

# **REINFORCED CONCRETE II**

**FALL SEMSTER  
2014-2015**

**Prof. Dr. Ayman Hussein Hosny Khalil**

**Dr. Amr Zaher**

**Dr. Mohamed Nabil**

# COURSE CONTENT

- SOLID SLABS
- FLAT SLABS
- HOLLOW BLOCK SLABS
- PANELED BEAMS
- TORSION
- STAIRS



### THIRD YEAR CIVIL ENGINEERING REINFORCED CONCRETE (II)

Section	Sheet	Lecturer	CONTENTS	Lecture	Date	Week
Review of Serviceability Layout of the Assignment	Solid Slabs	Prof. Dr. Ayman Hussein	Types and One way Solid Slabs	Solid Slabs	11 October	1
Class work on Solid Slabs			Two way Solid Slabs & Example	Solid Slabs	18 October	2
Class work on Solid Slabs			Line loads, Heavy live loads, Inclined Slabs	Solid Slabs	25 October	3
Quiz on Solid Slabs Submit Solid Slab Assignment	Flat Slabs	Prof. Dr. Ayman Hussein	Introduction to Flat Slabs, Types and Empirical Method, Punching Concept	Flat Slabs	1 November	4
Class work on Flat Slabs			Punching, moments on columns, Frame Method , Example	Flat Slabs	8 November	5
Class work on Flat Slabs		Dr. Mohamed Nabil	One way Hollow Block & Example	Hollow Block Slabs	15 November	6
Quiz on Flat Slabs Submit F.S. Assignment	Two way Hollow Block & Example		Hollow Block Slabs	22 November	7	
Class work on Hollow Block Slabs	Dr. Mohamed Nabil	Paneled Beams	Paneled Beams	29 November	8	
Quiz on Hollow Block Slabs Submit Hollow Block Assignment	Paneled Beams & Torsion & Stairs	Dr.Amr Zaher	Concept, Code Requirements, Examples	Torsion	6 December	9
Class work on Paneled Beams		Dr.Amr Zaher	Stair types	Stairs	13 December	10
Class work on torsion & stairs			Design Examples on Stairs	Stairs	20 December	11
Quiz on paneled beams, stairs Submit P.B. & Stairs Assignment						

# SOLID SLABS



# SOLID SLABS

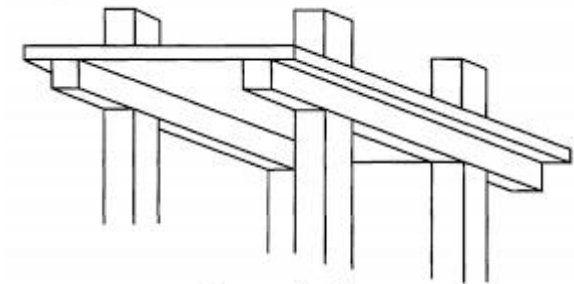
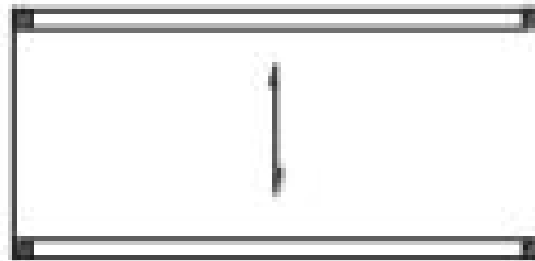
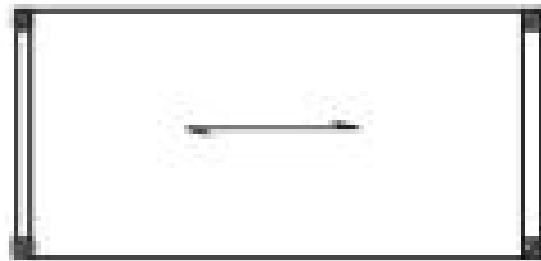
- TYPES OF SLABS
  - ONE WAY SLAB
  - CANTILEVER SLAB
  - TWO WAY SLAB
- STRUCTURAL ANALYSIS
  - SLAB THICKNESS
  - DESIGN
- CODE REQUIREMENTS
- DETAILING OF RFT





# ONE WAY SLABS

1- Slab supported on two opposite beams



(a) one-way slab with beams

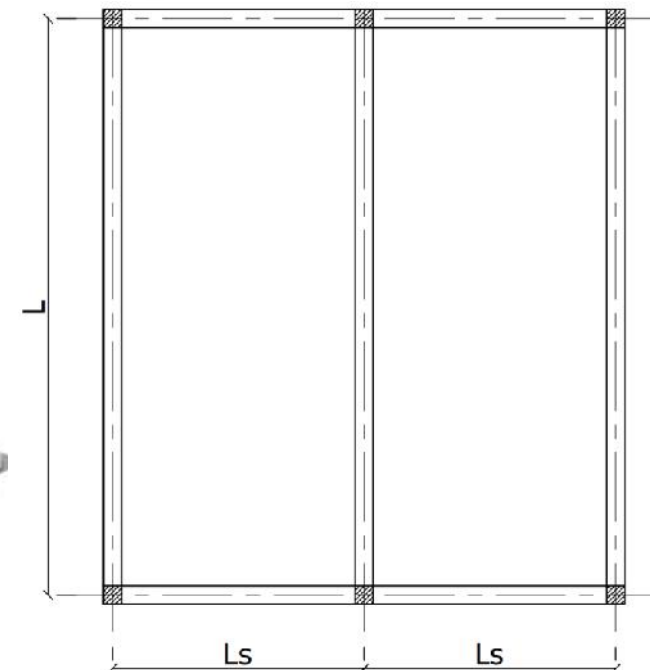
2-Supported on four beams with aspect ratio,  $r > 2.0$

$$r = \frac{m \cdot L}{m' \cdot L_s}$$

L long span

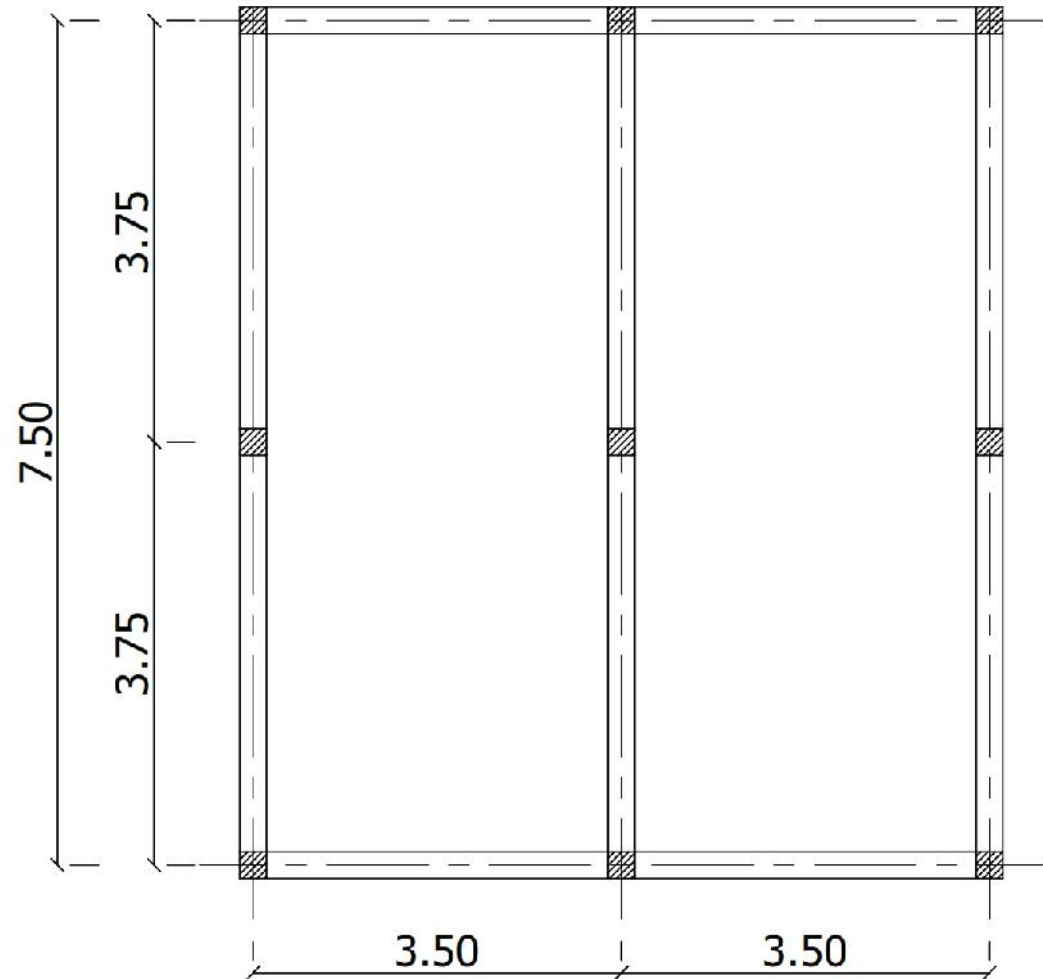
Ls short span




Strip			
$m$ or $m'$	1.00	0.87	0.76



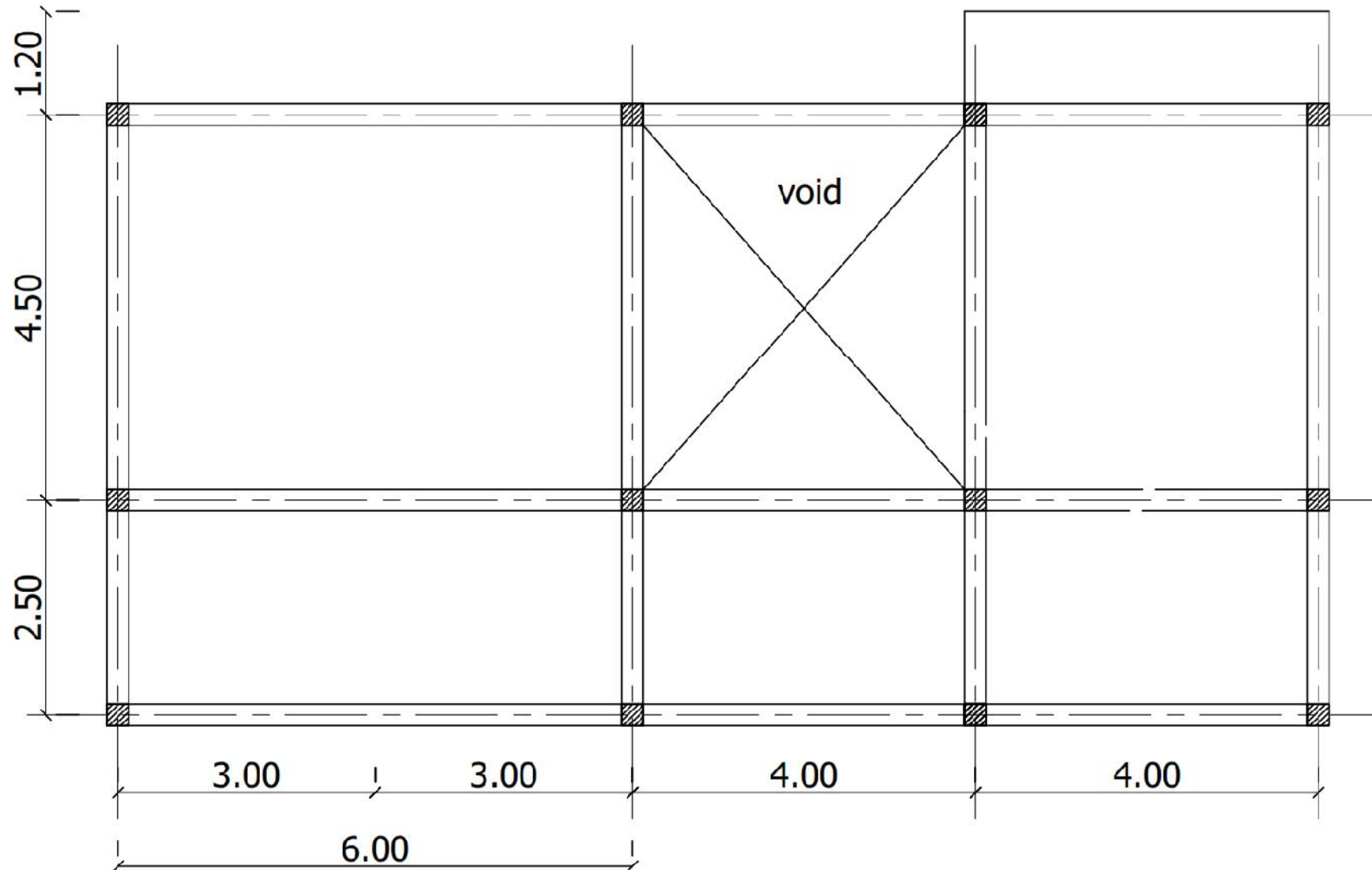
# EXAMPLE

- $r = (7.50 \times 1) / (0.87 \times 3.50)$   
 $= 2.46 > 2.00$
- One way slab

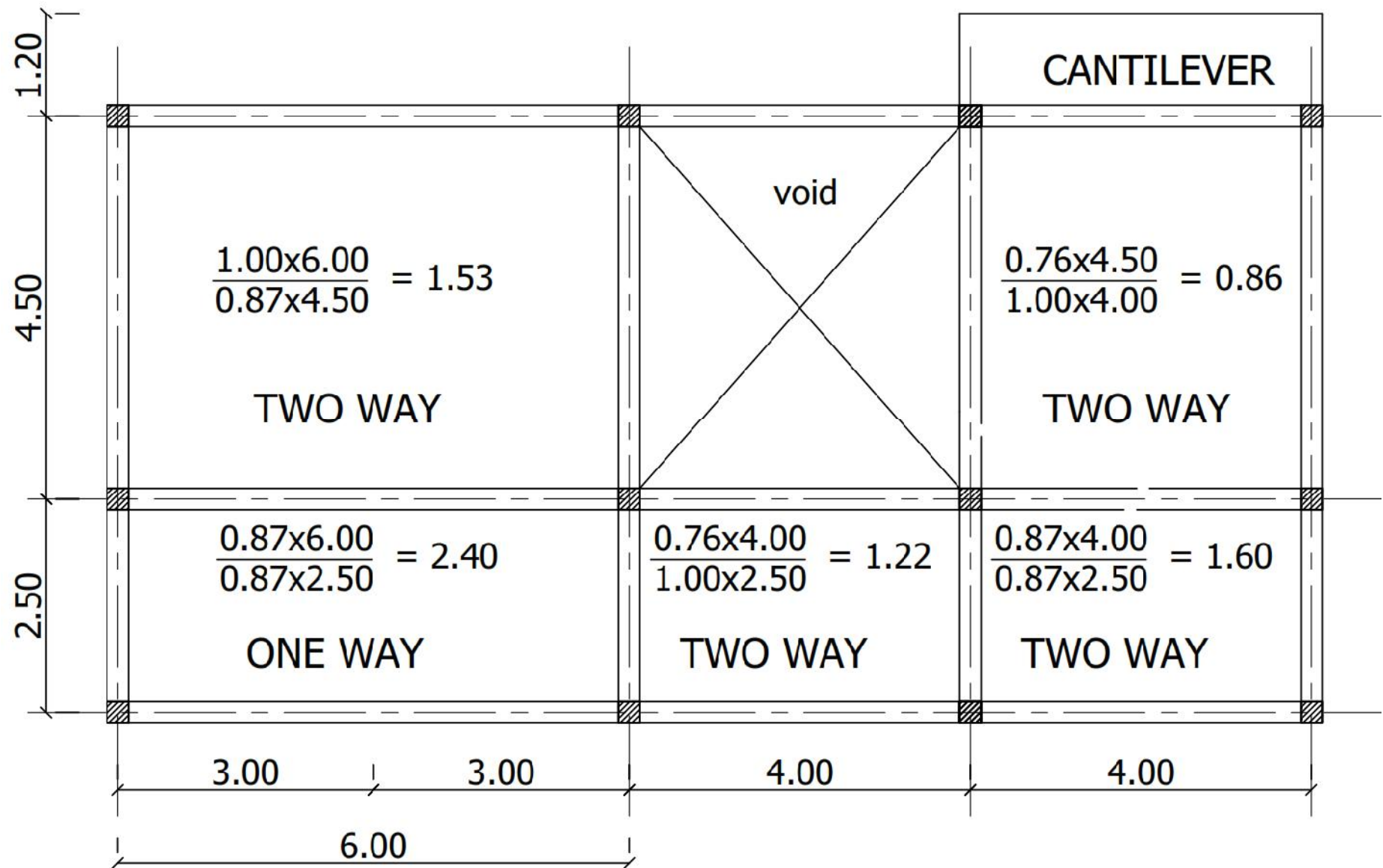


Strip			
$m$ or $m'$	1.00	0.87	0.76

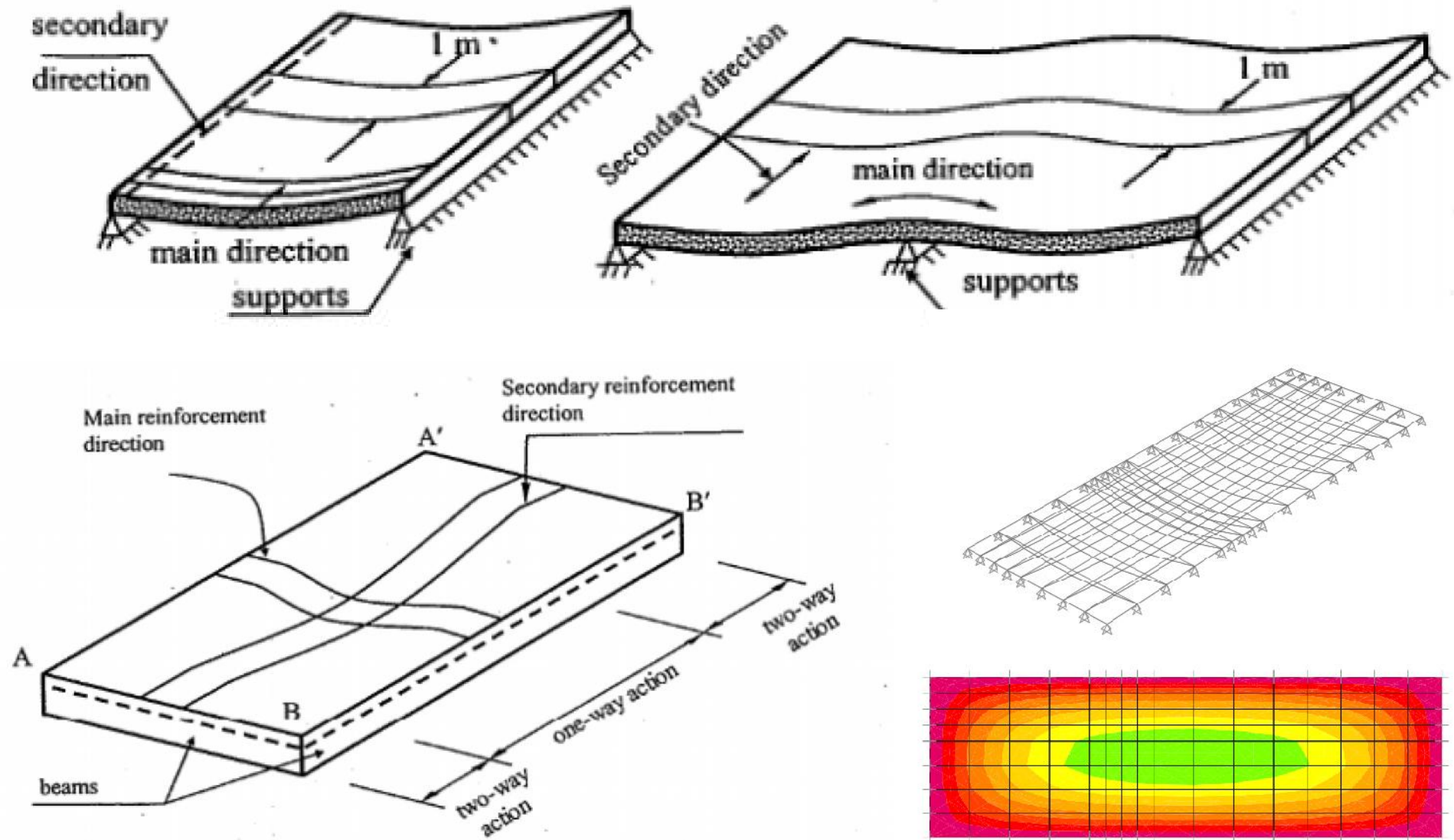
## EXAMPLE 2



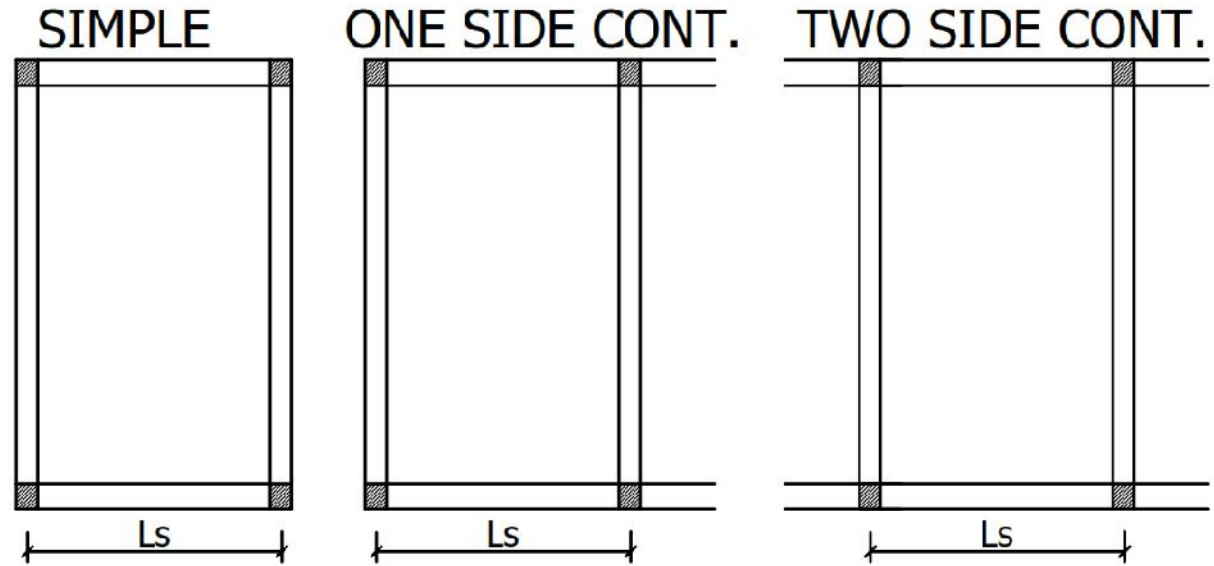




# BEHAVIOR OF ONE WAY SLABS



# SLAB THICKNESS



MIN THICKNESS  $t_{S \text{ MIN}}$   
CODE 6-2-1-2-1  
PAGE 6-4

$$\frac{L_s}{30}$$

$$\frac{L_s}{35}$$

$$\frac{L_s}{40}$$

THICKNESS WITH  
NO DEFLECTION CHECK  
CODE 4-3-1-3-1  
PAGE 4-51

$$\frac{L_s}{25}$$

$$\frac{L_s}{30}$$

$$\frac{L_s}{36}$$

- ٣ - يشترط ألا يقل سمك البلاطة في المباني العادية عن القيم التالية :
- ٨٠ مم للبلاطات المصبوبة في موضعها ومعرضة لأحمال استاتيكية .
  - ١٢٠ مم للبلاطات المعرضة لأحمال ديناميكية أو لأحمال متحركة .

