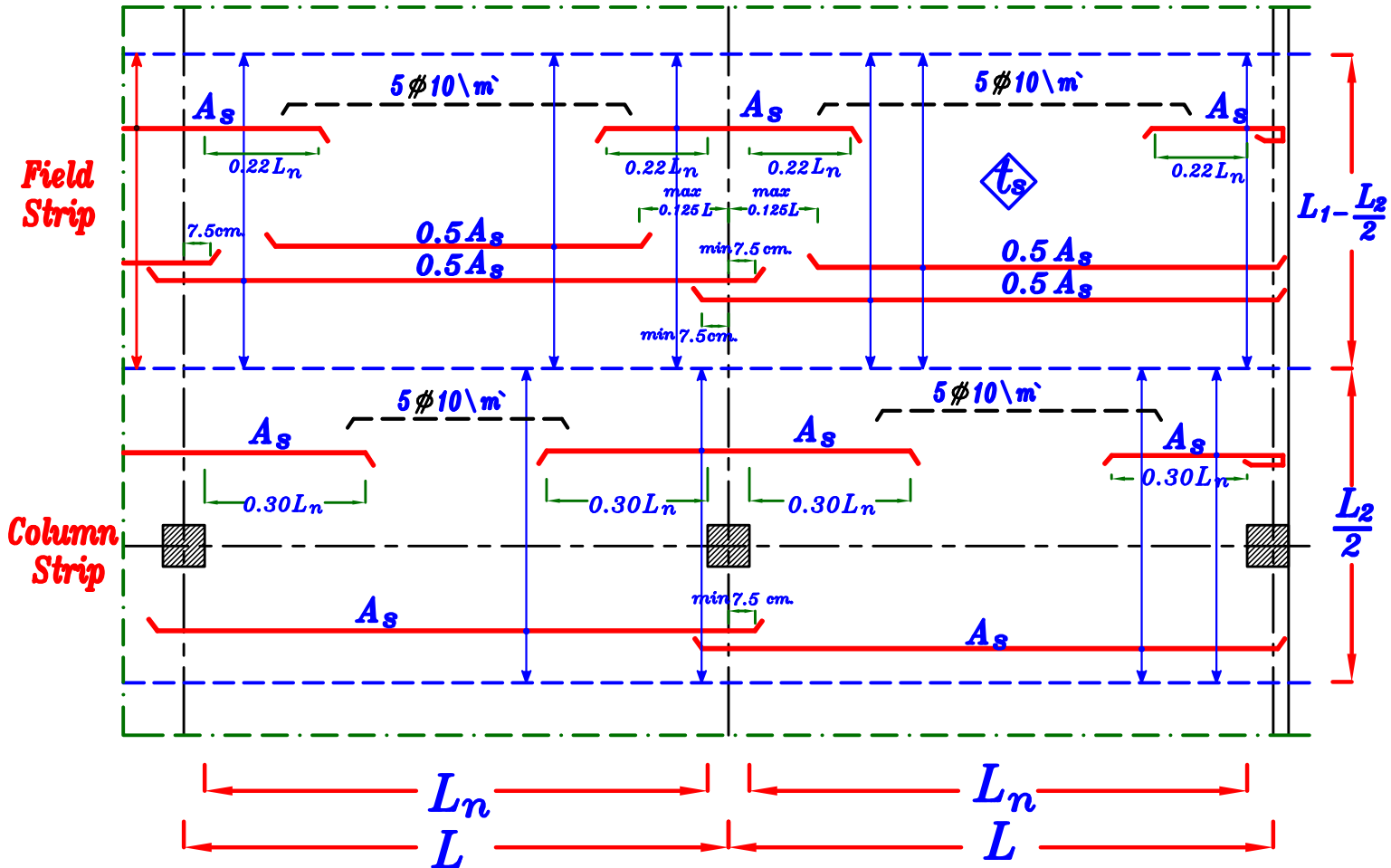
$$M = \sqrt{kN.m} \text{ strip} \quad b = \text{Strip Width} = \sqrt{mm}$$

$$t = \begin{cases} t_s + t_d & \text{For sec ① \& ② in col strip} \\ t_s & \text{For sec ③ \& ④ in col strip and all field strip sections} \end{cases}$$

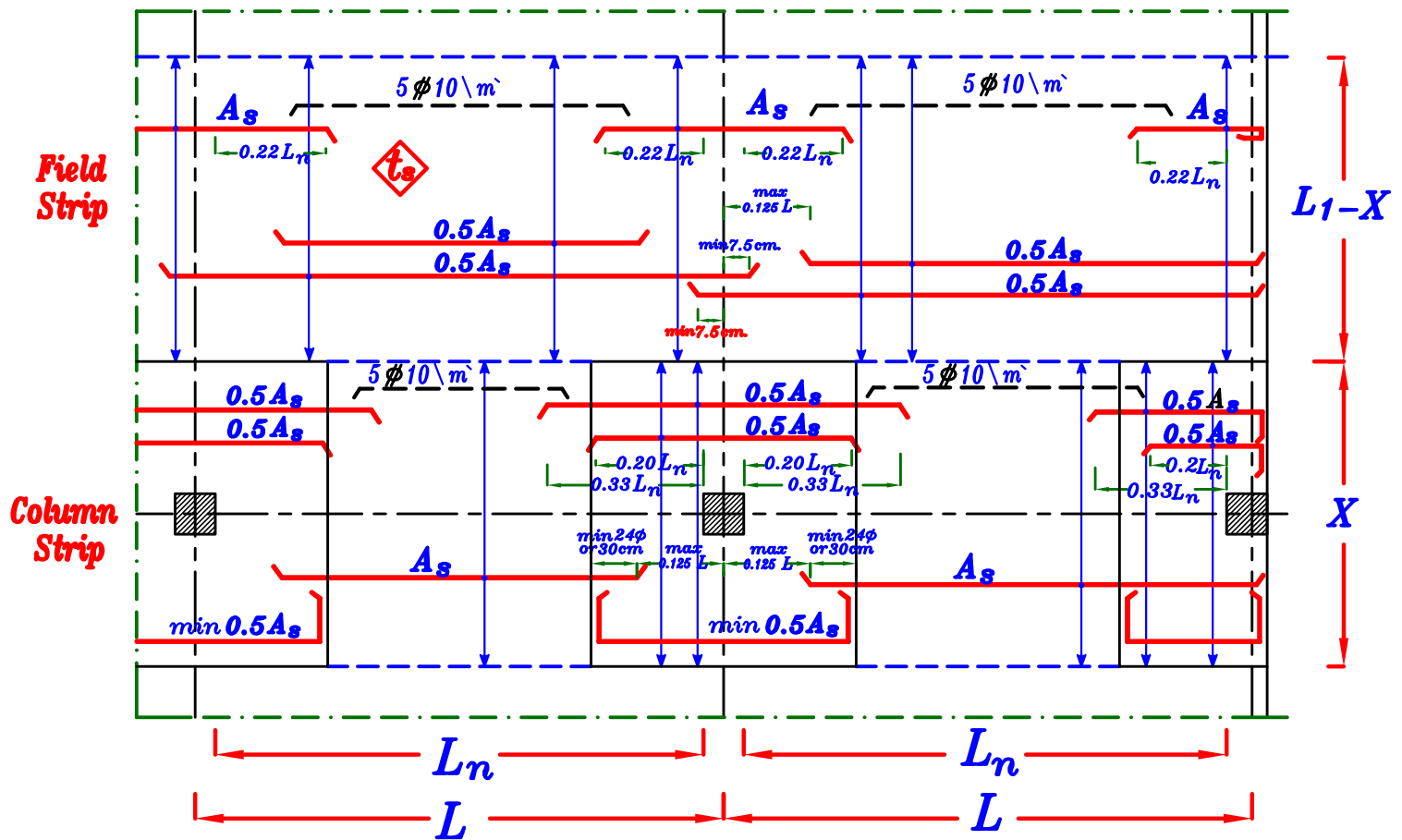
$$d = t - \text{cover} \begin{cases} t - 20 \text{ mm} & \text{فى الاتجاه الطويل (فرش)} \\ t - 30 \text{ mm} & \text{فى الاتجاه القصير (غطاء)} \end{cases}$$

⑦ Draw details of RFT. in Plan.

α – Without Drop Panel.



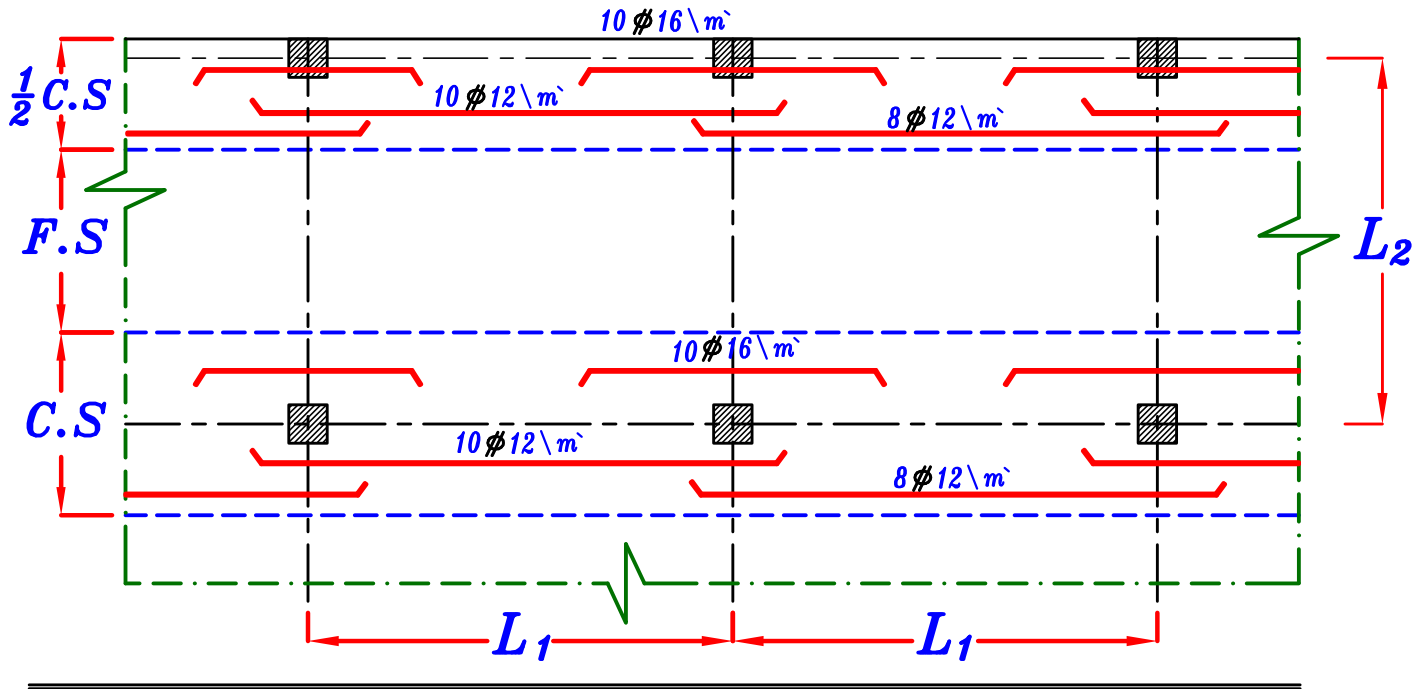
b—With Drop Panel.



Important Notes.

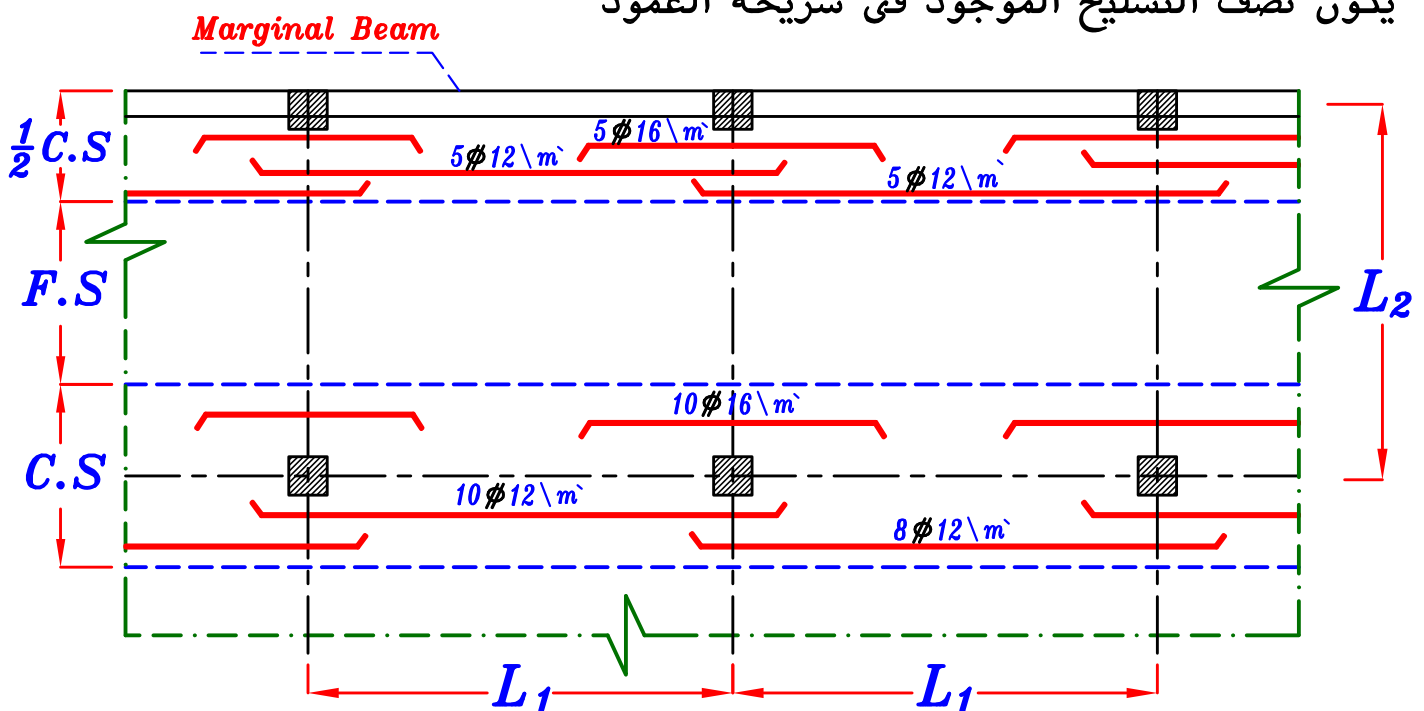
① Flat Slab without Marginal Beam.

