5- البلاطات المستوية من البيتون المسلح

5-1- مقدمة

البلاطات المستوية هي عناصر إنشائية حاملة، تتلقى مباشرة الحمولات الإضافية بأنواعها المختلفة، وتقوم بنقلها إضافة لأوزانها الذاتية إلى الجوائز الرئيسة أو الثانوية الموجودة في محيطها، أو إلى الأعمدة مباشرة في حال البلاطات الفطرية. وهي ذات أبعاد أفقية كبيرة نسبة إلى سماكتها، بالتالي تحسب وفق نظرية الصفائح التي هي إحدى فروع نظرية المرونة. وإن حساب البلاطات يشمل على تحديد كل من عزوم الانعطاف، الفتل والجهود القاطعة، وأيضاً التغيرات والسهوم الناجمة عن حالات التحميل المختلفة.

تتميز البلاطات عن الجوائز بعدم احتوائها على تسليح عرضاني حيث يتوجب على البيتون بمفرده امتصاص إجهادات القص الأعظمية في المساند.

كما ذكرنا سابقاً، يصادف في المنشآت والأبنية المختلفة أنواع عديدة من البلاطات، يمكن حصرها ضمن المجموعات الرئيسة التالية:

أ- بلاطات مصمتة (مليئة):

وهي بأنواع مختلفة، وتختلف هذه البلاطات عن بعضها البعض وفق ما يلي:

- حسب الشكل: مستطيلة أو مربعة، دائرية أو بشكل قطع ناقص، مثلثية أو بشكل شبه منحرف...
- حسب شروط الاستناد: بلاطات تستند على مساند بسيطة، بلاطات موثوقة، بلاطات مستمرة، ويمكن أن يكون الاستناد هجين يشمل الحالات السابقة.
- حسب نوع الحمولات: بلاطات ذات حمولات موزعة بانتظام جزئية أو كلية، ذات حمولات مركزة، بلاطات ذات حمولات هيدروستاتيكية، وغيرها من الحمولات الخاصة.

ب- بلاطات معصبة (مفرغة):

وهي عبارة عن بلاطات رقيقة محمولة على أعصاب متوازية أو متعامدة، وقليلا ما تكون هذه الأعصاب منحرفة، (التباعد بين الأعصاب لا تتعدى المتر الواحد $(e=0.50\rightarrow 1m)$)، بالتالي يمكن أيضاً أن تكون هذه البلاطات عاملة باتجاه واحد أو باتجاهين. في الواقع، أصبح هذا النوع من البلاطات كثير الاستخدام في الأبنية السكنية والإدارية والمدرسية، وخاصة في المنشآت التي تحتاج إلى عزل جيد للحرارة مثل البرادات، وذلك عندما تكون مفرغة عن طريق قوالب دائمة (بلوك أو قرميد الهوردي)، لما لها من ميزات مهمة، يمكن تلخيصها كما يلي:

1) العازلية الجيدة للحرارة والصوت.
2) تسمح بتنفيذ بلاطات ذات أبعاد كبيرة.
3) تسمح بإخفاء الجوائز ضمن سماكة البلاطة الكلية، بالتالي الحصول على ارتفاع طابقي فعال للمنشأة أكبر بسبب عدم تدلي الجوائز. وهنا تكون الأعصاب بالاتجاه الطويل والجوائز المخفية بالاتجاه القصير.
4) تعطي هذه البلاطات، وخاصة المعصبة باتجاهين، حرية كاملة للمعماري في توزيع القواطع الخفيفة دون تشويه السطح المستوي للبلاطات.

في الواقع إن استخدام الجوائز المخفية له سلبيات كثيرة، يمكن أن نلخصها وفق مايلي:

- زيادة كبيرة في كمية التسليح الطولي بسبب ضعف فعاليته. وكذلك الاضطرار إلى استخدام تسليح مضغوط (ثنائي)، وهذا الأمر يسبب إعاقة لعملية التكيف داخل المقطع البيتوني.
- لا يحقق شرط الحد من السهم المعيب وخاصة للمجازات الكبيرة، بالتالي حصول تشققات في القواطع وطبقات الإكساء التي يحملها.
- غالباً، لا يحقق شرط الثقب عند مواقع الأعمدة.
- أيضاً، يؤدي إلى زيادة في كمية التسليح العرضي، بسبب صغر ذراع الرافعة وكذلك صغر عرضه الفعال، حيث يتوجب اعتماد عرض يبرز عن وجه العمود بما لا يزيد عن 20 سم من كل طرف فقط.

بالتالي، إن هذا النوع من البلاطات له بعض السلبيات، نذكر منها:

- الكلفة العالية مقارنة بالبلاطات المصمتة.
- يتطلب إنشاؤها دقة عالية في وضع البلوك المفرغ بين الأعصاب وتنفيذ التسليح.

أخيراً، نشير إلى أنه عندما يتراوح التباعد بين الأعصاب المتعامدة (في هذه الحالة تسمى جوائز متصالبة) المتر ونصف والثلاثة أمتار $(l = 1.50 \rightarrow 3m)$ تسمى البلاطة ببلاطة ذات جوائز متصالبة بالاتجاهين، مستندة على جدران، أو على جوائز بارزة (متدلية أو مقلوبة).

ج- بلاطات فطرية:

وهي بلاطات مليئة تستند مباشرة على الأعمدة دون استخدام جوائز، وتسمى في هذه الحالة "بلاطة سقفية"، بالتالي إمكانية تشكل قوى ثقب كبيرة في المنطقة المحيطة بالعمود، وهذا الأمر يستدعي، في معظم الحالات، إعطاء شكل الفطر أو التاج لطرف العمود العلوي، بهدف توسيع مساحة ومحيط الاستناد، بالتالي التخفيف من إجهادات القص الناجمة عن قوى الثقب، ولذلك سميت هذه البلاطات بالفطرية. غالباً ما تتراوح سماكة هذا النوع من البلاطات بين 15 و25 سم.

ويمكن تلخيص ميزات هذا النوع من البلاطات عن غيرها بما يلي:

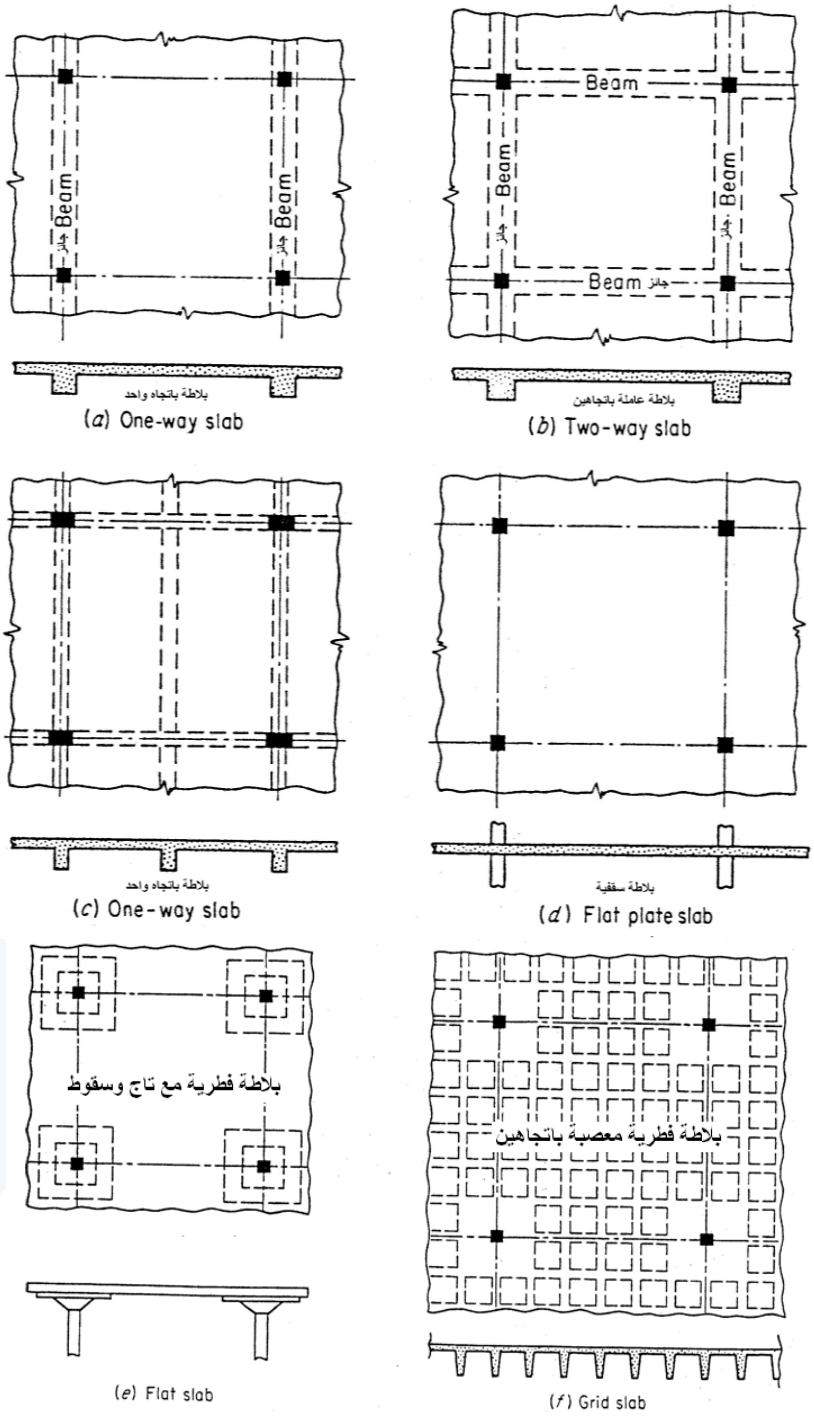
1) الجمال المعماري من خلال تأمين سقف مستوي، وأعمدة مربعة أو دائرية ذات تيجان مخروطية جميلة.
2) الاستفادة الكاملة من الارتفاع بين الطوابق (تخزين).
3) سهولة التنفيذ وخاصة في القالب مقارنة مع تلك الحاوية على جوائز بارزة، بالتالي الوفرة في كلفة القالب.
4) التوفير في استخدام السقوف المستعارة لإخفاء الجوائز المتدلية والتمديدات وغيرها من أعمال مرتبطة بالدهان والتمديدات الكهربائية.
5) تحسين الشروط الصحية من إنارة وتهوية.

إن التحليل الإنشائي للبلاطات هو عملية معقدة وطويلة، وبشكل عام يستند التحليل المبسط لأنواع البلاطات على جملة من الفرضيات الأساسية لا بد منها، وهي:

- عامل بواسون: هذا العامل الذي يمثل بالنسبة بين التشوهات العرضية إلى التشوهات الطولية، يدخل بالاعتبار عند تحليل الأجسام المرنة المتجانسة المستوية أو ذات الأبعاد الثلاث. تتراوح قيمة هذا العامل في البيتون بين $(0.10 \rightarrow 0.25)$، وأظهرت الدراسات أن الاختلاف في تقدير قيمة هذا العامل لا يؤثر كثيراً على النتائج.

- عزم العطالة: يؤخذ عزم عطالة واحداً للشرائح بالاتجاهين، بالرغم من أن التسليح غير واحد بالضرورة.
- صلابة أطراف استناد البلاطات: عند تحليل البلاطات إنشائياً، تعتبر مساندها صلبة، حيث يتم إهمال التشوهات أو الهبوط و السهوم نتيجة انتقال الحمولات إليها من البلاطات.

ويوضح الشكل (5-1) بعض من البلاطات المذكورة أعلاه.



الشكل (5-1): بلاطات مصمتة ومفرغة

5-2- البلاطات المصمتة العاملة باتجاه واحد

5-2-1- مقدمة – عموميات

هذا النوع من البلاطات تكون عادة مستطيلة، وتعمل باتجاه وحيد (القصير) يتعامد مع طرفي الاستناد المتقابلين كجائز بسيط أو مستمر. والذي يحدد عادة سلوك بلاطة إذا كانت تعمل باتجاه واحد أو باتجاهين في حال استنادها على حوافها الأربع هو درجة استطالتها التي يعبر عنها بالعلاقة التالية:

$$r = \frac{m_1 L_1}{m_2 L_2}$$

حيث: L_1 المجاز الفعال بالاتجاه الطويل للبلاطة.

L_2 المجاز الفعال بالاتجاه القصير للبلاطة.

m_1 نسبة المسافة بين خطي الانقلاب في الاتجاه L_1.

m_2 نسبة المسافة بين خطي الانقلاب في الاتجاه L_2.

وللتبسيط يمكن اعتماد $m = 0.87$ للفتحات الطرفية، و $m = 0.76$ للفتحات الوسطية، وذلك لحالة البلاطات المستمرة المستعملة في المباني العادية، ذات الحمولات الحية الموزعة بانتظام والتي لا تتعدى $(5kN/m^2)$، وعندما يكون المجاز L_1 أو L_2 لا يقل عن ثلثي المجاز أو المجازات المجاورة، ولا يزيد عن مرة ونصف منه $(2/3 \rightarrow 3/2)$.

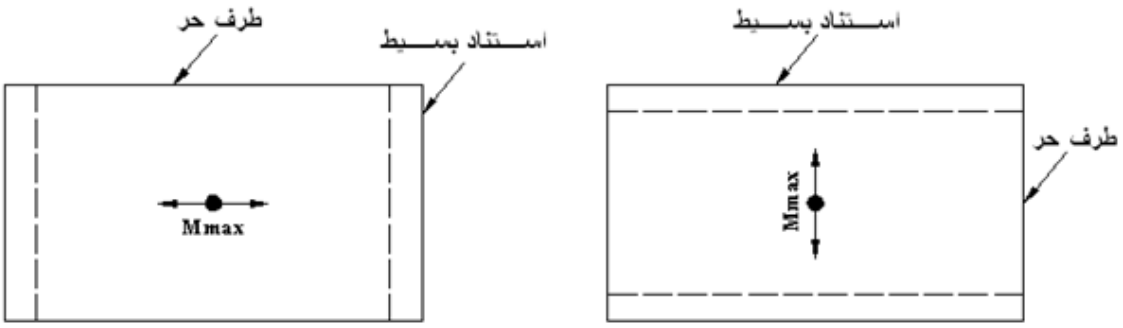
في حالة البلاطات المستطيلة المستندة بشكل بسيط على حوافها الأربع، يكون لدينا: $(m = m_1 = m_2 = 1)$. بالتالي يكون:

$r > 2$: البلاطة تعمل باتجاه واحد، واتجاه عملها هو اتجاه المجاز الصغير.

$r \le 2$: البلاطة تعمل باتجاهين.

تبين الأشكال التالية نماذج مختلفة للبلاطات العاملة باتجاه واحد.

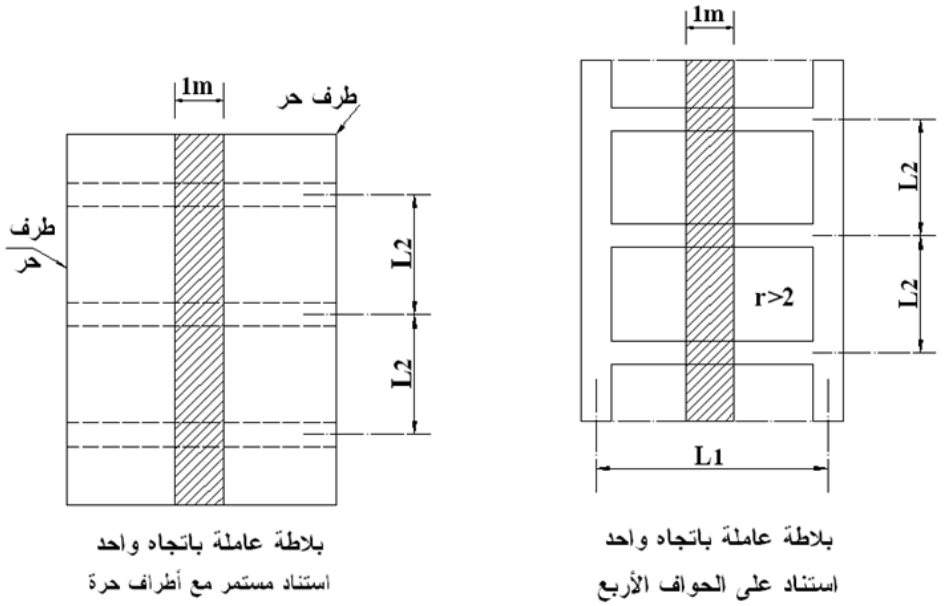
- حالة البلاطات المحمولة باتجاه واحد، والمستندة على مسندين فقط (جدارين أو جائزين) ممتدين على طول الطرفين المتقابلين، الشكل (5-2).



بلاطات عاملة باتجاه واحد – استناد على حافتين متقابلتين

الشكل (5-2)

- حالة البلاطات المستطيلة المستندة على حوافها الأربع، الشكل (5-3).



الشكل (5-3)

يتم حساب البلاطات العاملة باتجاه واحد باعتبارها جائز مسنود على الأطراف المتقابلة، بسيط أو مستمر، وتؤخذ شريحة عرضها $(b=1m)$ باتجاه أطراف الاستناد، وارتفاعها (السماكة الكلية) (t). في هذه الحال تحسب العزوم في الاتجاه القصير فقط، التي تعطي التسليح الرئيس الموازي للمجاز الصغير (L_2)، بينما توضع قضبان تسليح توزيع إنشائية (ثانوي) في الاتجاه الطويل (L_1).

من الضروري الانتباه إلى ضرورة وضع التسليح الرئيس السفلي (الموجب)، أسفل التسليح الثانوي، وذلك بغية الحصول على أكبر ذراع للرافعة. وينحصر دور التسليح الثانوي (التوزيع) بصورة عامة، فيما يلي:

- مقاومة جهود الشد الناجمة عن العزوم الثانوية الطارئة، التي قد تحصل بسبب تمركز الحمولات.
- مقاومة جهود الشد الناجمة عن انكماش البيتون، ومنع تفتح الشقوق (خياطة).
- ربط التسليح الرئيس وتثبيته.
- المساهمة في توزيع الحمولات المركزة، وبصور خاصة عندما يوضع هذا التسليح في الوجه العلوي للبلاطة، أي من جهة التحميل.

5-2-2- الاشتراطات البعدية:

- تتحدد السماكة الدنيا للبلاطة العاملة باتجاه واحد (t)، استناداً لتحقيق شرط السهم المبين في الجدول (5-1)، ويمكن أن نأخذ قيماً أصغر بشرط أن تتم دراسة السهم وحسابه بحيث لا تتجاوز قيمته القيمة المسموح بها في الكود السوري الأساس، والتي سيتم تحديدها في فصل لاحق من هذا الكتاب.

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

الجدول (5-1)

حيث: L المجاز الفعال للبلاطة.

- يجب ألا يقل الارتفاع الكلي للجائز الحامل للبلاطة (h) عن ضعف سماكة البلاطة: $\frac{h}{t} \geq 2$ ، وإلا يجب حساب السهم الكلي للبلاطة بدقة.
- في كافة الأحوال يجب أن تكون سماكة البلاطة محققة لـ :

$t \geq 8cm$ في حالة الحمولات الستاتيكية.

