Std.
624.183
C699c

جمهورية مصر العربية
وزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية
المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء

الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية

كود رقم ٢٠٣ – ٢٠٠٧

ECP 203 - 2006

اللجنة الدائمة للكود المصرى
لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية

إصدار ٢٠٠٧

جمهورية مصر العربية
وزارة
الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية
مكتب الوزير
الرقم البريدى ١١٥١٦

قرار وزارى
رقم (٤٤) لسنة ٢٠٠٧

وزير الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية :

- بعد الإطلاع على القانون رقم ٦ لسنة ١٩٦٤ بشأن أسس التصميم وشروط تنفيذ الأعمال الإنشائية وأعمال البناء .
- وعلى القرار الوزارى رقم ١٠٩٥ لسنة ١٩٦٩ فى شأن تصميم وشروط تنفيذ أعمال الخرسانة المسلحة فى المبانى .
- وعلى القرار الوزارى رقم ٤٩٢ لسنة ١٩٩٦ بتشكيل اللجنة الرئيسية لأسس تصميم وشروط تنفيذ الأعمال الإنشائية وأعمال البناء .
- وعلى القرار الجمهورى رقم ٦٣ لسنة ٢٠٠٥ فى شأن إعادة تنظيم المركز القومى لبحوث الاسكان والبناء.
- وعلى القرار الجمهورى رقم ٦٤ لسنة ٢٠٠٥ فى شأن إصدار اللائحة التنفيذية للمركز القومى لبحوث الاسكان والبناء.
- وعلى القرار الوزارى رقم ٢١٠ لسنة ٢٠٠٣ بتشكيل اللجنة الدائمة لتحديث الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية.
- وعلى موافقة السيد الأستاذ الدكتور / رئيس مجلس إدارة المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء على المذكرة المقدمة من السيدة الأستاذ الدكتور / نائب رئيس مجلس الإدارة لشئون الأعضاء.

قـــــرر

مادة (١) : تحديث الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية الصادر بالقرار الوزارى رقم ٩٨ لسنة ٢٠٠١ طبقا لما هو وارد بالكود المرفق .

مادة (٢) : تتولى اللجنة الدائمة للكود المصرى – لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية – اقتراح التعديلات التى تراها لازمة بهدف التحديث كلما دعت الحاجة لذلك وتصير التعديلات بعد إصدارها جزءاً لا يتجزأ من الكود.

مادة (٣) : يتولى المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء العمل على نشر الكود والتعريف به والتدريب عليه.

مادة (٤) : ينشر هذا القرار فى الوقائع المصرية ويعمل به من تاريخ نشره .

وزير الإسكان والمرافق
والتنمية العمرانية
أحمـــد المغربـــى

صدر فى ١٢/٢/٢٠٠٧

H:\راوية\عصام الدين عبد العزيز\صلاح سالم\قرارات\قرار بنشر كود الخرسانة.doc

تمهـــــيـــد

شهدت مصر على مر العصور الحضارات المختلفة مثل الفرعونية واليونانية والإغريقيـــة والقبطية والإسلامية حيث إهتمت تلك الحضارات بمجالات التشييد والبناء وبدا ذلك واضحاً فـــى دور العبادة والمساكن والقصور والمعابد .

وقد ظهرت فى الأونة الأخيرة فى مصر تطورات متلاحقـــة ومضـــطردة فـــى مجـــالات الإنشاء والتعمير وظهور مواد بناء جديدة ومستحدثة بهدف توفير سبل الأمان والراحة للمواطنين وكان لزاماً أن تقوم مصر بوضع أسس وشروط تنفيذ الأعمال الإنشائية وأعمـــال البنـــاء حيـــث صدر القانون رقم ٦ لسنة ١٩٦٤ والذى ينظم تلك الأحكـــام والـــنظم وبموجبـــه كُلفـــت وزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية بمسئولية اعداد واصدار وتحديث والتدريب على الكـــودات المصرية للتشييد والبناء ومواصفات بنود الأعمال والمواصفات الفنية وتأكيداً لهـــذا الـــدور فقـــد صدر القرار الجمهورى رقم ٦٣ لسنة ٢٠٠٥ بشأن إعادة تنظيم المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء والذى حدد فى إحدى مواده اختصاصات المركز ومنها اعداد وإصدار وتحديث الكـــودات ومواصفات بنود الأعمال والمواصفات الفنية وبما يتلاءم مـــع المســـتجدات والتطـــورات فـــى المجالات العلمية والتكنولوجية فى طرق التصميم والتنفيذ ومواد البناء المستحدثة.

وتحقيقياً للأهداف المرجوة من هذه الكودات فقد استعان المركز بالخبرات العلمية والعملية فـــى الداخل والخارج فى اعداد الكودات بهدف إصدارها مواكبة لتلك التطورات العلمية ولتراعى الظروف المحلية والبيئية تحقيقاً لسياسات الدولة من توجيه الإستثمارات لمشروعات التشييد والبناء .

لقد تشكلت اللجان من الأساتذة والإستشاريين وكبار المهندسين فى المجالات التطبيقية والمرتبطة بأعمال التشييد والبناء ومن ذوى الخبرات الطويلة المشهود لهم فى هذا المجال من باحثين بـــالمركز وأساتذة الجامعات بالداخل والخارج . وحرصاً من المركز على تطبيق تلك الكودات والمواصفات فإنه يتم عقد الدورات التدريبية للمهندسين والعاملين فى مجال التشييد والبناء.

ولعله من المفيد أن يتعرف السادة العاملين بقطاع التشييد على إنجازات المركز فـــى هـــذا المجال من خلال ما تم إصداره من كودات ومن مواصفات بنـــود أعمـــال ومواصـــفات فنيـــة والواردة فى الجداول المرفقة علماً بأنه يتم تحديث تلك الكودات والمواصفات بصـــفة مســـتمرة لتواكب التقدم العلمى والتكنولوجى وطبقاً للخبرات المكتسبة من ظروف التطبيق.

رئيس مجلس إدارة

المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء

أستاذ دكتور مهندس /

عمرو عزت سلامة

تقديم

- صدرت أسس تصميم وتنفيذ الخرسانة المسلحة للمرة الأولى فى مصر عام ١٩٣٠ حيث أصدرت مصلحة السكة الحديد المصرية المواصفات العامة لأعمال التصميم والإنشاءات للمنشآت الخرسانية وغيرها . وفى نفس العقد من الزمان أصدرت مصلحة الطرق والكبارى اشتراطات الأعمال الخرسانية . كما صدرت اشتراطات وأسس التصميم والتنفيذ للخرسانة المسلحة فى المبانى عام ١٩٦٢ وأعيد إصدارها بعد تعديلها عام ١٩٦٩ تنفيذاً للقانون رقم ٦ لسنة ١٩٦٤ .
- نظراً للتطور المستمر فى مجال التشييد عموماً فقد تم تشكيل اللجنة الدائمة للكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة بالقرار الوزارى رقم ٣٨٣ لسنة ١٩٨٤ والتى قامت بإعداد الكود الذى صدر بالقرار الوزارى رقم ٤٦٤ لسنة ١٩٨٩ . وقد تم عمل التحديث الأول لهذا الكود وصدر بالقرار الوزارى رقم ٢٠٨ لسنة ١٩٩٥ .
- تم إعادة تشكيل اللجنة الدائمة لأسس تصميم وشروط تنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة بالقرار الوزارى رقم ٤٩٣ لسنة ١٩٩٦ والقرارات المكملة رقم ٦٩ لسنة ١٩٩٨ ورقم ١٤١ لسنة ١٩٩٨ والتى قامت بإعداد التحديث الثانى للكود الذى صدر بالقرار الوزارى رقم ٩٨ لسنة ٢٠٠١. كما قامت تلك اللجنة بإصدار ثلاثة ملاحق منفصلة للكود يختص الأول بمساعدات التصميم والثانى دليل إعداد الرسومات والتفاصيل الإنشائية والثالث دليل الاختبارات المعملية للمواد المستخدمة فى صناعة الخرسانة.
- وقد تم إعادة تشكيل اللجنة الدائمة (الحالية) لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية بالقرار الوزارى رقم ٢١٠ لسنة ٢٠٠٣ ، وقد عقدت اللجنة الدائمة واللجان التخصصية اجتماعات مكثفة تم من خلالها إجراء تعديلات جوهرية فى كافة الأبواب بناءً على ما استحدث من نظريات ونتائج ممارسة تطبيقية. وتقوم اللجنة الدائمة بتحديث ملاحق الكود الثلاثة وفقاً لما تم استحداثه وإضافته فى هذا التحديث الثالث .
- هذا وقد تم بعون الله إصدار هذا التحديث للكود (التحديث الثالث) بالقرار الوزارى رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٧ ، وقد نص القرار على أن تتولى اللجنة الدائمة لهذا الكود تحديثه إذا دعت الحاجة لذلك وتصير التعديلات بعد إصدارها جزءً لا يتجزأ من الكود كما يتولى المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء العمل على تنفيذ الكود ونشره والتدريب عليه بما يحقق ارتقاء صناعة الخرسانة فى مصر.

والله ولى التوفيق ،،

رئيس اللجنة الدائمة

أستاذ دكتور مهندس / على عبد الرحمن يوسف

رقم الصفحة

الباب الأول : المجال وأسس التصميم

١-١ مجال الكود ١-١

١-٢ أغراض الكود ١-١

١-٣ أسس التصميم ١-٢

١-٤ تحديد حالات الحدود ١-٢

الباب الثانى : مواد وخلطات الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد

٢-١ اعتبارات عامة ٢-١

٢-٢ خواص مواد الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد ٢-٢

٢-٢-١ الأسمنت ٢-٢

٢-٢-٢ الركام ٢-٣

٢-٢-٢-١ عام ٢-٣

٢-٢-٢-٢ اشتراطات استخدام الركام ٢-٣

٢-٢-٣ ماء الخلط والمعالجة ٢-٥

٢-٢-٤ الإضافات ٢-٦

٢-٢-٥ صلب التسليح للخرسانة المسلحة ٢-١٠

٢-٢-٥-١ أنواع صلب التسليح ٢-١٠

٢-٢-٥-٢ تعيين أقطار الأسياخ ٢-١٠

٢-٢-٥-٣ الخواص الميكانيكية لصلب التسليح لأغراض التصميم فى الخرسانة المسلحة ٢-١٠

٢-٢-٥-٤ منحنى الإجهاد والانفعال للصلب ٢-١١

٢-٢-٥-٥ المقاومة المميزة للصلب ٢-١١

٢-٢-٥-٦ لحام الأسياخ ٢-١١

٢-٢-٦ صلب التسليح للخرسانة سابقة الإجهاد ٢-١١

٢-٣ خواص الخرسانة ٢-١٢

٢-٣-١ خواص الخرسانة الطازجة ٢-١٢

٢-٣-١-١ كتلة وحدة الحجم للخرسانة ٢-١٢

٢-٣-١-٢ قوام الخرسانة ٢-١٣

٢-٣-١-٣ درجة حرارة الخرسانة الطازجة ٢-١٣

٢-٣-٢ الخواص الميكانيكية للخرسانة المتصلدة ٢-١٣

٢-٣-٢-١ مقاومة الضغط للخرسانة	٢-١٣
٢-٣-٢-٢ مقاومة الشد المحورى للخرسانة	٢-١٤
٢-٣-٢-٣ مقاومة التماسك مع صلب التسليح	٢-١٥
٢-٣-٣ خواص التشكل والتغير البعدي للخرسانة	٢-١٥
٢-٣-٣-١ معاير المرونة	٢-١٥
٢-٣-٣-٢ نسبة التشكل العرضى للخرسانة (نسبة بواسون)	٢-١٥
٢-٣-٣-٣ معامل التمدد الحرارى	٢-١٥
٢-٣-٣-٤ انكماش الجفاف	٢-١٦
٢-٣-٣-٥ الزحف	٢-١٦
٢-٣-٤ تحمل الخرسانة مع الزمن	٢-١٨
٢-٣-٤-١ عام	٢-١٨
٢-٣-٤-٢ الحد الأقصى لنسبة الماء / الأسمنت	٢-١٨
٢-٣-٤-٣ الحد الأدنى والأقصى لمحتوى الأسمنت	٢-١٩
٢-٣-٤-٤ الحد الأقصى لمحتوى الأملاح والمواد الضارة فى ماء الخلط	٢-١٩
٢-٣-٤-٥ الحد الأقصى لمحتوى أيونات الكلوريدات فى الخرسانة	٢-٢٠
٢-٣-٤-٦ الحد الأقصى لمحتوى الكبريتات فى الخرسانة	٢-٢٠
٢-٣-٤-٧ تعيين محتوى الكلوريدات والكبريتات فى الخرسانة	٢-٢٠
٢-٣-٤-٨ التفاعل القلوى للركام	٢-٢٠
٢-٣-٤-٨-١ التفاعل القلوى السيليسى	٢-٢٠
٢-٣-٤-٨-٢ التفاعل القلوى الكربوناتى	٢-٢١
٢-٣-٤-٩ الخرسانة المعرضة للوسط الحمضى	٢-٢٢
٢-٣-٤-١٠ الخرسانة المعرضة للكبريتات	٢-٢٢
٢-٣-٤-١١ الخرسانة المسلحة المعرضة للمهاجمة المزدوجة بالكبريتات والكلوريدات	٢-٢٣
٢-٣-٤-١٢ التجمد والذوبان	٢-٢٤
٢-٣-٤-١٣ حماية صلب التسليح	٢-٢٤
٢-٤ مقاومة الخرسانة للحريق	٢-٢٥
٢-٥ الخرسانة المعرضة لظروف البرى والتآكل	٢-٢٦
٢-٥-١ عام	٢-٢٦
٢-٥-٢ اشتراطات الحصول على خرسانة مقاومة للبرى والتآكل	٢-٢٧

٢-٦ أسس تصميم الخلطات الخرسانية	٢-٢٨
٢-٦-١ اعتبارات عامة	٢-٢٨
٢-٦-٢ متطلبات تصميم الخلطات الخرسانية	٢-٢٨
٢-٦-٢-١ متطلبات مقاومة الضغط	٢-٢٨
٢-٦-٢-٢ متطلبات التحمل مع الزمن	٢-٢٩
٢-٦-٢-٣ متطلبات القابلية للتشغيل	٢-٣٠
٢-٦-٣ الخلطات التجريبية والتأكيدية	٢-٣٠
٢-٦-٣-١ خلطات تجريبية بالمعمل	٢-٣٠
٢-٦-٣-٢ خلطات تأكيدية للمقاومة (إلزامية)	٢-٣١
٢-٦-٣-٣ خلطات تأكيدية إضافية	٢-٣٢
٢-٦-٤ خلطات الخرسانة الجاهزة	٢-٣٢
٢-٦-٥ أسس تقييم الخلطات الخرسانية	٢-٣٢
٢-٦-٥-١ تقييم الخرسانة الطازجة	٢-٣٢
٢-٦-٥-٢ تقييم الخرسانة المتصلدة أثناء التنفيذ	٢-٣٣
٢-٧ الاشتراطات الخاصة للخرسانة الجاهزة	٢-٣٣
٢-٨ الاشتراطات الخاصة للخرسانة ذاتية الدمك	٢-٣٤
٢-٩ الاشتراطات الخاصة لخرسانة الأجواء الحارة	٢-٣٤
الباب الثالث : اعتبارات عامة فى تصميم القطاعات	
٣-١ طرق التصميم	٣-١
٣-١-١ طريقة حالات الحدود	٣-١
٣-١-١-١ حالات حد المقاومة القصوى	٣-١
٣-١-١-٢ حالة حد الاستقرار	٣-٢
٣-١-١-٣ حالات حدود التشغيل	٣-٢
٣-١-٢ طريقة المرونة (طريقة إجهاد التشغيل)	٣-٢
٣-٢ أسس تحقيق الأمان	٣-٢
٣-٢-١ تحديد الأمان عند استعمال طريقة حالات الحدود	٣-٣
٣-٢-١-١ تحديد الأحمال والأفعال	٣-٣
٣-٢-١-٢ معامل خفض المقاومة γ	٣-٦
٣-٢-٢ تحديد الأمان عند استعمال طريقة المرونة	٣-٧
٣-٣ الأفعال الداخلية	٣-٧

الباب الرابع : التصميم بطريقة حالات الحدود

٤-١ اعتبارات عامة ٤-١

٤-٢ حالة حد المقاومة القصوى ٤-١

٤-٢-١ حالة حد المقاومة القصوى لعزوم انحناء أو قوى لامركزية ٤-١

٤-٢-١-١ الفروض الأساسية والاعتبارات العامة ٤-١

٤-٢-١-٢ القطاعات المعرضة لعزوم انحناء ٤-٥

٤-٢-١-٣ القطاعات المعرضة لعزوم انحناء مصحوبة بأحمال ضغط محورية ٤-١٠

٤-٢-١-٤ القطاعات المعرضة لأحمال شد محورية أو لعزوم انحناء مصحوبة بأحمال شد محورية ٤-١٢

٤-٢-٢ حالة حد المقاومة القصوى فى القص ٤-١٢

٤-٢-٢-١ الكمرات ٤-١٢

٤-٢-٢-١-١ قوة القص القصوى الاعتبارية فى الكمرات ٤-١٢

٤-٢-٢-١-٢ مقاومة القص القصوى الاعتبارية ٤-١٣

٤-٢-٢-١-٣ القيمة الاعتبارية لمقاومة الخرسانة لإجهاد القص ٤-١٥

٤-٢-٢-١-٤ مقاومة صلب التسليح الجذعى القصوى الاعتبارية للقص فى الكمرات ٤-١٦

٤-٢-٢-١-٥ التسليح الجذعى فى الكمرات ٤-١٦

٤-٢-٢-١-٦ متطلبات عامة فى اختيار وترتيب التسليح الجذعى ٤-١٨

٤-٢-٢-١-٧ مناطق عدم الاستمرارية ٤-٢٠

٤-٢-٢-٢ البلاطات والقواعد ٤-٢٠

٤-٢-٢-٣ القص الثاقب ٤-٢٠

٤-٢-٢-٤ قص الاحتكاك ٤-٢٢

٤-٢-٢-٥ الكوابيل القصيرة ٤-٢٣

٤-٢-٢-٦ الكمرات العميقة في القص ٤-٢٤

٤-٢-٢-٦-١ التسليح الجذعى للكمرات العميقة باستخدام طريقة التصميم الفرضى ٤-٢٥

٤-٢-٢-٦- ٢ التسليح الجذعى للكمرات العميقة عند التحليل بطريقة الضاغط والشداد ٤-٢٧

٤-٢-٢-٦-٣ الكمرات العميقة المحملة بأحمال ينتج عنها شد على أسطح تحميلها ٤-٢٨

٤-٢-٣ حالة حد المقاومة القصوى فى اللي ٤-٢٩

٤-٢-٤ حالة حد المقاومة القصوى للتحميل (الارتكاز) ٤-٣٥

٤-٢-٥ طول التماسك وطول الرباط ووصل صلب التسليح ٤-٣٧

٤-٢-٥-١ طول التماسك ٤-٣٧

٤-٢-٥-٢ تثبيت صلب تسليح القص ٤-٤٠

٤-٢-٥-٣ توقف أسياخ التسليح بالعناصر المعرضة لعزوم انحناء ٤-٤١

٤-٢-٥-٤ وصل أسياخ التسليح ٤-٤٤

٤-٣ حالات حدود التشغيل ٤-٤٧

٤-٣-١ حالات حدود التشكل والترخيم (سهم الانحناء) ٤-٤٨

٤-٣-١-١ حساب التشكل والترخيم ٤-٤٨

٤-٣-١-٢ الحدود المسموح بها للترخيم للكمرات والبلاطات ٤-٤٩

٤-٣-١-٣ نسبة البحر الخالص إلى العمق الكلى ما لم يتم حساب الترخيم ٤-٥٠

٤-٣-٢ حالات حدود التشرخ ٤-٥٢

الباب الخامس :التصميم بطريقة المرونة (طريقة إجهادات التشغيل)

٥-١ اعتبارات عامة ٥-١

٥-٢ إجهادات التشغيل المسموح بها ٥-١

٥-٣ القطاعات المعرضة لعزوم انحناء أو قوى لامركزية ٥-٣

٥-٣-١ الفروض الأساسية والاعتبارات العامة ٥-٣

٥-٣-٢ القطاعات المعرضة لعزوم انحناء ٥-٤

٥-٣-٣ القطاعات المعرضة لعزوم انحناء مصحوبة بأحمال محورية ٥-٥

٥-٤ القطاعات المعرضة لقوى القص ٥-٦

٥-٤-١ الكمرات ٥-٦

٥-٤-٢ البلاطات والقواعد ٥-٨

٥-٤-٣ القص الثاقب ٥-٩

٥-٥ القطاعات المعرضة لعزوم لي ٥-١٠

٥-٦ حمل الارتكاز ٥-١٣

الباب السادس : التحليل الإنشائي للعناصر الإنشائية

٦-١ اعتبارات عامة ٦-١

٦-٢ البلاطات ٦-٢

٦-٢-١ البلاطات المصمتة ٦-٢

٦-٢-١-١ عام	٦-٢
٦-٢-١-٢ البلاطات المصمتة ذات الاتجاه الواحد	٦-٤
٦-٢-١-٣ البلاطات المصمتة المستطيلة ذات الاتجاهين	٦-٨
٦-٢-١-٤ تصميم البلاطات بطريقة خطوط الكسر	٦-١١
٦-٢-١-٥ الأحمال المركزة على البلاطات	٦-١١
٦-٢-٢ البلاطات ذات الأعصاب والقوالب المفرغة	٦-١٦
٦-٢-٢-١ عام	٦-١٦
٦-٢-٢-٢ البلاطات ذات الأعصاب في الاتجاه الواحد	٦-١٧
٦-٢-٢-٣ البلاطات ذات الأعصاب في الاتجاهين	٦-١٧
٦-٢-٢-٤ ملاحظات عامة	٦-١٧
٦-٢-٣ البلاطات ذات الأعصاب والفراغات	٦-١٨
٦-٢-٤ البلاطات ذات الكمرات المتقاطعة	٦-١٩
٦-٢-٥ البلاطات المسطحة (البلاطات اللاكمرية)	٦-١٩
٦-٢-٥-١ عام	٦-١٩
٦-٢-٥-٢ حدود الأبعاد الخرسانية	٦-٢١
٦-٢-٥-٣ التحليل الإنشائي	٦-٢٢
٦-٢-٥-٤ تحليل البلاطات المسطحة كإطارات مستمرة	٦-٢٤
٦-٢-٥-٥ التحليل الفرضي (Empirical analysis) للبلاطات المسطحة المعرضة لأحمال منتظمة التوزيع	٦-٢٧
٦-٢-٥-٦ عزوم الانحناء فى البواكى ذات الكمرات الطرفية أو بدونها	٦-٣٠
٦-٢-٥-٧ الأحمال التصميمة الموثرة على كمرة الحافة	٦-٣٠
٦-٢-٥-٨ نقل العزوم السالبة من البلاطة إلى الأعمدة	٦-٣٠
٦-٢-٥-٩ ترتيب التسليح في البلاطات المسطحة	٦-٣٧
٦-٢-٥-١٠ تسليح تيجان الأعمدة	٦-٣٧
٦-٢-٥-١١ الفتحات في البلاطات المسطحة	٦-٣٧
٦-٣ الكمرات	٦-٣٩
٦-٣-١ الكمرات العادية	٦-٤٠
٦-٣-١-١ اشتراطات عامة	٦-٤٠
٦-٣-١-٢ البحر الفعال	٦-٤٠
٦-٣-١-٣ توزيع الأحمال على الكمرات	٦-٤٠

٦-٣-١-٤ طريقة التحليل الإنشائي ٦-٤٢
٦-٣-١-٥ جساءة الانحناء ٦-٤٢
٦-٣-١-٦ العزوم وقوى القص فى الكمرات المستمرة ٦-٤٣
٦-٣-١-٧ القطاعات الحرجة للعزوم وقوى القص ٦-٤٤
٦-٣-١-٨ حد النحافة ٦-٤٦
٦-٣-١-٩ العرض الفعال لشفة القطاعات على شكل حرف T أو L ٦-٤٦
٦-٣-١-١٠ شروط عامة ٦-٤٦
٦-٣-١-١١ النسبة الدنيا للتسليح الرئيسي ٦-٤٧
٦-٣-٢ الكمرات العميقة ٦-٤٧
٦-٣-٢-١ اشتراطات عامة ٦-٤٧
٦-٣-٢-٢ التصميم الفرضي للكمرات العميقة ٦-٤٨
٦-٣-٢-٣ التصميم باستخدام نموذج الضاغط والشداد ٦-٤٨
٦-٣-٢-٤ النسبة الدنيا للتسليح في الكمرات العميقة ٦-٤٩
٦-٤ الأعمدة ٦-٤٩
٦-٤-١ تعاريف ٦-٤٩
٦-٤-٢ المبانى المقيدة جانبيا وغير المقيدة جانبيا ٦-٤٩
٦-٤-٣ الحد الأدنى لمقدار اللامركزية للأحمال ٦-٥٠
٦-٤-٤ الأعمدة القصيرة ٦-٥٠
٦-٤-٥ الأعمدة النحيفة ٦-٥١
٦-٤-٥-١ طول الانبعاج ٦-٥١
٦-٤-٥-٢ الأعمدة النحيفة فى المبانى المقيدة جانبياً ٦-٥٣
٦-٤-٥-٣ الأعمدة النحيفة فى المبانى غير المقيدة جانبياً ٦-٥٧
٦-٤-٦ الأعمدة المعرضة لعزوم انحناء مزدوجة حول محورى القطاع ٦-٥٩
٦-٤-٧ تفاصيل وملاحظات ٦-٦٢
٦-٤-٨ الأعمدة من القطاعات المركبة ٦-٦٤
٦-٤-٨-١ عام ٦-٦٤
٦-٤-٨-٢ القطاعات المركبة من صلب محيط لقلب خرسانى ٦-٦٦
٦-٤-٨-٣ القطاعات المركبة ذات قطاعات من صلب داخل قطاع من الخرسانة المسلحة ٦-٦٧
٦-٥ الحوائط ٦-٦٧

٦-٥-١ عام ٦-٦٧

٦-٥-٢ الحوائط الخرسانية المسلحة ٦-٦٨

٦-٥-٢-١ تصميم الحوائط الخرسانية المسلحة ٦-٦٨

٦-٥-٢-٢ أدني وأقصى نسبة تسليح ٦-٧١

٦-٥-٢-٣ الإزاحة الأفقية للحوائط ٦-٧٣

٦-٥-٢-٤ الغطاء الخرساني لصلب التسليح ٦-٧٣

٦-٥-٢-٥ حساب تأثير القوى على الدعامات العرضية ٦-٧٣

٦-٥-٢-٦ الأحمال المركزة على الحوائط ٦-٧٣

٦-٥-٣ الحوائط الخرسانية التي تعتبر في حكم غير مسلحة ٦-٧٣

٦-٥-٣-١ التصميم ٦-٧٤

٦-٥-٣-٢ حدود النحافة ٦-٧٤

٦-٥-٣-٣ الحدود الدنيا للامركزية الأحمال ٦-٧٤

٦-٥-٣-٤ لامركزية الأحمال من البلاطات والأسقف ٦-٧٥

٦-٥-٣-٥ لامركزية الأحمال في مستوى الحائط ٦-٧٥

٦-٥-٣-٦ المقاومة للقص ٦-٧٥

٦-٥-٣-٧ أدنى نسبة تسليح في الحوائط الخرسانية التى تعتبر فى حكم غير المسلحة ٦-٧٥

٦- ٦ وصلات الكمرات والأعمدة المصبوبة ميليثياً ٦-٧٥

٦- ٦-١ أنواع الوصلات ٦-٧٥

٦-٦-٢ تصميم الوصلات ٦-٧٦

٦-٧ الأساسات ٦-٧٩

٦-٧-١ القواعد والهامات المنفصلة ٦-٨٠

٦-٧-٢ القواعد المشتركة وأساسات اللبشة ٦-٨٤

٦-٧-٣ البلاطات الخرسانية المرتكزة على التربة ٦-٨٥

٦-٧-٣-١ عموميات ٦-٨٥

٦-٧-٣-٢ البلاطات الخرسانية بدون تسليح ٦-٨٦

٦-٧-٣-٣ البلاطات الخرسانية المحتوية علي تسليح للانكماش والحرارة ٦-٨٦

٦-٧-٣-٤ البلاطات الخرسانية المسلحة ٦-٨٧

٦-٧-٤ الأساسات المعرضة لأحمال الزلازل ٦-٨٧

٦-٧-٤-١ القواعد وأساسات اللبشة وهامات الخوازيق ٦-٨٧

٦-٧-٤-٢ الميدات والبلاطات المرتكزة على التربة	٦-٨٨
٦-٧-٤-٣ الخوازيق	٦-٨٨
٦-٨ الاشتراطات الخاصة لمقاومة أحمال الزلازل	٦-٨٩
٦-٨-١ عام	٦-٨٩
٦-٨-١-١ تعريف العناصر الإنشائية	٦-٨٩
٦-٨-١-٢ النظم الإنشائية المقاومة لأحمال الزلازل	٦-٩٠
٦-٨-١-٣ مفاهيم التصميم	٦-٩٠
٦-٨-٢ اشتراطات الإطارات المقاومة للزلازل	٦-٩٢
٦-٨-٢-١ عام	٦-٩٢
٦-٨-٢-٢ اشتراطات الإطارات ذات الممطولية المحدودة	٦-٩٣
٦-٨-٢-٣ اشتراطات الإطارات ذات الممطولية الكافية	٦-٩٥
٦-٨-٣ اشتراطات حوائط القص	٦-٩٩
٦-٨-٣-١ المجال	٦-٩٩
٦-٨-٣-٢ الأبعاد الخرسانية	٦-٩٩
٦-٨-٣-٣ تسليح حوائط القص	٦-١٠٠
٦-٨-٣-٤ مقاومة الانحناء لحوائط القص	٦-١٠١
٦-٨-٣-٥ مقاومة القص لحوائط القص	٦-١٠١
٦-٨-٣-٦ العناصر الإنشائية التى لا تعتبر جزءاً من النظام المقاوم للزلازل	٦-١٠٢
٦-٨-٣-٧ الكمرات الرابطة بين حوائط القص المترابطة	٦-١٠٢
٦-٩ الخرسانة سابقة الصنع	٦-١٠٤
٦-٩-١ عام	٦-١٠٤
٦-٩-٢ توزيع القوى التصميمية بين العناصر	٦-١٠٥
٦-٩-٣ تسليح العناصر سابقة الصنع	٦-١٠٥
٦-٩-٤ التكامل الإنشائي	٦-١٠٥
٦-٩-٥ تصميم الوصلات ومناطق الارتكاز	٦-١٠٧
٦-٩-٦ الأجزاء المدفونة بعد صب الخرسانة	٦-١٠٩
٦-٩-٧ الترقيم والتمييز	٦-١١٠
٦-٩-٨ المناولة	٦-١١٠
٦-٩-٩ تقييم مقاومة العناصر سابقة الصنع	٦-١١٠
٦-٩-١٠ مقاومة القص الأفقية للعناصر المركبة	٦-١١٠

٦-١٠ النموذج الحسابي ونموذج التحقق لتمثيل المنشآت على الحاسب الآلي ٦-١١٢
٦-١٠-١ الشروط الواجب توافرها في النموذج الحسابي ٦-١١٢
٦-١٠-١-١ شروط هندسية ٦-١١٢
٦-١٠-١-٢ شروط إنشائية ٦-١١٢
٦-١٠-٢ مراجعة المدخلات و النتائج ٦-١١٣
٦-١٠-٢-١ مراجعة المدخلات ٦-١١٣
٦-١٠-٢-٢ التحقق من النتائج ٦-١١٣
٦-١٠-٣ البلاطات ٦-١١٣
٦-١٠-٤ اللبشة ٦-١١٤
٦-١٠-٥ الكمرات والأعمدة والإطارات ٦-١١٥
٦-١٠-٦ الكمرات العميقة والكوابيل القصيرة والحوائط ٦-١١٥
٦-١١ نموذج الضاغط والشداد ٦-١١٥
٦-١١-١ مقدمة ٦-١١٥
٦-١١-٢ تعريفات ٦-١١٦
٦-١١-٣ تصميم عناصر نموذج الضاغط والشداد ٦-١١٧
٦-١١-٣-١ عام ٦-١١٧
٦-١١-٣-٢ تصميم الضاغط ٦-١١٧
٦-١١-٣-٣ تصميم الشداد ٦-١٢٠
٦-١١-٣-٤ تصميم العقد ٦-١٢١
الباب السابع : التفاصيل الإنشائية
٧-١ اعتبارات عامة ٧-١
٧-٢ الرسومات الإنشائية ٧-١
٧-٢-١ الرسومات المبدئية ٧-١
٧-٢-٢ رسومات العطاء ٧-١
٧-٢-٢-١ الأحمال ٧-١
٧-٢-٢-٢ خواص المواد المستخدمة ٧-٢
٧-٢-٢-٣ بيانات عن الأساسات ٧-٢
٧-٢-٢-٤ الخرسانة سابقة الصب ٧-٢
٧-٢-٣ الرسومات التنفيذية ٧-٣
٧-٢-٤ الرسومات التفصيلية ٧-٤

٧-٢-٥ جدول عنوان الرسم ومشتملاته ٧-٥
٧-٣ تفاصيل خاصة لصلب التسليح ٧-٥
٧-٣-١ استخدام أنواع مختلفة من التسليح في نفس العنصر الإنشائى ٧-٥
٧-٣-٢ توقف أطراف الأسياخ وطول التماسك والوصلات ٧-٦
٧-٣-٢-١ الوصلات بالتراكب ٧-٦
٧-٣-٢-٢ الوصلات الميكانيكية ٧-٦
٧-٣-٢-٣ الوصلات باللحام ٧-٧
٧-٣-٣ الحد الأدنى والحد الأقصى للمسافات بين الأسياخ ٧-٩
٧-٣-٣-١ الحد الأدنى للمسافات بين الأسياخ ٧-٩
٧-٣-٣-٢ الحد الأقصى للمسافات بين الأسياخ ٧-١٠
٧-٣-٤ الأسياخ المجمعة ٧-١٠
٧-٣-٤-١ اعتبارات عامة ٧-١٠
٧-٣-٤-٢ وصلات التراكب وأماكن التوقف للأسياخ المجمعة ٧-١٠
٧-٤ الفواصل في أعمال الخرسانة ٧-١٢
٧-٤-١ فواصل الصب ٧-١٢
٧-٤-٢ فواصل الانكماش ٧-١٢
٧-٤-٣ فواصل الحركة ٧-١٢
٧-٤-٤ الفواصل الزلزالية ٧-١٢
٧-٥ نماذج لتسليح بعض العناصر الإنشائية ٧-١٣
الباب الثامن : ضبط وتأكيد الجودة لأعمال الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد
٨-١ اعتبارات عامة ٨-١
٨-٢ تعريفات ٨-١
٨-٢-١ الجودة المستهدفة ٨-١
٨-٢-٢ تأكيد الجودة ٨-١
٨-٢-٣ ضبط الجودة ٨-١
٨-٢-٤ دليل الجودة ٨-٢
٨-٢-٥ خطة الجودة ٨-٢
٨-٢-٦ نظام الجودة ٨-٢
٨-٢-٧ عناصر ومتطلبات نظام الجودة ٨-٢

٨-٢-٨ نظام تأكيد الجودة	٨-٣
٨-٢-٩ خطة تأكيد الجودة	٨-٣
٨-٢-١٠ برنامج تأكيد الجودة	٨-٣
٨-٢-١١ ضبط الجودة داخلياً	٨-٣
٨-٢-١٢ ضبط الجودة خارجياً	٨-٣
٨-٢-١٣ دور الجودة خلال عمر المشروع	٨-٤
٨-٣ التفتيش الفني	٨-٥
٨-٣-١ عام	٨-٥
٨-٣- ٢ القائم بالتفتيش	٨-٥
٨-٣-٢-١ المفتش الفني الخارجي	٨-٥
٨-٣-٢-٢ المفتش الفني الداخلي	٨-٥
٨-٣-٣ التفتيش الفني على المواد	٨-٦
٨-٣-٣-١ مراحل التفتيش الفني	٨-٦
٨-٣-٣-٢ اعتماد مواد الخرسانة	٨-٧
٨-٤ معمل الاختبار	٨-٨
٨-٥ مراجعة التصميم الإنشائى	٨-٨
٨-٦ مراحل ضبط جودة التنفيذ	٨-٨
٨-٦-١ تجهيز ومناولة المواد	٨-٨
٨-٦-٢ المراقبة وضبط الجودة لمواد الخرسانة	٨-١٠
٨-٦-٢-١ الأسمنت	٨-١٠
٨-٦-٢-٢ الركام	٨-١٠
٨-٦-٢-٣ الماء المستخدم فى صناعة الخرسانة	٨-١٠
٨-٦-٢-٤ الإضافات	٨-١١
٨-٦-٢-٥ مواد معالجة الخرسانة	٨-١١
٨-٦-٢-٦ أسياخ صلب التسليح	٨-١١
٨-٦-٣ المراقبة وضبط الجودة قبل صب الخرسانة	٨-١٢
٨-٦-٤ المراقبة وضبط الجودة أثناء صب الخرسانة	٨-١٢
٨-٦-٥ المراقبة وضبط الجودة بعد صب الخرسانة	٨-١٣
٨-٦-٦ مستويات التحكم في الجودة	٨-١٣
٨-٧ التتبع وحالات عدم المطابقة	٨-١٣

٨-٧-١ التتبع	٨-١٣
٨-٧-٢ التحكم في حالات عدم المطابقة	٨-١٤
٨-٧-٢-١ تحديد عدم المطابقة وفصل وتمييز المواد غير المطابقة	٨-١٤
٨-٧-٢-٢ تحديد الإجراء التصحيحي المطلوب	٨-١٤
٨-٧-٢-٣ تحديد الأسباب المحتملة لحدوث عدم المطابقة	٨-١٥
٨-٧-٢-٤ إعادة الفحص	٨-١٥
٨-٨ التسجيلات	٨-١٥
٨-٨-١ مستندات عامة	٨-١٥
٨-٨-٢ مستندات خاصة بضبط وتأكيد الجودة	٨-١٦
٨-٩ اختبارات الخرسانة	٨-١٦
٨-٩-١ أسس الاختبارات	٨-١٦
٨-٩-٢ الاختبارات الأولية على الخرسانة	٨-١٧
٨-٩-٣ اختبارات الخرسانة أثناء التنفيذ	٨-١٧
٨-٩-٤ الاختبارات غير المتلفة	٨-٢٠
٨-٩-٥ اختبار القلب الخرسانى	٨-٢٠
٨-٩-٦ تجربة تحميل العناصر والمنشآت الخرسانية	٨-٢١
الباب التاسع : التنفيـــذ	
٩-١ استلام وإعداد وتجهيز الموقع	٩-١
٩-٢ تشوين المواد	٩-٢
٩-٢-١ الأسمنت	٩-٢
٩-٢-٢ الركام	٩-٣
٩-٢-٣ صلب التسليح	٩-٣
٩-٢-٤ الإضافات	٩-٣
٩-٢-٥ المياه	٩-٤
٩-٣ قياس المواد	٩-٤
٩-٣-١ الأسمنت	٩-٤
٩-٣-٢ الركام	٩-٤
٩-٣-٣ المياه	٩-٤
٩-٣-٤ الإضافات	٩-٥
٩-٤ الشدات والفرم	٩-٥

٩-٤-١ تصميم وإعداد وتركيب الشدات والفرم ٩-٥
٩-٤-٢ فك الشدات والفرم ٩-٦
٩-٤-٣ احتياطات خاصة لفك الشدات والفرم ٩-٧
٩-٤-٤ فك الشدات النفقية ونصف النفقية ٩-٨
٩-٤-٥ التكسير فى الخرسانة بعد فك الفرم ٩-٨
٩-٥ إنتاج وتصنيع ومعالجة الخرسانة ٩-٨
٩-٥-١ التجهيز والإعداد للصب ٩-٨
٩-٥-٢ خلط مكونات الخرسانة ٩-٩
٩-٥-٣ صب الخرسانة ٩-١٠
٩-٥-٤ دمك الخرسانة ٩-١١
٩-٥-٥ معالجة الخرسانة ووقايتها ٩-١٢
٩-٥-٦ فواصل الصب ٩-١٣
٩-٥-٧ فواصل الانكماش ٩-١٤
٩-٥-٨ فواصل التمدد ٩-١٤
٩-٥-٩ الفواصل الزلزالية ٩-١٥
٩-٦ تشكيل صلب التسليح ٩-١٥
٩-٧ الحد الأدنى للغطاء الخرسانى لصلب التسليح ٩-١٦
٩-٨ التفاوتات المسموح بها فى أعمال الخرسانة ٩-١٦
٩-٨-١ التفاوتات المسموح بها فى قياس كميات المواد المستعملة فى الخلط ٩-١٦
٩-٨-٢ التفاوتات فى الهبوط باختبار مخروط قياس قوام الخرسانة ٩-١٧
٩-٨-٣ التفاوتات المسموح بها فى الأبعاد ٩-١٧
٩-٨-٤ التفاوتات المسموح بها فى أبعاد صلب التسليح العادى وعالى المقاومة ٩-١٩
٩-٨-٥ التفاوتات المسموح بها فى أبعاد العناصر سابقة الصب ٩-٢١
٩-٨-٥-١ التفاوتات فى الأبعاد الأفقية (أطوال العناصر) ٩-٢١
٩-٨-٥-٢ التفاوتات فى مقاسات قطاع العنصر ٩-٢٢
٩-٨-٥-٣ التفاوتات المسموح بها فى الاستقامة على طول العنصر ٩-٢٢
٩-٨-٥-٤ التفاوتات المسموح بها فى تحدب العنصر ٩-٢٢
٩-٩ إدارة المشروعات ٩-٢٢
٩-٩-١ عام ٩-٢٢
٩-٩-٢ مهام إدارة المشروع ٩-٢٣

٩-٩-٢-١ مرحلة التصميم وإعداد مستندات طرح العطاء ٩-٢٣

٩-٩-٢-٢ مرحلة طرح العطاء ٩-٢٣

٩-٩-٢-٣ مرحلة التنفيذ (طريقة العمل في إدارة المشروع) ٩-٢٤

٩-٩-٢-٤ خدمات مرحلة الاختبارات والتسليم الابتدائى والنهائى ٩-٢٦

٩-١٠ الأمن والسلامة فى تنفيذ المنشآت الخرسانية ٩-٢٦

الباب العاشر : الخرسانة سابقة الإجهاد

١٠-١ عام ١٠-١

١٠-٢ مواد الخرسانة سابقة الإجهاد ١٠-٢

١٠-٢-١ الخرسانة ١٠-٢

١٠-٢-١-١ عام ١٠-٢

١٠-٢-١-٢ خواص مكونات الخرسانة سابقة الإجهاد ١٠-٢

١٠-٢-١-٣ رتبة الخرسانة ١٠-٢

١٠-٢-١-٤ مقاومة ضغط المكعب الخرسانى القياسى عند عمر نقل قوة سبق الإجهاد ١٠-٢

١٠-٢-٢ صلب التسليح ١٠-٣

١٠-٢-٢-١ صلب سبق الإجهاد ١٠-٣

١٠-٢-٢-٢ الخواص الميكانيكية لصلب سبق الإجهاد ١٠-٣

١٠-٢-٣ مونة الحقن (الجراوت الأسمنتى) ١٠-٤

١٠-٣ تصميم العناصر الخرسانية سابقة الإجهاد ١٠-٤

١٠-٣-١ أسس التصميم ١٠-٤

١٠-٣-٢ متطلبات حدود التشغيل ١٠-٦

١٠-٣-٢-١ الإجهادات المسموح بها فى الخرسانة ١٠-٦

١٠-٣-٢-٢ الإجهاد المسموح به فى الصلب المستخدم فى سبق الإجهاد ١٠-٨

١٠-٣-٢-٣ حالة حد الترخيم ١٠-٨

١٠-٣-٣ متطلبات حالة حد المقاومة القصوى ١٠-٩

١٠-٣-٣-١ القطاعات المعرضة لعزوم انحناء ١٠-٩

١٠-٣-٣-٢ طول التماسك وطول الانتقال لصلب سبق الاجهاد ١٠-١٥

١٠-٣-٣-٣ القص ١٠-١٦

١٠-٣-٣-٤ اللى ١٠-١٩

١٠-٣-٣-٥ تصميم منطقة التثبيت ١٠-٢٢

١٠-٣-٣-٦ مناطق ربط نهايات الكابلات ١٠-٢٥

١٠-٣-٣-٧ العناصر المعرضة لقوى محورية مصحوبة بعزوم انحناء ١٠-٢٥

١٠-٣-٤ الفقد فى سبق الإجهاد ١٠-٢٥

١٠-٣-٤-١ عـــــام ١٠-٢٥

١٠-٣-٤-٢ الفقد الفورى فى سبق الإجهاد ١٠-٢٦

١٠-٣-٤-٣ الفقد المعتمد على الزمن فى سبق الإجهاد ١٠-٣٠

١٠-٣-٥ سبق الاجهاد الخارجـــى ١٠-٣٤

١٠-٤ نظم تحليل المنشآت سابقة الاجهاد ١٠-٣٤

١٠-٤-١ المنشآت غير المحددة استاتيكياً ١٠-٣٥

١٠-٤-٢ إعادة توزيع العزوم ١٠-٣٥

١٠-٤-٣ البـــلاطـــات سابقة الإجهاد ١٠-٣٥

١٠-٥ التفاصيل الانشائية ١٠-٣٧

١٠-٥-١ عـــــــــام ١٠-٣٧

١٠-٥-٢ الحدود القصوى لمساحة مقطع الكابلات بالقطاع الخرسانى ١٠-٣٧

١٠-٥-٣ الغطاء الخرسانى للكابلات ١٠-٣٧

١٠-٥-٣-١ الكابلات المتماسكة مع الخرسانة ١٠-٣٨

١٠-٥-٣-٢ الغطاء الخرسانى للأجربه المستقيمة (الغير منحنية) ١٠-٣٩

١٠-٥-٣-٣ الكابلات الخارجية ١٠-٤١

١٠-٥-٤ المسافة بين كابلات سبق الإجهاد ١٠-٤١

١٠-٥-٤-١ عـــــــــام ١٠-٤١

١٠-٥-٤-٢ المسافة بين الكابلات فى نظام الشد السابق ١٠-٤١

١٠-٥-٤-٣ المسافة بين الكابلات فى نظام الشد اللاحق ١٠-٤١

١٠-٥-٥ الكابلات المنحنيـــــة ١٠-٤٢

١٠-٥-٥-١ عـــــــــام ١٠-٤٢

١٠-٥-٥-٢ الغطـــــــــاء الخرسانى ١٠-٤٢

١٠-٥-٥-٣ المسافة بين الأجربـــة ١٠-٤٢

١٠-٥-٥-٤ تخفيض المسافة بين الأجربة ١٠-٤٣

١٠-٥-٦ منطقة ألواح التثبيت ١٠-٤٣

١٠-٥-٧ مقاسات الأجربة ١٠-٤٣

١٠-٥-٧-١ مقاسات الأجربـــة ١٠-٤٣

١٠-٥-٧-٢ الوصلات ١٠-٤٦

١٠-٥-٨ وثائق التنفيذ ١٠-٤٦

١٠-٥-٨-١ تقديم وثائق التنفيذ ١٠-٤٦

١٠-٥-٨-٢ المستندات التى تشمل وثائق التنفيذ ١٠-٤٦

١٠-٦ التفتيش و ضبط الجودة ١٠-٤٩

١٠-٦-١ جودة الخرسانة ١٠-٤٩

١٠-٦-٢ المراقبة وضبط الجودة لمونة الحقن ١٠-٥٠

١٠-٦-٣ المراقبة وضبط الجودة لصلب سبق الإجهاد ١٠-٥٠

١٠-٦-٤ التفتيش على الأجربة والكابلات ١٠-٥٠

١٠-٦-٥ معايرة المعدات الخاصة بشد الكابلات ١٠-٥١

١٠-٦-٦ التفتيش على العنصر الخرسانى بعد نقل القوة ونقل العنصر ١٠-٥١

١٠-٦-٧ اختبارات الخرسانة ١٠-٥١

١٠-٦-٨ اختبارات تحمل العناصر والمنشآت الخرسانية ١٠-٥١

١٠-٧ التنفيـــذ ١٠-٥٢

١٠-٧-١ عـــــــام ١٠-٥٢

١٠-٧-٢ برنامج سبق الإجهاد ١٠-٥٢

١٠-٧-٣ الكابـــــــلات ١٠-٥٤

١٠-٧-٤ تثبيت كابلات سبق الإجهاد والأجربة في مواضعها ١٠-٥٤

١٠-٧-٥ الشـــــــد ١٠-٥٦

١٠-٧-٥-١ عـــــــام ١٠-٥٦

١٠-٧-٥-٢ الشد السابق ١٠-٥٦

١٠-٧-٥-٣ الشد اللاحق ١٠-٥٧

١٠-٧-٦ وقاية الكابلات وحمايتها وربطها بالمنشأ الخرسانى باستخدام الحقن ١٠-٥٩

١٠-٧-٦-١ عـــــام ١٠-٥٩

١٠-٧-٦-٢ حماية الكابلات الداخلية ١٠-٥٩

١٠-٧-٦-٣ حماية الكابلات الخارجية ١٠-٥٩

١٠-٧-٧ وقاية ألواح التثبيت ١٠-٥٩

١٠-٧-٨ الحقـــــن ١٠-٥٩

١٠-٧-٨-١ عـــــام ١٠-٥٩

١٠-٧-٨-٢ التفتيش على الأجربة ١٠-٦٠

١٠-٧-٨-٣ إجراء الحقن ١٠-٦٠
١٠-٧-٩ ضمان الجودة لأعمال سبق الإجهاد ١٠-٦٠

الباب الأول
المجال وأسس التصميم

١-١ مجال الكود

١ - يحدد هذا الكود المتطلبات الدنيا التى يجب مراعاتها فى حساب وتصميم وتنفيذ ومراجعة العناصر والمنشآت الخرسانية وتحقيق كفاءتها. أما المنشآت الخرسانية ذات الطابع الخاص مثل الكبارى والصوامع والمداخن والمنشآت المقاومة للانفجارات والقشريات ، وكذلك المنشآت التى يتم تنفيذها بأساليب وطرق بناء غير تقليدية فيمكن أن يطبق عليها هذا الكود عندما لا تتعارض بنوده مع التوصيات الخاصة لهذه المنشآت على أن يضيف المهندس الاستشارى للمشروع الاشتراطات الإضافية الملائمة لنوعية المنشأ إلى مواصفات المشروع.

٢ - يُشترط أن يتولى مهندس نقابى ذو خبرة كافية كلاً من أعمال: التصميم - التنفيذ - الإشراف على التنفيذ - الرقابة، وللمهندس المعتمد أن يستعين بغيره من المهندسين المعتمدين من النقابة وذلك على مسئوليته.

٣ - يشمل الكود بيان القواعد التطبيقية لأسس تصميم وشروط تنفيذ المنشآت الخرسانية ومواصفات موادها وتشغيلها ، كما يتضمن بياناً بمتطلبات التفتيش وضبط الجودة والرقابة التى يمكن اتباعها.

٤ - لا يشتمل هذا الكود على الاشتراطات الخاصة بالمنشآت التالية:
- المنشآت من الخرسانة خفيفة الوزن.
- المنشآت من الخرسانة فائقة المقاومة.

٥ - لا يعفى خضوع التصميم والتنفيذ لما ورد بهذا الكود من أية مسئوليات أو التزامات قانونية.

١-٢ أغراض الكود

تتلخص الأغراض التى يحققها هذا الكود فى أن يكون المنشأ فى عناصره وأجزائه المختلفة ومجموعاته ممثلا وحدة متكاملة ومحققاً متطلبات الاستعمال والتشغيل التى أنشئ من أجلها مع توافر عامل أمان كاف ضد الانهيار وعدم الاتزان والتشكل (التشوه) والترخيم وحدوث الشروخ المعيبة.

١-٣ أسس التصميم

يسمح الكود باستعمال إحدى الطريقتين التاليتين للتصميم:

- طريقة حالات الحدود.
- طريقة المرونة (طريقة إجهادات التشغيل).

وتتلخص أسس التصميم لكل من الطريقتين فى تحديد الأمور التالية :

١ - الخواص والمقاومات للمواد الداخلة فى تكوين الخرسانة العادية والمسلحة وسابقة الإجهاد وتحديد العوامل التى تؤثر عليها، وكذلك تحديد الخواص المميزة التى يتم تصميم المنشأ على أساسها ومن ثم تحديد عوامل الأمان الكافية أثناء الإنشاء والتشغيل. وتؤخذ خواص المواد ومقاوماتها ومتطلبات اختبارها طبقاً لما ورد فى هذا الكود.

٢ - القوى الخارجية والأحمال الثابتة والمتحركة والأفعال التى يتعرض لها المنشأ نتيجة تغير الحرارة والانكماش والزحف وتحرك الركائز ، وكذلك التى تؤثر على المنشأ أثناء تشييده وتشغيله يتم تحديد قيمها فى ظروف التشغيل وذلك طبقاً لكود الأحمال أو عند بلوغ أى حالة من حالات الحدود طبقاً للباب الثالث من هذا الكود.

٣ - القوى الداخلية فى عناصر المنشأ المختلفة (عزوم الانحناء – قوى القص واللى – القوى المحورية) الناجمة عن القوى والأحمال والأفعال المذكورة فى الفقرة السابقة وكيفية توزيعها واتزانها يتم تحديد قيمتها طبقاً لنظرية المرونة.

٤ - التأكد من تحقق التكامل الإنشائي بين العناصر المختلفة للمنشأ الخرسانى بما يكفل عدم حدوث انهيار تتابعى يؤدى إلى انهيار كامل للمنشأ.

١-٤ تحديد حالات الحدود

تأخذ طريقة التصميم طبقاً لهذا الكود كلاً من حالات الحدود فى الاعتبار ، مع ضرورة التحقق من أن المنشأ كله يعمل كوحدة واحدة، وكذلك كل عنصر من عناصره قادر فى كل حالة من حالات الحدود وبمعامل أمان كاف أن يقاوم جميع الأحمال والتأثيرات التى يمكن أن يتعرض لها سواء أثناء مرحلة الإنشاء أو أثناء التشغيل ولأى من الحالات الحرجة التى يخشى أن يصبح فيها المنشأ غير صالح للاستخدام؛ وحالات الحدود هى كما يلى:

١- حالات حد المقاومة القصوى

وتكون نتيجة تصدع أى جزء فى المنشأ أو فقد الثبات فى عنصر منه أو فى مجموعة من عناصره.

٢- حالات حد عدم الاستقرار

وتكون نتيجة الانبعاج لأحد عناصر المنشأ أو فقد الاتزان الكلى كحدوث دوران للمنشأ كوحدة واحدة أو الانزلاق أو الطفو (Uplift).

٣- حالات حدود التشغيل

أ - حالة حد التشرخ : وتكون عند تجاوز الحدود المسموح بها للتشرخ.

ب - حالة حد الترخيم : وتكون عند تجاوز حدود الترخيم المقبولة دون الإخلال بالاتزان ويدخل فيه الاهتزاز غير المقبول.

الباب الثانى

مواد وخلطات الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد

٢-١ اعتبارات عامة

يختص هذا الباب بمواد وخلطات الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد من حيث الخواص وتعيين نسب المكونات طبقاً لظروف تشغيل الخرسانة والنوعية المطلوبة فى حالتيها الطازجة والمتصلدة. ويتبع دليل الاختبارات المعملية لمواد الخرسانة (الملحق رقم ٣ بهذا الكود – إصدار ٢٠٠٣) وتعديلاته وكذلك المواصفات القياسية المصرية الصادرة من الهيئة المصرية العامة للمواصفات والجودة لتحديد خواص المواد واختباراتها فى جميع بنود هذا الباب وذلك لما لا يتعارض بالنسبة لحدود القبول والرفض مع ما هو وارد فى هذا الكود؛ وفى حالة عدم وجود الاختبارات وحدودها فى أى منهما يمكن الرجوع إلى أى من المواصفات القياسية الأخرى على أن يكون متفقاً عليها بين جميع أفراد التعاقد.

وفيما يلى بيان المواصفات المصرية الحالية ذات الصلة بهذا الباب:

م.ق.م ٤٧٥٦-١/٢٠٠٦ الأسمنت : الجزء الأول : التركيب والاشتراطات ومعايير المطابقة للأسمنت الشائع

م.ق.م ٥٨٣/٢٠٠٥ الأسمنت البورتلاندى المقاوم للكبريتات.

م.ق.م ٣٠٧١/١٩٩٦ طرق اختبار الأسمنت : تعيين محتوى الكلوريد فى الأسمنت

م.ق.م ٣٠٧٢/١٩٩٦ طرق اختبار الأسمنت : تعيين محتوى القلويات فى الأسمنت

م.ق.م ٤٧٤/١٩٩٤ الطرق القياسية للتحليل الكيميائى للأسمنت

م.ق.م ١٩٤٧/١٩٩١ طرق سحب عينات الأسمنت

م.ق.م ٢٤٢١/١٩٩٣ الطرق القياسية للاختبارات الطبيعية والميكانيكية للأسمنت (٩ أجزاء)

م.ق.م ٢١٤٩/١٩٩٢ الأسمنت البورتلاندى متوسط الحرارة.

م.ق.م ١١٠٩/٢٠٠٢ ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية – وتعديلاتها.

م.ق.م ١٨٩٩/١٩٩٠ إضافات الخرسانة: الجزء الأول: الإضافات المخفضة للماء والإضافات المعجلة للشك والإضافات المبطئة للشك.

م.ق.م ٢٦٢/٢٠٠٠ أسياخ الصلب لتسليح الخرسانة – وتعديلاتها.

م.ق.م ١٦١٨/١٩٩٠ شبك أسياخ الصلب الملحومة لتسليح الخرسانة.

م.ق.م ٧٦/٢٠٠١ اختبار الشد للمعادن.

م.ق.م ١٦٥٨ طرق اختبار الخرسانة:

م.ق.م ١٦٥٨/١٩٨٨ الجزء الأول: طريقة أخذ عينات الخرسانة الطازجة فى الموقع.

م.ق.م ١٩٨٩/١٦٥٨ الجزء الثانى: طريقة تعيين الهبوط للخرسانة الطازجة.

م.ق.م ١٩٨٩/١٦٥٨ الجزء الثالث: طريقة تعيين عامل الدمك للخرسانة الطازجة.

م.ق.م ١٩٨٩/١٦٥٨ الجزء الرابع: طريقة عمل أسطوانات الاختبار من الخرسانة الطازجة.

م.ق.م ١٩٩١/١٦٥٨ الجزء الخامس: طريقة عمل مكعبات الاختبار من الخرسانة الطازجة.

م.ق.م ١٩٩٣/١٦٥٨ الجزء السابع: طريقة المعالجة العادية لعينات الاختبار.

٢-٢ خواص مواد الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد

٢-٢-١ الأسمنت

١- يكون الأسمنت المستعمل من النوع الأسمنت البورتلاندى CEMI (م.ق.م ٢٠٠٦/١-٤٧٥٦) أو البورتلاندى المقاوم للكبريتات (م.ق.م ٢٠٠٥/٥٨٣) أو الأسمنت متوسط الحرارة (م.ق.م ١٩٩٢/٢١٤٩) .

٢- لا يسمح باستخدام الأسمنت البورتلاندى الحجر الجيرى
(CEM II / A - LL, CEM II / A – L, CEM II / B – LL, CEM II B / L)
أو الأسمنت البورتلاندى المحتوى على تراب المسارات الجانبية للأسمنت .

٣- في حالة استخدام أسمنت بخلاف ما ذكر فى البند رقم (١) يجب أن تتوافر الخبرة السابقة فى استعماله بنجاح وعلى أن يحقق اشتراطات المواصفات القياسية المصرية الخاصة به وكذلك المتطلبات المذكورة بالكود .

٤- يجب ألا تزيد نسبة الكلوريدات بالأسمنت على ٠,٠٦ % من وزن الأسمنت .

٥- عند استخدام الأنواع المختلفة من الأسمنت البوزولانى – كوسيلة للحد من ظاهرة التمدد التى تحدثها التفاعلات القلوية السيليسية داخل الخرسانة أو التفاعلات المهاجمة بتركيزات عالية من الكبريتات – يشترط أن تكون المكونات الكيميائية للشق البوزولانى لهذه الأسمنتات مطابقة للمواصفات القياسية المصرية (م.ق.م ٢٠٠٦/١-٤٧٥٦) كما يجب أن تكون على هيئة زجاجية تضمن نشاطه مع المحتوى الأسمنتى .

٦- يشترط ألا تزيد نسبة القلويات في الأسمنت – معبرا عنها كأكسيد صوديوم مكافئ – على ٠,٦% من وزن الأسمنت في حالة استخدام ركام ذى مكونات سيليسية نشطة .

٢-٢-٢ الركام

٢-٢-٢-١ عام

تعتبر مجارى الأنهار والصحراء وشواطئ البحار من المصادر الأكثر شيوعاً للركام الطبيعى، وإن كان يُحظر استخدام ركام الشواطئ إلا بعد التأكد من صلاحيته الكيميائية أو التحكم فى نسبة الأملاح به. كما يمثل كسر الصخور والحجارة مصدراً رئيسياً آخر للركام الطبيعى الذى تتنوع خواصه مع الاختلاف فى التكوينات الجيولوجية للصخور والحجارة وأماكن تواجدها.

٢-٢-٢-٢ اشتراطات استخدام الركام

١ - يجب أن يكون الركام مطابقاً للمواصفات القياسية المصرية بالإضافة إلى الحدود الإضافية المذكورة فى الكود فى الجدولين (٢-١) ، (٢-٢).

٢ - يجب أن تكون حبيبات الركام الطبيعى صلدة وخالية من المواد الضارة. ويجب ألا تحتوى حبيبات الركام على مواد ضارة بالخرسانة أو بصلب التسليح مثل بيريت الحديد أو الفحم وألا تحتوى على شوائب عضوية بكمية تؤثر تأثيراً ضاراً على شك أو تصلد أو مقاومة الخرسانة أو مدى تحملها مع الزمن أو على صلب التسليح ويجوز الأخذ بالبيانات ونتائج الاختبارات السابقة المتوافرة عن الأنواع المختلفة من الركام، على أن تُستكمل أى اختبارات أخرى بالقدر الذى يناسب مصدر الركام وطبيعة المنشأ وبما يفى باشتراطات المواصفات القياسية المصرية.

٣ - عند استخدام الحجارة الكربوناتية فيجب التأكد من خلوها من أى مكونات سيليسية أو كربونية نشطة لها قابلية التفاعل مع قلويات الأسمنت منتجة تمدداً أو شروخاً غير مرغوب فيها. كما يجب اللجوء للفحوصات الدقيقة مثل فحص الأشعة السينية المتفرقة (X – ray diffraction) والتحاليل البتروجرافية (Petrographic analysis) والاختبارات المنصوص عليها فى البند (٢-٣-٤-٨) والموضحة تفصيلاً فى دليل الاختبارات والتى يجب أن يتم إجراؤها من قبل المحجر .

٤ - يجوز استخدام ركام مُصنع أو ركام معاد استخدامه بشرط استيفائه حدود ومتطلبات المواصفات القياسية ومواصفات المشروع وتشترط موافقة المهندس الاستشارى على ذلك.

٥ - لا يقل معاير نعومة الركام الصغير عن ٢,٦ فى الخرسانة سابقة الإجهاد.

٦ - فى حالة عدم توافر الركام بالتدرجات الحبيبية الواردة بالمواصفات القياسية المصرية يمكن تحديد منحنيات تدرج حبيبى مناسبة بناء على دراسات وتجارب مختبرية وحقلية على أن يتم تجربة استخدامه فى الخلطة التصميمية والتأكيدية ويشترط أن يوافق الاستشارى على استخدامه.

٧ - يجب ألا يتعدى المقاس الاعتبارى الأكبر للركام الكبير (خُمس) البعد الأصغر بين جانبى شدة القطاع الخرسانى أو (ثُلث) سمك البلاطة الخرسانية أو (ثلاثة أرباع) المسافة الخالصة بين أسياخ التسليح.

٨- لا يزيد المقاس الاعتبارى الأكبر للركام الكبير على ٤٠ مم فى الخرسانة المسلحة، كما لا يزيد على ٢٥ مم فى الخرسانة سابقة الإجهاد.

جدول (٢-١) الحدود المسموح بها لبعض الخواص الطبيعية والميكانيكية للركام

الخاصية*	الحد الأقصى المسموح به	
	الركام الكبير	الركام الصغير
١- النسبة المئوية بالوزن للمواد الناعمة المارة من منخل ٧٥ ميكرون (منخل رقم ٢٠٠)	للزلط وكسر الزلط ١% لكسر الحجارة** ٣%	الرمل الطبيعى (٣%) رمل ناعم من كسر الحجارة** (٥%)
٢- النسبة المئوية بالوزن للتكتلات الطينية والمواد القابلة للتفتت	للزلط وكسر الزلط ١ % لكسر الحجارة ٣ %	٣ %
٣- الصلادة معبراً عنها بالنسبة المئوية بالوزن للمار من منخل ١,٧ مم بعد ٥٠٠ دورة تفتت في ماكينة لوس أنجلس	للزلط وكسر الزلط ٢٠% لكسر الحجارة ٣٠%	ـــــ
٤- دليل التفلطح Flakiness Index	٢٥ %***	ـــــ
٥- دليل العصوية (الاستطالة) Elongation Index	٢٥ %***	ـــــ
٦- النسبة المئوية للامتصاص الطبيعى بعد ٢٤ ساعة****	للزلط وكسر الزلط ١ % لكسر الحجارة ٢,٥ %	٢ %
٧- معامل التهشيم	للخرسانة غير المعرضة أسطحها للتآكل ٣٠ % للخرسانة التى تتعرض أسطحها للتآكل ٢٥ %	ـــــ
٨- معامل الصدم	للخرسانة غير المعرضة أسطحها للتآكل ٤٥ % للخرسانة التى تتعرض أسطحها للتآكل ٣٠ %	ـــــ

* تُحدد هذه الخواص بالاختبارات الواردة بالمواصفات القياسية المصرية ودليل الاختبارات الملحق بهذا الكود.

** بشرط خلوها من الطين والطمى والطفلة.

*** فى حالة زيادة نسبة التفلطح أو العصوية فيجب أخذ ذلك فى الاعتبار عند تصميم الخلطة.

**** فى حالة زيادة نسبة الامتصاص على ٢,٥ % يجب أن تؤخذ هذه الزيادة عند تصميم الخلطة الخرسانية.

جدول (٢-٢) الحدود المسموح بها للكلوريدات والكبريتات بالركام وثبات الحجم للركام

الخاصيـــــــــــــــــــــــــــــــة*	الحد الأقصى كنسبة مئوية من وزن الركام	
	الركام الكبير	الركام الصغير
١- محتوى الكلوريدات القابلة للذوبان فى الماء (Cl^-)**	٠,٠٤ %	٠,٠٦ %
٢- محتوى الكبريتات الكلية على هيئة (SO_3)	٠,٤ %	٠,٤ %
٣- ثبات الحجم الكيميائى (معبراً عنه بالنسبة المئوية للفاقد فى الوزن):		
٣-أ- التعرض لـــ ٥ دورات فى محلول كبريتات الصوديوم	١٢	١٠
٣-ب- التعرض لـــ ٥ دورات فى محلول كبريتات المغنسيوم	١٨	١٥

* تحدد هذه الخواص بالاختبارات الواردة بالمواصفات القياسية و/أو دليل الاختبارات الملحق بهذا الكود .

** لا تزيد النسبة المئوية لمحتوى الكلوريدات القابلة للذوبان في الماء على ٠,٠١ % من الركام الشامل فى حالة الخرسانة سابقة الإجهاد.

٢-٢-٣ ماء الخلط والمعالجة

١- يكون الماء المستعمل فى خلط الخرسانة نظيفاً وخالياً من المواد الضارة مثـــل الزيـــوت والأحماض والمواد العضوية والأملاح، كذلك الطين والطمى وأية مواد تؤثر تأثيراً متلفاً على مكونات الخرسانة أو صلب التسليح. ويشترط فى ماء خلـــط الخرســـانة ألا يزيـــد محتوى الأملاح فيه على القيم الموضحة بالفقرة ٢ من هذا البند .

٢- يشترط فى ماء الخلط ألا يزيد محتوى الأملاح والمواد الضارة على:

٢,٠٠ جرام فى اللتر من الأملاح الكلية الذائبة (T.D.S) .

٠,٥٠ جرام فى اللتر من أملاح الكلوريدات على هيئة Cl^-.

٠,٣٠ جرام فى اللتر من أملاح الكبريتات على هيئة SO_3.

١,٠٠ جرام فى اللتر من أملاح الكربونات والبيكربونات.

٠,١٠ جرام فى اللتر من أملاح كبريتيد الصوديوم.

٠,٢٠ جرام فى اللتر من المواد العضوية.

٢,٠٠ جرام فى اللتر من المواد غير العضوية وهى الطين والمواد العالقة.

٣- لا يقل – بصفة عامة – الأس الهيدروجينى (pH) لماء الخلط عن (٧) ، و يجب إجـراء تحاليل لمعرفة الرقم الفعلى قبل استخدام الماء وذلك فى حالة استخدام مياه بخلاف ميـاه الشرب.

٤- يُعتبر الماء الصالح للشرب – باستثناء الاشتراطات البكتريولوجية – مناسباً فى جميع الأحـوال لخلط ومعالجة الخرسانة. وفى حالة عدم توافره يمكن استعمال ماء من مصادر أخـرى لخلـط ومعالجة الخرسانة بشرط استيفاء الشروط الواردة سابقاً وذلك بالإضافة إلى ما يلى:

أ – لا يزيد زمن الشك الابتدائى لعينات الأسمنت المجهزة بهذا الماء بأكثر مـن ٣٠ دقيقة على زمن الشك الابتدائى لعينات بنفس الأسـمنت جهـزت بالمـاء الصالح للشرب، وعلى ألا يقل زمن الشك الابتدائى بأية حال عن ٤٥ دقيقة.

ب – لا تقل مقاومة الضغط للمونة القياسية بعد ٧ و ٢٨ يوماً والتى استعمل فيها هذا الماء عن ٩٠ % من مقاومة الضغط لعينات مماثلة جُهزت بماء خلط صالح للشرب عنـد نفـس العمر، مع استخدام القالب القياسى لاختبار المونة القياسية فى كلتا الحالتين.

جـ– يجب عند تصميم الخلطة الخرسانية استخدام نفس نوع الماء الذى سيستخدم فـي الخلـط عند تنفيذ المنشأ وذلك في مراحل كل من الخلطات المختبرية التجريبية والتأكيدية.

٥- لا يُسمح على الإطلاق باستخدام ماء البحر فى خلط الخرسانة المسلحة بجميع أنواعها.

٦- يجوز استعمال ماء البحر ــ عند الضرورة ــ فى خلط الخرسانة العادية بدون تسليح، علـى أن يتم تصميم خلطة بنفس الماء مع تحديد محتوى الأسمنت المناسب للخلطة للوصـول إلـى المقاومة المطلوبة للخرسانة وبشرط عدم ملامستها لسطح خرسانة مسلحة بإضـافة مـادة أو دهان عازلين بينهما مع توافر الخبرة السابقة فى استخدام ماء البحر بنجاح.

٧- يُعتبر الماء الصالح للاستخدام فى خلط الخرسانة المسلحة صالحاً للاستعمال في معالجتها.

٨- يجب ألا يُحدث الماء المستخدم فى المعالجة بقعاً أو تزهيراً أو ترسيباً أو أية ظواهر غير مقبولة على سطح الخرسانة.

٢-٢-٤ الإضافات

الإضافات هى مواد تضاف للخلطات الخرسانية بكميات مُحددة، وذلك لتحسين خـواص معينة للخرسانة، أو إكسابها خواصاً جديدة، وذلك نتيجة تأثير كيميائى أو فيزيقـى. ويجـب ألا تؤثر هذه الإضافات بأى قدر ملحوظ على الحجم الكلى للخرسانة باسـتثناء إضـافات الهـواء المحبوس أو الإضافات المعدنية كما يجب ألا تحدث هذه الإضافات تأثيراً سلبياً ملحوظاً علـى تحمل الخرسانة مع الزمن .

ويمكن تصنيف الإضافات الأكثر شيوعاً للاستخدام ــ بصفة عامة ــ في أعمال الخرسانة المسلحة (انظر جدول رقم (٢-٣)) على النحو التالي:

- إضافات كيميائية وتشمل الإضافات المعجلة للشك ــ الإضافات المبطئة للشك ــ الإضافات المخفضة للماء والإضافات عالية التخفيض للماء. ويمكن إنتاج بعض هذه الإضافات بما يؤهلها للقيام بأكثر من دور مثل الإضافات المبطئة للشك والمخفضة للماء والمبطئة للشك وعالية التخفيض للماء والمعجلة للشك والمخفضة للماء.
- إضافات الهواء المحبوس.
- إضافات بوزولانية وتشمل خبث الأفران العالية – الرماد المتطاير – غبار السيليكا – الأتربة البوزولانية الطبيعية مثل رماد بعض المحاصيل الزراعية . ومعظم هذه الإضافات لها خاصية بوزولانية ــ أي تتفاعل مع نواتج مركبات تفاعلات الأسمنت مع الماء.
- إضافات أخرى مثل المواد الملونة للخرسانة والمواد الواقية من صدأ الصلب.

ويراعى عند استخدام الإضافات الاشتراطات التالية:

١- يجب أن تفى الإضافات بحدود المواصفات القياسية المصرية لكل نوع من الأنواع سالفة الذكر وذلك باختبارها في مختبرات متخصصة ومعتمدة .

٢ - يمكن استخدام الإضافات التي ليس لها مواصفات قياسية مصرية أو عالمية على أساس المعلومات السابقة والخبرة ونتائج التجارب والاختبارات التأكيدية من مختبرات معتمدة وبما يحقق المتطلبات الواردة بمواصفات المشروع.

٣- يجب على المورد تقديم التوصيات بشأن طريقة وزمن الخلط كما يجب أن يحدد إمكانية تجزئة الإضافة على دفعات أثناء الخلط وقبل الصب وفقاً لدرجة الحرارة ومسافة النقل وظروف التشغيل.

٤- يجب ألا تؤثر الإضافات تأثيراً ضاراً على الخرسانة أو صلب التسليح وبخاصة مدى تحملها مع الزمن.

٥- يحظر استخدام الإضافات التي تحتوي على كلوريدات في الخرسانة المسلحة أو الخرسانة سابقة الإجهاد أو الخرسانة التي تحتوى على معادن مدفونة.

٦- يتعين على مستخدم الإضافة إجراء خلطات تأكيدية في الموقع باستخدام الإضافة، وذلك قبل الشروع في إنتاج الخرسانة للتحقق من استيفاء متطلبات الأدائية للخرسانة في حالتيها الطازجة والمتصلدة ولتلافي حدوث بعض الظواهر غير المقبولة فيها مثل عدم شك الخرسانة.

٧- يجب التأكد دورياً من مدى ملاءمة وفاعلية أي من الإضافات بواسطة خلطات تجريبية من الأسمنتات والركام والمواد الأخرى التي تستخدم في الأعمال الخرسانية مع مقارنة

الخلطات بخلطات تحكم بدون إضافات، ومع الأخذ فـى الاعتبـار الخـواص الأخـرى للخرسانة عند تقويم الخلطات.

٨- يُشترط فى الخرسانة المحتوية على إضافات ألا تقل مقاومتها للضغط والشـد والتماسـك بينها وبين صلب التسليح عن القيم المناظرة لخرسانة التحكم المجهزة بـدون إضـافات، وذلك بجانب كل ما سبق ذكره. وإذا اقتضت الضرورة السماح بانخفاض المقاومة بهدف تحقيق خواص أخرى مطلوبة فيجب ألا يزيد الانخفـاض المسـموح بـه علـى ١٠ % وبموافقة المهندس المصمم.

٩- يلزم لقبول أية رسالة من الإضافة الموردة أن يكون لها نفس التكوين للإضـافة السـابق اعتمادها واختبارها وقبولها، وذلك بإجراء اختبارات التجانس – على الأقل – التى تنص عليها المواصفات القياسية المصرية.

١٠- يجب ألا يزيد محتوى الهواء بالخلطة الخرسانية ذات الإضافات سابقة الذكر على محتوى الهواء فى خلطة التحكم بدون إضافات بأكثر من ٢% وبحيث لا يزيد محتـوى الهـواء الكلى لأية حالة من الإضافات على ٣ % وذلك باستثناء خرسانة الهواء المحبوس.

١١- يُفضل استخدام نوع واحد من الإضافات، وإذا اقتضت الضرورة استخدام أكثر من نـوع من الإضافات فى نفس الخلطة الخرسانية فيلزم أن تتواجد معلومات كافية لبيـان مـدى تداخلهما والتأكد من توافقهما باختبارات تأكيدية فى مختبرات معتمدة وأن يتم ذلك بموافقة المهندس الاستشاري.

١٢- فى حالة استخدام أكثر من نوع من الإضافات المتوافقة فى الخلطة يراعى عـدم مـزج الإضافات قبل إضافتها للخلطة الخرسانية ويفضل أن يتم إضافة كل منها على حدة داخل الخلاطة أثناء عملية الخلط .

١٣- يجب ألا تزيد درجة حرارة الخرسانة الطازجة ذات الإضافة بأكثر من خمـس درجـات مئوية مقارنة بخلطات التحكم بدون إضافات.

١٤- يراعى فى حالة استخدام مواد بوزولانية – سواء كانت طبيعية أو كنـواتج ثانويـة مـن الصناعة – التأكد من استقرار تركيب هذه المواد .

١٥- يتعين على مصنع الأسمنت أن يعلن عن وجود إضافة كيميائية أو معدنية مع الأسـمنت ويجب أن تجرى على هذه الأسمنتات ذات الإضافة كافة الاختبارات الخاصة بالخلطـات الخرسانية ذات الإضافات .

١٦- يراعى فى جميع البنود السابقة الأخذ فى الاعتبار اختلاف الظروف المناخيـة وبخاصـة درجات الحرارة.

جدول (٢-٣) متطلبات المواصفة القياسية المصرية ١٨٩٩ / ١٩٩٠ لإضافات الخرسانة

١- متطلبات الأدائية لخرسانة الإضافات.

الخاصية	نوع الإضافات						
	النوع (أ) مخفضة لماء الخلط	النوع (ب) مبطئة للشك	النوع (جـ) معجلة للشك	النوع (د) مخفضة للماء ومبطئة للشك	النوع (هـ) مخفضة للماء ومعجلة للشك	النوع (و) عالية تخفيض الماء	النوع (ز) عالية تخفيض الماء ومبطئة للشك
أ- الخرسانة الطازجة							
-الحد الأقصى للماء كنسبة من ماء خلطة التحكم	%٩٥	--	--	%٩٥	%٩٥	%٨٨	%٨٨
-الزيادة فى الهواء على خلطة التحكم	لا يزيد على ٢ %	لا يزيد على ٢%	لا يزيد على ٢%	لا يزيد على ٢ %	لا يزيد على ٢ %	لا يزيد على ٢ %	لا يزيد على ٢ %
-محتوى الهواء الكلى بالخلطة	لا يزيد على ٣ %	لا يزيد على ٣ %	لا يزيد على ٣ %	لا يزيد على ٣ %	لا يزيد على ٣ %	لا يزيد على ٣ %	لا يزيد على ٣ %
- أزمنة التصلد عند اختراق ٠,٥ نيوتن /مم٢	خلال ساعة من زمن خلطة التحكم	أكثر من ساعة من زمن خلطة التحكم	ساعة أقل من خلطة التحكم كحد أدنى	ساعة أكثر من خلطة التحكم كحد أدنى	ساعة أقل عن خلطة التحكم كحد أدنى	خلال ساعة من زمن خلطة التحكم	أكثر من ساعة من زمن خلطة التحكم كحد أدنى
- أزمنة التصلد عند اختراق ٣,٥ نيوتن /مم٢	خلال ساعة من زمن خلطة التحكم	أكثر من ساعة من زمن خلطة التحكم	ساعة أقل من خلطة التحكم كحد أدنى	-----	ساعة أقل من زمن خلطة التحكم كحد أدنى	خلال ساعة من زمن خلطة التحكم	أكثر من ساعة من زمن خلطة التحكم كحد أدنى
ب- الخرسانة المتصلدة							
-الحد الأدنى لمقاومة الضغط كنسبة مئوية من خلطة التحكم عند الأعمار التالية:							
١ يوم	--	--	١٢٥	--	١٢٥	١٤٠	١٢٥
٣ أيام	١١٠	٩٠	١٢٥	١١٠	١٢٥	١٢٥	١٢٥
٧ أيام	١١٠	٩٠	١٠٠	١١٠	١١٠	١١٥	١١٥
٢٨ أيام	١١٠	٩٠	١٠٠	١١٠	١١٠	١١٠	١١٠
٦ أشهر	١٠٠	٩٠	٩٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
- الحد الأدنى لمقاومة الإنحناء كنسبة مئوية من خلطة التحكم عند عمر ٢٨ يوماً	١٠٠	٩٠	٩٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠

٢- متطلبات التجانس بين العينة التى تم إجراء اختبارات الأداء عليها والعينة المأخوذة من الرسالة الموردة والقيم التى نص عليها المورد

الخاصية	المتطلبات
- محتوى المادة الصلبة	لا يزيد الفرق على ٥ % بالوزن لكل من الإضافات السائلة والصلبة .
- محتوى الرماد	لا يزيد الفرق على ١ % بالوزن .
- الكثافة النسبية	لا يزيد الفرق على ٠,٠٢ % للإضافات السائلة .
- الرقم الهيدروجينى	يتم المقارنة بين الرقمين .
- محتوى ايون الكلوريد	لا يزيد الفرق على ٥ % أو لا تزيد على ٠,٢% من وزن الإضافة أيهما أكبر.
- الأشعة تحت الحمراء	تكون مطابقة لبيان المنتج .

٢-٢-٥ صلب التسليح للخرسانة المسلحة

٢-٢-٥-١ أنواع صلب التسليح

١- تستخدم فى تسليح الخرسانة أسياخ الصلب التى تفى بالمواصفات القياسية المصرية م.ق.م٢٦٢/٢٠٠٠ ، وفى حالة استعمال الشبك الملحوم تطبق المواصفات القياسية المصرية م.ق.م١٦١٨/١٩٩٠.

٢- أنواع صلب التسليح الشائع استخدامها فى الخرسانة هى:

أ - صلب طرى عادى رتبة ٢٤٠/٣٥٠ أو ٢٨٠/٤٥٠ ويرمز له (ϕ).

ب - صلب عالى المقاومة وينقسم إلى النوعين التاليين:

صلب رتبة ٣٦٠/٥٢٠ يرمز له (ϕ)

صلب رتبة ٤٠٠/٦٠٠ ويرمز له (Φ)

ويكون الصلب عالى المقاومة من الصلب المشكل على البارد أو الساخن، كما يشترط فى الصلب عالى المقاومة الناتج من الصلب الطرى المعالج على البارد ألا يكون أملس، وأن يكون به نتوءات تفى بالاشتراطات الواردة بالمواصفات القياسية المصرية (م.ق.م ٢٦٢/٢٠٠٠) وذلك لإحداث التماسك اللازم مع الخرسانة.

جـ- صلب شبك من أسياخ الصلب الملحومة الملساء أو ذات النتوءات أو العضات وهو صلب طرى رتبة ٢٤٠/٣٥٠ أو ٢٨٠/٤٥٠ تم سحبه على البارد ليصبح برتبة ٤٥٠/٥٢٠ ويرمز له (#) ويكون الشبك ملحوماً بالكهرباء.

٣- يرجع للمواصفات القياسية المصرية للتحقق من العلامات المميزة على الأسياخ .

