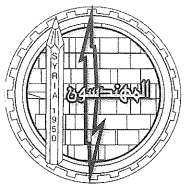


الجمهورية العربية السورية
نقابة المهندسين

الكود العربي السوري

لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة

الطبعة الرابعة

دمشق 2012

الجمهورية العربية السورية
رئاسة مجلس الوزراء
الرقم : ١٥/٤٤ ع

بلاغ

قامت نقابة المهندسين بتطوير وتحديث الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة المعمول به بموجب بلاغنا رقم ١٩/ب/١٥/٥٥٤٦ لعام ٢٠٠٤ بحيث أصبح يتماشى مع مستجدات العلوم الهندسية الإنشائية وبخاصة في مجال أبحاث ومواصفات تصميم وتنفيذ المباني لمقاومة الزلازل، حرصاً على السلامة العامة .

ونظراً لصدور الكود بمضمونه الجديد لدى نقابة المهندسين السوريين .

نطلب إلى جميع الجهات العامة والخاصة العاملة في مجال الدراسات الهندسية وتنفيذ المشاريع الخرسانية اعتماد العمل من تاريخه بالكود الجديد المعنون :

" الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة "

دمشق في ١١/ ١١/ ٢٠١٣ م

رئيس مجلس الوزراء
الدكتور وائل الحلقي

مقدمة الطبعة الرابعة

بعد أن صدرت الطبعة الثالثة من "**الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة**" عام ٢٠٠٤، وهو الكود الأساس، تم إصدار الملحق (١) الخاص بالأحمال عام ٢٠٠٦، وكان قد صدر قبله عام ٢٠٠٥ الملحق (٢) الخاص بالزلازل كما صدر الملحق (٣) الخاص بالتفاصيل والرسومات عام ٢٠٠٧ كما أن الملحق (٤) الخاص بتقييم وتأهيل المنشآت القائمة هو قيد الإنجاز أما الملحق (٥) الخاص بالأساسات فهو منجز وصدر في هذا العام.

خلال إعداد هذه الكودات الملحقة، لوحظ وجود بعض الأخطاء الطباعية حيث تم إدراجها في نهايات هذه الكودات الملحقة. وخلال تطبيق هذا الكود خلال السنوات السابقة، لوحظ بعض الأمور التي تحتاج لتعديل، كما أن الكودات العالمية الحديثة أتت بمعلومات جديدة لا بد من أخذها في الحسبان.

قامت لجنة الكود العربي السوري بأخذ الأمور السابقة في الحسبان، وقامت بمراجعة الكود الأساس وأجرت التصحيحات والتعديلات المناسبة فيه، ووصلت إلى الصيغة الحالية في الطبعة الرابعة هذه. أما بالنسبة للملحق(٢) الخاص بالزلازل، فسيصدر مع هذا الكود الأساس أيضاً. ويجدر التنويه إلى أن الزميل د. أسامة النحاس ، قد انتقل إلى رحمته تعالى قبل المباشرة بإعداد هذه النسخة المطورة من الكود الأساس، و انتقل إلى رحمته تعالى الزميلان: د. أحمد الغفري و و د. وهيب زين الدين أثناء إعداد هذه النسخة المطورة ، فلهم منا كل الشكر والتقدير، ونسأل الله أن يسكنهم فسيح جناته.

وأضيف للجنة بعض الزملاء فأصبحت كما يلي :

د. محمد كرامة بدورة	رئيساً	**د. أحمد الغفري**	مدققاً لغوياً
د. أحمد الحسن	عضواً	**د. محمود وردة**	عضواً
د. نادر نبيل أنيس	عضواً	**د. وهيب زين الدين**	عضواً
د. محمد نزيه إيلوش	عضواً	**د. محمد نزيه اليافي**	عضواً
د. نافذ بشور	عضواً	**د. حكمت زيربة**	عضواً
د. بسام حويجة	عضواً	**م. علي جعارة**	عضواً
م . سمير بني المرجة	عضواً	**د. محمد سمارة**	عضواً
د . رائد أحمد	عضواً	**الجيولوجي رضا السبيناتي**	عضواً
د. حنا يني	عضواً		

من أهم التطويرات التي جرى تنفيذها في هذا الكود الأساس، هي تعديل الرموز لتصبح مطابقة (ما أمكن) مع الرموز المستعملة في الكودات المرجعية الأمريكية (مثل: ACI 318M-08، و UBC 97 و IBC 2009، و ASCE -7/10)، وإضافة ملحق خاص (هو الملحق (ز))، للإطارات المقاومة للعزوم من الأنواع العادية والمتوسطة والخاصة، وإعطاء تفصيلات للإطارات التي يمكن تنفيذها بسورية، دون

صعوبات كبيرة، مع تسميتها بالإطارات المتوسطة المحلية، وهي تختلف قليلاً عن مثيلتها في الكودات المرجعية الأمريكية بما يتوافق مع الظروف المحلية. وقد جرى أيضاً (في الملحق (٢) للكود، الخاص بالزلازل) إعطاء تفصيلات للإطارات التي يمكن تنفيذها بسورية مع صعوبات، كبيرة نسبياً، مع تسميتها بالإطارات الخاصة المحلية، وهي تختلف قليلاً عن مثيلتها في الكودات المرجعية الأمريكية. كذلك جرى إضافة ملحقين آخرين هما: الملحق (و) ويُعطي طريقة مطورة لدراسة العناصر المضغوطة مع أخذ تأثير النحافة بالحسبان، والملحق (ح) ويُعطي دراسة مطورة للأظفار القصيرة والأكتاف.

دمشق في: كانون الأول ٢٠١٢

نقيب المهندسين

المهندس: محمد وليد غزال

مقدمة الطبعة الثالثة

صدرت الطبعة الثانية من الكود العربي السوري في عام ١٩٩٥، ثم تلاها إصدار ثلاثة ملاحق للكود خلال أعوام ١٩٩٦ و١٩٩٧ و٢٠٠٠ حول الاشتراطات والاحتياطات المطلوبة لتصميم المباني المقاومة للزلازل وكذلك حول تقييم المنشآت والمباني القائمة وتأهيلها لمقاومة الزلازل.

وقد قدم الكود وملاحقه خلال السنوات الثماني الماضية العون والمساعدة للمهندسين السوريين في مجال تصميم وتنفيذ المنشآت الهندسية التي قاموا بها، خاصة منها ما يتعلق بالحساب والتصميم لمقاومة الزلازل لكونه احتوى لأول مرة على طريقة معتمدة في الحساب وعلى اشتراطات واحتياطات للتصميم. وفي الفترة ذاتها التي وضع خلالها الكود في الاستعمال، برزت مسائل إضافية تحتاج لإجابات غير موجودة في الطبعة الثانية وملاحقها، وخاصة فيما يتعلق بالتقدم الذي حصل في الهندسة الإنشائية، في مجال تطور الحاسوب والبرامج الحاسوبية. يضاف لذلك وجود مجالات إنشائية عديدة كانت مستثناة صراحة من الكود (كالخرسانة سابقة الإجهاد والمنشآت المركبة من الخرسانة المسلحة والجوائز المعدنية) أو أن الكود ينطبق عليها جزئياً فقط (كالجسور والعقود والخزانات والمداخن والصوامع والوحدات الخرسانية سابقة الصنع والقشريات)، وأصبح من الضروري أن يشمل الكود هذه المنشآت لأهميتها الكبيرة ولشيوع استعمالها. كما أنه آن الأوان لأن يشمل الكود المنشآت المعدنية، خاصة بعد أن أصبح استعمال هذه المنشآت شائعاً بسبب الحاجة إليها في المعامل والورشات والمستودعات والهنغارات والجسور وغيرها من المنشآت التي أصبحت كثيرة الاستعمال.

وهكذا قام مجلس النقابة بتشكيل لجنة من الزملاء المهندسين:

د. محمد كرامة بدورة	رئيساً	**د. أحمد الغفري**	مدققاً لغوياً
د. أسامة نحاس	عضواً	**د. محمود وردة**	عضواً
د. أحمد الحسن	عضواً	**د. نادر نبيل أنيس**	عضواً
د. وهيب زين الدين	عضواً	**د. محمد نزيه إيلوش**	عضواً
د. نافذ بشور	عضواً	**د. حكمت زيربة**	عضواً
د. بسام حويجة	عضواً	**م. علي جعارة**	عضواً
م . سمير بني المرجة	عضواً	**د. محمد سمارة**	عضواً
د . ابراهيم الطحان	عضواً	**الجيولوجي رضا السبيناتي**	عضواً
د. حنا يني	عضواً		

مهمتها تحديث الكود بما يتناسب مع الأهداف والتطلعات السابقة الذكر. وقد دعت اللجنة جميع الزملاء لتقديم اقتراحاتهم إليها لاعتماد الملائم منها ضمن الكود، كما اجتمعت مع الزملاء المهتمين من فروع النقابة والجامعات، وشرحت لهم خطة عملها، وطلبت مساهماتهم لإغناء الكود وبيان ملاحظاتهم على الطبعة الثانية والملاحق لتتم دراستها واعتماد المناسب منها. ويسر مجلس النقابة

أيضاً ذكر لائحة بأسماء هؤلاء الزملاء الذين ساهموا بملاحظاتهم واقتراحاتهم في إغناء الكود وملاحقه وإصداره بشكله النهائي.

يتألف الكود العربي السوري من الكود (الأساس) و ١٤ ملحقاً ستصدر تباعاً. وتعد هذه الملاحق جزءاً لا يتجزأ من الكود، مكملة له، وإلزامية التطبيق مثله، وهي:

الملحق (١) الأحمال

الملحق (٢) الزلازل

الملحق (٣) التفاصيل والرسومات

الملحق (٤) تقييم وتأهيل المنشآت القائمة

الملحق (٥) الأساسات

الملحق (٦) الجدران الاستنادية

الملحق (٧) الخزانات

الملحق (٨) المنشآت الخرسانية المسبقة الصنع والمنشآت الخرسانية المسبقة الإجهاد

الملحق (٩) المقاطع المركبة

الملحق (١٠) الجسور والعبارات

الملحق (١١) المآذن والمداخن وأبراج التبريد في المنشآت الصناعية

الملحق (١٢) السقوف المثنية والقشريات

الملحق (١٣) قواعد الآلات

الملحق (١٤) الصوامع والقواديس

وإننا في مجلس النقابة نشكر جميع الزملاء الذين ساهموا في إخراج الطبعة الثالثة هذه من الكود وملاحقه، وبذلك فإن نقابة المهندسين، في سعيها المستمر وجهودها الدؤوبة لتطوير المهنة ورفع سوية المهندسين، تقدم للزملاء وللإدارات والجامعات والمؤسسات وجميع الجهات العامة والخاصة هذه الطبعة من الكود كثمرة لهذه الجهود، ليكون هذا الكود وملاحقه المرجع المعتمد في التصميم والتنفيذ في الجمهورية العربية السورية ولتحقيق التصميم الاقتصادي والأمين ضمن أسس موحدة بين جميع الزملاء المهندسين المصممين والمنفذين.

أيار ٢٠٠٤

نقيب المهندسين

المهندس حسن ماجد علي

المحتويات

الكود العربي السوري
لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة
(الكود الأساس)

الباب والفصل والبند والفقرة	الموضوع	الصفحة
	مقدمة الطبعة الرابعة	4
	مقدمة الطبعة الثالثة	6
	جدول محتويات الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة (الكود الأساس)	8
الباب الأول:	١ – المجال والغاية	28
١-١-	مجال الكود وتطبيقه	28
١-٢-	أغراض الكود	29
١-٢-١-	تحديد معنى حالة الحد أو حالة عدم الصلاحية	29
١-٢-١-١-	في نطاق المقاومة	29
١-٢-١-١-	في نطاق الاستثمار	29
١-٢-٢-	طرائق الحساب	30
الباب الثاني:	٢ – المصطلحات	31
الباب الثالث:	٣ – الواحدات والرموز	33
٣-١-	الواحدات	33
٣-٢-	الرموز والدلالة	33
٣-٢-١-	رموز تتعلق بالقطاعات العرضية (المقاطع العرضية)	33

٣-٢-٢-	رموز تتعلق بخواص المواد	35
٣-٢-٣-	رموز تتعلق بالقوى والأحمال الخارجية وتراكيب الأحمل	36
٣-٢-٤-	رموز تتعلق بالقوى الداخلية	37
٣-٢-٥-	رموز تتعلق بالإجهاد والانفعال والتشكل	38
٣-٢-٦-	رموز أخرى	39
الباب الرابع:	**٤- خواص المواد**	**40**
٤-١-	**الفولاذ (الصُـلب)**	**40**
٤-١-١-	أشكال قضبان الفولاذ (**الصُـلب**) وأنواعه	40
٤-١-٢-	الأقطار المستعملة	43
٤-١-٣-	الخواص الميكانيكية لفولاذ التسليح	43
٤-١-٤-	الرسم البياني للفولاذ	43
٤-١-٥-	المقاومة المميزة للفولاذ (إجهاد الخضوع المميز)	43
٤-١-٦-	مواصفات فولاذ التسليح	45
٤-٢-	**الخرسانة**	45
٤-٢-١-	مكونات الخرسانة	45
٤-٢-١-١-	الركام (الرمل والبحص)	45
٤-٢-١-٢-	الأسمنت	46
٤-٢-١-٣-	ماء الخلط	46
٤-٢-١-٤-	الإضافات	47
٤-٢-٢-	الخواص الفيزيائية والكيميائية للخرسانة	47
٤-٢-٢-١-	الوزن الحجمي	47
٤-٢-٢-٢-	مقاومة الخرسانة للحريق	47
٤-٢-٢-٣-	قوام الخرسانة	51
٤-٢-٢-٤-	مقاومة الخرسانة للمواد الكيميائية	52
٤-٢-٢-٥-	زمن الأخذ (الشك) للأسمنت	53
٤-٢-٢-٦-	التغير الحجمي الحر	54
٤-٢-٢-٧-	التماسك مع فولاذ التسليح	57
٤-٢-٣-	الخواص الميكانيكية المميزة للخرسانة	57
٤-٢-٣-١-	تعداد الخواص	57
٤-٢-٣-٢-	تحديد المقاومة المميزة للخرسانة في الضغط وفي الشد	58
٤-٢-٤-	تصنيف درجات جودة الخرسانة	58
٤-٢-٥-	تصميم خلطات الخرسانة للحصول على المقاومات الميكانيكية المميزة المطلوبة	59
٤-٢-٥-١-	التصميم للمقاومة المميزة في الضغط	59

٤-٢-٥-٢-	المقاومة المميزة في الشد	61
٤-٢-٦-	المقاومات الميكانيكية المميزة دون تصميم خلطة	63
٤-٢-٦-١-	مقاومة الضغط المحتملة في حالة الخرسانة المراقبة بشكل دقيق	63
٤-٢-٦-٢-	مقاومة الضغط المحتملة في حالة الخرسانة غير المراقبة بشكل دقيق	64
٤-٢-٦-٣-	مقاومة الشد المميزة المحتملة	64
٤-٢-٧-	تصحيح نتائج الاختبار لأشكال العينات وأعمار الخرسانة	65
٤-٢-٧-١-	التصحيح لأشكال القوالب في اختبارات الضغط	65
٤-٢-٧-٢-	التصحيح لأعمار الخرسانة في اختبارات الضغط	65
٤-٢-٧-٣-	التصحيح لأعمار الخرسانة في اختبار الشد	66
٤-٢-٨-	معامل التشوه (التشكل) الطولي (معامل المرونة)	66
٤-٢-٩-	معامل التكافؤ (النسبة المعمارية)	67
٤-٢-١٠-	معامل التشوه (التشكل) العرضي للخرسانة (نسبة بواسون)	67
٤-٢-١١-	الانفعالات طويلة الأجل للخرسانة (الزحف)	67

الباب الخامس:	**٥- تقييم الأفعال**	**70**
٥-١-	**تعريف الأفعال**	**70**
٥-١-١-	الأفعال المباشرة	71
٥-١-٢-	الأفعال غير المباشرة (أفعال التشوهات (التشكلات) المفروضة)	71
٥-١-٣-	مجال الاستعمال	71
٥-٢-	**الأحمال الدائمة**	**71**
٥-٢-١-	تعريف الأحمال الدائمة	71
٥-٢-٢-	تقييم الأحمال الدائمة	72
٥-٣-	**الأحمال الإضافية**	**73**
٥-٣-١-	تعريف الأحمال الإضافية	73
٥-٣-٢-	الأحمال الإضافية غير الديناميكية	76
٥-٣-٣-	تخفيض الأحمال الإضافية في المباني متعددة الطوابق	76
٥-٣-٤-	الحمل الإضافي المكافىء للجدران الخفيفة على الأسقف المسلحة	77
٥-٣-٥-	الحمل الإضافي المكافىء للجدران الثقيلة على الأسقف المسلحة	78
٥-٣-٥-١-	البلاطات المصمتة باتجاه واحد	78
٥-٣-٥-٢-	البلاطات المصمتة الظفرية	80
٥-٣-٥-٣-	البلاطات المصمتة باتجاهين	80
٥-٣-٥-٤-	البلاطات المفرغة	80
٥-٣-٦-	القوى الأفقية المؤثرة على حواجز الشرفات	81
٥-٣-٧-	الأحمال الإضافية الديناميكية	81
٥-٣-٧-١-	الآلات الترددية الثقيلة	81

٥-٣-٧-٢-	المصاعد	82
٥-٣-٧-٣-	الرافعات	82
٥-٤-	**تعريف الأحمال المناخية**	**83**
٥-٤-١-	أحمال الرياح	83
٥-٤-١-١-	الحساب الستاتيكي للمنشآت على الرياح	85
٥-٤-١-٢-	دراسة الاستقرار والحساب العام للجملة الإنشائية المقاومة للرياح وحساب عناصر الإكساء	86
٥-٤-١-٣-	الحساب الديناميكي للمنشآت لأحمال الرياح	90
٥-٤-٢-	أحمال الثلج	90
٥-٥-	**أفعال الحرارة والانكماش**	**91**
٥-٥-١-	التشوهات (التشكلات) الناتجة عن الحرارة والانكماش (التقلص)	91
٥-٥-٢-	التشوهات (التشكلات) والأحمال الناتجة عن الحرارة	92
٥-٥-٣-	التشوهات (التشكلات) والأحمال الناتجة عن الانكماش (التقلص)	92
٥-٥-٤-	ترتيبات تتعلق بالمنشآت حرة التشوه (التشكل)	93
٥-٦-	**أحمال الزلازل**	**93**
٥-٦-١-	مجال الاستعمال	94
٥-٦-٢-	تقييم أحمال الزلازل وفق الطريقة الستاتيكية المكافئة والستاتيكية المكافئة المطورة	94
٥-٦-٢-١-	تقييم معامل التسارع الزلزالي الأرضي Z	95
٥-٦-٢-٢-	تقييم معامل أهمية المنشأة I	96
٥-٦-٢-٣-	تقييم معامل السلوك اللامرن (معامل تعديل القوى الزلزالية) R	96
٥-٦-٢-٤-	تقييم الفترة الأساسية للتردد الذاتي للمبنى أو المنشأة (T)	96
٥-٦-٢-٥-	تقييم الترابط المشترك بين المنشأة وتربة تأسيسها	98
٥-٦-٢-٦-	تقييم الوزن الإجمالي W	99
٥-٦-٣-	توزيع القوى الجانبية	99
٥-٦-٤-	توزيع القوى الجانبية في الطابق الواحد	100
٥-٦-٥-	حساب عزم الانقلاب	100
٥-٦-٦-	تحديد القوى الجانبية المطبقة على أجزاء من المنشأة	101
٥-٦-٧-	اشتراطات إضافية بخصوص الزلازل	101
٥-٧-	**الاحتياطات في طرائق الإنشاء والتسليح في المباني المقاومة للزلازل**	**102**
٥-٨-	**أحمال طرائق الإنشاء**	**102**
الباب السادس:	**٦- تحديد الأمان**	**103**
٦-١-	أسس تحقيق الأمان	103

٦-٢-	**تحديد القيم المميزة**	**103**
٦-٢-١-	تحديد الأفعال المميزة	103
٦-٢-٢-	تحديد المقاومات المميزة	104
٦-٢-٢-١-	المقاومة المميزة لفولاذ التسليح	104
٦-٢-٢-٢-	المقاومة المميزة للخرسانة	104
٦-٣-	**تحقيق الأمان في حالة الحد الأقصى**	**104**
٦-٣-١-	الأسس العامة لتحديد الأمان في حالة الحد الأقصى	104
٦-٣-٢-	تحديد الأفعال القصوى	105
٦-٣-٢-١-	التراكيب الأساسية للأفعال القصوى	105
٦-٣-٢-٢-	التراكيب الثانوية للأفعال القصوى	106
٦-٣-٣-	معاملات خفض المقاومة	106
٦-٣-٤-	معامل زيادة الإجهاد المسموح للتربة من الأحمال القصوى التي تشمل الزلازل	107
٦-٤-	**تحقيق الأمان في حالات حدود الاستثمار**	**107**
٦-٤-١-	الأسس العامة لتحقيق الأمان في حالات حدود الاستثمار	107
٦-٤-١-١-	تحقيق الأمان في حالة حد تجاوز الإجهادات المسموح بها	107
٦-٤-١-٢-	تحقيق الأمان في حالة حد التشقق المعيب	108
٦-٤-١-٣-	تحقيق الأمان في حالة حد التشوه (التشكل) المعيب	108

الباب السابع:	**٧- اشتراطات عامة في تصميم العناصر الإنشائية**	**109**
٧-١-	**الأعمدة**	**109**
٧-١-١-	الاشتراطات البعدية للأعمدة	109
٧-١-٢-	مساحات التسليح الطولي للأعمدة	109
٧-١-٣-	اشتراطات التسليح الطولي للأعمدة	110
٧-١-٤-	اشتراطات التسليح العرضي للأعمدة	110
٧-١-٤-١-	التسليح العرضي في الأعمدة غير المطوقة (أساور عادية)	110
٧-١-٤-٢-	التسليح العرضي في الأعمدة المطوقة بأساور حلزونية	116
٧-١-٥-	أطوال التحنيب للأعمدة	117
٧-١-٥-١-	الطول الحسابي	117
٧-١-٥-٢-	الأعمدة الطويلة والأعمدة القصيرة	120
٧-١-٥-٣-	القيمة العظمى المسموحة للنحافة	121
٧-٢-	**الجوائز (الكمرات)**	**121**
٧-٢-١-	عموميات	121
٧-٢-١-١-	العمق الفعال للقطاعات	121
٧-٢-١-٢-	المجاز (البحر) الفعال للجوائز والأعصاب والبلاطات	121

٧-٢-١-٣-	أخذ عرض المسند بالحسبان عند حساب العزوم السالبة	124
٧-٢-١-٤-	القطاعات الحرجة لتصميم الجوائز	125
٧-٢-١-٥-	تغيير القطاعات عند المساند	126
٧-٢-١-٦-	حالات الأحمال المركزة والمعلقة	126
٧-٢-١-٧-	مساحات التسليح الدنيا والعظمى للجوائز	127
٧-٢-١-٨-	ترتيبات التسليح الرئيسي (الطولي والعرضي) للجوائز	128
٧-٢-١-٩-	ترتيبات التسليح الثانوي للجوائز	131
٧-٢-٢-	الاشتراطات البعدية للجوائز ذات القطاع المستطيل	132
٧-٢-٣-	الجوائز على شكل حرف T أو حرف L	133
٧-٢-٣-١-	أنواع الجوائز بشكل حرف T	133
٧-٢-٣-٢-	العرض الفعال للقطاع بشكل حرف T	134
٧-٢-٣-٣-	حساب القطاعات بشكل حرف L	134
٧-٢-٣-٤-	السمك الأدنى للجناح	135
٧-٢-٣-٥-	نسبة مجاز الجائز إلى ارتفاعه	135
٧-٢-٣-٦-	اشتراطات خاصة بتسليح القطاعات بشكل T	135
٧-٣-	**البلاطات**	**136**
٧-٣-١-	عموميات	136
٧-٣-١-١-	أهم أنواع البلاطات	136
٧-٣-١-٢-	اشتراطات عامة للبلاطات	136
٧-٣-١-٣-	الفتحات في البلاطات	137
٧-٣-١-٤-	تحديد البلاطات ذات الاتجاه الواحد	140
٧-٣-١-٥-	تحديد البلاطات ذات الاتجاهين	140
٧-٣-٢-	البلاطات المصمتة ذات الاتجاه الواحد	141
٧-٣-٢-١-	الاشتراطات البعدية للبلاطات	141
٧-٣-٢-٢-	مساحات التسليح الدنيا والقصوى للبلاطات	142
٧-٣-٢-٣-	ترتيبات التسليح للبلاطات	142
٧-٣-٣-	البلاطات المصمتة ذات الاتجاهين	145
٧-٣-٣-١-	الاشتراطات البعدية للبلاطات ذات الاتجاهين	145
٧-٣-٣-٢-	تسليح البلاطات المصمتة ذات الاتجاهين	145
٧-٣-٤-	البلاطات المفرغة (غير المصمتة) ذات الاتجاه الواحد	145
٧-٣-٤-١-	الاشتراطات البعدية للبلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد	146
٧-٣-٤-٢-	تسليح البلاطات المفرغة ذات الاتجاه الواحد	148
٧-٣-٤-٣-	الأعصاب العرضية (أعصاب التقوية)	149
٧-٣-٤-٤-	قوالب البلوك أو الآجر المفرغ	150
٧-٣-٥-	البلاطات المفرغة ذات الأعصاب باتجاهين	150
٧-٣-٥-١-	الاشتراطات البعدية للبلاطات المفرغة ذات الأعصاب باتجاهين	150

٧-٣-٥-٢-	تسليح البلاطات المفرغة ذات الأعصاب باتجاهين	151
٧-٣-٦-	البلاطات الفطرية (المسطحة أو اللا جائزية)	151
٧-٣-٦-١-	دلالات	151
٧-٣-٦-٢-	الاشتراطات البعدية للبلاطات الفطرية	154
٧-٣-٦-٣-	مساحات التسليح الدنيا والقصوى للبلاطات الفطرية	155
٧-٣-٦-٤-	ترتيب التسليح في البلاطات الفطرية	155
٧-٣-٦-٥-	تسليح تيجان أعمدة البلاطات الفطرية	156
٧-٤-	**الجدران المسلحة الحاملة**	**156**
٧-٤-١-	تعريف الجدار الحامل	156
٧-٤-٢-	الاشتراطات البعدية للجدران الحاملة	157
٧-٤-٣-	الطول الفعال لتحنيب الجدران الحاملة	157
٧-٤-٣-١-	في المباني العادية التي لا يزيد ارتفاعها على 50 متر	157
٧-٤-٣-٢-	في المباني التي يزيد ارتفاعها على 50 متر	158
٧-٤-٤-	العرض الفعال لمقاومة الأحمال المركزة	158
٧-٤-٥-	مساحات التسليح الدنيا والقصوى للجدران الحاملة	158
٧-٤-٦-	ترتيبات التسليح في الجدران المسلحة الحاملة (بما فيها جدران القص)	159
٧-٤-٧-	الفتحات في الجدران الحاملة وفي جدران القص	161
٧-٤-٨-	الجدران المسلحة الحاملة بشكل لمعات	161
٧-٥-	**جدران القص**	**162**
٧-٥-١-	تعريف جدار القص	162
٧-٥-٢-	الاشتراطات البعدية لجدران القص	163
٧-٥-٣-	مساحات التسليح الدنيا والقصوى لجدران القص	164
٧-٥-٤-	ترتيبات التسليح في جدران القص	164
٧-٦	**الجوائز العميقة**	**165**
٧-٦-١-	تعاريف	165
٧-٦-٢-	الاشتراطات البعدية للجوائز العميقة	165
٧-٦-٣-	مساحات التسليح الدنيا والقصوى للجوائز العميقة	166
٧-٦-٤-	ترتيبات التسليح في الجوائز العميقة	166
٧-٦-٤-١-	حالة الجوائز العميقة للقص فقط	166
٧-٦-٤-٢-	حالة الجائز البسيط	166
٧-٦-٤-٣-	حالة الجائز المستمر	166
٧-٦-٤-٤-	حالة الأحمال المعلقة	167
٧-٦-٤-٥-	جوائز ربط جدران القص	168
٧-٧-	**الأظفار القصيرة والأكتاف**	**168**

٧-٧-١-	تعاريف	168
٧-٧-٢-	الاشتراطات البعدية للأظفار القصيرة والأكتاف	169
٧-٧-٣-	مساحات التسليح الدنيا والقصوى للأظفار القصيرة والأكتاف	169
٧-٧-٤-	ترتيبات التسليح للأظفار القصيرة والأكتاف	169
٧-٧-٥-	نظرية القص - الاحتكاك	171
٧-٨-	**جدران الأقبية في المباني**	**171**
٧-٨-١-	تعاريف	171
٧-٨-٢-	الاشتراطات البعدية لجدران الأقبية	171
٧-٨-٣-	مساحات التسليح الدنيا والقصوى لجدران الأقبية	171
٧-٨-٤-	ترتيبات التسليح لجدران الأقبية	171
٧-٩-	**الأدراج**	**172**
٧-٩-١-	عموميات	172
٧-٩-١-١-	أنواع استناد الأدراج	172
٧-٩-١-٢-	توزيع الأحمال في الدرج	172
٧-٩-١-٣-	العرض الفعال للدرج	172
٧-٩-١-٤-	المجاز الفعال للدرج	172
٧-٩-١-٥-	الارتفاع الفعال لقطاع الدرج	173
٧-٩-٢-	الاشتراطات البعدية للدرج	173
٧-٩-٣-	مساحات التسليح الدنيا والقصوى للدرج	173
٧-٩-٤-	ترتيبات التسليح للأدراج	173
٧-٩-٥-	الأدراج الجائزية بالاتجاه الطويل	174
٧-٩-٦-	الأدراج الجائزية بالاتجاه القصير	178
٧-٩-٧-	الأدراج الظفرية	178
٧-٩-٨-	الأدراج الحرة	180
٧-١٠-	**الأساسات والقواعد والشيناجات (الكمرات الأرضية)**	**181**
٧-١٠-١-	تعاريف	181
٧-١٠-٢-	الاشتراطات البعدية للأساسات والقواعد والشيناجات	181
٧-١٠-٢-١-	الأساسات	181
٧-١٠-٢-٢-	القواعد	182
٧-١٠-٢-٣-	الشيناجات	182
٧-١٠-٣-	مساحات التسليح الدنيا والقصوى للأساسات والقواعد والشيناجات	183
٧-١٠-٤-	ترتيبات التسليح للأساسات والقواعد والشيناجات	183
٧-١١-	**الاحتياطات في طرائق الإنشاء والتسليح للمساهمة في مقاومة الزلازل**	184
٧-١١-١-	الاحتياطات في اختبار المواد	184

٧-١١-٢-	الاحتياطات والاشتراطات في تسليح الإطارات المقاومة للزلازل	184
٧-١١-٣-	الاحتياطات للجوائز (الكمرات)	185
٧-١١-٤-	الاحتياطات للأعمدة	186
٧-١١-٥-	الاحتياطات والاشتراطات للشيناجات	187
الباب الثامن:	**٨- الافتراضات الأساسية في تحليل المنشآت**	**188**
٨-١-	**طرائق التحليل**	**188**
٨-٢-	**تحليل المنشآت بالطرائق المبسطة**	**188**
٨-٢-١-	تحليل المنشآت الهيكلية ذات العناصر الخطية	188
٨-٢-٢-	الفرضيات الأساسية في المجالين المرن واللدن	188
٨-٢-٣-	اشتراطات عامة للعناصر الخطية بالطرائق المبسطة	189
٨-٢-٤-	وضعيات التحميل المختلفة في الحالة العامة للمنشآت الهيكلية	190
٨-٢-٥-	إعادة توزيع القوى الداخلية	191
٨-٣-	**حساب العناصر الخطية في منشآت المباني تحت تأثير أحمال الثقالة**	**191**
٨-٣-١-	النماذج المبسطة للجمل الحسابية في المباني	191
٨-٣-٢-	حالات التحميل المبسطة للجوائز والأعمدة	193
٨-٣-٢-١-	الجوائز	193
٨-٣-٢-٢-	الأعمدة	194
٨-٣-٣-	نقل الأحمال للجوائز	195
٨-٣-٤-	تحليل الجوائز بطرائق مبسطة	196
٨-٣-٤-١-	طريقة العوامل التقريبية	197
٨-٣-٤-٢-	طريقة التحويل إلى جوائز مركبة	198
٨-٣-٥-	حساب الأعمدة	199
٨-٤-	**تحليل البلاطات المعرضة لأحمال متعامدة مع مستويها**	**200**
٨-٤-١-	البلاطات المليئة (المصمتة) العاملة باتجاه واحد	200
٨-٤-٢-	البلاطات المليئة (المصمتة) العاملة باتجاهين	202
٨-٤-٢-١-	طريقة خطوط الانكسار	202
٨-٤-٢-٢-	طريقة الجداول	203
٨-٤-٢-٣-	طريقة الشرائح	208
٨-٤-٢-٤-	الطريقة المبسطة	209
٨-٤-٣-	البلاطات المفرغة باتجاه واحد	211
٨-٤-٤-	البلاطات المفرغة باتجاهين	211
٨-٤-٥-	البلاطات ذات الجوائز المتصالبة	212
٨-٤-٦-	البلاطات الفطرية (اللاجائزية - دون جوائز)	213

٨-٤-٦-١-	حساب البلاطات الفطرية كهياكل (إطارات مستمرة)	214
٨-٤-٦-٢-	الحساب الافتراضي للبلاطات الفطرية المعرضة لأحمال منتظمة التوزيع	216
٨-٤-٦-٣-	القص في البلاطات الفطرية	218
٨-٤-٦-٤-	ترتيبات التسليح للبلاطات الفطرية	218
٨-٥-	**تحليل الجدران الحاملة المسلحة**	**218**
٨-٥-١-	حساب القوى الناظمية	218
٨-٥-٢-	حساب عزوم الانحناء	219
٨-٦-	**تحليل جدران القص الخرسانية المسلحة**	**219**
٨-٧-	**تحليل الجوائز العميقة**	**220**
٨-٧-١-	المقدمة	220
٨-٧-٢-	التحليل بالحالة العامة	221
٨-٧-٣-	التحليل المبسط للجوائز العميقة	221
٨-٧-٣-١-	دلالات	221
٨-٧-٣-٢-	حساب التسليح الرئيسي للجوائز العميقة	222
٨-٧-٣-٣-	حساب التسليح الثانوي للجوائز العميقة	223
٨-٧-٣-٤-	حالة الأحمال المعلقة على الجائز العميق	223
٨-٨-	**تحليل الأظفار القصيرة والأكتاف**	**224**
٨-٩-	**تحليل الجدران الخرسانية المسلحة لأقبية المباني**	**224**
٨-١٠-	**تحليل الأدراج**	**225**
٨-١١-	**تحليل الأساسات والقواعد والشيناجات**	**225**
٨-١٢-	**تحليل المنشآت بطرائق المصفوفات**	**225**
٨-١٢-١-	نمذجة المنشآت	225
٨-١٢-٢-	نمذجة العناصر الخطية	226
٨-١٢-٣-	النمذجة للحل بطريقة القساوة	226
٨-١٢-٤-	النمذجة للحل بطريقة الليونة	228
٨-١٢-٥-	تحليل المنشآت من تأثير الأفعال غير المباشرة	228
٨-١٣-	**تحليل العناصر والمنشآت الأخرى**	**229**
٨-١٣-١-	الأساسات	229
٨-١٣-٢-	الجدران الاستنادية	229
٨-١٣-٣-	الخزانات	229
٨-١٣-٤-	المنشآت الخرسانية المسبقة الصنع والمنشآت الخرسانية المسبقة الإجهاد	229
٨-١٣-٥-	المقاطع المركبة	229
٨-١٣-٦-	الجسور والعبارات	229

٨-١٣-٧-	المآذن والمداخن وأبراج التبريد في المنشآت الصناعية	229
٨-١٣-٨-	السقوف المثنية والقشريات	229
٨-١٣-٩-	قواعد الآلات	229
٨-١٣-١٠-	الصوامع والقواديس	229
الباب التاسع:	**٩- حالات الحدود القصوى**	**230**
٩-١-	**المقدمة**	230
٩-٢-	**حالات حد الانهيار (الحد الأقصى للمقاومة)**	231
٩-٢-١-	المبادئ الأساسية والفرضيات لحالة حد الانهيار بتأثير الإجهادات الناظمية على القطاع (الانهيار في مستو ناظمي)	231
٩-٢-٢-	أشكال الانهيار المحتملة	232
٩-٢-٣-	العلاقات الأساسية للحساب في حالات الضغط البسيط (الأعمدة القصيرة)	233
٩-٢-٤-	العلاقات الأساسية للحساب في خالة الشد البسيط	235
٩-٢-٥-	العلاقات الأساسية للحساب في حالة الانحناء البسيط	236
٩-٢-٥-١-	تعريف الحالة التوازنية (الانحناء البسيط)	236
٩-٢-٥-٢-	مساحات التسليح العظمى	237
٩-٢-٥-٣-	العلاقات الأساسية المعتمدة في تصميم وتحقيق القطاعات المستطيلة أحادية التسليح	237
٩-٢-٥-٤-	العلاقات الأساسية المعتمدة في تصميم وتحقيق القطاعات بشكل T الأحادية التسليح	240
٩-٢-٥-٥-	العلاقات الأساسية المعتمدة في تصميم وتحقيق القطاعات المستطيلة ثنائية التسليح	242
٩-٢-٥-٦-	العلاقات الأساسية للحساب في حالة الضغط اللامركزي البسيط	243
٩-٢-٥-٧-	حالة قطاع مستطيل مسلح بتسليح متوضع على طرفي القطاع	245
٩-٢-٥-٨-	مخططات الترابط	246
٩-٢-٥-٩-	قيم معامل تخفيض المقاومة (Ω)	247
٩-٢-٥-١٠-	حالة اللامركزية المركبة	247
٩-٢-٥-١١-	العلاقات الأساسية للحساب في حالة الشد اللامركزي (اللا مركزية الكبيرة)	248
٩-٢-٥-١٢-	العلاقات الأساسية للحساب في حالة الشد اللامركزي (اللا مركزية الصغيرة)	250
٩-٢-٦-	العناصر المضغوطة الطويلة والحساب للتحنيب	250
٩-٢-٧-	الافتراضات الأساسية لحالة حد الانهيار بتأثير الإجهادات المماسية	256
٩-٢-٨-	تصميم القطاعات المعرضة لقوى القص الحدية	256

٩-٢-٨-١-	قوى القص المؤثرة لحساب إجهادات القص الحدي	256
٩-٢-٨-٢-	الحساب الافتراضي لإجهاد القص الحدي	257
٩-٢-٨-٣-	الحد الأدنى للتسليح العرضي في حالة القص الحدي	258
٩-٢-٨-٤-	الإجهاد المماسي المسموح مقاومته بالخرسانة τ_{cu} الناتج عن القص الحدي	258
٩-٢-٨-٥-	تصميم التسليح العرضي لمقاومة القص الحدي	260
٩-٢-٩-	تصميم القطاعات المعرضة لعزوم فتل (لي) حدية	261
٩-٢-٩-١-	عزوم الفتل الحدية المؤثرة لحساب الإجهادات المماسية	261
٩-٢-٩-٢-	حساب الإجهاد المماسي الافتراضي الناتج عن الفتل الحدي	262
٩-٢-٩-٣-	الحد الأدنى للتسليح العرضي في حالة الفتل الحدي	262
٩-٢-٩-٤-	الإجهاد المماسي المسموح مقاومته بالخرسانة τ_{tcu} الناتج عن الفتل الحدي	262
٩-٢-٩-٥-	تصميم التسليح اللازم لمقاومة الفتل الحدي	263
٩-٢-١٠-	تصميم القطاعات المعرضة للقص والفتل الحديين	263
٩-٢-١٠-١-	قوى القص وعزوم الفتل المؤثرة في حساب إجهادات القص الحدية	263
٩-٢-١٠-٢-	الحساب الافتراضي لإجهاد القص الحدي	264
٩-٢-١٠-٣-	الحد الأدنى للتسليح العرضي الحدي	264
٩-٢-١٠-٤-	الإجهاد المماسي الحدي المسموح مقاومته بالخرسانة	264
٩-٢-١٠-٥-	تصميم التسليح لمقاومة القص والفتل الحديين	265
٩-٢-١٠-٦-	شروط خاصة بتصميم الجوائز العميقة	265
٩-٢-١٠-٧-	شروط خاصة بتصميم جدران القص	266
٩-٢-١٠-٨-	شروط خاصة بالبلاطات وقواعد الأساسات بجوار الأحمال المركزة	266

الباب العاشر:	**١٠- حالات حدود الاستثمار**	**267**
١٠-١-	**أساسيات في حالات حدود الاستثمار**	**267**
١٠-٢-	**الفرضيات في حالات حدود الاستثمار**	**268**
١٠-٣-	**حالة حد تجاوز الإجهادات المسموح بها**	**268**
١٠-٣-١-	مجال الاستعمال	268
١٠-٣-٢-	قيم الإجهادات الناظمية المسموح بها	270
١٠-٣-٢-١-	الشد أو الضغط لفولاذ التسليح في حالات حدود الاستثمار	270
١٠-٣-٢-٢-	الضغط في الخرسانة في حالات حدود الاستثمار	270
١٠-٣-٢-٣-	الشد المركزي والشد اللامركزي في الخرسانة	272
١٠-٣-٣-	حساب القطاعات لمقاومة الإجهادات الناظمية	272
١٠-٣-٣-١-	حساب المقاطع المعرضة لعزم انعطاف بسيط	272
١٠-٣-٣-٢-	حساب المقاطع المعرضة للضغط البسيط (الأعمدة القصيرة)	272

١٠-٣-٣-٣-	حساب المقاطع المعرضة للضغط اللامركزي	274
١٠-٣-٣-٤-	حساب المقاطع المضغوطة للأعمدة النحيفة	275
١٠-٣-٤-	الحساب للإجهادات المماسية في حالات حدود الاستثمار	276
١٠-٣-٤-١-	عموميات	276
١٠-٣-٤-٢-	مقاومة الإجهادات المماسية في حالات حدود الاستثمار	276
١٠-٣-٥-	تصميم المقاطع المعرضة لقوى القص	276
١٠-٣-٥-١-	قوى القص المؤثرة لحساب إجهادات القص	276
١٠-٣-٥-٢-	الحساب الافتراضي لإجهاد القص	277
١٠-٣-٥-٣-	الحد الأدنى للتسليح العرضي	277
١٠-٣-٥-٤-	الإجهاد المماسي المسموح به في الخرسانة والناتج عن قوى القص	277
١٠-٣-٥-٥-	تصميم التسليح العرضي لمقاومة القص	280
١٠-٣-٦-	تصميم المقاطع المعرضة لعزوم فتل	281
١٠-٣-٦-١-	عزوم الفتل المؤثرة لحساب الإجهادات المماسية في حالات حدود الاستثمار	281
١٠-٣-٦-٢-	حساب الإجهاد المماسي الافتراضي الناتج عن الفتل	281
١٠-٣-٦-٣-	الحد الأدنى للتسليح العرضي في حالات حدود الاستثمار	282
١٠-٣-٦-٤-	الإجهاد المماسي المسموح مقاومته بالخرسانة في حالة الفتل	282
١٠-٣-٦-٥-	تصميم التسليح اللازم لمقاومة الفتل	282
١٠-٣-٧-	تصميم القطاعات المعرضة للقص والفتل (اللي)	283
١٠-٣-٧-١-	قوى القص وعزوم الفتل المؤثرة لحساب إجهادات القص	283
١٠-٣-٧-٢-	الحساب الافتراضي لإجهاد القص	283
١٠-٣-٧-٣-	الحد الأدنى للتسليح العرضي للمقاطع المعرضة للقص والفتل	283
١٠-٣-٧-٤-	الإجهاد المماسي المسموح مقاومته بالخرسانة للمقاطع المعرضة للقص والفتل	283
١٠-٣-٧-٥-	تصميم التسليح لمقاومة القص والفتل	284
١٠-٣-٧-٦-	شروط خاصة بتصميم الجوائز العميقة المعرضة للقص والفتل	84
١٠-٣-٧-٧-	شروط خاصة بتصميم جدران القص المعرضة للقص والفتل	285
١٠-٣-٧-٨-	شروط خاصة بالبلاطات وقواعد الأساسات المعرضة للقص والفتل بجوار الأحمال المركزة	286
١٠-٤-	**حالة حد التشقق المعيب**	**286**
١٠-٤-١-	المقدمة	286
١٠-٤-٢-	تقسيم المنشآت الخرسانية حسب حد التشقق	286
١٠-٤-٣-	وسائل تلافي الوصول إلى حد التشقق	287
١٠-٥-	**حالة حد التشكل المعيب**	**288**

الباب الحادي عشر: ١١- التماسك والإرساء وتفاصيل التسليح 292

١١-١- **تعريف التماسك** 292
١١-٢- **عوامل أساسية في التماسك والإرساء (التثبيت) وتفاصيل التسليح** 292
١١-٣- **أطوال التثبيت الأساسية** 293
١١-٣-١- طول التثبيت الأساسي في حالة الشد L_b (التسليح المستقيم) 293
١١-٣-٢- طول التثبيت الأساسي في حالة الضغط (التسليح المستقيم) 293
١١-٣-٣- استعمال العكفات النظامية في تأمين طول تثبيت التسليح 294
١١-٣-٤- تثبيت الأساور 296
١١-٣-٥- استعمال طرائق أخرى لتثبيت القضبان المشدودة 297
١١-٤- **وصل القضبان** 297
١١-٤-١- وصلات الركوب 297
١١-٤-٢- وصلات اللحام 298
١١-٤-٣- وصلات ميكانيكية 298
١١-٥- **كيفية التحقق من التماسك** 299
١١-٥-١- التحقق في حالة قضبان تسليح الشد السالبة 299
١١-٥-٢- التحقق في حالة قضبان تسليح الشد الموجبة 299
١١-٥-٣- التحقق في حالة قضبان تسليح الضغط 302
١١-٦- **توقيف أطراف القضبان** 302
١١-٧- **المسافات بين قضبان التسليح** 302
١١-٧-١- المسافات الرأسية بين القضبان 303
١١-٧-٢- المسافات الأفقية بين القضبان 303
١١-٨- **رزم القضبان** 303
١١-٩- **الغطاء الخرساني للتسليح** 303
١١-١٠- **وصل قضبان الأعمدة** 304

الباب الثاني عشر: ١٢- إعداد الرسومات 305

١٢-١- **الرسومات والترخيص** 305
١٢-٢- **رسومات المشروع الابتدائي** 305
١٢-٣- **الرسومات التنفيذية** 305
١٢-٣-١- تحضير الرسومات التنفيذية 305
١٢-٣-٢- بيان الرسومات التنفيذية المطلوبة 306
١٢-٣-٣- جدول عنوان الرسم ومشتملاته 306
١٢-٣-٤- ترتيبات خاصة برسومات القوالب 307

١٢-٣-٥-	ترتيبات خاصة برسومات التسليح	307
١٢-٣-٦-	شروط تنفيذية تتعلق بالرسومات	308

الباب الثالث عشر: ١٣- القوالب والتنفيذ والاختبار **309**

١٣-١-	**ترتيبات خاصة بالقوالب**	**309**
١٣-١-١-	تصنيف القوالب	309
١٣-١-٢-	تركيب القوالب	309
١٣-١-٣-	تجهيز القوالب قبل الصب	309
١٣-١-٤-	فك القوالب	310
١٣-٢-	**صفائح (بلاكات) التثبيت**	**311**
١٣-٣-	**التكسير في الخرسانة بعد صبها**	**312**
١٣-٤-	**التسليح**	**312**
١٣-٤-١-	التنظيف	312
١٣-٤-٢-	الثني	312
١٣-٤-٣-	الرص والتثبيت	312
١٣-٤-٤-	وصل القضبان باللحام	312
١٣-٤-٥-	التيارات الكهربائية	313
١٣-٥-	**ترتيبات خاصة بالخرسانة**	**313**
١٣-٥-١-	المواد	313
١٣-٥-١-١-	حفظ المواد	313
١٣-٥-١-٢-	قياس المواد	313
١٣-٥-٢-	صنع الخرسانة	314
١٣-٥-٣-	الخلط	314
١٣-٥-٤-	نقل الخرسانة إلى موقع الصب	314
١٣-٥-٥-	صب الخرسانة	314
١٣-٥-٦-	دمك الخرسانة	315
١٣-٥-٧-	فواصل الصب	316
١٣-٥-٨-	فواصل الانكماش	316
١٣-٥-٩-	فواصل التمدد	316
١٣-٥-١٠-	وقاية الخرسانة ومعالجتها	317
١٣-٦-	**اختبارات المواد الداخلة في تركيب الخرسانة**	**317**
١٣-٧-	**اختبارات الخرسانة**	**318**
١٣-٧-١-	عموميات	318
١٣-٧-٢-	الاختبارات الأولية المخبرية لتصميم الخلطة الخرسانية	318

١٣-٧-٣-	اختبارات الموقع لمراقبة جودة التصنيع	319
١٣-٧-٣-١-	عدد عينات الاختبار في الضغط	319
١٣-٧-٣-٢-	تحضير واختبار العينات لاختبار الضغط	320
١٣-٧-٣-٣-	تقويم نتائج اختبارات مراقبة الجودة وقبول الخرسانة	320
١٣-٧-٣-٤-	إجراءات التحقق من ملاءمة الخرسانة المصبوبة في المنشأة للتصميم	322
١٣-٧-٤-	اختبارات الخرسانة المتصلبة	323
١٣-٧-٤-١-	الاختبارات غير المخبرية	323
١٣-٧-٤-٢-	اختبار الجزرات	324
١٣-٨-	**التفتيش على الخرسانة بعد صبها**	**325**
١٣-٩-	**اختبارات تحميل المنشآت الخرسانية**	**325**
١٣-١٠-	**التفاوت المسموح به**	**326**
١٣-١٠-١-	التفاوت المسموح به في الأبعاد	326
١٣-١٠-٢-	التفاوت المسموح به في الاستقامة العمودية	327
١٣-١٠-٣-	التفاوت المسموح به في الاستقامة الطولية	327
١٣-١٠-٤-	التفاوت المسموح به في وضع التسليح	327
١٣-١٠-٤-١-	التفاوت المسموح به بين أدنى مسافة لقضبان التسليح وبين وجه القالب	327
١٣-١٠-٤-٢-	التفاوت المسموح به في وضع قضبان التسليح الرئيسية	328
١٣-١٠-٤-٣-	التفاوت المسموح به في وضع التسليح العرضي	328

الملاحق:

الملحق (أ):	**العلاقات بين وحدات النظام الدولي SI والنظام المتري وجدول بقيم المعامل الإحصائي k**	**329**
أ-١-	المقدمة	329
أ-٢-	بادئات النظام الدولي للوحدات	329
أ-٣-	العلاقات بين النظام الدولي للوحدات SI والنظام المتري	330
أ-٤-	جدول بقيمة المعامل (k) بالنسبة لعدد الاختبارات (العينات) واحتمالية حدوث مقاومات أقل من المقاومة المميزة	331
الملحق (ب):	**منحنيات التدرج الحبي للحصويات (للركام)**	**332**
ب-١-	أربعة منحنيات للتدرج الحبي للحصويات بمقاس اسمي أعظمي 38.1 مم	332
ب-٢-	أربعة منحنيات للتدرج الحبي للحصويات بمقاس اسمي أعظمي 19.1 مم	332

الملحق (ج):	**سرعات الهبات القصوى التي تحدث مرة كل 50 سنة (متر / ثانية)**	**333**
الملحق (د):	**الخارطة الزلزالية للجمهورية العربية السورية المستعملة في الطريقة الاستاتيكية المكافئة**	**334**
الملحق (هـ):	**جدول بقيم التسارعات الأرضية العظمى (PGA) المحتملة على الطبقة الصخرية الصلبة خلال خمسون عاماً مع احتمالية عدم تجاوز 90% مقدرة بالـ cm/sec2، لأهم مراكز المدن والبلدات في سورية، المستعملة في الطريقة الاستاتيكية المكافئة**	**335**
الملحق (و):	**طريقة مطورة لدراسة العناصر المضغوطة مع أخذ تأثير النحافة**	**337**
و-٠-	**الرموز**	**337**
و-١-	**تأثيرات النحافة في العناصر المضغوطة (الأعمدة وما يماثلها)**	**339**
و-١-١-	الحالات التي يمكن فيها إهمال تأثيرات النحافة	339
و-١-٢-	الإجراءات اللازمة عندما لا يسمح بإهمال تأثير النحافة	340
و-١-٣-	التحليل غير الخطي من الدرجة الثانية	341
و-١-٤-	التحليل الخطي من الدرجة الثانية	341
و-١-٥-	عملية تكبير (تضخيم) العزم	342
و-١-٦-	عملية تكبير (تضخيم) العزم – حالة عدم الإزاحة الجانبية	343
و-١-٧-	عملية تكبير (تضخيم) العزم – حالة الإزاحة الجانبية	344
و-٢-	**العناصر المحملة محورياً الحاملة لجملة بلاطات**	**345**
و-٣-	**انتقال أحمال الأعمدة ضمن جملة السقف**	**346**
الملحق (ز):	**دراسة مطورة للإطارات المقاومة للعزوم ولجدران القص في المباني والمنشآت المقاومة للزلازل**	**347**
ز-٠-	**مقدمة**	**347**
ز-١-	**اشتراطات عامة**	**348**
ز-١-٠-	الرموز	348
ز-١-١-	المجال	351
ز-١-٢-	تحليل وتنسيب (حساب أبعاد) العناصر الإنشائية	352
ز-١-٣-	عوامل تخفيض المقاومة	352
ز-١-٤-	الخرسانة المستعملة في الإطارات العزمية الخاصة والجدران	

	الإنشائية (جدران القص) الخاصة	353
ز-١-٥-	فولاذ التسليح المستعمل في الإطارات العزمية (المقاومة للعزوم) الخاصة وفي جدران القص الخاصة	353
ز-١-٦-	الوصلات الميكانيكية في الإطارات العزمية الخاصة وجدران القص الخاصة	354
ز-١-٧-	الوصلات الملحومة في في الإطارات العزمية الخاصة وجدران القص (الإنشائية) الخاصة	354
ز-٢-	**الإطارات العادية المقاومة للعزوم (إطارات عزمية عادية)**	**355**
ز-٢-١-	المجال	355
ز-٣-	**الإطارات المتوسطة المقاومة للعزوم (إطارات عزمية متوسطة)**	**355**
ز-٣-١-	المجال	355
ز-٣-٢-	**المتطلبات التي يجب أن تحققها تفاصيل التسليح في عناصر الإطار**	356
ز-٣-٣-	**مقاومة القص التصميمية الدنيا للجوائز والأعمدة المقاومة للزلازل**	356
ز-٣-٤-	الجوائز	359
ز-٣-٥-	الأعمدة	359
ز-٣-٦-	البلاطات باتجاهين دون جوائز	360
ز-٤-	**الجدران الإنشائية المتوسطة المسبقة الصنع**	**364**
ز-٥-	**عناصر الإنعطاف للإطارات الخاصة المقاومة للعزوم**	**364**
ز-٥-١-	المجال	364
ز-٥-٢-	التسليح الطولي	365
ز-٥-٣-	التسليح العرضي	366
ز-٥-٤-	متطلبات مقاومة القص	368
ز-٦-	**عناصر الإطارات الخاصة المقاومة للعزوم المعرضة لعزم انعطاف وقوة محورية**	**370**
ز-٦-١-	المجال	370
ز-٦-٢-	المقاومة الدنيا للانعطاف في الأعمدة	370
ز-٦-٣-	التسليح الطولي	371
ز-٦-٤-	التسليح العرضي	371
ز-٦-٥-	اشتراطات مقاومة القص	374
ز-٧-	**القص في عقد الإطارات الخاصة المقاومة للعزوم**	**375**
ز-٧-١-	المجال	375
ز-٧-٢-	اشتراطات عامة	375
ز-٧-٣-	التسليح العرضي	375
ز-٧-٤-	مقاومة القص	376

ز-٧-٥-	طول الإرساء لقضبان التسليح المشدودة	378
ز-٨-	**الإطارات الخاصة المقاومة للعزوم المشيدة من الخرسانة السابقة الصب**	**379**
ز-٩-	**جدران القص الخاصة وجوائز الربط بين الجدران**	**379**
ز-٩-١-	المجال	379
ز-٩-٢-	التسليح	379
ز-٩-٣-	القوى التصميمية	380
ز-٩-٤-	مقاومة القص	380
ز-٩-٥-	التصميم لمقاومة الانعطاف والقوى المحورية	382
ز-٩-٦-	المقاطع الطرفية (العناصر الحدودية) لجدرانالقص الخاصة	382
ز-٩-٧-	جوائز الربط بين جدران القص	385
ز-١٠-	**الجدران الإنشائية الخاصة المشيدة من الخرسانة السابقة الصب**	**388**
ز-١١-	**الأحجبة (الديافرامات) الإنشائية والجوائز الشبكية**	**388**
ز-١١-١-	المجال	388
ز-١١-٢-	قوى التصميم	388
ز-١١-٣-	مسار الحمل الزلزالي	388
ز-١١-٤-	الأحجبة المركبة من بلاطات تغطية مصبوبة بالمكان	389
ز-١١-٥-	أحجبة بلاطات التغطية المصبوبة في المكان	389
ز-١١-٦-	السماكة الدنيا للأحجبة	390
ز-١١-٧-	التسليح	390
ز-١١-٨-	مقاومة الانعطاف	391
ز-١١-٩-	مقاومة القص	391
ز-١١-١٠-	فواصل الصب	392
ز-١١-١١-	الشبكيات (الجوائز) الإنشائية	392
ز-١٢-	**الأساسات**	**392**
ز-١٢-١-	المجال	392
ز-١٢-٢-	القواعد وحصائر الأساسات وقبعات الأوتاد	393
ز-١٢-٣-	الشيناحات والبلاطات على الأرض	393
ز-١٢-٤-	الأعمدة والركائز (الآبار الاسكندرانية) والقيسونات	394
ز-١٣-	**العناصر غير المصممة كجزء من الجملة المقاومة للقوى الزلزالية**	**395**
ز-١٣-١-	المجال	395
ز-١٣-٢-	تفصيل عناصر الإطارات	395
ز-١٣-٣-	تراكيب الأحمال في مواقع تراكب عزوم الانعطاف وقوى القص	395
ز-١٣-٤-	التحقيقات المطلوبة في حالة العزوم وقوى القص الزائدة الناتجة عن δu	396

الملحق (ح):	**دراسة مطورة للأظفار القصيرة والأكتاف**	**397**
ح-١-	**تعاريف**	**397**
ح- ٢-	**اشتراطات الأبعاد والأحمال**	**398**
ح- ٣-	**التسليح اللازم في الأظفار القصيرة والأكتاف**	**398**
ح-٣-١-	تسليح الشد الرئيسي As	399
ح-٣-٢-	التسليح الثانوي (الأساور الأفقية) A_h	399
ح-٣-٣-	التسليح الإنشائي	399
ح-٤-	**قيم معامل الاحتكاك μ المستعملة عند حساب المقاومة على القص الانزلاقي**	**399**
ح- ٥-	**خطوات حساب وتصميم الأظفار القصيرة والأكتاف**	**400**
ح-٥-١-	التحقيق لمقاومة القص	400
ح-٥-٢-	حساب التسليح الرئيسي	400
ح-٥-٣-	حساب التسليح الثانوي (الأساور الأفقية)	401
ح-٦-	**ترتيبات التسليح للأظفار القصيرة والأكتاف**	**402**
ح-٧-	**نظرية القص- الاحتكاك**	**402**

تصويبات للملحق (٣) الخاص بالتفاصيل والرسومات **403**

أسماء الزملاء الذين ساهمو مع اللجنة بإغناء الكود **404**

الباب الأول

1 المجال والغاية

١-١- مجال الكود وتطبيقه:

١ – يحدد هذا الكود الأحكام والتوصيات الدنيا التي يجب اتباعها في حساب المنشآت الخرسانية المسلحة وتصميمها وتنفيذها وتحقيقها. وهو يشمل القواعد التطبيقية لاستعمال مواد الخرسانة المسلحة ومواصفاتها وتشغيلها، ويتضمن طرائق الاختبار والتفتيش شرط ألا تكون المنشآت معرضة تعرضاً مستمراً لحرارة تزيد على (50) درجة مئوية، أو تعرضاً متقطعاً لأوقات تزيد على الربع ساعة لحرارة درجتها (70) درجة مئوية.

٢ – يعد هذا الكود جزءاً من أنظمة البناء وقوانينه في الجمهورية العربية السورية.

٣ – يطبق هذا الكود إلزامياً على المنشآت ذات الطابع الخاص، كالعقود والجسور (الكباري) والخزانات والمداخن والصوامع (الأهراءات) والوحدات الخرسانية السابقة الصنع والقشريات، في كل ما يتعلق بقيم الأفعال والأحمال الدنيا الذاتية والدائمة والحية بما في ذلك تأثير الرياح والزلازل وكذلك خواص المواد وقيم عوامل الأمان الدنيا، ويطبق أيضاً في كل ما لا تتعارض بنوده مع الميزات الخاصة لهذه المنشآت. وتطبق ملاحق الكود (حين صدورها) المتعلقة بهذه المنشآت على الميزات الخاصة لها.

٤ – تشمل ملاحق هذا الكود الاشتراطات الخاصة بـ:

- المنشآت المصنوعة من الخرسانة الخفيفة الوزن.
- المنشآت المصنوعة من الخرسانة السابقة الإجهاد.
- المنشآت المركبة من الخرسانة المسلحة والمقاطع المعدنية.
- المنشآت المعدنية.

٥ – تحدد الأفعال (القوى الخارجية من أحمال وتحميلات وتشكلات مفروضة ....) التي تؤثر على المنشآت الخرسانية، وتؤخذ أساساً للتصميم من أنظمة وقوانين البناء واشتراطات التصميم المعترف بها قانوناً، في حال وجودها، أو تعتمد نصوص هذا الكود.

٦ – تؤخذ خواص المواد ومقاومتها وطرائق اختبارها من المواصفات القياسية السورية والاشتراطات المعترف بها، وفي حال عدم وجودها تعتمد نصوص هذا الكود. ويسمح باستعمال الخرسانة ذاتية الرص (الدمك) على أن يتم تصميم الخلطة وتنفيذها وتطبيق

معايير الجودة والمراقبة وفقاً لمواصفات مختصة بهذا النوع من الخرسانة إلى إصدار مواصفات قياسية سورية خاصة بها .

٧ – يشترط أن يتولى مهندس نقابي اختصاصي مسؤول أعمال التصميم والحسابات والإشراف على التنفيذ والتحقق، وله أن يستعين بغيره على مسؤوليته.

١-٢- أغراض الكود:

تتلخص أغراض هذا الكود في أن تحقق المنشأة في أجزائها المختلفة ومجموعاتها بصفتها وحدة متكاملة، متطلبات الاستثمار والتشغيل التي أنشئت من أجلها طوال الفترة المفروضة لبقائها صالحة للاستثمار مع توفير معامل أمان كاف ضد الانهيار وعدم الاتزان والتشكل (التشوه) أو التشقق المعيب.

١-٢-١- تحديد معنى حالة الحد أو حالة عدم الصلاحية:

يقال عن إحدى المنشآت إنها بلغت "حالة الحد" أو "حالة عدم الصلاحية" عندما تكف هذه المنشأة في أحد عناصرها أو بعضها أو كلها عن تأدية الوظيفة أو مجموعة الوظائف المعدة لها، فتصل لواحدة من حالات الحدود الآتية:

١-٢-١-١- في نطاق المقاومة:

أ – حالة حد الانهيار (الحد الأقصى):

بتصدع مقطع للمنشأة أو بفقد الثبات في جزء منها أو في مجموعها كما لو كانت جسماً صلداً.

ب – حالة حد عدم الاتزان:

بالتحنيب (الانبعاج) أو بالتشققات أو التشكلات (التشوهات) الهامة التي تغير في الشكل الجيومتري للمنشأة.

١-٢-١-٢- في نطاق الاستثمار:

أ – حالة حد تجاوز الإجهادات المسموح بها.

ب – حالة حد التشقق المعيب: التي تسبب صدأ صلب (فولاذ) التسليح مثل مقاطع الخزانات التي تكون فيها السوائل من الجهة المشدودة، وكذلك مقاطع الجدران الإستنادية جهة الردميات المشبعة بالرطوبة أو المغمورة بالمياه الجوفية، والتي يلزم تحقيق الإجهادات الشادة في الخرسانة ' وفقاً للبند (١٠-٣-٢-٣).

ج – حالة حد التشكل (السهم) المعيب دون ضياع الاتزان، ويدخل فيه الارتجاج (الاهتزاز) غير المقبول.

١-٢-٢- طرائق الحساب:

يتم الحساب في هذا الكود وفق حالات الحدود. ويسمح الكود في بعض الحالات الخاصة، التي سيرد ذكرها لاحقاً، بالاكتفاء بحساب حالات المقاومة دون التحقق تفصيلاً في حالات الاستثمار، أو الاكتفاء بحساب حالة حد تجاوز الإجهادات المسموح بها، دون التحقق من حالات المقاومة وبعض حالات الاستثمار باعتبارها محققة ضمناً.

ويجب التنويه إلى أنه في حال التحقق من الحالات الحدية للمقاومة، تعتمد الفرضيات التي توافق حالة توازن الأفعال الناجمة عن القوى والأحمال الخارجية والأفعال الأخرى المصعدة، مع المقاومات الداخلية الدنيا التي يسمح بتصميم المنشأة على أساسها، وذلك باعتماد السلوك اللامرن للمواد والفرضيات نصف الاحتمالية في تحديد معاملات الأمان.

أما عند التحقق من حالة حد تجاوز الإجهادات المسموح بها، فتعتمد الفرضيات التي توافق حالة توازن الأفعال الناتجة عن القوى والأحمال والأفعال الأخرى الاستثمارية، دون تصعيد، مع المقاومات الداخلية، بحيث لاتتجاوز الإجهادات الفعلية المتولدة قيم الإجهادات المسموح بها للمواد، وذلك باعتماد فرضيات السلوك المرن لهذه المواد وإدخال معاملات الأمان ضمناً في الإجهادات المسموح بها.

تتلخص طريقة الحساب بتحديد الأمور الآتية:

١ – تحديد الخواص والمقاومات وطرائق الاختبار للمواد الداخلة في تركيب الخرسانة العادية والخرسانة المسلحة، وتحديد العوامل التي تؤثر عليها، وتحديد المقاومة المميزة التي يسمح بتصميم المنشأة على أساسها، وتحديد معاملات الأمان الكافية صراحة أو ضمناً أثناء التشييد وطوال الفترة المفروضة لبقاء المنشأة صالحة للاستثمار.

٢ – تحديد القوى الخارجية والأحمال الثابتة والمتحركة والأفعال الأخرى التي تؤثر على المنشأة أثناء تشييدها وطوال الفترة المفروضة لبقائها، وتحديد قيمها في ظروف التشغيل والاستثمار أو عند بلوغ إحدى حالات الحدود.

٣ – تحديد الأفعال في وحدات المنشأة المختلفة (عزوم الانحناء، قوى القص، القوى المحورية، الفتل، الخ ....) الناجمة عن القوى والأحمال والأفعال المبينة في (٢) وأنماط توزيعها واتزانها.

٤ – تحديد أبعاد القطاعات وتسليحها لتحمل محصلات الإجهادات الداخلية الناتجة عن الأفعال المشار إليها في (٣).

2 الباب الثاني
المصطلحات

فيما يلي جدول ببعض المصطلحات الخاصة بالكود مع معادلاتها باللغتين الإنكليزية والفرنسية:

Stress	Contrainte	إجهاد
Additives	Adjuvants	إضافات
Safety	Securité	أمان
Buckling	Flambement	انبعاج، تحنيب
Bending	Flexion	انحناء، انعطاف
Strain	Deformation unitaire	انفعال، تشوه نسبي
Splitting	Fendage	انفلاق
Shrinkage	Retait	انكماش
Failure	Rupture	انهيار
Span	Travée	مجاز
Gravel	Gravier	بحص
Slab	Dalle	بلاطة
Deformation	Déformation	تشكل، تشوه
Loading	Chargement	تحميل
Junction	Jonction	تربيط، وصلة
Reinforcement	Armature	تسليح
Deformed bars	Barres devurees	قضبان ذات نتوءات (محلزنة)
Plain bars	Barres lisses	قضبان ملساء
Hooping, confinement	Frettage	تطويق
Bond	Adhérence	تماسك
Web of Beam	Ame de pouter	جسد الجائز (عصب الجائز)
Limit state	Etat limite	حالة حد

Load	Charge	حمل
Concrete	Béton	خرسانة، بيتون
Lever arm	Bras de levier	ذراع الرافعة
Aggregates	Agregats	ركام
Support	Appui	ركيزة
Sand	Sable	رمل
Creep	Fluage	زحف، سيلان
Materials behaviour	Comportement des materiaux	سلوك المواد
Deflection	Fleche	سهم
Radius	Rayon	نصف قطر
Compression	Compression	ضغط
Compression flange	Table de compression	طاولة الضغط، (جناح الضغط)
Stirrups	Etrier	كانات، أساور
Development Length	Longueur d'adherence	طول التماسك (طول الإرساء)
Column	Pillier	عمود
Action	Action	فعل
Inertia	Inertie	قصور ذاتي، عطالة
Beam	Poutre	جائز
Contour	Contour	كونتور، خطوط تساوي تابع ما
Coefficient	Coefficient	معامل
Yield strength	Limite d'ecoulement	مقاومة الخضوع (السيلان)
Ultimate strength	Limite de rupture	المقاومة القصوى
Structure	Ossature	منشأة
Slenderness	Elancement	نحافة

3 الباب الثالث
الوحدات والرموز

٣-١- الوحدات:

إن الوحدات المستعملة في هذا الكود، هي الوحدات المقررة في المؤتمر العام للأوزان والمقاييس والمسماة بالنظام الدولي (SI).

ويمكن استعمال وحدات النظام المتري التقليدي (MKS).

ويبين الملحق رقم (أ) العلاقة بين وحدات النظام الدولي المعتمد في هذا الكود ووحدات النظام المتري التقليدي.

وللتبسيط على الزملاء فقد أعطيت الأرقام والعلاقات المقابلة بالنظام المتري التقليدي بين قوسين، ويسمح باستعمال العلاقات التقريبية الآتية بين القوى والإجهادات في النظامين:

$$1\ tf = 10\ kN$$
$$1\ kgf = 10\ N$$
$$1\ MPa = 10\ kgf/cm^2$$
$$1\ kN/m^2 = 100\ kgf/m^2$$

٣-٢- الرموز والدلالات:

يبين الجدول الآتي أهم الرموز والدلالات المعتمدة في هذا الكود:

٣-٢-١- رموز تتعلق بالقطاعات العرضية (المقاطع العرضية):

		Notations relating to cross-sections
مساحة القطاع العرضي	A	Cross- sectional area
مساحة قطاع الخرسانة العرضي	A_c	Cross-sectional area of concrete
مساحة قلب (نواة) القطاع	A_k	Cross-sectional area of core
مساحة قطاع التسليح الطولي للشد	A_s	Cross-sectional area of longitudinal tensile reinforcement
مساحة قطاع التسليح الطولي للضغط	A'_s	Cross-sectional area of longitudinal compressive reinforcement
مساحة قطاع الكانات (الأساور)	A_{st}	Cross-sectional area of stirrups
مساحة قطاع (مقطع) الحلزون	A_{sp}	Cross-sectional area of spirals
مساحة القطاع (المقطع) المكافئ	A_e	Transformed cross-sectional area

Width (stair or strip …)	B	عرض (درج أو شريحة ...)
Width of section	b	عرض القطاع
Width of web (T-Sections)	b_w	عرض جذع (جسد) القطاع
Efective width of compression flange	b_f	العرض الفعال لطاولة الضغط في المقطع
Thickness of concrete cover on steel reinforcement	c	سماكة الغطاء الخرساني لفولاذ (صلب) التسليح
Effective depth of section (distance from extreme compression fibre to centroid of tension steel)	d	العمق الفعال للقطاع (البعد بين أبعد ليف مضغوط ومركز فولاذ الشد)
Distance from extreme compression fibre to centroid of compression steel	d’	البعد بين أبعد ليف مضغوط ومركز فولاذ الضغط
Core diameter of a Spirally reinforced section	d_k	قطر نواة القطاع المسلح حلزونياً
Eccentricity of normal force from the centroid axis	e	لامركزية القوة من محور القطاع
Eccentricity of normal force from the centroid of tensile steel	e_s	لامركزية القوة من مركز فولاذ تسليح الشد
Total thickness of Section	h	السُمك الكلي للمقطع (للقطاع)
Height (vertical dimension)	H	ارتفاع (بُعد شاقولي)
Radius of gyration	i (or r)	نصف قطر العطالة (القصور الذاتي)
Moment of inertia	I	عزم العطالة (القصور الذاتي)
Stiffness	I / L	قساوة (جساءة)
Distance, Length, Span	L, l	مسافة، طول، مجاز (بحر)
Development length	l_b , l'_b	طول الإرساء
Radius	r	نصف قطر
Radius of gyration	r (or i)	نصف قطر العطالة (القصور الذاتي)
Distance	S	مسافة
Spacing of stirrups or spirals	s	المسافة بين محاور الكانات أو خطوة الحلزون
Statical moment of area	S	العزم الاستاتيكي للمساحة
Thickness (for slab or wall)	t	سمك (للبلاطة أو للجدار)
Thickness of flange of T- section	t_f	سمك جناح قطاع الجائز بشكل حرف T
Distance from extreme compression fiber to neutral axis in a section	x	البعد بين أبعد ليف مضغوط والمحور

		السليم في القطاع (المقطع)
Depth of rectangular compression block	y	عمق مستطيل مخطط إجهاد الضغط
Distance between internal tensile and compressive resultant forces in a section	z, (y_{ct})	البعد بين محصلتي الضغط والشد الداخليتين في القطاع
Section modulus	$\bar{z}$ (Z)	معاير القطاع (المقطع)
Ratio of steel to effective erea in section	μ	نسبة التسليح في المساحة الفعالة للقطاع
Balanced steel ratio	μ_b	نسبة التسليح التوازني
Balanced steel area	A_{sb}	مساحة التسليح التوازني

Notations Relating to Properties of Materials:

٣-٢-٢- رموز تتعلق بخواص المواد:

Young's modulus-Modulus of elasticity	E	معاير (معامل) يونج – معاير المرونة
Modulus of elasticity of concrete	E_c	معاير (معامل) المرونة للخرسانة
Instantaneous modulus of elasticity of concrete	E_{co}	معاير (معامل) المرونة اللحظي للخرسانة
Modulus of elasticity of steel	E_s	معاير (معامل) المرونة للفولاذ
Shear modulus	G	معاير (معامل) القص
Modular ratio = $\frac{Es}{Ec}$	n	النسبة المعيارية
Poisson's ratio	ν	نسبة بواسون
Coeficient of thermal expansion	α	معامل التمدد الحراري
Strength	f	مقاومة
Characteristic compressive strength of concrete	f'_c, f'_c, ($f_{c,}$ f_c)	المقاومة المميزة للخرسانة في الضغط وتؤخذ عند عمر 28 يوماً
Compressive strength of concrete at j days	f'_{cj}, f'_{cj}	مقاومة الخرسانة في الضغط بعد j يوماً
Characteristic tensile strength of concrete	f_{ct} , f_{ct}	المقاومة المميزة للخرسانة في الشد
Splitting strength of concrete	f_{sp} , f_{sp}	مقاومة الخرسانة للانفلاق
Tensile strength of concrete in bending (modulus of rupture)	f_{cb} , f_{cb}	مقاومة الخرسانة للشد في الانحناء
Tensile stress in steel at Ultimate Load	f_s , f_s	إجهاد الفولاذ في الشد عند الحمل الأقصى
Tensile strength of steel	f_{su} , f_{su}	مقاومة الفولاذ للشد (الانقطاع)
Yield strength of steel (Characteristic strength in tension)	f_y , f_y	إجهاد الخضوع للفولاذ (المقاومة المميزة في الشد)

Proof stress of steel (Characteristic strength in tension)	$f_{0.2}$, $f_{0.2}$	إجهاد الضمان للفولاذ (المقاومة المميزة في الشد)

Notations relating to external loads and forces :

٣-٢-٣- رموز تتعلق بالقوى والأحمال الخارجية وتراكيب الأحمال:

Capital letters for concentrated loads and small letters for distributed loads, for dead, live and wind loads		الحروف الكبيرة للأحمال المركزة والحروف الصغيرة للأحمال الموزعة، وذلك للأحمال الميتة والحية والرياح
Dead or permanent load	G, g	الحمل الميت أو الدائم
Live or moving load, except for live load on roof	P, p	الحمل الحي أو المتحرك (عدا الحمل الحي على السطح الأخير)
Total weight of the building, which used in the seismic calculations, and equals the dead weight, and sometimes part of the live load	W	الوزن الإجمالي للمبنى المستعمل في الحسابات الزلزالية، ويشمل الوزن الميت للمبنى، وأحياناً جزء من الوزن الحي
Total load Distributed total load	$W = G + P$ $w = g + p$	الحمل الكلي (حالة الاستثمار)
Live load on roof	L_r	الحمل الحي على السطح الأخير
Snow load	S	حمل الثلج
Factored dead or permanent load	G_u, g_u	الحمل الميت أو الدائم المصعد
Factored live or moving load	P_u, p_u	الحمل الحي أو المتحرك المصعد
Total ultimate load (factored)	W_u, w_u	الحمل الأقصى (الحمل المصعد) الكلي
Wind load	W, w	حمل الريح
Earthquake load	E	حمل الزلازل المصعد
Load due to lateral pressure of soil and water in it	H	حمل ضغط التربة الجانبي (بما فيه ضغط الماء إن وجد)
Liquid pressure load	F	حمل ضغط السوائل
Effects of Ultimate load (forces, reactions, moments, deformations, …, etc.)	U	آثار الحمل الأقصى (قوى وعزوم وردود أفعال وتشوهات ... إلخ)
Effects of Ponding load	P	آثار وزن الأحمال الناتجة عن تجمع المياه فوق السطح الأخير (بُرك المياه)

Effects of dead loads (forces, reactions, moments, deformations, ..., etc.)	D	آثار الحمل الميت (قوى وعزوم وردود أفعال وتشوهات ... إلخ)
Effects of live loads (forces, reactions, moments, deformations, ..., etc.)	L	آثار الحمل الحي (قوى وعزوم وردود أفعال وتشوهات ... إلخ)

Notations relating to internal forces:

٣-٢-٤- رموز تتعلق بالقوى الداخلية:

Normal force	N	القوة العمودية أو المحورية
Bending (flexural) moment	M	عزم الانحناء (الانعطاف)
Moment of N about centroid of tensile Steel	$M_S = N.e_S$	عزم N بالنسبة لفولاذ الشد
Moment of N about centroid of compressive steel	$M'_S = N.e'_S$	عزم N بالنسبة لفولاذ الضغط
Ultimate bending moment (factored)	M_u	عزم الانحناء الأقصى (أو المصعد)
Ultimate moment of N_u about centroid of tensile steel (factored)	$M_{Su} = N_u.e_S$	أقصى عزم للقوة Nu بالنسبة لفولاذ الشد (أو المصعد)
Torsional moment	M_t	عزم فتل (لي)
Shearing force	V	قوة القص
Ultimate shearing force (factored)	V_u	قوة القص القصوى (أو المصعدة)
Ultimate normal compressive force (factored)	N_u	قوة الضغط العمودية القصوى (أو المصعدة)
Total compressive force on section	C	قوة الضغط الكلية على القطاع (المقطع)
Total compressive force in the concrete of a Section	C_c	قوة الضغط الكلية في الخرسانة في القطاع
Total compressive force in compressive steel in section	C_S	قوة الضغط الكلية في فولاذ الضغط في القطاع (المقطع العرضي)
Total tensile force in tensile steel in section	T	قوة الشد الكلية في فولاذ الشد في القطاع
Self straining force and effects arising from contraction or expansion from temperature change, shrinkage, moisture change, creep in component materials, movements due to differential settlement or combinations	T	القوة المشوهة ذاتياً، والتأثيرات الناتجة عن التقلصات والتمددات بسبب التغيرات الحرارية والانكماش وتغيرات الرطوبة والسيلان في المواد المكونة للعنصر الإنشائي، والحركات من الهبوطات التفاضلية، أو مجموعة منهم

Torsion moment (Torque)	T	عزم الفتل (اللي)
Ultimate torsion moment (Torque) (factored)	T_u	عزم الفتل (اللي) الأقصى (المصعد)

Notations relating to stresses, strains and displacements :

٣-٢-٥- رموز تتعلق بالإجهاد والانفعال والتشكل:

Stress	σ	إجهاد
Tensile stress in steel reinforcement	σ_s	إجهاد الشد في فولاذ التسليح
Compressive stress in steel	σ'_s	إجهاد الضغط في فولاذ التسليح
Compressive stress in concrete	σ_c	إجهاد الضغط في الخرسانة
Tensile stress in concrete	σ_t	إجهاد الشد في الخرسانة
Principal stress	σ_i	الإجهاد الرئيسي
Strain	ε	انفعال
Compressive strain in concrete	ε_c	انفعال الضغط في الخرسانة
Tensile strain in steel	ε_s	انفعال الشد في الفولاذ
Compressive strain in Steel	ε'_s	انفعال الضغط في الفولاذ
Ultimate compressive strain in concrete	ε_{cu}	انفعال الضغط الأقصى في الخرسانة
Shrinkage strain in concrete	ε_{sh}	الانفعال الناتج عن الانكماش
Creep strain in concrete	ε_{cr}	الانفعال الناتج عن الزحف (السيلان)
Yield strain in steel	ε_y	انفعال الخضوع للفولاذ
Shear stress(calculated ultimate tangential stress) (factored)	τ_u	إجهاد القص (الإجهاد المماسي الحدي المحسوب) المصعد
Virtual ultimate tangential stress (factored)	τ_{ou}	الإجهاد المماسي الحدي الافتراضي (المصعد)
Permissible ultimate tangential stress in concrete (factored)	τ_{cu}	الإجهاد المماسي الحدي المسموح بالخرسانة (المصعد)
Torsional stress	τ_t	إجهاد الفتل (اللي)
Bond stress	τ_b	إجهاد التماسك
Deflection	δ	السهم

Other Notations:

٣-٢-٦- رموز أخرى:

Standard deviation for a sample of limited specimens	s	الانحراف المعياري لمجموعة عينات محدودة العدد
Standard deviation for a sample of un limited specimens (home population)	σ	الانحراف المعياري لمجموعة عينات غير محدودة العدد
Factor of safety	S	معامل الأمان
Slenderness ratio	$\lambda = \frac{L}{i}$ (or kl_u/r)	معامل النحافة
Capacity reduction factor	Ω	معامل خفض المقاومة
Coefficient	k	معامل (إحصائي أو غيره)
Coefficient of buckling length	k or α	معامل طول التحنيب
Buckling factor	k_b	معامل التحنيب
Equivalency factor	k_e	معامل التكافؤ
Continuity factor	k_c	معامل الاستمرار
Diameter of reinforcement bar	Ø	قطر قضيب فولاذ التسليح
Round bars, of mild, normal yield steel	Ø	فولاذ طري، عادي المقاومة، ذو سطح أملس
Deformed bars, of intermediate yield steel, of continuous or indented spiral deforms	H	فولاذ طري، متوسط المقاومة، ذو نتوءات مستمرة بشكل حلزوني أو متقطعة
Deformed bars of high yield, hot ruled steel, of continuous or spotted spiral deforms	T	فولاذ طري عالي المقاومة، مدلفن على الساخن ذو نتوءات مستمرة بشكل حلزوني أو متقطعة
Deformed bars, of high yield, cold treated, stiff steel, of continuous or spotted spiral deforms	Y	فولاذ قاسي، عالي المقاومة، معالج على البارد، ذو نتوءات مستمرة بشكل حلزوني أو متقطعة
Angle	α	زاوية
Time	t	زمن
Fundamental period of vibration for structure (in seconds)	T	الفترة الأساسية للاهتزاز المرن للمنشأة بالاتجاه المدروس مقدرةً بالثواني

4 خواص المواد

تؤخذ خواص المواد من نصوص المواصفات القياسية السورية المعتمدة قانوناً، وفي حال عدم وجودها تعتمد النصوص الآتية:

٤-١- الفولاذ (الصُلب):

٤-١-١- أشكال قضبان الفولاذ (الصُلب) وأنواعه:

١- أشكال فولاذ التسليح المستعمل في الخرسانة:

أ - القضبان الملساء.

ب- القضبان ذات النتوءات المستمرة بشكل حلزوني أو المنقطعة.

ج- الشبكات الملحومة

٢- وذلك من أحد أنواع الفولاذ الآتية:

أ - فولاذ طري، عادي المقاومة ذو سطح أملس، ويرمز له بالرمز ϕ .

ب- فولاذ طري، متوسط المقاومة ذو نتوءات مستمرة بشكل حلزوني أو منقطعة ويرمز له بالرمز H .

ج- فولاذ طري، عالي المقاومة، مدلفن على البارد أو على الساخن ذو نتوءات مستمرة بشكل حلزوني أو منقطعة ويرمز له بالرمز T .

د - فولاذ قاس، عالي المقاومة، معالج على البارد، ذو نتوءات مستمرة بشكل حلزوني أو منقطعة ويرمز له بالرمز Y.

٣- يُشترط في جميع الأنواع أعلاه، عدا الفولاذ الطري العادي المقاومة، ألا يكون سطحها أملساً، وأن يكون به من النتوءات ما يكفي لإحداث التماسك اللازم مع الخرسانة.

٤- الشبكات الملحومة:

تتكون الشبكات الملحومة إجمالاً من قضبان الفولاذ نصف القاسي، المتشابكة بعضها ببعض، والملحومة على الكهرباء في نقاط التشابك، وتُستعمل في القشريات والبلاطات الرقيقة. ويُرمز لها بالرمز M.

الجدول (٤-١): الخواص الميكانيكية لأنواع الفولاذ (الصلب) الأكثر استعمالاً

الأسياخ أو القضبان	نوع الفولاذ (الصُلب) والرمز	الحد الأدنى لمقاومة الشد (عند الإنقطاع) f_{su} MPa	الحد الأدنى لإجهاد الخضوع أو 0.2% إجهاد الضمان MPa	النسبة المئوية الدنيا للاستطالة عند الانقطاع
ملساء	فولاذ طري ϕ	370	240	*20
ذات نتوءات (ذات أضلاع)	فولاذ طري متوسط المقاومة H	440	300	*16
عالية المقاومة ذات نتوءات	فولاذ طري عالي المقاومة T	500	400	*12
عالية المقاومة ذات نتوءات	فولاذ قاس معالج على البارد Y	500	400	*10

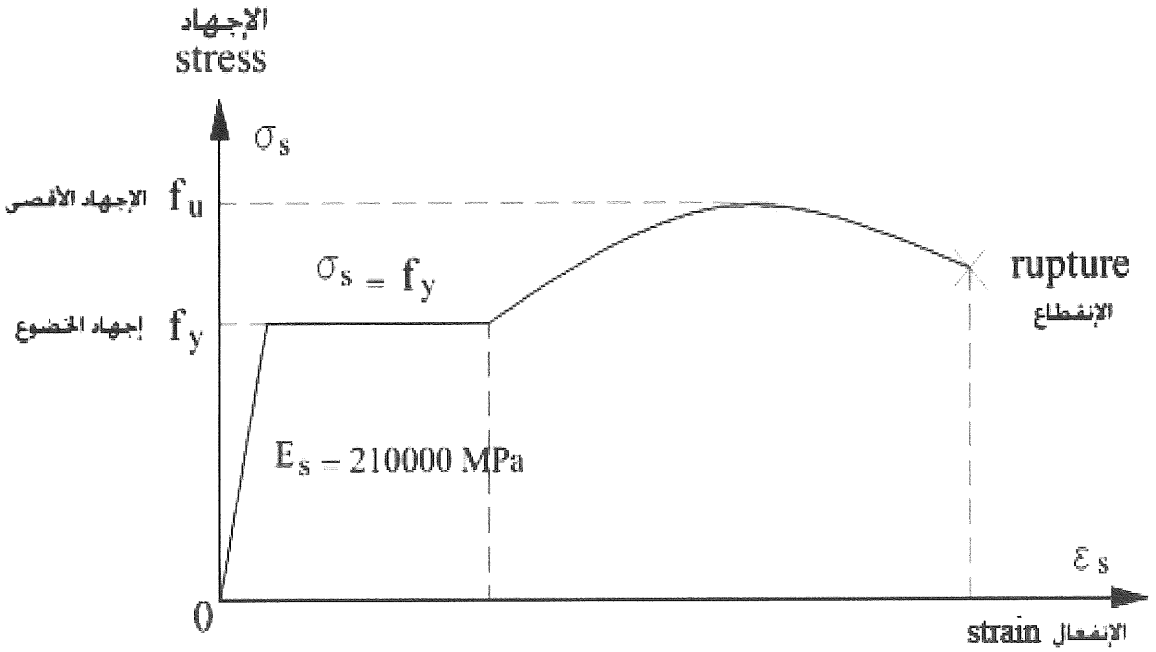
* ويسمح بإعتماد القيمة المحددة في المواصفة القياسية السورية، بشرط اعتماد طريقة القياس المرتبطة بها.

ملاحظة ١: اعتمدت هذه القيم على طول أصلي من العينة قبل الاختبار مقداره خمسة أمثال قطرها.

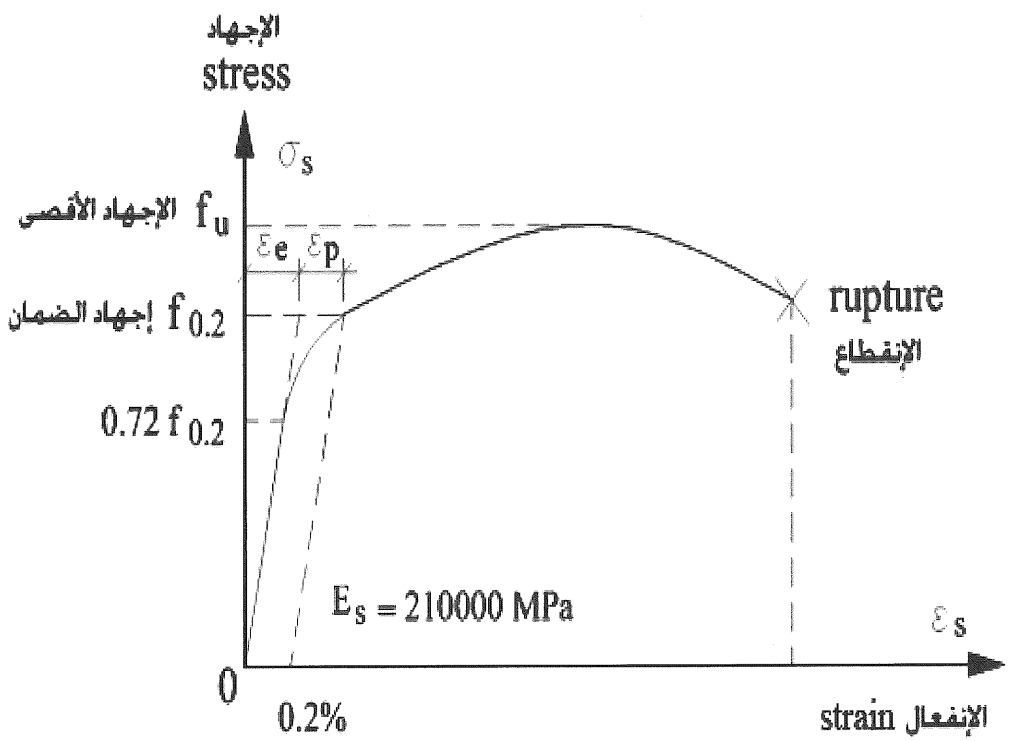
ملاحظة ٢: قد يتوفر أحياناً في الأسواق $f_y = 280$ MPa أملس و $f_y = 360$ MPa ذي نتوءات.

ملاحظة ٣: يتم في مناطق الزلازل، اختيار فولاذ تسليح ذو مقاومة مميزة (حد الخضوع للشد) لا تتجاوز $f_y = 400$MPa ولا تقل عن $f_y = 240$MPa . في حال زادت قيمة حد المرونة (حد الخضوع الاصطلاحي) للفولاذ المختبر على 400MPa، فيتم قبوله شريطة:

- أن لا يقل إجهاد الإنقطاع f_{su} لكل عينة عن 1.25 مرة حد المرونة للعينة ذاتها (حد الخضوع الاصطلاحي أو حد الضمان).
- لا تزيد نسبة العينات التي يزيد حد مرونتها على 460MPa على 5% من مجموع العينات المختبرة عندما يزيد عدد العينات على 30 عينة.
- في حال اختبار عينتين فقط، فيُسمح للتبسيط بأن يكون حد مرونة إحدى العينتين فقط فوق 460MPa.
- إذا تعدى حد المرونة للعينتين، القيمة 460MPa، يتم اختبار أربع عينات أخرى، ولا يُسمح بأن يزيد حد المرونة على 460MPa سوى لعينة واحدة من العينات الأربع.
- في جميع الحالات، يجب أن لا تقل الاستطالة النسبية عن 12% أو عن ما ورد في الجدول (٤-١).



الشكل (٤-١): المنحني الافتراضي للإجهاد والانفعال للفولاذ الطري العادي والعالي المقاومة المعالج على الساخن في الشد (وبشكل متناظر عكسياً في الضغط)



الشكل (٤-٢): المنحني الافتراضي للإجهاد والانفعال للفولاذ المعالج على البارد في الشد (وبشكل متناظر عكسياً في الضغط)

٤-١-٢- الأقطار المستعملة:

١ - تُستعمل الأقطار الآتية (النظرية لذات النتوءات و الفعلية للملساء) مقدرة بالميليمتر:
5 , 6 , 8 , 10 , 12 ,14, 16 ,18, 20 ,22 , 25 , 28, 30 , 32 , 40

٢ - عند استعمال قضبان ذات نتوءات، يُؤخذ القطر النظري للدائرة التي تُعطي الوزن ذاته للمتر الطولي، إذا كانت النتوءات مستمرة، وإذا كانت النتوءات متقطعة يُؤخذ أصغر مقطع للقضيب ، أي أن الأقطار المذكورة أعلاه تمثل القطر النظري للدائرة التي تعطي الوزن ذاته للمتر الطولي .

٤-١-٣- الخواص الميكانيكية لفولاذ التسليح:

تُحدد الخواص الميكانيكية لفولاذ التسليح بالعناصر الآتية:

١ - إجهاد الخضوع f_y، أو إجهاد الضمان (إجهاد الخضوع الاصطلاحي)، الذي يترك 0.2% من الانفعالات الدائمة. انظر أيضاً البند (٤-١-٥) أدناه.

٢ - مقاومة الشد القصوى (f_{SU}) عند الانقطاع.

٣ - النسبة المئوية للاستطالة عند الانقطاع.

يُبين الجدول (٤-١) أنواع قضبان الفولاذ الأكثر استعمالاً مع خواصها الميكانيكية. وتعتمد القيم فيه للنسبة المئوية الدنيا للاستطالة عند الانقطاع على طول أصلي من العينة قبل الاختبار، مقداره خمسة أمثال قطرها.

٤-١-٤- الرسم البياني للفولاذ:

يُؤخذ الرسم البياني للفولاذ الناتج عن الاختبارات. وفي حال عدم وجود اختبارات، يؤخذ وفقاً للمواصفات المعمول بها، أو يُؤخذ الرسمان البيانيان في الشكلين (٤-١ و ٤-٢).

٤-١-٥- المقاومة المميزة للفولاذ (إجهاد الخضوع المميز):

١- في أنواع الفولاذ الطري العادي المقاومة والعالي المقاومة الذي تظهر فيه خاصة الخضوع، يكون فيه إجهاد الخضوع هو الإجهاد المطابق لمرحلة الخضوع. ويُرمز لهذا الإجهاد بالرمز f_y.

٢- في الفولاذ المعالج على البارد، وفي بعض الأنواع الأخرى من الفولاذ العالي المقاومة، الذي لا تظهر فيه عتبة الخضوع، يكون إجهاد الخضوع (الاصطلاحي) هو الإجهاد الذي يترك انفعالاً متبقياً مقداره 0.2% . ويُرمز لهذا الإجهاد بـ $(f_{0.2}) = (f_y)$، ويسمى أحياناً إجهاد الضمان (proof stress).

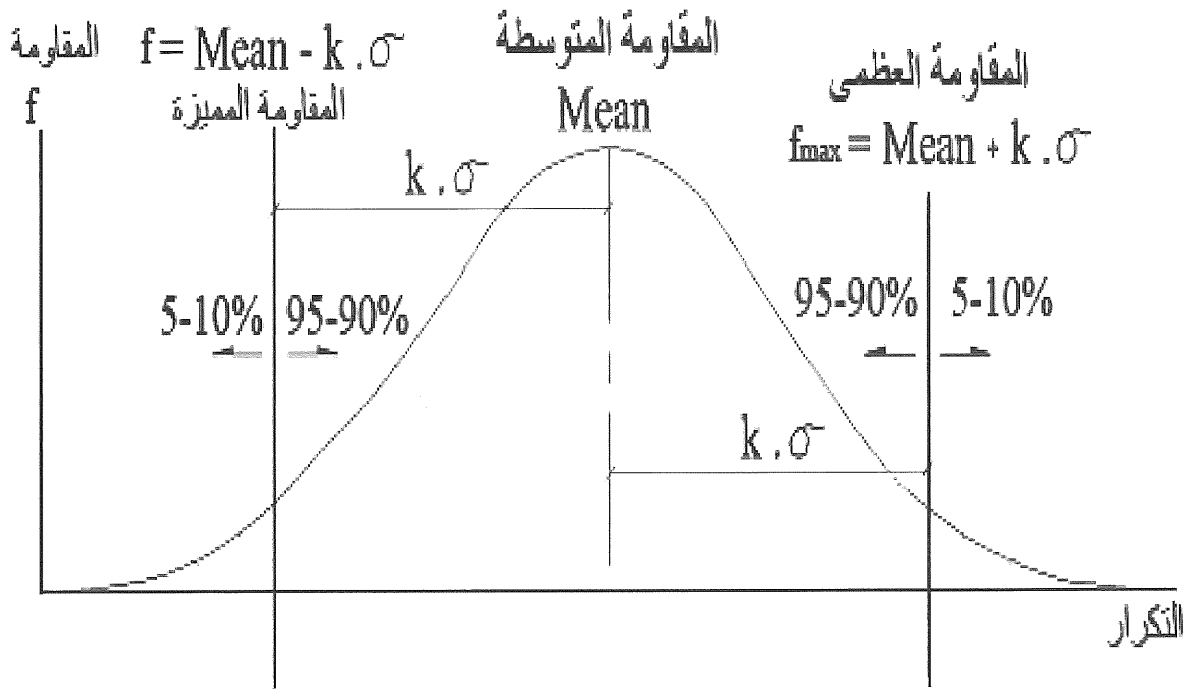
٣- إن إجهاد الخضوع f_y، هو المقاومة الميكانيكية المميزة للفولاذ في الشد والتي يُبنى التصميم على أساسها. ويجب أن يكون حده الأدنى مكفولاً من البائع أو المنتج، وإلا وجب تحديده

على أساس تجارب مخبرية معترف بها، واعتماداً على علم الإحصاء، بحيث لا تزيد نسبة عدد العينات التي يقل إجهاد خضوعها (الحقيقي أو الاصطلاحي)، عن إجهاد الخضوع المميز، (أو الاصطلاحي المميز)، على 5% من عدد العينات المدروسة.

٤- يبين الشكل (٤-٢-أ) منحني جاوس للتوزع الطبيعي (بشكل الجرس)، ومبيّن عليه مواقع المقاومة المميزة للفولاذ والمقاومة المتوسطة لمجموعة العينات، وكذلك المقاومة العظمى المسموحة (المناظرة للمقاومة المميزة، أي تلك التي لا تزيد نسبة عدد العينات التي يزيد إجهاد خضوعها على هذه المقاومة العظمى بأكثر من 5% من عدد العينات المدروسة). وإن عدم قبول زيادة النسبة للمقاومات فوق المقاومة العظمى المسموحة بأكثر من 5% من عدد المقاومات المدروسة، هو من أجل التحقق من صلاحية فولاذ التسليح لمقاومة الزلازل، بحيث يسمح بالتشوهات اللدنة اللازمة وإعادة توزيع القوى والعزوم الناتجة في المنشأة، وعدم حصول الانهيار الهش للعناصر الخرسانية المسلحة.

٥- يجب أن لا تقل المقاومة عند الانقطاع لأية عينة مختبرة عن 1.25 مرة من إجهاد خضوعها (أو إجهاد خضوعها الاصطلاحي).

٦- يجب أن لا تقل الاستطالة النسبية عند الانقطاع لأية عينة مختبرة عما هو وارد في الجدول (٤-١)، حسب نوع الفولاذ.



الشكل (٤-٢-أ): منحني جاوس للتوزع الطبيعي مبين عليه المقاومات المميزة والمتوسطة والعظمى الإحصائية. النسبة 5% لفولاذ التسليح والنسبة 10% للخرسانة.

٤-١-٦- مواصفات فولاذ التسليح

١- يجب أن تكون قضبان التسليح (بجميع أنواعها) نظيفة من الأوساخ والشحوم أو الزيوت وخالية من الصدأ وقابلة للثني ومحققة لاشتراطات الكود العربي السوري (والمواصفات والمقاييس السورية)، خاصة من حيث الخواص الميكانيكية والكيميائية.

٢- يجب أن تكون قضبان التسليح العالي المقاومة من النوع المضلع (محزز او ذي نتوءات) المسحوب على الساخن، ولا تتغير خواصه باللحام، ولا يُسمح باستعمال الفولاذ المسحوب على البارد في حالة الحاجة إلى اللحام.

٤-٢- الخرسانة:

٤-٢-١- مكونات الخرسانة:

تتكون الخرسانة من خليط من الركام والاسمنت والماء، وأحياناً بعض الإضافات الأخرى.

٤-٢-١-١- الركام (الرمل والبحص):

أ - يتكون الركام عادة من خليط من الركام الصغير (رمل - نحاتة) والركام الكبير (البحص).

ب- إما أن يكون الركام من الصحراء، أو من مجاري الأنهار، أو من كسر الصخور، أو من أي نوع من الحصويات المعتمدة في المواصفات القياسية السورية، أو من مواد مصنعة مثل: الطين المحروق أو خبث الحديد أو غيرها. كما يجوز استعمال رمال شواطئ البحار، بعد إجراء تجارب ناجحة في مختبر معترف به.

ج- يجب أن تكون حبيبات الركام صلبة وقوية ونظيفة، وذات تركيب حبي مناسب، وخالية من المواد الغريبة كأوراق الشجر أو نفايات الأخشاب أو قطع الجبس والمونة ...الخ. كما يجب أن تكون خالية تقريباً من المعلّقات الملتصقة والمواد الضارة، كالأتربة والأملاح والشوائب والمواد العضوية، التي تؤثر تأثيراً ضاراً على زمن الأخذ (الشك) أو زمن التصلب، أو على قوة الخرسانة أو على مدى تحملها مع الزمن، أو تضر بفولاذ التسليح.

كما يجب ألا تزيد نسبة المواد الناعمة، والمواد الأخرى، على القيم التي يحددها للخرسانة دفتر الشروط الخاص بالمشروع. وفي جميع الأحوال يجب ألا تزيد نسبة البودرة (المارة من المنخل 200 الذي قياس فتحته 75 ميكرون) على 5% من وزن الرمل الطبيعي أو 7% من وزن الرمل الناتج عن تكسير الحجر، وألا تزيد هذه النسبة على 1% من وزن البحص.

د- يجب أن تكون مقاومة مادة الركام المستعمل، أكبر من ضعف مقاومة الخرسانة المطلوبة.

هـ- يشترط في المقاس الإسمي (الافتراضي) الأكبر، للركام الكبير، أن يكون أقل من ربع المقاس الأصغر للجزء المطلوب صبه، وكذلك أقل من أصغر مسافة بين قضبان التسليح،

وأن يكون شكله مناسباً، وبعيداً عن الأشكال المفلطحة والإبرية.

و- يجب أن يكون الركام متدرجاً، بحيث تكون الخرسانة المصنوعة منه سهلة التشغيل، وألا يتكون بداخلها فراغات، وتحتاج إلى أقل كمية لازمة من ماء الخلط.

ز- يتم تحديد منحنيات التدرج الحبي المناسبة للركام في كل بلد، بناءً على أبحاث وتجارب تُجرى لهذه الغاية. ويمكن في الحالات العادية اعتماد منحنيات التدرج الواردة في الملحق (ب).

٤-٢-١-٢- الأسمنت:

أ - يستعمل في الخرسانة الأسمنت البورتلاندي من أحد الأنواع الآتية: العادي، السريع التصلب، الأبيض، المخلوط، خبث الأفران، المقاوم للكبريتات.

ب- يستعمل في الخرسانة المسلحة عادة الأسمنت البورتلاندي العادي، ويمكن استعمال كل نوع آخر، إذا توفرت الخبرة السابقة في استعماله بنجاح، عدا الأسمنت العالي الألومين، الذي لا يُسمح باستعماله إلا في حالات خاصة، وبعد تبرير ذلك تقنياً.

ج- يجب أن يفي الأسمنت المستعمل، بالاشتراطات والمواصفات القياسية المعترف بها، والمحددة في الشروط الخاصة بالمشروع.

د- يُورَّد الإسمنت في أكياس محكمة، أو مستودعات مغلقة، ويُخزن بحيث لاتصل إليه الرطوبة، ويجب استعماله قبل انتهاء فترة صلاحيته.

٤-٢-١-٣- ماء الخلط:

أ - يجب أن يكون الماء المستعمل في خلط الخرسانة وغسل الركام، نظيفاً وخالياً من المواد الضارة، مثل الزيت والأحماض والقلويات والأملاح الأخرى التي قد تؤثر تأثيراً متلفاً على الخرسانة أو فولاذ التسليح.

ب- ويُشترط في الماء ألا تزيد أملاح الكلوريدات الذائبة فيه على 0.5 غرام في الليتر، وأملاح الكبريتات على 0.3 غرام في الليتر، والأملاح الكلية على 2 غرام في الليتر.

ج- إن الماء الصالح للشرب مناسب في جميع الأحوال لخلط الخرسانة.

د - يمكن استعمال الماء غير الصالح للشرب في خلط الخرسانة إذا كان:

١) زمن الأخذ (الشك) الابتدائي لعينات الأسمنت المجهزة بهذا الماء، لا يزيد بأكثر من 30 دقيقة على زمن الأخذ (الشك) الابتدائي، لعينات من الأسمنت ذاته المخلوط بالماء الصالح للشرب، وبحيث لا يقل زمن الأخذ (الشك) الابتدائي عن 45 دقيقة في كل الأحوال.

٢) مقاومة الضغط بعد 7 أيام، أو 28 يوماً، للعينات القياسية التي يُستعمل في خلطها هذا الماء، لا تقل عن 90% من مقاومة الضغط، لعينات مماثلة خُلطت بماء صالح للشرب.

هـ- ولا يُسمح باستعمال ماء البحر لخلط الخرسانة المسلحة، وإن كان يجوز استعماله عند الضرورة في الخرسانة العادية دون تسليح، مع زيادة كمية الأسمنت، للوصول إلى الدرجة المطلوبة في مقاومة الخرسانة. وتُحدد كمية الزيادة بموجب تجارب نظامية خاصة بذلك. وفي كل الحالات يجب إجراء تجارب أولاً، وفي حال نجاحها يتم السماح باستعمال ماء البحر.

٤-٢-١-٤- الإضافات:

يُشترط في الإضافات المستعملة ألا يكون لها تأثير ضار على الخرسانة أو صلب التسليح. ويجب تحديد الحد الأقصى للكمية المستعملة من كل الإضافات، مقدراً كنسبة مئوية من وزن الأسمنت. ويُشترط في الخرسانة المحتوية على الإضافات (بعد التأكد من حسن نتائج استعمالها سابقاً)، ألا تقل مقاومتها للضغط، والانعطاف، وقوة التماسك بينها وبين فولاذ التسليح، عن 90% من القيم المناظرة في حالة الخرسانة المجهزة دون إضافات. كما يلزم الانتباه إلى تأثير الإضافات على زمن الأخذ (الشك) الأولي وزمن الأخذ النهائي والديمومة.

٤-٢-٢- الخواص الفيزيائية والكيميائية للخرسانة:

٤-٢-٢-١- الوزن الحجمي:

عند عدم وجود بيانات أكثر دقة، يمكن اعتماد الكتلة الحجمية للخرسانة العادية دون تسليح كما يلي:

$22\ kN/m^3$ ($2200\ kgf/m^3$) إذا كان الركام جيرياً (كلسياً).

$24kN/m^3$ ($2400\ kgf/m^3$) إذا كان الركام سيليسياً (بازلت، حجر بركاني، رمل وحصى فراتي).

كما يمكن اعتماد الوزن الحجمي للخرسانة المسلحة في الأحوال العادية $25kN/m^3$ ($2500kgf/m^3$)، وإذا استعملت أنواع خاصة من الركام الثقيل، أو كانت نسبة التسليح كبيرة، يُؤخذ ذلك في الحسبان، بإدخال الإضافة اللازمة في الوزن.

٤-٢-٢-٢- مقاومة الخرسانة للحريق:

أ - عموميات:

١) تمر العناصر الخرسانية المسلحة بمرحلة نقصان تدريجي في مقاومتها عندما تتعرض للحريق، وهناك عموماً ثلاثة شروط يجب أخذها بالحسبان أثناء التصميم:

- المحافظة على المقاومة الإنشائية.
- مقاومة انتشار اللهب.
- مقاومة انتقال الحرارة.

يتم تطبيق الشرط الأول على جميع عناصر المنشأة، أما الشرطان الثاني والثالث، فيتم تطبيقهما على الأسقف والجدران، لأن لهما وظيفة الفصل بين الفراغات.

٢) إن أهم العوامل التي تؤثر على مقاومة العنصر الخرساني للحريق، هي:
- نوعية الخرسانة.
- نوعية التسليح.
- سمك الغطاء الخرساني للتسليح.
- أبعاد العنصر وشكله.
- نوع طبقة الحماية وسمكها إن وُجدت.

٣) تتصرف الخرسانة المصنوعة من الركام الجيري (الكلسي)، بالنسبة للحريق، على نحو أفضل من الخرسانة المصنوعة من الركام السيليسي، سواء فيما يتعلق بدرجة الحرارة التي تتحملها الخرسانة مع المحافظة على مقاومتها، أو بمعدل نقصان المقاومة مع درجة الحرارة، أو بالنسبة لعامل التمدد الطولي الحراري، أو بالنسبة لتفتت الغطاء الخرساني بالحرارة عندما يزيد سمك هذا الغطاء عن حد معين (بحدود 40 mm). وبصورة عامة يمكن القول إن الخرسانة المسلحة تبقى محافظة على مقاومتها في الضغط، حتى درجة حرارة 250° C، وفوق هذه الدرجة تبدأ المقاومة بالتناقص.

٤) يتصرف فولاذ التسليح المشغول على الساخن، في حال الحريق، بصورة أفضل من تصرف فولاذ التسليح المشغول على البارد، إذ إن مقاومة النوع الأخير تنخفض كثيراً مع ارتفاع درجة الحرارة.

وبالنسبة لفولاذ التسليح المشغول على الساخن، فإن إجهادات الخضوع لا تتعرض للنقصان حتى درجة حرارة 400° C، وتتناقص إجهادات الخضوع مع ارتفاع درجات الحرارة حتى تصل لحدود 50% من إجهادات الخضوع في درجات الحرارة الاعتيادية، عندما تصل درجة حرارة فولاذ التسليح إلى 550° C . إن الدرجة 550° C، هي الدرجة الحرجة لفولاذ التسليح، التي يجب العمل على عدم تجاوزها، خلال الفترة التي تعد فيها المنشأة الخرسانية مقاومةً للحريق.

٥) أما الغطاء الخرساني لفولاذ التسليح، فيتم حسابه بحيث يحمي الفولاذ من ارتفاع درجة الحرارة، لمدة معينة، فوق الدرجة الحرجة لفولاذ التسليح، وذلك لضمان استقرار المنشأة. وعندما يزيد سمك الغطاء الخرساني على 40mm، يجب وضع تسليح إضافي ضمن هذا الغطاء لمسكه من التفتت (خاصة في حال استعمال الركام السيليسي)، وهذا التسليح الإضافي عبارة عن شبكة لا يقل وزنها عن 50 N/m^2 (5kgf/m^2)، أي أسلاك قطرها 2mm بتباعدات لا تتعدى 100mm.

٦) عندما يكون سمك العنصر الإنشائي الخرساني أقل من حد معين، فمن الممكن أن تنهار الخرسانة أثناء تعرضها للحريق، قبل وصول فولاذ التسليح لدرجة حرارته الحرجة.

٧) يتم تحديد مقاومة الحريق للعناصر الإنشائية المختلفة. ويُؤخذ بالحسبان أن هذه العناصر تحمل

أحمالها الاستثمارية. وتوضح الجداول من (٤-٢) إلى (٤-٦) الأبعاد الدنيا للعناصر المختلفة وهي معرضة لهذه الأحمال. فإذا كانت الأحمال الفعلية على العناصر أقل من الأحمال التصميمية، انعكس ذلك بزيادة مقاومة العناصر للحريق.

ب- سمك التغطية الخرسانية الدنيا لفولاذ التسليح لمقاومة الحريق:

يوضح الجدول رقم (٤-٢) سمك التغطية الخرسانية الدنيا لفولاذ التسليح في الجوائز، لمقاومة الحريق لفترات مختلفة، تتراوح بين نصف ساعة وأربع ساعات، في حال استعمال ركام سيليسي. ويمكن تخفيض الحدود الدنيا المبينة في هذا الجدول، في الحالات التي يُستعمل فيها الحجر الجيري كركام كبير (البحص الكلسي).

ج- الأبعاد الدنيا للعناصر الإنشائية لمقاومة الحريق:

يوضح الجدول (٤-٣) العروض الدنيا للجوائز الخرسانية لمقاومة الحريق لفترات مختلفة تتراوح بين نصف ساعة وأربع ساعات في حالة استعمال الركام السيليسي، كما يوضح الجدول (٤-٤) السمك الأدنى للأسقف الخرسانية. ويوضح الجدول (٤-٥) السمك الأدنى للجدران الخرسانية. وأخيراً يوضح الجدول (٤-٦) الأبعاد الدنيا للأعمدة الخرسانية، وذلك من أجل مقاومة الحريق، لفترات مختلفة تتراوح بين نصف ساعة وأربع ساعات، في حالة استعمال الركام السيليسي.

ويمكن تخفيض الحدود الدنيا المبينة في الجداول السابقة الذكر، في الحالات التي يُستعمل فيها الحجر الجيري كركام كبير (البحص الكلسي).

الجدول (٤-٢): سمك التغطية الخرسانية الدنيا لفولاذ التسليح في الجوائز

وصف الخرسانة	سمك الغطاء الخرساني الأدنى بالميليمتر الذي يحقق مقاومة للحريق لفترة قدرها بالساعة (h)			
	0.5 h	1 h	2 h	4 h
خرسانة دون حماية إضافية	15	25	50	65
خرسانة مع طبقة حماية اسمنتية أو جصية بسمك 15mm على شبك تسليح خفيف	15	15	40	50
خرسانة مع طبقة حماية من الأسبستوس سمكها 15 mm	15	15	15	25

الجدول (٤-٣): العروض الدنيا للجوائز الخرسانية لمقاومة الحريق

وصف الخرسانة	العرض الأدنى للكمرة بالميليمتر ليعطي مقاومة للحريق لفترة قدرها بالساعة (h)			
	0.5 h	1 h	2 h	4 h
خرسانة دون حماية إضافية	80	110	180	280
خرسانة مع طبقة حماية اسمنتية أو جصية بسمك 15mm مع شبك تسليح خفيف	70	85	170	250
خرسانة مع طبقة حماية من الأسبستوس سمكها 15 mm	60	60	125	170

الجدول (٤-٤): السماكات الدنيا للأسقف الخرسانية لمقاومة الحريق

وصف الخرسانة	السمك الكلي الأدنى للسقف بالمليمتر ليعطي مقاومة للحريق لفترة قدرها بالساعة (h)			
	0.5 h	1 h	2 h	4 h
أسقف من بلاطات مصمتة أو من وحدات جاهزة على شكل مقطع T أو مجرى U مقلوبة وذات نصف قطر اتصال بين سطحها الأفقي والجزء العلوي للجسد لا يزيد على عمق القطاع.	90	100	125	150
أسقف من وحدات بشكل U مقلوبة وذات نصف قطر اتصال بين سطحها الأفقي والجزء العلوي للجسد (الساق) يزيد على عمق القطاع مسبقة الصب أو مصبوبة في محلها.	65	75	100	150
أسقف من بلوكات مفرغة أو وحدات جاهزة على شكل صندوق أو قطاعات I موضوعة الواحدة بجانب الأخرى.	65	75	90	125

ملاحظة ١: لا يقل سمك الغطاء الخرساني لفولاذ التسليح الرئيسي عن 25mm لمقاومة فترة 4 ساعات، وعن 15mm لمقاومات لفترات تقل عن 4 ساعات.

ملاحظة ٢: يمكن أن يشمل السمك الكلي طبقة المدّة الأسمنتية (العدسة)، أو طبقة البلاط إن وُجدت.

الجدول (٤-٥): السمك الأدنى للجدران الخرسانية المسلحة لمقاومة الحريق

وصف الخرسانة	السمك الأدنى للجدار بالميلمتر ليعطي مقاومة للحريق لفترة قدرها بالساعة (h)			
	0.5 h	1 h	2 h	4 h
خرسانة دون حماية إضافية	75	75	100	175
خرسانة مع طبقة حماية اسمنتية أو جصية بسمك 15mm مع شبك تسليح خفيف	65	75	100	175

ملاحظة ١: لا يقل سمك الغطاء الخرساني لفولاذ التسليح الرئيسي عن 25mm لمقاومة فترة 4 ساعات وعن 15mm لمقاومات لفترات تقل عن 4 ساعات.

ملاحظة ٢: إن الأبعاد المذكورة في الجدول تُطبق في حالة جدران معرضة لحريق من وجه واحد فقط. أما في حال تعرض الجدار لحريق من الوجهين فيعامل الجدار معاملة العمود المعرض للحريق.

الجدول (٤-٦): الأبعاد الدنيا للأعمدة الخرسانية لمقاومة الحريق

وصف الخرسانة	القطر أو البعد الأدنى للعمود بالميليمتر ليعطي مقاومة للحريق لفترة قدرها بالساعة (h)			
	0.5 h	1 h	2 h	4 h
أعمدة خرسانية بدون حماية إضافية	150	200	300	450
أعمدة خرسانية مع طبقة حماية اسمنتية أو جصية بسمك 15mm على شبك تسليح خفيف مثبت حول العمود	150	175	275	425
أعمدة خرسانية تحوي شبك تسليح من أسلاك مسحوبة ضمن الغطاء الخرساني بحيث لا يقل قطر السلك عن 2.5mm ولا يزيد التباعد عن 150 mm	125	150	225	300

٤-٢-٢-٣- قوام الخرسانة:

يمثل قوام الخرسانة الخاصة التي تحدد قابليتها للتشغيل، ودرجة حركتها، وطراوتها عند صبها في مكانها.

يتعلق قوام الخرسانة بجملة من العوامل أهمها:

أ - نسبة ماء الخلط إلى الأسمنت.

ب- **نوعية الركام المستعمل:** تركيبه الحبي، درجة نعومته، مقاسه الأعظمي.

ويتعلق اختيار قوام الخرسانة بعدة عوامل، أهمها:

١) الوسائط المستعملة في رج الخرسانة وصبها في مكانها.

٢) أبعاد العناصر المراد صبها أو رجها.

٣) كثافة التسليح وتوضعه في المنشأة.

ويتحدد قوام الخرسانة من اختبار الهبوط القياسي على مخروط ناقص ارتفاعه 300mm وقطره العلوي 100mm والسفلي 200mm (مخروط أبرامز)، أو باستعمال اختبارات أخرى، مثل طاولة الانسياب، أو معامل الرص، أو تجربة VEBE. وفي حالة عدم وجود قيم أخرى من الاشتراطات المحلية، أو الشروط الخاصة بالمشروع، يمكن الاسترشاد بالقيم الآتية المبينة في الجدول (٤-٧).

الجدول (٤-٧): الحد الأعلى لهبوط المخروط القياسي

الرقم	نوع العنصر الإنشائي الخرساني	الحد الأعلى للهبوط (بالميليمتر mm)
١	الأجزاء الخرسانية السميكة والأرضيات	100
٢	بلاطات الطرق بالخرسانة دون تسليح	75
٣	الأساسات والجدران بالخرسانة دون تسليح	125
٤	جدران وركائز الأساسات بالخرسانة المسلحة	75
٥	البلاطات والجيزان والاعمدة و الجدران بالخرسانة المسلحة	75

ويمكن أيضاً الاسترشاد بالقيم المبينة في الجدول (٤-٨) التي تُعطي العلاقة بين هبوط المخروط القياسي، ودرجة قوام الخرسانة وقابلية تشغيلها، والمجال المفضل لاستعمالها، علماً بأن القيم المناسبة للحصول على المقاومة المطلوبة قد تتطلب هبوط مخروط أقل من الوارد في الجدول، ويحدد ذلك بالاختبارات.

٤-٢-٢-٤- مقاومة الخرسانة للمواد الكيميائية:

أ - عموميات:

تتأثر المنشآت الخرسانية ببعض المواد الكيميائية مثل: الزيوت النباتية، والدهون، والمحاليل السكرية، ومحاليل الكبريتات والكلوريدات، ومياه البحر، والمياه الجوفية المحتوية على تلك المحاليل. وينشأ من التعرض الطويل لهذه المواد تغير خواص الخرسانة وتلفها تدريجياً.

الجدول (٤-٨): العلاقة بين هبوط المخروط القياسي و قوام الخرسانة و المجال المفضل لاستعمالها

المجال المفضل لاستعمالها	الخرسانة		هبوط مخروط أبرامز (mm)
	قابلية تشغيلها	قوامها	
تستعمل في الأعمال الخرسانية الخاصة ذات المقاومات العالية جداً، ويستعمل رج ميكانيكي قوي جداً	منخفضة جدا	جامد جدا	0-25
تستعمل في القطاعات الخرسانية ذات المقاومات العالية، ويستعمل رج ميكانيكي قوي.	منخفضة	جامد	25-50
تستعمل في القطاعات الخرسانية المسلحة العادية، ويستعمل رج عادي	متوسطة	مائع	50-100
تستعمل في القطاعات الخرسانية الصغيرة أو الكثيفة التسليح غير المناسبة للرج، ويستعمل رج يدوي.	عالية	سائل	100-150

ب- تقليل فعل المواد الكيميائية:

يمكن تقليل فعل المواد الكيميائية على الخرسانة باستعمال ركام صلب غير مسامي، مع العناية التامة بالخرسانة للوصول بها إلى درجة عالية من الكثافة (الاكتناز)، وعدم النفاذية للسوائل، وتحقيق الاشتراطات المتعلقة بالغطاء الخرساني لمقاومة الحريق.

ويمكن استعمال طبقات واقية مناسبة توضع فوق الخرسانة، في حالة تعرضها المباشر والمستمر للمواد الكيميائية المتلفة.

ويمكن أيضاً استعمال الأنواع الخاصة من الأسمنت المقاوم للمواد الكيميائية، إذا توفرت الخبرة الكافية لذلك.

٤-٢-٢-٥- زمن الأخذ (الشك) للاسمنت:

أ - زمن الأخذ الابتدائي:

وهو الزمن الذي يبتدئ عنده التجمّد في عجينة الأسمنت النظامية.

عجينة الإسمنت النظامية: يمكن الحصول عليها بتحديد نسبة الماء إلى الأسمنت التي تُعطي بعد الجبل عجينة تسمح بنفاذ إبرة جهاز فيكا النظامي إلى نقطة تبعد من 5mm إلى 7mm من قاعدة قالب فيكا.

توضع العجينة الموجودة في القالب تحت إبرة جهاز فيكا، وتُنزّل الإبرة ببطء حتى تلامس سطح العجينة ثم تُترك لتسقط حرّة وتنفذ في العجينة تحت تأثير وزنها الذاتي (300g). تُكرّر عملية نفاذ الإبرة في العجينة في مواضع مختلفة، إلى أن تنفذ الإبرة إلى مسافة بين 5-7mm من قاعدة القالب. وبذلك يكون زمن ابتداء الأخذ **(زمن الشك الابتدائي)**: هو الفترة الزمنية الواقعة بين لحظة إضافة الماء إلى الإسمنت، ولحظة نفاذ الإبرة في العجينة إلى مسافة لا تزيد

على 5mm تقريباً من قاعدة القالب. ويجب الانتباه إلى تحقيق الاسمنت لشرط ألا يقل زمن الأخذ الابتدائي عن المدة المحددة في الشروط الخاصة والتي تعتمد عادة 45 دقيقة للاسمنت العادي.

ب- زمن الأخذ النهائي:

وهو زمن اصطلاحي لبلوغ الاسمنت درجة من التصلب تحدد وفق المواصفات القياسية الخاصة بالاسمنت باستعمال جهاز فيكا. ويجب الانتباه إلى تحقيق الاسمنت لشرط ألا يزيد زمن الأخذ النهائي على المدة المحددة في الشروط الخاصة والتي تعتمد عادة 10 ساعات للاسمنت العادي.

٤-٢-٢-٦- التغير الحجمي الحر:

أ - التغير الحجمي بفعل الحرارة (التمدد والتقلص):

يُؤخذ معامل التمدد الطولي للخرسانة العادية $\alpha_t = 10^{-5}$ للدرجة المئوية الواحدة، أي: 0.01mm في المتر الطولي لكل درجة.

ب- التغير الحجمي بفعل الانكماش:

تتأثر قيمة انكماش الخرسانة بعوامل عديدة أهمها تبخر الماء الحر في الخرسانة، وهو يستمر لمدة طويلة، ويتعلق بعوامل مختلفة أهمها:

- رطوبة الجو المحيط: يقل الانكماش بزيادة الرطوبة.
- نسبة الماء إلى الإسمنت: يزيد الانكماش مع زيادة هذه النسبة.
- سمك العنصر: يزيد الانكماش مع قلة السمك.
- الزمن: يزداد الانكماش مع الزمن، ويتم الجزء الأكبر منه خلال الأشهر الأربعة الأولى، وتتوقف هذه الزيادة بمضي ثلاث سنوات.
- نوع الركام: يزداد الانكماش كلما خف الوزن النوعي للركام.

ويمكن تقدير قيم الانكماش النسبي في المنشآت الخرسانية، والمنشآت الخرسانية المسلحة، باستعمال العلاقة التجريبية الآتية:

$$\varepsilon_{sh} = \varepsilon_{sho} \cdot k_b \cdot k_d \cdot k_p \cdot k_t$$

حيث: ε_{sho} = قيمة الانكماش الأساسية، وتتعلق بقيمة الرطوبة النسبية للوسط المحيط بالعنصر المراد دراسته، وتتراوح قيمها بين (0 – 0.5 mm) لكل متر واحد، وتُؤخذ من الشكل (٤-٣).

k_b = معامل يتعلق بعيار الأسمنت، والنسبة بين الماء والأسمنت، ويُؤخذ من الشكل (٤-٤).

k_d = معامل يتعلق بالأبعاد الهندسية للعنصر الخرساني المدروس، وخاصة بسمك العنصر الافتراضي d_m.

يعرّف سمك العنصر الافتراضي d_m: بأنه النسبة بين مساحة المقطع العرضي للعنصر B، ونصف محيط العنصر $\frac{P}{2}$ المعرّض مباشرة للوسط الخارجي.

من أجل مقطع دائري مصمت نصف قطره R: $d_m = R$

من أجل مقطع حلقي سمكه e: $d_m = e$

من أجل مقطع مربع ضلعه a: $d_m = 0.5\ a$

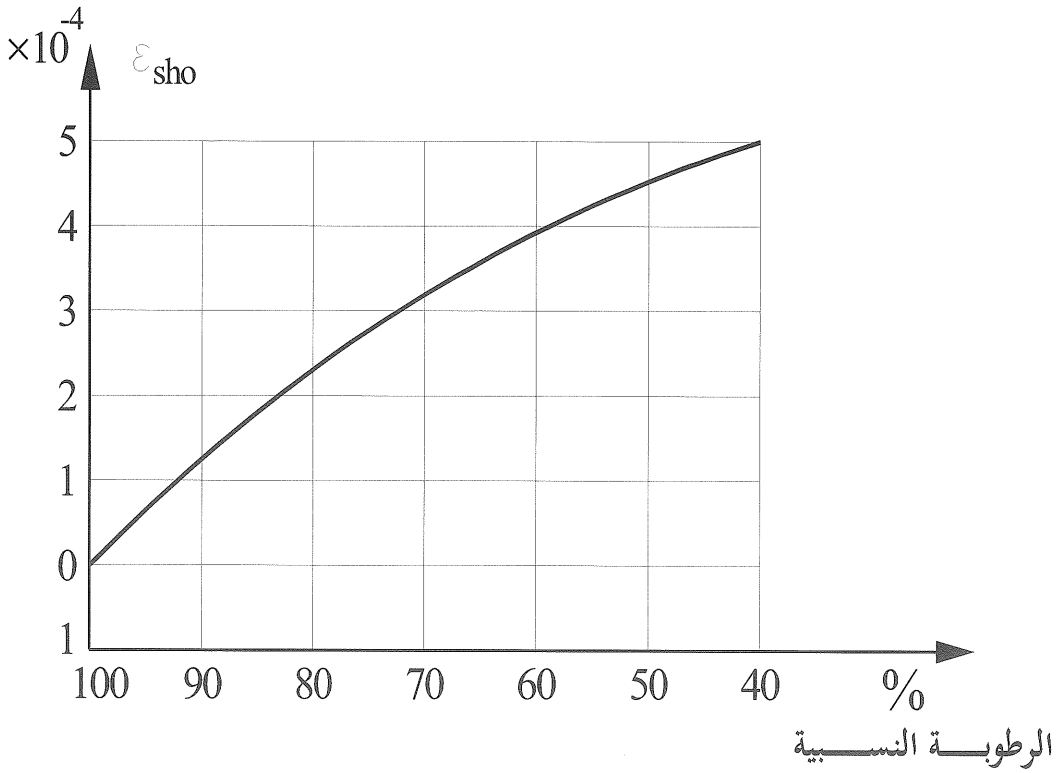
من أجل مقطع مستطيل b.h: $d_m = b.h/(b+h)$

من أجل بلاطة رقيقة سمكها e: $d_m = e$

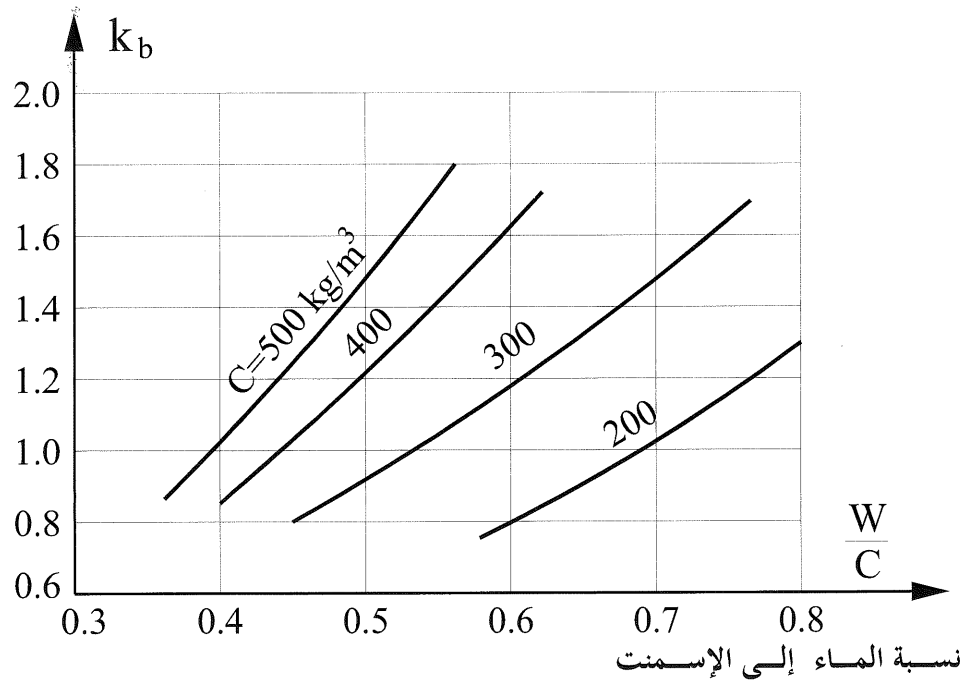
وتُؤخذ قيم المعامل k_d من الشكل (٤-٥).

k_p = معامل يتعلق بالنسبة μ للتسليح الطولي، ويُحسب من العلاقة $k_p = 1/(1+n\mu)$، حيث n=20.

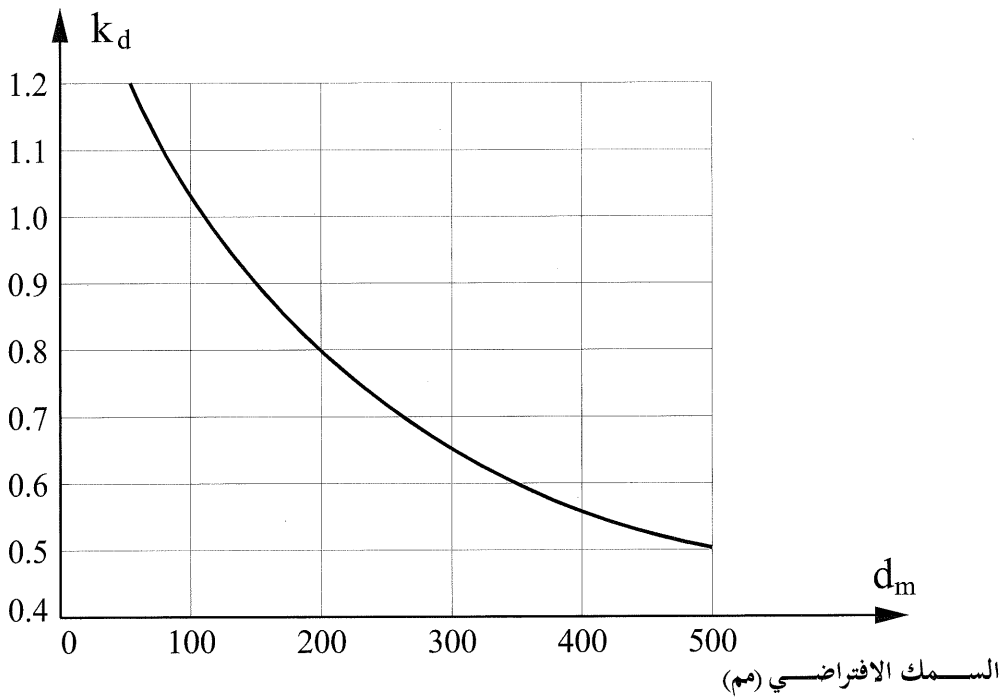
k_t = معامل يتعلق بعمر المنشأة وأبعادها الهندسية، ويُؤخذ من الشكل (٤-٦).



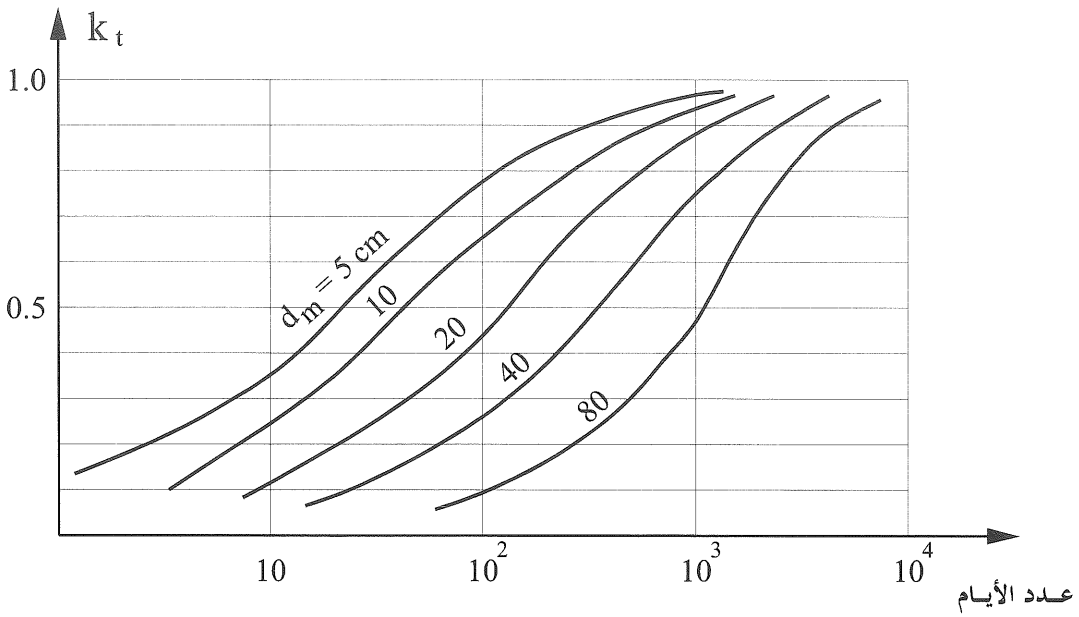
الشكل (٤-٣): قيم ε_{sho} وفقاً للرطوبة النسبية



الشكل (٤-٤): قيم k_b وفقاً لنسبة الماء للأسمنت



الشكل (٤-٥): قيم k_d وفقاً للسمك الافتراضي



الشكل (٤-٦): قيم k_t وفقاً لعمر المنشأة وأبعادها الهندسية

٤-٢-٢-٧- التماسك مع فولاذ التسليح:

إن تماسك الفولاذ مع الخرسانة هو من المتطلبات الأساسية في أعمال الخرسانة المسلحة، وتزيد مقاومة التماسك مع ما يلي:

- وجود نتوءات مستقيمة، أو دائرية، أو حلزونية، على القضبان.
- جودة الخرسانة وكثافتها، باستعمال خرسانات غنية بالأسمنت، قليلة المياه، حسنة التشغيل.
- الخشونة الضرورية في القضبان الملساء، ويُمنع منعاً باتاً استعمال قضبان التسليح إذا كان على سطحها دهان أو طلاء أو زيوت أو بيتومين، أو كل مادة أخرى تقلل من التماسك بين التسليح والخرسانة.

