الباب السادس

CHAPTER 6

تصميم البلاطات المصمتة

Design of Solid Slabs

٦-١ : مقدمـــــــــــة : Introduction :

تعد البلاطات المصمتة هي الأوسع انتشارا في معظم منشآتنا لما لها من بساطة التصميـــم والتنفيذ ولذلك سوف نتعرف في هذا الباب علي كيفية حســـاب وتوزيـــع الأحمـــال علـــي البلاطات ، وكما سبق شرحه في الباب الأول فإن الأحمال التي تتعرض لها البلاطة هـــي أحمال حية (وتشمل الأشخاص المستخدمين للمنشأ والأثاث والمنقـــولات أو المخزونـــات التي يمكن أن ترفع من مكان إلي مكان بعد حين من الزمن) ، وأحمال ثابتـــة (وتشـــمل وزن البلاطة الخرسانية نفسها وما فوقها من تغطيات بطبقات العـــزل والرمـــل والمونـــة والبلاط أو الرخام أو الخشب .....الخ) .

وفي العادة يتم جمع الحملين الثابت والمتحرك واعتبارهما حمـــلا واحـــدا ، وفـــي بعـــض نظريات التصميم يتم جمعهما بعد ضرب كل منهما في معاملات تكبـــير Magnification Factors معينة تعتمد علي نوعية الأحمال وطبيعة المنشأ (أنظـــر أشـــكال ١ ، ٢ البـــاب الثاني) .

وبإتمام عملية حساب الأحمال نستطيع إيجاد القوي الداخلية في البلاطة ومـــن ثـــم عمليـــة التصميم وتفاصيل التسليح .

٦ - ٢ : حساب وتوزيع الأحمال وإيجاد مؤثرات القوي الداخلية :

يمكن تقسيم البلاطات المصمته إلي بلاطات ذات الاتجاه الواحد و بلاطات ذات الاتجاهين

٦ – ٢ - ١ : البلاطات ذات الاتجاه الواحد : One Way Slabs :

هي تلك البلاطات التي تسري فيها الأحمال في اتجاه واحد نحو الكمرات أو الركائز الحاملة لها ، ولها ثلاث حالات :

أولا : أن تكون البلاطة محمولة في اتجاه واحد علي ركيزتين علـــي طـــول الطرفين المتقابلين ، وتكون الركائز إما حوائط ، أو كمرات .

ثانيا : أن تكون البلاطة مستطيلة ومرتكزة علي حوافها الأربع وطولها الفعـــال يساوي أو يزيد عن ضعف عرضها الفعال .

ثالثا : أن تكون البلاطة كابولية .

٦ – ٢ – ٢ : البلاطات ذات الاتجاهين : Two Ways Slabs :

هي تلك البلاطات التي يسري فيها الحمل في اتجاهين متعامدين نحو الركائز الحاملة لها ، ويمكن القول أنه فيما عدا الشروط الثلاثة السابق ذكرها تعد البلاطة ذات اتجاهين .

٦ – ٢– ٣ : حساب الأحمال :

كما أشرنا من قبل فإن الأحمال علي البلاطة تشمل الأحمال الثابتة والأحمال الحية مع تكبيرها عن طريق الضرب في المعاملات الخاصة بنظرية حالات الحدود (الكود المصري بند ٣ – ٢ – ١) .

$$W_s = g_s + P_s \qquad (t / m^2)$$

ويجب ملاحظة أن الحمل W_s يقدر بالطن/ م^{٢} ولكن عند التحليل يتم أخذ شريحة ذات عرض ١,٠ م من البلاطة و يصبح الحمل مقدراً بالطن / متر طولي .

٦ – ٢ – ٤ : التحليل الإنشائي للبلاطة ذات الاتجاه الواحد :

قبل البدء في عملية التحليل الإنشائي يجب تعريف البحر الفعال للبلاطة ، وقد أخذ الكود المصري لتصميم المنشآت الخرسانية في اعتباره بعض الاشتراطات ، في هذا الخصوص وهي علي النحو التالي :

أولاً : يؤخذ البحر الفعال للبلاطات المستمرة مساوياً للبحر الخالص بين الركائز مضافاً إليه سمك البلاطة أو ١,٠٥ البحر الخالص أيهما أكبر علي ألا يزيد عن المسافة بين محاور الركائز .

ثانياً : في البلاطات المستمرة التي يزيد عرض الركيزة لها عن ٢٠ % من البحر الخالص يمكن اعتبارها كما لو كانت مثبتة كلياً في الركائز ويحسب كل بحر علي حدة .

ثالثاً : يؤخذ البحر الفعال للبلاطات الكابولية الأقل من :

- طول البلاطة الكابولية مقاساً من محور الركيزة .
- الطول الخالص للبلاطة الكابولية مضافاً إليه العمق الأكبر للبلاطة الكابولية .

وقد حدد الكود بعض الاشتراطات خاصة بالسمك الأدنى للبلاطات ، وهي علي النحو التالي :

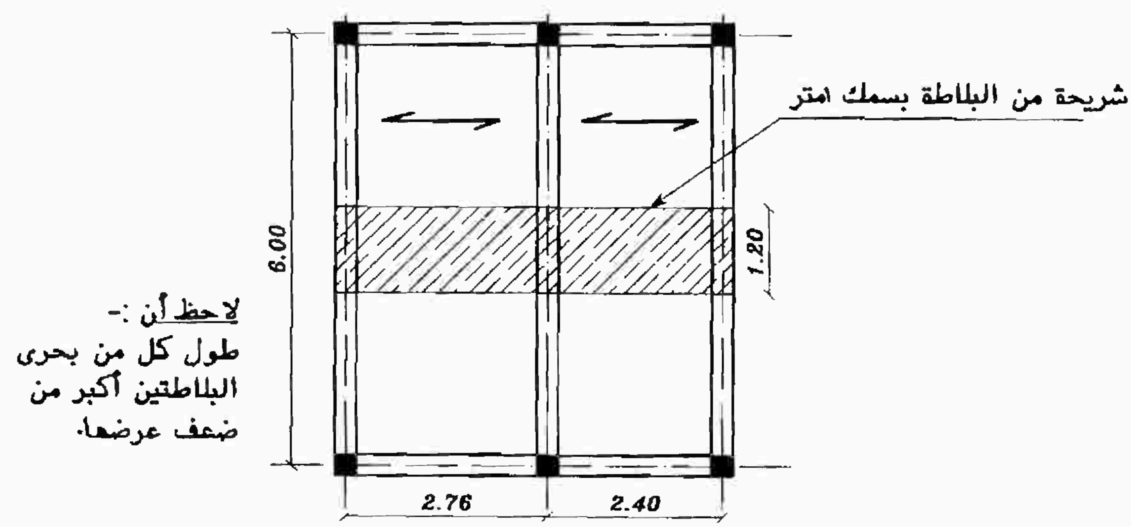
- للبلاطات بسيطة الارتكاز ($t_{min} = L / 30$) .

- للبلاطات المستمرة من ناحية واحدة ($t_{min} = L / 35$) .
- للبلاطات المستمرة من ناحيتين ($t_{min} = L / 40$) .

حيث L البحر الفعال للبلاطة .

ولا يقل السمك بحال من الأحوال عن ٨ سم في حالة البلاطات المصبوبة في موضعها والمعرضة لأحمال ساكنة Static Loads ، ولا تقل عن ١٢ سم في حالة البلاطات المعرضة لأحمال متحركة Dynamic Loads أو لأحمال السيارات .

الشكل (١) يوضح مثالاً لبلاطة ذات اتجاه واحد وكيفية أخذ شريحة (١ متر) بهدف إيجاد المؤثرات الداخلية في البلاطة .



شكل (١)

البلاطات ذات الاتجاه الواحد

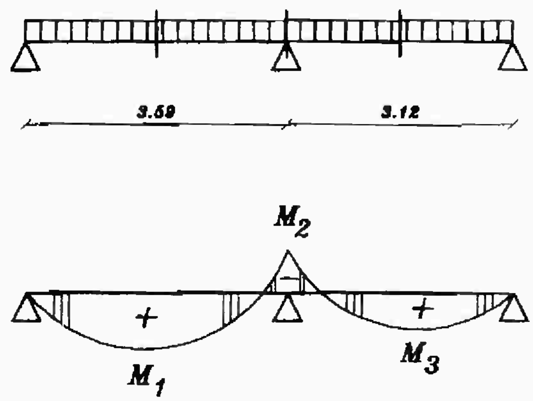
Example:

شكل رقم (٢) يوضح شريحة ذات عرض ١,٠ م لبلاطة ذات تحميل في اتجـــاه واحـــد One Way لها المعلومات الآتية :

Flooring = 150 kg/m^2 .
L.L = 250 kg/m^2 .
t_s = 10 cm .

والمطلوب حساب قيم عزوم الانحناء علي القطاعات المختلفة للبلاطة .

Solution:



شكل (٢)

$w_s = g_s + p_s$

g_s = o.w + flooring

$= 2.5 * 0.1 + 0.15 = 0.4\ t/m^2$

$P_s = 0.25\ t/m^2$.

$\because P_s > 0.75 g_s$

$\therefore w_{su} = 1.5(g_s + P_s) \qquad E.C\ (3-2-2-1)$

$\therefore W_{su} = 1.5\ (0.4 + 0.25) = 0.975\ t/m^2$

Taking strip 1 m $\qquad \therefore W_{su} = 0.975\ t/m^-$

يلاحظ أن النظام الإنشائي لهذه البلاطة ، غير محدد استاتيكيا ، ولذلك يمكن اســـتخدام معادلـــة العزوم الثلاثية There Moment Equation للحل أو أي برنامج حاسب آلي بسيط ، ولكن للتسهيل يمكن استخدام معاملات الكود للحصول علي قيم العزوم . كما يلاحظ أن القص فـــي البلاطـــات آمن بسبب عرض شريحة البلاطة الكبير ١,٠ متر ، لذلك نكتفي بإيجاد العزوم فقط

$$M_1 = \frac{0.975(2.3)^2}{10} = 0.5158 mt$$

$$M_3 = \frac{0.975(2)^2}{10} = 0.39\ mt$$

$$M_2 = \left[\frac{0.975\ (2.3)^2}{8} + \frac{0.975\ (2)^2}{8}\right] \Big/ 2 = 0.566\ mt$$

وكما هو معلوم يشترط لتطبيق تلك المعادلات أن يكون الفرق في الطول بين أي بحرين متجاورين لا يزيد عن ٢٠ % .

