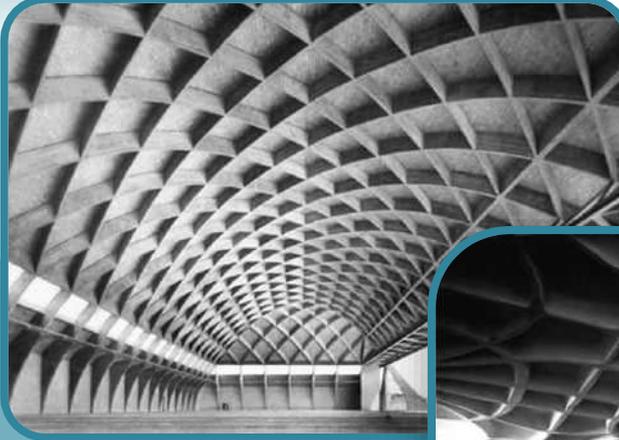




منشورات جامعة الفرات  
كلية الهندسة المدنية بالرقعة

## بيتون مسلّح (3)



تأليف:

د.م. ريم خرتش

أستاذ مساعد في قسم الهندسة الإنشائية

السنة الرابعة

مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية

1447هـ - 2025م



بيتون مسلح (3)





منشورات جامعة الفرات  
كلية الهندسة المدنية بالرقعة

## بيتون مسلّح (3)

تأليف:

د. ريم خرتش

أستاذ مساعد في كلية الهندسة المدنية بالرقعة

السنة الرابعة

مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية

2026-1447هـ



## الفهرس

9	مقدمة
11	الفصل الأول
11	البلاطات من البيتون المسلح
11	Reinforced Concrete Slabs
11	1-1 مقدمة:
11	2-1 أنواع البلاطات:
11	1-2-1 البلاطات المليئة Solid Slabs
12	2-2-1 البلاطات المعصبة Ribbed Slabs-Hollow Blocks:
12	3-2-1 البلاطات الفطرية Flat Slabs:
12	4-2-1 البلاطات ذات الجيزان المتصالبة Paneled Beams:
12	5-2-1 البلاطات المطوية (المنكسرة) Folded Plates:
12	3-1 اختيار نوع البلاطة:
13	الفصل الثاني
13	البلاطات المليئة
13	Solid Slabs
13	1-2 مقدمة
13	2-2 السلوك الإنشائي للبلاطات Structural Behavior
14	1-2-2 نسبة الاستطالة Rectangularity Ratio
15	3-2 تحليل وتصميم البلاطات العاملة باتجاه وحيد:
15	1-3-2 الاشتراطات البعدية:
15	• السماكة الدنيا Minimum Thickness
16	2-3-2 الحمولات على البلاطات المليئة العاملة باتجاه وحيد:
24	3-3-2 حساب العزوم في البلاطات العاملة باتجاه وحيد:
27	4-3-2 نقل أحمال البلاطات إلى الجيزان:

27.....	5-3-2 مساحات التسليح الدنيا والقصى في البلاطات المليئة وترتيبات التسليح:
28.....	6-3-2 ترتيبات التسليح في البلاطات:
30.....	7-3-2 مسائل محلولة عن البلاطات العاملة باتجاه وحيد وفقاً لطريقة الحدود القصوى:
45.....	4-2 تحليل وتصميم البلاطات المليئة العاملة باتجاهين:
45.....	1-4-2 سماكة البلاطة المليئة العاملة باتجاهين:
46.....	2-4-2 الحمولات في البلاطات العاملة باتجاهين Two-way Solid Slab:
47.....	3-4-2 حساب وتوزيع العزوم في البلاطات العاملة باتجاهين وفقاً لطريقة الشرائح:
50.....	5-2 تسليح الزوايا Corner Reinforcement
50.....	6-2 الفتحات في البلاطات Slabs Openings
53.....	7-2 توزيع العزوم في البلاطات العاملة باتجاهين وفقاً لطريقة الجداول Coefficient Method
59.....	7-2 مسائل محلولة عن البلاطات المليئة العاملة باتجاهين:
79.....	الفصل الثالث.....
79.....	البلاطات المعصبة.....
79.....	Ribbed Slabs.....
79.....	1-3 مقدمة:
80.....	2-3 مميزات ومساوى البلاطة المعصبة:
80.....	3-3 أنواع البلاطات المعصبة:
81.....	4-3 البلاطات المعصبة باتجاه وحيد:
82.....	1-4-3 دراسة البلاطة المعصبة باتجاه وحيد:
93.....	6-3 الفتحات في البلاطات المعصبة:
93.....	7-3 البلاطات المعصبة بالاتجاهين Two-way Ribbed Slab:
94.....	1-7-3 الاشتراطات البعدية للأعصاب وفق الكود العربي السوري:
94.....	2-7-3 الحمولات على البلاطات المعصبة باتجاهين:
96.....	4-7-3 عدد البلوكات بالاتجاهين:
97.....	5-7-3 تصميم الجيزان الحاملة:
127.....	الفصل الرابع.....
127.....	البلاطات ذات الجيزان المتصالبة.....
127.....	Paneled Beams.....
127.....	1-4 مقدمة:

127.....	2-4 توزيع الأحمال:
130.....	3-4 أشكال البلاطات ذات الجيزان المتصالية:
130.....	4-4 تصميم الجيزان المتعامدة:
131.....	1-4-4 أبعاد الجيزان:
131.....	2-4-4 الحمولات التصميمية:
132.....	3-4-4 توزيع الحمولات التصميمية:
132.....	4-4-4 تصميم الجيزان المتصالية:
133.....	5-4-4 تصميم الجيزان الطرفية Edge Beams:
153.....	الفصل الخامس
153.....	البلاطات الفطرية
153.....	Flat Slabs
153.....	1-5 مقدمة:
154.....	2-5 الأبعاد الدنيا لعناصر البلاطات الفطرية:
155.....	3-5 التوازن الستاتيكي للبلاطات الفطرية Statical Equilibrium of Flat Slabs:
156.....	4-5 شرائح البلاطات الفطرية:
157.....	5-5 حساب حمولة البلاطة:
157.....	6-5 العزم الستاتيكي $M_0$ Statical Moment:
158.....	7-5 الطريقة المباشرة في التصميم Direct Design Method:
159.....	1-7-5 توزيع عزم الانعطاف الستاتيكي Distribution of the Statical Moment:
162.....	2-7-5 خطوات التصميم وفقاً للطريقة المباشرة:
162.....	8-5 ترتيبات التسليح في البلاطات الفطرية Reinforcement of Flat Slabs:
166.....	9-5 تسليح تيجان الأعمدة Column Head Reinforcement:
167.....	10-5 التسليح بجوار الفتحات في البلاطات الفطرية:
183.....	11-5 القص المحيطي في البلاطات الفطرية Punching Shear (القص بالثقب):
183.....	1-11-5 المقطع الحرج على القص Critical Section:
184.....	2-11-5 مقاومة البيتون على القص بالثقب:
185.....	3-11-5 الإجهاد المماسي الناتج عن القص بالثقب:
186.....	12-5 مقاومة القص وحيد الاتجاه One-way Shear:
191.....	الفصل السادس

191.....	الأدراج البيتونية
191.....	Reinforced Concrete Stairs
191.....	1-6 مقدمة:
193.....	2-6 الأنظمة الإنشائية للأدراج :Structural Systems of Stairs
193.....	3-6 حمولات الشواحط:
194.....	4-6 تحقيق سماكة الشاحط:
195.....	5-6 مساحات التسليح الدنيا والقصى في الأدراج:
197.....	6-6 تصميم الأدراج حسب النوع:
197.....	1-6-6 الأدراج الظرفية Cantelever Type:
202.....	7-6 تصميم الجيزان الحاملة :Design of supporting beam
207.....	2-6-6 الأدراج نوع بلاطة Slab Type
224.....	3-6-6 الأدراج نوع بلاطة – جانز Slab - Beam Type
233.....	المراجع
234.....	دليل المصطلحات العلمية

## مقدمة

يهدف هذا الكتاب إلى ترسيخ مفاهيم تصميم البيتون المسلح لدى الطالب، والذي يعدّ من أهم سلسلة مقررات البيتون المسلح حيث يبين أسس تصميم البلاطات البيتونية والأدراج البيتونية وسلوك هذه العناصر تحت تأثير الأحمال الشاقولية، ويعدّ انطلاقة أساسية في حساب التسليح الطولي والعرضي وذلك وفقاً للكود العربي السوري لتصميم العناصر الخرسانية إصدار نقابة المهندسين الطبعة الرابعة.

تمّ الاهتمام بشكل خاص برسم تفاصيل التسليح فجاء الكتاب غنياً بعدد كافٍ من الأمثلة المحلولة التي تمكّن الطالب من الوصول إلى تشكيل مفاهيم أساسية مهمّة في تصميم عناصر البيتون المسلح وفهم سلوك هذه العناصر عند تطبيق الحملات الخارجية.

يحتوي هذا الكتاب على ستة فصول؛ يبيّن الفصل الأول منها بلاطات البيتون المسلح بشكل عام، بينما يتضمّن الفصل الثاني تصميم البلاطات الملبئة، ويظهر الفصل الثالث تصميم البلاطات المعصّبة باتجاه وحيد وباتجاهين، أمّا الفصل الرابع فيحتوي على تصميم البلاطات ذات الجيزان المتصالبة. تمّ تصميم البلاطات الفطرية في الفصل الخامس، بينما تمّ تصميم الأدراج بأنواعها الشائعة في الفصل السادس.

وأخيراً عبّر عن شكري وامتناني العميق لوالدي ووالدتي الحبيبتين وإخوتي الذين كانوا عوناً دائماً لي في مشواري العلمي والعملية، وأتقدم بالشكر الجزيل لكل من أسهم في وصولي إلى هذه النقطة. أتمنى لطلابنا الأعزاء العنصر الرئيس في بناء مستقبل بلادنا التوفيق والنجاح وأن يكون هذا الكتاب عاملاً مساعداً لهم في دراستهم ومرجعاً مفيداً لهم في حياتهم الهندسية.

والله ولي التوفيق

دير الزور 2026

د. ريم فيصل خرتش



## الفصل الأول

### البلاطات من الببتون المسلح

### Reinforced Concrete Slabs

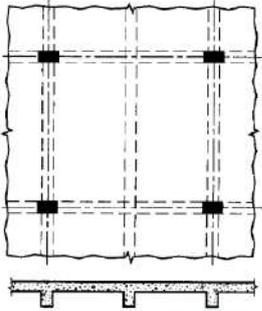
#### 1-1 مقدمة:

تعرف البلاطات بشكل عام بأنها عناصر مستوية حاملة لحمولات ممتدة وحية وأحياناً ديناميكية في حالة بلاطات الجسور. توجد أنواع مختلفة من البلاطات الببتونية المسلحة حيث يتم اختيار نوع البلاطة بالنظر إلى أكبر مجاز فيها وإلى قيمة الحمل الحي على البلاطة.

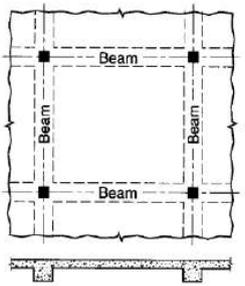
#### 2-1 أنواع البلاطات:

#### 1-2-1 البلاطات الملتينة Solid Slabs

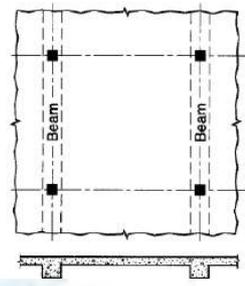
تسمى أيضاً بالبلاطات المصمتة وهي عبارة عن بلاطة ببتونية ذات سماكة واحدة محمولة على جيزان وهي من أبسط أنواع البلاطات، إلا أنها تصبح غير اقتصادية في المجازات الكبيرة بسبب زيادة السماكة، وبالتالي يتم اللجوء إلى البلاطات المعصبة (الهوردي)، ففي حالة الأبنية التجارية أو الأبنية العامة كالمشافي والجامعات تفضل البلاطات الفطرية لسهولة تنفيذها وسهولة تنفيذ التمديدات الخاصة بالتدفئة والتهوية HVAC حيث لا تعترضها الجيزان.



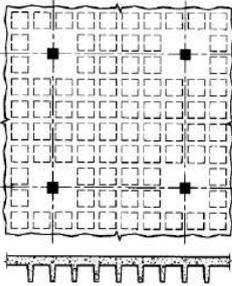
ج. بلاطة ملتينة باتجاه واحد



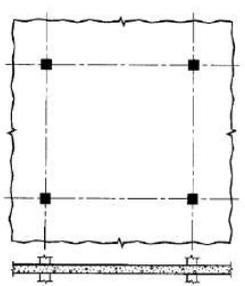
ب. بلاطة ملتينة باتجاهين



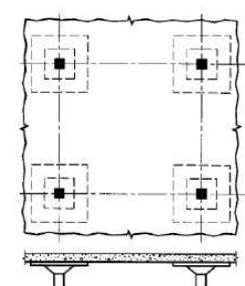
أ. بلاطة ملتينة باتجاه واحد



و. بلاطة معصبة باتجاهين



ه. بلاطة فطرية دون سقوط



د. بلاطة فطرية مع سقوط

الشكل (1-1): بعض أنواع البلاطات

### 2-2-1 البلاطات المعصبة Ribbed Slabs-Hollow Blocks:

تم الاستعاضة عن البيتون المشدود في هذه البلاطات بقوالب من البلوك الإسمنتي أو البلوك العازل بحيث تمتد أعصاب من البيتون المسلح بين البلوكات (عبارة عن جيزان صغيرة) وهي بدورها تُحمّل على جيزان طرفية، تسمى أيضاً ببلاطات الهوردي وفي حال كون البلاطة المعصبة مفرغة ومحمولة على أعمدة من دون جيزان تسمى Waffle Slab.

### 3-2-1 البلاطات الفطرية Flat Slabs:

إن البلاطات الفطرية عبارة عن بلاطات مستوية من البيتون المسلح ومحمولة بشكل مباشر على أعمدة من دون جيزان حاملة، يمكن التمييز بين نوعين من البلاطات الفطرية: Flat Slabs وهي بلاطة ذات تاج للعمود Column Capital أو سقوط تحت الأعمدة Drop أو كلاهما، و Flat Plate وهي بلاطة مستوية من دون تيجان أو سقوط حيث تتم زيادة سماكة البلاطة لتجنب القص بالنقب أو إضافة تسليح خاص.

### 4-2-1 البلاطات ذات الجيزان المتصالبة Paneled Beams:

عبارة عن بلاطات مليئة صغيرة محمولة على جيزان متقاربة وتستخدم في السقوف ذات المساحات الكبيرة التي لا يمكن وجود أعمدة في وسطها.

### 5-2-1 البلاطات المطوية (المنكسرة) Folded Plates:

من البلاطات المميزة معمارياً حيث تغطي مساحات واسعة، وتعطي ارتفاعات طابقية أعلى من باقي البلاطات، كما تفيد في منع تراكم الثلوج في البلدان ذات الغزارة الثلجية، حيث تتألف من بلاطات مائلة تشكل سقوفاً للطوابق الأخيرة إذ لا يمكن التوسع فوقها شاقولياً.

### 3-1 اختيار نوع البلاطة:

إن الاختيار الاقتصادي لنوع البلاطة يتم بحسب المجاز والحمل الحي:

جدول (1-1): اختيار نوع البلاطة مبدئياً

م.	نوع البلاطة	المجاز (m)	الحمولة الحية $kN/m^2$
1	بلاطة مليئة باتجاه وحيد	3-5m	3-5
2	بلاطة مليئة باتجاهين	أقل من 5m	3-5
3	بلاطة معصبة باتجاه وحيد	5-7m	3-5
4	بلاطة معصبة باتجاهين	6-9m	3-6
5	بلاطة فطرية من دون تاج أو سقوط Flat Plate	6-8m	3-5
6	بلاطة فطرية مع تاج أو سقوط Flat Slab	6-9m	4-7
7	بلاطة جيزان متصالبة	9-15m	4-7
8	البلاطات المطوية	5m	1-1.5

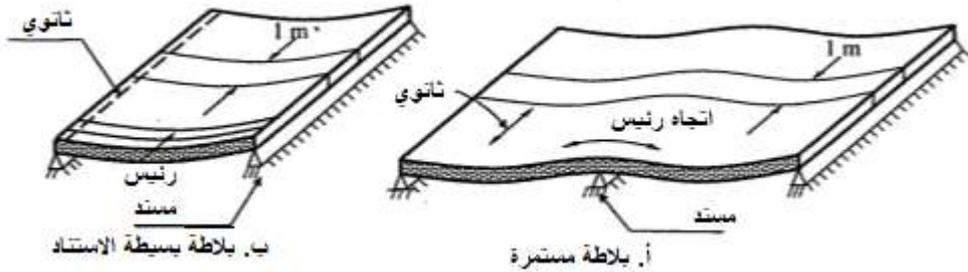
## الفصل الثاني البلاطات المليئة Solid Slabs

### 1-2 مقدمة

تستخدم البلاطات المليئة في السقوف والأرضيات في الأبنية وفي بلاطات الجسور، وهي من أكثر أنواع البلاطات اقتصادية وأسهل في التنفيذ، إلا أنها تصبح غير اقتصادية في المجازات الكبيرة والأحمال الكبيرة. البلاطات المليئة تكون عاملة باتجاه وحيد One-way أو عاملة باتجاهين Two-way. حيث تكون عاملة باتجاه وحيد عندما تكون نسبة الاستطالة  $r$  أكبر من 2، إذ ينتقل العزم في هذه الحالة بالاتجاه القصير بشكل رئيسي في هذه البلاطات بينما عندما تكون نسبة الاستطالة  $r$  أقل من 2 فإنها تكون عاملة باتجاهين.

### 2-2 السلوك الإنشائي للبلاطات

يكون الانحناء في البلاطات العاملة باتجاه وحيد One-way slabs وفق اتجاه واحد وهو القصير وذلك عندما تكون مسنودة من أربعة اتجاهات. بينما عندما تكون البلاطة مسنودة في اتجاه واحد فقط فإنها تتصرف باتجاه وحيد بشكل معامد لاتجاه التحميل بغض النظر عن الأبعاد، كما في الشكل. حيث تنتقل كامل الحمولة في اتجاه واحد.



الشكل (1-2): انحناء البلاطة المليئة

إن البلاطة العاملة باتجاه وحيد والمسنودة على أربع جيزان في الحقيقة لا تسلك سلوكاً وحيد الاتجاه 100%، لأن الشريحة الواقعة قرب منتصف المجاز تتصرف كبلاطة ذات اتجاه وحيد، بينما أجزاء البلاطة الواقعة قرب الحواف فتنتقل جزءاً من الحمولة في الاتجاه الطولاني مولدة فعلاً إنشائياً في الاتجاهين، كما في الشكل. لذلك يجب إضافة تسليح علوي في جوار الجيزان غير الحاملة في هذه البلاطات لأخذ هذا الفعل بالحسبان. إذا تم إهمال هذا الفعل سوف تظهر تشققات أعلى البلاطات على طول الحواف  $AB, A'B'$ . إن

$$\text{قيمة هذا التسليح العلوي تكافئ عزمًا قدره } \frac{wL^2}{35}.$$

هناك حاجة إلى شبكة تسليح سفلية ثانوية في الاتجاه الثانوي Secondary Direction لتحافظ على التسليح الرئيسي في مكانه، ولتحمل هذا الحمل الصغير الذي ينتقل في الاتجاه الطويل، أيضاً يساهم التسليح الثانوي في ضبط التشققات الناتجة عن الانكماش والتغيرات الحرارية ولتساعد على توزيع الحمولات المركزة في الاتجاه العرضي.

في الحالة التي لا توجد فيها جيزان حاملة في الأطراف الأربعة، حيث يكون الجيزان الحاملان معامدان لاتجاه العمل. لا يكون هناك داع لوجود تسليح سالب عند الطرف القصير (لأن شكل الانحناء يتم وفق اتجاه التحميل فقط).

## 1-2-2 نسبة الاستطالة Rectangularity Ratio

كما ذكر سابقاً فإن البلاطة تعمل باتجاه وحيد عندما تكون نسبة الاستطالة أكبر من 2 أو تكون الجيزان الحاملة موجودة في اتجاهين متقابلين فقط، ففي الحالة الأولى يتم الانحناء في الاتجاه القصير بحسب السلوك الإنشائي للبلاطة، بينما في الحالة الثانية يتم الانحناء في الاتجاه المعامد للجيزان الحاملة. تُعطى نسبة الاستطالة بالمعادلة:

$$r = \frac{mL_1}{mL_2} > 2$$

$L_1$ : البعد الطويل للبلاطة.

$L_2$ : البعد القصير للبلاطة.

$mL_1$ : المسافة بين نقطتي انعدام العزم (نقطتي الانعطاف في الشكل المنشوه) في الاتجاه الطويل.

$mL_2$ : المسافة بين نقطتي انعدام العزم (نقطتي الانعطاف في الشكل المنشوه) في الاتجاه القصير.

تؤخذ القيم التقريبية للنسبة  $m$  من الجدول (1-2):

جدول (1-2): معامل نسبة الاستطالة

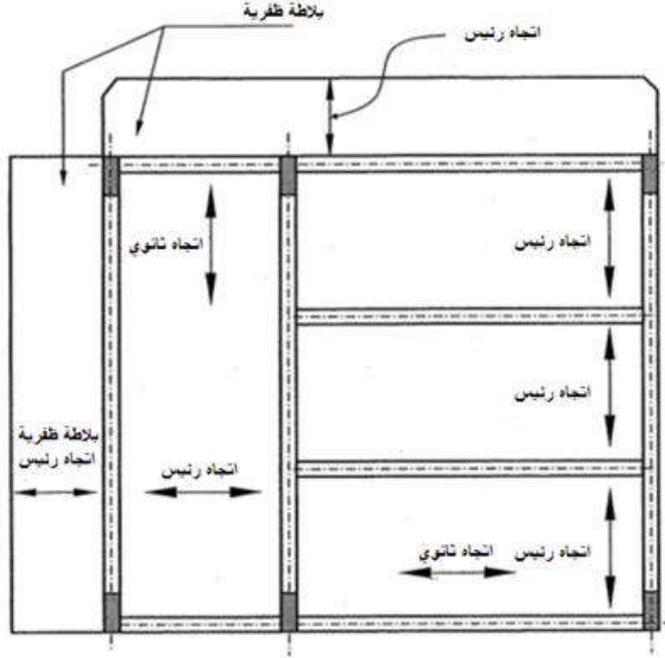
النسبة $m$	موقع المجاز
0.76	مجاز داخلي
0.87	مجاز طرفي
1	بلاطة غير مستمرة من الطرفين

تعتبر هذه القيم مقبولة في حال تحقق الشرطين:

- الحمولة الحية للبلاطة أقل أو تساوي  $5\text{kN/m}^2$ .
- الفرق بين المجازات المتجاورة غير كبير بحيث يحقق الشرط:

$$\frac{2}{3} L_{i-1} \leq L_i \leq \frac{3}{2} L_{i+1}$$

في حال عدم تحقق الشرطين السابقين يجب حساب m بدقة من مخطط عزم الانعطاف.  
تحمل البلاطة الظرفية باتجاه وحيد حيث تحمل على جانبي في الاتجاه القصير غالباً.



الشكل (2-2): أنواع البلاطات حسب اتجاه العمل

### 3-2 تحليل وتصميم البلاطات العاملة باتجاه وحيد:

#### 1-3-2 الاشتراطات البعدية:

#### • السماكة الدنيا Minimum Thickness

تحسب السماكة الدنيا من الجدول (3-2) في حال استناد البلاطة على جيزان بارزة بحيث لا يقل الارتفاع الكلي لكل جاز عن مثلي سماكة البلاطة، وإلا يُحسب السهم الكلي للبلاطة (الانتقال) بالطرق الدقيقة.

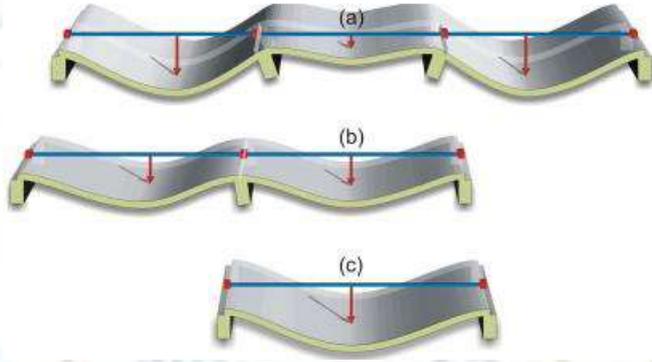
الجدول (3-2): شرط السهم للبلاطة المائلة باتجاه وحيد

نوع الاستناد	استناد بسيط	مستمرة من طرف	مستمرة من طرفين	بلاطة ظرفية
$\frac{L_2}{h}$	25	27	30	10

- سماكة البلاطة المجاورة لبلاطة ظفرية:  
لا تقل سماكة البلاطة المجاورة لبلاطة ظفرية عن  $\frac{3}{4}$  سماكة البلاطة الظفرية، وذلك بغية إهمال عزم القتل المطبق على الجائز الحامل لهما.
- لا تقل سماكة البلاطة عن 80mm. ولا تقل سماكة البلاطة في حال تعرضها إلى أحمال ديناميكية عن 120mm.
- تكون السماكات عادة كما في الجدول (4-2):

الجدول (4-2): سماكات البلاطة المليئة باتجاه وحيد

250	220	200	180	160	150	140	120	100	السماكة mm
بعض الحالات الخاصة			سماكات تقليدية				غير مفضل	التفضيل	



الشكل (3-2): انحناء البلاطات

- **المجاز الفعّال Effective Length**  
يؤخذ المجاز الفعّال مساوياً إلى القيمة الأدنى بين القيم الآتية:
  - المسافة بين محاور الاستناد .L.
  - المسافة الحرة بين المساند مضافاً إليها العمق الفعّال .d.
  - المسافة الحرة بين المساند مضروبة بالمعامل 1.05.
- **سماكة تغطية التسليح Cover:**  
لا تقل سماكة تغطية التسليح مفاصة حتى وجه التسليح عن 15mm في البلاطات الداخلية، ولا تقل عن 20mm في البلاطات الخارجية المعرضة للعوامل الجوية.

2-3-2 الحمولات على البلاطات المليئة العاملة باتجاه وحيد:

- الحمولات الحية الإضافية Live Loads

تحسب الحمولات الحية مقدرة بوحدة  $kN/m^2$  حيث توزع على كامل مساحة البلاطة وذلك بحسب نوع البناء ودواعي استخدامه، يتم فرض قيمتها من الجدول صفحة 75 في الكود العربي السوري.

- تصعد قيم الأحمال الحية للمدرجات الرياضية والمسارح بعامل ديناميكي لا يقل عن 1.1.
- العامل الديناميكي للمراتب يساوي إلى 1.3 ويسمح بتخفيض الحمولة إلى  $2/3$  الحمولة أعلاه في حال مراقبة السيارات شرط عدم تجاوز أوزان السيارات 3ton.

### • الحمولات الميتة Dead Load

#### ○ الوزن الذاتي للبلاطة Self Weighth

يحسب بالمتري المربع كما يأتي:

$$SW = \gamma \times h$$

$h$ : سماكة البلاطة المحسوبة بما يحقق شرط السهم.

$\gamma$ : الوزن الحجمي للبيتون المسلح  $25 kN/m^3$  (وباعتبار نسبة التسليح 1%)

#### ○ حمولات الإكساء والتغطية Flooring

وهي تمثل مجموع أحمال طبقات الإكساء كما في العلاقة:

$$Flooring = \sum \gamma_i \times h_i$$

أو تؤخذ تقريبية كما يأتي:

$2kN/m^2$  عندما لا تحتوي طبقات الإكساء على تمديدات تدفئة مركزية.

$3kN/m^2$  عندما تحتوي طبقات الإكساء على تمديدات تدفئة مركزية.

#### ○ حمولات القواطع Partitions

القواطع عبارة عن جدران من البلوك محمولة على البلاطة مباشرة وتصنف بين قاطع خفيف وقاطع ثقيل.

#### • القاطع الخفيف:

لا يزيد وزنه على  $1.5kN$  لكل متر مربع من مساحة الجدار وذلك مع الزريقة.

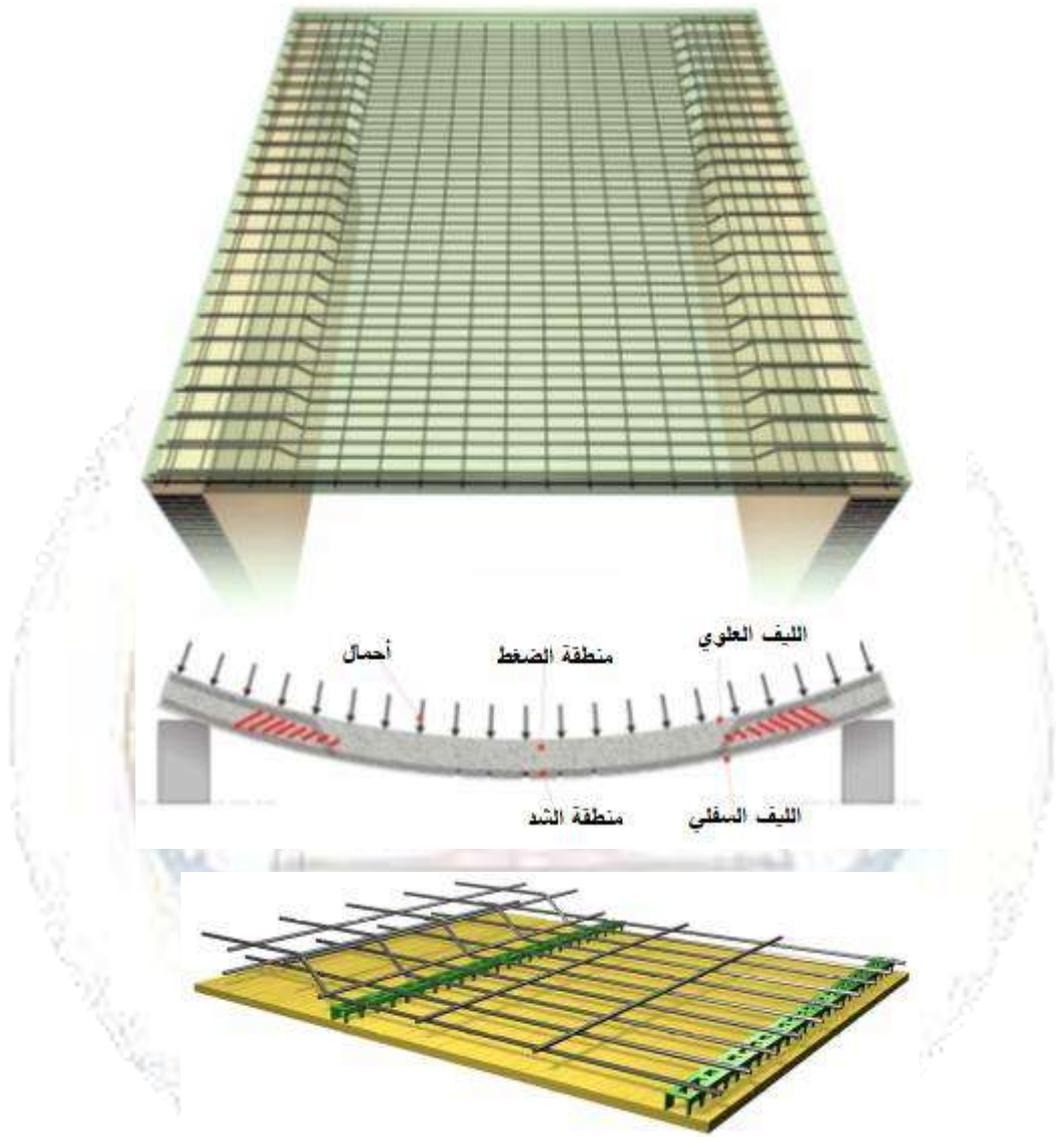
$$\gamma_m \times h_m + \gamma_p \times h_p \leq 1.5kN / m^2$$

$\gamma_p$ : كثافة مادة القاطع.

$\gamma_m$ : كثافة مادة الزريقة.

$h_p$ : سماكة القاطع أو الجدار.

$h_m$ : سماكة الطينة (الزريقة).



الشكل (4-2): تسليح البلاطة المائلة باتجاه حديد، مرجع رقم (10)

الجدول (5-2): الأحمال الحية للمنشآت، الكود العربي السوري- نقابة المهندسين

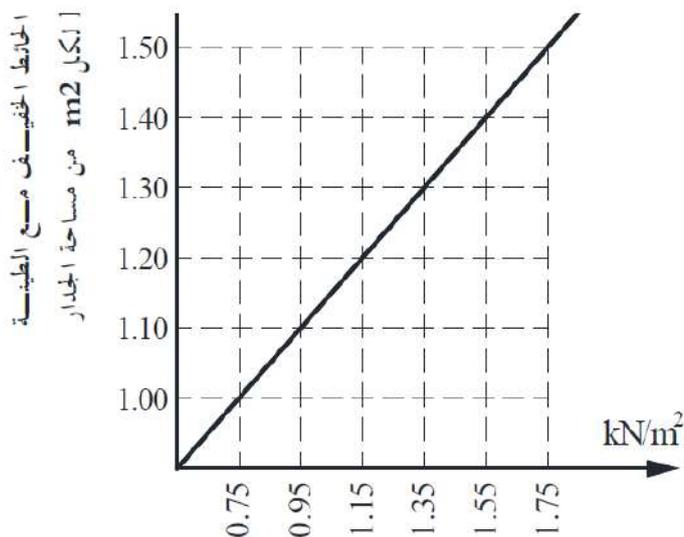
الحمل المركز المطبق على مربع ضلعه 300mm <sup>(1)</sup>		شدة الحمل الموزع		الغرض من استعمال المبنى	
kgf	kN	kgf/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>		
		100	1.0	غير مستعملة (لا يمكن الوصول إليها)	السطوح
		50	0.5	أفقية أو مائلة حتى 10 درجات	
		مثل الطابق المتكرر ولا تقل عن 200	مثل الطابق المتكرر ولا تقل عن 2.0	مائلة أكثر من 10 درجات	مستعملة (يمكن الوصول إليها)
		400	4.0	مباني خاصة	الشرفات
		500	5.0	مباني عامة	
140	1.4	200	2.0	غرف	السكنية المبنى
180	1.8	300	3.0	ممرات خارجية وأدراج	
180	1.8	250	2.5	غرف نوم	القاعات
450	4.5	500	5.0	ممرات خارجية وأدراج	
270	2.7	300	3.0	غرف صفوف وإدارة	المدارس
450	4.5	500	5.0	ممرات خارجية وأدراج	
180	1.8	250	2.5	غرف نوم	المنشآت
450	4.5	400	4.0	ممرات خارجية وأدراج	
450	4.5	تُحسب <sup>(2)</sup> ولا تقل عن 300	تُحسب <sup>(2)</sup> ولا تقل عن 3.0	غرف عمليات	
270	2.7	300	3.0	مباني عامة	غرف
270	2.7	200	2.0	مباني خاصة	
تُحسب	تُحسب	تُحسب ولا تقل عن 500	تُحسب ولا تقل عن 5.0	أضابير	المكاتب
تُحسب	تُحسب	تُحسب ولا تقل عن 400	تُحسب ولا تقل عن 4.0	غرف حاسوب	
450	4.5	400	4.0	مباني عامة	ممرات خارجية وأدراج
450	4.5	300	3.0	مباني خاصة	
450	4.5	300	3.0	غرفة مطالعة لثلاثين كتاب	٦ : ٤

الجدول (6-2): تابع جدول الأحمال الحية للمنشآت، الكود العربي السوري- نقابة المهندسين

450	4.5	500	5.0	غرفة مطالعة مع تخزين كتب	
		500	5.0	مقاعد ثابتة	المصالات (القاعات) والمدرجات
360	3.6	600	6.0	مقاعد متحركة	
*300	*3.0	*600	*6.0	رقص وجباز *	
360	3.6	600	6.0	غرف إسقاط	
*300	*3.0	*600	*6.0	مدرجات رياضية *	
*360	*3.6	*600	*6.0	منصة مسرح *	
	تحسب	تحسب ولا تقل عن 500	تحسب ولا تقل عن 5.0	مناخف وقاعات فن و عرض	
360	3.6	500	5.0	مخازن سلع (عرض وبيع)	المخازن والمستودعات
450	4.5	240 لكل متر ارتفاع ولا تقل عن 700	2.4 لكل متر ارتفاع ولا تقل عن 7.0	مخازن كتب	
	تحسب	تحسب ولا تقل عن 400 لكل متر ارتفاع	تحسب ولا تقل عن 4.0 لكل متر ارتفاع	مخازن ورق و قرطاسية للمطبخ	
	تحسب	500 لكل متر ارتفاع ولا تقل عن 1500	5.0 لكل متر ارتفاع ولا تقل عن 15	برادات خزن	
	تحسب	500-1000 حسب المواد والآلات	5.0-10.0 حسب المواد والآلات	مستودعات مصانع ومباني مشابهة	
450	4.5	500	5.0	نور عيادة	
450	4.5	500	5.0	ألباء عامة، فساتح	
450	4.5	500	5.0	مسارح، سينما	
		أسوأ وضع ممكن لأحمال المراتب	تحسب ولا تقل عن 6.0	ورش تصليح	لورشات ومراتب السيارات
900	9.0	600	6.0	مواقف وممرات سيارات ومنحدرات للسيارات أقل من وزن 25 kN	
	تحسب ولا تقل عن 9.0	تحسب ولا تقل عن 600	تحسب ولا تقل عن 6.0	مواقف وممرات ومنحدرات لسيارات بوزن أكثر من 25 (2.5 ton) kN	
-	-	200	2.0	مرافق صحية	استعمالات مختلفة
-	-	تحسب ولا تقل عن 300	تحسب ولا تقل عن 3.0	مطبخ عامة، مختبرات	
450	4.5	تحسب ولا تقل عن 300	تحسب ولا تقل عن 3.0	مصانع، غرف غسيل	
450	4.5	750	7.5	غرف سخانات ومضخات ومراجل	
	تحسب	400	4.0	ستوديو	
	تحسب	تحسب ولا تقل عن 2000	تحسب ولا تقل عن 20.0	مطبخ	

- تصعد قيم الأحمال للمدرجات الرياضية وصالات الرقص ومنصات المسارح بعامل ديناميكي لا يقل عن 1.1، كما ويحسب للمراتب، ولا يقل عن 1.3 . وفي حالة المراتب العائدة لتجمعات مراقبة، يُسمح بتخفيض

تؤخذ قيمة الحمل المكافئ الموزع بانتظام لهذا القاطع الخفيف من المخطط الوارد في الكود الأساس.



الشكل (5-2): الحمل المكافئ للحوائط الخفيفة، الكود العربي السوري- نقابة المهندسين

إذا كان الحمل الحي أكبر من  $6\text{kN/m}^2$  يمكن إهمال الوزن المكافئ للجدران الخفيفة. عموماً يفضل عدم استخدام بلاطات مليئة عندما يزيد الحمل الحي على  $5\text{kN/m}^2$ .

#### • القاطع الثقيل:

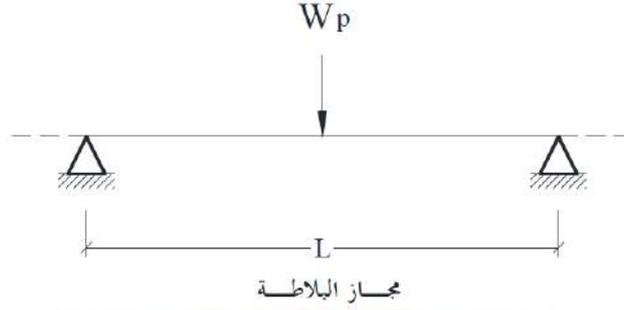
يكون القاطع ثقيلاً عندما  $\gamma_m \times h_m + \gamma_p \times h_p > 1.5\text{kN/m}^2$  أي عندما يزيد وزن المتر المربع من مساحة الجدار مع الزريقة على القيمة 1.5. في هذه الحالة تختلف معاملة الجدار بحسب موقعه من اتجاه عمل البلاطة.

أ- بلاطة مليئة (مصمتة) عاملة باتجاه وحيد مسنودة على جانبيين:

• عندما يكون الجدار عمودياً على اتجاه عمل البلاطة.

يتم حساب وزن الجدار بالمتر الطولي كما يأتي:

$$W_p = \gamma_p \times h_p \times H (\text{kN/m})$$



الشكل (6-2): حمولة القاطع المركزة

ويكون الحمل المكافئ لوزن القاطع معطى بالجدول (7-2):

الجدول (7-2): الحمل المكافئ للقاطع الثقيل المعامد لاتجاه العمل

الحمل المكافئ $kN/m^2$	موقع البلاطة
$W_e = 1.5 \frac{W_p}{L_2}$	بلاطة مستمرة من الطرفين
$W_e = 1.75 \frac{W_p}{L_2}$	بلاطة مستمرة من طرف واحد وحررة من الآخر
$W_e = 2 \frac{W_p}{L_2}$	بلاطة غير مستمرة من الطرفين

$L_2$ : المجاز الحسابي للبلاطة وفق اتجاه العمل مأخوذ بالمتر.

• عندما يكون الجدار موازياً لاتجاه عمل البلاطة.

يتم في هذه الحالة تكثيف التسليح تحت الجدار وفق شريحة عرضها يساوي إلى مسافة التأثير  $e$  حيث تحسب كما يأتي:

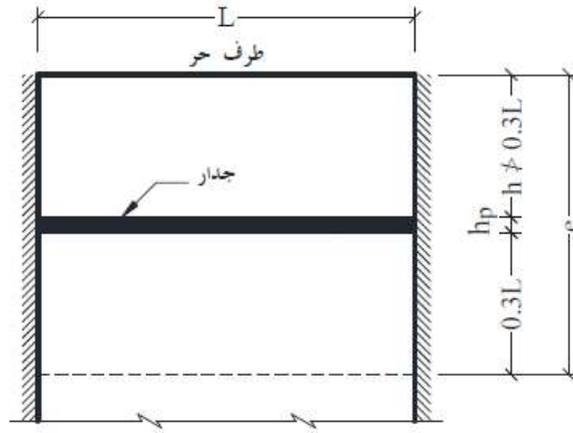
$$e = h + 0.3L_2 + h_p \leq h_p + 0.6L_2$$

ويكون الحمل المكافئ لوزن القاطع موزعاً على شريحة التأثير ذات العرض  $e$  مساوياً إلى:

$$W_e = \frac{W_p}{e}$$

تسلح شريحة التأثير ذات العرض  $e$  والواقعة تحت القاطع من أجل كامل حمولات البلاطة إضافة إلى الحمل المكافئ للقاطع  $w_e$ .

بينما تسلح باقي شرائح البلاطة على حمولات البلاطة من دون قاطع أي تتم دراسة شريحتين.



الشكل (7-2): جدار محمل قريب من طرف حر للبلاطة

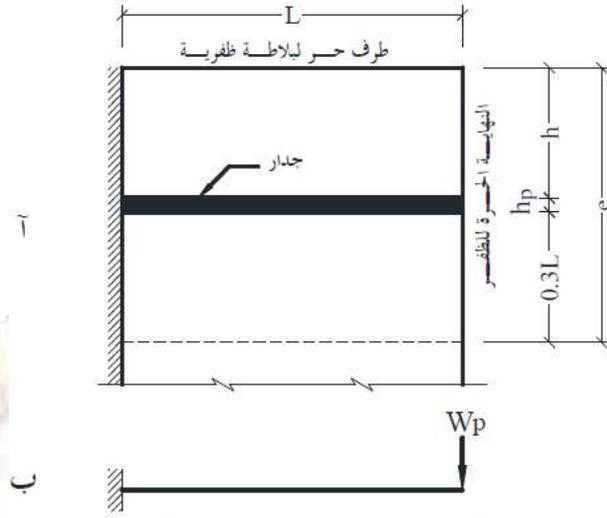
$h$ : بعد الجدار عن الطرف الأقرب للبلاطة مقدراً بالمتراً.

$h_p$ : سماكة الجدار مقدرة بالمتراً.

في حال كون الجدار واقعاً على حافة البلاطة يكون  $h=0$  ويكون عرض شريحة التأثير مساوياً إلى  $e = 0.3L_2 + h_p$ .

#### ب- بلاطة مليئة (مصمتة) ظفرية:

- عندما يكون الجدار موازياً لاتجاه عمل الظفر: يُعامل هذا القاطع كقاطع محمول على بلاطة عاملة باتجاه وحيد حيث توزع الحمولة على شريحة عرضها يساوي إلى مسافة التأثير  $e$ .
- عندما يكون الجدار معامداً لاتجاه عمل الظفر: في هذه الحالة تؤخذ حمولة القاطع بشكل حمولة مركزة في نهاية الظفر. وتدرس كشريحة متريية وتحلل عزومها بحسب الكود.



الشكل (8-2): تحميل جدار على بلاطة ظرفية

### 2-3-3 حساب العزوم في البلاطات العاملة باتجاه وحيد:

بعد حساب الحمولات تتم دراسة شريحة عرضها يساوي إلى متر واحد من البلاطة وفقاً لاتجاه العمل، حيث تدرس كجائز مستطيل المقطع العرض وعرضه يساوي إلى متر واحد وسماكته من سماكة البلاطة. يمكن حساب العزوم وفق الطريقة التقريبية المبينة في الكود العربي السوري إذا تحققت الشروط الآتية:

- 1- الحمولات موزعة بانتظام.
- 2- لا يزيد الحمل الحي المصعد على ضعفي الحمل الميت المصعد.
- 3- لا يزيد الاختلاف بين طولي كل مجازين متجاورين على 25% من المجاز الأكبر.

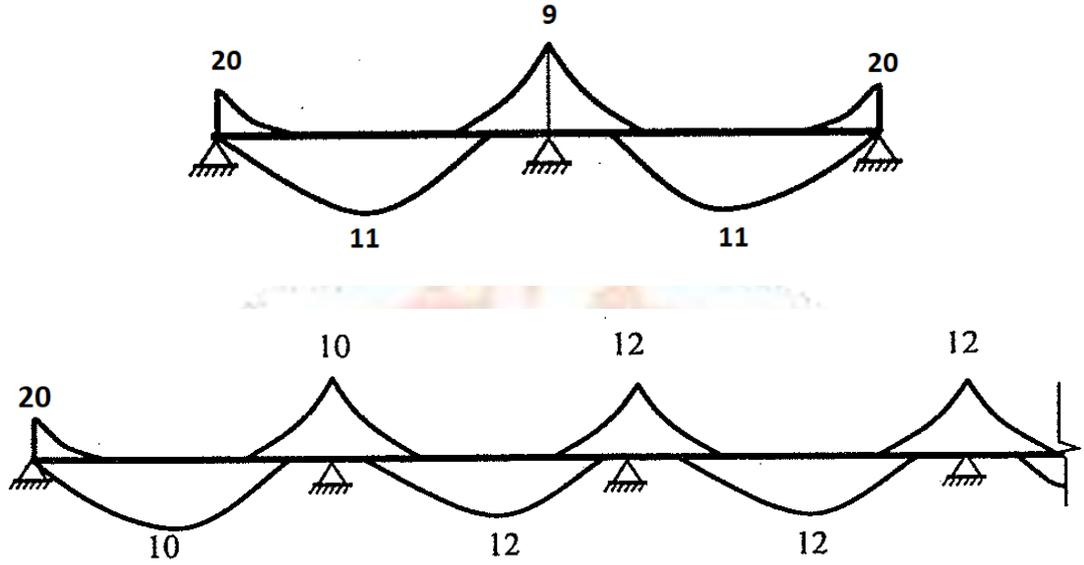
$$M = \frac{W_u L^2}{k}$$

يحسب العزم بحسب الطريقة التقريبية من المعادلة

$W_u$ : الحمولة المصعدة لمجاز البلاطة عند حساب العزوم الموجبة، ومتوسط حملي البلاطتين المتجاورتين عند حساب العزم السالب ورد الفعل.

$L$ : مجاز البلاطة عند حساب العزم الموجب وقوى القص، ومتوسط مجازي البلاطتين المتجاورتين عند حساب العزم السالب ورد الفعل فوق المساند الداخلية.

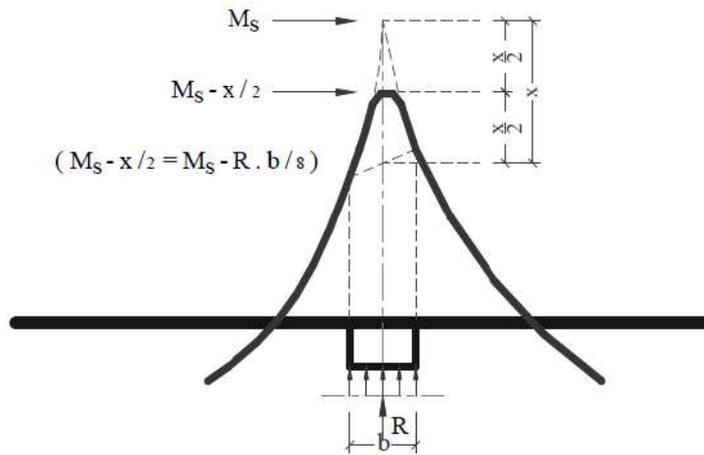
$k$ : معامل يؤخذ من المخططات الآتية:



الشكل(8-2): عوامل العزوم حسب الكود العربي السوري- نقابة المهندسين

في حال عدم تحقق إحدى الاشتراطات السابقة يجب حساب العزوم وفق الطرق الدقيقة وأسهل طريقة هي طريقة العزوم الثلاث كما مر في الجيزان.

يتم تخفيض العزوم السالبة فوق المساند بما يتناسب مع توزيع قطعي قدره  $M_1/2$  حيث  $M_1$  هو الفرق بين العزم عند محور المسند والعزم عند وجه المسند.



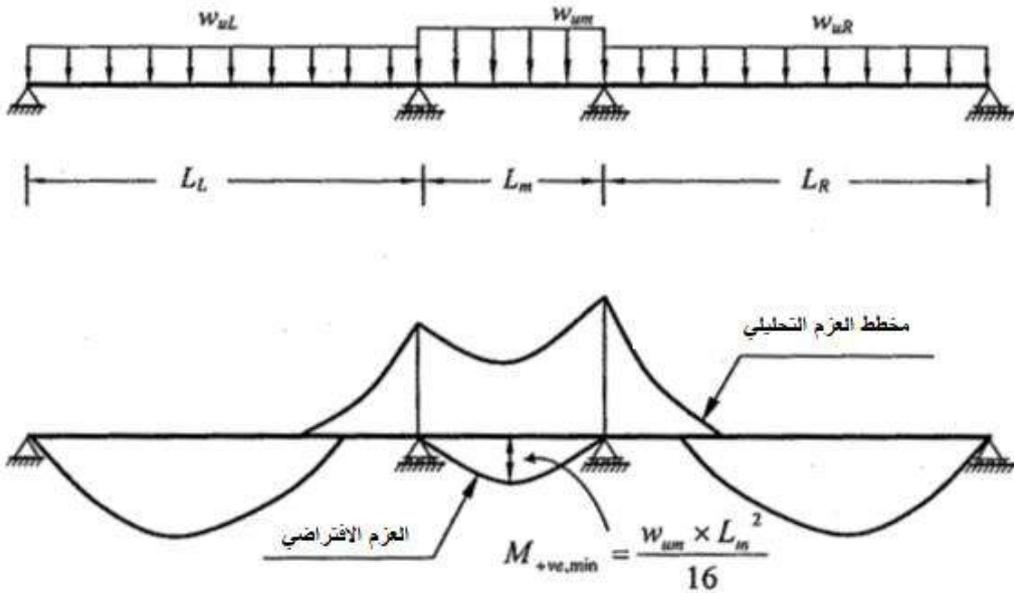
الشكل(9-2): تأثير عرض المسند على عزم المسند

• يؤخذ عزم سالب بنهاية الطرف الطويل للبلاطة ذات الاتجاه الواحد (عند وجود جانز في هذه

النهاية) مساوياً إلى  $M = \frac{W_u L_2^2}{35}$  حيث  $L_2$  هو المجاز الحسابي للبعد القصير للبلاطة.

• في حال وجود بلاطة ظفرية مستمرة مع بلاطة ذات اتجاه وحيد يؤخذ العزم السالب فوق المسند الواقع بين البلاطة والظفر مساوياً إلى عزم الظفر دون تخفيض، أما العزم الموجب في البلاطة المجاورة فيمكن حسابه باعتبار الظفر يشكل استمرارية للبلاطة في حال كون مجاز الظفر لا يقل عن ثلث مجاز البلاطة، بينما يعتبر استناداً بسيطاً إذا كان مجاز الظفر أقل من ثلث مجاز البلاطة على أنه يجب الزيادة في رد فعل المسند الطرفي بسبب عزم الظفر.

• الفتحة الشاخصة:  
عندما يكون هناك اختلاف كبير بين مجازات أو أحمال البلاطات المتجاورة يصبح العزم سالباً بشكل كامل على البلاطة الأصغر أو ذات الحمل الأقل كما في الشكل.



الشكل(10-2): عزم الفتحة الشاخصة

يتم فرض عزم موجب أصغري في أي مجاز لا يقل عن  $M = \frac{W_u L_2^2}{16}$ . في حال البلاطات المعرضة إلى

حمولة حية ثقيلة يجب أن يُصمم المقطع في منتصف المجاز لمقاومة عزم سالب إضافةً إلى إلى العزم

$$M_{\min} = \frac{(W_{DL} - W_{LL}/2)L_2^2}{24} \text{ الموجب لا يقل عن}$$

### 2-3-4 نقل أحمال البلاطات إلى الجيزان:

تحسب ردود أفعال البلاطات بالطريقة التقريبية كما يأتي:

1- رد الفعل على المسند الوسطي من أجل مجازين:

$$R = 1.15 \left( \frac{W_1 L_1}{2} + \frac{W_1 L_2}{2} \right)$$

2- رد الفعل على المسند الوسطي من أجل أكثر من مجازين:

$$R = 1.1 \left( \frac{W_1 L_1}{2} + \frac{W_1 L_2}{2} \right)$$

3- رد الفعل على المسند الطرفي عموماً:

$$R = 0.9 \left( \frac{W_1 L_2}{2} \right)$$

وممكن أخذه من دون تخفيض لصالح الأمان.

### 2-3-5 مساحات التسليح الدنيا والقصى في البلاطات المليئة وترتيبات التسليح:

أ. مساحة التسليح الدنيا في الاتجاه الرئيسي:

• تسليح أملس عادي المقاومة:

$$A_{s \min} = \frac{2.5}{1000} A_{cal}$$

$$A_{s \min} = \frac{1.5}{1000} A_c$$

• تسليح عالي المقاومة ذو نتوءات أو تسليح شبكات:

$$A_{s \min} = \frac{2}{1000} A_{cal}$$

$$A_{s \min} = \frac{1.2}{1000} A_c$$

ب. مساحة التسليح الدنيا في الاتجاه الثانوي:

• تسليح أملس عادي المقاومة:

$$A_{ss\min} = \begin{cases} \frac{1}{4} A_s \\ \frac{1.2}{1000} A_c \end{cases}$$

• تسليح عالي المقاومة ذو نتوءات أو تسليح شبكات:

$$A_{ss\min} = \begin{cases} \frac{1}{4} A_s \\ \frac{1}{1000} A_c \end{cases}$$

ج. مساحة التسليح القصوى:

$$A_{s\max} = \frac{1}{2} A_{sb}$$

### 6-3-2 ترتيبات التسليح في البلاطات:

أ. التباعد بين قضبان التسليح في الاتجاه الرئيسي:

$$80\text{mm} \leq S \leq \min \begin{cases} 2h \\ 200\text{mm} \end{cases}$$

h: سماكة البلاطة.

ب. تباعد القضبان في الاتجاه الثانوي:

$$80\text{mm} \leq S \leq \min \begin{cases} 3h \\ 250\text{mm} \end{cases}$$

لا تقل مساحة التسليح المستمر إلى المساند عن ثلث التسليح الموجب الأعظمي.

ج. التكميخ:

عند تحقق شروط الطريقة التقريبية لإيجاد العزوم، وزيادة أطوال المجازات على 10m. يمكن تكميخ جزء من التسليح السفلي شرط ألا يزيد على النصف، وذلك على مسافة لا تزيد على L/5 بجوار المسند الوسطي و L/7 بجوار المسند الطرفي، يمتد التسليح المكسح أعلى البلاطة مسافة قدرها L/4 في المجاز المجاور حيث تمثل L المجاز الأكبر بين المجازين المتجاورين. في حالات التحميل الأكثر تعقيداً (غير الموزعة بانتظام) يتم ترتيب التسليح حسب مغلطات العزوم ولا يقل امتداد التسليح العلوي ضمن المجاز المجاور على L/4.

د. قضبان التسليح:

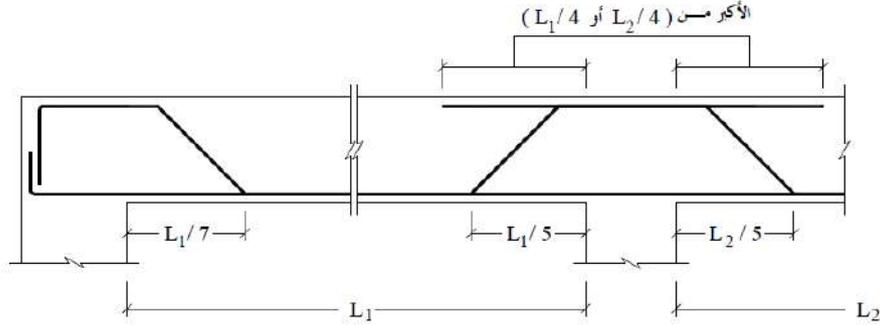
- أصغر قطر مستخدم في التسليح الرئيسي 6mm للتسليح المستقيم، 8mm للتسليح المكسح.
- أصغر قطر مستخدم في التسليح الثانوي 8mm .
- أكبر قطر مستخدم في تسليح البلاطات لا يزيد على 1/10 من سماكة البلاطة الكلية.

هـ. التسليح العلوي:

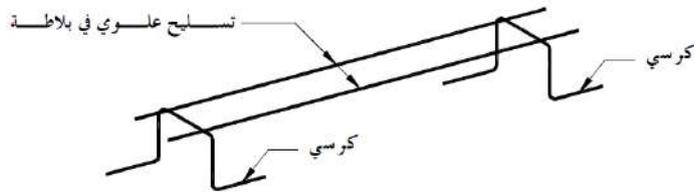
في البلاطات التي تساوي سماكتها أو تزيد على 200mm يجب استعمال شبكة تسليح علوية بنسبة تسليح دنيا.

يتم تثبيت التسليح العلوي باستعمال كراسي بأقطار لا تقل عن 10mm وتباعد لا يزيد على 1000mm وبحيث يحمل كل كرسي قضيبين متجاورين فقط.

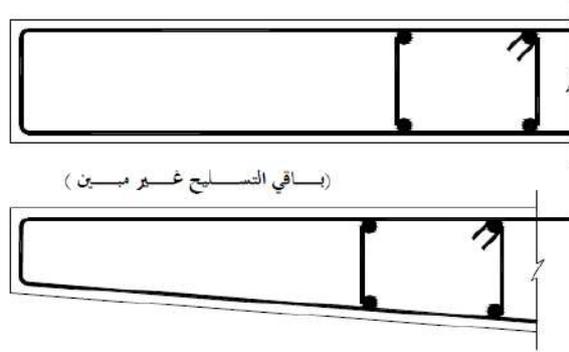
يوضع عصب مخفي في الأظفار من أجل المحافظة على موقع التسليح العلوي. يكون العصب قريب من المسند وعمودي على التسليح العلوي وهو مؤلف من 4 قضبان بقطر لا يقل عن 10mm وأساور لا تقل عن  $\phi 8 / 200mm$ .



الشكل(2-11): ترتيبات تكسيح تسليح البلاطة



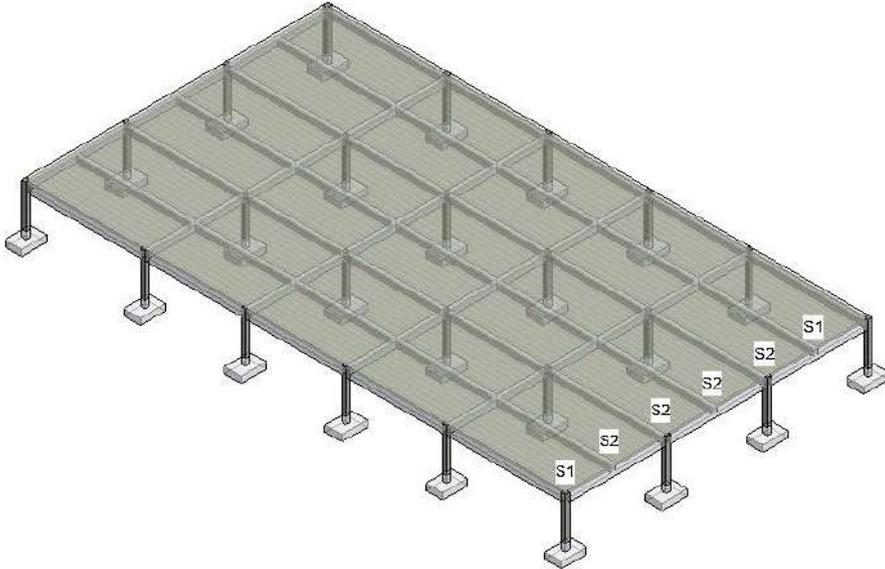
الشكل(2-12): تحميل التسليح العلوي للبلاطة على الكراسي



الشكل (2-13): تثبيت التسليح العلوي للظفر بواسطة جانز مخفي

7-3-2 مسائل محلولة عن البلاطات العاملة باتجاه وحيد وفقاً لطريقة الحدود القصوى:  
مسألة /1/:

يبين الشكل بلاطة مليئة عاملة باتجاه وحيد محمولة على جيزان ببتباعد قدره 3.6m، الحمولة الحيّة تساوي إلى  $5\text{ kN/m}^2$  الحمل الميت على البلاطة يساوي إلى الوزن الذاتي إضافة إلى إلى حمل إكساء وتغطية يساوي إلى  $3.5\text{ kN/m}^2$ . والمطلوب تصميم البلاطة المستمرة وفق الشريحة المبينة بالشكل، ورسم مسقط التسليح.  $f'_c = 20\text{ MPa}$ ,  $f_y = 400\text{ MPa}$ .



الحل:

التحقق من اتجاه عمل البلاطات:

بما أن الحمولة الحية أقل أو تساوي من  $5\text{kN/m}^2$  والمجازات متقاربة الطول:

$$S_1 : r = \frac{mL_1}{mL_2} = \frac{0.87 \times 8.5}{0.87 \times 3.6} = 2.36 > 2 \Rightarrow \text{One-way}$$

$$S_2 : r = \frac{mL_1}{mL_2} = \frac{0.87 \times 8.5}{0.76 \times 3.6} = 2.7 > 2 \Rightarrow \text{One-way}$$

حساب سماكة البلاطة:

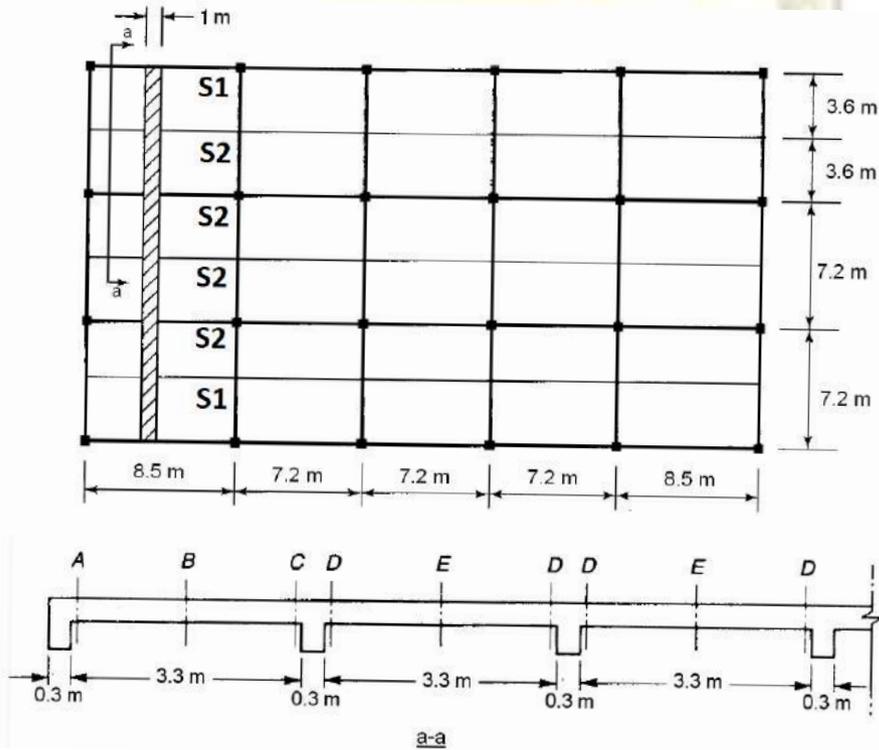
المجاز الأول والأخير - مستمر من طرف واحد:

$$S_1 : h_{\min} = \frac{L_2}{27} = \frac{3600}{27} = 133.33\text{mm}$$

المجازات الوسطية - مستمرة من الطرفين:

$$S_2 : h_{\min} = \frac{L_2}{30} = \frac{3600}{30} = 120\text{mm}$$

بفرض سماكة البلاطة تساوي إلى  $150\text{mm}$ .



بفرض قطر التسليح المستخدم يساوي إلى 10mm ويكون الارتفاع الفعّال:

$$d = h - 20 - \frac{d_b}{2} = 150 - 20 - \frac{10}{2} = 125mm$$

• حساب الحمولات:

$$W_{slab} = \gamma \cdot b \cdot h = 25 \times 0.15 \times 1 = 3.75kN/m^2$$

الوزن الذاتي للبلطة بالمتر المربع

$$W_{DL} = W_{slab} + 3.5 = 7.25kN/m^2$$

الأحمال الميتة

$$W_u = 1.4 \times 7.25 + 1.7 \times 5 = 18.65kN/m^2$$

• حساب المجاز الفعّال:

$$L_2 = L_{eff} = \min \begin{cases} L = 3600mm \\ L_0 + d = 3300 + 125 = 3425mm \\ 1.05L_0 = 3300 \times 1.05 = 3465mm \end{cases}$$

• حساب عزوم الانعطاف الموجبة والسالبة:

شروط استخدام طريقة عوامل الكود التقريبية:

• الحمولات موزّعة بانتظام.

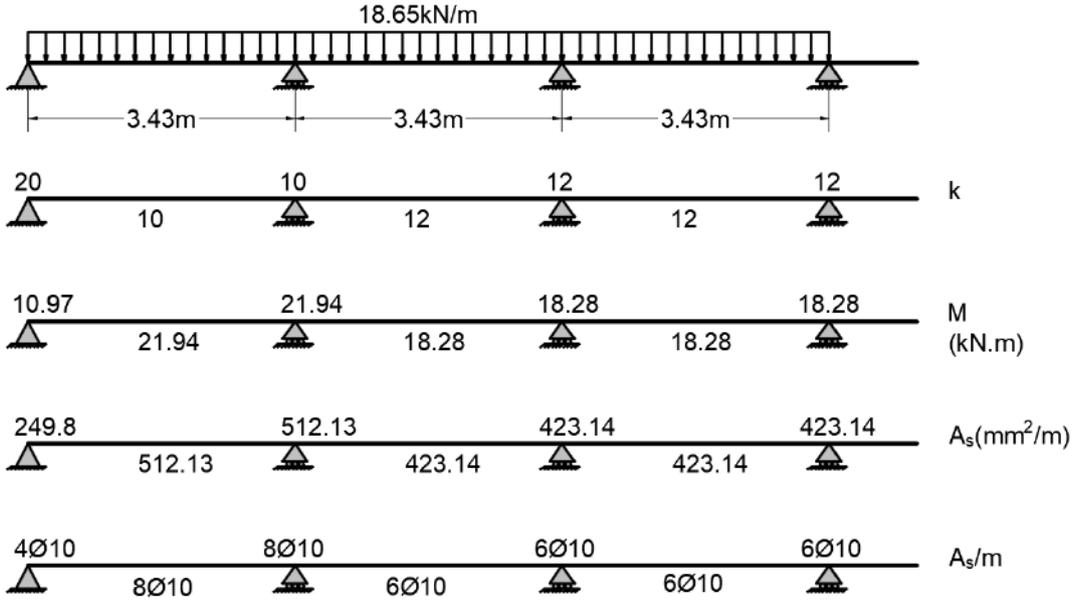
• الحمولة الحيّة أصغر من ضعفي الحمولة الميتة  $8.5 < 20.3$

• حسابات التسليح:

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b} \right)$$

$$21.94 \times 10^6 = 0.9 \times 400 A_s \left( 125 - \frac{1}{2} \frac{400 A_s}{0.85 \times 20 \times 1000} \right)$$

$$= 360 A_s (125 - 0.01176 A_s) \Rightarrow A_s = 512.13mm^2$$



• تحقيق التسليح:

$$A_{s\min} = \frac{1.2}{1000} bd = 150mm^2$$

$$A_{s\max} = \frac{1}{2} A_{sb} = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{(630 + f_y)} \frac{f'_c}{f_y} b \times d \right] = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{(630 + 400)} \frac{20}{400} 1000 \times 125 \right] = 1380.5mm^2$$

• يُلاحظ أن التسليح يحقق شرطي الحد الأعلى والحد الأدنى.

