محاضرات مادة خرسانة مسلحة /2/

لطلاب السنة الثالثة

(هندسة مدنية)

الدكتور نزيه يعقوب منصور

2026 - 2025

مقرر خرسانة مسلحة /2/ يغطي المواضيع التالية:

- مقدمة في تصميم المنشآت من الخرسانة المسلحة
- تصميم البلاطات والاشتراطات الكودية
- تصميم البلاطات المليئة العاملة باتجاه واحد وباتجاهين
- تصميم الجوائز من الخرسانة المسلحة
- تصميم البلاطات المعصبة العاملة باتجاه واحد وباتجاهين

المرجع الرئيس

المحاضرة الأولى والثانية

مقدمة

Introduction

مقدمة عامة في تصميم المنشآت من الخرسانة المسلحة

الفصل الأول

أنواع البلاطات و ميزاتها

1-1- تعريف :

البلاطات عبارة عن عناصر إنشائية حاملة أبعادها الأفقية كبيرة جداً بالنسبة لسماكتها وتعتبر البلاطات العنصر الرئيسي الحامل في جميع إنشاءات الخرسانة المسلحة , حيث تنقل حمولات المنشأ الإضافية , بالإضافة إلى الأوزان الذاتية لهذه البلاطات و حمولات الإكساءات التي تعلوها , و ذلك إلى الجوائز و الجدران الحاملة , حيث تؤمن تغطية أسقف المباني و القاعات و المساحات الواسعة في منشآت الخرسانة المسلحة .

1-2- أهم أنواع البلاطات :

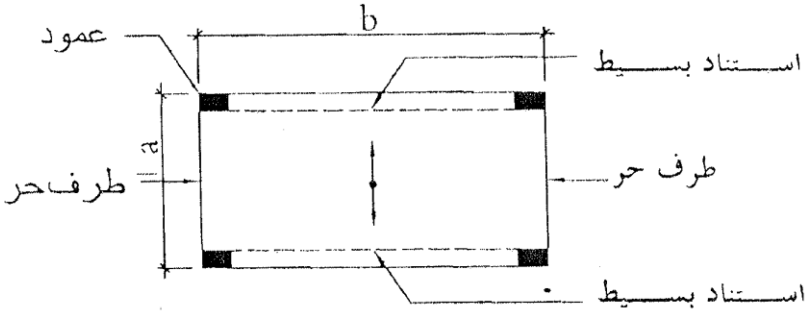
1- بلاطات مصمتة ذات اتجاه واحد أو اتجاهين مستندة على جدران , أو على جوائز بارزة عن البلاطة (تسمى أيضا جوائز متدلية أو مقلوبة) , الشكل (1 – 1) .

2- بلاطات غير مصمتة مفرغة ذات قوالب دائمة (مثل بلوك أو قرميد الهوردي) أو قوالب مؤقتة , ذات اتجاه واحد أو اتجاهين , مستندة على جدار أو على جوائز متدلية كما في الشكل (1 – 2) , أو على جوائز بنفس سمك البلاطة تسمى جوائز مخفية كما في الشكل (1-3) , و تسمى أيضاً هذه البلاطات ببلاطات معصبة باتجاه واحد أو معصبة باتجاهين كما في الشكل (1 – 4) .

3- بلاطات ذات جوائز متصالبة بالإتجاهين , مستندة على جدران , أو على جوائز بارزة عن البلاطة (شبكات الجيزان المتصالبة) : الشكل (1-5) .

4- بلاطات مصمتة مستندة مباشرة على الأعمدة دون جوائز , و تسمى أيضاً بلاطات فطرية : الشكل (1-6) .

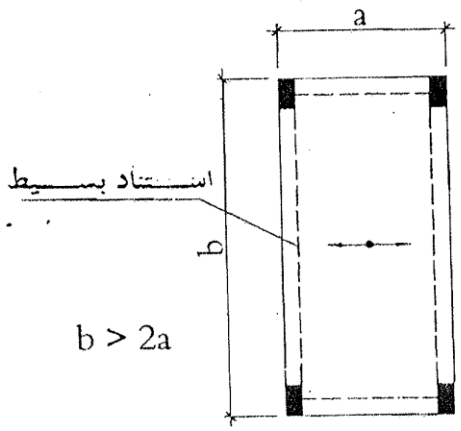
ملاحظة : قد نتساءل عن الفرق بين البلاطات المعصبة بالاتجاهين ذات القوالب المؤقتة , والبلاطات ذات الجوائز المتصالبةبالاتجاهين , والحقيقة ان الفرق يكمن في كون التباعدات بين الاعصاب في الاولى لا تتعدى 1 م,بينما تزيد تباعدات الجوائز المتصالبة عن 1 م وتكون عادة بين 1 م و3.5 م .



(L=a)

أ) : بلاطة عاملة باتجاه واحد

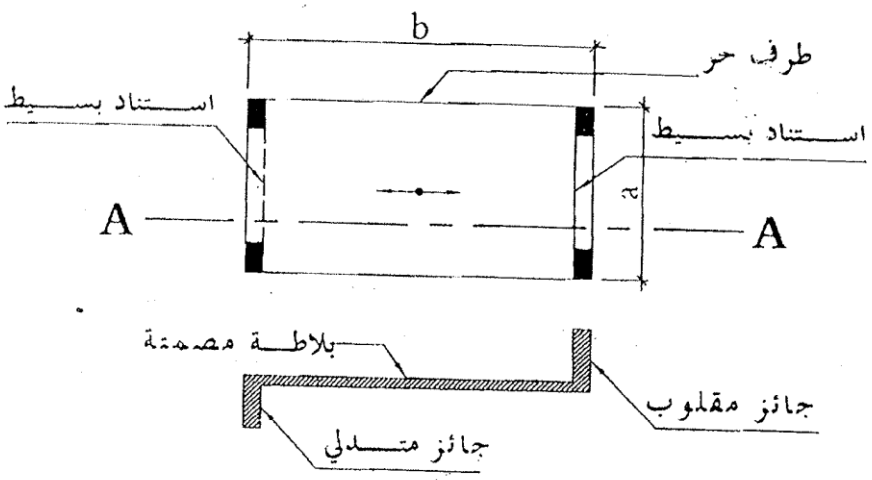
الشكل (1-1)



(L=a)

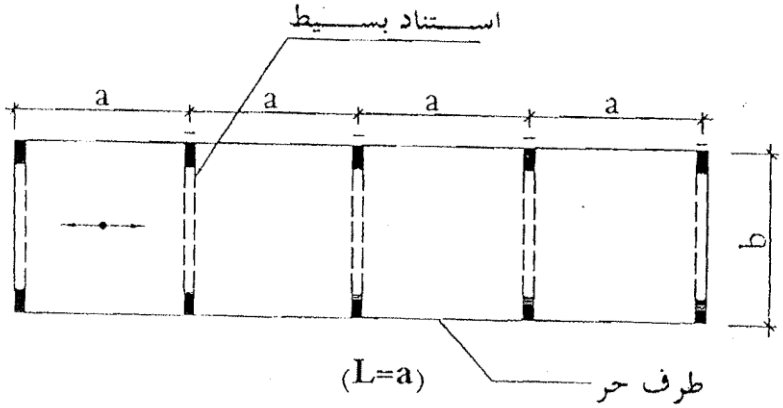
ب) : بلاطة مسنودة على أربعة أطراف وذات اتجاه واحد

الشكل (1-1)

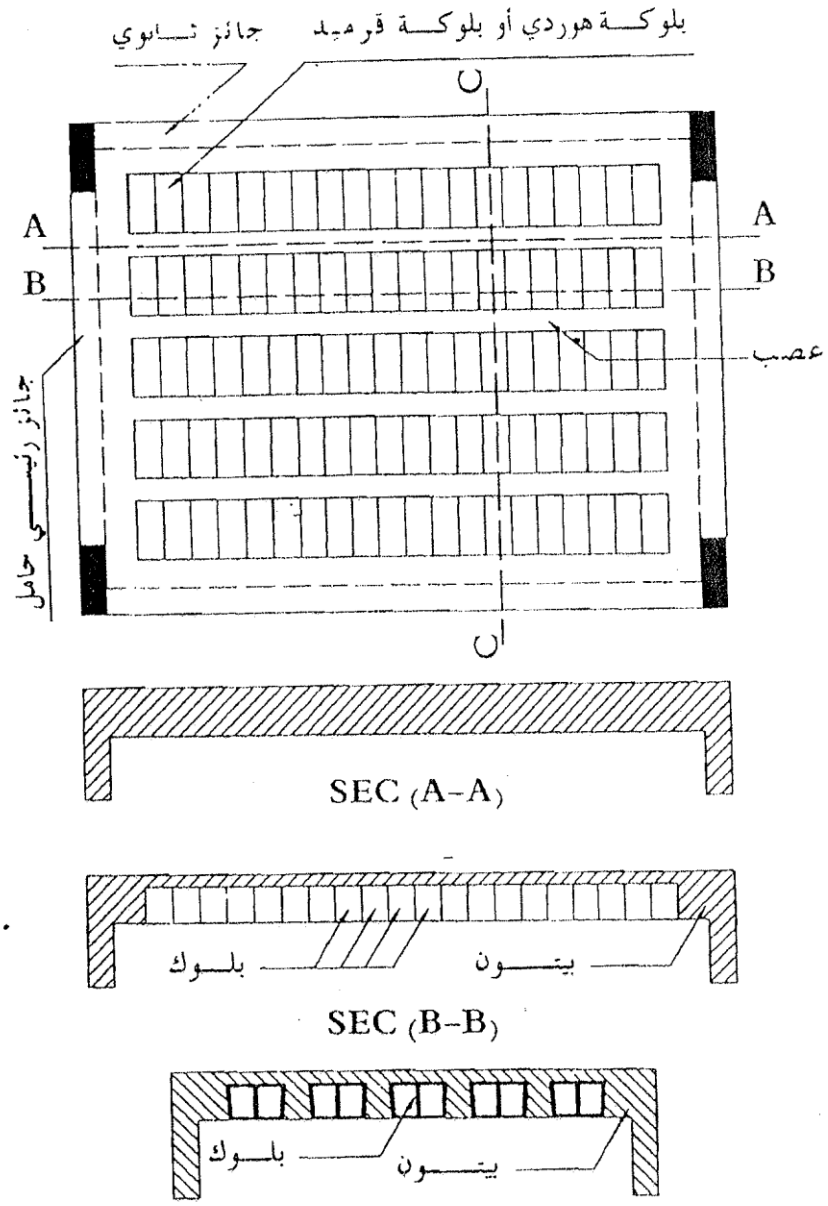


SEC A-A
(L=b)

الشكل (1-1) : (ج) : بلاطة ذات اتجاه واحد

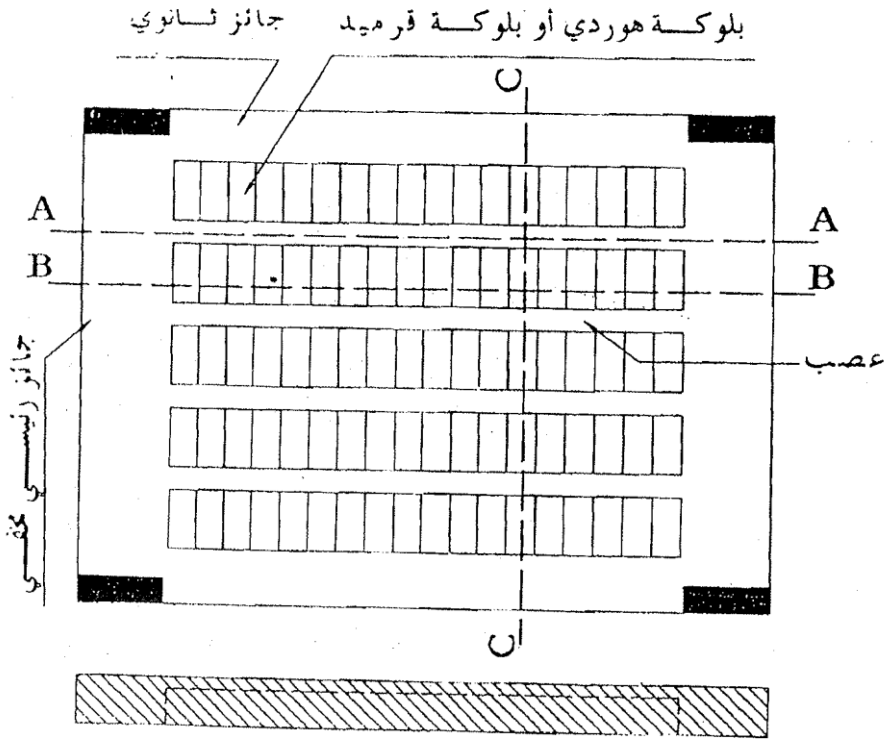


الشكل (1-1) : (د) : بلاطة مستمرة ذات اتجاه واحد

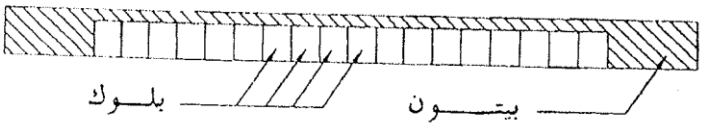


بلاطة معصبة باتجاه واحد بجوائز متدلية

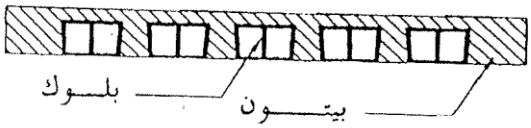
الشكل (1-2)



SEC (A-A)



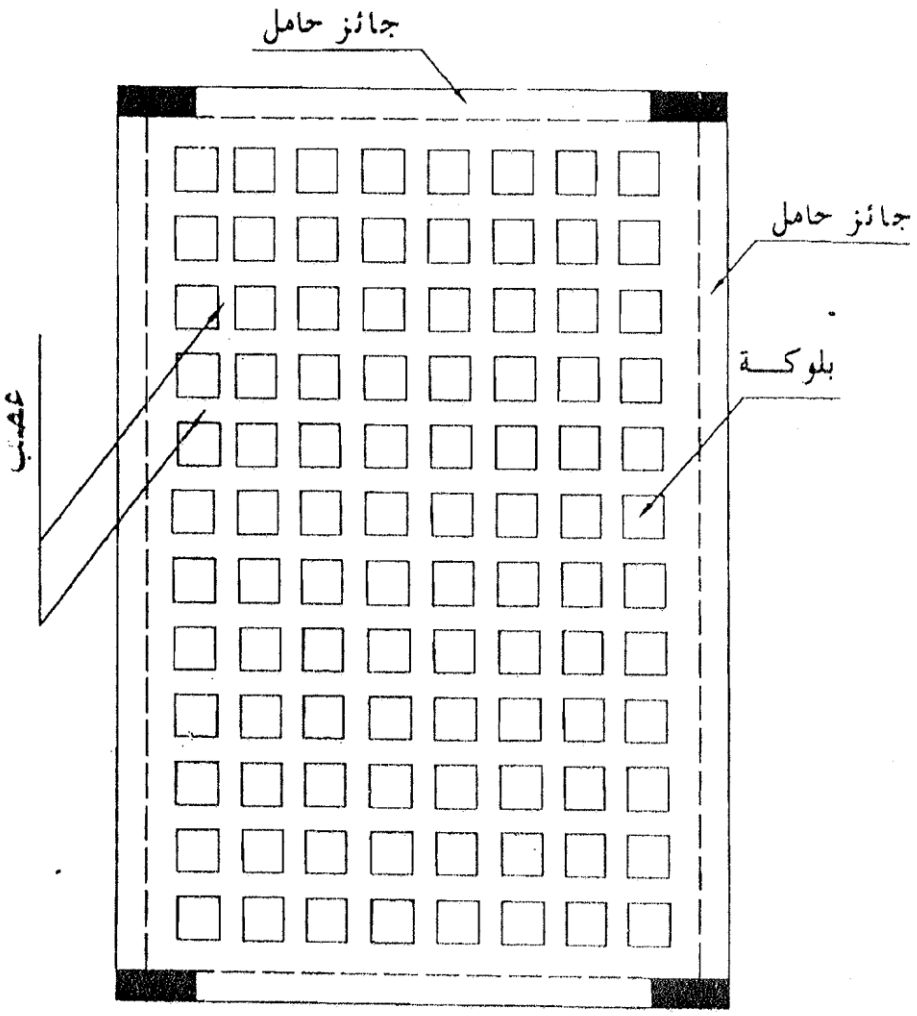
SEC (B-B)