٤-٢-٣- الخواص الميكانيكية المميزة للخرسانة:

٤-٢-٣-١ تعداد الخواص:

إن الخواص الميكانيكية المميزة للخرسانة هي:

أ - مقاومة الضغط.

ب- مقاومة الشد.

ج- معامل التشكل الطولي (معامل المرونة).

د - معامل التشكل العرضي (نسبة بواسون).

هـ- الزحف.

٤-٢-٣-٢- تحديد المقاومة المميزة للخرسانة في الضغط وفي الشد:

تحدد المقاومة المميزة للخرسانة في الضغط والشد من نتائج اختبارات الضغط والشد والانفلاق على عينات قياسية (Ø 150 X 300) عمرها 28 يوماً، محفوظة تحت الماء في درجة حرارة 2± 20 درجة مئوية. ويجب ألا يزيد عدد الاختبارات المحتمل أن تنخفض مقاومتها عن المقاومة المميزة، على 10%، طبقاً للمعايير الإحصائية.

٤-٢-٤- تصنيف درجات جودة الخرسانة:

يقوم المهندس المصمم للمنشأة بافتراض درجة جودة الخرسانة، التي تمثل المقاومة الاسطوانية المميزة لها بالضغط (f'_c)، وبما يتناسب مع طبيعة المنشأة المراد تنفيذها، ويقوم المهندس المنفذ بالتحقق من الوصول إليها بتصميم الخلطات المناسبة واختبارها.

وبصورة عامة يمكن تصنيف درجات جودة الخرسانة واستعمالاتها (على سبيل المثال) كما هو مبين في الجدول(٤-٩).

ولا تستعمل خرسانة من درجة جودة أعلى من C45 إلا في حالة الخرسانة المسبقة الإجهاد، أو لأغراض إنشائية خاصة وبشرط إجراء اختبارات خاصة، وأن يتم تدقيقها من جهة متخصصة والتأكد من ضمان استمرارية المحافظة على الجودة أثناء التنفيذ، وعلى أن تُتخذ في التصميم والتنفيذ جميع الإجراءات التقنية اللازمة لضمان هذه الجودة، وهي من التزامات المهندس المسؤول. علماً بأنه يمكن اعتماد قيم مقاومة مميزة خارج المقاومات المذكورة أعلاه، وخاصةً عند تحقيق المنشآت القائمة، حيث تؤخذ المقاومة المميزة التي نتجت بالاختبارات وفقاً لتقدير المهندس المسؤول.

الجدول (٤-٩): درجات جودة الخرسانة واستعمالاتها المناسبة

درجة الجودة		C 5	C 8	C 10	C 12
المقاومة المميزة بالضغط f'_c	Mpa	5	8	10	12
	kgf/cm^2	50	80	100	120
مجال الاستعمال		خرسانة ردمية	خرسانة للنظافة تحت الاساسات	خرسانة عادية (أساسات – جدران .... الخ)	

درجة الجودة		C15	C 18	C 20	C 25	C 30	C 35	C40	C45
المقاومة المميزة بالضغط f'_c	MPa	15	18	20	25	30	35	40	45
	kgf/cm^2	150	180	200	250	300	350	400	450
مجال الاستعمال		خرسانة مسلحة			خرسانة مسلحة وخرسانة مسبقة الإجهاد				

كذلك لا تستعمل خرسانة من درجة جودة أدنى من C18 في الخرسانة المستعملة للمباني والمنشآت التي ستنفذ من الخرسانة المسلحة في مناطق الزلازل.

٤-٢-٥- تصميم خلطات الخرسانة للحصول على المقاومات الميكانيكية المميزة المطلوبة:

٤-٢-٥-١- التصميم للمقاومة المميزة في الضغط:

أ - **إن المقصود بتصميم الخلطة الخرسانية**، هو تحديد الكميات المثالية اللازمة من الأسمنت والماء والرمل والبحص (الناعم والخشن)، لإنتاج متر مكعب من خرسانة ذات قابلية تشغيل معينة، وذات مقاومة متوسطة في الضغط (f'_{cm})، تُعطي مقاومة مميزة (f'_c)، اعتماداً على مبادئ علم الإحصاء الرياضي، وذلك كما يلي:

$$(f'_{cm}) = f'_c + k.s \qquad .... \ (4.1)$$

حيث:

k: مُعامل يتوقف على عدد الاختبارات، وعلى احتمال أن تكون نسبة 10% من الاختبارات أقل من المقاومة المميزة، وقيمه مبينة في جدول الملحق (ز).

ويمكن اعتماد القيمة k = 1.31، إذا كان عدد الاختبارات لا يقل عن الثلاثين.

واعتماد القيمة k = 1.34، إذا كان عدد الاختبارات لا يقل عن خمسة عشر.

s: الانحراف المعياري. ويُحسب من العلاقة الآتية (4.2):

$$s = \sqrt{\frac{\sum \left(f'_i - \overline{f'}\right)^2}{n-1}} \qquad ....(4.2)$$

حيث:

(f'_i)= مقاومة العينة الاسطوانية (ϕ150 x 300) بعد 28 يوماً من الصب.

n = عدد عينات الاختبار، بحيث لا يقل عن خمس عشرة عينة في حالة تصميم الخلطة ولا يقل عن ثلاثين عينة في حال ضبط الجودة خلال التنفيذ.

$\overline{f'}$ = وسطي مقاومات العينات الاسطوانية = $\dfrac{\sum f'_i}{n}$

ب- تُستعمل العلاقات السابقة ضمن المعطيات الآتية:

١) إذا كان تصنيع خرسانة المنشأة يتم بواسطة مجبل مركزي، يحوي سجلات لنتائج كسر عينات اسطوانية، بعدد لا يقل عن ثلاثين اسطوانة، مأخوذة من خرسانة مصنوعة من نفس المواد التي سيتم استعمالها، وضمن فترة لا تزيد على ستة أشهر، وتحت إشراف مماثل، فيمكن استعمال النتائج بالنسبة لخرسانة ذات درجة جودة لا تقل عن C15، لحساب الانحراف المعياري s من العلاقة أعلاه، على أن يتحقق الشرط:

$$s \geq 3 \text{ MPa} \qquad (30 \text{kgf/cm}^2)$$

ومن ثم يجري حساب المقاومة المتوسطة، التي يجب الحصول عليها من العلاقة (4.1) التي تصبح:

$$f'_{cm} = f'_c + 1.31 \cdot s_{30} \qquad \ldots (4.3)$$

حيث s_{30}: الانحراف المعياري لعدد من العينات لا يقل عن ثلاثين.

٢) أما إذا كان إنتاج الخرسانة لا يتم بمجبل مركزي، أو كان يتم بمجبل مركزي لا يحوي سجلات لنتائج الكسر، تُحقق الشروط الواردة في الفقرة أعلاه، فيمكن حساب المقاومة المتوسطة التي يجب الحصول عليها لخرسانة ذات جودة لا تقل عن C15 من العلاقة:

$$f'_{cm} = f'_c + 8 \quad \text{MPa} \qquad \ldots (4.4)$$
$$(f'_{cm} = f'_c + 80 \text{ kgf/cm}^2)$$

وكبديل عن هذه العلاقة يمكن اعتماد المقاومة المتوسطة المطلوبة مساويةً إلى 1.25 مرة من المقاومة المميزة المطلوبة.

ج- تُصنع ثلاث جبلات تجريبية مختلفة من الخلطة الخرسانية التي تم تصميمها باستعمال مواد من النوعية التي ستُستعمل ذاتها، وبشروط إنتاج الخرسانة المتوقعة ذاتها. فإذا تعذر ذلك يمكن للمهندس المسؤول السماح بتصنيع الجبلات في المخبر بالطريقة الواردة بالبند (١٣-٢-٧).

تؤخذ ثلاث عينات اسطوانية على الأقل من كل جبلة للاختبار بعد 28 يوماً من الصب، كما يمكن أن تؤخذ ثلاث عينات اسطوانية أخرى على الأقل من كل جبلة للاختبار بعد 7 أيام من الصب. يجري تحضير الاسطوانات وحفظها حتى وقت الاختبار ضمن الشروط النظامية ومن ثم اختبارها طبقاً لما سيرد في البند (١٣-٢-٧).

تكون نسب الخلطة التصميمية مقبولة، إذا كان متوسط نتائج الاسطوانات المختبرة بعد 28 يوماً من الصب $\overline{f'_{28}}$، وعددها لا يقل عن خمس عشرة، مُحققاً لما يلي:

$$\overline{f'_{28}} \geq f'_c + 1.34\, s_{15} \qquad \ldots (4.5)$$

حيث s_{15}: الانحراف المعياري لعدد من العينات لا يقل عن خمس عشرة.

كما يمكن في بعض الحالات الخاصة، التي يعود تقديرها للمهندس المسؤول، قبول نسب الخلطة التصميمية، إذا كان متوسط نتائج الاسطوانات المختبرة بعد 7 أيام من الصب $\overline{f'_7}$، وعددها لا يقل عن خمس عشرة أيضاً، مُحققاً لما يلي (وذلك للخرسانة المصنعة من الأسمنت البورتلاندي العادي ذي التصلب الطبيعي):

$$\overline{f'_7} \geq 0.7\,(f'_c + 1.34\, s_{15}) \qquad \ldots (4.6)$$

وتُؤخذ قيمة الانحراف المعياري (s_{15}) في العلاقتين (5-4) و(6-4) أعلاه، من تطبيق العلاقة (4.2) للاسطوانات موضوع الاختبار لعدد من العينات لا يقل عن خمس عشرة.

وكبديل عن هاتين العلاقتين، يمكن قبول نسب الخلطة إذا كان:

$$\overline{f'_{28}} \geq 1.25 \ (f'_c)$$

$$\overline{f'_7} \geq 1.25 \ (0.7 \ f'_c)$$

٤-٢-٥-٢- المقاومة المميزة في الشد:

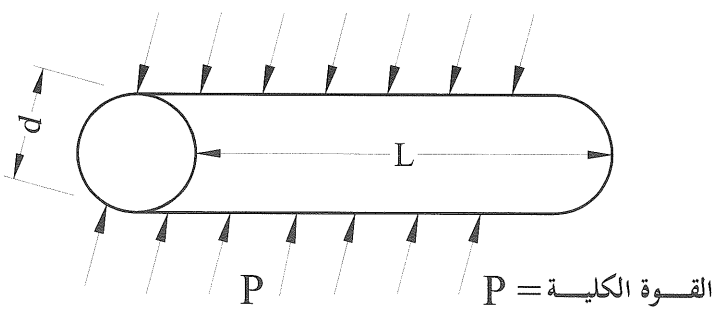
تُحدد المقاومة المميزة للخرسانة في الشد، بإحدى الطريقتين الآتيتين، وتُطبق على كل منهما المعايير الإحصائية ذاتها التي سبق ذكرها في البند (٤-٢-٥-١) لحالة المقاومة المميزة في الضغط.

أ - اختبار الشد بالفلق:

يجري الاختبار على قوالب قياسية اسطوانية قطرها 150 mm، وطولها 300 mm، وعمرها 28 يوماً، وذلك بتعريضها للفلق، بوساطة حملي ضغط متساويين، يعملان على رأسين متقابلين، على طولي مولدين متقابلين للاسطوانة، كما في الشكل(٤-٧). وتُحسب مقاومة الخرسانة للشد بالفلق من العلاقة:

$$f_{sp} = 2P/\pi.d.L$$

حيث يرمز بـ P إلى حمل الكسر المستعمل، ويرمز بـ L إلى طول عينة الاختبار (L= 300 mm).



الشكل (٤-٧): اختبار الشد في الخرسانة بفلق الإسطوانة

وتكون مقاومة الخرسانة للشد مساوية إلى 0.85 من مقاومة الفلق، أي:

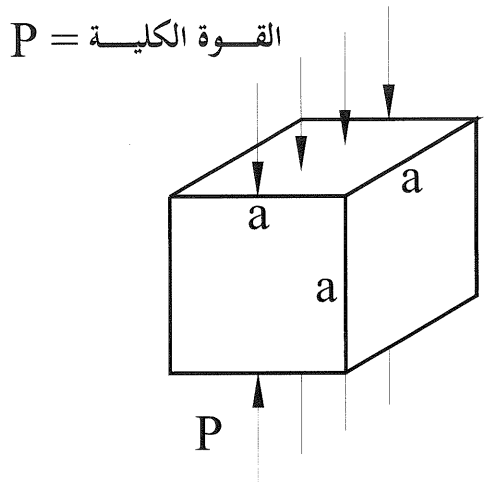
$$f_{ct} = \frac{0.55P}{d.L}$$

وإذا كانت العينة الخاضعة للاختبار مكعبية (الشكل ٤-٨)، تُحسب مقاومة الخرسانة للشد بالفلق من العلاقة: $f_{sp} = 2P/\pi.a^2$

حيث a طول ضلع المكعب.

وتكون مقاومة الخرسانة للشد في هذه الحالة أيضاً، مساوية إلى 0.85 من مقاومة الفلق، أي:

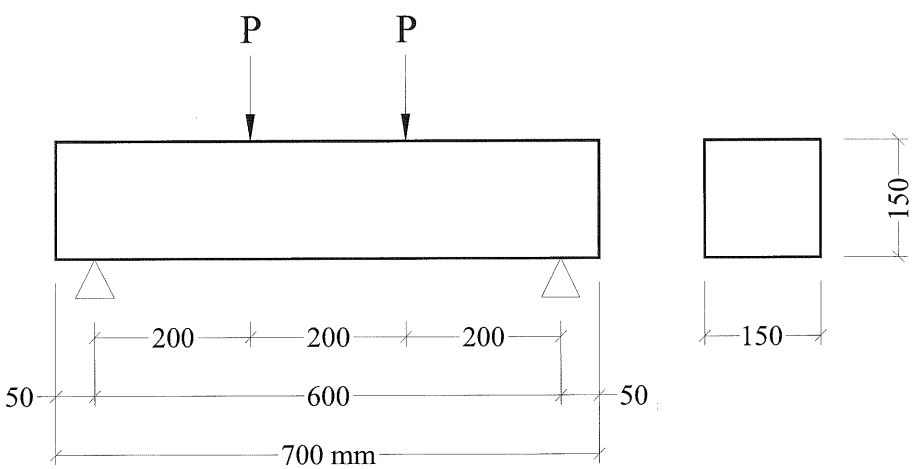
$$f_{ct} = 0.55P/a^2$$



الشكل (٤-٨): اختبار الشد في الخرسانة بفلق المكعب

ب - اختبار الشد بالانحناء البسيط:

يمكن أن تُستبدل بالاختبارات السابقة تجارب الانعطاف (الانحناء)، التي تُجرى على عينات موشورية مقطعها 100mm x 100mm وطولها 550mm، أو مقطعها 150mm x 150mm وطولها 700mm، تُحمّل بحملين متساويين ومتماثلين، يبعد كل منهما 150mm أو 200mm عن الركيزة، كما في الشكل(٤-٩).



الشكل (٤-٩): اختبار مقاومة الشد في الخرسانة بالإنحناء

وبذلك تكون مقاومة الشد في الانحناء f_{cb} لمقطع مربع:

$$f_{cb} = \frac{6M_u}{b^3}$$

حيث: M_u = عزم الانعطاف اللازم لكسر العينة.

b = طول ضلع مقطع العينة بالميليمتر.

وتُؤخذ مقاومة الخرسانة في الشد 60 % من مقاومة الشد في الانحناء، أي:

$$f_{cb} = \frac{3.6M_u}{b^3}$$

وعند إجراء أي اختبار من اختبارات الشد لخرسانة ذات عمر مختلف عن 28 يوماً، فإن نتائج الاختبار تُضرب في معامل التصحيح المبين في الجدول (٤-١٥).

٤-٢-٦- المقاومات الميكانيكية المميزة دون تصميم خلطة:

في حالة الخرسانة ذات الجودة التي لا تتعدى C25، يمكن في الحالات العادية، اعتماد القيم الواردة في الفقرتين (٤-٢-٦-١) و (٤-٢-٦-٢) للمقاومة الميكانيكية المميزة، شرط أن تكون مركبات الخرسانة، لا سيما كمية مياه الخلط، وطرائق خلطها ونقلها ورجها ثم معالجتها (رشها بالماء بعد الصب)، قد تمت طبق الأصول الفنية، وشريطة ألا يتجاوز مقدار هبوط المخروط القياسي، القيم النظامية المعتمدة في المواصفات القياسية (الجدول ٤-٧ أو ٤-٨)، أو الشروط الخاصة بالمشروع.

٤-٢-٦-١- مقاومة الضغط المحتملة في حالة الخرسانة المراقبة بشكل دقيق:

يقصد بمراقبة الخرسانة اتباع الإجراءات الآتية في عملية تصنيع الخرسانة:

أ - تقسيم الركام إلى عدة حجوم: رمل، بحص ناعم، بحص خشن.....الخ.

ب- استعمال العيارات الوزنية، بحيث يكون منحني التدرج الحبي ضمن حزمة المنحنيات المبينة في الملحق (ب).

ج- قياس نسبة رطوبة الركام قبل استعماله في تصنيع الخلطات، وأخذ هذه النسبة في حساب كمية الماء في الخلطة.

د- وجود إشراف دائم على عملية التصنيع، بدءاً من العيارات الوزنية وانتهاء بمعالجة الخرسانة بعد صبها (رش الماء...الخ)، ويشمل ذلك أخذ عينات اسطوانية لضبط الجودة وحفظ هذه الاسطوانات واختبارها وتقويم نتائجها طبقاً للشروط الواردة في (١٣-٧-٣). إذا تم تصنيع الخرسانة ضمن شروط المراقبة الواردة أعلاه يمكن اعتماد القيم الواردة في الجدول (٤-١٠).

الجدول (٤-١٠): مقاومة الضغط المميزة المحتملة في حالة الخرسانة المراقبة بشكل دقيق

كمية الأسمنت kg/m^3		300	350	400		450*		
درجة جودة الاسطوانة		C18	C20	C25	C30	C35	C40	C45
المقاومة الاسطوانية المميزة المحتملة f'_c	MPa	18	20	25	30	35	40	45
	kgf/cm^2	180	200	250	300	350	400	450

* مع ضرورة إضافة ملدنات عالية الجودة super plasticizer وسيليكا فيوم silica fume. ويمكن استعمال مقاومات أعلى لأغراض إنشائية خاصة وبشرط إجراء اختبارات خاصة وأن يتم تدقيقها من جهة متخصصة والتأكد من ضمان استمرارية المحافظة على الجودة أثناء التنفيذ.

٤-٢-٦-٢- مقاومة الضغط المحتملة في حالة الخرسانة غير المراقبة بشكل دقيق:

يُقصد بالخرسانة غير المراقبة بشكل دقيق، الخرسانة المصنعة بإهمال واحد أو أكثر من إجراءات مراقبة تصنيع الخرسانة الواردة في البند (٤-٢-٦-١). في حالة الخرسانة غير المراقبة بشكل دقيق يمكن اعتماد مقاومات الضغط الواردة في الجدول (٤-١١)، ولكن عند إجراء تجارب مراقبة وضبط الجودة للخرسانة غير المراقبة بشكل دقيق، يتم أخذ العينات وحفظها واختبارها وتقويم نتائجها، طبقاً للشروط الواردة في البند (١٣-٧-٣).

الجدول (٤-١١): مقاومة الضغط المميزة المحتملة في حالة الخرسانة غير المراقبة بشكل دقيق

كمية الأسمنت kg/m^3		100	150	200	250	300	350	400	450*
درجة جودة الخرسانة		C5	C8	C10	C12	C15	C18	C20	C25
المقاومة الاسطوانية المميزة المحتملة f'_c	MPa	5	8	10	12	15	18	20	25
	kgf/cm^2	50	80	100	120	180	180	200	250
مجال الاستعمال		ردم	نظافة تحت الأساسات	خرسانة عادية		خرسانة مسلحة			

* مع ضرورة إضافة ملدنات عالية الجودة super plasticizer وسيليكا فيوم silica fume.

وفي جميع الأحوال ينصح بتأمين مراقبة كافية للحصول على قيم تزيد عما ورد في هذا الجدول.

٤-٢-٦-٣- مقاومة الشد المميزة المحتملة:

تُؤخذ مقاومة الضغط في هذه الحالة أساساً لحساب مقاومة الشد، ويُمكن اتخاذ العلاقة الآتية أساساً للتقدير:

$$f_{ct} = 0.44\sqrt{f'_c}$$

$$(fct = 1.4\sqrt{f'_c}) \ (kgf/cm^2)$$

ويُبين الجدول (٤-١٢) مقاومة الشد المميزة المحتملة محسوبة على أساس الجدولين (٤-١٠) و (٤-١١).

الجدول (٤-١٢): مقاومة الشد المميزة المحتملة

درجة جودة الخرسانة		C10	C12	C15	C18	C20	C25	C30	C35	C40	C45
المقاومة المحتملة للخرسانة في الشد	MPa	1.4	1.5	1.7	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6
	kgf/cm^2	14	15	17	19	20	22	23	24	25	26

٤-٢-٧- تصحيح نتائج الاختبار لأشكال العينات وأعمار الخرسانة:

٤-٢-٧-١- التصحيح لأشكال العينات في اختبارات الضغط:

عند إجراء الاختبار على أشكال أخرى من القوالب غير الاسطوانية القياسية (قطر 150mm بارتفاع 300mm)، لأعمال الخرسانة المسلحة، يجب ضرب قيم المقاومات الناتجة بمعامل التصحيح الواردة قيمه في الجدول (٤-١٣) للأشكال المختلفة لعينات الاختبار، وذلك قبل إجراء أي معالجة إحصائية، أو مقارنة لهذه المقاومات.

الجدول (٤-١٣): قيم معامل التصحيح للأشكال المختلفة لعينات الاختبار

شكل العينة	أبعاد عينة الاختبار بالميليمتر بفرض أنها ذات أسطح مستوية ومتوازية	معامل التصحيح
الاسطوانة	ارتفاع 300 × 150 قطر	1.00
	ارتفاع 200 × 100 قطر	0.97
	ارتفاع 500 × 250 قطر	1.05
الموشور	150 × 150 × 300	1.00
	150× 150 × 450	1.05
	200× 200 ×600	1.05
المكعب	100 × 100 ×100	0.78
	150× 150 ×150	0.80
	200 × 200 ×200	0.83
	300× 300 × 300	0.90

٤-٢-٧-٢- التصحيح لأعمار الخرسانة في اختبارات الضغط:

عند إجراء الاختبار لأعمال الخرسانة عند عمر يقل عن 28 يوماً بعد الصب يتم تعديل قيم المقاومة الناتجة قبل إدخالها في الحسابات باستعمال قيم التصحيح الواردة في الجدول (٤-١٤) شريطة أن يحقق الاسمنت المواصفات المعتمدة من حيث سرعة التصلب الأولى والنهائى.

أمَّا عند إجراء الاختبار لأعمال الخرسانة عند عمر يزيد على 28 يوماً بعد الصب فتؤخذ نتائج المقاومة المميزة الفعلية الناجمة عن الاختبارات وتعالج وفقاً للبند (١٣-٧-٣-٣).

أمَّا القيم الواردة في الجدول (٤-١٤) لأعمار تزيد على 28 يوماً فهي قيم للاستئناس تبين إمكانية ازدياد المقاومة مع الزمن. وإذا ثبت أن الاسمنت لا يحقق المواصفات النظامية من حيث سرعة التصلب الأولي والنهائي، فيمكن اعتماد النتائج دون تعديل، من أجل عينات بعمر لا يتعدى 45 يوماً للاسمنت البورتلندي العادي أو سريع التصلب، وبعمر 60 يوماً للإسمنت المقاوم للكبريتات، ويعود تقدير ذلك للمهندس المشرف. وعند أخذ مقاومات بأعمار أكبر من ذلك، تنسب للمقاومات بهذين العمرين (كمقاومات مكافئة للمقاومة النظامية بعمر 28 يوم).

الجدول (٤-١٤): قيم معامل التصحيح لنتائج اختبارات الضغط لخرسانة ذات أعمار تختلف عن 28 يوماً

عمر الخرسانة باليوم	3	7	28	60	90	360 أو أكثر
اسمنت بورتلاندي عادي	2.50	1.50	1.00	0.95	0.90	0.80
اسمنت بورتلاندي سريع التصلب	1.80	1.30	1.00	0.97	0.95	0.90

٤-٢-٧-٣- التصحيح لأعمار الخرسانة في اختبارات الشد:

عند إجراء اختبار من اختبارات الشد، لخرسانة ذات عمر مختلف عن 28 يوماً، يجب تعديل قيم المقاومة الناتجة قبل إدخالها في الحسابات، وذلك حسب الجدول (٤-١٥) إذا ثبت أن الاسمنت يحقق المواصفات من حيث سرعة التصلب الأولي والنهائي، وإلا فيمكن اعتماد النتائج دون تعديل من أجل عينات بعمر لا يتعدى 45 يوماً للاسمنت البورتلاندي العادي أو سريع التصلب و60 يوماً للاسمنت المقاوم للكبريتات. ويعود تقدير ذلك للمهندس المشرف.

الجدول (٤-١٥): معاملات تصحيح نتائج اختبار شد الخرسانة للأعمار المختلفة

عمر الخرسانة باليوم	3	7	28	90	360 أو أكثر
اسمنت بورتلاندي عادي	2.00	1.40	1.00	0.95	0.90
اسمنت بورتلاندي سريع التصلب	1.50	1.20	1.00	0.95	0.90

٤-٢-٨- معامل التشوه (التشكل) الطولي (معامل المرونة):

١ - في حالة الأحمال اللحظية أو المتغيرة تغيراً سريعاً، وعندما تكون إجهادات التشغيل أقل من 55% من مقاومة الكسر f'_{cj}، يُؤخذ معامل التشوه (التشكل) الطولي من العلاقة:

$$E_{co} = 5700\sqrt{f'_{cj}}$$

حيث E_{co} = هو معامل التشكل الطولي اللحظي الأولي، مقدراً بـ MPa.

f'_{cj} = مقاومة الخرسانة الاسطوانية في الضغط في تاريخ تقييم معامل التشوه (التشكل) مقدراً بـ (MPa)، (الخرسانة عمرها j يوماً).

وفي النظام المتري تصبح العلاقة السابقة كالآتي $E_{co} = 18000\sqrt{f'_{cj}}$ (kgf/cm^2)

٢- في حالة الأحمال ذات الأجل الطويل والمطبقة بعد فك القوالب مباشرة، وعدم وجود تسليح للضغط في المقاطع المعرضة لعزوم الانحناء (حيث يصل التشوه اللدن إلى ضعفي االتشوه المرن، أي يصبح التشوه الكلي ثلاثة أضعاف التشوه المرن)، يجوز أخذه من العلاقة:

$$E_c = 1900\sqrt{f'_{cj}} = \frac{1}{3}E_{co}$$

حيث E_c = معامل التشوه (التشكل) الطولي، طويل الأجل ، مقدراً بـ (MPa).

$$(E_c = 6000\sqrt{f'_c}\ (\ (kgf/cm^2)$$

وفي الأحوال العادية يؤخذ معاير التشكل طويل الأمد مساوياً إلى: E_{co} مقسومة على $(1+\alpha)$ حيث يتم حساب α من العلاقة الواردة في البند (١٠-٥-٦).

٤-٢-٩- معامل التكافؤ (النسبة المعيارية):

١- لتحديد الأبعاد، وحساب الإجهادات بطريقة المرونة، من أجل تبسيط الحسابات العادية، تُؤخذ النسبة المعيارية n ثابتة ومساوية 15، أي: $(n = E_s / E_c = 15)$.

٢- عند تحديد القيم غير المقررة سكونياً (ستاتيكياً)، وكذلك عند تصميم العناصر الإنشائية التي لا يُسمح فيها بوجود شقوق ناتجة عن الشد (كخزانات المياه)، تُؤخذ النسبة المعيارية n مساوية 10، أي (n=10).

٤-٢-١٠- معامل التشوه (التشكل) العرضي للخرسانة (نسبة بواسون):

تُؤخذ نسبة: التشوه العرضي ÷ التشوه الطولي في التشوهات المرنة، والمسماة نسبة بواسون مساوية إلى: $\upsilon = 0.2$.

ويعطى معاير القص (G) بالعلاقة الآتية: $G = \dfrac{E_c}{2\cdot(1+\upsilon)}$

٤-٢-١١- الانفعالات الطويلة الأجل للخرسانة (الزحف):

٤-٢-١١-١- بالإضافة إلى الانفعالات غير المرنة، الناجمة عن الانكماش، تكون القطع الخرسانية المحملة بأحمال التشغيل، خاضعة لتأثير تشكل لحظي مرن، يسبب انفعالاً قدره $\varepsilon_{ce}=\sigma_c/E_{co}$. فإذا ما بقيت هذه القطع، تحت تأثير كل أحمال التشغيل أو بعضها، لمدة تزيد على يوم واحد، حدثت لها بالإضافة إلى التشكلات اللحظية المرنة، تشكلات إضافية تزيد تدريجياً مع الزمن، وتُسمى الزحف.

٤-٢-١١-٢- من أهم العوامل المؤثرة على الزحف ما يلي:

أ - مقدار إجهادات التحميل بالنسبة للمقاومة: إذ إن الزحف يتزايد بتزايد إجهادات التحميل.

ب- رطوبة المحيط: إذ إن الزحف يتناقص بتزايد هذه الرطوبة.

ج- عمر الخرسانة عند التحميل: إذ إن الزحف يتناقص كلما ازداد عمر الخرسانة عند تحميلها.

د - نسبة الأسمنت في الخرسانة: إذ إن الزحف يزداد بازدياد هذه النسبة.

هـ- نسبة ماء الخلط: إذ إن الزحف يزداد بازدياد كمية ماء الخلط بالنسبة للأسمنت.

و- سمك العنصر الخرساني: إذ إن الزحف يزداد بتناقص السمك.

ز- الزمن: إذ إن الزحف يزداد مع مرور الزمن، حتى عمر ثلاث سنوات.

ح- نسبة تسليح الضغط إلى مساحة المقطع العرضي للعنصر (راجع الفقرة ١٠-٥-٦).

٤-٢-١١-٣- يُقدر الانفعال نتيجة الزحف، كما يلي:

أ - في القطع المحملة محورياً، الخاضعة لإجهاد ضغط مرن مقداره σ_c، ولانفعال مرن مناظر ε_{ce}، يكون الانفعال نتيجة الزحف مساوياً $\varepsilon_{cr} = \phi \cdot \varepsilon_{ce}$

ويكون الانفعال الكلي ε_t مساوياً $\varepsilon_t = \varepsilon_{ce} + \varepsilon_{cr} = \varepsilon_{ce}\,(1 + \phi)$

ويُقدر معامل الزحف $\phi = \varepsilon_{cr} / \varepsilon_{ce}$ بالعلاقة التجريبية الآتية:

$$\phi = k_c \,.\, k_a \,.\, k_b \,.\, k_d \,.\, k_t$$

حيث: k_c = معامل يتعلق بالرطوبة النسبية للوسط المحيط بالخرسانة عند تحميلها، ويُؤخذ من الشكل (٤-١٠).

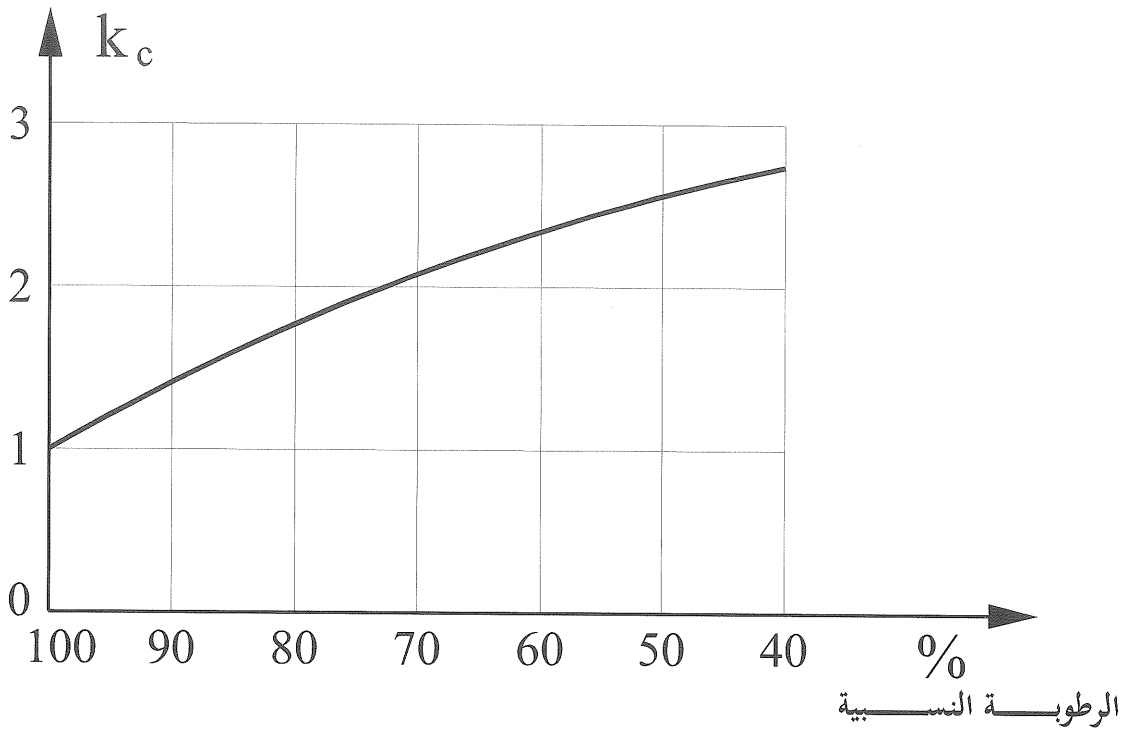
k_a = معامل يتعلق بعمر الخرسانة عند تحميلها، ويُؤخذ من الشكل (٤-١١).

k_b = معامل يتعلق بعيار الأسمنت C للمتر المكعب من الخرسانة، وبالنسبة بين وزن الأسمنت إلى الماء، ويُؤخذ من الشكل (٤-٤) تماماً كما في حالة الانكماش.

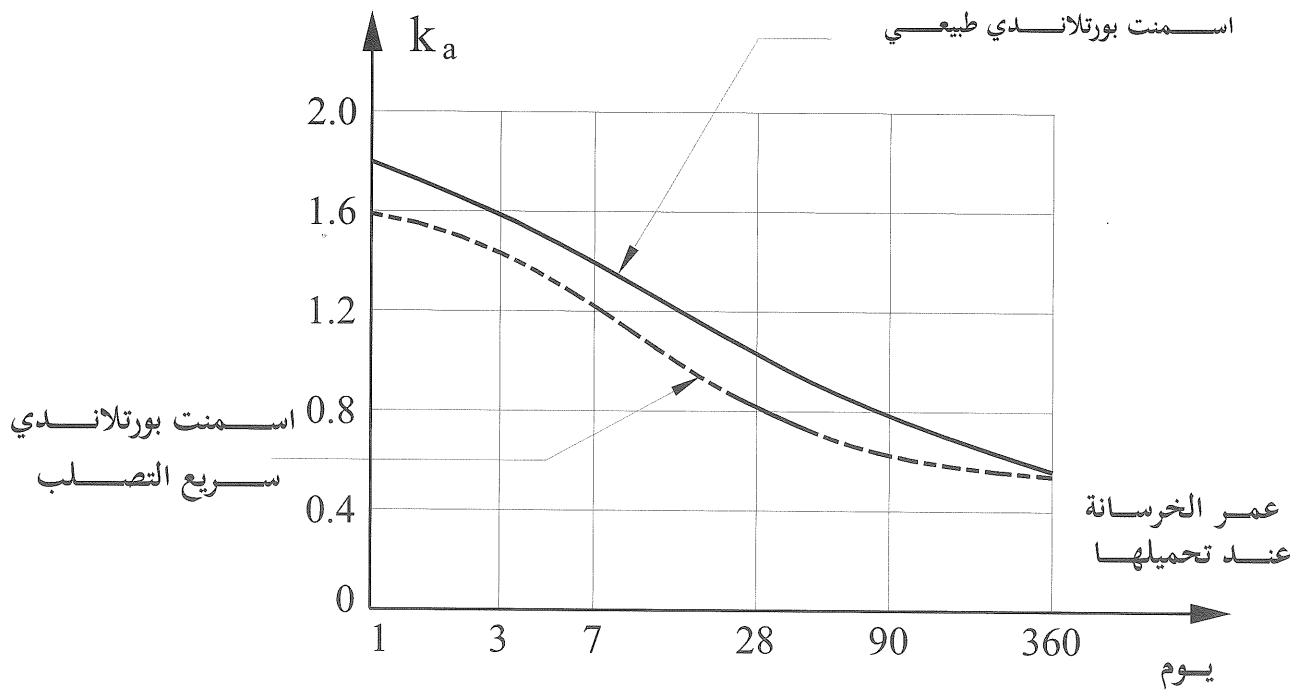
k_d = معامل يتعلق بالأبعاد الهندسية للعنصر الخرساني المسلح، ويُؤخذ من الشكل (٤-٥) تماماً كما في حالة الانكماش.

k_t = معامل يأخذ في الحسبان ازدياد زحف الخرسانة مع الزمن، ويُؤخذ من الشكل (٤-٦) تماماً كما في حالة الانكماش.

ب - في المقاطع المعرضة للانعطاف، يمكن حساب السهم نتيجة الزحف، بضرب السهم الآني بقيمة العامل α، المحسوب وفقاً للبند (١٠-٥-٦).



الشكل (٤-١٠): قيم k_c وفقاً للرطوبة النسبية

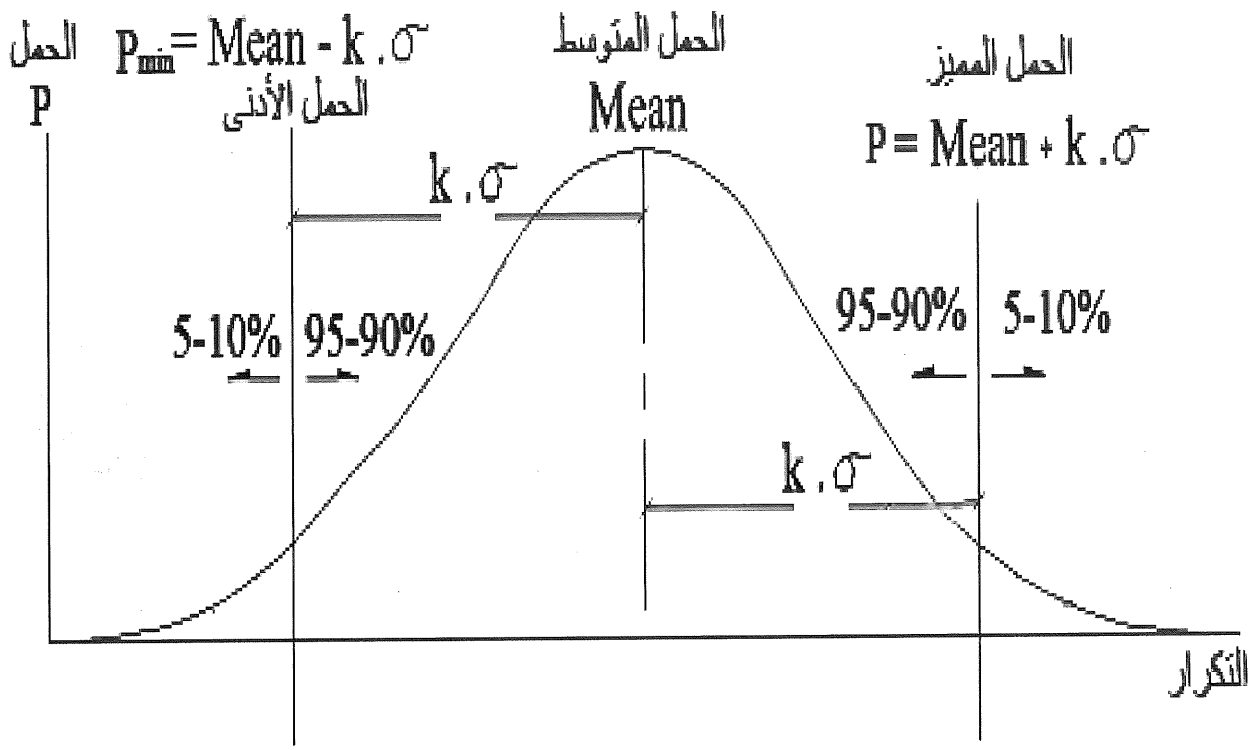


الشكل (٤-١١): قيم k_a وفقاً لعمر الخرسانة عند تحميلها

تقييم الأفعال

٥-١- تعريف الأفعال:

يعرف الفعل المميز (أو الحمل المميز) بأنه الفعل (أو الحمل) الذي لا يمكن تجاوزه بأكثر من نسبة احتمال معينة (تؤخذ عادة 10% وأحياناً 5%) خلال العمر التصميمي للمبنى أو المنشأة (الذي يؤخذ عادة 50 عاماً)، وبتعبير آخر هو الحمل الذي لا يمكن تجاوزه في نسبة 90% (أحياناً تؤخذ 95%) من الحالات، خلال العمر التصميمي للمبنى أو المنشأة. هذا ويبين الشكل (٥-١-أ) منحني جاوس للتوزع الطبيعي (الشبيه بشكل الجرس) ومبين عليه الحمل المميز والحمل المتوسط والحمل الأدنى.



الشكل (٥-١-أ): منحني جاوس مبين عليه الحمل المميز والحمل المتوسط والحمل الأدنى الإحصائي

تعرف الأفعال بأنها مجموعة القوى التي تصمم المنشأة لتحملها ويقصد بها:

٥-١-١- الأفعال المباشرة:

أي القوى التي تخضع لها المنشأة مباشرة بطبيعتها، وهي:

١ - الأحمال الدائمة.

٢ - الأحمال الإضافية.

- غير الحركية (غير الديناميكية).
- الحركية (الديناميكية).

٣ - الأحمال المناخية.

وبما أن هذه الأفعال جميعها تنتقل بوساطة المنشأة إلى الأساسات، فإنها تُدعى أفعالاً مباشرة.

٥-١-٢- الأفعال غير المباشرة (أفعال التشوهات (التشكلات) المفروضة):

وهي الأفعال التي قد تتعرض لها المنشأة كالقوى الداخلية الناتجة عن التمدد أو التقلص الحراريين والانكماش وتغيرات الرطوبة والزحف (السيلان) في المواد المكونة للعنصر الإنشائي والإجهاد المسبق وتحركات الركائز وحدوث التشقق، أو مجموعة منهم.

٥-١-٣- مجال الاستعمال:

يجري تحديد هذه الأفعال على مختلف أنواعها فور اختيار المنشأة، وقبل المباشرة بدراستها. وفي حال وجود اشتراطات خاصة محلية معتمدة، يمكن اعتماد تلك الاشتراطات. أما في حال عدم توفرها، فيمكن الاعتماد على أسس تقييم أفعال الاستثمار غير المصعّدة بعوامل الأمان (الباب السادس).

٥-٢- الأحمال الدائمة:

٥-٢-١- تعريف الأحمال الدائمة:

الأحمال الدائمة هي القوى الدائمة الناتجة عن الجاذبية الأرضية، كالأوزان على مختلف أنواعها، سواء منها الأوزان الذاتية للمنشأة أو أوزان العناصر الثابتة فوقها، أو القوى الجانبية الدائمة المطبقة على المنشأة بشكل مباشر أو غير مباشر.

يدخل ضمن هذا التعريف الأوزان الذاتية للمنشأة، وأوزان العناصر المركزة عليها بصورة مستديمة كالقواطع والجدران والبلاط والتوريق (الطينة)، والبياض وتمديدات التجهيزات والتربة المحمولة ... الخ.

٥-٢-٢- تقييم الأحمال الدائمة:

١ - تُقيّم الأحمال الدائمة حسب أحجامها وأوزانها الحجمية، الأكثر ملاءمة في ظروف استعمالها.

إن القياسات والأبعاد والمسافات الملحوظة في التصميم تكفي إجمالاً لتقدير الأحجام، إلا في بعض الحالات الخاصة، كالأغشية الرقيقة، حيث ينتج عن زيادة ضئيلة في السمك (زيادة من درجة عشرات الميليمترات)، أثقال ذاتية إضافية هامة نسبياً. في هذه الحالة يجب أخذ هذه الزيادة في الحسبان، خاصة فيما يتعلق بالقوى المحورية المؤثرة على الأغشية المقوسة.

قد تتغير الأوزان الحجمية في بعض الأحيان حسب حالات المحيط وظروف استعمال المنشأة. وقد يحدث أن يكون الوزن الحجمي الواجب حسابه هو الوزن الأقل، كما يحصل مثلاً في الجدران الساندة (الاستنادية) التي يجب أخذ أوزانها الذاتية عند حساب مقاومة الانزلاق الناتج عن ضغط التربة.

٢ - في حال عدم وجود معلومات خاصة، أو قيم مستخلصة من أنظمة البناء، يمكن اعتماد الأوزان الحجمية الواردة في الجدول (٥-١)، والمعطاة وفقاً لطبيعة مادة العنصر موضوع التقييم. كما يمكن العودة إلى الملحق رقم (١).

الجدول (٥-١): الأوزان الحجمية لبعض المواد الأكثر استعمالاً

المادة	الوزن الحجمي (tf / m^3)	الوزن الحجمي (kN/m^3)
الخرسانة العادية دون التسليح	2.4	24
الفولاذ	7.85	78.5
الخرسانة المسلحة (نسبة تسليح 1%)	2.5	25
الحجر البازلتي (حجم مليء)	3	30
الحجر الغرانيتي (حجم مليء)	2.8	28
الحجر الكلسي (حجم مليء)	2.7	27
الحجر الرملي (حجم مليء)	2.3	23
البلوك (الطوب) المجوف	1.9 −1.4	19-14
البحص الزلط (حجم طبيعي غير مدكوك)	1.8 −1.5	18-15
الرمل (حجم طبيعي غير مدكوك)	1.8 − 1.5	18-15
الأسمنت (فلت)	1.2 − 1	12-10
البناء العادي بالمونة (البناء بالبلوك المليء)	2 − 1.8	20-18
الخرسانة الخفيفة الوزن	2 − 1.2	20-12
البناء بالحجر المجوف الخرساني	1.4	14
البناء بالبلوك (الطوب) المجوف	1.4	14
بلاط الرخام أو السيراميك	2.5 −2.4	25-24
الطينة (بحيث لا يقل سمك الطين عن 20 mm من كل جهة من الحوائط)	2	20
المجبول الاسفلتي	2.3	23

أحمال التغطية على البلاطات في المباني: في حال عدم القيام بحساب دقيق تؤخذ أحمال التغطية مساويةً إلى 2 kN/m^2 (200 kgf/m^2) عند عدم وجود تمديدات مطمورة تحت البلاط، وتزاد إلى 3 kN/m^2 (300 kgf/m^2) عند وجود تمديدات مطمورة تحت البلاط. أما تغطيات السطح النهائي فتحسب، على ألا تقل عن 3 kN/m^2 (300 kgf/m^2).

٥-٣- الأحمال الإضافية:

٥-٣-١- تعريف الأحمال الإضافية:

إن المهندس المسؤول عن المشروع هو الذي يُعيّن بادئ ذي بدء، الأحمال الإضافية. وفي حال عدم تعيينها يمكن أخذها من أنظمة المباني الخاصة. وفي حال عدم وجود هذه الأخيرة يمكن أخذها من الجدول (٥-٢)، الذي يُعطي أحمال الاستعمال الدنيا.

الجدول (٥-٢): الأحمال الإضافية غير الديناميكية المميزة الموزعة بانتظام والمركزة على المنشأة

الغرض من استعمال المبنى			شدة الحمل الموزع		الحمل المركز المطبق على مربع ضلعه 300mm [1]	
			kN/m^2	kgf/m^2	kN	kgf
السطوح	غير مستعملة (لا يمكن الوصول إليها)	أفقية أو مائلة حتى 10 درجات	1.0	100		
		مائلة أكثر من 10درجات	0.5	50		
	مستعملة (يمكن الوصول إليها)		مثل الطابق المتكرر ولا تقل عن 2.0	مثل الطابق المتكرر ولا تقل عن 200		
الشرفات	مباني خاصة		4.0	400		
	مباني عامة		5.0	500		
المباني السكنية	غرف		2.0	200	1.4	140
	ممرات خارجية وأدراج		3.0	300	1.8	180
الفنادق	غرف نوم		2.5	250	1.8	180
	ممرات خارجية وأدراج		5.0	500	4.5	450
المدارس	غرف صفوف وإدارة		3.0	300	2.7	270
	ممرات خارجية وأدراج		5.0	500	4.5	450
المشافي	غرف نوم		2.5	250	1.8	180
	ممرات خارجية وأدراج		4.0	400	4.5	450
	غرف عمليات		تحسب [2] ولا تقل عن 3.0	تحسب [2] ولا تقل عن 300	4.5	450
المكاتب	غرف	مباني عامة	3.0	300	2.7	270
		مباني خاصة	2.0	200	2.7	270
	أضابير		تحسب ولا تقل عن 5.0	تحسب ولا تقل عن 500	تحسب	تحسب
	غرف حاسوب		تحسب ولا تقل عن 4.0	تحسب ولا تقل عن 400	تحسب	تحسب
	ممرات خارجية وأدراج	مباني عامة	4.0	400	4.5	450
		مباني خاصة	3.0	300	4.5	450
المكتبات	غرفة مطالعة دون تخزين كتب		3.0	300	4.5	450
	غرفة مطالعة مع تخزين كتب		5.0	500	4.5	450

الصالات (القاعات والمدرجات)	مقاعد ثابتة	5.0	500		
	مقاعد متحركة	6.0	600	3.6	360
	رقص وجمباز *	6.0*	600*	3.0*	300*
	غرف إسقاط	6.0	600	3.6	360
	مدرجات رياضية *	6.0*	600*	3.0*	300*
	منصة مسرح*	6.0*	600*	3.6*	360*
	متاحف وقاعات فن و عرض	تحسب ولاتقل عن 5.0	تحسب ولاتقل عن 500	تحسب	تحسب
المخازن والمستودعات	مخازن سلع (عرض وبيع)	5.0	500	3.6	360
	مخازن كتب	2.4 لكل متر ارتفاع ولاتقل عن 7.0	240 لكل مترارتفاع ولاتقل عن 700	4.5	450
	مخازن ورق و قرطاسية للمطابع	تحسب ولا تقل عن 4.0 لكل متر ارتفاع	تحسب ولا تقل عن 400 لكل مترارتفاع	تحسب	تحسب
	برادات خزن	5.0 لكل متر ارتفاع ولاتقل عن 15	500 لكل مترارتفاع ولاتقل عن 1500	تحسب	تحسب
	مستودعات مصانع ومباني مشابهة	5.0-10.0 حسب المواد والآلات	500-1000 حسب المواد والآلات	تحسب	تحسب
أماكن التجمع العامة	دور عبادة	5.0	500	4.5	450
	أبهاء عامة، فسحات	5.0	500	4.5	450
	مسارح، سينما	5.0	500	4.5	450
الورشات ومرائب السيارات	ورش تصليح	تحسب ولا تقل عن 6.0	تحسب ولا تقل عن 600	أسوأ وضع ممكن لأحمال العجلات	
	مواقف وممرات سيارات ومنحدرات لسيارات أقل من وزن 25 kN	6.0	600	9.0	900
	مواقف وممرات ومنحدرات لسيارات بوزن أكثر من 25 kN (2.5 ton)	تحسب ولا تقل عن 6.0	تحسب ولا تقل عن 600	تحسب ولا تقل عن 9.0	تحسب ولا تقل عن 900
استعمالات مختلفة	مرافق صحية	2.0	200	–	–
	مطابخ عامة، مختبرات	تحسب ولا تقل عن 3.0	تحسب ولا تقل عن 300	–	–
	مصابغ، غرف غسيل	تحسب ولا تقل عن 3.0	تحسب ولا تقل عن 300	4.5	450
	غرف سخانات ومضخات ومراجل	7.5	750	4.5	450
	ستوديو	4.0	400	تحسب	
	مطابع	تحسب ولا تقل عن 20.0	تحسب ولا تقل عن 2000	تحسب	

- تصعد قيم الأحمال للمدرجات الرياضية وصالات الرقص ومنصات المسارح بعامل ديناميكي لا يقل عن 1.1، كما ويحسب للمرائب، ولا يقل عن 1.3 . وفي حالة المرائب العائدة لتجمعات مراقبة، يسمح بتخفيض قيم الأحمال الموزعة إلى ثلثي القيم الواردة في الجدول أعلاه، بشرط أن لا يكون من الممكن وقوف سيارات ذات

وزن أكبر من 3 طن. والمقصود بغير الممكن أن المدخل لا يسمح بدخول مثل تلك السيارات أو وجود مراقبة لأحمال السيارات الداخلة للمرآب، وعلى أن يتم ذلك بموجب إقرار يسجل في نقابة المهندسين موقع من قبل الجهتين المالكة و الدارسة للمشروع ويُنص فيه أن ذلك على مسؤولية الجهة المالكة من حيث ضمان الإلتزام بعدم إدخال سيارات بوزن أكبر من 3 طن.

ملاحظات خاصة بالجدول (٥-٢):

ملاحظة ١: عندما يتوقع أن الحمل المركز قد يولد إجهادات أو انفعالات موضعية يزيد تأثيرها على تأثير الحمل الموزع بانتظام، يتوجب التحقق من تأثير هذا الحمل المركز وذلك بتطبيقه في الموضع الأكثر خطورة للمنشأة.

ملاحظة ٢: يقصد بكلمة "تحسب" أن القيم يجب أن تقرر من واقع الأحمال الفعلية المتوقع تطبيقها على المنشأة، بناءً على الاستعمال المخطط له.

ملاحظة ٣: تم اعتماد عوامل التحويل الآتية للتبسيط (علماً أن القيم الدقيقة تختلف قليلاً بنسبة تم الاتفاق على إهمالها):

$$100\ kgf/m^2 = 1\ kN/m^2$$

$$1\ tf = 10\ kN$$

تُقسم الأحمال الإضافية إلى نوعين رئيسين:

* الأحمال الإضافية غير الديناميكية.
* الأحمال الإضافية الديناميكية.

٥-٣-٢- الأحمال الإضافية غير الديناميكية:

تُعرّف الأحمال الإضافية غير الديناميكية بما يلي:

١ - الأثقال الاستاتيكية التي تنقل من مكانها من وقت إلى آخر، كأثاث المنازل والأجهزة، والآلات الاستاتيكية غير المثبّتة والمواد المخزّنة.

٢- أثقال الأشخاص مستعملي المنشأة، شرط أن يُؤخذ بالحسبان في تقدير هذه الأثقال العامل الديناميكي في حال وجوده، كما يحدث في صالات الاجتماعات والمدرجات الرياضية مثلاً.

تدخل هذه الأحمال في الحساب بشكل أحمال موزعة بانتظام على المنشأة، و تحقق أيضاً على حمل مركّز، وتُؤخذ قيم هذه الأحمال الموزعة والمركزة وفقاً لما يلي:

في المباني العادية، كمباني السكن والمدارس والمباني التجارية، والمنشآت المذكورة في الجدول (٥-٢)... الخ، و عند عدم وجود كودات بناء أو نصوص خاصة، يمكن اعتماد القيم الواردة في الجدول (٥-٢) والتي أدخل فيها التأثير الديناميكي.

٥-٣-٣- تخفيض الأحمال الإضافية في المباني متعددة الطوابق:

في المباني المُعدّة للسكن ذات الطوابق المتعددة (أكثر من 5)، وفي حال تحميلها بأحمال

إضافية متساوية، يُسمح بتخفيض الأحمال الإضافية على عناصر الارتكاز، كالجدران والأعمدة والأساسات وفق الجدول (٥-٣) الآتي، حيث تُمثل P قيمة الحمل الإضافي الكلي على السقف.

الجدول (٥-٣): تخفيض الأحمال الإضافية في المباني متعددة الطوابق

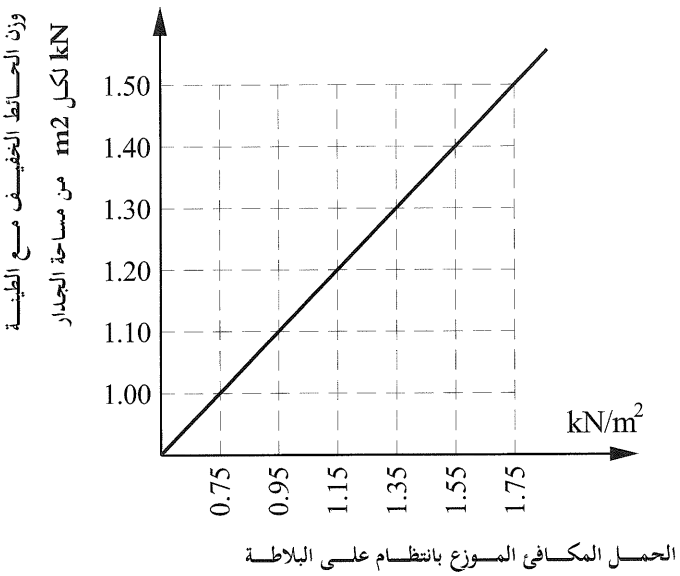
موقع السقف	قيمة الحمل الإضافي
السقف الأعلى أو السطح	P
السقف الأول تحت السطح	P
السقف الثاني تحت السطح	0.9 P
السقف الثالث تحت السطح	0.8 P
السقف الرابع تحت السطح	0.7 P
السقف الخامس تحت السطح	0.6 P
السقف السادس تحت السطح ومادون	0.5 P

ملاحظة: لا يُسمح بأخذ عامل التخفيض إذا كان عدد الطوابق لا يزيد على خمسة، أو إذا كانت الطوابق تُستعمل مستودعات أو مخازن أو مشاغل أو مدارس أو أماكن عامة أخرى، يمكن أن يفرض استعمالها المتوقع تحميل الطوابق بالأحمال الإضافية القصوى في الوقت ذاته.

٥-٣-٤- الحمل الإضافي المكافئ للجدران الخفيفة على الأسقف المسلحة:

تُعد الجدران الفاصلة الداخلية الموجودة على البلاطات المسلحة خفيفة، إذا كانت أوزانها لا تزيد على 1.5 kN لكل متر مربع من مساحة الجدار. ويمكن الاستعاضة عن حمل الجدار الخفيف المركز على خط طولي بحمل مكافئ موزع بانتظام على مساحة السقف المسلح الموجود عليها (بعد الأخذ بالحسبان وزن الحائط الفعلي تبعاً لمادته وسمكه وطوله وارتفاعه) طبقاً لما هو مبين في الشكل (٥-١).

إذا كان الحمل الحي أكبر من 6 kN/m^2 يُهمل الوزن المكافىء للجدران الخفيفة المتوضعة على هذه المساحة.



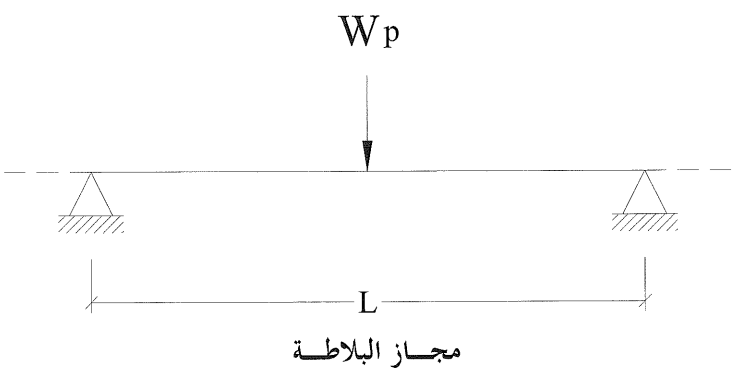
الشكل (٥-١): الحمل المكافىء من الحوائط الخفيفة

٥-٣-٥- الحمل الإضافي المكافئ للجدران الثقيلة على الأسقف المسلحة:

تُعد الجدران الفاصلة الداخلية الموجودة على البلاطات المسلحة ثقيلة، إذا كانت أوزانها تزيد على (1.5 kN) لكل متر مربع من مساحة الجدار. ويمكن الاستعاضة عن حمل الجدار الثقيل المركّز على خط طولي، بحمل مكافئ موزع بانتظام على مساحة البلاطة المسلحة الموجود عليها ، وفق كل حالة من الحالات التالية:

٥-٣-٥-١- البلاطات المصمتة باتجاه واحد:

أ - الجدار يتوضع بصورة متعامدة مع اتجاه عمل البلاطة، كما هو مبين في الشكل (٥-٢). وتُميز الحالات الآتية:



الشكل (٥-٢): الجدار المتعامد مع مجاز البلاطة

١) البلاطة بسيطة الاستناد: $w_e = 2\frac{W_p}{L}$

٢) البلاطة مستمرة من طرف وبسيطة الاستناد من طرف آخر:

$$w_e = 1.75\frac{W_p}{L}$$

٣) البلاطة مستمرة من الطرفين:

$$w_e = 1.50\frac{W_p}{L}$$

حيث: W_P هو وزن الجدار على كامل الارتفاع، وبضمنه وزن الطينة (kN/m).

L هو المجاز الحسابي للبلاطة (m).

w_e هو الحمل الإضافي المكافئ للجدران الثقيلة على الأسقف المسلحة (kN/m^2).

ب – يتوضع الجدار بصورة موازية لاتجاه عمل البلاطة، حيث يكون طرف البلاطة القريب الموازي للجدار حراً، كما في الشكل (٥–٣)، أو مستنداً على جدار أو جائز ساقط يبعد أكثر من $0.3\ L$ عن موقع الجدار.

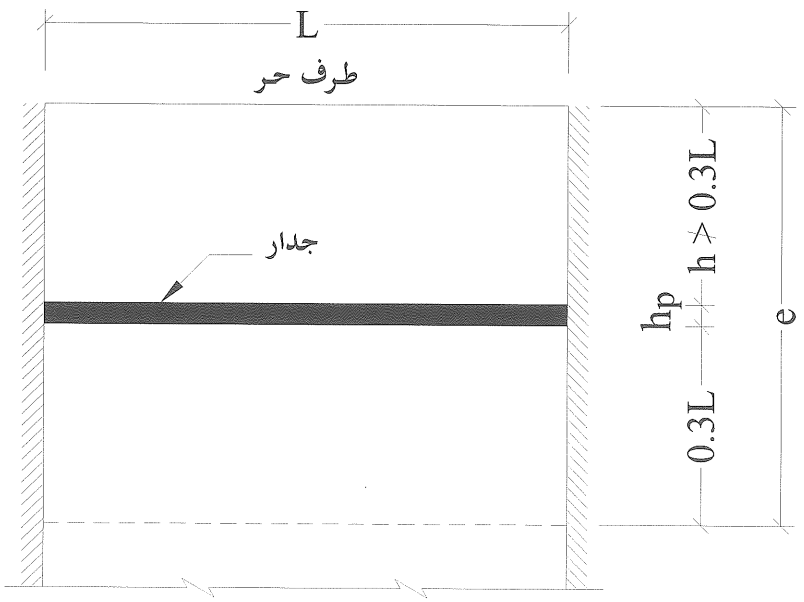
يُحسب العرض الفعال e الواجب أخذه بالحسبان لحساب الحمل الإضافي على الشكل الآتي:

$$e\ (m) = h_p + 0.3\ L + h \leq h_p + 0.6\ L$$

حيث: h = بُعد الجدار عن الطرف الحر للبلاطة.

h_p = سماكة الجدار مقدرة بالمتر.

ويُحدد الحمل الإضافي المكافئ للجدران الثقيلة على الأسقف المسلحة مقدراً بـ $\frac{kN}{m^2}$ على الشكل الآتي: $w_e = \frac{W_p}{e}$



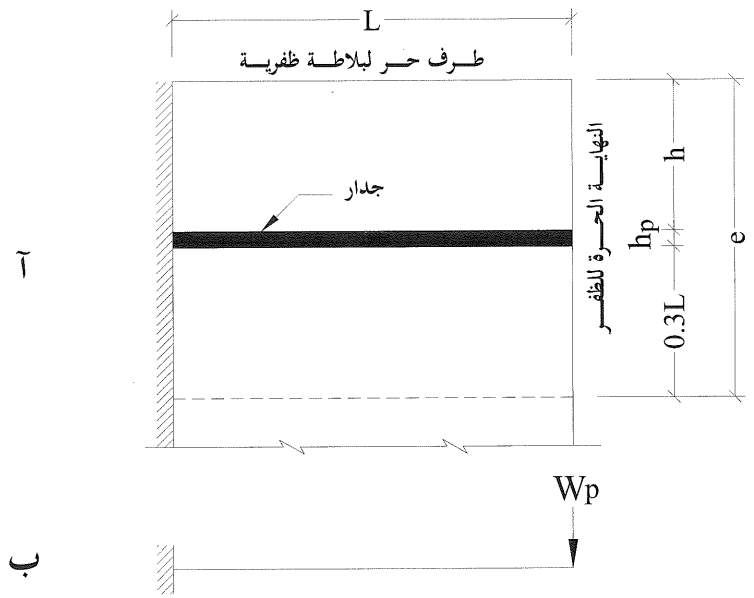
الشكل (٥–٣): جدار محمل قريباً من طرف حر لبلاطة

٥-٣-٥-٢- البلاطات المصمتة الظفرية:

أ - عندما يتوضع الجدار بشكل حمل موزع بانتظام خطياً باتجاه مجاز الظفر للبلاطة الظفرية، كما هو مبين في الشكل (أ) من الشكل (٥-٤)، يُحدد الحمل الإضافي المكافئ للجدران الثقيلة على الأسقف المسلحة مقدراً بـ (kN/m^2) على الشكل الآتي: $w_e = \frac{W_p}{e}$

حيث: $e_{(m)} = h + h_p + 0.3\ L \leq h_p + 0.6\ L$

h = المسافة بين الجدار والطرف الحر الجانبي للبلاطة الظفرية، على ألا تزيد على (0.3L).



الشكل (٥-٤): تحميل جدار على بلاطة ظفرية

ب - أما عندما يكون الجدار مركّزاً بشكل حمل مركّز متعامد مع مجاز الظفر فيؤخذ تأثيره بصفته حملاً مركزاً ، كما هو مبين في الشكل (ب) من الشكل (٥-٤).

٥-٣-٥-٣- البلاطات المصمتة باتجاهين:

يُؤخذ وزن جميع الجدران المتوضّعة على البلاطة، وبضمنها أوزان الأحمال الميتة المطبقة أو المعلقة على هذه الجدران، ويضرب بمعامل تكبير مقداره 1.5، ثم يُحدد الحمل الإضافي المكافئ الموزع بانتظام بتقسيم الناتج على مساحة البلاطة بين خطوط الاستناد.

٥-٣-٥-٤- البلاطات المفرغة:

يُحدد الحمل الإضافي المكافئ للجدران الثقيلة على الأسقف المسلحة على شكل بلاطات

مفرغة(هوردي) باتجاه واحد تماماً كما هو مبين في الفقرتين (٥-٣-٥-١) و(٥-٣-٥-٢) شريطة تحقق مايلي:

أ - لا يزيد العرض الفعال e عن ثلاثة أمتار ويحسب وفق إحدى العلاقتين:

$$e\,(m) = h_p + 0.3\,L + h \le h_p + 0.6\,L$$
$$e\,(m) = h + 0.3\,L \le 0.6\,L$$

ب- يتوجب لحظ عصب تقوية (رابط) لأعصاب البلاطة المفرغة باتجاه واحد، كما هو وارد في البند (٧-٣-٤-٣) أدناه. أما في حالة البلاطات المفرغة باتجاهين فيُحدد الحمل الإضافي المكافئ كما سبق لحالة البلاطات المصمتة في البند (٥-٣-٥-٣).

٥-٣-٦- القوى الأفقية المؤثرة على حواجز الشرفات:

يجب أن تتحمل حواجز حماية الشرفات (درابزين) قوى أفقية عرضية مطبقة في أعاليها تساوي إلى 1 kN/m (100kgf/m)، في المباني العادية، وتساوي إلى 3 kN/m (300kgf/m) في الحواجز الواقية في منافذ الهروب (Panic Barriers). ويجب ألا يقلّ معامل الأمان ضد الانقلاب عن 1.5.

٥-٣-٧- الأحمال الإضافية الديناميكية:

إن الأحمال الإضافية الديناميكية، هي التي تخلق في المنشأة قوى أخرى تُضاف إلى قيم القوى الأساسية وتكون نتيجة التركيز الديناميكي والارتجاج الحاصلين في المنشأة من تحركات الأحمال الديناميكية. وتدخل هذه الأحمال في الحساب بضربها بمعامل خاص تُحسب على أساس نسبة قيمة تردد الحمل الديناميكي وقيمة تردد المنشأة، كما تدخل فيه نسبة قيمة الأحمال الديناميكية إلى قيمة الأحمال الثابتة.

٥-٣-٧-١- الآلات الترددية الثقيلة:

في الحالات العادية، وعند عدم وجود نصوص خاصة، يمكن اعتماد قاعدة تقريبية بزيادة الحمل الإضافي الديناميكي P_d المركّز على عنصر منشأة ما، بمقدار $\alpha\,P_d$.

حيث: α تمثل معامل يساوي:

$$\alpha = \frac{0.4}{1+\frac{L}{5}} + \frac{0.6}{1+\frac{G}{P}}$$

حيث: L = طول عنصر المنشأة الذي يحمل الحمل الإضافي الديناميكي، وتُؤخذ L بالمتر.

G = كامل الأحمال الدائمة على العنصر.

P = كامل الأحمال الإضافية على العنصر (أحمال إضافية مميزة وديناميكية).

٥-٣-٧-٢- المصاعد:

تصمم الهياكل الإنشائية الحاملة للمصاعد بحيث تقاوم هذه الهياكل الأحمال الشاقولية الاستاتيكية وهي محملة بالحمل الأقصى التصميمي مضافاً إليها أحمال ديناميكية مكافئة للأفعال الناتجة عن الصدم والاهتزاز، على أن لاتقل هذه الأحمال الديناميكية المكافئة عن 200% من إجمالي الأوزان المتحركة للمصاعد والروافع، وعلى ان تؤخذ قيمها الفعلية من نشرة الشركة الصانعة.

٥-٣-٧-٣- الرافعات (Overhead Cranes):

تتألف الرافعة من الأجزاء الآتية: تؤخذ من كود الأحمال (الملحق رقم ١).

تصمم الهياكل الإنشائية والجوائز الحاملة لعجلات الرافعات لمقاومة الأحمال الاستاتيكية الشاقولية، إضافة إلى الأحمال الديناميكية الناتجة عن الصدم والكبح والاهتزاز. تحسب القوى اعتماداً على الأحمال الشاقولية الأعظمية، من حيث الأحمال الحية الشاقولية الأعظمية، وتحسب من الأحمال المرفوعة، وموقع كل من عربة الرافعة والرافعة ككل. ويتم التصميم لمقاومة جميع القوى الشاقولية الاستاتيكية، في أسوأ حالات التوزيع، إضافة إلى القوى الديناميكية المكافئة. يجب أن لا تقل هذه القوى المكافئة عما يلي:

أ - قوى شاقولية مكافئة عند عجلات الرافعة مضروبة بعوامل الصدم الآتية:

١) الرافعات اليدوية التشغيل 1.1

٢) الرافعات الكهربائية التشغيل:

- التشغيل المتوسط، وبضمن ذلك الاستعمالات العامة في المصانع ومستودعات المواد 1.25
- التشغيل الثقيل، وبضمن ذلك أعمال سبك المعادن والتحميل والتنزيل المتقطع 1.35

ب- القوى الأفقية الطولية (Longitudinal):

تكون القوى الأفقية المؤثرة طولياً في اتجاه حركة الرافعة مساوية إلى (20%) من القوى الناتجة عن الأحمال الرأسية الاستاتيكية المؤثرة على العجلات المستقرة أو المتحركة للرافعة. يؤخذ تأثير هذه القوة عند منسوب أعلى سكة الرافعة.

ج- القوى الأفقية العرضية (Lateral):

تكون القوى الأفقية المؤثرة عرضياً (بشكل متعامد) على اتجاه حركة الرافعة مساوية إلى (20%) من القوى الناتجة عن الأحمال الشاقولية الاستاتيكية على عجلات عربة الرافعة المتحركة. يؤخذ تأثير هذه القوة عند منسوب أعلى سكة الرافعة.

د- القوى الأفقية على المصدات الطرفية (End Stop):

هي القوى الأفقية المؤثرة طولياً في اتجاه حركة الرافعة، والناتجة عن اصطدام أي رافعة بالمصدات الطرفية. وتحدد هذه القوى بالنظر إلى وزن الرافعة الفارغة، وسرعة حركتها، ومرونة المصدات الطرفية، ومخففات صدمات الرافعة، على أن لاتقل القوة المؤثرة على أي موقف طرفي وبأي حال من الأحوال، عن نصف القوى العظمى الناتجة عن الأحمال

الشاقولية الاستاتيكية على عجلات الرافعة الفارغة (مع إهمال قوى الصدم)، والتي يمكن أن تؤثر على خط الجائز المثبت عليه المصد الطرفي.

وعند تحديد الأحمال والقوى المذكورة في (أ) و(ب) و(ج) من هذا البند، تؤخذ في حساب الأحمال، القوى المرفوعة بوساطة الرافعة، وموقع عربة الرافعة على جائز العربة والذي ينتج اكثر حالات التحميل خطورة على ذلك الجزء من المبنى قيد التصميم. ويؤخذ في الحسبان كذلك، أن الأحمال الواردة في (ب) و(ج) ستؤثر في الفترة ذاتها التي يؤثر فيها الحمل الشاقولي الوارد في (أ).

٥-٤- تعريف الأحمال المناخية:

هي القوى التي تطبق على المنشأة بفعل العناصر المناخية، وأهمها: الرياح، الثلج.

٥-٤-١- أحمال الرياح:

يتم تقييم أحمال الرياح انطلاقاً من فرضية أساسية هي أن الطاقة الحركية للرياح والناتجة عن سرعتها تتحول إلى طاقة ضغط حركي مكافئ بمجرد اصطدام الرياح بحاجز ثابت ولا نهائي وفقاً للصيغة:

$$w_d = V^2 / 1630 \qquad (kN/m^2)$$

حيث: w_d تساوي الضغط الحركي (الديناميكي) المكافئ لهبّة الرياح الناتجة عن سرعتها، مقدرة بـ (kN/m^2).

V تُمثل سرعة الريح التصميمية، وتُقدر بالمتر في الثانية.

$$(w_d = \frac{V^2}{16} \qquad kgf/m^2)))$$

يمكن دراسة تأثير الرياح على المباني والمنشآت باستعمال إحدى الطريقتين الآتيتين:

١- **الطريقة الأولى الواردة في هذا الكود**، مع اعتماد سرعة هبة الرياح V_k، وما يتبعها من تعاريف وعلاقات وأشكال وجداول لحساب ضغط الرياح حتى نهاية البند (٥-٤-١-٣) في هذا الكود مع الجدول في الملحق (ج).

٢- **الطريقة الثانية الواردة في الملحق رقم (١) للكود والخاص بالأحمال**، ويعتمد في هذه الطريقة سرعة لهبة الرياح لفترة زمنية تساوي 3 ثوان. ويمكن اعتمادها مساوية 1.15 مرة سرعة هبة الرياح الواردة في الطريقة الأولى، والمعطاة للمناطق في الجمهورية العربية السورية في الملحق (ج). وهذه الطريقة تمثل مقاربة أخرى لتحديد تأثير الرياح على المباني والمنشآت. ويعود للمصمم اختيار إحدى الطريقتين، على أن تؤخذ كل طريقة بشكل كامل.

الطريقة الأولى لتحديد تأثير الرياح على المباني والمنشآت:

تؤخذ قيم سرعات هبّات الرياح V_k من سجلات دوائر الأرصاد الجوية في المنطقة المدروسة، وتستعمل هذه القيم في حساب سرعة الرياح التصميمية V، ولكل اتجاه على حدة وفق ما يلي:

أ – $V = V_k$ لتصميم المنشآت أو عناصر إكساء الواجهات التي يقل كل من بُعدي واجهتها المدروسة عن 10 m أو ما يُساويه.

ب – $V = V_k / 1.35$ لتصميم المنشآت التي يزيد أحد بُعدي واجهتها المدروسة عن 10 m ويقل عن (20 m). ويُنوه بأن هذه السرعة V تقابل القيم المعطاة في الأرصاد الجوية تحت تسمية الرياح العظمى.

ج – $V = V_k / 1.45$ لتصميم المنشآت التي يزيد أحد بُعدي واجهتها المدروسة عن 20m أو يُساويه.

تُعرّف الهبّة بأنها: ريح تستمر لمدة أكثر من عشرين ثانية وسرعتها أكثر من 8.5 متر/ ثانية، على أن يكون الفرق في سرعة الريح بين بداية الهبة، وأعظم سرعة فيها أكثر من 4.5 متر/ ثانية.

تعطي دوائر الأرصاد الجوية عادة قيمة سرعة هبّة الرياح القصوى السنوية لمنطقة ما، وكذلك قيم سرعات هبّات الرياح السنوية القصوى للسنين التي تم فيها تسجيل فعلي لحركة الرياح في منطقة ما مدروسة.

اعتماداً على القيم المعتمدة لسرعات هبّات الرياح السنوية القصوى، تعرّف سرعة الرياح المميزة المعتمدة في التصميم بأنها: سرعة هبة الرياح التي لا يمكن تجاوزها أكثر من مرة واحدة خلال خمسين عاماً متتالية ويُرمز لها بالرمز V_k.

أما إذا قلت الفترة المسجلة لسرعات هبّات الرياح القصوى السنوية لمنطقة ما عن خمسين عاماً متتالية، فيمكن تحديد سرعة الرياح المميزة المعتمدة في التصميم باستعمال العلاقات الرياضية المناسبة، وتؤخذ من المراجع المختصة في الأرصاد الجوية، وبحيث لا تقلّ عما هو وارد في الملحق (ج) لهذا الكود الأساس.

وفي حال عدم توفر معطيات إحصائية دقيقة عن سرعات هبّات الرياح القصوى في المنطقة المدروسة يمكن، على نحو افتراضي، تقسيم المناطق تبعاً لسرعات هبّات الرياح المميزة المعتمدة في التصميم على الشكل الموضح في الجدول (٥-٤)، وأخذ قيم الضغط الحركي المكافئ لهبة الريح w_d الواردة في الجدول ذاته.

الجدول (٥-٤): تقسيم المناطق تبعاً لسرعة هبّة الريح على ارتفاع 10 m فوق سطح الأرض

المنطقة	درجة الرياح	سرعة هبة الريح (V_k)		الضغط الستاتيكي المكافئ w_d	
		كم / ساعة	متر / ثانية	kgf/m^2	kN/m^2
الأولى	قوية جداً	175	48.6	148	1.48
الثانية	قوية	150	41.6	108	1.08
الثالثة	معتدلة	125	34.7	75	0.75
الرابعة	ضعيفة	100	27.8	48	0.48

٥-٤-١-١- الحساب الستاتيكي للمنشآت على الرياح:

بينت التجارب أن التأثيرات الحركية (الديناميكية) لأحمال الرياح على المنشآت العادية والمباني قليلة الارتفاع (التي لا يزيد ارتفاعها على 50 متراً) والتي لا تزيد النسبة بين ارتفاعها وعرض واجهتها المواجهة للرياح عن 4 مرات صغيرة نسبياً، بحيث يمكن أخذ مفعول الرياح الكلي بصفة حمل ضغط ساكن منتظم وأفقي موزع على كامل عرض الواجهة المعرضة للرياح، ويتأثر بجملة من العوامل التي يتوجب إدخال تأثيرها في الحساب وفق العلاقة الآتية:

$$w_e = \alpha_o \cdot k_h \cdot k_S \cdot w_d$$

حيث: w_e - حمل ضغط الرياح الكلي المكافئ، مقدراً بوحدة kN/m^2، المطبّق على الواجهة المعرضة للرياح، والمفروض توضعه بصفة حمل ساكن (ستاتيكي).

α_o = معامل السطح، ويتعلق بخشونة السطوح وعددها، ويُحدد من الجدول (٥-٥).

الجدول (٥-٥): قيم المعامل α_0

شكل المسقط	عدد أضلاع المسقط n	α_0
مثلث أو مستطيل	$3 \le n \le 4$	1.30
مخمس	$n = 5$	1.05
مضلع منتظم	$5 < n \le 20$	$1.05 - 0.02\ n$
مضلع أو دائرة	$n > 20$	0.65

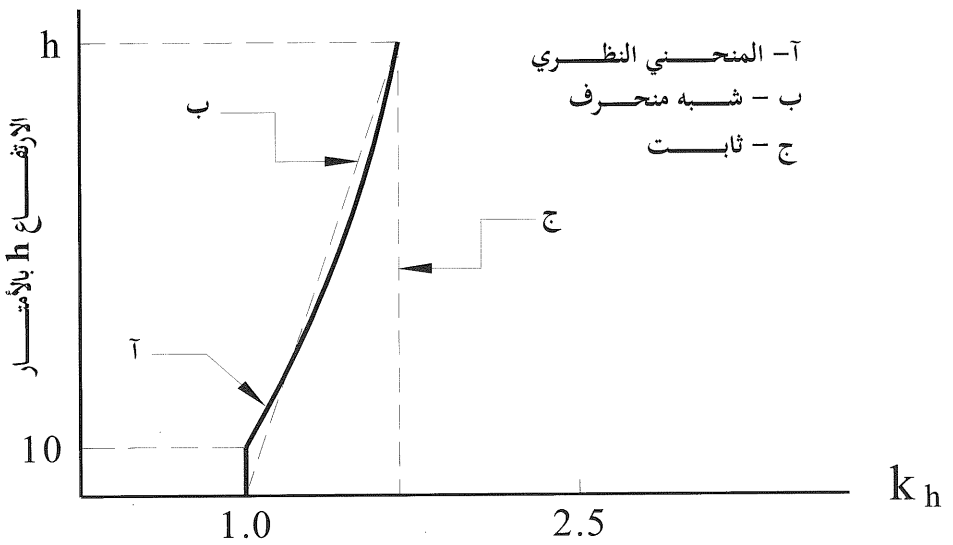
k_h = معامل علو المنشأة بالنسبة لمستوسطح الأرض، ويُحسب وفق العلاقة الآتية:

$$k_h = 2.5\left(1 - \frac{42}{h + 60}\right)$$

على أن تؤخذ $k_h = 1$ بالنسبة للجزء الذي يقل ارتفاعه عن عشرة أمتار عن مستوى سطح الأرض، كما هو مبين في الشكل (٥-٥).

k_s = معامل الموقع بالنسبة لحماية المنشأة من فعل الرياح أو من تعرضه لها، وتؤخذ قيمته من الجدول الآتي:

الموقع المتعرض للعواصف (شواطىء البحار، رؤوس التلال، الجزر)	$k_s = 1.30$
الموقع الاعتيادي متوسط التعرض (السهول)	$k_s = 1.00$
الموقع المحمي من العواصف سواء بالتلال أو بالعناصر الثابتة الأخرى	$k_s = 0.80$



للتبسيط يمكن أخذ أحد التوزيعين المبسطين (ب) أو (ج) بديلاً عن التوزيع النظري (آ) عندما يكون h أقل من 50 متراً.

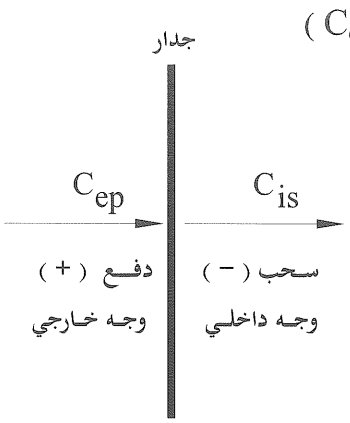
الشكل (٥-٥): تغير عامل الإرتفاع k_h مع الإرتفاع

٥-٤-١-٢- دراسة الاستقرار والحساب العام للجملة الإنشائية المقاومة للرياح وحساب عناصر الإكساء:

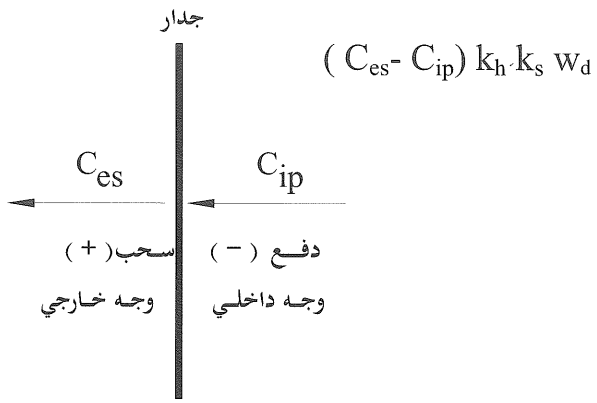
تؤثر الرياح خارجياً على السطوح المواجهة لها بأحمال دفع (+) موزعة، بينما تؤثر على السطوح الأخرى بأحمال سحب (-) موزعة أيضاً.

كما تؤثر داخلياً على الجدران بأحمال دفع أو سحب نتيجةً للفتحات في الجدران.

أ - عند حساب أجزاء المنشأة المعرضة للرياح، كالجدران غير الحاملة والإكساءات وعناصرالواجهات، يتم تجميع أحمال الدفع على الوجه الخارجي للسطح مع أحمال السحب على الوجه الداخلي للسطح ذاته، كما هو في الشكل (٥-٦)، والتحقق بتجميع أحمال السحب على الوجه الخارجي للسطح مع أحمال الدفع على الوجه الداخلي للسطح ذاته، أي كما هو مبين في الشكل (٥-٧):



الشكل (٥-٦): الدفع الخارجي والسحب الداخلي على الجدار



الشكل (٥-٧): السحب الخارجي والدفع الداخلي على الجدار

وتؤخذ قيم وإشارات المعاملات: C_{ep} , C_{es} , C_{ip} , C_{is} من الجدول (٥-٦)، وتحسب قيم w_d تبعاً لأبعاد جزء المنشأة المعرض للرياح وفقاً للبند (٥-٤-١).

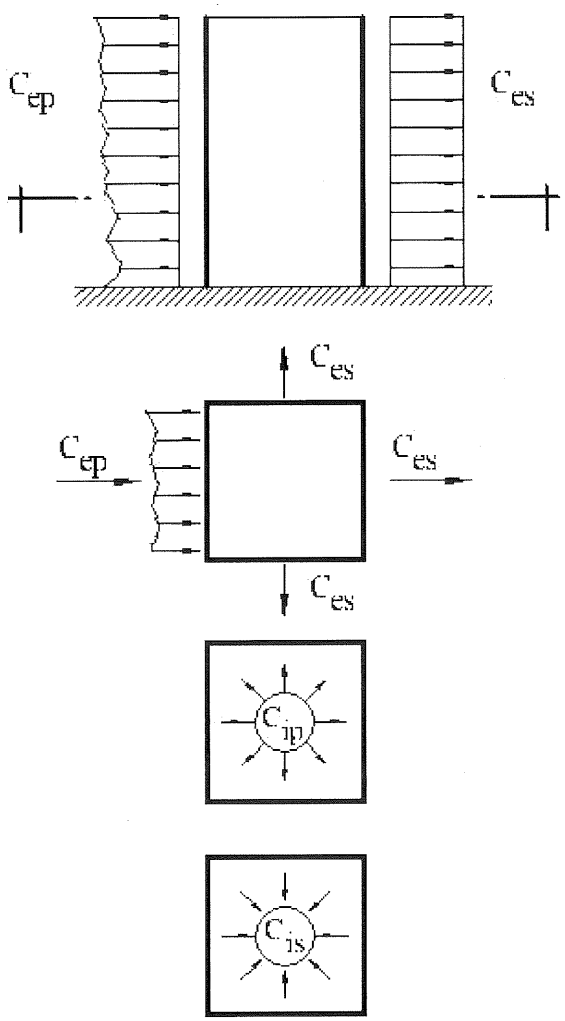
ب- عند دراسة المنشأة (مهما كان شكلها) على أحمال الرياح، يُؤخذ حمل ضغط الرياح المكافئ w_e وفق العلاقة الواردة في البند (٥-٤-١-١)، وتعد مطبقة على المسقط الشاقولي للسطح المواجه للرياح، ولا تطبق أحمال على الوجوه الأخرى. على أنه في حالة المنشآت ذات المساقط الأفقية المستطيلة ذات السطوح المستوية، يمكن افتراض أن المنشأة معرضة لحمل دفع على الوجه الخارجي المواجه للرياح w_{ep} وحمل سحب على الوجه الخارجي الآخر المقابل له w_{es}.

حيث:

$$w_{ep} = + C_{ep}\ k_h\ k_s\ w_d$$

$$w_{es} = - C_{es}\ k_h\ k_s\ w_d$$

وتؤخذ قيم وإشارات المعاملين C_{es} , C_{ep} من الجدول (٥-٦)، وفق الشكل التوضيحي (٥- ٨).



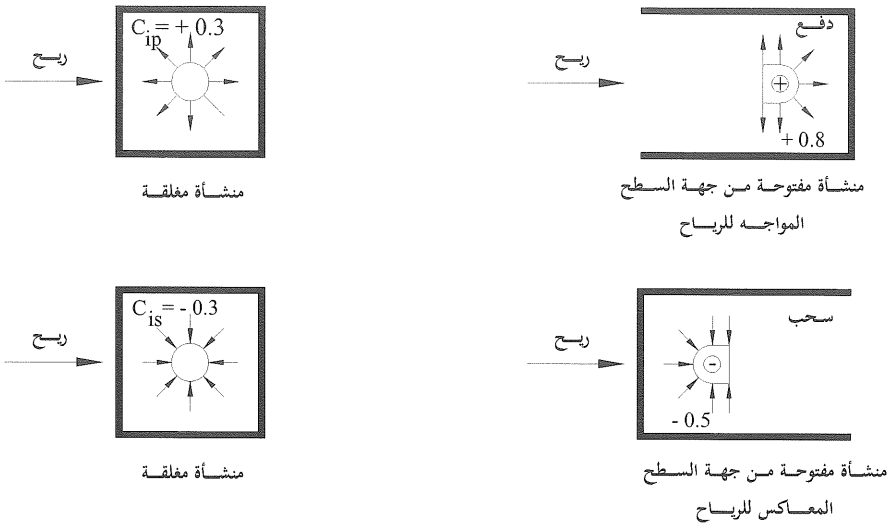
الشكل (٥-٨): عوامل دفع وسحب الرياح على المنشأة من الخارج

وتحدد شدة حمل ضغط الرياح (دفع أو سحب) على الوجوه الداخلية للمنشآت كما يلي، وفق الشكل التوضيحي (٥-٩).

١) المنشآت المغلقة: $w_i = \pm 0.3\ k_h\ k_s\ w_d$

٢) المنشآت المفتوحة الأسطحة المواجهة للرياح: $w_i = + 0.8\ k_h\ k_s\ w_d$

٣) المنشآت المفتوحة الأسطحة غير المواجهة للرياح: $w_i = - 0.5\ k_h\ k_s\ w_d$



الشكل (٥-٩): عوامل دفع و سحب الرياح على المنشأة من الداخل

الجدول (٥-٦): قيم المعامل C

معامل الدفع على الوجه الخارجي لجزء المنشأة	$C_{ep} = +0.8$
معامل السحب على الوجه الخارجي لجزء المنشأة	$C_{es} = -(1.3\gamma - 0.8)$
معامل الدفع على الوجه الداخلي لجزء المنشأة	$C_{ip} = 0.6(1.8 - 1.3\gamma)$
معامل السحب على الوجه الداخلي لجزء المنشأة	$C_{is} = -0.6(1.3\gamma - 0.8)$

وتؤخذ $\gamma = 1$ في المباني العادية، أما في المباني المرتفعة فيُرجع للمراجع المختصة من أجل تحديد قيمتها.

ج- أما في الحالات الأخرى غير الواردة في البنود أعلاه فيتوجب العودة إلى مرجع مختص يُعالج هذه الحالات، أو يدرسها المهندس المصمم وعلى مسؤوليته.

د - في المنشآت ذات الطابق الواحد كالمستودعات او المعامل ... الخ، ذات السقف المثلثي أو المقوس كما في الشكل (٥-١٠)، وشرط أن يبقى العلو أكبر من ربع الضلع الأصغر ($h > 0.25\ b$) تحدد أحمال ضغط الرياح كالآتي:

١) تعدّ المنشأة مُعرضة لحمل دفع على الوجه الخارجي للجدار المواجه للرياح w_{ep} وحمل سحب على الوجه الخارجي للجدار الآخر المقابل w_{es}.

حيث: دفع $w_{ep} = +0.8\ k_h\ k_s\ w_d$

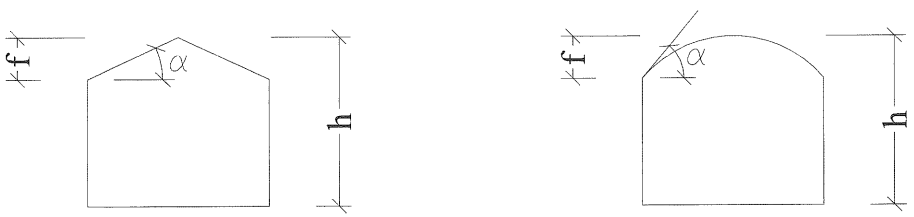
سحب $w_{es} = -0.5\ k_h\ k_s\ w_d$

٢) تحدد شدة حمل ضغط الرياح على الوجه الخارجي للسقف المائل أو المثلثي أو المقوّس وفق العلاقة الآتية: $w_{ep} = C\ k_h\ k_s\ w_d$

حيث تؤخذ قيم وإشارة المعامل C من الجدول (٥-٧).

الجدول (٥-٧): قيم المعامل C وفقاً لزاوية ميل السقف

	السطح المواجه للريح	السطح المعاكس للريح	زاوية ميل السقف
	C	C	انظر الشكل (٥-١٠)
السطح المائل أو المثلثي	$-2\ (0.25+\frac{/\alpha/}{100})$	$-1.5\ (0.333-\frac{/\alpha/}{100})$	$0\le/\alpha/\le10$
	$-2\ (0.45-\frac{/\alpha/}{100})$	$-0.5\ (+0.60+\frac{/\alpha/}{100})$	$10\le/\alpha/\le40$
السطح المقوس	$-1.8\ (0.40-\frac{/\alpha/}{100})$ بحيث لا تقل عن 0.80	$-1.8\ (0.40-\frac{/\alpha/}{100})$	$0\le/\alpha/\le10$
	$-2\ (0.50-\frac{/\alpha/}{100})$	$-1.8\ (0.40-\frac{/\alpha/}{100})$	$10\le/\alpha/\le40$



الشكل (٥-١٠): منشآت ذات سقف مثلثي أو مقوس

٥-٤-١-٣- الحساب الحركي (الديناميكي) للمنشآت لأحمال الرياح:

تتعرض المنشآت النحيفة (التي لا تنطبق عليها الاشتراطات البعدية الواردة لحسابات أحمال الرياح) إلى تأثيرات حركية (ديناميكية)، بسبب فعل هبّات الرياح يتوجب أخذها بالحسبان. ولأخذ أثرها يتوجب العودة إلى مراجع أو كودات معتمدة متخصصة في هذا المجال، واعتمادها وحسابها.

٥-٤-٢- أحمال الثلج:

تقيّم أحمال الثلج في المناطق المختلفة وفق الأسس الآتية:

* الوزن الحجمي للثلج.
* السمك المتوسط الممكن تجمعه فوق المنشأة.
* انحدار السطح الذي يتساقط عليه الثلج.

دلت التجارب على أن الوزن الحجمي يتكيف مع نوعية تكاثف الثلج، ويتراوح بين ($1\text{-}4\ kN/m^3$)، أي بمعدل وسطي $2.5\ kN/m^3$ ($0.25\ tf/m^3$).

يؤخذ في الحسبان تجلّد الثلج في بعض الأحيان، إذ ينتج عنه سمك في الجليد قد يبلغ 50 ميليمتراً، ويكون الوزن الحجمي للجليد مساوياً $10\ kN/m^3$ ($1\ tf/m^3$) أي وزن الماء النوعي.

في الحالات العادية وفي المساحات الأفقية، التي لا يتجاوز انحدارها عن الأفق 25 درجة، وحتى علو قدره 2500m فوق سطح البحر، يمكن اعتماد قيم أفعال الثلج P_S مقدرة بواحدة kN/m^2 كما هي واردة في الجدول (٥-٨).

الجدول (٥-٨): أحمال الثلج مقدرة بالـ kN/m^2

علو المنشأة عن سطح البحر h بالمتر	أحمال الثلج
$h \leq 250$	0
$250 < h < 500$	$\frac{h}{1000} - 0.25$
$500 \leq h < 1500$	$\frac{h}{400} - 1$
$1500 \leq h \leq 2500$	$\frac{h}{250} - 3.25$
تضرب الأحمال بـ 100 في حال الرغبة بتحويلها إلى kgf/m^2	

في الأسقف التي يتجاوز انحدارها 25° تؤخذ القيم المبينة في الجدول (٥-٨) مضروبة بمعامل التخفيض المبين في الجدول (٥-٩).

الجدول (٥-٩): معامل تخفيض أحمال الثلج للأسقف المائلة من أجل $\alpha = 25^\circ - 45^\circ$

قيمة زاوية الانحدار (درجة)	معامل التخفيض $\frac{75-\alpha}{50}$
25	1.00
30	0.90
35	0.80
40	0.70
45	0.60

٥-٥- أفعال الحرارة والانكماش:

٥-٥-١- التشوهات (التشكلات) الناتجة عن الحرارة والانكماش (التقلص):

تقسم المنشآت من حيث الحرارة والانكماش إلى قسمين:

١- المنشآت التي لا يعترض تشكلها الخارجي موانع أو حواجز، ويجري هذا التشكل بحرية تامة: لا يلحق هذا النوع من المنشآت أفعال من جراء الحرارة والانكماش.

٢ - المنشآت التي لا تملك الحرية التامة في التشكل الخارجي، وتعد مقيدة التشكل: ينتج عن ذلك أفعال من جراء الحرارة والانكماش يمكن تقديرها على الوجه الآتي.

٥-٥-٢- التشوهات (التشكلات) والأحمال الناتجة عن الحرارة:

١- حرارة الجو الخارجي:

في المنشآت المقيدة التشكل والموجودة في الهواء الطلق والتي كتلتها غير كبيرة: يُؤخذ الحمل الناتج عن حرارة الجو الخارجي مساوياً لفعل التغير الأقصى للحرارة خلال سنة كاملة ($\pm\Delta t^{\circ}$). ويُحسب الانفعال الحاصل من العلاقة الآتية:

$$\varepsilon_{ct} = \alpha_t \ \Delta^{\circ}_t$$

حيث: α_t = تمثل معامل التمدد الحراري للخرسانة، ويُؤخذ 1×10^{-5}.

ε_{ct} = الانفعال الناتج عن تغير الحرارة.

ومن ثم تحسب الإجهادات الناتجة عن هذا الانفعال في الحالات التي يجب فيها الحساب على الحرارة.

عند حساب الإجهادات الناشئة في المبنى أو المنشأة نتيجة تأثيرات الحرارة، يسمح بتخفيض قيمة عامل المرونة E حتى 0.2E .

٢- الحرارة الاصطناعية:

أ - في المنشآت المختلفة المعرضة لحرارة اصطناعية مختلفة: يُؤخذ فعل هذه الحرارة الاصطناعية باعتماد معامل التمدد الحراري للخرسانة (10^{-5}).

ب- في المنشآت الكبيرة السمك والمعرضة لحرارة اصطناعية مختلفة على كل من الوجهين: يُؤخذ معامل التمدد الحراري ذاته (10^{-5}) لقياس انفعال التمدد المختلف على الوجهين، وبالنتيجة دوران المقاطع، ومن ثم حسابات عزوم الانحناء في حال وجودها.

٥-٥-٣- التشوهات (التشكلات) والأحمال الناجمة عن الانكماش (التقلص):

١- المنشآت المقيدة التشوه (التشكل) المعرضة للإنكماش:

يُؤخذ فعل الانكماش، بشكل انفعال تقصيري منتظم، تحسب قيمه الفعلية حسبما ورد في البند (٤-٢-٢-٥). وينتج عن هذا الانفعال في المنشآت المقيدة التشكل أحمال محورية يتم حسابها.

٢ - المنشآت المقيدة التشوه (التشكل) المعرضة للحرارة والانكماش:

في حال تعرض المنشآت المقيدة التشوه (التشكل) لمفعولي الحرارة والانكماش معاً، يُؤخذ حاصل جميع التحميلات الناتجة عن عنصري الحرارة والانكماش مع تخفيض ما يُعادل (10° C).

٣- تدرس المباني والمنشآت على حالتي التحميل الآتيتين:

أ - تأثير التغيرات الحرارية بالارتفاع أوبالانخفاض كحالة تحميل مستقلة، وتكون درجات الحرارة المعتمدة لهذه التغيرات الحرارية كما هو وارد في الجدول أدناه.

ب- تأثير انكماش الخرسانة كحالة تحميل مستقلة، ويؤخذ هذا التأثير مكافئاً لانخفاض في درجة الحرارة مقداره 20°C-

هذا ويمكن دمج حالة تحميل التغيرات الحرارية مع حالة تحميل انكماش الخرسانة بحالة تحميل واحدة، بحيث تتم الدراسة باعتماد درجات حرارة بالارتفاع وبالانخفاض كما هو وارد في الجدول أدناه.

قيم Δt وفقاً لحالة التحميل الحرارية

رطوبة المناخ	حالة التغيرات الحرارية	حالة التغيرات الحرارية مع انكماش الخرسانة	
منطقة عالية الرطوبة	±15°C	+15°C	-25°C
منطقة رطبة	±20°C	+20°C	-30°C
منطقة متوسطة الرطوبة	±25°C	+25°C	-35°C
منطقة جافة	±30°C	+30°C	-45°C

تُعتمد، في كل ما سبق، التغيرات الحرارية المنتظمة في كامل مقاطع العناصر. أما في حالة المباني المكيفة (تدفئة وتبريد) فيجب دراسة حالة تحميل إضافية ناتجة عن تأثير اختلاف درجتي الحرارة بين داخل وخارج المبنى، وتؤخذ بشكل تغير خطي من 10°C+ في الخارج إلى 10°C- في الداخل. كما تؤخذ حالة تحميل أخرى لتغير خطي 10°C- في الخارج إلى 10°C+ في الداخل. ويتم جمع تأثيرات حالتي التحميل هاتين مع تأثيرات حالات التحميل الحرارية الأخرى.

أما في حالة بعض المنشآت الخاصة التي تتعرض إلى تأثيرات حرارية كبيرة بين الداخل والخارج (كالمداخن وبرادات التخزين ...الخ) فيقوم المهندس المصمم بدراسة هذه الحالة حالة تحميل إضافية يلزم أخذها بالحسبان.

٥-٥-٤- ترتيبات تتعلق بالمنشآت حرّة التشوه (التشكل):

تُؤخذ الاحتياطات اللازمة لتمكين هذه المنشآت من تشوهها (تشكلها) تحت تأثير الحرارة والانكماش، وتحسب مقادير التشوه (التشكل) كما ورد في البند (٥-٥-٢) والبند (٥-٥-٣).

٥-٦- أحمال الزلازل:

تقسم البلدان عادة إلى سبع مناطق تبعاً لشدات الزلازل العظمى التي يمكن أن تتعرض لها وفق مقياس ميركالي المعدل، حسبما يلي:

١- المنطقة (0): لا تعد معرضة لزلازل تذكر (حتى درجة MM V).

٢- المنطقة (1): لا تعد معرضة لزلازل قوية مُضرّة (حتى درجة MM VI) أو لتسارع مقداره 0.075g

٣- المنطقة (2A): معرضة لزلازل متوسطة التسارع، تحدث تهدمات قريبة من المتوسطة (حتى أقل من درجة MM VII بقليل) أو لتسارع مقداره 0.15 g

٤- المنطقة (2B): معرضة لزلازل متوسطة التسارع، تحدث تهدمات متوسطة (حتى درجة MM VII) أو لتسارع مقداره 0.20g

٥- المنطقة (2C): معرضة لزلازل متوسطة التسارع، تحدث تهدمات أكثر من المتوسطة (حتى أكبر من درجة MM VII بقليل) أو لتسارع مقداره 0.25 g

٦- المنطقة (3): تكثر فيها الزلازل، وتُعد معرضة لزلازل عالية التسارع تُحدث تهدمات ملحوظة (حتى درجة MMVIII) أو لتسارع مقداره 0.30g أو أكبر بقليل.

٧- المنطقة (4): تكثر فيها الزلازل، وتعد معرضة لزلازل عالية التسارع تحدث تهدمات فتاكة (أكبر من درجة MM VIII) أو لتسارع مقداره 0.40g أو أكثر.

ملاحظة: تقدر الشدة الزلزالية وفقاً لمقياس ميركالي المعدل، وتعرف بأنها الشدة التي لا يقل احتمال عدم تجاوزها عن 90% ضمن مدة 50 سنة، كما يقدر التسارع الزلزالي منسوباً للجاذبية الأرضية g، وهو التسارع الذي لا يقل احتمال عدم تجاوزه عن 90% ضمن مدة 50 سنة.

٥-٦-١- مجال الاستعمال:

يُعتمد في الجمهورية العربية السورية التصنيف المذكور أعلاه بالنسبة لأحمال الزلازل، وفقاً للخارطة الزلزالية الواردة في الملحق (د) والجدول في الملحق (هـ) من هذا الكود.

وفقاً لهذا الكود يتوجب تصميم وتنفيذ كل منشأة وكل جزء منها لمقاومة قوى أفقية كلية دنيا تمثل قوى الزلازل، وتحسب بالطريقة المناسبة من الطريقة الاستاتيكية المكافئة أو من الطريقة الاستاتيكية المكافئة المطورة أو من إحدى الطرائق الديناميكية الواردة في الملحق رقم (٢) الخاص بالزلازل، مع العلم أنه بالطريقتين الاستاتيكية المكافئة و الاستاتيكية المكافئة المطورة تؤثر القوى الأفقية الجانبية باتجاه المحاور الرئيسية للمسقط الأفقي للمنشأة (حيث تؤثر باتجاه كل محور رئيسي وبشكل غير متواقت).

٥-٦-٢- تقييم أحمال الزلازل وفق الطريقتين الاستاتيكية المكافئة والاستاتيكية المكافئة المطورة:

تُعتمد الطريقتان الاستاتيكية المكافئة والاستاتيكية المكافئة المطورة في المناطق الخاضعة للزلازل، لحالة المباني والمنشآت التي تحقق الشروط الواردة في الملحق (٢) الخاص بالزلازل، أي عندما يكون البناء متناظراً أو شبه متناظر للكتل والقساوات في كل من الاتجاهين والتي لا يوجد فيها تراجعات شاقولية أو أفقية تزيد على الحدود المسموحة والموصوفة في الملحق رقم (٢) الخاص

بالزلازل، كما لا يزيد ارتفاعها على 73m . يمكن، في هاتين الطريقتين، أخذ أحمال الزلازل على هذه المنشآت بصفة أحمال أفقية مطبقة عند مركز ثقل كل منسوب من مناسيب المنشأة، وتؤثر باتجاه المحاور الرئيسية للمنسوب المدروس وبالاتجاه المدروس.

سيتم في هذا الكود الأساس، شرح مبادىء الطريقة الاستاتيكية المكافئة فقط، وسيتم في الملحق (٢) الخاص بالزلازل تفصيل الطريقتين الاستاتيكية المكافئة والاستاتيكية المكافئة المطورة والطرائق الديناميكية.

تُحسب (في الطريقة الاستاتيكية المكافئة) قوة القص القاعدي V، وهي قوة القص الكلية الأفقية في الاتجاه المدروس، عند منسوب اتصال الأساس مع المبنى أو المنشأة (أي مستوى القاعدة) اعتماداً على عدة بارامترات، وهي:

- معامل التسارع الزلزالي للأرض (Z).
- معامل الأهمية (I).
- معامل السلوك اللا مرن (R).
- الفترة الأساسية للتردد الذاتي للمبنى أو المنشأة (الدور الأساس للاهتزاز T).
- الترابط المشترك والطنين بين المنشأة وتربة تأسيسها، ويتم التعبير عنه بمعامل مقطع التربة S، وبتأثيره على العاملين C_a - C_v.

٥-٦-٢-١- تقييم معامل التسارع الزلزالي للأرض Z :

يعرف المعامل Z بأنه التسارع الزلزالي للأرض في الموقع المدروس كنسبة مئوية من تسارع الجاذبية الأرضية g ($9.81\ m/sec^2$)، وتؤخذ قيمه من الجدول (٥-١٠).

الجدول (٥-١٠): قيم المعامل Z

المنطقة	0	1	2A	2B	2C	3	4
قيم المعامل Z	0	0.075	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40

كما يمكن اعتماد قيم متوسطة للمعامل Z، حسب الخارطة الزلزالية للموقع المدروس، حتى لو زادت على القيمة 0.30 ماعدا المنشآت الخاصة وبناءً على دراسات زلزالية مفصلة للموقع قيد الدراسة يمكن أن تصل إلى القيمة 0.40. وفي الحالات العادية يمكن اعتماد القيم الواردة في الخارطة الزلزالية لسورية (الملحق د) أو القيم الواردة في جدول الملحق (هـ) من هذا الكود.

في حال اتباع الطريقة الاستاتيكية المكافئة المطورة الواردة في الملحق (ج) من الملحق (٢) الخاص بالزلازل، فيتم تحديد قيمة المعامل Z للمنطقة، من قيمة التسارع الأرضي الأعظمي (PGA) المحسوب وفقاً لتلك الطريقة، وذلك كما ورد أيضاً في الملحق (ج) من الملحق (٢) الخاص بالزلازل.

٥-٦-٢-٢- تقييم معامل أهمية المنشأة I :

يُعرف البارامتر **I** بأنه معامل أهمية المنشأة وطبيعة استعمالها، وتؤخذ قيمه من الملحق (٢) الخاص بالزلازل.

٥-٦-٢-٣- تقييم معامل السلوك اللا مرن (معامل تعديل القوى الزلزالية) R :

يُعرف المعامل **R** بأنه معامل تأثير السلوك اللا مرن للمباني والمنشآت على الأحمال الزلزالية، ويُسمى اختصاراً معامل السلوك اللا مرن، وتؤخذ قيمه من الملحق (٢) الخاص بالزلازل.

٥-٦-٢-٤- تقييم الفترة الأساسية للتردد الذاتي للمبنى أو المنشأة (T):

تُعرف الفترة الأساسية للتردد الذاتي للمبنى أو المنشأة (الدور الأساس للاهتزاز T) بأنها تساوي قيمة الدور الأساسي (الأول) للمنشأة (أو المبنى) المهتزة بالاتجاه المدروس، مقدرة بالثانية. يتم تعيين قيمة T كالآتي:

أ - في حال استعمال التحديد المباشر التقريبي لقيمة T يمكن اعتماد العلاقة التجريبية التقريبية الآتية (عند استعمال جدران قصية في التصميم لمقاومة الزلازل):

$$T_{(sec)} = 0.08\ N$$

حيث: N عدد طوابق المنشأة.

ب- أما في حال كون المنشأة منفذة من جمل إطارية فراغية مطاوعة من الخرسانة المسلحة قادرة على امتصاص مجمل القوى الجانبية المتأتية عن الزلازل ولا تتصل مع عناصر صلدة أخرى تمنعها عن الحركة تحت تأثير القوى الجانبية، فيمكن تحديد قيمة الدور الأساسي للمنشأة مقدرة بالثانية وفق العلاقة التجريبية التقريبية الآتية:

$$T = 0.1\ N$$

ج- إضافةً لحساب T وفق إحدى العلاقتين الواردتين في أ و ب أعلاه، يلزم حسابها أيضاً وفق العلاقة التقريبية الآتية:

$$T = \gamma_t \cdot (h_n)^{3/4}$$

حيث:

h_n = ارتفاع المنشأة (أو المبنى) من القاعدة حتى أعلى منسوب (أي المنسوب n) مقدراً بالمتر.

γ_t = 0.0853 للإطارات المعدنية المقاومة للعزوم.

γ_t = 0.0731 للإطارات الخرسانية المسلحة المقاومة للعزوم وللإطارات المكتفة لا مركزياً.

γ_t = 0.0488 للمباني الأخرى كافة.

ويمكن، كحل بديل، أخذ قيمة γ_t للمنشآت والمباني الحاوية على جدران قص خرسانية أو حجرية من العلاقة:

$$\gamma_t = 0.0743 / \sqrt{A_c}$$

حيث: A_c = المساحة المكافئة الفعالة المركبة لجدران القص في الطابق الأول من المبنى فوق الأساس، بالمتر المربع، وتحدد قيمتها من العلاقة الآتية:

$$A_c = \Sigma A_e [\ 0.2 + (D_e/h_n)^2\ ]$$

حيث: A_e = المساحة الدنيا للمقطع العرضي لجدار القص (بالمتر المربع) في أي مستوي أفقي في الطابق الأول فوق منسوب الأساس.

D_e : الطول (m) لجدار القص في الطابق الأول بالاتجاه الموازي للقوى المطبقة، بما فيها أطوال الفتحات في الجدار.

يجب ألا تتجاوز قيمة (D/h_n) في العلاقة السابقة القيمة 0.9.

ملاحظة : تؤخذ القيمة الأصغر للدور T الناتجة من تطبيق العلاقة في (ج) أعلاه أو من تطبيق إحدى العلاقتين (أ) أو (ب) (حسب الجملة الإنشائية).

د – في حال حساب قيمة الدور الأساسي للمنشأة (أو المبنى) اعتماداً على خصائصها الحركية (الديناميكية)، يمكن استعمال علاقة ريلاي الآتية، والناجمة عن التحليل الحركي التقريبي للمنشأة (الشكل ٥–١١).

$$T = 2\pi \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{n} W_i \cdot \delta_i^{\,2}\right) \div g\left[\sum_{i=1}^{n-1} F_i \cdot \delta_i + (F_n + F_t)\delta_n\right]}$$

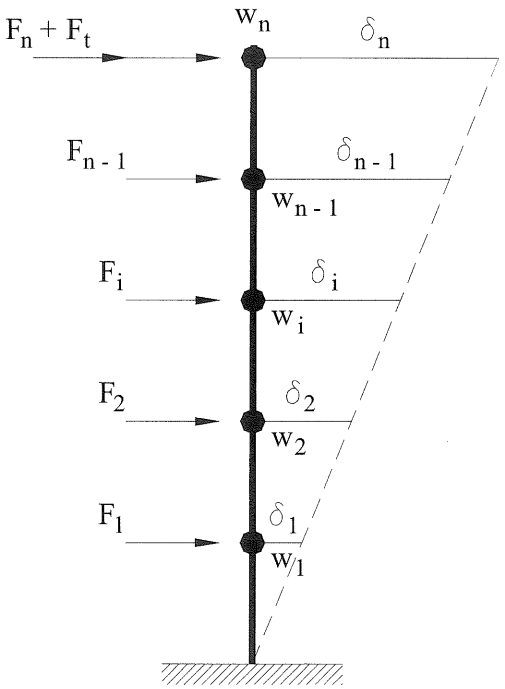
حيث: W_i وزن المنشأة المركّز عند المنسوب i، أو الناجم عن وزن المنسوب i فقط، ويساوي جزءاً من الوزن الكلي للمنشأة أو المبنى W المعرّف أدناه.

δ_n, δ_i السهم الأفقي الناجم في المنشأة نتيجة تطبيق القوى الأفقية المركّزة عند المناسيب من 1 إلى n والناجمة عن الزلازل، وذلك في المناسيب n,i بالترتيب.

g التسارع الأرضي.

F_n, F_i القوى الأفقية الناجمة عن الزلازل والمركّزة عند المناسيب المختلفة n,i والمحسوبة وفق البند (٥–٦–٣).

F_t القوى الأفقية الناجمة عن الزلازل والمركّزة عند أعلى المنشأة عند المنسوب n والمحسوبة وفق البند (٥–٦–٣).



الشكل (٥-١١): تمثيل المنشأة الطابقية لحساب الدور الأساسي بطريقة ريلاي

ويُذكر أنه لا بُد من استعمال إحدى العلاقات التقريبية في بدء كل تصميم لأن قيمة T تكون مجهولة آنئذ، ثم بالتقريب المتتالي نقترب من القيمة الأدق عن طريق حساب قيمة ذلك الدور اعتماداً على الخصائص الحركية للمنشأة.

ملاحظة ١: عندما تزيد قيمة T (في أي من الاتجاهين) المحسوبة بطريقة ريلاي أو بطريقة دقيقة تعتمد على التحليل الديناميكي على قيمة T المعتمدة من الطرائق التقريبية (الواردة في (أ) و(ب) و(ج) أعلاه)، يسمح بزيادة T التقريبية بما لا يزيد على 40 % من قيمتها (بحيث لا تزيد على قيمة T الناتجة من ريلاي أو من الطريقة الدقيقة).

ملاحظة ٢: يجدر التنويه بأنه حتى في حال استعمال إحدى الطرائق الديناميكية لحساب تأثير الزلازل، فإنه يلزم حساب قوة القص القاعدي بإحدى الطريقتين الستاتيكيتين المكافئة أو المكافئة المطورة الواردتين في الملحق رقم (٢) الخاص بالزلازل (وهي مصعدة بالأصل) وذلك من أجل تحديد قوة القص القاعدي الديناميكية (المصعدة بالأصل) اللازم اعتمادها، كما هو موضح في الملحق رقم (٢).

٥-٦-٢-٥- تقييم الترابط المشترك بين المنشأة وتربة تأسيسها:

يتم تقييم الترابط المشترك بين المنشأة وتربة تأسيسها عن طريق قياس سرعة أمواج القص ضمن تربة التأسيس، حيث يتم تصنيف مقاطع التربة إلى ستة أصناف (S_A-S_B-S_C-C_D-S_E-S_F)

وفقاً لسرعة أمواج القص. يتم أخذ تأثير خواص مقاطع التربة خلال الزلازل على المنشآت بإجراء تعديلات على قيم التسارع الأرضي الزلزالي، كما هو مبين في الملحق (٢).

٥-٦-٢-٦- تقييم الوزن الإجمالي W :

يعرف الوزن الإجمالي W بأنه يساوي مجمل الأحمال الميتة في حالة المباني والمنشآت العادية، أما في حالة المستودعات والمصانع وماشابهها، فيؤخذ 25% من مجمل الأحمال الحية غير المخفضة المطبقة على المنشأة. وفي حالة الخزانات فيلزم أخذ كامل وزن السائل بالحسبان. على أنه، في جميع الحالات، يلزم إدخال الأحمال الحية في تصميم العناصر، وفق التراكيب الواردة في الباب السادس.

٥-٦-٣- توزيع القوى الجانبية:

١- حالة المنشآت ذات الأشكال المنتظمة أو المؤلفة من جمل إطارية: توزع قوة القص الكلية الأفقية V على كامل ارتفاع المنشأة وفقاً للعلاقة الآتية:

$$V = F_t + \sum_{i=1}^{n} F_i$$

أما القوة المركزة المطبقة في أعلى المنشأة F_t فتُحسب طبقاً للعلاقة الآتية:

$$F_t = 0.07\ T\ V$$

وتُعد هذه القوة المركزة مكافئة لتأثير الأطوار بعد الطور الأساسي

تؤخذ قيمة القوة F_t بحيث لا تزيد على 0.25V، ويمكن افتراض أن القوة $F_t = 0$ عندما تكون T أصغر من أو تساوي 0.7 ثانية.

أما بقية القوة القاصة الكلية $V\text{-}F_t$ فتوزع على كامل ارتفاع المنشأة وفقاً للعلاقة الآتية:

$$F_x = \frac{(V - F_t)W_x h_x}{\sum_{i=1}^{n} w_i h_i}$$

حيث: W_x = الحمولة الشاقولية المركّزة عند المنسوب x والناجمة عن وزن هذا المنسوب فقط.

h_x = ارتفاع المنسوب x عن القاعدة السفلية للمنشأة.

h_i = ارتفاع المنسوب i عن القاعدة السفلية للمنشأة.

تُطبق القوة الجانبية F_x عند المنسوب x وفي مركز ثقل هذا المنسوب وبالاتجاه المدروس.

٣- أما إذا كان المسقط الأفقي للمنشأة غير منتظم على نحو كبير في الطابق الواحد، أو كان هناك اختلاف كبير في الصلابة بين طابقين متجاورين، ففي هذه الحالة يتوجب التحليل المُعتمِد على الخصائص الحركية (الديناميكية) الفعلية للمنشأة المدروسة.

٥-٦-٤- توزيع القوى الجانبية في الطابق الواحد:

تُوزع القوة الجانبية في الطابق الواحد على العناصر المقاومة للأحمال الجانبية على الشكل الآتي:

١- إذا كان مركز الثقل لمسقط الطابق المدروس ينطبق مع مركز قساوته، يشارك كل عنصر بأخذ قوة جانبية مساوية نسبة قساوته النسبية إلى مجموع القساوات النسبية للعناصر المقاومة في هذا الطابق، مضافاً إليها قوى جانبية إضافية تأخذ بالحسبان وجود عزم فتل إضافي، ناتج عن لامركزية تساوي 0.05 بُعد المبنى المتعامد مع اتجاه القوة الجانبية المأخوذة في الدراسة.

٢- إذا كان مركز الثقل لمسقط الطابق المدروس لا ينطبق مع مركز قساوته، يشارك كل عنصر بأخذ قوة جانبية تأخذ بالحسبان تأثير عزم الفتل الناتج عن اللامركزية بين مركزي الثقل والقساوة للطابق المدروس، وبحيث لا تقل اللامركزية عن 0.05 بُعد المبنى المتعامد مع اتجاه القوة الجانبية المأخوذة في الدراسة.

٥-٦-٥- حساب عزم الانقلاب:

يتوجب حساب كل منشأة أو مبنى ليقاوم عزم الانقلاب الناجم عن الأحمال الجانبية (أحمال الرياح أو الزلازل، أيهما أخطر). ويُحسب عزم الانقلاب الناجم عن الزلازل من العلاقة:

$$M = F_t h_n + \sum_{i=x}^{n} F_i h_i$$

أما عزم الانعطاف (عزم الانقلاب) من الزلازل الناتج عند كل منسوب (x) فيحسب من العلاقة:

$$M = F_t (h_n - h_x) + \sum_{i=x}^{n} F_i (h_i - h_x)$$

ملاحظة ١: في المباني التي يزيد ارتفاعها على 50m في المنطقة الزلزالية (3)، حسب تصنيف هذا الكود، يفضل استعمال جملة إطارية تقاوم جزءاً من القوى الأفقية الناجمة عن الزلازل لا يقل عن 25% من مجمل هذه القوى.

ملاحظة ٢: في جميع المباني التي استعملت فيها قيم المعامل R > 4.5 (جمل مختلطة)، يتوجب تصميم الجمل الإطارية المقاومة للعزوم (المطاوعة) من الخرسانة المسلحة المصبوبة في المكان كما هو وارد في الملحق (ز) .

ملاحظة ٣: عادة يحصل انقلاب المنشآة حول أساساتها، ولكن بعض المنشآت النحيفة يخشى من انقلابها حول مناسيب أخرى على ارتفاع المنشأة، لذلك يحسب عزم الانقلاب عند سويات مختلفة. والمقصود بعزم الإنقلاب عند منسوب معين هو قيمة مجموع العزوم الزلزالية المؤثرة عند هذا المنسوب والتي تتوزع على جميع العناصر المقاومة للزلازل عند هذا المنسوب والتي تحدد قيمها بموجب تحليل إنشائي لكامل المنشأة وفق ما سيرد في الباب الثامن .

ملاحظة ٤: في حال زيادة ارتفاع المنشأة على 73m يتوجب استعمال إحدى طرائق التحليل الحركي (الديناميكي) لتحديد تأثير الزلازل عليها واستعمال الإطارات الخاصة المقاومة للعزوم سواء في الجمل الإطارية أو الجمل المختلطة.

٥-٦-٦- تحديد القوى الجانبية المطبقة على أجزاء من المنشأة:

تُحدد القوى الجانبية المطبقة على أجزاء من المنشأة الحاملة أو غير الحاملة بغية تأمين تثبيتها الكافي عند حدوث الزلازل وعدم حصول الانهيارات الجزئية والمؤذية في فترة تعرّض المنشأة إلى فعل الزلازل، وذلك في الملحق ٢ .

٥-٦-٧- اشتراطات إضافية بخصوص الزلازل:

١- يتوجب تسليح جميع الجدران الحجرية، أو الخرسانية التي تقع في المناطق 4,3,2 من مناطق التقسيم الزلزالي.

٢- يتوجب لحظ فواصل زلزالية كافية بين الكتل المتجاورة، بحيث تسمح بالحركة الحرة لكل كتلة منفصلة، دون معوقات ناجمة عن الكتل المجاورة لها لتجنب التصادم بين الكتل المتجاورة.

٣- يتوجب حساب السهم النسبي لطابق واحد من المنشأة، والناجم عن القوى الأفقية المتأتية من الزلازل، ويجب ألا يزيد هذا السهم المرن (بدون اللدونة) من حمل الاستثمار للزلازل (دون تصعيد) على ارتفاع الطابق مقسوماً على 360، بغية منع تكسير العناصر غير الحاملة في المنشأة، خاصة النوافذ والأبواب والواجهات الخفيفة.

٤- يتوجب الاهتمام بطبيعة وصل الواجهات الخارجية المسبقة الصنع غير الحاملة، بحيث يُسمح لها بالحركة على نحو ينسجم مع الحركة الأفقية المتوقعة للمبنى، دون تعرضها إلى قوى إضافية لا تستطيع تحملها، أو انكسار هش للوصلات، وبالتالي انهيارها بسبب الحركة الأفقية للمبنى الناجمة عن الزلازل.

٥- في حال وجود تراجع في الأدوار العليا لا يزيد على 25% من المساحة الأفقية للدور المتكرر، يُؤخذ المبنى في الحساب كاملاً. أما إذا كان التراجع يزيد على 25%، يُؤخذ القسم المتراجع، ابتداءً من مستوى التراجع، كما لو كان مبنى مستقلاً لوحده، يستند بشكل وثاقة على أعلى المبنى الذي تحته، بوضع ردود أفعال القسم المتراجع العلوي كقوى مؤثرة في أعلى المبنى السفلي.

٦- ويجدر التنويه إلى أن استعمال الدراسة المطورة الواردة في الملحق (ز) من هذا الكود ليس إلزامياً، باستثناء ما ورد في الفصل (ز-٧) عن تصميم عقد الإطارات، وفي الفصل (ز-٩) عن جدران القص الخاصة وجوائز الربط بين الجدران، وفي الفصل (ز-١١) عن الأحجبة

(الديافرامات) الإنشائية والجوائز الشبكية، وفي الفصل (ز-١٣) عن العناصر غير المصممة كجزء من الجملة المقاومة للقوى الزلزالية.

٥-٧- الاحتياطات في طرائق الإنشاء والتسليح في المباني المقاومة للزلازل:

يجب تحقيق الاحتياطات والاشتراطات في اختيار المواد وتفاصيل التسليح للإطارات والجوائز والأعمدة الواردة في نهاية الباب السابع.

٥-٨- أحمال طرائق الإنشاء:

يجب أن يُؤخذ بالحسبان، تأثير الأحمال الناشئة عن طرائق الإنشاء والتنفيذ للأقسام التي ستنفذ، على الأقسام التي تكون قد نُفِّذَت، فيعود عليها تحمّل الأقسام المطلوب تنفيذها، وذلك في مختلف مراحل التنفيذ.

الباب السادس

6

تحديد الأمان

٦-١- أسس تحقيق الأمان:

يتحقق الأمان عندما تكون المقاومة الداخلية للمواد المستعملة في العناصر المختلفة للإنشاءات الخرسانية، وهي الخرسانة وفولاذ التسليح، أكبر بنسبة مُحددة من القوى الداخلية الناجمة عن الأحمال والأفعال الأخرى المباشرة أو غير المباشرة المتوقعة، وبحيث تبقى المنشأة في كل جزء من أجزائها صالحة للاستثمار أثناء وطوال الفترة المفترضة تصميماً، لبقائها قيد الاستثمار.

٦-٢- تحديد القيم المميزة:

٦-٢-١- تحديد الأفعال المميزة:

تؤخذ القيم المميزة للأفعال وتدعى "**الأفعال المميزة**" استناداً إلى نظرية الاحتمالات في حال توفر الإحصائيات الكافية، وتحدد بالقيم العظمى لها (راجع منحني غاوس في الشكل (٥-١-أ))، وهي القيم التي لا يتعدى احتمال تجاوزها 5% أو 10%(حسب الحمل والكود) خلال العمر التصميمي للمبنى أو المنشأة والبالغ عادة 50 سنة، والمرتبطة باحتمال تعرّض المنشأة المدروسة لأفعال أشد منها (بنسبة 10% - 5% حسب الحمل والكود)، مقبولاً تبعاً لنتائج الدراسات الإحصائية المناسبة، ودرجة أهمية المنشأة المدروسة.

وفي حال عدم وجود الإحصائيات الكافية تؤخذ قيم الأفعال كما يلي، وتُدعى عندئذ "**الأفعال المميزة الاسمية**".

١- **في الأحمال الثابتة**: نتائج حسابات الحجم والوزن الحجمي لعناصر الإنشاء والإكساء الثابتة. وعندما لا تتوفر معلومات أكثر دقة يمكن أن يُعتمد في الحساب على الأسس الواردة في البند (٥-٢-٢).

٢- **في الأحمال الإضافية**: المقادير والقيم المنصوص عليها في شروط استثمار المنشأة أو في القوانين والنظم المحلية السارية المفعول. وعندما لا تتوفر مثل هذه المعلومات يمكن أن تعتمد في الحساب المقادير والقيم الواردة في البند (٥-٣-١).

٣- **في الأحمال الحركية (الديناميكية)**: بإدخال عامل حركي (ديناميكي) مناسب. ويمكن في الحالات العادية، وعند عدم وجود نصوص خاصة في شروط استثمار المنشأة، يمكن أن تؤخذ قيمة المعامل الحركي وفق ما ورد في البند (٥-٣-٧).

٤- **في التشوهات (التشكلات) المفروضة**: بإدخال القيم المحسوبة (أو بناءً على تقدير قيمها اعتماداً على الخبرة المتراكمة والحس الهندسي) الناتجة عن التشوهات (التشكلات)، والتي يمكن أن تفرض على المنشأة خلال عمرها الاستثماري.

٦-٢-٢- تحديد المقاومات المميزة:

٦-٢-٢-١- المقاومة المميزة لفولاذ التسليح:

تؤخذ المقاومة المميزة لفولاذ التسليح مساوية إلى:

* إجهاد الخضوع الفعلي (f_y) للفولاذ الطبيعي.
* إجهاد الضمان ($f_{0.2}$) للفولاذ المشغول على البارد وفقاً للبند (٤-١-٥-٢).

٦-٢-٢-٢- المقاومة المميزة للخرسانة:

تحدد المقاومة المميزة للخرسانة في الضغط أو الشد وفق ماورد في الباب الرابع.

٦-٣- تحقيق الأمان في حالة الحد الأقصى:

٦-٣-١- الأسس العامة لتحقيق الأمان في حالة الحد الأقصى:

١- يُعد الأمان مُحقَقاً في حالة الحد الأقصى عندما تكون المقاومة المميزة للعنصر أو لكل مقطع منه R_u مضروبة بمعامل تخفيض المقاومة Ω المبين في البند (٦-٣-٣)، لا تقل عن القوة الداخلية الناجمة عن الأفعال القصوى U، أي: الأفعال المميزة مضروبة بمعاملات تصعيد الأفعال وفقاً لما هو مبين في البند (٦-٣-٢)، أي وفق المتراجحة الآتية:

$$U \leq \Omega \cdot R_u$$

وتحسب R_u استناداً إلى المقاومات المميزة للمواد.

٢- يتوجب تصميم المقاطع الحرجة في العناصر، بحيث يكون نمط انهيارها مطاوعاً، أي أن يسبق مرحلة الانهيار، ظهور علامات إنذار وتشوهات ملحوظة تنذر بالخطر مسبقاً، إن كان ذلك ممكناً. ويتوجب بالآتي تحاشي التصميم الذي ينجم عنه نمط انهيار هش ومفاجئ، لا يسبق مرحلة الانهيار فيه ظهور علامات إنذار وتشوهات ملحوظة.

٣- يكون الانهيار مطاوعاً في العناصر أو المقاطع المعرضة لانحناء بسيط أو لقوى لا محورية، إذا كان الانفعال الفعلي في فولاذ التسليح المشدود، في مرحلة الانكسار للمقطع الحرج للعنصر، أكبر من المقاومة المميزة للفولاذ في الشد مقسومة على معامل مرونة الفولاذ $(\varepsilon_s > \frac{f_y}{E_s})$.

٤- يكون الانهيار هشاً ومفاجئاً في العناصر أو القطاعات المعرضة لانحناء بسيط أو لقوى لا محورية إذا كان الانفعال الفعلي في فولاذ التسليح المشدود في مرحلة الانكسار للمقطع الحرج للعنصر أصغر من المقاومة المميزة للفولاذ في الشد مقسومة على معامل مرونة الفولاذ $(\varepsilon_s \le \frac{f_y}{E_s})$.

٥- يكون الانهيار هشاً في العناصر أو المقاطع المعرضة لإجهادات ضغط على كامل سطح المقطع أو معظمه، وكذلك المقاطع المعرضة للقص والفتل أو أحدهما، إذا لم تكن هذه المقاطع مزودة بالتسليح المناسب. ويمكن في هذه الحالات تحسين نمط الانهيار الهش والمفاجئ بالالتزام بمساحات ونسب التسليح الطولي والعرضي الدنيا المعتمدة في نصوص هذا الكود $\mu_s \ge \mu_{s\min}$.

٦-٣-٢- تحديد الأفعال القصوى:

تُحدد قيم الأفعال القصوى U، المأخوذة في التصميم، وتراكيبها الممثلة كما يلي:

٦-٣-٢-١- التراكيب الأساسية للأفعال القصوى:

أ - عندما يقتصر تأثير الأفعال المؤثرة على الأحمال المميزة (أو الاسمية) الثابتة D، والأحمال المميزة (أو الاسمية) الإضافية L (وبضمنها المعامل الحركي (الديناميكي) إن وُجد)، تُحسب الأفعال القصوى وفق التركيبين الآتيين:

$$U = 1.4\ D \quad .....(a)$$
$$U = 1.4\ D + 1.7\ L \quad .....(b)$$

ب- عندما يتوجب أخذ أثر ضغط الريح W في الحسبان، تحسب الأفعال القصوى وفق التركيبين الآتيين، وتعتمد النتائج الأخطر منهما في كل مقطع:

$$1.2\ D + 1.6\ (Lr \text{ or } S) + (f_1\ L \text{ or } 0.8\ W) \quad ..... (c)$$
$$1.2\ D + 1.3\ W + f_1\ L + 0.5\ (L_r \text{ or } S) \quad ..... (d)$$

حيث:

W : تمثل قيمة الأفعال الناتجة عن ضغط الريح بقيمها المميزة (أو الاسمية).

f_1 : تساوي (1.00) للأسقف المتكررة في المواقع ذات التجمعات العامة وفي الأماكن التي تتجاوز فيها الأحمال الحية ($5\,kN/m^2$) وفي الأحمال الحية لمرائب السيارات، وتساوي (0.5) لباقي الأحمال الحية.

f_2 : وتساوي (0.7) للأسقف النهائية ذات الأشكال الخاصة (مثل سقف سن المنشار) والتي لا تسمح بطرح الثلج بعيداً عن المنشأة (التخلص منه)، وتساوي (0.2) لباقي الأشكال من الأسقف النهائية.

ج- عندما يتوجب أخذ أثر الزلازل في الحسبان باستعمال الطريقة الستاتيكية المكافئة الواردة في الملحق (٢) الخاص بالزلازل، تُحسب الأفعال القصوى وفق التراكيب الواردة في ذلك الملحق (٢)، وهي الآتية:

$$1.32\,D + 1.1\,E + 1.1\,(f_1 L + f_2 S) \quad \ldots\ldots (e)$$
$$0.99\,D \pm (1.1\,E \text{ or } 1.3\,W) \quad \ldots\ldots (f)$$

د- أما إذا تم أخذ أثر الزلازل في الحسبان باستعمال الطريقة الستاتيكية المكافئة المطورة، الواردة في الملحق (ج) من الملحق (٢) الخاص بالزلازل، فتستعمل التراكيب الواردة في ذلك الملحق.

ملاحظة: لا يُجمع أثر الزلازل مع أثر الرياح، بل يُؤخذ الأثر الأسوأ بينهما.

٦-٣-٢-٢- التراكيب الثانوية للأفعال القصوى:

تعرّف الرموز **F** (حمل سوائل)، **H** (ضغط جانبي للتربة والماء ضمنها)، **P** (وزن حمل تجمع المياه على السطح الأخير)، **T** (قوى ذاتية ناتجة عن الحرارة والانكماش وغيرها)، كما ورد في الباب الثالث. في حال تأثير هذه الأحمال **(T, P, H, F)** في التصميم، فإنها يجب أن تضاف إلى التراكيب السابقة بعد تصعيدها (ضربها) بالعوامل الآتية:

$$1.2\,T,\ 1.2\,P,\ 1.6\,H,\ 1.3\,F$$

٦-٣-٣- معاملات خفض المقاومة:

يُحدد معامل خفض المقاومة Ω المشار إليه في البند (٦-٣-١) كما يلي:

١- للمقاطع المعرّضة للانحناء البسيط أو لقوى شد محورية أو لا محورية $\Omega = 0.9$.

٢- للمقاطع المعرّضة لقوى الضغط المحوري $\Omega = 0.65$.

٣- للمقاطع المعرّضة لقوى ضغط لا محورية:

$$0.90 \geq \Omega = 0.9 - 0.5\,(\frac{N_u}{N_c}) \geq 0.65$$

حيث: N_u = قوة الضغط المصعدة المطبقة على المقطع العرضي.