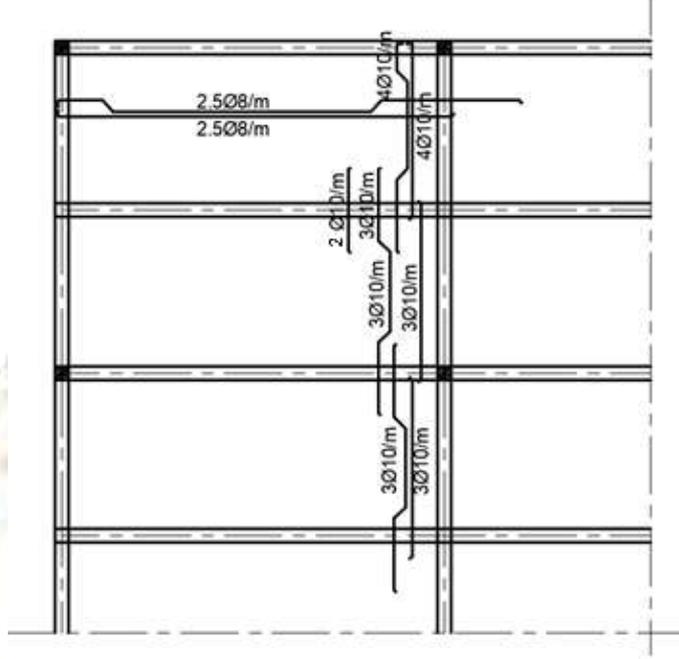
• التسليح الثانوي:

$$A_{ss\min} = \begin{cases} \frac{1}{4} A_s = S_1 : 128mm^2 \\ S_2 : 105.8mm^2 \\ \frac{1}{1000} A_c = 0.001 \times 125 \times 1000 = 125mm^2 \end{cases} \Rightarrow 5\phi 8 / m$$

• التسليح على الحرف الطويل للبلاطة:

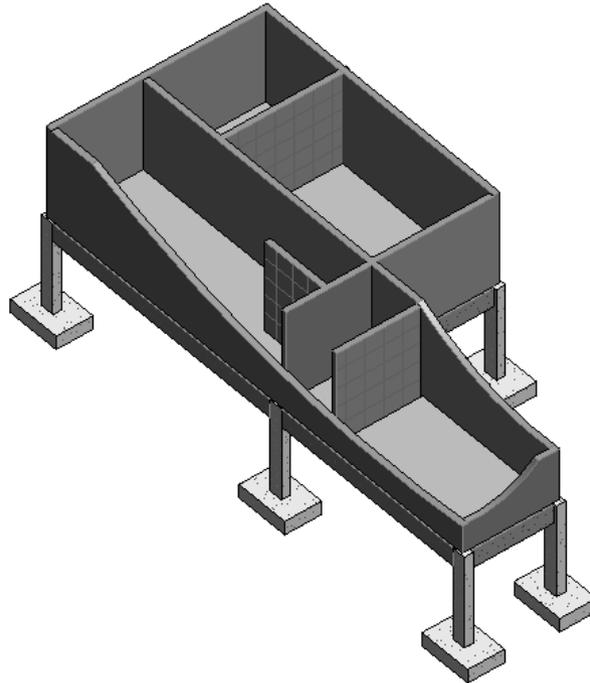
$$\frac{W_u L^2}{35} = 6.269kN.m \Rightarrow 2.5\phi 8 / m$$

• تفصيلة التسليح:

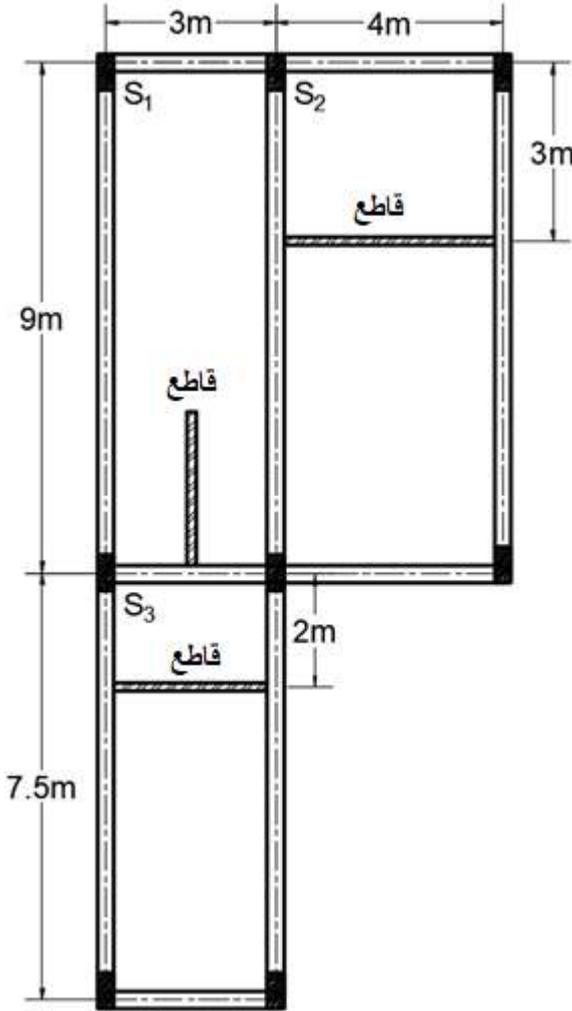


مسألة /2/:

يوضّح الشكل مسقطاً لبلاطات مليئة تحمل حمولات القواطع المبيّنة إضافةً إلى الوزن الذاتي والإكساء الأحمال الحيّة:



البلاطة	الحمولة الحية	سماعة القاطع	كثافة مادة القاطع
S <sub>1</sub>	4kN/m <sup>2</sup>	100mm	18kN/m <sup>3</sup>
S <sub>2</sub>	3.5kN/m <sup>2</sup>	100mm	13kN/m <sup>3</sup>
S <sub>3</sub>	3.5kN/m <sup>2</sup>	100mm	16kN/m <sup>3</sup>



سماعة البلاطة 120mm ، ارتفاع الطابق  
 $f'_c = 20MPa, f_y = 360MPa$  ، 3.5m  
 والمطلوب:

- 1- تحقق من سماعة البلاطة.
  - 2- احسب حمولات البلاطة.
  - 3- احسب التسليح.
- اعتبر المجازات المحورية هي الفعالة.  
 الحل:

- التحقق من اتجاه عمل البلاطات:  
 بما أن الحمولة الحية أكبر من  
 5kN/m<sup>2</sup> والمجازات متقاربة  
 الطول:

$$S_1 : r = \frac{mL_1}{mL_2} = \frac{0.87 \times 9}{0.87 \times 3} = 3 > 2 \Rightarrow \text{One-way}$$

$$S_2 : r = \frac{mL_1}{mL_2} = \frac{9}{0.87 \times 4} = 2.6 > 2 \Rightarrow \text{One-way}$$

$$S_3 : r = \frac{mL_1}{mL_2} = \frac{0.87 \times 7.5}{3} = 2.175 > 2 \Rightarrow \text{One-way}$$

وبالآتي تعمل البلاطات الثلاث باتجاه وحيد.

• حساب سماكة البلاطة:

البلاطة  $S_1, S_2$  - مستمرة من طرف واحد:

$$S_1 : h_{\min} = \frac{L_2}{27} = \frac{3000}{27} = 111.11 \text{mm}$$

$$S_2 : h_{\min} = \frac{L_2}{27} = \frac{4000}{27} = 148.15 \text{mm}$$

البلاطة  $S_3$  - غير مستمرة من الطرفين:

$$S_3 : h_{\min} = \frac{L_2}{25} = \frac{3000}{25} = 120 \text{mm}$$

الارتفاع المفروض غير كافٍ، بفرض سماكة البلاطة تساوي إلى 150mm.

بفرض قطر التسليح المستخدم يساوي إلى 10mm ويكون الارتفاع الفعّال:

$$d = h - 20 - \frac{d_b}{2} = 150 - 20 - \frac{10}{2} = 125 \text{mm}$$

• حساب الحمولات:

$$W_{slab} = \gamma \cdot b \cdot h = 25 \times 0.15 \times 1 = 3.75 \text{kN/m}^2$$

$$W_{DL} = W_{slab} + 2 = 5.75 \text{kN/m}^2$$

• القواطع:

1- البلاطة  $S_1$ : القاطع عمودي على اتجاه العمل:

$$\gamma_p \cdot h_p = 0.1 \times 18 = 1.8 \text{kN/m}^2 > 1.5 \text{kN/m}^2$$

وزن المتر المربع من مادة القاطع:

والقاطع ثقيل.

وزن المتر الطولي من مادة القاطع:

$$W_p = \gamma_p \cdot h_p \cdot H = 1.8 \times 3.5 = 6.3 \text{kN/m}$$

الحمولة المكافئة الموزّعة لوزن القاطع:

$$W_e = 1.75 \frac{W_p}{L_2} = 1.75 \frac{6.3}{3} = 3.675 \text{kN/m}^2$$

الحمولة الموزّعة بانتظام المصعدة على البلاطة S<sub>1</sub>:

$$W_{u1} = 1.4 \times (5.75 + 3.675) + 1.7 \times 4 = 20 \text{ kN/m}^2$$

-2- البلاطة S<sub>2</sub>: القاطع موازي لاتجاه العمل:

وزن المتر المربع من مادة القاطع:  $\gamma_p \cdot h_p = 0.1 \times 13 = 1.3 \text{ kN/m}^2 < 1.5 \text{ kN/m}^2$   
والقاطع خفيف.

الحمولة المكافئة الموزّعة لوزن القاطع من المخطط:  $W_e = 1.35 \text{ kN/m}^2$

الحمولة الموزّعة بانتظام المصعدة على البلاطة S<sub>2</sub>:

$$W_{u2} = 1.4 \times (5.75 + 1.35) + 1.7 \times 3.5 = 15.9 \text{ kN/m}^2$$

-3- البلاطة S<sub>3</sub>: القاطع مواز لاتجاه العمل:

وزن المتر المربع من مادة القاطع:  $\gamma_p \cdot h_p = 0.1 \times 16 = 1.6 \text{ kN/m}^2 > 1.5 \text{ kN/m}^2$   
والقاطع ثقيل ولا بد من تكثيف التسليح تحت القاطع.

عرض شريحة التأثير:

$$e = h + 0.3L_2 + h_p = 2 + 0.3 \times 3 + 0.1 = 3 > h_p + 0.6L_2 = 0.1 + 0.6 \times 3 = 1.9 \text{ m}$$

نعتمد  $e = 1.9 \text{ m}$ .

وزن المتر الطولي من مادة القاطع:  $W_p = \gamma_p \cdot h_p \cdot H = 1.6 \times 3.5 = 5.6 \text{ kN/m}$

ويكون الحمل المكافئ لوزن القاطع موزعاً على شريحة التأثير ذات العرض  $e$  مساوياً إلى:

$$W_e = \frac{W_p}{e} = \frac{5.6}{1.9} = 2.94 \text{ kN/m}^2$$

الحمولة الموزّعة بانتظام المصعدة على البلاطة S<sub>3</sub> خارج مسافة تأثير الجدار:

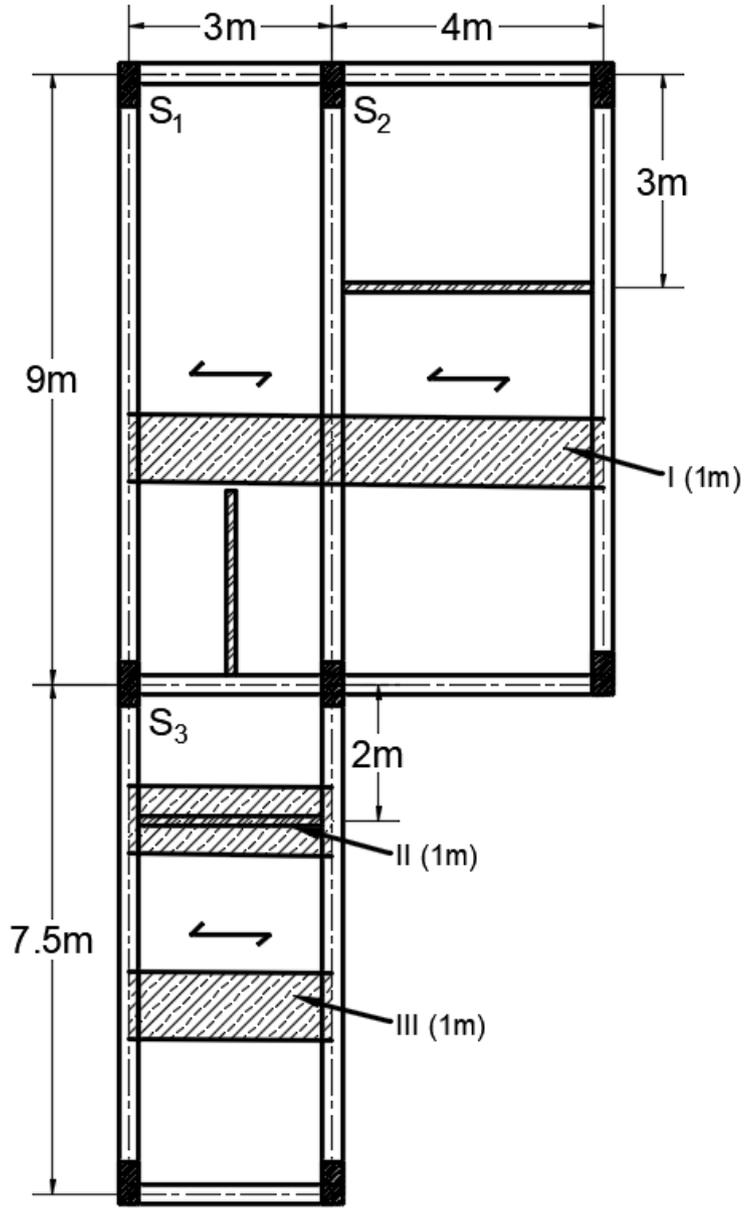
$$W_{u3} = 1.4 \times 5.75 + 1.7 \times 3.5 = 14 \text{ kN/m}^2$$

الحمولة الموزّعة بانتظام المصعدة على البلاطة S<sub>3</sub> ضمن مسافة تأثير الجدار:

$$W_{u3} = 1.4 \times (5.75 + 2.94) + 1.7 \times 3.5 = 18.12 \text{ kN/m}^2$$

• حساب العزوم والتسليح:

تتم دراسة شريحة مترية أفقية في البلاطتين S<sub>1</sub>، S<sub>2</sub> وشريحتين في البلاطة S<sub>3</sub> وذلك وفقاً لاتجاه العمل وهو القصير، كما في الشكل:



تحقيق شروط طريقة عوامل الكود التقريبية:

- الحمولات موزعة بانتظام.
- الحمل الحي المصعد أقل من ضعفي الحمل الميت المصعد.

$$2 \times 1.4 \times 9.425 = 26.3 > 1.7 \times 4 = 6.8$$

- المجازات المتجاورة متقاربة:

$$\frac{4-3}{4} \times 100 = 25\%$$

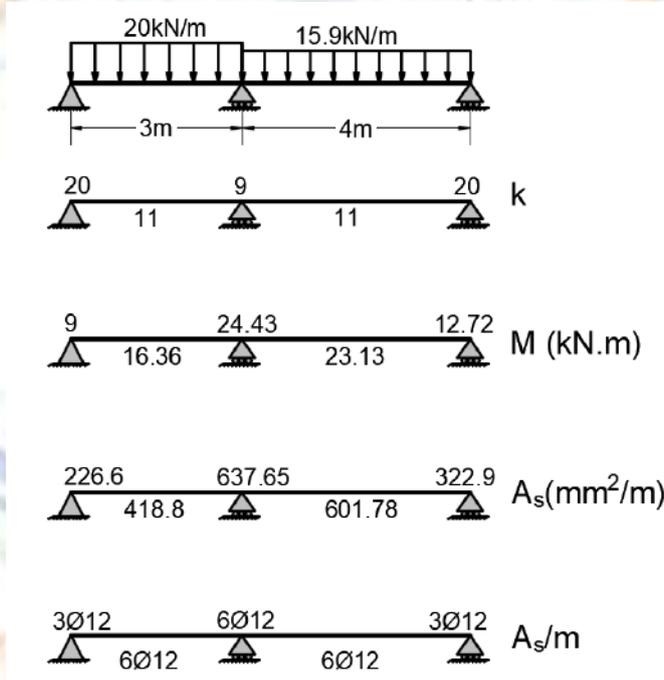
1- الشريحة (I):

$$W_{av} = 17.95 \text{ kN/m}, L_{av} = 3.5 \text{ m}$$

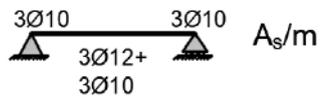
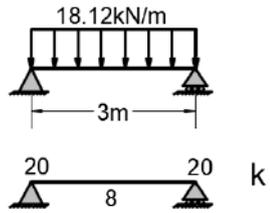
$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \right)$$

$$16.36 \times 10^6 = 0.9 \times 360 A_s \left( 125 - \frac{1}{2} \frac{360 A_s}{0.85 \times 20 \times 1000} \right) =$$

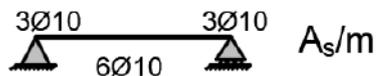
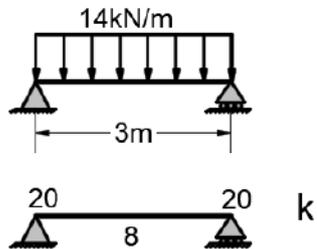
$$324 A_s (125 - 0.0106 A_s) \Rightarrow A_s = 418.8 \text{ mm}^2$$



2- الشريحة (II):



1- الشريحة (III):



• تحقيق التسليح:

$$A_{s\min} = \frac{1.2}{1000} bd = 150mm^2$$

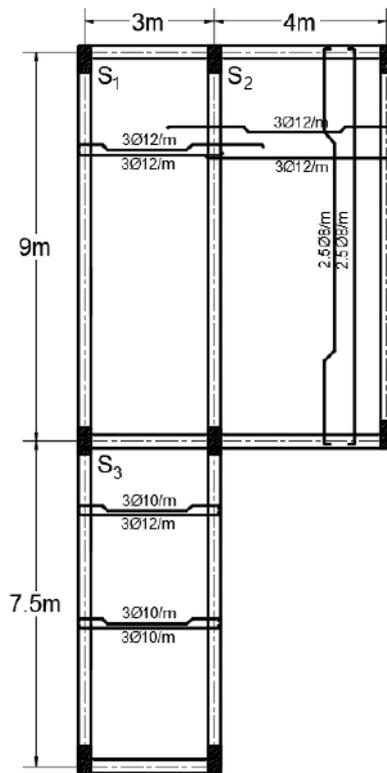
$$A_{s\max} = \frac{1}{2} A_{sb} = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{(630 + f_y)} \frac{f'_c}{f_y} b \times d \right] = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{(630 + 360)} \frac{20}{360} 1000 \times 125 \right] = 1595.8mm^2$$

يُلاحظ أن التسليح يحقق شرطي الحد الأعلى والحد الأدنى.

• التسليح الثانوي:

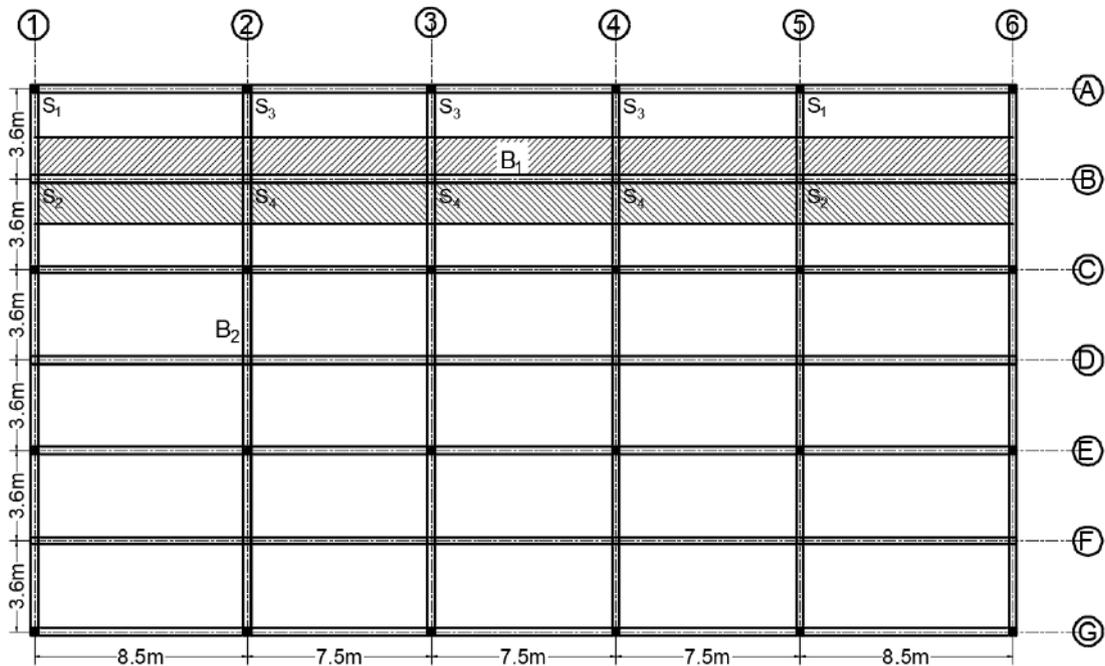
$$A_{ss\min} = \begin{cases} S_1 : 104.7mm^2 \\ \frac{1}{4} A_s = S_2 : 150.45mm^2 \\ S_3 : 131.82mm^2 \\ \frac{1}{1000} A_c = 0.001 \times 125 \times 1000 = 125mm^2 \end{cases} \Rightarrow 5\phi 8 / m$$

• تفصيلة التسليح:



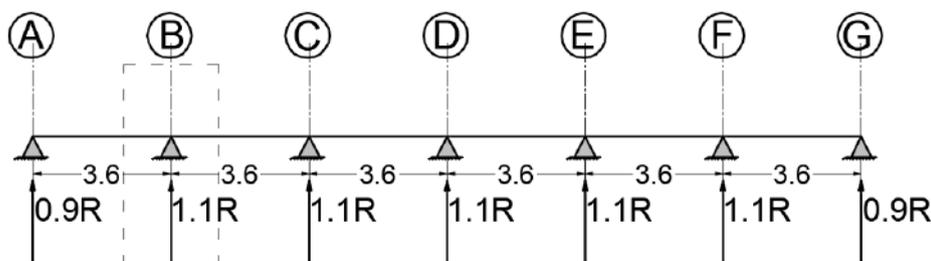
### مسألة /3/:

أوجد الحمولات على الجائز الثانوي  $B_1$  الواقع على المحور B-1:6 والجائز الرئيسي  $B_2$  الواقع على المحور 2-A:G من المسقط الخاص بالمسألة/1/ المبين بالشكل:  
 علماً بأن أبعاد الجائز  $B_1$  هي  $25 \times 65 \text{cm}$  والجائز  $B_2$  هي  $40 \times 110 \text{cm}$



الحل:

1- إن حمولة الجائز  $B_1$  هي عبارة عن وزنه الذاتي إضافة إلى رد فعل البلاطات المحسوبة أحمالها في المسألة الأولى كما في الشكل:



الحمولة الكلية المصعدة للبلاطة:  $W_u = 18.65 \text{ kN/m}^2$ .

- ويكون رد الفعل على الجائز الثانوي  $B_1$  مساوياً إلى  $1.1 \times 18.65 \times 3.6 = 73.85 \text{ kN/m}$
- الوزن الذاتي للجائز:  $0.25 \times 0.65 \times 25 = 4.063 \text{ kN/m}$

• وتكون الحمولة الكلية المصعدة الموزعة بانتظام على الجانز  $B_1$ :

$$1.4 \times 4.063 + 73.85 = 79.54 \text{ kN/m}$$

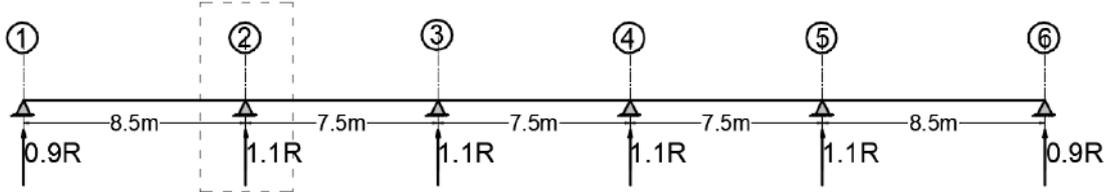
-2 حمولة الجانز الرئيسي  $B_2$ :

يحمل وزنه الذاتي إضافة إلى رد فعل الجانز الثانوي  $B_1$  والجيزان الموازية له. بفرض ردود الأفعال كلها متساوية يكون:

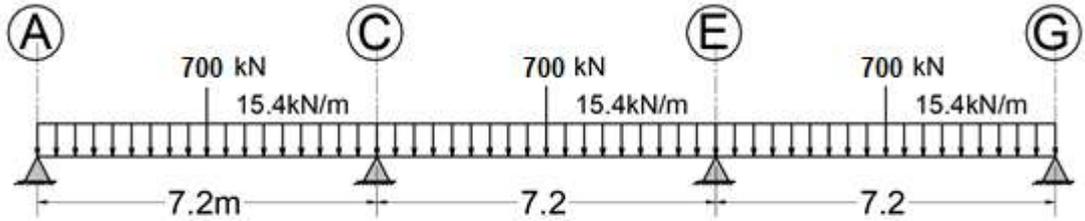
$$R = 1.1W_u L = 1.1 \times 79.54 \times \left( \frac{8.5}{2} + \frac{7.5}{2} \right) = 700 \text{ kN}$$

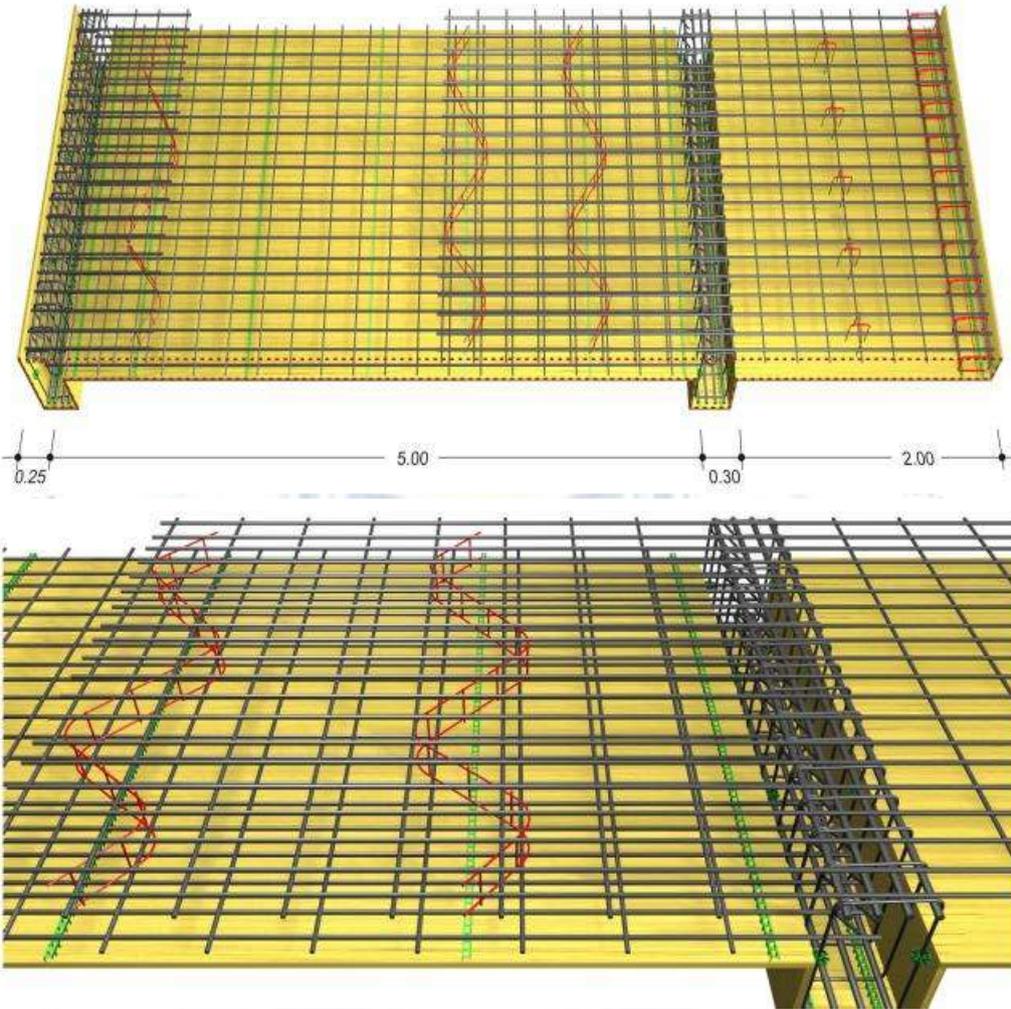
الوزن الذاتي للجانز:

$$1.4 \times (1.1 \times 0.4 \times 25) = 15.4 \text{ kN/m}$$

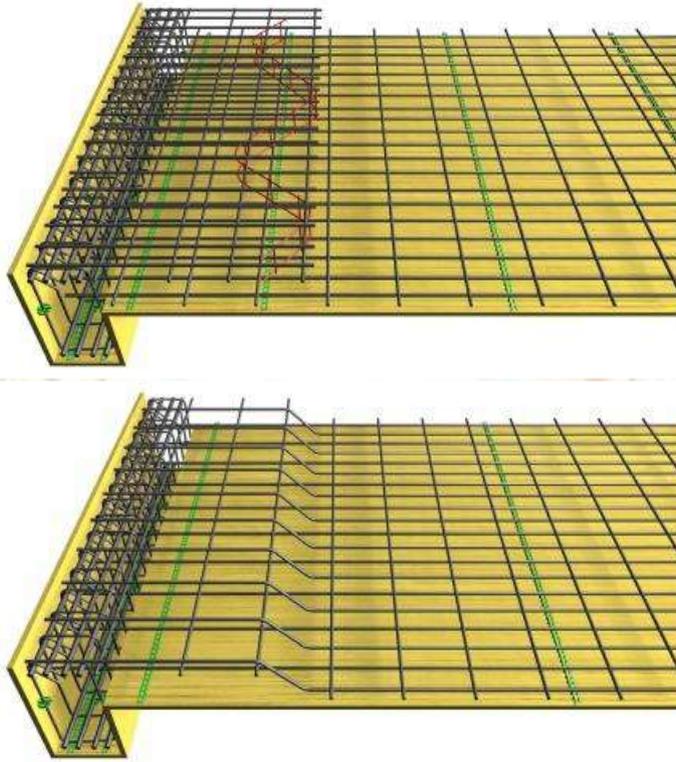


وتكون الأحمال على الجانز الرئيسي:





الشكل (2-14): تسليح البلاطة الطرفية وإرساؤه ضمن الجانز، مرجع رقم (10)



الشكل (2-15): تسليح البلاطة وإرساؤه ضمن الجانز، مرجع رقم (10)

#### 4-2 تحليل وتصميم البلاطات المليئة العاملة باتجاهين:

ينتقل الحمل في كلا الاتجاهين الطويل والقصير بنسب مختلفة في هذا النوع من البلاطات، وذلك عندما تكون نسبة الاستطالة  $r$  أقل أو تساوي  $1/2$ ، إذ تتحني هذه البلاطات وفق الاتجاهين وهذا يتطلب التسليح بالاتجاهين منعاً للتشقق الزائد والحد من التسهم، يوضع التسليح عادة بشكل يوازي كل من الاتجاه الطويل والقصير وذلك بحسب انحناء البلاطة، حيث يوضع التسليح العلوي في مناطق الانحناء السالب والتسليح السفلي في مناطق الانحناء الموجب.

إن الاتجاه القصير هو الاتجاه الرئيسي Main بينما الاتجاه الطويل هو الاتجاه الثانوي Secondary لأن الحمولة الأكبر تنتقل وفقاً للاتجاه القصير.

#### 1-4-2 سماكة البلاطة المليئة العاملة باتجاهين:

في حال استناد البلاطة العاملة باتجاهين على جيزان تزيد سماكاتها على مثلي سماكة البلاطة، تقدر السماكة الدنيا من المعادلة:

$$h_{min} = 140 / \text{المحيط المكافئ}$$

المحيط المكافئ: يُحسب اعتباراً من الأبعاد الداخلية مع جداء الضلع المستمر بالقيمة 0.76.

في حال استناد البلاطة العاملة باتجاهين على جيزان تقل سماكاتهما على مثلي سماكة البلاطة، تؤخذ السماكة الدنيا من الجدول (2-10):

الجدول(2-8): سماكة البلاطة المليئة العاملة باتجاهين

موقع المجاز	داخلي من دون سقوط	داخلي مع سقوط	طرفي من دون سقوط	طرفي مع سقوط
L/h	27	30	24	27

L: المتوسط الحسابي للمسافتين بين محاور الاستناد في الاتجاهين المتعامدين.

## 2-4-2 الحمولات في البلاطات العاملة باتجاهين Two-way Solid Slab:

### • الحمولات الحية الإضافية Live Loads

تحسب الحمولات الحية مقدرة بوحدة  $\text{kN/m}^2$  حيث توزع على كامل مساحة البلاطة وذلك بحسب نوع البناء ودواعي استخدامه. يتم فرض قيمتها من الجدول صفحة 75 في الكود العربي السوري.

### • الحمولات الميتة Dead Loads

#### ○ الوزن الذاتي للبلاطة Self Weigth

يُحسب بالمتري المربع كما في البلاطة المليئة العاملة باتجاهين:

$$SW = \gamma \times h$$

h: سماكة البلاطة المحسوبة بما يحقق شرط السهم.

$\gamma$ : الوزن الحجمي للبيتون المسلح  $25 \text{ kN/m}^3$  (وباعتبار نسبة التسليح 1%)

#### ○ حمولات الإكساء والتغطية Flooring

وهي تمثل مجموع أحمال طبقات الإكساء كما في العلاقة:

$$Flooring = \sum \gamma_i \times h_i$$

أو تؤخذ تقريبية كما يأتي:

$2 \text{ kN/m}^2$  عندما لا تحتوي طبقات الإكساء على تمديدات تدفئة مركزية.

$3 \text{ kN/m}^2$  عندما تحتوي طبقات الإكساء على تمديدات تدفئة مركزية.

#### ○ حمولات القواطع Partitions

عندما يكون القاطع خفيفاً يُعامل بنفس معاملة القاطع الخفيف المحمول على بلاطة عاملة باتجاه واحد.

### • القاطع الخفيف:

لا يزيد وزنه على 1.5kN لكل متر مربع من مساحة الجدار وذلك مع الزريقة.

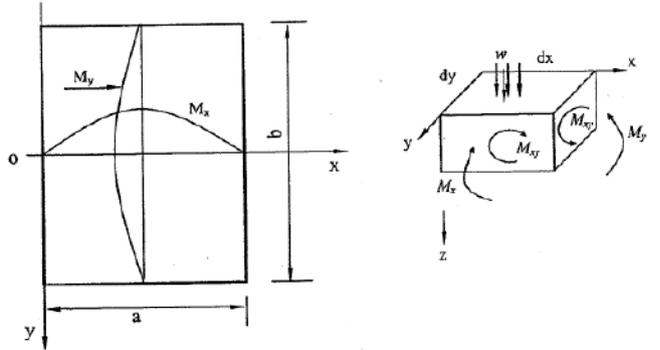
وعندما يكون القاطع ثقيلاً يؤخذ مجموع أوزان القواطع المتوضعة على البلاطة (بضمها أوزان إكساء القاطع من طينة (زريقة) وما شابه. ويُضرب بعامل تكبير قدره 1.5 ثم يقسم الناتج على مساحة البلاطة بين خطوط الاستناد (أبعاد محورية).

$$W_e = 1.5 \frac{\sum (W_p)}{L_1 \times L_2}$$

### 3-4-2 حساب وتوزيع العزوم في البلاطات العاملة باتجاهين وفقاً لطريقة الشرائح:

يمكن اتباع طريقة الشرائح التقريبية الواردة في الكود العربي السوري في الصفحة 208 شرط كون الحمولة الحيّة أصغر من 5kN/m<sup>2</sup>. ذلك لأن الحل الدقيق معقد كثيراً ويتضمن العديد من الحسابات الرياضية، حيث يتم اعتبار شريحة بعرض 1m في كل اتجاه، ويُستخلص الحل الدقيق من المعادلة:

$$\frac{\partial^2 M_x}{\partial x^2} - 2 \frac{\partial^2 M_{xy}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_y}{\partial y^2} = -W$$



الشكل (2-15): التحليل المرن للبلاطة

في حين يُهمل الحل التقريبي بطريقة الشرائح عزم الفتل ممثلاً بالحد  $\frac{\partial^2 M_{xy}}{\partial x \partial y}$ ، فمثلاً من أجل

بلاطة مربعة مستندة استناداً بسيطاً تكون الحمولة المنتقلة في الاتجاه x مساوية إلى الحمولة المنتقلة في الاتجاه y وهي W/2 وبالاتي يكون عزم الانعطاف الناتج في الشريحة:

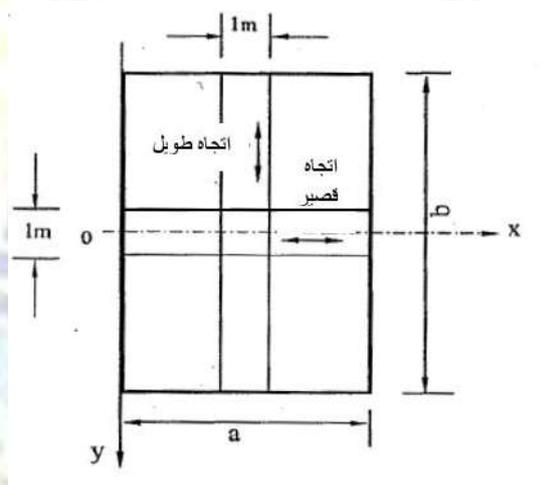
$$M_{\max} = \frac{(W/2)L_2^2}{8} = \frac{1}{2} \frac{WL_2^2}{8}$$

بينما في الحل الدقيق (حسب نظرية الصفائح) يكون العزم الأعظمي من أجل بلاطة مرتبة مساوياً إلى:

$$M_{\max} = 0.044WL_2^2 = 0.35 \frac{WL_2^2}{8}$$

على الرغم من وجود الاختلاف بين القيمتين إلا أنه لصالح الأمان. مع زيادة نسبة الاستطالة في البلاطة فإن الحمولة المنقولة في الاتجاه القصير تزداد والحمولة المنقولة في الاتجاه الطويل تنقص. تُقسم الحمولة في طريقة الشرائح إلى جزأين، أحدهما في الاتجاه الطويل والآخر في الاتجاه القصير بحسب النسب الواردة في الجدول:

- الحمولة المنقولة في الاتجاه القصير  $W_{\alpha 2} = \alpha_2 W_u$
- الحمولة المنقولة في الاتجاه الطويل  $W_{\alpha 1} = \alpha_1 W_u$



الشكل(2-16): توزيع الحمولة وفق الاتجاهين

تُعطى معاملات توزيع الحمولة وفقاً للاتجاهين الطويل والقصير في الكود العربي السوري بحسب نسبة الاستطالة  $r$  وفقاً للجدول(2-9):

الجدول(2-9): معاملات توزيع الحمولة وفق الاتجاهين حسب الكود العربي السوري

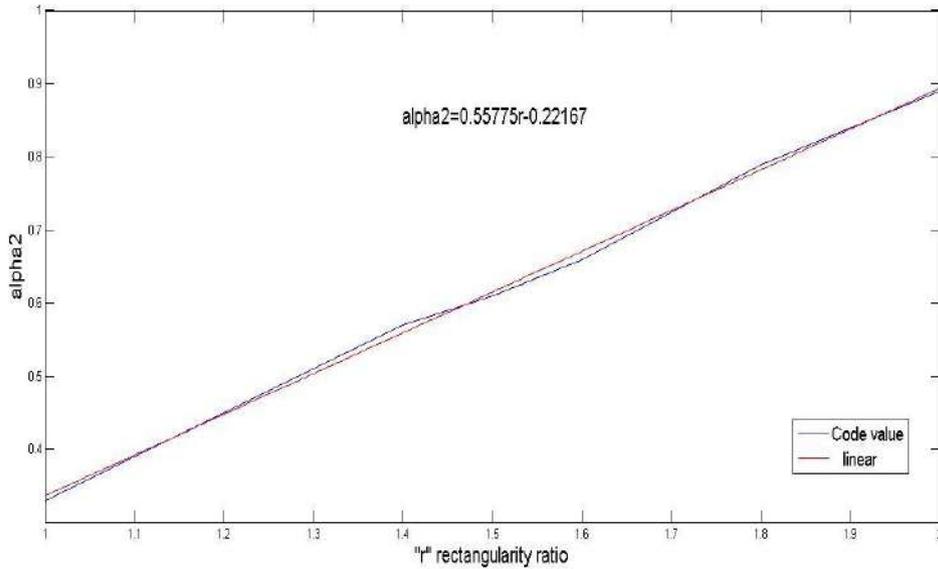
نسبة الاستطالة r	0.76	0.80	0.90	1.00	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	$\infty$
$\alpha_1$	0.52	0.48	0.40	0.33	0.28	0.23	0.19	0.16	0.14	0.12	0.08	0.06	0.00
$\alpha_2$	0.19	0.21	0.27	0.33	0.39	0.45	0.51	0.57	0.61	0.66	0.79	0.89	1.00

- يمكن استعمال التوسط الداخلي من أجل قيم غير موجودة في الجدول.
- يُعطي الكود المصري ECP203 قيم معاملات توزيع الحمولة عن طريق معادلات بدلالة نسبة الاستطالة r ولكنها مختلفة قليلاً عن جدول الكود العربي السوري:

$$\alpha_1 = \frac{0.35}{r^2}; \alpha_2 = \frac{r}{2} - 0.15$$

إن المعادلتين الآتيتين تُعطيان قيمة تقريبية جداً من قيم الجدول الوارد في الكود العربي السوري:

$$\alpha_1 = \frac{0.33}{r^2}; \alpha_2 = 0.558r - 0.222$$



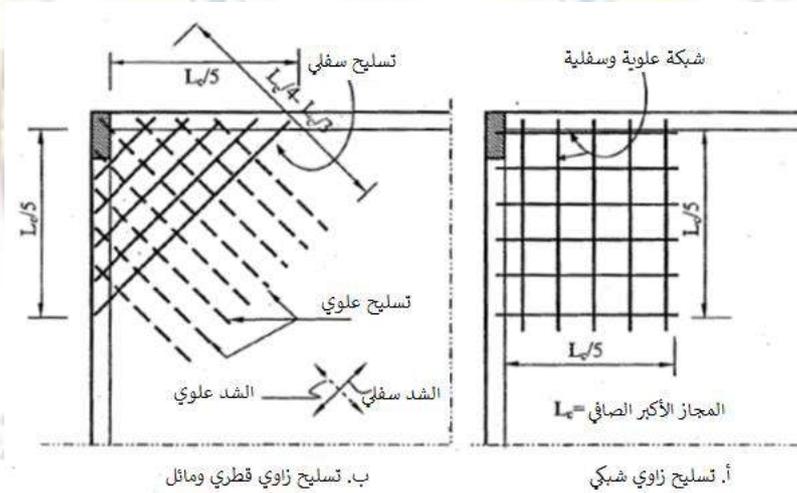
الشكل (2-18): إلباس المعامل وفق الاتجاه القصير بمعادلة

- تتأثر الحمولة المنتقلة في كل اتجاه باستمرارية البلاطة وقد تم أخذها بالحسبان عند حساب نسبة الاستطالة وفقاً للمعامل m، حيث تعتمد قيمة m على استمرارية المجاز وتعرّف بأنها النسبة بين المسافة بين نقطتي انعدام العزم (Inflection Points) إلى المجاز الفعّال.
- شروط تطبيق طريقة الشرائح:

- 1- تطبق في بلاطات المباني العادية التي لا تتجاوز الأحمال الحية فيها القيمة  $5\text{kN/m}^2$  على أنه يُمكن استعمالها في حالة أحمال حية أكبر شريطة مراعاة احتمال تغيير إشارة العزوم في وسط المجاز وعند المساند (نشوء عزوم سالبة في وسط المجاز وعزوم موجبة عند المساند).
- 2- بلاطات تستند إلى جيزان محيطية ذات سماكة لا تقل عن مثلي سماكة البلاطة ومصبوبة باستمرارياً مع البلاطة وذلك من أجل مقاومة عزوم الفتل الناشئة، مع وجود تسليح علوي اعتباري عند المسند لتحقيق ذلك.

## 5-2 تسليح الزوايا Corner Reinforcement

يحصل عزم قتل في الزوايا الحرة للبلاطة العاملة باتجاهين وتكون قيمته صغيرة ومهملة في البلاطات ذات الأبعاد التي تقل عن 4 أو خمس أمتار، في البلاطات التي تتجاوز مجازاتها خمسة أمتار يؤدي هذا العزم إلى تشقق البلاطة قطعياً من الأسفل، ويجب إضافة تسليح خاص للتحكم بالشروخ ومقاومة عزم الفتل الحاصل، توضع قضبان تسليح سفلية بشكل معامد لقطر البلاطة وعلوية بشكل موازي للقطر، أو توضع شبكة تسليح أفقية وشاقولية تمتد على مسافة تساوي إلى خمس المجاز، تؤخذ مساحة التسليح وتباعده مساوية إلى مساحة وتباعده التسليح الرئيسي الموجب بالمتر الطولي.

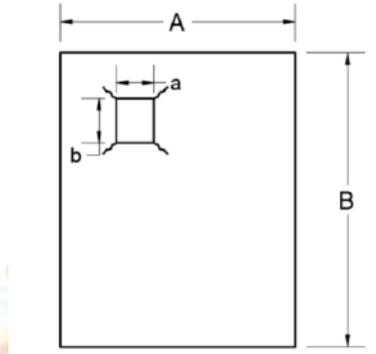


الشكل (2-19): تسليح زوايا البلاطات الحرة التي تزيد أبعادها عن 4 متر

## 6-2 الفتحات في البلاطات Slabs Openings

تُصنّف الفتحات إلى فتحات صغيرة وفتحات كبيرة بحسب نسبة أبعاد الفتحة إلى أبعاد البلاطة.

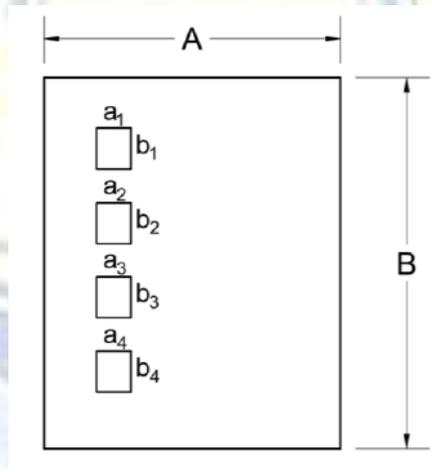
- حالة وجود فتحة وحيدة: إذا كانت نسبتنا بُعدي الفتحة في الاتجاهين إلى مجازي البلاطة في الاتجاهين الموازيين لا تتعدى 0.25.



الشكل (20-2): أبعاد الفتحة الوحيدة

$$\frac{a}{A} \leq \frac{1}{4}; \frac{b}{B} \leq \frac{1}{4}$$

- حالة وجود عدة فتحات ضمن البلاطة: تُعد هذه الفتحات صغيرة إذا كانت نسبة مجموع أبعادها في كل من الاتجاهين إلى مجازي البلاطة في الاتجاهين الموازيين لا تتعدى 0.25.

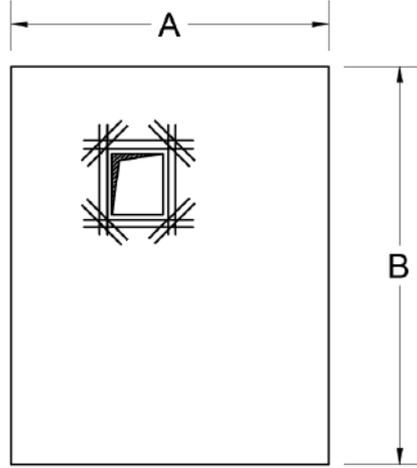


الشكل (21-2): أبعاد الفتحات المتعددة

$$\frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots}{A} \leq \frac{1}{4}; \frac{b_1 + b_2 + b_3 + \dots}{B} \leq \frac{1}{4}$$

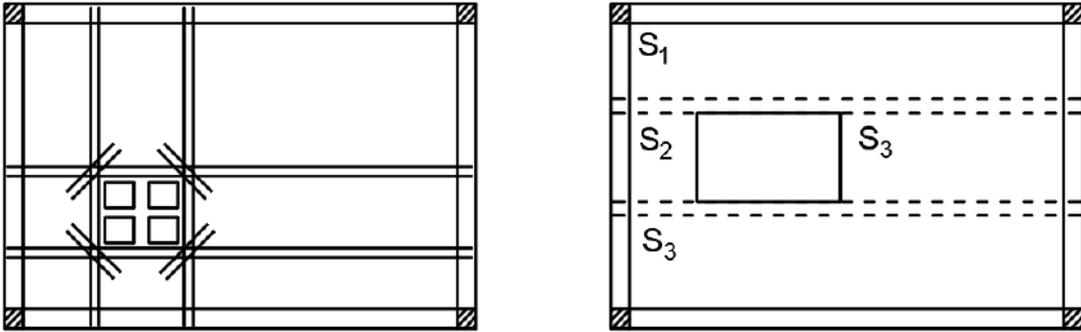
تظهر التشققات عند زوايا الفتحات لذلك يجب تعويض التسليح المقطوع، حيث يتم تعويض نفس مساحة التسليح المقطوع ويركز على جوانب الفتحة بالتساوي إضافةً إلى تسليح قطري. وفي حال عدم استعمال تسليح قطري يُزاد التسليح على جانبي الفتحة بنسبة 50% أي لا تقل مساحة التسليح على كل طرف عن ¼ من مساحة التسليح المقطوع حسب كل اتجاه، حيث:

- لا تقل القيمة الأصغرية للتسليح الطولي عن  $2\phi 12$  من كل طرف.
- لا تقل القيمة الأصغرية للتسليح القطري عن  $2\phi 10$  من كل زاوية.



الشكل(22-2): تعويض تسليح الفتحة

- إذا كانت الفتحات الصغيرة متجاورة يوضع التسليح البديل للتسليح المقطوع حول مجموعة الفتحات ويجب أن يُمد التسليح على جوانب الفتحات إلى داخل المساند.



الشكل(23-2): حالة الفتحات الكبيرة

- في حالة الفتحات الكبيرة تقسم البلاطات إلى بلاطات وتوضع جيزان على محيط الفتحة وتوصل تلك الجيزان إلى مساند البلاطة، يتم تحليل تلك الجيزان وفق المبادئ الهندسية السليمة.

**7-2 توزيع العزوم في البلاطات العاملة باتجاهين وفقاً لطريقة الجداول Coefficient Method**  
يستند حساب العزوم في طريقة الجداول إلى نظريات المرنة شرط أن تتوفر المستلزمات الكافية لضمان وضع التسليح المقاوم لعزوم الانحناء السالبة في مكانه الصحيح أثناء الصب، وتقتصر صلاحية هذه الجداول على بلاطات المباني العادية التي لا تتجاوز الأحمال الحية عليها القيمة  $5\text{kN/m}^2$  على أنه يمكن استعمالها لحالة أحمال حية أكبر، شريطة مراعاة احتمال تغيير إشارة العزم في وسط المجاز وعند المسند (نشوء عزم سالب في وسط المجاز وعزم موجب عند المسند).

• **مبدأ الطريقة :**

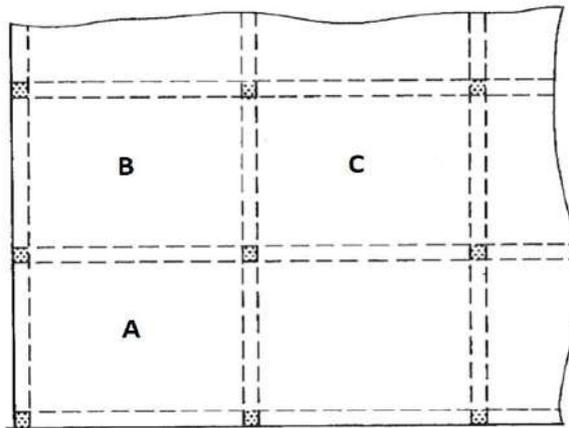
يتم استعمال عوامل مدرجة في جداول من أجل حالات مختلفة وتعتمد هذه العوامل على التحليل المرن ولكنها تأخذ بنظر الاعتبار إعادة التوزيع غير المرن وبالنتيجة العزم التصميمي في أي اتجاه أقل من العزم المرن في هذا الاتجاه، تحسب العزوم في الاتجاهين وفقاً للمعادلات:

$$M_a = \alpha_a W_u a^2; \quad M_b = \alpha_b W_u b^2$$

$\alpha_a, \alpha_b$ : عوامل التوزيع الجدولية

$W_u$ : الحمولة الموزعة  $\text{kN/m}^2$

$a, b$ : أطوال المجازات وفق الاتجاهين



الشكل(2-24): توزيع الشرائح

يتم تقسيم كل بلاطة إلى شرائح؛ شريحة وسطية عرضها  $\frac{1}{2}$  البعد الموازي و شريحتين مسنديتين عرض كل منها يساوي إلى  $\frac{1}{4}$  البعد الموازي، تصمم الشريحة المسندية من أجل كامل العزم الأعظمي الحاصل في هذا الاتجاه، بينما تصمم الشرائح المسندية من أجل العزم السالب الأعظمي عند الالتقاء مع

الشريحة المسندية أو العزم السالب الاعتباري الذي يساوي إلى 4.0 من العزم الموجب الأعظمي، يبين الشكل (2-24) توزيع الشرائح، حيث تختلف استنادات البلاطات حسب موقعها حيث إن البلاطة A لها استمرارية من اليمين والأسفل، وهي حرة من اليسار والأعلى، بينما البلاطة B لها طرف حر وثلاثة أطراف مستمرة والبلاطة C مستمرة من أربع جهات. كما هو معلوم فإن العزوم الموجبة والسالبة تتأثر بطبيعة الاستمرارية في البلاطة وقد أخذت العوامل  $\alpha_a, \alpha_b$  ذلك بالحسبان، وهي مبينة في الجداول كما يأتي :

- الجدول (1) يعطي عوامل العزوم السالبة في الأطراف المستمرة وبما أن العزم السالب يحصل عندما يكون المجازان المتجاوران محمّلان بكامل الحمل الحي والميت فإن العزم السالب يحسب هنا من أجل  $W_{tot}$ .
- الجدول (2) يعطي عوامل العزوم الموجبة من أجل الحمل الميت .
- الجدول (3) يعطي عوامل العزوم الموجبة من أجل الحمل الحي .
- الجدول (4) يعطي عوامل توزيع الحمولات في الاتجاهين من أجل تحقيق الجهد القاطع.

يُعمد الاصطلاح الآتي لطرف البلاطة في رموز الجداول:

طرف مستمر   
 طرف حر 

جدول عوامل العزوم السالبة:

$\frac{a}{b}$ نسبة	حالة ١ a 	حالة ٢ 	حالة ٣ 	حالة ٤ 	حالة ٥ 	حالة ٦ 	حالة ٧ 	حالة ٨ 	حالة ٩ 
1.00	$\alpha_{\bar{A}}$ $\alpha_{\bar{B}}$	0.045 0.045	0.076	0.050 0.050	0.075	0.071	0.071	0.033 0.061	0.061 0.033
0.95	$\alpha_{\bar{A}}$ $\alpha_{\bar{B}}$	0.050 0.041	0.072	0.055 0.045	0.079	0.075	0.067	0.038 0.056	0.065 0.029
0.90	$\alpha_{\bar{A}}$ $\alpha_{\bar{B}}$	0.055 0.037	0.070	0.060 0.040	0.080	0.079	0.062	0.043 0.052	0.068 0.025
0.85	$\alpha_{\bar{A}}$ $\alpha_{\bar{B}}$	0.060 0.031	0.065	0.066 0.034	0.082	0.083	0.057	0.049 0.046	0.072 0.021
0.80	$\alpha_{\bar{A}}$ $\alpha_{\bar{B}}$	0.065 0.027	0.061	0.071 0.029	0.083	0.086	0.051	0.055 0.041	0.075 0.017
0.75	$\alpha_{\bar{A}}$ $\alpha_{\bar{B}}$	0.069 0.022	0.056	0.076 0.024	0.085	0.088	0.044	0.061 0.036	0.078 0.014
0.70	$\alpha_{\bar{A}}$ $\alpha_{\bar{B}}$	0.074 0.017	0.050	0.081 0.019	0.086	0.091	0.038	0.068 0.029	0.081 0.011
0.65	$\alpha_{\bar{A}}$ $\alpha_{\bar{B}}$	0.077 0.014	0.043	0.085 0.015	0.087	0.093	0.031	0.074 0.023	0.083 0.008
0.60	$\alpha_{\bar{A}}$ $\alpha_{\bar{B}}$	0.081 0.010	0.035	0.089 0.011	0.088	0.095	0.024	0.080 0.018	0.085 0.006
0.55	$\alpha_{\bar{A}}$ $\alpha_{\bar{B}}$	0.084 0.007	0.028	0.092 0.008	0.089	0.096	0.019	0.085 0.014	0.086 0.005
0.50	$\alpha_{\bar{A}}$ $\alpha_{\bar{B}}$	0.086 0.006	0.022	0.094 0.006	0.090	0.097	0.014	0.089 0.010	0.088 0.003

$$M_{\bar{A}} = \alpha_{\bar{A}} \cdot w \cdot a^2$$

$$M_{\bar{B}} = \alpha_{\bar{B}} \cdot w \cdot b^2$$

$$w = g + p$$

$$w_u = g_u + p_u$$

جدول عوامل العزوم الموجبة تحت تأثير الأحمال الميتة في البلاطات:

$\frac{a}{b}$	نسبة	حالة ١	حالة ٢	حالة ٣	حالة ٤	حالة ٥	حالة ٦	حالة ٧	حالة ٨	حالة ٩
										
1.00	$\alpha_A DL$	0.036	0.018	0.018	0.027	0.027	0.033	0.027	0.020	0.023
	$\alpha_B DL$	0.036	0.018	0.027	0.027	0.018	0.027	0.033	0.023	0.020
0.95	$\alpha_A DL$	0.040	0.020	0.021	0.030	0.028	0.036	0.031	0.022	0.024
	$\alpha_B DL$	0.033	0.016	0.025	0.024	0.015	0.024	0.031	0.021	0.017
0.90	$\alpha_A DL$	0.045	0.022	0.025	0.033	0.029	0.039	0.035	0.025	0.026
	$\alpha_B DL$	0.029	0.014	0.024	0.022	0.013	0.021	0.028	0.019	0.015
0.85	$\alpha_A DL$	0.050	0.024	0.029	0.036	0.031	0.042	0.040	0.029	0.028
	$\alpha_B DL$	0.026	0.012	0.022	0.019	0.011	0.017	0.025	0.017	0.013
0.80	$\alpha_A DL$	0.056	0.026	0.034	0.039	0.032	0.045	0.045	0.032	0.029
	$\alpha_B DL$	0.023	0.011	0.020	0.016	0.009	0.015	0.022	0.015	0.010
0.75	$\alpha_A DL$	0.061	0.028	0.040	0.043	0.033	0.048	0.051	0.036	0.031
	$\alpha_B DL$	0.019	0.009	0.018	0.013	0.007	0.012	0.020	0.013	0.007
0.70	$\alpha_A DL$	0.068	0.030	0.046	0.046	0.035	0.051	0.058	0.040	0.033
	$\alpha_B DL$	0.016	0.007	0.016	0.011	0.005	0.009	0.017	0.011	0.006
0.65	$\alpha_A DL$	0.074	0.032	0.054	0.050	0.036	0.054	0.065	0.044	0.034
	$\alpha_B DL$	0.013	0.006	0.014	0.009	0.004	0.007	0.014	0.009	0.005
0.60	$\alpha_A DL$	0.081	0.034	0.062	0.053	0.037	0.056	0.073	0.048	0.036
	$\alpha_B DL$	0.010	0.004	0.011	0.007	0.003	0.006	0.012	0.007	0.004
0.55	$\alpha_A DL$	0.088	0.035	0.071	0.056	0.038	0.058	0.081	0.052	0.037
	$\alpha_B DL$	0.008	0.003	0.009	0.005	0.002	0.004	0.009	0.005	0.003
0.50	$\alpha_A DL$	0.095	0.037	0.080	0.059	0.039	0.061	0.089	0.056	0.038
	$\alpha_B DL$	0.006	0.002	0.007	0.004	0.001	0.003	0.007	0.004	0.002

g - الحمل الميت (الثابت الدائم) (أو  $g_{ll}$  الميت المصعد)

$$M^+_{ADL} = \alpha_{ADL} \cdot g \cdot a^2$$

$$M^+_{BDL} = \alpha_{BDL} \cdot g \cdot b^2$$

جدول عوامل العزوم الموجبة تحت تأثير الأحمال الحية في البلاطات:

$\frac{a}{b}$ نسبة	حالة									
	حالة ١ 	حالة ٢ 	حالة ٣ 	حالة ٤ 	حالة ٥ 	حالة ٦ 	حالة ٧ 	حالة ٨ 	حالة ٩ 	
1.00	$\alpha_{ALL}$	0.036	0.027	0.027	0.032	0.032	0.035	0.032	0.028	0.030
	$\alpha_{BLL}$	0.036	0.027	0.032	0.032	0.027	0.032	0.035	0.030	0.028
0.95	$\alpha_{ALL}$	0.040	0.030	0.031	0.035	0.034	0.038	0.036	0.031	0.032
	$\alpha_{BLL}$	0.033	0.025	0.029	0.029	0.024	0.029	0.032	0.027	0.025
0.90	$\alpha_{ALL}$	0.045	0.034	0.035	0.039	0.037	0.042	0.040	0.035	0.036
	$\alpha_{BLL}$	0.029	0.022	0.027	0.026	0.021	0.025	0.029	0.024	0.022
0.85	$\alpha_{ALL}$	0.050	0.037	0.040	0.043	0.041	0.046	0.045	0.040	0.039
	$\alpha_{BLL}$	0.026	0.019	0.024	0.023	0.019	0.022	0.026	0.022	0.020
0.80	$\alpha_{ALL}$	0.056	0.041	0.045	0.048	0.044	0.051	0.051	0.044	0.042
	$\alpha_{BLL}$	0.023	0.017	0.022	0.020	0.016	0.019	0.023	0.019	0.017
0.75	$\alpha_{ALL}$	0.061	0.045	0.051	0.052	0.047	0.055	0.056	0.049	0.046
	$\alpha_{BLL}$	0.019	0.014	0.019	0.016	0.013	0.016	0.020	0.016	0.013
0.70	$\alpha_{ALL}$	0.068	0.049	0.057	0.057	0.051	0.060	0.063	0.054	0.050
	$\alpha_{BLL}$	0.016	0.012	0.016	0.014	0.011	0.013	0.017	0.014	0.011
0.65	$\alpha_{ALL}$	0.074	0.053	0.064	0.062	0.055	0.064	0.070	0.059	0.054
	$\alpha_{BLL}$	0.013	0.010	0.014	0.011	0.009	0.010	0.014	0.011	0.009
0.60	$\alpha_{ALL}$	0.081	0.058	0.071	0.067	0.059	0.068	0.077	0.065	0.059
	$\alpha_{BLL}$	0.010	0.007	0.011	0.009	0.007	0.008	0.011	0.009	0.007
0.55	$\alpha_{ALL}$	0.088	0.062	0.080	0.072	0.063	0.073	0.085	0.070	0.063
	$\alpha_{BLL}$	0.008	0.006	0.009	0.007	0.005	0.006	0.009	0.007	0.006
0.50	$\alpha_{ALL}$	0.095	0.066	0.088	0.077	0.067	0.078	0.092	0.076	0.067
	$\alpha_{BLL}$	0.006	0.004	0.007	0.005	0.004	0.005	0.007	0.005	0.004

$p =$  الحمل الحي (المتغير المؤقت) (أو  $p_{II}$  الحي المصعد)

$$M^+_{ALL} = \alpha_{ALL} \cdot p \cdot a^2$$

$$M^+_{ALL} = \alpha_{BLL} \cdot p \cdot b^2$$

جدول عوامل توزيع الأحمال من أجل حساب قوى القص في البلاطات:

$\frac{a}{b}$ نسبة	حالة ١ 	حالة ٢ 	حالة ٣ 	حالة ٤ 	حالة ٥ 	حالة ٦ 	حالة ٧ 	حالة ٨ 	حالة ٩ 	
1.00	$w_a$ $w_b$	0.50 0.50	0.50 0.50	0.17 0.83	0.50 0.50	0.83 0.17	0.71 0.29	0.29 0.71	0.33 0.67	0.67 0.33
0.95	$w_a$ $w_b$	0.55 0.45	0.55 0.45	0.20 0.80	0.55 0.45	0.86 0.14	0.75 0.25	0.33 0.67	0.38 0.62	0.71 0.29
0.90	$w_a$ $w_b$	0.60 0.40	0.60 0.40	0.23 0.77	0.60 0.40	0.88 0.12	0.79 0.21	0.38 0.62	0.43 0.57	0.75 0.25
0.85	$w_a$ $w_b$	0.66 0.34	0.66 0.34	0.28 0.72	0.66 0.34	0.90 0.10	0.83 0.17	0.43 0.57	0.49 0.51	0.79 0.21
0.80	$w_a$ $w_b$	0.71 0.29	0.71 0.29	0.33 0.67	0.71 0.29	0.92 0.08	0.86 0.14	0.49 0.51	0.55 0.45	0.83 0.17
0.75	$w_a$ $w_b$	0.76 0.24	0.76 0.24	0.39 0.61	0.76 0.24	0.94 0.06	0.88 0.12	0.56 0.44	0.61 0.39	0.86 0.14
0.70	$w_a$ $w_b$	0.81 0.19	0.81 0.19	0.45 0.55	0.81 0.19	0.95 0.05	0.91 0.09	0.62 0.38	0.68 0.32	0.89 0.11
0.65	$w_a$ $w_b$	0.85 0.15	0.85 0.15	0.53 0.47	0.85 0.15	0.96 0.04	0.93 0.07	0.69 0.31	0.74 0.26	0.92 0.08
0.60	$w_a$ $w_b$	0.89 0.11	0.89 0.11	0.61 0.39	0.89 0.11	0.97 0.03	0.95 0.05	0.76 0.24	0.80 0.20	0.94 0.06
0.55	$w_a$ $w_b$	0.92 0.08	0.92 0.08	0.69 0.31	0.92 0.08	0.98 0.02	0.96 0.04	0.81 0.19	0.85 0.15	0.95 0.05
0.50	$w_a$ $w_b$	0.94 0.06	0.94 0.06	0.76 0.24	0.94 0.06	0.99 0.01	0.97 0.03	0.86 0.14	0.89 0.11	0.97 0.03

(a) الحمل في الاتجاه  $w_a$

(b) الحمل في الاتجاه  $w_b$

7-2 مسائل محلولة عن البلاطات الملية العاملة باتجاهين:  
مسألة/1:

مسقط مؤلف من بلاطتين مئيتين إحداهما تحمل قواطع كما هو مبين بالشكل:

1- حدد اتجاه عمل البلاطتين.

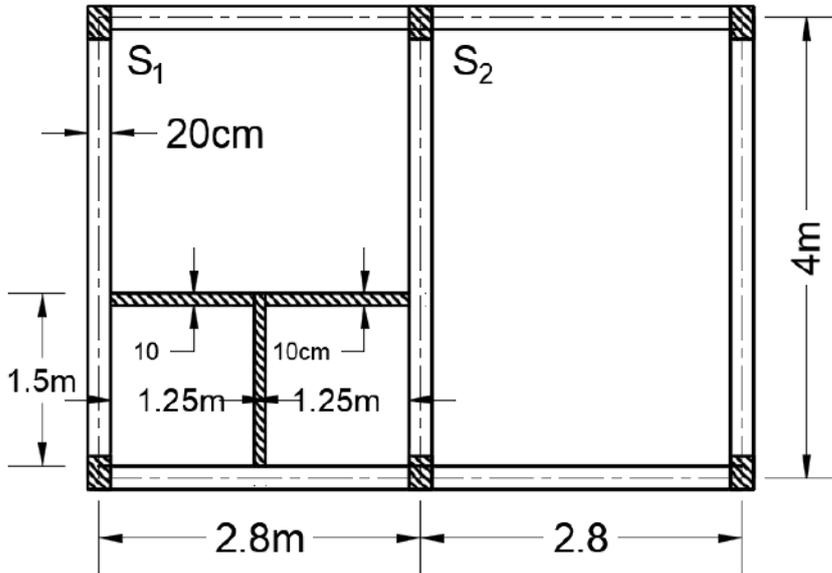
2- حدد الارتفاع اللازم بحسب شرط السهم

3- احسب الحمولات.