التسليح الموجود في نصف شريحة العمود الأخيرة
يكون نفس التسليح الموجود في شريحة العمود



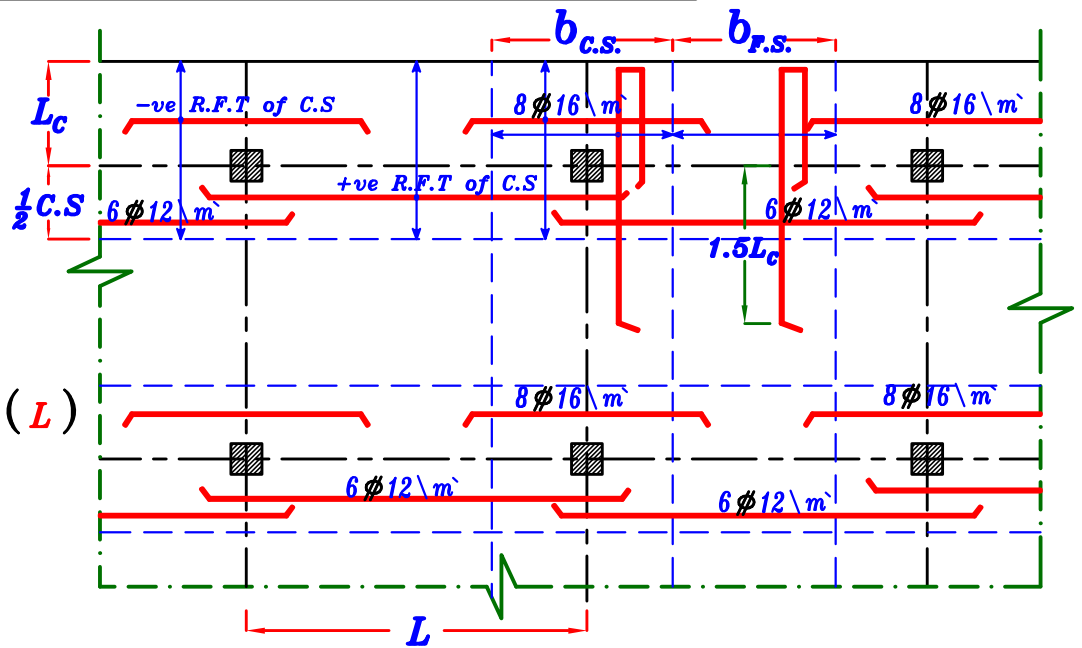
② Flat Slab with Marginal Beam.

التسليح الموجود في نصف شريحة العمود المجاورة لل *Marginal Beam*
يكون نصف التسليح الموجود في شريحة العمود



③ Case of Cantilever without Marginal Beam.

يعتبر ال Cantilever
كجزء من Flat slab



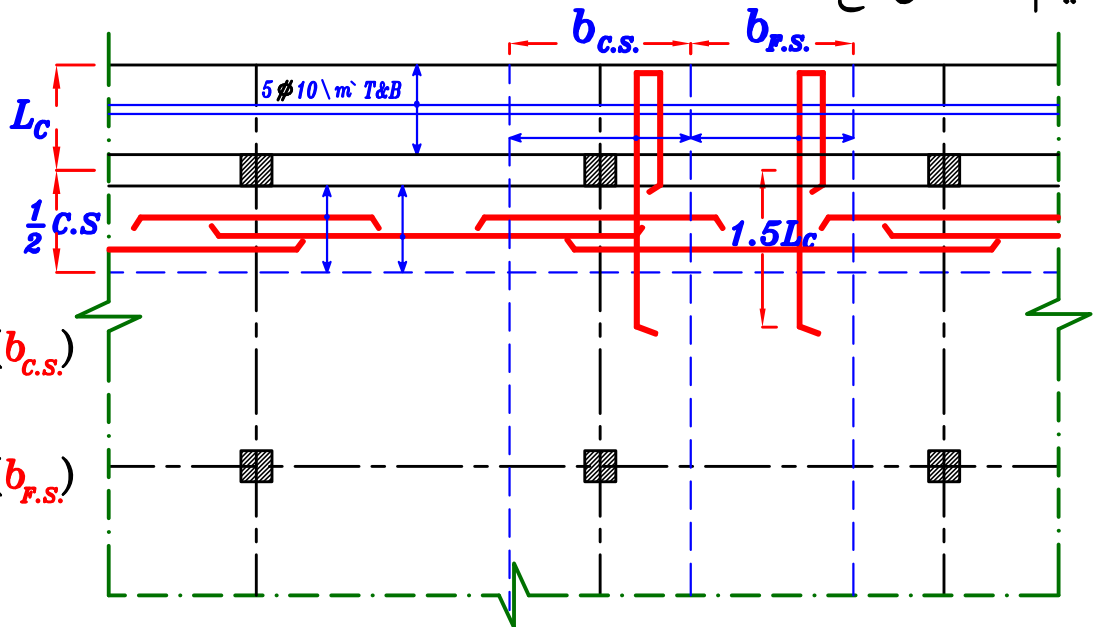
$$M_{Cant. (Total)} = \frac{(w_s \times L_c^2)}{2} \times (L)$$

$$M_{Cant. (C.S.)} = (0.75) \times M_{Cant. (Total)}$$

$$M_{Cant. (F.S.)} = (0.25) \times M_{Cant. (Total)}$$

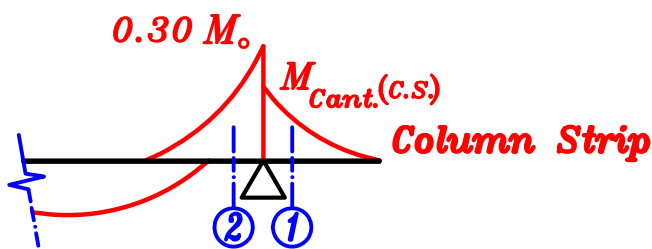
④ Case of Cantilever with Marginal Beam.

يتم التعامل مع ال Cantilever

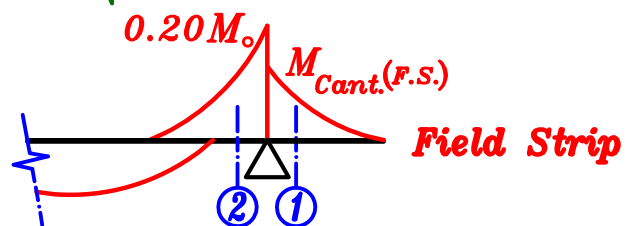


$$M_{Cant. c.s.} = \frac{(w_s \times L_c^2)}{2} \times (b_{c.s.})$$

$$M_{Cant. f.s.} = \frac{(w_s \times L_c^2)}{2} \times (b_{f.s.})$$



نصمم القطاع الذي عليه عزم أكبر من ① أو ②



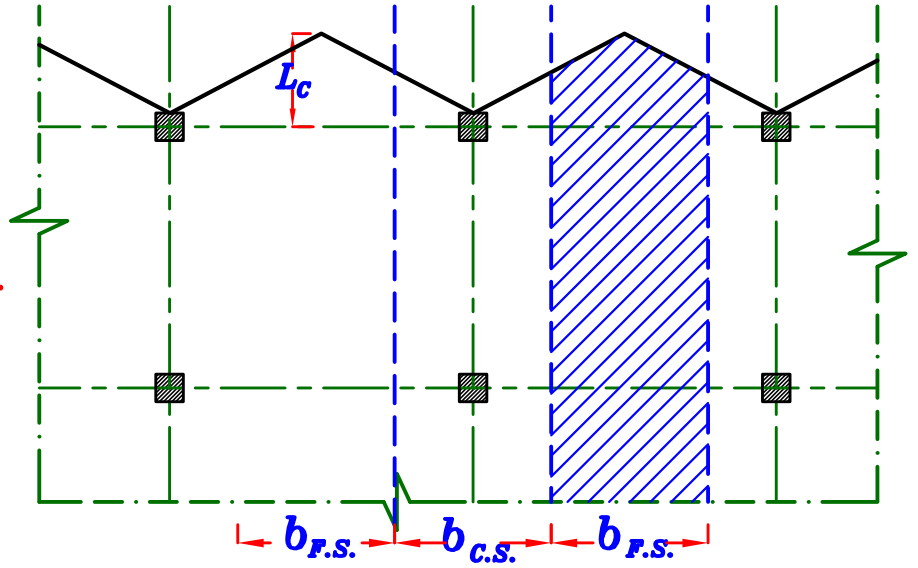
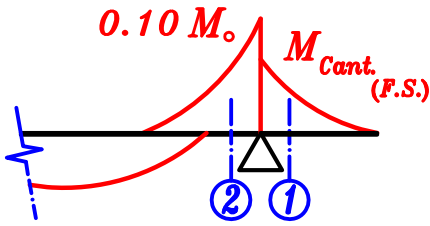
نصمم القطاع الذي عليه عزم أكبر من ① أو ②

⑤ Case of Cantilever with variable length.

يمكن اهمال تأثير الكابولي على

Column Strip

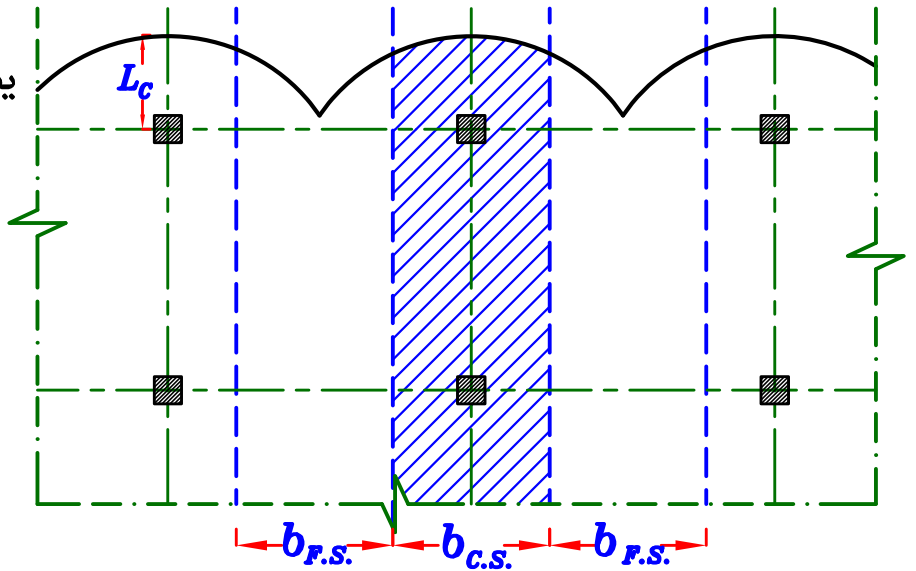
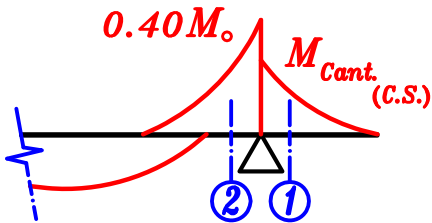
$$M_{Cant. (F.S.)} = \frac{(w_s \times L_c^2)}{2} \times b_{F.S.}$$



يمكن اهمال تأثير الكابولي على

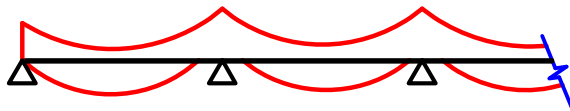
Field Strip

$$M_{Cant. (C.S.)} = \frac{(w_s \times L_c^2)}{2} \times b_{C.S.}$$



⑥ حالة خاصة في حالة وجود أحمال حية كبيرة $L.L. > 1.5 D.L.$

يمكن أن يكون هناك عزوم سالبة في منتصف بحر الكمره ناتجة من حالات التحميل



و تؤخذ قيم العزوم السالبة كالاتى :

For Column Strip at L_1 direction.
$$M_{(-ve)} = \frac{(g - \frac{2}{3} p) L_2}{40} \times (L_1 - \frac{2}{3} D)^2$$

For Field Strip at L_1 direction.
$$M_{(-ve)} = \frac{(g - \frac{2}{3} p) L_2}{100} \times (L_1 - \frac{2}{3} D)^2$$

⑦ لمعرفة مدى احتياج البلاطة ل drop panel يمكن عمل الاتي

① Choose Thickness of the Slab. (t_s) Without Drop Panel.

$$\text{External Panel } t_s = \frac{L}{32} \quad \text{Internal Panel } t_s = \frac{L}{36}$$

② Get the Loads on the Slab. (w_s) Without Drop Panel.

$$(w_s) = 1.4 [t_s \delta_c + F.C. + walls] + 1.6 (L.L.)$$

③ Calculate B.M. (as a simple beam.) (M_o)

$$M_o = \frac{(w_s \times L_2) \times (L_1 - \frac{2}{3}D)^2}{8} \quad \text{Moment in Long Direction.}$$

④ Design the section.

$$M = 0.45 M_o \quad b = \frac{L_2}{2} \quad d = t_s - 2.0$$

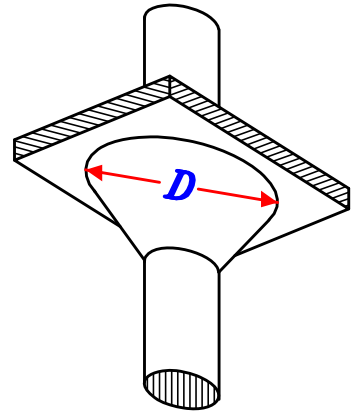
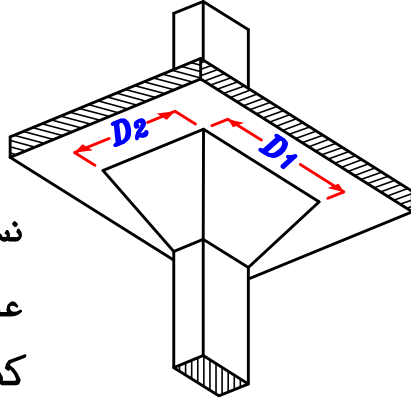
$$d = c_1 \sqrt{\frac{M_{u.L.}}{F_{cu} b}} \rightarrow \text{Get } c_1$$

IF $c_1 \begin{cases} \geq 2.78 & \text{No need For Drop Panel} \\ < 2.78 & \text{Use Drop Panel} \end{cases}$

Column Head.