N_c = مقاومة المقطع الخرساني لوحده $(0.85\ f'_c\ A_c)$

ويمكن كبديل عن العلاقة الواردة أعلاه تحديد قيمة Ω كما يلي:

عندما تزيد قوة الضغط المحورية المطبقة على المقطع N_u على $(0.1\ Ac\ f'_c)$، تؤخذ Ω مساوية إلى 0.65، وعندما تنخفض قوة الضغط المحورية المطبقة على المقطع من $(0.1\ A_c\ f'_c)$ إلى الصفر، يمكن زيادة معامل خفض المقاومة Ω خطياً من 0.65 إلى 0.9 بالنسبة والتناسب.

٤- للقص أو الفتل أو أحدهما $\Omega = 0.75$.

٦-٣-٤- معاملات زيادة الإجهاد المسموح للتربة من الأحمال القصوى التي تشمل الزلازل:

يسمح بزيادة الإجهادات المطبقة على التربة والمحسوبة من الأحمال القصوى التي تشمل تأثير الزلازل (بأي طريقة واردة في هذا الكود الأساس أو في الملحق (٢)) بحيث تُصعد الإجهادات المسموحة على التربة بالمعاملات الآتية:

- بالمعامل 1.6 إذا كان توزع الإجهادات المطبقة على التربة تحت الأساس منتظماً (أي أن النسبة بين الإجهادين الأعظمي والأصغري عند طرفي مقطع الأساس تساوي 1).
- وبالمعامل 2.0 عندما لا تقل النسبة بين الإجهادين الأعظمي والأصغري عند طرفي مقطع الأساس عن 2 . وفي حال وجود شد تحت الأساس (حيث يلزم حذف هذا الجزء المشدود تحت الأساس من الحساب) تُعد النسبة أكبر من 2 .
- ويمكن أخذ قيمة متوسطة لمعامل التصعيد تكون بين 1.6 و2 حسب تغير النسبة بين الإجهادين من 1 إلى 2 .

٦-٤- تحقيق حدود الأمان في حالات حدود الاستثمار:

٦-٤-١- الأسس العامة لتحقيق الأمان في حالات حدود الاستثمار:

يكون الأمان مُحقَقاً في حالة حدود الاستثمار، عندما تكون الإجهادات الفعلية الناجمة عن أفعال الاستثمار غير المصعّدة في أسوأ وضعيات التحميل، غير متجاوزة الإجهادات المسموح بها للمواد المستعملة في العنصر أو في مقطع منه، وعندما لا تتجاوز عروض الشقوق المتوقعة أو السهوم المحسوبة، القيم التي تعيب استثمار المنشأة.

٦-٤-١-١- تحقيق الأمان في حالة حد تجاوز الإجهادات المسموح بها:

أ - يتم أو يمكن التحقق من الأمان في حالة حد تجاوز الإجهادات المسموح بها، في الحالات الواردة في البند (١٠-٣)، وحيث تصمم أو تحقق العناصر أو مقاطعها الحرجة، تحت تأثير أحمال الاستثمار غير المصعّدة.

ب- يُفترض في تحقيق الأمان الكافي، أن لا تتجاوز الإجهادات الفعلية في المقاطع الحرجة، في كل من الخرسانة في الضغط، وفولاذ التسليح في الشد والضغط، الإجهادات المسموح بها، والتي يُحددها هذا النظام في الباب العاشر. على أساس أن كلاً من الخرسانة في الضغط وفولاذ التسليح في الشد والضغط، يسلكان مسلك المواد المرنة، وتعتمد الفرضيات الأساسية المبينة في الباب العاشر.

ج- تؤخذ الإجهادات المسموح بها بقيمها المبينة في الباب العاشر إذا كان العنصر أو المقطع معرضاً لأثر الأحمال الثابتة D والإضافية L وبضمنها الأثر الحركي (الديناميكي) إن وُجد، و / أو أثر ضغط التربة H أو أثر ضغط السوائل F في حال وجود أحدهما.

د- أما إذا شملت الأحمال المؤثرة ضغط الرياح W أو أثر التشوهات (التشكلات) المفروضة T، فيمكن زيادة الإجهادات المسموح بها، في كل من الخرسانة وفولاذ التسليح بنسبة 25%، على القيم المبينة في الباب العاشر، على أن يتم التحقق دوماً دون هذه الآثار، حسبما ورد في (ج) أعلاه.

هـ- أما إذا شملت الأحمال المؤثرة ضغط الرياح W وأثر التشوهات (التشكلات) المفروضة T معاً، فيمكن زيادة الإجهادات المسموح بها، في كل من الخرسانة وفولاذ التسليح بنسبة 33%، على القيم المبينة في الباب العاشر، على أن يتم التحقق دوماً دون هذه الآثار، حسبما ورد في (ج) أعلاه.

و- في حال وجوب التحقيق لأثر الزلازل، يُرجع للبند (١٠-٣-١-٤).

ز- في جميع الأحوال، يتم تصميم أو تحقيق العنصر أو المقطع على تراكب الآثار التي تعطي أكبر قيمة للإجهاد المحسوب في المقطع المدروس، أو التراكب الأسوأ بالنسبة لاستقرار المنشأة، وبضمن ذلك، إن لزم، الحالات الخاصة التي قد يُؤدي فيها حسبان قيمة لآثار الأحمال الإضافية (الأحمال الحية) $L = 0$ إلى وضع أكثر خطورة، بالنسبة للإجهادات المتولدة في العنصر أو المقطع، أو بالنسبة لاستقرار المنشأة أو أحد أجزائها.

٦-٤-١-٢- تحقيق الأمان في حالة حد التشقق المعيب:

يتم التحقق من الأمان في حالة حد التشقق المعيب، طبقاً لما هو وارد في الفصل (١٠-٤)، وذلك تحت تأثير أحمال الاستثمار غير المصعّدة.

٦-٤-١-٣- تحقيق الأمان في حالة حد التشوه (التشكل) المعيب:

يتم التحقق من الأمان في حالة حد التشوه (التشكل) المعيب، طبقاً لما هو وارد في البند (١٠-٥)، وذلك تحت تأثير أحمال الاستثمار غير المصعّدة.

الباب السابع

7 اشتراطات عامة في تصميم العناصر الإنشائية

٧-١- الأعمدة:

٧-١-١- الاشتراطات البعدية للأعمدة:

تتأثر أبعاد القطاع العرضي لعنصر مضغوط ومكان التسليح فيه تأثراً مباشراً بعوامل المتانة ومقاومة الحريق أو بعوامل أخرى معمارية، ويجب أن تبحث هذه العوامل أولاً قبل المباشرة في الحسابات التصميمية.

أما الأبعاد الدنيا للأعمدة فتؤخذ كالآتي:

١- لايقل أصغر بعد لكل عمود مستطيل عن 200 mm، ولا تقل مساحته عن 0.09 m2.

٢- لايقل قطر كل عمود دائري عن 350 mm.

٣- يستثنى من ١ و ٢ أعلاه، الأعمدة غير الحاملة والأعمدة الحاملة المتقاربة ذات الطبيعة المعمارية شبه التزينية (كاسرات شمس شاقولية مثلا) على أن لايزيد الحمل الحدّي المطبق عليها على نصف طاقتها القصوى، بعد أخذ أثر التحنيب بالحسبان.

٧-١-٢- مساحات التسليح الطولي للأعمدة:

١- تحدد مساحات التسليح العظمى للأعضاء المضغوطة محورياً بـ $0.025\,A'_c$ إذا كانت المقاومة المميزة للخرسانة تقل عن 30 MPa، (أما إذا كانت المقاومة المميزة للخرسانة لا تقل عن 30 MPa، فيمكن زيادة مساحات التسليح العظمى إلى $0.035\,A'_c$، كما يمكن زيادتها إلى $0.04\,A'_c$، بشرط استعمال وصلات ميكانيكية (mechanical couplers) أينما كان موقع العمود.

حيث: A'_c مساحة القطاع العرضي للعمود.

٢- في حالات الاضطرار الاستثنائي، يمكن زيادة تحمل قطاع العمود بتطويقه معدنياً أو باستعمال قطاعات معدنية داخله، وفق الملحق رقم (٩) للكود.

٣- تحدد مساحات التسليح الدنيا للقطاع المطلوب حسابياً A'_{cr} للأعضاء المضغوطة محورياً كالآتي: ($0.01\,A'_{cr}$) سواء كان العضو المضغوط عموداً وسطياً أو طرفياً أو ركنياً.

٤- في الأعمدة التي تزيد مساحة قطاعها على المطلوب حسابياً، يمكن حساب مساحة التسليح الدنيا بأخذ مساحة التسليح المذكورة في (٣) أعلاه، على أن لا تقل مساحات التسليح الدنيا

المستعملة عن A'_c 0.006 أينما كان موقع العمود.

حيث: $A'_c = b.h$ = مساحة القطاع العرضي الفعلي للعمود.

٥- في جميع الأحوال يجب أن لا تزيد مساحة التسليح الطولي في منطقة اتصال عمودين متتالين على $\acute{A}_c$ 0.06 إذا كانت المقاومة المميزة للخرسانة تقل عن 30 MPa ، (أما إذا كانت المقاومة المميزة للخرسانة لا تقل عن 30MPa، فيمكن زيادة هذه المساحات إلى $0.07\,A'_c$).

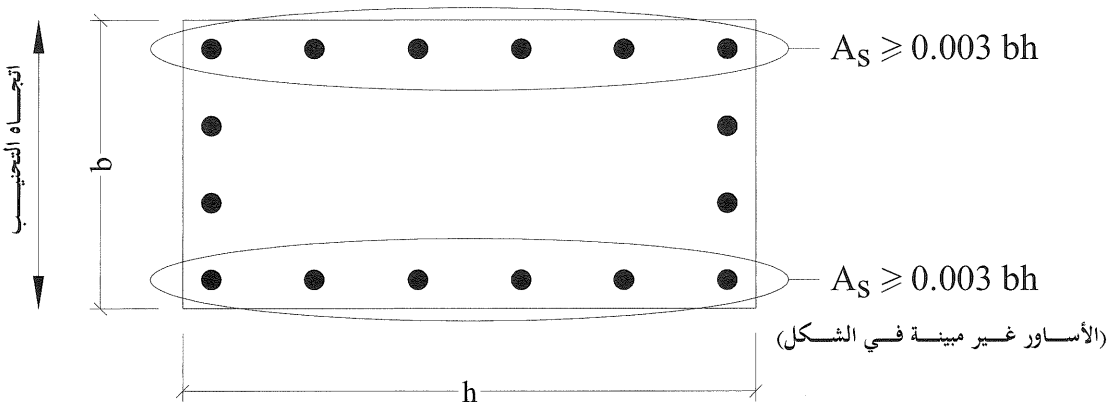
٧-١-٣- اشتراطات التسليح الطولي للأعمدة:

١- لا يقل التسليح الطولي في كل عمود مضلع عن قضيب واحد في كل زاوية، وفي الأعمدة الدائرية عن ستة قضبان.

٢- لا يقل قطر التسليح الطولي العامل عن 12 mm.

٣- لا يزيد التباعد بين قضبان التسليح الطولي المتجاورة على 300mm أو أصغر بعد للعمود، أيهما أصغر.

٤ - في الأعمدة المربعة والمستطيلة النحيفة، التي تساوي أو تزيد نسبة نحافتها ($\lambda = \frac{Lo}{i}$) على 40، يشترط أن لاتقل مساحة التسليح الموجودة في كل من طرفي القطاع بالاتجاه المعرض للتحنيب عن 0.3% من مساحة القطاع الكلية، كما في الشكل (٧-١).



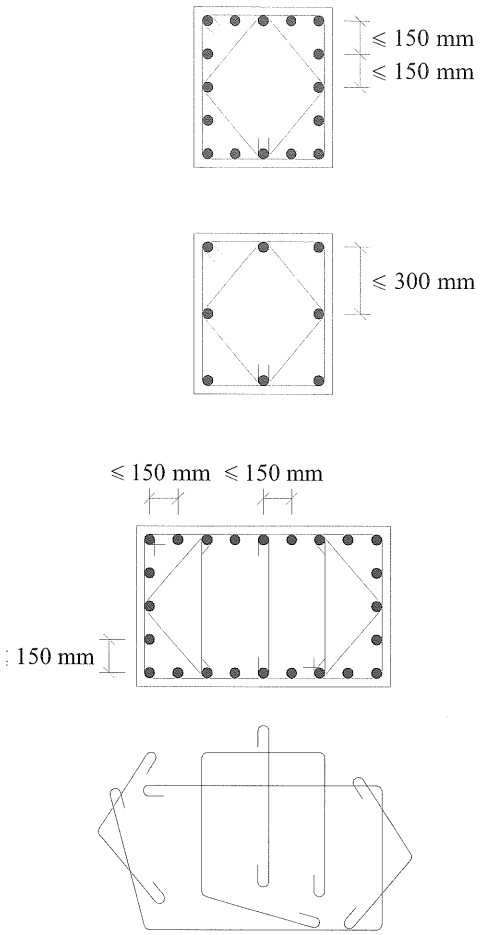
الشكل (٧-١): مساحات التسليح الدنيا في القطاعات المستطيلة للأعمدة النحيفة

٧-١-٤- اشتراطات التسليح العرضي للأعمدة:

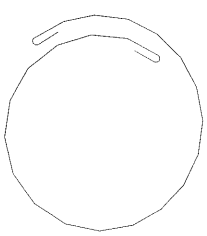
٧-١-٤-١- التسليح العرضي في الأعمدة غير المطوقة (أساور عادية):

أ - في الأعمدة المستطيلة، يتم تركيب التسليح العرضي بحيث يربط كل قضيب طولي بفرعي اسوارة لا تزيد الزاوية بينهما على 135 درجة، إلا إذا كان التباعد بين قضبان التسليح الطولي أقل أو يساوي 150mm، فيمكن أن يُكتفى بتحقيق هذا الشرط على قضبان الزوايا، ومن ثم

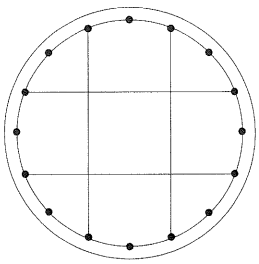
على القضبان الوسطية بالتناوب. وإذا زاد أي من بُـعدي العمود على 300 mm فيلزم إضافة أساور وسطية (الشكل ٧-٢).



ب- في الأعمدة الدائرية تستعمل أساور حلقية على شكل دائرة مغلقة مع تحقيق طول تماسك كافٍ كما في الشكل (٧-٢-أ). وإذا زاد قطر العمود على 400 mm ، يجب استعمال شناكل أو أساور مربعة أو مستطيلة كما في الشكل (٧-٢-أأ)، إضافة للأساور الحلقية، لأن الأساور الحلقية قد لا تكون كافية في مثل هذه الحالات لتحمل الشد الناتج عن تحنيب قضبان التسليح.



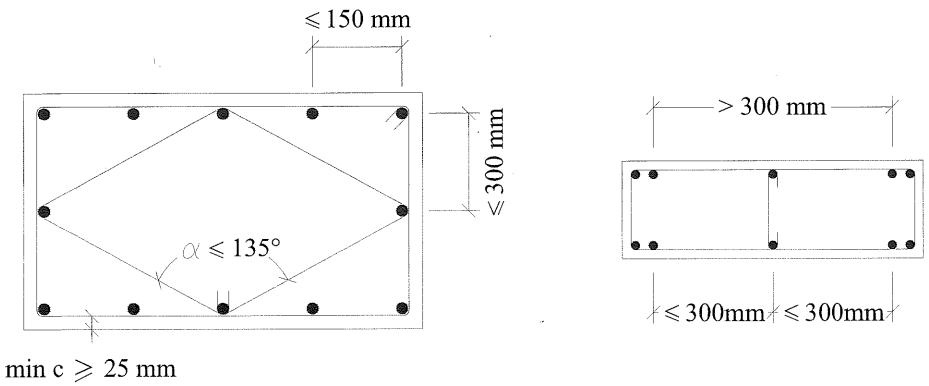
الشكل (٧-٢-أ): شكل إسوارة الأعمدة الدائرية ذات الأقطار التي لا تتعدى 400 mm



الشكل (٧-٢-أ): شكل أساور الأعمدة الدائرية ذات الأقطار التي تتعدى 400 mm

ج- لا يقل قطر الأساور عن ثلث قطر قضبان التسليح الطولي أو 6 mm أيهما أكبر، ولايزيد على 12 mm. ويزاد القطر الأدنى إلى 8 mm إذا زادت مساحة مقطع العمود على 0.25 m^2.

د- لا يقل تباعد الأساور عن 100 mm، ولايزيد على 15 مرة أصغر قطر قضيب تسليح مربوط بالأسوارة، ولا على عرض العمود، ولا على 300 mm، كما في الشكل (٧-٢-ب).



الشكل (٧-٢-ب): التباعدات بين الأساور

هـ- تكثف الأساور في مناطق وصل القضبان، بحيث لا يزيد التباعد بين الأساور في هذه المناطق على 150 mm.

و- في الإطارات العزمية المتوسطة المحلية (أي المتوسطة بمفهوم هذا الكود الأساس) يلزم تكثيف الأساور في مناطق اتصال الجوائز مع الأعمدة (في الجائزين يمين ويسار الوصلة، وفي العمودين فوق وتحت الوصلة)، بحيث يتم تكثيف عدد الأساور في هذه المناطق (كما في الأشكال الآتية (٧-٢-ج) و (٧-٢-د) و (٧-٢-هـ) في المناطق الزلزالية التي تقل عن 3، مع ضرورة عدم تنفيذ وصلات الأساور على خط شاقولي واحد. أما في المنطقتين الزلزاليتين 3 و 4، فيلزم استعمال إطارات خاصة مقاومة للعزوم، ويرجع إلى الملحق (ز) في هذا الكود الأساس، وإلى الملحق (٢) للكود، الخاص بالزلازل، من أجل هذه الإطارات،

وتكثف الأساور في حالة عمود منفرد، وفي حالة الأعمدة المخفية لجدران القص.

يستمر تكثيف الأساور في الأعمدة (أعلى وأسفل عقدة الاتصال مع الجوائز والبلاطات) ضمن الارتفاع المشترك مع الجوائز والبلاطات، إلا إذا كان العمود مطوقاً بجوائز من الأطراف الأربعة، على أن لا يقل عرض أي جائز منها عن ثلثي (2/3) بُعد العمود باتجاه عرض الجائز المطوق، وتطبق هذه الملاحظة على الأعمدة المخفية في جدران القص إذا زادت نسبة تسليح هذه الأعمدة على 2% .

ملاحظة: يمكن عدم اعتماد هذا التكثيف في الأعمدة التي لا يتم أخذ مساهمة إطاراتها بالحسبان في مقاومة الزلازل (أي الإطارات العزمية العادية OMRF)، وذلك في حال تبين من إجراء التحقيقات والحسابات للقوى الزلزالية التي ستتعرض لها هذه الإطارات، وفقاً للمطلوب في هذا الكود الأساس وفي الملحق (٢) عدم حاجتها للتكثيف.

ز- إضافة لماُ ذكر في هذا الفصل (٧-١) للأعمدة، يلزم تحقيق الاشتراطات الآتية لأعمدة الإطارات المتوسطة المقاومة للعزوم بمفهوم هذا الكود الأساس (المتوسط المحلي):

١- تُصمم المقاطع العرضية لأعمدة وجوائز الإطار المتوسط المقاومة (بمفهوم هذا الكود الأساس، أي المتوسط المحلي)، لمقاومة قوى قص حسابية، تحدد من قيم العزوم القصوى الإسمية (عامل تخفيض المقاومة $\Omega = 1.0$) عند العقد، مع إجهاد شد أعظمي يساوي f_y ، دون تكبيره بمعامل تكبير يساوي **1.25** (الذي يتم استعماله في الإطارات العزمية الخاصة). أي تحدد قيمة العزم الإسمي الأقصى، عند كل من نهايتي العمود أو الجائز من العلاقة: $M_n = A_s \cdot f_y \cdot (d-y/2)$

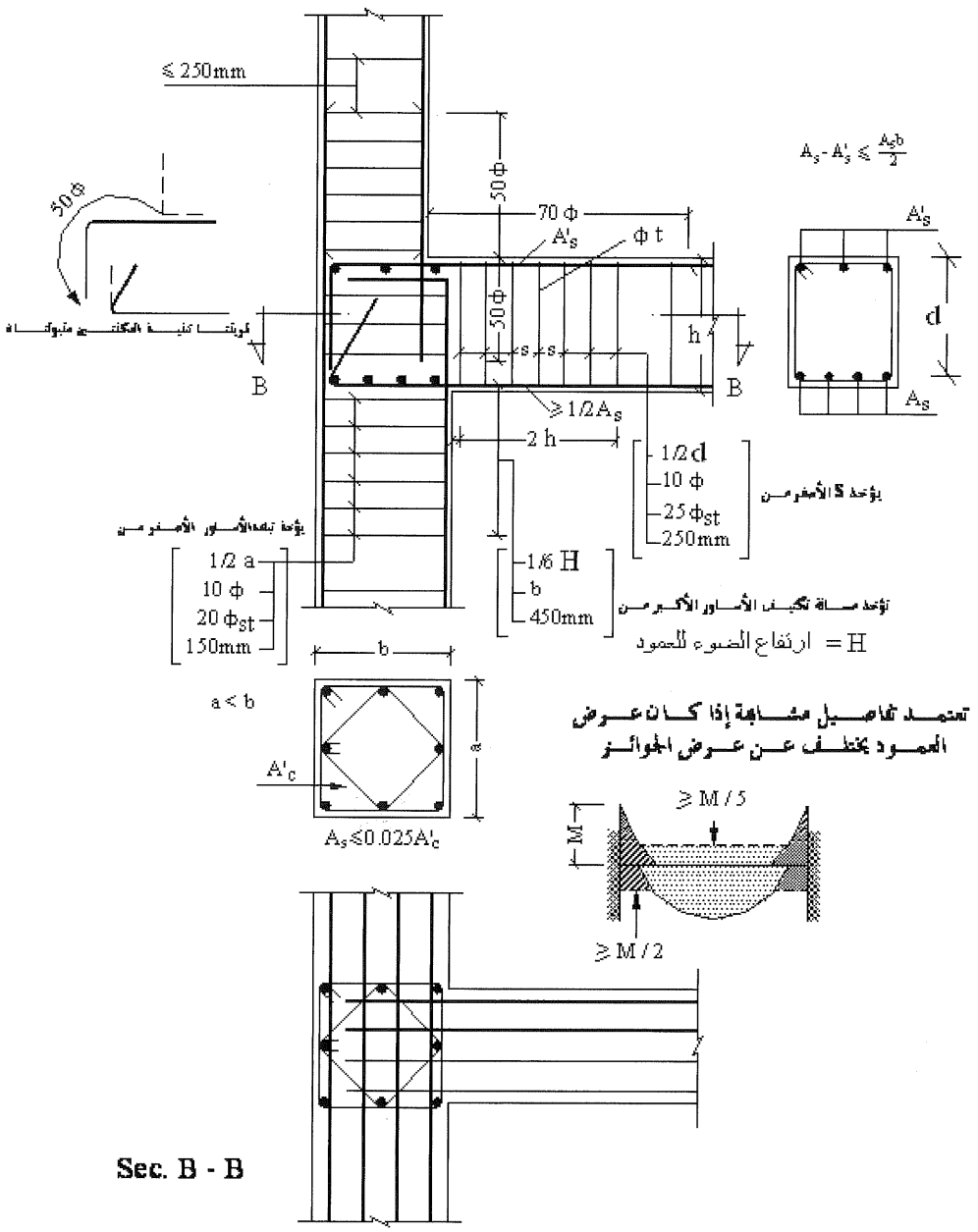
٢- ينوه إلى أن هذه التفصيلات هي الحد الأدنى للإطار متوسط المقاومة للعزوم المحلي (أي بمفهوم هذا الكود حصراً)، علماً بأن التفصيلات المطلوبة للإطار متوسط المقاومة للعزوم، بمفهوم الكودات العالمية، تختلف عن هذه التفصيلات، وهي مبينة في الملحق (ز) من هذا الكود.

ح- في المناطق الزلزالية 2(A-B-C) و 3 و 4، يتوجب استعمال نسبة تسليح عرضي دنيا، وذلك في جميع أشكال مقاطع الأعمدة، كما في حالة الجوائز، أي بحيث لا تقل مساحة التسليح العرضي (الأساور والشناكل) عن:

$$A_{st\ min} = \frac{0.35}{f_y}.b.s \ (\text{or } d.s)$$

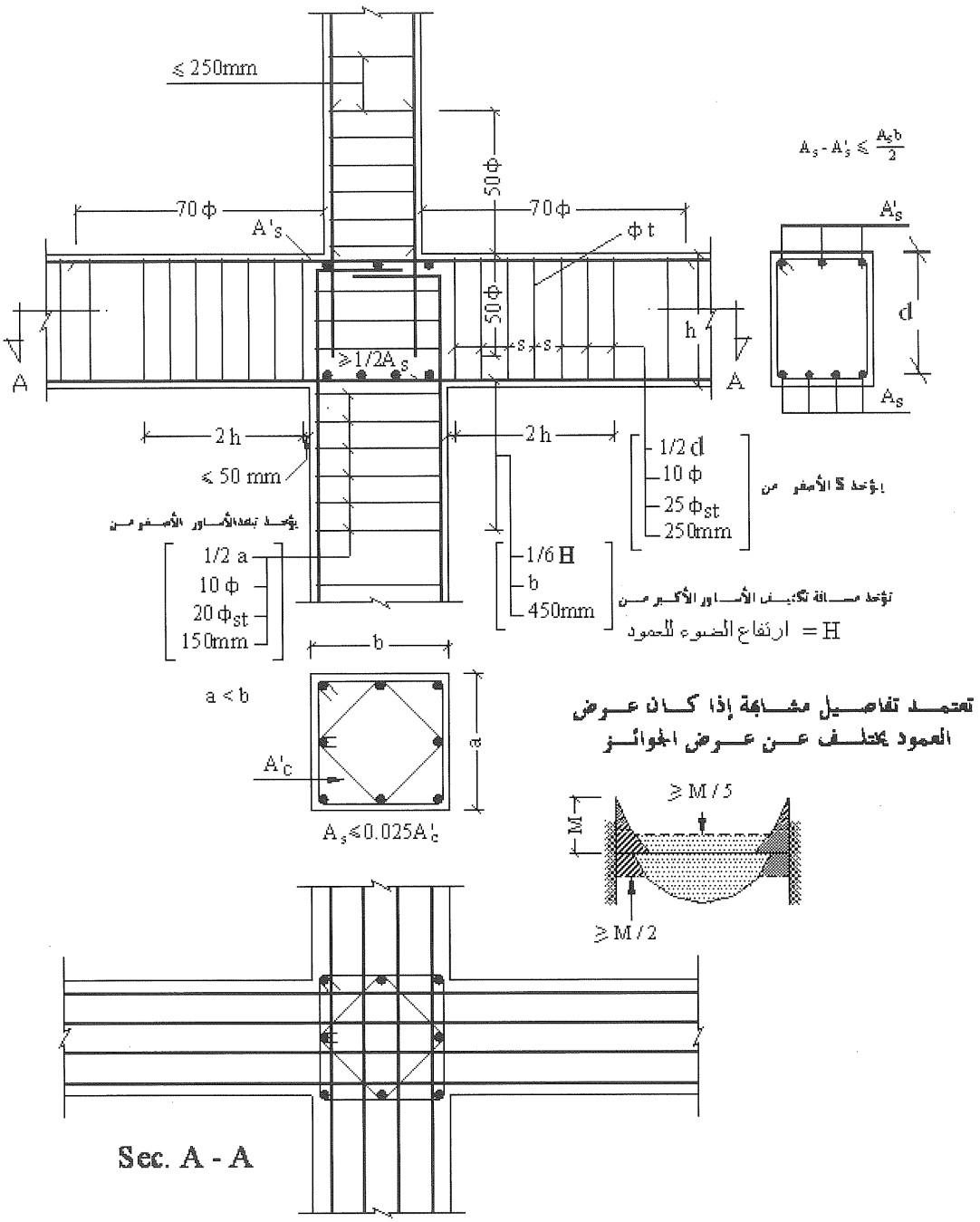
(و في النظام المتري :

$$(A_{st\ min} = \frac{3.5}{f_y}.b.s \ \ (\text{or } d.s)$$



الشكل (٧-٢-ج): تفاصيل تسليح العقدة الطرفية في الإطار العزمي المتوسط المحلي إذا كان بعد العمود العلوي أصغر من السفلي (الأعمدة مدخلة في مقاومة الزلازل)

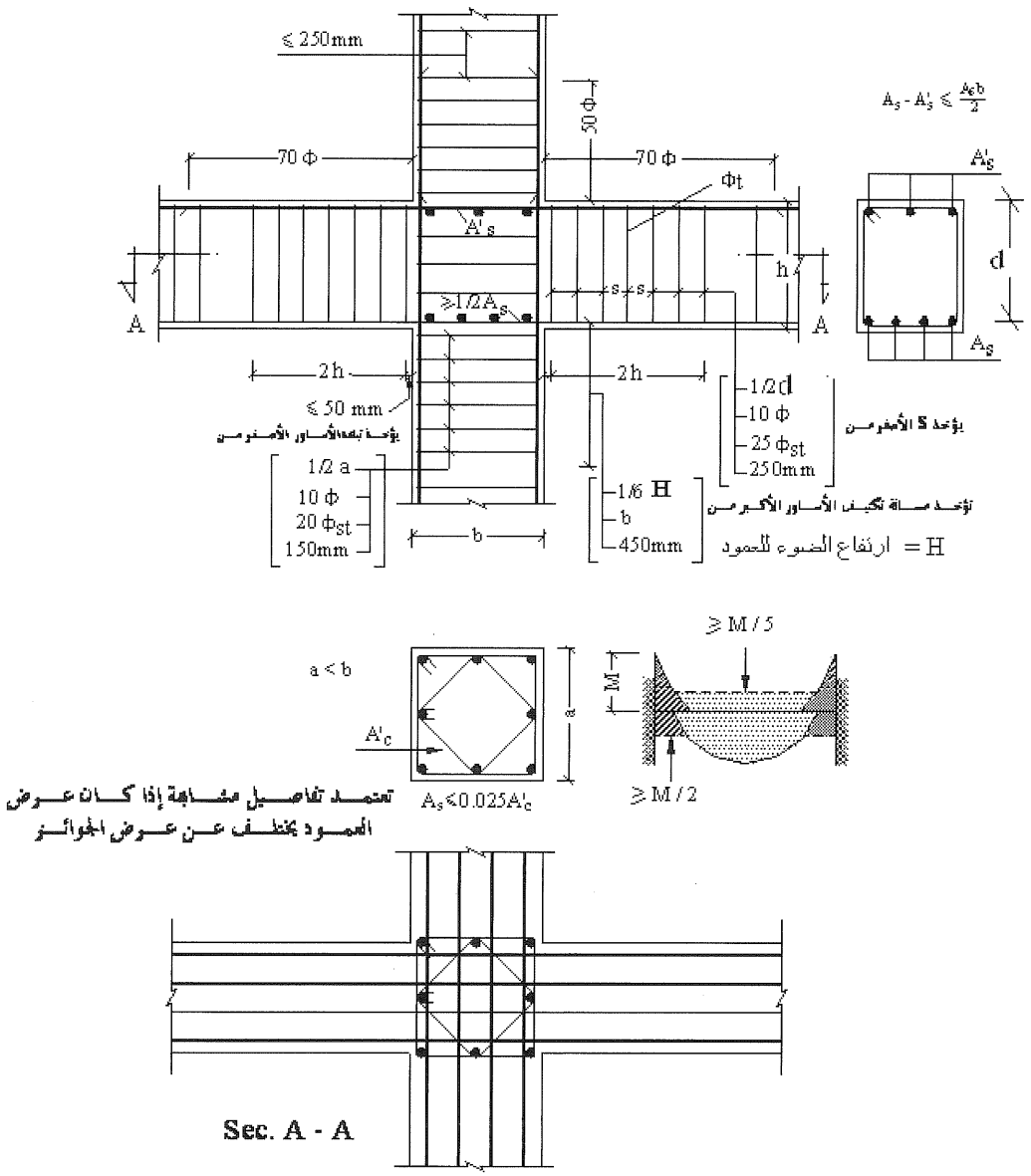
ملاحظة: راجع الفقرة (٧-١-٢) أعلاه، فيما يتعلق بنسب التسليح العظمى للأعمدة



تعتمد تفاصيل مشابهة إذا كان عرض العمود يختلف عن عرض الجوائز

الشكل (٧-٢-د): تفاصيل تسليح عقدة اتصال وسطية للجوائز مع الأعمدة في الإطار العزمي المتوسط المحلي إذا كان بعد العمود العلوي أصغر من السفلي (الأعمدة مدخلة في مقاومة الزلازل)

ملاحظة: راجع الفقرة (٧-١-٢) أعلاه، فيما يتعلق بنسب التسليح العظمى للأعمدة



الشكل (٧-٢-هـ): تفاصيل تسليح عقدة اتصال وسطية للجوائز مع الأعمدة في الإطار العزمي المتوسط المحلي إذا كانت أبعاد الأعمدة ثابتة (ومدخلة في مقاومة الزلازل)

ملاحظة: راجع الفقرة (٧-١-٢) أعلاه، فيما يتعلق بنسب التسليح العظمى للأعمدة

٧-١-٤-٢- التسليح العرضي في الأعمدة المطوقة بأساور حلزونية:

يستعمل التسليح العرضي بأساور حلزونية لزيادة طاقة المقطع في تحمل الأحمال الشاقولية. وعادة يستعمل عندما تصل نسبة التسليح الشاقولي إلى حوالي 2%.

أ – لا يقل قطر التسليح الحلزوني في الأعمدة المطوقة والتي أُدخل أثر التطويق العرضي في حساب طاقتها على تحمل القوى الناظمية عن 8 mm.

ب– لا تزيد خطوة الحلزون على 80 mm أو خمس (1/5) قطر نواة القطاع، أيهما أقل.

ج– لا تقل خطوة الحلزون عن 40 mm.

د– يجب الاحتفاظ بالخطوة ثابتة، وتتم وصلات الحلزون عن طريق تراكب 1.5 لفة على الأقل.

هـ– لا تقل المساحة المكافئة لتسليح التطويق العرضي (A_{Sp}) المعرف بالبند (١٠-٣-٣-٢) عن:

$$(A_{sp})\ min = 0.45\left[\frac{A'_c}{A'_k} - 1.0\right]\frac{f'_c}{f_{yp}} \cdot A'_k$$

حيث: A'_c = المساحة الكلية للقطاع الخرساني.

A'_k = مساحة نواة القطاع الخرساني.

f'_c = المقاومة المميزة للخرسانة على الضغط.

f_{yp} = المقاومة المميزة لتسليح التطويق العرضي.

و– لا تزيد المساحة المكافئة لتسليح التطويق العرضي على:

$$(A_{sp})_{max} = 0.34\left[\left(1.412\frac{A'_c}{A'_K} - 1.0\right)\frac{f'_c}{f_{yp}} + 0.484\frac{A'_s}{A'_k}.\frac{f_y}{f_{yp}}\right].A'_k$$

حيث: f_y = المقاومة المميزة لفولاذ التسليح الطولي.

A'_s = مساحة التسليح الطولي.

ز– إذا تبين نتيجة للحساب ضرورة استعمال تسليح عرضي تزيد مساحته المكافئة على $(A_{SP})_{max}$، وجب تعديل التصميم بزيادة التسليح الطولي، أو أبعاد القطاع الخرساني أو كليهما بما يحقق الشرط $A_{SP} \le (A_{SP})_{max}$، أو تطويق القطاع معدنياً واستعمال قطاعات معدنية داخل قطاع العمود. وفي هذه الحالات يحسب قطاع العمود من الملحق رقم (٩).

٧-١-٥- أطوال التحنيب للأعمدة:

٧-١-٥-١- الطول الحسابي:

أ – يؤخذ L (أو l_u) فيما يلي مساوياً للطول الحر للعنصر في الاتجاه المدروس على التحنيب، كما في الشكل (٧-٣).

ب– يفرق ما بين العناصر في الهياكل 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 مالا 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.

٣) يؤخذ الطول الحسابي L_0 لأعمدة الهياكل المسندة جانبياً كما يلي:

$L_0 = L$ حالة عنصر متمفصل من طرفيه.

$L_0 = 0.85L$ حالة عنصر متمفصل من طرف ومثبت من الطرف الآخر (وثاقة جزئية).

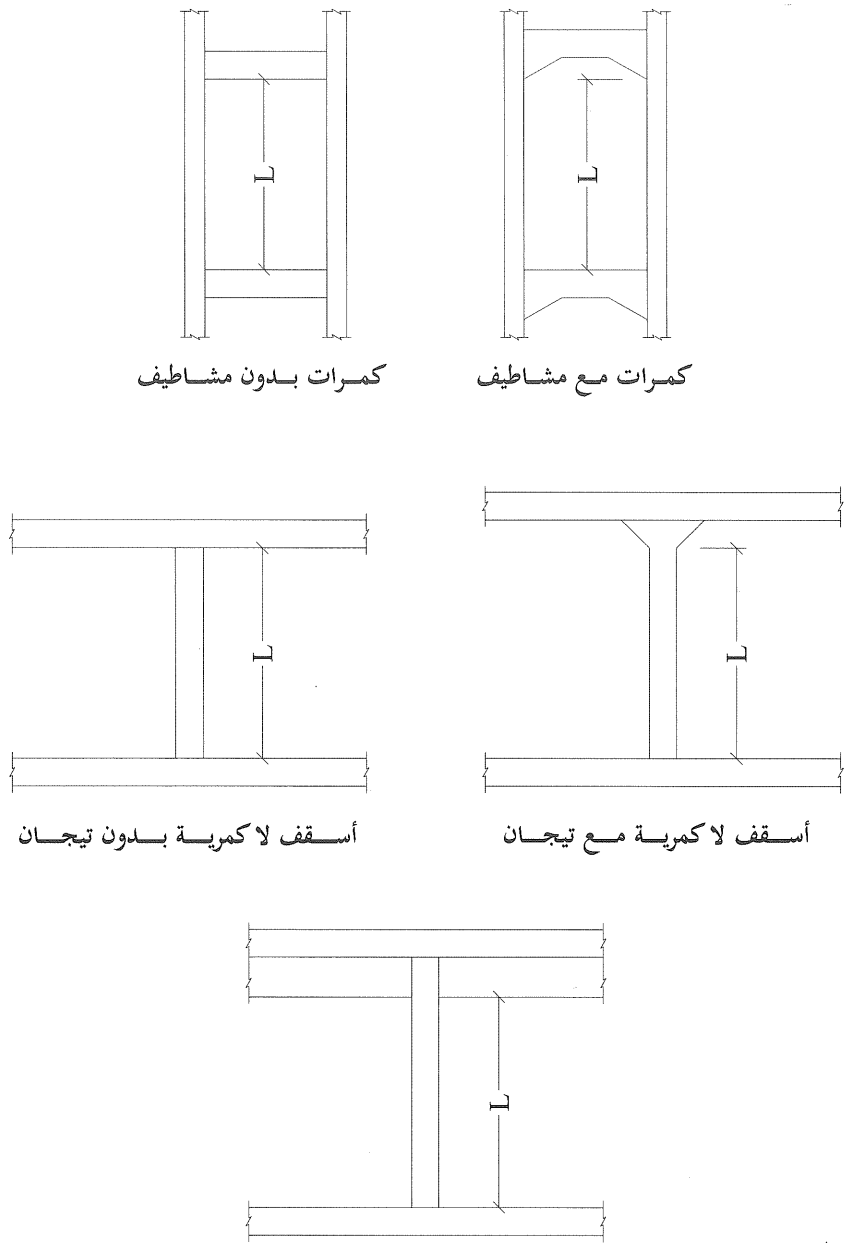
$L_0 = 0.70\ L$ حالة عنصر مثبت (وثاقةجزئية) من الطرفين.

$L_0 = L$ في حالة المباني العادية.

٤) يؤخذ الطول الحسابي L_0 لأعمدة الهياكل غير المسندة جانبياً كما يلي:

$$L_0 = \alpha\ .L \quad (\text{or } = k\ .\ l_u)$$

ويمكن بدلا 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).



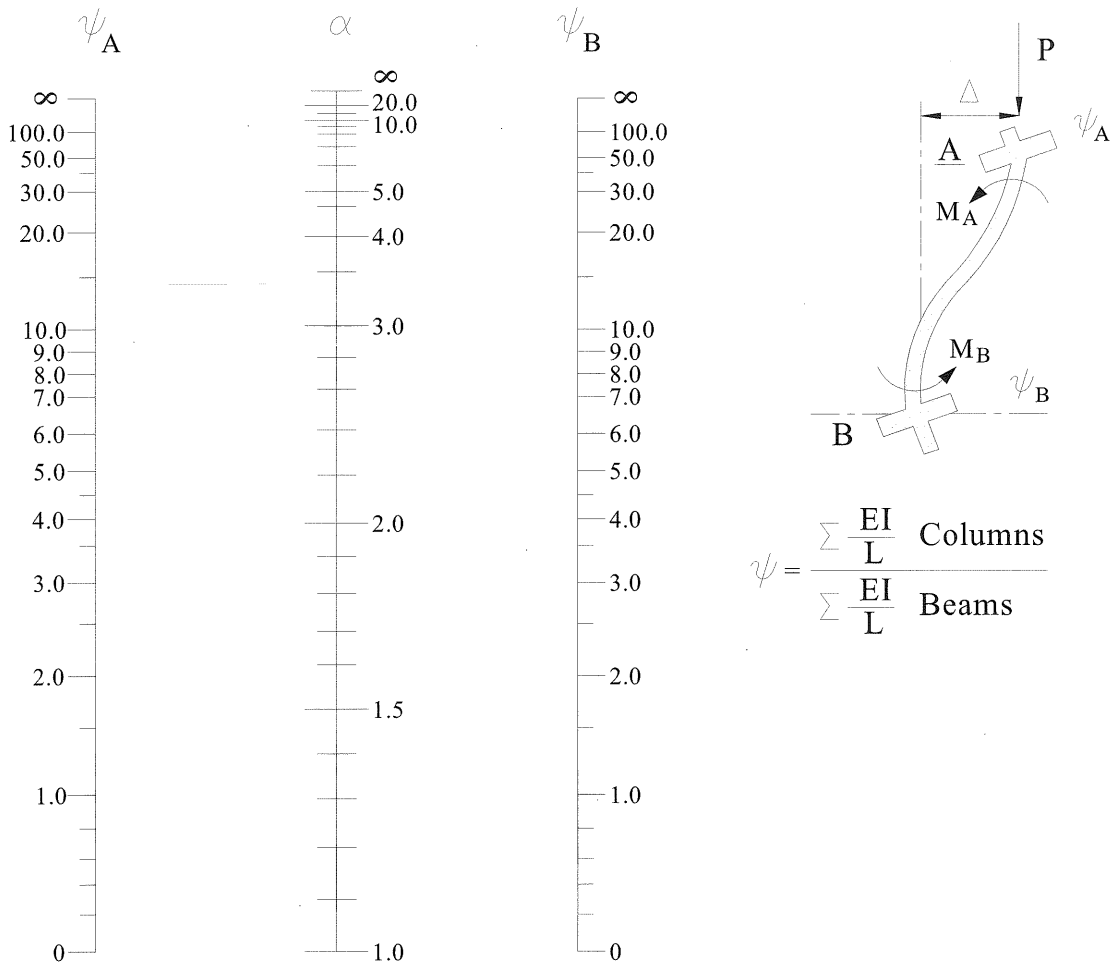
الشكل (٧-٣): أطول تحنيب الأعمدة

حيث: α = معامل يؤخذ من الشكل (٧-٤).

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)

٧-١-٥-٢- الأعمدة الطويلة والأعمدة القصيرة:

يعد العنصر المضغوط (العمود):

أ - طويلاً إذا زادت نسبة أحد طوليه الحسابيين (بالاتجاهين المتعامدين) على سمك قطاعه في الاتجاه المعتمد على 12 بالنسبة لعمود ذي قطاع مستطيل أو مربع و10 بالنسبة لعمود ذي قطاع دائري.

ب - قصيراً إذا لم تزد النسبة على القيم المحددة في (أ) أعلاه.

ج - في حالة الأعمدة ذات القطاعات غير المستطيلة أو الدائرية، يعد العمود طويلاً إذا زادت نحافته $\frac{L_o}{i}$ ($k l_u$) على 40

حيث: $i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ هي نصف قطر العطالة في الاتجاه المدروس.

٧-١-٥-٣- القيمة العظمى المسموحة للنحافة:

أ – يجب أن لاتزيد نحافة العضو المضغوط $\frac{L_o}{i}$ في كل اتجاه على 100 إلا في الحالتين الآتيتين:

١) عندما يجري تحليل حسابي للمنشأة بالطرائق الدقيقة مع أخذ الأفعال من الدرجة الثانية بالحسبان (تأثير P-Δ) (أي تأثير انحراف المنشأة على القوى الداخلية فيها).

٢) في العناصر المضغوطة ذات الأهمية الثانوية كالعناصر التزيينية أو المتقاربة.

ب– وفي جميع الحالات، يجب ألا تزيد نحافة العضو المضغوط في كل اتجاه على 150.

٧-٢- الجوائز (الكمرات):

٧-٢-١- عموميات:

٧-٢-١-١- العمق الفعال للقطاعات:

العمق الفعال لقطاع ما هو المسافة بين مركز قضبان تسليح الشد وحافة القطاع الأكثر انضغاطاً(أبعد ليف لحافة منطقة الضغط). ويكون هذا التحديد أيضاً صحيحاً في حالة الجوائز ذات المقطع بشكل (T) شريطة تأمين الاتصال الفعلي بين الجذع والجناح، وذلك بمراعاة وجود تسليح عرضي في جذع الجائز ومثبت في الجناح.

٧-٢-١-٢- المجاز (البحر) الفعال للجوائز والأعصاب والبلاطات:

أ – الحالة الأولى:

المسند مصبوب مستمراً (ميليثياً) مع العنصر المحمول، ويكون المسند عموداً أو جداراً أو جائزاً ساقطاً ذا ارتفاع لا يقل عن مثلي ارتفاع العنصر المحمول.

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 الآتية (انظر الشكل ٧-٥-أ):

١) المسافة بين محوري الركيزتين (L).

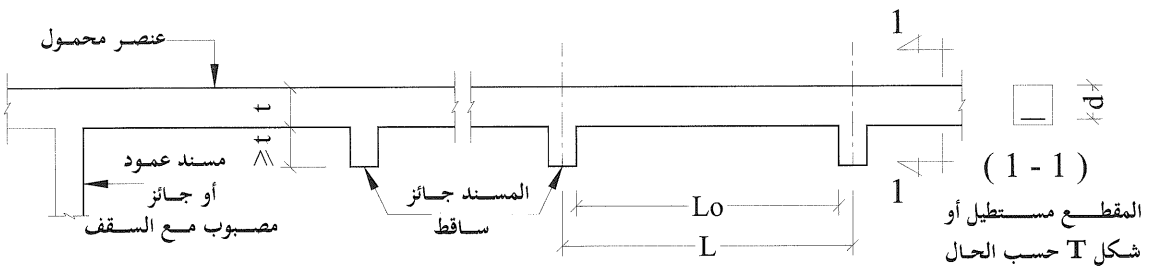
٢) المسافة الحرة بين الركيزتين (L_0) مضافاً إليها العمق الفعال d .

٣) المسافة الحرة بين المسندين مضروبة بالمعامل 1.05 .

ب– الحالة الثانية:

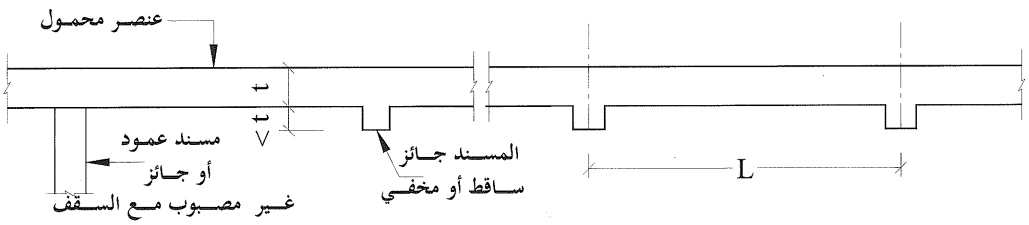
١) المسند هو جائز مصبوب مستمراً (ميليثياً) مع العنصر المحمول وذو ارتفاع يقل عن مثلي ارتفاع العنصر المحمول.

٢) المسند هو عمود أو جدار أو جائز ساقط غير مصبوب مستمراً (غير ميليثي) مع العنصر المحمول.



الشكل (٧-٥-أ): مجاز الجائز المستند على أعمدة أو جوائز ساقطة ذوات ارتفاعات لا 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 (كما في الشكل ٧-٥-ب)، ويمكن أن يؤخذ تأثير عرض المسند في تعديل قيمة العزم السالب عن محور المسند كما هو مبين في البند (٧-٢-١-٣).

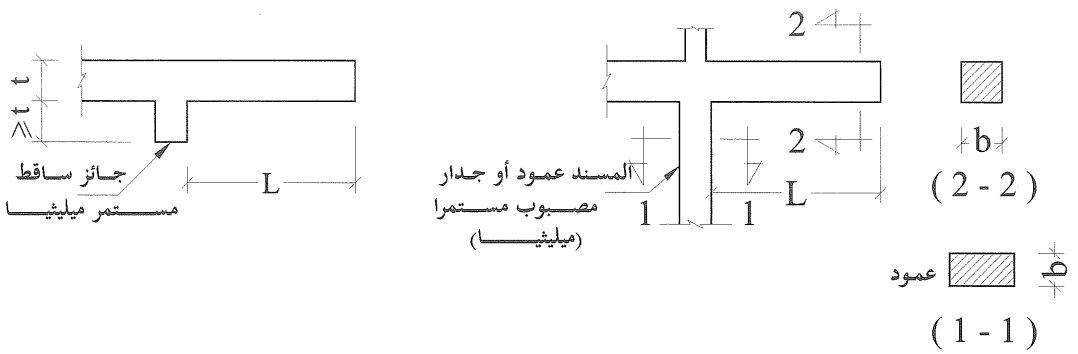


الشكل (٧-٥-ب): مجاز الجائز المستند على أعمدة غير مصبوبة معه أو على جوائز مخفية أو ساقطة بارتفاعات تقل عن مثلي ارتفاع الجائز المحمول

ج – حالات العنصر الظفري:

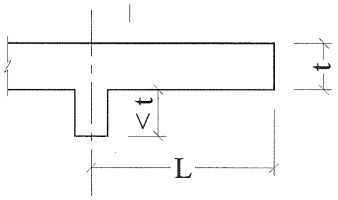
١) المسند مصبوب مستمراً (ميليثياً) مع العنصر الظفري المحمول، ويكون المسند عموداً عرضه نفس عرض العنصر المحمول أو جداراً أو جائزاً ساقطاً ذا ارتفاع لايقل عن مثلي ارتفاع العنصر المحمول (انظر الشكل ٧-٥-ج).

٢) يؤخذ المجاز لفتحة البلاطة أو العصب أو الجائز الظفري حسب الحال (L) 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

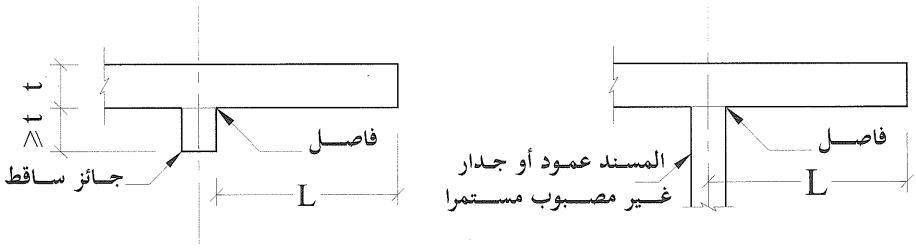
٢) المسند مصبوب مستمراً (ميليثياً) مع العنصر الظفري المحمول ويكون المسند جائزاً ساقطاً ذي ارتفاع يقل عن مثلي ارتفاع العنصر المحمول. يؤخذ المجاز لفتحة البلاطة أو العصب أو الجائز الظفر بحسب الحال (L) مساوياً إلى طول مجازه من الطرف الحر حتى محور الجائز الذي يعمل مسنداً (انظر الشكل ٧-٥-د). ويمكن أن يؤخذ تأثير عرض المسند في تعديل قيمة العزم السالب عند محور المسند كما هو مبين في البند (٧-٢-١-٣).



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

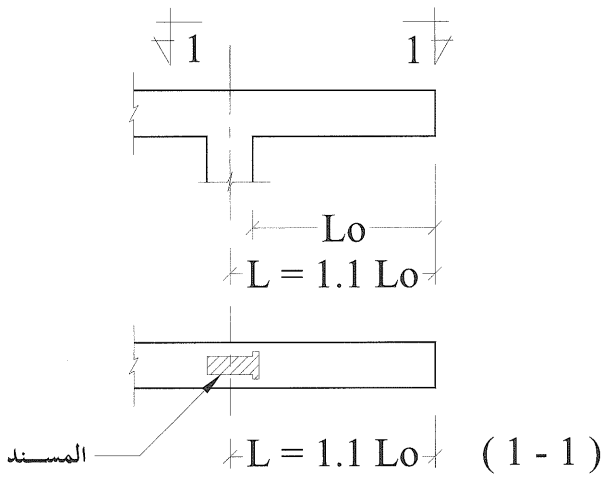
٣) المسند غير مصبوب مستمراً (غير ميليثي) مع العنصر الظفري المحمول، ويكون المسند عموداً أو جداراً أو جائزاً. يؤخذ المجاز لفتحة البلاطة والعصب أو الجائز الظفري حسب الحال مساوياً إلى طول مجازه من الطرف الحر حتى محور الجائز الذي يعمل مسنداً (انظر الشكل ٧-٥-هـ). ويمكن أن يؤخذ تأثير عرض المسند في تعديل قيمة العزم السالب عند محور المسند كما هو مبين في البند (٧- ٢-١-٣).

ملاحظة: في حال تخشين السطح بين المسند والعنصر المحمول ومن ثم تنظيفه وتنفيذ روبة أسمنتية فوقه عند الصب فيمكن تصنيفه مصبوب مستمراً (ميليثيا).



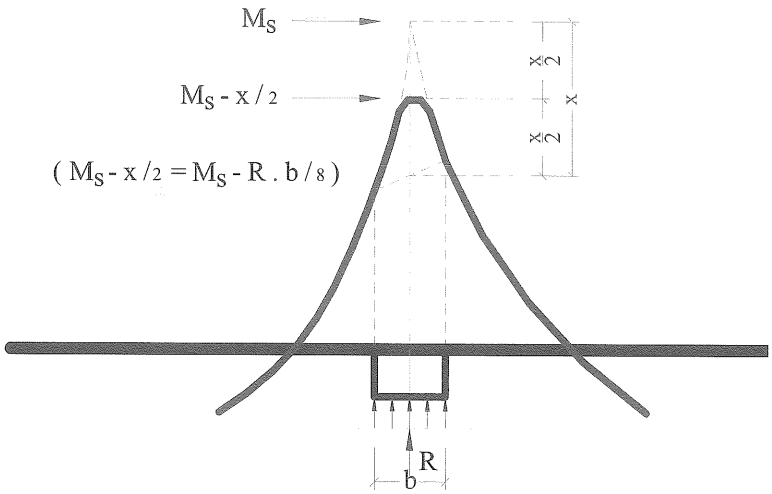
الشكل (٧-٥-هـ): مجاز الظفر المستند على عمود أو جدار
أو جائز ساقط غير مصبوب بشكل مستمر معه (غير ميليثي)

٤) المسند مصبوب مستمراً (ميليثياً) مع العنصر الظفري وهو عمود بُعد قطاعه بالاتجاه المتعامد مع المجاز للعنصر الظفري أقل من 0.7 عرض العنصر الظفري المحمول. يؤخذ المجاز لفتحة البلاطة أو العصب أو الجائز الظفري حسب الحال مساوياً إلى طول مجازه من الطرف الحر حتى وجه المسند L_o مضروباً بـ 1.1 (كما في الشكل ٧-٥-و). ولايؤخذ تأثير عرض المسند عند حساب العزم السالب فوق المسند.



٧-٢-١-٣- أخذ عرض المسند بالحسبان عند حساب العزوم السالبة:

أ – عندما تكون العزوم في الجوائز المستمرة محسوبة على أساس الأبعاد بين محاور المساند يمكن تعديل قيمة العزم السالب عند المسند باعتبار رد فعل هذا المسند موزعاً على عرضه بصورة منتظمة مما يسبب عزماً معاكساً للعزم السالب فوق المسند بحيث يصبح تغير العزم على عرض المسند بشكل قطع مكافىء كما هو موضح بالشكل (٧-٥-ز).



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

ب – يحسب تأثير عرض المسند على قوى القص وردود الأفعال باستعمال قيمة العزم الحسابي الأصلي M_s، ويقصد بالعزم الحسابي الأصلي M_s العزم النهائي الناتج عن الحساب في محور المسند، وذلك بعد إجراء إعادة توزيع العزوم إن لزم.

٧-٢-١-٤- القطاعات الحرجة لتصميم الجوائز:

أ – بالنسبة لعزم الانحناء ضمن المجاز (البحر):

١) إذا كان الجائز ذا قطاع عرضي ثابت على طول المجاز يكون القطاع الحرج هو القطاع الذي يكون عنده عزم الانعطاف أعظمياً.

٢) أما إذا كان الجائز ذا قطاع عرضي متغير (بالعرض أو بالارتفاع أو بكليهما) فيؤخذ ضمن المجاز أكثر من قطاع حرج. من هذه القطاعات الحرجة، يمكن ذكر القطاع الذي يكون عنده عزم الانعطاف أعظمياً والقطاع الذي يكون ارتفاعه أصغرياً، والقطاع الذي يكون عرضه أصغرياً والقطاع الذي يكون عزم عطالته أصغرياً ... الخ.

ب – بالنسبة لعزم الانحناء عند المسند:

١) يكون القطاع الحرج لعزم الانحناء (الانعطاف) عند المسند في الجوائز المستمرة والأظفار، على وجه المسند إذا كان المسند عموداً أو جداراً من الخرسانة المسلحة المصبوبة استمرارياً (ميليثياً) مع الجائز أو الظفر موضوع الدرس، أو كان المسند بشكل جائز متعامد ذي ارتفاع لا يقل عن مثلي ارتفاع الجائز أو الظفر المحمولين.

٢) أما إذا كان ارتفاع الجائز الحامل يقل عن مثلي الجائز أو الظفر المحمولين، أو إذا كان المسند عموداً أو جداراً من مادة أخرى غير الخرسانة المسلحة (حجر أو آجر مثلا) أو كان من الخرسانة المسلحة مع وجود فاصل من مادة أخرى، فيكون القطاع الحرج لعزم الانعطاف عند المسند، للظفر وللجائز المستمر، عند محور المسند، مع إمكان أخذ تأثير

عرض المسند بالحسبان حسب البند (٧-٢-١-٣). أما إذا كان الجائز ذا قطاع عرضي متغير فيؤخذ أكثر من قطاع حرج.

ج – بالنسبة للقص:

١) يحدد القطاع الحرج للقص وفقاً للبند (١٠-٣-٥-١) أو البند (٩-٢-٨-١) حسب الحال.

٢) أما إذا كان القطاع العرضي للجائز أو الظفر متغيراً، فيجب أخذ قطاعات حرجة أخرى للقطاع السابق. من هذه القطاعات يمكن ذكر القطاع ذي العرض الأصغر والقطاع ذي الارتفاع الأصغر ... الخ، ومع مراعاة ما ورد في البند (١) أعلاه.

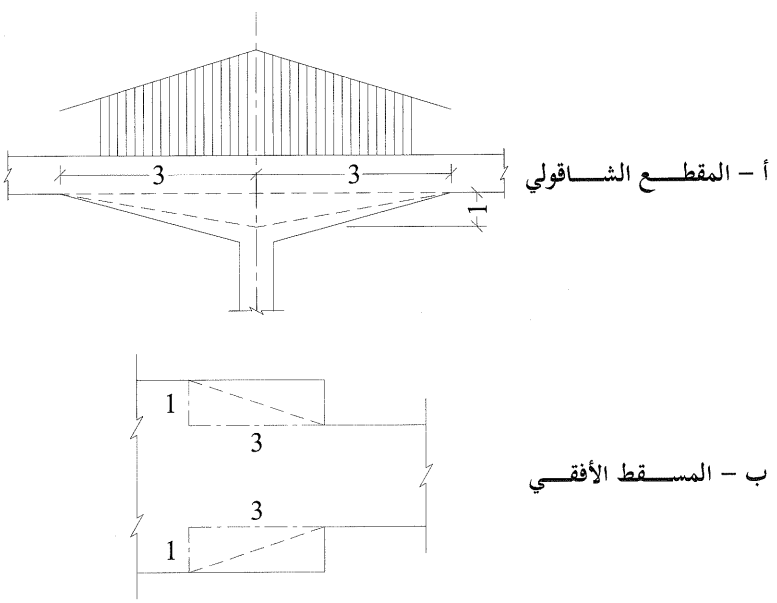
٧-٢-١-٥- تغيير القطاعات عند المساند:

في الجوائز التي تتغير فيها القطاعات عند المساند لمقاومة العزوم الحانية وقوى القص، تكون الأعماق الفعالة في تصميم القطاعات هي المحددة بخطوط ميلها ($\frac{1}{3}$) كما هو مبين في الشكل (٧-٦). ويمكن تطبيق هذا المبدأ في حالة تغير عرض القطاع. وإذا زاد العمق الأكبر على 1.5 h، فيجب أن يؤخذ تأثير هذا التغير في عزم القصور الذاتي في الحسبان، عند دراسة المنشأة.

٧-٢-١-٦- حالات الأحمال المركّزة والمعلقة:

أ – في حالة تحميل جائز ما بحمل مركّز أو أكثر، يجب تأمين نقل كل حمل مركّز إلى أجزاء المنشأة الحاملة للجائز (وبضمنها الجوائز الرئيسية والأعمدة والأساسات) بطريقة تقنية سليمة.

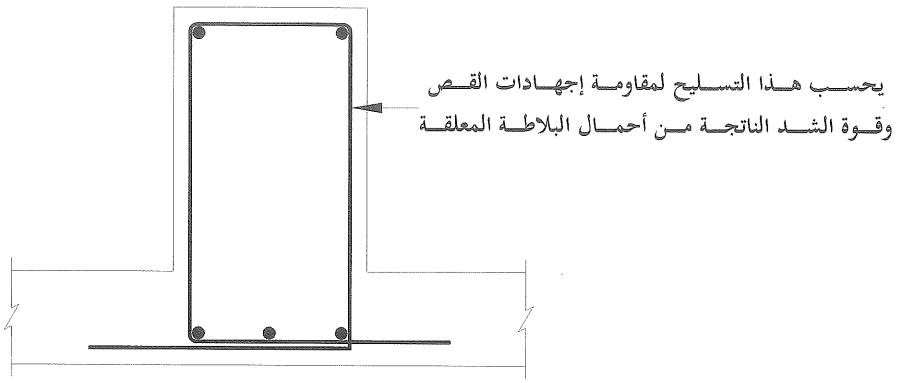
ب- إذا كانت الأحمال معلقة بأسفل الجائز، يجب إضافة تسليح عرضي إضافي (يُفترض أنه ينقل هذه الأحمال في الشد) لهذا الجائز، لتأمين هذا التعليق، كما هو مبين في الشكل (٧-٦-أ).



أ – المقطع الشاقولي

ب – المسقط الأفقي

الشكل (٧-٦): تغيُّر القطاعات عند الركائز (المساند)



الشكل (٧-٦-أ): تسليح التعليق في الجائز المقلوب

٧-٢-١-٧- مساحات التسليح الدنيا والعظمى للجوائز:

أ - لا تقل مساحة تسليح الشد الرئيسي في كل قطاع عن ($\frac{0.9}{f_y}$ × مساحة القطاع الفعّال)

($\frac{9}{f_y}$ × مساحة القطاع الفعال، بواحدات النظام المتري التقليدي).

ب- يمكن تخفيض المساحة الواردة في (أ) أعلاه، في الجوائز ذات القطاعات الأكبر مما هو مطلوب للمقاومة، على أن لا تقل مساحة التسليح عن 1.33 مرّة مساحة التسليح المطلوب في القطاع الحرج، ولا عن ثلثي المساحة الواردة في (أ).

ج- في حالة القطاعات بشكل T أو ما يُماثلها من القطاعات المجنحة، تؤخذ مساحة القطاع الفعّال مساوية إلى $b_w.d$.

حيث: b_w عرض الجسد، d الارتفاع الفعّال.

د- لا تزيد مساحة تسليح الشد الرئيسي في القطاعات الأحادية التسليح على نصف المساحة التوازنية ($0.5\ A'_{sb}$) المعرّفة في البند (٩-٢-٥-١).

هـ- يمكن زيادة مساحة تسليح الشد الرئيسي القصوى في القطاعات الأحادية التسليح إلى ثلاثة أرباع المساحة التوازنية ($0.75\ A_{sb}$)، شريطة حساب السهم، وعدم إجراء إعادة توزيع عزوم للجوائز المستمرة ، ووضع كمية تسليح ضغط دنيا بحيث يكون:

$$A_s - A'_s \leq 0.5\ A_{sb}$$

و- في حال التصميم وفق حالة حد الاستثمار (الباب العاشر) مع استعمال تسليح ضغط (قطاعات ثنائية التسليح)، يمكن زيادة مساحة تسليح الشد الرئيسي القصوى، وبحيث لا تتجاوز مساحة هذا التسليح المضغوطة مساحة التسليح المشدودة.

ز- لا تقل مساحة التسليح العرضي (الأساور، الكانات) عن:

$$(A_s)_{min} = \frac{0.35}{f_y} b_w \cdot s$$

حيث: b_w عرض القطاع المستطيل للجائز، أو عرض الجسد في القطاعات المجنحة.

s تباعد الأساور.

ح- في الجوائز التي يزيد عرضها على ارتفاعها، يمكن تخفيض مساحة التسليح العرضي الواردة في (ز) أعلاه، شريطة ألا تقل مساحة التسليح العرضي المستعملة عن 1.33 مرّة مساحة التسليح العرضي الحسابي، على أن تهمل مقاومة الخرسانة في القص كلياً. تعتمد القيمة الأدنى بين القيمتين المبينتين أعلاه.

٧-٢-١-٨- ترتيبات التسليح الرئيسي (الطولي والعرضي) للجوائز:

يُقصد بالتسليح الرئيسي: التسليح الناتج عن الحساب، وفي القطاعات التي يُبين التحليل ضرورة وجود مثل هذا التسليح فيها، والتي لا تقل مساحتها عن المساحات الدنيا للتسليح.

أ - لا يقل قطر قضبان تسليح الشد الرئيسي في الجوائز عن 12 mm.

ب- لا تزيد المسافة بين محوري كل قضيبين طوليين متجاورين على 300 mm.

ج- لا يقل قطر التسليح العرضي عن ثلث (1/3) أكبر قطر للتسليح الطولي وعن 6mm.

د- لا تزيد المسافة بين كل فرعين متجاورين للتسليح العرضي عن 300 mm.

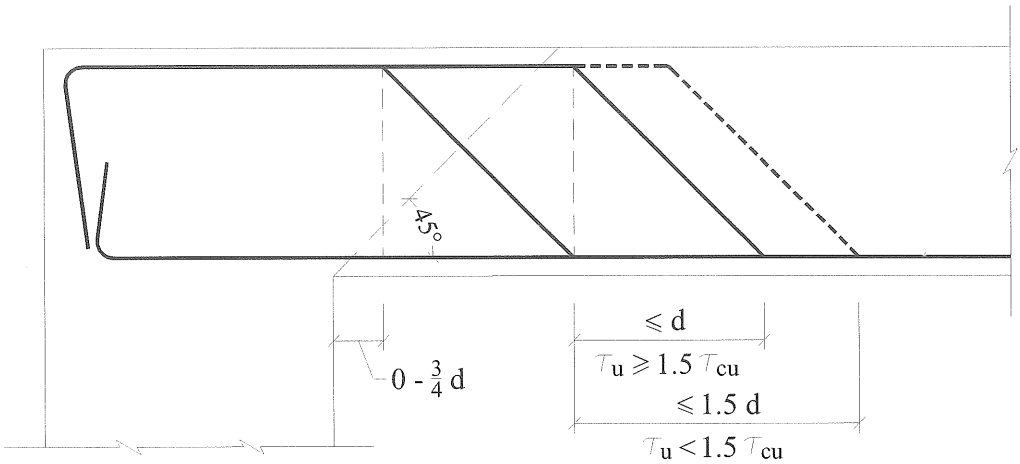
هـ- لا تتجاوز المسافة بين الأربطة العرضية (الأساور، الكانات) نصف الارتفاع الفعّال للقطاع (d/2)، مع حد أقصى 300mm، عدا في حالة الجوائز المخفية الحاملة لبلاطات مفرغة (الهوردي)، والجوائز التي يزيد عرضها على 3 أمثال ارتفاعها، حيث يُسمح أن تصل إلى d

و- في حالة ضرورة وضع تسليح عرضي لإجهادات مماسية ناتجة عن الفتل، تكون الكانات (الأساور) من النوع الذي يُطوّق القطاع بكامله.

ز- في حالة الجوائز التي لها تسليح ضغط يجب أن تُطوّق الكانات (الأساور) كامل القطاع، وألا تزيد المسافة بينها عن 15 مرّة قطر القضيب المضغوط، أو 200mm، أيهما أقل، وذلك ضماناً لعدم تحنيب قضبان التسليح الطولي.

ح- يُثبّت التسليح العرضي في أطرافه وفقاً لقواعد التثبيت الخاصة.

ط- في حال استعمال أساور مائلة، أو قضبان طولية مكسّحة، فيجب أن يحتوي الخط المائل بزاوية 45 على محور العنصر، والمرسوم من أسفل الوجه الداخلي للركيزة، على إسوارة أو قضيب مكسّح، كما هو مبين في الشكل (٧-٦-ب).



الشكل (٧-٦-ب): ترتيب القضبان الطولية المكسحة عند المسند

ي- في حالة وجوب استعمال تسليح عرضي لمقاومة الفتل (الليّ) يتحتم تأمين هذا التسليح بالإضافة لتسليح القص والقوى المحورية، كما سيرد في البابين التاسع والعاشر، حسب الحال. ويتم دمج مساحات التسليح الناتجة، على أن تكون مساحة التسليح المستعملة مساوية لمجموع مساحات التسليح المطلوبة، وعلى أن تراعى المتطلبات القصوى في توزيع التسليح المطلوب لكل منها على حدة.

ك- في حال استعمال قضبان مكسّحة لمقاومة القص، يجب أن لا تزيد المسافة بين كل صفين من القضبان المكسّحة على عمق الجائز الفعّال d ، إذا كانت إجهادات القص ($\tau_u \geq 1.5$ τ_{cu}). أما إذا قلّت إجهادات القص عن ذلك، فيمكن زيادة المسافة بين القضبان المكسّحة، إلى مرّة ونصف العمق الفعّال (1.5 d).

ل- يُراعى قدر الإمكان، أن تكون قضبان التسليح المكسّحة، من القضبان الداخلية، وأن تكون متماثلة بالنسبة للقطاع العرضي للعنصر، وألا تقاوم أكثر من نصف الإجهادات المماسية.

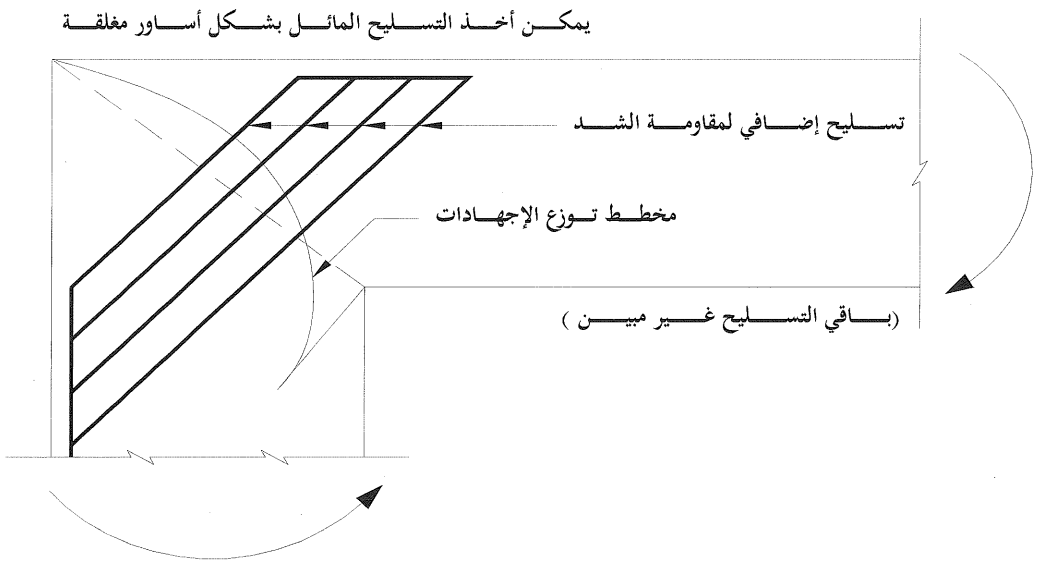
م- يُراعى في الجوائز الطرفية ذات القطاع (L) استعمال أساور مُطوّقة للجسد.

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

س- بالنسبة للجوائز بمجازات تتجاوز 10m، يمكن السماح بتوقيف ما لا يتعدى نصف التسليح السفلي على بعد لا يتعدى 0.1 L من وجه المسند، شريطة تكثيف الأساور بحيث يستطيع المقطع العرضي مقاومة ضعف قوة القص المطبقة على المقطع، وأن يكون التسليح المستمر

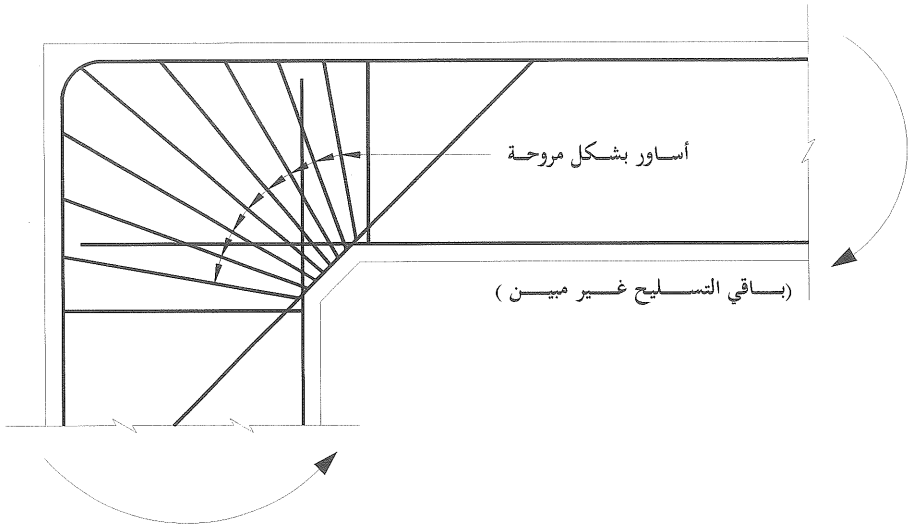
قادراً على تحمل الأحمال المطبقة بما فيها أحمال الزلازل، وأن لا تكون قضبان التسليح موصولة.

ش- عند عقد الإطارات بين الجوائز والأعمدة، وعندما تزيد مجازات الجوائز على 10m، فيلزم إضافة تسليح عند العقد الطرفية لمقاومة إجهادات الشد (الانفلاع) الناتجة على مستوى مائل يصل بين الركنين الداخلي والخارجي للعقدة، نتيجة للتوزع غير الخطي للإجهادات كما هو مبين في الشكل (٧-٦-ج). ويوزع هذا التسليح على هذا الطول المائل، و يؤخذ بنسبة 15% من التسليح العلوي المشدود للعقدة، للجوائز بمجازات حوالي 10m، وتزاد لتصل لحوالي 30% للمجازات التي تصل إلى حوالي 30m.



الشكل (٧-٦-ج): توزع الإجهادات والتسليح الإضافي لمقاومة شد الانفلاق في عقد الإطارات التي تزيد مجازاتها على عشرة أمتار

إضافة لذلك يجب أن تستمر أساور العمود ضمن العقدة، أو تستعمل أساور خاصة للعقدة بشكل مروحة، كما هو مبين في الشكل (٧-٦-د).



الشكل (٧-٦-د): الأساور بشكل مروحة في عقد الإطارات التي تزيد مجازاتها على عشرة أمتار (البديلة عن أساور العمود ضمن العقدة)

٧-٢-١-٩- ترتيبات التسليح الثانوي للجوائز:

يُقصد بالتسليح الثانوي: التسليح غير المحسوب، ويُوضع للتعليق، أو للتقلص، أو للتوزيع.

أ - تستعمل قضبان تعليق طولية في منطقة الضغط في الجوائز، ويمكن إهمال أثر قضبان التعليق هذه في حساب المقاومة.

ب- لا يقل عدد قضبان التعليق، عن عدد فروع الأساور المستعملة إلا إذا كانت أسوارة داخلية حول قضيب واحد، ولا يقل هذا العدد عن قضيبين في جميع الحالات.

ج- لا يقل قطر قضبان التعليق، عن نصف قطر قضبان التسليح الطولي الأكبر، أو عن 8 mm، أيهما أكبر.

د- لا تقل مساحة قضبان التعليق الكلية عن (0.2) من مساحة تسليح الشد الرئيسي.

هـ- عندما يزيد ارتفاع العنصر على 600mm، أو تزيد مساحة قطاعه على $0.20m^2$، يجب إضافة قضبان طولية على الوجهين الخارجيين للعنصر (تسمى قضبان التقلص)، عدا الجوائز المخفية في البلاطات الهوردي فلا حاجة لتسليح التقلص فيها إذا لم تزد سماكتها على 500 mm .

و- لا يقل قطر قضبان التقلص، عن نصف قطر قضبان التسليح الطولي الأكبر، أو عن 10mm، أيهما أكبر.

ز- لا يزيد تباعد قضبان التقلص على 300mm، ولا تقل نسبة مساحة تسليح التقلص على واحد بالألف من المساحة الفعالة للقطاع ($0.001\ b_w\ .\ d$). يمكن تخفيض هذه المساحة

بشكل خطي من المساحة السابقة في حالة المقطع المربع ($b_w = d$) حتى نصف القيمة إذا زاد عرض المقطع على ارتفاعه، بحيث لا يقل العرض عن ضعفي الارتفاع ($b_w \geq 2\ d$).

٧-٢-٢- الاشتراطات البعدية للجوائز ذات القطاع المستطيل:

١- **تحدد نسبة** $\frac{L}{h}$ (حيث: L المجاز الفعّال و h العمق الكلي) في الجوائز التي لا يزيد مجازها الفعّال (L) على 15 متراً بما لا يزيد على النسب الواردة في الجدول (٧-١-أ)، إلا إذا تم حساب السهم في الجائز، والتأكد من عدم تجاوزه للقيم المسموح بها في الباب العاشر من هذا الكود. يُستثنى من ذلك، الجوائز المحملة بأحمال مركزة من أعمدة أو جدران مسلحة حاملة، تحمل عدة طوابق، حيث يلزم تحقيق السهم دوماً. أما في حالة الجوائز المخفية للبلاطات المفرّغة، فتحدد النسب $\frac{L}{h}$ كما في الجدول (٧-١-ب)، إلا في حالة الأحمال المركزة من أعمدة وجدران مسلحة حاملة، فيُنصح عندها بتحويل الجائز المخفي إلى جائز بارز، وتحقيقه على شرط السهم، كما سبق ذكره.

الجدول (٧-١): العمق الأدنى (h_{min}) للجوائز التي لا يتجاوز مجازها 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

العمق الأدنى (h_{min}) للجوائز التي لا يتجاوز مجازها 15 متراً وتقل مقاومتهاالمميزة 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

٢- **في الجوائز التي تزيد أطوالها على 15 متراً**، يجب التأكد من شرط السهم حسابياً طبقاً للباب العاشر من هذا الكود، حتى ولو تحققت نسبة $\frac{L}{h}$ الواردة بالجدول (٧-١).

٣- **الاستقرار العرضي ضد التحنيب:**

أ - من أجل تأمين الاستقرار العرضي ضد التحنيب، في الجوائز البسيطة والمستمرة غير المربوطة في المنطقة المضغوطة، 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):

$\frac{L}{b_w}$	≥ 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:

$$30 \cdot b_w$$

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

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

d = العمق الفعّال لقطاع الجائز في منتصف الفتحة الحرّة.

ج- من أجل الظفر يؤخذ الطول L في النسبة $\frac{L}{b_w}$ مساوياً ضعف طول الظفر من وجه المسند.

٧-٢-٣- الجوائز على شكل حرف T أو حرف L :

٧-٢-٣-١- أنواع الجوائز بشكل حرف T:

تكون الجوائز على شكل T على نوعين:

أ - نوع أول يكون في المسطحات المؤلفة من جوائز عادية متصلة اتصالاً وثيقاً مع البلاطات المحمولة عليها، ويكون ذلك بالصب استمرارياً (ميليثياً)، ومع تشريك التسليح بحيث يكون الجائز والبلاطة المضغوطة فوقه، مترابطين ترابطاً فعالاً فيُؤلفان وحدة من الوجهة الإنشائية، ويسلكان سلوكاً موحداً تحت تأثير الأفعال المطبّقة، ويُسمى الجائز الأصلي جسداً، والبلاطة فوقه (طاولة الضغط) أو جناح الضغط، ويُسمى القسم من البلاطة الذي يعمل بالفعل مع الجسد، العرض الفعّال لطاولة الضغط أو جناح الضغط.

ت-نوع ثان يكون في القطاعات المصنوعة خصيصاً بشكل (T) لإعداد طاولة ضغط خاصة.

٧-٢-٣-٢- العرض الفعّال للقطاع بشكل حرف (T):

يكون العرض الفعّال (b) لطاولة الضغط في الجائز ذي القطاع بشكل (T)، الناتج عن الجائز والبلاطة المرتكزة عليها، غير ثابت على طول الجائز، وهو يتعلق بالعناصر الآتية:

- فتحة الجائز البسيط، أو المسافة بين نقطتي عزمي الصفر في الجوائز المستمرة، إلى عرض جذع (جسد) الجائز.
- نسبة سمك طاولة الضغط t_f إلى ارتفاع الجائز h.
- المسافة بين محوري جذعين (جسدين) متوازيين.
- نوع الجائز: مجاز مستقل (جائز بسيط)، أو مجازات مستمرة (جوائز مستمرة).
- نوع الأحمال: منتظمة أو مركّزة.
- وجود شطفات ساندة بين الطاولة وجذع (جسد) الجائز.

وفي الحالات العادية، يمكن الاكتفاء بالقاعدة الآتية:

يُؤخذ العرض الفعّال لطاولة الضغط، مساوياً للقيمة الدنيا من الأبعاد الآتية للجوائز بشكل (T) الموافقة للبند (٧-٢-٣-١-أ).

أ - $\frac{L}{4}$ في حالة الجوائز المعرّضة لأحمال موزّعة بصورة رئيسية.

$\frac{L}{5}$ في حالة الجوائز المعرّضة لأحمال مركّزة بصورة رئيسية.

حيث: L = 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، و0.87 من المجاز في الفتحات الطرفية.

ب- عرض الجسد b_w مضافاً إليه 12 مرّة سمك البلاطة t_f، أي: $b = b_w + 12\ t_f$ على الأكثر لحساب المقاومة.

عرض الجسد b_w مضافاً إليه 6 مرات سمك البلاطة t_f، أي $b = b_w + 6\ t_f$ على الأكثر لحساب عزم العطالة الفعال.

ج- المسافة بين محوري جائزين متجاورين.

أما بالنسبة للجوائز بشكل T الموافقة للبند (٧-٢-٣-١-ب). فيؤخذ كامل عرض الجناح، شريطة ألا يزيد على $5\ b_w$، وبحيث يكون: $t_f \geq \frac{b_w}{2}$.

٧-٢-٣-٣- حساب القطاعات بشكل حرف L:

يُهمل تأثير جناح الضغط في القطاعات بشكل L، وتحسَب كما يُحسب القطاع المستطيل.

٧-٢-٣-٤- السمك الأدنى للجناح:

أ - في حالة الجوائز المتصلة مع بلاطات، يجب ألا يقل سمك الجناح (سمك البلاطة عملياً) عن $\frac{1}{10}$ العمق الكلي للقطاع، وإلا يعد الجائز ذا قطاع مستطيل بعرض يساوي عرض الجسد b_w.

ب- في الجوائز بشكل T التي يوجد فيها بلاطة مستقلة لتأمين الضغط، فإضافة للشرط السابق، يجب ألا يقل سمك هذه البلاطة المستقلة عن نصف عرض قطاع الجسد.

٧-٢-٣-٥- نسبة مجاز الجائز إلى ارتفاعه:

يُطبّق على الجوائز ذات القطاع بشكل L، النسب الدنيا لمجاز الجائز إلى ارتفاعه للجوائز ذات القطاع المستطيل، التي وردت في البند (٧-٢-٢- (أ) و (ب)).

- أما الجوائز ذات القطاع بشكل T فيمكن زيادة النسبة $\frac{L}{b_w}$ بمقدار 2 في حالة الجوائز ذات الجسد البارز، إلا إذا تم التحقق من السهم لحالة الجوائز المخفية.

٧-٢-٣-٦- اشتراطات خاصة بتسليح القطاعات بشكل حرف T:

أ - لا يعدّ قسم من البلاطة، طاولة ضغط لجذع جائز، إلا إذا استمرت قضبان التسليح للطاولة ضمن جذع الجائز للجهتين، وعلى ألا تقلّ مساحة مقاطع القضبان المستمرة عن:

$$A_{ct} = 1.7 \frac{V}{d.f_y} \frac{b'}{b_f}$$

حيث:

A_{ct} = مساحة مقاطع قضبان التواصل في المتر الطولي من الجائز، التي تخترق الجذع، على طول بلاطة الضغط (قضبان العزم السالب للبلاطة)، ويمكن أن يُحسب ضمنها قضبان العزم الموجب في البلاطة الممدودة ضمن جذع الجائز.

V = قوة القص في قطاع الجائز، الناتجة من أفعال التشغيل.

d = الارتفاع الفعّال لقطاع الجائز.

f_y = إجهاد الخضوع لفولاذ قضبان تسليح التواصل بين البلاطة وجذع الجائز.

b_f = العرض الفعّال لطاولة الضغط.

b' = العرض الفعّال لجزء الجناح الواقع على أحد طرفي الجذع.

ب- إضافة للشرط السابق، يجب أن لا تقلّ مساحات القطاعات العرضية لقضبان التواصل (قضبان التسليح السالب والموجب لبلاطة الضغط) عن 0.3% من مساحة قطاع البلاطة الطولي.

٧-٣- البلاطات:

٧-٣-١- عموميات:

٧-٣-١-١- أهم أنواع البلاطات:

أ - بلاطات مصمتة ذات اتجاه واحد، أو اتجاهين، مستندة على جدران، أو على جوائز بارزة (للأسفل او للأعلى) عن البلاطة.

ب- بلاطات غير مصمتة مفرّغة ذات قوالب دائمة (مثل قرميد الهوردي)، أو قوالب مؤقتة، ذات اتجاه واحد أو اتجاهين، مستندة على جدار، أو على جوائز بارزة (للأسفل او للأعلى)، أو على جوائز بسمك البلاطة ذاتها.

ج- بلاطات ذات جوائز متصالبة بالاتجاهين، مستندة على جدران، أو على جوائز بارزة (للأسفل او للأعلى) عن البلاطة.

د- بلاطات مصمتة مستندة مباشرة على الأعمدة دون جوائز، وتسمى أيضاً بلاطات فطرية.

ويكمن الفرق بين البلاطات المفرّغة بالاتجاهين، ذات القوالب المؤقتة، والبلاطات ذات الجوائز المتصالبة بالاتجاهين في كون التباعدات بين الأعصاب في الأولى لا تتعدى المتر الواحد، بينما تزيد تباعدات الجوائز المتصالبة على المتر، وتكون عادة بين المتر ونصف، والثلاثة أمتار.

٧-٣-١-٢- اشتراطات عامة للبلاطات:

أ - يُعتمد للارتفاع الفعّال للبلاطات نفس تعريف الارتفاع الفعّال الوارد للجوائز في الفقرة (٧-٢-١-١).

ب- يُعتمد للطول الفعّال للبلاطات، نفس تعريف الطول الفعّال الوارد للجوائز في الفقرة (٧-٢-١-٢).

ج- من أجل أخذ عرض المساند بالحسبان أثناء التصميم للعزوم السالبة في البلاطات، يُعتمد ما سبق ذكره لحالة الجوائز في الفقرة (٧-٢-١-٣).

د- من أجل القطاعات الحرجة لتصميم البلاطات، يُعتمد نفس ما سبق ذكره في الفقرة (٧-٢-١-٤)، بالنسبة للقطاعات الحرجة لتصميم الجوائز.

هـ- يُعتمد لحالة تغيُّر القطاعات عند المساند في البلاطات، نفس ما سبق ذكره للجوائز في الفقرة (٧-٢-١-٥).

و- يجب ألا يقلّ عرض مسند البلاطة عن سمكها، وبحد أدنى مقداره 80mm، إلا في حالة البلاطات المسبقة الصب. وعموماً يجب ألا يستعمل جدار من القرميد أو الحجر سمكه أقل من 150mm، بصفة جدار حامل، عدا الجدران المليئة الحاملة للسقائف.

ز- يؤخذ المجاز الفعال لكل فتحة من العصب أو البلاطة حسب الحال (سواءً كان الاستناد

بسيطاً أو مستمراً) مساوياً القيمة الأدنى من القيم الثلاث الآتية (انظر الشكل ٧-٥-أ):

١) المسافة بين محوري الركيزتين (L).

٢) المسافة الحرة بين الركيزتين (L_0) مضافاً إليها العمق الفعال (d).

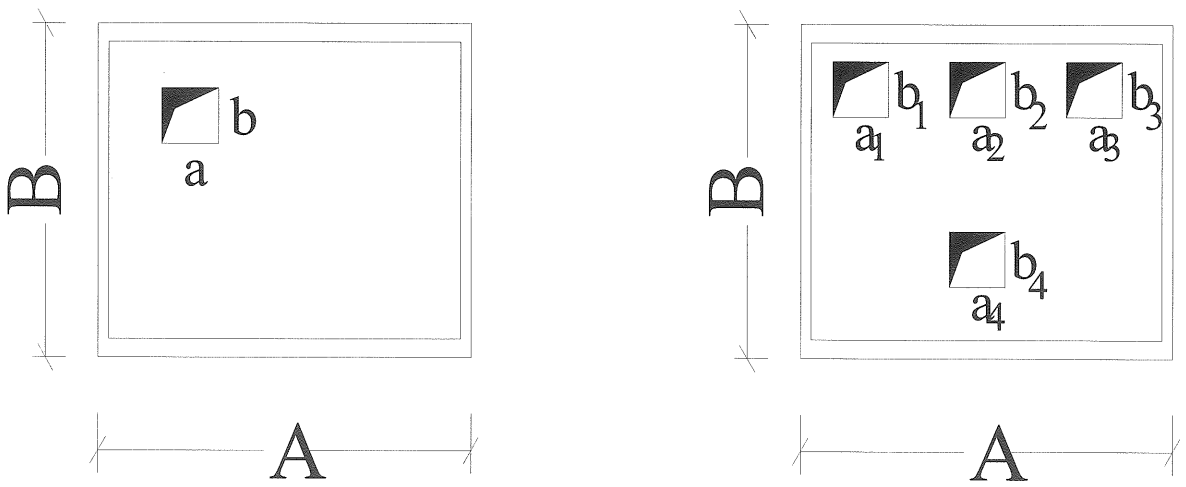
٣) المسافة الحرة بين المسندين مضروبة بالمعامل (1.05).

٧-٣-١-٣- الفتحات في البلاطات:

أ - تعدّ الفتحة في البلاطة صغيرة إذا كانت وحيدة، وكانت نسبتا بُعدي الفتحة في الاتجاهين إلى مجازي البلاطة في الاتجاهين الموازيين لا تتعدى $\frac{1}{4}$.

وفي حال وجود عدة فتحات في نفس البلاطة، تعدُّ هذه الفتحات صغيرة، إذا كانت نسبة مجموع أبعادها في كل من الاتجاهين، إلى مجازي البلاطة بالاتجاهين الموازيين لا تتعدى $\frac{1}{4}$، كما هو واضح في الشكل (٧-٧).

ب- في حالة الفتحة الصغيرة، يجب إضافة تسليح بجوار التسليح المقطوع بسبب الفتحة، يركز على جوانب الفتحة بالتساوي، وبمساحة عند كل طرف لا تقل عن ثلاثة أرباع مساحة التسليح المقطوع (حسب كل اتجاه)، كما هو واضح في الشكل (٧-٨)، على أن لا يقلّ عن قضيبين قطر 12mm عند كل طرف. أما التسليح القطري، فلا يقلّ عن قضيبين قطر 10mm عند كل زاوية. وفي حال عدم استعمال تسليح قطري، يُزاد التسليح على جوانب الفتحة بمقدار 50%.

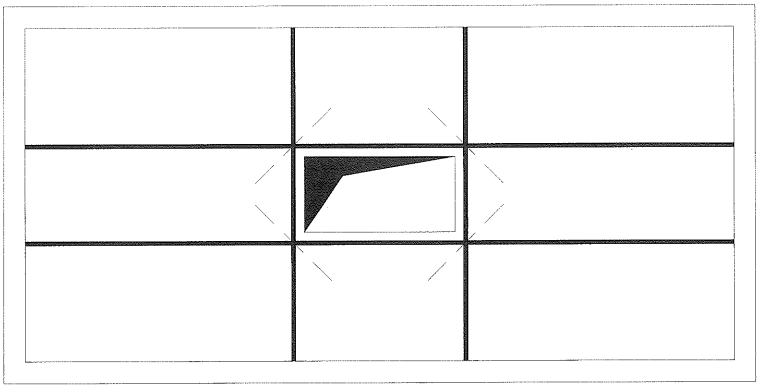


$$\frac{a}{A} \le \frac{1}{4}; \quad \frac{b}{B} \le \frac{1}{4}$$

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

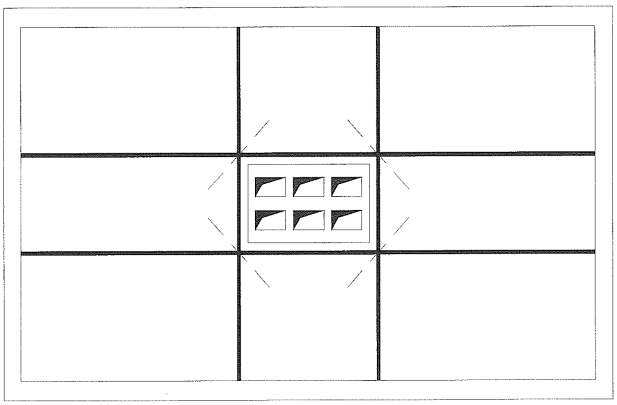
$$\frac{a1 + a2 + a3}{A} \le \frac{1}{4}$$

الشكل (٧-٧): الفتحات الصغيرة (ومثلها للاتجاه A)



الشكل (٧-٨): التسليح حول الفتحة

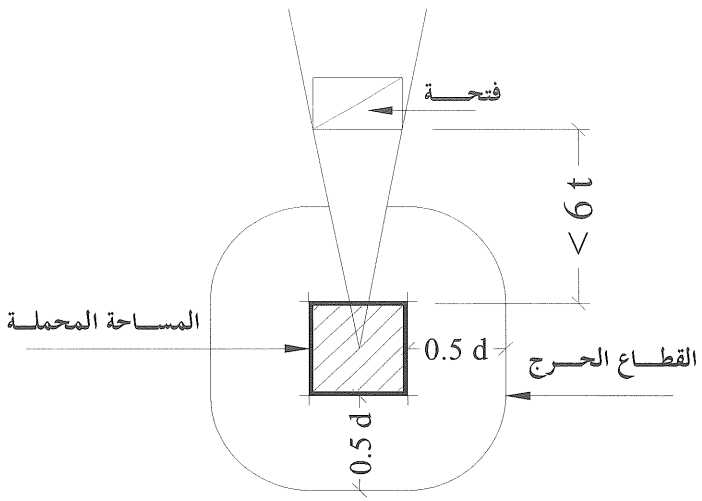
وإذا كانت الفتحات الصغيرة متجاورة، يوضع التسليح البديل للتسليح المقطوع حول مجموعة الفتحات، كما هو مبين في الشكل (٧-٩) الآتي، وكما هو مذكور في هذه الفقرة (ب) أعلاه. ويجب أن يمد تسليح التقوية على جوانب الفتحات إلى ضمن المساند.



الشكل (٧-٩): التسليح حول الفتحات الصغيرة

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

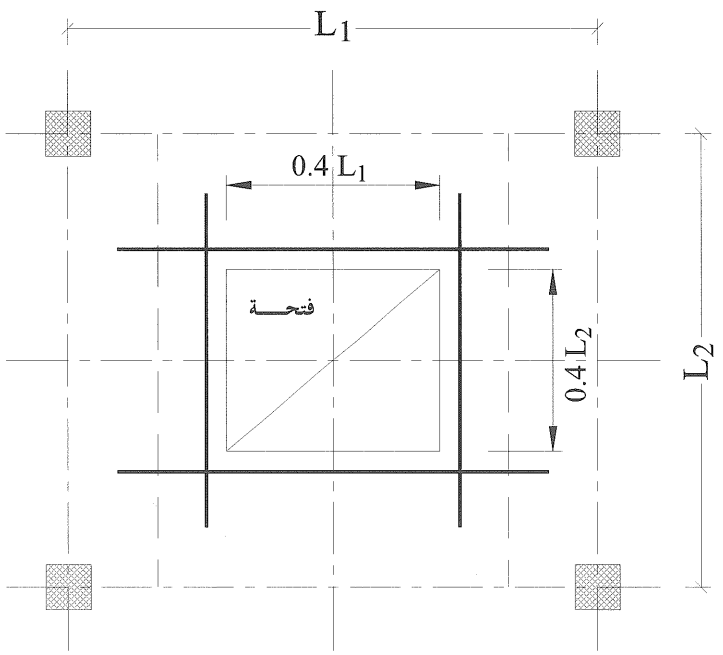
د- عندما تكون الفتحة في البلاطة موجودة على مسافة تقلّ عن 6 مرّات سمك البلاطة من حافة حمل مركّز (رد فعل) كما في الشكل (٧-١٠)، فإن جزءاً من محيط القطاع الحرج، المحصور بين المستقيمين الواصلين من مركز الحمل المركّز حتى طرف الفتحة، يُعدُّ غير فعّال.



الشكل (٧-١٠): القطاع الحرج حول الحمل المركز في حالة وجود فتحة قريبة

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

١) في منطقة تقاطع شريحتين وسطيتين، يمكن عمل فتحة، بحيث لا يزيد كل بُعد من أبعادها على 0.4L، حيث: L هو مجاز البلاطة الفطرية في الاتجاه ذاته كما هو مبين في الشكل (٧-١٠-أ). يُشترط أيضاً أن يُوضع التسليح الكلي الموجب والسالب اللازم للشريحة الوسطية، ضمن ما تبقى من عرض الشريحة.



الشكل (٧-١٠-أ): عمل فتحة في وسط تقاطع شريحتين وسطيتين في البلاطة الفطرية

٢) في منطقة تقاطع شريحتين مسنديتين يمكن عمل فتحة، بحيث لا يزيد كل بُعد من أبعادها عن $\frac{1}{10}$ عرض الشريحة المسندية في نفس الاتجاه. ويُشترط أيضاً أن يُوضع التسليح الكلي الموجب والسالب اللازم للشريحة المسندية ضمن ما تبقى من عرض الشريحة، كما يُشترط تخفيض محيط القطاع الحرج للقص حول العمود، بنفس الطريقة التي سبق ذكرها في الفقرة (د) أعلاه.

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

٤) في حال وجود فتحة بأبعاد أكبر مما سبق ذكره أعلاه، يجب أن تحلل طبقاً للمبادئ الهندسية المقبولة، و/ أو بوضع جوائز تقوية على محيط الفتحة، بما يلزم، بحيث يتم نقل الأحمال إلى الأعمدة.

٧-٣-١-٤- تحديد البلاطات ذات الاتجاه الواحد:

تكون البلاطات المليئة (المصمتة) أو المفرّغة ذات اتجاه واحد، في كل من الحالتين الآتيتين:

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

ب- البلاطات المستطيلة والمستندة على حوافها الأربع، عندما تكون نسبة طولها لعرضها، أو بتعبير أدق درجة استطالتها، أكبر من 2، وتعرّف درجة الاستطالة في الفقرة (٧-٣-١-٥) الآتية.

تحسب البلاطات ذات الاتجاه الواحد، على أساس شرائح بعرض وحدة الطول، في اتجاه المجاز الفعّال بين المسندين المتقابلين.

٧-٣-١-٥- تحديد البلاطات ذات الاتجاهين:

أ - تُعدّ البلاطات الدائرية والمثلثية بلاطات ذات اتجاهين. ويمكن الرجوع للمراجع المختصة في حساب الإنشاءات أو الاعتماد على التحليل الإنشائي من أجل حساب عزوم الانعطاف لهذه البلاطات، وكذلك البلاطات المستندة على أقل من أربع حواف.

ب- تكون البلاطات المستطيلة (سواء كانت مليئة أم مفرّغة أم متصالبة الجوائز) ذات اتجاهين، إذا تحقق كل من الشرطين الآتيين:

١) البلاطة مستندة على مساند (جدران أو جوائز) على حوافها الأربع.

٢) درجة الاستطالة (r) أقل من 2، وأكبر من 0.76، وتسمى أيضاً نسبة الاستطالة.

ج- تعرّف نسبة (درجة) الاستطالة (r) للبلاطة: بأنها نسبة المسافة بين خطي الانقلاب (أي خطي انعدام عزم الانعطاف) في الاتجاه الطويل، إلى المسافة بين خطي الانقلاب في الاتجاه القصير، عندما تكون البلاطة المدروسة فقط محمّلة. تُحسب هذه المسافة بالتحليل الإنشائي طبقاً لنظرية المرونة، إذا كان:

L_1 = المجاز الفعّال بالاتجاه الطويل للبلاطة.

L_2 = المجاز الفعّال بالاتجاه القصير للبلاطة.

m_1 = نسبة المسافة بين خطي الانقلاب (أي خطي انعدام عزم الانعطاف) في شريحة محملة من البلاطة في اتجاه المجاز L_1 ذاته.

m_2 = نسبة المسافة بين خطي الانقلاب (أي خطي انعدام عزم الانعطاف) في شريحة محملة من البلاطة في اتجاه المجاز L_2 ذاته.

فتكون نسبة (درجة) الاستطالة (r) محسوبة من: $r = \frac{m_1 L_1}{m_2 L_2}$

د- بالنسبة للبلاطات المستمرة المستعملة في المباني العادية، ذات الأحمال الحيّة الموزعة بانتظام والصغيرة (لا تتعدى $5kN/m^2$)، وعندما يكون المجاز L_1 أو L_2 لا يقلّ عن $\frac{2}{3}$ المجاز أو المجازات المجاورة، ولا يزيد على 1.5 منه، يمكن استعمال قيم لـ m_1 وm_2 مساوية إلى:

* 0.87 للفتحات الطرفية،

* 0.76 للفتحات الداخلية،

* بينما تؤخذ قيمة الواحد للفتحات غير المستمرة من الجانبين.

هـ- بالنسبة للبلاطات المستمرة التي لا تحقِق الشروط الواردة في (د) أعلاه، تستنتج قيم m_1 وm_2 بالتحليل وبافتراض المجاز المدروس هو المحمّل فقط.

٧-٣-٢- البلاطات المصمتة ذات الاتجاه الواحد:

٧-٣-٢-١- الاشتراطات البعدية للبلاطات:

أ - تُحدد نسبة $\frac{L}{t}$ للبلاطات المستندة على جدران، أو على جوائز بارزة (حيث: L المجاز الفعّال للبلاطة و t سمكها الكلي)، بما لا يزيد على النسب الواردة في الجدول (٧-٢)، إلا إذا تم حساب السهم، والتأكد من عدم تجاوزه للقيم المسموح بها في الباب العاشر من هذا الكود الأساس.

ب- في حال استناد البلاطة على جوائز بارزة يجب أن لا يقلّ الارتفاع الكلي لكل جائز عن مثلي سمك البلاطة، وإلا يجب حساب السهم الكلي للبلاطة بطريقة دقيقة.

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

ج- في جميع الأحوال، يُشترط ألا يقلّ سمك البلاطة عن القيم الآتية:

١) بلاطات مصبوبة في موضعها معرّضة لأحمال ساكنة (ستاتيكية) 80 mm.

٢) بلاطات معرّضة لأحمال حركية (ديناميكية) 120 mm.

د- في حال البلاطات المسبقة الصب، والمعرّضة لأحمال ستاتيكية يمكن تقليل السمك عما ذكر في (ج-١) أعلاه وبحيث لا يقل عن 40 mm.

٧-٣-٢-٢- مساحات التسليح الدنيا والقصوى للبلاطات:

أ - في حال استعمال تسليح أملس من الفولاذ العادي المقاومة يجب أن لا تقلّ مساحة التسليح في الاتجاه الرئيسي عن 0.0025 من مساحة القطاع الخرساني المطلوب حسابياً لتأمين المقاومة، وأن لا تقلّ أيضاً عن 0.0015 من المساحة الفعلية للقطاع المتعامد مع هذا التسليح. أما عند استعمال تسليح شبكات، أو تسليح عالي المقاومة وذي نتوءات، فيمكن تخفيض مساحة التسليح الدنيا، بحيث لاتقلّ عن 0.002 من مساحة القطاع الخرساني المطلوب حسابياً، كما لا تقلّ عن 0.0012 من المساحة الفعلية للقطاع.

ب- يجب أن لا تقلّ مساحة التسليح في الاتجاه الثانوي عن $\frac{1}{4}$ مساحة التسليح في الاتجاه الرئيسي، وأن لا تقلّ عن 0.0012 من المساحة الفعلية للقطاع الخرساني المتعامد مع هذا التسليح، وذلك في حالة التسليح الأملس من الفولاذ الطري، أو لا تقلّ عن 0.001 من المساحة الفعلية للقطاع الخرساني المتعامد مع التسليح، في حالة التسليح العالي المقاومة ذي النتوءات، وتسليح الشبكات.

ج- لا تزيد مساحة التسليح في كل اتجاه، على نصف المساحة التوازنية $0.5A_{sb}$، في الاتجاه ذاته.

٧-٣-٢-٣- ترتيبات التسليح للبلاطات:

أ - يُرتب التسليح بحيث يُغطي جميع مناطق الشد، ويمتد بعد نهاياتها مسافة تساوي طول التثبيت اللازم زائد d أو 12ϕ حسب البند (١١-٥-٢) مع مراعاة الشروط الواردة في الباب الحادي عشر.

ب- في البلاطات المستمرة التي تتساوى أو تتقارب فيها أطوال المجازات بفرق لا يزيد على 25% من المجاز الأكبر، وتحت ظروف التحميل العادية، يمكن تكسيح نصف التسليح الرئيسي

السفلي على الأكثر، عند $\frac{1}{5}$ المجاز الصافي من وجه المسند، ويمتد في المجاز المجاور إلى مسافة تساوي $\frac{1}{4}$ أكبر المجازين المتجاورين، كما هو مبين في الشكل (٧-١٠-ب)، وذلك إذا لم تكن القضبان قد رُتبت طبقاً لما جاء في الفقرة (أ) السابقة. وفي الحالات المعقدة يتم ترتيب التسليح حسب مغلفات العزوم.

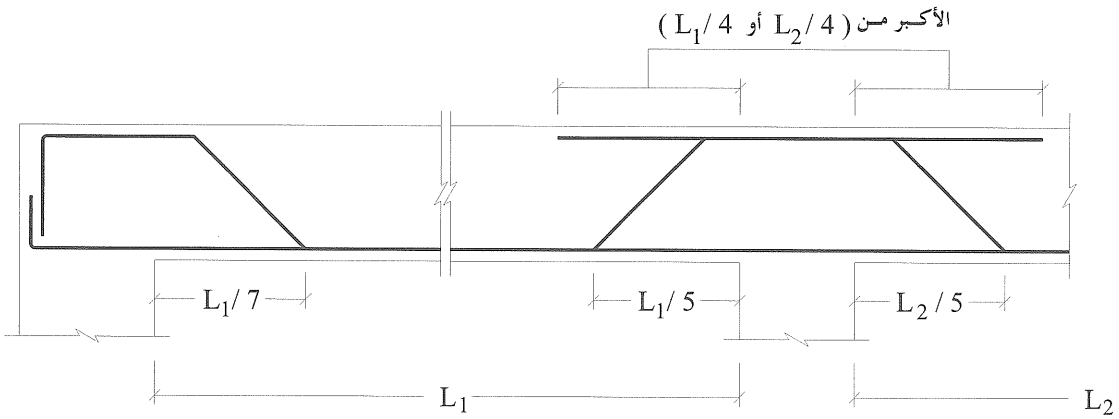
يمكن أن يوضع التسليح السفلي مستمراً وتوضع شبكة علوية عند المساند (بحسب مغلف العزوم ولا تقل عن المساحة الدنيا لتسليح البلاطات عند المساند) بحيث تستمر بعد المسند في كل طرف مسافة لا تقل عن 0.25 أكبر المجازين، وتستعمل مساند (كراسي) لتثبيت الشبكة العلوية.

ج- أكبر مسافة بين قضبان التسليح الرئيسي في منتصف المجاز، لا تتعدى مثلي سمك البلاطة، وبحيث لا تزيد على 200 mm.

د- لا تزيد المسافة بين قضبان التسليح في الاتجاه الثانوي، على 3 أمثال سمك البلاطة، وبحيث لا تزيد على 250 mm.

هـ- لا يقلّ التباعد بين قضبان التسليح عن 80 mm، إلا في حالة تسليح الشبكات.

و- يجب ألا تقلّ مساحة قطاع قضبان التسليح والممتدة إلى المساند، عن $\frac{1}{2}$ مساحة قطاع التسليح الموجب المستعمل في منتصف المجاز.



الشكل (٧-١٠-ب): حالة تكسيح التسليح في البلاطات المستمرة ذات المجازات المتقاربة

ز- أصغر قطر للقضبان الرئيسية هو 6 mm للقضبان المستقيمة، و 8 mm للقضبان المكسّحة. ويمكن استعمال قضبان ذات قطر أصغر في البلاطات التي لا تتعرض سوى لإجهادات ضعيفة، أو في البلاطات المسبقة الصب، أو في حالة تسليح الشبكات.

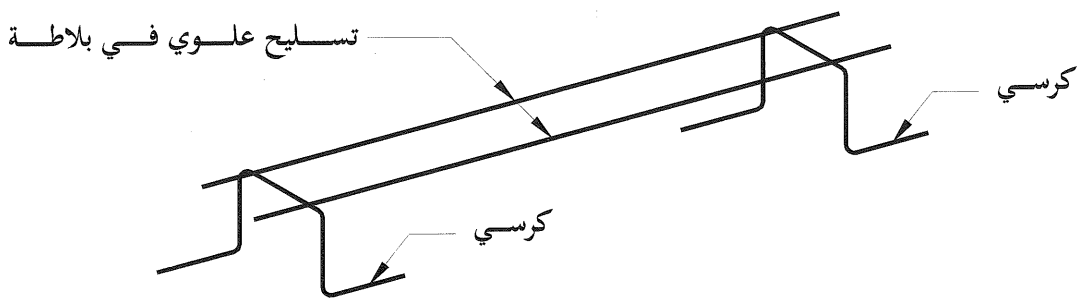
ح- أصغر قطر لقضبان التوزيع الثانوية هو 6mm، ويمكن استعمال قضبان ذات قطر أصغر، في الحالات الخاصة المذكورة في الفقرة السابقة.

ط- لا يزيد قطر قضبان التسليح على $\frac{1}{10}$ سمك البلاطة.

ي – في البلاطات التي يساوي سمكها أو يزيد على 200 mm يلزم استعمال شبكة تسليح علوية بنسبة تسليح دنيا إذا لم تثبت الحسابات الحاجة إلى أكبر من هذه النسبة.

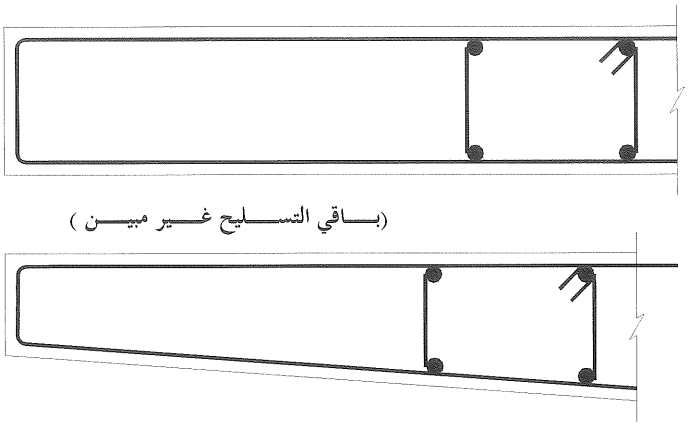
ك- تتم مقاومة العزوم السالبة بزوايا البلاطات بالتسليح العلوي بالاتجاهين وذلك في حالة عدم إضافة تسليح خاص عند الزوايا.

ل – يجب المحافظة على وضع التسليح العلوي في البلاطات في مكانه التصميمي باستعمال كراسي بأقطار لا تقل عن 10 mm وبتباعد لا يزيد على 1000 mm، وبحيث يحمل قضيبين متجاورين فقط، كما هو مبين في الشكل (٧-١٠-ج).



الشكل (٧-١٠-ج): طريقة المحافظة على مكان التسليح العلوي في البلاطة

م- أما في حالة الأظفار فيجب المحافظة على وضع التسليح العلوي بسنده على تسليح عصب مخفي مؤلف من أربعة قضبان بقطر لا يقل عن 10mm وأساور لا يقل قطرها عن 8mm كل 200mm وفق الشكل (٧-١٠-د)، بحيث يكون موقعه متعامداً مع اتجاه التسليح العلوي وقريباً من المسند. ويجب رسم تفاصيل الجوائز والعصب المخفي في المخططات.



الشكل (٧-١٠-د): الأعصاب المخفية لحمل التسليح العلوي في البلاطات المصمتة الظفرية

٧-٣-٣- البلاطات المصمتة ذات الاتجاهين:

٧-٣-٣-١- الاشتراطات البعدية للبلاطات ذات الاتجاهين:

أ- في حال البلاطات المليئة ذات الاتجاهين المستندة على جدران أو جوائز تزيد أعماقها على مثلَي سمك البلاطة، يجب ألا يقلّ سمك البلاطة عن محيطها المكافئ مقسوماً على 140، وإلا فيلزم التحقق من السهم وفق الباب العاشر، حيث 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،
- و0.76 من الطول الفعلي عند الوجه الداخلي للاستناد، إذا كانت البلاطة مستمرة عند هذا الضلع.

ب- إذا كان ارتفاع الجوائز الحاملة للبلاطة، يقلّ عن مثلي سمك البلاطة، يؤخذ السمك الأدنى للبلاطة بفرضها مستندة على الأعمدة مباشرة، كما في البند (٧-٣-٥-١-ب)، (الجدول ٧-٤).

٧-٣-٣-٢- تسليح البلاطات المصمتة ذات الاتجاهين:

أ - تؤخذ مساحات التسليح الدنيا والقصوى، كما ذكر في البند (٧-٣-٢-٢) لحالة البلاطات المصمتة ذات الاتجاه الواحد.

ب- وبالنسبة لموضوع ترتيبات التسليح، يُرجع إلى ما ذكر في البند (٧-٣-٢-٣) لحالة البلاطات المليئة ذات الاتجاه الواحد أيضاً.

٧-٣-٤- البلاطات المفرّغة (غير المصمتة) ذات الاتجاه الواحد:

تشتمل البلاطات المفرّغة على البلاطات الآتية:

أ – بلاطات مفرّغة ذات قوالب مؤقتة، وتتألف من أعصاب باتجاه واحد فوقها بلاطة تغطية، ويتم صب الخرسانة على هذه القوالب التي يتم نزعها بعد تصلب الخرسانة. يمكن استعمال البلوكات المصنوعة من مادة الستيريوبور كقوالب مؤقتة فقط، أي يلزم نزع هذه البلوكات بعد تصلب البيتون، ولاُ يسمح أبداً باستعمال بلوكات الستيريوبور استعمالاً دائماً لخطورة ذلك. ومن أجل منع غرز قضبان التسليح في بلوكات الستيريوبور، يلزم تقوية السطح العلوي للبلوكات بطبقة من المونة الإسمنتية، بحيث تسمح بوضع التسليح على مباعدات (بسكوتات) لا تنغرس في الستيريوبور، وذلك للحفاظ على تأمين طبقة حماية خرسانية لقضبان التسليح، مع التأكيد على الاستعمال المؤقت لهذه البلوكات. ُينصح من أجل ذلك، بتغليف جميع سطوح البلوك الستيريوبور بورق نايلون (جيلاتين) ليسهل فكه ونزعه بعد تصلب الخرسانة.

ب– بلاطات مفرّغة ذات قوالب دائمة، وهي مثل السابقة، غير أن القوالب تكون من القرميد أو الآجر المفرّغ، وتبقى بصورة دائمة، لتصبح جزءاً من البلاطة.

ج– بلاطات مفرّغة مسبقة الصنع، وهي بلاطات خرسانية مسلحة تحوي في وسطها فراغات طولية دائرية أو مستطيلة أو بيضوية أو كل شكل آخر.

د– في حالة عدم استعمال طينة اسمنتية تحت أسفل الأعصاب (مثل حالة استعمال سقف مستعار غير مقاوم للحريق)، فيلزم زيادة سماكة التغطية الخرسانية أسفل قضبان التسليح لتصبح 25mm

٧–٣–٤–١– الاشتراطات البعدية للبلاطات المفرغة ذات الإتجاه الواحد:

أ – بلاطات مفرّغة ذات اتجاه واحد، ولا يزيد التباعد بين محاور الأعصاب فيها على 700mm إذا استعملت قوالب دائمة، أو بلاطات مفرّغة مسبقة الصنع، لا يزيد عرض الفراغ الواحد فيها على 500mm، وتستند البلاطات على جدران، أو على جوائز (من الطرفين) يزيد ارتفاعها على ضعفي سمك البلاطة، تؤخذ قيم $\frac{L}{t}$ بحيث لا تزيد على قيم الجدول (٧–٣–أ). انظر ملحق الأحمال (الملحق ١) من أجل أوزان البلوك.

ب– بلاطات مفرّغة ذات اتجاه واحد مع قوالب دائمة، ولا يزيد التباعد بين محاور الأعصاب فيها على 700mm، أو بلاطات مفرّغة مسبقة الصنع لا يزيد عرض الفراغ الواحد فيها على 500mm، وتستند البلاطات على جوائز من سمك البلاطة ذاته (في طرف واحد على الأقل)، تؤخذ قيم $\frac{L}{t}$ كما هو وارد في الجدول (٧–٣–ب).

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 ضعف سمك البلاطة	L/20	L/22	L/25	L/8
ب- تستند على جوائز من سمك البلاطة أو ذات ارتفاع أقل من ضعف سمك البلاطة	L/16	L/18	L/20	L/8

ج- لا يقلّ سمك بلاطة التغطية عن الأكبر من القيم الآتية:

١) $\frac{1}{10}$ المسافة بين محاور الأعصاب.

٢) 60 mm في حالة البلاطات المفرّغة ذات القوالب المؤقتة (الشكل ٧-١١).

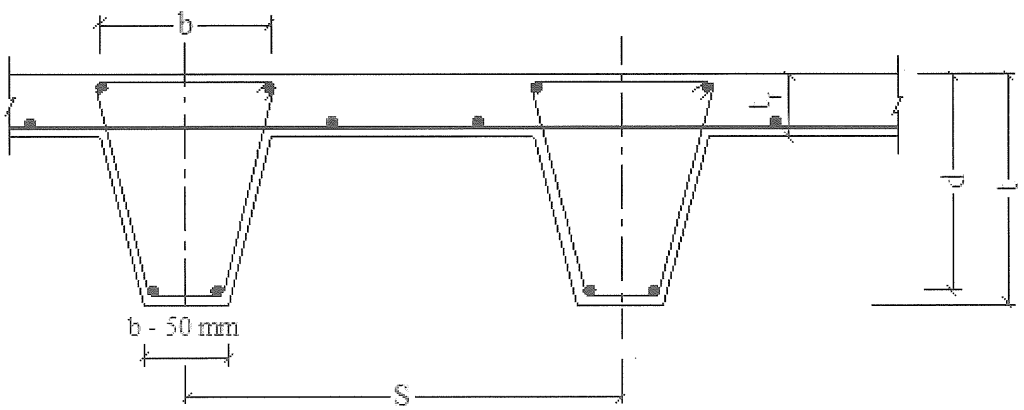
٣) 50mm في حالة البلاطات المفرّغة ذات القوالب الدائمة من القرميد أو الآجر المفرّغ (الشكل ٧-١٢).

٤) 50 mm في حالة البلاطات المفرّغة مسبقة الصنع (الشكل ٧-١٣).

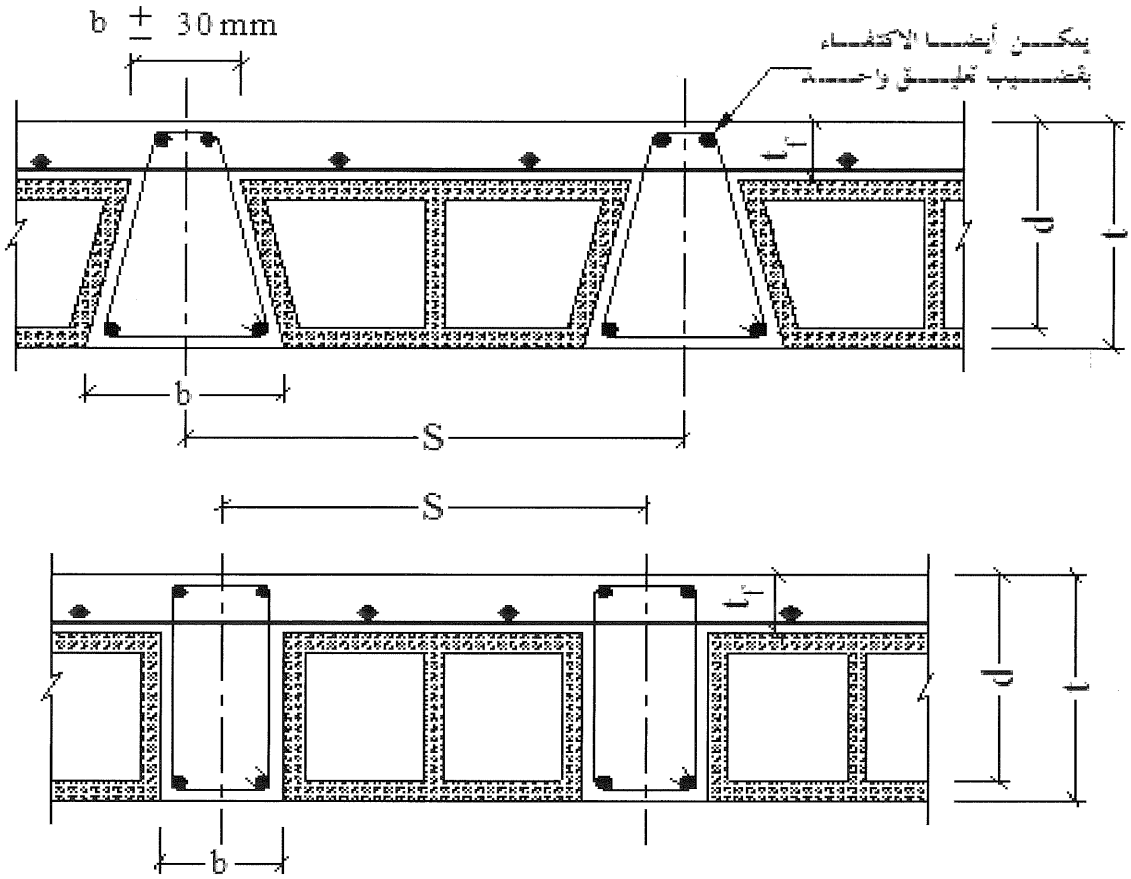
د- لا يقلّ الارتفاع الكلي للعصب في البلاطات المفرّغة، عن سمك بلاطة التغطية زائد 100 mm

هـ- لا يقلّ العرض الأدنى للعصب عن 100 mm، أو $\frac{1}{3}$ العمق الكلي، أيهما أكبر.

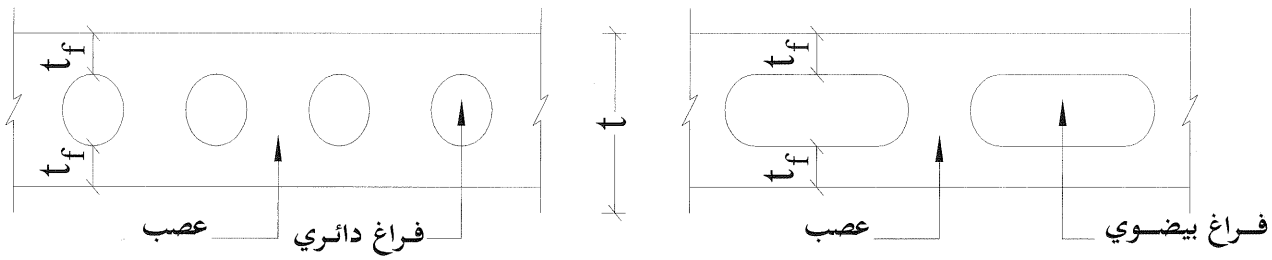
و- عندما تستند الأعصاب على جائز ساقط أو مقلوب، أو على جدار، يجب أن يكون الجزء الموازي للمسند مليئاً (مصمتاً)، بعرض لا يقلّ عن 150 mm.



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



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



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

٧-٣-٤-٢- تسليح البلاطات المفرّغة ذات الاتجاه الواحد:

أ - تكون مساحات التسليح الدنيا والقصوى للأعصاب في البلاطات المفرّغة، كما هو مذكور للجوائز في البند (٧-٢-١-٧)، مع اعتماد القطاع العرضي للعصب مساوياً إلى b_w . d، وذلك في الأعصاب الصريحة المبينة في الشكل (٧-١٢).

حيث: b_w عرض جسد العصب، و d الارتفاع الفعّال للعصب.

ب- تكون مساحات التسليح الدنيا والقصوى للبلاطات المفرّغة ذات الأعصاب غير الصريحة المبينة في الشكل (٧-١٣)، كما هو مذكور للبلاطات المليئة ذات الاتجاه الواحد في البند (٧-٣-٢-٢)، وتهمل مساحات الفراغات عند حساب كمية التسليح.

ج- تكون مساحة قطاع قضبان التوزيع العمودية على الأعصاب في المتر $\frac{1}{5}$ مساحة قطاع التسليح الرئيسي في المتر، وبحد أدنى ϕ 6 mm كل 200 mm.

د- تكون أقل كمية لقضبان التوزيع الموازية للأعصاب (ضمن بلاطة التغطية) هي $2\phi 6mm$ لكل بلوكة، على أن يوضع قضيبان بقطر ϕ6 mm بين كل عصبين متجاورين، (الشكلان ٧-١١ و٧-١٢). وفي حالة التأكد التام من عدم وجود أحمال مركزة من قواطع بلوك أو غيرها، فيُمكن تخفيض الحد الأدنى فوق كل بلوكة، أو بين كل عصبين، إلى 1ϕ 6 (عوضاً عن 2ϕ 6).

هـ- تكون ترتيبات التسليح للبلاطات المفرّغة، كما هو مذكور للبلاطات المليئة في البند (٧-٣-٢-٣).

و- تكون ترتيبات التسليح الطولي والعرضي للأعصاب الرئيسية، كما في الجوائز في البند (٧-٢-١-٨) مع التعديلات الآتية:

١) القطر الأدنى لتسليح الشد الرئيسي 8 mm.

٢) يمكن أن تزاد المسافة العظمى بين الأساور، بحيث لا تتعدى الارتفاع الفعّال d، أو مسافة 300mm، أيهما أصغر.

٣) لا يقلّ قطر قضبان التعليق عن $\frac{1}{2}$ أكبر قطر لقضبان التسليح الطولية، أو عن ϕ6mm 2 أيهما أكبر، ويُمكن الاكتفاء، بقضيب تعليق واحد في العصب، على أن لا يقلّ قطره عن 8mm.

٧-٣-٤-٣- الأعصاب العرضية (أعصاب التقوية):

أ - تزوّد البلاطة المفرّغة ذات الاتجاه الواحد بعصب تقوية (عرضي) كما يلي:

١) إذا كان مجاز العصب الحامل، أقل من 4m يمكن الاستغناء عن عصب التقوية المتعامد مع العصب الحامل.

٢) إذا كان مجاز العصب الحامل بين 4m و6m يوضع عصب تقوية واحد في منتصف المجاز للعصب الحامل.

٣) إذا كان مجاز العصب يزيد على 6m وحتى 10m توضع ثلاثة أعصاب تقوية بتباعدات متساوية.

٤) إذا كان مجاز العصب أكبر من 10m، توضع أعصاب تقوية بحيث لا تقل عن ثلاثة أعصاب، ولا تزيد المسافة بين محوري عصبين متجاورين عن 3m.

ب- لا يقلّ عرض قطاع العصب العرضي، عن قطاع الأعصاب الرئيسية المرتبط معها.

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

٧-٣-٤-٤- قوالب البلوك أو الآجر المفرّغ:

أ - لا يُؤخذ البلوك المفرّغ أو الآجر المفرّغ (المستعمل كقالب دائم) في الحسبان، عند حساب البلاطة ستاتيكياً.

ب- إذا كان القالب المفرّغ ذا عرضين مختلفين، يمكن وضعه بطريقة يكون فيها البُعد الأكبر في الأعلى أو الأسفل وفقاً لما يراه المهندس المصمم أكثر ملاءمة.

ج- يُوقف وضع القوالب المفرّغة على بُعد 150mm على الأقل من الوجه الداخلي للجوائز البارزة أو الجدران الحاملة، بحيث يكون هذا القسم من البلاطة مصمتاً وذلك لمقاومة العزوم الحانية السالبة وقوى القص.

د- لا تقلّ المقاومة المميزة للقوالب المفرّغة (اعتماداً على المساحة الصافية) على الكسر بالضغط عن $7\ N/mm^2$، عندما تحمّل محورياً باتجاه يُوازي الإجهادات الضاغطة في البلاطة.

٧-٣-٥- البلاطات المفرغة ذات الأعصاب باتجاهين:

٧-٣-٥-١- الاشتراطات البعدية للبلاطات المفرغة ذات الأعصاب باتجاهين:

أ - حالة البلاطات المفرّغة ذات الأعصاب باتجاهين والتي لا يزيد التباعد بين محاور أعصابها على متر واحد، والمستندة على جدران أو جوائز يزيد عمقها على مِثلَي سمك البلاطة، أو مستندة على جوائز بسمك البلاطة ذاتها، ولكن هذه الجوائز مستندة على اعمدة في مجازها إضافة لاستنادها على أعمدة عند زوايا البلاطة، لا يقل السمك الأدنى عن محيطها المكافئ (كما ورد للبلاطات المصمتة في الفقرة ٧-٣-٣-١) مقسوماً على 120، إلاّ إذا تم التحقق حسابياً من السهم.

ب- حالة البلاطات المفرّغة ذات الأعصاب باتجاهين، والتي لا يزيد التباعد بين محاور أعصابها على متر واحد، والمستندة على جوائز من سمك البلاطة ذاته (أي حالة البلاطة الفطرية المفرغة)، أو على جوائز يقل عمقها عن مثلي سمك البلاطة، يُؤخذ السمك الأدنى (t_{min}) بحيث لا يقل عن ما ورد في السطر (أ) من الجدول (٧-٤)، وتؤخذ L في هذه الحالة مساوية للمتوسط الحسابي للمسافتين بين محاور الأعمدة في الاتجاهين المتعامدين.

ج- أما إذا زاد التباعد بين الأعصاب على متر واحد (في حالة البلاطة المستندة على جوائز من سمك البلاطة ذاته، أي حالة البلاطة الفطرية المفرغة أيضاً)، يُؤخذ السمك الأدنى (t_{min}) بحيث لا يقل عن ما ورد في السطر (ب) من الجدول (٧-٤)، وتؤخذ L في هذه الحالة أيضاً مساوية للمتوسط الحسابي للمسافتين بين محاور الأعمدة في الاتجاهين المتعامدين.

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

د- في حالة البلاطة ذات الجوائز المتصالبة (panelled beams slab)، حيث يزيد التباعد بين محاور الأعصاب على متر واحد، والجائز المحيطي بعمق لا يقل عن ضعفي سمك الجوائز المتصالبة للبلاطة، أو يكون الجائز المحيطي بالسمك ذاته لهذه الجوائز المتصالبة وإنما مسنود على أعمدة إضافية غير أعمدة زوايا البلاطة، فيجب أن لا يقل السمك الأدنى عن محيطها المكافئ (كما ورد تعريفه للبلاطات المصمتة في البند ٧-٣-٣-١) مقسوماً على 90، إلاّ إذا تم التحقق حسابياً من السهم.

هـ - تُعتمد أيضاً للبلاطات المفرّغة ذات الأعصاب باتجاهين، الاشتراطات ج، د، هـ، و، من البند (٧-٣-٤-١)، لحالة البلاطات المفرّغة باتجاه واحد.

٧-٣-٥-٢- تسليح البلاطات المفرّغة ذات الأعصاب باتجاهين:

تكون نسب التسليح الدنيا والقصوى، وكذلك ترتيبات التسليح، كما في حالة البلاطات ذات الاتجاه الواحد في البند (٧-٣-٤-٢).

٧-٣-٦- البلاطات الفطرية (المسطحة أو اللا جائزية):

راجع أيضاً البند (ز-٣-٦) من الملحق (ز) من هذا الكود.

٧-٣-٦-١- دلالات:

يُقصد عموماً بالبلاطات الفطرية (اللا كمرية) البلاطات المسطحة المصمتة غالباً، من الخرسانة المسلحة (إما بسقوط أو دونه) والتي ترتكز مباشرة على أعمدة، إما بتيجان أو دونها، حسب الشكلين (٧-١٤) و (٧-١٥).

L_1 = طول الفتحة (الباكية) (مقيساً من محاور الأعمدة).

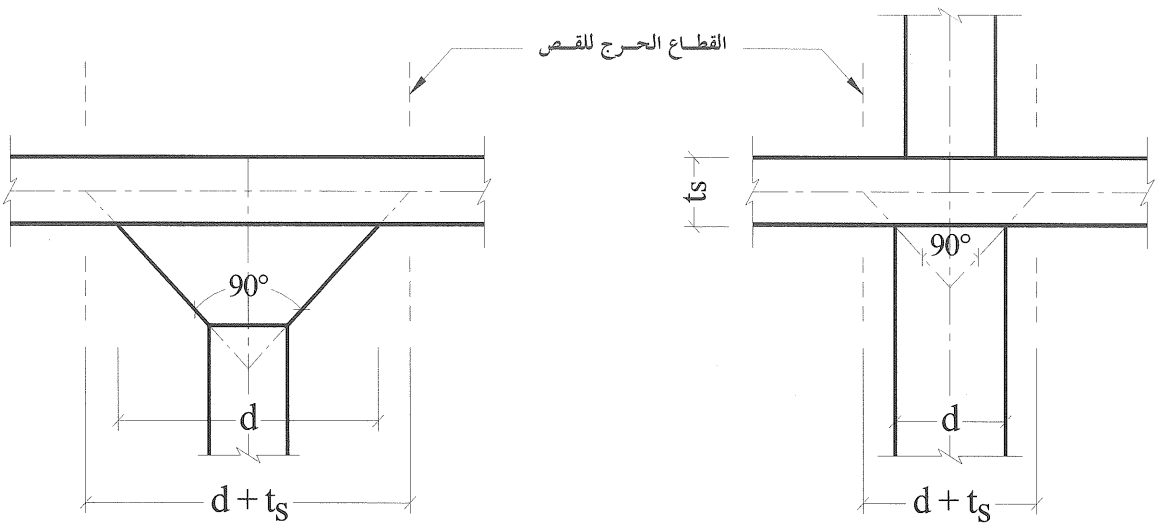
L_2 = عرض الفتحة (الباكية) (مقيساً من محاور الأعمدة).

L = المتوسط الحسابي للقياسين L_1 و L_2 أي: $\frac{L_2 + L_1}{2}$.

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

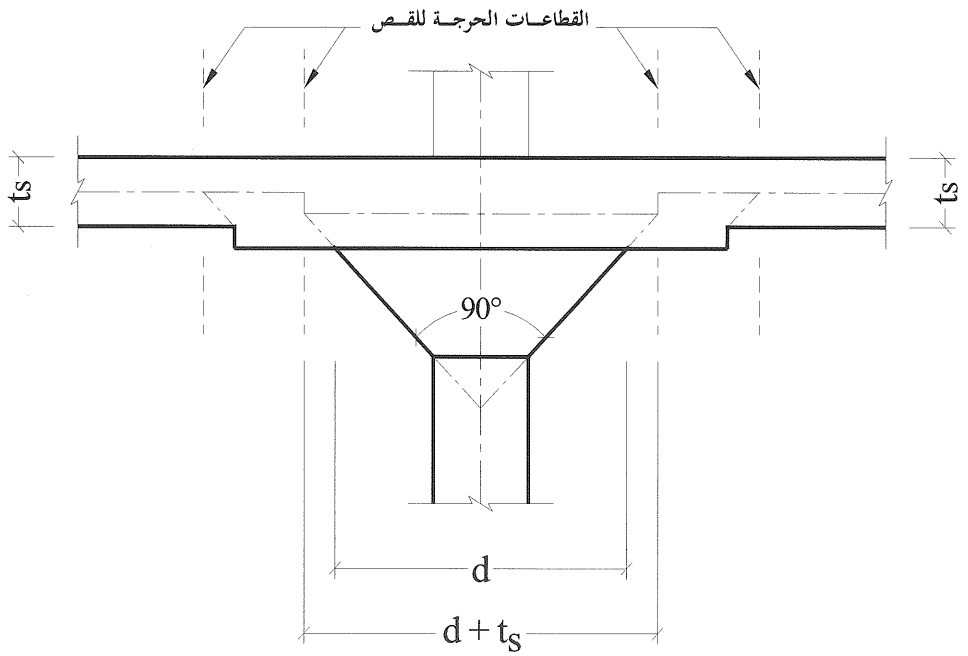
w = الحمل الكلي لوحدة المساحة من الفتحة (تؤخذ w_u في حالة الحساب وفق حد الانهيار).

t_s = السمك الكلي للبلاطة.