ارتفاع الطابق 3.5m، الحمولة الحية  $3\text{kN/m}^2$ ، كثافة مادة القاطع  $\gamma_p = 16\text{kN/m}^3$ ،

$$f'_c = 18\text{MPa}, f_y = 300\text{MPa}$$

المبنى لا يحوي على تمديدات تدفئة مركزية، تؤخذ الأبعاد محورية.



الحل:

• التحقق من اتجاه عمل البلاطات:

بما أن الحمولة الحية أكبر من  $5\text{kN/m}^2$  والمجازات متقاربة الطول:

$$S_1, S_2 : r = \frac{mL_1}{mL_2} = \frac{400}{0.87 \times 280} = 1.64 < 2 \Rightarrow \text{Two-way}$$

تعمل البلاطتان باتجاهين.

• حساب سماكة البلاطة:

$$S_1, S_2 : h_{\min} = \frac{(3800 + 3800 \times 0.76 + 2600 \times 2)}{140} = 84.9 \text{ mm}$$

• بفرض سماكة البلاطة تساوي إلى  $h=100\text{mm}$

• حساب الحمولات:

○ البلاطة  $S_2$ :

$$W_{slab} = \gamma \cdot b \cdot h = 25 \times 0.1 \times 1 = 2.5 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{DL} = W_{slab} + 2 = 4.5 \text{ kN/m}^2$$

الحمولة الموزعة بانتظام المصعدة على البلاطة  $S_2$ :

$$W_{u2} = 1.4 \times (4.5) + 1.7 \times 3 = 11.4 \text{ kN/m}^2$$

○ البلاطة  $S_1$ :

القواطع:

$$\gamma_p \cdot h_p = 0.1 \times 16 = 1.6 \text{ kN/m}^2 > 1.5 \text{ kN/m}^2$$

وزن المتر المربع من مادة القاطع:  
والقاطع ثقيل.

مجموع أوزان القواطع:

$$\sum W_p = (2.6 \times 0.1 \times 3.5 + 1.5 \times 0.1 \times 3.5) \times 16 = 22.96 \text{ kN}$$

الحمولة المكافئة الموزعة لوزن القاطع:

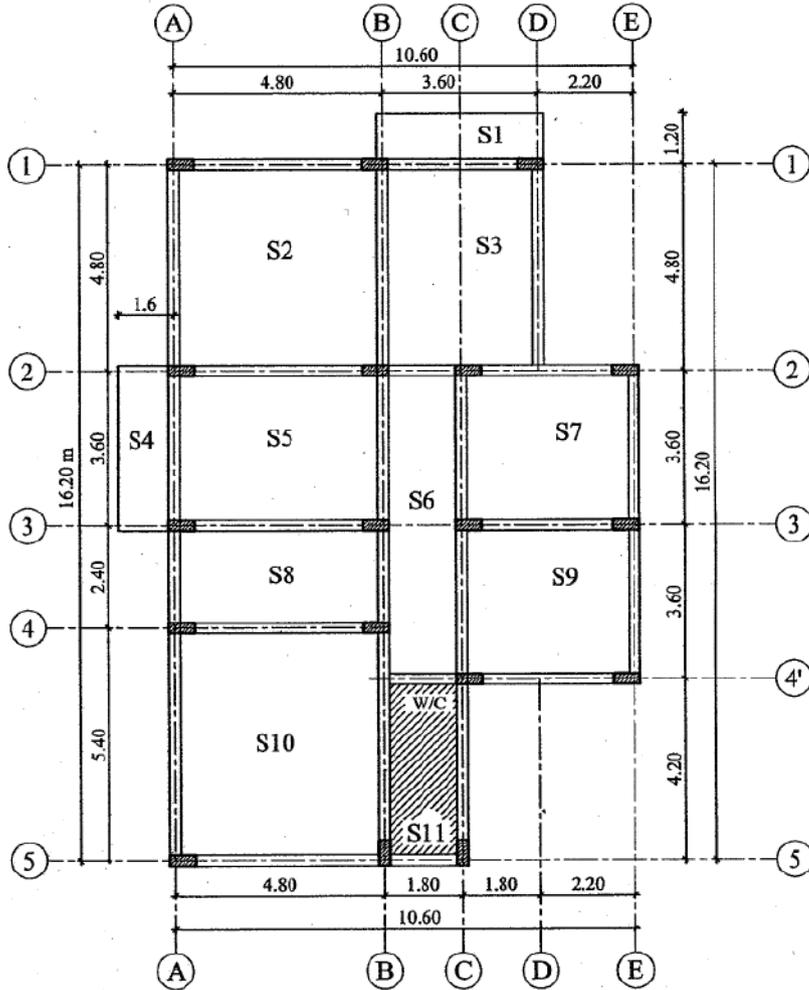
$$W_e = 1.5 \frac{\sum W_p}{L_1 \cdot L_2} = 1.5 \frac{22.96}{4 \times 2.8} = 3.075 \text{ kN/m}^2$$

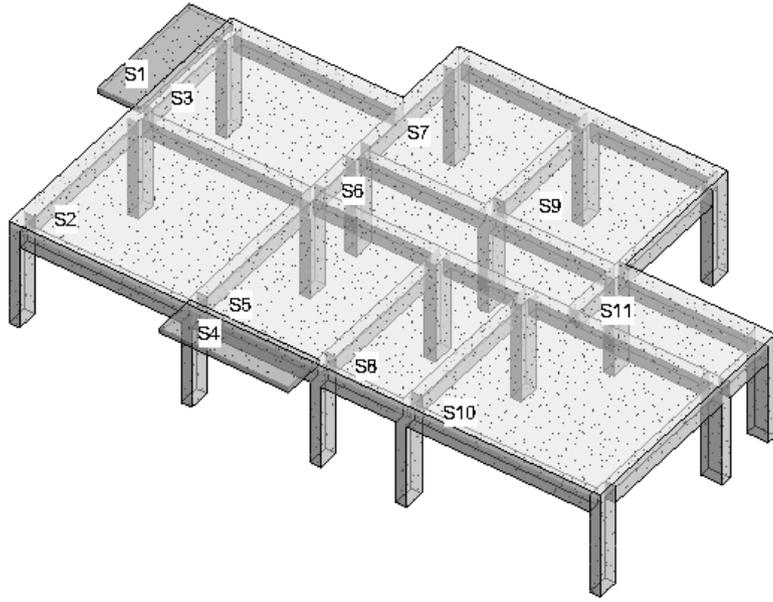
الحمولة الموزعة بانتظام المصعدة على البلاطة  $S_1$ :

$$W_{u1} = 1.4 \times (4.5 + 3.075) + 1.7 \times 3 = 15.7 \text{ kN/m}^2$$

مسألة/2:

يبين الشكل مسقطاً لبلاطة مليئة من البيتون المسلح مسنودة على جيزان أبعادها  $250 \times 600 \text{ mm}$ ، تصمم البلاطة لتحمل حمولة حية قدرها  $3 \text{ kN/m}^2$ ، وحمولة إكساء قدرها  $2 \text{ kN/m}^2$  صمم تسليح البلاطة وارسمه  $f'_c = 20 \text{ MPa}$ ,  $f_y = 360 \text{ MPa}$ . بفرض حمولة ستارة مركزة في نهاية الظفر تساوي إلى  $1.5 \text{ kN/m}$ .





الحل:

1- تحديد سماكات البلاطات:

يتم توحيد السماكة على السماكة الأكبر للبلاطات:

- من أجل البلاطات العاملة باتجاه وحيد يتم تحقيق البلاطة ذات السماكة الأكبر وهي S<sub>4</sub> لأنها ظفرية فتكون بقية البلاطات محققة.

$$h_{\min} = \frac{L_2}{10} = \frac{1600}{10} = 160\text{mm}$$

- من أجل البلاطات العاملة باتجاهين يتم تحقيق البلاطة ذات السماكة الأكبر وهي S<sub>10</sub> وبما أن الجيزان بارزة تزيد سماكتها على ضعفي سماكة البلاطة يمكن استعمال المعادلة:

$$h_{\min} = 140 / \text{المحيط المكافئ}$$

$$h_{\min} = \frac{(4550 \times 1.76 + 5150 \times 1.76)}{140} = 121.9\text{mm}$$

تُفرض سماكة البلاطات مساوية إلى 160mm ويكون الارتفاع الفعّال  $d=140\text{mm}$ .

2- حساب المجازات الفعّالة:

- بالنسبة للبلاطة الظفرية بما أن المسند ذو ارتفاع يزيد على مثلي سماكة البلاطة ومستمر في الصب مع البلاطة يكون:

$$L_{\text{eff}} = L_0$$

- بالنسبة لبقية البلاطات:

$$L_{eff} = \min \begin{cases} L \\ L_0 + d = (L - 0.25) + 0.14 \\ 1.05L_0 = 1.05(L - 0.25) \end{cases}$$

يتم تنظيم الحسابات في الجدول الآتي:

Slab	X		Y							
	L <sub>x</sub>	L <sub>0x</sub>	L <sub>0x</sub> +d	1.05×L <sub>0x</sub>	L <sub>effx</sub>	L <sub>0y</sub>	L <sub>y</sub>	L <sub>0y</sub> +d	1.05×L <sub>0y</sub>	L <sub>effy</sub>
S <sub>1</sub>	3.6	—	—	—	3.6	1.2	1.075	—	—	1.08
S <sub>2</sub>	4.8	4.55	4.69	4.7775	4.69	4.8	4.55	4.69	4.7775	4.69
S <sub>3</sub>	3.6	3.35	3.49	3.5175	3.49	4.8	4.55	4.69	4.7775	4.69
S <sub>4</sub>	1.6	1.475	—	—	1.48	3.6	—	—	—	3.6
S <sub>5</sub>	4.8	4.55	4.69	4.7775	4.69	3.6	3.35	3.49	3.5175	3.49
S <sub>6</sub>	1.8	1.55	1.69	1.6275	1.63	7.2	6.95	7.09	7.2975	7.09
S <sub>7</sub>	4	3.75	3.89	3.9375	3.89	3.6	3.35	3.49	3.5175	3.49
S <sub>8</sub>	4.8	4.55	4.69	4.7775	4.69	2.4	2.15	2.29	2.2575	2.26
S <sub>9</sub>	4	3.75	3.89	3.9375	3.89	3.6	3.35	3.49	3.5175	3.49
S <sub>10</sub>	4.8	4.55	4.69	4.7775	4.69	5.4	5.15	5.29	5.4075	5.29
S <sub>11</sub>	1.8	1.55	1.69	1.6275	1.63	4.2	3.95	4.09	4.1475	4.09

### 3- حساب الحمولات:

من أجل شريحة مترية تكون الحمولة الكلية المصعدة:

$$W_u = 1.4DL + 1.7LL = 1.4(0.16 \times 25 + 2) + 1.7 \times 3 = 13.5 \text{ kN/m}^2$$

- من أجل البلاطات العاملة باتجاه وحيد (والظرفية):

$$W_{\alpha 2} = W_u = 13.5 \text{ kN/m}^2; W_{\alpha 1} = 0$$

- من أجل البلاطات العاملة باتجاهين، يتم توزيع الحمولات باستعمال طريقة الشرائح بحسب نسبة الاستطالة كما في الجدول. حيث:

$$W_{\alpha 2} = \alpha_2 W_u \quad \text{الحمولة المنقولة في الاتجاه القصير}$$

$$W_{\alpha 1} = \alpha_1 W_u \quad \text{الحمولة المنقولة في الاتجاه الطويل}$$

يجب الانتباه إلى توضع البلاطة، فمثلاً البلاطة S<sub>8</sub> الاتجاه القصير فيها يوازي المحور Y بينما

البلاطة S<sub>10</sub> الاتجاه القصير فيها يوازي المحور X.

Slab	$L_{effx}$	$m_x$	$m_x$ $L_{effx}$	$L_{effy}$	$m_y$	$m_y$ $L_{effy}$	r	$\alpha_2$	$\alpha_1$	$W_{\alpha_2}$	$W_{\alpha_1}$	القصير
S <sub>1</sub>	3.6	1	3.6	1.08	0.87	0.94	3.85	1	0.00	13.5	0	Y
S <sub>2</sub>	4.69	0.87	4.08	4.69	0.87	4.08	1.00	0.33	0.33	4.46	4.46	Y
S <sub>3</sub>	3.49	0.87	3.04	4.69	0.87	4.08	1.34	0.54	0.18	7.23	2.39	X
S <sub>4</sub>	1.48	0.87	1.28	3.60	1	3.6	2.81	1	0.00	13.5	0	X
S <sub>5</sub>	4.69	0.76	3.56	3.49	0.76	2.65	1.34	0.54	0.18	7.23	2.39	Y
S <sub>6</sub>	1.63	0.76	1.24	7.09	0.87	6.17	4.99	1	0.00	13.5	0	X
S <sub>7</sub>	3.89	0.87	3.38	3.49	0.87	3.04	1.115	0.4	0.27	5.4	3.68	Y
S <sub>8</sub>	4.69	0.87	4.08	2.26	0.76	1.72	2.38	1	0.00	13.5	0	Y
S <sub>9</sub>	3.89	0.87	3.38	3.49	0.87	3.04	1.115	0.4	0.27	5.4	3.68	Y
S <sub>10</sub>	4.69	1	4.69	5.29	0.87	4.60	1.02	0.33	0.33	4.46	4.46	Y
S <sub>11</sub>	1.63	1	1.63	4.09	1	4.09	2.51	1	0.00	13.5	0	X

#### 4- عزوم الانعطاف والتسليح:

إن مجازات البلاطات مختلفة فيما بينها وكذلك الحمولات وبالتالي ينبغي حساب العزوم وفق الطرق الدقيقة، ولكن بما أن البلاطات تملك خاصية إعادة توزيع العزوم فإنه يمكن تطبيق طريقة عوامل الكود التقريبية وفقاً لتوصية الكود المصري ECP203.

• يُحسب عزم الظفر بشكل مستقل بفرض حمولة ستارة مركزة في نهاية الظفر تساوي إلى  $1.5\text{kN/m}$ .

• الارتفاع الفعّال وفقاً للاتجاه القصير  $d=140\text{mm}$ .

• الارتفاع الفعّال وفقاً للاتجاه الطويل باعتبار قطر التسليح  $10\text{mm}$  يساوي إلى  $d=130\text{mm}$ .

○ الاتجاه X – شريحة I: حيث تُدرس الشرائح الأفقية من أعلى المسقط إلى أسفله.

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \right)$$

$$8 \times 10^6 = 0.9 \times 360 A_s \left( 140 - \frac{1}{2} \frac{360 A_s}{0.85 \times 20 \times 1000} \right) =$$

$$324 A_s (140 - 0.0106 A_s) \Rightarrow A_s = 178.98 \text{mm}^2$$

• تحقيق التسليح:

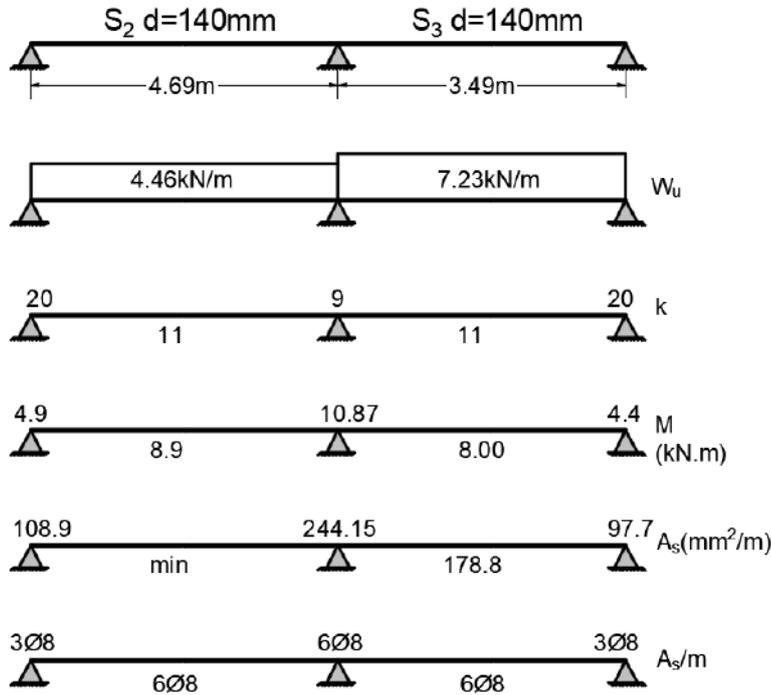
$$A_{s \min} = \frac{2}{1000} b d = \begin{cases} 260 \text{mm}^2 \\ 280 \text{mm}^2 \end{cases} \Rightarrow 6\phi 8 / m$$

$$A_{s\min} = \frac{1}{2} A_{sb} = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{(630 + f_y)} \frac{f'_c}{f_y} b \times d \right] = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{(630 + 360)} \frac{20}{360} 1000 \times 130 \right] = 1659.6 \text{ mm}^2$$

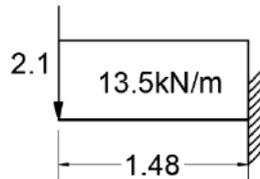
يُلاحظ أن التسليح يحقق شرطي الحد الأعلى والحد الأدنى.

• التسليح الثانوي:

$$A_{ss\min} = \begin{cases} \frac{1}{4} A_s = 70 \text{ mm}^2 \\ \frac{1}{1000} A_c = 0.001 \times 140 \times 1000 = 140 \text{ mm}^2 \end{cases} \Rightarrow 5\phi 8 / m$$



○ بلاطة الظفر S<sub>4</sub>: تُدرس بشكل مستقل لأن مجازها أقل من ثلث المجاز المجاور.



$$M_u = \frac{W_u L^2}{2} + P_u L = 17.9 \text{ kN.m} \quad d = 140 \text{ mm}$$

$$17.9 \times 10^6 = 324A_s (140 - 0.0106A_s) \Rightarrow A_s = 407 \text{ mm}^2 \Rightarrow 6\phi 10 / \text{m}$$

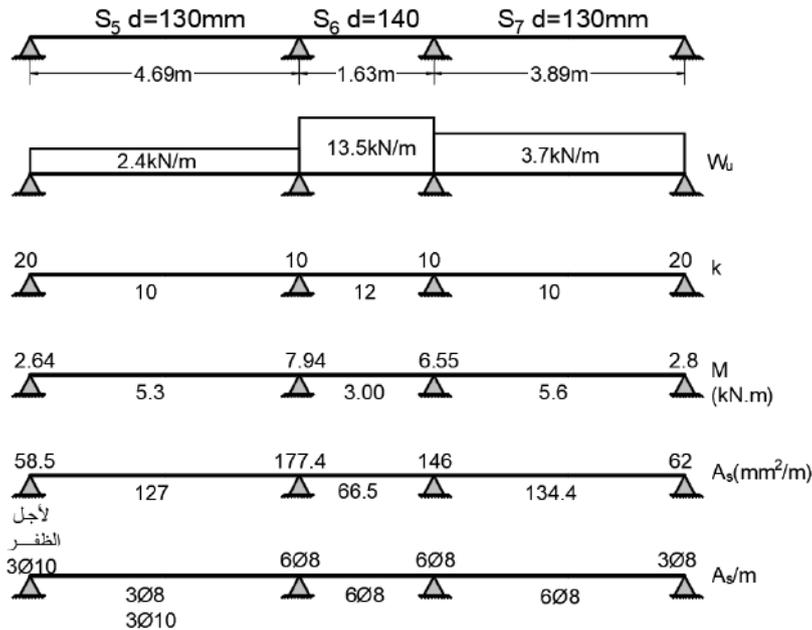
○ الاتجاه X - شريحة II :

$$5.6 \times 10^6 = 0.9 \times 360A_s \left( 130 - \frac{1}{2} \frac{360A_s}{0.85 \times 20 \times 1000} \right) =$$

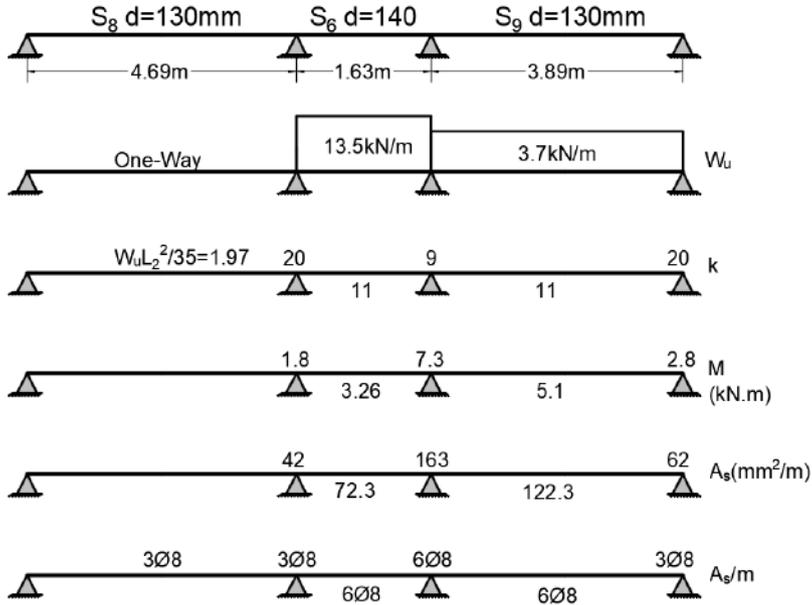
$$324A_s (130 - 0.0106A_s) \Rightarrow A_s = 134.43 \text{ mm}^2$$

$$3 \times 10^6 = 0.9 \times 360A_s \left( 140 - \frac{1}{2} \frac{360A_s}{0.85 \times 20 \times 1000} \right) =$$

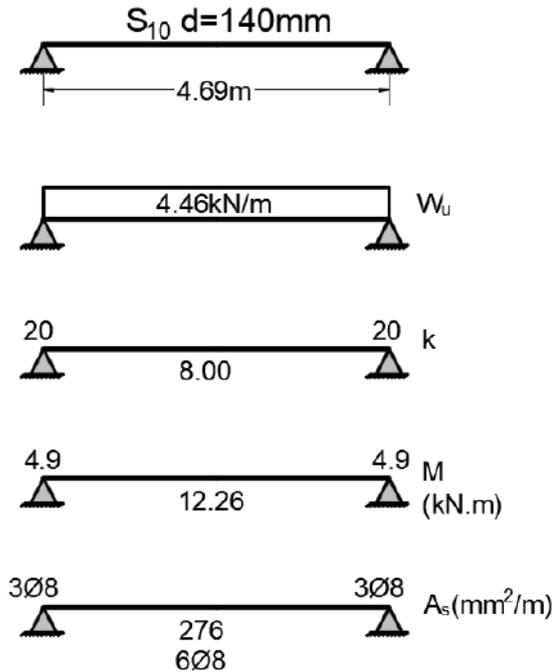
$$324A_s (140 - 0.0106A_s) \Rightarrow A_s = 134.43 \text{ mm}^2$$



○ الاتجاه X - الشريحة III: البلاطة  $S_8$ ،  $S_1$  تعمل وفق الاتجاه Y:



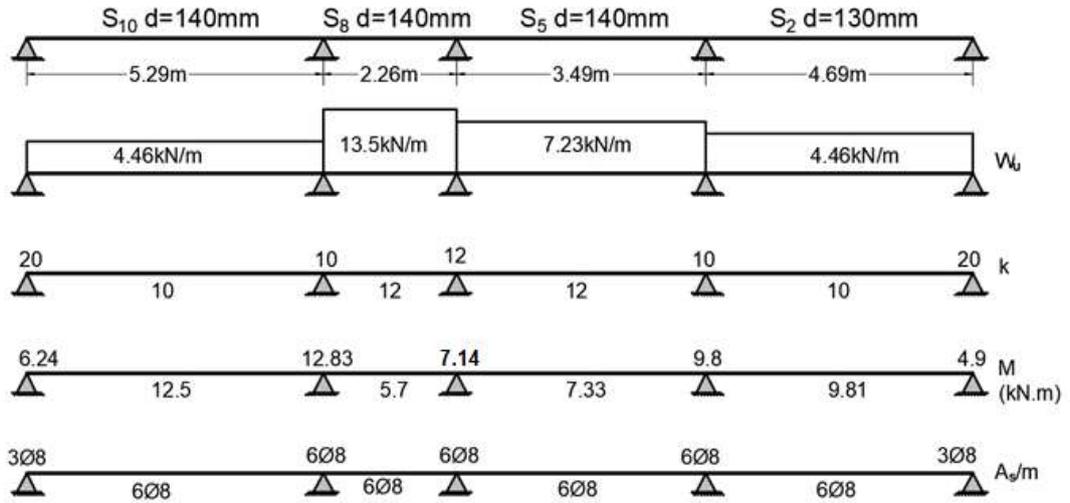
○ البلاطة  $S_{10}$ ،  $S_{11}$ : تدرس بشكل مستقل كل على حدة ذلك لأن البلاطة  $S_{11}$  بلاطة حمامات ويجب تهبيطها 10cm من أجل تمديدات الصحية.



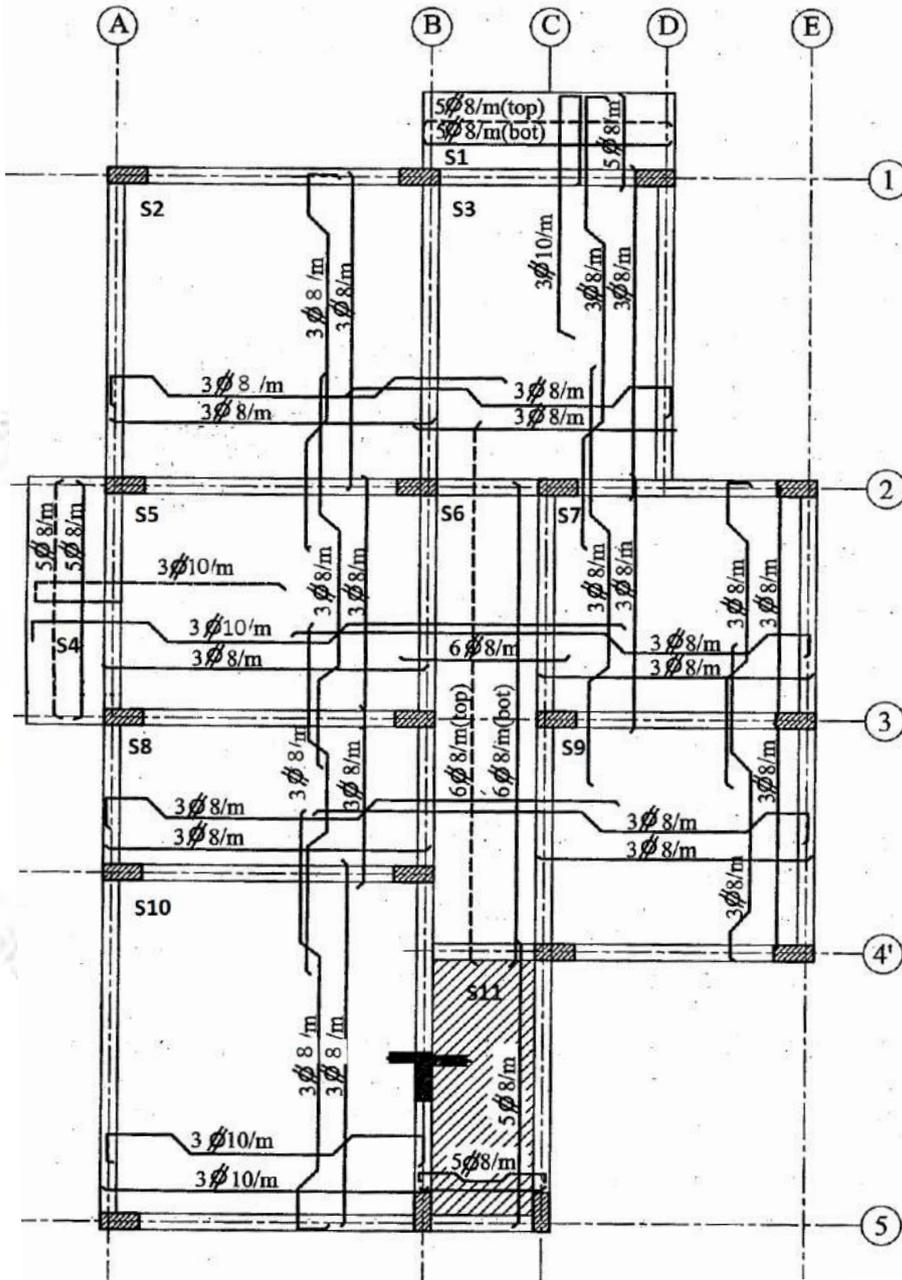
تدرس البلاطة  $S_{11}$  بنفس الطريقة ويكون تسليحها أصغري بالنتيجة.

○ الاتجاه  $\gamma$ :

يكتفى بالشريحة الطويلة العابرة من  $S_2$  حتى  $S_{10}$ .



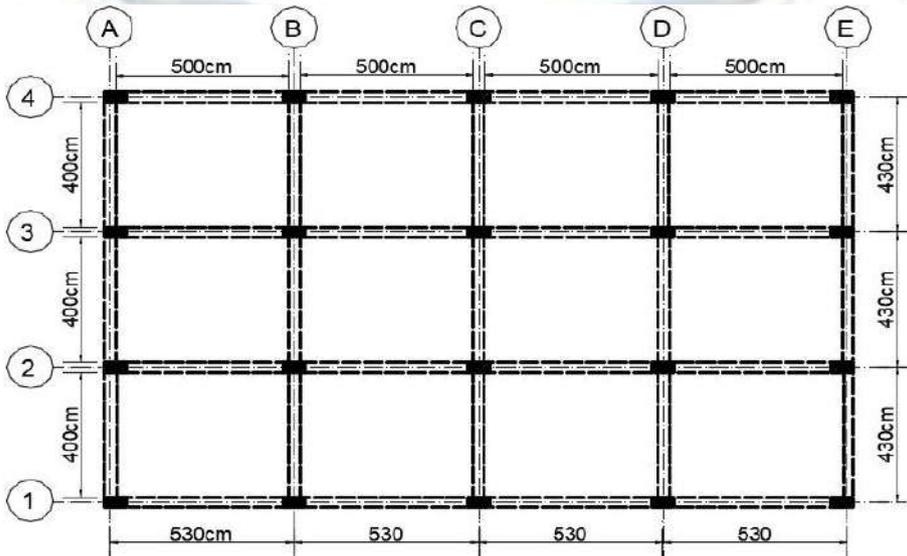
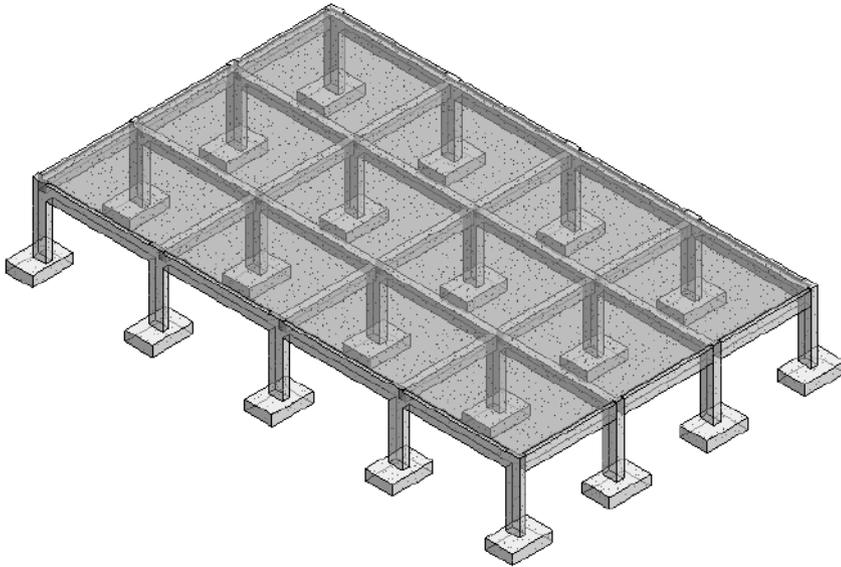
• تفصيلة التسليح:



### مسألة/3:

لدينا السقف المبين بالشكل وهو مؤلف من بلاطات مستطيلة مسنودة على جيزان أبعاد مقطعها  $300 \times 600 \text{mm}$ ، وتحمل البلاطات حمولات حية قدرها  $3 \text{kN/m}^2$  وحمولات ميتة تمثل الوزن الذاتي وحمولة قواطع قدرها  $1.5 \text{kN/m}^2$  وحمولة إكساء عبارة عن بلاط  $30 \text{mm}$ ، مونة  $20 \text{mm}$ ، رمل ميول  $70 \text{mm}$ ، طبقات عزل  $20 \text{mm}$ . أوجد سماكة البلاطة وتسليح الانعطاف وحقق القص.

$$f_c = 20 \text{MPa}, f_y = 400 \text{MPa}$$



الحل :

1- سماكة البلاطة: يتم تحقيق شرط السهم من أجل البلاطة الأخطر وهي الركبية :

$$h_{min} = \frac{140}{\text{المحيط المكافئ}} = \frac{(4000+5000)1.76}{140} = 113.14mm$$

يتم اعتماد السماكة الفعلية  $h=120mm$

2- الحمولات :

بافتراض قيم كثافات مواد الإكساء تكون الحمولات الميتة كالآتي :

$$\text{وزن ذاتي: } 25 \times 0.12 = 3 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{بلاط: } 22 \times 0.03 = 0.66 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{مونة: } 22 \times 0.02 = 0.44 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{رمل: } 16 \times 0.07 = 1.12 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{عزل: } 22 \times 0.02 = 0.44 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{قواطع: } 1.5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{الأحمال الميتة المصعدة } DL = 1.4 \times 7.16 = 10.024 \text{ kN/m}^2$$

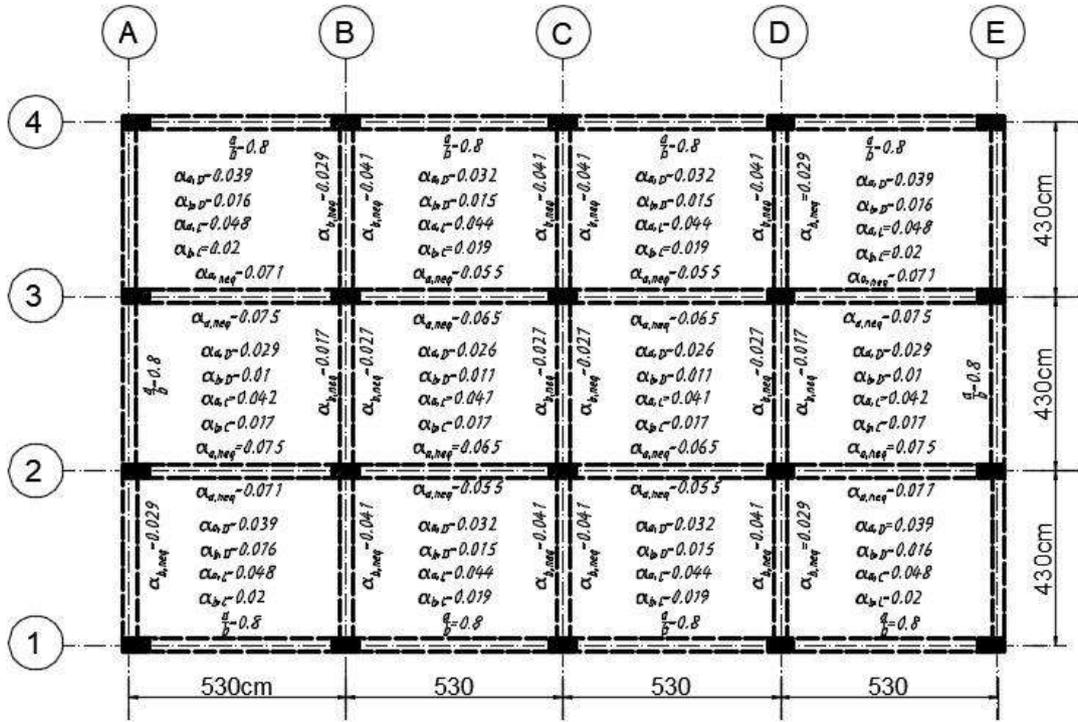
$$\text{الأحمال الحية المصعدة } LL = 1.7 \times 3 = 5.1 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{الحمولة الكلية المصعدة: } W_u = 1.4 \times 7.16 + 1.7 \times 3 = 15.12 \text{ kN/m}^2$$

3- توزيع العزوم :

توجد معاملات توزيع العزوم من الجداول بحسب استنادات كل بلاطة بناء على نسبة عرض إلى طول

$$\text{كل منها } a/b = 4/5 = 0.8$$



تعتبر العزوم الاعتبارية السالبة مساوية إلى 0.4 من العزم الموجب الأعظمي .

4- قيم العزوم :

بالتعويض في معادلة العزم تكون العزوم كما في الشكل الآتي:

$$M_a = \alpha_a W a^2; \quad M_b = \alpha_b W b^2$$

أولاً: الاتجاه القصير - عزم موجب :

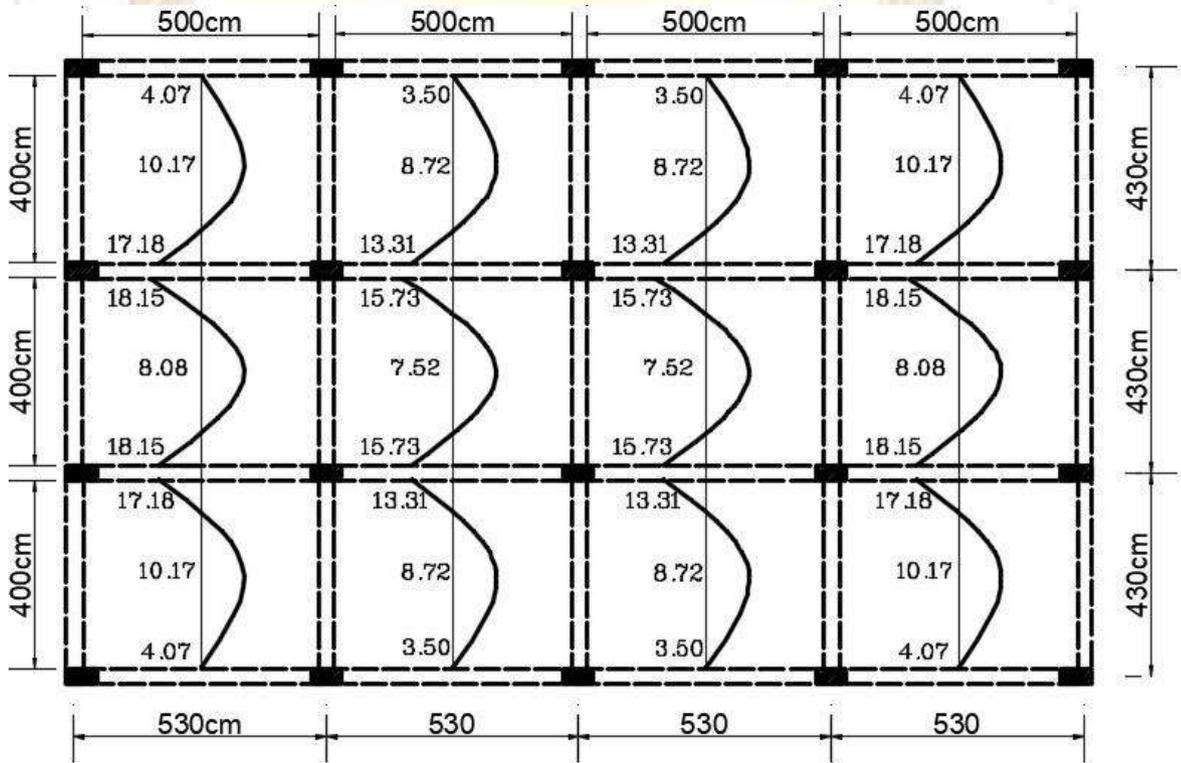
العزم الموجب الأعظمي - اتجاه قصير a					
العزم الكلي	عزم الحمولة الحية	معامل الحمولة الحية $\alpha_{a,I}$	عزم الحمولة الميتة	معامل الحمولة الميتة $\alpha_{a,D}$	
10.17	3.92	0.048	6.25	0.039	بلاطة ركنية

8.72	3.59	0.044	5.13	0.032	بلاطة طرفية علوية-سفلية
8.08	3.43	0.042	4.65	0.029	بلاطة طرفية يمينية-يسارية
7.52	3.35	0.041	4.17	0.026	بلاطة وسطية

ثانياً: الاتجاه القصير - عزم سالب :

العزم السالب	عامل العزم السالب $\alpha_{a,neg}$
17.18	0.071
18.15	0.075
13.31	0.055
15.73	0.065

وتكون العزوم النهائية وفق الاتجاه القصير a :



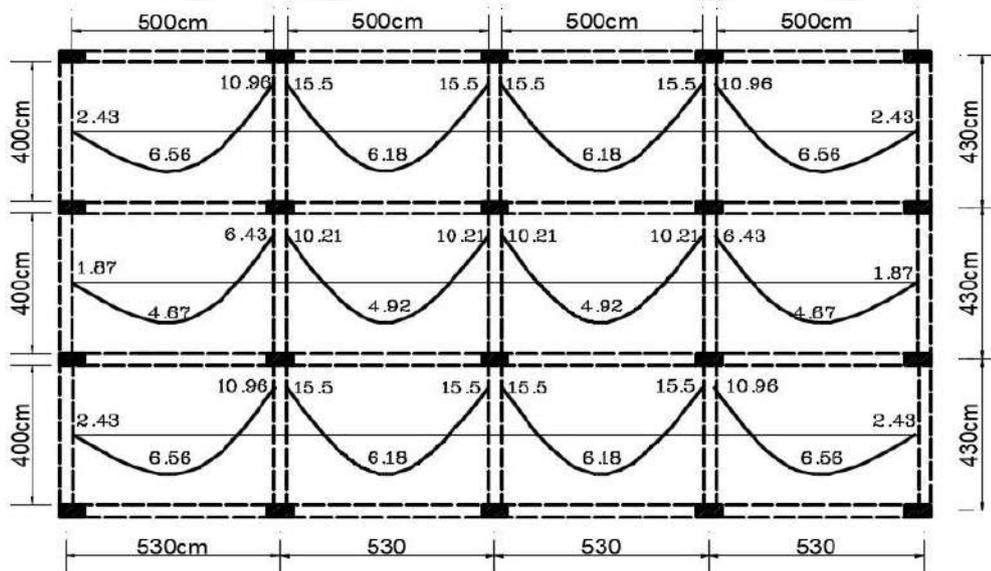
ثالثاً: الاتجاه الطويل-عزم موجب :

العزم الموجب الأعظمي - اتجاه طويل b					
العزم الكلي	عزم الحمولة الحية	معامل الحمولة الحية $\alpha_{b,L}$	عزم الحمولة الميتة	معامل الحمولة الميتة $\alpha_{b,D}$	
16.20	6.30	0.02	9.90	0.016	بلاطة ركنية
15.27	5.99	0.019	9.28	0.015	بلاطة طرفية علوية-سفلية
11.54	5.36	0.017	6.19	0.01	بلاطة طرفية يمينية-يسارية
12.16	5.36	0.017	6.81	0.011	بلاطة وسطية

ثانياً: الاتجاه الطويل-عزم سالب :

العزم السالب	عامل العزم السالب $\alpha_{b,neg}$
27.08	0.029
38.28	0.041
15.87	0.017
25.21	0.027

وتكون العزوم النهائية وفق الاتجاه الطويل b:



بما أن العزوم صغيرة يمكن التصميم على قيمة العزم الأكبر بين العزمين يمين ويسار المسند، لكن الحل الصحيح يتطلب إجراء عملية إعادة توزيع عزوم، نأخذ على سبيل المثال أحد المساند :

	يسار	يمين
DF	0.5	0.5
FEM	10.96	-15.5
BM	4.55	
$\Delta M$	2.275	2.275
$M_{tot}$	13.235	-13.225

5- حسابات التسليح :

- وفق الاتجاه القصير :

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b} \right)$$

$$M_u = 0.9 \times 400 A_s \left( 100 - \frac{1}{2} \frac{400 A_s}{0.85 \times 20 \times 1000} \right)$$

التسليح الفعلي	التسليح mm <sup>2</sup>	العزم السالب	التسليح الفعلي	التسليح mm <sup>2</sup>	العزم الموجب
7φ10/m	507.553	17.18	6φ8/m	292.623	10.17
7φ10/m	538.212	18.15	5φ8/m	249.628	8.72
5φ10/m	387.349	13.31	5φ8/m	230.657	8.08
6φ10/m	462.03	15.73	5φ8/m	214.162	7.52

- وفق الاتجاه الطويل :

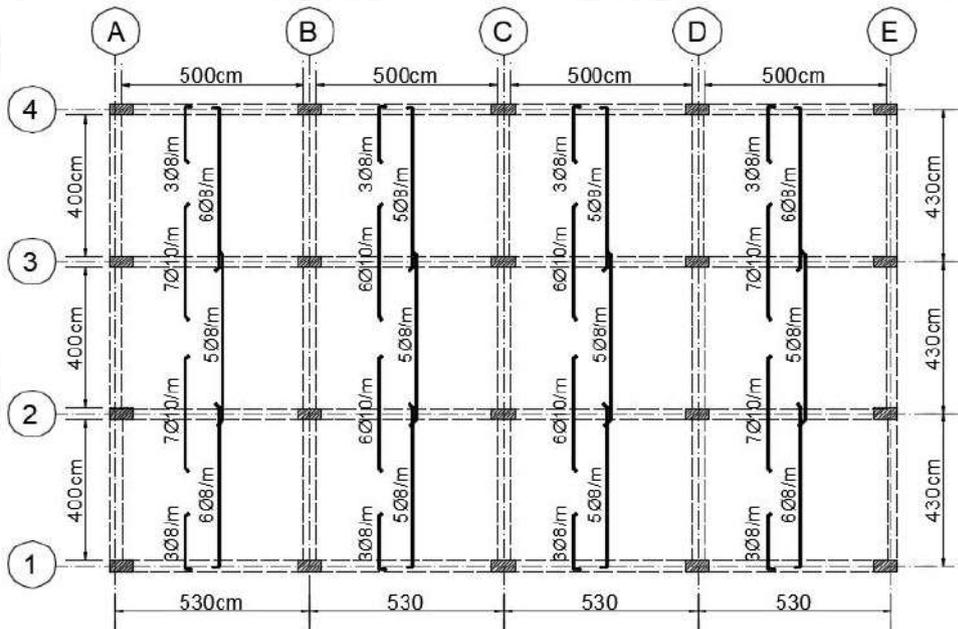
$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b} \right)$$

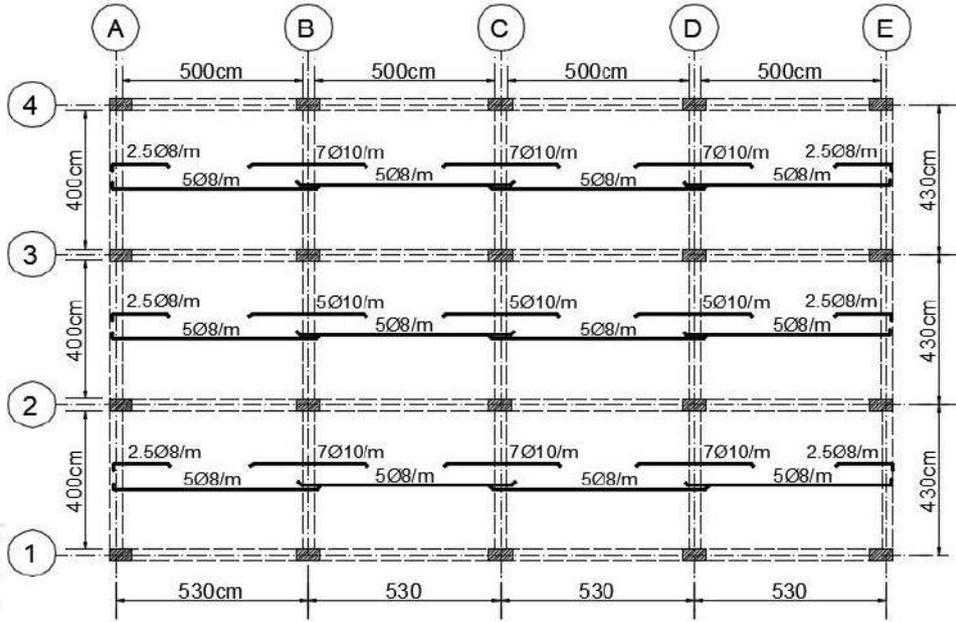
$$M_u = 0.9 \times 400 A_s \left( 90 - \frac{1}{2} \frac{400 A_s}{0.85 \times 20 \times 1000} \right)$$

التسليح الفعلي	التسليح mm <sup>2</sup>	العزم السالب	التسليح الفعلي	التسليح mm <sup>2</sup>	العزم الموجب
5φ10/m	354.886	10.96	5φ8/m	208.119	6.56
7φ10/m	512.84	15.5	5φ8/m	195.798	6.18
5φ8/m	203.816	6.428	5φ8/m	147.071	4.67
5φ10/m	329.254	10.21	5φ8/m	155.124	4.92

$$A_{s \min} = \frac{1.2}{1000} bd = \begin{cases} 120 \text{mm}^2 \\ 108 \text{mm}^2 \end{cases} \Rightarrow 5\phi 8 / m$$

$$A_{s \min} = \frac{1}{2} A_{sb} = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{(630 + f_y)} \frac{f'_c}{f_y} b \times d \right] = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{(630 + 360)} \frac{20}{400} 1000 \times 100 \right] = 1149 \text{mm}^2$$





6- التّحقّق من القص :

يتم إيجاد حصّة كل اتجاه من الحملات من الجدول رقم (4):  
 إن الاتجاه القصرب هو الأخطر وأكبر معامل نقل حمولة في الاتجاه القصير من أجل  $a/b=0.8$   
 هو 0.83 في الجدول من أجل بلاطة مستمرة من ثلاثة أطراف وحرّة من الطرف القصير .

وتكون الحمولة المنقولة وفق الاتجاه القصير:  $83 \times 15.124 = 12.55 \text{ kN}$

والحمولة المنقولة إلى الجائز الطويل  $12.55 \times a/2 = 25.1 \text{ kN}$

نتحقّق من كون الإجهاد المماسي الناتج عن هذه الحمولة أقل من نصف الإجهاد المماسي الذي يتحمّله البيتون :

$$\tau_u = \frac{V_u}{0.75d \times b_w} = \frac{25.1 \times 10^3}{0.75 \times 100 \times 1000} = 0.335 \text{ MPa}$$

حساب إجهاد القص الذي يتحمّله البيتون :

$$\tau_{cu} = 0.23 \sqrt{f'_c} = 1.028 \text{ MPa}$$

القص محقق وسماكة البلاطة كافية .

7- الحمولات المنقولة إلى الجيزان :

يتم نقل الأحمال بحسب خطوط الانكسار بزواوية  $45^\circ$  بشكل مثلثات وأشباه منحرفات، الجائز الوسطي يحمل حمولة شبه منحرفة مضاعفة قادمة من البلاطات يمين ويسار الجائز إضافة إلى وزن ذاتي للجائز وحمولة جدار إن وجد موزعتين بانتظام .

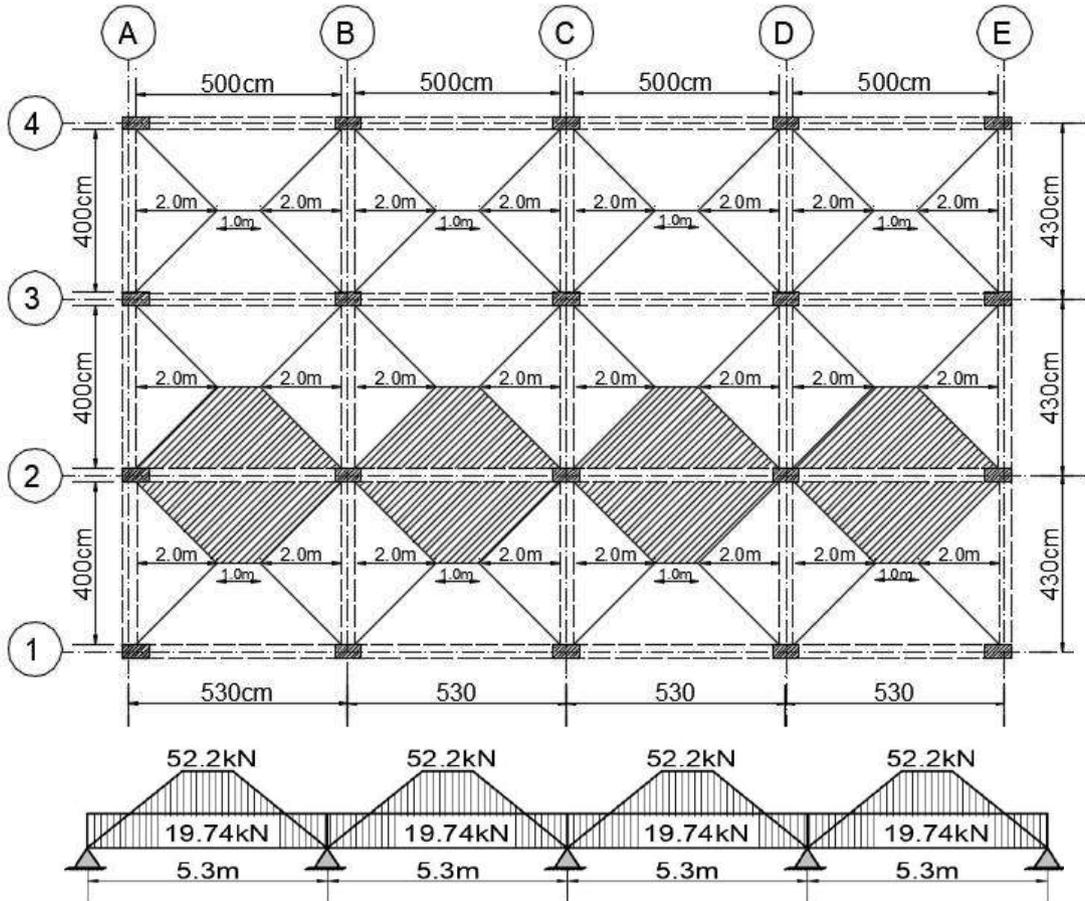
$$SW=25 \times 0.3 \times 0.6 = 4.5 \text{ kN/m}$$

حمولة جدار بلوك بسماكة 20cm وارتفاع 2.4متر

$$20 \times 0.2 \times 2.4 = 9.6 \text{ kN/m}$$

وتكون الحمولة الكلية الموزعة بانتظام:

$$14.1 \text{ kN/m} \text{ وبعد التصعيد } 19.74 \text{ kN/m}$$



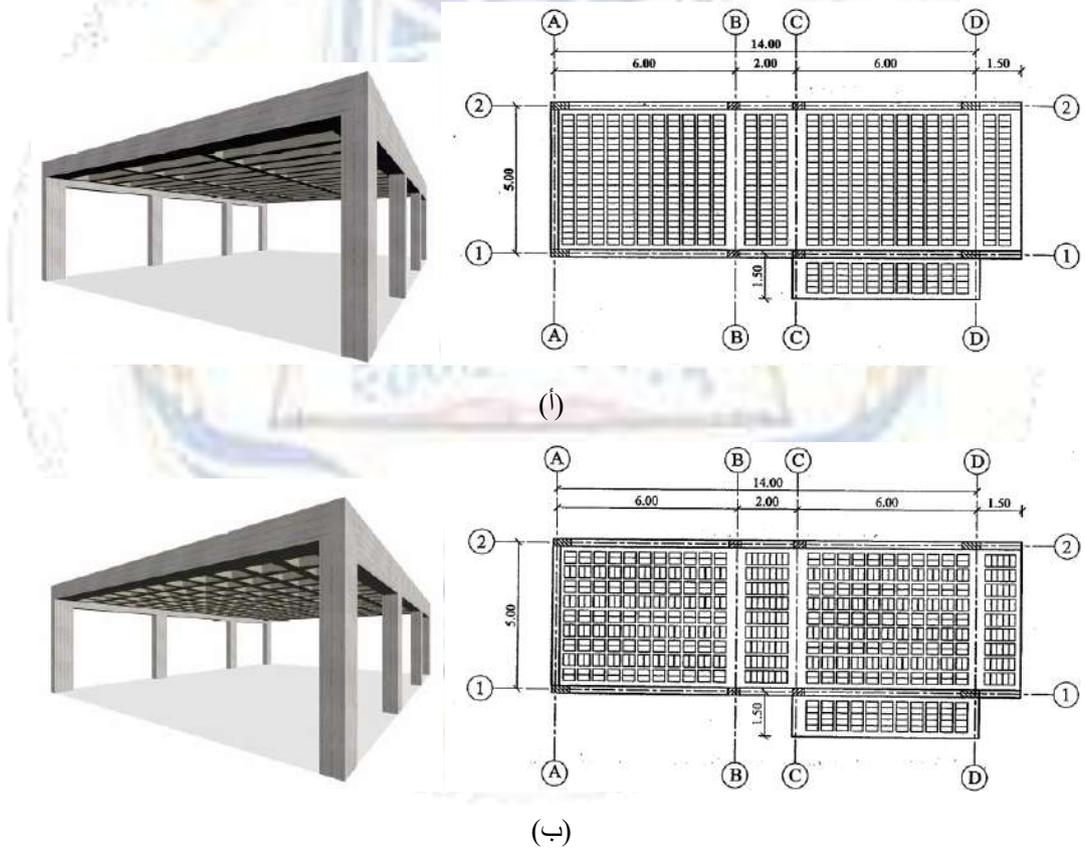
## الفصل الثالث

### البلاطات المعصبة

### Ribbed Slabs

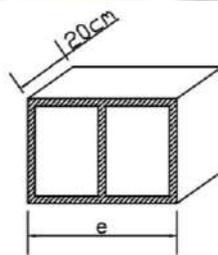
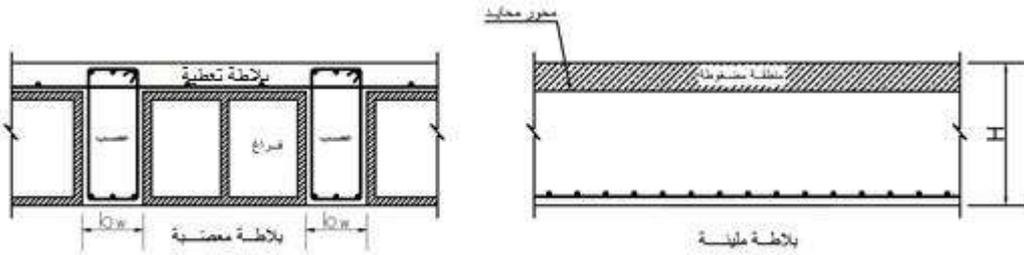
#### 1-3 مقدمة:

عندما تتجاوز مجازات البلاطات حداً معيناً (5-7m) فإن سماكة البلاطة المليئة تزداد كثيراً بحسب شرط السهم، وتصيح البلاطة غير اقتصادية نظراً لكون المنطقة المضغوطة في البلاطة البيتونية صغيرة نسبةً إلى المنطقة المشدودة التي يتم إهمالها في البيتون، فإنه يُمكن إحداث فراغات في البيتون في المنطقة المشدودة بغية توفير وزن البيتون، وتكون هذه الفراغات مستطيلة أو مربعة أو دائرية وهذا ما يمثل البلاطة المعصبة باتجاه واحد أو باتجاهين كما في الشكل (1-3).



الشكل (1-3): البلاطات المعصبة (أ) - بلاطة معصبة باتجاه واحد (ب) - بلاطة معصبة باتجاهين

يُشكّل البيتون أعصاباً بين الفراغات ويكون التسليح واقِعاً ضمن هذه الأعصاب فقط بدلاً من أن يكون موزَّعاً على كامل البلاطة. وهذه الأعصاب هي من تتحمل العزم، تُملأ الفراغات بالبلوك الإسمنتي ذو الأبعاد المتغيّرة ما عدا السماكة فيجب أن تكون 20cm، تسمى هذه البلاطات بالبلاطات المعصّبة أو البلاطات المفرغة أو بلاطات الهوردي.



الشكل (2-3): مقطع في البلاطة المعصّبة وشكل البلوك

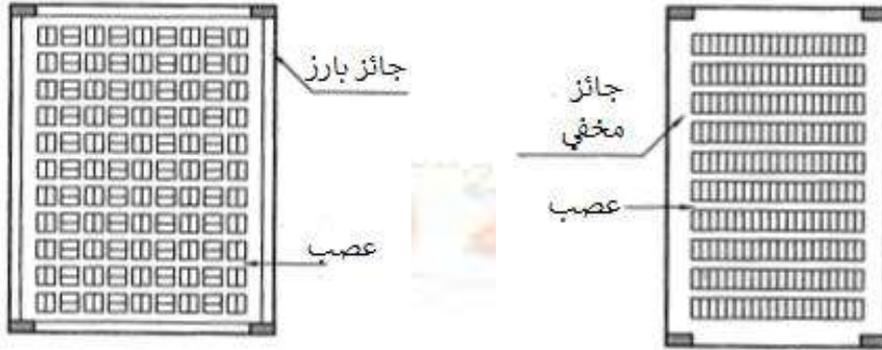
### 2-3 مميزات ومساوئ البلاطة المعصّبة:

- المميزات:
  - 1- تغطية مساحات كبيرة نسبياً حيث تتراوح المجازات المفضّلة للبلاطات المعصّبة باتجاه وحيد بين (5-7m) وللبلاطات المعصّبة باتجاهين بين (6-9m).
  - 2- عازلية جيّدة للصوت والحرارة ولذلك تُستخدم بكثرة في الأسقف الأخيرة وفي المدارس ودور العبادة والدوائر العامة، حيث يُمكن استعمال بلوك عازل للصوت والحرارة.
  - 3- إمكانية تحقيق سقوف مستوية ذات سماكة واحدة باستخدام جيزان مخفية بدلاً من الجيزان البارزة.
- المساوئ:
 

إن كلفة تنفيذ هذه البلاطات أكبر من كلفة تنفيذ البلاطات المليئة لذلك لا تستخدم في البلاطات ذات المجازات الصغيرة.

### 3-3 أنواع البلاطات المعصّبة:

- بلاطات معصّبة باتجاه وحيد One-way Ribbed Slab
- بلاطات معصّبة باتجاهين Two-way Ribbed Slab



أ. بلاطة معصبة باتجاه وحيد- جائز مخفي

ب. بلاطة معصبة باتجاهين- جائز بارز

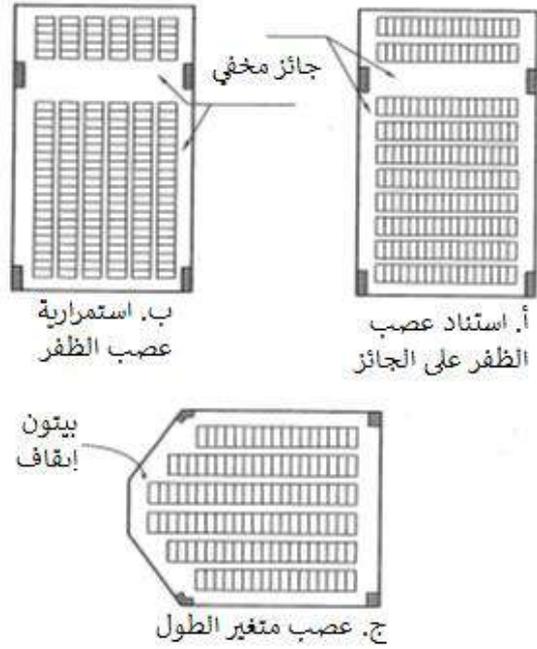
الشكل (3-3): الجائز المخفي والجائز البارز

### 4-3 البلاطات المعصبة باتجاه وحيد:

في هذا النوع من البلاطات تكون الأعصاب متوازية وفق أحد بعدي البلاطة (حيث يتم اختيار الاتجاه بحيث يحقق أقل طول للجيزان الحاملة لتكون أكثر اقتصادية)؛ تُصَفُّ البلوكات بجانب بعضها مشكّلةً مستطيلات متوازية تُستخدم بشكل أكبر من البلاطات المعصبة ذات الاتجاهين حتى لو كانت نسبة الاستطالة أقل من  $2/1$  وحيث لا تُستخدم البلاطات المعصبة باتجاهين إلا عند الضرورة لصعوبة التنفيذ.

يُفضّل كون الأعصاب موازية للاتجاه القصير وبالآتي يتم نقل الحمولة وفق هذا الاتجاه. يتم صفّ البلوكات إلى جانب بعضها البعض ثم يُصب البيتون بعد وضع التسليح حيث يتم ترطيب البلوكات قبل صب البيتون لتجنّب التقصص في الجناح العلوي للبيتون. تنتقل الحمولات من بلاطة التغطية إلى الأعصاب ثم إلى الجيزان المعامدة لها ومنها إلى الأعمدة.

يُمكن أن تستخدم البلاطات المعصبة لتشكيل بلاطات ظفرية وتكون الأعصاب مستمرة مع أعصاب البلاطة المجاورة أو مسنودة استناداً بسيطاً على جائزين مخفيين على جانبي الظفر.

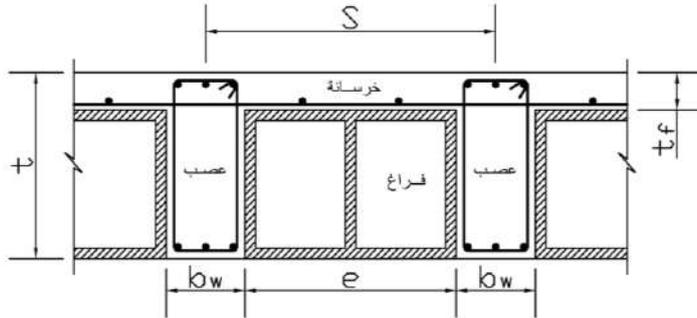


الشكل(4-3): اتجاه عصب الظفر والأعصاب متغيرة الطول

### 1-4-3 دراسة البلاطة المعصبة باتجاه وحيد:

تدرس الأعصاب على أنها عناصر خطية مستمرة مقطوعها العرضي بشكل T، عرض طاولة الضغط ثابت وهو  $S$  حيث تمثل المسافة بين محاور الأعصاب، تُرس الأعصاب على أنها بسيطة الاستناد أو مستمرة على أكثر من مجاز حسب وضع البلاطات في المشروع.

- الاشتراطات الكودية للأبعاد وفق الكود العربي السوري:



الشكل(5-3): مقطع في الأعصاب

- سماكة بلاطة التغطية:

$$t_f = \max \begin{cases} \frac{S}{10} \\ 50mm & \text{Permanent Form} \\ 60mm & \text{Temporary Form} \end{cases}$$

عملياً تتراوح سماكة بلاطة التغطية بين 60-80mm.

- عرض البلوك أو الفراغ e: لا يزيد على 500mm.
- عرض العصب:

$$b_w = \max \begin{cases} 100mm \\ t/3 \end{cases}$$

عملياً يتراوح عرض العصب بين 120,140,160mm وأحياناً 200mm.

- التباعد بين محاور الأعصاب:
- من أجل بلاطة معصبة ذات اتجاه وحيد  $S \leq 700mm$ .
- من أجل بلاطة معصبة ذات اتجاهين  $S \leq 1000mm$ .
- المسافة  $t-t_f$  تؤخذ بحسب ارتفاع البلوك.
- سماكة العصب t:
- لا تقل سماكة العصب عن سماكة بلاطة التغطية مضافاً إليها 100mm أي  $t \leq t_f + 100mm$
- تُحسب السماكة الدنيا من أجل بلاطة ذات اتجاه وحيد كنسبة من الطول القصير.

الجدول (1-3): سماكة البلاطة المعصبة

L/t <sub>min</sub>				الاستناد
ظفر	مستمر من الطرفين	مستمر من طرف واحد	حر من الطرفين	
8	25	22	20	جائز يزيد ارتفاعه على ضعفي سماكة البلاطة
8	20	18	16	جائز من سمك البلاطة (مخفي)

من أجل بلاطة مفرّغة عاملة باتجاهين يتم التمييز بين حالتين بحسب الجائز الحامل:

1- الاستناد جائز يزيد ارتفاعه على ضعفي سماكة البلاطة (جائز بارز):

$$t_{min} = 120 / \text{المحيط المكافئ}$$

من الممكن الاعتماد على هذه العلاقة في حال وجود جيزان مخفية حاملة للبلاطة ومسنودة إلى أعمدة إضافية في مجازها إضافة إلى الأعمدة في زوايا البلاطة.