ومن الأمثلة الواضحة على البلاطة ذات الاتجاه الواحد ، البلاطة الكابولية والتي يمكن أن تكون لها عدة أوضاع :

أ - بلاطة كابولية ممتدة : (شكل ٣) ، حيث يتم تسليحها بتسليح علوي (شوك) تمتد خلف الكابولي بقيمة لا تقل عن مرة ونصف طول الكابولي .

ب - بلاطة كابولية غير ممتدة : (شكل ٤) ، حيث تتوقف البلاطة الكابولية عند الركيزة ولا يكون لها امتداد خلفي ، حيث يراعي في هذه الحالة ضرورة تحقيق طول رباط كاف لضمان نقل العزوم من البلاطة إلي الكمرة الحاملة لها .

جـ - بلاطة كابولية ذات امتداد خلفي قصير : (شكل ٥) ، حيث لا يكون للبلاطة الكابولية طول خلفي كاف (أي أقل من ١,٥ مرة طول الكابولي) حيث يتم تحقيق طول الرباط (للشوك) بإدخالها في الكمرات الحاملة لها .

د - بلاطة كابولية مستمرة مجاورة لبحر قصير ثم لبحر طويل : (شكل ٦) ، حيث يظل منحني العزوم معلقا لأعلى نظرا لقصر البحر الخلفي مما يستدعي استمرار التسليح العلوي (الشوك) علي طول البحر القصير وجزء من البحر الطويل .

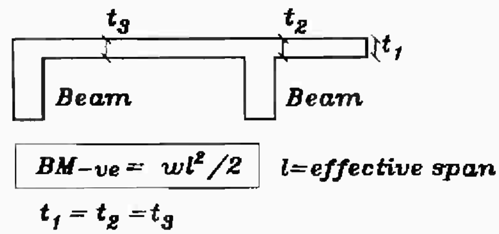
٦ - ٢ - ٥ : التحليل الإنشائي للبلاطة ذات الاتجاهين :

قبل البدء في عملية التحليل الإنشائي يجب معرفة تعريف البحر الفعال للبلاطة واشتراطات الكود كما سبق بيانه في البلاطة ذات الاتجاه الواحد ، وتتلخص في الآتي :

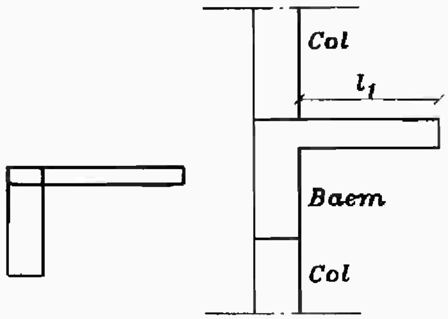
السمك الأدنى t_{min} للبلاطات بسيطة الارتكاز هو $a / 35$.

السمك الأدنى t_{min} للبلاطات المستمرة أو المثبتة $a / 45$.

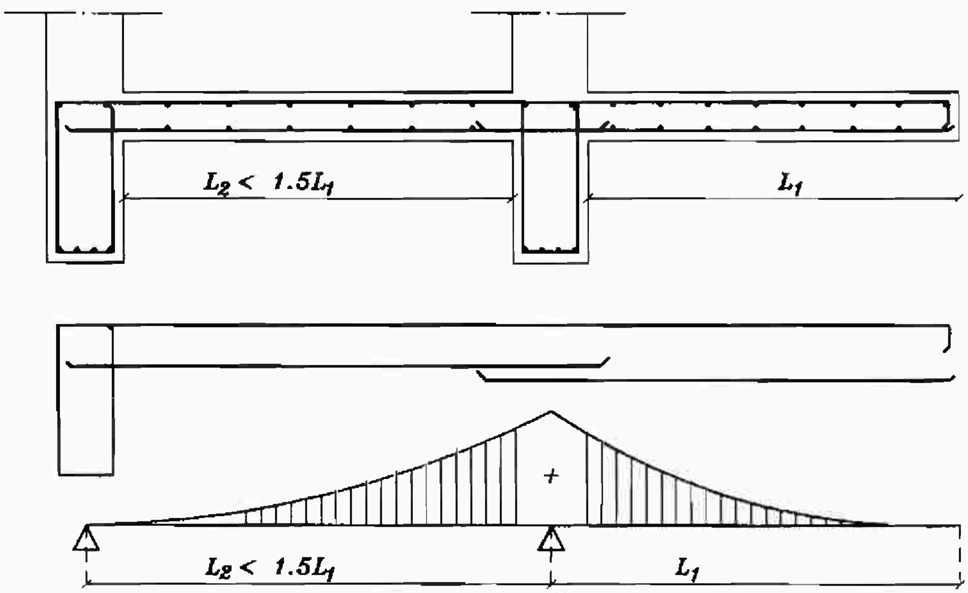
حيث a هو أقصر طول فعال للبلاطة .



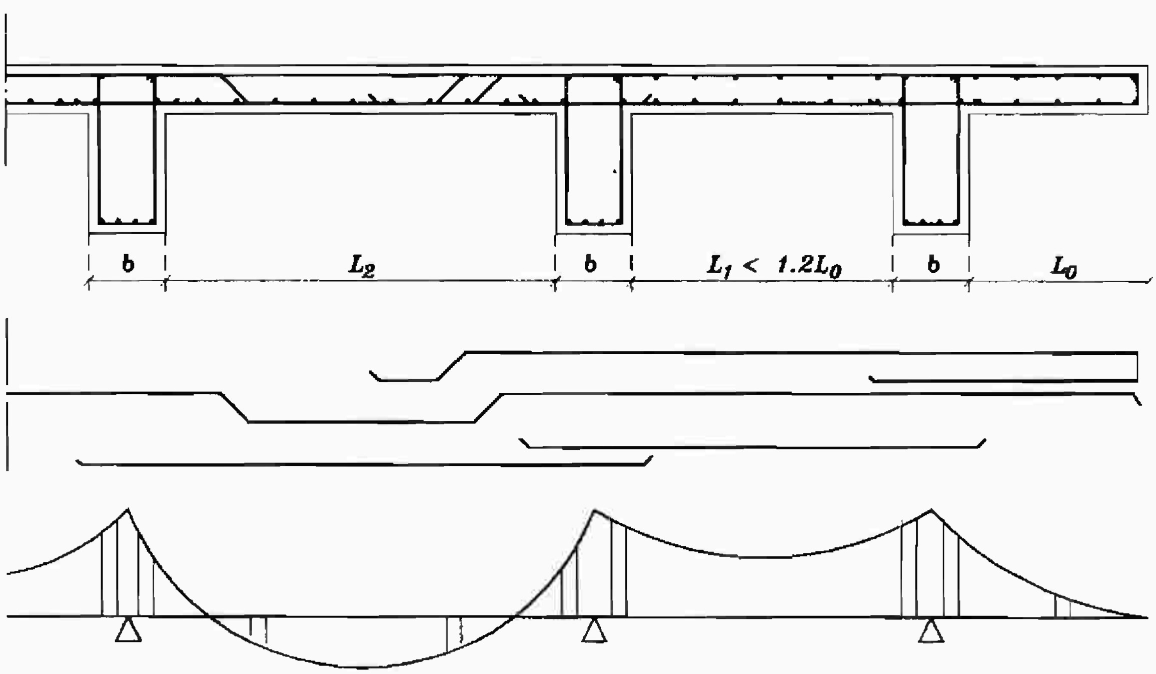
شكل (٣)



شكل (٤)



شكل (٥)



شكل (٦)

ولا يقل السمك بحال من الأحوال عن ٨ سم في حالة البلاطات المصبوبة في موضعها والمعرضة لأحمال ساكنة ولا يقل عن ١٢ سم في حالة البلاطات المعرضة لأحمال متحركة أو أحمال سيارات .

- **كيفية حساب أحمال البلاطة ذات الاتجاهين : Two Ways Slabs :**

يتم تحليل شريحتين في كلا الاتجاهين بعرض ١ م لكل شريحة مع ملاحظة أن قيمة الترخيم deflection يكون متساوياً عند تقاطع هاتين الشريحتين ، شكل (٧) .

بدراسة النقطة التي تمر بمحاور شريحتي البلاطة يكون أقصى ترخيم = δ وهو متساوٍ في كلا الشريحتين :

$$\because w_s = w_a + w_b \quad ....(1)$$

$$\delta_a = \delta_b \quad ....(2)$$

$$from : eq\ (2)\ \frac{5\ w_a\ a^4}{384\ EI} = \frac{5\ w_b\ b^4}{384\ EI}$$

E : young's modulus (constant)

I : moment of inertia (constant)

$$\therefore w_a\ a^4 = w_b\ b^4$$

$$w_a\ a^4 = (w_s - w_a)b^4$$

$$w_a\ a^4 = b^4\ w_s - b^4\ w_a$$

$$w_a(a^4 + b^4) = b^4\ w_s$$

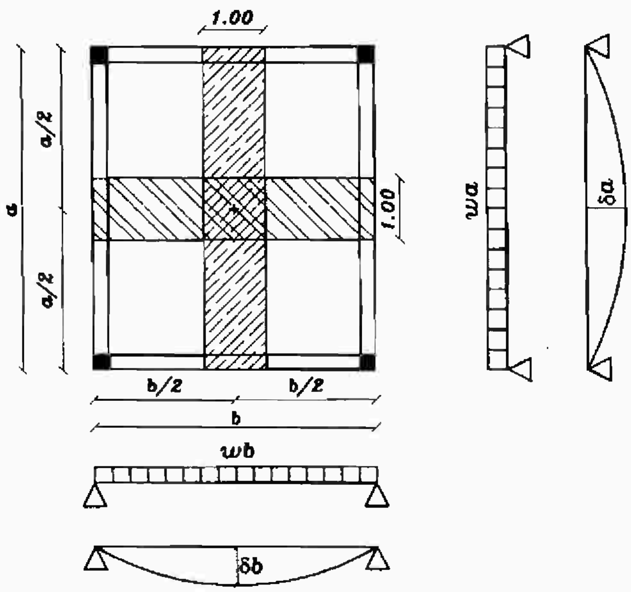
$$\therefore w_a = \frac{b^4}{a^4 + b^4} w_s$$

$$w_a = \propto\ w_s \qquad \therefore \propto = \frac{(b/a)^4}{1 + (b/a)^4} ....(3)$$

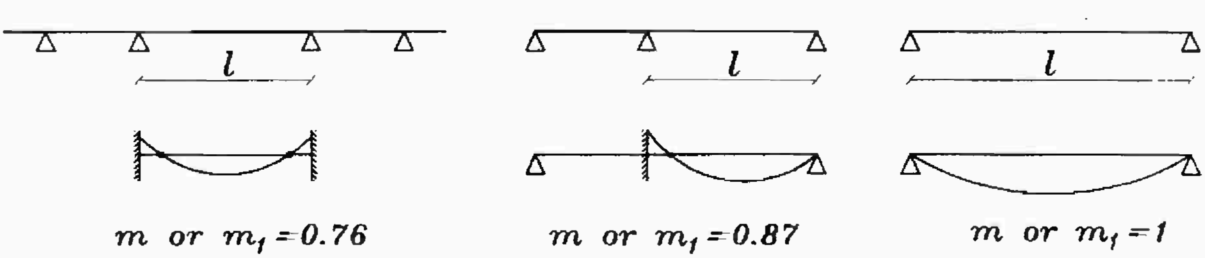
$$similary :\ w_b = \frac{a^4}{a^4 + b^4}\ w_s$$

$$w_b = \beta\ w_s \qquad \therefore \beta = \frac{1}{1 + (b/a)^4} ....(4)$$

لاحظ أن $\propto > \beta$ وذلك يعني أن الحمل الأكبر ينتقل عبر الاتجاه الأقصر .