٢-٢-٥-٢ تعيين أقطار الأسياخ

عند استعمال أسياخ ذات نتوءات مستمرة يحسب القطر الاعتبارى للسيخ من وزن المتر الطولى، وإذا كانت النتوءات متقطعة يؤخذ أصغر قطاع للسيخ ولا يسمح بتفاوت يزيد على ٥% بين الوزن الفعلى والوزن الاعتبارى.

٢-٢-٥-٣ الخواص الميكانيكية لصلب التسليح لأغراض التصميم فى الخرسانة المسلحة

١- إجهاد الخضوع: هو الإجهاد عند مرحلة الخضوع فى أنواع الصلب الطرى العادى والصلب عالى المقاومة التى تظهر فيها خاصية الخضوع.

٢- إجهاد الضمان : هو الإجهاد الذى يبقى بعد إزالته انفعال مقداره ٠,٢% وذلك لأنواع الصلب عالية المقاومة التى لا تظهر بها خاصية الخضوع.

٣- مقاومة الشد القصوى : هى الإجهاد الناتج عن قسمة أقصى حمل شد على مساحة مقطع السيخ.

٤- معاير المرونة: هو ميل العلاقة الخطية بين الإجهاد والانفعال فى منطقة المرونة.

٥- النسبة المئوية للاستطالة عند الكسر : هى النسبة المئوية للاستطالة عند حمل الكسر منسوبة لطول القياس الأصلي.

وتُحدد هذه الخواص طبقاً للمواصفات القياسية المصرية م.ق.م ٢٦٢ / ٢٠٠٠ .

ويجب أن تكون الحدود الدنيا للخواص الميكانيكية لصلب التسليح مؤكدة بشهادة من المنتج بحيث لا تقل عن القيم الواردة فى الجدول (٢-٤) ، كما يجب التحقق منها باختبارات فى مختبر معتمد.

٢-٢-٥-٤ منحنى الإجهاد والانفعال للصلب

يؤخذ منحنى الإجهاد والانفعال للصلب من نتائج الاختبارات، ويمكن للمصمم الاسترشاد بالمنحنى الاعتبارى للإجهاد والانفعال الموضح فى الشكل (٤-١).

٢-٢-٥-٥ المقاومة المميزة للصلب

لا تقل الحدود الدنيا للخواص الميكانيكية لصلب التسليح عن القيم الواردة فى الجدول (٢-٤).

٢-٢-٥-٦ لحام الأسياخ

يتم لحام أسياخ صلب التسليح طبقاً للمواصفات القياسية التى يحددها استشاري المشروع مع مراعاة ما سيرد بالبند (٤-٢-٥-٤-٣).

٢-٢-٦ صلب التسليح للخرسانة سابقة الإجهاد

يوضح البند (١٠-٢-٢) أنواع وخواص صلب سبق الإجهاد المستخدم فى الخرسانة سابقة الإجهاد .

جدول (٢-٤) الخواص الميكانيكية لأنواع الصلب (الحد الأدنى)

نوع الصلب	الرتبة	حالة سطح الأسياخ	إجهاد الخضوع أو ٠,٢% إجهاد الضمان ن/مم^2 (حد أدنى)	مقاومة الشد القصوى ن/مم^2 (حد أدنى)	النسبة المئوية للاستطالة (حد أدنى) % (ل=١٠ق)*	الثنى على البارد	
						قطر السيخ (مم)	قطرالدوران
صلب طرى عادى	٣٥٠/٢٤٠	أملس	٢٤٠	٣٥٠	٢٠	أقل من أو يساوى ٢٥ أكبر من ٢٥	٢ ق ٣ ق
	٤٥٠/٢٨٠		٢٨٠	٤٥٠	١٨	أقل من أو يساوى ٢٥ أكبر من ٢٥	٢ ق ٣ ق
صلب عالى المقاومة	٥٢٠/٣٦٠	ذونتوءات	٣٦٠	٥٢٠	١٢	أقل من أو يساوى ٢٠ أكبر من ٢٠ ، وأقل من أو يساوى ٣٦	٤ ق ٥ ق
	٦٠٠/٤٠٠	ذونتوءات	٤٠٠	٦٠٠	١٠	أقل من أو يساوى٢٠ أكبر من ٢٠ ، أقل من أو يساوى ٢٥ أكبر من ٢٥ ، أقل من أو يساوى ٣٦	٤ ق ٥ ق ٦ ق
صلب شبك ملحوم مسحوب على البارد**	٥٢٠/٤٥٠	أملس أو ذونتوءات أو ذوعضات	٤٥٠	٥٢٠	٨	-	-

* ل = طول القياس (مم) ، ق = قطر عينة الاختبار (مم) .

** لا يسمح إنشائياً باستخدام شبك بأقطار أقل من ٥ مم .

٢-٣ خواص الخرسانة

٢-٣-١ خواص الخرسانة الطازجة

٢-٣-١-١ كتلة وحدة الحجم للخرسانة

فى حالة عدم توافر بيانات أكثر دقة فيمكن اعتبار كتلة وحدة الحجم للخرسانة استرشادياً كما يلى:

- ٢٢ كيلونيوتن / م^3 للخرسانة العادية إذا كان ركامها جيرياً .
- ٢٣ كيلونيوتن / م^3 للخرسانة العادية إذا كان ركامها سيليسياً .
- ٢٥ كيلونيوتن / م^3 للخرسانة المسلحة فى الأحوال العادية ، ويمكن زيادتها إذا كانت نسبة التسليح عالية، مع أخذ نوع الركام الكبير فى الاعتبار.

٢-٣-١-٢ قوام الخرسانة

تتأثر درجة تجانس الخرسانة ودرجة خلوها من الفراغات والتعشيش تأثراً كبيراً بدرجة دمكها، والذى يعتمد أساساً على قوامها ودرجة تشغيليتها فى حالتها الطازجة. ويعتبر اختبار الهبوط القياسى الأكثر شيوعاً واستخداماً فى مواقع الإنشاء لتحديد قوام الخرسانة.

ويمكن الاسترشاد بالقيم المبينة فى الجدول (٢-٥) لتحديد الهبوط المناسب لخرسانة العناصر الإنشائية المختلفة. وفى حالة استخدام اختبار آخر فإنه يلزم الرجوع إلى مواصفات المشروع.

جدول (٢-٥) القيم الاسترشادية لحدود الهبوط (Slump)

نوع العنصر الإنشائي	الهبوط* مم	أسلوب الدمك
خرسانة كتلية.	٢٥ – ٥٠	دمك ميكانيكى
القواعد الخرسانية قطاعات خرسانية خفيفة التسليح(نسبة تسليح أقل من ٨٠ كيلو جرام / م٣) ***	٥٠ – ٧٥	دمك ميكانيكى
قطاعات خرسانية متوسطة وعالية التسليح (نسبة تسليح ٨٠ – ١٥٠ كيلو جرام / م٣) ***	٧٥ – ١٢٥	دمك ميكانيكى أو دمك يدوى
قطاعات خرسانية كثيفة التسليح(نسبة تسليح أكبر من ١٥٠ كيلو جرام / م٣)***	١٢٥ –١٥٠**	دمك خفيف
أساسات عميقة وخرسانة قابلة للضخ.	١٢٥–٢٠٠ **	دمك خفيف

* يقل الهبوط تدريجياً مع مرور الوقت بعد مرحلة الخلط، وفى مقدمة العوامل المؤثرة على فقد الهبوط: الفترة الزمنية بين إتمام الخلط وإجراء الاختبار ودرجة الحرارة، ومن ثم فإن حدود الهبوط الموضحة هى المطلوبة للخرسانة قبل صبها مباشرة.

** يتم تحقيق هذا الهبوط باستخدام إضافات كيميائية.

*** قيم استرشادية .

٢-٣-١-٣ درجة حرارة الخرسانة الطازجة

يجب أخذ الاحتياطات اللازمة بحيث لا تزيد درجة حرارة الخرسانة الطازجة عند صبها على ٣٥°م سواء بها إضافات أو بدون إضافات .

٢-٣-٢ الخواص الميكانيكية للخرسانة المتصلدة

٢-٣-٢-١ مقاومة الضغط للخرسانة

المقاومة المميزة (رتبة الخرسانة) Characteristic Strength (f_{cu})

هى قيمة مقاومة الضغط عند عمر ٢٨ يوماً التى يتم تحديدها بمعرفة المصمم والتى من المحتمل أن يقل عنها ٥ % من نتائج اختبار الضغط أثناء التنفيذ على الأكثر وتعرف برتبة الخرسانة.

يتم استخدام المكعب القياسى بمقاسات ١٥٠×١٥٠×١٥٠ مم كعينة اختبار قياسية لتحديد مقاومة الضغط للخرسانة ويجب ألا تقل الرتبة للخرسانة العادية عن ١٥ ن/مم^{٢} وألا تقل الرتبة للعناصر الخرسانية المسلحة عن ٢٠ ن/مم^{٢}، وللعناصر الخرسانية سابقة الإجهاد عن ٣٠ ن/مم^{٢}. ويوضح الجدول (٢-٦) رتب الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد .

جدول (٢-٦) رتب الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد

رتبة الخرسانة المسلحة (ن/مم^{٢})	٢٠	٢٥	٣٠	٣٥	٤٠	٤٥	٥٠	٥٥	٦٠
رتبة الخرسانة سابقة الإجهاد (ن/مم^{٢})			٣٠	٣٥	٤٠	٤٥	٥٠	٥٥	٦٠

فى الحالات التى تستخدم فيها عينات أسطوانية قياسية (١٥٠×٣٠٠مم) أو عينات ذات مقاسات مختلفة فيمكن استخدام معاملات التصحيح الاسترشادية الواردة بالجدول (٢-٧) للحصول على القيمة المكافئة لمقاومة الضغط للمكعب القياسى.

وفى حالة الحاجة إلى علاقة بين مقاومة الخرسانة عن أعمار أقل من ٢٨ يوماً والمقاومة المميزة للخرسانة يقوم المقاول بعمل عدد كاف من المكعبات بالموقع قبل البدء فى التنفيذ يتم من خلالها تحديد العلاقات الفعلية بين المقاومة المميزة للخرسانة وبين مقاومتها عند الأعمار المبكرة مثل ٣ أيام و ٧ أيام .

جدول (٢-٧) القيمة الاسترشادية لمعامل التصحيح للحصول على مقاومة الضغط للمكعب القياسى المكافئ فى حالة اختلاف الشكل أو الأبعاد للعينات الخرسانية المختبرة

شكل القالب	الأبعاد لقالب الاختبار (مم)	معامل التصحيح
مكعب	١٠٠×١٠٠×١٠٠	٠,٩٧
	١٥٠×١٥٠×١٥٠	١,٠٠
	٢٠٠×٢٠٠×٢٠٠	١,٠٥
	٣٠٠×٣٠٠×٣٠٠	١,١٢
أسطوانة	٢٠٠×١٠٠	١,٢٠
	٣٠٠×١٥٠	١,٢٥
	٥٠٠×٢٥٠	١,٣٠

- القيمة المحددة بالجدول استرشادية للخرسانة ذات رتبة لا تزيد على ٤٠ ن/مم^{٢}.
- تؤثر رتبة الخرسانة بدرجة ملحوظة على قيمة معامل التصحيح عند تغيير كل من الشكل والمقاس مما يستلزم إجراء اختبارات معملية لتحديد القيمة الفعلية الصحيحة لهذا المعامل.

٢-٣-٢-٢ مقاومة الشد المحورى للخرسانة

تؤخذ مقاومة الشد المحورى للخرسانة مساوية لإحدى القيمتين التاليتين المحددتين معملياً:

- ٠,٨٥ من مقاومة الشد بالانفلاق.
- ٠,٦٠ من مقاومة الشد بالانحناء الخالص .

٢-٣-٢-٣ مقاومة التماسك مع صلب التسليح

تزداد مقاومة التماسك بين أسياخ صلب التسليح والخرسانة بوجود نتوءات على الأسياخ، وبجودة وكثافة الخرسانة أو زيادة محتوى الأسمنت مع انخفاض محتوى الماء، وخشونة ونظافة الأسياخ ، وخلوها من أية دهانات أو طلاءات أو زيوت أو بيتومين أو أية مادة تؤثر على التماسك بين الخرسانة والأسياخ. ويمكن للمهندس الاسترشاد بقيم مقاومة التماسك الواردة بالبند (٤-٢-٥). وفي حالة استخدام دهان مانع لصدأ الصلب لا يسمح بأن تقل مقاومة التماسك بين الأسياخ المدهونة والخرسانة عن ٩٠ % من مقاومة التماسك لنفس الأسياخ غير المدهونة المستخدمة في نفس الخرسانة بشرط استيفاء متطلبات التصميم، وبشرط استيفاء مادة الدهان لشروط المواصفات القياسية الخاصة بها وأسس استخدامها وتطبيقها.

٢-٣-٣ خواص التشكل والتغير البعدي للخرسانة

٢-٣-٣-١ معاير المرونة

يؤخذ معاير المرونة من العلاقة التالية:

$$E_c = 4400 \sqrt{f_{cu}} \qquad N/mm^2 \qquad (2\text{-}1)$$

حيث :

E_c = معاير المرونة ن/مم^2

f_{cu} = مقاومة الخرسانة المميزة في الضغط ن/مم^2 (الوارد تعريفها في البند٢-٣-٢-١)

٢-٣-٣-٢ نسبة التشكل العرضي للخرسانة (نسبة بواسون)

هي النسبة بين الانفعال العرضي والانفعال الطولي لعينة الاختبار القياسية ؛ وفي حالة التشكلات المرنة يمكن أخذ النسبة (υ) كما يلي:

(2-2-a)	لخرسانة غير مشرخة	$\upsilon = 0.20$
(2-2-b)	لخرسانة مشرخة	$\upsilon = 0.00$

٢-٣-٣-٣ معامل التمدد الحراري

يعتمد معامل التمدد الحراري للخرسانة العادية على مكونات الخلطة ونوع الركام كما يلي:

- خرسانة ذات ركام سليسي من ١,٢٠ إلي ١,٣٠ × ١٠$^{-٥}$
- خرسانة ذات ركام الحجارة الجيرية من ٠,٦٠ إلي ٠,٩٠ × ١٠$^{-٥}$
- خرسانة ذات ركام الحجارة الرملية من ٠,٩٠ إلي ١,٢٠ × ١٠$^{-٥}$
- خرسانة ذات ركام الجرانيت من ٠,٧٠ إلي ٠,٩٥ × ١٠$^{-٥}$

- خرسانة ذات ركام البازلت من ٠,٨٠ إلي ٠,٩٥ × ١٠$^{-٥}$

٢-٣-٣-٤ انكماش الجفاف

هو الانكماش الحادث من جفاف الخرسانة نتيجة خروج ماء الخلط بعد تصلد الخرسانة. ويتوقف انكماش الجفاف للخرسانة على عدة عوامل منها الرطوبة النسبية للجو المحيط والزمن وكـذلك على حجم العضو الخرسانى ومساحته السطحية واللذان يمكن التعبير عنهما بما يسمى بالبعد الاعتبارى للقطاع B . ويقدر هذا البعد الاعتبارى على النحو التالى :

$$B = \frac{2A_c}{P_c} \qquad (2\text{-}3)$$

حيث :

B = البعد الاعتبارى للقطاع – مم

A_C = مساحة المقطع الخرسانى – مم^{٢}

P_C = محيط المقطع الخرسانى المعرض للجفاف – مم

كمـا يعـتمد انكماش الجفاف على درجة حرارة الجو المحيط ونسبة الماء إلى الأسمنت وخـواص الـركام ومحـتوى الأسمنت والمحتوى النسبى بين الركام ومونة الأسمنت. ويمكن الاسترشاد بقيم انفعال الانكماش الواردة بجدول (٢-٨-أ).

٢-٣-٣-٥ الزحف

هـو الانفعـال غير المرن الذى يحدث تحت تأثير كل أو بعض أحمال التشغيل والذى يعتمد علـى الزمن ويتوقف على عدة عوامل منها نسبة إجهاد التحميل إلى مقاومة الخرسانة، ونسبة الماء إلـى الأسـمنت وعمر الخرسانة الذى يبدأ عنده تحميل الخرسانة وخواص المقطع الخرسانى وقيمة الـرطوبة النسبية للجو المحيط بالمنشأ والمحتوى النسبى بين الركام ومونة الأسمنت. وتؤخذ القيمة الكلية للانفعال الناتج عن أقصى زحف والانفعال اللحظى المرن من المعادلة الآتية:

$$\varepsilon_t = \varepsilon_o(1+\varphi) \qquad (2\text{-}4\text{-}a)$$

$$\varepsilon_t = \frac{f_o}{E_{ct}}(1+\varphi) \qquad (2\text{-}4\text{-}b)$$

حيث :

ε_t = الانفعال الكلى عند زمن t = ∞

ε_o = الانفعال الناتج عن التحميل الأولى ويساوى $\frac{f_o}{E_{ct}}$

$\phi\ \varepsilon_o$ = انفعال الزحف

ϕ = معامل الزحف

f_o = اجهاد الخرسانة عند بدء التحميل

E_{ct} = معاير مرونة الخرسانة عند بدء التحميل

وتؤخذ قيم معامل الزحف ϕ الاسترشادية من الجدول (٢-٨-ب) بدلالة النسبة المئوية للرطوبة النسبية للجو والبعد الاعتبارى للقطاع الخرسانى B (بند ٢-٣-٣-٤) والعمر عند بدء التحميل.

جدول (٢-٨-أ) قيم استرشادية لانفعال انكماش الجفاف النهائى (×١٠^-٣)

حالة الجو	جو جاف * (رطوبة نسبية حوالى ٥٥%)			جو رطب * (رطوبة نسبية حوالى ٧٥%)		
العمر الذى بدأ بعده الانكماش	البعد الاعتباري للقطاع B مم			البعد الاعتباري للقطاع B مم		
	B أكبر من أو تساوى ٦٠٠	B أقل من ٦٠٠ وأكبر من ٢٠٠	B أقل من أو تساوى ٢٠٠	B أقل من ٦٠٠ وأكبر من ٢٠٠	B أقل من ٦٠٠ وأكبر من ٢٠٠	B أقل من أو تساوى ٢٠٠
٣ – ٧ أيام	٠,٣١	٠,٣٨	٠,٤٣	٠,٢١	٠,٢٣	٠,٢٦
٧ – ٦٠ يوم	٠,٣٠	٠,٣١	٠,٣٢	٠,٢١	٠,٢٢	٠,٢٣
أكثر من ٦٠ يوم	٠,٢٨	٠,٢٥	٠,١٩	٠,٢٠	٠,١٩	٠,١٦

* فى حالة اختلاف الرطوبة النسبية عن القيم المعطاة يمكن استنتاج قيم انفعال الانكماش بالنسبة والتناسب ولا يفضل استخدام هذا الجدول إلا فى حدود رطوبة نسبية بين ٤٠ و ٨٥ % .

جدول (٢-٨-ب) قيم استرشادية لمعامل الزحف النهائى ϕ

حالة الجو	جو جاف * (رطوبة نسبية حوالى ٥٥%)			جو رطب * (رطوبة نسبية حوالى ٧٥%)		
العمر الذى بدأ بعده التحميل	البعد الاعتباري للقطاع B مم			البعد الاعتباري للقطاع B مم		
	B أكبر من أو تساوى ٦٠٠	B أقل من ٦٠٠ وأكبر من ٢٠٠	B أقل من أو تساوى ٢٠٠	B أقل من ٦٠٠ وأكبر من ٢٠٠	B أقل من ٦٠٠ وأكبر من ٢٠٠	B أقل من أو تساوى ٢٠٠
٣ – ٧ أيام	٢,٩٠	٣,٢٠	٣,٨٠	٢,١٠	٢,٤٠	٢,٧٠
٧ – ٦٠ يوم	٢,٥٠	٢,٨٠	٣,٠٠	١,٩٠	٢,٠٠	٢,٢٠
أكثر من ٦٠ يوم	٢,٠٠	١,٩٠	١,٧٠	١,٧٠	١,٦٠	١,٤٠

* فى حالة اختلاف الرطوبة النسبية عن القيم المعطاة يمكن استنتاج قيم معامل الزحف بالنسبة والتناسب ولا يُفضل استخدام هذا الجدول إلا فى حدود رطوبة نسبية بين ٤٠ و ٨٥ % .

٢-٣-٤ تحمل الخرسانة مع الزمن

٢-٣-٤-١ عام

تتأثر المنشآت الخرسانية ببعض المواد الكيميائية مثل الزيوت والدهون والمحاليل السكرية وبعض المواد العضوية والأحماض ومحاليل الكبريتات والكلوريدات ومياه البحر والمياه الجوفية المحتوية على تلك المحاليل والغازات والأبخرة بالمناطق الساحلية والصناعية . ونتيجة تعرض الخرسانة لهذه المواد تتغير خواصها تدريجياً. وكذلك تتأثر المنشآت الخرسانية سلبياً بالتفاعل القلوى للركام، كما تتعرض الخرسانة للتلف بفعل بعض العوامل الميكانيكية مثل البرى والنحر.

ويمثل تحمل الخرسانة مع الزمن فى بعض المنشآت أو أجزاء منها هدفاً تتقدم أولويته الخواص الميكانيكية للخرسانة. ويجب أن يؤخذ بعين الاعتبار فى هذه المنشآت مجموعة من العوامل والمحددات فى مقدمتها ما يلى:

- مكونات الخلطة الخرسانية.
- نوع الأسمنت ومحتواه.
- نوع الركام.
- المواد الضارة و / أو المهاجمة فى الظروف المحيطة.
- شكل وحجم العنصر الخرسانى.
- نفاذية الخرسانة للماء والسوائل.
- نفاذية الخرسانة للغازات.
- المواد الضارة فى مكونات الخرسانة.
- مصنعية الخرسانة منذ بدء عملية الخلط وحتى البدء فى تشغيل المشروع (من العوامل التى تساعد على تحسين تحمل الخرسانة مع الزمن زيادة العناية بصناعة الخرسانة فى مراحل الصب والدمك والمعالجة بما يحقق خرسانة كثيفة متجانسة منخفضة النفاذية وخالية من العيوب).

ويمكن تأمين تحمل الخرسانة مع الزمن بمراعاة البنود التالية :

٢-٣-٤-٢ الحد الأقصى لنسبة الماء / الأسمنت

يمكن استخدام الجدول (٢-٩) لتحديد الحد الأقصى لنسبة الماء / الأسمنت فى الخلطات المستخدم فيها الأسمنت البورتلاندى حسب الظروف المعرضة لها الخرسانة.

جدول (٢ -٩) قيم الحد الأدنى لمحتوى الأسمنت والحد الأدنى للمقاومة المميزة والحد الأقصى لنسبة الماء إلى الأسمنت في الخلطات الخرسانية لتأمين تحمل العناصر الإنشائية المعرضة لظروف ضارة مع الزمن

الظروف التى يتعرض لها المبنى بعد الإنشاء	الحد الأدنى لمحتوى الأسمنت كجم / م٣ * المقاس الاعتبارى الأكبر *** للركام - مم			الحد الأقصى ** لنسبة الماء : الأسمنت	الحد الأدنى للمقاومة المميزة للخرسانة ن / مم٢
	٣٢	٢٠	١٠		
الخرسانة محمية تماما من الظروف الجوية والظروف المحيطة الضارة.	٣٥٠	٣٥٠	٣٥٠	٠,٥٠	٢٥
الخرسانة المعرضة لظروف محيطة ضارة ولكنها مدفونة دائما تحت الماء .	٣٥٠	٣٥٠	٤٠٠	٠,٤٥	٣٠
الخرسانة معرضة لظروف محيطة ضارة أو لماء البحر أو لدورات من البلل والجفاف أو للغازات الخ****	٣٥٠	٤٠٠	٤٥٠	٠,٤٠	٤٠

* الحدود الواردة بالجدول لخلطات الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد ويمكن تخفيض أى محتوى أسمنت بمقدار ٥٠ كجم / م٣ للخلطات الخرسانية العادية (غير المسلحة).

** يمكن استخدام الإضافات المخفضة للماء أو عالية التخفيض للماء وذلك لتقليل الحد الأقصى لنسبة الماء / الأسمنت للحصول على القوام المطلب .

*** إذا كان المقاس الاعتبارى الأكبر يقع بين قيمتين مذكورتين في الجدول يؤخذ محتوى الأسمنت المناظر للمقاس الاعتبارى الأقل .

****يلزم أخذ اعتبارات خاصة لتفادى شروخ الانكماش أو شروخ الإجهادات الحرارية.

٢-٣-٤-٣ الحد الأدنى والأقصى لمحتوى الأسمنت

يمكن استخدام الجدول (٢-٩) لتحديد الحد الأدنى لمحتوى الأسمنت فى الخلطات المستخدم فيها الأسمنت البورتلاندى حسب الظروف المعرضة لها الخرسانة . كما يجب ألا يزيد محتوى الأسمنت فى خلطة الخرسانة - بصفة عامة - على ٤٥٠كجم/م٣. وفى حالة زيادة محتوى الأسمنت على ٤٥٠ كجم / م٣ يلزم أخذ اعتبارات خاصة فى التصميم لتفادى التشريخ الناتج عن انكماش الجفاف أو عن الإجهادات الحرارية.

٢-٣-٤-٤ الحد الأقصى لمحتوى الأملاح والمواد الضارة فى ماء الخلط

يشترط فى ماء الخلط للخرسانة ألا يزيد محتوى الأملاح والمواد الضارة به على القيم الواردة في بند (٢-٢-٣) .

٢--٣-٤-٥ الحد الأقصى لمحتوى أيونات الكلوريدات فى الخرسانة

للوقاية من صدأ صلب التسليح يجب ألا يزيد المحتوى الكلى لأيونات الكلوريدات بالخرسانة المتصلدة عند عمر ٢٨ يوماً (الناتج من الماء والركام والأسمنت والإضافات وليس من البيئة المحيطة بالخرسانة) على الحدود الواردة فى الجدول (٢-١٠).

جدول (٢-١٠) المحتوى الأقصى المسموح به لأيونات الكلوريدات بالخرسانة للوقاية من صدأ صلب التسليح

نوع الخرسانة	الظروف المحيطة الخرسانة	الحد الأقصى لأيونات الكلوريدات بالخرسانة – كنسبة مئوية من وزن الأسمنت	
		مذابة بالماء	مذابة بالحامض
الخرسانة المسلحة	الخرسانة المسلحة المعرضة للكلوريدات	٠,١٥	٠,٢
	الخرسانة المسلحة غير المعرضة للكلوريدات	٠,٣٠	٠,٤
الخرسانة سابقة الإجهاد	جميع الظروف	٠,٠٦	٠,١

٢-٣-٤-٦ الحد الأقصى لمحتوى الكبريتات فى الخرسانة

يجب ألا يزيد المحتوى الكلى للكبريتات الكلية فى الخرسانة – مقدرة على هيئة (SO_3) – على ٤ % من وزن الأسمنت بالخرسانة المتصلدة عند عمر ٢٨ يوماً (الناتج من الماء والركام والأسمنت والإضافات وليس من البيئة المحيطة بالخرسانة).

٢-٣-٤-٧ تعيين محتوى الكلوريدات والكبريتات فى الخرسانة

يجب تحديد محتوى الكلوريدات والكبريتات فى الخلطة الخرسانية معملياً طبقاً للطريقة الواردة بدليل الاختبارات حيث يجرى الاختبار بصب ثلاثة مكعبات قياسية أثناء مرحلة الصب ، وبعد فك القوالب يتم حفظ العينات دون وضعها فى الماء مع إبعادها عن أى مصدر للأملاح. وعند عمر ٢٨ يوماً يتم تعيين نسبة أملاح الكلوريدات والكبريتات كنسبة من محتوى الأسمنت بالخلطة الخرسانية.

٢-٣-٤-٨ التفاعل القلوى للركام

٢-٣-٤-٨-١ التفاعل القلوى السيليسى Alkali – Silica Reaction

تحتوى بعض أنواع الركام على أنواع مختلفة من السيليكا النشطة مثل الأوبال والكرستوباليت التى قد تتفاعل كيميائياً مع القلويات الموجودة أصلاً فى الأسمنت وغيره مثل

أكسيد الصوديوم (Na_2O) وأكسيد البوتاسيوم (K_2O) . وقد ينتج عن هذه التفاعلات مواد جيلاتينية تنتفش عند امتصاصها للماء مما يؤدى إلى حدوث إجهادات داخلية فى الخرسانة قد تسبب تشققها أو تفتتها . ويجب الرجوع إلى جدول الاختبارات (٢-١١) للكشف عن التفاعل القلوى السليسى والتى يجب إجراؤها من قبل المحجر .

وللحد من خطر التفاعل القلوى السيليسى فى الخرسانة يمكن اتباع الاحتياطات التالية:

- استعمال أسمنت بورتلاندى يحتوى على نسبة منخفضة من القلويات لا تتجاوز ٠,٦ % محسوبة على هيئة أكسيد صوديوم (Na_2O) .
- تحديد محتوى القلويات المكافئ لأكسيد الصوديوم (Na_2O) فى الخلطة الخرسانية بما لا يزيد على ٣كجم/م^3.
- إحلال جزء من الأسمنت فى الخلطة الخرسانية بمواد بوزولانية وذلك بعد الرجوع إلى استشارى المشروع لتحديد كمية البوزولانا والتأكد من فاعليتها فى التقليل من خطر حدوث التفاعل القلوى بإجراء الفحوص المعملية.
- أخذ الاحتياطات اللازمة لتقليل نفاذ الماء إلى الخرسانة كاستخدام أغشية أو دهانات غير منفذة للماء.
- يجب ألا يزيد المقاس الاعتبارى الأكبر للركام المستخدم على ٢٥ مم .

جدول (٢-١١) الاختبارات المطلوبة للكشف عن التفاعل القلوى السليسى

رقم الاختبار	التحليل	مدى الصلاحية للإستخدام	الإجراء
١ - اختبار تمدد منشور المونة المعجل (اختبار ٢-٢٧)	يقاس تمدد المنشور خلال ١٤ يوماً	يستخدم الركام إذا لم يزد التمدد على ٠,١٠%	يجرى الاختبار رقم ٢ إذا كان التمدد بين ٠,١ ، ٠,٢ % ويرفض الركام إذا زاد التمدد على ٠,٢%
٢ - التفاعل القلوى على منشور من الخرسانة ASTM C1293-01	يقاس التمدد خلال عام	يستخدم الركام إذا قل التمدد عن ٠,٠٤ %	يستبعد الركام إذا زاد التمدد على ٠,٠٤ %

- فى حالة عدم وجود شهادة صلاحية من المحجر ، فيجب التأكد من صلاحية الركام للاستخدام فى الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد .

٢-٣-٤-٨-٢ التفاعل القلوى الكربوناتى Alkali – Carbonate Reaction

قد تتفاعل بعض أنواع الركام من الحجر الكربوناتى مع القلويات فى الأسمنت منتجة مركبات تؤدى – مع مرور الوقت – إلى حدوث تمدد يؤدى بدوره إلى ظهور شروخ بالخرسانة تؤثر على تحملها مع الزمن. ويجب عند رجوح هذه الظاهرة فى الركام من نتائج الاختبارات البتروجرافية والأشعة السينية المتفرقة الرجوع إلى جدول الاختبارات (٢-١٢) والتى يجب أن يتم إجراؤها من

قبل المحجر . ويجب استخدام أسمنت لا تزيد نسبة القلويات فيه على ٠,٤ % . ونظراً لأن هذه الظاهرة تتأثر بعدة عوامل فى الركام (التركيب المعدنى ، نسيج الركام، نسبة الكالسيت إلى الدولوميت، معادن الطين ... الخ) ، فإنه يجب الرجوع إلى جهات متخصصة لتعيين حدود تأثير هذه العوامل عند استخدام ركام من الأحجار الكربوناتية فى الخرسانة.

جدول (٢-١٢) الاختبارات المطلوبة للكشف عن التفاعل القلوى الكربوناتى

رقم الاختبار	التحليل	مدى الصلاحية للاستخدام	الإجراء
١ - التفاعل القلوى لأسطوانة من الصخر (اختبار ٢-٢٦)	يتم تحديد التمدد خلال عام	يستخدم الركام إذا قل التمدد عن ٠,١٠%	يجرى اختبار ٢ إذا كان التمدد أكبر من ٠,١ %
٢ - التفاعل القلوى مع منشور من الخرسانة ASTM C1105-95	يتم تحديد التمدد خلال عام	يستخدم الركام إذا قل التمدد عن ٠,٠١٥ % عند عمر ٣ شهور ٠,٠٢٥ % عند عمر ٦ شهور ٠,٠٣٠ % عند عمر سنة	يستبعد الركام إذا زاد التمدد على ٠,٠٤ %

- فى حالة عدم وجود شهادة صلاحية من المحجر ، فيجب التأكد من صلاحية الركام للاستخدام فى الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد .

٢-٣-٤-٩ الخرسانة المعرضة للوسط الحمضى

فى حالة تعرض الخرسانة لظروف حمضية ذات أس هيدروجينى (pH) أقل من ٧ يجب الاهتمام بمكونات وصناعة الخرسانة، ويشمل ذلك زيادة محتوى الأسمنت وخفض نسبة الماء إلى الأسمنت، وتقليل محتوى الرمل، والدمك الكامل، وزيادة سمك (تخانة) الغطاء الخرسانى واستخدام دهانات أو تغطيات مناسبة واقية من الأحماض، وذلك فى حالتى استخدام أسمنت بورتلاندى عادى أو أسمنت بورتلاندى مقاوم للكبريتات. وفى حالة ما إذا كانت الظروف المحيطة بالخرسانة ذات أس هيدروجينى (pH) يساوى ٥,٥٠ فأقل فإن استخدام أسمنت عالى الخبث قد يُحسن من المقاومة ويلزم - فى هذه الحالة - استخدام دهانات أو تغطيات مناسبة واقية من الأحماض.

٢-٣-٤-١٠ الخرسانة المعرضة للكبريتات

عندما تكون الخرسانة معرضة لأملاح الكبريتات فى التربة أو المياه الجوفية (كبريتات الماغنسيوم أو الصوديوم أو البوتاسيوم أو الكالسيوم) ، فإنه يجب العناية بنوع الأسمنت ومحتواه ونوع الركام والمقاس الاعتباري الأكبر للركام ونسبة الماء إلى الأسمنت والحد الأدنى للمقاومة المميزة ؛ ويمكن استخدام القيم الواردة فى الجدول (٢-١٣) لتحديد هذه البنود .

ويلاحظ بالنسبة للجدول (٢-١٣) ما يلى:

- تُطبق الحدود الواردة بالجدول على الخرسانة ذات الركام الطبيعى ، كما تطبق على الخرسانة المعرضة لمياه أرضية بأس هيدروجينى من ٦ إلى ٩ .
- فى الظروف القاسية مثل القطاعات الصغيرة والمعرضة لضغط مائى من جانب واحد أو مغمورة جزئياً فإنه يلزم تقليل نسبة الماء للأسمنت و / أو زيادة محتوى الأسمنت على الحدود الواردة بالجدول لتحقيق الحد الأدنى لنفاذية الخرسانة.

٢-٣-٤-١١ الخرسانة المسلحة المعرضة للمهاجمة المزدوجة بالكبريتات والكلوريدات

تتعرض الخرسانة المسلحة – أحياناً – لظروف مهاجمة بتركيزات عالية من الكبريتات والكلوريدات مثل ماء البحر أو الماء الجوفى أو تربة السبخة أو غيرها . وفى مثل هذه الظروف تتأثر خاصية تحمل الخرسانة مع الزمن سلبياً بهذه الظروف بالإضافة لصدأ صلب التسليح. وقد يكون هذا التعرض بالغمر الكامل أو التعرض لدورات من البلل والجفاف.

جدول (٢ – ١٣) متطلبات الخرسانة المعرضة للكبريتات *

تركيز الكبريتات في صورة ثالث أكسيد الكبريت			نوع الأسمنت	الحد الأدنى لمحتوى الأسمنت			الحد الأقصى** لنسبة الماء : الأسمنت	الحد الادنى للمقاومة المميزة ن/مم^2
في التربة		في الماء الأرضى		المقاس الاعتبارى الأكبر للركام – مم***				
SO_3 الكلى %	SO_3 فى مزيج من الماء والتربة بنسبة ٢:١ جم / لتر	جزء في المليون		٣٢	٢٠	١٠		
أقل من ٠,٢	أقل من ١	أقل من ٣٠٠	بورتلاندى CEMI	٣٥٠	٤٠٠	٤٠٠	٠,٥٢	–
٠,٢٠ إلى ٠,٣٥	١,٠٠ إلى ١,٥٠	٣٠٠ إلى ٧٠٠	بورتلاندى CEMI أو متوسط الحرارة	٣٥٠	٤٠٠	٤٠٠	٠,٥٠	٢٥
٠,٣٥ إلى ٠,٥٠	١,٥٠ إلى ١,٩	٧٠٠ إلى ١٢٠٠	مقاوم للكبريتات أو متوسط الحرارة	٣٥٠	٤٠٠	٤٠٠	٠,٤٥	٣٠
٠,٥٠ إلى ١,٠٠	١,٩ إلى ٣,١٠	١٢٠٠ إلى ٢٥٠٠	مقاوم للكبريتات	٤٠٠	٤٥٠	٤٥٠	٠,٤٣	٣٥
١,٠٠ إلى ٢,٠٠	٣,١٠ إلى ٥,٦٠	٢٥٠٠ إلى ٥٠٠٠	مقاوم للكبريتات مع تغطيات واقية مناسبة	٤٠٠	٤٥٠	٤٥٠	٠,٤٠	٤٠

* يرجع للبند (٢-٣-٤-١١) في حالة وجود تأثير مزدوج من الكلوريدات والكبريتات

** في حالة الركام الجاف

*** في حالة كون المقاس الاعتبارى الأكبر بين قيمتين مذكورتين في الجدول يؤخذ محتوى الاسمنت المناظر للمقاس الاعتبارى الأقل.

ويجب فى مثل هذه الظروف اتخاذ الإجراءات الوقائية التالية:

- التحقق من أن يكون الركام المستخدم خاملاً ولا يتفاعل مع قلويات الأسمنت.
- استخدام أسمنت تتراوح نسبة ألومينات ثلاثى الكالسيوم به بين ٥ % و ٨ % ، ويمكن استخدام الأسمنت البورتلاندى CEM1 أو البورتلاندى متوسط الحرارة أو الأسمنت عالى الخبث أو الأسمنت البوزولانى .
- لا تزيد نسبة الكلوريدات القابلة للذوبان فى الماء بالخرسانة على ٠,١ % من وزن الأسمنت.
- فى حالة تعرض المنشآت البحرية لعمليات التجمد والذوبان تستخدم إضافات الهواء المحبوس فى الخلطة الخرسانية.
- يجب ألا يقل سمك الغطاء الخرسانى عن ٥٠ مم للخرسانة المغمورة والخرسانة المعرضة للهواء الجوى ، ولا يقل سمك هذا الغطاء عن ٧٠ مم للخرسانة المعرضة للبلل والجفاف.
- استخدام خرسانة كثيفة ؛ ويرجع للجدول (٢-٩) لتحديد محتوى الأسمنت ونسبة الماء إلى الأسمنت القصوى فى الخلطة الخرسانية ومقاومتها المميزة مع تحقيق الدمك الأمثل.

٢-٣-٤-١٢ التجمد والذوبان

يمكـــن تحسين خاصية تحمل الخرسانة مع الزمن للعناصر الخرسانية التى قد تتعرض لظاهرة التجمد والذوبان باستعمال إضافات الهواء المحبوس. ويتحدد المعدل المطلوب من هذا الهواء المحبوس والـــتعديلات اللازمة في نسب مكونات الخلطات الخرسانية بمعرفة المهندس الاستشارى، وبالاسترشاد بالبـــيانات الخاصـــة بهـــذه الإضافات وعلى ضوء نتائج التجارب المختبرية. وفيما يلى قيم استرشادية لمتوسط محتوى الهواء المحبوس بالحجم للخلطة الخرسانية الطازجة وقت صب الخرسانة:

- ٧ % عند استخدام الركام بمقاس اعتبارى أكبر ١٠ مم.
- ٦ % عند استخدام الركام بمقاس اعتبارى أكبر ١٥ مم.
- ٥ % عند استخدام الركام بمقاس اعتبارى أكبر ٢٠ مم.
- ٤ % عند استخدام الركام بمقاس اعتبارى أكبر ٤٠ مم.

٢-٣-٤-١٣ حماية صلب التسليح

تتم حماية صلب التسليح من الصدأ بتوفير محيط قلوى للغطاء الخرسانى ويكون بسمك مناسب، بالإضافة للعناية الفائقة بكل ما ذكر فى بند (٢-٣-٤) وبخاصة استيفاء الحدود الدنيا لمحتوى الأسمنت والحـــدود القصوى لنسبة الماء إلى الأسمنت. ويعتمد سمك الغطاء على طبيعة ظروف تعرض سطح الشد للخرسانـــة للعوامل البيئية على النحو الوارد فى الجداول (٤-١٣) و(١٠-٦) و(١٠-٧).

٢-٤ مقاومة الخرسانة للحريق

مقاومـــة الحـــريق لعنصر خرسانى هى الفترة الزمنية التى يقاوم فيها العنصر الإنشائى الحـــريق – طبقاً لاختبارات قياسية – قبل حدوث التفكك و/أو الانهيار. وعند التصميم لمقاومة الخرسانة للحريق يلزم أن يكون "الكود المصرى للتصميم واشتراطات التنفيذ لحماية المنشآت من الحريق" أساسا للتصميم.

وفى نطاق الكود الحالى للمنشآت الخرسانية تجدر الإشارة إلى محددات رئيسية يجب أخذها فى الحسبان كاعتبارات خاصة لزيادة مقاومة الحريق، ومن أهم هذه المحددات ما يلى:

- نوع وأبعاد العنصر الإنشائى.
- غطاء وحماية أسياخ التسليح.
- نوع الخرسانة وطبيعة الركام.
- نوع التسليح وطبيعة الصلب وترتيب الأسياخ داخل العنصر الإنشائى.
- أسلوب الإنشاء وطبيعة المنشأ.

ويلـــزم الـــربط بين هذه المحددات تصميمياً لتحقيق مقاومة الخرسانة للحريق فى كل جزء من أجـــزاء المنـــشأ الخرسانى لكى يتلاءم مع طبيعة استعماله. ويمكن الاسترشاد فى هذا الشأن بالبيانات الـــواردة فى الجدول (٢-١٤-أ ، ب) لتحقيق مقاومة الخرسانة للحريق لفترة تتراوح بين نصف ساعة وأربع ساعات، كما يجب أن يراعى عدم استخدام صلب تسليح تتأثر خواصه بحرارة الحريق كالصلب المعالج على البارد عند زيادة احتمال تعرض جزء من المنشأ للحريق.

جدول (٢-١٤-أ) القيم الدنيا للأبعاد بالملليمتر لمقاومة الخرسانة للحريق

		مدة الحريق (ساعة)	٠,٥	١,٠	١,٥	٢,٠	٣,٠	٤,٠
الحـــد الأدنى للأبعاد الخرسانية (مم)		البعد الأصغر للعمود	٢٠٠	٢٠٠	٢٥٠	٣٠٠	٤٠٠	٤٥٠
		عرض الكمرة بسيطة الارتكاز	١٢٠	١٢٠	١٥٠	٢٠٠	٢٤٠	٢٨٠
		عرض الكمرة المستمرة	١٢٠	١٢٠	١٢٠	١٥٠	٢٠٠	٢٤٠
		سمك البلاطة (بسيطة أو مستمرة)	٨٠	١٠٠	١١٠	١٣٠	١٥٠	١٧٠
	سمك الحائط الخرسانى	$\mu <$ % ٠,٤*	١٥٠	١٥٠	١٨٠	---	---	---
		%٠,٤ $< \mu <$ %١	١٢٠	١٢٠	١٤٠	١٦٠	٢٠٠	٢٤٠
		$\mu >$ %١	١٢٠	١٢٠	١٢٠	١٢٠	١٥٠	١٨٠
سمك الغطاء الخرسانى خارج الكانات (مم)		غطاء تسليح العمود	٢٠**	٢٠	٢٠	٢٥	٢٥	٢٥
		غطاء تسليح الكمرة البسيطة	٢٠**	٢٠	٣٠	٤٥	٦٠	٧٠
		غطاء تسليح الكمرة المستمرة	٢٠**	٢٠**	٢٥	٤٠	٥٠	٦٠
		غطاء تسليح البلاطة البسيطة	١٥	٢٠	٢٥	٣٥	٤٥	٥٥
		غطاء تسليح البلاطة المستمرة	١٥	٢٠	٢٠	٢٥	٣٥	٤٥
	غطاء تسليح الحائط	%٠,٤ $< \mu <$ %١	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥
		$\mu >$ %١	١٥	١٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥

* μ هى النسبة المئوية للتسليح الطولى فى الحائط.

** يمكن تقليل سمك الغطاء الخرسانى إلى ١٥ مم إذا كان المقاس الاعتبارى الأكبر للركام الكبير المستخدم لا يتجاوز ١٥ مم.

جدول (٢-١٤-ب) القيم الدنيا للأبعاد بالمليمتر لمقاومة الخرسانة للحريق للعناصر الخرسانية سابقة الإجهاد

	مدة الحريق (ساعة)	٠,٥	١,٠	١,٥	٢,٠	٣,٠	٤,٠
الحد الأدنى للأبعاد الخرسانية (مم)	عرض الكمرة البسيطة	١٢٠	١٢٠	١٥٠	٢٠٠	٢٤٠	٢٨٠
	عرض الكمرة المستمرة	١٢٠	١٢٠	١٢٠	١٥٠	٢٠٠	٢٤٠
	سمك البلاطة (بسيطة أو مستمرة)	١٠٠	١٠٠	١١٠	١٢٠	١٤٠	١٥٠
سمك الغطاء الخرسانى خارج الكانات (مم)	غطاء تسليح الكمرة البسيطة	٢٥	٤٠	٥٥	٧٠	٨٠	٩٠
	غطاء تسليح الكمرة المستمرة	*٢٠	٣٠	٤٠	٥٥	٧٠	٨٠
	غطاء تسليح البلاطة البسيطة	٢٥	٣٥	٤٥	٥٥	٦٥	٧٥
	غطاء تسليح البلاطة المستمرة	*٢٠	٢٥	٣٥	٤٥	٥٥	٦٥

* يمكـــن تقليل سمك الغطاء الخرسانى إلى ١٥ مم إذا كان المقاس الاعتبارى الأكبر للركام الكبير المستخدم لا يتجاوز ١٥ مم.

ويجب مراعاة ما يلى:

أ - يراعى ألا يقل ســـــمك الغطاء الخرسانى الأدنى لمقاومة الحريـــــق عما ورد فى البند (٤-٣-٢-٣-ب) ولا عن قطر أكبر سيخ تسليح مستخدم.

ب - إذا زاد سمك الغطاء الخرسانى خارج الكانات على ٤٠ مم فقد ينفصل الغطاء الخرسانى، وعندئذ يلزم أخذ احتياطات لمنع حدوث الانفصال مثل الحماية بطبقة من البياض مع تقليل سمك الغطاء أو استخدام شبكة من التسليح الإضافي على بعد ٢٠ مم من وجه الخرسانة.

جـــ- عـــند حمايـــة الخرسانة بطبقة من البياض يمكن أخذ سمك طبقة البياض كغطاء خرسانى إضافي مكافئ وذلك على النحو التالى :

١ - فـــى حالة البياض من المونة الأسمنتية أو الجبس يؤخذ سمك طبقة البياض المكافئ مساوياً ٠,٦ سمك طبقة البياض الفعلى.

٢- فى حالة البياض بعازل خفيف الوزن كالفرميكوليت يؤخذ كامل سمك طبقة البياض، على ألا يزيد السمك المعتبر من طبقة البياض على ٢٥ مم.

٢-٥ الخرسانة المعرضة لظروف البرى والتآكل

٢-٥-١ عام

مقاومـــة البرى هى قدرة سطح الخرسانة على مقاومة التآكل بالاحتكاك ؛ وتحدث ظاهرة البرى للأسطح الخرسانية المعرضة للاحتكاك ، وتعتبر مقاومة الضغط للخرسانة مؤشراً لمقاومتها للبرى .

ويمكن تقييم مقاومة الخرسانى للبرى عن طريق الفاقد فى الوزن أو الحجم أو السمك وأيضاً من خلال الفحص البصرى وذلك للحكم على جودة سطح الخرسانة .

٢-٥-٢ اشتراطات الحصول على خرسانة مقاومة للبرى والتآكل

١ - استخدام رتبة خرسانة مناسبة لا تقل عن ٣٠ نيوتن/مم^{٢} وذلك بتطبيق ما يلي:

أ - نسبة ماء / أسمنت منخفضة.

ب - تدرج جيد للركام وبحيث لا يزيد المقاس الاعتبارى الأكبر على ٢٥ مم .

جـ- وفى حالة الخرسانة المستخدمة فى الطرق الخرسانية والمطارات والمنشآت البحرية يجب التأكد من استيفاء الركام المستخدم للحدود المسموح بها للصلادة الواردة فى جدول (٢-١) وذلك فى حالة استخدام الزلط أو كسر الزلط بينما يجب ألا يزيد الحد الأقصى للنسبة المئوية للمار من منخل ١,٧ مم للركام من كسر الحجارة على ٢٥ % بعد ٥٠٠ دورة تفتت فى مكنة لوس انجلس .

د - لا يزيد هبوط الخرسانة علي ٧٥ مم.

هـ- في حالة استخدام أكثر من طبقة في صب الخرسانة يجب ألا يزيد الهبوط لطبقة السطح على ٢٥مم.

و - لا يزيد محتوى الهواء المحبوس علي ٣ % .

٢ - فى حالة الأسطح الخرسانية المعرضة للظروف القاسية (حركة مركبات النقل الثقيل أو النحر والتآكل فى المنشآت المائية والأنفاق وبغال الكبارى) يجب عمل طبقة سطحية ذات مقاومة ضغط مميزة لا تقل عن ٣٥ نيوتن/مم^{٢} واستخدام ركام ذى مقاس اعتبارى أكبر لا يزيد على ١٢ مم وأن يكون الركام الكبير مستوفياً للاشتراطات الواردة بالجدول رقم (٢-١) والخاص بالحدود المسموح بها للخواص الفيزيقية و الميكانيكية للركام وألا يزيد الهبوط على ٢٥ مم .

٣ - العناية بتشطيب سطح الخرسانة وذلك عن طريق تأخير زمن دمك وتسوية سطح الخرسانة حتى تفقد الـ[illegible] السطحية .

٤ - يمكن استخدام طريقة تفريغ مياه السطح بالشفط (Vacuum Dewatering) .

٥ - يمكن استخدام تغطيات (Topping) للأسطح فى الظروف القاسية ويرجع فى ذلك إلى المواصفات الفنية لمادة التغطية .

٦ - المعالجة الجيدة للخرسانة لمدة لا تقل عن ٧ أيام متواصلة وتبدأ مباشرة بعد الانتهاء من تشطيب السطح .

٢-٦ أسس تصميم الخلطات الخرسانية

٢-٦-١ اعتبارات عامة

يهدف تصميم الخلطات الخرسانية إلى تحديد نسب المكونات التى تحقق المعادلة بين خواص الخرسانة فى حالتيها الطازجة والمتصلدة . لهذا كان أساسياً أن تتضمن طرق التصميم تحديداً لنسبة الماء إلى الأسمنت بالخلطات بحيث لا تتعدى الحد الذى تتحقق عنده مقاومة الضغط والتحمل مع الزمن للخرسانة المتصلدة ، وأن تحتوى الخلطات التى تتطلب خواصها المتصلدة نسباً منخفضة من الماء إلى الأسمنت على الإضافات المخفضة وعالية التخفيض للماء بأنواعها، لتحقيق درجات التشغيلية المطلوبة للخرسانة الطازجة . ويجب أن تتخذ كافة الاحتياطات التى تكفل المحافظة على نسبة الماء للأسمنت أثناء التنفيذ حيث أن أى زيادة عن هذه النسبة التصميمية تعتبر إخلالاً بمبدأ التصميم وما استهدفه من خواص للخرسانة المتصلدة لضمان جودتها وتحملها مع الزمن.

وبصفة عامة ، تحتاج عملية تصميم الخلطة الخرسانية توافر عدة بيانات عن خواص المواد الداخله فيها ، ومتطلبات المقاومة للخلطة الخرسانية ، والظروف البيئية المتوقع تواجد هذه الخرسانات بها ، مما يحدد الحد الأقصى لنسبة الماء للأسمنت والحد الأدنى لمحتوى الأسمنت ونوعه . كذلك أبعاد العناصر الإنشائية وطرق الصب والدمك المستخدمة التى تحدد درجة التشغيلية .

كذلك يجب أن يكون التصميم وثيق الصلة بتقييم الخلطات الخرسانية حيث ترتبط مقاومة الضغط التى يجب تحقيقها معملياً أثناء التصميم وما يتبع ذلك من تعديلات أثناء التنفيذ بدرجة الاختلاف فى الخرسانة المنتجة والتى يحددها هذا التقييم.

٢-٦-٢ متطلبات تصميم الخلطات الخرسانية

يجوز للمهندس القائم بعملية التصميم أن يختار أنسب الطرق لتصميم الخلطات الخرسانية، على أن يأخذ فى اعتباره ما يلى :

٢-٦-٢-١ متطلبات مقاومة الضغط

تصمم الخلطة الخرسانية وتحدد محتويات مكوناتها بحيث يكون متوسط المقاومة المستهدفة f_m مساوياً للمقاومة المميزة f_{cu} بند (٢-٣-٢-١) مضافاً إليها هامش الأمان M. وعلى ذلك تحسب المقاومة المتوسطة المستهدفة f_m من العلاقة التالية:

$$f_m = f_{cu} + M \qquad (2\text{-}5)$$

ويُحسب هامش أمان تصميم الخلطة الخرسانية من العلاقة الآتية:

$$M = K \cdot s \qquad (2\text{-}6)$$

حيث:

M = هامش الأمان

K = ثابـــت يُحدد طبقاً للنسبة المئوية من عدد نتائج اختبارات تحديد المقاومة المحتمل أن تقل فيها المقاومة عن مقاومة الضغط المميزة fcu ، ويساوى ١,٦٤ لتحقيق المقاومة المميزة (بند ٢-٣-٢-١)

s = الانحراف المعيارى لنتائج اختبارات المقاومة لخرسانات سبق للمقاول صبها

فى حالة توافر بيانات إحصائية من نتائج أكثر من ٤٠ اختبار مقاومة على خلطات مماثلة (اســتعملت فيها نفس المواد المزمع استعمالها وأنتجت تحت نفس الظروف المزمع تطبيقها) يتم اســتخدام الانحــراف المعيارى المحسوب لهذه النتائج على أنه الانحراف المعيارى التصميمى بحيث لا يقل عن ٤ ن/مم^{٢} للخلطات ذات المقاومة المميزة التى تساوى أو تزيد على ٢٠ ن/مم^{٢} ولا يقل عن ٢٠ % من رتبة الخرسانة للخلطات ذات المقاومة المميزة التى تقل عن ٢٠ ن/مم^{٢}.

وفى حالة عدم توافر مثل هذه البيانات يحسب الانحراف المعيارى التصميمى كما يلى :

- ٨ ن/مم^{٢} للخلطات ذات المقاومة المميزة التى تساوى أو تزيد على ٢٠ ن/مم^{٢}.
- ٤٠ % من رتبة الخرسانة للخلطات ذات المقاومة المميزة التى تقل عن ٢٠ ن/مم^{٢}.

ويتم تعديل المقاومة المتوسطة المستهدفة f_m للخلطة أثناء تقدم العمل عند توافر ٤٠ نتيجة اختــبار أو أكثر على ضوء نتيجة الانحراف المعيارى التى انتهى إليها التحليل الإحصائى لهذه النتائج على ألا يقل الانحراف المعيارى التصميمى المستخدم عن ٣,٥ ن/مم^{٢} .

وعلى المصمم تحديد نسبة الماء للأسمنت التى تحقق المقاومة المستهدفة معملياً وذلك أثناء التــصميم المبدئى للخلطة أو عند كل تعديل يتبع ذلك ، ويكون ذلك أساساً لتحديد باقى مكونات الخلطة.

٢-٦-٢-٢ متطلبات التحمل مع الزمن

يجب عند تصميم الخلطة استيفاء جميع متطلبات تحمل الخرسانة مع الزمن ، والتى تشمل تحقيق اللامنفذيه والحد الأقصى لمحتوى الكلوريدات والكبريتات بالخلطة .

أ – اللامنفذية :

يجــب علــى المصمم الالتزام بالحد الأقصى لنسبة الماء للأسمنت والحد الأدنى لمحتوى الأســمنت جــدول رقم (٢-١٠) تحقيقاً لدرجة اللامنفذية المطلوبة للخرسانة والاختيار بين هذه القــيمة وتلك التى تحقق المقاومة المتوسطة المستهدفة (f_m) . ويجوز أن تحتوى الخلطات على

مـــواد بوزولانيه كبديل جزئى للأسمنت لتحقيق درجة عالية من اللامنفذية وذلك فى الخرسانات فائقة الأداء وعالية المقاومة.

كمـــا يجب اتخاذ كافة الضمانات الخاصة بالمعالجة والتى تعتبر شرطاً أساسياً لاستمرار الإماهه وتحسين اللامنفذية واكتساب المقاومة مع الزمن .

ب – محتوى الكلوريدات والكبريتات

- يجـــب ألا يزيد محتوى أيونات الكلوريدات فى الخلطة الخرسانية على القيم الواردة بالجدول رقم (٢-١٠) ، وألا يزيد محتوى الكبريتات علي النسبة الواردة في البند (٢-٣-٤-٦).
- ويرجع للجدول رقم (٨-٤-ب) بالكود لتحديد دورية إجراء الاختبار .

٢-٦-٢-٣ متطلبات القابلية للتشغيل

يجـــب أن تكون الخرسانة ذات قابلية للتشغيل تتناسب مع نوع العنصر الإنشائى وأسلوب الدمك المتبع كما هو موضح بالبند رقم (٢-٣-١-٢) ؛ كما ينبغى أن تراعى طريقة خلط ونقل وصـــب الخرسانة والزمن المتوقع من لحظة إضافة الماء إلى الأسمنت حتى تسوية السطح بعد الصب . ونظراً لما فى هذه العملية من اختلاف فقد يضطر مصمم الخلطة إلى اللجوء لاستخدام الإضـــافات لتحقـــيق درجـــة التشغيل المطلوبة أو إكساب الخرسانة خواصاً جديدة ، لذلك يجب الرجوع إلى بند (٢-٢-٤) فى هذا الصدد.

٢-٦-٣ الخلطات التجريبية والتأكيدية

يجـــب قـــبل اعتماد الخلطة أن يتم تجربتها بالمعمل للتأكد من تحقيق الخرسانة للخواص المطلـــوبة وكـــذلك لإتاحـــة الفرصـــة للمـــصمم لعمل التعديلات اللازمة على التصميم لتحقيق مواصفات المشروع . كما يجب أيضاً عمل خلطات تأكيدية بالموقع لدراسة كفاءة طريقة الخلط بالموقع وإمكانية تحقيق إجهاد الخرسانة المطلوب بنسب الخلطة المعتمدة والمختبرة معملياً.

٢-٦-٣-١ خلطات تجريبية بالمعمل

علـــى مـــصمم الخلطـــة عمل خلطات تجريبية معملية بنفس المواد التى تضمنها تصميم الخلطـــة وذلـــك للتأكد من درجة التشغيلية والكثافة ومقاومة الضغط التى يجب أن تكون محققة للقـــيمة المـــستهدفة المتوسطة f_m في ظروف المعمل ، وعمل التعديلات اللازمة لتحقيق القيمة التصميمية. وتعتبر هذة الخلطات التجريبية مكملة لتصميم الخلطة الخرسانية وشرطاً لقبولها.

ولاعتماد تصميم الخلطة بعد إجراء الخلطات التجريبية المعملية ، يجب تقديم ما يلى من بيانات:

١ – قـيم المقاومـــة المميزة والمقاومة المتوسطة المستهدفة وهامش الأمان التى استخدمت فى تصميم الخلطة .

٢ – خواص الأسمنت والإضافات والركام المستخدم بالخلطة .

٣ – وزن مكـــونات الخلطة الخرسانية اللازمة لإنتاج متر مكعب من الخرسانة على أن يكون الركام فى حالة تشبع داخلى بالماء مع جفاف السطح ، وبالتالى تكون كمية الماء الموجود بالخلطة متاحة للتفاعل مع الأسمنت .

٤ – هبوط الخلطة التجريبية .

٥ – متوســـط نتائج المقاومة للخلطات التجريبية ومقارنة النتائج عند عمر ٢٨ يوماً بالمقاومة المتوسطة المستهدفة معملياً.

٦ – محتوى الكبريتات والكلوريدات بالخرسانة المتصلدة .

٢-٦-٣-٢ خلطات تأكيدية للمقاومة (إلزامية)

علـــى منتج الخرسانة – بالموقع أو بمصنع الخرسانة الجاهزة – أن يجرى ثلاث خلطات تجـــريبية منفصلة من الخرسانة باستعمال المواد المزمع استعمالها ، ويفضل أن تكون كل خلطة –على حدة– بحجم وظروف الإنتاج كاملة، مع ضرورة الالتزام الصارم لمنتج الخرسانة بنوعية المواد ونسب الخلط التى حصل عليها من الخلطة التصميمية. وتقاس التشغيلية لكل من الخلطات الـــثلاث. وتعـــد تسعة مكعبات على الأقل من كل خلطة تختبر عند عمر ٢٨ يوماً، ويمكن أن تختبر ثلاثة منها عند عمر مبكر – إذا لزم الأمر – ويفضل أن تكون هذه الأعمار ٣ أو ٧ أيام، علـــى أن تعتبر كل مجموعة من المكعبات ممثلة لاختبار واحد. علماً بأن نتيجة أى اختبار هى متوسط نتيجة اختبار المكعبات المأخوذة من خلطة واحدة ومعدة ومختبرة حسب متطلبات ملحق الاختبارات لهذا الكود .

تعد عينات الخرسانة وتعالج وتختبر وتقبل طبقاً لما ورد فى ملحق الاختبارات لهذا الكود، وفى حالة وجود نص خاص بمواصفات المشروع فيجب اتباعه.

ويجب أن تحقق نتائج اختبارات الخلطات الثلاث ما يلى :

١ – ألا يقـــل متوسط مقاومة الضغط بعد ٢٨ يوماً للخلطات الثلاث السابق الإشارة إليها عن ٩٥ % مـــن متوســـط مقاومـــة الضغط لنتائج الخلطة التجريبية بالمعمل باستخدام نفس تشوينات الأسمنت والركام ونفس نسب الخلط .

٢ – ألا يقل متوسط مقاومة الضغط عن المقاومة المميزة مضافاً إليها ٦,٥ ن/مم^{٢} .

٣ – يجب ألا تقل مقاومة أى مكعب منفرد عن قيمة المقاومة المميزة .

٤ - لا يـــزيد الفرق بين أكبر مقاومة للمكعب و أصغرها فى الاختبار الواحد على ١٥% من متوسط هذا الاختبار.

٢-٦-٣-٣ خلطات تأكيدية إضافية

إذا ما رأت الجهة المشرفة على التنفيذ أن هناك حاجة لخلطات تأكيدية أثناء التنفيذ، أو قبل عمـــل تغييـــرات جوهرية فى المواد أو نسب الخلط، يلزم المقاول (المتعهد) أو منتج الخرسانة بإجـــراء هـــذه الخلطات. ويراعى أن يستبعد من طلب هذه الخلطات تعديل النسب الذى يشمله برنامج ضبط الجودة بغرض التغيير فى الحدود الدنيا للمقاومة وصولاً للمتوسط المستهدف. كما لا تتضمن هذه الخلطات حالات التأكد من المحتوى الأدنى للأسمنت أو النسبة القصوى من الماء الحـــر إلى الأسمنت. كذلك لا يدخل ضمن هذه الإجراءات الاختبارات الدورية الروتينية لضبط الجودة والمشار إليها فى البند (٨-٩-٣).

٢-٦-٤ خلطات الخرسانة الجاهزة

تـــتطلب الخرســـانة الجاهزة – أحياناً – النقل لمسافات بعربات أو شاحنات مع استمرار حـــركتها أو خلطها قبل وصولها للموقع مما قد يعرضها لفقد في قوامها أو تشغيليتها الأمر الذى قـــد يـــتطلب اســـتخدام إضـــافات مبطئة للشك. وفى جميع الظروف يلزم التعامل مع الخرسانة الجاهزة عند تسليمها بالموقع طبقاً للمواصفات المتفق عليها سواء بالنسبة لاختبارها فى حالتيها الطازجـــة والمتـــصلدة (تعيين القوام – محتوى الهواء المحبوس – إعداد العينات لاختبارها فى حالتها المتصلدة).

٢-٦-٥ أسس تقييم الخلطات الخرسانية

نظـــراً لتوافـــر بـــيانات يومية لنتائج اختبارات ضبط الجودة على الخرسانة من قياسات للتـــشغيلية ومقاومة الخرسانة للضغط عند الأعمار المختلفة ، فيجب على المهندس الاستشارى عمـــل تقييم مستمر لمستوى إنتاج الخرسانة بالموقع ، وذلك لكى يتم التنبؤ مبكراً بأى حيود فى خواص أو نسب مكونات الخلطة عن تلك المحددة فى الخلطة المعتمدة . وفى حالة اكتشاف أى تغيـــر فى خواص أو نسب الخلطة ، يجب تحديد أسباب هذا التغير وعمل الإجراءات اللازمة. ويتم عمل التقييم للخرسانة المنتجة فى حالتيها الطازجة والمتصلدة طبقاً لما يلى :

٢-٦-٥-١ تقييم الخرسانة الطازجة

فـــى حالة استخدام اختبار الهبوط كأساس لقبول الخلطة الخرسانية فى حالتها الطازجة ، يجب ألا يزيد الاختلاف عن الهبوط المنصوص عليه فى مواصفات المشروع على :

± ٣٠ مم للخرسانة التى يزيد هبوطها على ٨٠ مم.

± ٢٠ مم للخرسانة التى يقل هبوطها عن ٨٠ مم.

٢-٦-٥-٢ تقييم الخرسانة المتصلدة أثناء التنفيذ

أ – تقييم مبدئى :

يـــتم العمل بهذا التقييم لنتائج اختبارات الضغط الأولية ، وتعتبر نتيجة أى اختبار محققة للمقاومة المميزة للخرسانة إذا تحقق كلا الشرطين الآتيين :

١ – ألا تقل نتيجة هذا الاختبار عن المقاومة المميزة للخرسانة بأكثر من ١٠ % .

٢ – أن يـــزيد متوسط نتائج هذا الاختبار والاختبارات الثلاثة السابقة له على المقاومة المميزة بنسبة ١٠ % على الأقل.

ب – تقييم نهائى :

يـــتم عمـــل التقييم النهائى لنتائج اختبارات الضغط للخلطة الخرسانية فى حالة توافر ٤٠ نتيجة اختبار أو أكثر؛ وتعتبر الخرسانة محققه للمقاومة المميزة إذا كانت نسبة الاختبارات التى لـــم تحقق المقاومة المميزة التصميمية أقل من أو تساوى ٥ % من العدد الكلى للاختبارات التى يشملها التقييم .

وفـــى حالـــة عـــدم استيفاء الشروط الواردة بالبندين أ ، ب يجب الرجوع إلى استشارى المشروع لاتخاذ اللازم .

٢-٧ الاشتراطات الخاصة للخرسانة الجاهزة

يـــتم الـــرجوع إلى المواصفة الفنية والصادرة من المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء للخرســـانة الجاهـــزة التى يتم تسليمها إلى المشترى فى حالة طازجة وغير متصلدة ؛ وتوضح المواصـــفات كيفـــية اختـــيار المـــواد المستخدمة فى الإنتاج وخواصها وأيضاً تصميم الخلطة الخرسانية وفقاً للمطلوب من قبل المشترى وذلك لضمان إنتاج خرسانة جاهزة ذات جودة عالية ومطابقـــة فـــى الخواص لما يحدده المشترى . ولا تغطى هذه المواصفة الفنية صب أو دمك أو معالجة أو وقاية الخرسانة بعد تسليمها للمشترى.

تخـــتص هـــذه المواصفة الفنية أيضاً بنظام تأكيد الجودة فى محطات الخلط والاشتراطات الفنـــية لمحطات خلط الخرسانة الجاهزة ونظم التقييم وأيضاً لاشتراطات البيئة والسلامة المهنية بمحطات الخلط.

٢-٨ الاشتراطات الخاصة للخرسانة ذاتية الدمك

يـــتم الـــرجوع إلى المواصفة الفنية للخرسانة ذاتية الدمك والصادرة من المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء والتى تغطى الجوانب الفنية التالية :

- متطلبات إنتاج الخرسانة ذاتية الدمك باستخدام المواد المتاحة محلياً.
- الاشتراطات الواجب توافرها فى مكونات الخلطة الخرسانية.
- أسس تصميم الخلطة الخرسانية.
- صناعة الخرسانة واحتياطات الصب والمعالجة.
- طرق التحقق من متطلبات الأداء .
- ضبط وتأكيد الجودة.

تحـــتوى ملاحق المواصفة على إرشادات للمصممين و صانعى الخرسانة و المقاولين و الهيئات الاستشارية ومعامل الاختبارات.

٢-٩ الاشتراطات الخاصة لخرسانة الأجواء الحارة

يـــتم الـــرجوع إلى المواصفة الفنية لصناعة الخرسانة فى الأجواء الحارة والصادرة من المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء والتى تختص بالجوانب الفنية التالية :

- مناخ جمهورية مصر العربية وتعريف الجو الحار.
- المشكلات الأساسية لخرسانة الجو الحار فى حالتيها الطازجة والمتصلدة.
- العوامل والظروف المحيطة المؤثرة على خواص الخرسانة الطازجة والمتصلدة فى الأجواء الحـــارة . ونظراً لاختلاف أسس تصميم الخلطات الخرسانية فى الأجواء الحارة عن الأجواء العاديـــة فقـــد أولـــى التقريـــر عـــناية خاصة بطرق اختيار المواد وأسس تصميم الخلطات الخرسانية.
- صـــناعة الخرســـانة فى الأجواء الحارة والاشتراطات الخاصة بطرق تشوين المواد والخلط والنقل والشدات وطرق الصب والدمك وعمليات تشطيب الخرسانة وطرق المعالجة المختلفة.
- أســـلوب ضبط وتأكيد الجودة لخرسانة الأجواء الحارة وذلك لضمان الحصول على خرسانة تحقق كلا من المقاومة المطلوبة والتحمل مع الزمن.
- الأنظمة المختلفة للتبريد.

الباب الثالث

اعتبارات عامة فى تصميم القطاعات

٣-١ طرق التصميم

يتناول هذا الباب أسس تصميم القطاعات الخرسانية نتيجة لتأثير الأحمال والأفعال الواقعة علـــي المنـــشأ ، والتي تضمن أن يحقق المنشأ في أجزائه المختلفة ومجموعاته كوحدة متكاملة، وطـــبقاً للأســـس الإحـــصائية متطلـــبات الاستعمال والتشغيل التي أنشئ من أجلها طوال فترة استخدامه، مع ضمان عدم حدوث تشكلات غير مسموح بها أو شروخ معيبة وتوافر أمان كاف ضد الانهيار وعدم الاتزان.

ويمكن تحقيق ما سبق باستخدام إحدى الطريقتين التاليتين في تصميم المنشآت الخرسانية:

١- التصميم بطريقة حالات الحدود

Limit States Design Method

٢- التصميم بطريقة المرونة (طريقة إجهاد التشغيل)

Elastic (Working Stress) Design Method

٣-١-١ طريقة حالات الحدود

يـــتم في هذه الطريقة استيفاء شروط البند (٣-١) باستخدام معاملات أمان كافية لأحمال وأفعال التشغيل للحصول على الأحمال والأفعال القصوى التي يبلغ عندها المنشأ حداً من حالات الحـــدود (بـــند ٣-٢-١-١) ويؤخذ عند حساب هذه الحدود كافة العوامل التي تؤثر سلبياً على مقـــدرة المنـــشأ فـــي مقاومة الأحمال والناتجة عن عوامل تخفيض لمقاومات المواد والتفاوتات المقبولة سواء في التنفيذ أو في الحسابات ، على ألا يتجاوز ذلك الحدود المسموح بها.

ويمكن تحديد حالات الحدود على النحو التالى:

٣-١-١-١ حالات حد المقاومة القصوى Ultimate Strength Limit States

وهو الحد الذي يضمن – على أسس إحصائية – عدم حدوث انهيار للمنشأ أو لأجزاء منه، والـــناتجة عن وصول القطاع إلى حد المقاومة القصوى له. ويتحكم هذا الحد في طبيعة انهيار أجزاء المنشأ (بند ٤-٢).

٣-١-١-٢ حالة حد الاستقرار Stability Limit State

وهو الحد الذي يضمن – على أسس إحصائية – عدم حدوث انهيارات ناتجة عن الانبعاج (Buckling) (بند ٦-٤) أو الانقلاب (Overturning) أو الطفو (Uplift) أو الانزلاق (Sliding) للمنشأ.

٣-١-١-٣ حالات حدود التشغيل Serviceability Limit States

وهي الحدود التي يؤثر تجاوزها سلبياً على استخدام المنشأ ومتانته ، وينقسم هذا البند إلى حالات الحدود التالية :

أ – حالات حدود التشكل والترخيم Deformation and Deflection Limit States

وهي الحالات التي تضمن – على أسس إحصائية – عدم حدوث تشكلات أو ترخيم تتجاوز الحدود المسموح بها ، والتي تؤثر علي كفاءة استخدام عناصر المنشأ (بند ٤-٣-١).

ب – حالات حد التشرخ Cracking Limit States

وهي الحالات التي تضمن – على أسس إحصائية – عدم حدوث شروخ باتساع (Crack width) يؤثر سلبياً علي كفاءة المنشأ، أو تحد من صلاحيته أو طول فترة هذه الصلاحية، أو تؤثر أيضاً على المظهر العام لأجزائه (بند ٤-٣-٢).

٣-١-٢ طريقة المرونة (طريقة إجهاد التشغيل)

يتم استيفاء شروط البند (٣-١) في طريقة المرونة بتحديد قيم لإجهادات التشغيل المسموح بها (Allowable working stresses) للعناصر الإنشائية المختلفة . ويتم تصميم المنشأ بحيث لا تتجاوز الإجهادات الناتجة عن أحمال التشغيل القيم المسموح بها مع مراعاة أن يستوفي التصميم الشروط التي تضمن الاستقرار بما فيها عدم حدوث الانبعاج طبقاً للبند (٣-١-١-٢) وعدم حدوث ترخيم أو تشكلات أو تشرخ معيب طبقاً للبند (٣-١-١-٣).

٣-٢ أسس تحقيق الأمان

يتحقق الأمان عندما تكون مقاومة قطاعات العناصر المختلفة للمنشآت الخرسانية أكبر من القوي الداخلية الناجمة عن الأحمال والتحميلات والأفعال المباشرة وغير المباشرة وبحيث يظل المنشأ في كل جزء من أجزائه وككل صالحاً للاستعمال ومحققاً لهذا الأمان.

٣-٢-١ تحديد الأمان عند استعمال طريقة حالات الحدود

٣-٢-١-١ تحديد الأحمال والأفعال

أ – أحمال وأفعال التشغيل Service Loads

تُعرف أحمال التشغيل في هذا الكود بأنها الأحمال المنتظر حدوثها تحت ظروف التشغيل والتي تكون احتمالات الزيادة بها لاتزيد على ٥ % وذلك بناءً علي نتائج وبيانات إحصائية. وتؤخذ هذه الأحمال طبقاً للكود المصري لحساب الأحمال و القوى في الأعمال الإنشائية وأعمال المباني رقم (٢٠١) وتشمل الأحمال الحية والدائمة (الميتة)، وكذلك أحمال وقوى الرياح والزلازل وضغط الأتربة والسوائل والأحمال الديناميكية، وأيضاً تأثيرات فرق الهبوط وأفعال الزحف والانكماش وتغيرات درجات الحرارة المنتظرة.

ب – قيم الأحمال والأفعال القصوى لحالات حد المقاومة القصوى .

تحسب الأحمال والأفعال القصوى على عناصر المنشأ المختلفة بضرب أحمال التشغيل المعرفة في البند (٣-٢-١-١-أ) في معاملات زيادة الأحمال وذلك على النحو التالي:

١ – فى العناصر المعرضة لأحمال حية والتي يمكن فيها إهمال تأثير أحمال الرياح والزلازل يؤخذ الحمل الأقصى:

$$U = 1.4\,D + 1.6\,L \qquad (3\text{-}1)$$

حيث :

D = الأحمال الدائمة Dead Loads

L = الأحمال الحية Live Loads

٢ – فى حالة ما إذا كان الحمل الحي لا يزيد على ٧٥ % من قيمة الأحمال الدائمة يمكن أخذ قيمة الأحمال القصوى:

$$U = 1.5\,(D + L) \qquad (3\text{-}2)$$

٣ – فى العناصر المعرضة لأحمال حية بالإضافة إلى الأحمال الناشئة عن الضغوط الجانبية نتيجة للسوائل أو الأتربة يكون الحمل الأقصى:

$$U = 1.4\,D + 1.6\,(E + L) \qquad (3\text{-}3)$$

حيث E = الأحمال الناشئة عن الضغوط الجانبية Lateral Loads

وبشرط ألا تقل قيمة U عن القيمة المعطاة بالمعادلة (٣-١).

أما في حالة الضغوط الجانبية للسوائل المحصورة داخل عناصر محددة الأبعاد مثل الخزانات فتستبدل بالقيمة 1.6 E في المعادلات (٣-٣) ، (٣-٧) القيمة 1.4 E.

٤ – في حالة وجود أحمال ناشئة عن ضغط الرياح W أو أحمال ناشئة عن زلازل S يؤخذ الحمل الأقصى القيمة الأكبر من أي المعادلتين التاليتين:

$$U = 0.8\,(1.4\,D + 1.6\,L + 1.6\,W) \qquad (3\text{-}4)$$

$$U = 1.12\,D + \alpha\,L + S \qquad (3\text{-}5)$$

وبشرط ألا تقل قيمة U عن القيمة المعطاة بالمعادلة (٣-١) ولا يجوز الجمع بين حالتي أحمال الرياح والزلازل.

حيث :

S هي الأحمال الناتجة عن الزلازل عند حد المقاومة القصوى و تؤخذ طبقا للكود المصري لحساب الأحمال و القوى في الأعمال الإنشائية و أعمال المباني رقم (٢٠١) وتعديلاته .

α هو معامل تراكب يأخذ تأثير الأحمال الحية الرأسية شبة الدائمة فوق المنشأ أثناء حدوث الزلزال وبحيث أن :

α = ١/٤ في المباني السكنية

α = ١/٢ في حالة المنشآت والمباني العامة مثل المخازن غير الرئيسية والأسواق التجارية والمدارس والمستشفيات والمسارح وجراجات السيارات الملاكي..... الخ.

α = ١ في حالة الصوامع وخزانات المياه والمنشآت المحملة بأحمال حية لفترات طويلة ومتصلة (المكتبات والمخازن الرئيسية وجراجات عربات الركوب والعربات السياحية والأتوبيسات ..... الخ).

٥ – في حالة ما إذا كانت الأحمال الدائمة تؤدى إلى زيادة ثبات المنشأ أو إلى خفض قيمة الأفعال القصوى فى بعض القطاعات يُستبدل بالأحمال القصوى في المعادلات الواردة فى البنود (١، ٣، ٤) السابقة ما يلى على التوالى:

$$U = 0.9\ D \qquad (3-6)$$

$$U = 0.9\ D + 1.6\ E \qquad (3-7)$$

$$U = 0.9\ D + 1.3\ W \qquad (3-8)$$

$$U = 0.9\ D + S \qquad (3-9)$$

٦ – عـــند حساب تأثير تغييرات درجة الحرارة وفروق الهبوط والزحف والانكماش T يؤخذ الحمل الأقصى كما يلى:

$$U = 0.8\ (1.4\ D + 1.6\ L + 1.4\ T) \qquad (3-10)$$

بشرط ألا يقل عن:

$$U = 1.4\ (D + T) \qquad (3-11)$$

ويُحسب تأثير هذه الانفعالات طبقاً للبند (٣-٣).

٧ – يمكـــن أن تُعامل الأحمال الديناميكية K على أساس حمل استاتيكى إضافي مكافئ ويؤخذ الحمل الأقصى كما يلي:

$$U = 1.4\ D + 1.6\ L + 1.6\ K \qquad (3-12)$$

مع مراعاة ما جاء في المعادلة (٣-٦).

جـــ- قيم الأحمال والأفعال في حالة التصميم بطريقة المرونة ولحالات حدود التشغيل

١ – عـــند التصميم بطريقة المرونة (بند ٣-١-٢) وكذلك عند حساب حالات حدود التشغيل طبقاً للبند (٣-١-١-٣) (الترخيم والتشرخ بطريقة المرونة) تُعتبر قيم الأفعال والأحمال الحسابية مساوية لقيم أحمال التشغيل (بند ٣-٢-١-١-أ) وتؤخذ أحمال التشغيل كما يلى :

$$D + L \qquad (3-13\text{-a})$$

$$(D + L + W) \qquad (3-13\text{-b})$$

$$D + \frac{\alpha L}{1.2} + \frac{S}{1.4} \qquad (3-13\text{-c})$$

٢ – فـــي حالة ما إذا كانت الأحمال الدائمة تؤدى إلى ثبات المنشأ أو إلى خفض قيمة الأفعال القصوى فى بعض القطاعات تؤخذ أحمال التشغيل كما يلى:

$$0.9\ D \qquad (3-14-a)$$

$$[\,0.9\ D + W] \text{ or } [\ 0.9\,D + (S/1.40)] \qquad (3-14-b)$$

مع ضرورة أخذ معامل الأمان الكافي الذي يضمن استيفاء شروط حالة حد الاستقرار.

٣-٢-١-٢ معامل خفض المقاومة γ

يمثل معامل خفض المقاومة γ معامل الأمان المطلوب لأخذ المعاملات المختلفة التي تؤثر سـلبياً علـي المقاومـات القـصوى للقطاعات المختلفة في الاعتبار، وتتمثل هذه العوامل في احتمالات الاختلافات البسيطة والتي تكون في حدود نسبة الخطأ المسموح بها إحصائياً في أبعاد القطـاع ونوعيات الخرسانة والصلب المستعمل عن القيم التي تم التصميم على أساسها، وكذلك فى الأخطاء البسيطة التي قد تنتج عن التقريب في العمليات الحسابية والافتراضات التقريبية في الحـل ، وتخـتلف قيم هذه المعاملات طبقاً لنوعية الأحمال المؤثرة (عزوم ، قص،..... إلخ) وطبقاً لطبيعة الانهيار الخاصة به سواء من النوعية القصفة (Brittle) أو من النوعية المطيلة (Ductile) التـي تعطـي إنـذارات مسبقة ، وتختلف أيضاً طبقاً لأهمية العنصر في المنشأ. وتُعطى قيم هذه المعاملات كما يلى:

١ – حالات حد المقاومة القصوى

أ – تؤخذ معاملات خفض المقاومة للخرسانة γ_c ولصلب التسليح γ_s للتأثيرات التالية:

- قوة الشد المحورية وقوى الشد اللامركزية.
- عزوم الانحناء.
- قوى القص وعزوم اللى.
- الارتكاز .
- التماسك.

كما يلى:

$$1.5 = \gamma_c \qquad (3\text{-}15\text{-}a)$$

$$1.15 = \gamma_s \qquad (3\text{-}15\text{-}b)$$

ب – في حالة عزوم الانحناء المصحوبة بقوى ضغط محورية (ضغط لامحوري)

تؤخذ معاملات خفض المقاومة المميزة كما يلي:

$$\gamma_c = 1.5\left\{\left(\frac{7}{6}\right) - \frac{(e/t)}{3}\right\} \geq 1.5 \qquad (3\text{-}16\text{-a})$$

$$\gamma_s = 1.15\left\{\left(\frac{7}{6}\right) - \frac{(e/t)}{3}\right\} \geq 1.15 \qquad (3\text{-}16\text{-b})$$

حيث $(\frac{e}{t}) \geq 0.05$

٢ – حالات حدود التشغيل

تؤخذ معاملات خفض المقاومة للخرسانة وصلب التسليح لجميع حالات حدود التشغيل والتي تشمل :

- الترخيم.
- التشكل.
- التشرخ.

