الجمهورية العربية السورية

نقابة المهندسين

لجنة التدريب والتأهيل المركزية
الفريق الوطني للتأهيل والتدريب للاختصاص الإنشائي

دورة تأهيلية في الدراسات الإنشائية

وإعداد المهندسين المتقدمين إلى مرتبة الاستشاري (الرأي) بالدراسات في الاختصاص الإنشائي

2019

محاضرة:

خطوات الدراسة الأولية الإنشائية في المباني

إعداد: المهندس الدكتور / أحمد الحسن

استشاري وأستاذ في الهندسة الإنشائية

خطوات الدراسة الأولية الإنشائية في المباني

تمهيد عن طرائق تلزيم الدراسات الهندسية

تمر دراسة أي مشروع هندسي بعدد من المراحل، تكون بدايتها فكرة من صاحب المشروع، الذي قد يكون شخصاً عادياً أو شخصاً معنوياً (وزارة أو مؤسسة أو هيئة شعبية ... إلخ). يجب أن تتضمن الفكرة نوعاً من التفصيل عما هو مطلوب، وفي حالة المباني يسمى هذا التفصيل برنامج الفراغات أو البرنامج الوظيفي للمشروع، حيث يتضمن الوظائف التي يجب أن يحويها المشروع من غرف ومكاتب وصالات ومستودعات وسكن ومرائب ... إلخ. ويجب أن يُحدد لكل وظيفة المساحة المطلوبة، أو على الأقل الاستيعاب المطلوب. إن هذا التفصيل للفكرة ليس بالأمر السهل في حالة المشاريع الكبيرة، وغالباً ما يجري إعداده بمساعدة مهندسين استشاريين، كما يمكن تعديله من قبل المكتب الهندسي الذي سيقوم بالدراسة (بعد موافقة رب العمل طبعاً) إذا اتضح أن ذلك ضرورياً. وتكون المرحلة التي بعد ذلك هي تكليف مكتب دراسات هندسية بإجراء الدراسة لهذه الفكرة طبقاً للبرنامج الوظيفي المقترح.

هناك عدة طرائق يمكن أن يتم بها هذا التكليف، نذكر منها الطرائق الآتية: المسابقة – المناقصة – العقد بالتراضي – طلب العروض – مفتاح باليد. ولكل من طرائق التكليف هذه مزاياه وعيوبه والحالات التي يكون فيها مفضلاً عن غيره، وسيتم شرحها فيما يلي:

أ . طريقة المسابقة

يتم في هذه الطريقة إجراء مسابقة معمارية لوضع تصميم معماري للمشروع اعتماداً على البرنامج الوظيفي المقدم من المالك، ومن ثم يجري تكليف الفائز بالمسابقة المعمارية (وأحياناً يتم تكليف غيره) بإعداد الدراسات الكاملة. من مزايا هذه الطريقة يمكن ذكر التنافس الحر بين المعماريين الذين يقدمون أفضل ما لديهم، وبالتالي يمكن الحصول على حل معماري جيد. ولكن ليس من الضروري أن يكون الحل الفائز هو أفضل الحلول الممكنة أو التي يمكن تنفيذها بسهولة، خاصة إذا كان المشتركون في المسابقة من ذوي الخبرة القليلة (وهي حالة مألوفة). كما أن الفائز الأول بالمسابقة قد لا يكون لديه القدرة على تنفيذ الدراسة كما يجب (وهي حالة ليست نادرة). يحتاج الفوز بالمسابقة المعمارية لمعماري واحد (على الأقل) مبدع مع عدد من المعماريين المعاونين، ولكن هذا ليس كافياً بالضرورة لإجراء الدراسة الكاملة، لأن تلك الدراسة تحتاج لمهندسين متمرسين ومن جميع الاختصاصات، يكونون متدربين على العمل الجماعي، ويجب أن يكون المعماري الرئيس قادراً على متابعة مشروعه حتى أدق التفاصيل. وغالباً ما نجد أن المعماري المبدع ذي الأفكار الإبداعية الخلاقة، غير قادر على متابعة المشروع كما يجب، وبالتالي يمكن أن نحصل على مشروع نهائي دون المستوى المطلوب.

تكون طريقة التلزيم بنتيجة المسابقة المعمارية هي المفضلة في المشاريع المتميزة والكبيرة وذات التكرار القليل أو التي يُطلب لها حلول معمارية مبتكرة من الناحيتين الوظيفية أو الجمالية أو كلاهما.

ب. طريقة المناقصة

هذه الطريقة هي الطريقة المعاكسة تماماً لطريقة المسابقة، حيث يتم إتباعها عندما يكون المشروع من النوع البسيط والمألوف والكثير التكرار. يتم في هذه الطريقة (وهي الأكثر شيوعاً في سورية) بالإعلان عن مناقصة سعريه لإجراء دراسة للمشروع المفصل بالبرنامج الوظيفي، ويجري تكليف من يتقدم بالسعر الأدنى للدراسة. تُعد هذه الطريقة من الطرائق السيئة المتبعة في تلزيم الدراسات الهندسية، لأن الفائز بالسعر الأدنى لا يستطيع أن يبذل جهداً كبيراً في الدراسة (حتى لا يخسر)، كما لا يستطيع أن يستعين بمهندسين ذوي خبرة مرتفعة (لأن أجورهم مرتفعة لا تتناسب مع السعر المنخفض المتعاقد عليه) وبذلك يتقدم (في معظم الحالات) بدراسة هندسية (في معظم الأقسام والاختصاصات الهندسية) بمستوى منخفض وكلفة تنفيذ مرتفعة. وبما أن أتعاب الدراسات الهندسية تكون عادة نسبة بسيطة جداً من الكشف التقديري للتنفيذ (تكون في سورية من مرتبة 3% على الأكثر)، لذا يجب أن لا يُنظر للأتعاب كعامل هام يُعتمد عليه باختيار المكلف بالدراسة، إذ قد ينتج عن الدراسة السيئة زيادة بكلفة التنفيذ، قد تصل إلى 50% (أي أكثر من كامل أتعاب الدراسة بأضعاف عديدة)، إضافة (وهو الأسوأ) لاحتمال أن لا يُؤدي المشروع وظيفته بالشكل المريح نتيجة الحل المعماري السيئ. عملياً لا تكون طريقة المناقصة مناسبة إلا في حالات بسيطة جداً، وذلك عندما يكون المشروع من النوع البسيط الذي لا يحتاج لخبرات خاصة ويستطيع أي مهندس دراسته دون الحاجة للتعامل مع خبرات هندسية متميزة.

يتم التخفيف من مساوئ هذه الطريقة كثيراً بإجراء تقييم تقني (فني) مسبق للعارضين، يتم من خلاله استبعاد العارضين الذين لا تتوفر لديهم الكفاءة التقنية (الفنية أو الهندسية) للقيام بالعمل، والذين لم يسبق لهم دراسة أعمال مماثلة، بغض النظر عن الأتعاب المطلوبة من قبلهم (أي يتم استبعاد هؤلاء قبل فتح المغلفات الخاصة بالعروض المالية). كذلك يتم تجنب تقديم الأسعار المتدنية جداً، عن طريق قيام الإدارة بوضع سعر سري منطقي، وعند فض العروض المالية يتم استبعاد العروض المتدنية جداً، التي تقل عن السعر السري بأكثر من 20%، ثم تتم المقارنة بين بقية العروض.

ت. طريقة العقد بالتراضي

يتم (في بعض الحالات) التعاقد مع مكتب هندسي معين لإجراء الدراسات الهندسية لمشروع ما دون مسابقة أو مناقصة، أي بشكل مباشر، وذلك كما في حالة تلزيم الدولة دراسة المشروع لمكتب هندسي حكومي (الشركة العامة للدراسات مثلاً)، أو تلزيم شخص من القطاع الخاص مشروعه لمكتب هندسي معين يرتاح للتعامل معه أو غير ذلك من الحالات. إضافة لذلك، يمكن تلزيم مشروع معين لمكتب هندسي محدد عندما يتم إثبات أن الطبيعة الخاصة للمشروع لا يمكن إلا للمكتب الهندسي المحدد القيام بها. وبالرغم من غياب عنصر

التنافس بشكل صريح في هذه الطريقة، فمن الممكن الحصول على دراسات جيدة، وغالباً ما يتم الحصول على دراسة بمستوى أفضل من تلك التي يتم الحصول عليها عن طريق المناقصة، حيث المنافسة في أقصاها.

ث. طريقة طلب العروض

يتم في هذه الطريقة الطلب من عدة مكاتب هندسية مختارة ومتخصصة وذات سمعة جيدة تقديم عروض لدراسة مشروع معين يكون ضمن اختصاصات واهتمامات هذه المكاتب، ثم يجري اختيار العرض الأرخص اقتصادياً. يتم أحياناً الطلب من العارضين تقديم حلول أولية للدراسة (أي نوع من المسابقة المحدودة)، كما أنه من الممكن أن يتقدم العارض بتقدير كلفة التنفيذ اعتماداً على الحلول الأولية المقترحة وخبرته من المشاريع السابقة التي قام بها، ويمكن الاعتماد على هذه الحلول في اختيار العرض الأنسب الذي قد يكون من العروض الغالية بالنسبة لأتعاب الدراسة لكنه يعطي حلولاً جيدة واقتصادية بكلفة التنفيذ، بحيث تكون كلفة تنفيذه هي الأرخص، وهذا يبرر للإدارة التعاقد مع المكتب الذي قدم حلاً بكلفة تنفيذ أرخص حتى لو كانت أتعاب دراسته أعلى. ولكن عملياً فإن هذا النوع نادراً ما يتم إتباعه لأن نظام العقود لا يُحبذه.

يُعد تلزيم الدراسة بطريقة طلب العروض من الطرائق الجيدة للحصول على دراسة جيدة وبكلفة تنفيذ اقتصادية. وفي حالة المشاريع الكبيرة المتكررة (فندق – مستشفى – مبنى مكاتب – معمل – ... إلخ). تُعد هذه الطريقة هي من أفضل الطرائق للحصول على أفضل الدراسات.

ج. طريقة المفتاح باليد

تكون الدراسات الهندسية في هذه الطريقة جزءاً بسيطاً من العقد الذي يتضمن الدراسة والتنفيذ معاً. لهذه الطريقة عيوب عديدة، لكن يمكن استعمالها بفعالية في بعض الحالات الخاصة مثل حالة التخصصات الضيقة، على سبيل المثال حالة المنشآت المعدنية الفراغية.

بعد أن يتم تلزيم الدراسة لمكتب هندسي معين، يقوم هذا المكتب الهندسي بإجراء الدراسة. من المعتاد أن تمر الدراسة بأربع مراحل هي: وضع أسس الدراسة الإنشائية وأسس بقية الدراسات الهندسية الاختصاصية (تترافق مع مرحلة الفكرة المعمارية) وإجراء الدراسة الأولية (إنشائية ومعمارية وبقية الاختصاصات الهندسية) وإجراء الدراسة النهائية (إنشائية ومعمارية وبقية الاختصاصات الهندسية) وإعداد وثائق الإضبارة التنفيذية (دفاتر الشروط الفنية الخاصة وجداول الأسعار وجداول الكميات والكشوف التقديرية للأعمال الإنشائية والمعمارية ولبقية الاختصاصات الهندسية). وسيتم فيما يلي عرض مرحلة وضع أسس الدراسة الإنشائية، ثم شرح كيفية إجراء الدراسة الأولية الإنشائية.

م مقدمة عن الدراسة الإنشائية

م-١ مراحل الدراسة الإنشائية

تمر الدراسة الإنشائية (وبقية الدراسات الهندسية عموماً) بأربع مراحل كالآتي:

أ . **المرحلة الأولى،** وتسمى أيضاً **مرحلة وضع أسس الدراسة الإنشائية،** وهي تُرافق مرحلة الفكرة المعمارية (وترسم المساقط الأفقية فيها عادة بمقياس 1:200). وسيتم شرحها لاحقاً.

ب. **المرحلة الثانية،** وتسمى أيضاً **مرحلة الدراسة الأولية الإنشائية،** وهي تُرافق مرحلة الدراسة الأولية المعمارية (وترسم المساقط الأفقية فيها عادة بمقياس 1:100). يتم في هذه المرحلة وضع الفواصل بصورة نهائية، وتصميم المبنى بالكامل بالاعتماد على الشروط البعدية وفقاً للكود والعلاقات التقريبية، دون الحاجة لحساب التسليح، أي رسم مخططات القالب فقط مع كتابة الأبعاد لجميع العناصر الإنشائية. إن هذه المرحلة هي الموضوع الرئيس لهذه المحاضرة.

ت. **المرحلة الثالثة،** وتسمى أيضاً **مرحلة الدراسة النهائية الإنشائية،** وهي ترافق مرحلة الدراسة النهائية المعمارية (وترسم المساقط فيها عادة بمقياس 1:50). يتم في هذه المرحلة إنجاز كامل مخططات الدراسة الإنشائية اللازمة لتنفيذ الهيكل الإنشائي الحامل للمبنى. هذه المرحلة غير مشمولة بهذه المحاضرة.

ث. **المرحلة الرابعة،** وتسمى **مرحلة إعداد وثائق الإضبارة التنفيذية،** وهي تشمل: دفتر الشروط الفنية (التقنية) الخاصة وجدول الأسعار وجدول الكميات والكشف التقديري. هذه المرحلة غير مشمولة بهذه المحاضرة.

م-٢ مرحلة وضع أسس الدراسة الإنشائية

م-٢-١ مقدمة

ترافق هذه المرحلة، مرحلة الفكرة للدراسة المعمارية (وتُـرسم المساقط الأفقية فيها عادة بمقياس 1:200). يتم في هذه المرحلة تحديد نوع مادة الإنشاء والأحمال التصميمية (الحية وفق حد الاستثمار، الرياح – الزلازل – الحرارة ... إلخ)، بالإضافة لفكرة الجملة الإنشائية التي سيتم استعمالها في المبنى، وهي أهم خطوة في هذه المرحلة. من أجل تحديد الجملة الإنشائية، يتم تقسيم العمل إلى جزأين، الجزء الأول ويتضمن تحديد مواقع الفواصل الحرارية والهبوط والزلزالية، والجزء الثاني ويتضمن تحديد طريقة عمل المنشأة (بين الفواصل) كوحدة واحدة. إضافة لذلك يلزم وضع أسس الدراسة الإنشائية.

م-٢-٢ اختيار مواقع الفواصل

يجب أن نتذكر أن الفواصل تُستعمل في خمس حالات هي الآتية:

أ . عند زيادة طول المبنى على حد معين يحدده الكود، ويكون فاصلاً حرارياً (فاصل تمدد) ويتراوح هذا الحد بين 30 و 45 متر للخرسانة المسلحة المصبوبة في المكان، ويصل حتى 60–70 متر في حالة الخرسانة المسلحة المسبق الصنع، ويرتفع إلى 100 متر في حالة المنشآت الفولاذية؛ مع التنويه إلى إمكانية زيادة المسافات بين فواصل التمدد في الخرسانة المسلحة المصبوبة في المكان بشرط أخذ تأثير التغيرات الحرارية في الحسبان في التحليل والتصميم، كما يُمكن زيادة هذه التباعات بمقدار الثلثين بشرط أخذ تأثير التغيرات الحرارية في الحسبان في التحليل والتصميم، واتباع إجراءات أخرى في الاكساء (خاصة إكساء الأرضيات)، مذكورة في الباب ١٣ من الكود الأساس؛

ب. عند تغير اتجاه المبنى في المسقط الأفقي (مساقط بشكل حروف L- T- H- U ... إلخ) بحيث نحصل دائماً على أشكال مستطيلة أو قريبة من المستطيلة (أي رباعية الأضلاع عموماً)؛

ت. عند زيادة طول الجزء المستطيل على 3.5 مرة عرضه (ومبرر هذا الفاصل هو الزلازل)؛

ث. عند اختلاف الارتفاعات الشاقولية لأجزاء المبنى (فاصل هبوط)؛

ج. عند اختلاف نوعية التربة تحت الأساسات، حتى لو كان المبنى ذا ارتفاع واحد (فاصل هبوط).

يمتد الفاصل في الحالتين الأخيرتين ضمن الأساسات أيضاً (لأنه فاصل هبوط)، أما في الحالات الثلاث الأولى فلا داعي لاستمرار الفاصل ضمن الأساسات. ويلزم أن يقطع الفاصل المبنى كما تقطع السكين قالب الزبدة، أي بشكل مستقيم دون تعرجات.

م–٢–٣ اختيار الجملة الإنشائية المقاومة للقوى الأفقية

يلزم، من أجل القوى الأفقية (كالرياح والهزات الأرضية)، أن يتم اختيار الجملة الإنشائية المناسبة لكل كتلة من الكتل (أي بين الفواصل). يمكن أن تكون هذه الجملة جملة إطارات أو جملة جدران قص أو جملة مختلطة من الإطارات وجدران القص. إذا لم تقل مساهمة الإطارات في مقاومة الزلازل عن 25% فتسمى الجملة جملة ثنائية binary system. وفي كل حالة يلزم تحديد المواقع المناسبة لكل من الإطارات وجدران القص. ويشار إلى أن الإطارات تكون مناسبة عند توفر مجموعة أعمدة على خط مستقيم واحد في الاتجاه المطلوب، حيث يوضع جائز فوق هذه الأعمدة ليشكل معها إطاراً.يكفي في هذه المرحلة أن يتم تقديم وصف للجملة الإنشائية.

يلزم التنسيق مع المعماري من أجل اختيار مواقع جدران القص، لتأثيره الكبير على الدراسة المعمارية.

م–٢–٤ وضع أسس الدراسة الإنشائية

عد الاتفاق مع المعماري على هذه الخطوط العامة للتصميم، يقوم المعماري بالالتزام بها في رسوماته التصميمية، وعند الانتهاء منها يتقدم المعماري برسومات الفكرة المعمارية للتصميم، وتتقدم الاختصاصات الهندسية الأخرى بأسس التصميم الهندسي لها، أما الإنشائي فيتقدم **بأسس الدراسة الإنشائية** التي يجب أن تشمل عدة مواضيع نذكر منها الآتي:

أ . **الجملة الإنشائية (أو الجمل الإنشائية) المعتمدة في التصميم.** يتم وصف الجملة بالاسترشاد بما سبق.

ب. **الكودات والمواصفات والمراجع المعتمدة في التصميم.** بالنسبة لنا في سورية، يُـعتمد الكود العربي السوري وملاحقه في كل المواضيع التي تقع ضمن مجال الكود، ويعتمد أحد الكودات العالمية في المواضيع الخارجة عن مجال الكود. وتعتمد المواصفات العربية السورية في مجالاتها، وإحدى المواصفات العالمية خارج مجال المواصفات السورية. وتحدد المراجع التي سيعتمد عليها غير ما سبق في حال وجودها.

ت. **الأحمال** التي ستعتمد في التصميم (حية ورياح وزلازل ... إلخ).

ث. **المقاومات المميزة (f'_c)** للأنواع المختلفة من الخرسانة التي سيتم استعمالها.

ج. **المقاومات المميزة (حدود الخضوع f_y)** لفولاذ التسليح التي سيتم استعمالها في المبنى أو المنشأة.

ح. **الإجهاد المسموح به لتحمل تربة التأسيس** المعتمد في التصميم. يُؤخذ هذا الإجهاد من تقرير ميكانيك التربة المعد من قبل مهندس الجيوتكنيك للموقع المحدد لتنفيذ المشروع.

خ. **برامج التحليل الإنشائي** التي سيتم استعمالها (SAP- ETABS- SAFE- STAAD- ... etc.).

د. طريقة الحساب المعتمدة. طريقة الحد الأقصى، أو طريقة حد الاستثمار (إجهادات التشغيل).

ذ. أية أمور أخرى هامة يجد المصمم أنه من المفيد ذكرها.

سيتم في هذه المحاضرة شرح طريقة إعداد الدراسة الأولية الإنشائية فقط.