شكل (٧)



شكل (٨)

ويمكن تحديد قيم $\beta,\propto$ طبقاً للحالات الثلاث الآتية :

١ - استخدام جدول توزيع ماركوس : حيث يستخدم في حالة البلاطات المصمتة المرتكزة علـــي حوائط طوب مباشرةً (جدول رقم ٥) .

٢ - استخدام جدول توزيع جراشوف : حيث يستخدم في حالة الأحمال الحية الكبيرة (أكبر مـــن ٤٠٠ كجم / م٢) (جدول رقم ٦) .

٣ - استخدام جدول الكود المصري (جدول رقم ٧) ويستخدم في الحالة العامة .

حساب نسبة الاستطالة (r) :

تعبر عن مدي استطالة البلاطة حيث يتم ذلك بقسمة طولها الفعال علي عرضها الفعال .

$$r = \frac{m_1 \cdot b}{m \cdot a}$$

حيث أن m , m_1 معاملان يعتمدان علي استمرارية أو عدم استمرارية البلاطة (أنظر شكل ٨)

بمعرفة نسبة الاستطالة يمكن تحديد قيم كل من $\beta,\propto$ ، وهما يعبران عن نسب قيـــم الأحمـــال التي توزع في كلا الاتجاهين ، ويصبح :

$$W_\propto = \propto W_{su}$$
$$W_\beta = \beta\, W_{su}$$

٦ - ٣ : تصميـــــم قطاعـــات البلاطــــــة المصمتـــة :

يتـــم التصميم (أي إيجاد السمك والتسليح) كما سبق شرحه في الباب الثاني باستخدام منحنيـــات (R – w) أ، (C_1 – J) .

مــــع ملاحظـــــــة :

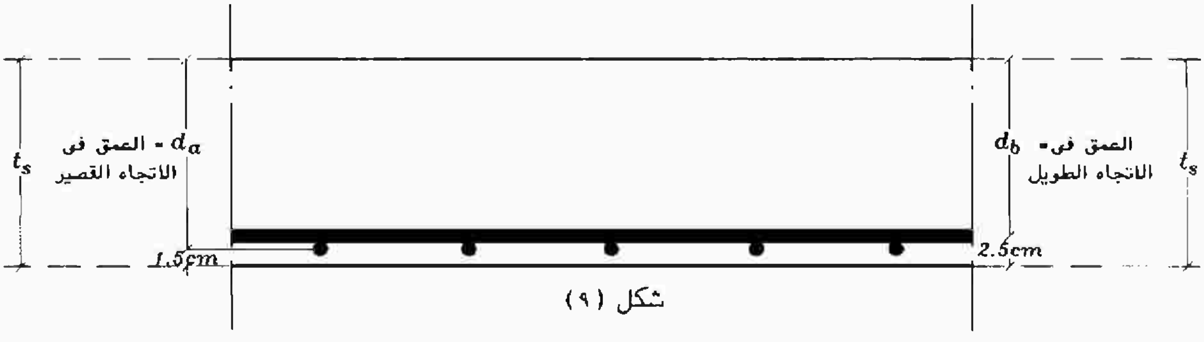
١ - التسليح الرئيسي يوضع في الاتجاه القصير (الفرش) .

٢ - التسليح الثانوي يوضع في الاتجاه الطويل (الغطاء) .

٣ - العمق عند تصميم الاتجاه القصير = سمك البلاطة - ١,٥ سم .

٤ - العمق عند تصميم الاتجاه الطويل = سمك البلاطة - ٢,٥ سم ، شكل (٩) .

٥ - يتم تكسيح نصف التسليح ويمتد ويستفاد منه لتغطية قيمة العزم فوق الركائز .



شكل (٩)

Table (5)

$\propto, \beta$ values for slabs resting on masonry walls and for two way ribbed slabs with complete compression flange (Marcus)										
r	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
$\propto$	0.396	0.473	0.543	0.606	0.660	0.706	0.746	0.778	0.806	0.830	0.849
β	0.396	0.333	0.262	0.212	0.172	0.140	0.113	0.093	0.077	0.063	0.053

Table (6)

$\propto, \beta$ Values for ribbed slab with non – complete compression flange, (cover slab parrtially omitted, Grashoff)											
r	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
$\propto$	0.500	0.595	0.672	0.742	0.797	0.834	0.867	0.893	0.914	0.928	0.941
β	0.500	0.405	0.328	0.258	0.203	0.166	0.133	0.107	0.086	0.72	0.059

Table (7)

$\propto, \beta$ values for solid slabs cast monolithically with beams											
r	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
$\propto$	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85
β	0.35	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	.09	.08

Where : $\beta = 0.35 / r^2$ & $\propto = 0.5\, r - 0.15$

٦ - ٤ : ملاحظات عامة على تسليح البلاطات :

يتم تسليح البلاطات المصمتة المحاطة بمجموعة من الكمرات باعتبارها عنصراً إنشائياً خرسانياً مشابهاً للكمرات ، حيث يتم وضع تسليح ليقاوم قوي الانحناء والقص بصفة عامة .

وهناك بعض الحالات ذات الطابع الخاص التي يمكن مراعاتها أثناء وضع تفاصيل التسليح ومنها :

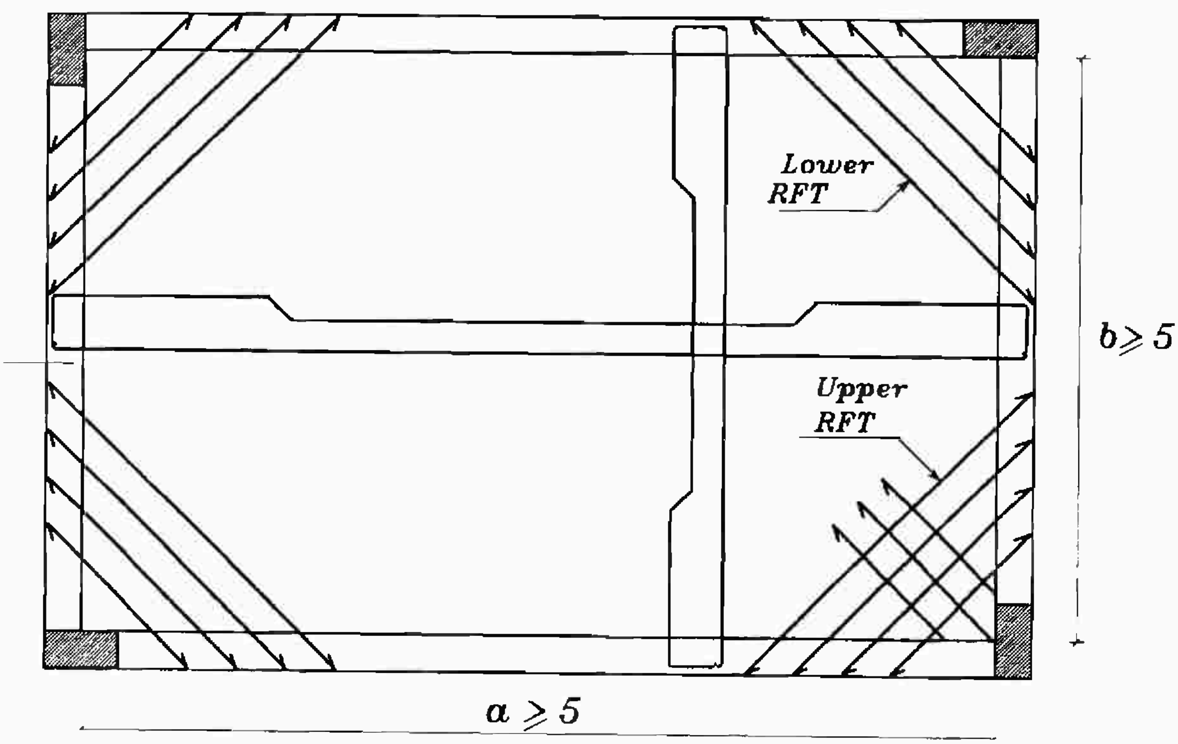
أ - بلاطة ذات بحر قصير محصور بين بلاطتين ذوات بحرين كبيرين ، (شكل ١٠) يبين هذه الحالة وتفاصيل تسليحها .

ب - بلاطة طرفية ذات بحر قصير مجاورة لبلاطة ذات بحر كبير ، (شكل ١١) يبين هذه الحالة وتفاصيل تسليحها .