كما يلى :

$$\gamma_c = \gamma_s = 1.0 \qquad (3\text{-}17)$$

٣-٢-٢ تحديد الأمان عند استعمال طريقة المرونة

تُحدد أسس الأمان عند استعمال طريقة المرونة طبقاً لما هو وارد بالبند (٣-٢-١-١-جـ) والباب الخامس من هذا الكود.

٣-٣ الأفعال الداخلية

أ – أحمال الانكماش : تؤخذ وفقاً لبند (٢-٣-٣-٤) والكود المصرى للأحمال.

ب – أحمال الحرارة : تؤخذ وفقاً لبند (٢-٣-٣-٣) والكود المصرى للأحمال.

جـ– الانفعالات طويلة الأجل للخرسانة (الزحف – Creep) تؤخذ وفقاً لبند (٢-٣-٣-٥).

الباب الرابع
التصميم بطريقة حالات الحدود
Limit States Design Method

٤-١ اعتبارات عامة

يتناول هذا الباب كيفية تحقيق البنود الأساسية فى تصميم المنشآت الخرسانية بطريقة حالات الحدود التى وردت فى الباب الثالث، وهى الحالات التى تضمن أماناً كافياً ضد الانهيار نتيجة لوصول القطاع إلى حد المقاومة القصوى وطبقاً لما سيرد فى البند (٤-٢) مع استيفاء كافة متطلبات التشغيل طبقاً للشروط الواردة فى البند (٤-٣).

٤-٢ حالة حد المقاومة القصوى Ultimate Strength Limit State

يتناول هذا البند حساب المقاومة القصوى لقطاعات معرضة لعزوم انحناء أو قوى لامركزية (بند ٤-٢-١) ولقطاعات معرضة لقوى قص (بند ٤-٢-٢) ولقطاعات معرضة لعزوم لى (بند ٤-٢-٣) وكذلك مقاومة التحميل (الارتكاز) (بند ٤-٢-٤) والتحقق من مقاومة التماسك (بند ٤-٢-٥).

٤-٢-١ حالة حد المقاومة القصوى لعزوم انحناء أو قوى لامركزية
Ultimate Strength Limit State: Flexure or Eccentric Forces

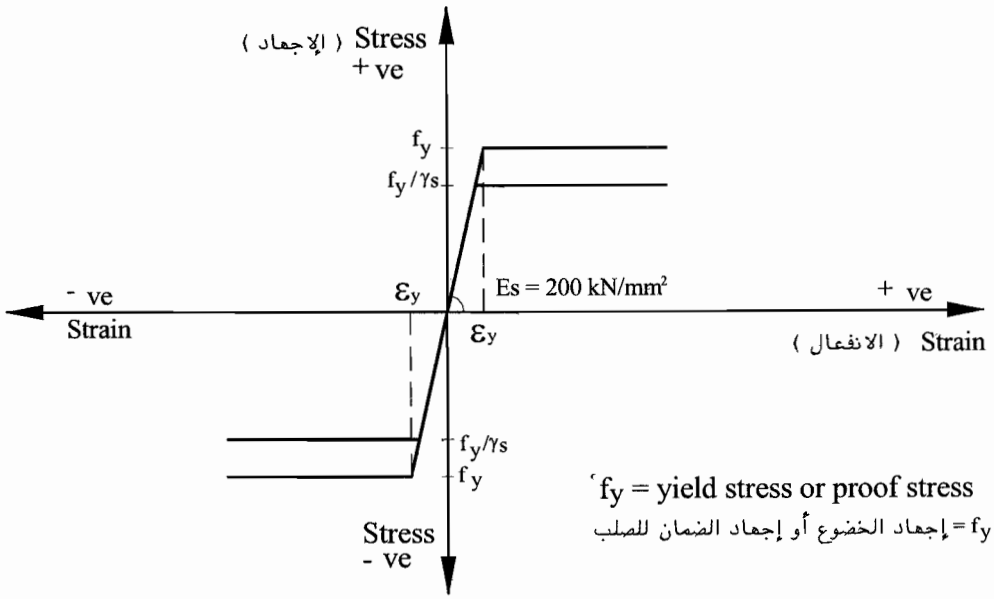
يتم تصميم القطاعات المعرضة لعزوم انحناء أو قوى لا مركزية باستخدام طريقة الحد الأقصى للمقاومة طبقاً لنصوص هذا البند.

٤-٢-١-١ الفروض الأساسية والاعتبارات العامة

يجب أن يفى حد المقاومة للقطاعات المعرضة لعزوم انحناء بسيطة أو لعزوم انحناء مع قوى محورية بشروط الاتزان (Equilibrium conditions) وشروط توافق الانفعالات (Compatibility of strains) بالإضافة إلى الفروض والاعتبارات العامة التالية:

١ - توزع الانفعالات على القطاع توزيعا خطيا وبالتالى تعتبر الانفعالات فى الصلب والخرسانة متناسبة مع بعدها عن محور الخمول ، وذلك فى كل العناصر عدا الكمرات العميقة فيكون توزيع الانفعالات لاخطيا.

٢ - تؤخذ العلاقة بين الإجهاد والانفعال للصلب طبقا للمنحنى الاعتباري (Idealized curve) شكل (٤-١) مع مراعاة حدود إجهاد الخضوع طبقا لما هو وارد بالفرض الرابع الخاص بشروط حد التشرخ .



شكل (٤-١) المنحنى الاعتباري للإجهاد والانفعال لصلب التسليح

٣-أ تؤخذ قيم f_y بما لايزيد على ٤٠٠ ن/مم٢ للصلب ذى النتوءات المطابق للمواصفات القياسية المصرية وللشبك الملحوم ذى النتوءات أو ذى العضات الذى لا يزيد قطره على ١٠مم ويطابق المواصفات القياسية المصرية.

ب - إذا ثبت بالاختبارات أن إجهاد الخضوع f_y لأسياخ الصلب الأملس يزيد على ٢٤٠ ن/مم٢ ، تؤخذ قيمة f_y الخاصة به وبحد أقصى ٢٨٠ ن/مم٢.

جـ- تؤخذ قيمة إجهاد الخضوع f_y للشبك الملحوم المسحوب على البارد بدون نتوءات (أملس) عند التصميم بما لا يزيد على ٣٠٠ ن/مم٢.

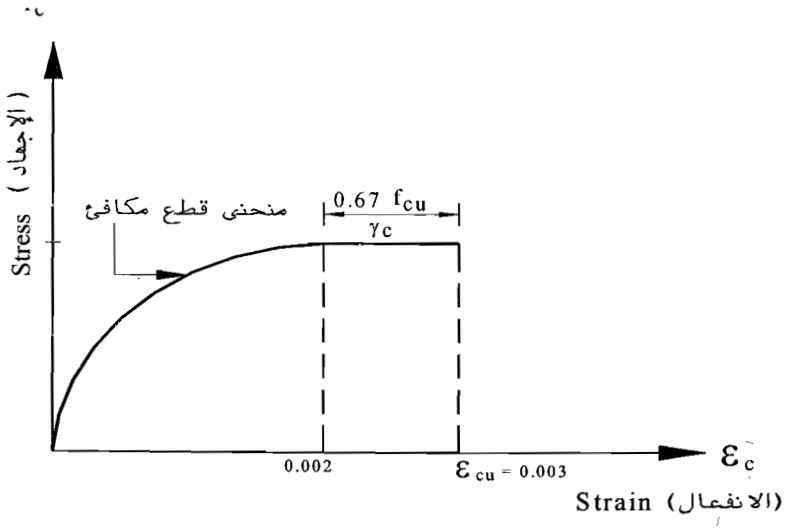
٤ - يجب استيفاء شروط حد التشرخ عند تحديد قيم الإجهادات التصميمية للصلب المستخدم وذلك كما هو وارد فى البند (٤-٣-٢) الخاص بحد التشرخ.

٥ - تهمل مقاومة الخرسانة فى الشد ويقاوم الصلب كافة إجهادات الشد عند حساب حد المقاومة القصوى.

٦ - يؤخذ توزيع الإجهادات فى منطقة الضغط بالقطاع الخرسانى حسب منحنى الإجهاد والانفعال المبنى على تجارب معملية قياسية ، كما يمكن أن يؤخذ المنحنى مطابقاً للمنحنى الاعتبارى (Idealized curve) الموضح فى شكل (٤-٢).

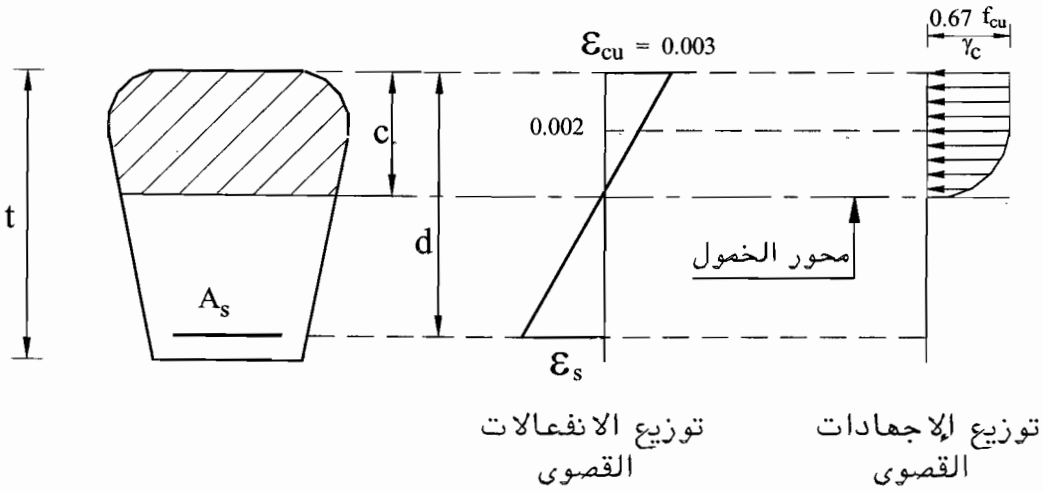
٧ - يؤخذ الانفعال الأقصى للضغط فى القطاعات الخرسانية مساوياً $\varepsilon_{cu} = 0.003$ للعناصر المعرضة لعزم انحناء أو لانحناء مصحوب بقوى محورية تجعل جزءاً من القطاع معرضاً للشد بينما تؤخذ $\varepsilon_{cu} = 0.002$ فى القطاعات المعرضة لقوى ضغط

محـــورية عـــند مركز لدونة القطاع، حيث مركز لدونة القطاع هو النقطة التى إذا أثرت عندها قوى الضغط القصوى ينتج عنها انضغاط منتظم فى القطاع.



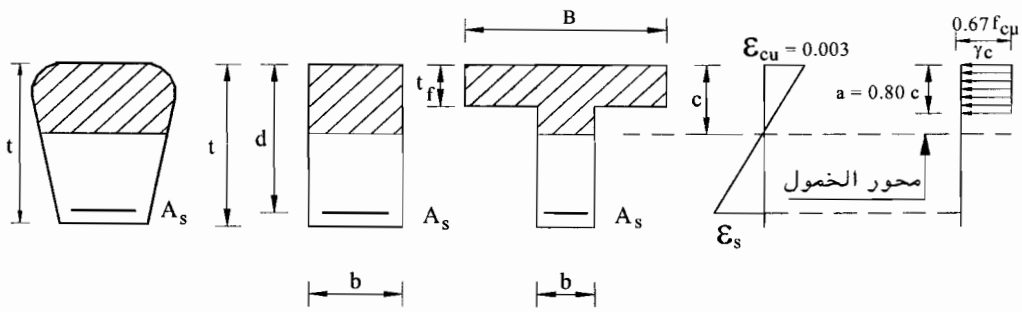
شكل (٤-٢) المنحنى الاعتباري للإجهاد والانفعال للخرسانة فى الضغط

٨ - بناء على الفرضين السادس والسابع يكون توزيع إجهادات الضغط القصوى على القطاع كما هو موضح فى شكل (٤-٣).



شكل (٤-٣) توزيع الانفعالات والإجهادات القصوى

٩ - يمكن اعتبار متطلبات الفرضين (٦ ، ٧) السابقين مستوفاة فى القطاعات المستطيلة والقطاعات التى على شكل T والقطاعات على شكل شبه منحرف ، كما هو موضح فى شكل (٤-٤)، وذلك بفرض إجهاد ضغط الخرسانة موزعاً بالتساوى على منطقة مكافئة ومحددة بحافة الألياف المعرضة لأقصى انفعال فى منطقة الضغط وبخط موازى لمحور الخمول ويبعد مسافة $a = 0.8c$ من هذه الحافة ، حيث المسافة c هى بعد محور الخمول عن الحافة الأكثر انضغاطاً ، وتكون قيم إجهاد الضغط المنتظم مساوية $0.67\ f_{cu}/\gamma_c$ ويطلق على هذا التوزيع للإجهادات المستطيل المكافئ لإجهادات الضغط (Equivalent rectangular stress block).



شكل (٤-٤) المستطيل المكافئ لتوزيع إجهادات الضغط

١٠- بالنسبه للقطاعات المستديرة وكذلك القطاعات الأخرى غير المذكورة فى الفقرة السابقة توزع الإجهادات القصوى فى القطاع طبقاً لتوزيع الإجهادات القصوى المبينة فى شكل (٤-٣). وكتوزيع مرادف يمكن استنتاج عمق المستطيل المكافئ لمثل هذه الحالات التى يستوفى فيها شروط تساوى مساحة المستطيل المكافئ ومساحة الإجهادات القصوى على أن ينطبق مركزا مساحتيهما.

١١- فى حالة القطاعات المعرضة لعزوم انحناء مزدوجة (Biaxial bending moments) وكذلك القطاعات المعرضة لعزوم مزدوجة مصحوبة بقوة محورية، فإنه يتم توزيع الإجهادات القصوى فى القطاع طبقاً لتوزيع الإجهادات القصوى المبينة فى شكل (٤-٣) . وكتوزيع مرادف يمكن استنتاج عمق المستطيل المكافئ طبقاً لما هو مبين فى الفقرة (١٠) السابقة .

٤-٢-١-٢ القطاعات المعرضة لعزوم انحناء Sections Subjected to Flexure

٤-٢-١-٢-أ القطاعات ذات تسليح شد فقط

بالنسبة للقطاعات ذات تسليح للشد فقط للكمرات المستطيلة والبلاطات المصمتة وكذلك بالنسبة للقطاعات على شكل T التى يقع محور الخمول فيها داخل سمك البلاطة يحدد العزم الحدى الأقصى لمقاومة القطاع (Ultimate limit moment) من المعادلة :

$$M_u = \left(\frac{A_s \cdot f_y}{\gamma_s}\right)\left(d - \frac{a}{2}\right) \qquad (4\text{-}1)$$

ويتم حساب عمق المستطيل المكافئ a من العلاقة

$$a = \frac{\left(\frac{A_s \cdot f_y}{\gamma_s}\right)}{\left(\frac{0.67 f_{cu}}{\gamma_c}\right) b} \qquad (4\text{-}2)$$

على أنه يجب ألا تقل النسبة a/d عن ٠,١ ولا يزيد ذراع العزم y_{ct} على 0.95d فى أى حالة من الأحوال، وأن يستوفى ما ورد بالبند (٤-٢-١-٢-ز) الخاص بالنسبة الدنيا لصلب التسليح. كما يجب أن يراعى ألا تتجاوز النسبة a/d القيم المعطاة فى البند (٤-٢-١-٢-جـ).

٤-٢-١-٢- ب التسليح التوازنى للقطاع Balanced Section

يوجد حد فاصل بالنسبة للقطاعات ذات التسليح فى ناحية الشد فقط (الحد التوازنى) بين الانهيار المفاجئ (Brittle failure) والانهيار المطيل (Ductile failure) الذى يعطى إنذارات مسبقة . ويحدث هذا الحد عندما يبلغ انفعال الصلب المعرض لأقصى انفعال شد انفعالاً يساوى f_y/E_s فى نفس اللحظة التى يبلغ فيها انفعال الخرسانة قيمته القصوى والتى تساوى $\varepsilon_{cu} = 0.003$ ؛ ولتلافى الوصول بتسليح القطاعات إلى الحد الفاصل المذكور - وفى ذلك ضمان لوجود ممطولية (Ductility) كافية فى العناصر - فإنه يلزم اتباع البيانات الواردة فى البند التالى (٤-٢-١-٢-جـ) والتى تحدد أقصى نسبة صلب مسموح بها فى القطاع μ_{max} والعزوم القصوى المناظرة لها M_{umax}، وكذلك أقصى نسبة لبعد محور الخمول عن الألياف المعرضة لأقصى ضغط إلى العمق الفعال للقطاع c_{max}/d . وللتطابق مع المنحنى الاعتباري لصلب التسليح المبين فى شكل (٤-١) تؤخذ قيمة اعتبارية لانفعال الخضوع للصلب ε_y تساوى :

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{\gamma_s . E_s} \qquad (4\text{-}3)$$

٤-٢-١-٢-جـــ أعلى قيم مسموح بها للعزوم القصوى M_{umax} ولنسب الصلب μ_{max} فى قطاع خرسانى مستطيل مسلح بالصلب جهة الشد فقط ومعرض لعزوم انحناء هى :

$$M_{umax} = \frac{R_{max} . f_{cu} . b.d^2}{\gamma_c} \qquad (4\text{-}4)$$

$$\mu_{max} = \frac{A_{smax}}{b.d} = \frac{\left(\frac{0.67 f_{cu}}{\gamma_c}\right)\left(\frac{a_{max}}{d}\right)}{\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)} \qquad (4\text{-}5)$$

ويعطـــى الجـــدولان (٤-١) و (٤-٢) قـــيم R_{max} ، μ_{max} لنسب توزيع العزوم ورتب الـــصلب المتعددة . ويعطى الجدول (٤-١) هذه الحدود القصوى فى الحالات التى لا يسمح فيها بـــأى إعادة لتوزيع عزوم الانحناء على القطاعات ، أى تؤخذ قيم عزوم الانحناء طبقاً لنظريات المـــرونة فى الكمرات والبلاطات والإطارات غير المحددة استاتيكياً والمحملة بحالات التحميل القـــصوى المختلفة شاملاً فروق الهبوط والتأكد من استيفاء المنشآت بعد تنفيذها لقيم f_{cu} الواردة فى التصميم ، وطبقاً للشروط الواردة فى الباب السادس من هذا الكود . على أنه فى هذه الحالة يُفـــضل أن تكـــون عزوم الانحناء فى الكمرات والبلاطات غير المحددة استاتيكياً قد تم تحديدها باســـتخدام تقييم دقيق للجساءات النسبية للعناصر الإنشائية ، وكذلك لنوعيات الارتكاز وتطابقها مع الافتراضات التصميمية ، وكذلك يجب التأكد من استيفاء شروط حدود التشكل والتشرخ .

أما فى حالات السماح بإعادة توزيع العزوم بمقدار ± ١٠ % فيجب ألا تتعـــدى R_{max}، و μ_{max} القيم الواردة فى الجدول (٤-٢) .

جدول (٤-١) معامل الحد الأقصى لمقاومة العزوم R_{max} ونسبة صلب التسليح القصوى μ_{max} ونسبة العمق الأقصى لمحور الخمول إلى العمق الفعال c_{max}/d للقطاعات المسلحة جهة الشد فقط

رتبة الصلب*	c_{max}/d	μ_{max}	R_{max}
240/350	0.50	$8.56 \times 10^{-4} f_{cu}$	0.214
280/450	0.48	$7.00 \times 10^{-4} f_{cu}$	0.208
360/520	0.44	$5.00 \times 10^{-4} f_{cu}$	0.194
400/600	0.42	$4.31 \times 10^{-4} f_{cu}$	0.187
450/520**	0.40	$3.65 \times 10^{-4} f_{cu}$	0.180

* طبقاً للجدول (٢-٣) وحيث f_{cu} بوحدات ن/مم٢ .

** خاصة بصلب الشبك مع استيفاء ما جاء بالبند (٤-٢-١-١-٣) .

جدول (٤-٢) معامل الحد الأقصى لمقاومة العزوم R_{max} ونسبة صلب التسليح القصوى μ_{max} ونسبة العمق الأقصى لمحور الخمـــــول إلى العمق الفعال c_{max}/d للقطاعات المسلحة جهة الشد فقط فى حالة إعادة توزيع العزوم بمقدار ± ١٠ %

رتبة الصلب*	c_{max}/d	μ_{max}	R_{max}
240/350	0.40	$6.85 \times 10^{-4} f_{cu}$	0.180
280/450	0.38	$5.58 \times 10^{-4} f_{cu}$	0.173
360/520	0.34	$3.88 \times 10^{-4} f_{cu}$	0.157
400/600	0.32	$3.29 \times 10^{-4} f_{cu}$	0.150
450/520**	0.30	$2.74 \times 10^{-4} f_{cu}$	0.142

* طبقاً للجدول (٢-٣) وحيث f_{cu} بوحدات ن/مم^{٢} .

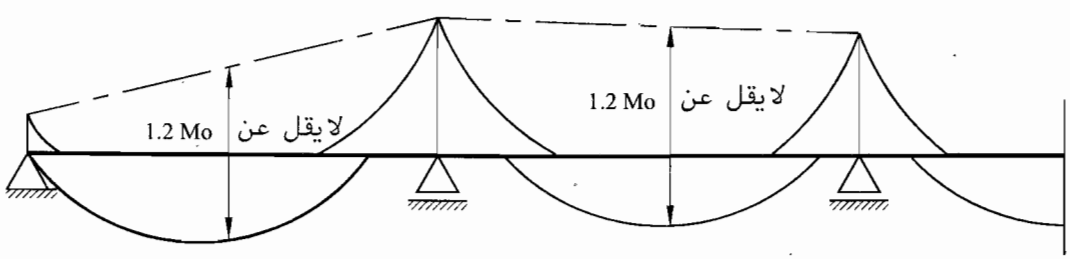
** خاصة بصلب الشبك مع استيفاء ما جاء بالبند (٤-٢-١-١-٣).

على أنه يُشترط لإمكان إعادة توزيع العزوم بمقدار ± ١٠ % طبقاً للجدول (٤-٢) الوفاء بالاشتراطات الإضافية التالية:

١- يجب التأكد من أن شروط الاتزان مستوفاة بعد إعادة توزيع العزوم.

٢- يجب التأكد من أن شروط التشكل والتشرخ مستوفاة.

٣- يجب فى جميع الأحوال ألا يقل مجموع العزمين السالب والموجب للبحر الواحد عن ١,٢ مـــن قـــيمة M_o كما هو مبين فى شكل (٤-٥) حيث M_o هى أقصى عزم انحناء للبحر المقصود إذا كان بسيط الارتكاز.



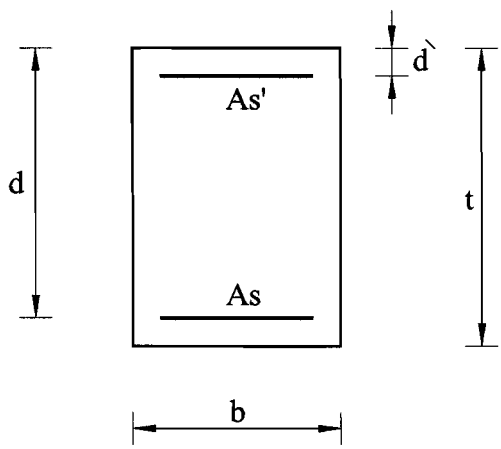
شكل (٤-٥) توزيع عزوم الانحناء فى الكمرات

- في حالة استخدام رتب صلب تسليح تختلف عن الرتب المبينة في الجدولين (٤-١) ، (٤-٢) يـــتم تحديـــد نـــسب التسليح القصوى μ_{max} المسموح بها في القطاع وكذلك أقصى نسبة لبعد محور الخمول عن الألياف المعرضة لأقصى ضغط إلى العمق الفعال للقطاع c_{max}/d لتلك الحالات وفقاً

لنظرية الاتزان و توافق الانفعالات مع اشتراط ألا تزيد قيمة $c_{max.}$ على $0.67c_{balanced}$ مع مراعاة ما جاء فى البند (٤-٢-١-١-٣-أ).

٤-٢-١-٢-د القطاعات المستطيلة المعرضة لعزوم انحناء ذات تسليح فى الشد وفى الضغط

يمكن زيادة مقاومة القطاعات على الحدود القصوى المذكورة فى البند السابق (٤-٢-١-٢-جـ) وذلك باستخدام صلب ناحية الضغط فى القطاعات (شكل ٤-٦) ، ويتم حساب المقاومة القصوى للقطاع فى هذه الحالات من المعادلات التالية:



شكل (٤-٦) قطاع مزود بصلب ناحية الشد والضغط

$$M_u = R_{max}\left(\frac{f_{cu}}{\gamma_c}\right) b.d^2 + \left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right) A'_s\,(d - d') \qquad (4\text{-}6)$$

حيث:

$$A_s\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right) = \frac{0.67\, a_{max}.\, b.\, f_{cu}}{\gamma_c} + \frac{A'_s.f_y}{\gamma_s} \qquad (4\text{-}7)$$

ويُشترط عند استخدام هاتين المعادلتين واستخدام الصلب المقاوم للضغط ما يلى :

١- إجراء حسابات لقيم الانفعال فى الخرسانة المضغوطة عند مستوى الصلب المقاوم للضغط، والتأكد من أن الانفعال المذكور مضروباً فى معاير المرونة للصلب E_s يعطى إجهاداً أكبر من أو يساوى f_y/γ_s . ويمكن التغاضى عن هذا الشرط فى حالة ما إذا كانت:

($d'/d < 0.20$) فى حالة الصلب الطرى العادى

($d'/d < 0.15$) فى حالة الصلب 520 / 360

($d'/d < 0.10$) فى حالة الصلب 600 / 400

وفى غير هذه الظروف يتم تطبيق طريقة توافق الانفعالات لتحديد المقاومة القصوى للقطاع.

٢- وضع كانات على مسافات لاتزيد على ١٥ مرة قطر السيخ المضغوط وذلك لضمان عدم انبعاج الأسياخ المضغوطة.

٣- استيفاء شروط التشكل والترخيم.

٤- يُفضل عدم زيادة مساحة الصلب المضغوط A'_s فى القطاع المعرض للعزوم على ٤٠% من مساحة الصلب المشدود فى القطاع A_s.

٥- فى جميع الأحوال يجب مراعاة ضرورة وضع صلب ناحية الضغط فى الكمرات بنسبة لا تقل عن ١٠% من صلب الشد فى الكمرات ؛ وذلك أن الصلب المضغوط يساعد على الحد من تزايد الترخيم على المدى الطويل (Long term deflection) .

٤-٢-١-٢-هـ القطاعات على شكل T و L والشفة ناحية الضغط والتى يزيد فيها عمق المستطيل المكافئ للإجهادات فى الضغط على سمك شفة القطاع

يمكن تصميم هذه القطاعات باستخدام نظريات توافق الانفعالات. وبصفة تقريبية يمكن حساب العزم الحدى الأقصى للقطاع باستخدام المعادلتين التاليتين والتى يتم فيهما إهمال الضغط المؤثر على جذع القطاع ويُكتفى بمقاومة الضغط المؤثر على الشفة، على أن تؤخذ القيمة الأصغر من المعادلتين التاليتين:

$$M_u = 0.67\left(\frac{f_{cu}}{\gamma_c}\right) B.t_f \left[d - \left(\frac{t_f}{2}\right)\right] \qquad (4\text{-}8\text{-}a)$$

$$M_u = A_s\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)\left[d - \left(\frac{t_f}{2}\right)\right] \qquad (4\text{-}8\text{-}b)$$

حيث t_f = سمك شفة القطاع ، B = العرض الفعال للجزء المنضغط من القطاع

وتؤخذ قيمة العرض الفعال للجزء المنضغط من القطاع B من الباب السادس فى هذا الكود طبقاً للبند (٦-٣-١-٩).

٤-٢-١-٢-و القطاعات ذات الأشكال المختلفة عما هو وارد بالبندين (٤-٢-١-٢ د ، هـ) المعرضة لعزوم انحناء منفردة Single Bending

في هذه الحالة يجب استخدام طريقة توافق الانفعالات طبقاً للبند (٤-٢-١-١).

٤-٢-١-٢-ز القطاعات المعرضة لعزوم انحناء مزدوجة Biaxial Bending

فى هذه الحالة يمكن استخدام طريقة توافق الانفعالات طبقاً للبند (٤-٢-١-١) . وفى حالة القطاعات المستطيلة يمكن استخدام الطريقة المبسطة طبقاً للبند (٦-٤-٦).

٤-٢-١-٢-ح الحد الأدنى لصلب التسليح فى القطاعات المعرضة لعزوم انحناء

١- للتحكم فى تشرخ الكمرات المعرضة للعزوم والمزودة بتسليح ناحية الشد فقط ولضمان وجود ممطولية كافية بها ، يجب ألا تقل أدنى نسبة تسليح فى القطاع عن القيمة الأصغر مما يلى:

$$\mu_{min} = 0.225\frac{\sqrt{f_{cu}}}{f_y} \geq \frac{1.1}{f_y} \qquad (4\text{-}9)$$

حيث f_{cu} ، f_y بوحدات ن/مم^2 ، أو أن تكون أدنى نسبة تسليح فى القطاع تزيد بمقدار ٣٠ % على النسبة المطلوبة لمقاومة عزوم الانحناء للقطاع والمحسوبة طبقاً للبند (٤-٢-١-٢-أ) وبحيث لا تقل نسبة التسليح عن ٠,٢٥ % للصلب الطرى العادى وعن ٠,١٥ % للصلب ذى النتوءات عالى المقاومة مع ملاحظة أنه فى حالة القطاعات بشكل T و L تحسب النسبة μ_{min} باستخدام عرض الجذع.

٢ - فى حاله وقوع شفة القطاع على شكل حرف T ناحية الشد يجوز توزيع جزء من أسياخ التسليح بما لا يتجاوز ثلث مساحة التسليح الرئيسي فى العرض الفعال للشفة طبقاً لبند (٦-٣-١-٩) من هذا الكود أو عرض يساوى ٠,١٠ البحر الخالص للكمرة أيهما أقل. وفى هذه الحالة يلزم حساب وتوافر التسليح العرضي اللازم لنقل قوى القص الناشئة عن وضع أسياخ التسليح خارج الجذع.

٣ - تؤخذ أدنى نسبة تسليح فى البلاطات μ_{min} مساوية للنسب المعطاة فى البندين (٦-٢-١-٢-٣) و (٦-٢-١-٣-٤) من هذا الكود.

٤-٢-١-٣ القطاعات المعرضة لعزوم انحناء مصحوبة بأحمال ضغط محورية
Sections under Combined Flexure and Axial Compression

يتناول هذا البند تصميم القطاعات الخرسانية المعرضة لعزوم منفردة (Uniaxial bending) أو عزوم مزدوجة (Biaxial bending) والمصحوبة بقوة ضغط محورية تؤثر فى مركز اللدونة للقطاع (Plastic centroid).

أ - يتم تصميم القطاعات الخرسانية المعرضة لأحمال ضغط محورية بالإضافة إلى عزوم انحناء منفردة أو عزوم انحناء مزدوجة باستخدام طريقة توافق الانفعالات والتى تعتمد على استيفاء شروط اتزان القطاع مع توافق الانفعالات الناتجة عن الأحمال المحورية والعزوم المؤثرة عليه (بند ٤-٢-١-١).

ب - بالنسبة للقطاعات المعرضة لعزوم انحناء منفردة بالإضافة إلى حمل محورى أقصى P_u قيمته لا تتجاوز أى من P_b أو

$$P_u \leq 0.04\, f_{cu}\, A_c \qquad (4\text{-}10)$$

يمكن إهمال تأثير القوى المحورية ويصمم القطاع لمقاومة العزوم فقـــــط طبقاً للبند (٤-٢-١-٢) حيث P_b حمل الضغط التوازنى للقطاع ، وهو الحمل اللامركزى الذى يحدث عنده الحد الفاصل بين انهياري الضغط (Compression failure) والشد (Tension failure) فى القطاع ، والذى ينتج عنه انفعال فى الصلب المعرض لأقصى إجهادات شد يـــساوى $\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s \gamma_s}$ فـــى نفس اللحظة التى يبلغ فيها انفعال الخرسانة قيمته القصوى والتى تساوى $\varepsilon_c = 0.003$.

جـــ- بالنـــسبة للقطاعات الخرسانية المعرضة لقوة ضغط محورية بالإضافة إلى عزوم بسيطة قيمـــتها أقـــل مـــن ($P_u .e_{min}$) ، يجـــب أن تصمم هذه القطاعات على أساس أن قيمة اللامركزية للحمل لا تقل عن e_{min} حيث:

$$e_{min} = \frac{M_u}{P_u} = 0.05\,t \qquad (4\text{-}11)$$

أو ٢٠مم أيهما أكبر ، وفى مثل هذه الحالة يمكن أخذ تأثير اللامركزية بطريقة تقريبية وحساب قيمة أقصى مقاومة للقطاع طبقاً للمعادلات التالية:

١ - فى حالة أعمدة ذات كانات منفصلة:

$$P_u = 0.35\, f_{cu}\, A_c + 0.67\, f_y\, A_{sc} \qquad (4\text{-}12\text{-}a)$$

٢ - فى حالة أعمدة ذات كانات حلزونية مطابقة للوارد فى بند (٦-٤-٧-ط ، ك ، ل) تكون المقاومة القصوى هى الأقل من:

$$P_u = 0.35\, f_{cu}\, A_k + 0.67\, f_y\, A_{sc} + 1.38\, f_{yp}\, V_{sp} \qquad (4\text{-}12\text{-}b)$$

$$P_u = 1.14\,(0.35\, f_{cu}\, A_c + 0.67\, f_y\, A_{sc})$$

$$= 0.40\, f_{cu}\, A_c + 0.76\, f_y\, A_{sc} \qquad (4\text{-}12\text{-}c)$$

حيث:

A_c مساحة القطاع الخرسانى

A_k مساحة قلب القطاع الخرسانى المحدود بدائرة محور الكانة الحلزونية

A_{sc} مساحة صلب التسليح الطولى

f_y إجهاد الخضوع لصلب التسليح الطولى

f_{yp} إجهاد الخضوع للكانات الحلزونية

V_{sp} نسبة حجم صلب التسليح الحلزوني للدورة الواحدة للكانات وتساوى:

$$V_{sp} = \frac{\pi A_{sp} D_k}{p} \qquad (4\text{-}12\text{-}d)$$

حيث :

A_{sp} مساحة مقطع كانة التسليح الحلزونية

D_k قطر قلب القطاع الخرسانى المحصور داخل محور الكانة الحلزونية

p خطوة الكانة الحلزونية وتتراوح من ٣٠ إلى ٨٠ مم طبقاً لبند (٦-٤-٧-ك)

وبشرط ألا تقل نسبة حجم كانات التسليح الحلزونية إلى حجم قلب القطاع الخرسانى المحدد بدائرة الكانة الحلزونية μ_{sp} عن القيمة المحددة بالمعادلة التالية:

$$\mu_{sp} \geq 0.36 \left(\frac{f_{cu}}{f_{yp}}\right)\left[\left(\frac{A_c}{A_k}\right) - 1\right] \qquad (4\text{-}12\text{-}e)$$

حيث:

$$\mu_{sp} = \frac{V_{sp}}{A_k} \qquad (4\text{-}12\text{-}f)$$

٤-٢-١-٤ القطاعات المعرضة لأحمال شد محورية أو لعزوم انحناء مصحوبة بأحمال شد محورية

Sections under Axial Tension or Combined Flexure and Axial Tension

أ - تُصمم القطاعات المعرضة لشد محوري أو لقوى شد تؤثر داخل القطاع فى المسافة (d-d`) على أساس أن المقاومة تتم بواسطة صلب التسليح فقط .

ب- تُصمم القطاعات الخرسانية الأخرى خلافاً لما ذكر فى البند (أ) السابق والمعرضة لأحمال شد محورية مصحوبة بعزوم انحناء باستخدام طريقة توافق الانفعالات طبقاً للبند (٤-٢-١-١).

جـ- يجب فى جميع الحالات استيفاء شروط حالة حد التشرخ طبقاً للبند (٤-٣-٢).

٤-٢-٢ حالة حد المقاومة القصوى فى القص

Ultimate Shear Strength Limit State

٤-٢-٢-١ الكمرات

Beams

٤-٢-٢-١-١ قوة القص القصوى الاعتبارية فى الكمرات

Nominal Ultimate Shear Force in Beams

أ - لحساب إجهادات القص يؤخذ فى الاعتبار عامة أن أكبر قوة قص هى تلك المحسوبة عند أوجه الركائز شكل (٤-٧-c) وشكل (٦-٢١) ؛ أما فى حالات الركائز المباشرة تحت

الكمـــرات حـــيث يـــتولد نتيجة هذا الارتكاز انضغاط عمودي على الحافة السفلى للكمرة موضـــوع التحليل كما فى شكل (٤-٧-a ، b) وشكل (٦-٢٢) فيسمح بأن يكون حساب إجهـــاد القص وتصميم التسليح الجذعى اللازم مبنياً على قيمة القص المؤثرة على مسافة من وجه الركيزة الداخلى تساوى نصف الارتفاع الفعال للكمرة d/2 .

ب - عند وجود حمل مركز P_u على بعد مسافة a من وجه الركيزة تساوى أو تقل عن ضعف الارتفـــاع الفعال $a \leq 2d$ فيسمح فى حساب إجهاد القص الناتج عن هذا الحمل بأخذ قوة قـــص تســـــاوى قوة القص الحسابيـــــة مضروبة فى a/2d (شكل ٤-٧) وبشرط ألا يزيد إجهاد القص المحسوب من قوة القص الأصلية بدون عمل التخفيض عن المعادلة (٤-١٦) وبحد أقصى ٤,٠ ن/مم^2 .

جـــ - يمكن اعتبار قيم القص المؤثرة فى المسافة بين أكبر قوة قص مؤثرة وبين وجه الركيزة فى الحالات التى يكون فيها القطاع الحرج على بعد d/2 من وجه الركيزة ذات قيمة ثابتة وتساوى أكبر قوة محسوبة طبقاً للبندين (أ ، ب) كما هو مبين فى شكل (٤-٧).

٤-٢-٢-١-٢ مقاومة القص القصوى الاعتبارية

Nominal Ultimate Shear Strength

أ - فـــى حالة الكمرات أو البلاطات ذات العمق الثابت يحسب الإجهاد الأقصى للقص q_u عند أى قطاع من العلاقة:

$$q_u = \frac{Q_u}{b.d} \qquad (4\text{-}13)$$

حيث Q_u = القوة القصوى للقص

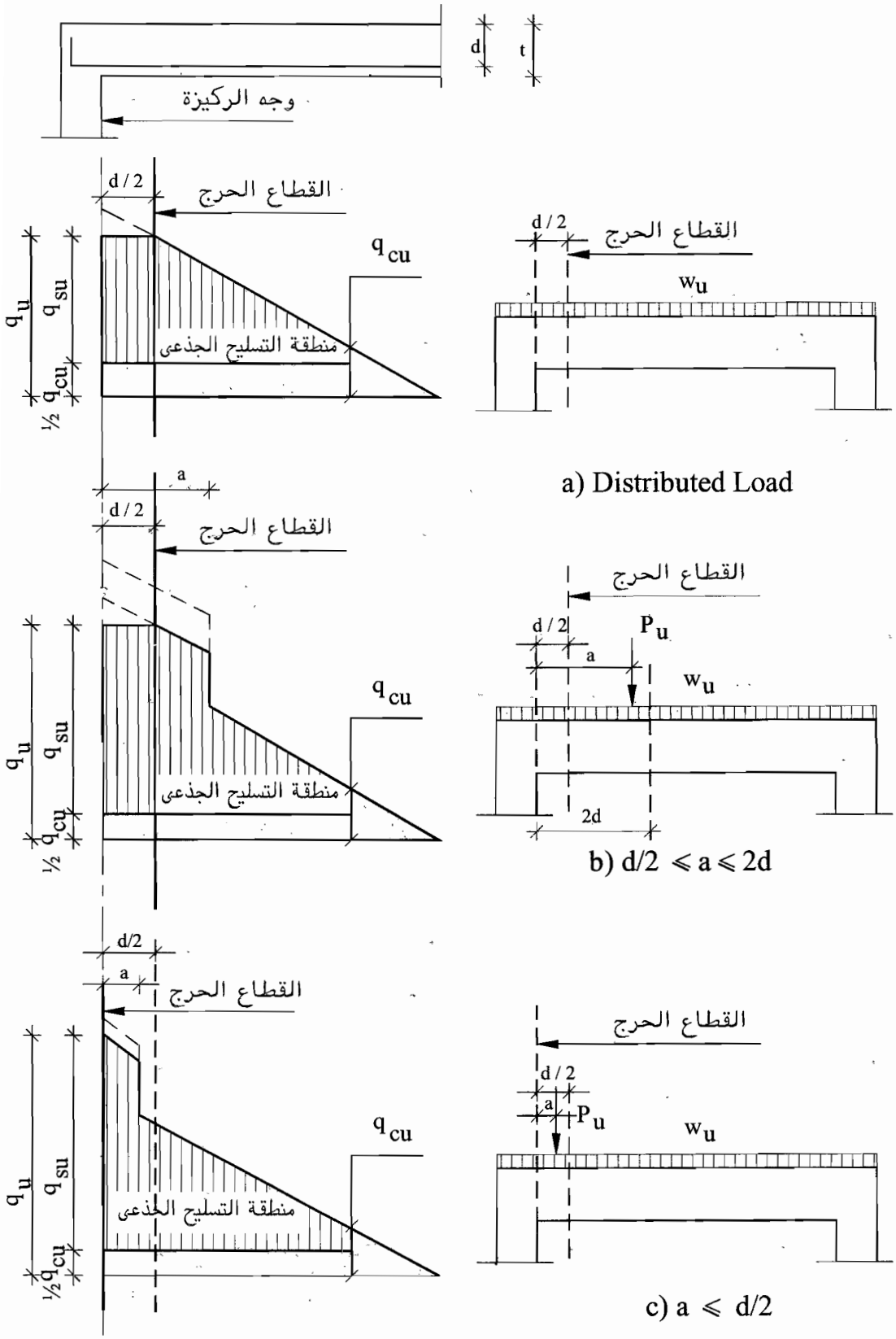
ب - فى حالة الكمرات والكوابيل متغيرة العمق و التي يزيد فيها ارتفاع القطاع مع زيادة عزم الانحناء تستبدل قوة القص Q_{ur} بالقيمة Q_u من المعادلة التالية:

$$Q_{ur} = Q_u - \frac{(M_u.\tan\beta)}{d} \qquad (4\text{-}14)$$

حيث β هى زاوية ميل تغير العمق مُقاسة من محور الكمرة وبحيث لا تزيد القيمة $\tan\beta$ على ٠,٣٣

أما فى حالة الكمرات متغيرة العمق و التي يقل فيها ارتفاع القطاع مع زيادة عزم الانحناء تستبدل قوة القص Q_{ur} بالقيمة Q_u من المعادلة التالية:

$$Q_{ur} = Q_u + \frac{(M_u.\tan\beta)}{d} \qquad (4\text{-}15)$$



شكل (٤-٧) توزيع إجهادات القص والقطاعات الحرجة فى الكمرات

جـ- لا يجوز أن تزيد قيمة إجهادات القص الاعتبارية للعناصر المعرضة لقوى قص مصحوبة أو غير مصحوبة بعزوم لي عن القيمة التالية:

$$q_{umax} = 0.70\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad N/mm^2 \qquad (4\text{-}16)$$

وبحد أقصى ٤,٠ ن/مم٢

ويمكن أن تؤخذ قيم q_{umax} من الجدول (٤-٣)

جدول (٤-٣) قيم إجهادات القص القصوى المسموح بها للقطاعات المعرضة لقوى قص غير مصحوبة بعزوم لى طبقا للمعادلة (٤-١٦)

f_{cu} N/mm^2	20	25	30	35	40	50	60
q_{umax} N /mm^2	2.56	2.86	3.13	3.38	3.60	4.00	4.00

د- في حالة العناصر المعرضة لقوى قص مصحوبة بعزوم لي قصوى M_{tu} يمكن إهمال تأثير عزوم اللي إذا كان مقدار إجهادات القص الناتجة عنها q_{tu} والمحسوبة طبقا للمعادلة (٤-٤٧) أقل من q_{tu} طبقا للمعادلة (٤-١٧) أو الجدول (٤-٤). وخلاف ذلك تحدد الأبعاد الخرسانية للقطاعات المعرضة لقوى قص مصحوبة بعزوم لي بحيث تحقق العلاقة (٤-٤٨) في حالة القطاعات المصمتة و العلاقة (٤-٤٩) في حالة القطاعات الصندوقية.

$$q_{tu} = 0.06\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad N/mm^2 \qquad (4\text{-}17)$$

جدول (٤-٤) قيم إجهادات القص القصوى الناتجة عن عزوم لى والتى يمكن إهمال تأثيرها طبقا للمعادلة (٤-١٧)

f_{cu} N/mm^2	20	25	30	35	40	50	60
q_{tu} N/mm^2	0.22	0.25	0.27	0.29	0.31	0.34	0.38

٤-٢-٢-١-٣ القيمة الاعتبارية لمقاومة الخرسانة القصوى لإجهاد القص

أ - فى حالة القطاعات المعرضة لقوى القص أو لقوى القص المصحوبة بعزم لى ينتج عنها إجهادات قص قيمتها أقل من القيمة المعطاة فى المعادلة (٤-١٧) تحسب مقاومة الخرسانة للقص تبعاً للمعادلة الآتية:

$$q_{cu} = 0.24\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad N/mm^2 \qquad (4\text{-}18)$$

ب - فى حالة وجود قوة ضغط P_u على قطاع ما يمكن زيادة القيمة المبينة فى المعادلة (٤-١٨) وذلك بضربها فى المعامل δ_c التالى:

$$\delta_c = 1 + 0.07\left(\frac{P_u}{A_c}\right) \qquad (4\text{-}19)$$

بحيث لا تزيد قيمة δ_c على ١,٥٠ حيث قيمة $\left(\frac{P_u}{A_c}\right)$ بوحدات ن/مم٢ .

جـ- فى حالة وجود قوة شد P_u على قطاع ما يمكن اعتبار مقاومة الخرسانة للقص مهملة وتساوى صفراً إلا إذا حُسبت بطريقة أكثر دقة وذلك بضرب القيمة المبينة فى المعادلة (٤-١٨) بالمعامل δ_t التالى:

$$\delta_t = 1 - 0.30\left(\frac{P_u}{A_c}\right) \qquad (4\text{-}20)$$

٤-٢-٢-١-٤ مقاومة صلب التسليح الجذعى القصوى الاعتبارية للقص فى الكمرات

أ- إذا زادت القيمة q_u بند (٤-٢-٢-١-٢) عن مقاومة الخرسانة q_{cu} فإنه من الضرورى استخدام تسليح جذعى من نوع أو أكثر من الأنواع التالية:

١ - كانات عمودية على محور العنصر.

٢ - كانات مائلة أو أسياخ طولية مكسحة بزاوية لا تقل عن ٣٠° مع المحور مع كانات عمودية على مستوى المحور.

ب- يُحسب مقدار مشاركة التسليح الجذعى q_{su} طبقاً لما يلى:

$$q_{su} = q_u - 0.5\, q_{cu} \qquad (4\text{-}21)$$

ويبين شكل (٤-٧) المناطق التى تتطلب تسليحاً جذعياً مع مراعاة ما سيأتى فى البند (٤-٢-٢-١-٦) الخاص بالحد الأدنى لنسب التسليح الجذعى فى المناطق الأخرى.

٤-٢-٢-١-٥ التسليح الجذعى فى الكمرات

أ - فى حالة استخدام كانات عمودية على محور العنصر بدون أسياخ مكسحة يُحسب التسليح الجذعى طبقاً للمعادلة التالية:

$$\mu_{st} = \frac{A_{st}}{b.s} = \frac{q_{su}}{\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)} \qquad (4\text{-}22)$$

حيث :

A_{st} = مساحة مقطع الكانات المقاومة لقوى القص

μ_{st} = نسبة الكانات العمودية على محور العنصر

b = عرض القطاع

s = المسافة بين الكانات فى اتجاه المحور

ب – فـــى حالة استخدام كانات مائلة أو أسياخ طولية مكسحة بزاويـــة α على محور العنصر يُحسب التسليح الجذعى تبعاً للعلاقة:

$$\frac{A_{sb}}{b.s} = \frac{q_{sub}}{\left[\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)(\sin\alpha + \cos\alpha)\right]} \qquad (4\text{-}23)$$

حيث :

$$q_{sub} = q_{su} - q_{sus} \qquad (4\text{-}24)$$

A_{sb} = مـــساحة مقطـــع الكانات المائلة أو الأسياخ الطولية المكسحة بزاويـــة α على محور العنصر

q_{sub} = مقاومة القص القصوى الاعتبارية للأسياخ المكسحة

q_{sus} = مقاومة القص القصوى الاعتبارية للكانات العمودية على محور العنصر

وفى حالة ما إذا كانت الزاوية $\alpha = 45^o$ فإنه يمكن كتابة المعادلة (٤-٢٣) فى الصورة التالية:

$$\frac{A_{sb}}{b.s} = \frac{q_{sub}}{\left[\sqrt{2}\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)\right]} \qquad (4\text{-}25)$$

جـــ– فـــى حالـــة اســـتخدام صف واحد من أسياخ طولية مكسحة بزاوية α تحسب المقاومة القصوى الاعتبارية للأسياخ المكسحة من العلاقة التالية:

$$\frac{A_{sb}}{b.d} = \frac{q_{sub}}{\left[\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)(\sin\alpha)\right]} \qquad (4\text{-}26)$$

وفى هذه الحالة يجب ألا تتعدى قيمة q_{sub} القيمة التالية :

$$q_{sub} \le 0.24\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad N/mm^2 \qquad (4\text{-}27)$$

٤-٢-٢-١-٦ متطلبات عامة فى اختيار وترتيب التسليح الجذعى

أ - يجب ألا يقل الحد الأدنى لنسبة التسليح الجذعى فى الكمرات عن :

$$\mu_{min} = \frac{0.4}{f_y} \qquad (4\text{-}28)$$

حيث f_y بوحدات ن / مم^2

وعلى ألا تقل النسبة المئوية μ_{min} عن القيم الآتية :

٠,١٥ للصلب الأملس العادى 240/350.

٠,١٠ للصلب ذى النتواءات عالى المقاومة .

وعلى ألا تقل الكانات عن ٥ ϕ ٦ مم/م.

ب - فى الكمرات التى يساوى أو يزيد عرض جذعها على ٤٠٠ مم والكمرات التى يزيد عرضها على ارتفاعها ، يجب وضع كانات ذات أربعة فروع على الأقل بحيث لا تزيد المسافة بين الفروع على ٢٥٠ مم.

جـ- يمكن تخفيض الحد الأدنى لنسبة التسليح الجذعى المحدد بالمعادلة (٤-٢٨) فى الكمرات التى يزيد عرضها على ارتفاعها الفعال لتصبح :

$$\mu_{min} = \frac{A_{stmin}}{b.s} = \left(\frac{0.40}{f_y}\right)\left(\frac{q_u}{q_{cu}}\right) \qquad (4\text{-}29)$$

حيث : $\frac{q_u}{q_{cu}} < 1$

د - يجب أن تصمم العناصر الإنشائية التالية وتحدد أسماكها وارتفاع قطاعاتها على أساس أن مقاومة القص تكون بواسطة الخرسانة فقط وطبقاً للعلاقة (٤-٣٠) :

١ - القواعد والبلاطات.

٢ - الكمرات التى لا يزيد ارتفاعها على ٢٥٠مم أو ٢,٥ سمك الشفة T أو نصف عرض الجذع أيها أكبر. وتنطبق هذه الحالة على الكمرات المدفونة والبلاطات المفرغة.

$$q_{cu} = 0.16\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \geq q_u \qquad N/mm^2 \qquad (4\text{-}30)$$

هـ- يجب ألا تؤخذ قيمة إجهاد الخضوع لصلب التسليح الجذعى أكبر من ٤٠٠ ن/مم^2 .

و- لا تـزيد المسافة الأفقية بين الكانات الرأسية على ٢٠٠ مم فى اتجاه محور العنصر. وبالنسبة للأسياخ المكسحة يجب ألا تزيد هذه المسافة على قيمة الارتفاع الفعال d.

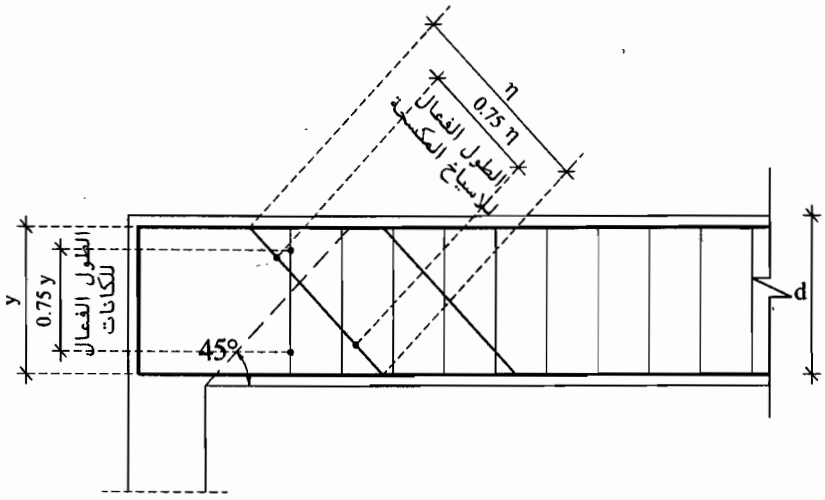
ز - يمكن زيادة المسافة الأفقية بين الأسياخ الطولية المكسحة إلى مسافة 1.5d بشرط ألا يزيد إجهاد القص على مرة ونصف مقاومة الخرسانة للقص، كما يمكن زيادة هذه المسافة الأفقية إلى 2d إذا كان إجهاد القص لا يتعدى مقاومة الخرسانة للقص.

ح - يُعتبر التسليح الجذعى فعالاً فى حالة أن كل خط يميل بزاوية مقدارها ٤٥° ممتد من منتصف عمق الكمرة إلى وجه الركيزة يقطع أحد أسياخ تسليح القص فى طوله الفعال شكل (٤-٨).

ط - يراعى عدم عمل وصلات التنفيذ عند المناطق ذات إجهادات القص العالية.

ى - فى الحالات التى يكون الحمل المؤثر قريباً من بطنية القطاع الخرسانى يتم وضع كانات كافية لنقل الحمل إلى السطح العلوى للقطاع ويكون هذا التسليح إضافياً لأى تسليح مطلوب اخر.

ك - فى حالة عمل وصلات التنفيذ عند قطاع معرض لقوى قص تصمم الوصلة تبعاً للبند (٤-٢-٢-٤) .



شكل (٤-٨) التسليح الجذعى الفعال

٤-٢-٢-١-٧ مناطق عدم الاستمرارية D-Regions

يمكن تصميم مناطق عدم الاستمرارية (D-Regions) للكمرات مثل أماكن الفتحات أو تغير القطاع أو عند الأحمال المركزة بالكمرات باستخدام طريقة الضاغط و الشداد (Strut and Tie Model) طبقا للبند (٦-١١).

٤-٢-٢-٢ البلاطات والقواعد Slabs and Footings

١- تصمم البلاطات والقواعد ويحدد سمكها على أساس أن تتم مقاومة القص بواسطة الخرسانة فقط وطبقاً للمعادلة (٤-٣٠).

٢- تحسب إجهادات القص الثاقب طبقاً للبند (٤-٢-٢-٣).

٤-٢-٢-٣ القص الثاقب Punching Shear

أ - يعتبر القطاع الحرج لحساب إجهادات القص الثاقب حول الأحمال المركزة فى البلاطات والقواعد على بعد $\frac{d}{2}$ من محيط تأثير القوة المركزة.

ب - يحسب إجهاد القص الثاقب من العلاقة التالية:

$$q_{up} = \frac{Q_{up}}{(b_o.d)} \qquad (4\text{-}31)$$

حيث b_o هو طول محيط القطاع الحرج كما هو مبين فى شكل (٤-٩).

جـ- يجب عند حساب إجهاد القص الثاقب أخذ تأثير العزوم المنقولة من البلاطات اللاكمرية إلى الأعمدة وذلك طبقاً للبند (٦-٢-٥-٨).

د - تؤخذ مقاومة الخرسانة الاعتبارية للقص الثاقب القيمة الأصغر من الآتى:

$$q_{cup} = 0.8\left(\frac{\alpha.d}{b_o} + 0.2\right)\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \quad N/mm^2 \qquad (4\text{-}32\text{-}a)$$

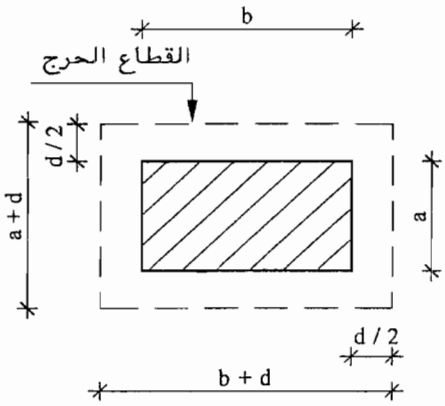
$$q_{cup} = 0.316\left[0.5 + \left(\frac{a}{b}\right)\right]\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \quad N/mm^2 \qquad (4\text{-}32\text{-}b)$$

حيث a ، b هما البعدان الأصغر والأكبر لمسطح التحميل المستطيل الشكل. أما فى مسطحات التحميل الأخرى غير المستطيلة فيتم تحديد قيم a ، b بعد أخذ مسطح تحميل فعال بحيث يكون محيط المسطح الفعال الناتج أقل ما يمكن ويكون البعد b هو أطول بعد لمسطح التحميل الفعال والبعد a هو أطول بعد عمودى على b من مسطح التحميل ، b_o

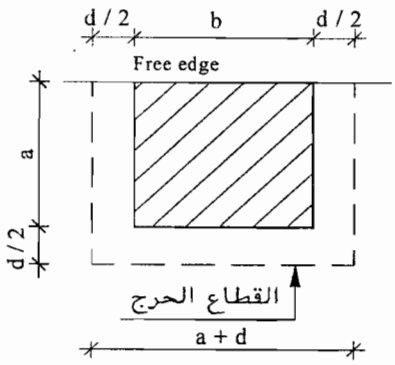
هو طول محيط القطاع الحرج ، d هو عمق البلاطة الفعال كما هو مبين فى شكل (٤-٩-د) لقطاع تحميل على شكل حرف L و α معامل يساوى ٤ للعمود الداخلى و٣ للعمود الطرفى و٢ لعمود الركن. على ألا يزيد مقدار q_{cup} على القيمة التالية :

$$q_{cup} \le 0.316\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad N/mm^2 \qquad (4\text{-}33)$$

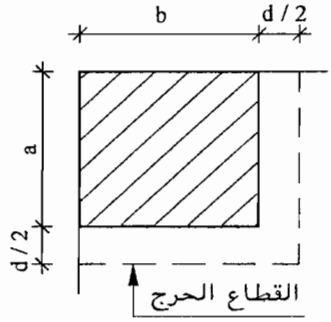
وبحد أقصى ١,٦ ن/مم٢



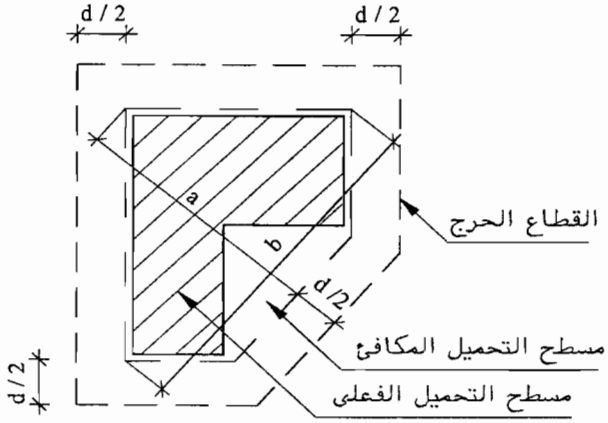
شكل (٤-٩-أ) عمود وسط



شكل (٤-٩-ب) عمود طرفى



شكل (٤-٩-جـ) عمود ركن



شكل (٤-٩-د) عمود غير مستطيل

شكل (٤-٩) القطاعات الحرجة فى القص الثاقب

هـ- يُحدد سمك البلاطة أو القاعدة اللازمة لمقاومة القص الثاقب على أساس أن القص الثاقب يقاوم بواسطة الخرسانة فقط وبدون مشاركة من صلب التسليح أى أن:

$$q_{cup} \geq q_{up} \qquad (4\text{-}34)$$

٤-٢-٢-٤ قص الاحتكاك Shear Friction

أ - تُطبق اشتراطات هذا البند عندما يتم نقل قوى القص بالاحتكاك، كما فى حالات فواصل التنفيذ أو الصب.

ب - تُهمل مقاومة الخرسانة للقص ويتم نقل قوى القص بالكامل عن طريق صلب التسليح ويُحسب طبقاً للمعادلة التالية :

١ - فى حالة وضع صلب التسليح عمودى على مستوى القص :

$$A_{sf} = \frac{Q_u}{\mu_f \left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)} + \frac{N_u}{\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)} \qquad (4\text{-}35)$$

حيث μ_f معامل الاحتكاك المبين فى بند (جـ) التالى و N_u هى القوة العمودية على مستوى القص وتكون موجبة فى حالة الشد وسالبة فى حالة الضغط.

٢- فى حالة وضع صلب التسليح المقاوم لقص الاحتكاك بزاوية α_f مع مستوى القص:

$$A_{sf} = \frac{Q_u}{\left[\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)\left(\mu_f \sin\alpha_f + \cos\alpha_f\right)\right]} + \frac{N_u}{\left[\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)\sin\alpha_f\right]} \qquad (4\text{-}36)$$

حيث : $0 < \alpha_f \leq 90^o$

جـ- تؤخذ معاملات الاحتكاك μ_f كما يلى:

- للخرسانة المصبوبة ميليثياً $\mu_f = 1.20$
- للخرسانة المصبوبة عند فواصل التنفيذ أو الصب وبشرط تخشين السطح بحيث يكون عمق التخشين فى حدود ٥ مم $\mu_f = 0.80$
- كالسابق ولكن عمق التخشين أقل من ٥ مم وكذلك فى حالة تثبيت عناصر إنشائية من الصلب على عناصر خرسانية $\mu_f = 0.50$

د - بالإضافة لما سبق ، يجب ألا يتجاوز إجهاد القص بالاحتكاك $\frac{Q_u}{A_c}$ على القطاع القيمة $\frac{f_{cu}}{\gamma_c}$ 0.225 حيث A_c هى مساحة مقطع الخرسانة المقاوم للقص وبحد أقصى ٥ ن/مم^2.

هـ- يجب ألا تؤخذ قيمة f_y أكبر من ٤٠٠ ن/مم^2.

و - فـــى حالـــة تعرض القطاع لقوى شد بالإضافة لقوى قص يجب زيادة مساحة الصلب المقاوم للقص بما يوازى المساحة المطلوبة لمقاومة قوى الشد وفقاً للمعادلتين (٤-٣٥) و (٤-٣٦).

٤-٢-٢-٥ الكوابيل القصيرة Brackets and Corbels (Short Cantilevers)

أ- الكوابـــيل القـــصيرة هى التى لا يزيد طول بروزها من وجه الركيزة على العمق الفعال للكابولـــى عند وجه الركيزة. ويسرى ما يرد فى هذا البند على الكوابيل القصيرة التى لا يقل الارتفاع الكلى عند نهايتها عن نصف نظيره عند وجه الركيزة (شكل ٤-١٠).

ب- التسليح الرئيسى فى الكوابيل القصيرة

يؤخذ صلب التسليح الرئيسى A_s للكوابيل القيمة الأكبر من :

$$A_s = A_n + A_f \qquad (4\text{-}37\text{-a})$$

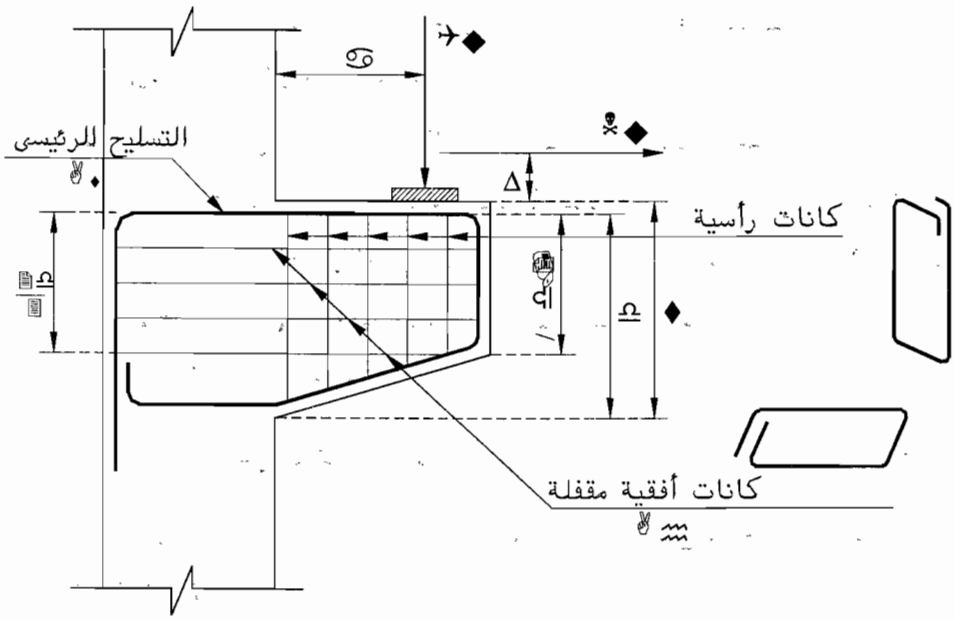
$$A_s = A_n + (2/3)\, A_{sf} \qquad (4\text{-}37\text{-b})$$

على ألا تقل نسبة التسليح الرئيسى $(\mu = \frac{A_s}{bd})$ عن $0.03\frac{f_{cu}}{f_y}$

حيث :

A_f = مـــساحة صـــلب التسليح الأساسى لقطاع الكابولى عند وجه الركيزة والتى تقاوم عزم انحناء قيمته تساوى :

$$M_u = Q_u . a + N_u \left(t + \Delta - d\right) \qquad (4\text{-}38)$$



شكل (٤-١٠) الكوابيل القصيرة

ويـــتم تحديد هذه المساحة طبقاً للبند (٤-٢-١-٢) لقطاعات معرضة لعزوم انحناء وحيث Q_u هى قوة القص القصوى والتى يجب ألا تتعدى قيمتها تلك المعطاة فى بند (٤-٢-٢-٤-د).

A_n = مـــساحة صلب التسليح المطلوب لمقاومة قوة الشد N_u وتحسب من العلاقة التالية:

$$A_n = \frac{N_u}{\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)} \qquad (4\text{-}39)$$

علـــى أن تعامل القوة N_u على أساس حمل حى وألا تقل قيمتها فى التصميم عن $0.2Q_u$ كما يراعى أخذ تأثير قوى الفرملة إن وجدت وحساب عزوم اللى وعزوم الانحناء.

A_{sf} = مـــساحة صلب التسليح لمقاومة قوى القص Q_u عن طريق الاحتكاك والتى تحدد قيمتها طبقاً للبند (٤-٢-٢-٤-ب)

جـــ- التـــسليح الأفقى A_h والموازى للتسليح الرئيسى: يجب وضع كانات أفقية مقفولة وموزعة تـــوزيعاً منـــتظماً فـــى ثلثى القطاع العلوى المعرض للشد (شكل ٤-١٠) بحيث تكون مساحتها:

$$A_h = 0.5\,(A_s - A_n) \qquad (4\text{-}40)$$

د- تـــزود الكوابيل القصيرة بكانات رأسية تفى باشتراطات مقاومة القطاع لعزوم اللى، وذلك فى حالة ما إذا كانت تلك الكوابيل محتمل لها أن تتعرض لعزوم لي ناشئة عن لامحورية التحمـــيل أو أحمال أفقية. وفى كل الأحوال لا يقل التسليح الجذعى عن الحد الأدنى الذى ينص عليه الكود فى بند (٤-٢-٣).

هـــ- يجب التحقق من مقاومة الارتكاز تحت لوح التحميل طبقاً لبند (٤-٢-٤) ويجب ألا يمتد مسطح التحميل بعد الجزء المستقيم لصلب التسليح الرئيسى للشد كما بالشكل (٤-١٠).

و - يمكـــن تصميم الكوابيل القصيرة باستخدام طريقة الضاغط و الشداد (Strut and Tie Model) طبقا للبند (٦-١١) مـــع مراعاة ما جاء في (ب) و (جـــ) من هذا البند و استيفاء المعادلتين (٤-٣٩) و (٤-٤٠).

٤-٢-٢-٦ الكمرات العميقة في القص Deep Beams in Shear

تسرى بنود هذا الجزء على الكمرات التى تستوفى نسبة بحرها الفعال إلى عمقها القيمة $L/d \le 4.0$.

٤-٢-٢-٦-١ التسليح الجذعى للكمرات العميقة باستخدام طريقة التصميم الفرضى

أ- تنطبق شروط هذا البند على الكمرات العميقة المعرفة في البند (٦-٣-٢-٢) ذات $L/d \leq 1.25$ للكمرات البسيطة الارتكاز ، $L/d \leq 2.5$ للكمرات المستمرة وفى حالات التحميل على السطح العلوي للكمرات وكذا في حالات التحميل على الأسطح المنضغطة للكمرات.

ب- تؤخذ القطاعات الحرجة في القص على المسافات التالية مُقاسة من وجه الركيزة:

١ - $0.15\ L_n$ في حالة الأحمال المنتظمة حيث L_n هي البحر الخالص للكمرة.

٢ - $0.50\ a$ في حالة حمل مركز على بعد a من وجه الركيزة.

يجب ألا تزيد المسافة في كل من الحالتين على d/2 حيث d العمق الفعال.

جـ- تُحسب إجهادات القص القصوى الافتراضية من العلاقة:

$$q_u = \frac{Q_u}{(b.g)} \qquad (4\text{-}41)$$

حيث:

g = العمق الفعال أو بحر الكمرة الخالص أيهما أقل

د- لا يجوز في أي حالة أن تزيد قيمة q_u على القيمة المعطاة في المعادلة (٤-١٦) مضروبة في المعامل δ_d التالي:

$$\delta_d = \left(\frac{1}{3}\right)\left[2 + \left(\frac{0.4\,L_n}{d}\right)\right] \qquad (4\text{-}42)$$

هـ- تُحسب مقاومة الخرسانة القصوى للقص بضرب مقاومة الخرسانة القصوى المعطاة في المعادلة (٤-١٨) في الكمرات العادية في المعامل δ_{dc} التالي:

$$\delta_{dc} = 3.5 - 2.5\left[\frac{M_u}{Q_u.d}\right] \qquad (4\text{-}43)$$

حيث:

M_u هي قيمة العزم عند المقطع الحرج في القص وحيث $1 < \delta_{dc} < 1.9$

على ألا تزيد قيمة q_{cu} في الكمرات العميقة على:

$$q_{cu} \leq 0.46\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad N/mm^2 \qquad (4\text{-}44)$$

و- في حالة زيادة إجهادات القص القصوى على مقاومة الخرسانة تُحسب مقاومة صلب التسليح الجذعي للقص طبقاً لما يلي:

$$q_{su} = q_u - 0.5\, q_{cu} \qquad (4\text{-}45)$$

حيث يُحسب صلب التسليح الجذعي طبقاً للفقرة (ح) التالية.

ز- يتكون صلب التسليح الجذعي من كانات عمودية على محور الكمرة و كانات موازية للتسليح الرئيسي.

ح- يُصمم صلب التسليح الجذعي من العلاقة التالية:

$$q_{su} = \delta_v \cdot q_{suv} + \delta_h \cdot q_{suh} \qquad (4\text{-}46\text{-}a)$$

حيث:

q_{suv}, q_{suh} يتم حسابهما كما يلي:

$$q_{suh} = \left(\frac{A_h}{s_h}\right)\left(\frac{f_y}{b.\gamma_s}\right) \qquad (4\text{-}46\text{-}b)$$

$$q_{suv} = \left(\frac{A_v}{s_v}\right)\left(\frac{f_y}{b.\gamma_s}\right) \qquad (4\text{-}46\text{-}c)$$

ويتم تحديد المعاملين δ_h ، δ_v كما يلي:

$$\delta_h = \frac{11 - \left(\frac{L_n}{d}\right)}{12} \qquad (4\text{-}46\text{-}d)$$

$$\delta_v = \frac{1 + \left(\frac{L_n}{d}\right)}{12} \qquad (4\text{-}46\text{-}f)$$

حيث :

A_h = مساحة مقطع صلب التسليح الجذعي (الأفقي) الموازى لصلب التسليح الرئيسي

A_v = مساحة مقطع صلب التسليح الجذعي (الرأسي) العمودي على صلب التسليح الرئيسي

s_h = المسافة بين أسياخ صلب التسليح الجذعي (الأفقي) الموازى لصلب التسليح الرئيسي

s_v = المسافة بين أسياخ صلب التسليح الجذعي (الرأسي) العمودي على صلب التسليح الرئيسي

L_n = البحر الخالص للكمرة العميقة

ط- يستمر صلب التسليح الجذعي اللازم لمقاومة أقصى إجهادات القص بنفس قيمته على كامل بحر الكمرة.

ك- يجب ألا تقل النسب الدنيا لصلب التسليح الجذعى في الكمرات العميقة للحالات التي تنطبق عليها شروط هذا البند (٤-٢-٢-٦ -١) عما يلي :

١- صلب التسليح الجزعى (الرأسي) العمودي على محور الكمرة:

- صلب طرى 240/350 $\frac{A_v}{b.s_v} \geq 0.0020$

بحيث لا تتعدى قيمة s_v ٢٠٠ مم

- صلب عالي المقاومة $\frac{A_v}{b.s_v} \geq 0.0015$

بحيث لا تتعدى قيمة s_v ٢٠٠ مم

٢- صلب التسليح الجزعى (الأفقي) الموازي لمحور الكمرة:

- صلب طرى 240/350 $\frac{A_h}{b.s_h} \geq 0.003$

بحيث لا تتعدى قيمة s_h ٢٠٠ مم

- صلب عالي المقاومة $\frac{A_h}{b.s_h} \geq 0.0025$

بحيث لا تتعدى قيمة s_h ٢٠٠ مم

٤-٢-٢-٦- ٢ التسليح الجذعى للكمرات العميقة عند التحليل بطريقة الضاغط والشداد

أ - يمكن تصميم الكمرات العميقة التي تستوفى نسبة البحر الفعال إلي العمق العلاقة $L/d \leq 4.0$ باستخدام طريقة الضاغط و الشداد طبقا للبندين (٦-٣-٢-٣) و(٦-١١) مع مراعاة البندين (٤-٢-٢-٦-٢) و (٤-٢-٢-٦-٣)

ب - يجب ألا تقل النسب الدنيا لصلب التسليح الجذعى في الكمرات العميقة للحالات التي تكون فيها نسبة البحر الفعال إلى العمق $L/d \leq 1.25$ للكمرات البسيطة ، $L/d \leq 2.5$ للكمرات المستمرة عن القيم المعطاة في البند ٤-٢-٢-٦-١-ك .

جـ- يجب ألا تقل النسب الدنيا لصلب التسليح الجذعى في الكمرات العميقة للحالات التي تفى فيها نسبة البحر الفعال إلى العمق بالعلاقة $1.25 < L/d \leq 4$ للكمرات البسيطة و $2.5 < L/d \leq 4$ للكمرات المستمرة عما يلى :

١ - صلب التسليح الجذعى (الرأسي) العمودي على محور الكمرة:

صلب طرى 240/350 $\frac{A_v}{b.s_v} \geq 0.003$

بحيث لا تتعدى قيمة s_v ٢٠٠ مم

صلب عالي المقاومة - $\frac{A_v}{b.s_v} \geq 0.0025$

بحيث لا تتعدى قيمة s_v ٢٠٠ مم

٢ - صلب التسليح الجذعى (الأفقي) الموازي لمحور الكمرة:

صلب طرى 240/350 $\frac{A_h}{b.s_h} \geq 0.002$

بحيث لا تتعدى قيمة s_h ٢٠٠ مم

صلب عالي المقاومة - $\frac{A_h}{b.s_h} \geq 0.0015$

بحيث لا تتعدى قيمة s_h ٢٠٠ مم

د- للكمرات العميقة المحملة بأحمال مركزة يجب ألا تقل النسب الدنيا لصلب التسليح الجذعى فى المناطق التى تكون فيها نسبة بحر القص إلى العمق الفعال $a/d<2$ عن القيم المعطاة فـــي البند "جـــ" بشرط ألا تقل هذه النسب عن القيم المعطاة في البند "ب" في المناطق التي يكون فيها بحر القص إلى العمق الفعال $a/d < 1$.

٤-٢-٢-٦-٣ الكمرات العميقة المحملة بأحمال ينتج عنها شد على أسطح تحميلها

أ - فى حالات تحميل الكمرات العميقة بأحمال ينتج عنها شد على سطح التحميل، وكذلك فى حالات التحمـــيل علـــى الأســـطح الجانبية يتم تصميم الكمرات في القص وفقاً للبند (٤-٢-٢-١-٢) الخـــاص بالكمرات العادية على أن يتم وضع تسليح جذعي رأسي إضافي يكفى لنقل الحمل إلى ارتفاع يساوى نصف البحر على الأقل .

ب- يمكن استخدام طريقة الضاغط والشداد عند تصميم الكمرات العميقة المحملة بأحمال ينتج عنها شد على أسطح تحميلها .

٤-٢-٣ حالة حد المقاومة القصوى فى اللي

Ultimate Torsion Strength Limit State

٤-٢-٣-١ القطاعات الحرجة لعزوم اللي

لحساب إجهادات القص القصوى الناتجة عن عزوم اللى القصوى تؤخذ القطاعات الحرجة عند أكبر عزم لي ؛ وفى حالة ما إذا كان أكبر عزم لي عند الدعامة فيمكن اعتبار أن القطاع الحرج لعزوم اللى على مسافة d/2 من وجه الركيزة.

٤-٢-٣-٢ إجهادات القص الاعتبارية القصوى الناتجة عن عزوم لي

أ - تؤخذ قيمة إجهادات القص الاعتبارية لقطاع مصمت من الخرسانة المسلحة نتيجة عزم لى من العلاقة التالية:

$$q_{tu} = \frac{M_{tu}}{(2\,A_o \cdot t_e)} \qquad (4\text{-}47)$$

حيث A_o هى المساحة المحصورة داخل مسار قص اللى لوحدة الطول بالقطاع و t_e سمك الحائط للقطاع الصندوقى المكافئ للقطاع الأصلى المصمت . وفى حالة عدم توافر طرق دقيقة لحساب A_o فإنه يمكن أخذ A_o تساوى $0.85\ A_{oh}$ حيث A_{oh} هى المساحة المحصورة داخل محور صلب التسليح العرضى الخارجى المستخدم لمقاومة عزوم اللى وتؤخذ $t_e=A_{oh}/p_h$ حيث p_h هو طول محيط محور صلب التسليح العرضى الخارجى المستخدم لمقاومة عزوم اللى (شكل ٤-١١).

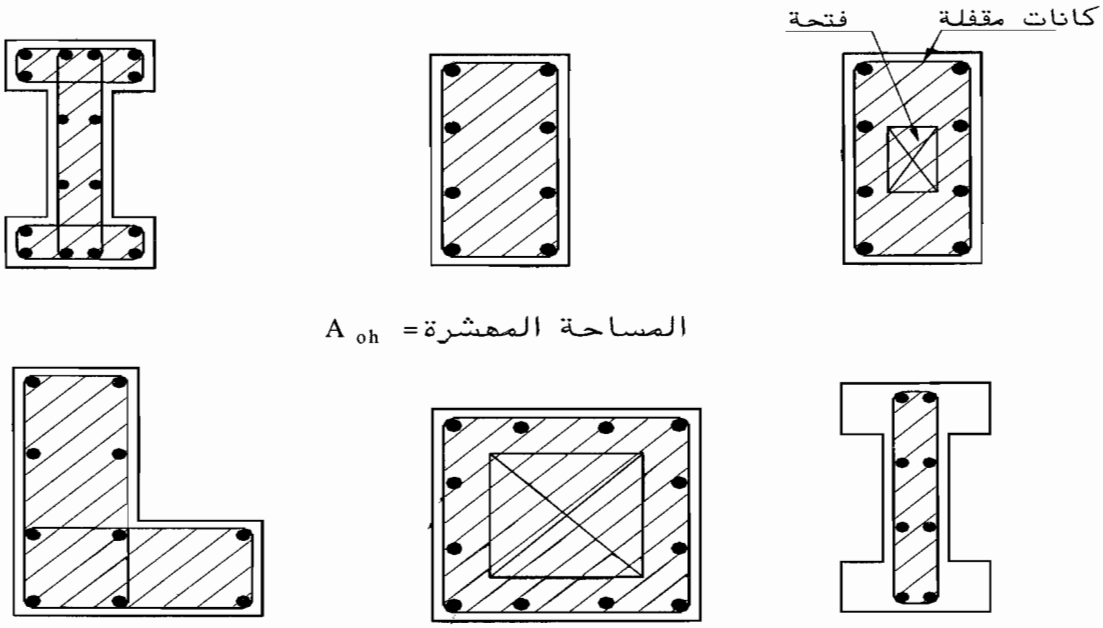
ب - يمكن حساب قيمة إجهادات القص الاعتبارية القصوى لقطاع على شكل حرف T أو L بإهمال الجزء الفعال من البلاطة، ومعاملة القطاع كقطاع مستطيل.

جـ- فى حالة أخذ تأثير الجزء الفعال من البلاطة فى الاعتبار عند حساب إجهادات القص الاعتبارية لقطاع على شكل حرف T أو L فإنه يجب اتباع ما يلى:

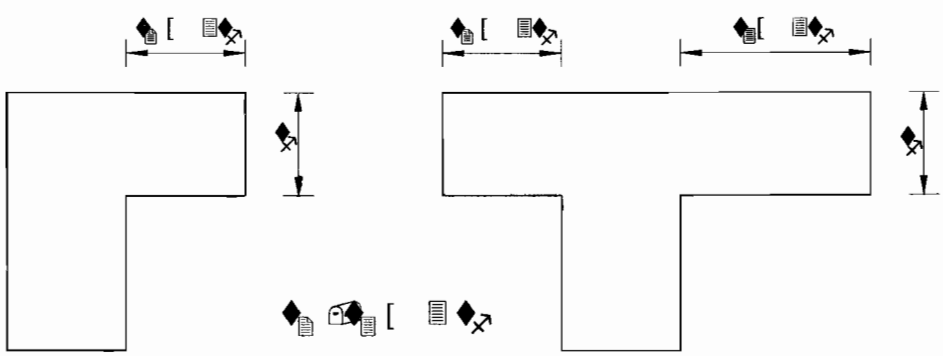
- ألا يزيد العرض الفعال من البلاطة مقاساً من خارج جذع الكمرة على ثلاث مرات سمك البلاطة كما بالشكل (٤-١٢).
- يجب أن تزود البلاطة بتسليح جذعى فى منطقة العرض الفعال للتأكد من فاعليتها فى مقاومة اللى.

د - القطاع الصندوقى:

يتم حساب إجهادات القص الاعتبارية للقطاع الصندوقى بالتطبيق فى المعادلة (٤-٤٧) وذلك بالتعويض بالسمك الأدنى من : $t_e = \frac{A_{oh}}{p_h}$ أو أقل سمك فعلى لحوائط القطاع.



شكل (٤-١١) تعريف A_{oh}



شكل (٤-١٢) العرض الفعال للبلاطة

٤-٢-٣-٣ يُهمل تأثير عزم اللى فى المقاطع المعرضة لعزم لي فى حالة ما إذا كانت إجهادات القص الاعتبارية القصوى الناتجة عن عزم اللى الأقصى أقل من القيم المحسوبة من المعادلة (٤-١٧) والجدول (٤-٤).