الأعمدة المستطيلة

الأعمدة الدائرية

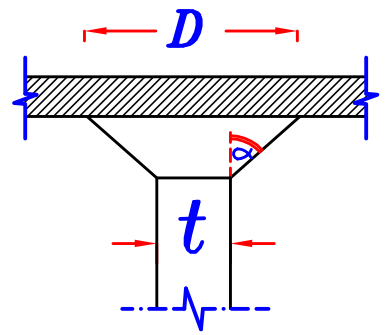
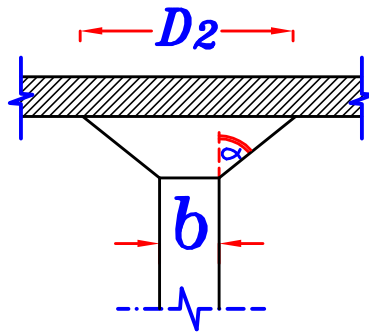


نستخدم ال Column Head
عندما يكون ال Punching Stress
كبير على البلاطة

$$\alpha \triangleright 45.0^\circ$$

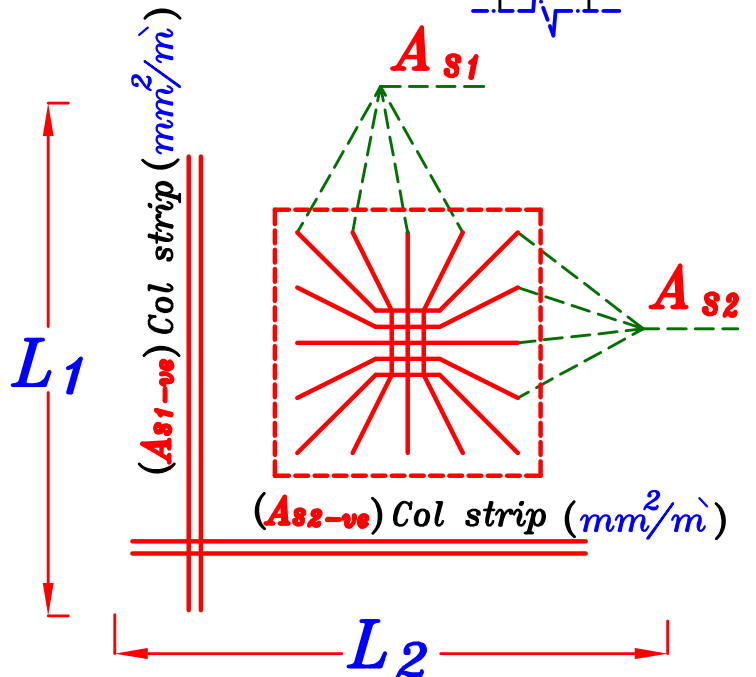
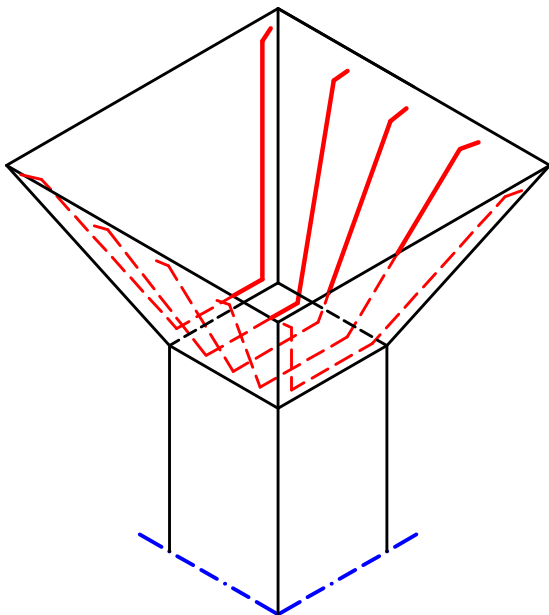
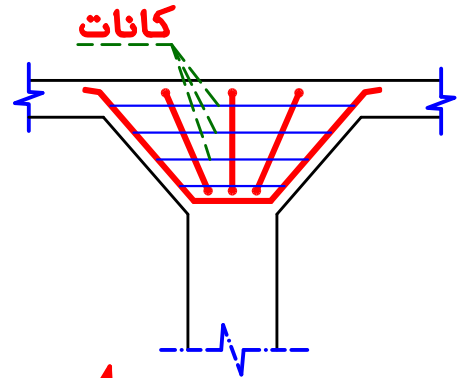
$$D_2 \text{ العرض الاصغر لل Column Head للأعمدة المستطيلة} \triangleright \frac{L_2}{4}$$

$$D \text{ (للأعمدة الدائرية)} \triangleright \frac{L_2}{4}$$

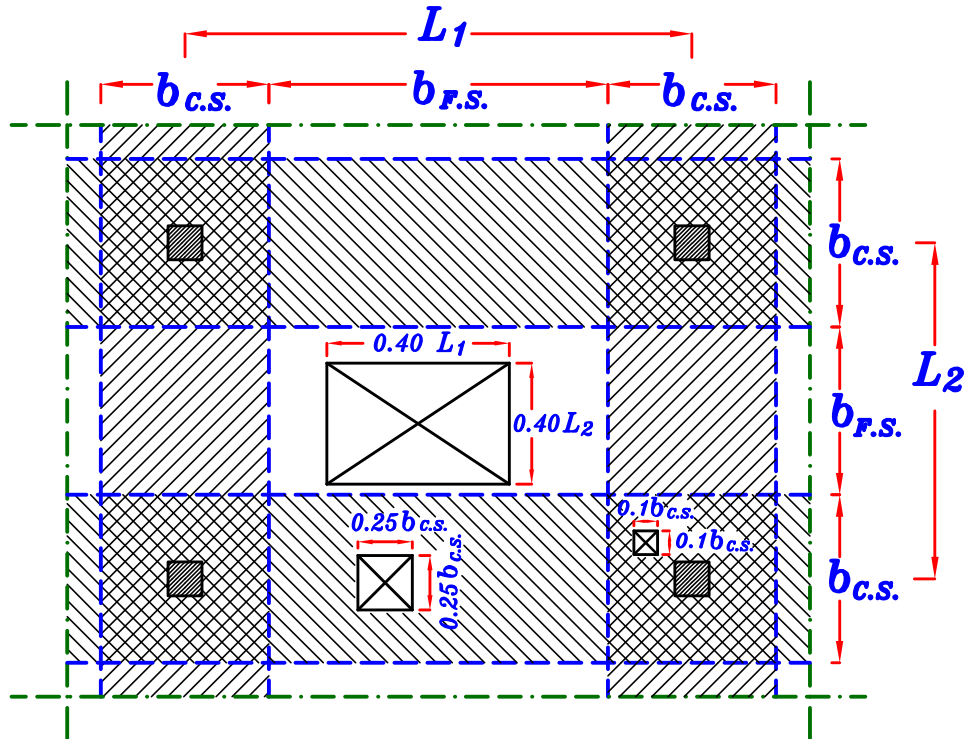
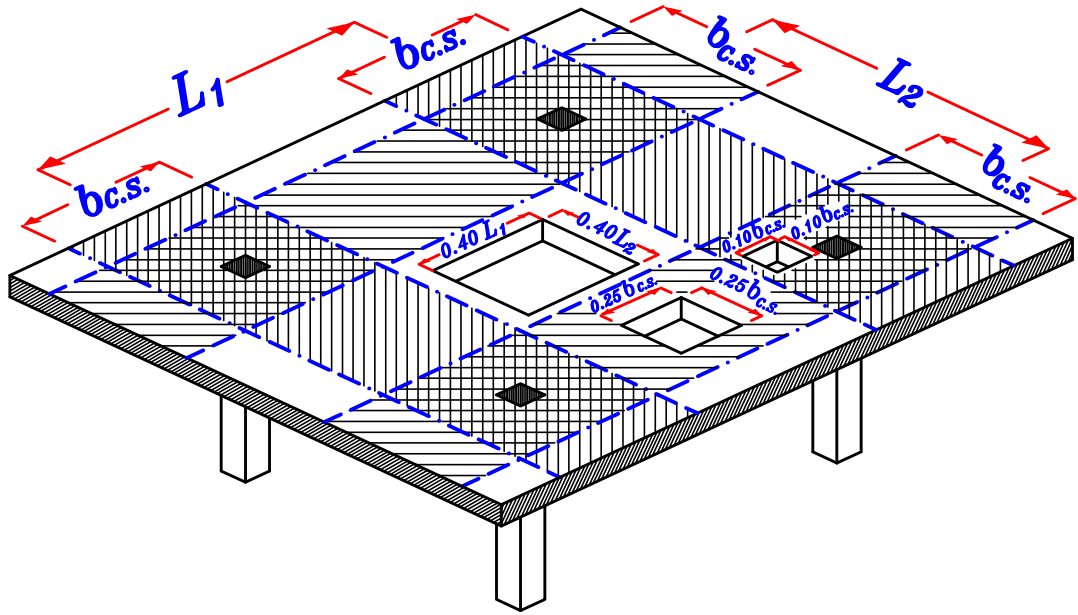


$$A_{s1} \geq 0.04 (A_{s1-ve}) \text{ Col Strip (mm}^2/\text{m)} \times L_2$$

$$A_{s2} \geq 0.04 (A_{s2-ve}) \text{ Col Strip (mm}^2/\text{m)} \times L_1$$



Opening in Flat Slabs.



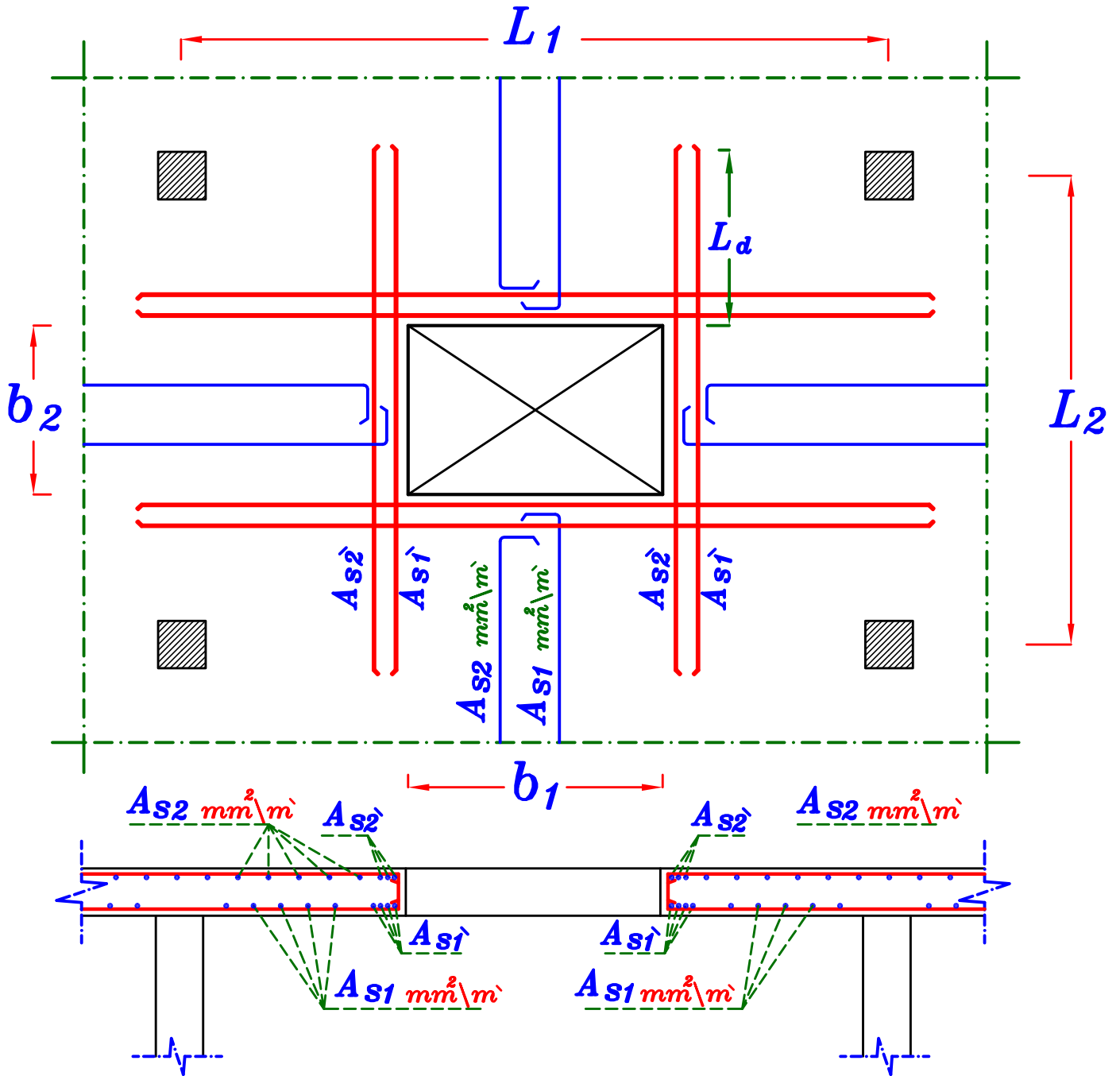
الابعاد المسموح بها في فتحات ال Flat Slabs

