مقرر الخرسانة المسلحة - كلية هندسة العمارة – جامعة المنارة

آراء عامة حول الجمل الانشائية البيتونية المسلحة وعناصرها

متطلبات تصميم العناصر الإنشائية

الأبعاد الأولية للعناصر البيتونية المسلحة

إعداد

أ.د. بسام حويجة

1- متطلبات تصميم الجمل الإنشائية

يُعدّ دور المهندس المصمم، باستخدامه خبرته وحدسه الإنشائي في الاختيار المناسب للجملة الإنشائية الحاملة وتوزيعها في المسقط الأفقي، بما يتناسب مع وظائفها الإنشائية، دوراً مهماً وأساسياً، يؤدي باستمرار إلى تحسين فعالية الجمل الحاملة في الأبنية والمنشآت الهندسية، وبالتالي إلى التخفيض الكبير في كلفة الهيكل الحامل، مع المحافظة على تأمين جميع المتطلبات المعمارية بصورة مرضية.

يتم تحديد أبعاد العناصر الإنشائية وسماكاتها بصورة مبدئية بالتعاون بين مختلف الاختصاصيين. فمن أجل تحديد أبعاد العناصر الحاملة من البيتون المسلح يلزمنا أولاً معرفة الأحمال الناجمة عن الأوزان الذاتية، وهذا يتطلب المعرفة المسبقة لأبعاد تلك العناصر، التي تتبع بدورها لعدة عوامل منها الوزن الذاتي للعنصر المحسوب نفسه. وللخروج من هذه الحلقة المفرغة لا بد من اعتماد قيم أولية للأبعاد والسماكات، بحيث يتم بعد ذلك تحقيقها حسابيا.

ويتعلق تصميم الجمل الإنشائية، بمجموعة من العوامل التي يجب أخذها بالحسبان وفي آن واحد، مرتبة تبعا لاحتمال تحكمها في تحديد الأبعاد والسماكات:

1. اعتبارات اقتصادية: وتتعلق بالتقليل من استخدام المواد المستوردة، والاعتماد على مواد البناء المصنعة محلياً.
2. انتظام الجملة الإنشائية وفعاليتها: وهذا يؤدي أيضاً إلى وفر إضافي آخر في مواد الإنشاء.
3. تحقيق شرط الأسهم في السقوف: وهو أحد العوامل الرئيسة المسيطرة، في أغلب الأحيان، على تحديد سماكات الأسقف في الأبنية.

4. اعتبارات معمارية: وتتعلق بجمال المظهر وتناسب الأبعاد.
5. اعتبارات تنفيذية وعملية: كتوحيد السماكات والمقاطع.

في الحقيقة، إن للجملة الإنشائية بعناصرها الأفقية والشاقولية مفعولاً مهماً في إمكانية تعدد الحلول المعمارية، وذلك من خلال تأثير كل من المتغيرات التالية:

- أبعاد المجازات بين العناصر الإنشائية الشاقولية.
- نوع العناصر الإنشائية الشاقولية المستخدمة واتجاهاتها.
- نوع الجملة الإنشائية.

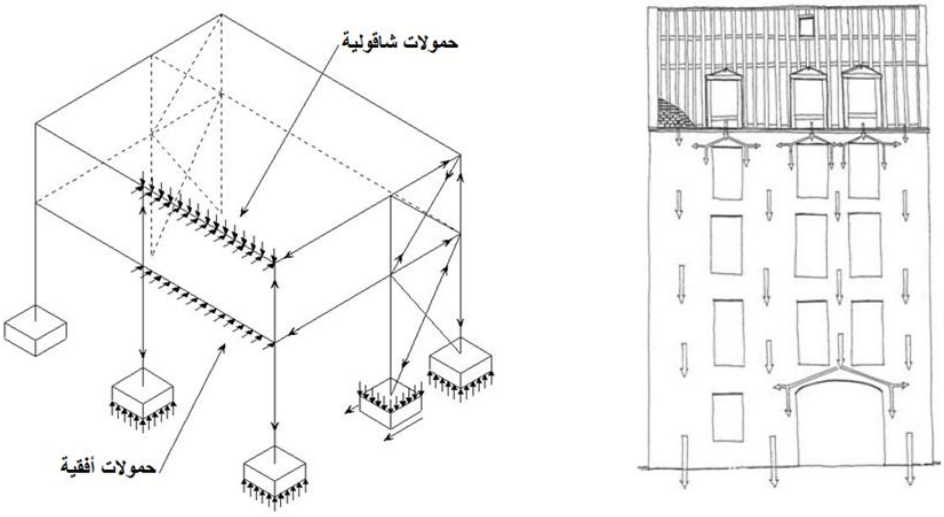
يمكن تلخيص العناصر الإنشائية الحاملة في المباني والمنشآت الهندسية، التي تعمل على نقل الحمولات كما يلي:

- عناصر أفقية: أسقف مؤلفة من:
  - بلاطة بسيطة (عنصر سطحي) أو
  - بلاطة + أعصاب (عناصر خطية) أو
  - بلاطة + أعصاب + جوائز (عناصر خطية).
- عناصر شاقولية أو مائلة:
  - أعمدة (عناصر خطية).
  - جدران حاملة (عناصر سطحية).
- الأساسات: حسب نوعها، عناصر خطية أو سطحية أو كتلية

يقودنا التصنيف السابق إلى تحديد أنواع الجمل الإنشائية في المنشآت البيتونية المسلحة (بشكل عام ومبسط)، والتي تعمل على مقاومة الأفعال الخارجية المطبقة (حمولات شاقولية: دائمة + إضافية، وحمولات استثنائية "أفقية" : رياح أو زلازل...)، وفق ما يلي:

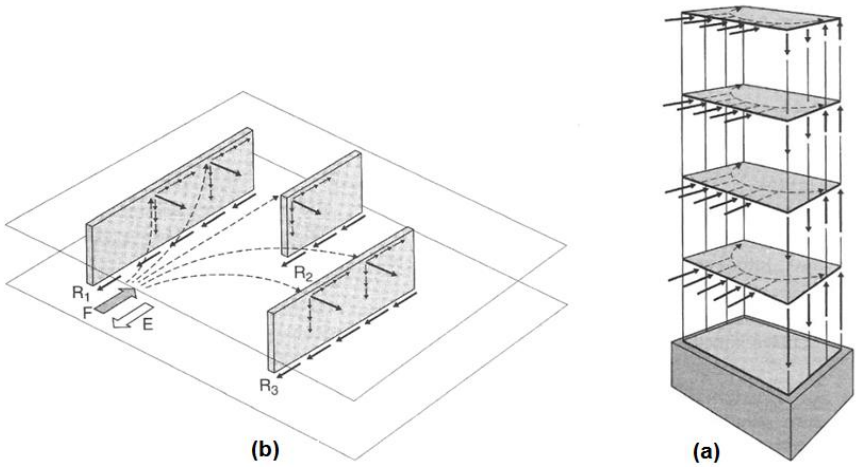
1. جملة إطارية: أعمدة وجوائز مع تأمين عقد صلبة.
2. جملة جدران حاملة (جدران قص).
3. جملة مختلطة: إطارية + جدران قص.

وتتم عملية تفريغ الحمولات من خلال تأمين مسار أحمال، مدروس بعناية، وذلك على النحو التالي (الشكل 1): حمولات عادية أو استثنائية - أسقف وبلاطات - أعمدة وجدران - أساسات - تربة التأسيس.



الشكل (1): نقل الحمولات الخارجية إلى الأساسات، ومن بعد إلى تربة التأسيس

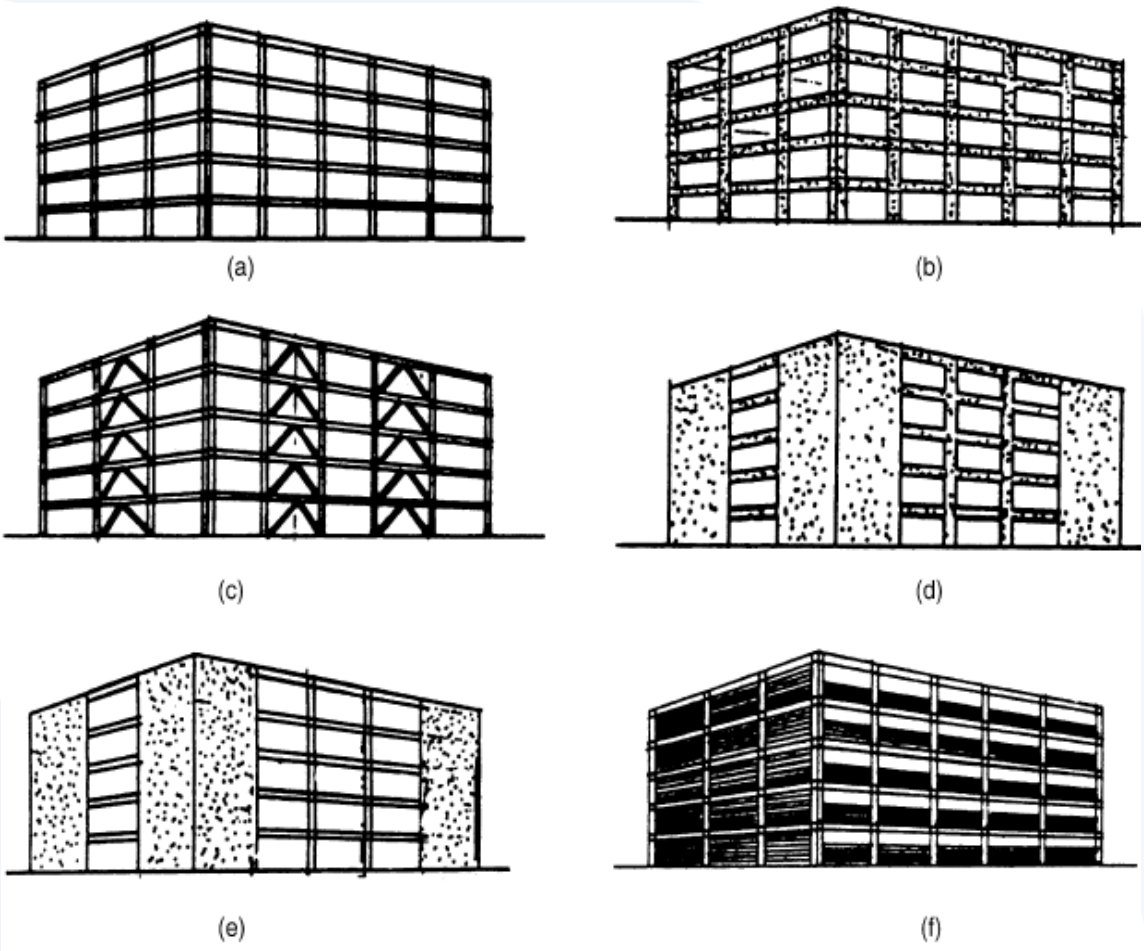
يبين الشكل (2) آلية توزيع أفعال الرياح والقوى الأفقية الناجمة عن الزلازل على عناصر الجملة الإنشائية.



الشكل (2): آلية توزيع القوى الأفقية الناجمة عن الحمولات الاستثنائية

(a)فعل الرياح - (b) فعل الزلازل

يوضح الشكلان (3 و 4) الجمل الإنشائية للمباني والمنشآت، المناسبة لمقاومة الحمولات والأفعال الخارجية، وخاصة تلك الواقعة في مناطق زلزالية.

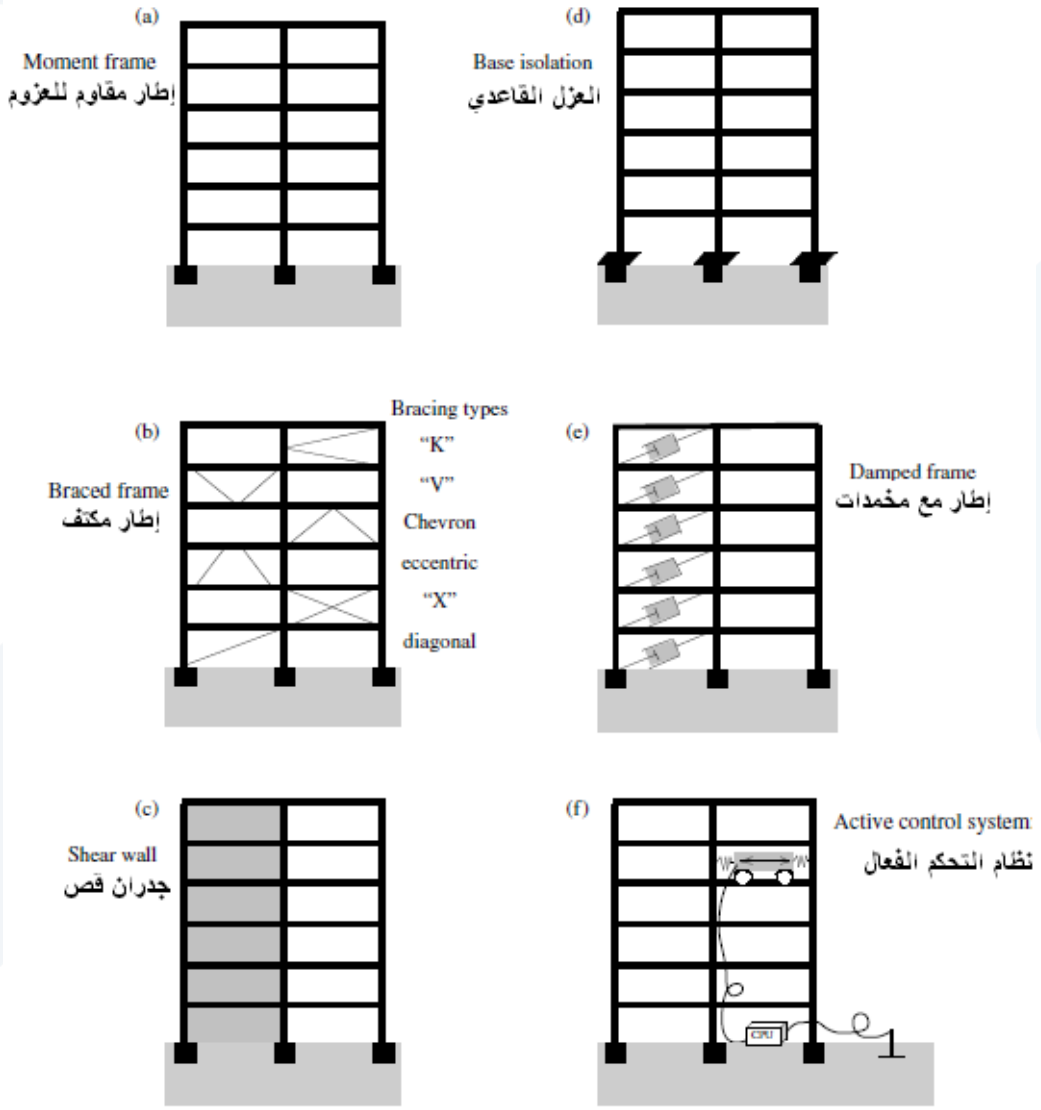


(a) إطار فولاذي مقاوم للعزوم، (b) إطار بيتوني مسلح مقاوم للعزوم، (c) إطار فولاذي مع تكتيف.