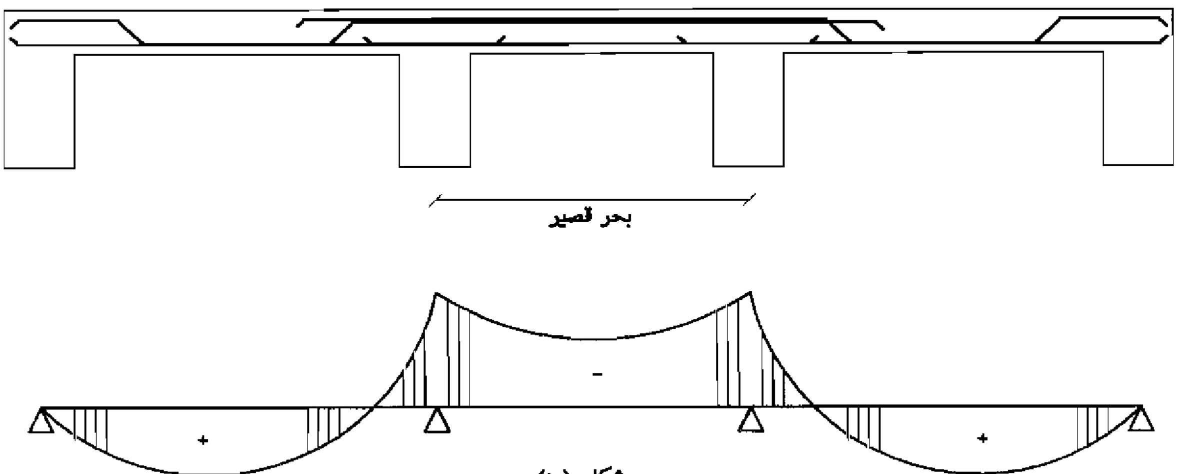
جـ - في حالة زيادة سمك البلاطة عن ١٥ سم يتم تنفيذ شبكة تسليح علوية إضافية بالإضافة لشبكة التسليح السفلية الأساسية .

د - إذا كانت أبعاد البلاطة ≤ ٥ × ٥ م٢ يتم وضع تسليح إضافي عند الأركان (مشاطيف) وذلك للمساهمة في تحمل بعض عزوم الالتواء المتكون في هذه المناطق (شكل ١٢) .

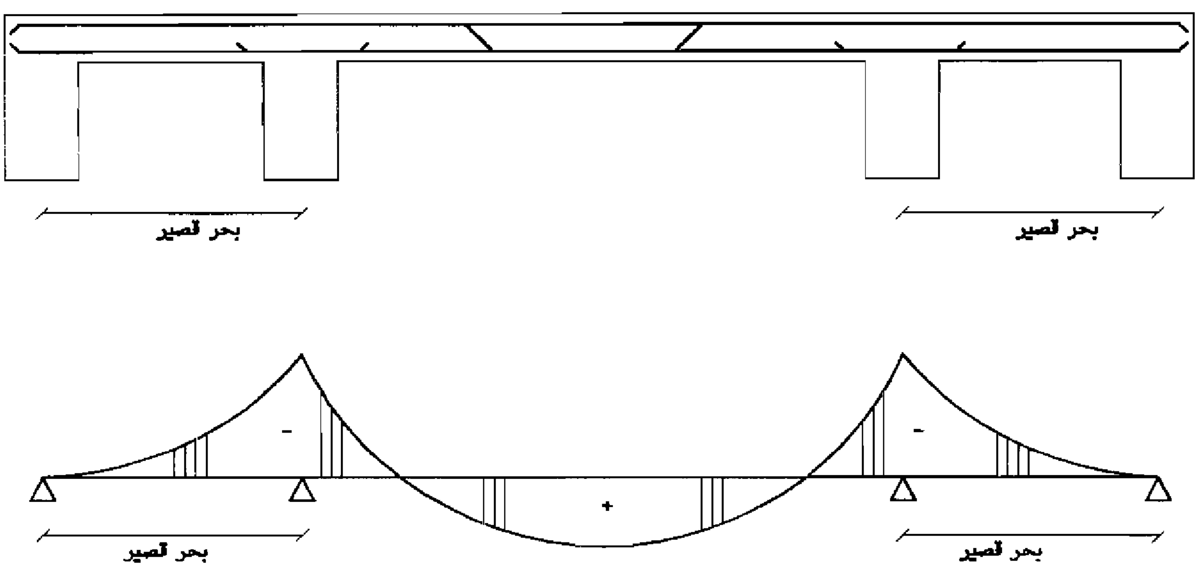
هـ - في حالة تهبيط مستوي صب إحدى البلاطات لأهداف هندسية معمارية يمكن تنفيذ تفاصيل التسليح كما هو موضح بشكل رقم (١٣) .



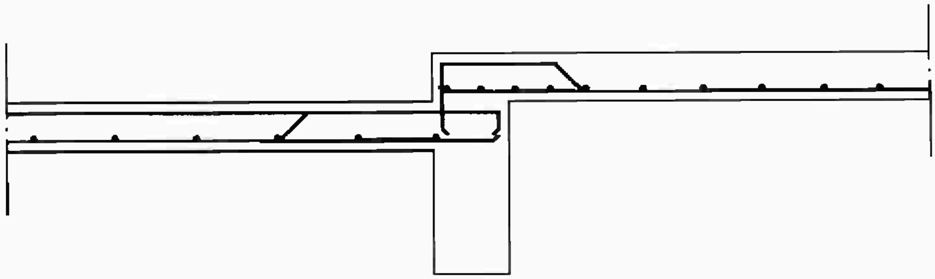
شكل (١٢)



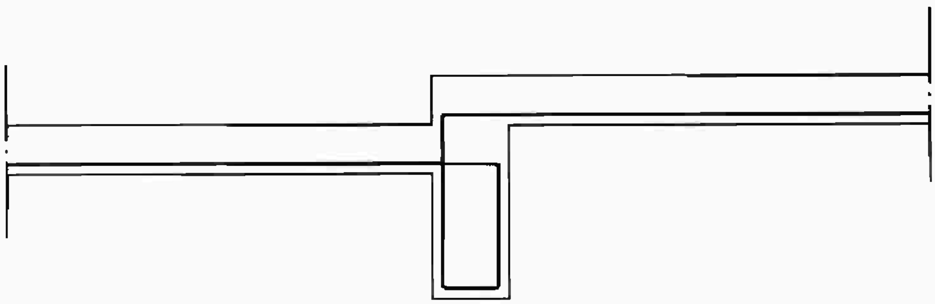
شكل (١٠)



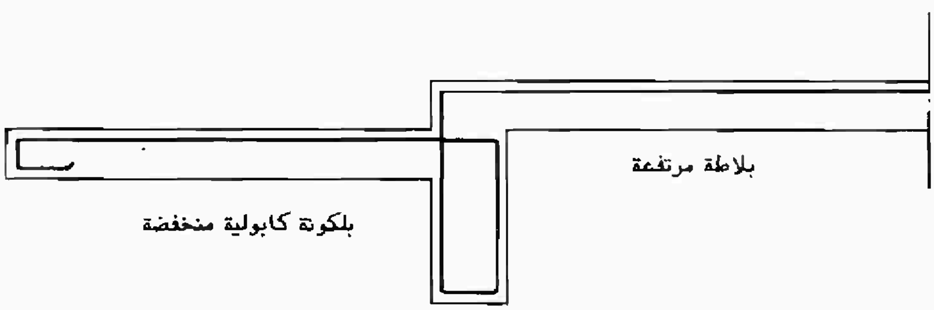
شكل (١١)

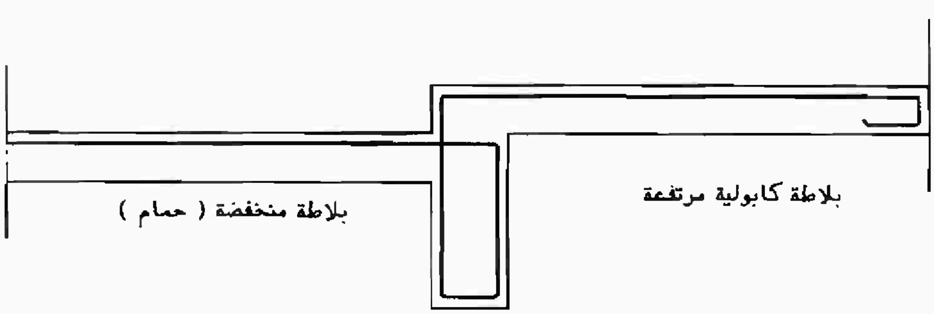


نظام تسليح باعتبار البلاطتين ذات ارتكاز بسيط
(Simple Support)



نظام تسليح باعتبار البلاطتين ذات ارتكاز مستمر
(Continous Support)





شكل (١٣)

٦ – ٥ : أمثلة محلولة : Solved Examples:

مثال (١):

المسقط الموضح (شكل ١٤) يبين النظام الاستاتيكي لكمرات سقف بينها مجموعة من البلاطات ، والمطلوب تصميم هذه البلاطات وإعطاء تفاصيل تسليحها طبقا للمعلومات الآتية :

Data:

f_{cu} = 250 kg/cm^2 .
f_y = 2400 kg/cm^2 .
flooring = 150 kg/m^2 .
live loads = 200 kg/m^2 .
All beams = 25 * 70 cm.

Solution:

Effective spans:
According to EC 95 article (6-2-1-1)

for spans

للبلاطات المستمرة :

مثل $(S_3)_x$

$(S_6)_y$

L_{eff} = bigger of: $1.05\,l_c$
$L_c + t_s$ ($L_c = L - 0.25$) $\leq$ cL to cL of supports

for cantilever

L_{eff} = smaller of: Ltill cL of support
$L_c + t_s$

Assume t_s = 12 cm.

Table (1) Effective spans

	الاتجاه X					الاتجاه Y				
	الطول الظاهري في اتجاه X	الطول بين المحاور	الطول بين المحاور + السمك	١,٠٥من الطول بين المحاور	الطول الفعال	الطول الظاهري في اتجاه Y	الطول بين المحاور	الطول بين المحاور + السمك	١,٠٥من الطول بين المحاور	الطول الفعال
Slab	L_x	L_{ex}	$L_{ex}+t$	$1.05L_{ex}$	L_{effx}	L_y	L_{ey}	$1.05L_{ey}$	$L_{ey}+t$	L_{effy}
S1	9.00	9.00	9.12	9.45	9.00	1.50	1.375	1.444	1.495	1.50
S2	4.50	4.25	4.37	4.46	4.37	5.00	4.75	4.988	4.87	4.87
S3	2.25	2.00	2.12	2.10	2.12	5.00	4.75	4.988	4.87	4.87
S4	2.25	2.00	2.12	2.10	2..12	5.00	4.75	4.988	4.87	4.87
S5	3.50	3.25	3.37	3.41	3.37	6.00	5.75	6.040	5.87	5.87
S6	5.50	5.25	5.37	5.51	5.37	6.00	5.75	6.040	5.87	5.87
S7	2.00	1.875	1.955	1.97	2.00	6.00	6.00	6.30	3.12	6.00
S8	5.50	5.25	5.37	5.51	5.37	5.00	4.75	4.988	4.87	4.87

Check on minimum thickness ($t_{s\,min}$):

For one way slabs (article 6-2-1-2) and (table 4-10) & for mild steel

$$d = t_{s\,min} - 1.5 \geq \frac{212}{30} = 7.1cm \qquad \therefore t_s \geq 9.0cm\ \ ok$$

$$-\ for\ two\ way\ slabs\ (article\ 6-2-2-3)$$

$$t_s \geq \frac{537}{45} = 11.93\ \ cm \qquad \therefore t_s \geq 12.0\ ok$$

Loads:

g_s $= \gamma_c\ t_s + flooring$

$= 2.5 * 0.12 + 0.15 = 0.45\ t/m^2$.