2- الاستناد جائز مخفي من سماكة البلاطة:

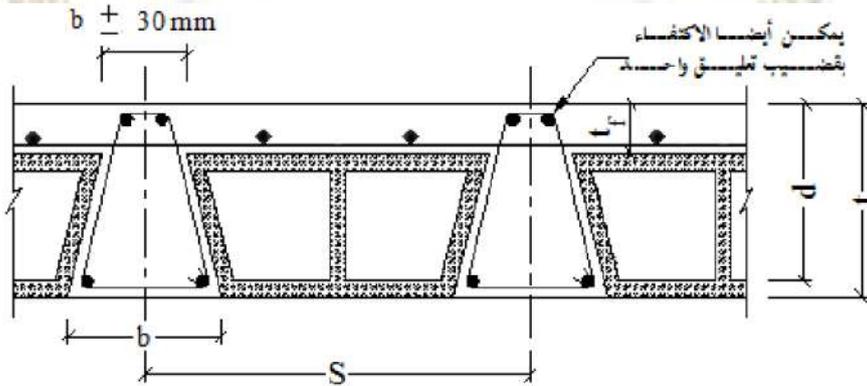
الجدول (2-3): سماكة البلاطة المعصبة باتجاهين المستندة إلى جائز مخفي

موقع المجاز	مجاز داخلي دون سقوط	مجاز داخلي مع سقوط	مجاز طرفي دون سقوط	مجاز طرفي مع سقوط
$L/t_{min}$	27	30	24	27

L: المتوسط الحسابي للمسافتين بين محاور الأعمدة في الاتجاهين المتعامدين.

### • قوالب البلوك:

- لا تقل المقاومة المميزة للقوالب المفرغة على الكسر بالضغط عن 7MPa عندما تحمّل محورياً باتجاه يوازي الإجهادات الضاغطة في البلاطة.
- إذا كان البلوك ذو عرضين مختلفين يمكن وضعه بطريقة يكون فيها البعد الأكبر في الأعلى أو الأسفل وفقاً لرؤية المهندس المصمم، حيث يكون الفرق في العرض بين أعلى وأسفل العصب كما في الشكل، يتم تصميم العصب على العرض الأصغر، علماً بأنه يفضل استعمال الشكل المتعامد من دون ميل نظراً لصعوبة تنفيذ القوالب وإمكانية انسلاخها.



الشكل (3-6): مقطع في العصب متغير العرض

- يمكن استعمال القوالب المصنّعة من مادة الستريوبور كقوالب مؤقتة حيث تنزع بعد تصلّب البيتون. ويمنع غرز قضبان التسليح في قوالب الستريوبور لذلك يلزم تقوية السطح العلوي للبلوكات بطبقة مونة إسمنتية بحيث تسمح بوضع التسليح على بسكوتات (Spacers) لا تنغرس في الستريوبور، وذلك من أجل تأمين طبقة حماية لقضبان التسليح، مع التأكيد على الاستعمال المؤقت لهذه البلوكات وينصح من أجل ذلك بتغليف

جميع سطوح البلوك المؤقت بورق نايلون (جيلاتين) ليسهل فكه ونزعه بعد تصائب الخرسانة.

○ في حال عدم وجود مونة إسمنتية أسفل الأعصاب مثل حالة سقف مستعار غير مقاوم للحريق يلوم زيادة سماكة التغطية الخرسانية أسفل قضبان التسليح لتصبح 25mm.

○ حمولات الأعصاب:

يُعتبر العصب الرئيسي كجائر مقطعه T بعرض جناح يساوي إلى S حيث:

$$S=e+b_w$$

يحمل العصب حمولة موزعة بانتظام مساوية إلى  $W_{ur}$  (kN/m/R) وهي عبارة عن حاصل مجموع الأحمال الميتة والحيّة المصعّدة.

● الأحمال الحيّة:

تحسب على مسافة قدرها S :  $LL \times S$

● الأحمال الميتة:

1- وزن ذاتي لجسم العصب  $(t-t_f) \times b_w \times \gamma_c$

2- وزن بلاطة التغطية  $t_f \times \gamma_c \times S$

3- وزن البلوكات في المتر الطولي: بما أن عرض البلوكة الواحدة يساوي إلى 20cm فإن المتر الطولي يحمل خمس بلوكات.

$$5W_i$$

$W_i$ : وزن البلوكة الواحدة.

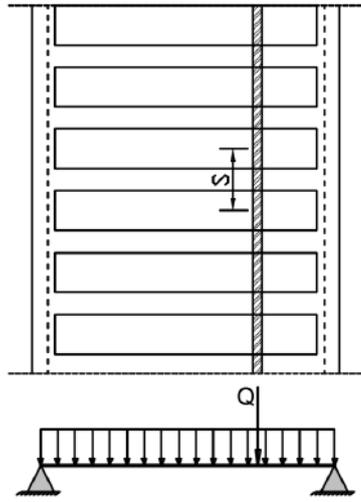
4- وزن طبقات الإكساء  $\text{Flooring} \times S$

5- أوزان القواطع: يتم التمييز بين عدة حالات:

○ قاطع عمودي على اتجاه العصب:

تُعتبر حمولة القاطع كحمولة مركزة على مسافة قدرها S.

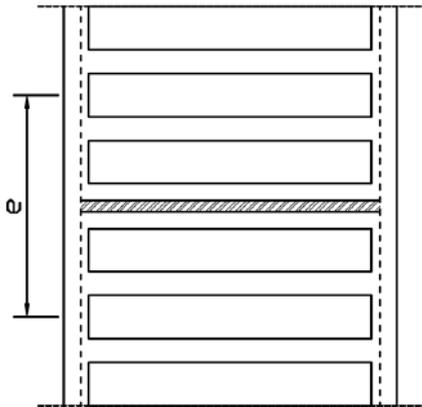
$$Q = \gamma_p \cdot t_w \cdot H \cdot S$$



الشكل (7-3): القاطع المعامد للأعصاب

- قاطع موازٍ لاتجاه العصب:  
تُحسب الحمولة المكافئة  $W_e$  وتوزع على الأعصاب الموجودة ضمن مسافة التأثير  $e$ ، حيث تساوي مسافة التأثير إلى:

$$e = t_w + 0.6L_2 \leq 3m$$



الشكل (8-3): القاطع الموازي للأعصاب

- يُمكن كحل بديل زيادة عرض العصب الحامل للقاطع بحيث يصبح كجائز مخفي قادر على مقاومة وزن القاطع والأحمال الأخرى.

• عرض العصب  $b_w$  :

يُعتبر عرض العصب عند النقطة

A مساوياً إلى  $b_w$  وعند النقطة B

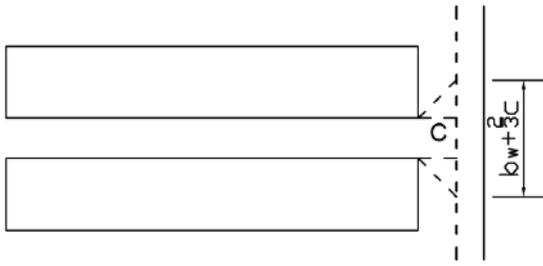
مساوياً إلى  $b_w + \frac{2}{3}c$  وعند

المحور  $b_w + \frac{2}{3}x$  بميل 3 أفقي

إلى 1 شاقولي.

C: مسافة إيقاف البلوك.

S: المسافة بين محاور الأعصاب.



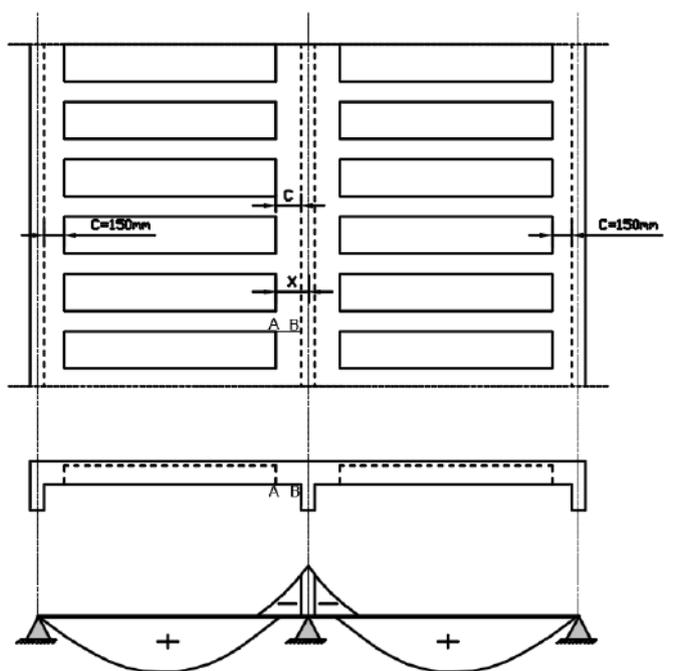
• مسافة إيقاف البلوك Solid Part :

تختلف مسافة إيقاف البلوك عند نهايات الأعصاب (المساند الطرفية) عنها عند المساند

الوسطية. حيث يتم ترك مسافة أصغر عند نهايات الأعصاب قرب الجيزان الحاملة. تؤخذ

حسب الكود العربي السوري كما يأتي:

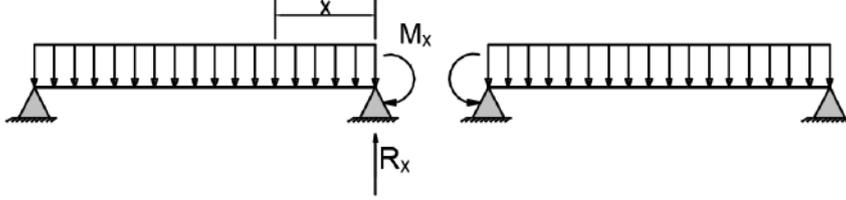
$$x = \max \left\{ \begin{array}{l} b_s / 3 \\ 150mm \end{array} \right.$$



الشكل (3-9): تأثير عرض الاستناد

$b_s$ : عرض المسند.

أما في المساند الداخلية فيجب التأكد من كون العرض  $b'_w$  كافياً لمقاومة العزم عند المحور وإلا تجب زيادة مسافة الإيقاف  $C$  وبالاتي تزيد  $b'_w$ .



الشكل(10-3): حساب العزم التصميمي عند المسند

يؤخذ العزم التصميمي عند الوجه الداخلي للمسند من أجل جيزان بارزة حاملة للعصب من البيتون المسلح، وعند محور المسند من أجل جيزان مخفية حاملة للعصب من البيتون المسلح، ويُحسب من المعادلة الآتية من أجل عناصر حاملة للأعصاب من الحجر:

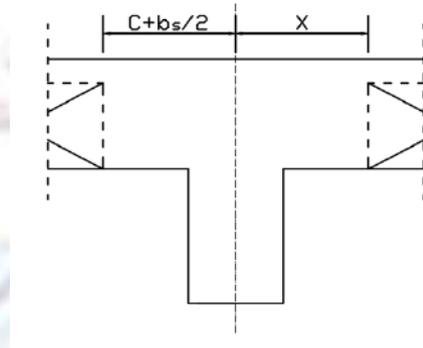
$$M_s = M^- - \frac{R.b}{8}$$

$M^-$ : العزم السالب عند محور الاستناد.

$R$ : رد فعل العصب عند المسند المدروس.

$b$ : عرض الاستناد.

بزيادة مسافة إيقاف البلوك يزيد العزم المقاوم بسبب زيادة العرض  $b$  عند هذا الموقع كما أنها تساعد في زيادة عرض طاولة الضغط في الجائز الحامل للعصب كما في الشكل:



الشكل(11-3): عرض جناح الجائز الحامل

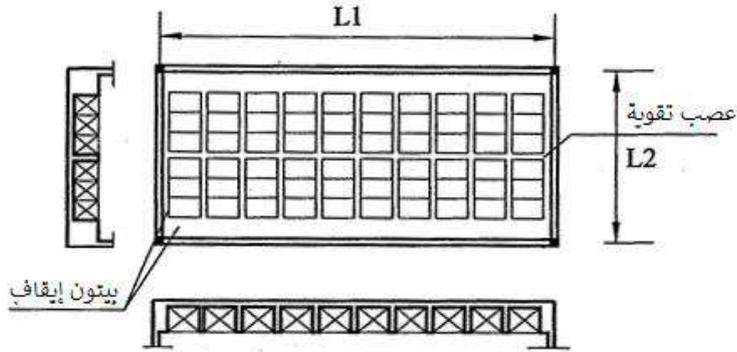
### • أعصاب التقوية Transversal Cross Ribs

في المجازات الكبيرة نسبياً يتم وضع عصب تقوية أو أكثر ويكون معامداً للأعصاب الرئيسية، فائدته توزيع الحملات بشكل أفضل وخصوصاً حملات القواطع المعامدة له. لا يقل عرض

عصب التقوية عن عرض الأصباب الرئيسية المرتبطة به. يبين الجدول الآتي عدد أصباب التقوية بحسب المجاز:

الجدول(3-3): عدد أصباب التقوية

عدد أصباب التقوية	مجاز العصب الرئيسي
لا حاجة لعصب التقوية	أقل من أربع أمتار
عصب واحد في منتصف المجاز	بين أربع وست أمتار
عصبان بتباعدات متساوية	بين ست وعشر أمتار
لا تزيد المسافة بين محوري عصبين متجاورين عن ثلاثة أمتار ولا يقل عددها عن ثلاثة أصباب	أكبر من عشر أمتار



الشكل (3-12): عصب التقوية

- تسليح عصب التقوية: يكون متناظراً ويساوي إلى ثلاثة أرباع تسليح العصب الرئيسي المرتبط به. في حال وجود أصباب طرفية رابطة لنهايات ظفرية لا يقل تسليح عصب التقوية عن ثلث التسليح الرئيسي العلوي للأصباب الظفرية الرابطة لها.

#### ● حساب عدد البلوكات:

باعتبار سماكة البلوكة الواحدة يساوي إلى 200mm، عرض عصب التقوية الواحد  $b_{cr}$  تكون مسافة البلوكات بالاتجاه الموازي للعصب مساوية إلى:

$$L_{c2} = n_2 \times 200 + \sum b_{cr}$$

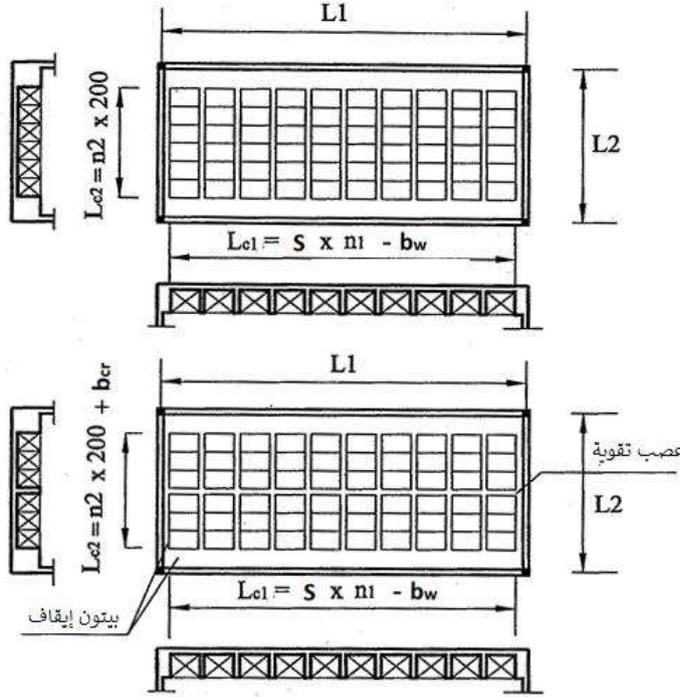
ويكون عدد البلوكات في الاتجاه الموازي للعصب:

$$n_2 = \frac{L_2 - b_s - 2C - \sum b_{cr}}{200}$$

بينما يكون عدد البلوكات في الاتجاه العامد للعصب:

$$n_1 = \frac{L_1 - b_s - 2C + b_w}{S}$$

$$L_{c1} = n_1 \times e + b_w (n_1 - 1)$$



الشكل (3-13): حساب عدد البلوك

### ● اشتراطات التسليح وفق الكود العربي السوري:

○ مساحة التسليح الدنيا:

لا تقل عن مساحة التسليح الدنيا الخاصة بالجزان والمعطية بالمعادلة:

$$A_{s \min} = \frac{0.9}{f_y} b_w d$$

ويمكن أن تخفض إلى ثلثي المساحة الدنيا على ألا تقل عن 1.33 من المساحة الحسابية

اللازمة.

○ مساحة التسليح العظمى:

لا تزيد مساحة التسليح على نصف مساحة التسليح التوازنية:

$$A_{s \max} = \frac{1}{2} A_{sb}$$

ويمكن أن ترفع إلى  $0.75A_{sb}$  عندما تتحقق الشروط الآتية:

- عدم إجراء عملية إعادة توزيع عزوم.
- حساب السهم بدقة والتأكد أنه أصغر من المسموح.
- وضع كمية تسليح ضغط دنيا بحيث يكون:

$$A_s - A'_s \leq \frac{1}{2} A_{sb}$$

○ تسليح بلاطة التغطية:

ويسمى بتسليح التوزيع ومهمته توزيع الأحمال والوقاية من الانكماش وهو عبارة عن شبكة تسليح متعامدة كما يأتي:

- تسليح معامد للعصب: لا يقل عن 20% من التسليح الرئيسي، ولا يقل عن  $.5\phi 6 / m$ .

- تسليح مواز للعصب: لا يقل عن قضيبين لكل بلوكة بقطر 6mm، وفي حال عدم وجود قواطع أو أحمال مركزة يمكن التخفيض إلى  $.1\phi 6 / block$ .

○ ترتيبات التسليح الطولي والعرضي في الأعصاب الرئيسية:

- القطر الأدنى للتسليح الطولي لا يقل عن 8mm.
- التباعد الأعظم بين الأساور:

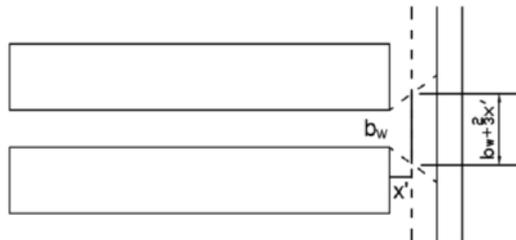
$$S = \min \left\{ \begin{array}{l} d \\ 300mm \end{array} \right.$$

- تسليح التعليق: لا يقل القطر عن نصف القطر الأكبر في التسليح الرئيسي أو 6mm. ولا يقل عن  $2\phi 6; 1\phi 8$

تحسب العزوم في الأعصاب في حال تحقق شروط الطريقة التقريبية في الكود العربي السوري لأجل البلاطات وليس الجيزان.

- يُعتبر المقطع الحرج للقص على بعد  $d/2$  من وجه الاستناد أو بداية البلوك أيها أصغر، ويكون في الجيزان المخفية عند بداية البلوك. هذا ويؤخذ عرض المقطع

المكافئ للمقطع الحرج للقص بحسب الموقع إما  $b_w$  أو  $b_w + \frac{2}{3}x'$ .



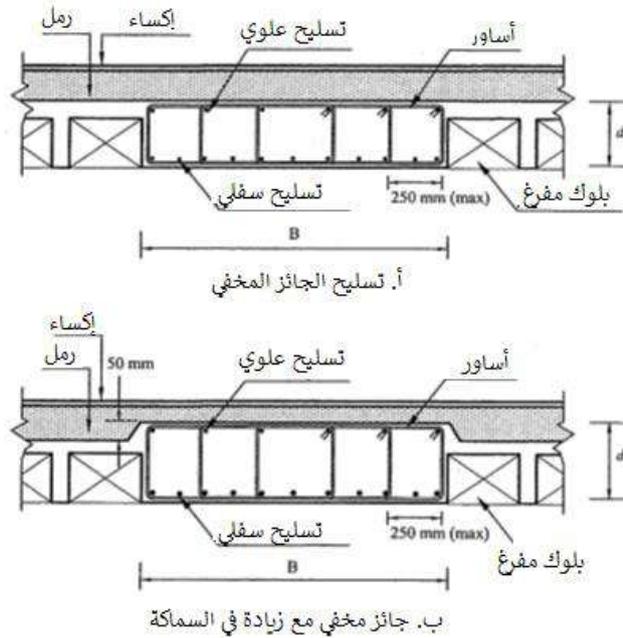
الشكل (3-14): العرض عند المقطع الحرج للقص

### 3-5 تصميم الجيزان الحاملة:

إن الحمولة المنقولة إلى الجائز الحامل عبارة عن حمولة موزعة بانتظام تمثل ردود أفعال الأعصاب المستندة إلى هذا الجائز (المعامدة له). وتحسب كما يأتي:  $W_u = R_r / S$  في حال وجود قاطع على أحد الأعصاب تؤخذ حمولة القاطع كحمولة إضافية على الحمولة العامة لكل القواطع.

### 3-5-1 الجيزان المخفية Hidden Beams:

يكون عرض الجائز المخفي من وجه البلوك إلى الوجه الآخر للبلوك من دون مسافات إيقاف بلوك (Solid Parts). بسبب سماكة الجيزان المخفية القليلة فهي مسلحة بشكل ثقيل، حيث يزيد عرضها على سماكتها بشكل كبير. يمكن زيادة سماكة الجائز المخفي من أجل تخفيف قيمة التسليح بمقدار 50mm كما في الشكل، حيث يُخفي ضمن طبقات التغطية إذا كانت سماكتها تسمح بذلك.



الشكل (3-15): تسليح الجائز المخفي- مقطع عرضي

- الجهد القاطع في الجائز المخفي:  
لا يقل عدد الأساور في الجائز المخفي عن أربع أذرع والمسافة العظمى بين الأذرع لا تزيد على 250mm.  
التباعد بين الأساور في الجائز المخفي لا يزيد على:

$$S = \min \left\{ \begin{array}{l} d \\ 300mm \end{array} \right.$$

إجهاد القص الذي يقاومه الببتون:

$$\tau_{cu} = 0.23\sqrt{f'_c}$$

عندما تهمل مقاومة الببتون على القص يمكن تخفيض مساحة التسليح الدنيا على

القص إلى  $1.33A_{st}$  ويكون:

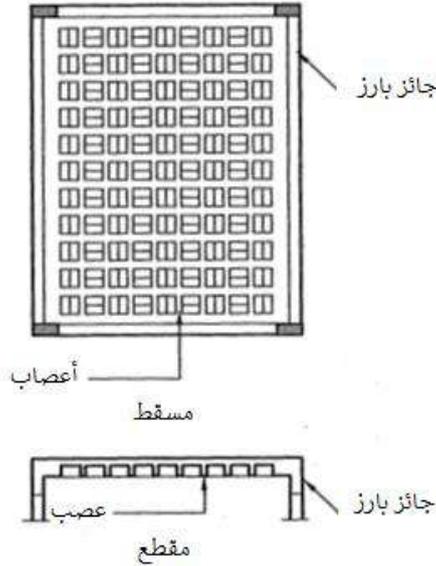
$$A_{st\min} = \left\{ \begin{array}{l} 1.33A_{st} \\ \frac{0.35}{f_y} b_w S \end{array} \right.$$

### 6-3 الفتحاح في البلاطام المعصبة:

يتم إضافة عصب مخفي على جوانب الفتححة بحيث يُسَلح بتسليح متناظر يكون فيه التسليح العلوي مساوياً للتسليح السفلي. لا يقل فيه قطر التسليح الطولي عن 10mm ولا تقل الأساور عن  $\phi 8 / 200mm$ .

### 7-3 البلاطام المعصبة بالاتجاهين Two-way Ribbed Slab:

تتكون من جملتين من الأعصاب إحداهما في الاتجاه الطويل للبلاطة والأخرى في الاتجاه القصير وتستخدم بشكل اقتصادي في المجازات بين 6-9m، ويجب الانتباه إلى أن البلاطام الظرفية تكون دائماً باتجاه وحيد.



الشكل(3-16): البلاطة المعصبة باتجاهين

### 1-7-3 الاشتراطات البعدية للأعصاب وفق الكود العربي السوري:

تؤخذ ذات الاشتراطات المأخوذة في البلاطات المعصبة باتجاه وحيد عدا ما يأتي:

- التباعد بين المحاور S في الاتجاهين ( $S_1, S_2$ ) يجب ألا يزيد على 1m.
- عندما يزيد التباعد بين محاور الأعصاب على 1m يجب تحويل النظام الإنشائي للبلاطة إلى بلاطة ذات جيزان متصلبة Paneled Beams حيث يوزع الحمل على الأعصاب بحسب موقع العصب من العصب الوسطي، أما البلاطات المليئة الواقعة بين الأعصاب فتدرس كبلاطات مليئة عاملة باتجاهين.
- ارتفاع العصب t:
- عندما يكون الاستناد جائزاً بارزاً يزيد ارتفاعه على ضعفي سماكة البلاطة يؤخذ الارتفاع الأدنى للعصب من المعادلة:

$$h_{min} = 120 / \text{المحيط المكافئ}$$

المحيط المكافئ: يُحسب اعتباراً من الأبعاد الداخلية مع جداء الضلع المستمر بالقيمة 0.76.

في حال استناد البلاطة العاملة باتجاهين على جيزان تقل سماكاتها على مثلي سماكة البلاطة- جيزان مخفية، تؤخذ السماكة الدنيا من الجدول (3-4):

الجدول (3-4): سماكة البلاطة المعصبة باتجاهين

موقع المجاز	داخلي من دون سقوط	داخلي مع سقوط	طرفي من دون سقوط	طرفي مع سقوط
L/h	27	30	24	27

L: المتوسط الحسابي للمسافتين بين محاور الاستناد في الاتجاهين المتعامدين.

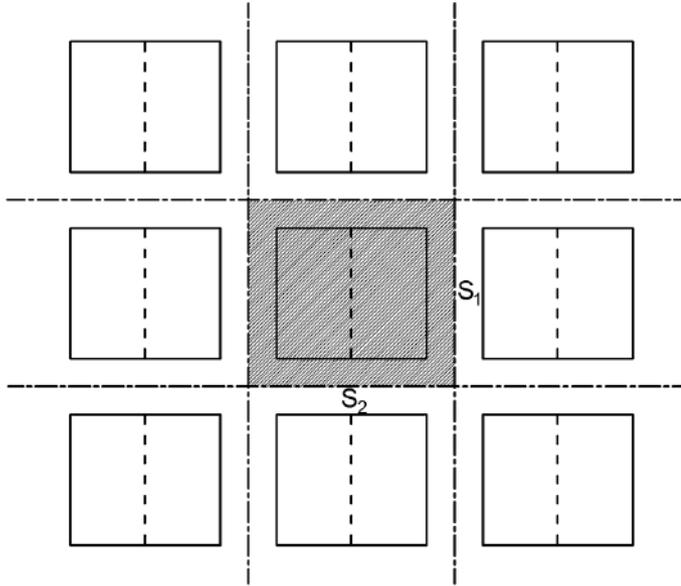
### 2-7-3 الحمولات على البلاطات المعصبة باتجاهين:

تُحسب حمولات بلاطة مربعة أبعادها  $S_1 \times S_2$  ثم بالقسمة على مساحتها يتم الحصول على الحمولات بالمتري المربع.

○ وزن بلاطة التغطية  $t_f \gamma_c$

○ الوزن المكافئ للأعصاب:

$$W_{ribs} = \gamma_c \frac{(S_1 \times S_2 - e_1 \times e_2)(t - t_f)}{S_1 \times S_2}$$



الشكل (3-17): حمولة البلاطة المعصبة باتجاهين في المتر المربع

$$W_{ribs} = \gamma_c \frac{b_w S_1 + b_w (S_1 - b_w)(t - t_f)}{S_1 \times S_2}$$

- حمولة إكساء وتغطية (kN/m<sup>2</sup>) Flooring
- وزن البلوكات  $nW_i / S_1 S_2$
- حمولة حية LL (kN/m<sup>2</sup>) ثم يتم تصعيد الأحمال وفقاً لمعاملات تصعيد الأحمال.

### 3-7-3 توزيع الأحمال على الأعصاب وفق الاتجاهين:

- يتم حساب نسبة الاستطالة  $r$  والتي تأخذ بالحسبان الاستمرارية في الاتجاهين. تعطى معاملات توزيع الأحمال في الجدول صفحة 210 من الكود العربي السوري:
- من أجل جيزان بارزة حاملة لبلاطات مفرغة باتجاهين تعطى معاملات توزيع الأحمال وفقاً لجدول Marcus، وهذه المعاملات أكبر من معاملات البلاطات المليئة العاملة باتجاهين ذلك لأن الفتل يكون أقل في هذه البلاطات وحصته المهملة أقل من (15-20%).
  - من أجل جيزان مخفية حاملة لبلاطة مفرغة عاملة باتجاهين يتم إهمال الفعل الفتلي وبالتالي تصبح نسبة التوزيع متساوية وتساوي إلى نصف الحمل عندما تساوي نسبة الاستطالة إلى الواحد، يسمى هذا الجدول بجدول Grashoff. تعطى هذه المعاملات بالمعادلات الآتية:

$$\alpha_2 = \frac{r^4}{1+r^4}, \alpha_1 = \frac{1}{1+r^4}$$

الجدول(5-3): معاملات توزيع الأحمال- جيزان بارزة وفق الكود العربي السوري

نسبة الاستطالة $r$	0.76	0.80	0.90	1.00	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	$\infty$
$\alpha_1$	0.614	0.575	0.481	0.396	0.323	0.262	0.212	0.172	0.140	0.113	0.077	0.053	0.000
$\alpha_2$	0.207	0.237	0.316	0.396	0.473	0.543	0.606	0.660	0.706	0.746	0.806	0.819	1.000

الجدول(6-3): معاملات توزيع الأحمال- جيزان مخفية وفق الكود العربي السوري

نسبة الاستطالة $r$	0.76	0.80	0.90	1.00	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	$\infty$
$\alpha_1$	0.747	0.707	0.604	0.500	0.405	0.328	0.258	0.203	0.166	0.131	0.086	0.059	0.000
$\alpha_2$	0.253	0.293	0.396	0.500	0.595	0.672	0.742	0.797	0.834	0.869	0.914	0.941	1.000

ثم يتم توزيع الأحمال وفق الاتجاهين كما يأتي:

$$W_{u1} = \alpha_1 W_u; W_{u2} = \alpha_2 W_u$$

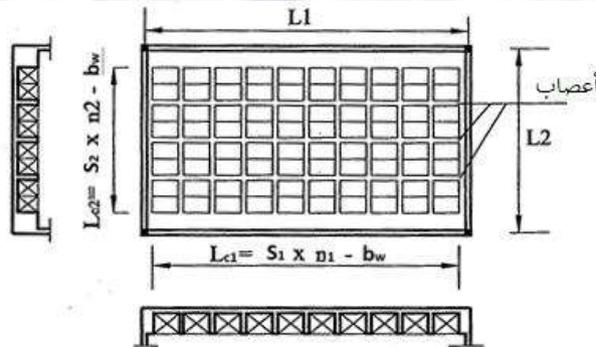
وتكون حصة كل عصب وفقاً للاتجاهين:

$$W_{ur1} = \alpha_1 W_u S_1; W_{ur2} = \alpha_2 W_u S_2$$

4-7-3 عدد البلوكات بالاتجاهين:

يُحسب من المعادلة من أجل كل اتجاه:

$$n = \frac{L - b_s - (C_1 + C_2) + b_w}{S}$$



الشكل(18-3): حساب عدد البلوكات



- بلاطة التغطية:

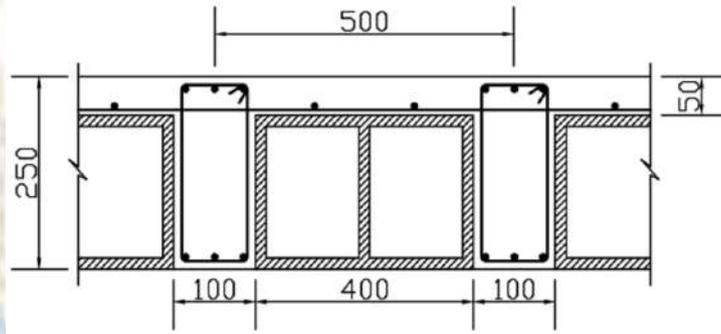
$$t_f = \max \begin{cases} \frac{S}{10} = 50mm \\ 50mm \end{cases}$$

- ارتفاع العصب الكلي:

$$H = t_f + 200 = 250mm$$

- تحقيق عرض العصب:

$$b_w = \max \begin{cases} 100mm \\ \frac{H}{3} = 83.3mm \Rightarrow b_w = 100mm \end{cases}$$



$$H_{\min} = \frac{L_2}{22} = 245.45mm < 250mm$$

- شرط السهم:

ب. حساب حمولات العصب الواحد:

$$0.05 \times 0.5 \times 25 = 0.625kN/m/R$$

- وزن بلاطة التغطية

$$0.1 \times 0.2 \times 25 = 0.5kN/m/R$$

- وزن الجذع

$$0.15 \times 5 = 0.75kN/m/R$$

- وزن البلوك

$$3 \times 0.5 = 1.5kN/m/R$$

- الإكساء

$$3.375kN/m/R \text{ مجموع الأحمال الميتة على العصب}$$

$$4 \times 0.5 = 2kN/m/R$$

الحمولة الحية

$$W_u = 2 \times 1.7 + 3.375 \times 1.4 = 8.125kN/m/R$$

الحمولة الكلية المصعدة

ج. حساب العزوم والقوى القاطعة:

شروط استعمال عوامل الكود التقريبية:

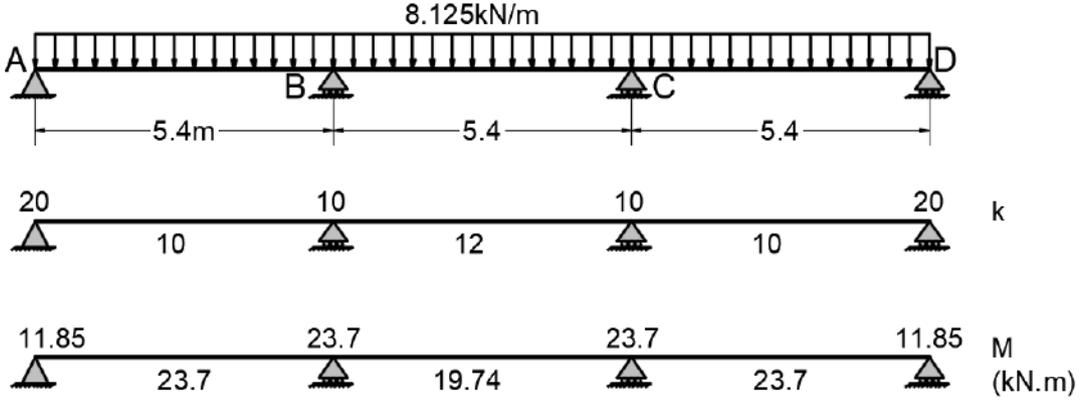
- الحمولات موزعة بانتظام.

• لا يزيد الحمل الحي المصعد على ضعفي الحمل الميت المصعد:

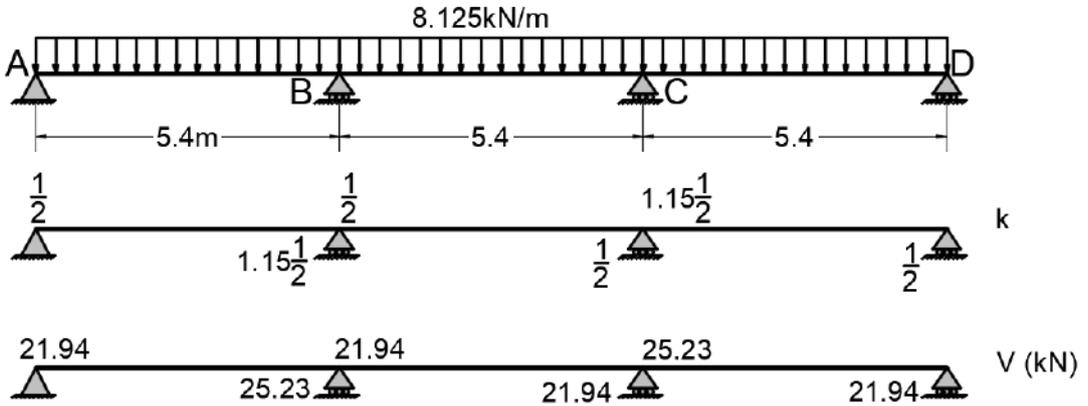
$$2 \times 1.7 = 3.4 < 2 \times 3.375 \times 1.4 = 9.45 \text{ kN/m/R}$$

• المجازات متساوية

أ. عزم الانعطاف:



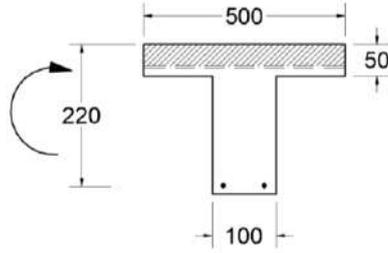
ب. القوى القاطعة:



د. حساب التسليح الطولي:

• تصميم المقطع في وسط المجاز AB, CD،

$$M_u^+ = 23.7 \text{ kN.m}, \quad d = 250 - 30 = 220 \text{ mm}$$



العزم الذي يتحمله الجناح:

$$M_{d0} = \Omega \times 0.85 \times f'_c \times b_f \times t_f \left( d - \frac{t_f}{2} \right)$$

$$= 0.9 \times 0.85 \times 28 \times 500 \times 50 \left( 220 - \frac{50}{2} \right) = 104.4 \times 10^6 \text{ N.mm} = 104.4 \text{ kN.m}$$

وهو أكبر من العزم المطبق وبالتالي المحاور المحايد يقطع الجناح والمقطع يعمل بشكل مستطيل عرضه  $S=500\text{mm}$ .

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \right)$$

$$23.7 \times 10^6 = 0.9 \times 400 A_s \left( 220 - \frac{1}{2} \frac{400 A_s}{0.85 \times 28 \times 500} \right)$$

$$= 360 A_s (220 - 0.0168 A_s) \Rightarrow A_s = 306.4 \text{ mm}^2; 2\phi 14$$

مساحة التسليح الدنيا

$$A_{s\min} = \frac{0.9}{f_y} b_w d = \frac{0.9}{400} 100 \times 220 = 49.5 \text{ mm}^2$$

مساحة التسليح القصوى

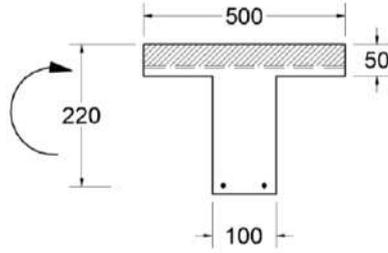
$$a_b = 0.85 \frac{630}{630 + f_y} d = 0.85 \frac{630}{630 + 400} 220 = 114.38 \text{ mm} > t_f = 50 \text{ mm}$$

$$A_{s\max} = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{630 + f_y} \frac{f'_c}{f_y} + \frac{0.85 f'_c (b_f - b_w) t_f}{b_w \cdot d \cdot f_y} \right] b_w d$$

$$= \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{630 + 400} \frac{28}{400} + \frac{0.85 \times 28 (500 - 100) 50}{100 \times 220 \times 400} \right] 100 \times 220 = 935.15 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\min} < A_s < A_{s\max}$$

• تصميم المقطع في وسط المجاز BC،  $d = 220 \text{ mm}$ ،  $M_u^+ = 19.74 \text{ kN.m}$ ;



العزم المطبق أقل من العزم الذي يتحمله الجناح  $M_{d0}$ ، وبالاتي المحور المحايد يقطع الجناح والمقطع يعمل بشكل مستطيل عرضه  $S=500mm$ .

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \right)$$

$$19.74 \times 10^6 = 0.9 \times 400 A_s \left( 220 - \frac{1}{2} \frac{400 A_s}{0.85 \times 28 \times 500} \right)$$

$$= 360 A_s (220 - 0.0168 A_s) \Rightarrow A_s = 254.17 mm^2; 1\phi 14 + 1\phi 12$$

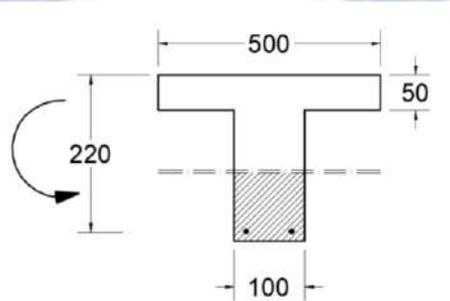
$$A_{s \min} < A_s = 254.17 < A_{s \max}$$

• تصميم المقطع على العزم السالب عند المسند B,C،

$$M_u^- = 23.7 kN.m; \quad d = 220 mm$$

المقطع يعمل عند المسند بشكل مستطيل عرضه  $b'_w$ ، بافتراض مسافة إيقاف البلوك إلى المحور (الجائز المخفي): 600mm, 650mm

$$b'_w = b_w + \frac{2}{3} x = 100 + \frac{2}{3} 600 = 500 mm$$



$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \right)$$

$$23.7 \times 10^6 = 0.9 \times 400A_s \left( 220 - \frac{1}{2} \frac{400A_s}{0.85 \times 28 \times 500} \right)$$

$$= 360A_s (220 - 0.0168A_s) \Rightarrow A_s = 254.17 \text{mm}^2; 1\phi 14 + 1\phi 12$$

مساحة التسليح القصوى

$$A_{s \max} = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{630 + f_y} \frac{f'_c}{f_y} \right] b_w d = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{630 + 400} \frac{28}{400} \right] 100 \times 220 = 340.15 \text{mm}^2$$

$$A_{s \min} < A_s = 254.17 < A_{s \max}$$

للتحقق يُحسب العزم عند بداية البلوك:

$$M_x = 25.23x - 8.125x^2 / 2 - 23.7; x = 0.6 \text{m} \Rightarrow M_x = -10.0245 \text{kN.m}$$

المقطع هنا مستطيل عرضه bw:

$$10.025 \times 10^6 = 0.9 \times 400A_s \left( 220 - \frac{1}{2} \frac{400A_s}{0.85 \times 28 \times 100} \right)$$

$$= 360A_s (220 - 0.084A_s) \Rightarrow A_s = 133.4 \text{mm}^2$$

$$A_{s \min} < A_s = 133.4 < A_{s \max}$$

وبالآتي مسافة إيقاف البلوك كافية.

• تصميم المقطع على العزم السالب عند المسند A,D،

$$M_u^- = 11.85 \text{kN.m}; \quad d = 220 \text{mm}$$

المقطع يعمل عند المسند بشكل مستطيل عرضه  $b'_w$ ، بافتراض مسافة إيقاف البلوك

: C=200mm

$$b'_w = b_w + \frac{2}{3}x = 100 + \frac{2}{3}300 = 300 \text{mm}$$

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \right)$$

$$11.85 \times 10^6 = 0.9 \times 400A_s \left( 220 - \frac{1}{2} \frac{400A_s}{0.85 \times 28 \times 300} \right)$$

$$= 360A_s (220 - 0.028A_s) \Rightarrow A_s = 152.6 \text{mm}^2; 1\phi 14 \text{ or } 2\phi 10$$

$$A_{s \min} < A_s = 152.6 \text{mm}^2 < A_{s \max}$$

- أعصاب التقوية:

هناك حاجة إلى عصب تقوية واحد في كل مجاز يكون تسليحه متناظر ويساوي إلى:

$$A_{scr} = \frac{3}{4} A_s \begin{cases} AB, CD : A_{scr} = \frac{3}{4} 306.4 = 229.8mm^2; 1\phi 12 + 1\phi 14 \\ BC : A_{scr} = \frac{3}{4} 254.17 = 190.63mm^2; 2\phi 12 \end{cases}$$

- تسليح التعليق: لا يقل القطر عن نصف القطر الأكبر في التسليح الرئيسي أو 6mm. ولا يقل عن 2φ6; 1φ8 وبالاتي يمكن اعتماد 2φ8.
- ترتيب البلوكات:

- في الاتجاه الأفقي X:

بفرض وجود عصب تقوية واحد بعرض 100mm، كما هو مبين بالشكل:

- المجاز AB والمجاز CD:

$$L_c = 5400 - (C_1 + C_2) = 5400 - (300 + 600) = 4500mm$$

$$n = \frac{4500 - 100}{200} = 22Block$$

- المجاز الداخلي BC:

$$L_c = 5400 - (C_1 + C_2) = 5400 - (2 \times 650) = 4100mm$$

$$n = \frac{4100 - 100}{200} = 20Block$$

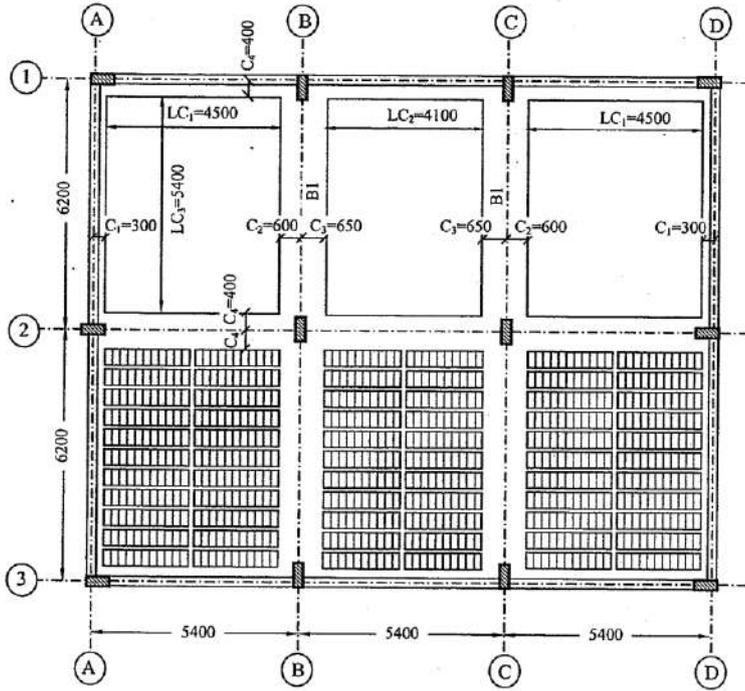
- في الاتجاه الرأسي Y:

$$L_c = 6200 - (C_1 + C_2) = 6200 - (300 + 300) = 5600mm$$

$$n = \frac{L_c + b_w}{S} = \frac{5600 + 100}{500} = 11.4Block$$

يتم توزيع الفائض على الأطراف:  $0.4 \times 500 = 200mm$

تضاف 100mm للأعلى و 100mm للأسفل كما في الشكل:



و. حساب التسليح العرضي في الأعصاب:

بما أن المسند عبارة عن جوائز مخفي يكون المقطع الحرج عند وجه البلوك،  $x_{cr}=600\text{mm}$  وتقابل عرض عصب  $b_w=100\text{mm}$ .

$$V_u = R_u - W_u(x) = 25.23 - 8.125 \times 0.6 = 20.36\text{kN}$$

• التحقق من كفاية أبعاد المقطع البيتوني:  
تعتبر أبعاد المقطع البيتونية كافية على القص إذا كان إجهاد القص من أجل قوة القص الحرجة أقل من إجهاد القص الأعظمي:

$$\tau_u = \frac{V_u}{0.75d \times b_w} = \frac{20.36 \times 10^3}{0.75 \times 220 \times 100} = 1.234\text{MPa}$$

$$\tau_{u\max} = 0.65\sqrt{f'_c} = 3.44\text{MPa}$$

$$\tau_u < \tau_{u\max} \quad \text{ok}$$

• حساب إجهاد القص الذي يتحمله البيتون:

$$\tau_{cu} = 0.23\sqrt{f'_c} = 1.22\text{MPa}$$

بما أن إجهاد القص أكبر من إجهاد القص الذي يتحمله البيتون فهناك حاجة إلى تسليح عرضي.

• حساب تسليح القص:

باعتبار مساهمة الببتون على القص:

$$\tau_{0u} = 0.35\tau_{cu} = 0.35 \times 1.22 = 0.427 \text{MPa}$$

إجهاد القص الذي يتحمله الفولاذ:

$$\tau_{su} = \tau_u - \tau_{0u} = 1.234 - 0.854 = 0.807 \text{MPa}$$

• تصميم الأساور الشاقولية:

$$S \leq \min \begin{cases} d = 220 \text{mm} \\ 300 \text{mm} \end{cases} \quad \text{التباعد بين الأساور يجب أن يحقق الشروط:}$$

بفرض  $S=200 \text{mm}$ :

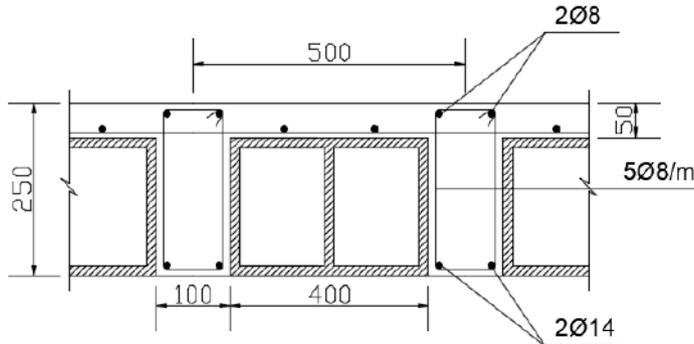
$$A_t = \frac{\tau_{su}}{f_y} b_w \times S = \frac{0.807}{240} 100 \times 200 = 67.25 \text{mm}^2$$

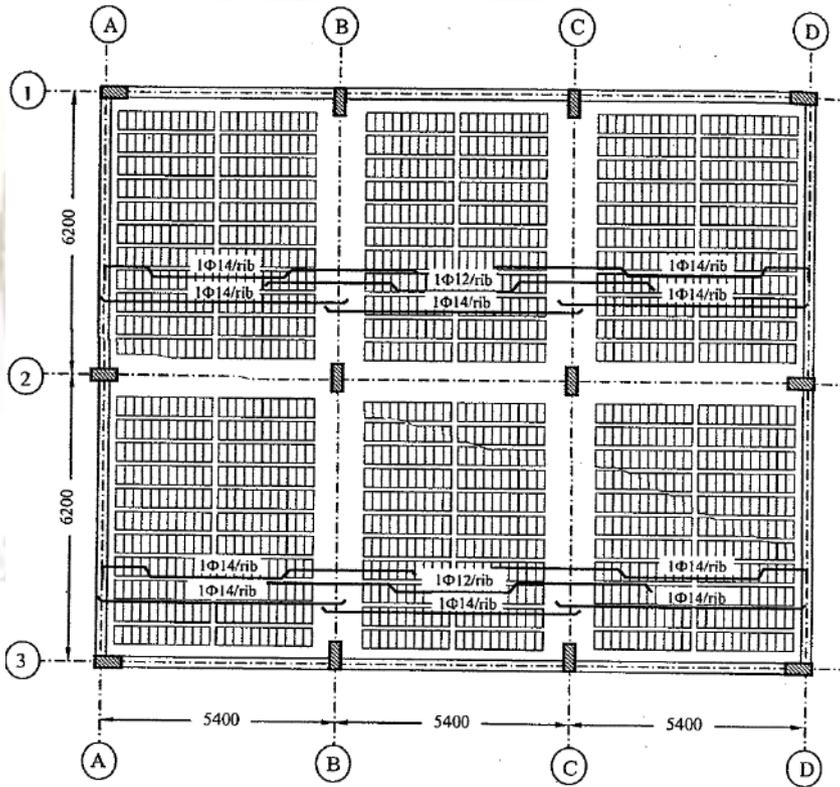
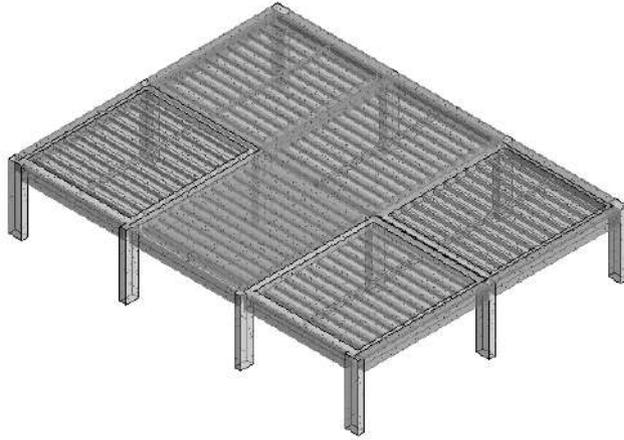
تحسب مساحة تسليح القص الأصغري:

$$A_{st \min} = \frac{0.35}{f_y} b_w \times S = \frac{0.35}{240} 100 \times 200 = 29.17 \text{mm}^2$$

نختار إسواره بذراعين قطر  $8 \text{mm}$  و  $2\phi 8 = 100 \text{mm}^2$  ويكون تسليح القص بالنتيجة

$2\phi 8 / 200 \text{mm}$





ز. تصميم الجائز المخفي: عرض الجائز  $b=600+650=1250\text{mm}$ ، ارتفاعه من ارتفاع العصب.  
 • حساب الحمولات:

a. وزن ذاتي  $1.25 \times 0.25 \times 25 = 7.813 \text{ kN/m}$

b. تصعيد الوزن الذاتي  $1.4 \times 7.813 = 10.94 \text{ kN/m}$

c. رد فعل الأعصاب

$$R_u = 1.1W_uL = 1.1 \times 8.125 \times 5.4 = 48.3 \text{ kN/S}$$

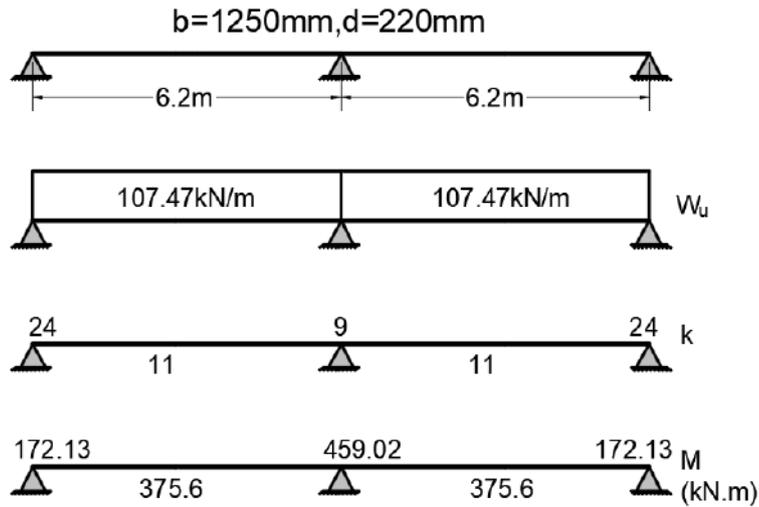
$$R_u / S = 48.3 / 0.5 = 96.53 \text{ kN/m}$$

حمولة الجائز الموزعة بانتظام:  $W_{ub} = 107.47 \text{ kN/m}$



• العزوم والتسليح:

جميع المقاطع مستطيلة في الجائز المخفي سواء للعزم السالب أو الموجب  $d=220\text{mm}$ .



$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \right)$$

$$459.02 \times 10^6 = 0.9 \times 400 A_s \left( 220 - \frac{1}{2} \frac{400 A_s}{0.85 \times 28 \times 1250} \right)$$

$$= 360 A_s (220 - 0.00672 A_s) \Rightarrow A_s = 7525.7 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \max} = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{630 + f_y} \frac{f'_c}{f_y} \right] b_w d = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{630 + 400} \frac{28}{400} \right] 1250 \times 220 = 4251.88 \text{ mm}^2$$

$$A_s > A_{s \max}$$

لحل هذه المشكلة تتم زيادة ارتفاع الجائز المخفي مسافة خمسة سنتمتر ضمن طبقات الإكساء والتغطية،  
وتصبح  $d=300-30=270\text{mm}$ .

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b} \right)$$

$$459.02 \times 10^6 = 0.9 \times 400 A_s \left( 270 - \frac{1}{2} \frac{400 A_s}{0.85 \times 28 \times 1250} \right)$$

$$= 360 A_s (270 - 0.00672 A_s) \Rightarrow A_s = 5466.05 \text{mm}^2$$

$$A_{s \max} = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{630 + f_y} \frac{f_c'}{f_y} \right] b_w d = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{630 + 400} \frac{28}{400} \right] 1250 \times 270 = 5218.14 \text{mm}^2$$

لا تزال مساحة التسليح المحسوبة أكبر من العظمى. يسمح الكود العربي السوري بتجاوز  $0.5 A_{sb}$  إلى  $0.75 A_{sb}$  شرط وجود تسليح ضغط يحقق الشرط:

$$A_s - A_s' \leq \frac{1}{2} A_{sb}$$

إن التسليح الموجب الواصل إلى المسند يقوم مقام تسليح الضغط.

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b} \right)$$

$$375.6 \times 10^6 = 0.9 \times 400 A_s \left( 270 - \frac{1}{2} \frac{400 A_s}{0.85 \times 28 \times 1250} \right)$$

$$= 360 A_s (270 - 0.00672 A_s) \Rightarrow A_s = 4331 \text{mm}^2 < A_{s \max}$$

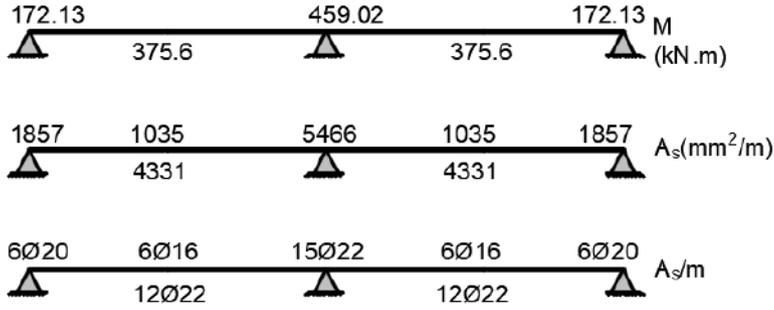
بتحقيق التسليح السالب في المسند أعلاه:

$$A_s - A_s' = 5466.05 - 4331 = 1135 \leq \frac{1}{2} A_{sb} = 5218.14 \text{mm}^2$$

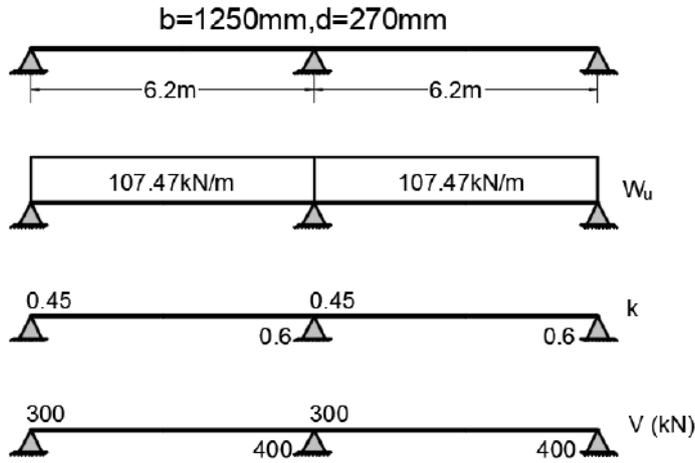
تسليح التعليق:

$$0.2 A_s = 1034.6 \text{mm}^2; 6\phi 16$$

تكون مساحات التسليح مبينة بالشكل:



• تصميم التسليح العرضي:



- تسليح القص من اليمين: بما أن المسند عبارة عن عمود يكون المقطع الحرج على بعد  $d/2$  من وجه المسند،  $x_{cr}=0.6/2+0.27/2=0.435\text{m}$

$$V_u = R_u - W_u(x) = 400 - 107.47 \times 0.435 = 353.25\text{kN}$$

- التحقق من كفاية أبعاد المقطع البيتوني:

تُعتبر أبعاد المقطع البيتونية كافية على القص إذا كان إجهاد القص من أجل قوة القص الحرجة أقل من إجهاد القص الأعظمي:

$$\tau_u = \frac{V_u}{0.75d \times b_w} = \frac{353.25 \times 10^3}{0.75 \times 270 \times 1250} = 1.396\text{MPa}$$

$$\tau_{u\max} = 0.65\sqrt{f'_c} = 3.44MPa$$

$$\tau_u < \tau_{u\max} \quad ok$$

- حساب إجهاد القص الذي يتحمله البيتون:

$$\tau_{cu} = 0.23\sqrt{f'_c} = 1.22MPa$$

بما أن إجهاد القص أكبر من إجهاد القص الذي يتحمله البيتون فهناك حاجة إلى تسليح عرضي.

- حساب تسليح القص:

باعتبار مساهمة البيتون على القص:

$$\tau_{0u} = 0.7\tau_{cu} = 0.7 \times 1.22 = 0.854MPa$$

$$\tau_{su} = \tau_u - \tau_{0u} = 0.542MPa \quad \text{إجهاد القص الذي يتحمله الفولاذ:}$$

- تصميم الأساور الشاقولية:

$$S \leq \min \begin{cases} d = 270mm \\ 300mm \end{cases} \quad \text{يجب أن يحقق التباعد بين الأساور الشروط:}$$

بفرض  $S=200mm$

$$A_t = \frac{\tau_{su}}{f_y} b_w \times S = \frac{0.542}{240} 1250 \times 200 = 564.6mm^2$$

نختار إسوارة بست أذرع قطر  $12mm$   $6\phi 12 = 678mm^2$  ويكون تسليح القص بالنتيجة

$6\phi 12 / 200mm$

تحسب مساحة تسليح القص الأصغري:

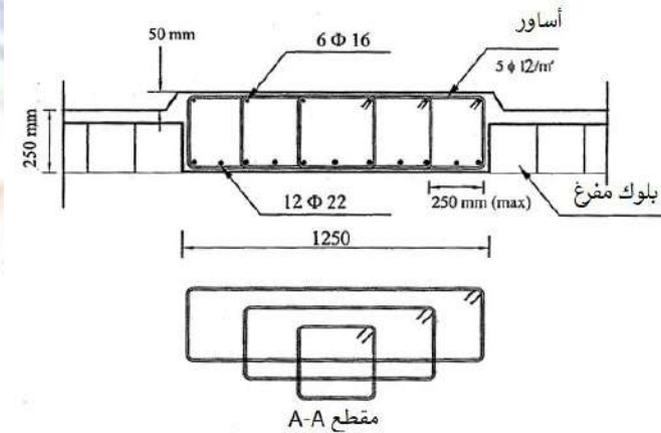
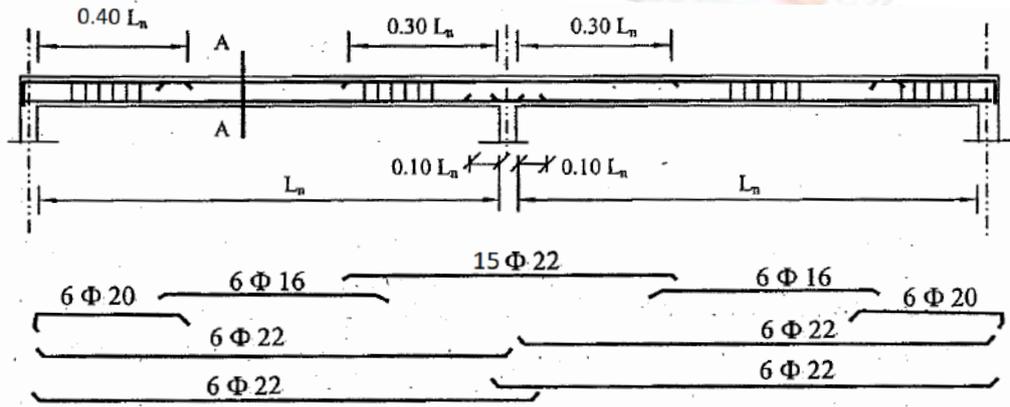
$$A_{st\min} = \frac{0.35}{f_y} b_w \times S = \frac{0.35}{240} 1250 \times 200 = 364.6mm^2; 6\phi 10 / 200mm$$

مسافة استبدال تسليح القص بتسليح أصغري:

$$V_{\min} = \tau_{cu} \times 0.75d \times b_w = 1.22 \times 0.75 \times 270 \times 1250 = 308.81 \times 10^3 \text{ N} = 308.81 \text{ kN}$$

$$V_u = R_u - W_u(x) \Rightarrow x = \frac{R_u - V_{\min}}{W_u} = \frac{400 - 308.81}{107.47} = 0.848 \text{ m}$$

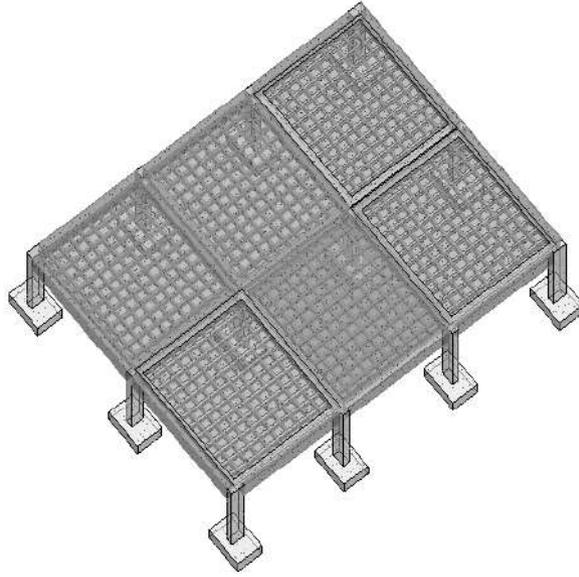
- تسليح القص من اليسار:  $V=300\text{kN}$  وبالاتي تسليح القص أصغري، يتم اعتماد  $6\phi 10 = 471/200\text{mm}$



مثال تطبيقي /2/:

أعد حل المسألة السابقة باستخدام بلاطات مفرغة ذات اتجاهين محمولة على جيزان بارزة

بعرض 200mm.