SEC (C-C)

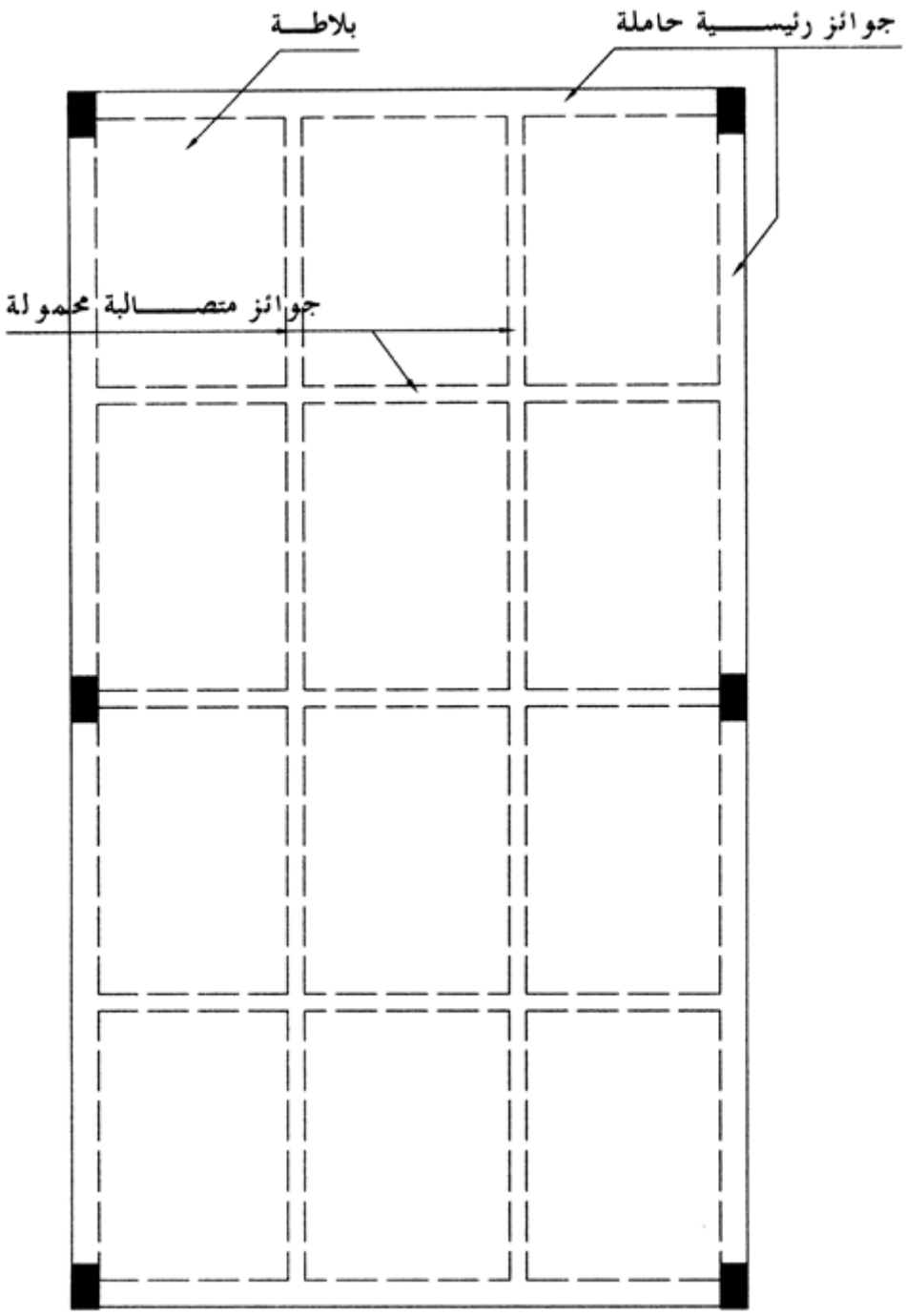
بلاطة معصبة باتجاه واحد بجوائز مخفية

الشكل (1 - 3)

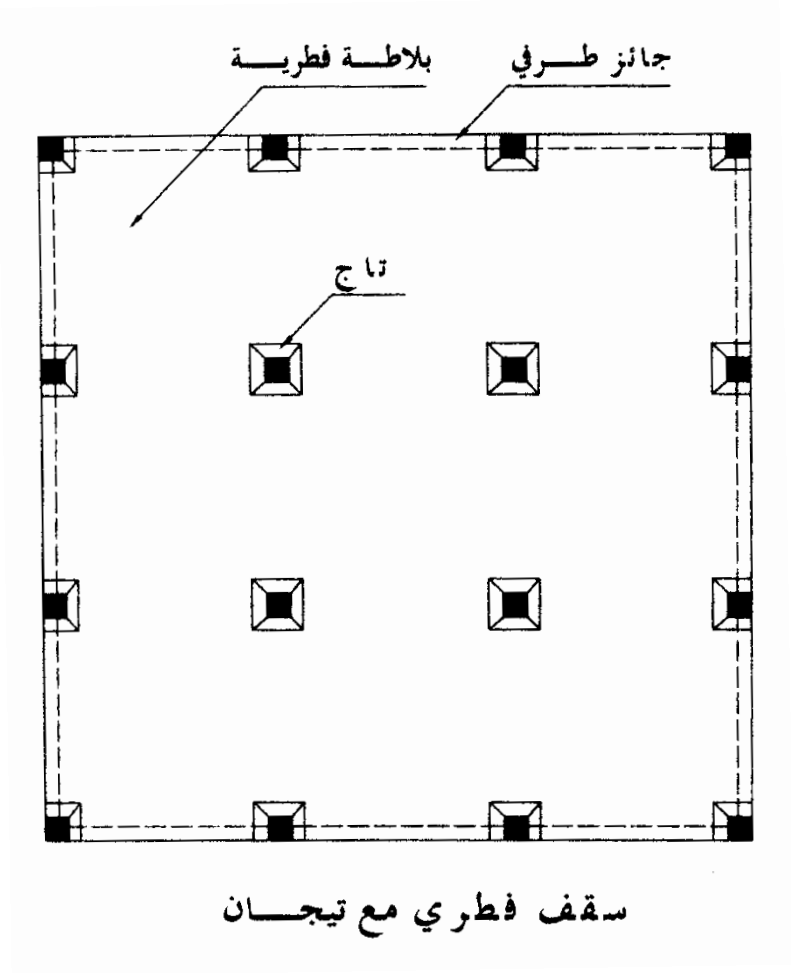


بلاطـــة معصـــبة باتجـــاهين

الشكل (1-4)



الشكل (١-٥) : شـــبكة جوائز متصـــــالبة



الشكل (1–6)

3–1– تحديد البلاطات ذات الاتجاه الواحد :

تكون البلاطات المصمتة أوالمفرغة ذات اتجاه واحد في كل من الحالتين التاليتين:

1– في البلاطات المحمولة باتجاه واحد والمستندة على مسندين فقط (جدارين أو جائزين) ممتدين على طول الطرفين المتقابلين .

2– البلاطات المستطيلة والمستندة على حوافها الأربعة عندما تكون نسبة طولها لعرضها أكبر من2 .

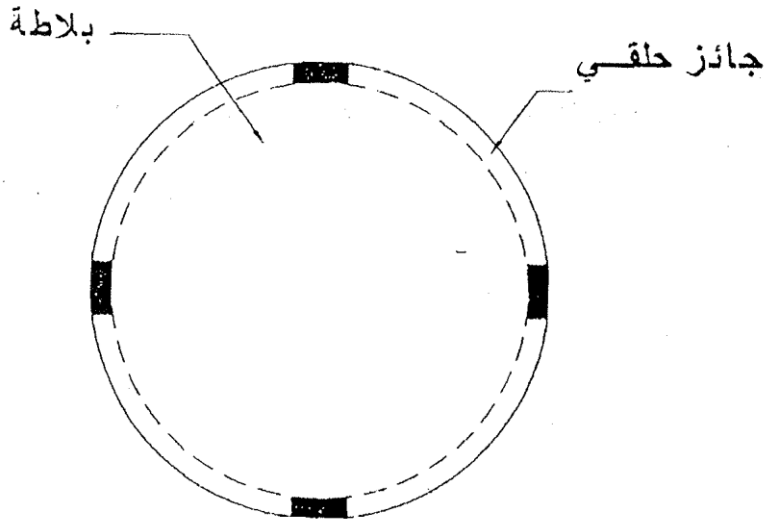
تحسب البلاطات ذات الإتجاه الواحد على اساس شرائح بعرض وحدة الطول في اتجـــاه المجاز الفعال بين المسندين المتقابلين .

4-1- تحديد البلاطات ذات الاتجاهين :

1- تعد البلاطات الدائرية والمثلثية والبلاطات المستندة على أقل من أربع حواف بلاطات ذات اتجاهين , الأشكال : (1- 7) , (1- 8) .

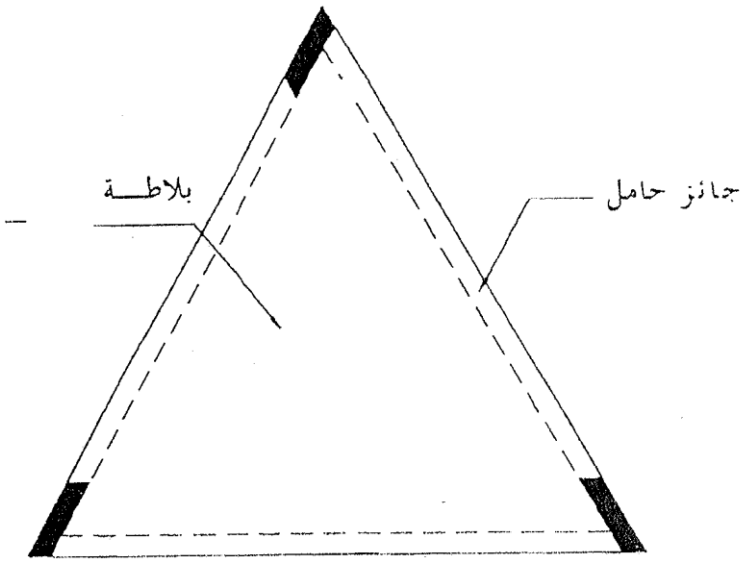
2- تكون البلاطات المستطيلة (سواء كانت مصمتة أو مفرغة أو المتصالبة الجـــوائز) ذات اتجاهين إذا تحقق كل من الشرطين التاليين :

أ- البلاطة مستندة على مساند (جدران أو جوائز) على حوافها الأربعة .
ب- نسبة طولها لعرضها أقل من 2 و أكبر من 0.76 , الشكل (1- 8) .



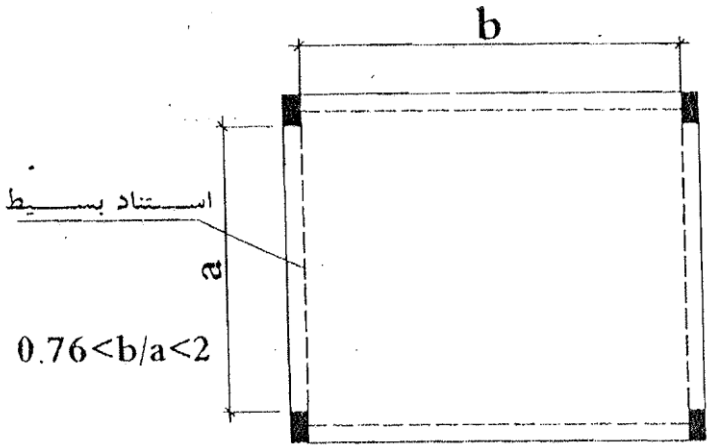
بلاطة دائريـــة : ذات باتجـــاهين

الشكل (1-7)



بلاطـــة مثلثيـــــة : ذات باتجـــــاهين

الشكل(١-٨)

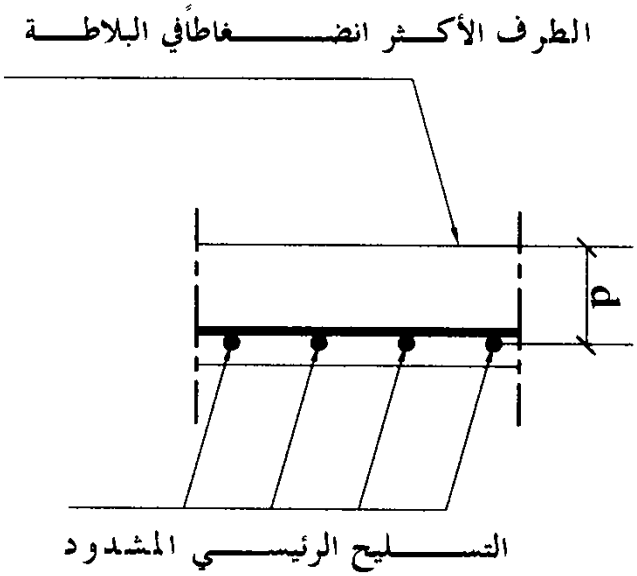


بلاطـــة مسنودة على أربعـــة أطراف
وذات اتجـــاهين

الشكل (١-٩)