- ١ - يحدد السمك الأدنى للبلاطات بحيث لا يتجاوز حد الترخيم طبقاً للاشتراطات الواردة في البند (٣-٤) ، كما يجوز الاستغناء عن حساب الترخيم إذا كان سمك البلاطة في المباني العادية لا يقل عن القيم المعطاة في الجدول (٤-١٠).
- ٢ - يشترط ألا يقل سمك البلاطات عن الآتى:

$$t_{min} = \frac{L}{30}$$

- للبلاطات بسيطة الارتكاز

$$t_{min} = \frac{L}{35}$$

- للبلاطات المستمرة من ناحية واحدة

$$t_{min} = \frac{L}{40}$$

- للبلاطات المستمرة من ناحيتين

حيث L البحر الفعال للبلاطة ذات الاتجاه الواحد.

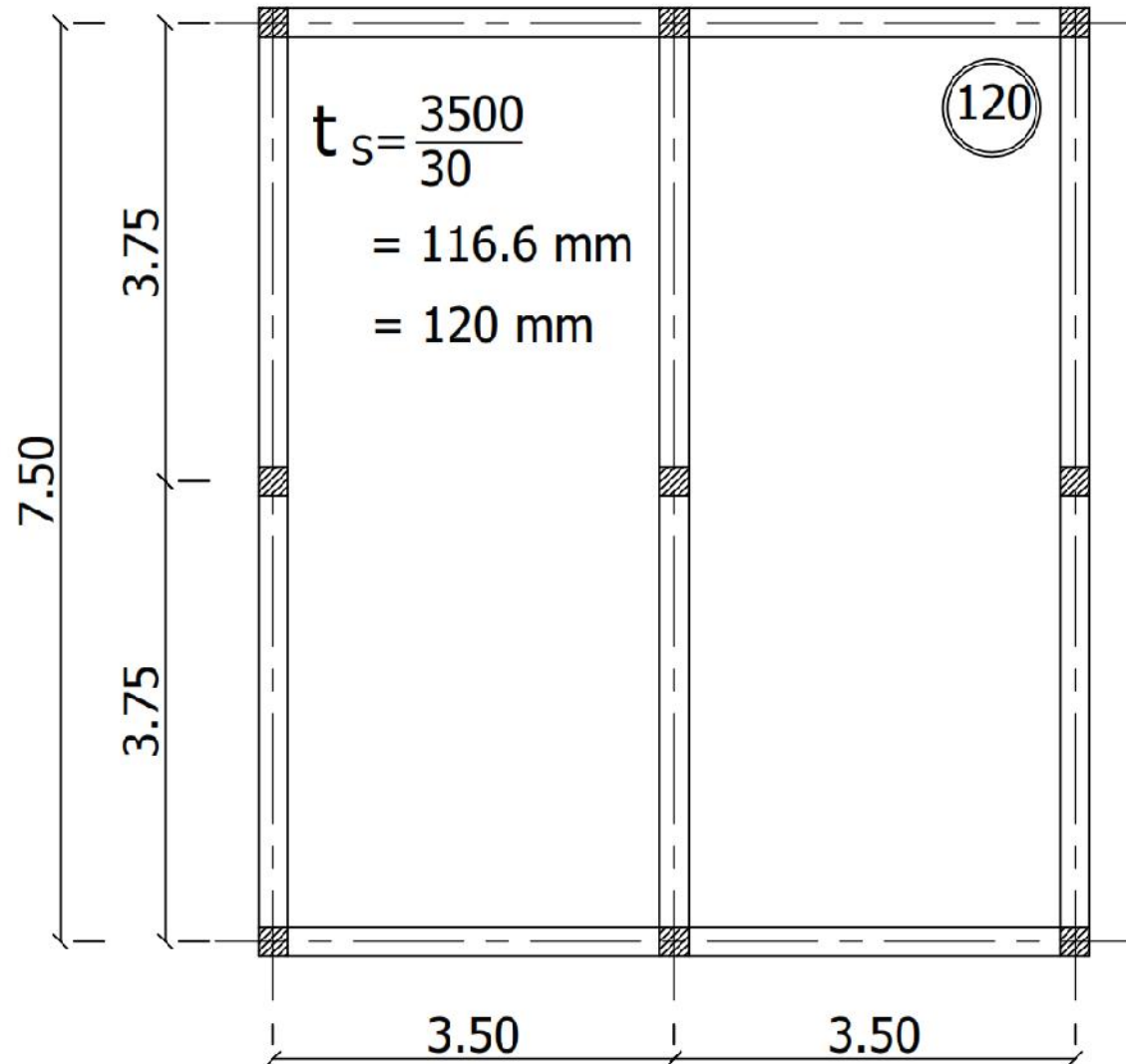
الكود المصري لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية ٢٠٠٦

الباب الرابع

جدول (٤-١٠) نسبة البحر الخالص إلى العمق الكلى ( $L_n / t$ ) ما لم يتم حساب الترخيم للكمرات ذات القطاعات المستطيلة والبلاطات ذات الإتجاه الواحد للبحور أقل من ١٠ متر والكوابيل ذات الأطوال أقل من ٢ متر

العنصر	بسيطة الإرتكاز	مستمرة من ناحية واحدة	مستمرة من جانبيين	الكابولي
البلاطات المصمتة	25	30	36	10
البلاطات ذات الأعصاب و الكمرات المدفونة	20	25	28	8
الكمرات الجاسئة	16	18	21	5

# EXAMPLE



## COMMON SLAB THICKNESSES (mm)

100

120

140

150

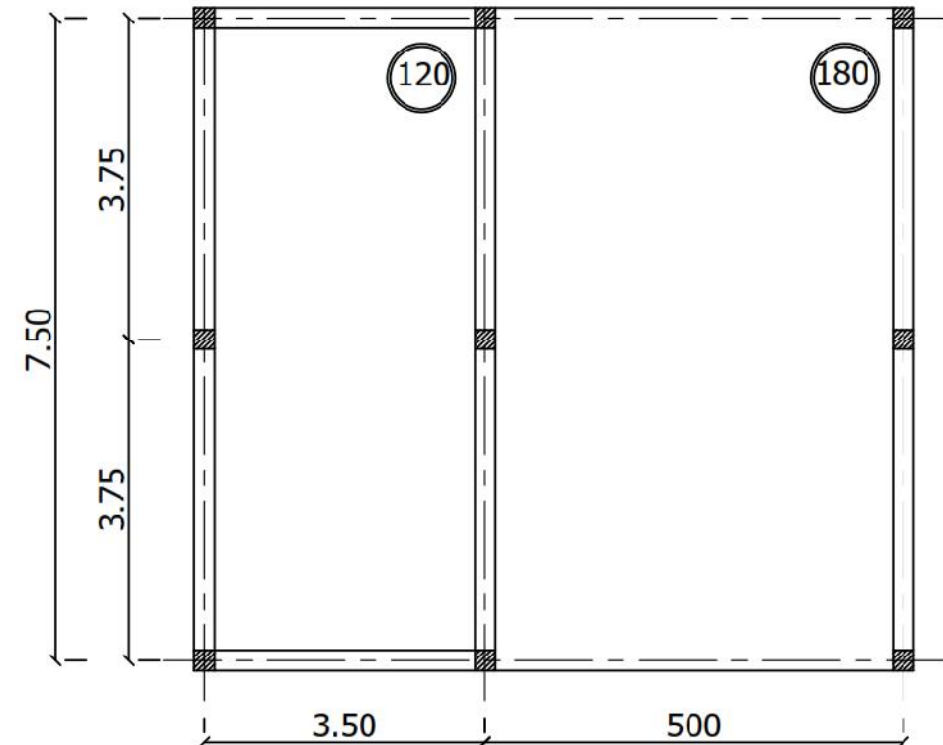
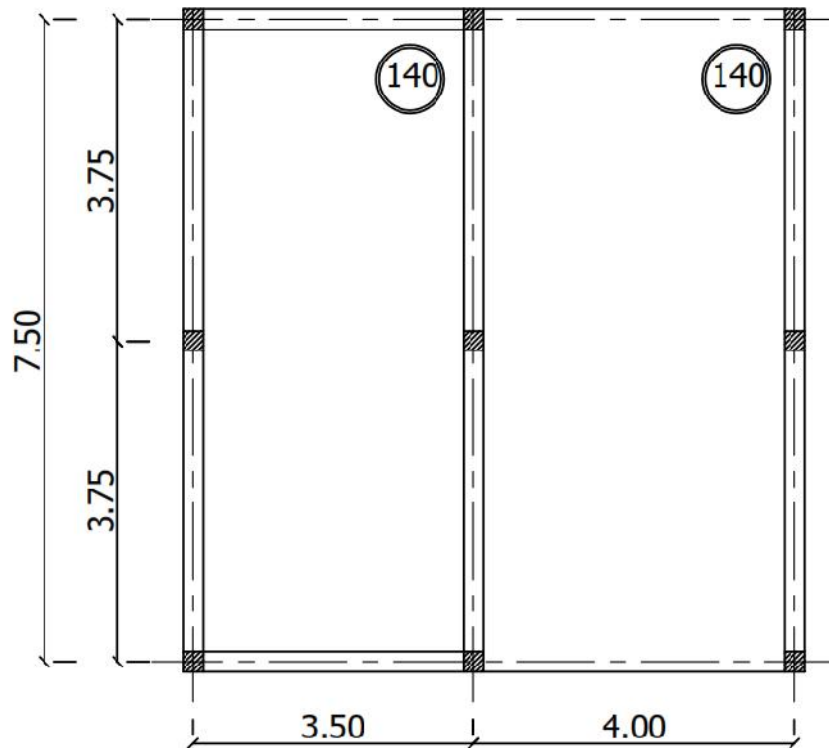
160

180

200

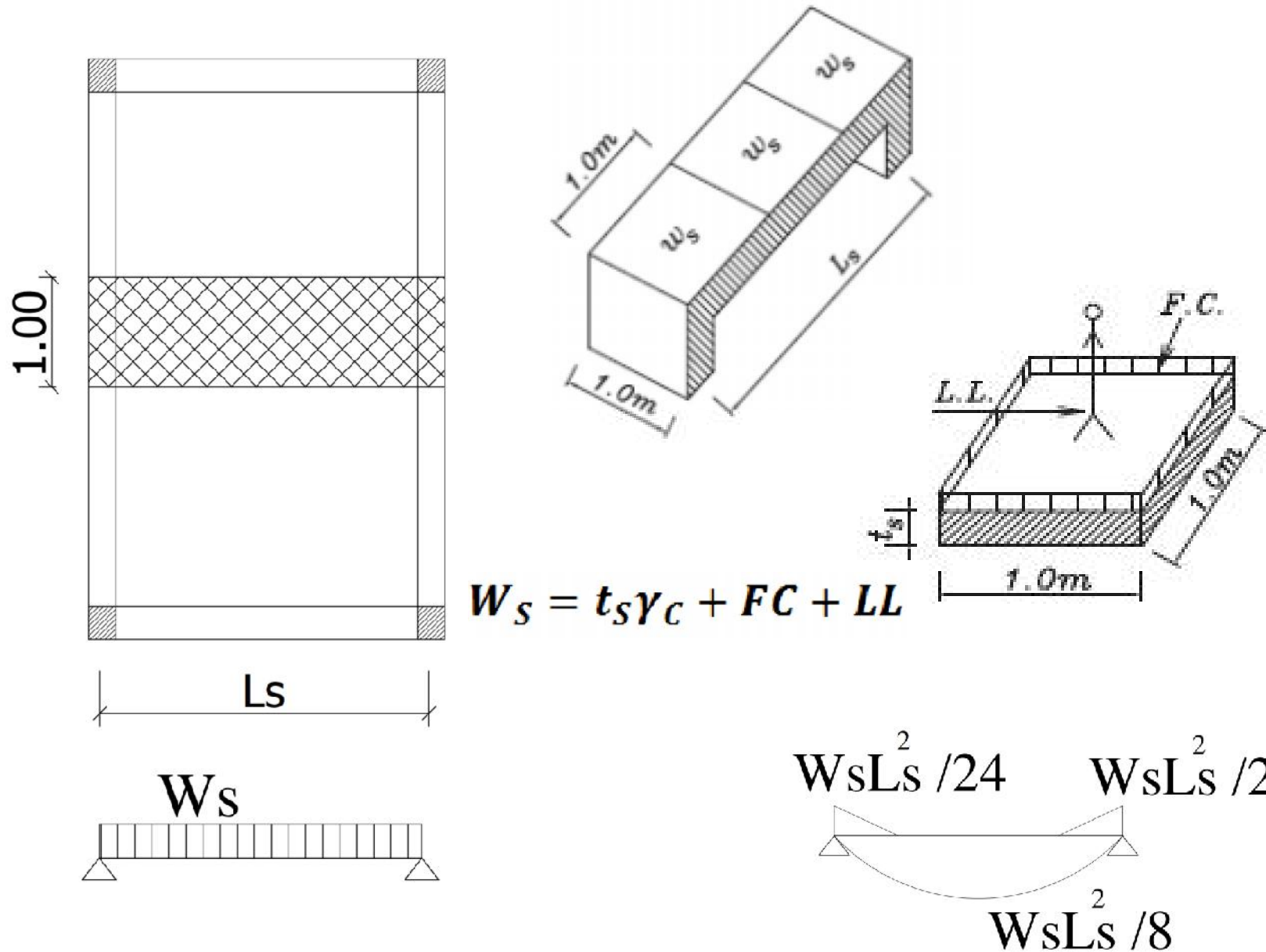
.....

For different slabs, you might use  
different thicknesses





# STRUCTURAL ANALYSIS

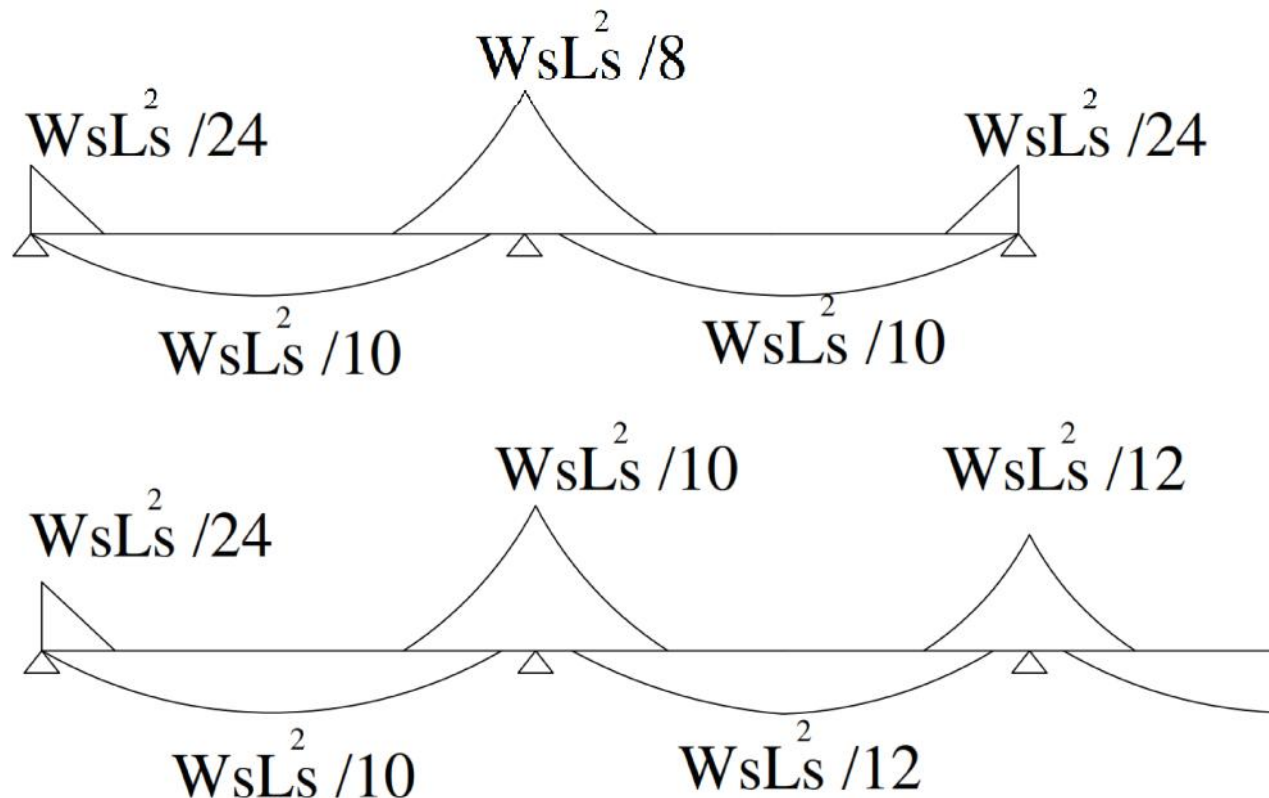


# STRUCTURAL ANALYSIS

## Bending moment

ECP 203-2007 allows using the following factors when slabs:

- 1- having span with length change less than 20%
- 2-  $LL < DL$
- 3- loading is equal on all spans



# STRUCTURAL ANALYSIS

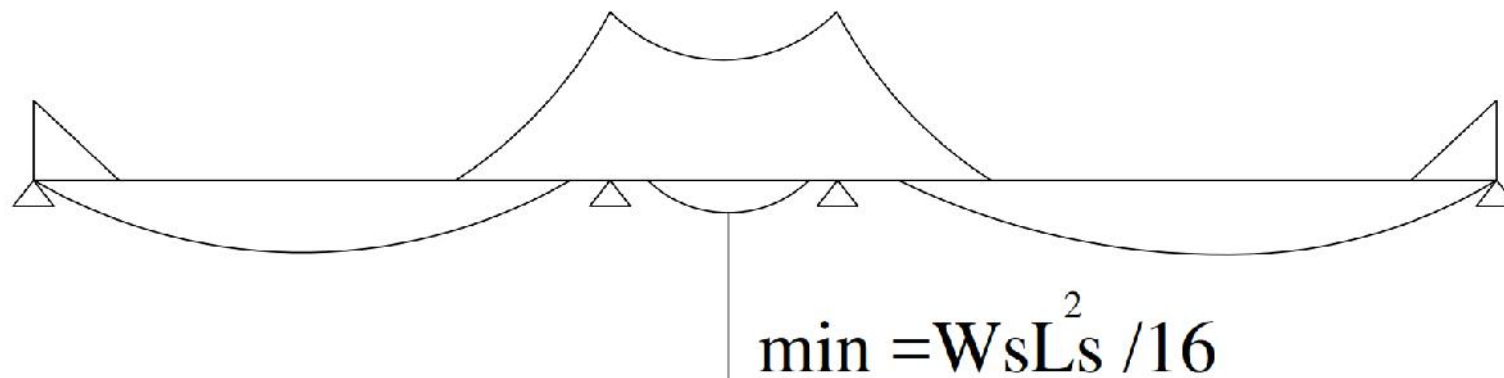
## Bending moment

- 1- When loads are not equal, use any structural analysis technique to determine moments in slabs (e.g. 3 Moment Equation)

$$M_1 L_1 + 2 M_2 (L_1 + L_2) + M_3 L_3 = 6 (r_1 + r_2)$$

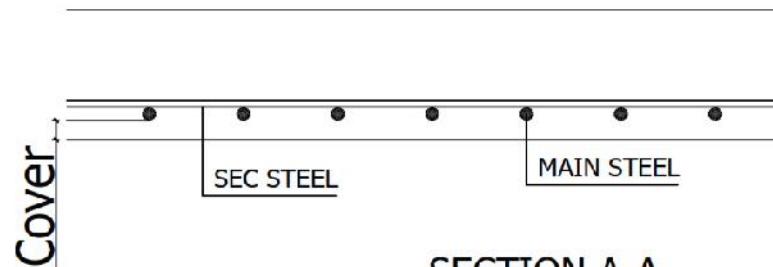
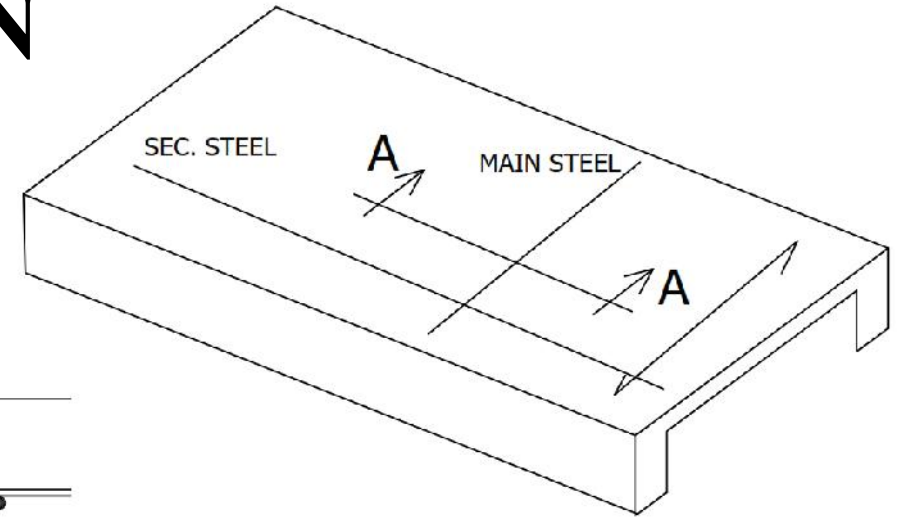
$$r_1 = W_1 \times L_1^3 / 24$$

- 2- When a span is subjected to negative moment only, ECP requires min positive moment





# DESIGN



SECTION A-A

## Main steel Calculation

$$d = t_s - 30 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d = c_1 \sqrt{\frac{M_u}{f_{cu} b}}$$

$$A_s = \frac{M_u}{J d f_y}$$

جدول (٤-١٣) الحد الأدنى لسمك الغطاء الخرساني

سمك الغطاء الخرساني * ( مم )				قسم تعرض
للحوائط والبلاطات المصمتة		عام لجميع العناصر عدا الحوائط والبلاطات المصمتة		
$f_{cu}^{**} > 25$	$f_{cu}^{**} < 25$	$f_{cu}^{**} > 25$	$f_{cu}^{**} < 25$	
20	20	20	25	الأول
20	25	25	30	الثاني
25	30	30	35	الثالث
35	40	40	45	الرابع

\* يجب ألا يقل سمك الغطاء الخرساني بأى حال عن قطر أكبر سيخ مستعمل فى التسليح .