الحل:

- تحقيق الأبعاد:  
أ. باختيار أبعاد البلوك 400x200x200mm تكون المسافة بين محاور الأعصاب .S=500mm
- بفرض عرض العصب  $b_w=100mm$
- بلاطة التغطية:

$$t_f = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{S}{10} = 50mm \\ 50mm \end{array} \right.$$

- ارتفاع العصب الكلي:

$$H = t_f + 200 = 250mm$$

- تحقيق شرط السهم:

$$H_{\min} = \frac{\text{المحيط المكافئ}}{120}$$

ذلك لأن الاستناد عبارة عن جيزان بارزة سماكتها ضعفي سماكة البلاطة.

$$H_{\min} = \frac{1.76(5200 + 6000)}{120} = 164.3mm < H$$

2. حساب الحمولات بالمتري المربع:

• وزن بلاطة التغطية  
 • الوزن المكافئ للأعصاب

$$0.05 \times 25 = 1.25 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{(0.5 \times 0.5 - 0.4 \times 0.4)(0.25 - 0.5)}{0.5 \times 0.5} \times 25 = 1.8 \text{ kN/m}^2$$

• وزن البلوك

$$\frac{0.15 \times 2}{0.5 \times 0.5} = 1.2 \text{ kN/m}^2$$

• الإكساء

$$3 \text{ kN/m}^2$$

مجموع الأحمال الميتة بالمتري المربع  $7.25 \text{ kN/m}^2$

الحمولة الحية  $4 \text{ kN/m}^2$

الحمولة الكلية المصعدة  $W_u = 4 \times 1.7 + 7.25 \times 1.4 = 16.95 \cong 17 \text{ kN/m}^2$

3. توزيع الأحمال على الأعصاب بالاتجاهين:

يتم استعمال الجدول الأول (جدول Marcus) لأن الجيزان بارزة، يتم حساب نسبة الاستطالة في البلاطات:

• البلاطة  $S_1$ :

$$r_1 = \frac{0.87 \times 6200}{0.87 \times 5400} = 1.15$$

$$\alpha_1 = 0.2923; \alpha_2 = 0.5092$$

$$W_{u2} = 0.5092 \times 17 \times 0.5 = 4.33 \text{ kN/m/R}; W_{u1} = 0.2923 \times 17 \times 0.5 = 2.48 \text{ kN/m/R}$$

• البلاطة  $S_2$ :

$$r_1 = \frac{0.87 \times 6200}{0.76 \times 5400} = 1.314$$

$$\alpha_1 = 0.207; \alpha_2 = 0.614$$

$$W_{u2} = 0.614 \times 17 \times 0.5 = 5.22 \text{ kN/m/R}; W_{u1} = 0.207 \times 17 \times 0.5 = 1.76 \text{ kN/m/R}$$

4. عدد البلوكات:

بفرض مسافة إيقاف البلوك الصافية 200mm وتصبح المسافة حتى المحور

$$.C_1 = C_2 = 300 \text{ mm}$$

• عدد البلوكات في الاتجاه القصير:

$$n_2 = \frac{L_2 - b_s - 2C + b_w}{S} = \frac{5400 - 200 - 2 \times 200 + 100}{500} = 9.8 \text{ Block}$$

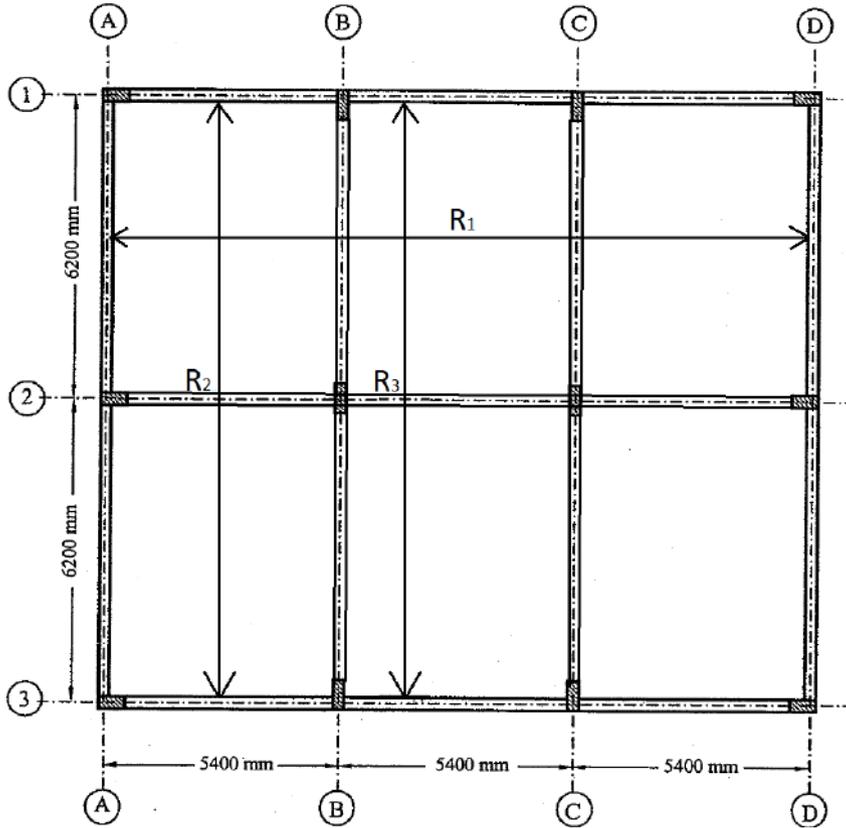
تتم زيادة مسافة الإيقاف من اليمين واليسار بمقدار  $0.8 \times 500 = 400 \text{ mm}$  من كل طرف  $200 \text{ mm}$ ،  
وتكون  $C_2 = 500 \text{ mm}$

• عدد البلوكات في الاتجاه الطويل:

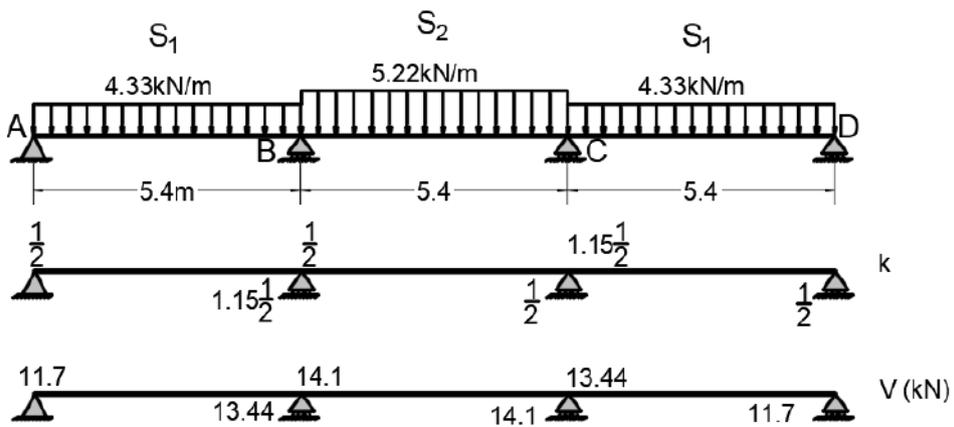
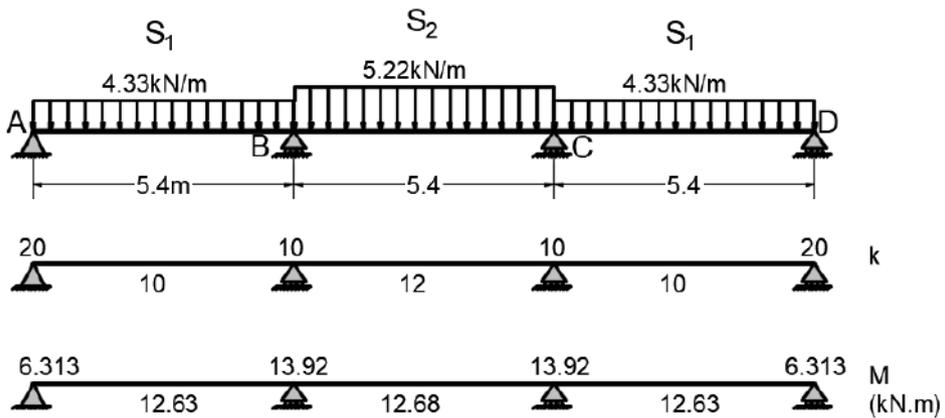
$$n_1 = \frac{L_1 - b_s - 2C + b_w}{S} = \frac{6200 - 200 - 2 \times 200 + 100}{500} = 11.4 \text{ Block}$$

تتم زيادة مسافة الإيقاف من الأعلى والأسفل بمقدار  $0.4 \times 500 = 200 \text{ mm}$  من كل طرف  $100 \text{ mm}$ ،  
وتكون  $C_1 = 400 \text{ mm}$ .

5. العزوم والقوى القاطعة والتسليح الطولي:



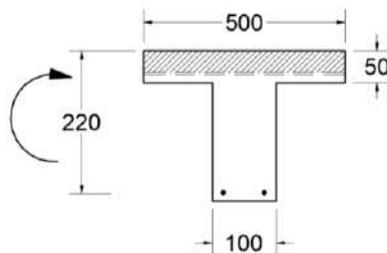
• العصب الأفقي  $R_1$ :



حساب التسليح الطولي:

• تصميم المقطع في وسط المجاز BC،

$$M_u^+ = 12.68 \text{ kN.m}; \quad d = 250 - 30 = 220 \text{ mm}$$



العزم الذي يتحمله الجناح:

$$M_{d0} = \Omega \times 0.85 \times f'_c \times b_f \times t_f \left( d - \frac{t_f}{2} \right)$$

$$= 0.9 \times 0.85 \times 28 \times 500 \times 50 \left( 220 - \frac{50}{2} \right) = 104.4 \times 10^6 \text{ N.mm} = 104.4 \text{ kN.m}$$

وهو أكبر من العزم المطبق وبالآتي المحور المحايد يقطع الجناح والمقطع يعمل بشكل مستطيل عرضه  $S=500\text{mm}$ .

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \right)$$

$$12.68 \times 10^6 = 0.9 \times 400 A_s \left( 220 - \frac{1}{2} \frac{400 A_s}{0.85 \times 28 \times 500} \right)$$

$$= 360 A_s (220 - 0.0168 A_s) \Rightarrow A_s = 162.1 \text{ mm}^2; 2\phi 12$$

مساحة التسليح الدنيا

$$A_{s\min} = \frac{0.9}{f_y} b_w d = \frac{0.9}{400} 100 \times 220 = 49.5 \text{ mm}^2$$

مساحة التسليح القصوى

$$a_b = 0.85 \frac{630}{630 + f_y} d = 0.85 \frac{630}{630 + 400} 220 = 114.38 \text{ mm} > t_f = 50 \text{ mm}$$

$$A_{s\max} = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{630 + f_y} \frac{f'_c}{f_y} + \frac{0.85 f'_c (b_f - b_w) t_f}{b_w \cdot d \cdot f_y} \right] b_w d$$

$$= \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{630 + 400} \frac{28}{400} + \frac{0.85 \times 28 (500 - 100) 50}{100 \times 220 \times 400} \right] 100 \times 220 = 935.15 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\min} < A_s < A_{s\max}$$

• تصميم المقطع في وسط المجاز AB,CD ،  $d = 220\text{mm}$  ،  $M_u^+ = 12.63\text{kN.m}$  قيمة

العزم قريبة من عزم المجاز BC وبالآتي يُستخدم نفس التسليح.

• تصميم المقطع على العزم السالب عند المسند B,C ،

$$M_u^- = 13.92\text{kN.m}; \quad d = 220\text{mm}$$

المقطع يعمل عند المسند بشكل مستطيل عرضه  $b'_w$ . بما أن الجانز بارز ينبغي أن يؤخذ

العزم عند وجه المسند:

العزم عند وجه المسند:

$$M_x = 13.44x - 4.33x^2 / 2 - 13.92; x = 0.1m \Rightarrow M_x = -12.59kN.m$$

المقطع يعمل عند المسند بشكل مستطيل عرضه  $b'_w$ ، مسافة إيقاف البلوك إلى المحور

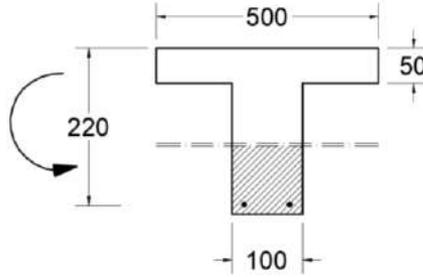
$$C_2 = 500mm$$

$$b'_w = b_w + \frac{2}{3}x = 100 + \frac{2}{3}400 = 366.67mm$$

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \right)$$

$$12.95 \times 10^6 = 0.9 \times 400 A_s \left( 220 - \frac{1}{2} \frac{400 A_s}{0.85 \times 28 \times 366.67} \right)$$

$$= 360 A_s (220 - 0.0229 A_s) \Rightarrow A_s = 166.4 mm^2; 2\phi 12$$



مساحة التسليح القصوى

$$A_{s,max} = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{630 + f_y} \frac{f'_c}{f_y} \right] b_w d = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{630 + 400} \frac{28}{400} \right] 100 \times 220 = 340.15 mm^2$$

$$A_{s,min} < A_s = 168.14 < A_{s,max}$$

للتحقق يُحسب العزم عند بداية البلوك:

$$M_x = 13.44x - 4.33x^2 / 2 - 13.92; x = 0.5m \Rightarrow M_x = -8.3kN.m$$

المقطع هنا مستطيل عرضه  $b_w$ :

$$8.3 \times 10^6 = 0.9 \times 400 A_s \left( 220 - \frac{1}{2} \frac{400 A_s}{0.85 \times 28 \times 100} \right) = 360 A_s (220 - 0.084 A_s) \Rightarrow A_s = 109.4 mm^2$$

$$A_{s,min} < A_s = 109.4 < A_{s,max}$$

وبالآتي مسافة إيقاف البلوك كافية.

- تصميم المقطع على العزم السالب عند المسند  $A, D$  ،  $d = 220mm$  ،  $M_u^- = 6.313kN.m$  ، المقطع يعمل عند المسند بشكل مستطيل عرضه  $b'_w$  ، بافتراض مسافة إيقاف البلوك :  $C_2 = 500mm$

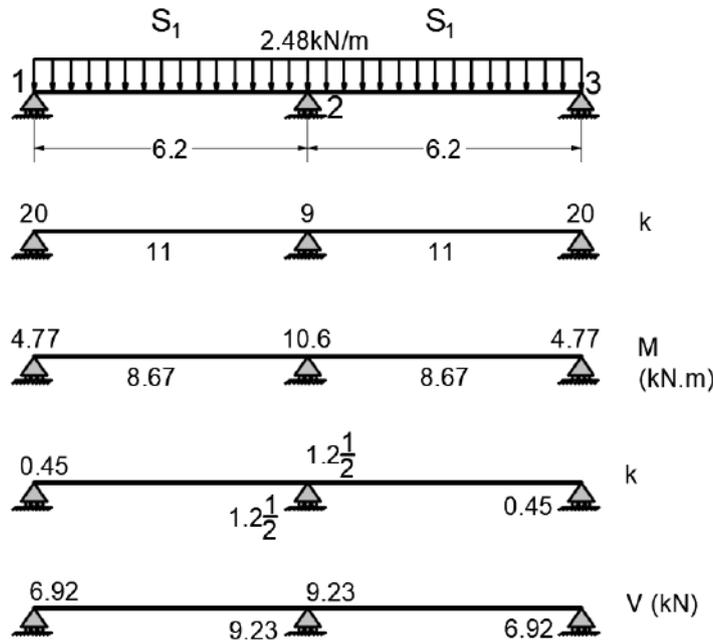
$$b'_w = b_w + \frac{2}{3}x = 100 + \frac{2}{3}500 = 433.333mm$$

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \right)$$

$$6.313 \times 10^6 = 0.9 \times 400 A_s \left( 220 - \frac{1}{2} \frac{400 A_s}{0.85 \times 28 \times 433.333} \right)$$

$$= 360 A_s (220 - 0.0194 A_s) \Rightarrow A_s = 80.3 mm^2 ; 1\phi 10 \text{ or } 2\phi 8$$

- العصب  $R_2$  :



حساب التسليح الطولي:

- تصميم المقطع في وسط المجاز 1-2 ،

$$M_u^+ = 8.67kN.m; \quad d = 250 - 40 = 210mm$$

العزم الذي يتحمله الجناح:

$$M_{d0} = \Omega \times 0.85 \times f'_c \times b_f \times t_f \left( d - \frac{t_f}{2} \right)$$

$$= 0.9 \times 0.85 \times 28 \times 500 \times 50 \left( 210 - \frac{50}{2} \right) = 99.06 \times 10^6 \text{ N.mm} = 99.06 \text{ kN.m}$$

وهو أكبر من العزم المطبق وبالآتي المحور المحايد يقطع الجناح والمقطع يعمل بشكل مستطيل عرضه  $S=500\text{mm}$

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \right)$$

$$8.67 \times 10^6 = 0.9 \times 400 A_s \left( 210 - \frac{1}{2} \frac{400 A_s}{0.85 \times 28 \times 500} \right)$$

$$= 360 A_s (210 - 0.0168 A_s) \Rightarrow A_s = 114.7 \text{ mm}^2; 2\phi 10$$

مساحة التسليح الدنيا

$$A_{s\min} = \frac{0.9}{f_y} b_w d = \frac{0.9}{400} 100 \times 210 = 47.5 \text{ mm}^2$$

مساحة التسليح القصوى

$$a_b = 0.85 \frac{630}{630 + f_y} d = 0.85 \frac{630}{630 + 400} 220 = 114.38 \text{ mm} > t_f = 50 \text{ mm}$$

$$A_{s\max} = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{630 + f_y} \frac{f'_c}{f_y} + \frac{0.85 f'_c (b_f - b_w) t_f}{b_w \cdot d \cdot f_y} \right] b_w d$$

$$= \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{630 + 400} \frac{28}{400} + \frac{0.85 \times 28 (500 - 100) 50}{100 \times 210 \times 400} \right] 100 \times 210 = 919.7 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\min} < A_s < A_{s\max}$$

• تصميم المقطع على العزم السالب عند المسند 2،

$$M_u^- = 10.6 \text{ kN.m}; \quad d = 210 \text{ mm}$$

المقطع يعمل عند المسند بشكل مستطيل عرضه  $b'_w$ . بما أن الجانز بارز ينبغي أن يؤخذ العزم عند وجه المسند:

العزم عند وجه المسند:

$$M_x = 9.23x - 2.48x^2 / 2 - 10.6; x = 0.1m \Rightarrow M_x = -9.7kN.m$$

المقطع يعمل عند المسند بشكل مستطيل عرضه  $b'_w$ ، مسافة إيقاف البلوك إلى المحور

$$C_1 = 400mm$$

$$b'_w = b_w + \frac{2}{3}x = 100 + \frac{2}{3}300 = 300mm$$

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \right)$$

$$9.7 \times 10^6 = 0.9 \times 400 A_s \left( 210 - \frac{1}{2} \frac{400 A_s}{0.85 \times 28 \times 300} \right)$$

$$= 360 A_s (210 - 0.028 A_s) \Rightarrow A_s = 130.6 mm^2; 2\phi 10$$

مساحة التسليح القصوى

$$A_{s \max} = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{630 + f_y} \frac{f'_c}{f_y} \right] b_w d = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{630 + 400} \frac{28}{400} \right] 100 \times 210 = 324.7 mm^2$$

$$A_{s \min} < A_s = 130.6 < A_{s \max}$$

للتحقق يُحسب العزم عند بداية البلوك:

$$M_x = 9.23x - 2.48x^2 / 2 - 10.6; x = 0.4m \Rightarrow M_x = -7.11kN.m$$

المقطع هنا مستطيل عرضه  $b_w$ :

$$7.11 \times 10^6 = 0.9 \times 400 A_s \left( 210 - \frac{1}{2} \frac{400 A_s}{0.85 \times 28 \times 100} \right) = 360 A_s (210 - 0.084 A_s) \Rightarrow A_s = 97.88 mm^2$$

$$A_{s \min} < A_s = 97.88 < A_{s \max}$$

وبالآتي مسافة إيقاف البلوك كافية.

• تصميم المقطع على العزم السالب عند المسند 1,3،  $d = 210mm$ ،  $M_u^- = 4.77kN.m$ ؛

المقطع يعمل عند المسند بشكل مستطيل عرضه  $b'_w$ ، مسافة إيقاف البلوك  $C_1 = 400mm$ ؛

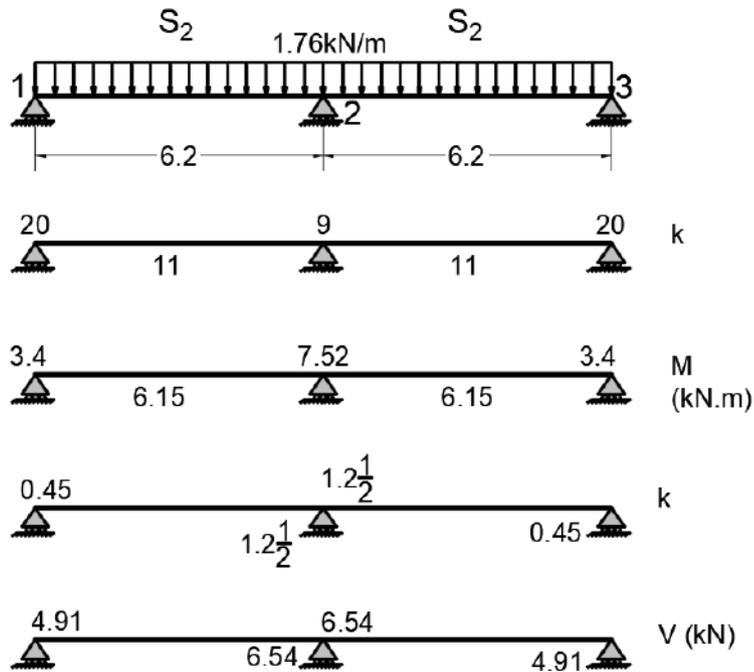
$$b'_w = b_w + \frac{2}{3}x = 100 + \frac{2}{3}400 = 366.67mm$$

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b} \right)$$

$$4.77 \times 10^6 = 0.9 \times 400 A_s \left( 210 - \frac{1}{2} \frac{400 A_s}{0.85 \times 28 \times 366.67} \right)$$

$$= 360 A_s (210 - 0.0229 A_s) \Rightarrow A_s = 63.5 \text{ mm}^2; 1\phi 10 \text{ or } 2\phi 8$$

• العصب الأفقي R<sub>3</sub>:



حساب التسليح الطولي:

• تصميم المقطع في وسط المجاز 1-2

$$M_u^+ = 6.15kN.m; \quad d = 250 - 40 = 210mm$$

العزم الذي يتحمله الجناح:

$$\begin{aligned} M_{d0} &= \Omega \times 0.85 \times f'_c \times b_f \times t_f \left( d - \frac{t_f}{2} \right) \\ &= 0.9 \times 0.85 \times 28 \times 500 \times 50 \left( 210 - \frac{50}{2} \right) = 99.06 \times 10^6 \text{ N.mm} = 99.06kN.m \end{aligned}$$

وهو أكبر من العزم المطبق وبالتالي المحور المحايد يقطع الجناح والمقطع يعمل بشكل مستطيل عرضه  $S=500mm$ .

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \right)$$

$$\begin{aligned} 6.15 \times 10^6 &= 0.9 \times 400 A_s \left( 210 - \frac{1}{2} \frac{400 A_s}{0.85 \times 28 \times 500} \right) \\ &= 360 A_s (210 - 0.0168 A_s) \Rightarrow A_s = 81.88mm^2; 2\phi 8 \end{aligned}$$

$$A_{smin} < A_s < A_{smax}$$

• تصميم المقطع على العزم السالب عند المسند 2،  $d = 210mm$ ،  $M_u^- = 7.52kN.m$

المقطع يعمل عند المسند بشكل مستطيل عرضه  $b'_w$ . بما أن الجانز بارز ينبغي أن يؤخذ العزم عند وجه المسند:  
العزم عند وجه المسند:

$$M_x = 6.54x - 1.76x^2 / 2 - 6.15; x = 0.1m \Rightarrow M_x = -5.5kN.m$$

المقطع يعمل عند المسند بشكل مستطيل عرضه  $b'_w$ ، بافتراض مسافة إيقاف البلوك إلى المحور  $C_1 = 400mm$

$$b'_w = b_w + \frac{2}{3} x = 100 + \frac{2}{3} 300 = 300mm$$

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \right)$$

$$5.5 \times 10^6 = 0.9 \times 400A_s \left( 210 - \frac{1}{2} \frac{400A_s}{0.85 \times 28 \times 300} \right)$$

$$= 360A_s (210 - 0.028A_s) \Rightarrow A_s = 73.5 \text{ mm}^2; 2\phi 8$$

$$A_{s \min} < A_s < A_{s \max}$$

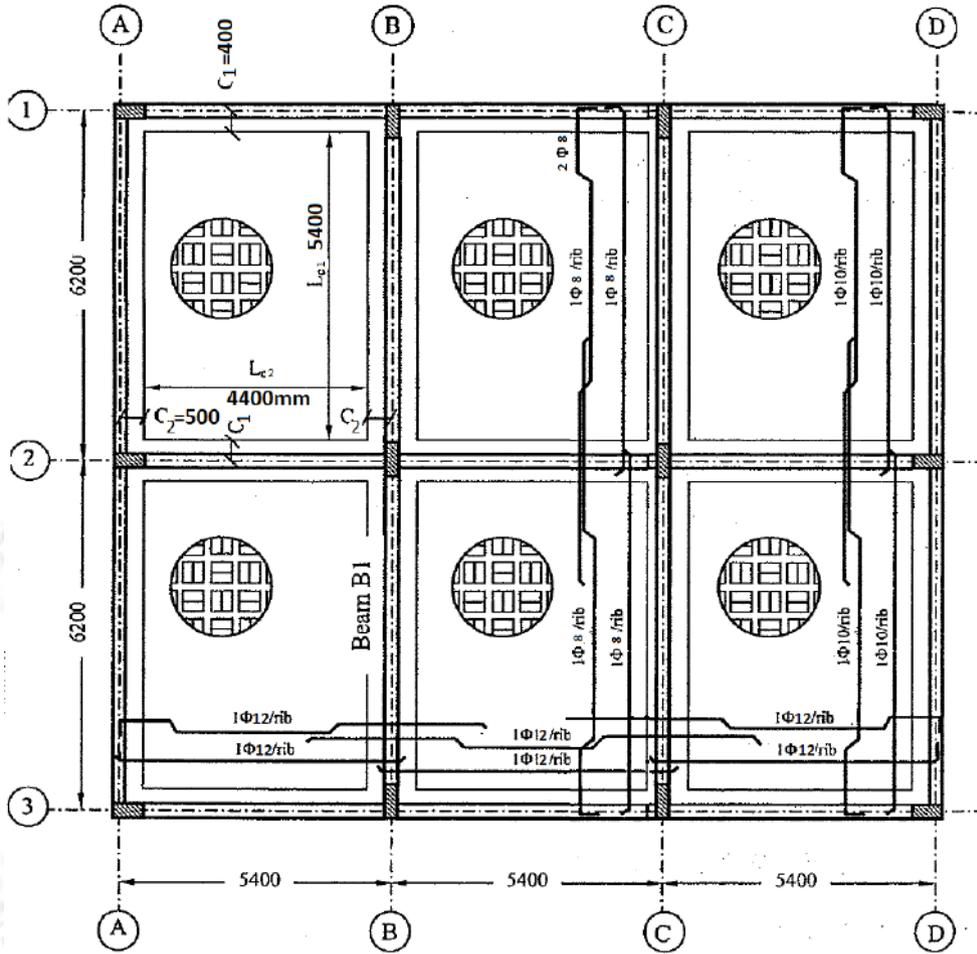
- تصميم المقطع على العزم السالب عند المسند 1,3،  $d = 210 \text{ mm}$ ، المقطع  $M_u^- = 4.91 \text{ kN.m}$  يعمل عند المسند بشكل مستطيل عرضه  $b'_w$ ، بافتراض مسافة إيقاف البلوك  $C_1 = 400 \text{ mm}$ :

$$b'_w = b_w + \frac{2}{3}x = 100 + \frac{2}{3}400 = 366.67 \text{ mm}$$

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \right)$$

$$4.91 \times 10^6 = 0.9 \times 400A_s \left( 210 - \frac{1}{2} \frac{400A_s}{0.85 \times 28 \times 366.67} \right)$$

$$= 360A_s (210 - 0.0229A_s) \Rightarrow A_s = 65.4 \text{ mm}^2; 1\phi 10 \text{ or } 2\phi 8$$



6. التسليح العرضي في الأعصاب:

• العصب  $R_1$ : أكبر جهد قاطع  $14.1 \text{ kN}$

تسليح القص من اليمين: بما أن المسند عبارة عن جانز بارز يكون المقطع الحرج على بعد  $d/2$  من وجه المسند،  $x_{cr} = 0.3/2 + 0.22/2 = 0.26 \text{ m}$

$$V_u = R_u - W_u(x) = 14.1 - 5.22 \times 0.26 = 12.74 \text{ kN}$$

$$b'_w = b_w + \frac{2}{3}x = b_w + \frac{2}{3}(400 - d/2) = 100 + \frac{2}{3}(400 - 110) = 293.33 \text{ mm}$$

• التحقق من كفاية أبعاد المقطع البيتوني:

تُعتبر أبعاد المقطع البيتونية كافية على القص إذا كان إجهاد القص من أجل قوة القص الحرجة أقل من إجهاد القص الأعظمي:

$$\tau_u = \frac{V_u}{0.75d \times b'_w} = \frac{12.74 \times 10^3}{0.75 \times 220 \times 293.33} = 0.263 \text{ MPa}$$

$$\tau_{u \max} = 0.65 \sqrt{f'_c} = 3.44 \text{ MPa}$$

$$\tau_u < \tau_{u \max} \quad \text{ok}$$

• حساب إجهاد القص الذي يتحمله البيتون:

$$\tau_{cu} = 0.23 \sqrt{f'_c} = 1.22 \text{ MPa}$$

بما أن إجهاد القص أصغر من إجهاد القص الذي يتحمله البيتون فالتسليح العرضي أصغري، وكذلك الأمر في بقية مقاطع الأعصاب لأنه تمت دراسة القيمة العظمي.

• تصميم الأساور الشاقولية:

$$S \leq \min \begin{cases} d = 220 \text{ mm} \\ 300 \text{ mm} \end{cases} \quad \text{التباعد بين الأساور يجب أن يحقق الشروط:}$$

بفرض  $S=200 \text{ mm}$

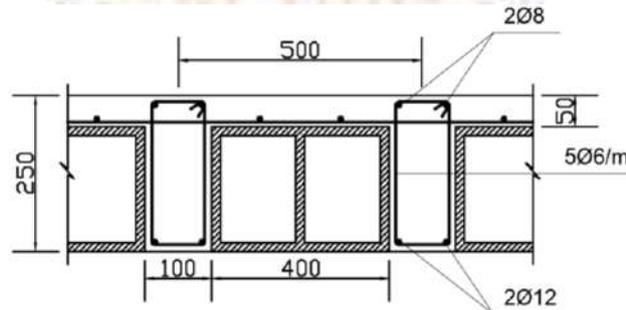
تحسب مساحة تسليح القص الأصغري:

$$A_{st \min} = \frac{0.35}{f_y} b_w \times S = \frac{0.35}{240} 160 \times 200 = 46.67 \text{ mm}^2$$

نختار إسواره بذراعين قطر  $6 \text{ mm}$   $2\phi 6 = 56.54 \text{ mm}^2$  ويكون تسليح القص بالنتيجة

$2\phi 6 / 200 \text{ mm}$

ويكون المقطع العرضي في منتصف المجاز BC للعصب  $R_1$ :



7. الحمولة المنقولة إلى الجيزان الوسطية على المحور B,C:  
رد فعل العصب  $R_1$  على الجائز الحامل:

$$R_u = 1.1W_{av}L = 1.1 \times \left( \frac{5.22 + 4.33}{2} \right) 5.4 = 28.36kN$$

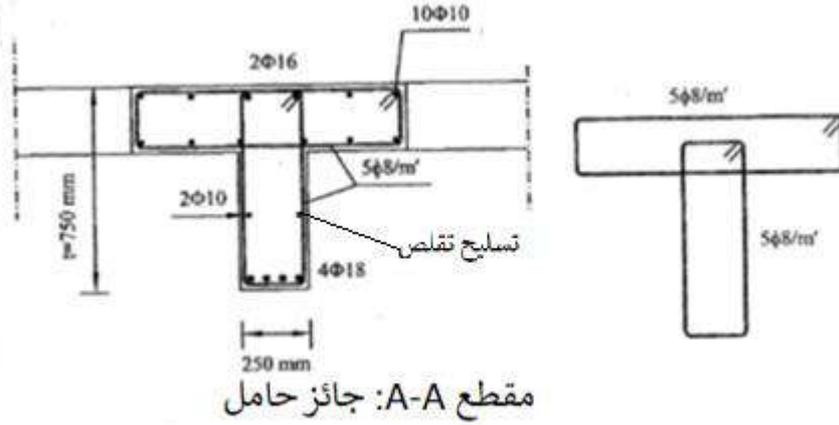
رد الفعل بالمتر الطولي:

$$R_u / S = 28.36 / 0.5 = 56.73kN$$

هذه القيمة مصعدة وجاهزة لتتم إضافتها إلى الأحمال الأخرى من وزن ذاتي للجائز وحمولة

جدران.

نبيّن فيما يأتي مقطعاً نموذجياً في الجائز الحامل.



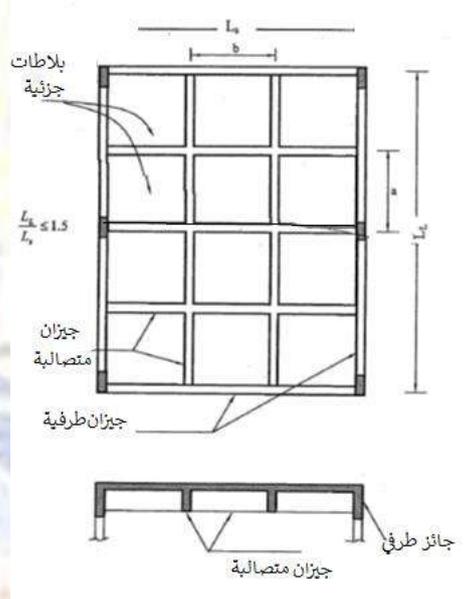
## الفصل الرابع

### البلاطات ذات الجيزان المتصلبة

#### Paneled Beams

#### 1-4 مقدمة:

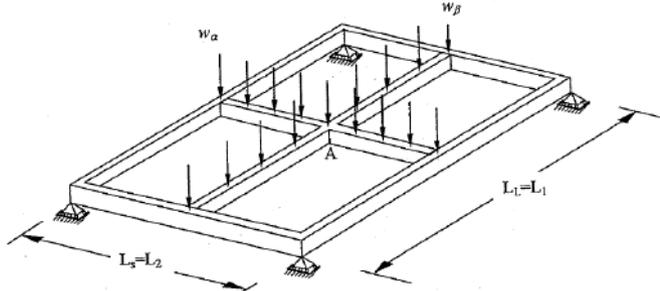
يتم استخدام هذا النوع من البلاطات عندما تكون المساحة المدروسة كبيرة نسبياً بحيث يصبح من غير الاقتصادي استخدام أي نوع من البلاطات المليئة أو المفرغة. في نظام الجيزان المتصلبة يتم تقوية البلاطة باستخدام سلسلة من الجيزان بتباعدات متساوية في الاتجاه الواحد وبسماكات متساوية. تكون الجيزان متعامدة مشكّلة فراغات مستطيلة أو مربعة أبعادها تتجاوز 1m، ويفضّل أن تتراوح بين 2-4m. تُصمم البلاطات الجزئية ضمن الفراغات المستطيلة كبلاطات مليئة؛ قد تستند الجيزان المتصلبة إلى أعمدة أو إلى جيزان طرفية.



الشكل (1-4): مسقط ومقطع في البلاطة ذات الجيزان المتصلبة

#### 2-4 توزيع الأحمال:

بما أن الانتقال متساوٍ في نقطة تقاطع أي جائزين يكون الحمل المنقول وفقاً للاتجاه القصير أكبر بكثير من الحمل المنقول وفقاً للاتجاه الطويل، ذلك لأنه يحتاج إلى حمولات أكبر للحصول على نفس الانتقال في جائز قصير نسبةً إلى جائز طويل؛ من الجدير بالذكر أنه لا يتم استخدام بلاطات جيزان متصلة في حال كانت نسبة المجاز الطويل للبلاطة إلى المجاز القصير تتجاوز 1.5 لأنه لا توجد فائدة إنشائية من نظام البلاطات المتصلبة في هذه الحالة إذ ينتقل معظم الحمل في الاتجاه القصير كما في حالة البلاطات المليئة باتجاه وحيد.



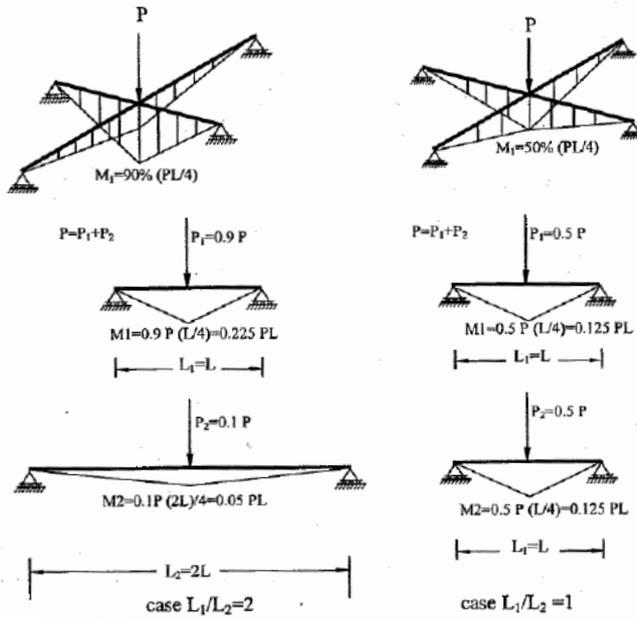
الشكل (2-4): توزيع الأحمال

بغية فهم سلوك نظام البلاطات ذات الجيزان المتصلبة يتم فرض نظام مؤلف من جائزين متصلبين لهما نفس الارتفاع ويتقاطعان عند النقطة A، كما في الشكل. حيث تنتقل الأحمال عبر هذين الجائزين. بفرض الحمولة المنقلة وفقاً للاتجاه القصير  $W_{\alpha 2}$ ، والحمولة المنقلة وفقاً للاتجاه الطويل  $W_{\alpha 1}$  يكون الانتقال (السهم) في الجائز القصير:

$$\Delta_2 = \frac{5}{384} \frac{W_{\alpha 2} L_2^4}{EI}$$

ويكون الانتقال في الجائز الطويل:

$$\Delta_1 = \frac{5}{384} \frac{W_{\alpha 1} L_1^4}{EI}$$



الشكل (3-4): التحليل الإنشائي لتوزيع الأحمال

إن الانتقال متساوٍ في النقطة A أي:

$$\Delta_1 = \Delta_2$$

$$\frac{5}{384} \frac{W_{\alpha_1} L_1^4}{EI} = \frac{5}{384} \frac{W_{\alpha_2} L_2^4}{EI}$$

$$\frac{W_{\alpha_2}}{W_{\alpha_1}} = \frac{L_1^4}{L_2^4} \quad (1)$$

بما أن الحمولة الكلية:  $W_u = W_{\alpha_1} + W_{\alpha_2}$   
من المعادلة (1) يكون:

$$\frac{W_{\alpha_2}}{W_{\alpha_1} + W_{\alpha_2}} = \frac{L_1^4}{L_1^4 + L_2^4} \quad (2)$$

بفرض:

$$W_{\alpha_2} = \alpha_2 W_u; W_{\alpha_1} = \alpha_1 W_u$$

بالتعويض في (2):

$$\frac{\alpha_2 W_u}{W_u} = \alpha_2 = \frac{L_1^4}{L_1^4 + L_2^4} = \frac{L_1^4 / L_2^4}{1 + L_1^4 / L_2^4}$$

وبما أن:  $r = L_1 / L_2; r^4 = L_1^4 / L_2^4$

$$\alpha_2 = \frac{r^4}{1 + r^4}; \alpha_1 = \frac{1}{1 + r^4}$$

يُلاحظ أن عامل التوزيع وفق الاتجاه القصير  $\alpha_2$  يكون دائماً أكبر من عامل التوزيع وفقاً للاتجاه الطويل  $\alpha_1$  وذلك بالقيمة  $r^4$  ويعود ذلك إلى أن دعم الجائز الطويل قليل بسبب صلابته الانعطافية القليلة. يُبين الجدول (1-4) عوامل التوزيع وفق الاتجاهين من أجل نسب استطالة مختلفة ويسمى جدول Grashoff:

الجدول (1-4): معاملات توزيع الأحمال في البلاطات ذات الجوائز المتصالية أو البلاطات المفرغة باتجاهين- جوائز مخفية وفق الكود العربي السوري

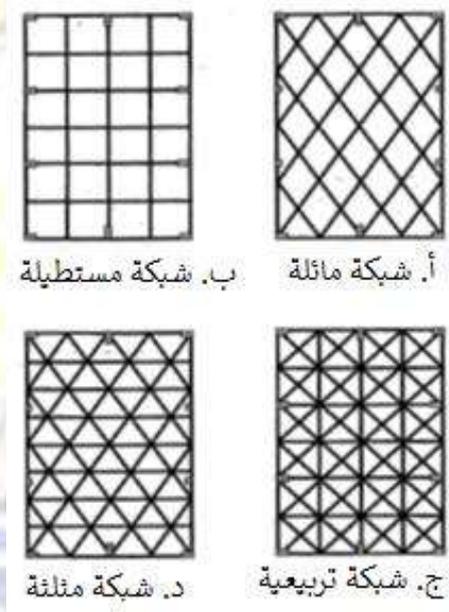
نسبة الاستطالة $\Gamma$	0.76	0.80	0.90	1.00	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	$\infty$
$\alpha_1$	0.747	0.707	0.604	0.500	0.405	0.328	0.258	0.203	0.166	0.131	0.086	0.059	0.000
$\alpha_2$	0.253	0.293	0.396	0.500	0.595	0.672	0.742	0.797	0.834	0.869	0.914	0.941	1.000

#### 3-4 أشكال البلاطات ذات الجيزان المتصلبة:

يتم ترتيب الجيزان المتصلبة في اتجاهين متعامدين Rectangular أو بشكل مائل Skew Grid أو بشكل مثلثات Triangular Grid أو بشكل X ضمن مستطيلات Quadruple كما في الشكل.

تحقق بلاطات الجيزان المتصلبة الشروط الآتية:

1. يجب أن يكون للجيزان المتصلبة نفس الارتفاع.
2. نسبة الاستطالة العظمى تساوي إلى 1.5.
3. يتم الاعتماد في التحليل الإنشائي على التوازن وتوافق الانتقال ويمكن استخدام الطرق المبسطة مالم يكن الحل غير متوافق مع السلوك الحقيقي.



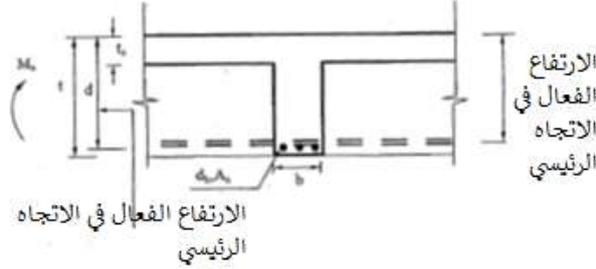
الشكل(4-4): أشكال البلاطات المتصلبة

#### 4-4 تصميم الجيزان المتعامدة:

في الطريقة المبسطة للتصميم يتم اعتبار البلاطة  $L_s \times L_L$  كبلطة عاملة باتجاهين ولها نسبة استطالة  $r = L_L / L_s$ . تتألف هذه البلاطة من جملة جيزان متقاطعة تشكّل بلاطات صغيرة عاملة باتجاهين. وتكون خطوات التصميم كما يأتي:

1. تصميم البلاطات الجزئية الصغيرة لتقاوم الحمولات المنتقلة إليها.
2. تصميم جيزان البلاطة ذات الأبعاد  $L_s \times L_L$  وفقاً للخطوات الآتية:
  - a. يتم فرض أبعاد الجيزان.
  - b. حساب الحمولات التصميمية.

- c. توزيع الحملات التصميمية.  
d. تصميم الجيزان المتصالبة في الاتجاهين القصير والطويل.  
e. تصميم الجيزان الطرفية.



الشكل(4-5): الارتفاع الفعّال وفق الاتجاهين

#### 1-4-4 أبعاد الجيزان:

يُفرض ارتفاع الجائز كنسبة من المجاز القصير :

$$h = \frac{L_s}{12 \rightarrow 16}$$

بحيث يحقق المعادلة الواردة في الكود العربي السوري :

$$h_{min} = 90 / \text{المحيط المكافئ}$$

بما أن ارتفاع الجيزان واحد فإن التسليح في الاتجاه القصير هو التسليح الرئيسي وارتفاعه الفعّال هو الارتفاع الكلي للجائز مطروحاً منه سماكة التغطية.

يتوضع التسليح الممتد في الاتجاه الطويل (الاتجاه الثانوي) فوق التسليح الرئيسي (التسليح الرئيسي يحمل التسليح الثانوي) وبالتالي يكون الارتفاع الفعّال مساوياً إلى السماطة الكلية مطروحاً منه التغطية وقطر التسليح الرئيسي.

#### 2-4-4 الحملات التصميمية:

تُحسب مقدرة بوحدة كيلو نيوتن في المتر المربع، حيث تتضمن الأحمال الآتية:

- أحمال مينة DL :

a. وزن بلاطة التغطية:  $h_s \gamma_c$

b. وزن الجيزان:

$$SW = \gamma_c b (h - h_s) \frac{n_1 L_L + n_2 L_S}{L_L \times L_S}$$

c. الإكساء Flooring.

$$d. \text{ حمولة القواطع إن وجدت: } \frac{\sum W_p}{L_L \times L_S}$$

• أحمال حية LL وتؤخذ من الجدول في الكود العربي السوري.

#### 3-4-4 توزيع الحمولات التصميمية:

يتم حساب حصة كل اتجاه (القصير والطويل) من الحمولة بحسب نسبة الاستطالة وتكون الحمولة المنتقلة وفق الاتجاه القصير أكبر منها وفقاً للاتجاه الطويل، وتؤخذ معاملات توزيع الأحمال من الجدول ويكون:

$$W_{\alpha_2} = \alpha_2 W_u; W_{\alpha_1} = \alpha_1 W_u$$

#### 4-4-4 تصميم الجيزان المتصالبة:

يتم توزيع الحمولة المنتقلة وفق كل اتجاه على الجيزان في هذا الاتجاه وفقاً لمبدأ انحناء البلاطة، حيث يُفترض أنها تنحني بشكل جيبي (Sinosodial) أي يكون تابع الانحناء من الشكل (Sin) ويكون العزم في كل جانز عبارة عن النسبة بين الانتقال في هذا الموقع إلى الانتقال في منتصف المجاز؛ مثلاً على ذلك لتكن لدينا البلاطة المبينة بالشكل مؤلفة من أربع جيزان في الاتجاه القصير وثلاث جيزان في الاتجاه طويل ويكون العزم المتولد في الجيزان كما يأتي:

$$M_{B1} = W_u \alpha_2 \frac{L_S^2}{8} \sin \theta_1$$

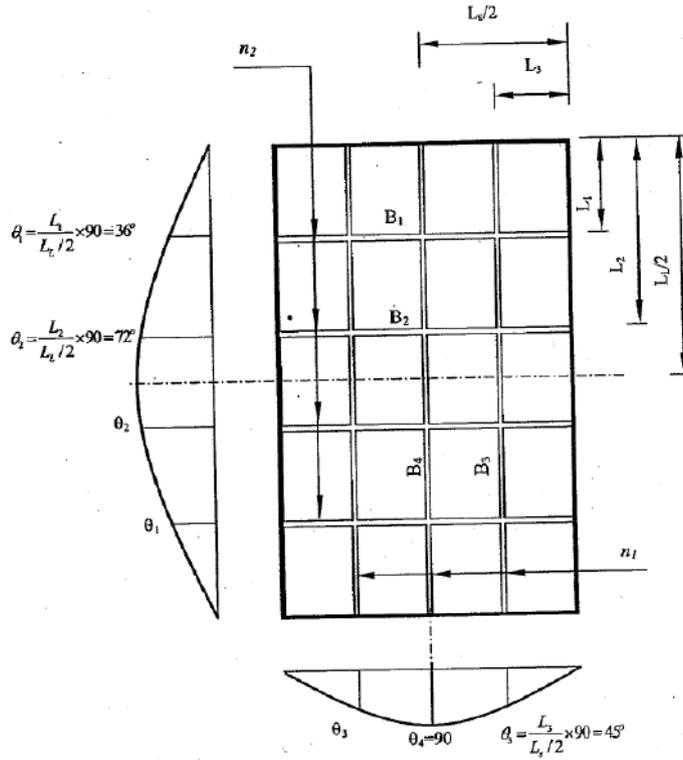
حيث:

$$\theta_1 = \frac{L_1}{L_L / 2} \times 90 = 36^\circ$$

$$M_{B2} = W_u \alpha_2 \frac{L_S^2}{8} \sin \theta_2; \theta_2 = \frac{L_2}{L_L / 2} \times 90 = 72^\circ$$

$$M_{B3} = W_u \alpha_1 \frac{L_L^2}{8} \sin \theta_3; \theta_3 = \frac{L_3}{L_S / 2} \times 90 = 45^\circ$$

$$M_{B4} = W_u \alpha_1 \frac{L_L^2}{8}$$

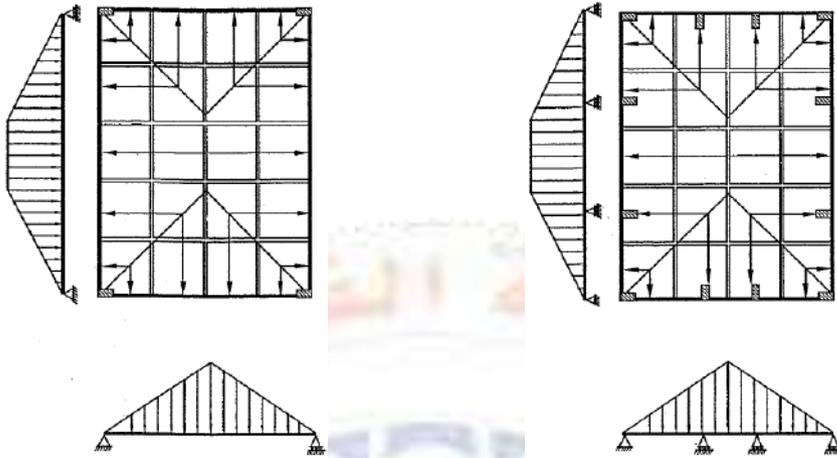


الشكل (6-4): توزيع الأحمال وفق الشكل الجببي على الجيزان المتصالبة

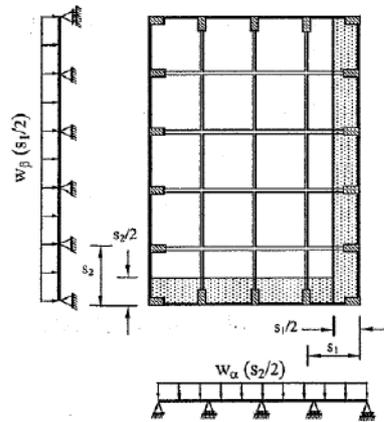
#### 5-4-4 تصميم الجيزان الطرفية Edge Beams:

يكون ارتفاع الجيزان الطرفية عادةً مساوياً إلى أو أكبر من ارتفاع الجيزان المتصالبة؛ تتأثر الحمولة المنقولة إلى الجيزان الطرفية بشكل كبير بشروط الاستناد كما يأتي:

- إذا كانت البلاطة مسنودة على أعمدة في الزوايا فقط فإنها تعتبر مسنودة بشكل كامل على الجيزان الطرفية.
- إذا كانت الجيزان المتصالبة مسنودة على أعمدة بشكل مباشر فإن حمولة الجيزان الطرفية تعتبر مساوية لنصف حمولة الجيزان الموازية لها كما في الشكل.



أ. جيزان متصلية لا تستند إلى أعمدة مباشرة      ب. لا توجد أعمدة على المحيط



أ. جيزان متصلية تستند إلى أعمدة بشكل مباشر

الشكل (7-4): حالات استناد الجيزان المتصلية

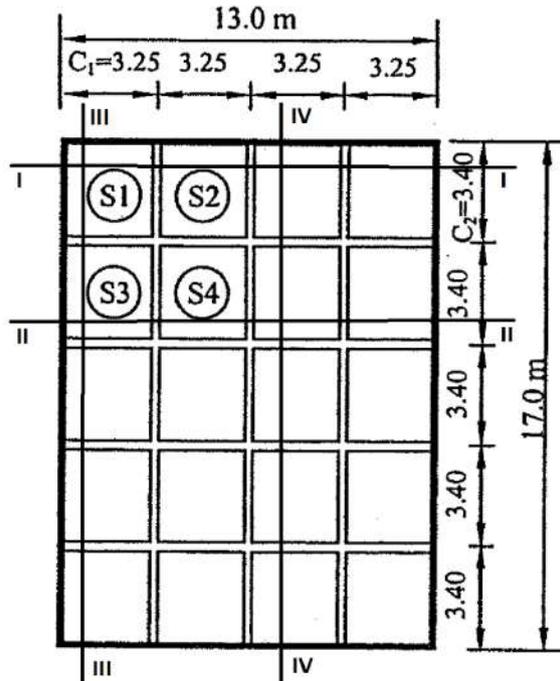
### مثال تطبيقي:

يُطلب تصميم جملة جيزان متصلبة من أجل سقف القاعة المبين بالشكل علماً بأن الحمولة الحية  $3\text{kN/m}^2$  حمولة الإكساء والتغطية  $2.5\text{kN/m}^2$  مواصفات المواد:  
 $f'_c = 25\text{MPa}, f_y = 400\text{MPa}$

الحل:

1. يتم تقسيم القاعة إلى بلاطات صغيرة تتراوح أبعادها بين 3-4m في كل اتجاه. حيث تكون هناك 3 جيزان في الاتجاه الطويل و 4 جيزان في الاتجاه القصير. وتكون المسافة بين محاور الجيزان المتصلبة وفق الاتجاهين.

$$C_1 = 13/4 = 3.25\text{m}, C_2 = 17/5 = 3.4\text{m}$$



2. تصميم البلاطات الجزئية:

بما أن أبعاد البلاطات صغيرة نسبياً (3.4x3.25m) يتم فرض السماكة  $h_s=100\text{mm}$  ويتم تحقيق شرط السهم من أجل بلاطة مليئة عاملة باتجاهين؛ يتم تحقيق البلاطة  $S_1$  وهي البلاطة الأخطر لأنها ركنية، بفرض عرض الجيزان  $300\text{mm}$  تكون الأبعاد الداخلية للبلاطة:

$$3250 - 300 = 2950\text{mm}; 3400 - 300 = 3100\text{mm}$$

$$h_s = \frac{1.76(2950 + 3100)}{140} = 76.06\text{mm} < 100\text{mm}$$

3. حمولات البلاطات الجزئية:

- وزن ذاتي  $25 \times 0.1 = 2.5\text{kN/m}^2$
- إكساء  $2.5\text{kN/m}^2$
- ويكون مجموع الأحمال الميتة  $5\text{kN/m}^2$
- حمل حي  $4\text{kN/m}^2$

$$W_u = 1.4 \times 5 + 1.7 \times 3 = 12.1\text{kN/m}^2 \text{ الحمولة الحدية المصعدة:}$$

4. توزيع الحمل وفقاً للاتجاهين:

تستخدم عوامل التوزيع الواردة في الكود العربي السوري بحسب نسبة الاستطالة  $r$  لكل بلاطة مع الأخذ بعين الاعتبار استمرارية البلاطات.

Slab	$L_x$	$m_x$	$L_y$	$m_y$	$r$	$\alpha_2$	$\alpha_1$	$W_{\alpha_2}$	$W_{\alpha_1}$
$S_1$	3.25	0.87	3.4	0.87	1.046	0.36	0.31	4.36 (X)	3.75 (Y)
$S_2$	3.25	0.76	3.4	0.87	1.198	0.45	0.23	5.45 (X)	2.78 (Y)
$S_3$	3.25	0.87	3.4	0.76	1.094	0.39	0.283	4.72 (Y)	3.42 (X)
$S_4$	3.25	0.76	3.4	0.76	1.046	0.36	0.31	4.36 (X)	3.75 (Y)

5. حساب العزوم والتسليح:

يُحسب الارتفاع الفعّال  $d$  كما يأتي:

$$d = h_s - 15 = 85\text{mm} \text{ الاتجاه الرئيسي وهو القصير:}$$

$$d = h_s - 25 = 75\text{mm} \text{ الاتجاه الثانوي وهو الطويل:}$$

إن الاتجاه القصير في البلاطات  $S_1, S_2, S_4$  هو الاتجاه X بينما في البلاطة  $S_3$  فهو الاتجاه Y.

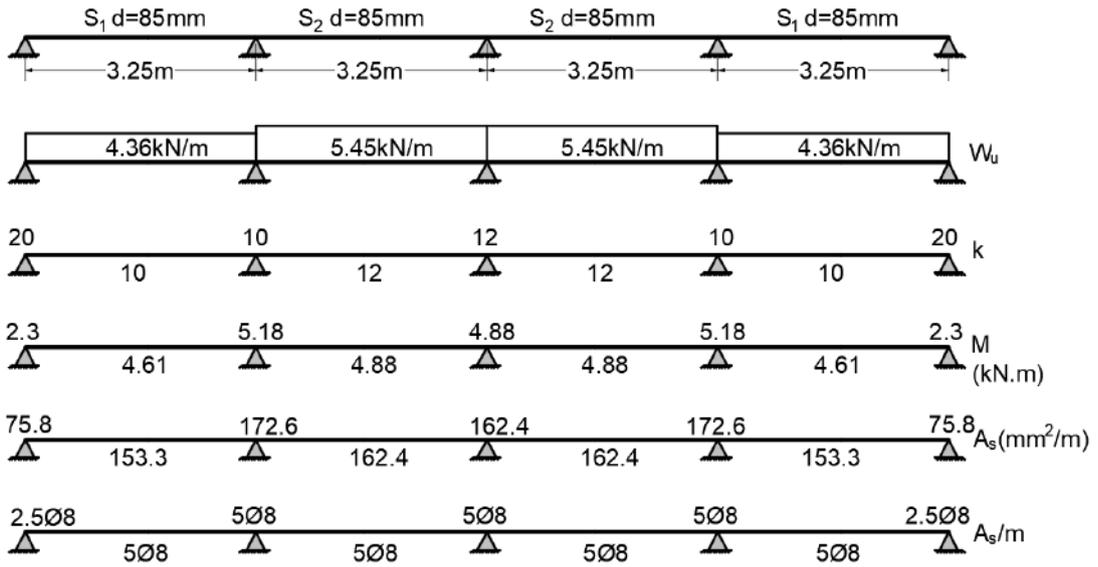
أ. الشريحة (I)، وفق الاتجاه الأفقي X:

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \right)$$

$$4.88 \times 10^6 = 0.9 \times 400 A_s \left( 85 - \frac{1}{2} \frac{400 A_s}{0.85 \times 25 \times 1000} \right)$$

$$= 360 A_s (85 - 0.0094 A_s) \Rightarrow A_s = 162.4 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \min} = \frac{1.2}{1000} b d = \frac{1.2}{1000} 1000 \times 85 = 102 \text{ mm}^2$$



ب. الشريحة (II) وفقاً للاتجاه X:

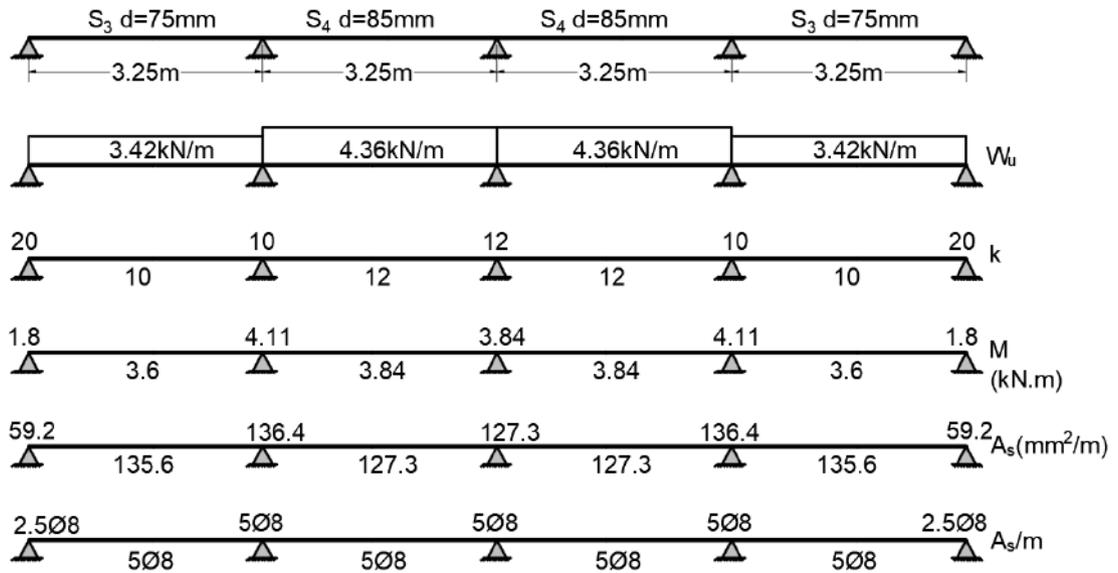
$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \right)$$

$$3.84 \times 10^6 = 0.9 \times 400 A_s \left( 85 - \frac{1}{2} \frac{400 A_s}{0.85 \times 25 \times 1000} \right)$$

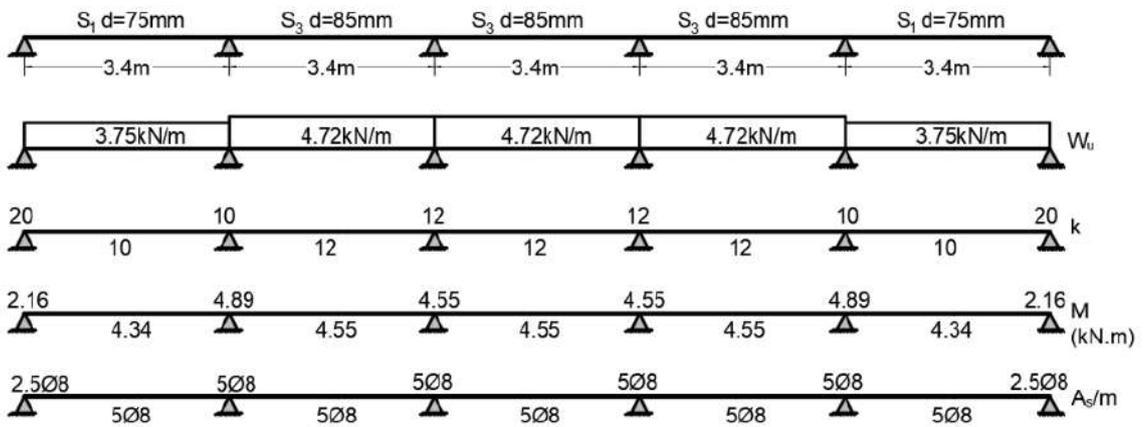
$$= 360 A_s (85 - 0.0094 A_s) \Rightarrow A_s = 127.3 \text{ mm}^2$$

$$3.6 \times 10^6 = 0.9 \times 400 A_s \left( 75 - \frac{1}{2} \frac{400 A_s}{0.85 \times 25 \times 1000} \right)$$

$$= 360 A_s (75 - 0.0094 A_s) \Rightarrow A_s = 135.6 \text{ mm}^2$$



ج. الشريحة (III) وفقاً للاتجاه  $\gamma$ :  
 إن العزوم في الشريحة (III) أصغر منها في الشريحة (I) وبالتالي التسليح أصغر، ولا داع  
 لحساب تسليح الشريحة (IV) لأن عزومها أصغر.



6. حساب وتصميم الجيزان المتصلة:

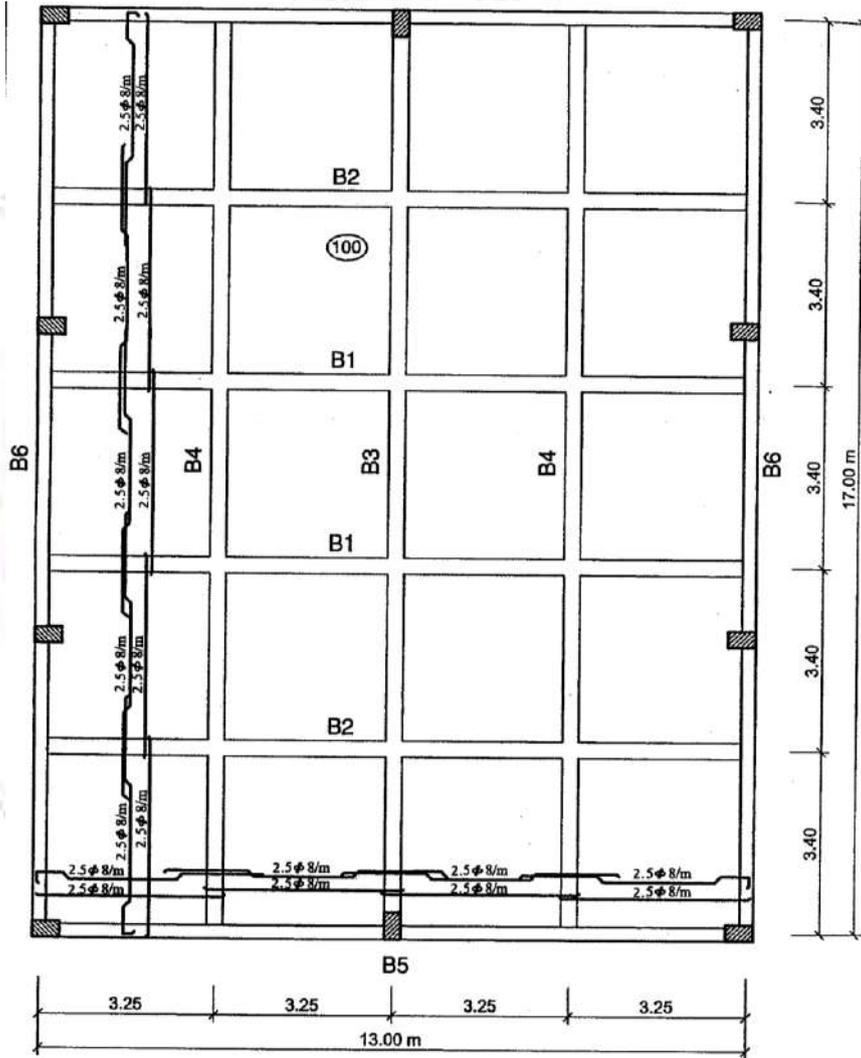
• أبعاد المقطع العرضي:

بفرض ارتفاع الجائز هو المجاز القصير مقسوماً على /14/:

$$h_b = \frac{13000}{14} = 930\text{mm} \Rightarrow h_b = 950\text{mm}, b = 300\text{mm}$$

بتحقيق شرط السهم المنصوص عليه في الكود العربي السوري:

$$h_b = \frac{2(12750+16750)}{90} = 655.56\text{mm} < 950\text{mm}$$



• الحمولات التصميمية ( $\text{kN/m}^2$ )

○ وزن ذاتي:

$$SW = \gamma_c b(h - h_s) \frac{n_1 L_L + n_2 L_S}{L_L \times L_S} = 25 \times 0.3(0.95 - 0.1) \frac{3 \times 17 + 4 \times 13}{17 \times 13} = 2.97 \text{ kN/m}^2$$

$$W_u = 1.4 \times SW + 12.1 = 16.26 \approx 16.3 \text{ kN/m}^2$$

○ توزيع الحمولات التصميمية:

يتم حساب استطالة القاعدة كاملة:  $r = 17/13 = 1.31 < 1.5$  محققة.

$$\alpha_2 = \frac{r^4}{1+r^4} = 0.745; \alpha_1 = \frac{1}{1+r^4} = 0.255$$

الحمولات وفق الاتجاهين القصير والطويل على الترتيب:

$$W_{\alpha_2} = \alpha_2 W_u = 12.14 \text{ kN/m}^2; W_{\alpha_1} = \alpha_1 W_u = 4.16 \text{ kN/m}^2$$

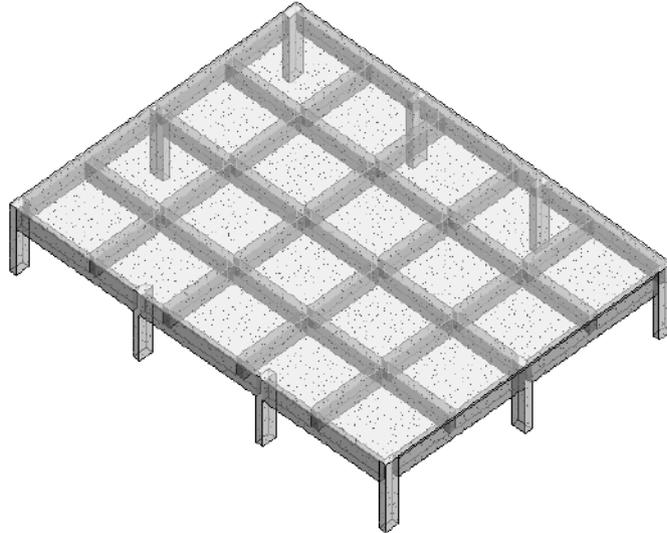
- الجائز  $B_1$  بالاتجاه القصير:

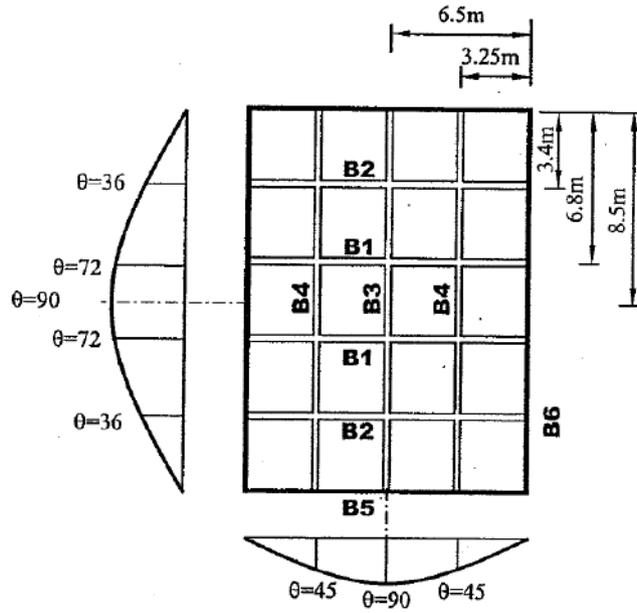
$$\theta = \frac{6.8}{8.5} 90 = 72^\circ, W_{\alpha_2} = 12.14 \text{ kN/m}^2 \text{ هي الحمولة في هذا الاتجاه}$$

$$W_{ub} = W_{\alpha_2} \times \text{Spacing} \times \sin \theta = 12.14 \times 3.4 \times \sin(72) = 39.3 \text{ kN/m}$$

$$M^+ = \frac{WL^2}{8} = \frac{39.3 \times 13^2}{8} = 830 \text{ kN.m}$$

$$M^- = \frac{WL^2}{24} = \frac{39.3 \times 13^2}{24} = 276.7 \text{ kN.m}$$





عرض طاولة الضغط:

$$b_f = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{L_0}{4} = \frac{13000}{4} = 3250mm \\ 12t_f + b_w = 1500mm \\ D = 3400mm \end{array} \right. \quad b_f = 1500mm$$

العزم الذي يتحمله الجناح

$$M_{d0}^+ = \Omega 0.85 f_c' b_f t_f \left( d - \frac{t_f}{2} \right) = 2438.5 kN.m > 830 kN.m$$

مستطيل عرضه  $b_f$

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b} \right)$$

$$830 \times 10^6 = 0.9 \times 400 A_s \left( 900 - \frac{1}{2} \frac{400 A_s}{0.85 \times 25 \times 1500} \right)$$

$$= 360 A_s (900 - 0.00627 A_s) \Rightarrow A_s = 2609 mm^2; 4\phi 22 + 4\phi 20$$

$$A_{s \min} = \frac{0.9}{f_y} b_w d = \frac{0.9}{400} 300 \times 900 = 607.5 mm^2$$

$$a_b = 0.85 \frac{630}{630 + f_y} d = 467.9 > 100 \text{ mm}$$

$$A_{s \max} = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{630 + f_y} \frac{f'_c}{f_y} + \frac{0.85 f'_c (b_f - b_w) t_f}{b_w \cdot d \cdot f_y} \right] b_w d = 6915 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \min} < A_s < A_{s \max}$$

تسليح العزم الاعتباري:

$$M^- = 276.7 \text{ kN.m} > A_s = 853 \text{ mm}^2; 4\phi 20 = 1256 \text{ mm}^2$$

- التصميم على الجهد القاطع:

$$V_u = \frac{W_{ub} L}{2} - W_{ub} \left( \frac{d}{2} + \frac{b_s}{2} \right) = \frac{39.3 \times 13}{2} - 39.3 \left( \frac{0.9}{2} + \frac{0.25}{2} \right) = 232.85 \text{ kN}$$

التحقق من كفاية أبعاد المقطع البيتوني:

$$\tau_u = \frac{V_u}{0.75 d \times b_w} = \frac{232.85 \times 10^3}{0.75 \times 300 \times 900} = 1.01 \text{ MPa}$$

$$\tau_{u \max} = 0.8 \sqrt{f'_c} = 4 \text{ MPa}$$

$$\tau_u < \tau_{u \max} \quad ok$$

حساب إجهاد القص الذي يتحمله البيتون:

$$\tau_{cu} = 0.23 \sqrt{f'_c} = 1.15 \text{ MPa}$$

بما أن إجهاد القص أصغر من إجهاد القص الذي يتحمله البيتون فالتسليح العرضي أصغري، وكذلك الأمر في بقية مقاطع الأعصاب لأنه تمت دراسة القيمة العظمى.