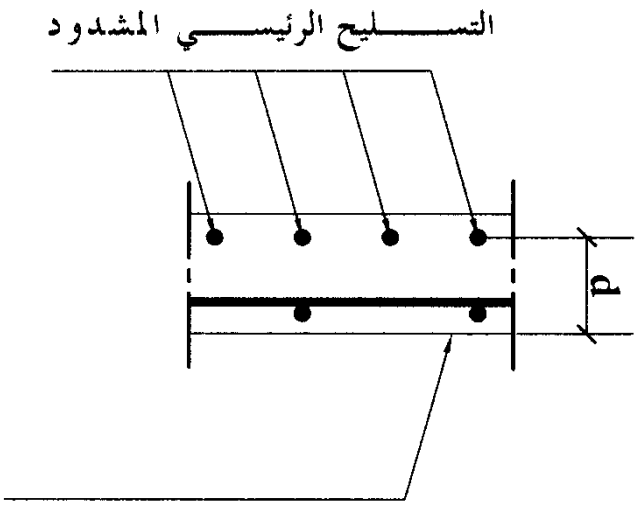
الإرتفاع الفعال للبلاطات :

الارتفاع الفعال لمقطع البلاطة هو المسافة بين مركز ثقل قضبان تسليح الشد و طرف المقطع الأكثر انضغاطاً (أبعد ليف مضغوط عن المركز المذكور) حيث يمكن أن يكون هذا الطرف الطرف السفلي أو العلوي بحسب نوع عزم الإنعطاف المؤثر في المقطع (موجباً : يشد الألياف السفلية , أو سالباً : يشد الألياف العلوية) كما في الشكل (1 –10)



أ) : الإرتفاع الفعال للبلاطة : (d)
في حالة عزم الإنعطاف الموجب الذي
يسبب شداً للألياف السفلية

الشكل (1–10)



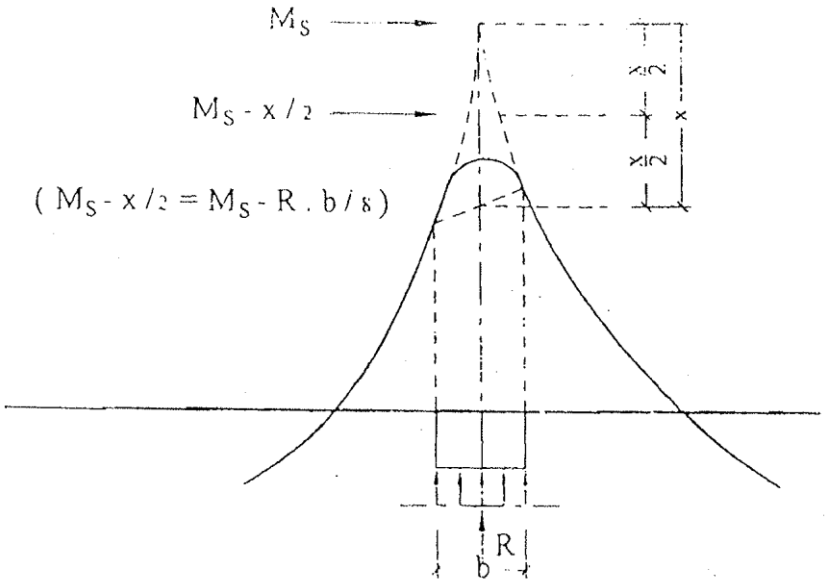
ب) : الإرتفاع الفعال للبلاطة : (d)
في حالة عزم الإنعطاف السالب الذي
يسبب شداً للألياف العلوية

الشكل (١- ١٠)

أخذ عرض مسند البلاطة بالحسبان عند حساب العزوم السالبة :

1- عندما تكون العزوم في البلاطات المستمرة محسوبة على أساس الأبعاد بين محاور المساند يمكن تعديل قيمة العزم السالب عند المسند باعتبار رد فعل هذا المسند موزعاً على عرضه بشكل منتظم مما يسبب عزماً معاكساً للعزم السالب فوق المسند بحيث يصبح تغير العزم على عرض المسند بشكل قطع مكافئ كما هو موضح بالشكل (1- 11) .

2- يحسب تأثير عرض المسند على قوى القص وردود الأفعال باستعمال قيمة العزم الحسابي الأصلي العزم النهائي الناتج عن الحساب في محور المسند , و ذلك *Ms*, و يقصد بالعزم الحسابي الأصلي *Ms* بعد إجراء إعادة توزيع العزوم إن لزم .



الشكل (1- 11) : أخذ تأثير عرض المسند على العزم عند المسند

المجاز الفعال للبلاطات :

الحالة الأولى :

مسند البلاطة (الجائز المتدلي أو الجدار) مصبوب مستمراً (ميليثياً) مع البلاطة , وهذا المسند ارتفاع مقطعه لا يقل عن مثلي سماكة البلاطة , الشكل (1 – 12) : يؤخذ المجاز الفعال لكل فتحة من البلاطة (سواء كان الاستناد بسيطاً أو مستمراً) مساوياً لأصغر قيمة من القيم الثلاث التالية :

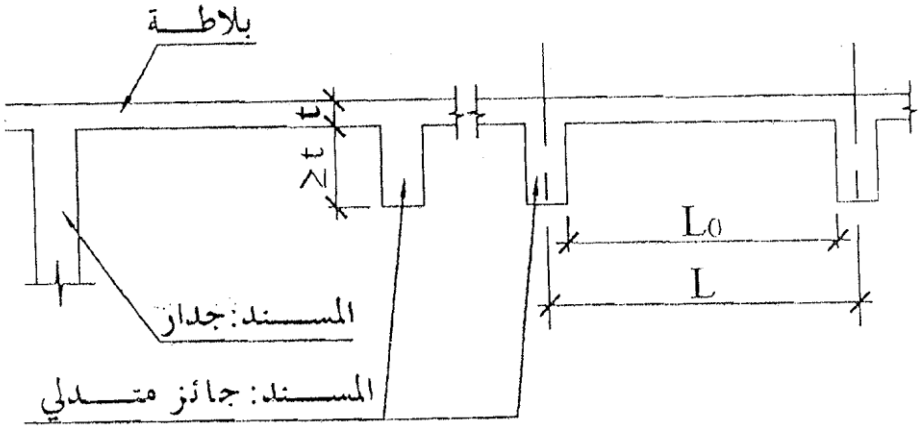
1- المسافة بين محوري المسندين (L)

2- المسافة الحرة بين المسندين (L_0)مضافاً إليها العمق الفعال d

3- المسافة الحرة بين المسندين مضروبة بالمعامل 1.05

الحالة الثانية :

1- مسند البلاطة هو عبارة عن جائز مصبوب مستمراً (ميليثياً) مع البلاطة و ارتفاع مقطع هذا الجائز أقل من مثلي سماكة البلاطة .



مجاز البلاطة المستندة على جدران أو جوائز متدلية مصبوبة مع البلاطة وهي ذات ارتفاعات لا تقل عن مثلي سماكة البلاطة

الشكل (1- 12)

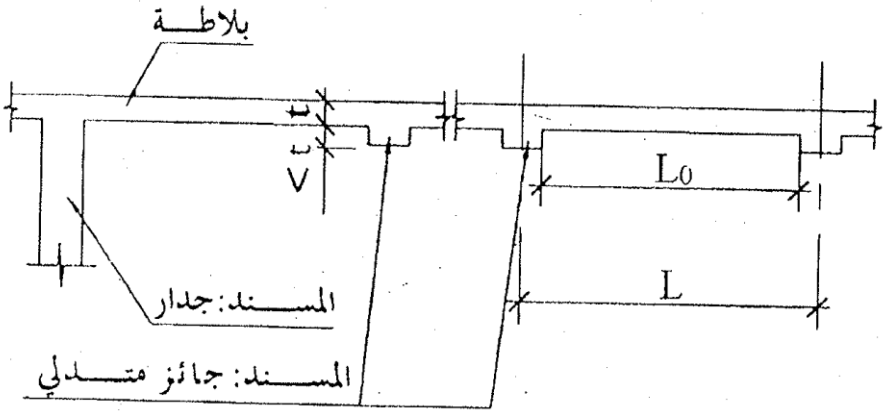
2- مسند البلاطة هو عبارة عن جدار أو جائز متدلي غير مصبوب مستمراً(ميليثياً) مع البلاطة : من أجل كلتا الحالتين السابقتين يؤخذ المجاز الفعال لكل فتحة من البلاطة مساوياً للمسافة بين محوري المسندين , شكل (1- 13) , و يمكن أخذ تأثير عرض المسند في تعديل قيمة العزم السالب عند محور المسند كما تم توضيحه سابقاً .

الحالة الثالثة : البلكون

1- المسند : (الجائز المتدلي أو الجدار) مصبوب مستمراً (ميليثياً) مع البلكون وهذا المسند ارتفاع مقطعه لا يقل عن مثلي سماكة بلاطة البلكون , شكل (1- 14) : يؤخذ المجاز الفعال للبلكون (L) مساوياً إلى المسافة بين الطرف الخارجي الحر للبلكون و وجه المسند .

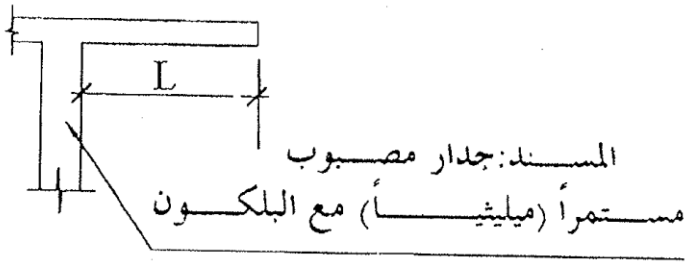
2- المسند (الجائز المتدلي) مصبوب مستمراً (ميليثياً) مع البلكون وهذا المسند ارتفاع مقطعه يقل عن مثلي سماكة بلاطة البلكون , شكل (1- 15) : يؤخذ المجاز

الفعال للبلكون (٧) مساوياً إلى المسافة بين الطرف الخارجي الحر و محور الجائز الحامل الذي يعمل كمسند و يمكن أخذ تأثير عرض المسند في تعديل قيمة العزم السالب عند محور المسند كما تم توضيحه سابقا .

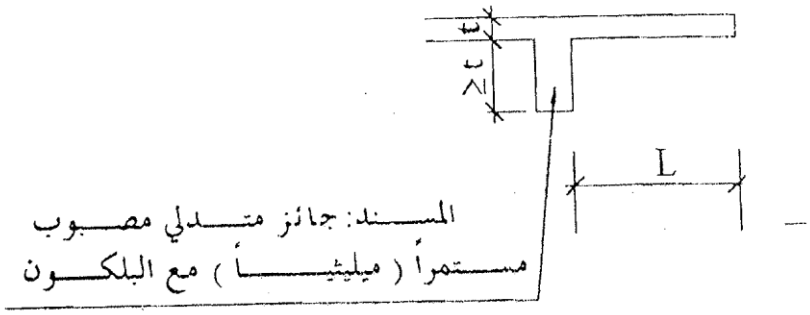


مجاز البلاطة المستندة على جدران غير مصبوبة مع البلاطة أو جوائز مخفية أو متدلية ذات ارتفاعات تقل عن مثلي سماكة البلاطة

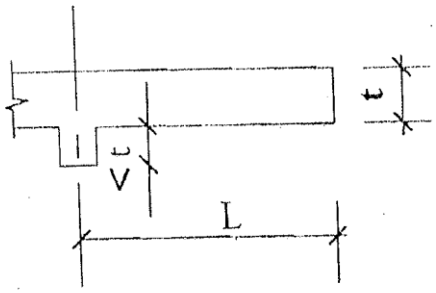
الشكل (1- 13)



الشكل (1- 14 – أ) : مجاز البلكون المستند على جدار مصبوب معه ميليثياً



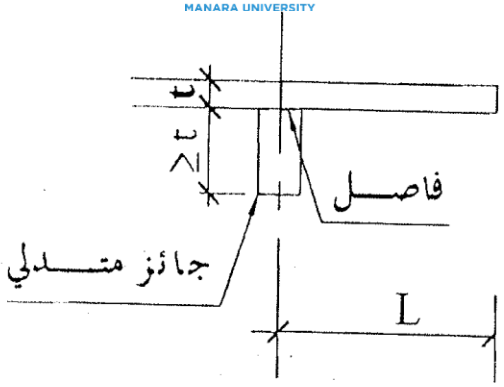
الشكل (1-14-- ب) : مجاز البلكون المستند على جائز متدلي مصبوب معه ميليئيا وارتفاع هذا الجائز لا يقل عن مثلي سماكة البلكون المحمول



مجاز البلكون المستند على جائز مخفي أو على جائز متدلي بارتفاع يقل عن مثلـ سماكة البلكون

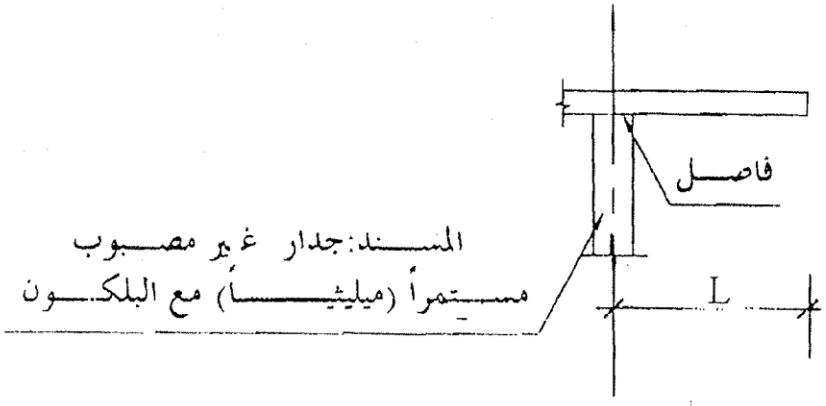
الشكل (1-15)

- 3- المسند (الجائز المتدلي أو الجدار) غير مصبوب مستمراً (غير ميليئي) مع البلكون شكل (1- 16) : يؤخذ المجاز الفعال للبلكون مساوياً إلى المسافة بين طرفه الخارجي الحر و محور المسند , و يمكن أخذ تأثير عرض المسند في تعديل قيمة العزم السالب عند محور المسند كما تم توضيحه سابقاً .



مجاز البلكون المستند على جائز متدلي غير مصبوب ميليثياً معه

الشكل (1-16-أ)



الشكل (1-16-ب) : مجاز البلكون المستند على جدار غير مصبوب ميليثياً معه

المقاطع الحرجة لتصميم البلاطات :

1- بالنسبة لعزم الانعطاف ضمن المجاز :

أ- إذا كانت البلاطة ذات مقطع عرضي ثابت على طول المجاز يكون المقطع الحرج هو المقطع الذي يكون عنده عزم الانعطاف أعظمياً .

ب- إذا كانت البلاطة ذات مقطع عرضي متغير الارتفاع يؤخذ المقطع الذي يكون عنده عزم الانعطاف أعظمياً والمقطع الذي يكون ارتفاعه أصغرياً .