م-٣ الخطوات الرئيسة في الدراسة الأولية الإنشائية

تتضمن الخطوات الرئيسة في الدراسة الأولية الإنشائية الخطوات الآتية:

١. تقدير الأحمال.
٢. رسم مساقط القالب للمناسيب المختلفة.
٣. اختيار الجملة الإنشائية المناسبة لكل مسقط قالب.
٤. تعيين المجازات الفعالة لعناصر الأسقف (بلاطات وجوائز)، وأطوال التحنيب للأعمدة والجدران.
٥. تقدير أبعاد المقاطع العرضية للعناصر الإنشائية بصورة أولية (ثم كتابتها على مساقط القالب).
٦. التحليل الإنشائي (حساب العزوم وقوى القص والقوى الناظمية) لبعض العناصر، بصورة أولية وبطرائق تقريبية غالباً (إن لزم).

م-٤ الخطوات الرئيسة في الدراسة النهائية الإنشائية

تتضمن الخطوات الرئيسة في الدراسة النهائية الإنشائية الخطوات الآتية:

١. تقدير الأحمال.
٢. رسم مساقط القالب للمناسيب المختلفة.
٣. اختيار الجملة الإنشائية المناسبة لكل مسقط قالب.

٤. تعيين المجازات الفعالة لعناصر الأسقف (بلاطات وجوائز)، وأطوال التحنيب للأعمدة والجدران.
٥. الاعتماد على أبعاد المقاطع العرضية التي تم اختيارها بصورة أولية في المرحلة السابقة.
٦. التحليل الإنشائي (حساب العزوم وقوى القص والقوى الناظمية) لجميع العناصر بصورة نهائية. يجري عادة في هذه الخطوة استعمال البرامج الحاسوبية المناسبة.
٧. تصميم المقاطع العرضية (الحرجة) للعناصر الإنشائية (اعتماداً على نتائج التحليل الإنشائي) وحساب قيم التسليح لهذه المقاطع العرضية.
٨. رسم المقاطع الطولية والمقاطع العرضية والتفصيلات، وتفريد التسليح، مع الأخذ بالحسبان الاشتراطات المتعلقة بالتسليح الواردة في الكود (النسب الدنيا والعظمى وترتيبات التسليح).

١ تقدير الأحمال

١-١ الأحمال الميتة وتشمل:

أ. الوزن الذاتي، وتُؤخذ من الدراسة الإنشائية (تُـعتمد الأبعاد من الاشتراطات البعدية في الدراسة الأولية).

ب. التغطيات والقواطع وغيرها، وتؤخذ من الدراسة المعمارية. تُؤخذ الكثافات من الملحق ١ الخاص بالأحمال.

١-٢ الأحمال الحية:

تُؤخذ من الكود العربي السوري (الكود الأساس، أو من الملحق ١ الخاص بالأحمال).

١-٣ بقية أحمال القوى وتشمل:

أ . **أحمال الرياح:** تُؤخذ من الملحق ١ الخاص بالأحمال.

ب. **أحمال الزلازل:** تُؤخذ من الملحق ٢ الخاص بالزلازل.

ت. **الضغط الجانبي للتربة أو للمياه:** تُؤخذ من الأبعاد الواقعية ومن مواصفات التربة.

١-٤ أحمال الانتقالات وتشمل:

أ. **الأحمال الحرارية** (إن وجدت).

ب. **أحمال التشوهات القسرية** (هبوط أو دوران أو انزلاق مساند).

١-٥ أحمال الإنشاء والتركيب والأحمال الخاصة الأخرى:

على سبيل المثال: في حالة رفع جائز مسبق الاجهاد مسبق الصنع من الأرض لموقعه النهائي فوق الركائز، تتشكل عزوم سالبة بالطرفين، لأن الجملة الانشائية في هذه الحالة هي جائز بسيط مع ظفرين، بينما تكون في الوضع النهائي جائز بسيط.

٢ رسم مسقط القالب للسقف

٢-١ المساقط المعمارية الأساس

يتم عادة (في رسم المساقط الأفقية الإنشائية لقوالب الأسقف) افتراض إجراء قطع أفقي في الأعمدة والجدران بمنسوب فتحات الأبواب والنوافذ للطابق المطلوب رسم سقفه، ثم النظر للسقف من الأسفل للأعلى. إضافة لذلك، يلزم وجود تطابق بين المخططات المعمارية والمخططات الإنشائية. لذلك تكون المساقط الأساس التي يلزم الاعتماد عليها في رسم مسقط قالب سقف ما هي: المسقط المعماري للطابق المطلوب رسم سقفه فيما يتعلق بالأعمدة والجدران، والمسقط المعماري للطابق الذي فوق الطابق المطلوب رسم سقفه فيما يتعلق بالحدود الخارجية للسقف وبالفتحات الموجودة في السقف. فإذا كان المطلوب رسم مسقط سقف الطابق الأرضي مثلاً، يتم أخذ الأعمدة والجدران الحاملة وجدران القص من المسقط المعماري للطابق الأرضي، بينما يتم أخذ المحيط الخارجي للسقف والفتحات الموجودة في السقف من المسقط المعماري للطابق الأول. كذلك عند دراسة إمكانية أن تكون الجوائز متدلية للأسفل يتم النظر للطابق الأرضي، وعند دراسة الأحمال التي ستُطبق على عناصر السقف (بما فيها أحمال قواطع البلوك)، يلزم النظر لمسقط الطابق الأول المعماري. وقد نتج ذلك بسبب أنه يتم رسم المساقط المعمارية بافتراض إجراء قطع في فتحات النوافذ والأبواب للطابق ثم النظر للأسفل، وهذا مختلف عن الإنشائي. إن أهمية تحديد مواقع الأعمدة والجدران الحاملة للسقف هي التي فرضت إظهارها (في المساقط الأفقية الإنشائية) بشكل واضح وصريح.

٢-٢ المعلومات المطلوب بيانها في مسقط قالب السقف

يلزم بيان جميع المعلومات اللازمة لتنفيذ الخرسانة المسلحة في السقف. وبشكل خاص، يلزم بيان المغلومات الآتية:

أ . شبكة المحاور الإحداثية المعتمدة من المعماري (بالتشاور مع الإنشائي) في الاتجاهين، مع الأبعاد بينها.

ب. الأعمدة والجدران الحاملة وجدران القص (علماً بأن الجدران الحاملة من الخرسانة المسلحة تعمل كجدران قص أيضاً، والعكس صحيح). ويلزم التنويه غلى ضرورة تهشير هذه المقاطع العرضية، بسبب كونها مقطوعة.

ت. الحدود الخارجية للسقف، والفتحات في السقف، مع ربط مواقع الفتحات بمحاور الشبكة الإحداثية.

ث. الجملة الإنشائية للسقف من بلاطات (بمختلف أنواعها: مصمتة أو مفرغة أو فطرية ... إلخ) وجوائز (بمختلف أنواعها أيضاً: متدلية للأسفل أو مخفية أو بارزة للأعلى، أو غير ذلك). ويلزم التنويه إلى أن الحواف التي يُمكن رُؤيتها تُرسم بخطوط مستمرة، بينما الحواف التي لا يُمكن رُؤيتها (كحواف الجوائز البارزة للأعلى أو المقلوبة) فتُرسم بخطوط منقطة.

ج. يجب كتابة سماكات البلاطات وأبعاد المقاطع العرضية للجوائز وأبعاد الفتحات.

ح. يجب كتابة الأبعاد في خطين متعامدين، لتسهيل تنفيذ القالب.

٣ اختيار الجملة الإنشائية المناسبة

مقدمة

يبدأ التصميم الإنشائي بعد تحديد الفكرة المعمارية، ويتضمن تصميم عمل المنشأة ككل (استراتيجية عمل المنشأة)، وهذا يشمل:

١. وضع الفواصل بين الكتل، للتمدد والتقلص الحراريين، وللهبوط التفاضلي، وللزلازل (كما سبق ذكره في مرحلة وضع أسس الدراسة الإنشائية).

٢. وضع الجملة الإنشائية (في كل كتلة) المقاومة للقوى الأفقية (رياح وهزات أرضية). يمكن أن تكون الجملة المقاومة للقوى الأفقية: جملة إطارات مقاومة للعزوم أو جملة جدران قص، أو جملة مختلطة من إطارات وجدران قص، أو جملة أخرى. عندما تقاوم الإطارات المقاومة للعزوم (في الجملة المختلطة) ما لا يقل عن 25% من القوى الأفقية، تسمى الجملة جملة ثنائية.

يُـنصح في هذا المجال بالآتي:

٣. مراعاة التناظر في الشكل ما أمكن (لتجنب الفتل) بالاتجاهين.

٤. مراعاة تنزيل مركز ثقل المنشأة للأسفل ما أمكن، سواء من جهة الأحمال الحية (وضع الأحمال الحية الثقيلة بالطوابق السفلى)، أم من جهة الأحمال الميتة، وذلك باختيار الشكل الذي يجعل الأحمال الميتة أقرب للأرض (مثلاً إذا كانت المنشأة ستصمم بشكل تكون لها واجهة بشكل شبه منحرف، فمن المناسب أن تكون قاعدته الكبرى بالأسفل).

٥. مراعاة استعمال الجمل الإنشائية غير المقررة، والابتعاد عن الجمل المقررة، خاصة الأظفار. وفي حالة استعمال الأظفار فيلزم ألا تزيد مجازاتها على المترين.

٦. مراعاة استعمال نوعيات جيدة من الخرسانة ومن فولاذ التسليح، على أن لا تتعدى المقاومة المميزة لفولاذ التسليح في الشد $f_y = 4000\ kgf/cm^2$، وذلك لتوفير قدر جيد من المطاوعة.

٧. تكون جملة الإطارات المقاومة للعزوم مناسبة عندما يكون المسقط الأفقي بشكل مستطيل، وحاوياً موديولات منتظمة، وإلا فالأنسب جملة جدران القص أو الجملة المختلطة.

٨. في حالة استعمال جملة جدران القص، يجب أن تكون الجدران باتجاهين متعامدين، ومتناظرة ما أمكن. كذلك يجب أن لا يقل العدد عن جدارين في كل اتجاه، مع مراعاة التناظر ما أمكن. كما يلزم استعمال جدار كل 10-15 متر.

٩. تُستعمل الإطارات لمقاومة القوى الأفقية عندما يكون المسقط الأفقي لكتلة البناء بشكل مستطيل، ويتوفر عدد من الأعمدة على خط مستقيم واحد كل مسافة معينة. وفي غير هذه الحالة، تُستعمل جملة جدران القص.

٣-١ إجراء الدراسة الأولية الإنشائية

ترافق هذه المرحلة من الدراسة الإنشائية مرحلة الدراسة الأولية المعمارية. يجري في هذه المرحلة اختيار الجملة الإنشائية (أو الجمل الإنشائية) المناسبة لنقل الأوزان الشاقولية من حية وميتة وغيرها إلى الأعمدة والجدران ومنها إلى الأساسات. قد يكون هناك حاجة لعمل عدة حلول إنشائية ثم إجراء مقارنة اقتصادية وفنية بينها، وهذا ما دعا البعض إلى اعتبار هذه المرحلة مرحلة الحلول المقارنة. بعد 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. تُعطى هذه الأبعاد للمعماري ليستعملها في رسوماته للدراسة الأولية المعمارية. تُعد مخططات القالب (الكوفراج) هي المخططات المطلوب من الإنشائي تسليمها في نهاية مرحلة الدراسة الأولية.

من أجل إنجاز هذه المرحلة، يجب معرفة عدة أمور، يمكن تلخيصها في نقطتين هامتين: 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. سيتم فيما يلي إلقاء بعض الضوء على هاتين النقطتين.

٣-٢ المجازات المناسبة للجمل الإنشائية

اعتماداً على الخبرة بمواد الإنشاء المحلية، وبطرائق الإنشاء الممكنة، يمكن افتراض المجازات الآتية مناسبة للجمل الإنشائية.

٣-٢-١ المجازات المناسبة للعناصر من الخرسانة المسلحة

١. جائز ظفري: حتى 4 متر.
٢. جائز بسيط: حتى 8-12 متر (وفقاً لمقاومة الخرسانة المسلحة).
٣. جائز مستمر (أو إطار): حتى 12-18 متر (وفقاً لمقاومة الخرسانة المسلحة).
٤. قوس: حتى 20-50 متر (وفقاً لمقاومة الخرسانة المسلحة).
٥. جائز مسبق الإجهاد مسبق الصنع: حتى 30-40 متر (وفقاً لمقاومة الخرسانة المسلحة).
٦. بلاطة مصمتة ظفرية: حتى 2 متر.
٧. بلاطة مصمتة باتجاه واحد: حتى 6 متر (وفقاً لمقاومة الخرسانة المسلحة).
٨. بلاطة مصمتة باتجاهين: حتى 8 × 8 متر (وفقاً لمقاومة الخرسانة المسلحة).
٩. بلاطة ذات قوالب مفرغة (هوردي) باتجاه واحد: بين 4 – 9 متر.
١٠. بلاطة ذات قوالب مفرغة (هوردي) باتجاهين: بين 6 × 6 متر و 10 × 10 .
١١. بلاطة مثنية جائزية، وقشريات اسطوانية جائزية: بين 12 و 25 متر.
١٢. بلاطات مثنية إطارية وقشريات اسطوانية إطارية: بين 15 و 30 متر.

١٣. بلاطات مثنية قوسية وقشريات اسطوانية قوسية: بين 20 و 40 متر.
١٤. قشريات انتقالية (مجسم مكافىء زائدي أو ناقصي أو كونويد ... الخ.): بين 15 × 15 و × 40 40 متر.
١٥. قشريات دورانية (قبة مخروطية – قبة كروية – ... الخ.): بين قطر 12 متر وقطر 50 متر.

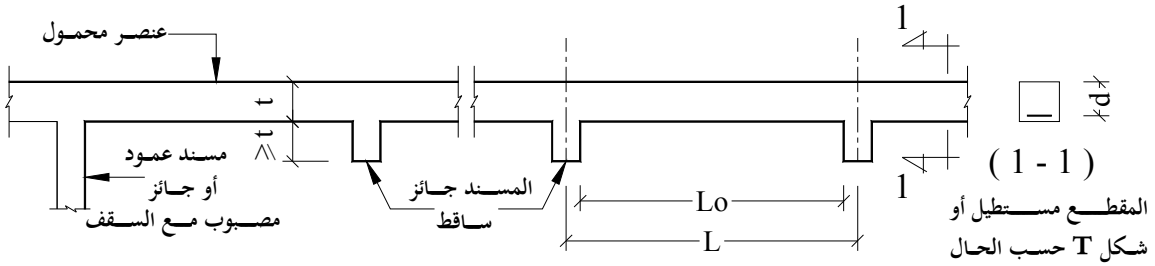
٣-٢-٢ المجازات المناسبة للعناصر من الفولاذ الانشائي

١. جائز بسيط من مقطع مسحوب (بروفيلية): حتى 12 - 15 متر (وفقاً للأحمال ومقاومة الفولاذ).
٢. جائز مستمر (أو إطار) من مقطع مسحوب (بروفيلية): حتى 15 – 18 متر (وفقاً للأحمال ومقاومة الفولاذ).
٣. جائز بسيط من مقطع صفائحي: حتى 25 - 30 متر (وفقاً للأحمال ومقاومة الفولاذ).
٤. جائز مستمر (أو إطار) من مقطع صفائحي: حتى 30 - 35 متر (وفقاً للأحمال ومقاومة الفولاذ).
٥. شبكي Truss بشكل جائز بسيط: حتى 30 متر.
٦. شبكي Truss بشكل جائز مستمر أو إطار: حتى 40 متر.
٧. شبكي Truss بشكل قوس: حتى 50 متر.

٤ تعيين المجازات الفعالة

٤-١ المجازات الفعالة للبلاطات والأعصاب والجوائز

٤-١-١ المسند مصبوب بشكل مستمر(ميليثياً Monolithic) مع العنصر المحمول، ويكون المسند عموداً أو جداراً أو جائزاً ساقطاً ذا ارتفاع لا يقل عن مثلي ارتفاع العنصر المحمول(الشكل ٧-٥-أ في الكود، والوارد أدناه).



الشكل (٧-٥-أ): مجاز الجائز المستند على أعمدة أو جوائز ساقطة ذوات ارتفاعات لا تقل عن مثلي ارتفاع الجائز المحمول

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

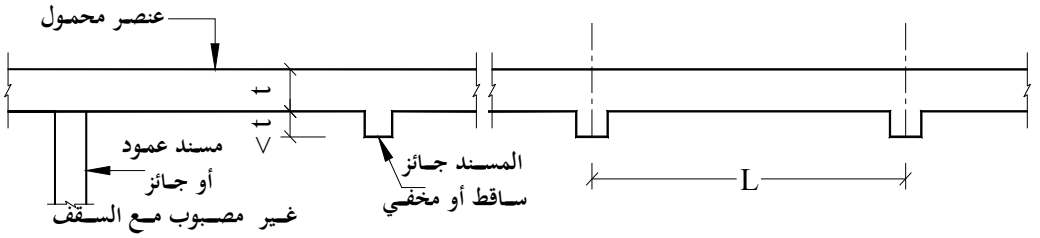
١-المسافة بين محوري الركيزتين (L).

٢- المسافة الحرة بين الركيزتين (L0) مضافاً إليها العمق الفعال d.

٣- المسافة الحرة بين المسندين مضروبة بالمعامل 1.05

٤-١-٢ المسند هو جائز مصبوب مستمراً (ميليثياً) مع العنصر المحمول وذو ارتفاع يقل عن مثلي ارتفاع العنصر المحمول، أو جائز مخفي.

٤-١-٣ المسند هو عمود أو جدار أو جائز ساقط غير مصبوب مستمراً (ميليثياً) مع العنصر المحمول (الشكل ٧-٥-ب في الكود، والوارد أدناه).



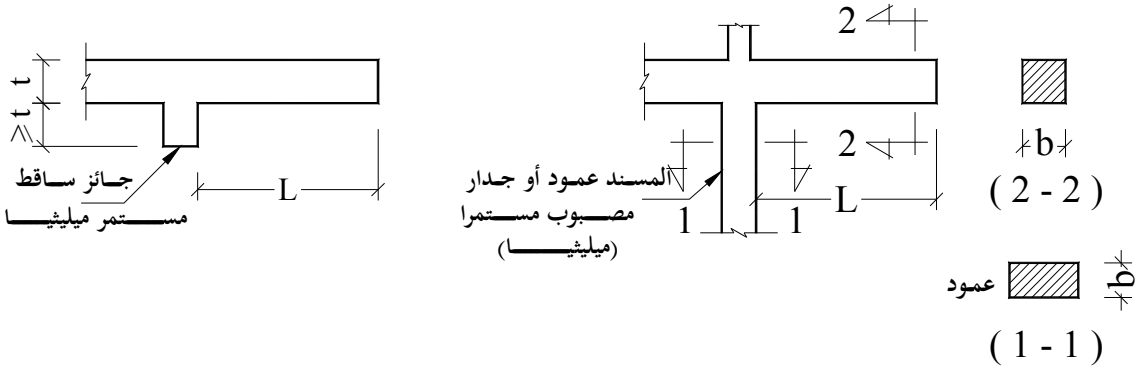
الشكل (٧-٥-ب): مجاز الجائز المستند على أعمدة غير مصبوبة معه أو على جوائز مخفية أو ساقطة بارتفاعات تقل عن مثلي ارتفاع الجائز المحمول

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.

٤-٢ المجازات الفعالة للأظفار

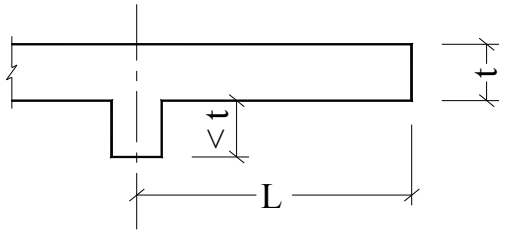
٤-٢-١ ظفر مستند على عمود أو جدار مصبوب معه ميليثياً أو على جائز ساقط لا يقل ارتفاعه عن مثلي ارتفاع الظفر المحمول (الشكل ٧-٥-ج في الكود، والوارد أدناه).