(d) جدران قص من البيتون المسلح، (e) بناء إطاري فولاذي مع جدران قص مصبوبة بالمكان.

(f) بناء إطاري فولاذي مع جدران ملء غير مسلحة.

الشكل (3): الجمل الإنشائية المقاومة للأفعال الخارجية (شاقولية وأفقية)



(a-b-c) : جمل إنشائية تقليدية لمقاومة الزلازل

(d-e-f) : جمل إنشائية حديثة للحماية من الزلازل

الشكل (4)

أخيراً، وقبل عملية التصميم النهائي وإعداد المخططات التنفيذية للمنشأة موضوع الدراسة، يعمل الدارس الإنشائي، بالتعاون مع المعماري، على تحديد بعض المسائل والمعطيات الأولية الأساسية التي تخدم في عملية التصميم، وذلك اعتماداً على الفكرة المعمارية، ويتضمن ذلك مايلي:

- وضع الفواصل بين الكتل، للتمدد والتقلص الحراريين، للهبوط التفاضلي، وللزلازل.

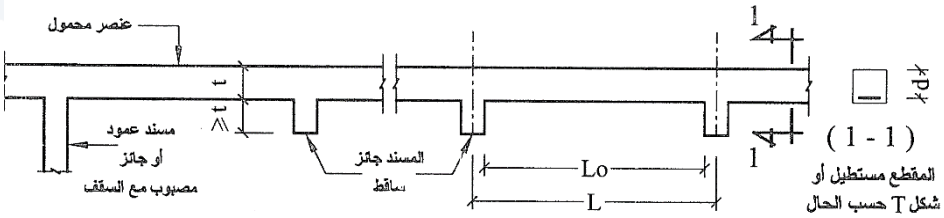
- إجراء الدراسة الأولية الإنشائية: دراسة أولية لتحديد مسار الأحمال (الأفقي والشاقولي)، واقتراح الجملة الإنشائية المناسبة (في كل كتلة) والمقاومة للقوى الشاقولية والأفقية. وكما رأينا أعلاه يمكن أن تكون الجملة المقاومة للقوى الأفقية: جملة إطارات مقاومة للعزوم أو جملة جدران قص، أو جملة مختلطة من إطارات أو جدران قص، أو جملة أخرى. قد تكون هناك حاجة لعمل عدة حلول إنشائية، ثم إجراء مقارنة اقتصادية وفنية بينها، وبعد التوصل إلى الحل الأنسب، يلزم توضيح هذا الحل بالرسم عن طريق رسم مخططات القالب (الكوفراج) وبشكل يوضح طريقة عمل جميع العناصر الإنشائية، كما يجب توضيح الأبعاد الأولية المختارة لجميع العناصر على مخططات القالب، وتعطى هذه الأبعاد للمعماري ليستعملها في رسوماته المعمارية. تعد مخططات القالب (الكوفراج) هي المخططات المطلوب من الإنشائي تسليمها في نهاية مرحلة الدراسة الأولية. ومن أجل إنجاز هذه المرحلة، يجب معرفة عدة أمور، يمكن تلخيصها في نقطتين مهمتين: النقطة الأولى هي المجازات المناسبة لكل جملة من الجمل الإنشائية، وذلك لتخفيف عدد الحلول المقارنة الواجب دراستها، والنقطة الثانية هي كيفية إجراء الدراسة التقريبية السريعة لاختيار أبعاد العناصر الإنشائية للحل المقترح. وبالنتيجة يلخص المهندس نتائج الدراسة الأولية ضمن ما يسمى المذكرة التفسيرية أو التبريرية، التي تحتوي على شروحات وحسابات مبسطة في الوقت نفسه.

وبعد أن يتم استلام الدراسة الأولية وإبداء الملاحظات عليها، يقوم المهندس الدارس بإعداد المذكرة الحسابية بدءاً من الأبعاد والسماكات التي تم تحديدها مسبقا، وبتطبيق إحدى القواعد المعروفة في تصميم وحساب المنشآت. ثم يقوم بإعداد المخططات التنفيذية ورسم المساقط والمقاطع الطولية والمقاطع العرضية والتفصيلات الخاصة كالعقد والوصلات، مع الأخذ بالحسبان الاشتراطات والتوصيات والإجراءات التي تحددها الكودات المعتمدة، سواء كانت وطنية أو عالمية.

2- المجازات الفعالة (عناصر بيتونية مسلحة)

- المجازات الفعالة للبلاطات والأعصاب والجوائز:

أ- المسند مصبوب بشكل مستمر مع العنصر المحمول، ويكون المسند عموداً أو جداراً أو جائزاً ساقطاً ذا ارتفاع لا يقل عن مثلي ارتفاع العنصر المحمول، كما هو مبين في الشكل (5):



الشكل (5)

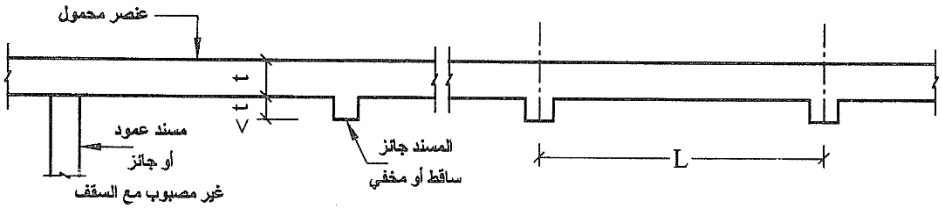
يؤخذ المجاز الفعال لكل فتحة من الجائز أو العصب أو البلاطة حسب الحال، سواءً كان الاستناد بسيطاً أو مستمراً، مساوياً القيمة الأدنى من القيم الثلاث التالية:

- المسافة بين محوري الركيزتين (L).
- المسافة الحرة بين الركيزتين (L_0) مضافاً إليها العمق الفعال d.
- المسافة الحرة بين المسندين (L_0) مضروبة بالمعامل 1.05

علماً أن:

العمق الفعال d هو المسافة بين مركز تسليح الشد وحافة المقطع الأكثر انضغاطاً.

ب- المسند هو جائز مصبوب مستمراً مع العنصر المحمول وذو ارتفاع يقل عن مثلي ارتفاع العنصر المحمول، أو جائز مخفي، وكذلك عندما يكون المسند هو عمود أو جدار أو جائز ساقط غير مصبوب مستمراً مع العنصر المحمول، كما هو مبين في الشكل (6):

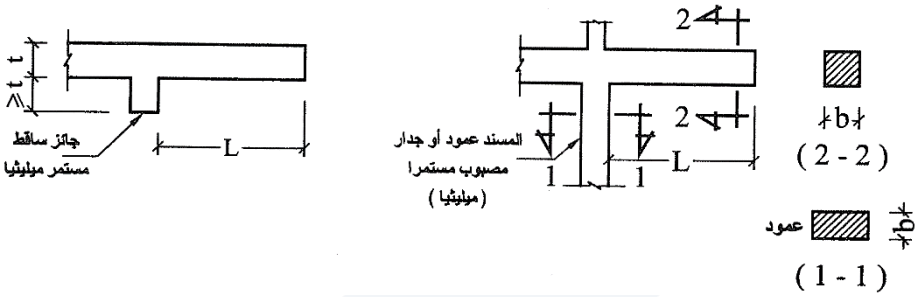


الشكل (6)

يؤخذ المجاز الفعال لكل فتحة من الجائز أو العصب أو البلاطة حسب الحال (سواء كان الاستناد بسيطاً أو مستمراً) مساوياً المسافة بين محوري المسندين، ويمكن أن يؤخذ تأثير عرض المسند في تعديل قيمة العزم السالب عن القيمة عند محور المسند.

- المجازات الفعالة للعناصر الظفرية:

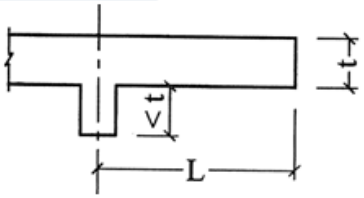
أ) المسند مصبوب مستمر مع الظفر المحمول، ويكون المسند عموداً له نفس العرض، أو جداراً أو جائزاً ساقطاً لا يقل ارتفاعه عن مثلي ارتفاع الظفر المحمول، كما هو مبين في الشكل (7):



الشكل (7)

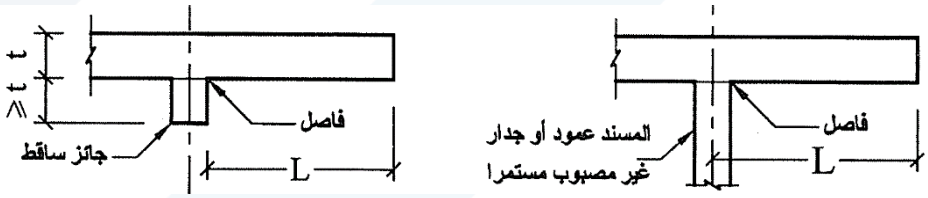
يؤخذ المجاز الفعال للعنصر الظفري حسب الحال مساوياً مجازه من الطرف الحر حتى وجه المسند.

ب) الظفر المستند إلى جائز مخفي أو على جائز ساقط بارتفاع يقل عن مثلي ارتفاع الظفر المحمول (الشكل 8):



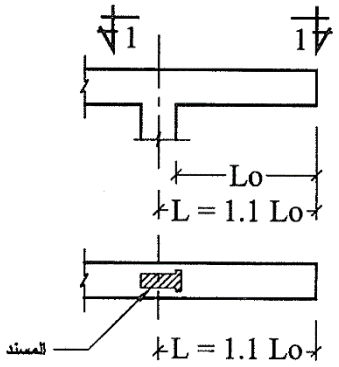
الشكل (8)

ت) الظفر المستند إلى عمود أو جدار أو جائز ساقط غير مصبوب معه بشكل مستمر (الشكل 9):



الشكل (9)

ث) الظفر المستند على مسند ذي عرض يقل عن 70% من عرض الظفر (الشكل 10):



الشكل (10)

ملاحظة: في حال تخشين السطح بين المسند والعنصر المحمول ومن بعد تنظيفه وتنفيذ روبة إسمنتية فوقه عند الصب يمكن تصنيفه مصبوباً مستمراً.

3- التقدير الأولي لأبعاد المقاطع العرضية للعناصر البيتونية المسلحة

يخضع اختيار أبعاد المقاطع العرضية لشروط متعددة، يمكن تلخيصها كما يلي:

✓ **الشرط المعماري:**

الأبعاد التي تناسب الدراسة المعمارية. في بعض الحالات تضع الدراسة المعمارية حدوداً قصوى على الأبعاد الإنشائية، ويلزم الالتزام بهذه الأبعاد، إلا إذا كانت لا تحقق السلامة الإنشائية، عندها يجب مناقشة المعماري للاتفاق على أبعاد مناسبة مقبولة إنشائياً. كما قد تطلب أبعاداً تزيد كثيراً على المطلوب إنشائياً، ويجب الالتزام بها إذا كانت أساسية من الناحية المعمارية.

✓ **شرط السهم:**

يتعلق أساساً بالعناصر المعرضة لعزوم انعطاف. نص الكود على ارتفاعات دنيا لتحقيق شرط السهم، وفي حال اعتماد ارتفاعات أقل منها، يطلب الكود تحقيق السهم حسابياً. وينصح باعتماد الارتفاعات المطلوبة لشرط السهم (ما دام ذلك ممكناً)، وخاصة أن النزول عنها يعني زيادة في كمية التسليح، إضافة إلى ضرورة التحقيق الحسابي.