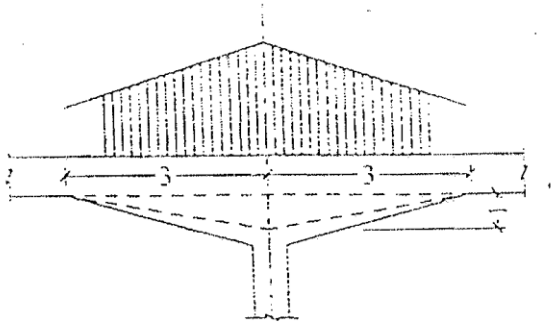
2- بالنسبة لعزم الانعطاف عند المسند :

أ- يكون المقطع الحرج لعزم الانعطاف عند المسند في البلاطات المستمرة و بلاطات البلاكين الظفرية على وجه المسند إذا كان هذا المسند جداراً أو جائزاً متدلياً من البيتون المسلح المصبوب مستمراً (مِيلِيثياً) مع البلاطة وارتفاع مقطع هذا المسند لايقل عن مثلي سماكة البلاطة المستمرة أوبلاطة البلكون .

ب- إذا كان ارتفاع الجائز المتدلي الحامل يقل عن مثلي سماكة البلاطة المستمرة أو بلاطة البلكون المحمولة , أو إذا كان المسند جداراً من مادة أخرى غير البيتون المسلح (حجر أو قرميد مثلاً) أو كان من البيتون المسلح مع وجود فاصل من مادة أخرى فيكون المقطع الحرج لعزم الانعطاف عند المسند المستمر للبلاطة أو عند مسند البلكون يكون هذا المقطع واقعاً عند محور المسند , مع إمكانية أخذ تأثير عرض المسند بعين الاعتبار كما مر معنا سابقاً , وفي حال كان مقطع البلاطة متغيراً يؤخذ أكثر من مقطع حرج .

تغير المقاطع عند المساند :

في البلاطات التي تتغير فيها المقاطع عند المساند لمقاومة عزوم الانعطاف وقوى القص تكون الارتفاعات الفعالة التصميمية لهذه المقاطع هي المحددة بخطوط ميل $\frac{1}{3}$ كما هو مبين في الشكل (1- 17) , وإذا زاد الارتفاع الفعلي عن $1.5\,h$ فيجب أن يؤخذ تأثير هذا التغير في عزم عطالة المقطع عند دراسة المنشأ .



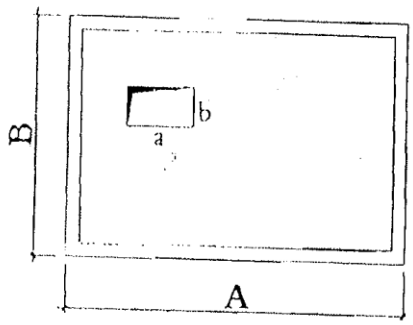
الشكل (1-17)

ملاحظة :

يجب أن لا يقل عرض مسند البلاطة عن سمكها , وبحد أدنى قدره 80 mm إلا في حالة البلاطات مسبقة الصب , وبشكل عام لا يجوز استعمال جدار من القرميد أو الحجر بسماكة تقل عن 150 mm كجدار حامل , ما عدا الجدران المليئة الحاملة للسقائف .

الفتحات في البلاطات المصمتة

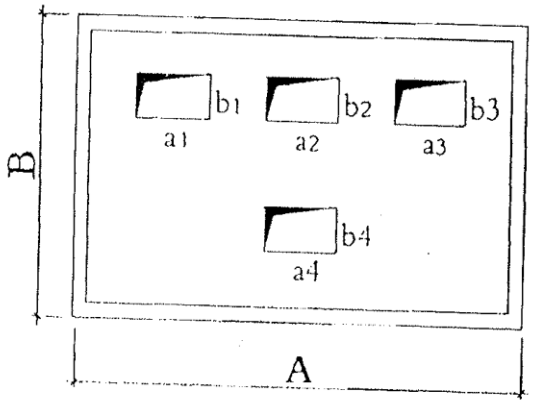
1- تعد الفتحة في البلاطة صغيرة إذا كانت وحيدة , وكانت نسبتا بعدي الفتحة في الاتجاهين إلى مجازي البلاطة في الاتجاهين الموازيين لا تتعدى $\frac{1}{4}$, الشكل (1- 18 - أ) وفي حال وجود عدة فتحات في نفس البلاطة , تعد هذه الفتحات صغيرة إذا كانت نسبة مجموع أبعادها في كل من الاتجاهين إلى مجازي البلاطة بالاتجاهين الموازيين لاتتعدى $\frac{1}{4}$ وذلك كما هو واضح في الشكل (1- 18- ب) .



$$\leq \frac{1}{4}\ \frac{a}{A}$$

$$\leq \frac{1}{4}\ \frac{b}{B}$$

الشكل (1- 18- أ)



$$\frac{b4 + [(b3)\text{ أو }(b2)\text{ أو }(b1)]}{B} \leq \frac{1}{4}$$

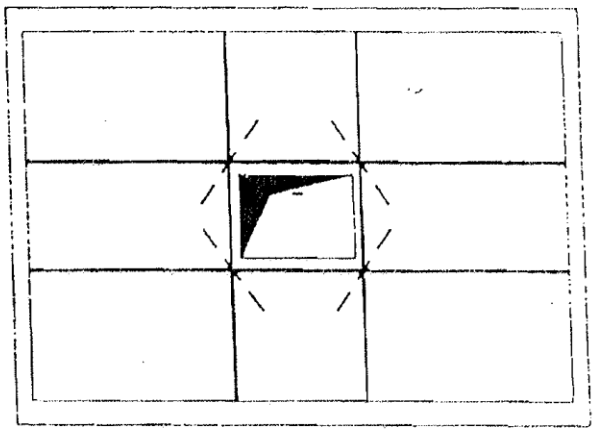
الشكل (1- 18- ب)

2- في حالة الفتحة الصغيرة يجب إضافة تسليح بجوار التسليح المقطوع بسبب الفتحة ويركز هذا التسليح على جوانب الفتحة بالتساوي , وبمساحة عند كل طرف لا تقل عن ثلاثة أرباع مساحة التسليح المقطوع (حسب كل اتجاه) كما هو واضح في الشكل (1-19) على أن لا يقل عن قضيبين قطر 12mm عند كل طرف .

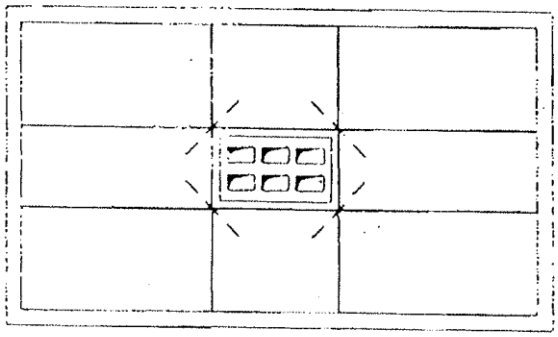
أما التسليح القطري فلا يقل عن قضيبين قطر 10mm عند كل زاوية , وفي حال عدم استعمال تسليح قطري يزاد التسليح على جوانب الفتحة بمقدار 50% .

وإذا كانت الفتحات الصغيرة متجاورة يوضع التسليح البديل للتسليح المقطوع حول مجموعة الفتحات , كما هو مبين في الشكل (1- 20) و كما هو مذكور في هذه الفقرة (2) أعلاه , ويجب أن يمد تسليح التقوية على جوانب الفتحات إلى ضمن المساند

3- في حالة الفتحات الكبيرة يمكن أن توضع جوائز تقوية على محيط الفتحة بحيث تصل تلك الجوائز حتى مساند البلاطة .



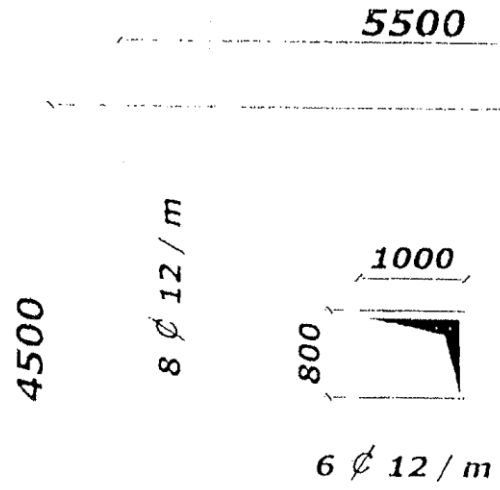
الشكل (1- 19)



الشكل (1- 20)

مثال :

لدينا البلاطة المصمتة المبينة بأبعادها و تسليحها , وفيها الفتحة ذات الأبعاد المبينة و الواقعة في وسط البلاطة , والمطلوب استنتاج تصنيف الفتحة (صغيرة أم كبيرة) مع إيجاد التسليح على جوانب هذه الفتحة .



الحل :

لدينا $A = 5500$, $a = 1000$, $B = 4500$, $b = 800$ فيكون :

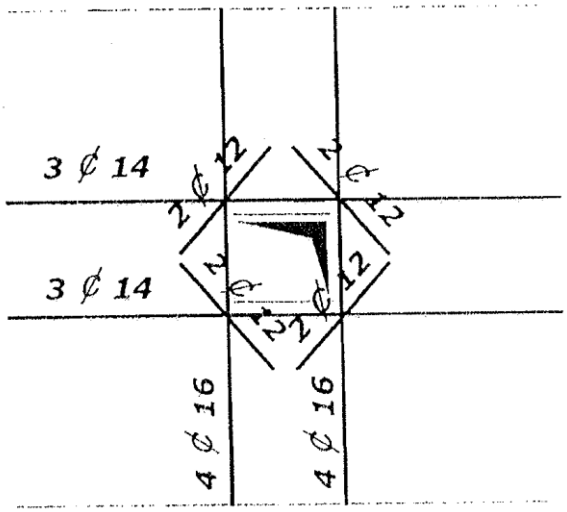
فإذا الفتحة صغيرة $\frac{a}{A} = \frac{1000}{5500} = 0.182 < 0.25$, $\frac{b}{B} = \frac{800}{4500} = 0.178 < 0.25$

لدينا عرض الفتحة $800\,mm$ فيكون التسليح على جانب الفتحة بالإتجاه A :

$0.75(0.8\times 6\times 113)=407mm^2$ ، نستعمل $Use\ 3\varphi 14$

كما أن طول الفتحة $100\,cm$ فيكون التسليح على جانب الفتحة بالإتجاه B :

$0.75(1\times 8\times 113)=678mm^2$ ، نختار $Use\ 4\varphi 16$



اشتراطات البلاطات المصمتة :

الاشتراطات البعدية للبلاطات المصمتة ذات الاتجاه الواحد :

1- تحدد نسبة $\frac{L}{l}$ للبلاطات المستندة على جدران أوعلى جوائز بارزة (حيث L المجاز الفعال للبلاطة و l سماكتها الكلية) بما لا يزيد عن النسب الواردة في الجدول (1-1) إلا إذا تم حساب السهم والتأكد من عدم تجاوزه القيم المسموح بها .

الجدول (1-1)

السماكة الأصغرية للبلاطات المصمتة ذات الاتجاه الواحد

نوع الإستناد	استناد بسيط	مستمرة من طرف واحد	مستمرة من طرفين	ظفرية (بلكون)
$\frac{L}{t}$	25	27	30	10

2- في حال استناد البلاطة على جوائز بارزة يجب أن لا يقل الارتفاع الكلي لكل جائز عن مثلي سماكة البلاطة , و إلا يجب حساب السهم الكلي للبلاطة بطريقة دقيقة.

3- في جميع الأحوال يشترط أن لا تقل سماكة البلاطة عن القيم التالية :

أ- بلاطات مصبوبة في موضعها معرضة لأحمال ستاتيكية : $8\ cm$

ب- بلاطات معرضة لأحمال حركية (ديناميكية) : $12cm$

4- في حالة البلاطات المسبقة الصب , والمعرضة لأحمال ستاتيكية يمكن تقليل السماكة عما ذكر في (3- أ) أعلاه وبحيث لا تقل عن $4cm$.

الاشتراطات البعدية للبلاطات المصمتة ذات الاتجاهين :

1- في حالة البلاطات المصمتة ذات الاتجاهين المستندة على جدران أو جوائز تزيد ارتفاعات مقاطعها عن مثلي سماكة البلاطة : يجب أن لا تقل سماكة البلاطة عن محيطها المكافىء مقسوماً على 140, وإلا فيجب التحقق من السهم حيث يعرف المحيط المكافىء بأنه مجموع الأطوال المكافئة لأضلاع البلاطة علماً أن الطول المكافئ لضلع ما من البلاطة يؤخذ مساوياً إلى طوله الفعلي عند الوجه الداخلي للإستناد إذا كانت البلاطة مستندة استناداً بسيطاً عند هذا الضلع و 0.76 من الطول الفعلي إذا كانت البلاطة مستمرة عند هذا الضلع .

2- إذا كان ارتفاع الجوائز الحاملة يقل عن مثلي سماكة البلاطة : تؤخذ السماكة الدنيا للبلاطة باعتبارها مستندة على الأعمدة مباشرة وذلك كما في الجدول التالي:

الجدول (1- 2)

السماكة الدنيا للبلاطات المصمتة ذات الاتجاهين

موقع المجاز	المجازات الداخلية	المجازات الطرفية
$\frac{L}{t}$	27	24

حيث تؤخذ L في هذه الحالة مساوية للمتوسط الحسابي للمسافتين بين محاور الأعمدة في الاتجاهين المتعامدين , و t هي سماكة البلاطة .

مساحات التسليح الدنيا و القصوى للبلاطات المصمتة :

1- التسليح في الاتجاه الرئيسي (القصير) :

أ- في حال استعمال تسليح أملس من الفولاذ العادي المقاومة : يجب أن لا تقل مساحة التسليح عن 0.0025 من مساحة المقطع البيتوني المطلوب حسابياً لتأمين المقاومة , وأن لا تقل أيضاً عن 0.0015 من المساحة الفعلية للمقطع المتعامد مع هذا التسليح .

ب- عند استعمال تسليح شبكات أو تسليح عالي المقاومة ذي نتوءات : يجب أن لا تقل مساحة التسليح عن 0.002 من مساحة المقطع البيتوني المطلوب حسابياً لتأمين المقاومة وأن لا تقل أيضاً عن 0.0012 من المساحة الفعلية للمقطع البيتوني المتعامد مع هذا التسليح .

2- التسليح في الاتجاه الثانوي (الطويل) :

أ- يجب أن لا تقل مساحة التسليح في الاتجاه الثانوي عن $\frac{1}{4}$ ساحة التسليح في الاتجاه الرئيسي .

ب- في حال استعمال تسليح أملس من الفولاذ العادي المقاومة : يجب أن لا تقل مساحة التسليح عن 0.0012 من المساحة الفعلية للمقطع البيتوني المتعامد مع هذا التسليح .

ج- عند استعمال تسليح شبكات أو تسليح عالي المقاومة ذي نتوءات: يجب أن لا تقل مساحة التسليح عن0.001 من المساحة الفعلية للمقطع البيتوني المتعامد مع هذا التسليح .

3- لا تزيد مساحة التسليح في كل اتجاه عن نصف المساحة التوازنية $0.5\ Asb$ في الاتجاه ذاته , حيث تعطى مساحة التسليح التوازنية Asb بالعلاقة :

$$Asb = \frac{455}{630 + fy}\frac{f'c}{fy} b \cdot d \qquad \text{(الواحدات المترية)}$$

و ذلك باعتبار أن : fy : حد المرونة لفولاذ التسليح المستخدم, $f'c$: المقاومة المميزة للبيتون المستخدم, b: عرض مقطع البيتون , وهو في البلاطات عرض الشريحة المترية (أي $1m$), d : الارتفاع الفعال لمقطع البلاطة .