يُؤخذ المجاز الفعال لفتحة البلاطة أو العصب أو الجائز الظفري، حسب الحال، مساوياً إلى مجازه من الطرف الحر حتى وجه المسند.



الشكل (٧-٥-ج): مجاز الظفر المستند على عمود أو جدار مصبوب معه ميليثيا أو على جائز ساقط لا يقل ارتفاعه عن مثلي ارتفاع الظفر المحمول

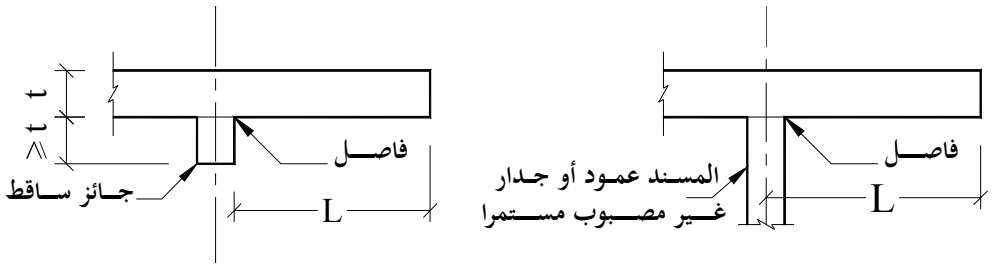
٤-٢-٢ الظفر المستند على جائز مخفي أو على جائز ساقط بارتفاع يقل عن مثلي ارتفاع الظفر المحمول



الشكل (٧-٥-د): مجاز الظفر المستند على جائز مخفي أو على جائز ساقط بارتفاع يقل عن مثلي ارتفاع الظفر المحمول

يُؤخذ المجاز لفتحة البلاطة أو العصب أو الجائز الظفري، حسب الحال، مساوياً إلى طول مجازه من الطرف الحر حتى محور الجائز الذي يعمل مسنداً، ويمكن أن يُؤخذ تأثير عرض المسند في تعديل قيمة العزم السالب عند محور المسند.

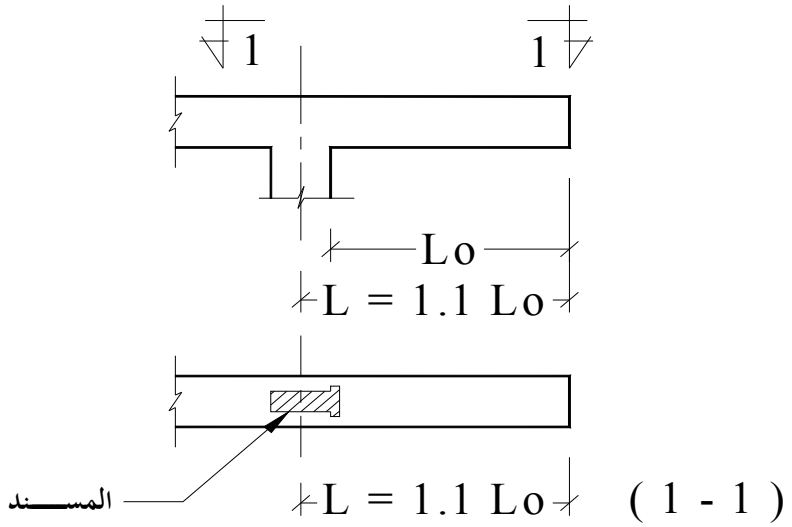
٤-٢-٣ الظفر المستند على عمود أو جدار أو جائز ساقط غير مصبوب معه ميليثياً (الشكل ٧-٥-هـ في الكود)



الشكل (٧-٥-هـ): مجاز الظفر المستند على عمود أو جدار أو جائز ساقط غير مصبوب بشكل مستمر معه (غير ميليثي)

يُؤخذ المجاز لفتحة البلاطة أو العصب أو الجائز الظفري، حسب الحال، مساوياً إلى طول مجازه من الطرف الحر حتى محور الجائز الذي يعمل مسنداً، ويمكن أن يُؤخذ تأثير عرض المسند في تعديل قيمة العزم السالب عند محور المسند.

٤-٢-٤ الظفر المستند على مسند ذي عرض يقل عن 70% من عرض الظفر (الشكل ٧-٥- و، في الكود، والوارد أدناه)



الشكل (٧-٥-و): مجاز الظفر المستند على مسند ذي عرض يقل عن 70% من عرض الظفر

يُـؤخذ المجاز الفعال لفتحة البلاطة أو العصب أو الجائز الظفري، حسب الحال، مساوياً إلى طول مجازه من الطرف الحر حتى وجه المسند L_0 مضروباً بـ 1.1، ولا ُ يؤخذ تأثير عرض المسند عند حساب العزم السالب فوق المسند.

٤-٣ أطوال التحنيب للأعمدة وللجدران الحاملة

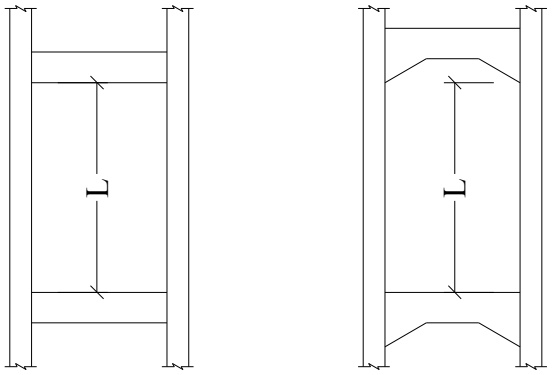
٤-٣-١ الطول الحسابي وطول التحنيب للأعمدة

أ . يُؤخذ L فيما يلي مساوياً للطول الحر للعنصر في الاتجاه المدروس للتحنيب، كما في الشكل (٧-٣) من الكود، وهو الآتي:

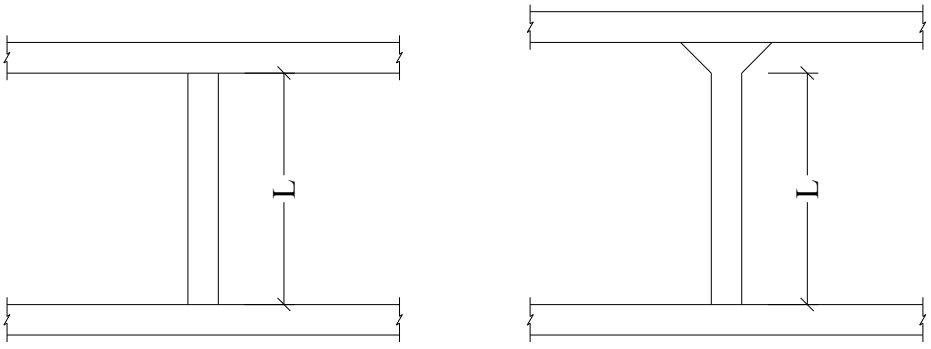
ب. يفرق ما بين العناصر في الهياكل (الإطارات) المسندة جانبياً والهياكل غير المسندة جانبياً:

١- الهياكل المسندة جانبياً هي الهياكل المقواة بعناصر لمقاومة الانزياح الجانبي، كأن تحتوي على جدران قص أو رباطات شبكية تساوي قساواتها ما لا يقل عن ستة أضعاف مجموع قساوات الأعمدة في كل طابق وفي الاتجاه المدروس.

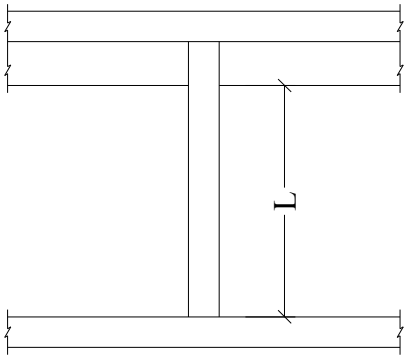
٢- الهياكل غير المسندة جانبياً هي الهياكل غير المقواة بعناصر لمقاومة الانزياح الجانبي، والتي تعتمد على قساوات أعمدتها فقط في مقاومة الأفعال الناتجة عن الانزياح الجانبي.



كمـرات مـع مشـاطيف　　كمـرات بـدون مشـاطيف



أســقف لا كمريــة مــع تيجــان　　أســقف لا كمريــة بــدون تيجــان



أســقف كمريــة (جائزيــة)

الشكل (٧-٣): أطول تحنيب الأعمدة

٣- يُؤخذ الطول الحسابي L_0 لأعمدة الهياكل المسندة جانبياً كما يلي:

$L_0 = L$ حالة عنصر متفصل من طرفيه؛

$L_0 = 0.85\ L$ حالة عنصر متفصل من طرف ومثبت من الطرف الآخر (وثاقة جزئية)؛

$L_0 = 0.70\ L$ حالة عنصر مثبت (وثاقة جزئية) من الطرفين؛

$L_0 = L$ حالة الأبنية العادية.

٤- يُؤخذ الطول الحسابي L_0 لأعمدة الهياكل غير المسندة جانبياً كما يلي:

$$L_0 = \alpha \cdot L$$

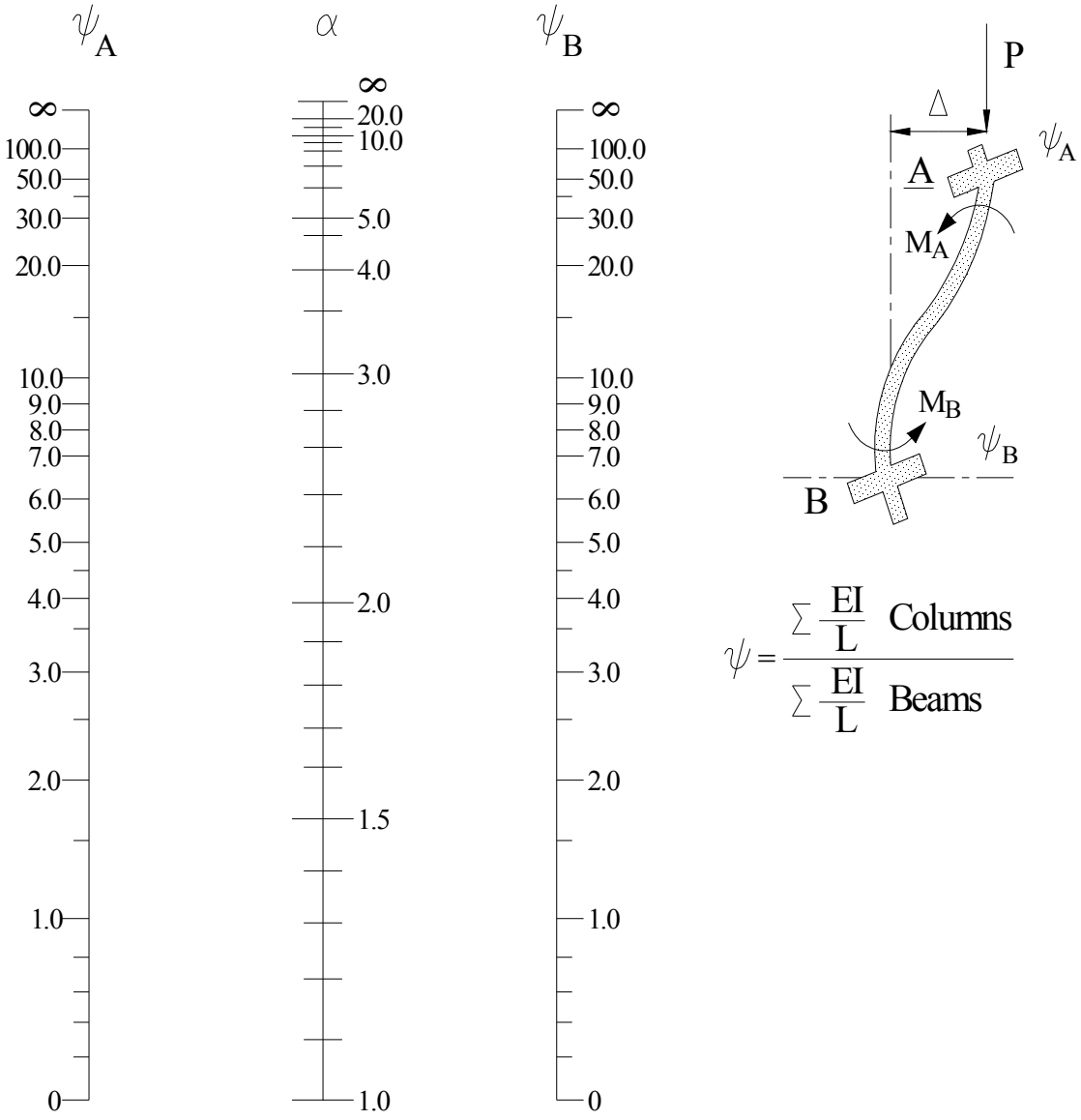
ويُمكن بدلاً من حساب L_0 اعتماد التحليل الإنشائي من الدرجة الثانية، الذي يأخذ بالحسبان تأثير P - Δ (أي تحسب القوى الداخلية والعزوم الإضافية الناتجة من الانزياحات، الجانبية وتأثير الأحمال الشاقولية عليها)؛ حيث:

α = معامل يؤخذ من الشكل (٧-٤) في الكود؛

ψ_A = مجموع قساوات الأعمدة مقسومة على مجموع قساوات العناصر الخاضعة للانعطاف (الجوائز) لأحد طرفي العنصر؛

ψ_B= مجموع قساوات الأعمدة مقسومة على مجموع قساوات العناصر الخاضعة للانعطاف (الجوائز) عند الطرف الآخر للعنصر.

مع التذكير بضرورة تخفيض عزم عطالة الجائز بالقيمة 0.6 لأخذ تأثير التشقق بالحسبان.



الشكل (٧-٤): قيم المعامل α لحساب Ψ في الأعمدة غير المسندة جانبياً (غير المقواة)

٤-٣-٢ الطول الفعال لتحنيب الجدران الحاملة

يُمكن في الأبنية العادية، التي لا يزيد ارتفاعها على 50 متر، والتي جدرانها مُقواة ضد الانزياح الجانبي، اعتماد الآتي:

أ) المسافة الشاقولية بين طابقين متتالين؛

ب) المسافة الأفقية بين عنصرين شاقوليين ساندين للجدار الحامل.

أما في غير هذه الحالة الخاصة، يُرجع للكود وللتحاليل الأكثر دقة.

٥ التقدير الأولي لأبعاد المقاطع العرضية

مقدمة

يخضع اختيار أبعاد المقاطع العرضية لمعايير متعددة، يمكن تلخيصها بالمعايير الآتية:

١. **المعيار المعماري**، ويتعلق بالأبعاد التي تناسب الدراسة المعمارية.

٢. **معيار السهم**، ويتعلق أساساً بالعناصر المعرضة لعزوم انحناء.

٣. **معيار التحنيب** الجانبي، ويتعلق أساساً بالعناصر المعرضة لإجهادات الضغط، كالأعمدة، وكالجوائز عندما يكون جناحها المضغوط ذي عرض قليل.

٤. **معيار الصلادة**، ويتعلق أساساً بالأساسات، وذلك لتأمين صلادة مناسبة لتوزيع الأحمال توزيعاً منتظماً.

٥. **معيار التشقق**، ويتعلق أساساً بالعناصر الحاملة (أو التي يمكن أن تتعرض) للسوائل، وخاصة الماء.

٦. **معيار المقاومة** للقوى التي يمكن أن يتعرض لها المقطع.

لا تخرج القوى التي يمكن أن يتعرض لها المقطع في الفراغ عن ستة، كنا هو معروف في الميكانيك الهندسي والميكانيك الإنشائي، وهي:

أ . عزما انحناء هما: M_x - M_y؛

ب. عزم فتل T (أي عزم حول المحور z).

ت. قوة ناظمية N (على المحور z)؛

ث. قوتا قص هما Q_x- Q_y.

من المعروف أن عزم الفتل يؤدي إلى إجهادات قص، وهكذا يمكن تلخيص القوى التي يتعرض لها المقطع ويحتاج للتحقيق عليها إلى القوى الآتية: **عزم انحناء– قوة قص– قوة ناظمية**. وبالتالي يمكن القول أن معيار المقاومة يتضمن ثلاثة شروط هي:

١) **شرط العزم**، وهو الذي يحكم التصميم عادة بالعناصر المنحنية (المنعطفة) ذات المجازات الطويلة نسبياً والأحمال غير الثقيلة.

٢) **شرط القص**، وهو الذي يحكم التصميم عادة بالعناصر المنحنية (المنعطفة) ذات المجازات القصيرة نسبياً والأحمال الثقيلة. يتفرع عن هذا الشرط، **شرط الثقب**، وهو الذي يحكم التصميم عادة في البلاطات المعرضة لأحمال ثقيلة مركزة، كالبلاطات الفطرية والأساسات.

٣) **شرط الضغط**، وهو الذي يحكم التصميم عادة بالعناصر المضغوطة كالأعمدة.

يمكن أن يتعرض العنصر الإنشائي لأكثر من قوة، من القوى السابقة بالوقت ذاته. مثلاً تتعرض جدران القص والأعمدة (في حالة الزلازل) لقوى ناظمية ولعزوم انحناء (انعطاف)، ويلزم تصميمها لمقاومة هذه القوى والعزوم معاً.

٥-١ الأبعاد من المعيار المعماري

قد تضع الدراسة المعمارية حدوداً قصوى على الأبعاد الإنشائية، ويلزم الالتزام بهذه الأبعاد، إلا إذا كانت لا تحقق السلامة الإنشائية، عندها يلزم مناقشة المعماري للاتفاق على أبعاد مناسبة مقبولة إنشائياً. كما قد تطلب أبعاداً تزيد كثيراً على المطلوب إنشائياً، ويلزم الالتزام بها إذا كانت أساسية من الناحية المعمارية. كذلك قد يكون من المناسب (خاصة بجوائز الواجهات) دمج عتب النافذة بجائز السقف فوقه مباشرة (مما يعني إلغاء البلوك فوق العتب)، لتجنب التكسير في الأعمدة لاحقا، من أجل تنفيذ الأعتاب، خاصة إذا كانت الأعتاب تصل للأعمدة مباشرة.

٥-٢ الأبعاد من معيار السهم

نص الكود على ارتفاعات دنيا لتحقيق معيار السهم، وفي حال اعتماد ارتفاعات أقل منها، يطلب الكود تحقيق السهم حسابياً. ويُنصح باعتماد الارتفاعات المطلوبة لشرط السهم (ما دام ذلك ممكناً)، خاصة وأن النزول عنها يعني زيادة في كمية التسليح، إضافة لضرورة التحقيق الحسابي. فيما يلي سيتم إيراد السماكات والارتفاعات الدنيا لتحقيق معيار السهم، كما وردت في الكود.

٥-٢-١ السماكات الدنيا للبلاطات

أ . السمك الأدنى للبلاطات المصمتة ذات الاتجاه الواحد

يُحدد السمك الأدنى t_{min} للبلاطات المستندة على جدران، أو على جوائز بارزة، بما لا يقل عن القيم الواردة في الجدول (٧-٢) من الكود الأساس (والوارد أدناه)، إلا إذا تم حساب السهم، والتأكد من عدم تجاوزه للقيم المسموح بها في الباب العاشر من الكود الأساس.

الجدول (٧-٢): السمك الأدنى (t_{min}) للبلاطات المصمتة ذات الإتجاه الواحد

نوع الاستناد	استناد بسيط	مستمرة من طرف واحد	مستمرة من طرفين	ظفرية
t_{min}	L/25	L/27	L/30	L/10

في حال استناد البلاطة على جوائز بارزة، يجب أن لا يقل الارتفاع الكلي لكل جزء عن مثلي سمك البلاطة، وإلا وجب حساب السهم الكلي للبلاطة بطريقة دقيقة.