$t \geq 12cm$ في حالة الحمولات الديناميكية.

5-2-3- التسليح وترتيباته:

- لا تزيد مساحة التسليح الرئيس عن نصف المساحة التوازنية: $A_{sl2} \leq 0.5 A_{sb}$
- التسليح الرئيس A_{sl2} :

$\mu_{scl2} \geq 0.25\%$ قضبان ملساء وطرية

$\mu_{sel2} \geq 0.15\%$ قضبان ملساء وطرية

$\mu_{scl2} \geq 0.2\%$ قضبان محلزنة عالية المقاومة أو تسليح شبكات

$\mu_{sel2} \geq 0.12\%$ قضبان محلزنة عالية المقاومة أو تسليح شبكات

حيث: μ_{se} نسبة التسليح من المساحة الفعلية، μ_{sc} نسبة التسليح من المساحة الحسابية.

- التسليح الإنشائي (الثانوي) A_{sl1} :

$$A_{sl1} \geq \frac{1}{4} A_{sl2}$$

$\mu_{sel1} \geq 0.12\%$ قضبان ملساء وطرية

$\mu_{sel1} \geq 0.1\%$ قضبان محلزنة عالية المقاومة أو تسليح شبكات

- يحدد قطر التسليح المستخدم كما يلي:

$\phi \geq 6mm$ قضبان مستقيمة

$\phi \geq 8mm$ قضبان مكسحة

$$\phi_{\max} \leq \frac{t}{10}$$

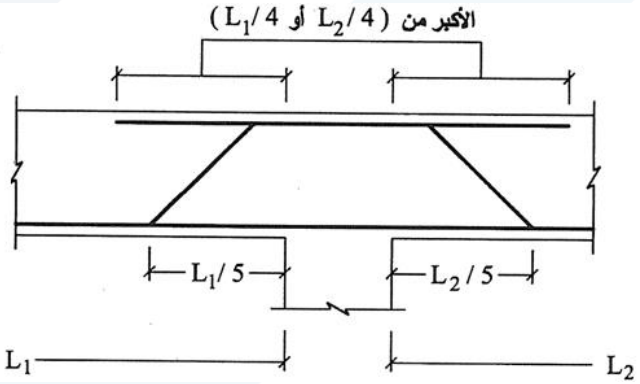
- المسافة بين قضبان التسليح (e) يجب أن تحقق:

$e \geq 8cm$ عدا في حالة التسليح بالشبكات

$e \leq \begin{cases} 20cm \\ 2t \end{cases}$ تسليح رئيس

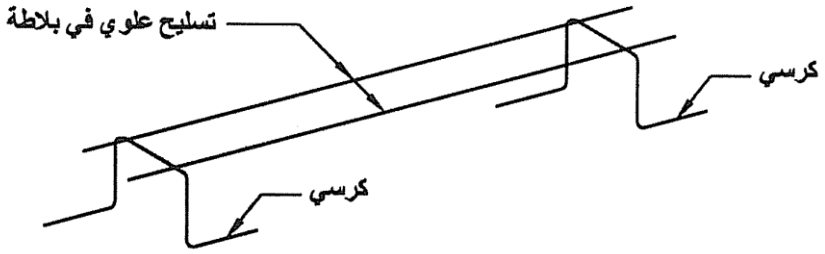
$e \leq \begin{cases} 25cm \\ 3t \end{cases}$ تسليح ثانوي

- يجب ألا تقل مساحة مقطع قضبان التسليح و الممتدة إلى المساند عن نصف مساحة مقطع التسليح الموجب المستعمل في منتصف المجاز.
- يجب ترتيب التسليح بحيث يغطي جميع مناطق الشد مضافاً له طول التثبيت اللازم زائد d أو 12ϕ أيهما أكبر.
- يجب أن يساوي مقطع التسليح العلوي السالب على الأقل نصف مقطع التسليح السفلي الموجب.
- يمكن تكسيح نصف التسلح الرئيسي السفلي على الأكثر عند 1/5 المجاز الصافي من وجه المسند، ويمتد في المجاز المجاور إلى مسافة تساوي 1/4 أكبر المجازين المتجاورين وذلك عندما تتساوى أو تتقارب (25% فرق) أطوال مجازات البلاطات المستمرة المتجاورة، كما هو مبين في الشكل (5-4).



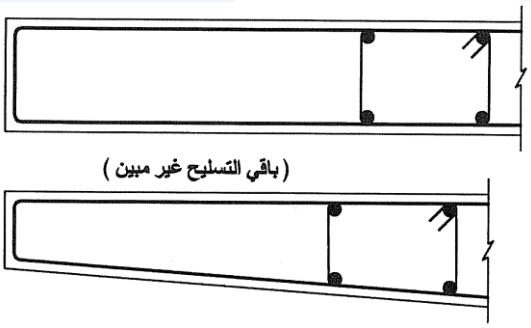
الشكل (5-4): تكسيح التسليح في البلاطات المستمرة ذات المجازات المتقاربة

- ويمكن أن ينفذ التسليح العلوي عند المساند بوضع شبكة تستمر بعد المسند في كل طرف مسافة لا تقل عن 1/4 أكبر المجازين المتجاورين (قبعات أو شابوات)، وتستعمل كراسي لتثبيت هذه الشبكة، وبالتالي يمكن أن يستمر التسليح السفلي حتى المساند وفق الترتيب المطلوب والمذكور أعلاه.
- في البلاطات التي تساوي سماكتها أو يزيد عن $20cm$ ، يلزم استعمال شبكة تسليح علوية بنسبة دنيا إذا لم تثبت الحسابات الحاجة إلى أكبر من ذلك.
- يجب المحافظة على وضع التسليح العلوي في البلاطات في مكانه التصميمي باستعمال كراسي بأقطار لا تقل عن $10mm$ و بتباعد لا يزيد عن $100cm$، وبحيث يحمل قضيبين متجاورين فقط، كما هو مبين في الشكل (5-5).



الشكل (5-5): كراسي تثبيت للمحافظة على مكان التسليح العلوي في البلاطة

- وفي حالة الأظفار، يجب المحافظة على وضع التسليح العلوي بسنده على تسليح عصب مخفي مؤلف من أربعة قضبان بقطر لا يقل عن $10mm$ وأساور لا يقل قطرها عن $8mm$ كل $20cm$ ، بحيث يكون موقعه متعامداً مع اتجاه التسليح العلوي وقريباً من المسند، وفق الشكل (5-6).



الشكل (5-6): حمل التسليح العلوي للبلاطة الظفرية المصمتة بواسطة أعصاب مخفية

ملاحظة : يجب ألاّ يقل عرض مسند البلاطة عن سمكها وبحد أدنى مقداره 8cm إلا في حالة البلاطات المسبقة الصنع، وعموماً يجب ألاّ يستخدم جدار من الطوب أو الحجر سمكه أقل من 15 cm بصفه جدار حامل عدا الجدران المليئة الحاملة للسقائف.

5-2-4- التحليل المبسط للبلاطات المصمتة العاملة باتجاه واحد:

سنعتمد التحليل المبسط المنصوص عنه في الكود السوري الأساس، وذلك وفق المراحل والتوصيات التالية:

أ- عند تحقق الاشتراطات التالية:

- الحمولات موزعة بانتظام.
- لا تزيد الحمولة الحية الحدية (المصعدة) على ضعفي الحمولة الميتة المصعدة:

$$\frac{P_u}{G_u} \le 2$$

- لا يزيد الاختلاف بين كل مجازين متجاورين على 25% من المجاز الأكبر:

$$\frac{L_1 - L_2}{L_1} \le 25\%$$

يمكن حساب عزوم الانعطاف لشرائح بعرض واحد الطول، في اتجاه المجاز الفعال بين المسندين المتقابلين بالعلاقة التالية، وتعتبر هذه القيم نهائية في التصميم (رسم مغلف العزوم):

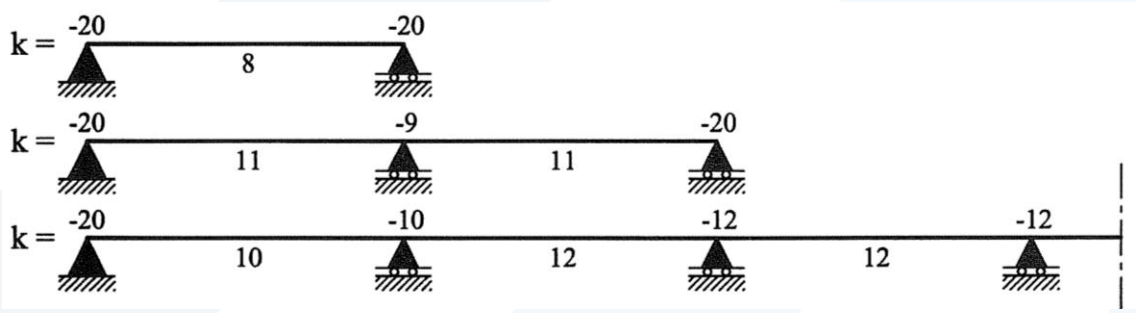
$$M_u = \frac{w_u L^2}{k}$$

حيث:

w_u: الحمولة الكلية المصعدة عند حساب العزم الحدي الموجب، ومتوسط حمولتي البلاطتين المتجاورتين عند حساب العزم الحدي السالب عند المسند.

L: المجاز الفعال للبلاطة عند حساب العزم الحدي الموجب والقص الحدي، ومتوسط مجازي البلاطتين المتجاورتين عند حساب العزم الحدي السالب ورد فعل المساند الداخلية.

k: معامل تؤخذ قيمته من الشكل (5-7):



الشكل (5-7): قيم العامل k للبلاطات المستمرة

ب- عندما لا نتمكن من تطبيق ما ورد أعلاه، يتم الحساب وفق أية طريقة إنشائية أخرى يتم تحديد ورسم مغلف العزوم، وبحيث ألا يقل العزم الحدي الموجب التصميمي في أي مجاز عن: $M_u \geq \frac{M_{u0}}{2} = \frac{w_u L^2}{16}$.

ج- في حال الأظفار المستمرة مع البلاطة، يؤخذ العزم الحدي السالب فوق المسند بحيث لا يقل عن عزم الظفر الحدي دون تخفيض. وفيما يخص بقية العزوم في البلاطة يتم حسابها بتحقيق الفرضيات التالية:

- الاستمرار مع الظفر هو وثاقة تامة إذا كان مجاز الظفر لا يقل عن ثلث مجاز البلاطة.
- الاستمرار مع الظفر هو استناد بسيط إذا كان مجاز الظفر يقل عن ثلث مجاز البلاطة.

د- عند وجود جائز في نهاية الطرف الطويل للبلاطة العاملة باتجاه واحد، يؤخذ عزم حدي سالب مساوياً إلى $M^-_u \geq \frac{w_u L^2}{35}$، حيث L يمثل المجاز الفعال بالاتجاه القصير للبلاطة.

5-3- البلاطات المصمتة العاملة باتجاهين

5-3-1- مقدمة – عموميات:

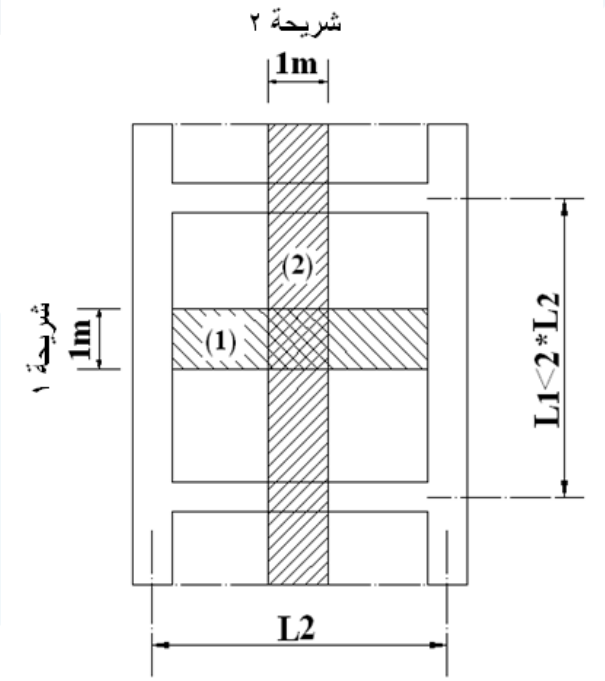
تعمل هذه البلاطات باتجاهين، أي يتولد في كل نقطة منها عزمان الأول يوازي ضلعها الطويل والآخر يوازي ضلعها القصير، إضافة إلى جهود الفتل والقص.

تعتمد دراسة هذه البلاطات على نظرية الصفائح مع اعتماد جملة من الفرضيات التجريبية، حيث قام الكثير من الباحثين بدراسة هذا النوع من البلاطات، وتوصلوا الى نتائج مهمة ومحددة لحالات مختلفة من نسب أبعاد البلاطات، إلى أنواع الحمولات من موزعة أو مركزة.

تعتبر البلاطات المستطيلة المصمتة ذات اتجاهين إذا تحقق كل من الشرطين التاليين (الشكل 5-8):

- البلاطة مستندة على مساند على حوافها الأربع (جدران أو جوائز)،
- مجازها الطويل أقل من ضعف مجازها القصير: $r \le 2$.

ونشير هنا إلى أن البلاطات الدائرية والمثلثية تعد بلاطات ذات اتجاهين، ويمكن الرجوع إلى المراجع المختصة في حساب الإنشاءات أو الاعتماد على التحليل الإنشائي من أجل حساب القوى الداخلية لهذه البلاطات، وكذلك البلاطات التي تستند على أقل من أربع حواف.



الشكل (5-8): بلاطة مصمتة عاملة باتجاهين

5-3-2- الاشتراطات البعدية:

- تتحدد السماكة الدنيا للبلاطة العاملة باتجاهين (t)، والمستندة على جدران أو جوائز تزيد أعماقها على ضعفي سماكة البلاطة $\left(\frac{h}{t} \ge 2\right)$، استناداً لتحقيق شرط السهم بحيث لا تقل هذه السماكة عن محيطها الفعال مقسوماً على 140. ويحدد المحيط المكافئ بمجموع الأطوال المكافئة لأضلاع البلاطة

بحيث يؤخذ الطول المكافئ لضلع ما من البلاطة، مساوياً إلى طوله الفعلي عند الوجه الداخلي للاستناد إذا كانت البلاطة مستندة استنادا بسيطاً على هذا الضلع، و 0.76 من الطول الفعلي عند الوجه الداخلي للاستناد إذا كانت البلاطة مستمرة عند هذا الضلع. ويمكن أن نأخذ قيم أصغر بشرط أن تتم دراسة السهم وحسابه وبحيث لا تتجاوز قيمته القيمة المسموح بها في الكود السوري الأساس، والتي سيتم تحديدها في فصل لاحق من هذا الكتاب.

- عندما يقل الارتفاع الكلي للجائز الحامل للبلاطة عن ضعف سماكتها $\left(\frac{h}{t} < 2\right)$، تؤخذ السماكة الدنيا بفرضها مستندة على الأعمدة مباشرة، وذلك وفق الجدول (5-2).

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

الجدول (5-2)

حيث إن L هو المتوسط الحسابي للمسافتين بين محاور الأعمدة في الاتجاهين المتعامدين.

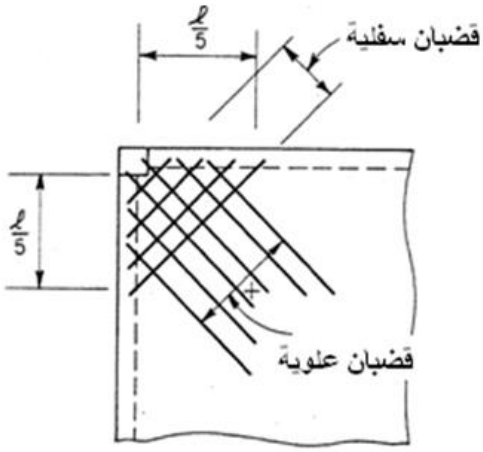
- وفي كافة الأحوال يجب أن تكون سماكة البلاطة محققة لـ :

$t \geq 8cm$ في حالة الحمولات الستاتيكية.

$t \geq 12cm$ في حالة الحمولات الديناميكية.

5-3-3- التسليح وترتيباته:

نعتمد المساحات والترتيبات العائدة للبلاطات العاملة باتجاه واحد. مع التأكيد على ضرورة تسليح الزوايا الخارجية لهذه البلاطات بتسليح سفلي وعلوي وفق أطوال محددة، بهدف مقاومة الفتل ومنع التشققات في الوجهين العلوي والسفلي للبلاطة في هذه المناطق، كما هو مبين في الشكل (5-9)، وتكون مساحة التسليح مساوية لأكبر مساحة تسليح موجب.



الشكل (5-9): تسليح خاص في زوايا البلاطات المصمتة العاملة باتجاهين لمقاومة الفتل

5-3-4- التحليل المبسط للبلاطات العاملة باتجاهين:

تكون البلاطة مؤلفة من بلاطتين تعملان باتجاهين مختلفين، وإن العزم في الاتجاه القصير (شريحة 1) يتأثر نتيجة المساعدة التي تقدمها الشريحة في الاتجاه الطويل (شريحة 2). إن العمل المشترك للشريحتين (1) و(2) يخفض من قيمة العزم، ولقد تم دراسة هذه المسألة من قبل عدد كبير من الباحثين استناداً إلى نظرية الصفائح المرنة وغيرها.

فنجد في الكود العربي السوري وبشكل واضح طرائق عدة، لحساب عزوم الانعطاف في هذا النوع من البلاطات:

- طريقة خطوط الانكسار
- طريقة الجداول
- طريقة الشرائح
- الطريقة المبسطة.

وسوف نركز على الطريقتين الثالثة والرابعة (الشرائح والمبسطة)، ليصار إلى استخدام إحداهما عند حساب البلاطات المصمتة العاملة باتجاهين:

5-3-4-1- طريقة الشرائح:

تنطبق هذه الطريقة على البلاطات التي تستند على جوائز محيطية ذات عمق لا يقل عن ضعفي سماكة البلاطة $\left(\frac{h}{t} \geq 2\right)$، ومصبوبة بشكل مستمر مع البلاطة ذات الترتيبات الخاصة لمقاومة الفتل والتي "عادة" تعد محققة بوجود فولاذ تسليح علوي إنشائي عند المساند.

تقتصر صلاحية هذه الطريقة، على بلاطات المباني العادية التي لا تتجاوز الحمولة الحية الاستثمارية عن $\left(P \leq 5kN/m^2\right)$.

يتم حساب عزوم الانعطاف لشرائح مترية باتجاهين، إذ توزع الحمولة الكلية باتجاهين $\left(w_u\right)$، وفق ما يلي:

أ- الحمولة بالاتجاه الطويل: $w_{u1} = \alpha_1 w_u$

ب- الحمولة بالاتجاه القصير: $w_{u2} = \alpha_2 w_u$

حيث: $\alpha_1 \& \alpha_2$ هي معاملات توزيع الأحمال، وتؤخذ قيمها من الجدول (5-3)، وذلك كتابع لنسبة الاستطالة (r)، ولنوع الجوائز الحاملة للبلاطة.