مثال :

لدينا بلاطة مصمتة عاملة باتجاهين سماكتها الكلية $16\ mm$ وهي مسلحة بتسليح رئيسي وثانوي ذو قطر $14\ mm$. أوجد مساحة التسليح الأعظمية الممكن استخدامها في كل من اتجاهي البلاطة علماً أن سماكة التغطية البيتونية للبلاطة هي $20\ mm$ و حد المرونة لفولاذ التسليح المستخدم هو $360\ Mpa$ و المقاومة المميزة للبيتون المستخدم هي $20\ Mpa$.

الحل :

1 – الإتجاه الرئيسي :

$$d = 160 - 20 - 0.5 \times 14 = 133\ mm$$ الارتفاع الفعال للبلاطة

$$Asb = \frac{\frac{455}{630+360}}{\frac{20}{360}} 1000 \cdot 133 = 3396\ mm^2$$ بالاتجاه الرئيسي للبلاطة .

إن مساحة التسليح بالإتجاه الرئيسي للبلاطة يجب أن لا تزيد عن نصف المساحة التوازنية السابقة , أي لا تزيد عن $0.5 \times 3396 = 1698\ mm^2$, أي لا تزيد عن m / $11\varnothing 14$ بالاتجاه الرئيسي .

2 – الإتجاه الثانوي :

$$d = 160 - 20 - 14 - 0.5 \times 14 = 119\ mm$$

$$Asb = \frac{\frac{455}{630+360}}{\frac{20}{360}} 1000 \cdot 119 = 3039\ mm^2$$ بالإتجاه الثانوي

. إن مساحة التسليح بالإتجاه الرئيسي للبلاطة يجب أن لا تزيد عن نصف المساحة التوازنية السابقة , أي لا تزيد عن $0.5 \times 3039 = 1520\ mm^2$, أي لا تزيد عن m / $10\varnothing 14$ بالإتجاه الثانوي .

ترتيبات التسليح للبلاطات المصمتة :

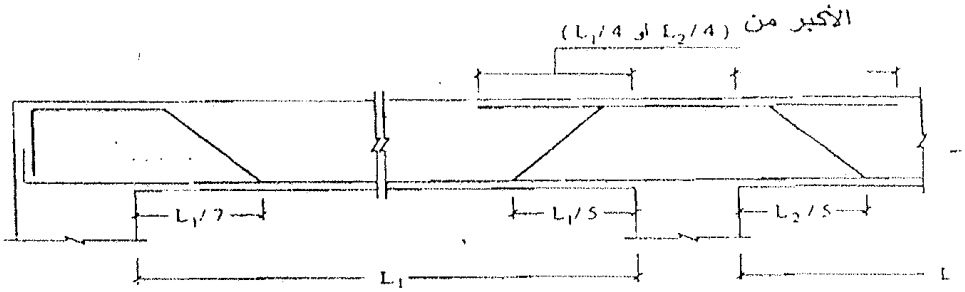
1 – يرتب التسليح بحيث يغطي جميع مناطق الشد ويمتد بعد نهاياتها مسافة تساوي طول التثبيت اللازم مضافاً له (d) أو ($12\varnothing$) أيهما أكبر .

2- في البلاطات المستمرة التي تتساوى أو تتقارب فيها أطوال المجازات بفرق لا يزيد عن 25% من المجاز الأكبر وتحت ظروف التحميل العادية , يكسح نصف التسليح الرئيسي السفلي على الأكثر , عند $\frac{1}{5}$ المجاز الصافي من وجه المسند , ويمتد في المجاز المجاور إلى مسافة تساوي $\frac{1}{4}$ أكبر المجازين المتجاورين , كما هو مبين في الشكل (1 - 21) , وذلك إذا لم تكن القضبان قد ربتت طبقاً لما جاء في الفقرة (1) السابقة , ويمكن أن يوضع التسليح السفلي مستمراً , وتوضع شبكة علوية عند المساند بحيث تستمر بعد المسند في كل طرف مسافة لا تقل عن $\frac{1}{4}$ أكبر المجازين , حيث تستعمل (كراسي) لتثبيت الشبكة العلوية كما في الشكل (1 - 22) .

3- يجب أن لا تتجاوز المسافة بين قضبان التسليح الرئيسي في منتصف المجاز مثلي سماكة البلاطة ولا تزيد أيضاً عن 20 cm .

4- يجب أن لا تتجاوز المسافة بين قضبان التسليح في الاتجاه الثانوي 3 أمثال سماكة البلاطة ولا تزيد أيضاً عن 25 cm .

5- لا يقل التباعد بين قضبان التسليح عن 8cm إلا في حالة تسليح الشبكات .



الشكل (1-21): تكسيح التسليح في البلاطات المستمرة ذات المجازات المتقاربة

6- يجب أن لا تقل مساحة مقطع التسليح السفلي المستمر إلى المساند عن $\frac{1}{2}$ مساحة مقطع التسليح الموجب المستعمل في منتصف المجاز .

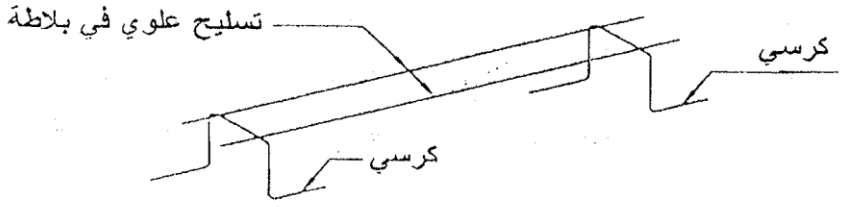
7- أصغر قطر للقضبان الرئيسية هو 6 mm للقضبان المستقيمة , و 8 mm للقضبان المكسحة , ويمكن استعمال قضبان ذات قطر أصغر في البلاطات المعرضة لإجهادات صغيرة فقط , أو في البلاطات مسبقة الصب , أو في حالة تسليح الشبكات .

8- أصغر قطر لقضبان التوزيع الثانوية هو $6\ mm$ و يمكن استعمال أقطار أصغر في الحالات الخاصة المذكورة في الفقرة السابقة .

9- أكبر قطر يمكن استعماله في تسليح البلاطة يجب أن لا يزيد عن $\frac{1}{10}$ سماكة البلاطة

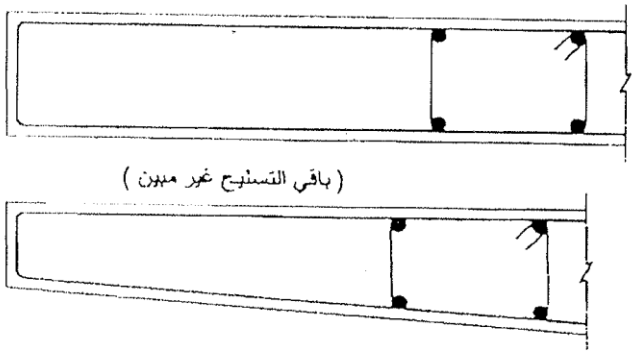
10- في البلاطات التي تساوي سماكتها أو تزيد عن $20\ cm$ يجب استعمال شبكة تسليح علوية بنسبة تسليح دنيا إذا لم تثبت الحسابات الحاجة إلى أكبر من هذه النسبة .

11- يجب المحافظة على وضع التسليح العلوي في البلاطات في مكانه التصميمي باستعمال كراسي بأقطار لا تقل عن $10\ mm$ بتباعد لا يزيد عن $1\ m$ وبحيث يحمل قضيبين متجاورين فقط , الشكل (1- 22) .



الشكل (1 -- 22) : **طريقة المحافظة على مكان التسليح في البلاطة**

12- في حالة الأنظفار يجب المحافظة على وضع التسليح العلوي بسنده على تسليح عصب مخفي مؤلف من أربعة قضبان بقطر لا يقل عن $10\ mm$ وأساور لا يقل قطرها عن $8\ mm$ كل $20\ cm$ وفق الشكل (1 - 23) بحيث يكون موقعه متعامداً مع اتجاه التسليح العلوي و قريباً من المسند , ويجب رسم تفاصيل هذا العصب المخفي في المخططات .



الأعصاب المخفية لحمل التسليح العلوي في البلاطات الظفرية

الشكل (1 - 23)

مثال :

أوجد القطر الأعظمي للتسليح الممكن استخدامه والمسافة الأعظمية بين قضبان التسليح بالإتجاهين الرئيسي و الثانوي لبلاطة مصمتة سماكتها $120\,mm$.

الحل :

– القطر الأعظمي للتسليح الممكن استخدامه في البلاطة هو :

$$120 \div 10 = 12mm = 1.2cm$$

– الإتجاه الرئيسي :

$2 \times 120 = 240 < \Rightarrow 200\ mm$ أي أن التباعد الأعظمي في الإتجاه الرئيسي للبلاطة هو $200\,mm$ (أي خمسة قضبان في المتر الطولي) .

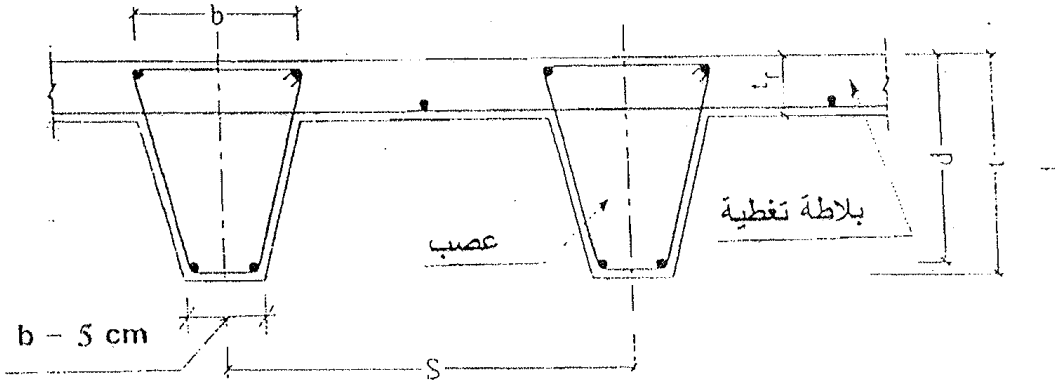
– الإتجاه الثانوي :

$3 \times 120 = 360 < \Rightarrow 250\ mm$ أي أن التباعد الأعظمي في الإتجاه الثانوي للبلاطة هو $250\,mm$ (أي أربعة قضبان في المتر الطولي) .

البلاطات المفرغة (غير المصمتة أو المعصبة) :

تتضمن البلاطات المفرغة البلاطات التالية :

1 – بلاطات مفرغة ذات قوالب مؤقتة : و تتألف من أعصاب باتجاه واحد فوقها بلاطة تغطية ويتم صب البيتون على هذه القوالب التي يتم نزعها بعد تصلبه , شكل (1– 24)

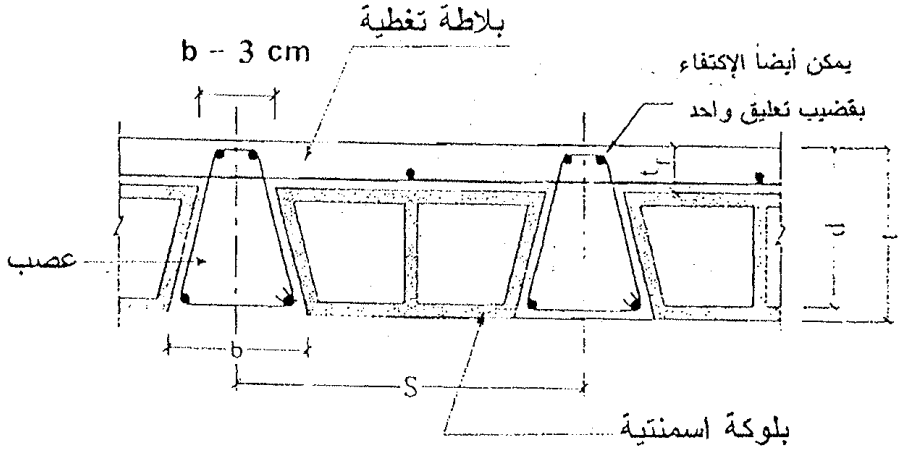


بلاطة مفرغة ذات أعصاب صريحة منفذة بقوالب مؤقتة

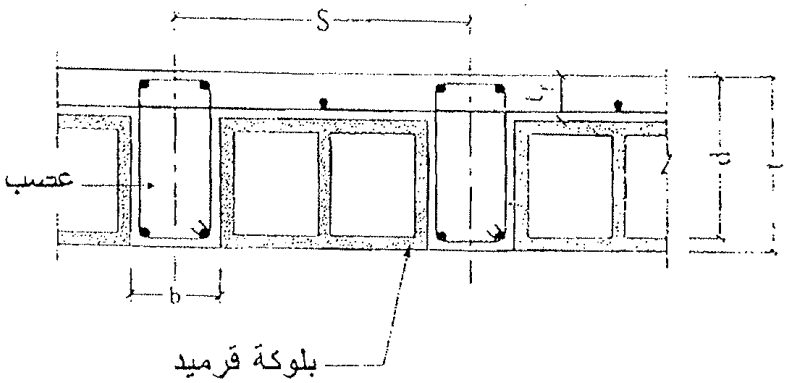
الشكل (1 – 24)

2- بلاطات مفرغة ذات قوالب دائمة : و هي مثل السابقة , غير أن القوالب تكون من القرميد أو البلوك , وتبقى بصورة دائمة لتصبح جزءاً من البلاطة , الأشكال : (1-25-أ) , (1-25-ب) .

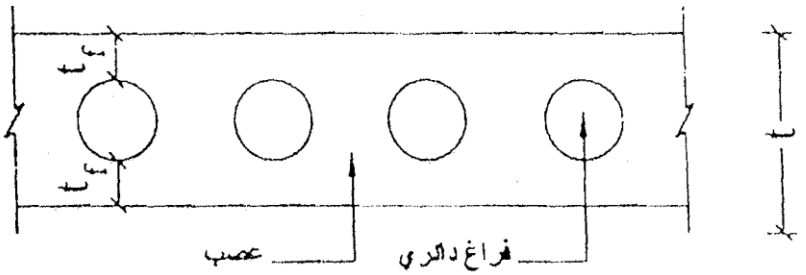
3- بلاطات مفرغة مسبقة الصنع , وهي بلاطات بيتونية مسلحة تحوي في وسطها فراغات طولية دائرية أو مستطيلة أو بيضوية أو غيرها , شكل (1 - 26) .