بلاطة فطرية بدون سقوط
وعمود بدون تاج

بلاطة فطرية بدون سقوط
وعمود بتاج



بلاطة فطرية بسقوط وعمود بتاج

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

٧-٣-٦-٢- الاشتراطات البعدية للبلاطات الفطرية:

أ - في حال استعمال الطريقة الواردة في هذه الفقرة، 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.

ب- يجب ألا يقلّ أدنى سمك كلي t_s للبلاطة، بأي حال عن أكبر القيم الآتية:

١) $\frac{L}{32}$ للفتحات الطرفية دون سقوط.

٢) $\frac{L}{35}$ للفتحات الداخلية المستمرة بالكامل دون سقوط، أو للمجازات الطرفية التي لها سقوط.

٣) $\frac{L}{38}$ للفتحات الداخلية المستمرة بالكامل والتي لها سقوط.

٤) كما يجب أن لا يقلّ السمك عن 150 mm.

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

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

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

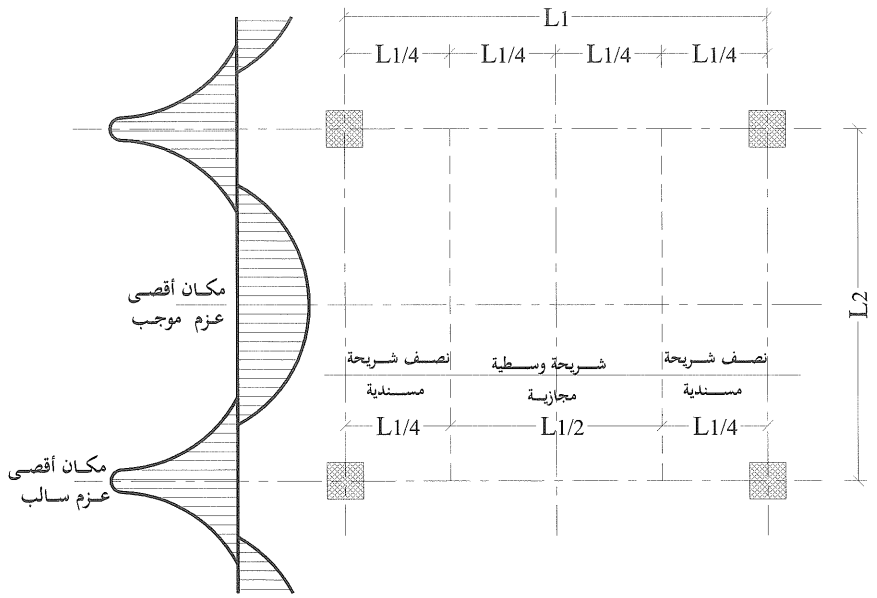
٣) 350 mm ويمكن تخفيضه إلى 300 mm في حال وجود جملة أخرى مقاومة للزلازل.

د- في الحالات التي تزود فيها الأعمدة بتيجان، يجب أن تتحقق المتطلبات الآتية، وذلك بالنسبة لتيجان الأعمدة الداخلية، وكذلك أجزاء تيجان الأعمدة الخارجية الواقعة في حدود المبنى:

١) إذا زادت زاوية أقصى ميل للتاج مع الاتجاه الرأسي على 45°، يكون فقط الجزء من التاج المحصور بالزاوية 45°، هو الفعّال.

٢) إذا زاد قطر تاج العمود على ربع طول الفتحة، يعد القطر الفعّال لتاج العمود (d) فقط $\frac{1}{4}$ طول الفتحة ($\frac{L}{4}$).

هـ- يُفترض تقسيم فتحات البلاطات الفطرية إلى شرائح وسطية وشرائح مسندية، كما هو مبين بالشكل (٧-١٥).



الشكل (٧-١٥): توزيع الشرائح للبلاطات الفطرية

٧-٣-٦-٣- مساحات التسليح الدنيا والقصوى للبلاطات الفطرية:

تؤخذ مساحات التسليح الدنيا والقصوى للبلاطات الفطرية، كما هو للبلاطات المليئة ذات الاتجاه الواحد في البند (٧-٣-٢-٢).

٧-٣-٦-٤- ترتيب التسليح في البلاطات الفطرية:

أ - يجب أن تسلّح البلاطات الفطرية ويُرتب التسليح، بحيث تسلّح كل شريحة بعرضها الكامل.

ب- يجب أن يمتد على الأقل نصف التسليح الموجب لكل شريحة، في الجزء الأسفل من البلاطة، لما بعد الخط الواصل بين محاور الأعمدة بما لا يقلّ عن 100 mm. وعند استعمال القضبان المستقيمة للتسليح الموجب في الفتحة الطرفية، يجب أن يمتد التسليح إلى ما بعد محور المسند الطرفي بما لا يقلّ عن 150 mm.

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

د- يجب أن يُحتفظ بمساحة التسليح السالب بأكملها، لمسافة لا تقلّ عن $\frac{1}{5}$ طول المجاز على كل جانب من الخط الواصل بين مراكز الأعمدة. كما يجب أن يُحتفظ بمساحة التسليح الموجب بأكملها، لمسافة لا تقلّ عن $\frac{1}{4}$ طول المجاز، على كل جانب من محور المجاز في

حال استعمال القضبان المكسّحة، أو 35% من طول المجاز في حال استعمال القضبان المستقيمة.

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

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

٧-٣-٦-٥- تسليح تيجان أعمدة البلاطات الفطرية:

يجب أن تسلّح تيجان الأعمدة بقضبان تسليح، كالمبين في الشكل (٧-١٦)، ويجب ألا تقلّ المساحة الكلية لهذا التسليح في كل اتجاه عما يلي:

أ - عندما يكون قطاع تاج العمود مستطيلاً:

1/25 من مساحة التسليح السالب في المتر، للشريحة المسندية في الاتجاه المعتمد، مضروباً في طول الفتحة في الاتجاه المتعامد مع هذا التسليح.

ب- عندما يكون قطاع تاج العمود مستديراً:

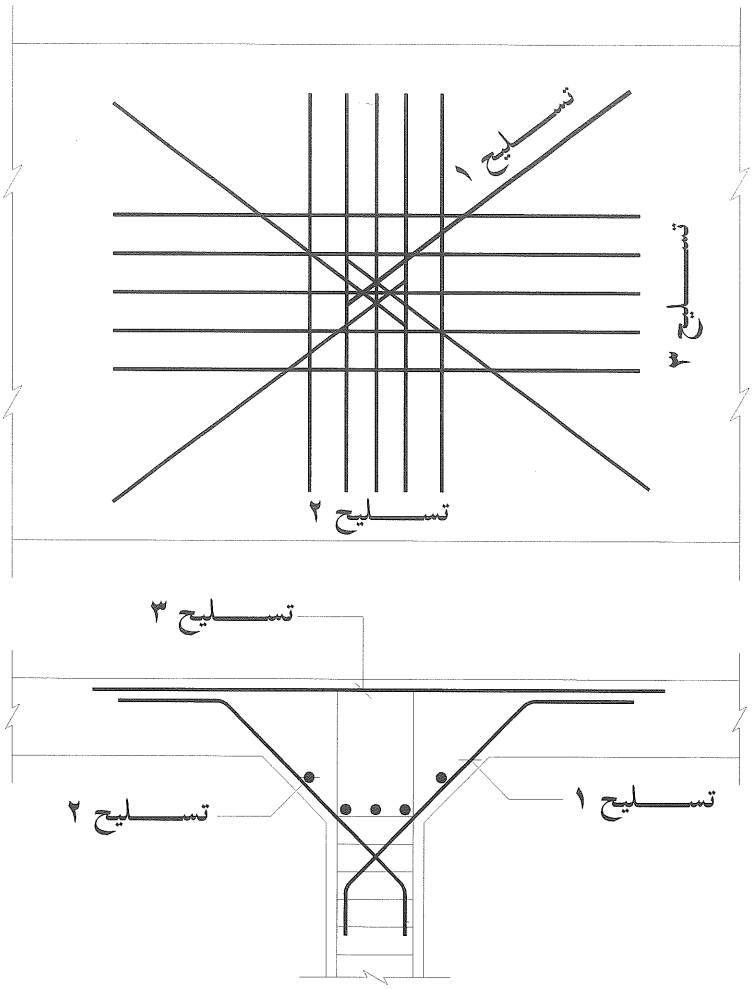
يُوزع مجموع التسليح (1) و(2) المبين في الشكل (٧-١٦) السابق إيجادهما للاتجاهين، على محيط التاج.

٧-٤- الجدران المسلحة الحاملة:

٧-٤-١- تعريف الجدار الحامل:

يُعدّ المسطّح المحمّل (بشكل رئيسي) في مستويه بأحمال شاقولية جداراً حاملاً، إذا كان طوله في المسقط الأفقي (أي ارتفاع القطاع العرضي)، أكثر من 6 مرّات سمكه. تطبّق على الجدار الحامل طريقة حساب الأعمدة ذاتها، وكذلك شكل التسليح، من حيث تفصيل توضع التسليحين الأفقي والشاقولي. وتكون الأحمال الشاقولية هي الأحمال الأساسية في الجدران الحاملة، علماً بأنها يمكن أن تتعرض لأحمال أفقية أيضاً، وبذلك ينحصر مجال تسميتها بهذا الشكل للمباني المنخفضة الارتفاع والتي تكون الأفعال الأساسية السائدة المطبقة على الجدران فيها ناتجة من الأحمال الشاقولية.

ملاحظة:
لم يتم إظهار تسليح العمود في الضلع الآخر ولا تسليح البلاطة وذلك من أجل التبسيط



الشكل (٧-١٦): تسليح تيجان الأعمدة للبلاطات الفطرية

٧-٤-٢- الاشتراطات البعدية للجدران الحاملة:

لا يقلّ سمك الجدران المسلحة الحاملة في المباني عما هو مبيَّن في البند (٧-٥-٢) لجدران القص.

٧-٤-٣- الطول الفعّال لتحنيب الجدران الحاملة:

٧-٤-٣-١- في المباني العادية التي لا يزيد ارتفاعها على 50 متر:

يمكن في هذه المباني اعتماد مايلي:

أ - يُؤخذ الطول الفعّال للتحنيب في الجدران الحاملة، القيمة الصغرى من القيمتين الآتيتين، وذلك بالنسبة للجدران المقوّاة ضد الانزياح الجانبي:

١) المسافة الشاقولية بين طابقين متتاليين.

٢) المسافة الأفقية بين عنصرين شاقوليين ساندين للجدار الحامل.

ب- أما بالنسبة للجدران غير المقوّاة ضد الانزياح الجانبي، فتضرب المسافة الشاقولية بين طابقين (المذكورة أعلاه)، بالمعامل α لتشكل طول التحنيب وفق البند (٧-١-٥-١)، وذلك كما في حالة الأعمدة تماماً.

٧-٤-٣-٢- في المباني التي يزيد ارتفاعها على 50 متر:

يلزم إعتماد تحليل إنشائي وفق البند (٨-١٢).

٧-٤-٤- العرض الفعّال لمقاومة الأحمال المركّزة:

في حالة وجود أحمال مركّزة على الجدران الحاملة، تحسب موزعة بانتظام ضمن خطين منحرفين عن خط الارتكاز الرأسي، بميل مقداره 1 أفقي إلى 1 رأسي، شريطة أن لا يزيد العرض من الجدار المعتمد فعّالاً في مقاومة كل حمل، على المسافة بين الخطوط المنصفة للمسافات بين الأحمال المركّزة المتجاورة، مع الأخذ بالحسبان تحقيق مساحة الاستناد على الضغط الموضعي، حيث تكون المقاومة المميزة الموضعية للبيتون f'_{cl} كالآتي :

$$f'_{cl} = f'_c \cdot \sqrt[3]{\frac{A_2}{A_1}}$$

حيث : f'_c : المقاومة المميزة للخرسانة.

A_1 : مساحة الجزء من العنصر المعرض للحمل الضاغط.

A_2 : مساحة مقطع العنصر، على أن لا تزيد على $3\ A_1$

ويشترط أن يكون A_1 مركزية مع A_2، وإلا فتخفض قيمة الزيادة بحيث لا تزيد على 1.2 وتطبق هذه الزيادة لجميع حالات التحميل الموضعي المشابهة.

٧-٤-٥- مساحات التسليح الدنيا والقصوى للجدران الحاملة:

أ - لا تقلّ مساحة التسليح الدنيا في الجدران الحاملة، في كل من الاتجاهين الأفقي والشاقولي (مجموع التسليح للوجهين)، عن $0.003\ A'_c$ للتسليح العادي، وعن $0.0025\ A'_c$ للتسليح العالي المقاومة ولتسليح الشبكات، وذلك عندما لا تزيد القوة القصوى المصعدة المعرّض لها الجدار، على نصف المقاومة العظمى (طاقة التحمل) N_u المحسوبة طبقاً للعلاقة رقم (1-9)، أو عندما تصل القوة الاستثمارية المطبّقة إلى القوة N_u مقسومة على 2×1.6 على الأكثر.

ب- تزاد مساحة التسليح الدنيا الشاقولية فقط، بشكل خطي إلى $0.006A'_c$، وذلك عندما تصل القوة القصوى المعرّض لها الجدار، إلى المقاومة العظمى (طاقة التحمل) N_u المحسوبة طبقاً للعلاقة رقم (1-9)، أو عندما تصل القوة الاستثمارية المطبّقة إلى القوة السابقة مقسومة على 1.6

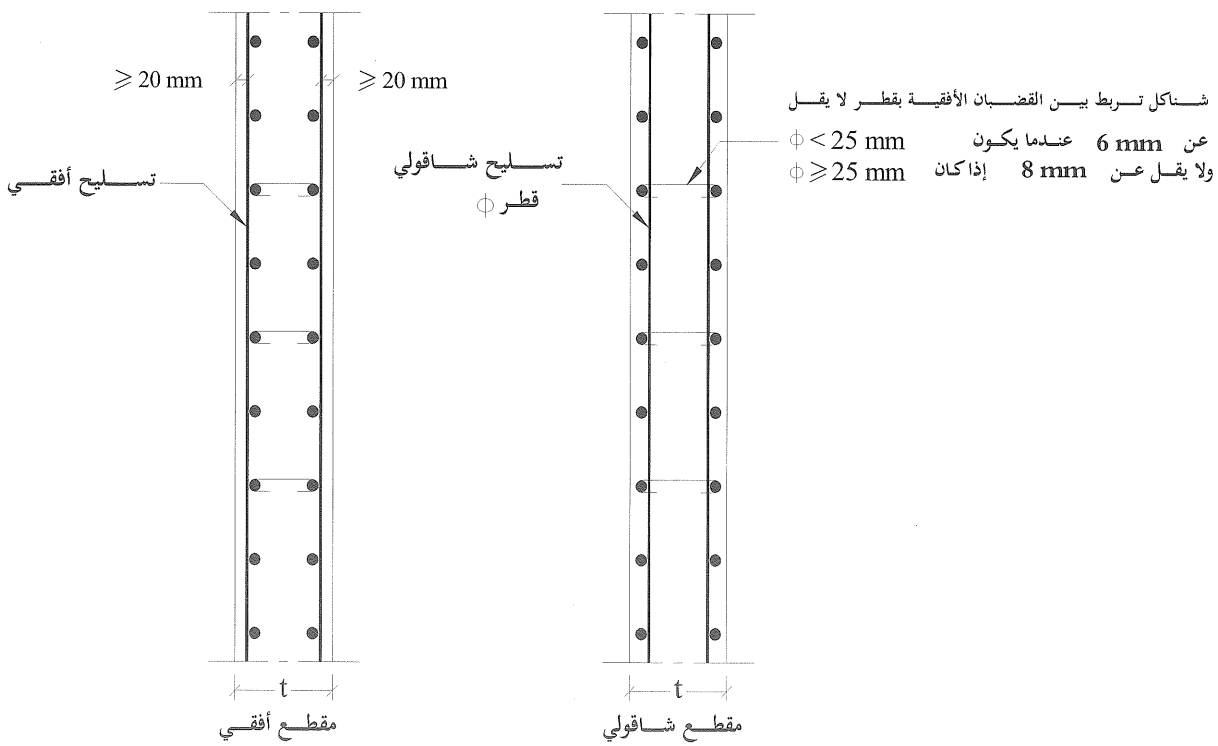
ج- لا تزيد مساحة التسليح الشاقولي القصوى على $0.025\ A'_c$ (لا تشمل A'_c مساحات الأعمدة المخفية)، وذلك عند حساب الجدار الحامل بافتراضه عموداً، وأخذ مساهمة التسليح الشاقولي في مقاومة الأحمال طبقاً للعلاقة رقم (1-9)، ويضاف لهذه المساحة ما يُسمح به للأعمدة المخفية.

د- أما نسبة التسليح العظمى للأعمدة المخفية في نهايات الجدران، فيطبق عليها ما ورد للأعمدة في البند (٧-١-٢).

٧-٤-٦- ترتيبات التسليح في الجدران المسلحة الحاملة (بما فيها جدران القص):

١- يُرتب تسليح الجدران الحاملة الخارجية، التي لا يقل سمكها عن 200 mm (عدا جدران الأقبية)، على شبكتين مع سطحي الجدار. الشبكة الأولى ولا تقلّ كميتها، عن نصف كمية التسليح الكلية، ولا تزيد على ثلثي $\left(\frac{2}{3}\right)$ كمية التسليح الكلية، وتوضع على مسافة لا تقلّ عن 20mm من السطح الخارجي للجدار (الشكل ٧-١٧). ويوضع التسليح الأفقي من خارج التسليح الشاقولي، ويربط التسليح الأفقي بشناكل حسب ما هو مبين في الفقرة (٣) أدناه.

٢- يُرتب تسليح الجدران الحاملة الداخلية، التي لا يقل سمكها عن 200mm، على شبكتين مع سطحي الجدار. تكون كمية التسليح في كل شبكة مساوية لنصف $\left(\frac{1}{2}\right)$ كمية التسليح الكلية، وتوضع على مسافة لا تقلّ عن 20 mm من السطح الخارجي للجدار.

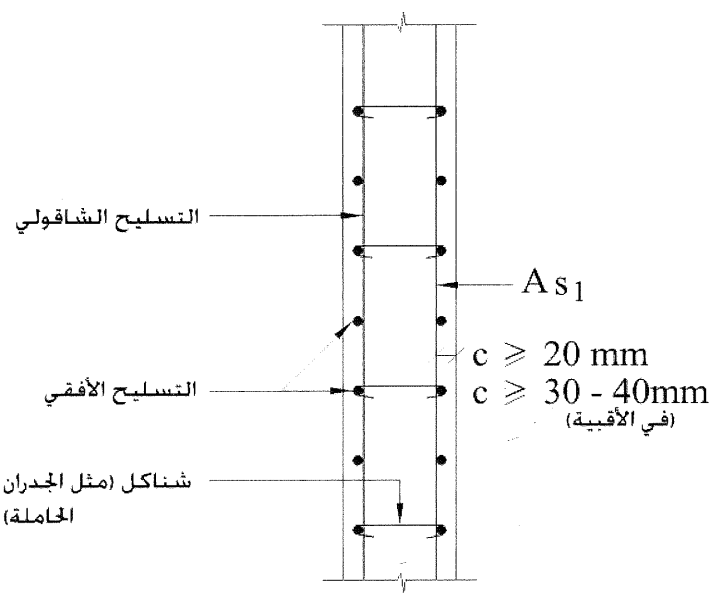


الشكل (٧-١٧): تسليح الجدران الحاملة

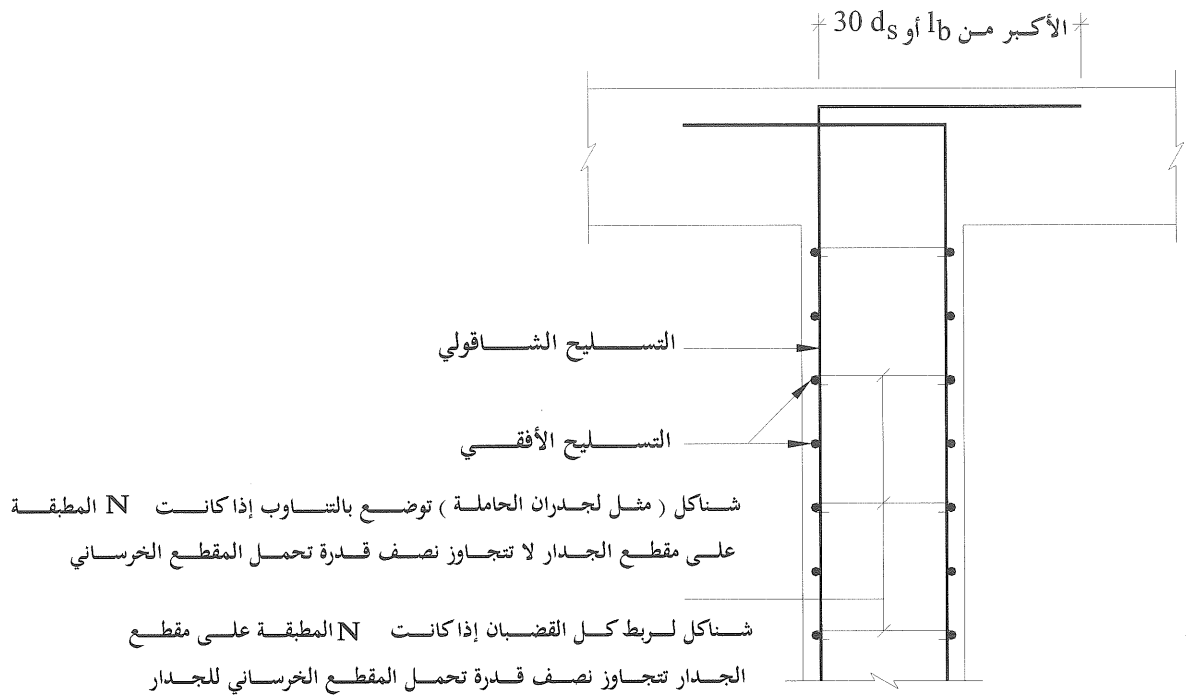
٣- لا يقلّ القطر الأدنى لقضبان التسليح المستعملة، عن 10mm للتسليح الشاقولي وعن 6mm للتسليح الأفقي (8mm في المناطق المعرضة للرطوبة). أما في حال استعمال الشبكات الملحومة، فيمكن استعمال شبكات بأقطار تقلّ عما ذكر في هذه الفقرة. وفي هذه الحالة تستعمل شناكل أفقية لربط الشبكتين، لمنع تحنيب القضبان الشاقولية كما في حالة الأعمدة. يوضع التسليح الأفقي للجدران من الخارج والتسليح الشاقولي من الداخل كما في حالة الأعمدة (الشكل ٧-١٧-أ). تُستعمل شناكل أفقية تربط الشبكتين (يتم الربط بين القضبان الأفقية)، لمنع تحنيب القضبان الشاقولية، إذا كانت الإجهادات المطبقة على الجدار تزيد على نصف الإجهاد المسموح في الأعمدة (نصف مقاومة التحمل للعمود إذا كان الحساب بحالة الحد الأقصى). وخلاف ذلك تستعمل الشناكل فقط لربط الشبكتين، من أجل الحفاظ على مواقعهما أثناء الصب. ويمكن في حالة الجدران الاستنادية لطابق واحد، وضع التسليح الشاقولي من الخارج.

٤- لا يزيد تباعد قضبان التسليح الشاقولي، على ضعف سمك الجدار، ولا على 250mm، ولا يزيد تباعد القضبان الأفقية على 250mm، كما لا يزيد التباعد على 15 مرّة أصغر قطر للتسليح الشاقولي، إذا اعتمدت مساهمة هذا التسليح في مقاومة القطاع للأحمال الضاغطة، أو وفق البند (٧-٤-٥-ب).

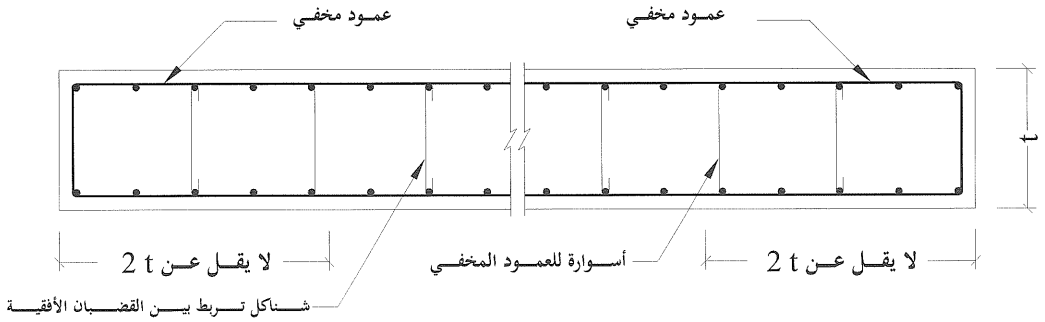
٥- يجب ربط الجدران الخرسانية المسلحة مع الأسقف أو الأعمدة أو الدعامات أو الجدران المتقاطعة، بوساطة تسليح لا تقلّ كميته عن قضيب بقطر 10mm، كل مسافة 300mm لكل شبكة تسليح كما في الشكل (٧-١٧-ب). ويُعدّ التسليح العلوي للبلاطة، الموثوق في الجدار، جزءاً من هذا التسليح.



الشكل (٧-١٧-أ): مقطع شاقولي في جدار خرساني مسلح



الشكل (٧-١٧-ب): مقطع شاقولي في جدار حامل (أو قص) في الطابق الأخير



الشكل (٧-١٧-ج): مقطع أفقي في جدار قص

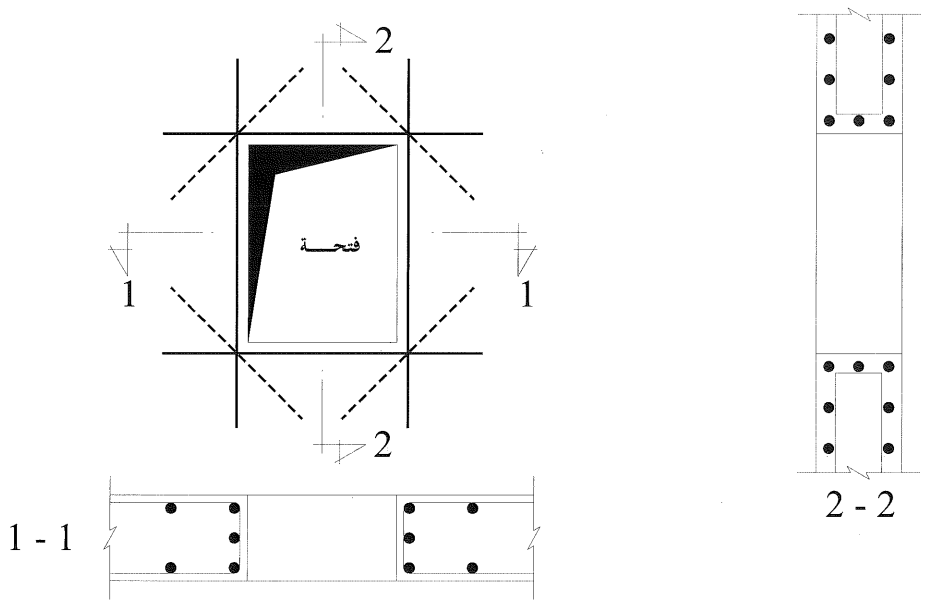
٧-٤-٧- الفتحات في الجدران الحاملة وفي جدران القص:

عند تصميم الجدران الحاملة أو جدران القص الحاوية فتحات أبواب أونوافذ وما شابهها، يُوضع على محيط هذه الفتحات التسليح الناتج من الحساب والمساوي في كل اتجاه لنصف التسليح المقطوع بالفتحة، شرط ألا يقلّ عن قضيبين بقطر 12mm أو أكبر. ويمتد هذا التسليح مسافة لا تقلّ عن 50 مرة القطرمن زاوية الفتحة. ويجب أيضاً وضع تسليح مائل إضافي عند الزوايا، كما هو مبين بالشكل (٧-١٨)، وبحيث لا يقلّ عن قضيبين بقطر 12mm، أو من القطر المستعمل،

أيهما أكبر عند كل زاوية. ويمكن الاستغناء عن التسليح المائل الإضافي عند الزوايا، بزيادة قيمة التسليح في كل اتجاه (الشاقولي والأفقي) على جوانب الفتحة بمقدار 50% في كل اتجاه.

٧-٤-٨- الجدران المسلحة الحاملة بشكل لمعات:

عندما تحتوي الجدران الحاملة من الخرسانة المسلحة، على فتحات شاقولية مستمرة ومتعددة، يجب أن تربط مع بعضها بعضاً بمنسوب كل طابق بعنصر أفقي خرساني مسلّح. يمكن اعتبار هذه اللمعات الشاقولية المتشكلة أعمدة مع التقيد بالأبعاد والأقطار ونسب التسليح الدنيا للأعمدة. ويكون التسليح عند الأطراف لكل اتجاه لا يقل عن $\left(\frac{3}{4}\right)$ التسليح المقطوع بالفتحة في الاتجاه ذاته، وبحيث لا يقل عن 2 T 12 .



الشكل (٧-١٨): التسليح حول الفتحة في الجدار

كما يلزم تحقيق التفاصيل الواردة في الملحق (ز) لهذا الكود الأساس حسب الأبعاد

.

٧-٥- جدران القص:

٧-٥-١- تعريف جدار القص:

إذا تعرّض الجدار الخرساني لأحمال أفقية موازية لارتفاع القطاع العرضي للجدار (موازية لطول الجدار) بحيث كانت هذه الأحمال أساسية في تصميم الجدار، سُميَ هذا الجدار: جدار قص.

يمكن أن يتعرض جدار القص أيضاً، لأحمال أفقية ثانوية موازية لسمك القطاع العرضي للجدار، كما يتعرض لأحمال شاقولية ضمن مستويه (كما في حالة الجدران الحاملة).

٧-٥-٢- الاشتراطات البعدية لجدران القص:

تعتمد الاشتراطات البعدية الآتية لجدران القص:

١- لايقل 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 المسلحة الحاملة كما يلي:

أ - 150 mm لأعلى 5 أمتار من الارتفاع.

ب- 50 mm يزاد لكل 20 متراً من الارتفاعات الآتية للخمسة أمتار السابقة، أو جزء منها باتجاه الأسفل.

ويمكن الاستغناء عن هذا الشرط في جدران النواة الصندوقية.

٤- لا يقلّ سمك جدران القص من الخرسانة المسلحة عن (1/25) من الطول الفعّال للتحنيب، المعرّف في البند (٧-٤-٣).

٥- لا يقلّ السمك الأدنى لجدران القص المستعملة في الأقبية (جدران 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).

٧- 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. ويعتمد 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

٨- إذا سمح التصميم المعماري، يمكن تدعيم نهايات جدران القص التي ستتعرّض لإجهادات مركّزة كبيرة بأجنحة عرضانية من الخرسانة المسلحة، طبقاً للمتطلبات الحسابية الإنشائية، وبما يُلائم التصميم المعماري.

٧-٥-٣- مساحات التسليح الدنيا والقصوى لجدران القص:

١- في جدران القص، تطبّق مساحات التسليح الدنيا والقصوى للجدران الحاملة الواردة في البند (٧-٤-٥).

٢- إضافة لذلك، تصمم جدران القص للإجهادات الناتجة من تأثير عزوم الانعطاف والقوى الشاقولية، ويستعمل فيها أعمدة مخفية عند النهايات كما في (٧-٥-٤).

٧-٥-٤- ترتيبات التسليح في جدران القص:

١- تطبّق في جدران القص ترتيبات التسليح ذاتها الواردة في البند (٧-٤-٦) للجدران المسلحة الحاملة.

٢- إضافة لما سبق، ونظراً لأن جدران القص ستقاوم قوى أفقية بالاتجاه الأفقي الطويل للجدار، فإنها ستتعرض لتركيز إجهادات في نهايتي مقطعها الأفقي. من أجل معالجة هذا الأمر، يلزم تركيز تسليح في كل نهاية، وأن يتم ربطه بأساور عرضية كما في حالة الأعمدة (أي عمود مخفي). يُوضع هذا التسليح في منطقة ذات طول يساوي ضعف سمك الجدارعلى الأقل كما في الشكل (٧-١٧-ج)، أما إذا اتضح بالحسابات، أن الإجهادات المركّزة في النهايات ستكون كبيرة، فتوضع أعمدة مخفية بالأبعاد والتسليح المناسبين، طبقاً للحسابات وتكون نسبة التسليح في هذه المنطقة من 1% إلى النسبة العظمى المسموحة للأعمدة من مساحة العمود المخفي وفق الحساب ، على ألا يزيد طول العمود المخفي على $(\frac{1}{5})$ طول الجدار من كل طرف. وفي هذه الحالة يلحظ تخفيض عمق الجدار الفعال في تصميم المقاطع لحالتي العزم والقص. أما إذا اتضحت ضرورة زيادة طول العمود المخفي على $(\frac{1}{5})$ طول الجدار، فيلزم تكبير المقطع.

٣- إذا كانت نسبة التسليح اللازمة في جدار القص تساوي الصفر، يوضع تسليح في الأعمدة المخفية بنهايتي الجدار (بالأبعاد الدنيا المذكورة بالفقرة السابقة) بنسبة دنيا تساوي 1% من مساحة كل عمود مخفي، ويعامل بقية جدار القص كجدار حامل.

٧-٦- الجوائز العميقة:

٧-٦-١- تعاريف:

١- يُعدّ السطح المحمل في مستويه، والمستند على ركيزتين أو أكثر، جائزاً عميقاً (جائزاً جدارياً)، إذا كانت نسبة طول المجاز (L) إلى الارتفاع الكلي(h)، لا تزيد على 2، بالنسبة للجوائز ذات المجاز الواحد، و2.5 للمجازات المستمرة. أما في حساب القص، فتطبق الشروط الخاصة بالجوائز العميقة، إذا لم تزد نسبة طول المجاز إلى الارتفاع على 5.

٢- في حالة زيادة الارتفاع h، عن طول المجاز L، يُعدّ جزء من الجدار بارتفاع يساوي L، هو الارتفاع الكلي للجائز (أي : $h \le L$).

٣- يعد مجاز الجائز العميق هو المسافة بين محوري الركيزتين المتجاورتين، على ألا يزيد على 1.05 من طول المجاز الصافي.

٤- يؤخذ الارتفاع الفعّال d للجائز العميق، مساوياً إلى 0.9 الارتفاع الكلي، (أي: $d = 0.9\ h$).

٧-٦-٢- الاشتراطات البعدية للجوائز العميقة:

١- يجب أن يُحقق السمك الأدنى t للجائز العميق شرط عدم التحنيب العرضاني الآتي:

$$t \ge 0.5 \cdot L \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{100} \cdot \frac{w}{0.3\,(f'_c \cdot h)}}$$

حيث: L طول المجاز الفعّال.

h العمق الكلي (في حال $h > L$ ، يُعدّ $h = L$).

w الحمل الكلي لواحدة الطول.

يكون هذا الشرط هو الذي يحكم التصميم عندما يكون:

$$\frac{w}{0.3(f'_c.h)} < \frac{1}{52}$$

حيث: f'_c المقاومة المميزة للخرسانة.

٢- يجب أن يُحقق السمك الأدنى t للجائز العميق شرط مقاومة انضغاط الخرسانة، تحت تأثير الانعطاف وقوى القص، وهو الآتي:

$$t \ge 1.5 \frac{w}{0.3(f_c' h)} \cdot \frac{L}{}$$

حيث: L و h و w و f'_c كما سبق تعريفها أعلاه .

ويحكم هذا الشرط التصميم عندما يكون:

$$\frac{w}{0.3(f'_c.\ h)} \ge \frac{1}{52}$$

٧-٦-٣- مساحات التسليح الدنيا والقصوى للجوائز العميقة:

١- يعتمد للتسليح الرئيسي في الجوائز العميقة نفس المساحات الدنيا والقصوى المذكورة للجوائز العادية وفق البند (٧-٢-١-٧).

٢- لا تقلّ مساحات التسليح الدنيا في الجوائز العميقة في الاتجاه الأفقي (باستثناء التسليح الرئيسي)، عن $0.0025\ A'_c$ للتسليح العادي، وعن $0.0020\ A'_c$ للتسليح العالي المقاومة ولتسليح الشبكات.

٣- لا تقلّ مساحات التسليح الدنيا في الجوائز العميقة في الاتجاه الشاقولي، عن: $0.0015A'_c$ للتسليح العادي، وعن $0.0012\ A'_c$ للتسليح العالي المقاومة ولتسليح الشبكات.

٤- إن A'_c المذكورة أعلاه، هي مساحة القطاع الخرساني المتعامد مع التسليح.

٧-٦-٤- ترتيبات التسليح في الجوائز العميقة:

٧-٦-٤-١- حالة الجوائز العميقة للقص فقط:

عندما تكون الجوائز عميقة للقص وليست عميقة للعزم (مثل بعض جوائز الحصائر) يوضع التسليح العلوي والسفلي كما في الجوائز العادية.

٧-٦-٤-٢- حالة الجائز البسيط:

أ - يُوزع التسليح الأفقي الرئيسي (المحسوب من عزم الانحناء)، على مسافة: $h(0.15\text{-}0.20)$ حيث: $h \le L$، ويمتد على كامل طول المجاز. ويمكن تفصيل القضبان كما هو موضح بالنموذج (1) من الشكل (٧-١٩)، بحيث يتم التثبيت بصورة جيدة.

ب- يُوزع بقية التسليح الأفقي والشاقولي (المحسوب من قوة القص)، على عمق الجائز (العمق h حيث: $h \le L$ دوماً)، ويمكن استعمال النموذج (2) من الشكل (٧-١٩)، من أجل التسليح الأفقي.

٧-٦-٤-٣- حالة الجائز المستمر:

أ - يُوزع التسليح الأفقي الرئيسي السفلي (المحسوب من عزم الانحناء)، على مسافة: $0.15h$، ابتداء من الوجه السفلي للجائز، ويمتد على كامل طول المجاز.

ب- يُوزع بقية التسليح الأفقي الرئيسي العلوي (المحسوب من عزم الانحناء أيضاً)، على النحو الآتي:

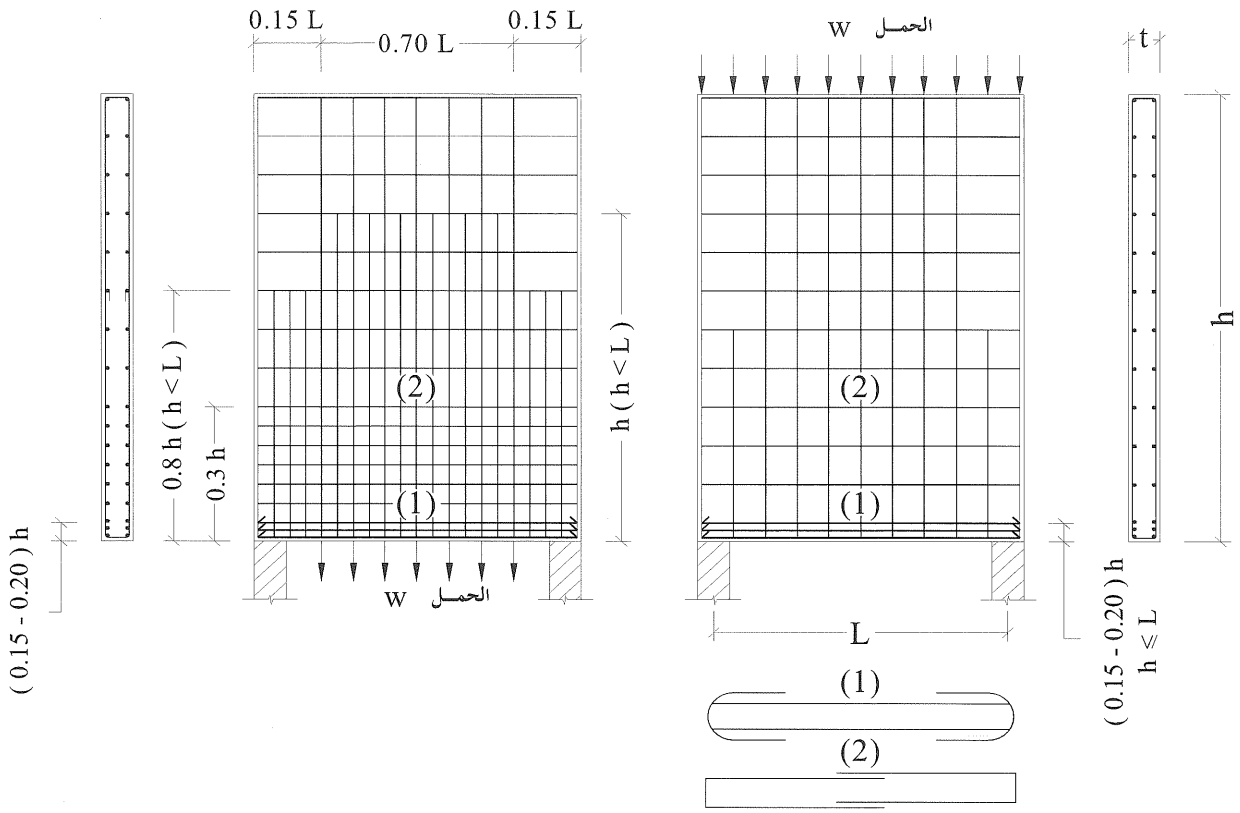
١) نصف الكمية تستمر على كامل طول المجاز، وتوزّع على مسافة قدرها $0.2\ h$، ومركزها يقع على بُعد $0.8\ h$ من الوجه السفلي للجائز، حيث: $h \le L$ دوماً. يمكن إزاحة محصلة التسليح للأسفل بمقدار حوالي $0.1h$ في حال وجود بلاطة متصلة بأسفل الجدار.

٢) أما النصف الثاني لكمية التسليح السالبة، فيكون متناظراً حول محور المسند (أو الركيزة)، وتمتد كل جهة بمقدار $0.3L$ (حيث: L طول المجاز الكبير من المجازين المجاورين

للركيزة)، وتوزع تحت الكمية السابقة وحتى نقطة أعلى من الوجه السفلي للجائز بمقدار 0.4h (حيث: $h \le L$ دوماً) كما هو موضح بالشكل (٧-٢٠).

ج- يُوزع بقية التسليح الأفقي والشاقولي (المحسوب من قوة القص)، على ارتفاع الجائز (العمق h، حيث: $h \le L$).

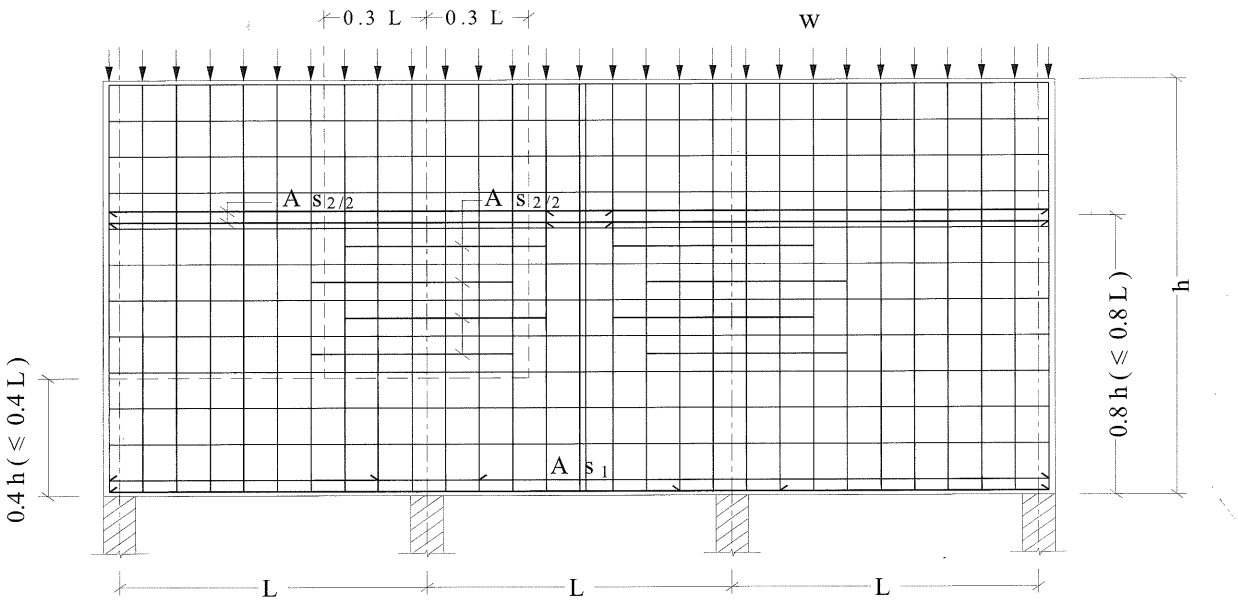
د- يسلح الجزء العلوي من الجدار الذي يزيد على ارتفاع يساوي L كما في حالة الجدار المسلح الحامل.



الشكل (٧-١٩): توزيع تسليح الجائز العميق ذي المجاز الواحد

٧-٦-٤-٤- حالة الأحمال المعلقة:

إذا كانت الأحمال التي يتعرض لها الجائز العميق بمنسوب أسفل الجائز، يجب إضافة تسليح شاقولي خاص لنقل هذه الأحمال في الشد، ويمتد على كامل ارتفاع الجائز (الارتفاع $L \ge h$)، بمسافة قدرها 0.7h بوسط المجاز، وفق الشكل (٨-١٦) في البند (٨-٧-٣-٤).



الشكل (٧-٢٠): توزيع تسليح الجائز العميق المستمر

٧-٦-٤-٥- جوائز ربط جدران القص:

عندما تكون أبعاد جوائز ربط جدران القص تفرض عملها كجوائز عميقة، ينفذ تسليحها العلوي والسفلي كما في جوائز الحصائر كما ورد في الفقرة (٧-٦-٤-١). إذا تجاوز إجهاد القص الأقصى في هذه الجوائز القيمة $\tau_u \geq 0.65.\sqrt{f'_c}$ (في النظام المتري $2\sqrt{f'_c}$) يتوجب استعمال تسليح مائل قطري عند كل نهاية وبالاتجاهين، ويحسب من العلاقة الواردة في البند (٩-٢-٨-٥-ب) مع حذف مساهمة الخرسانة ($\tau_{ou} = 0$)، أو ما يقابلها حين التصميم بحالة حد الاستثمار.

إضافة لذلك، يلزم مراجعة البند (ز-٩-٧) في الملحق (ز) من هذا الكود الأساس، للعمل بما ورد فيه.

٧-٧- الأظفار القصيرة والأكتاف:

كطريقة بديلة عما سيرد في البنود من (٧-٧-١) حتى (٧-٧-٣) أدناه، يمكن العودة للملحق (ح) في هذا الكود الأساس.

٧-٧-١- تعاريف:

١- يُعدّ الظفر قصيراً، إذا لم يزد طول مجازه على مرة و ربع (1.25) عمقه، أي ($L \leq \frac{5h}{4}$).

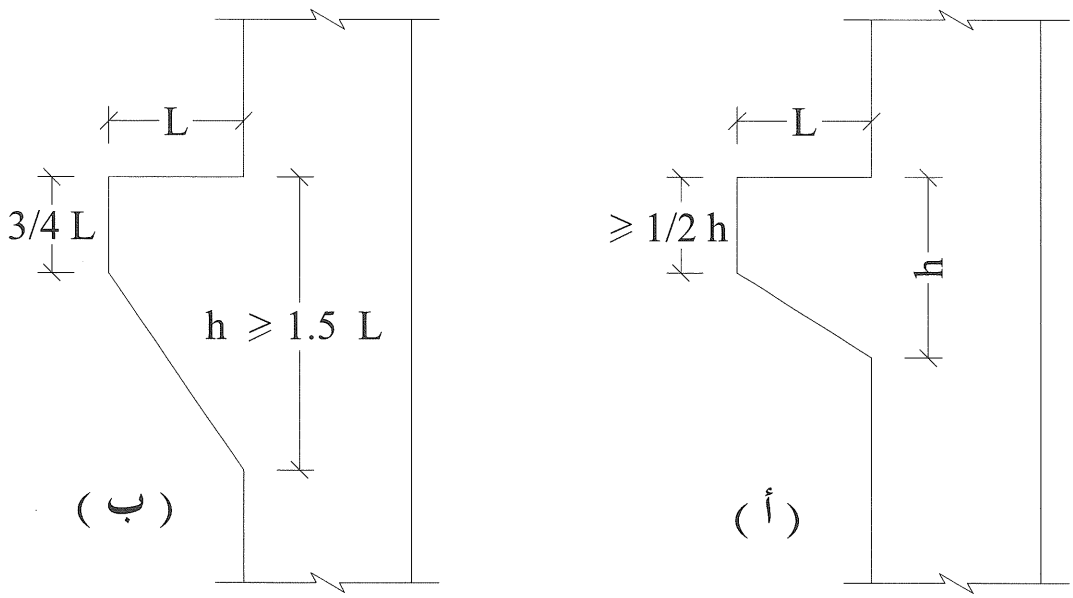
٢- إذا كان طول مجاز الظفر القصير أقل من ثلثي (2/3) عمقه، يُسمّى كتفاً.

٣- يُعامل الكتف، معاملة ظفر قصير ذي مجاز يساوي ثلثي (2/3) العمق، مهما زاد عمق الكتف، أو نقص طول مجازه.

٧-٧-٢- الاشتراطات البعدية للأظفار القصيرة والأكتاف:

١- لا يقلّ العمق الكلي بطرف الظفر القصير عن نصف العمق الكلي للقطاع عند وجه المسند.

٢- في حالة الأكتاف، حيث يكون الارتفاع الكلي للكتف عند وجه المسند، أكثر من مرة ونصف (1.5) طول المجاز للكتف، يكفي أن يكون الارتفاع في الطرف الحر للكتف، مقدار ثلاثة أرباع ($\frac{3}{4}$) طول المجاز، على أن لا يقلّ عن 200 mm (الشكل ٧-٢١).



الشكل (٧-٢١): الاشتراطات البعدية للأكتاف

٧-٧-٣- مساحات التسليح الدنيا والقصوى للأظفار القصيرة والأكتاف:

١- في الأظفار القصيرة والأكتاف، لا تقلّ مساحة التسليح الرئيسي الدنيا للانعطاف (عزم الانحناء) عن: $0.004\ A'_c$، ولا تزيد على: $0.012\ A'_c$، حيث A'_c هي مساحة القطاع الخرساني المتعامد مع التسليح.

٣- لا يقلّ مجموع مساحتي التسليح الدنيا للانعطاف والقص، على: $0.006\ A'_c$، ولا يزيد على $0.02\ A'_c$.

٧-٧-٤- ترتيبات التسليح للأظفار القصيرة والأكتاف:

١- يجب تثبيت نهاية قضيب التسليح، عند نهاية الظفر القصير أو الكتف بصورة جيدة، ليتم تطوير الإجهادات ضمن القضيب.

٢- يُوجد عدة طرائق للتثبيت، منها الطرائق الموضحة بالشكل (٧-٢٢) وهذه الطرائق هي:

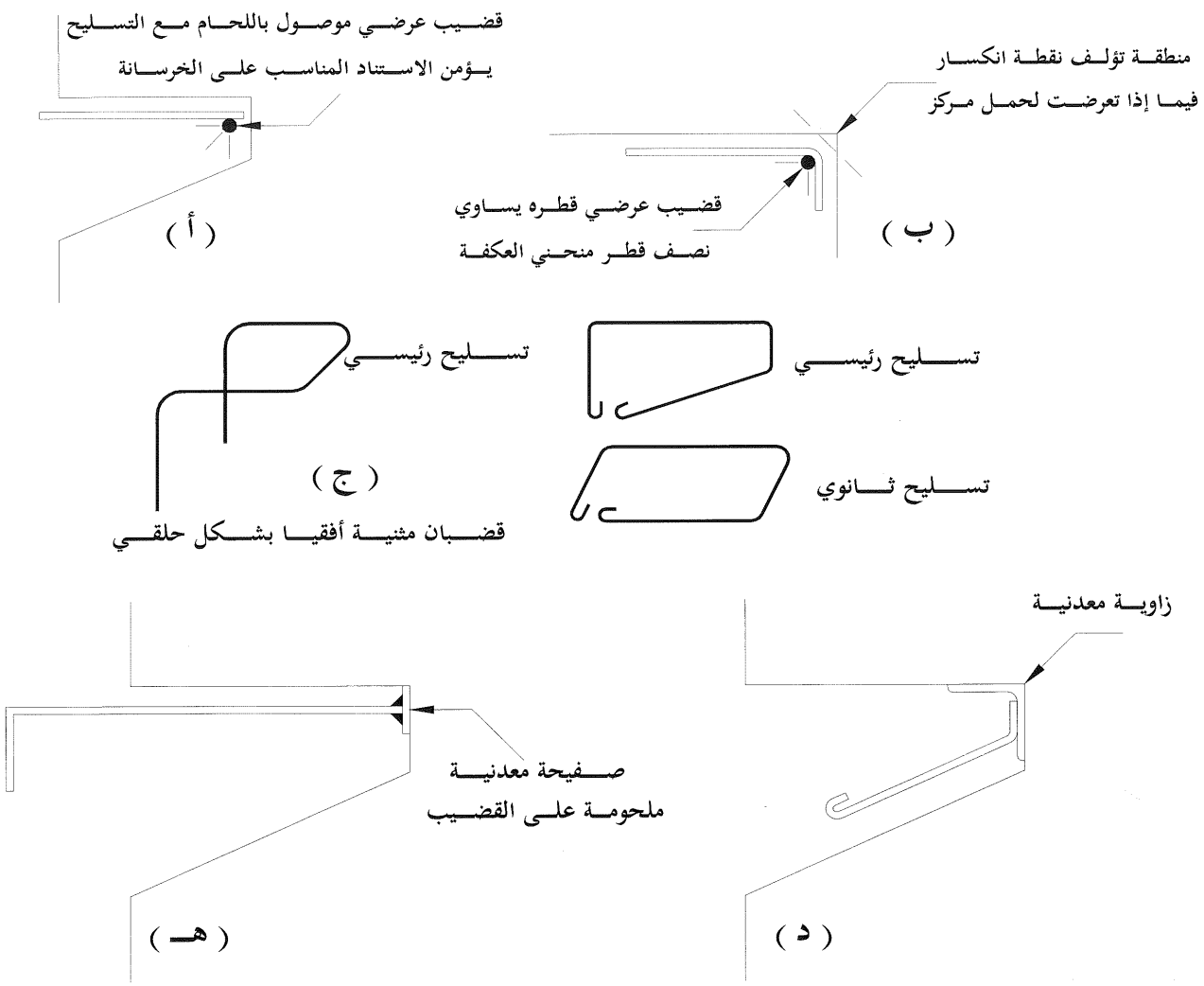
أ - لحام قضبان الانحناء بنهاياتها مع قضيب تسليح عرضي من القطر ذاته.

ب- ثني نهايات قضبان الانحناء للأسفل، وتثبيتها ضمن المسند.

ج- استعمال قضبان مثنية أفقياً بشكل حلقي.

د- استعمال زاوية معدنية.

هـ- استعمال صفيحة معدنية ملحومة على القضيب.



ملاحظة: (باقي التسليح غير ظاهر)

الشكل (٧-٢٢): تثبيت نهايات القضبان في الأظفار القصيرة والأكتاف

٧-٧-٥- نظرية القص- الاحتكاك:

راجع الفصل (ح-٧) في الملحق (ح) من هذا الكود الأساس.

٧-٨- جدران الأقبية في المباني:

٧-٨-١- تعاريف:

١- يُعدّ المسطح الذي يزيد طوله في المسقط الأفقي على 6 مرّات سمكه، والمعرّض لضغط جانبي من التربة جدار قبو. يمكن أن يتعرض جدار القبو لأحمال شاقولية من السقف بصورة مباشرة، كما يمكن أن يكون مفصولاً عن السقف (في المسافات الفاصلة بين الأعمدة)، بسبب وجود نوافذ علوية أو فتحات أخرى.

٢- يُؤخذ الطول الفعّال لتحنيب جدران الأقبية، كما للجدران الحاملة في البند (٧-٤-٣).

٣- يكون جدار القبو مستنداً عرضياً على الأعمدة المرتبطة به، إذا تحقق كل من الشرطين الآتيين:

أ - بُعد العمود بالاتجاه المتعامد على مستوى الجدار، لا يقلّ عن ضعف سمك الجدار.

ب- تسليح الجدار الأفقي مترابط مع تسليح العمود.

٧-٨-٢- الاشتراطات البعدية لجدران الأقبية:

١- تطبّق على جدران الأقبية في المباني، نفس الاشتراطات البعدية للجدران الحاملة ولجدران القص في البند (٧-٥-٢) وخاصة الفقرة (هـ) منه.

٢- إذا نفذت جدران الأقبية على نحو متصل مع الأعمدة، بصفتها جوائز عميقة، معرّضة لرد فعل التربة الشاقولي الناتج عن الأحمال الشاقولية، ومستندة على الأعمدة، فتطبّق عليها أيضاً الاشتراطات البعدية للجوائز العميقة الواردة في البند (٧-٦-٢).

٧-٨-٣- مساحات التسليح الدنيا والقصوى لجدران الأقبية:

١- تطبّق على جدران الأقبية في المباني، نفس مساحات التسليح الدنيا والقصوى المطبّقة على الجدران الحاملة والواردة في البند (٧-٤-٥).

٢- إذا جرى حساب جدار القبو بصفته جائزاً عميقاً، تطبّق على هذا الجدار مساحات التسليح الدنيا والقصوى للجوائز العميقة الواردة في البند (٧-٦-٣).

٧-٨-٤- ترتيبات التسليح لجدران الأقبية:

١- تطبّق عموماً لجدران الأقبية، ترتيبات التسليح ذاتها للجدران الحاملة الواردة في البند (٧-٤-٦) مع أخذ مايلي بالحسبان:

أ – سمك الغطاء الخرساني للشبكة الخارجية جهة التربة 40 mm (على أن يتم تنفيذ عزل مناسب).

ب– إذا كان الجدار غير مستمر للطوابق العلوية (أي يحكم عمله بشكل رئيسي ضغط التربة) يعكس وضع التسليح الشاقولي والأفقي في مقطعه (أي يوضع التسليح الشاقولي من الخارج والتسليح الأفقي داخله) كما يستغنى عن الأعمدة المخفية، وتكون الشناكل بهدف ربط الشبكتين فقط (الحد الأدنى ٤ بالمتر المربع).

٢– بالنسبة لجدران الأقبية المحسوبة بصفتها جوائز عميقة، تطبّق عليها ترتيبات التسليح للجوائز العميقة الواردة في البند (٧–٦–٤)، مع تبديل العلوي بالسفلي والسفلي بالعلوي، عند الإشارة لمواقع التسليح الرئيسي.

٣– يجب أن يستمر التسليح الأفقي لجدار القبو، ضمن الأعمدة المرتبطة به، لتأمين الترابط الجيد، والعمل المشترك بين الجدار والعمود.

٧–٩– الأدراج:

٧–٩–١– عموميات:

٧–٩–١–١– أنواع استناد الأدراج:

هناك أنواع كثيرة من الاستناد للأدراج، وأكثرها شيوعاً هي أنواع الاستناد الآتية:

أ – الاستناد على جدران حاملة مسلحة.

ب– الاستناد على جدران حاملة غير مسلحة.

ج– الاستناد على جوائز ساقطة أو مقلوبة.

د– الاستناد على جوائز مخفية.

٧–٩–١–٢– توزيع الأحمال في الدرج:

أ – عموماً يمكن افتراض الأحمال الحية، موزعة بانتظام على المسقط الأفقي للدرج.

ب– في حالة الأدراج المحيطة بآبار مفتوحة، والمتضمنة مجازين متعامدين، تعدّ الأحمال على المساحة المشتركة، موزعة بالتساوي بين المجازين.

٧–٩–١–٣– العرض الفعّال للدرج:

يمكن في الأحوال العامة اعتماد عرض فعال للدرج مساوياً لعرضه الفعلي.

٧–٩–١–٤– المجاز الفعّال للدرج:

أ – عندما يستند الدرج، غير الحاوي جوائز تقوية، على جوائز رئيسية أو جدران حاملة، يؤخذ طول المجاز الفعّال، مساوياً للمسافة الأفقية بين محوري الركيزتين. وقد يشمل الدرج عنصراً أفقياً (استراحة، ميدة) مستمراً مع عنصر مائل (شاحط).

ب- في الأدراج دون جوائز تقوية، والمصبوبة استمرارياً (ميليثياً) مع عناصر إنشائية متعامدة معها في النهايتين وحاملة لها، يُعدّ طول المجاز الفعّال للدرج، مساوياً للمسقط الأفقي للمسافة الحرة (الضوء)، بين العناصر الحاملة، ويُضاف إليها نصفا عرضي العنصرين الإنشائيين الحاملين (بحد أقصى يساوي 900 mm للإضافة في النهايتين).

٧-٩-١-٥- الارتفاع الفعّال لقطاع الدرج:

يُؤخذ الارتفاع الفعّال للقطاع المتعامد مع محور الدرج، كما في حالة القطاعات المستطيلة، البند (٧-٢-١-١)، وكمثال على ذلك، يكون السمك الفعال لشاحط الدرج الجائزي (t) كالمبين في الشكل (٧-٢٥).

٧-٩-٢- الاشتراطات البعدية للدرج:

١- في حالة درج دون جوائز تقوية، يُؤخذ لبلاطة الدرج، الاشتراطات البعدية ذاتها للبلاطات المليئة، انظر البندين (٧-٣-٢-١ و٧-٣-٣-١).

٢- في حالة درج مع جوائز تقوية، يُؤخذ لبلاطة الدرج، الاشتراطات البعدية ذاتها للبلاطات المليئة، أما جوائز التقوية، فيؤخذ لها الاشتراطات البعدية ذاتها للجوائز، (البند ٧-٢-٢).

٧-٩-٣- مساحات التسليح الدنيا والقصوى للدرج:

تُؤخذ لبلاطات ولجوائز الدرج، نفس مساحات التسليح الدنيا والقصوى السابق ذكرها في البندين (٧-٣-٢-٢ و ٧-٢-١-٧) للبلاطات المصمتة والجوائز بالترتيب.

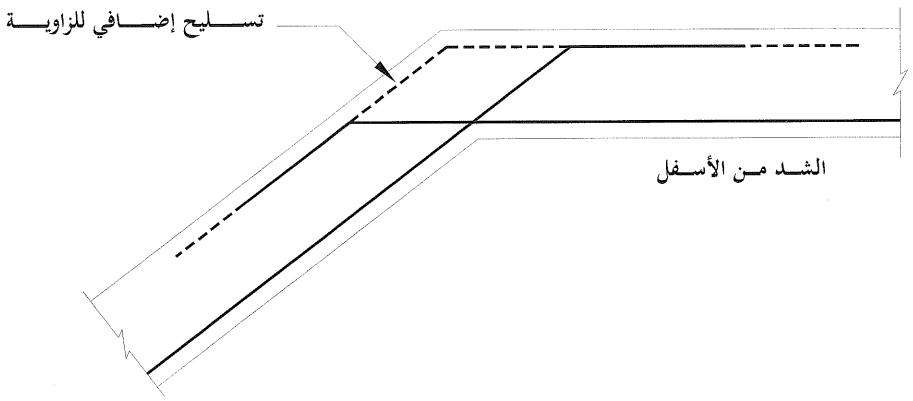
٧-٩-٤- ترتيبات التسليح للأدراج:

١- تعتمد للبلاطات (الميدات والشواحط) ترتيبات التسليح ذاتها للبلاطات المصمتة الواردة في البند (٧-٣-٢-٣).

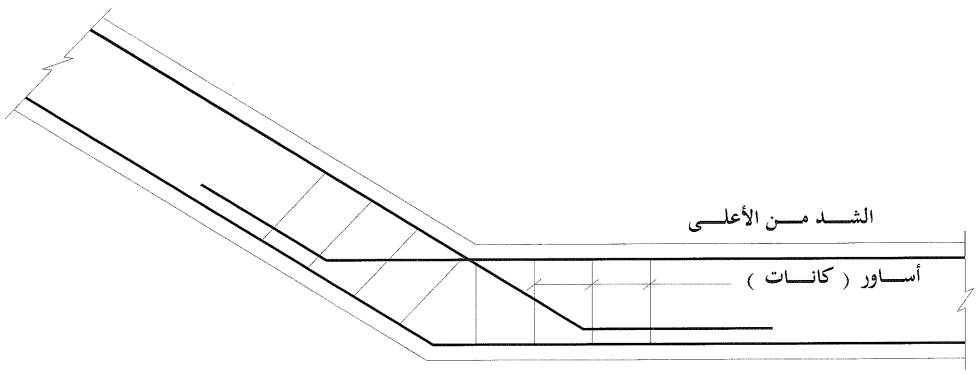
٢- يعتمد لكمرات التقوية والكمرات الرئيسة ترتيبات التسليح ذاتها للجوائز (الكمرات) العادية الواردة في البند (٧-٢-١-٨).

٣- يراعى ترتيب التسليح على نحو مناسب عند التقاء الجزء الأفقي من الدرج مع الجزء المائل، كما هو واضح في الشكل (٧-٢٣).

٤- إذا كانت الجملة الإنشائية للجزء الأفقي من الدرج تسبب انضغاط الألياف السفلى في العقدة، يجب الاهتمام بربط قضبان التسليح عند التقاء الجزء الأفقي مع الجزء المائل كما هو واضح في الشكل (٧-٢٤).



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



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

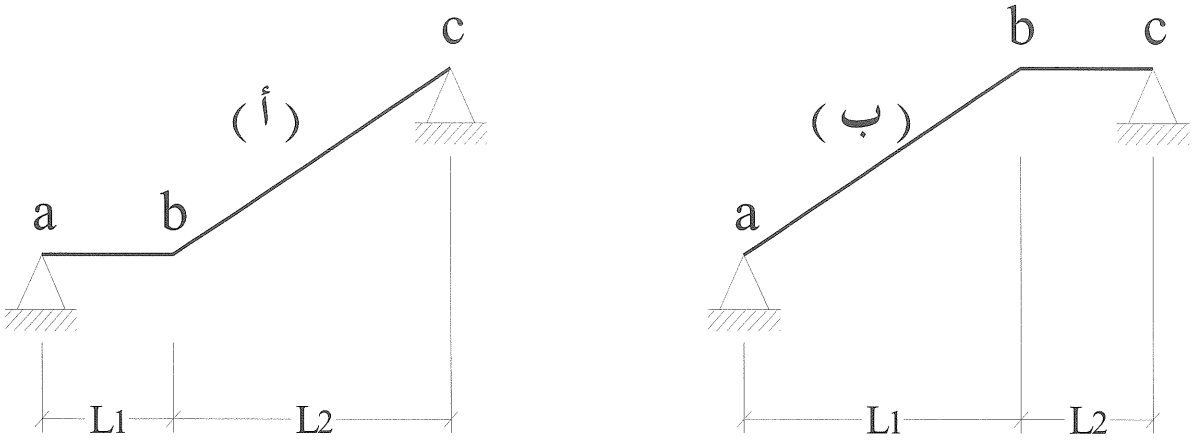
٧-٩-٥- الأدراج الجائزية بالاتجاه الطويل:

وهي الأدراج ذات الشواحط الجائزية، وتشمل الحالات الآتية:

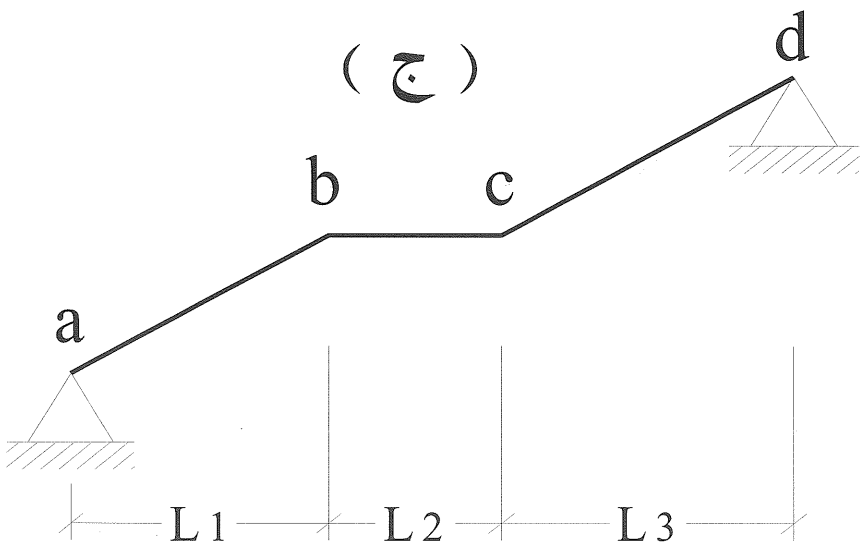
١- شواحط جائزية تستند عند النهايتين ودون ميدات.

٢- شواحط جائزية ذات ميدة واحدة طرفية من الأعلى أو الأسفل كما في الشكلين (٧-٢٥- أ و ب).

٣- شواحط جائزية ذات ميدة في وسط المجاز كما في الشكل (٧-٢٦).

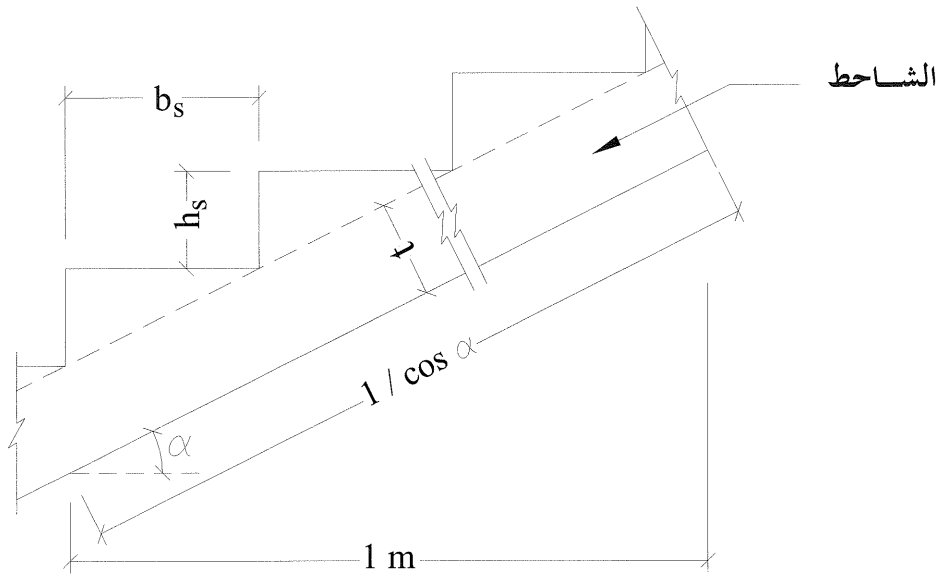


الشكل (٧-٢٥): الدرج الجائزي الطويل ذي الميدة الطرفية



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

تصمم هذه الأدراج كبلاطات ذات اتجاه واحد جائزية ذات استناد بسيط، مع تأمين عزوم استمرار عند النهايتين كما هي الحال في البلاطات الجائزية. وتحسب أحمال الدرج كمايلي (راجع الشكل (٧-٢٧)):



الشكل (٧-٢٧): أبعاد الشاحط

أ - الوزن الذاتي للدرجات ذات الارتفاع h_s (بالمتر) على المتر المربع الأفقي:

$$g_1 = 2500 \ \frac{h_s}{2} \ kgf/m^2$$

ب- الوزن الذاتي للبلاطة (الشاحط) سماكة t (بالمتر) على المتر المربع الأفقي:

$$g_2 = 2500 \ \frac{t}{\cos\alpha} \ kgf/m^2$$

ج- وزن التغطية على المتر المربع الأفقي:

$$g_3 = 200 \rightarrow 250 \ kgf/m^2$$

د- وزن الدرابزين على المتر المربع الأفقي:

$$g_4 = (50 \rightarrow 300) \ \frac{1}{B} \ kgf/m^2$$

حيث B (مقاسة بالمتر) عرض شاحط الدرج.

هـ- الحمل الحي حسب نوع المنشأة كحد أدنى:

$$P = 300\text{-}\ 500 \ kgf/m^2$$

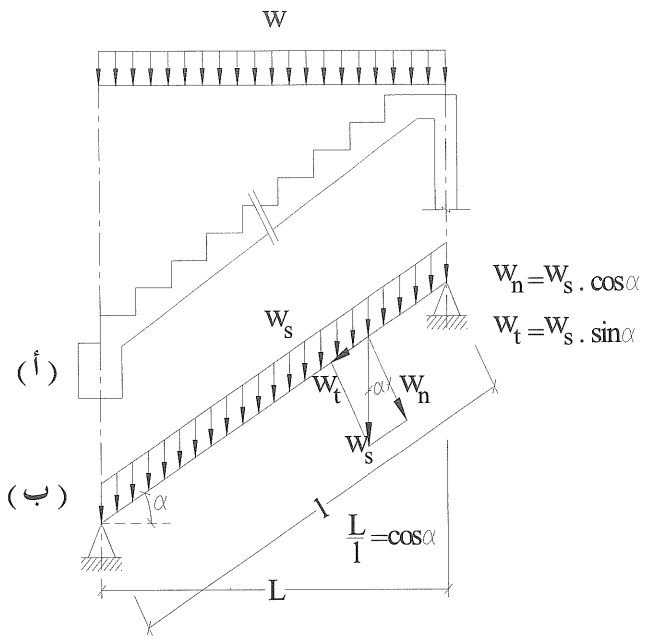
ويكون الحمل الكلي الشاقولي w على المتر المربع من المسقط الأفقي:

$$w = g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + P \qquad kgf/m^2$$

ويمكن حساب الحمل الكلي الشاقولي w_s على المتر المربع من البلاطة المائلة، وذلك من العلاقة الآتية(الشكل ٧-٢٨):

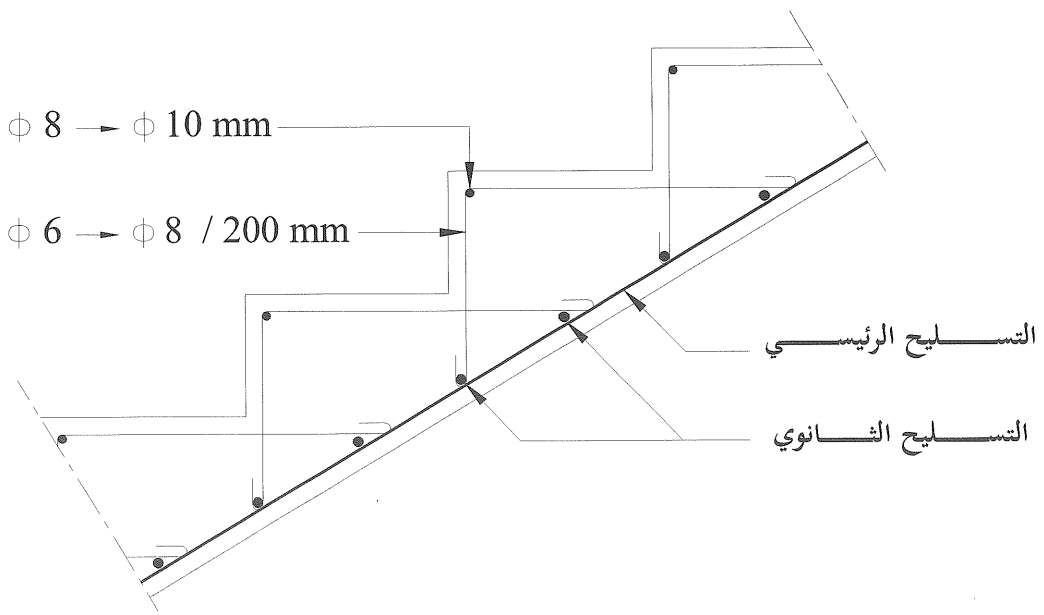
$$q_s \cdot 1 = q \cdot L$$

$$q_s = q \cdot L / 1 = q \cdot \cos\alpha$$



الشكل (٧-٢٨): الأحمال على الشاحط

وتحسب العزوم الأعظمية الموجبة الناتجة من هذه الأحمال، ويصمم مقطع الشاحط مثل مقطع البلاطات، لحساب التسليح الرئيسي الذي يوضع في أسفل الشاحط بالاتجاه الطولي، ويضاف تسليح عرضي ثانوي باتجاه عرض الدرجات، ويحقق الشاحط على القص، وغالباً يكون محققاً دون حديد تسليح خاص (الشكل (٧-٢٩)).



الشكل (٧-٢٩): تسليح شاحط الدرج

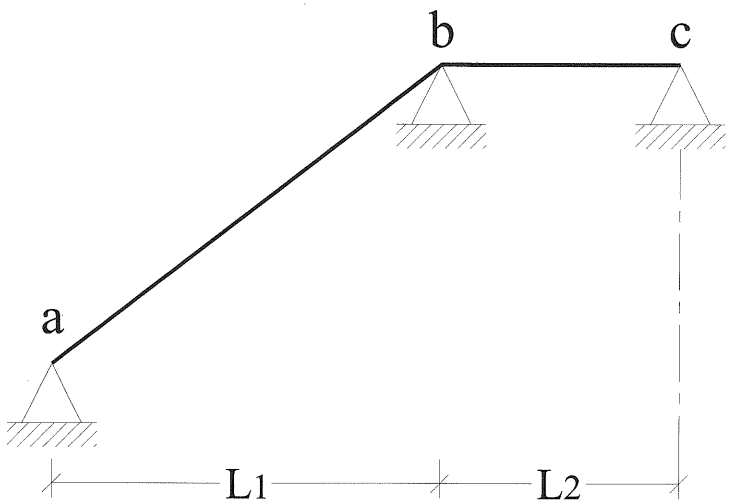
٤- شواحط جائزية مستمرة مستندة على جوائز عند الميدات أو على الميدات ذاتها، التي تعمل كجائز بالاتجاه المتعامد على الشاحط، كما في الشكل (٧-٣٠). يمكن للتبسيط حساب العزوم الموجبة والسالبة من العلاقة:

$$M^{\pm} = w \cdot L^2 / 10$$

وتحسب أحمال الجوائز الحاملة لها (أو الميدات ذاتها) من الأحمال المنقولة من الدرج:

$$w' = 1.1 \left(w \cdot \frac{L_1 + L_2}{2} \right)$$

حيث: w' هو الحمل المنقول من الدرج للجائز الوسطي (المسند b).



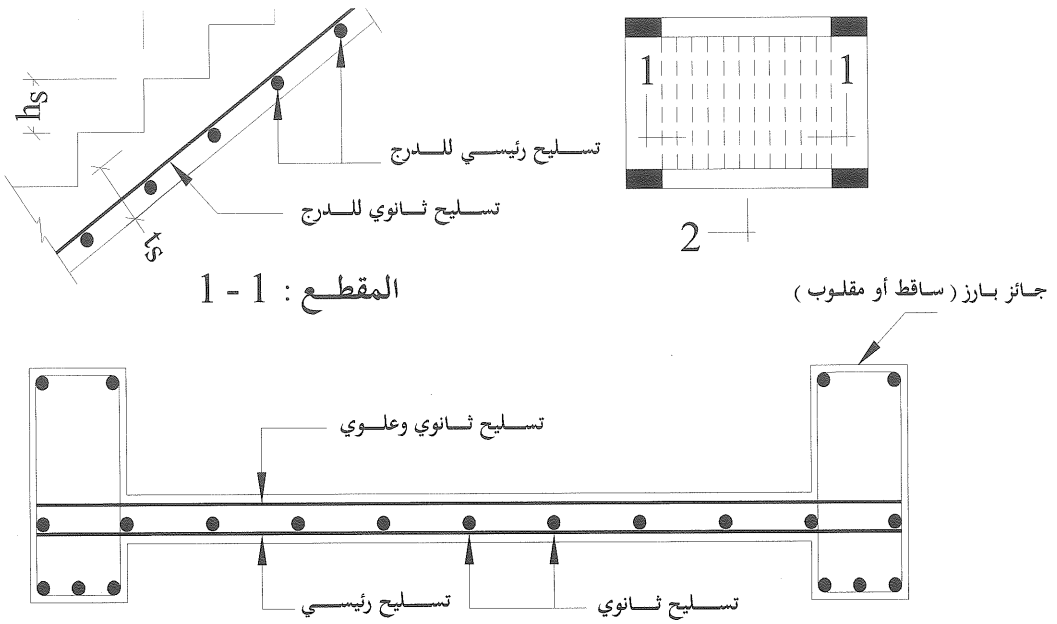
الشكل (٧-٣٠): شاحط مستمر مع الميدة بمسند وسطي

٧-٩-٦- الأدراج الجائزية بالاتجاه القصير:

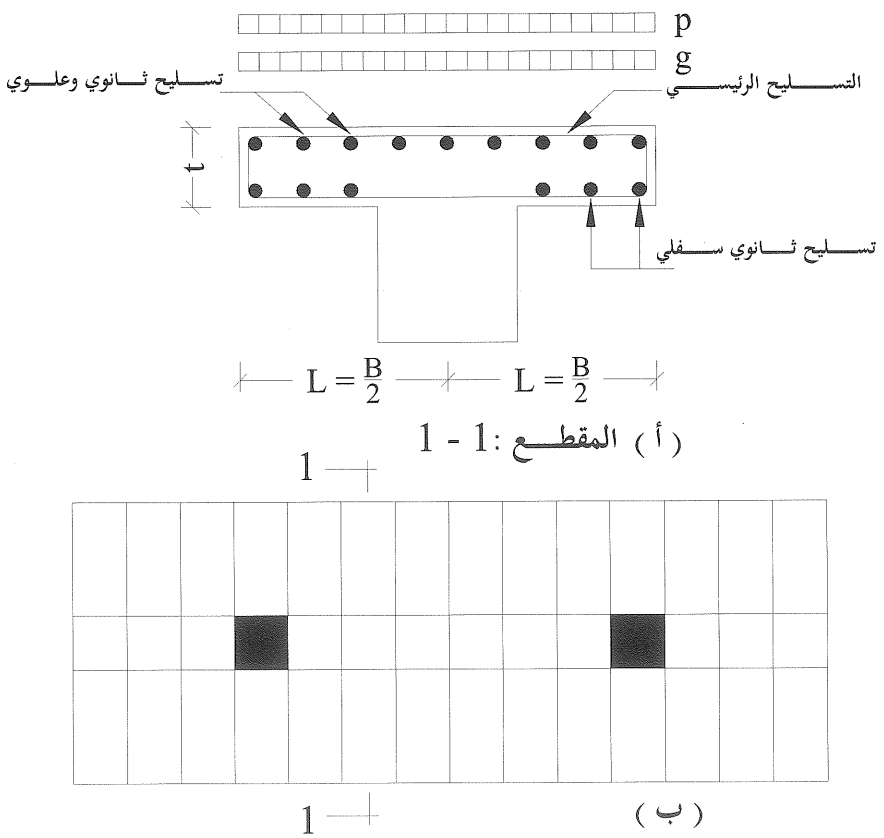
هي الأدراج التي يكون فيها الشاحط مسنوداً عند حرفيه الطوليين. وتصمم كبلاطات جائزية باتجاه واحد، ويكون التسليح الرئيسي بالاتجاه القصير والثانوي بالاتجاه الطويل. ويلحظ تسليح علوي أيضاً عند الاستناد حسب البلاطات الجائزية. وتصمم الجوائز الحاملة حسب أشكال استنادها (الشكل ٧-٣١).

٧-٩-٧- الأدراج الظفرية:

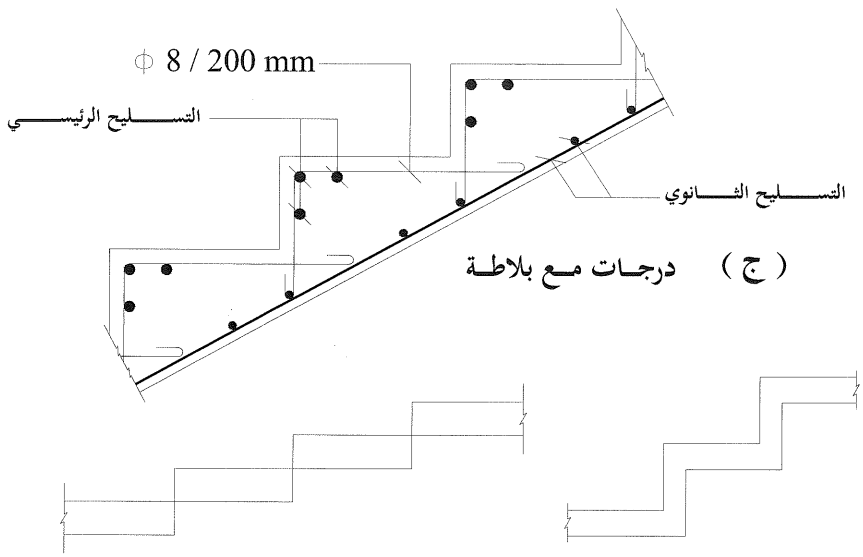
يكون فيها الشاحط ظفراً يعمل بالاتجاه القصير (عرض الشاحط). وقد تكون هذه الشواحط بظفر واحد أوظفر مزدوج كما في الشكل (٧-٣٢). و يصمم مقطع الدرجة الواحدة و يكون شكل مقطعها شبه منحرف أو مستطيل حسب الشكل (٧-٣٣). ويجب الانتباه في هذا النوع من الأدراج إلى تصميم الجوائز الحاملة من عزوم الفتل التي تنتج إضافة إلى باقي التأثيرات.



الشكل (٧-٣١): تسليح درج جائزي بالاتجاه القصير



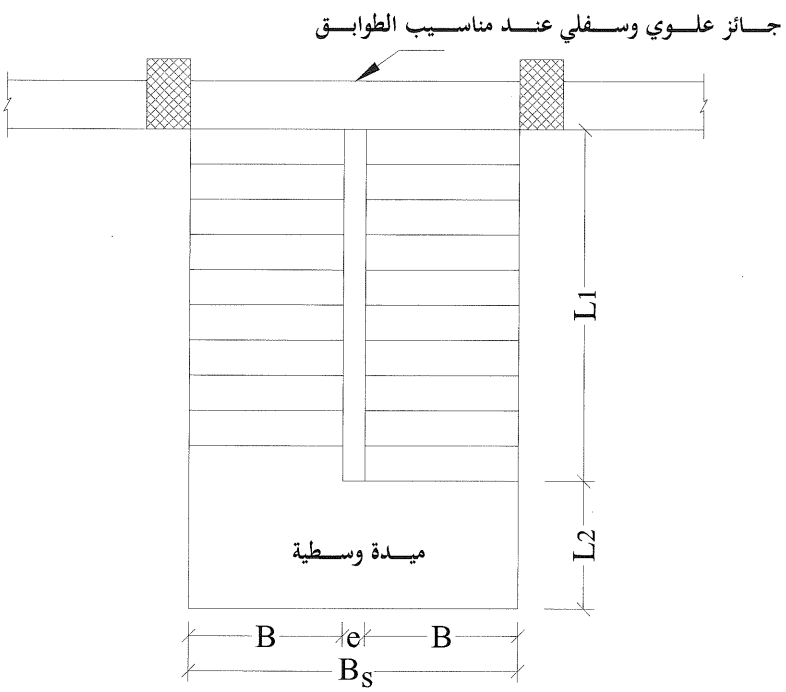
الشكل (٧-٣٢): تسليح الأدراج بشكل ظفر مزدوج



الشكل (٧-٣٣): تسليح الدرجة الظفرية

٧-٩-٨- الأدراج الحرة:

هي الأدراج التي تكون فيها الشواحط والميدة الوسطية بارزة عن المبنى، كما في الشكل (٧-٣٤)، حيث يكون الاستناد فقط عند طرف الدرج العلوي لأحد الشاحطين والطرف السفلي للشاحط الآخر. وتحلل هذه الأدراج وفقاً لأشكال ووضعية استنادها في الأعلى والأسفل بالعودة إلى المراجع الخاصة بها.



الشكل (٧-٣٤): الدرج الحر

٧-١٠- الأساسات والقواعد والشيناجات (الكمرات الأرضية):

يتم في هذا الباب من الكود إعطاء المبادىء الأولية لتصميم وتنفيذ الأساسات والقواعد والشيناجات، وخصص الملحق رقم (٥) للكود، لمزيد من التفاصيل في كل من مجالات التحليل والتصميم والتنفيذ للأساسات المتنوعة والعناصر المرتبطة بها.

٧-١٠-١- تعاريف:

١- تعرف الأساسات بأنها أول جزء من المنشأة الخرسانية يتم صبه في الموقع، فوق تربة التأسيس مباشرة، ويكون مغموراً بالتربة عادةً، ومهمته نقل الأحمال من العناصر الحاملة إلى تربة التأسيس.

٢- إن القواعد في "**أساسات**" الأعمدة الفولاذية هي عملياً أعمدة خرسانية مسلحة، ولا تكون مستندة مباشرة على تربة التأسيس، بل تستند بدورها على أساسات عادية خرسانية، وليس من الضروري أن تكون قواعد الأعمدة "الفولاذية" مطمورة بالتربة.

٣- تعرف الشيناجات بأنها الجوائز (الكمرات) الأرضية الواصلة بين الأساسات أو الواصلة بين القواعد.

٤- يمكن أن تكون الأساسات على نحو منعزل (أساس لكل عمود) فتسمى أساسات منعزلة أو منفردة، كما يمكن ان تكون على نحو مشترك بين عمودين متجاورين فتسمى أساسات مشتركة.

٥- يمكن أيضاً عمل أساس مشترك لصف من الاعمدة واقعة على محور واحد، ويسمى الأساس في هذه الحالة الأساس الشريطي أو المستمر. وكذلك يسمى أساس الجدار الحامل أساساً شريطياً (أو مستمراً).

٦- إذا كان الأساس مشتركاً بين عدد من الأعمدة والجدران الحاملة ليست على استقامة واحدة فإنه يسمى حصيرة.

٧- يسمى الجزء من الأساسات الوتدية المصبوبة في المكان و الواصل بين الأوتاد من الأعلى قبعة الأوتاد.

٨- إذا كانت الأساسات من الخرسانة العادية فتسمى أساسات كتلية.

٧-١٠-٢- الاشتراطات البعدية للأساسات والقواعد والشيناجات:

٧-١٠-٢-١- الأساسات:

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 0.3MPa) وعن 1200mm في التربة الضعيفة (تحمل أقل من 0.3MPa).

ج- 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.

د- من أجل تأمين جساءة (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).

هـ- يطبق نفس الشرط السابق على الجزء البارز (الكابولي) من البلاطات في بقية أنواع الأساسات، أما في حالة الجائز (الكمرة) بشكل كابولي في أساسات الحصيرة فيجب ألا يقل العمق عن البروز من وجه القاعدة (أو العمود).

و- لا تزيد نسبة المجاز (البحر) إلى العمق في جوائز (كمرات) الحصيرة على 4 للجوائز البسيطة، وعلى 5 للجوائز المستمرة.

ز- لا تزيد نسبة المجاز (البحر) إلى السمك في بلاطات الحصيرة المستندة على كامل محيطها على 8 للبلاطات ذات الاتجاه الواحد، وعلى 10 للبلاطات ذات الاتجاهين.

ح- ينصح، في الأساسات المنفردة، بجعل بروزات الأساسات من أوجه القواعد (أو الأعمدة) بقدر الإمكان متساوية.

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

ي- يمكن أن يكون السطح العلوي للأساس أفقياً، كما يمكن أن يكون مائلاً، ويشترط في الحالة الأخيرة ألا يزيد ميل سطح الأساس على:

2 شاقولي: 2.5 أفقي للأساسات من الخرسانة المسلحة، وعلى.

1 شاقولي: 1.4 أفقي للأساسات من الخرسانة العادية (الكتلية).

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

٧-١٠-٢-٢- القواعد:

أ - لا يقل العمق الكلي للخرسانة في قاعدة العمود عن 250mm.

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

٧-١٠-٢-٣- الشيناجات:

أ - لا يقل أي من بعدي المقطع العرضي للشيناج عن 200mm.

ب- 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 ويصل حتى تربة التأسيس المناسبة.

٧-١٠-٣- مساحات التسليح الدنيا والقصوى للأساسات والقواعد والشيناجات:

١- لا تقل مساحات التسليح الدنيا للأساسات من الخرسانة المسلحة في كل من الاتجاهين عن $0.0012A'_c$ إذا كان التسليح من النوع المطاوع، ولا تقل عن $0.001A'_c$ إذا كان التسليح من النوع عالي المقاومة (حيث A'_c = مساحة القطاع الخرساني المتعامد مع التسليح)، أو لا تقل عن 1.33 مرة من مساحة التسليح اللازمة حسابياً، أيهما أقل.

٢- لا تزيد مساحة التسليح القصوى على 1/2 المساحة التوازنية ($0.5\ A_{sb}$) لقطاع الأساس العرضي.

٣- تطبق على الشيناجات (الكمرات الأرضية) مساحات التسليح الدنيا والقصوى ذاتها المطبقة على الكمرات والواردة في البند (٧-٢-١-٢).

٧-١٠-٤- ترتيبات التسليح للأساسات والقواعد والشيناجات:

١- لا يقل قطر القضبان التسليح المستعملة في تسليح الأساسات والشيناجات عن 12mm في حال الفولاذ (الصُلب) المطاوع، وعن 10mm في حال الفولاذ (الصُلب) متوسط أو عالي المقاومة.

٢- لا يقل قطر قضبان التسليح المستعملة عن 12mm في قواعد الأعمدة وعن 10mm للتسليح الشاقولي (الرئيسي) و8mm للتسليح الأفقي (الثانوي) في قواعد الجدران.

٣- لا يزيد تباعد قضبان التسليح في الأساسات على 200mm.

٤- يتم نقل إجهادات التسليح الطولي في العمود أو القاعدة إلى القاعدة أو الأساس الحامل، إما بتمديد التسليح الطولي ضمن القاعدة أو الأساس الحامل وإما بواسطة تشاريك.

٥- في حال تمديد التسليح ضمن العنصر الحامل (بالأسفل) يجب تمديد هذا التسليح لمسافة كافية لنقل الحمل للخرسانة بواسطة التلاصق (التماسك أو الإرساء).

٦- في حال استعمال التشاريك فإن مجموع مساحات القطاعات العرضية للتشاريك يجب ألا تقل عن مجموع مساحات القطاعات العرضية للتسليح الطولي للعنصر الذي يتم نقل إجهادات تسليحه. ويجب ألا يقل عدد قضبان التشاريك في جميع الأحوال عن 4 لكل عنصر، كما يجب ألا يزيد قطر تسليح التشاريك على قطر تسليح العنصر الأساسي بأكثر من 3mm.

٧- يجب أن يمتد طول قضبان التشاريك ضمن القاعدة أو العمود مسافة لا تقل عن المسافة اللازمة لوصلة قضيب تسليح طولي في عمود، كما يجب أن تمتد ضمن الأساس لمسافة لا

تقل عن المسافة الكافية لنقل الحمل للخرسانة بواسطة التماسك (أي لا تقل عن طول الإرساء).

٨- يتم تثبيت نهايات قضبان تسليح الشيناجات في رقبات الأعمدة أو الأساسات (حسب منسوبها) بصورة جيدة، وبصفتها معرضة لإجهادات شادة، طبقاً للمتطلبات الواردة في الباب الحادي عشر.

٧-١١- الاحتياطات في طرائق الإنشاء والتسليح للمساهمة في مقاومة الزلازل:

يتم في هذا الباب من الكود إعطاء المبادىء الأولية للإحتياطات في طرائق الإنشاء والتسليح للمساهمة في مقاومة الزلازل، وخصص الملحق رقم (٢) للكود، لمزيد من التفاصيل للإحتياطات، إضافة لكل من مجالات التحليل والتصميم والتنفيذ للمباني والمنشآت وعناصرها المختلفة. كما خصص الملحق رقم (٤) للكود لمجالات تقييم وتأهيل المباني والمنشآت القائمة، بما في ذلك زيادة مقاومتها لتأهيلها ضد الزلازل.

٧-١١-١- الاحتياطات في اختيار المواد:

يتم في مناطق الزلازل، اختيار مواد الخرسانة المسلحة كما يلي:

١- خرسانة لا تقل مقاومتها المميزة عن $f'_c = 18MPa$

٢- فولاذ تسليح ذو مقاومة مميزة (حد مرونة للشد) لا يتجاوز $f_y = 400MPa$ لعالي المقاومة ولا يقل عن $f_y = 240MPa$ للفولاذ الأملس العادي ، في حال زادت قيمة حد المرونة للفولاذ المختبر على 400MPa، فيتم قبوله، شريطة أن لا يقل حد انقطاعه (f_{su}) عن 1.25 مرة من حد خضوعه (مرونته)، وبشرط تحقيق ما ورد في الملاحظة ٣ للجدول (٤-١) في البند (٤-١-١) والشرح في البند (٤-١-٥).

٧-١١-٢- الاحتياطات والاشتراطات في تسليح الإطارات المقاومة للزلازل:

يجب أن تحقق الإطارات التي تستعمل في المباني والمنشآت (حتى لو لم يتم إدخالها حسابياً في مقاومة الزلازل) الإحتياطات والاشتراطات الدنيا الآتية:

١ - يجب أن تحقق ترتيبات التسليح في عنصر الإطار متطلبات البند (٧-١١-٣) الخاص بالجوائز (الكمرات)، إذا كان حمل الضغط المحوري المصعد في هذا العنصر لا يتعدى ($0.1\ A'_c\ f'_c$). أما إذا تعدى الحمل الضاغط المحوري المصعّد هذه القيمة فيجب أن تحقق ترتيبات التسليح في عنصر الإطار متطلبات البندين (٧-١) و(٧-١١-٤) الخاصة

بالأعمدة، وإذا كان العمود مسلحاً بتسليح حلزوني فيجب تحقيق ترتيبات التسليح طبقاً للبند (٩-٢-٣-٢).

٢- إذا جرى استعمال بلاطة ذات اتجاهين دون جوائز (بلاطة فطرية أو مسطحة) كجزء من إطار مقاوم للزلازل، يجب أن تحقق تفصيلات التسليح في كل مجاز (بحر) متطلبات البند (٧-١١-٣).

٤- في حال تنفيذ الإطارات، بحيث تحقق الاحتياطات والاشتراطات الواردة أعلاه، فيلزم التحقق الحسابي منها مهما كان عدد الطوابق. وفي حال وجود جدران استنادية مسلحة على كامل محيط المبنى أو المنشأة ولا يتخللها فاصل (تمدد أو هبوط أو زلزالي)، فيمكن افتراض أن ارتفاع المبنى أو المنشاة يقاس من سقف القبو.

٥- يمكن الاستغناء عن الحساب لمقاومة الزلازل، للمباني العادية المصبوبة بالمكان (التباعد بين الأعمدة لايتجاوز 6 متر بالإتجاهين) وذات الجمل الإنشائية شبه المتناظرة والمنتظمة (مركز القساوة لايبعد عن مركز الكتل بأكثر من 0.1 بعد المبنى في الإتجاه المتعامد لتأثير الزلازل المدروس) وذلك في الحالة الآتية:

- في المناطق الزلزالية 0 و 1 شريطة ألا يزيد ارتفاعه الكلي من منسوب السطح العلوي للأساس على 8.5m في حال عدم استعمال جدران قص بالإتجاهين، وعلى 15m في حال استعمال جدران قص بالإتجاهين.
- وفي حال وجود جدران استنادية مسلحة على كامل محيط المبنى، ولا يتخللها فاصل (تمدد أو هبوط) فيمكن أخذ الإرتفاع المذكور أعلاه، مقاساً من سقف القبو. ويشترط في تطبيق الإستثناءات المبينة أعلاه، لحالة وجود جدران قص، أن يتم استعمال جداري قص على الأقل في كل اتجاه، و متناظرين قدر الإمكان، وبأطوال لا تقل عن الحد الأدنى المبين في هذا الباب.
- وفي جميع الحالات السابقة يجب ألا تزيد النسبة بين ارتفاع المبنى إلى أدنى بعد في مسقطه الأفقي على 2.5، وذلك للاستغناء عن الحسابات الزلزالية.

٥- عندما يتم إهمال الإطارات في مقاومة الزلازل، وتحميل الأحمال الزلزالية بكاملها لجدران القص، تُعامل هذه الإطارات كإطارات عادية على أن تحقق الاشتراطات الواردة في البندين (٧-١١-٣) و (٧-١١-٤) من هذاالكود. وفي حال كانت الاطارات مساهمة يُطبق عليها متطلبات الملحق رقم ٢ الخاص بالزلازل.

٧-١١-٣- الاحتياطات للجوائز (الكمرات):

١- يجب ألا يقل التسليح الموجب عند وجه المسند عن $\frac{1}{3}$ ال‌تسليح السالب عند وجه المسند ذاته.

٢- يجب ألا يقل التسليح السالب أو الموجب في كل قطاع ضمن مجاز الجائز (بحر الكمرة) عن $\frac{1}{6}$ التسليح الأكبر عند كل من المسندين.

٣- لا يتعدى الفرق (A_s-A'_s) الأعظمي عند العزم الموجب أو السالب في كل قطاع نصف المساحة التوازنية المعرفة بالبند (٩-٢-٥-١).

٤- توضع الإسوارة (الكانة) الأولى على مسافة لا تزيد على 50mm من وجه المسند.

٥- لا تزيد المسافة بين الأساور (الكانات) المتجاورة على نصف ($\frac{1}{2}$) العمق الفعال لقطاع الجائز (الكمرة) للجوائز الساقطة وثلاثة ارباع العمق الفعال للجوائز المخفية.

٦- عند كل من نهايتي الجائز (الكمرة)، أو لمسافة لا تقل عن ضعف عمق الكمرة عند كل نهاية، يجب ألا تزيد المسافة بين الأساور المتجاورة على القيمة الأدنى من القيم الآتية:

أ - ثلث عمق القطاع.

ب- 10 مرات القطر الأصغر للتسليح الطولي المحصور بالأساور.

ج- 25 مرة قطر الإسوارة.

د- مسافة 250mm.

٧-١١-٤- الاحتياطات للأعمدة:

١- يجب أن لا تتعدى مساحة التسليح الطولي في قطاع العمود (والأعمدة المخفية في جدران القص) القيمة $0.025A'_c$ حيث:

A'_c هي مساحة القطاع العرضي، (راجع أيضاً البند (٧-١-٢)).

أما في حال كانت درجة جودة البيتون لاتقل عن C30 (مقاومة مميزة 30 MPa)، فيمكن أن تُزاد قيمة التسليح إلى $0.035\ A_c$ ، وفي حال استعمال وصلات ميكانيكية أيضاً (mechanical couplers) فيمكن زيادة كمية التسليح إلى: $0.04\ A_c$.

٢- يجب أن لا يزيد التباعد بين الأساور (الكانات) على S_o وذلك في مسافة L_o بدءاً من وجه عقدة الإطار، حيث: L_o, S_o معرفتان أدناه.

٣- التباعد S_o لا يزيد على القيمة الدنيا مما يلي:

أ - 2/3 البعد الأصغر للقطاع العرضي للعمود.

ب- 10 مرات القطر الأصغر للتسليح الطولي المحصور بالأساور.

ج- 25 مرة قطر الإسوارة.

د- مسافة 200mm.

٤- يجب أن تتوضع هذه الأساور المكثفة على مسافة، بدءاً من وجه العمود، لا تقل عن القيم الآتية:

أ - $\frac{1}{6}$ المسافة الحرة (الارتفاع) للعنصر (العمود).

ب- البعد الأصغر للقطاع العرضي للعنصر.

ج- المسافة 450mm.

٥- توضع أول إسوارة على مسافة لا تزيد على ($\frac{S_0}{2}$) من وجه العقدة.

٦- تباعد الأساور خارج المنطقتين المجاورتين للعقدتين في العنصر يجب ألا تزيد على $2S_0$ وبحيث لا يزيد على 200mm في جميع الحالات.

٧- يجب أن ينسجم تسليح العقدة مع متطلبات البند (٧-١-٤).

٧-١١-٥- الإحتياطات والاشتراطات للشيناجات:

يجب استعمال شيناجات لربط العناصر الشاقولية بحيث توضع فوق سطح الأساسات مباشرة، أو متداخلة معها، على ألا تستند على التربة. وفي حال كون منسوب أسفل الجدران القاطعة لا يصل إلى سطح الشيناجات، فيمكن زيادة ارتفاع الشيناجات، أو استعمال شيناجات أخرى بمنسوب أعلى، حسب ظروف العمل والتكاليف.

يمكن الاستغناء عن الشيناجات عند استعمال اساسات حصيرية أو أساسات خطية باتجاهها. كما يمكن الإستغناء عن الشيناحات في حالة تربة التأسيس الصخرية، إذا تم صب الأساسات ضمن حفرات بالصخر، ودون استعمال قوالب جانبية، وبشرط أن لا تقل مقاومة الصخر عن $5\ kg/cm^2$

تصمم الشيناجات للأحمال الشاقولية المطبقة عليها ووزنها الذاتي، إضافة إلى قوى محورية (مرة شادة ومرة ضاغطة) مقدارها 10% من أكبر حمل لعمود مرتبط بها، مع ملاحظة أنه في حالة العمود الداخلي، فإن نسبة الـ 10% من حمله، توزع على الشيناجين الرابطين له في الإتجاه المدروس.

الباب الثامن

8

الافتراضات الأساسية في تحليل المنشآت

٨-١- طرائق التحليل:

يجري تحليل المنشآت بحساب القوى الداخلية (القوى المحورية، عزوم الانحناء (الانعطاف)، قوى القص، عزوم الفتل... الخ) الناتجة في القطاعات عن التأثير الأعظمي للأفعال المختلفة التي تخضع لها المنشأة، وتحسب هذه القوى بالاعتماد على طرائق التحليل الإنشائية المعروفة، وذلك بافتراض أن هياكل المنشآت تعمل في مجال المرونة أو في مجال اللدونة أو في المجالين معاً. وهي طرائق مختلطة بين الاثنتين ومعدّلة بصورة تناسب طبيعة سلوك مادة الخرسانة المسلحة. يمكن أن يكون التحليل يدوياً، باستعمال الطرائق المبسطة أو آلياً باستعمال الحواسب الإلكترونية التي تعتمد على التحليل العددي وطرائق المصفوفات ويضمن ذلك طرائق العناصر المحدودة. وتتناول الفصول (٨-٢) إلى (٨-١١) كل ما يتعلق بالطرائق المبسطة لتحليل المنشآت الخاصة، ويتناول الفصل (٨-١٢) كل ما يتعلق بطرائق المصفوفات، وتمت الإشارة إلى ملاحق الكود الخاصة بالمنشآت الأخرى في الفصل (٨-١٣).

٨-٢- تحليل المنشآت بالطرائق المبسطة:

٨-٢-١- تحليل المنشآت الهيكلية ذات العناصر الخطية:

يُقصد بالعناصر الخطيّة تلك العناصر التي يكون بُعدان من أبعادها الثلاثة صغيرين بالنسبة للبعد الثالث، وتشمل جميع عناصر الإطارات المستوية أو الفراغية والجوائز والأعمدة وجدران القص.

٨-٢-٢- الفرضيات الأساسية في المجالين المرن واللدن:

١- تتلخص الفرضيات الأساسية التي تستند عليها نظرية المرونة في أن مادة المنشأة مرنة، وخاضعة لقانون هوك، وأن التشوهات صغيرة.

٢- أما الفرضيات الأساسية لنظرية اللدونة، فتعتمد على السلوك الفعلي أو المفترض للمادة، دون التقيد بالعلاقة الخطيّة لقانون هوك، بين الإجهادات والانفعالات.

٣- في كلا النظريتين تتم كتابة معادلات التوازن باستعمال الأبعاد الهندسية للمنشأة قبل التشوه (أي تحليل المنشأة من الدرجة الأولى)، ماعدا حالات دراسة استقرار المنشأة أو بعض عناصرها، حيث يجب إدخال بعض أو كل افتراضات تحليل المنشأة من الدرجة الثانية (كما في حالة تحنيب الأعمدة مثلاً).

٨-٢-٣- اشتراطات عامة للعناصر الخطية بالطرائق المبسطة:

يعتمد التحليل الإنشائي المبسط على نظرية المرونة باستعمال إحدى الطرائق المبسطة لتحليل المنشأة، وذلك بالاعتماد على الخصائص الرئيسية لجملها الإنشائية المتنوعة (إطارات، جدران قص، جمل مختلطة، جمل أخرى....) وتكون الحلول معتمدة على استعمال طرائق تقريبية لتحديد السلوك الإنشائي التقريبي لهذه الجمل.

١- في الحالة العامة يمكن تبسيط الإطارات الفراغية، إلى إطارات مستوية، تدرَس بصورة مستقلة في كل من المستويين المتعامدين، ماعدا الحالات الآتية (حيث يجب فيها دراسة الإطار فراغياً):

أ - في حال كون عناصره غير متعامدة فيما بينها.

ب- في حال وجود أحمال منحرفة بصورة ملحوظة عن محاور عناصر الإطار.

ج- في حال توقّع وجود عزوم فتل هامة.

د- في الحالات الخاصة التي لا يَسمح فيها الشكل الهندسي للمنشأة بتجزئتها إلى إطارات مستوية مستقلة.

٢ - تؤخذ أبعاد الإطارات مساوية إلى المسافات بين محاور العناصر الخطيّة، أما في حال وجود عناصر شاقولية ذات قطاعات متغيرة الأبعاد، فتؤخذ المحاور الهندسية لقطاعات العناصر الشاقولية في كل طابق.

٣- تُحسب عزوم العطالة للأعمدة وجدران القص وفق أبعادها الهندسية، وبافتراض أنها غير متشققة، ويمكن إهمال مساهمة التسليح. ويمكن تخفيضها حتى 0.6 من عزم العطالة للمقطع غير المتشقق إذا كانت مقاطعها معرضة إلى لامركزية كبيرة (البند ٨-٢٢-٥)، أما الجوائز فيُحسب عزم العطالة المكافئ للقطاع المتشقق في منتصف المجاز، أو يُؤخذ 0.6 من عزم العطالة للقطاع غير المتشقق، وبإهمال مساهمة التسليح. كما تخفض هذه النسبة إلى 0.4 من عزم العطالة للقطاع غير المتشقق، وبإهمال مساهمة التسليح، للجوائز الرابطة بين جدران القص والجوائز المعرضة لعزوم انحناء تصل إلى طاقتها النظرية، وخاصة عند حساب تحليل المنشأة لتأثير القوى الزلزالية. أما في المقاطع بشكل T فيمكن أخذ عزم العطالة للمقطع دون الجناحين ودون تخفيض. تحدد أبعاد القطاع العرضي للجوائز وفق مايلي:

أ - للجوائز غير المتصلة مع البلاطات: أبعاد القطاع العرضي للجائز.

ب- للجوائز الساقطة المتصلة مع البلاطات: يُؤخذ جزء من البلاطة بصفة جناح للقطاع العرضي للجائز، ويدخل في حساب عزم العطالة، ويكون عرض هذا الجناح $b_w + 6\ t_f$، أو المسافة بين محاور الجوائز، أيهما أقل.

ج- للجوائز المخفية المتصلة مع البلاطات: تؤخذ أبعاد القطاع العرضي المستطيل للجائز.

د- للجوائز الساقطة الطرفية ذات المقاطع بشكل حرف L: تؤخذ أبعاد المقطع العرضي المستطيل للجائز.

٤- عند الحاجة إلى إدخال أثر ثابت الفتل J لعناصر الخرسانة المسلحة المستطيلة القطاع، يُعتمد ما يلي:

$$J = (1 - 0.63\frac{x}{y}) \cdot \frac{x^3 y}{3}$$

حيث: x = البعد الأصغر للقطاع المستطيل.

y = البعد الأكبر للقطاع المستطيل.

أما بالنسبة للقطاعات غير المستطيلة (أو التي يكون طولها قريباً من عرضها)، فتؤخذ قيم J من المراجع المختصة. ونتيجة انخفاض القساوة عندما تتشقق الخرسانة، يخفض الثابت المحسوب J إلى قيمة تساوي 0.5J في العناصر التي يكون الفتل أساسياً في تأمين الاستقرار للجملة، وإلى قيمة تساوي الصفر، في العناصر التي لا يكون الفتل أساسياً في تأمين الاستقرار للجملة، ولم يتم أخذ الفتل بالحسبان. أما إذا جرى أخذ الفتل بالحسبان فيترك للمهندس المصمم حرية اختيار قيمة ثابت الفتل شريطة أن لا تتعدى 0.5J، وأن يتم تصميم العناصر على تأثير الفتل.

٥- وتعتمد قيمة معامل مرونة القص G مساوية إلى 0.42 E،

حيث: E = معامل مرونة المادة، بافتراض عامل بواسون ($\mu = 0.2$) ويُؤخذ بالنسبة للخرسانة، طبقاً لما ورد في البند (٤-٢-٨)، وبما يتوافق مع توقيت تطبيق الأحمال.

٨-٢-٤- وضعيات التحميل المختلفة في الحالة العامة للمنشآت الهيكلية:

تعدّ الأحمال الميتة مطبّقة على كامل عناصر المنشأة في آن واحد. أما الأحمال الأخرى (سواء كانت حية، أو مناخية أو أفعالاً غير مباشرة ... الخ)، فيجب أن تؤخذ مُطبّقة بالشكل الذي يؤدي إلى أكبر قيم للقوى الداخلية في العنصر، والتي ينتج عنها أكبر أبعاد للقطاع المدروس أو أكبر تسليح فيه. ويمكن الاقتصار في حالات تحميل الأحمال الحية الناتجة عن الثقالة، على الحالات التي سيرد ذكرها في الفقرة (٨-٣-٢).

٨-٢-٥- إعادة توزيع القوى الداخلية:

نتيجة لعدم انسجام سلوك مادة الخرسانة المسلحة مع فرضيات نظرية المرونة، ولعدم تجانس هذه المادة، يُفترض أن توزّع القوى الداخلية، الناتجة عن حساب المنشآت الهيكلية وفق نظرية المرونة، لا يُمثل بالضرورة التوزّع الحقيقي في المنشأة، ولكن يمكن أن يُعدّ هذا التوزّع حلاً مقبولاً من الناحية التوازنية. يُسمح (ضمن مجال محدود) بالابتعاد عن التوزّع المرن للقوى الداخلية، بإعادة توزيع عزوم الانحناء على الشكل الآتي:

١- تحسب عزوم الانحناء بالطرائق التي تعتمد على فرضيات نظرية المرونة.

٢- مع مراعاة مضمون الفقرة (هـ-) من البند (٧-٢-١-٧)، تُعدّل قيم العزوم الناتجة في محاور المساند زيادة أو نقصاناً بنسبة مئوية لا تتجاوز ما يلي:

$$30\left[1-\frac{(A_s-A'_s)}{A_{sb}}\right]$$

بحيث ($A_s - A'_s$) لا تتجاوز $0.5\ A_{sb}$.

حيث: A_s = مساحة تسليح الشد في القطاع عند المسند.

A'_s = مساحة تسليح الضغط في القطاع عند المسند.

A_{sb} = مساحة تسليح الشد التوازنية للقطاع الأحادي التسليح، عند المسند.

٣- لا يقلّ مجموع العزوم في المجاز الواحد، عن العزم الكامل للمجاز البسيط الاستناد، أي يبقى شرط التوازن محققاً للعنصر، وتكون المساند التي تحوّل إليها عزوم سالبة، قادرة على تحمل هذه العزوم.

٤- بعد تعديل العزوم عند المساند، يُعاد حساب العزوم في القطاعات الأخرى.

٥- يتم إجراء تعديل قيم العزوم لكل حالة تحميل على حدة.

٦- يُؤخذ تأثير قيم العزوم المعدّلة في حساب قوى القص وردود الأفعال.

٧- يتم حساب القطاعات اعتماداً على عزوم الانحناء وقوى القص المعدّلة.

٨- لا تعدّل عزوم الانحناء بموجب ما ورد في هذا البند، إذا تم حساب القوى وعزوم الانحناء بطريقة العوامل التقريبية.

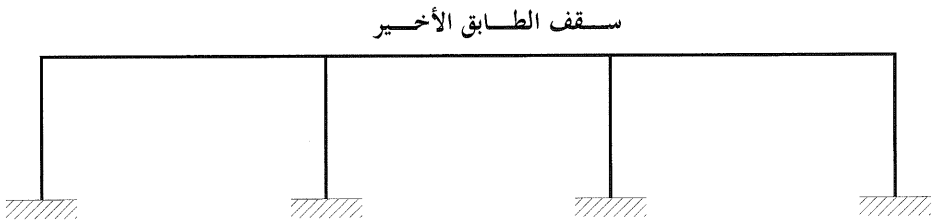
٩- لا يُسمح بإجراء أي تعديل في عزوم الانحناء، عند حساب حالة التشقق وحالة حد التشكل.

٨-٣- حساب العناصر الخطية في منشآت المباني تحت تأثير أحمال الثقالة:

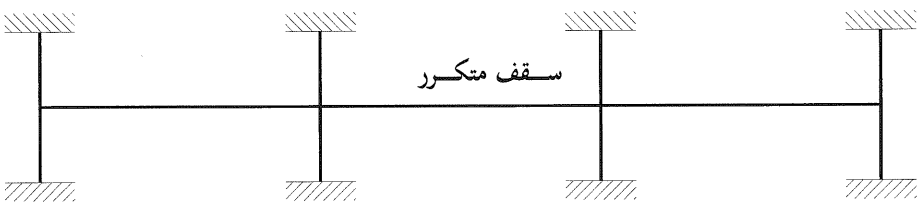
٨-٣-١- النماذج المبسّطة للجمل الحسابية في المباني:

يمكن اعتماد النماذج الحسابية المبسّطة الآتية للجوائز والأعمدة عند تحليل هذه العناصر في المباني الهيكلية.

١- النموذج ١ (الشكلان (٨-١) و(٨-٢)) الآتي: إطار مؤلف من جائز مستمر ومستند بصورة موثوقة مع الأعمدة، ومع دراسة الأعمدة أسفل وأعلى الجائز المدروس فقط، وبافتراض النهايات البعيدة للأعمدة موثوقة. ينتج عن الحساب بموجب هذه النماذج قيم القوى الداخلية في الجوائز والأعمدة، وفي حالة الطابق السفلي المتصل مع الأساسات، يعتبر الاستناد على التربة طبقاً لنوع التربة (أي يمكن أن يكون الاستناد مفصلياً أو وثاقة تامة أو وثاقة جزئية).



الشكل (٨-١): النموذج (١) لإطار الطابق الأخير



الشكل (٨-٢): النموذج (١) لإطار السقف المتكرر

٢- عندما تنتقل الأحمال إلى الأعمدة بوساطة جائز رئيسي في أحد الاتجاهين، وجوائز ثانوية أو أعصاب أو بلاطات في الاتجاه الآخر، يُعتمد إطار النموذج (١) في مستوي واحد فقط هو مستوي الجائز الرئيسي.

٣- عندما تنتقل الأحمال إلى الأعمدة بواسطة جوائز رئيسية في كلا الاتجاهين، يُعتمد إطار النموذج (١) في كلا الاتجاهين المتعامدين، وتحسب عزوم الانحناء في كل اتجاه. يُدرس قطاع العمود على القوة الناظمية المحسوبة من الاتجاهين، مع عزم الانحناء المحسوب من اتجاه واحد فقط، وذلك للأعمدة الوسطية والطرفيّة، أما الأعمدة الركنيّة، فتحسب على القوة الناظمية المحسوبة من الاتجاهين مع عزم انحناء مركّب محسوب من الاتجاهين أيضاً. ويشترط في هذه الحالة ألا يقل العزم الموجب المحسوب بهذه الطريقة عن $0.65\ M_o$ للمجاز الطرفي، وعن $0.5\ M_0$ لكل مجاز داخلي.

٤- النموذج (٢) (الشكل ٨-٣) يُحسب الجائز باعتباره مستمراً، ومستنداً على مسانده استناداً مفصلياً، وذلك شريطة وجود جدران قص قادرة على تأمين شرط السند الجانبي. وفي هذه الحالة

يمكن تصميم العمود على الحمل الناظمي فقط مع أخذ عوامل التكافؤ الواردة في الجداول (٨-٢-(أ) و(ب)).

الشكل (٨-٣): النموذج (٢) الجائز المستمر

عند اعتماد واحد من النماذج المبسّطة أعلاه، يُراعى ما يلي:

أ - لا يُعدّ الجائز متصلاً مع الأعمدة إلا إذا كان تسليح العمود مستمراً عبر الجائز، مع تأمين أطوال التراكب اللازمة لجميع أطوال التسليح المشدودة في عقدة الاتصال، وابتداء من وجه العقدة.

ب- في حال استناد الجائز إلى جدار مسلح يقع في مستوي الجائز ذاته، يمكن عدّ الجائز منتهياً وموثوقاً وثاقة تامة عند وجه المسند، إذا كان مجموع قساوات الجدار ($\frac{I}{h}$)، أعلى وأسفل الجائز، يساوي أو أكبر من ٨ مرّات قساوة الجائز ذاته ($\frac{I}{l}$)، أي يجب أن يتحقق ما يلي:

$$\frac{\frac{I_1}{h_1}+\frac{I_2}{h_2}}{\frac{I}{l}} \geq 8$$

ج- في حالة المساند العريضة، المكونة من جوائز، أو جدران غير مستمرة مع الجوائز، يُعتمد تعديل العزوم السالبة فقط فوق المساند العريضة، كما ورد في البندين (٧-٢-١-٣ و٧-٢-١-٤). أما إذا كان المسند العريض، عبارة عن عمود مسلح أو جدار مسلح، فيمكن حساب قطاع الجائز على العزم السالب، عند وجه المسند العريض.

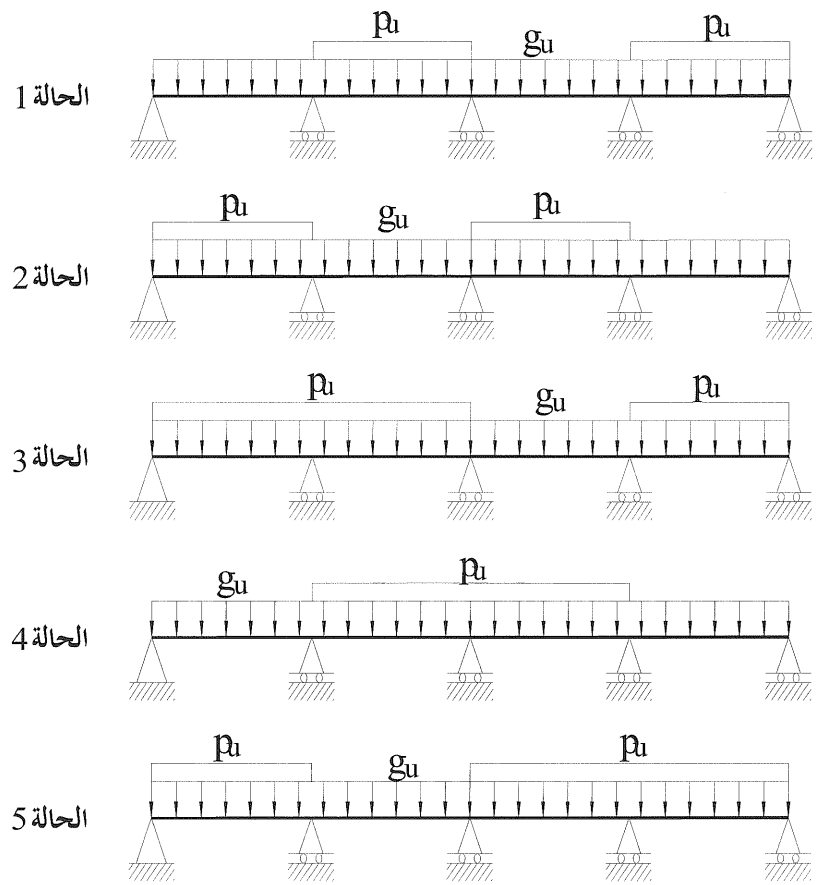
٨-٣-٢- حالات التحميل المبسطة للجوائز والأعمدة:

٨-٣-٢-١- الجوائز:

عند حساب الجوائز المستمرة تحت تأثير الأحمال الناتجة عن الثقالة، يمكن دراسة حالة تحميل واحدة، تشمل كامل الأحمال الحية والميتة المصعّدة، والمطبّقة على جميع المجازات في آن واحد، إذا كانت نسبة الأحمال الحية المصعّدة إلى الأحمال الميتة المصعّدة لا تتجاوز الثلث في كل مجاز. أما إذا لم يتحقق الشرط السابق، فيجوز الاكتفاء بدراسة حالات التحميل الآتية:

أ - الحمل الميت المصعّد مُطبّق على جميع المجازات، والحمل الحي المصعّد مُطبّق على المجازات بالتناوب (الحالتان ١ و٢ من الشكل ٨-٤).

ب- الحمل الميت المصعّد مُطبّق على جميع المجازات، والحمل الحي المصعّد مُطبّق على مجازين متتاليين، وعلى المجازات الأخرى بالتناوب (الحالات ٣ و٤ و٥ من الشكل ٨-٤).



الشكل (٨-٤): حالات تحميل الجوائز المستمرة

ج- عندما يتجاوز الحمل الحي المصعّد مثلي الحمل الميت المصعّد، يجب دراسة حالات إضافية أخرى، إذ إن إشارة عزوم الانحناء في بعض القطاعات الحرجة قد تتغير. ويجب أن يُلحظ أثر ذلك في تصميم القطاعات، إن حدث.

د - عند الحساب لحالات حدود الاستثمار، تحسب الأحمال الاستثمارية الميتة D والحية L دون تصعيد، وتوزّع على المجازات المختلفة كما ورد أعلاه مع اعتماد النسب دون تصعيد.

٨-٣-٢-٢- الأعمدة:

من أجل حساب القوى الناظمية في الأعمدة، تعدّ جميع الطوابق التي تعلو العمود (فوق المنسوب المدروس) محمّلة بكامل الأحمال الحية والميتة، مع إمكانية اعتماد نسب تخفيض الحمولات الحية. أما من أجل حساب العزوم على الأعمدة، فيمكن الاقتصار على دراسة حالات التحميل الواردة في البند (٨-٣-٢-١) للجوائز في سقف الطابق المدروس، ويُختار منها عند تصميم الأعمدة الحالات الآتية:

أ – حالات التحميل التي ينتج عنها أكبر عزم انحناء مصعّد مع الحمل الناظمي المصعّد المرافق.
ب– حالات التحميل التي ينتج عنها أكبر حمل ناظمي مصعّد مع عزم الانحناء المصعّد المرافق.
ج– حالة التحميل التي ينتج عنها أكبر لا مركزية، مع الحمل الناظمي المصعّد وعزم الانحناء المصعّد المرافقين (إن اختلفا عن (أ) أعلاه).
د– عند الحساب في حالات حدود الاستثمار، تُحسب القوى الداخلية بقيمها الاستثمارية غير المصعّدة، عند تطبيق أحكام الفقرات (أ– ب–ج) أعلاه.

٨–٣–٣– نقل الأحمال للجوائز:

١– بالنسبة للجوائز الحاملة لبلاطات ذات اتجاه واحد (مليئة أو مفرّغة)، تؤخذ ردود أفعال البلاطات أو الأعصاب بصفتها أحمالاً على الجوائز، مع مراعاة إدخال أثر الاستمرار في حال استعمال الطرائق المبسّطة.

عند حساب البلاطات ذات الاتجاه الواحد (مصمتة أو مفرّغة)، بطريقة العوامل التقريبية وفقاً للبند (٨–٤–١)، تؤخذ ردود الأفعال مساوية إلى ردود الأفعال الناتجة عن افتراض البلاطة مستندة استناداً بسيطاً على الجائز، مع زيادة رد الفعل على المسند الداخلي الأول بمقدار 10%، إذا كان عدد المجازات لا يقلّ عن ثلاثة، و15% في حالة الجائز المؤلف من مجازين فقط، أو تعتمد القيم الناتجة عن التحليل الإنشائي.

٢– بالنسبة للبلاطات التي تعمل باتجاهين (مصمتة أو مفرّغة)، والمستندة على جوائز محيطية، تنتقل الأحمال من البلاطات للجوائز المحيطية، وفق منصفات الزوايا، كما هو مبين بالشكل (٨–٥).

ويمكن استبدال الأحمال المثلثية وشبه المنحرفة، بأحمال مكافئة موزعة بانتظام، تحسب كما يلي:

$$w_{e1} = \alpha \, w \, l_x / 2$$

$$w_{e2} = \beta \, w \, l_x / 2$$

حيث: w_{e1} = الحمل المكافئ الموزّع بانتظام، لحساب العزم الأعظمي في الجائز البسيط.

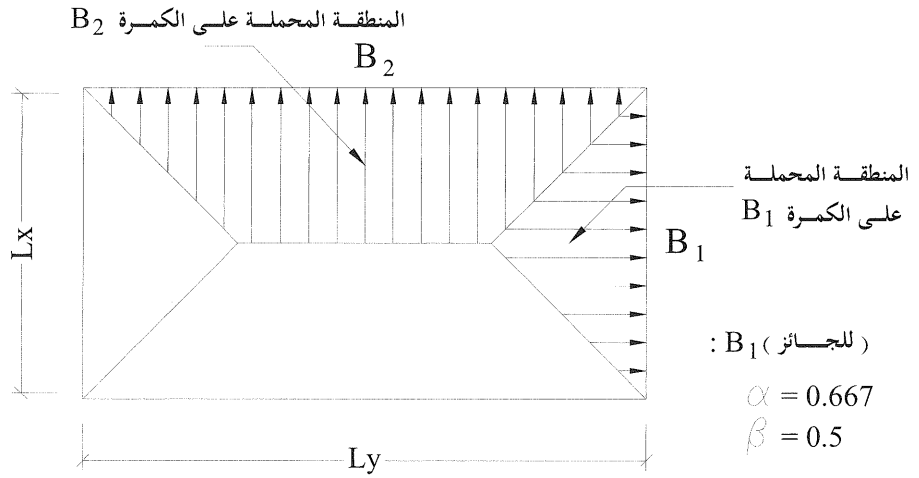
w_{e2} = الحمل المكافئ الموزّع بانتظام، لحساب قوى القص وردود الأفعال في الجائز البسيط.

α, β = معاملات تؤخذ من الجدول (٨–١) للجائز B_2. أما بالنسبة للجائز B1، فقيم المعاملات مبينة في الشكل (٨–٥).

l_x = البعد القصير للبلاطة.

l_y = البعد الطويل للبلاطة.

w = الحمل الموزّع بانتظام على البلاطة في حالات حدود الاستثمار، و w_u في حالات حد الانهيار.



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

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

٣- يُضاف إلى أحمال الجوائز وزنها الذاتي والأحمال المطبّقة عليها مباشرة، كحمل الجدران، أو العناصر المعمارية والتزيينية الأخرى.

٤- عندما يعمل الجائز مسنداً لجائز آخر، يُؤخذ رد فعل الجائز المحمول، بصفة حمل مركّز على الجائز الحامل.

٥- تصمم الجوائز الحاملة لبلاطة ظفرية لحمولة البلاطة الظفرية مضافاً إليها M / L .

حيث: M = عزم البلاطة الظفرية.

L = مجاز البلاطة المجاورة للبلاطة الظفرية، أو يحسب الحمل الإضافي بطريقة أكثر دقة.

٨-٣-٤- تحليل الجوائز بطرائق مبسّطة:

في حالة المباني العادية التي تحتوي على جوائز مستمرة خاضعة لأحمال منقولة إليها من البلاطات، بالإضافة إلى وزنها الذاتي، والأحمال المباشرة الأخرى، يمكن بديلاً لما ورد في البندين (٨-٢) و(٨-٣)، حساب عزوم الانحناء وقوى القص وردود الأفعال على الجوائز المستمرة، وفقاً للطرائق المبسّطة الآتية:

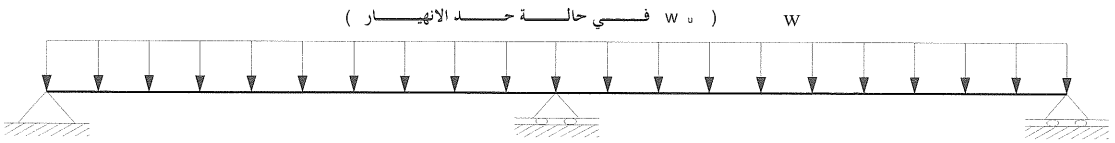
٨-٣-٤-١- طريقة العوامل التقريبية:

تُستعمل هذه الطريقة، لحساب عزوم الانحناء وقوى القص وردود الأفعال في الجوائز المستمرة، في حال تحقق الشروط الآتية معاً:

أ - الجوائز محمّلة بأحمال موزّعة بانتظام.

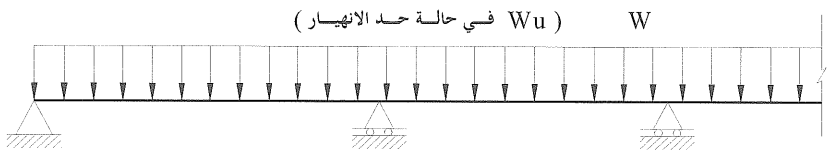
ب- لا يزيد الحمل الحي المصعّد على ضعفي الحمل الميت المصعّد.

ج- لا يختلف كل مجازين متجاورين أحدهما عن الآخر، بنسبة تزيد على 25% من المجاز الأكبر. عند تحقق هذه الشروط، تُؤخذ العزوم وقوى القص وردود الأفعال من الشكل (٨-٦- أ)، في حالة الجوائز المستمرة على مجازين فقط، ومن الشكل (٨-٦- ب)، في حالة الجوائز المستمرة على ثلاثة مجازات أو أكثر.



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 wl		1.15 wl			0.45 wl

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



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 wl			1.0 wl		

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

حيث: w = الحمل الكلي (حي وميت g+p) على وحدة الطول من الجائز، عند حساب العزم الموجب وقوة القص، أو متوسط الحملين الكليين للمجازين المتجاورين من الجائز عند حساب العزم السالب ورد الفعل. وتؤخذ w_u في حالة الحساب بطريقة الحد الأقصى.

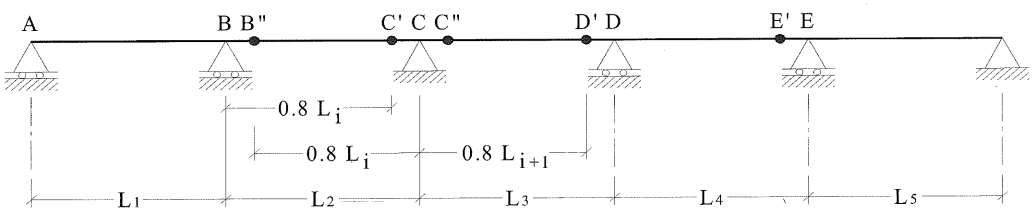
l = الطول الفعّال للجائز وفق البند (٧-٢-١-٢) عند حساب العزم الموجب، والطول الفعّال الأكبر بين المجازين المتجاورين، عند حساب العزم السالب فوق المسند، ومتوسط الطولين المتجاورين عند حساب رد الفعل.

٨-٣-٤-٢- طريقة التحويل إلى جوائز مركّبة:

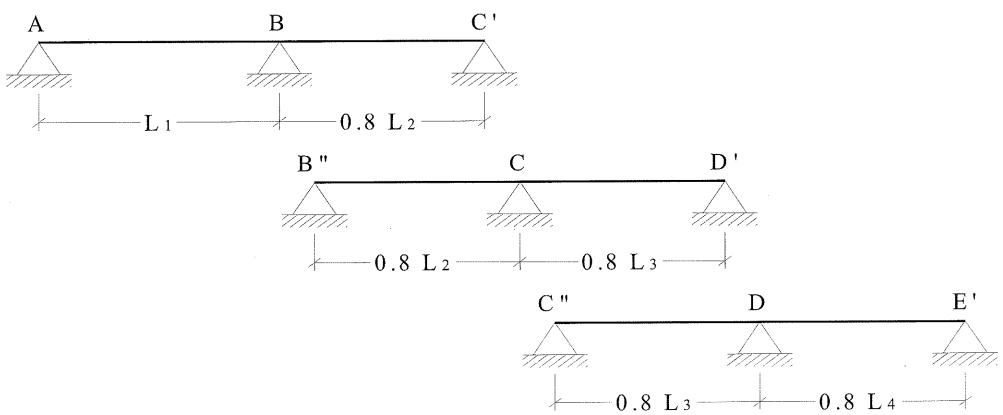
يمكن بهذه الطريقة حساب العزوم السالبة عند المساند، بتحويل الجائز المستمر ذي المجازات العديدة، كما هو مبيّن في الشكل (٨-٧- أ) إلى مجموعة من الجوائز ذات المجازين، كما هو مبيّن في الشكل (٨-٧-ب) وذلك بفرض نقاط انعدام عزم الانحناء في المواقع الآتية:

أ - عند المجازات الطرفية: تنطبق نقطة انعدام عزم الانحناء على المسند الطرفي البسيط.

ب- عند المجازات الداخلية: تقع نقطتا انعدام عزم الانحناء على بُعد 0.8 L من المسند المدروس من كل جهة، حيث: L تساوي المجاز الفعّال.



الشكل (٨-٧-أ): تحويل جائز مستمر إلى جملة مكافئة من مجموعة جوائز ذات مجازين



الشكل (٨-٧-ب): مجموعة من الجوائز ذات المجازين مكافئة للجائز المستمر

ويُحسب العزم السالب لكل مسند داخلي اعتماداً على ما سبق، بطريقة العزوم الثلاثة (إذ يُوجد فيها مجهول واحد، وهو عزم الانحناء المطبّق عند المسند الداخلي المدروس) أو أي طريقة أخرى.

بعد معرفة قيم العزوم السالبة عند المساند، تحسب قيم العزوم الموجبة، باستعمال المجازات الفعّالة الأصلية.