# REINFORCEMENT





# REINFORCEMENT





# REINFORCEMENT





# REINFORCEMENT



# DESIGN

- **MAIN STEEL**

- Normally 5 to 10 bars /m (6T10/m, 7T10/m OK) (3T10/m NOT OK)
- Minimum bar size = 8 mm (ST 240-350)
- Minimum bar size = 10 mm (ST 360-520 or ST 400-600)
- Maximum bar size =  $t_s/10$  (if  $t_s = 14$  cm then R8, T10, T12 can be used)
- OK to use different bar diameters (3T10+3T12/m)
- $\mu_s > 0.6/f_y$  and  $> 0.15\%$  for High grade steel and  $> 0.25\%$  for mild steel

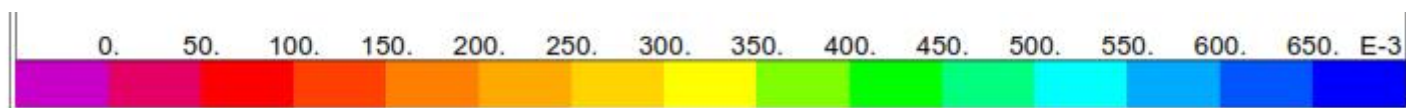
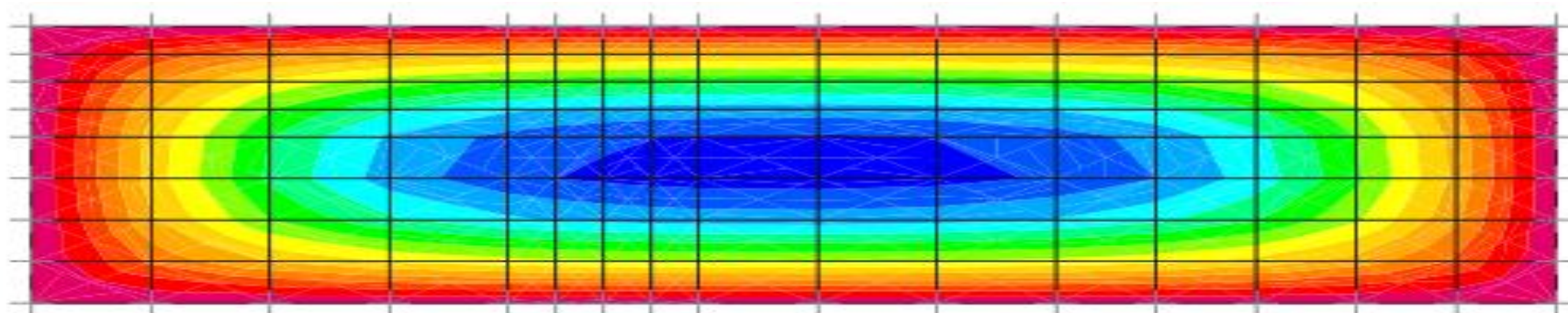
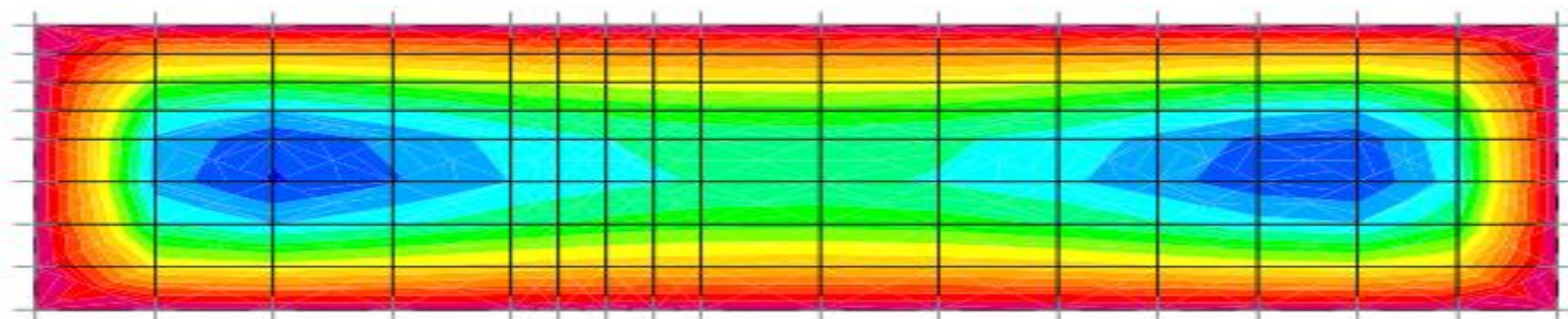
- **SECONDARY STEEL**

- $A_{s \text{ sec}} > 0.20 A_{s \text{ main}}$
- Normally 5 bars per meter (minimum 4 bars per meter)

- **RFT DETAILS ARE ALWAYS SHOWN ON PLANS**

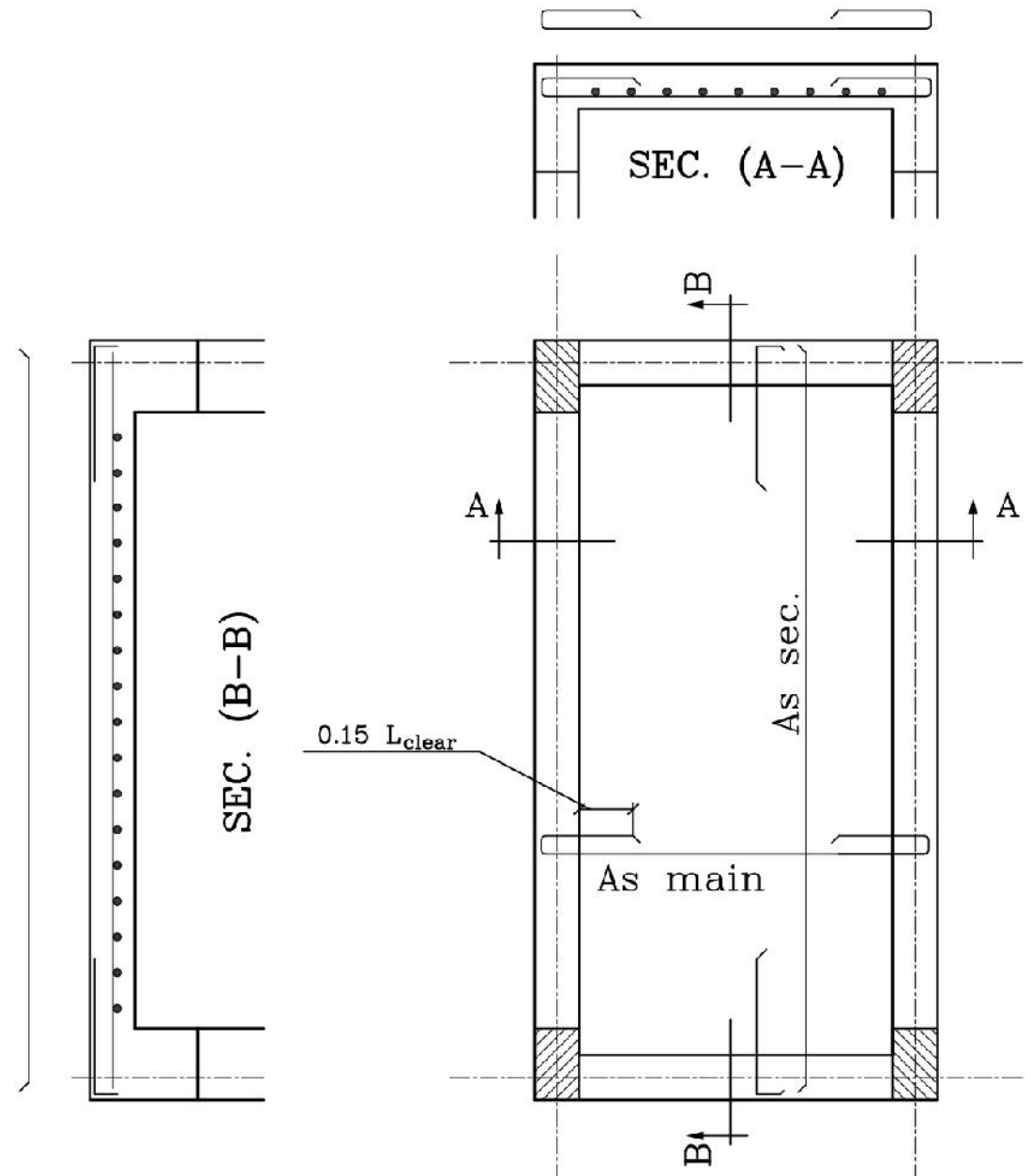
- **SECTIONS MAY BE REQUIRED**





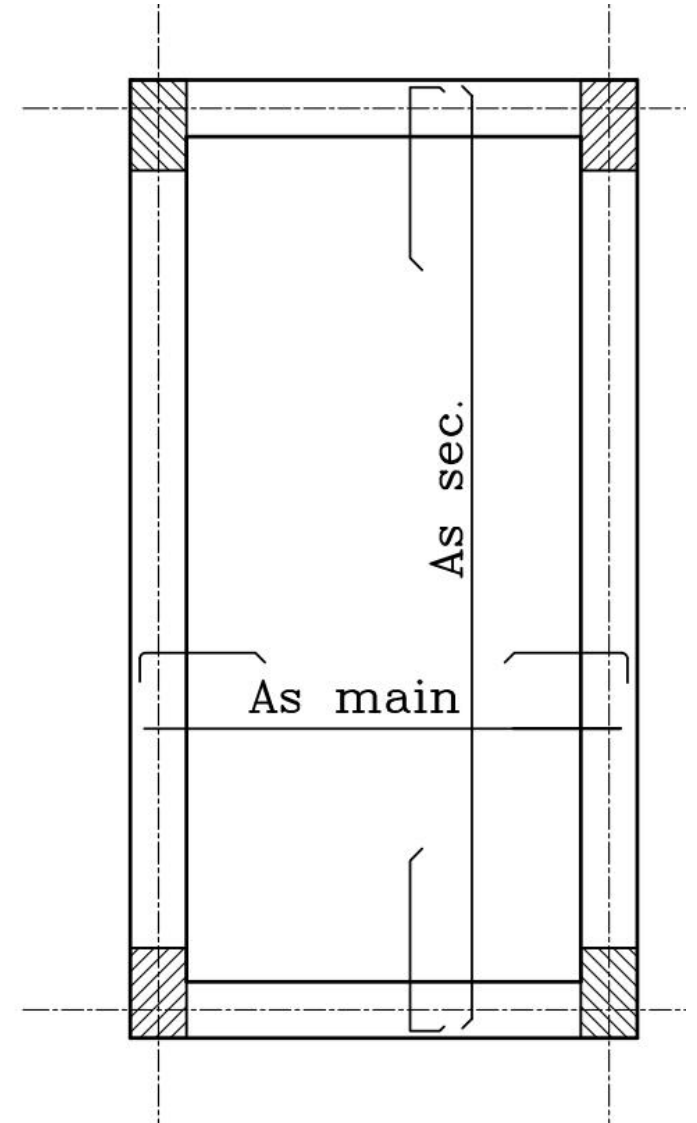
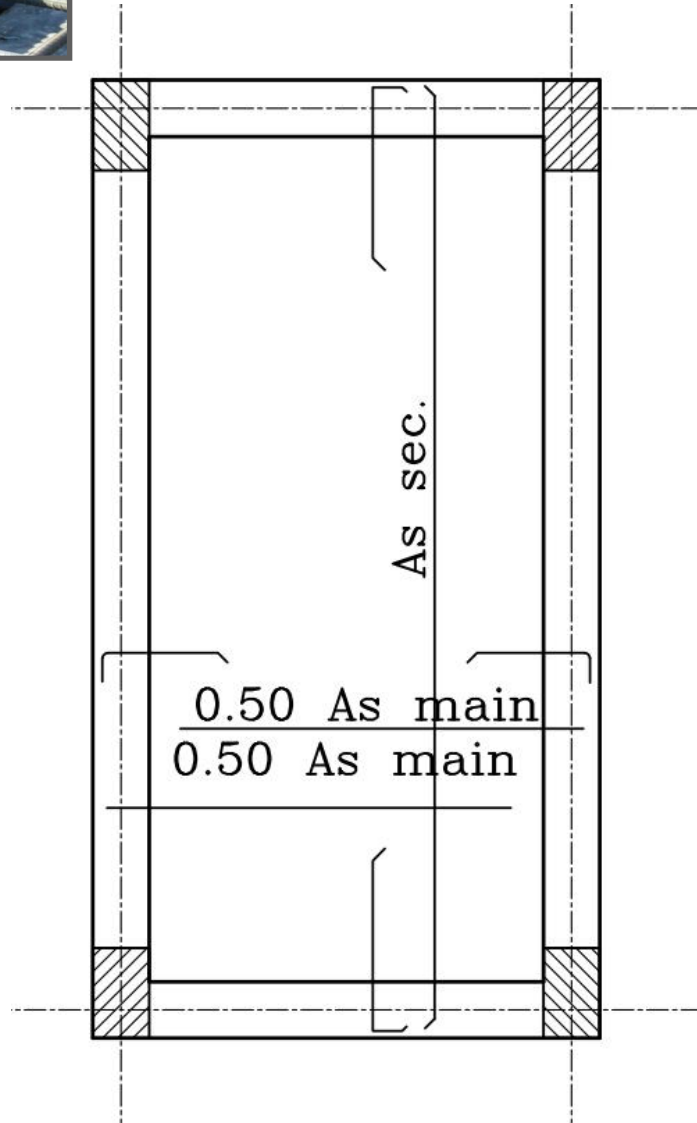
# REINFORCEMENT DETAILS

## STRAIGHT BARS





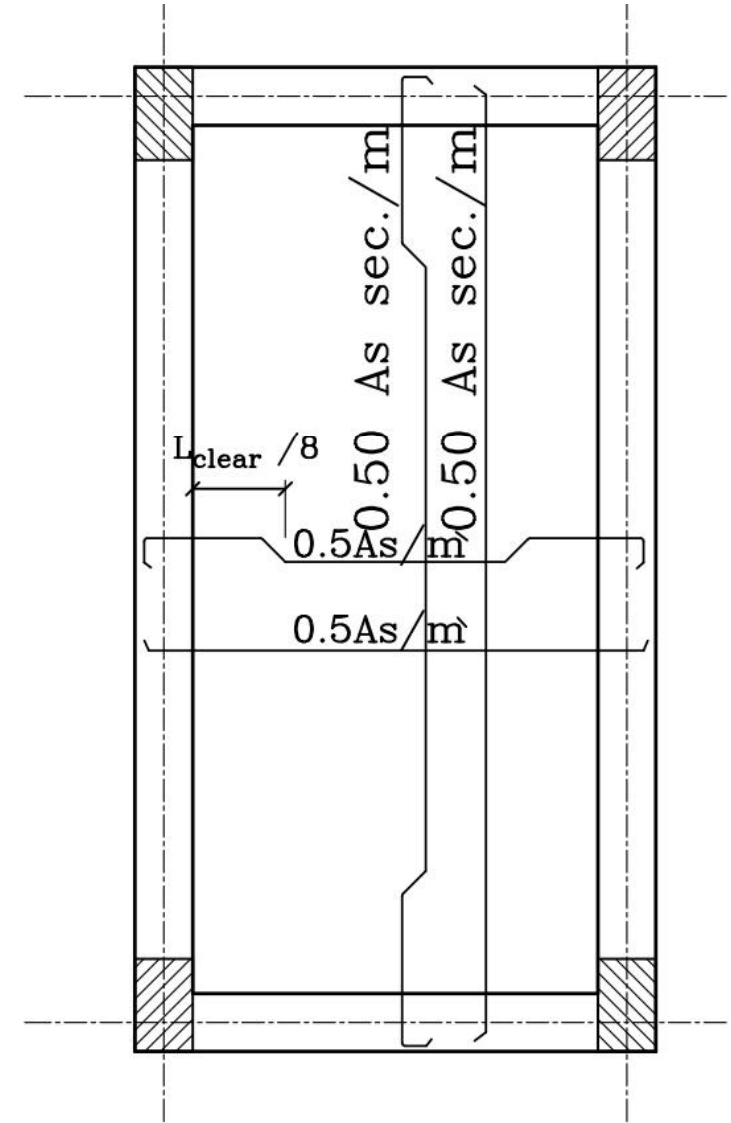
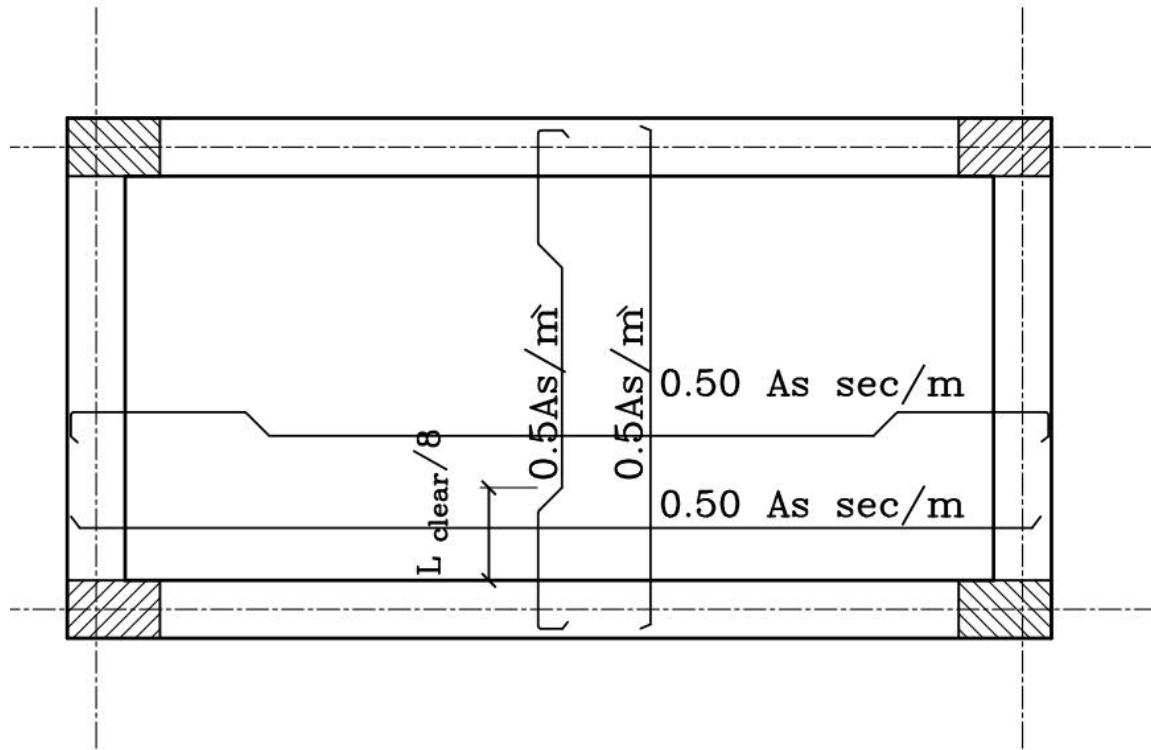
# ALTERNATIVE DETAILS