ب. السمك الأدنى للبلاطات المصمتة ذات الاتجاهين

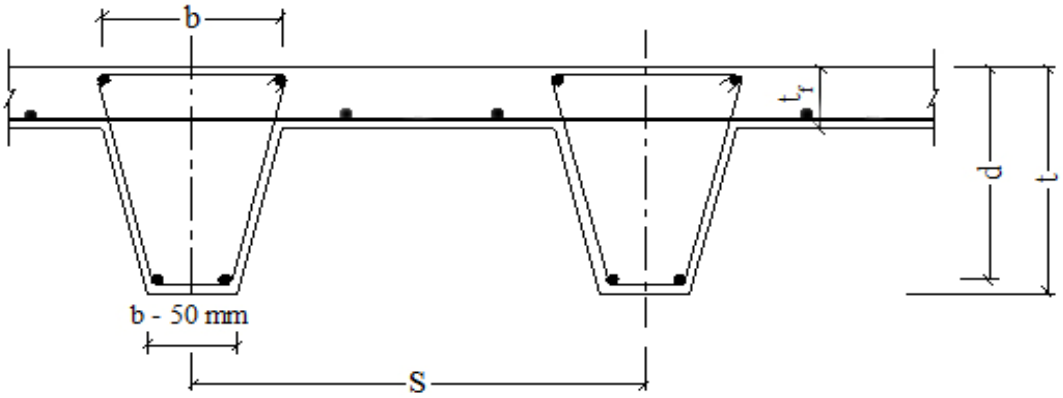
- يجب ألا يقلّ سمك البلاطة المصمتة ذات الاتجاهين عن محيطها المكافئ مقسوماً على 140
- يُعرّف المحيط المكافئ بأنه مجموع الأطوال المكافئة لأضلاع البلاطة. يُؤخذ الطول المكافئ لضلع ما من البلاطة، مساوياً إلى طوله الفعلي عند الوجه الداخلي للاستناد، إذا كانت البلاطة مستندة استناداً

بسيطاً على هذا الضلع، و 0.76 من الطول الفعلي عند الوجه الداخلي للاستناد، إذا كانت البلاطة مستمرة عند هذا الضلع.

- إذا كان ارتفاع الجوائز الحاملة للبلاطة يقل عن مثلي سمك البلاطة، يؤخذ السمك الأدنى للبلاطة بفرضها مستندة على الأعمدة مباشرة، كما في الجدول (٧-٤) من الكود الأساس.

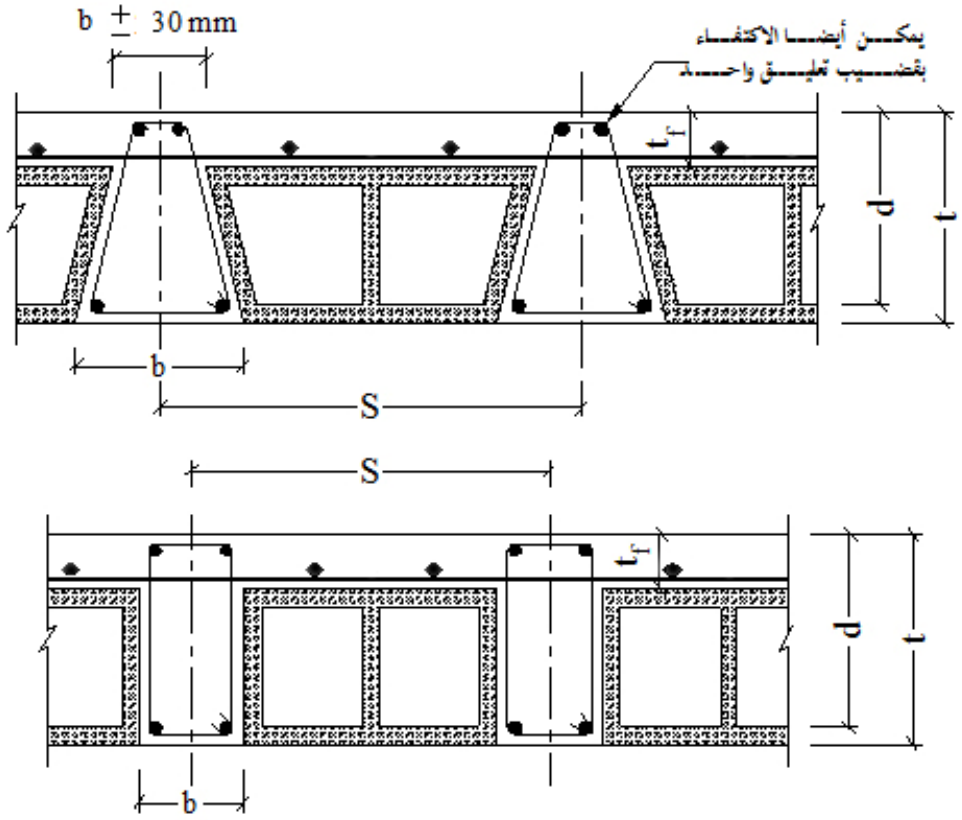
ت. أشكال البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد

ت-١. ذات القوالب المؤقتة، كما هو موضح في الشكل (٧-١١) من الكود الأساس، وهو الآتي:



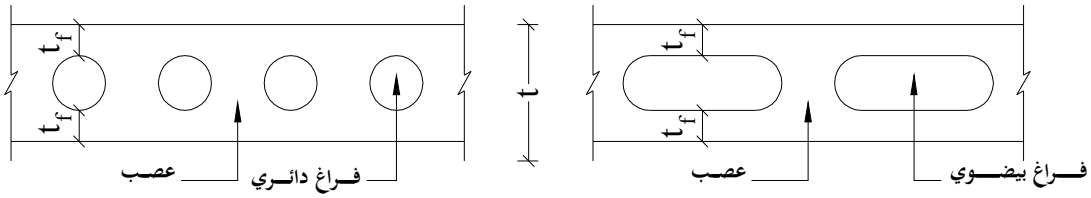
الشكل (٧-١١): بلاطة مفرغة ذات أعصاب صريحة منفذة بقوالب مؤقتة

ت-٢. ذات القوالب الدائمة، كما هو موضح في الشكل (٧-١٢) من الكود الأساس، وهو الآتي:



الشكل (٧-١٢): بلاطة مفرغة ذات أعصاب صريحة منفذة بقوالب دائمة

ت-٣. ذات الفراغات الداخلية، كما هو موضح في الشكل (٧-١٣) من الكود الأساس، وهو الآتي:



الشكل (٧-١٣): بلاطة مفرغة ذات فراغات داخلية

ث. السماكات الدنيا للبلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد

تُؤخذ هذه السماكات الدنيا من الجدول (٧-٣) في الكود الأساس، وهو الآتي:

الجدول (٧-٣): السمك الأدنى (t_{min}) للبلاطات المفرغة ذات الإتجاه الواحد

نوع الاستناد	استناد بسيط	مستمرة من طرف واحد	مستمرة من طرفين	ظفرية
أ- تستند على جدران أو على جوائز متدلية من الطرفين يزيد ارتفاعها على ضعفي سمك البلاطة	L/20	L/22	L/25	L/8
ب- تستند على جوائز من سمك البلاطة أو ذات ارتفاع أقل من ضعفي سمك البلاطة	L/16	L/18	L/20	L/8

ج. السماكات الدنيا للبلاطات المفرغة ذات الأعصاب بالاتجاهين بتباعد لا يتعدى المتر والمستندة على جدران أو جوائز يزيد عمقها على مثلي سمك البلاطة.

لا يقل السمك الأدنى عن محيطها المكافىء (كما ورد تعريفه للبلاطات المصمتة)، مقسوماً على 120، إلا إذا تم التحقق حسابياً من السهم.

ح. السماكات الدنيا للبلاطات المفرغة ذات الأعصاب بالاتجاهين والمستندة على جوائز من سمك البلاطة ذاتها أو ذات عمق أقل من مثلي سمك البلاطة

تُؤخذ هذه السماكات من الجدول (٧-٤) في الكود الأساس، وهو المدرج أدناه، سواءً كان التباعد بين الأعصاب أقل من متر واحد (وهي الحالة المعتادة للبلاطات المعصبة باتجاهين)، أو كان هذا التباعد أكبر من المتر (وهي حالة البلاطات ذات الجوائز المتصالبة).

الجدول (٧-٤): السمك الأدنى (t_{min}) للبلاطات المفرغة ذات الأعصاب بإتجاهين المستندة على جوائز من سمك البلاطة ذاتها أو ذات عمق أقل من مثلي سمك البلاطة

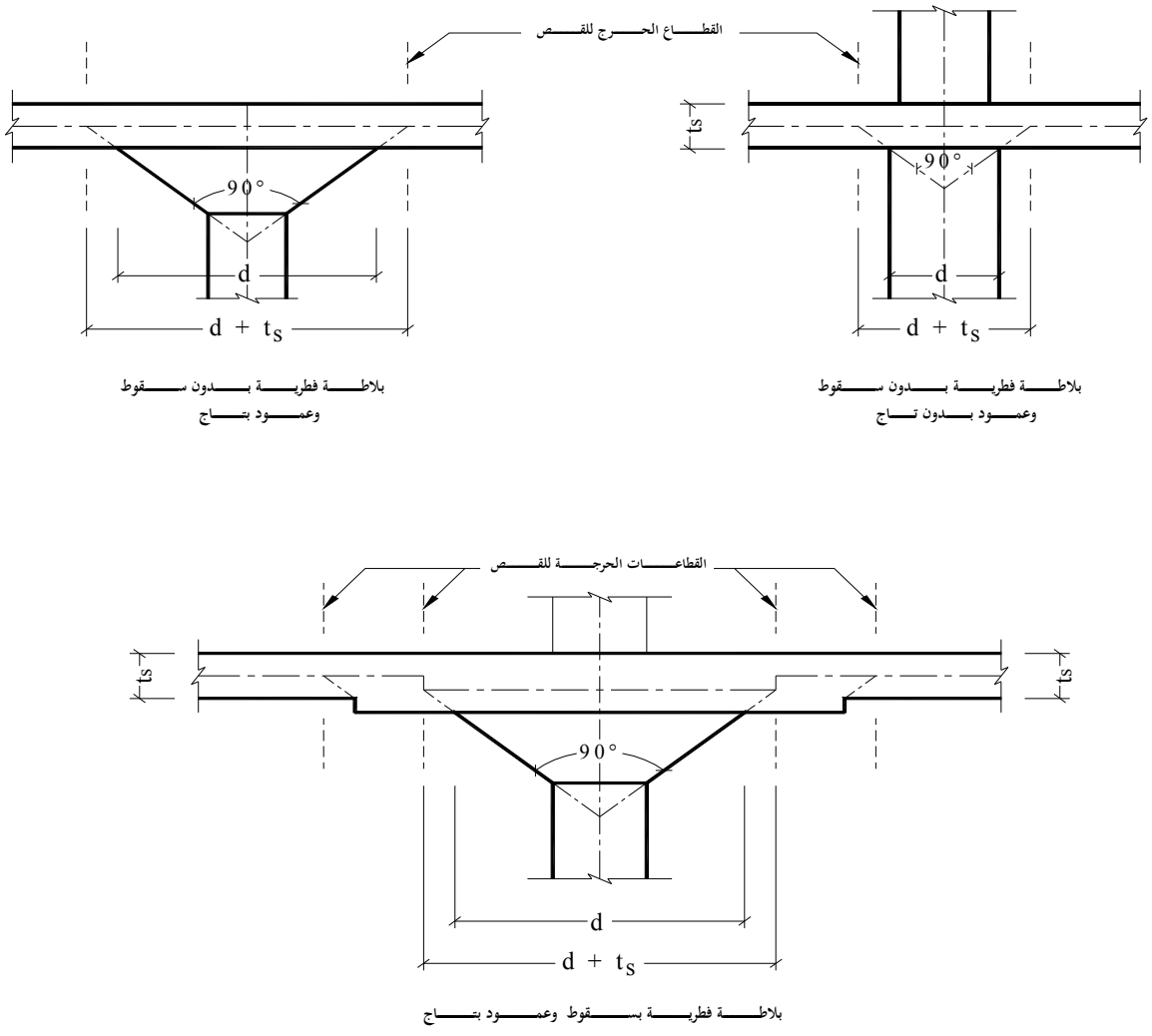
موقع المجاز	المجازات الداخلية دون سقوط	المجازات الداخلية مع سقوط	المجازات الطرفية دون سقوط	المجازات الطرفية مع سقوط
أ- **تباعد لا يتعدى 1 متر**	L/27	L/30	L/24	L/27
ب- **تباعد يتعدى 1 متر**	L/22	L/24	L/20	L/22

L يساوي المتوسط الحسابي للمجازين الفعالين بالاتجاهين.

٧-٢-٥ الاشتراطات البعدية للبلاطات الفطرية (غير الجائزية)

أ . أشكال البلاطات الفطرية

يُبين الشكل (٧-١٤) من الكود (والمدرج أدناه) مقاطع في البلاطات الفطرية.



الشكل (٧-١٤): السقوط والتاج في البلاطة الفطرية

ب. الاشتراطات البعدية

في حال استعمال الطريقة التقريبية الواردة في الكود الأساس، يجب أن لا تتعدى النسبة بين طول وعرض البلاطة (L_1 و L_2) عن $\frac{4}{3}=1.33$ ، كما يجب أن لا يقل عدد المجازات في كل اتجاه عن ثلاثة ولا يزيد الفرق بين أطوال المجازات على 20% من الطول الأكبر، وإلا فيجب إجراء تحليل إنشائي دقيق.

يجب ألا يقلّ أدنى سمك كلي t_S للبلاطة الفطرية، بأي حال عن أكبر القيم الآتية (حيث L تمثل متوسط المجازين بالاتجاهين):

١. L/32 للفتحات الطرفية دون سقوط.
٢. L/35 للفتحات الداخلية المستمرة بالكامل دون سقوط، أو للمجازات الطرفية التي لها سقوط.
٣. L/38 للفتحات الداخلية المستمرة بالكامل والتي لها سقوط.
٤. كما يجب أن لا يقلّ السمك عن150 mm .

٥-٢-٣ الأعماق الدنيا للجوائز الخرسانية

أ . العمق الأدنى للجوائز ذات القطاع المستطيل التي لا يتجاوز مجازها الفعال 15 متراً ولا تقل مقاومتها المميزة عن 20MPa (الجدول (٧-١-أ) من الكود، والمدرج أدناه).

١) السطر (أ) من الجدول (٧-١-أ) للجوائز المستندة على أعمدة أو جوائز ساقطة بارتفاع لا يقل عن مثلي ارتفاع الجائز المحمول.

٢) السطر (ب) من الجدول (٧-١-أ) للجوائز المستندة على جوائز مخفية (في البلاطات الهوردي) أو على جوائز ساقطة بارتفاع يقل عن مثلي ارتفاع الجائز المحمول.

الجدول (٧-١-أ): العمق الأدنى (h_{min}) للجوائز التي لا يتجاوز مجازها الفعال 15 متراً ولا تقل مقاومتها المميزة عن 20 MPa

نوع الاستناد	استناد بسيط	مستمر من طرف واحد	مستمر من طرفين	ظفري
أ- بارز (متدلي أو مقلوب)	L/14	L/15	L/16	L/6
ب- مخفي	L/16	L/18	L/20	L/8

ب. العمق الأدنى للجوائز التي لا يتجاوز مجازها الفعال 15 متراً وتقل مقاومتها المميزة عن 20MPa (الجدول (٧-١-ب) من الكود الأساس، والمدرج أدناه)

١) السطر (أ) من الجدول (٧-١-ب) للجوائز المستندة على أعمدة أو جوائز ساقطة بارتفاع لا يقل عن مثلي ارتفاع الجائز المحمول.

٢) السطر (ب) من الجدول (٧-١-ب) للجوائز المستندة على جوائز مخفية (في البلاطات الهوردي) أو على جوائز ساقطة بارتفاع يقل عن مثلي ارتفاع الجائز المحمول.

الجدول (٧-١-ب): العمق الأدنى (h_{min}) للجوائز التي لا يتجاوز مجازها الفعال 15 متراً وتقل مقاومتها المميزة عن 20 MPa

نوع الاستناد	استناد بسيط	مستمر من طرف واحد	مستمر من طرفين	ظفري
أ- بارز (متدلي أو مقلوب)	L/12	L/13	L/14	L/6
ب- مخفي	L/14	L/16	L/18	L/8

ت. في **الجوائز التي يزيد مجازها على 15 متر**، يجب التحقق من السهم، ولو حققت ارتفاعاتها الدنيا h_{min} القيم الواردة في الجداول أعلاه.

ث. إن **الارتفاعات السابقة تكون مناسبة لحالات الجوائز العريضة**، حيث يكون العرض من مرتبة الارتفاع، أو أكثر. أما إذا لم تكن الجوائز عريضة، فيلزم زيادة الارتفاع. مثلاً، في الحالات العادية للجوائز المتدلية، تكون ارتفاعات الجوائز من مرتبة (1/12 – 1/10) من المجاز الفعال.

ج. عروض الجوائز

- تكون عروض أجساد الجوائز البارزة (عن البلاطات) من مرتبة (0.5 – 0.25) من الارتفاع.
- تؤخذ النسبة 0.5 عندما تكون الارتفاعات قليلة نسبياً (60 سم أو أقل مثلاً).
- تؤخذ النسبة 0.25 عندما تكون الارتفاعات كبيرة نسبياً (150 سم أو أكبر)، بشرط تحقق إجهادات القص.

هناك شرط آخر يحكم عروض الجوائز العريضة (حالة الجوائز المخفية في بلاطات الهوردي مثلاً)، حيث يجب ألا يزيد العرض الفعال للجائز على:

- L/4 في حالة الجوائز المعرّضة لأحمال موزّعة بصورة رئيسية.
- L/5 في حالة الجوائز المعرّضة لأحمال مركّزة بصورة رئيسية.

حيث: L = المسافة بين نقطتي انعدام العزم، ويمكن أن تقاس من مخطط العزوم، أو تؤخذ 0.76 من المجاز الفعال في الفتحات الداخلية من الجوائز المستمرة ذات المجازات المتقاربة، و0.87 من المجاز الفعال في الفتحات الطرفية، كما تساوي المجاز الفعال في الجوائز البسيطة.

ح. الاشتراطات البعدية للشيناجات

١. لا يقل أي من بعدي المقطع العرضي للشيناج عن 250mm.

٢. إذا كان الشيناج حاملاً لجدار (من البلوك أو الآجر أو الحجر)، وكانت المسافة بين أساسات الأعمدة كبيرة، فيمكن تخفيف أبعاد الشيناج بوضع أساس وسطي (أو أكثر) إضافي تحت الشيناج، من الخرسانة العادية بأبعاد لا تقل عن 0.6m×0.6m وبعمق يصل حتى تربة التأسيس المناسبة.

٥-٢-٤ الارتفاعات الأولية للعناصر الفولاذية

١. لا يقل ارتفاع العنصر الفولاذي عن:

أ . في المدادت: (1/30 – 1/40) من المجاز حسب الأحمال، ونوعية الفولاذ.

ب. في الجوائز الثانوية: (1/25 – 1/30) من المجاز، حسب الأحمال، ونوعية الفولاذ.

ت. في الجوائز الرئيسة: (1/20 – 1/25) من المجاز، حسب الأحمال، ونوعية الفولاذ.

ث. الشبكي بشكل جائز بسيط (ارتفاع كلي): 1/10 - 1/12 من المجاز، حسب الأحمال، ونوعية الفولاذ.

٢. **نسبة نهوض القوس (Rise of arch) إلى المجاز** (في الشبكيات القوسية):

يمكن أن يُــؤخذ: من 1 : 2 إلى 1 : 6 .