٨-٣-٥- حساب الأعمدة:

١- لحساب القوى الناظميّة تؤخذ ردود أفعال الجوائز، إذا كانت محسوبة بطرائق التحليل، أما إذا كانت محسوبة بالطرائق المبسّطة المسموح استعمالها، فيُؤخذ الاستمرار بالحسبان، على أن لا يقلّ رد الفعل دوماً، عن رد فعل الجائز البسيط الاستناد عند المساند الداخلية.

٢- يمكن أيضاً، ومن أجل الحساب الأوّلي، حساب الأحمال بتحديد المساحات الطابقية التي تُغذي العمود بالأحمال (مع أخذ الخطوط المنصّفة للمسافات بين الأعمدة في الحسبان)، وفي هذه الحالة يجب لحظ أثر الاستمرار، بزيادة الحمل الناتج عن الطابق المدروس بمقدار 10%، عن كل اتجاه يكون فيه العمود أول عمود داخلي إذا كان عدد المجازات بالاتجاه المدروس يزيد على اثنين، و15% إذا كان عدد المجازات في الاتجاه المدروس اثنين فقط.

٣- يمكن أن يُؤخذ في حساب القوى الناظميّة على الأعمدة، تخفيض الأحمال الحيّة في الأبنية المتعددة الطوابق، وفقاً للبند (٥-٣-٣).

٤- في الحالة العامة، يجب حساب عزوم الانحناء على الأعمدة مع أخذ أسوأ وضعية تحميل للأحمال الحية بالحسبان، ويمكن اعتماد نماذج مبسّطة للحساب، كما سبق في البند (٨-٣-١).

٥- إذا بيّن التحليل الإنشائي أن العمود غير خاضع لعزم انحناء في أخطر حالات التحميل، وخاضع لعزم انحناء يؤدي إلى لا مركزية (e)، لا تزيد على 0.05 من الارتفاع الكلي لمقطع العمود في الاتجاه المدروس، يمكن إهمال تأثير العزم، وحساب قطاع العمود وتسليحه بافتراضه معرّضاً للضغط البسيط، كما سيرد في الباب التاسع أو الباب العاشر حسب الحال.

٦- يمكن عدّ الأعمدة الوسطية التي ترتكز عليها جوائز أو بلاطات ذات مجازات متقاربة، بمثابة أعمدة خاضعة للضغط البسيط من الأحمال الشاقولية، ولا يُطلب حساب العزوم المطبّقة عليها، ويُستثنى من ذلك الأعمدة الحاملة لبلاطات فطرية.

٧- استثناء مما ورد أعلاه، يمكن للمصمم (اعتماداً على تقديره)، وفي حالة الأبنية الهيكلية الطابقية ذات المجازات المألوفة في المباني السكنية والتجارية وما شابهها، إهمال تأثير العزوم من الأحمال الشاقولية، وحساب قطاعات الأعمدة على الضغط البسيط، مع إدخال أثر العزوم الطارئة بصورة ضمنية، باعتماد العامل k_e الوارد في الجدول (٨-٢-أ)، (انظر أيضاً البندين ٩-٢-٣ و١٠-٣-٢-٣).

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

ملاحظة: لا يدخل أثر عامل التكافؤ k_e في حساب الأساسات أو الجدران التي ترتكز عليها الأعمدة في حال وجودها. أما في حالات كون الأعمدة الطرفية أو الركنية حاملة لبلاطات ظفرية مصمتة، أو مصمتة مع جوائز، أو مفرّغة، فيمكن تخفيض قيم عامل التكافؤ k_e الواردة في الجدول (٨-٢-أ) بحيث لا تقلّ عن القيم الواردة في الجدول (٨-٢-ب).

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

٨- في حالة البلاطات الفطرية (دون جوائز) أو ما يُماثلها، التي تعتمد في حسابها على طريقة العوامل المبسّطة الواردة في البند (٨-٤-٦)، تُحسب العزوم على الأعمدة الداخلية والخارجية كما سيرد في البند (٨-٤-٦-٢-و).

٩- يُؤخذ أثر التحنيب على الأعمدة وفق ما سيرد في البند (٩-٢-٦) أو البند (١٠-٣-٣-٤) حسب الحال.

٨-٤- تحليل البلاطات المعرّضة لأحمال متعامدة مع مستويها:

٨-٤-١- البلاطات المليئة (المصمتة) العاملة باتجاه واحد:

تعرَّف البلاطات المليئة (المصمتة) العاملة باتجاه واحد، كما ورد في البند (٧-٣-١-٤) ويمكن حساب عزوم الانحناء لشرائح بعرض واحدة الطول، في اتجاه المجاز الفعّال بين الركيزتين المتقابلتين كما يلي:

١- في حال تحقق الاشتراطات الآتية:

أ - الأحمال موزعة بانتظام.

ب- لا يزيد الحمل الحي المصعّد على ضعفي الحمل الميت المصعّد.

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

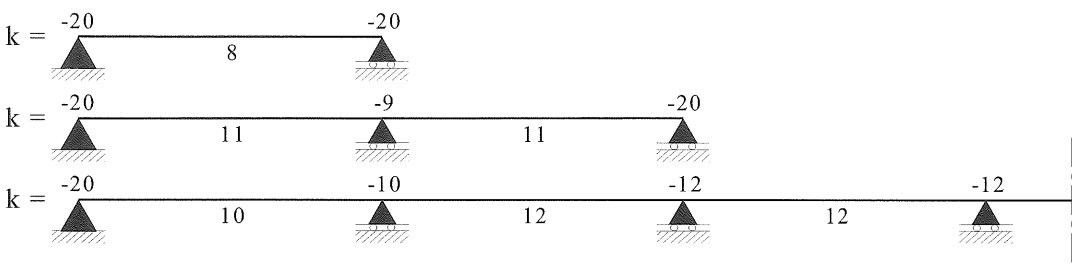
يُحسب عزم الانحناء من العلاقة الآتية:

$$M = w\,L^2/\,k$$

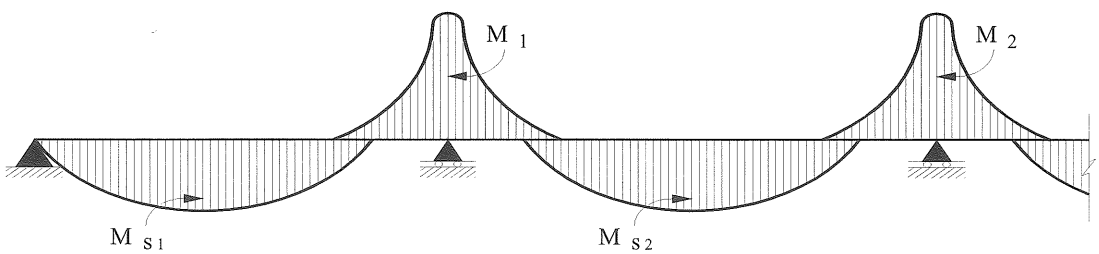
حيث: w = حمل البلاطة الكلي (حي + ميت g+p) عند حساب العزم الموجب (وسط البلاطة)، ومتوسط حملي البلاطتين المتجاورتين عند حساب العزم السالب (فوق المسند)، ويُؤخذ w_u في حالة حد الانهيار.

L = طول مجاز البلاطة عند حساب العزم الموجب والقص، ومتوسط طولي مجازي البلاطتين المتجاورتين، عند حساب العزم السالب ورد فعل المساند الداخلية.

k = معامل يُؤخذ من الشكل (٨-٨).



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



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

٢- عندما لا تتحقق الاشتراطات الواردة في (أ) أعلاه، لا يمكن استعمال المعاملات الموضحة بالشكل (٨-٨) وإنما تُحسب العزوم السالبة باستعمال الوثاقة عند المساند أوّلاً، ثم بإجراء عملية توزيع واحدة فقط، وفق القساوات للمجازين المتجاورين (أو باستعمال أية طريقة إنشائية أخرى). أما العزوم الموجبة في المجازات، فتحسب كما يلي (انظر الشكل ٨-٩):

أ - المجازات الطرفية: $M_{s1} = 1.2M_0 - 0.4M_1$

ب- المجازات الوسطية: $M_{s2} = 1.1M_0 - \left(\frac{M_1 + M_2}{2}\right)$

حيث: M_0 = العزم الأعظمي الموجب للجائز البسيط.

M_1 = العزم السالب عند المسند المستمر في مجاز طرفي، أو العزم السالب عند المسند الأيسر في مجاز وسطي، ويُؤخذ بقيمته المطلقة.

M_2 = العزم السالب عند المسند الأيمن في مجاز وسطي، ويُؤخذ بقيمته المطلقة.

M_{S1} = العزم الموجب التصميمي في المجاز الطرفي.

M_{S2} = العزم الموجب التصميمي في المجاز الوسطي.

ويجب أن لا يقلّ العزم الموجب التصميمي في كل مجازعن $\frac{1}{2}M_o$ للمجاز ذاته. وفي حال وجود عزم سالب في المجاز، تتم مقاومته بتسليح علوي حسب مغلف العزوم. وتؤخذ العزوم الناجمة عن الأحمال الاستثمارية، في حالات حدود الاستثمار، والمصعّدة في حالة الحد الأقصى.

٣- في حالة الأظفار المستمرة مع البلاطة، يُؤخذ العزم السالب فوق المسند بين البلاطة والظفر، مساوياً لعزم الظفر دون تنقيص، أما عزما البلاطة المجاورة للظفر (وهما: العزم الموجب في وسط البلاطة والعزم السالب على المسند الآخر للبلاطة)، فيمكن حسابهما بافتراض أن الاستمرار مع الظفر، هو وثاقة تامّة إذا كان مجاز الظفر لا يقلّ عن $\frac{1}{3}$ مجاز البلاطة، بينما يُعدّ استناداً بسيطاً إذا كان مجاز الظفر أقل من $\frac{1}{3}$ مجاز البلاطة بالاتجاه ذاته. على أنه يجب الزيادة في رد فعل المسند الطرفي، نتيجة تأثير عزم الظفر.

٤- يُؤخذ عزم سالب بنهاية الطرف الطويل للبلاطة ذات الاتجاه الواحد (عند وجود جائز في هذه النهاية)، مساوياً إلى $wL^2/35$

حيث: w = الحمل الكلي (حي + ميت) للبلاطة في حالات حدود الاستثمار، وw_u في حالة حد الانهيار.

L = طول المجاز في الاتجاه القصير للبلاطة.

٨-٤-٢- البلاطات المليئة (المصمتة) العاملة باتجاهين:

تُعرَّف البلاطات المليئة (المصمتة) العاملة باتجاهين، كما ورد في البند (٧-٣-١-٥)، وتُحسب عزوم الانحناء للبلاطات المصمتة باتجاهين، بإحدى الطرائق الأربعة الآتية.

٨-٤-٢-١- طريقة خطوط الانكسار:

يمكن اعتماد طريقة خطوط الانكسار في تصميم البلاطات، وهي تستند على سلوك البلاطات عند بلوغها حدّ الانهيار. ويُشترط في التصميم بهذه الطريقة استيفاء أقل سمك للبلاطات بدون حساب للتشكل، كما هو مُبيّن في البند (٧-٣-٣-١)، مع مراعاة ألا تزيد مساحة التسليح للبلاطة، على نصف مساحة التسليح التوازني. ومن المستحسن أن تكون نسبة مقاومة القطاع

للعزوم السالبة (M'_u) إلى مقاومة القطاع للعزوم الموجبة (M_u) كالآتي:

أ – في حالة البلاطات ذات الأطراف المثبّتة: $\frac{M'_u}{M_u} = 1.5 - 2.5$

ب– في حالة البلاطات المستمرّة: $\frac{M'_u}{M_u} = 1.0 - 1.5$

٨–٤–٢–٢– طريقة الجداول:

أ – يستند حساب البلاطات بطريقة الجداول على نظريات المرونة بشرط أن تتوفر المستلزمات الكافية لضمان وضع التسليح المقاوم لعزوم الانحناء السالبة، في مكانه الصحيح أثناء الصب.

ب– تقتصر صلاحية هذه الجداول على بلاطات المباني العادية التي لا تتجاوز الأحمال الحيّة عليها القيمة 5 kN/m^2 ($500kgf/m^2$) على أنه يمكن استعمالها لحالة أحمال حية أكبر، شريطة مراعاة احتمال تغير إشارة العزم في وسط المجاز وعند المسند (نشوء عزم سالب في وسط المجاز وعزم موجب عند المسند).

ج– فيما عدا ذلك، مثل بلاطات المستودعات والخزانات والجسور ... الخ، تُصمم طبقاً للاشتراطات الخاصة بها.

د– تنطبق الجداول على البلاطات التي ليس فيها ترتيبات لمقاومة الفتل أو ارتفاع الزوايا.

هـ– تستعمل الجداول (٨–٣)، (٨–٤)، (٨–٥)، (٨–٦) لحساب عزوم الانحناء القصوى الموجبة والسالبة وقوى القص في البلاطات، حسب شكل استنادها. ويفضل في هذه الطريقة تخفيض العزوم السالبة بحدود 20%، وزيادة العزوم الموجبة بما يتوافق مع ذلك.

و– في الجداول (٨–٣) و(٨–٤) و(٨–٥) و(٨–٦) يعتمد الاصطلاح الآتي لمحيط البلاطة:

طرف مستمر ////////

استناد بسيط ——————

الجدول (٨-٣): المعاملات المعتمدة في العزوم السالبة للبلاطات

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

$M_A^- = \alpha_A^- \cdot w \cdot a^2$

$M_B^- = \alpha_B^- \cdot w \cdot b^2$

$w = g + p$

$w_u = g_u + p_u$

الجدول (٨-٤): المعاملات المعتمدة في العزوم الموجبة بتأثير الأحمال الثابتة للبلاطات

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

g = الحمل الميت (الثابت الدائم) (أو g_u الميت المصعد)

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

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

الجدول (٨-٥): المعاملات المعتمدة في العزوم الموجبة تحت تأثير الأحمال المتغيرة للبلاطات

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

p = الحمل الحي (المتغير المؤقت) (أو p_u الحي المصعد)

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

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

الجدول (٨-٦): نسبة أقساط الأحمال في الاتجاهين (a) و(b) لتقدير قوى القص للبلاطات

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

w_a = الحمل في الاتجاه (a)

w_b = الحمل في الاتجاه (b)

٨-٤-٢-٣- طريقة الشرائح:

أ - تقتصر صلاحية هذه الطريقة، على بلاطات المباني العادية التي لا تتجاوز الأحمال الحية عليها القيمة $5kN/m^2$ ($500kgf/m^2$)، على أنه يمكن استعمالها لحالة أحمال حية أكبر شريطة مراعاة احتمال تغير إشارة العزم في وسط المجاز وعند المسند (نشوء عزم سالب في وسط المجاز وعزم موجب عند المسند).

ب- فيما عدا ذلك مثل بلاطات المستودعات والخزانات والجسور ... الخ، تُصمم طبقاً للاشتراطات الخاصة بها.

ج- تنطبق هذه الطريقة على البلاطات التي تستند على جوائز محيطية ذات عمق لايقل عن مثلي سماكة البلاطة ومصبوبة استمرارياً مع البلاطة ذات الترتيبات المعيّنة لمقاومة الفتل وارتفاع الزوايا والتي تعدّ محققة بوجود حديد تسليح علوي إنشائي عند المسند.

د- تحسب عزوم الانحناء لشرائح باتجاهين، إذ يُوزّع الحمل الكلي باتجاهين، حسبما يلي:

- الحمل w_1 (بالاتجاه الطويل) $w_1 = \alpha_1 w$

- الحمل w_2 (بالاتجاه القصير) $w_2 = \alpha_2 w$

حيث: α_1 ، α_2 هما معاملان تؤخذ قيمهما من الجدول (٨-٧) الآتي، ثم تستعمل من أجل حساب عزوم الانحناء، نفس القواعد المذكورة في البند (٨-٤-١) للبلاطات ذات الاتجاه الواحد، ولكن مع استعمال w_1 (أو w_2) عوضاً عن w.

هـ- عند استمرار بلاطة ذات اتجاهين مع الاتجاه الطويل لبلاطة ذات اتجاه واحد، يؤخذ العزم السالب للبلاطة ذات الاتجاه الواحد في الاتجاه الطويل لها ($wL^2 / 35$).

حيث: L طول المجاز القصير لهذه البلاطة.

ويكون العزم السالب فوق المسند بين البلاطتين، مساوياً للقيمة المتوسطة بين القيمة المذكورة، وقيمة عزم الوثاقة السالب للبلاطة ذات الاتجاهين، في الاتجاه المعتمد، شريطة ألا تزيد على طاقة تحمّل البلاطة ذات السماكة الأدنى.

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

وتحدد نسبة الاستطالة كما ورد في الفقرة (٧-٣-١-٥-ج).

٨-٤-٢-٤- الطريقة المبسّطة:

أ - تقتصر صلاحية هذه الطريقة، على بلاطات المباني العادية التي لا تتجاوز الأحمال الحية الاستثمارية عليها $5\ kN/m^2$ $(500kgf/m^2)$، والموزّعة بانتظام، على أنه يمكن استعمالها لحالة أحمال حية أكبر شريطة مراعاة احتمال تغير إشارة العزم في وسط المجاز وعند المسند (نشوء عزم سالب في وسط المجاز وعزم موجب عند المسند).

ب- تنطلق هذه الطريقة في الحسابات، من بلاطة بسيطة الاستناد عند أطرافها الأربعة.

لتكن البلاطة المبيّنة في الشكل (٨-١٠)، بلاطة تعمل باتجاهين، إذ تنطبق عليها أحكام البند (٧-٣-١-٥)، وذات المجازين L_1 و L_2، حيث: L_1 المجاز الأكبر.

تتعرّض هذه البلاطة لحمل موزّع بانتظام على كامل سطحها، شدّته w.

ج- تحدد عزوم الانحناء المتولدة عن الأحمال في مركز البلاطة بالاتجاهين كالآتي:

١) باتجاه المجاز القصير L_2: $M_{o2} = \mu_2\, w\, L_2^2$

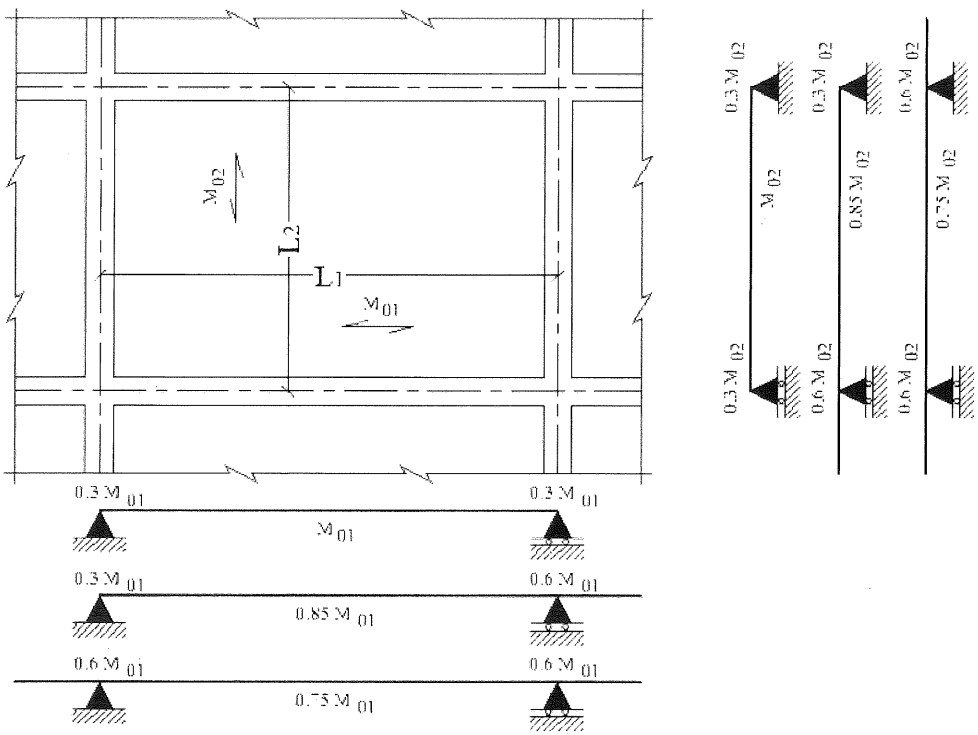
٢) باتجاه المجاز الطويل L_1: $M_{o1} = \mu_1\, M_{o2}$

حيث: تُحدد قيم المعاملين μ_1 ، μ_2 من الجدول (٨-٨)، أو الشكل (٨-١١) المرفق تبعاً لقيمة النسبة $\left(0.5 \le \rho = \frac{L_2}{L_1} \le 1\right)$

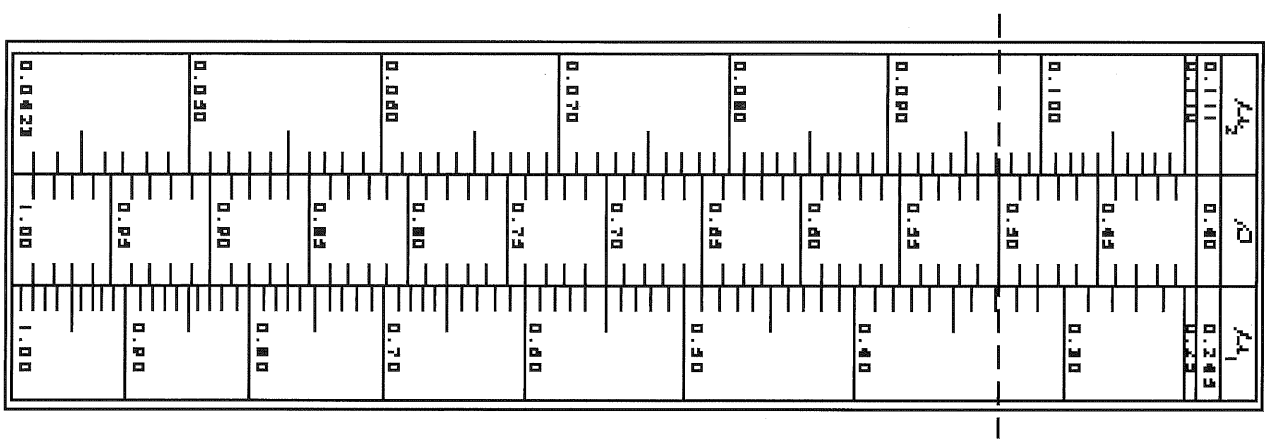
وتؤخذ عزوم انحناء سالبة عند المساند في البلاطة بسيطة الاستناد، لا تقلّ قيمتها عن $0.3M_{o1}$ في الاتجاه L_1، وعن $0.3\ M_{02}$ في الاتجاه L_2.

الجدول (٨-٨): قيم المعاملين: μ_1 ، μ_2

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



الشكل (٨-١٠): قيم العزوم الموجبة والسالبة في البلاطة كنسب من العزمين M_{01} , M_{02} للبلاطة بسيطة الاستناد



الشكل (٨-١١): قيم المعاملين μ_1 ، μ_2 تبعاً لدرجة الاستطالة ρ

د- إذا كانت البلاطة مستمرة من طرف، ومستندة استناداً بسيطاً من الطرف الآخر، تعتمد القيم الآتية لعزوم الانحناء:

في المجازات: بالاتجاه L_1 $0.85\ M_{01}$

بالاتجاه L_2 $0.85\ M_{02}$

عند المساند الطرفية (عزم سالب): بالاتجاه L_1 $0.3\ M_{01}$

بالاتجاه L_2 $0.3\ M_{02}$

عند المساند الداخلية (عزم سالب): بالاتجاه L_1 $0.6\ M_{01}$

بالاتجاه L_2 $0.6\ M_{02}$

هـ- إذا كانت البلاطة مستمرة من الطرفين، تعتمد القيم الآتية لعزوم الانحناء:

في المجازات: بالاتجاه L_1 $0.75\ M_{01}$

بالاتجاه L_2 $0.75\ M_{02}$

عند المساند الداخلية (عزم سالب): بالاتجاه L_1 $0.6\ M_{01}$

بالاتجاه L_2 $0.6\ M_{02}$

و- يُؤخذ العزم السالب لبلاطة مستمرة متوسط القيمتين عند يسار ويمين المسند.

٨-٤-٣- البلاطات المفرّغة باتجاه واحد:

تطبّق قواعد البند (٨-٤-١) ذاتها، في حساب العزوم، ويُركز التسليح الناتج في الحساب ضمن الأعصاب الواقعة بواحدة الطول. أو يمكن اعتماد شريحة البلاطة بالعرض المساوي للمسافة بين محاور الأعصاب المتتالية، ويُرَكز التسليح الناتج في الحساب ضمن العصب، مع التأكيد على ما جاء في ذلك البند من حيث قيمة العزم الموجب الأدنى في كل مجاز (بحر).

٨-٤-٤- البلاطات المفرّغة باتجاهين:

تطبّق قواعد البند (٨-٤-١) ذاتها، في حساب العزوم، وذلك بعد توزيع الأحمال في الاتجاهين، حسبما ورد في البند (٨-٤-٢-٣)، ولكن باستعمال الجدول (٨-٩)، للبلاطات المعرّفة بالبند (٧-٣-٥-١- أ) وباستعمال الجدول (٨-١٠) للبلاطات المعرّفة بالبند (٧-٣-٥-١-ب). ويُرَكز التسليح الناتج في الحساب، ضمن الأعصاب الواقعة بواحدة الطول. أو يمكن أخذ عرض شرائح البلاطة بالاتجاهين مساوياً للمسافة بين محاور الأعصاب المتتالية بكل اتجاه، ويُرَكز التسليح الناتج في الحساب ضمن العصب في كل اتجاه، ويُعمم التسليح على باقي أعصاب الاتجاه ذاته.

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

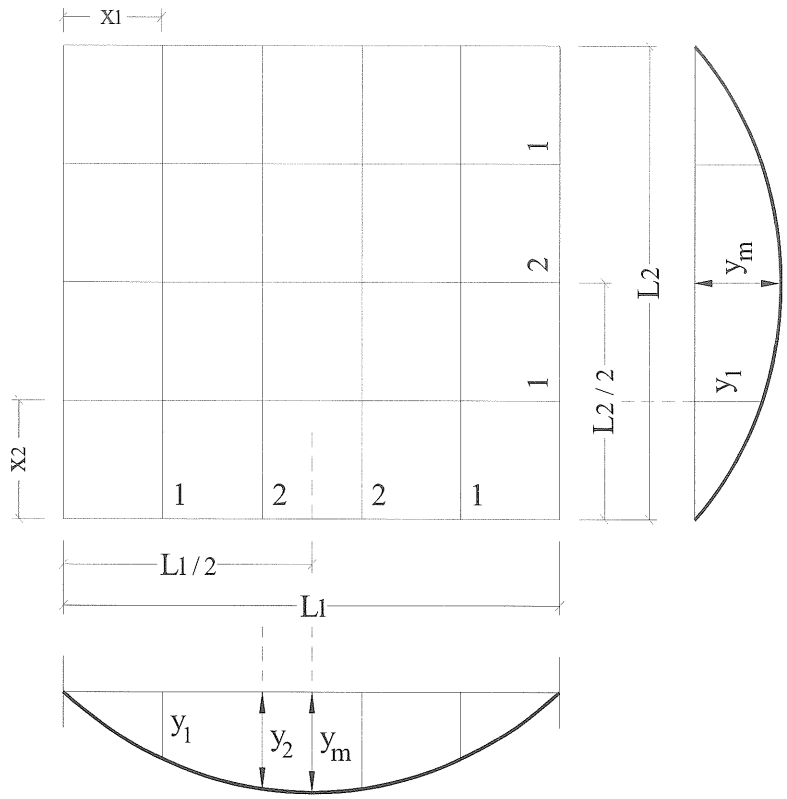
الجدول (٨-١٠): معاملات توزيع الأحمال في البلاطات ذات الجوائز المتصالبة أو البلاطات المفرغة باتجاهين عندما تكون الجوائز الرئيسة مخفية

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

٨-٤-٥- البلاطات ذات الجوائز المتصالبة:

في حال عدم اعتماد طريقة أدق وفق نظرية المرونة، يمكن حساب البلاطات ذات الجوائز المتصالبة (أي التباعدات بين الجوائز تزيد على 1m بالاتجاهين)، على أساس شرائح بالاتجاهين بعرض واحدة الطول، ويتم توزيع الأحمال في الاتجاهين، حسبما ورد بالبند (٨-٤-٢-٣)، ويُستعمل الجدول (٨-١٠) لتوزيع الأحمال. ويكون التسليح اللازم للجائز في وسط البلاطة في كل اتجاه مساوياً لكمية التسليح اللازم للشريحة بعرض واحدة الطول، مضروباً بالمسافة بين الجوائز، مع إمكان تخفيض العزوم الناتجة فقط (وليس قوى القص)، بمقدار لا يزيد على 20%، نظراً لصلابة البلاطة. أما بلاطة التغطية للجوائز المتصالبة، فتُحسب مثل البلاطات المصمتة باتجاهين.

أما بالنسبة للجوائز التي لا تقع في وسط البلاطة، فتكون كمية التسليح اللازمة لها أقل من المحسوبة، ويمكن استنتاجها من الجدول (٨-١١)، وذلك بدلالة الشكل (٨-١٢) طبقاً لعدد الجوائز المتصالبة في كل اتجاه (ولشكل استناد البلاطة على محيطها، على أنه يمكن اعتماد القيم من أجل الاستناد البسيط).



الشكل (٨-١٢): مسقط أفقي لبلاطة ذات جوائز متصالبة

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

٨-٤-٦- البلاطات الفطرية (اللا جائزية- دون جوائز):

تعرّف البلاطات الفطرية (اللا جائزية- دون جوائز) كما ورد في البند (٧-٣-٦-١)، كما تحدد الشرائح الحسابية الوسطية (المجازية) والمسندية، كما هو مبيّن في الشكل (٧-١٥). في حال عدم اعتماد طريقة دقيقة للتحليل، تحسب عزوم الانحناء في البلاطات الفطرية بإحدى الطريقتين الآتيتين:

٨-٤-٦-١- حساب البلاطات الفطرية كهياكل (إطارات مستمرة):

أ - يمكن حساب عزوم الانحناء وقوى القص بتحليل المنشأة كهيكل (إطار) مستمر، بالاعتماد على نظرية المرونة، ومع أخذ الافتراضات الآتية بالحسبان.

١) تعدّ المنشأة مقسّمة طولياً وعرضياً إلى هياكل (إطارات)، مكوّنة من صف من الأعمدة، وشريحة من البلاطات الواقعة على جانبي صف الأعمدة، بعرض يساوي المسافة بين محاور المجازات.

٢) يمكن تحليل كل هيكل مستمر كهيكل مستقل، مكوّن من شريحة من البلاطة والأعمدة أعلاها وأسفلها، باعتماد نهايات الأعمدة البعيدة موثوقة (أو مفصلية إذا كان اتصال الأعمدة مع الأساسات مفصلياً).

٣) إذا كانت طبيعة المنشأة تفرض أن الأحمال الحية لن توجد إلا على كامل المجازات في آن واحد، أو إذا كان من الممكن وجود الأحمال الحية على بعض المجازات دون بعضها الآخر، وكانت قيمتها لا تتجاوز $\frac{3}{4}$ الحمل الميت، يمكن حساب الهيكل (الإطار) على حالة تحميل واحدة تطبّق فيها كامل الأحمال الحية والميتة في آن واحد، أما في الحالات الأخرى، فيجب وضع الحمل الحي في المواقع التي تعطي أقصى قوة داخلية في الأعضاء المختلفة للهيكل.

٤) تؤخذ المجازات التي تستعمل في هذا التحليل، مساوية للمسافات بين محاور الأعمدة، كما يجب أخذ اختلاف عزوم العطالة (عزوم القصور الذاتية) لأعضاء الهيكل في الحسبان. وفي حال استعمال تيجان للأعمدة، يمكن أخذ أجزاء الأعضاء الواقعة ضمن الجزء الحسابي من التاج (راجع البند ٧-٣-٦-٢) بعزم عطالة قيمته لا نهائية $(I=\infty)$.

ب- تحسب البلاطة عند كل قطاع لعزوم الانحناء المحسوبة كما سبق، إلا أنه لا يلزم اعتماد عزوم انحناء سالبة أكبر من تلك الموجودة عند القطاعات الحرجة على حدود القطر الفعّال d، وفق الشكل (٧-١٤)، ويُحقق العزم أيضاً، على محيط السقوط إن وُجد.

ج- تقسم عزوم الانحناء التي وُجدت باتباع الطريقة السابقة، بين الشرائح المسندية والشرائح الوسطية (المجازية) بالنسب المئوية المبينة في الجدول (٨-١٢). عندما تؤخذ شريحة العمود مساوية لعرض السقوط، ويزداد تبعاً لذلك عرض الشريحة المجازية لقيمة أكبر من $\frac{1}{2}$ عرض

المجاز، يجب زيادة العزوم التي تقاومها الشريحة المجازية، على القيم المعطاة في الجدول (٨-١٢) بالتناسب مع الزيادة في عرضها. ويمكن عندئذ تخفيض العزوم التي تقاومها الشريحة المسندية عن القيم المعطاة في الجدول (٨-١٢)، بحيث لا يكون هناك تخفيض في العزوم الكلية الموجبة أو الكلية السالبة، التي تقاومها الشريحة المسندية والشريحة المجازية بعضهما مع بعض.

د- عند حساب القطاع المعرّض لعزم انحناء سالب في شريحة مسندية تحتوي على سقوط، يُؤخذ العرض الحسابي للقطاع مساوياً إلى عرض السقوط، كما يُؤخذ الارتفاع الفعّال للقطاع، مساوياً إلى الارتفاع الفعّال للسقوط.

هـ- يُراعى في توزيع التسليح العلوي ضمن الشريحة المسندية ما يلي:

في حال وجود تيجان، يُوزّع ما لا يقلّ عن $\frac{1}{2}$ تسليح الشريحة المسندية ضمن القطر الفعّال (d).

الجدول (٨-١٢): توَزّع عزوم الانحناء بين الشرائح المختلفة، عند الحساب بطريقة الهياكل (كنسب مئوية) من عزوم الانحناء الكلية (السالبة والموجبة)

الشريحة / القطاع		الشريحةالمسندية	الشريحة الوسطية (المجازية)	نصف الشريحة المسندية الطرفية	
				A	B
العزوم السالبة عند المساند الداخلية		75	25	38	19
العزوم الموجبة		55	45	28	14
عزوم سالبة عند المسند الخارجي	C	80	20	40	20
	D	60	40	30	15

A = دون جوائز محيطية موازية لنصف الشريحة المسندية الطرفية.

B = مع جوائز محيطية موازية لنصف الشريحة المسندية الطرفية.

C = دون جوائز محيطية عمودية على الشريحة المحسوبة.

D = مع جوائز محيطية عمودية على الشريحة المحسوبة، على ألا يقل عمق الجوائز المحيطية عن ثلاثة أمثال سماكة البلاطة.

٨-٤-٦-٢- الحساب الافتراضي للبلاطات الفطرية المعرّضة لأحمال منتظمة التوزيع:

أ - حدود استعمال الطريقة:

١) أن تحتوي البلاطات الفطرية على مجموعة من الوحدات المستطيلة ذات السمك الثابت تقريباً، والمرتبة في ثلاثة صفوف على الأقل في اتجاهين متعامدين، وعلى ألا تزيد نسبة طول كل وحدة إلى عرضها، عن 4 إلى 3.

٢) ألا تختلف أطوال وعروض كل وحدتين متجاورتين في كل مجموعة بأكثر من 10% من أكبر طول أو عرض، وعلى ألا تختلف المجازات المتباعدة بعضها عن بعض في المجموعة بأكثر من 20% من المجاز الأكبر. يجوز أن تكون المجازات الطرفية أقصر من المجازات الداخلية، ولا يجوز أن تكون أطول منها. في حالة اختلاف المجازات المتجاورة يجب دائماً أخذ طول المجاز الأكبر في حساب عزوم الانحناء السالبة فوق المساند.

٣) ألا يقلّ السقوط (إن وُجد) في كل اتجاه، عن $\frac{1}{3}$ طول المجاز في الاتجاه ذاته. أما في الوحدات الخارجية فيجب أن يكون عرض السقوط (عمودياً على الطرف غير المستمر) مقيساً من محور الأعمدة، مساوياً لنصف عرض السقوط للوحدات الداخلية. وألا يزيد سمك السقوط من السطح العلوي للبلاطة عن $1\frac{1}{2}$ سمك البلاطة، وألا يقلّ عن $1\frac{1}{4}$ سمكها.

ب- القطاعات الحرجة:

تعدّ العزوم المحسوبة بهذه الطريقة، مُطبّقة على القطاعات الحرجة المشار إليها في البند (٨-٤-٦-١- د)، وتستعمل قيم العزوم في حساب هذه القطاعات دون تعديل.

ج- عزوم الانحناء في وحدات البلاطات الفطرية:

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

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

حيث دلالة كل من w، L_1، L_2، d كما سبق تعريفها في البند (٧-٣-٦-١).

أما في الاتجاه L2، فتحسب قيمة العزم من علاقة مشابهة، تستبدل فيها L2 بـ L1 و L1 بـ L_2. بعد ذلك يتم تقسيم M_0 بين الشرائح الوسطية والمسندية في الاتجاه المعتمد، بالنسب المئوية المعطاة في الجدول (٨-١٣).

د- عند حساب القطاع المعرّض لعزم انحناء سالب في الشريحة المسندية، يُراعى ما يلي:

١) يُؤخذ العرض الحسابي للقطاع، مساوياً إلى $\frac{3}{4}$ عرض الشريحة، في حال عدم وجود سقوط، أو إلى عرض السقوط، إن وُجِد.

٢) يُؤخذ الارتفاع الفعّال للقطاع مساوياً إلى الارتفاع الفعّال للبلاطة، في حال عدم وجود سقوط أو إلى الارتفاع الفعّال للسقوط، إن وُجِد .

هـ- يُراعى في توزيع التسليح العلوي ضمن الشريحة المسندية ما ورد في الفقرة (٨-٤-٦-١-هـ)، والفقرة (٧-٣-٦-٤).

و- عزوم الانحناء المطبّقة على الأعمدة:

١) تحسب الأعمدة الداخلية والخارجية على القوى الناظمية المطبّقة عليها، إضافة إلى عزوم انحناء تساوي قيمتها إلى ما يلي:

$$\frac{W.L_b - W_d.L_s}{f}$$

حيث: W = الحمل الكلي على وحدة البلاطة ذات المجاز الأكبر على طرفي العمود المدروس.

W_d = الحمل الميّت على وحدة البلاطة ذات المجاز الأصغر على طرفي العمود المدروس.

L_b = المجاز الأكبر على طرفي العمود المدروس.

L_s = المجاز الأصغر على طرفي العمود المدروس، ويُؤخذ مساوياً إلى الصفر في حالة العمود الطرفي.

f = 30 في حالة العمود الطرفي، أو 40 في حالة العمود الداخلي.

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	45	25	50	20
		B	35			
	دون سقوط	A	40	30	45	25
		B	30			
الشريحة المجازية	بسقوط	A	10	20	15	15
		B	20			
	دون سقوط	A	10	20	15	15
		B	20	20		

* 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.

٢) في الأعمدة الخارجية الحاملة لأجزاء من الأسقف والجدران بصفة أحمال ظفرية (كابولي)، يمكن خفض عزوم الانحناء المحسوبة كما في الفقرة السابقة بمقدار العزم الناتج عن الحمل الميّت المؤكّد وجوده على الجزء الظفري (الكابولي).

ز- عزوم الانحناء في نصف الشريحة المسندية الطرفية:

عندما ترتكز البلاطة على جائز طرفي لا يقلّ عمقه الكلي عن 3 أمثال سمك البلاطة، يُحسب الجائز على حمل كلي موزّع 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) بالنسبة لشريحة مسندية عادية، وكذلك الأمر بالنسبة لنصف الشريحة المسندية الطرفية المحاذية لطرف البلاطة، في حال استناد هذا الطرف على جدار مصبوب بشكل مستمر مع البلاطة. أما في الحالات الأخرى التي يكون استناد طرف البلاطة فيها على جدار غير مستمر مع البلاطة، أو عندما يكون هذا الطرف حرّاً غير مسنود، فتؤخذ عزوم الانحناء على نصف الشريحة المسندية الطرفية المحاذية لهذا الطرف، مساوية 0.5 القيم المعطاة في الجدول (٨-١٣) بالنسبة لشريحة مسندية عادية.

٨-٤-٦-٣- القصّ في البلاطات الفطرية:

تحقق القطاعات الحرجة على القص المبينة في الشكل (٧-١٤)، وفقاً للبند (٩-٢-٧) عند التحقق على حالة الحد الأقصى، ووفقاً للبند (١٠-٣-٥)، عند التحقق على حالة حد تجاوز الإجهادات المسموح بها.

٨-٤-٦-٤- ترتيبات التسليح للبلاطات الفطرية:

تكون ترتيبات التسليح في البلاطات الفطرية، كما ورد في البند (٧-٣-٦-٤).

٨-٥- تحليل الجدران الحاملة المسلحة:

تعرَّف الجدران الحاملة المسلحة، كما ورد في البند (٧-٤-١). وتكون الأحمال الأساسية التي يتعرّض لها الجدار الحامل، هي الأحمال الشاقولية الواقعة ضمن مستوي الجدار، والتي تسبب في الجدار قوى ناظمية ضاغطة أساساً.

٨-٥-١- حساب القوى الناظمية:

يجري حساب القوى الناظميّة على الجدران المسلحة الحاملة، بالطريقة ذاتها التي سبق شرحها للأعمدة. وفي حال تأثير حمل مركّز على جدار ما، يُحسب هذا الحمل موزّعاً بانتظام ضمن خطين منحرفين عن خط الارتكاز الرأسي بميل مقداره: (1 : 1).

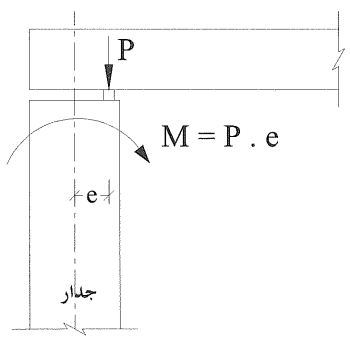
وتطبّق القاعدة ذاتها في حال وجود فجوات في الجدار. ويؤخذ الميل من جهة واحدة في حال

الحمل المركز على طرف طول الجدار، مع أخذ العزم الناتج على أي قطاع بما يتوافق مع لامركزية الحمل بعد التوزيع.

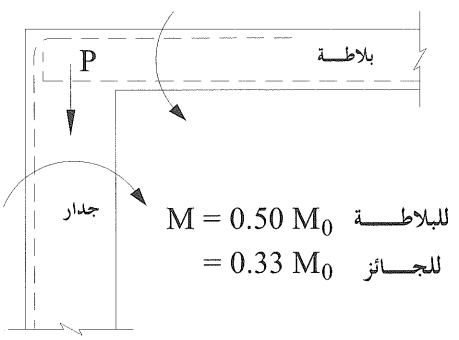
٨-٥-٢- حساب عزوم الانحناء:

١- تحسب عزوم الانحناء الواقعة في مستوي عمودي على الجدار، إذا كانت ناتجة عن قوى مُطبّقة على الجدار مباشرة بشكل لا تمركزي، كما هو مُبيّن في الشكل (٨-١٣). أما عزوم الانحناء الناتجة عن العمل الإطاري (الهيكلي) بين الجدار وبقية العناصر، فيمكن حسابها لمقاومة عزم انحناء سالب كحد أدنى مساوٍ للعزم السالب المعتمد للعنصر عند المسند الطرفي، كما هو مبين في الشكل (٨-١٤).

٢ - أما عزوم الانحناء الواقعة في مستوى الجدار، فتؤخذ مساوية لعزوم وثاقة الجائز الموثوق بالجدار، إضافة للعزوم الناتجة عن الأحمال المطبّقة على الجدار بشكل لا تمركزي. وفي حالة الأبنية المتعددة الطوابق، لا يتم تراكم هذه العزوم من طابق لآخر، وإنما تؤخذ دوماً لطابق واحد فقط، ويضاف لها العزوم الناتجة عن تأثيرات القوى الأفقية.



الشكل (٨-١٣):
العزم في الجدار نتيجة حمل لامركزي



الشكل (٨-١٤):
العزوم في عقدة الإطار المكون من بلاطة وجدار

٨-٦- تحليل جدران القصّ الخرسانية المسلحة:

٨-٦-١- تُعرّف جدران القصّ الخرسانية المسلحة كما ورد بالبند (٧-٥-١).

٨-٦-٢- إن القوى التي يتعرّض لها جدار القصّ، هي القوى الأفقية ضمن مستوي الجدار، والتي تسبب في الجدار قوى قاصّة وعزوم انحناء، إضافة إلى ما ينتج عن الأحمال الشاقولية.

٨-٦-٣- تحسب القوى الناظميّة (الشاقولية) على جدران القصّ، بالطريقة ذاتها الواردة في البند (٨-٥-١) للجدران الحاملة.

٨-٦-٤- تؤخذ عزوم الانحناء بالمستوي المتعامد مع مستوي الجدار (الاتجاه العرضي) كما في البند (٨-٥-٢-أ) للجدران الحاملة. وقد يُضاف لهذه العزوم تأثير القوى الموزّعة المتعامدة مع

مستوي الجدار (كضغط الرياح أو التربة أو الماء)، وذلك بافتراض الجدار بلاطة مستندة على الأسقف وعلى جدران القصّ، بالاتجاه المتعامد مع الاتجاه المدروس.

٨-٦-٥- أما عزوم الانحناء الواقعة في مستوي الجدار (الاتجاه الطولي) فتحسب كما في البند (٨-٥-٢-ب) للجدران الحاملة، إضافة لعزوم القوى الأفقية (نتيجة الرياح أو التربة أو الماء أو الزلازل)، تحسب هذه العزوم طبقاً للجملة الإنشائية المختارة والأحمال المطبّقة، ويُرجع للمراجع المختصة من أجل هذه الحسابات وللملحق رقم (٢) الخاص بالزلازل.

٨-٧- تحليل الجوائز العميقة:

٨-٧-١- المقدمة:

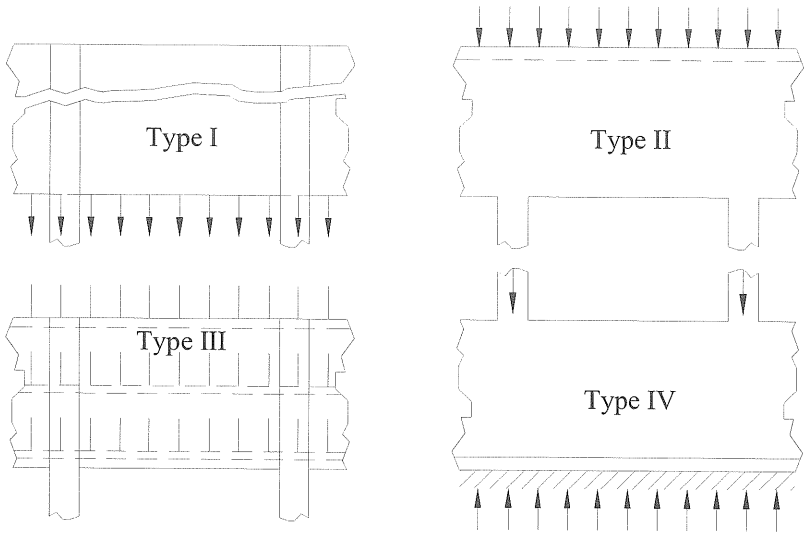
تعرّف الجوائز العميقة كما ورد في البند (٧-٦-١). وتصادف الجوائز العميقة على نحو خاص في الحالات الآتية (الشكل ٨-١٥):

١- جدران الصوامع (أو المنشآت المشابهة) إذ أن القسم الأعظم من الحمل معلّق تحت الجائز (النموذج I).

٢- الجوائز ذات المجازات القصيرة، والمحمّلة من الأعلى (النموذج II).

٣- الجدران الحاملة لأكثر من سقف، والمحمولة على أعمدة (النموذج III).

٤- جدران الأقبية (النموذج IV) المحمّلة موضعياً بأعمدة، والتي تكون صلابتها كافية (بالنظر لمعامل رد فعل تربة التأسيس)، بحيث تسمح بقبول توزيع خطي لردود فعل الأرض تحت أساس الجدار. وتجدر الإشارة إلى أن هذه الجدران لا تخضع لقواعد الجوائز العميقة، إلا إذا كانت الأحمال الشاقولية المنقولة بوساطة الأعمدة، لها نفس قيمة ردود فعل مسند الجائز المقلوب، والذي يُفترض أنه يرتكز على هذه الأعمدة المعدودة مساند ثابتة، والمحمّل برد فعل التربة الذي يُفترَض أنه موزّع خطياً. وفي هذه الحالة فإن توازن النموذج IV مماثل لتوازن النموذج II.



الشكل (٨-١٥): نماذج الجوائز العميقة

٨-٧-٢- التحليل بالحالة العامة:

تحسب الجوائز العميقة اعتماداً على طرائق التحليل النظري للإجهادات والقوى الداخلية المتولدة فيها، وفق النظريات المطبّقة على الصفائح المحمّلة في مستويها، مع أخذ التوزّع غير الخطي للإجهادات بالحسبان. وفي حالة الجوائز العميقة المعرّضة لأحمال موزعة بانتظام، وذات المجازات المتساوية أو شبه المتساوية، وعند عدم وجود فتحات كبيرة ضمن الجوائز، يمكن اعتماد الطريقة المبسّطة الواردة في البند (٨-٧-٣) من أجل تحليل الجوائز العميقة، وحساب تسليحها وفق حالة حد تجاوز الإجهادات المسموح بها، على أنه يجب الانتباه إلى ضرورة تحقيق مقاطع الجوائز العميقة لشرط عدم التشقق في المرحلة الأولى من عملها في المنشآت المائية، أو المعرضة لأوساط ضارة وما يماثلها.

٨-٧-٣- التحليل المبسط للجوائز العميقة:

٨-٧-٣-١- دلالات:

M_0 = عزم الانحناء لجائز ذي استناد بسيط (عزم المقارنة) ويساوي $w\,L^2 / 8$.

w = الحمل الكلي الاستثماري المطبّق على واحدة الطول من الجائز (g+p).

L = المجاز الفعّال للجائز وفقاً للبند (٧-٢-١-٢).

Q_0 = قوة القصّ لجائز ذات استناد بسيط $\frac{wL}{2}$.

f_y = حدّ المرونة لفولاذ التسليح.

A_s = مساحة القطاع العرضي للتسليح الرئيسي.

A'_s = مساحة القطاع العرضي للتسليح الرئيسي العلوي.

A_{sh} = مساحة القطاع العرضي الكلي للتسليح الأفقي الذي يجب توزيعه على جانبي الجائز العميق، ما بين التسليحين A_s و A'_s.

h = ارتفاع الجائز العميق، حيث:

$L \geq h \geq 0.5L$ لحساب التسليح الرئيسي للانحناء للجوائز البسيطة.

$L \geq h \geq 0.4L$ لحساب التسليح الرئيسي للانحناء للجوائز المستمرة.

$L \geq h \geq 0.2L$ لحساب التسليح الثانوي للقصّ.

وإذا كان $h > L$ يُؤخذ $h = L$، ويُعامل الجزء من الارتفاع الزائد عن ذلك معاملة الجدار الحامل.

سفلي وعلوي = كلمتان منسوبتان للنموذج II، أما في النموذج IV، فيجب إبدال السفلي بالعلوي والعلوي بالسفلي.

٨-٧-٣-٢- حساب التسليح الرئيسي للجوائز العميقة:

أ - حالة الجائز البسيط:

$$A_s = 0.9\frac{M_0}{0.55f_y h}\left[1+\frac{2}{3}\frac{h}{L}\right]$$

ب- حالة الجائز المستمر:

١) التسليح السفلي في المجاز الطرفي:

$$A_s = 0.7\frac{M_0}{0.55f_y h}\left[1+\frac{h}{L}\right]$$

٢) التسليح السفلي في المجاز الوسطي:

$$A_s = 0.6\frac{M_0}{0.55f_y h}\left[1+\frac{h}{L}\right]$$

٣) التسليح العلوي المستمر:

$$A'_s = 0.6\frac{M_0}{0.55f_y h}\left[1+\frac{h}{L}\right]$$

يجب أن يستمر $\frac{1}{2}$ التسليح العلوي على كامل المجازات. وفي حال اختلاف المجازات المتجاورة، تؤخذ M_0 للمجاز الأكبر، ويستمر $\frac{1}{2}$ التسليح الناتج عن الحساب على كلا المجازين، (انظر الشكل (٧-٢٠))، والنصف الآخر لمسافة 0.3 L من محور المسند.

ملاحظة: في حالة الجوائز العميقة ذات القطاع العرضي بشكل T أو T مقلوبة أو I، والتي تزيد سماكة جناح منطقة الضغط فيها على $\frac{1}{2}$ عرض جسد الجائز، ولا تقلّ سماكة جناح منطقة الضغط عن $\frac{1}{5}$ ارتفاع القطاع، تُخفّض قيم التسليح الرئيسي المحسوبة

بالعلاقات أعلاه بمقدار 15%. وفي هذه الحالات يتم تركيز التسليح الطولي الرئيسي على صف أو أكثر في أعلى وأسفل المقطع حسب الحال، مثل الجوائز العادية.

ج- شكل التسليح الرئيسي وتوضّعه:

١) تستعمل قضبان مستقيمة للتسليح الرئيسي، ولا داعي لاستعمال القضبان المرفوعة (المكسّحة)، شريطة تحقيق العلاقة الآتية:

$$\frac{Q_0}{0.85b \cdot h} \le 0.37\sqrt{f'_c}$$

٢) يتوضّع التسليح الرئيسي المستمر (السفلي أو العلوي)، وفق الشكل (٧-٢٠) والبند (٧-٦-٤)، وتوزّع في منطقة من الجائز ذات ارتفاع يُعادل تقريباً 0.15h، ويمتد ضمن المسند لمسافة لا تقلّ عن طول التثبيت (الإرساء) L_b، الواردة في الباب الحادي عشر.

٨-٧-٣-٣- حساب التسليح الثانوي للجوائز العميقة:

يُقصد بالتسليح الثانوي كلا التسليحين العرضي (الأساور) والطولي غير الرئيسي، وكلاهما يُحسب من قوة القصّ Q_0 وعزم الفتل إن وُجد، كما يجب أن تتحقق بينهما العلاقة الواردة في البند (٩-٢-٩-٥) في الباب التاسع، و البند (١٠-٣-٦-٥) في الباب العاشر.

أ - التسليح الشاقولي:

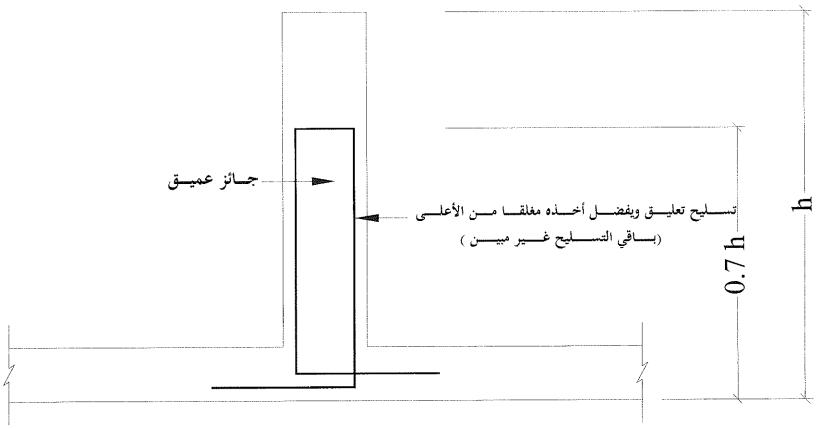
يُحسب التسليح العرضي، والذي يوزع بشكل شاقولي كما سيرد في البابين التاسع و العاشر (راجع البند (٩-٢-١٠-٦) و البند (١٠-٣-٧-٦))، مع أخذ $h \le L$ دوماً. وإذا كان $h \ge L$ تطبّق الحسابات على جائز بارتفاع $h = L$، ويُمدد نصف التسليح العرضي المحسوب إلى القسم العلوي للجائز (أي القسم المعدود جداراً حاملاً). يُوزّع القطاع الكلي للتسليح العرضي المحسوب طبقاً لما ذُكر أعلاه، والعائد لكامل المجاز بانتظام على طول المجاز، أي إنه يتم توزيع التسليح العرضي كما لو أن الجائز يخضع لقوة قص قيمتها المطلقة ثابتة وتعادل Q_0.

ب- التسليح الثانوي الأفقي:

يجب أن تتوضع مساحة القطاع الكلي للتسليح الثانوي الأفقي المحدد بالبند (٧-٦-٣-أ أو ب) على وجهي الجائز العميق، بين التسليحين الرئيسيين السفلي والعلوي.

٨-٧-٣-٤- حالة الأحمال المعلّقة على الجائز العميق:

عندما يتعرّض الجائز العميق لأحمال معلقة في أسفله، يجب إضافة تسليح شاقولي (غير المحسوب سابقاً من قوة القصّ)، لتعليق هذه الأحمال (يعمل في الشد مثل حالة الجوائز العادية) في المنطقة المضغوطة من الجائز، كما هو مبين في الشكل (٨-١٦).



الشكل (٨-١٦): تعليق الأحمال في الجائز العميق

٨-٨- تحليل الأظفار القصيرة والأكتاف:

يُرجع للملحق (ح) من هذا الكود الأساس، من أجل تحليل الأظفار القصيرة والأكتاف الوارد تعريفها في البند (٧-٧-١).

٨-٩- تحليل الجدران الخرسانية المسلحة لأقبية المباني:

تتعرّض جدران الأقبية في المباني، إلى مجموعة من القوى، وهي:

٨-٩-١ - القوى الشاقولية (بمستوي الجدار) والآتية من سقف القبو ويتصرّف الجدار حيالها بصفة جدار حامل.

٨-٩-٢- القوى الأفقية المتعامدة مع مستوي الجدار، والآتية من ضغط التربة والماء إن وُجِد، ويتصرّف الجدار حيالها بصفة جدار استنادي.

٨-٩-٣- القوى الأفقية بمستوي الجدار، والآتية من سقف القبو، ومن جدران القبو المتعامدة مع الجدار المدروس، ويتصرّف الجدار حيال هذه القوى بصفة جدار قص.

٨-٩-٤- القوى الشاقولية بمستوي الجدار والآتية من رد فعل التربة على أساسات الجدار، إذ يعمل الجدار عمل جائز عميق من النموذج IV المعرّف في البند (٨-٧-١).

يجب دراسة جدران الأقبية على جميع هذه القوى. ومن أجل القوى الواردة في الفقرة (٨-٩-٤)، يجب عمل أساسات الأعمدة الواقعة ضمن جدار القبو مشتركة مع أساسات الجدار، لأن القساوة (الجساءة) الكبيرة لجدار القبو، تضمن توزّع أحمال الأعمدة وأحمال الجدار على التربة على نحو منتظم.

٨-١٠- تحليل الأدراج:

٨-١٠-١- تعامَل الأدراج بحسب الجملة الإنشائية المستعملة فيها، فتعامَل بلاطة الدرج معاملة البلاطات، كما يُعامل جائز الدرج معاملة الجوائز.

٨-١٠-٢- يجب الانتباه دوماً لوضع التسليح في العقد، عند التقاء العناصر الأفقية مع العناصر المائلة، وتوضع كمية التسليح بحيث تكفي العزوم المتوقعة في العقدة، كما يجري ترتيب التسليح في العقدة، بما يضمن عدم خروجه من الخرسانة، عند تعرّضه للإجهادات (راجع الشكلين ٧-٢٣ و٧-٢٤).

٨-١٠-٣- إذا كان الجائز الحامل للميدة معرض للانزياح الجانبي (لعدم كفاية قساوته العرضية)، فيجب دراسة شروط استناد الميدة على الجائز وفق حالتين: مسند متدحرج ومسند ثابت، ثم اعتماد جزء من هذه العزوم عند حساب التسليح، ومن المقبول اعتماد كامل العزم الموجب ونصف العزم السالب فوق العقد.

٨-١٠-٤- أما بالنسبة للجمل الإنشائية الأكثر استعمالاً في الأدراج، فيرجع للبنود من (٧-٩-٥) إلى (٧-٩-٨).

٨-١١- تحليل الأساسات والقواعد والشيناجات:

٨-١١-١- تعرّف الأساسات والقواعد والشيناجات (الجوائز الأرضية أو جوائز الأساس) كما في البند (٧-١٠-١).

٨-١١-٢- يُرجع للمراجع المختصة من أجل تحليل الأساسات والقواعد.

٨-١١-٣- تحسب الشيناجات الحاملة لجدران من القرميد أو الآجر أو الحجر، بافتراضها جوائز.

٨-١١-٤- عندما توضع الشيناجات لتقصير طول التحنيب للأعمدة، تُصمم الشيناجات (سواء كانت حاملة لجدران أو لا) على قوى محورية (شادّة أو ضاغطة)، بقيمة لا تقلّ عن 5% من قيمة أكبر حمل من أحمال الأعمدة المرتبطة بالشيناج.

٨-١١-٥- عندما توضع الشيناجات لمقاومة تأثير الزلازل، تصمم 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.

٨-١٢- تحليل المنشآت بطرائق المصفوفات:

٨-١٢-١- نمذجة المنشآت:

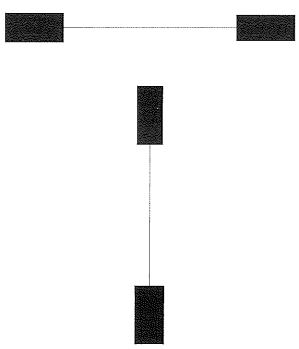
يقصد بنمذجة المنشآت تمثيلها بمجموعات منفردة أو مختلطة من العناصر الخطية (ذات

البعد الواحد)، والعناصر المستوية (ذات البعدين)، والعناصر المجسمة (ذات الأبعادالثلاثة). بشكل عام يفضل استعمال أقل عدد ممكن من العناصر في كل مجموعة للوصول إلى نموذج رياضي افتراضي يمثل الهيكل الإنشائي للمنشأة، ويعبر عن سلوكها الفعلي حين تعرضها لأحمال شاقولية أو أحمال أفقية أو أحمال غير مباشرة (تغيرات حرارية، أو تقلص الخرسانة، أو سيلان الخرسانة) ويتم تحليلها، في المجال المرن أو في المجالين المرن واللدن، بعد تحديد مصفوفات القساوة أو مصفوفات الليونة لعناصرها المختلفة.

٨-١٢-٢- نمذجة العناصر الخطية:

ينطبق عليها التعريف الوارد في البند (٨-٢-١) كما ينطبق عليها الاشتراطات العامة الواردة في البند (٨-٢-٣) من حيث أبعادها، وخواص مقطعها، على أنه يجب أن يؤخذ في الحسبان تأثير التغير في مواقع محاور الأعمدة في الأبنية العالية حسب أبعاد مقطعها. ويمكن استعمال عناصر أفقية افتراضية ذات قساوة كبيرة نسبياً للتمكن من تمثيل محاور الأعمدة بشكل دقيق.

كما يمكن أخذ تأثير الأجزاء القاسية (ذات العطالة الكبيرة مثلاً) من الأعمدة والجوائز عند اتصالها مع بعض، عند العقد، وذلك في حالة المقاطع الكبيرة نسبياً. ويمثل الجائز في هذه الحالة بالعنصر المبين بالشكل (٨-١٧) الآتي، وكذلك الحالة للأعمدة:



الشكل (٨-١٧): نمذجة الأجزاء القاسية في الجوائز والأعمدة

ويكون هذا التمثيل ضرورياً عند تمثيل جدار قص كعنصر خطي، على أنه يجب زيادة مجاز الجائز بالضوء بمقدار لا يقل عن نصف ارتفاعه من كل جانب للتعويض عن تأثير التشوهات الموضعية التي تنتج من اتصال الجوائز ذات العناصر الخطية مع جدران القص ذات العناصر التي تعمل فعلياً كعناصر مستوية، إنما يمكن تمثيلها في حالة التبسيط بعناصر خطية.

٨-١٢-٣- النمذجة للحل بطريقة القساوة:

عند اعتماد طريقة القساوة في تحليل منشأة ما، يتم تقسيم المنشأة إلى مجموعة أو أكثر من

العناصر المذكورة أعلاه، ويتم تحديد مصفوفات القساوة لها، كما يتم تحديد مصفوفات التحويل لنقل مصفوفات القساوة من المحاور الإحداثية الخاصة بكل عنصر إلى المحاور الإحداثية العامة للمنشأة. وباستعمال معادلات التوازن، عند كل عقدة من عقد المنشأة، للقوى العقدية المؤثرة (في الحالة العامة تؤثر ثلاث قوى باتجاه المحاور الإحداثية كما تؤثر ثلاثة عزوم حول هذه المحاور) تنتج مجموعة من المعادلات الخطية عددها يساوي عدد الانتقالات العقدية المجهولة. بحل هذه المعادلات وفق إحدى الطرائق الفعالة، يتم الوصول إلى قيم الانتقالات الناتجة عند كل عقدة في اتجاه القوى العقدية المؤثرة، وذلك نتيجة أية قوى خارجية (أفعال مباشرة) أو تأثيرات داخلية (أفعال غير مباشرة من حرارة أو تقلص أو هبوط مساند). ويتم بعد ذلك تحويل الانتقالات العقدية بدلالة المحاور الإحداثية العامة إلى ما يقابلها بدلالة المحاور الإحداثية الخاصة. ثم يتم إيجاد القوى والعزوم الناتجة في عقد العنصر باستعمال مصفوفات القساوة ومصفوفات التحويل.

قد يتطلب تحليل أية منشأة مهما كانت صغيرة حل عدد كبير جداً من المعادلات الخطية، إذا تمت نمذجتها من عدد كبير من العناصر. و قد يؤدي هذا الأمر في بعض الأحيان إلى حصول أخطاء ناتجة عن عدم إمكانية الإبقاء على الأرقام العشرية الناتجة أثناء عمليات الضرب أو التقسيم، ذلك أن أي حاسوب مهما بلغ تطوره يمكن أن يعمل بعدد محدود من الأرقام العشرية (٨ أو ١٦ أو ٣٢ أو ...) حسب الدقة المطلوبة. وكلما زاد عدد الأرقام العشرية التي يعتمد عليها في الحساب تكون الحسابات الناتجة أدق، إلاّ أن ذلك يتطلب وقتاً أطول. وبذلك فهناك حد عملي للأرقام العشرية التي يمكن اعتمادها، وعادة يؤخذ ١٦ أو ٣٢. ومن ذلك يتضح أن تقسيم المنشأة إلى عدد أكبر من العناصر، لا يؤدي في كثير من الأحوال إلى دقة أكبر في النتائج النهائية، نتيجة لظاهرة فقدان الدقة التي لا سبيل إلى تجنبها أثناء الحل، وخاصة عندما تكون العناصر ذات خواص قساوة متباينة بصورة كبيرة مع بعض. وبناء عليه، يطلب من المهندس التحقق من النتائج التي يحصل عليها عند استعمال نموذج معين للمنشأة، أو عند استعمال برنامج جاهز للحل.

ويفضل دائما اعتماد أكثر من نموذج لمقارنة النتائج، وأيضاً اعتماد أكثر من برنامج، إذا كانت المنشأة معقدة، للتحقق من النتائج. على أنه يتوجب على المهندس في جميع الأحوال التحقق من النتائج بأساليب أخرى مثل اعتماد حل تقريبي للمنشأة، بما في ذلك الحسابات اليدوية مع الآلات الحاسبة البسيطة، وكذلك التحقق في جميع الأحوال من توازن القوى الخارجية المؤثرة مع ردود الأفعال الناتجة.

إن التحليل الإنشائي المذكور أعلاه في هذا البند، يعتمد طريقة المرونة (التحليل المرن) سواء كان خطياً أو غير خطي (حالة تأثير $P-\Delta$). وفي بعض الحالات الخاصة جداً، التي يُرغب فيها متابعة سلوك المنشأة وفق التشوهات الفعلية المرنة وغير المرنة، وحسب خواص المقاطع، فيتم إجراء تحليل غير مرن للمنشأة، يأخذ بالحسبان حصول مفاصل لدنة مع ازدياد الأحمال، بحيث يتم

الوصول إلى الوضعية النهائية حسب ازدياد قيم الأحمال. وتكون التشوهات في هذه الحالة غير متناسبة خطياً مع الأحمال. ويلزم الرجوع للمراجع المختصة لإجراء مثل هذا التحليل غير المرن، علماً بأن له طرائق متنوعة حسب الفرضيات المعتمدة في الحل. ويجب في جميع الأحوال مقارنة النتائج التي يتم الحصول عليها بإحدى هذه الطرائق، مع نتائج التحليل المرن، بحيث لا يجوز أن تكون الفروقات اكثر من الربع زيادة أو نقصاناً، مع الحفاظ في جميع الأحوال على تحقيق معادلات التوازن الداخلية عند العقد، والخارجية عند المساند.

٨-١٢-٤- النمذجة للحل بطريقة الليونة:

يمكن، كحل بديل في بعض الأحوال، اعتماد طريقة الليونة في تحليل المنشأة، وهي تختلف عن طريقة القساوة في اعتماد القوى المؤثرة بين أجزاء من المنشأة كمجاهيل بدلاً من اعتماد الانتقالات العقدية كمجاهيل. على أن الحل بطريقة الليونة يتطلب غالباً برمجة خاصة لكل منشأة، ويقتصر استعمال هذه الطريقة على حالات خاصة. كما أنه توجد طريقة مختلفة يمكن بها تجزيء المنشأة إلى عدد محدود من الكتل، يتم تحليلها بطريقة القساوة والربط بينها بطريقة الليونة.

وفي جميع الأحوال يجب على المهندس معرفة وإدراك الطريقة التي يعتمد عليها عند الحل بالحاسوب، وكذلك معرفة جميع التفاصيل والأسس التي بني عليها البرنامج.

٨-١٢-٥- تحليل المنشآت من تأثير الأفعال غير المباشرة:

عند تحليل منشأة بشكل مستوي (أي تحليل ذو بعدين) أو فراغي (أي تحليل ذو ثلاثة أبعاد) من تأثير الأحمال الشاقولية أو الأفقية أو من تأثيرات أفعال غير مباشرة يلزم مراعاة مايلي:

١- تحديد قيمة معامل المرونة للخرسانة E_c بشكل يتوافق مع وضعية المنشأة المطلوب حساب السهوم فيها. فعادة نستعمل E_{co} معامل المرونة اللحظي للخرسانة عند التحليل، وبعد ذلك تحسب السهوم النهائية المتوقعة وفقاً للباب العاشر.

٢- يلزم تخفيض عزوم العطالة لمقاطع الجوائز التي يتوقع حدوث تشققات فيها، من الانعطاف أو القوى الشادة أو عزوم الفتل، وفق ما جاء في البند (٨-٢-٣). كما يجب تخفيض عزوم العطالة لمقاطع جدران القص ولمقاطع الأعمدة أيضاً، إذا كانت معرضة للامركزية كبيرة. وكدليل على نسب التخفيض العملية، يمكن استعمال 0.8 من العطالة النظرية إذا كانت اللامركزية لا تقل عن نصف الارتفاع ولا تتعدى مرة ونصف الارتفاع، كما يمكن استعمال 0.6 من العطالة النظرية إذا كانت اللامركزية لا تقل عن مرة ونصف الارتفاع. وبصورة عامة، يمكن تقريب قيم التخفيض في هذه الحالات بحدود 0.20 من العطالة النظرية. ويمكن بشكل عملي تخفيض قيمة E_c لهذه

العناصر، لتعطي النتيجة ذاتها، وفي هذه الحالة يلزم تطبيق التخفيض على عزم العطالة والمساحة أيضاً.

٨-١٣- تحليل العناصر والمنشآت الأخرى:

الملاحق المذكورة أدناه، بعضها صدر وبعضها الآخر قيد الإصدار، ولحين إصدارها يسمح بالاعتماد على أحد الكودات العالمية من أجل الخواص المتعلقة بها. أما الأحمال العامة وخواص المواد وتصميم المقاطع وعوامل الأمان وغيرها، مما ورد في هذا الكود الأساس وملاحقة الصادرة، فيجب التقيد بها .

٨-١٣-١- الأساسات: (انظر الملحق (٥)).

٨-١٣-٢- الجدران الاستنادية: (انظر الملحق (٦)).

٨-١٣-٣- الخزانات: (انظر الملحق (٧)).

٨-١٣-٤- المنشآت الخرسانية المسبقة الصنع والمنشآت الخرسانية المسبقة الإجهاد: (انظر الملحق (٨)).

٨-١٣-٥- المقاطع المركبة: (انظر الملحق (٩)).

٨-١٣-٦- الجسور والعبارات: (انظر الملحق (١٠)).

٨-١٣-٧- المآذن والمداخن وأبراج التبريد في المنشآت الصناعية: (انظر الملحق (١١)).

٨-١٣-٨- السقوف المثنية والقشريات: (انظر الملحق (١٢)).

٨-١٣-٩- قواعد الآلات: (انظر الملحق (١٣)).

٨-١٣-١٠- الصوامع والقواديس: (انظر الملحق (١٤)).

الباب التاسع

9

حالات الحدود القصوى

٩ – ١ – المقدمة:

يتناول هذا الباب تحقيق الأغراض الأساسية في تصميم المنشآت كما وردت في الباب الأول، والمتضمّن تحديد حالات الحدود القصوى مع ضمان مدى كاف للأمان، وذلك باستيفاء متطلبات الباب السادس المتضمّن تحديد الأمان والعوامل التصعيدية للأفعال والعوامل التخفيضية للمقاومات، مع مراعاة ما ورد في الافتراضات الأساسية في تحليل المنشآت (الباب الثامن)، وكذلك الاشتراطات العامة في تصميم العناصر الإنشائية (الباب السابع).

يجدر التنويه إلى أنه يلزم في الحسابات اعتماد قيم مخفضة لـ f_y عن القيم المميزة الإسمية، وذلك عندما تكون قيم f'_c المعتمدة قليلة نسبياً. ويمكن اعتماد الجدول الآتي لقيم f_y المخفضة المعتمدة في الحسابات (الوحدات هي بالميغا باسكال MPa، وتضرب جميعها بعشرة لتصبح بالوحدات المترية (kgf/cm^2).

f_y / f'_c	240	280	300	360	400
≤ 15	240	240	250		
16.5	240	250	260	300	
≥ 18	240	280	300	360	400

ويمكن استعمال الاستقراء الخطي للقيم غير الواردة في الجدول.

عند تحقيق المنشآت والمباني القائمة، فيمكن استعمال قيم المقاومة المميزة الاسمية (f_y) للفولاذ المستعمل. وفي كل الحالات يجب أن تتحقق العلاقة الآتية في المقطع المدروس:

$$(A_s - A'_s) \leq 0.5A_{sb}$$

٩-٢- حالات حدّ الانهيار(الحدّ الأقصى للمقاومة):

٩-٢-١- المبادئ الأساسية والفرضيات لحالة حدّ الانهيار بتأثير الإجهادات الناظميّة على القطاع (الانهيار في مستوٍ ناظمي):

تعتَمد الفرضيات الآتية:

١- القطاعات المستوية قبل الانحناء تظلّ مستوية بعده، أي إن الانفعال في الخرسانة وفولاذ التسليح يتناسب خطياً مع البعد عن المحورالسليم (الخمول).

٢- يُؤخذ الانفعال الأقصى في ليف الخرسانة الأكثر انضغاطاً مساويا لـ 0.003

٣- تتغير إجهادات الشد والضغط لفولاذ التسليح، مع تغيّر الانفعال حسب منحنيات الإجهاد والانفعال المستخرجة من تجارب قياسية، أو يمكن اعتماد المنحنيات المبينة في البند (٤-١-٤)، ويمكن للتبسيط أن يؤخذ إجهاد فولاذ (صلب) التسليح، مساوياً للانفعال المناظر مضروباً في معامل المرونة E_s، على ألا تزيد قيمته على إجهاد الخضوع fy.

٤- يؤخذ توزيع الإجهادات في منطقة الضغط من القطاع الخرساني، حسب منحني الإجهاد والانفعال المبني على تجارب معملية (مخبرية) قياسية.

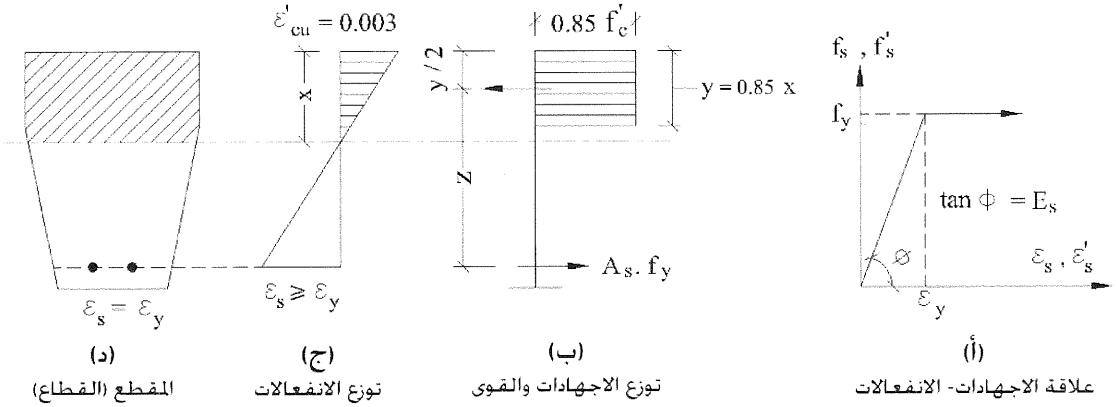
٥- يمكن تقريب شكل توزيع إجهادات الخرسانة في الضغط، باستعمال توزيع مكافئ على شكل مستطيل أو شبه منحرف أو كل شكل آخر يحقق العلاقة الواردة في البند (٩-٢-١-٤).

٦- يمكن افتراض متطلبات البند (٩-٢-١-٤) مستوفاة باعتماد ما يلي:

يُفرض إجهاد الخرسانة موزعاً بالتساوي على منطقة مكافئة ومحددة بحافة الألياف المعرّضة لأقصى انفعال في منطقة الضغط، وبخط مواز للمحور السليم (محور الخمول) يبعد مسافة $y = 0.85\ x$ من هذه الحافة، وتكون قيمة إجهاد الضغط مساوية $0.85\ f'_c$ حسب الشكل (٩-١).

ملاحظة: عندما تزيد المقاومة المميزة f'_c على 30 MPa (300 kgf/cm^2) فيلزم تخفيض ارتفاع منطقة الضغط بمقدار 0.05 من أجل كل زيادة بمقدار 7 MPa أو أجزائها. وفي هذه الحالة ستتغير جميع العلاقات المتعلقة بـ y.

٧- تهمل مقاومة الخرسانة للشدّ، ويُقاوم الفولاذ (الصُلب) جميع إجهادات الشدّ.



الشكل (٩-١): الإجهادات والانفعالات (التشوهات النسبية) والقوى في القطاع الخرساني

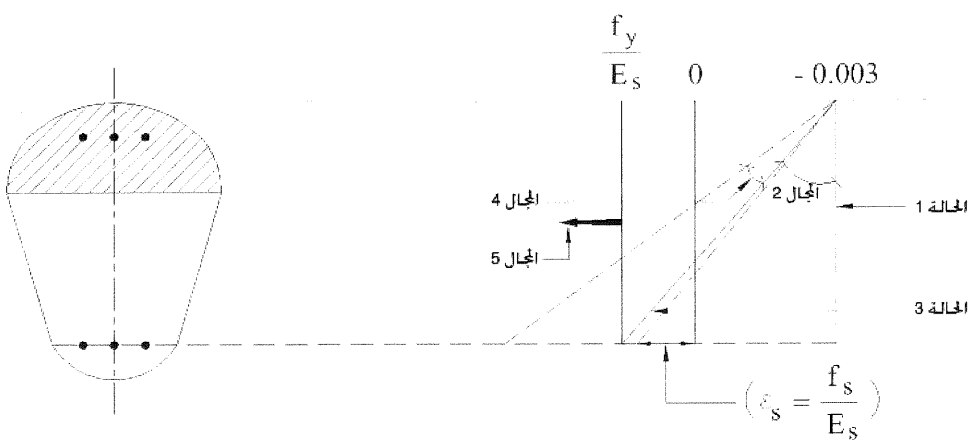
٨- القوةُ الخارجية تساوي محصلة القوى الداخلية، وفي حال الانحناء البسيط تكون القوة الخارجية معدومة، وبالنتيجة قوة الشد في الفولاذ تساوي قوة الضغط في الخرسانة، وفي تسليح الضغط إن وجد.

٩- العزم الخارجي عند محور ما، يساوي مجموع عزوم القوى الداخلية الناتجة عن الإجهادات في القطاع، أي محصلة عزوم قوة الشد في الفولاذ، والضغط في الخرسانة، وتسليح الضغط إن وجد.

١٠- العزم الخارجي عند محور ما، يساوي مجموع عزوم القوى الداخلية الناتجة عن إجهادات الشد في الفولاذ، و إجهادات الضغط في الخرسانة وفي فولاذ الضغط.

٩-٢-٢- أشكال الانهيار المحتملة:

يحدث الانهيار بتأثير الإجهادات الناظمية على القطاع (انهيار القطاع الناظمي) في إحدى الحالات الآتية (الشكل ٩-٢):



الشكل (٩-٢): أشكال الإنهيار المحتملة في القطاع الخرساني

الحالة-١- تمثل حالة انهيار العناصر المضغوطة مركزياً (الأعمدة)، ويكون مخطط التشوه (الانفعال) موزّعاً بانتظام على كامل القطاع، وقيم انفعال الضغط الأقصى في الخرسانة والتسليح على السواء مساوية 0.003 .

المجال-٢- يمثل حالات انهيار العناصر المضغوطة لا تمركزياً (لا مركزية صغيرة، وكذلك القطاعات المعرّضة للانحناء ذات مساحات التسليح التي تزيد على المساحة التوازنية، علماً بأن ذلك غير مسموح)، كما في البند (٩-٢-٥-١)، ويكون الانفعال الأقصى في الخرسانة المضغوطة مساوياً 0.003، أما الانفعال الأقصى في مركز ثقل التسليح المشدود فيساوي: $\varepsilon_s = \frac{f_s}{E_s} \le \frac{f_y}{E_s}$

الحالة-٣- تمثل حالة الانهيار التوازني، ويكون الانفعال في الفولاذ المعرّض لأقصى انفعال شدّ، بلغ القيمة المقابلة لانفعال الخضوع والمساوي إلى: $\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$ في اللحظة ذاتها التي يبلغ فيها انفعال الضغط في الخرسانة قيمته القصوى 0.003.

المجال-٤- يمثل حالات انهيار العناصر المضغوطة لا تمركزياً (لا مركزية كبيرة، وكذلك القطاعات المعرّضة للانحناء ذات نسب التسليح التي تقلّ عن النسبة التوازنية). ويكون الانفعال الأقصى في الخرسانة المضغوطة مساوياً 0.003، أما الانفعال الأقصى في مركز ثقل التسليح المشدود فيكون $\varepsilon_s \ge \frac{f_y}{E_s}$.

المجال-٥- يمثل حالات انهيار العناصر المشدودة مركزياً أو لا تمركزياً (لا مركزية صغيرة، عندما تقع قوة الشدّ بين مركزي ثقل التسليحين).

ويكون الانفعال الأقصى عند مركزي ثقل التسليح العلوي والسفلي على السواء $\varepsilon_s \ge \frac{f_y}{E_s}$

أما القطاع الخرساني فمشدود ومتشقق وتهمل مقاومته حسابياً.

أما حالة الانهيار الناجمة عن الشد اللامركزي (اللامركزية الكبيرة حيث تقع قوة الشد خارج مركزي ثقل التسليحين)، فتشبه حالات الانهيار المحددة في المجال(٤) بفارق وحيد، هو أن يصبح التسليح المشدود هو الأقرب من نقطة تطبيق قوة الشدّ، والتسليح المضغوط هو الأبعد عنها (بعكس حالة الضغط اللامركزي: لا مركزية كبيرة).

٩-٢-٣- العلاقات الأساسية للحساب في حالات الضغط البسيط (الأعمدة القصيرة).

٩-٢-٣-١- يُعدّ العضو المضغوط قصيراً، إذا لم تزد نحافته $\left(\lambda = \frac{L_o}{i}\right)$ على 40.

ويمكن حساب مقاومته وفق البند (٩-٢-٣-٢)، إذا كانت الأحمال المضغوطة مطبّقة على نحو محوري، إلا أنه يجب أن تؤخذ في الحسبان لا مركزية لا تقلّ عن 25mm أو 0.08 من أبعاد القطاع في الاتجاه المدروس، أيهما أكبر. يمكن في حالات الأعمدة القصيرة الخاضعة لأحمال محورية، إهمال تأثير هذه اللا مركزية الطارئة، وذلك باستعمال العلاقات المعتمدة في البند (٩-٢-٣-٢). ويجدر التنويه إلى أن العامل 0.8 (أو 0.85) يأخذ بالحسبان اللامركزية الطارئة من الصنع حصراً، ولايأخذ بالحسبان اللامركزيات الأخرى الواردة في العامل k_e.

٩-٢-٣-٢- يُحدد الحمل الأقصى للعضو القصير ذي الأساور (الكانات) العادية بالعلاقة الآتية:

$$N_u = 0.8\Omega\left[0.85f'_c A'_c + f_y A'_s\right] \qquad \ldots (9.1)$$

يُحدد الحمل الأقصى للعضو القصير ذي الأساور (الكانات) الحلزونية بالعلاقة:

$$N_u = 0.85\Omega\left[0.85f'_c A'_k + f_y A'_s + 2.5f_{yp} A_{sp}\right] \qquad \ldots (9.2)$$

حيث: f_y = إجهاد الخضوع (المقاومة المميزة) للتسليح الطولي المضغوط.

f_{yp} = إجهاد الخضوع (المقاومة المميزة) لصلب الكانات الحلزونية.

A'_k = مساحة قطاع النواة الداخلية للحلزون.

A_{sp} = المساحة الافتراضية المكافئة للأساور الحلزونية، وتساوي إلى:

$$A_{sp} = \frac{\pi \quad d_k a_s}{s} \qquad \ldots (9.3)$$

حيث: d_k قطر النواة.

a_s قطاع تسليح قضيب الحلزون.

s خطوة الحلزون.

Ω معامل تخفيض المقاومة، وتُؤخذ قيمته 0.65 (حالة الضغط البسيط).

ولكي يكون هناك أمان كافٍ ضد انهيار الغطاء الخرساني في العناصر المسلحة حلزونياً، يجب ألا تزيد مقاومة القطاع حسب العلاقة (9.2) على 1.5 مرة مقاومة القطاع حسب العلاقة (9.1). وهذا يتأمن بتحقيق قيمة $(A_{sp})_{max}$ العلاقة الواردة في علاقة البند (٧-١-٤-٢-و).

يُسمح بحساب الأعمدة القصيرة التي يُبيّن التحليل الإنشائي أنها غير معرّضة لعزوم انحناء، أو الأعمدة القصيرة المعرّضة لعزوم انحناء صغيرة نسبياً، أي الأعضاء التي تنطبق عليها الاشتراطات الواردة في البند (٨-٣-٥-هـ) وفقاً لما هو مُبيّن أعلاه في هذا البند باستعمال إحدى العلاقتين (9.1) أو (9.2) حسب الحال.

أما في المباني الهيكلية الطابقية العادية التي تصمم أعمدتها لتحمل الأحمال الشاقولية فقط، وغير الخاضعة لتأثيرات ناتجة عن أحمال أفقية (وذلك عند اعتماد جملة جدران قص تقاوم كامل الأحمال الجانبية الناتجة عن الزلازل أو الرياح)، فيمكن تسهيلاً حساب أعمدتها القصيرة بافتراضها

معرّضة للضغط البسيط، وفقاً لما هو مُبيّن أعلاه في هذا البند، حتى لو لم تتحقق اشتراطات الفقرة المدونة أعلاه، وذلك بعد تقسيم الطرف الأيمن للعلاقتين (9.1) أو (9.2) على معامل التكافؤ k_e الوارد في الجدول (٨-٢) من البند (٨-٣-٥)، والذي يلحظ ضمناً، أثر عزوم الانحناء المنقولة إلى الأعمدة والتي أُهمل حسابها.

أما في الحالات الأخرى التي لا تنطبق عليها الاشتراطات الواردة أعلاه، وحيث يُعرّض الترتيب الإنشائي للعناصر، الأعمدة لعزوم انحناء من الأحمال المطبقة، فيجب أخذ هذه العزوم في الحسبان بلا مركزية دنيا (بما فيها اللامركزية الطارئة) لاتقل عن 0.1 من العمق الكلي للقطاع في اتجاه العزم، وحساب الأعمدة بصفتها عناصر معرّضة لضغط لا مركزي، على أن تحسب قيم عزوم الانحناء وفقاً لما ورد في الباب الثامن.

٩-٢-٤- العلاقات الأساسية للحساب في حالة الشد البسيط:

يجري حساب القطاعات المعرّضة إلى قوى شادّة مركزية أو لا مركزية، بحيث تقع محصلة قوة الشدّ المطبّقة داخل المنطقة المحددة بقضبان التسليح المحيطية، كالآتي:

٩-٢-٤-١- تعد قوة الشدّ في هذه الحالة محمّلة بكاملها على التسليح، وتهمل مساهمة الخرسانة، وتحقق مساحة التسليح العلاقة الآتية:

$$N_u \le \Omega A_s f_y \quad \ldots\ldots\ldots (9.4)$$

حيث: N_u = قوة الشدّ الناظميّة القصوى المطبّقة على القطاع.

f_y = حدّ خضوع فولاذ (صلب) التسليح.

A_s = مساحة تسليح الشدّ في القطاع.

Ω = معامل تخفيض المقاومة، ويؤخذ مساوياً إلى 0.9.

مع التذكير بضرورة زيادة مساحة التسليح أو تصغير أقطاره أو كلاهما لتحقيق شرط حد التشقق.

٩-٢-٤-٢- توزّع قضبان التسليح في القطاع بحيث يكون مركز ثقلها منطبقاً مع نقطة تطبيق القوة الشادّة (N_u) للحالة الحرجة. وتحسب مساحات التسليح على هذا الأساس لجميع حالات التحميل، وتؤخذ مساحة التسليح الأكبر في كل جهة.

٩-٢-٤-٣- عندما لا يُشترط منع التشقق، فإن مساحة الخرسانة المطلوبة تحدد بحيث تؤمّن الحماية الكافية لقضبان التسليح، أو تحدد من شرط السهم الناتج عن الوزن الذاتي إن وُجد. أما في الحالات التي يُشترط فيها منع التشقق، فيتم حساب أبعاد القطاع على إجهادات المرحلة الأولى، كما في البند (١٠-٣-٢-٣).

٩-٢-٥- العلاقات الأساسية للحساب في حالة الانحناء البسيط:

يجري حساب القطاعات المعرّضة للانحناء البسيط دون أية قوى ناظميّة مرافقة، وبصورة خاصة الجوائز والأعصاب والبلاطات ... الخ، إذ تتعرّض هذه القطاعات إلى الأحمال القصوى. وتنطبق على هذه القطاعات الفرضيات الأساسية الواردة في البندين (٩-٢-١ و ٩-٢-٢).

٩-٢-٥-١- تعريف الحالة التوازنية (الانحناء البسيط):

تحدُث الحالة التوازنية في الأعضاء الخاضعة للانحناء البسيط، عندما يبلغ الانفعال في الفولاذ المعرّض لأقصى انفعال شدّ القيمة المقابلة لانفعال الخضوع، والمساوي إلى: $\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$ في اللحظة ذاتها التي يبلغ فيها انفعال الضغط في الخرسانة قيمته القصوى 0.003

وتكون مساحة تسليح الشدّ المقابلة للحالة التوازنية مساوية مساحة التسليح التوازنية A_{sb}، وتحدد هذه المساحة على النحو الآتي:

أ - تأخذ مساحة التسليح التوازنية A_{sb} للقطاعات المستطيلة ذات تسليح شدّ فقط، القيمة الآتية:

$$A_{sb} = \frac{455}{630 + f_y} \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot b \cdot d \quad \ldots\ldots (9\text{-}5)$$

(وفي النظام المتري $A_{sb} = \frac{4550}{6300 + f_y} \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot b \cdot d$)

ب- تأخذ مساحة التسليح التوازنية A_{sb} للقطاعات المستطيلة ووجود تسليح شدّ وضغط، القيمة الآتية:

$$A_{sb} = \left[\frac{455}{630 + f_y} \cdot \frac{f'_c}{f_y} + \frac{A'_s}{b.d} \frac{f'_s}{f_y}\right] \cdot b \cdot d \quad \ldots\ldots (9\text{-}6)$$

(وفي النظام المتري $A_{sb} = [\frac{4550}{6300 + f_y} \cdot \frac{f'c}{f_y} + \frac{A'_s}{bd} \cdot \frac{f'_s}{f_y}] \cdot b \cdot d$)

حيث: A'_s = مساحة تسليح الضغط في القطاع.

f'_s = إجهاد تسليح الضغط، ويُؤخذ من العلاقة:

$$f'_s = 630 \left[1 - \frac{d'}{d} \cdot \frac{630 + f_y}{630}\right] \leq f_y \ldots\ldots (9\text{-}7)$$

(وفي النظام المتري $f'_s = 6300 \ [1 - \frac{d'}{d} \cdot \frac{6300 + f_y}{6300}] \leq f_y$)

ج- تأخذ مساحة التسليح التوازنية A_{sb} للقطاعات بشكل T ووجود تسليح شدّ فقط القيمة الآتية:

إذا تحقق الشرط الآتي: $t_f \geq 0.85 \times \frac{630}{630 + f_y} d$

(وفي النظام المتري $t_f \geq 0.85 \times \frac{6300}{6300 + f_y} .d$)

تُحسب A_{sb} من العلاقة الآتية:

$$A_{sb} = \left[\frac{455}{630+f_y}\cdot\frac{f'_c}{f_y}\cdot\frac{b_f}{b_w}\right]\cdot b_w\cdot d \quad \ldots\ldots (9\text{-}8a)$$

(وفي النظام المتري $A_{sb} = [\frac{4550}{6300+f_y}\cdot\frac{f'_c}{f_y}\cdot\frac{b_f}{b_w}].b_w.d$)

وإلا فتحسب A_{sb} من العلاقة الآتية :

$$A_{sb} = \frac{b_w}{b_f}\left[\frac{455}{630+f_y}\cdot\frac{f'_c}{f_y}+\frac{0.85f'_c(b_f-b_w)t_f}{b_w.d.f_y}\right]\cdot b_f\cdot d \quad \ldots (9\text{-}8b)$$

(وفي النظام المتري: $A_{sb} = \frac{b_w}{b_f}\ [\frac{4550}{6300+f_y}\cdot\frac{f'_c}{f_y}+\frac{0.85f'_c\,(b_{f-}b_w).t_f}{b_w.d.f_y}].b_f.d$)

حيث: b_w = عرض الجسد للقطاع.

b_f = العرض الفعال للجناح.

t_f = سماكة جناح القطاع.

د- أما إذا كان شكل القطاع ذا أشكال مختلفة عن القطاعات المستطيلة، أو بشكل T، فتُحسب مساحة التسليح A_{sb} الموافقة للحالة التوازنية حسب المبادئ الأساسية أي من مبدأي توازن القوى (قوة الشد = قوة الضغط) وتوازن العزوم ومخطط التشوه في الحالة التوازنية.

٩-٢-٥-٢- مساحة التسليح العظمى:

يجب ألا تتجاوز مساحة التسليح العظمى القيم الآتية:

أ - $A_{s\,max} \le 0.75A_{sb}$

وبحيث $(A_s - A'_s) \le 0.5A_{sb}$

ب- يتوجب مراعاة الفقرة هـ من البند (٧-٢-١-٧)، بالإضافة إلى التوزّع السليم للتسليح في القطاع العرضي للعنصر.

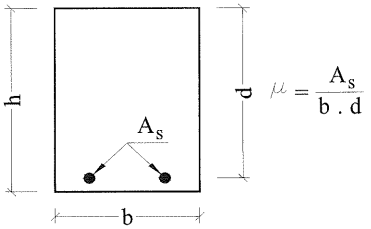
٩-٢-٥-٣- العلاقات الأساسية المعتمدة في تصميم وتحقيق القطاعات المستطيلة أحادية التسليح:

عندما يكون القطاع مستطيلاً ومسلحاً تسليحاً أحادياً (الشكل ٩-٣)، فإن العلاقات الأساسية المستعملة في تصميم وتحقيق القطاع هي على الشكل الآتي:

أ - علاقة إسقاط القوى على محور الجائز باعتبارها متوازنة ومحصلتها تساوي الصفر:

$$\frac{y}{d} = \frac{A_s}{b.d}\cdot\frac{f_y}{0.85f'_c} \le \frac{y_{max}}{d} \quad \ldots\ldots (9\text{-}9)$$

$$\frac{y_{max}}{d} = \frac{A_{s\,max}}{b.d}\cdot\frac{f_y}{0.85f'_c} \quad \ldots\ldots (9\text{-}10)$$



الشكل (٩-٣): قطاع مستطيل أحادي التسليح

ب- علاقة العزوم: حيث يكون العزم الخارجي مساوياً إلى، أو أقلّ، من العزم المقاوم الداخلي:

$$M_{ur} = \Omega \left[1 - 0.59 \frac{A_s}{b.d} \cdot \frac{f_y}{f'_c}\right] \cdot A_s \cdot f_y \cdot d$$

أو ... (9.11)

$$M_{ur} = \Omega \left[\frac{y}{d}\left(1 - 0.5 \cdot \frac{y}{d}\right)\right] \cdot 0.85 \cdot f'_c \cdot b \cdot d^2$$

حيث: $\Omega = 0.9$ في حالة الانحناء البسيط.

وعادة تتم صياغة هذه العلاقات بصورة لا بعدية وتعطى بالجدول الآتي:

α	r	γ	A_o
0.01	10.00	0.995	0.010
0.02	7.12	0.990	0.020
0.03	5.82	0.985	0.030
0.04	5.05	0.980	0.039
0.05	4.53	0.975	0.048
0.06	4.15	0.970	0.058
0.07	3.85	0.965	0.067
0.08	3.61	0.960	0.077
0.09	3.41	0.955	0.085
0.10	3.24	0.950	0.095
0.11	3.11	0.945	0.104
0.12	2.98	0.940	0.113
0.13	2.88	0.935	0.121
0.14	2.77	0.930	0.130
0.15	2.68	0.925	0.139
0.16	2.61	0.920	0.147

α	r	γ	A_o
0.17	2.53	0.915	0.155
0.18	2.47	0.910	0.164
0.19	2.41	0.905	0.172
0.20	2.36	0.900	0.180
0.21	2.31	0.895	0.188
0.22	2.26	0.890	0.196
0.23	2.22	0.885	0.203
0.24	2.18	0.880	0.211
0.25	2.14	0.875	0.219
0.26	2.10	0.870	0.226
0.27	2.07	0.865	0.236
0.28	2.04	0.860	0.241
0.29	2.01	0.855	0.248
0.30	1.98	0.850	0.255
0.31	1.95	0.845	0.262
0.32	1.93	0.840	0.269
0.33	1.90	0.835	0.275
0.34	1.88	0.830	0.282
0.35	1.86	0.825	0.289
0.36	1.84	0.820	0.295
0.37	1.82	0.815	0.301
0.38	1.80	0.810	0.309
0.39	1.78	0.805	0.314
0.40	1.77	0.800	0.320
0.41	1.75	0.795	0.326
0.42	1.74	0.790	0.332
0.43	1.72	0.785	0.337
0.44	1.71	0.780	0.343
0.45	1.69	0.775	0.349
0.46	1.68	0.770	0.354
0.47	1.67	0.765	0.359
0.48	1.66	0.760	0.365
0.49	1.64	0.755	0.370
0.50	1.63	0.750	0.375

α	r	γ	A_o
0.51	1.62	0.745	0.380
0.52	1.61	0.740	0.385
0.53	1.60	0.735	0.390
0.54	1.59	0.730	0.395
0.55	1.58	0.725	0.400

وتعرف α، r، γ، A_0 وفق ما يلي:

حيث: $\sigma'_c = 0.85 \cdot f'_c$

$$A_o = \frac{M_u/\Omega}{b \cdot d^2 \cdot \sigma'_c}$$

$$A_o = \alpha \cdot (1 - \frac{\alpha}{2})$$

$$\alpha^2 - 2 \cdot \alpha + 2 \cdot A_o = 0$$

$$\alpha = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot A_o}$$

$$\gamma = 1 - \frac{\alpha}{2}$$

$$r = \frac{1}{\sqrt{A_o}}$$

$$d = r \cdot \sqrt{\frac{M_u/\Omega}{b \cdot \sigma'_c}}$$

$$A_s = \frac{M_u/\Omega}{\gamma \cdot d \cdot f_y} \quad \text{or}$$

$$A_s = \mu \cdot b \cdot d$$

حيث: $\mu = \alpha \cdot \frac{\sigma'_c}{f_y}$

ج- العزم الأقصى لقطاع أحادي التسليح والمقابل لاستعمال مساحة التسليح العظمى A_{smax}.

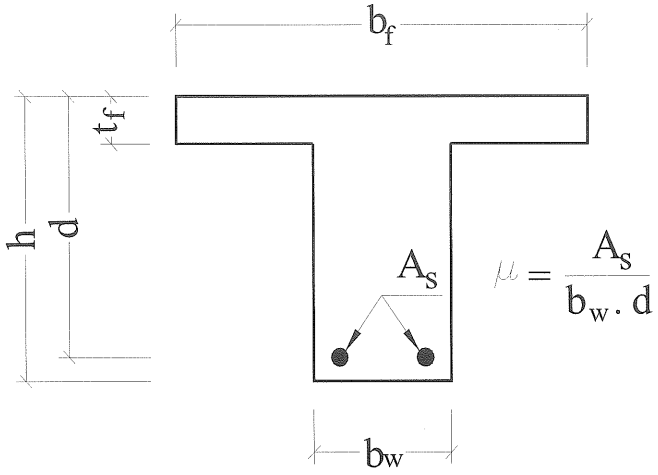
$$(M_{ur})_{max} = \Omega \left[\frac{y_{max}}{d} \left(1 - 0.5 \frac{y_{max}}{d} \right) \right] \cdot 0.85 \cdot f'_c \cdot b \cdot d^2 \quad .. (9.12)$$

د – يجب زيادة مساحة التسليح المحسوب أو تصغير أقطاره (أو كلاهما) لتحقيق حد التشقق، مع التأكد من عدم تجاوز اشتراط أن A_s لا تتجاوز $\frac{1}{2} A_{sb}$.

٩-٢-٥-٤- العلاقات الأساسية المعتمدة في تصميم وتحقيق القطاعات بشكل T الأحادية التسليح:

أ – العزم المقاوم للقطاع بشكل T الأحادي التسليح (الشكل ٩-٤):

إذا كانت: $\frac{A_s}{b_f \cdot d} \leq \frac{t_f}{d} \cdot \frac{0.85 \cdot f'_c}{f_y}$



الشكل (٩-٤): قطاع حرف T أحادي التسليح

يُعطى العزم المقاوم بالعلاقة:

$$M_u = \Omega \left[1 - 0.59 \cdot \frac{A_s \cdot f_y}{d \cdot f'_c} \cdot \frac{1}{b_f}\right] \cdot A_s \cdot f_y \cdot d \quad \ldots (9.13)$$

وإلا فيُعطى العزم المقاوم بالعلاقة:

$$M_{ur} = [M_{ur}]_1 + [M_{ur}]_2$$

$$= \Omega\left[A_{s1} \cdot f_y\left(d - \frac{t_f}{2}\right)\right] + \Omega \cdot \left[A_{s2} \cdot f_y\left(d - \frac{y}{2}\right)\right] \quad \ldots . (9.14)$$

حيث:

$$A_{s1} = \left(\frac{b_f - b_w}{f_y}\right) 0.85 f'_c \, t_f$$

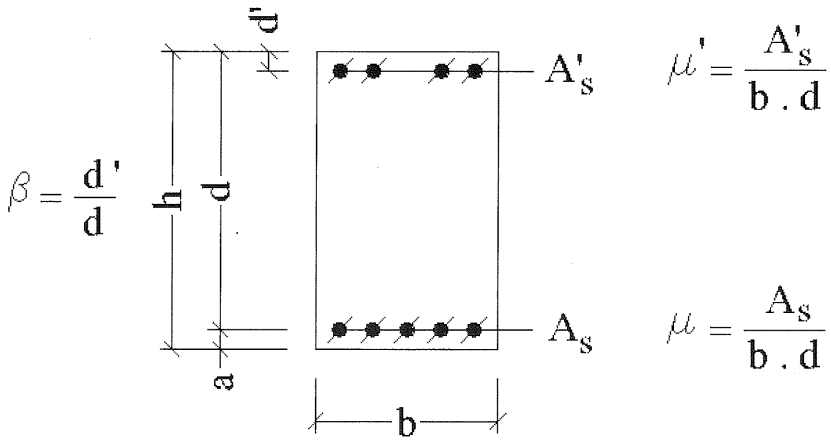
$$A_{s2} = A_s - A_{s1}$$

$$y = \frac{A_{s2}}{b_w} \frac{f_y}{0.85 f'_c}$$

ب- يُحسب العزم المقاوم الأقصى $(M_{ur})_{max}$ باستعمال إحدى العلاقتين (9.13) و(9.14) بعد تعويض قيمة A_s بـ A_{smax} المحسوبة بالبند (٩-٢-٥-٢).

ج - يجب زيادة مساحة التسليح المحسوب أو تصغير أقطاره (أو كلاهما) لتحقيق حد التشقق، مع التأكد من عدم تجاوز اشتراط أن A_s لا تتجاوز $\frac{1}{2}A_{sb}$.

٩-٢-٥-٥- العلاقات الأساسية المعتمدة في تصميم وتحقيق القطاعات المستطيلة ثنائية التسليح: (راجع الشكل ٩-٥)



الشكل (٩-٥): قطاع مستطيل ثنائي التسليح

أ - يُحدد العزم المقاوم من العلاقة الآتية:

$$M_u = \Omega\left[\frac{A_s - A'_s}{b.d}\left(1 - 0.59\left(\frac{A_s - A'_s}{b.d}\right)\frac{f_y}{f'_c}\right) + \frac{A'_s}{bd}(1-\beta)\right]f_y bd^2 \quad \dots (9.15)$$

على أن يتحقق الشرط الآتي:

$$\frac{A_s - A'_s}{b.d} \geq \frac{0.85\, f'_c}{f_y} \cdot \frac{d'}{d} \cdot \frac{535}{630 - f_y} \quad \dots (9\text{-}16)$$

(وفي النظام المتري $\frac{A_s - A'_s}{b.d} \geq \frac{0.85\, f'_c}{f_y} \cdot \frac{d'}{d} \cdot \frac{5350}{6300 - f_y}$)

وإلا فيفترض الإجهاد في التسليح المضغوط أقل من f_y، ويتم الحساب بالاستناد إلى المبادئ الأساسية، أو يمكن إهمال تسليح الضغط، وحساب القطاع بشكل أحادي التسليح.

ب- في الحالة العامة، يمكن استعمال تسليح الضغط لزيادة طاقة تحمل القطاع القصوى بتسليح أحادي، وفق ما سيرد في (ج) و (د) أدناه.

ج- عند استعمال مساحة تسليح ضغط A'_s ومساحة تسليح شدّ قصوى لقطاع أحادي التسليح A_{smax}، مضافاً إليها مساحة تسليح شدّ تقابل مساحة الضغط وتساوي A'_s، تزاد قيمة العزم الأقصى $(M_{ur})_{max}$ المسموح به لقطاع أحادي التسليح بالقيمة:

$$(\Delta M_{ur})_{max} = \Omega\,[\,\gamma . A'_s\,(1-\beta)\,]f_y\, d \quad \dots (9\text{-}17)$$

حيث: تؤخذ قيمة γ من العلاقة الآتية:

$$y_{max} \geq \frac{535 \cdot d'}{630 - f_y} \quad \Rightarrow \gamma = 1$$

(وفي النظام المتري $y_{max} \geq \frac{5350 \cdot d'}{6300 - f_y}$)

$$y_{max} \leq \frac{535 \cdot d'}{630 - f_y} \Rightarrow \gamma = \frac{630 \cdot (y_{max} - 0.85d')}{f_y \cdot y_{max}} \quad \ldots\ldots (9-18)$$

مع مراعاة: (البند ٧-٢-١-٧-د) والبند (٧-٢-١-٧-هـ) والبند (٩-٢-٥-٢-أ).

د- في حال استعمال تسليح ضغط بغية زيادة طاقة تحمّل القطاع، فإن مساحة تسليح الضغط القصوى المستعملة، يجب ألا تزيد علىمساحة تسليح الشدّ، وعلى أن تحقق الشرط الآتي: إذا كانت مساحة تسليح الشدّ القصوى لقطاع أحادي التسليح A_{smax}، فإن مساحة تسليح الشدّ القصوى لقطاع ثنائي التسليح، يتوجب ألا تزيد على $1.5A_{smax}$. حيث: A_{smax} تؤخذ المقابلة لـ $0.5A_{sb}$، وإلا فتزاد أبعاد القطاع.

هـ- يجب زيادة مساحة التسليح أوتصغير أقطاره (أو كلاهما) لتحقيق حد التشقق، مع التأكد من عدم تجاوز اشتراط أن $(A_s\text{-}A_s')$ لا تتجاوز $\frac{1}{2}A_{sb}$.

٩-٢-٥-٦- العلاقات الأساسية للحساب في حالة الضغط اللامركزي البسيط:

يحسب العنصر المعرّض لقوة ضغط ناظميّة مترافقة مع عزم انحناء، كقوة ضغط مُطبّقة بصورة لا مركزية بالنسبة لمركز ثقل القطاع المعتمد، (حيث يحوي هذا القطاع محور تناظر).

تُعرّف حالة اللامركزية البسيطة بأنها الحالة التي يكون فيها عزم الانحناء واقعاً في مستوٍ عمودي على القطاع، ويحوي محور تناظر، أو الحالة التي تكون فيها قوة الضغط اللامركزية واقعة في مستوي التناظر، ومنحرفة بالنسبة لمركز ثقل القطاع. وتُطبّق الفرضيات الأساسية ذاتها المعتمدة في البند (٩-٢).

أ - حالة قطاع متناظر مسلح بتسليح موزّع على محيطه : (راجع الشكل ٩-٦)

تُكتب معادلات توازن القوى الداخلية والخارجية المقاومة للعنصر كما يلي:

$$N_{ur} = \Omega \left[0.85 \cdot f'_c \cdot A'_c + \Sigma \ A_{si} \cdot f_{si} \right] \quad (9\text{-}19)$$

$$M_{ur} = N_{ur}.e = \Omega \left[0.85 \cdot f'_c \cdot A'_c \cdot \eta_c + \Sigma \ f_{si} \cdot A_{si} \cdot \eta_{si} \right] \quad (9\text{-}20)$$

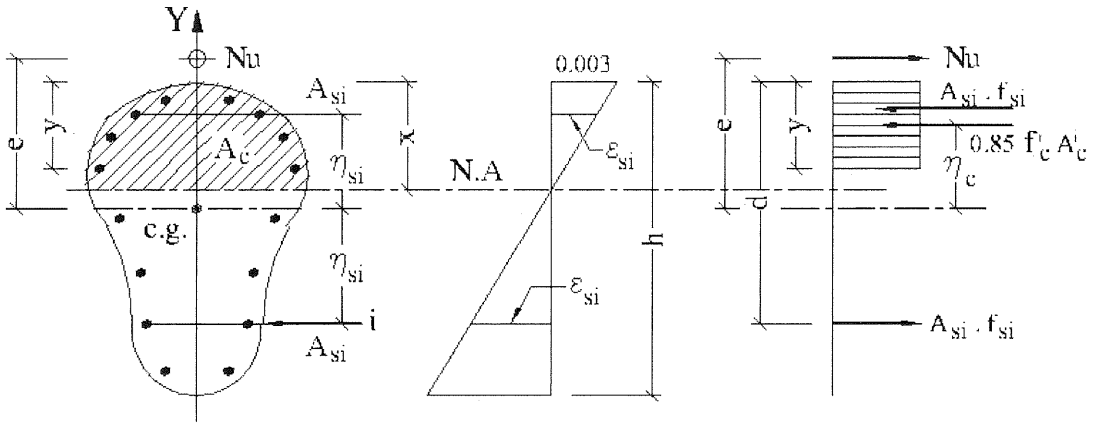
حيث: N_{ur} قوة الضغط الحديّة القصوى التي يمكن للقطاع تحملها، والمرافقة للعزم M_u.

Mur العزم الحدّي الأقصى الذي يمكن للقطاع تحمله، والمرافق للقوة Nur.

e اللامركزية بالنسبة للمحور المار بمركز الثقل العمودي على محور التناظر.

x البعد بين الطرف الأقصى المضغوط والمحور السليم للقطاع الخرساني المسلح.

y الارتفاع الافتراضي (الاعتباري) للمنطقة المضغوطة ($y = 0.85\ x$).



الشكل (٩-٦): التشوهات والإجهادات والقوى في مقطع معرض لضغط لامركزي وتسليحه متناظر وموزع على المحيط

$A'c$ مساحة المنطقة المضغوطة الافتراضية (الاعتبارية) من القطاع الخرساني.

Asi مساحة صف التسليح (i).

εsi الانفعال في صف (i) حسب مخطط التشوه الخطي، ويُؤخذ موجباً إذا كان انفعال ضغط، وسالباً إذا كان انفعال شدّ.

fsi الإجهاد في صف التسليح (i)، ويساوي إلى:

$$-f_y \le f_{si} = E_s \cdot \varepsilon_{si} \le f_y$$

ويؤخذ موجباً إذا كان إجهاد ضغط، وسالباً إذا كان إجهاد شدّ.

ηsi البعد بين صف التسليح (i) والمحور المار بمركز الثقل والعمودي على محور التناظر، ويؤخذ موجباً إذا كان من نفس طرف القوة (Nu) بالنسبة لهذا المحور، وسالباً إذا كان من الطرف المعاكس.

ηc البعد بين مركز ثقل المنطقة المضغوطة الافتراضية والمحور المار بمركز الثقل والعمودي على محور التناظر، وهو موجب دائماً.

ب- حالة القطاع المستطيل المسلح بتسليح موزّع على محيطه:

نستعمل العلاقات (9.19) و(9.20) ذاتها، ونستعيض عن قيم A'_c، η_c بما يلي:

$$A'_c = b.y$$

$$\eta_c = 0.5h - 0.5y$$

ويُؤخذ المحور المار من مركز الثقل والعمودي على محور التناظر ماراً بمنتصف الارتفاع، وتنسب e، η_{ci} إلى هذا المحور.

٩-٢-٥-٧- حالة قطاع مستطيل مسلح بتسليح متوضّع على طرفي القطاع:

(راجع الشكل ٩-٧). تُعطى علاقات التوازن كما يلي:

$$N_{ur} = \Omega\,[\,0.85\,f'_c\,b.y + A'_s\,f'_s + A_s\,f_s\,] \qquad (9\,.\,21)$$

$$M_{ur} = N_u\,.\,e = \Omega\,[\,0.85\,f'_c\,b\,.y\,(\,0.5\,h - 0.5\,y\,) + A'_s\,f'_s\,(\,0.5\,h - d'\,) - A_s\,f_s\,(\,0.5\,h - a\,)\,] \qquad (9\,.\,22)$$

حيث: b عرض القطاع المستطيل.

h الارتفاع الكلي للقطاع المستطيل.

A'_s التسليح الأقرب إلى القوة N_u.

A_s التسليح الأبعد عن القوة N_u.

d' بُعد A'_s عن طرف القطاع الأقرب إلى N_u.

a بُعد A_s عن طرف القطاع الأبعد عن N_u.

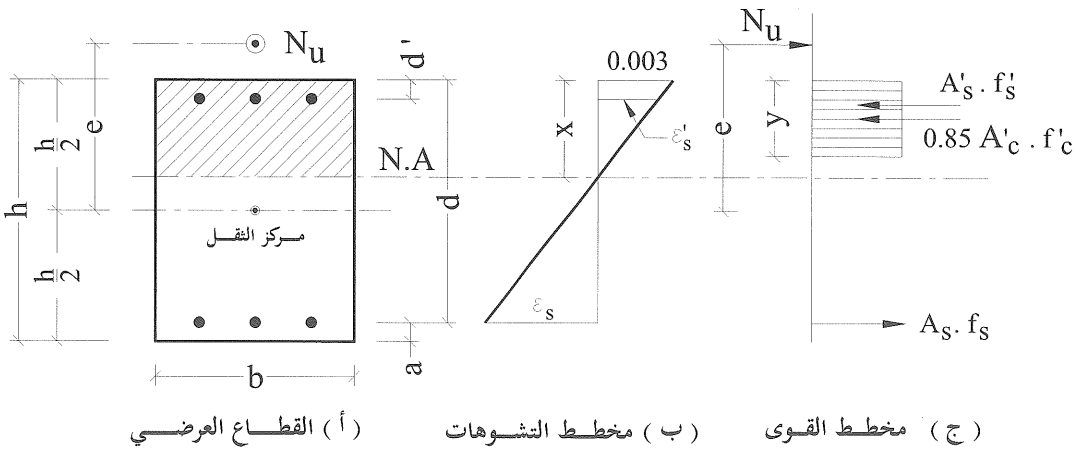
f'_s الإجهاد في التسليح A'_s.

f_s الإجهاد في التسليح A_s.

تؤخذ قيم f'_s ، f_s موجبة إذا كانت إجهادات ضغط، وسالبة إذا كانت إجهادات شدّ، وتعطى من مخطط الانفعالات الخطي بالعلاقتين الآتيتين:

$$-f_y \le f'_s = 630 \times \left(\frac{y - 0.85d'}{y}\right) \le f_y \qquad .....(9\text{-}23)$$

$$-f_y \le f_s = 630\left(\frac{-0.85d + y}{y}\right) \le f_y \qquad .....(9\text{-}24)$$

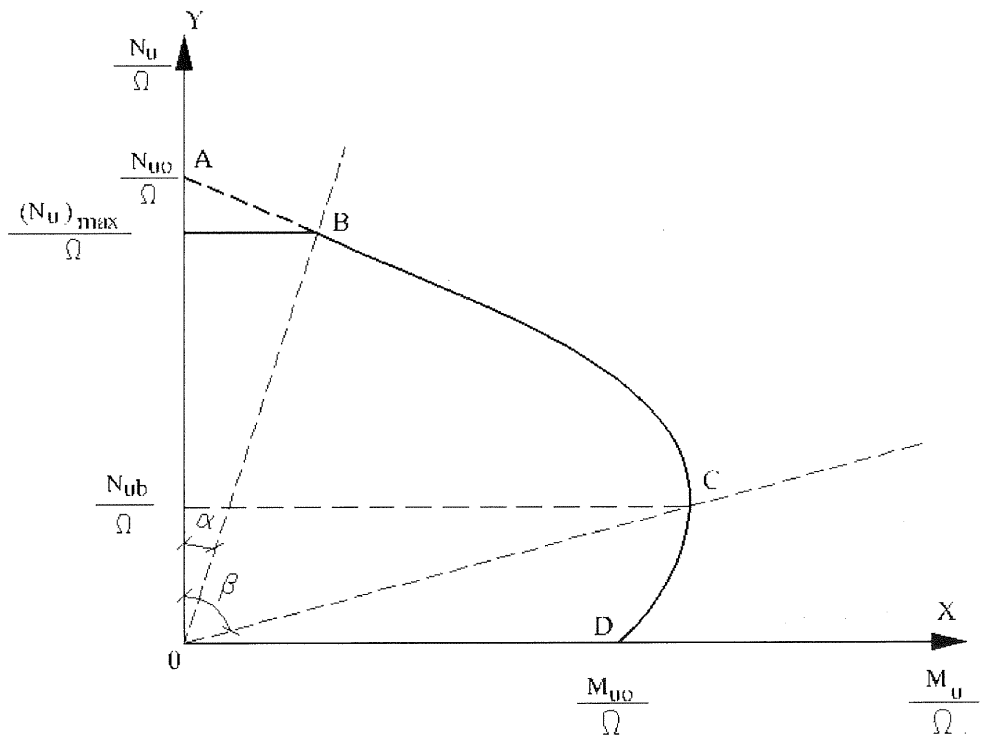


(أ) القطاع العرضي (ب) مخطط التشوهات (ج) مخطط القوى

الشكل (٩-٧): التشوهات والإجهادات والقوى في مقطع معرض لضغط لا مركزي وتسليحه على طرفي المقطع

٩-٢-٥-٨- مخططات الترابط:

يمكن تمثيل العلاقتين (9.19)، (9.20) أو العلاقتين (9.21)، (9.22) بالإعتماد على العلاقتين (9.23)، (9.24) لكل قطاع مفروض، بمخطط الترابط المبيّن في الشكل (٩-٨).



الشكل (٩-٨): مخطط الترابط

أ – يُمثل ترتيب النقطة (A) على المحور (oy)، المقاومة النظرية لقطاع مُعرّض لضغط محوري ناظمي دون عزم مُطبّق $\left(\frac{N_{uo}}{\Omega}\right)$.

ب- يُمثل ترتيب النقطة (B)على المحور (oy)، مقاومة الضغط القصوى المسموح بها النظرية للقطاع المعرّض لضغط محوري ناظمي، دون عزم، أو مرفق بعزم بسيط، وفق البند (٩-٢-٣-٢) حسب الحالة $\left(\frac{N_{u\,max}}{\Omega}\right)$، حيث:

$\frac{N_{u\,max}}{\Omega} = 0.8\frac{N_{uo}}{\Omega}$ (في حالة القطاع المسلح بتسليح عرضي عادي).

$\frac{N_{umax}}{\Omega} = 0.85\frac{N_{uo}}{\Omega}$ (في حالة القطاع المسلح بتسليح عرضي حلزوني).

ويُمثل ميل الخط (OB) عن محور y $(\tan\alpha)$ اللامركزية الدنيا التي يتم تصميم كل قطاع ضمناً على تحملها، حتى لو قلّت اللامركزية الفعلية عنها، أي: $e_{min} = \tan\alpha$.

ج- تُمثل النقطة (C) الوضعية التوازنية، ويكون ترتيبها على المحور (oy)، قيمة القوة الضاغطة الحدّية في الوضع التوازني $\left(\frac{N_{ub}}{\Omega}\right)$. وتعرّف الوضعية التوازنية كما وردت في البند (٩-٢-٢ الحالة-٣-)، ويُمثل ميل الخط OC من محور y ($\tan\beta$) اللامركزية التوازنية، أي:

$$e_b = \tan\beta .$$

فإذا كانت $e < e_b$ يتم الوصول إلى الحالة الحدّية بانكسار الخرسانة في الضغط، في حين يكون الإجهاد في التسليح الأبعد عن القوة (N_u)، إما إجهاد ضغط أو إجهاد شدّ تقلّ قيمته المطلقة عن حدّ الخضوع (f_y). أما الإجهاد في التسليح الأقرب من القوة (N_u)، فتصل قيمته إلى حدّ الخضوع (f_y). وتدعى اللامركزية في هذه الحالة باللامركزية الصغيرة.

وإذا كانت $e > e_b$ تتحقق الحالة الحدّية بعد وصول إجهاد الشدّ في التسليح الأبعد عن القوة (N_u) إلى حدّ الخضوع (f_y). وتدعى اللامركزية في هذه الحالة باللامركزية الكبيرة.

د- تمثل فاصلة النقطة (D) على المحور (ox)، العزم الحدّي الأقصى $\left(\frac{M_{uo}}{\Omega}\right)$ الذي يمكن للقطاع تحمّله دون وجود قوة ضغط مرافقة (الانحناء البسيط)، وتعطى قيمته بالعلاقات الواردة في الفقرات (٩-٢-٥-٢ حتى ٥) للقطاعات المستطيلة أو بشكل T.

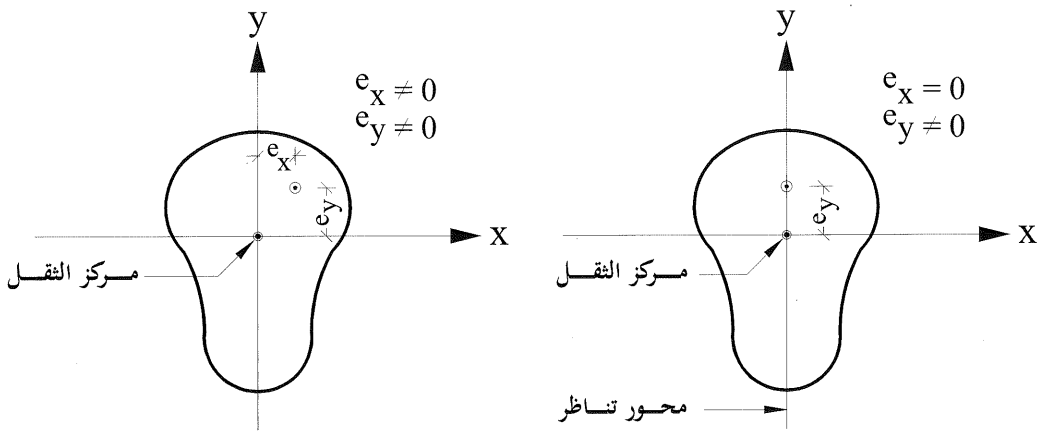
هـ- يكون القطاع مُحققاً لشروط الأمان في حالة الحدّ الأقصى، إذا كانت النقطة التي تمثل قيم $\left(\frac{N_u}{\Omega}, \frac{M_u}{\Omega}\right)$ المُطبّقتين واقعة على مخطط الترابط أو ضمنه، ويكون غير مُحقق لشرط الأمان إذا وقعت النقطة خارجه.

٩-٢-٥-٩- قيم معامل تخفيض المقاومة (Ω):

تؤخذ قيم معامل تخفيض المقاومة Ω وفقاً لما ورد في البند (٦-٣-٣).

٩-٢-٥-١٠- حالة اللامركزية المركّبة:

في حالة تعرّض القطاع إلى لامركزية مركّبة ذات مركّبتين e_x، e_y يمكن اعتماد المبدأ المبسّط الآتي، (راجع الشكل ٩-٩):



الشكل (٩-٩): قطاع معرض إلى لامركزية مركبة

لا يجوز أن تزيد القوة الناظمية الحدّية المُطبّقة على القطاع N_u على القيمة $N_{u\,max}'$ المعطاة بموجب العلاقة (9.25):

$$\frac{1}{N'_{u\,max}} = \frac{1}{N_{ux\,max}} + \frac{1}{N_{uy\,max}} - \frac{1}{N_{u\,max}} \qquad \ldots (9.25)$$

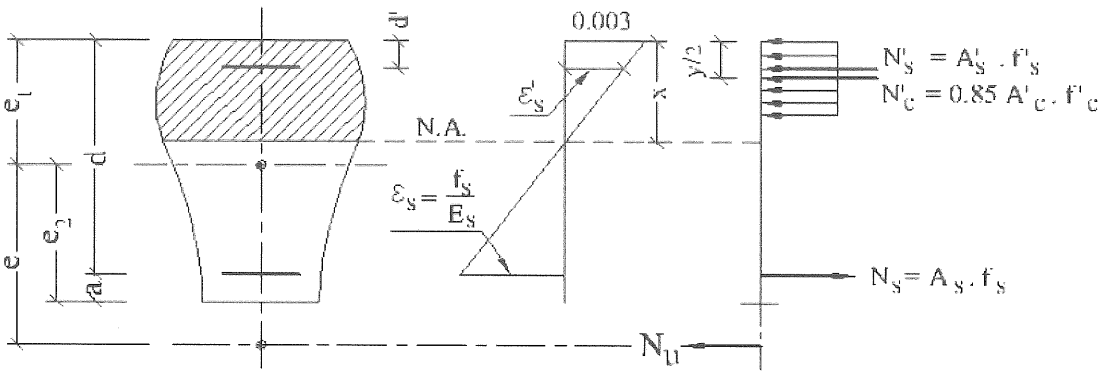
حيث: $N_{ux\ max}$ = القوة الناظمية الحدّية القصوى التي يمكن للقطاع تحمّلها في حالة اللامركزية البسيطة، وبفرض $e_x \neq 0$ ، $e_y = 0$.

$N_{uy\,max}$ = القوة الناظمية الحدّية القصوى التي يمكن للقطاع تحمّلها في حالة اللامركزية البسيطة، وبفرض $e_x = 0$ ، $e_y \neq 0$.

$N_{u\ max}$ = القوة الناظمية الحدّية القصوى التي يمكن للقطاع تحمّلها في حالة الضغط المركزي، أي: $e_x = 0$ ، $e_y = 0$.

٩-٢-٥-١١- العلاقات الأساسية للحساب في حالة الشدّ اللامركزي (اللا مركزية الكبيرة):

تُطبّق أحكام هذا البند عندما تكون لا مركزية القوة الشادّة بحيث تقع نقطة تطبيقها خارج المنطقة المحدّدة بقضبان التسليح المحيطية (الشكل ٩-١٠)، وفي هذه الحالة يتعرّض القطاع لإجهادات ضغط وشدّ، كما في حالات الانحناء البسيط والضغط اللامركزي (اللامركزية الكبيرة).



الشكل (٩-١٠): قطاع معرض لقوة شد مطبقة خارجه (لامركزية كبيرة)

إن الفرضيات الأساسية التي تطبّق في هذه الحالة هي الفرضيات الأساسية ذاتها الواردة في البند (٩-٢).

أ – حالات التحقيق:

يتم الحساب في هذه الحالة انطلاقاً من الفرضيات الأساسية، وبكتابة علاقات التوازن الحدّي، نسبة إلى مركز ثقل القطاع الخرساني المسلح:

$$+ N_{ur} = \Omega\,[\, N_s - N'_c - N'_s\,] \qquad \ldots.(9.26)$$

$$+ N_{ur} \cdot e = \Omega\,[\,0.85 f'_c\ A'_c\,(e_1 - 0.5y) + A'_s f'_s (e_1 - d') + A_s f_s\,(e_2 - a)\,] \qquad \ldots(9.27)$$

$$f'_s = 630 \times \frac{y - 0.85d'}{y} \le fy \qquad \ldots\ldots\ldots(9.28)$$

$$\left(f'_s = 6300 \times \frac{y - 085d'}{y} \le f_y\right) \quad \text{(وفي النظام المتري}$$

تكون f'_s في هذه العلاقة موجبة إذا كانت ضغط.

$$f_s = 630 \times \frac{0.85d - y}{y} \le fy \qquad \ldots\ldots (9.29)$$

$$\left(f_s = 6300 \times \frac{0.85d - y}{y} \le f_y\right) \quad \text{(وفي النظام المتري}$$

في هذه العلاقة f_s موجبة إذا كانت شدّ.

ب- حالات التصميم: (أي حساب مساحات التسليح انطلاقاً من أن أبعاد القطاع معطاة أو مفترضة).

يمكن في هذه الحالات أن يُحسب القطاع كما لو كان مُعرّضاً لعزم انحناء بسيط، على أن تؤخذ قيمة العزم مساوية:

$$M_{us} = N_u (e - e_2 + a) \qquad \ldots\ldots (9.30)$$

ويكون $f_s = f_y$ في هذه الحالة:

حيث: M_{us} = عزم القوة الناظمية الشادّة الحدّية المُطبّقة على القطاع نسبة لمركز ثقل تسليح الشدّ.

N_u = القوة الناظمية الشادّة الحدّية المُطبّقة على القطاع.

e = لامركزية القوة الشادّة نسبة إلى مركز ثقل القطاع.

e_2 = البعد بين مركز ثقل القطاع وأقصى ليف مشدود.

a = البعد بين مركز ثقل التسليح المشدود، وطرف القطاع الأقرب إليه. وتضاف إلى مساحة تسليح الشدّ الناتجة عن عزم الانحناء M_{us} القيمة الآتية:

$$A_{s2} = \frac{N_u}{\Omega \quad f_y}$$

وتؤخذ قيمة Ω مساوية إلى (0.9) في هذه الحالة.

٩-٢-٥-١٢- العلاقات الأساسية للحساب في حالة الشدّ اللامركزي (اللامركزية الصغيرة):

تُصادف هذه الوضعية عندما تقع القوة الشادّة داخل القطاع، بين مركزي ثقل التسليحين اللذين يكونان في حالة شدّ كليهما، ويكون القطاع الخرساني منشققاً بأكمله. تحسب A_{s1} و A_{s2} مباشرة بأخذ العزم على التوالي، مرّة حول مركز A_{s2} وأخرى حول مركز A_{s1}، وتؤخذ قيمة $\Omega = 0.9$. ويلزم التأكيد على ما ورد في البند (٩-٢-٤-١) بشأن تحقيق شرط التشقق.

٩-٢-٦- الأعضاء المضغوطة الطويلة والحساب للتحنيب:

هناك طريقتان لمعالجة هذا الموضوع، الطريقة الأولى هي الواردة في هذا البند أدناه، والطريقة الثانية هي ما سيرد في الملحق (و)، والطريقتان مقبولتان في هذا الكود بالدرجة ذاتها.

٩-٢-٦-١- يُعدّ العضو المضغوط طويلاً (أو نحيفاً)، ويؤخذ أثر التحنيب (الانبعاج) في الحسبان عند حساب طاقة تحمّله القصوى، إذا زادت نحافته (λ) بالنسبة لمحور التحنيب (الانبعاج) على 40، كما هو وارد في البند (٩-٢-٣-١).

٩-٢-٦-٢- يُؤخذ التحنيب (الانبعاج) في الأعضاء المضغوطة الطويلة، مساوياً في تأثيره لعزم انحناء إضافي M_c، ناتج عن الحمل الناظمي الأقصى، المؤثر على العضو N_u مضروباً في لامركزية، أي أن: $M_c = N_u(e_c)$

حيث: e_c = اللامركزية الإضافية الناشئة من تشوه العمود أو العضو المضغوط في القطاع الحرج، وتؤخذ وفق ما سيرد لاحقاً في البند(٩-٢-٦-٧) العلاقة (d).

وبذلك يتحول حساب حالة حدّ الاتزان الناتج عن التحنيب (الانبعاج)، إلى حساب المقاومة القصوى للعزوم الناتجة عن إضافة M_c إلى العزوم الأصلية المؤثرة في العضو.

ويحدث هذا العزم الإضافي M_c بتأثير التحنيب في الأعضاء المضغوطة الطويلة، بسبب التأثير المتبادل بين الأحمال الناظمية وتشوهات العضو النحيف المضغوط.

٩-٢-٦-٣- يُميّز في حساب الأعمدة الطويلة، بين الأعمدة المُسندة جانبياً (المُسندة اختصاراً)، والأعمدة غير المُسندة جانبياً (غير المسندة اختصاراً)، ويُعدّ العمود مُسنداً، إذا كانت الجملة الإنشائية للمنشأة (أو الطابق الذي يُشكل العمود المدروس جزءاً منه) مزودة بعناصر أخرى صلدة (كجدران القص أو مايماثلها) قادرة على مقاومة ما لا يقلّ عن 80% من الأحمال الأفقية المُطبّقة، أو 5% من مجموع الأحمال الشاقولية المُطبّقة على جميع الأعمدة، كحمل أفقي مركّز في مستوي كل طابق، أيهما أكبر، ولا تضاف لأحمال الجدران.

ويمكن في الحالات العادية افتراض هذا الشرط الوارد أعلاه محققاً، إذا كانت قساوة (جساءة) هذه العناصر، تزيد على أو تساوي ستة أمثال مجموع قساوات (جساءات) الأعمدة في كل طابق (دور).

٩-٢-٦-٤- يمكن في حالة المباني الهيكلية العادية الطابقية التي لا يزيد عدد طوابقها على الستة، افتراض أعضائها المضغوطة مُسندة، حتى ولو لم تشتمل جملتها الإنشائية على عناصر تقوية جانبية واضحة مثل جدران القص أو ما يماثلها، شريطة تحقق الاشتراطات الآتية:

أ - أن تكون قطاعات وتسليح جميع الأعمدة المعتمدة ذات مقاومة كافية لحالات التحميل الأخرى، التي تحوي إضافة إلى الأحمال الميتة والحية القصوى، أحمالاً أفقية كالرياح أو الهزات الأرضية أو دفع التربة.. الخ.

ب- أن لا تزيد نحافة كل عمود على 60.

ج- أن لا تحتوي الجملة الإنشائية للمنشأة على عدم تناظر هندسي بالغ، سواء في أشكال الأحمال أو في الشكل الهندسي أو المرن للمنشأة، بحيث يؤدي إلى ابتعاد مركز القساوة عن مركز الثقل بمقدار يزيد على 20 % من بعد المنشأة بالاتجاه ذاته.

د- أن لا يؤخذ الطول الحر للعمود L_o أقل من الطول الحقيقي الصافي بين العناصر المرتبطة به.

٩-٢-٦-٥- يمكن افتراض أثر التحنيب محققاً، إذا استعملت في حساب قطاعات جميع عناصر المنشأة، القوى الناظمية وعزوم الانحناء الناجمة عن تحليل إنشائي من الدرجة الثانية، يأخذ بالحسبان أثر التشوهات الحاصلة في المنشأة، على القيم النهائية للقوى الداخلية وعزوم الانحناء وعلى استقرار المنشأة. ويتوجب في الحساب الإنشائي من الدرجة الثانية اعتماد قيم واقعية لقساوة (جساءة) العناصر الإنشائية، تأخذ بالحسبان أثر التشقق

والسلوك اللامرن للمواد، بالإضافة إلى أثر الأحمال الطويلة الأمد، وهذا التحليل إلزامي في الحالات التي تزيد فيها النحافة λ لكل عمود رئيسي حامل على 100.

٩-٢-٦-٦- في الحالة العامة، يمكن أن يؤخذ بالحسبان أثر التحنيب (الانبعاج)، بحساب قطاع العمود أو العنصر المضغوط الذي لا تزيد نحافته على 100، في حالة الحد الأقصى تحت تأثير القوة الناظمية الحدّية المُطبّقة عليه N_u، مترافقة مع عزم انحناء حدّي M_u مساوٍ إلى:

$$M_u = N_u (e_0 + e_c) \quad \ldots\ldots (a)$$

حيث: e_o اللامركزية الأصلية المُطبّقة على العمود والناجمة عن الأحمال والتأثيرات الخارجية، وبضمنها اللامركزية الطارئة، وتُحسب وفق العلاقة الآتية :

$$e_0 = \frac{M_{ui}}{N_{ui}} \geq e_a \quad \ldots\ldots (b)$$

حيث: e_a اللامركزية الطارئة وتؤخذ الأكبر من $\frac{l_o}{250}$; $\frac{h}{20}$; 25 mm

وعلى ألا تقل اللامركزية (e_0+e_c) عن $0.08h$ حتى في حال انعدام e_c.