# REINFORCEMENT DETAILS

## BENT BARS



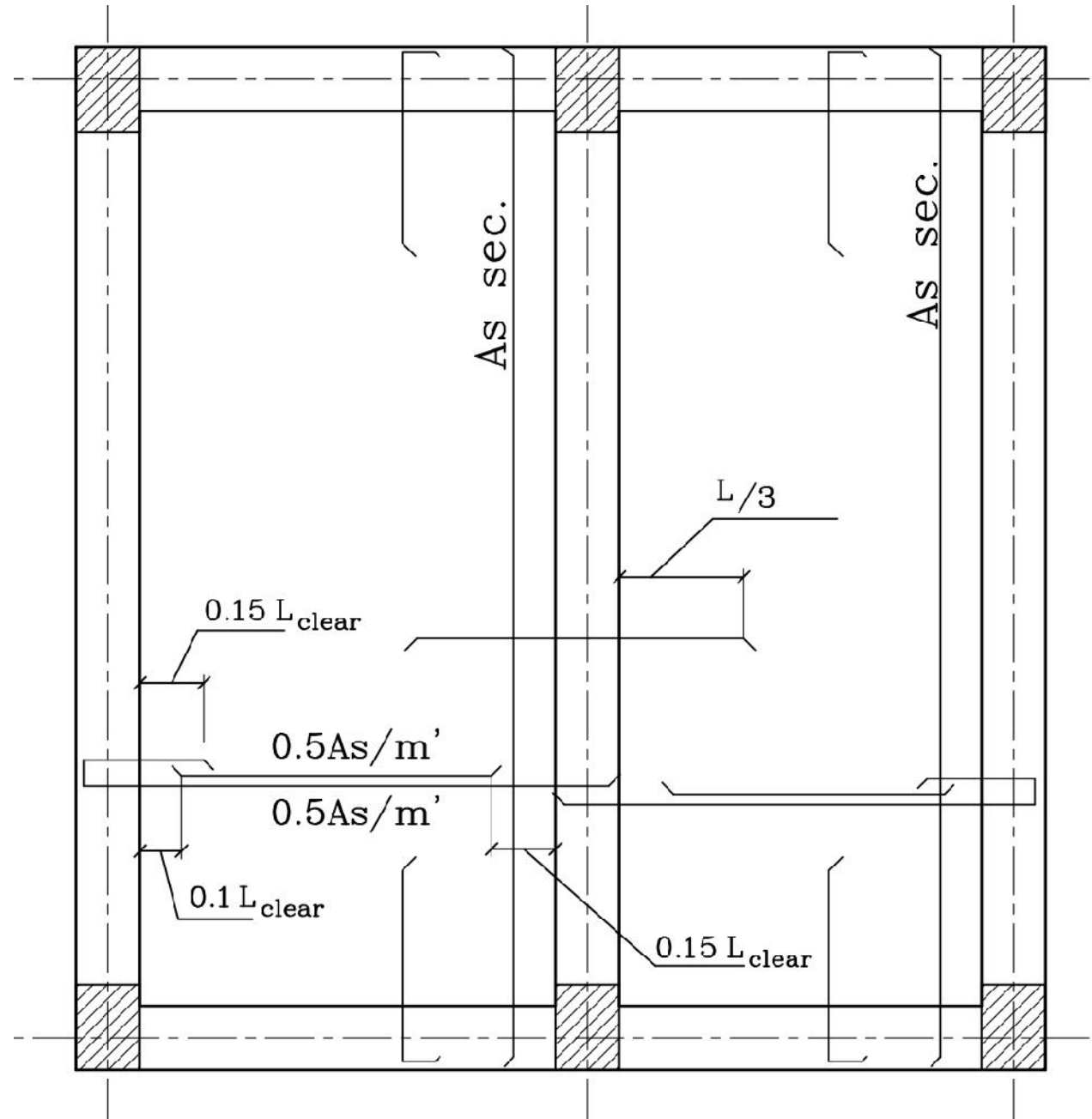
# REINFORCEMENT DETAILS

## CONTINUOUS SLAB STRAIGHT BARS



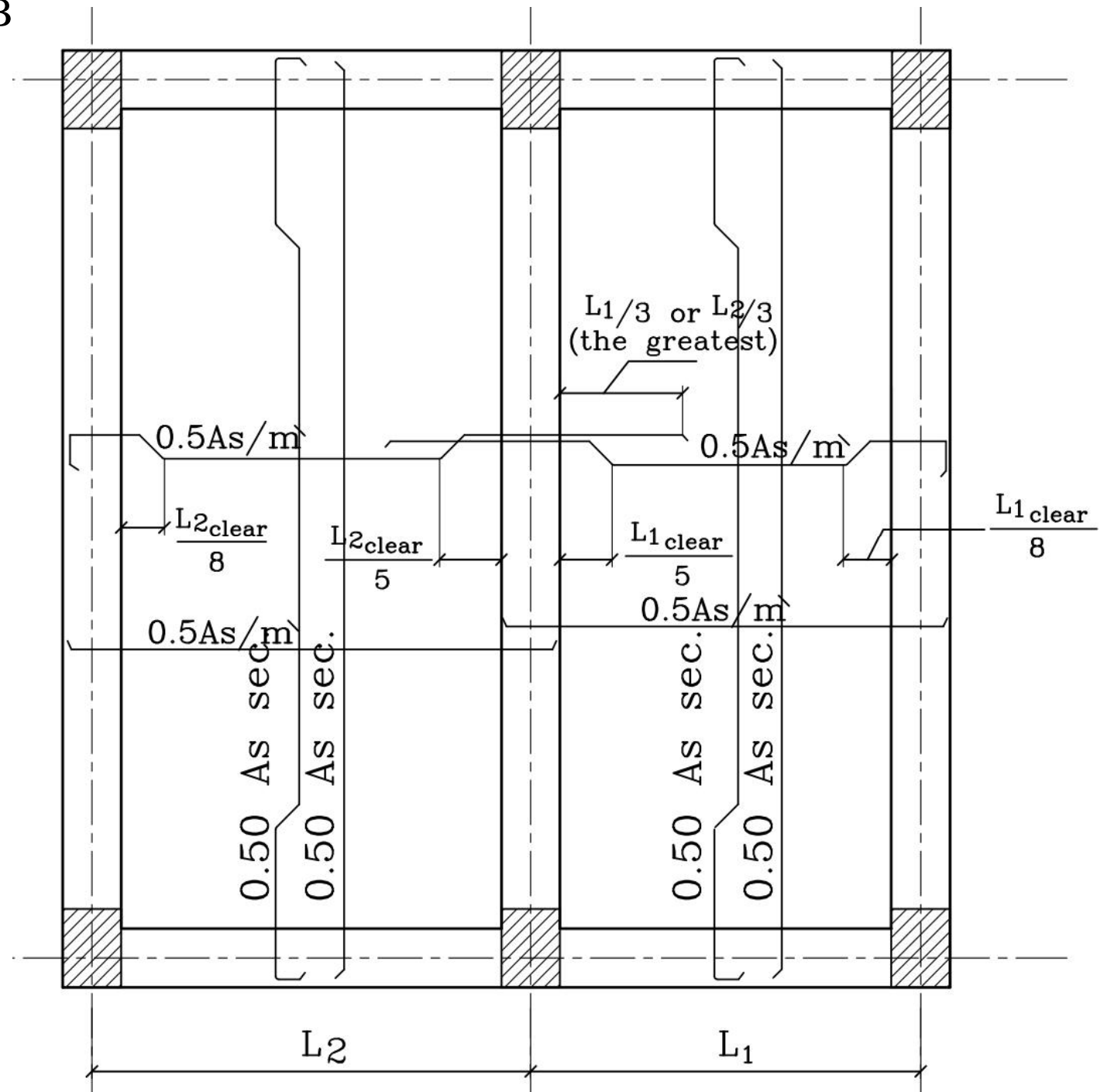
NEGATIVE RFT  
CAN BE  $\frac{1}{2} L/3$   
and  $\frac{1}{2} L/4$

•IF MORE THAN  
TWO SPANS  $L/4$ ,  
 $L/5$  instead of  $L/3$   
and  $L/4$  for  
NEGATIVE RFT



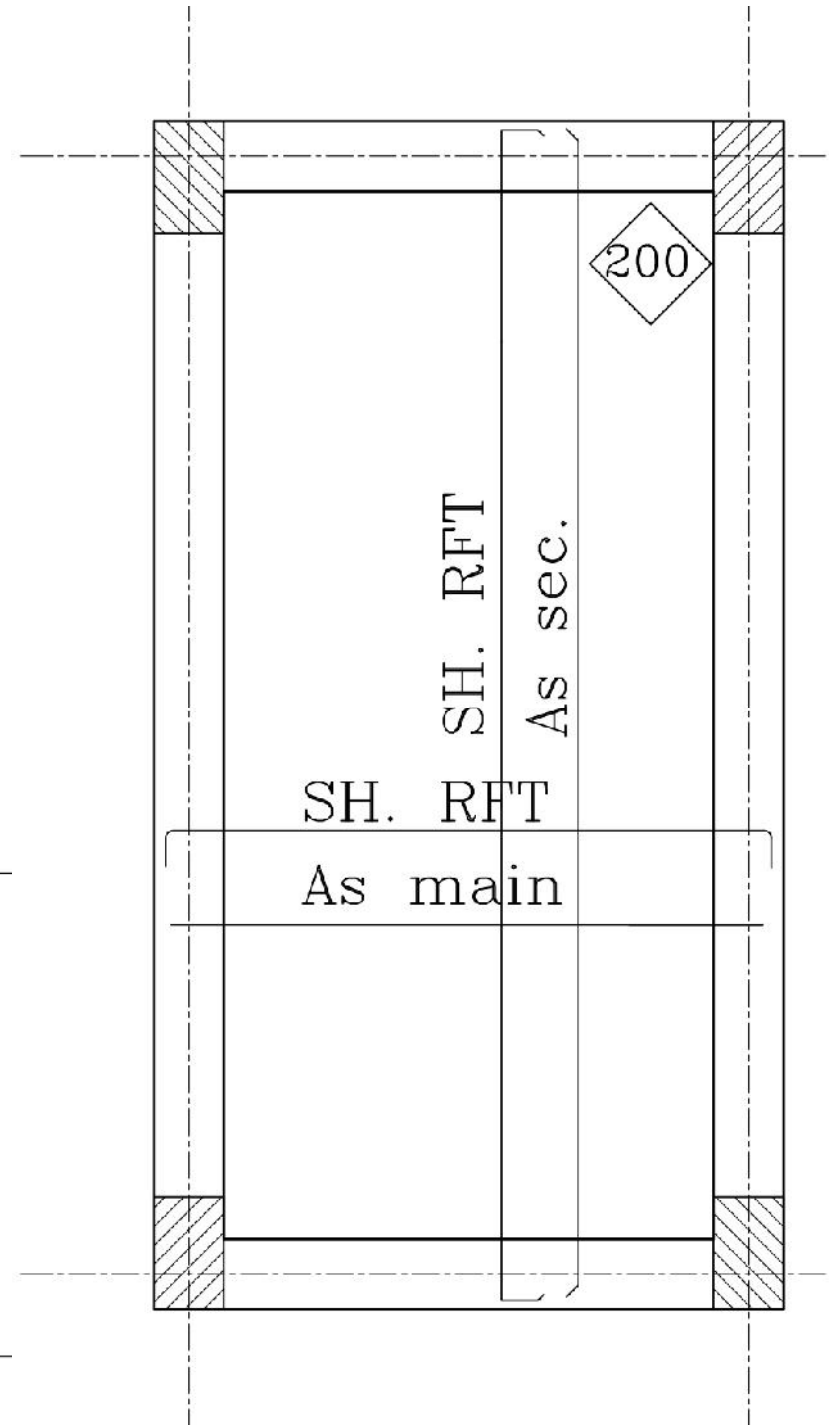
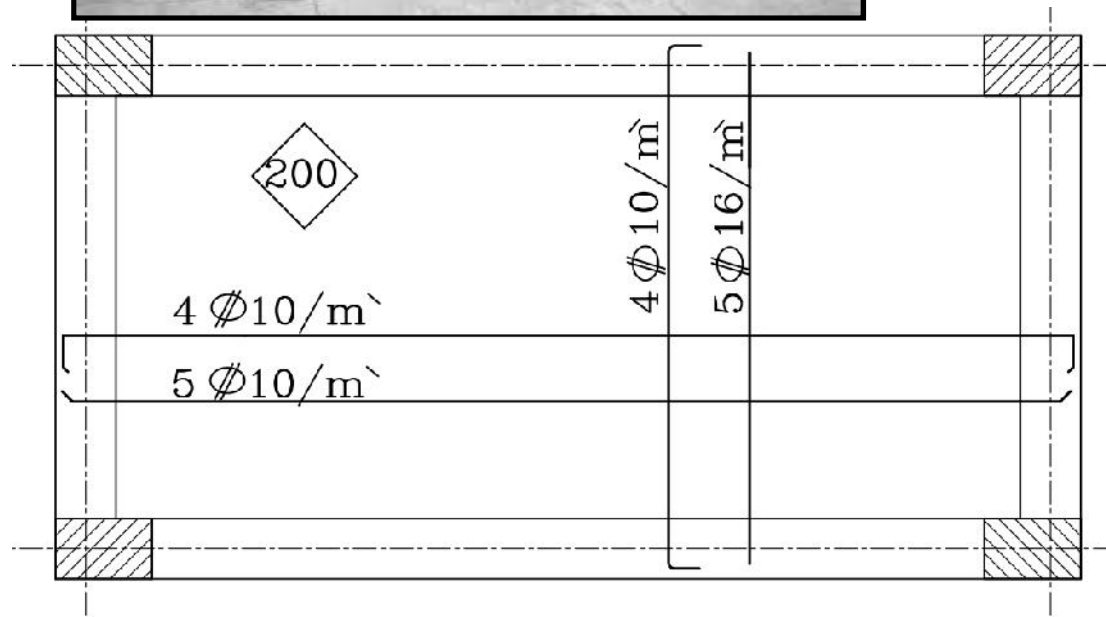
# CONTINUOUS SLAB BENT BARS

IF MORE THAN  
TWO SPANS  $L/4$   
instead of  $L/3$  for  
NEGATIVE RFT



IF  $t_s > 160$  mm,  
PROVIDE TOP RFT TO  
RESIST SHRINKAGE

Top rft > 20% from main steel



# EXAMPLE

$$\frac{L}{L_s} = \frac{8.0}{3.5 \times 0.87} = 2.62 > 2$$

⇒ The slab is one way solid slab.

## 1- Slab thickness

$$t_s = \frac{L_s}{30} = \frac{350}{30} = 11.67 \text{ cm}$$

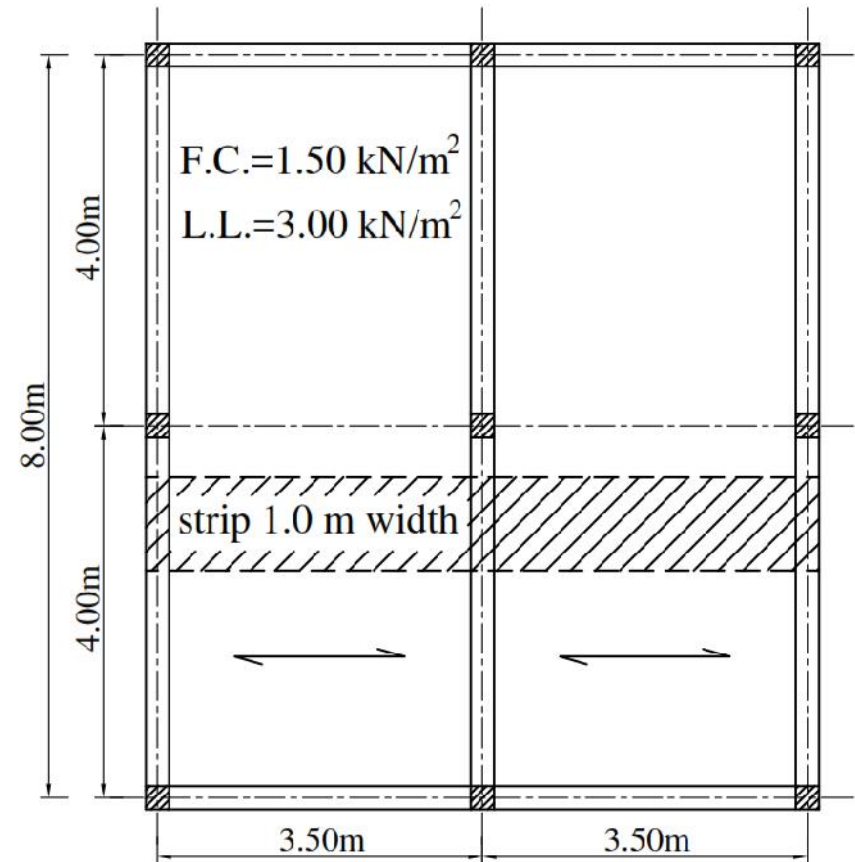
Take  $t_s = 12 \text{ cm}$

## 2- Calculation of loads

$$W_{su} = 1.4[t_s \gamma_c + \text{F.C.}] + 1.6 \text{L.L.} \quad \text{kN/m}^2$$

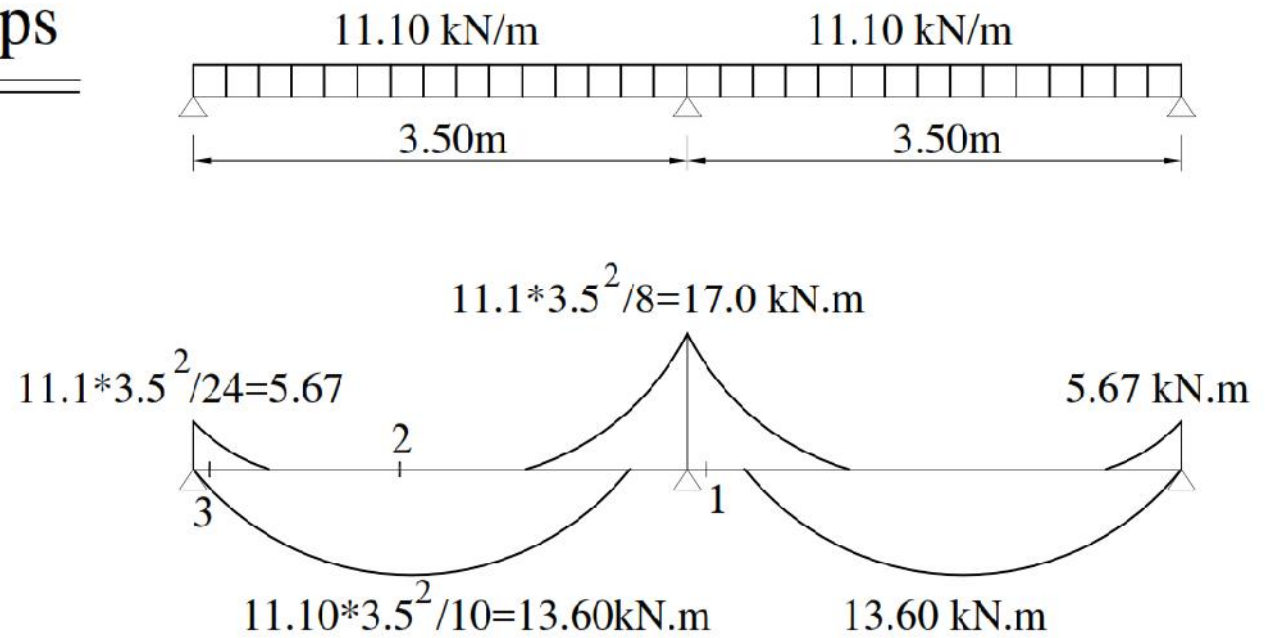
$$W_{su} = 1.4[0.12 \times 25 + 1.50] + 1.6 \times 3.00$$

$$W_{su} = 11.1 \text{ kN/m}^2$$



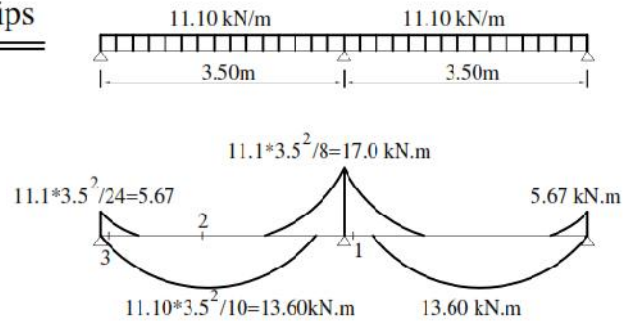
# EXAMPLE

## 3- Analysis of strips





### 3- Analysis of strips



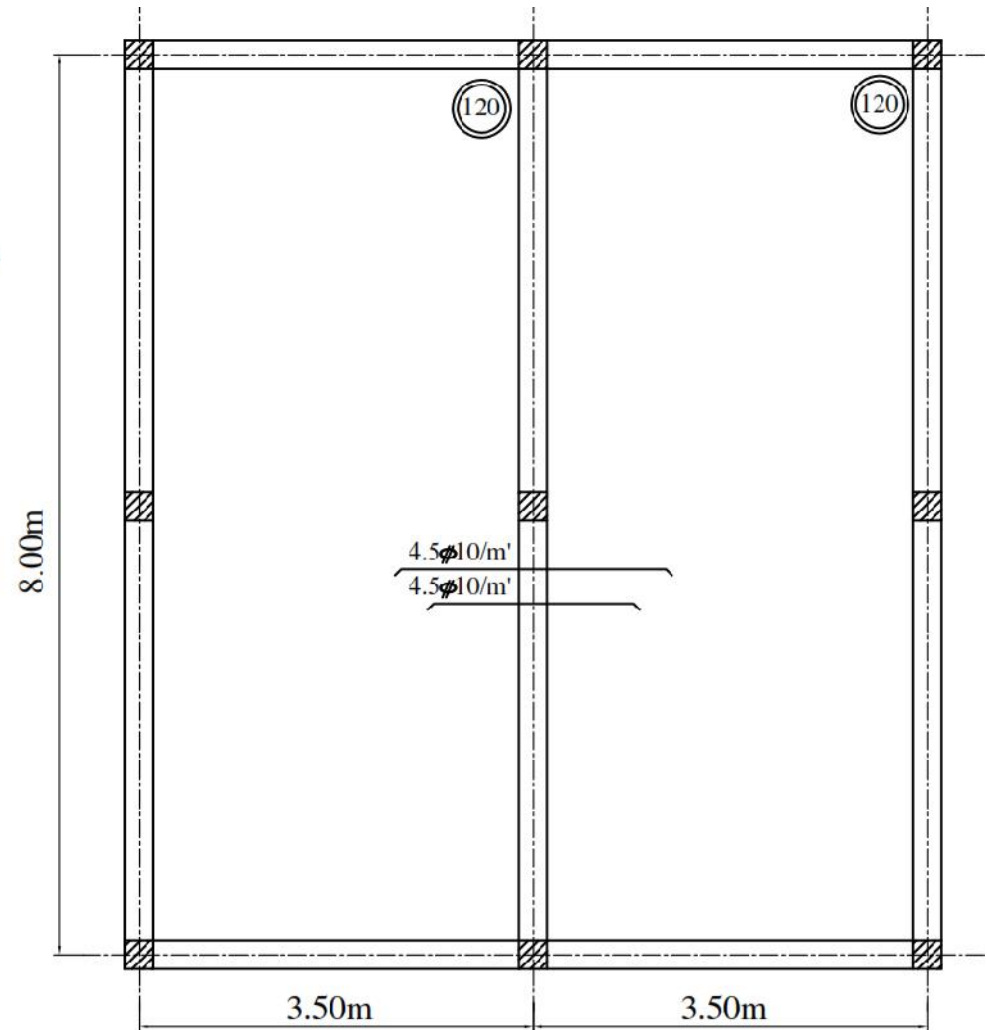
### Sec(1-1)