نسبة الاستطالة r						0.76	0.80	0.90	1.00
α_1						0.52	0.48	0.40	0.33
α_2						0.19	0.21	0.27	0.33
نسبة الاستطالة r	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	∞
α_1	0.28	0.23	0.19	0.16	0.14	0.12	0.08	0.06	0.00
α_2	0.39	0.45	0.51	0.57	0.61	0.66	0.79	0.89	1.00

الجدول (5-3): عوامل توزيع الحمولات في البلاطات المصمتة العاملة باتجاهين

ويتم تحديد الجهود لكل شريحة كما مر سابقاً لحالة البلاطات المصمتة العاملة باتجاه واحد.

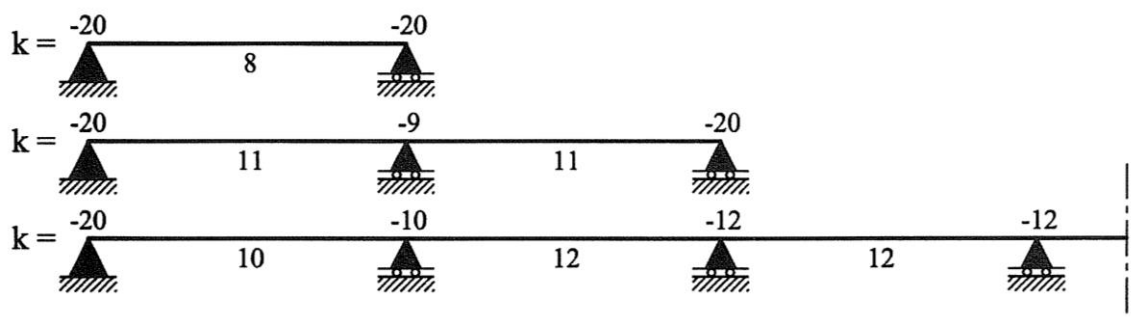
$$M_u = \frac{w_{u1,2}\, L_{1,2}^{\;2}}{k}$$

حيث:

$w_{u1,2}$: الحمولة الكلية المصعدة، والموزعة باتجاهين (الطويل والقصير) عند حساب العزم الحدي الموجب، ومتوسط حمولتي الفتحتين المتجاورتين عند حساب العزم الحدي السالب عند المسند.

$L_{1,2}$: المجاز الفعال للشريحة المترية (وفق الاتجاهين الطويل والقصير)عند حساب العزم الحدي الموجب والقص الحدي، ومتوسط مجازي الفتحتين المتجاورتين عند حساب العزم الحدي السالب ورد فعل المساند الداخلية.

k : معامل تؤخذ قيمته من الشكل التالي:



5-3-4-2- الطريقة المبسطة:

في الواقع، إن هذه الطريقة الواردة في الكود السوري الأساس، هي معدلة أصلاً من الطريقة المستخدمة في القواعد الفرنسية، والتي اقترحها الفرنسي بيجو والمسماة بطريقة "بيجو" لحساب البلاطات من البيتون المسلح.

عندما تكون الحمولات موزعة بانتظام، مع أفضلية ألا تزيد الحمولة الحية الاستثمارية عن $\left(P \le 5kN/m^2\right)$، يمكن استخدام هذه الطريقة التي تنطلق أصلاً من حساب بلاطة بسيطة الاستناد عند أطرافها الأربع بحيث تحقق شروط البلاطة العاملة باتجاهين، وذات المجازين: $\left(L_1 \,\&\, L_2\right)$، $\left(L_1\right)$ هو المجاز الطويل و $\left(L_2\right)$ هو المجاز القصير.

فعندما تتعرض هذه البلاطة لحمولة حدية موزعة بانتظام على كامل سطحها وبشدة $w_u\left(kN/m^2\right)$، يمكن حساب عزوم الانعطاف لشرائح بعرض واحد الطول، في اتجاه المجاز الفعال بين المسندين المتقابلين، وتعتبر هذه القيم نهائية في التصميم (مغلف العزوم).

إذن تحسب العزوم في مركز البلاطة من أجل شريحة عرضها واحدة الطول على الشكل التالي (البلاطة مستندة استناداً حراً على أضلاعها الأربعة):

$M_{02} = \mu_2\, w_u\, L_2^2$ في اتجاه المجاز القصير $\left(L_2\right)$

$M_{01} = \mu_1 . M_{02}$ في اتجاه المجاز الطويل $\left(L_1\right)$

حيث العوامل μ_1 و μ_2 تؤخذ من الجدول (5-4)، تبعاً للنسبة $\left(0.5 \le \rho = \frac{L_2}{L_1} \le 1\right)$.

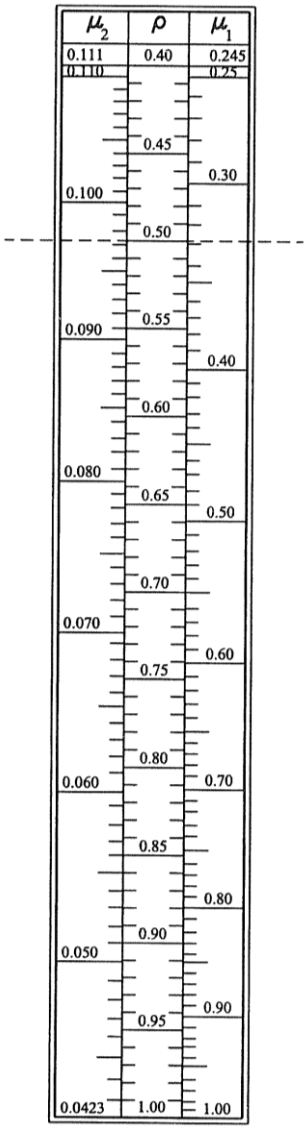
$\rho = \frac{L_2}{L_1}$	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
μ_2	0.0973	0.0911	0.0849	0.0787	0.0728	0.0670	0.0615	0.0561	0.0511	0.0465	0.0423
μ_1	0.328	0.377	0.435	0.492	0.550	0.612	0.681	0.757	0.831	0.915	1.00

الجدول (5-4)

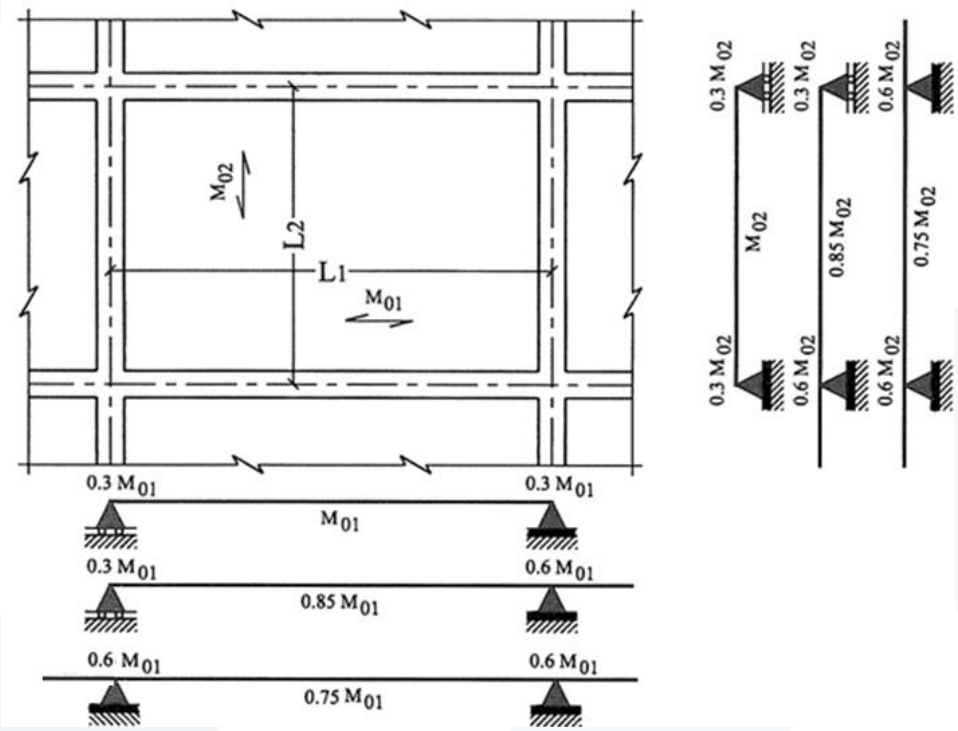
هذا ويمكننا تحديد قيم كل من العاملين μ_1 و μ_2 بدلالة ρ من الشكل (5-10).

وتؤخذ عزوم الانعطاف السالبة في هذه الحالة (استناد بسيط) بحيث لا تقل قيمها عن $0.3M_{02}$ في الاتجاه (L_2) و عن $0.3M_{01}$ في الاتجاه (L_1).

وحتى يتم اعتبار الوثاقات الجزئية في المساند يجب التمييز بين البلاطات وفقاً لشروط استنادها، وتؤخذ العزوم كما هو مبين في الشكل (5-11).



الشكل (5-10): قيم العاملين μ_1 و μ_2 بدلالة درجة الاستطالة ρ



الشكل (5-11): توزيع العزوم تبعاً للطريقة المبسطة

وباستعمال العلاقات التقريبية لبيجو، يمكننا حساب الجهود القاطعة في مساند بلاطات الأبنية العاملة باتجاهين، والخاضعة لحمولة حدية موزعة بانتظام وشدتها $w_u\left(kN/m^2\right)$ ، وفق ما يلي:

- قيمة قوة القص الحدية في منتصف الضلع الكبير (اتجاه قصير):

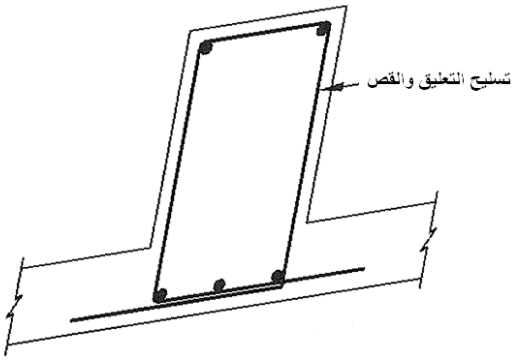
$$V_{u2}\left(kN/m.l\right)=\frac{w_u\,L_1\,L_2}{2L_1+L_2}$$

- قيمة قوة القص الحدية في منتصف الضلع الصغير (اتجاه طويل):

$$V_{u1}\left(kN/m.l\right)=\frac{w_u\,L_1\,L_2}{3L_1}$$

5-3-5- حالة الحمولات المعلقة:

إذا كانت البلاطة مثبتة في القسم السفلي للجائز (حالة الجائز المقلوب)، يجب ألا ننسى نقل الحمولة إلى الأجزاء العلوية من الجائز باستخدام تسليح خاص. بالتالي، لتأمين هذا التعليق، يجب إضافة تسليح عرضي إضافة لتسليح القص، حيث يفترض أنه ينقل هذه الحمولة المعلقة في الشد، كما هو مبين في الشكل (5-12).

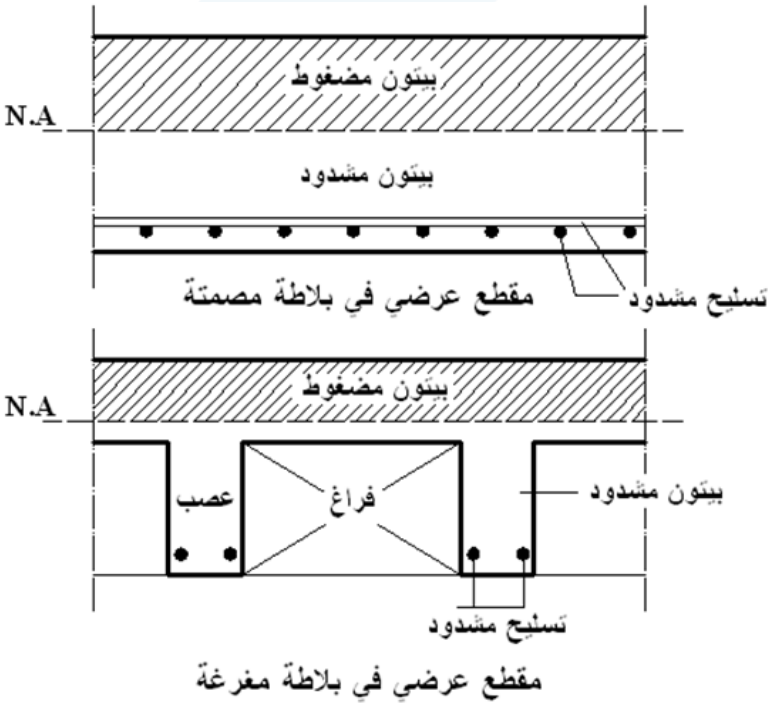


الشكل (5-12): تسليح التعليق والقص في الجائز المقلوب

5-4- البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد

5-4-1 مقدمة – عموميات:

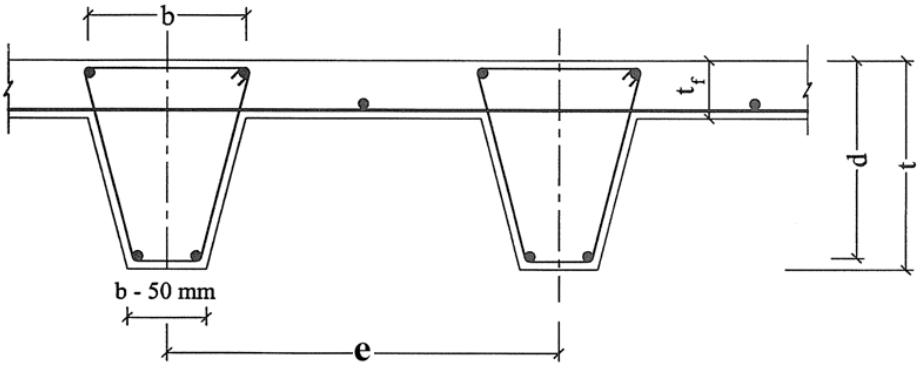
إن هذا النوع من البلاطات يتميز عن غيره بإمكانية تغطية مساحات كبيرة نسبياً دون استعمال جوائز ساقطة, وكذلك بتأمين عزل صوتي و حراري أفضل بكثير من البلاطات المصمتة و ذلك عند استخدام بلوكات مفرغة، إضافة إلى المرونة التي تقدمها في أثناء توزيع الغرف. إن الفكرة الأساسية لهذا النوع أتت من إمكانية حذف جزء كبير من بيتون الشد المهمل (في الطبقات السفلية للبلاطة أسفل المحور المحايد) ، و ذلك بإنشاء فراغات معينة في البلاطات المصمتة، و بحيث تعمل على أساس مقاطع بشكل T بدلاً من المقاطع المستطيلة. يمكن إملاء هذه الفراغات ببلوكات خفيفة أو تركها عن طريق استخدام قوالب مؤقتة (بلاستيكية أو معدنية). ويبين الشكل (5-13) مقطع عرضي في بلاطة مصمتة وآخر في بلاطة مفرغة باتجاه واحد، بالتالي الفرق بين هاتين البلاطتين من حيث التسليح المشدود والفراغات المنفذة.



الشكل (5-13): الفرق بين بلاطة مصمتة وبلاطة مفرغة باتجاه واحد

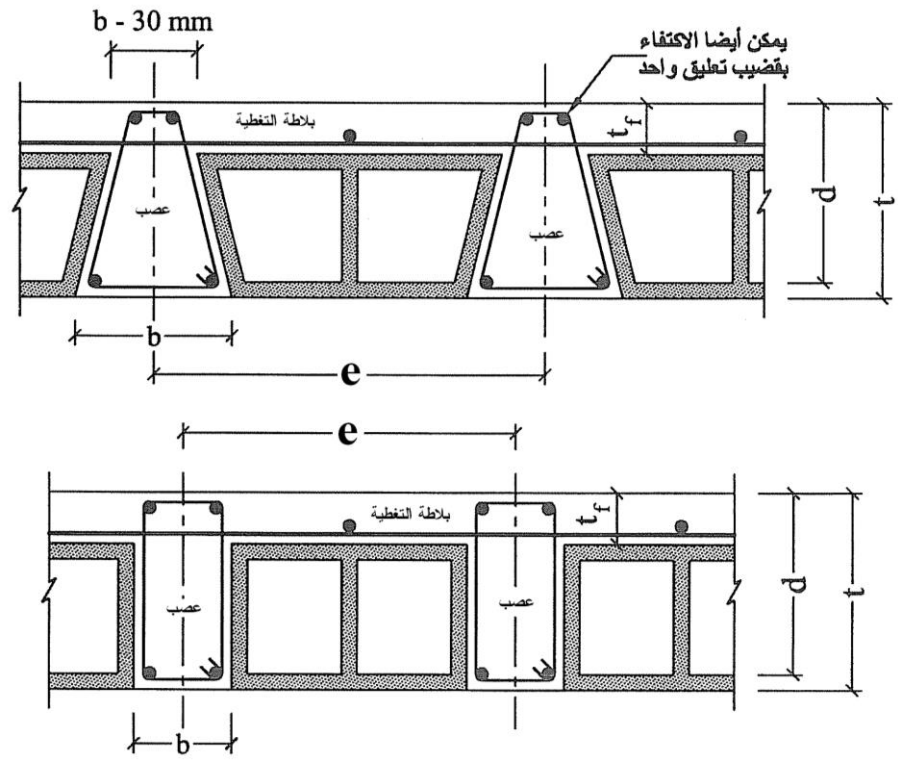
يوجد عدة أنواع من هذه البلاطات:

- بلاطات مفرغة ذات قوالب مؤقتة تتألف من أعصاب باتجاه واحد تعلوها بلاطة تغطية, و يتم الصب ثم تنزع القوالب (الشكل 5-14).



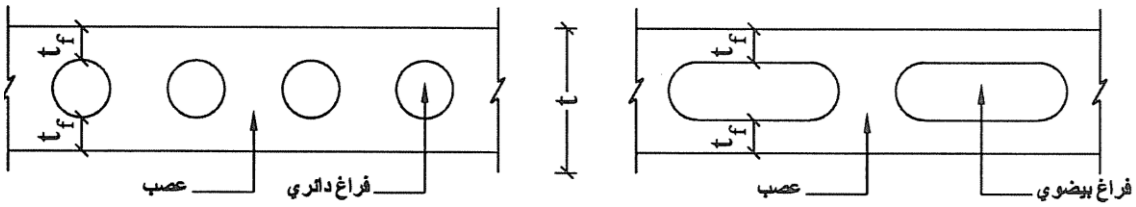
الشكل (5-14): بلاطة مفرغة ذات أعصاب صريحة منفذة بقوالب مؤقتة

- بلاطات مفرغة ذات قوالب دائمة من البلوك أو الآجر المفرغ حيث تصبح جزء من البلاطة (الشكل 5-15).



الشكل (5-15): بلاطة مفرغة ذات أعصاب صريحة منفذة بقوالب دائمة

- بلاطات مفرغة مسبقة الصنع تحوي في وسطها فراغات ذات أشكال هندسية مختلفة (الشكل 5-16).