تصميم الأساور الشاقولية:

$$S \leq \min \begin{cases} d/2 = 450 \text{ mm} \\ 300 \text{ mm} \end{cases} \text{ :التباعد بين الأساور يجب أن يحقق الشروط:}$$

بفرض S=200mm

تحسب مساحة تسليح القص الأصغري:

$$A_{st\min} = \frac{0.35}{f_y} b_w \times S = \frac{0.35}{240} 300 \times 200 = 87.5 \text{mm}^2; 2\phi 8 / 200$$

نختار إسوارة بذراعين قطر 8mm  $2\phi 8 = 157 \text{mm}^2$  ويكون تسليح القص بالنتيجة  $2\phi 8 / 200 \text{mm}$

- الجائز B<sub>3</sub> بالاتجاه الطويل:

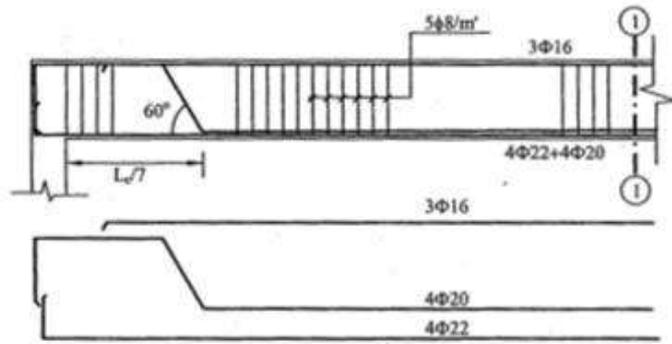
$$\theta = \frac{6.5}{6.5} 90 = 90^\circ, W_{\alpha 1} = 4.16 \text{kN/m}^2 \text{ هي الحمولة في هذا الاتجاه}$$

$$W_{ub} = W_{\alpha 1} \times Spacing \times \sin \theta = 4.16 \times 3.25 \times \sin(90) = 13.52 \text{kN/m}$$

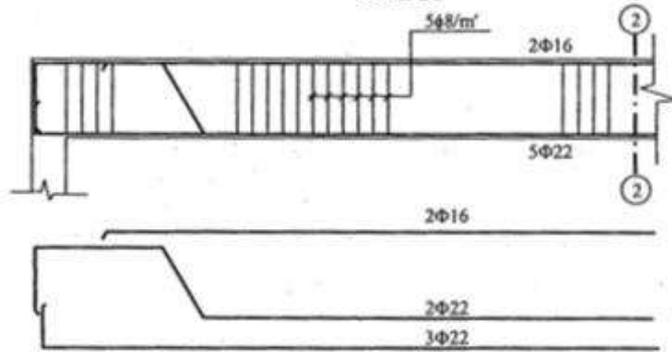
$$M^+ = \frac{WL^2}{8} = \frac{13.52 \times 17^2}{8} = 488.41 \text{kN.m}$$

$$M^- = \frac{WL^2}{24} = \frac{13.52 \times 17^2}{24} = 162.8 \text{kN.m}$$

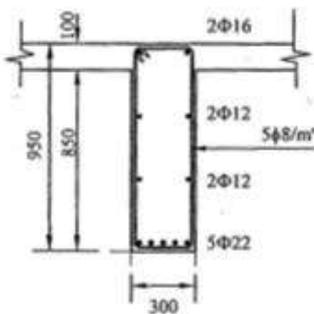
$$d = 850 \text{mm}$$



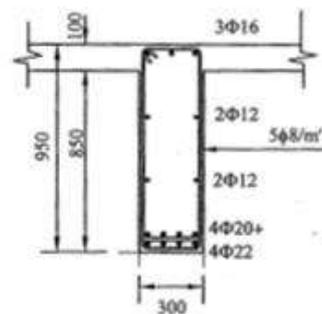
Beam B1



Beam B3



مقطع 2-2 Beam3 طويل



مقطع 1-1 - Beam1 قصير

تسليح الجائز B1-B3

عرض طاولة الضغط:

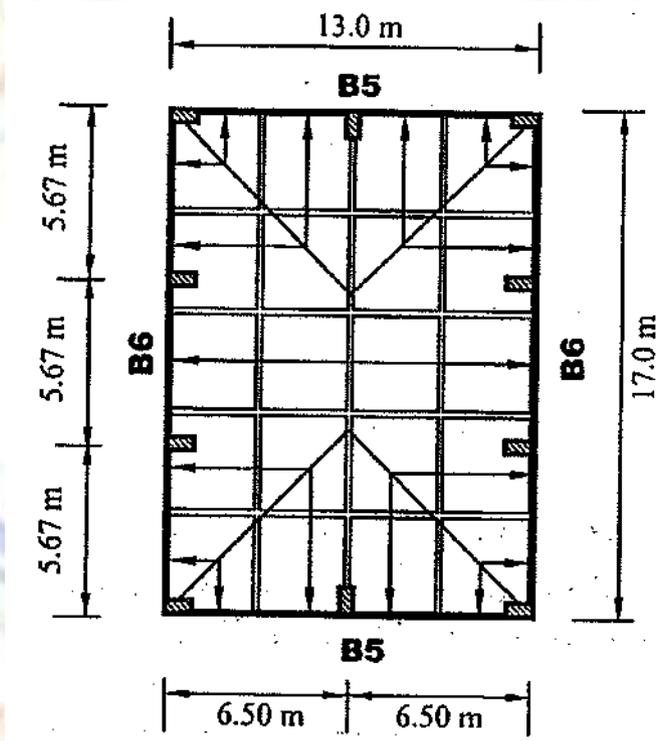
$$b_f = \min \begin{cases} \frac{L_0}{4} = \frac{17000}{4} = 4250mm \\ 12t_f + b_w = 1500mm \\ D = 3250mm \end{cases} \quad b_f = 1500mm$$

باتباع خطوات التصميم في الجائز B<sub>1</sub> يتم الحصول على قيمة التسليح موجب 5φ22 وأساور 2φ8/200 وتسليح اعتباري 2φ22.

7. تسليح الجيزان المحيطية Design of Edge Beams:

أ. تصميم الجائز المحيطي B<sub>5</sub>:

تظهر الحمولة المنتقلة إلى الجيزان المحيطية بالشكل الآتي، سوف يتم حساب الحمولة على كل جائز باستعمال طريقة المساحات لأن الحمولة غير متناظرة بين كل مسندين متاليين.



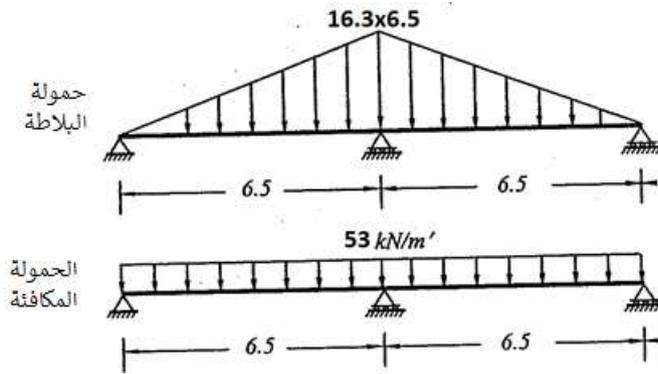
- يتم فرض المقطع 250x950mm ويكون الوزن الذاتي للجائز :

$$SW=1.4 \times 25 \times 0.25 \times 0.95=8.313 \text{ kN/m}$$

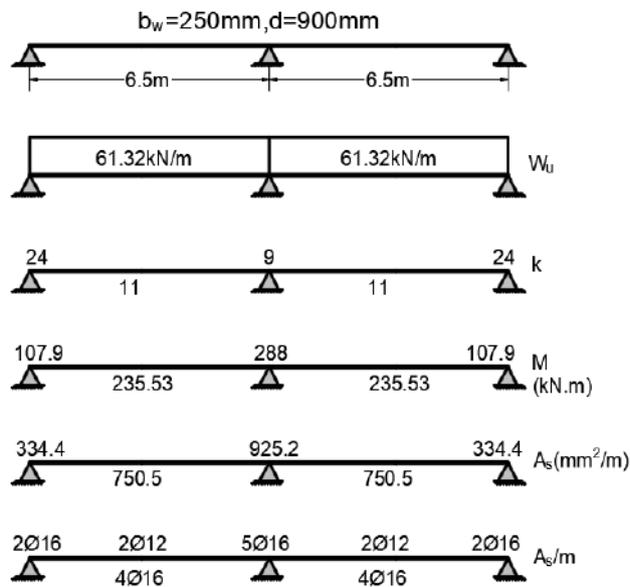
الحمولة المنتقلة من البلاطة: تتم مكافأة الحمولة المثلثية بحمولة موزعة بانتظام بقسمة مساحة المثلث على طول المجاز.

$$W_{slab} = \frac{16.3 \times 0.5 \times 6.5 \times 6.5}{6.5} = 53 \text{ kN/m}$$

$$W_u = W_{slab} + SW = 61.32 \text{ kN/m}$$



العزوم والتسليح:



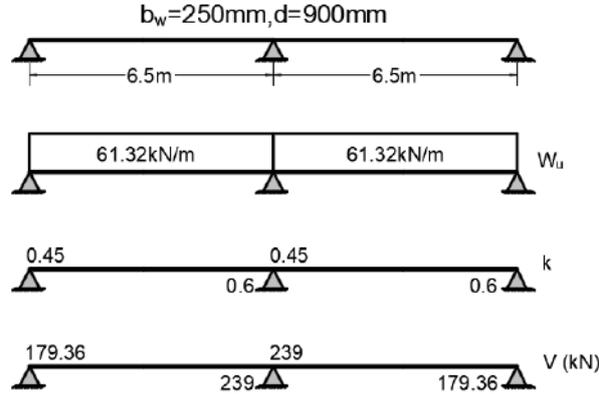
الجائز طرفي المقطع مستطيل عرضه  $b$

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b} \right)$$

$$235.53 \times 10^6 = 0.9 \times 400 A_s \left( 900 - \frac{1}{2} \frac{400 A_s}{0.85 \times 25 \times 250} \right)$$

$$= 360 A_s (900 - 0.0376 A_s) \Rightarrow A_s = 750.5 \text{ mm}^2; 4\phi 16$$

التصميم على القص:



$$V_u = V - W_{ub} \left( \frac{d}{2} + \frac{b_s}{2} \right) = 239 - 61.32 \left( \frac{0.9}{2} + \frac{0.25}{2} \right) = 203.74 \text{ kN}$$

التحقق من كفاية أبعاد المقطع البيتوني:

$$\tau_u = \frac{V_u}{0.75d \times b_w} = \frac{203.74 \times 10^3}{0.75 \times 250 \times 900} = 1.207 \text{ MPa}$$

$$\tau_{u \max} = 0.8 \sqrt{f'_c} = 4 \text{ MPa}$$

$$\tau_u < \tau_{u \max} \quad \text{ok}$$

حساب إجهاد القص الذي يتحمله البيتون:

$$\tau_{cu} = 0.23 \sqrt{f'_c} = 1.15 \text{ MPa}$$

بما أن إجهاد القص أصغر من إجهاد القص الذي يتحمله البيتون فالتسليح العرضي أصغري، وكذلك الأمر في بقية مقاطع الأعصاب لأنه تمت دراسة القيمة العظمى.

تصميم الأساور الشاقولية:

$$S \leq \min \begin{cases} d/2 = 450mm \\ 300mm \end{cases} \text{ :التباعد بين الأساور يجب أن يحقق الشروط:}$$

بفرض  $S=200mm$

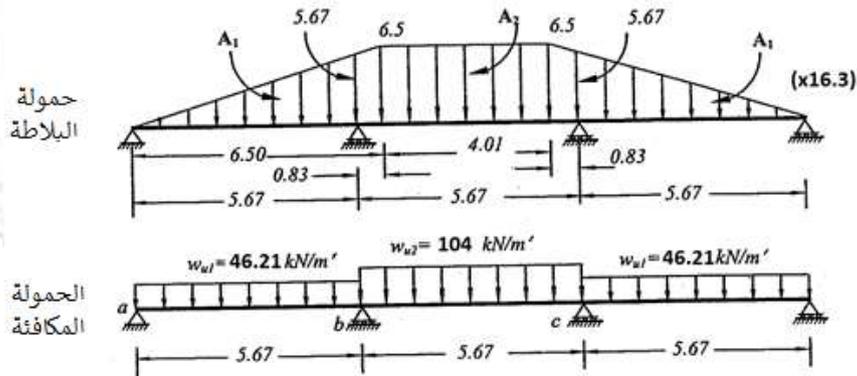
تحسب مساحة تسليح القص الأصغري:

$$A_{s_{min}} = \frac{0.35}{f_y} b_w \times S = \frac{0.35}{240} 300 \times 200 = 72.92mm^2; 2\phi 8 / 200$$

نختار إسواره بذراعين قطر  $8mm$   $2\phi 8 = 157mm^2$  ويكون تسليح القص بالنتيجة

$2\phi 8 / 200mm$

ب. تصميم الجائز المحيطي B<sub>6</sub>:



الحمولة المنقولة من البلاطة: تتم مكافأة الحمولة بحمولة موزّعة بانتظام بقسمة مساحة الحمولة على طول المجاز.

الحمولة الموزّعة بانتظام على الفتحة الأولى A<sub>1</sub>:

$$W_{slab1} = \frac{16.3 \times 0.5 \times 5.67 \times 5.67}{5.67} = 46.21 \text{ kN/m}$$

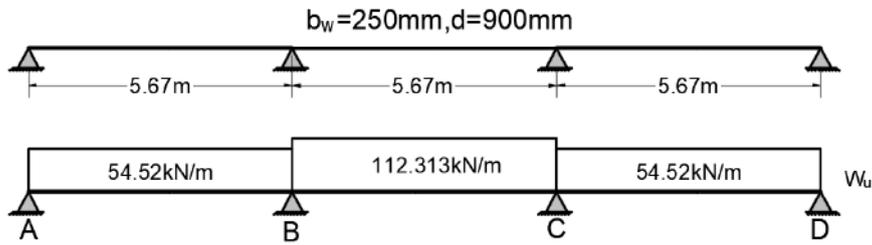
$$W_{u1} = W_{slab1} + SW = 46.21 + 8.313 = 54.52 \text{ kN/m}$$

الحمولة الموزعة بانتظام على الفتحة الوسطى A<sub>2</sub>:

$$W_{slab2} = \frac{16.3 \times (4.01 \times 6.5 + (5.67 + 6.5) \times 0.83)}{5.67} = 104 \text{ kN/m}$$

$$W_{u2} = W_{slab2} + SW = 104 + 8.313 = 112.313 \text{ kN/m}$$

إيجاد العزوم والتسليح:



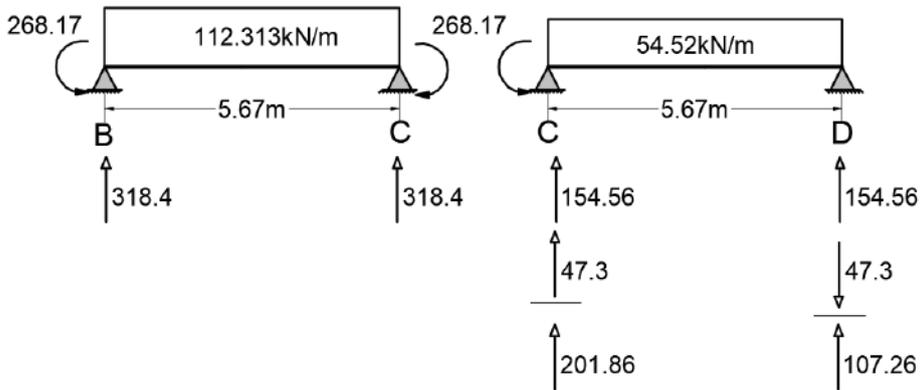
بما أن الحمولات مختلفة بنسبة كبيرة يتم استخدام معادلة العزوم الثلاثة:

$$M_A L_1 + 2M_B (L_1 + L_2) + M_C L_2 = -\frac{W_1 L_1^3}{4} - \frac{W_2 L_2^3}{4}$$

$$2M_B (2 \times 5.67) + M_C 5.67 = -\frac{54.52 \times 5.67^3}{4} - \frac{112.313 \times 5.67^3}{4}$$

من التناظر  $M_B = M_C$

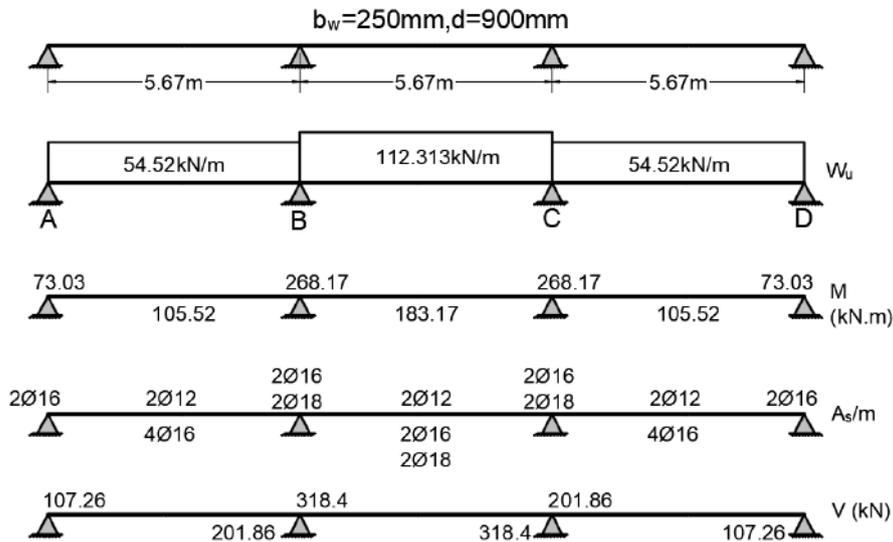
$$28.35M_B = -76028 \Rightarrow M_B = 268.17 \text{ kN.m}$$



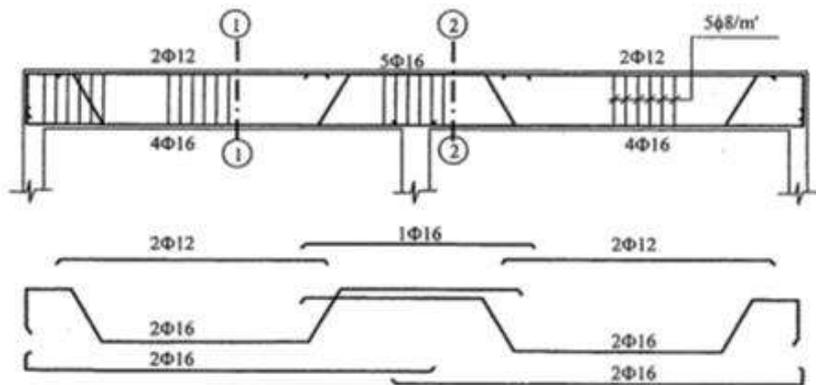
$$BC: M_{\max}^+ = \frac{WL^2}{8} - 268.17 = \frac{112.313 \times 5.67^2}{8} - 268.17 = 183.17 \text{ kN.m}$$

$$CD: V = 201.86 - 54.52x = 0 \Rightarrow x = 3.7 \text{ m}$$

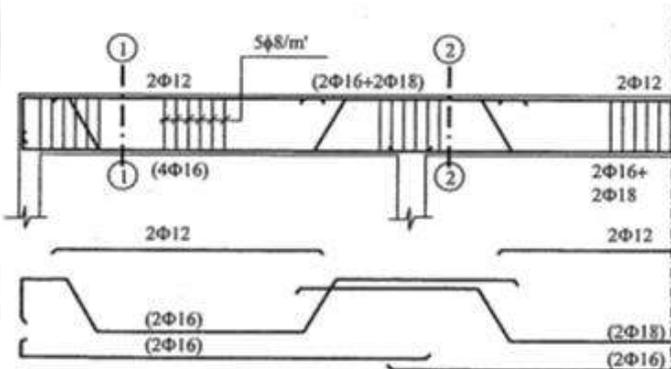
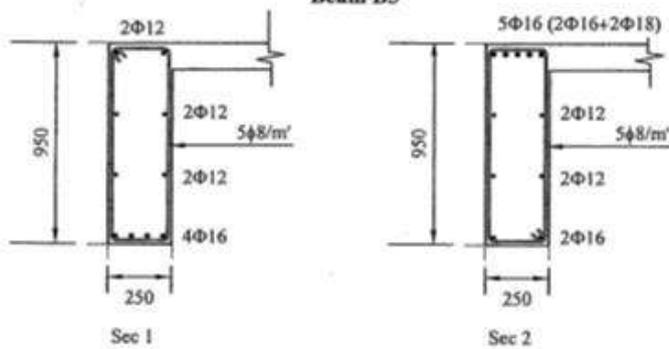
$$M = 201.86x - 54.52x^2 / 2 - 268.17 = 105.52 \text{ kN.m}$$



يتم حساب التسليح كما في الجائز B5 حيث يكون التسليح الطولي كما هو مبين بالشكل والتسليح العرضي أصغري  $2\phi 8 / 200 \text{ mm}$ .



Beam B5



Beam B6

تفاصيل تسليح B5-B6



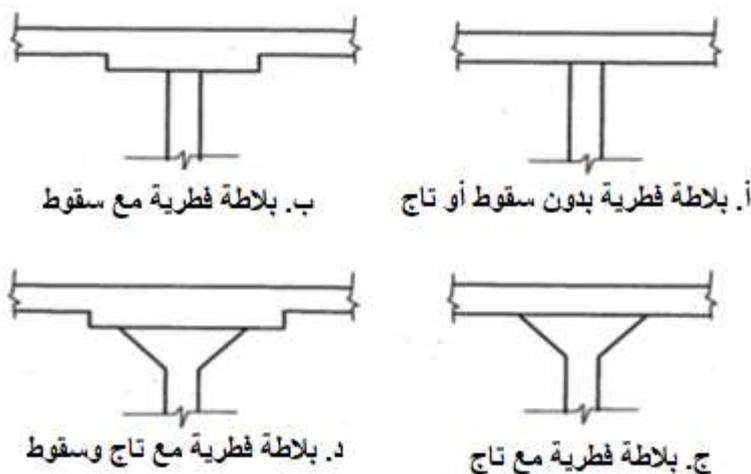
## الفصل الخامس

### البلاطات الفطرية

### Flat Slabs

#### 1-5 مقدمة:

تعتبر البلاطات الفطرية بلاطات من البيتون المسلح ذات سماكة منتظمة وتنقل الأحمال بشكل مباشر إلى الأعمدة من دون وجود جيزان بارزة. إن البلاطات الفطرية هي من أكثر الأنظمة الإنشائية شيوعاً في الأبنية السكنية، الفنادق، المباني التجارية، المشافي والمكاتب... الخ حيث تعتبر حلاً عملياً كونها سهلة التنفيذ وذات ميزات معمارية بسبب المرونة في توزيع الأعمدة والقواطع فيتم توزيع الضوء بشكل مناسب. إضافة إلى ذلك إن عدم وجود زوايا حادة يعطي مقاومة حريق عالية حيث تكون التغطية البيتونية أقل عرضة للتقشر وظهور التسليح. تكون الأعمدة في البلاطات الفطرية مدعومة بتيجان وسقوط أو كلاهما أو لا تكون كما في الشكل.



الشكل(1-5): أشكال البلاطة الفطرية

إن المشكلة الكبرى في البلاطات الفطرية هي انتقال القص من البلاطة إلى العمود حيث يظهر خطر حدوث انسلاخ البلاطة عن العمود بسبب القص بالثقب Punching Shear، فمثلاً عندما يتجاوز الحمل الحي  $3\text{kN/m}^2$  يجب إضافة سقوط drop أعلى العمود كما في الشكل (B)؛ أكثر من ذلك عندما يزيد الحمل الحي عن  $6\text{kN/m}^2$  يفضل إضافة تاج للعمود column head كما في الشكل (C) بينما في حالات الحمل الحي المفرط  $LL > 10\text{kN/m}^2$  كما في المخازن والكرجات والأبنية الصناعية فيتم إضافة التاج والسقوط معاً كما في الشكل (D).

## 2-5 الأبعاد الدنيا لعناصر البلاطات الفطرية:

يجب تحقيق سماكة البلاطة الفطرية، سماكة السقوط وأبعاده، وأبعاد التيجان والأعمدة.

أ. سماكة البلاطة الفطرية  $t_s$ :

يؤخذ الحد الأدنى من الجدول (1-5) حسب الكود العربي السوري:

الجدول (1-5): سماكة البلاطة الفطرية

نوع الاستناد	مجاز داخلي دون سقوط	مجاز داخلي مع سقوط	مجاز طرفي دون سقوط	مجاز طرفي مع سقوط
$L/t_s$	35	38	32	35

$L$ : المتوسط الحسابي للطولين  $(L_1+L_2)/2$ ، حيث:

$L_1$ : البعد الطويل للبلاطة مقاساً من محاور الأعمدة.

$L_2$ : البعد القصير للبلاطة مقاساً من محاور الأعمدة.

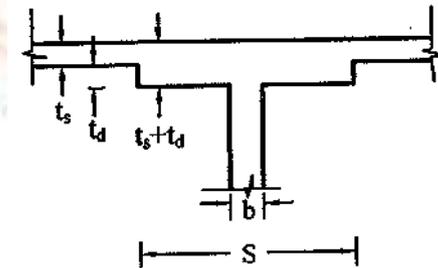
كما يجب ألا تقل سماكة البلاطة عن 150mm.

ب. البعد الأدنى للعمود مستطيل القطاع أو قطر القطاع الدائري، يؤخذ الأكبر بين القيم الآتية:

- $L$ : طول المجاز في الاتجاه المدروس  $L/20$ .
- $H$ : الارتفاع الطابق  $H/15$ .
- 350mm في البلاطات الحاملة للزلازل و 300mm في البلاطات غير الحاملة للزلازل.

ج. أبعاد السقوط Drop:

- سماكة السقوط  $t_d$  لا تزيد على نصف سماكة البلاطة ولا تقل عن ربع سماكة البلاطة  $t_s/2 \geq t_d \geq t_s/4$ .

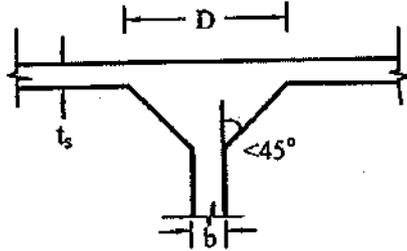


الشكل (2-5): تسميات السماكات

• عرض السقوط  $S \geq L/3$  :  $L_2/2 \geq S$

L: المجاز المدروس.

$L_2$ : المجاز الأصغر.



الشكل(3-5): زاوية تاج العمود

• تاج العمود:

- إذا زادت زاوية أقصى ميل للتاج مع الاتجاه الرأسي على  $45^\circ$  يكون الجزء المحصور بالزاوية  $45^\circ$  هو الفعّال.

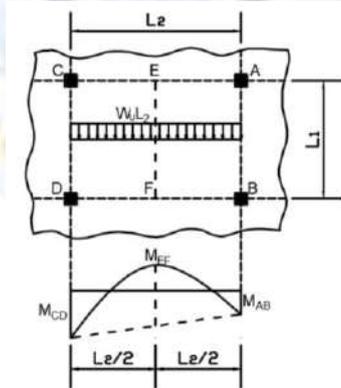
- إذا زاد قطر التاج على ربع طول الفتحة يُعد القطر الفعّال لتاج العمود  $d$  مساوياً إلى ربع طول الفتحة فقط ( $L/4$ ).

### 3-5 التوازن الستاتيكي للبلاطات الفطرية: Statical Equilibrium of Flat Slabs

تتألف البلاطة الفطرية من شرائح وسطية وشرائح مسندية عند الأعمدة. لفهم سلوك الشرائح يتم

اعتبار البلاطة الجزئية المبينة بالشكل، بفرض أن الحمولة الكلية للشريحة بما فيها الوزن الذاتي هي  $W_u$  بوحدة ( $\text{kN/m}^2$ ) ويكون العزم في المتر الطولي عند المقطع E-F في منتصف المجاز مساوياً إلى

$$.M = \frac{W_u L_2^2}{8}$$



الشكل(4-5): أشكال البلاطة الفطرية

ويكون العزم الكلي على كامل عرض البلاطة مساوياً إلى  $M_0 = \frac{W_u L_2^2}{8} L_1$  وبسبب كون البلاطة غير

بسيطة (جزء من بلاطة متعددة الفتحات) يكون:  $\frac{1}{2}(M_{CD} + M_{AB}) + M_{EF} = \frac{W_u L_2^2}{8} L_1$  إن توزع العزم عبر المسافة  $L_1$  ليس ثابتاً أي بين النقاط AB, EF, CD حيث يتغير بحسب عوامل عدة منها وجود سقوط أو تيجان بين الأعمدة.

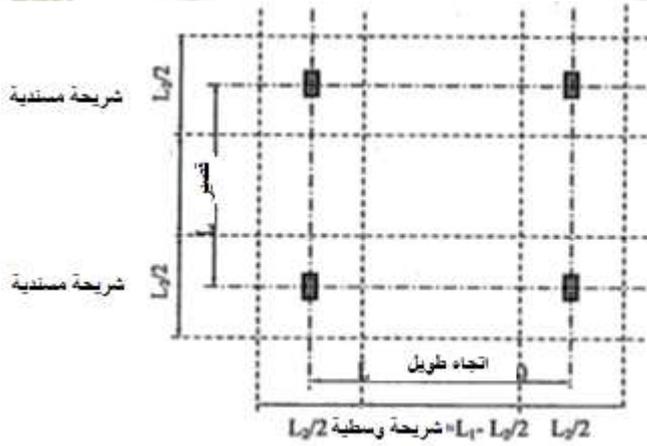
#### 4-5 شرائح البلاطات الفطرية:

تُقسم البلاطة الفطرية إلى شرائح مسندية وشرائح وسطية (مجازية).

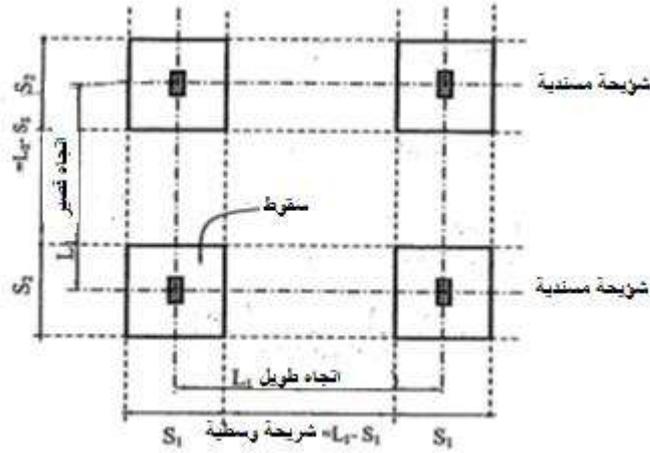
- الشريحة المسندية Column Strip: ذات عرض  $C_s$  يُساوي إلى نصف البعد القصير في حال عدم وجود سقوط  $L_2/2$  وإلى عرض السقوط  $S$  في حال وجود سقوط.

- الشريحة الوسطية Field Strip: ذات عرض  $F_s$  يساوي إلى المجاز المدروس مطروحاً منه عرض الشريحة المسندية  $F_s = L - C_s$ .

إن ارتفاع الجيزان المحيطية إن وجدت لا يقل عن ثلاثة أضعاف سماكة البلاطة  $t_s$ .



الشكل (5-6): شرائح بلاطة فطرية من دون سقوط



الشكل (5-7): شرائح بلاطة فطرية مع سقوط

### 5-5 حساب حمولة البلاطة:

تُحسب حمولة البلاطة بنفس الأسلوب كما في البلاطة الملية في حين تُحسب حمولة القواطع كما

يأتي:

$$W_p = \frac{\gamma_p H_p t_p}{L_1 \cdot L_2}$$

في حال وجود سقوط يُحسب وزن السقوط كحمل موزع على مساحة البلاطة ويضاف إلى الحمل الميت.

$$W_{drop} = \frac{\gamma_c t_d S_1 S_2}{L_1 \cdot L_2}$$

### 5-6 العزم الستاتيكي $M_0$ :

من المعلوم أن مجموع العزوم في المساند والعزم الموجب في وسط المجاز يساوي إلى  $W_u L^2 / 8$ ،

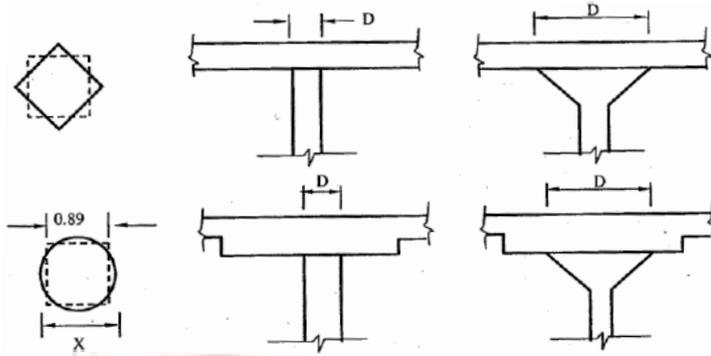
بشكل مشابه من أجل بلاطة محملة بحمل منتظم بعرض  $L_2$  ومجاز  $L_1$  يكون العزم الستاتيكي الكلي  $M_0$ :

$$M_0 = \frac{W_u L_1^2}{8} L_2 \quad \text{في الاتجاه الطويل} \quad -$$

$$M_0 = \frac{W_u L_2^2}{8} L_1 \quad \text{في الاتجاه القصير} \quad -$$

بُغية أخذ تأثير المساند على عزم الانعطاف تصبح معادلات عزوم الانعطاف كما يأتي:

- في الاتجاه الطويل



الشكل (8-5): القطر المكافئ للتاج

$$.M_0 = \frac{W_u L_2}{8} \left( L_1 - \frac{2D}{3} \right)^2$$

$$.M_0 = \frac{W_u L_1}{8} \left( L_2 - \frac{2D}{3} \right)^2 \quad \text{في الاتجاه القصير}$$

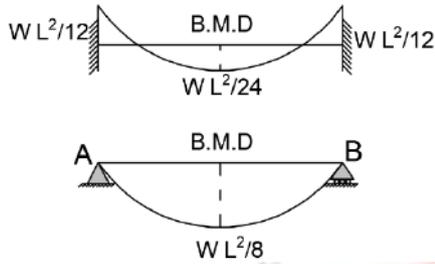
D: أصغر مسافة تقاطع بين العمود والبلاطة أو التاج والبلاطة، وإذا زاد قطر التاج على ربع طول الفتحة يعد القطر الفعّال للتاج مساوياً إلى ربع طول الفتحة  $L/4$ .  
إذا لم يكن العمود مستطيلاً أو كانت أضلاعه لا توازي الاتجاهات المدروسة فإنه يعامل كمسند مربع له نفس المساحة كما هو مبين بالشكل؛ يُجزأ العزم الستاتيكي إلى عزمين سالب وموجب  $M_s, M_c$  ثم يتم توزيع هذين العزمين مرة أخرى بين الشرائح المسندية والوسطية كما سيرد لاحقاً.

### 7-5 الطريقة المباشرة في التصميم Direct Design Method:

يتم توزيع العزوم على الشرائح بحسب حصة كل شريحة وفقاً للطريقة المباشرة شرط تحقيق الشروط الآتية:

- لا تتعدى النسبة بين طول وعرض البلاطة  $L_1, L_2$  القيمة  $4/3$ .
- لا يقل عدد المجازات في كل اتجاه عن ثلاثة.
- لا يزيد الفرق بين أطوال المجازات على 20% من المجاز الأكبر.
- وإذا لم تتحقق الشروط وجب إجراء تحليل إنشائي دقيق.

### 1-7-5 توزيع عزم الانعطاف الستاتيكي :Distribution of the Statical Moment



إن الشريحة الوسطية Field Strip تحمل الحمل الأصغر بينما تحمل الشريحة المسندية Column Strip العزم الأكبر، يُجزأ العزم الستاتيكي  $M_0$  إلى عزوم موجبة وسالبة كما يأتي: في الباكيات الداخلية Interior bays يتم توزيع 60% من العزم  $M_0$  على العزوم السالبة و 40% على العزوم الموجبة، وهذا التقريب يماثل حالة جائز موثوق من الطرفين محمل بحمولة موزعة بانتظام حيث إن العزم السالب يساوي إلى  $WL^2/12$  والعزم السالب يساوي إلى  $WL^2/24$  حيث تكون بالنتيجة حصة العزم السالب 67% وحصة العزم الموجب 33% من العزم الستاتيكي  $M_0$ .

بعد ذلك يتم توزيع العزم السالب بين الشريحة المسندية والشريحة الوسطية. إن حصص العزم السالب تختلف في حال وجود جيزان محيطية على محيط البلاطة الخارجي، إذ لا تعتبر الجيزان المحيطية موجودة في حال كون سماكتها أقل من ثلاثة أضعاف سماكة البلاطة. يبين الجدول الآتي نسب توزيع العزم الستاتيكي  $M_0$  بين عزم سالب وعزم موجب على كل من الشريحة المسندية والشريحة الوسطية من أجل باكية داخلية وباكيات خارجية.

الجدول (2-5): توزيع العزم الستاتيكي على شرائح البلاطة الفطرية من دون سقوط

الشريحة	الجيزان الطرفية	باكيات خارجية		باكيات داخلية	
		سالب داخلي	موجب	عزم سالب	عزم موجب
مسندية	من دون جيزان	55%	30%	25%	25%
	مع جيزان	45%		15%	
وسطية (مجازية)	من دون جيزان	15%	20%	5%	15%
	مع جيزان	25%		15%	

- توزيع العزوم في الباكيات الداخلية مع جيزان طرفية أو من دونها:

$$M_0(100\%) = \begin{cases} M^-(60\%) \begin{cases} CS(45\%) \\ FS(15\%) \end{cases} \\ M^+(40\%) \begin{cases} CS(25\%) \\ FS(15\%) \end{cases} \end{cases}$$

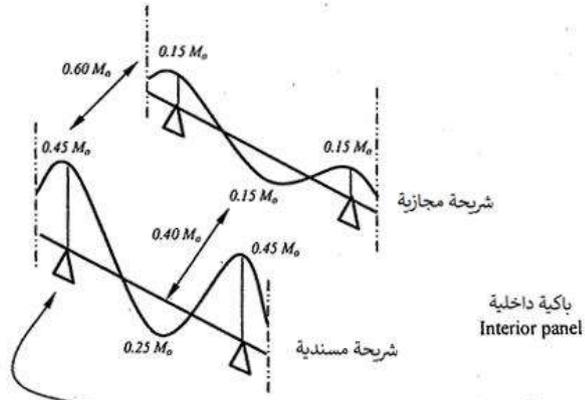
- توزيع العزوم في الباكيات الخارجية مع جيزان طرفية:

$$M_0(100\%) = \begin{cases} M^-(50\%) \left\{ \begin{array}{l} CS \left( \frac{45+15}{2} = 30\% \right) \\ FS \left( \frac{15+25}{2} = 20\% \right) \end{array} \right. \\ M^+(50\%) \left\{ \begin{array}{l} CS(30\%) \\ FS(20\%) \end{array} \right. \end{cases}$$

• توزيع العزوم في الباكية الخارجية من دون جيزان طرفية:

$$M_0(100\%) = \begin{cases} M^-(50\%) \left\{ \begin{array}{l} CS \left( \frac{55+25}{2} = 40\% \right) \\ FS \left( \frac{15+5}{2} = 10\% \right) \end{array} \right. \\ M^+(50\%) \left\{ \begin{array}{l} CS(30\%) \\ FS(20\%) \end{array} \right. \end{cases}$$

في حال اختلاف أطوال المجازات المتجاورة يؤخذ الطول الأكبر في حساب العزم السالب.



25%	55%	45%	شريحة مسندية بدون جوائز طرفية Column strip No marginal beam
30%	25%	25%	شريحة وسطية بدون جوائز طرفية Field strip No marginal beam
5%	15%	15%	شريحة مسندية مع جوائز طرفية Column strip With marginal beam
15%	45%	45%	شريحة وسطية مع جوائز طرفية Field strip With marginal beam
20%	15%	15%	

الشكل (5-9): توزيع العزوم على شرائح البلاطة الفطرية

في حال وجود سقوط عند الأعمدة يصبح التوزيع كما في الجدول (5-3):

الجدول (5-3): توزيع العزم السنتاتيكي على شرائح البلاطة الفطرية مع سقوط

باكية داخلية		باكية خارجية			الجزان الطرفية	الشريحة
عزم موجب	عزم سالب	سالب خارجي	موجب	سالب داخلي		
20%	50%	35%	25%	55%	من دون جزان	مسندية
		20%		50%	مع جزان	

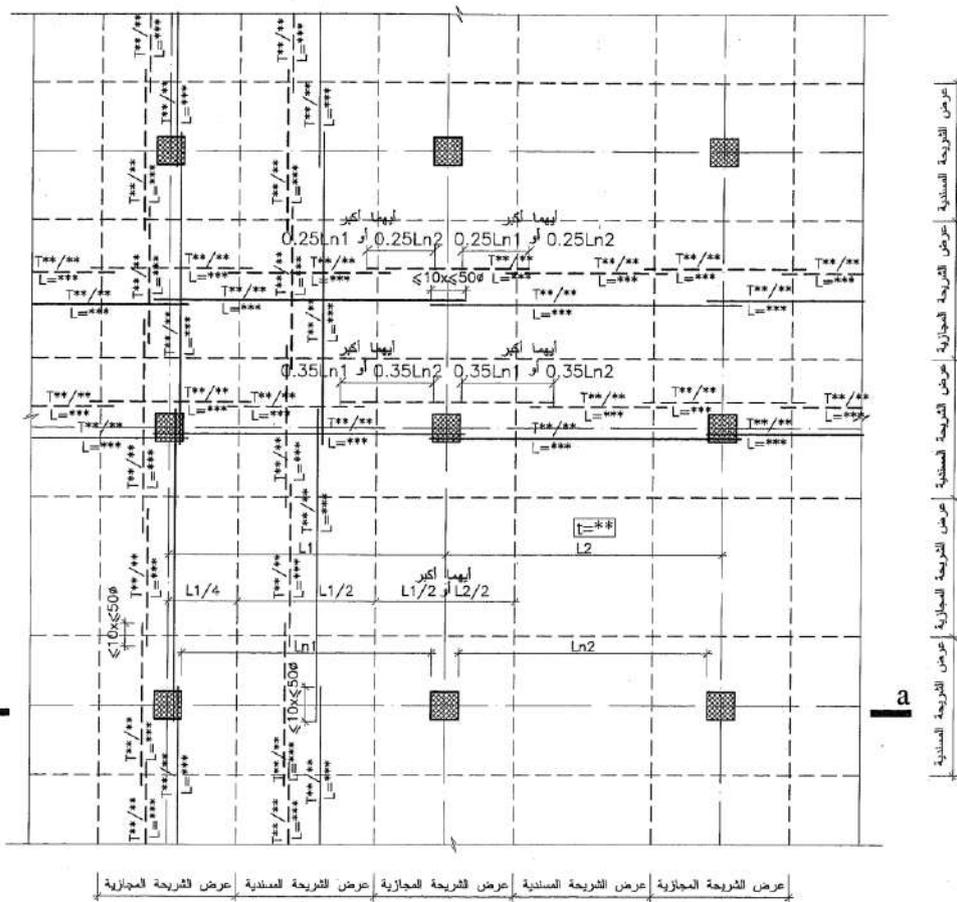
15%	15%	5%	20%	15%	من دون جيزان	وسطية (مجازية)
		20%		20%	مع جيزان	

### 2-7-5 خطوات التصميم وفقاً للطريقة المباشرة:

- 1- اختيار نوع البلاطة الفطرية بحسب شدة الحمولة الحيّة والمتطلبات المعمارية.
- 2- تخمين سماكة البلاطة بحسب الشروط الكودية.
- 3- حساب العزم الستاتيكي  $M_0$  وفقاً للاتجاهين.
- 4- توزيع العزم الستاتيكي  $M_0$  على الشريحة المسندية والشريحة الوسطية.
- 5- تصميم المقاطع للحصول على التسليح الطولي.
- 6- تصميم البلاطة على القص بالثقب.

### 8-5 ترتيبات التسليح في البلاطات الفطرية Reinforcement of Flat Slabs:

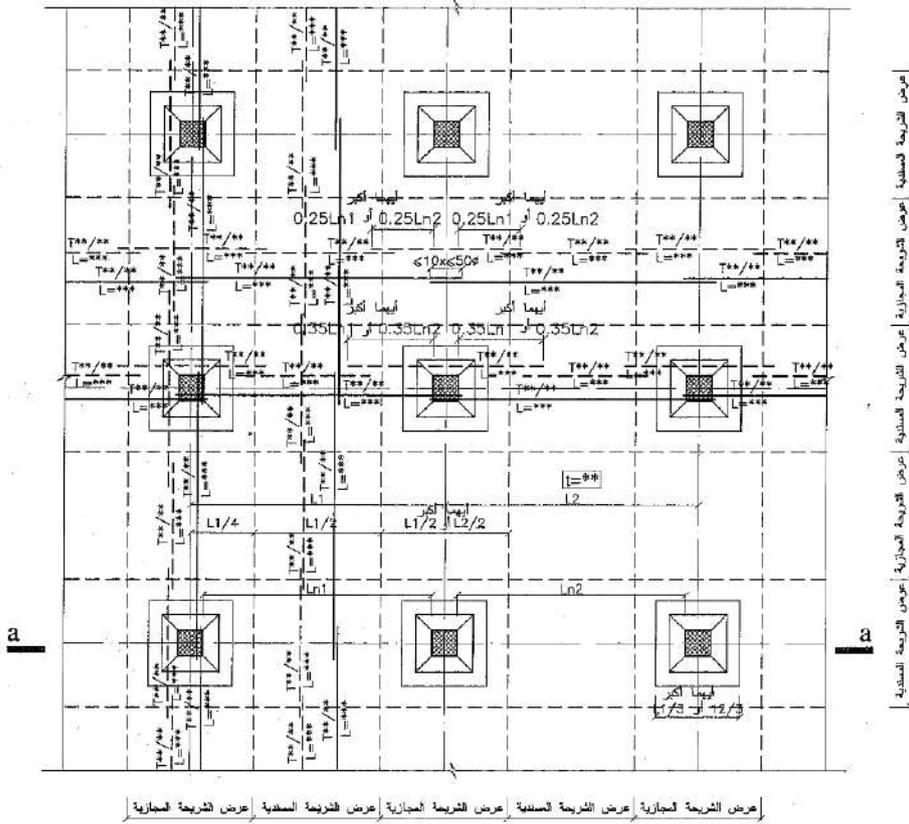
- 1- تسليح الشريحة بعرضها الكامل.
- 2- في حال كون الأعمدة من دون تيجان أو كون قطر التاج أقل من ضعف البعد الأدنى لأعلى العمود يكون توزيع التسليح:
  - $2/3$  التسليح السالب في الشريحة المسندية يوزّع في النصف الوسطي للشريحة.
  - $1/3$  التسليح السالب في الشريحة المسندية يوزّع على الأطراف.
- 3- يمتد نصف التسليح الموجب على الأقل لمسافة قدرها 100mm إلى ما بعد الخط الواصل إلى محاور الأعمدة.
- 4- يمتد التسليح السالب إلى ما بعد محور العمود إلى مسافة قدرها ربع المجاز الأكبر بين المجازين المتجاورين.
- 5- في حال وجود فتحة طرفية مجاورة إلى بلاطات من نوع آخر يمتد نصف التسليح الموجب إلى مسافة قدرها 150mm على الأقل.
- 6- في النهايات غير المستمرة يتم إرساء التسليح الموجب والسالب بشكل مناسب.



### بلاطة فطرية دون سقوط وعمود دون تاج

الشكل (5-10): تسليح البلاطة الفطرية من دون سقوط وعمود دون تاج، ملحق الكود العربي السوري رقم (3)





### بلاطة فطرية بسقوط وعمود بتاج

الشكل (5-12): تسليح البلاطة الفطرية مع سقوط وعمود مع تاج، ملحق الكود العربي السوري رقم (3)

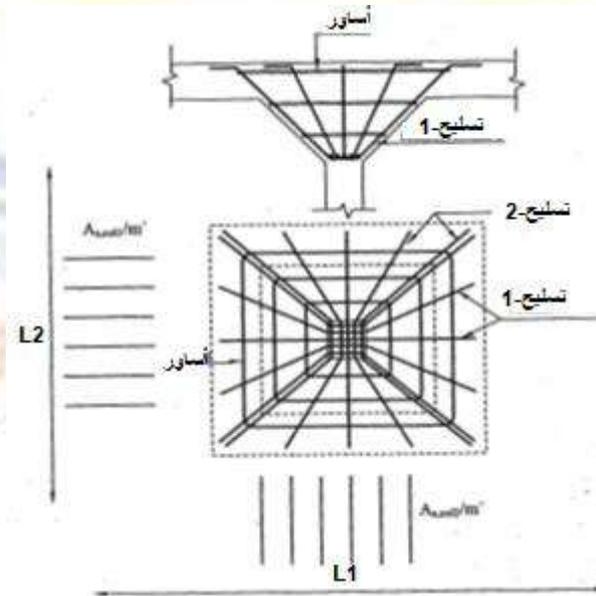
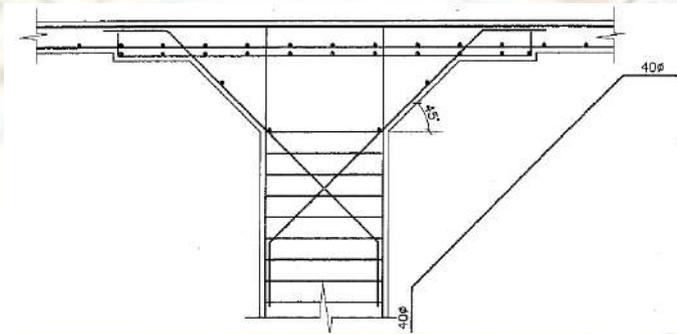
- 7- في حال كون الحمولة الحية أكبر من مرة ونصف الحمولة الميتة يتم تثبيت تسليح علوي في وسط المجاز.
- 8- لا يقل عدد القضبان التي تجتاز العمود في الشريحة المسندية عن  $L/2$ .
- 9- في حال كون سماكة البلاطة أكبر من 160mm يتم تثبيت شبكة تسليح علوية من أجل متطلبات الحرارة والانكماش والتشقق.
- 10- مساحة التسليح الدنيا:
  - فولاذ عادي المقاومة: لا تقل عن 2.5 بالآلف من المقطع الحسابي للبيتون، ولا يقل عن 1.5 بالآلف من المقطع الفعلي للبيتون.
  - فولاذ عالي المقاومة: لا تقل عن 2 بالآلف من المقطع الحسابي للبيتون، ولا يقل عن 1.2 بالآلف من المقطع الفعلي للبيتون.
- 11- مساحة التسليح القصوى: لا تزيد على نصف مساحة التسليح التوازنية لمقطع مستطيل.

## 9-5 تسليح تيجان الأعمدة Column Head Reinforcement

تُشترط الاشتراطات الآتية في تيجان الأعمدة في البلاطات الفطرية:

- 1- يجب تسليح التيجان في الاتجاهين.
- 2- لا يقل التسليح في الاتجاهين عن 4% من التسليح السالب للشريحة المسندية في المتر مضروباً بالمجاز المعامد.

$$A_{s1} = \frac{4}{100} A_{sColl} / m \times L_2; A_{s2} = \frac{4}{100} A_{sCol2} / m \times L_1$$

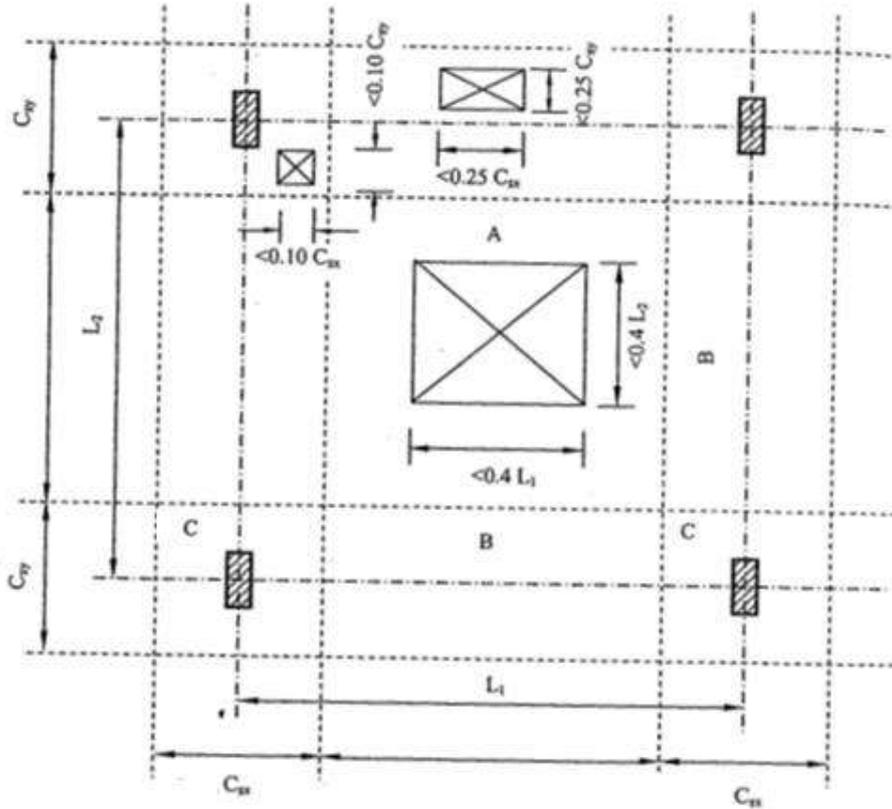


الشكل (5-13): تسليح تاج العمود

- 3- في حال وجود أعمدة دائرية تكون مساحة التسليح مساوية لمجموع التسليح في الاتجاهين وتوزع بانتظام على كامل المحيط.
- 4- تستخدم أساور مغلقة لتثبيت التسليح في مكانه.

### 10-5 التسليح بجوار الفتحات في البلاطات الفطرية:

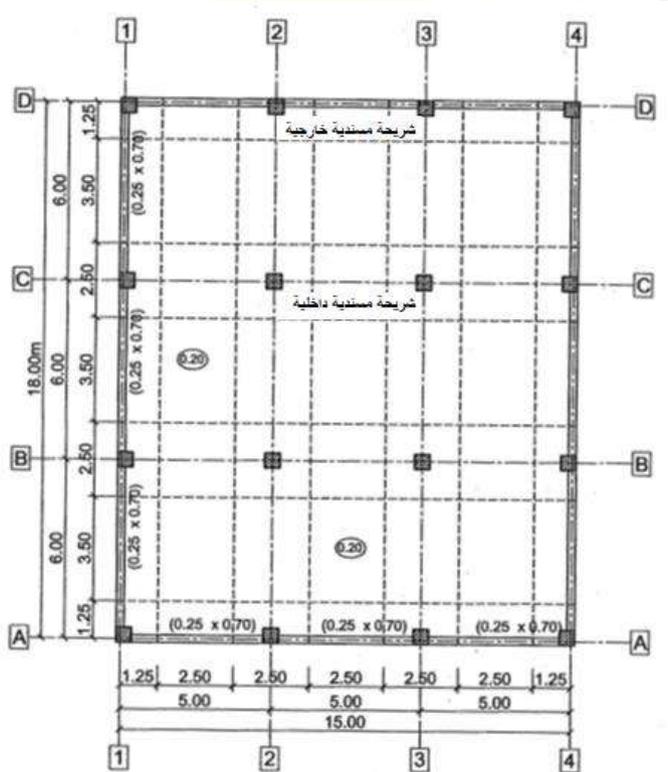
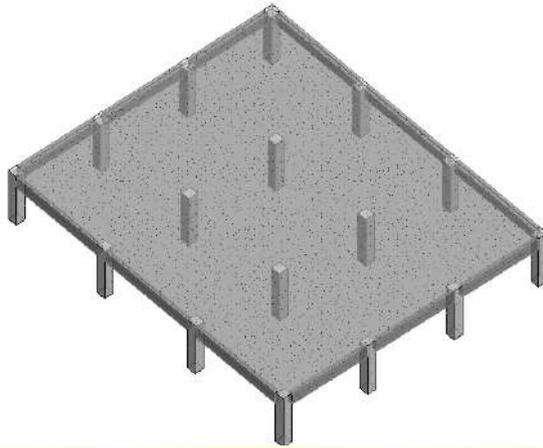
- 1- عند تقاطع الشريحتين الوسطيتين (المجازيتين) يمكن تشكيل فتحة بأبعاد  $0.4L$  كما في المنطقة A من الشكل، على أن يتم تعويض التسليح المقطوع.
- 2- عند تقاطع شريحتين مسندتين لا تزيد أبعاد الفتحة عن  $1/10$  من عرض الشريحة المسندية كما في المنطقة C من الشكل، على أن يتم تعويض التسليح المقطوع.
- 3- في المنطقة B عند تقاطع شريحة مسندية وأخرى مجازية لا يجوز أن تزيد أبعاد الفتحة على ربع عرض الشريحة المسندية، ومن الجدير بالذكر أن مقاومة القص تنقص بوجود الفتحة.



الشكل(5-14): شروط الفتحات في البلاطات الفطرية

### مثال تطبيقي /1:

يُطلب تصميم بلاطة فطرية للسقف المبين بالشكل، حيث إن أبعاد الأعمدة 500X500mm، لا توجد تيجان أو سقوط، الارتفاع الطائقي 3.5m، الحمولة الحية  $4\text{kN/m}^2$ ، حمولة القواطع  $2.4\text{kN/m}^2$  على كامل البلاطة، الإكساء والتغطية  $2\text{kN/m}^2$ .  $f'_c = 20\text{MPa}$ ,  $f_y = 360\text{MPa}$ .



الحل:

- 1- تتألف البلاطة من ثلاث مجازات متساوية في الاتجاه الطويل  $L_1=6m$  وثلاث مجازات متساوية في الاتجاه القصير  $L_2=5m$ .
- 2- الأبعاد:
- سماكة البلاطة:

$$t_s = \max \begin{cases} 150mm \\ \frac{L_{av}}{32} (Exterior) = 171.88mm \Rightarrow t_s = 200mm; d = 180mm \\ \frac{L_{av}}{35} (Interior) = 157.14mm \end{cases}$$

• تحقيق أبعاد الأعمدة:

$$b = \max \begin{cases} \frac{h_{clear}}{15} = \frac{3500 - 200}{15} = 220mm \Rightarrow b = 500mm (Enough) \\ \frac{L_1}{20} = \frac{6000}{20} = 300mm \end{cases}$$

• الجيزان الطرفية:

لا يقل ارتفاع الجيزان الطرفية عن ثلاثة أضعاف سماكة البلاطة أي لا يقل عن 600mm وذلك من أجل مقاومة القص المحيطي في الأعمدة الطرفية والركنية:

$t_b = 700mm; b_b = 250mm$

• أبعاد الشرائح:

○ الشريحة المسندية:  $C_s = \frac{L_2}{2} = \frac{5}{2} = 2.5m$

○ الشريحة الوسطية:

$F_s = L_1 - 2.5 = 3.5m (Short); F_s = L_2 - 2.5 = 2.5m (Long)$

3- حساب الحمولات:

الحمل الميت يساوي إلى الوزن الذاتي مضافاً إليه الإكساء والقواطع:

$$g_s = 25 \times 0.2 + 2 + 2.4 = 9.4kN/m^2$$

$$W_u = 1.4(9.4) + 1.7 \times 4 = 19.96kN/m^2 \approx 20kN/m^2$$

4- توزيع العزوم:

- الاتجاه الطويل:  
العزم الستاتيكي

$$M_0 = \frac{W_u L_2}{8} \left( L_1 - \frac{2D}{3} \right)^2 = \frac{20 \times 5}{8} \left( 6 - \frac{2 \times 0.5}{3} \right)^2 = 401.4 kN.m$$

تحقيق شروط الطريقة المباشرة:

- عدد المجازات يساوي إلى ثلاثة.
- نسبة الطول إلى العرض يساوي إلى  $1.2 < 1.333$
- نسبة أطوال المجازات المتجاورة صفر بالمئة  $0\% < 20\%$   $(6-6)/6 \times 100 = 0\%$ .

- الاتجاه القصير:  
العزم الستاتيكي

$$M_0 = \frac{W_u L_1}{8} \left( L_2 - \frac{2D}{3} \right)^2 = \frac{20 \times 6}{8} \left( 5 - \frac{2 \times 0.5}{3} \right)^2 = 326.67 kN.m$$

تحقيق شروط الطريقة المباشرة:

- عدد المجازات يساوي إلى ثلاثة.
- نسبة الطول إلى العرض يساوي إلى  $1.2 < 1.333$
- نسبة أطوال المجازات المتجاورة صفر بالمئة  $0\% < 20\%$   $(5-5)/5 \times 100 = 0\%$ .

5- تصميم التسليح:

$$A_{s \min} (Long) = 0.0012bd = \frac{1.2}{1000} 1000 \times 180 = 216 mm^2$$

$$A_{s \min} (Short) = 0.0012bd = \frac{1.2}{1000} 1000 \times 170 = 204 mm^2$$

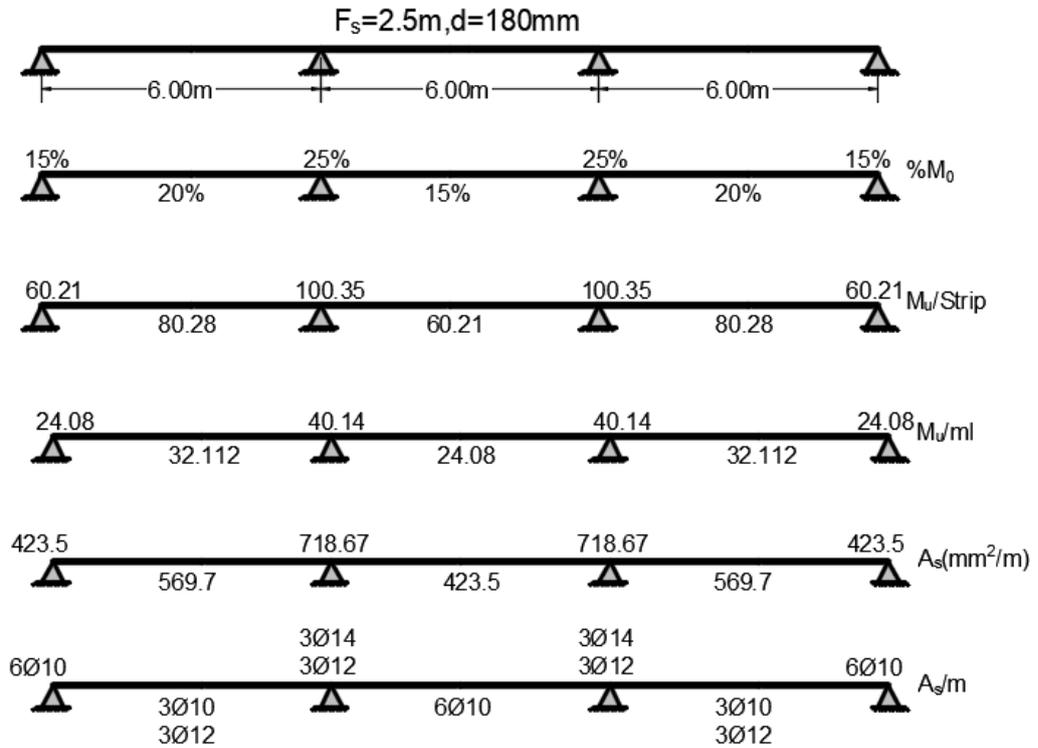
$$A_{s \max} = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{(630 + f_y)} \frac{f'_c}{f_y} bd \right] = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{(630 + 360)} \frac{20}{360} 1000 \times 180 \right] = 2298 mm^2$$

أ- شريحة وسطية بالاتجاه الطويل:  $M_0 = 401.4 kN.m$

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \right)$$

$$40.14 \times 10^6 = 0.9 \times 360 A_s \left( 180 - \frac{1}{2} \frac{360 A_s}{0.85 \times 20 \times 1000} \right)$$

$$= 324 A_s (180 - 0.0106 A_s) \Rightarrow A_s = 718.67 mm^2; 3\phi 14 + 3\phi 12$$

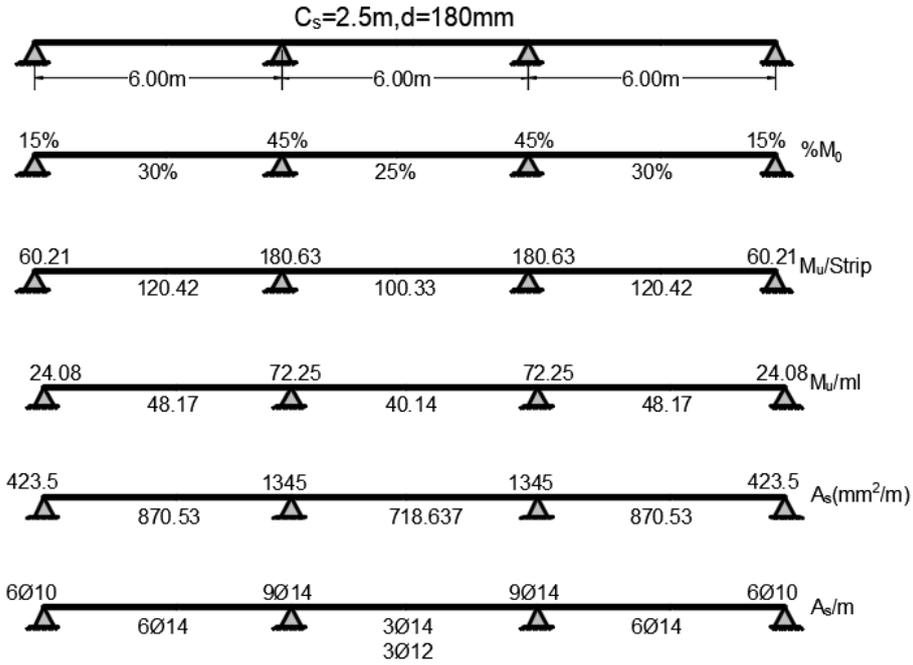


ب- شريحة مسندية بالاتجاه الطويل:  $M_0 = 401.4kN.m$

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b} \right)$$

$$72.25 \times 10^6 = 0.9 \times 360 A_s \left( 180 - \frac{1}{2} \frac{360 A_s}{0.85 \times 20 \times 1000} \right)$$

$$= 324 A_s (180 - 0.0106 A_s) \Rightarrow A_s = 1345 mm^2; 9\phi 14$$



ج- شريحة وسطية بالاتجاه القصير:  $M_0 = 326.67kN.m$

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \right)$$

$$23.33 \times 10^6 = 0.9 \times 360 A_s \left( 170 - \frac{1}{2} \frac{360 A_s}{0.85 \times 20 \times 1000} \right)$$

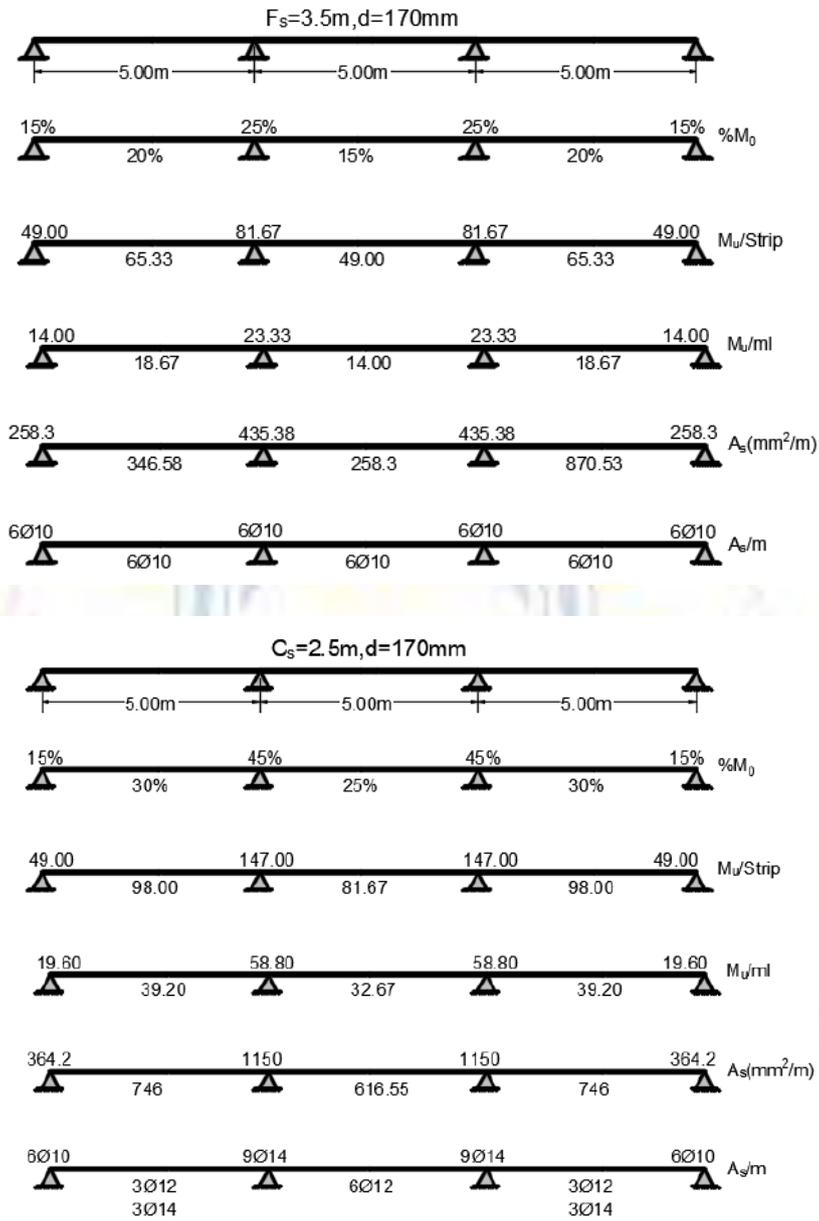
$$= 324 A_s (170 - 0.0106 A_s) \Rightarrow A_s = 435.38 mm^2; 6\phi 10$$

د. شريحة مسندية بالاتجاه القصير:  $M_0 = 326.67kN.m$

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \right)$$

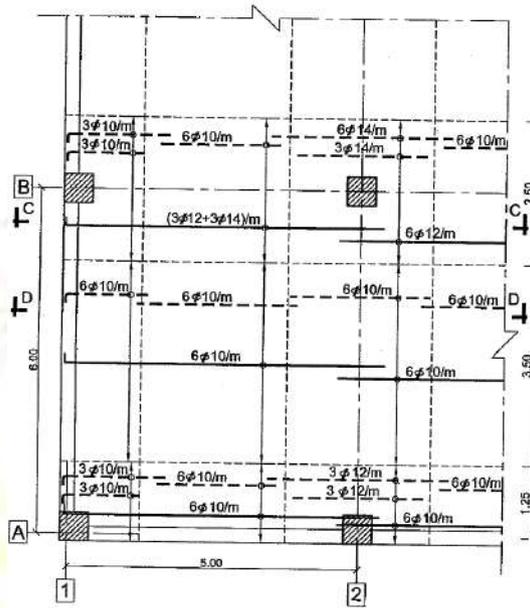
$$58.8 \times 10^6 = 0.9 \times 360 A_s \left( 170 - \frac{1}{2} \frac{360 A_s}{0.85 \times 20 \times 1000} \right)$$

$$= 324 A_s (170 - 0.0106 A_s) \Rightarrow A_s = 1150 mm^2; 9\phi 14$$

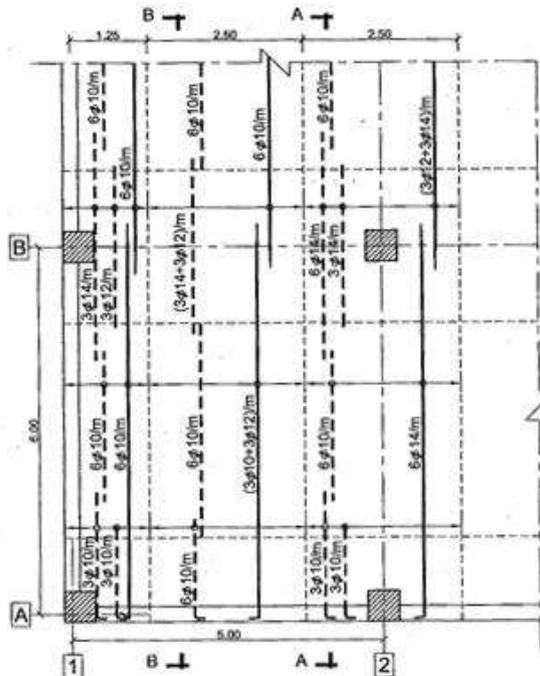


- نظراً لكون سماكة البلاطة تساوي إلى 200mm يتم وضع شبكة تسليح علوية  $6\phi10/m$  في الاتجاه الطويل و  $5\phi10/m$  في الاتجاه القصير وذلك لمقاومة الانكماش.
- بسبب وجود جيزان محيطية يكون تسليح الشرائح الخارجية مساوياً لنصف تسليح الشرائح الداخلية لأنها تحمل نصف العزم.