ونبين فيما يلي الارتفاع الأدنى (h,t) الواجب اعتماده لتحقيق شرط السهم وفقاً لنوع العنصر والمجاز الفعال L (كود فرنسي)، وكذلك العرض المناسب للجوائز:

- جوائز متدلية: $h \geq \frac{L}{13 \to 15}\ ,\ b = \frac{h}{4} \to \frac{h}{2}$

- جوائز مخفية: $h \geq \frac{L}{18 \to 20}\ ,\ b = h \to 5h\ \&\ b \leq (L/5 \to L/4)$

- جوائز ظفرية مخفية: $h \geq \frac{L}{8}$

- جوائز ظفرية متدلية: $h \geq \frac{L}{6}$

- بلاطات مصمتة باتجاه واحد: $t \geq \frac{L}{25}$

- بلاطات مصمتة باتجاهين: $t \geq \frac{\sum L}{120}\ ;\ or\ t \geq \frac{L_m}{30 \to 35}$

- بلاطات مفرغة باتجاه واحد: $t \geq \frac{L}{16 \to 25}$

- بلاطات معصبة باتجاهين: $t \geq \frac{\sum L}{120}$

- بلاطات جائزية متصالبة: $t \geq \left(\frac{L1+L2}{2}\right)/20 \rightarrow 25$

- بلاطات فطرية: $t \geq \frac{L}{30 \rightarrow 35}$

ونبين فيما يلي اشتراطات تحقيق السهم للعناصر المنعطفة وفق ما ورد في الكود السوري:

1- البلاطات المصمتة العاملة باتجاه واحد

هذه 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 إلى 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.

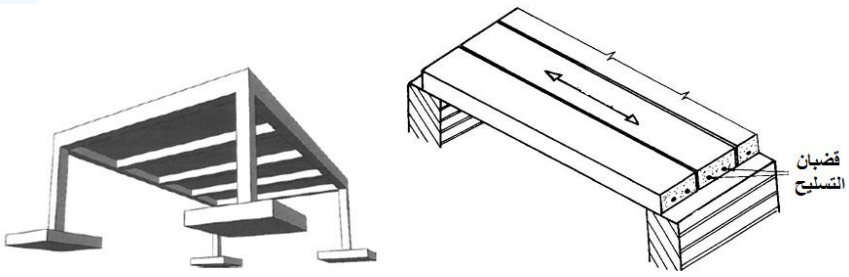
وللتبسيط يمكن اعتماد $m = 0.87$ للفتحات الطرفية، و $m = 0.76$ للفتحات الوسطية، وذلك لحالة البلاطات المستمرة المستعملة في المباني العادية، ذات الحمولات الحية الموزعة بانتظام والتي لا تتعدى $(5\,kN/m^2)$، وعندما يكون المجاز L_1 أو L_2 لا يقل عن ثلثي المجاز أو المجازات المجاورة، ولا يزيد على مرة ونصف منه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

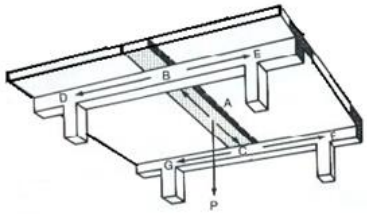
في حالة البلاطات المستطيلة المستندة بشكل بسيط إلى حوافها الأربع، يكون لدينا: $(m = m_1 = m_2 = 1)$. بالتالي يكون:

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

$r \leq 2$: البلاطة تعمل باتجاهين.

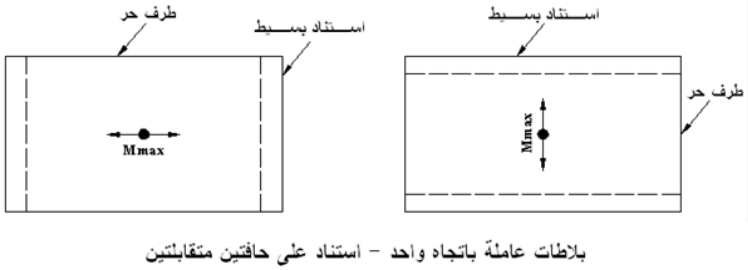
يبين الشكل (11) نموذج لبلاطة عاملة باتجاه واحد.





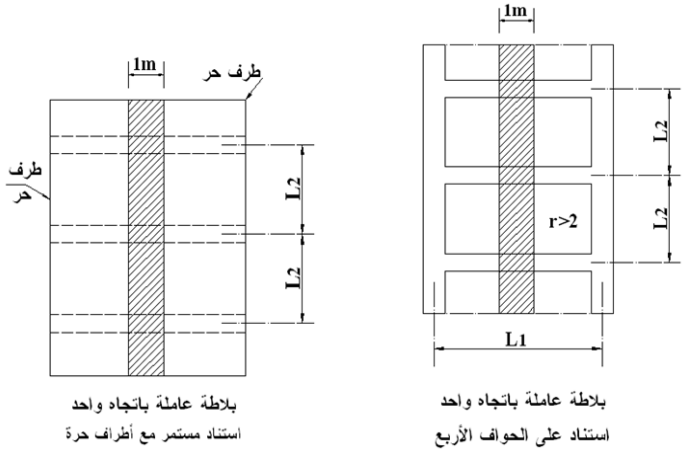
الشكل (11): بلاطة عاملة باتجه واحد

- حالة البلاطات المحمولة باتجاه واحد، والمستندة إلى مسندين فقط (جدارين أو جائزين) ممتدين على طول الطرفين المتقابلين، الشكل (12).



الشكل (12)

- حالة البلاطات المستطيلة المستندة إلى حوافها الأربع، الشكل (13).



الشكل (13)

يتم حساب البلاطات العاملة باتجاه واحد باعتبارها جائزاً مسنوداً على الأطراف المتقابلة، بسيطاً أو مستمراً، 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). ومن 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.
- الإسهام في توزيع الحمولات المركزة، وبصور خاصة عندما يوضع هذا التسليح في الوجه العلوي للبلاطة، أي من جهة التحميل.

وتكون الاشتراطات البعدية كما يلي:

- تتحدد السماكة الدنيا للبلاطة العاملة باتجاه واحد (t) ، استناداً لتحقيق شرط السهم المبين في الجدول (1)، ويمكن أن نأخذ قيماً أصغر شرط أن تتم دراسة السهم وحسابه، بحيث لا تتجاوز قيمته القيمة المسموح بها في الكود السوري الأساس.

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

الجدول (1): السماكات الدنيا للبلاطات العاملة باتجاه واحد

حيث: L المجاز الفعال للبلاطة.

- يجب ألا يقل الارتفاع الكلي للجائز الحامل للبلاطة (h) عن ضعف سماكة البلاطة: $\frac{h}{t} \geq 2$ ، وإلاّ 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.

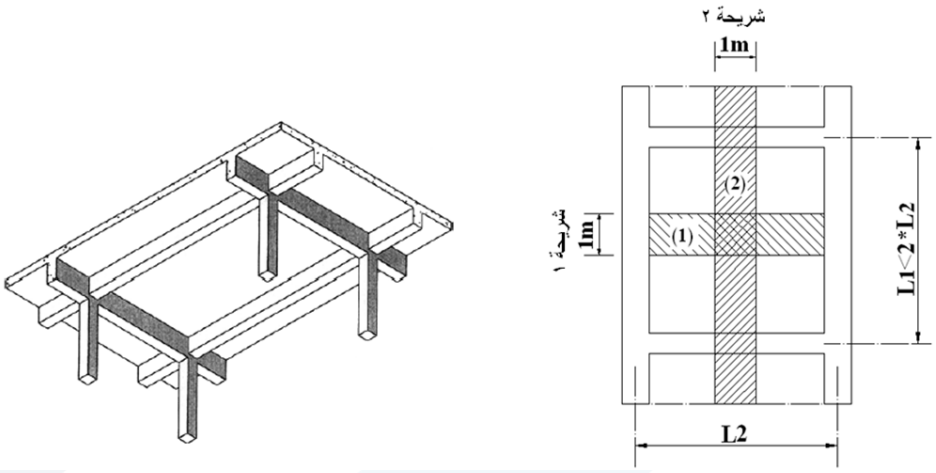
2- البلاطات المصمتة العاملة باتجاهين

تعمل هذه البلاطات باتجاهين، الشكل (14)، 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، إذ 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.

تُعدّ البلاطات المستطيلة المصمتة ذات اتجاهين إذا تحقق كل من الشرطين التاليين:

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



الشكل (14): بلاطة مصمتة عاملة باتجاهين

وتكون الاشتراطات البعدية:

- تتحدد السماكة الدنيا للبلاطة العاملة باتجاهين (t)، والمستندة إلى 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 طوله الفعلي عند الوجه الداخلي للاستناد إذا كانت البلاطة مستندة استنادا بسيطاً إلى هذا الضلع، و 0.76 من الطول الفعلي عند الوجه الداخلي للاستناد إذا كانت البلاطة مستمرة عند هذا الضلع. ويمكن أن نأخذ قيماً أصغر شرط أن تتم دراسة السهم وحسابه، وبحيث لا تتجاوز قيمته القيمة المسموح بها في الكود السوري الأساس.
- عندما يقل الارتفاع الكلي للجائز الحامل للبلاطة عن ضعف سماكتها $\left(\frac{h}{t} < 2\right)$، تؤخذ السماكة الدنيا بفرضها مستندة إلى الأعمدة مباشرة، وذلك وفق الجدول (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 (2): السماكات الدنيا للبلاطات العاملة باتجاهين $\left(\frac{h}{t}<2\right)$

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

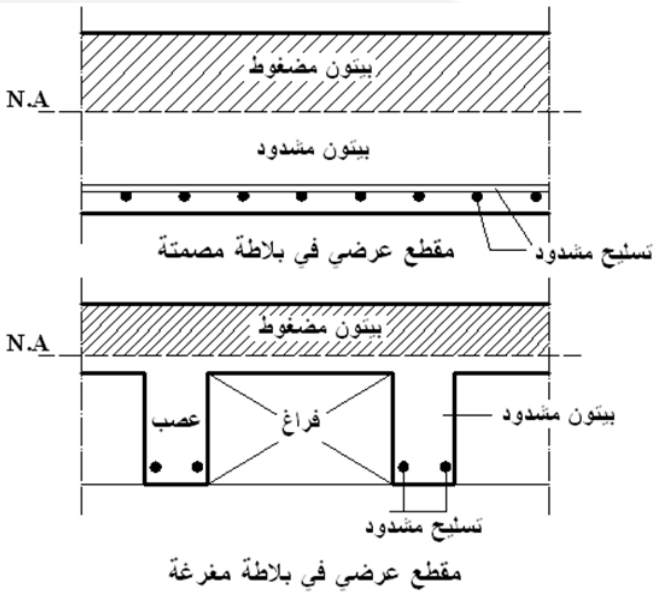
- وفي كافة الأحوال يجب أن تكون سماكة البلاطة محققة لـ:

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

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

3- البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد

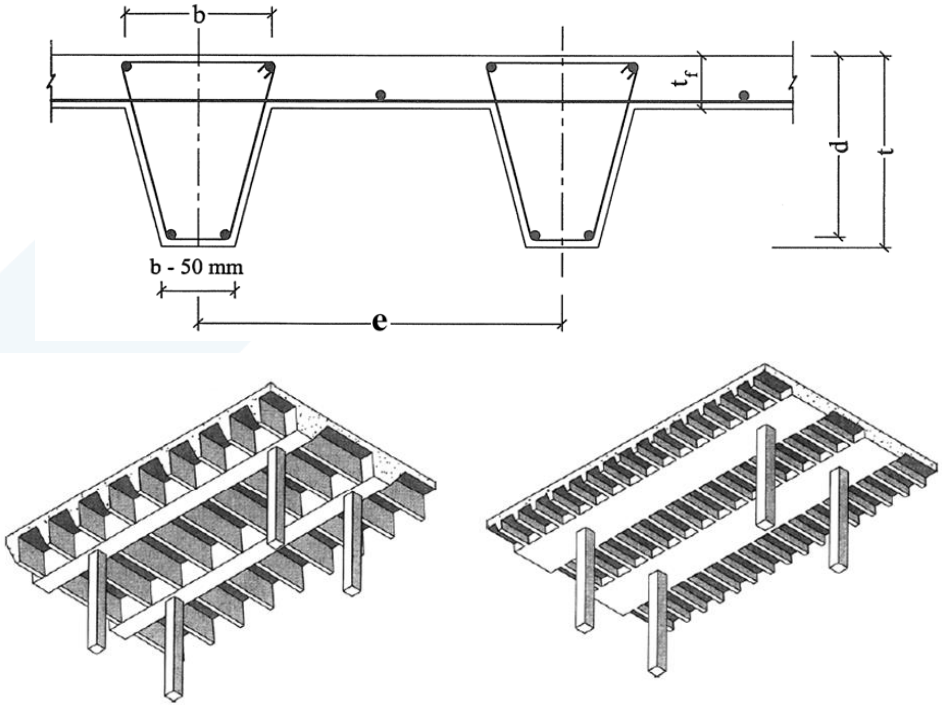
إن هذا النوع من البلاطات يتميز عن غيره بإمكانية تغطية مساحات كبيرة نسبياً دون استعمال جوائز ساقطة، وكذلك بتأمين عزل صوتي و حراري أفضل بكثير من البلاطات المصمتة و ذلك عند استخدام بلوكات مفرغة، إضافة إلى المرونة التي تقدمها في أثناء توزيع الغرف. إن الفكرة الأساسية لهذا النوع أتت من إمكانية حذف جزء كبير 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 (15) مقطعاً عرضياً في بلاطة مصمتة وآخر في بلاطة مفرغة باتجاه واحد، وبالتالي الفرق بين هاتين البلاطتين من حيث التسليح المشدود والفراغات المنفذة.