P_s $=$ given $= 0.20\ t/m^2$.

Since $P_s < 0.75\ g_s$ article (3-2-1-1-b-2)

$w_{su} = 1.5\ (g_s + p_s) = 0.975\ t/m^2$.

$$w_\alpha = \alpha . w_{su}\ ,\ w_\beta = \beta . w_{su}\ \ for\ two\ \ way$$

$r = m * L_{bigger}\ / m* \ L_{smaller} \geq 1.0$

Use code table 3 get α & β

Load distribution

Slab	L_{effx}	m_x	L_{effy}	m_y	r	α	β	w_α	w_β
S1	9.00	--	1.50	--	--	1.00	0.00	0.975	0.00
S2	4.37	0.87	4.87	0.87	1.11	0.40	0.29	0.39	0.283
S3	2.12	--	4.87	--	--	1.00	0.00	0.975	0.00
S4	2.12	--	4.87	--	--	1.00	0.00	0.975	0.00
S5	3.37	1.00	5.87	1.00	1.74	0.73	0.12	0.712	0.117
S6	5.37	0.87	5.87	0.76	1.05*	0.375	0.32	0.366	0.312
S7	2.00	--	6.00	--	--	1.00	0.00	0.975	0.00
S8	5.37	1.00	4.87	0.87	1.27	0.475	0.23	0.463	0.224

$$*r = \frac{5.87 * 0.76}{5.37 * 0.87} = 0.955 < 1.0$$

$$\therefore r = \frac{5.37 * 0.87}{5.87 * 0.76} = 1.05\ \&\ \alpha\ will\ be\ in\ Y-direction\ \&\ \beta\ will\ be\ in\ X-direction$$

Design of slabs:

For spans:

$$M = \frac{wl_{eff}^{2}}{10} \quad for\ ext\ erior\ .slabs$$

$$= \frac{wl_{eff}^{2}}{12} \quad for\ \text{int}\ erior\ .slabs$$

$$= \frac{wl_{eff}^{2}}{8} \quad for\ simple\ .slabs$$

for cantilevers :

$$M = \frac{wl^{2}{}_{eff}}{2} + Pl_{eff} \quad where\ \ p = 0.15\ t/m^{-}$$

X- Direction:

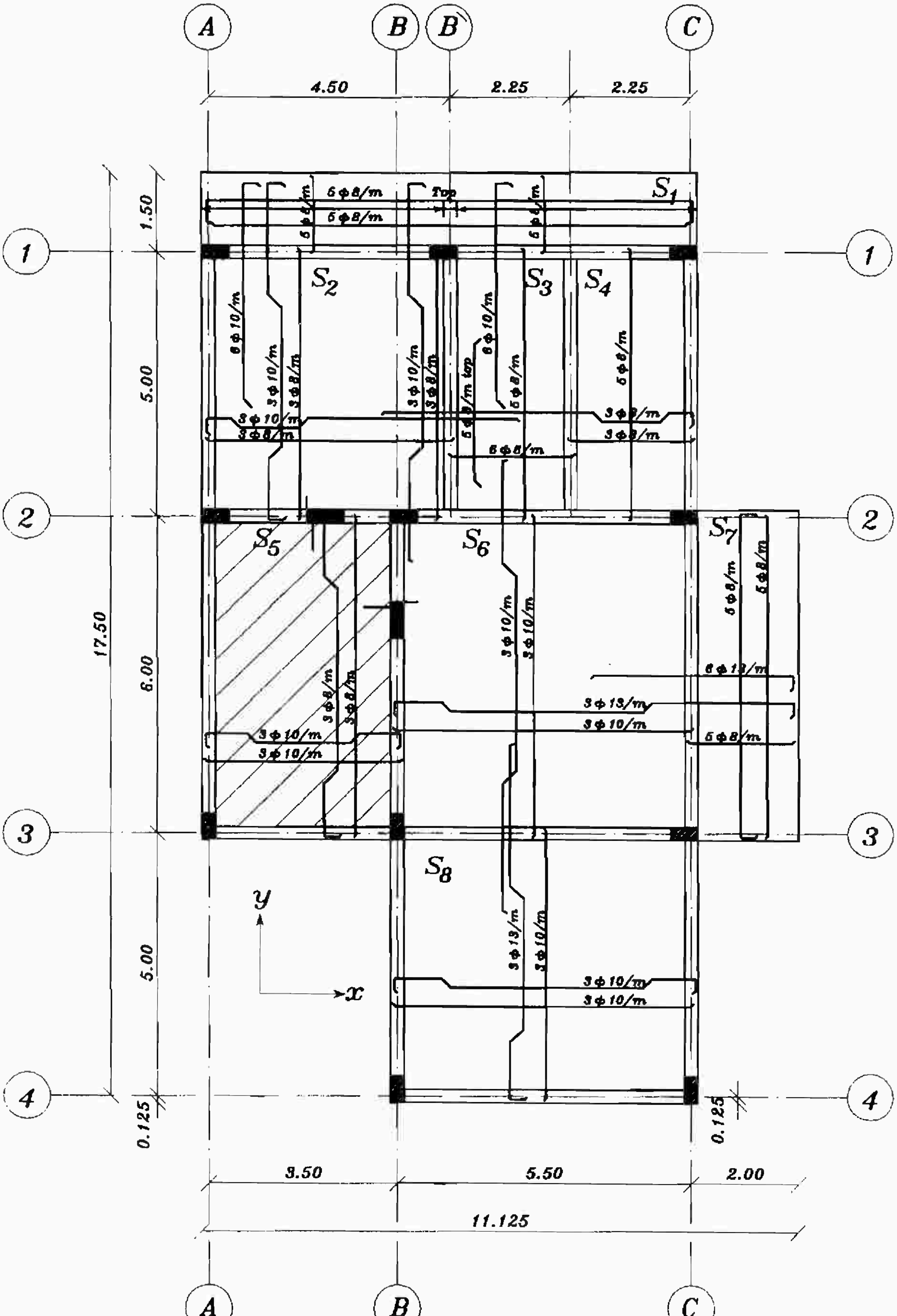
Design in X – direction

Slab	l_{effx}	w_x t/m⁻	M_x	d cm	R	ω	A_s cm^2 / m	$A_{s\ chosen}$ / m
S1	9.00	0.00	0.00	--	--	--	--	5Ø8/m
S2	4.37	0.39	0.745	10.50	0.027	0.032	3.60	3Ø8 / m + 3 Ø10/m
S3	2.12	0.975	0.365	10.50	0.0132	0.024	2.63	6Ø8/m
S4	2.12	0.975	0.438	10.50	0.0159	0.024	2.63	6Ø8/m
S5	3.37	0.712	1.011	10.50	0.0367	0.041	4.6	6Ø10/m
S6	5.37	0.312	0.90	09.50	0.04	0.05	4.95	3Ø10/m + 3 Ø13/m
S7	2.00	0.975	2.25	10.50	0.082	0.105	11.48	3Ø13 / m + 6 Ø13 / m
S8	5.37	0.224	0.81	09.50	0.036	0.04	4.10	6 Ø10/m

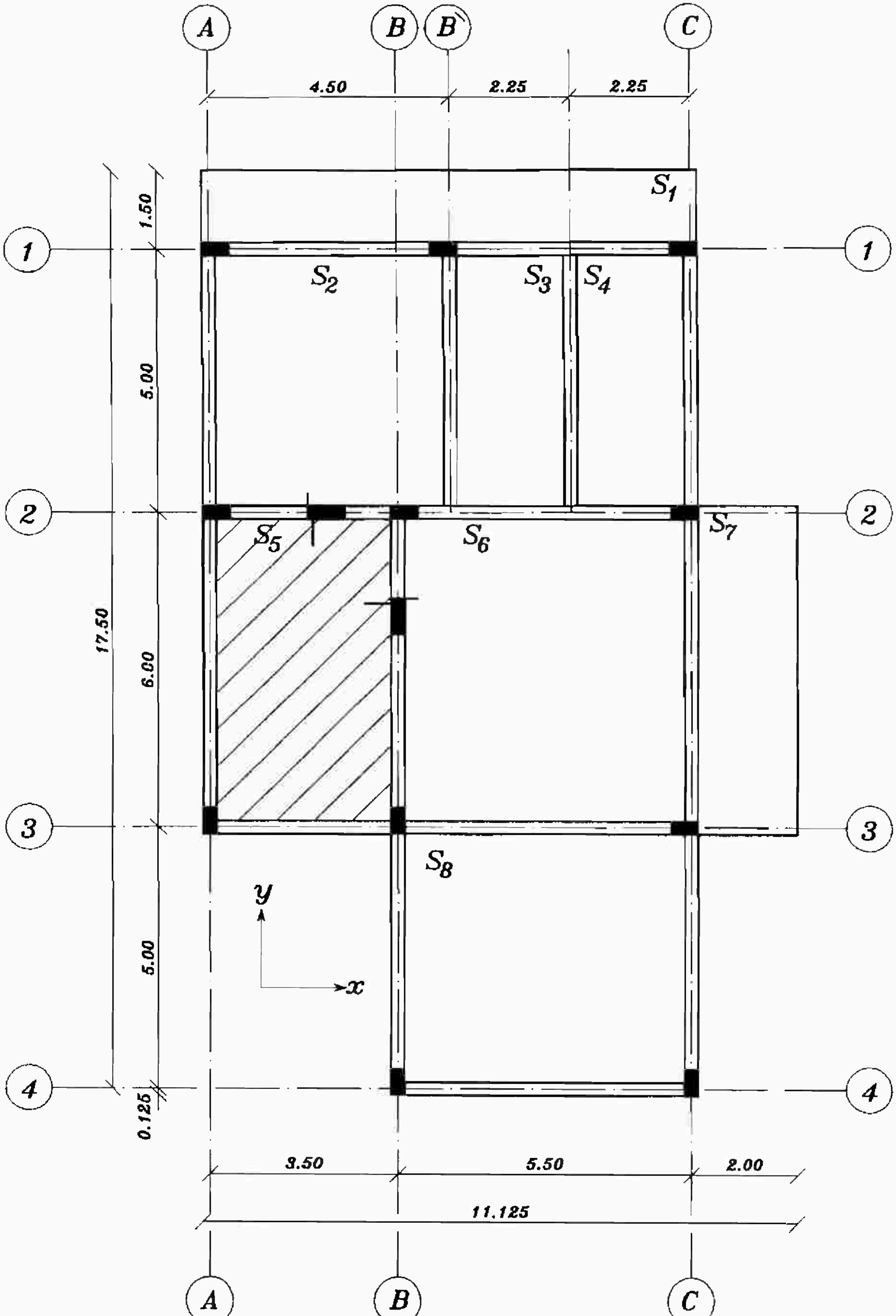
Y - Direction:

Design in Y – direction

Slab	l_{effx}	w_x t/m⁻	M_y	d cm	R	ω	A_s cm^2 / m	$A_{s\ chosen}$ / m
S1	1.50	0.975	1.322	10.5	0.048	0.058	6.35	6Ø10 / m + 3 Ø10/m
S2	4.87	0.283	0.642	9.5	0.029	0.032	3.42	3Ø8 / m + 3 Ø10/m
S3	4.87	0.00	–	9.5	--	–	--	5Ø8/m
S4	4.87	0.00	--	9.5	--	--	--	5Ø8/m
S5	5.87	0.117	0.504	9.5	0.023	0.024	2.40	6Ø8/m
S6	5.87	0.366	1.051	10.5	0.0381	0.042	4.65	6Ø10/m
S7	6.00	0.00	--	9.5	--	--	--	5Ø8/m
S8	4.87	0.463	1.10	10.5	0.04	0.05	4.95	3Ø10 / m + 3 Ø13/m


A
B
B`
C
4.50
2.25
2.25
1.50
5.00
6.00
5.00
17.50
0.125
1
2
3
4
S1
S2
S3
S4
S5
S6
S7
S8
Top
6 φ 8/m
6 φ 10/m
3 φ 10/m
3 φ 8/m
5 φ 8/m
6 φ 13/m
3 φ 13/m
y
x
3.50
5.50
2.00
11.125

شكل (١٤)


A
B
B`
C
4.50
2.25
2.25
1.50
5.00
6.00
5.00
17.50
0.125
S1
S2
S3
S4
S5
S6
S7
S8
1
2
3
4
y
x
3.50
5.50
2.00
11.125

شكل (١٤) تابع

مثـــال (٣): (شكل ١٥):

المسقط الأفقي المعماري الموضح يبين دورا إداريا بإحدى المنشآت الإدارية ، والمطلوب تصميم بلاطات السقف وإعطاء تفاصيل التسليح طبقا للمعلومات الآتية :

Data:

f_{cu} = 250 kg/cm^2 .
f_y = 3600 kg/cm^2 .
flooring = 150 kg/m^2 .
L.L = 250 kg/m^2.

Assumption of t_s:

- بالنظر إلي أكبر بلاطة بنظام الاتجاه الواحد .

One way :

$$\text{For } s_4 : d_{min} = \frac{leff}{24} \cong \frac{220}{24} = 9.167\ cm\ (approximate)$$

$$\text{For } s_1 : d_{min} = \frac{125}{10} = 12.5\ cm \qquad \therefore t_{min} = 14\ cm$$

- كذلك بالنظر إلي أكبر بلاطة بنظام الاتجاهين .

Two way:

$$\text{For } s_4 : t_{min} = \frac{570}{35} = 16.28\ cm$$

$$\text{For } s_5 : t_{min} = 570/45 = 12.67\ cm$$

$\therefore$ take t_s = 14 cm for all slabs except s_4
For s_4 : $t_s \cong 16$ *or* 18 *cm* $\therefore t_s = 18\ cm$

Effective Spans:

Slab	L_x	L_{cx}	1.05 L_{cx}	$L_{cx}+t_s$	L_{xeff}	L_y	L_{cy}	1.05L_{cy}	$L_{cy}+t_s$	$L_{y\ eff}$
S1	1.25	1.125	--	1.25*	1.25	11.525	11.40	--	11.525*	11.40
S2	2.14	1.955	2.053	2.095	2.095	22.80	22.55	23.68	22.69	22.80
S3	1.55	1.365	1.43	1.505	1.505	6.90	6.65	6.98	6.79	6.90
S4	2.20	1.95	2.05	2.09	2.09	5.70	5.45	5.72	5.59	5.70
S5	7.96	7.775	8.16	7.915	7.96	5.70	5.45	5.72	5.59	5.70
S6	5.76	5.575	5.85	5.715	5.76	5.70	5.45	5.72	5.59	5.70
S7	5.76	5.575	5.85	5.715	5.76	5.76	5.575	5.85	5.715	5.76
S8	6.76	5.575	5.85	5.715	5.76	5.64	5.455	5.73	5.595	5.64
S9	6.30	6.05	6.35	6.23	6.30	5.70	5.45	5.72	5.59	5.70
S10	4.75	4.565	4.79	4.705	4.75	3.45	3.265	3.43	3.405	3.43
S11	4.75	4.565	4.79	4.705	4.75	.345	3.265	3.43	5.405	5.43

- For slabs supported on beam 25 cm $L_c = (C.L \rightarrow C.L) - 0.25$
- For slabs supported on beam 12 cm beam 25 cm $L_c = (CL \rightarrow C.L) - 0.125$
- For S_1 : * means $L_c + d$ (since it's) a cantilever slabs Or : $(CL \rightarrow C.L) - 0.06$

Load Distribution:

Slab	L_{xeff}	m_x	$L_{y\,eff}$	m_y	r	α	β	w_{su}	w_α	w_β
S1	1.25	--	11.40	--	--	1.00	0.00	1.10	1.10	0.00
S2	2.095	--	22.80	--	--	1.00	0.00	1.10	1.10	0.00
S3	1.505	--	6.90	--	--	1.00	0.00	1.10	1.10	0.00
S4	2.09	--	5.70	--	--	1.00	0.00	1.10	1.10	0.00
S5	7.96	0.87	5.70	0.87	1.40	0.55	0.18	1.10	0.605	0.201
S6	5.76	0.76	5.470	0.76	1.01	0.35	0.35	1.10	0.385	0.385
S7	5.76	0.76	5.76	0.76	1.00	0.35	0.35	1.10	0.385	0.385
S8	5.76	0.76	5.64	0.87	1.12*	0.41	0.282	1.10	0.481	0.31
S9	6.30	0.87	5.70	1.00	1.04	0.37	0.726	1.24	0.459	0.404
S10	4.75	1.00	3.43	0.27	1.60	0.65	0.14	1.10	0.715	0.154
S11	4.75	1.00	3.43	0.87	1.60	0.65	0.14	1.10	0.715	0.154

Loads : for all slabs : $w_{su} = 1.4(2.5 * 0.14 + 0.15) + 1.6 * 0.25 = 1.10\ t/m^2$

For Sg = $w_{su} = 1.4(2.5 * 0.18 + 0.15) + 1.6 * 0.25 = 1.24\ t/m^2$

يلاحظ أن الاستطالة r لكل من S_8 , S_g أقل من ١,٠٠ لذلك يستبدل المقام مكان البسط ويكـــون ω_α في الاتجاه الطويل ، W_β في الاتجاه القصير .

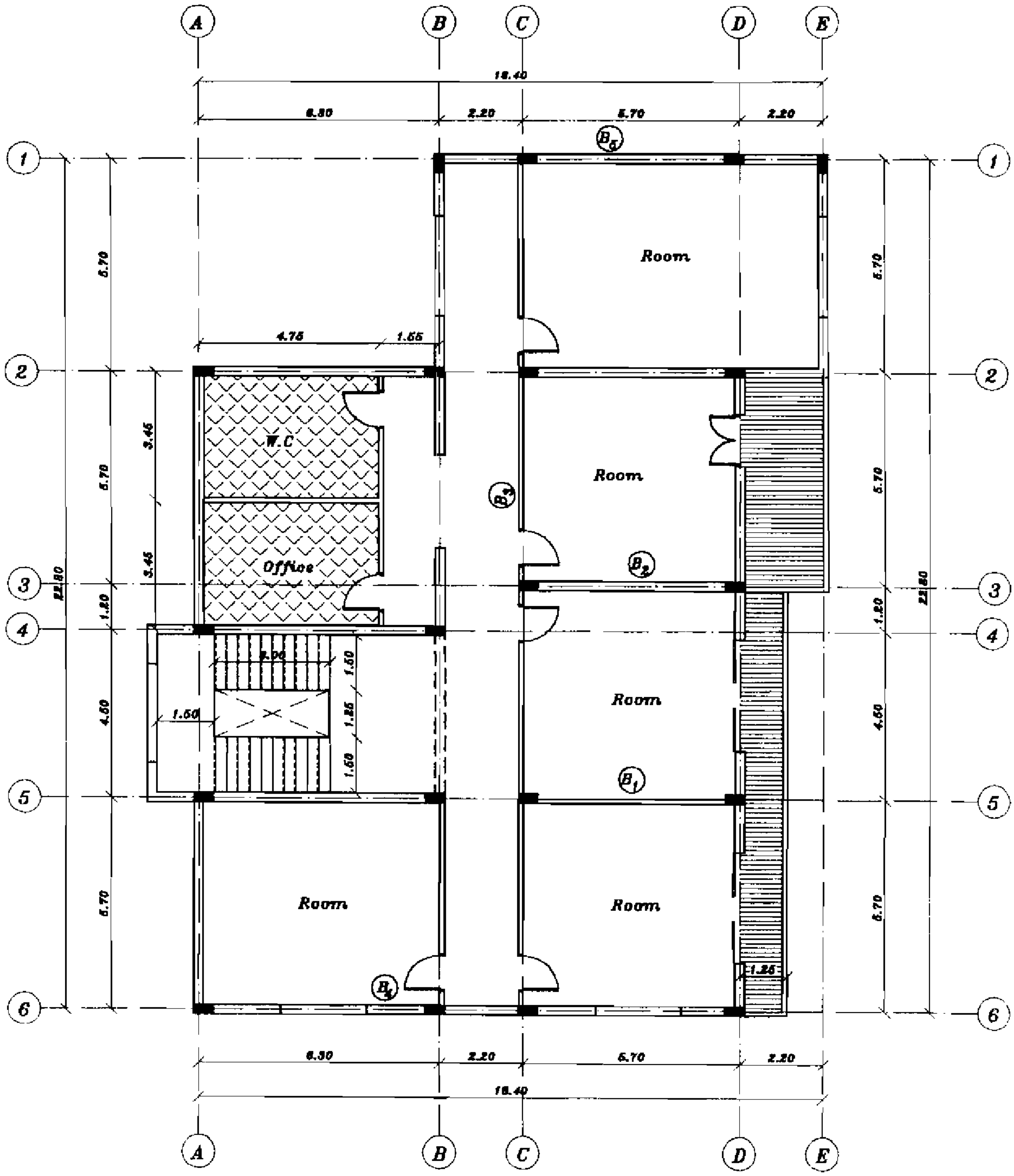
Design in X – direction :