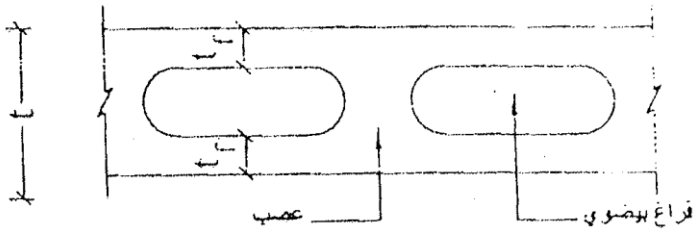
الشكل (1-25-أ) : بلاطة مفرغة ذات أعصاب صريحة منفذة بقوالب دائمة



الشكل (1-25-ب) : بلاطة مفرغة ذات أعصاب صريحة منفذة بقوالب دائمة



الشكل (1– 26 – أ) : بلاطة مفرغة مسبقة الصنع ذات فراغات داخلية دائرية



الشكل(1– 26 – ب) : بلاطة مفرغة مسبقة الصنع ذات فراغات داخلية بيضوية

الاشتراطات البعدية للبلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد:

1– السماكة الأصغرية للبلاطة المعصبة باتجاه واحد للاستغناء عن حساب السهم : من أجل الحصول على هذه السماكة يمكننا الاعتماد على الجدول التالي : (الجدول 1– 3)

(الجدول 1– 3)

المواصفـــــــــــــــات		بلاطات ذات قوالب دائمة بتباعد لمحاور الأعصاب لا يزيد عن $70\ cm \pm$ بلاطات مسبقة الصنع لا يزيد عرض الفراغ فيها عن $50\ cm$
نوع المســـــــــــــــاند		جدران أو جوائز متتلية يزيد ارتفاعها عن مثلي سماكة البلاطة	جوائز مخفية (ارتفاع مقطعها نفس سماكة البلاطة)
نسبة المجاز الفعال للبلاطة إلى سماكتها الكلية		$\frac{L}{t}$	$\frac{L}{t}$
نوع الاستناد	استناد بسيط	20	16
	استمرارية من طرف واحد	22	18
	استمرارية من طرفين	25	20
	استناد ظفري	8	8

2– السماكة الدنيا لبلاطة التغطية : لاتقل سماكة بلاطة التغطية عن أكبر القيم التالية :

أ– $\frac{1}{10}$ المسافة بين محاور الأعصاب .

ب– $6\ cm$ في حالة البلاطات المفرغة ذات القوالب المؤقتة , شكل (1 – 24) .

ج– $5\ cm$ في حالة البلاطات المفرغة ذات القوالب الدائمة من القرميد أو البلوك .

د– $5\ cm$ في حالة البلاطات المفرغة مسبقة الصنع .

3 – الأبعاد الأصغرية للعصب :

أ– لا يقل الارتفاع الكلي للعصب في البلاطات المفرغة عن سماكة بلاطة التغطية + $10\ cm$.

ب– لا يقل عرض العصب عن $10\ cm$ أو $\frac{1}{3}$ لسماكة الكلية للعصب أيهما أكبر .

4- عندما تستند الأعصاب على جائز متدلي أو مقلوب , أو على جدار , يجب أن يكون الجزء الموازي للمسند ملياً (مصمتاً) بعرض لايقل عن $15\,cm$.

__ الاشتراطات البعدية للبلاطات المفرغة ذات الاتجاهين :

1- حالة البلاطات المفرغة ذات الأعصاب باتجاهين والتي لا يزيد التباعد بين محاور أعصابها على $1m$ والمستندة على جدران أو جوائز يزيد ارتفاع مقطعها عن مثلي سماكة البلاطة : يجب أن لا تقل سماكة البلاطة عن محيطها المكافىء (كما هو وارد للبلاطات المصمتة) مقسوماً على 120 , إلا إذا تم التحقق حسابياً من السهم .

2- حالة البلاطات المفرغة ذات الأعصاب باتجاهين والتي لا يزيد التباعدين محاور أعصابها على $1m$ والمستندة على جوائز لها نفس سماكة البلاطة (جوائز مخفية) تؤخذ النسبة $\frac{L}{t}$ بحيث لا تزيد عما في الجدول (1 – 4) و تؤخذ L في هذه الحالة مساوية للمتوسط الحسابي للمسافتين بين محاور الأعمدة في الاتجاهين المتعامدين .

السماكة الأصغرية للبلاطات المفرغة ذات الأعصاب بالإتجاهين للإستغناء عن حساب السهم :

الجدول (1 – 4)

موقع المجاز	المجازات الداخلية دون سقوط	المجازات الداخلية مع سقوط	المجازات الطرفية دون سقوط	المجازات الطرفية مع سقوط
$\frac{L}{t}$	27	30	24	27

تعتمد أيضاً للبلاطات المفرغة ذات الأعصاب بالإتجاهين البنود 2 , 3 , 4 من الإشتراطات البعدية للبلاطات المفرغة باتجاه واحد .

تسليح البلاطات المفرغة :

البلاطات المفرغة ذات القوالب المؤقتة و الدائمة و الأعصاب الصريحة : الأشكال (1 – 24) , (1 – 25) .

أ- مساحة التسليح الدنيا للأعصاب :

1- لا تقل مساحة تسليح الشد الرئيسي في كل مقطع عن مساحة المقطع الفعال مضروباً بالمقدار $\frac{0.9}{fy}$ (بالواحدات الدولية) أي $\frac{0.9}{fy} bw \cdot d$ حيث :

bw : عرض جسد مقطع العصب , d : الارتفاع الفعال للعصب , fy : حد المرونة لفولاذ التسليح المستخدم

2- يمكن تخفيض المساحة الواردة في البند السابق من أجل الأعصاب ذات المقاطع الأكبر مما هو مطلوب للمقاومة على أن لا تقل مساحة التسليح عن 1.33 مرة مساحة التسليح المطلوب في المقطع الحرج و لا عن $\frac{2}{3}$ المساحة الواردة في البند السابق .

مثال :

لدى الحساب الإنشائي للعصب $R1$ تبين أن المقطع الحسابي لتسليح الشد الرئيسي هو $1.2\ cm^2$. أوجد المساحة التصميمية لمقطع تسليح الشد الرئيسي إذا علمت أن أبعاد مقطع العصب هي b X h = 300 X 320 mm و أن حد المرونة لفولاذ التسليح الطولي هو 240 Mpa و سماكة التغطية البيتونية هي $25mm$ و قطر فولاذ تسليح الشد الرئيسي الطولي هو $12\ mm$.

الحل :

$$d = 320 - 25 - 0.5 \times 12 = 289 \text{ mm}$$

لا تقل مساحة تسليح الشد الرئيسي للعصب عن :

$$\frac{0.9}{fy} bw \cdot d = \frac{0.9}{240} * 300 * 289 = 525 mm^2 = 5.25 cm^2$$

بمقارنة مساحة المقطع الحسابي ($1.2\ cm^2$) والمساحة الدنيا المطلوبة ($3.25\ cm^2$) نجد أن مساحة المقطع الحسابي أصغر من المساحة الدنيا اللازمة , لذلك يمكن تخفيض المساحة الدنيا اللازمة إلى :

$$\frac{2}{3} X 3.25 = 2.17 cm^2$$

نقارن بين $1.33 X 1.2 = 1.6\ cm^2$ و $2.17\ cm^2$ و نختار الأكبر أي $2.17\ cm^2$ و هي المساحة التصميمية المطلوبة ,حيث نستعمل $2\ Ø\ 12$ للتسليح الطولي لهذا العصب

ب- مساحة التسليح القصوى للأعصاب :

1- لا تزيد مساحة تسليح الشد الرئيسي في المقاطع أحادية التسليح عن نصف المساحة التوازنية $(0.5Asb)$ حيث : $Asb = \frac{455}{630 + fy} \frac{f'_c}{fy} bw \cdot d$ (الواحدات الدولية) باعتبار أن : bw : عرض جسد مقطع العصب , d : الارتفاع الفعال للعصب , fy : حد المرونة لفولاذ التسليح المستخدم

2- يمكن زيادة مساحة تسليح الشد الرئيسي القصوى في مقاطع الأعصاب أحادية التسليح إلى ثلاثة أرباع المساحة التوازنية ($0.75Asb$) بشرط حساب السهم , وعدم إجراء إعادة توزيع عزوم للأعصاب المستمرة , ووضع كمية تسليح ضغط دنيا بحيث تكون : $(As - A\ddot{o}\ddot{o}s) \leq 0.5Asb$

3- يمكن زيادة مساحة تسليح الشد الرئيسي القصوى في مقاطع الأعصاب المسلحة تسليحاً ثنائياً بحيث لا تتجاوز مساحة التسليح المضغوطة مساحة التسليح المشدودة

ج- الحد الأدنى للتسليح العرضي للأعصاب :

لا تقل مساحة التسليح العرضي (الأساور) عن : $(As)\min = \frac{0.35}{fy} bw \cdot S$

حيث: bw :عرض جسد مقطع العصب , S : تباعد الأساور .

مثال :

إذا كانت أبعاد مقطع العصب R1 هي b X h = 150 X 260 mm و تباعد الأساور في هذا العصب $150\ mm$, أوجد مساحة الحد الأدنى للتسليح العرضاني , و التسليح العرضاني التصميمي إذا كان القطر المستعمل للتسليح الطولي هو $12\ mm$ و حد المرونة لفولاذ التسليح العرضاني 240 Mpa .

الحل :

$$(As)\min = \frac{0.35}{fy} bw \cdot S = \frac{0.35}{240} \times 150 \times 150 = 33 mm^2 = 0.33 cm^2$$

ولا يقل قطر التسليح العرضي عن :

$\frac{1}{3} \times 12 = 4mm$ و لا عن $6\ mm$ أيهما أكبر , فإذاً نستعمل $\emptyset\ 6\ /\ 15$ حيث تكون المساحة التصميمية لمقطع التسليح العرضاني من أجل فرعي الإسوارة الواحدة بقطر $6\ mm$:

$$2\ X\ 0.282 = 0.56\ cm^2 > Asmin\ .\ OK$$

د- التسليح التوزيعي في الأعصاب :

1- التسليح التوزيعي (ضمن بلاطة التغطية) العمودي على الأعصاب :

لا يقل مجموع مساحة مقاطع قضبان التوزيع العمودية على الأعصاب في المتر عن $\frac{1}{5}$ مجموع مساحة مقاطع التسليح الرئيسي في المتر , و لا عن $1\varphi 6\ /\ 20cm$

2- التسليح التوزيعي (ضمن بلاطة التغطية) الموازي للأعصاب :

لا يقل هذا التسليح عن : بلوكة $1\phi 6\ /$ أو $1\phi 6$ بين كل عصبين متجاورين .

ه- ترتيبات التسليح الرئيسي الطولي والعرضي للأعصاب :

يقصد بالتسليح الرئيسي : التسليح الناتج عن الحساب و ذلك في المقاطع التي يبين التحليل ضرورة وجود مثل هذا التسليح فيها , والتي لا تقل مساحتها عن المساحات الدنيا للتسليح

1- لا يقل قطر قضبان تسليح الشد الرئيسي في الأعصاب عن *12 mm* .

2- لا يقل قطر قضبان تسليح الشد الرئيسي في الأعصاب عن *8 mm* .

3- لا تزيد المسافة بين محوري كل قضيبين طوليين متجاورين عن *30 cm* .

4- لا يقل قطر التسليح العرضي عن $\frac{1}{3}$ أكبر قطر للتسليح الطولي , وعن *6mm* .

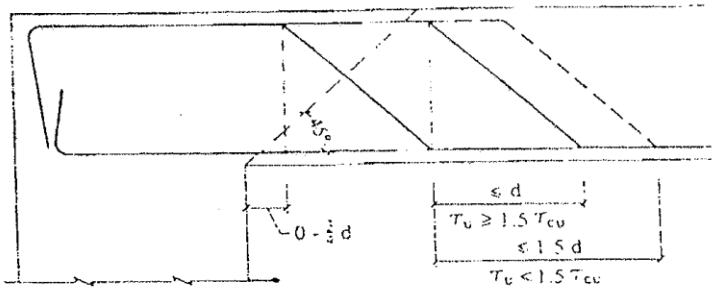
5- لا تزيد المسافة بين كل فرعين متجاورين للتسليح العرضي عن *30 cm* .

6- لا تتجاوز المسافة بين الأساور العرضية الارتفاع الفعال للمقطع (*d*) مع حد أقصى قدره *30 cm* .

7- في حالة ضرورة وضع تسليح عرضي لمقاومة إجهادات مماسية ناتجة عن القتل تكون الأساور من النوع الذي يطوق المقطع بكامله .

8- في حالة الأعصاب المسلحة على الضغط يجب أن تطوق الأساور كامل المقطع و أن لاتزيد المسافة بينها عن *15* مرة قطر التسليح المضغوط أو *20 cm* أيها أصغر وذلك لضمان عدم تحنيب قضبان التسليح المضغوط .

9- في حال استعمال أساور مائلة , أو قضبان طولية مكسحة فيجب أن يحتوي الخط المائل بزاوية *45* على محور العنصر والمرسوم من أسفل الوجه الداخلي للمسند على اسوارة أو قضيب مكسح , كما هو مبين في الشكل (1 – 27) .



ترتيب القضبان المكسحة عند المسند

الشكل (1 – 27)

10- في حالة وجوب استعمال تسليح عرضي لمقاومة الفتل فيجب تأمين هذا التسليح بالإضافة إلى تسليح القص حيث يتم دمج مساحات التسليح الناتجة لتصبح مساحة التسليح المستعملة مساوية لمجموع مساحات التسليح المطلوبة .

11- في حال إستعمال قضبان مكسحة لمقاومة القص , يجب أن لا تزيد المسافة بين كل صفين من القضبان المكسحة عن الارتفاع الفعال للعصب d إذا كانت إجهادات القص ($\tau_u \geq 1.5\ \tau_{cu}$) , حيث : $\tau_u = \dfrac{Vu}{0.85 \cdot bw \cdot d}$

τ_u : إجهاد القص عند وجه مسند العصب .

Vu : قوة القص الحدية المؤثرة عند وجه مسند العصب .

τ_{cu} : الإجهاد المماسي الناتج عن القص الحدي والذي يقاومه البيتون حيث : $\tau_{cu} = 0.23\sqrt{f_c'}$, أما إذا قلت إجهادات القص عن ذلك فيمكن زيادة المسافة بين القضبان المكسحة إلى مرة ونصف الارتفاع الفعال ($1.5\,d$) .

12- يراعي قدر الإمكان أن تكون قضبان التسليح المكسحة من القضبان الداخلية و أن تكون متناظرة بالنسبة للمقطع العرضي للعصب و أن لا تقاوم أكثر من نصف الإجهادات المماسية .

13- عند وضع قضبان التسليح بعضها فوق بعض بأكثر من صف , فيجب أن توضع قضبان الصف الثاني وما فوقه في المستويات الشاقولية ذاتها المارة من قضبان الصف الأول السفلي .