٤-٢-٣-٤ يجب أن تستوفى الأبعاد الخرسانية للقطاعات المعرضة لقوى قص بالإضافة إلى عزوم لي والمسلحة بتسليح جذعي بالإضافة إلى تسليح طولى العلاقة التالية:

فى حالة القطاعات المصمتة :

$$\sqrt{(q_u)^2 + (q_{tu})^2} \le q_{umax} \qquad (4\text{-}48)$$

فى حالة القطاعات الصندوقية:

$$q_u + q_{tu} \le q_{umax} \qquad (4\text{-}49)$$

ويـــتم حساب q_u من المعادلة (٤-١٣) وحساب q_{tu} من المعادلة (٤-٤٧) و توخذ قيمة q_{umax} من المعادلة (٤-١٦) او من الجدول (٤-٣) .

٤-٢-٣-٥ صـــلب التسليح اللازم لمقاومة إجهادات القص الناتجة عن عزوم لى مصحوبة بقوى قص

أ - إذا زادت قـــيمة الإجهـــادات المحسوبة q_{tu} من المعادلة (٤-٤٧) بند (٤-٢-٣-٢) على القـــيمة المحـــسوبة من المعادلة (٤-١٧) بند (٤-٢-٢-١-٢-د) وبحيث لا تزيد القيمة المحسوبة على القيمـــــــــــة q_{umax} من المعادلة (٤-٤٨)أو(٤-٤٩) بند (٤-٢-٣-٤) فـــيجب اســـتخدام تـــسليح لمقاومة عزم اللي مكون من كانات مقفلة عمودية على محور العنـــصر بالإضـــافة إلى تسليح طولى. ويجب إضافة هذا التسليح إلى أى تسليح مطلوب لمقاومة عزوم الانحناء والقوى المحورية وقوى القص طبقاً للجدول (٤-٥).

جدول (٤-٥) التسليح العرضى لمقاومة عزوم اللى وقوى القص

	$q_{tu} \le 0.06\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$ N/mm^2	$q_{tu} > 0.06\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$ N/mm^2
$q_u < q_{cu}$	أدنى نسبة لصلب تسليح القص طبقاً للبند (٤-٢-٢-١-٦)	تسليح لمقاومة q_{tu}
$q_u > q_{cu}$	تسليح لمقاومة $(q_u - q_{cu}/2)$	تسليح لمقاومة كل من q_{tu} و $(q_u - q_{cu}/2)$

ب - صـــلب التـــسليح العرضى اللازم لمقاومة عزوم اللى عبارة عن كانات مقفلة أو شبكات ملحومة وتحدد مساحة فرع الكانة فى القطاع كما يلى:

$$A_{str} = \frac{M_{tu} \cdot s}{2\,A_o \left(\frac{f_{yst}}{\gamma_s}\right)} \qquad (4\text{-}50)$$

حيث $A_o=0.85A_{oh}$ كما سبق التعريف فى البند (٤-٢-٣-٢)، A_{oh} هى المساحة المحصورة داخل محور الصلب العرضى الخارجى المستخدم لمقاومة عزوم اللى.

وفى حالة القطاع المستطيل تئول المعادلة (٤-٥٠) إلى:

$$A_{str} = \frac{M_{tu} \cdot s}{1.7\,(x_1 \cdot y_1)\left(\frac{f_{yst}}{\gamma_s}\right)} \qquad (4\text{-}51)$$

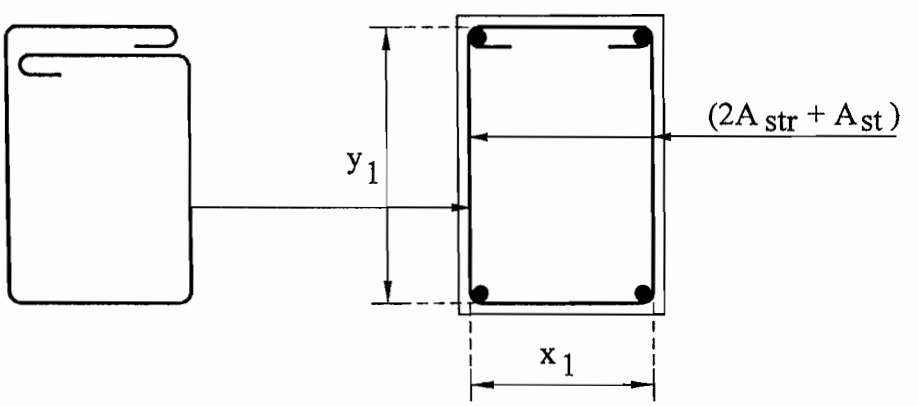
حيث:

A_{str} = مساحة مقطع فرع الكانة اللازمة لمقاومة عزوم اللى (مم٢)

f_{yst} = إجهاد الخضوع لصلب الكانات المقاومة لعزوم اللى بحد أقصى ٤٠٠ن/مم٢

x_1 = عرض كانة التسليح المستطيلة مُقاسة بين محورى الكانة (شكل ٤-١٣)

y_1 = طول كانة التسليح المستطيلة مُقاسة بين محورى الكانة (شكل ٤-١٣)



شكل (٤-١٣) تفاصيل التسليح المقاوم لعزوم اللى وقوى القص (كانات ذات فرعين)

مع ملاحظة ما يلى:

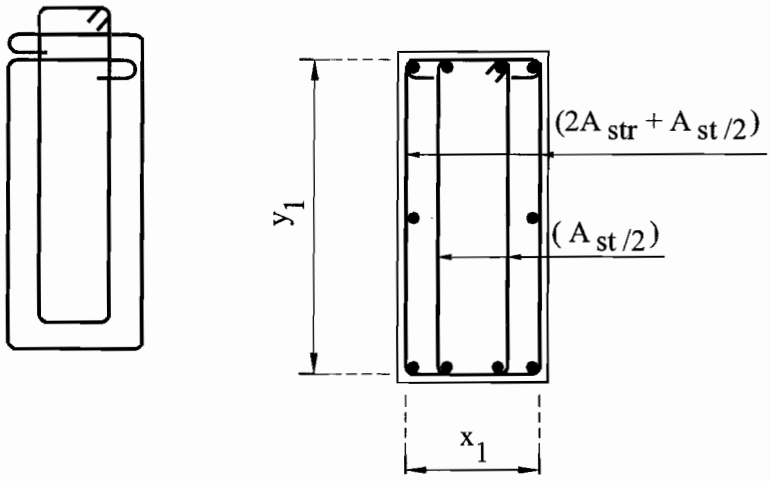
- يجب ألا تقل مساحة مقطع الكانات اللازمة لمقاومة عزوم اللى وقوى القص طبقاً للبند ٤-(٢-٣-٥) عن المساحة المستنتجة من المعادلة التالية:

$$(2\,A_{str} + A_{st}) \geq 0.4\,\frac{(s.b)}{f_{yst}} \qquad (4\text{-}52)$$

حيث f_{yst} بوحدات ن/مم٢ ، b عرض القطاع المصمت أو مجموع عروض الأعصاب للقطاع الصندوقى.

- يجب ألا تزيد المسافة s بين الكانات على $\frac{p_h}{8}$ أو ٢٠٠ مم أيهما أصغر حيث p_h هى طول محيط صلب التسليح العرضى المستخدم لمقاومة عزوم اللى.
- فى حالة وجود قطاع به كانات ذات فروع أكثر من فرعين ، يجب اعتبار الكانة الخارجية ذات الفرعين فقط فى مقاومة اللى كما فى شكل (٤-١٤).

فى القطاعات الصندوقية يسمح باستخدام التسليح العرضى والطولى على المحيط الداخلى والخارجى للقطاع لمقاومة عزوم اللى طالما أن سمك الحائط t_w أقل من أو يساوى سدس عرض القطاع، أما إذا زاد سمك الحائط على سدس عرض القطاع فيقاوم عزم اللى بالتسليح على المحيط الخارجى فقط .



شكل (٤-١٤) تفاصيل التسليح المقاوم لعزوم اللى وقوى القص (كانات أكثر من فرعين)

جـ- التسليح الطولى الإضافى A_{sL} لمقاومة اللى

تحدد مساحة التسليح الطولى الإضافى من المعادلة (4-53-a, b)

$$A_{sl} = \left(\frac{A_{str} \cdot p_h}{s}\right)\left(\frac{f_{yst}}{f_y}\right) \qquad (4\text{-}53\text{-}a)$$

وبشرط ألا تقل مساحة التسليح الطولى عن:

$$A_{slmin} = \frac{0.4\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}\,A_{cp}}{f_y/\gamma_s} - \left(\frac{A_{str}}{s}\right)p_h\left(\frac{f_{yst}}{f_y}\right) \qquad (4\text{-}53\text{-}b)$$

حيث A_{cp} المساحة الكلية للقطاع شاملة مساحة الفتحات و f_{cu} ، f_y ، f_{yst} بوحدات ن/مم^2.

وألا تقل قيمة $\frac{A_{str}}{s}$ عن $\frac{1}{6}\frac{b}{f_{yst}}$

ويوزع التسليح الطولى على المحيط داخل الكانة الخارجية المقفلة مع مراعاة ما يلى:

- يجب ألا يقل قطر الأسياخ المستعملة فى التسليح الطولى عن المسافة بين الكانات مقسومة على ١٥ أو ١٢ مم أيهما أكبر.
- يُوزع التسليح الطولى الإضافى بانتظام داخل محيط الكانات الخارجية وبحيث لا تزيد المسافة بين الأسياخ على ٣٠٠ مم.
- يجب وضع سيخ طولى فى كل ركن من أركان القطاع.
- يُضاف التسليح الطولى الناتج عن عزوم اللى إلى التسليح الطولى الناتج عن عزوم الانحناء.

د - يجب أن يمتد التسليح العرضى والطولى اللازم لمقاومة عزوم اللى مسافة نصف طول محيط الكانات بعد آخر قطاع من بحر الكمرة يستوجب هذا التسليح.

٤-٢-٣-٦ إعادة توزيع عزوم اللى للمنشآت غير المحددة استاتيكياً

يجب أن تصمم القطاعات وتحسب كمية صلب التسليح كما سبق مع ملاحظة أن:

أ - فى المنشآت غير المحددة استاتيكياً والتى يكون عزم اللى فيها ضروريا للاتزان (Equilibrium torsion) لا يُسمح بإعادة توزيع عزوم اللى.

ب - فى المنشآت غير المحددة استاتيكياً والتى يكون عزم اللى فيها غير ضرورى للاتزان وناتج عن تحقيق توافق الانفعالات (Compatibility torsion) يمكن تخفيض عزم اللى الأقصى إلى قيمة عزم اللى المسبب للتشرخ وفقاً للمعادلة التالية:

$$M_{tu} = 0.316\left(\frac{A^2{}_{cp}}{p_{cp}}\right)\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad (4\text{-}54)$$

حيث A_{cp} هي المساحة الكلية للقطاع شاملة مساحة الفتحات إن وجدت ، p_{cp} هو المحيط الخارجي للقطاع. وفى هذه الحالة يجب إعادة توزيع عزوم الانحناء وقوى القص في البواكى المجاورة.

٤-٢-٣-٧ جساءة القطاع الخرسانى في اللي

أ - يمكن حساب جساءة اللي لقطاع مستطيل (G .C) باعتبار معاير جساءة القص G مساوياً ٤٢ % من قيمة معاير المرونة للخرسانة طبقاً للبند (٢-٣-٣-١) وباعتبار ثابت اللى C طبقا للمعادلة (4-55-a). وفى حالة القطاعات على شكل حرف (L أو T) أو صندوقي

يمكن حساب ثابت اللى عن طريق تقسيم هذه الأشكال إلى مجموعة من المستطيلات طبقا للمعادلة (4-55-b).

$$C = \beta b^3 t \eta \qquad (4\text{-}55\text{-}a)$$

$$C = \Sigma\beta b^3 t \eta \qquad (4\text{-}55\text{-}b)$$

حيث:

η = 0.70 للقطاعات المستطيلة قبل التشرخ والناتج عن عزم لى لا يتعدى قيمة عزم التشرخ طبقاً للمعادلة (٤-٥٤)

η = 0.20 للقطاعات المستطيلة بعد التشرخ

β = معامل يعتمد على نسبة t/ b المعطاة فى جدول (٤-٦)

جدول (٤-٦) قيم المعامل β لحساب جساءة القطاعات في اللي

t / b	1	1.5	2	3	5	>5
β	0.14	0.20	0.23	0.26	0.29	0.33

ب - فـي الحـالات التـي تستدعى دقة أكبر في الحسابات يتم تعيين جساءة القطاع باستخدام نظريات ميكانيكا الإنشاءات.

٤-٢-٤ حالة حد المقاومة القصوى للتحميل (الارتكاز)

Ultimate Bearing Strength Limit State

٤-٢-٤-١ الحد التصميمي الأقصى لحمل الارتكاز

يجب ألا يزيد الحد التصميمي الأقصى لحمل الارتكاز على $0.67A_1 \frac{f_{cu}}{\gamma_c}$

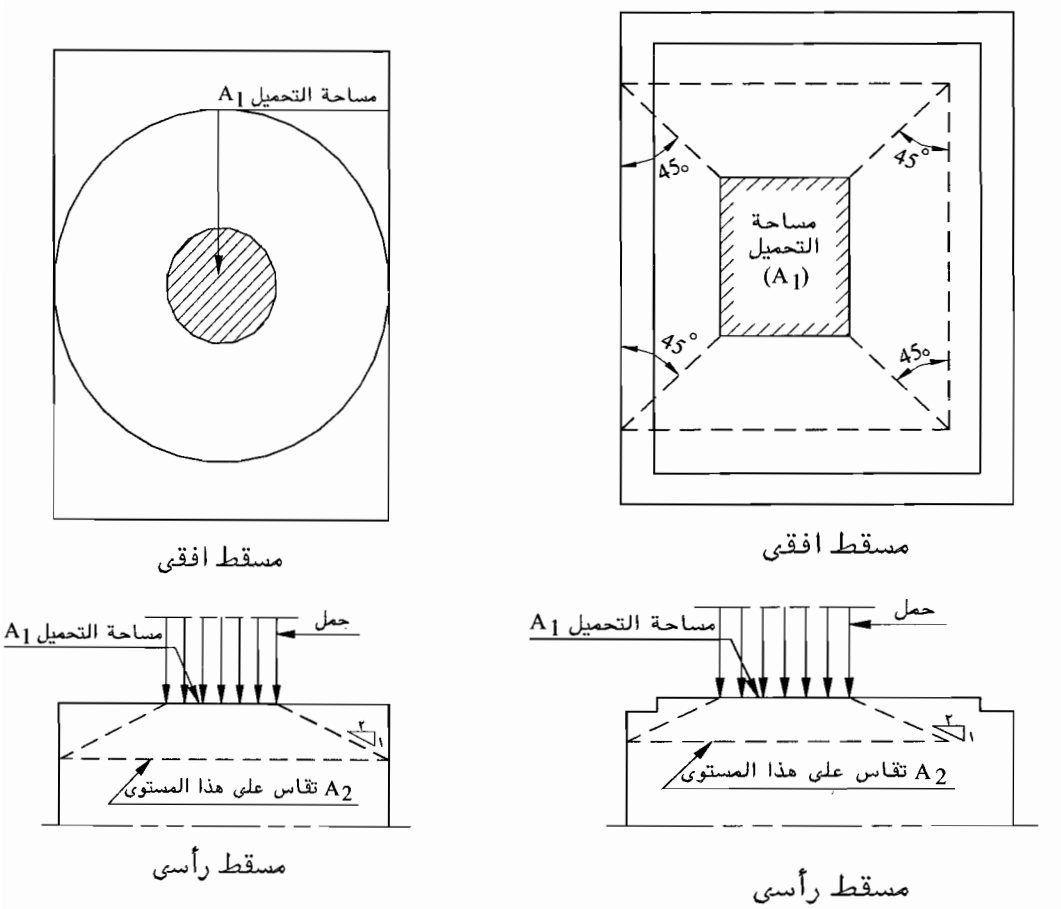
حيث : A_1 = مساحة سطح التحميل

ويستثنى من ذلك الحالات المذكورة في البنود (٤-٢-٤-٢) ، (٤-٢-٤-٣).

٤-٢-٤-٢ عـندما يكـون الـسطح المقـاوم للارتكـاز أكبر من مسطح التحميل يكون الحد التصميمي الأقصى لحمل الارتكاز على مسطح التحميل مساوياً للقيمة المعطاة في البـند الـسـابق (٤-٢-٤-١) مضروبة في المعامل $\sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$ على ألا يزيد هذا المعامل على اثنين.

حيث A_2 = أكبر مساحة للسطح المقاوم للارتكاز متماثلة ومتمركزة مع مسطح التحمـــيل A_1 (شكل ٤-١٤). ويصمم سمك السطح المقاوم على أساس مقاومته لإجهادات القص المبينة في البند (٤-٢-٢).

٤-٢-٤-٣ عندما تكون المنطقة المقاومة للارتكاز ذات ميول جانبية أو هرمية الشكل تؤخذ A_2 تساوى مساحة القاعدة السفلية لأكبر مخروط ناقص أو هرم ناقص محصور داخل عنصر الارتكاز والذي تمثل قاعدته العليا سطح التحميل وله ميول جانبية بنسبة ١ رأسي إلى ٢ أفقي (شكل ٤-١٥).



شكل (٤-١٥) تحديد المساحة A_2 في مناطق الارتكاز ذات الميول الجانبية

٤-٢-٥ طول التماسك وطول الرباط ووصلات صلب التسليح
Development Length,Embedment Length and Splices of Reinforcement

٤-٢-٥-١ طول التماسك Development Length

أ - يجب أن تمتد أسياخ صلب التسليح على جانبي أي قطاع للعناصر الخرسانية بطول تماسك L_d يتناسب مع قوة الشد أو الضغط في السيخ عند هذا المقطع لنقل القوي بدون انفصال أو شروخ طولية في الخرسانة ، و يقاس طول التماسك من القطاعات الحرجة التي يحدث عندها أقصي إجهاد شد أو ضغط وذلك فى حالة الأسياخ التي تنتهي أو تكسح وكذلك عند عمل وصلة رباط للسيخ.

ب - يُحسب طول التماسك L_d لأسياخ صلب التسليح المعرضة لإجهاد شد أو ضغط f_y / γ_s من المعادلة التالية:

$$L_d = \frac{\alpha . \beta . \eta \left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)}{4 f_{bu}} . \phi \qquad (4\text{-}56)$$

حيث :

f_{bu} = إجهاد التماسك الحدي للخرسانة مع صلب التسليح ، ويحدد من العلاقة التالية:

$$f_{bu} = 0.30 \sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad N/mm^2 \qquad (4\text{-}57)$$

ϕ : القطر الاسمى للسيخ

α : معامل تصحيح يتوقف على شكل طرف السيخ ومعطى فى الجدول (٤-٧)

β : معامل تصحيح يتوقف على نوعية سطح السيخ ومعطى فى الجدول (٤-٨)

η : معامل يتوقف على موقع السيخ ويساوى ١,٣٠ للأسياخ الأفقية المعرضة للشد والتي يزيد سمك الخرسانة المصبوبة أسفلها على ٣٠٠ مم بينما يساوى ١,٠٠ لجميع الحالات الأخرى .

جـ- يجب ألا يقل طول تماسك أسياخ صلب التسليح المعرضة لشد أو ضغط عن :

٣٥ ϕ أو ٤٠٠ مم- أيهما أكبر – للأسياخ الملساء ذات الجنش

٤٠ ϕ أو ٣٠٠ مم – أيهما أكبر- للأسياخ ذات النتوءات

د - يجـــب مراعاة أن تكون المسافة بين الأسياخ والغطاء الخرسانى طبقا للباب الرابع والباب السابع مع اعتبار ما سيأتى بالبند ٤-٢-٥-١-و فى حالة الأسياخ المجمعة.

هـــ- يجوز أخذ طول التماسك للأسياخ المنفردة من الجدول (٤-٩) مع مراعاة قيم η.

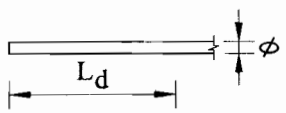
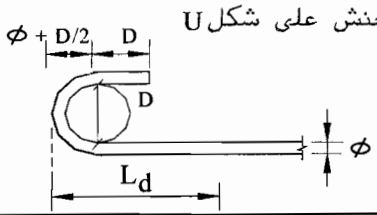
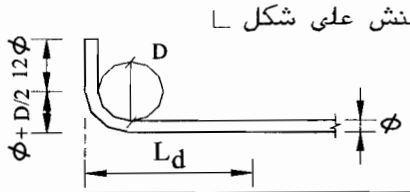
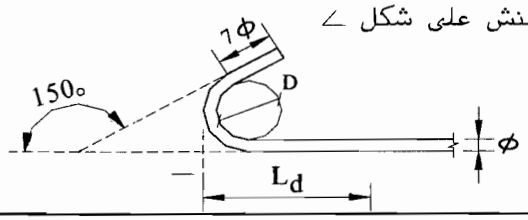
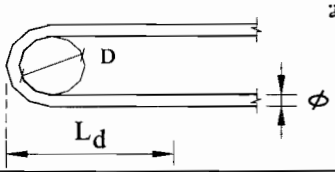
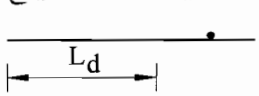
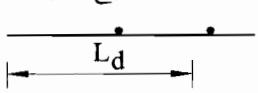
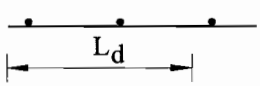
و - يحـــسب طول التماسك للأسياخ المجمعة Bundled bars من المعادلة (٤-٥٦) باعتبار الحـــزمة الـــواحدة كـــسيخ واحد بقطر مكافئ ϕ_e . ويتم حساب القطر المكافئ للحزمة المكونة من أسياخ متساوية فى القطر كمايلي:

- في حالة حزمة مكونة من سيخين $\phi_e = 1.4\ \phi$
- في حالة حزمة مكونة من ثلاثة أسياخ $\phi_e = 1.7\ \phi$

ويـــستخدم القطر المكافئ ϕ_e فى الحسابات الخاصة بالحد الأدنى لسمك الغطاء الخرسانى للحـــزمة طـــبقا لبـــند (٤-٣-٢-٣-ب) وجدول (٤-١٣)، والمسافة الخالصة بين أسياخ الحزم المتجاورة (بند ٧-٣-٣-١) واستيفاء حالة حد التشرخ (بند ٤-٣-٢-٣-أ)، بينما يقاس سمك الغطاء الخرسانى للحزمة (c) والمسافة الخالصة بين أسياخ الحزم المتجاورة (a or b) طبقا لترتيب الأسياخ الفعلى فى القطاع كما فى شكل (٧-٢-ب).

ز- فى العناصر المعرضة لعزوم انحناء، يسمح بتقليل طول التماسك إذا كانت مساحة أسياخ صلب التسليح الموجودة بالقطاع أكبر من المطلوبة بما يعادل النسبة بين المساحتين $\frac{A_{s,required}}{A_{s,provided}}$ ما لم يتعارض ذلك مع بنود أخرى من هذا الكود مثل الاشتراطات الخاصة بالتسليح السفلى الممتد إلى الركائز فى البلاطات المصمتة (بند ٦-٢-١-٢-٣)، والبلاطات اللاكمرية (بند (٧-٥) وشكل (٧-٤))، وتوقف أسياخ تسليح عزوم الانحناء السالبة (بند ٤-٢-٥-٣-٢)، وكذلك الاشتراطات الخاصة بكمرات الإطارات المقاومة للزلازل (بنود (٦-٨-٢-٢-١) ، (٦-٨-٢-٢-٢) ، (٦-٨-٢-٣-١))، واشتراطات العناصر سابقة الصنع المرتكزة على ركائز بسيطة (بند ٦-٩-٥-٤). على أنه يجب فى جميع الأحوال ألا يقل طول التماسك عن الحد الأدنى المبين فى بند (٤-٢-٥-١-جـــ) .

جدول (٤-٧) قيم معامل التصحيح α

نوع التسليح	شكل طرف السيخ	المعامل α فى الشد	المعامل α فى الضغط
أسياخ التسليح	١ - مستقيم 	1	1
	٢ - جنش على شكل U 	0.75	1
	٣ - جنش على شكل ⌊ 	0.75	1
	٤ - جنش على شكل ∠ 	0.75	1
	٥ - اسياخ دورانية 	0.75	1
الشبك الملحوم	١ - أسياخ مستقيمة ولايوجد أية أسياخ عرضية فى الطول Ld 	1	1
	٢ - أسياخ مستقيمة ويوجد سيخ عرضى واحد فى الطول Ld 	0.70	0.70
	٢ - أسياخ مستقيمة ويوجد سيخان عرضيان فى الطول Ld 	0.50	0.50

D = 4 ϕ for steel 240 / 350

D = 6 ϕ (or Φ) for 25 mm ≥ ϕ (or Φ) > 6 mm
D = 8 ϕ (or Φ) for ϕ (or Φ) > 25 mm } for high grade steel

جدول (٤-٨) قيم معامل التصحيح β

حالة سيخ التسليح	فى الشد	فى الضغط
سيخ أملس	1.00	0.70
سيخ ذو نتوءات	0.75	0.45

جدول (٤-٩) طول التماسك للأسياخ المنفردة L_d مضاعف من قطر السيخ*

(η= 1.0)

رتبة الخرسانة ن/مم٢	نوع التسليح			
	أسياخ من الصلب عالي المقاومة مستقيمة ذات نتوءات** f_y=400 N/mm^2 or 360 N/mm^2		أسياخ من الصلب الطري ملساء بجنش*** f_y=240 N/mm^2 or 280 N/mm^2	
	فى الشد	فى الضغط	فى الشد	فى الضغط
20	60	40	38	35
25	55	40	36	35
30	50	40	35	35
35	45	40	35	35
40	42	40	35	35
أكبر أو يساوى 45	40	40	35	35

* مع مراعاة ما جاء بالبند ٤-٢-٥-١-جـ.

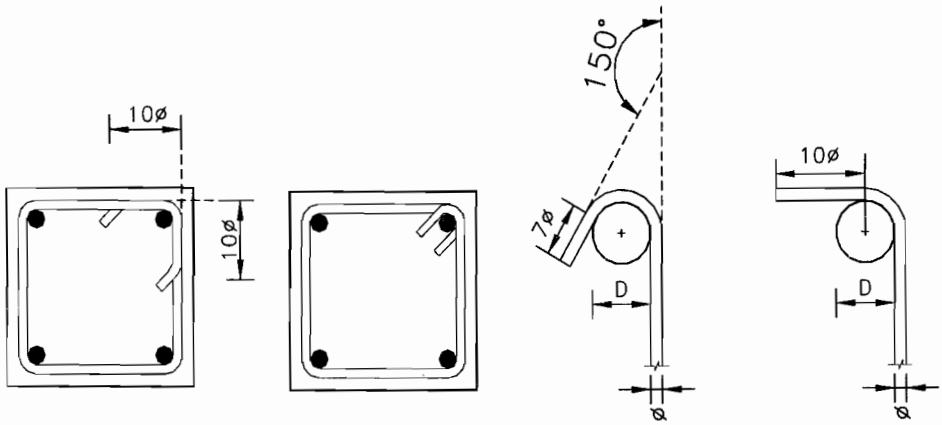
* * في حالة أسياخ ذات نتوءات بجنش تضرب الأرقام أعلاه في ٠,٧٥.

*** غير مسموح باستخدام أسياخ ملساء بدون جنش.

٤-٢-٥-٢ تثبيت صلب تسليح القص

أ - يتم تثبيت الأسياخ المكسحة بطول يساوى طول التماسك فى الشد أو الضغط حسب موقع الجزء المستقيم بعد الجزء المائل للسيخ ويحسب من البند (٤-٢-٥-١- ب).

ب - توضع الكانات في الكمرات بحيث تحيط بأسياخ صلب التسليح المشدودة كما تحيط بمنطقة الضغط وتربط الكانات في منطقة الضغط كما هو مبين في شكل (٤-١٦).



شكل (٤-١٦) طرق تثبيت الكانات في الكمرات

٤-٢-٥-٣ توقف أسياخ التسليح بالعناصر المعرضة لعزوم انحناء

Development of Flexural Reinforcement

أ - عند توقف أسياخ التسليح الطولي المعرضة للشد أو الضغط يجب أن تمتد الأسياخ لمسافة لا تقل عن $(L_d + 0.3d)$ مقاسة من القطاع الحرج الذي يحدث عنده أقصى إجهادات في هذه الأسياخ. ويُشترط ألا يقل طول الرباط – وهو المسافة بين نهاية الأسياخ والقطاع الذى تكون عنده هذه الأسياخ غير مطلوبة لمقاومة عزوم الانحناء – عن d أو $(0.3d + 10\ \phi)$ أيهما أكبر (شكل ٤-١٧) مقاسة من توزيع العزوم قبل الترحيل.

ب - يجب عدم توقف الأسياخ الطولية في منطقة الشد ، أما في حالة توقف أسياخ طولية عند قطاع ما في منطقة الشد يجب تحقيق أحد الشروط التالية:

١- ألا يزيد مقدار إجهاد القص الأقصى عند نقطة توقف الأسياخ على ثلثي مقاومة القص القصوى للقطاع شاملة مقاومة التسليح الجذعى.

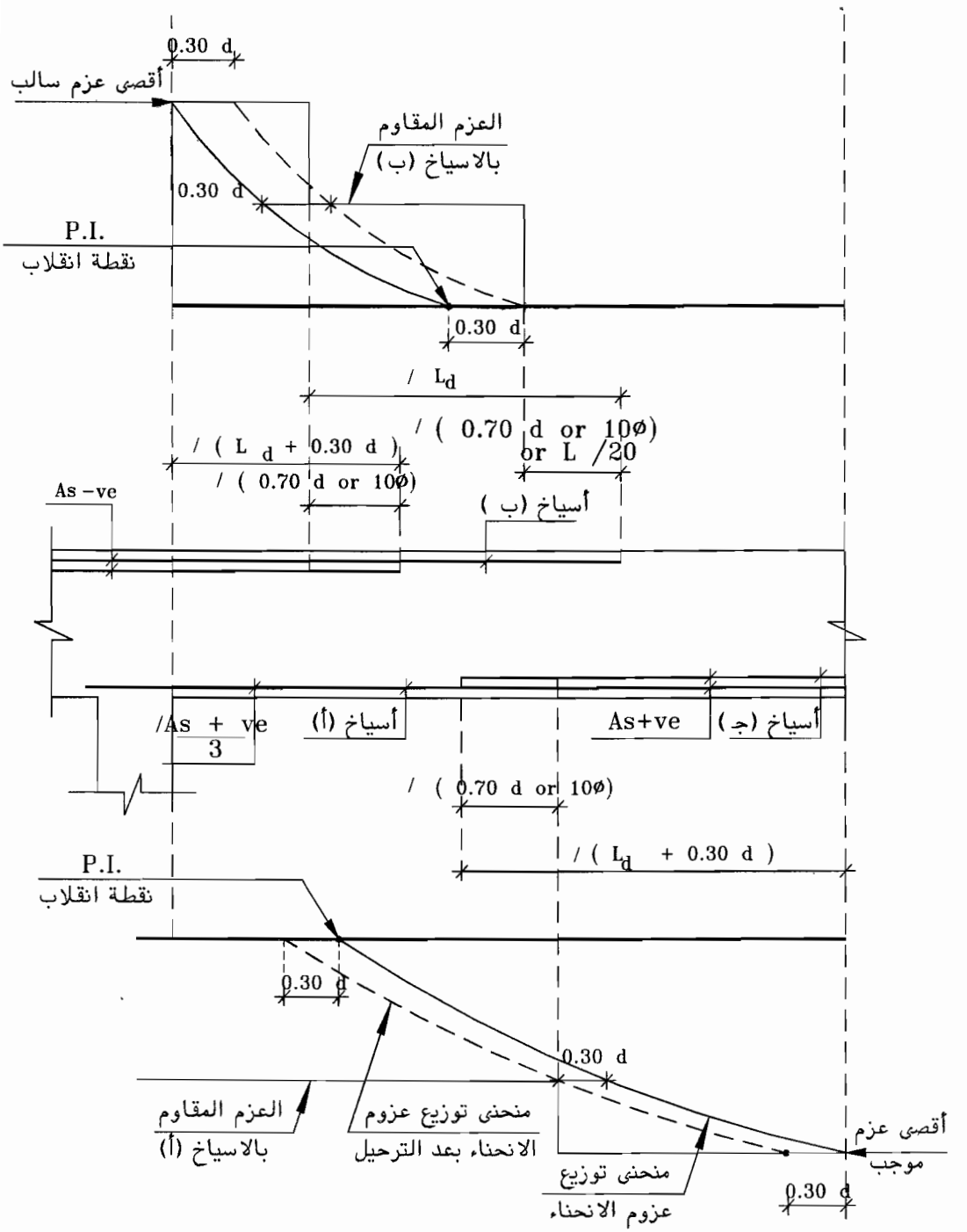
$$q_u \le \frac{2}{3}\left(0.5\, q_{cu} + q_{su}\right) \qquad (4\text{-}58)$$

٢ - مساحة الكانات عند القطاع الذي توقفت عنده الأسياخ الطولية أكبر من مساحة الكانات اللازمة لمقاومة القص واللي عند هذا المقطع بقيمة لا تقل عن $A_{st} = \frac{0.40\, b\,.\,s}{f_y}$

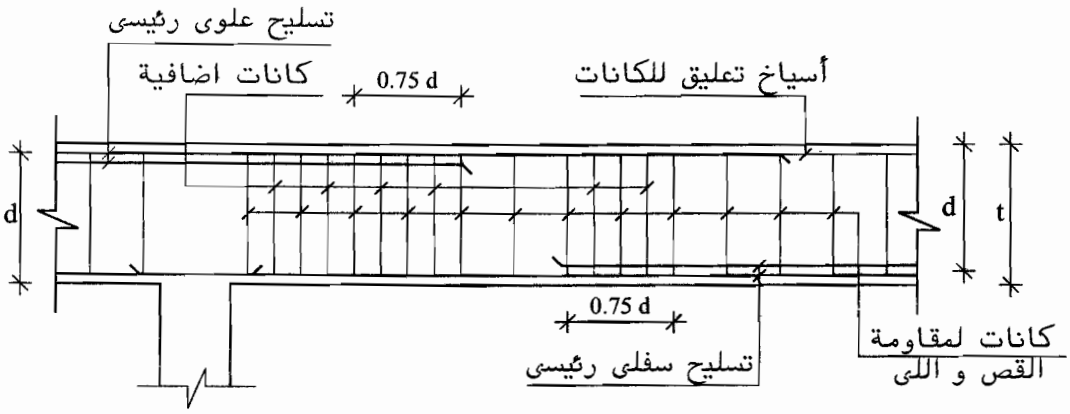
حيث f_y بوحدات ن/مم^2 بحيث توزع الكانات الإضافية على مسافة تساوى ثلاثة أرباع عمق الكمرة من نقطة توقف الأسياخ وحتى نهايتها في اتجاه السيخ المتوقف (شكل٤-١٨) على ألا تزيد المسافة بين هذه الكانات على $\left(\frac{d}{8\beta}\right)$ حيث:

s = المسافة بين الكانات

β = النسبة بين مساحة صلب التسليح المتوقف إلى المساحة الكلية لصلب تسليح القطاع



شكل (٤-١٧) توقف أسياخ التسليح بالعناصر المعرضة لعزوم الانحناء



شكل (٤-١٨) توقف الأسياخ فى منطقة الشد

٤-٢-٥-٣-١ توقف أسياخ التسليح للعزوم الموجبة

أ - يجب أن يمتد ثلث التسليح المقاوم للعزوم الموجبة على الأقل في العناصر بسيطة الارتكاز والعناصـــر المستمرة إلى داخل الركيزة. وفى الكمرات يجب ألا تقل المسافة بين محور الركيـــزة ونهاية السيخ عن ١٥٠مم مع التحقق من الشروط اللازمة لضمان طول التثبيت المطلوب طبقاً للبند (٤-٢-٥-٣-١-ب).

ب - عـــند الركائز البسيطة وعند نقط انعدام العزوم في العناصر المستمرة يجب التحقق من أن أطـــوال التماسك للأسياخ عند القطاع المعطاة في البند (٤-٢-٥-١-ب) تحقق العلاقة التالية (شكل ٤-١٩):

$$\alpha\left(\frac{M_u}{Q_u}\right)+L_a \geq L_d + 0.3\,d \qquad (4\text{-}59)$$

حيث:

M_u = العزم الأقصى للقطاع المسلح بصلب تسليح مستمر داخل الارتكاز باعتبار أن الإجهادات فى صلب التسليح تساوى $\frac{f_y}{\gamma_s}$

Q_u = قوة القص القصوى عند القطاع المحسوب عنده

L_a = طـــول استمرار السيخ بعد محور الركيزة الطرفية أو طول استمرار السيخ بعـــد نقطة انعدام العزوم (نقطة الانقلاب Point of inflection) وبحد أقصى تؤخذ قيمته فى هذه الحالة يساوى d أو $12\,\phi$ أيهما أكبر

α = ١,٣٠ فـــى حالـــة الأطـــراف بـــسيطة الارتكاز عندما يتولد نتيجة الأحمال انضغاط عمودى على الحافة السفلى للكمرة

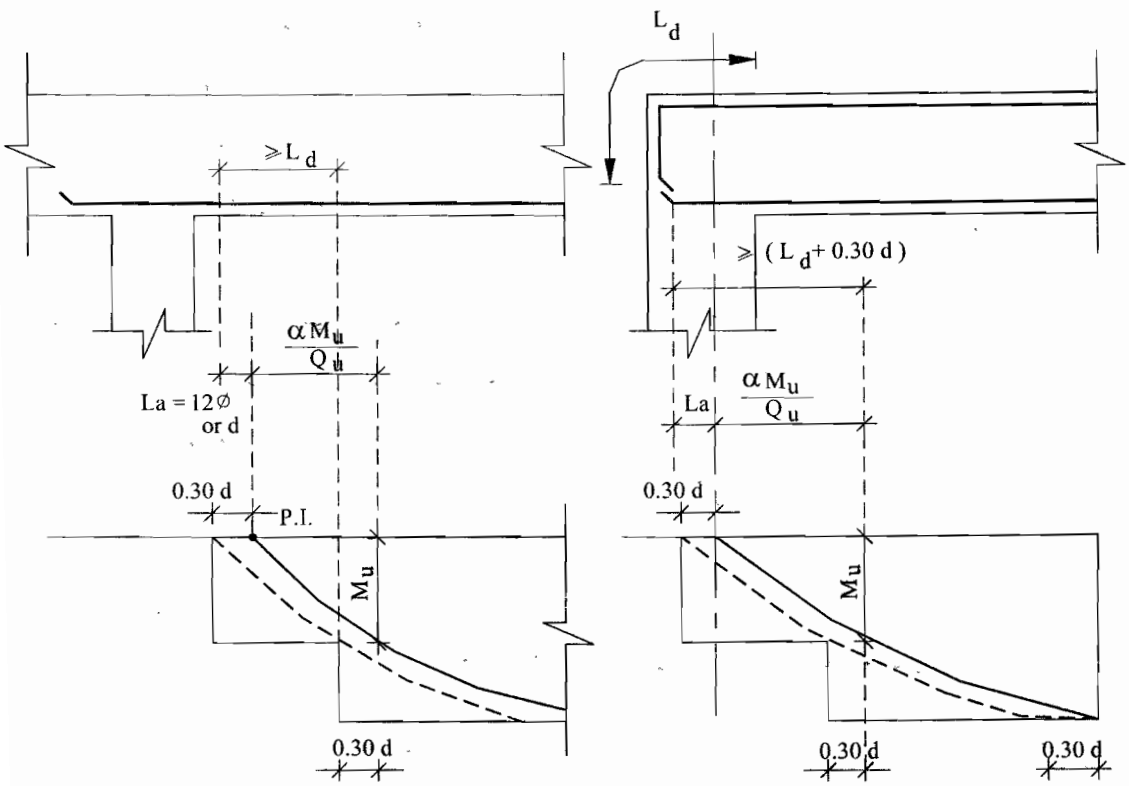
α = ١,٠٠ فى جميع الحالات الأخرى

٤-٢-٥-٣-٢ توقف أسياخ التسليح للعزوم السالبة

أ - يجب أن يستمر ثلث تسليح الشد المقاوم للعزوم السالبة إلى ما بعد نقطة انعدام هذه العزوم (P.I.) بمسافة طول رباط ($0.3d + 10\ \phi$) أو ($0.3d + L/20$) أو d أيها أكبر مقاساً من منحنى توزيع عزوم الانحناء (شكل ٤-١٧).

ب - يجب أن يستمر كل التسليح المقاوم للعزوم السالبة داخل الركيزة الطرفية مسافة لا تقل عن الطول L_d مُقاسة من وجه الركيزة الداخلي.

جـ- يراعى تطبيق الاشتراطات الخاصة بالمنشآت المعرضة لأحمال الزلازل بند (٦-٨) عند حساب أطوال توقف الأسياخ بها.



شكل (٤-١٩) توقف الأسياخ عند نقط الانقلاب وعند الركائز البسيطة

٤-٢-٥-٤ وصل أسياخ التسليح Reinforcement Splices

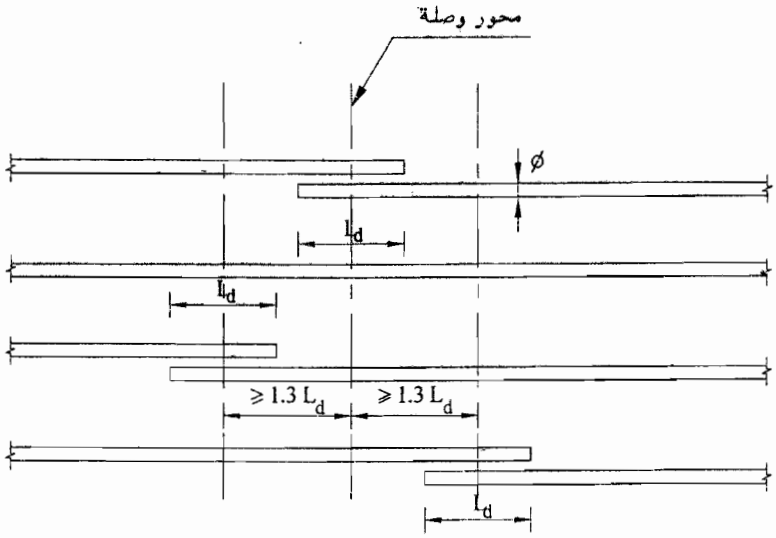
٤-٢-٥-٤-١ يراعى تجنب وصل الأسياخ إلى أقصى حد ممكن ولا تُنفذ إلا طبقاً للرسومات التنفيذية المعتمدة أو تحت إشراف مهندس مسئول ، ويتم عملها عن طريق

التراكب بين الأسياخ أو اللحام إذا كان مسموحاً به طبقا لنوعية الصلب أو الوصل الميكانيكي مع مراعاة عدم وصل الأسياخ في مناطق الإجهادات القصوى.

٤-٢-٥-٤-٢ الوصلات بالتراكب Lap Splices

أ - يمكن أن تكون الأسياخ في الوصلات بالتراكب متلامسة (شكل ٤-٢٠-أ) أو غير متلامسة (شكل ٤-٢٠-ب) بشرط ألا تزيد المسافة بين محوري أي سيخين موصولين على ١٥٠ مم أو ٢٠ % من طول الوصلة أيهما أقل.

(أ) أسياخ متلامسة (ب) أسياخ غير متلامسة



(جـ)

شكل (٤-٢٠) الوصلات بالتراكب

ب - يفضل أن تكون وصلات التراكب لصلب تسليح الشد فى العناصر المعرضة لعزوم انحناء بالتبادل ويجب ألا تقل المسافة بين محاور الوصلات بالتراكب عن ١,٣ طول الوصلة كما فى شكل (٤-٢٠-جـ)، مع مراعاة التفاصيل المبينة عليه .

جـ- عند استيفاء الشرطين أ ، ب السابقين يؤخذ طول وصلة التراكب للأسياخ فى الشد مساوية لطـول التماسك L_d وذلك بشرط أن تكون مساحة الأسياخ في القطاع مساوية أو أكبر من ضعف مـساحة الأسياخ المطلوبة وعلى ألا تزيد الأسياخ الموصولة على ٢٥% من مساحة الأسياخ عند هـذا القطاع. أما إذا زادت الأسياخ الموصولة في القطاع على ٢٥% من مساحة الأسياخ عند هذا القطـاع أو كانت مساحة الأسياخ في القطاع أقل من ضعف مساحة الأسياخ المطلوبة فيؤخذ طول الوصلة مساوياً ١,٣ طول التماسك L_d فى الشد.

د - يمكـن وصل جميع الأسياخ في الضغط عند قطاع معين ويؤخذ طول وصلة التراكب فى الضغط مساوياً لطول التماسك L_d في الضغط.

هـ- لا يسمح بعمل وصلات التراكب فى العناصر المعرضة لشد محوري بل يجب أن يكون وصل الأسـياخ فى هذه العناصر بواسطة اللحام أو الوصلات الميكانيكية على أن تكون بالتبادل وعلى مسافة بين الوصلات لا تقل عن ٧٥٠مم مع استيفاء اشتراطات بند (٤-٢-٥-٤-٣).

و - عند وصل أسياخ تسليح ذات أقطار مختلفة يحسب طول الوصلة على أساس القطر الأكبر.

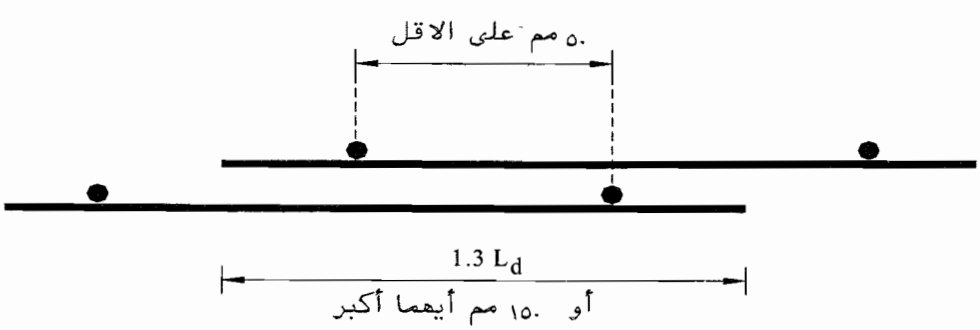
ز - عند وصل أسياخ داخل الحزمة يؤخذ طول الوصلة طبقاً للبند (٤-٢-٥-٤-٢-جـ) محـسوباً على أساس قطر السيخ المفرد مع زيادة هذا الطـول بمقدار ٣٠% ؛ على أنه يجب عدم التداخل بين وصلات الأسياخ التي تكون الحزمة ولا يسمح بوصل الحزمة ككل في قطاع واحد.

ح - لا يسمح بعمل وصلات بالتراكب في الأسياخ التي يزيد قطرها على ٢٨مم وتوصل هذه الأقطار بواسطة اللحام أو الوصلات الميكانيكية.

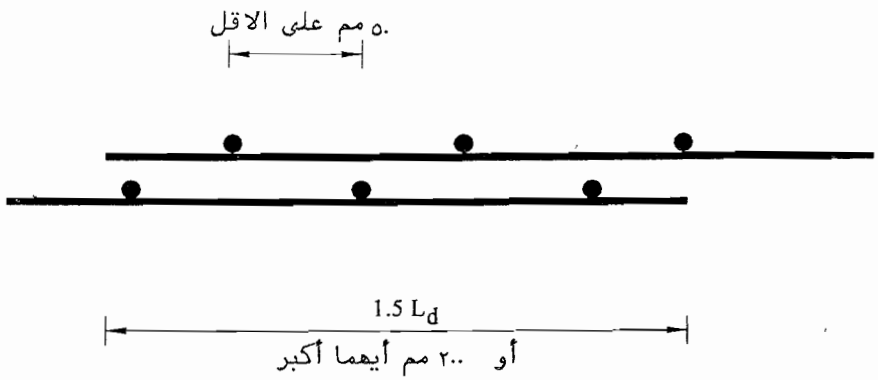
ط - عند وصل شبكات الأسياخ الملحومة المعرضة لإجهادات شد يجب ألا يقل طول الوصلة عن القيم التالية:

١ - للأسـياخ ذات النـتوءات يؤخذ طول وصلة التراكب يساوى ١,٣طول التماسـك بحيث لا يقل عن ١٥٠ مم (شكل ٤-٢١).

٢ - للأسياخ الملساء يؤخذ طول وصلة التراكب يساوى ١,٥ طول التماسك أو ٢٠٠مم أيهما أكبر (شكل ٤-٢٢).



شكل (٤-٢١) الوصلات بالتراكب لشبك ذى نتوءات أو عضات



شكل (٤-٢٢) الوصلات بالتراكب لشبك أملس

٤-٢-٥-٤-٣ الوصلات باللحام والوصلات الميكانيكية

Welded and Mechanical Splices

أ - يُسمح بوصل الأسياخ باللحام طبقاً للمواصفات القياسية للحام عند نقط التقابل لسيخين مع مراعاة أن يظل محورا السيخين الملحومين على استقامة واحدة.

ب - يجب أن يقاوم المقطع الملحوم وكذلك الوصلة الميكانيكية وفقاً للبند (٧-٣-٢-٢) إجهاد شد أو ضغط لا يقل عن ١٢٥% إجهاد خضوع الأسياخ الموصولة.

جـ- في حالة عدم استيفاء المقطع الملحوم أو الوصلة الميكانيكية الشرط الوارد فى البند (ب) السابق يمكن قبول الوصلة بشرط ألا تقل المسافة بين الوصلات عن ٦٠٠ مم، وعلى ألا يقل إجهاد مقاومة الوصلة في الشد أو الضغط عن إجهاد الخضوع.

د - يُستعمل اللحام الكهربائي فقط في عمل اللحام .

هـ- لا يُسمح باللحام في حدود مسافة أقل من ١٠٠ مم من نقطة بداية دوران أي سيخ وبشرط ألا يقل القطر الداخلي للدوران عن ١٢ مرة قطر السيخ.

و - لا يُسمح بوصل الأسياخ المعاملة على البارد باستعمال اللحام إلا بعد المعالجة الحرارية لمنطقة اللحام.

ز - لا يُسمح بوصل الأسياخ باللحام في المنشآت المعرضة لأحمال ديناميكية مترددة.

٤-٣ حالات حدود التشغيل Serviceability Limit States

يتناول هذا البند كيفية تحقيق البنود الأساسية فى تصميم المنشآت الخرسانية التي تضمن استيفاء حالات حدود التشغيل. ويتم حساب حالات حدود التشكل والترخيم وفقاً للبند(٤-٣-١) وحالات حد التشرخ وفقاً للبند(٤-٣-٢).

٤-٣-١ حالات حدود التشكل والترخيم (سهم الانحناء)

Deformation and Deflection Limit States

أ - يجب أن تكون العناصر الإنشائية ذات خصائص و جساءة كافية لمنع الترخيم و التشكلات التـــي تؤثـــر بالسلب على مظهر وكفاءة المنشأ أو تحد من صلاحية استخدامه، أو تؤثر بالسلب على العناصر غير الإنشائية كالأرضيات و القواطيع.

ب - يـــتم استيفاء حالات حدود التشكل والترخيم من خلال حساب التشكل والترخيم وفقاً للبند (٤-٣-١-١).

جـــ- يمكـــن الاستغناء عن شرط حساب التشكل والترخيم في الحالات التي تستوفى اشتراطات البند (٤-٣-١-٣).

د - يجب ألا يقل السمك الأدنى للبلاطات المصمتة ذات الاتجاه الواحد عن القيم المعطاة فى البند (٦-٢-١-٢) وللبلاطات المصمتة ذات الاتجاهين عن القيم المعطاة فى البنـــد (٦-٢-١-٣) وللبلاطات المسطحة اللاكمرية عن القيم المعطاة فى البند (٦-٢-٥-٢).

٤-٣-١-١ حساب التشكل والترخيم

٤-٣-١-١-١ حساب الترخيم اللحظي Immediate Deflection

أ - يمكن حساب الترخيم اللحظي Immediate deflection على أساس الطرق المعروفة فى نظريات المرونة مع اعتبار معاير المرونـــة طبقاً للمعادلة (٢-١) من البند (٢-٣-٣-١) وعلـــى أن يحسب عزم القصور الذاتي الفعال للقطاع I_e وفقاً للمعادلة (٤-٦٠) مع الأخذ في الاعتبار ما سيأتى في البند (٤-٣-١-١-١-ب).

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr} \qquad (4\text{-}60)$$

حيث :

I_{cr} = عزم القصور الذاتى للقطاع الفعال المكافئ بعد التشريخ على ألا يزيد على I_g

I_g = عـــزم القصور الذاتى لكامل القطاع الخرسانى حول محور الخمول وبدون اعتبار تأثير الشروخ مع إهمال صلب التسليح

M_a = قيمة أكبر عزم للانحناء المعرض له القطاع عند حساب الترخيم

M_{cr} = أقل عزم انحناء يسبب التشرخ فى الخرسانة ويؤخذ من المعادلة:

$$M_{cr} = \frac{f_{ctr} \cdot I_g}{y_t} \qquad (4\text{-}61\text{-}a)$$

حيث :

y_t = المسافة من محور الخمول حتى الطرف الأقصى للألياف المشدودة فى القطاع مع عدم اعتبار تأثير الشروخ وصلب التسليح.

f_{ctr} = إجهاد حد التشرخ للخرسانة المعرضة للشد الناتج عن الانحناء الخالص وتؤخذ من نتائج الاختبارات المعملية . ويمكن أخذها من المعادلة:

$$f_{ctr} = 0.6\sqrt{f_{cu}} \qquad N/mm^2 \qquad (4\text{-}61\text{-}b)$$

حيث :

f_{cu} بوحدات ن/مم٢

ب – في الأعضاء المستمرة يمكن اعتبار عزم القصور الذاتى الفعال فى حساب التشكل متوسط قيمتي هذا العزم فى قطاعى العنصر المعرضين لأقصى عزمى انحناء سالب وموجب.

٤-٣-١-١-٢ زيادة مقدار الترخيم مع الزمن Long-term Deflection

يسبب الزحف والانكماش للعناصر الخرسانية المعرضة لعزوم انحناء ترخيماً إضافياً يزداد مع الزمن ، وتتأثر قيمته القصوى بكمية تسليح الضغط في القطاع. ويمكن حساب الترخيم الإضافي المتولد بضرب قيمة الترخيم اللحظي نتيجة للأحمال الدائمة والمحسوبة طبقاً للقواعد السابقة في المعامل α الذي يؤخذ بقيمة ٢ في القطاعات التي لا تحتوى على تسليح ضغط (Compression steel) ؛ وفى الحالات الأخرى تؤخذ قيمة α من العلاقة التالية :

$$\alpha = 2 - 1.2\left(\frac{A'_s}{A_s}\right) \geq 0.6 \qquad (4\text{-}62)$$

مع مراعاة ما جاء في البند (٤-٢-١-٢-د)

٤-٣-١-١-٣ الترخيم الكلى

يُحسب الترخيم الكلى كمجموع الترخيم اللحظي وفقاً للبند ٤-٣-١-١-١ والترخيم الذى يحدث مع الزمن من البند ٤-٣-١-١-٢ .

٤-٣-١-٢ الحدود المسموح بها للترخيم للكمرات والبلاطات

أ – يجب ألا تزيد قيم الترخيم الكلى للكمرات والبلاطات ذات الاتجاه الواحد والبلاطات ذات الاتجاهين والكوابيل للمنشآت العادية تحت تأثير جميع الأحمال آخذاً في الاعتبار تأثير

الحرارة والترخيم مع الزمن الناتج عن الانكماش والزحف طبقاً للبند (٤-٣-١-١-٢) على الحدود التالية مقاسة من منسوب الارتكاز بشرط استيفاء متطلبات البند (٤-٣-١-١-١-أ) :

١ - للكمرات والبلاطات ذات الاتجاه الواحد والبلاطات ذات الاتجاهين

$$\frac{L}{250} \qquad (4\text{-}63\text{-}a)$$

٢ - الكوابيل

$$\frac{L}{450} \qquad (4\text{-}63\text{-}b)$$

ب - يجب ألا تزيد قيم الترخيم اللحظى Immediate deflection الناتج عن الأحمال الحية للكمرات والبلاطات المحملة بعناصر غير إنشائية ذات طبيعة لا تتأثر بالترخيم على القيمة التالية :

$$L/360 \qquad (4\text{-}63\text{-}c)$$

جـ- يجب ألا يزيد مقدار جزء الترخيم الكلى الإضافي الذي يحدث بعد تنفيذ التشطيبات للأرضيات و القواطيع والناتج عن جميع الأحمال شاملة تأثير الحرارة و الانكماش والزحف طبقاً للبند (٤-٣-١-١-٢) وذلك للكمرات والبلاطات المحملة بعناصر غير إنشائية تتأثر بالترخيم متلاصقة بها مثل الواجهات الزجاجية على القيم التالية:

$$L/480 \qquad (4\text{-}63\text{-}d)$$

حيث:

L = المسافة بين نقط الانقلاب للكمرات والبلاطات أو طول الكابولى ؛ ويتم حساب L على أساس طول البحر القصير للبلاطات ذات الاتجاهين والبحر الطويل للبلاطات المسطحة اللاكمرية

٤-٣-١-٣ نسبة البحر الخالص إلى العمق الكلى ما لم يتم حساب الترخيم

٤-٣-١-٣-١ الكمرات والبلاطات ذات الاتجاه الواحد و الكوابيل

أ - يمكن الاستغناء عن حساب الترخيم للكمرات ذات القطاعات المستطيلة والبلاطات ذات الاتجاه الواحد في حالة المباني العادية ذات البحور أقل من ١٠ متر و للكوابيل ذات أطوال لا تتعدى ٢متر إذا لم تتعد نسبة البحر الخالص L_n إلى العمق الكلى الثابت t النسب المعطاة فى جدول (٤-١٠).

جدول (٤-١٠) نسبة البحر الخالص إلى العمق الكلى (L_n / t) ما لم يتم حساب الترخيم للكمرات ذات القطاعات المستطيلة والبلاطات ذات الاتجاه الواحد للبحور أقل من ١٠ متر والكوابيل ذات الأطوال أقل من ٢ متر

العنصر	بسيطة الارتكاز	مستمرة من ناحية واحدة	مستمرة من جانبين	الكابولى
البلاطات المصمتة	25	30	36	10
البلاطات ذات الأعصاب والكمرات المدفونة	20	25	28	8
الكمرات الجاسئة	16	18	21	5

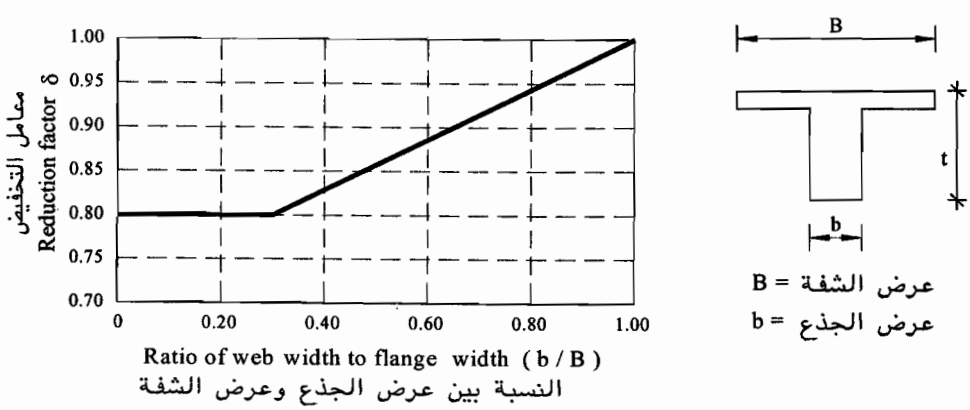
ب - تسرى القيم الموضحة بهذا الجدول في حالة استخدام صلب عالي المقاومة ٤٠٠/٦٠٠ ، أما فى حالة استخدام صلب من نوعيات أخرى فتتم قسمة القيم الموضحة في الجدول على المعامل المعطى بالمعادلة (٤-٦٤)

$$0.40 + \frac{f_y}{650} \qquad (4\text{-}64)$$

جـ- لاتسري القيم الموضحة في جدول (٤-١٠) إذا كانت الكمرات و البلاطات ذات الأعصاب حاملة لعناصر ممكن أن يحدث بها عيوب غير مقبولة نتيجة الترخيم.

د - لاتسري القيم الموضحة في جدول (٤-١٠) في حالة البحور التي تتجاوز عشرة أمتار والكوابيل التى يتجاوز طولها ٢ متر أو فى حالة الأحمال الثقيلة أو غير المنتظمة ، أو المباني غير العادية و يجب التحقق حينئذ من عدم تجاوز سهم الانحناء للقيم المسموح بها في البند (٤-٣-١-٢).

هـ- بالنسبة للكمرات ذات القطاعات على شكل حرف T تعدل القيم الموضحة بالبند (٤-٣-١-٣-١-أ) بضربها فى المعاملات δ المستنتجة من الشكل (٤-٢٣).



شكل (٤-٢٣) تعديل نسب L_n/t للقطاعات على شكل حرف T

٤-٣-١-٣-٢ حالة البلاطات ذات الاتجاهين المرتكزة على كمرات جاسئة

يمكن الاستغناء عن حساب الترخيم للبلاطات ذات الاتجاهين فى المبانى العادية ذات البحور أقل من ١٠ متر والمعرضة لأحمال منتظمة وغير ثقيلة والمتصل بها عناصر غير إنشائية لا تتأثر بالترخيم إذا لم يقل سمك البلاطة t عن ١٠٠ مم أو القيمة المعطاة فى المعادلة (٤-٦٥) أيهما أكبر.

$$t = \frac{a\left(0.85 + {f_y}/{1600}\right)}{15 + \frac{20}{b/a} + 10\beta_p} \qquad (4\text{-}65)$$

حيث : a = البعد الأصغر للبلاطة

b = البعد الأكبر للبلاطة

β_P = النسبة بين الحواف المستمرة للبلاطة إلي الطول الكلى لمحيطها

f_y = إجهاد الخضوع لصلب التسليح بوحدات نيوتن/مم^2

٤-٣-٢ حالات حدود التشرخ Limit States of Cracking

٤-٣-٢-١ لحماية العناصر الخرسانية من الشروخ المعيبة فى أسطح الشد التى تؤثر سلبياً على كفاءة ومقاومة العنصر للعوامل البيئية يجب اختيار العوامل التى تؤثر على عرض الشروخ، وهى الغطاء الخرسانى وتوزيع ونوع وقطر وقيمة الإجهادات فى صلب التسليح المعرض للشد والتى تضمن استيفاء حالة حد التشرخ طبقاً لشروط هذا البند.

٤-٣-٢-٢ لاستيفاء حالة حد التشرخ يتم تقسيم عناصر المنشآت من ناحية درجة تعرض سطحها فى الشد عند قطاع ما إلى العوامل البيئية التى تؤثر سلبياً على متانة المنشأ إلى التقسيم المبين فى جدول (٤-١١).

٤-٣-٢-٣ أسس اختيار العوامل التى تؤثر على عرض الشروخ

يجب التأكد من استيفاء الشروط الواردة فى هذا البند عند تقييم حالة التشرخ فى السطح المعرض للشد من العنصر.

أ-١ عند تصميم العناصر الخرسانية المسلحة والتى يكون فيها الشرخ عموديا تقريباً على اتجاه صلب التسليح يجب استيفاء العلاقة التالية:

$$w_k = \beta \cdot s_{rm} \cdot \varepsilon_{sm} \qquad (4\text{-}66)$$

حيث :

$$s_{rm} = \left(50 + 0.25\, k_1\, k_2 \frac{\phi}{\rho_r}\right) \qquad mm$$

$$\varepsilon_{sm} = \frac{f_s}{E_s}\left(1 - \beta_1\, \beta_2 \left(\frac{f_{sr}}{f_s}\right)^2\right)$$

بشرط أن تكون قيم w_k أقل من أو تساوى القيم القصوى w_{kmax} المعطاة بالجدول (٤-١٢).

جدول (٤-١١) تقسيم عناصر المنشآت حسب تعرض أسطح الشد بها للعوامل البيئية

القسم	درجه تعرض سطح الشد للعوامل البيئية
الأول	العناصر التى أسطح الشد بها محمية: وهذه العناصر تشمل: أ - جميع العناصر الداخلية المحمية فى المنشآت العادية كالمبانى. ب- العناصر المغمورة بصفة دائمة أسفل المياه التى لا تحتوى على مواد ضارة أو فى حالة جفاف دائم. جـ- الأسقف النهائية المعزولة جيداً ضد الرطوبة والأمطار.
الثانى	العناصر التى أسطح الشد بها غير محمية: وهذه العناصر تشمل: أ- جميع المنشآت فى العراء مثل الكبارى والأسقف غير المعزولة عزلاً جيداً. ب- منشآت القسم الأول المجاورة للشواطئ. جـ- العناصر المعرضة أسطحها للرطوبة نظراً لعدم إمكان إبعادها عن تأثيرها مثل الصالات المفتوحة أو الجراجات.
الثالث	العناصر التى أسطح الشد بها معرضة لعوامل ضارة : وهذه العناصر تشمل: أ- العناصر المعرضة لنسبة رطوبة عالية. ب- العناصر المعرضة إلى حالات متكررة من التشبع بالرطوبة. جـ- خزانات المياه. د- المنشآت المعرضة لأبخرة وغازات ومواد كيماوية ذات تأثير غير شديد.
الرابع	العناصر التى أسطح الشد بها معرضة لعوامل ذات تأثيرات مؤكسدة وضارة تسبب صدأ الصلب : وهذه العناصر تشمل: أ- العناصر المعرضة لعوامل ذات تأثير مؤكسد ضار يسبب صدأ الصلب بما فى ذلك الأبخرة والغازات التى تحتوى على كيماويات وغيرها. ب- الخزانات الأخرى والمجارى والمنشآت المعرضة لماء البحر.

جدول (٤-١٢) قيم المعامل w_{kmax} مم

القسم	الأول	الثانى	الثالث	الرابع
w_{kmax}	0.30	0.20	0.15	0.10

حيث :

ϕ = قطـــر السيخ المستعمل بالقطاع بوحدات مم ؛ وفى حالة استخدام أكثر من قطر فى القطاع يتم اعتبار المتوسط. وفى حالة الأسياخ المجمعة يؤخذ القطر المكافئ للحزمة طبقاً للبند (٧-٣-٤)

β = معامل يربط العلاقة بين المتوسط والقيمة التصميمية لعرض الشرخ ويؤخذ كما يلى:

١,٧٠ فى حالة الشروخ الناتجة عن الأحمال

١,٣٠ فـــى حالة الشروخ الناتجة عن التقييد فى القطاعات ذات عرض أو عمق (أيهما أصغر) أقل من أو يساوى ٣٠٠ مم

١,٧٠ فـــى حالة الشروخ الناتجة عن التقييد فى القطاعات ذات عرض أو عمق (أيهما أصغر) أكبر من ٨٠٠ مم

ويمكن حساب قيمة β لأبعاد بين ٣٠٠ مم و ٨٠٠ مم للتقييد المسبب للشروخ بالتناسب الخطى طبقا للأبعاد الفعلية للقطاع.

β_1 = معامل يعكس تأثير خواص التماسك لصلب التسليح على الزيادة المتوسطة للانفعـــال فـــى الـــصلب بالنسبة للخرسانة حول الصلب ويؤخذ بقيمة ٠,٨ للأسياخ ذات العضات و ٠,٥ للأسياخ الملساء

β_2 = معامـــل يأخذ تأثير فترة التحميل على قيمة الزيادة المتوسطة للانفعال فى الصلب بالنسبـــة للخرسانـــــــة حوله ويساوى ١,٠ للحمل ذى فترة زمنية قـــصيرة (Short term) ، ٠,٥ للأحمـــال الثابـــتة الدائمة أو الأحمال ذات الدورات المتعددة

k_1 = معامل يعكس تأثير التماسك بين الخرسانة وصلب التسليح فى المسافة بين الشروخ ويساوى ٠,٨ للأسياخ ذات العضات ، ١,٦ للأسياخ الملساء. وفى حالة التـــشكل نتيجة التقييد (Imposed deformation) تعدل قيمة k_1 إلى kk_1 وتؤخذ قيمة k كما يلى:

- فى حالة إجهادات الشد الناتجـــة من التقييد عـــموماً : $k = 0.8$

وإذا كان القطاع مستطيلاً تؤخذ k كما يلى:

- فى حالـــة قطاع مستطيل بارتفاع أقل من أو يساوى ٣٠٠مم : $k = 0.8$

- فى حالة قطاع مستطيل بارتفاع أكبر من أو يساوى ٨٠٠مم : $k = 0.5$

ويمكن حساب قيمة k لأبعاد بين ٣٠٠ مم ، ٨٠٠ مم بالتناسب الخطى طبقاً للأبعاد الفعلية للقطاع.

- فى حالة إجهادات الشد الناتجة من التقييد للتشكل الخارجى

(Restraint of extrinsic deformations) : $k = 1.0$

k_2 = معامـــل يعكس تأثير شكل توزيع الانفعالات فى القطاع على المسافة بين الـــشروخ ويساوى ٠,٥ فى حالة القطاع تحت تاثير عزم انحناء ، ويساوى ١,٠ فـــى حالة قطاع تحت تأثير قوة شد محورية. وفى حالة تعرض القطاع لعزوم انحناء مصحوبة بقوى شد محورية تؤخذ k_2 من العلاقة التالية:

$$k_2 = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2\,\varepsilon_1} \qquad (4\text{-}67)$$

حيث :

ε_1 و ε_2 هـــى انفعال الشد الأكبر والأصغر على التوالى وتحسب هذه الانفعالات على حدود القطاع لحالة التشرخ (Cracking stage)

ρ_r هى نسبة تسليح الشد الفعال وتساوى $\rho_r = \frac{A_s}{A_{cef}}$

A_s = مساحة صلب التسليح جهة الشد

A_{cef} = مـــساحة قطـــاع الخرسانة الفعال فى الشد (تحدد من الشكل ٤-٢٤) وتـــساوى عرض القطاع مضروبا فى العمق t_{cef} حيث قيمة t_{cef} تساوى مـــرتين ونصف المسافة من سطح الشد للقطاع إلى مركز صلب تسليح الشد وبحيث لا تزيد فى البلاطات عن $\frac{(t - c)}{3}$ حيث:

c = ارتفاع محور الخمول مقاسا من ناحية الضغط

t = سمك العنصر الخرسانى

f_s = الإجهـــاد فـــى صـــلب التـــسليح ناحية الشد فى القطاع بعد التشرخ والمحسوب على أساس قطاع مشرخ تحت تأثير أحمال التشغيل ن/مم^2. وبشرط ألا تزيد عن القيمة المعطاة فى جدول (٥-١)

f_{sr} = الإجهـــاد فـــى صلب التسليح ناحية الشد فى القطاع والمحسوب على أســـاس قطاع مُشرخ عند حدوث أول شرخ تحت تأثير الأحمال المسببة لأول حالة تشرخ

أ-٢ فـــى الحـــالات التـــى يتعـــرض فـــيها العنصر إلى إجهادات نتيجة تقييد تغير أبعاد المنشأ (Intrinsic imposed deformation) مثل التقييد ضد الانكماش يمكن أخذ f_s تساوى f_{sr}.

أ-٣ فـــى الحـــوائـــــط المعرضـــــــة إلـــى انكماش مبكر نتيجـــــة الحـــــــرارة (Early thermal contraction) حـــيث أن الجزء السفلى من الحائـــط مقيد فى قاعدة الحائط التى تم صبها سابقاً فيســـمح فى هذه الحالـــــة بالتعويض بارتفاع الحائط بوحدات مم فى معادلة (٤-٦٦) بدلا من المقـــدار s_{rm}.

أ-٤ فـــى العناصر ذات صلب تسليح فى الاتجاهين x ، y والتى يكون فيها ميل الشرخ بزاوية أكبـــر من ١٥° على اتجاه صلب التسليح يتم استيفاء المعادلـــــة (٤-٦٦) باســـــتبدال المقـــدار $\frac{1}{\frac{\cos\theta}{s_{rmx}}+\frac{\sin\theta}{s_{rmy}}}$ بالمقدار s_{rm}

حيث :

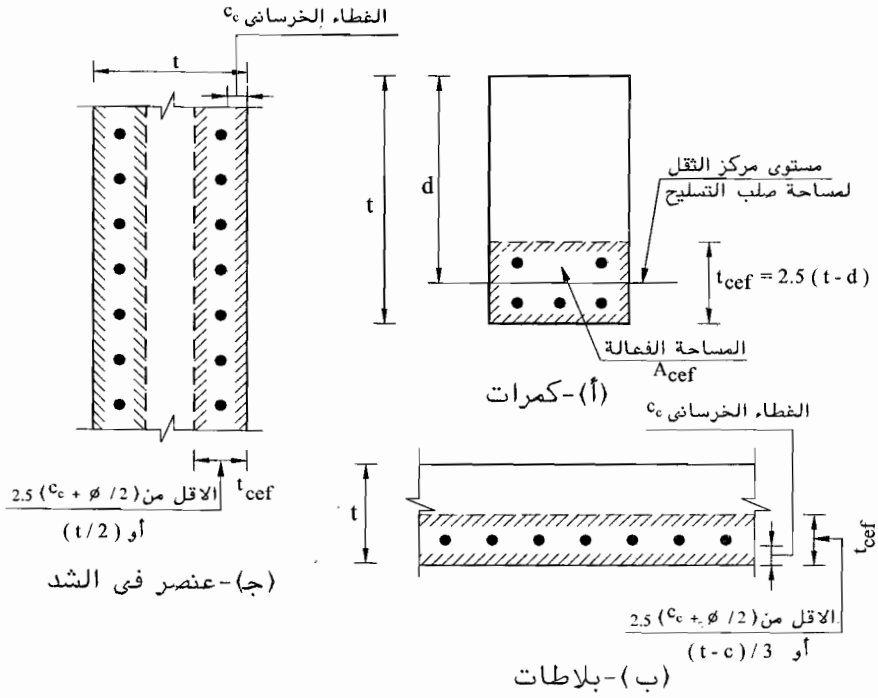
θ = زاويـــة المـــيل بين صلب التسليح فى اتجاه المحور x واتجاه إجـــــهادات الشـــد الرئيسيـــــــــة

s_{rmx} ، s_{rmy} = المقدار $\left(50+0.25\,k_1\,k_2\,\frac{\phi}{\rho_r}\right)$ محسوبة فى الاتجاهين x , y على التوالى

ب - يجـــب ألا يقل سمك الغطاء الخرسانى لتسليح الشد فى القطاع فى جميع الحالات عن القيم المعطـــاة فـــى الجدول (٤-١٣) وبحيث لا يقل عن قطر أكبر سيخ مستعمل فى التسليح، ويجـــب مراعاة زيادة سمك الغطاء الخرسانى للتسليح فى الحالات المنصوص عليها فى البند (٩-٧).

جـــ- يجـــب اســـتيفاء المسافات القصوى والدنيا لصلب التسليح طبقاً للبنود الواردة فى البابين السادس والسابع من هذا الكود.

د - يجـــب التأكد من إجهادات الشد فى الخرسانة لقطاعات منشآت القسمين الثالث والرابع وذلك للمنشآت المانعة لنفاذية السوائل المعرضة لأحمال التشغيل طبقاً لما هو وارد فى البند (٤-٣-٢-٧).



شكل (٤-٢٤) مساحة قطاع الخرسانة الفعال فى الشد

جدول (٤-١٣) الحد الأدنى لسمك الغطاء الخرسانى

قسم تعرض سطح الشد	سمك الغطاء الخرسانى * (مم)			
	عام لجميع العناصر عدا الحوائط والبلاطات المصمتة		للحوائط والبلاطات المصمتة	
	$f_{cu}^{**} \le 25$	$f_{cu}^{**} > 25$	$f_{cu}^{**} \le 25$	$f_{cu}^{**} > 25$
الأول	25	20	20	20
الثانى	30	25	25	20
الثالث	35	30	30	25
الرابع	45	40	40	35

* يجب ألا يقل سمك الغطاء الخرسانى بأى حال عن قطر أكبر سيخ مستعمل فى التسليح .

** بوحدات ن/مم^2.

٤-٣-٢-٤ الحالات التى يمكن الاستغناء فيها عن إجراء حسابات حالة حد التشرخ فى سطح العنصر المعرض للشد

يمكـــن اعتبار أن اشتراطات حالة حد التشرخ (بند ٤-٣-٢-٣-أ) قد استوفيت إذا ما تم الوفاء بأي من الاشتراطات التالية:

أ - بالنسبة للمبانى العادية الواردة فى القسمين الأول والثانى والتى لا تزيد فيها الأحمال الحية على ٥ كيلونيوتن/م^{٢} للحالتين التاليتين:

١- للبلاطات المصمتة ذات سمك لا يزيد على ١٦٠ مم.

٢- للكمرات على شكل حرف T أو L التى توجد بها الشفة ناحية الشد ، بشرط ألا تقل نسبة عرض شفة القطاع إلى عرض الجذع عن ٣.

ب - بالنسبة للعناصر المعرضة لعزوم انحناء مصحوبة بقوى ضغط محورية قيمتها تتعدى $0.2\ f_{cu}\ A_c$ عند مستوى أحمال التشغيل.

جـ- إذا كانت قيم إجهادات الشد فى صلب التسليح عند مستوى أحمال التشغيل للقطاعات المعرضة لعزوم انحناء أو أحمال لا محورية أقل من أو تساوى القيم المعطاة فى الجدولين (٤-١٤) ، (٤-١٥) وذلك طبقاً لأقطار الأسياخ المستخدمة ونوعيات المنشآت من حيث تعرض سطح الشد فيها للعوامل البيئية ، وبشرط عدم زيادة نسبة صلب التسليح فى القطاع على القيم المعطاة فى البند (٤-٢-١-٢-جـ).

د - عند استخدام نظرية حالات الحدود يمكن اعتبار أن اشتراطات حالة التشرخ بالنسبة لإجهادات صلب التسليح (بند ٤-٣-٢-٣-أ) قد استوفيت إذا ما تم ضرب إجهادات الخضوع لصلب التسليح المستخدم f_y فى المعامل β_{cr} المعطى فى الجدولين (٤-١٤)، (٤-١٥) حسب أقطار الأسياخ المستخدمة ونوعية المنشأ من حيث نوعية تعرض سطح الشد بها ، وذلك عند تصميم القطاعات المعرضة لعزوم انحناء أو قوى لا محورية طبقاً للبند (٤-٢-١)، وبشرط عدم زيادة نسبة صلب التسليح فى القطاع على القيم المعطاة فى البند (٤-٢-١-٢-جـ) لنوعية الصلب المختلفة على أن تؤخذ قيم $\gamma_c = 1.5$, $\gamma_s = 1.15$.

هـ- يجب استيفاء ما ورد بالنسبة لإجهادات الشد فى الخرسانة الواردة فى البند (٤-٣-٢-٦) وذلك بالنسبة لمنشآت القسمين الثالث والرابع فى أسطحه المعرضة للعوامل المذكورة فى الجدول (٤-١١).

٤-٣-٢-٥ فى جميع القطاعات المعرضة إلى قوى شد محورية أو قوى شد لا محورية ينتج عنها إجهادات شد على كامل المقطع ، يجب إجراء حسابات حد التشرخ بالنسبة لإجهادات صلب التسليح طبقاً للبند (٤-٣-٢-٣-أ) وكذلك عند استخدام شبك صلب ملحوم أملس.

جدول (٤-١٤) إجهادات تشغيل الصلب ومعاملات خفض إجهادات خضوع الصلب β_{cr} التى تستوفى شروط حالة حد التشرخ للصلب الأملس

إجهاد تشغيل الصلب ن/مم٢	β_{cr}	أسطح شد القسم الأول قطر السيخ مم	أسطح شد القسم الثانى قطر السيخ مم	أسطح شد القسمين الثالث والرابع قطر السيخ مم
140	1.00	25	18	12
120	0.84	28	20	18
100	0.69	—	—	28

جدول (٤-١٥) إجهادات تشغيل الصلب ومعاملات خفض إجهادات خضوع الصلب β_{cr} التى تستوفى شروط حالة حد التشرخ للصلب عالى المقاومة ذى النتوءات

إجهاد تشغيل الصلب ن/مم ٢	β_{cr} صلب 520/ 360	β_{cr} صلب 600/ 400	أسطح شد القسم الأول قطر السيخ مم	أسطح شد القسم الثانى قطر السيخ مم	أسطح شد القسمين الثالث والرابع قطر السيخ مم
220	1.00	0.92	18	12	8
200	0.93	0.83	22	16	10
180	0.85	0.75	25	20	12
160	0.75	0.67	32	22	18
140	0.65	0.58	–	25	22
120	0.56	0.50	–	–	28

٤-٣-٢-٦ لعناصر منشآت القسمين الثالث والرابع والتى يشترط لها أن تكون مانعة لنفاذية السوائل ، يجب التأكد من أن إجهادات الشد فى القطاعات المحسوبة طبقاً للبند (٤-٣-٢-٧) لا تتعدى القيم المعطاة فى المعادلة (٤-٦٩).

٤-٣-٢-٧ إجهادات الشد فى القطاعات الخرسانية

أ - عند حساب إجهادات الشد فى الخرسانة يعتبر القطاع بكامل مساحته فعالاً بالنسبة للخرسانة تحت تأثير أحمال التشغيل . وعند أخذ صلب التسليح فى الاعتبار تؤخذ نسبة معاير مرونة الصلب إلى معاير مرونة الخرسانة كالتالى:

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 10 \qquad (4\text{-}68)$$

ب - يتم حساب إجهادات الشد f_{ct} فى القطاع من المعادلة التالية:

$$f_{ct} = \left[f_{ct(N)} + f_{ct(M)}\right] \le \frac{f_{ctr}}{\eta} \qquad (4\text{-}69)$$

حيث :

f_{ctr} = إجهاد حد التشرخ للخرسانة المعرضة للشد والمعطاة من المعادلـــة (٤-٦١ب)

$f_{ct(N)}$ = إجهاد الشد الناتج عن قوى شد محورية ، وتؤخذ هذه القيمة سالبة فى حالة ما إذا كانت الإجهادات ضغط

$f_{ct(M)}$ = إجهادات الشد الناتجة عن عزم الانحناء

η = معامل يتم تحديده من جدول (٤-١٦) طبقاً للسمـــك الافتراضي للقطاع t_v المعطى من المعادلة التالية:

$$t_v = t\left[1 + \left(\frac{f_{ct(N)}}{f_{ct(M)}}\right)\right] \qquad (4\text{-}70)$$

حيث t = سمك القطاع

جدول (٤-١٦) قيم المعامل η

السمك الافتراضي للقطاع t_v (مم)	المعامل η
أقل من أو يساوى 100	1.00
200	1.30
400	1.60
أكبر من أو يساوى 600	1.70

جـــ – يفضل فى حالة القطاعات على شكل حرف T أو L أن يؤخذ عرض الشفة الفعال يساوى نصف عرض الشفة الوارد بالبند (٦-٣-١-٩).

د – فى المنشآت التى يشترط أن تكون مانعة لنفاذيـــة السوائل يتم التأكد من إجهادات الشد فـــى القطاع بطريقة المرونة مع الأخذ فى الاعتبار إجهادات التشغيل للصلب طبقاً للجـــدولين (٤-١٤) و(٤-١٥) وكحل مرادف يمكن حسابها بطريقة حالات الحدود مع إدخال قيمـــة β_{cr} الموجودة فى الجدولين المذكورين.

الباب الخامس

التصميم بطريقة المرونة (طريقة إجهادات التشغيل)

Elastic Design Method (Working Stress Method)

٥-١ اعتبارات عامة

يتناول هذا الباب الأسس التي تعتمد في تصميم القطاعات الخرسانية المسلحة بطريقة المرونة نتيجة تأثير أحمال وأفعال التشغيل (بند ٣-٢-١-١-أ). ولاستيفاء شروط الأمان عند استخدام طريقة المرونة يجب تحقيق ما يلى:

أ - ألا تتعدى قيم الإجهادات في كل من الخرسانة وصلب التسليح تحت تأثير أحمال التشغيل قيم الإجهادات المسموح بها طبقاً للجدول رقم (٥-١)، وذلك لقطاعات معرضة لعزوم انحناء أو قوى لامركزية أو لقطاعات معرضة لقوى قص أو عزوم لي أو قوى قص مصحوبة بعزوم لي.