Slab	L_{xeff}	w_x	m_x	D_{cm}	r	ω	As_{cm}^{-}/m^{-}	$As_{shosen/m^{-}}$	Notes
S1	1.25	1.10	--	12.50	0.028	0.035	3.04	5Ø10 / m'	Main
S2	2.095	1.10	0.48*	12.50	0.012	0.02	1.74*	5Ø10 / m'	Main
S3	1.505	1.10	0.25	12.50	0.0064	00.02	1.74*	5Ø10 / m'	Main
S4	2.09	1.10	0.48	12.50	0.012	0.02	1.74*	5Ø10 / m'	Main
S5	7.96	0.20	1.26	11.50	0.032	0.047	3.75	5Ø10 / m'	Sec
S6	5.76	0.385	1.06	12.50	0.027	0.034	2.95	5Ø10 / m'	Main
S7	5.76	0.385	1.06	12.50	0.027	0.034	2.95	5Ø10 / m'	Main
S8	5.76	0.451	1.25	12.50	0.032	0.038	3.30	5Ø10 / m'	Main
S9	6.30	0.459	1.82	16.5	0.027	0.014	3.89	5Ø10 / m'	Main
S10	4.75	0.154	0.43	11.50	0.013	0.02	1.60	5Ø10 / m'	Sec
S11	4.75	0.154	0.43	11.50	0.013	0.02	1.60	5Ø10 / m'	Sec

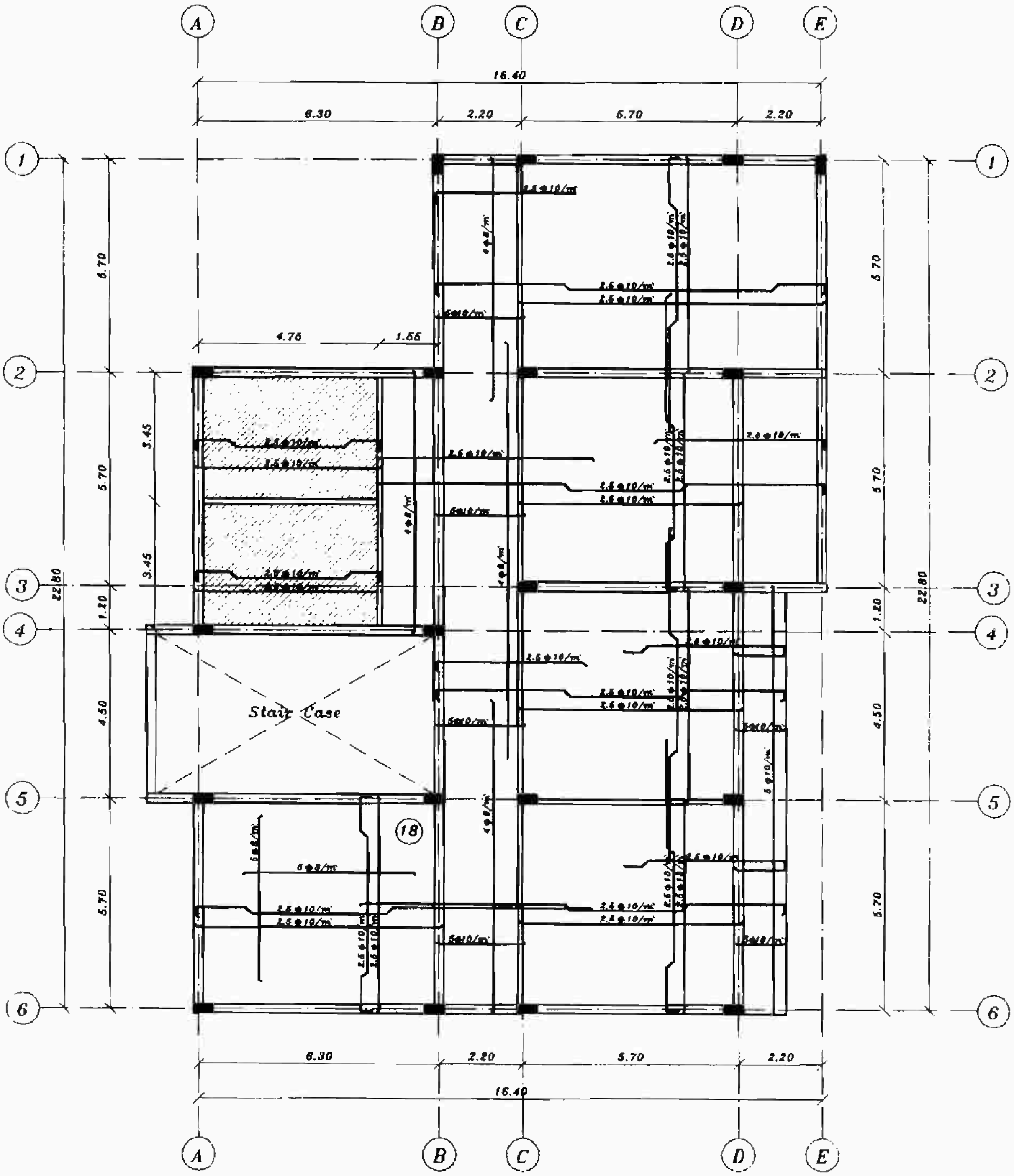
Use $As_{min} = 0.15\ t_s = 2.1\ cm^2 / m'$.

Design in Y – direction :

Slab	L_{yeff}	w_y	m_y	d	r	ω	As_{cm}^{-}/m^{-}	$As_{shosen/m^{-}}$	Notes
S1	11.40	--	--	--	--	--	0.4 A_s	5Ø8 / m'	Dist
S2	22.80	--	--	--	--	--	0.2 A_s	5Ø8 / m'	Dist
S3	6.90	--	--	--	-	--	0.2 A_s	5Ø8 / m'	Dist
S4	5.70	--	--	--	--	--	0.2 A_s	5Ø8 / m'	Dist
S5	5.70	0.605	1.97	12.50	0.05	0.061	5.29	5Ø12 / m'	Main
S6	5.70	0.385	1.04	11.50	0.031	0.037	2.95	5Ø10 / m'	Sec
S7	5.76	0.385	1.06	11.50	0.032	0.038	3.03	5Ø10 / m'	Sec
S8	5.64	0.31	1.00	11.50	0.030	0.036	2.87	5Ø10 / m'	Sec
S9	5.70	0.0404	1.54	15.50	0.027	0.034	3.66	5Ø10 / m'	Sec
S10	3.43	0.715	0.84	12.50	0.022	0.025	2.17	5Ø10 / m'	Main
S11	3.43	0.715	0.84	12.50	0.022	0.025	2.17	5Ø10 / m'	main

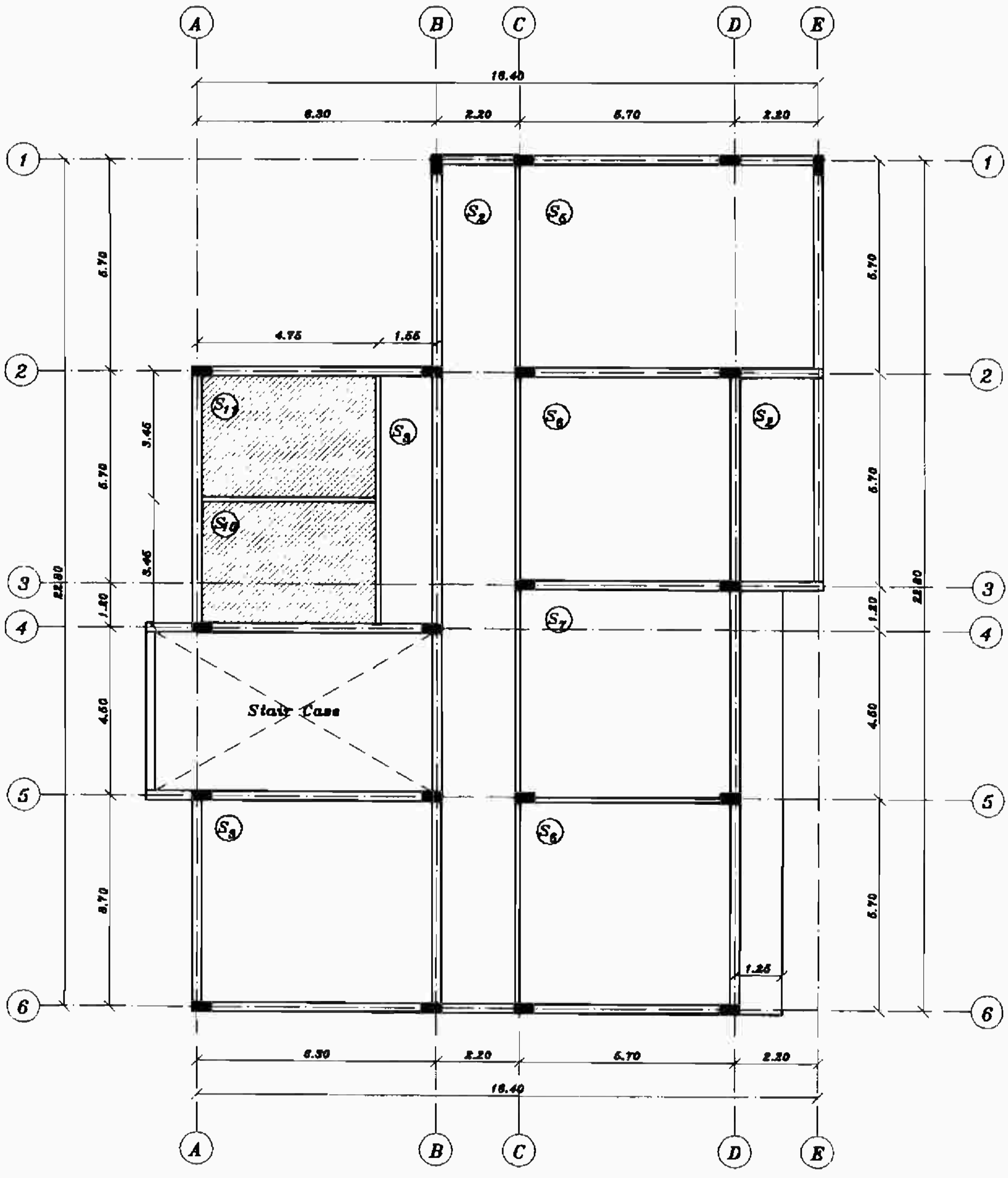

A
B
C
D
E
18.40
6.30
2.20
5.70
2.20
1
2
3
4
5
6
5.70
5.70
1.20
4.50
5.70
22.80
3.45
3.45
4.75
1.55
Room
W.C
Office
Room
Room
Room
Room
2.00
1.50
1.50
1.25
1.50
1.25