- | | | | |
|--|------------------|-----------------|-----------------------|
| <i>max. length at L_1 Direction</i> | \triangleright | $0.4 L_1$ | F.S. مع F.S. تقاطع -١ |
| <i>max. length at L_2 Direction</i> | \triangleright | $0.4 L_2$ | |
| <i>max. length at any Direction</i> | \triangleright | $0.25 b_{c.s.}$ | C.S. مع F.S. تقاطع -٢ |
| <i>max. length at any Direction</i> | \triangleright | $0.10 b_{c.s.}$ | C.S. مع C.S. تقاطع -٣ |

إذا زادت ابعاد الفتحات عن القيم السابقة يجب حل البلاطة بواسطة ال Computer

ملحوظة

RFT. of the Flat Slab at the Opening.



$$A_{s1} = \frac{1}{2} [A_{s1} (\text{mm}^2/\text{m}) \times b_1 (\text{m})] = \checkmark \text{ mm}^2$$

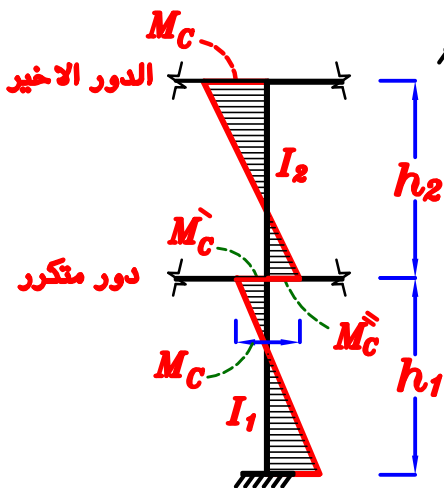
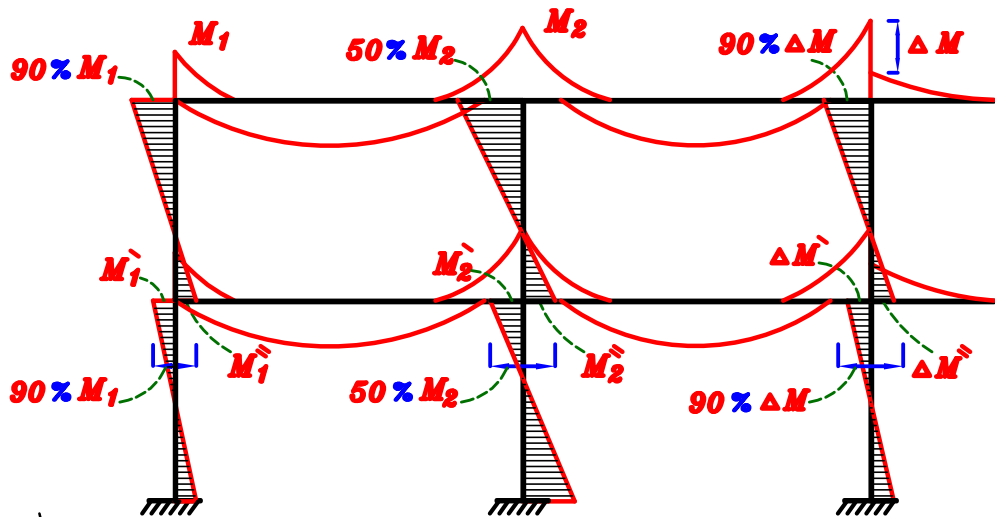
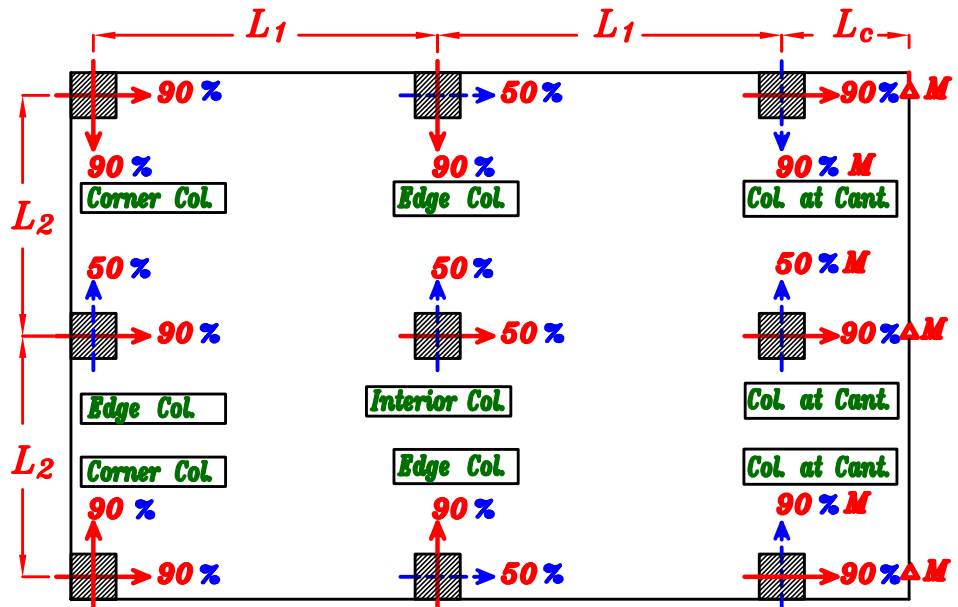
$$A_{s2} = \frac{1}{2} [A_{s2} (\text{mm}^2/\text{m}) \times b_1 (\text{m})] = \checkmark \text{ mm}^2$$

ملحوظة يمكن للتسهيل أن يتم أخذ فواتير حول الفتحة (4#16) علوى وسفلى من جميع الجهات

Design of Columns.

تصمم الاعمده على (M, N) Moment & Normal وهذا حسب وضع كل عمود

- إذا كان
- ① Interior Column ----- عمود داخلي
 - ② Edge Column ----- عمود طرفي
 - ③ Corner Column ----- عمود ركني
 - ④ Column at cantilever ----- عمود عند الكابولي



يوزع العزم M_C على العمودين السفلى و العلوى بنسبة $\frac{I}{h}$ فى الادوار المتكرره

$$\sum I \setminus h = I_1 \setminus h_1 + I_2 \setminus h_2$$

$$M_C' = \frac{(I_1 \setminus h_1)}{\sum I \setminus h} \times M_C$$

$$M_C'' = \frac{(I_2 \setminus h_2)}{\sum I \setminus h} \times M_C$$

ماعدا الدور الاخير يوزع العزم كله على العمود السفلى لانه لا يوجد عمود علوى

① Interior Column. (2 Cases of Loading)

– Calculate Loads on the Slab.

$$(g_s)_{D.L.} = 0.9 [t_s \delta_c + F.C. + walls]$$

$$(w_s)_{T.L.} = 1.4 [t_s \delta_c + F.C. + walls] + 1.6 (L.L.)$$

Case ① (Critical Case) Total Load

$$N/Floor = w_s (L_1 \times L_2) + o.w. (Col.) \times 1.4$$

$$= \checkmark \text{ kN/Floor}$$

$$N \text{ (at Base)} = N/Floor \times \text{No. of Floors.}$$

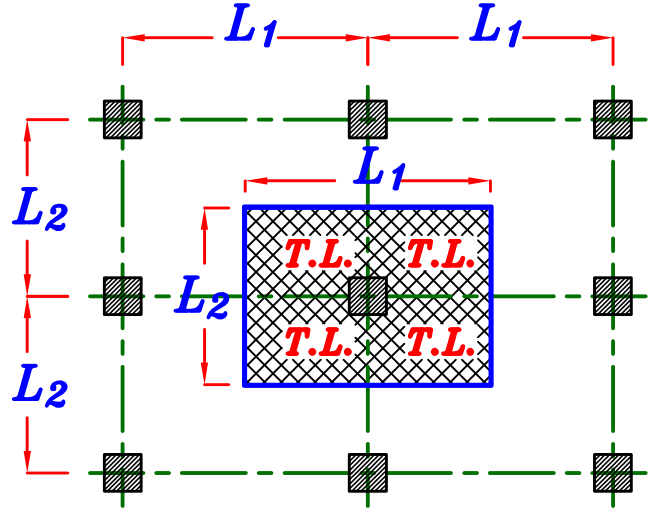
$$= \checkmark \text{ kN}$$

$M = \text{Zero}$

Design at N only using

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

Assume $A_s = 1.0\% A_c$



Case ② (Critical Case)

max. moment at Direction of L_1

$$N/Floor = w_s \left(\frac{L_1}{2} \times L_2 \right) + g_s \left(\frac{L_1}{2} \times L_2 \right)$$

$$+ o.w. (Col.) \times 1.4 = \checkmark \text{ kN/Floor}$$

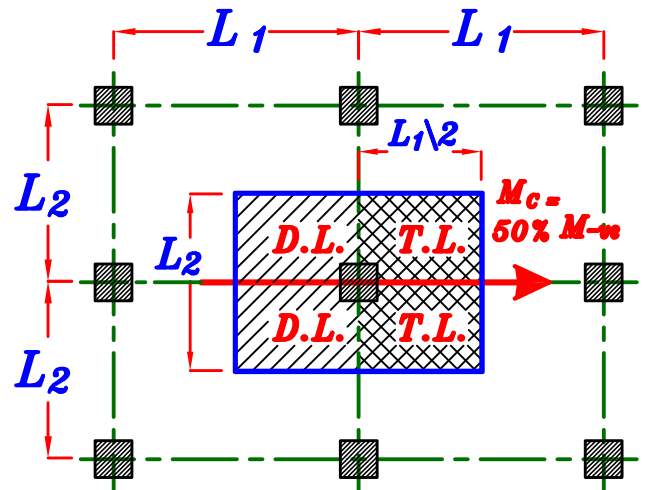
$$N \text{ (at Base)} = N/Floor \times \text{No. of Floors.}$$

$$= \checkmark \text{ kN}$$

$$M_c = 50\% \text{ (-ve Moment of Col. Strip)}$$

$$= 50\% (0.45 M_o)$$

Design the Column on N, M



و يوزع العزم M_c على العمودين
السفلى و العلوى بنسبة $\frac{I}{h}$

و يتم وضع الحديد الناتج متماثل في الاتجاهين

② Edge Column.

max. moment at the inside Direction.

$$N/\text{Floor} = w_s \left(\frac{L_1}{2} \times L_2 \right) + o.w.(\text{Col}) \times 1.4 = \checkmark \text{ kN/Floor}$$

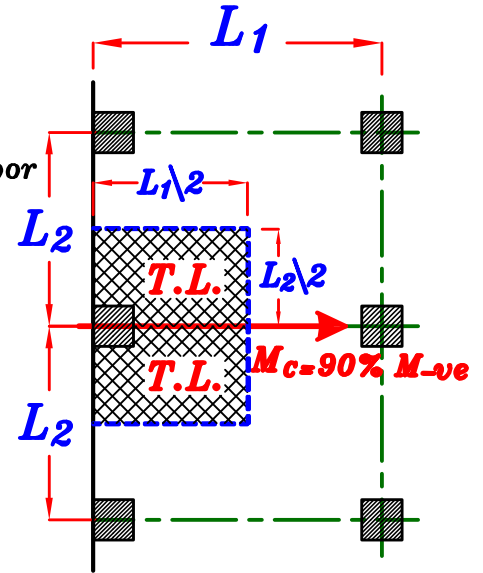
$$N(\text{at Base}) = N/\text{Floor} \times \text{No. of Floors.} = \checkmark \text{ kN}$$

$$M_C = 90\% \text{ (-ve Moment of Col. Strip)}$$

$$M_C \begin{cases} = 90\% (0.40 M_o) \text{ Without marginal Beam} \\ = 90\% (0.30 M_o) \text{ With marginal Beam} \end{cases}$$

$\frac{I}{h}$ و يوزع العزم M_C على العمودين السفلى و العلوى بنسبة

Design the Column on N, M



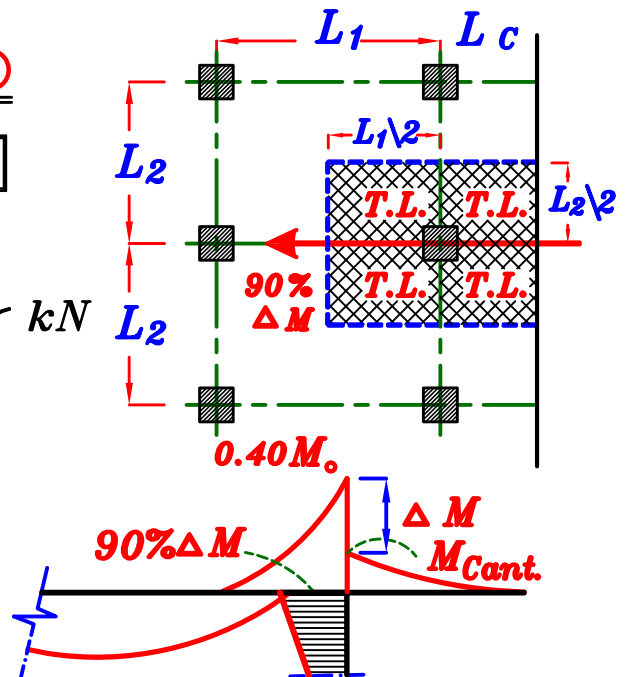
③ Column at cantilever. Case ①

$$N/\text{Floor} = w_s \left[\left(\frac{L_1}{2} \right) \times L_2 \right] + w_s \left[(L_c) \times L_2 \right] + o.w.(\text{Col}) \times 1.4 = \checkmark \text{ kN/Floor}$$

$$N(\text{at Base}) = N/\text{Floor} \times \text{No. of Floors.} = \checkmark \text{ kN}$$

$$\Delta M = 0.40 M_o - M_{\text{Cant. total}}$$

$$M_C = 90\% (\Delta M)$$



Case ②

max. moment at the inside Direction.