$M_{U.L.} = 17.0 \text{ kN.m}$  &  $B = 1000 \text{ mm}$  &  $d = 120 - 30 = 90 \text{ mm}$

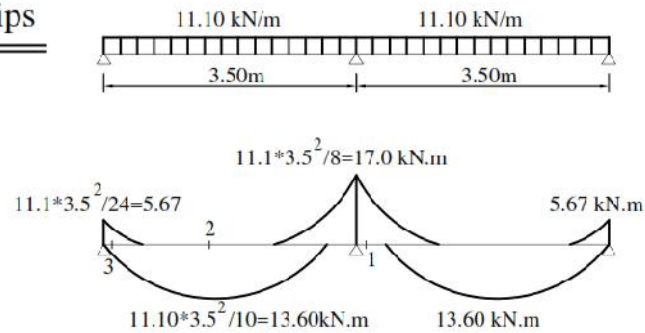
$$95 = C_1 \sqrt{\frac{17.00 * 10^6}{1000 * 25}} \Rightarrow C_1 = 3.94 \text{ \& } J = 0.78$$

$$A_s = \frac{17.00 * 10^6}{0.78 * 90 * 360} = 672.70 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A = 9\phi 10/\text{m'}$$



### 3- Analysis of strips



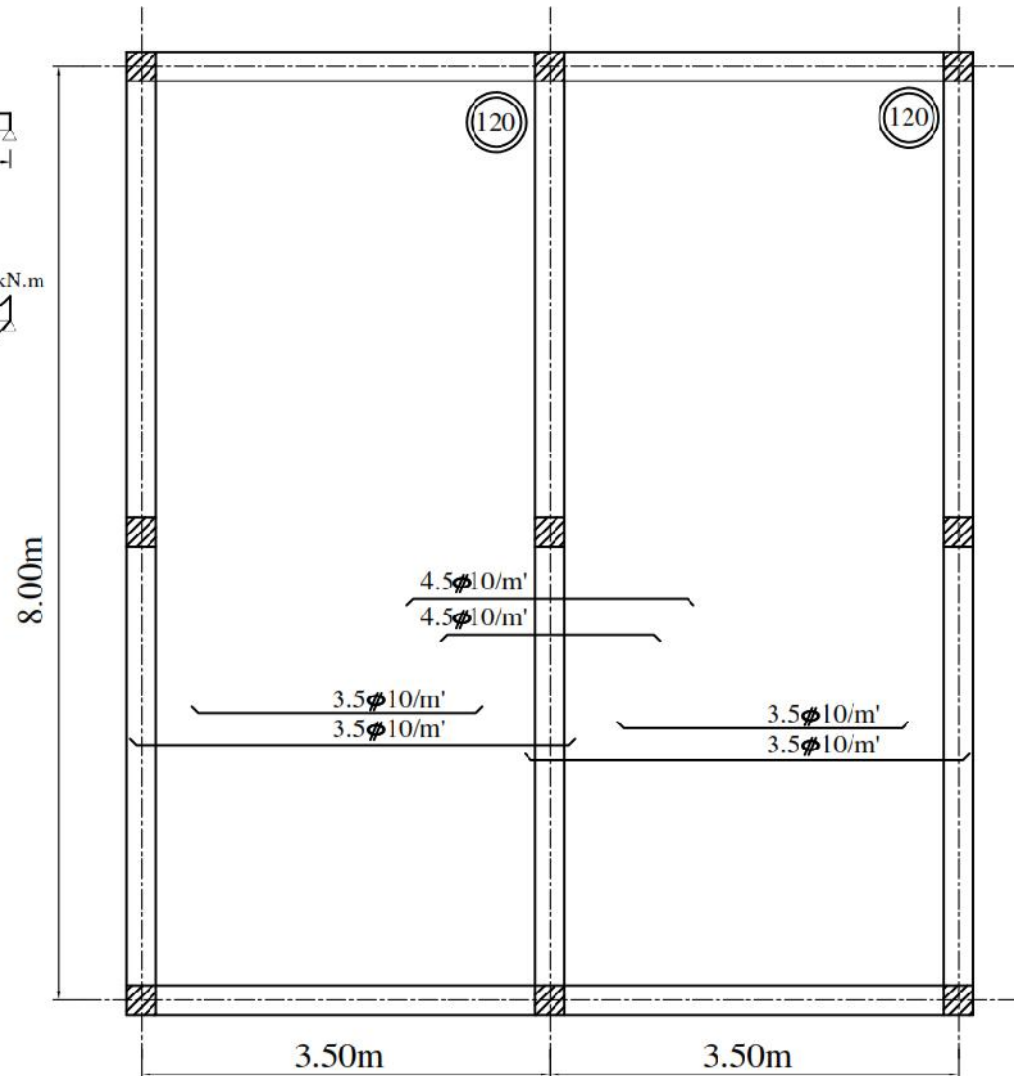
### Sec(2-2)

$M_{U.L.} = 13.60 \text{ kN.m}$  &  $B = 1000 \text{ mm}$  &  $d = 120 - 30 = 90 \text{ mm}$

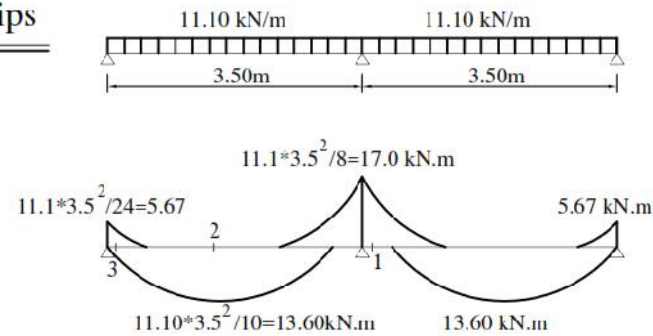
$$90 = C_1 \sqrt{\frac{13.60 \cdot 10^6}{1000 \cdot 25}} \Rightarrow C_1 = 3.85 \text{ \& } J = 0.80$$

$$A_s = \frac{13.60 \cdot 10^6}{0.80 \cdot 90 \cdot 360} = 501.10 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_s = 7\phi 10/\text{m'}$$



### 3- Analysis of strips



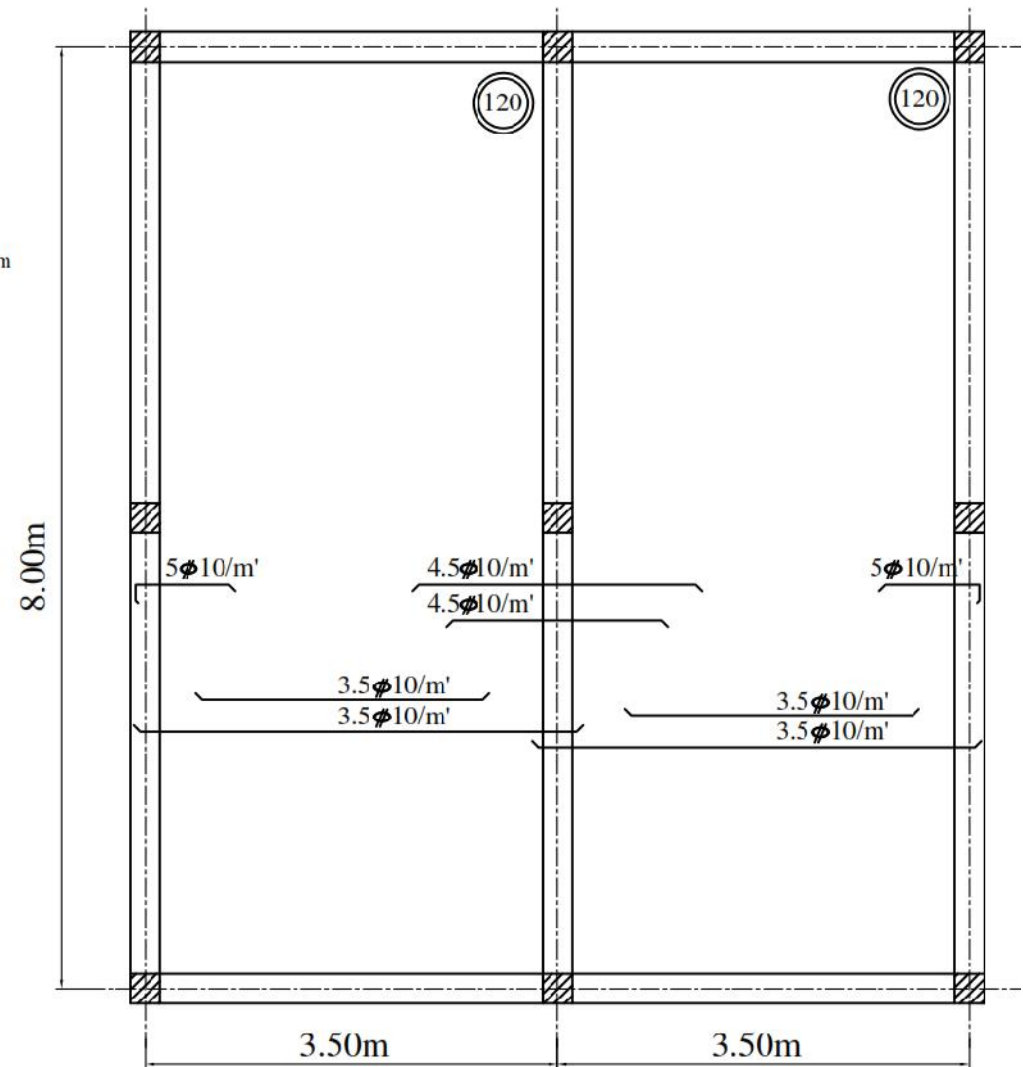
#### Sec(3-3)

$M_{U.L.} = 5.67 \text{ kN.m}$  &  $B = 1000 \text{ mm}$  &  $d = 120 - 30 = 90 \text{ mm}$

$$90 = C_1 \sqrt{\frac{5.67 \cdot 10^6}{1000 \cdot 25}} \Rightarrow C_1 = 5.97 \text{ \& J = 0.826}$$

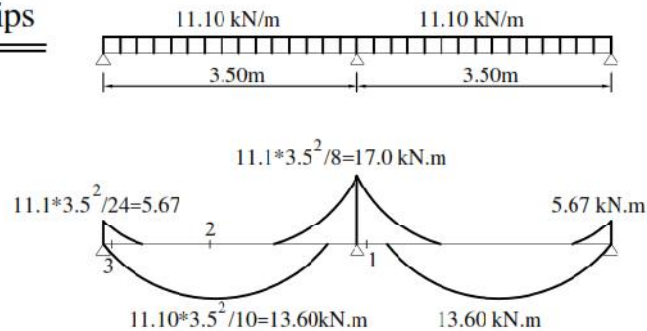
$$A_s = \frac{5.67 \cdot 10^6}{0.826 \cdot 90 \cdot 360} = 211.8 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_s = 5\phi 10/\text{m'}$$



# EXAMPLE

## 3- Analysis of strips



### Sec(1-1)

$M_{U.L.} = 17.0 \text{ kN.m}$  &  $B = 1000 \text{ mm}$  &  $d = 120 - 30 = 90 \text{ mm}$

$$95 = C_1 \sqrt{\frac{17.00 * 10^6}{1000 * 25}} \Rightarrow C_1 = 3.94 \text{ \& } J = 0.78$$

$$A_s = \frac{17.00 * 10^6}{0.78 * 90 * 360} = 672.70 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_s = 9 \phi 10/\text{m'}$$

### Sec(2-2)

$M_{U.L.} = 13.60 \text{ kN.m}$  &  $B = 1000 \text{ mm}$  &  $d = 120 - 30 = 90 \text{ mm}$

$$90 = C_1 \sqrt{\frac{13.60 * 10^6}{1000 * 25}} \Rightarrow C_1 = 3.85 \text{ \& } J = 0.80$$

$$A_s = \frac{13.60 * 10^6}{0.80 * 90 * 360} = 501.10 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_s = 7 \phi 10/\text{m'}$$

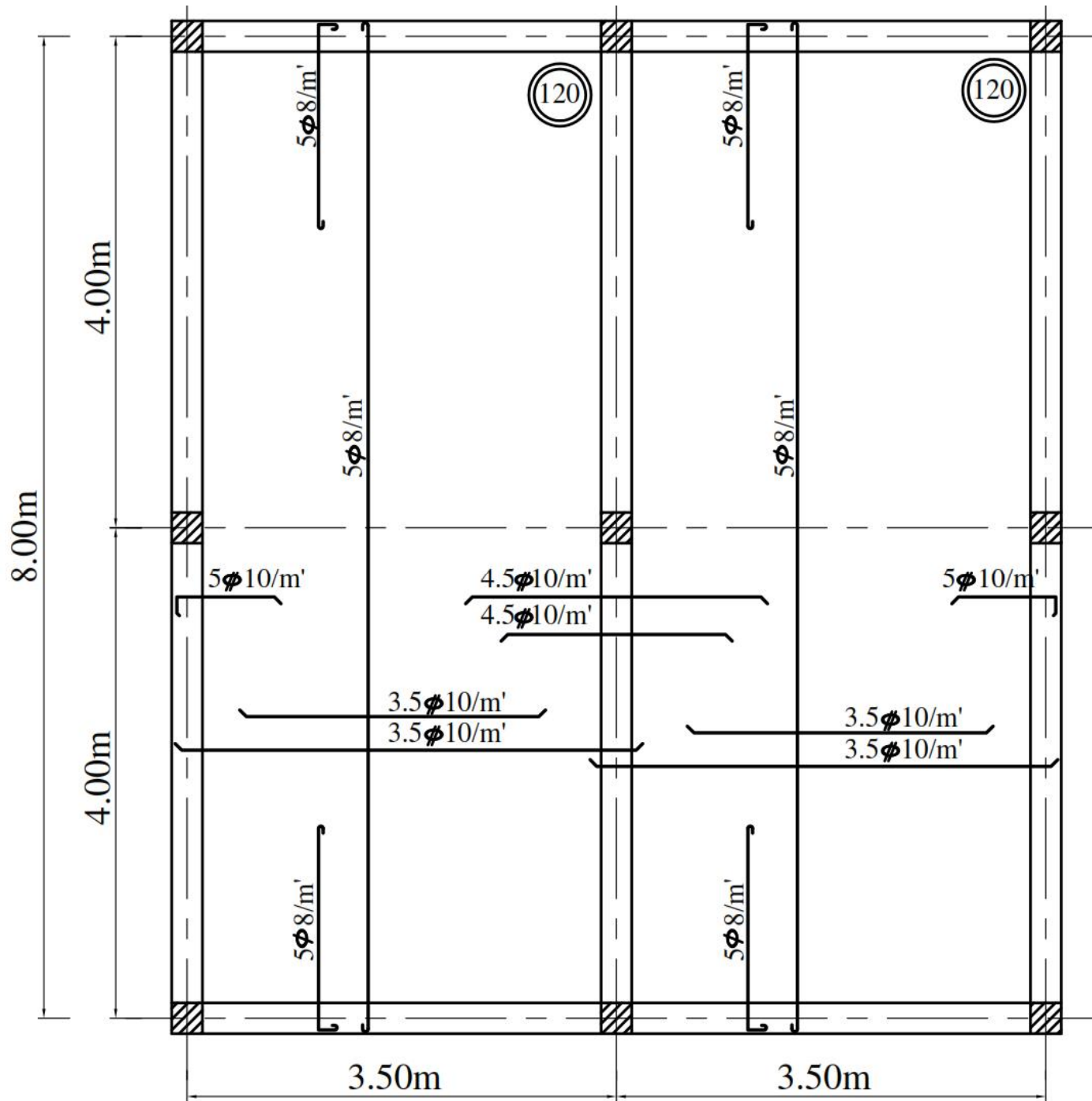
### Sec(3-3)

$M_{U.L.} = 5.67 \text{ kN.m}$  &  $B = 1000 \text{ mm}$  &  $d = 120 - 30 = 90 \text{ mm}$

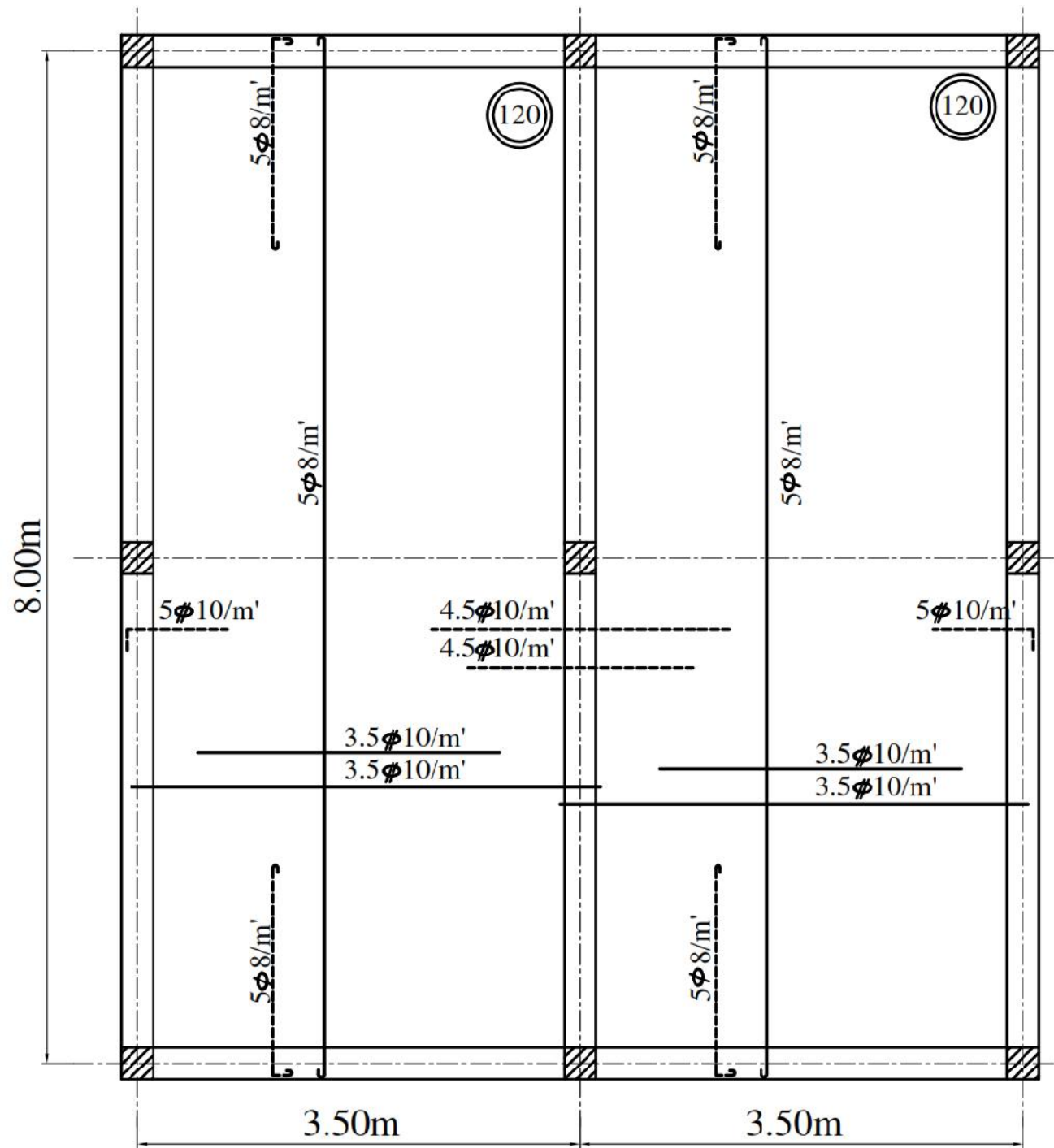
$$90 = C_1 \sqrt{\frac{5.67 * 10^6}{1000 * 25}} \Rightarrow C_1 = 5.97 \text{ \& } J = 0.826$$