مثال :

لدينا عصب أبعاده 150 X 300 mm و سماكة التغطية البيتونية فيه 30 mm و قطر قضبان التسليح الطولي الرئيسي فيه هو $16\ mm$, أوجد المسافة القصوى بين القضبان المكسحة المستعملة إذا كانت قيمة قوة القص الحدية المؤثرة عند وجه مسند العصب $60\ kN$ ثم إذا كانت $45kN$, علماً أن المقاومة الإسطوانية للبيتون المستخدم هي $21\ Mpa$

الحل :

$$d = 300 - 30 - 0.5\ X\ 16 = 262\ mm$$

$$Vu = 60kN \Rightarrow \tau_u = \frac{Vu}{0.85 \cdot bw \cdot d} = \frac{60 * 10^3}{0.85 * 150 * 262} = 1.8N / mm^2$$

$$\tau_{cu} = 0.23\sqrt{f_c'} = 0.23 * \sqrt{21} = 1.054 N / mm^2$$

$\tau_u > 1.5\tau_{cu}$ نلاحظ أن $1.5 * \tau_{cu} = 1.5 * 1.054 = 1.58 N / mm^2$

المسافة القصوى بين القضبان المكسحة المستعملة هي $d = 26\ cm$ نختار المسافة $25\ cm$

$$Vu = 45kN \Rightarrow \tau_u = \frac{Vu}{0.85 \cdot bw \cdot d} = \frac{45 \times 10^3}{0.85 \times 150 \times 262} = 1.35 N / mm^2$$

$$\tau_{cu} = 0.23\sqrt{f_c'} = 0.23 * \sqrt{21} = 1.054 N / mm^2$$

$\tau_u < 1.5\tau_{cu}$ نلاحظ أن $1.5 * \tau_{cu} = 1.5 * 1.054 = 1.58 N / mm^2$

المسافة القصوى بين القضبان المكسحة المستعملة هي $1.5\ d = 1.5\ X 26.2 = 39\ cm$ نختار $35\ cm$

و – ترتيبات التسليح الثانوي للأعصاب :

يقصد بالتسليح الثانوي التسليح غير المحسوب , ويوضع للتعليق أو للتقلص أو للتوزيع أو ما شابه ذلك .

1– تستعمل قضبان تعليق طولية في منطقة الضغط في الأعصاب , ويمكن إهمال أثر قضبان التعليق هذه في حساب المقاومة .

2– لا يقل قطر قضبان التعليق عن نصف قطر قضبان التسليح الطولي الأكبر أو عن $2\ \emptyset\ 6mm$, ويمكن الاكتفاء بقضيب تعليق واحد في العصب على أن لا يقل قطره عن $8\ mm$.

3– لاتقل مساحة قضبان التعليق الكلية عن 0.15 مساحة تسليح الشد الرئيسي .

4– لا يقل قطر قضبان التقلص عن نصف قطر قضبان التسليح الطولي الأكبر أو عن $10\ mm$ أيهما أكبر .

5– لا يزيد تباعد قضبان التقلص عن $30cm$ ولا تقل نسبة مساحة تسليح التقلص عن $\frac{1}{1000}$ من المساحة الفعالة لمقطع العصب ($0.001 . bw . d$) .

الأعصاب العرضية (أعصاب التقوية) :

1- تزود البلاطة المفرغة ذات الاتجاه الواحد بعصب تقوية (عرضي) وفقاً لما يلي:

أ- إذا كان مجاز الأعصاب الحاملة أقل من $4\ m$ يمكن الاستغناء عن عصب التقوية المتعامد مع الأعصاب الحاملة .

ب- إذا كان مجاز الأعصاب الحاملة بين $4\ m$ و $6\ m$ يوضع عصب تقوية واحد في منتصف المجاز للعصب الحامل .

ج- إذا كان مجاز الأعصاب الحاملة يزيد عن $6\ m$ و حتى $10\ m$ توضع ثلاثة أعصاب تقوية بتباعدات متساوية .

د- إذا كان مجاز الأعصاب الحاملة أكبر من $10\ m$ توضع ثلاثة أعصاب تقوية بتباعدات متساوية .

2- لا يقل عرض مقطع العصب العرضي عن عرض مقطع الأعصاب الرئيسية المرتبط معها .

3- يسلح عصب التقوية تسليحاً متناظراً لا تقل قيمته (السفلي أو العلوي) عن $\frac{3}{4}$ مساحة التسليح الرئيسي للأعصاب الرابطة لها , باستثناء الأعصاب الطرفية الرابطة لنهايات الأعصاب الظفرية حيث يجب أن لا تقل مساحة التسليح المتناظر في كل طرف منها عن $\frac{1}{3}$ مساحة التسليح العلوي للأعصاب الظفرية الرابطة لها .

قوالب البلوك أو الآجر المفرغ :

1- لا يؤخذ البلوك المفرغ أو الآجر المفرغ المستعمل كقالب دائم في الحسبان عند حساب البلاطة ستاتيكياً .

2- إذا كان القالب المفرغ ذا عرضين مختلفين يمكن وضعه بطريقة يكون فيها البعد الأكبر في الأعلى أو الأسفل .

3- يوقف وضع القوالب المفرغة على بعد $15\ cm$ على الأقل من الوجه الداخلي للجوائز البارزة (المتدلية أو المقلوبة) , بحيث يكون هذا القسم من البلاطة مصمتاً وذلك لمقاومة عزوم الإنعطاف السالبة وقوى القص .

4- لا تقل مقاومة الانكسار بالضغط للقوالب المفرغة (اعتماداً على المساحة الصافية) عن $70\ Kg/cm^2$ عندما تحمل محورياً باتجاه يوازي الإجهادات الضاغطة في البلاطة .

مثال :

لدينا بلاطة السقف المبينة بأبعادها في الشكل حيث تبلغ أبعاد الأعمدة 300 X 500 mm و بإعتبار أن الجوائز متدلية بأبعاد $300X700\ mm$, إذا أردنا تغطيتها بأعصاب ذات اتجاه واحد فالمطلوب :

1- اختر الإتجاه المناسب للأعصاب في هذه البلاطة

2- اختر السماكة اللازمة للعصب للإستغناء عن حساب السهم

3- بين السماكة الدنيا لبلاطة التغطية باعتبار أن تباعد محاور الأعصاب $600\ mm$

4- حدد عدد أعصاب التقوية في كل من مجازي البلاطة

5- بين العرض الأصغري الممكن استخدامه للأعصاب

6- بين المساحة الدنيا لتسليح الشد الرئيسي للأعصاب , اختر العدد و القطر المناسب للتسليح وذلك باعتبار أن العرض الأدنى للعصب هو $200\ mm$ و الأكبر $230\ mm$ وأن حد المرونة للفولاذ المستخدم هو $360\ N/mm^2$ و أن سماكة التغطية البيتونية هي $30\ mm$ و أن القطر المستخدم للقضبان الطولية هو $20\ mm$

7- بين القطر الأعظمي الممكن استخدامه في الأعصاب و المساحة القصوى لتسليح الشد الرئيسي وذلك باعتبار أن المقطع أحادي التسليح والمقاومة الإسطوانية للبيتون المستخدم هي $20\ N/mm^2$

8- في حال حساب السهم في العصب و التحقق من كونه مقبولاً بين مساحة تسليح الشد الرئيسي القصوى في مقاطع الأعصاب أحادية التسليح بالعدد و القطر ثم احسب مساحة

تسليح الضغط الدنيا الواجب استخدامها بالعدد و القطر أيضاً في هذه الحالة إلى ثلاثة أرباع المساحة التوازنية ($0.75Asb$) بشرط حساب السهم , وعدم إجراء إعادة توزيع عزوم للأعصاب المستمرة , ووضع كمية تسليح ضغط دنيا بحيث تكون $(As - As') \leq 0.5Asb$

9- إذا كان تسليح الشد الرئيسي في العصب هو $2\phi25+1\phi22$ بين مساحة تسليح التعليق الدنيا الواجب استخدامها و القطر الأصغري لهذا التسليح ثم اختر تسليح التعليق المناسب من حيث العدد والقطر

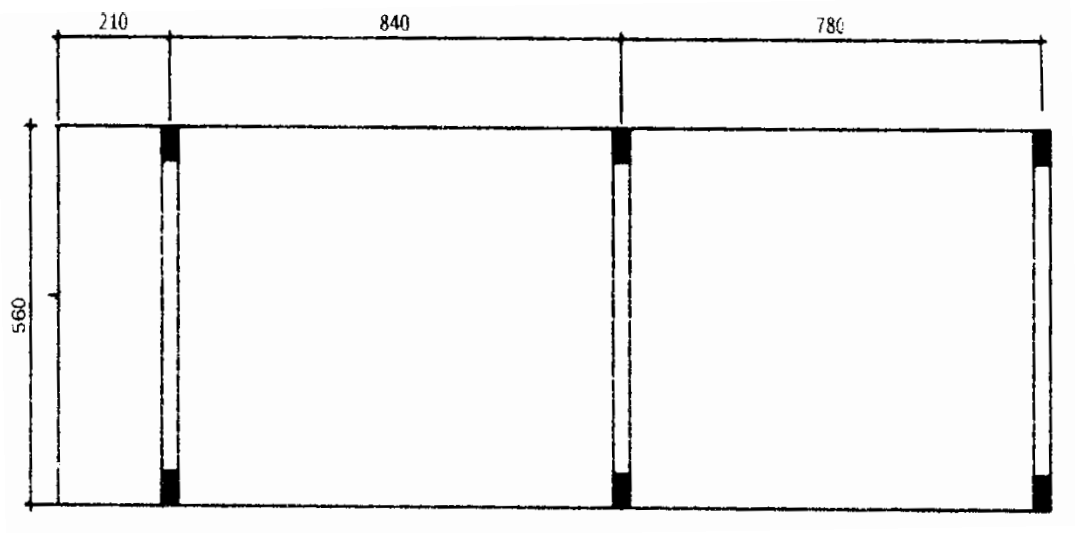
10- بين المساحة الدنيا للتسليح التوزيعي (ضمن بلاطة التغطية) العمودي على الأعصاب الدنيا باعتبار استخدام نفس التسليح الرئيسي المذكور في الطلب السابق ثم اختر العدد والقطر المناسب لهذا التسليح

11- بين المساحة الدنيا لتسليح أعصاب التقوية العرضية من حيث العدد و القطر باعتبار تسليح الشد الرئيسي للعصب نفس التسليح المذكور في الطلب التاسع

12- بين توزيع الهوردي في المسقط باستخدام البلوكة المبينة في هذا التوزيع

الحل :

1- الإتجاه المناسب لهذه الأعصاب هو الإتجاه الطويل , حيث تعمل الجوائز الرئيسية



الحاملة لهذه الأعصاب بالإتجاه القصير لتخفيف الجهود المؤثرة على هذه الجوائز

2- بالعودة إلى الجدول (1 – 3) نجد أن السماكة الدنيا للعصب للإستغناء عن حساب السهم هي من أجل المجاز الطرفي $\frac{7800}{22}=354mm \Rightarrow 36cm$ و من أجل المجاز الوسطي :

$\frac{8400}{25}=336mm \Rightarrow 34cm$ والظفر $\frac{2100}{8}=262.5mm \Rightarrow 27cm$

فإذاً نختار سماكة العصب $36cm$

3- باعتبار تباعد محاور الأعصاب اكبر من600 ملم فإن السماكة الدنيا لبلاطة التغطية هي

$$\frac{600}{10}=60mm=6cm$$

4-- بما أن مجازات الأعصاب أكبر من 6م نستعمل ثلاثة أعصاب تقوية عرضية بتباعدات متساوية

5-لا يقل عرض العصب عن ثلث او 100 ملم السماكة الكلية للعصب اي ايهما اكبر.اي لا يقل عن

$$\frac{360}{3}=120mm=12cm$$

6- العرض الوسطي للعصب :

$$\frac{200+230}{2}=215mm=21.5cm$$

الارتفاع الفعال لمقطع العصب$d = 360-30-10= 320\ mm$

لا تقل مساحة تسليح الشد الرئيسي في كل مقطع عن مساحة المقطع الفعال مضروباً بالمقدار $\frac{0.9}{fy}$ فيكون : $\frac{0.9}{fy}bw \cdot d$

$$As\ \min=\frac{0.9}{fy}bw \cdot d=\frac{0.9}{360}215\times320=172mm^2 \Rightarrow Use\ 2\Phi12$$

$$\Phi_{\max}=\frac{H}{10}=\frac{360}{10}=36mm=3.6cm$$ -7

لا تزيد مساحة تسليح الشد الرئيسي في المقاطع أحادية التسليح عن نصف المساحة التوازنية $(0.5Asb)$ حيث : $Asb = \frac{455}{630+fy}\frac{f_c'}{fy}bw \cdot d$ باعتبار أن bw : عرض جسد مقطع العصب , d : الارتفاع الفعال للعصب , fy : حد المرونة لفولاذ التسليح المستخدم فإذا :

$$Asb = \frac{455}{630+360} * \frac{20}{360} * 215 * 320 = 1757 mm^2 = 17.6 cm^2$$

$$\Rightarrow \quad Asmax = 0.5 X 17.6 = 8.8\ cm^2 \quad 2\varnothing 20 + 1\varnothing 18$$

8- يمكن زيادة مساحة تسليح الشد الرئيسي القصوى في مقاطع الأعصاب أحادية التسليح إلى ثلاثة أرباع المساحة التوازنية $(0.75Asb)$ في حال حساب السهم , وعدم إجراء إعادة توزيع عزوم للأعصاب المستمرة , فيصبح لدينا في هذه الحالة :

$$\Rightarrow \quad Asmax = 0.75 X 17.6 = 13.2\ cm^2 \quad 2\varnothing 25 + 1\varnothing 22$$

وفي هذه الحالة يجب استخدام تسليح مضغوط بقيمة دنيا بحيث يكون :

$(As - A\acute{o}\acute{o}s) \le 0.5Asb$ فإذاً :

$$\Rightarrow As' \ge As - 0.5Asb = 13.6 - 0.5 \times 17.6 = 4.8 cm^2 \Rightarrow Use\ 2\varnothing 18$$

9- لاتقل مساحة قضبان التعليق الكلية عن 0.15 مساحة تسليح الشد الرئيسي , و لا يقل قطر قضبان التعليق عن نصف قطر قضبان التسليح الطولي الأكبر أي عن

$$As = 0.15 X 13.6 = 2.04\ cm^2$$

$$\varnothing min = 0.5 X 25 = 12.5 \Rightarrow Use 2\varnothing 14$$

10- لا يقل مجموع مساحة مقاطع قضبان التوزيع العمودية على الأعصاب في المتر عن $\frac{1}{5}$ مجموع مساحة مقاطع التسليح الرئيسي في المتر , و لا عن $1\phi 6/20cm$