- نبيّن فيما يأتي تفاصيل التسليح في الاتجاه الطويل والقصير حيث يمثّل التسليح العلوي بشكل منقط:



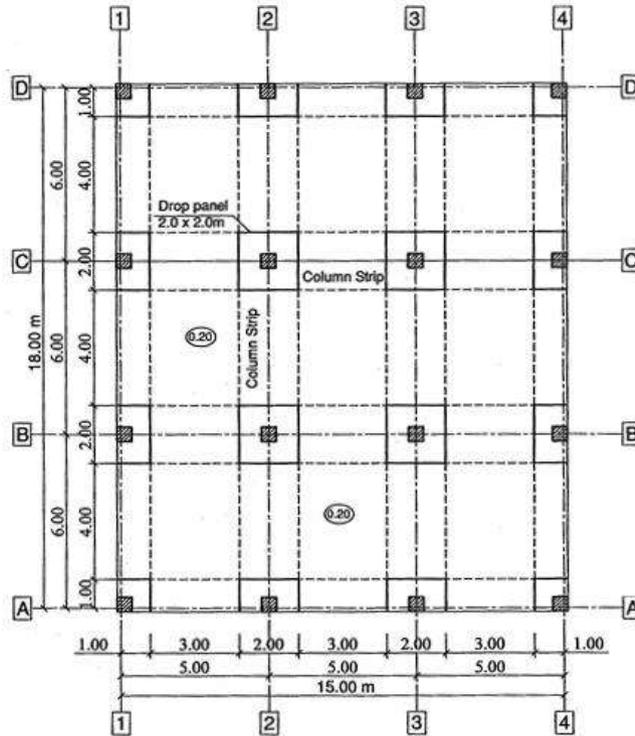
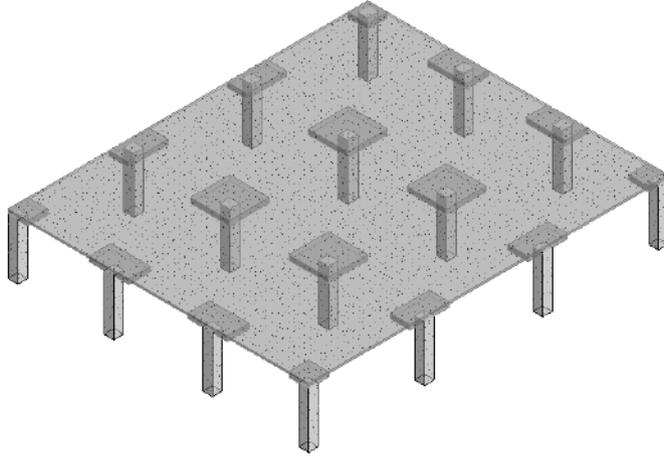
تفاصيل التسليح- اتجاه قصير



تفاصيل التسليح- اتجاه طويل

## مثال تطبيقي /2:

يُطلب تصميم بلاطة فطرية للسقف المبين بالشكل، حيث إن أبعاد الأعمدة 500X500mm، يوجد سقوط بعرض 2m، الارتفاع الطائقي 3.5m، الحمولة الحية  $10\text{kN/m}^2$ ، حمولة القواطع  $2.83\text{kN/m}^2$  على كامل البلاطة، الإكساء والتغطية  $2\text{kN/m}^2$ .  $f'_c = 25\text{MPa}$ ,  $f_y = 360\text{MPa}$ .



الحل:

يتم استخدام بلاطة فطرية مع سقوط بسبب كون الحمولة الحيّة عالية ولا توجد قيود معمارية، يتألف السقف من ثلاث مجازات متساوية في كل اتجاه المجاز الطويل  $L_1=6m$  والمجاز القصير  $L_2=5m$ .

1- الأبعاد:

a. سماكة البلاطة:

$$t_s = \max \begin{cases} 150mm \\ \frac{L_{av}}{35} (Exterior) = 157.14mm \Rightarrow t_s = 200mm \\ \frac{L_{av}}{38} (Interior) = 144.74mm \end{cases}$$

• تحقيق أبعاد الأعمدة:

$$b = \max \begin{cases} \frac{h_{clear}}{15} = \frac{3500 - 200}{15} = 220mm \Rightarrow b = 500mm (Enough) \\ \frac{L_1}{20} = \frac{6000}{20} = 300mm \end{cases}$$

• أبعاد السقوط:

يجب أن تحقق سماكة السقوط الشرط

$$\frac{t_s}{2} = 100mm \geq t_d \geq \frac{t_s}{4} = 50mm \Rightarrow t_d = 50mm$$

السقوط مساوية إلى  $200+50=250mm$ .

• أبعاد الشرائح:

$$C_s = S = 2m \quad \text{○ الشريحة المسندية:}$$

$$F_s = L_1 - 2 = 4m (Short); F_s = L_2 - 2 = 3m (Long) \quad \text{○ الشريحة الوسطية:}$$

2- حساب الحمولات:

$$W_{drop} = 25 \times t_d \frac{S^2}{L_1 \times L_2} = 25 \times 0.05 \frac{2^2}{5 \times 6} = 0.167kN/m^2 \quad \text{وزن السقوط:}$$

الحمل الميت يساوي إلى الوزن الذاتي مضافاً إليه الإكساء والقواطع:

$$g_s = 25 \times 0.2 + 2 + 0.167 + 2.83 = 10kN/m^2$$

$$W_u = 1.4(10) + 1.7 \times 10 = 31 \text{ kN/m}^2$$

3- توزيع العزوم:

a. الاتجاه الطويل:

العزم الستاتيكي

$$M_0 = \frac{W_u L_2}{8} \left( L_1 - \frac{2D}{3} \right)^2 = \frac{31 \times 5}{8} \left( 6 - \frac{2 \times 0.5}{3} \right)^2 = 622.15 \text{ kN.m}$$

تحقيق شروط الطريقة المباشرة:

i. عدد المجازات يساوي إلى ثلاثة.

ii. نسبة الطول إلى العرض يساوي إلى  $6/5 = 1.2 < 1.333$

iii. نسبة أطوال المجازات المتجاورة صفر بالمئة  $(6-6)/6 \times 100 = 0\% < 20\%$ .

b. الاتجاه القصير:

العزم الستاتيكي

$$M_0 = \frac{W_u L_1}{8} \left( L_2 - \frac{2D}{3} \right)^2 = \frac{31 \times 6}{8} \left( 5 - \frac{2 \times 0.5}{3} \right)^2 = 506.333 \text{ kN.m}$$

تحقيق شروط الطريقة المباشرة:

i. عدد المجازات يساوي إلى ثلاثة.

ii. نسبة الطول إلى العرض يساوي إلى  $6/5 = 1.2 < 1.333$

iii. نسبة أطوال المجازات المتجاورة صفر بالمئة  $(5-5)/5 \times 100 = 0\% < 20\%$ .

4- تصميم التسليح:

$$A_{s \min} (Long) = 0.0012bd = \frac{1.2}{1000} 1000 \times 180 = 216 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \min} (Short) = 0.0012bd = \frac{1.2}{1000} 1000 \times 170 = 204 \text{ mm}^2$$

عند السقوط:

$$A_{s \min} (Long) = 0.002bd = \frac{1.2}{1000} 1000 \times 230 = 276 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \min} (Short) = 0.0012bd = \frac{1.2}{1000} 1000 \times 220 = 264 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \max} = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{(630 + f_y)} \frac{f'_c}{f_y} bd \right] = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{(630 + 360)} \frac{25}{360} 1000 \times 180 \right] = 2872.5 \text{ mm}^2$$

أ- شريحة وسطية بالاتجاه الطويل:  $M_0 = 622.15kN.m$

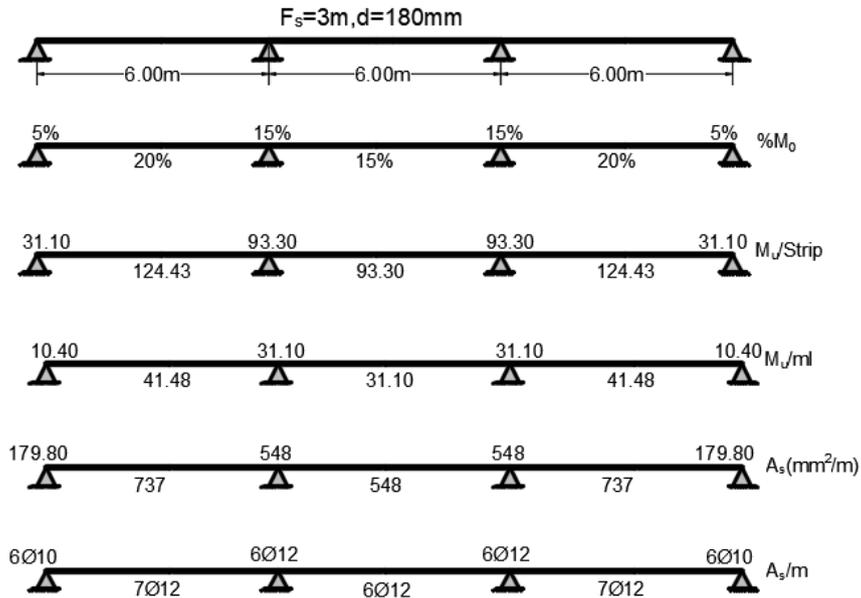
$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b} \right)$$

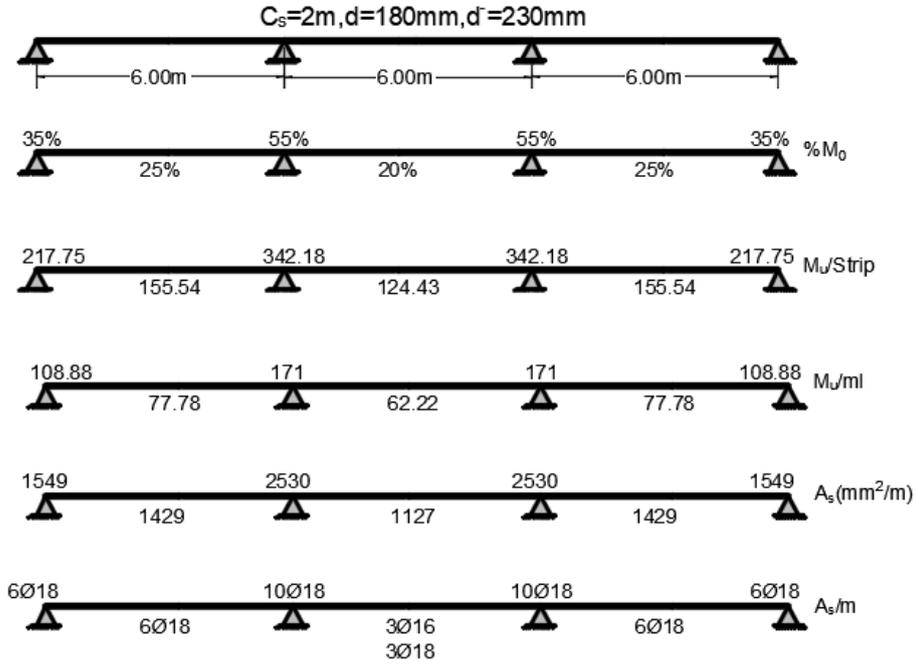
$$\begin{aligned} 31.1 \times 10^6 &= 0.9 \times 360 A_s \left( 180 - \frac{1}{2} \frac{360 A_s}{0.85 \times 25 \times 1000} \right) \\ &= 324 A_s (180 - 0.00847 A_s) \Rightarrow A_s = 548 mm^2; 7\phi 12 \end{aligned}$$

ب- شريحة مسندية بالاتجاه الطويل:  $M_0 = 622.15kN.m$

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b} \right)$$

$$\begin{aligned} 171 \times 10^6 &= 0.9 \times 360 A_s \left( 230 - \frac{1}{2} \frac{360 A_s}{0.85 \times 25 \times 1000} \right) \\ &= 324 A_s (230 - 0.00847 A_s) \Rightarrow A_s = 2530.5 mm^2; 10\phi 18 \end{aligned}$$





ج- شريحة وسطية بالاتجاه القصير:  $M_0 = 506.333kN.m$

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b} \right)$$

$$18.98 \times 10^6 = 0.9 \times 360 A_s \left( 170 - \frac{1}{2} \frac{360 A_s}{0.85 \times 25 \times 1000} \right)$$

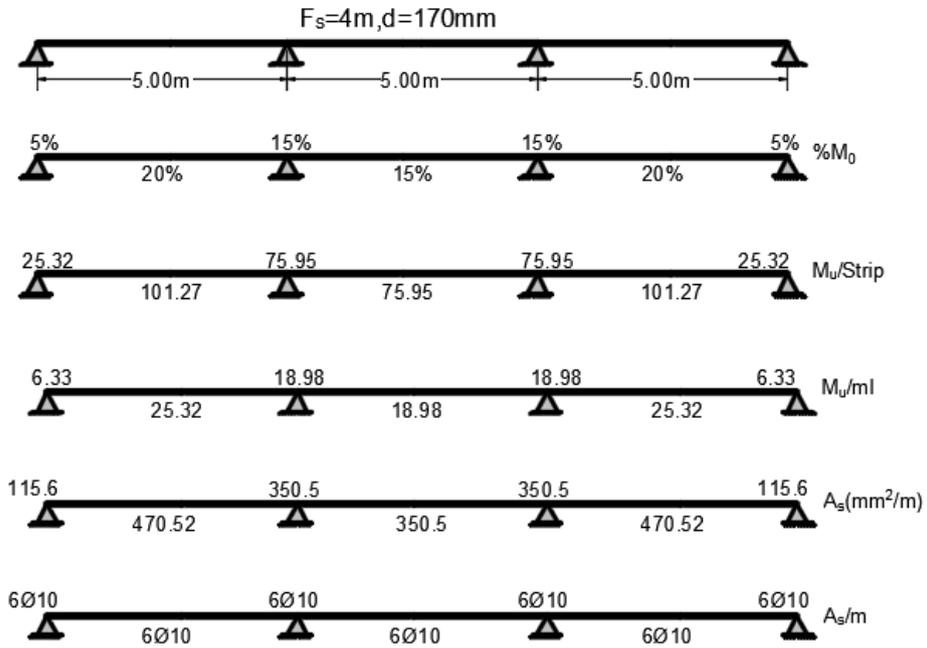
$$= 324 A_s (170 - 0.00847 A_s) \Rightarrow A_s = 350.5 mm^2; 6\phi 10$$

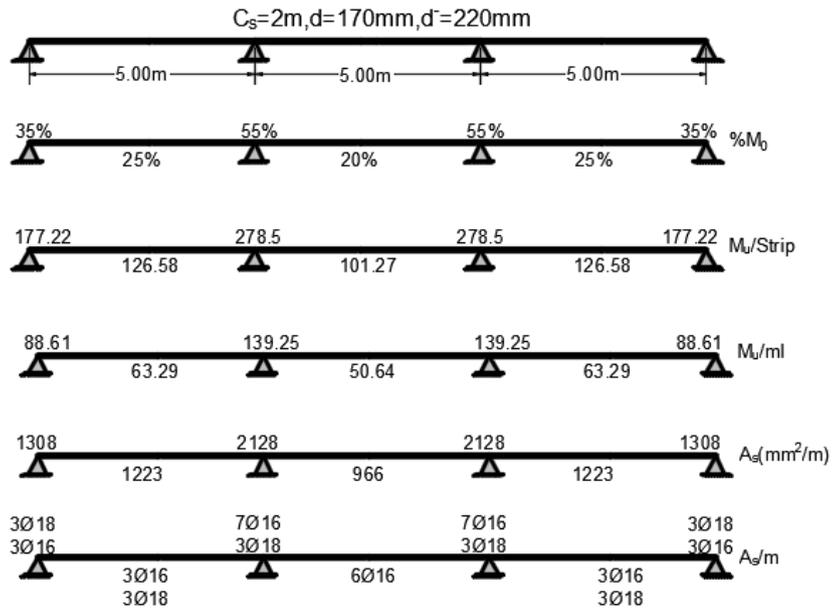
د. شريحة مسندية بالاتجاه القصير:  $M_0 = 506.33kN.m$

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b} \right)$$

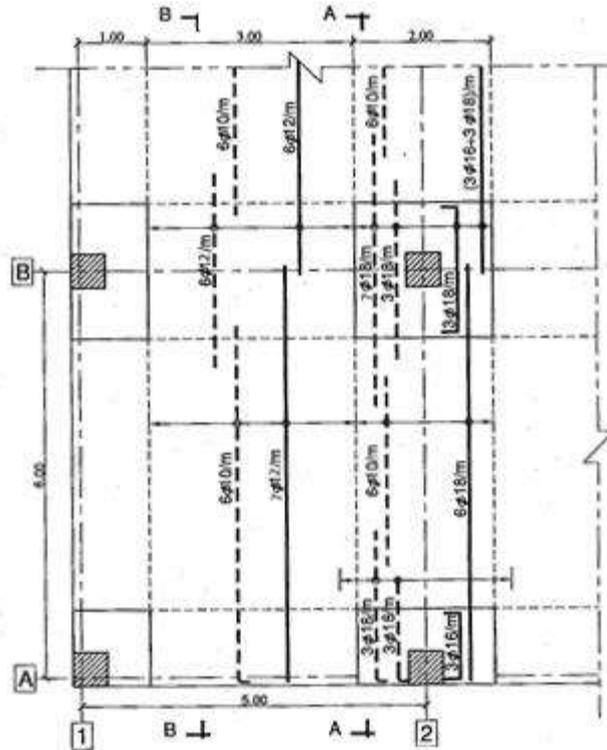
$$139.25 \times 10^6 = 0.9 \times 360 A_s \left( 170 - \frac{1}{2} \frac{360 A_s}{0.85 \times 25 \times 1000} \right)$$

$$= 324 A_s (220 - 0.00847 A_s) \Rightarrow A_s = 2128 \text{ mm}^2; 3\phi 18 + 7\phi 16$$

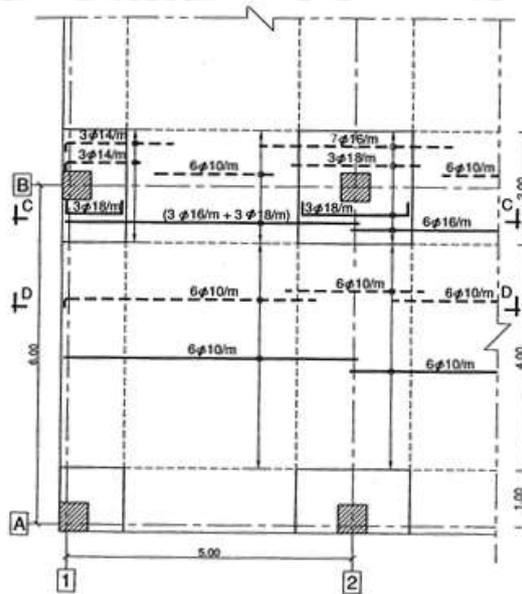




- نبيّن فيما يأتي تفاصيل التسليح في الاتجاه الطويل والقصير حيث يمثل التسليح العلوي بشكل منقّط:



تفاصيل التسليح- اتجاه طويل



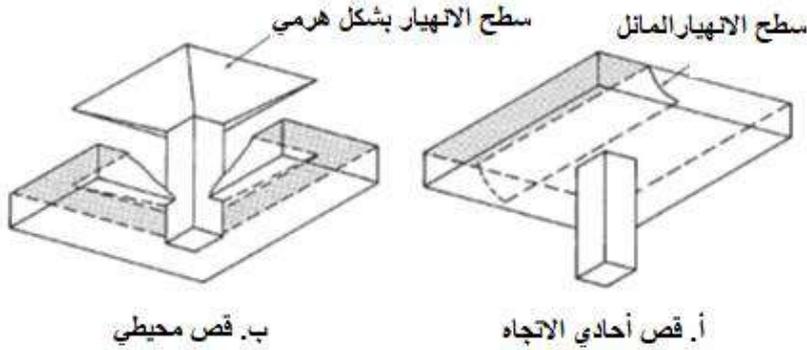
تفاصيل التسليح- اتجاه قصير

### 11-5 القص المحيطي في البلاطات الفطرية (القص بالثقب):

إن مقاومة القص المحيطي (القص بالثقب) هي من أهم العوامل التصميمية التي تتحكم بسماكة البلاطة الفطرية، حيث إنه توجد آليتا قص قد تحصل في البلاطات الفطرية:

- القص وحيد الاتجاه One-way Shear كما في الجيزان.
- القص المحيطي (ثنائي الاتجاه) Two-way Shear حول الأعمدة.

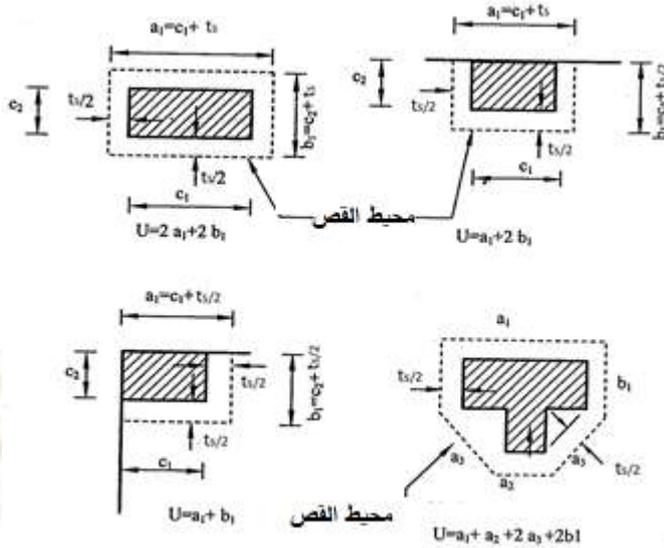
حيث إن الآلية الأولى نادرًا ما تحكم تصميم البلاطة الفطرية. في القص ثنائي الاتجاه يحيط الانهيار بالعمود مشكلاً شكلاً هرمياً وعادة تكون الإجهادات الناتجة عن القص ثنائي الاتجاه أكبر من الإجهادات الناتجة عن القص وحيد الاتجاه. يوجد القص ثنائي الاتجاه في البلاطات الفطرية وفي الأساسات.



الشكل (5-15): سطح الانهيار بالقص في البلاطات الفطرية

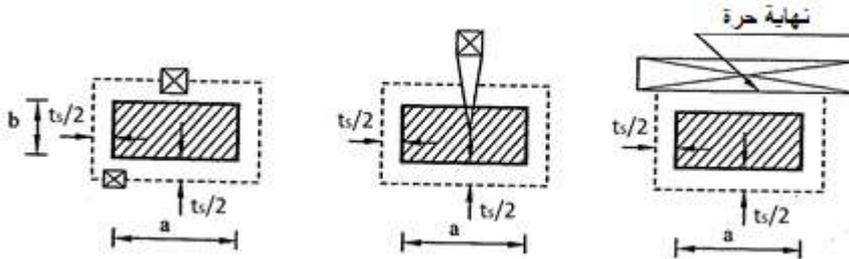
### 1-11-5 المقطع الحرج على القص Critical Section:

إن المقطع الحرج على القص بالثقب يقع على مسافة قدرها  $t_s/2$  من وجه العمود. تبيّن الأشكال الآتية موقع المقطع الحرج من أجل أعمدة داخلية وخارجية وركنية. في حال وجود تيجان للأعمدة تُستبدل أبعاد الأعمدة بأبعاد التيجان في حساب محيط القص، وفي حال وجود فتحة تقع على مسافة عن محور العمود تقل عن عشر مرات سماكة البلاطة يتم طرح جزء من المحيط الحرج للقص كما في الشكل.



الشكل (5-16): المقطع الحرج في القص المحيطي

في البلاطات ذات السقوط يكون هناك مقطعان حرجان للقص المحيطي يجب تحقيق القص عند كل منهما. يقع الأول على مسافة  $t_s/2$  من محيط العمود (أو تاج العمود إن وجد)، والثاني على مسافة  $t_s/2$  من محيط السقوط.



الشكل (5-17): المقطع الحرج في القص المحيطي في حال وجود فتحات

### 2-11-5 مقاومة البيتون على القص بالثقب:

يُسمح للخرسانة بمقاومة إجهادات مماسية قدرها:

$$\tau_{cup} = \left( 0.16 + \frac{a}{3b} \right) \sqrt{f'_c} \leq 0.31 \sqrt{f'_c}$$

a: بعد العمود في اتجاه التحليل وهو الأقصر.

b: بعد العمود في الاتجاه المعامد.

### 3-11-5 الإجهاد المماسي الناتج عن القص بالثقب:

$$\tau_{up} = \frac{V_{up}}{0.75b_0d}$$

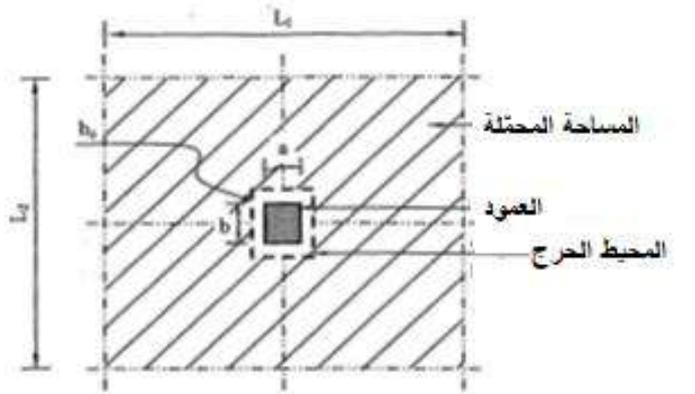
$V_{up}$ : قوة القص الحديدية التصميمية.

$b_0$ : محيط المقطع الحرج للقص.

يبين الشكل حساب قوة القص الحديدية التصميمية  $V_{up}$  من أجل عمود داخلي في بلاطة فطرية حيث تُحسب كما في المعادلة:

$$V_{up} = W_u [L_1 L_2 - a_1 b_1]$$

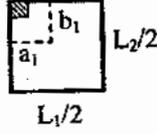
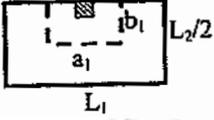
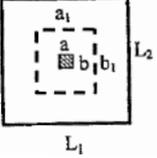
$$a_1 = a + t_s; b_1 = b + t_s; b_0 = 2a_1 + 2b_1$$



الشكل (5-18): حساب الحمولة في القص المحيطي

يبين الجدول (5-4) كيفية حساب القوة التصميمية على القص من أجل عمود وسطي و طرفي وركني وكذلك حساب محيط المقطع الحرج للقص المحيطي.

الجدول (4-5): حساب القوة التصميمية على القص حسب موقع العمود

نوع العمود	ركني	طرفي	وسطي
الشكل			
$a_1$	$a + t_s / 2$	$a + t_s$	$a + t_s$
$b_1$	$b + t_s / 2$	$b + t_s / 2$	$b + t_s$
$b_0$	$a_1 + b_1$	$a_1 + 2b_1$	$2(a_1 + b_1)$
$\Omega$	0.75	0.75	0.75
$V_{up}$	$W_u \left[ \frac{L_1 L_2}{4} - a_1 b_1 \right]$	$W_u \left[ \frac{L_1 L_2}{2} - a_1 b_1 \right]$	$W_u [L_1 L_2 - a_1 b_1]$

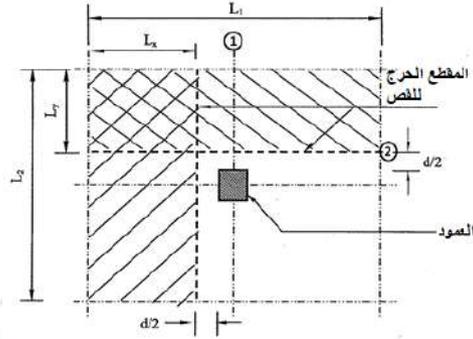
### 12-5 مقاومة القص وحيد الاتجاه One-way Shear:

عادةً تكون إجهادات القص وحيد الاتجاه صغيرة ولا تحكم التصميم، ويجب أن تقاوم بواسطة البيتون وحده من دون تسليح، تُعطى مقاومة البيتون من أجل القص وحيد الاتجاه بالمعادلة:

$$\tau_{cu} = 0.23\sqrt{f'_c}$$

إن المقطع الحرج للقص وحيد الاتجاه يقع على بعد  $d/2$  من وجه العمود من كل طرف. يجب أن يكون إجهاد القص وحيد الاتجاه أقل من الإجهاد الذي يتحمله البيتون، فمثلاً من أجل عمود داخلي يكون:

$$\tau_{u1} = \frac{W_u L_2 L_x}{0.75 L_2 d} \leq \tau_{cu}; \tau_{u2} = \frac{W_u L_1 L_y}{0.75 L_1 d} \leq \tau_{cu}$$



الشكل (19-5): حساب الحمولة في القص الأحادي

### مثال تطبيقي /3/:

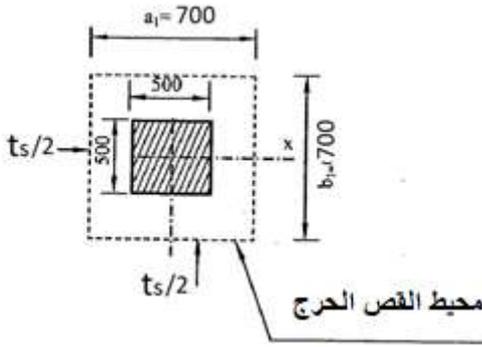
حقق القص بالثقب Punching Shear

من أجل العمود الوسطي في المثال التطبيقي /1/:

الحل:

$$t_s = 200\text{mm}; d = 180\text{mm}$$

$$a_1 = b_1 = 500 + 200 = 700\text{mm}$$



$$V_{up} = W_u [L_1 L_2 - a_1 b_1] = 20 [5 \times 6 - 0.7 \times 0.7] = 592.2\text{kN}$$

$$b_0 = 2(700 + 700) = 2800\text{mm}$$

$$\tau_{up} = \frac{V_{up}}{0.75 b_0 d} = \frac{590.2 \times 10^3}{0.75 \times 2800 \times 180} = 1.56\text{MPa}$$

$$\tau_{cup} = 0.31 \sqrt{f'_c} = 0.31 \sqrt{20} = 1.386\text{MPa}$$

$$\tau_{cup} = \left(0.16 + \frac{a}{3b}\right) \sqrt{f'_c} = \left(0.16 + \frac{500}{3 \times 500}\right) \sqrt{20} = 2.206\text{MPa}$$

$$\tau_{up} > \tau_{cup}$$

وتعتبر البلاطة غير آمنة على القص بالثقب.

في حال عدم تحقق القص بالثقب يمكن اللجوء إلى أحد الحلول الآتية:

- زيادة أبعاد العمود.
- زيادة سماكة البلاطة.
- زيادة المقاومة المميزة للبيتون.
- إضافة سقوط أعلى للعمود.
- إضافة تاج للعمود.
- إضافة تسليح قص بأحد الأشكال الآتية:

- الأساور Stirrups.
- مسامير ذات رؤوس Headed shear studs.
- القضبان المكسحة Bent bar reinforcement.

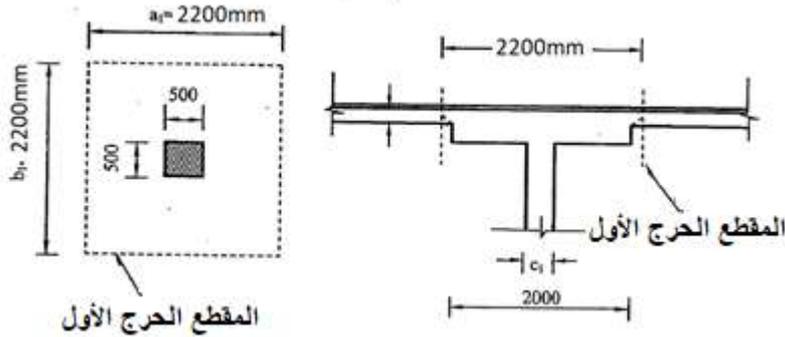
مثال تطبيقي /4/:

حقق القص بالثقب في الأعمدة الوسطية في المثال التطبيقي رقم /2/:

الحل:

بسبب وجود سقوط يكون هناك مقطعان حرجان للقص:

- المقطع الأول: على بعد  $t_s/2$  من السقوط:



$$t_s = 200mm; d = 180mm$$

$$a_1 = b_1 = 2000 + 200 = 2200mm$$

$$V_{up} = W_u [L_1 L_2 - a_1 b_1] = 31 [5 \times 6 - 2.2 \times 2.2] = 779.96kN$$

$$b_0 = 2(2200 + 2200) = 8800mm$$

$$\tau_{up} = \frac{V_{up}}{0.75b_0d} = \frac{780 \times 10^3}{0.75 \times 8800 \times 180} = 0.656 \text{ MPa}$$

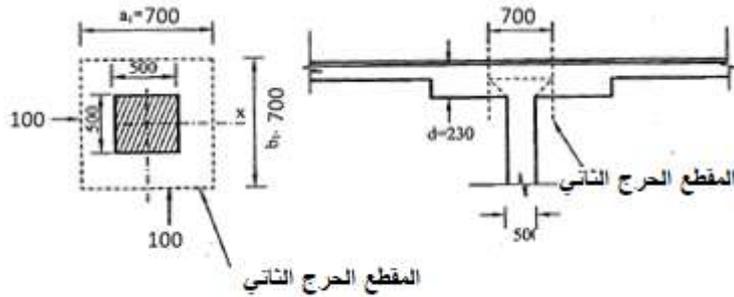
$$\tau_{cup} = 0.31\sqrt{f'_c} = 0.31\sqrt{25} = 1.55 \text{ MPa}$$

$$\tau_{cup} = \left(0.16 + \frac{a}{3b}\right)\sqrt{f'_c} = \left(0.16 + \frac{500}{3 \times 500}\right)\sqrt{20} = 2.466 \text{ MPa}$$

$$\tau_{up} < \tau_{cup}$$

وتعتبر البلاطة آمنة على القص بالثقب.

- المقطع الثاني: على بعد  $t_s/2$  من وجه العمود:



$$d = 230 \text{ mm}$$

$$a_1 = b_1 = 500 + 200 = 700 \text{ mm}$$

$$V_{up} = W_u[L_1L_2 - a_1b_1] = 31[5 \times 6 - 0.7 \times 0.7] = 914.81 \text{ kN}$$

$$b_0 = 2(700 + 700) = 2800 \text{ mm}$$

$$\tau_{up} = \frac{V_{up}}{0.75b_0d} = \frac{914.18 \times 10^3}{0.75 \times 2800 \times 230} = 1.894 \text{ MPa}$$

$$\tau_{cup} = 0.31\sqrt{f'_c} = 0.31\sqrt{25} = 1.55 \text{ MPa}$$

$$\tau_{cup} = \left(0.16 + \frac{a}{3b}\right) \sqrt{f'_c} = \left(0.16 + \frac{500}{3 \times 500}\right) \sqrt{25} = 2.466 \text{MPa}$$

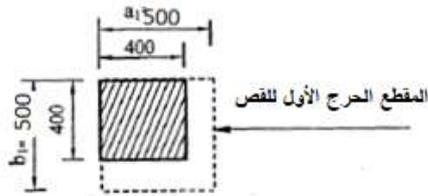
$$\tau_{up} > \tau_{cup}$$

وتعتبر البلاطة غير آمنة على القص بالثقب.

مثال تطبيقي /5/:

حقق القص بالثقب في عمود ركني أبعاده (400x400mm) في جملة بلاطات فطرية من دون جيزان محيطية. أبعاد الباكية الواحدة 6m x 6.5m ، الحمولة الحدية  $W_u = 17 \text{kN/m}^2$  ، سماكة البلاطة 200mm ،  $f'_c = 20 \text{MPa}$ .

الحل:



$$a_1 = b_1 = 400 + 200/2 = 500 \text{mm}$$

$$V_{up} = W_u [L_1 L_2 - a_1 b_1] = 17 \left[ \frac{6.5 \times 6}{4} - 0.5 \times 0.5 \right] = 161.5 \text{kN}$$

$$b_0 = 2(500) = 1000 \text{mm}$$

$$\tau_{up} = \frac{V_{up}}{0.75 b_0 d} = \frac{161.5 \times 10^3}{0.75 \times 1000 \times 180} = 1.198 \text{MPa}$$

$$\tau_{cup} = 0.31 \sqrt{f'_c} = 0.31 \sqrt{20} = 1.386 \text{MPa}$$

$$\tau_{cup} = \left(0.16 + \frac{a}{3b}\right) \sqrt{f'_c} = \left(0.16 + \frac{500}{3 \times 500}\right) \sqrt{20} = 2.206 \text{MPa}$$

وتعتبر البلاطة آمنة على القص بالثقب.  $\tau_{up} < \tau_{cup}$

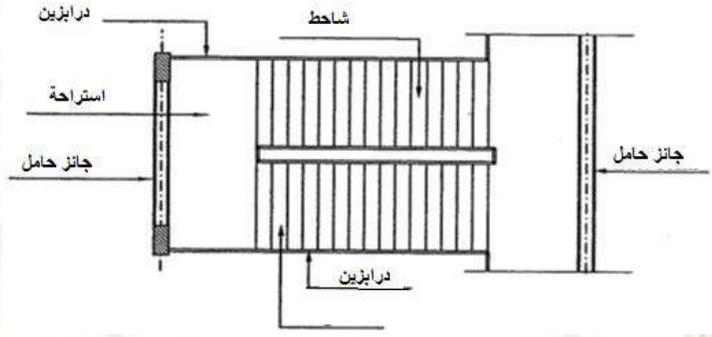
## الفصل السادس

### الأدراج البيتونية

### Reinforced Concrete Stairs

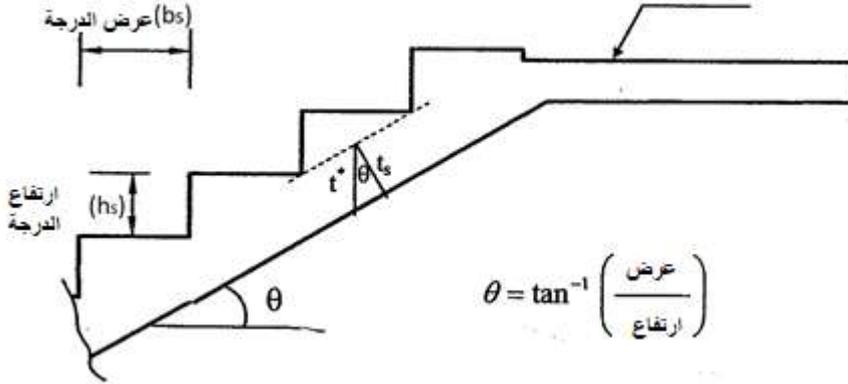
#### 1-6 مقدمة:

الأدراج عناصر أساسية في الأبنية مهمتها نقل الأشخاص والأثاث والتجهيزات من منسوب إلى آخر. يتألف الدرج من بيت الدرج Stair case، الاستراحات Landing، الشواط Flight. إن الشاحط عبارة عن بلاطة مائلة تحمل الدرجات، تفصل بينها استراحات أفقية. تستند الشواط والاستراحات إلى جدران بيت الدرج إذا كانت من الببتون المسلح أو إلى جيزان أفقية أو مائلة حسب الجملة الإنشائية للدرج. يحمل الشاحط الدرجات حيث تتألف الدرجة من جزء أفقي Tread وارتفاع Riser.



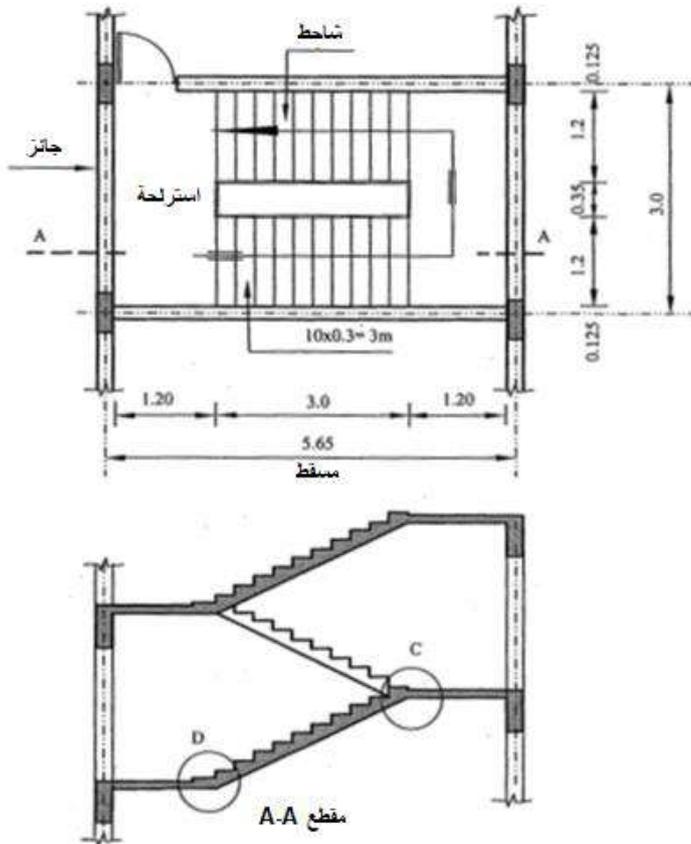
الشكل (1-6): أجزاء الدرج

تصنّف الأدراج إلى أدراج مريحة وغير مريحة بحسب أبعاد الدرجة، حيث تُحقق الأدراج المريحة المعادلة  $60 \leq 2h_r + b \leq 62 \text{ cm}$ . حيث  $b$  يمثل البعد الأفقي للدرجة،  $h_r$  ارتفاع الدرجة. يتراوح عرض الدرجة في الأدراج المريحة بين 28-30cm وارتفاع الدرجة 15-17cm، في حين تعتبر الأدراج ذات عرض الدرجة الذي يقل عن من 28cm والارتفاع الذي يقل عن 18cm أدراجاً غير مريحة. توجد هذه الأدراج في الأفبية، أدراج السطح الأخير، وأدراج المستودعات والمحلات التجارية. لتحقيق الراحة أثناء الصعود يجب أن تكون الاستراحة الأفقية كل 10-14 درجة حيث يتم عندها تغيير اتجاه الدرج يتراوح البعد الأفقي للشاحط عادة بين 0.9-1.5m والمسافة بين الشواط (بئر الدرج Stair well) بين 0.3-0.6m. عادة من أجل الأبنية السكنية التي لا يزيد الارتفاع الطابقي فيها على 3m تكون المساحة التي يشغلها بيت الدرج تقريباً 3x6m.

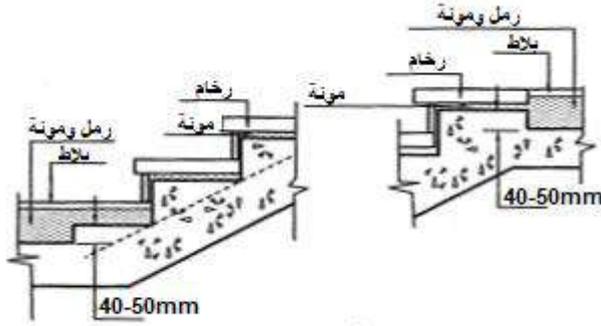


الشكل (2-6): زاوية ميل الشاحط

من المهم الانتباه عند التصميم إلى التفصيلة C,D المبينة بالشكل كونها نقاط ضعف في الدرج.



الشكل (3-6): مسقط ومقطع في الدرج



الشكل (4-6): إكساء الدرج

## 2-6 الأنظمة الإنشائية للأدراج :Structural Systems of Stairs

تصنّف الأدراج من وجهة نظر إنشائية إلى خمس فئات:

- النوع الظفري Cantelever type.
- نوع بلاطة Slab type.
- نوع جانز-بلاطة Slab-Beam type.
- النوع الحلزوني Spiral type.
- الأدراج الحرة Free standing type.

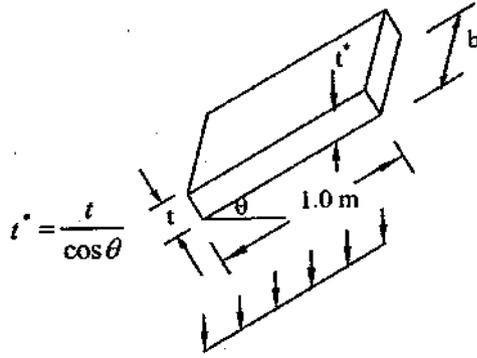
إن الفرق الأساسي بين هذه الأنواع الخمسة هو كيفية نقل الأحمال من الشواط والاضراحت.

### 3-6 حمولات الشواط:

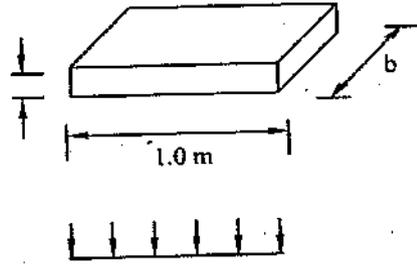
يحمل الشااط الحمولات الآتية:

- الوزن الذاتي.
- الدرجات.
- أوزان التغطية.
- الستارة.
- الحمولة الحية.

أ. الوزن الذاتي: بما أن الشااط عبارة عن بلاطة مائلة فتستخدم المسافة الشاقولية  $t^*$  في حساب وزن الشااط:



$$w = \gamma_c \times (b \times t \times 1)$$



$$w = \gamma_c \times (b \times t \times 1)$$

الشكل (5-6): حساب الوزن الذاتي

ب. وزن الدرجات: تعتبر الدرجات كبلطة سماكتها تساوي إلى نصف ارتفاع الدرجة ويكون الوزن الذاتي لها:

$$\gamma_c \times (h_s / 2 \times b \times 1)$$

ت. الإكساء والتغطية: تتراوح قيمته بالمتري المربع بين 2-2.5 kN/m<sup>2</sup>.  
ث. الستارة (مرد مياه): تعامل معاملة قاطع محمول على بلاطة مائلة. في حال كون الستارة موازية لاتجاه العمل:

$$W_e = \frac{W_p}{e} = \frac{\gamma_p h_p H}{e}$$

ممکن للتبسيط توزيع الحمولة على عرض الشاحط B بدلاً من مسافة التأثير e إذا كانت القيمة قريبة.

$$W_e = 1.75 \frac{W_p}{L} = 1.75 \frac{\gamma_p h_p H}{L}$$

يسمح الكود العربي السوري (صفحة 176) باعتبار حمل مكافئ للستارة مساوي إلى 0.5- (0.5) kN/m<sup>2</sup> / B حيث B عرض الشاحط.

ج. الحمولة الحية: بما أن الأدراج تعتبر أماكن ازدحام وتنتقل الأحمال عبرها لذلك تكون الحمولة الحية أكبر منها في القاعات والمكاتب والغرف.. الخ. بشكل عام يتم اعتماد حمل حي قدره 3kN/m<sup>2</sup> من أجل المباني السكنية، 4kN/m<sup>2</sup> من أجل المنشآت العامة (مكاتب-محلات)، بينما تزداد إلى 5kN/m<sup>2</sup> من أجل المدارس ودور العبادة والمسارح ودور السينما.

#### 4-6 تحقيق سماكة الشاحط:

يُعامل كما في حالة البلاطة المصمتة حيث يتم تحقيق شرط السهم كما في الجدول (1-6):

جدول (1-6): سماكة الشاحط حسب نوع الاستناد

نوع الاستناد	استناد بسيط	مستمرة من طرف	مستمرة من طرفين	بلاطة ظفرية
$\frac{L_2}{h}$	25	27	30	10

### 5-6 مساحات التسليح الدنيا والقصى في الأدرج:

أ. مساحة التسليح الدنيا في الاتجاه الرئيسي:

- تسليح أملس عادي المقاومة:

$$A_{smin} = \frac{2.5}{1000} A_{cal}$$

$$A_{smin} = \frac{1.5}{1000} A_c$$

- تسليح أملس عالي المقاومة ذو نتوءات أو تسليح شبكات:

$$A_{smin} = \frac{2}{1000} A_{cal}$$

$$A_{smin} = \frac{1.2}{1000} A_c$$

ب. مساحة التسليح الدنيا في الاتجاه الثانوي:

- تسليح أملس عادي المقاومة:

$$A_{ssmin} = \begin{cases} \frac{1}{4} A_s \\ \frac{1.2}{1000} A_c \end{cases}$$

- تسليح أملس عالي المقاومة ذو نتوءات أو تسليح شبكات:

$$A_{ssmin} = \begin{cases} \frac{1}{4} A_s \\ \frac{1}{1000} A_c \end{cases}$$

ج. مساحة التسليح القصى:

$$A_{smax} = \frac{1}{2} A_{sb}$$



## 6-6 تصميم الأدرج حسب النوع:

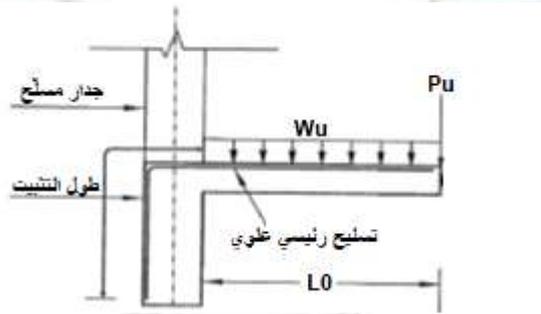
### 1-6-6 الأدرج الظرفية Cantelever Type:

في هذا النوع يعمل كل من الشاحط والاستراحة كبلاطة ظرفية مسنودة على جانز أو جدار. في هذه الجملة يجب العناية بتثبيت التسليح الرئيسي من أجل تحقيق وثاقفة الظفر أثناء التنفيذ. يتم تحليل الدرج بأخذ شريحة بعرض متر طولي من عرض الشاحط أو الاستراحة بارتفاع يساوي إلى متوسط الارتفاع الفعّال للظفر. التسليح الرئيسي هو التسليح العلوي ويتم ارساؤه ضمن الجيزان الحاملة أو الجدران الحاملة بطول قدره  $L_b$ ، ويضاف تسليح سفلي ثانوي.



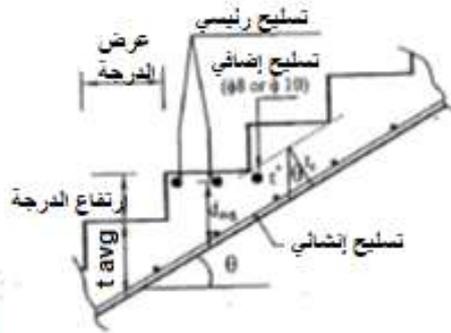
الشكل (6-7): نموذج درج ظفري

تكون الحمولات على الظفر عبارة عن حمولة موزّعة بانتظام ناتجة عن أحمال الوزن الذاتي والإكساء إضافةً إلى حمولة مركزة ناتجة عن الستارة.



الشكل (6-7): تسليح درج ظفري

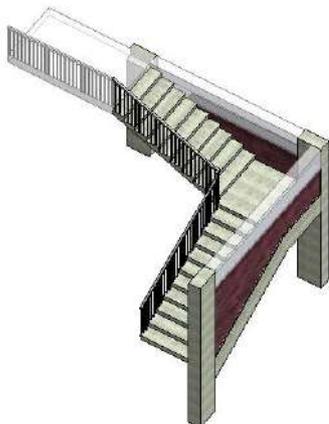
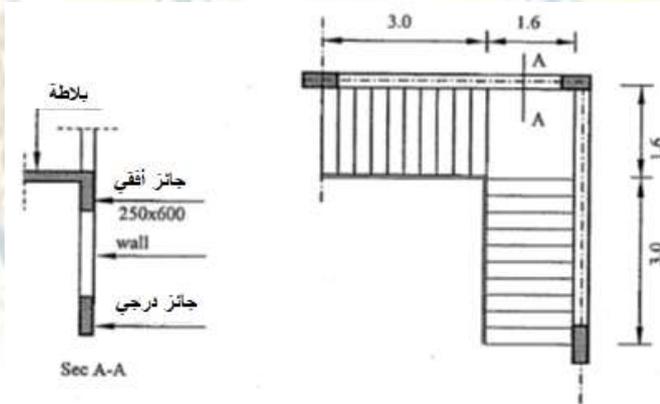
يتحول عزم الانعطاف الناشئ في الوثاقفة إلى عزم قتل في الجانز الحامل وهو ذو قيمة ملحوظة ويجب أخذها بعين الاعتبار. يبين الشكل الآتي تفاصيل تسليح درج ظفري.



الشكل(8-6): مقطع في تسلح الدرج الظفري

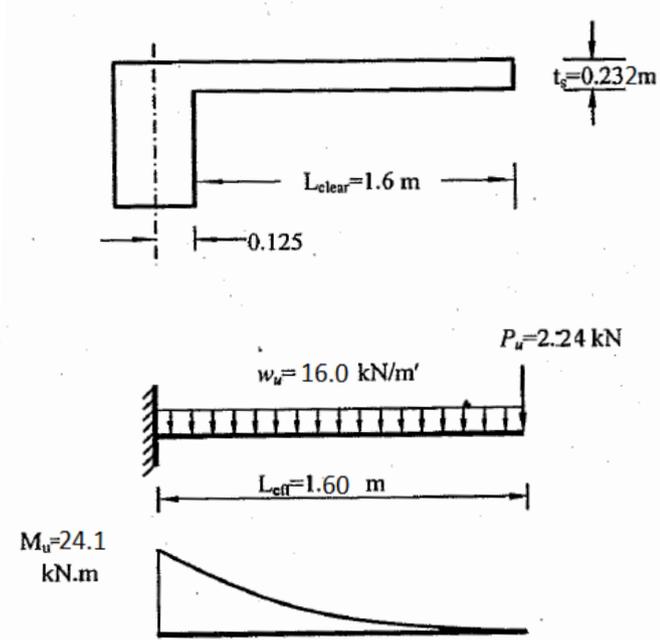
### مثال تطبيقي /1/:

درج ظفري مبين بالشكل يصل بين منسوبين بارتفاع طابقي 3m، الحمولة الحية  $3\text{kN/m}^2$ ، الإكساء  $2\text{kN/m}^2$  صمم وارسم تفاصيل تسلح الدرج والجيزان الحاملة علماً بأن حمولة الستارة  $f'_c = 28\text{MPa}$ ,  $f_y = 400\text{MPa}$  .  $1.6\text{kN/ml}$





$$M_u = W_u L^2 / 2 + P_u L = 16 \times 1.6^2 / 2 + 2.24 \times 1.6 = 24.1 \text{ kN.m}$$



3. تصميم تسليح الشاحط مع الدرجات:

بفرض تغطية الفولاذ حتى المحور  $d' = 20 \text{ mm}$  فيكون الارتفاع الفعال  $d = 231.5 - 20 = 211.5 \text{ mm}$  ويكون التسليح لأجل شريحة مترية:

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \right)$$

$$24.1 \times 10^6 = 0.9 \times 400 A_s \left( 211.5 - \frac{1}{2} \frac{400 A_s}{0.85 \times 28 \times 1000} \right)$$

$$= 360 A_s (211.5 - 0.0084 A_s) \Rightarrow A_s = 320.6 \text{ mm}^2$$

• تحقيق التسليح:

$$A_{s \min} = \frac{1.2}{1000} b d = 254 \text{ mm}^2 < A_s \Rightarrow A_s = 320.6 \text{ mm}^2$$

$$A_s / \text{step} = 320.6 \times 0.3 = 96.18 \text{ mm}^2 \Rightarrow 2\phi 10 / \text{step}$$

$$A_{s \max} = \frac{1}{2} A_{sb} = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{(630 + f_y)} \frac{f'_c}{f_y} b \times d \right] = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{(630 + 400)} \frac{28}{400} 1000 \times 211.5 \right] = 3270 \text{ mm}^2$$

يُلاحظ أن التسليح يحقق شرطي الحد الأعلى والحد الأدنى.

• التسليح الثانوي:

$$A_{ss \min} = \begin{cases} \frac{1}{4} A_s = 105.75 \text{mm}^2 \\ \frac{1}{1000} A_c = 0.001 \times 211.5 \times 1000 = 211.5 \text{mm}^2 \end{cases} \Rightarrow 5\phi 8 / m$$

4. تصميم الاستراحة:

باعتبار سماكة الاستراحة مساوية إلى سماكة الشاحط يكون الوزن الذاتي للاستراحة:

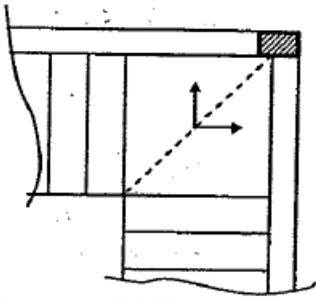
$$SW = t_s \times \gamma_c = 0.14 \times 25 = 3.5 \text{kN/m}^2$$

الحمولة الحديدية الموزّعة بانتظام:

$$W_u = 1.4(3.5 + 2) + 1.7 \times 3 = 12.8 \text{kN/m}^2$$

باعتبار شريحة مترية يكون:

$$W_u = 12.8 \text{kN/ml}$$



إن الحل الدقيق في حالة الاستراحة شديد التعقيد في مثالنا بسبب كون الاستراحة مسنودة من طرفين متعامدين، ولكن

يمكن القبول بتقسيم الحمل على الجائزين بالتساوي:  $W_{ul} = 12.8 / 2 = 6.4 \text{kN/ml}$

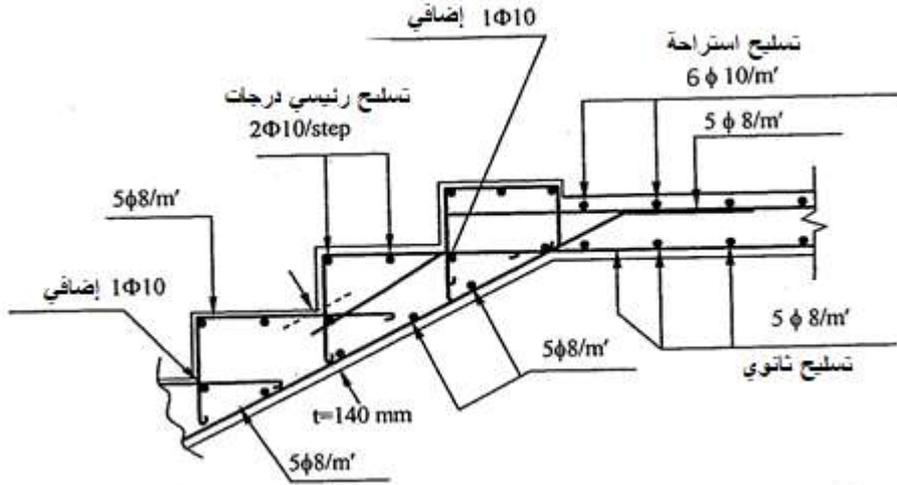
$$M_{ul} = W_{ul} L^2 / 2 = 6.4 \times 1.6^2 / 2 = 8.2 \text{kN.m}$$

بفرض تغطية الفولاذ حتى المحور  $d' = 20 \text{mm}$  فيكون الارتفاع الفعّال  $d = 140 - 20 = 120 \text{mm}$  ويكون التسليح لأجل شريحة مترية:

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b} \right)$$

$$8.2 \times 10^6 = 0.9 \times 400 A_s \left( 120 - \frac{1}{2} \frac{400 A_s}{0.85 \times 28 \times 1000} \right) = 360 A_s (120 - 0.0084 A_s)$$

$$\Rightarrow A_s = 192.4 \text{mm}^2 < A_{s \min} \Rightarrow 6\phi 10 / m$$



### 7-6 تصميم الجيزان الحاملة :Design of supporting beam

حساب الحمولات:

• وزن ذاتي:

بفرض المقطع العرضي للجائز 250x800mm، من أجل حساب الوزن الذاتي للجائز يتم حساب الارتفاع الشاقولي  $t_b^*$ :

$$t_b^* = \frac{t}{\cos\theta} = \frac{800}{\cos(26.56)} = 894.4mm$$

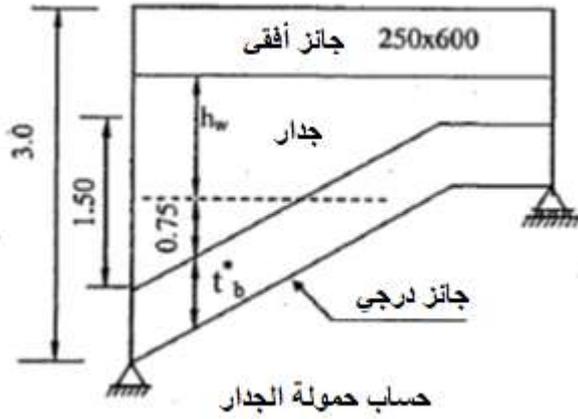
$$SW = 1.4 \times 25 \times 0.25 \times 0.8944 = 7.826kN/m$$

• وزن جدار:

إن ارتفاع الجدار المحمول على الجائز متغير على طول الجائز، للتبسيط يتم اعتبار ارتفاع متوسط للجدار عند منسوب وسط الجائز ويُحسب كما يأتي:

$$h_w = 3 - FloorBeam - t_b^* - \frac{1.5}{2} = 3 - 0.6 - 0.8944 - 0.75 = 0.756m$$

$$W_w = 1.4 \times 12 \times 0.25 \times 0.756 = 3.17kN/m$$

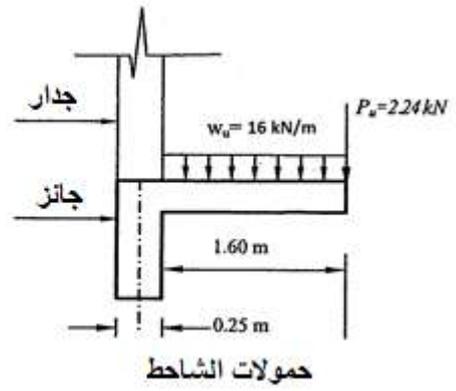
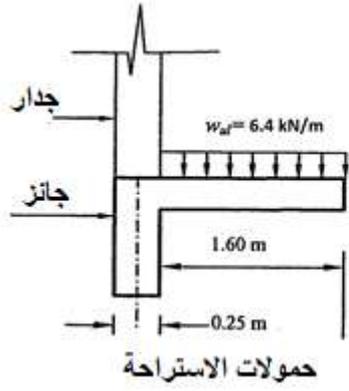


- حمولة الجائز الكلية عند الشاحط: الوزن الذاتي+ وزن الجدار+ جداء حمولة الشاحط بعرض الشاحط+ حمولة الستارة:

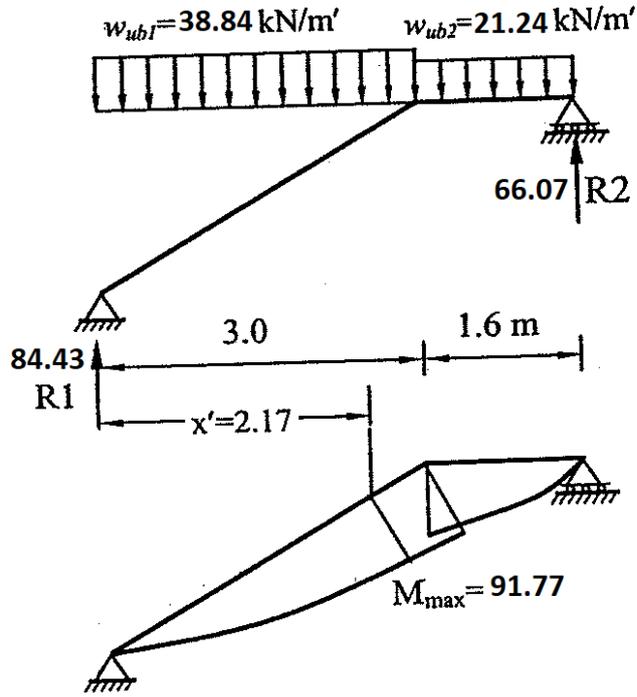
$$W_{ub1} = 7.826 + 3.17 + 16 \times 1.6 + 2.24 = 38.84 \text{ kN/m}$$

- حمولة الجائز الكلية عند الاستراحة: الوزن الذاتي+ وزن الجدار+ جداء حمولة الاستراحة بعرض الاستراحة:

$$W_{ub2} = 7.826 + 3.17 + 6.4 \times 1.6 = 21.24 \text{ kN/m}$$



يتم إيجاد مخطط عزم الانعطاف ومخطط الجهد القاطع للجائز من أجل التصميم على الانعطاف والجهد القاطع:



$$R_1 = \frac{38.84 \times 3 \times (1.5 + 1.6) + 21.24 \times 1.6 \times 0.8}{4.6} = 84.43 \text{ kN/m}$$

$$R_2 = \frac{38.84 \times 3 \times 1.5 + 21.24 \times 1.6 \times (3 + 0.8)}{4.6} = 66.07 \text{ kN/m}$$

$$x' = \frac{R_1}{W_{ub1}} = 2.17 \text{ m}$$

$$M_{\max} = 84.43 \times 2.17 - 38.84 \frac{2.17^2}{2} = 91.77 \text{ kN.m}$$

• الفتل في الجائز:

يساوي إلى العزم في الوثاقة في كل من الشاحط والاستراحة كما يأتي:

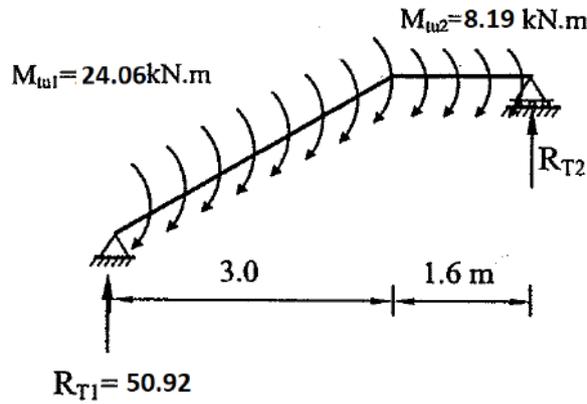
$$R_{T1} = \frac{24.06 \times 3 \times (1.5 + 1.6) + 8.19 \times 1.6 \times 0.8}{4.6} = 50.92 \text{ kN/m}$$

عزم الفتل عند المقطع الحرج:

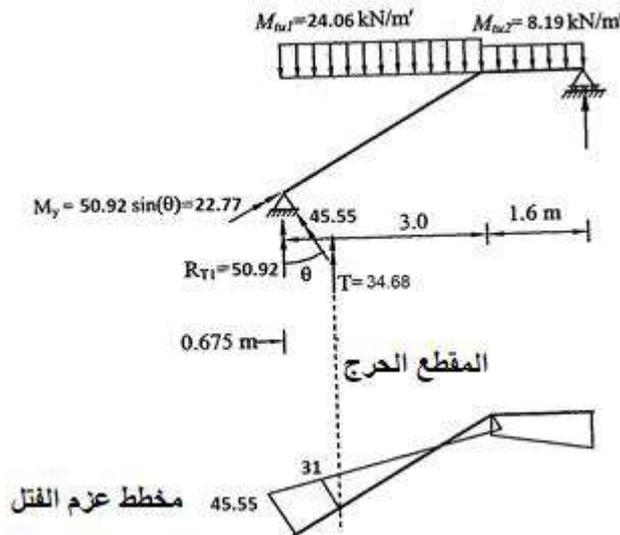
$$T_{cr} = 50.92 - 24.06 \left( \frac{0.6}{2} + \frac{0.75}{2} \right) = 34.68 \text{ kN.m}$$

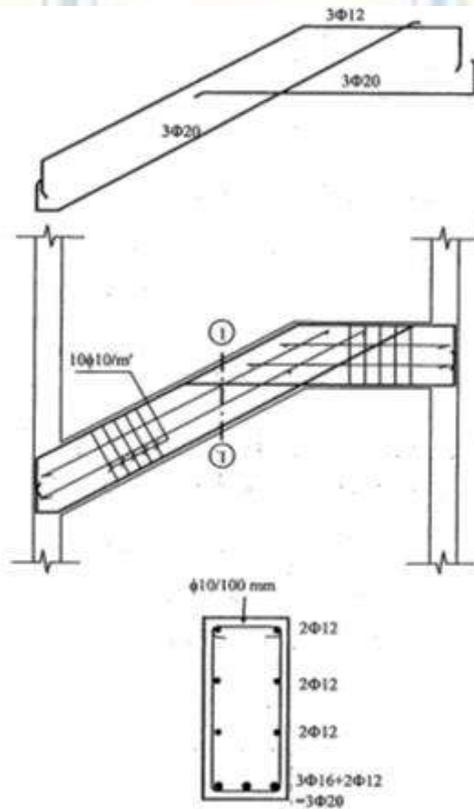
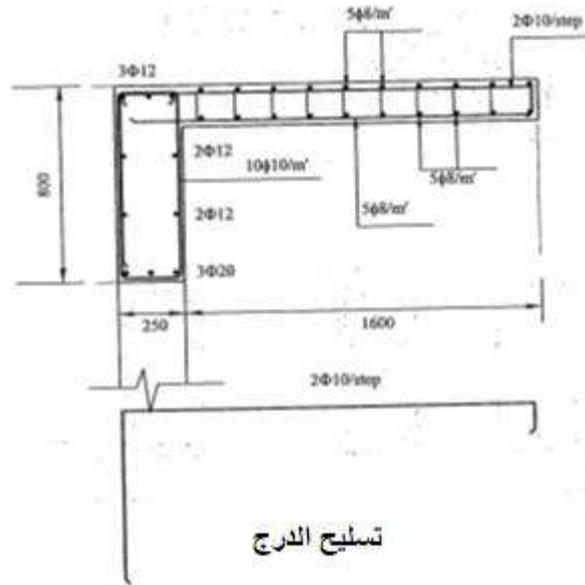
يعطي عزم الفتل الشاقولي هذا يُحلل إلى مركبتين، عزم فتل إضافة إلى عزم انعطاف خارج المستوي بسبب كون الجائز مائلاً، عادة يكون عزم الانعطاف خارج المستوي صغيراً ويمكن إهماله. يكون الفتل مساوياً إلى:

$$M_{tu} = T_{cr} \cos \theta = 34.68 \cos(26.56) = 31.02 \text{ kN.m}$$



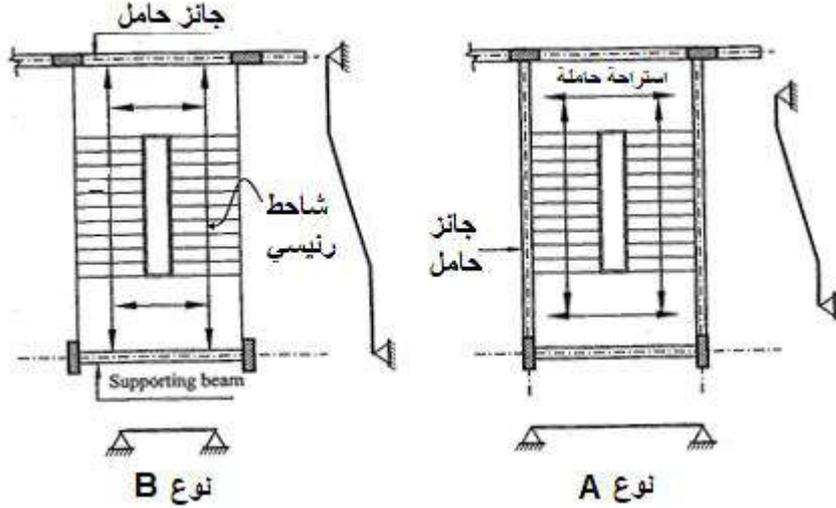
يتم تصميم الجائز على الفتل والقص معاً وذلك ليتحمل عزم الفتل عند المقطع الحرج وهو 31.02 kN.m وليتحمل الجهد القاطع عند المقطع الحرج أيضاً.