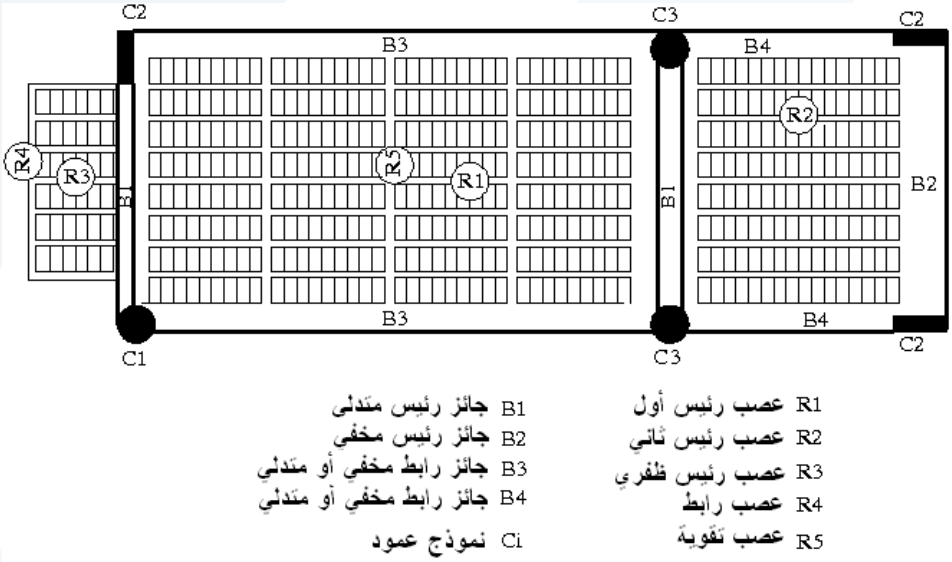


الشكل (5-16): بلاطة مفرغة مسبقة الصنع

سوف ندرس بالتفصيل البلاطة المفرغة ذات القالب الدائم و العاملة باتجاه واحد حيث إنها البلاطة الأكثر استعمالاً في أعمال الأبنية.

في الواقع، تتلقى بلاطة التغطية الحمولات مباشرة ثم تنقلها إلى جملة الأعصاب الرئيسة التي بدورها تعطي الحمولات إلى جملة من الجوائز الطرفية و الوسطية. هذه الجوائز التي تستند مباشرة على الأعمدة تكون مخفية بسماكة مساوية لسماكة الأعصاب أو ساقطة (متدلية) بسماكة أكبر من ضعف سماكة الأعصاب، وتعمل على أساس T أو مستطيلة.

يبين الشكل (5-17) العناصر الإنشائية لهذا النوع من البلاطات.



الشكل (5-17): مكونات البلاطة المفرغة باتجاه واحد

وقبل أن ندرس كل عنصر إنشائي لوحده سوف نذكر بعض النصائح المهمة من أجل الحصول على توزيع فعال للأعصاب و الجوائز الحاملة:

1) محاور الأعصاب الرئيسة توازي البعد الطويل للبلاطة مع تزويد البلاطات الطويلة بأعصاب تقوية.
2) استخدام جوائز ساقطة إذا سمحت الشروط المعمارية.
3) تحويل العصب الطرفي في البلاطة، والحامل لجزء منها، والجدار إن وجد، ليصبح جائز رابط للأعمدة، ويفضل أن يكون ساقطاً أيضاً. في هذه الحالة تشكيل إطار يقاوم القوى الأفقية أيضاً.
4) ربط أعصاب البلاطة الظفرية بعصب رابط.

5) إذا لم نتمكن من استخدام جوائز ساقطة تحمل الأعصاب الأساسية نعتمد جوائز مخفية (مبطوحة) بعرض أولي يتراوح بين L/4 وL/5 , حيث L هو المجاز الفعال للجائز.

6) يعود للمهندس المصمم وضع البلوك المفرغ ذو العرضين المختلفين بطريقة يكون فيها البعد الأكبر في الأعلى أو في الأسفل.

7) لا يؤخذ البلوك المفرغ أو الآجر المفرغ في الحسبان، عند حساب البلاطة ستاتيكياً.

8) التوقف عن مد البلوك ببعد لا يقل عن $(15cm)$ من الوجه الداخلي للجوائز البارزة أو الجدران الحاملة، بحيث يكون هذا القسم من البلاطة مصمتاً، وذلك لمقاومة العزوم السالبة و قوى القص.

9) يجب ألا تقل مقاومة مادة القوالب الدائمة على الضغط عن $(7\,N/mm^2)$، عندما تحمل محورياً باتجاه يوازي الاجهادات الضاغطة في البلاطة.

10) يمكن للمهندس المصمم اختيار شكل و أبعاد البلوك حيث يوجد أنواع كثيرة تستخدم في البلاطات المفرغة، ومتوفر في السوق.

5-4-2- الاشتراطات البعدية:

- السماكة الكلية للبلاطة (العصب) (t):

ينفذ هذا النوع من البلاطات باستخدام بلوك إسمنتي أو قرميدي، بحيث لا يزيد التباعد بين محاور الأعصاب عن $(70cm)$ عند استخدام قوالب دائمة، وألا يزيد عرض الفراغ الواحد عن $(50cm)$ لحالة البلاطات المفرغة مسبقة الصنع. ولتحديد السماكة الأولية للعصب (t)، المحققة لشرط السهم، يجب التمييز بين حالتين:

أ. البلاطة تستند على جدران أو على جوائز يزيد ارتفاعها الكلي على ضعفي سماكة البلاطة (العصب) $\left(\frac{h}{t} \geq 2\right)$، تتحدد السماكة الدنيا كتابع للمجاز الفعال للبلاطة وشروط الاستناد، كما هو مبين في الجدول (5-5).

سماكة البلاطة المفرغة باتجاه واحد (العصب) $\left(\frac{h}{t} \geq 2\right)$				
نوع الاستناد	استناد بسيط	مستمرة من طرف واحد	مستمرة من طرفين	ظفرية
$\frac{L}{t}$	20	22	25	8

الجدول (5-5)

ب. البلاطة تستند على جوائز مخفية سماكتها مساوية لسماكة البلاطة $(h=t)$، تتحدد السماكة الدنيا كتابع للمجاز الفعال للبلاطة وشروط الاستناد، كما هو مبين في الجدول (5-6).

سماكة البلاطة المفرغة باتجاه واحد (العصب) $(h=t)$				
نوع الاستناد	استناد بسيط	مستمرة من طرف واحد	مستمرة من طرفين	ظفرية
$\frac{L}{t}$	16	18	20	8

الجدول (5-6)

- **سماكة بلاطة التغطية** (t_f):

يجب ألا تقل عن الأكبر من القيم التالية:

- عشر المسافة بين محاور الأعصاب $\left(t_f \geq \frac{e}{10}\right)$.
- $(t_f \geq 60\,m)$ حالة البلاطات المفرغة ذات القوالب المؤقتة.
- $(t_f \geq 50\,m)$ حالة البلاطات المفرغة ذات القوالب الدائمة من القرميد أو الأجر المفرغ.
- $(t_f \geq 50\,m)$ حالة البلاطات المفرغة مسبقة الصنع.

- **لا يقل الارتفاع الكلي للعصب** عن سماكة بلاطة التغطية زائد 100 ملم:

$$t \geq 100\,mm + t_f$$

- **لا يقل العرض الأدنى للعصب** عن 100 ملم، أو ثلث الارتفاع الكلي، أيهما أكبر:

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

5-4-3- اشتراطات وترتيبات التسليح:

- تعتمد نسب التسليح الدنيا والقصوى للأعصاب في البلاطات المفرغة، كما هو خاص بالجوائز:

$$\mu_{s\min} = \frac{0.9}{f_y} \leq \mu_s = \frac{A_s}{b_w.d} \leq \mu_{s\max} = 0.5\,\mu_{Sb} = 0.5\frac{455}{f_Y + 630}\frac{f'_C}{f_Y}$$

حيث: b_w عرض جسد العصب، و d الارتفاع الفعال للعصب

- ضمن بلاطة التغطية، تكون مساحة مقطع قضبان التوزيع العمودية على الأعصاب في المتر $\frac{1}{5}$ مساحة التسليح الرئيس في المتر، وبحد أدنى $1\phi 6mm/20cm$.
- ضمن بلاطة التغطية، تكون مساحة مقطع قضبان التوزيع الموازية للأعصاب في المتر $\frac{1}{5}$ مساحة التسليح الرئيس في المتر، وبحد أدنى بلوكة $\phi 6mm/$ ، على أن يوضع قضيب بقطر $\phi 6mm$ بين كل عصبين متجاورين. وفي حال احتمال وجود أحمال مركزة من قواطع بلوك أو غيرها، يزاد فوق كل بلوكة أو بين كل عصبين ليصبح $2\phi 6mm$ عوضاً عن $1\phi 6mm$.
- تكون ترتيبات التسليح الطولي والعرضي للأعصاب الرئيسة، كما هو في الجوائز مع التعديلات التالية:
  - القطر الأدنى لتسليح الشد الرئيسي في الأعصاب هو 8 ملم.
  - لا يزيد التباعد بين الأساور عن الارتفاع الفعال للعصب أو 30 سم أيهما أصغر.
  - لا يقل قطر قضبان التعليق عن 1/2 أكبر قطر لقضبان التسليح الطولية، أو عن $2\phi 6mm$ أيهما أكبر، و يمكن الاكتفاء بقضيب تعليق واحد في العصب على ألا يقل قطره عن $\phi 8mm$.

5-4-4- أعصاب التقوية (عرضية) – أعصاب الربط الطرفية:

- يجب تزويد البلاطة بأعصاب عرضية (تقوية)، كما يلي:

أ- لا حاجة لعصب تقوية إذا كان مجاز الأعصاب الرئيسة الحاملة أقل من $4m$.

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

ت- إذا كان مجاز الأعصاب الرئيسة الحاملة بين $6m$ و $10m$، توضع ثلاثة أعصاب تقوية بتباعدات متساوية.

ث- إذا كان مجاز الأعصاب الرئيسة الحاملة أكبر من $10m$، توضع أعصاب تقوية بحيث لا تقل عن ثلاثة أعصاب، ولا تزيد المسافة بين عصبين متجاورين عن $3m$.

- يجب ألا يقل عرض مقطع عصب التقوية عن عرض العصب الرئيس، ويسلح بشكل متناظر بحيث لا تقل مساحة التسليح (السفلي أو العلوي) عن $\frac{3}{4}$ مساحة التسليح الرئيس السفلي للعصب الحامل.

- تزود نهايات الأعصاب الظفرية بعصب طرفي رابط، عرضه لا يقل عن عرض العصب الرئيس، ويسلح بشكل متناظر بحيث لا تقل مساحة التسليح (السفلي أو العلوي) عن $\frac{1}{3}$ مساحة التسليح الرئيس العلوي للعصب الظفري.

5-4-5- التحليل المبسط للبلاطات المفرغة باتجاه واحد:

- نطبق القواعد الخاصة بالبلاطات المصمتة العاملة باتجاه واحد في حساب العزوم، ويركز التسليح الناتج في الحساب ضمن الأعصاب الواقعة بواحدة الطول. أو يمكن اعتماد شريحة البلاطة بالعرض المساوي للمسافة بين محاور الأعصاب المتتالية، ويركز التسليح الناتج في الحساب ضمن العصب.

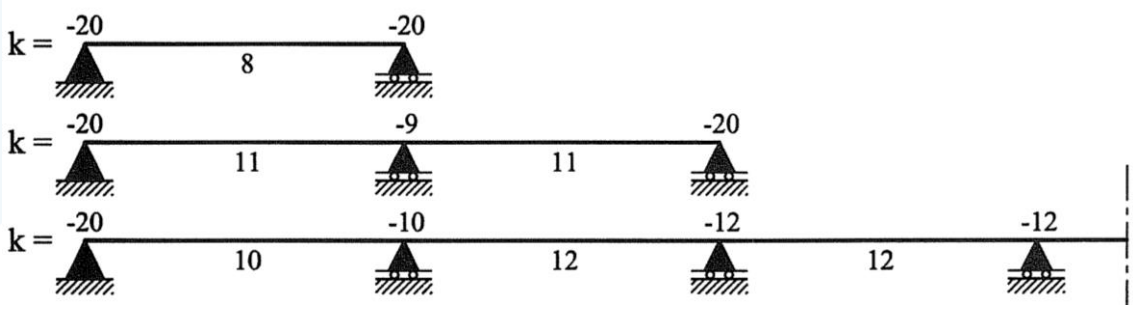
$$M_u = \frac{w_u L^2}{k}$$

حيث:

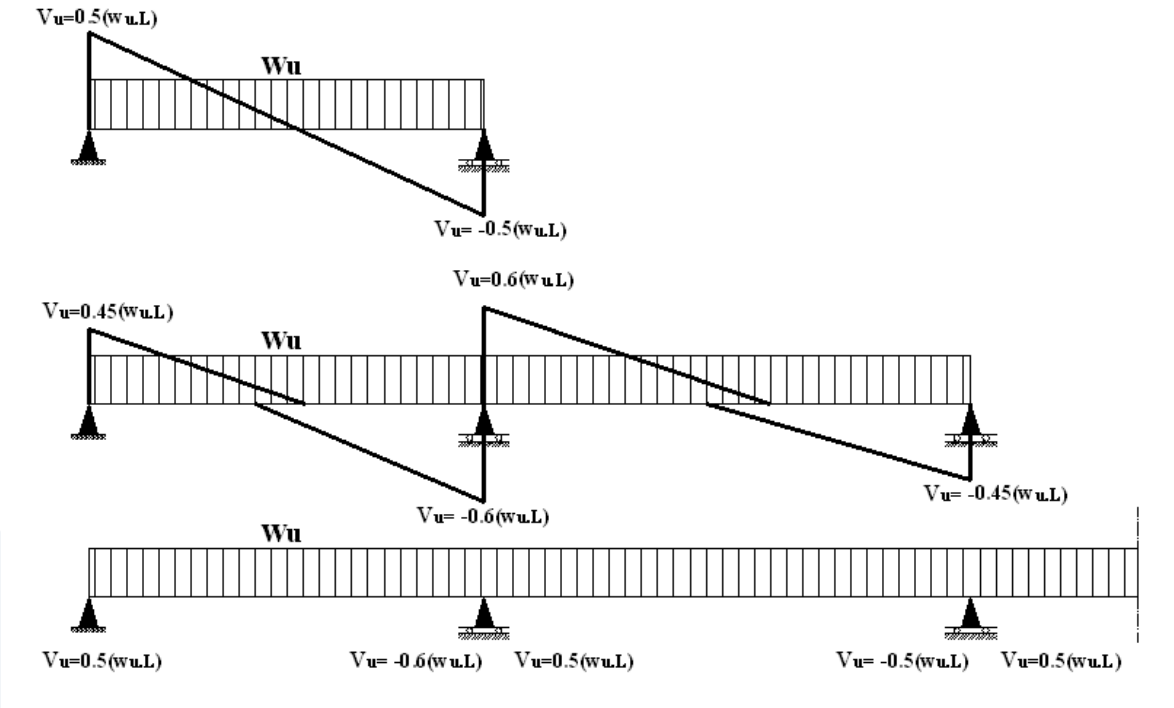
w_u : الحمولة الكلية المصعدة عند حساب العزم الحدي الموجب، ومتوسط حمولتي الفتحتين المتجاورتين عند حساب العزم الحدي السالب عند المسند.

L : المجاز الفعال للعصب عند حساب العزم الحدي الموجب والقص الحدي، ومتوسط مجازي الفتحتين المتجاورتين عند حساب العزم الحدي السالب ورد فعل المساند الداخلية.

k : معامل تؤخذ قيمته من الشكل التالي:



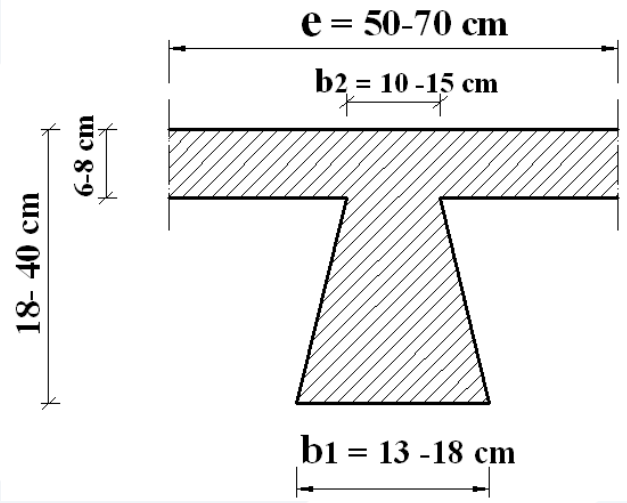
- ويمكن أيضاً، كما هو الحال في الجوائز ذات المجازات المتقاربة، الاعتماد على العوامل التقريبية عندما تكون الحمولة الإضافية أقل من $5\,kN/m^2$. ونقترح القيم التالية للجهد القاطع (V_u)، التي يمكن أن تشكل مغلف القص لعصب مستمر.



- تحسب الأعصاب كجوائز عادية، مع مراعاة كافة اشتراطات وترتيبات التسليح، على أساس مقطع بشكل T في الوسط وتكون بلاطة التغطية هي الجناح، وعلى أساس مستطيل عند المساند.
- عندما يكون مقطع العصب شبه منحرف، يؤخذ عرض العصب الوسطي ويعتبر مستطيلاً أثناء الحساب، $b_w = \frac{b_1 + b_2}{2}$.

5-4-6- معطيات عملية عند دراسة الأعصاب في حال وجود بلوك:

- تتراوح سماكة بلاطة التغطية بين: $t_f = (6 \rightarrow 8)cm$
- يتراوح الارتفاع الكلي للعصب بين: $t = (18 \rightarrow 40)cm$
- التباعد بين الأعصاب: $e = (50 \rightarrow 70)cm$
- يتراوح وزن البلوكة المفرغة الواحدة (اسمنت) بين: $(0.1 \rightarrow 0.18)kN$
- مقطع العصب يأخذ الشكل التالي:



- عادة تحسب الحمولة للبلاطة المفرغة باتجاه واحد بالمتر المربع، ومن ثم تحدد حمولة العصب الواحد بضربها بالمسافة بين محاور الأعصاب $e=(0.5\rightarrow 0.7)m$. وتحسب الحمولة الحدية الناجمة عن ما يلي:
  - أ- وزن التغطية (دائمة).
  - ب- وزن بلاطة التغطية (دائمة).
  - ت- وزن البلوك (دائمة) ويساوي: وزن البلوكة الواحدة مضروبة بـ $\frac{5}{e}$ ، كون عرض البلوكة 20سم.
  - ث- وزن الأعصاب (دائمة): وزن العصب الواحد مقسوماً على (e).
  - ج- الحمولة الإضافية (الحية).
  - ح- حمولات القواطع والجدران إن وجدت.