٥-٣ الأبعاد من معيار التحنيب

٥-٣-١ تخفيض مقاومات الجوائز بسبب التحنيب الجانبي

أ . من أجل تأمين الاستقرار العرضي ضد التحنيب، في الجوائز البسيطة والمستمرة غير المسنودة جانبياً في المنطقة المضغوطة (حالة جائز مقلوب مثلاً)، تخفض قدرة تحمل المقطع (أو الإجهادات المسموحة حسب الحال) تبعاً للنسبة $\frac{L}{b_w}$، بعامل التخفيض المبين في الجدول الآتي:

(حيث: L المسافة الصافية بين الروابط العرضية للجائز وb_w عرض قطاع الجائز في منطقة الضغط في منتصف الفتحة الحرة):

L/b_w	≥ 30	35	40	45	50	55	60
عامل التخفيض	1	0.875	0.75	0.625	0.5	0.375	0.25

ب. يمكن التغاضي عن موضوع التحنيب إذا لم تزد المسافة الصافية بين الروابط العرضية للجوائز عن القيمة الأدنى من القيمتين الآتيتين:

$$30 \cdot b_w$$
$$(.250\frac{b_w^2}{d})$$

حيث: b_w= عرض قطاع الجائز في منطقة الضغط، في منتصف الفتحة الحرة.

d= العمق الفعّال لقطاع الجائز في منتصفالفتحة الحرّة.

ت. من أجل الظفر يؤخذ الطول L في النسبة $\frac{L}{b_w}$ مساوياً ضعفي طول الظفر من وجه المسند.

٥-٣-٢ الاشتراطات البعدية للأعمدة

أ. الأعمدة الحاملة للبلاطات والجوائز العادية

١. لا يقل أصغر بعد لكل عمود مستطيل عن 200 mm، ولا تقل مساحته عن:

0.09 m2 (900 cm^2).

٢. لا يقل قطر كل عمود دائري عن 350 mm .

ب. الأعمدة الحاملة للبلاطات الفطرية

يجب ألا يقلّ قطر العمود (الدائري القطاع، أو طول كل من جانبي العمود المستطيل القطاع)، عن أكبر القيم الآتية:

١. 1/20 من طول المجاز في الاتجاه المدروس.

٢. 1/15 من ارتفاع الطابق الكلي.

٣. 350 mm، ويمكن تخفيضه إلى 300 mm في حال وجود جملة أخرى مقاومة للزلازل.

ت. الأعمدة الطويلة والأعمدة القصيرة

يُعد العنصر المضغوط (العمود):

١. طويلاً إذا زادت نسبة أحد طوليه الحسابيين (بالاتجاهين المتعامدين) على سمك قطاعه في الاتجاه المعتمد على 12 بالنسبة لعمود ذي قطاع مستطيل أو مربع و 10 بالنسبة لعمود ذي قطاع دائري.

٢. قصيراً إذا لم تزد النسبة عن القيم المحددة أعلاه.

٣. في حالة الأعمدة ذات القطاعات غير المستطيلة أو الدائرية، يُعد العمود طويلاً إذا زادت نحافته ($\lambda = L_0/i$) على 40، حيث: ($i = \sqrt{\frac{I}{A}}$) هي نصف قطر العطالة في الاتجاه المدروس.

ث. تخفيض مقاومات الأعمدة الطويلة بالقسمة على معامل التحنيب

في حال العناصر المضغوطة (الأعمدة) الطويلة، المعرضة للضغط البسيط (وما في حكمها)، يمكن أخذ تأثير التحنيب بتقسيم قدرة تحمل العنصر المضغوط على معامل التحنيب k_b الوارد في الجدول (١٠-٣) في الكود الأساس، وهو الآتي:

$\lambda = L/i$	40	42	44	46	48	50	55	60	65	70	75	80
مقطع مستطيل L/b	11.5	12.1	12.7	13.3	13.9	14.4	15.9	17.3	18.8	20.2	21.7	23.1
مقطع دائري L/d	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.7	15.0	16.2	17.5	18.7	20.0
معامل التحنيب k_b	1.00	1.02	1.04	1.07	1.10	1.13	1.20	1.35	1.60	1.95	2.40	3.00

شريطة تحقق ما يلي:

١) أن يكون مقطع العضو المضغوط مربعاً أو مستطيلاً أو متناظراً.

٢) أن لا تقل مساحة التسليح الموجودة في كل طرف من طرفي المقطع بالاتجاه المقاوم للتحنيب عن 0.003 من مساحة المقطع الكلية، وألا تزيد نحافة العمود λ على 80 .

٥-٣-٣ الاشتراطات البعدية للجدران الحاملة ولجدران القص

أ . السماكات الدنيا للجدران الحاملة ولجدران القص

١. لا يقل سمك الجدران الخرسانية المسلحة في المباني عن 150 mm.

٢. إذا كان المبنى من طابقين فقط، يمكن الاكتفاء بالسمك 150 mm، على كامل الارتفاع للمبنى.

٣. إذا كان المبنى مؤلفاً من عدة طوابق، فيكون السمك الأدنى للجدران كما يلي:

أ) 150 mm لأعلى 5 أمتار من الارتفاع.

ب) يُـزاد 50 mm لكل 20 متراً من الارتفاعات التالية للخمسة أمتار السابقة، أو جزء منها باتجاه الأسفل. ويمكن الاستغناء عن هذا الشرط في جدران النواة الصندوقية.

٤. لا يقلّ سمك الجدران الحاملة وجدران القص من الخرسانة المسلحة عن (1/25) من الطول الفعّال للتحنيب، المعرّف في البند (٧-٤-٣) من الكود الأساس، والوارد في البند (٤/٣-٤) أدناه.

٥. لا يقلّ السمك الأدنى للجدران المستعملة في الأقبية (جدران استنادية خارجية)، وجدران الأساسات، وجدران مقاومة الحريق، عن 250 mm .

٦. لا يقلّ السمك الأدنى للجدران الحاملة، وجدران القص، بشكل ألواح خرسانية مسبقة الصب، عن 100mm، كما لا يقلّ عن (1/30) من المسافة الدنيا بين العناصر الحاملة (التي هي عملياً طول التحنيب).

ب. أطوال جدران القص في المسقط الأفقي

يُفضل ألا يقل طول (عمق) القطاع العرضي الأفقي لجدار القص، دون فتحات بشكل ظفر، عن 1/10 من الارتفاع الكلي للجدار، إلا إذا تحققت السهوم. ويُـعتمد الجدول الآتي كدليل، مع ضرورة زيادة الطول في حال وجود فتحات.

الإرتفاع H من ظهر الأساسات حتى منسوب السقف الأخير	الطول (العمق) للقطاع الأفقي لجدار القص
حتى 10 m	H /4
أكبر من 10 m وحتى 20 m	H /5.5
أكبر من 20 m وحتى 30 m	H /7
أكبر من 30 m وحتى 50 m	H / 8.5
أكبر من 50 m	H / 10

٥-٤ الأبعاد من معيار الصلادة

٥-٤-١ الاشتراطات البعدية للأساسات

أ . لا يقل العمق الكلي للخرسانة في الأساس الملاصق لخرسانة النظافة مباشرة عن 250mm، كما لا يقل العمق الكلي لقبعة الأوتاد عن 400mm .

ب. لا يقل البعد الأصغر لأساسات الأعمدة عن 1000mm في التربة القوية (تحمل لا يقل عن 0.3 MPa) وعن 1200mm في التربة الضعيفة (تحمل أقل من 0.3 MPa).

ت. لا يقل عرض الأساس الشريطي عن 600mm في التربة القوية، وعن 900mm في التربة الضعيفة. أما في التربة القاسية فيمكن اعتماد قيم أصغر من ذلك.

ث. من أجل تأمين قساوة مناسبة للأساسات المنفردة فيجب أن لا يقل العمق الكلي للأساس عن نصف (1/2) مقدار بروز الأساس عن قاعدة العمود (أو عن العمود أو الجدار).

ج. يُطبق الشرط السابق ذاته على الجزء البارز (الظفر– الكابولي) من البلاطات في بقية أنواع الأساسات. أما في حالة الجائز (الكمرة) بشكل ظفر في أساسات الحصيرة فيجب ألا يقل العمق عن البروز من وجه القاعدة (أو العمود).

ح. لا يقل العمق الكلي لجوائز (كمرات) الحصيرة عن رُبع (1/4) المجاز (البحر) للجوائز البسيطة، وعن خُمس(1/5) المجاز للجوائز المستمرة.

خ. لا يقل السمك في بلاطات الحصيرة المستندة على كامل محيطها عن ثُمن (1/8) المجاز للبلاطات ذات الاتجاه الواحد، وعن العُشر (1/10) للبلاطات ذات الاتجاهين.

د. يُنصح، في الأساسات المنفردة، بجعل بروزات الأساسات من أوجه القواعد (أو الأعمدة) متساوية بقدر الإمكان.

ذ. بالنسبة للأساسات الكتلية من الخرسانة العادية يجب ألا يقل عمق الأساس عن مرة ونصف (1.5) مقدار بروز الأساس من طرف القاعدة أو العمود.

ر. يُمكن أن يكون السطح العلوي للأساس أفقياً، كما يمكن أن يكون مائلاً، ويشترط في الحالة الأخيرة ألا يزيد ميل سطح الأساس عن: (2 شاقولي : 2.5 أفقي) للأساسات من الخرسانة المسلحة، وعن: (1 شاقولي : 1.4 أفقي) للأساسات من الخرسانة العادية (الكتلية).

ز. يشترط في الأساسات ذات السطح العلوي المائل أن لا يقل سمك الأساس عند الطرف عن نصف (1/2) سمكه عند وجه القاعدة أو العمود.

٥-٤-٢ الاشتراطات البعدية للقواعد (قواعد الأعمدة المعدنية)

أ . لا يقل العمق الكلي للخرسانة في قواعد الأعمدة المعدنية عن 250mm.

ب. لا يقل البعد الأصغر لقواعد الأعمدة المعدنية عن 600mm.

٥-٥ الأبعاد من معيار التشقق

هذا المعيار غالباً ما يحكم التصميم في خزانات السوائل، خاصة خزانات المياه. يلزم حساب السماكات للعناصر الواقعة بتماس مع الماء، بحيث لا يزيد عرض الشق على 0.1 mm، بينما في المنشآت العادية، يمكن أن يصل عرض الشق إلى 0.3 mm .

إذا كان التصميم يتم بطريقة **حد الاستثمار**، فإن السماكة (t) اللازمة في البلاطات، لتحقيق شرط التشقق، يمكن أن تُؤخذ من العلاقة: $t = \sqrt{(M/3)} + 2$، حيث M هي عزم الانحناء المطبق على متر واحد، مقدراً بالـ: kgf.m، والسماكة t مقدرة بالـ cm.

٥-٦ الأبعاد من معيار المقاومة (للعزم والقص والضغط)

بعد اختيار الأبعاد الأولية للعناصر الإنشائية من المعايير الخمسة السابقة، يتم حساب الأحمال 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 عن التحليل الإنشائي، يلزم زيادة هذه الأبعاد حتى الوصول للأبعاد المناسبة. إذا احتجنا لزيادة الأبعاد بنسبة لا تتعدى 25%، يمكن إهمال الزيادة في الوزن الذاتي، ولا حاجة لإعادة التحليل الإنشائي. أما إذا تعدت الزيادة في الأبعاد نسبة 25% يلزم أخذ زيادة الوزن الذاتي للعنصر بالحسبان وإعادة التحليل.

فيما يلي سيتم استعراض التحليل الإنشائي المبسط كما ورد في الكود، علماً أنه يمكن استعمال تحليل إنشائي أكثر دقة، باستعمال طرائق حساب الإنشاءات الكلاسيكية، أو باستعمال البرامج الحاسوبية الموثوقة، مع ضرورة إتباع تعليماتها بدقة، وكذلك الالتزام بمتطلبات الكود.

٦- التحليل الإنشائي لإيجاد عزوم الإنحناء وقوى القص والقوى الناظمية بصورة أولية

٦-١ عوامل توزيع الأحمال بالاتجاهين للبلاطات المصمتة

تُؤخذ من الجدول (٨-٧) في الكود، وهو الآتي:

الجدول (٨-٧): معاملات توزيع الأحمال في البلاطات المصمتة ذات الاتجاهين

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

٦-٢ عوامل توزيع الأحمال للبلاطات المفرغة باتجاهين (جوائز ساقطة أو متدلية)

تُؤخذ من الجدول (٨-٩) في الكود، وهو الآتي:

الجدول (٨-٩): معاملات توزيع الأحمال في البلاطات المفرغة باتجاهين عندما تكون الجوائز الرئيسة ساقطة

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

٦-٣ عوامل توزيع الأحمال للبلاطات المفرغة باتجاهين (جوائز مخفية)

تُؤخذ من الجدول (٨-١٠) في الكود، وهو الآتي:

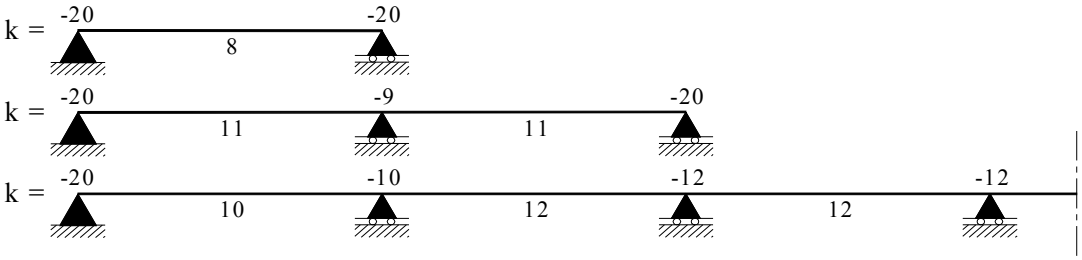
الجدول (٨-١٠): معاملات توزيع الأحمال في البلاطات ذات الجوائز المتصالبة أو البلاطات المفرغة باتجاهين عندما تكون الجوائز الرئيسة مخفية

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

٦-٤ التحليل الإنشائي للبلاطات

٦-٤-١ العامل k في علاقة العزم: $M = q.L^2/k$

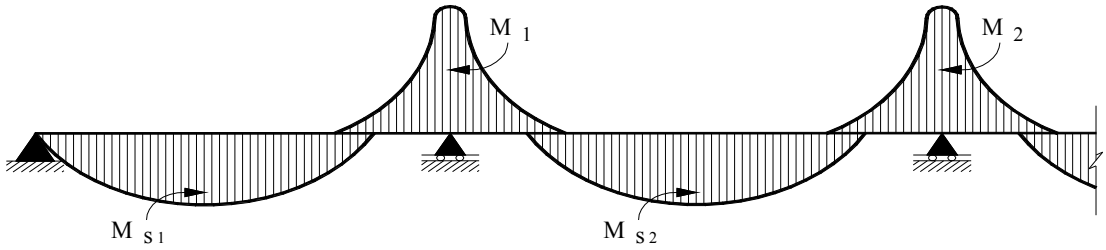
يُؤخذ العامل k من الشكل (٨-٨) في الكود، وهو الآتي:



الشكل (٨-٨): قيم المعامل k للبلاطات المستمرة

٦-٤-٢ مخطط العزوم في البلاطات المستمرة

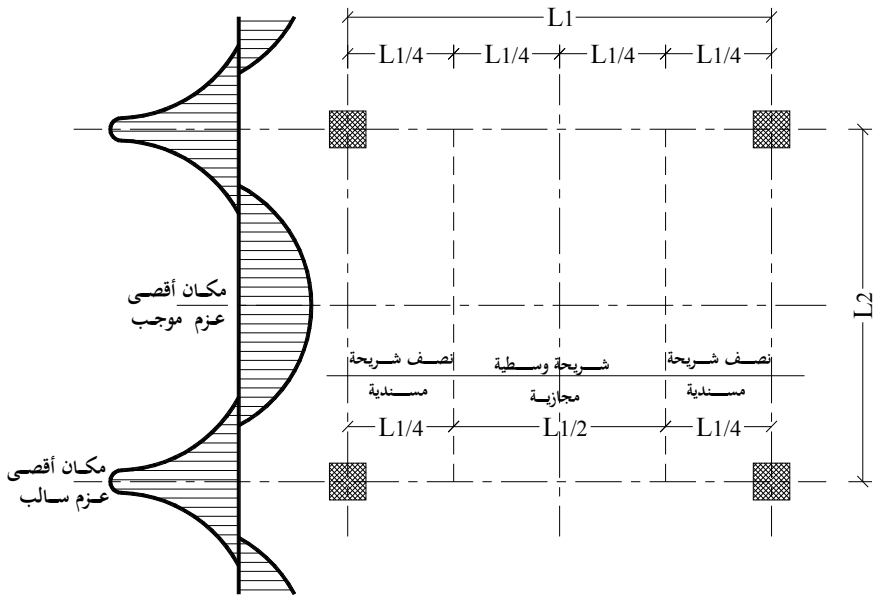
(يُؤخذ من الشكل ٨-٩ في الكود الأساس وهو الآتي)



الشكل (٨-٩): حساب العزوم الموجبة في البلاطة المستمرة

٦-٤-٣ الشرائح في البلاطات الفطرية وحساب العزوم فيها

يتم تقسيم الشرائح في البلاطات الفطرية، كما هو وارد في الشكل (٧-١٥) في الكود، وهو الآتي:



الشكل (٧-١٥): توزيع الشرائح للبلاطات الفطرية

ويمكن حساب العزوم في البلاطة الفطرية بطريقة تقريبية كالآتي (بشرط أن لا يقل عدد المجازات في كل اتجاه عن 3 وأن لا يزيد نسبة طول البلاطة إلى عرضها على 3 : 4).

تحسب قيمة عزم الانحناء الكلي M_0 في الاتجاه L_1 في كل مجاز من العلاقة الآتية:

$$M_0 = \frac{wL_2}{8}\left[L_1 - \frac{2d}{3}\right]^2$$

ويتم تقسيم هذا العزم بين الشرائح المسندية والشرائح المجازية للاتجاه ذاته، بالاعتماد على الجدول (٨-١٣) في الكود وهو الوارد أدناه. أما في الاتجاه L_2، فيتم استعمال العلاقة ذاتها، مع تبديل الدليل السفلي 1 بالدليل السفلي 2 وتبديل الدليل السفلي 2 بالدليل السفلي 1 .

الجدول (٨-١٣): توزيع عزوم الانحناء في وحدات البلاطات الفطرية كنسبة مئوية من (M_0)

الشريحة	تاج العمود	نوع الارتكاز الطرفي *	الباكية الخارجية		الباكية 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.

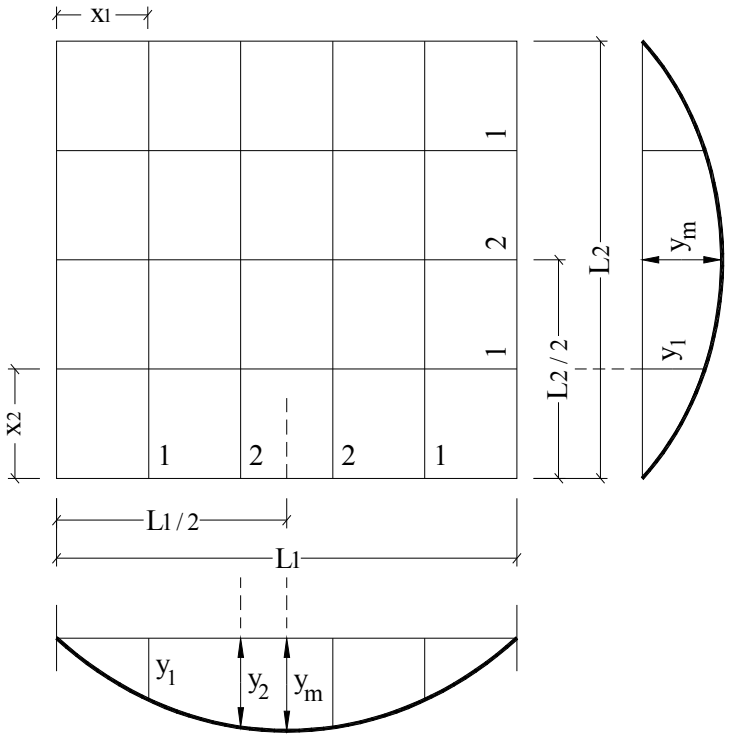
B جوائز بعمق كلي يساوي أو أكبر من ثلاثة أمثال سمك البلاطة.