ب - أن يتم استيفاء الشروط الخاصة بحالات حدود التشكل والترخيم (بند ٤-٣-١) وحالات حد التشرخ (بند ٤-٣-٢)، وكذلك الشروط الواردة في البند (٦-٤) والخاصة بحالات حدود الاستقرار (الانبعاج) سواء بالنسبة لإجهادات الخرسانة أو الصلب.

جـ- يتم تصميم القطاعات الخرسانية المعرضة لعزوم انحناء أو قوى لامركزية طبقاً لشروط البند (٥-٣)، ولقطاعات معرضة لقوى قص طبقاً للبند (٥-٤)، ولقطاعات معرضة لعزوم لي طبقاً للبند (٥-٥). ويتم تحديد مقاومة الارتكاز طبقاً لبند (٥-٦) والتحقق من التماسك طبقاً للبند (٤-٢-٥).

٥-٢ إجهادات التشغيل المسموح بها Allowable Working Stresses

٥-٢-١ يبين الجدول (٥-١) الإجهادات المسموح بها لتشغيل الخرسانة وصلب التسليح لخرسانة تتراوح مقاومتها المميزة بعد ٢٨ يوماً بين ٢٠ و ٣٠ ن/مم^2 ولنوعيات الصلب المختلفة مع ملاحظة ما جاء بالبنود (٥-١-أ ، ٥-١-ب).

جدول (٥-١) إجهادات التشغيل للخرسانة والصلب

أنواع الإجهادات	المصطلحات	إجهادات التشغيل وفقاً لرتب الخرسانة حسب مقاومتها المميزة للمكعب القياسى بعد ٢٨ يوماً (ن/مم٢)		
مقاومة الخرسانة المميزة (الرتبة)	f_{cu}	20	25	30
الضغط المحوري ($e=e_{min}$)	f^{*}_{co}	5	6	7
الانحناء أو الضغط كبير اللامركزية	f_c^{**}	8.0	9.5	10.5
القص ***				
مقاومة الخرسانة للقص				
بدون تسليح في البلاطات والقواعد	q_c	0.8	0.9	0.9
بدون تسليح في الأعضاء الأخري	q_c	0.6	0.7	0.7
وجود تسليح جذعى فى جميع الأعضاء (القص واللي معا)	q_2	1.7	1.9	2.1
القص الثاقب	q^{*}_{cp}	0.8	0.9	1.0
الصلب ****				
1- صلب طري 240/350	f_s	140	140	140
2- صلب 280/450		160	160	160
3- صلب 360/520		200	200	200
4- صلب 400/600		220	220	220
5- الشبك الملحوم 450/520 أملس		160	160	160
ذو النتوءات أو ذو العضات		220	220	220

* هذه القيمة تمثل أكبر إجهاد ضغط محوري على القطاع عند مستوى أحمال التشغيل.

** هذه الإجهادات في حالة الكمرات والبلاطات التى سماكتها (تخانتها) تزيد على ٢٠٠ مم وتخفض الإجهادات المسموح بها تبعاً لسمك البلاطات عن القيم المعطاة بمقدار ١,٥ ، ٢,٠ ، ٢,٥ ، ٣,٠ ن/مم٢ للبلاطات ذات سمك ٢٠٠ ، ١٢٠ ، ١٠٠ ، ٨٠ مم على التوالى .

*** مع مراعاة ما جاء ببنود (٥-٤) ، (٥-٥).

**** على أن تُخفض إجهادات الصلب لاستيفاء شروط حد التشرخ بند (٤-٣-٢) إذا دعت الظروف لذلك.

٥-٢-٢ تحسب إجهادات الضغط المسموح بها في حالة القطاعات المعرضة لضغط لا مركزي من العلاقه التالية:

$$\left(0.23+0.32\frac{e}{t}\right)f_{cu} \qquad \text{where} \quad \left(\frac{e}{t}\geq 0.05\right) \qquad (5\text{-}1)$$

بحيث لا تتعدى اجهادات الضغط فى الانجناء أو الضغط كبير اللامركزية قيم f_c المعطاة بالجدول (٥-١).

٥-٢-٣ يتم حساب إجهادات الشد المسموح بها للخرسانة لتحقيق اشتراطات حدود التشرخ تحت أحمال التشغيل في المنشآت المعرضة أسطحها في الشد من حيث التعرض البيئي للقسمين الثالث والرابع من جدول (٤-١١)، أو في أى أحوال أخرى تستدعي ذلك طبقاً لشروط البنود (٤-٣-٢-٦ ، ٧).

٥-٣ القطاعات المعرضة لعزوم انحناء أو قوى لامركزية

٥-٣-١ الفروض الأساسية والاعتبارات العامة

يتم تصميم القطاعات المعرضة لعزوم انحناء أو قوى لامركزية باستخدام طريقة المرونة طبقاً للفروض والاعتبارات العامة التالية:

١- توزع الانفعالات على القطاع توزيعاً خطياً وبالتالي فإن الانفعالات في الصلب والخرسانة تتناسب مع بعدها عن محور الخمول، وذلك في كل العناصر عدا الكمرات العميقة فيكون توزيع الانفعالات لا خطياً.

٢- تسلك الخرسانة والصلب سلوك المواد المرنة في حدود أحمال التشغيل.

٣- تُهمل إجهادات الخرسانة في الشد عموماً حيث يقاوم صلب التسليح جميع إجهادات الشد.

٤- تؤخذ نسبة معاير مرونة الصلب E_s إلى معاير مرونة الخرسانة E_c كما يلي:

أ – عند تحديد الأبعاد وحساب الإجهادات:

$$n=\frac{E_s}{E_c}=15 \qquad (5\text{-}2\text{-}a)$$

ب – عند حساب التشكل المرن (Elastic deformation) ، وعند تحديد القيم غير المحددة إستاتيكياً ، وكذلك عند تحديد قيم إجهاد الخرسانة فى الشد فى العناصر التي

تتطلب تحديد الأبعاد الخرسانية للمقطع دون أن تتعدي إجهادات الشد في الخرسانة حداً معيناً دون تشرخ ناتج عن الشد (بند ٤-٣-٢-٦ ، ٧):

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 10 \qquad (5-2-b)$$

ويُعتبر مقطع الخرسانة بأكمله فعالاً في هذه الحالات.

٥ - يجب استيفاء شروط حد التشرخ (بند ٤-٣-٢)عند تحديد قيم إجهادات التشغيل التصميمية للصلب المستخدم.

٦ - إذا ثبت بالاختبارات في معامل معتمدة أن إجهاد الخضوع f_y لأسياخ الصلب الطرى العادي المستديرة من صناعة معينة يزيد على ٢٨٠ ن/مم^2 ، يؤخذ الإجهاد المسموح به مساوياً $(\frac{f_y}{2})$ بحد أقصي ١٦٠ ن/مم^2.

٧ - إذا كانت الإجهادات الناتجة عن تأثير الرياح أو الانكماش أو الزلازل أو تغير درجة الحرارة أو الاحتكاك في الركائز أو الهبوط غير المتساوي المحتمل لمنشأ ما ينتظر زيادتها على ١٥% من الإجهادات الناتجة عن الأحمال الرئيسية ، فيجب في هذه الحالة عند حساب المنشأ اعتبار هذه العوامل . ويمكن عندئذ زيادة الإجهادات المسموح بها في حدود ١٥ % لكل عامل منها وبحد أقصى مقداره ٢٥ % لكل هذه العوامل مجتمعة مع ملاحظة عدم جمع تأثيرات الزلازل مع الرياح.

٨- فى حالة المقاطع المستطيلة المعرضة لانحناء مزدوج يمكن زيادة أقصى إجهاد مسموح به في الضغط عند ركن المقطع المعرض لأقصى إجهاد ضغط بمقدار ١ ن/مم^2 وذلك عن القيم المبينة بالجدول (٥ -١).

٥-٣-٢ القطاعات المعرضة لعزوم انحناء

١ - تُصمم القطاعات المعرضة لعزوم انحناء منفردة أو عزوم انحناء مزدوجة طبقاً للفروض الأساسية والاعتبارات العامة الواردة في البند (٥-٣-١) وبحيث لا تتعدى إجهادات التشغيل في الخرسانة والصلب قيم إجهادات التشغيل المسموح بها طبقاً للجدول (٥-١)، ومع مراعاة ما ورد في البند (٥-٣-١-٥).

٢ - يجب ألا تقل نسبة صلب التسليح في القطاعات المعرضة لعزوم انحناء عن القيم المعطاة في البند (٤-٢-١-٢-ح).

٣ - يجب ألا تتعدى نسب صلب التسليح في القطاعات المستطيلة المزودة بصلب ناحية الشد فقط القيم المعطاة في جدول (٤-١) ، (٤-٢) فى بند (٤-٢-١-٢-جـ) وذلك لنوعيات الصلب المختلفة.

٤ - لا يُسمح بإعادة توزيع العزوم في العناصر غير المحددة استاتيكياً بقيم تتعدي ±١٠% مع مراعاة كافة الشروط الواجب الوفاء بها لإمكان إعادة توزيع العزوم والمعطاة في البند (٤-٢-١-٢-جـ).

٥ - يمكن زيادة مقاومة القطاعات للعزوم عن القيم المذكورة في بند (٤-٢-١-٢-جـ) وذلك باستخدام أسياخ ناحية الضغط، ويشترط عند ذلك الوفاء بما جاء في البند (٤-٢-١-٢-د).

٦ - بالنسبة للقطاعات على شكل T يراعي تخفيض قيم إجهادات الخرسانة المسموح بها والمعطاة في جدول (٥-١) إلى ثُلثي القيمة المذكورة على الأكثر.

٥-٣-٣ القطاعات المعرضة لعزوم انحناء مصحوبة بأحمال محورية

١ - تُصمم القطاعات المعرضة للقوى اللامركزية طبقاً للفروض الأساسية الواردة في البند (٥-٣-١)، والإجهادات المسموح بها وفقاً للبند (٥-٢)، على أنه يفضل حساب القطاعات المعرضة للضغط اللامركزي وفق حالة حد المقاومة القصوى والمعطى في بند (٤-٢-١-٣) والقطاعات المعرضة للشد اللامركزي وفقاً لبند (٤-٢-١-٤).

٢ - بالنسبة للقطاعات الخرسانية المعرضة لقوى ضغط محورية بالإضافة إلى عزوم انحناء بسيطة قيمتها أقل من ($P \cdot e_{min}$) يجب أن تصمم هذه القطاعات على أساس أن قيمة اللامركزية لا تقل عن e_{min} حيث:

$$e_{min} = \frac{M}{P} = 0.05\,t \qquad (5\text{-}3)$$

أو ٢٠ مم أيهما أكبر ، وفي مثل هذه الحالات يمكن أخذ تأثير اللامركزية بطريقة تقريبية وحساب حمل الضغط المحوري المسموح به للقطاع عند مستوى أحمال التشغيل من المعادلات التالية:

في حالة أعمدة ذات كانات منفصلة:

$$P = f_{co}\,A_c + 0.44\,f_y\,A_{sc} \qquad (5\text{-}4\text{-}a)$$

في حالة أعمدة ذات كانات حلزونية مطابقة للوارد في بند (٦-٤-٧-ط ، ك ، ل) يكون أكبر حمل ضغط مسموح به للقطاع عند مستوى أحمال التشغيل هو الأقل من:

$$P = 1.14 f_{co} A_c + 0.51 f_y A_{sc} \qquad (5-4-b)$$

$$P = f_{co} A_k + 0.44 f_y A_{sc} + 0.92 f_{yp} V_{sp} \qquad (5-4-c)$$

وحيث الرموز A_c ، A_{sc} ، A_k ، V_{sp} و f_{yp} في المعادلة (٥-٤) معرفة فى البند (٤-٢-١-٣-جـ -٢) ، وبشرط ألا يقل حجم كانات التسليح الحلزونى إلى حجم قلب القطاع الخرساني المحدد بدائرة الكانة الحلزونية μ_{sp} عن القيمة المعطاة في المعادلة (4-12-e) .

٣- بالنسبة للقطاعات المعرضة لعزوم انحناء منفردة بالإضافة إلى حمل ضغط محوري قيمته لا تتجاوز قيمة P المحددة من المعادلة (٥-٥):

$$P \leq 0.026 f_{cu} A_c \qquad (5-5)$$

يمكن إهمال تأثير القوى المحورية ويُصمم القطاع لمقاومة العزوم فقط طبقاً للبند (٥-٣-٢).

٥-٤ القطاعات المعرضة لقوى القص

٥-٤-١ الكمرات

٥-٤-١-١ تؤخذ القطاعات الحرجة في القص وفقاً للبند (٤-٢-٢-١-١).

٥-٤-١-٢ حساب إجهاد القص الافتراضي في الكمرات

فى حالة الكمرات والبلاطات ذات العمق الثابت يحسب إجهاد القص q من المعادلة:

$$q = \frac{Q}{b.d} \qquad (5-6)$$

حيث Q = قوة القص

b = عرض المقطع المستطيل أو عرض جذع المقطع على شكل T أو غيره

في حالة الكمرات متغيرة العمق تستبدل قوة القص Q_r بالقيمة Q طبقاً للمعادلة التالية:

$$Q_r = Q - \frac{(M.\tan\beta)}{d} \qquad (5\text{-}7)$$

حيث β هى زاوية ميل تغير العمق مُقاسة من محور الكمرة ولا تزيد القيمة tanβ على ٠,٣٣ ويفترض في المعادلة (٥-٧) أن عمق القطاع يزيد مع زيادة عزم الانحناء وخلاف ذلك تُستبدل إشارة موجبة في المعادلة (٥-٧) بالإشارة السالبة

٥-٤-١-٣ يجب ألا تزيد قيمة q للعناصر المعرضة لقوى قص على قيم q_2 المعطاة في الجدول (٥-١) ، مع مراعاة ما جاء في البند (٥-٥-٤) في حالة تعرض القطاع لقوى قص مصحوبة بعزم لي.

٥-٤-١-٤ يجب ألا تتعدى مقاومة الخرسانة لإجهاد القص قيم q_c المعطاة في الجدول (٥-١). وفي حالة تعرض القطاع إلى قوى قص مصحوبة بقوى شد ، فإنه يمكن اعتبار قيم q_c تساوي الصفر.

٥-٤-١-٥ إذا زادت قيمة إجهادات القص q على مقاومة الخرسانة q_c فإنه يجب استخدام تسليح جذعي من نوع أو أكثر من الأنواع الآتية وفقاً للبند (٥-٤-١-٧):

١ – كانات عمودية على محور العنصر.

٢ – كانات مائلة أو أسياخ مكسحة بزاوية لا تقل عن ٣٠° مع المحور مع كانات عمودية على مستوى المحور.

٥-٤-١-٦ تُقدر مقاومة التسليح الجذعي كما يلى:

$$q_s = q - 0.5\, q_c \qquad (5\text{-}8)$$

ويبين شكل (٤-٧) المناطق التي تتطلب تسليحاً جذعياً مع مراعاة ما جاء بالبند (٤-٢-٢-١-٦) الخاص بالحد الأدنى لنسب التسليح الجذعي في المناطق الأخرى.

٥-٤-١-٧ حساب التسليح الجذعي

أ – يحسب إجهاد القص q_{st} الذي تقاومه الكانات العمودية على المحور من المعادلة:

$$q_{st} = \frac{A_{st} \cdot f_s}{s \cdot b} \qquad (5\text{-}9)$$

حيث :

A_{st} = مساحة مقطع فروع الكانات

s = المسافة بين الكانات

ب- فى حالة استخدام كانات مائلة أو أسياخ طولية مكسحة بزاوية α على محور العنصر يُحسب إجهاد القص q_{sb} الذي يقاوم بواسطتها من العلاقة:

$$q_{sb} = \frac{A_{sb} \cdot f_s \cdot (\sin\alpha + \cos\alpha)}{s \cdot b} \qquad (5\text{-}10)$$

حيث:

A_{sb} = مساحة مقطع الكانة أو الأسياخ المكسحة وحيث:

$$q_s = q_{st} + q_{sb} \qquad (5\text{-}11)$$

وفي حالة ما إذا كانت الزاوية $\alpha = 45^o$ يمكن كتابة المعادلة (٥-١٠) في الصورة:

$$q_{sb} = \frac{A_{sb} \cdot f_s \cdot \sqrt{2}}{s \cdot b} \qquad (5\text{-}12)$$

٥-٤-١-٨ متطلبات عامة في اختيار وترتيب التسليح الجذعى

يجب مراعاة كافة المتطلبات الخاصة بالنسب الدنيا وكذلك تفاصيل التسليح الجذعى المعطاة بالبند (٤-٢-٢-١-٦).

٥-٤-٢ البلاطات والقواعد Slabs and Footings

تُحسب إجهادات القص في البلاطات والقواعد كما يلى:

١ - مثل الكمرات سواء في الاتجاه الطولي أو العرضي كما هو وارد في البنود (٥-٤-١-٢) إلى (٥-٤-١-٤) ، مع مراعاة ألا تزيد قيمة إجهاد القص الاعتباري المحسوب من المعادلة (٥-٦) على نصف قيمة q_c المعطاة في جدول (٥-١).

٢ - تُحسب إجهادات القص الثاقب طبقاً للبند (٥-٤-٣).

٥-٤-٣ القص الثاقب Punching Shear

٥-٤-٣-١ يُعتبر القطاع الحرج لحساب إجهادات القص الثاقب حول الأحمال المركزة في البلاطات والأساسات على بعد d/2 من محيط تأثير القوة المركزة (شكل ٤-٩).

٥-٤-٣-٢ يُحسب إجهاد القص الثاقب من العلاقة التالية:

$$q_p = \frac{Q_p}{b_o \cdot d} \qquad (5\text{-}13)$$

حيث b_o هو طول محيط القطاع الحرج (شكل ٤-٩).

٥-٤-٣-٣ يجب عند حساب إجهاد القص الثاقب أخذ تأثير العزوم المنقولة من البلاطات اللاكمرية إلى الأعمدة وذلك طبقاً للبند (٦-٢-٥-٨).

٥-٤-٣-٤ يُحدد سمك البلاطة أو القاعدة اللازم لمقاومة القص الثاقب على أساس أن القص الثاقب يقاوم بواسطة الخرسانة فقط وبدون مشاركة من أسياخ التسليح وبحيث تؤخذ مقاومة الخرسانة الاعتبارية للقص الثاقب القيمة الأصغر من:

$$q_p = 2.5\left(\frac{\alpha \cdot d}{b_o} + 0.2\right) q_{cp} \quad \le q_{cp} \qquad (5\text{-}14\text{-}a)$$

$$q_p = \left[0.5 + \left(\frac{a}{b}\right)\right] q_{cp} \quad \le q_{cp} \qquad (5\text{-}14\text{-}b)$$

حيث قيم q_{cp} طبقاً لما هو وارد في جدول (٥-١)، a و b هما البعدان الأصغر والأكبر لمسطح التحميل مستطيل الشكل . أما فى مسطحات التحميل الأخرى غير المستطيلة فيتم تحديد قيم a و b بعد أخذ مسطح تحميل فعال بحيث يكون محيط المسطح الفعال الناتج أقل ما يمكن ويكون البعد b هو أطول بعد لمسطح التحميل الفعال والبعد a هو أطول بعد عمودى على b من مسطح التحميل كما هو مبين فى شكل (٤-٩-د) لقطاع تحميل على شكل حرف L بند (٤-٢-٢-٣-د). و α معامل يساوى ٤ للعمود الداخلى و ٣ للطرفى و ٢ لعمود الركن.

٥-٥ القطاعات المعرضة لعزوم لي Torsion

٥-٥-١ تؤخذ القطاعات الحرجة في اللي وفقاً للبند (٤-٢-٣-١).

٥-٥-٢ إجهادات القص الاعتبارية الناتجة عن عزوم اللى

أ - تُحسب إجهادات القص الاعتبارية الناتجة عن عزم لي لقطاع مصمت من الخرسانة المسلحة من المعادلة التالية:

$$q_t = \frac{M_t}{(2A_o . t_e)} \qquad (5\text{-}15)$$

حيث A_o , t_e كما هو مُعرف في البند (٤-٢-٣-٢)

ب - إذا كان القطاع على شكل حرف T أو L فيمكن إهمال الجزء الفعال من البلاطة ومعاملة القطاع كقطاع مستطيل بتطبيق المعادلة السابقة (٥-١٥).

أما فى حالة أخذ تأثير الجزء الفعال من البلاطة فيجب اتباع ما هو مذكور في البند (٤-٢-٣-٢) وشكل (٤-١١- ب).

جـ- فى حالة القطاع الصندوقى يعامل القطاع مثل ما هو مذكور فى البند (٤-٢-٣-٢-د).

٥-٥-٣ يُهمل تأثير عزم اللي في المقاطع المعرضة لعزم لي فى حالة ما إذا كان اجهادات القص الاعتبارية الناتجة عن عزم اللي أقل من $0.04\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$ حيث f_{cu} بوحدات ن/مم^2.

٥-٥-٤ يجب أن تستوفى الأبعاد الخرسانية للقطاعات المعرضة لقوي قص بالاضافة إلى عزوم لي و المسلحة بتسليح جذعي بالاضافة إلى تسليح طولي العلاقة التالية:

فى حالة القطاعات المصمتة:

$$\sqrt{(q)^2 + (q_t)^2} \le q_2 \qquad N/mm^2 \qquad (5\text{-}16)$$

فى حالة القطاعات الصندوقية :

$$q + q_t \le q_2 \qquad N/mm^2 \qquad (5\text{-}17)$$

ويتم حساب q من المعادلة (٥-٦) وحساب q_t من المعادلة (٥-١٥) و توخذ قيمة q_2 من الجدول (٥-١) .

٥-٥-٥ صلب التسليح اللازم لمقاومة إجهادات القص الناتجة عن عزم لي مصحوب بقوى قص :

إذا زادت قيمة إجهادات القص المحسوبة من البند (٥-٥-٢) على $0.04\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$ وبحيث لا تزيد على القيم فى البند (٥-٥-٤) ، فإنه يجب استخدام تسليح جذعي وطولي لمقاومة عزوم اللى، كما يجب إضافة هذا التسليح إلى أى تسليح نتيجة إجهاد عزوم الانحناء والقص طبقاً للجدول (٥-٢).

أ – مساحة التسليح العرضي اللازم لمقاومة اللي وهو عبارة عن كانات مقفلة أو شبكات ملحومة وتحدد مساحة فرع الكانة (شكل ٤-١٢) في القطاع كما يلى:

$$A_{str} = \frac{M_t \cdot s}{2 A_o \cdot f_s} \qquad (5\text{-}18\text{-}a)$$

وفى حالة القطاع المستطيل تئول المعادلة السابقة إلى

$$A_{str} = \frac{M_t \cdot s}{1.7 (x_1 \cdot y_1) f_s} \qquad (5\text{-}18\text{-}b)$$

حيث A_{str} و s و x_1 و y_1 تم تعريفها بالبند (٤-٢-٣-٥).

ويجب ألا تقل مساحة مقطع الكانات المقاومة لعزوم اللى وقوى القص عما هو معطى فى المعادلة (٤-٥٢) بند (٤-٢-٣-٥).

ب – وتُحسب مساحة التسليح الطولي الإضافى A_{sl} كما يلى:

$$A_{sl} = \left(\frac{A_{str} \cdot p_h}{s}\right)\left(\frac{f_{yst}}{f_y}\right) \qquad (5\text{-}19)$$

حيث p_h معرفة بالبند (٤-٢-٣-٢).

ويوزع هذا التسليح على المحيط داخل الكانة الخارجية المغلقة ويُشترط ألا تقل مساحة التسليح الطولى عن القيمة المعطاة بالمعادلة (٤-٥٣).

جدول (٥-٢) التسليح العرضي لمقاومة عزوم اللى وقوى القص

	$q_t \le 0.04\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$ N/mm^2	$q_t > 0.04\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$ N/mm^2
$q < q_c$	أدنى نسبة لصلب تسليح القص طبقاً للبند (٤-٢-٢-١-٦)	تسليح لمقاومة q_t
$q > q_c$	تسليح لمقاومة $(q - q_c/2)$	تسليح لمقاومة كل من q_t و $(q - q_c/2)$

مع مراعاة مايلي :

- يجب ألا تزيد المسافة بين الكانات على $\frac{p_h}{8}$ أو ٢٠٠ مم أيهما أصغر.
- فى حالة وجود قطاع به كانات ذات فروع أكثر من فرعين، يجب اعتبار الكانات الخارجية ذات الفرعين فقط فى مقاومة اللى كما فى شكل (٤-١٣).
- يجب ألا يقل قطر الأسياخ المستعملة في التسليح الطولي عن المسافة بين الكانات مقسومة على ١٥ أو قطر ١٢ مم أيهما أكبر.
- يوزع التسليح الطولي الإضافي بانتظام على محيط الكانة المقفلة للقطاع ، وبحيث لا تزيد المسافة بين الأسياخ على ٣٠٠ مم ، كما يجب وضع سيخ طولي في كل ركن.
- يُضاف التسليح الطولي الناتج عن عزوم اللى إلى التسليح الطولي الناتج عن عزوم الانحناء.
- يجب أن يمتد التسليح العرضي والطولي اللازم لمقاومة عزوم اللى مسافة نصف طول محيط الكانات بعد آخر نقطة نظرية تستوجب هذا التسليح.
- لا يُسمح بإعادة توزيع عزوم اللى في المنشآت الخرسانية غير المحددة إستاتيكياً والتي يكون فيها عزم اللى ضروريا للاتزان.

٥-٥-٦ تُحسب جساءة القطاع الخرساني في اللى كما هو في بند (٤-٢-٣-٧).

٥-٦ حمل الارتكاز Bearing Load

٥-٦-١ يجب ألا يزيد حمل الارتكاز على المقطع على $0.30\ f_{cu}\ A_1$

حيث A_1 = مساحة سطح التحميل

٥-٦-٢ عندما يكون السطح المقاوم أكبر من مسطح التحميل يكون أكبر حمل ارتكاز مسموح به للمقطع مساوياً للقيمة المعطاة في البند (٥-٦-١) مضروبة في المعامل $\sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$ على ألا يزيد هذا المعامل على ٢ .

حيث A_2 = أكبر مساحة للسطح المقاوم للارتكاز متماثلة ومتمركزة مع مسطح التحميل A_1 (شكل ٤-١٤) . ويصمم سمك السطح المقاوم على أساس مقاومته لإجهادات القص المبينة فى البند (٤-٢-٢).

٥-٦-٣ عندما تكون المنطقة المقاومة للارتكاز ذات ميول جانبية أو هرمية الشكل تؤخذ A_2 تساوى مساحة القاعدة السفلية لأكبر مخروط أو هرم محصور داخل الشكل الهرمى الناقص والذى تمثل قاعدته العليا سطح التحميل وله ميول جانبية ١ رأسى إلى ٢ أفقى (شكل ٤-١٤).

الباب السادس
التحليل الإنشائي للعناصر الإنشائية

٦-١ اعتبارات عامة

أ - يمكن استخدام أي طريقة من طرق التحليل الإنشائي تحقق اتزان المنشآت وتوافق الانفعالات.

ب - يجب تصميم الأجزاء المختلفة من المنشأ تحت تأثير أكبر قوى داخلية محتملة الحدوث نتيجة للأحمال الدائمة وعند وضع الأحمال الحية في الأوضاع التى ينتج عنها أقصى قوى داخلية.

جـ- يمكن حساب المباني العادية المعرضة لأحمال منتظمة باعتبار كل باكية كاملة التحميل ، أي دون اعتبار للتحميل الجزئي لأي بحر.

د - يُسمح بإهمال تأثير الاستمرار عند حساب ردود الفعل لكل من البلاطات والكمرات المستمرة والتى تكاد تتساوى فيها البحور والأحمال مع زيادة رد الفعل عند أول ارتكاز داخلي بمقدار ١٠% ، وقوى القص عند وجه أول ركيزة داخلية في البحور الطرفية بمقدار ٢٠%.

هـ- يجب أن يؤخذ في الاعتبار تأثير الاستمرار عند حساب ردود الفعل للكمرات على الأعمدة أو الروافد (Girders) إذا كانت البحور الكبرى لهذه الكمرات تتفاوت عن الصغرى بمقدار يزيد على ٢٠% من البحور الكبرى ويمكن فى هذه الحالة حساب ردود الأفعال لكل البواكى وهى محملة.

و - فى حالة البلاطات والكمرات ذات الكوابيل يحسب رد الفعل عند الركيزة الخارجية ، مع الأخذ في الاعتبار الزيادة الناتجة فى قيمته من تأثير عزم الكابولى.

ز - ليس من الضروري في المباني العادية اعتبار تأثير الحرارة والانكماش في الحسابات الاستاتيكية فيما عدا المنشآت التى قد تكون فيها الإجهادات الناتجة عن الحرارة ذات تأثير ملموس. ويجب ترتيب فواصل التمدد في المباني الطويلة لتقليل تأثير الحرارة والانكماش طبقاً للبندين (٩-٥-٧) ، (٩-٥-٨).

ح - لا يؤخذ في الاعتبار تأثير الانفعالات طويلة الأجل على توزيع القوى الداخلية في المنشآت أو المباني العادية إلا في الحالات التى قد تكون فيها هذه الانفعالات ذات تأثير ملموس.

ط - يجب أن يراعى فى تصميم المنشآت الخرسانية - لمقاومة أحمال الـزلازل - اسـتيفاء اشتراطات الفواصل الزلزالية بين المنشآت والإزاحات النسبية بـين أدوار المنـشأ وفقـاً لمتطلبات هذا الكود بندى (٦-٨) ، (٩-٥-٩) وكذلك الكود المصرى لحساب الأحمـال والقوى فى الأعمال الإنشائية وأعمال المبانى رقم (٢٠١) وتعديلاته .

٦-٢ البلاطات Slabs

يتضمن هذا الجزء أنواع البلاطات التالية:

١ - البلاطات المصمتة .

٢ - البلاطات ذات الأعصاب والقوالب المفرغة.

٣- البلاطات ذات الأعصاب والفراغات.

٤ - البلاطات ذات الكمرات المتقاطعة.

٥ - البلاطات المسطحة (اللاكمرية).

٦-٢-١ البلاطات المصمتة

٦-٢-١-١ عام

٦-٢-١-١ -١ البحور

أ - يؤخذ البحر الفعال للبلاطات مساويا للبحر الخالص بين الركائز، مضافا إليه سمك البلاطة أو ١,٠٥ البحر الخالص أيهما اكبر على ألا يزيد على المسافة بين محاور الركائز.

ب - البلاطات المستمرة المصبوبة مليثيا مع ركائزها والتي يزيد عرض الركيزة لهـا علـى ٢٠% من البحر الخالص، يمكن اعتبارها كما لو كانت مثبتة كليا في هذه الركائز ويحسب كل بحر على حدة.

جـ- يؤخذ البحر الفعال للبلاطات الكابولية مساويا للقيمة الأصغر من:

- طول البلاطة الكابولية مقاساً من محور الركيزة في حالة كونها امتداداً لبلاطة داخلية.
- الطول الخالص للبلاطة الكابولية مضافاً إليه السمك الأكبر للبلاطة الكابولية.

٦-٢-١-١-٢ الركائز

يجب ألا يقل عرض ركيزة البلاطة عن ثلاثة أرباع سمكها، وبحد أدنى مقداره ١٠٠مم إلا في حالة استيفاء البند (٤-٢-٣-٦) فيما يختص بتوافق الانفعالات الناتجة من التواء الركيزة مع استثناء البلاطات سابقة الصب، وبصفة عامة يجب ألا يستخدم حائط من الطوب سمكه أقل من ٢٠٠مم كركيزة للبلاطة الخرسانية. كما يجب ألا يقل عمق الكمرات الحاملة للبلاطات عن ثلاثة أمثال سمك البلاطة إلا فى حالة عمل تحليل إنشائى يأخذ فى الحسبان جساءة الكمرة الحاملة.

٦-٢-١-١-٣ نسبة المستطيلية

تُعتبر البلاطات المستطيلة المرتكزة على حوافها الأربع ذات اتجاه واحد إذا كانت نسبة المستطيلية r للجزء المحصور بين خطوط الانقلاب في الباكية تزيد على ٢. وتعتبر ذات اتجاهين إذا كانت نسبة المستطيلية تقل عن أو تساوى ٢. وعلى أساس الفروض التالية يمكن حساب نسبة المستطيلية r من المعادلة (6 – 1a) و المعادلة (6 - 1b).

$$r = \frac{m_b \cdot b}{m_a \cdot a} \qquad (6\text{-}1a)$$

وتستخدم مع جدول رقم (٦ – ١)

$$r = \frac{b}{a} \qquad (6\text{-}1b)$$

وتستخدم مع الجدولين (٦ – ٢) و (٦ – ٣)

حيث :

a = البحر الفعال القصير

b = البحر الفعال الطويل

m_a = نسبة الطول المعلق بين خطوط الانقلاب في شريحة محملة من البلاطة في اتجاه البحر a إلى طول البحر a

m_b = نسبة الطول المعلق بين خطوط الانقلاب في شريحة محملة من البلاطة في اتجاه البحر b إلى طول البحر b

وتحدد قيمة m_a ، m_b طبقاً لنظرية المرونة ؛ ويمكن أخذ القيم التقريبية التالية لكل من m_a ، m_b كما يلي:

- إذا كان البحر المأخوذ في الاعتبار مستمراً من الناحيتين فإن m_a أو m_b = ٠,٧٦
- إذا كان البحر المأخوذ في الاعتبار مستمراً من ناحية واحدة فقط فإن m_a أو m_b = ٠,٨٧
- أما إذا كان البحر المأخوذ في الاعتبار غير مستمر من أى من الناحيتين فإن m_a أو m_b = ١,٠٠

٦-٢-١-٢ البلاطات المصمتة ذات الاتجاه الواحد

تعريف :

١ - البلاطات المصمتة ذات الاتجاه الواحد هي البلاطات المحمولة في اتجاه واحد على ركيزتين على طول الطرفين المتقابلين وتكون الركائز إما حوائط أو كمرات.

٢ - البلاطات المصمتة المستطيلة المرتكزة على حوافها الأربع إذا كانت نسبة المستطيلية لها r طبقاً للمعادلة (6-1) تزيد على ٢ تسرى عليها قواعد البلاطات المصمتة ذات الاتجاه الواحد.

وتحسب البلاطات المصمتة ذات الاتجاه الواحد على أساس شرائح بعرض وحدة الطول في اتجاه البحر الفعال الأصغر بين الركيزتين المتقابلتين.

٦-٢-١-٢-١ السمك الأدنى

١ - يحدد السمك الأدنى للبلاطات بحيث لا يتجاوز حد الترخيم طبقاً للاشتراطات الواردة في البند (٤-٣) ، كما يجوز الاستغناء عن حساب الترخيم إذا كان سمك البلاطة فى المباني العادية لا يقل عن القيم المعطاة في الجدول (٤-١٠).

٢ - يشترط ألا يقل سمك البلاطات بأية حال عن الآتى:

- للبلاطات بسيطة الارتكاز $t_{min} = \frac{L}{30}$
- للبلاطات المستمرة من ناحية واحدة $t_{min} = \frac{L}{35}$
- للبلاطات المستمرة من ناحيتين $t_{min} = \frac{L}{40}$

حيث L البحر الفعال للبلاطة ذات الاتجاه الواحد.

٣ - يشترط ألا يقل سمك البلاطة في المباني العادية عن القيم التالية :

- ٨٠ مم للبلاطات المصبوبة في موضعها ومعرضة لأحمال استاتيكية .
- ١٢٠ مم للبلاطات المعرضة لأحمال ديناميكية أو لأحمال متحركة .

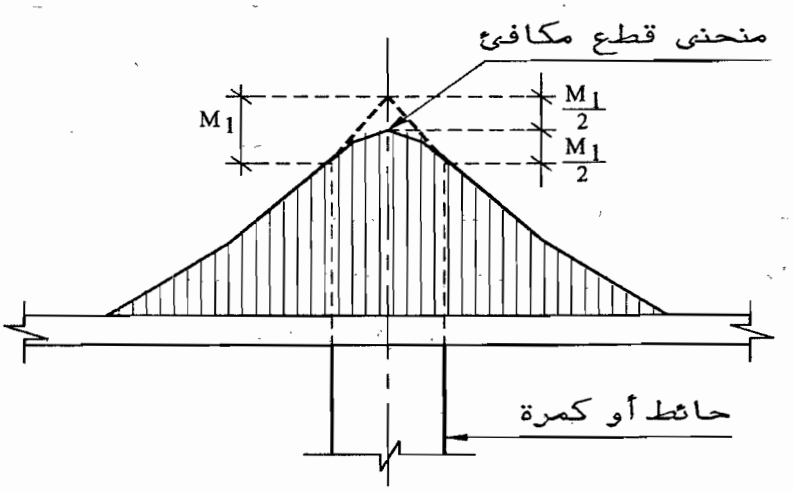
٤ - يمكن تقليل السمك عما سبق ذكره للبلاطات سابقة الصب.

٦-٢-١-٢-٢ عزوم الانحناء

١ - يمكن تحليل البلاطات المستمرة تبعاً لنظرية الكمرات المستمرة على ركائز جاسئة حرة الدوران بشرط أن تتوافر العناية الخاصة لضمان وضع صلب التسليح المقاوم لعزوم الانحناء السالبة في مكانه الصحيح أثناء الصب.

٢ - يمكن تخفيض عزوم الانحناء السالبة السابقة تبعاً لمنحنى قطع مكافئ كما هو مبين بالشكل (٦-١) حيث M_1 هى قيمة الفرق بين العزوم عند محور الركيزة والعزوم عند وجه الركيزة وذلك بالنسبة للبلاطات المرتكزة على حوائط أو كمرات مصبوبة ميليثياً.

٣ - يجب ألا تقل عزوم الانحناء الموجبة المأخوذة في الاعتبار عند تصميم البلاطات المستمرة عن $\frac{wL^2}{16}$ مع مراعاة نسبة التسليح الدنيا وفق ما سيأتى فى بند (٦-٢-١-٢-٣).



شكل (٦-١) تخفيض عزوم الانحناء السالبة طبقاً لمنحنى قطع مكافئ

٤ - يجب ألا تقل العزوم الحانية السالبة المأخوذة في الاعتبار عند الركائز الخارجية للبلاطات المثبتة في حوائط من الطوب أو الحجر أو الخرسانة العادية والتى تحدث تثبيتاً جزئياً عند طرف البلاطة عن:

$$M = \frac{-w L^2}{16} \qquad (6\text{-}2)$$

وتحسب العزوم الموجبة فى البواكى الخارجية مع إهمال التقييد الجزئي عند الأطراف.

٥ – يجب ألا تقل عزوم الانحناء السالبة المأخوذة في الاعتبار في التصميم عند الركائز الخارجية للبلاطات المصبوبة ميليثياً مع الكمرات الحاملة لها والتي تحدث تثبيتاً جزئياً عند طرف البلاطة عن:

$$M = \frac{-wL^2}{24} \qquad (6\text{-}3)$$

وتُحسب العزوم الموجبة فى البواكى الخارجية مع إهمال التثبيت الجزئي عند الأطراف.

٦ – تُعتبر البلاطات تامة التثبيت عند أطرافها عندما تربط هذه الأطراف بطريقة كافية مع أجزاء أخرى من المنشأ لها من الجساءة ما يمنع أي دوران لأطراف البلاطة تحت جميع حالات التحميل أو استيفاء ما ورد بالبند (٦-٢-١-١-١-ب).

٧ – في الحالات التي تتساوى فيها الأحمال منتظمة التوزيع بحيث لا تزيد كثافة الأحمال الحية عن كثافة الأحمال الميتة $(p \le g)$وتتساوى فيها البحور(أو لا يزيد الفرق بينها عن ٢٠% من البحر الأكبر) يمكن افتراض القيم القصوى التالية لعزوم الانحناء:

أ – للبلاطات ذات البحر الواحد، أقصىعزم انحناء موجب:

$$M = \frac{+wL^2}{8} \qquad (6\text{-}4\text{-}a)$$

ب – للبلاطات ذات البحرين المستمرين، أقصى عزم انحناء موجب:

$$M = \frac{+wL^2}{10} \qquad (6\text{-}4\text{-}b)$$

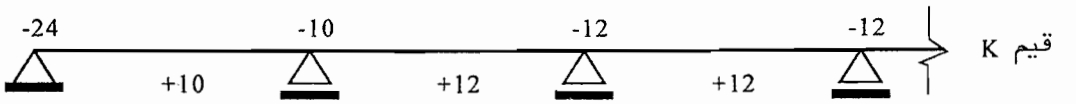
– عزم الانحناء السالب عند الركيزة الوسطى:

$$M = \frac{-wL^2}{8} \qquad (6\text{-}4\text{-}c)$$

جـ– للبلاطات المستمرة المكونة من أكثر من بحرين يكون عزم الانحناء:

$$M = \pm \frac{wL^2}{K} \qquad (6\text{-}4\text{-}d)$$

حيث تكون قيمة K كما هو مبين في شكل (٦-٢) وتؤخذ قيمة عزوم الانحناء السالبة فوق أى ركيزة مساوية للمتوسط الحسابى للعزوم السالبة المحسوبة للبحرين على جانبى هذه الركيزة .



شكل (٦-٢) عزوم الانحناء للبلاطات المستمرة

٨ – يجب حساب العزوم السالبة في منتصف البحور عند تعرض البلاطات المستمرة لأحمال حية ثقيلة ($p > 2g$) ، وفى الحالات التي يتم فيها صب البلاطات والكمرات ميليثياً (Monolithically) يُسمح بتخفيض العزوم السالبة في منتصف البحور الناتجة من الأحمال الحية فقط إلى نصف قيمتها، وذلك نتيجة لمقاومة الكمرات الحاملة للالتواء. وتؤخذ العزوم السالبة في منتصف البحور الداخلية طبقاً للمعادلة (٦-٥).

$$M_{min} = \frac{\left(g - \left(\frac{p}{2}\right)\right) L^2}{24} \qquad (6\text{-}5)$$

٩ – في حالة التصميم بطريقة حالات الحدود تستخدم g_u ، p_u ، w_u في العلاقات السابقة بدلا من g ، p ، w على التوالى.

٦-٢-١-٢-٣ التسليح

١ – يجب ألا تقل نسبة التسليح في الاتجاه الرئيسي عن $\frac{0.6}{f_y}$ من مساحة القطاع الخرسانى الفعال أو ما يوازى ٠,٢٥ % من مساحة القطاع الخرسانى الفعلى فى حالة استخدام صلب التسليح الطرى وما يوزاى ٠,١٥ % فى حالة استخدام الصلب عالى المقاومة .

٢ – يتم رص أسياخ التسليح بحيث تغطى كافة مناطق الشد ، وتمتد بعد نهايتها لمسافة تساوى الطول اللازم للرباط طبقا للبند (٤-٢-٥).

٣ – فى البلاطات المستمرة التي تتساوى أو تتقارب فيها أطوال البحور بفارق لا يزيد على ٢٠ % من البحر الأكبر، وتحت ظروف التحميل العادية يمكن أن يكسح نصف التسليح الرئيسي عند خمس البحر الخالص من وجه الركائز التي تستمر فوقها البلاطة ويمتد في البحر المجاور إلى مسافة تساوى ربع أكبر البحرين هذا إذا لم تكن الأسياخ قد رتبت تبعاً لمنحنى عزوم الانحناء.

٤ – لا تتعدى أكبر مسافة بين أسياخ التسليح الرئيسي في مناطق العزوم القصوى ٢٠٠ مم.

٥ – يجب ألا تقل مساحة مقطع أسياخ التسليح السفلية والممتدة إلى الركائز عن ثُلث مساحة مقطع التسليح الموجب المستعمل في منتصف البحر.

٦ – فى حالة استعمال شبك التسليح فإنه يجب الالتزام بالشرط الوارد فى الفقرة السابقة.

٧ – يجب ألا تقل مساحة مقطع أسياخ التوزيع العمودية على التسليح الرئيسي عن خُمس مساحة مقطع التسليح الرئيسي وأقل عدد لأسياخ التوزيع يمكن استعمالها هو أربعة أسياخ في المتر.

٨ – أصغر قطر للأسياخ الرئيسية هو ٦ مم للأسياخ المستقيمة و٨ مم للأسياخ المكسحة ويمكن استعمال أسياخ ذات قطر أصغر فى حالة استخدام الشبك أو في الوحدات سابقة الصب.

٩ – يجب وضع شبكة علوية في البلاطات ذات سمك أكبر من ١٦٠ مم لا تقل عن ٢٠% من التسليح الرئيسي في كل اتجاه وبحد أدنى ٥ ϕ ٨/م للصلب العادي أو ٥ ϕ ٦/م للصلب عالى المقاومة.

٦-٢-١-٣ البلاطات المصمتة المستطيلة ذات الاتجاهين

٦-٢-١-٣-١ عام

١- تُعتبر البلاطات المستطيلة المرتكزة على حوافها الأربع ذات اتجاهين إذا كانت نسبة المستطيلية r طبقاً للمعادلة (6-1a) تقل عن أو تساوى ٢.

٢ – يمكن حساب هذه البلاطات طبقاً لنظرية المرونة ، بشرط أن تتوافر الاحتياطات الكافية لضمان وضع صلب التسليح المقاوم لعزوم الانحناء السالبة في مكانه الصحيح أثناء الصب.

٣ – تقتصر صلاحية طرق التصميم التالية على المباني العادية ، أما بلاطات المنشآت الأخرى كالكباري أو خزانات السوائل ...الخ ، فتصمم طبقاً للاشتراطات الخاصة بها.

٦-٢-١-٣-٢ السمك الأدنى

– تؤخذ قيمة السمك الأدنى كما يلي:

للبلاطات بسيطة الارتكاز

$$t_{min} = \frac{a}{35} \qquad (6\text{-}6\text{-}a)$$

للبلاطات المستمرة من ناحية واحدة

$$t_{min} = \frac{a}{40} \qquad (6\text{-}6\text{-}b)$$

للبلاطات المستمرة من ناحيتين

$$t_{min} = \frac{a}{45} \qquad (6\text{-}6\text{-}c)$$

حيث : a هى البحر القصير الفعال للبلاطة مع مراعاة ما جاء بالفقرتين ٣ ، ٤ بالبند (٦-٢-١-٢-١).

٦-٢-١-٣-٣ طريقة مبسطة لحساب عزوم الانحناء في البلاطات المصمتة ذات الاتجاهين المعرضة لأحمال منتظمة التوزيع

في الأحوال العادية يرجع إلى البند (٦-٢-١-٣-١ الفقرة ٢) ويمكن استخدام الطريقة المبسطة التالية فى حساب عزوم الانحناء للبلاطات المستطيلة المصبوبة ميليثيا (Monolithically) مع الكمرات والمرتكزة على جوانبها الأربعة، بشرط ألا تزيد نسبة المستطيلية (r) عن ٢.

ويمكن اخذ قيمة عزوم الانحناء فى البلاطات فى الاتجاهين تبعاً لهذه الطريقة كما يلى:

- إذا كان البحر تحت الاعتبار غير مستمر من أى من الناحيتين (بحر بسيط الارتكاز) فإن:

$$M_a = +\frac{\alpha.w.a^2}{8} \quad \text{or} \quad M_b = +\frac{\beta.w.b^2}{8} \qquad (6\text{-}7\text{-}a)$$

- إذا كان البحر مستمراً من ناحية واحدة فقط فإن:

$$M_a = \pm\frac{\alpha.w.a^2}{10} \quad \text{or} \quad M_b = \pm\frac{\beta.w.b^2}{10} \qquad (6\text{-}7\text{-}b)$$

- إذا كان البحر تحت الاعتبار مستمراً من الناحيتين فإن:

$$M_a = \pm\frac{\alpha.w.a^2}{12} \quad \text{or} \quad M_b = \pm\frac{\beta.w.b^2}{12} \qquad (6\text{-}7\text{-}c)$$

ويعطى جدول (٦-١) قيم المعاملات α ، β التي تستعمل في حساب عزوم الانحناء للبلاطات في الاتجاهين a ، b على التوالى المناظرة لقيم r المختلفة وذلك فى حالة البلاطات المعرضة لأحمال حية لا تتعدى ٥ كيلو نيوتن / م٢.

جدول (٦-١) قيم المعاملات α ، β المناظرة لقيم r للبلاطات المصمتة والمصبوبة ميليثيا مع الكمرات والمعرضة لحمل حي منتظم لا يتعدى ٥ كيلو نيوتن / م٢

r	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
α	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85
β	0.35	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08

حيث :

$$\alpha = 0.5r - 0.15 \quad \& \quad \beta = \frac{0.35}{r^2} \qquad (6\text{-}8)$$

أما في حالة الأحمال الحية الأكبر من ٥ كيلو نيوتن /م٢ فتستخدم قيمة α ، β الموجودة بجدول (٦-٣).

وفى حالة اختلاف العزوم السالبة على جانبى خط الاتصال بين بلاطتين يمكن حساب عزم الاتصال بينهما M_c باستخدام المعادلة:

$$M_c = \frac{M_1L_1 + M_2L_2}{L_1 + L_2} \qquad (6\text{-}9)$$

حيث :

M_1 ، L_1 هما العزم السالب المحسوب لإحدى البلاطتين والبحر المستخدم فى حساب هذا العزم على التوالى

M_2 ، L_2 هما العزم السالب للبلاطة المجاورة والبحر المستخدم فى حساب هذا العزم على التوالى

٦-٢-١-٣-٤ تسليح البلاطات ذات الاتجاهين

أ - لا تزيد أكبر مسافة بين أسياخ التسليح الرئيسي في مناطق العزوم القصوى على ٢٠٠ مم، ويجب ألا تقل مساحة مقطع التسليح في الاتجاه الثانوي عن ربع مساحة مقطع التسليح الرئيسى، وألا يقل العدد فى مناطق العزوم القصوى عن خمسة أسياخ في المتر، وبالنسبة للاشتراطات الأخرى للتسليح يرجع للبند (٦-٢-١-٢-٣).

ب - يمكن تخفيض التسليح الموجب الذي يجاور الأحرف المستمرة للبلاطة ويوازيها ، عندما تكون البلاطة مستمرة في اتجاه عمودي على هذه الأحرف ، ويمكن التخفيض بمقدار الربُع، وفى عرض من البلاطة لا يزيد على ربع أقصر بعد فى الباكية مع مراعاة ما ورد بالفقرة (أ) عاليه.

٦-٢-١-٣-٥ توزيع الأحمال فى البلاطات المرتكزة على حوائط مبانى

توزع الأحمال المنتظمه التوزيع فى البلاطات المرتكزة على حوائط مبانى طبقاً للجدول (٦-٢) وذلك في حالة الأحمال الحية التى لا تتعدى ٥ كيلو نيوتن /م^{٢}، أما في حالة الأحمال الحية التي تزيد على ٥ كيلونيوتن/م^{٢} فتستخدم قيم المعاملات في جـدول (٦-٣).

جدول (٦-٢) قيم المعاملات α ، β المناظرة لقيم r للبلاطات المصمتة المرتكزة على حوائط مباني وللبلاطات ذات الأعصاب في الاتجاهين والتي تكون فيها شفة الضغط كاملة

r	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
α	0.396	0.473	0.543	0.606	0.660	0.706	0.746	0.778	0.806	0.830	0.849
β	0.396	0.333	0.262	0.212	0.172	0.140	0.113	0.093	0.077	0.063	0.053

٦-٢-١-٤ تصميم البلاطات بطريقة خطوط الكسر

يجوز استخدام طريقة خطوط الكسر في تصميم البلاطات وهى تستند على سلوك البلاطات عند بلوغها حد الانهيار. ويشترط عند التصميم بهذه الطريقة استيفاء أقل سمك للبلاطات، ولكن يلاحظ أن هذه الطريقة لا تحقق استيفاء عرض الشروخ في أسطح شد البلاطات المعرضة للظروف البيئيـة من القسمين الثالث والرابع طبقاً للبند (٤-٣-٢-٤-هـ) ولذا يجب عدم استخدامها في مثل هذه الحالات.

ويراعى في هذه الطريقة أن تتراوح نسبة مقاومة القطاع للعزوم السالبة M'_u إلى مقاومة القطاع للعزوم الموجبة M_u في نفس الاتجاه بين ١,٠٠ إلى ١,٥٠.

$$\frac{M'_u}{M_u} = 1.00 \sim 1.5 \qquad (6\text{-}10)$$

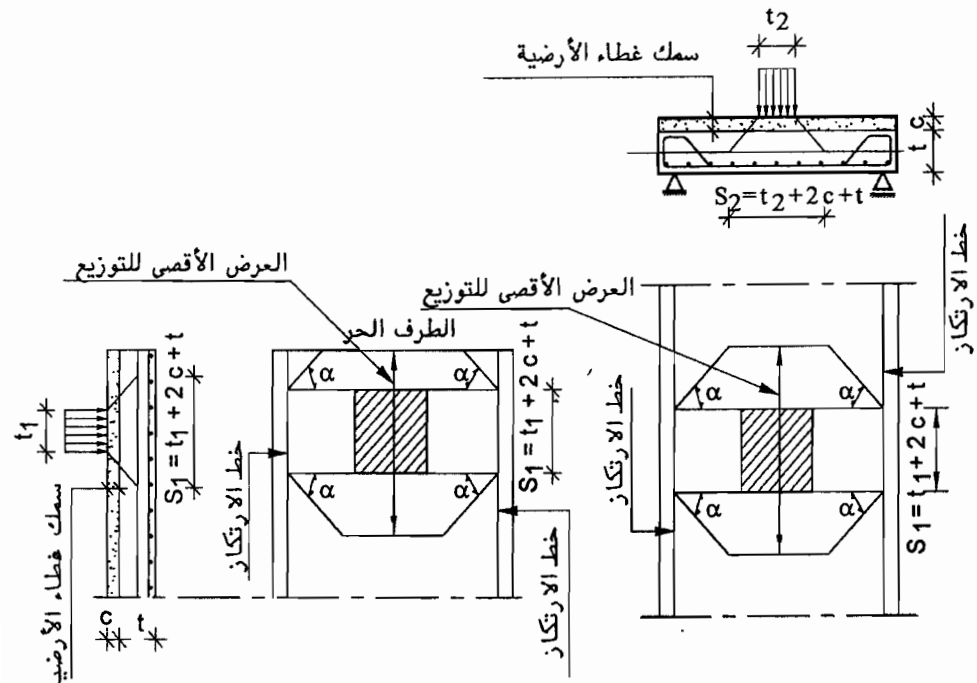
٦-٢-١-٥ الأحمال المركزة على البلاطات

تكون الأحمال المركزة على البلاطات في إحدى الصورتين التاليتين:

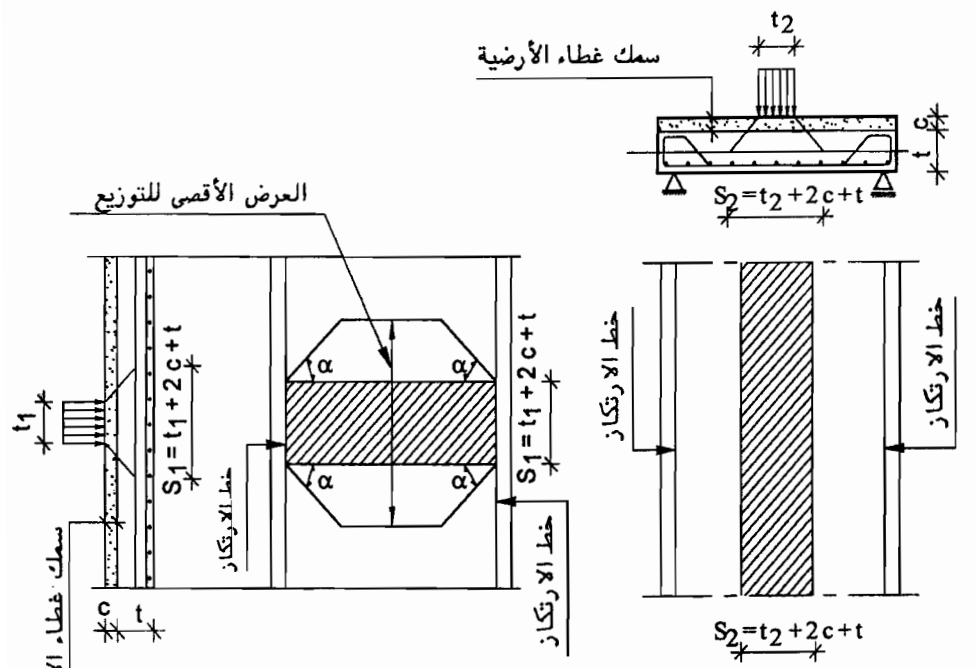
١ - أحمال مركزة منعزلة شكل (٦-٣-أ) و شكل (٦-٣-ب)

٢ - أحمال مركزة خطية (مثل الحوائط) شكل (٦-٣-ج) و شكل (٦-٣-د)

ويجب حساب البلاطات التي تتعرض لأحمال مركزة تبعاً لنظريات المرونة ، إلا أنه يمكن اتباع القواعد المبينة بالبندين (٦-٢-١-٥-١)، (٦-٢-١-٥-٢).



(أ)حمل مركز منعزل فى وسط البلاطة (ب)حمل مركز منعزل بالقرب من الطرف الحر للبلاطة



(د)حمل خطى عمودى على خطوط ارتكاز البلاطـــة

(جـ)حمل خطى موازى لخطوط ارتكاز البلاطـــة

شكل (٦-٣) توزيع الأحمال المركزة المنعزلة والخطية على البلاطات ذات الاتجاه الواحد

٦-٢-١-٥-١ البلاطات ذات الاتجاه الواحد

١- العرض الأقصى لتوزيع الحمل المركز

يعرف العرض الابتدائي لتوزيع الحمل المركز على البلاطة طبقاً للمعادلتين (٦-١١) وشكل (٦-٣).

$$S_1 = t_1 + 2c + t \qquad (6\text{-}11\text{-}a)$$

$$S_2 = t_2 + 2c + t \qquad (6\text{-}11\text{-}b)$$

حيث :

t_1 = عرض الحمل في الاتجاه العمودي على التسليح الرئيسي

t_2 = عرض الحمل في الاتجاه الموازى للتسليح الرئيسي

c = سمك غطاء الأرضية المتماسك

t = سمك البلاطة

S_1 = عرض توزيع الحمل في الاتجاه العمودي على التسليح الرئيسي عند الركيزة

S_2 = عرض توزيع الحمل في الاتجاه الموازى للتسليح الرئيسى

ويكون عرض التوزيع مساويا S_1 عند الركيزة ثم يتزايد تدريجيا حتى يصل إلى العرض الأقصى للتوزيع المنصوص عليه فيما بعد. وتتبع الزيادة في العرض خطوطا تميل بزاويه α مع اتجاه التسليح الرئيسى كما هو مبين في المسقط الأفقى.

حيث :

$\tan\alpha = 1.00$ عند حساب عزوم الانحناء.

$\tan\alpha = 0.50$ عند حساب قوى القص.

وبذلك يكون العرض الأقصى للتوزيع في الاتجاه العمودي على التسليح الرئيسي مساوياً:

$$S_1 + \left(\frac{A'_s}{A_s}\right)L \qquad (6\text{-}12)$$

حيث L تساوى البحر الفعال في البلاطات بسيطة الارتكاز أو المسافة بين خطوط الانقلاب في البلاطات المستمرة على ألا تزيد نسبة التسليح الثانوي A'_s إلى التسليح الرئيسي A_s في هذه المعادلة على ٠,٦٧ ولا يزيد العرض الأقصى عما يلي:

أ – لحساب عزوم الانحناء

- لا يزيد العرض الأقصى المعطى بالمعادلة (٦-١٢) على (S_1 + ٢,٠ متراً) أو طول البلاطة فى الاتجاه العمودي على التسليح الرئيسي أيهما أقل.
- عندما يكون الحمل المركز قريباً من الطرف غير المرتكز للبلاطة أو قريبا من كمرات الجوانب القصيرة فى البلاطة ، يؤخذ العرض الفعال للتوزيع والعمودي على التسليح الرئيسي مساويا لنصف القيم المنصوص عليها سابقاً مضافاً إليه المسافة بين مركز الحمل والطرف غير المرتكز أو حافة كمرة الجانب القصير للبلاطة (شكل ٦-٣).

ب – لحساب قوى القص

- لا يزيد العرض الأقصى المعطى بالمعادلة (٦-١٢) على (S_1 + L / 3) أو (S_1 + ١,٠٠متراً) أو طول البلاطة في الاتجاه العمودي على التسليح الرئيسي أيهما أقل.
- عندما يكون الحمل المركز قريباً من خط الارتكاز فإن العرض الأقصى المسموح به للتوزيع عند حساب قوى القص بين البلاطة والكمرة الحاملة هو (S_1 + 4t).
- عندما يكون الحمل المركز قريبا من الكمرة على طول الجانب القصير للبلاطة فإن العرض الأقصى المسموح به للتوزيع لحساب قوى القص بين البلاطة والكمرة هو (S_2 + 4t).

٢- عزوم الانحناء والتصميم

أ – لحساب عزم الانحناء الإضافي الناتج من الحمل المركز يؤخذ في الاعتبار أن الحمل المركز موزع على طول من البحر الفعال للبلاطة يساوى S_2، وأن العرض المتأثر بالحمل المركز في اتجاه عمودي على اتجاه البحر والذي يدخل في تصميم البلاطة هو العرض الأقصى للتوزيع في الاتجاه العمودي على التسليح الرئيسي كما هو مذكور فيما سبق.

ب – تكون عزوم الانحناء التى تصمم عليها البلاطة داخل العرض الأقصى للتوزيع مساوية لمجموع عزوم الانحناء الناتجة من الأحمال الميتة والحية للبلاطة وعزوم الانحناء الإضافية نتيجة للحمل المركز.

جـ – يُحسب التسليح الرئيسي طبقا لعزوم الانحناء السابق ذكرها ، ويجب ان يمتد التسليح الثانوي الإضافي للحمل المركز (والمحددة قيمته من المعادلة الخاصة لإيجاد العرض الأقصى للتوزيع) بطول يساوى على الأقل عرض التوزيع المأخوذ في الاعتبار.

٦-٢-١-٥-٢ البلاطات المستطيلة ذات الاتجاهين

إذا كان a_1 ، b_1 هما البحران المعلقان القصير والطويل على التوالى وكانت $(\frac{b_1}{a_1} \leq 1.5)$ فإنه يجوز استعمال توزيع الأحمال التالى في الاتجاهين. أما إذا زادت نسبة $(\frac{b_1}{a_1})$ على هذا المقدار فإنه يمكن اعتبار البلاطة كما لو كانت بلاطة ذات اتجاه واحد.

- توزيع الحمل المركز المنعزل في الاتجاهين

يكون توزيع الحمل المركز المنعزل على البلاطة في كل من الاتجاهين بنسبة عكسية لأطوال البحور كما يلى :

$$P_{a1} = P\left[\frac{b_1}{(a_1 + b_1)}\right] \qquad (6\text{-}13\text{-}a)$$

$$P_{b1} = P\left[\frac{a_1}{(a_1 + b_1)}\right] \qquad (6\text{-}13\text{-}b)$$

أقصى عرض للتوزيع في اتجاه البحر المعلق القصير a_1 هو:

$$S_2 + 0.4\, a_1 \qquad (6\text{-}14)$$

أقصى عرض للتوزيع في اتجاه البحر المعلق الطويل b_1 هو:

$$S_1 + 0.4\, a_1 \left[2 - \left(\frac{a_1}{b_1}\right)\right] \qquad (6\text{-}15)$$

- حساب عزوم الانحناء الناتجة من الحمل المركز فى الاتجاهين

لحساب العزم الحاني الإضافي من الحمل المركز المنعزل في اتجاه a_1 يؤخذ في الاعتبار أن الحمل P_{a1} موزع على طول من البحر الفعال a ، يساوى القيمة المذكورة بالمعادلـــــة (6-14)، وأن العرض المتأثر بالحمل المركز عمودي على الاتجاه a_1 والذي يدخل في تصميم البلاطة يساوى القيمة المذكورة في المعادلة (6-15). وبالمثل لحساب عزم الانحناء الإضافي الناتج من الحمل المركز المنعزل في اتجاه b_1 يؤخذ في الاعتبار أن الحمل P_{b1} موزع على طول من البحر الفعال b يساوى القيمة المذكورة في المعادلة (6-15)، وأن

العرض المتأثر بالحمل المركز عمودي على الاتجاه b_1 والذي يدخل في تصميم البلاطة يساوى القيمة المذكورة في المعادلة (6-14).

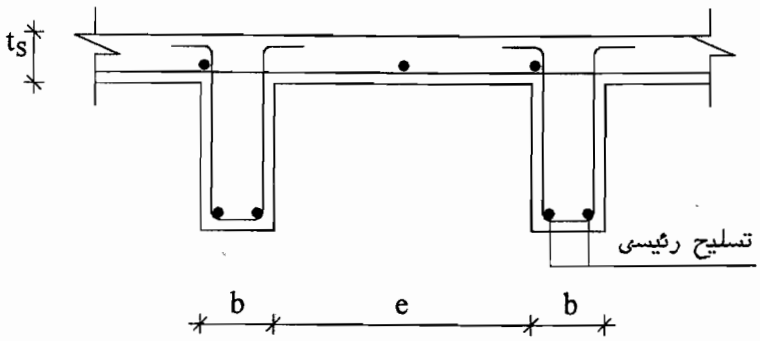
ويجب إضافة هذه العزوم الإضافية إلى تلك الناتجة عن الأحمال الدائمة والأحمال الحية. ويجب حساب قيمة التسليح الكلى في كل اتجاه ووضعها في العروض المتأثرة بالحمل المركز.

٦-٢-٢ البلاطات ذات الأعصاب والقوالب المفرغة

Hollow Block Slabs

٦-٢-٢-١ عام

- عند حساب البلاطات ذات القوالب المفرغة لا تعتبر هذه القوالب فعالة استاتيكياً.
- يجب استيفاء الاشتراطات التالية الخاصة بالأبعاد (شكل ٦-٤):
  ١ - لا تزيد المسافة الخالصة بين الأعصاب e على ٧٠٠ مم.
  ٢ - لا يقل عرض الأعصاب b عن ١٠٠ مم أو ثلث العمق t أيهما اكبر.
  ٣ - لا يقل سمك بلاطة الضغط t_s عن ٥٠ مم أو عُشر المسافة e أيهما اكبر.
- يجب أن تتحمل البلاطة بين الأعصاب بأمان الأحمال المركزة التي قد تؤثر مباشرة عليها .



e بحد أقصى ٧٠٠ مم
b ١٠٠ مم أو t/3 أيهما أكبر
t_s ٥٠ مم أو e/10 أيهما أكبر

شكل(٦-٤) قطاع وأبعاد البلاطات ذات الأعصاب و القوالب المفرغة

٦-٢-٢-٢ البلاطات ذات الأعصاب في الاتجاه الواحد

- لا تقل مساحة مقطع أسياخ التوزيع العمودية على الأعصاب في المتر عن القيم المعطاة في البند (٦-٣-١-١٠) ، وتكون أقل كمية لأسياخ التوزيع في البلاطة (موازية للأعصاب) هي ٣ ϕ ٦ مم/ متر، على أن يوضع سيخ قطر ٦ مم بين كل عصبين وسيخ عند كل عصب كما هو موضح بشكل (٦-٤).
- إذا كان الحمل الحي أصغر من أو يساوي ٣ كيلونيوتن/م^{٢} وكانت البحور أطول من ٥,٠ م ، يجب أن تزود البلاطة بعصب عرضي واحد على الأقل عند منتصف البحر. ويجب ألا يقل القطاع والتسليح السفلي لهذا العصب العرضي عنه في الأعصاب الرئيسية ، ويكون تسليحه العلوي نصف تسليحه السفلي على الأقل.
- وإذا زاد الحمل الحي على ٣ كيلونيوتن/م^{٢} وكانت البحور تتراوح بين ٤,٠ م ، ٧,٠ م تزود البلاطة بعصب عرضي واحد ، أما إذا زادت البحور على ٧,٠ م تزود البلاطة بثلاثة أعصاب عرضية وتكون هذه الأعصاب العرضية بنفس الأبعاد والتسليح المذكورة فيما سبق.

٦-٢-٢-٣ البلاطات ذات الأعصاب في الاتجاهين

هناك حالتان للكمرات التى ترتكز عليها هذه البلاطات:

أ – كمرات بنفس سمك البلاطة (كمرات مدفونة) وتصمم بنفس طريقة تصميم البلاطات اللاكمرية، أو باتباع الطريقة الموضحة فى البند التالى (ب).

ب – كمرات جاسئة بسمك أكبر من سمك البلاطة المفرغة . ويوجد نوعان من هذه البلاطات :

١ – النوع الذى تكون فيه للأعصاب بلاطات ضغط كاملة ، فإذا كان الحمل الحى لا يزيد على ٥ كيلونيوتن/م^{٢} توزع الأحمال بإستخدام المعاملات المذكورة فى جدول (٦-٢)، أما إذا زاد الحمل الحى على ٥ كيلونيوتن/م^{٢} توزع الأحمال باستخدام المعاملات المذكورة فى جدول (٦-٣).

٢ – النوع الذي تكون فيه للأعصاب بلاطات ضغط غير كاملة أي أن قطاع الأعصاب على شكل T ذات شفة ضغط محدودة العرض أو بدون شفة ضغط، توزع الأحمال في كلا الاتجاهين باستخدام المعاملات المبينة في جدول (٦-٣).

٦-٢-٢-٤ ملاحظات عامة

تُطبق الملاحظات التالية في كل من البلاطات ذات الأعصاب في الاتجاه الواحد أو في الاتجاهين:

- تعامل قوى القص في الأعصاب وفقاً للبند (٦-٣-١-٧). أما في حالة تصميم البلاطات ذات الأعصاب في الاتجاهين كبلاطات لاكمرية ، فإنه يجب معاملة قوى القص طبقاً للبند (٦-٢-٥-٨).
- تكون أجزاء البلاطات المستمرة عند الركائز صماء وذلك لمقاومة عزوم الانحناء السالبة وقوى القص.
- لتحديد البحور الفعالة وعزوم الانحناء في البلاطـــات يرجـــع إلى البندين (٦-٢-١-١-١)، (٦-٢-١-٢-٢).
- يكون أقل عرض للارتكاز فوق حوائط الطوب أو الحجر هو ٢٠٠ مم.
- في حالة البلاطات ذات القوالب المفرغة بسيطة الارتكاز لا يسمح بامتداد القوالب المفرغة فوق الركائز بل تكون البلاطة مصمتة.

جدول (٦-٣) قيم المعاملات α ، β المناظرة لقيم r للبلاطات ذات الأعصاب والتي تكون فيها شفة الضغط غير كاملة

r	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
α	0.500	0.595	0.672	0.742	0.797	0.834	0.867	0.893	0.914	0.928	0.941
β	0.500	0.405	0.328	0.258	0.203	0.166	0.133	0.107	0.086	0.072	0.059

٦-٢-٣ البلاطات ذات الأعصاب والفراغات Waffle Slabs

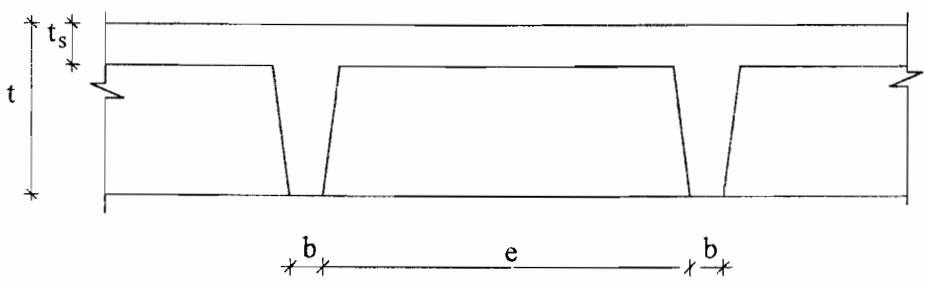
هذه البلاطات تماثل فى تصميمها البلاطات المسطحة (شكل ٧-٦) مع مراعاة ما يلى :

١ - يمكن زيادة المسافة بين محاور الأعصاب (e + b) شكل (٦-٥) حتى ١,٥٠ متر

٢ - يحدد سمك البلاطة العلوية t_s بقيمة لاتقل عن e/12 أو ٥٠مم أيهما أكبر.

٣ - الحد الأدنى لعرض العصب b لايقل عن ربع سمك البلاطة (t) أو ١٠٠مم أيهما أكبر، مع مراعاة متطلبات الغطاء الخرسانى والمسافة بين الأسياخ ومتطلبات الحريق.

٤ - تراعى متطلبات القص الثاقب أعلا الأعمدة .



شكل(٦-٥) أبعاد البلاطات ذات الأعصاب والفراغات

٦-٢-٤ البلاطات ذات الكمرات المتقاطعة Paneled Beams

أ - عندما تكون الأبعاد الكلية للبلاطات ذات الاتجاهين كبيرة نسبياً بحيث يصبح من غير المناسب عملياً تصميمها كبلاطة مصمتة أو بلاطة ذات قوالب مفرغة أو بلاطة ذات أعصاب فإنه يمكن استخدام نظام إنشائي مكون من كمرات متقاطعة متساوية العمق على شكل شبكة ترتكز عليها مجموعة من البلاطات المصمتة (أو ذات القوالب المفرغة) صغيرة الأبعاد نسبياً.

ب - يتم ترتيب الكمرات المتقاطعة عادة فى اتجاهين متعامدين لتكون بواكى مربعة أو مستطيلة (Rectangular grid)، كما يمكن ترتيب الكمرات فى اتجاه القطرين لتكون بواكى على شكل متوازى أضلاع (Skew grid) أو ترتيبها فى ثلاثة اتجاهات لتكون بواكى مثلثة (Triangular grid) أو ترتيبها فى أربعة اتجاهات لتكون بواكى مثلثـــــة.

جـ- يكون استخدام كمرات موازية لحواف الباكية مناسباً من الناحية الإنشائية عندما تكون نسبة المستطيلية للأبعاد الكلية للبلاطات فى حدود من ١,٠٠ إلى ١,٥٠. وفى حالة زيادة نسبة المستطيلية عن ١,٥٠ يكون الأنسب استخدام كمرات قطرية (Skew grid).

د - يتم حساب القوى الداخلية وتصميم بواكى البلاطات بين الكمرات المتقاطعـــة طبقاً للبند (٦-٢-١-٣) أو البند (٦-٢-٢).

هـ - يتم حساب القوى الداخلية فى الكمرات المتقاطعة باستخدام نظرية المرونة والتى تضمن استيفاء اشتراطات الاتزان وتوافق الانفعالات. ويمكن استخدام إحدى الطرق المبسطة بشرط التأكد من أن يكون الحل متوافقاً مع السلوك الفعلى للكمرات المتقاطعة.

و - يجب استيفاء ما سيرد بالبند (٦-٣) الخاص بالكمرات.

٦-٢-٥ البلاطات المسطحة (البلاطات اللاكمرية) Flat Slabs

٦-٢-٥-١ عام

يُقصد عموماً بالبلاطات المسطحة البلاطات اللاكمرية الصماء من الخرسانة المسلحة إما بسقوط أو بدونه، والتي ترتكز على أعمدة إما بتيجان أو بدونها كما بشـــــكل (٦-٦) وتشمل البلاطات المصمتة أو البلاطات ذات الأعصاب في الاتجاهين ببلوكات أو بدونها.

الرموز:

L_1 = طول الباكية في اتجاه البحر تحت الاعتبار مقاساً من محاور الأعمدة

L_2 = عرض الباكية في اتجاه عمودي على اتجاه البحر تحت الاعتبار مقاساً من محاور الأعمدة

L = الطول الأكبر للباكية

L_x = الطول الأقصر للباكية مقاسا من محاور الأعمدة

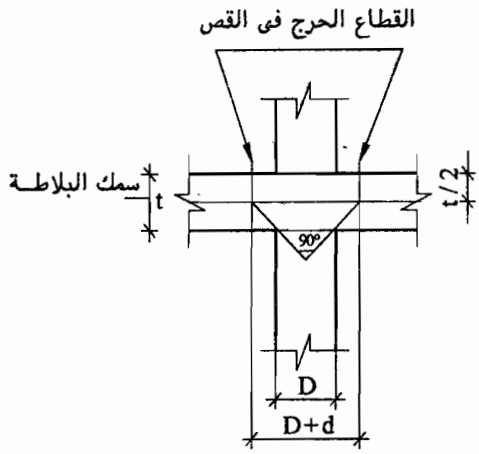
L_y = الطول الأكبر للباكية مقاسا من محاور الأعمدة

D = قطر أكبر دائرة يمكن رسمها داخل قطاع العمود (أو تاجه إن وجد)

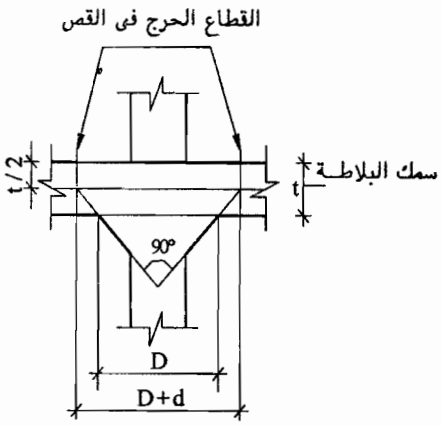
W = الحمل الكلي لوحدة المساحة من الباكية

t = سمك البلاطة

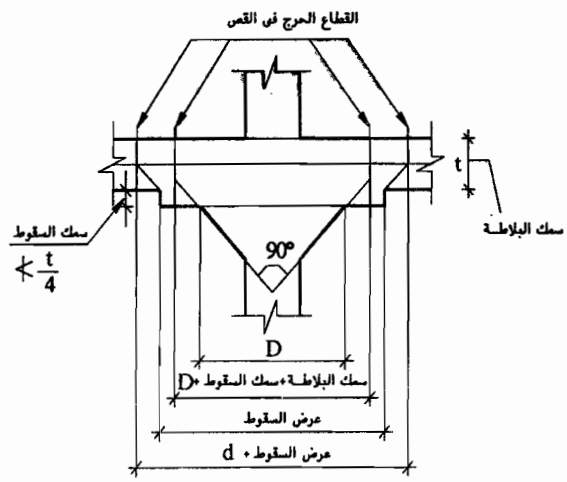
d = العمق الفعال للبلاطة



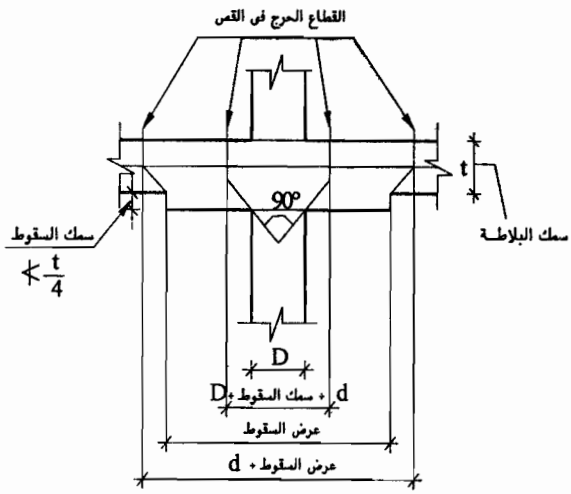
(أ) بلاطة مسطحة بدون سقوط وعمود بدون تـــاج



(ب) بلاطة مسطحة بدون سقوط وعمـود بتـاج



(جـ) بلاطة مسطحة بسقوط وعمود بتـاج



(د) بلاطة مسطحة بسقوط وعمود بدون تـــاج

شكل (٦-٦) القطاعات الحرجة للقص

٦-٢-٥-٢ حدود الأبعاد الخرسانية

أ – أدنى سمك للبلاطة

يجب ألا يقل سمك البلاطة بأي حال عن أكبر القيم التالية:

١ – ١٥٠ مم

٢ – $\frac{L}{32}$ للبواكي الطرفية التي بدون سقوط

٣ – $\frac{L}{36}$ للبواكى الداخلية المستمرة بالكامل بدون سقوط أو للبواكي الطرفية التي لها سقوط

٤ – $\frac{L}{40}$ للبواكى الداخلية المستمرة بالكامل والتي لها سقوط

ب– أدنى بعد للأعمدة

يجب ألا يقل قطر العمود مستدير القطاع أو طول أي من ضلعى قطاع العمود المستطيل عن أكبر القيم التالية:

١ – $\frac{1}{20}$ من طول الباكية في الاتجاه تحت الاعتبار

٢ – $\frac{1}{15}$ من ارتفاع الدور الكلي

٣ – ٣٠٠ مم

ويمكن التجاوز عن الشرط الأخير إذا تم التأكد عن طريق حسابات دقيقة ومفصلة من قدرة العمود والبلاطة لمقاومة القوى والعزوم المنقولة بينهما طبقا للبند (٦-٢-٥-٨-١) .

جـ – تيجان الأعمدة Column Heads

في الحالات التي تزود فيها الأعمدة بتيجان يجب أن تتحقق المتطلبات التالية بالنسبة لتيجان الأعمدة الداخلية وكذا أجزاء تيجان الأعمدة الخارجية الواقعة في حدود البلاطات:

١ – يجب ألا تزيد زاوية أقصى ميل للتاج مع الاتجاه الرأسي على ٤٥°.

٢ – يجب ألا يزيد القطر الفعال D الذي يعتبر في التصميم على ربع البحر الأصغر للبلاطات المتجاورة ، وإذا كان قطاع العمود أو تاجه غير دائري ، فيقصد بالقطر الفعال D في هذا البند قطر أكبر دائرة يمكن رسمها داخل قطاع العمود (أو تاجه إن وجد).

د – أبعاد السقوط بالبلاطة Drop Panel

في الحالات التي يتطلب فيها زيادة سمك البلاطة فوق الأعمدة أو تيجانها بغرض مقاومة عزوم الانحناء السالبة أو القص الثاقب وتقليل صلب التسليح فيجب مراعاة الشروط التالية:

١ – يجب ألا يقل سمك السقوط أسفل البلاطة عن ربع سمك البلاطة.

٢ – يجب أن يمتد السقوط لمسافة لا تقل عن سدس طول الباكية الأصغر في نفس الاتجاه مقاساً من محاور الأعمدة و بحيث لا يتعدي ربع طول الباكية ذات البعد الأصغر.

هـ – تقسيم بواكي البلاطات المسطحة إلى شرائح

يُفترض تقسيم بواكي البلاطات المسطحة إلى شرائح كما يلى، شكل (٦-٧):

- شريحة عمود ويؤخذ عرضها مساوياً لنصف عرض الباكية ذات البعد الأصغر إلا في حالة استخدام سقوط فيؤخذ عرضها مساوياً لعرض بلاطة السقوط.
- شريحة وسط ويؤخذ عرضها مساوياً للفرق بين عرض الباكية وعرض شريحة العمود.