$$A_s = \frac{5.67 * 10^6}{0.826 * 90 * 360} = 211.8 \text{ mm}^2/\text{m}$$

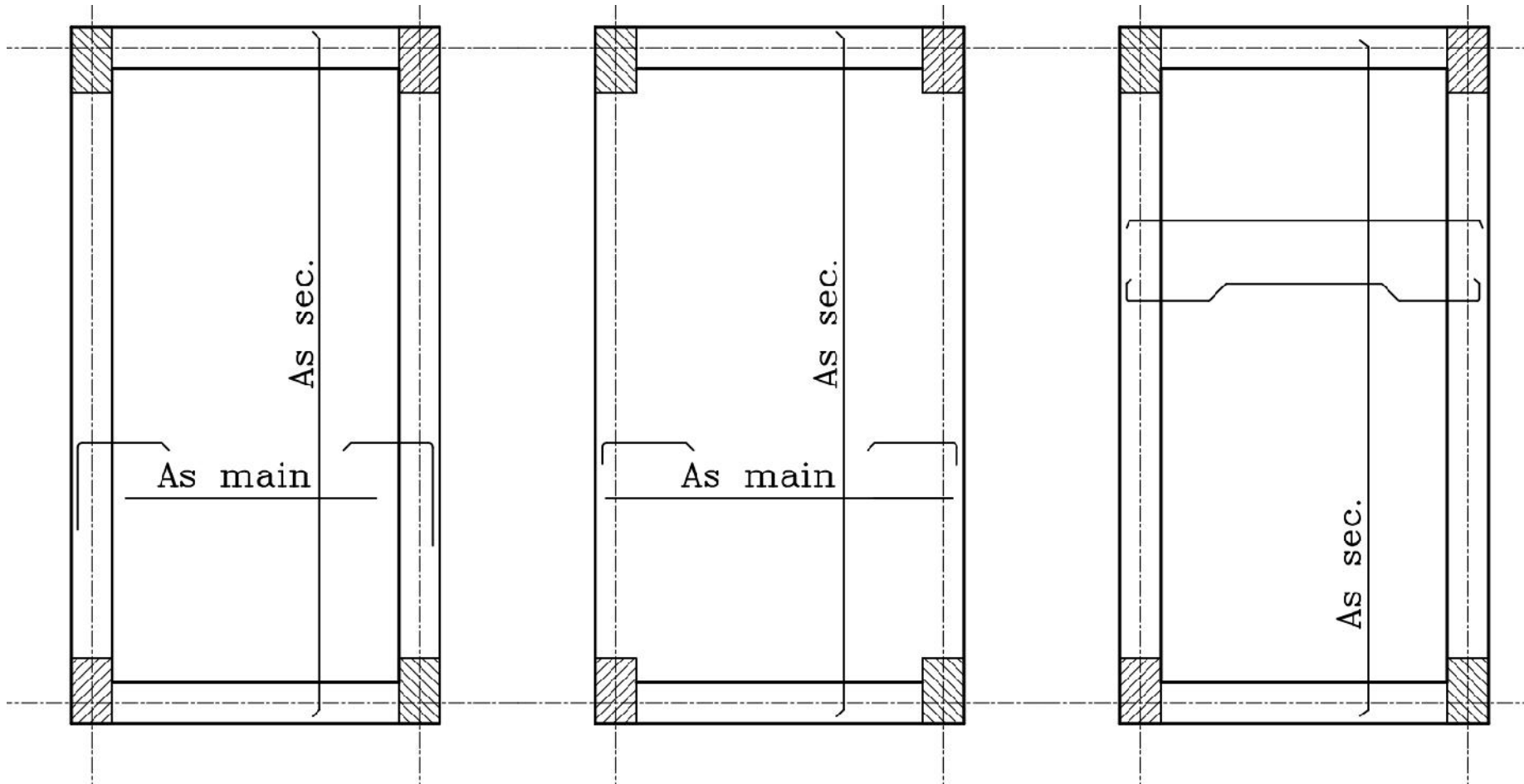
$$A_s = 5 \phi 10/\text{m'}$$



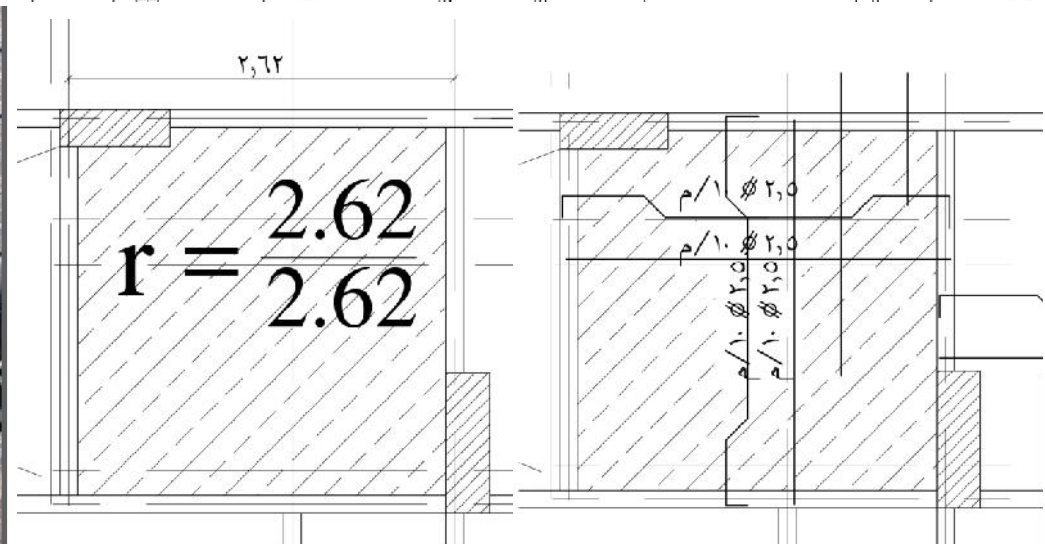
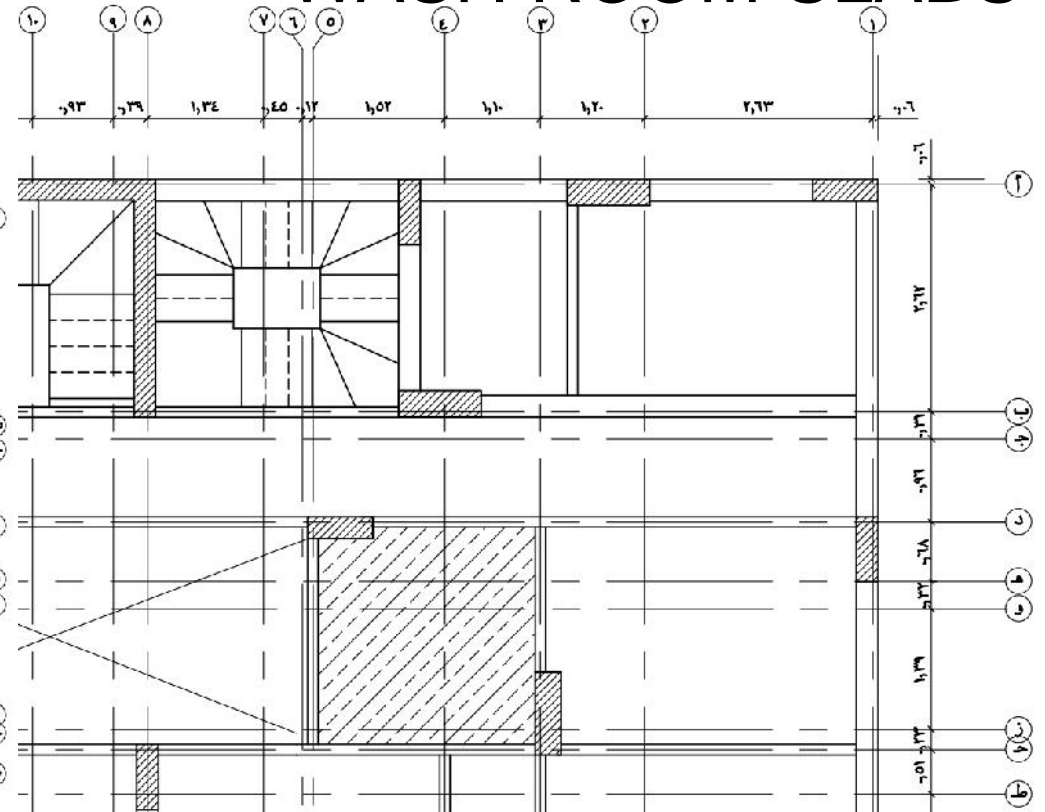
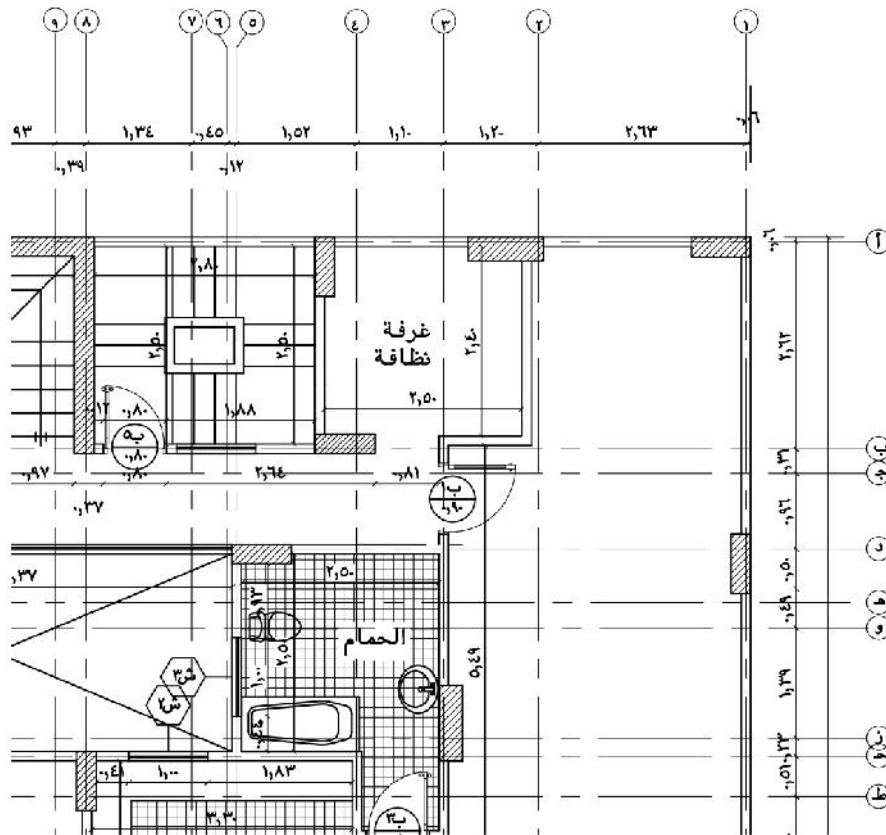




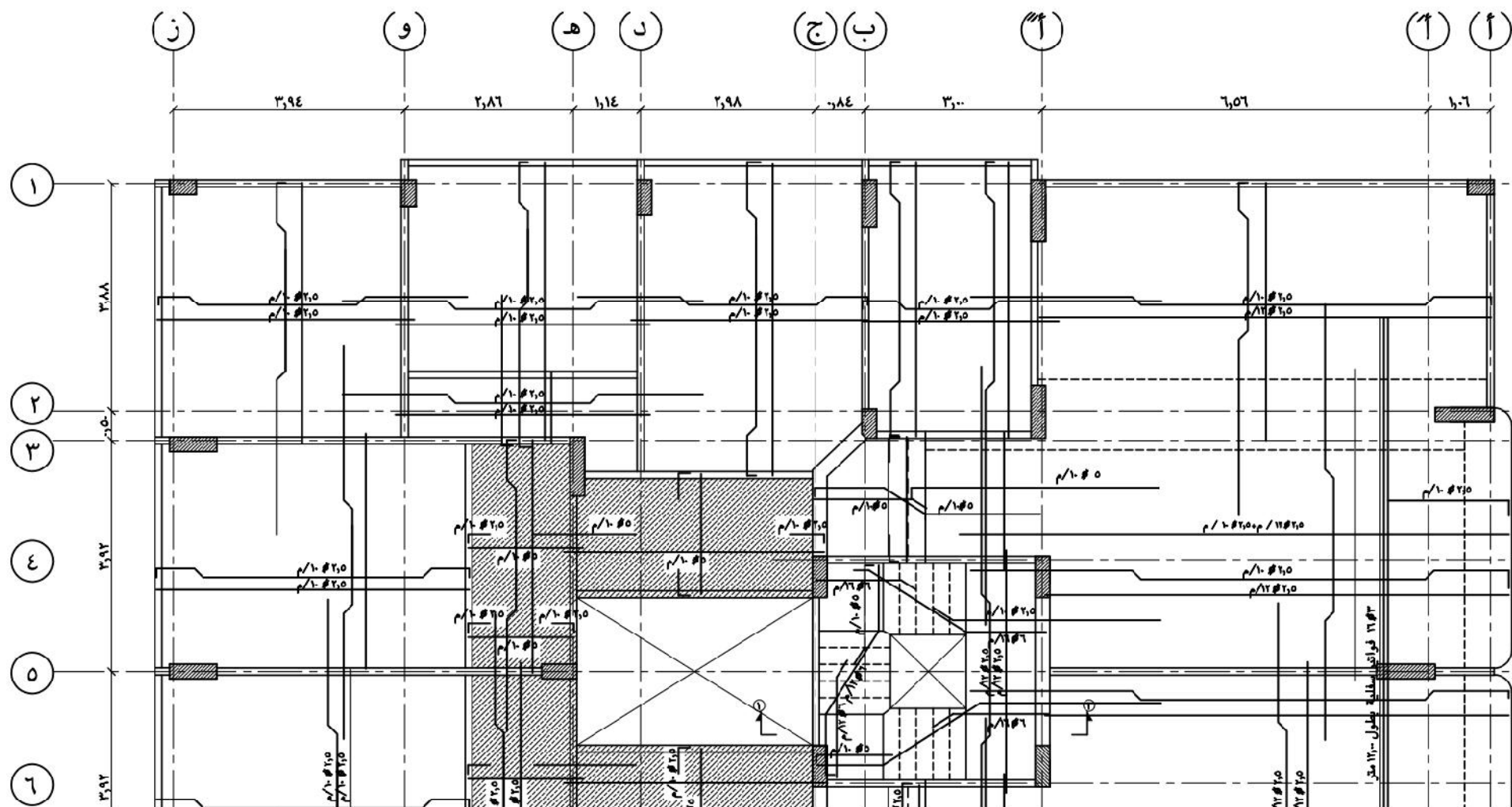
# WRONG DETAILS



# WASH ROOM SLABS

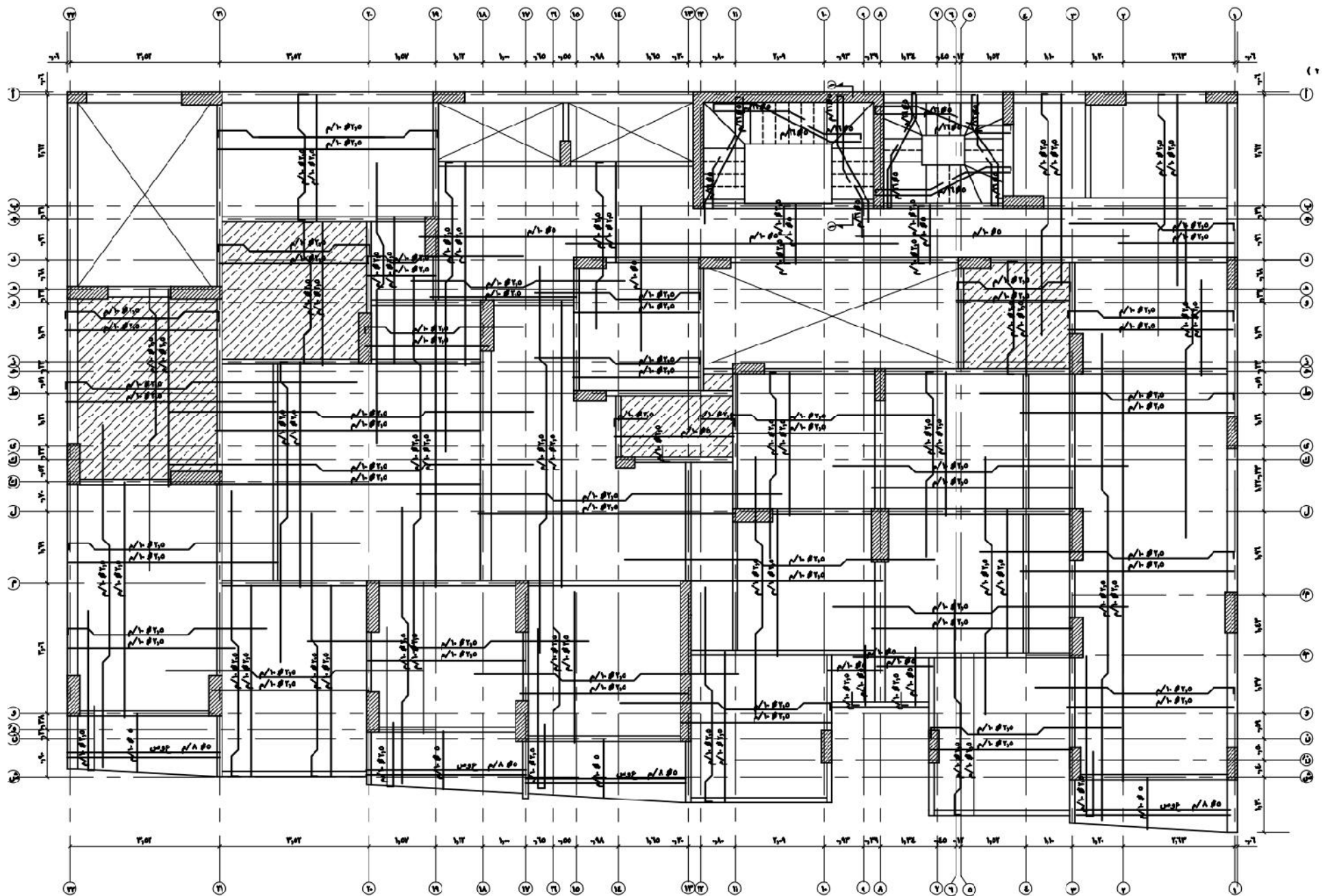


## MARKET DETAILS





# MARKET DETAILS

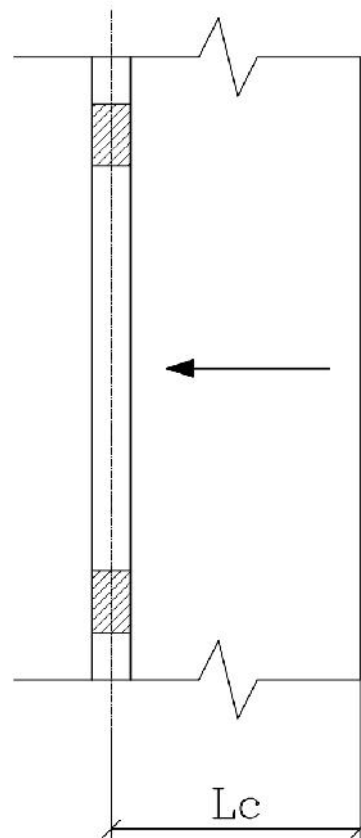
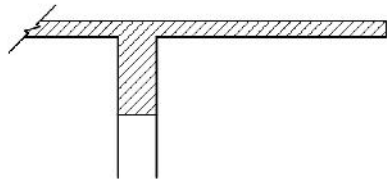