الشكل (15): الفرق بين بلاطة مصمتة وبلاطة مفرغة باتجاه واحد

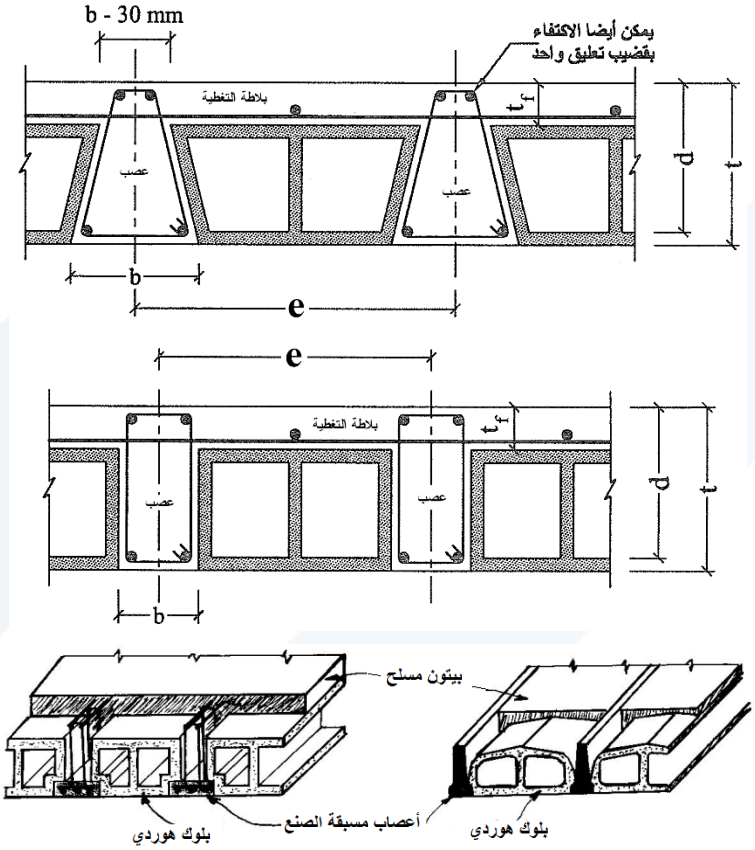
توجد عدة أنواع من هذه البلاطات:

- بلاطات مفرغة ذات قوالب مؤقتة تتألف من أعصاب باتجاه واحد تعلوها بلاطة تغطية، و يتم الصب ثم تنزع القوالب، الشكل (16).

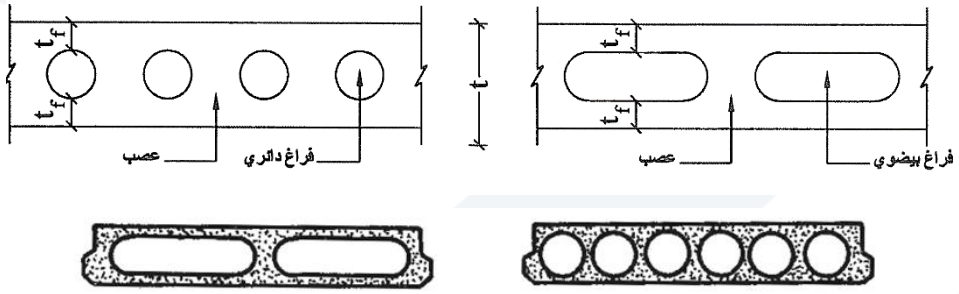


الشكل (16): بلاطة مفرغة ذات أعصاب صريحة منفذة بقوالب مؤقتة

- بلاطات مفرغة ذات قوالب دائمة من البلوك أو الآجر المفرغ، تصبح جزءاً من البلاطة، والأعصاب يمكن أن تكون مصبوبة بالمكان أو مسبقة الصنع، الشكل (17).
- بلاطات مفرغة مسبقة الصنع تحوي في وسطها فراغات ذات أشكال هندسية مختلفة، الشكل (18).



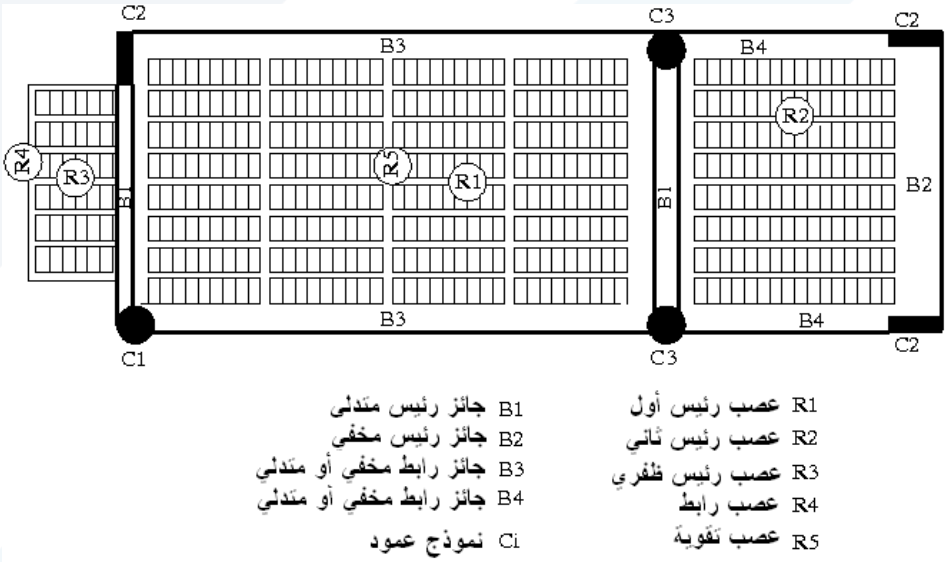
الشكل (17): نماذج لبلاطات مفرغة باتجاه واحد ومنفذة بقوالب دائمة ذات أعصاب صريحة (مصبوبة بالمكان أو مسبقة الصنع)



الشكل (18): بلاطة مفرغة مسبقة الصنع

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 إلى الأعمدة تكون مخفية بسماكة مساوية سماكة الأعصاب أو ساقطة (متدلية) بسماكة أكبر من ضعف سماكة الأعصاب، وتعمل على أساس T أو مستطيلة.

يبين الشكل (19) مسقط كوفراج سقفاً حاوياً بلاطة مفرغة باتجاه واحد، ومنفذة بقوالب دائمة ذات أعصاب صريحة.



الشكل (19): مكونات البلاطة المفرغة باتجاه واحد

نبين فيما يلي بعض النصائح المهمة من أجل الحصول على توزيع فعال للأعصاب و الجوائز الحاملة:

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

- إذا لم نتمكن من استخدام جوائز ساقطة تحمل الأعصاب الأساسية، نعتمد جوائز مخفية (مبطوحة) بعرض أولي يتأرجح بين L/4 وL/5 ، حيث L هو المجاز الفعال للجائز.
- يعود للمهندس المصمم وضع البلوك المفرغ ذا العرضين المختلفين، بطريقة يكون فيها البعد الأكبر في الأعلى أو في الأسفل.
- لا يؤخذ البلوك المفرغ أو الآجر المفرغ في الحسبان، عند حساب البلاطة ستاتيكياً.
- 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.
- يجب ألا تقل مقاومة مادة القوالب الدائمة على الضغط عن $(7\ N/mm^2)$ ، عندما تحمل محورياً باتجاه يوازي الإجهادات الضاغطة في البلاطة.
- يمكن للمهندس المصمم اختيار شكل و أبعاد البلوك حيث توجد أنواع كثيرة تستخدم في البلاطات المفرغة، ومتوافر في السوق.

وتكون الاشتراطات البعدية:

- السماكة الكلية للبلاطة (العصب) (t):

ينفذ هذا النوع من البلاطات باستخدام بلوك إسمنتي أو قرميدي، بحيث لا يزيد التباعد بين محاور الأعصاب على $(70cm)$ عند استخدام قوالب دائمة، وألا يزيد عرض الفراغ الواحد على $(50cm)$ لحالة البلاطات المفرغة مسبقة الصنع.

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

أ. البلاطة تستند إلى جدران أو إلى 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 (3).

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 (3)

ب. البلاطة تستند إلى جوائز مخفية سماكتها مساوية سماكة البلاطة $(h=t)$ ، تتحدد السماكة الدنيا كتابع للمجاز الفعال للبلاطة وشروط الاستناد، كما هو مبين في الجدول (4).

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 (4)

وفيما يخص سماكة بلاطة التغطية (t_f) ، يجب ألا تقل عن الأكبر من القيم التالية:

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

- 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:

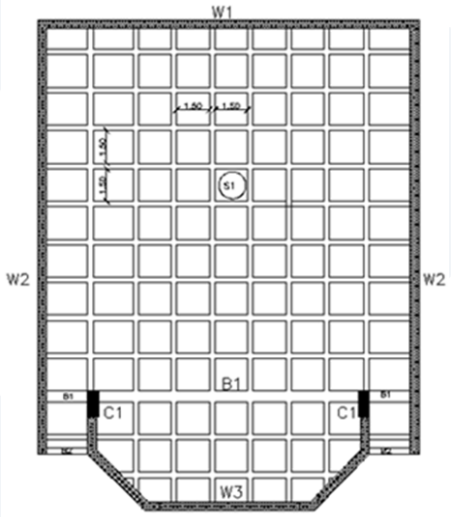
$$b_w = \max\begin{cases}100mm \\ \frac{t}{3}\end{cases}$$

4- البلاطات المفرغة ذات الأعصاب بالاتجاهين

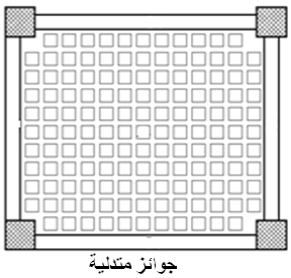
تُعدّ البلاطات المستطيلة مفرغة ذات اتجاهين إذا تحقق كل من الشرطين التاليين:

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

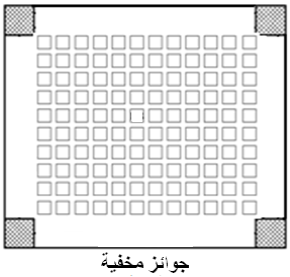
وإن هذه البلاطات أكثر كلفة من بقية البلاطات، إذ تحتاج إلى قوالب معقدة جداً من أجل تنفيذها و لكن تستخدم لأسباب معمارية، الشكل (20).



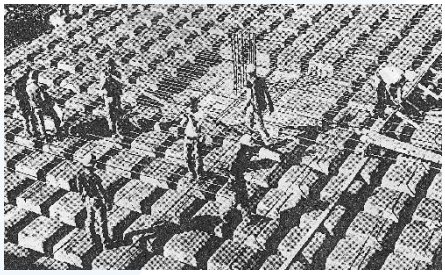
Joist floor system



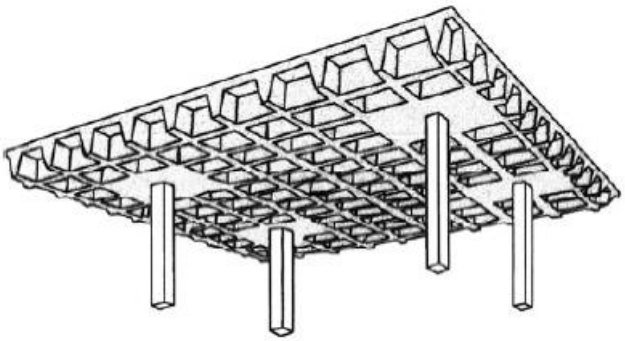
جوائز متدلية



جوائز مخفية



الشكل (20): بلاطات مفرغة ذات أعصاب باتجاهين



تابع للشكل (20): بلاطات مفرغة ذات أعصاب باتجاهين

والاشتراطات البعدية:

- السماكة الكلية للبلاطة (الأعصاب) (t):

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

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

أ- البلاطة تستند إلى 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 شرط 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).

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): السماكات الدنيا للبلاطات المفرغة ذات أعصاب باتجاهين $\left(\frac{h}{t} < 2\right)$

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) حالة البلاطات المفرغة ذات القوالب المؤقتة $(t_f \geq 60\,m)$

3) حالة البلاطات المفرغة ذات القوالب الدائمة من القرميد أو الآجر المفرغ $(t_f \geq 50\,m)$

4) حالة البلاطات المفرغة مسبقة الصنع $(t_f \geq 50\,m)$

- 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:

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

5- البلاطات المتصالبة الجوائز ذات اتجاهين

الاشتراطات بعدية:

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

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

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

$$h \geq \frac{L}{20 \rightarrow 25}$$

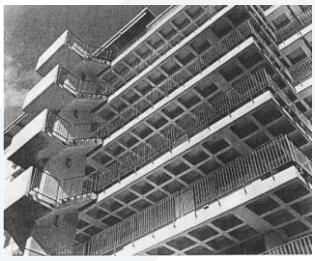
تستند هذه الجوائز المتصالبة إلى جملة من الجدران المحيطة الحاملة، أو جملة من الجوائز المحيطية التي يمكن أن تملك ارتفاعاً أكبر أو مماثلاً ، الشكل (21).