٦-٢-٥-٣ التحليل الإنشائي

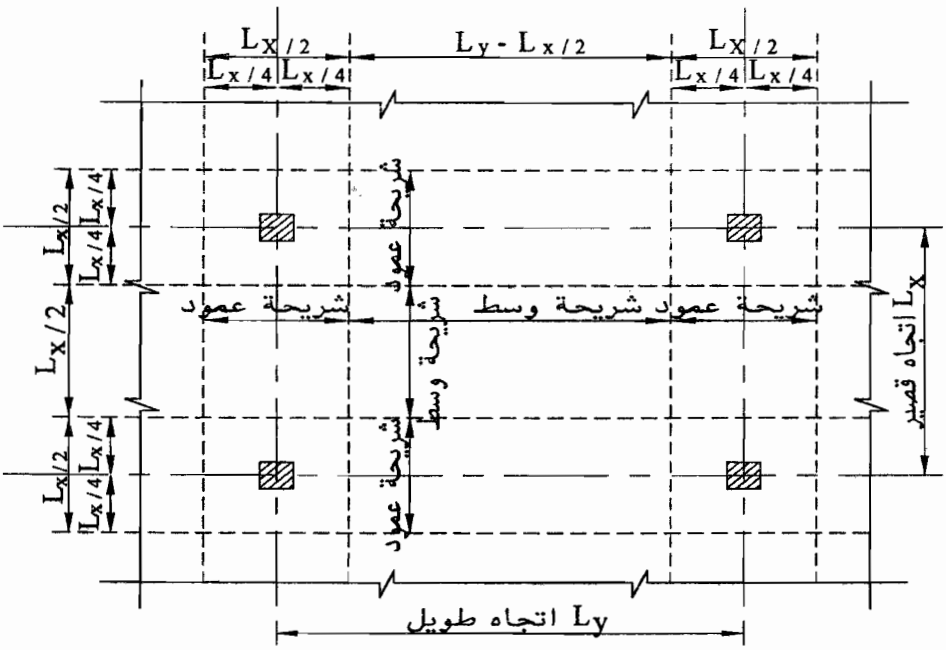
أ – يمكن تحليل البلاطات المسطحة طبقاً لنظرية المرونة ، كما يجوز استخدام طريقة خطوط الكسر بشرط تحقيق نسبة العزوم السالبة إلى العزوم الموجبة طبقاً للفقرة (٦-٢-١-٤) ويلاحظ أن هذه الطريقة الأخيرة لا تستوفي شرط عرض الشروخ في أسطح شد البلاطات المعرضة لعوامل بيئية من القسمين الثالث والرابع طبقاً للبند (٤-٣-٢-٤-هـ) ولذا يجب عدم استخدامها في مثل هذه الحالات.

ب – يمكن تحليل البلاطات المسطحة التى تقع أعمدتها على خطوط مستقيمة متعامدة فى الاتجاهين طبقاً لإحدى الطريقتين التاليتين:

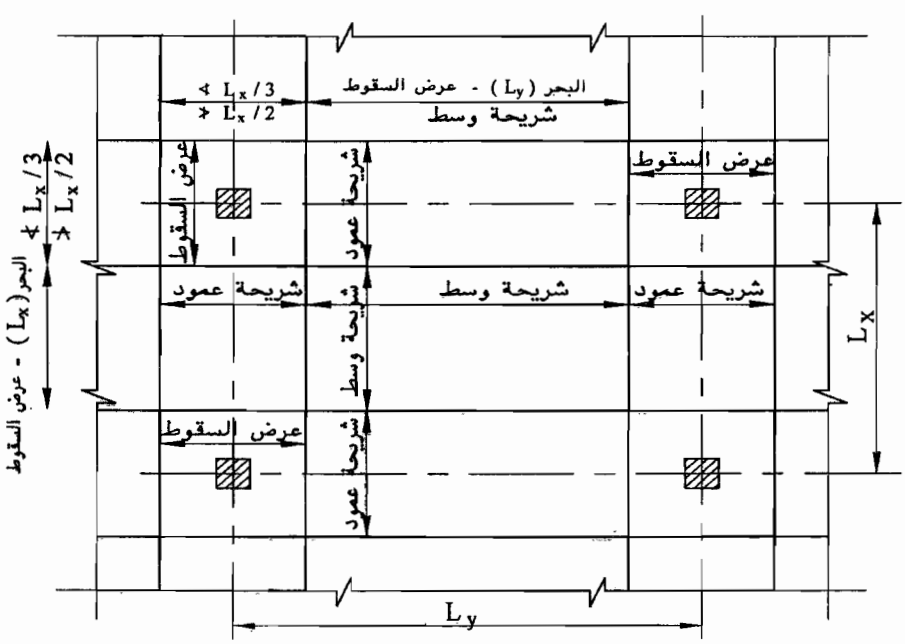
١ – كإطارات مستمرة باستخدام الطريقة المبينة في بند (٦-٢-٥-٤).

٢ – بالطريقة الفرضية المبينة فى بند (٦-٢-٥-٥).

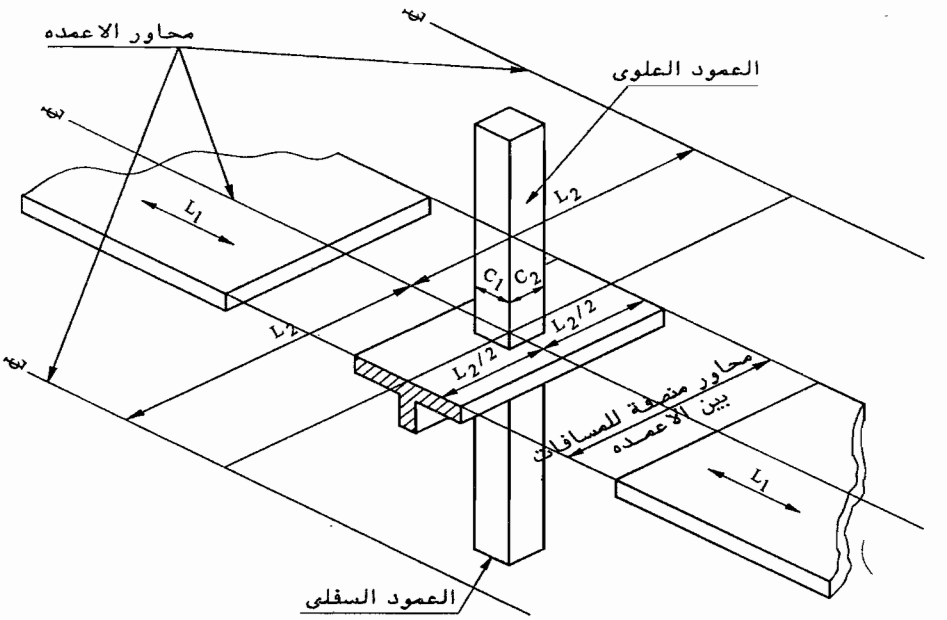
ويسمح بتجاوز فى مواقع الأعمدة عن مستوى التحليل بما لا يزيد على ١٠% من متوسط طول الباكيتين المتعامدتين على اتجاه التحليل.



شكل (٦-٧-أ) تقسيم بواكى البلاطات المسطحة إلى شرائح عمود وشرائح وسط فى حالة بلاطة بدون سقوط



شكل (٦-٧-ب) تقسيم بواكى البلاطات المسطحة إلى شرائح عمود وشرائح وسط فى حالة بلاطة ذات سقوط



شكل (٦-٨) العمود المكافئ (الأعمدة وعناصر اللي)

٦-٢-٥-٤ تحليل البلاطات المسطحة كإطارات مستمرة

إذا لم يتم التحليل الإنشائى للبلاطات المسطحة بدقة طبقاً لنظرية المرونة فيمكن تحليلها إنشائياً كما يلى:

أ - يمكن حساب عزوم الانحناء وقوى القص بتحليل المنشأ كإطارات مستمرة مع الافتراضات التالية:

- يُعتبر المنشأ مقسماً طولياً وعرضياً إلى إطارات مكونة من صف من الأعمدة وشرائح من البلاطات الواقعة على جانبي صف الأعمدة بعرض يساوى المسافة بين محاور البواكى .
- يمكن إجراء التحليل الإنشائى لكل إطار مستمر كإطار مستقل مكون من شريحة من البلاطات والأعمدة أعلاها وأسفلها وباعتبار نهايات الأعمدة مثبتة تثبيتاً كلياً ، ويؤخذ الحمل الميت والحى بالكامل في كل اتجاه مع وضع الحمل الحي في المواضع التي تعطى أقصى إجهادات داخلية فى الأعضاء المختلفة للإطار . وتؤخذ البحور التى تستعمل فى هذا التحليل مساوية للمسافات بين محاور الأعمدة ، كما يجب أخذ اختلاف الجساءة (Rigidity) لعناصر الإطار فى الاعتبار.
- فى حالة الأحمال الرأسية يتم حساب جساءة البلاطات المسطحة باستخدام العرض الكلى للبلاطة (أى المسافة بين محاور الأعمدة) .

- في حالة الأحمال الجانبية يؤخذ العرض الفعال عند حساب الجساءة مساوياً لعرض العمود مضافاً إليه مسافة ثلاثة أمثال سمك البلاطة شاملة السقوط – إن وجد – على كل من جانبي العمود وبشرط ألا يزيد العرض الفعال على ثلث المسافة بين محاور الأعمدة ، وتؤثر القوى الداخلية الناتجة من الأحمال الجانبية على هذا العرض الفعال.
- عند حساب كزازة الانحناء (Stiffness) للأعمدة المكافئة يمكن اتباع إحدى الطريقتين التاليتين:

أ-١ أخذ التأثير المجمع لكل من كزازة انحناء العمود وكزازة اللي لعناصر اللي المتصلة به. وتتمثل عناصر اللى المتصلة بالعمود فى الكمرات وأجزاء اللى الفعالة من البلاطة فى الاتجاه العمودي على مستوى الإطار وباعتبار أن عرض عنصر اللى فى البلاطات اللاكمرية مساو لعرض العمود c_1 مضافاً إليه ثلاثة أمثال سمك البلاطة وفقا للبند (٤-٢-٣-٢) وشكل (٤-١١-ب) ويتم حساب كزازة انحناء العمود المكافئ K_{ec} وفقا للعلاقة التالية وشكل (٦-٨).

$$K_{ec} = \frac{\Sigma K_c}{\left[1 + \frac{\Sigma K_c}{K_t}\right]} \qquad (6\text{-}16\text{-a})$$

حيث :

ΣK_c = مجموع كزازتى العمود للانحناء أعلى وأسفل منسوب البلاطة مع اعتبار العمود مثبتاً كليا عند الطرفين العلوى والسفلى ، حيث كزازة العمود للانحناء تعطى بالعلاقة:

$$K_c = \left(\frac{4E_c I_g}{h}\right) \qquad (6\text{-}16\text{-b})$$

حيث :

h = ارتفاع العمود

I_g = عزم القصور الذاتى خارج الوصلة لكامل القطاع الخرسانى للعمود حول محور الخمول وبدون اعتبار الشروخ مع إهمال صلب التسليح

E_c = معاير المرونة للخرسانة ويُحسب طبقاً للبند (٢-٣-٣-١)

ويُفضل فى حالة البلاطات ذات بواكى السقوط أو تيجان الأعمدة أو الأعمدة غير المنشورية حساب قيم كزازة الأعمدة K_C باعتبار التوزيع الفعلى لجساءتها.

K_t = كزازة عناصر اللى للعمود المكافئ وتُحسب من العلاقة التالية:

$$K_t = \Sigma \left[\frac{9E_c . C}{L_2 . \left(1 - \left(\frac{c_2}{L_2}\right)\right)^3} \right] \qquad (6\text{-}16\text{-}c)$$

حيث c_2 و L_2 هما بعد العمود وطول الباكية فى الاتجاه المتعامد على اتجاه التحليل كما هو مبين بالشكل (٦-٨) ، C هو ثابت القطاع ويحسب من العلاقة التالية:

$$C = \Sigma \left[\left(1 - 0.63\left(\frac{b}{t}\right)\right) . \left(\frac{b^3 . t}{3}\right) \right] \qquad (6\text{-}16\text{-}d)$$

حيث b ، t البعدان الأصغر والأكبر على التوالى لعنصر اللى ويمكن حساب قيمة C لقطاع على شكل حرف T أو L بتقسيم القطاع إلى مستطيلات وجمع قيم C لها.

أ-٢ حساب عزم القصور الذاتى المكافئ للعمود Iec وفقا للعلاقة التالية:

$$I_{ec} = \psi . I_g \qquad (6\text{-}17\text{-}a)$$

حيث ψ معامل يُحسب من العلاقة التالية:

$$\psi = \left[0.6 + 0.4\left(\frac{\alpha . L_{2a}}{L_{1a}}\right) \right] \left(\frac{L_{2a}}{L_{1a}}\right)^2 \qquad \text{للأعمدة الطرفية} \qquad (6\text{-}17\text{-}b)$$

$$\psi = \left[0.3 + 0.7\left(\frac{\alpha . L_{2a}}{L_{1a}}\right) \right] \left(\frac{L_{2a}}{L_{1a}}\right)^2 \qquad \text{للأعمدة الداخلية} \qquad (6\text{-}17\text{-}c)$$

بشرط ٠,٣٠ < ψ < ١,٠٠ وألا تزيد النسبة $\frac{\alpha L_{2a}}{L_{1a}}$ على ١,٠٠ حيث:

α = نسبة عزم القصور الذاتى للكمرة المقاومة للى (إن وجدت) إلى عزم القصور الذاتى لشريحة البلاطة

L_{1a} = متوسط طولى البحرين على جانبى العمود فى اتجاه التحليل

L_{2a} = متوسط طولى البحرين على جانبى العمود فى الاتجاه المتعامد على اتجاه التحليل

ب – تُصمم البلاطة عند أي قطاع لعزوم الانحناء المحسوبة كما سبق، إلا أنه لا يلزم اعتبار عزوم انحناء سالبة أكبر من تلك الموجودة والمجاورة مباشرة لوجه العمود. تُقسم عزوم

الانحناء التي تم حسابها باتباع الطريقة السابقة بين كل من شرائح الأعمدة وشرائح الوسط بالنسب المبينة فى جدول (٦-٤).

جـ- عندما تؤخذ شريحة العمود مساوية لعرض السقوط ويزاد تبعا لذلك عرض شريحة الوسط لقيمة أكبر من نصف عرض الباكية ، يجب زيادة العزوم التي تقاومها شريحة الوسط على القيم المبينة في جدول (٦-٤) بالتناسب مع الزيادة في عرضها. ويمكن حينئذ تخفيض العزوم التي تقاومها شريحة العمود عن القيم المبينة فى جدول (٦-٤) بحيث لا يكون هناك تخفيض في العزوم الكلية الموجبة والكلية السالبة والتي تقاومها مجتمعة شريحة العمود وشريحة الوسط.

جدول (٦-٤) توزيع عزوم الانحناء تحت تأثير الأحمال الرأسية بين شرائح الأعمدة وشرائح الوسط (فى بواكى البلاطات المسطحة المصممة كإطارات مستمرة)

نوع العزوم	توزيع عزوم الانحناء بين شرائح الأعمدة وشرائح الوسط كنسبة مئوية من عزوم الانحناء الكلية السالبة أو الموجبة	
	شريحة العمود	شريحة الوسط
العزوم السالبة في باكية داخلية	75	25
العزوم السالبة في باكية خارجية	80	20
العزوم الموجبة	55	45

٦-٢-٥-٥ التحليل الفرضى (Empirical analysis) للبلاطات المسطحة المعرضة لأحمال منتظمة التوزيع

أ- حدود استعمال الطريقة

تُطبق هذه الطريقة فى حالة استيفاء الاشتراطات التالية:

١- أن تحتوى البلاطات المسطحة على مجموعة من البواكى المستطيلة ذات السمك الثابت تقريبا والمرتبة في ثلاثة صفوف على الأقل في اتجاهين متعامدين وعلى ألا تزيد نسبة طول الباكية إلى عرضها على ١,٣.

٢- ألا تختلف أطوال وعروض أي باكيتين متجاورتين في أية مجموعة بأكثر من ١٠% من أكبر طول أو عرض ، على ألا تختلف البحور المتباعدة عن بعضها البعض فى المجموعة بأكثر من ٢٠% من البحر الأكبر ، ويجوز أن تكون البحور الطرفية أقصر

من البحور الداخلية ولا يجوز أن تكون أطول منها ، وفى حالة اختلاف البحور المتجاورة يجب دائما أخذ طول البحر الأكبر في حساب عزوم الانحناء.

٣- ألا يزيد الحمل الحى على ضعف الحمل الدائم للبلاطة

ب- القطاعات الحرجة لعزوم الانحناء في البلاطات المسطحة

للبواكى الداخلية المستمرة تكون القطاعات الحرجة لعزوم الانحناء كمايلي:

١- للعزوم الموجبة تكون القطاعات الحرجة على طول محاور البواكى.

٢- للعزوم السالبة تكون القطاعات الحرجة عند حدود البواكى على طول الخط الواصل بين مراكز الأعمدة وحول محيط رؤوس الأعمدة.

جـ- عزوم الانحناء فى بواكى البلاطات المسطحة

تُحسب قيمة عزم الانحناء M فى كل من اتجاهى الباكية من المعادلة التالية:

$$M = \left(\frac{w L_2}{8}\right)\left[L_1 - \left(\frac{2D}{3}\right)\right]^2 \qquad (6\text{-}18)$$

حيث L_1 هو الاتجاه تحت الاعتبار ، L_2 هو الاتجاه العمودى ، w هى كثافة الحمل الكلى على المتر المربع من البلاطة .

ثم تُقسم قيمة M بين شريحة الوسط وشريحة العمود في الاتجاه تحت الاعتبار بالنسب المبينة في جدول (٦-٥) وشكل (٦-٩) مع مراعاة ما جاء بالبند (٦-٢-٥-٤-جـ).

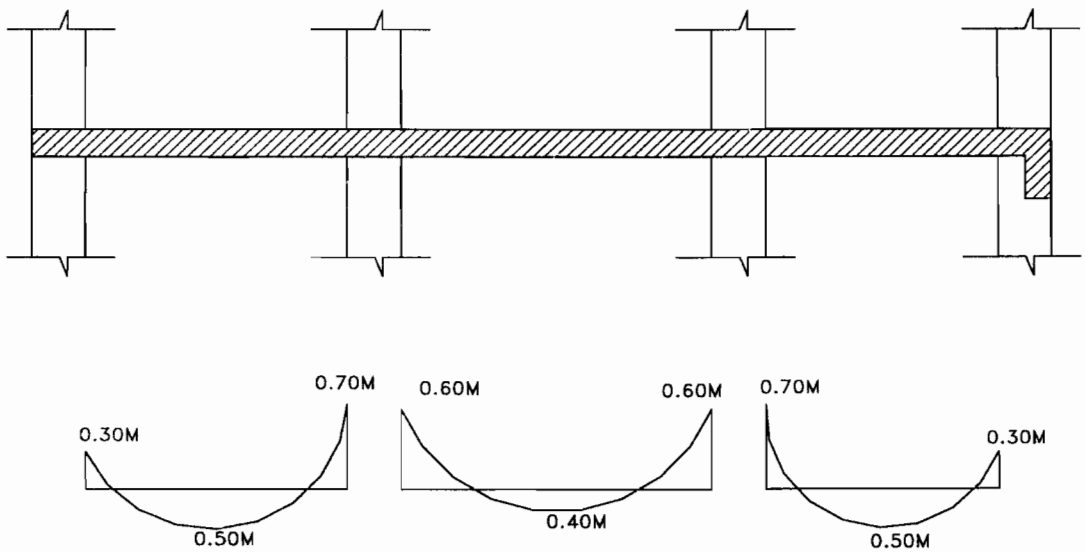
جدول (٦-٥) توزيع عزوم الانحناء في بواكى البلاطات المسطحة كنسبة مئوية من M تحت تأثير الأحمال الرأسية

الشريحة	نوع* الارتكاز الطرفى	الباكية الخارجية			الباكية الداخلية	
		عزوم سالبة خارجية	عزوم موجبة	عزوم سالبة داخلية	عزوم سالبة	عزوم موجبة
شريحة العمود	أ	٢٥	٣٠	٥٠	٤٥	٢٥
	ب	٢٠	٣٠			
شريحة الوسط	أ	٥	٢٠	٢٠	١٥	١٥
	ب	١٠	٢٠			

* أنواع الارتكاز الطرفى:

أ- بدون كمرات

ب- كمرات بعمق كلى يساوى أو أكثر من ثلاثة أمثال سمك البلاطة t



شكل (٦-٩) إجمالى العزوم في البواكى لشريحتى العمود و الوسط لبلاطة لاكمرية مرتكزة على أعمدة خرسانية

د- عزوم الانحناء السالبة في منتصف البحور في حالة الأحمال الحية الثقيلة

في حالة الأحمال الحية الثقيلة ($p > 1.5g$) يجب ألا تقل عزوم الانحناء السالبة فى منتصف البحور الداخلية عن القيم التالية:

$$M_{-ve} = \left[g - \left(\frac{2p}{3}\right)\right]\left(\frac{L_2}{40}\right)\left[L_1 - \left(\frac{2}{3}\right)D\right]^2 \qquad (6\text{-}19\text{-a})$$

لشريحة العمود فى اتجاه L_1

$$M_{-ve} = \left[g - \left(\frac{2p}{3}\right)\right]\left(\frac{L_2}{100}\right)\left[L_1 - \left(\frac{2}{3}\right)D\right]^2 \qquad (6\text{-}19\text{-b})$$

لشريحة الوسط فى اتجاه L_1

حيث: g , p هما الحمل الحى المنتظم والحمل الدائم المنتظم على وحدة المساحات على التوالى

هـ- عزوم الانحناء في الأعمدة

١- تُصمم الأعمدة الداخلية والخارجية لتقاوم عزوم انحناء تساوى ٥٠ % ، ٩٠% على التوالي من العزم السالب في شريحة العمود كما ورد في جدول(٦-٥). وتُقسم هذه العزوم

بين الأعمدة العليا والسفلى بنسب كزازاتها (Stiffness) وفى الأعمدة الداخلية يمكن تخفيض الحمل المباشر الذي يعمل مع العزم باعتبار أن الباكية على أحد الجانبين خالية من الحمل الحي.

٢- في حالة الأعمدة الخارجية الحاملة لأجزاء من الأسقف والحوائط كأحمال كابولية يمكن خفض عزوم الانحناء في الأعمدة كما حددت الفقرة السابقة بما يوازى العزم الناتج من الحمل الميت على الجزء الكابولى.

٦-٢-٥-٦ عزوم الانحناء فى البواكى ذات الكمرات الطرفية أو بدونها

أ - عندما ترتكز البلاطة على كمرة طرفية بعمق كلى يساوى أو يزيد على ثلاثة أمثال سمك البلاطة تكون عزوم الانحناء المؤثرة على نصف شريحة العمود المحاذية للكمرة مساوية لربع القيم المعطاة في جدول (٦-٤) أو جدول (٦-٥).

ب - فى الأحوال العادية حيث لا توجد كمرة طرفية تكون عزوم الانحناء المؤثرة على نصف شريحة العمود مساوية لنصف القيم المعـــــطاة في جدول (٦-٤) أو جدول (٦-٥).

٦-٢-٥-٧ الأحمال التصميمية المؤثرة على كمرة الحافة

١ - الحمل الكلى الذى تحمله كمرة الحافة يشتمل على الأحمال المباشرة عليها بالإضافة إلى حمل موزع يساوى الحمل المؤثر على ربع الباكية الكلى وكذلك عزوم اللى التى تنتقل إليها من البلاطة المتصلة بها.

٢ - يتم حساب مقاومة كمرة الحافة فى اللى طبقا للمعادلة (٤-٥٤) والموضحة بالشكل (٦-١٠) مع إعادة توزيع العزوم طبقا للشكل (٦ - ١١) .

٦-٢-٥-٨ نقل العزوم السالبة من البلاطة إلى الأعمدة

٦-٢-٥-٨-١ يتم نقل إجمالى العزوم السالبة في البواكى الخارجية M_f (شكل ٦-١٢-أ) أو فروق العزوم السالبة في البواكى الداخلية M_f بشكل (٦-١٢-ب) إلى الأعمدة حسب التوزيع التالي:

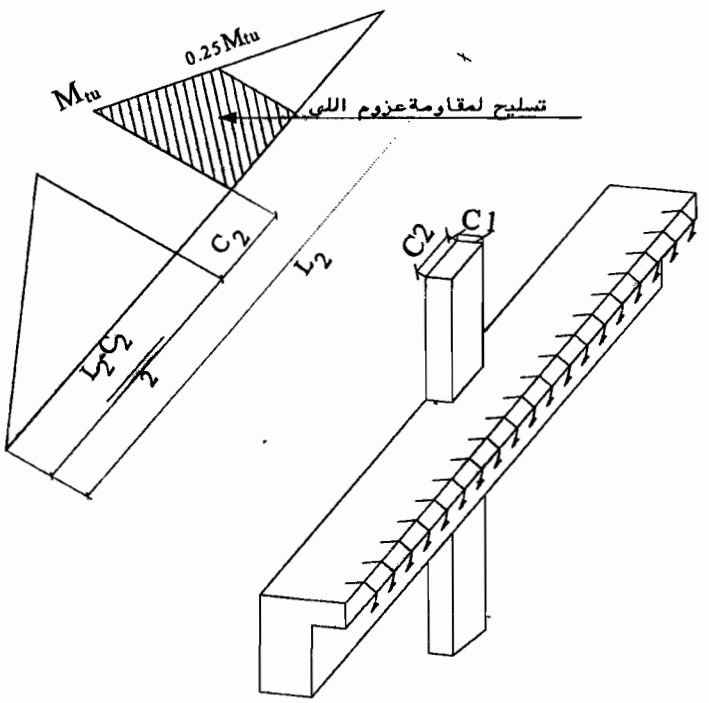
أ - جزء ينتقل مباشرة إلى الأعمدة بواسطة عزوم انحناء (γ_f M_f) وتؤخذ γ_f طبقاً للمعادلة التالية:

$$\gamma_f = \frac{1}{1+\left(\frac{2}{3}\right)\sqrt{\frac{b_1}{b_2}}} \qquad (6\text{-}20)$$

حيث : γ_f = معامل العزوم المنقولة بالانحناء

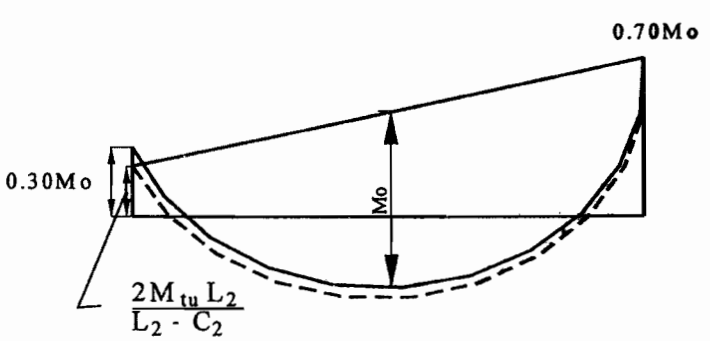
b_1 = طول القطاع الحرج فى القص الثاقب مقاسا في اتجاه التحليل

b_2 = طول القطاع الحرج فى القص الثاقب مقاساً فى الاتجاه العمودى على b_1



$$M_{tu} = 0.316\left(\frac{A^2_{cp}}{p_{cp}}\right)\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad \text{(بند ٤-٢-٣-٦)}$$

شكل (٦-١٠) عزوم اللى المؤثرة على كمرة الحافة



شكل (٦-١١) إعادة توزيع العزوم في الباكية الخارجية نتيجة نقص جساءة قطاع كمرة الحافة في اللى بسبب التشرخ

ويتم تركيز صلب التسليح المطلوب لمقاومة هذه العزوم في العرض الفعال b_e كما هو موضح بالشكل (٦-١٣).

ب- جزء ينتقل إلى الأعمدة بواسطة عزوم لي (γ_q M_f) وتؤخذ γ_q طبقاً للمعادلة التالية:

$$\gamma_q = 1 - \gamma_f \qquad (6\text{-}21)$$

حيث :

γ_q = معامل العزوم المنقولة باللي والذي ينتج عنه إجهاد قص ثاقب على القطاعات الحرجة الموضحة بالشكل (٦-١٤) والشكل (٦-١٥) ويتم حسابها في كل من الاتجاهين طبقا للمعادلات الآتية:

إجهاد القص الثاقب q_x الناتج عن العزم M_{fx} وباعتبار γ_{qx} معامل العزوم المنقولة باللى

$$q_x = \frac{M_{fx} \cdot \gamma_{qx} \cdot C_{CB}}{J_{cx}} \qquad (6\text{-}22\text{-}a)$$

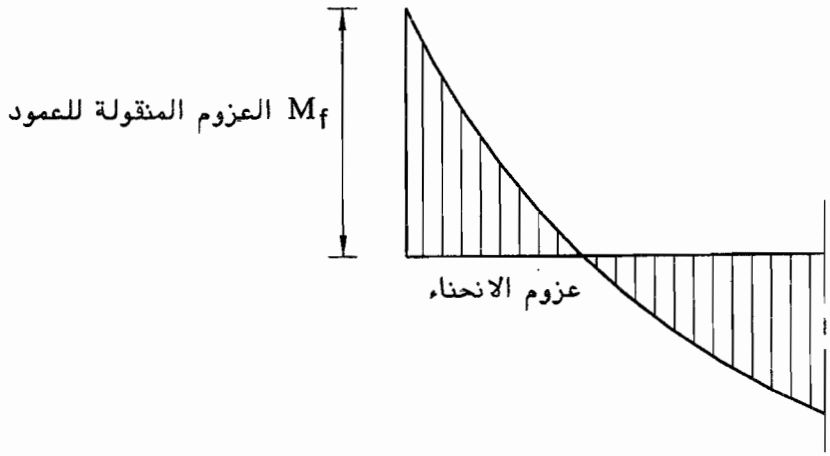
إجهاد القص الثاقب q_y الناتج عن العزم M_{fy} وباعتبار γ_{qy} معامل العزوم المنقولة باللى

$$q_y = \frac{M_{fy} \cdot \gamma_{qy} \cdot C_{AB}}{J_{cy}} \qquad (6\text{-}22\text{-}b)$$

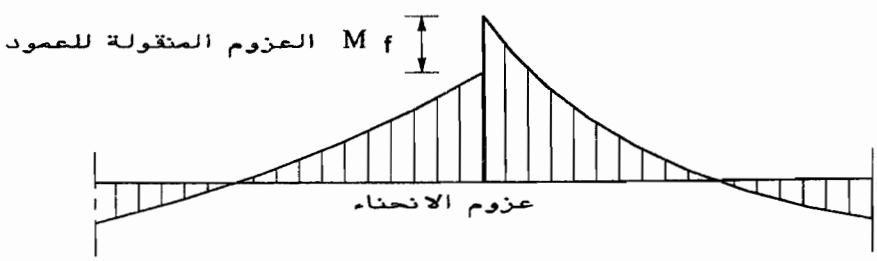
وتضاف هذه الإجهادات إلى إجهاد القص الثاقب الناتج عن الأحمال الرأسية طبقا للعلاقة (٤-٣١) بند (٤-٢-٢-٣) في حالة التصميم بطريقة حالات الحدود أو بند (٥-٤-٣) في حالة التصميم بطريقة المرونة

حيث :

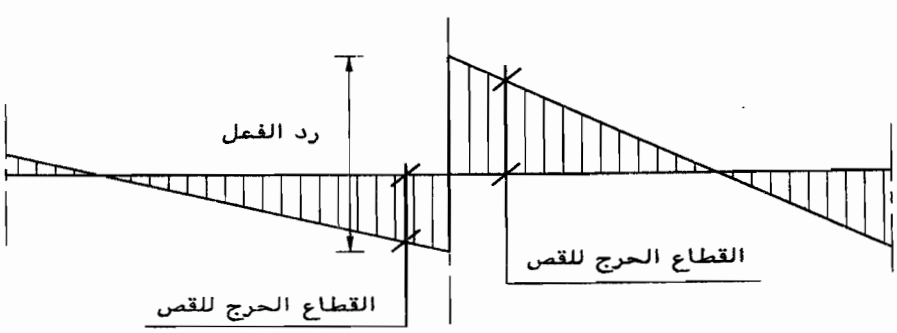
J_{cx} ، J_{cy} = ثابت للقطاع الخرج فى القص يشابه عزم القصور القطبى حول محوري x ، y على الترتيب. ويبين الشكلان (٦-١٤) ، (٦-١٥) إجهادات القص الناتجة عن العزم M_y ويتم تحديد قيم J_{cy} كما يلي:



شكل (أ) عزوم الانحناء لحالة عمود خارجي طرفي

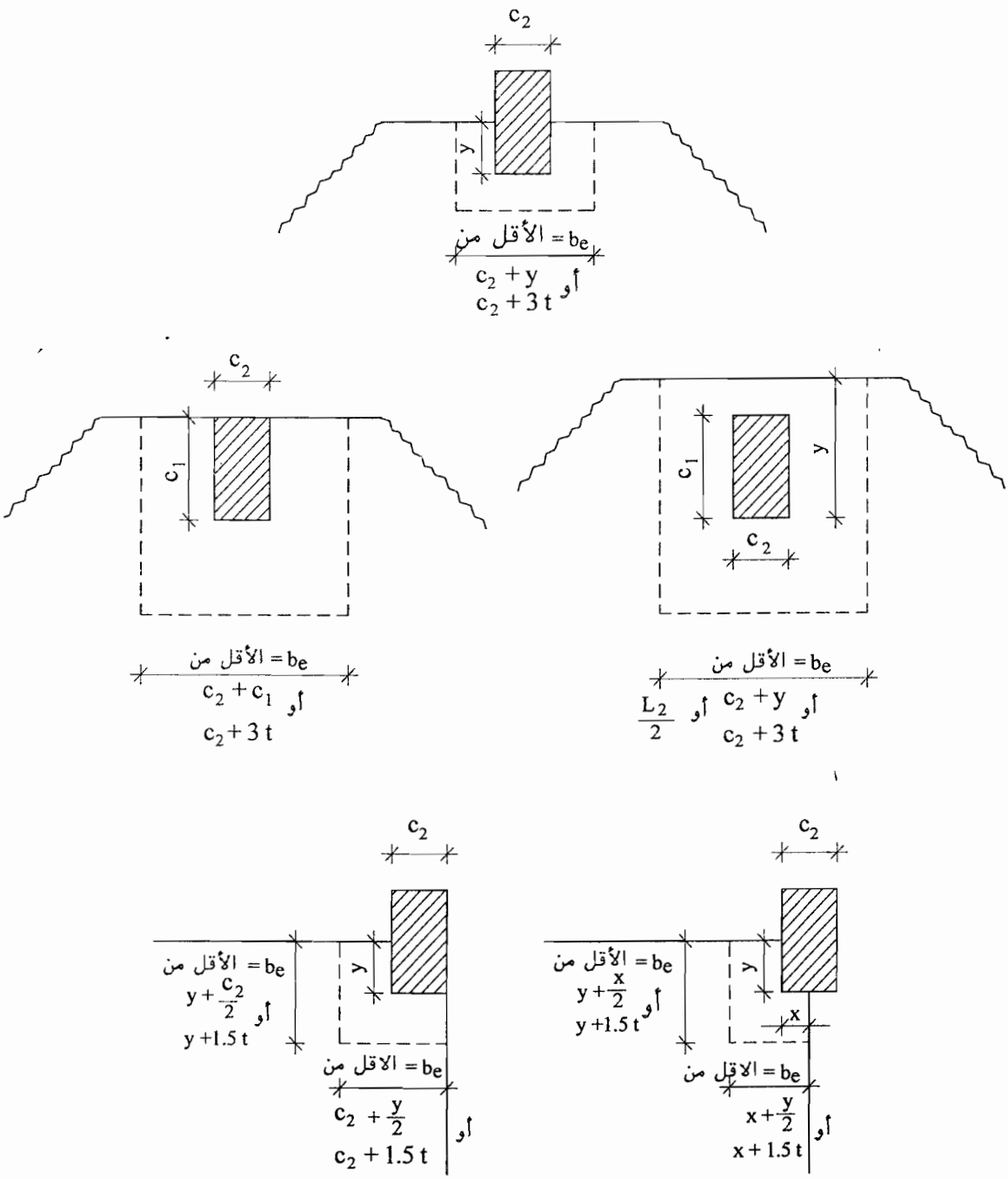


شكل (ب) عزوم الانحناء لحالة عمود داخلي



شكل (جـ) قوى القص لحالة عمود داخلي

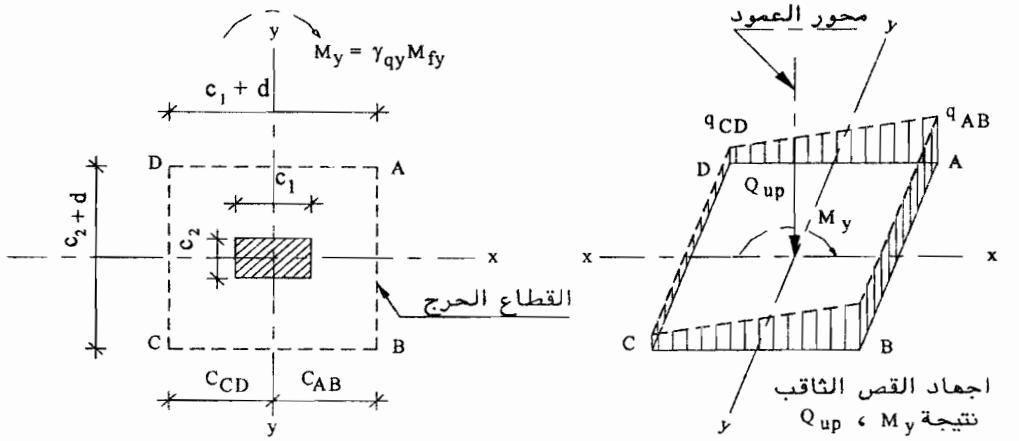
شكل (٦-١٢) عزوم الانحناء وقوى القص المنقولة للأعمدة



شكل (٦-١٣) عرض الشريحة b_e الناقلة لعزوم الانحناء للحالات المختلفة

١ - بالنسبة للأعمدة الداخلية شكل (٦-١٤) تكون قيمة J_{cy} كالآتى:

$$J_{cy} = d\left(\frac{(c_1+d)^3}{6}\right) + d^3\left(\frac{c_1+d}{6}\right) + \frac{d\left((c_1+d)^2\ (c_2+d)\right)}{2} \qquad (6\text{-}23)$$



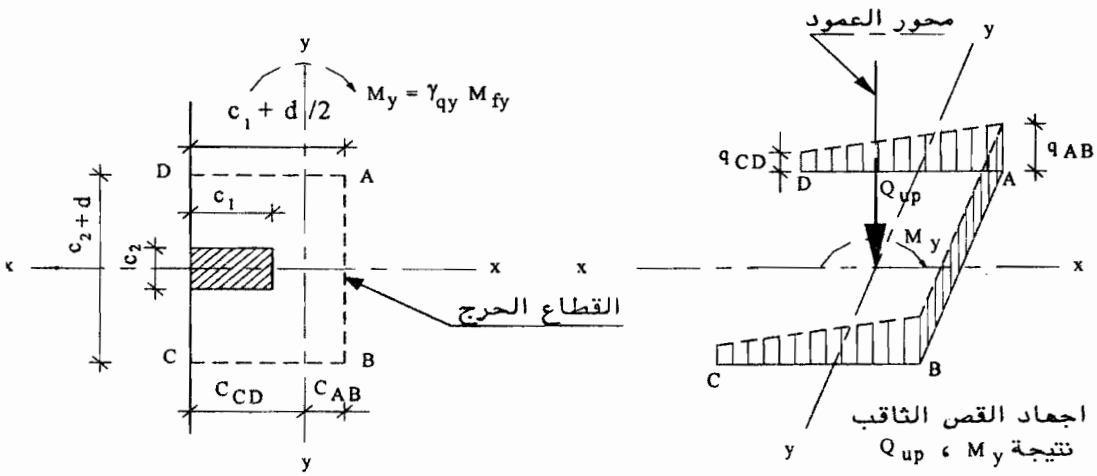
شكل (٦-١٤) توزيع إجهادات القص الثاقب (عمود داخلي)

٢ - فى حالة الأعمدة الطرفية شكل (٦-١٥) تحسب J_{cy} من المعادلة:

$$J_{cy} = d\left(c_2 + d\right)\left(C_{AB}\right)^2 + \left(\frac{2}{3}\right) d\left(C_{CD}\right)^3 + \left(\frac{2}{3}\right) d\left(C_{AB}\right)^3 + \left(\frac{1}{6}\right)\left(c_1 + 0.5d\right)d^3 \qquad (6\text{-}24\text{-}a)$$

حيث :

$$C_{AB} = \frac{\left(c_1 + 0.5d\right)^2}{\left[\left(c_2 + d\right) + 2\left(c_1 + 0.5d\right)\right]} \qquad (6\text{-}24\text{-}b)$$



شكل (٦-١٥) توزيع إجهادات القص الثاقب (عمود طرفي)

٦-٢-٥-٨-٢ يمكن الاستغناء عن تطبيق اشتراطات البند (٦-٢-٥-٨-١) والخاص بنقل العزوم السالبة من البلاطات إلى الأعمدة فى الحالات التالية:

أ- للأعمدة الداخلية فى حالة توافر كل من الشرطين :

١- الأحمال الحية لا تزيد على ٤ كيلونيوتن/م^{٢}.

٢- تساوى البحور المتجاورة أو اختلافها بنسبة لا تزيد على ٢٠% .

ب- للأعمدة الخارجية في حالة توافر أي من الشرطين:

١ - وجود كمرة طرفية جاسئة لا يقل عمقها عن ثلاثة أمثال سمك البلاطة.

٢ - وجود بلاطة كابولية خارج الأعمدة لمسافة لاتقل عن ربع طول الباكية مقاسة من الوجه الخارجي للعمود ، ومحملة بنفس حمل البلاطة.

٦-٢-٥-٨-٣ يمكن حساب إجهادات القص الإجمالية (شاملة الإجهادات الناتجة عن تأثير انتقال عزوم الانحناء بين البلاطة المسطحة والأعمدة) وتحت تأثير الأحمال الرأسية باستخدام الطريقة المبسطة التالية:

$$q = \frac{Q.\beta}{b_o . d} \qquad (6\text{-}25)$$

حيث :

Q = قوى القص التصميمية المنقولة للعمود عند تحميل البواكي المحيطة به بكامل الحمل التصميمى

d = العمق الفعال للبلاطة

b_o = طول محيط القطاع الحرج فى القص الثاقب طبقاً للبند (٤-٢-٢-٣) والشكلين (٦-١٤) ، (٦-١٥)

β = معامل يعتمد على تأثير لامركزية قوى القص وتؤخذ كما يلى:

$\beta = 1.15$ فى حالة الأعمدة الداخلية

$\beta = 1.30$ فى حالة الأعمدة الطرفية

$\beta = 1.50$ فى حالة الأعمدة الركنية

٦-٢-٥-٩ ترتيب التسليح في البلاطات المسطحة

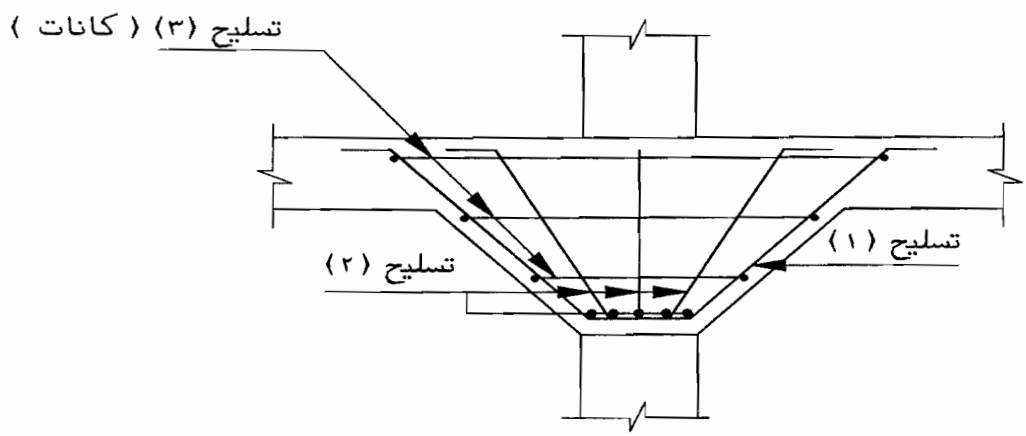
يجب أن تُسلح البلاطات المسطحة طبقا للطرق السابقة في اتجاهين ، وكما هو مبين في شكل (٧-٤) بحيث تسلح كل شريحة بعرضها الكامل ، مع مراعاة ما هو وارد فى البند (٧-٥) ويجب مراعاة الاشتراطات الواردة بالفقرة (٦-٨-٢-٢) فيما يتعلق بالتصميم الزلزالى .

٦-٢-٥-١٠ تسليح تيجان الأعمدة

مع مراعاة الاشتراطات الخاصة بالمسافات بين الأسياخ يجب أن تُسلح تيجان الأعمدة كالمبين فى شكل (٦-١٦) بالأسياخ (١) و (٢) مع ربط الأسياخ بصلب تسليح (٣) كالمبين فى شكل (٦-١٦) التي تكون كافية لمقاومة عزوم الانحناء القصوى كما ورد في البند (٦-٢-٥-٤) فقرة (أ) وبند (٦-٢-٥-٥) فقرة (هـ) ، ويجب ألا تقل المساحة الكلية لهذا التسليح في كل اتجاه (١) و (٢) عما يلي:

١ - عندما يكون مقطع تاج العمود مستطيلا يجب ألا تقل مساحة صلب التسليح فى كل اتجاه عن (٠,٠٤) من مساحة صلب التسليح السالب في المتر لشريحة العمود من البلاطة في الاتجاه تحت الاعتبار مضروبا في طول الباكية في الاتجاه المتعامد على هذا التسليح.

٢ - عندما يكون مقطع تاج العمود مستديرا يوزع مجموع صلب التسليح (١) ، (٢) المبين فى شكل (٦-١٦) والسابق إيجاده على محيط العمود.



شكل (٦-١٦) تسليح تيجان الأعمدة للبلاطات المسطحة

٦-٢-٥-١١ الفتحات في البلاطات المسطحة

طبقاً للشكل (٦-١٧) و الشكل (٦ -١٨) :

أ - يُفضل عدم عمل فتحات ضمن تيجان الأعمدة.

ب - يُسمح بتشكيل فتحات فى المســـاحات المشتركـــة بين شـــرائح الوســط منطقـــة A شكل (٦-١٧) بشرط تحقيق ما يلي:

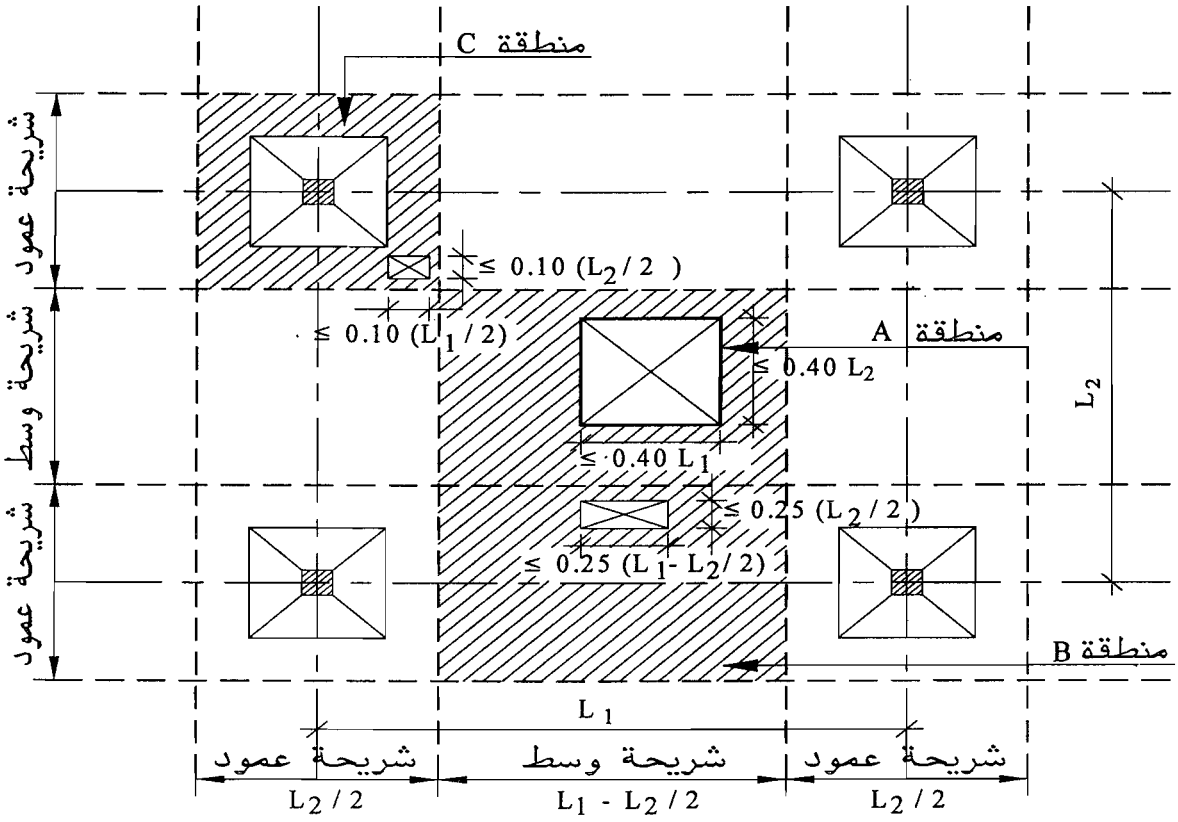
١ - ألا يزيد أكبر بعد للفتحة على ٠,٤٠ من طول الباكية في الاتجاه الموازى للمحور.

٢ - أن يعاد توزيع عزوم الانحناء التصميمية الكلية الموجبة والسالبة على باقي المنشأ بما يتلاءم مع التغير الحاصل نتيجة لوجود الفتحة.

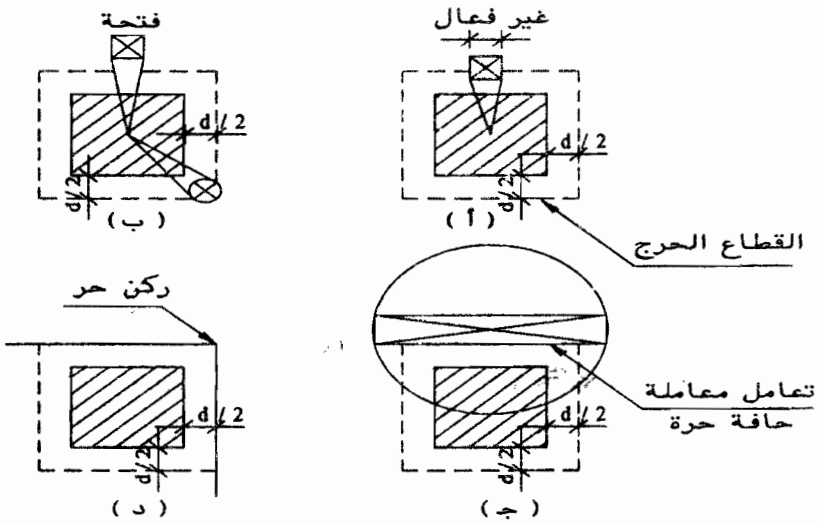
جـ- يُسمح بتشكيل فتحات في المساحة المشتركة بين شريحة عمود وشريحة وسط منطقة B شكل (٦-١٧) بشرط تحقيق مايلى:

١ - ألا يزيد طول الفتحة الكلى أو عرضها على ربع عرض الشريحة فى أى من الاتجاهين.

٢ - أن يكون قطاع كل من الشريحتين فى منطقة الفتحة قادراً على مقاومة العزوم التصميمية.



شكل (٦-١٧) أماكن و أبعاد الفتحات المسموح بها في البلاطات المسطحة



شكل (٦-١٨) تأثير الفتحات فى البلاطات المسطحة على القطاع الحرج للقص الثاقب

د - يُسمح بتشكيل فتحات في المساحة المشتركة بين شريحتي عمود منطقة C شكل (٦-١٧) بشرط تحقيق ما يلي:

١ - ألا يزيد طول الفتحة الكلى أو عرضها على ٠,١٠ من عرض شريحة العمود فى أي من الاتجاهين.

٢ - أن يكون قطاع أى من الشريحتين في منطقة الفتحة قادراً على مقاومة العزوم التصميمية.

٣ - يؤخذ تأثير الفتحات فى البلاطات المسطحة على القطاع الحرج للقص الثاقب طبقا للشكل (٦-١٨).

هـ- في حالة زيادة أبعاد الفتحات فى البلاطات المسطحة على النسب الواردة في الفقرات أ ، ب ، جـ ، د ، يجب عمل حسابات إنشائية دقيقة تحقق شروط المقاومة وحالات حدود التشغيل.

٦-٣ الكمرات Beams

يتضمن هذا الجزء الكمرات التالية:

١- الكمرات العادية.

٢- الكمرات العميقة.

٦-٣-١ الكمرات العادية

٦-٣-١-١ اشتراطات عامة

أ - تسرى بنود هذا الفصل على الكمرات العادية التى تزيد نسبة بحرها الفعال إلى عمقها على ٤ .

ب - الكمرات العميقة التى تزيد نسبة بحرها الفعال إلى عمقها على ١,٢٥ للكمرات البسيطة وعلى ٢,٥ للكمرات المستمرة يفضل تصميمها باستخدام طريقة الضاغط والشداد المعطاة فى البنود (٤-٢-٢-٦-٢) ، (٦-٣-٢-٣) كما يجوز السماح بتطبيق بنود هذا الفصل عليها .

٦-٣-١-٢ البحر الفعال

١- البحر الفعال للكمرات بسيطة الارتكاز

يؤخذ البحر الفعال للكمرات بسيطة الارتكاز مساوياً للقيمة الأقل من :

أ - المسافة بين محاور الركائز (Supports).

ب - البحر الخالص بين الركائز (Supports) مضافا إليه عمق الكمرة.

جـ- ١,٠٥ البحر الخالص.

٢- البحر الفعال للكمرات المستمرة

أ - الكمرات المصبوبة ميليثيا مع الركائز :

يؤخذ البحر الفعال للكمرات المستمرة مساوياً للمسافة بين محاور الركائز أو ١,٠٥ من البحر الخالص أيهما أصغر.

ب - الكمرات المرتكزة على ركائز مبانى :

يؤخذ البحر الفعال مساوياً للمسافة بين محاور الركائز أو البحر الخالص مضافا إليه عمق الكمرة أيهما أصغر.

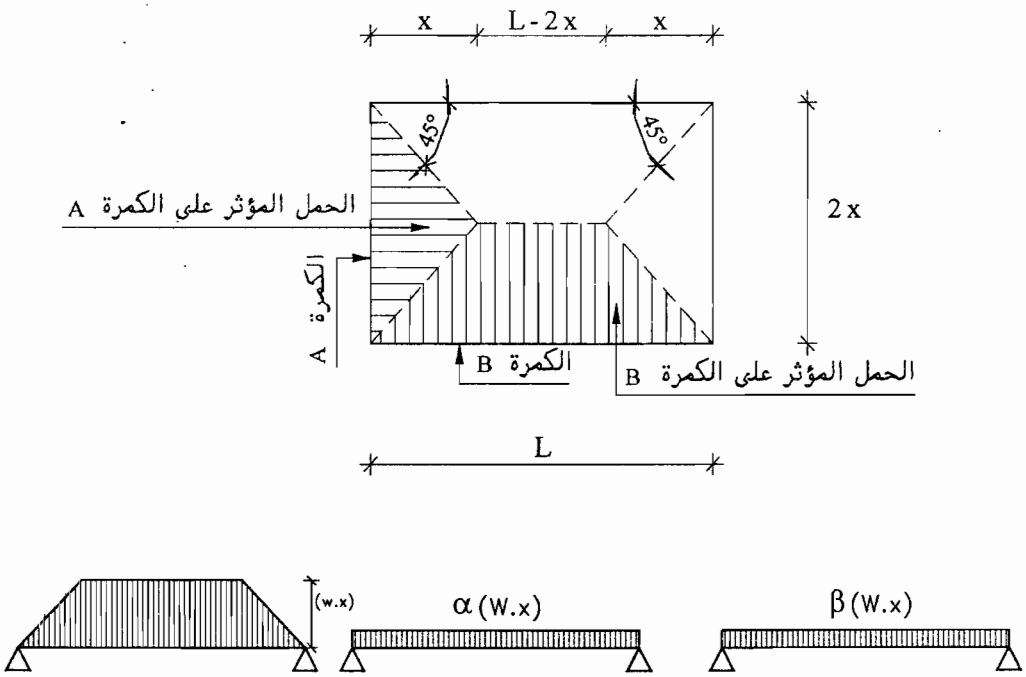
٣- البحر الفعال للكابولى

يؤخذ البحر الفعال للكابولى مساوياً للقيمة الأقل من :

- طول الكابولى مقاسا من محور الركيزة.
- الطول الخالص للكابولى مضافا إليه العمق الأكبر للكابولى.

٦-٣-١-٣ توزيع الأحمال على الكمرات

أ - يمكن حساب أحمال البلاطات المنقولة إلى الكمرات من واقع المساحات المحددة بخطوط منصفات الزوايا عند أركان أى باكية كما هو موضح في الشكل (٦-١٩).



الحمل المنتظم المكافئ لحساب قوى القص — الحمل المنتظم المكافئ لحساب عزوم الانحناء — الحمل المؤثرعلى الكمرة B

شكل (٦-١٩) أحمال البلاطات المؤثرة على الكمرات والأحمال المنتظمة المكافئة

ب – فى حالة ما إذا كانت الأحمال المذكورة فى (أ) تحقق الاشتراطات الآتية :

- أكبر شدة للحمل الأصلى فى منتصف البحر .
- يغطى توزيع الحمل بحر الكمرة بالكامل .
- توزيع الحمل متماثل حول منتصف بحر الكمرة.

فإنه يمكن افتراض أن هذه الأحمال موزعة بانتظام على طول بحر الكمرات – فيما عدا الكمرات الكابولية – بالكيفية التالية :

بفرض أن : w = حمل البلاطة المنتظم المتساوى التوزيع على وحدة المساحة

L = طول بحر الكمرة بين محاور الركائز .

يكون α w.x = الحمل المنتظم المكافئ (للأحمال الأصلية المنقولة) وذلك لحساب عزوم الانحناء فى الكمرات كما هو موضح في الشكل (٦-١٩).

β w.x = الحمل المنتظم المكافئ (للأحمال الأصلية المنقولة) وذلك لحساب قوى القص وردود الأفعال فى الكمرات كما هو موضح في الشكل (٦-١٩).

وتؤخذ قيم α ، β من الجدول (٦-٦) .

جدول (٦-٦) قيم المعاملات α ، β لتقدير الأحمال المنتظمة المكافئة للأحمال الأصلية المفروضة على الكمرات

$\frac{L}{2X}$	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	0.769	0.803	0.830	0.853	0.870	0.885	0.897	0.908	0.917
β	0.500	0.554	0.582	0.615	0.642	0.667	0.688	0.706	0.722	0.737	0.750

٦-٣-١-٤ طريقة التحليل الإنشائى

يجب أن تكون القوى والأفعال والعزوم الداخلية المحسوبة بأى طريقة من طرق التحليل الإنشائي متزنة مع الأحمال التصميمية.

تُستخدم طريقة التحليل الخطى المرن (Linear elastic analysis) لإيجاد القوى والأفعال والعزوم الداخلية فى الكمرات لحالتى التصميم بطريقة المرونة أو طريقة حالات الحدود ويجوز إعادة توزيع العزوم طبقا للبند (٤-٢-١-٢-جـ).

٦-٣-١-٥ جساءة الانحناء Flexural Rigidity

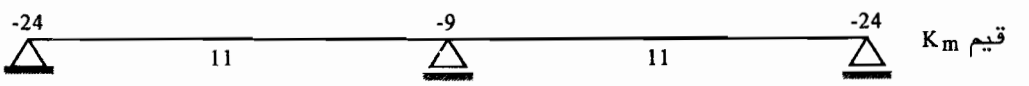
يمكن تقدير الجساءة النسبية عند استخدام طريقة التحليل الخطى المرن على أساس القطاع الخرساني بكامله دون اعتبار تأثير التسليح أى E_cI_g حيث يتم حساب E_c طبقا للبند (٢-٣-٣-١). ويعتبر التحليل الإنشائى على هذا الأساس كافيا بوجه عام . ويجوز استخدام فروض أخرى تأخذ في الحسبان تأثير الشروخ على الجساءة مثل E_cI_g للأعمدة و $\frac{1}{2}$ E_cI_g للكمرات، وفى جميع الأحوال يجب استخدام أساس واحد لتقدير الجساءة لجميع أجزاء المنشأ؛ وفى حالة القطاعات على شكل حرف T أو L يتم أخذ عرض الشفة مساوياً نصف عرض الشفة المنصوص عليه فى البند (٦-٣-١-٩).

٦-٣-١-٦ العزوم وقوى القص فى الكمرات المستمرة

يمكن حساب عزوم الانحناء في الكمرات المستمرة بفرض أن الكمرات مرتكزة على ركائز ذات حافة سكينية جاسئة (Rigid knife edge supports) ؛ وفى حالة الكمرات المستمرة متساوية العمق والبحر والمعرضة لأحمال منتظمة التوزيع أو تتفاوت فيها قيم البحور أو الأحمال بحد أقصى ٢٠% من القيمة الصغرى للبحرين المتجاورين ، يمكن فرض القيم التالية لعزوم الانحناء ، على أنه لا يجوز في هذه الحالة إعادة توزيع العزوم.

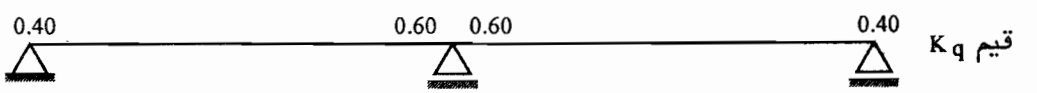
أ- **الكمرات ذات البحرين**

أقصى عزم انحناء: $(M = \frac{wL^2}{K_m})$ وتؤخذ قيم K_m كما هو موضح بالشكل (٦-٢٠-أ) حيث L قيمة البحر الفعال.



شكل (٦-٢٠-أ) معاملات عزوم الانحناء K_m فى الكمرات ذات البحرين

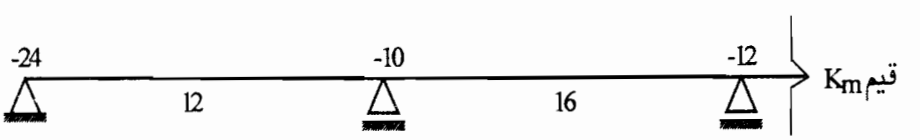
أقصى قوة قص: $(Q = K_q\, wL)$ ، وتؤخذ قيم K_q كما هو موضح بالشكل (٦-٢٠-ب).



شكل (٦-٢٠-ب) معاملات قوى القص K_q فى الكمرات ذات البحرين

ب - **الكمرات المكونة من أكثر من بحرين**

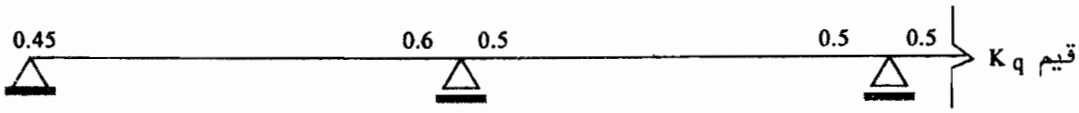
أقصى عزم انحناء: $(M = wL^2 / K_m)$ وتؤخذ قيم K_m كما هو موضح بالشكل (٦-٢٠- جـ) حيث L قيمة البحر الفعال.



شكل (٦-٢٠-جـ) معاملات عزوم الانحناء K_m في الكمرات المكونة من أكثر من بحرين

وعند حساب عزوم الانحناء السالبة فوق أى ركيزة تؤخذ قيم المتوسط الحسابي للبحرين والحملين على جانبي هذه الركيزة.

أقصى قوة قص: $(Q = K_q\, wL)$ ، وتؤخذ قيم K_q كما هو موضح بالشـــكل (٦-٢٠-د).



شكل (٦-٢٠-د) معاملات قوى القص K_q فى الكمرات المكونة من أكثر من بحرين

- يجب ألا تقل عزوم الانحناء الموجبة المأخوذة فى الاعتبار عنـد تـصميم الكمـرات الطرفية عن $\frac{wL^2}{16}$ وفى الكمرات الداخلية عن $\frac{wL^2}{24}$.
- يجب حساب عزوم الانحناء السالبة في منتصف البحـور عنـد تعـرض الكمـرات المستمرة لأحمال حية ثقيلة $(p > 1.5g)$ تبعا لنظرية الكمرات المستمرة على ركـائز سكينية جاسئة، على أن يُسمح بتخفيض العزوم السالبة للأحمال الحية فقط في منتصف البحور إلى ثُلثى قيمتها وذلك نتيجة لجساءة الأعمدة أو الكمرات المـصبوبة ميليثيـاً الحاملة لها. وفى حالة تساوى البحور - أو اختلافها فى حـدود ٢٠ % - للكمـرات والواقعة تحت تأثير أحمال حية ثقيلة $(p > 1.5g)$ يمكن حـساب عـزوم الانحنـاء السالبة فى منتصف البحور الداخلية كما يلي:

$$M = \left(g - \left(\frac{2}{3}\right)p\right)\left(\frac{L^2}{24}\right) \qquad (6-26)$$

حيث:

L = طول أكبر البحرين المتجاورين

p = الحمل الحى منتظم التوزيع على وحدة الطول

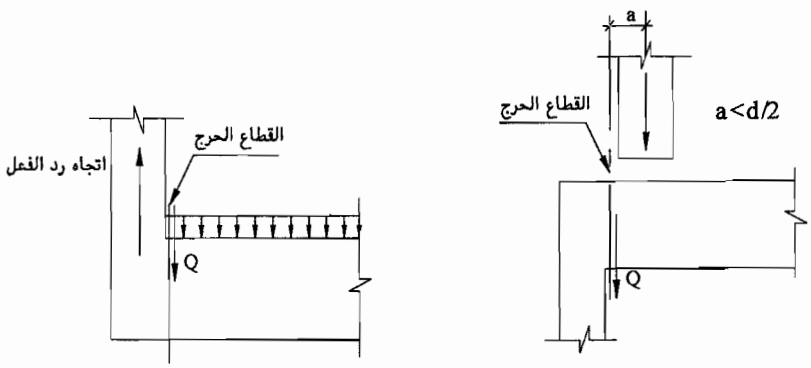
g = الحمل الدائم منتظم التوزيع على وحدة الطول

٦-٣-١-٧ القطاعات الحرجة للعزوم وقوى القص

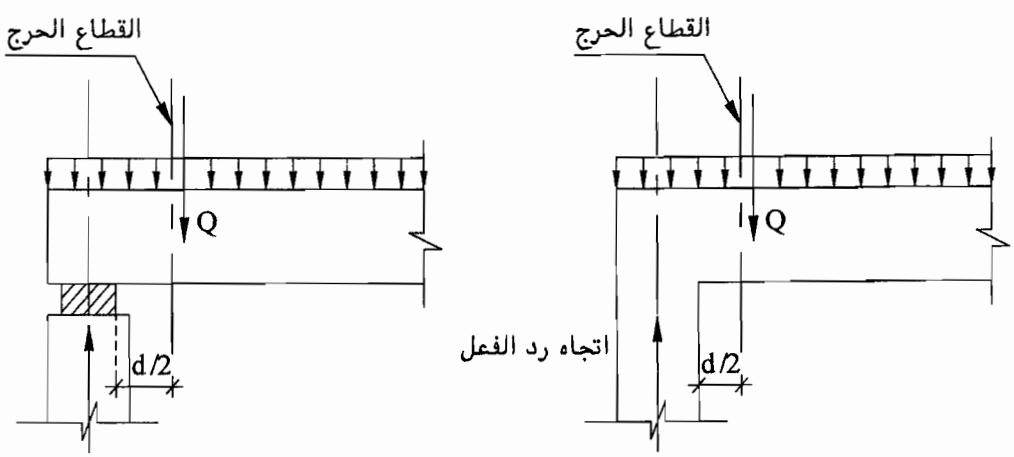
١ - فى الكمرات المصبوبة ميليثيا يؤخذ القطاع الحرج للعزوم السالبة عنـد وجـه الركيـزة الداخلية وللعزوم الموجبة عند القطاع الذى تنعدم عنده قوى القص .

٢ - يؤخذ القطاع الحرج لقوى القص عند وجه الركائز (شكل ٦-٢١) فيما عـدا الحـالات المذكورة في الفقرة (٦-٣-١-٧-٣).

٣ - يؤخذ القطاع الحرج للقص على مسافة من وجه الركيزة تساوى نصف عمق الكمرة الفعال في الحالات التي يحدث فيها ضغط ناتج عن رد فعل الركيزة فى هذه المسافة كما هو مبين بالشكل (٦-٢٢).



شكل (٦-٢١) القطاع الحرج في القص عند وجه الركيزة



شكل (٦-٢٢) القطاع الحرج فى القص على مسافة d/2 من وجه الركيزة

٦-٣-١-٨ حد النحافة

يجب ألا يتعدى الطول غير المرتكز في الاتجاه العرضي مقاسا بين نقط الانقلاب القيم التالية :

أ - للكمرات بسيطة الارتكاز أو المستمرة $40b_c$ أو $\frac{200b_c^2}{d}$ أيهما أقل.

ب - للكمرات الكابولية الممنوعة من الحركة جانبيا عند الركيزة فقط $20b_c$ أو $\frac{80b_c^2}{d}$ أيهما أقل.

حيث :

b_c = عرض الكمرة عند الوجه المعرض للضغط

d = العمق الفعال

٦-٣-١-٩ العرض الفعال لشفة القطاعات على شكل حرف T أو L

عند تحديد المقاومة القصوى للكمرات على شكل حرف T أو L يقدر العرض الفعال من البلاطة بأصغر قيمة مما يلي :

$(16t_s + b)$ أو $(\frac{L_2}{5} + b)$ للكمرات على شكل حرف T (6-27-a)

$(6t_s + b)$ أو $(\frac{L_2}{10} + b)$ للكمرات على شكل حرف L (6-27-b)

حيث L_2 هي المسافة بين نقطتي الانقلاب ويمكن تقديرها بقيمة ٠,٧٠ من البحر الفعال فى الكمرات المستمرة من الطرفين، ٠,٨٠ من البحر الفعال في الكمرات المستمرة من طرف واحد ولا يزيد العرض الفعال لشفة القطاع على عرض الجذع b مضافا إليه نصف المسافة بين الكمرتين المجاورتين من الجانبين. وفى حالة مشاركة الأسقف الخرسانية المتصلة بالكمرات في مقاومة قوى الضغط التي تتعرض لها الكمرات يجب ألا يقل سمك البلاطة عن ٨٠ مم.

٦-٣-١-١٠ شروط عامة

- لكي يمكن اعتبار الكمرة في التصميم أنها على شكل حرف T أو L يجب صب البلاطة ميليثيا مع الكمرة أو ربطهما معا بطريقة فعالة.
- يجب ألا يقل التسليح العلوي في الشفة فى الاتجاه العمودي على اتجاه الجذع عن ٠,٣٠% من مساحة قطاع البلاطة ، وذلك لضمان الفعل الميليثى بين الشفة والجذع ، كما يجب أن

يستمر التسليح بالعرض الكامل للشفة المذكورة في البند (٦-٣-١-٩) ويجب ألا تزيد المسافة بين أسياخ هذا التسليح على ٢٠٠مم.

- يجب أن تمتد الكانات من الجذع إلى السطح النهائي للشفة لضمان الفعل الميليثى بين الشفة والجذع.
- عندما يستعمل قطاع على شكل حرف T للكمرات المنعزلة بغرض تزويد القطاع بمساحة ضغط إضافية ، يجب ألا يقل سمك الشفة عن نصف عرض الجذع وألا يزيد العرض الفعال للشفة على ستة أمثال سمك البلاطة مضافاً إليه عرض الجذع.
- تُزود الكمرات التي يزيد عمقها على ٦٠٠ مم ، و ذلك بخلاف سمك البلاطة ، بأسياخ انكماش جانبية ، لا تقل مساحتها عن ٨ % من مساحة تسليح الشد على ألا تزيد المسافة بينها على ٣٠٠مم.

٦-٣-١-١١ النسبة الدنيا للتسليح الرئيسي

لا تقل نسبة التسليح بالكمرة عما هو مذكور بالبند (٤-٢-١-٢- ح).

٦-٣-٢ الكمرات العميقة **Deep Beams**

٦-٣-٢-١ اشتراطات عامة

أ - تسرى بنود هذا الجزء على الكمرات التى تفى نسبة بحرها الفعال إلى عمقها بالقيمة التالية:

$$L/d \leq 4.0 \qquad (6\text{-}28)$$

حيث : d = العمق الفعال للقطاع

L = البحر الفعال للكمرة

ب - تُصمم الكمرات العميقة المعرضة لأحمال على سطحها العلوي وكذا في حالات التحميل على الأسطح المنضغطة للكمرات باستخدام طريقة التصميم الفرضي المعطاة في البندين (٤-٢-٢-٦-١) ، (٦-٣-٢-٢) أو باستخدام طريقة الضاغط والشداد المعطاة في البنود (٤-٢-٢-٦-٢) ، (٦-٣-٢-٣) ، (٦-١١) وذلك وفقا للمتطلبات والحدود المسموح باستخدامها فى أي من الطريقتين والمبينة في تلك البنود.

جـ- يمكن استخدام طرق الحل اللاخطية والتى تأخذ في الاعتبار تأثير التشرخات عند تصميم الكمرات العميقة.

د – في حالات تحميل الكمرات العميقة بأحمال ينشأ عنها شد على سطح التحميل فإنه يمكن تصميم تلك الكمرات باستخدام أي من الطريقتين مع مراعاة استيفاء البند ٤-٢-٢-٦-٣ .

٦-٣-٢-٢ التصميم الفرضي للكمرات العميقة

أ – تسرى طريقة التصميم الواردة في هذا البند إذا توافر فيها الشرط التالى :

$L/d \leq 1.25$ للكمرات بسيطة الارتكاز (6-29-a)

$L/d \leq 2.5$ للكمرات المستمرة (6-29-b)

ب – يُقدر ذراع العزم y_{ct} في الكمرات العميقة التي تحقق الاشتراطات الواردة في (أ) طبقا لما يلي على ألا يزيد على ٠,٨٧ من العمق الفعال d .

١ – للكمرات بسيطة الارتكاز

$$y_{ct} = 0.86\ L \qquad (6-30-a)$$

٢ – للكمرات المستمرة

أ – عند منتصف البحر:

$$y_{ct} = 0.43\ L \qquad (6-30-b)$$

ب – عند الارتكاز الداخلي:

$$y_{ct} = 0.37\ L \qquad (6-30-c)$$

جـ– تُحسب المقاومة القصوى للقص للكمرات العميقة التي تحقق الاشتراطات الواردة في البند (٦-٣-٢-٢-أ) طبقاً لما هو وارد بالبند (٤-٢-٢-٦ -١) ويراعى ألا تقل نسبة صلب التسليح الجذعي للقص عما هو وارد في البند (٤-٢-٢-٦-١-ك).

٦-٣-٢-٣ التصميم باستخدام نموذج الضاغط والشداد

أ – يجوز استخدام نموذج الضاغط والشداد في تصميم الكمرات العميقة المعرفة في البند (٦-٣-٢-١-أ) وذلك طبقاً لما هو وارد بالبند (٦-١١).

ب – يجب ألا تقل نسبة صلب التسليح الجذعي للقص عن القيم الواردة في البند (٤-٢-٢-٦-١- ك) أو البند (٤-٢-٢-٦-٢-ب) وذلك وفقا لنسبة بحر الكمرة الفعال لعمقها وكذلك نسبة بحر القص إلى عمق الكمرة ، وذلك للكمرات المحملة بأحمال مركزة .

٦-٣-٢-٤ النسبة الدنيا للتسليح في الكمرات العميقة

أ - يجب ألا تقل نسبة صلب التسليح الطولي الرئيسي بالكمرات العميقة عما هو وارد في البند (٤-٢-١-٢-ح).

ب - يجب أن يمتد التسليح الرئيسي بالكامل إلى مناطق الارتكاز مع مراعاة التأكد من تثبيته بطول رباط كاف أو بأى وسائل تثبيت أخرى في منطقة الارتكاز .

٦-٤ الأعمدة Columns

٦-٤-١ تعاريف

أ - الأعمدة هي أعضاء الضغط التي يزيد ارتفاعها أو طولها في اتجاه قوة الضغط على خمسة أمثال البعد الأصغر للقطاع و لا يزيد أكبر بعد للقطاع على خمسة أمثال البعد الأصغر في القطاعات المستطيلة . ويشمل ذلك الأعمدة غير المستطيلة كالدائرية أو المضلعة أو الأعمدة المكونة من قطاعات مركبة من مستطيلات بحيث لا يزيد الطول في أي اتجاه لكل مستطيل على أربعة أمثال العرض لهذا المستطيل ، وإلا اعتبرت هذه الأعضاء حوائط كما هو موضح بالبند (٦-٥).

ب - تُصمم الأعمدة فى المبانى المقيدة وغير المقيدة طبقا للبند (٤-٢-١-٣) أو البند (٥-٣-٣) ، مع الأخذ في الاعتبار العزوم المؤثرة على العمود طبقا للبند (٦-٤-٥) أو العزوم الناتجة عن الحد الأدنى لقيمة اللامركزية للأحمال طبقا للبند (٦-٤-٣) أيهما أكبر.

٦-٤-٢ المبانى المقيدة جانبيا وغير المقيدة جانبيا

أ - يُعتبر المبنى مقيدا إذا كان مزودا بعناصر تدعيم عبارة عن حوائط خرسانية مستمرة بكامل ارتفاع المبنى بحيث تكون موزعة توزيعا متماثلا تقريبا فى المسقط الأفقى للمبنى وتفى بما يلى:

- فى حالة مبنى مكون من ٤ طوابق أو أكثر :

$$\alpha = H_b \sqrt{\frac{N}{\Sigma EI}} < 0.6 \qquad (6\text{-}31\text{-}a)$$

- فى حالة مبنى مكون من أقل من ٤ طوابق

$$\alpha = H_b \sqrt{\frac{N}{\Sigma EI}} < 0.2 + 0.1n \qquad (6\text{-}31\text{-}b)$$

حيث :

H_b = الارتفاع الكلى للمبنى فوق السطح العلوى للأساسات

N = مجموع أحمال التشغيل المؤثرة على جميع العناصر الرأسية للمبنى عند منسوب الأساسات.

Σ EI = مجموع جساءة الانحناء (Flexural rigidity) للحوائط الخرسانية الرأسية المشتركة في تدعيم المبنى فى الاتجاه تحت الاعتبار

n = عدد الطوابق للمبنى

ب – يجب أن تكون الحوائط الخرسانية المستخدمة فى التحقق من المعادلة (٦-٣١) متصلة بالأساسات اتصالا يسمح بنقل جميع القوى الأفقية والعزوم الناتجة عنها بالكامل إلى الأساسات.

٦-٤-٣ الحد الأدنى لمقدار اللامركزية للأحمال

فى جميع الأحوال يجب ألا يقل مقدار اللامركزية للأحمال المأخوذة فى حساب القطاع عن أقل قيمة مما يلى:

أ – ٠,٠٥ من بعد قطاع العمود فى اتجاه هذا البعد

ب – ٢٠ مم

٦-٤-٤ الأعمدة القصيرة

أ – تُعتبر الأعمدة قصيرة إذا قلت نسبة النحافة λ لقطاع العمود عن القيم الواردة فى الجدول (٦-٧) ، على أن تحسب نسبة النحافة λ للقطاع المستطيل فى الاتجاهين وتساوى $(\lambda_b = \frac{H_e}{b})$ و $(\lambda_t = \frac{H_e}{t})$ وتؤخذ فى القطاع الدائري $(\lambda_D = \frac{H_e}{D})$. وفى الحالة العامة يجب استخدام معامل النحافة $(\lambda_i = \frac{H_e}{i})$

حيث :

i = نصف قطر القصور الذاتى لقطاع العمود ، ويؤخذ طبقاً للعلاقة التالية:

للأعمدة المستطيلة $i = (0.30\ b)$ or $(0.30\ t)$ (6-32-a)

للأعمدة الدائرية $i = 0.25\ D$ (6-32-b)

H_e = طول الانبعاج الفعال للعمود فى الاتجاه تحت الاعتبار

t ، b = أبعاد قطاع العمود المستطيل

D = قطر العمود الدائرى

ب - فى المباني غير المقيدة تؤخذ العزوم التصميميـــة على الأعمدة القصيرة طبقا للبنـــــد (٦-٤-٥-٣-أ).

جدول (٦-٧) حدود نسبة النحافة القصوى للأعمدة القصيرة

حالة المبنى	نسبة النحافة للأعمدة المستطيلة λ_t or λ_b	نسبة النحافة للأعمدة الدائرية λ_D	معامل النحافة λ_i
مقيد	١٥	١٢	٥٠
غير مقيد	١٠	٨	٣٥

٦-٤-٥ الأعمدة النحيفة

الأعمدة النحيفة هى الأعمدة التى تزيد نسبة النحافة λ لها على القيم الواردة فى الجـــدول (٦-٧)، بشرط ألا تزيد نسبة النحافة λ لأى عمود على القيم الواردة فى الجدول (٦-٨).

جدول (٦-٨) حدود نسبة النحافة القصوى للأعمدة النحيفة

حالة المبنى	نسبة النحافة للأعمدة المستطيلة λ_t or λ_b	نسبة النحافة للأعمدة الدائرية λ_D	معامل النحافة λ_i
مقيد	٣٠	٢٥	١٠٠
غير مقيد	٢٣	١٨	٧٠

٦-٤-٥-١ طول الانبعاج

١ - فى حالة الأعمدة فى المبانى المقيدة جانبيا يؤخذ طول الانبعاج H_e مساويا للأصغر من:

$$H_e = H_o\,[0.7 + 0.05\,(\alpha_1 + \alpha_2)] \le H_o \qquad (6\text{-}33\text{-}a)$$

أو

$$H_e = H_o\,[0.85 + 0.05\,(\alpha_{min})] \le H_o \qquad (6\text{-}33\text{-}b)$$

وفى حالة الأعمدة فى المبانى غير المقيدة جانبيا يؤخذ طول الانبعاج H_e مساويا للأصغر من:

$$H_e = H_o\,[1.0 + 0.15\,(\alpha_1 + \alpha_2)] \ge H_o \qquad (6\text{-}34\text{-}a)$$

أو

$$H_e = H_o\,[2.0 + 0.3\,(\alpha_{min})] \geq H_o \qquad (6\text{-}34\text{-}b)$$

وتُحسب قيمة α من العلاقة

$$\alpha = \frac{\sum \frac{E_c I_c}{H_o}}{\sum \frac{E_c I_b}{L_b}} \qquad (6\text{-}35)$$

حيث : H_o هو ارتفاع العمود الخالص ، α_{min} هي القيمة الأصغر من α_1 عند الطرف السفلى ، α_2 عند الطرف العلوى للعمود على التوالى ، مع اعتبار الحد الأقصى لقيم α هو (١٠) للعناصر المثبتة مفصليا والحد الأدنى هو (١) للعناصر المثبتة تثبيتا كليا.

٢ – تُحسب قيمة EI طبقا للبند (٦-٣-١-٥) وباعتبار العناصر الإنشائية المتصلة ميليثياً مع العمود عند نهايتيه فى مستوى التحليل ، ويمكن استخدام الفروض البسيطة الواردة فيما بعد فى الحالات المناسبة.

أ – فى البلاطات المسطحة تُحسب قيمة EI للبلاطة على أساس كمرة مكافئة ذات عرض وسمك مساويين لعرض وسمك شريحة العمود في اتجاه التحليل.

ب – تؤخذ قيمة α تساوى ١٠ عند طرف العمود المتصل بقاعدة غير مصممة لمقاومة عزوم منقولة من العمود.

٣ – يجوز استخدام القيم الواردة في الجدولين (٦-٩) ، (٦-١٠) في المباني العادية وذلك للأعمدة المقيدة وغير المقيدة. وتعرف الحالات الواردة في الجدولين (٦-٩) ، (٦-١٠) كما يلي:

حالة ١ – طرف العمود أو الحائط مصبوب ميليثياً مع كمرات أو بلاطات ذات عمق لا يقل عن بعد العمود في اتجاه التحليل، و يعتبر الطرف المتصل بالأساسات ضمن هذه الحالة إذا كانت الأساسات مصممة لتحمل العزوم.

حالة ٢– طرف العمود أو الحائط مصبوب ميليثياً مع كمرات أو بلاطات عمقها أقل من بعد قطاع العمود أو الحائط في اتجاه التحليل.