## MARKET DETAILS



# CANTILEVER SLABS

## • THICKNESS

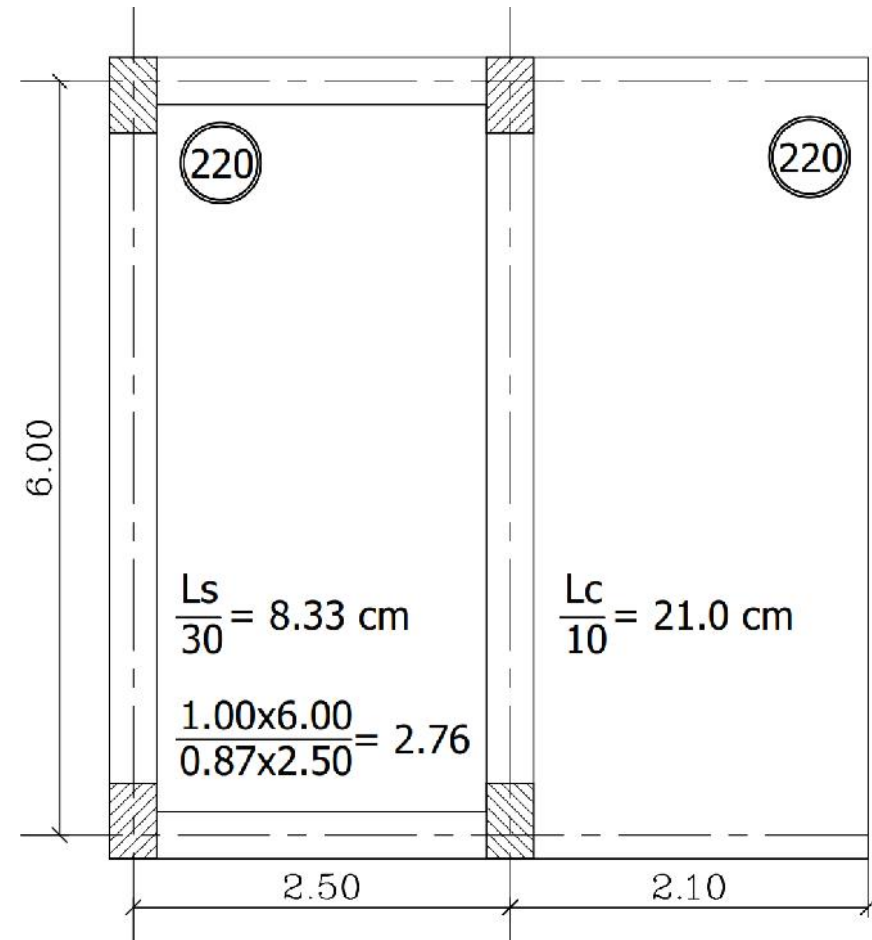


cantilever slab

$$t_{s \min} = \frac{L_c}{10}$$

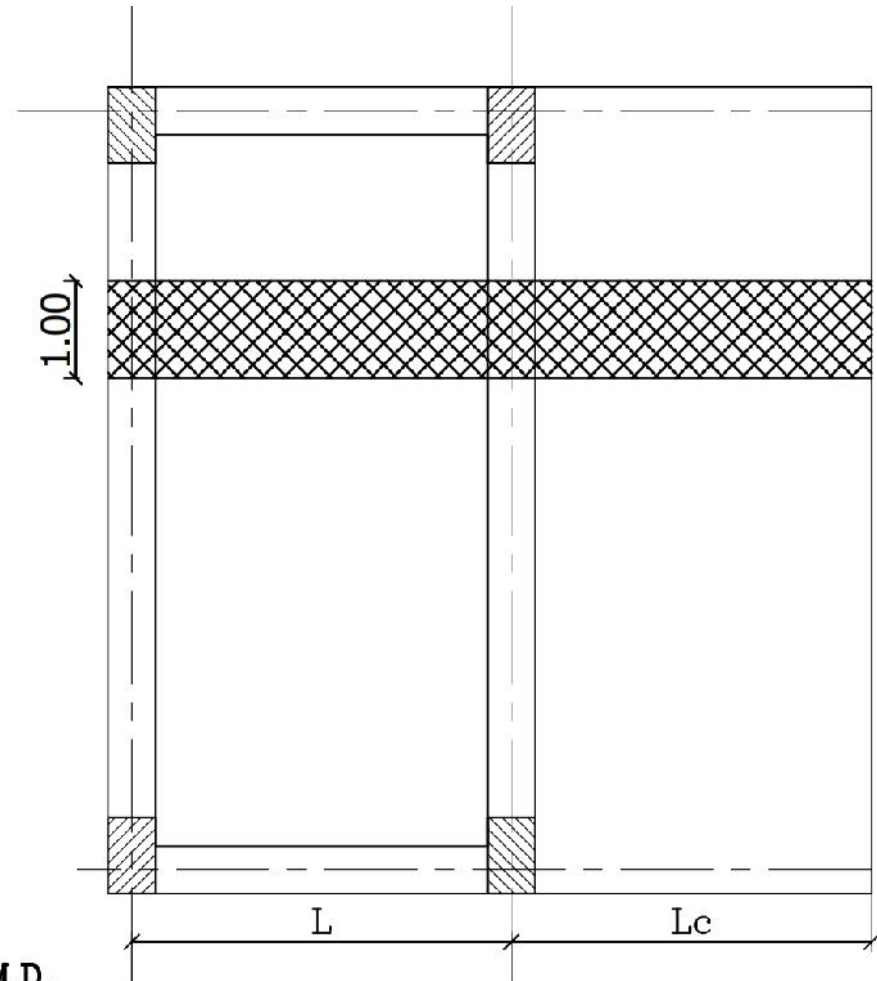
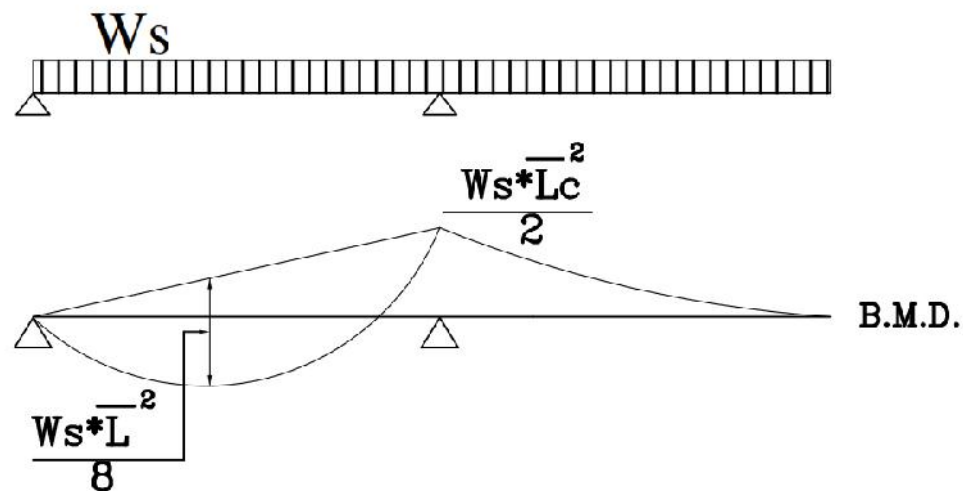
جدول (٤-١٠) نسبة البحر الخالص إلى العمق الكلى ( $L_n / t$ ) ما لم يتم حساب الترخيم للكمرات ذات القطاعات المستطيلة والبلاطات ذات الإتجاه الواحد للبحر أقل من ١٠ متر والكوابيل ذات الأطوال أقل من ٢ متر

العنصر	بسيطة الإرتكاز	مستمرة من ناحية واحدة	مستمرة من جانبيين	الكابولي
البلاطات المصمتة	25	30	36	10
البلاطات ذات الأعصاب و الكمرات المدفونة	20	25	28	8
الكمرة الجاسئة	16	18	21	5



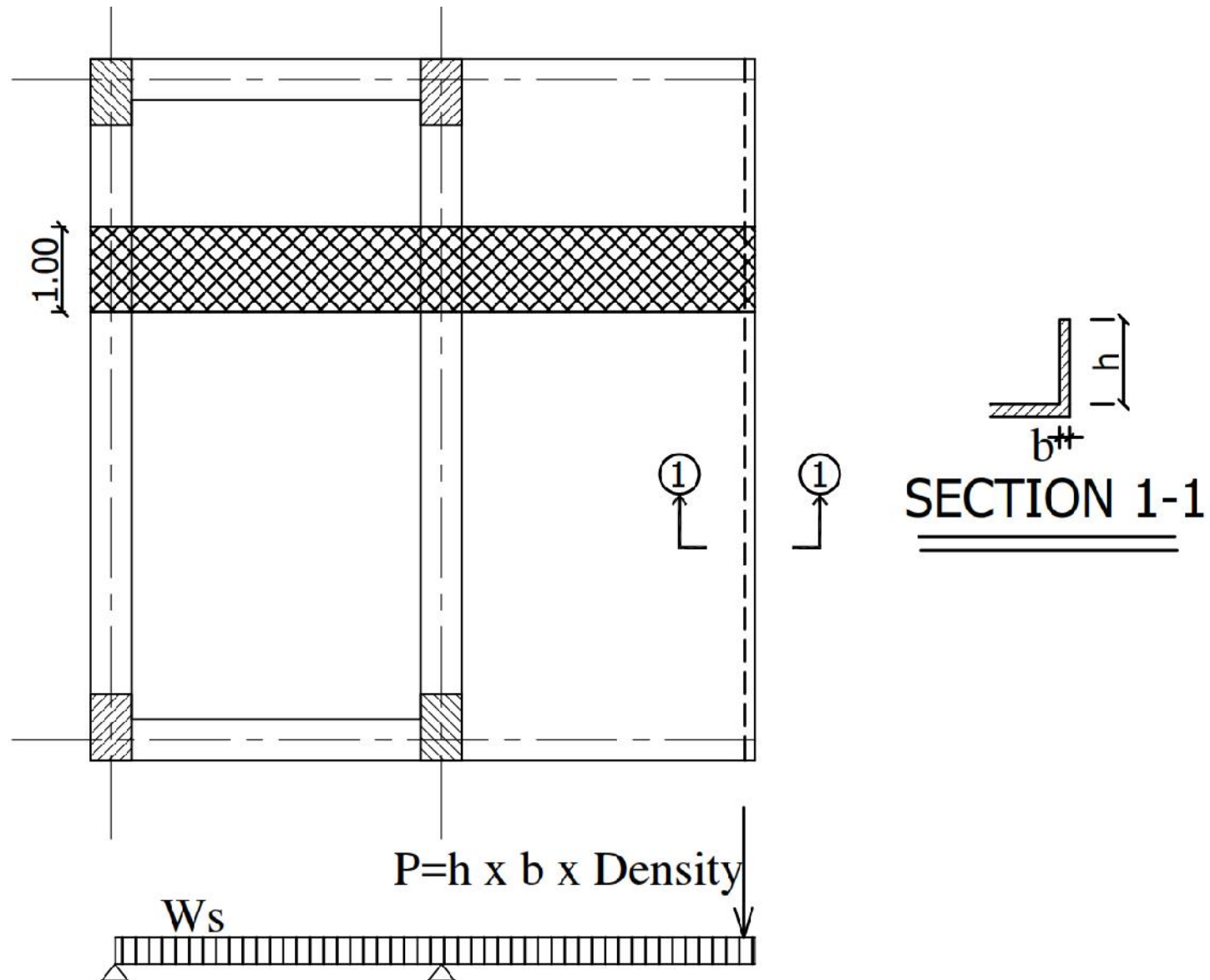
# STRUCTURAL ANALYSIS

- SAME AS ONE WAY
- STRIP 1 meter width
- GET Bending moment

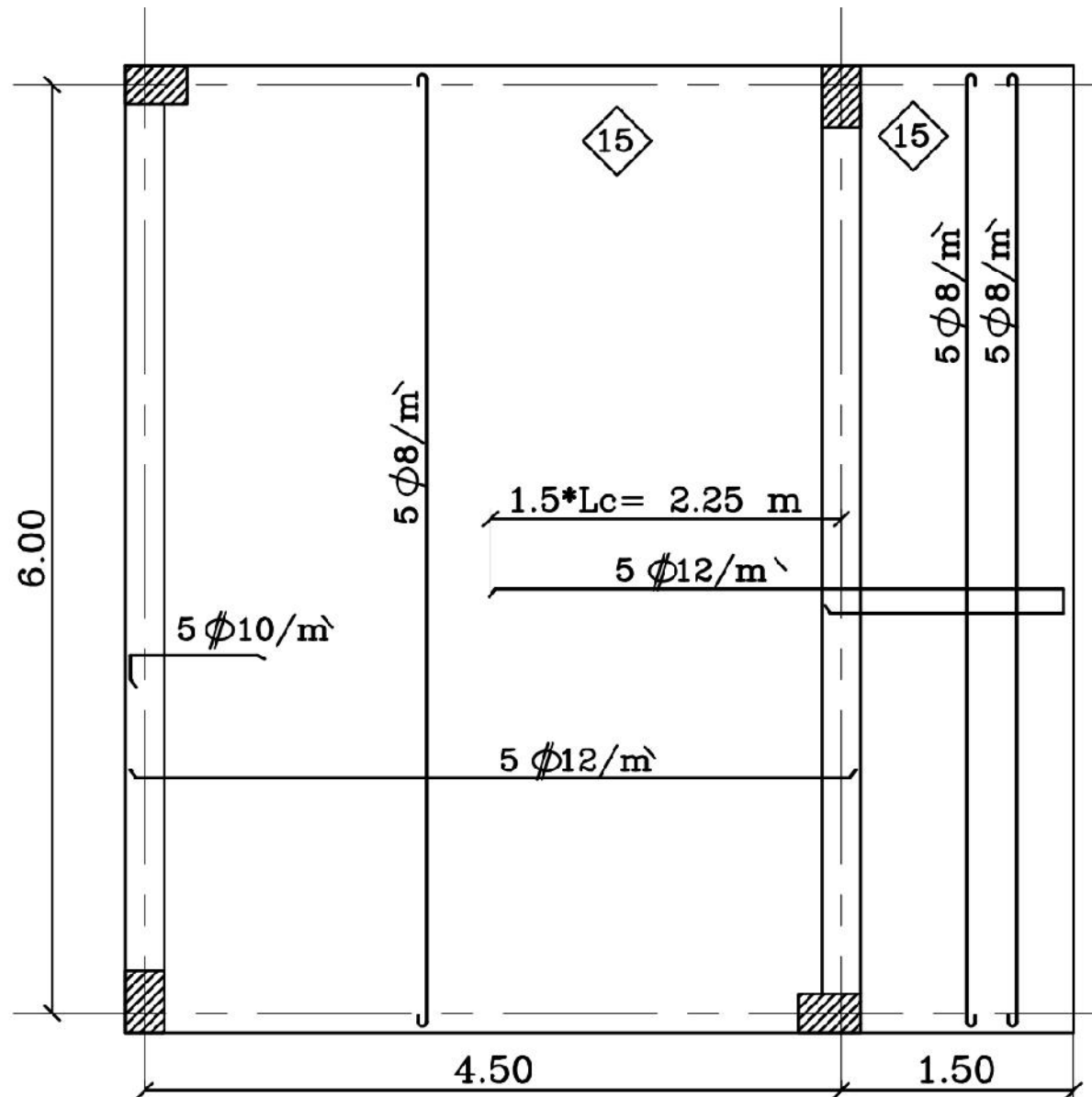




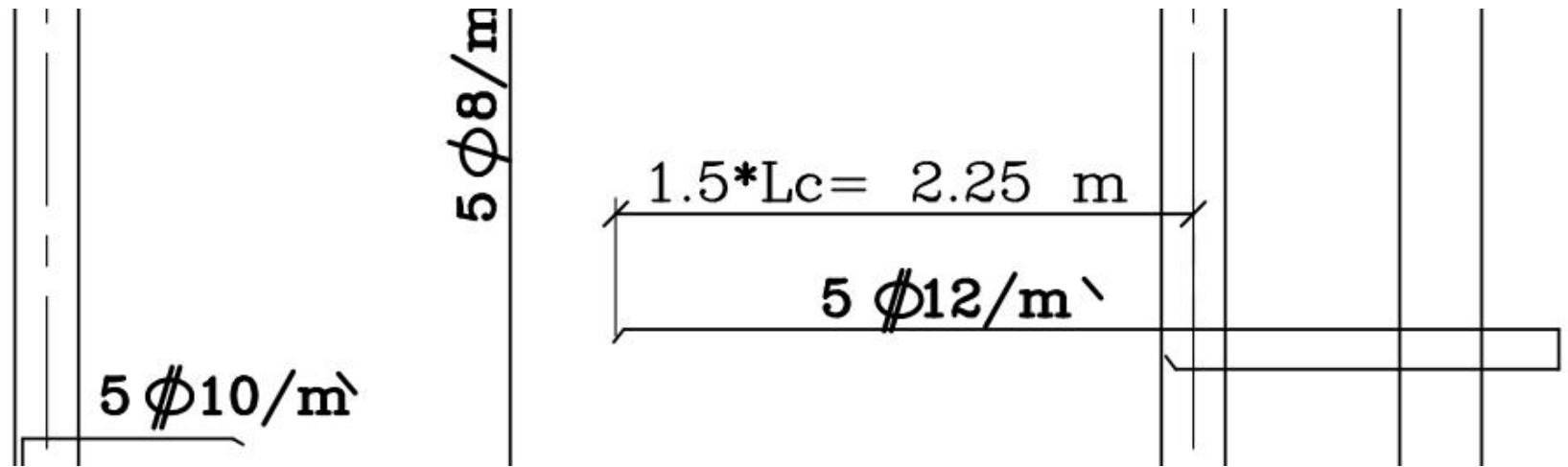
# STRUCTURAL ANALYSIS



# DETAILS



[illegible]



### Long-term Deflection

### ٤-٣-١-١-٢ زيادة مقدار الترخيم مع الزمن

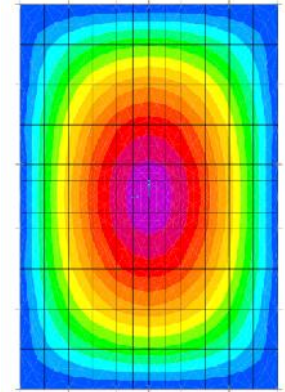
يسبب الزحف والإنكماش للعناصر الخرسانية المعرضة لعزوم انحناء ترخيماً إضافياً يزداد مع الزمن ، وتتأثر قيمته القصوى بكمية تسليح الضغط في القطاع. ويمكن حساب الترخيم الإضافي المتولد بضرب قيمة الترخيم اللحظي نتيجة للأحمال الدائمة والمحسوبة طبقاً للقواعد السابقة في المعامل  $\alpha$  الذي يؤخذ بقيمة ٢ في القطاعات التي لا تحتوى على تسليح ضغط (Compression steel) وفي الحالات الأخرى تؤخذ قيمة  $\alpha$  من العلاقة التالية :

$$\alpha = 2 - 1.2 \left( \frac{A'_s}{A_s} \right) \geq 0.6 \quad (4-62)$$

مع مراعاة ما جاء في البند (٤-٢-١-٢-٣)



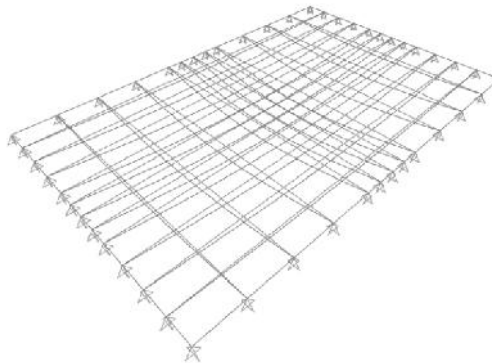
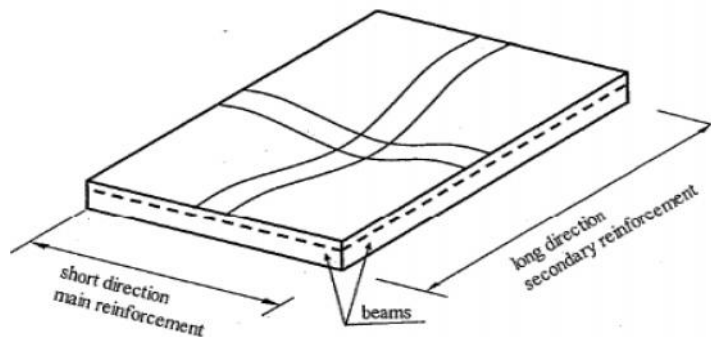
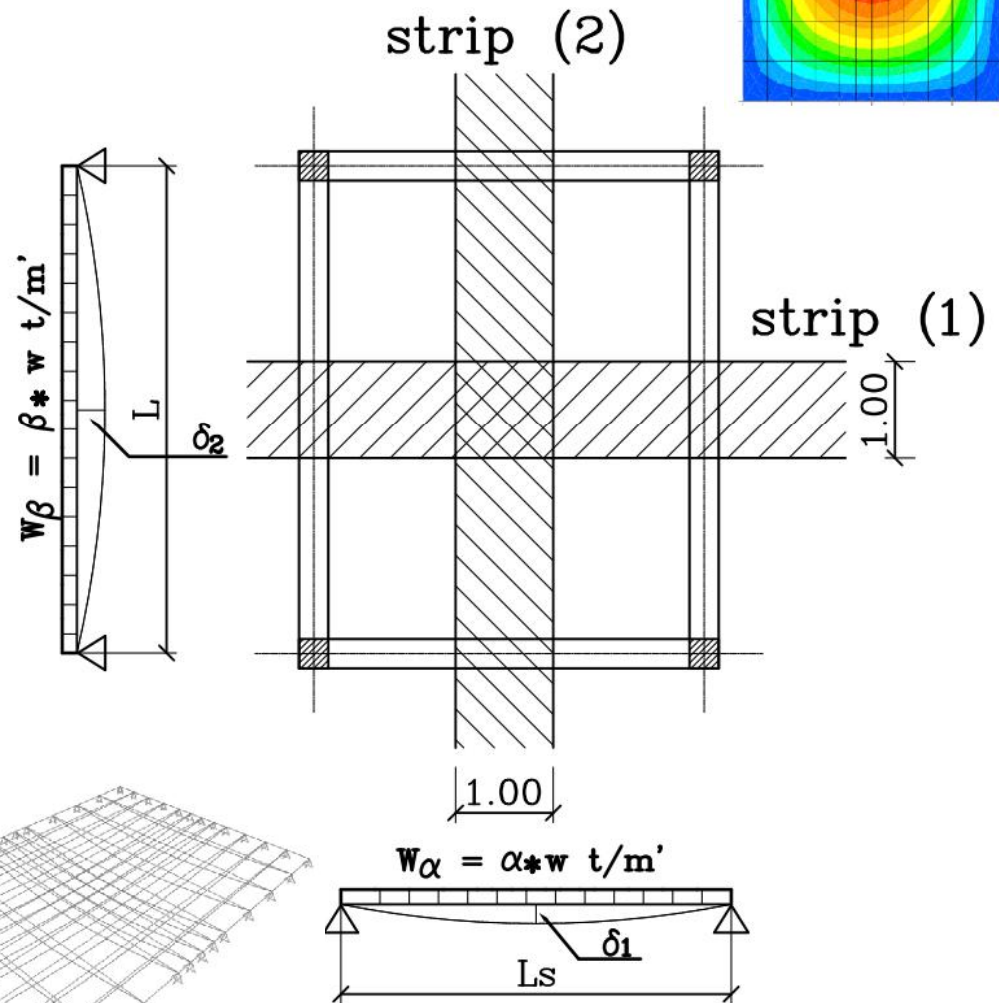
# TWO WAY SLABS

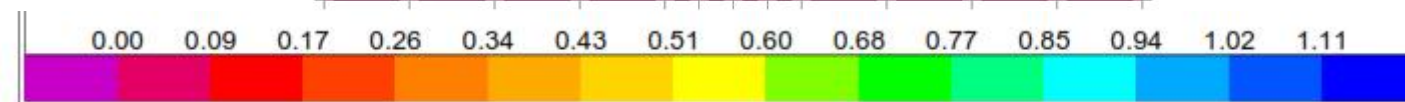
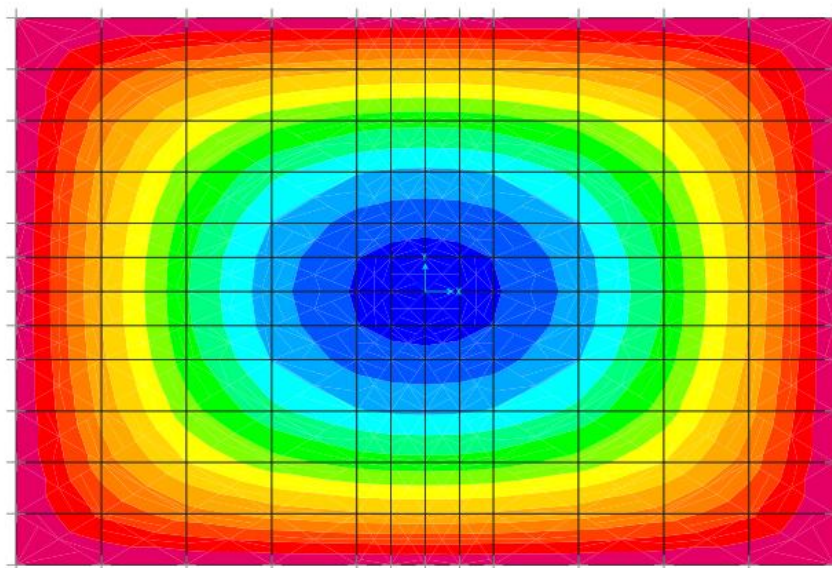
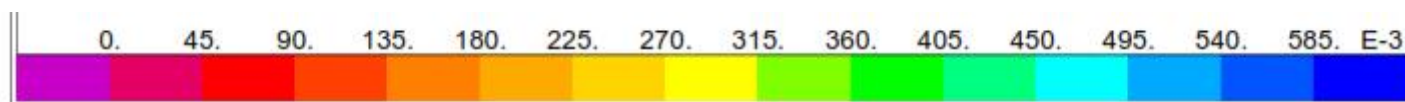
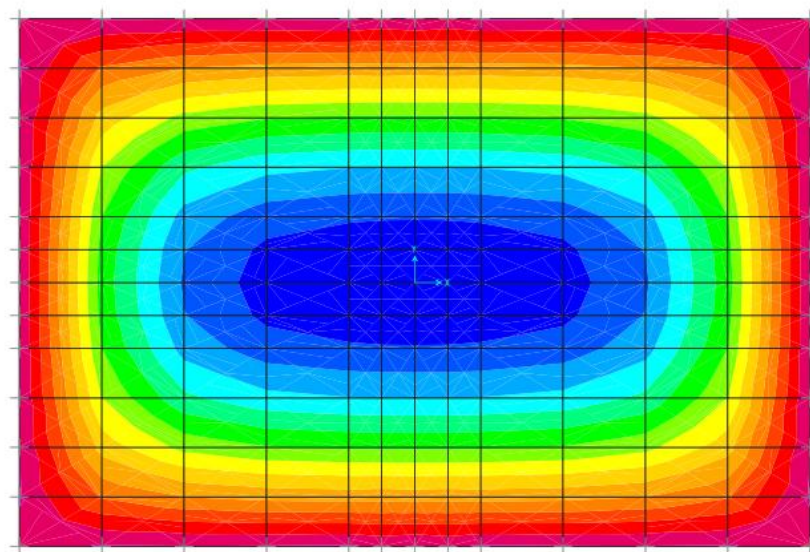