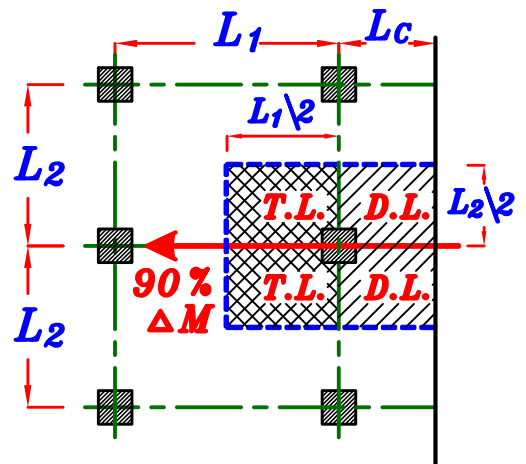
$$N/\text{Floor} = w_s \left[\left(\frac{L_1}{2} \right) \times L_2 \right] + g_s \left[(L_c) \times L_2 \right] + o.w.(\text{Col}) \times 1.4 = \checkmark \text{ kN/Floor}$$

$$N(\text{at Base}) = N/\text{Floor} \times \text{No. of Floors.} = \checkmark \text{ kN}$$

$$\Delta M = 0.40 M_o - M_{\text{Cant. Dead}}$$

$$M_C = 90\% (\Delta M)$$

Design the Column on N, M



④ Corner Column.

Double moment on the Column. M_x, M_y

$$N/\text{Floor} = w_s \left(\frac{L_1}{2} \times \frac{L_2}{2} \right)$$

$$+ \text{o.w. (Col.)} \times 1.4 = \checkmark \text{ kN/Floor}$$

$$N \text{ (at Base)} = N/\text{Floor} \times \underline{N_o.} \text{ of Floors.}$$

$$= \checkmark \text{ kN}$$

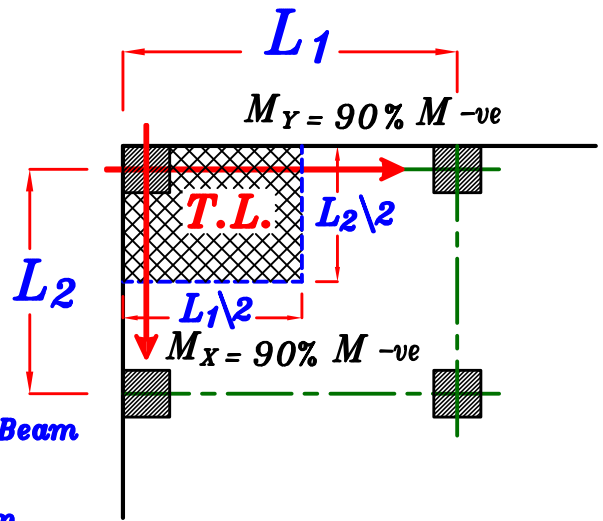
$$M_y = 90\% \text{ (-ve Moment of } \frac{1}{2} \text{ Col. Strip)}$$

$$M_y \begin{cases} \rightarrow = 90\% \left(\frac{0.40 M_o}{2} \right) & \text{Without marginal Beam} \\ \rightarrow = 90\% \left(\frac{0.30 M_o}{2} \right) & \text{With marginal Beam} \end{cases}$$

$$M_x = 90\% \text{ (-ve Moment of } \frac{1}{2} \text{ Col. Strip)}$$

$$M_x \begin{cases} \rightarrow = 90\% \left(\frac{0.40 M_o}{2} \right) & \text{Without marginal Beam} \\ \rightarrow = 90\% \left(\frac{0.30 M_o}{2} \right) & \text{With marginal Beam} \end{cases}$$

Design the Column on N, M_x, M_y



M_x, M_y و توزع العزوم
على العمودين السفلى
و العلوى بنسبة $\frac{I}{h}$

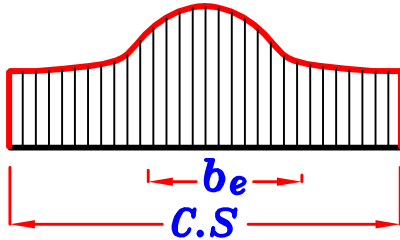
Transfer of B.M. From Slab to Column.

العزوم الواقعة على الأعمدة (M_c) تنشأ نتيجة إتصال الأعمدة بالبلاطة و هذه العزوم تنتقل من البلاطة الى الأعمدة عن طريقين

① Flexure (M_F)

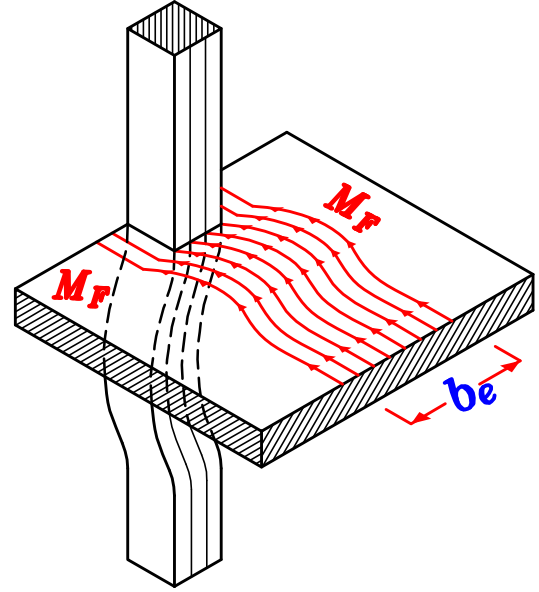
ينتقل عزم الانحناء من البلاطة الى العمود في العرض (b_e)

$$M_F = \delta_F \times M_c$$



Distribution of -ve moment on the column strip

① عن طريق عزم إنحناء البلاطة

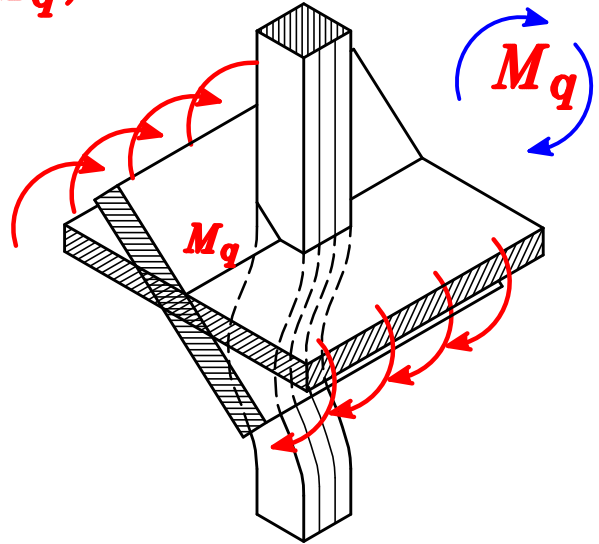


② عن طريق عزم إلتواء البلاطة (القص الثاقب)

② Torsion (Punshing Shear) (M_q)

نتيجة لوجود عزوم سالبة على البلاطة تعمل Punshing Stress على البلاطة و تعمل Couple على البلاطة وهذا يؤدي إلى إنحناء العمود أي الى وجود عزم على العمود (M_q)

$$M_q = \delta_q \times M_c$$



العزم النهائي على العمود (M_c) هو محصلة العزم الناتج من عزم إنحناء البلاطة (M_F) و العزم الناتج من القص الثاقب (M_q)

$$M_c = M_F + M_q = (\delta_F + \delta_q) M_c \quad \therefore \delta_F + \delta_q = 1.0$$

بعد تصميم الأعمدة يجب التأكد من

After Design Columns we have two checks to do:

① Calculate IF we need additional steel at width (b_e).

② Check Punching Stress.

① Calculate IF we need additional steel at width (b_e).

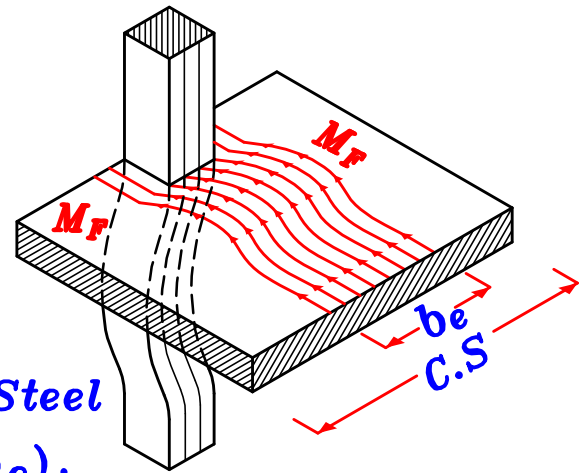
نظرا لتركيز الإجهادات في البلاطة حول الأعمدة على عرض (b_e)

لذا فيجب أن نحسب إذا كنا في إحتياج لحديد علوى إضافى فى هذه المنطقة أم لا

Check :

$$IF \quad \frac{M_F}{b_e} \leq \frac{M_{c.s.}}{b_{c.s.}} \quad \therefore \quad O.K.$$

$$IF \quad \frac{M_F}{b_e} > \frac{M_{c.s.}}{b_{c.s.}} \quad \therefore \quad \text{We need additional Steel at width } (b_e).$$



Steps to Check if we need additional steel at width (b_e).

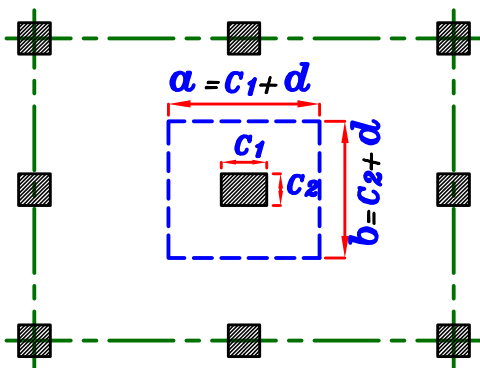
① Calculate δ_F

Where: α الطول الموازى للعزم

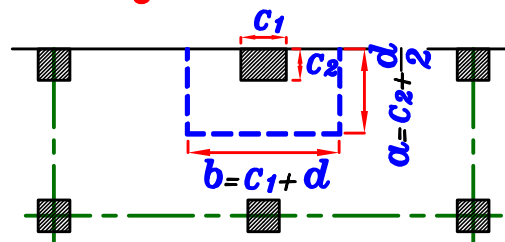
b الطول العمودى على العزم

$$\delta_F = \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{\alpha}{b}}}$$

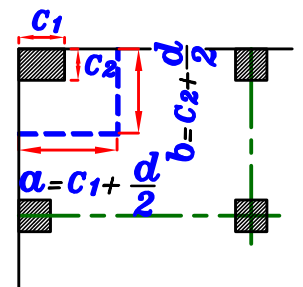
Interior Column.



Edge Column.



Corner Column.

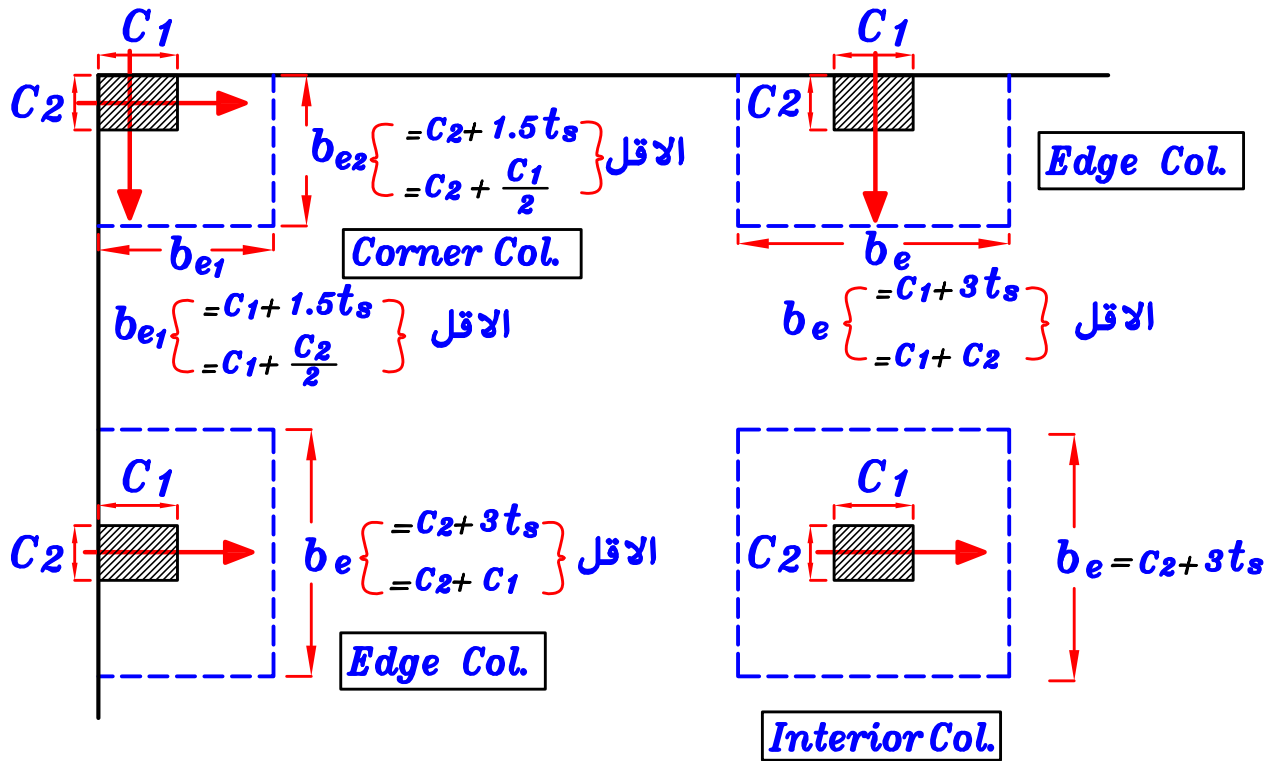


2 Calculate M_F

Where

$$M_F = \delta_F \times M_C$$

3 Calculate (b_e)



4 Check :

IF $\frac{M_F}{b_e} \leq \frac{M_{c.s.}}{b_{c.s.}} \therefore O.K.$

التسليح الموجود في ال (Col Strip) يتحمل عزم مقداره ($\frac{M_{c.s.}}{b_{c.s.}}$ kN.m/m)

IF $\frac{M_F}{b_e} > \frac{M_{c.s.}}{b_{c.s.}} \therefore$ We need additional Steel at width (b_e).