## 2-6-6 الأدرج نوع بلاطة Slab Type

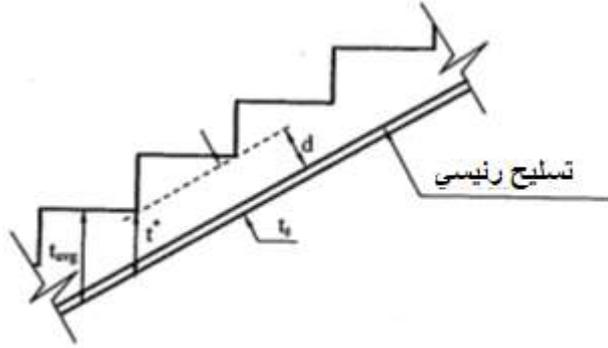
في هذا النوع من الأدرج يكون العنصر الحامل الرئيسي هو البلاطة نفسها. حيث تعتبر الشواحط والاستراحات بلاطة ملبئة. يستند الشاحط إلى الاستراحة والتي بدورها تستند إلى الجيزان في بعض الحالات، وفي حالات أخرى يعتبر الشاحط والاستراحة شريحة واحدة تستند إلى الجيزان القصيرة في حالات أخرى.



الشكل (9-6): تحميل الدرج نوع A- نوع B

الحالة A تكون حلاً وحيداً عندما تكون الجيزان الطولية فقط موجودة، والحالة B تكون حلاً وحيداً في حال كون الجيزان القصيرة فقط موجودة. في حال كون نهاية الشاحط من كل طرف منتهية بجائز حامل يتم سند الشاحط إلى هذه الجيزان ويتم سند الاستراحة إلى الجيزان الطولية. تكون الحمولة الحية مطبقة على المسقط الأفقي أصلاً، بينما تكون الحمولة الميتة مطبقة على الوتر المائل ولإسقاط الحمولة الميتة على نسقط أفقي يتم استخدام السماكة  $t^*$ . باعتبار الشاحط والاستراحة جيزان بسيطة تكون سماكة الشاحط مساوية إلى:

$$t = \frac{L}{25}; t^* = \frac{t}{\cos \theta}$$



الشكل(6-10): تسليح الشاحط الرئيسي

كما رأينا سابقاً تتضمن حمولة الشاحط الأوزان الآتية:

● أحمال ميتة:

- وزن ذاتي.
- حمولة الدرجات.
- الإكساء والتغطية.
- ستارة.

عندما تتجاوز سماكة الاستراحة 200mm يتم إضافة شبكة تسليح علوية ثانوية للتحكم بالانكماش.

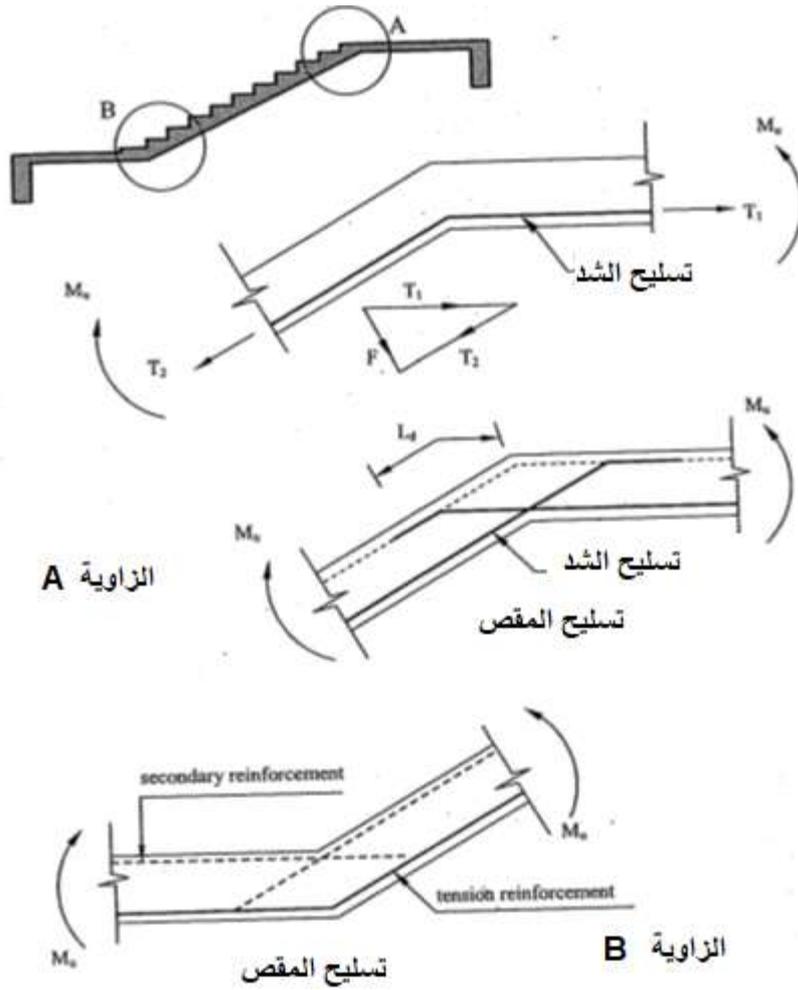
يكون هذا التسليح عند الاستراحات فقط لأن تسليح الدرجات يقيم مقامه عند الشاحط.

بما أن الشاحط والدرجات ليسا على نفس الاستقامة وتحصل فيها قوى ضد داخلية عند منطقة

الالتقاء وتتولد قوة ثالثة  $F$  كما هو مبين بالشكل، تؤدي هذه القوة إلى حصول تشققات انفصالية وذلك في

حال تجاوزت الإجهادات الحاصلة مقاومة الشد في البيتون. لذلك يجب مدّ تسليح الشد من كل طرف بحيث

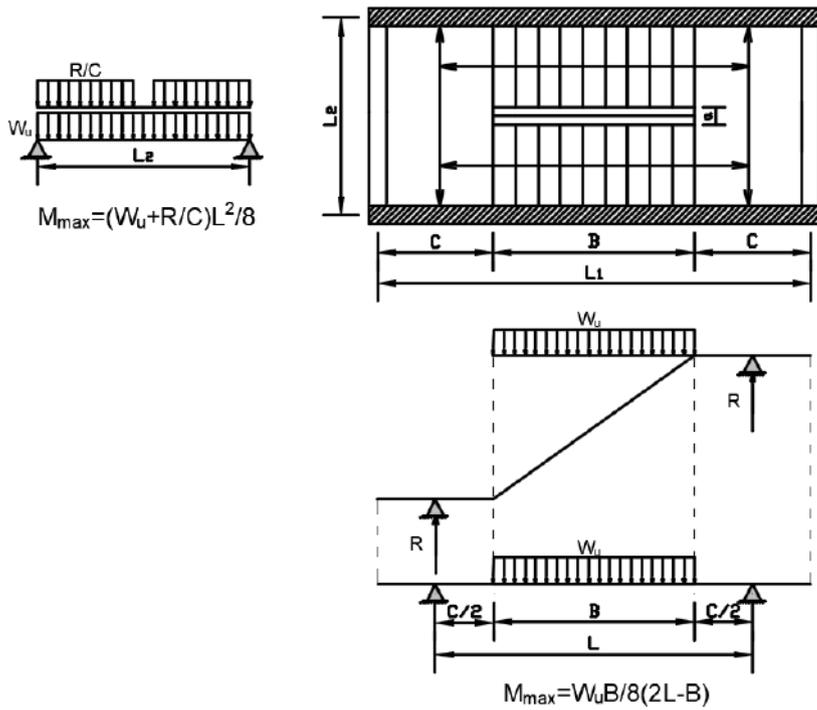
يتم التغلب على قوة الشد  $F$ .



الشكل (6-11): تسليح زوايا الشاحط

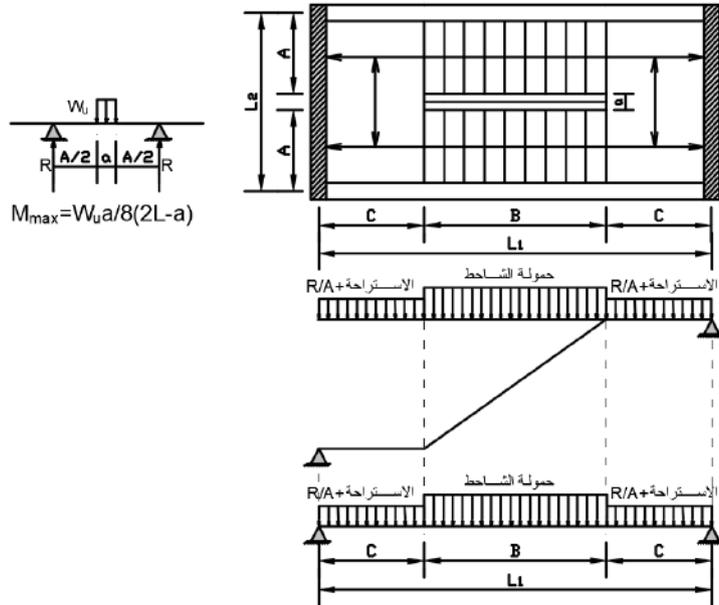
النموذج الهندسي وحساب العزوم:

- النوع A: في هذه الحالة يستند الشاحط إلى البلاطة الأفقية في منتصفها على ألا يزيد نصف عرض البلاطة الحاملة على 900mm في النهايتين، تكون حمولات كل من الشاحط والاستراحة كما هو مبين بالشكل، تحسب العزوم وفقاً للمعادلات كما يأتي حيث تهمل مسافة الستارات في حساب العزوم في الاستراحة لصغرهما.



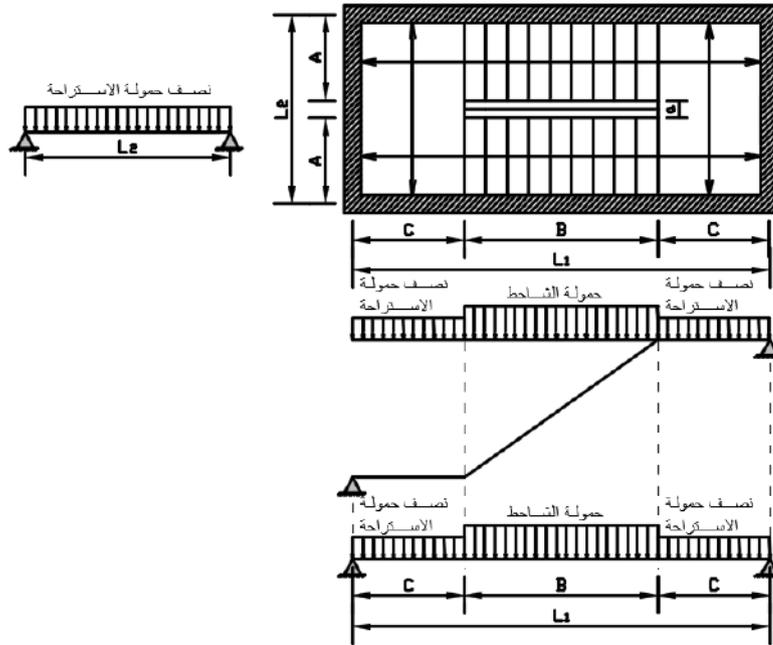
الشكل (6-12): توزيع أحمال الشاحط والاستراحة نوع A

- النوع B:



الشكل (6-13): توزيع أحمال الشاحط والاستراحة نوع B

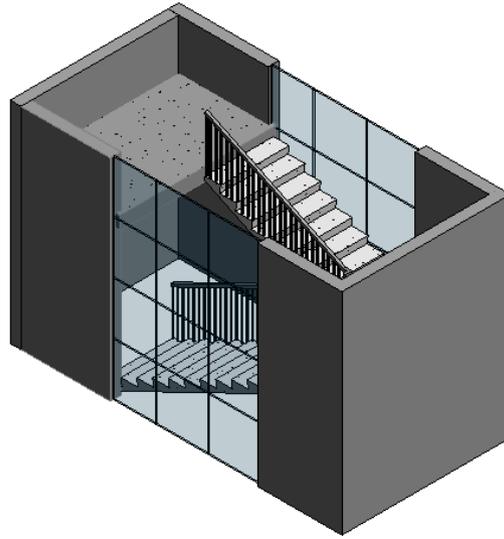
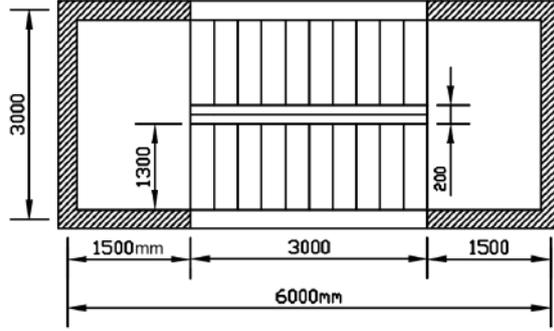
- النوع C: في هذه الحالة توجد استنادات على كل جوانب الدرج وبالاتي يتم تحميل نصف الاستراحة في كل من الاتجاهين كما هو مبين:



الشكل(6-14): توزيع أحمال الشاحط والاستراحة- نوع C

## مثال تطبيقي /2/:

درج ثنائي مبين بالشكل، صمم التسليح إذا علمت أن سماكة الشاحط 250mm، ارتفاع الستارة 0.75m ووزن المتر المربع من الستارة  $1.6\text{kN/m}^2$ . الإكساء  $2.00\text{kN/m}^2$ ، الحمولة الحية  $4.00\text{kN/m}^2$ .  $f'_c = 18\text{MPa}$ ,  $f_y = 240\text{MPa}$ . الارتفاع الطابقي 3.00m.



الحل:

الارتفاع الطابقي 3.00m وبالتالي ارتفاع الردة الواحدة 1.5m، من الشكل عدد الدرجات 10 درجات بعرض 300mm للدرجة الواحدة، ويكون ارتفاع الدرجة  $1500/10=150\text{mm}$ .  
1- تحقيق شرط السهم:

$$t_{\min} = \frac{L}{25} = \frac{6000}{25} = 240\text{mm} < 250\text{mm}$$

2- تحليل الحمولات على الشاحط:

$$\theta = \text{tg}^{-1}\left(\frac{\text{riser}}{\text{going}}\right) = \text{tg}^{-1}\left(\frac{150}{300}\right) = 26.56^\circ$$

من أجل حساب الحمولات على المسقط الأفقي (الوزن الذاتي) يتم حساب المسافة الشاقولية  $t^*$ .

$$t^* = \frac{t}{\cos\theta} = \frac{250}{\cos(26.56)} = 279.5\text{mm}$$

• الوزن الذاتي:  $SW = t^* \times \gamma_c = 0.2795 \times 25 = 6.988\text{kN/m}^2$

• وزن الدرجات:  $0.15/2 \times \gamma_c = 0.075 \times 25 = 1.875\text{kN/m}^2$

• إكساء:  $2\text{kN/m}^2$

• الستارة: الستارة موازية لاتجاه عمل الشاحط، تُحسب مسافة التأثير:

$$e = 0.3L + x + t_p \leq 0.6L + t_p$$

$$e = 0.3 \times 6 + 0 + 0.1 = 1.9\text{m} \leq 0.6 \times 6 + 0.1 = 3.7\text{m}; e > 1.5\text{m}$$

إن مسافة التأثير أكبر من عرض الشاحط وبالتالي يتم توزيع حمل الستارة على كامل عرض الشاحط.

$$W_e = \frac{1.6}{e} h = \frac{1.6}{1.5} 0.75 = 0.8\text{kN/m}^2$$

مجموع الأحمال الميتة:  $11.663\text{kN/m}^2$

$$W_{u1} = 1.4 \times 11.663 + 1.7 \times 4 = 23.13\text{kN/m}^2$$

3- تحليل حمولات البلاطة الأفقية (الاستراحة): بفرض  $t=200\text{mm}$

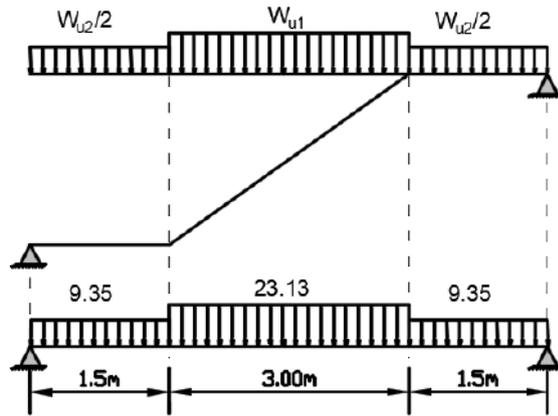
• الوزن الذاتي:  $SW = t \times \gamma_c = 0.2 \times 25 = 5\text{kN/m}^2$

• إكساء:  $2.00\text{kN/m}^2$

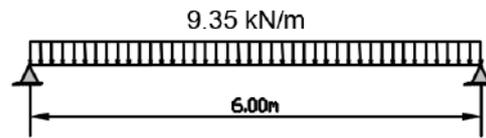
مجموع الأحمال الميتة:  $7.00\text{kN/m}^2$

$$W_{u2} = 1.4 \times 7 + 1.7 \times 4 = 18.7\text{kN/m}^2$$

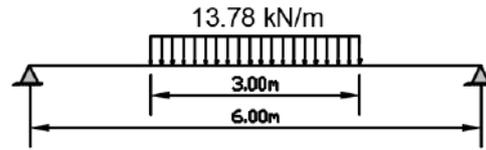
وتكون الحمولات والعزوم على الشاحط كما هو مبين بالشكل:



يتم تحليل الحمولة إلى حمولتين موزعتين حسب مبدأ تنضد الأثار كما يأتي:



$$M_{\max 1} = 9.35 \times 6^2 / 8 = 42.1 \text{ kN.m/m}$$

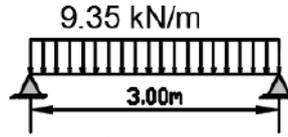


$$M_{\max 2} = 13.78 \times \frac{3}{8} (2 \times 6 - 3) = 46.5 \text{ kN.m/m}$$

ويكون العزم الأعظمي الكلي المطبق على الشاحط:

$$M_{\max} = 42.2 + 46.5 = 88.6 \text{ kN/m}$$

بينما تكون الحمولات والعزوم على الاستراحة:



$$M_{\max} = 9.35 \times 3^2 / 8 = 10.52 \text{ kN.m/m}$$

بفرض قطر التسليح 16mm يكون الارتفاع الفعال  $d = 250 - 15 - 16/2 = 227 \text{ mm}$

• تسليح الشاحط:

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \right)$$

$$88.6 \times 10^6 = 0.9 \times 240 A_s \left( 227 - \frac{1}{2} \frac{240 A_s}{0.85 \times 18 \times 1000} \right)$$

$$= 216 A_s (227 - 0.00784 A_s) \Rightarrow A_s = 1936.5 \text{ mm}^2; 10\phi 16 / m$$

• تحقيق التسليح:

$$A_{s \min} = \frac{1.2}{1000} b d = 0.0012 \times 227 \times 1000 = 272.4 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \max} = \frac{1}{2} A_{sb} = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{(630 + f_y)} \frac{f'_c}{f_y} b \times d \right] = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{(630 + 240)} \frac{18}{240} 1000 \times 227 \right] = 4452 \text{ mm}^2$$

يُلاحظ أن التسليح يحقق شرطي الحد الأعلى والحد الأدنى.

• التسليح الثانوي:

$$A_{ss \min} = \begin{cases} \frac{1}{4} A_s = 484.13 \text{ mm}^2 \\ \frac{1}{1000} A_c = 0.001 \times 227 \times 1000 = 227 \text{ mm}^2 \end{cases} \Rightarrow 10\phi 8 / m$$

• تسليح الاستراحة:  $t = 200 \text{ mm}; d = 200 - 15 - 16 - 8/2 = 165 \text{ mm}$

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \right)$$

$$10.52 \times 10^6 = 0.9 \times 240A_s \left( 165 - \frac{1}{2} \frac{240A_s}{0.85 \times 18 \times 1000} \right)$$

$$= 216A_s (165 - 0.00784A_s) \Rightarrow A_s = 299.43 \text{mm}^2$$

• تحقيق التسليح:

$$A_{s \min} = \frac{1.2}{1000} bd = 0.0012 \times 165 \times 1000 = 198 \text{mm}^2$$

$$A_s < A_{s \min} \Rightarrow A_s = A_{s \min} = 9\phi 8 / m$$

يُلاحظ أن التسليح يحقق شرطي الحد الأعلى والحد الأدنى.

• التسليح الثانوي:

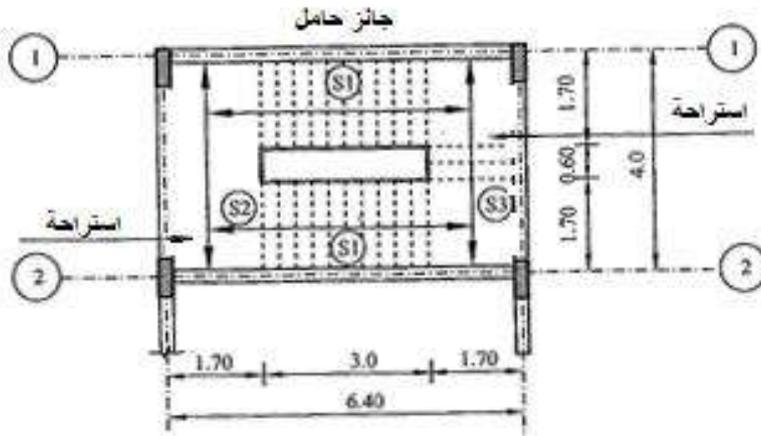
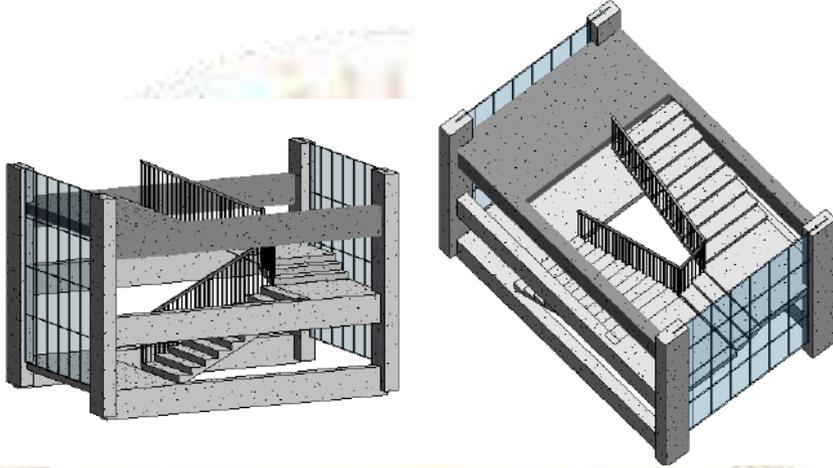
$$A_{ss \min} = \begin{cases} \frac{1}{4} A_s = 103.13 \text{mm}^2 \\ \frac{1}{1000} A_c = 0.001 \times 165 \times 1000 = 165 \text{mm}^2 \end{cases} \Rightarrow 5\phi 8 / m$$

السماكة أكبر من 200mm وبالتالي وجب تثبيت شبكة تسليح علوية.



### مثال تطبيقي /3/:

صمّم الدرج المبين بالشكل كنوع بلاطة Slab-Type ليحمل حمولة حية قدرها  $4\text{kN/m}^2$  وزن مادة التغطية والإكساء  $1.00\text{kN/m}^2$  للدرجات،  $2.00\text{kN/m}^2$  للاستراحة. ارتفاع الطابق  $3.3\text{m}$ ، الستارة زجاجية ويعتبر وزنها مع الحمل الحي.  $f'_c = 25\text{MPa}$ ,  $f_y = 280\text{MPa}$ .



الحل:

الدرج مسنود على الجيزان الطولية  $B_1B_3$  وبالاتي الشاحط الطولي يستند إلى منتصف الاستراحات.

بفرض ارتفاع الدرجة الواحدة  $150\text{mm}$  يكون عدد الدرجات المطلوب للطابق الواحد:

$$\frac{3300}{150} = 22\text{Step}$$

نحتاج ثلاثة شواحط بعرض درجة 300mm، شاحطين بعشر درجات وشاحط صغير بدرجتين.

1- تحقيق شرط السهم:

$$t_{\min} = \frac{L}{25} = \frac{4700}{25} = 188\text{mm} < 200\text{mm}$$

2- تحليل الحمولات على الشاحط، الشريحة S<sub>1</sub>:

$$\theta = \text{tg}^{-1}\left(\frac{\text{riser}}{\text{going}}\right) = \text{tg}^{-1}\left(\frac{150}{300}\right) = 26.56^\circ$$

من أجل حساب الحمولات على المسقط الأفقي (الوزن الذاتي) يتم حساب المسافة الشاقولية t\* .

$$t^* = \frac{t}{\cos\theta} = \frac{200}{\cos(26.56)} = 223.6\text{mm}$$

• الوزن الذاتي:  $SW = t^* \times \gamma_c = 0.224 \times 25 = 5.6\text{kN/m}^2$

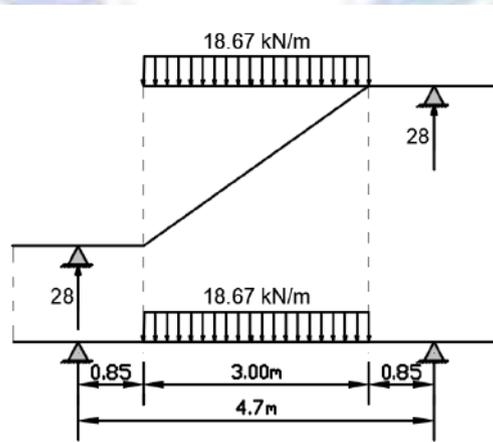
• وزن الدرجات:  $0.15/2 \times \gamma_c = 0.075 \times 25 = 1.875\text{kN/m}^2$

• إكساء:  $1\text{kN/m}^2$

مجموع الأحمال الميتة:  $8.475\text{kN/m}^2$

الحمولة الكلية المصعدة:  $W_{ul} = 1.4 \times 8.475 + 1.7 \times 4 = 18.67\text{kN/m}^2$

وتكون الحمولات والعزوم على الشاحط (الشريحة S<sub>1</sub>) كما هو مبين بالشكل:



$$M_{\max} = 18.67 \times \frac{3}{8} (2 \times 4.7 - 3) = 44.81 \text{ kN.m/m}$$

بفرض قطر التسليح 16mm يكون الارتفاع الفعّال  $d=200-15-16/2=177\text{mm}$

• تسليح الشاحط:

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \right)$$

$$44.81 \times 10^6 = 0.9 \times 280 A_s \left( 177 - \frac{1}{2} \frac{280 A_s}{0.85 \times 25 \times 1000} \right)$$

$$= 252 A_s (177 - 0.006588 A_s) \Rightarrow A_s = 1045.3 \text{mm}^2; 6\phi 16/m$$

• تحقيق التسليح:

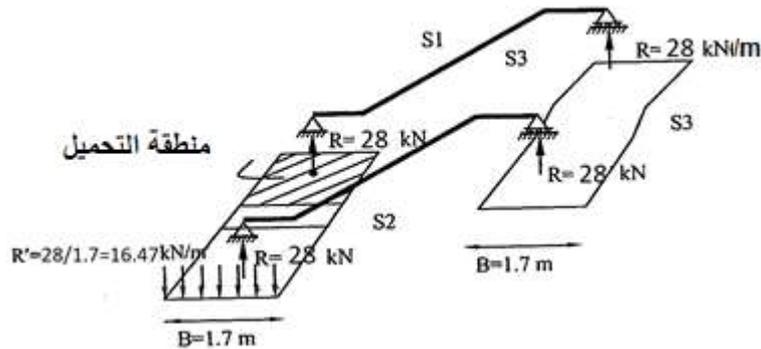
$$A_{s \min} = \frac{1.2}{1000} b d = 0.0012 \times 177 \times 1000 = 212.4 \text{mm}^2$$

$$A_{s \max} = \frac{1}{2} A_{sb} = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{(630 + f_y)} \frac{f'_c}{f_y} b \times d \right] = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{(630 + 280)} \frac{25}{280} 1000 \times 177 \right] = 3950.9 \text{mm}^2$$

يُلاحظ أن التسليح يحقق شرطي الحد الأعلى والحد الأدنى.

• التسليح الثانوي:

$$A_{ss \min} = \begin{cases} \frac{1}{4} A_s = 261.33 \text{mm}^2 \\ \frac{1.0}{1000} A_c = 0.0010 \times 177 \times 1000 = 177 \text{mm}^2 \end{cases} \Rightarrow 6\phi 8/m$$

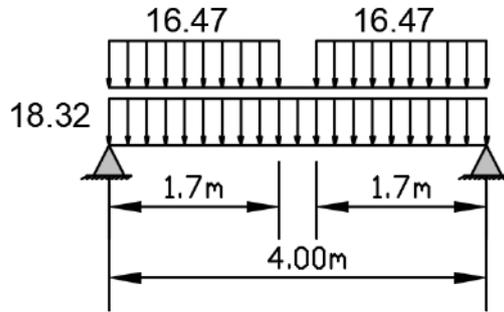


3- تحليل حمولات البلاطة الأفقية (الاستراحة)  $S_2$ :  $t=224+75-50=249\text{mm}$  من الشكل (يُلاحظ أنه باعتبار الشاحط يبدأ في منتصف الدرجة الأولى والأخيرة كما في ملحق الكود الخاص بالتفاصيل، كانت قيمة سماكة الاستراحة كبيرة بشكل مبالغ فيه)

- الوزن الذاتي:  $SW = t \times \gamma_c = 0.249 \times 25 \times 1 = 6.225\text{kN/m}$
- إكساء:  $2.00\text{kN/m}$
- رد فعل الشاحط  $S_1$ :  $16.47\text{kN/m}$  مصعد وجاهز.

مجموع الأحمال الميتة:  $8.225\text{kN/m}$

الحمولة الكلية المصعدة:  $W_{u2} = 1.4 \times 8.225 + 1.7 \times 4 = 18.32\text{kN/m}^2$



$$M_{u1} = \frac{W_u L^2}{8} = \frac{18.32 \times 4^2}{8} = 36.64\text{kN.m}; M_{u2} = \frac{W_u A^2}{2} = \frac{16.47 \times 1.7^2}{2} = 23.8\text{kN.m}$$

$$M_u = M_{u1} + M_{u2} = 36.64 + 23.8 = 60.44\text{kN.m}$$

بفرض قطر تسليح الاستراحة  $16\text{mm}$  مع العلم أن تسليح الاستراحة هنا رئيسي.  $d=249-15=226\text{mm}$

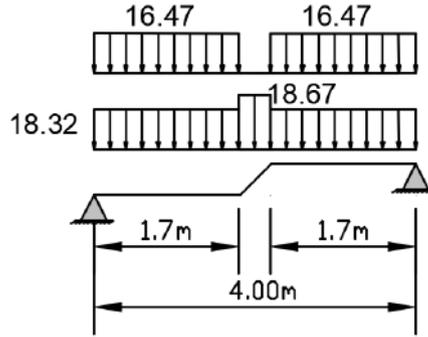
- تسليح الاستراحة  $S_2$ :

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b} \right)$$

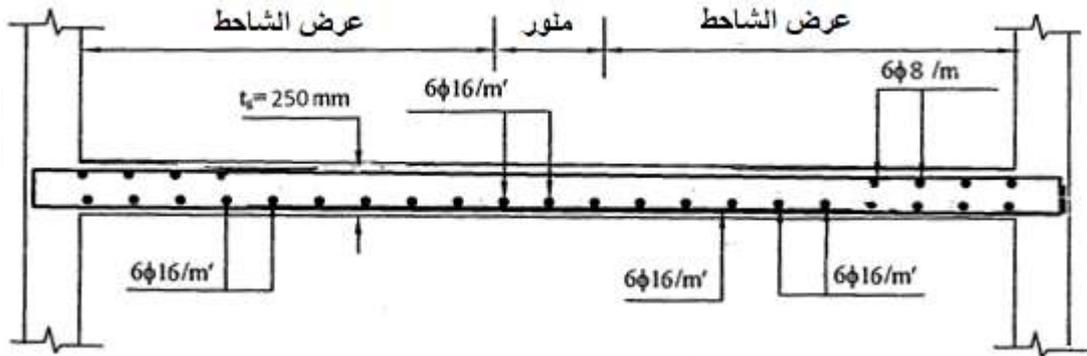
$$60.44 \times 10^6 = 0.9 \times 280 A_s \left( 226 - \frac{1}{2} \frac{280 A_s}{0.85 \times 25 \times 1000} \right)$$

$$= 252 A_s (226 - 0.006588 A_s) \Rightarrow A_s = 1096\text{mm}^2; 6\phi 16/\text{m}$$

4- تصميم الشريحة S<sub>3</sub>:  
 يكون ترتيب الأحمال كما في الشكل:



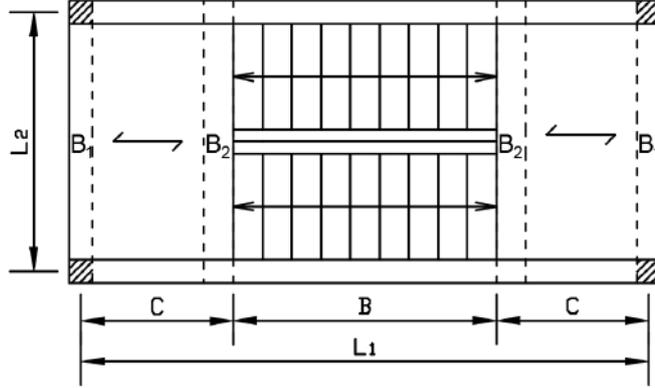
يُلاحظ أن الأحمال قريبة جداً من الشريحة S<sub>2</sub> لذلك يتم اعتماد ذات التسليح. نبيّن فيما يأتي تفاصيل التسليح الاستراحة والشاحط.



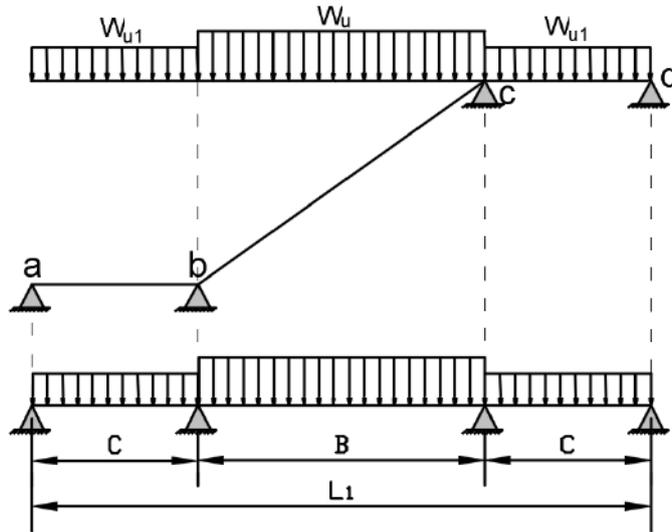


### 3-6-6 الأدرج نوع بلاطة – جائر Slab - Beam Type

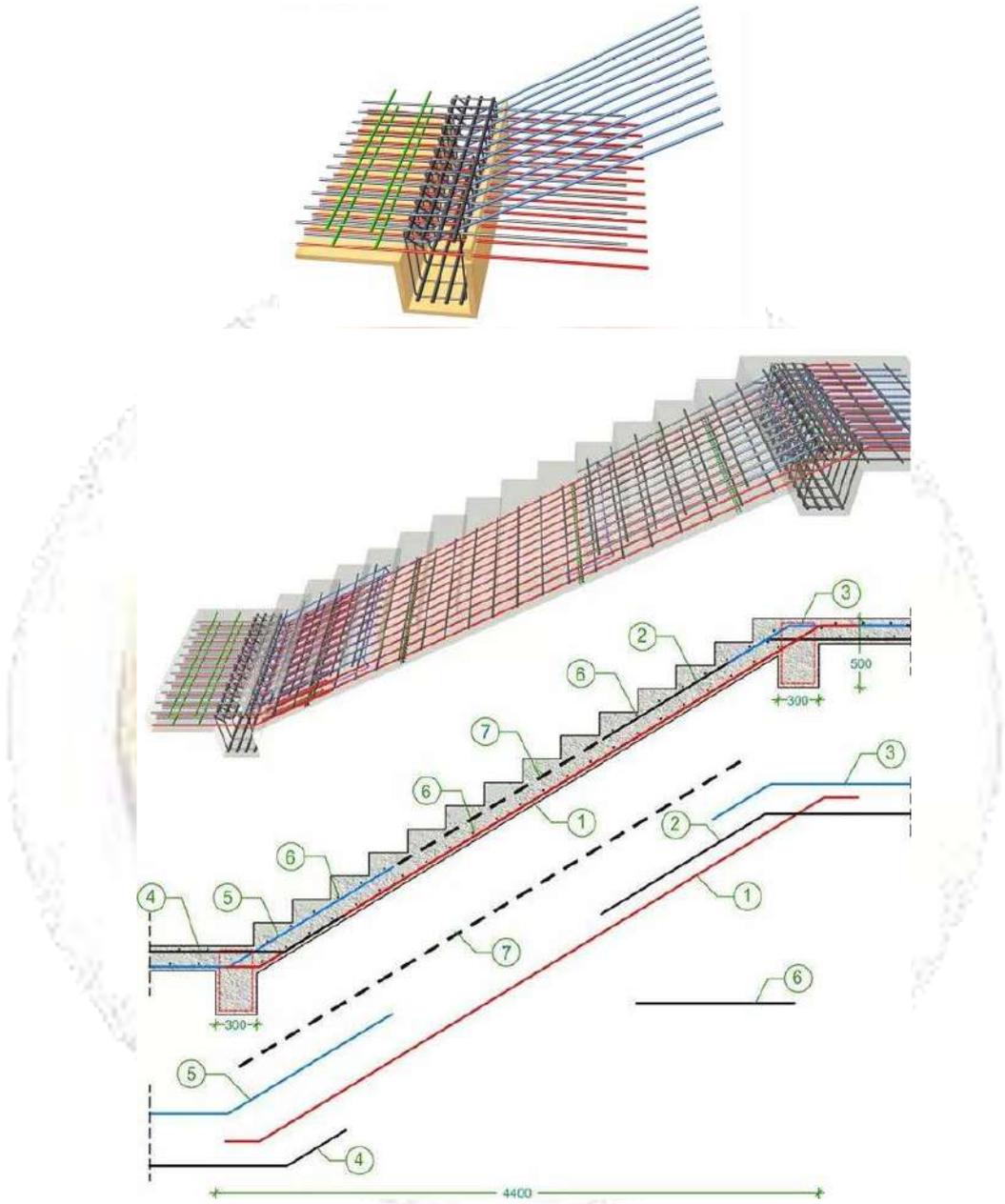
في هذا النوع من البلاطات تستند بلاطة الشاحط على جيزان بارزة أو مخفية في نهايتها، أما الاستراحة فهي غالباً بلاطة تعمل باتجاه وحيد وتستند إلى الجائزين  $B_1, B_2$  كما هو مبين بالشكل. يتم اعتبار استناد الشاحط على الجيزان بسيطاً وتكون قيمة العزم مساوية  $W_u B^2 / 8$ .



في حال اعتبار شريحة الشاحط مع الاستراحة مستمرة من الممكن اعتبار قيمة العزم السالب على المساند الداخلية مساوية إلى  $M_b^- = M_c^- = W_u B^2 / 10$  وتكون قيمة العزم الموجب الأعظمي في الاستراحة  $M_{ab}^+ = W_{u1} C^2 / 8 - 0.35 M_b^- \geq W_{u1} C^2 / 16$  مع التنويه إلى أنه يفضل اتباع الطرق الدقيقة في حساب العزم في هذه الحالة.



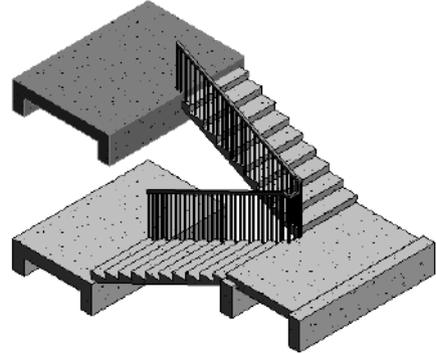
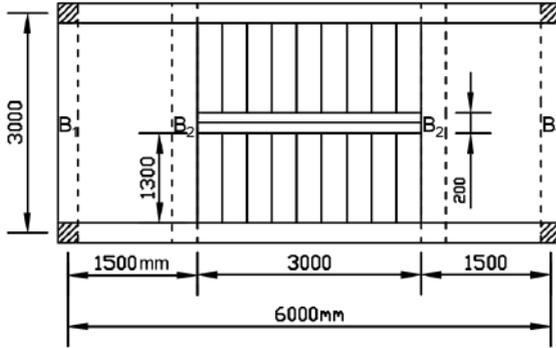
في حال كون الجائر مخفياً يجب أن يحقق ارتفاعه القيمة  $H_2 \geq h_s / 2 + t / \cos \theta$  حيث  $h_s$  ارتفاع الدرجة،  $t$  سماكة الشاحط.



الشكل (6-15): تفصيلة تسليح درج جائز- بلاطة، مرجع رقم (10)

#### مثال تطبيقي /4/:

درج ثنائي مبين بالشكل، صمم التسليح إذا علمت أن سماكة الشاحط 150mm، ارتفاع الستارة 0.75m ووزن المتر المربع من الستارة  $1.6kN/m^2$ . الإكساء  $2.00kN/m^2$ ، الحمولة الحية  $4.00kN/m^2$ .  $f'_c = 18MPa, f_y = 240MPa$ . عرض الجانز 300mm. الارتفاع الطابقي 3.00m.



الحل:

الارتفاع الطابقي 3.00m وبالاتي ارتفاع الردة الواحدة 1.5m، من الشكل عدد الدرجات 10 درجات بعرض 300mm للدرجة الواحدة، ويكون ارتفاع الدرجة  $1500/10=150mm$ .  
1- تحقيق شرط السهم:

$$t_{\min} = \frac{L}{25} = \frac{3300}{25} = 132mm < 150mm$$

2- تحليل الحمولات على الشاحط، باعتبار الشاحط بسيط الاستناد:

$$\theta = \text{tg}^{-1}\left(\frac{\text{riser}}{\text{going}}\right) = \text{tg}^{-1}\left(\frac{150}{300}\right) = 26.56^\circ$$

من أجل حساب الحمولات على المسقط الأفقي (الوزن الذاتي) يتم حساب المسافة الشاقولية  $t^*$ .

$$t^* = \frac{t}{\cos\theta} = \frac{150}{\cos(26.56)} = 167.7mm$$

• الوزن الذاتي:  $SW = t^* \times \gamma_c = 0.1677 \times 25 = 4.2kN/m^2$

• وزن الدرجات:  $0.15/2 \times \gamma_c = 0.075 \times 25 = 1.875kN/m^2$

- إكساء:  $2.00\text{kN/m}^2$ .
- الستارة: الستارة موازية لاتجاه عمل الشاحط، تُحسب مسافة التأثير:

$$e = 0.3L + x + t_p \leq 0.6L + t_p$$

$$e = 0.3 \times 6 + 0 + 0.1 = 1.9\text{m} \leq 0.6 \times 6 + 0.1 = 3.7\text{m}; e > 1.5\text{m}$$

إن مسافة التأثير أكبر من عرض الشاحط وبالتالي يتم توزيع حمل الستارة على كامل عرض الشاحط.

$$W_e = \frac{1.6}{e} h = \frac{1.6}{1.5} 0.75 = 0.8\text{kN/m}^2$$

مجموع الأحمال الميتة:  $8.875\text{kN/m}^2$

$$W_u = 1.4 \times 8.875 + 1.7 \times 4 = 19.23\text{kN/m}^2$$
 الحمولة الكلية المصعدة:

$$M_{\max} = \frac{19.23 \times 3.3^2}{8} = 26.18\text{kN.m}$$

- تسليح الشاحط:

بفرض قطر التسليح  $12\text{mm}$  يكون الارتفاع الفعال  $d = 150 - 15 - 12/2 = 129\text{mm}$

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b} \right)$$

$$26.18 \times 10^6 = 0.9 \times 240 A_s \left( 129 - \frac{1}{2} \frac{240 A_s}{0.85 \times 18 \times 1000} \right)$$

$$= 216 A_s (129 - 0.00784 A_s) \Rightarrow A_s = 1000.4\text{mm}^2; 9\phi 12/m$$

- تحقيق التسليح:

$$A_{s\min} = \frac{1.2}{1000} b d = 0.0012 \times 129 \times 1000 = 154.8\text{mm}^2$$

$$A_{s\max} = \frac{1}{2} A_{sb} = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{(630 + f_y)} \frac{f_c'}{f_y} b \times d \right] = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{(630 + 240)} \frac{18}{240} 1000 \times 129 \right] = 2529.96\text{mm}^2$$

يُلاحظ أن التسليح يحقق شرطي الحد الأعلى والحد الأدنى.

- التسليح الثانوي:

$$A_{s\min} = \begin{cases} \frac{1}{4} A_s = 250.1 \text{mm}^2 \\ \frac{1}{1000} A_c = 0.001 \times 129 \times 1000 = 129 \text{mm}^2 \end{cases} \Rightarrow 6\phi 8 / m$$

من أجل التسليح الاعتراري عند المساند من الممكن اعتباره  $0.4A_s$  ومن الأفضل حسابه. أي  $4\phi 12 / m$

3- تحليل حمولات البلاطة الأفقية (الاستراحة): بفرض سماكة الاستراحة  $t=150\text{mm}$

• الوزن الذاتي:  $SW = t \times \gamma_c = 0.12 \times 25 = 3 \text{kN/m}^2$

• إكساء:  $2.00 \text{kN/m}^2$

مجموع الأحمال الميتة:  $5.00 \text{kN/m}^2$

الحمولة الكلية المصعدة:  $W_{u1} = 1.4 \times 5 + 1.7 \times 4 = 13.8 \text{kN/m}^2$

$$M_{\max} = \frac{13.8 \times 1.35^2}{8} = 3.14 \text{kN.m}$$

• تسليح الاستراحة:

بفرض قطر التسليح  $8\text{mm}$  يكون الارتفاع الفعال  $d=150-15-8/2=131\text{mm}$

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b} \right)$$

$$3.14 \times 10^6 = 0.9 \times 240 A_s \left( 131 - \frac{1}{2} \frac{240 A_s}{0.85 \times 18 \times 1000} \right)$$

$$= 216 A_s (131 - 0.00784 A_s) \Rightarrow A_s = 111.72 \text{mm}^2$$

• تحقيق التسليح:

$$A_{s\min} = \frac{1.2}{1000} b d = 0.0012 \times 131 \times 1000 = 157.2 \text{mm}^2 > A_s \Rightarrow 7\phi 8 / m$$

$$A_{s\max} = \frac{1}{2} A_{sb} = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{(630 + f_y)} \frac{f_c'}{f_y} b \times d \right] = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{(630 + 240)} \frac{18}{240} 1000 \times 131 \right] = 2569.2 \text{mm}^2$$

يُلاحظ أن التسليح يحقق شرطي الحد الأعلى والحد الأدنى.

• التسليح الثانوي:

$$A_{smin} = \begin{cases} \frac{1}{4} A_s = 81.88 \text{mm}^2 \\ \frac{1}{1000} A_c = 0.001 \times 131 \times 1000 = 131 \text{mm}^2 \end{cases} \Rightarrow 5\phi 8 / m$$

من أجل التسليح الاعباري عند المساند من الممكن اعتباره  $0.4A_s$  ومن الأفضل حسابه. أي  $3\phi 8 / m$

4- تحليل حمولات الجانز الحامل: بفرض ارتفاع الجانز  $600 \text{mm}$ :

• الوزن الذاتي:  $SW = b \times h_b \times \gamma_c = 0.3 \times 0.6 \times 25 = 4.5 \text{kN/m}^2$

• رد فعل الشاحط:  $19.23 \times 3.3 / 2 = 31.73 \text{kN/m}$

• رد فعل الاستراحة:  $13.8 \times 1.35 / 2 = 9.32 \text{kN/m}$

يمكن اعتبار رد فعل الشاحط مستمراً على كامل الجانز لصغر المسافة  $0.2 \text{m}$ .

الحمولة الكلية المصعّدة:  $W_{u1} = 1.4 \times 4.5 + 31.73 + 9.32 = 47.35 \text{kN/m}^2$

$$M_{\max} = \frac{47.35 \times 3^2}{8} = 53.3 \text{kN.m}$$

• تسليح الجانز:

بفرض قطر التسليح  $14 \text{mm}$  يكون الارتفاع الفعال  $d = 600 - 20 - 14 / 2 = 573 \text{mm}$

$$M_u = \Omega A_s f_y \left( d - \frac{1}{2} \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b} \right)$$

$$53.3 \times 10^6 = 0.9 \times 240 A_s \left( 573 - \frac{1}{2} \frac{240 A_s}{0.85 \times 18 \times 1000} \right)$$

$$= 216 A_s (573 - 0.00784 A_s) \Rightarrow A_s = 433.2 \text{mm}^2$$

• تحقيق التسليح:

$$A_{smin} = \frac{0.9}{f_y} b d = \frac{0.9}{240} 300 \times 573 = 644.63 \text{mm}^2 > A_s \Rightarrow 5\phi 14$$

$$A_{smax} = \frac{1}{2} A_{sb} = \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{(630 + f_y)} \frac{f_c'}{f_y} b \times d \right]$$

$$= \frac{1}{2} \left[ \frac{455}{(630 + 240)} \frac{18}{240} 300 \times 573 \right] = 3371.3 \text{mm}^2$$

- حساب تسليح القص:

$$V_u = R_u - W_u(x) = 71.03 - 47.32 \times \left( \frac{0.573}{2} + \frac{0.3}{2} \right) = 50.37 kN$$

- التحقق من كفاية أبعاد المقطع البيتوني:  
تُعتبر أبعاد المقطع البيتونية كافية على القص إذا كان إجهاد القص من أجل قوة القص الحرجة أقل من إجهاد القص الأعظمي:

$$\tau_u = \frac{V_u}{0.75d \times b_w} = \frac{50.37 \times 10^3}{0.75 \times 573 \times 300} = 0.39 MPa$$

- حساب إجهاد القص الذي يتحمله البيتون:

$$\tau_{cu} = 0.23 \sqrt{f'_c} = 0.976 MPa$$

إجهاد القص أصغر من قدرة البيتون على القص لذلك يتم التسليح بتسليح قص أصغري.

- تصميم الأساور الشاقولية:

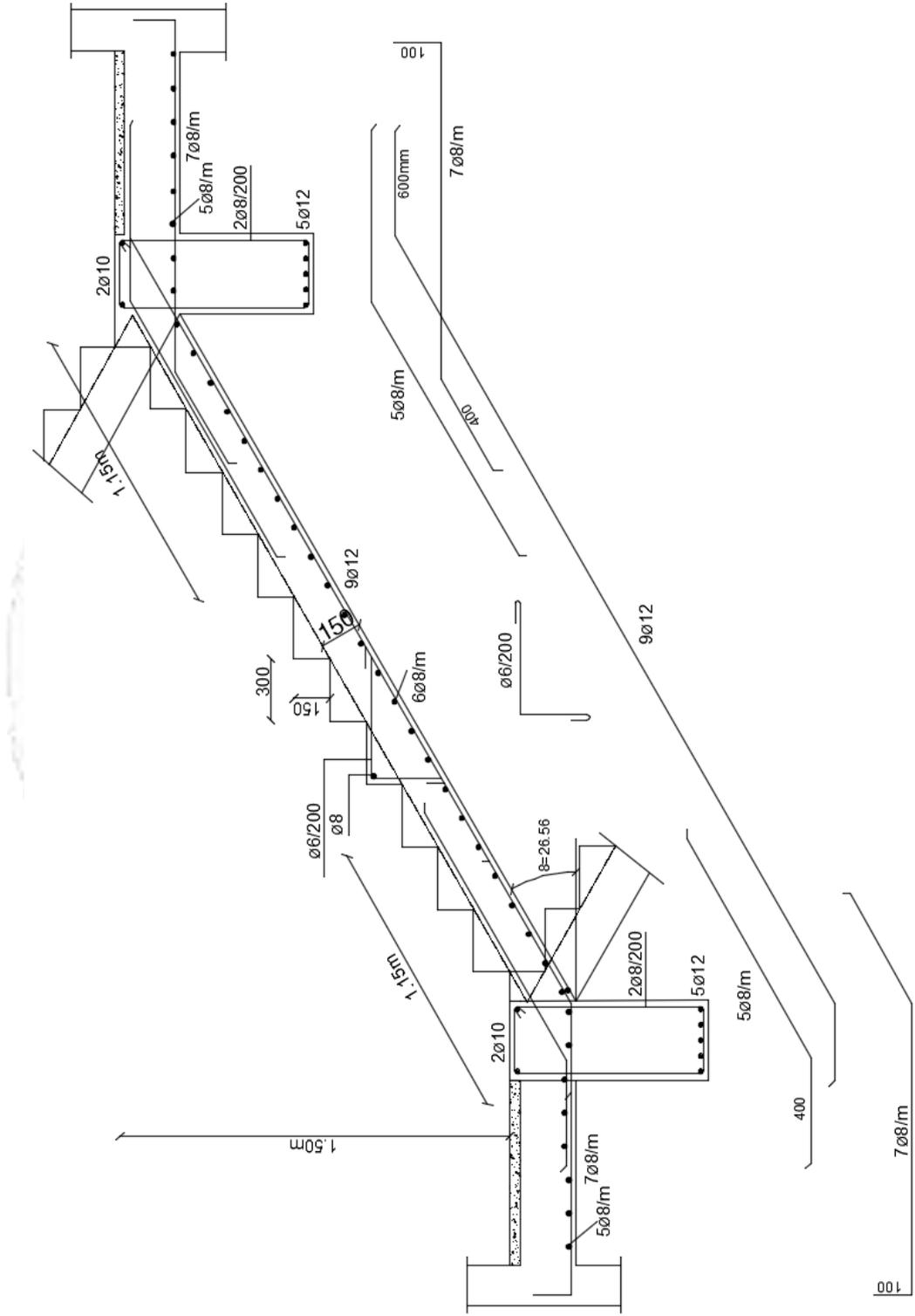
$$S \leq \min \begin{cases} d/2 = 286.5 mm \\ 300 mm \end{cases} \quad \text{التباعد بين الأساور يجب أن يحقق الشروط:}$$

بفرض  $S=200mm$

تحسب مساحة تسليح القص الأصغري:

$$A_{st \min} = \frac{0.35}{f_y} b_w \times S = \frac{0.35}{240} 300 \times 200 = 87.5 mm^2$$

نختار إسواره بذراعين قطر 8mm ويكون تسليح القص بالنتيجة  $2\phi 8 / 200mm$





## المراجع

1. الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة - نقابة المهندسين، 2015.
2. الكود العربي السوري – ملحق رقم(3) التفاصيل والرسومات - نقابة المهندسين، 2006.
3. ACI 318-19 (2019). *Building Code Requirements for Structural Concrete*. American Concrete Institute.
4. Nasr Abboushi, (2014). *Reinforced Concrete*. Palestine: Palestine Polytechnic University.
5. David Darwin, et al. (2016). *Design of Concrete Structures*. New York: Mc-Graw Hill.
6. M. Nadim Hassoun, et al. (2015). *Structural Concrete Theory and Design*. New Jersey: Wiley.
7. Mahmoud E. Kamara, et al. (2011). *Simplified Design of Reinforced Concrete Building*. Illinois: PCA.
8. Mashhour Ghoneim, et al. (2008). *Design of Reinforced Concrete Structure*. Cairo.
9. Ray, S. S. (1995). *Reinforced Concrete Analysis and Design*. London: Blackwell Science Ltd.
10. Konstantinidis, Apostolos (2008). *Earthquake Resistant Buildings from Reinforced Concrete*. Athens: Alta Grafico.

دليل المصطلحات العلمية  
عربي - انكليزي

**A**

Alternative Method	طريقة بديلة
Absolute maximum moment (M)	عزم الانعطاف (الانحناء) الأعظمي
Allowable-stress	الإجهاد المسموح
Angular displacement	تشوه زاوي
Antisymmetric loads	أحمال متناظرة عكسياً
Approximate methods of analysis	طرائق تحليل تقريبية
Areas of reinforcing steel	مساحات التسليح
Axial compression	ضغط محوري
Axial Tension	شد محوري
Average	متوسط
Applied force	قوة مطبقة
Action	فعل
Assembly	عناصر مجمعة

**B**

Bay	مجاز
Beam	جانز
Bending moment	عزم انعطاف

Bending moment diagram

مخطط عزم الانعطاف

Buckling

تحنيب

Biaxial bending

عزم منحرف

Bond

التحام

Bar

قضيب

Base

أساس

Basic Method

طريقة أساسية

Creep

زحف

Cantilever

ظفر

Cantilever beam

جانر ظفري

Column

عمود

Compatibility

توافقية

Capital

تاج العمود

Compressive force

قوة ضغط

Concrete

خرسانة

Curvature

انحناء

Concentrated loads

قوى مركزة

Circular

دائري

Codes

كودات

Continuity conditions

شروط الاستمرارية

## D

Dead loads	أحمال ميتة
Deflection	تشوه
Determinacy	تقرير
Displacements	انتقالات
Distributed loads	أحمال موزعة
Deep beam	جائز عميق
Design loads	حمولات تصميمية
Detailing	تفاصيل تسليح
Diagonal	قطري
Design	تصميم

## E

Effective Depth	ارتفاع فعال
Effective flange width	عرض الجناح الفعال
Elements	عناصر
Expansion	تمدد
Equilibrium	توازن
External stability	استقرار خارجي
Eccentric compression	ضغط لا مركزي
Effect	تأثير

## F

Fixed-end moments (FEM)	عزوم وثق
Flanges	أجنحة الجيزان
Flexibility	قابلية تشوّه
Flexural rigidity	صلابة انعطافية (انحنائية)
Floors	أرضيات
Force	قوة
Frames	إطارات
Fixed-support	وثاقة
Free-body diagrams	مخطط الجسم الحر
Girder	جانز مستعرض
Gross moment of inertia	عزم العطالة غير المتشق
Hinge	مفصل
Inflection points	نقاط انعطاف
Interaction diagram	مخطط ترابط
Inclined cracking	تشققات قطرية
Impact	تأثير
Internal stresses	إجهادات داخلية
Internal stability	استقرار داخلي

Initial modulus

معامل أولي

Instable

غير مستقر

Instability

عدم استقرار

**J**

Joint

عقدة

**L**

Lateral loads

قوى جانبية

Line

خط

Limit State

حالة حدية

Load Factors

عامل حمولة

Longitudinal reinforcement

تسليح طولي

Live Load

حمل حي

Loads

أحمال

**M**

Magnification factor

عامل تصعيد

Middle strip

شريحة وسطية

Modes of failure

أنماط الانهيار

Moment distribution

توزيع العزوم

Moment of inertia

عزم العطالة

Moving loads

أحمال متحركة

**N**

Neutral Axis محاور محايد

Nominal strength مقاومة اسمية

## P

Plastic hinge مفصل لدن

Prestress مسبوق الإجهاد

Post-tensioning لاحق الشد

Portals إطارات

Plastic centroid مركز المقطع البلاستيكي

Pile caps قبعة الأوتاد

Pattern Loading نموذج تحميل

Principle of Superposition مبدأ تنضد الآثار

## R

Reinforcing-Reinforcement تسليح

Rectangular section مقطع مستطيل

Radius of gyration نصف قطر العطالة

## S

Stress block الإجهاد

Shear wall جدار قص

Simplified analysis تحليل مبسّط

Serviceability حدود الاستثمار

Shear قص

Stirrups	أساور
Slenderness ratio	نسبة النحافة
Shrinkage	انكماش
Singly reinforced section	مقطع أحادي التسليح
Spandrel beam	جائز رابط
Spacing	تباعد
Slabs	بلاطات
Span	مجاز
Stability	استقرار
Strength reduction factor	معامل تخفيض المقاومة
Stresses	الإجهادات
Support	استناد
Temperature (T )	درجة حرارة
Thickness	سماعة
Torsion	فتل
Transverce reinforcement	تسليح عرضي
Two-way slabs	بلاطة تعمل باتجاهين
T-section	

## U

Uniform loads	أحمال موزّعة بانتظام
---------------	----------------------

Units

واحدات

Ultimate State

حالة حدية

**V**

Vertical components

عناصر شاقولية

Virtual work

عمل افتراضي

Vertical loads

أحمال شاقولية

**W**

Webs

جذع الجائز

Wind loads

أحمال رياح





التدقيق العلمي

د. داليا نجار  
جامعة حلب

د. بسام كنجو  
جامعة حلب

أ. د. غسان سليم القدور  
جامعة حلب

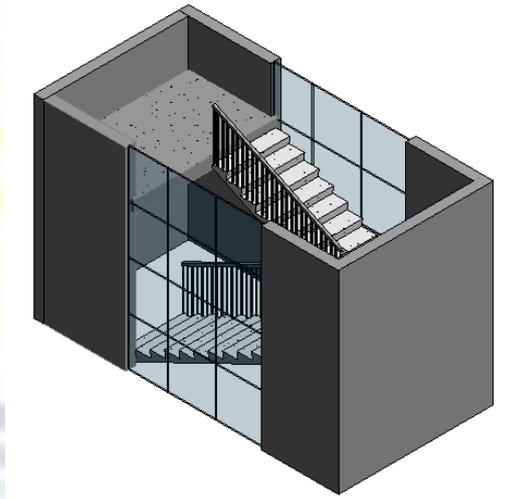
المدقق اللغوي  
د. بدور الزيّات

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة

لمديرية الكتب والمطبوعات الجامعية



## **Reinforced Concrete (3)**



**Dr. Rim KHARTASH**

**Assistant Professor - Structural Engineering Department**

**Third Year**

**Academic Year 1447 –2026**

**Unit Price**