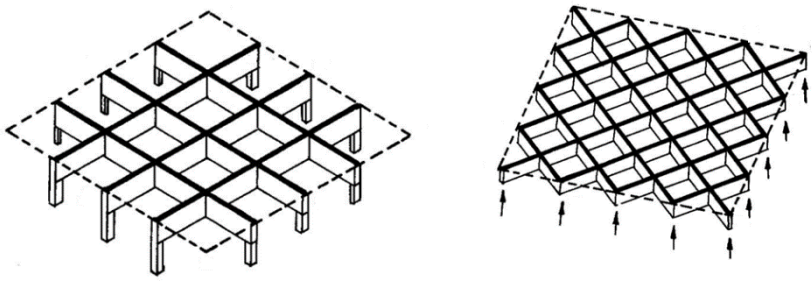
ونشير إلى أن التباعدات بين الأعمدة غير مرتبطة بتباعدات البلاطة، وإنما تتعلق بالمجازات الطرفية. يفضل استعمال هذا النوع من البلاطات عندما تكون القاعات مربعة أو قريبة منها، و يمكن أن تغطي مساحات بأبعاد:

$(8 \times 8) \rightarrow (25 \times 25)m$. يتأرجح التباعد بين الجوائز المتصالبة بين المتر ونصف والثلاثة أمتار $(l = 1.50 \rightarrow 3m)$ ،

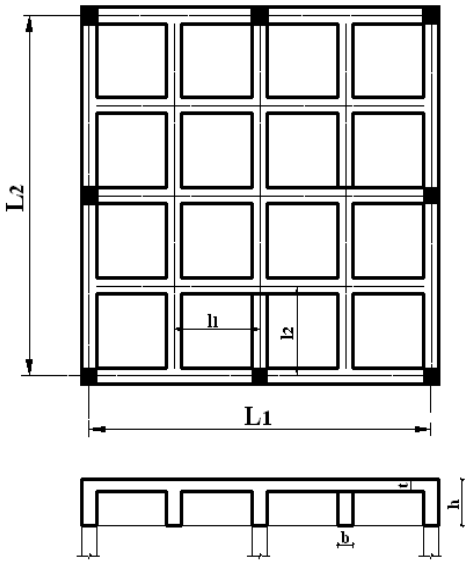
وتستند هذه الجوائز المتصالبة إلى جدران، أو إلى جوائز بارزة (ساقطة أو متدلية). ليس من الضرورة أن تكون التباعدات بين الجوائز المتصالبة متساوية بالاتجاهين، ولكن يفضل اختيار توزيع متناسب بمعنى (انظر الشكل المرفق):

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





الشكل (21): بلاطة متصالبة الجوائز ذات اتجاهين



تابع للشكل (21): بلاطة متصالبة الجوائز ذات اتجاهين $(l_1 \,\&\, l_2 \le 3.5m)$

6- البلاطات الفطرية (اللاجائزية)

هي بلاطات مستوية مصمتة غالباً، لا تحتوي على جوائز، و تكون بسقوط وإما بدونه، مستندة مباشرة إلى أعمدة تحوي تيجاناً أو دونها، كما هو موضح في الشكل (22).

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 جيدين.
- تنفيذ فتحات في السقوف دون الحاجة إلى جوائز.
- توفير في أشغال الطينة و الدهانات نتيجة السطوح الصغيرة.

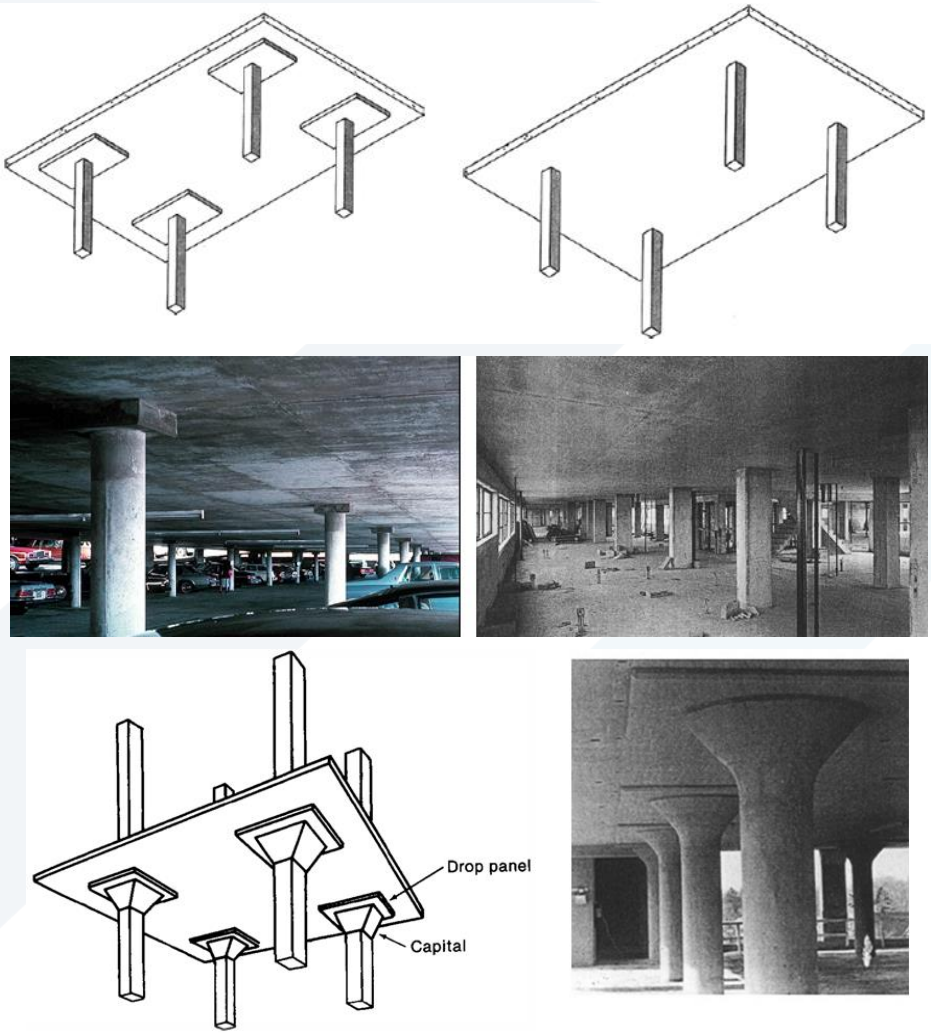
بالمقابل يتطلب تنفيذها استهلاكاً كبيراً في التسليح نتيجة ضعف فعاليته الناجمة عن الارتفاع الصغير للبلاطة.

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

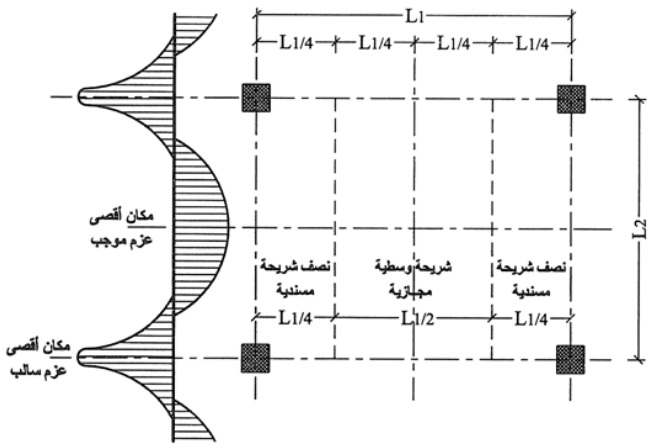
يبين الشكل (23) توزيع الشرائح للبلاطات الفطرية، ففي كل فتحة ووفق الاتجاه المدروس توجد شريحة وسطية مجازية بعرض مقداره $(L/2)$ ، ونصفا شريحتين مسنديتين عرض كل واحدة $(L/4)$. وكذلك نلاحظ أماكن تشكل العزوم القصوى السالبة أو الموجبة لكل شريحة. باعتبار أن: $L=\frac{L_1+L_2}{2}$ يمثل المتوسط الحسابي لمجازات الفتحة L_1 & L_2 ، إذ تعد المسافة بين محاور الأعمدة هي طول المجاز لكل اتجاه.

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....

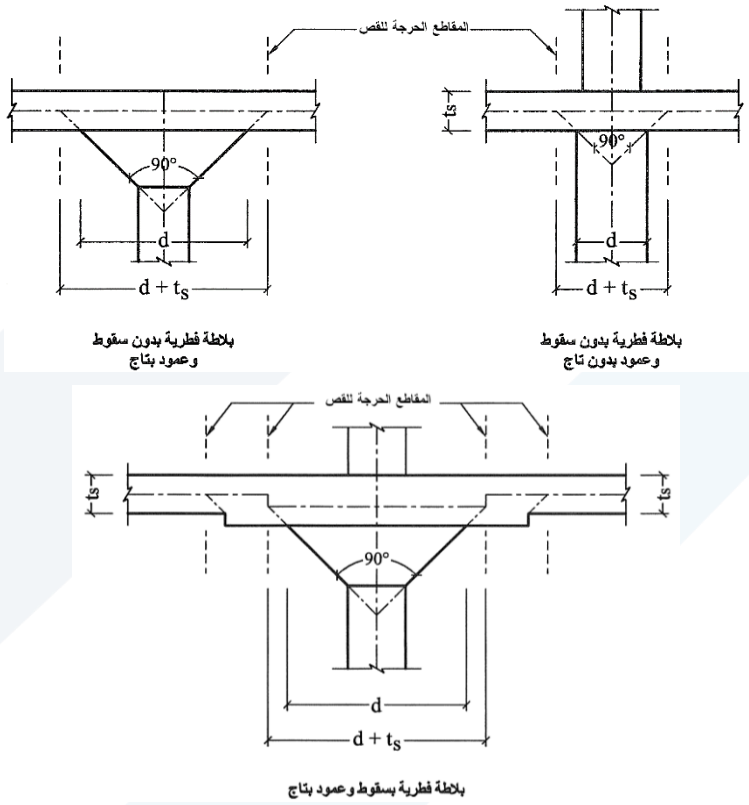


الشكل (22): نماذج لبلاطات فطرية



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

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

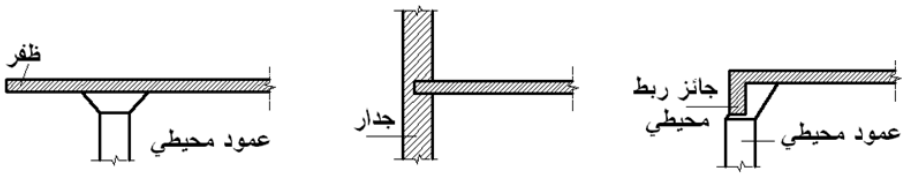
حيث:

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 إلى الجدار مباشرة، وإما إلى جائز ربط محيطي $\left(\frac{h}{t_s} \geq 3\right)$، وإما باستناد ظفر، كما هو ظاهر في الشكل (25).



الشكل (25): استناد البلاطة الفطرية عند محيطها

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 توافر الاشتراطات البعدية التالية:

- تقسيم فتحات البلاطات الفطرية إلى شرائح وسطية وشرائح مسندية، كما هو مبين سابقاً.
- يجب ألا تزيد النسبة بين طول الفتحة وعرضها على : $\frac{L_1}{L_2} \le \frac{4}{3} = 1.33$ ، وعملياً $\frac{L_1}{L_2} \le 1.2$.
- لا يقل عدد الفتحات في كل اتجاه، عن ثلاث.
- لا يزيد الفرق بين أطوال المجازات على 20% من الطول الأكبر.
- 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 $15cm$.
- 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

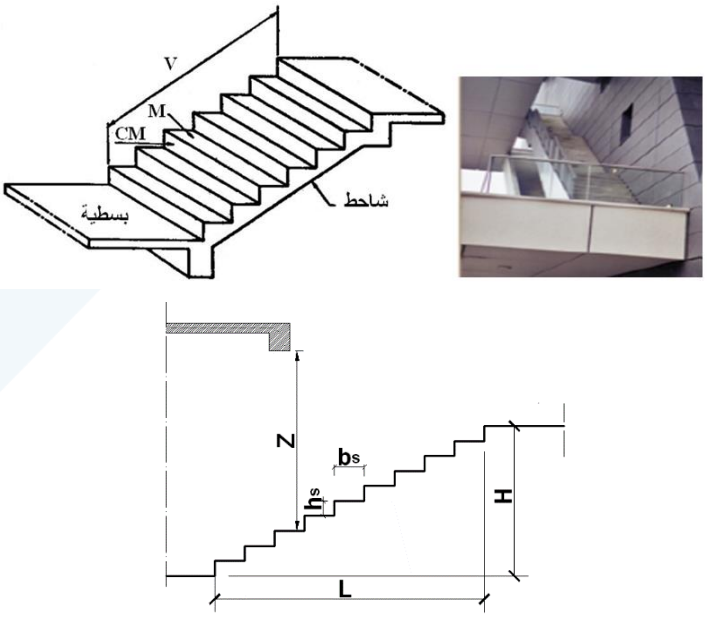
- عند تزويد الأعمدة بتيجان، يجب أن تحقق هذه الأخيرة المتطلبات التالية:
- إذا زادت زاوية أقصى ميل للتاج مع الاتجاه الرأسي على 45° ، يكون - فقط - الجزء من التاج المحصور بالزاوية 45° ، هو الفعال.
- إذا زاد قطر تاج العمود على ربع طول الفتحة، يعد القطر الفعال لهذا التاج (d) فقط ربع طول الفتحة $\left(d = \frac{L}{4}\right)$.

7- الأدراج من البيتون المسلح

الأدراج هي العناصر الإنشائية اللازمة للوصل بين الطوابق المختلفة في المباني المتعددة الطوابق، بحيث تتم حركة الأشخاص وغيرهم وانتقالهم بين هذه الطوابق.

تتألف الأدراج، بشكل عام، من مجموعة من البلاطات الأفقية (بسطيات - ميدات) والبلاطات المائلة (شواحط) والجوائز، إضافة إلى الأعمدة أو الجدران الحاملة. وتصمم الأدراج معمارياً بحيث تتناسب أبعادها الأفقية مع أهمية المنشأة التابعة لها، ويتم تحديد عدد الدرجات في الشاحط الواحد وأبعاد الدرجة الواحدة، وبالتالي ميل هذا الشاحط ليكون مريحاً للاستعمال. وكما يبين الشكل (4-26)، تتألف الدرجة الواحدة من قسم أفقي (M) ، وسطح شاقولي (CM).