L_o الطول الحسابي الحر للعمود، المحدد وفق البند (٧-١-٥)، على أن لا يقلّ عن الطول الحقيقي الصافي، بين العناصر المرتبطة به.

h البعد الكلي لقطاع العمود في اتجاه التحنيب (الانبعاج) المدروس.

٩-٢-٦-٧- تؤخذ قيمة العزم M_{ui} التي تمثل العزم الحدّي الأصلي، المُطبّق في القطاع الحرج للعمود (وتكون N_{ui} القوة الناظمية الحدية المرافقة) تحت تأثير حالة التحميل المدروسة، مساوية إلى:

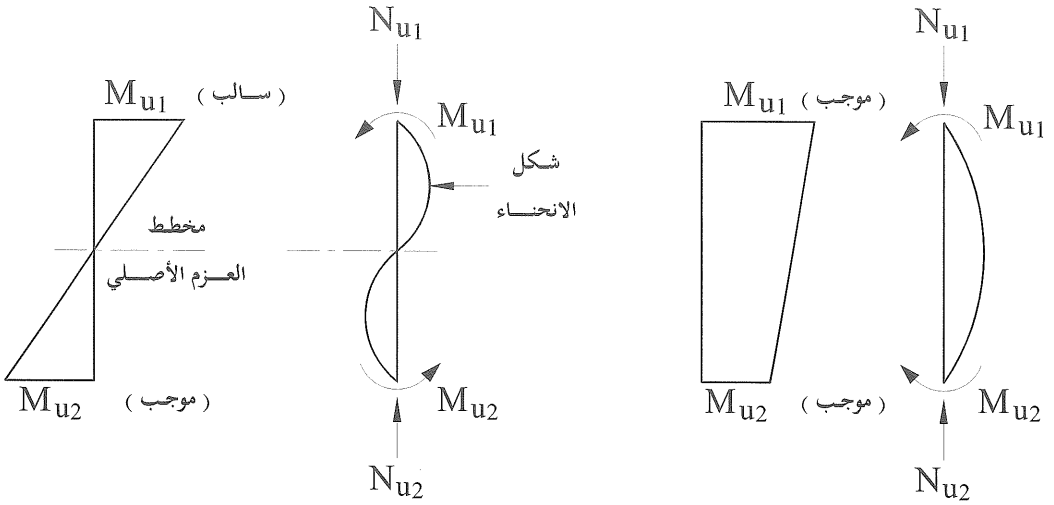
أ – العزم الأعظمي على الإطلاق، على كل قطاع من قطاعات العضو المضغوط، غير المُسند، أو المُسند المتعرّض لأحمال عرضية ما بين طرفي العنصر المضغوط، والناجم عن تحليل إنشائي للمنشأة من الدرجة الأولى، وفق الأسس المعتمدة في الباب الثامن.

ب – في الحالات الأخرى:

$$M_{ui} = 0.6\ M_{u1} + 0.4\ M_{u2} \geq 0.4\ M_{u1} \quad \ldots\ldots (c)$$

حيث: M_{u1} = العزم الأكبر بالقيمة المطلقة، والمُطبّق على أحد طرفي العمود، ويؤخذ بإشارة موجبة دائماً.

M_{u2} = العزم الأصغر بالقيمة المطلقة، والمُطبّق على الطرف الآخر للعمود، ويؤخذ موجباً إذا كان العمود منحنياً باتجاه واحد (الشكل ٩-١١) وسالباً إذا كان العمود منحنياً باتجاهين (الشكل ٩-١٢).



الشكل (٩-١١):
عمود مسنود منحن باتجاه واحد

الشكل (٩-١٢):
عمود مسنود منحن باتجاهين

ج- تحسب قيمة اللامركزية الإضافية e_c الواردة في البند (٩-٢-٦-٢)، والعلاقة (a) في البند (٩-٢-٦-٦) كما يلي:

$$e_c = \frac{\beta \cdot \lambda^2 \cdot (e_o + h)}{30000} \leq \frac{\beta \cdot \lambda^2 \cdot h}{15000} \qquad \ldots\ldots (d)$$

حيث:

$\beta = 1.65 - 0.65\alpha$ ..... (e) في حالة الجو الجاف

$\beta = 1.30 - 0.33\alpha$ ..... (f) في حالة الجو الرطب

$$\alpha = \frac{M_{us}}{M_{ui}} \leq 1.00$$

من أجل $\alpha \leq 0$ نعتمد قيمتها المطلقة في العلاقتين (e، f) لهذه الحالة بما لايزيد على 1.

حيث: M_{us} = الجزء من M_{ui} الناتج عن الأحمال الآنية، وتشمل: أحمال الرياح، والهزّات الأرضية وأحمال المركبات أو الآلات المتحركة (وبضمنها الأثر الديناميكي)، والحمل الحي المُطبّق على السطوح ذات الاستعمال القليل أو النادر.

أما في الحالات التي تكون فيها قيمة α أكبر من الصفر، فيجب أن يتم التحقق من طاقة تحمّل العضو المضغوط لحالة تحميل لا تشمل الأحمال الآنية المشار إليها أعلاه، مع افتراض قيمة α تساوي إلى الصفر.

٩-٢-٦-٨- في حالة الأعمدة المسنودة فقط، يجب أن لا تقلّ قيمة M_u المحسوبة في العلاقة (a)، عن العزم الأكبر المطلق المُطبّق في إحدى نهايتي العضو المضغوط (M_{u1}).

٩-٢-٦-٩- إذا تبيّن من التحليل الإنشائي العادي من الدرجة الأولى للأعضاء المضغوطة، أنها لاتتعرّض إلى عزوم انحناء، وأيضاً في الحالات التي يُسمح فيها وفقاً لما ورد في البند (٩-٢-٣-٢)، بحساب العضو المضغوط بافتراضه خاضعاً للضغط المركزي، مع إهمال عزم الانحناء

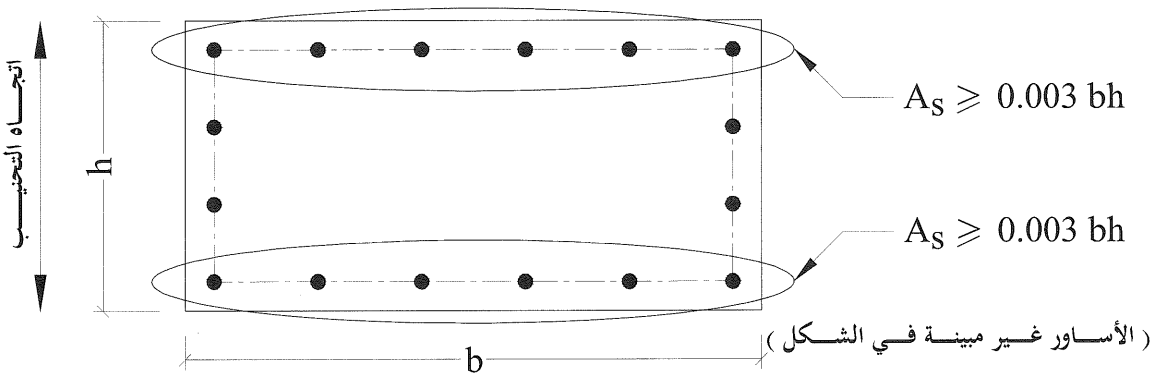
المُطبّق عليه بسبب صغر قيم هذا العزم، أو بإدخال أثره بواسطة عامل التكافؤ k_e المشار إليه في البند (٨-٣-٥) والجدولين (٨-٢)، فيمكن حساب أثر التحنيب (الانبعاج) بإحدى الطريقتين الآتيتين:

أ – بحساب العضو المضغوط على الضغط اللامركزي، تحت تأثير الحمل الناظمي الحدّي المُطبّق (N_u)، وعزم انحناء حدّي (M_u) يُحسب بموجب العلاقات (a)، (b)، (d)، (e أو f) من البندين (٩-٢-٦-٦) و(٩-٢-٦-٧) مع افتراض كل من قيمتي M_{ui}، α مساويتين إلى الصفر.

ب– أو إذا تحقق الشرطان الآتيان:

١) أن يكون قطاع العضو المضغوط مربعاً أو مستطيلاً.

٢) أن لا تقلّ مساحة التسليح الموجودة في كل طرف من طرفي القطاع بالاتجاه المقاوم للتحنيب عن 0.003 من مساحة القطاع الكلية (الشكل ٩-١٣)، وألا تزيد نحافة العمود λ على 80.



الشكل (٩-١٣): مساحات التسليح الدنيا في القطاعات المستطيلة للأعمدة النحيفة

يمكن حساب العمود على الضغط المركزي، بموجب إحدى العلاقتين (9.1) أو (9.2) حسب الحال، الواردتين في البند (٩-٢-٣-٢)، بعد تخفيض المقاومة القصوى على الضغط البسيط للعنصر بتقسيم الطرف الأيمن للمعادلة المستعملة على العامل k_e المعطى بالجدولين (٨-٢) في البند (٨-٣-٥) .

أما إذا لم يتحقق الشرطان المُبيّنان أعلاه، فتستعمل الطريقة الأولى المشروحة في الفقرة (أ) أعلاه.

٩-٢-٦-١٠- في الحالة العامة التي يكون فيها العضو المضغوط في وضعية التحميل المدروسة، معرّضاً لعزوم انحناء في أحد الاتجاهين الرئيسيين، يُحقَق العضو المضغوط على الضغط اللامركزي كما ورد في البنود (٩-٢-٦-٦)، (٩-٢-٦-٧)، (٩-٢-٦-٨)، (٩-٢-٦-٩)، في اتجاه العزم المُطبّق، ويُحقَق بالاتجاه الآخر بافتراضه غير معرّض لعزوم انحناء،

كما ورد في الفقرة (٩-٢-٦-٩) ومع افتراض قيم λ و h في كل اتجاه على حدة وعلى نحو مستقل.

٩-٢-٦-١١- أما في الحالات التي يُبيّن فيها التحليل الإنشائي، أن العمود معرّض في وضعية التحميل المدروسة، لعزوم انحناء في الاتجاهين الرئيسيين، وفي آن واحد معاً، فيجري حساب قيمة e_o، e_c لكل من الاتجاهين، كما ورد في هذه الفقرة (٩-٢-٦)، وباستعمال قيم λ و h والعزوم الأصلية المناسبة في كل اتجاه على حدة. ثم يُحقَق العمود على الضغط اللامركزي باتجاهين، كما ورد في الفقرة (٩-٢-٥-١٠) تحت تأثير القوة الناظمية القصوى المُطبّقة عليه، وعزمي انحناء في كل من الاتجاهين الرئيسيين كما في الشكل (٩-١٤).

$$M_{uy} = N_u (e_{ox} + e_{cx})$$
$$M_{ux} = N_u (e_{oy} + e_{cy})$$

$$\tan\beta = \frac{e_{oy}}{e_{ox}}, \quad e_{oy} = \frac{M_{ux}}{N_u} \geq e_{ay}, \quad e_{ox} = \frac{M_{uy}}{N_u} \geq e_{ax}$$

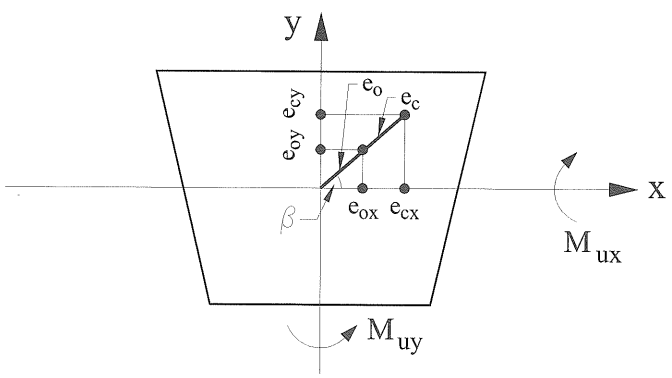
حيث: M_{ux} العزم الحدّي حول المحور x-x.

M_{uy} = العزم الحدّي حول المحور y-y.

N_u = القوة الناظمية الحدّية المُطبّقة على القطاع الخرساني عند مركز ثقله.

e_c = تُحسب وفق البند (٩-٢-٦-٧-ج).

و $e_{ax} = e_a \cos\beta$ و $e_{ay} = e_a \sin\beta$ تمثل قيمة اللامركزية الطارئة الأكبر، الواردة في البند (٩-٢-٦-٦).



الشكل (٩-١٤): مقطع عرضي لعمود معرض لعزمي انحناء

٩-٢-٦-١٢- يُراعى في حساب الأعمدة غير المسنودة جانبياً، الخاضعة لتأثير الأحمال الأفقية، أن يؤخذ أثر العزوم الإضافية الناتجة عن التحنيب (الانبعاج)، في تحقيق العناصر الأخرى المرتبطة بهذه الأعمدة كالجوائز والأساسات.

٩-٢-٧- الافتراضات الأساسية لحالة حدّ الانهيار بتأثير الإجهادات المماسية:

(الانهيار في مستوٍ مائل).

٩-٢-٧-١- إن مقاومة عنصر ما خاضع لإجهادات مماسية ناتجة عن قوى القص، يجب أن تؤمّن بمقاومة الخرسانة للإجهادات المماسية، بالإضافة إلى تسليح عرضي، يخترق المساحات التي تعمل فيها هذه الإجهادات المماسية.

يجب أن تحتوي العناصر المعرّضة لإجهادات مماسية، على تسليح أدنى لمقاومة هذه الإجهادات، باستثناء العناصر الآتية:

أ - البلاطات العادية وقواعد الأساسات.

ب- الجوائز التي لا يزيد عمقها على 250mm أو 2.5 مرة سمك جناحها في حالة القطاعات بشكل (T)، وبشرط أن لا يزيد إجهاد القص الحدّي فيها على 0.75 الإجهاد τ_{cu} الذي تستطيع الخرسانة تحمّله.

ج- الأعصاب التي لا يزيد إجهاد القص الحدّي فيها على 0.4 من الإجهاد الحدّي الذي تستطيع الخرسانة تحمّله.

٩-٢-٧-٢- تقاوَم الإجهادات المماسية في عنصر ما، بتسليح عرضي من الأنواع الآتية:

أ - أساور عمودية على التسليح الرئيسي الطولي للعنصر.

ب- أساور مائلة بزاوية لا تقلّ عن 30° مع تسليح الشدّ الرئيسي.

ج- أساور حلزونية، أي متواصلة على طول العنصر، ومُطوّقة لكامل قطاعاته.

د - قضبان طولية مكسحة بزاوية لا تقلّ عن 30° مع تسليح الشدّ الرئيسي، على أنه يجب استعمال الأساور معه.

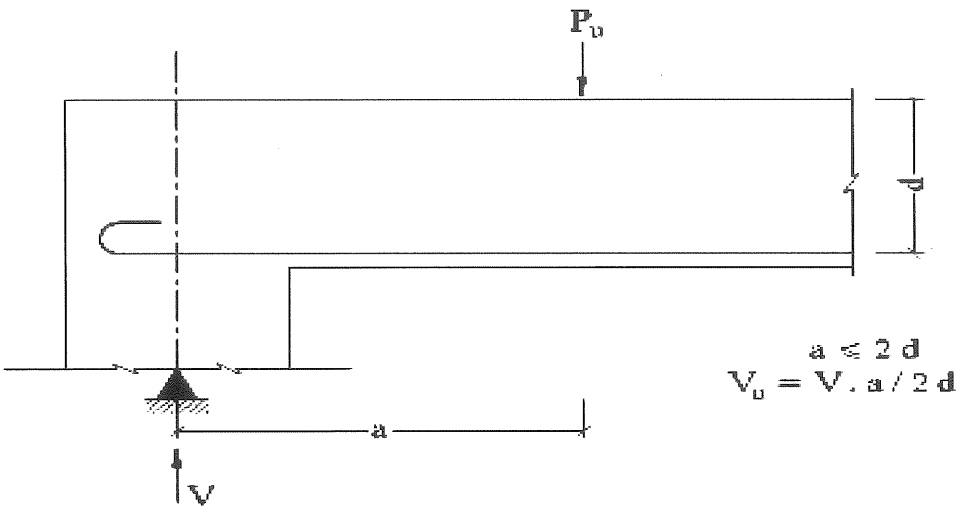
هـ- أو باستعمال اثنين أو أكثر من الأنواع السابقة.

٩-٢-٨- تصميم القطاعات المعرضة لقوى القص الحدية:

٩-٢-٨-١- قوة القصّ المؤثرة لحساب إجهادات القصّ الحدّي:

أ - لحساب إجهادات القصّ يؤخذ في الحسبان عامة، أن أكبر قوة قص مؤثرة هي تلك المحسوبة عند أوجه الركائز. أما في حالات الركائز المباشرة تحت الجوائز، حيث يتولد نتيجة هذا الارتكاز، انضغاط عمودي على الحافة السفلى للجائز، فيسمح بأن يكون حساب إجهادات القص، وتصميم التسليح العرضي اللازم مبنياً على قيمة القص المؤثرة على الجائز، على مسافة من وجه الركيزة الداخلي، تساوي 0.5 الارتفاع الفعّال للجائز (0.5d).

ب- عند وجود حمل مركّز P_u على مسافة (a) من الركيزة، تساوي أو تقلّ عن ضعف الارتفاع الفعّال للجائز ($a \le 2d$) يُسمح في حساب إجهاد القصّ الناتج عن هذا الحمل، بأخذ قوة قص V_u مؤثرة، تساوي قوة القصّ الحسابية مضروبة في $\frac{a}{2d}$ (الشكل ٩-١٥).



الشكل (٩-١٥): حالة حمل مركّز لا يبعد عن الركيزة أكثر من ضعف ارتفاع الجائز

ج- يمكن تثبيت قيمة قوة القصّ المؤثرة في المسافة بين أكبر قوة قص مؤثرة وبين الركيزة، تبعاً لخط مستقيم، يبدأ بقيمة أكبر قوة عند القطاع المحدد في الفقرة (أ) من هذا البند، ويستمر بالقيمة ذاتها حتى وجه الركيزة.

٩-٢-٨-٢- الحساب الافتراضي لإجهاد القصّ الحدّي:

أ - في حالة الجوائز الثابتة العمق، يُحسب إجهاد القصّ τ_u في قطاع ما، من العلاقة:

$$\tau_u = \frac{V_u}{0.85\ b_w.d}$$

حيث: V_u = قوة القصّ المؤثرة على القطاع، والمحسوبة على أساس البند (٩-٢-٨-١).

b_w = عرض جذع القطاع.

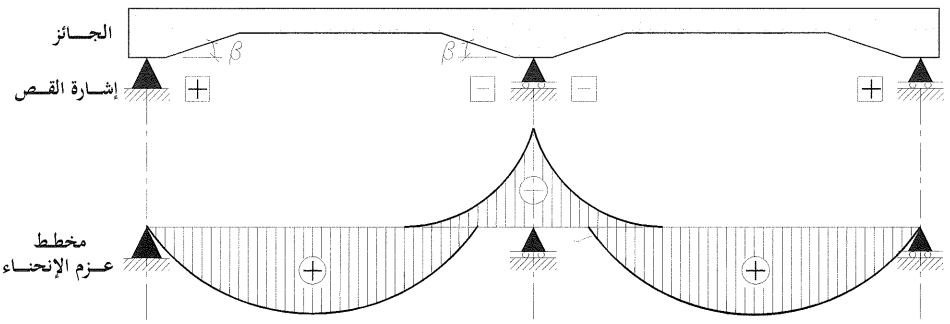
d = العمق الفعّال للقطاع.

ب- في حالة الجوائز متغيرة العمق:

يُستعاض عن قوة القصّ V_{ur} بالقيمة V_u، وفقاً للشكل (٩-١٥-أ).

حيث: $V_{ur} = V_u - M_u \tan\beta / d$

وحيث: $\tan\beta$ = ميل الشطفة ($\tan\beta \le \frac{1}{3}$ مهما بلغت قيمة β).



الشكل (٩-١٥-أ): جائز مستمر ومتغير الارتفاع

يُفترض في هذه المعادلة أن عمق القطاع يزيد مع زيادة عزوم الانحناء، أما في حالة صغر عمق القطاع مع زيادة عزوم الانحناء، فيستعاض عن إشارة (−) بإشارة (+).

٩-٢-٨-٣- الحد الأدنى للتسليح العرضي في حالة القصّ الحدّي:

في حال وجوب تسليح عرضي، حسب ما ورد في البند (٩-٢-٧-١)، للقطاعات المعرّضة لقوى قصّ، فإن نسبة التسليح العرضي الدنيا يجب أن لا تقلّ عن ما ورد في البندين (٧-١-٤-١) للأعمدة و(٧-٢-١-٧) للجوائز (الكمرات).

٩-٢-٨-٤- الإجهاد المماسي المسموح مقاومته بالخرسانة τ_{cu} الناتج عن القصّ الحدّي:

أ - في العناصر المعرّضة للانحناء والقصّ معاً، سواء كانت في العناصر الخطية أو البلاطات التي يزيد سمكها على 200 mm (ما عدا البلاطات أو الأساسات المعرّضة لحمل أو رد فعل مركّز (الفقرة ب أدناه))، وغير معرّض لعزم فتل رئيسي أو قوة ناظمية، يُسمح للخرسانة مقاومة إجهادات مماسية τ_{cu} تساوي:

$$\tau_{cu} = 0.16\sqrt{f'_c} + 18\ \mu_w \frac{V_u d}{M_u} \leq 0.31\sqrt{f'_c}$$

حيث: τ_{cu} = الإجهاد المماسي الذي تقاومه الخرسانة ، والناتج عن القص الحدّي مقدراً بـ (MP_a).

f'_c = المقاومة المميزة للخرسانة في الضغط مقدرة بـ (MP_a).

μ_w = نسبة التسليح الطولي المشدود في القطاع ، محسوبة على أساس عرض الجسد.

d = الارتفاع الفعّال للقطاع.

$V_u ; M_u$ = قوة القصّ القصوى وعزم الانحناء الأقصى على القطاع، شرط أن لا يزيد $\frac{V_u . d}{M_u}$ على 1.0 وإلا يُؤخذ مساوياً 1.0 .

$$(\tau_{cu} = 0.5\sqrt{f'_c} + 176\ \mu_w \frac{V_u\ d}{M_u} \leq \sqrt{f'_c}$$ (بالوحدات المترية

ويمكن للتبسيط الاستغناء عن حساب قيمة الإجهاد τ_{cu} من العلاقة السابقة واعتماد قيمة عظمى له مساوية $\sqrt{f'_c}$ 0.23 $\leftarrow \tau_{cu} =$ (بالواحدات المترية $\sqrt{f'_c}$ 0.72 $= \tau_{cu}$).

ب- في البلاطات المليئة والأساسات بجوار الحمل أو رد الفعل المركّز، يُسمح للخرسانة مقاومة إجهادات مماسية τ_{cu} تساوي: $\tau_{cu} = \left(0.16 + \frac{a}{3b}\right)\cdot\sqrt{f'_c} \le 0.31\sqrt{f'_c}$

(بالنظام المتري $\tau_{cu} = \left(0.5 + \frac{a}{b}\right)\cdot\sqrt{f'_c} \le \sqrt{f'_c}$)

حيث: a طول الضلع الأقصر لمساحة الحمل أو رد الفعل المركّز.

b طول الضلع الأطول لمساحة الحمل أو رد الفعل المركّز.

ج- عند ترافق القصّ مع قوة ضغط حدّية مقدارها N_u، يُسمح للخرسانة مقاومة إجهادات مماسية افتراضية تساوي: $\tau_{cu} = \left(1 + 0.07\cdot\frac{N_u}{A_c}\right)\times 0.16\sqrt{f'_c}$

(بالنظام المتري $\tau_{cu} = (1 + 0.007\cdot\frac{N_u}{A_c}).0.5\sqrt{f'_c}$)

حيث: A_c مساحة القطاع الخرساني الإجمالية.

د- عند ترافق القصّ مع قوة شدّ ناظمية حدّية مقدارها N_u، يُسمح للخرسانة مقاومة إجهادات مماسية افتراضية تساوي: $\tau_{cu} = \left(1 - 0.3\cdot\frac{N_u}{A_c}\right)\times 0.16\sqrt{f'_c} \ge 0$

(بالنظام المتري $\tau_{cu} = \left(1 - 0.03\frac{N_u}{A_c}\right)\times 0.5\sqrt{f'_c} \ge 0$)

حيث: A_c مساحة القطاع الخرساني الإجمالية.

هـ- إذا كان الإجهاد المماسي المحسوب الحدّي τ_u في قطاع ما أصغر من τ_{cu} أو يساويه، لا يُحسب التسليح العرضي، ويُكتفى باستعمال نسبة التسليح الدنيا. أما إذا زادت قيمة τ_u على τ_{cu} فتؤخذ قيمة الإجهاد المماسي الافتراضي الحدّي τ_{ou} الذي تقاومه الخرسانة في هذا القطاع، بقيمة عظمى تحدد كما يلي:

١) تساوي الصفر، إذا كان القطاع المدروس يتقاطع أو ينطبق مع فاصل صب أفقي أو شاقولي أو مائل، وعندما يكون جزء من تسليح الشدّ الطولي الرئيسي الموجب منتهياً ضمن المجاز وفي منطقة الشدّ ($\tau_{ou} = 0$).

٢) في حال غياب أحد الشرطين السابقين، يمكن أخذ قيمة τ_{ou} بحيث لا تزيد على: ($\tau_{ou} = 0.35\ \tau_{cu}$).

٣) في حال غياب الشرطين السابقين (أي في الحالة المثالية للتصميم والتنفيذ)، تؤخذ قيمة τ_{ou} بحيث لا تزيد عن ($\tau_{ou} = 0.7\ \tau_{cu}$).

و- عند ترافق القصّ مع عزم فتل رئيسي، ينتج عنه إجهاد فتل τ_{tu} تزيد قيمته على $0.13\sqrt{f'_c}$ (بالنظام المتري $0.4\sqrt{f'_c}$) يُسمح للخرسانة في الحالة المثالية للتصميم والتنفيذ (أي وفق الفقرة هـ-٣ أعلاه)، مقاومة إجهادات مماسية افتراضية τ_{ou} تساوي:

$$\tau_{ou} = \tau_{cu} = \frac{0.16\ \sqrt{f'_c}}{\sqrt{1+\left(\frac{\tau_{tu}}{1.2\tau_u}\right)^2}}$$

$$\left(\tau_{ou} = \tau_{cu} = \frac{0.5\ \sqrt{f'_c}}{\sqrt{1+(\frac{\tau_{tu}}{1.2\tau_u})^2}}\right.$$ (بالنظام المتري)

حيث: τ_u = الإجهاد المماسي الحدّي المحسوب على القطاع المدروس.

τ_{tu} = الإجهاد المماسي الحدّي الناجم عن الفتل.

١) أما في الحالة (هـ –١) أعلاه، فتؤخذ قيمة τ_{ou} مساوية الصفر.

٢) أما في الحالة (هـ –٢) أعلاه، فتؤخذ قيمة τ_{ou} بحيث لا تزيد على القيمة الآتية:

$$\tau_{ou} = \frac{0.08\ \sqrt{f'_c}}{\sqrt{1+\left(\frac{\tau_{tu}}{1.2\tau_u}\right)^2}}$$

$$\left(\tau_{ou} = \frac{0.25\ \sqrt{f'_c}}{\sqrt{1+(\frac{\tau_{tu}}{1.2\tau_u})^2}}\right.$$ (بالنظام المتري)

ز– في حالة تعرّض العنصر إلى قوى شدّ تتسبب في وقوع المحور السليم خارج القطاع، يُصمم التسليح لمقاومة الإجهادات المماسية المحسوبة τ_u كاملة.

ح– لا يجوز، في حال من الأحوال، أن تزيد قيمة الإجهادات المماسية المحسوبة τ_u على $\tau_{u\,max} = 0.65\ \sqrt{f'_c}$ (بالنظام المتري $2\ \sqrt{f'_c}$) في حال استعمال أساور في اتجاه عمودي، أو غير مقرونة بتسليح طولي مُكسّح، وعلى $\tau_{u\,max} = 0.8\ \sqrt{f'_c}$ ($2.5\ \sqrt{f'_c}$ بالنظام المتري) في حال استعمال أساور شاقولية وقضبان تسليح مائلة (أو أساور شاقولية وأساور مائلة) بزاوية 45° مع التسليح الطولي.

ويُوضح الشكل (٩–١٦)، كيفية افتراض إجهادات القصّ التصميمية اللازمة لحساب تسليح خاص لمقاومتها على الشدّ.

٩–٢–٨–٥– تصميم التسليح العرضي لمقاومة القصّ الحدّي:

أ - في حال استعمال أساور عرضية عمودية على التسليح الطولي يؤخذ الحد الأدنى لقطاعها:

$$A_{st} = \frac{(\tau_u - \tau_{ou})\cdot b_w .s}{f_y}$$

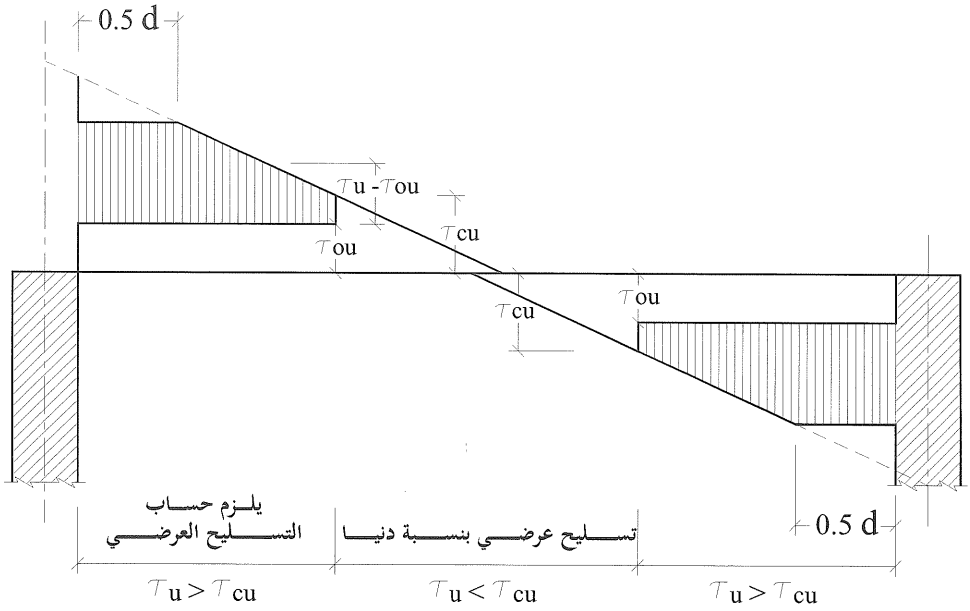
ب– في حال استعمال أساور مائلة أو تسليح مُكسّح يميل على محور التسليح الرئيسي بزاوية α يؤخذ الحد الأدنى لقطاعها:

$$A_{st} = \frac{(\tau_u - \tau_{ou})\cdot b_w .s}{f_y(\sin\propto + \cos\propto)}$$

إذا كانت $\alpha = 45^\circ$ فتكون:

$$A_{st} = \frac{(\tau_u - \tau_{ou})\cdot b_w .s}{\sqrt{2}\cdot f_y}$$

ج- إذا كان التسليح العرضي مؤلفاً من عدة أنواع، يكون قطاع التسليح الأدنى، مساوياً لمجموع قطاعات الأنواع المختلفة، على أن تؤخذ مقاومة الخرسانة الافتراضية τ_{ou} مرّة واحدة في هذه الحسابات.



τ_{ou} = الإجهاد المماسي الحدّي الافتراضي الذي تقاومه الخرسانة.

τ_{cu} = الإجهاد المماسي الحدّي المسموح بالخرسانة، ويحتاج لنسبة تسليح دنيا.

τ_u = الإجهاد المماسي الحدّي المحسوب.

الشكل (٩-١٦): إجهادات القصّ الحدية التصميمية لحساب التسليح العرضي

٩-٢-٩- تصميم القطاعات المعرّضة لعزوم فتل (لي) حدّية:

يعتمد سلوك الوحدات الإنشائية المعرّضة لعزوم فتل، على عدة عوامل، أهمها شكل القطاع وكمية وترتيب ما به من تسليح، وعلى الخواص الميكانيكية للمواد، وطبيعة ومقدار القوى الداخلية الأخرى، كعزوم الانحناء وقوى الضغط والشدّ والقصّ التي يمكن أن تصاحب الفتل. وتؤخذ عزوم الفتل (T_u) عند التصميم للعناصر الإنشائية في الحسبان، إذا كان الفتل فيها عنصراً أساسياً لتأمين توازنها (الستاتيكي والديناميكي).

٩-٢-٩-١- عزوم الفتل الحدّية المؤثرة لحساب الإجهادات المماسية:

في العناصر المحمّلة على ركائز، تؤخذ قيمة عزم الفتل T_u على القطاعات بجوار الركائز، مساوية لقيمتها على قطاعات العناصر التي تبعد مسافة 0.5 العمق الفعّال (0.5 d) من وجه الركائز.

٩-٢-٩-٢- حساب الإجهاد المماسي الافتراضي الناتج عن الفتل الحدّي:

أ - تؤخذ قيمة الإجهاد المماسي الافتراضي τ_{tu} في القطاعات المستطيلة والقطاعات ذات الأجنحة من العلاقة:

$$\tau_{tu} = \frac{3 \cdot T_u}{\sum x^2 y}$$

حيث: T_u = عزم الفتل الحدّي الأقصى.

x = عرض كل من المستطيلات التي يتألف منها القطاع.

y = طول كل من المستطيلات التي يتألف منها القطاع، على أن لا تتجاوز 3x في حال جناح الجوائز بشكل حرف T.

ب- تُحسب أقصى قيمة للإجهاد المماسي τ_{tu} في القطاعات الدائرية المفرّغة من العلاقة:

$$\tau_{tu} = \frac{T_u}{2A_o \cdot d_o}$$

حيث: A_o = المساحة الداخلية للشكل المرسوم في منتصف السماكة do.

d_o = سمك القطاع في النقطة المحسوب فيها الإجهاد.

ج- تُحسب أقصى قيمة للإجهاد المماسي τ_{tu} في القطاعات الدائرية المليئة المسلحة من العلاقة:

$$\tau_{tu} = \frac{3.2\ T_u}{d_k^{\ 3}}$$

حيث: d_k = قطر نواة القطاع.

ويجب أن لا يقلّ سمك الغطاء الخرساني في هذه الحالة عن $\frac{1}{12}$ من قطر القطاع.

٩-٢-٩-٣- الحد الأدنى للتسليح العرضي في حالة الفتل الحدّي:

يؤخذ تأثير الفتل في حسابات القصّ والانحناء، إذا كانت الإجهادات المماسية المحسوبة الناتجة عن الفتل τ_{tu} تفوق القيمة $0.13\sqrt{f'_c}$ ($0.4\sqrt{f'_c}$ بالنظام المتري) أما إذا كانت هذه الإجهادات دون $0.13\sqrt{f'_c}$ ($0.4\sqrt{f'_c}$ بالنظام المتري) فيهمل تأثير الفتل في الحسابات، ويُكتفى بأدنى مساحة تسليح عرضي مسموح بها، كما هي معطاة في البند (٧-٢-١-٧-ز).

٩-٢-٩-٤- الإجهاد المماسي المسموح مقاومته بالخرسانة τ_{tcu} الناتج عن الفتل الحدّي:

أ - يجب أن لا تزيد إجهادات الفتل المسموحة τ_{tcu} التي تقاومها الخرسانة على $0.13\sqrt{f'_c}$ ($0.4\sqrt{f'_c}$ بالنظام المتري).

ب- في حال وجود قوة شدّ هامة مُطبّقة على القطاع، بالإضافة إلى عزوم الفتل، يُصمم التسليح العرضي لمقاومة كامل الإجهادات المماسية المحسوبة τ_{tcu} الناتجة عن الفتل، أي تؤخذ $\tau_{tcu} = 0$.

ج- لا يُسمح أن تتجاوز قيمة الإجهادات المماسية الناتجة عن الفتل $\tau_{tu} \le 0.80\sqrt{f'_c}$ ($2.5\sqrt{f'_c}$ في النظام المتري).

٩-٢-٩-٥- تصميم التسليح اللازم لمقاومة الفتل الحدّي:

أ - يؤخذ القطاع الأدنى لقضيب اسوارة التسليح العرضي المطوّقة تطويقاً كاملاً للقطاع، مساوياً إلى:

$$A_{st} = \frac{(\tau_{tu} - \tau_{ou}) \cdot s \cdot \Sigma\ x^2 \cdot y}{3 \cdot \alpha_t \cdot x_1 \cdot y_1 \cdot f_y}$$

حيث: x_1 = عرض اسوارة التسليح المستطيلة.

y_1 = طول اسوارة التسليح المستطيلة.

α_t = معامل يؤخذ من العلاقة $\alpha_t = \left[0.66 + 0.33 \cdot \left(\frac{y_1}{x_1}\right)\right]$

حيث: $\alpha_t \le 1.5$

ب- تؤخذ مساحة التسليح الطولي أكبر قيمة تنتج عن المعادلتين الآتيتين:

$$A_1 = 2A_{st}\left(\frac{x_1 + y_1}{s}\right) \quad \ldots (a)$$

$$A_1 = \left[\frac{(2.8) \cdot x \cdot s}{f_y}\left(\frac{\tau_{tu}}{\tau_{tu} + \tau_u}\right) - 2A_{st}\right]\frac{(x_1 + y_1)}{s} \quad \ldots (b)$$

(وفي النظام المتري يستبدل الثابت 2.8 بالثابت 28)

حيث: A_1 مجموع مساحات التسليح الطولي لمقاومة الفتل والموزع بانتظام على كامل محيط المقطع العرضي، و على أن تكون:

$$2A_{st} \ge \frac{0.35}{f_y} \cdot b_w.s \quad \left(\text{في النظام المتري } \frac{3.5}{f_y} \cdot b_w.s\right)$$

ج- إذا كانت المقاومة المميزة f_{yt} للتسليح العرضي مختلفة عن المقاومة المميزة f_y للتسليح الطولي، فتستبدل A_{st} في العلاقتين a و b بالمقدار $A_{st} \cdot \left(\frac{f_{yt}}{f_y}\right)$

د- إذا استعملت أساور مائلة على التسليح الطولي بزاوية 45° (أو قضبان حلزونية)، تكون مساحتها المطلوبة $0.7A_{st}$ المحددة في الفقرة (أ) من هذا البند.

٩-٢-١٠- تصميم القطاعات المعرضة للقص والفتل الحديين:

٩-٢-١٠-١- قوى القصّ وعزوم الفتل المؤثرة في حساب إجهادات القصّ الحدّية:

تؤخذ قيمها وفق ما ورد في البندين (٩-٢-٨-١) و(٩-٢-٩-١).

٩-٢-١٠-٢- الحساب الافتراضي لإجهاد القصّ الحدّي:

تؤخذ قيمة τ_u الناتجة عن قوى القصّ، وقيمة τ_{tu} الناتجة عن عزوم الفتل، وفق العلاقات الواردة في البندين (٩-٢-٨-٢) و(٩-٢-٩-٢).

٩-٢-١٠-٣- الحد الأدنى للتسليح العرضي الحدّي:

في حال وجوب تسليح عرضي، حسب ما ورد في البند (٩-٢-٧-١) للقطاعات المعرّضة لقوى قصّ مصحوبة بعزم فتل يُسبب إجهادات τ_{tu} لا تزيد قيمتها على $0.13\sqrt{f'_c}$ ($0.4\sqrt{f'_c}$ في النظام المتري) فإن أدنى نسبة تسليح عرضي مسموح به هي المعطاة في البند (٧-٢-١-٧).

٩-٢-١٠-٤- الإجهاد المماسي الحدّي المسموح مقاومته بالخرسانة:

أ - في حال عدم خضوع القطاع إلى قوة شدّ أو إلى إجهاد قصّ ناتج عن عزم فتل تفوق قيمته أو تعادل $\tau_{tu} = 0.13\cdot\sqrt{f'_c}$ ($0.4\cdot\sqrt{f'_c}$ في النظام المتري) يُسمح للخرسانة مقاومة إجهاد مماسي ناتج عن قوى القص، يساوي إلى قيمة τ_{cu} المعطاة في البند (٩-٢-٨-٤- أ).

ب- في حال عدم خضوع القطاع إلى قوة شدّ، وتعرّضه إلى إجهاد قص ناتج عن عزم فتل تفوق قيمته $\tau_{tu} = 0.13\sqrt{f'_c}$ ($0.4\sqrt{f'_c}$ في النظام المتري) فإن القيمة العظمى الافتراضية للإجهاد المماسي الذي تتحمّله الخرسانة، والناتج عن القص يعطى بالعلاقة:

$$\tau_{cu} = \frac{0.16\sqrt{f'_c}}{\sqrt{1+(\tau_{tu}/1.2\tau_u)^2}} \qquad \left(\tau_{cu} = \frac{0.5\sqrt{f'_c}}{\sqrt{1+(\frac{\tau_{tu}}{1.2\tau_u})^2}}\right.$$ في النظام المتري)

ويحسب τ_{ou} لهذه الحالة كما في البند (٩-٢-٨-٤-هـ).

ج- في حال وجود القص والفتل معاً، فإن القيمة العظمى المسموحة τ_{tcu} للإجهاد المماسي الناتج عن الفتل والذي تتحمّله الخرسانة، يُعطى بالعلاقة:

$$\tau_{tcu} = \frac{0.16\sqrt{f'_c}}{\sqrt{1+(1.2\,\tau_u/\tau_{tu})^2}} \qquad \left(\tau_{tcu} = \frac{0.5\sqrt{f'_c}}{\sqrt{1+(1.2\cdot\frac{\tau_u}{\tau_{tu}})^2}}\right.$$ في النظام المتري)

وتعتمد قيمة τ_{ou} في هذه الحالة مساوية إلى الصفر أو τ_{tcu} 0.35 أو τ_{tcu} 0.7 وفقاً للشروط الواردة في البند (٩-٢-٨-٤-هـ).

د- لا يُسمح أن تتجاوز قيمة الإجهادات المماسية المحسوبة τ_{tu} والناتجة عن الفتل ما يلي:

$$\tau_{tu} \le \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{\sqrt{1+\left(\frac{1.2\tau_u}{\tau_{tu}}\right)^2}} \qquad \left(\tau_{tu} \le \frac{2.5\sqrt{f'_c}}{\sqrt{1+(\frac{1.2\tau_u}{\tau_{tu}})^2}}\right.$$ في النظام المتري)

٩-٢-١٠-٥- تصميم التسليح لمقاومة القصّ والفتل الحدّيين:

في حال تجاوز كل من τ_u أو τ_{tu} القيم المحددة لـ τ_{cu}، τ_{tcu} المبيّنة في البند (٩-٢-١٠-٤-ب و ج) أعلاه، تحسب مساحة التسليح العرضي لمقاومة الإجهادات المماسية الناتجة عن القصّ وعزم الفتل، كل على حدة، بموجب العلاقات الواردة في البندين (٩-٢-٨-٥) والبند (٩-٢-٩-٥)، على أن تؤخذ قيمة τ_{ou} مساوية قيمة τ_{cu} والمحسوبة بموجب البند (٩-٢-١٠-٤-ب)، وعلى أن تؤخذ قيمة τ_{tcu} مساوية للقيمة المحسوبة بموجب البند (٩-٢-١٠-٤-ج).

٩-٢-١٠-٦- شروط خاصة بتصميم الجوائز العميقة:

أ - تطبّق هذه الشروط في الجوائز التي تكون فيها نسبة المجاز L للعمق الكلي h، أقلّ من 5، والمحمّلة على طرفها المعرّض لإجهادات ضغط.

ب- تؤخذ قيمة الإجهادات المماسية المحسوبة التي تقاومها الخرسانة بقيمة عظمى مساوية:

$\tau_{cu} = 0.16 \sqrt{f'_c}$ ($\tau_{cu} = 0.5 \sqrt{f'_c}$ في النظام المتري)

ج- يُحدد القطاع الحرج للقصّ في الجوائز العميقة، بالقطاع الذي يبعد (0.15 L_n، حيث L_n المجاز الصافي أي البعد بين وجهي المسندين) من حافة الركيزة في الجوائز الخاضعة لأحمال منتظمة، و (0.5 a) في الجوائز الخاضعة لأحمال مركّزة، على ألا تزيد على (0.5 d).

حيث: a المسافة بين نقطة الحمل المركّز وحافة الركيزة.

أما في حالة الأظفار القصيرة فيحدد القطاع الحرج للقص عند وجه المسند.

د- يُستعمل التسليح ذاته المطلوب للقصّ في القطاع الحرج، في جميع قطاعات الجائز.

هـ- في حال $\left(\frac{L}{h} \leq 2\right)$، لا يجوز أن يفوق الإجهاد المماسي (τ_u): $0.65 \sqrt{f'_c}$ ($\sqrt{f'_c}$ 2 في النظام المتري).

و- في حال $2 \leq \frac{L}{h} \leq 5$، لا يجوز أن يفوق الإجهاد المماسي (τ_u):

$0.054 \left(10+\frac{L}{h}\right) \sqrt{f'_c}$ ، $0.17 \left(10+\frac{L}{h}\right) \sqrt{f'_c}$ في النظام المتري).

ز- يُصمم التسليح العرضي لمقاومة القصّ في الجوائز العميقة من المعادلة:

$$\frac{A_{st}}{s}\cdot\left(\frac{1+\frac{l_n}{d}}{12}\right)\cdot f_{yt} + \frac{A_l}{s'}\cdot\frac{\left(11-\frac{l_n}{d}\right)}{12}\cdot f_y = (\tau_u - \tau_{ou})\cdot b_w$$

حيث: A_{st} = قطاع التسليح العمودي على التسليح الطولي.

s = تباعد التسليح العرضي.

A_l = قطاع التسليح الموازي للتسليح الطولي.

s′ = تباعد التسليح الطولي.

f_{yt} = حد المرونة للتسليح العرضي.

f_y = حد المرونة (المقاومة المميزة) للتسليح الطولي.

في حالة الجوائز العميقة ذات القطاع العرضي بشكل T أو T مقلوبة أو I، والتي تزيد سماكة جناح منطقة الضغط فيها على 0.5 عرض جسد الجائز، ولا يقلّ سمك جناح منطقة الضغط أيضاً على 0.2 الارتفاع، يجب ألا يفوق الإجهاد المماسي τ_u القيمة $0.8\sqrt{f'_c}$ ($2.5\sqrt{f'_c}$ في النظام المتري).

٩-٢-١٠-٧- شروط خاصة بتصميم جدران القص:

أ - يُؤخذ العمق الفعّال لحساب الإجهاد المماسي الحدّي τ_u في العلاقة الواردة في البند (٩-٢-٨-٢) مساوياً إلى 0.8 من الارتفاع الفعّال للقطاع العرضي الحرج للمناطق الزلزالية حيث: $Z \geq 0.2$ ، و يكون مساوياً إلى 0.75 من الارتفاع الفعّال للقطاع العرضي الحرج للمناطق الزلزالية حيث : $0.3 > Z > 0.2$. و مساوياً إلى 0.6 من الارتفاع الفعّال للقطاع العرضي الحرج للمناطق الزلزالية حيث : $Z \geq 0.3$.

ب- تؤخذ مقاومة الخرسانة الافتراضية للإجهادات المماسية الحدّية مساوية $\tau_{cu} = 0.16\sqrt{f'_c}$ ($0.5\sqrt{f'_c}$ في النظام المتري)، إذا كان القطاع معرّضاً لقوة ضاغطة، ولا يُعتدّ بكل مقاومة للخرسانة، في حساب التسليح العرضي عندما تكون القوة شادّة.

ج- يجب أن لا يتعدى مجموع الإجهادات المماسية الحدّية الحسابية (τ_u) في جدران القصّ $0.65\sqrt{f'_c}$ ($2\sqrt{f'_c}$ في النظام المتري).

٩-٢-١٠-٨- شروط خاصة بالبلاطات وقواعد الأساسات بجوار الأحمال المركّزة:

أ - يُفترض القطاع الحرج لحساب الإجهادات المماسية الحدّية الناتجة عن القصّ، بجوار الأحمال المركّزة في البلاطات وقواعد الأساسات وما شابهها، على بعد (0.5 d) من حيث تأثير القوة المركّزة.

ب- تحسب الإجهادات المماسية الحدّية من العلاقة في البند (٩-٢-٨-٢- أ) بافتراض:

b_w = محيط القطاع الحرج المحدد في (أ) أعلاه.

d = العمق الفعّال عند القطاع الحرج.

V_u = قوة القصّ الحدّية على محيط القطاع الحرج.

ج- تؤخذ مقاومة الخرسانة وفقاً للفقرة (٩-٢-٨-٤-ب).

د- إذا زاد الإجهاد المماسي الحدّي على القيمة المحددة في (ج) أعلاه، يُحسب التسليح كما في العلاقات الواردة في البند (٩-٢-٨-٥)، بافتراض أن: $\tau_{ou} = 0.19\sqrt{f'_c}$ ، ($0.6\sqrt{f'_c}$ في النظام المتري).

هـ- لا يجوز أن تزيد الإجهادات المماسية الحدّية τ_u على $0.48\sqrt{f'_c}$ ، ($1.5\sqrt{f'_c}$ في النظام المتري).

و- إذا كانت τ_u أقلّ من القيمة المحددة في (ج) أعلاه، فلا حاجة لتسليح قص.

الباب العاشر

10

حالات حدود الاستثمار

١٠-١- أساسيات في حالات حدود الاستثمار:

يتناول هذا الباب الأسس التي تعتمد في حساب مقاطع الخرسانة المسلحة، في الحالات التي تحقق الاشتراطات الواردة في البند (١٠-٣)، أو التحقق منها نتيجة لتأثير أفعال الاستثمار، وبالاستناد إلى عمل المقاطع في المرحلة الثانية، إذ تكون الخرسانة متشققة في منطقة الشدّ، ويكون إجهاد الفولاذ ضمن حدّ المرونة.

يُسمح باعتماد الأسس الواردة في هذا البند لتصميم العناصر التي تحقق اشتراطات البند (١٠-٣)، وبذلك يمكن اعتماد هذه الأسس لهذه العناصر بدلاً عن الأسس الواردة في حساب المقاطع، بموجب حالتي الحد الأقصى وحدّ الاتزان لحالات الحدود، أو التحقق من حالة حدّ الإجهادات المسموح بها للعناصر التي لا تحقق اشتراطات البند (١٠-٣).

أما تحقيق سلامة العناصر للوضعيّات الإجهادية الأخرى، أي التشقق أو التشكّل، فيبقى ضرورياً في الحالات الموجبة له، ويتم كما ورد في البندين (١٠-٤) و(١٠-٥)، حيث تُعتمد أفعال الاستثمار أصلاً.

يجدر التنويه إلى أنه يلزم في الحسابات اعتماد قيم مخفضة لـ fy عن القيم المميزة الاسمية وذلك عندما تكون قيم f'_c (MPa) الفعلية قليلة نسبياً (أي تقل عن القيمة الدنيا المعتمدة في هذا الكود وهي ($f'_c = 18$ MPa) وذلك فقط عند التحقق من المنشآت القائمة فعلياً، ويمكن اعتماد الجدول الآتي لقيم f_y (MPa) المخفضة المعتمدة في الحسابات.

f_y / f'_c	240	280	300	360	400
≤ 15	240	240	250		
16.5	240	250	260	300	
≥ 18	240	280	300	360	400

ويمكن استعمال الاستقراء الخطي للقيم غير الواردة في الجدول.

أما عند تحقيق المنشآت والمباني القائمة فيمكن استعمال قيم المقاومة المميزة الاسمية (f_y) للفولاذ المستعمل. وفي كل الحالات يجب أن تتحقق العلاقة الآتية في القطاع المدروس:

$$(A_s - A'_s) \leq 0.5A_{sb}$$

١٠-٢- الفرضيات في حالات حدود الاستثمار:

١٠-٢-١- يستند التحليل الخطي المرن في تحقيق سلامة المقاطع الخاضعة لأفعال الاستثمار، إلى الفرض بأن الإجهادات الفعلية في المقاطع الحرجة في كل من الخرسانة والفولاذ، يجب ألا تزيد على إجهادات الاستثمار المسموحة والمحددة في البنود الآتية.

١٠-٢-٢- المقاطع المستوية قبل الانعطاف تظلّ مستوية بعده، أي أن الانفعال في كل من الخرسانة والفولاذ يتناسب مع البعد عن المحور السليم.

١٠-٢-٣- تسلك الخرسانة والفولاذ سلوك المواد المرنة في حدود أفعال الاستثمار، وبذلك يكون توزيع الإجهادات في المقطع خطياً.

١٠-٢-٤- يتم تحليل وتصميم المقاطع، بإهمال الخرسانة في الشدّ، بفرض وجود شروخ بها، ويتحمل الفولاذ وحده كل إجهادات الشدّ في المقطع.

١٠-٢-٥- تأخذ النسبة المعيارية $n = E_s / E_c$ القيم الآتية:

١- في حال الحساب وفق حالة حدّ تجاوز الإجهادات المسموح بها ($n = 15$).

٢- في حال الحساب وفق حالة حدّ التشقق المعيب ($n = 10$).

٣- في حال الحساب وفق حالة حدّ التشكّل، تحسب n من العلاقة: ($n = \frac{E_s}{E_c}$)

حيث: تؤخذ قيم E_s من الشكل (٤-١) أو الشكل (٤-٢)، و E_c من البند (٤-٢-٨). ويجوز تخفيض قيم n، في حالتي حدّ الإجهادات المسموح بها وحدّ التشقق، عند استعمال خرسانة بمقاومة مميزة عالية تزيد على 25 MPa، وذلك بمقدار 20%.

١٠-٣- حالة حدّ تجاوز الإجهادات المسموح بها:

١٠-٣-١- مجال الاستعمال:

١- يتوجب التحقق من حالة حد (أي عدم) تجاوز الإجهادات المسموح بها على نحو إلزامي، في الحالات الآتية:

أ - العناصر والمقاطع المعرّضة لضغط السوائل، عندما لا تتخذ احتياطات كافية لحمايتها من تسرب السوائل عبر الشقوق، أو احتمالات أضرار التآكل في فولاذ التسليح. وفي هذه الحالة يتم التحقق على المرحلة الأولى (ما قبل التشقق) وفق البند (١٠-٤).

وفي جميع الأحوال، يلزم التحقق في مرحلة ما قبل التشقق، للمنشآت المعرضة لمياه أو رطوبة أو أوساط ضارة. ومن هذه المنشآت: الخزانات والجدران الاستنادية، حسبما هو وارد في الملحق الخاص بها.

ب- المنشآت المعرّضة لأحمال حركية (ديناميكية) متكررة، تؤدي إلى ظاهرة التعب في فولاذ التسليح، وفي هذه الحالة تُعدّل قيم الإجهادات المسموح بها في التسليح، وفق ملاحق الكود الخاصة بها (الجسور، على سبيل المثال).

ج- بعض المنشآت التي تتطلب الكودات الخاصة بها، شرطاً صريحاً لتحديد الإجهادات تحت تأثير أحمال الاستثمار (على سبيل المثال: المداخن، أو المنشآت من الخرسانة المسبقة الإجهاد).

وفي هذه الحالات المبيّنة أعلاه، يجب التحقق أيضاً من حالة حدّ الانهيار، ويبقى التحقق من حالات حدود الاستثمار الأخرى (الشقوق والسهوم)، خاضعاً للاشتراطات الواردة لاحقاً في هذا الفصل.

٢- يمكن الاكتفاء بالتحقق من حالة حد تجاوز الإجهادات المسموح بها دون وجوب التحقق من حالة حد الانهيار، كونها محققة ضمناً في الحالات الآتية:

أ - العناصر المعرّضة للانعطاف والقصّ، مع أو دون فتل، تحت تأثير جميع مصادر التحميل، وفي أسوأ وضعياتها، ما عدا حالة إدخال أفعال الهزات الأرضية.

ب- الأعمدة القصيرة المعرّضة للضغط البسيط، أو العناصر المضغوطة القصيرة أو الطويلة التي تسمح هذه المواصفات القياسية بحسابها، كونها معرّضة للضغط البسيط (البند (٩-٢-٣))، أو العناصر الخاضعة لشدّ أو ضغط لا مركزيّين.

ج- عناصر الأساسات المعرّضة للانعطاف والقصّ.

د- الجوائز العميقة و الجدران الحاملة و جدران القص وما يُماثلها، على أن لا يكون تصميمها محكوماً بإدخال أفعال الهزات الأرضية.

هـ- المنشآت القشرية.

ويبقى التحقق من حالات الاستثمار الأخرى (الشقوق والسهوم)، خاضعاً للاشتراطات الخاصة بها الواردة في البندين (١٠-٤) و(١٠-٥).

٣- في حال التحقق من حالات حدود الحدّ الأقصى وفق الباب التاسع، وما عدا الحالات الواردة في البند (١٠-٣-١-١) أعلاه، يمكن الاستغناء عن التحقق من حالة حدّ تجاوز الإجهادات المسموح بها، ويبقى التحقق من حالات الاستثمار الأخرى (الشقوق والسهوم)، خاضعاً للاشتراطات الخاصة بها الواردة في البندين (١٠-٤) و(١٠-٥).

٤- في حال إدخال أفعال الهزات الأرضية في الحساب، يصبح التحقق من مقاومة المقاطع والعناصر المقاومة لهذه الأفعال، تحت تاثير حالات التحميل التي تشمل الهزات الأرضية، وفق حالات حدود المقاومة الواردة في الباب التاسع، إلزامياً.

١٠-٣-٢- قيم الإجهادات الناظمية المسموح بها:

يجب ألا تزيد الإجهادات الناظميّة المسموحة، عن القيم الآتية:

١٠-٣-٢-١- الشدّ أو الضغط لفولاذ التسليح في حالات حدود الاستثمار:

تعدّ قيمة الشدّ المسموح بها لفولاذ التسليح، مساوية إلى $0.55\ f_y$، أما قيمة الضغط المسموح به لفولاذ التسليح فتؤخذ على النحو الآتي:

أ - بالنسبة للأعمدة الخاضعة للضغط البسيط، تُعتمد القيم الواردة في البند (١٠-٣-٣-٢)، وهي محسوبة من العلاقة (9-1) المأخوذ فيها تأثير اللامركزية الطارئة، بعد قسمتها على 1.6 (المتوسط الموزون لعامل التصعيد للأحمال الحية والميتة).

ب- أما بالنسبة للعناصر المعرّضة للانعطاف البسيط أو المركّب، فتؤخذ قيمة الضغط في التسليح، مساوياً الضغط في الخرسانة المجاورة لهذا التسليح مضروباً بالنسبة المعيارية n = 15، شريطة ألا تزيد هذه القيمة على $0.55\ f_y$.

١٠-٣-٢-٢- الضغط في الخرسانة في حالات حدود الاستثمار:

أ - الضغط البسيط لا يزيد على $0.3\ f'_c$.

ب- الضغط اللامركزي لا يزيد على:

$$(0.3 + \frac{e}{4t})\ f'_c \leq 0.55\ f'_c$$

ج- الانعطاف أو حالة الشدّ اللامركزي (اللا مركزية الكبيرة):

١) لا يزيد الضغط في المقاطع المستطيلة على $0.55\ f'_c$

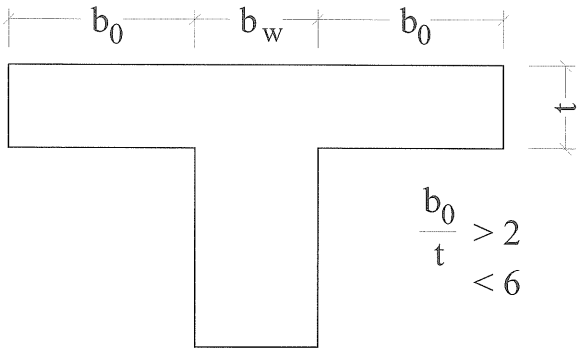
٢) لا يزيد الضغط في المقاطع بشكل T، التي لا يقل سمك جناح منطقة الضغط فيها عن 0.4 الارتفاع الفعّال للمقطع، مهما كان عرض الجناح على $0.55\ f'_c$

٣) في المقاطع بشكل T، التي يقلّ سمك جناح المقطع فيها على 0.1 الارتفاع الفعّال للمقطع، أو إذا كان سمك البلاطة تقلّ عن 60 mm، يُحسب المقطع الفعّال بافتراضه مستطيلاً، وتهمل مشاركة الجناح في حساب مقاومة المقطع.

٤) لا يزيد الضغط في المقاطع بشكل T، التي لا يتجاوز عرض جناح منطقة الضغط فيها، من كل جهة، مرتين سمك الجناح على $0.5\ f'_c$.

٥) في المقاطع بشكل حرف T (الشكل ١٠-١)، التي يتجاوز عرض جناح منطقة الضغط، من كل جهة (b_o)، مرّتين سمك الجناح (t)، ولا يتجاوز 6 مرّات سمك الجناح، تؤخذ

قيمة الإجهاد المسموح به، عند أقصى ليف مضغوط للمقطع من الجدول (١٠-١)، تبعاً للنسبة b_o / t .



الشكل (١٠-١): نسب أبعاد المقطع بشكل حرف T من أجل الإجهادات المسموحة في الضغط

الجدول (١٠-١): الإجهاد المسموح به في المقاطع حرف T

$\frac{b_0}{t}$	2	3	4	5	6
الإجهاد المسموح به في أقصى ليف مضغوط في الخرسانة.	$0.50\ f'_c$	$0.45\ f'_c$	$0.40\ f'_c$	$0.35\ f'_c$	$0.30\ f'_c$

٦) يُنوّه عند حساب المقاطع المجنّحة، بألا يقلّ العزم المقاوم لها، عن العزم المقاوم للمقطع المستطيل بإهمال الجناح، وبافتراض الإجهاد المسموح به مساوياً إلى القيمة غير المخفضّة والبالغة $0.55\ f'_c$.

حيث: b_o = عرض جناح منطقة الضغط من كل جهة.

t = سمك جناح منطقة الضغط.

ويُنوّه إلى أن التصميم الاقتصادي لهذه المقاطع، ينتج عن استعمال إجهادات مسموحة تقلّ عن القيم المعطاة في الجدول (١٠-١).

٧) في المقاطع المتناظرة الأخرى $0.55\ f'_c$

يُنوّه بأن هذه الحدود (المعطاة لجميع الحالات ب، ج) للإجهادات المسموح بها في الضغط الناتج عن الانعطاف البسيط تمثل حدوداً عليا، وأن اختيار أبعاد المقاطع المعرّضة للانعطاف، اعتماداً على هذه القيم في الحالات التي يكون فيها اختيار أبعاد المقاطع غير محكوم باشتراطات أخرى، يؤدي إلى الحصول على مقاطع غير اقتصادية ومزدحمة بالتسليح. ويُفضّل، في الحالات غير الاضطرارية، أن لا يزيد إجهاد الضغط الفعلي في الخرسانة على $0.45\ f'_c$

١٠-٣-٢-٣- الشدّ المركزي والشدّ اللامركزي في الخرسانة:

أ - يجري حساب المقاطع الخاضعة للشدّ المركزي، أو الشدّ اللامركزي، استناداً إلى الفرضيات الأساسية الواردة في البند (١٠-٢)، أي إنه: في حساب المقاومة تهمل الخرسانة في الشدّ، ويكون فولاذ التسليح وحده قادراً على تحمّل كامل إجهادات الشدّ.

ب- في المنشآت المعرّضة لعوامل ضارّة شديدة التأثيرعلى الخرسانة أو الفولاذ في حال التشقق (البند ١٠-٤) يُحسب المقطع الخرساني بكامله على أنه يعمل في مجال المرونة (أي المرحلة الأولى من عمل المقطع مثل مقاطع الخزانات أو الجدران الاستنادية)، ولا يجوز أن تزيد إجهادات الشدّ في الخرسانة والناتجة عن أفعال الاستثمار، على ما يلي:

١) لحالة الشدّ المركزي أو الشدّ اللامركزي (القوة بين التسليحين العلوي والسفلي):

$0.4\sqrt{f'_c}$ (في النظام المتري $1.25\sqrt{f'_c}$)

٢) لحالة الانعطاف البسيط أو الشدّ اللامركزي (القوة خارج التسليحين العلوي والسفلي):

$0.57\sqrt{f'_c}$ (في النظام المتري $1.80\sqrt{f'_c}$)

ويجوز في هذه الحالة إدخال فولاذ التسليح في الحساب، على فرض أن النسبة المعيارية $n = 10$، ولايجوز في هذه الحالة إهمال إجهادات الشدّ الناتجة عن انكماش الخرسانة. مثال مقاطع الخزانات التي تكون فيها السوائل من الجهة المشدودة، وكذلك مقاطع الجدران الإستنادية جهة الردميات المشبعة بالرطوبة أو المغمورة بالمياه الجوفية، والتي يلزم تحقيق الإجهادات الشادة في الخرسانة، وفقاً لهذا البند. ويتم التحقق من سعة الشقوق وأقطار التسليح حسب البند (١٠-٤).

ج- إن تحقيق المقاطع الخاضعة للانعطاف البسيط، في حالة المنشآت المعرّضة لعوامل ضارّة حسب الفقرة (١٠-٣-٢-٣- ب)، لتأمين سلامتها من التشقق، يخضع للأسس ذاتها الواردة في الفقرة المذكورة.

١٠-٣-٣- حساب القطاعات لمقاومة الإجهادات الناظمية:

١٠-٣-٣-١- حساب القطاعات (المقاطع) المعرّضة لعزم انعطاف بسيط:

يجري حساب هذه المقاطع وفق الفرضيات الأساسية الواردة في البند (١٠-٢)، وبحيث لا تتجاوز الإجهادات الناظميّة المسموح بها، القيم الواردة في البند (١٠-٣-٢). أما نسب التسليح الدنيا والقصوى، والاشتراطات البعدية في اختيار أبعاد المقطع و التسليح، فيتم وفقاً للباب السابع.

١٠-٣-٣-٢- حساب المقاطع المعرّضة للضغط البسيط (الأعمدة القصيرة):

أ - يُعدّ العضو المضغوط قصيراً، إذا لم تزد نحافته في الاتجاهين ($\lambda = \frac{L_0}{i}$) على 40

حيث: L_o الطول الحسابي الفعّال للعضو.

$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ نصف قطر القصور الذاتي لمقطع العضو.

ب- يُحدد الحمل المسموح للعضو القصير ذي الأساور العادية، وفق العلاقة (a) الآتية:

$$N = 0.3\, f'_c\, (A'_c + 1.17\, \frac{f_y}{f'_c} A_s) \quad .....(a)$$

حيث: $A'c$ = مساحة المقطع الخرساني الكلّي.

As = مساحة التسليح الطولي.

ج- يُحدد الحمل المسموح للعضو القصير ذي الأساور الحلزونية، من العلاقة (b) الآتية:

$$N = 0.3\, f'_c\, [A'_k + 1.17\, \frac{f_y}{f'_c}\, A_s + 3\, \frac{f_{yp}}{f'_c}\, .A_{sp}] \quad .....(b)$$

حيث: f_y = إجهاد الخضوع للتسليح الطولي.

f_{yp} = إجهاد الخضوع للتسليح الحلزوني.

A'_k = مساحة مقطع النواة الداخلية للحلزون.

A_{sp} = المساحة الفرضية المكافئة للأساور الحلزونية، وتساوي إلى:

$$A_{sp} = \pi d_k\, a_s / s$$

حيث: d_k = قطر النواة.

a_s = مقطع تسليح قضبان الحلزون.

s = خطوة الحلزون.

ولتوفير أمانٍ كافٍ ضد انهيار الغطاء الخرساني في العناصر المسلحة حلزونياً، يجب ألا تزيد مقاومة المقطع حسب العلاقة (b) أعلاه، على 1.5 مرة من مقاومة المقطع حسب العلاقة (a) أعلاه، في الفقرة ب. كذلك راجع الفقرة (١٠-٣-٣-٤) في حالة الأعمدة غير القصيرة (الطويلة أو النحيفة).

د- يُسمح بحساب الأعمدة القصيرة التي يُبيّن التحليل الإنشائي أنها غير معرّضة لعزوم انعطاف، أو الأعمدة القصيرة المعرّضة لعزوم انعطاف صغيرة نسبياً، أي الأعضاء المضغوطة التي تنطبق عليها الاشتراطات الواردة في البند (٨-٣-٥)، وفقاً لما هو مُبيّن أعلاه في هذا البند، وباستعمال إحدى العلاقتين (a) أو(b) حسب الحال.

هـ- في المباني الهيكلية الطابقية العادية، التي تصمم أعمدتها لتحمل الأحمال الشاقولية فقط، وغير الخاضعة لتأثيرات ناتجة عن أحمال أفقية، يمكن تسهيلاً، حساب أعمدتها القصيرة بافتراضها معرّضة للضغط البسيط وفقاً لما هو مُبيّن أعلاه في هذا البند، وباستعمال إحدى العلاقتين (a) أو (b) حسب الحال، حتى لو لم تتحقق اشتراطات الفقرة (د) أعلاه، وذلك بعد تقسيم الطرف الأيمن لهاتين العلاقتين (a) و(b) على معامل التكافؤ ke الوارد في

جداول البند (٨-٣-٥)، والذي يلحظ ضمناً أثر عزوم الانعطاف الطارئة المنقولة إلى الأعمدة، والتي أُهمل حسابها.

و- أما في الحالات الأخرى التي لا تنطبق عليها الاشتراطات الواردة في (د) أو (هـ) أعلاه، وحيث يكون الترتيب الإنشائي للعناصر يُعرّض الأعمدة لعزوم انعطاف من الأحمال المطبقة، فيجب أخذ هذه العزوم بالحسبان بلامركزية دنيا (بما فيها اللامركزية الطارئة) لا تقل عن 0.1 من عمق القطاع في اتجاه العزم، وحساب الأعمدة كعناصر معرّضة لضغط لا تمركزي، على أن تحسب قيم عزوم الانعطاف وفقاً لما ورد في الباب الثامن.

تؤخذ نسب التسليح الدنيا والقصوى، وترتيبات التسليح وفقاً للباب السابع.

١٠-٣-٣-٣- حساب المقاطع المعرّضة للضغط اللامركزي:

تحسب المقاطع الخاضعة للضغط اللامركزي، التي لا تزيد نحافتها λ بالنسبة لمحور الانعطاف على 40، وفقاً لإحدى الطريقتين الآتيتين:

أ - استناداً للفرضيات الأساسية الواردة في البند (١٠- ٢)، والإجهادات المسموح بها وفق البند (١٠-٣-٢)، على أن تؤخذ في الحساب القوة الناظميّة الاستثمارية N والعزم الاستثماري، المعرّض لهما المقطع والناتجين عن أحمال الاستثمار، والتحقق من المقاطع وفق حالة حدّ تجاوز الإجهادات المسموح بها، ويُميّز بين حالتين، هما:

١) **حالة اللامركزية الصغيرة:** تحصل عندما تكون الإجهادات في أقصى ليف مشدود من الخرسانة لا تزيد على القيمة: $0.35\sqrt{f'_c}$ (في النظام المتري $1.1\sqrt{f'_c}$). في هذه الحالة يُعدّ المقطع الخرساني غير متشقق، ويُؤخذ كامل المقطع الخرساني في الحساب. لكن اختيار مقطع التسليح المشدود، يتم بافتراض المقطع الخرساني متشققاً، وأن كامل قوة الشدّ الاستثمارية يتحمّلها التسليح بمفرده.

٢) **حالة اللامركزية الكبيرة:** تحصل عندما تكون الإجهادات في أقصى ليف مشدود من الخرسانة تزيد على القيمة: $0.35\sqrt{f'_c}$، (في النظام المتري $1.1\sqrt{f'_c}$). في هذه الحالة يُعدّ المقطع الخرساني متشققاً، وتهمل مساحة المقطع الخرساني المشدود.

تؤخذ نسب التسليح الدنيا والعظمى في المقاطع المعرّضة إلى اللامركزية من الباب السابع.

ب- وكبديل عن ما سبق، وفي الحالات التي يكون فيها حساب المقاطع الخاضعة للضغط اللامركزي للتأكّد من حدّ المقاومة القصوى لها، يمكن الحساب استناداً إلى افتراضات حالة الحدّ الأقصى، كما هو وارد في الباب التاسع، ويتم ذلك بتصعيد كل من الحمولة الناظميّة الاستثمارية N وعزم الانعطاف المُطبّق الاستثماري M، بمعامل تصعيد موحّد لكل منهما مقداره 1.6:

$$M_u = 1.6\ M$$
$$N_u = 1.6\ N$$

وتحسب المقاطع الخاضعة للضغط المركزي استناداً لفرضيات حالة حدود المقاومة، كما هو وارد في الفقرات من (٩-٢-٦-٦) إلى (٩-٢-٦-١٢).

ملاحظة: إذاكانت الأحمال الحية تزيد على نصف الأحمال الميتة فيزاد عامل التصعيد 1.6 إلى قيمة أكبر حسب المتوسط الموزون لعامل التصعيد.

١٠-٣-٣-٤- حساب المقاطع المضغوطة للأعمدة النحيفة:

يُؤخذ أثر التحنيب في العناصر المضغوطة، التي تزيد نحافتها λ بالنسبة لمحور الانعطاف (الانحناء) في الاتجاه المدروس على 40، بإحدى الطريقتين الآتيتين:

أ - في العناصر الخاضعة للضغط البسيط، أو العناصر المضغوطة التي يُسمح بموجب البند (١٠-٣-٣-٢- (د) و(هـ))، بحسابها على أساس أنها عناصر معرّضة للضغط البسيط (أي بإهمال عزم الانعطاف في الحساب، وأخذ أثره بوساطة معامل التكافؤ k_e)، وذلك بتقسيم الطرف الأيمن من العلاقتين (a) أو (b) الواردتين في البند (١٠-٣-٣-٢) حسب الحال، على معامل التحنيب k_b الوارد في الجدول (١٠-٣)، شريطة تحقق ما يلي:

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

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

ب- في الحالات الأخرى يُحقق مقطع العمود باستعمال فرضيات حالة الحدّ الأقصى وفق ما ورد في الباب التاسع، وذلك بعد تصعيد العزم المُطبّق الاستثماري M، والحمولة الناظميّة الاستثمارية N، وذلك بضربهما بالمعامل 1.7 ، كما ورد في البند (١٠-٣-٣-٣-ب)، وبإدخال أثر التحنيب وفق ما ورد في الفقرات (٩-٢-٦-٦ إلى ٩-٢-٦-١٢) من البند (٩-٢-٦).

الجدول (١٠-٣): قيم معامل التحنيب k_b

$\lambda = \frac{L}{i}$	40	42	44	46	48	50	55	60	65	70	75	80
المقطع المستطيل 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
المقطع الدائري 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
k_b	1.00	1.02	1.04	1.07	1.10	1.13	1.20	1.35	1.6	1.95	2.40	3.00

١٠-٣-٤- الحساب للإجهادات المماسية في حالات حدود الاستثمار:

١٠-٣-٤-١- عموميّات:

إن مقاومة عنصر ما خاضع لأفعال مماسية ناتجة عن قوى القصّ، يجب أن تؤمّن بمقاومة الخرسانة للإجهادات المماسية، بالإضافة إلى تسليح عرضي يخترق المساحات التي تعمل فيها هذه الأفعال المماسية، ويُثبّت جيداً، ويُدعى التسليح العرضي.

يجب أن تحتوي العناصر المعرّضة لأحمال مماسية، على تسليح أدنى لمقاومة الإجهادات المماسية، باستثناء العناصر الآتية:

أ - البلاطات العاديّة وقواعد الأساسات.

ب- الجوائز التي لا يزيد ارتفاعها على 250 mm أو 2.5 مرة سمك جناحها في حالة المقاطع بشكل T، وبشرط ألا يزيد إجهاد القصّ فيها على $0.75\ \tau_c$

ج - الأعصاب التي لا يزيد إجهاد القص فيها على 0.4 الإجهاد المسموح للخرسانة.

١٠-٣-٤-٢- مقاومة الإجهادات المماسية في حالات حدود الاستثمار:

تقاوم الإجهادات المماسية في عنصر ما، بتسليح عرضي من الأنواع الآتية:

أ - أساور عمودية على التسليح الرئيسي الطولي للعنصر.

ب- أساور مائلة بزاوية لا تقلّ عن 30° مع تسليح الشدّ الرئيسي.

ج- أساور حلزونية، أي متواصلة، على طول العنصر ومُطوّقة لكامل مقاطعه.

د- قضبان طولية مائلة بزاوية لا تقلّ عن 30° مع تسليح الشدّ الرئيسي.

هـ- استعمال اثنين أو أكثر من الأنواع السابقة.

١٠-٣-٥- تصميم المقاطع المعرضة لقوى القص:

١٠-٣-٥-١- قوى القصّ المؤثرة لحساب إجهادات القصّ:

أ - لحساب إجهادات القصّ، يُؤخذ في الحسبان عامّة أن أكبر قوة قصّ مؤثرة، هي تلك المحسوبة عند أوجه الركائز. أما في حالات الركائز المباشرة تحت الجوائز، حيث يتولد نتيجة هذا الارتكاز انضغاط عمودي على الحافة السفلى للجائز، فيُسمح بأن يبنى حساب إجهادات القصّ، وتصميم التسليح العرضي اللازم، على قيمة القصّ المؤثرة على الجائز، على مسافة من وجه الركيزة الداخلي، تساوي نصف الارتفاع الفعّال للجائز (0.5d).

ب- عند وجود حمل مركّز P على مسافة a من الركيزة، تساوي أو تقلّ عن ضعف الارتفاع الفعّال للجائز، أي: ($a \leq 2d$) يُسمح في حساب إجهاد القصّ الناتج عن هذا الحمل، بأخذ قوة قصّ V مؤثرة، تساوي قوة القصّ الحسابية مضروبة في (a / 2d).

ج- يمكن تثبيت قيمة قوة القصّ المؤثرة في المسافة بين أكبر قوة قصّ مؤثرة وبين الركيزة تبعاً لخط مستقيم، يبدأ بقيمة أكبر قوة عند المقطع المحدد في الفقرة (أ) من هذا البند، ويستمر بالقيمة نفسها حتى وجه الركيزة.

١٠-٣-٥-٢- الحساب الافتراضي لإجهاد القصّ:

أ - في حالة الجوائز الثابتة الارتفاع يُحسب إجهاد القص τ في مقطع ما، من العلاقة:

$$\tau_r = \frac{V}{0.80 b_w d}$$

حيث: V قوة القصّ المؤثرة على المقطع والمحسوبة على أساس البند (١٠-٣-٥-١).

b_w عرض جسد المقطع.

d الارتفاع الفعّال للمقطع.

ب- في حالة الجوائز المتغيرة الارتفاع:

نستعيض عن قوة القصّ V بالقيمة V_r:

$$Vr = V - (M \tan \beta) / d$$

حيث: $\tan \beta$ ميل الشطفة.

يُفترض في هذه المعادلة أن ارتفاع المقطع يزيد مع زيادة عزوم الانعطاف. أما في حالة صغر ارتفاع المقطع مع زيادة عزوم الانعطاف، فيستعاض عن إشارة (-) بإشارة (+).

١٠-٣-٥-٣- الحد الأدنى للتسليح العرضي:

في حال وجوب تسليح عرضي حسب ما ورد في البند (١٠-٣-٤-١) للمقاطع المعرّضة لقوى قصّ، يجب أن لا تقلّ نسبة التسليح العرضي الدنيا عن ما ورد في البند (٧-٢-١-٧).

١٠-٣-٥-٤- الإجهاد المماسي المسموح به في الخرسانة والناتج عن قوى القصّ:

أ - في العناصر المعرّضة للانعطاف والقصّ معاً، سواء كانت في العناصر الخطية أو البلاطات التي يزيد سمكها على 200mm (ما عدا البلاطات أو الأساسات المعرّضة لحمل أو رد فعل مركّز (الفقرة ب أدناه)). وغير المعرّضة لعزم فتل رئيسي أو قوة ناظميّة، يُسمح للخرسانة مقاومة إجهادات مماسية تساوي:

$$\tau_c = 0.088 \sqrt{f'_c} + 10 \mu_w \frac{V.d}{M} \leq 0.167 \sqrt{f'_c}$$

حيث: τ_c الإجهاد المماسي المسموح به بالخرسانة، مقدّراً بـ MPa.

f'_c المقاومة المميزة للخرسانة في الضغط، مقدرة بـ MPa.

μ_w نسبة التسليح الطولي المشدود في المقطع محسوبة على أساس عرض الجسد.

d الارتفاع الفعّال للمقطع.

V و M قوة القصّ الحسابية وعزم الانعطاف المطبقين على المقطع، والناجمان عن أحمال الاستثمار، شرط أن لا يزيد (V.d / M) على 1، وإلا يُؤخذ مساوياً 1.

$$\left(\tau_c = 0.27\sqrt{f'_c} + 97\mu_w \frac{V \cdot d}{M} \le 0.55\sqrt{f'_c}\right.$$ (في النظام المتري)

ويمكن للتبسيط (للعناصر العادية)، الاستغناء عن حساب قيمة الإجهاد τ_c من العلاقة السابقة واعتماد قيمة عظمى له مساوية:

$$\tau_c = 0.128\sqrt{f'_c}$$

$$\left(\tau_c = 0.4\sqrt{f'_c}\right.$$ (في النظام المتري

ب- في البلاطات والأساسات بجوار الحمل أو رد الفعل المركّز، يُسمح للخرسانة مقاومة إجهادات مماسية افتراضية تساوي:

$$\tau_c = [\ 0.088 + 0.183\ a / b]\ \sqrt{f'_c} \le 0.167\ \sqrt{f'_c}$$

$$\left(\tau_c = \left[0.27 + 0.573\frac{a}{b}\right]\sqrt{f'_c} \le 0.55\sqrt{f'_c}\right.$$ (في النظام المتري

حيث: a = طول الضلع الأقصر لمساحة الحمل أو رد الفعل المركّز.

b = طول الضلع الأطول لمساحة الحمل أو رد الفعل المركّز.

ج- عند ترافق القصّ مع قوة ضغط ناظمية استثمارية مقدارها N، يُسمح للخرسانة مقاومة إجهادات مماسية تساوي:

$$\tau_c = \ [\ 1 + 0.119\ \frac{N}{A_c}\ ]\ 0.088\ \sqrt{f'_c}$$

حيث: Ac = مساحة المقطع الخرساني الإجمالية.

N / A_c، f'_c، τ_c مقدرة بـ MP_a.

$$\left(\tau_c = [1 + 0.012\frac{N}{A_c}] \times 0.27\sqrt{f'_c}\right.$$ (في النظام المتري

د- عند ترافق القصّ مع قوة شدّ ناظمية استثمارية مقدارها N، يُسمح للخرسانة مقاومة إجهادات مماسية تساوي:

$$\tau_c = \ [\ 1\text{-}\ 0.51\ \frac{N}{A_c}\ ]\ 0.088\ \sqrt{f'_c}$$

حيث: Ac = مساحة المقطع الخرساني الإجمالية.

N / A_c، f'_c، τ_c مقدرة بـ MP_a.

$$\left(\tau_c = [1 - 0.51\frac{N}{A_c}] \cdot 0.27\sqrt{f'_c}\right.$$ (في النظام المتري

هـ- إذا كان الإجهاد المماسي المحسوب τ الناجم عن أحمال الاستثمار في مقطع ما، أصغر من أو يساوي τ_c ، لا يُحسب التسليح العرضي، ويُكتفى باستعمال نسبة التسليح الدنيا. أما إذا زادت قيمة τ على τ_c، فتؤخذ قيمة الإجهاد المماسي الافتراضي τ_o الذي تقاومه الخرسانة في هذا المقطع بقيمة عظمى تحَدّد كما يلي:

١) تساوي الصفر، إذا كان المقطع المدروس يتقاطع أو ينطبق مع فاصل صب أفقي أو شاقولي أو مائل، وعندما يكون جزء من تسليح الشدّ الطولي الرئيسي الموجب، منهيّاً ضمن المجاز وفي منطقة الشدّ ($\tau_o = 0$).

٢) في حال غياب أحد الشرطين السابقين، يمكن أخذ قيمة τ_o بحيث لا تزيد على: ($\tau_o = 0.35\ \tau_c$).

٣) في حال غياب الشرطين السابقين (أي في الحالة المثالية للتصميم والتنفيذ) تؤخذ قيمة τ_o بحيث لا تزيد على τ_c ($\tau_o = 0.7\ \tau_c$).

و – عند ترافق القصّ مع عزم فتل ينتج عنه إجهاد فتل τ_t تزيد قيمته على: $0.072\sqrt{f'_c}$ (في النظام المتري $0.22\sqrt{f'_c}$) يُسمح للخرسانة في الحالة المثالية للتصميم والتنفيذ (أي وفق الفقرة هـ–٣ أعلاه)، مقاومة إجهادات مماسيّة افتراضية τ_o تساوي:

$$\tau_o = \tau_c = \frac{0.088\ \sqrt{f'_c}}{\sqrt{1+\left(\frac{\tau_t}{1.2\tau}\right)^2}}$$

(في النظام المتري $\tau_o = \tau_c = \dfrac{0.27\ \sqrt{f'_c}}{\sqrt{1+\left(\frac{\tau_t}{1.2\tau}\right)^2}}$)

حيث: τ = الإجهاد المماسي المحسوب تحت أحمال الاستثمار على المقطع المدروس.

τ_t = الإجهاد المماسي الناتج عن الفتل.

١) أما في الحالة هـ –١ أعلاه، فتؤخذ قيمة τ_o مساوية للصفر.

٢) أما في الحالة هـ –٢ أعلاه، فتؤخذ قيمة τ_o بحيث لا تزيد على القيمة الآتية:

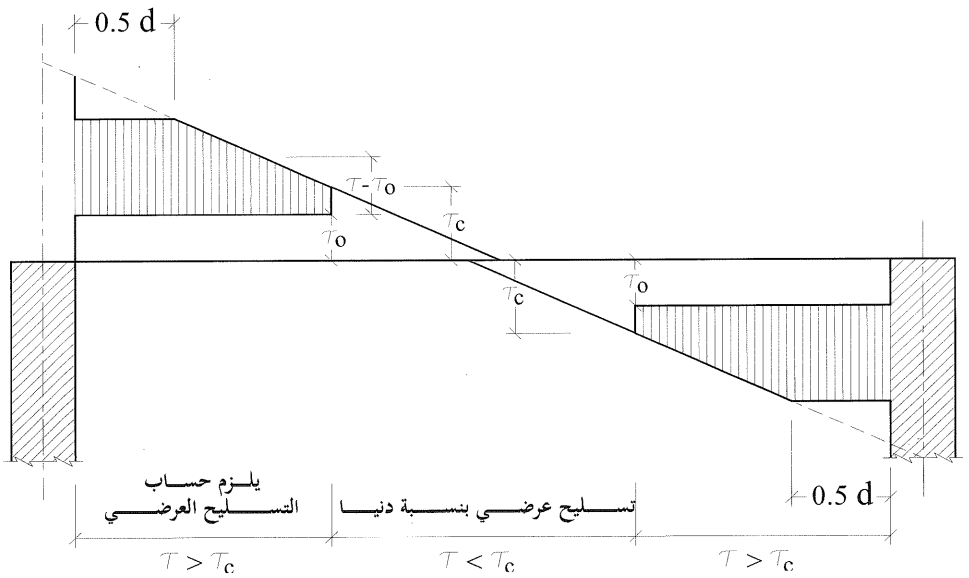
$$\tau_o = \frac{0.044\sqrt{f'_c}}{\sqrt{1+\left(\frac{\tau_t}{1.2\tau}\right)^2}}$$

(في النظام المتري $\tau_o = \dfrac{0.14\sqrt{f'_c}}{\sqrt{1+\left(\frac{\tau_t}{1.2\tau}\right)^2}}$)

وتحسب مساحة التسليح العرضي اللازم لمقاومة الإجهادات المماسية الباقية (τ-τ_o).

ز – في حالة تعرّض العنصر إلى قوى شدّ تتسبب في وقوع المحور السليم خارج المقطع، يُصمم التسليح العرضي، لمقاومة الإجهادات المماسية المحسوبة (τ) كاملة.

ح- لا يجوز في حال من الأحوال، أن تزيد قيمة الإجهادات المماسية المحسوبة (τ) ، عن: $\tau_{max} = 0.36\sqrt{f'_c}$ (في النظام المتري $\tau_{max} = 1.12\sqrt{f'_c}$) في حال استعمال أساور في اتجاه عمودي، أو غير مقرونة بتسليح طولي مُكسّح، وعن: $\tau_{max} = 0.44\sqrt{f'_c}$ (في النظام المتري $\tau_{max} = 1.38\sqrt{f'_c}$) في حال استعمال أساور شاقولية وقضبان تسليح مائلة (أو أساور شاقولية و أساور مائلة) بدرجة ٤٥° مع التسليح الطولي، ويُوضّح الشكل (١٠-٢) كيفية حساب إجهادات القصّ التصميمية اللازمة لحساب تسليح خاص لمقاومتها على الشدّ.



τ_o = الإجهاد المماسي الافتراضي الذي تقاومة الخرسانة.

τ_c = الإجهاد المماسي المسموح بالخرسانة، والذي يحتاج لنسبة تسليح دنيا.

τ = الإجهاد المماسي المحسوب.

الشكل (١٠- ٢): إجهادات القص التصميمية المسموحة لحساب التسليح العرضي

١٠-٣-٥-٥- تصميم التسليح العرضي لمقاومة القصّ:

أ - في حال استعمال أساور عرضية عمودية على التسليح الطولي، يُؤخذ الحدّ الأدنى لمقطعها:

$$A_{st} = \frac{(\tau - \tau_o)\, b_w s}{\overline{\sigma_s}}$$

حيث: $\overline{\sigma_s}$ تمثل قيمة الإجهاد المسموح على الشد في التسليح، ويكون $\overline{\sigma_s} \le 0.55\ fy$

ب- في حال استعمال أساور عرضية مائلة أو تسليح مُكسّح، يميل على محور التسليح الرئيسي بزاوية α، يُؤخذ الحدّ الأدنى لمقطعها:

$$A_{st} = \frac{(\tau - \tau_o)\, b_w s}{\overline{\sigma_s}(\sin\alpha + \cos\alpha)}$$

وإذا كانت $\alpha = 45^{\circ}$ ، فتكون:

$$Ast = \frac{(\tau - \tau_o)\, b_w s}{\sqrt{2} \cdot \overline{\sigma_s}}$$

ج- إذا كان التسليح مؤلفاً من عدة أنواع، يكون مقطع التسليح الأدنى مساوياً لمجموع مقاطع الأنواع المختلفة على أن تؤخذ مقاومة الخرسانة τ_o مرّة واحدة في هذه الحسابات.

١٠-٣-٦- تصميم المقاطع المعرّضة لعزوم فتل:

يتأثر سلوك الوحدات الإنشائية المعرّضة لعزوم فتل بعدة عوامل، أهمها شكل المقطع وكمية وترتيب ما به من تسليح، والخواص الميكانيكية للمواد، وطبيعة ومقدار القوى الداخلية الأخرى، كعزوم الانعطاف وقوى الضغط والشدّ والقصّ التي يمكن أن تصاحب الفتل. وتؤخذ عزوم الفتل T عند التصميم للعناصر الإنشائية في الحساب، إذا كان الفتل فيها عنصراً أساسياً يُؤثر على اتزانها.

١٠-٣-٦-١- عزوم الفتل المؤثرة لحساب الإجهادات المماسية في حالات حدود الاستثمار:

في العناصر المحمّلة على ركائز، تؤخذ قيمة عزم الفتل T على المقاطع بجوار الركائز، مساوية لقيمتها على مقاطع العناصر التي تبعد مسافة 0.5 الارتفاع الفعّال (0.5d) من وجه الركائز.

١٠-٣-٦-٢- حساب الإجهاد المماسي الافتراضي الناتج عن الفتل:

أ - تحسب قيمة الإجهاد المماسي τ_t في المقاطع المستطيلة والمقاطع ذات الأجنحة، من العلاقة:

$$\tau_t = \frac{3T}{\sum x^2 y}$$

حيث: T = عزم الفتل الناجم عن أحمال الاستثمار.

x = عرض كل من المستطيلات التي يتألف منها المقطع.

y = طول كل من المستطيلات التي يتألف منها المقطع، على أن لا تتجاوز 3x في حال جناح الجوائز بشكل T.

ب- تحسب أقصى قيمة للإجهاد المماسي τ_t في المقاطع الدائرية المفرّغة، من العلاقة:

$$\tau_t = \frac{T}{2 \cdot A_o d_o}$$

حيث: A_o = المساحة الداخلية المحصورة بالكونتور المرسوم في منتصف السمك d_o.

d_o = سمك المقطع في النقطة المحسوب فيها الإجهاد.

ج- تُحسب أقصى قيمة للإجهاد المماسي τ_t في المقاطع الدائرية المليئة المسلحة، من العلاقة:

$$\tau_t = \frac{3.2T}{d_k{}^3}$$

حيث: d_k = قطر نواة المقطع، ويجب أن لا يقلّ سمك الغطاء الخرساني في هذه الحالة، عن 1/12 من قطر المقطع.

١٠-٣-٦-٣- الحدّ الأدنى للتسليح العرضي في حالات حدود الاستثمار:

يُؤخذ بتأثير الفتل في حسابات القصّ والانعطاف، إذا كانت الإجهادات المماسية المحسوبة الناتجة عن الفتل τ_t تفوق: $0.072\sqrt{f'_c}$ (في النظام المتري $0.22\sqrt{f'_c}$). أما إذا كانت هذه الإجهادات دون $0.072\sqrt{f'_c}$ فيُهمل تأثير الفتل في الحسابات، ويُكتفى بأدنى نسبة تسليح عرضي مسموح بها، كما هي معطاة في البند (٧-٢-١-٧).

١٠-٣-٦-٤- الإجهاد المماسي المسموح مقاومته بالخرسانة في حالة الفتل:

أ - يجب ألا تزيد إجهادات الفتل المسموحة τ_{tc} التي تقاومها الخرسانة، عن:

$$\tau_{tc} = 0.072\sqrt{f'_c} \qquad (\text{في النظام المتري } \tau_{tc} = 0.22\sqrt{f'_c})$$

ب- في حال وجود قوة شدّ هامّة على المقطع بالإضافة إلى عزوم الفتل، يُصمم التسليح العرضي لمقاومة كامل الإجهادات المماسية المحسوبة τ_t الناتجة من الفتل، أي تؤخذ:

$$\tau_{tc} = 0$$

ج- لا يُسمح أن تتجاوز الإجهادات المماسية المحسوبة τ_t والناتجة عن الفتل:

$$\tau_t \le 0.44\sqrt{f'_c} \qquad (\text{في النظام المتري } \tau_t \le 1.38\sqrt{f'_c})$$

١٠-٣-٦-٥- تصميم التسليح اللازم لمقاومة الفتل:

أ - يُؤخذ المقطع الأدنى لقضيب أسوارة التسليح العرضي المُطوّقة تطويقاً كاملاً للمقطع، مساوياً إلى:

$$Ast = \frac{(\tau_t - \tau_{tc}) \cdot s \cdot \sum x^2 \cdot y}{3 \cdot \alpha_t \cdot x_1 \cdot y_1 \cdot \overline{\sigma_s}}$$

حيث: x_1 عرض أسوارة التسليح المستطيلة.

y_1 طول أسوارة التسليح المستطيلة.

α_t معامل يُؤخذ من العلاقة:

$$\alpha_t = [\, 0.66 + 0.33 \left(\frac{y_1}{x_1}\right)] \le 1.50$$

ب- يُؤخذ المقطع الأدنى للتسليح الطولي، أكبر قيمة تنتج من المعادلتين الآتيتين:

$$A_1 = 2\, A_{st} \left[\frac{x_1 + y_1}{s} \right]$$

$$A_1 = \left[\frac{2.8xs}{f_y} \left(\frac{\tau_t}{\tau_t + \tau} \right) - 2\, A_{st} \right] \left(\frac{x_1 + y_1}{s} \right)$$

حيث: A_1 مجموع مقاطع التسليح الطولي لمقاومة الفتل، على أن تكون:

$$2\,Ast \geq \frac{0.35 b_w s}{f_y}$$

ج- إذا استعملت أساور مائلة على التسليح الطولي بزاوية 45° (أوقضبان حلزونية)، تكون مساحتها المطلوبة هي $0.7A_{st}$ المحدّدة في الفقرة (أ) أعلاه من هذا البند.

١٠-٣-٧- تصميم القطاعات المعرضة للقص والفتل (اللي):

١٠-٣-٧-١- قوى القصّ وعزوم الفتل المؤثرة لحساب إجهادات القصّ:

تؤخذ قيمتها وفق ما ورد في البندين (١٠-٣-٥-١) و(١٠-٣-٦-١).

١٠-٣-٧-٢- الحساب الافتراضي لإجهاد القصّ:

تؤخذ قيمة τ الناتجة عن قوى القصّ، وقيمة τ_t الناتجة عن عزوم الفتل، وفق العلاقات الواردة في البندين (١٠-٣-٥-٢) و(١٠-٣-٦-٢).

١٠-٣-٧-٣- الحدّ الأدنى للتسليح العرضي للمقاطع المعرّضة للقصّ والفتل:

في حال وجوب تسليح عرضي حسب ما ورد في البند (١٠-٣-٦-٣) للمقاطع المعرّضة لقوى قصّ مصحوبة بعزم فتل يُسبب إجهادات τ_t لا تزيد على: $0.072\sqrt{f'_c}$ (في النظام المتري $0.22\sqrt{f'_c}$) فإن أدنى نسبة تسليح عرضي مسموح به، هي المُعطاة في البند (٧-٢-١-٧).

١٠-٣-٧-٤- الإجهاد المماسي المسموح مقاومته بالخرسانة للمقاطع المعرّضة للقصّ والفتل:

أ - في حال عدم خضوع المقطع إلى قوة الشدّ، أو خضوعه إلى إجهاد قصّ ناتج عن عزم فتل تقلّ قيمته عن أو تعادل: $\tau_t = 0.072\sqrt{f'_c}$، يُسمح للخرسانة مقاومة إجهاد مماسي ناتج عن قوى القصّ يساوي إلى قيمة τ_c المُعطاة في البند (١٠-٣-٥-٤).

ب- في حال عدم خضوع المقطع إلى قوة شدّ، وتعرّضه إلى إجهاد قصّ ناتج عن عزم فتل تفوق قيمته: $\tau_t = 0.072\sqrt{f'_c}$ فإن القيمة العظمى المسموحة للإجهاد المماسي الذي تتحمّله الخرسانة والناتج عن القصّ يُعطى بالعلاقة:

$$\tau_c = \frac{0.088\sqrt{f'_c}}{\sqrt{1+\left(\frac{\tau_t}{1.2\tau}\right)^2}}$$

(في النظام المتري $\tau_c = \dfrac{0.27\sqrt{f'_c}}{\sqrt{1+\left(\dfrac{\tau_t}{1.2\tau}\right)^2}}$)

ج- في حال وجود القصّ والفتل معاً، فإن القيمة العظمى المسموحة للإجهاد المماسي الناتج عن الفتل، والذي تتحمّله الخرسانة، يُعطى بالعلاقة:

$$\tau_{tc} \le \frac{0.088\sqrt{f'_c}}{\sqrt{1+\left(\frac{1.2\tau}{\tau_t}\right)^2}}$$

$$\left(\tau_{tc} \le \frac{0.27\sqrt{f'_c}}{\sqrt{1+\left(\frac{1.2\tau}{\tau_t}\right)^2}}\right) \quad \text{في النظام المتري}$$

وتعتمد قيمة τ_o في هذه الحالة مساوية إلى الصفر، أو إلى τ_t 0.35، أو إلى τ_{tc} 0.7، وفقاً للشروط الواردة في البند (١٠-٢-٥-٤-هـ).

د- لا يُسمح أن تتجاوز قيمة الإجهادات المماسية المحسوبة والناتجة عن الفتل:

$$\tau_t \le \frac{0.44\sqrt{f'_c}}{\sqrt{1+\left(\frac{1.2\tau}{\tau_t}\right)^2}}$$

$$\left(\tau_t \le \frac{1.39\sqrt{f'_c}}{\sqrt{1+\left(\frac{1.2\tau}{\tau_t}\right)^2}}\right) \quad \text{في النظام المتري}$$

١٠-٣-٧-٥- تصميم التسليح لمقاومة القصّ والفتل:

في حال تجاوز كل من τ أو τ_t القيم المحدّدة لـ τ_c، τ_{tc} المُبيّنة في البند (١٠-٣-٧-٤-ب) و(ج))، تحسب مساحة التسليح العرضي لمقاومة الإجهادات المماسية الناتجة عن القصّ وعزم الفتل، كل على حدة، بموجب العلاقات الواردة في البندين (١٠-٣-٥-٥) و(١٠-٣-٦-٥)، على أن تؤخذ قيمة τ_{tc} مساوية للقيمة المحسوبة بموجب البند (١٠-٣-٧-٤- (ج)).

١٠-٣-٧-٦- شروط خاصة لتصميم الجوائز العميقة المعرّضة للقصّ والفتل:

أ - تطبّق هذه الشروط في الجوائز التي تكون فيها نسبة المجاز L للارتفاع الكلي h، أقلّ من 5، والمحمّلة على طرفها المعرّض لإجهادات ضغط.

ب- تؤخذ قيمة الإجهادات المماسية المحسوبة التي تقاومها الخرسانة بقيمة عظمى مساوية:

$\tau_{tc} = 0.088\sqrt{f'_c}$ (في النظام المتري $\left(\tau_{tc} = 0.27\sqrt{f'_c}\right)$)

ج- يُحدد المقطع الحرج للقصّ في الجوائز العميقة، بالمقطع الذي يبعد ($0.15\ L_n$) من حافة الركيزة في الجوائز الخاضعة لأحمال منتظمة التوزيع، و($0.5a$) في الجوائز الخاضعة لأحمال مركّزة، على ألا تزيد على ($0.5\ d$).

حيث: L_n المجاز الصافي، أي البعد بين وجهي المسندين.

a المسافة بين نقطة الحمل المركّز وحافة الركيزة.

د- يُستعمل نفس التسليح المطلوب للقصّ في المقطع الحرج في جميع مقاطع الجائز.

هـ- في حال ($L / h < 2$)، لا يجوز أن يفوق الإجهاد المماسي المحسوب τ:

$\tau = 0.36 \sqrt{f'_c}$ (في النظام المتري $\tau = 1.13 \sqrt{f'_c}$)

و- في حال $2 < L / h < 5$، تؤخذ قيمة τ من العلاقة:

$$\tau \le 0.03 \left[10 + \frac{L}{h}\right] \sqrt{f'c}$$

(في النظام المتري $\tau \le 0.094 \left[10 + \frac{L}{h}\right] \sqrt{f'c}$)

ز- يُصمم التسليح العرضي لمقاومة القصّ في الجوائز العميقة من المعادلة:

$$\frac{A_{st}}{s}\left(\frac{1+\frac{l_n}{d}}{12}\right)\overline{\sigma_{s1}} + \frac{A_1}{s'}\left(\frac{11-\frac{l_n}{d}}{12}\right)\overline{\sigma_s} = (\tau - \tau_o)\,.\,b_w$$

حيث: A_{st} = قطاع التسليح العمودي على التسليح الطولي.

s = تباعد التسليح العرضي.

A_1 = قطاع التسليح الموازي للتسليح الطولي.

s' = تباعد التسليح الطولي.

$\overline{\sigma_{s1}}$ = الإجهاد المسموح للتسليح العرضي.

$\overline{\sigma_s}$ = الإجهاد المسموح للتسليح الطولي.

في حالة الجوائز العميقة ذات المقطع العرضي بشكل T أو T مقلوبة أو I، والتي يزيد سمك جناح منطقة الضغط فيها عن 0.5 عرض جسد الجائز، ولا يقلّ سمك جناح منطقة الضغط أيضاً عن 0.2 الارتفاع، يجب ألا يفوق الإجهاد المماسي (τ) القيمة الآتية:

$0.44 \sqrt{f'_c}$ (في النظام المتري $1.44 \sqrt{f'_c}$).

١٠-٣-٧-٧- شروط خاصة بتصميم جدران القص المعرّضة للقص والفتل:

أ - يُؤخذ الارتفاع الفعّال لحساب الإجهاد المماسي τ في العلاقة الواردة في البند (١٠-٣-٥-٢) مساوياً إلى 0.8 الارتفاع الفعّال للمقطع العرضي الحرج في المناطق الزلزالية حيث: $z > 0.3$، وتساوي 0.7 الارتفاع الفعّال للمقطع العرضي الحرج في المناطق الزلزالية حيث: $z \le 0.3$.

ب- تؤخذ مقاومة الخرسانة الافتراضية للإجهادات المماسية مساوية إلى: $\tau_o = 0.088 \sqrt{f'c}$ (في النظام المتري $0.27 \sqrt{f'_c}$) إذا كان المقطع معرّضاً لقوة ضاغطة، ولا يُعتَدّ بكل مقاومة للخرسانة في حساب التسليح العرضي عندما تكون القوة شادّة (أي تؤخذ $\tau_o = 0$).

ج- يجب أن لا يتعدى مجموع الإجهادات المماسية الحسابية τ في جدران القصّ، عن: $\tau \le 0.36 \sqrt{f'_c}$، (في النظام المتري $1.12 \sqrt{f'_c}$).

١٠-٣-٧-٨- شروط خاصة بالبلاطات وقواعد الأساسات المعرّضة للقصّ والفتل بجوار الأحمال المركّزة:

أ - يُؤخذ المقطع الحرج لحساب الإجهادات المماسية الناتجة عن القصّ، بجوار الأحمال المركّزة في البلاطات وقواعد الأساسات وما شابهها، على بعد (0.5d) من حيث تأثير القوة المركّزة.

ب- تحسب الإجهادات المماسية من العلاقة الواردة في البند (١٠-٣-٥-٢) بافتراض:

b_w = محيط المقطع الحرج المحدد في (أ) أعلاه.

d = الارتفاع الفعّال عند المقطع الحرج.

V = قوة القصّ على محيط المقطع الحرج.

ج- تؤخذ إجهادات الخرسانة المسموحة في القص وفقاً للفقرة (١٠-٣-٥-٤).

د- إذا زاد الإجهاد المماسي على القيمة المحددة في (ج) أعلاه، يُحسب التسليح كما في العلاقات الواردة في البند (١٠-٣-٥-٥)، بافتراض أن: $\tau_o = 0.105 \sqrt{f'_c}$

(في النظام المتري $\tau_o = 0.33 \sqrt{f'_c}$)

هـ- لا يجوز أن تزيد الإجهادات المماسية τ عن: $0.264 \sqrt{f'_c}$ (في النظام المتري $0.83 \sqrt{f'_c}$)

و- إذا كانت τ أقلّ من القيمة المحددة في (ج) أعلاه، فلا حاجة لتسليح قصّ.

١٠- ٤- حالة حد التشقق المعيب:

١٠-٤-١- المقدّمة:

تحدث في عناصر الخرسانة المسلحة المعرّضة لإجهادات شدّ، شقوق تحت تأثير أحمال الاستثمار، وحتى لا يكون لهذه الشقوق أثر ضارّ، على مدى تحمّل الخرسانة أو على صدأ فولاذ التسليح، لا يجوز أن يزيد اتساعها عن حدّ مُعيّن يُسمّى حدّ التشقق. ويتوقف هذا الحد على نوع المبنى والغرض من إنشائه، ومدى تأثره من الجو المحيط به.

١٠-٤-٢- تقسيم المنشآت الخرسانية حسب حدّ التشقق:

تقسّم المنشآت حسب حدّ التشقق المسموح، إلى ثلاثة أنواع:

النوع الأول: يشمل الإنشاءات المعرّضة لعوامل ضارّة شديدة التأثير على الخرسانة. في هذا النوع من المنشآت لا يجوز أن تزيد سعة الشقوق على 0.1 mm، ويجب أن تحقّق المقاطع بموجب ما ورد في البند (١٠-٣-٢-٣). بالإضافة إلى ما هو وارد أدناه.

النوع الثاني: يشمل الإنشاءات الموجودة في العراء، مثل الجسور والإنشاءات المعدنية والوحدات الخارجية، التي يمكن أن تتأثر بعوامل الرطوبة، أو وحدات المصانع الموجودة في جو رطب

أو فيه كميّات كبيرة من الأبخرة، ولا يجوز في هذا النوع من الإنشاءات أن تزيد سعة الشقوق على 0.15 mm.

النوع الثالث: يشمل الوحدات المحميّة من الإنشاءات العادية، والتي لا تؤثر فيها سعة الشقوق المحدّدة على مدى تحمّل الخرسانة أو على فولاذ التسليح، ولا يجوز في هذا النوع من المنشآت أن تزيد سعة الشقوق على 0.3 mm.

١٠-٤-٣- وسائل تلافي الوصول إلى حدّ التشقق:

لكي لا تتعرّض الوحدات الخرسانية لشقوق متسعة، يتحتم:

١- استعمال خرسانة كثيفة ما أمكن.

٢- أن يكون الغطاء الخرساني لفولاذ التسليح كافياً، وأن يُوفي النصوص الواردة في البند (١١-٩).

٣- ألا يزيد قطر قضبان التسليح عما تعطيه القيمة الأكبر من العلاقتين الآتيتين:

$$\varphi = \psi_s \left[\frac{800}{f_y}\right]^2 \qquad (\text{في النظام المتري}) \quad \varphi = \psi_s \left[\frac{8000}{f_y}\right]^2$$

$$\varphi = \psi_s \frac{75000}{f_y} \cdot \frac{\mu_t}{1+10\mu_t}$$

$$(\text{في النظام المتري}) \quad \varphi = \psi_s \frac{750000}{f_y} \cdot \frac{\mu_t}{1+10\mu_t}$$

حيث: φ = أكبر قطر لقضبان تسليح الشدّ بالميليمتر (mm).

f_y = حدّ الخضوع لفولاذ تسليح الشدّ بـ(MPa)، (kgf/cm^2 في النظام المتري).

μ_t = نسبة تسليح الشدّ A_s، منسوبة إلى مساحة مقطع الخرسانة الذي يُحيط بهذا التسليح، وينطبق محوره على محور هذا المقطع.

وتختلف قيم ψ_s حسب حدّ التشقق، كما هو مُبيّن في الجدول (١٠-٤).

الجدول (١٠-٤): قيم المعامل ψ_s حسب حدّ التشقق المسموح

حد التشقق المسموح	تسليح ذو نتوءات	تسليح أملس مستدير
0.1 mm	1.8	1.0
0.15 mm	2.7	1.5
0.2 mm	3.6	2.0
0.3 mm	5.4	3.0

٤- إذا زاد قطر التسليح المستعمل عما تعطيه العلاقات في الفقرة (٣) أعلاه، يمكن حينذاك الحدّ من سعة الشقوق، بتقليل الإجهادات في فولاذ التسليح، وحساب سعة الشقوق من العلاقات الآتية:

أ - إذا كانت الأحمال ساكنة (ستاتيكية) دون اهتزازات:

$$\Omega_{imax} = [\ 0.15\ C + \frac{0.016\Phi}{\mu_t}\ ]\ [10\ \sigma s - \frac{10}{\mu_t}\ ] \times 10^{-5} \ldots\ldots \leq \text{limit of } \Omega_i$$

(في النظام المتري:

$$(\Omega_{imax} = [\ 1.5\ C + \frac{0.16\Phi}{\mu_t}\ ]\ [\sigma s - \frac{10}{\mu_t}\ ] \times 10^{-6} \ldots\ldots \leq \text{limit of } \Omega_i$$

ب- إذا كانت الأحمال تسبب اهتزازات:

$$\Omega_{imax} = [\ 0.15\ C + \frac{0.016\,\Phi}{\mu_t}\ ]\ [\ \sigma_s\ ] \times 10^{-4} \ldots\ldots \leq \text{limit of } \Omega_i$$

(في النظام المتري:

$$(\Omega_{imax} = [\ 1.5\ C + \frac{0.16\,\Phi}{\mu_t}\ ]\ [\ \sigma_s\ ] \times 10^{-6} \ldots\ldots \leq \text{limit of } \Omega_i$$

حيث: الوحدات هي بـ mm و MPa، (kgf/cm^2, cm في النظام المتري).

ϕ = قطر قضيب التسليح.

σ_s = أقصى إجهاد شدّ في فولاذ التسليح، تحت أحمال الاستثمار للمقطع المتشقق (حالة حد الاستثمار)، وتضرب بالمعامل 1.6 في حال استعمال التسليح الأملس.

C = سمك الغطاء الخرساني لقضيب التسليح.

$\Omega_{i\,max}$ = أكبر سعة للشقوق.

$\mu_t = \frac{A_s}{A_{to}}$ لنسبة بين تسليح الشدّ A_s ومساحة مقطع الخرسانة التي تحيط بهذا التسليح

A_{to}

A_{to} = مساحة مقطع الجزء من الخرسانة الذي يُحيط بتسليح الشدّ، وينطبق محوره مع محور هذا التسليح.

١٠-٥- حالة حدّ التشكّل المعيب:

١٠-٥-١- يجب أن تكون الوحدات الإنشائية المعرّضة لعزوم انعطاف، ذات جساءة كافية لمنع الزحف (الترخيم) والتشكّلات الضارّة، التي تؤثر على مقاومة هذه الوحدات، أو على صلاحيتها للاستعمال.

١٠-٥-٢- يمكن الاستغناء عن حسابات التشكّل في المقاطع المعرّضة لعزوم انعطاف في كل من الحالات الآتية:

أ - عندما تحقق الحدود الدنيا، المتعلقة بنسبة الارتفاع الكلي للمقطع إلى مجازه الصافي، كما هو وارد في الباب السابع.

ب- عندما لا تزيد نسبة تسليح الشدّ الناتجة حسابياً في العناصر المعرّضة للانعطاف البسيط عن: $\frac{0.18f'_c}{f_y}$ في المقاطع المستطيلة، أما في المقاطع بشكل T، فتنسب نسبة التسليح هذه إلى عرض الجسد.

١٠-٥-٣- عندما يكون العنصر غير مُحقِق لأي من الاشتراطات الواردة في البند (١٠-٥-٢)، يجري حساب التشكّل بالطرق المعروفة في نظريات المرونة، مع أخذ معايير التشكّل الأوّلي (اللحظي) E_{co} كما ورد في البند (٤-٢-٨) كأساس للحساب. ثم يحسب السهم النهائي حسب معايير التشكل E_c من أجل الأحمال الدائمة التي طبقت بعد فك القوالب مباشرة كما ورد في البند (١٠-٥-٦).

١٠-٥-٤- يُؤخذ عزم العطالة (القصور الذاتي) الفعّال للمقطع I_e من المعادلة:

$$I_e = \left[\left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g \right] + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 \right] I_{cr}$$

حيث: I_{cr} = عزم القصور الذاتي للمقطع المكافئ المتشقق، على ألا يزيد على I_g .

I_g = عزم القصور الذاتي لكامل المقطع الخرساني حول محور الخمول، (غير المتشقق، مع إهمال فولاذ التسليح).

M_a = قيمة عزم الانعطاف المعرّض له العضو عند حساب التشكّل.

M_{cr} = أقل عزم انعطاف يُسبب التشقق في الخرسانة ، ويُؤخذ من المعادلة:

$$M_{cr} = \frac{f_{cb} \cdot I_g}{y_t}$$

حيث: f_{cb} = إجهاد الشدّ الأقصى للخرسانة عند الانعطاف، ويُؤخذ من المعادلة:

$$f_{cb} = 0.7 \sqrt{f'_c} .$$

(في النظام المتري $f_{cb} = 2.21 \sqrt{f'_c}$)

y_t = المسافة من محور الخمول حتى الطرف الأقصى للألياف المشدودة، في المقطع غير المتشقق.

١٠-٥-٥- في الأعضاء المستمرة يمكن اعتماد عزم القصور الذاتي الفعّال في حساب التشكّل، هو مُعدّل قيمتي هذا العزم، في مقطعي العضو المعرّضين لأقصى عزمي انعطاف سالب وموجب.

١٠-٥-٦- يُسبب الزحف نتيجة للأحمال الدائمة، سهماً (ترخيماً) إضافياً يزداد مع الزمن، وتتوقف قيمته القصوى على نسبة تسليح الضغط في المقطع. ويمكن حسابه بضرب قيمة الترخيم اللحظي نتيجة للأحمال الدائمة، والمحسوب طبقاً للقواعد السابقة في المعامل α، وتؤخذ قيمة α من العلاقة الآتية:

$$\alpha = \frac{\zeta}{1 + 50 \cdot \frac{A'_s}{b.d}}$$

حيث:

A'_s = مساحة تسليح الضغط في المقطع، عند منتصف المجاز للجوائز البسيطة أو المستمرة، وعند المسند للجائز الظفري.

b = عرض المقطع المستطيل، أو b_w عرض جسد المقطع بشكل T أو I.

ζ = معامل تجريبي يتعلّق بمدة التحميل للأحمال الدائمة المطبقة التي انقضت وقت حساب السهم، وذلك عندما يكون عمر البيتون عند البدء بتطبيق الأحمال لا يتعدى الثلاثة أشهر، ويُؤخذ على الشكل الآتي:

2.0 للتحميل لمدة 3 سنوات أو أكثر.

1.4 للتحميل لمدة 1 سنة.

1.2 للتحميل لمدة $\frac{1}{2}$ سنة.

1.0 للتحميل لمدة 1 شهر.

على ألا تكون α أقل من 0.8 .

أما في الحالات غير الاعتيادية (الجو الحار أو الجاف جداً، أو عند تحميل الخرسانة بعد مدة تزيد على ٣ أشهر من صبّها)، فيمكن حساب التشكّل الناتج من الزحف، انطلاقاً من التشوهات، مع أخذ قيمة انفعال الزحف المُبيّنة في البند (٤-٢-١١). فعلى سبيل المثال، عندما يبدأ تحميل الخرسانة بعد مدة ثلاث سنوات من صبها، فإن السهم الناتج عن الأحمال الدائمة المطبقة في ذلك الوقت (أو الأحمال الحية طبعاً) فيحسب باستعمال معاير المرونة اللحظي.

١٠-٥-٧- لا يجوز أن يتجاوز السهم في أعضاء المنشآت، والمحسوب على أساس ما ورد أعلاه، القيم الواردة في الجدول (١٠-٥) أدناه.

الجدول (١٠-٥): السهوم المسموحة

نوع العنصر	قيمة السهم المدروس	الحد الأعلى للسهم بدلالة L^*
السطوح الأخيرة غير المرتبطة بعناصر غير إنشائية يمكن أن تتأثر بالسهم الكبير.	السهم الآني الناتج عن الأحمال الحية فقط.	$\frac{L}{180}$
السقوف غير المرتبطة بعناصر غير إنشائية يمكن أن تتأثر بالسهم الكبير (مثل ان تكون غير حاملة لجدران البلوك).	السهم الآني الناتج عن الأحمال الحية فقط.	$\frac{L}{360}$
السقوف أو السطوح الأخيرة المرتبطة أو الحاملة لعناصر غير إنشائية أو إكساءات عادية لا تتأثر كثيراً بالسهم الكبير.	السهم الكلي من الأحمال الميتة والحية والافعال غير المباشرة مطروحاً منه السهم الآني الناتج عن الوزن الذاتي. كما يمكن أن يطرح منه السهم الآني الناتج عن الجزء من الأحمال الثابتة التي يكون مؤكداً أنها ستطبق على المنشأة قبل تحميلها بالعناصر غير الإنشائية أو الإكساءات.	$\frac{L}{240}$
السقوف أو السطوح الأخيرة المرتبطة أو الحاملة لعناصر غير إنشائية أو تجهيزات دقيقة يمكن أن تتأثر إلى حد بالغ بالسهم الكبير (**)		$\frac{L}{480}$
جميع العناصر (***)على أن يدرس تأثيره على العناصر الإنشائية وغير الإنشائية أيضاً.	السهم الكلي (ويمكن أن يطرح منه السهم المعاكس على أن يطلب تنفيذ هذا السهم المعاكس صراحة على المخططات).	$\frac{L}{180}$
الجائز الحامل للرافعة في المنشآت الصناعية	السهم الكلي من وزن الرافعة والحمل الحي	$\frac{L}{600}$

ملاحظات:

* تؤخذ قيمة L مساوية إلى مجاز العنصر الحر، للعناصر المستندة على أعمدة وجدران، ومجاز العنصر من المحور إلى المحور، بالنسبة للعناصر المستندة على عناصر أخرى معرّضة للانعطاف. أما بالنسبة للظفر فتؤخذ L مساوية لضعف مجاز الظفر.

** لا يُطبّق هذا الشرط، إلا في الحالات الاستثنائية للعناصر المرتبطة أو الحاملة لتجهيزات أو إنهاءات دقيقة (مثل جدران البلوك)، يمكن أن تتضرر نتيجة السهوم التي تزيد على الحدّ المعيّن، ويمكن أن يُخفض هذا الحدّ إذا أخذنا بالحسبان قيمة التسامح في الحركة، التي يمكن أن تسمح بها العناصر أو التجهيزات المتأثرة بالسهم.

*** هذا الشرط يُطبّق على الدوام، بالإضافة إلى ما يتوجب تطبيقه من الشروط الأخرى.

الباب الحادي عشر

11 التماسك والإرساء وتفاصيل التسليح

١١-١- تعريف التماسك:

التماسك هو الخاصة المميزة التي تؤمّن تناقل الإجهادات ما بين مادتي الخرسانة والفولاذ تلقائياً. لذا وجب تصميم المقطع وقضبان التسليح بطريقة تؤمّن تلاحم هاتين المادتين المتواصل، وعدم إفلات (تمليص) أو انفصال الواحدة عن الأخرى، في أي مكان تحت وطأة الإجهادات المرتقبة، وحتى بلوغ العنصر حالات الحدود المصمم عليها.

١١-٢- عوامل أساسية في التماسك والإرساء (التثبيت) وتفاصيل التسليح:

تولد حالات التحميل المختلفة التي يتعرّض لها العنصر الخرساني قوى داخلية في المقاطع المختلفة للعنصر، على شكل قوى شدّ أو ضغط داخلية.

تشكل قوة الشدّ أو الضغط الحاصلة في كل مقطع من كل قضيب تسليح، قوة فاعلة قد تؤدي إلى كسر طوق غلاف الخرسانة من حوله وعلى طوله، ويحدث من جرّاء ذلك الإفلات أو الانفصال.

وتتأثر المقاومة ضد انهيار التماسك، بعوامل متعددة، أهمها ما يلي:

- نوعية قضبان التسليح، إذا كانت بنتوءات (عالية التماسك) أو من دونها (ملساء).
- شكل القضيب، إذا كان مستقيماً أو معكوفاً.
- موقع التسليح الطولي بالنسبة لسمك الخرسانة من حوله.
- نوعية الخرسانة وقوة مقاومتها للكسر.
- التسليح العرضي ونسبته.

تحدد هذه العوامل مجتمعة، طول التثبيت لقضيب التسليح في الخرسانة، وإذا ما تأمّن هذا الطول تأمّنت معه على الإجمال، المقاومة اللازمة ضد الإفلات مع كل متطلبات التماسك والالتحام التام ما بين الفولاذ والخرسانة.

١١-٣- أطوال التثبيت الأساسية:

١١-٣-١- طول التثبيت الأساسي في حالة الشدّ L_b (التسليح المستقيم).

أ - القضبان العالية التماسك (ذات النتوءات):

$$\text{Min } L_b = 0.016 \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} \phi^2 \geq 0.075 \phi f_y$$

أو 300 mm، أيهما أكبر.

على ألا يزيد قطر القضيب المستعمل على 35 mm.

حيث ϕ, l_b بـ mm و، f_y $f`_c$ بـ MPa.

(في النظام المتري:

$$(\text{Min } L_b = 0.005 \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} \phi^2 \geq 0.0075 \phi f_y$$

حيث ϕ, l_b بـ mm و f_y , $f`_c$ بـ kgf/cm^2.

ب- القضبان الملساء:

$$\text{Min } L_b = 0.79 \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} \phi \geq 0.15 \phi f_y$$

أو 300 mm، أيهما أكبر.

حيث ϕ, l_b بـ mm و، f_y $f`_c$ بـ MPa.

على ألا يزيد قطر القضيب المستعمل على 25mm، كما يُشترط أن ينتهي طرف القضيب بعكفة.

(في النظام المتري: $(\text{Min } l_b = 0.25 \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} \phi \geq 0.015 \phi f_y$

حيث ϕ, l_b بـ mm و f_y , $f`_c$ بـ kgf/cm^2.

ج- يُعدّل الطول الأساسي المذكور في الفقرتين (أ) و (ب) أعلاه، بضربه بواحد أو أكثر من المعاملات المذكورة في الجدول (١١-١)، والتي تعتمد على نوعية قضيب التسليح، ومكان استعماله.

١١-٣-٢- طول التثبيت الأساسي في حالة الضغط (التسليح المستقيم):

أ - القضبان العالية التماسك (ذات النتوءات):

$$\text{min } L'_b = 0.253 \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} \phi \geq 0.05 (f_y \phi)$$

و الوحدات كما ورد في البند (١١-٣-١).

(في النظام المتري:

$$\left(\min L'_b = 0.08 \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} \phi \geq 0.005 \left(f_y \phi \right)\right.$$

ب- القضبان الملساء:

$$\min L'_b = \frac{2}{3} L_b$$

حيث: L_b تؤخذ من البند (١١-٣-١- ب).

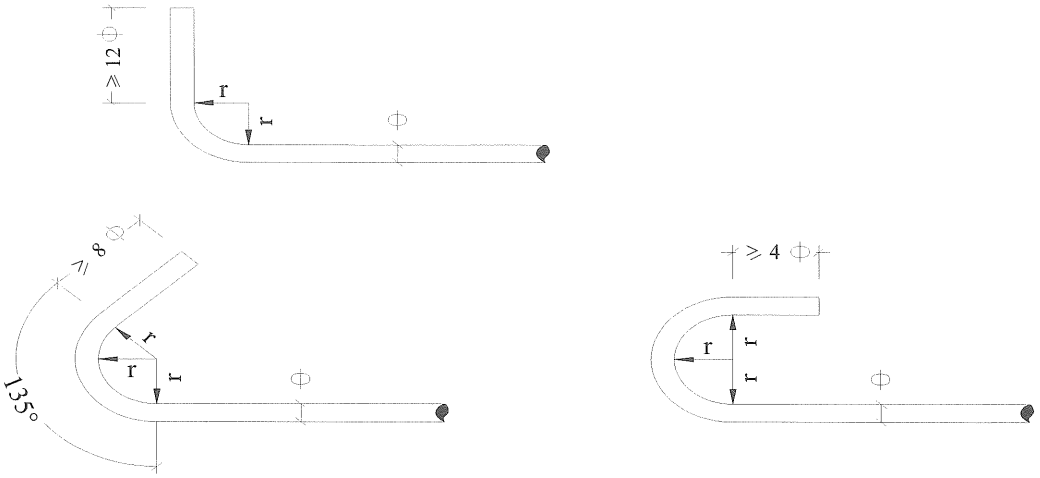
ملاحظة: يتم حساب أطوال التماسك في الأعمدة لاحتمال حصول إجهادات شد فيها وذلك في حالة الزلازل.

الجدول (١١-١): معاملات تعديل طول التثبيت الأساسي

نوعية قضيب التسليح ومكان استعماله	المعامل
قضيب علوي (يزيد سمك الخرسانة تحته على 300mm)	1.40
كل قضيب من رزمة مؤلفة من قضيبين	1.2
كل قضيب من رزمة مؤلفة من ثلاثة قضبان	1.40
أسياخ تزيد مساحة مقطعها على متطلبات العزم الحالي (المنعطف)	1.1 × مساحة قطاع التسليح اللازم / مساحة قطاع التسليح الفعلي
كل قضيب خلاف ذلك	1.00

١١-٣-٣- استعمال العكفات النظاميّة في تأمين طول تثبيت التسليح:

أ - تعمل العكفات النظاميّة في زيادة طول التثبيت لقضيب ما عندما يتعذر تأمين ذلك بالامتداد المستقيم للقضيب، وذلك باستناده بالضغط على الخرسانة ضمن مجال انحناء العكفة. وتحدّد زوايا العكفات النظامية بـ 90°، 135°، 180° ويُبيّن الشكل (١١-١)، أشكال العكفات النظامية للحالات الثلاث.



الشكل (١١-١): أشكال العكفات النظاميّة

ب- يُحدّد نصف قطر الانحناء r في العكفات النظامية، مقيساً من المولّد الداخلي للقضيب، وفق ما هو مُبيّن في الجدول (١١-٢)، ولا يزيد على 6 أمثال قطر القضيب:

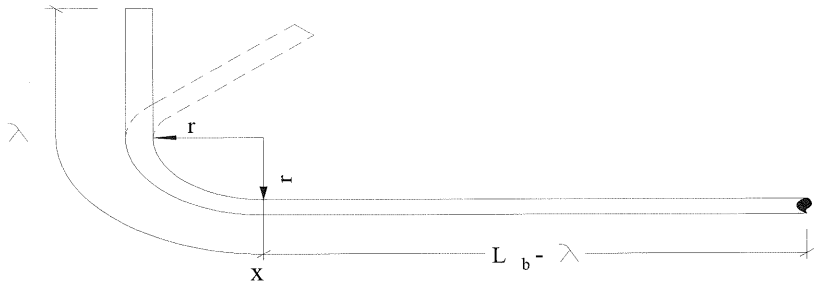
الجدول (١١-٢): نصف قطر الانحناء (r) للعكفات النظامية

مكان العكفة	صلب أملس طري	صلب ذو نتوءات عالي المقاومة
نهاية إسوارة	2 ϕ	2.5 ϕ
نهاية قضيب مشدود	2.5 ϕ	ϕ (5 إلى 3)

ج- يُؤخذ طول التثبيت المكافئ (λ) للعكفة النظامية من نوع 90° أو 135°، مساوياً إلى 4r في حالة التسليح العلوي، و6r في الحالات الأخرى، وعلى ألا يزيد هذا الطول في جميع الأحوال على 24 مرّة قطر القضيب، وحيث(r) تساوي إلى نصف قطر الانحناء، كما حُدّدت في الجدول (١١-٢) أعلاه.

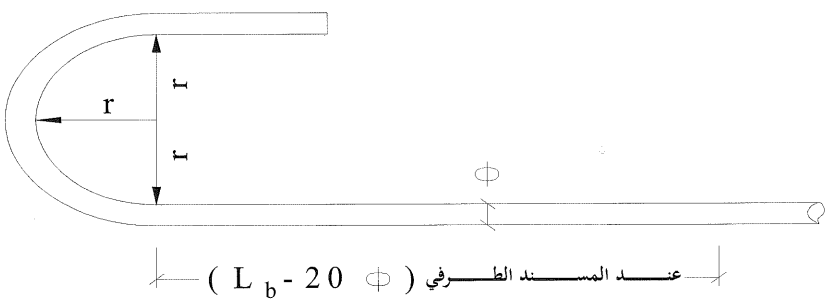
ويُحسب الطول المكافئ للعكفة ابتداء من بداية الانحناء، بحيث يجب تأمين الطول (L_b-λ) بعد هذه النقطة، وباتجاه الجزء المستقيم من القضيب، لضمان الإرساء الكامل له ابتداء من النقطة x المُبيّنة في الشكل (١١-٢).

ولا يمكن زيادة طول التثبيت المكافئ للعكفة النظامية، بزيادة طول جزئها المستقيم بعد الانحناء، عن القيم المحددة في الشكل (١١-٢).



الشكل (١١-٢): طول الإرساء في حال وجود عكفة

د- لا تستعمل العكفة النظاميّة 180° إلا في القضبان من الفولاذ الأملس الطري، حيث يكون استعمالها إلزامياً في نهاية كل قضيب مشدود، وفي هذه الحالة يُقاس طول التثبيت L_b ابتداء من نهاية القضيب المعكوفة، كما في الشكل (١١-٣)، إلا عند المسند الطرفي، فتقاس كما في الشكل (١١-٣)، حيث $\lambda = 20\ \phi$.



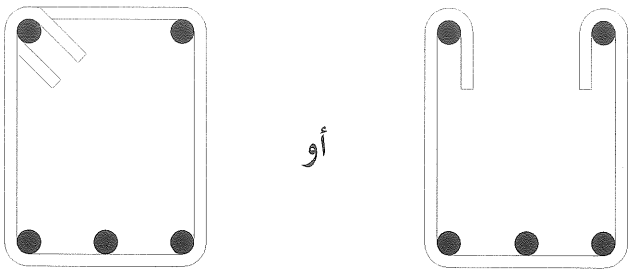
الشكل (١١-٣): طول الإرساء عند المسند الطرفي في حال وجود عكفة

هـ- لا تستعمل العكفات النظامية في القضبان المعرّضة للضغط دائماً، ولاتساهم إن وُجدَت في زيادة طول التثبيت في الضغط.

١١-٣-٤- تثبيت الأساور:

يتوجّب استعمال العكفات في الأساور مهما كانت نوعية التسليح المستعمل، ويجب ألا يقلّ نصف قطر الانحناء في الأساور عن القيم المحدّدة في الجدول(١١-٢).

ويكون التماسك مُحقَقاً في حالة الأساور التي تحتضن التسليح السفلي، وتكون معكوفة أو مُلتفّة حول التسليح العلوي، كما هو مُبيّن في الشكل(١١-٤). ويكون إستعمال الأساور المغلقة إلزامياً في حال تعرض المقطع لعزم فتل.



الشكل (١١- ٤): طرائق تثبيت الأساور

١١-٣-٥- استعمال طرائق أخرى لتثبيت القضبان المشدودة:

عندما لا تكفي العكفات النظاميّة لتأمين طول التثبيت اللازم، ولا يتأمّن كذلك مجال كاف للإرساء المستقيم، يمكن اللجوء إلى واحد أو أكثر من الإجراءات الآتية:

أ - استعمال الثنيات التي يزيد قطر انحنائها على 5 مرّات قطر القضيب، في حالة التسليح الأملس الطري، و8 مرّات القطر، في حالة التسليح ذي النتوءات العالي المقاومة. في هذه الحالة يمكن افتراض الجزء المثْني من القضيب، وكذلك الجزء المستقيم الذي يليه، بمثابة استمرار طبيعي للقضيب، في حساب طول التثبيت.

ب- استعمال الطرائق الميكانيكية للتثبيت، التي تعتمد على ربط القضيب المراد تثبيته بوسيط عرضي، يُؤلّف زاوية قائمة مع اتجاه الشدّ، ويُؤمّن الاستناد الكافي بوساطة الضغط على الخرسانة المجاورة. (راجع الشكل ٧-٢٢- ج في البند ٧-٧-٤).

ج- في الحالتين (أ) و(ب) أعلاه، يجب تحقيق إجهادات الضغط الموضعيّة المتولّدة في الخرسانة، بحيث لا تزيد على الإجهادات المسموح بها، أو التي يمكن للخرسانة تحمّلها على الضغط الموضعي، في الحالة الحديّة المدروسة.

١١-٤- وصل القضبان:

١١-٤-١- وصلات الركوب:

يتم تنفيذها بالنسبة للقضبان التي لا يزيد قطرها على 32mm، ولا يقلّ طول الركوب فيها عن القيم المُبيّنة في الجدول(١١-٣):

الجدول (١١-٣): أطوال تراكب قضبان التسليح

	التسليح المستعمل / التسليح المطلوب	طول التراكب	الحد الأدنى للتراكب
حالة الشد	أقل من 2	$1.3\ L_b$	$35\ \phi + 100$ mm
	أكثر أو تساوي 2	$1.0\ L_b$	$30\ \phi + 100$ mm
حالة الضغط	جميع الحالات	$1.3\ L_b$	$25\ \phi + 150$ mm

ويجب ألا يزيد عدد القضبان الموصولة في المكان الواحد على $\frac{1}{2}$ عدد القضبان بالمقطع، إذا كان مُعرّضاً لعزم انعطاف، مع أو دون قوة ضغط محورية مرافقة، ويجب ألا يزيد على $\frac{1}{3}$ عدد القضبان بالمقطع في الأعضاء المعرّضة لقوى شدّ محورية، مع أو دون عزم انعطاف مرافق. على أنه في العناصر المشدودة بقوى شدّ مُطبّقة على كامل مقطعها، لا يُفضّل فيها استعمال الوصلات بالركوب، ويُستحسن اللجوء إلى الوصل باللحام، أو بالوسائل الميكانيكية المناسبة، إن أمكن ذلك.

١١-٤-٢- وصلات اللحام:

يُسمح بعمل وصلات باللحام للفولاذ الذي حد مرونته الاصطلاحي، أقلّ من أو مساوٍ لـ 500 MPa، كما يجب ألا يؤدي اللحام إلى تقليص الخواص الميكانيكية للفولاذ. ولذلك لا يُسمح بلحام قضبان الفولاذ المعالج على البارد، إلا إذا أُخذ بالحسبان انخفاض مقاومتها. واللحام يجب أن يكون حسب المواصفات الإقليمية المعمول بها.

والقضبان الملحومة يجب أن تظلّ محاورها على استقامة واحدة عند موضع اللحام، ويجب أن تُختبر عينات من القضبان الملحومة لإثبات صلاحيتها، ويكون عدد القضبان المسموح بوصلها في مكان واحد من المقطع طبقاً للبند (١١-٤-١).

يجب أيضاً أن تنسجم وصلات اللحام مع ما ورد في البند (ز-١-٧) من الملحق (ز) لهذا الكود الأساس.

١١-٤-٣- وصلات ميكانيكية:

يتم وصل القضبان ميكانيكياً عن طريق قلوظة نهاياتها، وتثبيتها بوساطة عزقات وصفائح، وبأبعاد كافية لتأمين انتقال الإجهادات على نحو كامل، أو بوسائط ميكانيكية أخرى مُجرّبة ومُصنّفة بصورة خاصة لهذا الغرض، ولا يجوز استعمال الوصلات الميكانيكية إلا بعد إجراء تجارب خاصّة على عيّنات لإثبات صلاحية الأسلوب المستعمل.

يجب أيضاً أن تنسجم الوصلات الميكانيكية مع ما ورد في البند (ز-١-٦) من الملحق (ز) لهذا الكود الأساس.