ملاحظة: عندما تكون المجازات الطرفية أقصر من المجازات الداخلية، يمكن تعديل العزوم المعطاة في الجدول (٨-١٣) تعديلاً مناسباً يأخذ بالحسبان تأثير انخفاض العزوم الموجبة في المجاز نتيجة زيادة العزوم السالبة.

٦-٥ البلاطات ذات الجوائز المتصالبة

٦-٥-١ المسقط الأفقي

يُؤخذ هذا المسقط من الشكل (٨-١٢) في الكود، وهو الآتي:



٦-٥-٢ نسب عزوم الجوائز غير الوسطية إلى الجوائز الوسطية

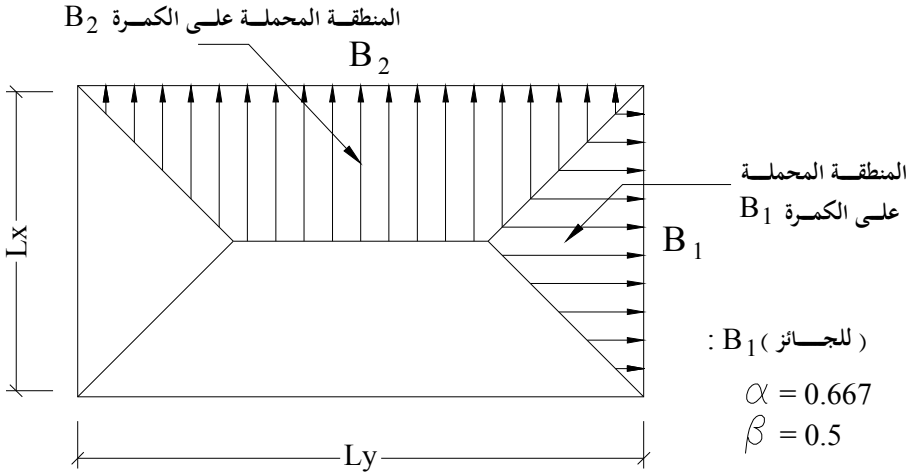
تُؤخذ هذه النسب من الجدول (٨-١١) في الكود، وهو الآتي:

الجدول (٨-١١): نسب عزوم الجوائز غير الوسطية إلى عزم الجائز الوسطي

عدد الجوائز بالاتجاه L_1 أو L_2	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

٦-٦ نقل الأحمال من البلاطة للجائز

٦-٦-١ الشكل (يُؤخذ من الشكل (٨-٥) في الكود، وهو الآتي):



الشكل (٨-٥): نقل الأحمال من البلاطة للجوائز

٦-٦-٢ جدول معاملات نقل الأحمال من البلاطات إلى الجوائز

تُؤخذ من الجدول (٨-١) في الكود، وهو الآتي:

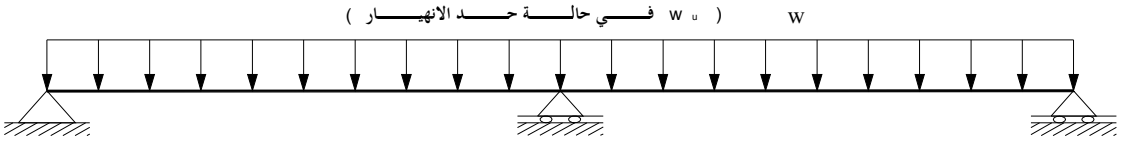
الجدول (٨-١): معاملات توزيع أحمال البلاطات على الجوائز

$\frac{l_y}{l_x}$	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
α	0.667	0.725	0.767	0.802	0.830	0.851	0.870	0.885	0.897	0.908	0.917
β	0.50	0.545	0.583	0.615	0.642	0.667	0.688	0.706	0.722	0.737	0.75

٦-٧ التحليل الإنشائي للجوائز

٦-٧-١ تحليل الجوائز المستمرة بمجازين

تُؤخذ عوامل الطريقة التقريبية لهذه الحالة من الشكل (٨-٦-أ) في الكود الأساس، وهو الآتي:

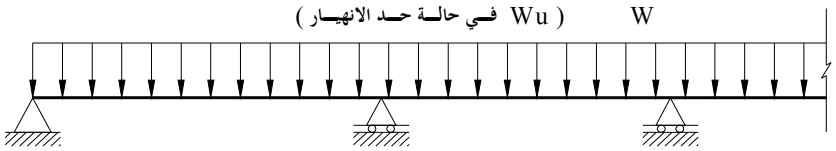


العزوم	$-\frac{wl^2}{24}$	$+\frac{wl^2}{11}$	$-\frac{wl^2}{9}$		$+\frac{wl^2}{11}$	$-\frac{wl^2}{24}$
قوى القص	$\frac{0.9wl}{2}$		$1.2\frac{wl}{2}$	$1.2\frac{wl}{2}$		$\frac{0.9wl}{2}$
ردود الأفعال	0.45 w1		1.15 w1			0.45 w1

الشكل (٨-٦-أ): العزوم وقوى القص وردود الأفعال لجائز مستمر على مجازين فقط

٦-٧-٢ تحليل الجوائز المستمرة بأكثر من مجازين

تُؤخذ عوامل الطريقة التقريبية لهذه الحالة من الشكل (٨-٦-ب) في الكود الأساس، وهو الآتي:

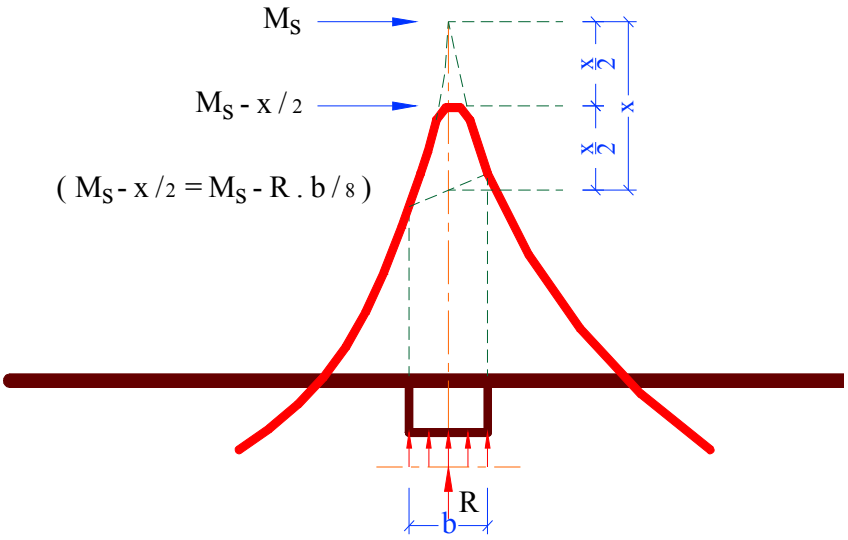


العزوم	$-\frac{wl^2}{24}$	$+\frac{wl^2}{10}$	$-\frac{wl^2}{10}$		$+\frac{wl^2}{14}$	$-\frac{wl^2}{12}$		$+\frac{wl^2}{14}$
قوى القص	$\frac{wl}{2}$		$1.15\frac{wl}{2}$	$\frac{wl}{2}$		$\frac{wl}{2}$	$\frac{wl}{2}$	
ردود الأفعال	$\frac{wl}{2}$		1.1 w1			1.0 w1		

الشكل (٨-٦-ب): العزوم وقوى القص وردود الأفعال لجائز مستمر على ثلاثة مجازات أو أكثر

٦-٧-٣ أخذ تأثير عرض المسند بالحسبان

يُؤخذ تأثير عرض المسند العريض على عزم الانعطاف من الشكل (٧-٥) من الكود الأساس، وهو الآتي:



الشكل (٧-٥) أخذ تأثير عرض المسند على العزم عند المسند

٦-٨ تحليل الشيناجات

- تُحسب الشيناجات الحاملة لجدران من القرميد أو الآجر أو الحجر، بافتراضها جوائز تحمل أوزانها الذاتية إضافة لأحمال الجدران التي فوقها. وإذا كان هناك ردم فوق الشيناج فيلزم أن يحمل الشيناج وزن الردم الذي فوقه مع الردم الموجود ضمن خط من طرف الشيناج ويميل بمقدار 10 درجات عن الشاقول، إضافة للأحمال الحية.
- عندما توضع الشيناجات لتقصير طول التحنيب للأعمدة، تُصمم الشيناجات (سواء كانت حاملة لقواطع أو لا) على قوى محورية (شادّة أو ضاغطة)، بقيمة لا تقلّ عن 5% من قيمة أكبر حمل من أحمال الأعمدة المرتبطة بالشيناج.
- عندما توضع الشيناجات لمقاومة تأثير الزلازل (وذلك عندما تكون بمنسوب الأساسات)، تُصمم الشيناجات على القوى الناتجة عن التحليل الإنشائي، شريطة أن لا تقلّ القوة المحورية التصميمية المعتمدة في الشيناج عن 10%، من قيمة أكبر حمل من أحمال الأعمدة المرتبطة بالشيناج.
- يُمكن أن يتعرض الشيناج لأحمال محورية (من الزلازل) وأحمال شاقولية من الأوزان الشاقولية المذكورة أعلاه.

٦-٩ عوامل التكافؤ للأعمدة (لأخذ تأثير العزوم بالحسبان)

٦-٩-١ عوامل التكافؤ للأعمدة (لتأثير العزوم)في حالة عدم وجود أظفار

تُوخذ هذه العوامل من الجدول (٨-٢-أ) من الكود الأساس، وهو الآتي:

الجدول (٨-٢-أ): عامل التكافؤ k_e

موقع العمود / الطابق	الأعمدة الوسطية	الأعمدة الطرفية	الأعمدة الركنية
الطابق الأخير	1.3	1.6	2.0
الطابق تحت الأخير	1.1	1.4	1.7
باقي الطوابق	1.0	1.15	1.30

٦-٢/٩. عوامل التكافؤ في حالة وجود أظفار

تُوخذ هذه العوامل من الجدول (٨-٢-ب) من الكود الأساس، وهو الآتي:

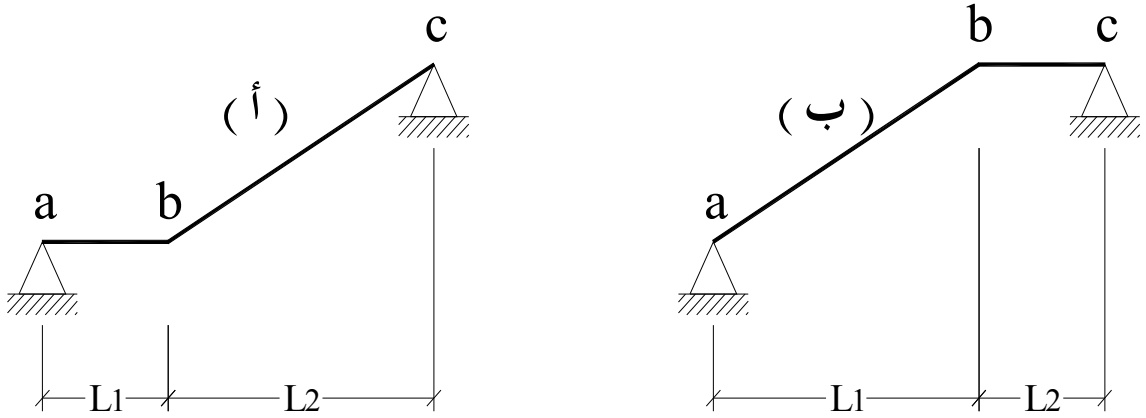
الجدول (٨-٢-ب): عامل التكافؤ k_e

موقع العمود / الطابق	الأعمدة الوسطية	الأعمدة الطرفية	الأعمدة الركنية
الطابق الأخير	1.3	1.5	1.6
الطابق تحت الأخير	1.1	1.3	1.4
باقي الطوابق	1.0	1.1	1.2

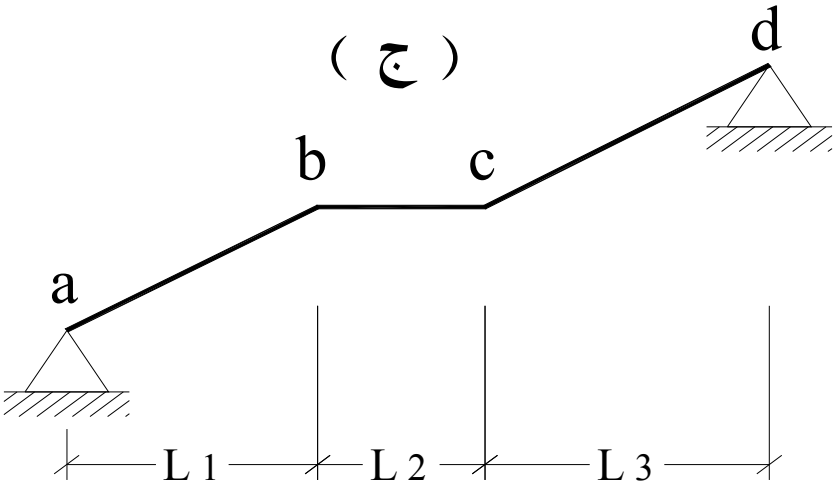
٦-١٠ تحليل الأدراج

٦-١٠-١ الجمل الإنشائية للأدراج البسيطة

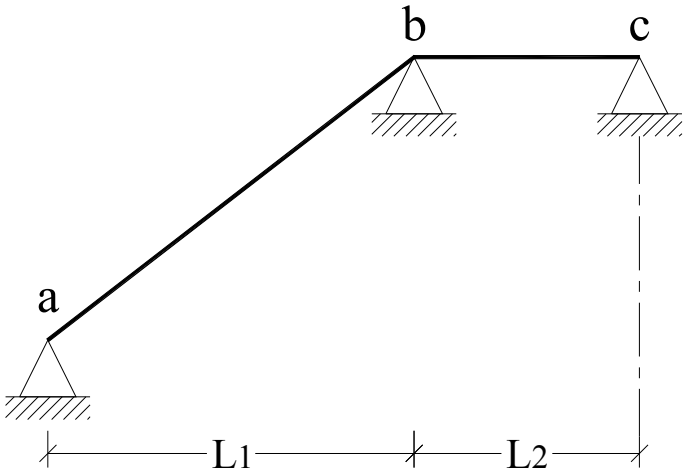
يُبين الشكل (٧-٢٥) من الكود الأساس (والوارد أدناه) الجملة الإنشائية لدرج له ميدة سفلية، وآخر له ميدة علوية. كما يبين الشكل (٧-٢٦) من الكود الأساس (والوارد أدناه) الجملة الإنشائية لدرج طويل يحوي شاحطين وميدة وسطية. ويبين الشكل (٧-٣٠) من الكود الأساس (والوارد أدناه) الجملة الإنشائية للدرج المبين في الشكل (٧-٢٥-ب) عندما يكون المسندان (في a وفي c) ثابتين وممنوعين من الحركة الأفقية، مما يستتبع أن النقطة الثالثة من الدرج (b) هي ثابتة أيضاً (لأنه في حال وجود نقطتين ثابتتين في مثلث فإن النقطة الثالثة ثابتة حُـكماً)، وبالتالي تتحقق شروط المسند في النقطة (b).



الشكل (٧-٢٥): الدرج الجائزي الطويل ذي الميدة الطرفية



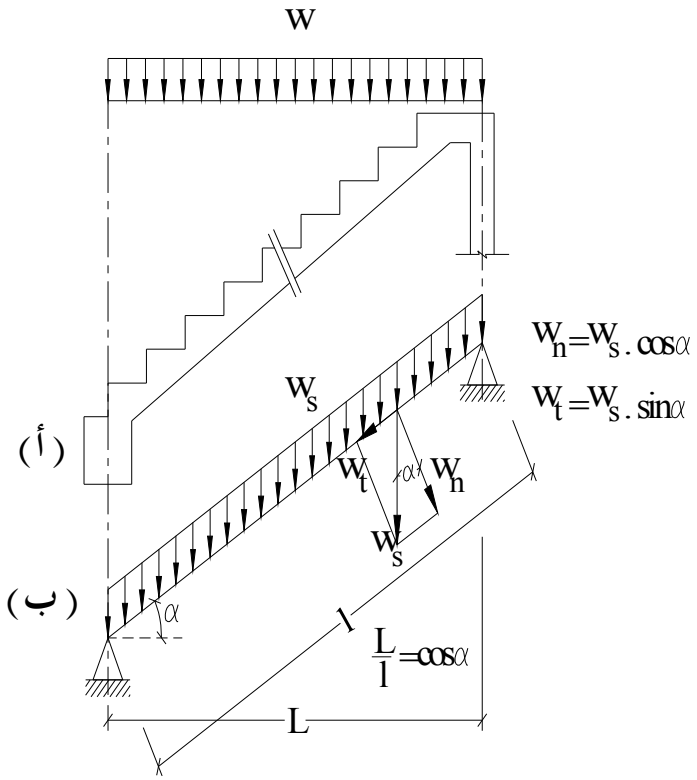
الشكل (٧-٢٦): الدرج الجائزي الطويل ذي الميدة الوسطية



الشكل (٧-٣٠): شاحط مستمر مع الميدة بمسند وسطي

٦-١٠-٢ الأحمال على شواحط الأدراج

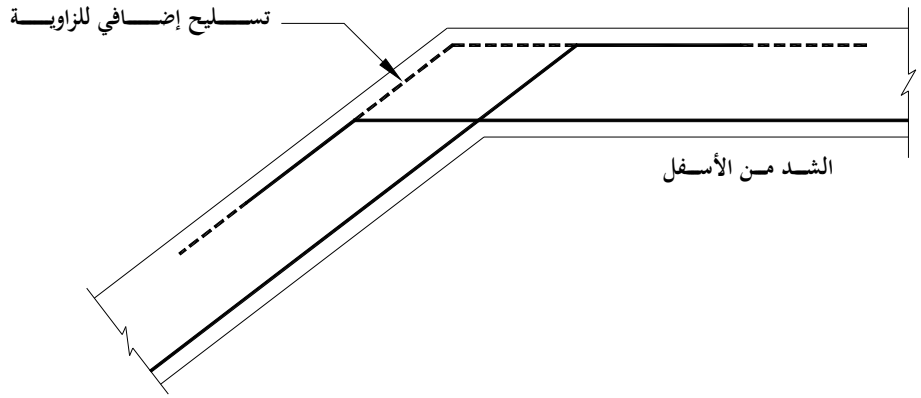
يبين الشكل (٧-٢٨) من الكود الأساس (والوارد أدناه) الشاحط (المائل) للدرج، وطريقة تطبيق الأحمال الميتة عليه (أحمال شاقولية موزعة على الطول المائل للشاحط) والأحمال الحية (أحمال شاقولية موزعة على المسقط الأفقي للشاحط)، كما أن المجاز هو المسقط الأفقي للشاحط.