5 To get the amount of additional steel in width (b_e).

Get $\Delta M = \frac{M_F}{b_e} - \frac{M_{c.s.}}{b_{c.s.}} = \checkmark$ kN.m/m

$d = t_s - 2.0 \text{ cm. (Cover)} = \checkmark$ mm

$\therefore d = C_1 \sqrt{\frac{\Delta M}{F_{cu} B}}$, $B = 100 \text{ mm}$ Get $C_1 = \checkmark \rightarrow J = \checkmark$

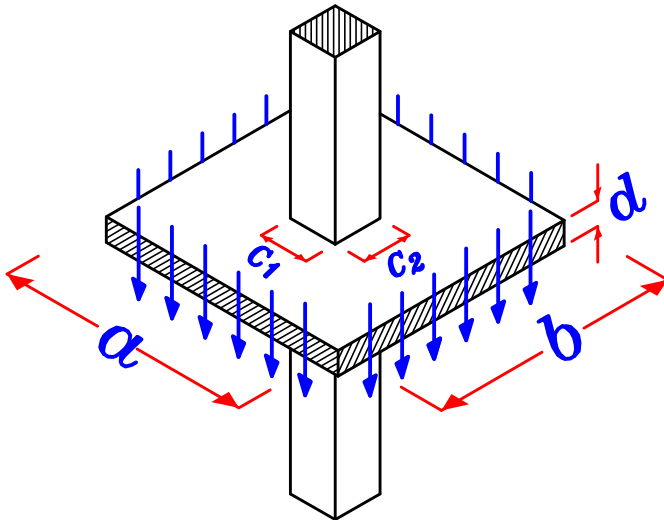
$\therefore A_s \text{ (m)} = \frac{\Delta M}{J F_y d} = \checkmark$ mm²/m

$A_s \text{ (add.)} = (A_s \text{ (m)}) \times (b_e) = \checkmark$ mm²

② Check Punching Stress.

يوجد نوعان من ال *Punching Stress* يؤثران على البلاطة

1 *Punching Shear Stress Due To Loads.*

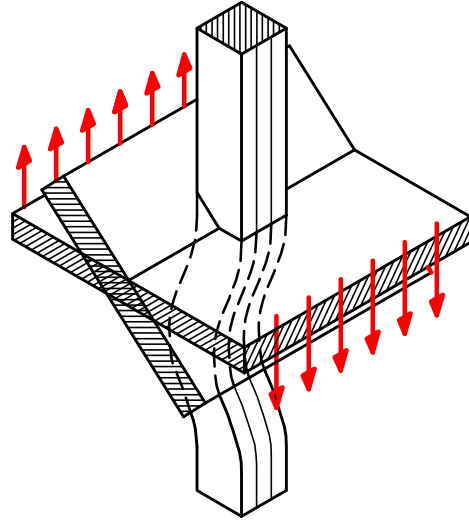


Punching Shear Stress

$$q_{u1} = \frac{\text{Load}}{\text{Area}} = \frac{Q}{b_o \times d}$$

$$= \frac{w_s \times (L_1 \times L_2 - a \times b)}{2(a + b) \times d}$$

2 *Punching Shear Stress Due To Transfer of Moment.*



Punching Shear Stress

$$q_{u2} = \frac{Mq \times c}{J}$$

Polar Inertia

$$q_{u2} \approx \text{Factor} \times q_{u1}$$

Total Punshing Shear stress. $q_{Total} = q_{u1} + q_{u2}$

$q_{u2} = \text{Factor} \times q_{u1}$ ولتسهيل الحل سوف نأخذ

$$q_{uTotal} = \frac{\beta Q}{b_o \times d}$$

(Q) the shear Force.

(b_o) the parameter of the critical section For shear.

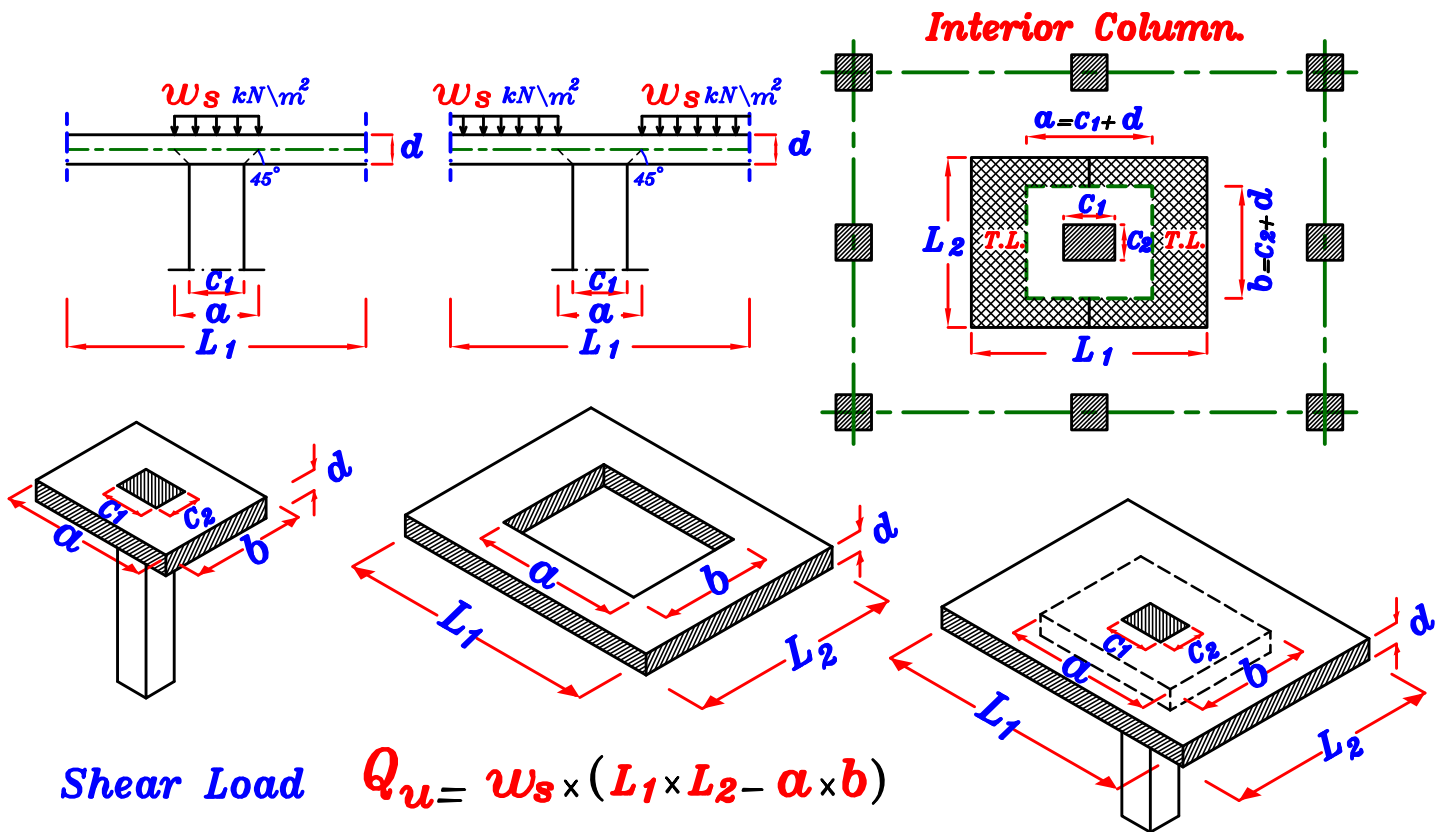
(d) the effective depth of the slab.

(β) = **1.15** Interior Column.

1.30 Edge Column.

1.50 Corner Column.

Check Punching For Interior Column.



Shear Load $Q_u = w_s \times (L_1 \times L_2 - a \times b)$

Shear Area ($b_o \times d$) = $2(a + b) \times d$

$-q_p = \frac{\text{Load}}{\text{Area}} = \frac{w_s \times (L_1 \times L_2 - a \times b)}{2(a + b) \times d} = \sqrt{N/mm^2}$

$-q_{uTotal} = \frac{\beta Q}{b_o \times d}$

$-q_{uTotal} = 1.15 q_p \quad N/mm^2$

$-q_{uall} = \text{Allowable Stress} = 0.316 \left(0.5 + \frac{a}{b}\right) \sqrt{\frac{F_{ou}}{\delta_c}} \quad N/mm^2$

$\left(0.5 + \frac{a}{b}\right) \leq 1$ Take $0.316 \sqrt{\frac{F_{ou}}{\delta_c}} \quad N/mm^2$

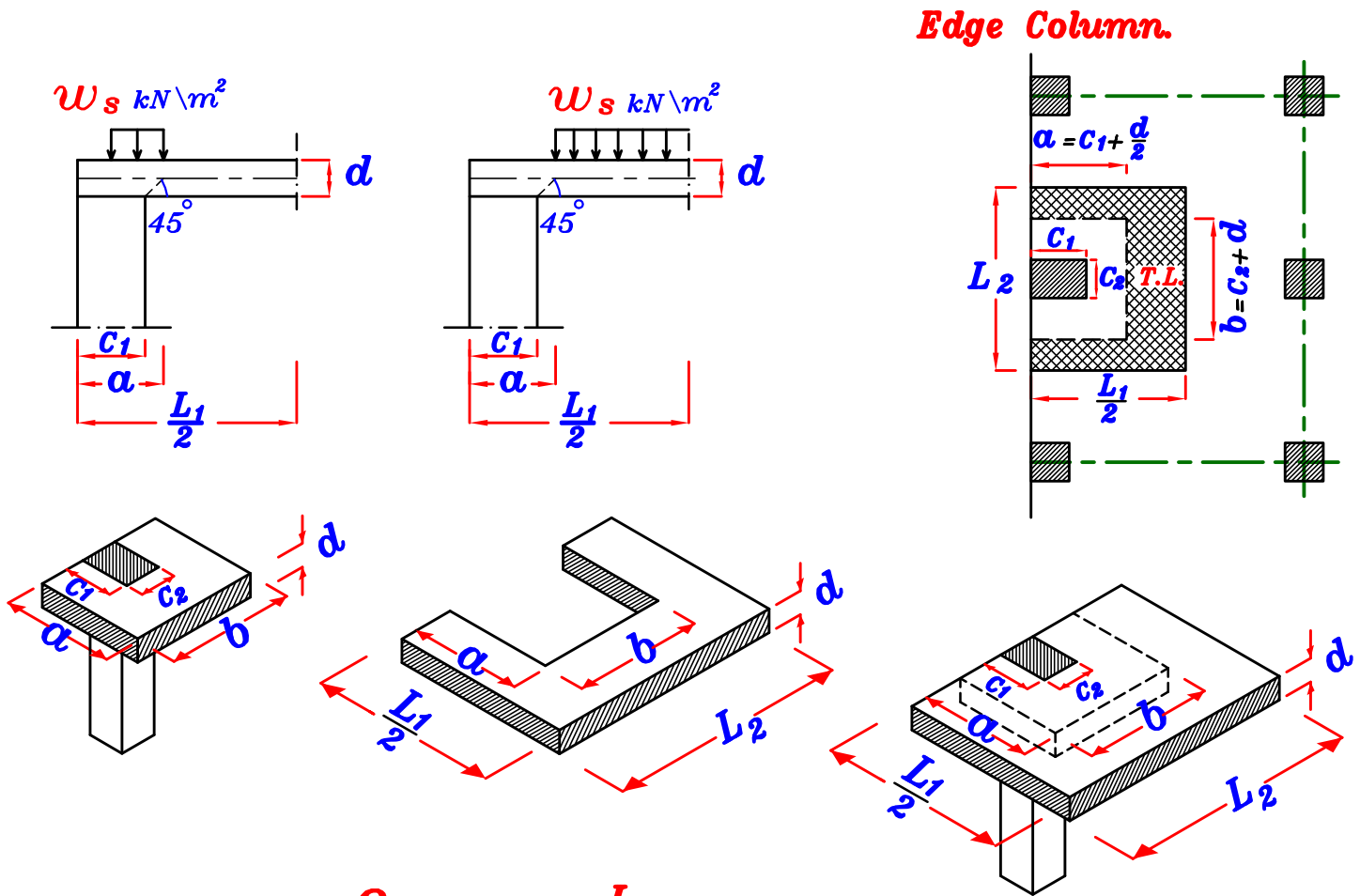
* IF $q_{uTotal} \leq q_{uall} \quad \therefore$ Safe.

* IF $q_{uTotal} > q_{uall} \quad \therefore$ UnSafe.

IF we Fined the Punching UnSafe, We can use:

- 1 - Column Head.
- OR 2 - Drop Panel.
- OR 3 - Increase Thickens of the Slab (t_s).
- OR 4 - Increase Dimensions of the Column .

Check Punching For Edge Column.