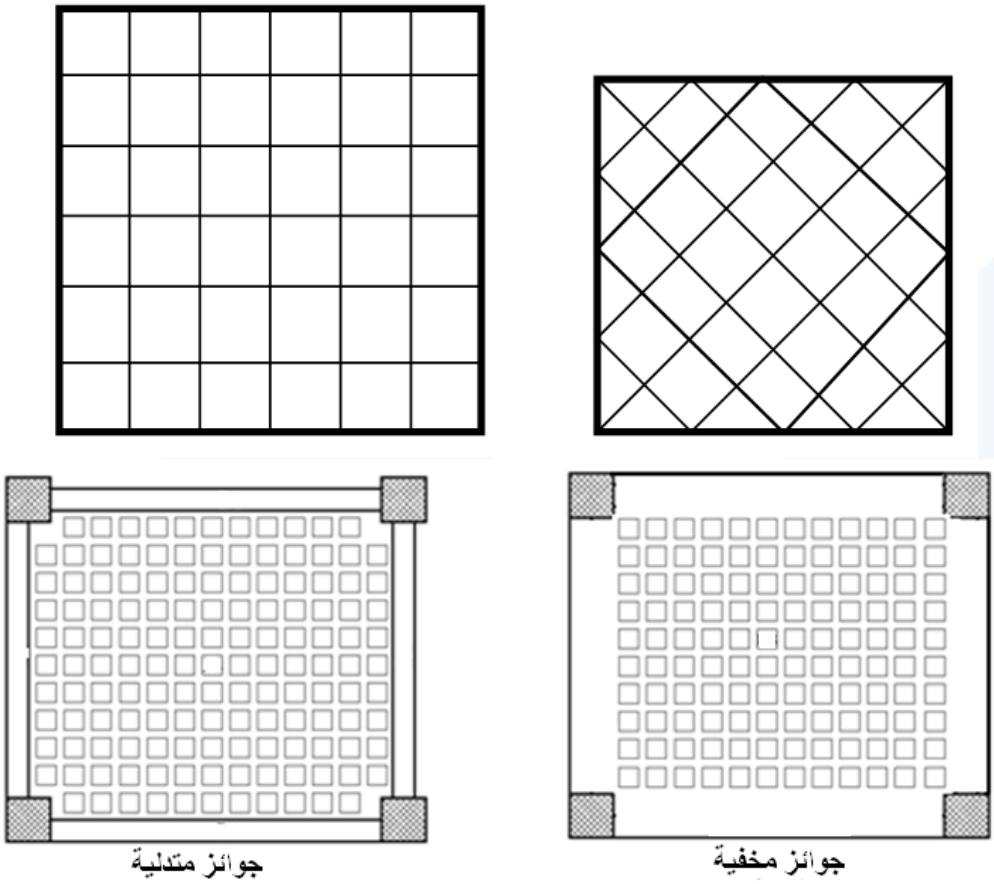
5-5- البلاطات المفرغة ذات الأعصاب بالاتجاهين

5-5-1- مقدمة – عموميات (الشكل 5-18):

تعتبر البلاطات المستطيلة مفرغة ذات اتجاهين إذا تحقق كل من الشرطين التاليين:

- البلاطة مستندة على مساند على حوافها الأربع (جدران أو جوائز)،
- نسبة الاستطالة أو درجتها تتراوح: $0.76 \le r = \frac{m_1 L_1}{m_2 L_2} \le 2$

وإن هذه البلاطات أكثر كلفة من بقية البلاطات حيث تحتاج إلى قوالب معقدة جداً من أجل تنفيذها و لكن تستخدم لأسباب معمارية.



الشكل (5-18): بلاطات مفرغة ذات أعصاب باتجاهين

5-5-2- الاشتراطات البعدية:

- السماكة الكلية للبلاطة (الأعصاب) (t):

ينفذ هذا النوع من البلاطات المفرغة ذات الأعصاب باتجاهين، بحيث لا يزيد التباعد بين محاور الأعصاب عن $(100cm)$، وفي حال استعمال البلوك الإسمنتي المفرغ، يكون عادة هذا التباعد $(e=50cm)$.

ولتحديد السماكة الأولية للعصب (t)، المحققة لشرط السهم، يجب التمييز بين حالتين:

أ- البلاطة تستند على جدران أو جوائز تزيد أعماقها على ضعفي سماكة البلاطة $\frac{h}{t} \geq 2$، لا تقل هذه السماكة عن محيطها الفعال مقسوماً على 120. ويمكن أن نأخذ قيماً أصغر بشرط أن تتم دراسة وحساب السهم وبحيث لا تتجاوز قيمته القيمة المسموح بها في الكود السوري الأساس.

ب- عندما يقل الارتفاع الكلي للجائز الحامل للبلاطة عن ضعف سماكتها $\left(\frac{h}{t} < 2\right)$، تؤخذ السماكة الدنيا، وذلك وفق الجدول (5-7):

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

الجدول (5-7)

حيث إن L هو المتوسط الحسابي للمسافتين بين محاور الأعمدة في الاتجاهين المتعامدين.

- سماكة بلاطة التغطية (t_f):

يجب ألا تقل عن الأكبر من القيم التالية:

1) عشر المسافة بين محاور الأعصاب $\left(t_f \geq \frac{e}{10}\right)$.
2) $(t_f \geq 60\,m)$ حالة البلاطات المفرغة ذات القوالب المؤقتة.
3) $(t_f \geq 50\,m)$ حالة البلاطات المفرغة ذات القوالب الدائمة من القرميد أو الآجر المفرغ.
4) $(t_f \geq 50\,m)$ حالة البلاطات المفرغة مسبقة الصنع.

- لا يقل الارتفاع الكلي للعصب عن سماكة بلاطة التغطية زائد 100 ملم: $t \geq 100\,mm + t_f$
- لا يقل العرض الأدنى للعصب عن 100 ملم، أو ثلث الارتفاع الكلي، أيهما أكبر:

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

5-5-3- التسليح وترتيباته:

تكون نسب التسليح الدنيا والقصوى، وكذلك ترتيباته، كما هو في حالة البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد.

5-5-4- التحليل المبسط للبلاطات المفرغة باتجاهين:

- نطبق القواعد الخاصة بالبلاطات المصمتة العاملة باتجاه واحد في حساب العزوم، ويركز التسليح الناتج في الحساب ضمن الأعصاب الواقعة بواحدة الطول. أو يمكن اعتماد شريحة البلاطة بالعرض المساوي للمسافة بين محاور الأعصاب المتتالية، ويركز التسليح الناتج في الحساب ضمن العصب.

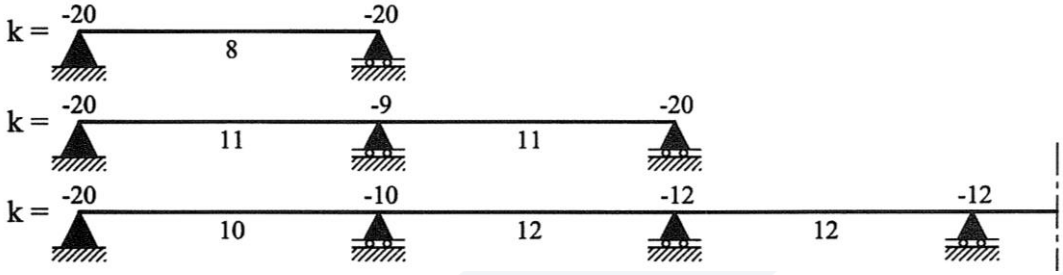
$$M_u = \frac{w_{u1,2}\, L_{1,2}^{\;2}}{k}$$

حيث:

$w_{u1,2}$: الحمولة الكلية المصعدة، والموزعة باتجاهين (الطويل والقصير) عند حساب العزم الحدي الموجب، ومتوسط حمولتي الفتحتين المتجاورتين عند حساب العزم الحدي السالب عند المسند.

$L_{1,2}$: المجاز الفعال للعصب (وفق الاتجاهين الطويل والقصير)عند حساب العزم الحدي الموجب والقص الحدي، ومتوسط مجازي الفتحتين المتجاورتين عند حساب العزم الحدي السالب ورد فعل المساند الداخلية.

k : معامل تؤخذ قيمته من الشكل التالي:



- ويتم توزيع الحمولة w_u على النحو التالي:

أ- حمولة العصب بالاتجاه الطويل: $w_{u1} = \alpha_1 w_u$

ب- حمولة العصب بالاتجاه القصير: $w_{u2} = \alpha_2 w_u$

حيث: $\alpha_1 \& \alpha_2$ هي معاملات توزيع الأحمال، وتؤخذ قيمها من الجدولين (5-8) و (5-9)، وذلك كتابع لنسبة الاستطالة (r)، ولنوع الجوائز الحاملة للبلاطة.

نسبة الاستطالة r						0.76	0.80	0.90	1.00
α_1						0.614	0.575	0.481	0.396
α_2						0.207	0.237	0.316	0.396
نسبة الاستطالة r	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	∞
α_1	0.323	0.262	0.212	0.172	0.140	0.113	0.077	0.053	0.000
α_2	0.473	0.543	0.606	0.660	0.706	0.746	0.806	0.819	1.000

الجدول (5-8): عوامل توزيع الحمولات في البلاطات المفرغة باتجاهين حيث الجوائز الرئيسة ساقطة

نسبة الاستطالة r						0.76	0.80	0.90	1.00
α_1						0.747	0.707	0.604	0.500
α_2						0.253	0.293	0.396	0.500
نسبة الاستطالة r	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	2.0	∞
α_1	0.405	0.328	0.258	0.203	0.166	0.131	0.086	0.059	0.000
α_2	0.595	0.672	0.742	0.797	0.834	0.869	0.914	0.941	1.000

الجدول (5-9): عوامل توزيع الحمولات في البلاطات ذات الجوائز المتصالبة

أو البلاطات المفرغة باتجاهين حيث الجوائز الرئيسة مخفية

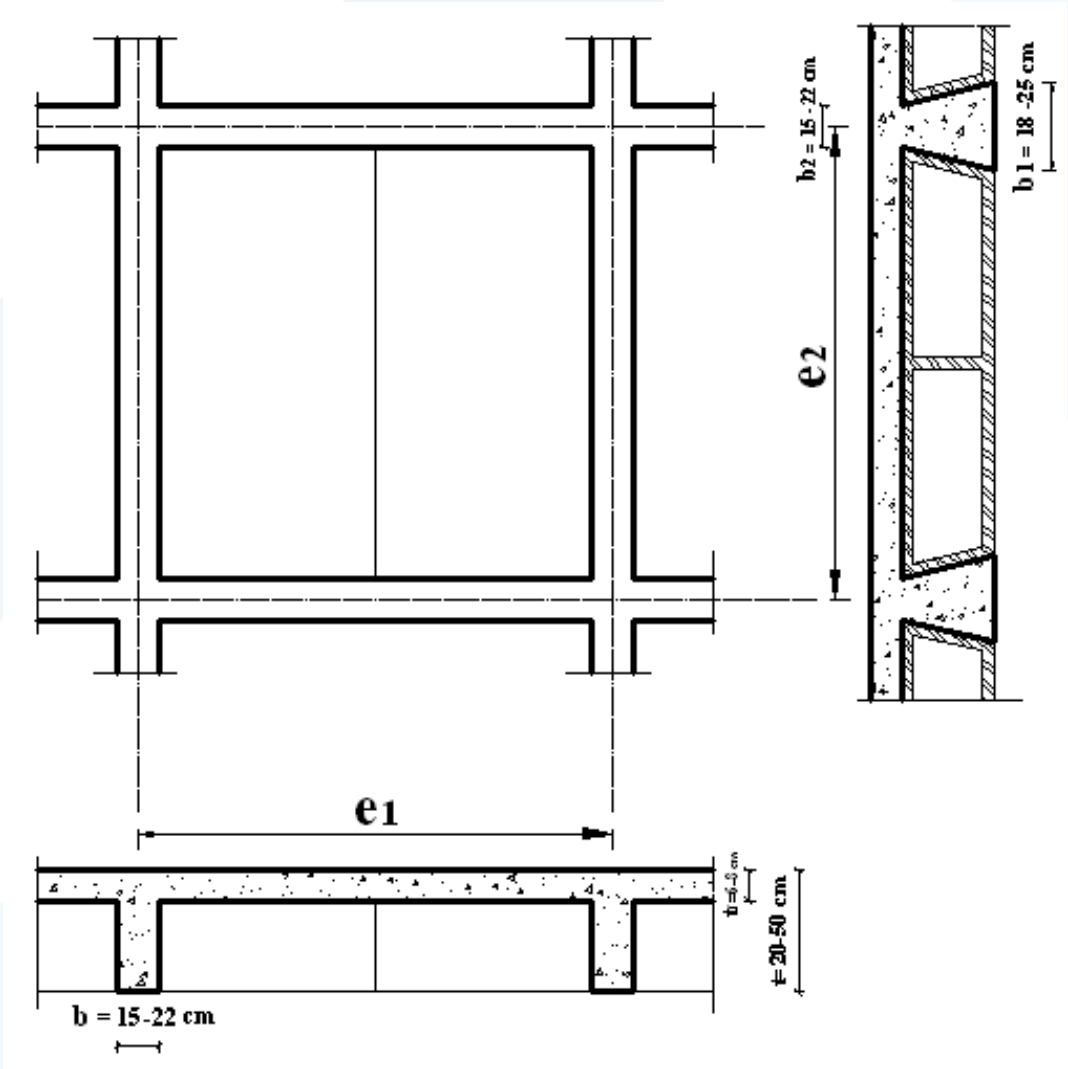
5-5-5- معطيات عملية عند دراسة الأعصاب في حال وجود بلوك

(بلاطات مفرغة باتجاهين):

إن هذا النوع من البلاطات هو تعميم للبلاطات العاملة باتجاه واحد، وهي تستعمل لمجازات $(6\times6)\rightarrow(8\times8)m$ ، ويمكن أن تصل في بعض الحالات، عندما تكون الحمولات خفيفة، إلى $(12\times12)m$.

ويمكننا ذكر المعطيات التالية، وذلك تبعاً للعنصر الإنشائي المكون لهذه البلاطات:

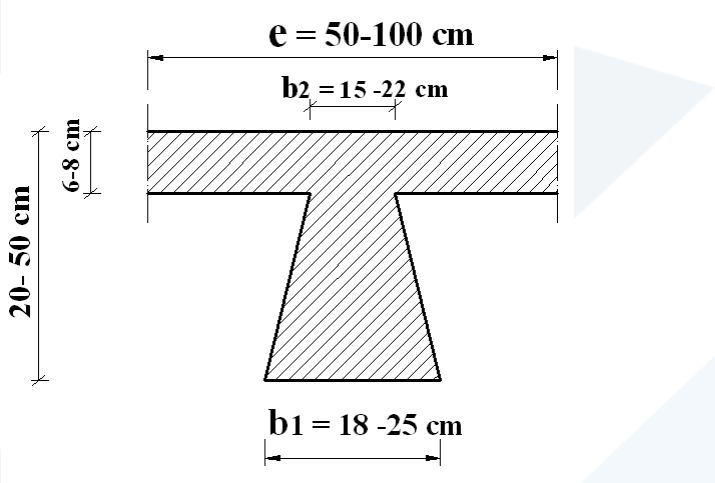
- بلاطة التغطية: تتراوح سماكة بلاطة التغطية بين: $t_f=(6\rightarrow8)cm$ ، وتسليحها إنشائي.
- الأعصاب تعمل باتجاهين.



- ويكون الوزن الذاتي للأعصاب بالاتجاهين في المتر المربع:

$$G_R=\frac{(t-t_f)\times25}{e_1\times e_2}\left[\left(\frac{b_1+b_2}{2}\right)(e_1-b)+(e_2\times b)\right]kN/m^2$$

- يتراوح الارتفاع الكلي للعصب بين: $t=(20\rightarrow50)cm$ ، والتباعد العملي بين الأعصاب: $e=(50\rightarrow80)cm$ ، ويمكن اعتماد الأبعاد التالية لحالة البلوك الإسمنتي:



- جميع الجوائز الطرفية هي جوائز حاملة رئيسة.

5-6- البلاطات متصالبة الجوائز ذات اتجاهين

5-6-1- اشتراطات بعدية:

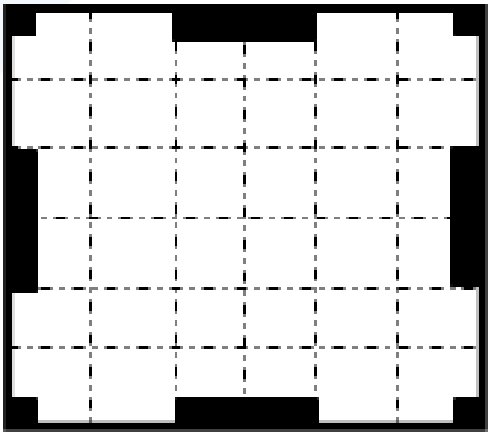
تعتبر البلاطات المستطيلة متصالبة الجوائز ذات اتجاهين إذا تحقق كل من الشرطين التاليين:

- البلاطة مستندة على مساند على حوافها الأربع (جدران أو جوائز)،
- نسبة أو درجة الاستطالة تتراوح: $0.76 \le r = \dfrac{m_1 L_1}{m_2 L_2} \le 2$

تتراوح سماكة بلاطات هذه الأسقف، التي تنتمي إلى البلاطات العاملة باتجاهين، بين $(t = 8 \to 12cm)$، وهذه البلاطات ترتبط بجملة جوائز متصالبة بالاتجاهين، وبارتفاع واحد لتسهيل الحساب والتنفيذ. ويكون ارتفاعها محققاً للشرط التالي الذي يحاكي شرط الحد من السهم المعيب:

$$h \ge \frac{L}{20 \to 25}$$

تستند هذه الجوائز المتصالبة على جملة من الجدران المحيطة الحاملة، أو جملة من الجوائز المحيطية التي يمكن أن تملك ارتفاعاً أكبر أو مماثلاً (الشكل 5-19).



الشكل (5-19): بلاطة متصالبة الجوائز ذات اتجاهين

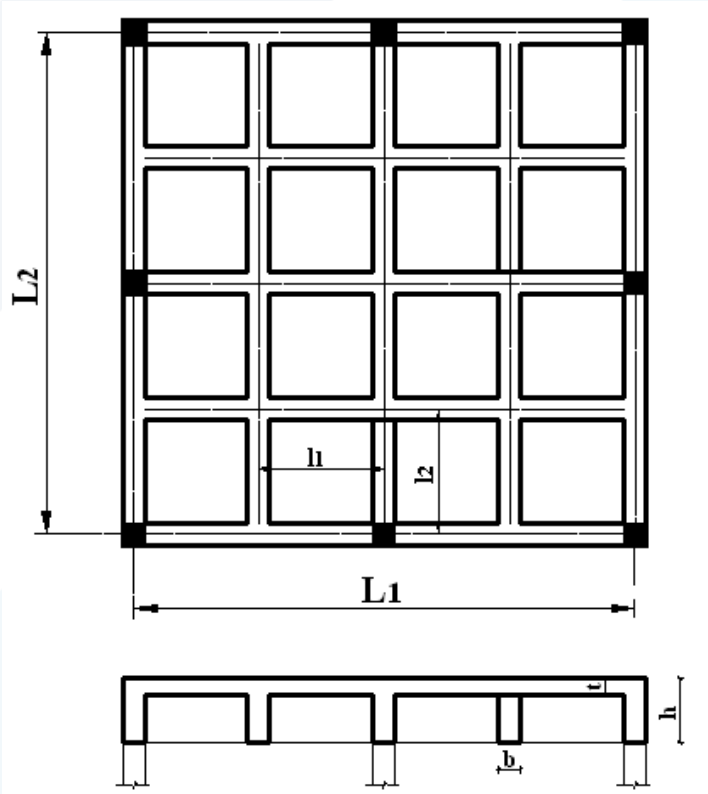
ونشير إلى أن التباعدات بين الأعمدة غير مرتبطة بتباعدات البلاطة، وإنما تتعلق بالمجازات الطرفية.