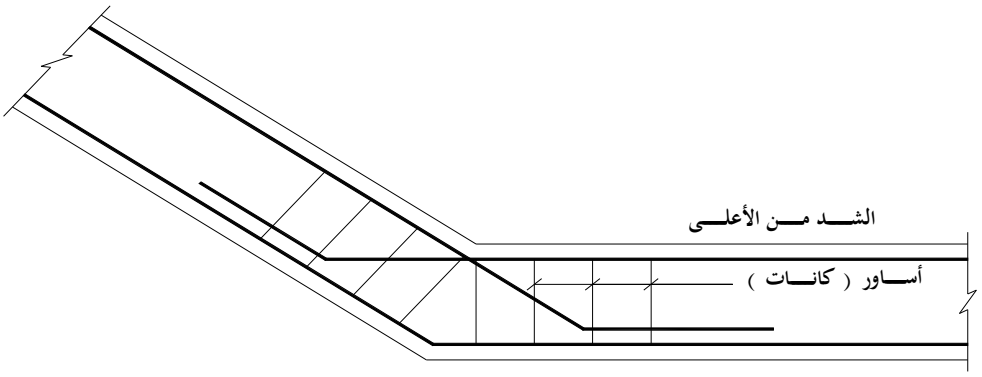
الشكل (٧-٢٨): الأحمال على الشاحط

٦-١٠-٣ تسليح العقدات Joints في الأدراج

نظراً لاحتمال تحول أي عقدة داخلية بين الميدة والشاحط في الدرج إلى مسند (كما سبق شرحه أعلاه)، مما يعني احتمال حدوث عزم سالب في هذه العقدة، فيلزم الانتباه لتسليح العقدات والأخذ بالحسبان احتمال حدوث عزوم سالبة فيها، إضافة للعزوم الموجبة، وترتيب السليح وفقاً لذلك. ويبين الشكلان (٧-٢٣) و (٧-٢٤) من الكود الأساس (والواردين أدناه) مثالاً لترتيب التسليح في هذه العقدات.



الشكل (٧-٢٣): ترتيب التسليح عند عقدة الدرج عندما تكون الميدة بالأعلى



الشكل (٧-٢٤): ترتيب التسليح عند عقدة الدرج عندما تكون الميدة بالأسفل

٧ مثال عملي لتصميم بلاطة هوردي

نص المثال

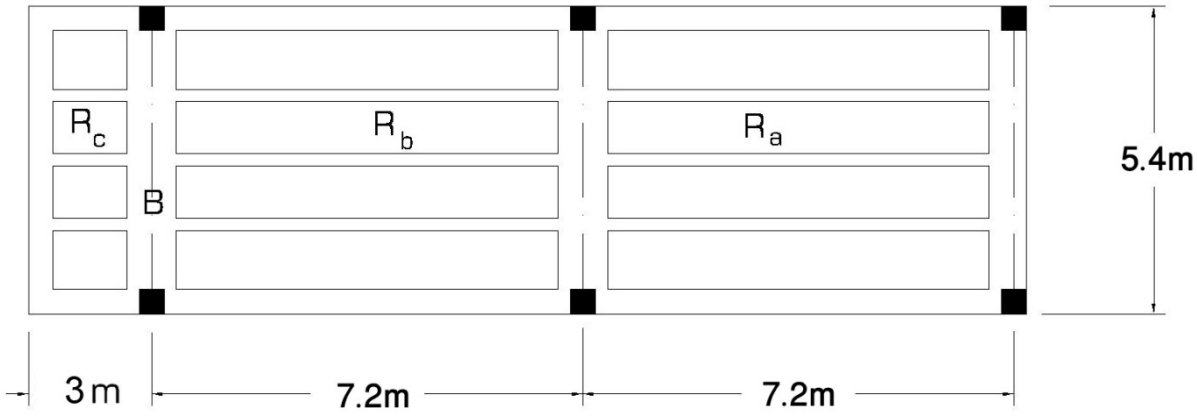
يتألف السقف المبين في الشكل أدناه من بلاطة هوردي باتجاه واحد، والمطلوب:

تصميم المقاطع العرضية الحرجة للعزم (مقطعين للعزم السالب ومقطع للعزم الموجب) وللقص (مقطعين فقط)، وذلك للعصب الوسطي المستمر (R_c-R_b-R_a)، وللجائز B (مقطع للعزم الموجب ومقطع للقص)، ورد الفعل للجائز على العمود، علماً أن عدد الأعصاب المبين في الشكل هو للتمثيل فقط ولا يمثل العدد الفعلي للأعصاب، كما أن أعصاب التقوية غير مبينة، وأبعاد الأعمدة جميعها $0.4m \times 0.4m$.

حمل التغطية = $300kgf/m^2$، والحمل الحي = $300kgf/m^2$

والمقاومة المميزة للخرسانة = $f_c' = 200\ kgf/cm^2$

والمقاومة المميزة للفولاذ (حد الخضوع) = $f_y = 4000\ kgf/cm^2$



٧-١ اختيار سماكة السقف

أ . المجازات الفعالة

- مجاز العصب= 7.2m (محور لمحور لأن سمك الجائز مساوي لسمك العصب).
- مجاز الظفر = 3.0m (حتى محور الجائز لأن سمكه مساوي لسمك العصب الظفري).
- مجاز الجائز = القيمة الأصغر من القيم الثلاث الآتية (بفرض أن سمك السقف = 0.36m):

1) $5.4 - 2 \times 0.4/2 = 5.0m$
2) $1.05 \times (5.4 - 2 \times 0.4) = 4.83m$
3) $(5.4 - 2 \times 0.4) + (0.36 - 0.04) = 4.92m$

$L = 4.83m$

ب. الارتفاعات (السماكات) من شرط السهم

- العصب مستمر من طرف واحد فقط، والجائز من سمك العصب ذاته، فيكون السمك الأدنى اللازم للعصب (من الجدول ٧-٣ب من الكود) مساوياً إلى $7.2/18 = 0.40m$
- ارتفاع الظفر يساوي $3.0/8 = 0.375m$
- ارتفاع الجائز (من الجدول ٧-١ب، وبفرض أن مقاومة الخرسانة 20MPa) يساوي

$$4.83 \div 16 = 0.31m$$

يجب أن لا تقل القيمة المعتمدة عن الأكبر من القيم الثلاث السابقة، أي لا تقل عن$40\ cm = 0.4m$. وبما أن هناك بلوكة نظامية بارتفاع 35cm، وعرض 20cm وطول 38/35 ، يوضع فوقها بلاطة تغطية بسمك 6cm فيكون السمك المعتمد للسقف $t = 41\ cm$. نأخذ عرض العصب 18/15 فيكون التباعد بين محاور الأعصاب $=0.5m = 50cm$. يتم استعمال 3 أعصاب تقوية (لأن المجاز أكبر من 6m).

٧-٢ حساب الأحمال على المتر المربع

الحمل الميت = وزن بلاطة التغطية (6×25) + وزن عصبين $((0.15 + 0.18) \times 0.35 \times 2500)$ + وزن بلوك الهوردي (10×18) + وزن ثلاثة أعصاب تقوية $(3 \times 0.2 \times 0.35 \times 2500\backslash 7.2)$ + التغطية $(300) = 150 + 290 + 180 + 73 + 300 = 993\ kgf/m^2$

يُـعتمد $1000\ kgf/m^2$.

الحمل الحي = $300kgf/m^2$ (يمكن زيادة الحمل الحي إلى $400kgf/m^2$ فوق الظفر فقط).

٧-٣ تصميم العصب

أ . الحمل على المتر الطولي للعصب

بما أن عرض بلاطة العصب = 0.5m فيكون الحمل للمتر الطول كالآتي:

الحمل الميت = 500 kgf/m ، والحمل الحي = 150 kgf/m ،

(الحمل الحي للعصب = 200 kgf/m).

ب. العزوم السالبة للعصب

العزم الميت للظفر = $500 \times 3^2 /2 = 2250\ kgf.m$

العزم الحي للظفر = $200 \times 3^2 /2 = 900\ kgf.m$

العزم من الحمل الميت للمسند الوسطي = $500 \times 7.2^2 /9 = 2880\ kgf.m$

(مع إهمال التخفيض الذي سينتج عن العزم الميت المطبق على الظفر).

العزم من الحمل الحي للمسند الوسطي = $150 \times 7.2^2 /9 = 864\ kgf.m$

ت. العزم الموجب للعصب

العزم الميت في المجاز الأول الطرفي $500 \times 7.2^2 / 11 = 2356$ kgf.m

العزم الحي في المجاز الأول الطرفي $150 \times 7.2^2 / 11 = 707$ kgf.m

ث. تصميم مقاطع العصب لمقاومة العزوم

- إذا كان التصميم سيتم بطريقة حد الاستثمار، فيتم جمع عزوم الأحمال الميتة لعزوم الأحمال الحية (لكل من المقاطع الثلاثة)، ويتم التصميم وفق الطريقة المشروحة في الكود لحالة حد الاستثمار.
- وإذا كان التصميم سيتم بطريقة الحد الأقصى فيتم تصعيد العزوم بمعامل 1.4 لعزوم الأحمال الميتة وبمعامل 1.7 لعزوم الأحمال الحية (إذا كان التصميم سيتم وفقاً للطبعة الرابعة من الكود الصادرة عام 2012)، ثم يتم جمع العزوم المصعدة والتصميم وفق الطريقة المشروحة في الكود لحالة الحد الأقصى.

ج. قوى القص للظفر

القص من الحمل الميت للظفر = $500 \times 3 = 1500$ kgf

القصمن الحمل الحي للظفر = $200 \times 3 = 600$ kgf

القص الأعظمي في العصب من الحمل الميت = $0.6 \times 500 \times 7.2 = 2160$ kgf

القص الأعظمي في العصب من الحمل الحي = $0.6 \times 150 \times 7.2 = 648$ kgf

ح. تصميم مقاطع العصب لمقاومة قوى القص

- إذا كان التصميمسيتم بطريقة حد الاستثمار، فيتم جمع قوى القص للأحمال الميتة مع قوى القص للأحمال الحية، ويتم التصميم وفق الطريقة المشروحة في الكود لحالة حد الاستثمار.
- وإذا كان التصميم سيتم بطريقة الحد الأقصى، فيتم تصعيد قوى القص بمعامل 1.4 لقوى القص من الأحمال الميتة وبمعامل 1.7 لقوى القص من الأحمال الحية، ثم يتم جمع قوى القص المصعدة والتصميم وفق الطريقة المشروحة في الكود لحالة الحد الأقصى.

٤-٧ تصميم الجائز

أ . الحمل على المتر الطولي للجائز

يجب أن لا يزيد عرض الجائز على خُمس المجاز الفعال = $4.83/5 = 0.965$ m

كما أن المسافة التي تقيس البلوك بين حافة الجائز وحافة عصب التقوية بنهاية الظفر يجب ان تكون من مضاعفات الـ 20 cm لتعطي عدداً صحيحاً من البلوكات. فإذا فرضنا أن عرض عصب التقوية الطرفي (الموازي للجائز B) يساوي 20 cm، فتكون المسافة حتى المحور = 280 cm . لنأخذ منها 40 cm للجائز، فيبقى 240 cm، أي 12 بلوكة، وهو عدد صحيح ومقبول. أما على يمين محور الجائز فيلزم تطبيق مبدأ العدد الصحيح للبلوكات أيضاً. فإذا أخذنا منها 50 cm للجائز، يكون عرض الجائز = $40 + 50 = 90$ cm إذن نعتمد عرض فعال للجائز = 0.9 m ، وهذا مقبول لأنه أقل من 0.965 m . (أما الجائز الآخر فيمكن أن يكون عرضه = $50 + 50 = 100$ cm ، ولكن نفترض أن عرضه الفعال = 0.965 m أو 0.95 m مثلاً).

الحمل الميت = الحمل من الظفر ((3.0− 0.40) × 1000) + الحمل من العصب (0.5 × (7.2− 1.0) × 1000) + الوزن الذاتي للجائز (0.90 × 0.41× 2500) + حمل التغطية فوق الجائز (0.9 × 300) = 6892.5 kgf/m’ يساوي تقريباً 6.9 t/m’ (يمكن أيضاً افتراض وجود قاطع بلوك فوق الجائز يعطي حملاً قدره 1 t/m’).

الحمل الحي = الحمل من الظفر ((3.0− 0.40) × 400) + الحمل من العصب (0.5 × (7.2–1.0) × 300) + الحمل الحي فوق الجائز ذاته (0.9 × 300) = 2240 kgf/m’ يساوي 2.24 t/m’

ب. العزم الموجب في الجائز

العزم من الحمل الميت = $6.9\times 4.83^2/8 = 20.1$ t.m

العزم من الحمل الحي= $2.24\times 4.83^2/8 = 6.53$ t.m

ت. تصميم مقطع الجائز لمقاومة العزم

- إذا كان التصميم سيتم وفق طريقة حد الاستثمار، فيتم جمع العزم من الحمل الميت للعزم من الحمل الحي، ويتم التصميم وفق الطريقة المشروحة في الكود لحالة حد الاستثمار.
- وإذا كان التصميم سيتم بطريقة الحد الأقصى، فيتم تصعيد العزوم بمعامل 1.4 للعزم من الحمل الميت وبمعامل 1.7 للعزم من الحمل الحي، ثم يتم جمع العزوم المصعدة، والتصميم وفق الطريقة المشروحة في الكود لحالة الحد الأقصى.

ث. قوة القص في الجائز

القص من الحمل الميت = $6.9\times 4.6 / 2 = 15.87$ ton

القص من الحمل الحي = $2.24\times 4.6 / 2 = 5.15$ ton

(لقد تم أخذ قوى القص عند وجه المسند تماماً، فإذا لم يتحقق القص، يمكن إعادة الحساب بأخذ قوة القص عند المقطع الحرج، وهو الذي يبعد عن وجه المسند بمقدار d/2 أي بمقدار يساوي تقريباً 0.36/2 = 0.18m ويكون نصف المجاز في هذه الحالة = 4.6/2 – 0.18 =2.12m)

ج. تصميم مقطع الجائز لمقاومة قوة القص

- إذا كان سيتم التصميم بطريقة حد الاستثمار فيتم جمع قوة القص الميتة لقوة القص الحية، ويتم التصميم وفق الطريقة المشروحة في الكود لحالة حد الاستثمار.
- وإذا كان سيتم التصميم بطريقة الحد الأقصى فيتم تصعيد قوى القص بمعامل 1.4 لقوة القص الميتة وبمعامل 1.7 لقوة القص الحية، ثم يتم جمع قوى القص المصعدة، والتصميم وفق الطريقة المشروحة في الكود لحالة الحد الأقصى.

ح. ردود الأفعال في المساند

رد الفعل من الحمل الميت = $6.9\times 5.4 / 2 = 18.63$ ton

القص من الحمل الحي = $2.24\times 5.4 / 2 = 6.05$ ton

٨ مثال عملي لتصميم بلاطة فطرية

نص المثال

يتألف السقف المبين في الشكل أدناه من بلاطة فطرية ذات جوائز طرفية (على المحيط)، ودون سقوط في البلاطات أو تيجان في الأعمدة، والحمل الحي = 600 kg/m2 ، والمطلوب:

١. إيجاد السماكات الدنيا للبلاطة والجوائز؛

٢. تصميم شريحة مسندية بالاتجاه X، ورسم التسليح لها على المسقط؛

٣. حساب التسليح في المجاز الطرفي للجائز، مع رسم المقطع العرضي له؛

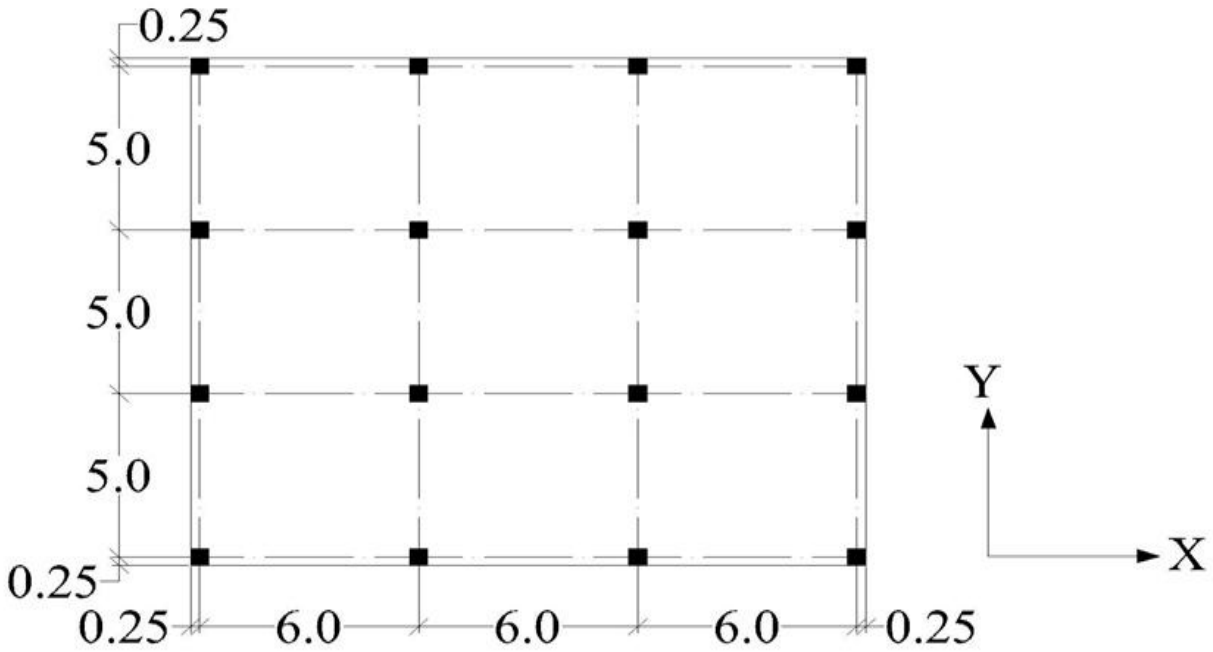
٤. حساب التسليح اللازم لعمود ركني ولعمود وسطي في الطابق الأرضي،علماً أن أبعاد المقطع العرضي للأعمدة 50*50 سم، وان المبنى يتألف من طابقين إضافة للأرضي؛

٥. اقتراح ثلاثة حلول إنشائية أخرى للسقف (غير البلاطة الفطرية)، مع رسم مساقطها، ومع إعطاء السماكات اللازمة للعناصر الإنشائية جميعها في كل حل من الحلول، اعتماداً على الاشتراطات البعدية فقط.

حمل التغطية = $300kgf/m^2$، والمقاومة المميزة للخرسانة = $f_c' = 200\ kgf/cm^2$

والمقاومة المميزة للفولاذ في التسليح الطولي (حد الخضوع) = $f_y = 4000\ kgf/cm^2$

والمقاومة المميزة للفولاذ في التسليح العرضي (حد الخضوع) = $f_y = 2400\ kgf/cm^2$



٨-١ إيجاد السماكات الدنيا للبلاطة والجوائز

- فتحات طرفية دون سقوط

$L = (6.0 + 5.0)/2 = 5.5$ m

$t_{min} = 550/32 = 17.2$ cm Use $t = 20$ cm.

- الجائز المستمر من جهة واحدة (نحسب للمجاز الأطول، ونوحد السماكة)

$t_{min} = 600/15 = 40$ cm

- بالنسبة للجوائز البارزة، الأنسب استعمال سمك (L/10 – L/12)، كذلك من أجل استعمال القوانين التقريبية الواردة في الكود الأساس، يلزم أن لا تقل سماكة الجائز عن ثلاثة أمثال سمك البلاطة. $t = 3 * 20 = 60$ cm

٨-٢ تصميم شريحة مسندية بالاتجاه X

أ . معلومات عامة:

$B = 500 / 2 = 250$ cm

$w = 20*25 + 300 + 600 = 1400$ kgf/m^2

ب. حساب العزوم:

$M_0 = 1.4 * 5 * ((6.0 – (2/3) * 0.5)^2)/8 = 28.1$ t.m

$M_{01} = -0.3 * 28.1 = - 8.43$ t.m

$M_{02} = +0.3 * 28.1 = + 8.43$ t.m

$M_{03} = -0.45 * 28.1 = - 12.65$ t.m

$M_{04} = +0.25 * 28.1 = - 7.03$ t.m

ت. الإجهادات المسموحة:

- الإجهاد في الخرسانة المسموح به في ضغط الإنعطاف:

$\sigma_{cb} = 0.55 * 200 = 110$ kgf/cm^2 –

- الإجهاد في الخرسانة المسموح به في الضغط البسيط: $\sigma_{c0} = 0.30 * 200 = 60$ kgf/cm^2

- إجهاد القص المسموح به في الخرسانة: $\tau_c = 0.4 * \sqrt{200} = 5.66$ kgf/cm^2

- الإجهاد المسموح به في الشد في التسليح الطولي:

$\sigma_t = 0.55 * 4000 = 2200$ kgf/cm^2

- الإجهاد المسموح به في الشد في التسليح العرضي:

$\sigma_t = 0.55 * 2400 = 1320$ kgf/cm^2

ث. التحقق من الضغط في خرسانة البلاطات (يكفي التحقق لحالة العزم الأعظمي):

$k_1 = d * \sqrt{(B/M)} = 17 * \sqrt{(2.5/12.65)} = 7.6$; $\sigma = 100$ kgf/cm^2 o.k

ج. حساب التسليح:

$A_{s01} = 0.53 * 8.43 / 0.17 = 26.3$ cm^2

$A_{s02} = A_{s01}$

$A_{s03} = 0.53 * 12.65 / 0.17 = 39.4$ cm^2

$A_{s04} = 0.53 * 7.03 / 0.17 = 21.9\ cm^2$

يُستعمل تسليح سفلي وعلوي مستمر على كامل طول الشريحة، قيمة كل منها: 12.5 /1T12.