Shear Load $Q_u = w_s \times \left(\frac{L_1}{2} \times L_2 - a \times b \right)$

Shear Area $(b_o \times d) = (2a + b) \times d$

– $q_p = \frac{\text{Load}}{\text{Area}} = \frac{w_s \times \left(\frac{L_1}{2} \times L_2 - a \times b \right)}{2(a + b) \times d} = \sqrt{N/mm^2}$

– $q_{uTotal} = \frac{\beta Q}{b_o \times d}$

– $q_{uTotal} = 1.30 q_p \quad N/mm^2$

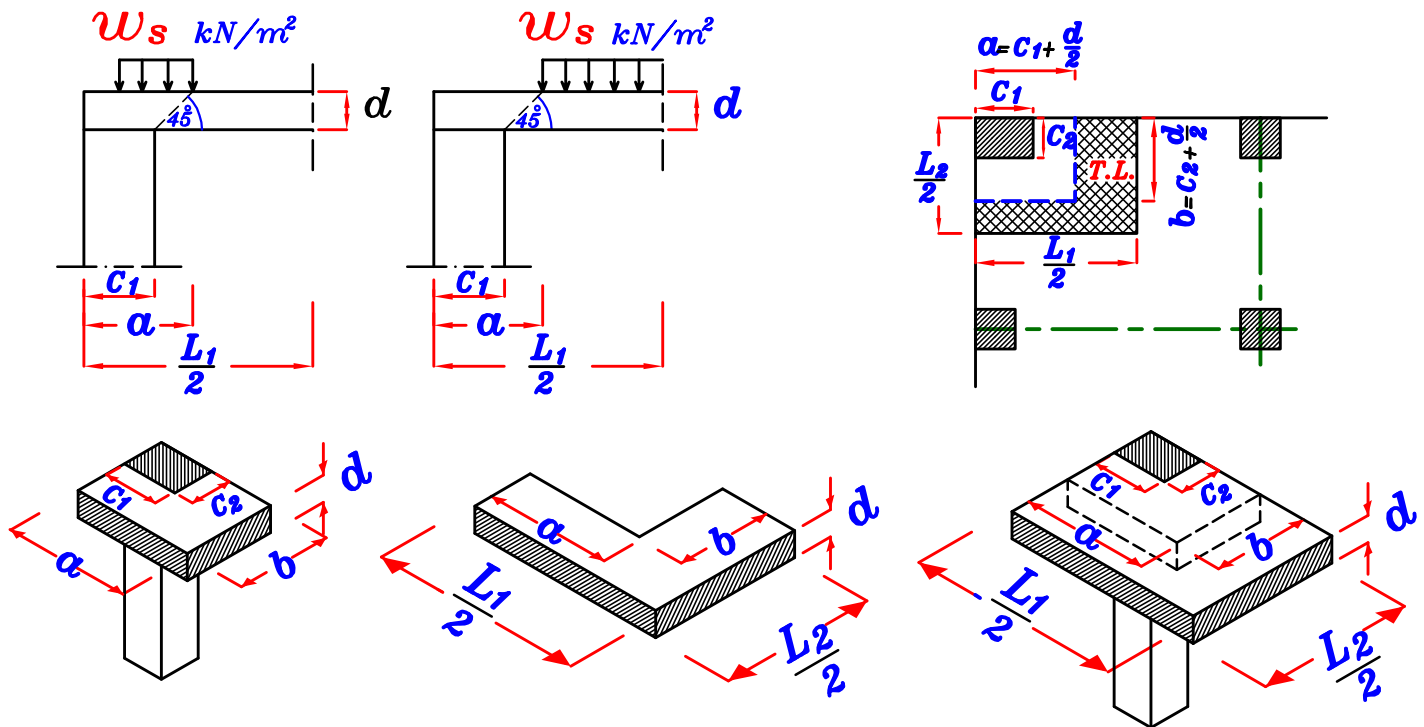
– $q_{uall} = \text{Allowable Stress} = \sqrt{\frac{F_{cu}}{\delta_c}} \quad N/mm^2$

* IF $q_{uTotal} \leq q_{uall} \quad \therefore \text{Safe.}$

* IF $q_{uTotal} > q_{uall} \quad \therefore \text{UnSafe.}$

Check Punching For Corner Column.

Corner Column.



$$\text{Shear Load } Q_u = w_s \times \left(\frac{L_1}{2} \times \frac{L_2}{2} - a \times b \right)$$

$$\text{Shear Area} = (a + b) \times d$$

$$- Q_p = \frac{\text{Load}}{\text{Area}} = \frac{w_s \times \left(\frac{L_1}{2} \times \frac{L_2}{2} - a \times b \right)}{2(a + b) \times d} = \sqrt{N/mm^2}$$

$$- Q_{u \text{ Total}} = \frac{\beta Q}{b_o \times d}$$

$$- Q_{u \text{ Total}} = 1.50 Q_p \quad N/mm^2$$

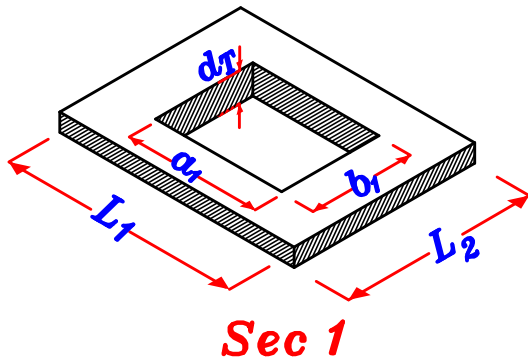
$$- Q_{u \text{ all}} = \text{Allowable Stress} = 0.316 \sqrt{\frac{F_{cu}}{\delta_c}} \quad N/mm^2$$

$$* \text{ IF } Q_{u \text{ Total}} \leq Q_{u \text{ all}} \quad \therefore \text{ Safe.}$$

$$* \text{ IF } Q_{u \text{ Total}} > Q_{u \text{ all}} \quad \therefore \text{ UnSafe.}$$

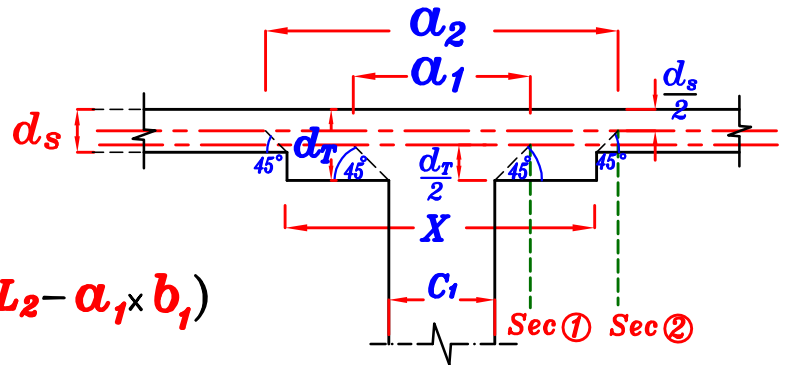
Check Punching For Flat Slab With drop panel.

For Sec ①



$$d_s = t_s - \text{Cover}$$

$$d_T = t_s + t_d - \text{Cover}$$



Shear Load $Q_u = w_s \times (L_1 \times L_2 - a_1 \times b_1)$

$$(w_s) = 1.4 [t_{av} \delta_c + F.C. + walls] + 1.6 (L.L.)$$

Shear Area = $2 (a_1 + b_1) \times d_T$

$$q_p = \frac{\text{Load}}{\text{Area}}$$

$$a_1 = c_1 + d_T$$

$$a_2 = x + d_s$$

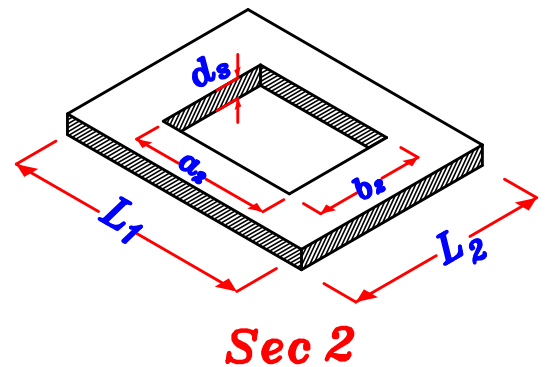
For Sec ②

Shear Load $Q_u = w_s \times (L_1 \times L_2 - a_2 \times b_2)$

$$(w_s) = 1.4 [t_s \delta_c + F.C. + walls] + 1.6 (L.L.)$$

Shear Area = $2 (a_2 + b_2) \times d_s$

$$q_p = \frac{\text{Load}}{\text{Area}}$$

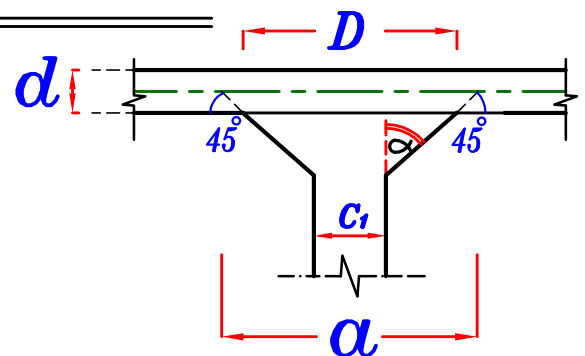


Check Punching For Flat Slab With Column Head.

Shear Load $Q_u = w_s \times (L_1 \times L_2 - a \times b)$

Shear Area = $2 (a + b) \times d$

$$q_p = \frac{\text{Load}}{\text{Area}}$$

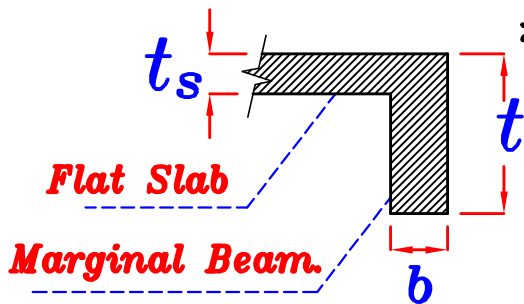


$$a = D + d$$

Marginal Beam.

Marginal Beam لكي تعتبر الكمره الموجوده فى طرف البلاطة

يجب أن تكون ال **Stiffness** للكمرة أكبر بكثير من البلاطة



$t \geq 3t_s$

لذا يجب ان تكون

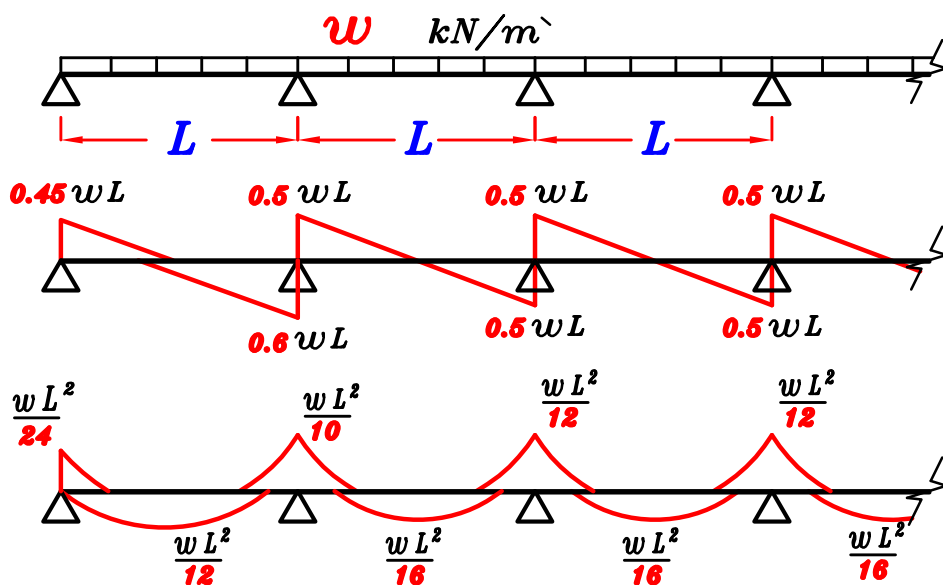
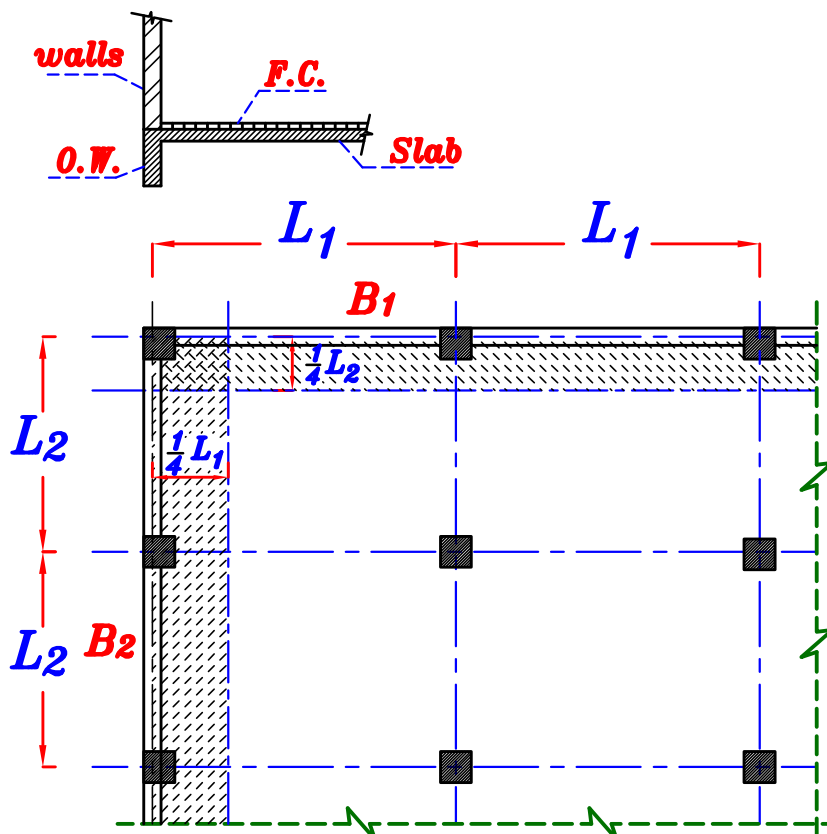
Loads on Marginal Beam.