يفضل استعمال هذا النوع من البلاطات عندما تكون القاعات مربعة أو قريبة منها, و يمكن أن تغطي مساحات بأبعاد: $(8\times8)\rightarrow(25\times25)m$.

يتراوح التباعد بين الجوائز المتصالبة بين المتر ونصف والثلاثة أمتار $(l=1.50\rightarrow3m)$، وتستند هذه الجوائز المتصالبة على جدران، أو على جوائز بارزة (ساقطة أو متدلية).

ليس من الضرورة أن تكون التباعدات بين الجوائز المتصالبة متساوية بالاتجاهين، ولكن يفضل اختيار توزيع متناسب بمعنى (انظر الشكل 5-20):

$$\frac{l_1}{l_2}=\frac{L_1}{L_2} \quad ; \quad (l_1 \,\&\, l_2 \le 3.5m)$$



الشكل (5-20): بلاطة متصالبة الجوائز ذات اتجاهين $(l_1 \,\&\, l_2 \le 3.5m)$

5-6-2- التحليل المبسط للبلاطات ذات الجوائز المتصالبة – التسليح:

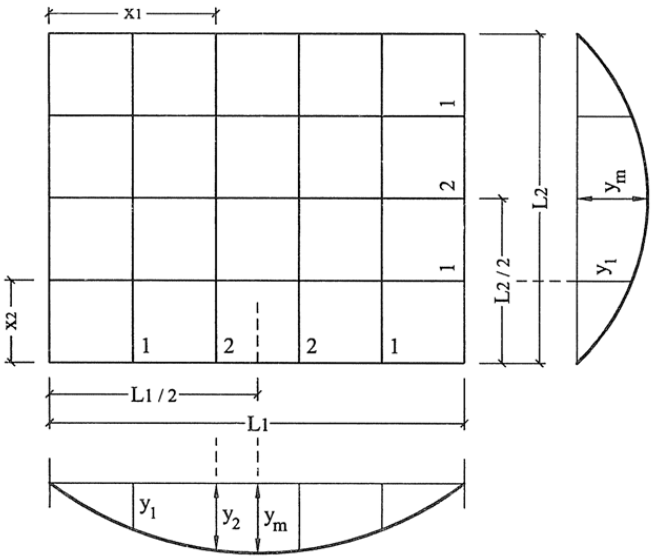
يتم حساب هذا النوع من البلاطات وفق طرق حسابية مبسطة حيث يمكن اعتبارها بلاطة عاملة بالاتجاهين و تحسب الجوائز كجوائز متعامدة محملة بالحمولات المنقولة إليها من البلاطات المجاورة (في واحدة الطول). هذا و يمكن أن تحسب الجوائز على مبدأ توزيع الحمولات في الاتجاهين بالتناسب مع سهوم الجوائز.

وفي حال عدم اعتماد طريقة أدق وفق نظرية المرونة، يمكن حساب هذا النوع من البلاطات على أساس شرائح بالاتجاهين بعرض واحدة الطول، ويتم توزيع الأحمال في الاتجاهين وفق الجدول (5-9) المذكور سابقاً. ويكون التسليح

اللازم للجائز في وسط البلاطة في كل اتجاه مساوياً لكمية التسليح اللازم للشريحة بعرض واحدة الطول، مضروباً بالمسافة بين الجوائز، مع إمكانية تخفيض العزوم الناتجة فقط (وليس القص)، بمقدار لا يزيد على 20%، نظراً لصلابة البلاطة.

أما بالنسبة للجوائز التي لا تقع في وسط البلاطة، فتكون كمية التسليح اللازمة لها أقل من المحسوبة، ويمكن استنتاجها من الجدول (5-10)، وذلك بدلالة الشكل (5-21) طبقاً لعدد الجوائز المتصالبة في كل اتجاه، ولشكل استناد البلاطة على محيطها، على أنه يمكن اعتماد القيم من أجل الاستناد البسيط.

أما بالنسبة لبلاطة التغطية لهذه الجوائز المتصالبة، فتحسب مثل البلاطات المصمتة العاملة باتجاهين.



الشكل (5-21): مسقط أفقي لبلاطة متصالبة الجوائز ذات اتجاهين

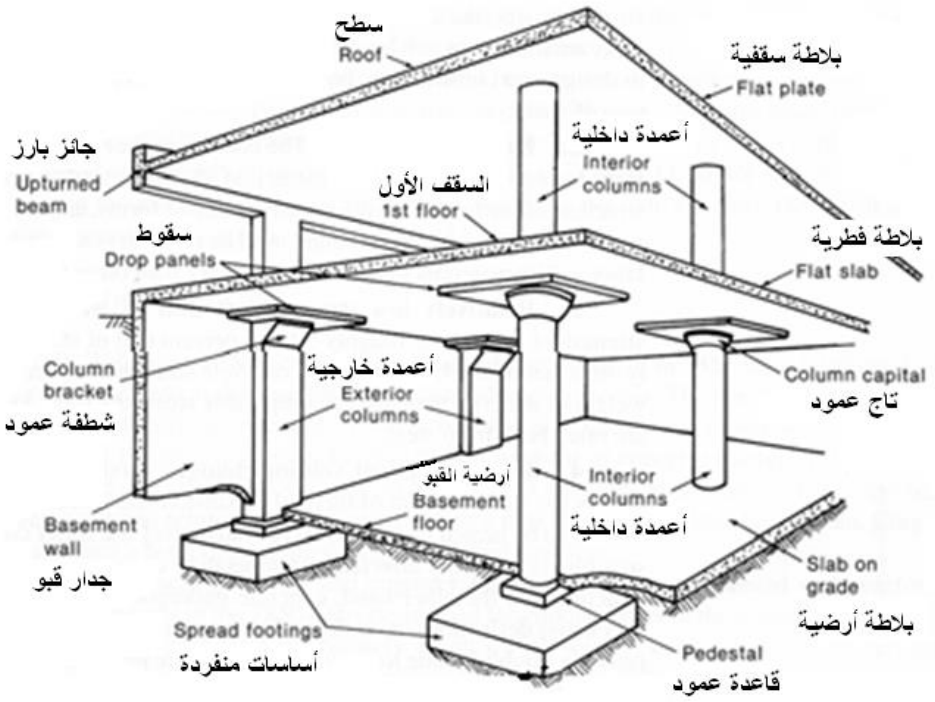
عدد الجوائز بالاتجاه L_1 أو L_2	نسب عزوم الجوائز غير الوسطية إلى عزم الجائز الوسطي					
	رقم العصب المدروس					
	1	2	3	4	5	6
1	1.00	–	–	–	–	–
2	0.869	–	–	–	–	–
3	0.712	1.000	–	–	–	–
4	0.594	0.952	–	–	–	–
5	0.506	0.869	1.000	–	–	–
6	0.440	0.787	0.976	–	–	–
7	0.388	0.712	0.928	1.000	–	–
8	0.347	0.648	0.869	0.986	–	–
9	0.314	0.590	0.812	0.952	1.000	–
10	0.286	0.547	0.748	0.914	0.992	–
11	0.262	0.506	0.712	0.869	0.967	1.000
12	0.242	0.470	0.667	0.822	0.935	0.993

الجدول (5-10)

5-7- البلاطات الفطرية (اللاجائزية)

5-7-1- مقدمة – دلالات:

هي بلاطات مستوية مصمتة غالباً، لا تحوي على جوائز و تكون إما بسقوط وإما بدونه, مستندة مباشرة على أعمدة تحوي تيجان أو دونها، كما هو موضح في الشكل (5-22). هذا و يمكن لهذه البلاطات أن تكون مفرغة (بلاطة فطرية معصبة).



الشكل (5-22): عناصر البلاطات الفطرية المختلفة

تتراوح سماكة هذه البلاطات بين 15cm و 25cm. وهذه البلاطات تتميز بما يلي :

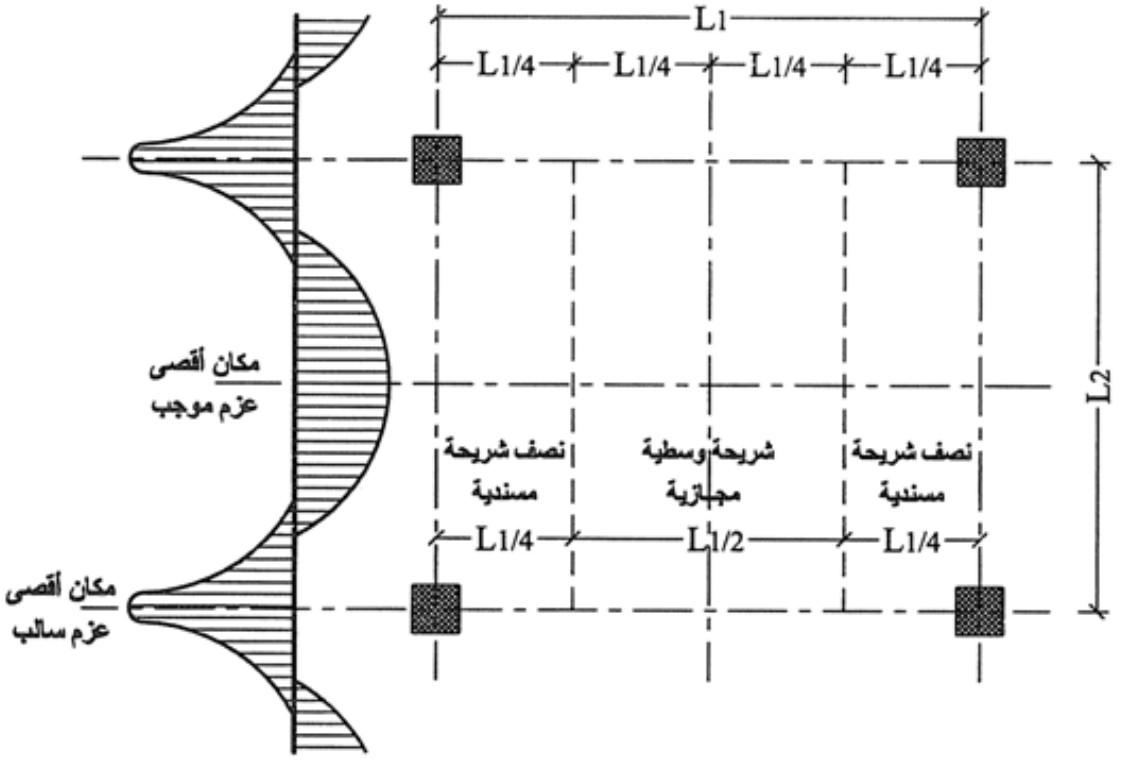
- المرونة في اختيار مواقع القواطع.
- الحصول على ارتفاع طابقي كبير بسبب عدم وجود جوائز متدلية.
- جمالها و خاصة بوجود التيجان.
- تنفيذ القوالب بسهولة فائقة.
- إضاءة و تكييف جيدان.
- تنفيذ فتحات في السقوف دون الحاجة إلى جوائز.
- توفير في أشغال الطينة و الدهانات نتيجة السطوح الصغيرة.

بالمقابل يتطلب تنفيذها استهلاك كبير في التسليح نتيجة ضعف فعاليته الناجمة عن الارتفاع الصغير للبلاطة.

يمكن استعمال البلاطة الفطرية بفتحات تتراوح بين $(5\times5)\rightarrow(10\times10)m$.

يبين الشكل (5-23) توزيع الشرائح للبلاطات الفطرية، ففي كل فتحة ووفق الاتجاه المدروس يوجد شريحة وسطية مجازية بعرض مقداره $(L/2)$، ونصفي شريحتين مسنديتين عرض كل واحدة $(L/4)$. وكذلك نلاحظ أماكن تشكل العزوم القصوى السالبة أو الموجبة لكل شريحة.

باعتبار أن: $L = \frac{L_1 + L_2}{2}$ يمثل المتوسط الحسابي لمجازات الفتحة $L_1 \& L_2$، حيث تعتبر المسافة بين محاور الأعمدة هي طول المجاز لكل اتجاه.

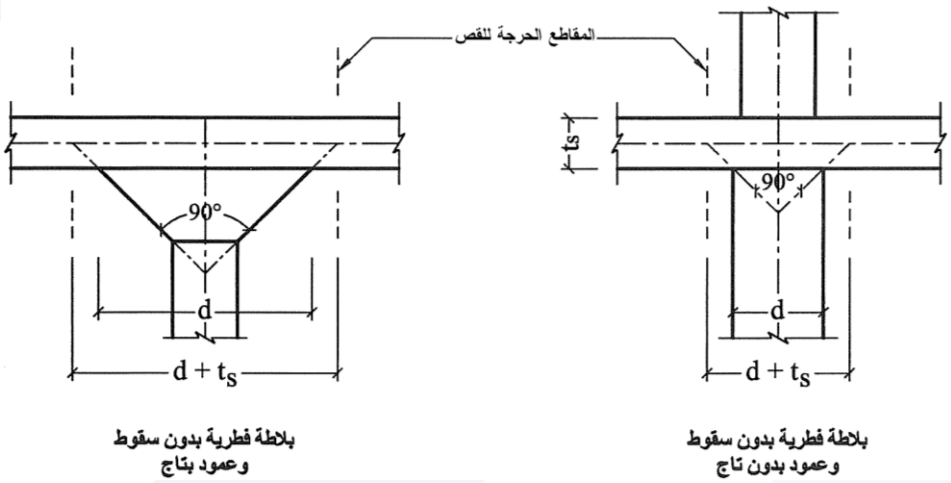


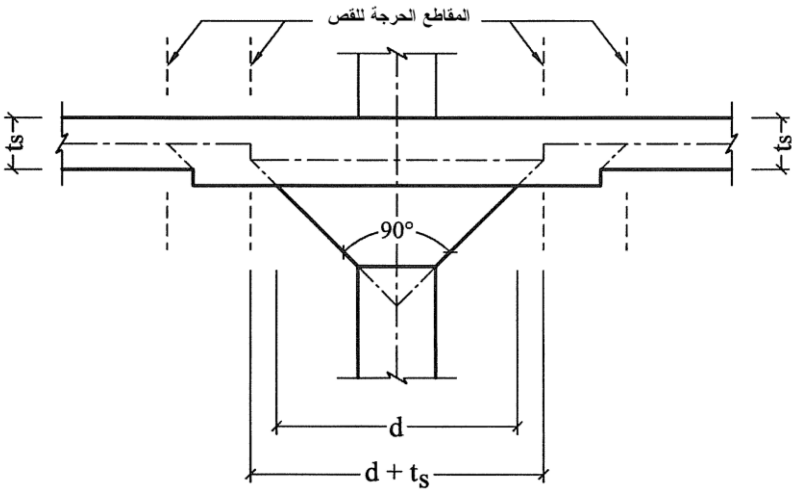
الشكل (5-23): توزيع الشرائح للبلاطات الفطرية، وأماكن تشكل العزوم القصوى فيها

إن تزويد أعمدة البلاطات الفطرية بسقوط وبتيجان له فوائد كثيرة، نذكر أهمها:

- زيادة صلابة ارتباط البلاطة بالأعمدة.
- تأمين المقاومة ضد الثقب على محيط العمود.
- إنقاص مجاز البلاطة.
- وتحقيق توزيع منتظم للعزوم....

يبين الشكل (5-24) مواقع المقاطع الحرجة للقص والثقب الناجم عن w_u، وكذلك يوضح السقوط والتاج في هذا النوع من البلاطات (الكود السوري)، فنلاحظ وجود ثلاث حالات للاستناد: مباشر دون سقوط مع عمود دون تاج، مع تاج، وسقوط مع تاج.





الشكل (5-24): مواقع المناطق الحرجة للقص والثقب في البلاطات الفطرية

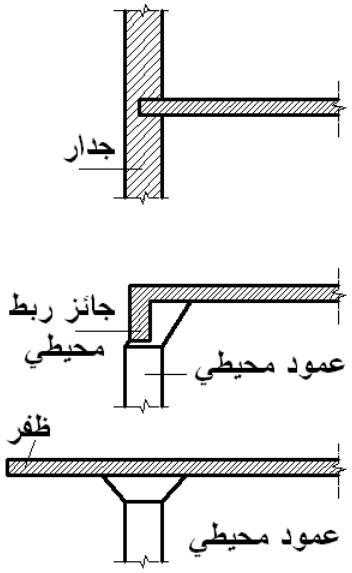
حيث:

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

t_s السماكة الكلية للبلاطة الفطرية.

w_u الحمولة الكلية الحدية لوحدة المساحة من الفتحة (شدة الحمولة القصوى).

وتستند البلاطة الفطرية عند محيطها بأشكال مختلفة، إما على الجدار مباشرة، وإما على جائز ربط محيطي $\left(\frac{h}{t_s} \geq 3\right)$ ، وإما باستناد ظفر، كما هو ظاهر في الشكل (5-25).



الشكل (5-25): استناد البلاطة الفطرية عند محيطها

5-7-2- اشتراطات بعدية للبلاطات الفطرية:

يمكن حساب البلاطات الفطرية وفق مجموعتين من الطرائق، دقيقة، وتقريبية. ونص الكود السوري على إمكانية استخدام إحدى الطريقتين التقريبيتين: "طريقة التعويض بإطارات مستمرة، أو طريقة الحساب الافتراضي"، وذلك عند توفر الاشتراطات البعدية التالية:

1) تقسيم فتحات البلاطات الفطرية إلى شرائح وسطية وشرائح مسندية، كما هو مبين سابقاً.
2) يجب ألا تزيد النسبة بين طول الفتحة وعرضها عن : $\frac{L_1}{L_2} \leq \frac{4}{3} = 1.33$ ، وعملياً $\frac{L_1}{L_2} \leq 1.2$.
3) لا يقل عدد الفتحات في كل اتجاه، عن ثلاث.
4) لا يزيد الفرق بين أطوال المجازات على 20% من الطول الأكبر.
5) تحدد السماكة الكلية للبلاطة الفطرية t_s ، بحيث لا تقل عن ما يلي:
   - $\frac{L}{32}$ للفتحات الطرفية دون سقوط.
   - $\frac{L}{35}$ للفتحات الداخلية المستمرة بالكامل دون سقوط، أو للمجازات الطرفية التي لها سقوط.
   - $\frac{L}{38}$ للفتحات الداخلية المستمرة بالكامل والتي لها سقوط.
   - يجب ألا تقل هذه السماكة عن $15cm$.