١١-٥- كيفية التحقّق من التماسك:

توجد نقاط رئيسية لكل قضيب تسليح، تشكّل خطورة على انهيار التماسك، أكثر من غيرها. وهذه المراكز تحدّد بنقاط إجهادات الشدّ أو الضغط القصوى في القضيب المعني (تؤخذ من مغلّف قوى الشدّ أو الضغط للعنصر المدروس)، والنقاط التي تقطع أو تحنى فيها قضبان أخرى بجوارها، كما أنه يجب التحقق من التماسك في حال قضبان التسليح الموجبة، علاوة على المقاطع الآنفة الذكر، في مراكز انعدام العزم، والنقاط التي تنتهي فيها القضبان الموجبة عند المساند غير المستمرة.

١١-٥-١- التحقق في حالة قضبان تسليح الشدّ السالبة:

يتم التحقق من التماسك في هذه الحالة، بالتأكّد من أن طول القضيب ما بين المقطع الحرج وطرف القضيب، لا يقلّ عن الطول ((L_b + (d أو 12 ϕ))، إذ إن الطول L_b مُحدّد في البند (١١-٣)، وتدرس النقاط الخطرة في مقطع العزم السالب الأقصى، وكذلك النقاط التي يمكن نظرياً إيقاف بعض القضبان فيها، وذلك بالنسبة للقضبان الأخرى المستمرة، لأنه يتوجب ألا يقلّ طول القضبان الأخرى المستمرة ما بين نقطة الإيقاف النظرية وطرفها الحر، عن ((12ϕ أو d)+L_b) إذا كان الحد الأقصى لإجهاد الشدّ في هذه القضبان الأخيرة، في نقطة الإيقاف النظرية.

حيث: d = الارتفاع الفعّال للمقطع.

ϕ = قطر قضيب التسليح.

L_b = طول التثبيت الأساسي في حالة الشدّ، ويؤخذ من البند (١١-٣).

١١-٥-٢- التحقق في حالة قضبان تسليح الشدّ الموجبة:

في هذه الحالة يجب التفريق بين نقاط إجهادات الشدّ القصوى، ونقاط انعدام العزم، والنقاط عند المساند غير المستمرة.

١- نقاط إجهادات الشدّ القصوى:

في هذه الحالة يجب التأكّد من أن طول قضيب التسليح ما بين نقطة إجهاد الشدّ الأقصى وطرف القضيب لا يقلّ عن ((12ϕ أو d)+L_b)، إذ أن الطول l_b مُحدّد في البند (١١-٣-١).

كما أنه في حال إيقاف بعض القضبان قبل وصولها إلى المسند المجاور، يجب ألا يقلّ طول القضبان الأخرى المستمرة ما بين نقطة الإيقاف النظرية وطرفها الحر عن:

(L_b+(d أو 12ϕ))، وذلك فيما إذا كان إجهاد الشدّ في هذه القضبان في حدّه الأقصى في نقطة الإيقاف النظرية.

حيث: d = الارتفاع الفعّال للمقطع.

ϕ = قطر قضيب التسليح.

L_b = طول التثبيت الأساسي في حالة الشدّ، وتؤخذ من البند (١١-٣).

٢- نقاط انعدام العزم:

قد تكون إجهادات التماسك عالية بجوار هذه النقاط، حيث يجب أن تحقق مساحة التسليح الموجب A_s وثخانة قضبانه، الشرط الآتي:

$$\frac{M_u}{V_u} + [\ d \text{ أو } 12\ \phi\ ] \geq L_b$$

حيث: M_u = طاقة المقطع عند انعدام العزم، هي مقاومة أكبر عزم انعطاف تتمكّن قضبان تسليحه الموجبة من مقاومته، وبافتراض إجهاد الشدّ في هذه القضبان مساوياً لـ f_y، وتحسب M_u باستعمال معامل تخفيض المقاومة Ω مساوياً إلى الواحد. ويمكن أيضاً حساب M_u بافتراض ذراع المزدوجة الداخلية في المقطع مساوياً إلى 0.9 d.

V_u = قوة القصّ الحدّية القصوى المُطبّقة على هذا المقطع. وعند الحساب على الوضعية الحدّية الاستثمارية، يمكن افتراض V_u مساوية إلى قوة القصّ في الوضعيّة الاستثمارية مضروبة بالمعامل 1.7.

L_b = طول التثبيت لأثخن قضيب تسليح من القضبان الموجبة الكائنة في هذا المقطع.

٣- النقاط عند المساند غير المستمرة:

أ - إذا وُجدَت مساند غير مستمرة للجوائز، يجب أن تحقِق مساحة القضبان الموجبة الداخلة في المسند وثخانتها، الشرط الآتي:

$$\frac{M_u}{V_u} + L_a \geq L_b$$

حيث:

M_u = طاقة المقطع عند المسند على تحمّل عزوم الانعطاف الموجبة، بافتراض أن إجهاد الشدّ في القضبان المستمرة في محور المسند، مساو لـ f_y، ويُراعى في حساب M_u نفس ما ورد في (٢) أعلاه بالنسبة لنقاط انعدام العزم.

V_u = قوة القصّ الحدّية القصوى عند محور المسند. وعند الحساب على الحالات الاستثمارية تحسَب V_u كما ورد في (ب) أعلاه.

L_b = طول التثبيت المحدّد في البند (١١-٣-١).

L_a = طول الاستمرار المستقيم للقضبان الموجبة ما بعد وجه المسند. ويُسمح بحساب الطول المكافئ للعكفات والثنيات عند حساب l_a، على أن تؤخذ قيمة L_a بما لا يقلّ عن إحدى القيمتين:

- نصف عرض الركيزة (باتجاه الجائز) + 12ϕ.
- (12 ϕ +d/2) على ألا تقلّ عن 30 ϕ في جميع الأحوال.

ب- ويمكن الاستغناء عن التحقق من الشرط الوارد في الفقرة (أ) أعلاه، إذا تحقق الشرطان الآتيان معاً:

- أن لا تقلّ مساحة قضبان التسليح الداخلة ضمن المسند غير المستمر، عند الحساب في حالة الحدّ الأقصى، عن $\left(\frac{V_u}{0.9\ f_y}\right)$ أو لاتقلّ تلك المساحة، عند الحساب في الحالة الحدّية الاستثمارية، عن $\left(\frac{V}{0.55 f_y}\right)$.

حيث: V_u = قوة القصّ الحدّية القصوى.

V = قوة القصّ الاستثمارية عند المقطع الواقع على وجه المسند.

- أن تنتهي قضبان التسليح الموجبة الداخلة ضمن المسند بعكفة نظامية، تبدأ استدارتها بعد محور المسند، وأن لا يقلّ طول الإرساء المستقيم لهذه القضبان ضمن المسند عن 25 مرّة قطرها ابتداء من وجه المسند (وذلك في حال عدم وجود عكفة نظامية).

ج- يُستثنى مما سبق، النهايات الطرفية للجوائز التي تُشكّل جزءاً من الهياكل (الإطارات) المصمتة، لتحمّل القوى الأفقية ذات الطبيعة المتناوبة كالرياح والهزّات الأرضية، وذلك عندما يُبيّن التحليل الإنشائي إمكانية تعرّض التسليح السفلي في هذه الجوائز لقوى شادّة عند العقد الطرفية، تحت تأثير كل حالة من حالات التحميل التي تشمل تأثير القوى الأفقية، وفي هذه الحالة يجب تأمين إرساء كامل للتسليح السفلي ضمن المسند، لا يقلّ طوله عن طول التثبيت l_b، بدءاً من وجه المسند. وفي جميع الأحوال عندما يمتد تسليح الجائز ضمن عقدة عمود-جائز، يجب أن لا يقل بعد العمود بالاتجاه الموازي للتسليح الطولي للجائز عن 20 مرة قطر أكبر تسليح طولي للجائز.

١١-٥-٣- التحقق في حالة قضبان تسليح الضغط:

يتم التحقق من التماسك، في هذه الحالة، بالتأكّد من أن طول القضيب ما بين مقطع الضغط الأقصى، وطرف القضيب الحر، لا يقلّ عن طول التثبيت المحدّد في البند (١١-٣-٢).

١١-٦- توقيف أطراف القضبان:

١١-٦-١- قضبان التسليح التي ليس هناك حاجة لها لمقاومة عزم الانعطاف في مقطع ما، يجب أن تستمر مسافة إضافية (قبل قطعها أو انحنائها) تساوي إمّا d أو 12 ϕ أيهما أكبر.

١١-٦-٢- يجب أن يستمر 1/3 التسليح السفلي على الأقلّ، في الجوائز المستمرة، و0.5 في الجوائز البسيطة، إلى ما لا يقلّ عن 150 mm داخل المسند، مع أخذ أطوال التثبيت اللازمة بالحسبان أيضاً وفقاً لما ورد في البند (١١-٥-٢).

١١-٦-٣- يجب أن يستمر 1/3 التسليح السالب على الأقلّ ، إلى ما بعد نقطة انعدام العزم بمسافة تعادل 12 ϕ أو 1/16 من البعد بين المسندين المتجاورين، أو d، أيهم أكبر.

١١-٦-٤- يجب ألا يُوقف جزء من قضبان التسليح الطولي في مقطع ما في منطقة الشدّ – عند تبيّن عدم الحاجة إليه بموجب الرسوم البيانية لعزم الانعطاف – إلا إذا كان جهد القصّ في هذا المقطع، لا يتجاوز 2/3 جهد القصّ الأقصى الذي يمكن أن يقاومه هذا المقطع، أو إذا كانت مساحة التسليح المستمر بعد نقطة الإيقاف، لا تقلّ عن ضعف المساحة المطلوبة نظرياً، في المقطع المطابق للنقطة المذكورة.

١١-٦-٥- عند إهمال مساهمة الخرسانة في تحمّل إجهادات القصّ τ_{ou} أو τ_o المعرّفة بالشكلين (٩-١٦ و١٠-٢)، عند حساب التسليح اللازم لمقاومة إجهادات القصّ، يمكن الاستعاضة عن تمديد القضبان، بالمقدار d/2 عوضاً عن d، فتصبح القيمة (12 ϕ أو d) حيثما وردت (12 ϕ أو d/2).

١١-٧- المسافات بين قضبان التسليح:

يُراعى أن تكون المسافات بين قضبان التسليح – داخل المقطع – كافية لتسمح بتنفيذ غير معيب لأعمال الخرسانة، وتسمح بدمك الخرسانة، وتجنّب الانفصال الحبيبي لها، ويجب ألا تقلّ المسافة المتروكة بين القضبان عن:

١١-٧-١- المسافات الرأسية بين القضبان:

تعتمد المسافة الأكبر من:

- 20 mm.
- 0.75 أكبر قطر للقضبان.
- القياس (الأبعاد) الافتراضي الأكبر للركام.

١١-٧-٢- المسافات الأفقية بين القضبان:

تعتمد المسافة الأكبر من:

- 25 mm.
- أكبر قطر للقضبان.
- 1.5 مرة القياس الافتراضي للركام.

١١-٨- رزم القضبان:

- رأسياً، يُسمح بوضع قضيبين متلاصقين، الواحد فوق الآخر.
- أفقياً، يُسمح بوضع قضيبين متلاصقين، الواحد بجانب الآخر، أو 3 قضبان، تشكّل مراكزها رؤوس مثلث، وذلك بشرط وجود مكان كاف حول القضبان لإدخال هزاز الدمك، وضمان ملء الفراغات حول القضبان، وتطبّق عند استعمال رزم القضبان، معاملات تصحيح طول التثبيت المناسبة وفقاً للجدول (١١-١).

١١-٩- الغطاء الخرساني للتسليح:

١١-٩-١- يجب أن يكون الغطاء الخرساني لقضبان التسليح كافياً ليسمح بمرور الخرسانة، ولتوفير الحماية اللازمة للتسليح ضد عوامل التآكل، والسمك الأدنى للغطاء الخرساني بالنسبة للمنشآت الداخلية التي لا تتعرّض مباشرة لتأثيرات جويّة، أو الخارجية المحمية من هذه التأثيرات بالإكساء، هو 15mm للبلاطات والجدران، و25mm للجوائز والأعمدة.

أما بالنسبة للمنشآت الخارجية المعرّضة مباشرة لتأثيرات جويّة، فيجب ألا يقلّ الغطاء الخرساني عن 20mm للبلاطات والجدران، و30mm للجوائز والأعمدة، على أن تزاد هذه الأرقام إلى 30mm، 40mm على التوالي، إذا كان الجو الخارجي حاوياً على رطوبة ملحية.

١١-٩-٢- يجب ألا يقلّ سمك الغطاء الخرساني لأعمال الخرسانة المعرّضة للتماس مع التربة بشكل مستمر عن 50mm، ولا داعي لاستعمال الشبكة في هذا الغطاء الخرساني الملامس للتربة.

١١-٩-٣- يُحدّد سمك الغطاء الخرساني المناسب للمنشآت المعرّضة لتأثير العوامل الكيميائية حسب كل حالة، وعلى ألا يقلّ هذا السمك عن 50mm. وفي حالة العناصر المعرّضة باستمرار لتربة تحتوي على مواد كبريتية، يجب استعمال الاسمنت المقاوم للكبريتات.

١١-٩-٤- إذا زاد سمك الغطاء الخرساني على 40mm في السطوح المكشوفة وغير المطمورة، يجب استعمال تسليح شبكي خفيف لحمايته من التشقق، ولا يدخل في الحسابات الستاتيكية.

١١-٩-٥- في جميع الأحوال، يجب ألا يقلّ سمك الغطاء الخرساني، عن الحدّ المناسب لمتطلبات الحماية من الحريق لما ورد في الباب الرابع.

١١-١٠- وصل قضبان الأعمدة:

يفضل نظرياً أخذ وصلات قضبان الأعمدة في منتصفات ارتفاعاتها، إلا أن الواقع العملي حالياً لا يتيح الإلتزام بها إلا إذا كانت وصلات ميكانيكية أو ملحومة بشكل متناظر. وبالمقابل، يُعوّض عن ذلك بزيادة طول التراكب ليصبح 50 مرة القطر، علماً بأن الوصل بمنتصف الإرتفاع غير ممكن عملياً عندما تكون مقاطع الأعمدة متغيرة بين الطابقين.

الباب الثاني عشر

12

إعداد الرسومات

١٢-١- الرسومات والترخيص:

قبل الحصول على ترخيص لإقامة كل منشأة، يلزم أن تقدم رسومات كاملة واضحة لأعمال الخرسانة المسلحة تعدّ وفقاً لحسابات ساكنة (ستاتيكية)، بمعرفة مهندسين مؤهلين جامعياً يتولون أعمال التصميم والحسابات والمراجعة والإشراف على التنفيذ، كما يجب عليهم أن يُرفقوا بها مواصفات خاصّة بنوع الخرسانة والأسمنت وفولاذ التسليح.

١٢-٢- رسومات المشروع الابتدائي:

يجب أن تعطي هذه الرسومات فكرة واضحة عن المشروع، من حيث الوحدات المختلفة، وشكل كل وحدة ونظامها الإنشائي، والأبعاد الأساسية للخرسانة، وتكون بمقياس رسم مناسب للإيضاحات المطلوبة دون تفاصيل فولاذ التسليح أو التفصيلات الدقيقة، ويُرفق بهذه الرسومات مقايسة (كميّات) ابتدائية عند الطلب.

١٢-٣- الرسومات التنفيذية:

تحوي هذه الرسومات جميع الأبعاد والتفاصيل والمواصفات والبيانات الأخرى اللازمة لتنفيذ المنشأة، بيسر دون الرجوع إلى المصمم. ويُرفق بهذه الرسومات بيان بالكميّات ومواصفات البنود المختلفة اللازمة للتنفيذ، والتي تمكن المقاول من وضع أسعاره لها. هذا ويتناول الملحق رقم (٣) تفاصيل نموذجية للرسومات الإنشائية التنفيذية.

١٢-٣-١- تحضير الرسومات التنفيذية:

تبيّن الرسومات التنفيذية المطلوبة ما يلي:

١ - الأبعاد الخرسانية للعناصر الإنشائية دون الطينة، ويُبيّن عليها المحاور وسمك البلاطات وأبعاد الجوائز وقياسات الأعمدة، كما يُبيّن عليها المناسيب المختلفة، ومقاومة الخرسانة المستعملة. أما نوع الأسمنت ونسبته في المتر المكعب من الخرسانة المنهية، ونوع الركام

المستعمل وقياسه، وكذلك نسبة الخلط وطريقته وطريقة الدمك، فيُنَصّ عليها في دفتر شروط المشروع. وفي حال استعمال الخرسانة الخاصّة، تذكر مواصفاتها في دفتر الشروط، كما يجب أن يُحدد على الرسم في المنشآت الخاصّة قيمة الغطاء الخرساني المطلوب. وفي حالة وجود فواصل صب للمنشآت المعقّدة، أو فواصل انكماش، يلزم بيانها على الرسومات وفقاً للبندين (١٣-٥-٧) و(١٣-٥-٨).

وفي الحالات الخاصّة كالمخازن والمصانع، يجب بيان الأحمال الحية، وذكر نوع الجدران ونوع الأرضيات عند اللزوم، كما يجب أن تذكر قيمة التحديب المطلوبة للبلاطات والجوائز والأظفار، وفقاً للبند (١٣-١-٢).

٢- تفاصيل التسليح، وتشمل جميع البيانات اللازمة للتنفيذ، مثل العدد والقطر والشكل ... الخ، ونوع الفولاذ المستعمل، على أن تبيّن العكفات والوصلات، وفقاً للبندين (١١-٣-٣) و(١١-٤)، ويكون اللحام إن لزم وفقاً لما جاء بالبند (١٣-٤-٤).

١٢-٣-٢- بيان الرسومات التنفيذية المطلوبة:

تبيّن الرسومات المطلوبة للتنفيذ ما يلي:

١ - المحاور الإحداثية.

٢- الأساسات.

٣- الأعمدة.

٤- الشيناجات (جيزان الأساس).

٥- أرضية وجدران وسقف القبو (إن وُجِد).

٦- الأسقف المختلفة.

٧- الأدراج.

٨- تفاصيل الأجزاء التي يتطلب الأمر بيانها بمقياس أكبر.

٩- تعمَل جداول تفاصيل التسليح، إذا لزم الأمر.

ويُوصى بعمل رسومات خاصّة للجوائز والبلاطات، بحيث تبيّن القضبان المستقيمة والمكسّحة وموضع تكسيحها، كلما لزم الأمر.

١٢-٣-٣- جدول عنوان الرسم ومشتملاته:

يجب أن يُجهّز جدول العنوان بحيث يظهر على الوجه عند ترتيب الرسم وتطبيقه، ويشمل الجدول ما يلي:

١- اسم المشروع ورقمه.

٢- عنوان الرسم.

٣- رقم الرسم.

٤- مقياس الرسم، ويَحسُن أن يكون كما يلي:

أ - لرسم الموقع 1:100 أو 1:200 أو 1:500.

ب- للمساقط الأفقية (أبعاد خرسانية وتسليح) 1:50.

وفي الأحوال التي يكون فيها مُسطّح المبنى كبيراً، يمكن عمل الرسومات بمقياس 1:100، أو بمقياس 1:50، مع عمل خطوط تطابق تمكن من تجميع الرسومات.

ج- للتفاصيل 1:50 أو 1:25 أو 1:20 أو 1:10.

٥- جدول البيانات ويُذكر فيه كل مصطلحات خاصّة استعملت في تجهيز الرسم، ومعناها.

٦- تاريخ عمل الرسم.

٧- المراجع، وتشمل أرقام الرسومات التي استعين بها في تجهيز الرسم الإنشائي، سواء أكانت من الرسومات المعمارية أو الميكانيكية أو الكهربائية أو المساحية ... الخ.

٨- التعديلات وتواريخها وملخص لها. ويجب على المهندس الاحتفاظ بنسخ من الرسومات قبل التعديل وبعده، ليمكن الرجوع إليها عند الحاجة.

٩- اسم المالك وعنوانه.

١٠- اسم المهندس الإنشائي المسؤول وعنوانه وتوقيعه.

١١- اسم المهندس المعماري إن وجد وعنوانه.

١٢- اسم المقاول (أو الجهة المسؤولة عن التنفيذ) وتوقيعه.

١٢-٣-٤- ترتيبات خاصّة برسومات القوالب:

يجب أن تمثل رسومات القوالب المستويات المختلفة، مقاطع وواجهات الأسطح الخام، دون طبقات الإنهاء. كما يجب أن تتضمّن كل الأبعاد اللازمة للإنشاء السليم والتنفيذ الكامل لكل العناصر. ويجب أن توضّح رسومات القوالب الارتفاعات والسمك الكلي للخرسانة الخام.

١٢-٣-٥- ترتيبات خاصّة برسومات التسليح:

يفضل أن توضّح رسومات التسليح جميع التفاصيل والقياسات اللازمة لتصنيع التسليح وتركيبه في مكانه، ويجب أن تشير بدقة إلى أقلّ حد مرونة للفولاذ، ويفضل إعطاء أطوال القضبان، والخواص الهندسية للمنحنيات والثنيات والوصلات بين القضبان، وبصورة خاصّة عند تقاطع الجوائز والأعمدة. وعند استعمال أكثر من نوع واحد من أنواع الفولاذ المختلفة، وفي حال استعمال رموز أو اختصارات لتجهيز هذه الأنواع، يجب أن تشرَح هذه الرموز والاختصارات شرحاً واضحاً جداً.

١٢-٣-٦- شروط تنفيذية تتعلّق بالرسومات:

يفضل أن توضّح الرسومات الشروط التنفيذية التي يمكن أن يكون لها تأثير على مقاومة المنشأة أو على اتزانها أو على سلوكها أثناء فترة الإنشاء أو مرحلة الخدمة، وبصفة خاصة يفضل أن يُوضّح ما يلي:

١- شروط تنفيذ القوالب واتزانها ومقاومتها لضغط الخرسانة الطازجة (الطرية).

٢- طريقة معالجة الأسطح الظاهرة، وما قد تتطلبه من شروط خاصة بسطوح القوالب.

٣- وسائل تثبيت قضبان التسليح بالنسبة للقوالب.

٤- سير التنفيذ بالأجزاء المتتالية، وما يتطلبه تحقيق مقاومة المنشأة واتزانها في جميع مراحل التنفيذ.

٥- استئناف عمليات صب الخرسانة وفواصل الصبّ.

٦- شروط فك القالب.

٧- فواصل الانكماش المؤقت.

الباب الثالث عشر

13 القوالب والتنفيذ والاختبار

١٣-١- ترتيبات خاصّة بالقوالب:

١٣-١-١- تصنيف القوالب:

١- **قوالب عادية:** لا يزيد التفاوت المسموح به في أبعادها على 10 mm، أو 10% من البعد الأصغر، أيهما أصغر.

٢- **قوالب جيدة:** لا يزيد التفاوت المسموح به في أبعادها على 2mm، أو 5% من البعد الأصغر، أيهما أصغر.

٣- **قوالب ذات طابع خاص:** تنفّذ حسب رسومات ومواصفات خاصة تعدّ لها، ويمكن أن يُنصّ على صقل أسطحها، إن كانت من الخشب، أو دهانها بالزيت أو غيره.

١٣-١-٢- تركيب القوالب:

١ - تركّب قوالب الخرسانة المسلحة بصفة عامة، بالطريقة التي تضمن بقاءها ثابتة تماماً، طوال فترة صب الخرسانة المسلحة وأثناء تصلدها. كما يجب أن تكون أوجه القوالب مُحْكَمَة، بحيث تمنع تسرّب المونة الأسمنتية إلى الخارج.

٢- تنفذ القوالب بحيث تكون قوية ومتينة، بدرجة تكفي لتحمّل ضغط الخرسانة الطرية ووزنها والأحمال الحية أثناء صبّ الخرسانة دون التواء أو زحزحة. ويجب أن تؤخذ في الحسبان الطريقة المستعملة لوضع الخرسانة ودمكها، وتأثير الضغوط والاهتزازات الواقعة على القوالب.

٣- يجب أن ترتكز القوائم على قواعد ثابتة تتناسب مع الحمل الواقع عليها، كما يجب إذا لزم الأمر، أن تستمر القوائم الضرورية تحت الطوابق السفلى للطابق الجاري العمل به، حتى ترتكز على أرضية تتحمّل الأثقال الواقعة عليها بأمان.

٤- في حال استعمال قوالب من طابع خاصّ يجب أن تنفّذ حسب الرسومات والتصميمات التي تعدّ لهذا الغرض.

٥- يُحدّد تحدّب قوالب أسفل (بُطينات) الجوائز التي مجازها 8 أمتار أو أكثر، بمقدار 1/300 إلى 1/500 من قيمة المجاز. وفي حالة الأظفار التي يزيد بروزها على 2 m، يتم رفع أطرافها

بمقدار 1/150 من قيمة البروز، وفي الحالات الخاصة الكبيرة أو تحت تأثير الأحمال الثقيلة، يُحسب التحديب اللازم.

٦- إن سلامة القالب ومتانته وثباته هي من مسؤوليّات المهندس المنفذ. ويتوجب في الحالات الخاصة إجراء الحسابات اللازمة للتأكّد من ذلك. وفي حال استعمال السقائل الخشبية، يتوجب أن لا تزيد المسافات بين التربيط عن 30 مرّة أصغر بُعد للدعامة الخشبية. يفضل دوماً استعمال السقائل المعدنية عندما يزيد ارتفاع هذه السقائل على 4m، ويجب تربيط هذه السقائل بالاتجاهين عند المناسيب اللازمة حسب أقطارها.

٧- من الضروري تزويد القوالب بأركان الجوائز والأعمدة والجدران بشطفات حوالي 2 cm

١٣-١-٣- تجهيز القوالب قبل الصبّ:

١- التنظيف:

يجب أن تنظّف القوالب بعناية قبل صبّ الخرسانة مباشرة، وذلك بإزالة الأتربة والفضلات، وتجهيز فتحات لتسهيل ذلك عند اللزوم، ويمكن أن يكون التنظيف باستعمال الماء أو الهواء المضغوط.

٢- الترطيب:

ترَش القوالب الخشبية قبل الصبّ بالماء مرّات متتالية لمنع امتصاص الأخشاب لماء الخلط، ويجب ترك مسافة ضيّقة بين الألواح بحيث تسمح بتمددها بسبب الترطيب، دون تقوّسها، ولا تسمح بمرور المونة الأسمنتية.

٣- الدهان بالزيت:

إذا طُلِب دهن القوالب بالزيت، يجب استعمال الزيت غير الحمضي الخاص بذلك، ويكون الدهن قبل وضع فولاذ التسليح، على أن يُزال الزيت الزائد والمتبقي في قاع القوالب.

٤- إعادة استعمال القوالب:

يجوز إعادة استعمال القوالب لصب خرسانة داخلها مرّة أخرى، شرط خلوّها من العيوب، وتنظيفها من الخرسانة العالقة بها.

١٣-١-٤- فكّ القوالب:

١- تؤثر درجة حرارة الهواء ورطوبة البحر والحمل الذي ستتعرض لها المنشأة ونوع الأسمنت على تحديد المدّة الواجب انقضاؤها بين صب الخرسانة وفكّ القوالب، ويجب التأكّد من أن مقاومة الخرسانة وقت الفكّ وصلت إلى ضعف الإجهادات التي ستتعرّض لها المنشأة عند الفكّ، وذلك في حالة المنشآت الخاصّة، وكذلك في حالة الجو البارد.

٢- يمكن الاسترشاد بالقيم الآتية عند فك القوالب للأعمال المعتادة في درجات الحرارة العادية:

أ - في حالة استعمال الأسمنت البورتلاندي العادي:

يُسمح بفكّ قوالب الخرسانة بعد انقضاء مُهَل لا تقلّ عمّا يلي:

١) الألواح الجانبية للجوائز والأعمدة والجدران: يومان.

٢) قوالب البلاطات شريطة إبقاء الدعامات (القوائم) الحاملة: 8 أيّام.

٣) قوالب الجوائز شريطة إبقاء الدعامات (القوائم) الحاملة: 10 أيّام.

٤) الدعامات (القوائم) الحاملة للبلاطات والجوائز الثانوية: 14 يوماً.

٥) الدعامات (القوائم) الحاملة للبلاطات والجوائز الرئيسية: 21 يوماً.

٦) وتضاف الأيام التي تنخفض فيها درجة الحرارة عن 5°C إلى المهل المذكورة أعلاه.

ب- في حالة استعمال الأسمنت البورتلاندي السريع التصلد:

١) تكون المدة حسب خصائص الأسمنت المستعمل، ولا تقلّ بحال من الأحوال عن نصف المدة المذكورة أعلاه في حالة استعمال الأسمنت البورتلاندي العادي.

٢) وتضاف الأيام التي تنخفض فيها درجة الحرارة عن 10°C إلى نصف المدة المذكورة في حالة الأسمنت البورتلاندي العادي.

٣- عندما تكون القوالب حاملة لأحمال إضافية (مثل حالة الطابق الذي يحمل وزن الطابق الآتي الحديث الصبّ) لا يجوز فك القوائم الإضافية قبل انقضاء 28 يوماً، مع اتخاذ جميع الاحتياطات التي تضمن سلامة المنشأة، كاستمرار القوائم حتى ترتكز على أرضية تتحمّل الأثقال عليها بأمان، كما جاء في البند (١٣-١-٢-ج).

٤- في الحالات الخاصة، مثل الجوائز المقلوبة والأسقف المعلقة بوساطة أعمدة شدّ، تبدأ المدة المحسوبة لفك القوالب من تاريخ صب الجسد المقلوب للجائز، أو صبّ السقف الحامل للسقف المعلق.

٥- يُراعى عند فك القوالب الحرص التام على عدم تعرّض الخرسانة المسلحة للهزّات أو الصدمات، كما يُراعى التأكّد من تصلدها قبل فكّ الشدّة.

٦- إذا تبيّن أن ترخيم وحدة من الوحدات المتكررة أكبر من المسموح به، يُؤجّل الاستمرار في فكّ شدّات الوحدات لفترة مناسبة، يُعاد بعدها قياس الترخيم في وحدة ثانية.

١٣-٢- صفائح (بلاكات) التثبيت:

يُصرّح بوضع صفائح (بلاكات) داخل الخرسانة، بغرض تثبيت بعض التركيبات، بشرط ألا تضعِف أي جزء من المنشأة، أو تقلِل من سمك الغطاء الفعّال للتسليح عن القيم المحددة في هذا الكود.

١٣-٣- التكسير في الخرسانة بعد صبّها:

لا يجوز إطلاقاً التكسير أو عمل فجوات في الأعمدة أو الجوائز بعد صبّها، لأي سبب من الأسباب، إلا بعد الرجوع للمصمم، ويجب أن تراعى مواضع الفجوات والفتحات المطلوبة في الأعمدة والجوائز، عند إعداد الرسومات التفصيلية، وقبل التنفيذ.

١٣-٤- التسليح:

١٣-٤-١- التنظيف:

يجب أن تنظف القضبان من القشور الناتجة عن التصنيع والصدأ غير المتماسك والزيوت والشحوم أو غيرها من المواد الضارّة، وذلك قبل صب الخرسانة مباشرة.

١٣-٤-٢- الثني:

يجب عدم ثني أو عدل القضبان بطريقة تضرّ بمقاومتها، ويُصرّح بالثني على الساخن لدرجة لا تتعدّى بدء الاحمرار، وتترك لتبرد تدريجياً في الهواء، ولا يُسمح بالتبريد الفجائي للقضبان بالماء. أما القضبان التي تعتمد في مقاومتها على المعالجة على البارد، فلا يُسمح بثنيها على الساخن.

١٣-٤-٣- الرصّ والتثبيت:

يجب تثبيت القضبان في مواضعها المحددة طبقاً للرسومات، وبحيث تضمن استيفاء الغطاء المحدد للتسليح وفقاً للبند (١١-٩)، كما يجب حفظها في هذه المواضع بالرباط بالسلك أو اللحام أو استعمال الركابات وقطع حفظ الأبعاد، وعند استعمال هذه القطع من المونة الأسمنتية تكون مكوناتها بنسبة: 1 اسمنت: 2 رمل توضع بالسمك المطلوب. كما يجب بذل عناية خاصة في رصّ وتثبيت مستوى التسليح العلوي الرئيسي للبلاطات المستمرة والأظفار، ويُمنع منعاً باتاً تكسيح البلاطات أثناء الصب.

١٣-٤-٤- وصل القضبان باللحام:

يُسمح بوصل القضبان باللحام بالقوس الكهربائي (إذا كانت من النوع القابل للحام)، حسب المواصفات القياسية الخاصة، على أن يظل محور القضبان الملحومة على استقامة واحدة عند موضع اللحام، وعلى أن تختبر عينات من القضبان الملحومة لإثبات صلاحيتها قبل السماح باللحام، ولا يجوز استعمال اللحام للقضبان التي تعتمد في مقاومتها على المعالجة على البارد إلا إذا أُخذ انخفاض مقاومتها بالحسبان، (راجع أيضاً البند (ز-١-٧) من الملحق (ز) في هذا الكود الأساس).

١٣-٤-٥- التيارات الكهربائية:

لا يُسمح مطلقاً باستعمال قضبان فولاذ التسليح الداخلة في أعمال الخرسانة المسلحة لتوصيل تيار كهربائي، كما يجب عزل الأسلاك الكهربائية عن قضبان التسليح عزلاً تاماً. كما لا يسمح باستعمال قضبان التسليح لتفريغ الصواعق.

١٣-٥- ترتيبات خاصة بالخرسانة:

١٣-٥-١- المواد:

١٣-٥-١-١- حفظ المواد:

أ - **الأسمنت:** يجب أن يُحفظ الأسمنت بطريقة تحميه حماية فعّالة من المطر ورطوبة الهواء والأرض، ويجب ألا يستعمل في أعمال الخرسانة المسلحة الأسمنت الذي بدأت تتكوّن فيه حبيبات متصلدة أو كتل، أو تظهر شوائب أو مواد غريبة مضى على حفظها أكثر من ستة أشهر، بالنسبة للأسمنت البورتلاندي العادي، أو أقلّ من ذلك بالنسبة للأسمنت الخاص، كل حسب نوعه.

ب- **الركام:** يجب حفظ الركام الصغير والكبير كل على حدة، وبكيفية تجنبه التلوث. وفي الأعمال التي تحتاج إلى خرسانة خاصة، يجب عمل أرضية صلبة لحفظ الركام حسب قياساته المختلفة (أبعاده)، طبقاً لتدرّجه الحبّي المطلوب.

١٣-٥-١-٢- قياس المواد:

أ - **الأسمنت:** لا يُسمح بمعايرة الأسمنت بالحجم، ويُفضّل أن تحوي عبوة الخرسانة عدداً صحيحاً من أكياس الأسمنت. وفي حالة استعمال الأسمنت الفلت (الدوغما)، يجب استعمال طريقة دقيقة للمعايرة بالوزن.

ب- **الركام:** يُقاس الركام عادة بالحجم في صناديق قياس، ذات سعة معينة. ويجب ملء الصناديق دون دمك، وأن يكون أعلى سطح الركام (داخل الصندوق) مستوياً مع الأحرف (الحواف)، كما يُراعى عمل حساب زيادة الحجم في الركام الصغير نتيجة لوجود الرطوبة فيه. ويُعطي القياس بالوزن أدّق النتائج، كما يقضي على الالتباس المتسبب من زيادة الحجم في الركام الصغير.

ج- **الماء:** يجب أن يُضاف الماء إلى الخليط، بكميات تقاس قياساً دقيقاً حسب القيم المحدّدة. وفي حالة الخرسانة الخاصة، يجب أن تؤخذ في الحسبان كمية الماء المحتمل وجودها في الركام.

١٣-٥-٢- صنع الخرسانة:

يجب ألا تزيد المدّة بين إضافة ماء الخلط، ووضع الخرسانة في القالب على 30 دقيقة في الجو العادي، أو 20 دقيقة في الجو الحارّ، على أن يتم دمكها قبل مضي 45 دقيقة في الجو العادي، أو 30 دقيقة في الجو الحارّ.

١٣-٥-٣- الخلط:

أ - تخلط الخرسانة ميكانيكياً بالنسب المطلوبة في خلاطات ذات سعة تتناسب مع معدّل النقل والصبّ، ويُراعى ألا تقلّ مدة خلط الخرسانة عن دقيقتين بعد استكمال وضع جميع موادها في الاسطوانة (الحلّة)، بحيث يُصبح الخليط متجانساً في لونه وقوامه.

ب- يمكن خلط الخرسانة يدوياً، على أن يتم الخلط بتقليب المواد تقليباً جيداً، بالنسب المطلوبة على طبلية مستوية صماء، بالجاروف ذي الشدّاد. ويجب خلط الأسمنت والركام الصغير على الناشف، إلى أن يُصبح اللون متجانساً، ثم يُضاف الخليط إلى الركام الكبير، ويقلب ثلاث دفعات، ثم يُضاف الماء تدريجياً بالقدر المطلوب للخلط، ويستمر التقليب والخلط حتى تتجانس الخلطة لوناً وقواماً.

١٣-٥-٤- نقل الخرسانة إلى موضع الصبّ:

في حالة الخلط الآلي يجوز تفريغ العبوة من الاسطوانة للناقل رأساً، أو عن طريق الرافعة أو المزراب أو مضخة الخرسانة (كما يجوز تفريغها على طبلية توطئة لنقلها يدوياً). ويُراعى عدم تفريغ عبوة جديدة على الطبلية قبل إنجاز نقل العبوة السابقة.

وأيّاً كانت طريقة الخلط يُراعى عدم بقاء العبوة مدة طويلة على الطبلية بعد استكمال خلطها، لا سيما في درجات الحرارة المرتفعة، فإذا تجاوز ذلك مدة 10 دقائق في حدود المدة المنصوص عليها سابقاً في البند(١٣-٥-٢)، جاز استعمالها بعد إعادة تقليبها يدوياً دون إضافة ماء. أيّاً كانت وسيلة نقل الخرسانة، يُراعى اختصار مدة النقل لتفادي انفصال مواد الخرسانة.

١٣-٥-٥- صبّ الخرسانة:

١- يُراعى تسجيل بيانات عن ساعة وتاريخ الصب لكل جزء من المبنى.

٢- في حالة صبّ خرسانات بثخانة كبيرة، يُراعى أن تُصَبّ على طبقات في حدود 300mm لكل منها، حتى يمكن دمك الخرسانة أوّلاً بأوّل، ويمكن زيادة هذا الحدّ في حالة استعمال هزّاز، ويُراعى ألا يمضي وقت طويل بين تعاقب الطبقات، بحيث لا تكون الطبقة السفلى قد بدأت في التصلد عند بدء صبّ الطبقة الآتية.

أما في حالة الأعمدة فلا يجوز صبّها بكامل ارتفاعها، ويجب تقسيم أحد جوانب القالب إلى أجزاء لا يتجاوز ارتفاعها 2m، يتم إغلاقها أولاً بأول حتى يمكن الصب تباعاً أو استعمال قساطل معدنية أو بلاستيكية تصل للعمق المطلوب للصب من خلالها. وقبل البدء في صب خرسانة فوق أخرى تصلدت، يُرَش سطحها بالماء لمدة ساعة، ثم يُرَش السطح بروبة إسمنتية غنية، وذلك لمنع حصول فاصل، ولتجنّب تراكم البحص عند وصلة الصبّ. ولضمان انسياب الخرسانة حول التسليح، وفي حالة الجوائز المتصلة ببلاطات بأعلاها، يُراعى أن تكون هناك فترة، نحو 0.5 ساعة بين صب جسد الجائز وصبّ البلاطة المتصلة به، وذلك لتجنّب حدوث شروخ فيما بينهما. أما إذا كانت الجوائز مقلوبة، فيراعى أن يُبدأ في صب الجائز، في اليوم الآتي لصبّ البلاطة المتصلة به، وذلك بعد الرش بمادة الروبة السابق الإشارة إليها.

٣- عند صبّ الخرسانة تحت الماء، يجب إجراء ذلك بوسائل خاصة، تمكن من وضع الخرسانة، دون فصل الأسمنت من الخليط.

٤- في حالة ارتفاع درجة الحرارة إلى الحد الذي يجعل الخرسانة تبدأ في الشك (الأخذ) قبل وضعها في القالب بحيث يصعب دمكها، فإنه لا يجوز إضافة ماء إلى الخرسانة، بل يلزم استعمال الماء المثلج في الخليط، وحماية الركام من أشعة الشمس. وفي حالة انخفاض درجة الحرارة إلى ما تحت الصفر، يلزم تسخين ماء الخلط أو الركام أو كليهما.

١٣-٥-٦- دمك الخرسانة:

تشمل عملية الدمك الغزّ والهزّ، مما يجعل الخرسانة تنساب حول قضبان التسليح وتغلّفها، بحيث تملأ كل فراغ القالب للمنسوب المطلوب. يجوز الدمك بالأدوات اليدوية، إذا لم يُنَصّ على استعمال الوسائل الآلية، مثل الهزازات الغاطسة (الداخلية) أو هزازات القالب (الخارجية) أو هزازات الأسطح.

وعلى العموم فإنه يُوصى باستعمال الهزازات، لأنها تقلل من مدة الدمك، وتمكّن من تخفيض نسبة الماء للأسمنت في الخلطة، مما يؤدي إلى خرسانة أعلى جودة. ويجب أن يقوم بعملية الدمك شخص مدرّب بحيث لا يترك مكاناً دون دمك، ولا يُطيل الدمك بحيث يحدث انفصال حبيبي في مواد الخرسانة، وطفوّ كميّات كثيفة من روبة الأسمنت على سطحها.

ويُراعى ألا يتسبب الصبّ والدمك في حال من الأحوال، في قلقلة الخرسانات السابق صبها أو زحزحة تسليحها، حتى لا تتكوّن فراغات في الخرسانة أو حول قضبان التسليح. ومهما كانت الطريقة يجب أن يستمر الدمك حتى ينعدم التعشيش، ويمتنع ظهور الفقاقيع الهوائية، وتصل الخرسانة إلى أقصى كثافة.

١٣-٥-٧- فواصل الصبّ:

فاصل الصبّ: هو الفاصل بين صبّتين متجاورتين، انقضت بين إجرائهما فترة من الزمن، بسبب عدم أمكان إجراء الصبّ بأكمله في عملية مستمرة.

ويُراعى عند اختيار مواقع فواصل الصب وإجرائها، الشروط والاحتياطات الآتية:

١- أن تكون الفواصل في الجوائز، بعيدة ما أمكن عن مواقع عزوم الانعطاف الأعظمية، وعن مواقع قوى القصّ الأعظمية إلا في حالة إضافة بعض التسليح المعوض لمقاومة النقص في مقاومة الشد للخرسانة.

٢- يجب أن تكون الفواصل متعامدة مع القوى الداخلية المؤثرة.

٣- يجوز في حالة البلاطات، عمل الفواصل في منتصف عرض الجوائز الحاملة لها.

٤- تنفذ الفواصل بين الأعمدة والجوائز مع منسوب قاع تلك الجوائز أو قاع مشاطيفها إن وُجِدَت.

٥- تنفذ الفواصل بين الجوائز العميقة أو المقلوبة والبلاطات المتصلة بها عند هذا الاتصال، وعند وجود مشاطيف في البلاطات، يكون صبّها مع البلاطات.

٦- عند استئناف الصبّ بعد يوم أو أكثر، يُنحت سطح الخرسانة جيداً لإظهار الركام الكبير، ثم يُنظف السطح حتى تزول الأوساخ والمواد السائبة، ثم يُغسل بالماء حتى يتشبّع، وبعدئذ ترش روبة غنية بالأسمنت، ويُستأنف الصبّ.

١٣-٥-٨- فواصل الانكماش:

١- في الحالات التي يكون فيها تلافي شروخ (شقوق) الانكماش جوهرياً، كما في عمليات إنشاء الأقبية ذات المسطحات الكبيرة، يمكن الاستفادة من عمل فواصل الانكماش. وفي هذه الحالات يُوصى بتقسيم الأرضية إلى مجموعة من الأجزاء الباقية بعد أن تكون الأولى قد عولجت وجفت، وإلا فإنها تعالَج بطرائق فنية أخرى معتمَدة.

٢- يجب ألا تتعرّض الأقبية لضغط المياه الجوفية لمدة تتراوح من ٣ إلى ٥ أيام بعد الصبّ، وذلك لمنع تسرّب المياه خلال الخرسانة، أو لمدة تكفي لتصلد الخرسانة في حالة ما إذا كان ضغط الماء يُسبب إجهادات ذات بال في أعضاء المنشأة. وخلال هذه المدة يجب حفظ منسوب المياه الجوفية منخفضاً إلى مستوى مناسب، باستعمال المضخات، وإلا فإنه يلزم غمر المنشأة بالماء ليتعادل الضغطان الداخلي والخارجي.

١٣-٥-٩- فواصل التمدّد:

تكون المسافة القصوى بين فواصل التمدّد لكتلة المنشأة دون البروزات، كما يلي:

45 متراً في المناطق العالية الرطوبة (القريبة من البحر أو البحيرات).

40 متراً في المناطق الرطبة (التي هطولها السنوي أكثر من **600 mm**).

35 متراً في المناطق المتوسطة الرطوبة (التي هطولها السنوي بين **200** و **600 mm**).

30 متراً في المناطق الجافة (والتي هطولها السنوي أقل من **200 mm**).

أما في حالة الجدران الاستنادية غير المرتبطة بمباني فيلزم تخفيض المسافات بين فواصل التمدد بمقدار 10 أمتار عن القيم المبينة أعلاه.

على أنه يُسمح بزيادة هذه المسافات بمقدار أعظمي لا يزيد على ثلث القيم المُبيّنة أعلاه، على أن يُؤخذ عندها تأثير التغيرات الحرارية وتقلص (انكماش) الخرسانة بالحسبان في تصميم العناصر المختلفة للمنشأة.

كما ُ يسمح بزيادة المسافات الأساسية المبينة أعلاه بمقدار أعظمي لا يزيد على ثلثي القيمة الأساسية، على أن ُ تؤخذ تأثير التغيرات الحرارية وتقلص (إنكماش) الخرسانة كما ُ ذكر أعلاه، وعلى أن تكون جميع الإكساءات خاصة، قابلة لتحمل التغيرات الحرارية، ولا تتأثر بالتمدد والتقلص الناتج عن هذه التغيرات، وعلى أن ُ تلحظ فواصل تمدد ضمن إكساء الأرضيات.

١٣-٥-١٠- وقاية الخرسانة ومعالجتها:

١- يجب وقاية الخرسانة الحديثة الصبّ من المطر والجفاف السريع، خصوصاً في حالة الجو الحار أو الجاف أو العاصف، وذلك بتغطيتها بأغطية مناسبة، من وقت انتهاء صبّ الخرسانة إلى الوقت الذي يُصبح فيه السطح صلداً بدرجة كافية، بحيث يمكن رشه بالماء وتغطيته بمادة رطبة.

ويجب حفظ الخرسانة باستمرار، ابتداء من وقت تصلد السطح بدرجة كافية لمدة لا تقلّ عن 7 أيام، وذلك عند استعمال الأسمنت البورتلاندي العادي، و 3 أيام عند استعمال الأسمنت السريع التصلد، ويتم ذلك برشها جيداً بالماء أو بتغطية السطح بخيش أو رمل أو قش أو حصير أو غيرها من المواد المناسبة، مع حفظها في حالة رطبة بالرش المستمر.

٢- يجب ألا تتعرّض الخرسانة في أيامها الأولى من صبها لماء يحوي أملاحاً ضارّة.

٣- يجب ألا تتعرّض الخرسانة لضغوط من جانب واحد نتيجة ماء جوفي أو ردم ترابي، لا سيما المشبع منه بالماء، إلا بعد أن تصل الخرسانة إلى مقاومتها المقررة.

١٣-٦- اختبارات المواد الداخلة في تركيب الخرسانة:

في حالة الشك في جودة مادة ما من المواد المكوّنة للخرسانة، تجرى عليها الاختبارات الواردة في المواصفات القياسية السورية. كما يلزم إجراء هذه الاختبارات عند استلام المواد.

١٣-٧- اختبارات الخرسانة:

١٣-٧-١- عموميات:

تجرى في مرحلة تصميم الخلطة الخرسانية، اختبارات أوّليّة على خرسانة مجهّزة بنفس الكيفية والوسائل التي سوف تجهز بها أثناء التنفيذ، وذلك كما سبق ذكره في البند (٤-٢-٩). كما تجرى في مرحلة تصنيع الخرسانة للمنشأة اختبارات مراقبة جودة التصنيع على عيّنات اسطوانية مأخوذة من خرسانة التنفيذ ذاتها. وتجرى لها اختبارات مقاومة الضغط كما في البند (١٣-٧-٣).

١٣-٧-٢- الاختبارات الأوّلية المخبرية لتصميم الخلطة الخرسانية:

تستعمل هذه الطريقة لاختبار الضغط على الخرسانة في المخبر، حيث يمكن التحكّم في نسب المواد للحصول على الخلطة الخرسانية ذات الخواص المطلوبة، كما في البند (٤-٢-٥)، وذلك بإتباع ما يلي:

١- **صنع الخرسانة:** يجب أن تشابه المواد والنسب المستعملة في عمل عينات الاختبار تلك التي ستستعمل في الموقع ما أمكن. ويُراعى حفظ المواد اللازمة للخلط في أوعية مُحْكَمة بالمخبر لحين إجراء الاختبارات عليها. كما يُراعى جعل المواد في درجة حرارة تتراوح بين 20°C و30°C قبل بدء الاختبارات، على أن يكون الركام المستعمل جافاً. وتقدّر الكميات اللازمة من الإسمنت والركام والماء بالوزن، وتخلط الخرسانة يدوياً أو باستعمال خلاط صغير، بحيث يمكن تجنّب فقد الماء.

وإذا تم خلط الخرسانة بالوسائل اليدوية، فإنه يلزم أولاً خلط الأسمنت والركام الصغير على الناشف حتى يتجانس المخلوط في اللون، ثم يُضاف إلى الركام الكبير وتخلط جميعها معاً. وأخيراً يُضاف الماء وتخلط جميع المواد بعناية حتى تظهر الخرسانة الناتجة متجانسة ولها القوام المطلوب. وإذا أجريت عملية الخلط باستعمال الخلاط، فتوضع فيه المواد وتخلط بعناية حتى تتجانس الخرسانة الناتجة في اللون في مدّة لا تقلّ عن دقيقتين.

٢- **تجهيز عيّنات الاختبار:** يكون قالب عينات الاختبار على شكل اسطوانة أساساً، كما يمكن أن يكون القالب على شكل مكعب أو موشور، ويُراعى أن يكون السطح الدائري للقالب وقاعدته من معدن جيد الصنع، بحيث يمكن الحصول على اسطوانة خرسانية ذات قطر 150 mm وارتفاع 300 mm. ويكون وجها هذه الاسطوانة الخرسانية مستويين ومتعامدين مع محور الاسطوانة. أما في حالة القوالب على شكل مكعب أو منشور، فيُراعى أن تكون أوجه القالب وقاعدته من معدن جيد الصنع حتى يمكن الحصول على عينات ذات أوجه مستوية ومتوازية. على أنه يجب دهن الأوجه الداخلية للقالب والقاع الخاص به، بزيت خفيف قبل وضع الخرسانة في القالب.

وتحضّر عينة الاختبار بوضع الخرسانة الطازجة في القالب على طبقات سمك الطبقة الواحدة منها 50 mm تقريباً، ويتم دمك كل طبقة بعناية بقضيب فولاذ قطره 25mm وطوله 500mm، وتدمك كل طبقة بالدق بهذا القضيب 25 مرّة. أو يمكن دمك الخرسانة بالهزّ المناسب. وتعالج العينات بحفظ القوالب في رطوبة عالية لا تقلّ عن 90%، وفي درجة حرارة 20 - 30° C لمدة 24 ساعة ، ثم تفك القوالب بعد ذلك، وتوضع العينات الخرسانية تحت الماء في درجة حرارة 20° ± 2°C إلى حين موعد اختبارها.

٣- **طريقة الاختبار:** تعمل اختبارات الضغط بوضع عيّنة الاختبار بين لوحين من الصلب ناعمي السطحين، ويتم تعريضها إلى حمل ضغط بمعدّل 15 MPa (150 kgf/cm^2) في الدقيقة. ويجب أن تكون آلة الاختبار ذات قاعدة بمرتكز كروي.

٤- **تقويم نتائج الاختبار:** يتم تقويم نتائج الاختبار للعينات الاسطوانية كما في البند (٤-٢-٥-١)، أما العينات ذات الأشكال غير الاسطوانية (كالمكعبية والمنشورية) فيجب أولاً ضرب نتائج الاختبار بمعامل تصحيح يؤخذ من الجدول (٤-١٣)، ثم يتم تقويم النتائج كما في البند (٤-٢-٥-١) أيضاً.

١٣-٧-٣- اختبارات الموقع لمراقبة جودة التصنيع:

تجرى هذه الاختبارات أثناء التصنيع الفعلي للخرسانة، والغاية منها هي مراقبة تصنيع الخرسانة ونقلها، إلى حين صبّها للتأكّد من صلاحية النسب المعتمدة للخلطة الخرسانية، واستمرار مطابقة خواص المواد المستعملة مع خواصها التي أُخِذت في الحسبان عند إجراء الخلطات التجريبية، وللتأكّد أيضاً من صحة خلط الخرسانة ونقلها إلى موقع الصبّ. وبشكل عام للتحقق من مدى مطابقة خواص الخرسانة عند صبّها مع تلك التي حُدّدَت لها.

١٣-٧-٣-١- عدد عيّنات الاختبار في الضغط:

أ - في حال الخرسانة من درجة جودة لا تتعدّى C20، يجب تجهيز سلسلة من ثلاث عيّنات، على الأقلّ، أسطوانية الشكل (أو مكعبية أو منشورية) لكل من:

١) 3 أيام صبّ خرسانة، ضمن أسبوع تقويمي واحد.
٢) طابق من المنشأة في حال تعدد الطوابق.
٣) حجم 100 m^3 خرسانة مصبوبة.
٤) مساحة 500 m^2 سطح مصبوب.

يتم اختيار العدد الأكبر من الأسطوانات بحيث تتحقق جميع الشروط الواردة أعلاه. ويتم اختبار الأسطوانات بعد 28 يوماً من الصبّ. وإذا كانت هناك رغبة لمعرفة مقاومة الخرسانة بعمر يقلّ عن 28 يوماً (من أجل فكّ القالب مثلاً)، يجب تجهيز ثلاث اسطوانات أخرى، يجري اختبارها بالعمر المطلوب (7 أيام عادة).

ب- إذا كانت درجة الخرسانة C25 أو أكثر، يفضل مضاعفة عدد الاسطوانات الواردة في الفقرة السابقة.

١٣-٧-٣-٢- تحضير واختبار العيّنات لاختبار الضغط:

أ - **تحضير عيّنات الخرسانة:** تؤخذ الخرسانة اللازمة لعينات الاختبار قبل صبّها مباشرة، ويتم اختيارها عشوائياً، ويُمنع أخذ عينات من بداية أو نهاية الجبْلَة.

ب- **تحضير اسطوانات الاختبار:** تحضّر اسطوانات الاختبار (أو الأشكال الأخرى النظامية كالمكعب أو المنشور مثلاً) كما جاء في طريقة الاختبار في المخبر في البند (١٣-٧-٢).

ج- **معالجة اسطوانات الاختبار:** ترقم العينات بقلم لا يزول حبره بالماء، أو بوضع لصاقات (لا تتأثر بالماء) عليها رقم العينة وتعريفها، ثم تحفَظ اسطوانات الاختبار (أو الأشكال الأخرى النظامية) في موقع العمل، في مكان بعيد عن كل اهتزاز، في أوعية رطبة لمدة $24 \pm \frac{1}{2}$ ساعة، وتستخرج بعدها من القوالب ثم تُعبّأ في رمل رطب، أو أي مادة أخرى مناسبة، وتنقل مباشرة إلى المخبر حيث تحفظ في الشروط النظامية (تحت الماء وبدرجة حرارة $20° \pm 2°C$) حتى تاريخ اختبارها.

ويمكن من أجل مراقبة فعّالية معالجة الخرسانة في موقعها بعد الصبّ، تجهيز اسطوانات إضافية وتعريضها (بعد استخراجها من القالب) لنفس الظروف المعرّضة لها المنشأة، من معالجة، حتى تاريخ اليوم السابق للاختبار، وتعبأ في رمل رطب أو أي مادة أخرى رطبة مناسبة، وتُرسل للمخبر من أجل اختبارها.

وإذا قلّت نتائج مقاومة الاسطوانات المحفوظة بشروط الورشة عن 85% من نتائج مقاومة مثيلتها من الاسطوانات المحفوظة بالشروط النظامية، فإن ذلك دليل على قصور شروط معالجة الخرسانة المصبوبة في المنشأة، ويجب اتخاذ الإجراءات الفورية لتحسين هذه الشروط، إلا إذا كانت مقاومتها تزيد على f'_c بما لا يقلّ عن 3 MPa (30 kgf/cm^2 في النظام المتري).

د- **طريقة الاختبار:** تختبر العيّنات الخرسانية (الاسطوانية أو المكعبية أو المنشورية) بنفس طريقة الاختبار الواردة في البند (١٣-٧-٢).

١٣-٧-٣-٣- تقويم نتائج اختبارات مراقبة الجودة وقبول الخرسانة:

إذا كانت العيّنات اسطوانية الشكل تستعمل نتائجها مباشرة للتقويم حسبما يلي في هذا البند، أما إذا كانت غير اسطوانية الشكل فيجب ضرب النتائج بمعامل تصحيح يؤخذ من الجدول (١٣-٤)، ثم تستعمل النتائج بعد التصحيح للتقويم حسبما يلي (لعمر ٢٨ يوماً):

أ - يجب أن تحقق نتائج مقاومة كل ثلاث اسطوانات متتالية كلاً من الشرطين الآتيين في الوقت ذاته:

١) أن لا يقلّ وسطي الاسطوانات الثلاث عن $f'_c+10\ kgf/cm^2$) f'_c+1 للخرسانة من جودة C20 وما دون، وعن $f'_c+20\ kgf/cm^2$) f'_c+2 للخرسانة من جودة C25 وما فوق.

٢) أن لا تقلّ مقاومة كل من الاسطوانات الثلاث عن $0.85\ f'_c$

ب- إذا توفر عدد من الاسطوانات المختبرة لا يقلّ عن 9 لنوعية الخرسانة المطلوبة ذاتها، وللجزء من المنشأة ذاتها، الذي تنطبق عليه شروط عدد عيّنات الاختبار في الضغط الواردة في البند (١٣-٧-٣-١)، يمكن قبول الخرسانة إذا تحقق كل من الشرطين الآتيين في الوقت ذاته:

١) أن لا يقلّ وسطي الاسطوانات التسع عن $f'_c+10\ kgf/cm^2$) f'_c+1 للخرسانة من جودة C20 وما دون، وعن $f'_c+20\ kgf/cm^2$) f'_c+2 للخرسانة من جودة C25 وما فوق.

٢) أن لا تقلّ مقاومة كل من الاسطوانات عن $0.80\ f'_c$

ج- في المجابل المركزية التي تحتفظ بسجلات لنتائج مقاومات العينات الخرسانية، يجب أن تحقق كل ثلاثين عينة متتالية لنوعية الخرسانة المطلوبة ذاتها، ومأخوذة خلال فترة زمنية لا تقلّ عن أسبوع ولا تزيد على ٣ أشهر (تحصر ضمنها الفترة الزمنية التي تمّ خلالها صب المنشأة، أو الجزء من المنشأة موضوع الدراسة) المعايير الإحصائية الآتية:

إذا كان:
$$\bar{f}' = \frac{\sum f'_i}{n}$$

حيث: $\bar{f}'$ = وسطي نتائج مقاومات الاسطوانات المدروسة.

f_i = المقاومة للاسطوانة.

n = عدد الاسطوانات المدروسة.

فإن قيمة وسطي المقاومات $\bar{f}'$ يجب أن تحقق ما يلي:
$$\bar{f}' \geq f'_c + 1.1\ s$$

حيث: s الانحراف المعياري للاسطوانات المعتبرة، ويُحسب من العلاقة:
$$s = \sqrt{\frac{\sum (f'_i - \bar{f}')^2}{n-1}}$$

ويجب أثناء المعالجة الإحصائية للمقاومات، إهمال المقاومات التي تقع خارج المجال المحدّد بالعلاقة:
$$f' = \bar{f}' \pm 2.33\ s$$

وهي المقاومات المتطرّفة التي لا يتعدّى احتمال حدوثها 1% بالزيادة و 1% بالنقصان.

د- إذا لم تحقِق نتائج اختبارات مراقبة الجودة واحداً من المعايير الواردة في أ - ب-ج أعلاه، يمكن للمهندس المسؤول اتخاذ القرار المناسب للقيام بإجراءات أخرى، تمكّنه من معرفة جودة الخرسانة

وملاءمتها للتصميم على نحو أدق. ويمكن مثلاً إتباع الإجراءات الواردة في البند (١٣-٧-٣-٤).

١٣-٧-٣-٤- إجراءات التحقق من ملاءمة الخرسانة المصبوبة في المنشأة للتصميم:

إذا لم يتمّ قبول الخرسانة المصبوبة في المنشأة طبقاً لتقويم النتائج الواردة في البند (١٣-٧-٣-٣)، يمكن للمهندس المسؤول، اتخاذ الإجراءات الآتية قبل تقرير رفض الخرسانة أو قبولها:

أ - حساب المقاومة المميزة الفعلية على الضغط لخرسانة المنشأة، اعتماداً على نتائج اختبار الاسطوانات المتوفرة، ثم إجراء دراسة تحليلية للأحمال على المنشأة والقوى الداخلية الناتجة في مقاطع المنشأة، ومقارنة هذه القوى مع المقاومة المميزة الفعلية، فإن أثبتت الدراسة التحليلية أن هذه المقاومة المميزة الفعلية كافية لمقاومة القوى المتوقعة على المقاطع، يمكن قبول الخرسانة مع اتخاذ الإجراءات الضرورية لتحسين جودة الخرسانة التي سيتم صبّها في بقية المنشأة. وإن أثبتت أن المقاومة غير كافية، يمكن اتخاذ أحد الإجراءات الآتية.

ب- يمكن إجراء اختبارات غير مُخرّبة على الخرسانة المصبوبة فعلاً، وتقويمها كما في البند (١٣-٧-٤-١).

ج- يمكن أخذ جزرات من الخرسانة المصبوبة فعلاً، وتقويمها كما في البند (١٣-٧-٤-٢)، وإذا لم يتم قبول الخرسانة المصبوبة، يمكن، اعتماداً على نتائج الجزرات، حساب المقاومة المميزة الفعلية على الضغط للخرسانة المصبوبة في المنشأة، ومن ثم إجراء دراسة تحليلية، كما سبق ذكره في الفقرة (أ) أعلاه.

د- إذا كانت الخرسانة المشكوك بجودتها مصبوبة في بلاطة أو جائز، يمكن إجراء تجربة تحميل كما في البند (١٣-٩).

هـ- إذا لم يتمّ قبول الخرسانة المصبوبة في المنشأة (أو في جزء من المنشأة)، نتيجة لاختبارات مراقبة الجودة أو نتيجة لإجراءات التحقق من ملاءمة الخرسانة المصبوبة في المنشأة (أو في جزء من المنشأة) للتصميم والمذكورة أعلاه في هذا البند، يجب على المهندس المسؤول إتباع حلّ أو أكثر من الحلول الآتية:

١) عمل التخفيض الممكن في الأحمال الحيّة، أو تحسين توزيع الأحمال وتعديل ترتيب الأحمال المركّزة.

٢) عمل التخفيض الممكن في الأحمال الميّتة.

٣) عمل التخفيض الممكن للتأثير الحركي (الديناميكي)، إن وُجِد.

٤) التدعيم أصولاً وفق دراسة تقنية يقوم بها مهندس مختص.

وتكون المنشأة (أو جزء المنشأة) غير صالح للاستعمال للغرض المقصود أصلاً، إذا كانت هذه الإجراءات لا تزال غير كافية.

١٣-٧-٤- اختبارات الخرسانة المتصلّبة:

يمكن أن تجري على الخرسانة المتصلبة اختبارات غير مُخرّبة، أو تؤخذ منها جزرات خرسانية، ويُشترط أن لا يقلّ عمر الخرسانة المتصلبة وقت اختبارها للحكم على صلاحيتها عن 56 يوماً.

١٣-٧-٤-١- الاختبارات غير المخرِّبة:

من الاختبارات غير المخرّبة على الخرسانة المتصلبة يمكن اعتماد اختبارين، هما المطرقة الخرسانية (السيكلومتر) والأمواج فوق الصوتية. ويُنصح بهذين الاختبارين على وجه الخصوص عندما لا يمكن تجنّب قصّ فولاذ التسليح عند استخراج الجزرات، أو حين يشكل استخراج الجزرات خطراً على المنشأة، كما في حالة بعض الأعمدة مثلاً.

أ - **اختبار المطرقة الخرسانية:** يمكن معرفة مقاومة الخرسانة المتصلبة بصورة تقريبية باستعمال جهاز المطرقة الخرسانية، إذا جرى أخذ عدد كبير من القراءات. ومن أجل زيادة دقة الجهاز يجب معايرته بأخذ قراءات للجهاز على عينات خرسانية مصنوعة من مواد من المصدر ذاته لمواد الخرسانة المتصلبة المطلوب اختبارها، ثم يتم كسر هذه العينات فعلاً، وتقارن نتائج الكسر مع النتائج التي يُعطيها الجهاز.

ويجب الانتباه للخرسانة التي يزيد عمرها على 56 يوماً، عند أخذ أرقام ارتداد المطرقة الخرسانية، لعدم تأثر السطح الخرساني بالتقسية الناتجة عن ظاهرة الكربنة أو غيرها. وغالباً لا تتشكل هذه الظاهرة في حالة وجود تغطية غير متشققة للسطح الخرساني أو في حالة السطوح المعزولة بأية طلاءات أو بمواد عازلة.

يجب أن لا يقلّ عدد مواقع الاختبار بالمطرقة الخرسانية عن 3 أمثال العدد لحالة الاسطوانات الوارد في البند (١٣-٧-٣-١)، ويتمّ توزيع هذه المواقع توزيعاً منتظماً على الخرسانة المطلوب اختبارها.

يُجهّز في كل مكان اختبار، مساحة يجري تنعيم سطحها جيداً، ثم تؤخذ قراءات المطرقة الخرسانية على السطح الذي جرى تنعيمه، ويُشترط أن لا يقلّ عدد القراءات في مكان الاختبار الواحد عن 9 قراءات، ويكون متوسط القراءات هو المؤشّر على مقاومة الخرسانة في مكان الاختبار المختار. ويُشترط أثناء أخذ القراءات أن لا يقلّ التباعد بين كل موقعين متجاورين للمطرقة عن 30mm، وأن لا تقلّ مسافة كل موقع للمطرقة عن حافة العنصر عن 40 mm، كما يجب تجنّب مواضع فولاذ التسليح ما أمكن.

تعطي نتيجة القراءات فكرة عن نوعية الخرسانة المتصلبة في المنشأة، ويمكن اعتمادها عندما تكون القراءات منطقية ومتجانسة، وفي حال كون المنحني المجهّز مع المطرقة معايراً لمقاومات مكعبية، يجب ضرب هذه المقاومات بمعامل تصحيح يؤخذ من الجدول (١٣-٤) ولا

تصحح المقاومات لعمر الخرسانة، ويتم تصعيد المقاومات، بعامل يتراوح بين 1 و1.25، تبعاً لظروف الخرسانة وتقدير المهندس، ثم يجري تقويم نتائج الاختبار طبقاً لما هو وارد في البند (١٣-٧-٣-٣).

ب- **اختبار الأمواج فوق الصوتية:** يقوم باختبار الأمواج فوق الصوتية مهندس مختص متمرّن على استعمال الجهاز، وتتم زيادة دقة النتائج التي يُعطيها الجهاز بمعايرته، إذ يتم إجراء اختبارات على عيّنات خرسانية مصبوبة من مواد من المصدر ذاته لمواد الخرسانة المطلوب اختبارها، ثم يتم كسر هذه العينات فعلاً، وتقارَن نتائج الكسر مع النتائج التي يُعطيها الجهاز. يجب أن لا يقلّ عدد مواقع الاختبار بالأمواج فوق الصوتية، عن مثلي العدد لحالة الاسطوانات الخرسانية الواردة في البند (١٣-٧-٣-١).

في حالة التناقض بالنتائج بين المقاومات التي تعطيها المطرقة الخرسانية والمقاومات التي تعطيها الأمواج فوق الصوتية، تعتَمَد النتائج المتوسطة، أو يُلجأ إلى اختبار الجزرات إن أمكن.

١٣-٧-٤-٢- اختبار الجزرات:

في حالة الشك في مقاومة الخرسانة في عنصر ما، يمكن أخذ جزرات اسطوانية متصلبة بقطر قريب من 100mm واختبارها في الضغط. يكون عدد الجزرات مساوياً لعدد اسطوانات الاختبار في الضغط الوارد في البند (١٣-٧-٣-١)، ويتم توزيع مواقع هذه الجزرات بصورة منتظمة على الخرسانة المطلوب اختبارها.

إذا كان طول الجزرة الاسطوانية لا يساوي ضعف قطرها، يجب تصحيح المقاومات بضربها بمعامل تصحيح يؤخذ من الجدول الآتي:

$(\frac{h}{d})$	0.75	1.00	1.10	1.25	1.50	1.75	2.00
معامل التصحيح	0.68	0.83	0.87	0.91	0.93	0.95	0.97

حيث: $d = 100$ mm قطر الجزرة، و h = طول الجزرة.

ولا تصَحّح المقاومات لعمر الخرسانة.

وتضرَب مقاومات الجزرات المصححة بالمعامل 1.25، ثم يتم تقويم النتائج طبقاً للبند (١٣-٧-٣-٣).

في حال التناقض بالنتائج بين المقاومات التي تعطيها الجزرات والمقاومات التي تعطيها المطرقة الخرسانية أو الأمواج فوق الصوتية، تعتَمَد النتائج التي تعطيها اختبارات الجزرات.

١٣-٨- التفتيش على الخرسانة بعد صبّها:

١٣-٨-١ - يجب التفتيش على الخرسانة بعناية بمجرّد فك القوالب، ويجب إصلاح جميع العيوب بأسرع وقت ممكن. وتكون طريقة الإصلاح كما يلي:
تزال الأجزاء المتفككة، ويُبلل الموضع بالماء لمدة 24 ساعة، ثم يُملأ بخرسانة مماثلة من بحص ناعم إن كانت الفجوة كبيرة، أو بمونة لا تقلّ نسبة الأسمنت فيها عن 800kg للمتر المكعب من الرمل مع استعمال أقل نسبة من ماء الخلط، ويُفضّل استعمال مدفع الأسمنت كلما أمكن ذلك وبخاصة في الأسطح السفلية. وينصح بإضافة مادة مانعة للانكماش بالنسب المحددة من الشركة الصانعة (وذلك في حالة إملاء فجوات تعشيش محصورة) مع توصية خاصة للاعتناء بالترطيب خلال فترة التصلب.

١٣-٨-٢- يجب الانتباه لضرورة وجود تغطية خرسانية فوق جميع قضبان التسليح، وفي حال ظهور قضبان تسليح دون تغطية خرسانية، يجب العمل على تغطية هذه القضبان بأسرع ما يمكن لمنع الصدأ، ويُفضّل استعمال مدفع الأسمنت في التغطية. في حال تأخر المعالجة على 48 ساعة بعد الصب، فيلزم استعمال مواد من مركبات الاسمنت البوليميري (أو الإيبوكسي) مع الرمل المازار لتأمين التلاصق الجيد مع الخرسانة القديمة.

١٣-٨-٣- ينصح بإجراء كشف على الخرسانة المصبوبة في المباني والمنشآت بشكل دوري (سنوي مثلاً) وكلما دعت الحاجة. يتم الكشف من قبل مهندسين مختصين. ويحدد في نهاية الكشف المعالجات اللازمة حسب الحال، كما تحدد الحالات التي تحتاج لفحص ودراسة معمقة أكثر.

١٣-٩- اختبارات تحميل المنشآت الخرسانية:

تجرى اختبارات التحميل على بلاطات وجيزان المنشأة بإشراف مهندس مسؤول ومختص بعد إتمام المنشأة، إذا طُلِب ذلك في مواصفات المشروع، أو إذا كان هناك سبب يدعو إلى الشك، في كفاءة المنشأة من حيث متانتها. ولا يجوز إجراء هذه الاختبارات قبل انتهاء 6 أسابيع من صب الخرسانة.

ويُختبر جزء المنشأة المراد اختباره بتعريضه أولاً إلى حمل متمم لجميع الأحمال الميتة التي سيتعرّض لها في المستقبل، ويُترَك هذا الحمل مدة 24 ساعة. ثم يُعرّض إلى حمل التجربة ومقداره 0.15 من مجموع الأحمال الميتة (جميع الأحمال الدائمة بما فيها الوزن الذاتي) و1.5 مرة من الحمل الحي المنصوص عليه في التصميم، أي: (0.15D + 1.5L).

يجري تطبيق حمل التجربة بالتدريج (4 خطوات على الأقل)، ويُترَك هذا الحمل لمدة 24 ساعة قبل رفعه. وتؤخذ القراءات عند كل مرحلة من مراحل التحميل وعند رفع الأحمال مباشرةً وبعد ٢٤ ساعة من رفع الأحمال.

ويجب قبل الاختبار وضع قوائم متينة بالعدد الكافي لتتحمّل الحمل بأكمله، ويكون وضعها بطريقة تسمح بترك فراغ مناسب تحت أعضاء المنشأة موضوع الاختبار، يسمح بحدوث الانحناء المتوقع.

يُقاس السهم الأعظمي الحاصل من حمل التجربة، ثم بعد 24 ساعة من رفع حمل التجربة المُطبّق، يُقاس السهم الأعظمي المتبقي، ويحسب السهم الأعظمي المختفي، ويُقبَل جزء المنشأة موضوع الاختبار إذا كان السهم الأعظمي المقيس δ (مقدّراً بالميليمتر) صغيراً بحيث لا يتعدّى:

$$50\ L^2/h$$

حيث: L = المجاز الحر للعنصر مقدّراً بالمتر، ويؤخذ طول ضعف المجاز الحر في حالة الظفر.

h = الارتفاع الكلي للعنصر مقدّراً بالميليمتر.

أو تستعمل العلاقة $\delta \le L^2/20000\ h$ حيث: δ و L و h بالواحدات ذاتها.

أما إذا لم يتحقق الشرط السابق، فيُقبَل جزء المنشأة موضوع الاختبار إذا كان السهم المختفي بعد 24 ساعة من رفع حمل التجربة، لا يقلّ عن 75% من السهم الأعظمي المتشكّل بعد 24 ساعة من تطبيق الحمل. أما إذا لم يتحقق هذا الشرط، فيمكن إعادة التحميل مرة واحدة فقط بعد مرور مدة لا تقلّ عن 3 أيام من انتهاء الاختبار الأول، ويكون جزء المنشأة غير مقبول إذا لم يختف على الأقلّ 80% من سهم الانحناء الأعظمي الذي ظهر أثناء الاختبار الثاني.

كما يكون جزء المنشأة غير مقبول، إذا ظهرت علامات ضعف أو انهيار أو تشققات معيبة واضحة نجمت عند التجربة.

١٣-١٠- التفاوت المسموح به:

١٣-١٠-١- التفاوت المسموح به في الأبعاد:

إن التفاوت المسموح به في كل بُعد d، مقيساً بين أسطح متقابلة أو بين أضلاع أو بين تقاطعات أضلاع، يُحدّد كما يلي:

١- في حالة المنشآت العادية: $1.16\ \sqrt[3]{d}$ mm

(باستعمال السنتيمتر: $0.25\ \sqrt[3]{d}$ cm)

٢- في حالة المنشآت التي تتطلب دقة استثنائية: $0.77\ \sqrt[3]{d}$ mm

(باستعمال السنتيمتر: $0.167\ \sqrt[3]{d}$ cm)

٣-١٠-٢- التفاوت المسموح به في الاستقامة العمودية:

يحدد التفاوت المسموح به في الاستقامة العمودية لعنصر ارتفاعه h بالعلاقة: $\alpha \sqrt[3]{h}$ mm

و تحدد α من الجدول المرفق:

نوع العناصر	منشآت عادية	منشآت ذات دقة استثنائية
عناصر حاملة ذات أوجه رأسية	$\alpha = 1.53$	$\alpha = 0.93$
عناصر حاملة ذات أوجه غير رأسية	$\alpha = 1.86$	$\alpha = 1.16$
عناصر غير حاملة	$\alpha = 2.32$	$\alpha = 1.56$

يُقصد بالعنصر الحامل: العنصر المخصص لنقل الأحمال الرأسية كالأعمدة والدعائم الكبيرة. وإذا كان مثل هذا العنصر ذا وجهين رأسيين، وكان الوجهان الآخران مائلين، يجب أن تتبَع التفاوتات المذكورة في أول صف من الجدول، في الاتجاه العادي ذي الأوجه الرأسية، وتفاوتات الصف الثاني في الاتجاه العمودي.

ويُقصد بالعنصر غير الحامل: العنصر غير المخصص أساساً لنقل الأحمال الرأسية، ولكن عنصراً كهذا ليس بالضرورة أن يكون عنصراً غير مُحمّل، حيث قد يكون مثلاً جدار استناد (أحمال أفقية).

١٣-١٠-٣- التفاوت المسموح به في الاستقامة الطولية:

يُميّز التفاوت المسموح به في الاستقامة الطولية على ضلع مستقيم (أو على كل راسم مستقيم لمستوي مُسطّح)، بأقصى سهم للترخيم المقبول لكل جزء طولي من هذا الضلع (أو من هذا الراسم)، وهو محدد عند: L/300 (بحدّ أدنى 10mm) في المنشآت العادية، وعند L/500 (بحدّ أدنى 10 mm) في حالة المنشآت التي تتطلب دقة استثنائية.

١٣-١٠-٤- التفاوت المسموح به في وضع التسليح:

١٣-١٠-٤-١- التفاوت المسموح به بين أدنى مسافة لقضبان التسليح وبين وجه القالب:

أ - بالنسبة للأوجه المصبوبة على قاع القالب (الأفقي أو المائل): يُحدّد التفاوت في أدنى مسافة بين كل قضيب تسليح و وجه القالب بـ $\frac{1}{10}$ هذه المسافة. ويُفترض احترام هذا التفاوت باستعمال سنادات ذات أبعاد دقيقة.

ب- بالنسبة للأوجه المصبوبة على الأوجه الجانبية للقوالب (أو على الأوجه العليا العمودية للقوالب): يُحدّد التفاوت المسموح به لأدنى مسافة بين كل قضيب تسليح ووجه القالب بـ $\frac{1}{5}$ هذه المسافة.

ج- بالنسبة للأوجه العليا المُسوّاة وغير المصقولة: يُحدّد التفاوت المسموح به في المسافة بين كل قضيب تسليح وهذا الوجه بـ $\frac{1}{4}$ هذه المسافة.

١٣-١٠-٤-٢- التفاوت المسموح به في وضع قضبان التسليح الرئيسية:

أ - في الاتجاه الذي يكون لتحرك القضبان فيه أسوأ الأثر على مقاومة العنصر: يُحدّد التفاوت المسموح به في كل وضع قضبان التسليح الرئيسية (المخصصة لنقل الإجهادات العادية المؤثرة على المقاطع المستقيمة في العنصر: جائز، بلاطة، لوح، قشرة ... الخ) بالنسبة للوضع الموقّع في الرسومات التنفيذية، بـ $\frac{1}{10}$ سمك الخرسانة الكلي في هذا الاتجاه، وبحدّ أقصى 10 mm للجوائز، و5 mm للبلاطات والألواح والقشريات ...الخ.

ب- في الاتجاه العمودي على السابقة: يُحدّد التفاوت المسموح به بـ 1/2 المسافة حتى أقرب قضيب تسليح إذا وُجِد، وبحدّ أقصى 10 mm في كل الحالات.

١٣-١٠-٤-٣- التفاوت المسموح به في وضع التسليح العرضي:

بالنسبة للتسليح العرضي (الأساور) للعناصر الموشورية مثل الإطارات:

يُحدّد التفاوت المسموح به في وضع القضبان في الاتجاه الطولي بالنسبة للوضع الموقّع في الرسومات التنفيذية بـ 1/10 المسافة بين قضبان التسليح العرضي المتتالية، وبحدّ أقصى 20mm.

الملحق «أ»

أ- العلاقات بين وحدات النظام الدولي SI والنظام المتري وجدول بقيم العامل الإحصائي K

أ -١- المقدمة:

إن الوحدات التي جرى اعتمادها في هذا الكود هي وحدات النظام الدولي SI، وهي الوحدات التي تميل معظم الكودات العالمية حالياً لاعتمادها. أما وحدات النظام المتري فقد استقر رأي معظم الكودات العالمية على تركها.

ولكن نظراً لأن معظم المهندسين لا يزالون معتادين على وحدات النظام المتري أكثر من النظام الدولي، فلا بد من إعطاء العلاقات التي تربط بين النظامين. ولذا ستعطى بادئات النظام الدولي للاستفادة منها حين اللزوم.

أ -٢- بادئات النظام الدولي للوحدات:

المضاعفات			الأجزاء		
الاسم	الرمز	القيمة	الاسم	الرمز	القيمة
اكزا	E	10^{18}	أتو	a	10^{-18}
بتا	P	10^{15}	فمتو	f	10^{-15}
تيرا	T	10^{12}	بيكو	P	10^{-12}
جيغا	G	10^{9}	نانو	n	10^{-9}
ميغا	M	10^{6}	مكرو	μ	10^{-6}
كيلو	k	10^{3}	ميلي	m	10^{-3}
هكتو	h	10^{2}	سنتي	c	10^{-2}
داكا	d_a	10	دسي	d	10^{-1}

أ -٣- العلاقات بين النظام الدولي للوحدات SI والنظام المتري:

تم الاتفاق على استعمال العلاقة المبسطة الآتية بين القوى والإجهادات في النظامين:

$1\ tf = 10\ kN$

$1\ kgf = 10\ N$

$1\ MPa = 10\ kgf / cm^2$

الكمية	وحدات النظام الدولي		وحدات النظام المتري		عامل التحويل	
	الاسم	الرمز	الاسم	الرمز	إلى النظام المتري	إلى النظام الدولي
الطول	المتر الميليمتر	m mm	المتر السنتيمتر	m cm	1m = 1m 1mm = 0.1cm	1m = 1m 1cm = 10mm
الكتلة	الكيلو غرام	kg	الكيلو غرام	kg	1kg = 1kg	1kg = 1kg
الزمن	الثانية	s	الثانية	s	1s = 1s	1s = 1s
درجة الحرارة	درجة سيلسيوس	C°	درجة مئوية	C°	1C° = 1C°	1C° = 1C°
القوة	النيوتن الكيلو نيوتن	N kN	كيلو غرام قوة طن قوة	kgf tf	1N = 0.102kgf 1kN = 0.102tf	1kgf = 9.81N 1tf = 9.81kN
عزم الانحناء	نيوتن . متر كيلونيوتن . متر ميغانيوتن . متر	N . m kN. m MN.m	كيلوغرام قوة. سنتمتر كيلو غرام قوة. متر طن قوة. متر	kgf .cm kgf . m tf . m	1N.m= 10.2kgf.cm 1kN.m= 102kgf.m 1MN.m= 102tf.m	1kgf.cm= 0.0981N.m 1 kgf.m = $9.81x10^{-3}$kN.m 1tf.m= $9.81x10^{-3}$MN.m
الإجهاد	الباسكال N/m^2 الكيلو باسكال الميغا باسكال	Pa k Pa MPa	طن قوة للمتر المربع كيلو غرام قوة للسنتمتر المربع الضغط الجوي النظامي	tf / m^2 kgf/ cm^2	1kPa= $0.102tf/m^2$ 1MPa= $10.2kgf/cm^2$ 1MPa= 10.2atm	$1tf/m^2$= 9.81kPa $1kgf/cm^2$= 0.098MPa 1atm= 0.098MPa

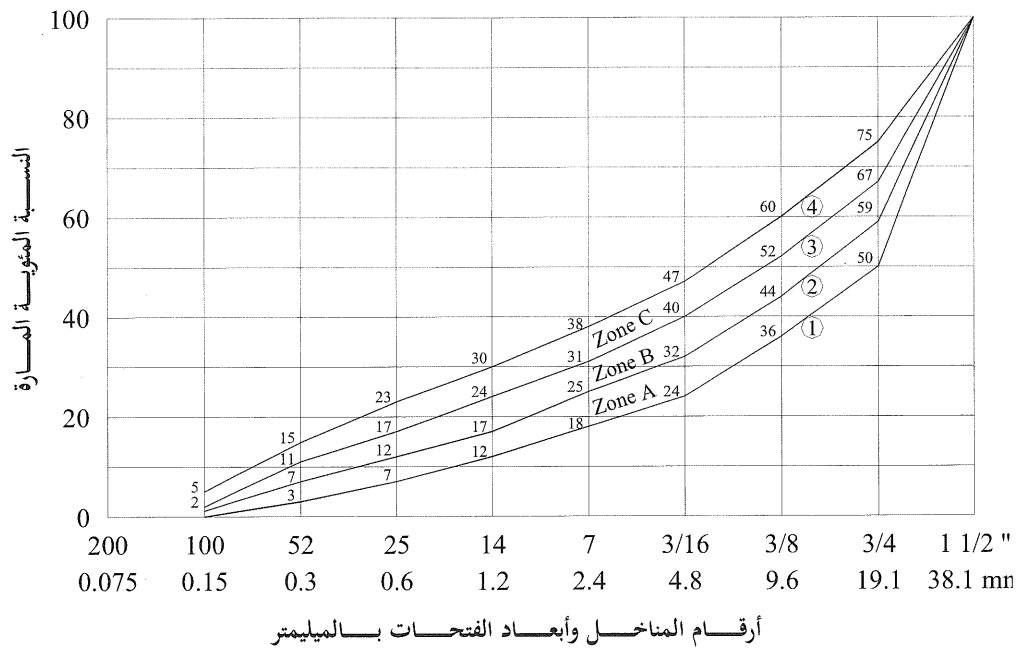
أ -٤- جدول بقيمة المعامل (k) بالنسبة لعدد الاختبارات (العينات) واحتمالية حدوث مقاومات أقل من المقاومة المميزة

عدد الاختبارات (العينات)	نسبة احتمالية حدوث مقاومات أقل من المقاومة المميزة						ملاحظات
	2.5%	5%	10%	15%	20%	25%	
3	3.18	2.35	1.64	1.25	0.98	0.76	قيم نظرية لا تستعمل
4	2.78	2.13	1.53	1.19	0.94	0.74	
5	2.57	2.02	1.48	1.16	0.92	0.73	
6	2.45	1.94	1.44	1.13	0.91	0.72	
7	2.36	1.90	1.42	1.12	0.90	0.71	
8	2.31	1.86	1.40	1.11	0.89	0.71	
9	2.26	1.83	1.38	1.10	0.88	0.70	
10	2.23	1.81	1.37	1.09	0.88	0.70	
15	2.13	1.75	1.34	1.07	0.87	0.69	قيم تستعمل بحذر
20	2.09	1.73	1.32	1.06	0.87	0.69	
25	2.06	1.71	1.32	1.06	0.86	0.68	
30	2.04	1.70	1.31	1.05	0.85	0.68	
∞	1.96	1.65	1.28	1.04	0.84	0.67	

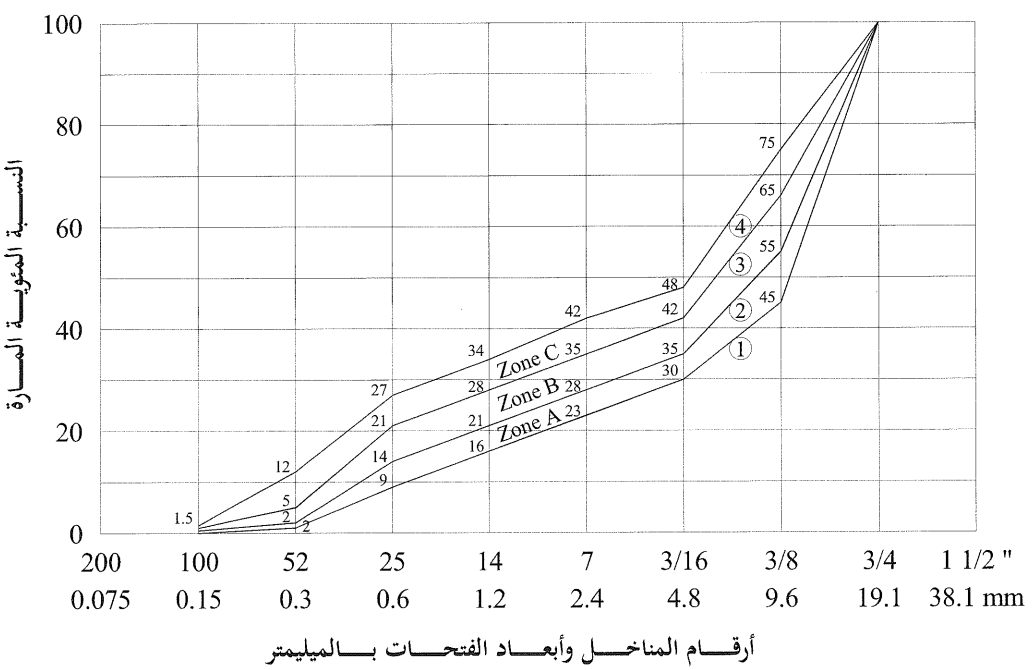
الملحق «ب»

ب- منحنيات التدرج الحبي للحصويات (للركام)

ب-١- أربعة منحنيات للتدرج الحبي للحصويات بمقاس اسمي أعظمي 38.1 مم



ب-٢- أربعة منحنيات للتدرج الحبي للحصويات بمقاس اسمي أعظمي 19.1 مم



الملحق «ج»

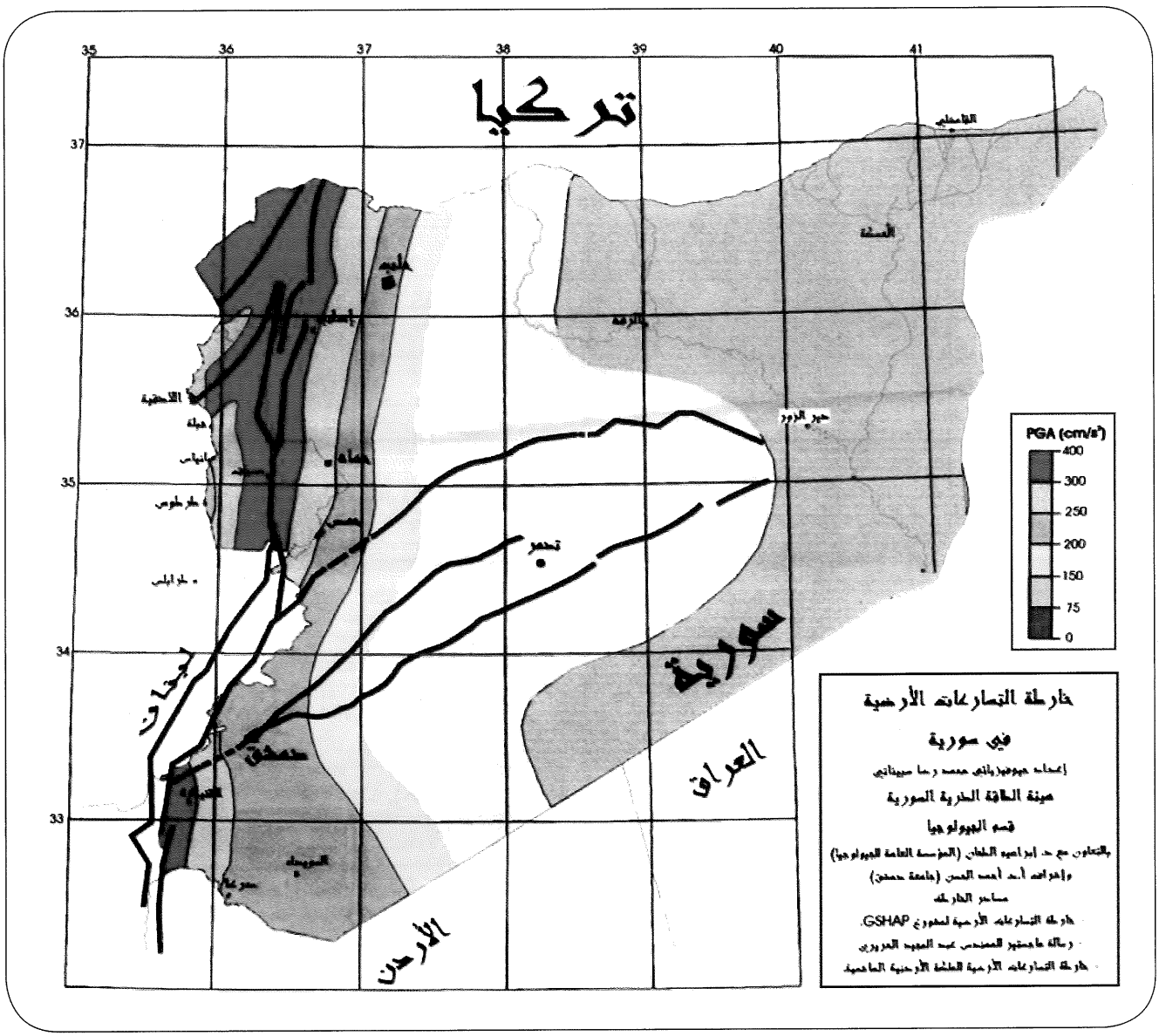
ج- سرعات الهبات القصوى للرياح التي تحدث مرة كل 50 سنة (متر / ثانية)

المحطة	سرعة الهبة V_k
البوكمال	37
تدمر	44
تل أبيض	35
تنف	44
الحسكة	42
حلب	40
حماه	46
دير الزور	42
الرقة	35
السويداء	40
صافيتا	44
صلنفة	58
طرطوس	44
القامشلي	38
قطينة (حمص)	50
القنيطرة	42
اللاذقية	42
المزة (دمشق)	48
النبك	44
وادي العزيب	45

في مراكز المحافظات وفي المدن غير المذكورة أعلاه، يتم الرجوع إلى الأرصاد الجوية.

الملحق «د»

د ـ الخارطة الزلزالية للجمهورية العربية السورية المستعملة في الطريقة الاستاتيكية المكافئة



يتم التصميم لتسارع أرضي يساوي $150\ cm/sec^2$، حيثما ورد أقل من ذلك.

الملحق «هـ»

هـ - جدول بقيم التسارعات الأرضية العظمى (PGA) المحتملة على الطبقة الصخرية الصلبة خلال خمسين عاماً مع احتمالية عدم تجاوز 90% مقدرة بالـ cm/sec^2 لأهم مراكز المدن والبلدات في سورية، المستعملة في الطريقة الاستاتيكية المكافئة

(يتم التصميم لتسارع أرضي يساوي $150\ cm/sec^2$، حيثما ورد أقل من ذلك).

المدينة أو البلدة	التسارع الأرضي	المدينة أو البلدة	التسارع الأرضي	المدينة أو البلدة	التسارع الأرضي
أبو قبيس	300-400	خناصر	200	عامودة	75
أبو الشامات	200	خنيفيس	150	عدرا	200
أبو كمال	75	دمشق	250	عشارنة	300-400
ادلب	300-400	درباسية	75	عفرين	300
أريحا	300-400	درعا	250	عين العرب	75
إزرع	250	دير الزور	75	غباغب	250
اعزاز	300	دريكيش	300-400	فرقلس	200
باب الهوى	300-400	دير عطية	200	فيق	300-400
الباب	200	راجو	300-400	قصير حمص	300
بانياس	300	رأس العين	75	قامشلي	75
بصرى الشام	250	رستن	300	القحطانية	75
بلودان	250	رقة	75	قدموس	300-400
البصيري	75	رنكوس	250	قريتين	200
تدمر	150	زبداني	250	قصر الحير الغربي	150
تل أبيض	75	زلف	200	قطنا	250
تل شنان	200	سبع بيار	150	قطيفة	250
تلكلخ	300-400	سخنة	150	قلعة الحصن	300-400
تل كوجك (اليعربية)	75	سراقب	300	قرداحة	300-400
التنف	75	سلمية	200	كسب	300-400
جديدة يابوس	250	سويداء	250	كسوة	250
جبلة	300	سد الطبقة	150	اللاذقية	300
جبول	200	سلحب	300-400	محردة	300

جديدة الوادي	250	شهبا	250	مسكنة	150
جرابلس	150	شيخ مسكين	250	مسلمية	250
جسر الشغور	300-400	شيخ بدر	300-400	مصياف	300-400
جوسية	300-400	الشحمة	75	معرة النعمان	300
جيرود	150	صافيتا	300-400	منبج	150
حارم	300-400	صلخد	250	ميادين	75
حسكة	75	صلنفة	300-400	ميدان اكبس	300-400
الحفة	300-400	صنمين	200	المالكية	75
حلب	250	صيدنايا	200	المخرم	200
حمام	300-400	الصوانة الشرقية	150	النبك	200
حماه	300	ضمير	200	نوى	250
حمص	250	طرطوس	250	وادي العيون	300-400
خان أرنبة	300	عسال الورد	250	يبرود	250
خان شيخون	300	عرنة	300	اليعربية	75

جميع الحقول المدون فيها قيم 300-400 تؤخذ كما يلي:

- جميع المباني والمنشآت: 300 ما عدا الواردة أدناه.
- المنشآت الخاصة التي يؤدي دمارها إلى كوارث بشرية وبيئية: يطلب حساب التسارع لها في موقعها وفق دراسات تفصيلية، وقد تزيد قيمها على 300، ويمكن أن تصل إلى حوالي 400.

الملحق «و»

و ـ طريقة مطورة لدراسة العناصر المضغوطة مع أخذ تأثير النحافة

و ـ.ـ الرموز:

A_g : المساحة الكلية للمقطع الخرساني (gross area)، وفي حالة المقاطع المفرغة، تحسم مساحة الفراغ.

A_{st} : المساحة الكلية لفولاذ التسليح.

b_w : عرض الجسد أو قطر مقطع دائري.

d : المسافة بين أبعد ليف مضغوط ومركز ثقل التسليح المشدود.

h : السماكة الكلية او الارتفاع لعنصر.

I_g : عزم عطالة المقطع العرضي حول مركز ثقله، مع إهمال فولاذ التسليح.

I_{se} : عزم عطالة فزلاذ التسليح حول مركز ثقل المقطع العرضي.

k: معامل الطول الفغال في التحنيب من اجل عنصر مضغوط (تكافىء α في الباب السابع).

l_c : طول العنصر المضغوط في إطار، مقاساً بين مراكز عُقد الإطار.

l_u : الطول الحر غير المسند من العنصر المضغوط في الاتجاه المدروس للتحنيب (تكافىء L في الشكل (٧ـ٣) من الباب السابع).

M_c : العزم المصعد المستعمل لحساب تأثير انحناء العنصر من أجل تصميم العنصر المضغوط.

M_n : المقاومة الاسمية الانعطافية في المقطع.

M_u : العزم المصعد في مقطع ما.

M_1 : العزم المصعد الأصغر عند نهاية عنصر مضغوط، ويؤخذ موجباً إذا كان انحناء العنصر مفرداً، ويؤخذ سالباً إذا كان انحناء العنصر مزدوجاً.

M_2 : العزم المصعد الأكبر عند نهاية عنصر مضغوط. في حالة التحميل العرضي بين المساند، تُؤخذ M_2 أكبر عزم يحصل في العنصر، وتكون إشارة M_2 موجبة دوماً.

M_{1ns} : العزم المصعد للعنصر المضغوط عند النهاية التي يحصل فيها العزم M_1، بالنسبة للأحمال التي لا ينتج عنها إزاحة جانبية محسوسة، عند تحليل الإطار باستعمال التحليل المرن من الدرجة الأولى.

M_{2ns} : العزم المصعد للعنصر المضغوط عند النهاية التي يحصل فيها العزم M_2، بالنسبة للأحمال التي لا ينتج عنها إزاحة جانبية محسوسة، عند تحليل الإطار باستعمال التحليل المرن من الدرجة الأولى.

M_{1s} : العزم المصعد للعنصر المضغوط عند النهاية التي يحصل فيها العزم M_1، بالنسبة للأحمال التي ينتج عنها إزاحة جانبية محسوسة، عند تحليل الإطار باستعمال التحليل المرن من الدرجة الأولى.

M_{2s} : العزم المصعد للعنصر المضغوط عند النهاية التي يحصل فيها العزم M_2، بالنسبة للأحمال التي ينتج عنها إزاحة جانبية محسوسة، عند تحليل الإطار باستعمال التحليل المرن من الدرجة الأولى.

$M_{2, min}$: القيمة العظمي للعزم M_2 .

N_c : الحمل الحرج للتحنيب.

N_o : الحمل المركزي الإسمي دون لا مركزية (لامركزية صفر).

N_u : القوة المحورية المصعدة؛ وتؤخذ موجبة في حالة الضغط وسالبة في حالة الشد.

Q : دليل (مؤشر) الاستمرار لطابق.

r : نصف قطر العطالة للمقطع العرضي لعنصر مضغوط (تُكافىء i المستعملة في مواقع أخرى من الكود).

V_{us} : قوة القص المصعدة في الطابق.

β_{dns} : نسبة تُستعمل للأخذ في الحسبان نقصان قساوة الأعمدة بسبب الأحمال المطبقة عليها.

δ_s : معامل تكبير العزوم للإطارات غير المربطة (غير المكتفة) ضد الإزاحة الجانبية لتعكس تأثير الإزاحة الجانبية، الناتجة عن الأحمال الأفقية والشاقولية.

Δ_o : الانتقال الأفقي النسبي بين أعلى وأسفل الطابق، الناتجة عن القوى الأفقية المحسوبة بالتحليل المرن من الدرجة الأولى

ρ : نسبة التسليح في المقطع العرضي، وتساوي لمساحة التسليح A_{st} مقسومة على مساحة المقطع العرضي (A_g =bd في حالة المستطيل)، وهي نكافىء μ المستعملة في الباب السابع، وفي مواقع أخرى من الكود.

و-١- تأثيرات النحافة في العناصر المضغوطة (الأعمدة وما يماثلها):

يمكن اعتماد ما يرد في هذا البند كطريقة بديلة عما ورد في البند (٩-٢-٦) من هذا الكود، فيما يتعلق بالتصميم أو التحقق للعناصر المضغوطة مع أخذ تأثير النحافة بالحسبان. وتعتمد هذه الطريقة بشكل رئيسي على التحاليل من الدرجة الثانية باستعمال الحاسوب عندما يكون للنحافة تأثيراً على العناصر المضغوطة.

و-١-١- الحالات التي يمكن فيها إهمال تأثيرات النحافة:

يمكن إهمال تأثيرات النحافة في الحالات الآتية:

أ - للعناصر المضغوطة غير المسنودة جانبياً ضد الإزاحة عندما:

$$\frac{k\ell_u}{r} \le 22 \qquad \text{.....} \quad (و-١)$$

لعناصر الضغط المسنودة جانبياً ضد الإزاحة عندما:

$$\frac{k\ell_u}{r} \le 34 - 12(M_1/M_2) \le 40 \qquad \text{.....} \quad (و-٢)$$

حيث: kl_u/r هي نسبة النحافة، (r هي نصف قطر العطالة للمقطع العرضي)؛

M1/ M2 تساوي العزوم العادية المحسوبة من تحاليل الدرجة الأولى، وتكون موجبة عندما يكون العمود منحنياً بانحناء باتجاه واحد، وسالبة إذا كان العنصر منحنياً باتجاهين. وتمثل عامل النحافة كما ورد سابقاً بدلالة قساوة الأعمدة والجوائز المرتبطة بها وتحدد قيمتها من الشكل رقم (٧-٤)، من الباب السابع من هذا الكود، لحالة الإطارات غير المسنودة ضد الإزاحة الجانبية. أما في حالة الإطارات المسنودة ضد الإزاحة الجانبية، فتتراوح قيمة هذا العامل (K) بين 0.5 و 1.0، ويكون تأثيره صغيراً، وبالتالي يمكن، ولجانب الأمان أخذ طول التحنيب للعمود (l_u) كما ورد في الباب السابع .

ويسمح عند حساب العناصر المضغوطة بأخذها مسنودة ضد الإزاحة الجانبية عندما تكون عناصر الربط الجانبية (جدران القص أو جوائز ربط شبكية وما يماثلها) بالاتجاه الرئيسي المدروس للعناصر المضغوطة لها قساوة إجمالية، بمقاومة الإزاحة في ذلك الطابق، بما لا يقل عن 12 مرة القساوة الإجمالية للأعمدة في ذلك الطابق. ويمكن كحل بديل التأكد من كون الإطار مسنوداً ضد الإزاحة الجانبية إذا تحقق ما جاء في الفقرتين (و-١-٥-١) و (و-١-٥-٢).

و-١-١-١- يؤخذ الطول غير المسند لعنصر مضغوط l_u على أنه المسافة الصافية بين بلاطات السقوف أو بين الجوائز أو العناصر الأخرى القادرة على تقديم سند جانبي في الاتجاه المدروس. وعندما يكون للأعمدة تيجان أو شطفات فيقاس الطول l_u إلى أسفل التاج أو الشطفة في المستوي المدروس، كما هو مبين في الشكل (٧-٣) من هذا الكود.

و-١-١-٢- يسمح بأخذ نصف قطر العطالة r مساوياً 0.30 مرة البعد الإجمالي في اتجاه دراسة الاستقرار للعناصر المضغوطة ذات المقاطع المستطيلة و 0.25 مرة القطر للعناصر المضغوطة الدائرية.

و-١-٢- الإجراءات اللازمة عندما لا يسمح بإهمال تأثير النحافة:

عندما لا يسمح بإهمال تأثير النحافة (وفق ما سُمح في البند (و-١-١)) ، فيجب أن يعتمد تصميم العناصر المضغوطة، والجوائز المقيدة لها وجميع العناصر الأخرى الساندة لها على القوى والعزوم المصعدة المحسوبة بتحليل من الدرجة الثانية حسب البنود (و-١-٣) و (و-١-٤) أو (و-١-٥). ويجب أن تحقق هذه العناصر البنود (و-١-٢-١) و (و-١-٢-٢). ويجب أن تكون الأبعاد المستعملة في التحليل للمقطع العرضي لأي عنصر ضمن حد 10 بالمائة من أبعاد العنصر المعطاة في المخططات التصميمية (أي من الأبعاد المعتمدة) وإلا فيجب إعادة التحليل بعد تصحيح الأبعاد.

و-١-٢-١- يجب ألا تزيد العزوم الكلية شاملةً التأثيرات من الدرجة الثانية للعناصر المضغوطة والجوائز الرابطة والعناصر الإنشائية الأخرى الساندة عن 1.4 مرة العزوم المحسوبة من التحليل من الدرجة الأولى. **ويستثنى من هذا الشرط العنصر المضغوط إذا كان تزينياً أو معرضاً لحمل ضاغط أقصى صغيراً نسبياً بالمقارنة مع مقاومته القصوى (أي يقل عن ربع الحمل الأقصى المقاوم للمقطع دون تأثير النحافة) وعلى أن يتم التصميم للعزوم الناتجة من الدرجة الثانية مهما بلغت قيمتها.**

و-١-٢-٢- يجب أخذ التأثيرات من الدرجة الثانية على امتداد طول العناصر المضغوطة وخاصةً في الحالات التي يحتمل نشوء عزوم بين طرفي العنصر تزيد على العزمين الطرفيين. ويجب الانتباه لهذه الحالة عند التحليل بالبرامج الجاهزة، حيث يلزم أخذ نقاط وسطية على امتداد

العنصر. ويسمح أخذ هذه التأثيرات بالحسبان باستعمال عامل تضخيم العزم وفقاً للإجراءات المبينة في البند (و-١-٦).

و-١-٣- التحليل غير الخطي من الدرجة الثانية

يجب أن يأخذ التحليل من الدرجة الثانية: عدم خطية المواد وانحناء العناصر والانزياح الجانبي ومدة تطبيق الأحمال والانكماش (التقلص) والزحف (السيلان) والتفاعل مع الأساسات الحاملة (الساندة). ويجب أن تُظهر إجراءات التحليل نتائج تتوافق جيداً مع التنبؤ بالمقاومة من نتائج الاختبارات الشاملة للأعمدة في منشآت الخرسانة المسلحة غير المقررة.

و-١-٤- التحليل الخطي من الدرجة الثانية:

يجب أن يلحظ التحليل الخطي من الدرجة الثانية خواص المقطع التي تُحدد مع الأخذ بالحسبان تأثير الأحمال المحورية، ووجود مناطق متشققة على طول العنصر، وتأثيرات استمرار تطبيق الحمل (أي الزحف).

و-١-٤-١- يسمح باستعمال الخواص الآتية لعناصر المنشآت:

أ - **معامل المرونة** : E_c يؤخذ من الباب الرابع من هذا الكود الأساس.

ب- عزوم العطالة I:

ب-١- للعناصر المضغوطة:

الأعمدة ..... $0.70\ I_g$.

الجدران: _ غير المتشققة ..... $0.70\ I_g$.

_ المتشققة ..... $0.35\ I_g$.

ب-٢- للعناصر المنحنية (المنعطفة):

الجوائز: ..... $0.35\ I_g$.

البلاطات المنبسطة والبلاطات الفطرية: ..... $0.25\ I_g$.

حيث I_g : عزم العطالة الكلي للعنصر، ويُحسب I_g لمقاطع الجوائز بشكل T ، مع أخذ عرض الجناح الفعال.

ج- **المساحة لجميع العناصر** ..... $1.0\ A_g$، حيث A_g هي المساحة الكلية للمقطع الخرساني ($b_w.h$) .

ويمكن كبديل حساب عزوم العطالة للعناصر المضغوطة أو المنحنية، I، كما يلي:

للعناصر المضغوطة:

$$I = \left(0.80 + 25\frac{A_{sl}}{A_g}\right)\left(1 - \frac{M_u}{Nu\,h} - 0.5\frac{Nu}{No}\right) I_g \le 0.875 I_g \quad \text{.....} \quad (و-٣)$$

حيث يجب تحديد N_u و M_u من تركيب الأحمال الخاص موضع الدراسة، أو يتم تحديد التركيب لها من أصغر قيمة لعزم العطالة **I**، على أنه ليس بالضرورة أخذ قيمة **I** أقل من $0.35\ I_g$.

للعناصر المنحنية (المنعطفة):

$$I = (0.10 + 25\rho)\left(1.2 - 0.2\frac{b_w}{d}\right) I_g \le 0.5 I_g \quad \text{.....} \quad (و-٤)$$

للعناصر المنحنية المستمرة:

يُسمح بأخذ I بقيمة متوسطة تحسب من العلاقة (و-٤) لمقطع العزم الحرج الموجب والمقطع الحرج السالب. ولا حاجة لأن تقل **I** عن $0.25I_g$.

إن قيم أبعاد المقاطع العرضية ونسبة التسليح المستعملة في العلاقات المبينة أعلاه يجب أن تكون ضمن نسبة 10 بالمائة من الأبعاد ونسبة التسليح المعطاة على مخططات التصميم، وإلا فيجب إعادة عملية تحديد القساوة.

إن قيم عزوم العطالة المبينة أعلاه تتوافق مع التحليل في حالة الحد الأقصى، على أنه عند تحليل المنشأة لحالة حد الاستثمار، من أجل حساب السهوم وغيرها، فيمكن زيادة قيم عزوم العطالة السابقة بمقدار (1.43 = 0.70 /1.0).

و-١-٤-٢- **عندما توجد أحمال عرضية مستديمة**، فيلزم تقسيم قيمة I للعناصر المضغوطة على العامل $(1+\beta_{ds})$، حيث يؤخذ العامل β_{ds} مساوياً للنسبة بين أكبر قص مستديم مُصعد ضمن طابق ما إلى القص المصعد الأعظمي في ذلك الطابق، المترافق مع حالة تركيب الأحمال ذاتها، على أنه لا يؤخذ بقيمة تزيد على 1.0 .

قد تصادف حالة الأحمال العرضية المستديمة، من تأثير قوى أفقية دائمة مثل ضغط التربة.

و-١-٥- عملية تكبير (تضخيم) العزم:

يُعطي هذا البند طريقة تقريبية تستعمل مبدأ تضخيم (تكبير) العزم للأخذ بالحسبان تأثيرات النحافة حيث تُكبّر العزوم المحسوبة من التحليل العادي ذي الدرجة الأولى بعامل تكبير للعزم يكون تابعاً للحمل المحوري المصعد N_u والحمل الحرج لتحنيب العمود N_c. وتعالج الإطارات التي لا تُزاح جانبياً والإطارات التي تُزاح جانبياً بشكل مستقل. ويتم حساب العزوم المبدئية من تحليل للإطار من الدرجة الأولى أي بتحليل الإطار بدون أخذ تأثير القوى الداخلية الناتجة من السهوم.

تصمم الأعمدة وطوابق المنشآت لحالة منع الإزاحة الجانبية أو لحالة وجود إزاحة جانبية حسب الحال. يتم تصميم الأعمدة في الإطارات أو الطوابق بدون إزاحة جانبية وفقاً للبند (و-١-٦). ويتم تصميم الأعمدة في الإطارات أو الطوابق ذات الإزاحة الجانبية بالاعتماد على البند (و-١-٧) .

و-١-٥-١- **يسمح بافتراض أن العمود** في منشأة ما من النوع غير المزاح جانبياً إذا كانت الزيادة في العزوم الطرفية للعمود وفقاً لتأثيرات الدرجة الثانية لا تزيد على 5 بالمائة من العزوم الطرفية للدرجة الأولى.

و-١-٥-٢- **ويسمح بافتراض أن الطابق ضمن المنشأة** من النوع غير المزاح جانبياً إذا تحققت العلاقة (و-٥):

$$Q = \frac{\Sigma N_u \Delta o}{V_{us} \ell_c} \leq 0.05 \qquad \text{.....} \quad (و-٥)$$

حيث أن ΣN_u و V_{us} تمثلان: الحمل المصعد الشاقولي والقص الأفقي للطابق، على التسلسل، في الطابق قيد الدراسة، وحيث Δ_o تساوي الإزاحة الجانبية النسبية من الدرجة الأولى بين أعلى وأسفل الطابق من تأثير V_{us} .

و-١-٦- عملية تكبير (تضخيم) العزم – حالة عدم الإزاحة الجانبية:

يجب تصميم العناصر المضغوطة لحمل محوري مصعد N_u وعزم انعطاف (انحناء) مُصعد مُضخّم من تأثيرات انحناء العنصر M_c كما يلي:

$$M_c = \delta_{ns} M_2 \qquad \text{.....} \quad (و-٦)$$

حيث: δ_{ns} : معامل تضخيم العزم بسبب التحنيب و يساوي

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{N_u}{0.75 N_c}} \geq 1.0 \qquad \text{.....} \quad (و-٧)$$

و:

$$N_c = \frac{\pi^2 EI}{(k\ell_u)^2} \qquad \text{.....} \quad (و-٨)$$

و-١-٦-١- يجب أخذ EI من العلاقة (و-٩) كما يلي:

$$EI = \frac{(0.2E_cI_g + E_sI_{se})}{1+\beta_{dns}}$$

..... (و-٩)

أو: من العلاقة (و-١٠):

$$EI = \frac{0.4E_cI_g}{1+\beta_{dns}}$$

..... (و-١٠)

ويسمح كبديل حساب EI باستعمال قيمة I من العلاقة (و-٣) مقسومةً على $(1+\beta_{dns})$.

و-١-٦-٢- يؤخذ المعامل β_{dns} مساوياً للنسبة بين الحمل المصعد الأعظمي المستديم إلى الحمل المصعد الأعظمي، المترافق مع تركيب الأحمال ذاته، على أن لا يؤخذ بقيمة تزيد على 1.0 .

و-١-٦-٣- يسمح بأخذ عامل تأثير الطول الفعال k مساوياً 1.0 .

و-١-٦-٤- للعناصر بدون أحمال عرضية بين المسندين، تؤخذ قيمة C_m من العلاقة:

$$C_m = 0.6 + 0.4\frac{M_1}{M_2}$$

..... (و-١١)

حيث: M_1/M_2 موجبة إذا كان العمود منحنياً بدرجة انحناء واحدة (انخناء مفرد)، وسالبة إذا كان العنصر منحنياً بانحناء مزدوج (مركب). و للعناصر ذات الأحمال العرضية بين المساند تؤخذ: $C_m = 1.o$.

و-١-٦-٥- يجب أخذ قيمة العزم المصعد، M_2 ، في العلاقة (و-٦) بقيمة لا تقل عن:

$$M_{2,min} = N_u\,(15 + 0.03\,h) \quad \text{.....} \quad \text{(و-١٢)}$$

حول كل محور بشكل مستقل، حيث h و 15 بالميليمتر mm.

(بالنظام المتري $M_{2,min} = N_u\,(1.5 + 0.03\,h)$ ، حيث h و 1.5 بالسنتيمتر cm).

وللعناصر التي تزيد فيها $M_{2,min}$ على M_2 ، فإن قيمة C_m في العلاقة (و-١١) يجب أخذها مساوية لـ 1.0 أو تحسب بدلالة نسبة العزوم الطرفية المحسوبة M_1/M_2.

و-١-٧- عملية تكبير (تضخيم) العزم – حالة الإزاحة الجانبية:

يجب أن يُحسب عزما الإزاحة M_1 و M_2 عند الطرفين، لعنصر مضغوط بانحناء منفرد، من العلاقتين:

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$$

..... (و-١٣)

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

..... (و-١٤)

حيث تحسب δ_s وفق البند (و-١-٧-٣) أو البند (و-١-٧-٤).

و-١-٧-١- يجب أن تصمم العناصر المنحنية (الجوائز) للعزوم الطرفية المصعدة المضخمة الإجمالية للعناصر المضغوطة المتصلة بها عند العقدة.

و-١-٧-٢- يجب أن يُحدد معامل الطول الفعال k باستعمال القيم E_c و I المعطاة في البند (و-١-٤) وبحيث لا يقل عن 1.0 .

و-١-٧-٣- يُحسب عامل تضخيم (تكبير) العزم δ_s من العلاقة:

$$\delta_s = \frac{1}{1-Q} \geq 1$$

..... (و-١٥)

حيث Q معطاة بالعلاقة (و-٥).

إذا زادت قيمة δ_s المحسوبة من العلاقة على 1.5 ، فيلزم حساب δ_s باستعمال تحليل مرن من الدرجة الثانية أو وفق البند (و-١-٧).

و-١-٧-٤- كقيمة بديلة، يسمح بحساب δ_s من:

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum N_u}{0.75 \sum N_c}} \geq 1.0$$

..... (و-١٦)

حيث: $\sum N_u$ تمثل مجموع الأحمال المصعدة الشاقولية في طابق و $\sum N_c$ تمثل مجموع الأحمال المحورية الحرجة للأعمدة المقاومة للإزاحة في الطابق. وتحسب N_c من العلاقة (و-٨) بأخذ (α= k) من الشكل (٧-٤) من الباب السابع ووفقاً للبند (و-١-١) و EI من الفقرة (و-١-٦-١).

و-٢- العناصر المحملة محورياً الحاملة لجملة بلاطات:

يجب تصميم العناصر المحملة محورياً الحاملة (الساندة) لجملة البلاطات الواردة في الباب السابع من هذا الكود، سواء كانت تحوي جوائز بين المساند أم لا، وفقاً لما ورد في هذا الملحق (و) بالإضافة إلى المتطلبات الخاصة بهذه العناصر الواردة في البابين السابع والثامن من هذا الكود.

و-٣- انتقال أحمال الأعمدة ضمن جملة السقف:

إذا زادت المقاومة المميزة التصميمية لخرسانة الأعمدة f'c على 1.4 مرة من المقاومة المميزة التصميمية لخرسانة السقف، فيتم نقل الحمل من خلال بلاطة السقف وفقاً للبنود (و-٣-١) و (و-٣-٢) و (و-٣-٣).

و-٣-١- يجب وضع الخرسانة الموصوفة للأعمدة في مواقعها من بلاطة السقف، وبحيث يمتد السطح العلوي لخرسانة العمود في البلاطة بما لا يقل عن 600mm (60 cm) من كل وجه للعمود. ويلزم أن تلتحم خرسانة العمود بشكل جيد مع خرسانة بلاطة السقف، وبحيث يتم صبها وفقاً لما ينص عليه الكود.

و-٣-٢- يتم تحديد مقاومة العمود ضمن جملة البلاطة، من القيمة الأدنى لمقاومة الخرسانة مع التشاريك الشاقولية والحلزونية إذا دعت الحاجة.

و-٣-٣- للأعمدة المسنودة عرضياً من الأطراف الأربعة بجوائز ذات عمق متساوي أو ببلاطات، فإنه يُسمح بتحديد مقاومة العمود، بناءً على المقاومة الافتراضية للخرسانة في عقدة العمود مساويةً إلى 75 بالمائة من مقاومة خرسانة العمود مضافاً لها 35 بالمائة من مقاومة خرسانة البلاطة. عند تطبيق هذا البند، فيجب ألا تزيد نسبة مقاومة خرسانة العمود إلى مقاومة خرسانة البلاطة على 2.5 في التصميم.

الملحق «ز»

ز- دراسة مطورة للإطارات المقاومة للعزوم ولجدران القص في المباني والمنشآت المقاومة للزلازل

ز-٠- مقدمة:

قد تكون قوى الزلازل المؤثرة على المبنى أو المنشأة ذات تأثير أكبر من القوى المكافئة المنصوص عنها في الكود، وكذلك قد يكون الفعل الديناميكي للزلازل على المنشأة أكثر خطورة من المتوقع. لذلك فرض الكود متطلبات إضافية على تصميم وتفصيل تسليح عناصر المنشآت ووصلاتها وذلك لضمان حدوث تشوهات كافية في المجال اللدن، دون حدوث انهيارات ناتجة عن فقدان استقرار المنشأة تحت تأثير الأحمال الشاقولية أو عن تشكل مفاصل لدنة في الأعمدة. وبناءً على ذلك حصر الكود امكانية تطور مفاصل لدنة في الجوائز قبل الأعمدة (أعمدة قوية وجوائز ضعيفة)، وذلك للمحافظة على الأعمدة مرنة، وحدد مجموعة من الشروط على مقاومة الخرسانة وفولاذ التسليح لضمان التصرف اللدن.

إن تكثيف التسليح العرضي (الأساور) يؤدي إلى زيادة عتبة التشوهات في الخرسانة المضغوطة والمطوقة، وبالتالي يمنع حصول أي انهيار هش كالانهيار الناتج عن القص، وبالتالي فإن تأثير التطويق في منشآت الخرسانة المسلحة يسمح لها بالتشوه بشكل لدن دون تخفيض يذكر لمقاومتها على الانعطاف.

وبالتالي فإنه يمكن للإطارات التي تحقق المقاومة الدنيا في الكود أن لا تنهار نتيجة هزة شديدة إذا كان بإمكانها أن تتشوه بشكل لدن (مطاوع) دون أن تفقد مقاومتها الجانبية وطاقة تحملها الشاقولية. لذا تكمن الفكرة الأساسية في الإطارات بقدرتها على تبديد الطاقة نتيجة تشكل مفاصل لدنة في الجوائز.

ولهذا يجب أن تمتلك الأعمدة طاقة تحمل انعطاف أكبر من طاقة تحمل الجوائز وأن يكون لكل العناصر مقاومة قص وإرساء تسليح كافيان بحيث يمكن لمقطع الجوائز الوصول إلى طاقة تحملها اللدنة، ولهذا يتم حصر تطور اللدونة في الجوائز في مناطق تكون فيها الخرسانة مطوقةً، وبحيث تستطيع الجوائز مقاومة العزوم اللدنة بالإضافة للأحمال الشاقولية المصعدة، ويتم أخذ الإجهاد في

الفولاذ f_y 1.25 بحيث يعكس احتمالاً كبيراً بأن تكون التشوهات في فولاذ التسليح في مرحلة ما بعد المرونة، وبالتالي يصبح احتمال حدوث انهيار قص قبل تشكل مفصل لدن قليل الاحتمال، مع التأكيد على أن تمتلك الأعمدة المقاومة الكافية بحيث لا تصل إلى مرحلة الخضوع قبل وصول الجوائز إليها. ويجدر التنويه إلى أن استعمال هذه الدراسة المطورة الواردة أدناه ليس إلزامياً، باستثناء ما ورد في الفصل (ز-٧) عن تصميم عقد الإطارات، وفي الفصل(ز-٩) عن جدران القص الخاصة وجوائز الربط بين الجدران، وفي الفصل (ز-١١) عن الأحجبة (الديافرامات) الإنشائية والجوائز الشبكية، وفي الفصل (ز-١٣) عن العناصر غير المصممة كجزء من الجملة المقاومة للقوى الزلزالية.

ز-١- اشتراطات عامة:

ز-١-٠- الرموز:

سيتم فيما يلي ذكر الرموز المستعملة في هذا الملحق (ز) بدلالات تختلف عما ورد في هذا الكود الأساس أو في الملحق (٢) الخاص بالزلازل. أما الرموز التي لم تذكر هنا، فتبقى لها الدلالة ذاتها المستعملة في المواقع الأخرى من هذا الكود الأساس وفي الملحق (٢).

ز-١-٠-١- الرموز بالحروف اللاتينية:

A_c : مساحة المقطع الخرساني المقاوم لنقل القص.

A_{ch}: مساحة المقطع العرضي للعنصر الإنشائي مقاساً للحروف الخارجية للتسليح العرضي.

A_{cv}: المساحة الكلية للمقطع الخرساني المحاط بسمك الجسد وبطول المقطع باتجاه قوة القص المدروسة.

A_{cw}: مساحة المقطع الخرساني لركيزة منفردة أو لقطعة من جدار أو لجائز رابط لجدار قص ويقاوم القص.

A_g : المساحة الكلية للمقطع الخرساني، وفي حالة المقاطع المفرغة، تحسم مساحة الفراغ.

A_j : المساحة الفعالة للمقطع العرضي في العقدة في مستوي موازي لمستوي التسليح المولد لإجهادات القص في العقدة.

A_{sh} : مساحة المقطع الكلي للتسليح العرضي (بما فيها الروابط العرضية) ضمن المسافة s .

b_c: بُعد المقطع العرضي لنواة العمود المحصورة بالتسليح العرضي مقاساً من الحواف الخارجية للتسليح العرضي .

b_0 : محيط المقطع الحرج للقص في البلاطات والقواعد.

b_w : عرض الجسد أو قطر مقطع دائري.

c_1: بُعد العمود المستطيل أو المستطيل المكافىء أو تاج العمود أو الكتف مقاساً في اتجاه المجاز الذي يتم حساب العزوم له.

c_2: بُعد العمود المستطيل أو المستطيل المكافىء أو تاج العمود أو الكتف مقاساً في الاتجاه المتعامد مع c_1 .

c_{2a} : بعد العمود كما هو مبين بالشكل (ز-٣).

c_t : المسافة من الوجه الداخلي للعمود إلى طرف البلاطة، مقاساً بشكلٍ موازٍ إلى c_1، ولكن لا تتعدى c_1 .

D : الأحمال الميتة أو القوى والعزوم الداخلية المرتبطة بها.

d_b : القطر الإسمي لقضيب التسليح أو السلك.

E : تأثيرات أحمال الزلازل أو القوى والعزوم الداخلية المرتبطة بها.

H : الأحمال الناتجة عن الوزن أو الضغط الجانبي للتربة أو الماء في التربة أو المواد الأخرى أو القوى والعزوم الداخلية المرتبطة بها.

h : السماكة الكلية او الارتفاع لعنصر.

h_w : الارتفاع الكامل للجدار من القاعدة للقمة أو ارتفاع القطعة المدروسة من الجدار.

h_x : أكبر مسافة أفقية، محور لمحور، للروابط العرضية أو أرجل الأساور على جميع أوجه العمود.

L : الأحمال الحية أو القوى والعزوم الداخلية المرتبطة بها.

L_r : الأحمال الحية للسقف أو القوى والعزوم الداخلية المرتبطة بها.

l_{dh} : طول الإرساء (التماسك) في الشد للقضبان المضلعة (أو للأسلاك المضلعة) مع عكفة نظامية، مقاساً من المقطع الحرج إلى النهاية الخارجة للعكفة (الطول المستقيم المغموس بين المقطع الحرج وبداية العكفة زائد نصف القطر الداخلي للثنية زائد قطر قضيب).

l_0 : طول مسافة توضع الأساور المطوقة، مُقاساً من وجه العقدة عبر محور العنصر الإنشائي.

l_n : طول المجاز الحر (المسافة الضوء) مقاساً من الوجه للوجه للمساند.

l_u : الطول غير المسنود من العنصر المضغوط.

l_w : الطول الكامل للجدار أو طول القطعة المدروسة من الجدار.

M_n : المقاومة الاسمية الانعطافية في المقطع.

M_{nb} : المقاومة الإسمية الانعطافية للجائز المتصل بالعقدة، بما فيه البلاطة عندما تكون مشدودة.

M_{nc} : المقاومة الإسمية الانعطافية للعمود المتصل بالعقدة، محسوباً للقوة المحورية المصعدة، ومتوافقاً مع اتجاه القوى العرضية المدروسة التي تنتج أقل مقاومة انعطافية.

M_{pr} : المقاومة الانعطافية المحتملة، مع أو بدون حمل محوري، محسوبة باستعمال خواص العنصر عند أطراف العقدة.

M_{slab} : العزم المصعد لجزء من البلاطة، تتم موازنته بعزم المسند.

M_u : العزم المصعد في مقطع ما.

P_u : القوة المحورية المصعدة؛ وتؤخذ موجبة في حالة الضغط وسالبة في حالة الشد.

S : حمل الثلج أو القوى والعزوم الداخلية المرتبطة به.

s_0 : التباعد بين محاور التسليح العرضي ضمن الطول l_0 .

S_n : المقاومة الاسمية للوصلة في الانعطاف أو القص أو القوة المحورية.

S_e : عزم الانعطاف أو قوة القص أو القوة المحورية في الوصلة، الموافقة لتشكل المقاومة المحتملة عند المواقع المنوي أن يحصل بها خضوع، اعتماداً على الآلية الحاكمة للتشوه العرضي غير المرن، بتأثيرات أحمال الثقالة والهزات الأرضية معاً.

V_c : المقاومة الاسمية للقص (N) التي تقدمها الخرسانة.

V_e : قوة القص التصميمية (N) الموافقة لتشكل المقاومة المحتملة لعزم الانعطاف في العنصر.

V_n : القوة الدنيا N للقص.

V_s : المقاومة الاسمية للقص (N) التي يقدمها التسليح.

V_u : القوة المصعدة (N) في المقطع.

V_{ug} : قوة القص المصعدة (N) على المحيط الحرج للبلاطة، العاملة باتجاهين، نتيجة أحمال الثقالة.

y : البعد الخارجي الأكبر للجزء المستطيل من المقطع العرضي.

ز-١-٠-٢- الرموز بالحروف اليونانية:

α : هي الزاوية التي تحدد توجيه التسليح.

α_s : ثابت يستعمل لحساب V_c في البلاطات والقواعد.

β : نسبة البعد الأطول إلى البعد الأقصر: المجازات (البحور) الصافية (الضو) في البلاطات باتجاهين، وجوانب الأعمدة الحمل المركز أو رد الفعل، أو جوانب القاعدة.

γ_f : معامل يستعمل لتحديد قيمة العزم غير المتوازن المنقول بالانعطاف عند وصلة عمود- بلاطة.

δ_u: الانتقال التصميمي..

λ : معامل تعديل يُظهر انخفاض الخواص الميكانيكية للبيتون الخفيف.

μ : معامل الاحتكاك.

ρ_l : نسبة مساحة التسليح الطولي الموزع إلى المساحة الكلية للخرسانة المتعامدة مع ذلك التسليح.

P_s : نسبة حجم التسليح الحلزوني للحجم الكلي للنواة المطوقة (مقاساً من الخارج للخارج للحلزون).

ρ_t : نسبة مساحة التسليح العرضي الموزع إلى المساحة الكلية للخرسانة المتعامدة مع ذلك التسليح.

Ω : عامل تخفيض المقاومة وفق البند (٦-٣-٣) من الباب السادس في هذا الكود الأساس.

Ω_0: معامل تضخيم (تكبير) للأخذ بالحسبان المقاومة الزائدة للجملة المقاومة للقوى الزلزالية.

ز-١-١- المجال:

ز-١-١-١- يتضمن هذا الملحق (ز) متطلبات التصميم والتنفيذ للعناصر الخرسانية المسلحة في المنشآت التي حُددت القوى التصميمية فيها، المتعلقة بالحركات الزلزالية، على أساس تبديد (انتشار dissipation) الطاقة في المجال اللا خطي للتجاوب.

ز-١-١-٢- يجب تصميم كافة المنشآت لمقاومة الزلازل.

ز-١-١-٣- يجب أن تحقق كافة العناصر متطلبات الكود الأساس، أما العناصر التي تقاوم القوى الزلزالية فيجب أن تحقق متطلبات هذا الملحق (ز) أيضاً، وفق ما هو وارد أدناه.

ز-١-١-٤- في المنطقة الزلزالية (1) يجب أن تكون كحد أدنى إطارات عادية مقاومة للعزوم (OMRF) من النوع الذي يحقق الاشتراطات الواردة في الفصل (ز-٢) (أي جملة العمود والجائز مع التسليح الوارد في الباب السابع)

ز-١-١-٥- في المناطق الزلزالية (2) و (3) يجب أن تكون كحد أدنى إطارات مقاومة للعزوم من النوع الذي يحقق الاشتراطات وتفاصيل التسليح الواردة في الفصل (ز-٣) من هذا الملحق (أي إطارات متوسطة مقاومة للعزوم IMRF)، إلا في حالة المباني التي يزيد ارتفاعها على 73m في المنطقة الزلزالية (3)، فيجب أن تكون مماثلة للإطارات في المناطق الزلزالية الأكبر من (3).

ز-١-٦- في المناطق الزلزالية الأكبر من (3)، يجب أن تكون كحد أدنى إطارات خاصة مقاومة للعزوم (SMRF) من النوع الوارد في الفصل (ز-٥) إلى الفصل (ز-٨)، كما وأن الإطارات الخاصة والجدران الإنشائية (جدران القص) الخاصة يجب أن تحقق متطلبات البنود (ز-١-٣) حتى (ز-١-٧).

ز-١-٢- تحليل وتنسيب (حساب أبعاد) العناصر الإنشائية:

ز-١-٢-١- يجب الأخذ بالحسبان، عند تحليل أي منشأة مقاومة للزلازل، التداخل في سلوك كافة العناصر الإنشائية وغير الإنشائية، والعناصر ذات السلوك الخطي واللا خطي.

ز-١-٢-٢- يمكن قبول وجود عناصر صلبة في المبنى لا تنتمي إلى الجملة المقاومة للزلازل، شريطة أخذ أثرها على المنشأة بشكل عام بالحسبان. كما يجب أخذ أثر انهيار العناصر الإنشائية وغير الإنشائية التي لا تنتمي إلى الجملة المقاومة للزلازل بالحسبان أيضاً.

ز-١-٢-٣- يجب أن تخضع العناصر الممتدة من المنسوب المعتمد لدراسة الزلازل، والمطلوبة لنقل القوى الزلزالية للأساسات، إلى الاشتراطات الواردة في هذا الملحق (ز)، وأن تكون متجانسة مع العناصر الواقعة فوقها.

ز-١-٣- عوامل تخفيض المقاومة:

تؤخذ عوامل تخفيض المقاومة من الباب السادس، البند (٦-٣-٣) من هذا الكود الأساس.

ز-١-٤- الخرسانة المستعملة في الإطارات العزمية الخاصة والجدران الإنشائية (جدران القص) الخاصة:

ز-١-٤-١- تطبق اشتراطات البند (ز-١-٤) على الإطارات العزمية الخاصة والجدران الإنشائية الخاصة (جدران قص) وجوائز الربط.

ز-١-٤-٢- يجب ألا تقل درجة جودة الخرسانة عن C20 (المقاومة المميزة للخرسانة 20MPa)، (وفي النظام المتري $200kgf/cm^2$).

ز-١-٥- فولاذ التسليح في الإطارات العزمية (المقاومة للعزوم) الخاصة وفي جدران القص الخاصة:

ز-١-٥-١- تنطبق متطلبات البند (ز-١-٥) على الإطارات العزمية (المقاومة للعزوم) الخاصة وعلى جدران القص الإنشائية الخاصة وعلى جوائز الربط.

ز-١-٥-٢- يجب أن يخضع فولاذ التسليح المضلع (المحلزن) المستعمل في مقاومة القوى المحورية وعزوم الانعطاف الناتجة عن الزلازل في عناصر الإطارات والجدران القصية وجوائز الربط (Coupling Beams) إلى المواصفة القياسية السورية، وإلى ما ورد في الباب الرابع من هذا الكود. يجب أن يحقق التسليح المستعمل في هذه العناصر ما يلي:

أ - لا تتجاوز القيمة الفعلية لحد الخضوع الناتجة عن تجارب مصنع الفولاذ، قيمة حد الخضوع fy المعتمدة في التصميم بأكثر من 60MPa (راجع الباب الرابع من هذا الكود الأساس). إن استعمال تسليح طولي ذي مقاومة تزيد بصورة ملحوظة على مقاومة الفولاذ المستعمل في التصميم، سوف يؤدي إلى زيادة في إجهادات القص وإجهادات التماسك، حين تطور الإجهادات في التسليح للوصول إلى حد الخضوع. يمكن أن تؤدي هذه الظروف إلى انهيارات هشة (Brittle Failures) في التماسك أو في القص، وهو ما يجب تحاشيه حتى لو كان مثل هذا الانهيار يمكن أن يحصل عند مستوى قوى أعلى من القوى المعتمدة في التصميم، لهذا فقد جرى وضع سقف للقيمة الفعلية لحد الخضوع في فولاذ التسليح.

ب- نسبة القيمة الفعلية العظمى لإجهاد الشد عند الانقطاع (Tensile Strength) لكل عينة، إلى القيمة الفعلية لحد الخضوع، لا تقل عن 1.25 .