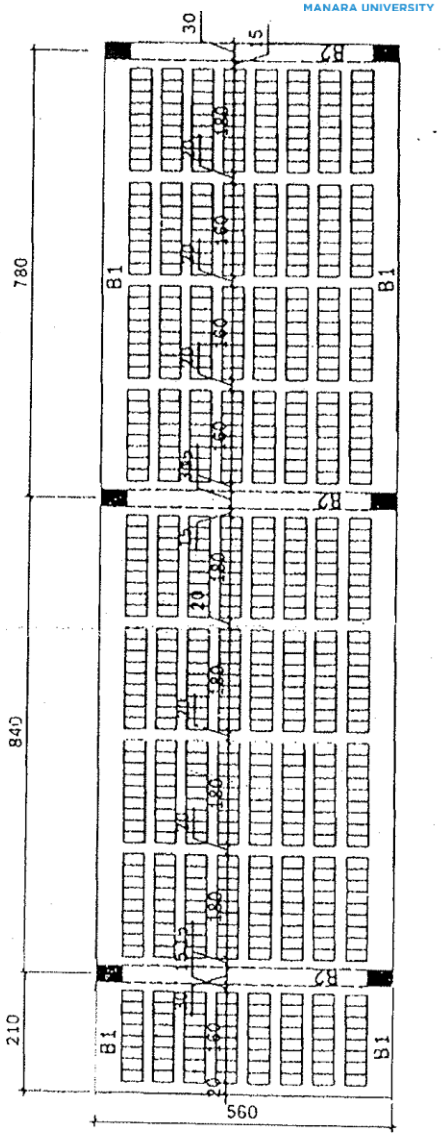
أي لا يقل عن $0.2 \ X \ 6\phi 8/m \Rightarrow 13.6 = 2.72\ cm^2$

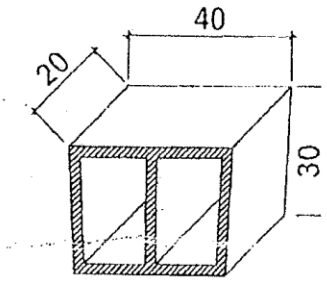
11- إن عرض عصب التقوية نفس عرض العصب الرئيسي , أي $20\ cm$ و هو يسلح تسليحاً متناظراً لا تقل قيمته (السفلي أو العلوي) عن $\frac{3}{4}$ مساحة التسليح الرئيسي للأعصاب الرئيسية , ففي المجازات يكون هذا التسليح :

$$0.75\ X \quad 2\phi 22 + 1\phi 20 \Rightarrow 13.6 = 10.2\ cm^2$$ أي لا يقل عن

أما في نهايات الأظفار و باعتماد نفس التسليح الرئيسي السابق فإن مساحة التسليح المتناظر في كل طرف منها يجب أن لا تقل عن $\frac{1}{3}$ مساحة التسليح العلوي للأعصاب الظفرية الرابطة لها أي لا تقل عن : $0.333\ X\ 2\phi 18 \Rightarrow 13.6 = 4.55\ cm^2$

12- يجب الإنتباه إلى ترك أجنحة بعرض لا يقل عن $15\ cm$ في مناطق اتصال الأعصاب مع الجوائز المتكلية , كما يجب أيضاً لحظ عصب طرفي رابط في نهايات الأظفار





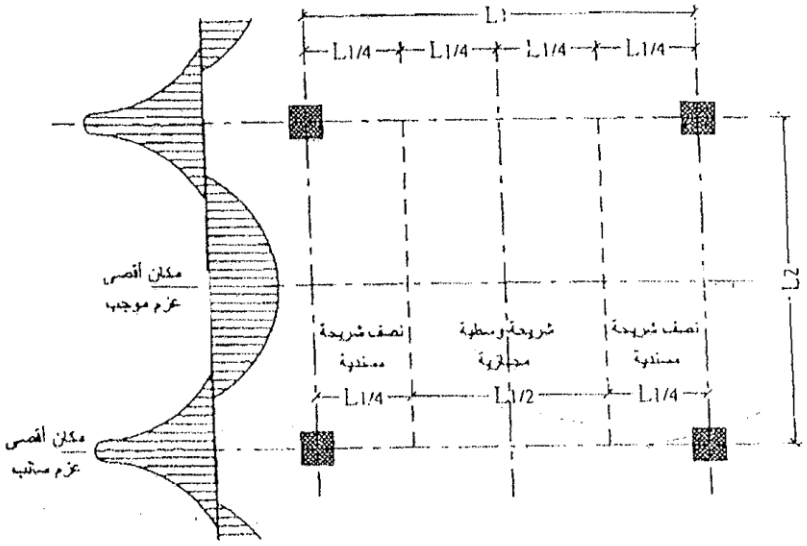
شـكل بلوكـــة الهوردي المســـتعمل

البلاطات المفرغة ذات الأعصاب غير الصريحة : شكل (1 -28)

تكون مساحات التسليح الدنيا والقصوى للبلاطات المفرغة ذات الأعصاب غير الصريحة كما هو مذكور للبلاطات المصمتة , وتهمل مساحات الفراغات عند حساب كمية التسليح .

البلاطات الفطرية (اللاجائزية) : – التسميات – :

يقصد عموماً بالبلاطات الفطرية (اللاجائزية) البلاطات المسطحة المصمتة بشكل عام من البيتون المسلح (إما بسقوط او بدونه) والتي ترتكز مباشرة على أعمدة ,إما بتيجان أو بدونها , كما في الشكلين (1 – 30) , (1 – 29)



الشكل (1 – 29) : توزيع الشرائح للبلاطات الفطرية

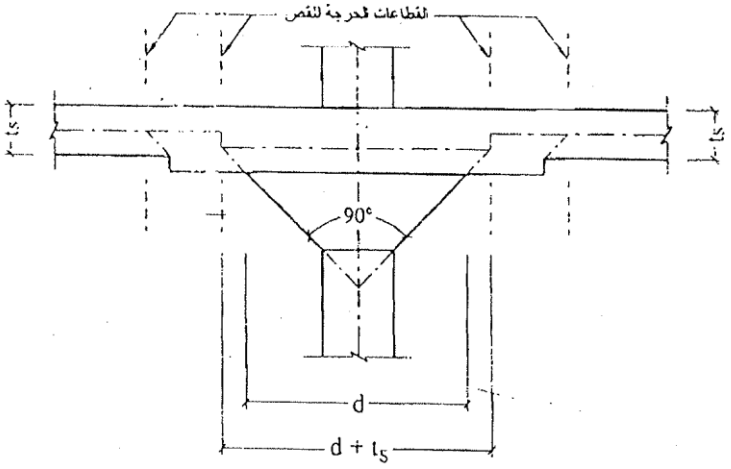
$L1$: طول الفتحة مقاساً من محاور الأعمدة .

$L2$: عرض الفتحة مقاساً من محاور الأعمدة .

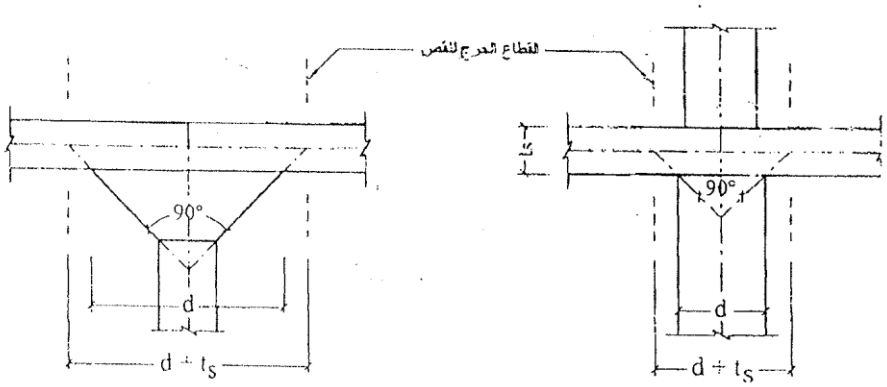
L : المتوسط الحسابي للقياسين $L1$ و $L2$ أي : $L = \frac{L1 + L2}{2}$

d : قطر تاج العمود , أو قطر أكبر دائرة يمكن رسمها داخل مقطعه .

t_s : السماكة الكلية للبلاطة .



بلاطة فطرية بسقوط وعمود بتاج



بلاطة فطرية بدون سقوط
وعمود بدون تاج

بلاطة فطرية بدون سقوط
وعمود بتاج

الشكل (1 – 30) : السقوط والتاج في البلاطات الفطرية

الإشتراطات البعدية للبلاطات الفطرية :

1 – في حال استعمال الطريقة الواردة في هذه الفقرة يجب أن لا تتعدى النسبة بين طول وعرض البلاطة ($L1$ و $L2$) عن $1.33 = \frac{4}{3}$, كما يجب أن لا يصل عدد المجازات في كل اتجاه عن 3 ولا يزيد الفرق بين أطوال المجازلت عن 20 % من الطول الأكبر و إلا فيجب إجراء تحليل إنشائي دقيق .

2- يجب أن لا تقل أصغر سماكة كلية t_s للبلاطة باي حال عن أكبر القيم التالية:

أ- $\frac{L}{32}$ للفتحات الطرفية دون سقوط .

ب- $\frac{L}{35}$ للفتحات الداخلية المستمرة بالكامل دون سقوط, او للمجازات الطرفية التي لها سقوط .

ج- $\frac{L}{38}$ للفتحات الداخلية المستمرة بالكامل والتي لها سقوط .

د- يجب أن لا تقل سماكة البلاطة عن $15\ cm$.

3- يجب أن لا يقل قطر العمود (الدائري المقطع , أو طول كل من جانبي العمود المستطيل المقطع) عن أكبر القيم التالية :

أ) $\frac{1}{20}$ من طول المجاز في الاتجاه المدروس .

ب) $\frac{1}{15}$ من ارتفاع الطابق الكلي .

ج) $35cm$ ويمكن تخفيضه إلى $30\ cm$ في حال وجود جملة أخرى مقاومة للزلازل .

4- في الحالات التي تزود فيها الأعمدة بتيجان , يجب أن تتحقق المتطلبات التالية وذلك بالنسبة لتيجان الأعمدة الداخلية , و كذلك أجزاء تيجان الأعمدة الخارجية الواقعة في حدود المبنى :

أ- إذا زادت زاوية أقصى ميل التاج مع الاتجاه الرأسي عن $45°$ يكون فقط الجزء من التاج المحصور بالزاوية $45°$ هو الفعال .

ب- إذا زاد قطر تاج العمود عن ربع طول الفتحة , يعد القطر الفعال لتاج العمود (d) فقط $\frac{1}{4}$ طول الفتحة ($\frac{L}{4}$)

5- يفترض تقسيم فتحات البلاطات الفطرية إلى شرائح وسطية وشرائح مسندية كما هو مبين في الشكل (1- 28) .

مساحات التسليح الدنيا والقصوى في البلاطات الفطرية :

تؤخذ مساحات التسليح الدنيا والقصوى للبلاطات الفطرية كما هو للبلاطات المصمتة .

ترتيبات التسليح في البلاطات الفطرية :

1- يجب أن تسلح البلاطات الفطرية ويرتب التسليح ويرتب التسليح بحيث تسلح كل شريحة بعرضها الكامل .

2- يجب أن يمتد على الأقل نصف التسليح الموجب لكل شريحة في الجزء الأسفل من البلاطة إلى ما بعد الخط الواصل بين محاور الأعمدة بما لا يقل عن $10\ cm$, و عند استعمال القضبان المستقيمة للتسليح الموجب في الفتحة الطرفية يجب أن يمتد التسليح إلى ما بعد محور المسند الطرفي بما لا يقل عن $15\ cm$.

3- يجب أن يستمر التسليح السالب أعلى البلاطة داخل المجازات المجاورة لمسافة لا تقل عن $\frac{1}{4}$ طول المجاز الأكبر من المجازين المتجاورين مقاسة من الخط الواصل بين مراكز الأعمدة .

4- يجب أن يحتفظ بمساحة التسليح السالب بكاملها لمسافة لا تقل عن $\frac{1}{5}$ طول المجاز على كل جانب من الخط الواصل بين مراكز الأعمدة كما يجب أن يحتفظ بمساحة التسليح الموجب بكاملها لمسافة لا تقل عن $\frac{1}{4}$ طول المجاز على كل جانب من محور المجاز في حال استعمال القضبان المكسحة , أو 35% في حال استعمال القضبان المستقيمة .

5- في حالة البلاطات الفطرية المرتكزة على أعمدة دون تيجان ,أو عندما يكون قطر التاج أقل من ضعف البعد الأدنى (أو القطر المكافئ) لأعلى العمود يجب تجميع $\frac{2}{3}$ كمية التسليح اللازمة لمقاومة العزوم السالبة للشريحة المسندية في عرض يساوي $\frac{1}{2}$ عرض هذه الشريحة , على أن تكون متمركزة مع العمود ويوزع باقي التسليح على العرض المتبقي من الشريحة المسندية .

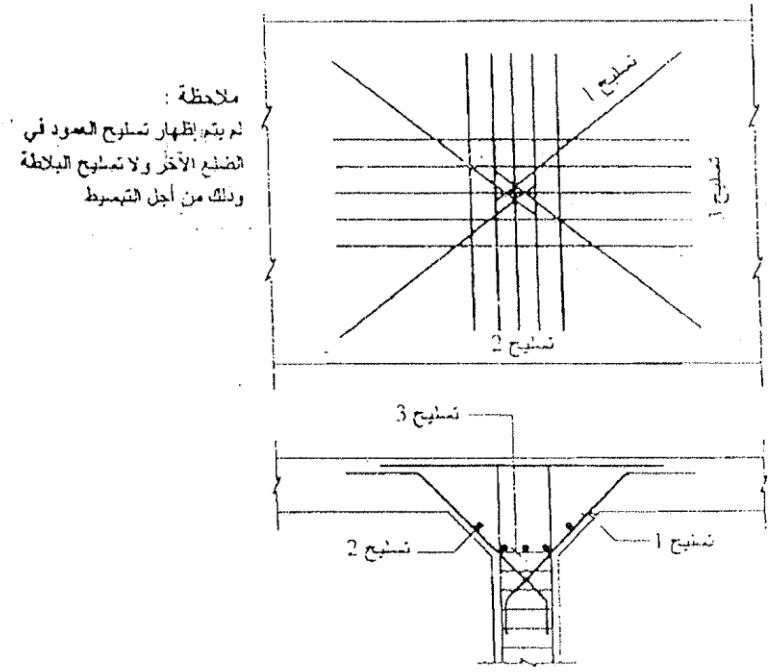
ك- يجب أن يمتد التسليح الموجب والسالب في البلاطات غير مستمرة الأطراف للحصول على الإرساء المناسب لمقاومة الإجهادات في المقاطع الطرفية .

تسليح تيجان أعمدة البلاطات الفطرية :

يجب أن تسلح تيجان الأعمدة بقضبان تسليح كالمبين في الشكل (1- 30) ويجب أن لا تقل المساحة الكلية لهذا التسليح في كل اتجاه عما يلي :

1- عندما يكون مقطع تاج العمود مستطيلاً : $\frac{1}{25}$ من مساحة التسليح السالب في المتر للشريحة المسندية في الاتجاه المعتمد مضروباً في طول الفتحة في الاتجاه المتعامد مع هذا التسليح .

2- عندما يكون مقطع تاج العمود مستديراً : يوزع مجموع التسليح (1) و (2) المبين في الشكل (1- 30) السابق إيجادهما للاتجاهين على محيط التاج .



تسليح تيجان الأعمدة للبلاطات الفطرية

الشكل (1 – 31)

جَـامعة
المَـنارة
MANARA UNIVERSITY

المحاضرة الثالثة حتى السادسة