B_1

$$w_1 = O.W. + walls + w_s \times \frac{1}{4} L_2$$

B_2

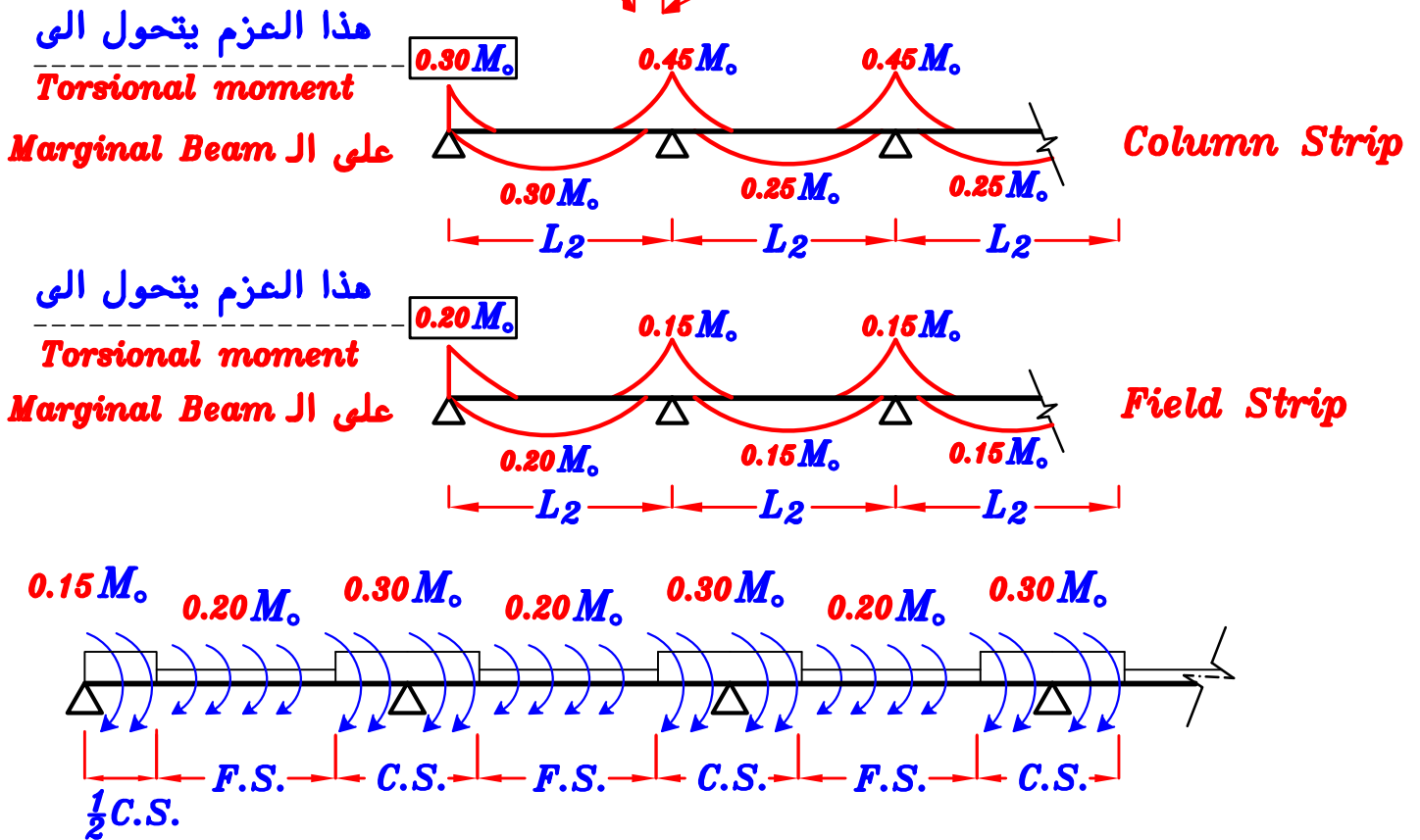
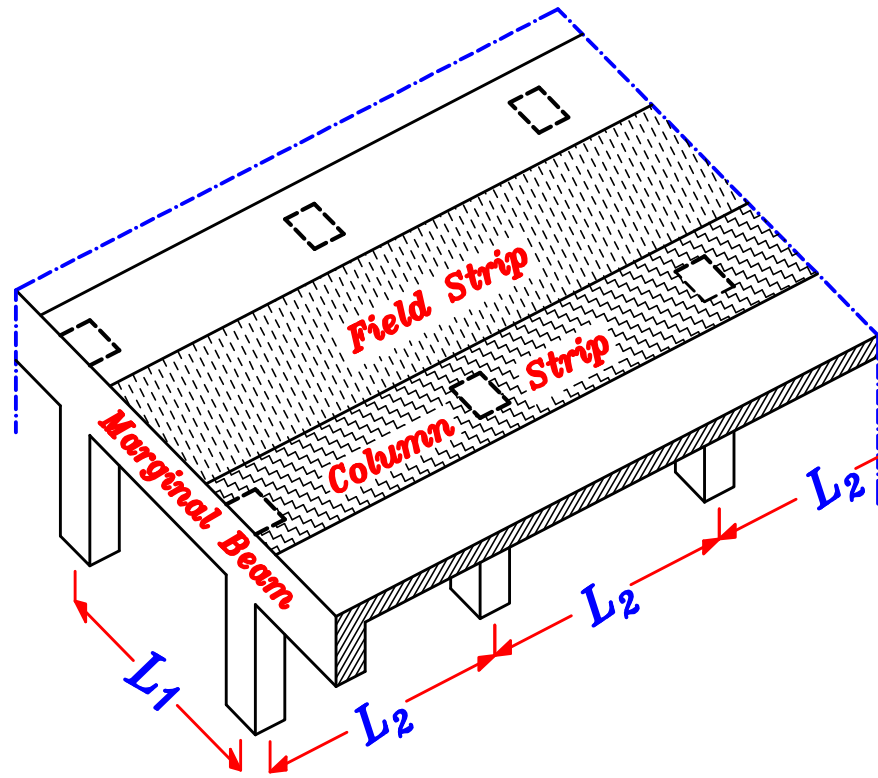
$$w_2 = O.W. + walls + w_s \times \frac{1}{4} L_1$$



Loads on Marginal Beam

S.F.D. For Marginal Beam

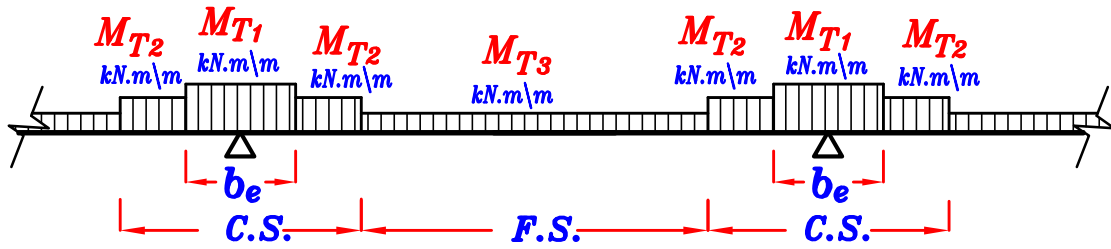
B.M.D. For Marginal Beam



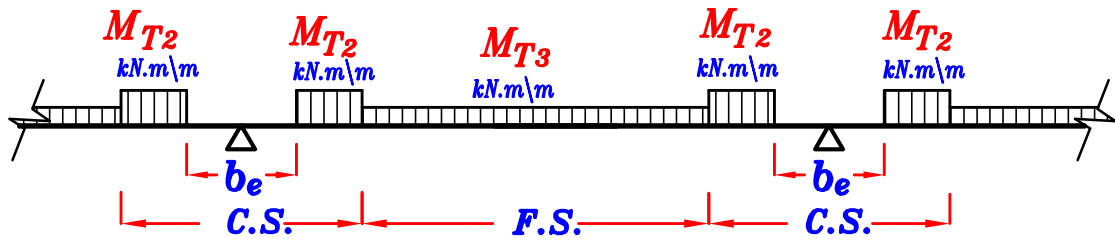
نلاحظ أن العزم الذي يؤثر على ال *Field Strip* سوف يؤثر بالكامل على ال *Marginal Beam* أما بالنسبة للعزم المؤثر على ال *Column Strip* فان جزء منه سوف ينتقل للعمود عن طريق ال *Flexure* خلال العرض (b_e) والجزء الاخر (M_B) سوف يؤثر على ال *Marginal Beam*

$$M_F = \delta_F \times (-ve \text{ Moment of Col. Strip})$$

$$M_B = (-ve \text{ Moment of Col. Strip}) - M_F$$

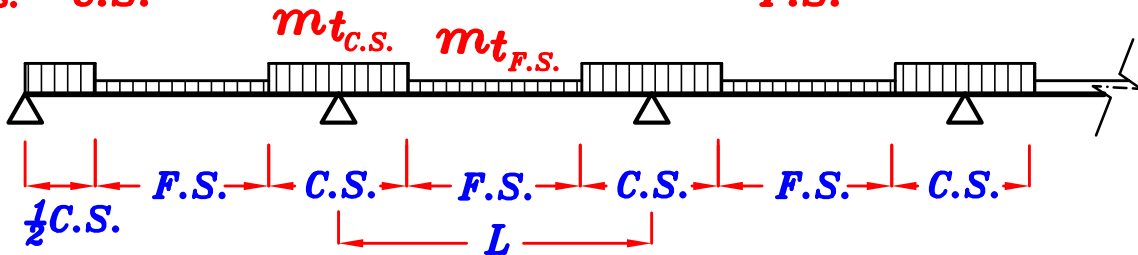


$$M_{T1} = \frac{M_F}{b_e} = \sqrt{kN.m/m} \quad M_{T2} = \frac{M_B}{C.S. - b_e} = \sqrt{kN.m/m} \quad M_{T3} = \frac{0.20M_o}{F.S.} = \sqrt{kN.m/m}$$



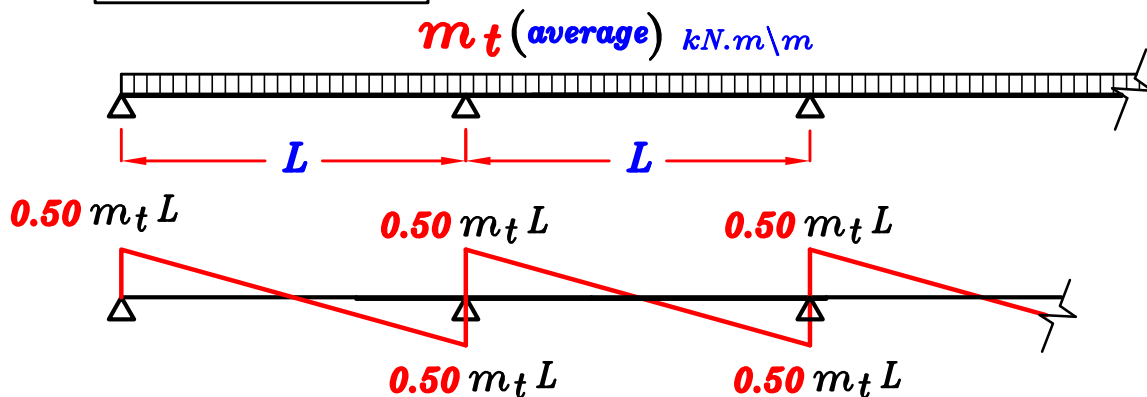
يمكن للتسهيل

$$m_{t_{C.S.}} = \frac{0.30M_o}{C.S.} = \sqrt{kN.m/m} \quad m_{t_{F.S.}} = \frac{0.20M_o}{F.S.} = \sqrt{kN.m/m}$$



$$m_t(\text{average}) = \frac{\sum \text{Area}}{\text{Span}} = \frac{m_{t_{C.S.}} \times C.S. + m_{t_{F.S.}} \times F.S.}{L} = \frac{0.3 M_o + 0.2 M_o}{L}$$

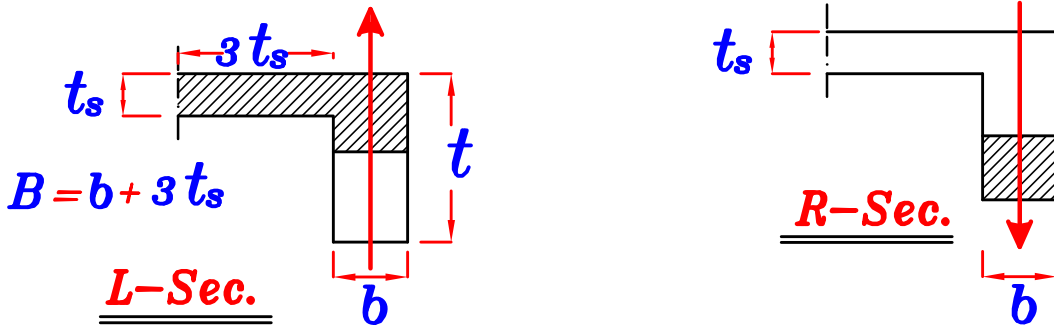
$$= \frac{0.50 M_o}{L} \quad kN.m/m$$



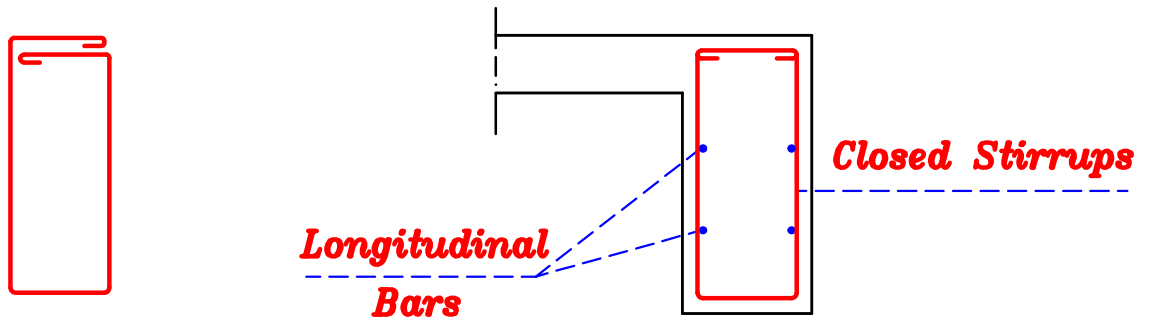
T.M.D. For Marginal Beam

Design of Marginal Beam.

① Design due to Moment using C_1, J



② Design due to Torsion + Shear.



ملاحظة

نتيجة لوجود الـ *Marginal Beam* فإنه من الممكن تقليل كميته الحديد الموضوع في شريحة العמוד المجاورة للـ *Marginal Beam* إلى النصف