إن المتطلبات الواردة في هذه الفقرة حول ضرورة أن يكون حد الانقطاع أعلى من حد الخضوع، مبني على فرضية أن قابلية أي عنصر إنشائي لإحداث دوران غير مرن، متعلقة بطول المنطقة غير المرنة على مسار محور العنصر. إن قراءة نتائج الاختبارات العملية تشير إلى أن طول المنطقة اللدنة، له علاقة نسبية مع حد اللدونة والعزوم اللدنة. ونتيجة لهذا التفسير،

فإن كبر نسبة حد الانقطاع إلى حد الخضوع، يتبعه كبر منطقة اللدونة في العنصر الإنشائي. لذلك تتطلب هذه الفقرة، أن لا يقل حد الانقطاع الفعلي عن 1.25 مرة حد الخضوع (الفعلي أو الاصطلاحي). كما وأن العناصر الإنشائية التي لا يحقق فولاذ تسليحها هذا الشرط، سوف يحدث فيها دوران لا مرن، ولكن سلوك هذا الدوران سيكون مختلفاً جداً، بشكل يجعل هذه العناصر مستثناة من الحساب المباشر، بالاعتماد على الأسس والقوانين الناتجة عن الخبرة، في العناصر المسلحة بالفولاذ المقسى.

تطبق الحدود المفروضة على قيمتي f_y و f_{yt} على كافة أنواع التسليح المستعمل للتسليح العرضي.

ز-١-٦- الوصلات الميكانيكية في الإطارات العزمية الخاصة وجدران القص الخاصة:

ز-١-٦-١- يلزم تصنيف الوصلات الميكانيكية وفقاً للنوع 1 أو النوع 2 كما يأتي:

أ - وصلة ميكانيكية من النوع 1، وتكون قادرة على تحمل قوة تُعطي إجهادات في قضيب التسليح $= 1.25\ f_y$

ب- وصلة ميكانيكية من النوع 2 وتكون قادرة على تحمل قوة تُعطي إجهادات في قضيب التسليح تساوي $1.25\ f_y$، كما تقوم بتطوير قوة الشد المحددة بالقضيب الموصول.

ز-١-٦-٢- لا يصح استعمال الوصلة الميكانيكية من النوع 1، ضمن مسافة تساوي ضعفي عمق العنصر من وجه العمود أو الجائز في الإطارات الخاصة المقاومة للعزوم، أو من المقاطع التي يمكن أن يحصل عندها خضوع في التسليح كنتيجة لإزاحة جانبية غير مرنة. يمكن استعمال الوصلة الميكانيكية من النوع 2 في أي موقع.

ز-١-٧- الوصلات الملحومة في في الإطارات العزمية الخاصة وجدران القص (الإنشائية) الخاصة:

ز-١-٧-١- يجب أن يتم اللحام بالوصلات الملحومة للتسليح المقاوم للقوى الزلزالية بحيث تتحمل نقل إجهادات $1.25\ f_y$، ويجب أن لا تستعمل ضمن مسافة مساوية لضعفي عمق العنصر من وجه العمود أو العنصر للإطارات العزمية الخاص أو من المقاطع حيث يمكن أن يحدث فيها خضوع التسليح كنتيجة لإزاحة عرضية غير مرنة.

ز-١-٧-٢- يجب عدم السماح بلحام الأساور أو عناصر التثبيت أو ما شابه مع قضبان التسليح المطلوبة تصميمياً.

ز-٢- الإطارات العادية المقاومة للعزوم (إطارات عزمية عادية):

Ordinary Moment Resisting Frames

ز-٢-١- المجال:

تطبق متطلبات هذا الفصل (ز-٢) على الإطارات العادية المقاومة للعزوم، والتي تشكل جزءاً من الجملة المقاومة للقوى الزلزالية.

ز-٢-٢- يجب أن تزود الجوائز (على الأقل) بقضيبين طوليين مستمرين في أعلى وأسفل مقطع الجائز، كما أن هذه القضبان يجب أن تستمر لما بعد وجه الاستناد، بحيث تصل لمقاومتها الكاملة عند وجه المسند.

ز-٢-٣- عندما يكون الارتفاع الحر للعمود أقل أو يساوي خمس مرات البعد C_1 للعمود (بُعد المقطع العرضي للعمود باتجاه الاطار)، عندها يجب أن يصمم العمود لمقاومة القص وفقاً للبند (ز-٣-٣).

إن الهدف من تسليح الجوائز هو تحسين استمرارية عناصر الإطارات مقارنة باشتراطات الكود العادية، كما وأنه في الوقت ذاته يحسن من ترابط المنشأة. لا تطبق هذه الاشتراطات على الجملة الإنشائية (بلاطة – عمود) الإطارية المقاومة للعزوم، كما وأن اشتراطات الأعمدة تهدف إلى تأمين مقاومة إضافية لمقاومة القص في الأعمدة.

ز-٢-٤- تطبق اشتراطات الفقرة ز-١-٥-٢ على فولاذ التسليح المستعمل لهذه الإطارات والجدران والبلاطات والأساسات (وباقي العناصر الإنشائية) وذلك لمزيد من الأمان للمنشآت في الجمهورية العربية السورية ولتجنب استعمال أكثر من نوع لفولاذ التسليح عالي المقاومة في المشروع الواحد لخطورة حصول الأخطاء التنفيذية التي تنجم عن هذا الاستعمال علماً أن استعمال النوعية الأدنى مطاوعة لن يكون له تأثير يذكر في الكلفة .

ز-٣- الإطارات المتوسطة المقاومة للعزوم (إطارات عزمية متوسطة):

Intermediate Moment Resisting Frames

ز-٣-١- المجال:

تطبق متطلبات هذا الفصل (ز-٣) على الإطارات المتوسطة المقاومة للعزوم، والتي تشكل جزءاً من الجملة المقاومة للقوى الزلزالية.

ز-٣-٢- المتطلبات التي يجب أن تحققها تفاصيل التسليح في عناصر الإطار:

يجب أن تحقق تفاصيل التسليح في عناصر الإطار متطلبات البند (ز-٣-٤) في حال كانت قوى الضغط المحورية المصعدة المؤثرة على العنصر P_u لا تتجاوز القيمة $A_g \cdot f'_c / 10$. أما إذا كانت P_u أكبر من ذلك، فإن تفاصيل تسليح الإطار، يجب أن تحقق متطلبات البند (ز-٣-٥). أما عندما تكون جملة البلاطات المصمتة التي تعمل باتجاهين بدون جوائز، جزءاً من الجملة المقاومة للقوى الزلزالية، فإن تفاصيل التسليح في أي مجاز مقاوم للعزوم، يجب أن تحقق متطلبات البند (ز-٣-٦) .

ز-٣-٣- مقاومة القص التصميمية الدنيا للجوائز والأعمدة المقاومة للزلازل:

يجب أن لا تقل مقاومة القص التصميمية (ΩV_n) للجوائز والأعمدة المقاومة لتأثير الزلازل E عن الأصغر من أ أو ب:

أ - مجموع قوى القص عند أطراف العناصر، المرافق إلى عزوم تساوي العزوم الاسمية، مضافاً إليها جبرياً القص الناتج عن تحميل العنصر بالأحمال الشاقولية المصعدة.

ب- القص الأعظمي الناتج عن حالات تراكيب الأحمال التصميمية التي تتضمن تأثير الهزات الأرضية E، وعلى أن تؤخذ E مساوية إلى ضعف قيمتها وفقاً لما هو محدد بالكود.

إن الهدف من متطلبات البند (ز-٣-٣) هو إنقاص احتمال حدوث انهيار قص في الجوائز خلال الهزة. وفقاً للبند (ز-٣-٣) يُحدد القص المصعد من طاقة العزم الاسمي للجائز والأحمال الشاقولية المؤثرة عليه، كما في المثال المبين بالشكل (ز-١). (ويحدد العزم الاسمي للجائز من طاقة تحمل مقطعه، عندما يصل الإجهاد في الفولاذ إلى حد الخضوع، مع أخذ عامل تخفيض المقاومة مساوياً للواحد، أي $\Omega = 1$)

$$Mn = As.fy(d - \frac{y}{2})$$

كما يحدد العزم الإسمي للعمود، بحيث يترافق مع القوة المحورية المصعدة التي تسمح بتحمل المقطع أكبر عزم ممكن، على أن لا يتجاوز الإجهاد في فولاذ التسليح حد الخضوع، مع أخذ عامل تخفيض المقاومة مساوياً للواحد، انظر الشكل (ز-١).

لتحديد القص الأعظمي في الجائز، يتم افتراض أن طاقة العزم الإسمية له (أي مع افتراض أن عامل تخفيض المقاومة $\Omega = 1$) قد حصلت عند نهايتي مجازه الصافي، بصورة متزامنة. وكما هو وارد في الشكل (ز-١) فإن القص في هذه الحالة هو الناتج من:

$$\frac{Mnl + Mnr}{l_n}$$ طاقة تحمل المقطع يسار الجائز + طاقة تحمل المقطع يمين الجائز

المجاز الصافي

يُضاف هذا القص جبرياً الى القص الناتج عن تحميل العنصر بالأحمال الشاقولية، وبافتراض أن الحمل الميت W_D والحمل الحي W_L هما موزعان بانتظام. كذلك فقد جرى توضيح طريقة تحديد القص في الأعمدة في الشكل (ز-١). ويجب اختيار القوة المحورية المصعدة P_u التي تسمح بتحمل المقطع أكبر عزم ممكن.

عند تطبيق الفقرة (ز-٣-٣-أ) يفترض أن نحصل على تحديد أكبر قص تصميمي، من تطبيق العزمين مرة مع عقارب الساعة، ومرة أخرى عكس ذلك. ويوضح الشكل (ز-١) حالة واحدة من الحالتين التي يجب أخذهما بالحسبان لكل عنصر.

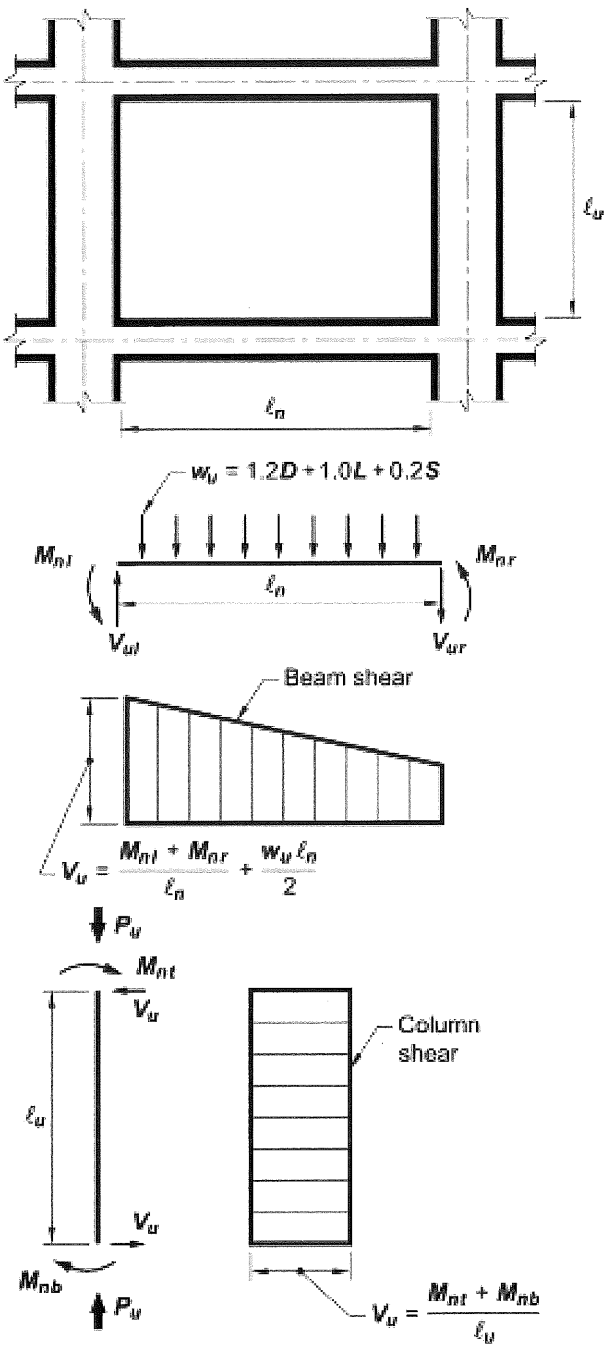
وعند تطبيق الفقرة (ز-٣-٣-ب) فإن القص V_u يعتمد على تراكيب الأحمال المتضمن تأثير الزلازل E والتي يجب أن تضاعف. مثلاً:

سيحدد تركيب الأحمال بالمعادلة الآتية:

$$(U=1.2D+2.0E+1.0L+0.2S)$$

حيث تحدد قيمة E وفقاً للكود.

يحوي البند (ز-٣-٤) اشتراطات لتزويد الجوائز بمستوى أدنى من القساوة threshold level of toughness، ويجب أن تكون الأساور في نهايتي الجائز من النوع المغلق. في أغلب الحالات، فإن الأساور المطلوبة بالبند (ز-٣-٣) لقوة القص التصميمية سوف تكون أكبر من تلك المطلوبة بالبند (ز- ٣-٤)، كما أن اشتراطات البند (ز-٣-٥) تخدم الهدف ذاته بالنسبة للأعمدة.



الشكل (ز-١) القص التصميمي للإطارات المتوسطة المقاومة للعزوم

يمكن لجدران القص غير المستمرة، والعناصر القاسية الأخرى، أن تُحدث قوة محورية كبيرة في الأعمدة الساندة أثناء الهزة الأرضية، والتسليح العرضي المطلوب في الفقرة (ز- ٣-٥-٦)، هو لتحسين قساوة العمود column toughness وفقاً للمتطلبات المتوقعة. يجب أن تتضمن قوة الضغط المحورية المصعدة الناتجة من تأثير الزلازل المعامل Ω_o ، وفقاً لما هو وارد بالملحق (٢) الخاص بالزلازل.

ز-٣-٤- الجوائز:

ز-٣-٤-١- يجب أن لا تقل طاقة تحمل الجائز للعزم الموجب عند وجه العقدة عن ثُلث طاقة تحمل الجائز للعزم السالب عند وجه العقدة. كما أن طاقة تحمل العزم الموجب أو طاقة تحمل العزم السالب لأي مقطع، على إمتداد طول الجائز، يجب ألا تقل عن خُمس طاقة تحمله للعزم الأعظمي عند وجهي كلا عقدتي العنصر.

ز-٣-٤-٢- تُزود نهايتا الجائز بأساور مغلقة (hoops،) ابتداء من وجه العقدة ولمسافة لا تقل عن ضعف ارتفاع الجائز (2h) باتجاه المجاز، وتوضع أول اسوارة على مسافة لا تزيد على 50mm من وجه استناد العنصر، وبحيث لا يزيد تباعد هذه الأساور عن الأصغر من القيم الآتية:

أ - ربع الارتفاع الفعال للجائز (d/4).

ب- ثمان مرات أصغر قطر لفولاذ التسليح الطولي.

ج- 24 مرة قطر الاسوارة المغلقة.

د- 300mm . (ينصح بتخفيض هذا التباعد إلى 200 mm).

ز-٣-٤-٣- يجب أن لا يزيد تباعد الاساور على d/2 (نصف العمق الفعال للجائز) على كامل طول الجائز.

ز-٣-٥- الأعمدة:

ز-٣-٥-١- يجب أن تزود الأعمدة بتسليح حلزوني وفقاً لما ورد في الباب السابع من هذا الكود، أو تتطابق مع الفقرات (ز- ٣-٥-٢) لغاية (ز-٣-٥-٤). تطبق الفقرة (ز-٣-٥-٥) لكافة الأعمدة، وتطبق الفقرة (ز-٣-٥-٦) على الأعمدة الساندة لجمل جدران القص المنقطعة (غير المستمرة).

ز-٣-٥-٢- تُزود نهايتا العمود بأساور مغلقة، بتباعد S_o ولمسافة l_o مقاسة من وجه العقدة.

يجب أن لا يزيد تباعد الأساور S_o على الأصغر من القيم الآتية:

أ - ثمانية مرات القطر الأصغر للتسليح الطولي.

ب- 24 مرة قطر الاسوارة المغلقة.

ج- نصف البعد الأصغر للمقطع العرضي للعمود.

د- 300mm . (ينصح بتخفيض هذا التباعد إلى 200 mm).

كذلك، يجب أن لا يقل البعد l_o عن الأكبر من القيم الآتية:

هـ- سدس الارتفاع الصافي للعمود (الارتفاع الحر).

و- البعد الأكبر للمقطع العرضي للعمود.

ز- 450mm .

ز-٣-٥-٣- يجب أن لا تزيد المسافة بين أول اسوارة و وجه العقدة على $S_o/2$.

ز-٣-٥-٤- يجب أن يحقق التسليح العرضي خارج المسافة l_o متطلبات البند (٧-١-٤) من الباب السابع (في الكود الأساس هذا)، بشرط أن لا يزيد التباعد بين الأساور على d/2 (نصف العمق الفعال للعمود).

ز-٣-٥-٥- يجب أن تزود الأعمدة المعرضة لردود أفعال من عناصر صلبة غير مستمرة (منقطعة) مثل الجدران القصية، بتسليح عرضي بتباعد S_o وفق ما ورد في الفقرة (ز-٣-٥-٢)، على كامل الارتفاع أسفل المنسوب الذي حصل عنده الانقطاع (عدم الاستمرار)، اذا كان جزء القوة الضاغطة المصعدة، المتعلق بتأثير الهزات الأرضية، يتجاوز $A_g f'_c/10$. في حالة تكبير القوى التصميمية لتأخذ الزيادة في المقاومة (overstrength) بالحسبان، للعناصر الشاقولية من الجملة المقاومة للقوى الزلزالية، فإن الحد $A_g f'_c/10$ يمكن تكبيره إلى $A_g f'_c/4$. يجب أن يستمر هذا التسليح العرضي أعلى وأسفل العمود، للمسافة المحددة في الفقرة (ز-٦-٤-٦-ب).

ز-٣-٦- البلاطات باتجاهين دون جوائز:

يُطبق هذا البند (ز-٣-٦) للبلاطات باتجاهين دون جوائز، كالبلاطات الفطرية. يمكن ان يؤدي استعمال تراكيب الأحمال الآتية، التي تحوي تأثيرات الزلازل:

$$U=1.2D+2.0E+1.0L+0.2S$$

$$U=0.9D+1.0E+1.6H$$

إلى عزوم تتطلب تسليحاً علوياً وسفلياً عند المساند.

يُشير العزم M_{slab}، وفقاً للتراكيب التصميمية المتضمنة E المؤثرة في اتجاه أفقي واحد، إلى جزء العزم المصعد للبلاطة الذي يتوازن مع عزوم العناصر الساندة عند العقدة، وليس شرطاً أن يكون مساوياً لكامل قيمة العزم التصميمي عند العقدة لتراكيب الأحمال المتضمنة تأثير الزلازل.

يُخصص جزء فقط من العزم M_{slab} للعرض الفعال للبلاطة، كما أن تسليح الانعطاف المتعامد مع طرف البلاطة لا يُعد فعالاً إلا إذا وضع ضمن العرض الفعّال للبلاطة، انظر الشكل (ز-٢). توضح الأشكال الآتية: (ز-٣) و (ز-٤) تطبيق اشتراطات هذا البند (ز-٣-٦).

ز-٣-٦-١- يُحسب العزم المصعد في البلاطة عند المسند، والحاوي لتأثير الزلازل E، وفقاً لتركيبي الأحمال المبينين أعلاه، المتضمنة تأثيرات الزلازل، ويجب وضع التسليح اللازم لمقاومة العزم M_{slab} في شريحة العمود المحددة بالباب السابع من هذا الكود الأساس، التي عرضها من كل جهة من جهتي مركز العمود تساوي $0.25L_2$ أو $0.25\ L_1$ أيهما أصغر. تشمل شريحة العمود، عرض الجائز في حال وجوده.

ز-٣-٦-٢- يجب ان يكون التسليح الموضوع ضمن العرض الفعال للبلاطة (الذي يساوي إلى مرة ونصف سمك البلاطة أو السقوط 1.5h من كل وجه من وجهي العمود أو التاج في حال وجوده) محسوباً ليقاوم $\gamma_f \cdot M_{slab}$. يجب أن لا يمتد العرض الفعال للبلاطة عند الوصلات الطرفية والركنية، ابتداءً من وجه العمود لمسافة أكبر من C_t مقاسة بشكل عمودي على مجاز البلاطة.

ز-٣-٦-٣- يجب أن لا يقل التسليح الموضوع ضمن العرض الفعال للبلاطة (المبين في الفقرة (ز-٣-٦-٢)) عن نصف تسليح شريحة العمود.

ز-٣-٦-٤- في شريحة العمود، يجب أن يستمر ما لا يقل عن رُبع ¼ التسليح العلوي عند المسند، على كامل المجاز.

ز-٣-٦-٥- يجب أن لا يقل فولاذ التسليح السفلي المستمر في شريحة العمود، عن ثُلث 1/3 التسليح العلوي عند المسند لشريحة العمود.

ز-٣-٦-٦- يجب أن يستمر نصف التسليح السفلي على الأقل للشريحة الوسطية (المجازية)، وكل التسليح السفلي لشريحة العمود في وسط المجاز، وأن يصل الإجهاد في التسليح إلى حد الخضوع f_y عند وجه المسند.

ز-٣-٦-٧- عند الطرف غير المستمر للبلاطة، يجب أن يصل كامل التسليح العلوي والسفلي إلى حد الخضوع عند وجه المسند.

ز-٣-٦-٨- عند المقاطع الحرجة للأعمدة (وهي ذات المحيط الأدنى، ولا داعي لأن تقترب أكثر من d/2 من أوجه المساند أو الأحمال المركزة أو ردود الأفعال أو التغيرات في سماكة البلاطة مثل السقوط)، يجب ألا يزيد القص بالاتجاهين، والناتج من تأثير الأحمال الشاقولية المصعدة على ΩV_c 0.4، حيث يجب أن تحسب V_c (للبلاطات والأساسات) وفقاً للعلاقات الآتية، وتعتمد القيمة الأصغر:

$$V_c = 0.17\left(1 + \frac{2}{\beta}\right)\lambda\sqrt{f'_c}\, b_o d \quad \text{.....} \quad (أ)$$

حيث: β هي نسبة البعد الأكبر للبعد الأصغر للعمود، أو الحمل المركز أو رد الفعل.

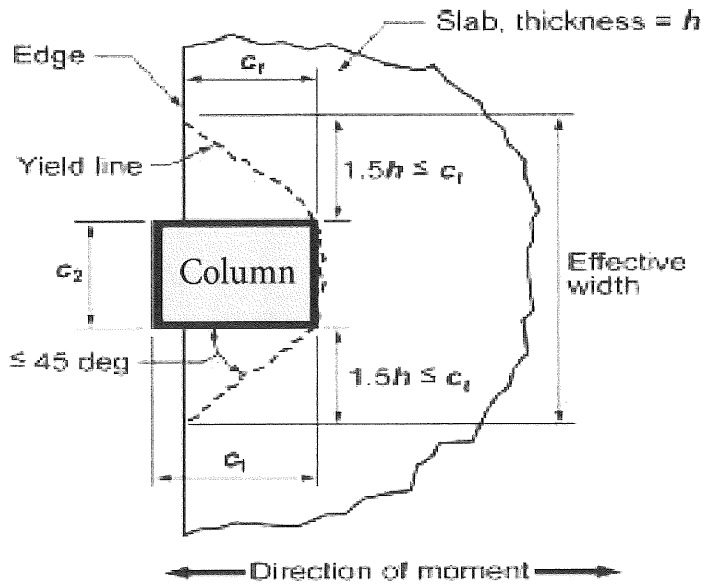
$$V_c = 0.083\left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right)\lambda\sqrt{f'_c}\, b_o d \quad \text{.....} \quad (ب)$$

حيث: α_s تساوي 40 للأعمدة الداخلية، و 30 للأعمدة الطرفية و 20 للأعمدة الركنية.

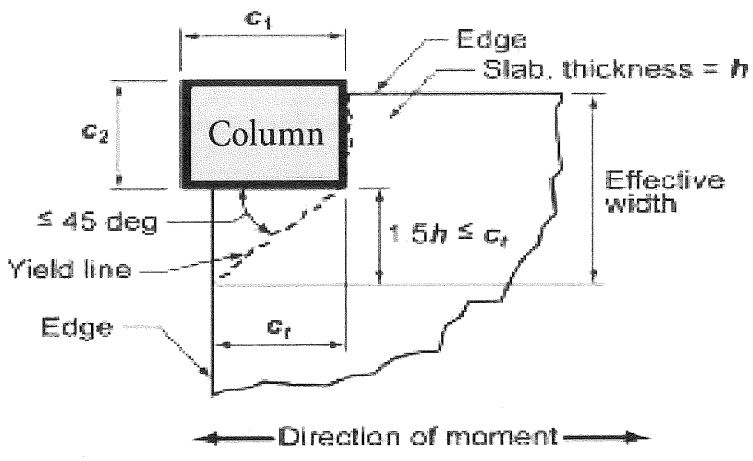
$$V_c = 0.33\lambda\sqrt{f'_c}\, b_o d \quad \text{.....} \quad (ج)$$

ويمكن الاستغناء عن تحقيق هذا الشرط اذا كان تصميم البلاطة يحقق اشتراطات البند (ز-١٣-٦).

في حالتي الوصلتين الطرفية والركنية، فإن تسليح الانعطاف المتعامد مع الطرف، لا يعد فعالاً إلا إذا جرى وضعه ضمن العرض الفعال المبين في الشكل (ز-٢).



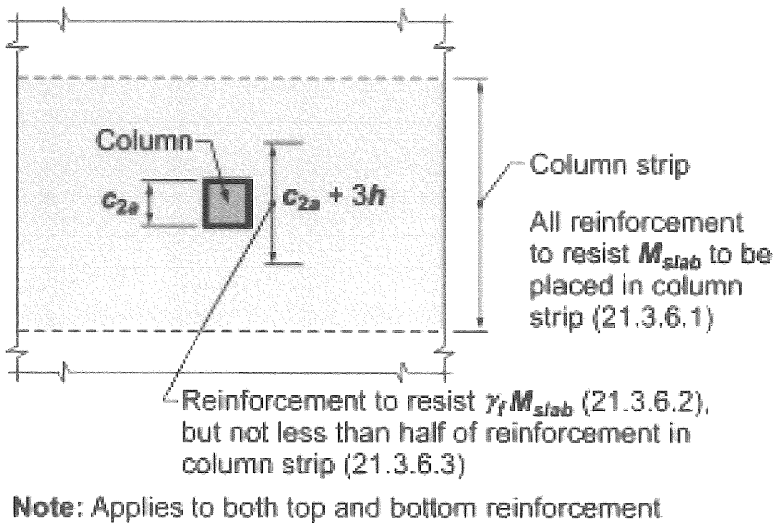
(a) Edge connection



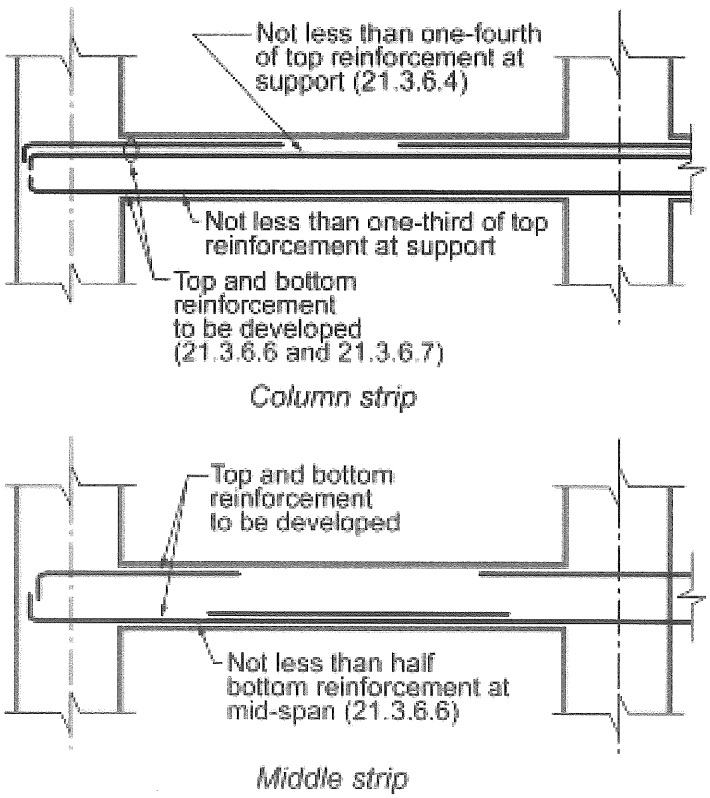
(b) Corner connection

الشكل (ز-٢): العرض الفعال لوضع التسليح في الوصلة الطرفية والوصلة الركنية

كما أن ما ورد من اشتراطات في البند (ز-٣-٦) موضحة في الشكلين (ز-٣) و (ز-٤).



الشكل (ز-٣): مواقع التسليح في البلاطات الفطرية (دون جوائز)



الشكل (ز-٤): ترتيب التسليح في البلاطات الفطرية (دون جوائز)

ز-٣- ٧- تطبق اشتراطات الفقرة (ز-١-٥-٢) على فولاذ التسليح المستعمل لهذه الإطارات والجدران و البلاطات و الأساسات (وباقي العناصر الإنشائية) وذلك لمزيد من الأمان للمنشآت في الجمهورية العربية السورية ولتجنب استعمال أكثر من نوع لفولاذ التسليح عالي المقاومة في المشروع الواحد لخطورة حصول الأخطاء التنفيذية التي تنجم عن هذا الاستعمال علماً أن استعمال النوعية الأدنى مطاوعة لن يكون له تأثير يذكر في الكلفة .

ز-٤- جدران القص (الإنشائية) المتوسطة المسبقة الصنع:

ز-٤-١- المجال:

تطبق اشتراطات هذا الفصل (ز-٤) على الجدران المسبقة الصنع المتوسطة المقاومة للعزوم، والتي تشكل جزءاً من الجملة المقاومة للزلازل.

ز-٤-٢- في مناطق الوصل بين الواح الجدران، أو بين ألواح الجدران والأساسات، يجب أن يُحصر التلدن في العناصر الفولاذية أو فولاذ التسليح فقط.

ز-٤-٣- عناصر الوصل غير المصممة للتلدن، يجب أن تحقق على الأقل $1.5\ S_y$، حيث S_y تمثل حد الخضوع للوصلة .

ز-٥- عناصر الإنعطاف للإطارات الخاصة المقاومة للعزوم:

(Flexural members of Special Moment Resisting Frames)

ز-٥-١- المجال:

تطبق متطلبات هذا الفصل (ز-٥) على عناصر الإطارات الخاصة المقاومة للعزوم، التي تشكل جزءاً من الجملة المقاومة للقوى الزلزالية، والتي يتم تصميمها بصورة رئيسية لمقاومة عزوم الإنعطاف. ويجب ان تحقق هذه الإطارات أيضاً شروط الفقرات (ز-٥-١-١) لغاية (ز-٥-١-٤).

ز-٥-١-١- يجب أن لا تتجاوز القوة المحورية الضاغطة المصعدة، المؤثرة على العنصر Pu القيمة: $A_g f'_c/10$.

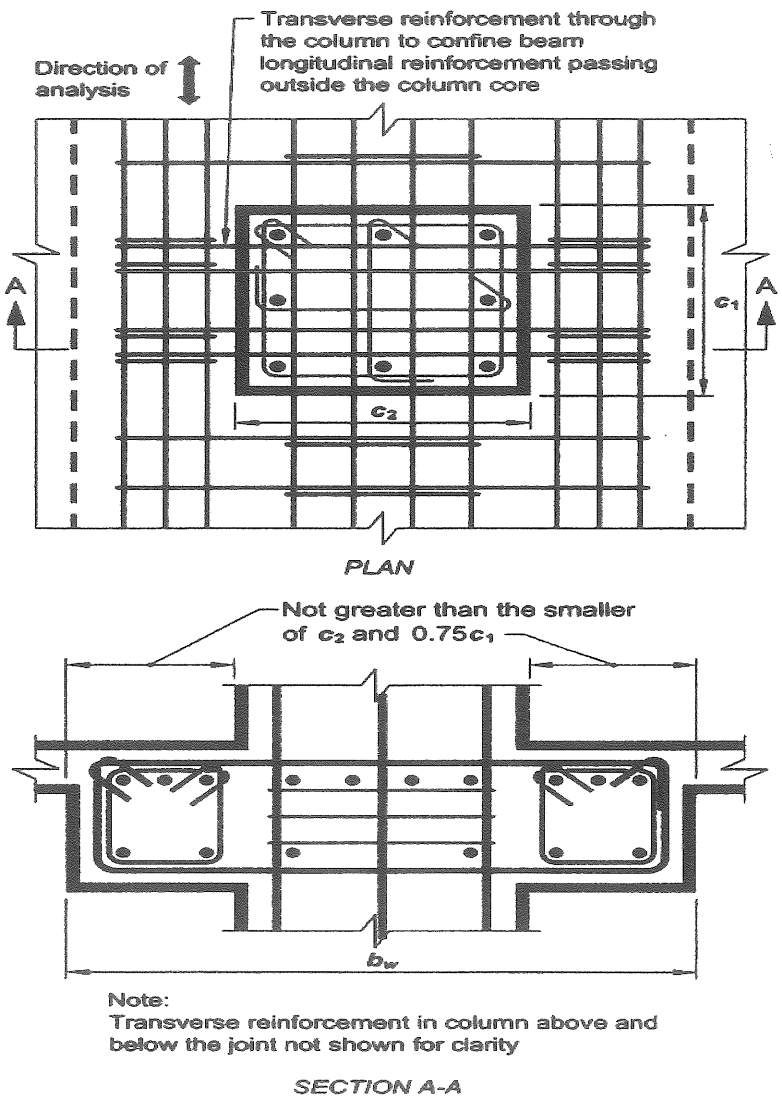
ز-٥-١-٢- يجب أن لا يقل المجاز الصافي للعنصر l_n عن أربع مرات عمقه الفعال.

ز-٥-١-٣- يجب ان لا يقل عرض المقطع للعنصر b_w عن الاصغر من $0.3h$ أو $250mm$

ز-٥-١-٤- يجب ان لا يزيد عرض مقطع العنصر b_w عن عرض الاستناد للعنصر c_2 مضافا اليه من كل طرف للاستناد مسافة تساوي الأصغر من الآتي (راجع الشكل ز-٥):

أ - عرض الاستناد c_2 .

ب- ثلاثة أرباع (0.75) من بعد الاستناد الموازي للجائز c_1 .



الشكل (ز-٥): أقصى عرض فعّال للجائز العريض والتسليح العرضي المطلوب

ز-٥-٢- التسليح الطولي :

ز-٥-٢-١- يجب أن لا تقل كمية التسليح العلوي أو السفلي في أي مقطع من العنصر الخاضع للانعطاف، عن القيمة الواردة بالمعادلة الآتية:

$$A_{s,\,min} = \frac{0.25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d$$

(في النظام المتري $A_{s,min} = \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \geq \frac{14}{f_y} b_w d$)

ولا يقل عن $1.4 b_w d / f_y$ (في النظام المتري $\frac{14 b_w d}{f_y}$)، وأن لا تتجاوز نسبة التسليح 0.025 . يجب أن يزود الجائز بقضيبين مستمرين على الأقل، في كل من الأعلى والأسفل.

ز-٥-٢-٢- يجب أن لا تقل طاقة تحمل الجائز للعزم الموجب عند وجه العقدة، عن نصف طاقة تحمل الجائز للعزم السالب عند ذلك الوجه للعقدة. كما لا تقل طاقة تحمل العزم الموجب أو طاقة تحمل العزم السالب لأي مقطع على إمتداد طول الجائز، عن ربع طاقة تحملها للعزم الأعظمي عند وجه كلا عقدتي العنصر.

ز-٥-٢-٣- يسمح بوصل فولاذ تسليح الانعطاف بالتراكب (lap splice)، فقط عندما تكون الاساور في منطقة الوصل حلزونية أو مغلقة (hoop)، ويكون تباعد الاساور في منطقة الوصل بالتراكب، الأصغر من: d/4 أو 100mm . يجب أن لا يتم وصل فولاذ التسليح بالتراكب:

أ - داخل العقدة؛

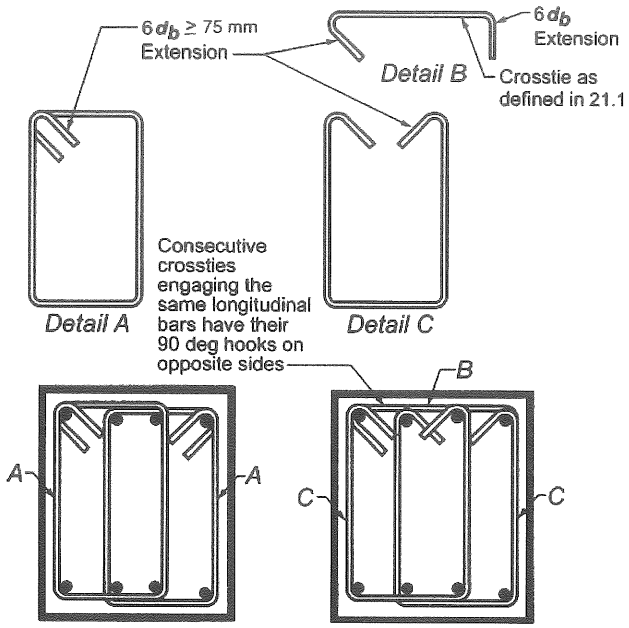
ب- في المنطقة المحددة بضعفي ارتفاع الجائز ابتداء من وجه العقدة؛

ج- في المواقع التي يبين التحليل إمكانية حصول مفاصل لدنة فيها نتيجة انتقالات جانبية غير مرنة في الاطار.

ز-٥-٢-٤- يجب أن تنسجم الوصلات الميكانيكية مع الوارد في البند (ز-١-٦) وأن تنسجم وصلات اللحام مع الوارد في البند (ز-١-٧).

ز-٥-٣- التسليح العرضي:

تتبع الحاجة للأساور العرضية من ضرورة تطويق (إحاطة) الخرسانة، والمحافظة على سند عرضي لقضبان التسليح، في المنطقة المحتمل أن يحصل فيها خضوع. يبين الشكل (ز-٦) أمثلة للأساور المناسبة للعناصر المنعطفة في الإطارات.



الشكل (ز-٦): أمثلة للأساور المتراكبة

ز-٥-٣-١- يجب ان تزود المناطق الآتية من عناصر الاطار بأساور مغلقة:

أ – تُزود نهايتا الجائز بأساور مغلقة (hoops) ابتداءً من وجه العقدة، ولمسافة لا تقل عن ضعفي ارتفاع الجائز، باتجاه وسط الجائز.

ب- على مسافة تساوي ضعفي ارتفاع الجائز، على جانبي المقطع الممكن حصول مفاصل لدنة فيه، نتيجة انتقالات جانبية غير مرنة في الاطار.

ز-٥-٣-٢- توضع أول اسوارة مغلقة على مسافة لا تزيد على 50mm من وجه استناد العنصر وبحيث لا يزيد تباعد الأساور المغلقة هذه، على الأصغر من القيم الآتية:

أ – ربع الارتفاع الفعال للجائز.

ب- ثمان مرات أصغر قطر لفولاذ التسليح الطولي.

ج- 24 مرة قطر الإسوارة المغلقة.

د- 300mm . (ينصح بتخفيض هذا التباعد إلى 200 mm).

ز-٥-٣-٣- عندما تكون الاساور المغلقة مطلوبة، فإن التسليح الطولي على المحيط، يجب أن يتم ربطه بأساور لمنع تحنيبه بطريقة مماثلة لتسليح الأعمدة.

ز-٥-٣-٤- حيث الأساور المغلقة غير مطلوبة، فيجب وضع أساور مع عكفات زلزالية على طرفي الجائز، بتباعد لا يزيد على d/2 (نصف العمق الفعال للجائز) على كامل طول الجائز.

ز-٥-٣-٥- يجب أن تكون الأساور المقاومة للقص على شكل أساور مغلقة، ضمن طول من العنصر وفقاً لما ورد في الفقرة (ز-٥-٣-١).

ز-٥-٣-٦- يمكن السماح بتشكيل الأساور في العناصر المنعطفة، من قطعتين: إسوارة ذات عكفات مقاومة للزلازل عند كلا الطرفين، ويتم إغلاقها بواسطة ربطة عرضية. يجب أن يكون للربطات العرضية المتتالية، والتي تعمل على القضيب الطولي ذاته، عكفات بزاوية 90 درجة بالتناوب على العنصر المنعطف. أما إذا كانت قضبان التسليح الطولية المحاطة بالربطات العرضية مقيدة ببلاطة عند طرف واحد فقط من العنصر المنعطف من الإطار، عندها يجب أن تكون عكفات الـ 90 درجة في الربطة العرضية عند ذلك الطرف.

ز-٥-٤- متطلبات مقاومة القص:

ز-٥-٤-١- القوى التصميمية:

يجب تحديد قوة القص التصميمية V_e من الأخذ بالحسبان، القوى الستاتيكية المطبقة على كامل طول العنصر بين أوجه العقد، حيث يُفترض أن العزوم بإشارات متعاكسة، مطابقة لمقاومة العزم المحتمل M_{pr}، تؤثر على أوجه العقدة، وأن العنصر محمل بالأحمال الشاقولية المصعدة الواصلة إليه، على طول مجازه.

يجب أن تكون قوة القص التصميمية تقريب جيد للقص الأعظمي الذي يمكن أن يحصل في العنصر. وهكذا فإن المقاومة المطلوبة للقص بعناصر الإطار، مرتبطة بمقاومة الإنعطاف للعنصر المدروس، أكثر من ارتباطها بقيمة القص المصعّد الناتج عن التحليل للقوى العرضية. يُبين الشكل (ز-٧) هذه الشروط.

ز-٥-٤-٢- التسليح العرضي:

يجب، عند تحديد التسليح العرضي المقاوم للقص على أطوال العنصر، والمشار إليها في الفقرة (ز-٥-٣-١)، إهمال مساهمة الخرسانة في تحمل القص ($V_C = 0$) عند توفر الشرطين الآتيين:

أ - لا تقل قوة القص الناتجة عن تأثير الهزات الأرضية والمحسوبة حسب الفقرة (ز-٥-٤-١) عن 50% من القص الأعظمي في هذه المنطقة.

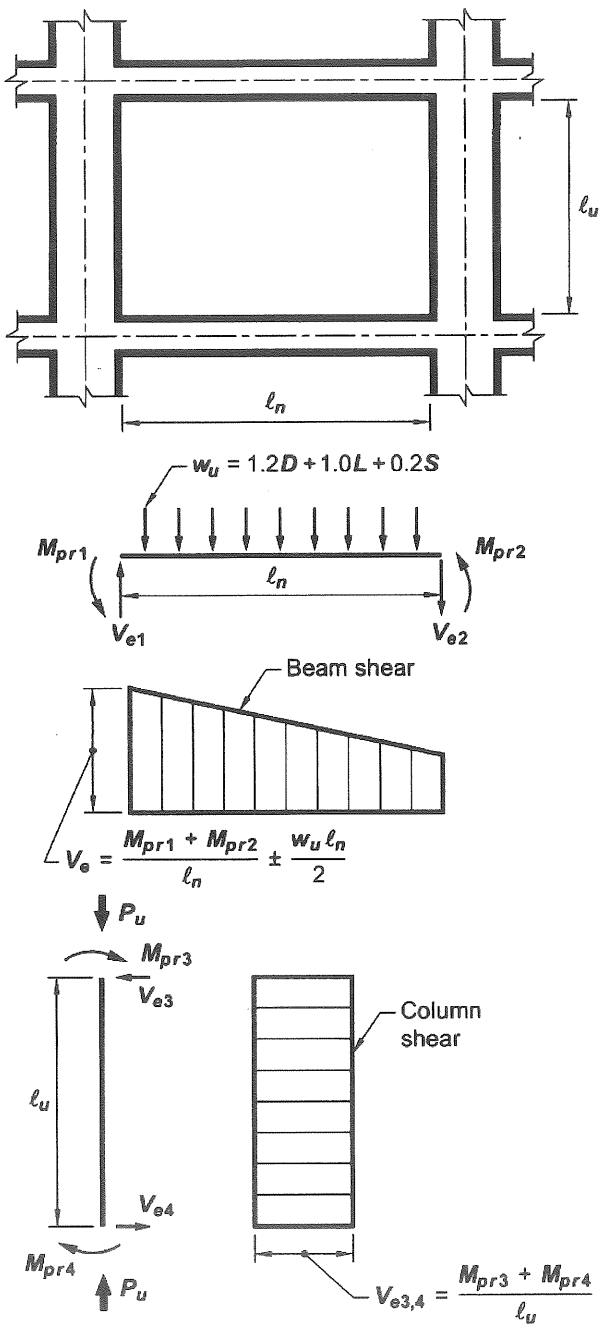
ب- أن لا تزيد قوة الضغط المحورية المصعدة P_u (شاملة تأثير الهزة الأرضية) على المقدار $A_g f'_c/20$.

ملاحظات على الشكل:

١- يعتمد اتجاه قوة القص V_e على القيمة النسبية للأحمال الشاقولية والقص الناتج عن العزوم الطرفية.

٢- العزم المحتمل M_{pr} هو العزم عندما يصل إجهاد الشد في فولاذ التسليح إلى $1.25\ f_y$ (حيث f_y هي حد الخضوع لفولاذ التسليح) ويجب الأخذ بالحسبان تطبيق العزمين مرة مع عقارب الساعة ومرة عكس ذلك.

٣- ليس من الضروري أن يتجاوز العزم M_{pr} في نهايتي العمود العزم المحتمل أن يحصل من الجوائز الملتقية في العقدة. وفي جميع الأحوال يجب ألا يقل V_e التصميمي عن القص المصعّد الناتج عن تحليل المنشأة.



الشكل (ز-٧): قوى القص التصميمية للجوائز والأعمدة

ز-٦- عناصر الإطارات الخاصة المقاومة للعزوم المعرضة لعزم انعطاف وقوة محورية:

ز-٦-١- المجال:

يتم تطبيق اشتراطات هذا البند على عناصر الإطارات الخاصة المقاومة للعزوم التي تساهم في الجملة المقاومة للزلازل، التي تقاوم حمل محوري مصعد P_u ، تحت أي حالة من تراكيب الأحمال، تتجاوز $A_g f'_c/10$ ، على أن تحقق هذه العناصر إضافة لذلك، الاشتراطات الواردة في الفقرتين (ز-٦-١-١) و (ز-٦-١-٢).

ز-٦-١-١- لا يقل البعد الأقصر في مقطع العنصر مقاساً كخط مستقيم يمر من مركز شكل العنصر عن 300mm .

ز-٦-١-٢- لا تقل نسبة بعد الطول الأقصر للمقطع العرضي إلى طول البعد المتعامد معه عن 0.4

ز-٦-٢- المقاومة الدنيا للانعطاف في الأعمدة:

ز-٦-٢-١- يجب إن تحقق مقاومة الانعطاف لأي عمود صُمم لمقاومة قوة ضغط محورية أكبر من $\frac{Ag.f'_c}{10}$ الاشتراطات الواردة في الفقرتين (ز-٦-٢-٢) و (ز-٦-٢-٣).

ز-٦-٢-٢- يجب أن تحقق مقاومة الانعطاف للأعمدة المعادلة (ز-١) الآتية:

$$\Sigma M_{nc} \geq (1.2)\Sigma M_{nb} \quad \text{.....} \quad (ز-١)$$

حيث:

ΣM_{nc} هو مجموع المقاومات الاسمية لعزوم الأعمدة أعلى وأسفل العقدة، محسوبة قيمها عند وجه العقدة. كما ويتم حساب المقاومة الاسمية للعزم في العمود مع الأخذ بالحسبان الحمولة المحورية المصعدة المتوافقة مع اتجاه دراسة العقدة والتي تعطي أصغر قيمة للمقاومة العزمية للعمود.

ΣM_{nb} هو مجموع المقاومات الاسمية للعزوم في الجوائز الموصولة مع العقدة والمحسوبة قيمها عند وجه العقدة. في حالة المقطع للجائز بشكل حرف T (أو حرف L)، حيث البلاطة مشدودة في حالة العزم عند وجه العقدة، يتم إضافة تسليح البلاطة (والذي يقع ضمن عرض فعال للبلاطة يساوي نصف عرض جناح الجائز بشكل حرف T أو L الوارد في

الباب السابع من هذا الكود)، إلى تسليح الجائز العلوي ويفترض مساهماً في M_{nb}، بشرط توفر إرساء سليم لتسلسح البلاطة، بحيث يصل لحد الخضوع عند المقطع الحرج للعزم.

يتم حساب جميع المقاومات العزمية مع مراعاة أن تكون العزوم في الأعمدة معاكسة للعزوم في الجوائز. كما يجب تحقيق المعادلة (ز-١) لعزوم الجوائز في الاتجاهين في المستوي الشاقولي للإطار المدروس.

ز-٦-٢-٣ إذا كانت شروط الفقرة (ز-٦-٢-٢) غير محققة في عقدة ما، يجب إهمال مقاومة وصلابة الأعمدة الموصولة معها عند حساب مقاومة وصلابة المنشأة، على أن تحقق هذه الأعمدة الاشتراطات الواردة في الفصل (ز-١٣).

ز-٦-٣- التسليح الطولي:

ز-٦-٣-١- يجب أن لا تقل نسبة التسليح الطولي الكلي A_{st} عن $0.01A_g$ (واحد بالمائة من مساحة العمود) وأن لا تزيد على النسب المحددة في الباب السابع من هذا الكود (البند (٧-١-٢)).

ز-٦-٣-٢- يجب أن تحقق الوصلات الميكانيكية الاشتراطات الواردة في البند (ز-١-٦)، كما يجب أن تحقق الوصلات باللحام البند (ز-١-٧). الوصل بالتراكب مسموح فقط إذا كان متوضع في النصف الوسطي من العنصر، كما يجب أن يحسب على انه طول تراكب مشدود، ويجب تطويقه بأساور عرضية كما في الفقرتين (ز-٦-٤-١) و (ز-٦-٤-٣).

ز-٦-٤- التسليح العرضي:

ز-٦-٤-١- يوضع التسليح العرضي المطلوب في الفقرات (ز-٦-٤-٢) حتى (ز-٦-٤-٤) على طول l_o أعلى وأسفل العقدة، وعلى أطراف أي مقطع يُتوقع حدوث خضوع في تسليحه، ناتجاً عن التشوه اللا مرن للإطار.

يجب إن لا يقل طول l_o عن الأكبر من الحالات الآتية :

أ - عمق العنصر عند وجه العقدة أو عند المقطع الذي يحتمل وصول إجهاد التسليح فيه إلى حد الخضوع .

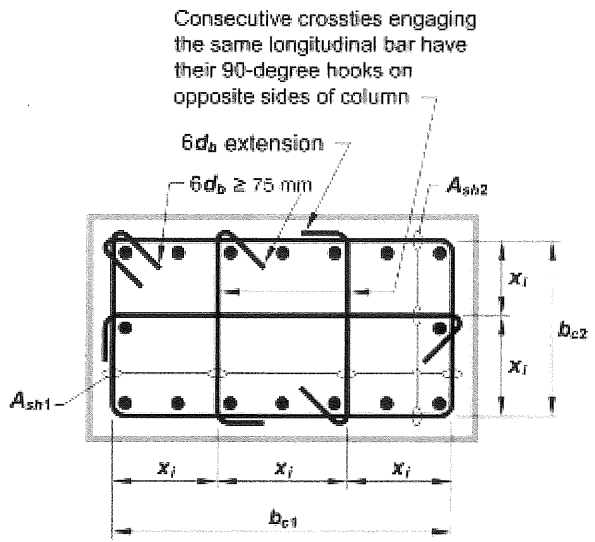
ب- سُدس (1/6) الطول (أو الارتفاع) الصافي للعنصر l_n /6.

ج- 450 mm.

ز-٦-٤-٢- يجب تأمين تسليح عرضي بواسطة أساور حلزونية أو دائرية أو مستطيلة (hoops)، مع أو بدون روابط عرضية (دبابيس، شناكل). يمكن استعمال دبابيس بقطر الأساور ذاته أو

اصغر، على أن يكون كل طرف دبوس، يربط قضيب تسليح طولي. يمكن للدبابيس المتتالية أن تتناوب في نهاياتها على طول قضيب التسليح الطولي. يجب أن لا يتجاوز التباعد بين الدبابيس أو أذرع الأساور h_x (ضمن مقطع العنصر) المسافة 300mm .

يبين الشكل (ز-٨) مثالاً للتسليح العرضي، مكون من إسوارة محيطية وثلاثة شناكل (دبابيس). لا تكون الشناكل (الدبابيس) ذات العكفات 90 درجة فعالة مثل الشناكل (الدبابيس) ذات العكفات 135 درجة أو الأساور المحيطية في الإحاطة.



The dimension x_i from centerline to centerline of tie legs is not to exceed 350 mm . The term h_x used in equation 21-2 is taken as the largest value of x_i .

الشكل (ز-٨): مثال يبين التسليح العرضي في الأعمدة

ز-٦-٤-٣- يجب أن لا يتجاوز تباعد التسليح العرضي في العمود، بدءا من وجه الوصلة ولمسافة l_o من العنصر، الأصغر من القيم الآتية :

أ - رُبع أصغر بُعد للعنصر.

ب- ستة أضعاف أصغر قطر لقضيب تسليح طولي.

ج- المسافة S_0 كما هي محددة في المعادلة (ز-٢)، حيث:

$$s_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3}\right)$$

..... (ز-٢)

(في النظام المتري: $s_o = 10 + (35 - h_x)/3$)

وبحيث لا تتجاوز قيمة S_0 الـ 150mm ولا تقل عن 100mm .

(في النظام المتري $10\ cm \le s_o \le 15\ cm$).

ز – ٦–٤–٤- يجب تأمين كمية التسليح العرضي الوارد في البندين (أ) و(ب) الآتيين، إلا إذا تطلب البند (ز–٦–٥) تسليحاً أكبر:

أ – يجب أن لا تقل النسبة الحجمية ρ_s للأساور المطوقة الحلزونية أو الدائرية، عن النسبة المطلوبة في المعادلة (ز–٣):

$$\rho_s = 0.12\frac{f_c'}{f_{yt}}$$

..... (ز-٣)

وعلى أن لا تقل عن النسبة المطلوبة في المعادلة (ز–٣–أ):

$$\rho_s = 0.45\left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1\right)\frac{f_c'}{f_{yt}}$$

..... (ز-٣-أ)

ب– يجب أن لا يقل لا تقل المساحة الكلية لمقطع تسليح الأساور A_{sh} عن القيمة الأكبر مما تعطيه المعادلتين (ز–٤) و (ز–٥) الآتيتين:

$$A_{sh} = 0.3\frac{sb_c f_c'}{f_{yt}}\left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}}\right) - 1\right]$$

..... (ز–٤)

$$A_{sh} = 0.09\frac{sb_c f_c'}{f_{yt}}$$

..... (ز–٥)

ز–٦–٤–٥– خارج مجال الطول l_o الذي تم تحديده في الفقرة (ز–٦–٤–١)، يجب أن يحقق العمود اشتراطات التسليح العرضي الواردة في هذا الكود، على أن لا يزيد التباعد (s) بين محاور الأساور على الأصغر من:

– ستة أضعاف قطر أصغر قضيب للتسليح الطولي، أو:

– 150mm؛ إلا إذا تطلبت الفقرات (ز–٦–٣–٢) و (ز–٦–٥) تسليحاً أكبر من ذلك.

ز–٦–٤–٦– يجب أن تحقق الأعمدة الحاملة لردود أفعال عناصر صلبة غير مستمرة، كجدران قصية، الشرطين الآتيين:

أ – يجب تأمين تسليح أفقي على ارتفاعات الأعمدة (في جميع المستويات) تحت العنصر المتوقف، كما ورد في الفقرات (ز–٦–٤–٢) حتى (ز–٦–٤–٤) وذلك إذا كانت قوة الضغط

المصعدة المطبقة عليه، والناتجة من أثر الزلازل، تزيد على $A_g f'_c/10$. في حال تم تكبير الأحمال التصميمية بالعامل Ωo (لتأخذ في الحسبان المقاومة الزائدة overstrength)، عند تصميم الجملة المقاومة للزلازل، يجب تكبير قيمة $A_g f'_c/10$ إلى $A_g f'_c/4$.

ب- يجب أن يمتد التسليح العرضي للعمود، ضمن العنصر المتوقف، كحد أدنى لطول ℓ_d لأكبر قطر قضيب تسليح طولي، حيث تحسب ℓ_d من البند (ز-٧-٥). في حال كان الطرف السفلي للعمود يستند على جدار، يجب أن يمتد التسليح العرضي لطول ℓ_d داخل هذا الجدار، حيث تحسب لقضيب التسليح الأكبر في العمود، عند نقطة انتهاء التسليح الطولي. عندما ينتهي العمود في أساس أو حصيرة، يجب أن يمتد التسليح العرضي المطلوب لمسافة لا تقل عن 300mm ضمن الأساس أو الحصيرة.

ز-٦-٤-٧- إذا تجاوزت سماكة الغطاء الخرساني خارج المنطقة المطوقة بالتسليح العرضي 100mm، يجب تأمين تسليح عرضي إضافي بحيث لا يتجاوز الغطاء الخرساني للتسليح العرضي الإضافي 100mm، ولا يتجاوز التباعد بين الأساور الإضافية 300mm .

ز-٦-٥- اشتراطات مقاومة القص:

ز-٦-٥-١- قوى التصميم

يجب حساب قوى القص التصميمية V_e، باعتماد القوى الأعظمية الممكن تشكلها عند أوجه العقدات، في نهايات كل عنصر. تُحسب القوى عند العقدة، بالاعتماد على مقاومة الانعطاف المحتملة M_{pr} عند نهاية العنصر، والمترافقة مع مجال القوى المحورية المصعدة P_u، المطبقة على هذا العنصر. لا داعي لأن يتجاوز القص في هذه العناصر قيمة القص الناتجة من مقاومة الانعطاف للعناصر العرضية (الجوائز)، المتصلة مع العقدة والمحسوبة على أساس M_{pr} . (تُحسب M_{pr} في الشكل (ز-٧) باعتماد إجهاد $1.25\ f_y$ ومعامل خفض المقاومة $\Omega = 1$).

يجب أن لا يقل القص V_e في العناصر، بأي حال من الأحوال، عن القص المصعد الناتج من تحليل المنشأة أو الإطار.

ز-٦-٥-٢- التسليح العرضي:

يجب حساب التسليح العرضي على الطول ℓ_o والمعرف بالفقرة (ز-٦-٤-١)، باعتماد $V_c = 0$ في حال حدوث الشرطين .الآتيين معاً:

أ - عندما تكون قوى القص الناتجة عن تأثير الزلازل في العنصر والمحسوبة وفقاً للفقرة (ز-٦-٥-١) تساوي نصف أو أكثر من مقاومة القص المطلوبة في منطقة تكثيف الأساور ℓ_o.

ب- عندما تكون قيمة القوى المحورية الضاغطة Pu، بما فيها أثر الزلازل، أقل من $A_g f'_c/20$.

ز-٧- القص في عقد الإطارات الخاصة المقاومة للعزوم:

ز-٧-١- المجال:

تطبق اشتراطات هذا الفصل (ز-٧) على عقد الإطارات الخاصة المقاومة للعزوم، التي تشكل جزءاً من الجملة المقاومة للزلازل.

ز-٧-٢- اشتراطات عامة:

ز-٧-٢-١- تحسب القوى في التسليح الطولي للجوائز عند أوجه العقد، بافتراض أن إجهاد التسليح الناتج عن الانعطاف هو $1.25f_y$.

ز-٧-٢-٢- يجب أن يستمر التسليح الطولي الذي ينتهي ضمن العمود، حتى الوجه البعيد للجزء المطوق لنواة العمود، على أن يحسب طول الإرساء في الشد، وفق البند (ز-٧-٥) وفي الضغط كما ورد في الباب ١١ من هذا الكود.

ز-٧-٢-٣- عندما يمتد التسليح الطولي للجائز، في عقدة عمود-جائز، يجب أن لا يقل بعد العمود الموازي لتسليح الجائز عن 20 مرة أكبر قطر لقضيب التسليح الطولي للجائز.

ز-٧-٣- التسليح العرضي:

ز-٧-٣-١- يجب إن يحقق التسليح العرضي في العقد إما شروط الفقرة (ز-٦-٤-٤-أ) أو الفقرة (ز-٦-٤-٤-ب)، كما يجب أن تحقق الشروط (ز-٦-٤-٢) و (ز-٦-٤-٣) و (ز- ٦-٤-٧) عدا الحالات المسموح بها بالفقرة (ز-٧-٣-٢).

ز-٧-٣-٢- يمكن تخفيض شروط التسليح الواردة في الفقرتين (ز-٦-٤-٤-أ) و (ز-٦-٤-٤-ب) إلى نصف قيمها، إذا كان كل جائز من الجوائز الموصولة مع العقدة من أطرافها الأربعة، يغطي ثلاثة أرباع عرض العمود، كما ويمكن زيادة الحد الأدنى لتباعد الأساور المطلوب في الفقرة (ز-٦-٤-٣) إلى 150mm في الحالة ذاتها، وذلك ضمن العمق الكلي h للجائز الأصغر عمقاً في الوصلة.

ز-٧-٣-٣- في حال الجوائز الأعرض من العمود، يجب تطويق تسليحها الطولي، الذي لا يمر من خلال الجزء المطوق للعمود (نواة العمود)، وذلك بتسليح عرضي يمر من خلال العمود، ويحقق

الاشتراطات الواردة في الفقرة (ز-٥-٣-٢)، واشتراطات الفقرتين (ز-٥-٣-٣) و (ز-٥-٣-٦)، وذلك إذا كان هذا التطويق غير مؤمن من قبل الجائز الموصول مع العقدة بالاتجاه المتعامد معه.

ز-٧-٤- مقاومة القص:

ز-٧-٤-١- يجب أن لا تتجاوز المقاومة الاسمية للقص (V_n) في العقدة القيم الآتية:

- عقدة مطوقة (محصورة) من أربعة أطراف $1.7\sqrt{f'_c}\,A_j$ (وفي النظام المتري ($5.3\sqrt{f'_c}\,A_j$)).
- عقدة مطوقة من ثلاثة أطراف أو من طرفين متقابلين $1.2\sqrt{f'_c}\,A_j$ (وفي النظام المتري ($4\sqrt{f'_c}\,A_j$)).
- باقي الحالات $1.0\sqrt{f'_c}\,A_j$ (وفي النظام المتري ($3.2\sqrt{f'_c}\,A_j$)).

يمكن افتراض أن أي عنصر موصول مع العقدة مطوقاً (حاصراً) لها، إذا كان عرضه يغطي على الأقل ثلاثة أرباع وجه العقدة.

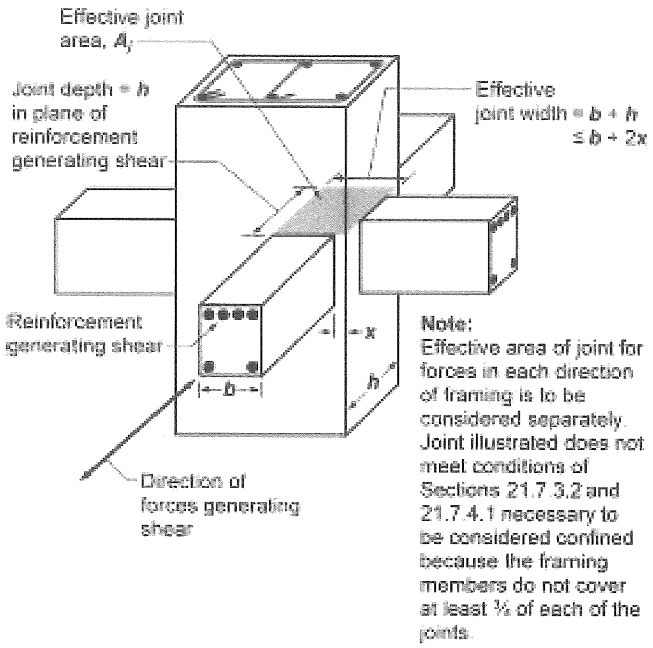
- يمكن افتراض أن امتداد أي جائز لمسافة اكبر من عمقه الكلي h كجائزاً مطوقاً للعقدة.
- إن امتداد الجوائز يجب إن يحقق اشتراطات الفقرات (ز-٥-١-٣) و (ز-٥-٢-١) و (ز-٥-٣-٢) و (ز-٥-٣-٣) و (ز-٥-٣-٦).
- تُعد العقدة مطوقة، إذا كانت العناصر الموصولة معها مطوقةً لها من أطرافها الأربعة.

A_j: هي مساحة المقطع العرضي (الأفقي) الفعال للعقدة، ويحسب كجداء لعمق العقدة في عرضها الفعال، كما هو مبين في الشكل (ز-٩). لا يجوز أن تكون A_j أكبر من مساحة المقطع العرضي للعمود.

- يعرف عمق العقدة على أنه العمق الكلي للعمود **h**، وعرض العقدة الفعال على أنه العرض الكلي للعمود، إلا عندما يتصل الجائز مع عمود أعرض منه فيؤخذ عرض العقدة الفعال القيمة الأصغر مما يلي :

أ- عرض الجائز مضافاً إليه عمق العقدة .

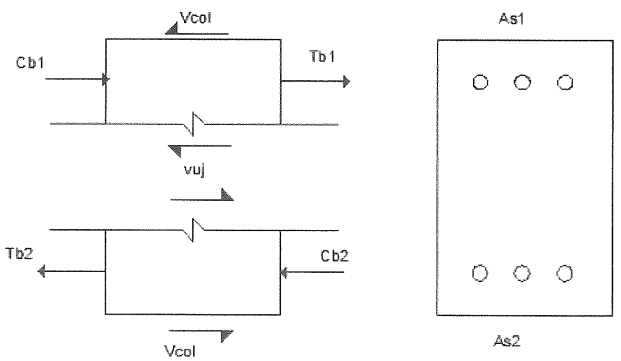
ب- ضعفي المسافة المتعامدة الأصغر من محور الجائز الطولي إلى طرف العمود.



الشكل (ز-٩) المساحة الفعالة للعقدة

يُحسب القص المطبق على العقدة من المعادلة الآتية:

$$Vuj = Tb1 + Cb2 - Vcol$$

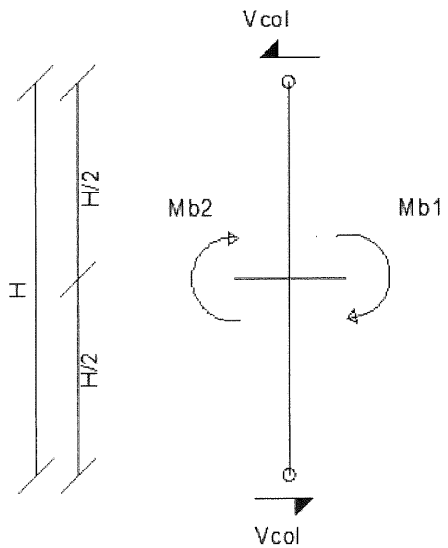


حيث:

$$Tb1 = Cb1 = As1.\propto.fy$$
$$Tb2 = Cb2 = As2.\propto.fy$$
$$\propto = 1.25$$

$Vcol$ هي قيمة القص في العمود، محسوب من المعادلة الآتية:

$$Vcol = \frac{\propto (Mb1 + Mb2)}{H}$$



حيث H هي طول العمود من وسطي الطابقين أعلى وأسفل العقدة المدروسة.

ز-٧-٥- طول الإرساء لقضبان التسليح المشدودة :

ز-٧-٥-١- من أجل القضبان من قطر 10mm إلى قطر 32mm ، يجب أن يكون طول الإرساء l_{dh} من أجل القضبان ذات العكفات 90° النظامية لا يقل عن ثمانية مرات قطر القضيب، أو 150mm أو قيمة l_{dh} المحسوبة من العلاقة (ز-٦):

$$\ell_{dh} = \frac{f_y d_b}{5.4\sqrt{f'_c}} \quad \text{.....} \quad (ز-٦)$$

(وفي النظام المتري:

$$\ell_{dh} = \frac{f_y d_b}{17.2\sqrt{f'_c}}$$

)

على أن تكون العكفة 90° متوضعة داخل النواة المطوقة في العمود، أو في العنصر الطرفي (boundary element).

ز-٧-٥-٢- من أجل القضبان قطر 10mm إلى قطر 32mm ، ودون عكفات، يجب أن لا يقل طول الإرساء عن القيمة الأكبر من:

أ - 2.5 مرة طول الإرساء المطلوب في الفقرة (ز-٧-٥-١) فيما إذا كان عمق الخرسانة المصبوبة تحت قضيب التسليح لا يتجاوز 300mm .

ب- 3.25 مرة طول الإرساء المطلوب في الفقرة (ز-٧-٥-١) فيما إذا كان عمق الخرسانة المصبوبة تحت قضيب التسليح أكبر من 300mm.

ز-٧-٥-٣- يجب أن تستمر قضبان التسليح المستقيمة المنتهية في العقدة، حتى النواة المطوقة في العمود، أو في العنصر الطرفي. يجب تكبير أي جزء من طول الإرساء، لا يقع ضمن النواة المطوقة بمعامل قدره 1.6 .

ز-٧-٥-٤- في حال استعمال قضبان تسليح مغلفة بالإيبوكسي، يتم تكبير أطوال الإرساء المحسوبة في البنود (٧-٥-١) حتى (٧-٥-٣) بالمعاملات المناسبة، وتؤخذ من المراجع المختصة مثل المرجعين 2 و 3

ز-٨- الإطارات الخاصة المقاومة للعزوم المشيدة من الخرسانة السابقة الصب:

إن موضوع المنشآت الخرسانية السابقة الصب هو خارج مجال هذا الكود، ويمكن الرجوع للكودات وللمراجع المختصة بهذا الموضوع.

ز-٩- جدران القص الخاصة وجوائز الربط بين الجدران :

Special Structural Walls and Coupling Beams

ز-٩-١- المجال:

تطبق اشتراطات هذا الفصل (ز-٩) على الجدران القصية المصبوبة في المكان، أو السابقة الصنع وعلى جوائز الربط، والتي تشكل جزءاً من الجملة المقاومة للزلازل.

ز-٩-٢- التسليح:

ز-٩-٢-١- يجب أن لا تقل نسب التسليح الموزع في الجسد (ρ_l و ρ_t) عن 0.0025، (حيث تمثل ρ_l نسبة مساحة التسليح العرضي (الأفقي) إلى مساحة المقطع الكلي للخرسانة العمودي على هذا التسليح، و ρ_t نسبة مساحة التسليح الطولي في الجدار إلى مساحة مقطع الخرسانة العمودي على هذا التسليح) إلا إذا كانت قوة القص المصعدة V_u لا تتجاوز $0.083A_{cv}\lambda\sqrt{f'_c}$ ، (وفي النظام المتري $0.27A_{cv}\lambda\sqrt{f'_c}$).

حيث تمثل:

V_u : قوة القص المصعدة،

A_{cv} : مساحة مقطع الخرسانة، والمساوي إلى جداء ارتفاع الجدار بالعرض الكلي للجدار.

f'_c : المقاومة المميزة للخرسانة..

λ : معامل أقل من الواحد يؤخذ في حال استعمال البيتون الخفيف (Lightweight concrete)، وفي حال استعمال البيتون العادي تكون قيمة (λ) مساوية إلى الواحد.

ويجب أن لا يزيد التباعد بين قضبان التسليح بالاتجاهين على 300mm، ويجب أن يكون تسليح القص المشارك في مقاومة V_n مستمراً و موزعاً على مستوى القص.

ز-٩-٢-٢ - يجب استعمال شبكتين من التسليح في الجدار إذا كانت قيمة V_u تزيد على $0.17A_{cv}\lambda\sqrt{f'_c}$ ، (وفي النظام المتري ($0.53A_{cv}\lambda\sqrt{f'_c}$)).

ز-٩-٢-٣- يجب أن يستمر التسليح في الجدار (أو يتم وصله بالتراكب) بافتراضه مشدوداً، وإجهاد الشد فيه وصل إلى f_y ، وفقاً للباب ١١، من هذا الكود، ما عدا:

أ - في المواقع حيث يمكن أن يتلدن التسليح الطولي بسبب الانتقالات الجانبية، فإن طول التثبيت للتسليح الطولي، يجب أن يساوي *1.25* مرة طوله في حالة الشد، عند بلوغ الإجهاد حالة الخضوع f_y.

ب- يجب أن يحقق الوصل الميكانيكي للتسليح متطلبات البند (ز-١-٦) والوصل باللحام البند (ز-١-٧).

ز-٩-٣- القوى التصميمية:

يتم تحديد قيمة القص التصميمي V_u من التحليل الإنشائي، تحت تأثير الأحمال الأفقية، وفقاً لتراكيب الأحمال المصعدة، ومع ذلك فيجب الأخذ بالحسبان احتمال وصول بعض الأجزاء إلى حد الخضوع، مثلاً جزء الجدار المحصور بين نافذتين، ففي هذه الحالة فإن القص الفعلي يمكن أن يزيد على القص الناتج عن التحليل الإنشائي للقوى الأفقية، اعتماداً على القوى التصميمية المصعدة.

ز-٩-٤- مقاومة القص:

ز-٩-٤-١- تحسب مقاومة القص الاسمية V_n للجدران القصية من المعادلة (ز-٧) الآتية:

$$V_n = A_{cv}(\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y)$$

..... (ز-٧)

حيث العامل α_c يساوي 0.25 عندما $h_w/\ell_w \le 1.5$ ويساوي 0.17 عندما $h_w/\ell_w \ge 2.0$ ، وتتحول قيمة α_c خطياً بين 0.25 و 0.17 عندما تكون قيمة: h_w/ℓ_w بين 1.5 و 2.0 (وفي النظام المتري: $V_n = A_{cv}(\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y)$)

حيث العامل $\alpha_c = 0.80$ عندما $\frac{h_w}{\ell_w} \le 1.5$ و $\alpha_c = 0.53$ عندما $\frac{h_w}{\ell_w} \ge 2.0$.

وتتحول قيمة α_c خطياً بين 0.8 و 0.53 عندما تكون قيمة: h_w/ℓ_w بين 1.5 و 2.0). حيث تمثل:

h_w ارتفاع الجدار الشاقولي الكلي من الأسفل إلى الأعلى.

ℓ_w طول الجدار الكلي.

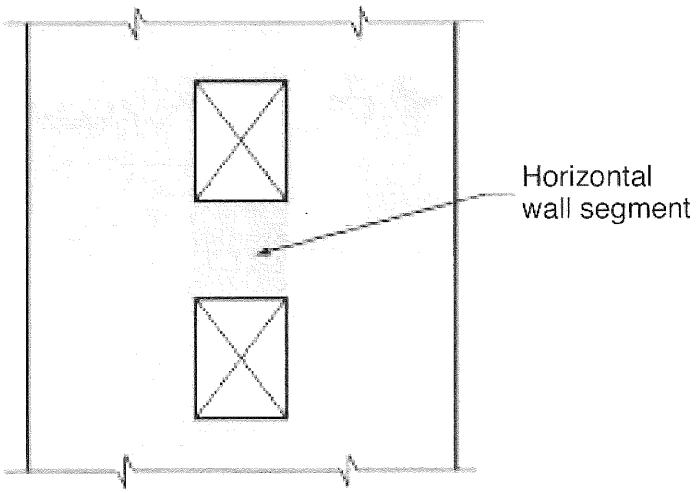
ز-٩-٤-٢- يجب أن تكون قيمة h_w/ℓ_w الواردة في الفقرة (ز-٩-٤-١) والمستعملة لتحديد V_n لجزء من الجدار، النسبة الأكبر من النسبتين الخاصتين بالجدار كله أو بجزء الجدار المدروس.

ز-٩-٤-٣- يجب أن يزود الجدار القصي بتسليح قص في الاتجاهين المتعامدين لمستوى الجدار. إن نسبة التسليح ρ_t يجب أن لا تقل عن نسبة التسليح ρ_l عندما تكون قيمة h_w/ℓ_w أقل من 2 .

ز-٩-٤-٤- يجب أن لا تزيد مقاومة القص الاسمية V_n لكل أجزاء جدار القص المساهمة في مقاومة القوى الأفقية عن ($0.66A_{cv}\sqrt{f'_c}$)، (وفي النظام المتري ($2.12A_{cv}\sqrt{f'_c}$))، حيث تمثل A_{cv} المساحة الكلية للمقطع الخرساني المحدود بثخانة الجسد وطول المقطع للجزء المدروس. هذا ويجب أن لا تزيد مقاومة القص الاسمية V_n لأي جزء (ركيزة) من الجدار *(Wall Pier)* عن $0.83A_{cw}\sqrt{f'_c}$ (وفي النظام المتري ($2.65A_{cw}\sqrt{f'_c}$))، حيث A_{cw} هي مساحة المقطع الخرساني للركيزة المدروسة.

ز-٩-٤-٥- يجب أن لا تزيد مقاومة القص الاسمية لأي جزء أفقي أو جائز رابط عن ($0.83A_{cw}\sqrt{f'_c}$)، (أو ($2.65A_{cw}\sqrt{f'_c}$ في النظام المتري)، حيث تمثل A_{cw} مساحة المقطع الخرساني للقطعة الأفقية (للجزء الأفقي) من الجدار أو للجائز الرابط. وتعرف القطعة الأفقية من الجدار بأنها القطعة الأفقية بين فتحتين فوق بعضهما (راجع الشكل (ز-

١٠))، أو بين فتحة وأعلى الجدار، أما الركيزة فهي الجزء من الجدار الواقع بين فتحتين متجاورتين أو بين فتحة وطرف الجدار.



الشكل (ز-١٠) جدار بفتحات

ز-٩-٥- التصميم لمقاومة الانعطاف والقوى المحورية:

ز-٩-٥-١- يجب أن تصمم الجدران الانشائية (جدران القص والجدران الحاملة)، أو أجزاء من هذه الجدران، المعرضة الى تأثير عزم انعطاف وحمل ناظمي في آن واحد، وفقاً للباب التاسع من هذا الكود. يجب أن يُعد فعالاً كل من الخرسانة وفولاذ التسليح الطولي، ضمن العرض الفعال للجناح والعناصر الطرفية وجسد الجدار. كما يجب أن يؤخذ بالحسبان تأثير الفتحات في الجدار.

ز-٩-٥-٢- ما لم يتم اجراء حسابات اضافية للمقاطع المجنحة، فيمتد العرض الفعال للجناح؛ من وجه الجسد، مسافة تساوي القيمة الأصغر من نصف المسافة حتى جسد الجدار المجاور، أو *25%* من كامل ارتفاع الجدار. يتم تصميم الجدران أو أجزاء الجدران وفقاً للطرائق العادية المستعملة للأعمدة، ويجب أن يتم التصميم بأخذ تأثير القوى المحورية الناظمية والقوى الأفقية.

ز-٩-٦- المقاطع الطرفية (العناصر الحدودية) لجدران القص الخاصة:

ز-٩-٦-١- يحدد مدى الحاجة لعناصر حدودية (طرفية) في طرفي الجدران القصية وفقاً للفقرتين (ز-٩-٦-٢) و (ز-٩-٦-٣)، ويجب أيضاً تحقيق متطلبات الفقرتين (ز-٩-٦-٤) و (ز-٩-٦-٥).

ز-٩-٦-٢- يُطبق هذا الملحق من الكود على الجدران، أو أجزاء الجدران المستمرة من أساسات المبنى حتى أعلى الجدار، والتي تصمم بحيث يكون لها مقطع حرج واحد للإنعطاف والقوى المحورية. و تصمم الجدران التي لا تحقق هذه المتطلبات وفقاً للفقرة (ز-٩-٦-٣).

أ - يجب أن تزود المناطق المضغوطة بعناصر طرفية (حدودية) حيث:

$$c \geq \frac{\ell_w}{600(\delta_u / h_w)} \quad \text{.....} \quad (ز-٨)$$

حيث c هو أكبر بعد للمحور السليم عن الليف المضغوط المحسوب وفقاً للقوى المحورية المصعدة وطاقة التحمل الاسمية للعزوم المنسجمة مع الانتقال δ_u. يجب ألا تقل قيمة النسبة $\frac{\delta_u}{h_w}$ عن 0.007

ب- عندما يصبح وجود عنصر طرفي (حدودي) وفقاً للفقرة (ز-٦-٢-٦) ضرورياً، عندها يجب أن يستمر التسليح شاقولياً، بدءاً من المقطع الحرج، لمسافة لا تقل عن الأكبر من: (ℓ_w) أو ($M_u/4V_u$).

ز-٩-٦-٣- يجب إضافة عناصر طرفية خاصة في نهايات الجدران، وكذلك في الأطراف حول فتحات الجدران الإنشائية (جدران القص والجدران الحاملة)، التي لا تصمم وفقاً لشروط الفقرة (ز-٩-٦-٢)، عندما تتجاوز إجهادات الضغط في الليف الأبعد من المقطع العرضي تحت تأثير تراكيب الأحمال الحاوية على تأثير الزلازل E، القيمة $0.2f'_c$. ويمكن إيقاف العنصر المحيطي عندما تصبح إجهادات الضغط في الليف الأبعد أقل من $0.15f'_c$. وتحسب الإجهادات وفقاً للقوى المصعدة باستعمال الخصائص المرنة الخطية للمقطع الكلي للجدار. بالنسبة للجدران التي تحوي أجنحة، فيحسب العرض الفعال وفقاً لفقرة (ز-٩-٥-٢).

ز-٩-٦-٤- يجب أن تحقق العناصر المحيطية المطلوبة وفقاً للفقرات (ز-٩-٦-٢) و (ز-٩-٦-٣) المتطلبات الآتية:

أ - يجب أن يستمر العنصر المحيطي أفقياً من أبعد ليف مضغوط باتجاه مركز الجدار لمسافة الأكبر من: ($c - 0.1\ell_w$) أو (c/2) حيث c هي البعد الأكبر للمحور السليم المحسوب وفقاً للقوة المحورية المصعدة، والطاقة الاسمية المترافقة مع الانتقال δ_u .

ب- في المقاطع ذات الأجنحة، يجب أن يشمل العنصر الطرفي (الحدودي) عرض الجناح الفعال في الضغط، ويمتد لمسافة لا تقل عن 300mm في جسد المقطع.

ج- يجب أن يحقق التسليح العرضي على كامل طول العنصر الطرفي (الحدودي) متطلبات الفقرة (ز-٦-٤-٢) لغاية الفقرة (ز-٦-٤-٤). يجب أن لا يزيد تباعد التسليح العرضي المحدد بالفقرة (ز-٦-٤-٣-أ) على ثلث البعد الأصغر للعنصر الطرفي.

د- يجب أن يستمر التسليح العرضي للعناصر المحيطية عند قواعد الجدران، لمسافة في المساند تساوي l_d وفقاً للفقرة (ز-٩-٢-٣)، وهو طول التثبيت لأكبر قضبان التسليح الطولي للعنصر المحيطي. أما إذا انتهى العنصر الطرفي الخاص في الحصائر أو الأساسات، يجب أن يستمر التسليح العرضي مسافة لا تقل عن 300mm ضمن الأساس أو الحصيرة.

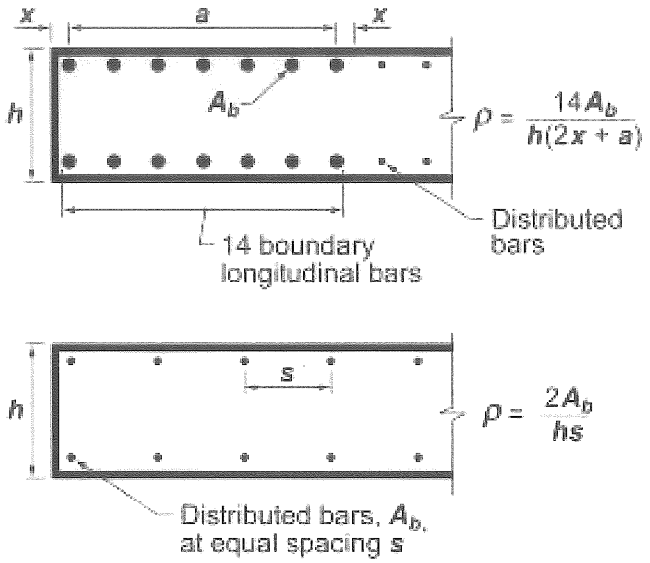
هـ- يجب أن يتم تثبيت التسليح العرضي لجسد الجدار في نواة العنصر المحيطي، كي يتمكن هذا التسليح من الوصول إلى حد الخضوع f_y.

ز-٩-٦-٥- عندما تنتفي الحاجة لعنصرين محيطيين للجدار وفقاً للفقرتين (ز-٩-٦-٢) و (ز-٩-٦-٣) فيجب تحقيق الشروط الآتية:

أ - اذا كانت نسبة التسليح الطولي في العناصر المحيطية أكبر من **$2.8/f_y$** (في النظام المتري **$28/f_y$**) فإن التسليح العرضي يجب أن يحقق متطلبات الفقرة (ز-٦-٤-٢) و (ز-٩-٦-٤-أ)، ويجب أن لا يزيد أكبر تباعد للتسليح العرضي في العناصر المحيطية عن 200mm .

ب- أما في الحالة التي تكون فيها V_u أقل من $0.083A_{cw}\lambda\sqrt{f'_c}$ (في النظام المتري $0.27A_{cw}\lambda\sqrt{f'_c}$)، فإن التسليح العرضي المنتهي عند أطراف الجدار الإنشائي غير الحاوي عناصر طرفية فيجب أن يكون للتسليح عكفات نظامية حول التسليح الطرفي (الشاقولي) أو يجب إحاطة التسليح الطرفي للجدار بأساور أفقية على شكل U لها اقطار وتباعد التسليح العرضي ذاته، لكي تتراكب مع التسليح العرضي بطول التراكب النظامي.

يمكن للأحمال الدورية (cyclic) والعكوسة (reversals)، أن تؤدي إلى تحنيب التسليح الطولي الحدودي، حتى في الحالات التي لا يتطلب فيها الوضع في محيط الجدار وجود عناصر حدودية (محيطية). في الحالات التي تحوي كميات معتدلة من التسليح الطولي الحدودي، يلزم استعمال شناكل عرضية لمنع تحنيب التسليح. تشمل نسبة التسليح الطولي فقط التسليح الموجود في حدود الجدار، كما هو مبين في الشكل (ز-١١).



الشكل (ز-١١): نسب التسليح الطولي لشروط نمطية لحدود الجدار

ز-٩-٧- جوائز الربط بين جدران القص: *Coupling Beams*

ز-٩-٧-١- يجب أن تحقق جوائز الربط $(\ell_n/h) \geq 4$ اشتراطات الفصل (ز-٥).

يمكن إهمال تحقيق اشتراطات الفقرتين (ز-٥-١-٣) و (ز-٥-١-٤)، اذا أظهر التحليل أن الجائز ذو استقرار أفقي كافٍ.

ز-٩-٧-٢- يجب استعمال مجموعتين متقاطعتين من التسليح القطري المتناظر حول منتصف المجاز في جوائز الربط التي يكون فيها $(\ell_n/h) < 2$ ، وتتعرض إلى قص مصعد يزيد على $0.33\lambda\sqrt{f'_c}\,A_{cw}$ ، (في النظام المتري $\lambda\sqrt{f'_c}\,A_{cw}$) إلا إذا تبين أن فقدان الصلابة والمقاومة لجوائز الربط لن يضعف مقاومة المنشأة للأحمال الشاقولية، أو الخروج من المنشأة. أو سلامة العناصر غير الإنشائية واتصالها مع المنشأة.

ز-٩-٧-٣- جوائز الربط التي لا تحكمها الفقرات (ز-٩-٧-١) و (ز-٩-٧-٢) يسمح بتسليحها إما بمجموعتين متقاطعتين من التسليح القطري المتناظر حول منتصف المجاز أو وفقاً للبنود (ز-٥-٢) إلى (ز-٥-٤).

ز-٩-٧-٤- عند استعمال تسليح قطري مؤلف من مجموعتين متناظرتين حول منتصف المجاز، فإن جوائز الربط يجب أن تحقق الفقرات (أ) و(ب) و (ج) أو (د). ولا تطبق اشتراطات الجوائز العميقة.

أ - تحدد مقاومة القص الاسمية V_n وفق العلاقة:

$$V_n = 2A_{vd} f_y \sin\alpha \le 10\sqrt{f'_c}\, A_{cw}$$

..... (ز-٩)

(في النظام المتري $V_n = 2A_{vd} f_y \sin\alpha \le 2.65\sqrt{f'_c}\, A_{cw}$)

حيث α هي الزاوية بين التسليح القطري والمحور الطولي لجائز الربط.

ب- كل مجموعة من التسليح القطري يجب أن تشمل كحد أدنى على أربع قضبان موضوعة في طبقتين أو أكثر. يجب أن تنتهي القضبان داخل الجدران لمسافة لا تقل عن 1.25 مرة طول التثبيت للشد للإجهاد f_y.

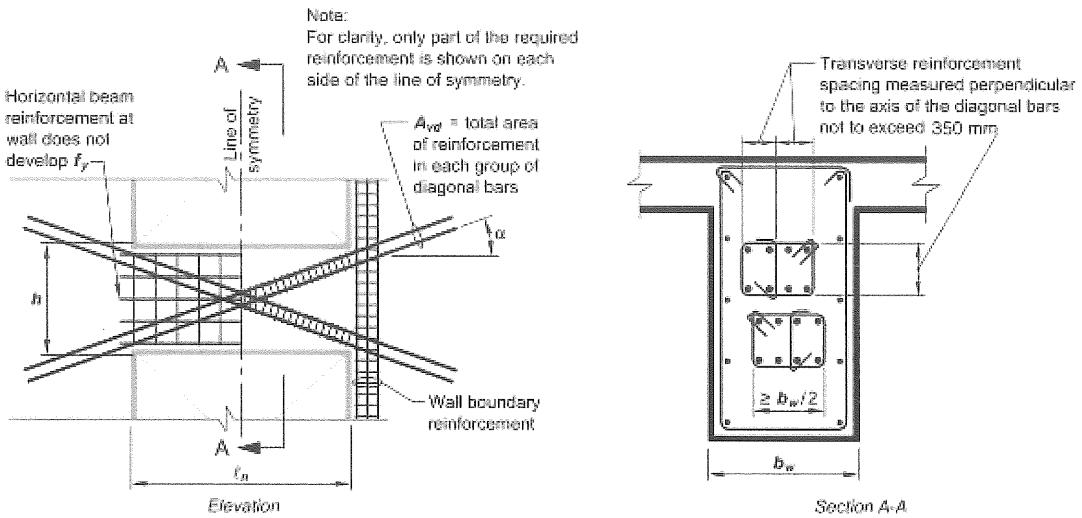
ج- يجب إحاطة كل مجموعة قضبان قطرية بتسليح عرضي لا تقل أبعاده الخارجية عن $b_w/2$ في الاتجاه الموازي إلى b_w، و $b_w/5$ في الجوانب الأخرى، حيث b_w عرض الجسد لجائز الربط. يجب أن يحقق التسليح العرضي الفقرات (ز-٦-٤-٢) و (ز-٦-٤-٤)، وأن يحقق التباعد (مقاساً على القضبان القطرية) الفقرة (ز-٦-٤-٣-ج)، وأن لا يتعدى ست مرات قطر القضبان القطرية، وأن لا يتعدى تباعد الشناكل العرضية أو ارجل الأساور المغلقة، مقاسة بشكل متعامد مع التسليح القطري المسافة 350mm . يجب أن يستمر التسليح العرضي المحقق لمتطلبات التباعد والنسبة الحجمية للتسليح العرضي على طول التسليح القطري ضمن التقاطع للقضبان القطرية. يجب توزيع تسليح طولي وقطري على محيط الجائز بقيمة إجمالية في كل اتجاه لا تقل عن: $0.002\, b_w\, s$ وبتباعد لا يتعدى 200mm .

د- يجب تزويد جائز الربط بتسليح عرضي (على كامل المقطع العرضي للجائز) بشكل يحقق الفقرتين (ز-٦-٤-٤) و (ز-٦-٤-٧) مع تباعد طولي لا يتعدى الأصغر من 150mm أو ست مرات قطر التسليح القطري، وبتباعد للشناكل العرضية وأرجل الأساور المغلقة، أفقياً وشاقولياً في مستوى المقطع العرضي لجائز الربط، لا يتعدى 200mm . يجب أن يحيط كل شنكل أو رجل إسوارة مغلقة بقضيب طولي ذي قطر مساوٍ أو أكبر. من المسموح أن تكون الأساور المعلقة بصورة مماثلة لتلك الموصفة في (ز-٥-٣-٦).

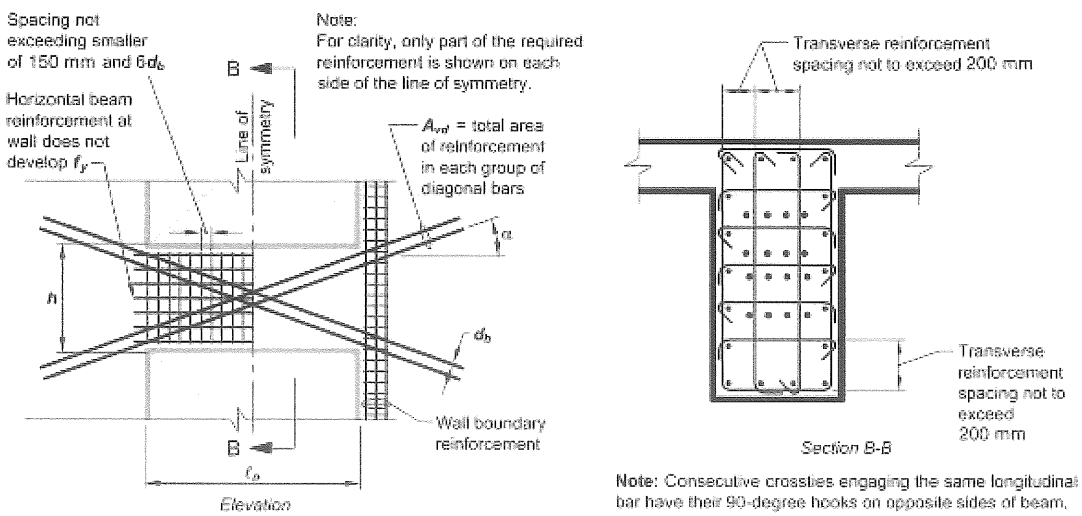
يبين الشكل (ز-١٢) خيارين من التسليح العرضي والطولي بما يتناسب مع الفقرة (ز-٩-٧-٣-ج). يتكون كل عنصر قطري من قفص من أربع قضبان قطرية على الأقل وتسليح عرضي يحصر نواةً خرسانية، كما هو مبين بالشكل (ز-١٢-أ). تكون متطلبات الأبعاد الجانبية للقفص والنواة الخرسانية تأمين قساوة واستقرار مناسبين للمقطع العرضي عندما تصل الإجهادات في القضبان لما بعد الخضوع. يمكن للأبعاد الدنيا والفراغات الصافية بين القضبان أن تتحكم بعرض الجدار. ويبين الشكل (ز-١٢-ب) خياراً آخراً

لاحتواء كامل المقطع العرضي للجائز عوضاً عن احتواء العناصر القطرية المنفردة. يسهل هذا الخيار وضع الأساور المغلقة في الموقع، خاصة عند التقاطعات لقضبان العناصر القطرية وعند دخولها في حدود الجدران.

عندما تكون جوائز الربط غير مستعملة في الجملة المقاومة للقوى العرضية، فيمكن إهمال متطلبات التسليح القطري.



(a) Confinement of individual diagonals.
Note: For clarity in the elevation view, only part of the total required reinforcement is shown on each side of the line of symmetry.



(b) Full confinement of diagonally reinforced concrete beam section.

الشكل (ز-١٢): الجوائز الرابطة التي تحوي تسليحاً قطرياً. التسليح الطرفي للنهايات جرى بيانه لجهة واحدة فقط من أجل الوضوح.

ز-١٠- الجدران الإنشائية الخاصة المشيدة من الخرسانة السابقة الصب:

إن موضوع المنشآت الخرسانية السابقة الصب هو خارج مجال هذا الكود، ويمكن الرجوع للكودات وللمراجع المختصة بهذا الموضوع.

ز-١١- الأحجبة (الديافرامات) الإنشائية والجوائز الشبكية:

Structural diaphragms and trusses

ز-١١-١- المجال:

يجب أن تصمم بلاطات الأرضيات والأسقف العاملة كأحجبة انشائية تنقل الأحمال الناتجة عن تأثير حركات الأرض الزلزالية في المنشآت المبنية في المناطق ذات المخاطر الزلزالية المرتفعة (أي في المنطقتين الزلزاليتين *3, 4*) اعتماداً على هذا الفصل (ز-١١).

ز-١١-٢- قوى التصميم:

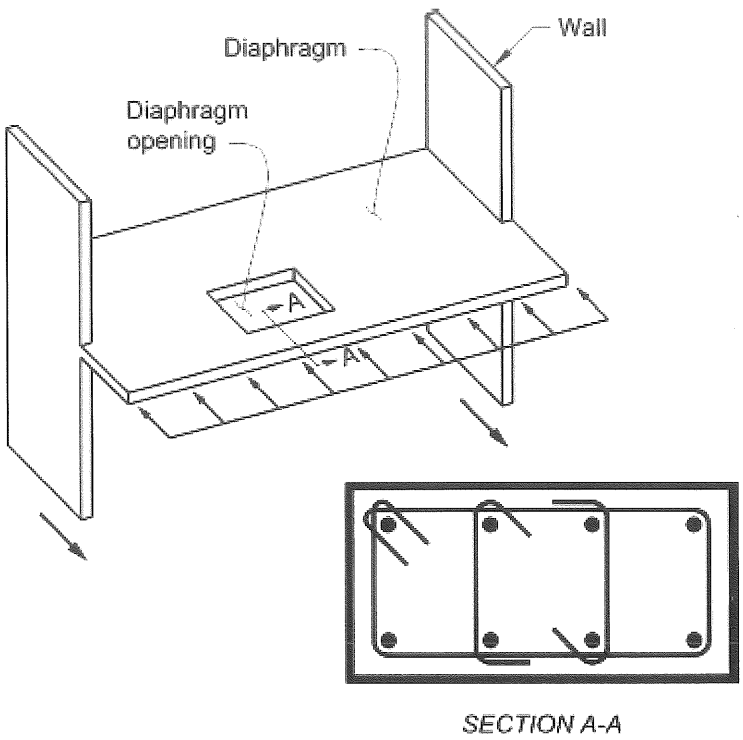
تؤخذ قوى التصميم من هذا الكود وملاحقه (خاصة الملحق ٢ الخاص بالزلازل).

ز-١١-٣- مسار الحمل الزلزالي:

ز-١١-٣-١- يجب تصميم وتفصيل جميع الأحجية (الديافرامات) ووصلاتها لتقوم بالنقل الكامل للقوى إلى العناصر المجمعة وإلى العناصر الشاقولية من الجملة الإنشائية المقاومة للزلازل.

ز- ١١-٣-٢- يجب أن تتوافق عناصر الديافرام الإنشائي المعرضة إلى القوة المحورية بصورة رئيسية والمستعملة لنقل قوى قص الديافرام وقوى عزم الانعطاف حول الفتحات ومواقع الانقطاع الأخرى مع متطلبات العناصر المجمعة الواردة في (ز-١١-٧-٥) و (ز-١١-٧-٦).

تنطبق هذه الفقرة على العناصر المضغوطة الموجودة غالباً حول الفتحات وأطراف الأحجبة والمواقع المنقطعة الأخرى، كما هو مبين في الشكل (ز- ١٣).



الشكل (ز- ١٣): مثال عن حجاب معرض لمتطلبات الفقرة (ز-١١-٣-٢) ويبين عنصراً مطوقاً كما هو مطلوب في الفقرة (ز-١١-٧-٥)

ز-١١-٤- الأحجبة المركبة المكونة من بلاطات تغطية مصبوبة بالمكان:

يمكن السماح باستعمال بلاطات التغطية المركبة المصبوبة بالمكان فوق الأرضيات أو الأسقف السابقة الصب كأحجبة (ديافرامات) انشائية، شريطة أن تكون بلاطة التغطية مسلحة وأن يكون سطح الخرسانة السابقة الصب المتصلبة التي سيتم صب بلاطة التغطية فوقها نظيفاً، وخالياً من الأوساخ ومخشناً بصورة مقصودة.

ز-١١-٥- أحجبة بلاطات التغطية المصبوبة في المكان:

يمكن السماح باستعمال بلاطات التغطية غير المركبة المصبوبة بالمكان فوق الأرضيات أو الأسقف السابقة الصب كأحجبة (ديافرامات) انشائية، شريطة أن تكون بلاطة التغطية المصبوبة في المكان مصممة ومفصلة لتقاوم وحدها القوى التصميمية الزلزالية.

ز-١١-٦- السماكة الدنيا للأحجبة:

يجب أن لا تقل سماكات البلاطات وبلاطات التغطية (المركبة) الخرسانية، العاملة كأحجبة انشائية، عن 50mm . كما يجب أن لا تقل سماكات بلاطات التغطية الخرسانية المصبوبة فوق الأرضيات أو الأسقف السابقة الصب العاملة كأحجبة انشائية والتي لا تعتمد على العمل المركب مع العناصر السابقة الصب لمقاومة القوى الزلزالية عن 70mm .

ز-١١-٧- التسليح:

ز-١١-٧-١- يجب ان لا يقل التسليح الأدنى عن ما ورد في الباب السابع للبلاطات المصمتة.

ز-١١-٧-٢- محذوفة.

ز-١١-٧-٢-٣- يجب أن يتم ارساء أو وصل جميع قضبان التسليح المستعمل لمقاومة القوى في العناصر المجمعة او القص وشد الانعطاف في الأحجبة من اجل fy في الشد.

ز-١١-٧-٤- عندما يتم استعمال الوصلات الميكانيكية لنقل القوى بين الأحجبة والعناصر الشاقولية في الجملة الإنشائية المقاومة للزلازل، فيلزم أن تكون الوصلات من النوع ٢.

ز-١١-٧-٥- يجب أن تحوي العناصر المجمعة، التي تزيد إجهادات الضغط فيها على $0.2f_c'$ في أي مقطع، تسليحاً عرضياً يحقق متطلبات الفقرة (ز-٩-٦-٤-ج) على طول العنصر. يمكن إيقاف هذا التسليح العرضي الخاص في المقاطع التي يقل فيها إجهاد الضغط المحسوب عن $0.15f_c'$.

عندما يتم تضخيم القوى التصميمية لأخذ زيادة المقاومة بالحسبان (استعمال العامل Ω_0) في العناصر الشاقولية للجملة المقاومة للقوى الزلزالية، يجب زيادة الحد $0.2f_c'$ إلى $0.5f_c'$ وزيادة الحد $0.15\ f_c'$ إلى $0.4\ f_c'$.

ز-١١-٧-٦- يجب أن يحقق التسليح الطولي في العناصر المجمعة عند الوصلات ومناطق الإرساء الآتي:

أ - تباعد محور لمحور لا يقل عن ثلاث مرات قطر التسليح الطولي ولا يقل عن 40mm، ولا يقل سمك الغطاء الخرساني الصافي عن مرتين ونصف قطر التسليح الطولي ولا يقل عن 50mm أو:

ب- تسليح عرضي كما هو مطلوب في العلاقة الآتية (باستثناء المطلوب في الفقرة (ز-١١-٧-٥)):

$$A_{v,min} = 0.062\sqrt{f_c'}\frac{b_w s}{f_{yt}}$$

ز-١١-٨- مقاومة الانعطاف:

يجب تصميم الأحجبة وأجزائها للإنعطاف، باستثناء أنه لا داعي لتطبيق علاقات الجوائز العميقة. يجب الأخذ بالحسبان تأثير الفتحات.

ز-١١-٩- مقاومة القص:

ز-١١-٩-١- يجب أن لا تتعدى القيمة V_n للأحجبة الإنشائية القيمة:

$$V_n = A_{cv}(0.17\lambda\sqrt{f'_c} + \rho_t f_y) \quad \text{.....} \quad (ز-١٠)$$

(في النظام المتري $V_n = A_{cv}(0.53\lambda\sqrt{f'_c} + \rho_t f_y)$)

يتم حساب A_{cv}، في حالة الأحجبة ذات البلاطة المصبوبة بالمكان فوق أرضيات او أسقف، باستعمال سمك البلاطة ذاتها فقط إذا كانت الأحجبة من النوع غير المركب، وباستعمال السماكة المركبة للبلاطة المصبوبة بالمكان والبلاطات السابقة الصب، إذا كانت الأحجبة من النوع المركب. يجب أن لا تتعدى قيمة f_c' من أجل تعيين قيمة V_n للأحجبة المركبة (من بلاطة تغطية وبلاطات سابقة الصب) القيمة الأدنى من f_c' لبلاطات السابقة الصب و f_c' لبلاطة التغطية.

ز-١١-٩-٢- يجب أن لا تتعدى قيمة V_n للأحجبة الإنشائية القيمة $0.66A_{cv}\sqrt{f'_c}$ (في النظام المتري $2.12A_{cv}\sqrt{f'_c}$)

ز-١١-٩-٣- يجب أن لا تتعدى قيمة V_n فوق الفواصل بين العناصر السابقة الصب في الأحجبة الإنشائية غير المركبة والمركبة ذات بلاطات التغطية المصبوبة بالمكان القيمة

$$V_n = A_{vf} f_y \mu \quad \text{.....} \quad (ز-١١)$$

حيث: A_{vf} تساوي المساحة الإجمالية لتسليح قص الاحتكاك في بلاطة التغطية، شاملة كلا الموزع والتسليح الطرفي المتعامد مع الفواصل بين الجملة السابقة الصب ومعامل الاحتكاك، و μ تساوي الواحد للخرسانة عادية الوزن. يجب أن يتوزع نصف A_{vf} على الأقل بشكل منتظم على طول المستوى الاحتمالي للقص. يجب أن لا تقل مساحة التسليح الموزع في بلاطة التغطية عن النسبة 0.002 في كل اتجاهه.

ز-١١-٩-٤- يجب أن لا تتعدى قيمة V_n فوق الفواصل بين العناصر السابقة الصب في الأحجبة الإنشائية غير المركبة، والمركبة ذات بلاطات التغطية المصبوبة بالمكان، القيمة الأصغر مما يلي:

$0.2f'_c A_c$ أو $(3.3 + 0.08f'_c)A_c$ أو $11A_c$

حيث: تحسب A_c باستعمال سماكة بلاطة التغطية فقط.

ز-١١-١٠- فواصل الصب:

تتبع فواصل الصب ما ورد في الباب الثالث عشر من هذا الكود، كما تتم معالجتها وفق الباب ذاته أيضاً.

ز-١١-١١- الشبكيات (الجوائز) الإنشائية:

ز-١١-١١-١- يجب أن تحوي عناصر الجوائز الشبكية الإنشائية التي تزيد إجهادات الضغط فيها على $0.2\ f_c'$ في أي مقطع على تسليح عرضي كما هو مبين في الفقرات (ز-٦-٤-٢) و (ز-٦-٤-٤) و (ز-٦-٤-٧) وذلك على طول العنصر.

ز-١١-١١-٢- يجب إرساء ووصل جميع التسليح المستمر في عناصر الشبكيات من أجل إجهاد الخضوغ f_y في الشد.

ز-١٢- الأساسات:

ز-١٢-١- المجال:

ز-١٢-١-١- يجب أن تصمم الأساسات التي تقاوم أو تنقل الأحمال الناتجة عن تأثير حركات الأرض الزلزالية بين المنشأة والأرض في المنشآت التي ستنفذ في المنطقتين الزلزاليتين 3 و 4، (أي ذات المخاطر الزلزالية المرتفعة) اعتماداً على هذا البند، إضافة للاشتراطات الأخرى التي يحددها هذا الكود أو الملحق ٢ الخاص بالزلازل.

ز-١٢-١-٢- الاشتراطات الواردة في هذا البند للأوتاد والركائز والقيسونات والبلاطات على الأرض هي إضافة لما هو موجود في الملحق ٥ للكود الخاص بالأساسات.

ز-١٢-٢- القواعد وحصائر الأساسات وقبعات الأوتاد:

ز-١٢-٢-١- يجب أن يمتد التسليح الطولي للأعمدة والجدران الإنشائية المقاومة للقوى الناتجة عن تأثير الزلازل ضمن القواعد وحصائر الأساسات وقبعات الأوتاد وأن يتم ارسائها بالشد ابتداءً من وجه استناد العمود على القاعدة أو الحصيرة أو قبعة الوتد .

ز-١٢-٢-٢- يجب أن تتبع الأعمدة المصممة بافتراضها موثوقة بالأسفل الفقرة (ز-١٢-٢-١)، وإذا كانت العكفات مطلوبة، يجب أن يتضمن التسليح الطولي المقاوم للإنعطاف عكفات 90 درجة، بالقرب من أسفل الأساسات، وتكون النهايات الحرة للقضبان متجهة حول مركز العمود.

ز-١٢-٢-٣- يجب ان تتضمن الأعمدة والعناصر الطرفية في الجدران الإنشائية الخاصة القريبة من طرف القاعدة (التي لها طرف ضمن مسافة تساوي نصف عمق القاعدة من طرف القاعدة)، تسليح عرضي بما يتوافق مع الفقرات (ز-٦-٤-٢) إلى (ز-٦-٤-٤) تحت أعلى القاعدة. يمتد هذا التسليح ضمن القاعدة أو الحصيرة أو القبعة، وأن يتم الإرساء لحد الخضوع f_y في الشد.

ز-١٢-٢-٤- عندما تنتج تأثيرات الزلازل قوى رفع في العناصر الطرفية للجدران الإنشائية الخاصة أو الأعمدة، يجب تزويد أعلى القواعد والحصائر وقبعات الأوتاد لمقاومة الأفعال الناتجة عن تراكيب الأحمال، ولا تقل نسبتها عن 0.002 .

ز-١٢-٣- الشيناحات والبلاطات على الأرض:

ز-١٢-٣-١- يجب أن تصمم الشيناجات لتعمل كشدادات أفقية بين قبعات الأوتاد أو القواعد، وأن تحوي تسليح طولي مستمر، وأن يتم الإرساء ضمن أو بعد العمود المحمول، أو أن يتم الإرساء ضمن القبعة أو القاعدة عند جميع الانقطاعات.

ز-١٢-٣-٢- يجب أن تصمم الشيناجات لتعمل كشدادات أفقية بين قبعات الأوتاد أو القواعد بحيث لا يقل أصغر بعد للشيناج المسافة الصافية بين الأعمدة مقسومة على 20، ولا داعي لأن يتعدى 450mm . يجب استعمال أساور مغلقة بتباعد لا يتعدى الأدنى من نصف البعد الأصغر للمقطع المتعامد أو 300mm .

ز-١٢-٣-٣- يجب أن تنسجم الشيناجات والجوائز (التي تكون جزءاً من الحصيرة المعرضة لعزوم انعطاف من الأعمدة التي هي جزء من الجملة المقاومة للزلازل) مع ما ورد في الفصل (ز-٥).

ز-١٢-٣-٤- يجب أن تصمم البلاطات على الأرض التي تقاوم القوى الزلزالية من الجدران والأعمدة التي هي جزء من الجملة المقاومة للزلازل، تصمم كحجاب انشائي وفق ما ورد في

(ز-١١). يجب أن يكتب صراحة على المخطط التصميمي بأن البلاطة على الأرض هي حجاب انشائي وتشكل جزءاً من الجملة المقاومة للقوى الزلزالية.

ز-١٢-٤- الأعمدة والركائز (الآبار الاسكندرانية) والقيسونات:

ز-١٢-٤-١- تطبق اشتراطات البند (ز-١٢-٤) على الأوتاد الخرسانية والركائز والقيسونات الحاملة لمنشآت مصممة لمقاومة الزلازل.

ز-١٢-٤-٢- يجب ان تحوي الأوتاد والركائز والقيسونات المقاومة لقوى شد تسليح طولي مستمر على كامل الطول المقاوم لقوى الشد. يجب ان يتم تفصيل التسليح الطولي لنقل القوى الشادة ضمن قبعة الأوتاد إلى العناصر الإنشائية المحمولة.

ز-١٢-٤-٣- في المواقع التي يتم فيها نقل القوى الشادة الناتجة عن تأثيرات القوى الزلزالية بين قبعة الأوتاد أو حصيرة الأساسات والوتد السابق الصب بواسطة قضبان تسليح محقونة أو مغروسة لاحقاً في اعلى الوتد، فيجب ان يتم البيان بالاختبار أن نظام الحقن قادر على مقاومة إجهاد شد في القضيب يصل إلى $1.25\ f_y$.

ز-١٢-٤-٤- يجب تحقيق اشتراطات الملحق (٥) للكود من أجل تصميم الأوتاد و الركائز و القيسونات إضافة إلى الاشتراطات الآتية :

يجب أن تحوي الأوتاد والركائز والقيسونات تسليحاً عرضياً وفقاً للفقرات (ز-٦-٤-٢) إلى (ز-٦-٤-٤) في المواقع (أ) و (ب) المبينة أدناه:

أ - في أعلى العنصر ولمسافة لا تقل عن خمسة أضعاف بعد المقطع العرضي، ولا يقل 1.8m تحت مستوي أدنى القبعة.

ب- في الأجزاء من الأوتاد في التربة غير القادرة على تقديم الدعم العرضي، وفي الماء والهواء، على كامل الطول غير المسنود زائداً الطول المطلوب في الفقرة (ز-١٢-٤-٤-أ).

ز-١٢-٤-٥- في حالة الأوتاد الخرسانية السابقة الصب المدقوقة في التربة، يجب أن يكون طول التسليح العرضي كافياً للأخذ بالحسبان تأثير التغيرات في أعلى منسوب الأوتاد.

ز-١٢-٤-٦- في قبعات الأساسات الخرسانية من أوتاد وقيسونات الحاملة لطابق واحد أو طابقين، تستثنى الجدران المنخفضة الارتفاع من متطلبات التسليح العرضي (stud walls) الواردة في (ز-١٢-٤-٤) و (ز-١٢-٤-٥).

ز-١٢-٤-٧- يجب أن تصمم قبعات الأوتاد فوق الأوتاد المائلة لمقاومة كامل مقاومة الضغط للأوتاد المائلة عاملة كأعمدة قصيرة. يجب الأخذ بالحسبان تأثير النحافة، للجزء من الوتد في التربة غير القادرة على تقديم الدعم العرضي، وفي الماء والهواء.

ز-١٣- العناصر غير المصممة كجزء من الجملة المقاومة للقوى الزلزالية:

ز-١٣-١- المجال:

تطبق متطلبات هذا الفصل (ز-١٣) على عناصر الإطارات غير المصممة كجزء من الجملة المقاومة للقوى الزلزالية، في المباني والمنشآت التي ستنفذ في المنطقتين الزلزاليتين 3 و 4 (أي في المناطق ذات المخاطر الزلزالية المرتفعة).

ز-١٣-٢- تفصيل عناصر الإطارات:

يجب تفصيل عناصر الإطارات التي يفترض أنها غير مشاركة في مقاومة الزلازل (باستثناء البلاطات ذات الاتجاهين ودون جوائز، أي الفطرية) وفقاً للفقرة (ز-١٣-٣) أو (ز-١٣-٤) اعتماداً على مقادير العزوم التي تنتج في هذه العناصر عندما تتعرض إلى الإزاحة التصميمية δ_u. إذا لم يتم التحقق صراحة من تأثير δ_u، يسمح بتطبيق متطلبات البند (ز-١٣-٤). من أجل البلاطات الفطرية، يجب أن تحقق وصلة البلاطة-العمود متطلبات البند (ز-١٣-٦).

ز-١٣-٣- تراكيب الأحمال في مواقع تراكب عزوم الانعطاف وقوى القص:

في المواقع التي يحصل فيها تراكب لعزوم الانعطاف وقوى القص الناتجة عن الإزاحة التصميمية δ_u، مع العزوم وقوى القص المصعدة الناتجة عن قوى الجاذبية، في عنصر الإطار، يجب تحقق الشروط الواردة في الفقرات: (ز-١٣-٣-١) و (ز-١٣-٣-٢) و ((ز-١٣-٣-٣). يجب استعمال تركيب الأحمال $(1.2D + 1.0L + 0.2S)$ أو $(0.9D)$، أيهما أكثر حرجاً. يجب السماح بتخفيض قيمة عامل الحمل الحي L ليصبح 0.5، باستثناء المرائب، والمساحات التي يحصل فيها تجمعات عامة، وجميع المناطق التي يكون فيها الحمل الحي L أكبر من $4.8kN/m^2$

ز-١٣-٣-١- يجب أن تحقق العناصر التي تتعرض للقوى المحورية المصعدة من الجاذبية، التي لا تتعدى $A_g f_c'/10$ الفقرة (ز-٥-٢-١). يجب أن لا يتعدى تباعد الأساور نصف العمق (d/2) في كامل طول العنصر.

ز-١٣-٣-٢- يجب أن تحقق العناصر التي تتعرض للقوى المحورية المصعدة من الجاذبية التي تتعدى $A_g f_c'/10$ الفقرات (ز-٦-٣-١) و (ز-٦-٤-٢) و (ز-٦-٥). يجب أن يكون التباعدالأعظمي الطولي بين الأساور وعلى كامل طول المقطع القيمة s_0 . يجب أن لا يتعدى التباعد S_0 القيمةالأصغر من: ست مرات القطر الأصغر لقضبان التسليح الطولي المحاطة بالإسوارة ، أو 150mm .

ز-١٣-٤- التحقيقات المطلوبة في حالة العزوم وقوى القص الزائدة الناتجة عن δ_u:

يجب تحقيق شروط الفقرات (ز-١٣-٤-١) و (ز-١٣-٤-٢) و (ز-١٣-٤-٣) إذا تعدت العزوم وقوى القص الناتجة من تطبيق الإزاحة التصميمية، δ_u، القيم: ΩM_n أو ΩV_n لعنصر الإطار، أو إذا لم يتم حساب هذه القوى.

ز-١٣-٤-١- يجب أن تحقق العناصر الفقرات: (ز-١-٤-٢) و (ز-١-٥-٢). يجب أن يحقق الوصل الميكانيكي البند (ز-١-٦) كما يجب أن تحقق وصلات التراكب البند (ز-١٧-١).

ز-١٣-٤-٢- يجب أن تحقق العناصر التي لا تتعدى قوى الجاذبية الأرضية المصعدة فيها $A_g f_c'/10$ الفقرة (ز-٥-٢-١) والبند (ز-٥-٤). كما يجب أن لا يتعدى التباعد بين الأساور نصف العمق d/2، على كامل طول العنصر.

ز-١٣-٤-٣- يجب أن تحقق العناصر التي تتعدى قوى الجاذبية الأرضية المصعدة فيها القيمة $A_g f_c'/10$ البنود (ز-٦-٣) و (ز-٦-٤) و (ز-٦-٥) والفقرة (ز-٧-٣-١)، كما يجب أن لا يتعدى التباعد بين الأساور نصف العمق d/2، على كامل طول العنصر.

الملحق «ح»

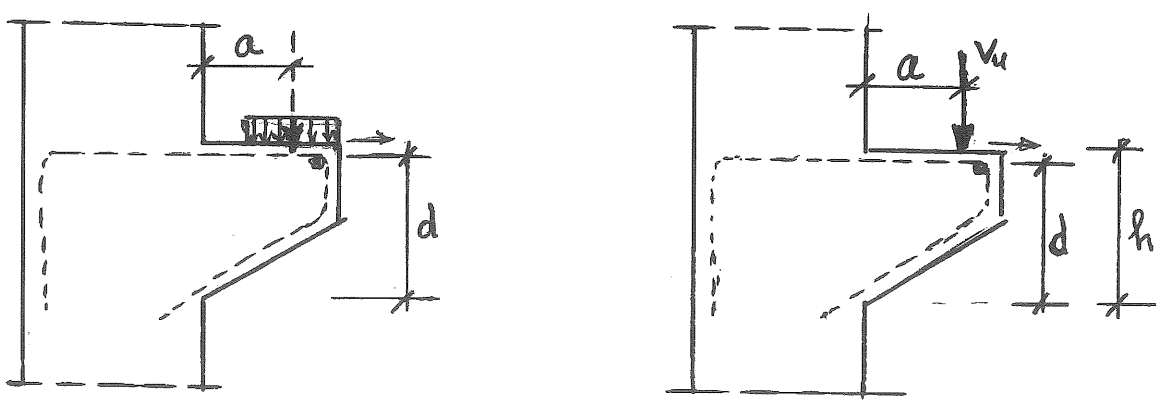
ح- دراسة مطورة للأظفار القصيرة والأكتاف

ح-١- تعاريف:

- الظفر القصير أو الكتف هو عنصر إنشائي يبرز أفقياً من عمود أو جدار مسلّح ليحمل حمل مركز شاقولي أو رد فعل جائز، ويمكن أن يخضع (بالإضافة للحمل الشاقولي) إلى قوة أفقية. يُمكن للكتف أن ينهار بالقص في الوجه المشترك بينه وبين العمود، أو ينهار بوصول الإجهاد في فولاذ الأساور إلى حد الخضوع، أو بانكسار أو انفصال العنصر المضغوط (strut) المتشكل ضمنه، أو بالانهيار الموضعي في ضغط التحميل أو القص تحت صفيحة التحميل.
- يُعد الظفر ظفراً قصيراً أو كتفاً إذا كانت النسبة $\frac{a}{d}$ فيه أقل من واحد أو تساوي الواحد، $(\frac{a}{d} \le 1)$، حيث:

a: هو بعد الحمل المركز الشاقولي المطبق عن وجه المسند، (الشكل ح-١-أ). و إذا كان الحمل المطبق هو حمل موزع، يكون a هو بعد محصلة الحمل الموزع الشاقولي عن وجه المسند (الشكل ح-١-ب).

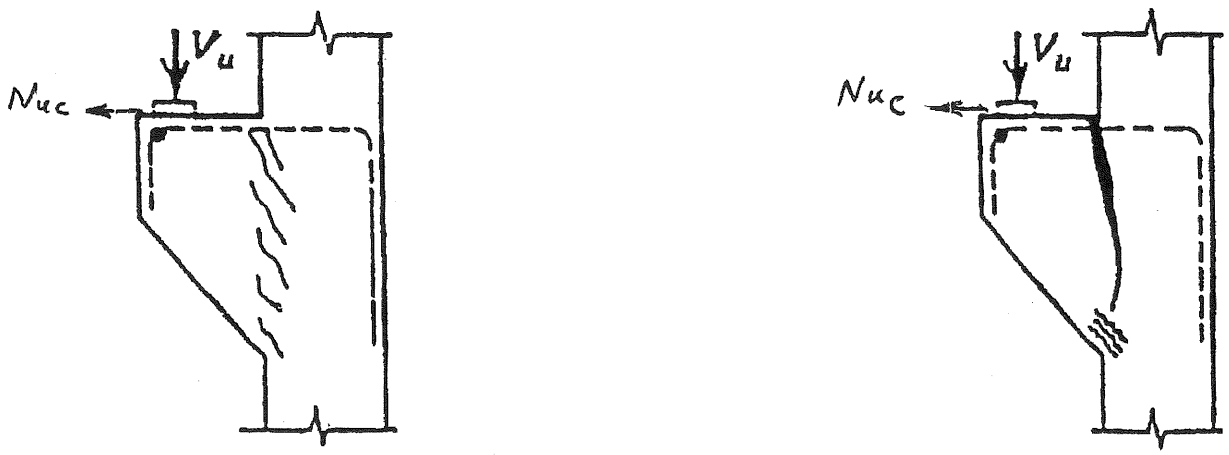
d: هو الارتفاع الفعال، (الشكل ح-١-أ) .



(أ) حالة حمل مركز (ب) حالة حمل موزع

الشكل (ح-١): تعاريف الأظفار القصيرة والأكتاف

- إذا تبين بالحساب أن تأثير الانعطاف (الانحناء) هو المسيطر على الظفر/الكتف، أي أن انهياره سيكون بالانعطاف (أي يكون الانحناء والشقوق كما في الشكل (ح-٢-أ)، ويكون محكوماً بالتسليح الناتج من العلاقة (b) في الفقرة (ح-٥-٢-ج)) فيسمى في هذه الحالة ظفراً قصيراً. أما إذا تبين بالحساب أن تأثير القص هو المسيطر على الظفر/الكتف ، أي أن انهياره سيكون على القص الانزلاقي (كما في الشكل (ح-٢-ب)، ويكون محكوماً بالتسليح الناتج من العلاقة (a) في الفقرة (ح-٥-٢-ج)) فيسمى في هذه الحالة كتفاً، (انظر الفقرة (ح-٥-٣))



(أ) ظفر قصير (ب) كتف

الشكل (ح-٢): تمييز الظفر القصير عن الكتف بشكل الإنهيار

ح- ٢- اشتراطات الأبعاد والأحمال:

ح-٢-١- لا يقل العمق الكلي بطرف الظفر القصير أو الكتف عن نصف العمق الكلي (h) للقطاع عند وجه المسند.

ح-٢-٢- يجب أن يصمم الظفر القصير أو الكتف بحيث يحمل (بالإضافة للحمل الشاقولي V_u) قوةً أفقيةً شادةً N_{uc} لا تقل شدتها عن 20% من الحمل الشاقولي V_u .

ح- ٣- التسليح اللازم في الأظفار القصيرة والأكتاف:

يتكون تسليح الظفر القصير أو الكتف مما يلي:

ح-٣-١- تسليح الشد الرئيسي A_s:

يقاوم هذا التسليح (في حالة الأظفار القصيرة) الشد الناتج عن الانعطاف، كما يقاوم الشد المباشر الناتج عن القوة N_{uc} . أما في حالة الأكتاف، فيشترك التسليح A_s مع فروع الأساور الأفقية A_h في مقاومة القص الإنزلاقي (الاحتكاكي)، ويتم ذلك وفق الآلية المعروفة في نظرية القص-الاحتكاك (راجع الفصل ح-٦).

يجب ألا تقل مساحة التسليح الرئيسي A_s عن $0{,}04\ \frac{f'_c}{f_y}\ b.d$ (حيث b هو عرض الظفر).

ح-٣-٢- التسليح الثانوي (الأساور الأفقية) A_h:

توزع هذه الأساور الأفقية ضمن مسافة $\frac{2}{3}d$ بدءاً من التسليح الرئيسي. وتقاوم هذه الأساور الأفقية القص الإنزلاقي وفق الآلية المعروفة في نظرية القص- الاحتكاك (انظر الفصل ح-٧).

ح-٣-٣- التسليح الإنشائي:

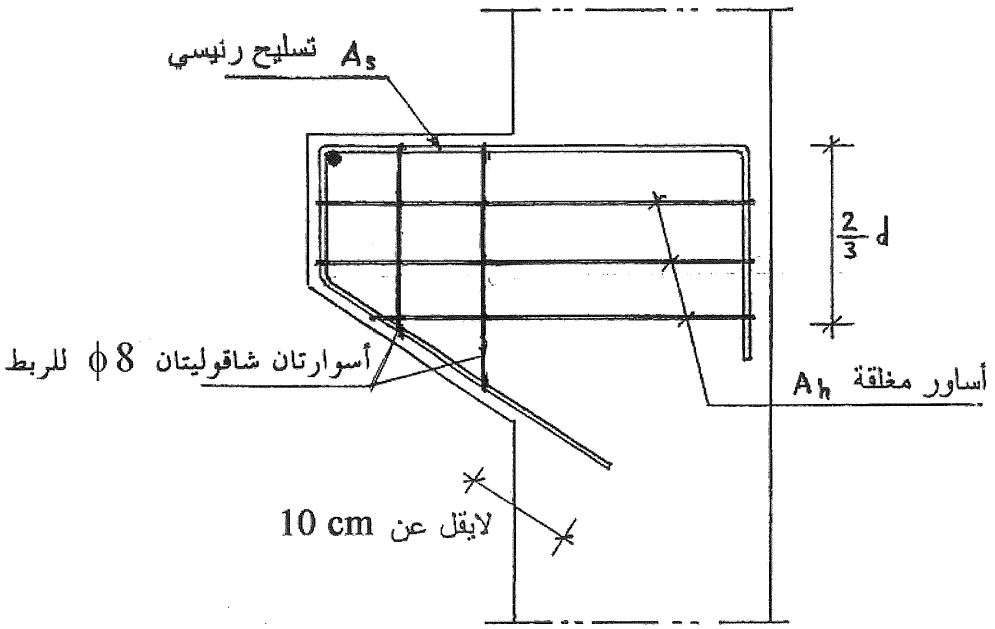
الحد الأدنى هو أسوارتان شاقوليتان انشائيتان، $\phi 8\ mm$ للربط، كما في الشكل (ح-٣).

ح-٤- قيم معامل الاحتكاك μ المستعملة عند حساب المقاومة على القص الانزلاقي:

$\mu = 1{,}4$ إذا تم صب الظفر القصير أو الكتف استمرارياً مع العمود أو الجدار.

$\mu = 1{,}0$ إذا تم صب الظفر القصير أو الكتف على وجه عمود (أو جدار) متصلب جرى تخشينه عمداً.

$\mu = 0{,}6$ إذا تم صب الظفر القصير أو الكتف على وجه عمود (أو جدار) متصلب أملس.



الشكل (ح-٣): تسليح الظفر القصير والكتف

ح- ٥- خطوات حساب وتصميم الأظفار القصيرة والأكتاف:

إذا تبين بالحساب أن النسبة a/d أقل من واحد أو تساوي الواحد، تتم عملية الحساب والتصميم كالآتي:

ح-٥-١- التحقيق لمقاومة القص:

تحسب قيمة إجهاد القص المؤثر من:

$$\tau_u = \frac{V_u}{\Omega.b.d}$$

حيث: $\Omega = 0.75$

وتقارن τ_u مع $\overline{\tau}_u$ المسموح بها وهي:

$$\overline{\tau}_u = \min \begin{cases} 0,2\ f'_c \\ 5,5\ MPa \end{cases}$$

ح-٥-٢- حساب التسليح الرئيسي:

أ - يحسب التسليح اللازم لمقاومة القص الانزلاقي باستعمال العلاقة الآتية (قانون القص-الاحتكاك):

$$A_{vf} = \frac{V_u}{\Omega \cdot f_y \cdot \mu}$$

ب- تحسب مساحة التسليح اللازم لمقاومة الانعطاف (الانحناء) من:

$$A_f = \frac{V_u \cdot a + N_{uc}(h-d)}{\Omega \cdot f_y \cdot z}$$

حيث: $z = 0.85\ d$

و: $N_{uc} \nless 0.2\ V_u$

كما تحسب مساحة التسليح المقاوم للشد المباشر من:

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\Omega \cdot f_y}$$

حيث تؤخذ $\Omega = 0.75$ ، لأن سلوك الظفر القصير أو الكتف، يكون محكوماً بالقص.

ج- يتم تحديد مساحة التسليح الرئيسي اللازم A_s من العلاقات الآتية، حيث تؤخذ القيمة الأكبر منها:

$$\begin{cases} A_s = \frac{2}{3} A_{v_f} + A_n & \dots (a) \\ A_s = A_f + A_n & \dots (b) \\ A_s = 0.04 \frac{f'_c}{f_y} (b.d) & \dots (c) \end{cases}$$

ح-٥-٣- حساب التسليح الثانوي (الأساور الأفقية):

أ - إذا كانت العلاقة (a) هي الحاكمة. تكون لدينا حالة كتف (أي أن الانهيار سيكون بالقص الانزلاقي)، وتحسب مساحة التسليح الثانوي من:

$$A_h = \frac{1}{3} A_{v_f}$$

ب- أما إذا كانت العلاقة (b) هي الحاكمة. فتكون لدينا حالة ظفر قصير (أي أن الانهيار سيكون بالانعطاف)، وتحسب مساحة التسليح الثانوي من:

$$A_h = 0.5\ A_f$$

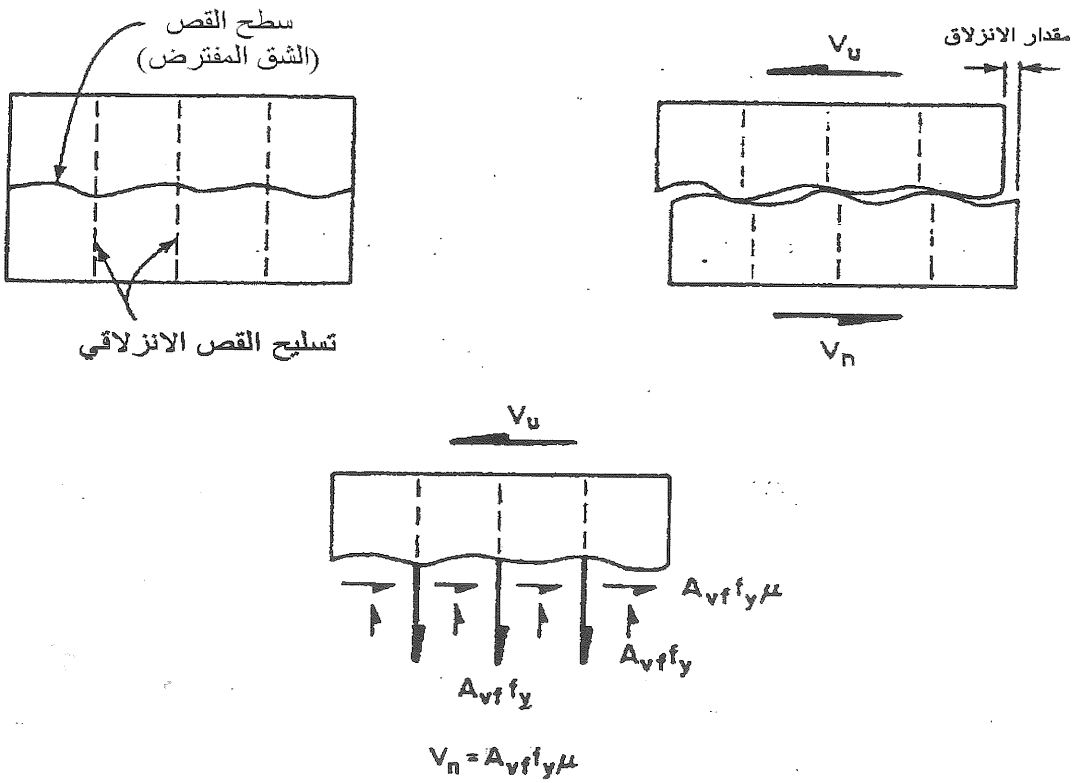
ح-٦- ترتيبات التسليح للأظفار القصيرة والأكتاف:

راجع البند (٧-٧-٤) من هذا الكود الأساس.

ح-٧- نظرية القص- الاحتكاك:

توفر نظرية القص - الاحتكاك للمصمم أداة مناسبة لتصميم العناصر الخاضعة للقص المباشر (القص الانزلاقي)، التي لا يصح فيها التصميم على أساس وجود شد قطري، كما هي الحال في الأظفار القصيرة والأكتاف وفي الوصلات المسبقة الصنع.

تفترض هذه الطريقة أن الشق قد تشكل في المكان المتوقع كما هو مبين في الشكل (ح-٤). وعندما يبدأ حدوث الانزلاق على طول الشق، فإن خشونة سطح الشق تجبر الوجهين المتقابلين للشق للابتعاد عن بعضهما. غير أن التسليح (A_{vf}) المتعامد مع الشق المفترض يقاوم ابتعاد السطحين عن بعضهما، مما يولد فيه قوة شد ($A_{vf} \cdot f_y$)، فتنشأ في المقابل قوة ضغط متعامدة مع سطح الشق، تولّد بدورها قوة احتكاك ($A_{vf} \cdot f_y \cdot \mu$) موازية للشق وممانعة لأي انزلاق إضافي.



الشكل (ح-٤): القص الإنزلاقي

تصويبات للملحق 3 الخاص بالتفاصيل والرسومات

نظراً للتطويرات التي حصلت في الكود الأساس، وفي الملحق (٢) الخاص بالزلازل في طبعة عام ٢٠١٢، فيما يتعلق بالإطارات المقاومة للعزوم المتوسطة المحلية والخاصة المحلية، يلزم تعديل التسليح النموذجي للجوائز وللأعمدة، في اللوحات أرقام: ST-12, ST-13, ST-14, ST-15 من الملحق (٣) الخاص بالتفاصيل والرسومات؛ لتصبح مماثلة لنظيراتها في الأشكال ذوات الأرقام (٧-٢-ج) و (٧-٢-د) و (٧-٢-هـ) من الكود الأساس، بالنسبة للإطارات المقاومة للعزوم المتوسطة المحلية، ومماثلة لنظيراتها في الأشكال ذوات الأرقام (٧-٤٠) و (٧-٤١) و (٧-٤٢) من الملحق (٢) للكود، بالنسبة للإطارات المقاومة للعزوم الخاصة المحلية.

أسماء الزملاء الذين ساهموا مع اللجنة بإغناء الكود

«مرتبة حسب الأحرف الأبجدية»

- م. إبراهيم العلوش
- د.م. إدوار شديد
- م. أنطوان بخاش
- م. بسام أبو النعاج
- م. بشير حيزان
- م. جانيت قسطانيان
- د.م. حافظ صادق
- م. رئيف هارون
- د.م. زكائي طريفي
- م. زيد المحتسب
- م. سامر عقيل
- د.م. سفانة الحموي
- د.م. سليمان العامودي
- د.م. سليمان تادفي
- د.م. سليمان ناصيف
- د.م. عامر فاخوري
- م. عبد الحكيم الحمادة
- م. عبد الرؤوف الحموي
- د.م. عبد العليم ديب
- م. عبد الغني كبة
- د.م. عبد القادر الجندي
- د.م. عبد القادر ملحم
- د.م. عصام ناصر
- د.م. عزام كتخدا
- د.م. علاء الدين ناصر
- د.م. علي الجراش
- م. عماد درويش
- د.م. عمار عنبي
- د.م. عمار كعدان
- م. عمران قضماني
- د.م. غسان محمود
- د.م. غياث حلاق
- م. قتيبة السيد
- د.م. مأمون السمكري
- د.م. ماهر قرة
- م. محمد أيمن شرفلي
- د.م. محمد حسان بوادقجي
- م. محمد خانطوماني
- د.م. محمد صفو
- م. محمد عيد دياب
- د.م. محمد فريز عابدين
- م. ملك عازر
- د.م. ملهم بدوي
- د.م. نبيل عدس
- د.م. نزيه منصور
- م. نوري أخرس
- د.م. هشام المما
- م. هلال دعبول
- م. يوسف حميضة
- م. يونس شلبي