وبفرض (h_s) ارتفاع الدرجة و (b_s) عرضها، وللتمكن من صعود الدرج بشكل مريح، يجب على هاتين القيمتين تحقيق العلاقة التجريبية التالية (الأبعاد بالسنتيمتر): $2h_s + b_s = 62 \rightarrow 64$



الشكل (26): مكونات الدرج

وبعد معرفة الطول الأفقي للشاحط الواحد (L)، و(H) ارتفاعه الكلي، نحصي عدد الدرجات وأبعادها بالعلاقات التالية: بفرض (n) عدد الدرجات، يكون عدد الأقسام الأفقية $(n-1)$، ومنه: $L=(n-1)b_s$, $H=n\,h_s$

وبالتعويض في العلاقة السابقة، يتم حساب عدد الدرجات (n) بحل المعادلة التالية من الدرجة الثانية، بحيث نأخذ رقماً صحيحاً للعدد (n)، لنصل إلى تحديد نهائي لـ h_s & b_s :

$$2h_s+b_s=64$$
$$2\frac{H}{n}+\frac{L}{n-1}=64\Rightarrow$$
$$64n^2-n(64+2H+L)+2H=0$$

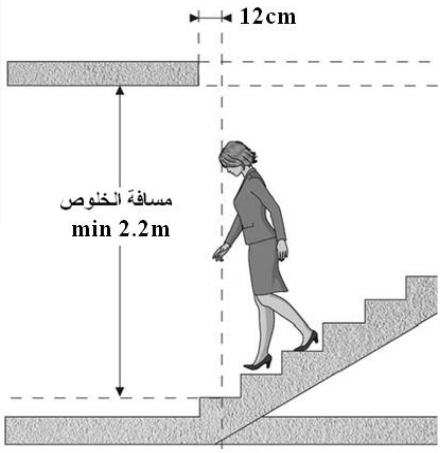
تتأرجح الأبعاد العملية للدرجة ضمن الحدود التالية:

- عرض الدرجة: من 11 سم إلى 35 سم ، ويجب عدم النزول عن 23 سم.
- ارتفاع الدرجة: من 15 سم إلى 18 سم.

يجب عدم لحظ حوالي عشرين درجة متتالية (كحد أقصى)، دون فصلها ببسطية راحة أفقية، يساوي عرضها، على الأقل، مجموع عرض ثلاث درجات أو $(1.2B)$، حيث B العرض الفعال للدرج.

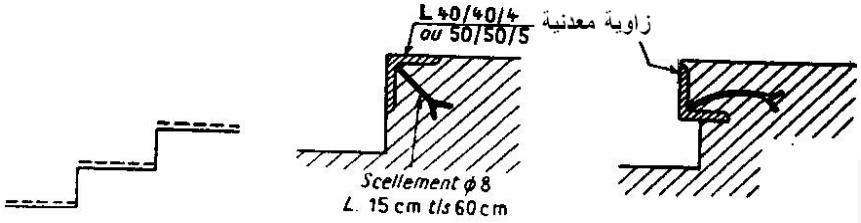
يجب ألا يقل عرض البسطية في المباني السكنية الطابقية عن 120 سم، وعن 160 و 150 سم للمشافي والمباني العامة.

وعند دراسة الأدراج، يجب الانتباه لترك مسافة شاقولية كافية، بين وجه الدرجة والقسم العلوي من المنشأة الواقع على شاقول تلك الدرجة، وذلك كي لا يصطدم رأس الصاعد على الدرج، ويجب ألا تقل تلك المسافة، التي تسمى مسافة الخلوص (الشكل 27)، عن 220 سم، $(Z\geq 220cm)$.



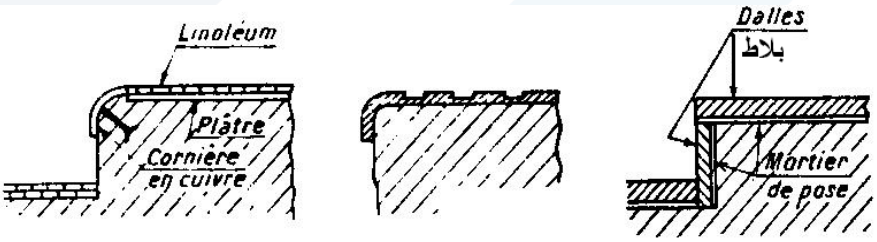
الشكل (27): مسافة الخلوص للدرج

ويوضح الشكل (28) طرائق إكساء الدرجات المصنوعة من البيتون المسلح، إذ يمكن ببساطة ترك وجهها العلوي (أدراج عادية) من البيتون نفسه أو من المونة الإسمنتية المدعمة والمحززة، الحاوية أو غير الحاوية مواد مضافة مقاومة للاهتراء أو شبك معدني. ونظراً لهشاشة أنف الدرجة البيتونية، يفضل حمايته بزاوية معدنية.



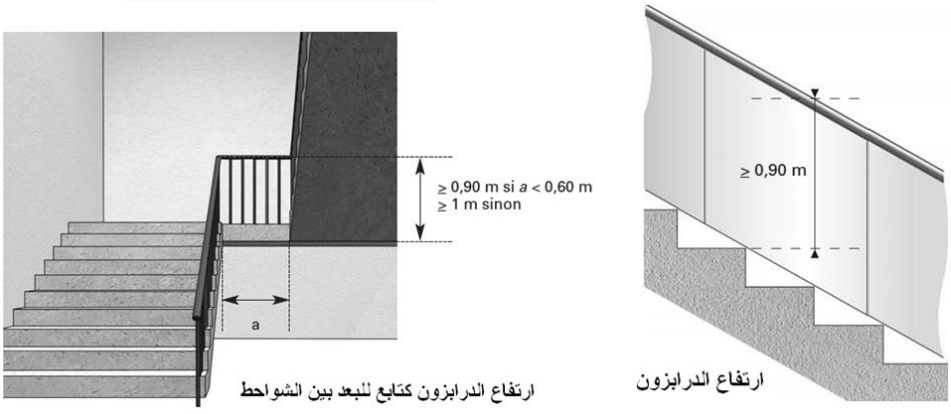
الشكل (28): طرائق إكساء الدرجات

وأما بالنسبة للأدراج الأكثر أهمية أو المعتنى بها فتحتوي على إكساءات للوجه العلوي للدرجات وأحياناً الشاقولي لها. ويمكن أن تكون تلك الإكساءات بأنواع مختلفة، كالرخام والأحجار والخشب والمعدن والمنتجات البلاستيكية، الشكل (29).



الشكل (29): طرائق إكساء الأدراج المهمة

يبين الشكل (30) بعض الأبعاد والمزايا الخاصة بالدرابزون بهدف حماية المستخدم.



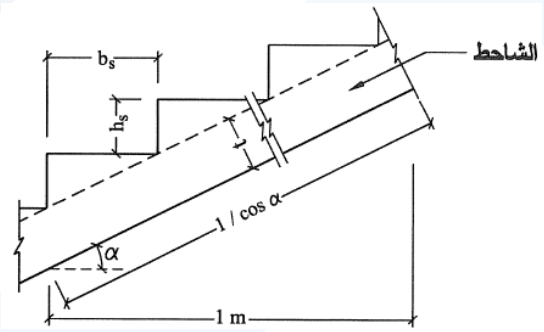
الشكل (30)

نستطيع التحدث عن أنواع كثيرة من الاستناد للأدراج. ونذكر فيما يلي أنواع الاستناد الأكثر شيوعاً، وفق منصوص الكود السوري:

- الاستناد إلى جدران حاملة مسلحة.
- الاستناد إلى جدران حاملة غير مسلحة.
- الاستناد إلى جوائز بارزة ، متدلية أو مقلوبة.
- الاستناد إلى جوائز مخفية.

ويمكن اعتماد التعاريف التالية عند دراسة الأدراج، الشكل (31).

- العرض الفعال للدرج: هو العرض المساوي للعرض الفعلي للدرج.
- المجاز الفعال للدرج: هو المسافة الأفقية بين محوري الركيزتين.
- الارتفاع الفعال للمقطع: يؤخذ المتعامد مع محور الدرج، كما في حالة المقاطع المستطيلة $(d = t - a)$ ، ويبين الشكل التالي السماكة الفعلية لشاحط الدرج (بلاطة جائزية).

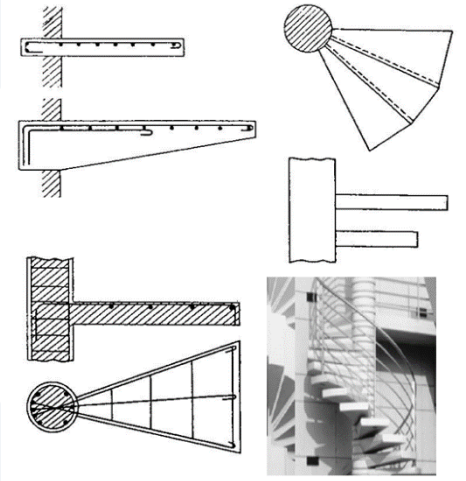


الشكل (31): أبعاد الشاحط

وفيما يخص الاشتراطات البعدية للأدراج، تؤخذ لبلاطة الدرج نفس الاشتراطات البعدية للبلاطات المصمتة. أما عندما يحوي الدرج جوائز تقوية، فيؤخذ لهذه الأخيرة الاشتراطات البعدية ذاتها للجوائز.

☒ الأدراج الظفرية:

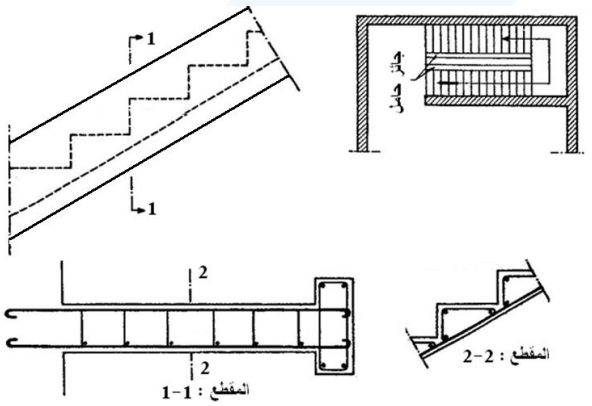
هي أدراج مستقيمة محمولة على جدار أو جائز وحيد، ويستخدم هذا النوع أيضاً في الأدراج الحلزونية التي يتم إنشاؤها داخل برج دائري، وذلك عندما لا يكون هناك مجال لوضع أعمدة من الخارج، وتعد كل درجة موثوقة في أحد أطرافها وحرة من الطرف الآخر وتحسب على أساس ظفر بمقطع شبه منحرف أو مستطيل. وهنا يجب التأكيد على ضرورة تصميم الجوائز الحاملة لهذه الأدراج (في حال وجودها)، لمقاومة الفتل، إضافة إلى باقي التأثيرات (انظر الشكل 32).



الشكل (32): أدراج على شكل ظفر

☒ **أدراج ذات جوائز جانبية حاملة (بلاطات عاملة بالاتجاه القصير):**

كثيراً ما يُلحظ من الطرف الحر للأدراج جائز جانبي يثبت عليه الدرابزون، وبالتالي يمكن استخدامه كجائز حامل، كما هو مبين في الشكل (33). وعند ذلك تعد الدرجات نصف موثوقة في الجدار والجائز (أو في الجائزين). وكذلك يعد الجائز الجانبي الحامل نصف موثوق في طرفيه، ويتلقى ردود أفعال الدرجات.

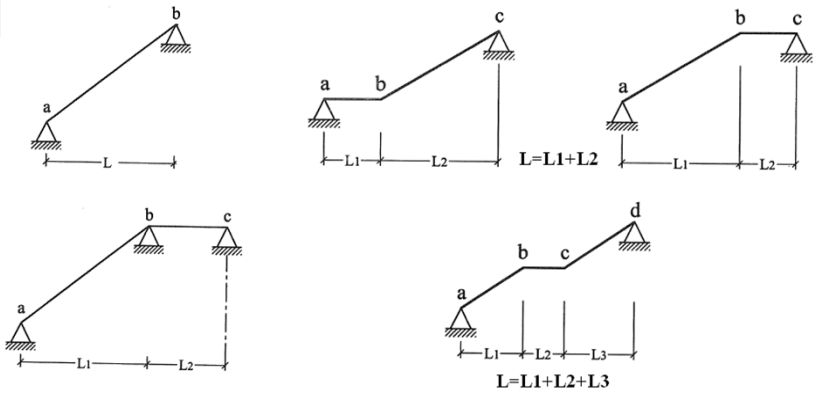


الشكل (33): تسليح الأدراج ذات جوائز جانبية حاملة

☒ **أدراج ذات بلاطات حاملة وعاملة بالاتجاه الطويل (شواحط وبسطيات):**

وتسمى أيضاً الأدراج ذات الشواحط الجائزية، ويمكن أن تشمل الحالات التالية، كما هو موضح في الشكل (34) :

- شواحط مستندة عند النهايتين، دون بسطيات.
- شواحط مستندة عند النهايتين، مع بسطية من الأعلى أو الأسفل أو وسطية.
- شواحط مستمرة مستندة إلى جوائز عند البسطيات أو مستندة إلى البسطيات ذاتها.



الشكل (34): الأدراج ذات الشواحط الجائزية

وتحسب حمولات الدرج على المتر المربع الأفقي كما يلي:

- الوزن الذاتي للدرجات: $G_1 = 25\frac{h_s}{2}\left(kN/m^2\right)$

- الوزن الذاتي للشاحط سماكة (t): $G_2 = 25\frac{t}{\cos\alpha}\left(kN/m^2\right)$

- وزن التغطية: $G_3 = 2 \to 2.5\ \left(kN/m^2\right)$

- وزن الدرابزون: $G_4 = \frac{(0.5 \to 3)}{B}\left(kN/m^2\right)$

حيث: B عرض الدرج بالمتر.