يُضاف لذلك 5T12 في الفتحة الأولى بالسالب والموجب، ويضاف 12T14 فوق أول مسند داخلي، وذلك على عرض الشريحة البالغ 250 cm .

٣-٨ حساب التسليح في المجاز الطرفي للجائز

ورد في الفقرة الفرعية (٨-٤-٦-٢- ز) الآتي: **عندما ترتكز البلاطة على جائز طرفي لا يقل عمقه الكلي عن 3 أمثال سمك البلاطة، يُحسب الجائز على حمل كلي موزع بانتظام مساوٍ إلى 0.25 الحمل الكلي للوحدة المجاورة للجائز**، وتؤخذ عزوم الانحناء المؤثرة على نصف الشريحة المسندية الطرفية المحاذية للجائز مساوية 0.25 القيم المعطاة في الجدول (٨-١٣) من الكود الأساس، بالنسبة لشريحة مسندية عادية".

لنفرض أن عرض الجائز (b) = 25 سم، وسمك الطينة 2 سم من كل جهة، ونفرض وجود قاطع بلوك فوق الجائز المحيطي، يُعطي حملاً قدره 1 t/m' .

$w = 0.25 * (5.0 * 1.4) + 0.29 * 0.42 * 2.5 + 1.0 = 3.06\ t/m'$

$M = 3.06 * 6.0^2/10 = 11.06\ t.m$

$k_1 = d * \sqrt{(b/M)} = 56 * \sqrt{(0.25/11.06)} = 8.4$; $\sigma = 88\ kgf/cm^2$ o.k

$A_{s01} = 0.52 * 11.06 / 0.56 = 10.3\ cm^2$ Use 4T20 ($12.56\ cm^2$)

إجهاد القص بجوار أول مسند داخلي (جهة المسند الطرفي):

$Q_{max} = 0.6 * 3.06 * 6.0 = 11.02\ ton$

$\tau_{max} = 11020 / (0.85 * 25 * 56) = 9.26\ kgf/cm^2 > 5.66\ kgf/cm^2$

إجهاد القص بجوار المسند الطرفي (وبجوار المسند الداخلي):

$Q = 3.06 * (6.0/2 - 0.56/2) = 8.32\ t/m'$

$\tau = 8320 / (0.85 * 25 * 56) = 6.99\ kgf/cm^2 > 5.66\ kgf/cm^2$

إذن يحتاج الجائز لتسليح قص محسوب.

بالإشارة إلى الفقرة (١٠-٣-٥-٣- هـ)، سيتم حساب هذا التسليح بفرض أن:

$\tau_0 = 0.35\ \tau_c = 0.35 * 5.66 = 2\ kgf/cm^2$

- حساب الأساور اللازمة بجانب أول مسند داخلي (جهة المسند الخارجي):

$A_{st} = (25*100*(9.26- 2.0))/1320 = 13.75\ cm^2/m'$

Use 1 φ 10 / 10 ($15.7\ cm^2/m'$)

- الطول بجوار أول مسند داخلي (جهة المسند الخارجي) الذي يحتاج لتسليح محسوب:

$0.6 * 600 - 0.6 * 600 * 5.66 / 9.26) = 140\ cm$

أي تُستعمل أساور 1 φ 10 / 10 بربع المجاز الطرفي بجوار أول مسند داخلي (جهة المسند الخارجي).

- حساب الأساور اللازمة بجوار المسند الطرفي وبجوار المساند الداخلية (باستثناء جوار أول مسند داخلي جهة المسند الخارجي):

$A_{st} = (25*100*(6.99 - 2.0)) / 1320 = 9.45\ cm^2/m'$

Use1φ8 /10 $(10.0\ cm^2/m')$

تُـؤخذ الأساور خارج ما سبق بقيمة إنشائية، أي:

$A_{st} = (3.5 / 2400) * (25 * 100) = 3.65\ cm^2/m'$
Use 1φ8 /20 $(5.0\ cm^2/m')$

إذن يُستعمل تسليح بشكل أساور 1φ8/10 بربع المجاز المجاور للمسند، باستثناء جوار أول مسند داخلي (جهة المسند الطرفي)، حيث يُستعمل 1φ10 /10 . أما في المناطق المتوسطة من المجازات جميعها، فتُستعمل أساور: 1φ8 /20 .

٨-٤ حساب الأعمدة

بفرض عدم وجود قواطع بلوك داخلية، ووجود قاطع بلوك خارجي فوق الجائز المحيطي، يُعطي حملاً قدره 1 t/m' ، وبفرض أن الارتفاع الضوء للطابق = 3.5 m، وأن سمك الطينة على العمود 2 cm . من الجدول (٨-٢-أ) يكون عامل التكافؤ للعمود الركني في الطابق الأرضي = $k_e = 1.3$، ويساوي 1.0 للعمود الوسطي.

أ . العمود الركني:

$w_1 = (0.25 + 6.0/2) * (0.25 + 5.0/2) * 1.4 + (0.25 + 6.0/2 + 5.0/2) * 1.0$
$+ 0.54 * 0.54 * 3.5 * 2.5 = 20.8$ ton/floor
$W_1 = 1.3 * 3 * 20.8 = 81.1$ ton
$350/50 = 7 < 12$ o.k
$\sigma = 81100 / 50 * 50 = 32.4\ kgf/cm^2 < 60\ kgf/cm^2$ o.k

إذن يكفي استعمال تسليح بالقيمة الإنشائية

$A_s = 0.01 * 50 * 50 = 25\ cm^2$
Use 8T20 $(25.2\ cm^2)$ + 2φ8 /20 (as stirrups)

ب. العمود الوسطي:

$w_2 = (5.0 * 1.1) * (6.0 * 1.1) * 1.4 + 0.54 * 0.54 * 3.5 * 2.5 = 53.4$ ton/floor
$W_2 = 1.0 * 3 * 53.4 = 160.2$ ton
$\sigma = 160200 / 50 * 50 = 64.1\ kgf/cm^2 > 60\ kgf/cm^2$

إذن يحتاج العمود لتسليح، ولذا سنستعمل تسليح بالحد الأدنى (مثل العمود الركني) ونحسب قدرة تحمل العمود، مع أخذ مساهمة التسليح بالحسبان.

$N = 0.3 * 200 * (50 * 50 * + 1.17 * (4000/200) * 25.2) \approx 185300$ kgf
$= 185.3$ ton > 160.2 ton o.k

لا بد من التنويه إلى أن هذا التصميم لم يأخذ تأثير القوى الأفقية (رياح وزلازل) بالحسبان، لأنها غير مطلوبة بنص السؤال.

٩ اقتراح حلول إنشائية أخرى للسقف (غير البلاطة الفطرية)

٩-١ . الإقترح الأول: بلاطات مصمتة تعمل بالاتجاهين مع جوائز ساقطة

سيتم استعمال سمك ثابت لجميع البلاطات، ولذا فالبلاطة الركنية هي التي ستحكم السمك (راجع الفقرة ٧-٣-١-٥) من الكود الأساس.

لنفرض أن عروض الجوائز = $b = 20$ cm

تكون أبعاد البلاطة الركنية عند الوجوه الداخلية للمساند (الجوائز) تساوي:

$500 - 20 = 480$ cm

$600 - 20 = 580$ cm

$t_{min} = ((480 + 580) + 0.76 * (480 + 580)) / 140 = 13.3$ cm

Use: $t = 14$ cm.

وسيتم استعمال سمك ثابت أيضاً لجميع الجوائز، لذا فالفتحة الأولى من الجائز بالإتجاه X هي التي ستحدد هذا السمك الثابت (راجع الجدول (٧-١- أ) من الكود الأساس).

$t_{min} = 600/ 15 = 40$ cm.

هذا الارتفاع مقبول في حالة الجوائز المخفية، أما في حالة الجوائز الساقطة فالأنسب أن يكون:

$t = 600 / 10 = 60$ cm . ($b = 20$ cm).

٩-٢. الإقترح الثاني: بلاطات مصمتة تعمل باتجاه واحد مع جوائز ساقطة بالاتجاه الآخر

في هذه الحالة نجعل الجوائز بالاتجاه X (مجازات 6.0 m) والبلاطات بالاتجاه Y (مجازات 5.0 m).

تُستعمل أبعاد للجوائز مماثلة للأبعاد المستعملة بالاقتراح الأول. أما البلاطات فيُعتمد السمك كالآتي (حيث السمك الحرج هو لحالة الاستمرار من طرف واحد- راجع الجدول (٧-٢) من الكود الأساس):

$t_{min} = 500/ 27 = 18.5$ cm. Use: $t = 20$ cm.

٩-٣. الإقترح الثالث: بلاطات مفرغة (هوردي) باتجاه واحد وجوائز مخفية.

نأخذ الأعصاب بالاتجاه الطويل (X) والجوائز المخفية بالإتجاه القصير (Y). راجع الجدول (٧-٣-ب) من الكود الأساس.

Rib: $t_{min} = 600 / 18 = 33.3$ cm

Beam: $t_{min} = 500 / 18 = 27.8$ cm

Use $t = 34$ cm

٩-٤. الإقترح الرابع: بلاطات مفرغة باتجاه واحد وجوائز ساقطة

في هذه الحالة، نأخذ الأعصاب بالاتجاه القصير (X) والجوائز الساقطة بالإتجاه الطويل(Y).

تُستعمل أبعاد للجوائز مماثلة للأبعاد المستعملة بالاقتراح الأول. أما البلاطات فيُعتمد السمك كالآتي (حيث السمك الحرج هو لحالة الاستمرار من طرف واحد – راجع الجدول (٧-٣- أ) من الكود الأساس):

Rib: $t_{min} = 500 / 22 = 22.7$ cm
Use $t = 24$ cm

٩-٥. الإقتراح الخامس: بلاطات مفرغة (هوردي) باتجاهين وذات جوائز مخفية، ودون سقوط (أي بلاطة فطرية مفرغة)

إن الحالة التي تحكم التصميم هي حالة المجازات الطرفية دون سقوط في الجدول (٧-٤) من الكود الأساس.

$L = (6.0 + 5.0) / 2 = 5.5$ m
$t_{min} = 550 / 24 = 22.9$ cm
Use $t = 24$ cm

خاتمة عن الدقة الهندسية في الحسابات الإنشائية

في الحسابات الهندسية يستعمل الكثيرون كل ما يظهر على شاشة الآلة الحاسبة من أرقام (حتى لو كانت عدة أرقام بعد الفاصلة)، ويعدون هذا دقة هندسية والخروج عنه خطأ حسابي يمكن أن يُحاسبوا عليه، ولكن هذا غير دقيق. صحيح أن ما يظهر على شاشة الآلة الحاسبة هو قيمة صحيحة ودقيقة للعمليات الحسابية التي تم القيام بها بواسطة الآلة، ولكن غير الصحيح أن الأرقام التي تم إجراء العمليات الحسابية عليها هي الأرقام الدقيقة الوحيدة وغيرها خطأ، وبالتالي فنتيجة العمليات الحسابية التي تظهر على الشاشة هي قيمة دقيقة رياضياً ولكن ليس بالضرورة أن تكون دقيقة هندسياً (إنشائياً). فقد تكون الأرقام التي أعطيت للأحمال تقريبية، أو تكون المجازات تقريبية أو الشروط الهندسية للمساند لا تمثل الواقع تماماً أو أن المواصفات الهندسية المعتمدة في الحسابات لخواص المادة تختلف عن الخواص الفعلية لها، ...، إلى غير ذلك من الأمور التي تجعل المعطيات المعتمدة في الحسابات هي أرقام تقريبية وسينتج عنها بالضرورة نتائج تقريبية أيضاً، بالرغم من صحة ودقة العمليات الرياضية التي تظهر نتائجها على شاشة الآلة الحاسبة (أو حتى في الكومبيوتر).

يجب أن يكون واضحاً تماماً في الأذهان أن المهندس الإنشائي عندما يقوم بحساباته في التحليل الإنشائي أو في التصميم الهندسي، فهو لا يقوم بهذا العمل للمسألة الفيزيائية (أي الإنشائية) المطروحة أمامه ذاتها (سواءً يدوياً أو باستعمال الآلة الحاسبة أو باستعمال الحاسوب والبرامج الهندسية المتطورة) وإنما يقوم أولاً بإجراء نمذجة رياضية (mathematical modeling) للمسألة الفيزيائية (الإنشائية) ثم يقوم بتحليل النموذج الرياضي الذي حصل عليه، وأخيراً يقوم بإرجاع نتائج حسابات المسألة الرياضية التي تم تحليها حسابياً لما يقابلها في المسألة الفيزيائية (الإنشائية) الأصلية. ونتيجة لذلك، فإن أي تقريب يتم اعتماده خلال النمذجة الرياضية (عن المسألة الفيزيائية الأصلية)، سينتج عنه (لا محالة) تقريباً آخر في النتائج الحسابية عن النتائج "**الدقيقة**" للمسألة الفيزيائية الأصلية. ويجب أن يتم أخذ ذلك بالحسبان في جميع العمليات الحسابية التي نقوم بها. قد يقول قائل لماذا يتم التقريب في النمذجة الرياضية؟ ولماذا لا تؤخذ الأرقام الدقيقة تماماً؟ والجواب على ذلك التساؤل بسيط جداً، وهو في معظمه أننا نجهل الأرقام الدقيقة. فمثلاً إننا نجهل الخواص الإنشائية لمواد الإنشاء التي سنستعملها، ولذا نفترض أرقاماً منطقية لهالأخذها بالحسابات، ولكن هذه الأرقام لها مجالات واسعة للتغيير، كما أن المنفذ قد لا يستطيع الالتزام بها، وكذلك قد تزيد أبعاد العناصر الفعلية بعد تنفيذها على الأبعاد المطلوبة بالتصميم (أو تقل عنها)، كما أن قيمة الأحمال الحية المفترضة في التصميم لن تكون هي ذاتها القيمة التي ستتعرض لها المنشأة، وإن كانت هي قيمة مدروسة وتعتمد على خبرة طويلة، ...، وهكذا بالنسبة لبقية الأمور التي تعتمد عليها الحسابات في التحليل وفي التصميم.

يجب أن لا نفهم مما سبق أن الحسابات التي نجريها هي بالأخير غير صحيحة وغير دقيقة ولا لزوم لها، وإنما مطلوب أن نفهم طبيعتها التقريبية، وأن لا نتمسك بدقة متناهية هي بالأخير دقة كاذبة. وفيما يلي سيتمتوضيح مفهوم الدقة (المنطقي) في الحسابات الإنشائية.

إذا قام مهندسان بصورة مستقلة عن بعضهما البعض، بتحليل مسألة هندسية معينة، وكان الاختلاف بين النتائج التي توصل إليها كل منهما لا تتعدى 5%، فيمكن القول أن نتائجهما متطابقة، أما إذا زاد الاختلاف على 5% ولم يتعدى 15% فنتائجهما متقاربة، وإذا زاد الاختلاف على 15% ولم يتعدى 30% فهناك "**خطأ**" في حساباتهما (وهذا الخطأ ليس بالضرورة أن يؤدي إلى كارثة، وإن كان يلزم إصلاحه)، أما إذا تعدى الاختلاف بينهما نسبة 30% فيوجد "**غلط**" في الحسابات لا يمكن التساهل معه، ويمكن أن يؤدي إلى كارثة.

من أجل ذلك، يُمكن الاكتفاء (من نتائج الحسابات) باعتماد **أول ثلاثة أرقام مميزة (من اليسار)** وتدوير ما يليها من أرقام، على أن يكون التدوير لصالح الأمان.

جدول محتويات محاضرة:

خطوات الدراسة الأولية الإنشائية في المباني

تمهيد عن طرائق تلزيم الدراسات الهندسية

٠- مقدمة عن الدراسة الإنشائية

٠-١. مراحل الدراسة الإنشائية

٠-٢. الخطوات الرئيسة في الدراسة الأولية الإنشائية

٠-٣. الخطوات الرئيسة في الدراسة النهائية الإنشائية

١- تقدير الأحمال

١-١. الأحمال الميتة

١-٢. الأحمال الحية

١-٣. بقية أحمال القوى

١-٤. أحمال الانتقالات

١-٥. أحمال الإنشاء والتركيب والأحمال الخاصة الأخرى.

٢- رسم مسقط القالب للسقف

٢-١. المساقط المعمارية الأساس

٢-٢. المعلومات المطلوب بيانها في مساقط قوالب الأسقف

٣- اختيار الجملة الإنشائية المناسبة

٣-٠. مقدمة

٣-١. إجراء الدراسة الأولية الإنشائية

٣-٢. المجازات المناسبة للجمل الإنشائية

٤- تعيين المجازات الفعالة

٤-١. المجازات الفعالة للبلاطات والأعصاب والجوائز

٤-٢. المجازات الفعالة للأظفار

٤-٣. أطوال التحنيب للأعمدة

٥- التقدير الأولي لأبعاد المقاطع العرضية

٥-٠. مقدمة

٥-١. الأبعاد من المعيار المعماري
٥-٢. الأبعاد من معيار السهم
٥-٣. الأبعاد من معيار التحنيب
٥-٤. الأبعاد من معيار الصلادة
٥-٥. الأبعاد من معيار التشقق
٥-٦. الأبعاد من معيار المقاومة (للعزم والقص والضغط)
٥-٧. الارتفاعات الأولية للعناصر الفولاذية

٦- التحليل الإنشائي لإيجاد عزوم الإنحناء وقوى القص والقوى الناظمية بصورة أولية
٦-١. عوامل توزيع الأحمال بالاتجاهين للبلاطات المصمتة
٦-٢. عوامل توزيع الأحمال للبلاطات المفرغة باتجاهين (جوائز ساقطة أو متدلية)
٦-٣. عوامل توزيع الأحمال للبلاطات المفرغة باتجاهين (جوائز مخفية)
٦-٤. التحليل الإنشائي للبلاطات
٦-٥. البلاطات ذات الجوائز المتصالبة
٦-٦. نقل الأحمال من البلاطة للجائز
٦-٧. التحليل الإنشائي للجوائز
٦-٨. تحليل الشيناجات
٦-٩. عوامل التكافؤ للأعمدة (لأخذ تأثير العزوم بالحسبان)
٦-١٠. تحليل الأدراج

٧- مثال عملي لتصميم بلاطة هوردي
٧-٠. نص المثال
٧-١. اختيار سماكة السقف
٧-٢. حساب الأحمال على المتر المربع
٧-٣. تصميم العصب
٧-٤. تصميم الجائز

٨- مثال عملي لتصميم بلاطة فطرية
٨-٠. نص المثال
٨-١. إيجاد السماكات الدنيا للبلاطة والجوائز
٨-٢. تصميم شريحة مسندية بالاتجاه X
٨-٣. حساب التسليح في المجاز الطرفي للجائز

٨-٤. حساب الأعمدة

٨-٥. اقتراح حلول إنشائية أخرى للسقف (غير البلاطة الفطرية)

خاتمة عن الدقة الهندسية في الحسابات الإنشائية