6) يجب ألا يقل قطر العمود الدائري أو طول كل من جانبي العمود المستطيل عن أكبر القيم التالية:

- $\frac{1}{20}$ من طول المجاز في الاتجاه المدروس.
- $\frac{1}{15}$ من ارتفاع الطابق الكلي.
- $30cm$ للمستطيل أو $35cm$ للمقطع الدائري

7) عند تزويد الأعمدة بتيجان، يجب أن تحقق هذه الأخيرة المتطلبات التالية:

- إذا زادت زاوية أقصى ميل للتاج مع الاتجاه الرأسي على 45°، يكون فقط الجزء من التاج المحصور بالزاوية 45°، هو الفعال.
- إذا زادت قطر تاج العمود على ربع طول الفتحة، يعد القطر الفعال لهذا التاج (d) فقط ربع طول الفتحة $\left(d = \frac{L}{4}\right)$.

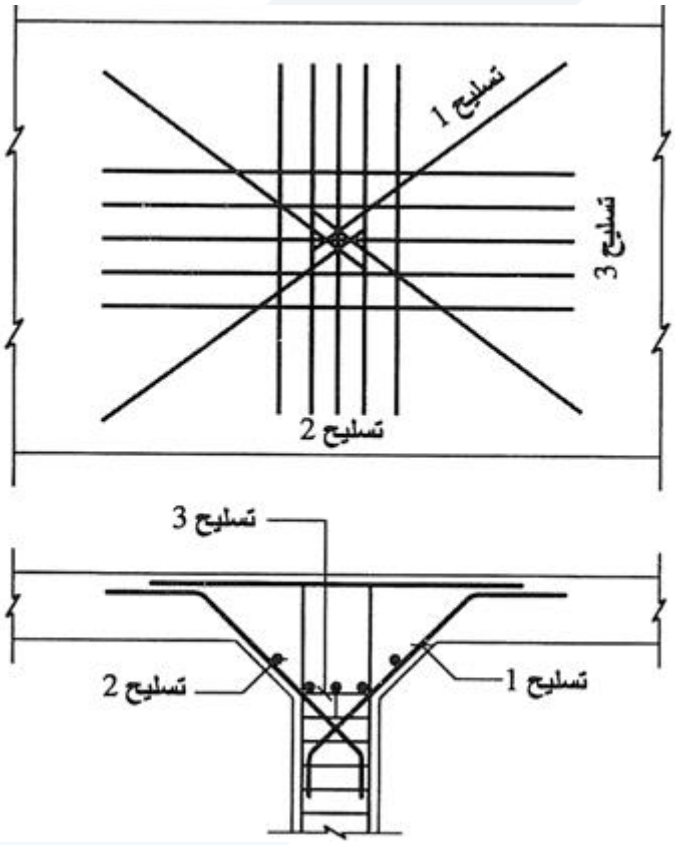
5-7-3- التسليح وترتيباته في البلاطات الفطرية:

- تؤخذ مساحات التسليح الدنيا والقصوى للبلاطات الفطرية، كما هو للبلاطات المصمتة العاملة باتجاه واحد.
- يجب أن تسلح البلاطات الفطرية ويرتب هذا التسليح، بحيث تسلح كل شريحة بعرضها الكامل.
- يجب أن يمتد على الأقل نصف التسليح الموجب لكل شريحة، في الجزء الأسفل من البلاطة، لما بعد الخط الواصل بين محاور الأعمدة بما لا يقل عن $10cm$. وعند استعمال القضبان المستقيمة للتسليح الموجب في الفتحة الطرفية، يجب أن يمتد التسليح إلى ما بعد محور المسند الطرفي بما لا يقل عن $15cm$.
- يجب أن يستمر التسليح السالب في أعلى البلاطة، داخل المجازات المجاورة، لمسافة لا تقل عن ربع طول المجاز الأكبر من المجازين المتجاورين، مقيسة من الخط الواصل بين مراكز الأعمدة.
- يجب أن يحتفظ بمساحة التسليح السالب بأكملها، لمسافة لا تقل عن خمس طول المجاز على كل جانب من الخط الواصل بين مراكز الأعمدة. كما يجب أن يحتفظ بمساحة التسليح الموجب بأكملها، لمسافة لا تقل عن ربع طول المجاز، على كل جانب من محور المجاز في حال استعمال القضبان المكسحة، أو 35% من طول المجاز في حال استعمال القضبان المستقيمة.
- في حالة البلاطات الفطرية المستندة على أعمدة دون تيجان، أو عندما يكون قطر التاج أقل من ضعف البعد الأدنى (أو القطر المكافئ) لأعلى العمود، يجب تجميع ثلثي كمية التسليح اللازمة لمقاومة العزوم السالبة للشريحة المسندية، في عرض يساوي نصف عرض هذه الشريحة، على أن تكون متمركزة مع العمود، ويوزع باقي التسليح على العرض المتبقي من الشريحة المسندية.
- في حال وجود تيجان، يوزع ما لا يقل عن نصف التسليح العلوي للشريحة المسندية ضمن القطر الفعال للتاج (d).

- يجب أن يمتد التسليح الموجب والسالب في البلاطات غير المستمرة الأطراف، للحصول على الإرساء المناسب، لمقاومة الاجهادات في المقاطع الطرفية.

5-7-4- تسليح تيجان أعمدة البلاطات الفطرية:

يجب تسليح تيجان الأعمدة، كما هو مبين في الشكل (5-26).



الشكل (5-26): تسليح تيجان الأعمدة للبلاطات الفطرية

ويجب ألا تقل المساحة الكلية لهذا التسليح في كل اتجاه عما يلي:

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

ب. عندما يكون مقطع تاج العمود مستديراً: يوزع مجموع التسليح $(1)\&(2)$ المحسوب بالاتجاهين، على محيط التاج، كما هو مبين في الشكل السابق.

ت. وفي حال وجود سقوط، يسلح بتسليح توزيع من الجهتين ،"إنشائي"، بحيث يحقق اشتراطات التسليح الثانوي، وبمعدل $(\phi 10/20cm)$ أو بنسبة تسليح (0.1%) أيهما أكبر.

5-7-5- الحساب الافتراضي للبلاطات الفطرية المعرضة لحمولات موزعة بانتظام:

أ- حدود استعمال الطريقة:

1) أن تحوي البلاطات الفطرية على مجموعة من الفتحات المستطيلة ذات السماكة الثابتة تقريباً، والمرتبة في ثلاثة صفوف على الأقل في اتجاهين متعامدين.

2) يجب ألا تزيد النسبة بين طول الفتحة وعرضها عن : $\frac{L_1}{L_2} \le \frac{4}{3} = 1.33$.

3) لا يزيد الفرق بين مجازات (أطوال وعروض) كل فتحتين متجاورتين في كل مجموعة بأكثر من 10% من أكبر طول أو عرض، وألا يزيد الفرق بين المجازات المتباعدة بعضها عن بعض في المجموعة على 20% من المجاز الأكبر. يجوز أن تكون المجازات الطرفية أقصر من المجازات الداخلية، ولا يجوز أن تكون أطول منها.

4) في حالة اختلاف المجازات المتجاورة، يجب أخذ طول المجاز الأكبر في حساب عزوم الانعطاف السالبة فوق المساند.

5) لا يقل عرض السقوط في كل اتجاه للفتحات الداخلية، إن وجد ، عن $\left(\frac{1}{3}\right)$ طول المجاز في الاتجاه ذاته. أما في الفتحات الخارجية فيجب أن يكون عرض السقوط (عمودي على الطرف غير المستمر) مقيساً من محور الأعمدة، مساوياً لنصف عرض السقوط للفتحات الداخلية.

6) لا تزيد سماكة السقوط من السطح العلوي للبلاطة عن مرة ونصف سماكة البلاطة $(1.5t_s)$، وألا تقل عن مرة وربع سماكتها $(1.25t_s)$.

ب- المقاطع الحرجة:

1) عند حساب المقطع المعرض لعزم انعطاف سالب في شريحة مسندية تحتوي على سقوط، يؤخذ العرض الحسابي للمقطع مساوياً إلى عرض السقوط، كما يؤخذ الارتفاع الفعال للمقطع، مساوياً إلى الارتفاع الفعال للسقوط. وتستعمل قيم العزوم في حساب هذه المقاطع دون تعديل.

2) عند حساب المقطع المعرض لعزم انعطاف سالب في شريحة مسندية لا تحتوي على سقوط، يؤخذ العرض الحسابي للمقطع مساوياً إلى $\left(\frac{3}{4}\right)$ عرض الشريحة، كما يؤخذ الارتفاع الفعال للمقطع، مساوياً إلى الارتفاع الفعال للبلاطة. وتستعمل قيم العزوم في حساب هذه المقاطع دون تعديل.

3) تحقق المقاطع الحرجة على القص المبينة سابقاً، بحيث تؤمن بمقاومة البيتون للإجهادات المماسية الناتجة عن القص الحدي. ونذكر بأن مقاومة البيتون للقص (τ_{cu})، تؤخذ كما يلي وفق منصوص الكود السوري:

- حالة العناصر المعرضة لانعطاف (M_u) وقص (V_u) حديين معاً، وغير معرضة لفتل أو قوة ناظمية، سواءً كانت في العناصر الخطية أو البلاطات التي يزيد سمكها عن $20cm$ (ماعدا ما سيرد في الفقرة اللاحقة):

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

- في البلاطات المصمتة والأساسات بجوار الحمولة أو رد الفعل المركز:

$$\tau_{cu}(MPa) = \left(0.16 + \frac{a}{3b}\right)\sqrt{f'_c} \le 0.31\sqrt{f'_c}(MPa)$$

حيث: a: طول الضلع الأقصر لمساحة الحمولة أو رد الفعل المركز.

b: طول الضلع الأطول لمساحة الحمولة أو رد الفعل المركز.

ت- عزوم الانعطاف في فتحات البلاطات الفطرية (M_{u0}):

- تحسب قيمة عزم الانعطاف الحدي الكلي (M_{u01}) في الاتجاه (L_1) في كل مجاز من العلاقة التالية:

$$M_{u01} = \frac{w_u L_2}{8}\left[L_1 - \frac{2d}{3}\right]^2$$

- تحسب قيمة عزم الانعطاف الحدي الكلي (M_{u02}) في الاتجاه (L_2) في كل مجاز من العلاقة التالية:

$$M_{u02} = \frac{w_u L_1}{8}\left[L_2 - \frac{2d}{3}\right]^2$$

- وبعد ذلك يتم تقسيم $(M_{u01} \& M_{u02})$ بين الشرائح الوسطية (المجازية) والمسندية في الاتجاه المعتمد، بالنسبة المئوية المعطاة في الجدول (5-11).

الشريحة	تاج العمود	نوع الارتكاز الطرفي *	الفتحة الخارجية		الفتحة الداخلية	
			عزم سالب	عزم موجب	عزم سالب	عزم موجب
الشريحة المسندية	بسقوط	A B	45 35	25	50	20
	دون سقوط	A B	40 30	30	45	25
الشريحة المجازية	بسقوط	A B	10 20	20	15	15
	دون سقوط	A B	10 20	20 20	15	15

* أنواع الارتكازات الطرفية:

A دون جوائز.

B جوائز بعمق كلي يساوي أو أكبر من ثلاثة أمثال سمك البلاطة.

الجدول (5-11): توزيع عزوم الانعطاف في فتحات البلاطات الفطرية كنسبة مئوية من (M_{u0})

ملاحظة: عندما تكون المجازات الطرفية أقصر من الداخلية، يمكن تعديل العزوم المعطاة في الجدول السابق تعديلاً مناسباً يأخذ بالحسبان تأثير انخفاض العزوم الموجبة في المجاز نتيجة زيادة العزوم السالبة.

ث- عزوم الانعطاف المطبقة على الأعمدة:

1) تحسب الأعمدة الداخلية والخارجية على القوى الناظمية المطبقة عليها (N'_{uc})، إضافة إلى عزوم انعطاف (M_{uc}) تساوي قيمتها إلى ما يلي:

$$M_{uc} = \frac{w_u L_b - w_{ud} L_s}{f}$$

حيث:

w_u : الحمولة الكلية الحدية على فتحة البلاطة ذات المجاز الأكبر على طرفي العمود المدروس.

w_{ud} : الحمولة الدائمة الحدية على فتحة البلاطة ذات المجاز الأصغر على طرفي العمود المدروس.

L_b : المجاز الأكبر على طرفي العمود المدروس.

L_s : المجاز الأصغر على طرفي العمود المدروس، ويؤخذ مساوياً إلى الصفر في حالة العمود الطرفي.

$f = 30$: في حالة العمود الطرفي.

$f = 40$: في حالة العمود الداخلي.

2) في الأعمدة الخارجية الحاملة لأجزاء من السقف والجدران بصفة أحمال ظفرية، يمكن تخفيض عزوم الانعطاف المحسوبة وفقاً للفقرة السابقة بمقدار العزم الناتج عن الحمل الميت المؤكد وجوده على الجزء الظفري.

ج- عزوم الانعطاف في نصف الشريحة المسندية الطرفية:

1) عندما ترتكز البلاطة على جائز طرفي لا يقل ارتفاعه الكلي عن 3 أمثال سماكة البلاطة $\left(\frac{h}{t_s} \geq 3\right)$ ، يحسب الجائز على حمولة كلية موزعة بانتظام مساوية إلى 0.25 الحمولة الكلية للفتحة المجاورة للجائز.

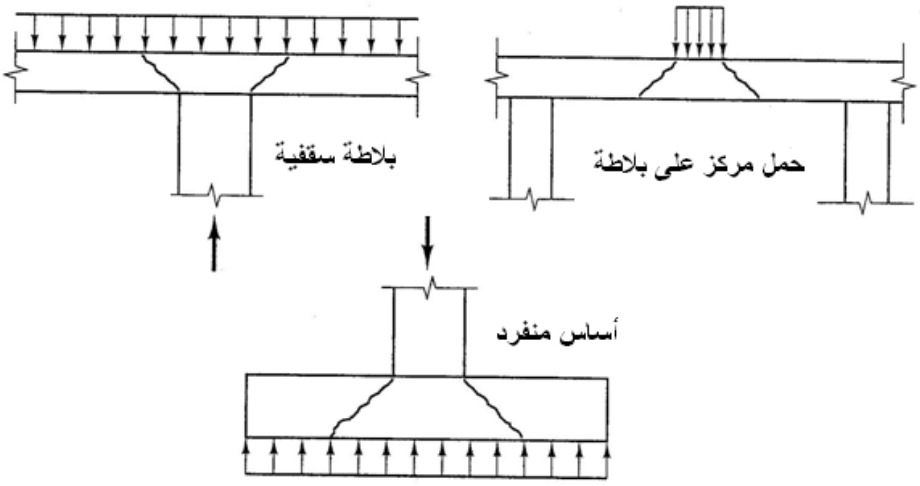
2) تؤخذ عزوم الانعطاف المؤثرة على نصف الشريحة المسندية الطرفية المحاذية لهذا الجائز الطرفي مساوية 0.25 القيم المعطاة في الجدول السابق بالنسبة لشريحة مسندية عادية، وكذلك الأمر بالنسبة لحالة الاستناد على جدار مصبوب بشكل مستمر مع البلاطة.

3) أما في الحالات الأخرى، مثل استناد البلاطة على جدار غير مستمر معها، أو يكون الطرف الحر للبلاطة حراً غير مسنود، فتؤخذ عزوم الانعطاف المؤثرة على نصف الشريحة المسندية الطرفية المحاذية لهذا الطرف مساوية 0.5 القيم المعطاة في الجدول السابق بالنسبة لشريحة مسندية عادية.

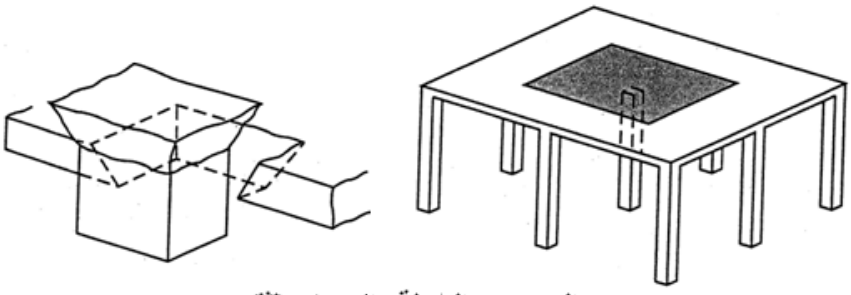
5-7-6- دراسة القص:

إن إجهادات القص في البلاطات الفطرية كبيرة، وذلك لصغر مساحة سطح الاستناد عند اتصالها بالأعمدة. ولهذا السبب يتم استخدام التيجان، وأيضاً يعمل على تأمين سقوط في هذه المناطق بهدف الاعتماد على البيتون في مقاومة القص. في الواقع، بينت التجارب أن هذه البلاطات، وخاصة السقفية (غير الحاوية على تيجان أو سقوط)، تنهار عن طريق تشكل مخروط الثقب نتيجة اجهادات القص الكبيرة جداً، كما هو مبين في الشكل (5-27).

وتوضح الأشكال التالية آلية انهيار البلاطات بالقص وتشكل مخروط الثقب.