- الحمولة الحية حسب نوع المنشأة: $P = 3 \to 5\left(kN/m^2\right)$

8- الجوائز من البيتون المسلح

الجائز هو عنصر إنشائي خطي يقوم على نقل الحمولات الآتية من البلاطات إلى الأعمدة أو الجدران التي يستند إليها. في الواقع إن تحديد مقاومة جملة حاملة ما واستقرارها يستند على المساهمة المقدمة من كل عنصر في هذه الجملة، إذ تشترك البلاطات والجوائز في مقاومة الحمولات المطبقة مباشرة لتنقلها إلى الأعمدة أو الجدران، ومن بعد لتفرغ في الأرض عن طريق جملة الأساسات المقترحة .

بشكل عام يتطلب إنشاء سقف ما إلى تنفيذ عدة بلاطات مستندة إلى جملة من الجوائز الثانوية أو الرئيسة.

هذا، ويمكن للبلاطة نفسها أن تعمل على أساس جائز في بعض الحالات، على سبيل المثال: في حالة بلاطة عاملة باتجاه واحد يمكن حسابها على أساس جائز بعرض واحدة الطول (1m)، وفي البلاطات المعصبة تعامل الأعصاب على أنها جوائز ثانوية تصب حمولتها في الجوائز الرئيسة الحاملة.

يمكن تصنيف الجوائز وفق عدة اعتبارات (الشكل 35)، فنلاحظ:

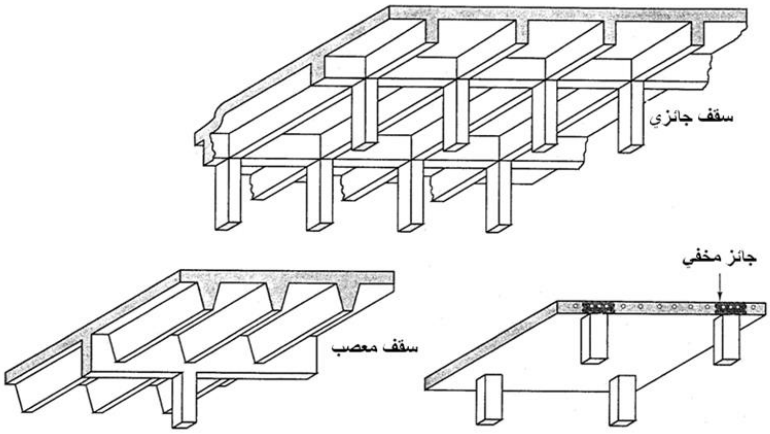
- جوائز بارزة، متدلية أو مقلوبة يكون ارتفاعها أكبر من ارتفاع البلاطة المحمولة.

- جوائز مخفية (مبطوحة) لها سماكة مساوية سماكة البلاطة المحمولة.

- جوائز ثانوية وجوائز رئيسة حاملة للثانوية.

- جوائز بسيطة وجوائز مستمرة.

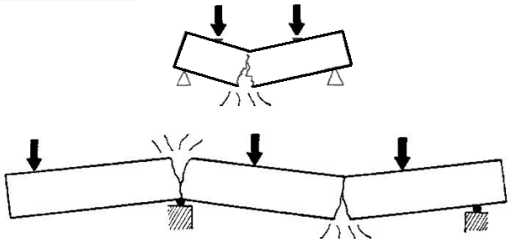
- يمكن للجوائز أن تأخذ مقاطع عرضية مختلفة ولكن بشكل عام تكون المقاطع مستطيلة أو على شكل T .



الشكل (35): منظومة البلاطات والأعمدة

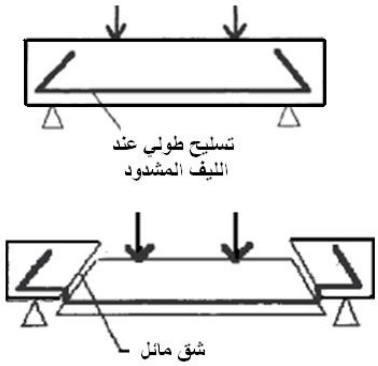
ونبين فيما يلي آلية عمل الجوائز البيتونية ودور التسليح، وكذلك سلوكها الميكانيكي وأنماط انهيارها تحت تأثير الحمولات الخارجية:

أ- حالة جائز بيتوني غير مسلح، يحصل الانهيار بشكل مفاجئ تحت تأثير حمولات خفيفة، ويعود ذلك إلى عدم كفاية مقاومة البيتون على الشد، الشكل (36).



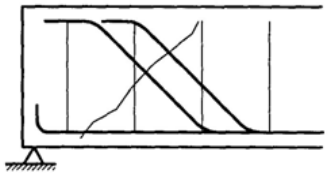
الشكل (36): انهيار جائز بيتوني غير مسلح عند مناطق الشد القصوى

ب- حالة جائز بيتوني يحتوي على تسليح طولي فقط، يحصل الانهيار بعد تشكل شقوق مائلة عند مناطق القص الأعظمي تحت تأثير حمولات أكبر من السابقة، ويعود ذلك إلى عدم كفاية البيتون لمقاومة الجهود القاطعة، الشكل(37).



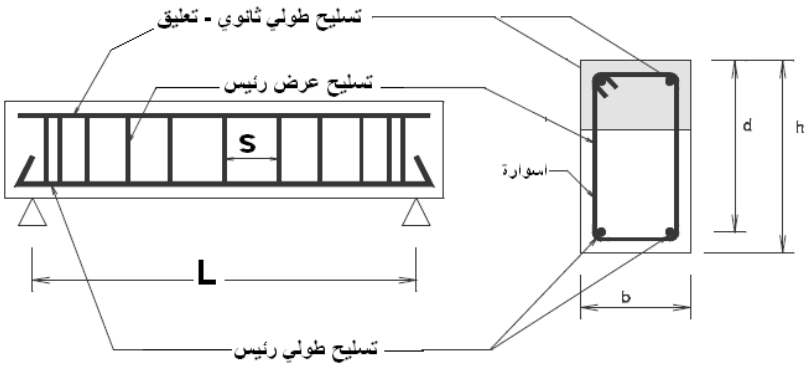
الشكل (37): انهيار جائز بيتوني بسبب عدم كفاية البيتون لمقاومة القص

بالتالي يجب إضافة تسليح مقاوم للقص، على شكل أساور شاقولية، أو على شكل تسليح مائل على المحور الوسطي للجائز، الشكل (38).



الشكل (38): إضافة تسليح عرضاني (أساور أو مكسح) لمقاومة القص

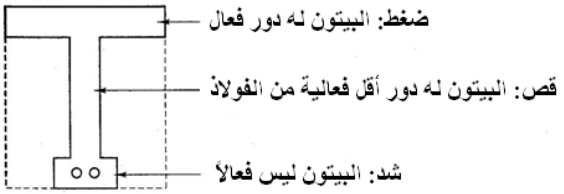
ج- جائز بيتوني مسلح بشكل صحيح ومدروس، مع تسليح طولي وعرضي. سوف يتأخر الانهيار وستزداد مقاومة الجائز للحمولات الخارجية مقارنة بالجوائز السابقة، وكذلك يعمل هذا التسليح على الحد من تطور التشققات وجهة التضررات (الشكل 39).



الشكل (39): جائز بيتوني مسلح لمقاومة الانعطاف والقص

في الواقع، تؤمن مقاومة المقاطع البيتونية المعرضة لإجهادات قص عن طريق مقاومة البيتون للقص والتسليح العرضي الذي يخترق المساحات التي تعمل فيها الإجهادات المماسية الناجمة عن قوى القص. وفيما يخص مقاومة المقطع للشد بالانعطاف، يقوم التسليح الطولي بتأمينها، حيث تهمل مساهمة البيتون للشد، بالمقابل يكون البيتون فعالاً جداً في

مقاومة إجهادات الضغط بالانعطاف. وهذا يلخص مفاهيم تصميم العناصر الخاضعة لانعطاف، كما هو مبين في الشكل (40).



الشكل (40): مفاهيم التصميم للعناصر المنعطفة

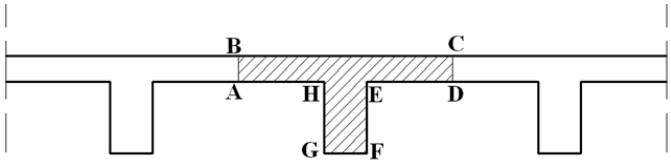
وتنص معظم الكودات العالمية، ومنها الكود السوري، على ضرورة تأمين نسبة تسليح عرضية أصغرية للمقاطع الخاضعة لإجهادات قص، ويمكن أن تستثنى من هذا الشرط البلاطات العادية وقواعد الأساسات.

ونذكر فيما يلي أنواع التسليح العرضي المستخدم لمقاومة الإجهادات المماسية:

- إطارات أو أساور أو أتاري عمودية على التسليح الطولي للعنصر (تسليح قائم).
- إطارات أو أساور أو أتاري مائلة بزاوية لا تقل عن (30°) مع تسليح الشد الرئيس. (تسليح مائل).
- أساور حلزونية مطوقة لكامل المقطع، متواصلة على كامل طول العنصر، (تسليح حلزوني).
- قضبان طولية مكسحة بزاوية لا تقل عن (30°) مع تسليح الشد الرئيس (متناظر)، على أن تستعمل الأساور مع هذا التسليح، بحيث لا يقاوم هذا التسليح المائل أكثر من نصف إجهادات القص.
- ويمكن استعمال اثنين أو أكثر من الأنواع السابقة.

الاشتراطات البعدية للجوائز:

- تتعرض الجوائز لجملة من الحمولات الدائمة والإضافية، وتعتمد طرائق حساب هذه الجوائز على نوعها، سواء أكان بسيطاً أم مستمراً.
- تصادف مقاطع بشكل (T) بكثرة في منشآت البيتون المسلح كالسقوف، والجدران الاستنادية، وجسور السيارات، وبصورة عامة في جميع المنشآت التي يتم فيها مشاركة البلاطة المليئة للجوائز في المقاومة (الشكل 41).



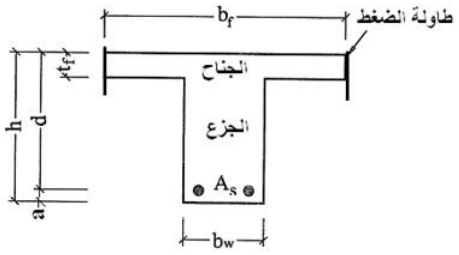
الشكل (41): مقطع جائز بشكل تيه (T)

ويُعد هذا المقطع اقتصادياً تماماً، لأنه ينتج من حذف أكبر كمية ممكنة من البيتون المشدود، ذلك البيتون الذي لا يشكل إلا وزنا ذاتيا ميتا غير مفيد، نظرا لكونه مهملا في حسابات المقاومة.

نسمي القسم $(ABCD)$ بلاطة الضغط أو جناح الضغط أو أكثر بساطة البلاطة، كما نطلق على القسم $(EFGH)$ اسم الجسد أو العصب. سنفترض في هذه الدراسة أن البلاطة واقعة في المنطقة المضغوطة من الجائز، فإذا لم يكن كذلك، كما يحصل في مساند الجائز المستمر حيث تقع البلاطة في منطقة الشد، تعود المسألة إلى حساب مقطع مستطيل بعرض (GF) لأن البيتون المشدود لا يؤخذ بالحسبان عند تعيين التسليح المشدود.

وتكون الجوائز بشكل حرف T على نوعين:

- ✓ النوع الأول: نوع يكون في الأسقف المؤلفة من جوائز عادية متصلة اتصالاً وثيقاً مع البلاطات المحمولة عليها، ويكون ذلك بالصب استمرارياً، ومع تشريك التسليح بحيث يكون الجائز والبلاطة المضغوطة فوقه مترابطين ترابطاً فعالاً فيؤلفان وحدة من الوجهة الإنشائية، ويسلكان سلوكاً موحداً تحت تأثير الحمولات المطبقة، ويسمى الجائز الأصلي جسداً بعرض (b_w) ، والبلاطة فوقه طاولة أو جناح الضغط، ويسمى القسم من البلاطة الذي يعمل بالفعل مع الجسد، العرض الفعال لجناح الضغط (b_f) ، الشكل (42).



الشكل (42)

لا يعد قسم من البلاطة، طاولة ضغط لجذع جائز، إلا إذا استمرت قضبان التسليح لهذه الطاولة ضمن جذع الجائز للجهتين، وعلى ألا تقل مساحة مقاطع القضبان المستمرة عن: $A_{ct}=1.7\dfrac{V}{d\,f_y}\dfrac{b'}{b_f}$

حيث:

A_{ct} مساحة مقاطع قضبان التواصل في المتر الطولي من الجائز، التي تخترق الجذع على طول بلاطة الضغط.

V قوة القص في مقطع الجائز (حمولات استثمارية).

d الارتفاع الفعال لمقطع الجائز.

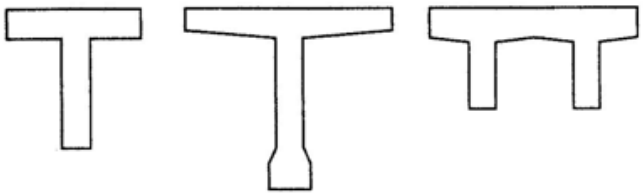
f_y إجهاد الخضوع (المقاومة المميزة) لتسليح التواصل.

b_f العرض الفعال لطاولة الضغط.

b' العرض الفعال لجزء الطاولة الواقع على أحد طرفي الجذع.

إضافة إلى الشرط السابق، يجب ألا تقل مساحة مقاطع القضبان المستمرة (قضبان التواصل: تسليح سالب وموجب لبلاطة الضغط) عن 0.3% من مساحة مقطع البلاطة الطولي.

✓ النوع الثاني: يكون في المقاطع المصنوعة خصيصاً بشكل (T) لإعداد طاولة ضغط خاصة، الشكل (43).