شكل (١٥)



Reinforcement Detailings of Slabs

شكل (١٥) تابع



Statical System for Floor

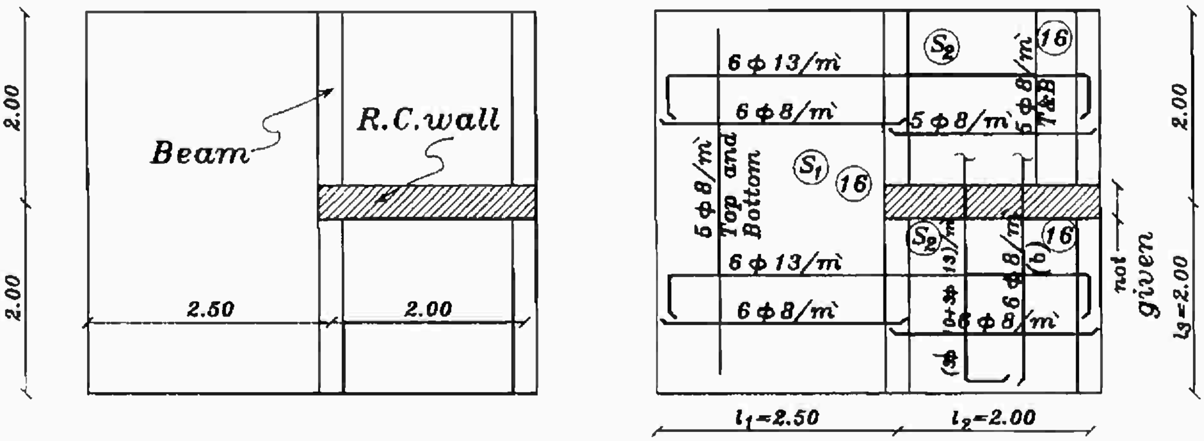
شكل (١٥) تابع

مثــــال (٣) :

السقف الموضح (شكل ١٦) مطلوب تصميم البلاطة وإعطاء تفاصيل التسليح علماً بأن :

$L.L = 100\ kg/m^2$.

$flooring = 200\ kg/m^2$.



Solution:

شكل (١٦)

Slab thickness:

Since the code did not give a minimum thickness for the cantilever slab, and check of deflection should be done

$\therefore$ assume $t_s = 16$ cm. For S_1 & S_2 .

Effective spans:

Since the R.C wall and beams dimension are not given $\therefore L_{eff} = L$ (C_L to C_L)

Slab Loads:

$$g_s = \gamma_c t_s + flooring = 2.5 * 0.16 + 0.2 = 0.6\ t/m^2$$

$$P_s = 0.10\ t/m^2 \qquad < 0.75\ g_s$$

$$\therefore w_{su} = 1.5(g_s + P_s) = 1.05\ t/m^2 .$$

Design of slabs:

Slab (S_1) cantilever slab (No handrail for roof)

$$\therefore M_u = \frac{w_{su} * L_1^2}{2} = 3.28 \ m.t/m^-$$

sec = 100 * t_s , d = t_s – 1.5 = 14.5 cm .

$$\therefore R = \frac{M_u}{f_{cu}\ bd^2} = \frac{3.28*10^5}{250*100(14.5)^2} = 0.0624$$

$\propto = 0.0 \quad \omega = 0.078 < \omega_{max}$

$$As_{req} = \omega \frac{f_{cu}}{f_y} b.d = 7.855 \ cm^2$$

$$, \because \ As_{min} = bigger \begin{cases} \frac{0.15}{100} * b * d = 2.175 \ cm^2 \\ \\ \frac{0.25}{100} * \frac{f_{y}}{f_{y}} * b * d = \frac{0.25}{100} * \frac{2400}{3600} * 100 * 14.5 = 2.42 \ cm^2 \end{cases}$$

$As_{req} > As_{min}$ Choose ($6\phi 13/m^-$)

Secondary steel ≥ 0.2 A_s =1.57 cm^2 / m^- ($5\phi 8/m^-$) (7.98 cm^2)

Slab (s_2) we have two solution :

(a)

one way slab span L_2 = 2 m .

$M_u = \frac{w_{su} * l_2^2}{10} = 0.42 \ m.t/m^-$

This moment will never occur since the negative moment of slab S_1 is very high

∴ use minimum steals 2.42 cm^2

(to carry $\frac{w_{su} \ L_2^2}{24}$

($5\phi \ 8/m^-$).

(b)

cantilever slab span = L_3 = 2 m .

$M_u = \frac{w_{su} * L_3^2}{2} = 2.10 \ mt/m^-$

$R = 0.04 \xrightarrow{\propto=0.0} w = 0.048$

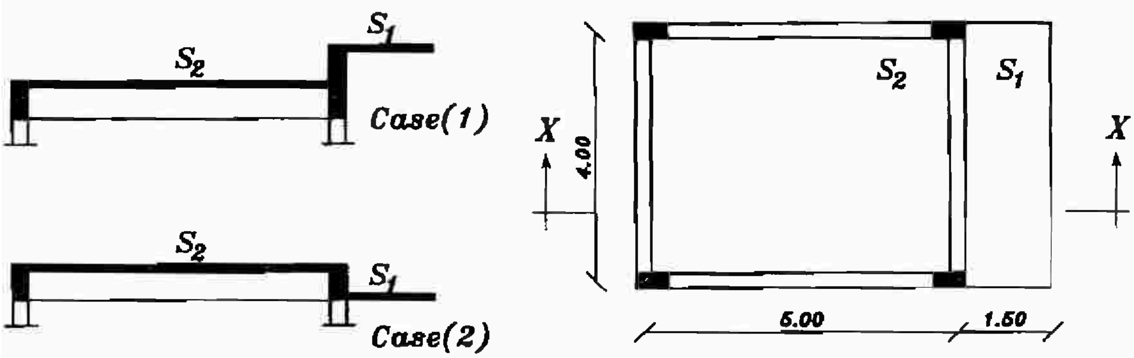
$A_s = 4.84 \ cm^2 \ \ cm^2 > As_{min}$

$As_{choosen} = (3\phi 10 + 3\phi 13/m^-)$

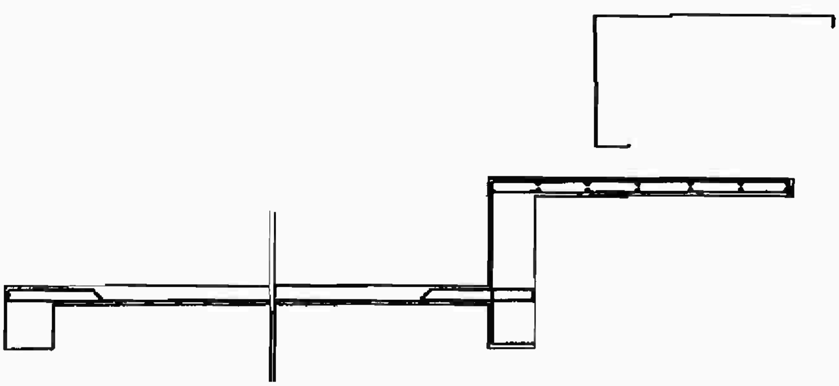
Secondary steel ($5\phi \ 8/m^-$).

مثـــال (٤) : شكـل رقــم (١٧) :

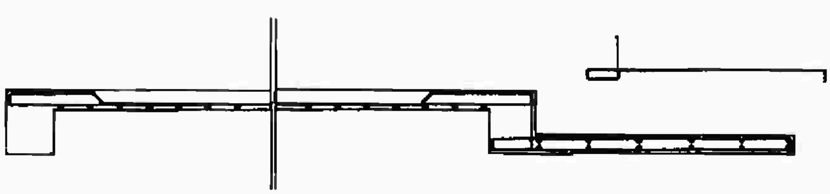
بدون حسابات ارسم شكل التسليح المتوقع للقطاع (X – X) للحالتين ١ ، ٢ .



Case(1)



Case(2)



شكل (١٧)

References المراجـــع

1. Nassef, M.A., " Reinforced Concrete Design" , Cairo University , 1988.

2. Abdel – Rahman, Ali " Fundamentals of Reinforced Concrere", Cairo University, 1991.

3. أساسيات الخرسانة المسلحة – أ . د / محمد سامح هلال عالم الكتب ١٩٩٣ .

4. Issa, M. E., " Design of Reinforced Concrete Columns", Cairo University, 1999.

5. Reinforced Concrete Staff Members, Cairo University, Faculty of Engineering " Design aids for both working stress and ultimate limit design methods of reinforced concrete structures".

6. Egyptian Code, " Building Code Requirements for Reinforced Concrete, 7 th edition, 1995.

7. Macgregore, J. G., " Reinforced Concrete, Mechanics and Design", Prentice Hall International Second Edition, 1992.

8. Nilson, A.H. and Winter, G., " Design of Concrete Structures," McGraw-Hill , N.Y., Eleventh Edition , 1991.

9. Kenneth, M.Leet, " Reinforced Concrete Design" McGraw-Hill International Editions – Civil Engineering Series, 1997.

10. Mostafa, Hatem " Equations & Tables Aids for R.C. Design", Cairo University, 1996.