انهيار البلاطات بالقص وتشكل مخاريط الثقب



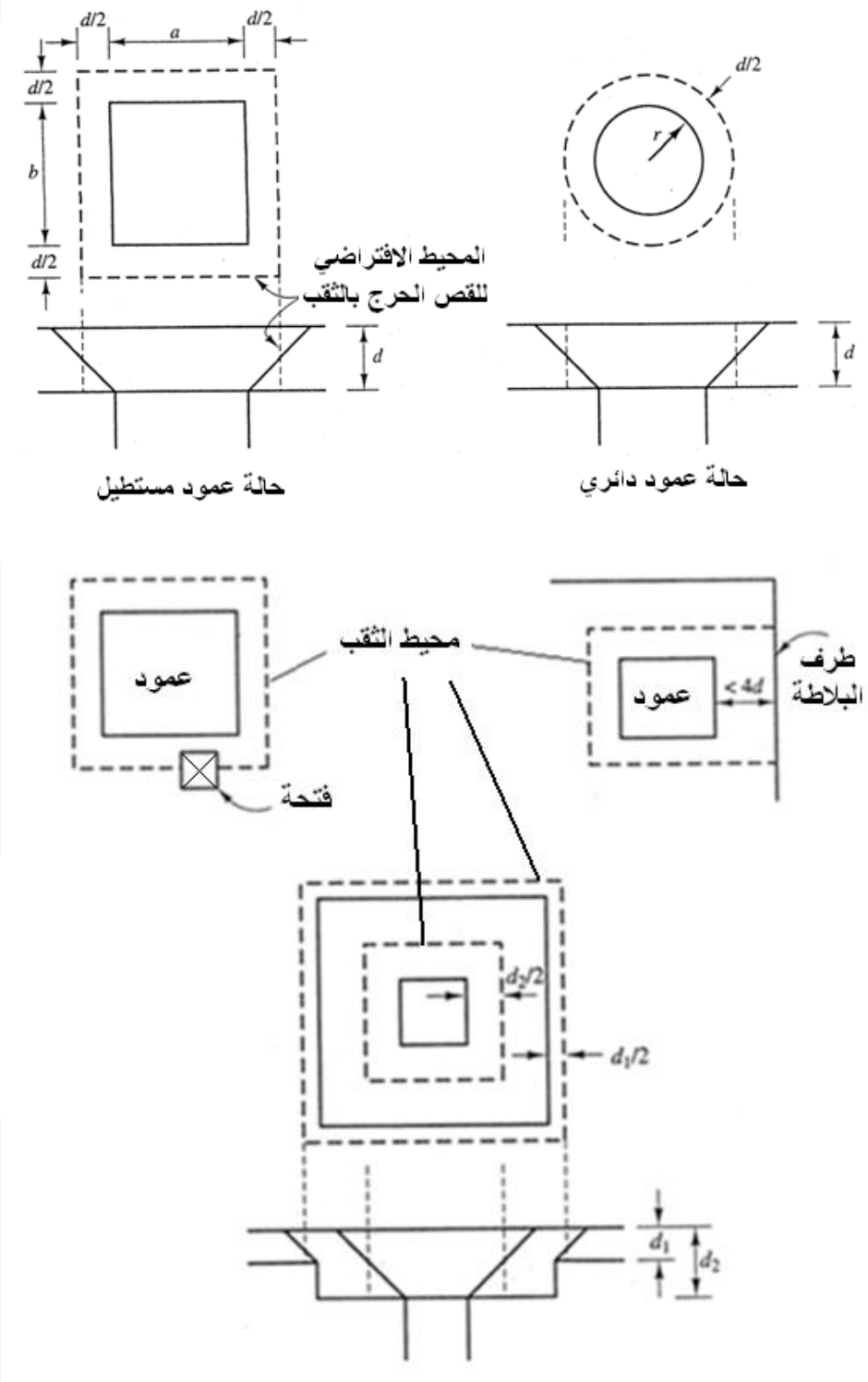
العمود مع البلاطة والانهيار بالثقب

الشكل (5-27): آلية انهيار البلاطات بالثقب

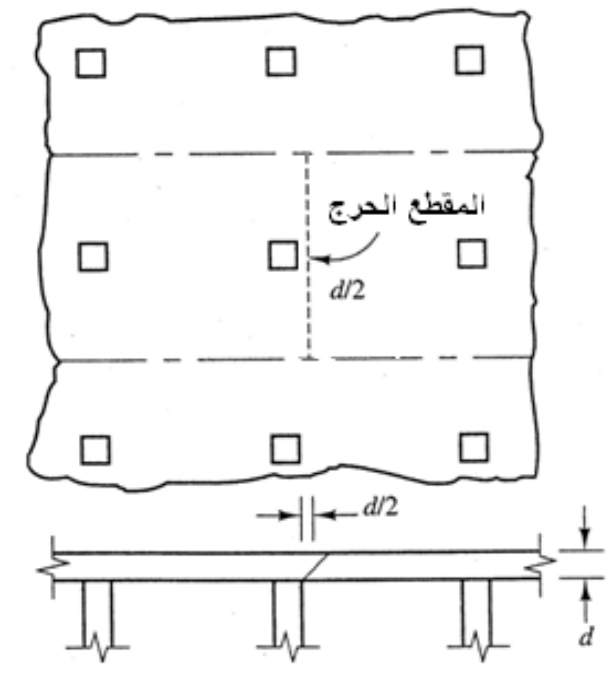
وفيما يخص محيط الثقب الافتراضي ، يوضح الشكل (5-28) كيفية حساب هذا المحيط لحالات مختلفة.

ويبين الشكل (5-29) المقطع الحرج للقص (على بعد $d/2$ من حافة التاج أو من السقوط)، والذي يفيد في تحديد اجهادات القص الحدية الناجمة عن الجهد القاطع.

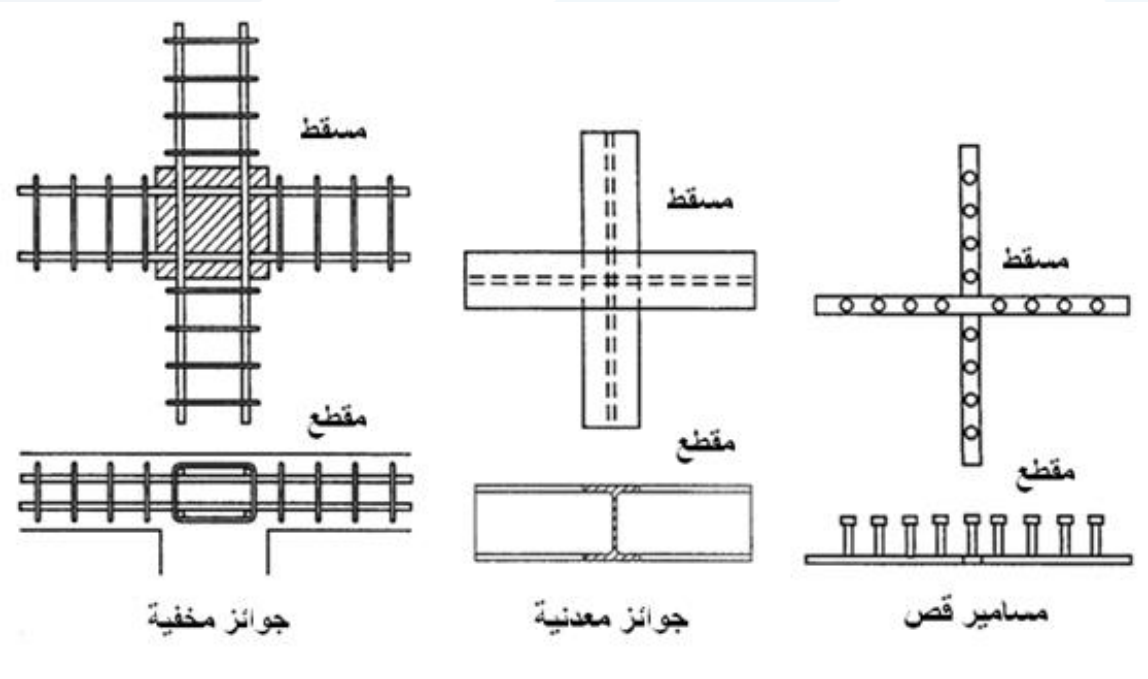
أما الشكل (5-30)، فيظهر أنواع مختلفة للتسليح الخاص بمنطقة اتصال البلاطة مع العمود، بحيث يعمل على مقاومة اجهادات الشد القطرية الناجمة عن القص الكبير ومنع تشكل مخروط الانهيار بالثقب.



الشكل (5-28): تحديد محيط الثقب الافتراضي للبلاطات الفطرية



الشكل (5-29): المقطع الحرج في حالة الجهد القاطع (القص باتجاه واحد)



الشكل (5-30): تسليح خاص لمقاومة الثقب

5-8- الفتحات في البلاطات البيتونية المسلحة

إن وجود الفتحات في البلاطات يؤثر على سلوكها الإنشائي عند تعرضها لحمولات خارجية، وخاصة ذات الطابع الديناميكي، في الواقع تولد هذه الفتحات انقطاع (عدم استمرارية) في جسم البلاطة، بالتالي تركيز جهود عند حوافها. وفي هذه الحالة يجب على الدارس إيجاد الحل الإنشائي الفعال لتقوية هذه الحواف، وتأمين الحل المناسب، ليستمر عمل البلاطة دون التأثير على قدرة تحملها إزاء الحمولات والأفعال الخارجية المطبقة. وبينت الدراسات النظرية والتجريبية أن الفتحات ذات الشكل المستدير (دائرة، قطع ناقص..) هي الأقل سوءاً من تلك المضلعة (مستطيل أو مربع...)، ولكن لأسباب عملية غالباً ما تكون أشكال الفتحات مستطيلة.

وفي حالة البلاطات المستوية، تصنف الفتحات وفق مجموعتين:

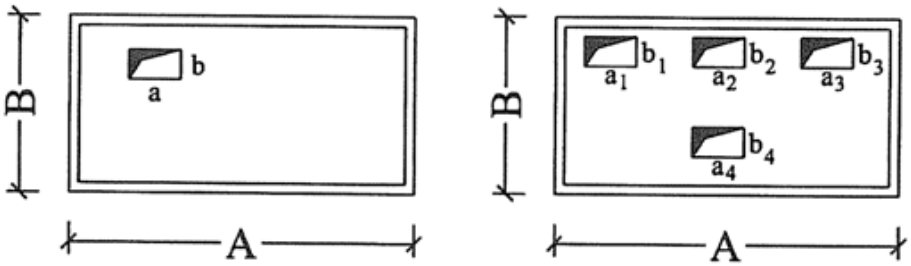
1) المجموعة الأولى تضم جملة الفتحات الصغيرة التي لا تؤثر كثيراً على سلوك البلاطة، ويمكن اتخاذ بعض الإجراءات والترتيبات الخاصة عند التنفيذ للحد من تأثيرها السلبي.

2) المجموعة الثانية تتمثل بالفتحات الكبيرة المنفذة في البلاطات، وفي هذه الحالة يجب على الدارس إجراء التحليل المناسب وفق المبادئ الهندسية المعتمدة، أو باعتماد جوائز تقوية على المحيط لتأمين مسار أحمال مناسب إلى الهيكل الحامل.

ونبين فيما يلي ما ينص عليه الكود السوري حول هذا الموضوع:

أ- تعد الفتحة في البلاطة صغيرة إذا كانت وحيدة (الشكل 5-31)، وكانت نسبتا بعدي الفتحة في الاتجاهين إلى مجازي البلاطة في الاتجاهين الموازيين لا تتعدى:

$$\left(\frac{a}{A} \& \frac{b}{B}\right) \le \frac{1}{4}$$



$$\frac{a}{A} \le \frac{1}{4} \qquad \frac{b}{B} \le \frac{1}{4}$$

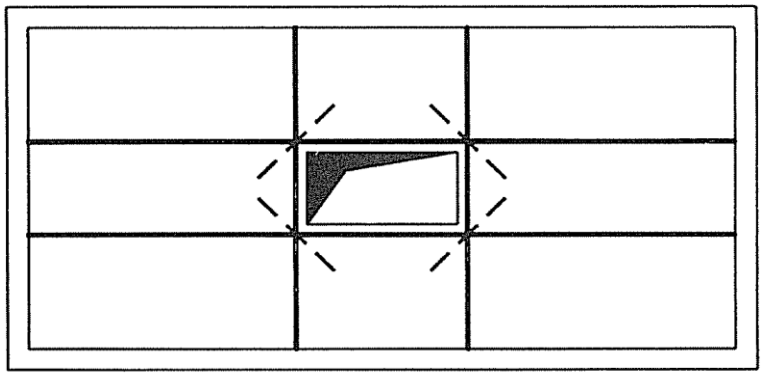
$$\frac{b_4 + [(b_3) \text{ أو } (b_2) \text{ أو } (b_1)]}{B} \le \frac{1}{4}$$

ومثلها للاتجاه A

الشكل (5-31): الفتحات الصغيرة في البلاطات

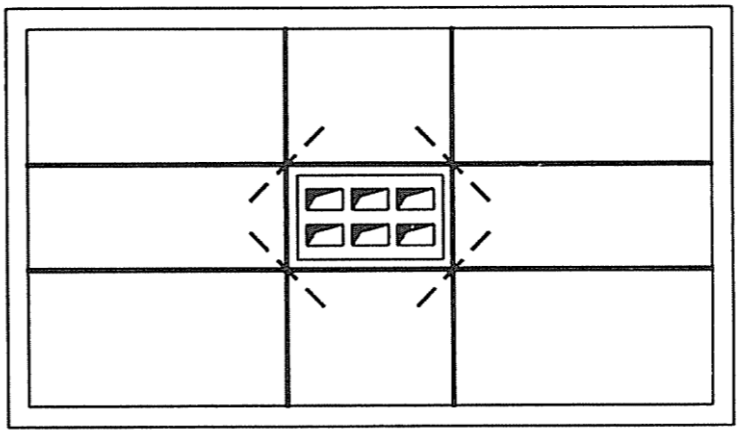
ب- في حالة الفتحة الصغيرة، يجب إضافة تسليح بجوار التسليح المقطوع بسبب الفتحة، يركز على جوانب الفتحة بالتساوي، وبمساحة عند كل طرف لا تقل عن $\left(\frac{3}{4}\right)$ مساحة التسليح المقطوع (حسب كل اتجاه)، كما هو مبين في الشكل (5-32)، على أن لا يقل عن قضيبين قطر $(12mm)$ عند كل طرف. أما التسليح القطري، فلا يقل عن قضيبين قطر $(10mm)$ عند كل زاوية، ويمتد

هذا التسليح مسافة لا تقل عن 50 مرة القطر من زاوية الفتحة (50ϕ). وفي حال عدم استعمال تسليح قطري، يزاد التسليح على جوانب الفتحة بمقدار (50%). ويجب أن يمد تسليح التقوية على جوانب الفتحات إلى ضمن المسند.



الشكل (5-32): التسليح حول الفتحة الصغيرة

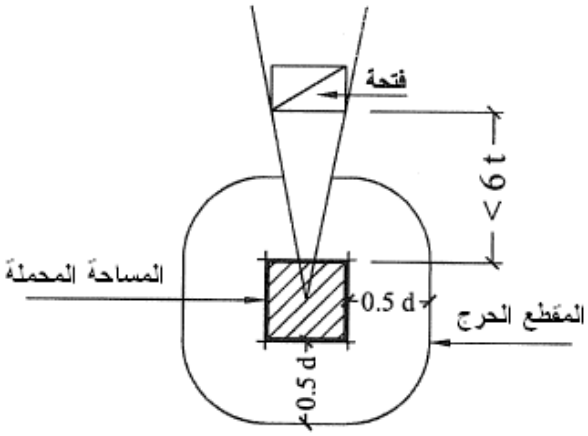
ت- وإذا كانت الفتحات الصغيرة متجاورة، يوضع التسليح البديل للتسليح المقطوع حول مجموعة الفتحات، كما هو مبين في الشكل (5-33)، وكما هو مذكور أعلاه في الفقرة السابقة (ب)، ويجب أن يمد تسليح التقوية على جوانب الفتحات إلى ضمن المسند.



الشكل (5-33): التسليح حول الفتحات الصغيرة

ث- في حال الفتحات الكبيرة، يجب أن تحلل وفقاً للمبادئ الهندسية المعتمدة (تحليل دقيق)، أو بوضع جوائز تقوية على محيط الفتحة، وتوصيل تلك الجوائز حتى مساند البلاطة، ثم تحليل هذه الجوائز أصولاً. وفي حال الجوائز الطرفية المخفية يلزم عادة تسليح ثنائي، فيراعى ربط هذا التسليح بشكل محكم بأساور كافية لمقاومة القص ومنع التحنيب.

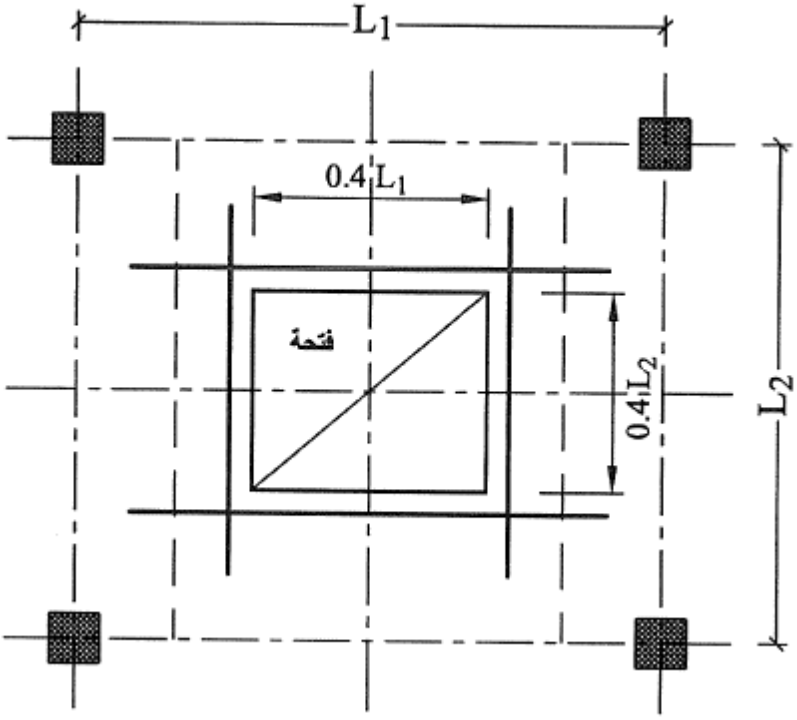
ج- عندما تكون الفتحة في البلاطة موجودة على مسافة تقل عن 6 مرات سماكة البلاطة من حافة حمولة مركزة (رد فعل)، كما هو مبين في الشكل (5-34)، فإن جزءاً من محيط المقطع الحرج، المحصور بين المستقيمين الواصلين من مركز الحمولة المركزة حتى طرف الفتحة، يعد غير فعال.



الشكل (5-34): المقطع الحرج حول الحمولة المركزة في حال وجود فتحة قريبة

ح- في حالة البلاطات الفطرية، يمكن السماح بوجود فتحات دون جوائز تقوية، ضمن الحالات التالية:

1) في منطقة تقاطع شريحتين وسطيتين، يمكن عمل فتحة، بحيث لا يزيد كل بعد من أبعادها على $0.4L$، حيث: L هو مجاز البلاطة الفطرية في الاتجاه ذاته كما هو مبين في الشكل (5-35). ويشترط أيضاً أن يوضع التسليح الكلي الموجب والسالب اللازم للشريحة الوسطية، ضمن ما تبقى من عرض الشريحة.



الشكل (5-35): تنفيذ فتحة صغيرة في وسط تقاطع شريحتين وسطيتين في البلاطة الفطرية

2) في منطقة تقاطع شريحتين مسنديتين، يمكن عمل فتحة، بحيث لا يزيد كل بعد من أبعادها عن $\frac{1}{10}$ عرض الشريحة المسندية في نفس الاتجاه. ويشترط أيضاً أن يوضع التسليح الكلي الموجب والسالب اللازم للشريحة المسندية، ضمن ما تبقى من عرض الشريحة، كما ويشترط تخفيض محيط المقطع الحرج للقص حول العمود، كما هو موضح سابقاً في الفقرة (ج) أعلاه.

3) في منطقة تقاطع شريحة مسندية مع شريحة وسطية، يمكن عمل فتحة، بحيث لا يزيد كل بعد من أبعادها عن $\frac{1}{4}$ عرض الشريحة المسندية. ويشترط أيضاً أن يوضع التسليح الكلي الموجب والسالب اللازم للشريحة، ضمن ما تبقى من عرض الشريحة.

في حال وجود فتحة بأبعاد أكبر مما سبق ذكره أعلاه، يجب أن تحلل طبقاً للمبادئ الهندسية المقبولة، وبوضع جوائز تقوية على محيط الفتحة، بما يلزم، بحيث يتم نقل الحمولات إلى الأعمدة.