SLAB IS A TWO WAY, IF SURROUNDED  
BY FOUR BEAMS AND

$$r = \frac{m^* L}{m^* L_s} \leq 2.0$$

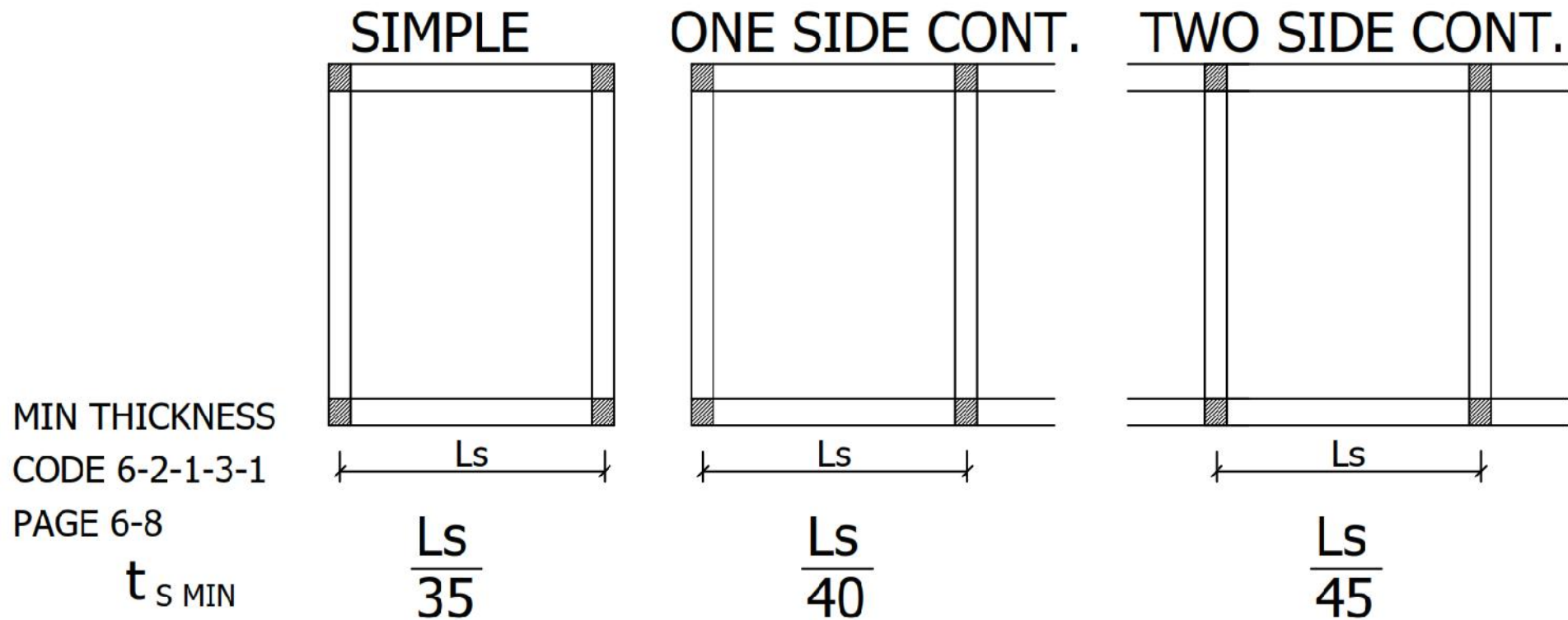
The load is distributed in two  
directions by the values  $(\alpha, \beta)$  .





# SLAB THICKNESS

- Minimum thickness ( $t_{\text{min}}$ )



# THICKNESS-NO DEFLECTION CHECK

## ٤-٣-١-٢ حالة البلاطات ذات الاتجاهين المرتكزة على كمرات جاسئة

يمكن الاستغناء عن حساب الترخيم للبلاطات ذات الإتجاهين فى المباني العادية ذات البحور أقل من ١٠ متر والمعرضة لأحمال منتظمة وغير ثقيلة والمتصل بها عناصر غير إنشائية لا تتأثر بالترخيم إذا لم يقل سمك القطاع  $t$  عن ١٠٠ مم أو القيمة المعطاة فى المعادلة (٤-٦٥) أيهما أكبر.

$$t = \frac{a \left( 0.85 + \frac{f_y}{1600} \right)}{15 + \frac{20}{b/a} + 10\beta_p} \quad (4-65)$$

حيث :  $a$  = البعد الأصغر للبلاطة

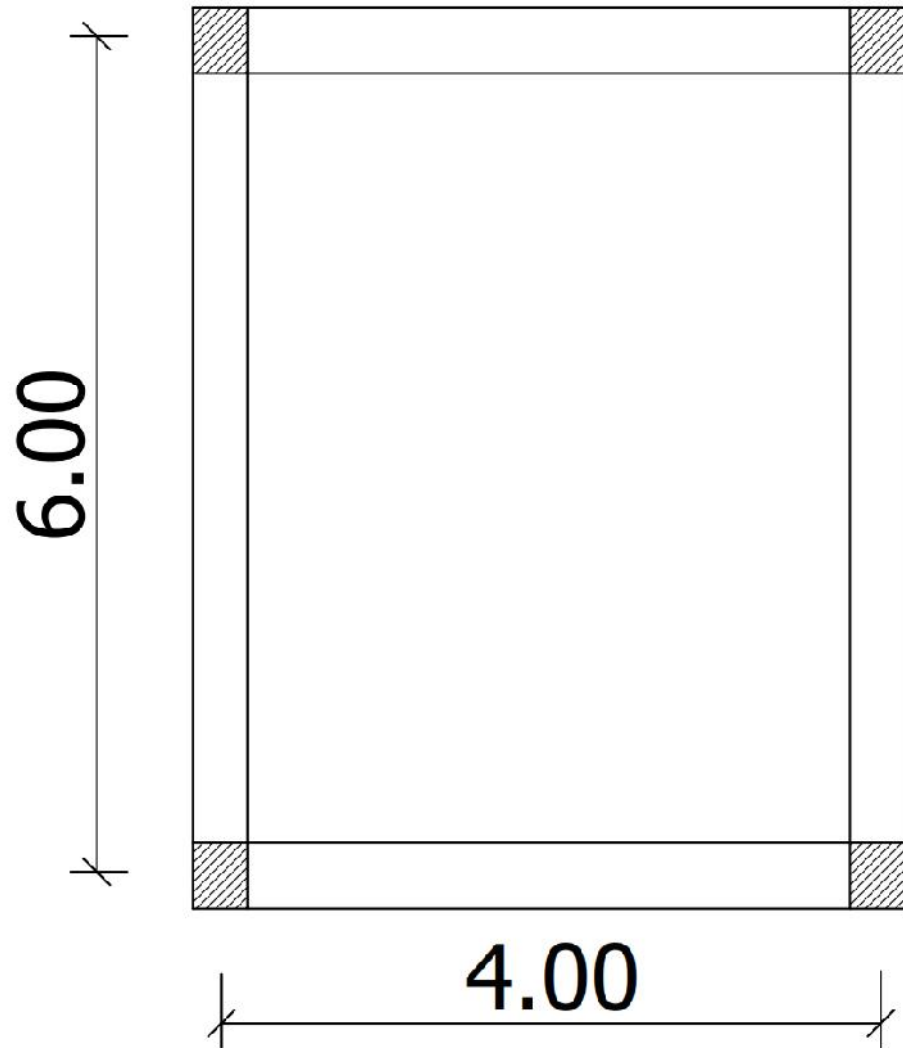
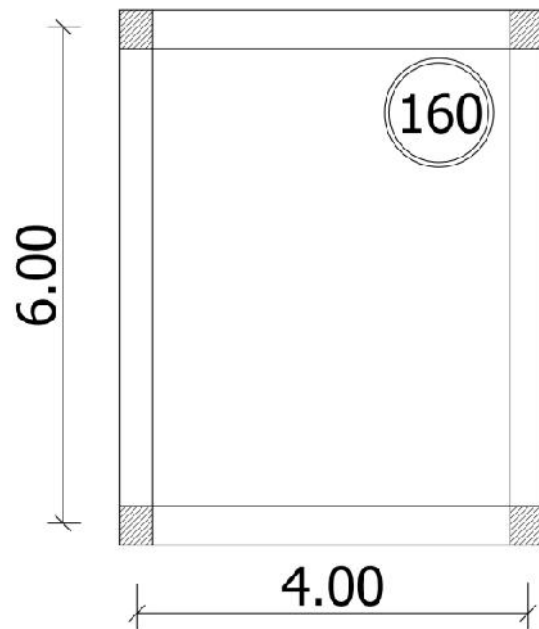
$b$  = البعد الأكبر للبلاطة

$\beta_p$  = النسبة بين الحواف المستمرة للبلاطة إلى الطول الكلى لمحيطها

# EXAMPLE

$$t_s = \frac{4 \times [0.85 + \frac{360}{1600}]}{15 + \frac{20}{6/4} + 10 \times 0} = 0.152 \text{ meter}$$

$$t_s = \frac{4}{35} = 0.114 \text{ meter}$$

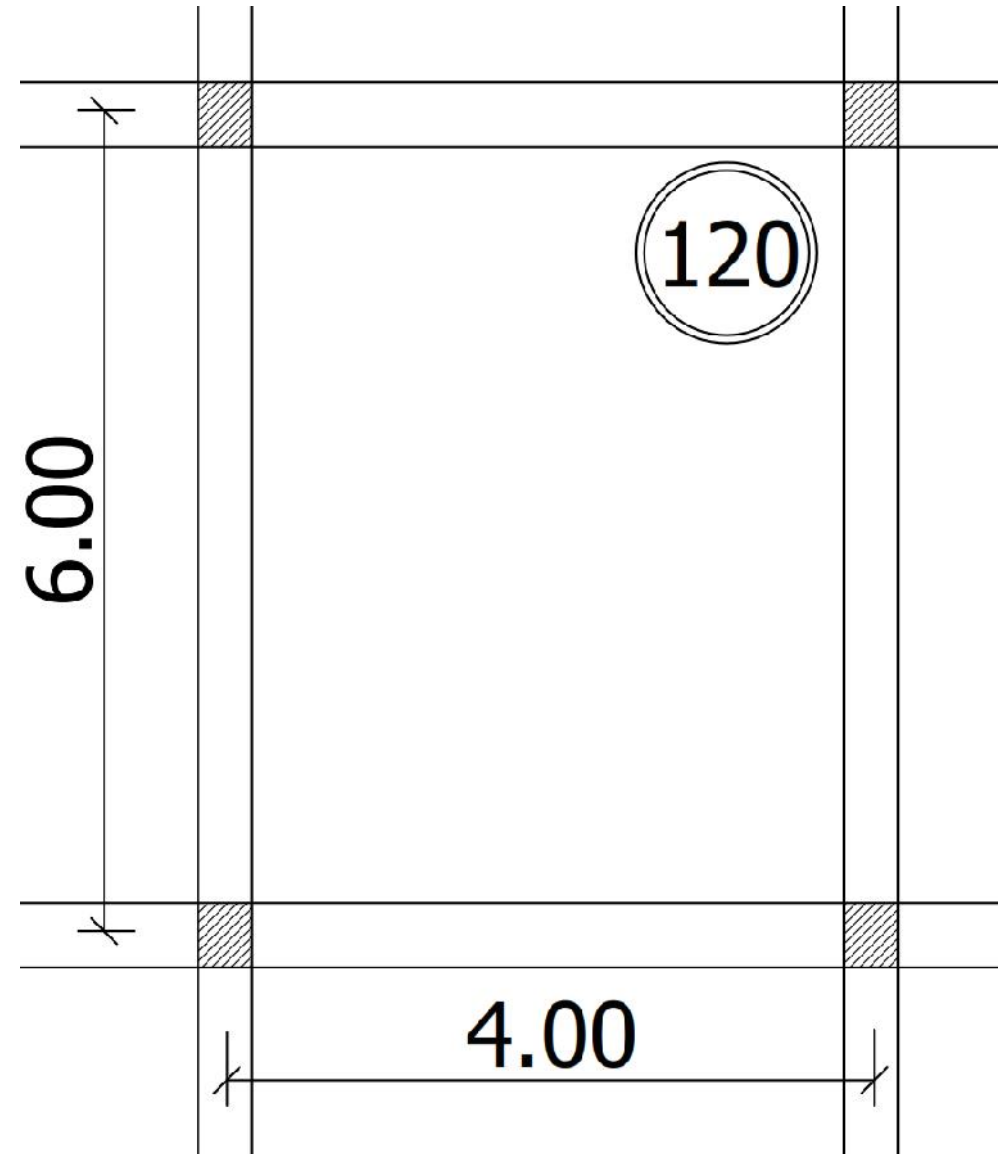




## EXAMPLE 2

$$t_s = \frac{4x \left[ 0.85 + \frac{360}{1600} \right]}{15 + \frac{20}{6/4} + 10x1} = 0.112 \text{ meter}$$

$$t_s = \frac{4}{45} = 0.088 \text{ meter}$$



## Calculation of $\alpha$ & $\beta$

1- Code Of Practice : Two way solid Slab with  $L.L \leq 5 \text{ KN/m}^2$

$$\alpha = 0.5 r - .15$$

$$\beta = \frac{0.35}{r^2}$$

$$\alpha > \beta$$

$$w_{\alpha} \text{ in short direction } \quad w_{\alpha} = \alpha * w \text{ t/m'}$$

$$w_{\beta} \text{ in long direction } \quad w_{\beta} = \beta * w \text{ t/m'}$$

2- Marcus Method : Two way S.S with wall bearing support

جدول (٦-٢) قيم المعاملات  $\alpha$  و  $\beta$  المناظرة لقيم  $r$  للبلاطات المصممة المرتكزة على حوائط  
مباني وللبلاطات ذات الأعصاب في الاتجاهين والتي تكون فيها شفة الضغط كاملة

2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	$r$
0.849	0.830	0.806	0.778	0.746	0.706	0.660	0.606	0.543	0.473	0.396	$\alpha$
0.053	0.063	0.077	0.093	0.113	0.140	0.172	0.212	0.262	0.333	0.396	$\beta$

### 3- Grashoff Method : Two way S.S with L.L > 5 KN/m<sup>2</sup>

$$\alpha + \beta = 1.0$$

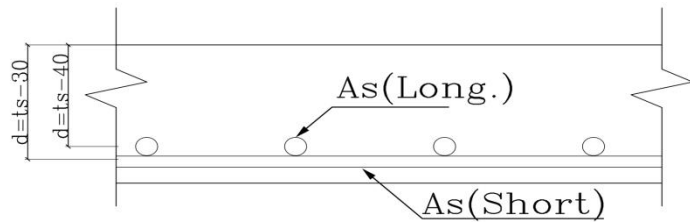
$$\alpha = \frac{r^4}{1 + r^4} \quad \& \quad \beta = \frac{1}{1 + r^4} = 1 - \alpha$$

#### Assumptions of Grashoff Method :

- (1) Neglect effect of plate action of slab
- (2) Neglect corner effect
- (3) Neglect torsion rigidity

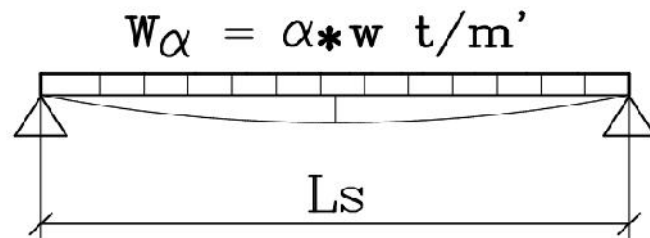
جدول (٣-٦) قيم المعاملات  $\alpha$  و  $\beta$  المناظرة لقيم  $r$  لبلاطات ذات الأعصاب والتي يكون فيها شدة الضغط غير كاملة

2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	$r$
0.941	0.928	0.914	0.893	0.867	0.834	0.797	0.742	0.672	0.595	0.500	$\alpha$
0.059	0.072	0.086	0.107	0.133	0.166	0.203	0.258	0.328	0.405	0.500	$\beta$

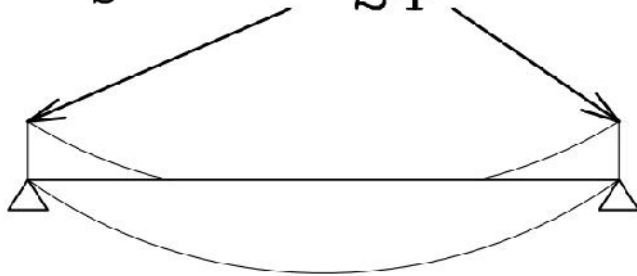


# STRUCTURAL ANALYSIS

## SHORT DIR.



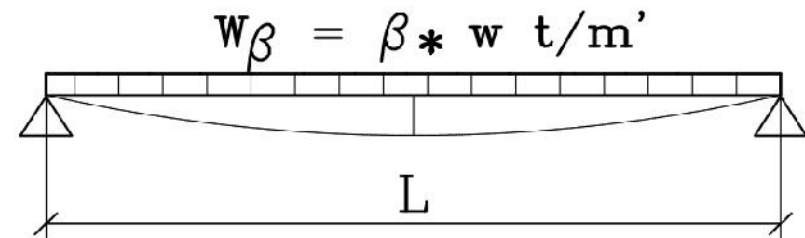
$$M_{L_s} = \frac{\alpha * w * L_s^2}{24}$$



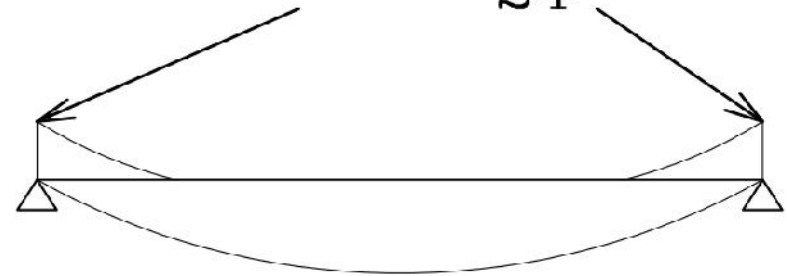
$$M_{L_s} = \frac{\alpha * w * L_s^2}{8}$$

$$d = ts - 30$$

## LONG DIR.



$$M_L = \pm \frac{\beta * w * L^2}{24}$$



$$M_L = \pm \frac{\beta * w * L^2}{8}$$

$$d = ts - 40$$

# STRUCTURAL ANALYSIS

- **CONTINUOUS SLABS**

if slab is continuous from one end

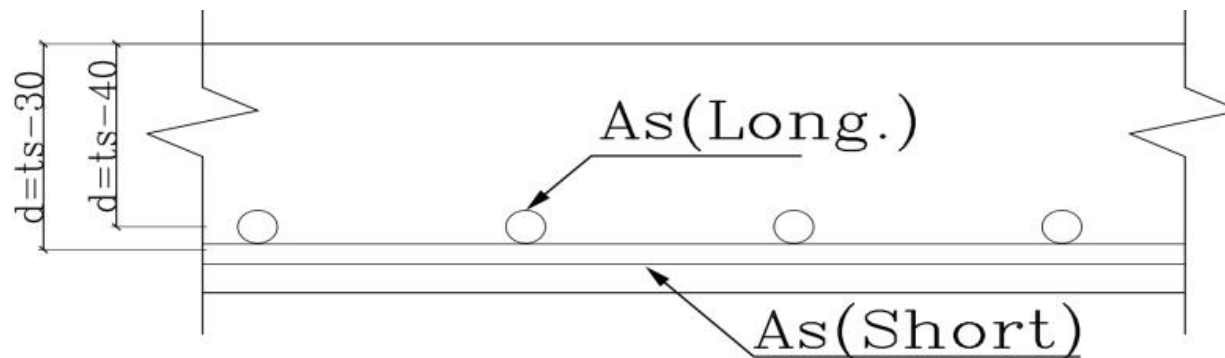
$$M_{L_s} = \pm \frac{\alpha * w * L_s^2}{10}$$

$$M_L = \pm \frac{\beta * w * L^2}{10}$$

if slab is continuous from two ends

$$M_{L_s} = \pm \frac{\alpha * w * L_s^2}{12}$$

$$M_L = \pm \frac{\beta * w * L^2}{12}$$





# STRUCTURAL ANALYSIS

- DIFFERENT LOADS OR SPANS

if slab is continuous from one end

$$M_{L_s} = \pm \frac{\alpha * w * L_s^2}{10}$$

$$M_L = \pm \frac{\beta * w * L^2}{10}$$

if slab is continuous from two ends

$$M_{L_s} = \pm \frac{\alpha * w * L_s^2}{12}$$

$$M_L = \pm \frac{\beta * w * L^2}{12}$$