الشكل (43)

- في الواقع يرتبط العرض الفعال لجناح الضغط (b_f) للمقطع بشكل حرف (T) بعناصر مختلفة يمكن تلخيصها كما يلي:
  - نوع الجائز : بسيط أو مستمر.
  - طول فتحة الجائز البسيط، أو المسافة بين نقطتي انعدام العزم في الجوائز المستمرة إلى عرض الجسد.
  - نسبة سماكة طاولة الضغط إلى ارتفاع الجائز $\left(\frac{t_f}{h}\right)$.
  - المسافة بين محوري جسدين متوازيين.
  - نوع الحمولات: مركزة أو موزعة بانتظام.
  - وجود شطفات ساندة بين الطاولة وجسد الجائز.
- ويمكننا اعتماد العرض الفعال لجناح الضغط للمقطع بشكل حرف (T) من النوع الأول، القيمة الدنيا من الأبعاد التالية (الكود السوري):

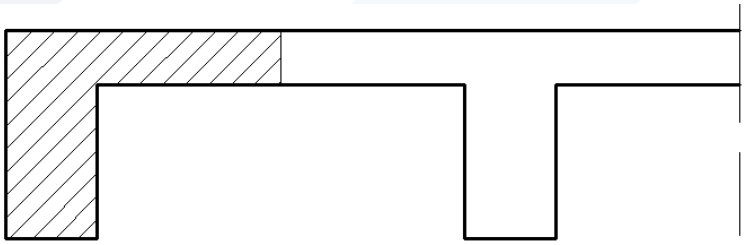
1) $\left(\frac{L}{4}\right)$ في حالة الجوائز المعرضة لحمولات موزعة بانتظام، أو $\left(\frac{L}{5}\right)$ لحالة الحمولات المركزة. علماً أن (L) تمثل المسافة بين نقطتي انعدام العزم، ويمكن أن تقاس من مخطط

العزم، أو تؤخذ 0.76 من المجاز في الفتحات الداخلية من الجوائز المستمرة ذات المجازات المتقاربة، و 0.87 من المجاز في الفتحات الطرفية.

2) عند حساب المقاومة يكون: $b = b_w + 12t_f$. وعند حساب عزم العطالة الفعال يكون: $b = b_w + 6t_f$.

3) المسافة بين محوري جائزين متجاورين.

- ويجب أن تحقق سماكة الجناح (سمك طاولة الضغط) الشرط التالي: $t_f \geq \frac{h}{10}$ ، وإلا يعد المقطع مستطيلاً بعرض: $b = b_w$
- أما بالنسبة للنوع الثاني للمقطع بشكل حرف (T) ، فيؤخذ العرض الفعال للجناح مساوياً لـ: $b = b_f$ ، شريطة ألا يزيد على $5b_w$ ، وبحيث يكون: $t_f \geq \frac{b_w}{2}$.
- تحسب المقاطع بشكل حرف (L) كما تحسب المقاطع المستطيلة، ويهمل تأثير جناح الضغط، الشكل (44).



الشكل (44)

- الارتفاع الفعال لمقطع جائز ما (d) هو المسافة بين مركز ثقل التسليح وليف حافة منطقة الضغط.
- المجاز الفعال للجوائز (L): ميز الكود السوري بين حالات عدة عند تحديد المجاز الفعال للجوائز والبلاطات، والموضوع مرتبط بآلية استناده بالمسند، ولقد تم شرحها بالتفصيل في فصل سابق.
- يستخدم الجدول (6) من أجل تحديد قيمة الارتفاع الكلي للجائز ($h \geq \frac{L}{K}$)، في حالة الجوائز التي لا يزيد مجازها الفعال على $15m$ ، على أنه يمكن تنقيص هذه القيم بشرط تحقيق شرط السهم وشرط المقاومة. وفي حال الجوائز التي يزيد مجازها الفعال على $15m$ ، يجب التحقق من شرط السهم حسابياً.

طبيعة الاستناد	غير مستمر من الجانبين		مستمر من جانب واحد		مستمر من الجانبين		ظفري	
$f'_c(MPa)$	≥ 20	< 20	≥ 20	< 20	≥ 20	< 20	≥ 20	< 20
جائز متدلي عادي	$\frac{L}{14}$	$\frac{L}{12}$	$\frac{L}{15}$	$\frac{L}{13}$	$\frac{L}{16}$	$\frac{L}{14}$	$\frac{L}{6}$	$\frac{L}{6}$
جائز مخفي (بلاطات مفرغة)	$\frac{L}{16}$	$\frac{L}{14}$	$\frac{L}{18}$	$\frac{L}{16}$	$\frac{L}{20}$	$\frac{L}{18}$	$\frac{L}{8}$	$\frac{L}{8}$

الجدول (6): قيمة الارتفاع الكلي للجوائز كتابع للمجاز والمقاومة المميزة للبيتون - $h \geq \frac{L}{K}$

شرط التحنيب الجانبي:

يتعلق بالعناصر المعرضة لإجهادات الضغط، كالأعمدة، وكالجوائز عندما يكون جناحها المضغوط ذا عرض قليل.

ففي حالة الجوائز، إذا كانت الجهة المعرضة للضغط من الجائز غير مسنودة جانبياً (حالة جائز مقلوب مثلاً)، يمكن أن يتعرض الجائز للتحنيب الجانبي، ويلزم تخفيض مقاومته (الكود السوري)، كما هو مبين في الجدول (7).

$\frac{L}{b_w}$	$30 \geq$	35	40	45	50	55	60
عامل التخفيض	1	0.875	0.75	0.625	0.5	0.375	0.25

الجدول (7)

ملاحظة: من أجل الظفر يؤخذ الطول L مساوياً ضعف طول الظفر من وجه المسند.

9- حالة الأعمدة، يعد العنصر المضغوط (العمود):

- طويلاً إذا زادت نسبة أحد طوليه الحسابيين (بالاتجاهين المتعامدين) على سمك مقطعه في الاتجاه المعتمد على 12 بالنسبة لعمود ذي مقطع مستطيل أو مربع و 10 بالنسبة لعمود ذي مقطع دائري.
- قصيراً إذا لم تزد النسبة على القيم المحددة أعلاه.

في حالة الأعمدة ذات المقاطع غير المستطيلة أو الدائرية، يعد العمود طويلاً إذا زادت نحافته ($\lambda = L_0/i$) على 40، حيث $i = \sqrt{(I/A)}$ هي نصف قطر العطالة في الاتجاه المدروس، و L_0 يمثل طول التحنيب.

ولتحديد الأبعاد الأولية لمقاطع الأعمدة البيتونية المسلحة المعرضة للضغط، يمكن الانطلاق من العلاقة التالية في حساب مساحة المقطع: $A'_c \geq \frac{N'_c}{\alpha(\sigma'_m)} \approx \frac{N'_c}{1.15 \times (0.3 f'_c)}$

حيث:

N'_c : حمولة العمود الناظمية الاستثمارية .

f'_c : المقاومة المميزة للبيتون.

$\sigma'_m = 0.3 f'_c$: مساهمة البيتون في مقاومة الضغط البسيط (الإجهادات المسموحة).

$\alpha \approx 1.15$: عامل تقريبي يأخذ بالحسبان تسليح العمود في مقاومة الضغط.

الواحدات بالكغ (أو بالديكانيوتن) والسم.

10- شرط الصلابة (أساسات):

يتعلق مباشرة بالأساسات، وذلك لتأمين صلابة مناسبة قادرة على توزيع الأحمال توزيعاً منتظماً. ويمكن أن نعتمد العلاقة التالية في حساب ارتفاع الأساس المحقق شرط الصلابة، والتي طرحها الباحث الفرنسي كاكو:

$$h \geq 1.44 \sqrt{\frac{N'_c}{0.3 f'_c}}$$

حيث: N'_c القوة الناظمية الاستثمارية التي ينقلها العمود للأساس.

f'_c المقاومة المميزة لبيتون الأساس.

الواحدات بالكغ والسم.

11- شرط التشقق:

يتعلق أساساً بالوسط المحيط بالمنشأة وبالعناصر الحاملة. ويلزم الكود السوري حساب السماكات للعناصر الواقعة بتماس مع الماء، بحيث لا يزيد عرض الشق على 0.1mm، بينما في المنشآت العادية، يمكن أن يصل عرض الشق إلى 0.3mm .

12- شرط المقاومة:

مقاومة الجهود والقوى التي يمكن أن يتعرض لها المقطع، وهي:

- عزوم الانعطاف : M_x - M_y

- عزم فتل: T (أي عزم حول المحور z)

- قوة ناظميه: N (على المحور z)

- قوتا قص: هما V_x - V_y.

بالتالي يمكن القول إن شرط المقاومة يتضمن ثلاثة شروط أساسية يمكن تلخيصها كما يلي:

- شرط العزم، وهو الذي يحكم التصميم - عادة - بالعناصر المنعطفة ذات المجازات الطويلة نسبياً والأحمال غير الثقيلة.

- شرط القص، وهو الذي يحكم التصميم - عادة - بالعناصر المنعطفة ذات المجازات القصيرة نسبياً والأحمال الثقيلة. ويتفرع من هذا الشرط شرط الثقب، وهو الذي يحكم التصميم - عادة - في البلاطات المعرضة لأحمال ثقيلة مركزة، كالبلاطات الفطرية والأساسات.
- شرط الضغط، وهو الذي يحكم التصميم - عادة - بالعناصر المضغوطة كالأعمدة.

مع ملاحظة أنه يمكن أن يتعرض العنصر الإنشائي لأكثر من قوة، من القوى السابقة في الوقت ذاته. مثلاً تتعرض جدران القص والأعمدة (في حالة الزلازل) لقوى ناظمية ولعزوم انحناء ولقص أفقي، ويلزم تصميمها لمقاومة هذه القوى.

كما رأينا سابقاً، توجد بعض المواد الإنشائية، مقاومتها على الشد ضعيفة، بينما لها مقاومة جيدة على الضغط "تسمى أحادية المقاومة"، مثل الحجر، وبالتالي يجب التحقق من أن الحمولات المطبقة لا تولد إجهادات شد في الجدران الحجرية، أو في حالة أساسات الجدران الاستنادية (رد فعل التربة)، ويتم تحقيق ذلك عندما تمر محصلة القوى الناظمية ضمن حدود النواة المركزية.

أخيراً، وبعد اختيار الأبعاد الأولية للعناصر الإنشائية من الشروط السابقة، يتم حساب الحمولات على العناصر، ثم يتم التحليل الإنشائي لهذه العناصر وحساب القوى المعرضة لها من عزوم وقوى قص وقوى ناظمية، وبعدها يتم التحقق من كفاية هذه الأبعاد وحساب التسليح اللازم. أما إذا ثبت أن الأبعاد المختارة من الشروط الخمسة السابقة غير كافية لمقاومة القوى والعزوم الناتجة من التحليل الإنشائي، فيلزم زيادة هذه الأبعاد حتى الوصول للأبعاد المناسبة.

إذا احتجنا إلى زيادة الأبعاد بنسبة لا تتعدى 25%، يمكن إهمال الزيادة في الوزن الذاتي، ولا حاجة إلى إعادة التحليل الإنشائي. أما إذا تعدت الزيادة في الأبعاد نسبة 25% فيلزم أخذ زيادة الوزن الذاتي للعنصر بالحسبان وإعادة التحليل.

4- الجمل الإنشائية والمجازات المناسبة وفقاً لمادة الإنشاء:

- **الحجر**: الجمل التي تعطي إجهادات ضغط: أعمدة – جدران – أقواس.
  - المجاز المناسب لأقواس الحجر: حتى $10m$
  - ارتفاع الجدران الحاملة: يمكن الوصول إلى خمسة عشر طابقاً.
- **الخشب:**
  - المجاز المناسب للجوائز: حتى $7-8m$
  - المجاز المناسب للجوائز الشبكية: حتى $15-20m$
- **الفولاذ:**
  - المجاز المناسب للجوائز البسيطة: حتى $15m$ للمقطع المسحوب، و حتى $25m$ للمقطع المصنع.

- المجاز المناسب للإطارات: حتى $40m$ للمقطع المصنع.

- المجاز المناسب للجوائز الشبكية: حتى $50m$ للمصنعة المستوية، و حتى $60m$ للمصنعة القوسية.

- ارتفاع المباني أكبر من مئة طابق، وفيما يخص الجسور الطرقية باستخدام كابلات معدنية يمكن الوصول إلى مجازات أطوالها مئات الأمتار.

البيتون المسلح:

- الجوائز من البيتون المسلح: حتى $15m$.

- الجوائز من البيتون المسلح مسبق الإجهاد: حتى $40m$.

- إطارات من البيتون المسلح: حتى $25m$.

- أقواس من البيتون المسلح: حتى $50m$.

- بلاطات مصمتة عاملة باتجاه واحد من البيتون المسلح: حتى $5m$.

- بلاطات مصمتة عاملة باتجاهين من البيتون المسلح: حتى $6\times6m$.

- بلاطات فطرية من البيتون المسلح: حتى $8\times8m$.

- بلاطات مفرغة باتجاه واحد من البيتون المسلح: حتى $6m$.

- بلاطات مفرغة باتجاهين من البيتون المسلح: حتى $10\times10m$.

- بلاطات جائزية متصالبة من البيتون المسلح: $16\times16m$.

- بلاطات مطواة /منثنية/ من البيتون المسلح: $20m$.

- قشريات أسطوانية جائزية من البيتون المسلح: $40m$.

- قشريات أسطوانية إطارية من البيتون المسلح: $50m$.

- قشريات أسطوانية إنتقالية (مجسم مكافئ زائدي أو ناقصي..): $60m$.

- قشريات دورانية (قبب): قطر حتى $50m$.