حالة ٣ – طرف العمود أو الحائط متصل بأعضاء غير مصممة لمنع الدوران ولكن لتعطي بعض المقاومة.

حالة ٤ – العمود غير مقيد لمنع الحركة الأفقية أو الدوران مثل الأعمدة الكابولية.

جدول (٦-٩) نسبة $\frac{H_e}{H_o}$ للأعمدة فى المبانى المقيدة

حالة الطرف العلوى	حالة الطرف السفلي		
	1	2	3
1	0.75	0.80	0.90
2	0.80	0.85	0.95
3	0.90	0.95	1.00

جدول (٦-١٠) نسبة $\frac{H_e}{H_o}$ للأعمدة فى المبانى غير المقيدة

حالة الطرف العلوى	حالة الطرف السفلي		
	1	2	3
1	1.20	1.30	1.60
2	1.30	1.50	1.80
3	1.60	1.80	—
4	2.20	—	—

٦-٤-٥-٢ الأعمدة النحيفة فى المبانى المقيدة جانبياً

أولاً : العزوم الإضافية الناتجة عن الانبعاج M_{add}

يؤخذ تأثير الانبعاج في الأعمدة النحيفة باعتبار عزم إضافى كما هو موضح بشكل (٦-٢٣) ويقدر من المعادلة التالية:

$$M_{add} = P.\delta \qquad (6\text{-}36)$$

حيث تؤخذ δ كالآتى:

- فى حالة الأعمدة المستطيلة في الاتجاه t من العمود

$$\delta = \frac{(\lambda_t)^2 . t}{2000} \qquad (6\text{-}37\text{-}a)$$

- فى حالة الأعمدة المستطيلة في الاتجاه b من العمود

$$\delta = \frac{(\lambda_b)^2 . b}{2000} \qquad (6\text{-}37\text{-}b)$$

- في حالة الأعمدة الدائرية ذات القطر D

$$\delta = \frac{(\lambda_D)^2 . D}{2000} \qquad (6\text{-}37\text{-}c)$$

- وفى الحالة العامة

$$\delta = \frac{(\lambda_i)^2 . t'}{30000} \qquad (6\text{-}37\text{-}d)$$

حيث t' = طول الضلع في اتجاه الانبعاج وحيث الأبعاد بالمليمتر.

ثانياً : العزوم للأعمدة النحيفة والمعرضة لانحناء حول محور واحد

أ – في الأعمدة المعرضة لعزوم انحناء حول محور واحد (المحور الأساسي أو المحور الثانوى) كما هو موضح بشكل (٦-٢٣) يتم أخذ العزوم الإضافية الناتجة عن الانبعاج فى حالة ما إذا كانت إشارتها مماثلة لنفس إشارة العزوم الابتدائية وعلى ذلك تؤخذ العزوم التصميمية مساوية للأكبر من:

$$1\text{-}\ M_2 \qquad 2\text{-}\ M_i + M_{add}$$
$$3\text{-}\ M_1 + (M_{add}/2) \qquad 4\text{-}\ P.\ e_{min} \qquad (6\text{-}38)$$

حيث يُقدر العزم الابتدائي M_i عند القطاع الحرج بالقرب من منتصف ارتفاع العمود من العلاقة التالية:

$$M_i = 0.4\ M_1 + 0.6\ M_2 \geq 0.4\ M_2 \qquad (6\text{-}39)$$

وتؤخذ إشارة M_1 سالبة في المعادلة (٦-٣٩) في حالة الأعمدة ذات الانحناء المزدوج

ب – فى حالة الأعمدة المعرضة لعزوم انحناء حول المحور الأساسي فقط يُصمم العمود على أساس أنه معرض لعزوم ابتدائية مزدوجة طبقاً للبند (٦-٤-٦) باعتبار أن العزم الابتدائي M_i حول المحور الثانوي مساوياً للصفر.

جـ– فى حالة حساب المبني على أنه مكون من كمرات وأعمدة، وبشرط عدم تعرض الأعمدة إلى عزوم ناتجة عن الحيود الجانبى (Side sway) يمكن تقدير العزوم على الأعمدة بطريقة مبسطة كما يلي:

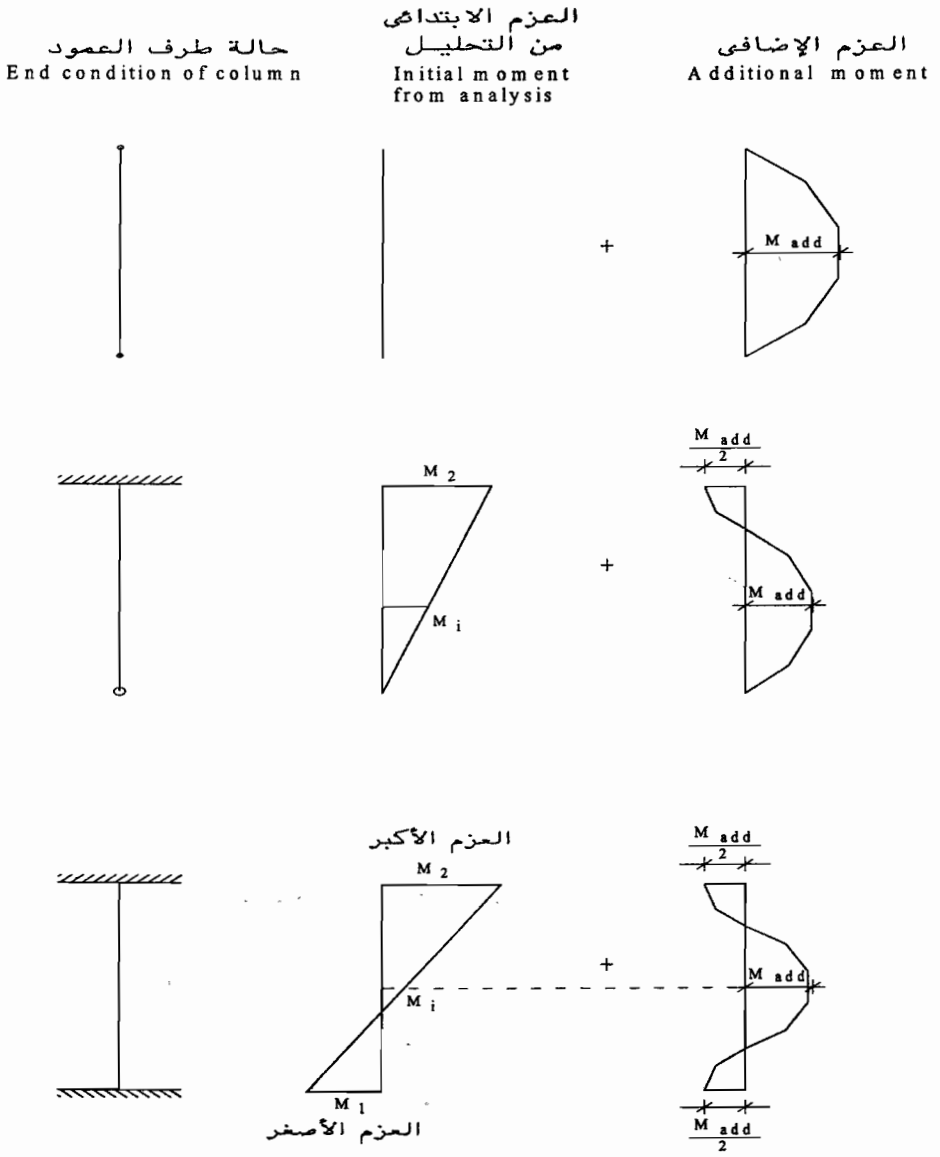
١ - تُعتبر عزوم الانحناء M_1 ، M_2 مساوية للصفر في حالة الأعمدة الداخلية التي تحمل مجموعة من الكمرات متماثلة الوضع والتحميل تقريباً. وفي حالة المنشآت ذات البلاطات المسطحة (اللاكمرية) تُحسب عزوم الانحناء للأعمدة الداخلية طبقاً للبند (٦-٢-٥-٤) أو البند (٦-٢-٥-٥) وفى جميع الحالات يؤخذ العزم التصميمي طبقاً للمعادلة (٦-٣٨).

٢ - تُقدر العزوم الجانبية في الأعمدة الخارجية طبقاً للقيم المبينة بالجدول (٦-١١).

جدول (٦-١١) قيم العزوم للأعمدة الخارجية

أماكن العزوم في الأعمدة	العزوم في حالة الإطارات ذات الباكية الواحدة	العزوم في حالة الإطارات ذات الباكيتين أو أكثر
العزم عند أسفل العمود العلوى	$\frac{K_u.M_f}{K_l + K_u + 0.50K_b}$	$\frac{K_u.M_f}{K_l + K_u + K_b}$
العزم عند أعلى العمود السفلي	$\frac{K_l.M_f}{K_l + K_u + 0.50K_b}$	$\frac{K_l.M_f}{K_l + K_u + K_b}$

حيث M_f هو عزم الانحناء الطرفي للكمرة التى تكون إطاراً مع العمود بفرض أنها كاملة التثبيت عند طرفيها.



شكل (٦-٢٣) العزوم المؤثرة على الأعمدة النحيفة فى المبانى المقيدة جانبياً

ويمكن استعمال المعادلات المبينة بالجدول (٦-١١) والخاصة بالعزوم عند أعلى العمود السفلي لإيجاد العزوم عند النهاية العلوية لأعمدة الطابق الأخير باعتبار K_u تساوى صفر.

حيث:

K_u = كزازة العمود العلوي $\qquad K_u = \dfrac{4EI_u}{h_u}$

K_l = كزازة العمود السفلي $\qquad K_l = \dfrac{4EI_l}{h_l}$

K_b = كزازة الكمرة $K_b = \frac{4EI_b}{L_b}$

h_l ، h_u = ارتفاع العمود العلوي والسفلي على التوالي

L_b = طول الكمرة

I_u و I_L و I_b = عزم القصور الذاتي للعمود العلوي والسفلي والكمرة على التوالي

ويجوز استخدام فروض أخرى تأخذ فى الحسبان تأثير الشروخ على الجساءة مثل EI_g للأعمدة و $0.50\ EI_g$ للكمرات.

وقد بنيت تقديرات هذه العزوم على الافتراضات التالية:

أ – عزم القصور الذاتي ثابت لكل عنصر.

ب – نقط اتصال العناصر غير معرضة لحركات أفقية أو رأسية.

جـ– جميع العناصر لها نفس درجة التثبيت في أطرافها البعيدة.

د – يمكن اعتبار النقط التي يكون فيها عزم الانحناء صفراً عند ثُلث ارتفاع الأعمدة من نقطة التثبيت الكلي وعند ربع ارتفاعها من نقطة التثبيت في حالة التثبيت الجزئى.

٦-٤-٥-٣ الأعمدة النحيفة فى المبانى غير المقيدة جانبياً

أ – العزوم الإضافية الناتجة عن الانبعاج

في حالة الأسقف التي تكون فيها قيم الحيود الجانبية لجميع الأعمدة متساوية تقريباً يؤخذ تأثير الانبعاج باعتباره عزماً إضافياً تُقدر قيمته من العلاقة التالية:

$$M_{add} = P.\delta_{av} \qquad (6\text{-}40)$$

حيث :

$$\delta_{av} = \frac{\Sigma\delta}{n} \qquad (6\text{-}41)$$

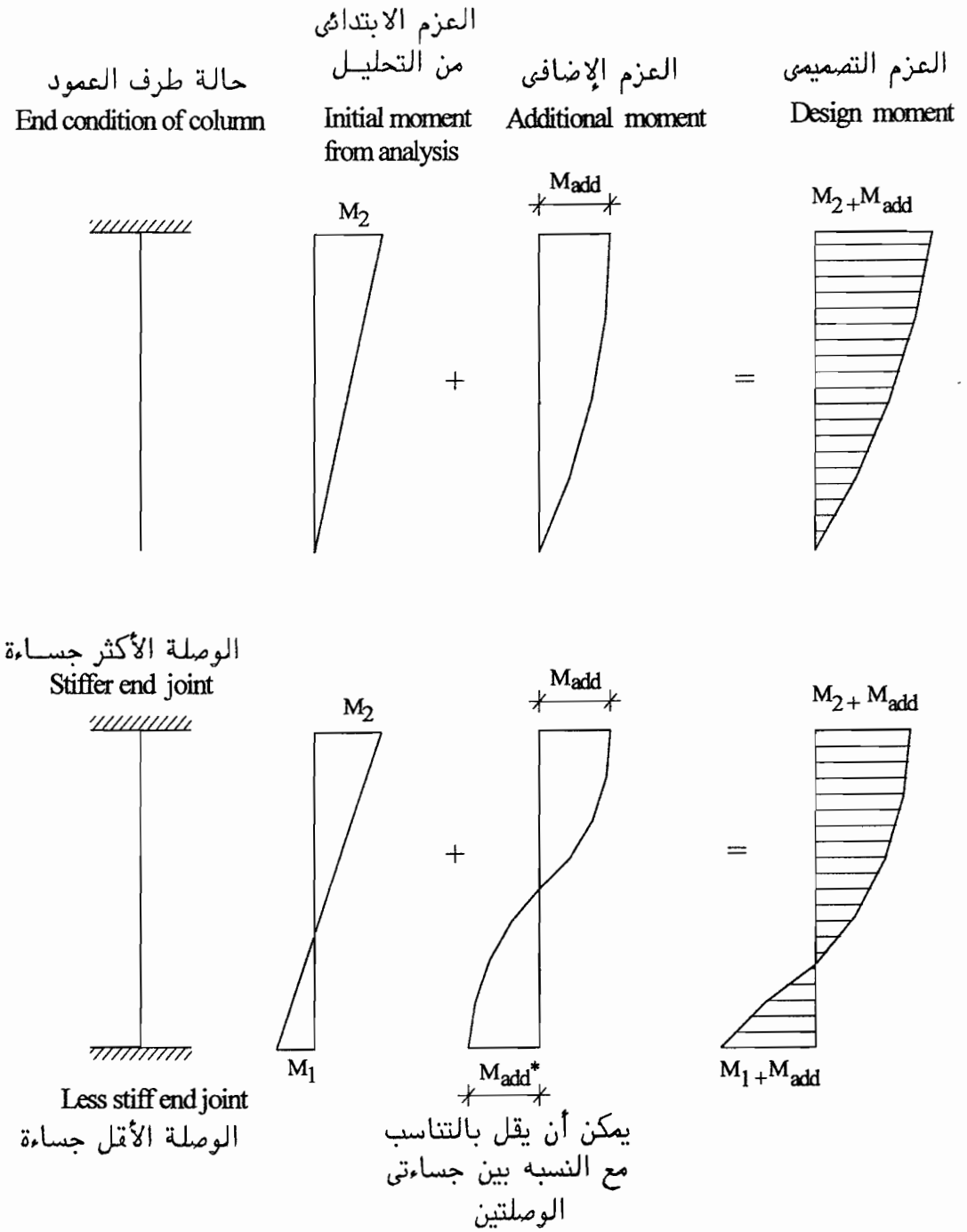
حيث : n هي عدد الأعمدة في الطابق (الدور) كما يتم حساب δ من المعادلة(٦-٣٧)

ويراعى عند حساب δ_{av} إهمال قيم δ التي تتعدى قيمتها ضعف δ_{av} على أنه يجب أخذ هذه العزوم M_{add} في الاعتبار عند تصميم الكمرات أو البلاطات المتصلة ميلينيا مع الأعمدة.

ب – العزوم التصميمية للأعمدة المعرضة لعزوم حول محور واحد (شكل٦-٢٤): تؤخذ العزوم التصميمية مساوية للقيمة الأكبر من:

$$M_2 + M_{add} \qquad \text{أو} \qquad P\ .\ e_{min}$$

على أساس أن العزم الإضافي يؤثر عند طرفي العمود.



* ويمكن أخذ قيمة M_{add} عند الوصلة الأقل جساءة بنسبة جساءتى الوصلتين

شكل (٦-٢٤) العزوم التصميمية للأعمدة النحيفة فى المبانى غير المقيدة جانبياً

٦-٤-٦ الأعمدة المعرضة لعزوم انحناء مزدوجة حول محورى القطاع

Biaxially Loaded Columns

١ - يتم تصميم العمود لمقاومة القوة المحورية والعزوم المزدوجة التي يتم تقدير قيمتها حول المحورين الأساسي والثانوى طبقاً للبندين (٤-٢-١-٣) ، (٦-٤-٤-ب) للأعمدة القصيرة والبنود (٦-٤-٥-٢ ثانياً) ، (٦-٤-٥-٣) للأعمدة النحيفة.

٢ - يمكن إهمال أي من العزمين المؤثرين على العمود إذا كانت قيمة لا مركزية الحمل نتيجة هذا العزم أقل من الحد الأدنى الموضح في البند (٦-٤-٣) .

٣ - فى حالة القطاعات المستطيلة متساوية التسليح في جميع الأوجه شكل (٦-٢٥-أ)، يمكن أخذ عزم مكافئ حول محور واحد بطريقة تقريبية كما يلى:

أ - فى حالة $(\frac{M_x}{a'} \le \frac{M_y}{b'})$

يؤخذ العزم التصميمى M'_y حول محور y طبقاً للمعادلة

$$M'_y = M_y + \beta\left(\frac{b'}{a'}\right)M_x \qquad (6\text{-}42)$$

ب - فى حالة $(\frac{M_x}{a'} > \frac{M_y}{b'})$

يؤخذ العزم التصميمى M'_x حول محور x طبقاً للمعادلة

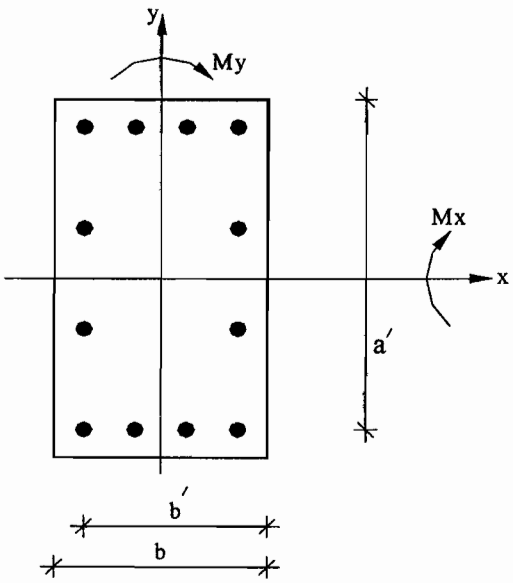
$$M'_x = M_x + \beta\left(\frac{a'}{b'}\right)M_y \qquad (6\text{-}43)$$

حيث a' ، b' هما العمق الفعال للقطاع لكل من العزمين M_x ، M_y على التوالى وتُحدد قيمة β طبقاً للجدول (٦-١٢-أ) أو من الشكل (٦-٢٥-ب)

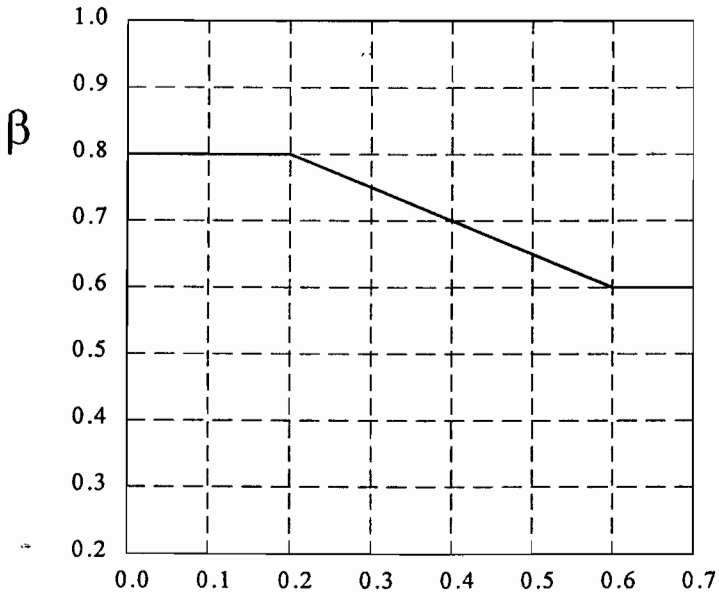
جدول (٦-١٢-أ) قيم المعامل β

$R_b = \frac{P_u}{f_{cu}.b.a}$	≤ 0.2	0.3	0.4	0.5	≥ 0.6
β	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60

جـ- يتم وضع أربعة أسياخ فى أركان العمود وتوزع باقى مساحة صلب التسليح بالتساوى على الأوجه الأربعة.



شكل (٦-٢٥-أ) أعمدة معرضة لعزوم مزدوجة حول محورى القطاع ومتساوية التسليح فى جميع الأوجه



$$R_b = \frac{P_u}{f_{cu}.b.a}$$

شكل (٦-٢٥-ب) قيمة المعامل β

٤ - في حالة القطاعات المستطيلة ذات صلب تسليح متساو على كل وجهين متقابلين فى قطاع العمود (شكل ٦-٢٦) وبشرط أن تكون القيمة $\frac{P_u}{f_{cu}.b.a}$ أقل من أو تساوى ٠,٥٠ ،

يمكن تصميم العمود بطريقة مبسطة لمقاومة القوة المحورية P_u وكل من عزمى الانحناء التاليين كل على حدة:

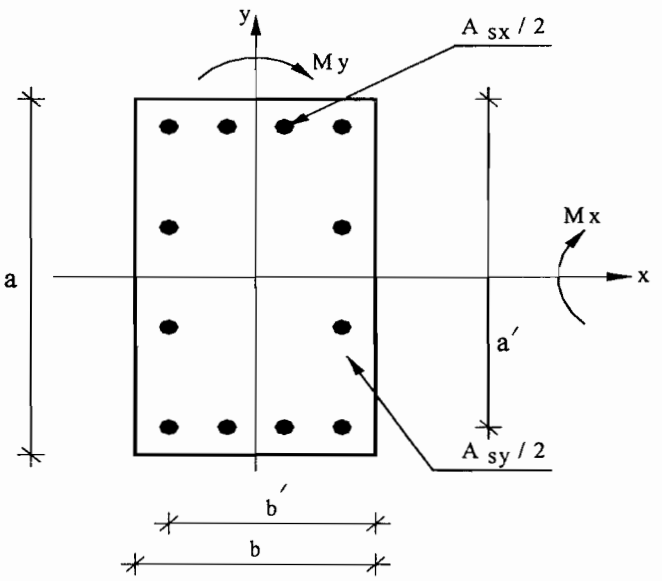
$$M'_x = M_x \cdot \alpha_b \qquad (6\text{-}44\text{-a})$$

$$M'_y = M_y \cdot \alpha_b \qquad (6\text{-}44\text{-b})$$

حيث تحدد قيمة α_b من الجدول (٦-١٢- ب)

جدول (٦-١٢-ب) قيمة العامل α_b

$(M_x/a')/(M_y/b')$; $R_b = P_u/(f_{cu}\, b.a)$	∞	3	2	1	0.5	0.33	0
$R_b \le 0.1$	1	1.20	1.25	1.30	1.25	1.20	1
$R_b = 0.2$	1	1.35	1.50	1.75	1.50	1.35	1
$R_b = 0.3$	1	1.25	1.35	1.40	1.35	1.25	1
$R_b = 0.4$	1	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1
$R_b \ge 0.5$	1	0.65	0.70	0.75	0.70	0.65	1



شكل (٦-٢٦) أعمدة معرضة لعزوم مزدوجة حول محورى التحميل وذات تسليح متساو على كل وجهين متقابلين (حالة $R_b \le 0.5$)

٦-٤-٧ تفاصيل وملاحظات

أ - الحد الأدنى للتسليح الطولي

١ - في الأعمدة ذات الكانات العادية يكون الحد الأدنى للتسليح الطولي ٠,٨٠ % من مساحة القطاع الخرساني المطلوب (حسابيا) على ألا يقل عن ٠,٦٠ % من مساحة القطاع الفعلي وذلك إذا لم تزد نسبة النحافة λ_b أو معامل النحافة λ_i على القيمة الواردة بالجدول (٦-٧) بند (٦-٤-٤-أ) فإذا زادت نسبة النحافة ومعامل النحافة عن ذلك تكون أدنى نسبة مئوية للتسليح منسوبة لمساحة القطاع المطلوبة (حسابيا) هي:

$$0.25 + 0.015\,\lambda_i \qquad (6\text{-}45)$$

وللأعمدة ذات القطاعات المستطيلة:

$$0.25 + 0.052\,\lambda_b \qquad (6\text{-}46)$$

٢ - فى الأعمدة ذات الكانات الحلزونية يكون الحد الأدنى للتسليح الطولي ١ % من مساحة القطاع الكلي أو ١,٢٠ % من مساحة القلب المحدد بالكانات الحلزونية أيهما أكبر.

ب - تُحدد نسبة التسليح الطولي القصوي في الأعمدة بحيث لا تتجاوز القيم التالية من مساحة قطاع العمود الخرساني :

٤ % للأعمدة الوسطية .

٥ % للأعمدة الطرفية .

٦ % للأعمدة الركنية .

على ألا تزيد نسبة التسليح عن ٨% عند منطقة الوصلات بالتراكب.

جـ- يجب أن يحتوي العمود على سيخ طولي في كل ركن من أركانه.

د - أدنى قطر للأسياخ الطولية هو ١٢ مم.

هـ- أدنى مقاس لضلع الأعمدة ذات القطاع المستطيل أو لقطر العمود الدائرى هو ٢٠٠مم.

و - أكبر مقاس لضلع العمود الذي يوضع به أسياخ في الأركان فقط هو ٣٠٠مم، وإلا يجب وضع أسياخ متوسطة على مسافات أقصاها ٢٥٠ مم ويجب ربط الأسياخ بكانات خاصة إذا زادت المسافة بين الأسياخ المتوسطة والأسياخ المربوطة على ١٥٠مم (شكل ٧-٧-أ) كما يجب أن لا يقل عدد الأسياخ الطولية في القطاع الدائرى على ستة أسياخ.

ز - يجب ألا تزيد المسافة بين الكانات في الاتجاه الطولي للعمود على ١٥ مرة قطر أصغر سيخ طولى وبحد أقصى ٢٠٠مم.

ح – أدنى قطر للكانات هو ربع قطر أكبر سيخ طولي على ألا يقل عن ٨ مم وأقل حجم للكانات هو ٠,٢٥ % من حجم الخرسانة.

ط – يجب أن تستمر الكانات العادية أو الحلزونية داخل مناطق التقاء الأعمدة بالكمرات.

ك – أقصى خطوة للكانات الحلزونية هي ٨٠ مم وأصغر خطوة هي ٣٠ مم ويُفضل الاحتفاظ بالخطوة ثابتة مع عمل ثلاث دورات عند كل طرف بخطوة تساوي نصف الخطوة العادية مع ثني طرف السيخ إلى داخل القطاع بطول لا يقل عن ١٠٠ مم أو ١٠ مرات قطر سيخ الكانة الحلزونية.

ل – يجب أن لا يقل أصغر قطر للكانات الحلزونية عن ٨ مم.

م – فى حالة ما إذا كانت رتبة خرسانة الأعمدة أعلى من ١٤٠ % رتبة خرسانة السقف ، يجب تحقيق أحد الاشتراطات الآتية :

١ – أن يتم صب أجزاء السقف حول الأعمدة من خرسانة بنفس رتبة خرسانة الأعمدة مع مراعاة أن تمتد الأسطح العلوية لهذه الأجزاء بما لا يقل عن ٦٠٠ مم من أوجه الأعمدة مع أخذ الاحتياطات التى تضمن تمام الربط بين خرسانة هذه الأجزاء وخرسانة السقف المحيطة بها.

٢ – أن يتم حساب المقاومة القصوى للأعمدة على أساس الرتبة الأدنى للخرسانة مع استخدام أشاير رأسية وكانات حلزونية حسب الحاجة وبما لا يترتب عليه خفض المقاومة القصوى للأعمدة.

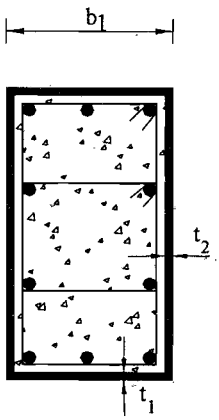
٣ – للأعمدة المحاطة جانبياً من أربع جهات بكمرات ذات أعماق متساوية تقريباً أو بلاطات فإنه يمكن حساب المقاومة القصوى للأعمدة اعتماداً على قيمة افتراضية لمقاومة الضغط لخرسانة الوصلة بين العمود والسقف تساوى حاصل جمع ٧٥ % من خرسانة الأعمدة و ٣٥ % من خرسانة السقف بشرط عدم زيادة النسبة بين رتبة خرسانة الأعمدة وخرسانة السقف – فى هذه الحالة – عن ٢,٥ .

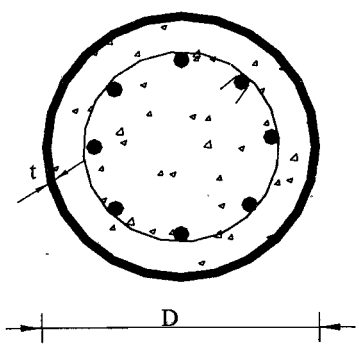
ن – يجب نقل جميع القوى والعزوم المؤثرة عند قاعدة العمود إلى القاعدة بالارتكاز على الخرسانة وبصلب التسليح (أشاير– وصلات طبقاً للبند ٧–٣–٢) . وإذا تضمنت حالات التحميل الواردة على القاعدة احتمال وجود شد، فيجب مقاومته بصلب التسليح فقط مع ضرورة استيفاء حالة حد التشرخ كما يجب ألا تزيد قيم إجهادات الارتكاز لكل من العمود والقاعدة على القيم الواردة بالبند (٤–٢–٤). كذلك يجب أن يكون صلب التسليح والأشاير والوصلات كافية لمقاومة كل قوي الضغط التي تزيد على مقاومة الارتكاز لكل من القاعدة والعمود وبحيث لاتقل عن تسليح العمود. وفى حالة وجود قوى جانبية تؤثر على سطح التلامس يتم نقلها بواسطة احتكاك القص طبقاً للبند (٤–٢–٢–٤) أو بطريقة أخرى مناسبة.

٦-٤-٨ الأعمدة من القطاعات المركبة

٦-٤-٨-١ عام

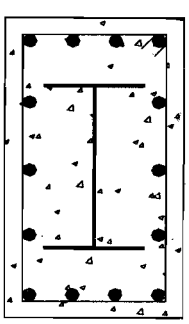
١ - تشمل الأعمدة من القطاعات المركبة الأعمدة الخرسانية المسلحة بالتسليح الطولى بالإضافة إلى قطاعات أو مواسير الصلب ويوضح الشكل (٦-٢٧) بعض نماذج لهذه الأعمدة.

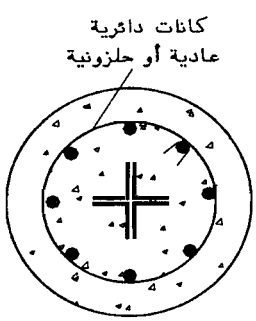




غلاف من الصلب ذو قطاع دائرى **غلاف من الصلب ذو قطاع مستطيل**

(أ) القطاعات المركبة من صلب محيط لقلب خرسانى





(ب) القطاعات المركبة ذات قطاعات من الصلب داخل قطاع من الخرسانة المسلحة

شكل (٦-٢٧) نماذج لأعمدة من القطاعات المركبة

٢ - يجب أن يتم نقل جميع القوى والأحمال المطلوب مقاومتها بواسطة خرسانة العنصر المركب إلى الخرسانة عن طريق الارتكاز المباشر على الخرسانة مع مراعاة التحقق من مقاومة الارتكاز طبقاً للبند (٤-٢-٤-١) أو البند (٥-٦). ويشترط أن يتم نقل جميع

القوى والأحمال (غير المنقولة إلى خرسانة العنصر المركب مباشرة) إلى قطاعات الصلب عن طريق وصلات مرتبطة مع قطاعات الصلب.

٣ - تحسب المقاومة القصوى لقطاعات الأعمدة المركبة المعرضة لأحمال ضغط لا محورية بنفس طريقة حساب المقاومة القصوى للأعمدة الخرسانية المسلحة باستخدام نظرية توافق الانفعالات وفقا للبند (٤-٢-١-٣) مع الأخذ في الاعتبار قيمة إجهاد خضوع التسليح الطولي لقطاعات الصلب وفقا للبندين (٦-٤-٨-٢) ، (٦-٤-٨-٣) .

٤ - يجب ألا تزيد قيمة إجهاد الخضوع المستخدمة فى الحسابات للقطاعات الصلب على ٣٥٠ن/مم^{٢}.

٥ - فى حالة استخدام كانات حلزونية تؤخذ خطوة وقطر الكانات الحلزونية مثل مثيلاتها فى الأعمدة الخرسانية المسلحة بكانات حلزونية.

٦ - يمكن أخذ مشاركة التسليح الطولى الموجود داخل القلب الخرسانى فى الاعتبار عند حساب المساحة الكلية للقطاع الصلب حسب العلاقة $A_t = A_{sc} + A_{ss}$

٧ - يجب ألا تقل نسبة التسليح الطولى عن ١% ولا تزيد على ٦% من مساحة القطاع الخرسانى الصافى $(A_g - A_t)$.

حيث :

A_g = المساحة الكلية للقطاع

A_t = مساحة القطاع الصلب

A_{sc} = مساحة التسليح الطول

A_{ss} = مساحة القطاع الصلب

٨ - يمكن أخذ التسليح الطولى الموجود داخل القلب الخرسانى فى الاعتبار عند حساب عزم القصور الذاتى للقطاع الصلب حسب العلاقة $I_t = I_{sc} + I_{ss}$

حيث :

I_t = عزم القصور الذاتى للقطاع الصلب

I_{sc} = عزم القصور الذاتى للتسليح الطولى

I_{ss} =عزم القصور الذاتى للقطاع الصلب حول المحور المركزى.

٩ - لحساب نسبة النحافة للقطاع المركب يؤخذ نصف قطر القصور الذاتى (i) طبقاً للمعادلة التالية:

$$i = 0.8\sqrt{\frac{(E_c I_g/5) + E_s I_t}{(E_c A_g/5) + E_s A_t}} \qquad (6\text{-}47)$$

حيث :

E_c = معاير المرونة للخرسانة وذلك طبقاً للمعادلة (٢-١)

E_s = معاير المرونة للقطاع الصلب

I_g = عزم القصور الذاتى لكامل القطاع الخرسانى حول المحور المركزى مع إهمال التسليح

٦-٤-٨-٢ القطاعات المركبة من صلب محيط لقلب خرسانى

١ - يجب ألا يقل سمك الصلب المغلف للقلب الخرسانى عن:

أ - غلاف من الصلب ذو قطاع مستطيل

$$t_{min} \geq b\sqrt{f_y / 3E_s} \qquad (6\text{-}48)$$

وتحسب لكل وجه على حدة كما هو موضح بشكل ٦-٢٧-أ

ب - غلاف من الصلب ذو قطاع دائرى

$$t_{min} \geq D\sqrt{f_y / 8E_s} \qquad (6\text{-}49)$$

ويوضح الشكل (٦-٢٧-أ) بعض نماذج لهذه القطاعات.

٢ - يتم حساب المقاومة القصوى للقطاعات المعرضة لقوى محورية بالإضافة إلى عزوم بسيطة قيمتها أقل من $P_u.e_{min}$ طبقاً للمعادلات (6-51) ، (6-50) التالية:

أ - فى حالة الأعمدة ذات القطاعات المستطيلة :

$$P_u = 0.35f_{cu}A_c + 0.67f_{yss}A_{ss} + 0.67f_{ysc}A_{sc} \qquad (6\text{-}50)$$

حيث:

f_{yss} = إجهاد الخضوع للقطاع الصلب

f_{ysc} = إجهاد الخضوع لصلب التسليح

ب - فى حالة الأعمدة ذات القطاعات الدائرية وكانات حلزونية :

$$P_u = 0.4f_{cu}A_c + 0.67f_{yss}A_{ss} + 0.76f_{ysc}A_{sc} \qquad (6\text{-}51)$$

مع مراعاة ما جاء فى البند (٤-٢-١-٣-جـ-٢).

٦-٤-٨-٣ القطاعات المركبة ذات قطاعات من صلب داخل قطاع من الخرسانة المسلحة

١ - يتم حساب المقاومة القصوى للقطاعات المعرضة لقوى محورية بالإضافة إلى عزوم بسيطة قيمتها أقل من $P_u.e_{min}$ طبقا لما يلي :

أ - فى حالة استخدام كانات عادية:

يتم حساب المقاومة القصوى للقطاعات وفقا للمعادلة (6-50) مع مراعاة استيفاء ما يلى:

- أن تمتد الكانات العادية حول قطاعات الصلب وبحد أدنى قطر ٨ مم.
- ألا يقل قطر الكانات عن ١/٥٠ من أكبر بعد للقطاع المركب، بحد أقصى ١٦مم.
- ألا تزيد المسافات بين الكانات العرضية على ١٦ مرة قطر السيخ الطولى. وأن يتم وضع سيخ رأسى فى كل ركن من القطاع مع وضع أسياخ أخرى على مسافات لا تزيد على نصف أصغر بعد للقطاع الخرسانى وفقا للاشتراطات الواردة بالبند (٦-٤-٧).

ب - فى حالة استخدام كانات حلزونية

يتم حساب المقاومة القصوى للقطاعات وفقا للمعادلة التالية:

$$P_u = 0.35f_{cu}A_k + 0.67f_{yss}A_{ss} + 0.67f_{ysc}A_{sc} + 1.38f_{yp}V_{sp} \quad (6\text{-}52)$$

مع مراعاة ماجاء فى البند (٤-٢-١-٣-٢) .

حيث :

f_{yp} = إجهاد الخضوع للكانات الحلزونية

V_{sp} = نسبة حجم صلب التسليح الحلزونى للدورة الواحدة للكانات طبقاً للمعادلة (4-12-d).

٦-٥ الحوائط Walls

٦-٥-١ عام

١ - تُعرف الحوائط على أنها أعضاء لوحية عادة تكون رأسية ويكون البعد الأطول لقطاعها أكبر من خمسة أضعاف البعد الأصغر، ولا يقل سمك الحائط عن ١٢٠ مم.

٢ - تُقسم الحوائط المسلحة إلى :

أ - حوائط حاملة وهي معرضة أساساً إلى قوى ضغط مصحوبة أو غير مصحوبة بقوى أفقية.

ب – حوائط تدعيم وتقوم بتدعيم الحوائط الحاملة ضد الانبعاج، ويمكن أن تعمل كحوائط حاملة في نفس الوقت.

جـ– حوائط غير حاملة معرضة لوزنها بالإضافة إلى القوى الأفقية.

٣ – يعتبر الحائط مقيداً جانبياً إذا كان المبني مقيداً جانبياً طبقاً للبند (٦-٤-٢).

٤ – الحوائط المستخدمة كجزء من النظام الانشائى المقاوم للزلازل تنطبق عليها الاشتراطات الواردة فى بند (٦-٨-٣) .

٦-٥-٢ الحوائط الخرسانية المسلحة

أ – يجب أن تنفذ الحوائط الرأسية المشتركة في تقييد المبني في نفس الوقت مع الحوائط الحاملة و توصل بها اتصالا كافياً ، ويجب ألا تعتمد المقاومة الكلية للمباني متعددة الطوابق (أكثر من ٤ طوابق) في أي اتجاه على حوائط غير مقيدة جانبياً.

ب – تُصمم الحوائط الخرسانية المسلحة المعرضة لأحمال محورية مصحوبة أو غير مصحوبة بعزوم انحناء طبقاً للبند (٦-٥-٢-١).

جـ– تُصمم الحوائط لمقاومة قوى القص طبقاً للبند (٤-٢-٢-١) أو البند (٥-٤-١)، على ألا تقل نسبة التسليح الأفقي عن المذكور بالبند (٦-٥-٢-٢-٢) ؛ ويمكن اعتبار العمق الفعال d لقطاع الحائط مساوياً ٠,٨٠ من طول قطاع الحائط وذلك في حساب مقاومة الحائط للقص.

٦-٥-٢-١ تصميم الحوائط الخرسانية المسلحة

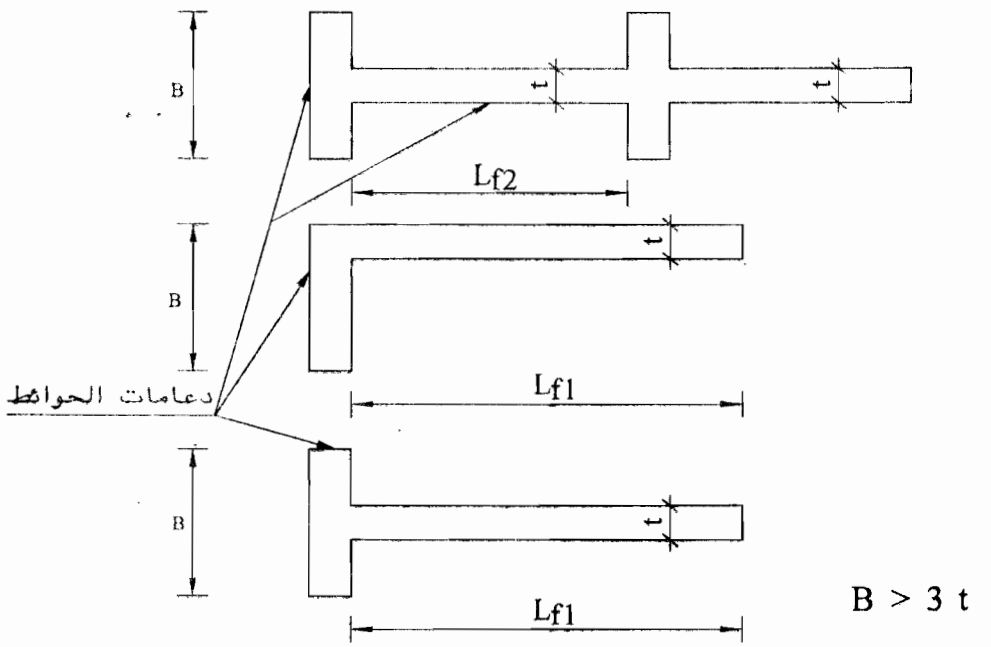
يمكن تصميم الحوائط الخرسانية المسلحة بأي من الطريقتين الموضحتين بالبندين (٦-٥-٢-١-١)، (٦-٥-٢-١-٢).

٦-٥-٢-١-١ التصميم كقطاع عمود معرض لعزوم انحناء مصحوبة بقوي ضغط محورية

أ – في حالة الحوائط المعرضة لقوى ضغط محورية أو لا محورية ، يمكن تصميم قطاع الحائط الخرساني المسلح كقطاع عمود وفقاً للبنود من (٦-٤-٢) إلى (٦-٤-٦) على أن يتم تحديد نحافة الحائط طبقاً للبندين (٦-٥-٢-١-١-ب) ، (٦-٥-٢-١-١-جـ)، ونسبة التسليح في الحائط طبقاً للبند (٦-٥-٢-٢).

ب – في حالة عدم وجود دعامات أفقية للحائط، يُحدد الطول الفعال ونسبة النحافة طبقاً للبندين (٦-٤-٤)، (٦-٤-٥).

جـ – فى حالة وجود دعامات أفقية للحائط تحت الاعتبار كما هو مبـين بالـشكل (٦-٢٨)، يُعتبر الحائط المسلح نحيفاً إذا كانت نسبة نحافته ($\lambda_t = H_e / t$) تساوي أو أكبر من القيم الواردة بالجدول (٦-١٣-أ)، حيث t هو سمك الحائط ، ويجب ألا تزيد نسبة النحافة λ_t على القيم الواردة بالجدول (٦-١٣-ب).



شكل (٦-٢٨) مسقط أفقي يبين الدعامات الأفقية للحوائط النحيفة

جدول (٦-١٣-أ) نسبة النحافة القصوى للحوائط القصيرة

حالة الحائط	نسبة النحافة λt
مقيد جانبياً	15
غير مقيد جانبياً	10

جدول (٦-١٣-ب) نسبة النحافة القصوى للحوائط النحيفة

حالة الحائط	نسبة النحافة القصوى λt
مقيد جانبياً	40
غير مقيد جانبياً	30

ويُحدد الطول الفعال (H_e) كما يلي:

١- فى حالة وجود أكثر من دعامة أفقية على طول الحائط، تؤخذ قيمة k كالتالى:

$$k = 1.0 \qquad \frac{H}{L_{f2}} < 0.5 \qquad (6\text{-}53\text{-}a)$$

$$k = 1.5 - \frac{H}{L_{f2}} \qquad 0.5 \le \frac{H}{L_{f2}} \le 1.0 \qquad (6\text{-}53\text{-}b)$$

$$k = \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{H}{L_{f2}}\right)^2\right)} \qquad \frac{H}{L_{f2}} > 1.0 \qquad (6\text{-}53\text{-}c)$$

حيث:

H = الارتفاع الصافي للحائط

L_{f2} = متوسط المسافة الأفقية الصافية بين الدعامات الأفقية

٢ – في حالة وجود حائط تدعيم واحد ، تؤخذ قيمة k كالتالى:

$$k = 1.0 \qquad \frac{H}{L_{f1}} < 1.0 \qquad (6\text{-}54\text{-}a)$$

$$k = 1.0 - 0.423\left(\frac{H}{L_{f1}} - 1\right) \qquad 1.0 \le \frac{H}{L_{f1}} \le 2.0 \qquad (6\text{-}54\text{-}b)$$

$$k = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + 0.5\left(\frac{H}{L_{f1}}\right)^2\right)}} \qquad \frac{H}{L_{f1}} > 2.0 \qquad (6\text{-}54\text{-}c)$$

حيث:

H = الارتفاع الصافي للحائط

L_{f1} = المسافة الأفقية الصافية بين الدعامة الأفقية والطرف الحر للحائط

٦-٥-٢-١-٢ الطريقة المبسطة لتصميم الحوائط المسلحة ذات قطاع مستطيل مصمت

يمكن استخدام الطريقة المبسطة التالي ذكرها في تصميم القطاع الخرسانى المستطيل المصمت للحوائط المسلحة إذا توافرت جميع الاشتراطات التالية:

أ - ألا تقع محصلة جميع الأحمال القصوى شاملة تأثير القوى الأفقية والمؤثرة على قطاع الحائط خارج الثلث الأوسط للقطاع المستطيل.

ب - ألا تقل نسبة التسليح في الحائط عن المذكور في البند (٦-٥-٢-٢) .

جـ- ألا يقل سمك الحائط عن ٠,٠٤ من الارتفاع الفعال للحائط أو طول قطاع الحائط أيهما أقل، على ألا يقل سمك الحائط بأية حال عن ١٢٠ مم.

في هذه الحالة يقدر الحمل الأقصى للقطاع طبقاً للمعادلة التالية:

$$P_u = 0.8\left[0.35\, f_{cu}\, A_c \left(1 - \left(\frac{k.H}{32\, t}\right)^2\right)\right] \qquad (6\text{-}55)$$

حيث:

A_c = مساحة القطاع الخرسانى للحائط

H = ارتفاع الحائط الخالص بين الأسقف

k = معامل الطول الفعال للحائط المقيد للحركة العرضية الانتقالية أعلى وأسفل الحائط ويساوى:

٠,٨٠ للحائط الممنوع من الدوران عند أحد طرفيه أو كليهما (العلوى و/أوالسفلى)

١,٠٠ للحائط حر الدوران عند كل من طرفيه العلوي والسفلي

٢,٠٠ للحائط حر الحركة الأفقية المتعامدة علي مستوي الحائط

t = سمك الحائط

٦-٥-٢-٢ أدني وأقصي نسبة تسليح

يجب وضع صلب تسليح في الحائط على هيئة شبكتين على وجهى الحائط وتُحدد نسب التسليح الرأسى والأفقي طبقاً للبندين (٦-٥-٢-٢-١)، (٦-٥-٢-٢-٢).

٦-٥-٢-٢-١ التسليح الرأسي

تُحدد نسبة التسليح الرأسي الكلية بحيث يمكن التحكم في التشرخ بقدر الإمكان . ويُحدد الجدول (٦-١٤) نسب صلب التسليح الدنيا على ألا تقل عن ٠,٥٠ % من مساحة القطاع الخرساني المطلوبة في التصميم A_{creq} ولا تزيد نسبة التسليح القصوى على ٤% من مساحة

القطاع الخرساني الفعلي ، ولا يقل قطر التسليح عن ١٠ مم ولا تزيد المسافة بين أسياخ صلب التسليح علي ٢٥٠ مم. وإذا استعملت شبكات الصلب الملحومة (Welded wire fabric) فلا يقل قطر السيخ بها عن ٥ مم

- عندما يكون القطاع الخرساني معرضاً بأكمله لإجهادات شد تكون أدنى نسبة للتسليح الرأسى الكلى μ تساوى ٠,٨٠ % فى حالة الصلب العادى ، ٠,٤٥ % فى حالة الصلب عالى المقاومة.
- عندما يكون القطاع الخرسانى معرضاً بأكمله لإجهادات ضغط تكون أدنى نسبة للتسليح الرأسى الكلى μ تساوى ٠,٤٠ % .
- عندما يكون القطاع الخرسانى معرضاً لعزوم انحناء تكون أدنى نسبة للتسليح الرئيسى للقطاع ناحية الشد ٠,٢٥ % فى حالة الصلب العادى ، ٠,١٥ % فى حالة الصلب عالى المقاومة على الا تقل نسبة التسليح الرأسى الكلى عن ٠,٤٠% .

جدول (٦-١٤) أدنى نسبة مئوية للتسليح الرأسي للحوائط

الحالة	أدنى نسبة مئوية لصلب التسليح	
	$f_y = 240\ N/mm^2$	$f_y = 400\ N/mm^2$
القطاع معرض بأكمله لإجهادات شد	0.80	0.45
القطاع معرض بأكمله لإجهادات ضغط	0.40	0.40
القطاع معرض لعزوم انحناء	0.25	0.15

٦-٥-٢-٢-٢ التسليح الأفقي

يعمل التسليح الأفقى على احتواء الصلب الرأسي من الخارج في الحوائط المعرضة لضغط ويكون الحد الأدنى لمساحة صلب التسليح الأفقى الكلى كالتالى:

- ٠,٣٠ % من مساحة القطاع الخرساني الفعلي في حالة استعمال تسليح ذي إجهاد خضوع (f_y = ٢٤٠ ن/مم٢).
- ٠,٢٥ % من مساحة القطاع الخرساني الفعلي في حالة استعمال تسليح ذي إجهاد خضوع (f_y = ٤٠٠ ن/مم٢) ولا يقل قطر التسليح الأفقي عن ٠,٢٥ من قطر التسليح الرأسي، ولا يقل عن ٨ مم إلا في حالة استخدام شبك تسليح فلا يقل الحد الأدنى لقطر الأسياخ عن ٥مم.
- إذا كانت مساحة صلب التسليح الرأسى أكبر من ١ % من مساحة القطاع يضاف للتسليح الأفقي كانات حباية مغلقة لا يقل قطرها عن ٦ مم أو ٠,٢٥ من قطر التسليح الرأسي أيهما

أكبر لربط التسليح الرأسي والأفقي معاً علي جانبي الحائط مخترقاً سمك الحائط بواقع أربع نقاط علي الأقل في المتر المسطح.

- يجب ألا تزيد المسافة بين التسليح الأفقى على ١٥ مرة قطر السيخ الرأسى أو ٢٠٠ مم أيهما أصغر.

٦-٥-٢-٣ الإزاحة الأفقية للحوائط Horizontal Displacement of Walls

إذا زاد ارتفاع الحائط على ١٢ مثل طول الحائط، فيجب حساب الإزاحة الجانبية بحيث لا تزيد على (١/٥٠٠) من ارتفاع الحائط وذلك تحت تأثير أحمال التشغيل .

٦-٥-٢-٤ الغطاء الخرساني لصلب التسليح

تُحدد أقل قيمة للغطاء الخرساني لصلب التسليح طبقاً للبند (٢-٤) والبند (٤-٣-٢-٣- ب).

٦-٥-٢-٥ حساب تأثير القوى على الدعامات العرضية

يجب أن تكون الدعامات العرضية قادرة على نقل مجموع القوى الأفقية التالية إلى الأساسات :

أ - رد الفعل الاستاتيكي لمجموع القوى الأفقية القصوى عند مكان الدعامة العرضية.

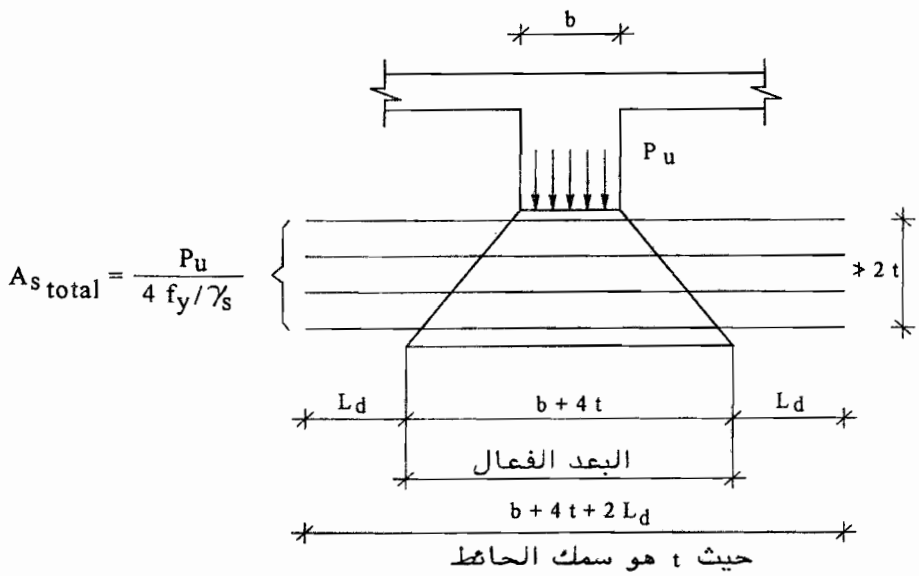
ب - ١ % من مجموع القوى الرأسية التصميمية القصوى عند مكان الدعامة.

٦-٥-٢-٦ الأحمال المركزة علي الحوائط

يؤخذ البعد الأفقي والذي يُعد فعالاً عند حساب مقاومة الارتكاز أسفل الأحمال المركزة بحيث لا يزيد علي المسافة بين نقاط تأثير الأحمال أو عرض الارتكاز مضافا إليه أربعة أمثال سمك الحائط أيهما أصغر ، مع وضع التسليح الإضافي المبين بشكل (٦-٢٩) بالتساوي على وجهي الحائط في مسافة رأسية لا تزيد على ضعف سمك الحائط أسفل الحمل المركز.

٦-٥-٣ الحوائط الخرسانية التي تعتبر في حكم غير المسلحة

يشمل ذلك حوائط خرسانية نسب التسليح بها لا تفي بالشروط الواردة في البنود السابقة من هذا الباب، ولذا تُعتبر فى التصميم حوائط غير مسلحة، وعلى أية حال يجب ألا تقل نسب التسليح بها عما هو وارد في البند (٦-٥-٣-٧) كما يجب ألا يقل سمكها عن ١٢٠ مم.



شكل (٦-٢٩) التسليح الإضافي عند أماكن الأحمال المركزة في الحوائط

٦-٥-٣-١ التصميم

- عند تصميم الحوائط في حكم غير المسلحة يجب التأكد من عدم وجود أي إجهادات شد على القطاع الخرساني للحائط أو إجهادات قص تزيد على إجهادات التشغيل المسموح بها في جدول (٥-١) للقطاع الخرساني بدون تسليح قص تحت تأثير أي حالة من حالات التحميل الأساسية والثانوية أو ماينتج من تشكلات وإزاحات قد تحدث للمبنى وأساساته.
- يمكن تصميم الحوائط التي تعتبر في حكم غير المسلحة باستخدام الطريقة المبسطة في البند (٦-٥-٢-١-٢) على أن تخفض المقاومة القصوى لقطاع الحائط بمقدار ٢٠ % عما ينتج من المعادلة (٦-٥٥).

٦-٥-٣-٢ حدود النحافة

فى جميع الحالات يجب ألا تزيد النحافة القصوى ($\lambda_t = H_e /t$) للحائط الخرساني الذي يُعتبر في حكم غير المسلح علي ٣٠ ، حيث t هو البعد الأصغر للمقطع المستعرض للحائط ، H_e الارتفاع الفعال للحائط طبقاً لبند (٦-٤-٥-١).

٦-٥-٣-٣ الحدود الدنيا للامركزية الأحمال

يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند التصميم لامركزية للأحمال لا تقل عن 0.05t أو ٢٠ مم أيهما أكبر.

٦-٥-٣-٤ لامركزية الأحمال من البلاطات والأسقف

إذا كان الحائط متصلاً ببلاطة من ناحية واحدة يمكن افتراض أن الأحمال تؤثر عند مسافة ثُلث سمك الحائط مقاسة من وجه الحائط ناحية البلاطة.

٦-٥-٣-٥ لامركزية الأحمال في مستوى الحائط

تُحسب قيمة هذه اللامركزية باستعمال قواعد الاستاتيكا.

٦-٥-٣-٦ المقاومة للقص

يمكن التجاوز عن حساب مقاومة القص للحوائط التى تعتبر فى حكم غير المسلحة إذا توافر أحد الشرطين التاليين:

أ – إذا كانت قوة القص الأفقية التصميمية أقل من ٠,٢٥ من القوة المركزية الرأسية التصميمية.

ب – إذا كان إجهاد قص التشغيل المتوسط أقل من ٠,٤٠ ن/مم^{٢}.

٦-٥-٣-٧ أدنى نسبة تسليح في الحوائط الخرسانية التى تعتبر فى حكم غير المسلحة

يتطلب الأمر تزويد الحوائط الخرسانية التى تعتبر فى حكم غير المسلحة سواء كانت داخلية أو خارجية بصلب تسليح للتحكم في الشروخ الناشئة عن الانحناء والانكماش أو فروق درجات الحرارة، وبحيث لا تقل مساحة صلب التسليح الكلى في كل من الاتجاهين الرأسي والأفقي عن ٠,٣٠ % من القطاع الخرساني في حالة استخدام صلب طري وعن ٠,٢٠ % من القطاع الخرساني في حالة استخدام صلب عالي المقاومة أو شبك التسليح وبحيث لا يقل الغطاء الخرساني عن القيم الواردة بالبند (٤-٣-٢-٣-ب).

فى الحوائط التي بها فتحات يجب ألا يقل صلب التسليح على كل من جانبي الفتحة عن نصف مساحة الصلب غير المستخدم بسبب الفتحـــــة لهذا الاتجاه و بحيث لايقل هذا الصلب عن سيخين قطر ١٦مم فى حالة الصلب الطرى أو سيخين قطر ١٢مم فى حالة الصلب عالى المقاومة و يجب وضع صلب التسليح علي جانبى الحائط إذا زاد السمك عن ١٥٠مم.

٦- ٦ وصلات الكمرات والأعمدة المصبوبة ميليثيا

(Monolithic Beam-Column Connections)

٦- ٦-١ أنواع الوصلات

يمكن تصنيف وصلات الكمرات والأعمدة المصبوبة ميليثياً طبقاً لطبيعة الأحمال إلى نوعين كالآتى :

وصلات نوع (I) : وهى وصلات الكمرات والأعمدة التى تنقل العزوم وقوى القص الناتجة عن الأحمال الرأسية والأفقية (الرياح أو أى أحمال أخرى عدا الأحمال الناتجة عن الزلازل).

يتم تصميم هذه الوصلات طبقا للبند (٦-٦-٢) أو بطريقة نموذج الضاغط والشداد (بند ٦-١١).

وصلات نوع (II) : وهى وصلات الكمرات والأعمدة التى تنقل العزوم وقوى القص الناتجة عن الأحمال الرأسية والأحمال الأفقية نتيجة الزلازل. يتم تصميم هذه الوصلات طبقا للبندين (٦-٦-٢) ، (٦-٨-٢-٣-٣) .

٦- ٦-٢ تصميم الوصلات

١ - القوى المؤثرة على الوصلة هى تلك الناتجة من حالات التحميل المختلفة و التى تعطى أقصى إجهادات عند وجه العمود كما هو موضح بالشكل (٦-٣٠).

٢ - تُحدّد مقاومة منطقة اتصال الأعمدة بالكمرات (الوصلة) على أساس معامل خفض المقاومة المناسب طبقاً للبند (٣-٢-١-٢).

٣ - يمتد صلب التسليح الطولى للكمرة داخل العمود بطول تماسك طبقاً للبند (٤-٢-٥-١) مقاسا من منتصف العمود.

٤ - يتم حساب قوى القص التصميمية القصوى (Q_{ju}) على الوصلة بفرض تولد عزوم انحناء بإشارتين مختلفتين على نهايتى الكمرات والأعمدة كما هو مبين فى شكل (٦-٣٠) .

٥ - يجب أن تحقق قوى القص القصوى Q_{ju} المعرّضة لها وصلة الكمرة والعمود المعادلة الآتية :

$$Q_{ju} \le k_j A_j \sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad \text{(6-56-a)}$$

ويتم حساب القوة (Q_{ju}) كما يلى :

$$Q_{ju} = \frac{A_{su}\lambda f_y}{\gamma_s} + \frac{0.67\, b\, f_{cu}\, a_t}{\gamma_c} + A'_{su}\, f_{st} - Q_{ucol} \qquad \text{(6-56-b)}$$

حيث:

A_j = مساحة القطاع الفعال خلال منطقة اتصال العمود بالكمرة وتساوى المساحة التى تقاوم القص فى الاتجاه تحت الاعتبار للحمل. وكما هو موضّح فى الشكل (٦-٣١) فإن عمق منطقة اتصال العمود بالكمرة هو العمق الكلى للعمود، والعرض الفعال للوصلة هو القيمة الأصغر مما يلى:

- مجموع عرض الكمرة وعرض العمود (b+c2).
- ضعف البعد العمودى الأصغر مقاساً من محور الكمرة إلى حافة العمود ويساوى (b+2x) طبقاً للشكل (٦-٣١).

k_j = معامل درجة الإحاطة للوصلة ويعتمد على الكمرات المحيطة بها كما فى الجدول رقم (٦-١٥)، ولكى تعتبر الوصلة محصورة بكمرة يجب ألا تقل مساحة الكمرة عن ٠,٧٥ من مساحة وجه الوصلة المقابل للكمرة كما هو موضح بالشكل (٦-٣١).

f_{st} = الإجهاد فى صلب التسليح المعرض للضغط

λ = ١,٠٠ لوصلات نوع (I)

= ١,٢٥ لوصلات نوع (II)

٦ - يتم حساب تأثير قوى القص على الوصلة بين العمود والكمرات فى كل اتجاه على حدة (شكل ٦-٣١).

٧ - يجب أن تستمر كانات العمود داخل منطقة اتصال العمود بالكمرة ولا تقل مساحة مقطعها A_{st} عن القيمة الأكبر الناتجة من كل المعادلتين :

$$A_{st} = 0.313\left(\frac{s.y_1(f_{cu}/\gamma_c)}{(f_{yst}/\gamma_s)}\right)\left[\left(\frac{A_g}{A_k}\right)-1\right] \qquad (6\text{-}57\text{-a})$$

$$A_{st} = 0.1\left(\frac{s.y_1(f_{cu}/\gamma_c)}{(f_{yst}/\gamma_s)}\right) \qquad (6\text{-}57\text{-b})$$

حيث :

A_g = المساحة الكلية للقطاع

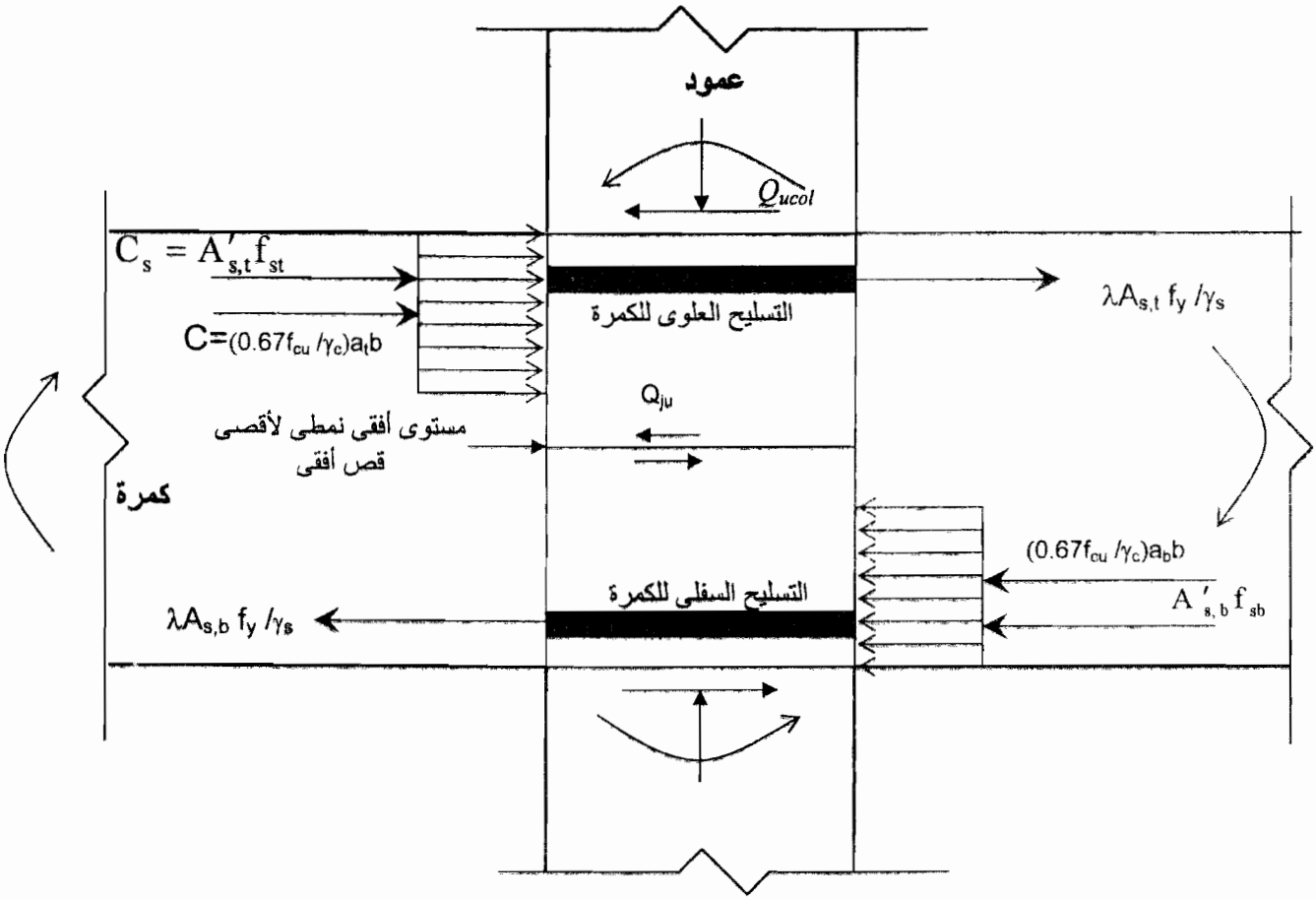
A_k = مساحة قطاع العنصر الإنشائى داخل محيط الكانة الخارجية

f_{yst} = إجهاد الخضوع لصلب الكانات

s = المسافة بين الكانات مقاسة على المحور الطولى للعمود

y_1 = بُعد قلب العمود مقاساً من محاور الكانات عمودى على الإتجاه تحت الاعتبار

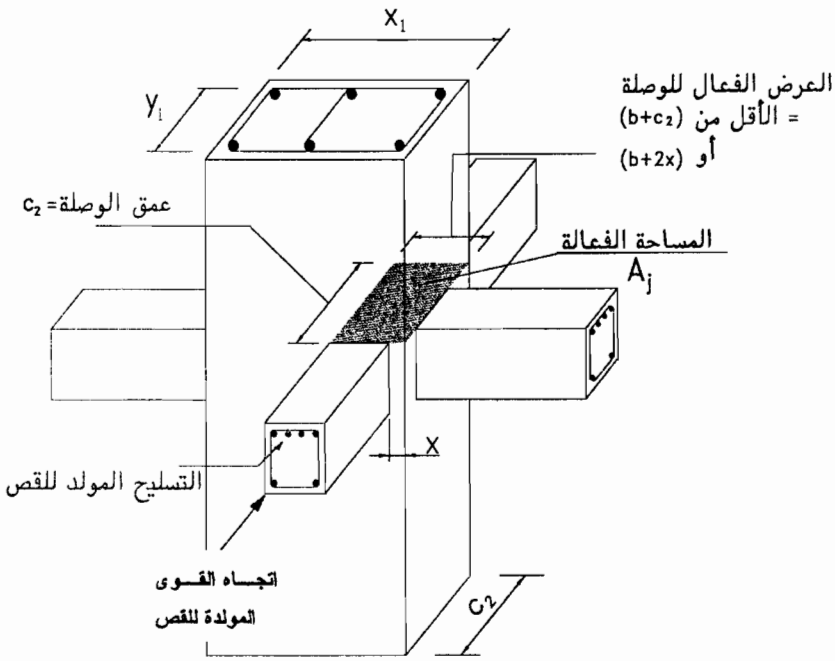
A_{st} = المساحة الكلية لمقطع الكانات شاملة الأفرع المتعامدة (cross ties) خلال المسافة s وعمودياً على البعد y_1



شكل رقم (٦-٣٠) القوى المؤثرة على الوصلة

جدول رقم (٦-١٥) : معامل درجة الإحاطة للوصلات (k_j)

كيفية الاتصال مع العناصر الإنشائية المحيطة بالوصلة	نوع الوصله (I)	نوع الوصله (II)
وصلات ذات أعمدة مستمرة		
١- وصلات محصورة من أربع جهات	2.0	1.6
٢- وصلات محصورة من ثلاث جهات	1.6	1.2
٣- جميع حالات الوصلات الأخرى	1.2	0.9
وصلات ذات أعمدة غير مستمرة (أسطح نهائية)		
١- وصلات محصورة من أربع جهات	1.6	1.2
٢- وصلات محصورة من ثلاث جهات	1.2	0.9
٣- جميع حالات الوصلات الأخرى	0.9	0.6



شكل (٦-٣١) المساحة الفعالة A_j لوصلة الكمرة والعمود

٦-٧ الأساسات Foundations

- تُحدد مساحة القواعد أو عدد الخوازيق وتوزيعها باستخدام أحمال التشغيل ، وبحيث لاتتعدى الإجهادات على التربة أو أحمال الخوازيق القيم المسموح بها، وكذلك التأثيرات الناتجة عن فروق الهبوط المحسوبة طبقاً لاشتراطات الكود المصرى لميكانيكا التربة والأساسات.
- يجب فى الأساسات استيفاء الحد الادنى لصلب التسليح جهة الشد بحيث لا تقل نسبة التسليح عن ٠,٢٥% من مساحة القطاع الخرسانى فى حالة استعمال صلب التسليح الطرى، وفى حالة استخدام صلب عالى المقاومة يتم تخفيض هذه النسب بقيمة النسبة بين إجهادى الخضوع على ألا يقل عن ٠,١٥% من مساحة القطاع الخرسانى الفعلى.
- الحد الأدنى لمساحة مقطع تسليح الانكماش والحرارة (وهو تسليح عمودى على صلب تسليح الشد) هو ٢٠% من مساحة التسليح الرئيسى.
- يتم حساب العزوم وقوى القص فى القواعد المرتكزة على خوازيق (هامات الخوازيق) باعتبار أن حمل الخازوق يؤثر في مركزه.

- يجب ألا يقل سمك القواعد المسلحة المنفصلة أو المتصلة عن ٣٠٠ مم ولايقل سمك هامات الخوازيق عن ٤٠٠ مم؛ على ألا يقل السمك فى الحالتين عن البعد الأصغر لقطاع العمود وبحيث يفى باشتراطات إجهادات القص وفقا لاشتراطات البند (٤-٢-٢-١) والقص الثاقب وفقا لاشتراطات البند (٤-٢-٢-٣).

٦-٧-١ القواعد والهامات المنفصلة

٦-٧-١-١ عام

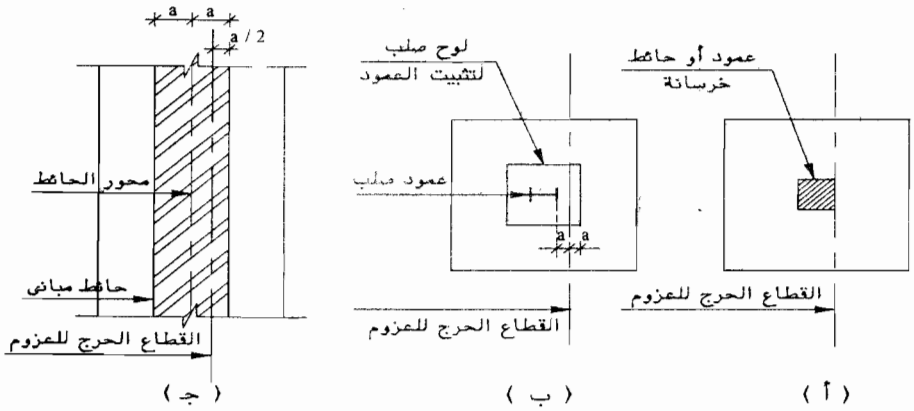
يمكن اعتبار إجهادات التربة أو أحمال تشغيل الخوازيق موزعة توزيعاً منتظماً فى حالة ما إذا كانت القاعدة أو هامة الخازوق محملة بحمل يؤثر في مركزها. كما يمكن اعتبار أن الإجهادات أو أحمال تشغيل الخوازيق موزعة توزيعاً خطياً في حالة ما إذا كانت القاعدة أو الهامة محملة بحمل لامركزى.

٦-٧-١-٢ تصميم القواعد والهامات لمقاومة عزوم الانحناء

٦-٧-١-٢-١ يتم تصميم قطاعات الأساسات تحت تأثير عزوم الانحناء وفقاً لاشتراطات التصميم بنظرية حالات الحدود (بند ٤-٢-١) أو نظرية المرونة (بند ٥-٣-٢).

٦-٧-١-٢-٢ تؤخذ القطاعات الحرجة لعزوم الانحناء على أساس أخذ قطاع رأسي يمر بالقاعدة عند:

- وجه العمود أو وجه الحائط الخرساني المتصل بالقاعدة شكل (٦-٣٢-أ).
- عند منتصف المسافة بين حافة العمود وحافة اللوح الصلب المرتكز على القاعدة الخرسانية أسفل العمود شكل (٦-٣٢-ب).
- عند منتصف المسافة بين منتصف وحافة حائط المباني المرتكزة علي القاعدة شكل (٦-٣٢-جـ).



شكل (٦-٣٢) القطاعات الحرجة لعزوم الانحناء

٦-٧-١-٢-٣ تُحسب عزوم الانحناء عند القطاعات الحرجة بأخذ عزوم جميع القوى المؤثرة على القاعدة على جانب واحد من القطاع الحرج.

٦-٧-١-٢-٤ يوزع تسليح القواعد مربعة الشكل توزيعاً منتظماً على كامل عرض القاعدة في الاتجاهين ويمكن توزيعه طبقا لمنحنى عزوم الانحناء.

٦-٧-١-٢-٥ يوزع تسليح القواعد مستطيلة الشكل طبقاً لمنحنى عزوم الانحناء ويمكن توزيعه كما بشكل (٦-٣٣) طبقا لمايلي:

- يوزع التسليح توزيعاً منتظماً في الاتجاه الطويل للقاعدة.
- يركز التسليح (A_{sm}) في الاتجاه القصير في مسافة متمركزة مع العمود وتساوي البعد القصير للقاعدة أو طول قطاع العمود الموازى لاتجاه القاعدة الطويل مضافاً إليه سمكها أيهما أكبر شكل (٦-٣٣)، ويتم تحديد نسبة صلب التسليح المركز فى منطقة التمركز A_{sm} إلى إجمالي التسليح في الاتجاه القصير A_s بالمعادلة التالية :

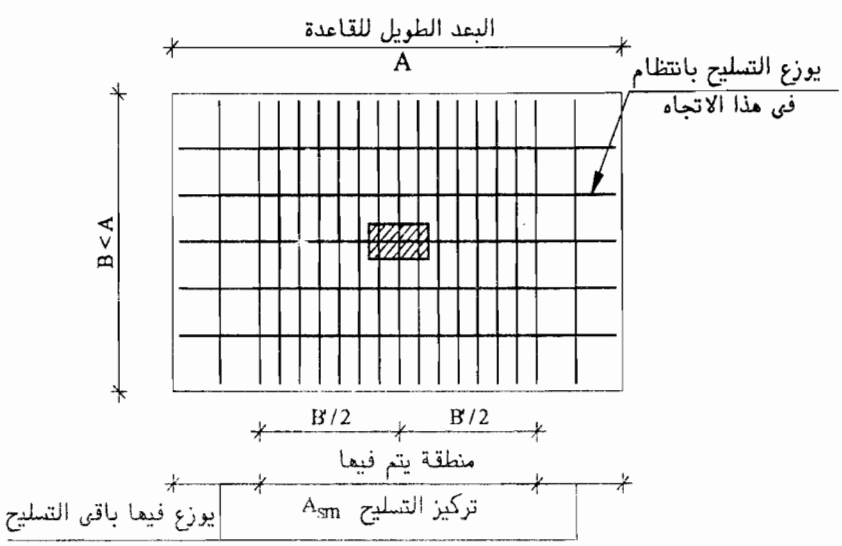
$$\frac{A_{sm}}{A_s} = \frac{2}{\left[\left(\frac{A}{B'}\right)+1\right]} = 2B' / (A+B') \qquad (6\text{-}58)$$

حيث :

A = هو البعد الطويل للقاعدة

B = البعد القصير للقاعدة

B′ = هو البعد القصير للقاعدة أو طول قطاع العمود (فى الاتجاه A) مضافاً إليه سمك القاعدة أيهما أكبر.



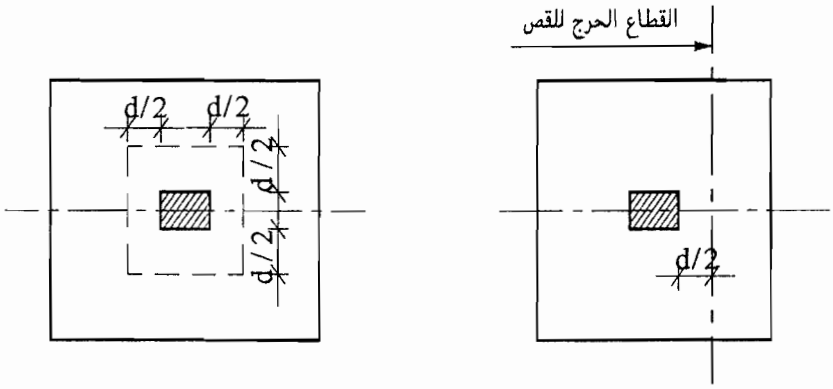
شكل (٦-٣٣) توزيع صلب التسليح في القواعد المستطيلة

٦-٧-١-٣ تصميم القواعد وهامات الخوازيق لمقاومة قوى القص وقوى القص الثاقب

٦-٧-١-٣-١ يتم تحديد مقاومة قطاعات الأساسات لقوى القص وفقاً لاشتراطات البند (٤-٢-٢-٢) كما يتم تحديد مقاومة الأساسات لقوى القص الثاقب وفقاً لاشتراطات البند (٤-٢-٢-٣).

٦-٧-١-٣-٢ تؤخذ القطاعات الحرجة للقص وفقاً لاشتراطات البند (٤-٢-٢-١-١) والشكل (٦-٣٤-أ).

٦-٧-١-٣-٣ تؤخذ القطاعات الحرجة للقص الثاقب وفقاً للبند (٤-٢-٢-٣) والشكل (٦-٣٤-ب)، وفى حالة استخدام لوح من الصلب لتثبيت العمود على القاعدة الخرسانية تؤخذ القطاعات الحرجة للقص الثاقب على مسافة d/2 من مكان القطاع الحرج لعزوم الانحناء المحدد بالبند (٦-٧-١-٢-٢).



(أ) القطاع الحرج للقص في حالة الأساسات السطحية

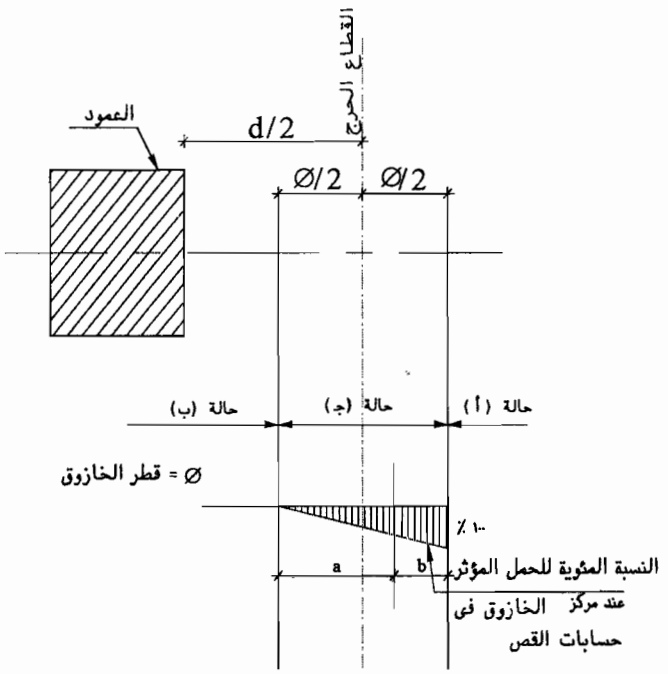
(ب) القطاع الحرج للقص الثاقب

شكل (٦-٣٤) القطاعات الحرجة للقص والقص الثاقب

٦-٧-١-٣-٤ يتم حساب إجهادات القص في هامات الخوازيق وفقاً لما يلى:

- يؤخذ كامل رد فعل الخازوق فى حسابات القص إذا ما وقع مركز الخازوق على مسافة أكبر من أو تساوي نصف قطر الخازوق خارج القطاع الحرج - حالة (أ) فى شكل (٦-٣٥).

- يُهمل رد فعل الخازوق في حالة ما إذا وقع مركز الخازوق على مسافة أكبر من أو تساوي نصف قطر الخازوق داخل القطاع الحرج - حالة (ب) في شكل (٦-٣٥).
- فى الحالات التي تقع بين الحالتين السابقتين يتم أخذ مقدار تناسبي وفقاً لمتغير خطى بين الحالتين السابقتين - حالة (جـ) فى شكل (٦-٣٥).



شكل (٦-٣٥) حمل الخازوق المؤثر عند حساب القص في هامات الخوازيق (حالات الخوازيق أ - ب - جـ) بند (٦-٧-١-٣)

٦-٧-١-٤ تصميم هامات الخوازيق بطريقة الجمالون الفراغي (نموذج الضاغط والشداد Strut and Tie Model)

٦-٧-١-٤-١ يمكن في تصميم الهامات المرتكزة على خوازيق استخدام طريقة الجمالون المستوى أو الفراغى بحيث تمتد أضلاعه المضغوطة من مركز التحميل إلى نقاط تقاطع مراكز الخوازيق مع أعضاء الشد و يمثلها صلب التسليح بين الخوازيق.

٦-٧-١-٤-٢ في حالة ما إذا كانت المسافة بين مركز الخوازيق أكبر من ثلاث مرات قطر الخازوق، يوزع صلب التسليح الرئيسي لأعضاء الشد في مسافة مقدارها ١,٥ قطر الخازوق متماثلة حول محور الخازوق.

٦-٧-١-٤-٣ يمكن استخدام طريقة الضاغط والشداد فى تصميم الأساسات والهامات طبقاً لبند (٦-١١).

٦-٧-١-٥ طول التماسك لصلب التسليح

يتم تحديد طول التماسك وطول الرباط وطول وصلات صلب التسليح فى القواعد والهامات وفقاً لاشتراطات البند (٤-٢-٥)، ويتم فرض القطاع الحرج لطول التماسك فى نفس مكان القطاع الحرج لعزوم الانحناء الموضح بالبند (٦-٧-١-٢-٢).

٦-٧-١-٦ يتم نقل أحمال الأعمدة إلى القواعد وفقا لاشتراطات البند (٦-٤-٧-ن).

٦-٧-١-٧ يجب ربط القواعد المرتكزة على خازوق واحد بميدات فى اتجاهين على الأقل، وبالنسبة للهامات المرتكزة على خازوقين أو أكثر على خط (مستوى) واحد، فيتم ربطها بباقى الأساسات بميدات في اتجاه عمودى أو مائل على محور (مستوى) هذه الخوازيق . ويراعى في تصميم هذه الميدات الرابطة أقصى ترحيل محتمل حدوثه فى محاور الخوازيق وكذا حمل الخازوق، ويتم فى كل الأحوال مراجعة تصميم الميدات الرابطة فى ضوء الرفع للأبعاد من الطبيعة بعد تنفيذ الخوازيق .

٦-٧-٢ القواعد المشتركة وأساسات اللبشة

٦-٧-٢-١ يتم تصميم القواعد المشتركة تبعاً للجساءة النسبية بين الأساسات والتربة. ولا يسمح بتحليل القواعد المشتركة واللبشة باستخدام تحليل بلاطات الأسقف الوارد فى البند (٦-٢) أو باستخدام تحليل البلاطات اللاكمرية الوارد فى البند (٦-٢-٥)، كما لا يُسمح باستخدام تحليل الكمرات الوارد فى البند (٦-٣).

٦-٧-٢-٢ تُعتبر القُواعد المشتركة وأساسات اللبشة جاسئة ويكون توزيع الإجهادات أسفلها خطيا إذا توافر أى من الشرطين التاليين:

أ – الجساءة النسبية K_r أكبر من أو تساوى ٠,٥٠ ، وتحدد الجساءة النسبية من المعادلة التالية:

$$K_r = \frac{E_c \cdot I_B}{E_{soil} \cdot b^3} \qquad (6\text{-}59\text{-}a)$$

حيث:

E_c = معاير مرونة الخرسانة

I_B = عزم القصور الذاتى (للأساس أو للأساس والإطارات وحوائط القص) للوحدة من طول الشريحة

E_{soil} = معاير مرونة التربة

b = عرض الشريحة

ب - متوسط المسافة بين أى عمود والأعمدة المجاورة له فى الاتجاهين تكون أقل من $\frac{1.75}{\beta}$ حيث β معامل يحدد من العلاقة التالية:

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K.b}{4E_c.I}} \qquad (6\text{-}59\text{-}b)$$

حيث:

K = معامل ونكلر لرد فعل التربة

$E_c.I$ = جساءة الانحناء لمقطع الشريحة

ويتم التحليل الإنشائى بحيث يفى بالشروط الخاصة باتزان الأحمال مع رد فعل التربة.

٦-٧-٢-٣ تُعتبر القواعد المشتركة وأساسات اللبشة مرنة إذا لم تتوافر الشروط الواردة فى البند (٦-٧-٢-٢) ، ويتم تحليل القواعد المشتركة واللبشة باعتبارها بلاطة مرنة ترتكز على أساس ونكلر أو على أساس وسط مرن نصف لا نهائى وباعتبار الخواص الفعلية للتربة بعد تعيينها معملياً أو حقلياً ؛ على أنه يجب أن يكون التصميم مستوفياً الشروط الخاصة بالاتزان وتوافق الانفعالات.

٦-٧-٣ البلاطات الخرسانية المرتكزة على التربة Concrete slabs on grade

٦-٧-٣-١ عموميات

- تعرف هذه البلاطات بأنها بلاطات خرسانية ترتكز مباشرة على تربة مدموكة دمكا جيدا وتنقل إليها الأحمال المباشرة على البلاطة أو أحمالا من عناصر أخرى من المنشأ، وهذه الأحمال قد تكون رأسية أو جانبية.
- يمكن تصنيف البلاطات الخرسانية المرتكزة على التربة كما يلى:

أ - بلاطات منفصلة من الخرسانة العادية بدون تسليح.

ب - بلاطات منفصلة أو متصلة من الخرسانة مثل البند (أ) ولكنها تحتوى علـــى تـــسليح مقاوم لإجهادات الشد نتيجة للحرارة والانكماش.

جـــ- بلاطات منفصلة أو متصلة خرسانية مسلحة تسليحا فعالا لمقاومة العزوم وقوى الشد الناشئة عن الأحمال الواقعة عليها (Structural reinforced concrete slabs on grade).

د - بلاطات خرسانية ذات تسليح مستمر فعال لمقاومة إجهادات الشد الناشئة عن الأحمال الواقعة عليها والإجهادات الناجمة عن الحرارة والانكماش
(Continuous reinforced concrete slabs on grade)

- يتم ترتيب أماكن الفواصل بين البلاطات المنفصلة طبقا للبند (٩-٥-٧).
- يراعى فى جميع الأحوال تحقيق اشتراطات المقاومة والتشغيلية فضلا عن سلامة السطح من الشروخ التى قد تؤثر على الاستخدام فى الأحوال التى تتطلب ذلك.

٦-٧-٣-٢ البلاطات الخرسانية بدون تسليح

- يحدد سمك البلاطات الخرسانية من النوع (أ) بحيث لا تتعدى إجهادات الـــشد بالخرســـانة إجهاد حد تشرخها وفقا للبند (٤-٣-٢-٧) وذلك تحت تأثير الأحمال الواقعة عليها مباشرة أو المنقولة لها من عناصر إنشائية أخرى.

٦-٧-٣-٣ البلاطات الخرسانية المحتوية علي تسليح للانكماش والحرارة

- يحدد سمك البلاطات الخرسانية من النوع (ب) بحيث لا تتعدى إجهادات الـــشد بالخرســـانة إجهاد حد تشرخها وفقا للبند (٤-٣-٢-٧) وذلك تحت تأثير الأحمال الواقعة مباشرة عليها أو المنقولة لها من عناصر إنشائية أخرى.
- لمقاومة إجهادات الشد الناجمة عن الحرارة والانكماش فى النوع (ب)؛ يستخدم صلب تسليح (طولى وعرضى) موزع يوضع عموما فى منتصف سمك البلاطة أو فى نـــصفها العلـــوى، ويتم تحديد نسبة صلب التسليح المطلوبة من طريقة subgrade drag method (الاحتكـــاك مع التربة) باعتبار:

$$\mu = \mu_f \ \omega \ L/(2f_s) \qquad (6\text{-}60a)$$

حيث:

L المسافة بين الفواصل joints

f_s إجهاد التشغيل المسموح به لصلب التسليح

μ_f معامل الاحتكاك بين الخرسانة والتربة ويحدد طبقاً لنوع التربة (تتراوح قيمتـــه بين ١,٥ – ٢,٥)

ω وزن وحدة الحجوم لخرسانة البلاطة

μ نسبة صلب التسليح A_s/A_c المطلوبة وبحيث لا تقل نسبة صلب التسليح عن ٠,١٥% للصلب عالى المقاومة أو ٠,٢٥% للصلب الطرى العادى، وبحد أدنى ٥ أسياخ قطر ١٠ مم فى المتر فى الاتجاهين

٦-٧-٣-٤ البلاطات الخرسانية المسلحة

- تصمم هذه البلاطات علي أساس السماح بتشرخها تحت تأثير أحمال التشغيل الواقعة عليها وفقا للبند (٤-٣-٢-٧) ، ويستخدم صلب التسليح لمقاومة إجهادات الشد الناتجة عن الشد المباشر أو الانحناء ويوضع جهة الشد.
- يتم التصميم باستخدام طريقة المقاومة القصوى لتصميم القطاعات الخرسانية مع استيفاء متطلبات التشغيل، ولا تقل نسبة صلب التسليح فى هذه االبلاطات عن:

$$\mu = 0.3\frac{f_{ctr}}{f_y} \qquad (6\text{-}60b)$$

حيث:

μ نسبة صلب التسليح A_s/A_c المطلوبة

f_{ctr} إجهاد حد التشرخ للخرسانة المعرضة للشد طبقاً للمعادلة (٤- ٦١ ب)

f_y إجهاد خضوع صلب التسليح (أو إجهاد حد الضمان)

ويجب ألا تقل نسبة صلب التسليح عن ٠,١٥% للصلب عالى المقاومة أو ٠,٢٥% للصلب الطرى العادى بحد أدنى ٥ أسياخ قطر ١٠ مم فى المتر فى الاتجاهين.

- فى جميع الأحوال تراعى الاشتراطات الخاصة بصب وتنفيذ ومعالجة هذه النوعية من البلاطات المرتكزة على التربة وترتيب الفواصل بينها.

٦-٧-٤ الأساسات المعرضة لأحمال الزلازل

٦-٧-٤-١ القواعد وأساسات اللبشة وهامات الخوازيق

٦-٧-٤-١-١ يجب أن تمتد أسياخ صلب تسليح الأعمدة والحوائط الخرسانية المسلحة داخل القواعد أو أساسات اللبشة أو هامات الخوازيق لمسافة لا تقل عن طول التماسك للأسياخ المقاومة للشد مقاسة من سطح اتصال الأعمدة أو الحوائط بالأساسات ويجب أن تمتد أسياخ التسليح إلى صلب التسليح السفلى للقواعد مع عمل رجل بزاوية قائمة.

٦-٧-٤-١-٢ يجب أن تمتد أسياخ صلب تسليح الخوازيق داخل هامات الخوازيق لمسافة لا تقل عن طول التماسك للأسياخ المقاومة للشد مقاسة من سطح اتصال الخوازيق بالهامات.

٦-٧-٤-١-٣ فى القواعد أو فى هامات الخوازيق التى ترتكز عليها أعمدة قد تتعرض لقوى شد نتيجة الزلازل يجب وضع تسليح علوى لمقاومة عزوم الانحناء للقوى الناتجة.

٦-٧-٤-٢ الميدات والبلاطات المرتكزة على التربة

٦-٧-٤-٢-١ تصمم الميد على أساس أنها جزء من العناصر الإنشائية المقاومة للأحمال الجانبية الناتجة عن الزلزال بحيث تفى باشتراطات البند (٦-٨) ، ويجب أن يُذكر على الرسومات الإنشائية ويتم التصميم على أساس أنها شدادات ربط للأساسات. ويجب أن يمتد صلب التسليح على كامل طول الميدة مع ضرورة أن يمتد إلى مسافة بعد محور العمود لا تقل عن طول التماسك.

٦-٧-٤-٢-٢ يسرى البند (٦-٧-٤-٢-١) على البلاطات المرتكزة على التربة فى حالة اعتبارها جزءاً من العناصر الإنشائية المقاومة للأحمال الجانبية الناتجة عن الزلازل.

٦-٧-٤-٢-٣ يجب ألا يقل البعد الأصغر للميدة عن (١/٢٠) البحر الخالص لها ولا يلزم أن يزيد على ٤٥٠ مم بشرط أن تفى بحد النحافة المذكور بالبند (٦-٣-١-٨).

٦-٧-٤-٣ الخوازيق

٦-٧-٤-٣-١ يجب تصميم الخوازيق ووضع تسليح طولى كاف لمقاومة القوى والعزوم الناتجة عن أحمال الزلازل وبما يتناسب وخصائص التربة كما يجب استيفاء الشرط الخاص بمساحة الكانات والمسافات بينها وفقاً لذلك.

٦-٧-٤-٣-٢ يجب زيادة كانات الخازوق فى المناطق التالية:

أ - فى منطقة اتصال الخازوق بالهامة ولمسافة داخل الخازوق تساوى خمسة أمثال قطر الخازوق بشرط ألا تقل هذه المسافة عن ٢ متر مقاسة من السطح السفلى لهامة الخازوق.

ب - فى المناطق التى يقل أو لا تتمكن التربة فيها من توفير ارتكاز جانبى للخازوق وفى مناطق الاختلافات الجذرية فى خصائص التربة. ولا تقل النسبة الحجمية للكانات الحلزونية عما جاء فى البندين (٤-٢-١-٣)، (٦-٤-٧).

٦-٨ الاشتراطات الخاصة لمقاومة أحمال الزلازل

٦-٨-١ عام

يتضمن هذا البند الاشتراطات الخاصة لتصميم العناصر الإنشائية التى تقاوم القوى التصميمية للزلازل والتى يتم تحديدها طبقاً للكود المصرى لحساب الأحمال والقوى فى الأعمال الإنشائية وأعمال المبانى (كود رقم ٢٠١) .

٦-٨-١-١ تعريف العناصر الإنشائية

- الكمرة (Beam) : هى عنصر إنشائى معرض أساساً لعزوم انحناء والتى لا تزيد فيها قوى الضغط المحورية القصوى على $0.04\ A_g f_{cu}$.
- العمود (Column) : هو عنصر إنشائى معرض لقوى محورية وعزوم انحناء وتزيد فيه قوى الضغط المحورية القصوى على $0.04\ A_g f_{cu}$.
- الإطارات (Frames) : هى المنشأ الفراغى الذى تقاوم عناصره من كمرات وأعمدة ووصلات عزوم الانحناء والقص والقوى المحورية، ويحدد البند (٦-٨-٢) اشتراطات الإطارات محدودة الممطولية وعالية الممطولية.
- حوائط القص (Shear walls) : هى عناصر إنشائية تقاوم القوى الناتجة عن الزلازل وتزيد النسبة بين طول مقطعها إلى عرضها على ٥ وتنقسم إلى :
  - حوائط ذات ممطولية (Ductile shear walls) : وهى حوائط إنشائية من الخرسانة المسلحة تقاوم القوى الناتجة عن الزلازل وتكون مثبتة عند منسوب الأساسات شكل (٦-٣٦) وتكون نسبة ارتفاعها إلى طولها $\frac{h_w}{L_w}$ أكبر من أو تساوى ٢ ولها القدرة على تشتيت الطاقة عن طريق تكوين مفصلة لدنة فى منطقة عزوم الانحناء القصوى.
  - حوائط قصيرة (Low-rise shear walls) : وهى حوائط إنشائية من الخرسانة المسلحة تقاوم القوى الناتجة عن الزلازل وتكون مثبتة فى منسوب الأساسات (شكل ٦-٣٦) وتقل نسبة ارتفاعها إلى طولها $\frac{h_w}{L_w}$ عن ٢ وليس لها القدرة على تشتيت الطاقة حيث أن تشكلاتها غير المرنة محدودة والتشكلات الرئيسية ناتجة عن قص الانزلاق.
  - الحوائط المرتبطة (Coupled shear walls) : هى عناصر إنشائية مكونة من حوائط ذات فتحات (حائطين أو أكثر) متصلة بطريقة منتظمة عن طريق كمرات ذات ممطولية كافية (كمرات ربط) قادرة على تقليل مجموع العزوم على الحوائط بنسبة لا تقل عن ٢٥% من مجموع العزوم للحوائط المنفصلة.

٦-٨-١-٢ النظم الإنشائية المقاومة لأحمال الزلازل

- نظام الحوائط (Wall system) : وهو نظام تكون فيه العناصر الإنشائية الرئيسية المقاومة للأحمال الأفقية والرأسية من الحوائط الخرسانية المسلحة – سواء كانت مرتبطة أو غير مرتبطة– بحيث تزيد مقاومة القص لها عند القواعد على ثلثى مقاومة القص للنظام الإنشائى بالكامل.
- نظام إطارات (Frame system) : هو نظام تكون فيه العناصر الإنشائية الرئيسية المقاومة للأحمال الأفقية والرأسية إطارات فراغية، بحيث تزيد مقاومة القص لها عند القواعد على ثلثى مقاومة القص للنظام الإنشائى بالكامل.
- نظام ثنائى (Dual system) : هو نظام تكون فيه العناصر الإنشائية المقاومة للأحمال الرأسية أساساً إطارات فراغية، بينما تساهم كل من الإطارات الفراغية والحوائط فى مقاومة الأحمال الجانبية، وينقسم إلى نوعين أساسيين:
  - نظام ثنائى مكافئ للإطارات : هو نظام ثنائى تكون فيه مقاومة القص للإطارات أكبر من نصف مقاومة القص للنظام الإنشائى بالكامل عند الأساسات (Base shear).
  - نظام ثنائى مكافئ للحوائط : هو نظام ثنائى تكون فيه مقاومة القص للحوائط أكبر من نصف مقاومة القص للنظام الإنشائى بالكامل عند الأساسات (Base shear) .

٦-٨-١-٣ مفاهيم التصميم

أ – يجب أن يوفر تصميم المنشآت الخرسانية لمقاومة الزلازل قدراً كافياً من القدرة على تشتيت الطاقة بدون خفض كبير فى المقاومة الكلية للأحمال الأفقية والرأسية ، ومن أجل ذلك يجب الالتزام بالاشتراطات الموضحة فى البندين (٦-٨-٢) ، (٦-٨-٣).

ب – يتم تحليل وتصميم المنشأ الخرسانى وإعداد التفاصيل الإنشائية وفقاً للاشتراطات الواردة بالأبواب الثالث والرابع والسادس والسابع من هذا الكود، بما فيها البندين (٦-٨-٢) ، (٦-٨-٣)،ويتم التصميم على أساس حدوث فقدان للطاقة وتأكيد السلوك المطيل وبحيث يسبق الانهيار المطيل الناتج عن تأثير عزم الانحناء الانهيار القصف الناتج عن تأثير القص.

جـ– تنقسم الممطولية إلى درجتين أساسيتين ، طبقاً لقدرة المنشأ على تشتيت الطاقة تحت تأثير حمل ترددى وهما : ممطولية محدودة وممطولية كافية ، وكلاهما يناظر منشأ تم تصميمه وعمل تفاصيله طبقاً لاشتراطات محددة لمقاومة الزلازل توفر للمنشأ آلية لدنة مستقرة تسمح بتشتيت الطاقة تحت تأثير الأحمال الترددية بدون حدوث انهيار قصف.

د - تتحدد درجة الممطولية لعناصر المنشأ (محدودة أو كافية) باتباع الاشتراطات الموضحة فى البندين (٦-٨-٢) ، (٦-٨-٣) للإطارات والحوائط على التوالى.

هـ- يتم تحقيق الممطولية الكافية للمنشأ عن طريق عمل التفاصيل الموضحة بهذا الباب والتى تسمح بالتشكلات اللاخطية فى المناطق الحرجة التى يحدث بها تشتيت للطاقة (Dissipative zone) والمعرفة فى البند (و) التالى.

و - منطقة حرجة – منطقة مشتتة للطاقة (Critical region or dissipative zone): هى منطقة فى عنصر رئيسى مقاوم للزلازل تتعرض لأسوأ حالة تحميل (عزوم، حمل محورى، قص، لى) والتى من الممكن حدوث مفصلة لدنة بها (Plastic hinge) نتيجة التشكلات غير المرنة الناتجة عن عزوم الانحناء. ويتم تحديد طول المنطقة الحرجة لكل نوع من العناصر الرئيسية المقاومة للزلازل طبقاً لما يلى:

- فى الكمرات: هى مسافة تساوى ضعف عمق الكمرة مقاساً من وجه الركيزة (شكل ٦-٣٦).
- فى الأعمدة: هى مسافة تساوى L_o من وجه اتصال العمود مع الكمرة عند كل من طرفى العمود (شكل (٦-٣٦)، شكل (٧-٦-ب))، حيث L_o تساوى القيمة الأكبر من:
  - سدس الارتفاع الصافى للعمود
  - البعد الأكبر لقطاع العمود
  - ٥٠٠ مم
- فى الحوائط ذات الممطولية: هى مسافة لا تقل عن القيمة الأكبر من :
  - سدس الارتفاع الكلى للحائط.
  - طول الحائط.

  بحيث لا تزيد على ضعف طول قطاع الحائط (شكل ٦-٣٦).

ز - يجب استيفاء الاشتراطات الخاصة بالفواصل الزلزالية والإزاحات النسبية بين أدوار المنشأ وفقاً لمتطلبات الكود المصرى لحساب الأحمال والقوى فى الأعمال الإنشائية وأعمال المبانى (كود رقم ٢٠١) بالإضافة للاشتراطات الواردة بالبند (٩-٥-٩) من هذا الكود .

ح - اشتراطات خاصة بصلب التسليح ورتبة الخرسانة المستخدمة للعناصر المقاومة لأحمال الزلازل:

- لا يسمح باستخدام أسياخ الصلب الملساء فى التسليح الطولى ويشترط استخدام أسياخ الصلب ذات النتوءات سواء كانت من الصلب الطرى أو الصلب عالى المقاومة.
- يراعى ألا تقل النسبة بين إجهاد الشد الأقصى وإجهاد الخضوع بأسياخ صلب التسليح المستخدمة عن ١,٢٥ .

- يجب ألا تقل رتبة الخرسانة المستخدمة عن ٢٥ ن/مم^{٢} .

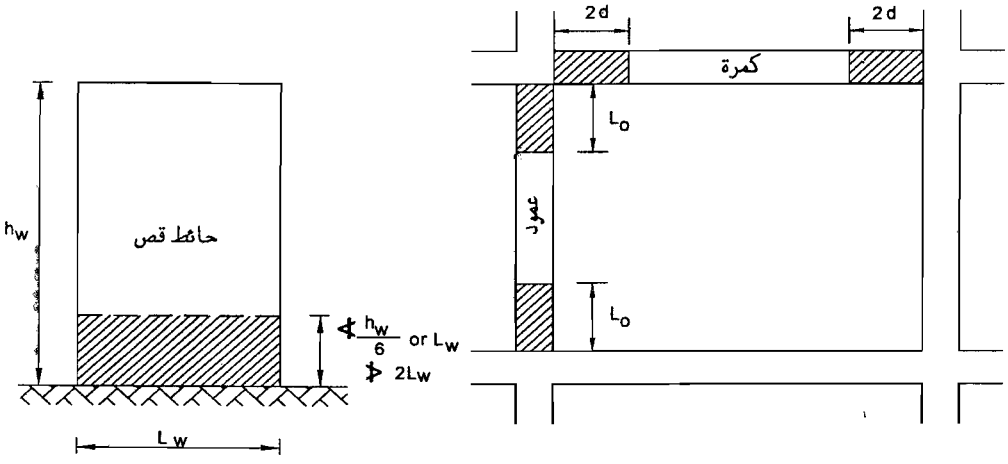
ط - تؤخذ الجساءة الفعالة (عزم القصور الذاتى الفعال) لعناصر الأنظمة الإنشائية المقاومة للزلازل كما يلى :

للأعمدة	$I_{eff} = 0.70\ I_g$
لحوائط القص	$I_{eff} = 0.35\ I_g$
للكمرات (مع أخذ مشاركة البلاطات)	$I_{eff} = 0.50\ I_g$
للبلاطات المسطحة	$I_{eff} = 0.25\ I_g$

حيث :

I_{eff} = جساءة القطاع مع الأخذ فى الاعتبار تأثير الشروخ

I_g = جساءة القطاع الذى ليس به شروخ



شكل (٦ - ٣٦) حدود المناطق الحرجة بالكمرات والأعمدة والحوائط

٦-٨-٢ اشتراطات الإطارات المقاومة للزلازل

٦-٨-٢-١ عام

- يشترط فى الإطارات المقاومة للزلازل أن تحقق عناصرها ما يلى:

أ - ألا تزيد المسافة بين محور الكمرة ومنتصف قطاع العمود فى المسقط الأفقى على ربع بُعد العمود مقاساً فى الاتجاه العمودى على محور الكمرة كما هو موضح بشكل (٦-٣٧).

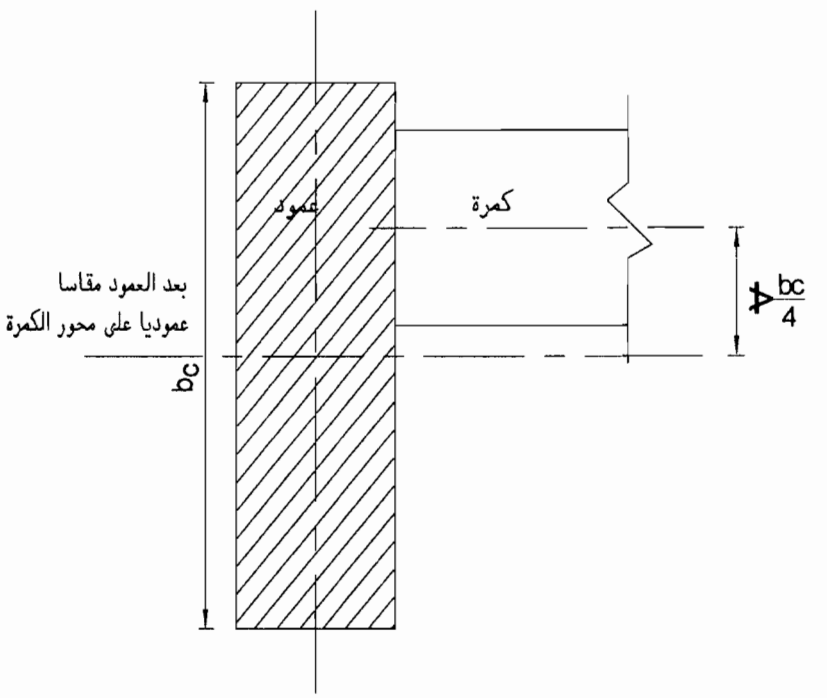
ب - ألا يزيد عرض الكمرة على الأقل من:

- عرض العمود + عمق الكمرة.
- ضعف عرض العمود.

- تنقسم الإطارات المقاومة للزلازل إلى إطارات ذات ممطولية محدودة وإطارات ذات ممطولية كافية طبقاً لتفاصيل صلب التسليح، ويتم تحديد معامل تعديل ردود الأفعال (R) لكل منها طبقاً للكود المصرى لحساب الأحمال على المنشآت (كود رقم ٢٠١ وتعديلاته) .

٦-٨-٢-٢ اشتراطات الإطارات ذات الممطولية المحدودة

وتشتمل على اشتراطات للبلاطات المسطحة وكمرات وأعمدة الإطارات.



شكل (٦ - ٣٧) علاقة محور الكمرة مع محور العمود

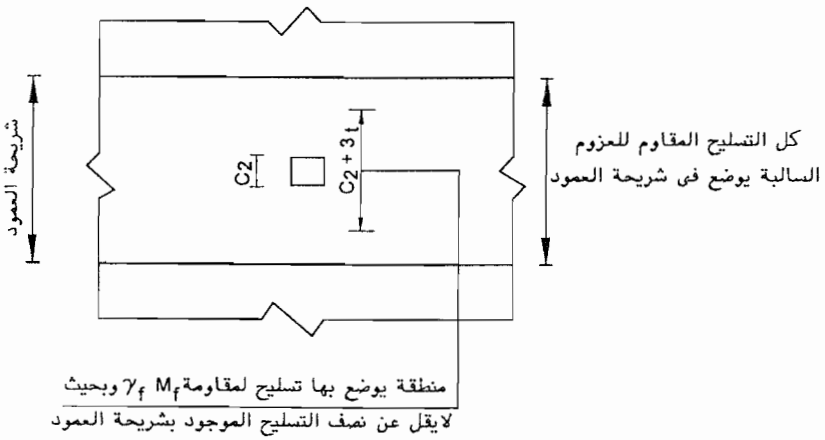
٦-٨-٢-٢-١ البلاطات المسطحة

أ - تقاوم جميع العزوم المنقولة من البلاطة إلى العمود بواسطة شريحة العمود فقط.

ب - تقاوم العزوم السالبة $\gamma_f M_f$ المبينة بالبند (٦-٢-٥-٨) بواسطة العرض الفعال للبلاطة c_2+3t (شكل ٦-٣٨) حيث t هى سمك البلاطة.

جـ- يجب ألا يقل تسليح العرض الفعال عن نصف تسليح شريحة العمود .

د- يجب أن يمتد ما لا يقل عن ربع التسليح العلوى لشريحة العمود على كامل طول البحر (شكل ٦-٣٩).

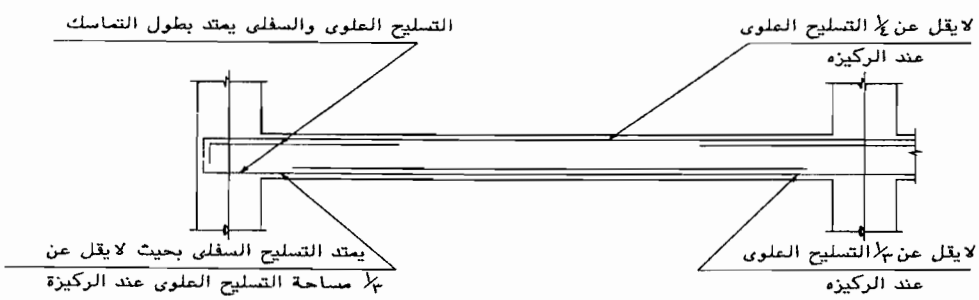


شكل (٦ – ٣٨) العرض الفعال فى البلاطات المسطحة

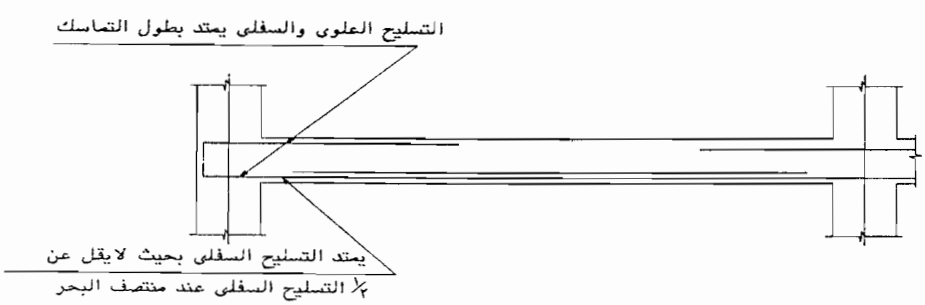
هـ- يجب أن يمتد ما لا يقل عن نصف التسليح السفلى لشريحتى العمود والوسط بكامل طول البحر مع مراعاة استمرار التسليح داخل مناطق الارتكاز بطول رباط كاف وفقاً للبند (٤-٢-٥-٣).

و- يجب ألا يقل التسليح السفلى المستمر فى شريحة العمود بكامل طول البحر عن ثلث قيمة التسليح العلوى لشريحة العمود عند مناطق الارتكاز.

ز- عند الأطراف غير المستمرة للبلاطة يجب أن يمتد كل من التسليح العلوى والسفلى عند الركيزة الطرفية داخل منطقة الارتكاز بطول رباط كاف وفقاً للبند (٤-٢-٥-٣).



(أ) شريحة العمود



(ب) شريحة الوسط

شكل (٦ – ٣٩) ترتيب التسليح فى البلاطات اللاكمرية

٦-٨-٢-٢-٢ كمرات الإطارات ذات الممطولية المحدودة

أ - يصمم قطاع الكمرة عند وجه الركيزة لمقاومة عزوم موجبة قصوى لا يقل مقدارها عن ثلث العزوم السالبة القصوى الناتجة من التحليل الإنشائى للمبنى.

ب - يجب ألا يقل مقدار مقاومة القطاع لكل من العزوم السالبة أو الموجبة عند أى قطاع فى الكمرة عن خمس قيمة أكبر عزم عند وجه أى من الركيزتين.

جـ- توزع الكانات فى المناطق الحرجة بحيث لا تبعد أول كانة أكثر من ٥٠ مم من وجه الركيزة، ولا تزيد المسافة بين الكانات على الأقل من :

- ربع عمق الكمرة
- ثمانية أمثال قطر أصغر سيخ طولى فى قطاع الكمرة.
- ٢٤ مرة قطر الكانة.
- ٢٠٠ مم

د - لا تزيد المسافة بين الكانات فى باقى طول الكمرة على نصف عمق الكمرة أو ٢٠٠ مم أيهما أقل.

٦-٨-٢-٢-٣ أعمدة الإطارات ذات الممطولية المحدودة

أ - يجب ألا تزيد المسافة بين الكانات على s_o وذلك فى المناطق الحرجة، حيث s_o تساوى القيمة الأصغر مما يلى كما هو موضح بشكل (٧-٦-أ) :

- ثمانية أمثال قطر أصغر سيخ تسليح بالعمود
- ٢٤ مثل قطر كانة العمود
- نصف أصغر بعد لقطاع العمود
- ١٥٠ مم

كما يجب وضع أول كانة على مسافة $s_o/2$ من وجه اتصال العمود مع الكمرة، ولا تزيد المسافة بين الكانات فى باقى ارتفاع العمود على ضعف s_o وبحد أقصى ٢٠٠مم.

ب - يجب أن يحتوى العمود على ثلاثة أسياخ طولية على الأقل فى كل وجه.

٦-٨-٢-٣ اشتراطات الإطارات ذات الممطولية الكافية

وتشتمل على اشتراطات كمرات وأعمدة الإطارات، ولايسمح باستخدام البلاطات المسطحة كعنصر من عناصر الإطارات ذات الممطولية الكافية.

٦-٨-٢-٣-١ كمرات الإطارات ذات الممطولية الكافية

تصمم الكمرات الخرسانية المسلحة طبقاً لاشتراطات البند (٦-٨-٢-٢-٢) بالإضافة إلى ما يلى:

أ - لا يقل عرض الكمرة عن ٠,٣٠ من عمقها وبحد أدنى ٢٥٠ مم.

ب - لا تقل مقاومة القطاع للعزم الموجب عند وجه الركيزة عن ٥٠% من مقاومة القطاع للعزم السالب عند وجه نفس الركيزة، وفى جميع الأحوال يجب ألا تقل مقاومة القطاع للعزم (الموجب أو السالب) فى بحر الكمرة عن ربع أكبر مقاومة مناظرة عند وجه الركيزة.

جـ- تصمم جميع وصلات التراكب على أساس وصلات تراكب شد، مع توافر الاشتراطات التالية:

- التسليح العرضى للكمرة فى منطقة الوصلة يتكون من كانات مغلقة أو حلزونية.
- لا تزيد المسافة بين الكانات فى منطقة وصلة التراكب على ربع العمق الفعال للكمرة أو ١٠٠ مم أيهما أقل.
- لا يسمح بعمل وصلة التراكب داخل منطقة اتصال الكمرة بالعمود، وكذلك فى المناطق الحرجة.

د - يتم حساب قوى القص التصميمية القصوى بفرض تولد عزوم انحناء بإشارتين مختلفتين عند نهايتى الكمرة (شكل ٦-٤٠) مع أخذ تأثير الأحمال الرأسية المصاحبة للزلازل فى الاعتبار وتهمل مقاومة الخرسانة فى القص عند حساب المقاومة القصوى للكمرات فى المناطق الحرجة ويتم الاعتماد كليا على التسليح الجذعى فى مقاومة قوى القص التصميمية.

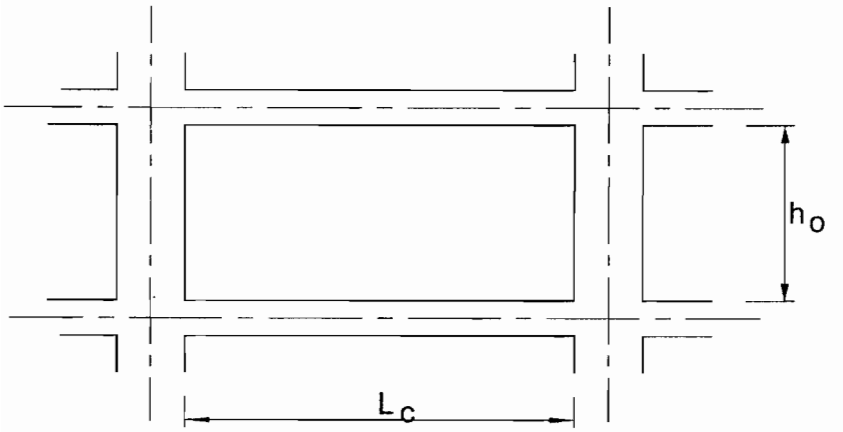
٦-٨-٢-٣-٢ أعمدة الإطارات ذات الممطولية الكافية

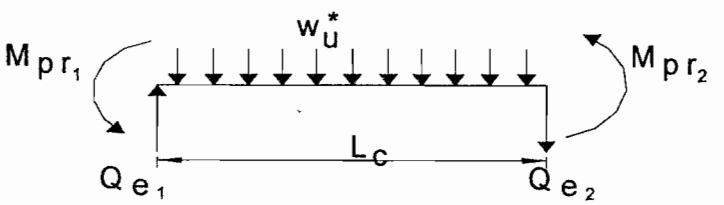
تصمم أعمدة الإطارات الخرسانية المسلحة طبقاً لاشتراطات البند (٦-٨-٢-٢-٣) بالإضافة إلى ما يلى:

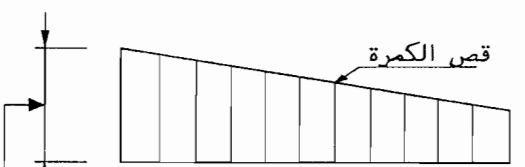
أ - لا يقل أصغر بعد لقطاع العمود عن ٣٠٠ مم ويفضل ألا تقل نسبة البعد الأصغر إلى البعد الأكبر لقطاع العمود عن ٠,٤٠.

ب - يجب ألا يقل بعد قطاع العمود فى اتجاه طول الكمرة عن ٢٠ مثل قطر أكبر سيخ طولى ممتد من الكمرة عبر الوصلة.

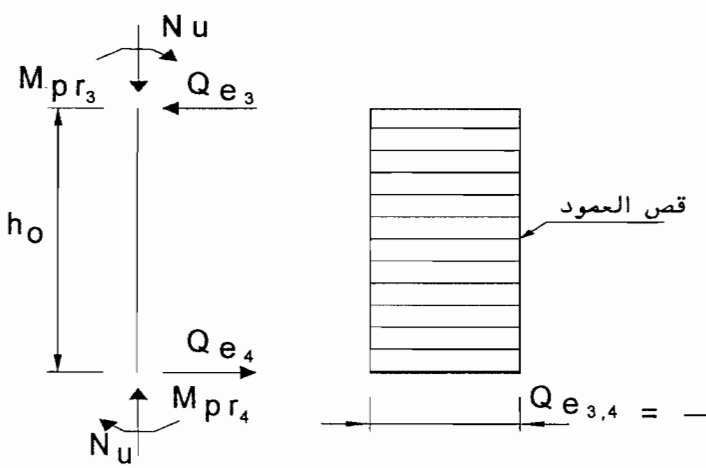
جـ- إذا زادت قيمة الضغط المحورى فى العمود عن $0.04A_g f_{cu}$، يجب أن تحقق مقاومة العزوم القصوى لأعمدة الإطارات المتصلة بكمرات العلاقة التالية:







$$Q_e = \frac{M_{pr_1} + M_{pr_2}}{L_c} \pm \frac{w_u^* L_c}{2}$$



$$Q_{e_{3,4}} = \frac{M_{pr_3} + M_{pr_4}}{h_o}$$

w_u^* هو الحمل الأقصى المناظر لحالة تحميل تأخذ تأثير الزلازل فى الاعتبار.

M_{pr} هو العزم المحتمل عند تكون مفصلة لدنة ويساوى ١,٢٥ العزم الأقصى الفعلى للقطاع على أساس معامل خفض مقاومة مناسب طبقاً للبند (٣-٢-١-٢).

شكل (٦ – ٤٠) حساب قوى القص التصميمية القصوى فى الكمرات والأعمدة

$$\sum M_c \geq 1.2 \sum M_g \qquad (6-61)$$

حيث:

$\sum M_c$ = مجموع مقاومة العزوم القصوى للأعمدة فى المستوى الذى يتم فيه التحليل عند منطقة اتصال العمود بالكمرة محسوبة عند وجه الكمرة باستخدام قيمة الحمل المحورى الذى يعطى أقل مقاومة عزوم.

$\sum M_g$ = مجموع مقاومة العزوم القصوى للكمرات فى المستوى الذى يتم فيه التحليل عند منطقة اتصال العمود بالكمرة محسوبة عند وجه العمود. وفى حالة الكمرات على شكل حرف T وعندما تكون البلاطة معرضة لقوى شد تحت تأثير العزوم، تحسب المقاومة القصوى للكمرة بأخذ جزء من عرض البلاطة يساوى ثلاثة أمثال سمك البلاطة على كل من جانبى الكمرة بشرط أن يكون صلب تسليح البلاطة ممتداً بطول رباط مناسب بعد القطاع الحرج. ويتم جمع مقاومة العزوم بحيث تكون مقاومة عزوم الأعمدة فى عكس اتجاه مقاومة عزوم الكمرات.

وفى حالة عدم تحقق هذا الشرط فى عدد محدود من الوصلات فإنه يمكن إهمال تأثير العمود عند حساب جساءة ومقاومة المنشأ القصوى لأحمال الزلازل، على أنه يجب التأكد من استيفاء اشتراطات الممطولية الخاصة بكانات العمود والمذكورة فى البند (٦-٨-٢-٢-٣).

د - يجب ألا تقل نسبة تسليح العمود عن ١%.

هـ- فى حالة عمل وصلات التراكب تكون فى النصف الأوسط من ارتفاع العمود (شكل ٧-٦-ب).

و - يجب أن تصمم وصلات التراكب على أساس وصلات تراكب شد.

ز - يُسمح بعمل وصلات لحام أو وصلات ميكانيكية عند أى قطاع خارج المناطق الحرجة بشرط استيفاء البند (٤-٢-٥-٤-٣)، كما يجب استيفاء وصلات اللحام لمتطلبات المواصفات القياسية.

ح - يجب أن تستمر كانات العمود داخل منطقة اتصال العمود بالكمرة ويتم تحديد مساحة مقطع الكانة طبقاً لما هو وارد بالمعادلتين (6-57-a) ، (6-57-b) .

ط - تحسب قوى القص التصميمية القصوى بالأعمدة بفرض تولد عزوم انحناء فى اتجاهين متضادين عند نهايتى العمود (شكل ٦-٤٠).

٦-٨-٢-٣-٣ وصلات الكمرات والأعمدة للإطارات

تحدد القوى فى التسليح الطولى للكمرات عند وجه العمود على أساس أن إجهاد الشد فى صلب التسليح يساوى مرة وربع إجهاد الخضوع مع استيفاء المتطلبات الواردة بالبند (٦-٦-٢).

٦-٨-٣ اشتراطات حوائط القص

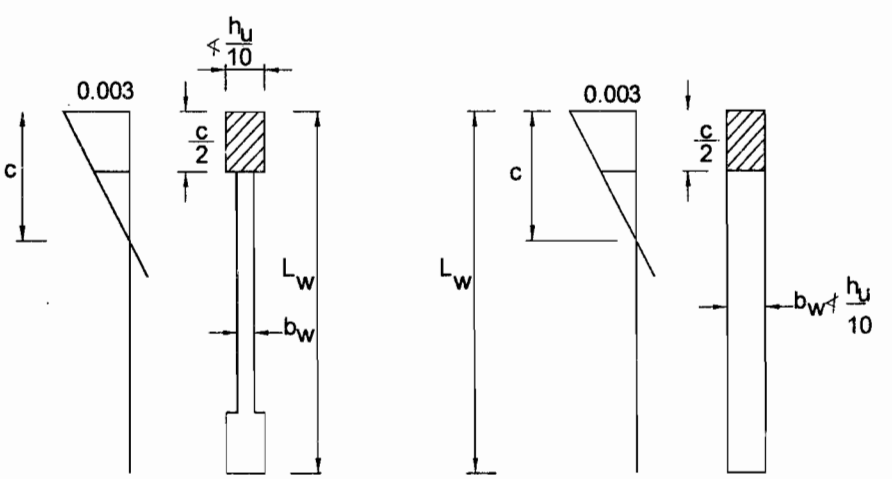
٦-٨-٣-١ المجال

أ - تختص المتطلبات الواردة فى البند (٦-٨-٣) بتصميم الحوائط الإنشائية ذات الممطولية (حوائط القص ذات الممطولية) والتى تستخدم كجزء من النظام الإنشائى المقاوم للأحمال الجانبية الناتجة من الزلازل.

ب - لا يسمح باستخدام التوصيات الواردة فى البند (٦-٥) إلا فى الحدود المذكورة فى هذا البند.

٦-٨-٣-٢ الأبعاد الخرسانية

تحدد الأبعاد الخرسانية لحوائط القص بحيث تستوفى متطلبات البند (٦-٥-٢-١-١)، على ألا يقل سمك الحائط عن $\frac{1}{10}$ من الارتفاع الصافى للدور فى المنطقة الحرجة، كما هو موضح فى شكل (٦-٤١).



أ-حائط منتظم السمك ب-حائط مدعم بعنصر طرفي

شكل (٦ - ٤١) أقل سمك لقطاعات الحوائط فى المنطقة الحرجة (مسقط أفقى)

٦-٨-٣-٣ تسليح حوائط القص

يجب وضع صلب التسليح فى الحائط على هيئة شبكتين على وجهى الحائط وتحدد نسب التسليح الرأسى والأفقى الموزع طبقاً للبندين (٦-٨-٣-٣-١) ، (٦-٨-٣-٣-٢) ويتم تركيز صلب تسليح رأسى طبقاً للبند (٦-٨-٣-٣-٣).

٦-٨-٣-٣-١ التسليح الرأسى الموزع

أ - أدنى نسبة للتسليح الرأسى الكلى الموزع بالوجهين تساوى ٠,٢٥%.

ب - لا يقل قطر أسياخ التسليح المستخدمة عن ١٠ مم ولا تزيد المسافة بين الأسياخ الرأسية على ٢٠٠ مم.

٦-٨-٣-٣-٢ التسليح الأفقى الموزع

أ - أدنى نسبة للتسليح الأفقى الكلى الموزع تساوى ٠,٢٥%.

ب - لا يقل قطر أسياخ التسليح المستخدمة عن ١٠ مم ولا تزيد المسافة بين الأسياخ الأفقية على ٢٠٠ مم.

جـ- إذا كانت مساحة صلب التسليح الرأسى الموزع أكبر من ١% من مساحة القطاع، يضاف للتسليح الأفقى كانات حباية مغلقة لا يقل قطرها عن ٨ مم أو ٠,٢٥ من قطر أسياخ التسليح الرأسى أيهما أكبر لربط التسليح الرأسى والأفقى معاً على جانبى الحائط مخترقاً سمك الحائط بواقع أربع نقاط على الأقل فى المتر المسطح.

٦-٨-٣-٣-٣ التسليح الرأسى المركز

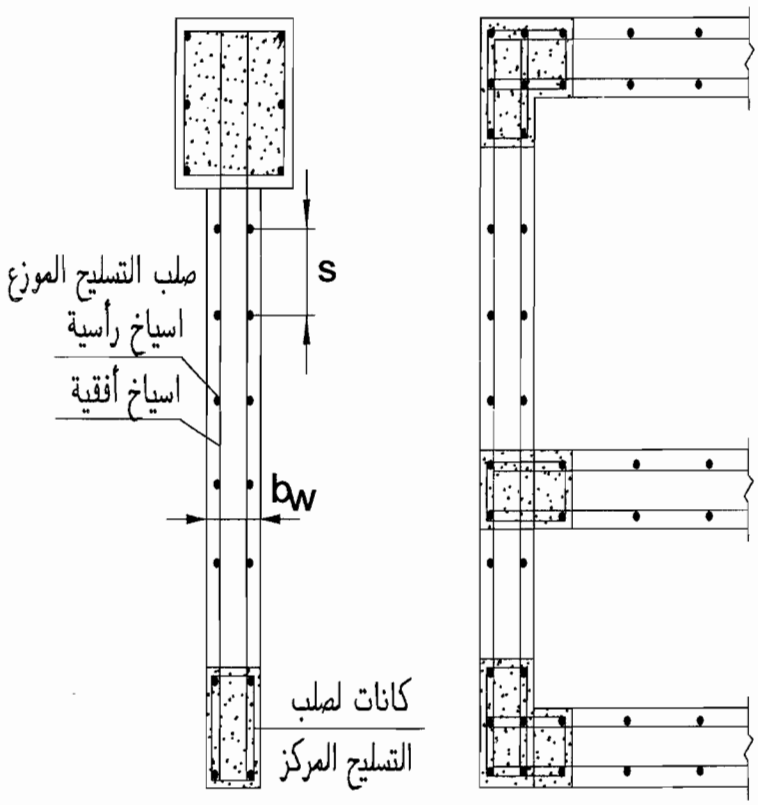
أ - يتم تركيز صلب تسليح رأسى فى كل نهاية من نهايات الحائط وكذلك فى الأركان وأماكن تقاطعات الحوائط مع بعضها البعض كما هو موضح بشكل (٦-٤٢).

ب - لا يقل قطر أسياخ التسليح الرأسى المستخدمة عن ١٢ مم.

جـ- لا تقل نسبة صلب التسليح الرأسى المركز خارج حدود المنطقة الحرجة عن ٠,١ % من مساحة القطاع الخرسانى الكلى كما لا تقل نسبة صلب التسليح الرأسى المركز فى المنطقة الحرجة عن ٠,٢ % من مساحة القطاع الخرسانى الكلى للحائط.

د - يتم ربط أسياخ التسليح الرأسى المركز بكانات تفى بالاشتراطات الواردة فى البند (٦-٨-٢-٣-٢).

وفى جميع الحالات يفضل تركيز أسياخ التسليح الرأسى فى الأماكن التى يزيد فيها الانفعال فى الخرسانة على ٠,٠٠١٥



شكل (٦ – ٤٢) : التسليح الرأسى الموزع والمركز فى حوائط القص (مسقط أفقى)

٦-٨-٣-٤ مقاومة الانحناء لحوائط القص

أ – يتم تحديد مقاومة الانحناء لحوائط القص باستخدام طريقة الحد الأقصى للمقاومة طبقاً للبند (٤-٢-١).

ب – يتم تحديد مقاومة الانحناء لحوائط القص بالأخذ فى الاعتبار كل من صلب التسليح الرأسى الموزع وصلب التسليح الرأسى المركز.

جـ– يجب التأكد من أن المقاومة القصوى للانحناء لقطاع حائط القص لا تقل عن القيمة الأكبر من مقاومة التشرخ للقطاع أو العزوم القصوى المعرض لها القطاع.

٦-٨-٣-٥ مقاومة القص لحوائط القص

أ – يتم تحديد الحد الأقصى لإجهادات القص القصوى للحائط باستخدام المعادلة الآتية:

$$q_{umax} = \left(0.9\alpha_c\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + \mu_{st}\frac{f_y}{\gamma_s}\right) = \frac{Q_u}{b_w \times L_w} \qquad (6-62)$$

حيث:

μ_{st} = نسبة التسليح الجذعى ويحسب من المعادلة (٤-٢٢).

α_c = ٠,٢٥ فى حالة $\frac{h_w}{L_w} \le 1.5$

= ٠,١٧ فى حالة $\frac{h_w}{L_w} \ge 2$

وتتغير خطياً بين ٠,٢٥ ، ٠,١٧ فى حالة $1.5 \le \frac{h_w}{L_w} \le 2$

ب - فى حوائط القص ذات الممطولية تحدد قوى القص التصميمية لحوائط القص على أساس أن إجهاد الشد فى صلب التسليح يساوى مرة وربع إجهاد الخضوع وبالتالى تكون قوى القص التصميمية تساوى مرة وربع قوى القص المحسوبة من أحمال الزلازل.

جـ- تهمل مقاومة الخرسانة فى القص عند حساب المقاومة القصوى للحوائط فى المناطق الحرجة ويتم الاعتماد كليا على أسياخ التسليح فى مقاومة قوى القص التصميمية.

٦-٨-٣-٦ العناصر الإنشائية التى لا تعتبر جزءاً من النظام المقاوم للزلازل

أ - يجب أن يتوفر حد أدنى من الممطولية فى العناصر الإنشائية التى لم يتم اعتبارها كجزء من النظام المقاوم للزلازل ولكنها فى نفس الوقت معرضة لنفس تشكلات هذا النظام.

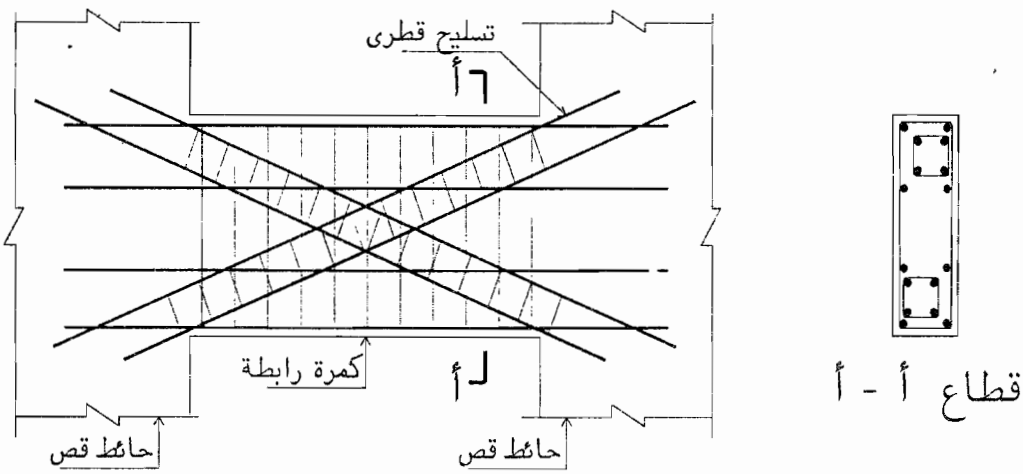
ب - تُصمم العناصر الإنشائية التى لا تعتبر جزءاً من النظام المقاوم للزلازل لمقاومة العزوم والقوى القصوى الناتجة من تأثير الإزاحة الجانبية نتيجة للزلازل، أو عمل التصميم والتفاصيل التى تسمح بتكون مفصلات لدنة فى هذه العناصر.

جـ- يجب أن تتوفر كانات عرضية طبقاً للبند (٦-٨-٢-٢-٢) أو البند (٦-٨-٢-٢-٣) حتى يمكن تكون مفصلة لدنة فى العناصر الإنشائية التى لا تعتبر جزءاً من النظام المقاوم للزلازل.

٦-٨-٣-٧ الكمرات الرابطة بين حوائط القص المترابطة

أ - الكمرات الرابطة التى تكون فيها نسبة البحر الخالص إلى السمك الكلى تساوى أو تزيد على ٤ يجب أن تفى بالاشتراطات الواردة بالبند (٦-٨-٢-٣-١).

ب - الكمرات الرابطة التى تكون فيها نسبة البحر الخالص إلى السمك الكلى تساوى أو تقل عن ٢ يتم تسليحها باستخدام مجموعتين متقاطعتين من التسليح القطرى المتماثل حول منتصف البحر كما هو موضح بالشكل (٦-٤٣).



شكل (٦-٤٣) تفاصيل تسليح الكمرة الرابطة بين حائطى قص مترابطين

جـ- الكمرات الرابطة التى تكون فيها نسبة البحر الخالص إلى السمك الكلى تقل عن ٤ و وتزيد على ٢ يمكن تصميمها بحيث تفى بالاشتراطات الواردة بالبند (٦-٨-٢-٣-١) أو تسليحها باستخدام مجموعتين متقاطعتين من التسليح القطرى المتماثل حول منتصف البحر كما هو موضح بالشكل (٦-٤٣).

د - الكمرات الرابطة التى يتم تسليحها باستخدام التسليح القطرى المتماثل حول منتصف البحر يجب أن تفى بالمتطلبات الآتية:

- يجب ألا تقل كل مجموعة من الأسياخ القطرية عن ٤ أسياخ.
- يجب أن ترتبط كل مجموعة من الأسياخ القطرية بكانات تفى بما جاء بالبند (٦-٨-٢-٢-٣).
- يجب أن تمتد الأسياخ القطرية داخل الحائط بمقدار يساوى طول التماسك فى الشد.
- يحسب الحد الأقصى لإجهادات القص القصوى للكمرات الرابطة من المعادلة التالية:

$$q_u = \frac{2A_{sd}}{bd}\frac{f_y}{\gamma_s}\sin\alpha \leq 0.7\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad (6\text{-}63)$$

حيث :

A_{sd} = مساحة مجموعة واحدة من الأسياخ القطرية.

α = زاوية ميل الأسياخ القطرية على محور الكمرة الرابطة.

هـ ـ يتم حساب المقاومة القصوى للانحناء للكمرات الرابطة باعتبار مشاركة الأسياخ القطرية.

و ـ يجب استخدام صلب تسليح طولى وعرضى بالكمرات الرابطة بحيث تفى بالمتطلبات الدنيا الواردة بالبندين (٤-٢-١-٢-ح) ، (٤-٢-٢-١-٦) على التوالى.

٦-٩ الخرسانة سابقة الصنع Precast Concrete

يتم تصميم الوحدات الخرسانية سابقة الصنع وفقا للاشتراطات الواردة في هذا البند وتعتبر كافة بنود الكود التي لا تتعارض معه جزءا لا يتجزأ من الاشتراطات الخاصة بتحليل وتصميم الوحدات سابقة الصنع. ولا تكفى اشتراطات هذا البند لتحقيق متطلبات الأمان اللازمة لمقاومة أحمال الزلازل.

٦-٩-١ عام

١ - يتم تصميم وتصنيع العناصر سابقة الصنع والوصلات والفواصل لمقاومة كافة الأحمال الخارجية المؤثرة على العنصر فى مراحل التصنيع والتخزين والنقل والتركيب والتنفيذ والاستخدام، بالإضافة لمقاومة الاجهادات الناتجة عن التقييد الطرفى.

٢ - عند تحليل المنشآت سابقة الصنع، يجب مراعاة أن تكون افتراضات التحليل الخاصة بالسلوك الإنشائي للوصلات مطابقة لسلوكها الفعلي.

٣ - يجب أن تراعى في التصميم والتفاصيل المتطلبات الخاصة للتركيب وذلك مع مراعاة التفاوتات المسموح بها في الأبعاد وفقا لاشتراطات بند (٩-٨-٥) وكذلك الإجهادات الناتجة عن التركيب.

٤ - بالإضافة إلى متطلبات التفاصيل المنصوص عليها فى البند (٧-٢)، يجب إضافة ما يلى سواء في رسومات العطاء أو الرسومات التنفيذية:

أ - تفاصيل التسليح والوصلات وعناصر الارتكاز وسمك الغطاء الخرساني ووسائل رفع وتركيب تلك العناصر لمقاومة الأحمال المؤقتة خلال مراحل التنفيذ.

ب - المقاومة المميزة للخرسانة المستخدمة خلال مراحل التنفيذ المختلفة.

جـ- حالة تشطيب أسطح العناصر.

د - أى تفاوتات خاصة (غير قياسية) مطلوبة للعنصر أو المنشأ.

هـ- أماكن الأربطة والوصلات بين العناصر والقوى المؤثرة عليها.

و - الاحتياطات والتوصيات الخاصة اللازمة للتركيب والتشييد.

٦-٩-٢ توزيع القوى التصميمية بين العناصر

١ - يتم توزيع القوى المتعامدة على مستوى العناصر طبقا للتحليل الإنشائي أو الاختبار التجريبي.

٢ - تنتقل القوى بين عناصر السقف أو الحائط سابق الصنع فى المستوى الواحد طبقاً للمتطلبات الآتية:

أ - استمرار مسار القوى في المستوى خلال العناصر والوصلات.

ب - توافر مسار مستمر عن طريق صلب التسليح لمقاومة قوى الشد المتولدة.

جـ- تُصمم الوصلات والأربطة ومناطق الارتكاز لمقاومة جميع القوى اللازم انتقالها بما فيها أى قوى خاصة كالتى تنتج عن التفاوتات أو التشكلات المرنة أو الزحف أو الانكماش أو الحرارة.

٦-٩-٣ تسليح العناصر سابقة الصنع

- يتم تسليح العناصر سابقة الصنع طبقاً للاشتراطات الواردة بهذا البند وتعتبر كافة بنود الكود التي لا تتعارض معه جزءاً لا يتجزأ من هذه الاشتراطات.
- يجب ألا يقل كل من صلب التسليح الأفقي وصلب التسليح الرأسي في الحوائط عن ٠,٢٥% من مساحة القطاع الخرسانى الكلي.
- يجب ألا يقل صلب تسليح بلاطات الأسقف في أى اتجاه عن ٠,١٥ % من مساحة القطاع.

٦-٩-٤ التكامل الإنشائي Structural Integrity

٦-٩-٤-١ يجب استيفاء الشروط التالية فى المنشآت الخرسانية سابقة الصنع التى لا يزيد ارتفاعها على طابقين :

١ - ضرورة استخدام أربطة طولية وعرضية و رأسية وحول محيط المنشأ لضمان اتصال العناصر سابقة الصنع بالنظام الإنشائي المقاوم للأحمال الجانبية.

٢ - في الأسقف المكونة من عناصر سابقة الصنع والتى تعمل كمستويات أفقية جاسئة (Rigid horizontal diaphragms) يجب ألا تقل مقاومة الشد القصوى الاعتبارية (Nominal ultimate tensile strength) للوصلة بين هذه الأسقف و العناصر الرأسية المقاومة للأحمال الجانبية عن ٤,٥ كيلونيوتن/م.

٣ - يجب استخدام الأربطة الرأسية في كل العناصر الإنشائية الرأسية ويتحقق ذلك بعمل وصلات عند الفواصل الأفقية طبقا لما يلي:

أ - يجب ألا تقل المقاومة القصوى الاعتبارية في الشد للأعمدة سابقة الصنع عن 1.4 A_g نيوتن حيث A_g هى مساحة قطاع الخرسانة الكلية المطلوبة حسابيا بالمليمتر المربع. وفى حالة الأعمدة ذات قطاع فعلي أكبر من المطلوب حسابيا يمكن استخدام المساحة الفعالة للقطاع والتى تعتمد على القطاع المطلوب حسابياً بدلاً من المساحة A_g بشرط ألا تقل عن نصف المساحة الفعلية لقطاع العمود.

ب - فى الحوائط سابقة الصنع يتم استخدام رباطين على الأقل فى الحائط ولا تقل المقاومة القصوى الاعتبارية للشد عن ٤٥ كيلونيوتن لكل رباط. وهذه الأربطة تكون متماثلة حول المحور الرأسي للحائط وتقع في الربع الخارجي للحائط كلما أمكن ذلك.

جـ- إذا كانت القوى التصميمة لا تعطى أى قوى شد عند القاعدة فإنه يسمح للأربطة المذكورة فى البند (ب) السابق أن تربط بأى طريقة سليمة فى البلاطة الخرسانية المسلحة المرتكزة على الأرض.

٤ - يجب عدم الاعتماد على مقاومة الاحتكاك الناتجة من الأحمال الرأسية الدائمة عند تصميم وعمل تفاصيل الوصلات.

٦-٩-٤-٢ فى المنشآت ذات الحوائط الحاملة سابقة الصنع بارتفاع ثلاثة طوابق فأكثر، يجب على الأقل تحقيق الشروط التالية (شكل ٦-٤٤) :

١ - يزود النظام الإنشائي للأسقف بأربطة طولية وعرضية تكفل تحقيق مقاومة قصوى اعتبارية لاتقل عن ٢٢ كيلونيوتن/م من العرض أو الطول على التوالى. ويُشترط وضع هذه الأربطة عند مناطق ارتكاز الحوائط الداخلية وكذلك بين عناصر المنشأ والحوائط الخارجية ، ويتم رصها في مسافة لا تزيد على ٦٠٠ مم من منسوب الأرضية أو السقف.

٢ - يتم رص الأربطة الطولية الموازية لبحور الأسقف على مسافات لا تزيد على ٣,٠٠ متر، ويجب اتخاذ كافة الاحتياطات لنقل القوى حول الفتحات.

٣ - يتم رص الأربطة العرضية المتعامدة على بحور الأسقف على مسافات لا تزيد على المسافة بين الحوائط الحاملة.

٤ - يتم رص الأربطة حول المحيط الخارجي لكل سقف في مسافة ١,٢٠ متر من حافة السقف ويجب أن تحقق مقاومة في الشد لا تقل عن ٧٠ كيلونيوتن.

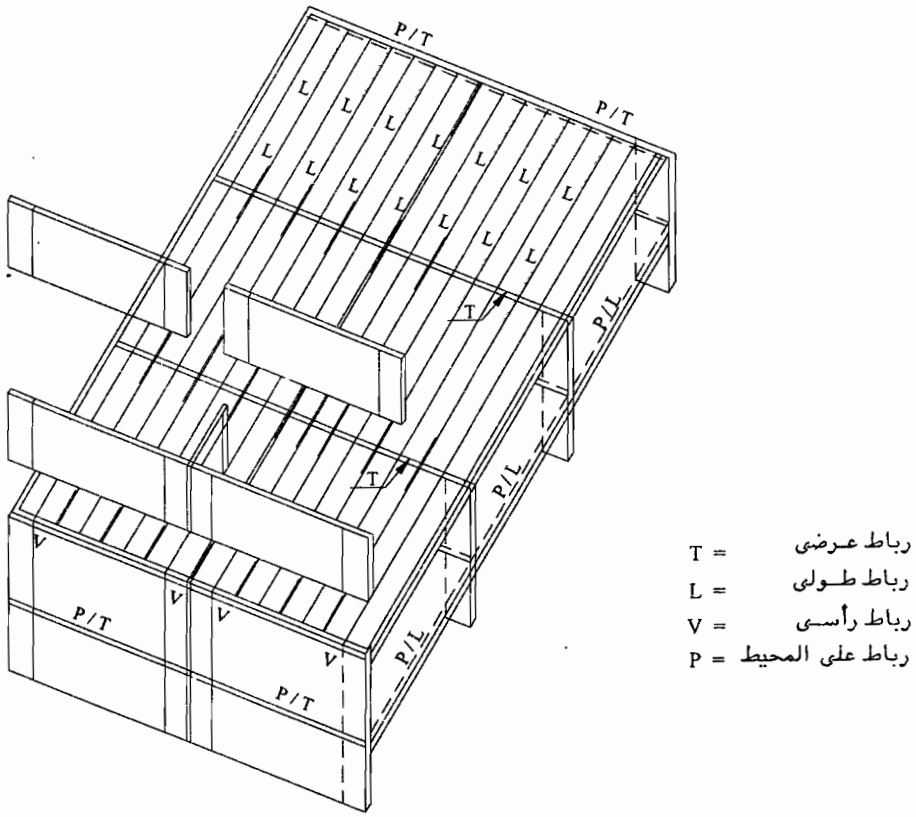
٥- يتم استخدام الأربطة الرأسية فى جميع الحوائط ، كما يجب أن تكون مستمرة فى طول ارتفاع المبنى ويجب أن تحقق هذه الأربطة مقاومة قصوى اعتبارية في الشد لا تقل عن ٤٠ كيلونيوتن لكل متر أفقي من الحائط، ويجب استخدام رباطين على الأقل لكل حائط.

٦-٩-٥ تصميم الوصلات ومناطق الارتكاز

٦-٩-٥-١ يمكن السماح بانتقال القوى بين العناصر عن طريق أي من الفواصل المحقونة أو مفاتيح القص أو الوصلات الميكانيكية أو وصلات صلب التسليح أو الطبقة الفوقية المسلحة (Reinforced topping) أو عن طريق مجموعة من هذه الوسائل ويُفضل استخدام الوصلات الميكانيكية مع الفواصل المحقونة أو مفاتيح القص فى المنشآت المكونة من ثلاثة أدوار فأكثر.

٦-٩-٥-٢ يتم تحديد صلاحية الوصلات لنقل القوى بين العناصر عن طريق التحليل أو بالاختبار التجريبي . وعندما يكون القص هو الحمل الأساسي المؤثر فإنه يجب استيفاء الشروط الواردة فى بند (٤-٢-٢-٤).

٦-٩-٥-٣ عند تصميم وصلات ذات مواد مختلفة الخواص الإنشائية يجب أخذ الجساءة النسبية للمواد وأقصى مقاومة لها وممطوليتها في الاعتبار.



شكل (٦-٤٤) التوزيع النمطي الخطى لأربطة الشد في المباني ذات البواكى سابقة الصب

٦-٩-٥-٤ فى حالة ارتكاز عناصر الأسقف سابقة الصنع على ركائز بسيطة ، يجب أن تستوفى الشروط التالية:

١ - يجب ألا تزيد إجهادات الارتكاز المسموح بها على سطح التلامس بين العناصر المرتكزة والمرتكز عليها على مقاومة الارتكاز لأى من أسطح التلامس مع عنصر الارتكاز. وتُحدد مقاومة الخرسانة للارتكاز طبقا لاشتراطات بند (٤-٢-٤) أو بند (٥-٦).

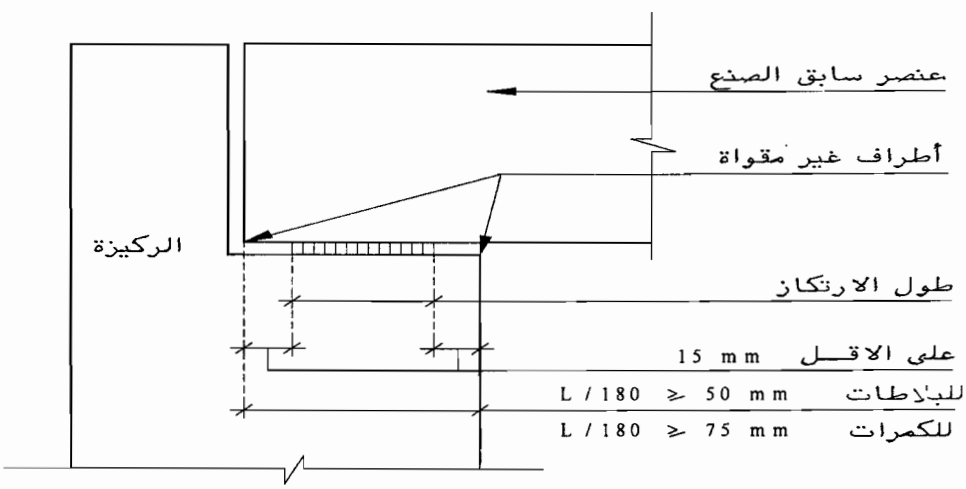
٢ - إذا لم يثبت بالتحليل الإنشائي أو بالاختبار التجريبي وجود قصور فى السلوك الإنشائى للوصلة أو مناطق الارتكاز للعناصر سابقة الصنع فإنه يجب توافر الشروط التالية :

أ - أن تكون الأبعاد التصميمية - لكل عنصر وعناصر ارتكازه بعد الأخذ في الاعتبار التفاوتات المسموح بها - مستوفية شرط أن المسافة بين حافة الركيزة ونهاية العنصر سابق الصنع المرتكز عليها

لا تقل عن (١/١٨٠) من البحر الصافى للعنصر على ألا تقل عن ٥٠مم للبلاطات ، ٧٥مم للكمرات كما هو موضح بالشكل (٦-٤٥).

ب - أن يتم وضع وسادات الارتكاز للأطراف غير المقواة وذلك على مسافة لاتقل عن ١٥ مم من وجه الركيزة أو على الأقل عرض الشطف المائل وذلك في الأطراف المشطوفة على المائل.

٣ - لا تنطبق اشتراطات البند (٤-٢-٥-٣) على التسليح المقاوم لعزوم الانحناء الموجبة في العناصر سابقة الصنع المحددة استاتيكيا، ولكن يجب أن يمتد ثلث هذا التسليح على الأقل إلى منتصف طول الارتكاز.



شكل (٦-٤٥) طول الارتكاز لعنصر سابق الصنع

٦-٩-٦ الأجزاء المدفونة بعد صب الخرسانة

يجوز تثبيت الأجزاء المدفونة وذلك أثناء مرحلة اللدونة للخرسانة مثل الأشاير والملحقات التي تكون بارزة من سطح الخرسانة أو تظل مكشوفة بغرض المعاينة بشرط توافر ما يلي:

١ - ألا تكون الأجزاء المدفونة ذات نهاية خطافية أو مربوطة بالتسليح الموجود داخل الخرسانة.

٢ - أن يتم تثبيت الأجزاء المدفونة فى وضعها الصحيح أثناء مرحلة اللدونة للخرسانة.

٣ - أن يتم دمك الخرسانة جيدا حول الأجزاء المدفونة.

٦-٩-٧ الترقيم والتمييز

١ - يجب ترقيم كل عنصر سابق الصنع لتوضيح مكانه واتجاهه فى المنشأ وأيضا تاريخ التصنيع.

٢ - يجب أن تكون علامات التمييز والترقيم مطابقة لرسومات التركيب.

٦-٩-٨ المناولة

١ - عند تصميم العناصر سابقة الصنع ، يجب الأخذ فى الاعتبار كافة القوى والتشوهات (Distortions) الناتجة أثناء المعالجة وفك الشدات والتخزين والنقل والتركيب.

٢ - يجب تثبيت الوحدات سابقة الصنع أثناء التركيب بوسائل تضمن عدم اختلال وضعها حتى الانتهاء من صب الوصلات الدائمة.

٦-٩-٩ تقييم مقاومة العناصر سابقة الصنع

١ - يمكن اختبار العناصر سابقة الصنع التى تستخدم بالإضافة إلى خرسانة مصبوبة فى مكانها - فى الانحناء - بتحميل العنصر سابق الصنع فقط طبقا لما يلى:

أ - يمكن التأثير بأحمال الاختبار فقط عندما توضح الحسابات أن العنصر سابق الصنع منفردا لن يكون حرجا في الضغط أو الانبعاج.

ب - حمل الاختبار هو ذلك الحمل الذي عند تطبيقه على العنصر سابق الصنع منفردا يعطى نفس قوة الشد الكلية في تسليح الشد التي ستتواجد عند تحميل العنصر المركب بحمل الاختبار طبقا للبند (٦-٩-٨).

٢- يُعتبر العنصر سابق الصنع مقبولا إذا استوفى الشروط الواردة في بند (٦-٩-٨).

٦-٩-١٠ مقاومة القص الأفقية للعناصر المركبة

١ - يشمل هذا البند العناصر المركبة والمكونة من أجزاء خرسانية سابقة الصب وأجزاء خرسانية مصبوبة فى وقت لاحق لتكون عنصراً واحداً يقاوم الأحمال المعرض لها كوحدة واحدة.

٢ - يجب التحقق من النقل الكامل لقوى القص الأفقية عند سطح الاتصال بين الأجزاء المرتبطة.

٣ - عند التصميم لقوى القص الأفقية القصوى يجب التحقق مما يلى :

$$Q_u \leq Q_{uhr} \qquad (6\text{-}64)$$

حيث Q_u هى قوى القص القصوى عند القطاع تحت التصميم بينما Q_{uhr} هى مقاومة القص الأفقية التصميمة عند هذا القطاع.

٣-أ عندما يكون سطح الاتصال نظيفاً وخالياً من الشوائب وتم تخشينه بطريقة سليمة بحيث لا يقل عمق التخشين عن ٥مم فإنه يمكن أخذ مقاومة القص الأفقية بحيث لا تزيد على $0.4\ b_v d$ نيوتن حيث b_v(mm) هو عرض الاتصال بين الجزء سابق الصب و الجزء المصبوب بالموقع ، d (mm) هو عمق العنصر المركب كاملاً.

٣-ب عندما يتم وضع نسبة أكبر من أو تساوى نسبة التسليح الدنيا للأربطة الرأسية بين أجزاء العنصر المركب طبقاً للبند (٤-٢-٢-١-٦) ويكون سطح الاتصال نظيفاً وخالياً من الشوائب ولكن غير مخشن طبقاً للبند (٣-أ) فيمكن أخذ مقاومة القص الأفقية القصوى بحيث لا تزيد على ٠,٤٥ نيوتن/مم^2.

٣-جـ عندما يتم وضع نسبة تسليح لا تقل عن نسبة التسليح الدنيا للأربطة الرأسية بين أجزاء العنصر المركب طبقاً للبند (٤-٢-٢-١-٦) ويكون سطح الاتصال نظيفاً وخالياً من الشوائب ومخشناً بطريقة سليمة طبقاً للبند (٣-أ) فإنه يمكن أخذ مقاومة القص الأفقية القصوى مساوية $(1.35 + 0.5\, u_v \frac{fy}{\gamma s})$ وبحيث لا تزيد على ٣ نيوتن/مم^2 حيث u_v نسبة التسليح للأربطة الرأسية.

٣-د إذا زادت قيمة مقاومة القص الأفقية القصوى على ٣ نيوتن/مم^2 فإن التصميم لقوى القص الأفقية يتم طبقاً للبند (٤-٢-٢-٤).

٤ - كبديل للبند (٣) فإنه يمكن تحديد قوى القص الأفقية عن طريق حساب التغير الفعلى فى قوى الضغط أو الشد فى كل جزء من أجزاء العنصر المركب ويتم نقل هذه القوى كقص أفقى للجزء الحامل ويجب ألا تزيد قيمة القص الأفقية القصوى المحسوبة عن مقاومة القص الأفقية كما بالبنود (٣-أ) ، (٣-ب) ، (٣-جـ) ، (٣-د) مع استعمال مساحة سطح الاتصال A_c بدلاً من $b_v d$.

- إذا تمت مقاومة قوى القص عن طريق وضع كانات رأسية فإن توزيع هذه الكانات يجب أن يتوافق مع توزيع قوى القص فى العنصر.

٥ - فى حالة وجود قوى شد عمودية على سطح الاتصال بين أجزاء العنصر فإنه يجب نقل قوى القص الأفقية عن طريق استخدام أربطة رأسية بمساحة لا تقل عن المساحة الدنيا كما بالبند (٣-ب) وطبقاً للبند (٤-٢-٢-١-٦).

٦-١٠ النموذج الحسابي ونموذج التحقق لتمثيل المنشآت على الحاسب الآلي

٦-١٠-١ الشروط الواجب توافرها في النموذج الحسابي

يُسمح باستخدام طرق التحليل العددي باستخدام الحاسب الآلي مثل طريقة العناصر المحددة أو أي طرق عددية أخرى لتعيين القوى الداخلية في المنشآت وذلك بشرط أن تفى الطريقة المستخدمة بشروط الاتزان وتوافق الانفعالات مع تحقيق الشروط التالية:

٦-١٠-١-١ شروط هندسية

١ - يجب أن يمثل النموذج الحسابي السلوك الحقيقي للمنشأ من حيث الشكل الهندسي والدعامات (حجم وجساءة عناصر الدعامات) والأحمال وحالات التقييد الطرفي.

٢ - فى حالة استخدام طريقة العناصر المحددة (Finite elements) تُختار نسبة المستطيلية لتلك العناصر الممثلة للشبكة بحيث لا تؤثر على دقة النتائج.

٣ - يُفضل أن تمر خطوط الشبكة المستخدمة في الطرق العددية بالأعمدة وذلك باستخدام شبكات ذات أبعاد مختلفة وفقاً لمتطلبات الحل.

٤- يجب مراعاة التمثيل المناسب في مناطق تركيز الإجهادات مثل (الأعمدة و الحوائط الخرسانية – الفتحات – التغير في الأبعاد – الأحمال المركزة) بما يحقق بند (٦-١٠-٢).

٦-١٠-١-٢ شروط إنشائية

١ - يجب التأكد من مسار الأحمال (Loading path) وانتقالها من عنصر إلى آخر حتى الأساسات.

٢ - في المنشآت التي تتطلب أخذ الأحمال الثانوية في الاعتبار يجب التحقق من تمثيل ذلك في العنصر.

٣ - فى حالة تمثيل كمرات السقف في الاتجاهين كشبكة يجب اعتبار جميع القوى الداخلية من عزوم انحناء وقوى محورية وقص وعزوم لي عند التصميم.

٤ - يجب الأخذ في الاعتبار حالات التحميل المختلفة المؤثرة على المنشأ لضمان الحصول على قيم الإجهادات العظمى عند أي قطاع .

٥ - في المنشآت عموماً وعلى وجه الخصوص في البلاطات يجب الأخذ فى الاعتبار كل من جساءة العمود في الاتجاهين وجساءة الكمرات .

٦ - يمكن أخذ تأثير التشرخات في الاعتبار عند التحليل الإنشائي . وفى الحالات التي يصعب فيها أخذ تلك التشرخات في الاعتبار يمكن إعادة توزيع العزوم والقوى الداخلية الناتجة

عن التحليل أخذاً في الاعتبار التأثيرات المحتملة للشروخ على السلوك الإنشائي للمنشأ وكذلك على تحديد مساحات واتجاهات صلب التسليح.

٦-١٠-٢ مراجعة المدخلات و النتائج

٦-١٠-٢-١ مراجعة المدخلات

١ - يجب مراجعة مدخلات الشكل الهندسي من حيث :
- حدود المبنى.
- خواص القطاع للعناصر المختلفة
- محاور التماثل
- أماكن نقاط الارتكاز
- الفتحات

٢ - يجب مراجعة مدخلات التقييد والتأكد من أن تمثيل هذه المدخلات مناظر لسلوك المبنى فى الطبيعة مع مراعاة أن يكون للمنشأ درجات تقييد فى جميع الاتجاهات بما يحقق اتزان المنشأ تحت تأثير الأحمال المؤثرة.

٣ - يجب مراجعة مدخلات الأحمال من حيث الاتجاه والقيمة ونقاط التأثير والوحدات.

٤ - يجب مراجعة مدخلات خواص المواد المستخدمة من حيث معاير المرونة ونسبة بواسون والإجهادات القصوى والدنيا وإجهادات الربط بين المواد المختلفة.

٦-١٠-٢-٢ التحقق من النتائج

١ - يجب مراجعة الاتزان العام للمنشأ من حيث تساوى المجموع الكلى للأحمال المؤثرة على المنشأ مع ردود الأفعال الناتجة من التحليل.

٢ - التحقق من الشكل العام للتشكل بالمنشأ واتجاهات سهم الانحناء.

٣ - التحقق من قيم سهم الانحناء في بعض العناصر باستخدام طرق الحساب المبسطة وكذلك عند نقاط الارتكاز.

٤ - التحقق من أن البرنامج المستخدم في الحل يعطى نتائج متوافقة مع طرق الحل التقليدية بدرجة دقة مقبولة.

٦-١٠-٣ البلاطات

بالإضافة لما سبق ذكره في البندين (٦-١٠-١) ، (٦-١٠-٢) يجب اعتبار الآتي:

١ - يمكن تمثيل عناصر البلاطات باستخدام عناصر قشرية (Shell elements) أو عناصر انحناء (Plate bending elements).

٢ - عند تمثيل الأسقف المكونة من بلاطات وكمرات باستخدام العناصر المحددة وفى حالة تمثيل البلاطة بعناصر انحنائية أو عناصر قشرية بينما يتم تمثيل الكمرات بعناصر طولية يجب الأخذ فى الاعتبار لا مركزية العنصر الممثل للبلاطة عن محور جساءة العنصر الممثل للكمرة. ويمكن أخذ ذلك في الحسبان باعتبار عنصر الكمرة ذا جساءة مساوية لقطاع على شكل حرف T أو L ذى عرض شفة يساوى نصف عرض الشفة الوارد بالبند (٦-٣-١-٩).

٣ - فى حالة وضع صلب التسليح في اتجاهين متعامدين يمكن وضع الصلب فى شرائح متعامدة على أن يكون توزيع صلب التسليح داخل الشريحة الواحدة منتظماً. ويتم حساب عزوم الانحناء داخل الشريحة كما يلى:

$$\overline{m}_x = |m_x| + |m_{xy}| \qquad (6\text{-}65)$$

$$\overline{m}_y = |m_y| + |m_{xy}| \qquad (6\text{-}66)$$

حيث:

$\overline{m}_x$ و $\overline{m}_y$ هى القيمة القصوى لعزوم الانحناء لكل متر فى اتجاه x ، y على التوالى وبشرط ألا تزيد قيمة $\overline{m}_x$ أو $\overline{m}_y$ على مرة ونصف عزم الانحناء المتوسط فى الشريحة

$|m_x|$ ، $|m_y|$ هى القيمة الجبرية المطلقة لعزوم الانحناء لكل وحدة طول داخل الشريحة

$|m_{xy}|$ هى القيمة الجبرية المطلقة لعزوم اللى لكل وحدة طول داخل الشريحة

٤ - يمكن توزيع القيد الناتج من وجود العمود فى المسقط الأفقى على مساحة العمود على أن يتم التصميم على أساس العزوم الناتجة على مستويات أوجه الأعمدة ، وفى حالة تمثيل العمود بنقطة يتم التصميم على أساس العزوم السالبة عند حدود محيط الأعمدة.

٥ - يمكن وضع صلب التسليح الرئيسى عموماً فى اتجاه إجهادات الشد الرئيسية وفى حدود سماحية ± ١٥° أو وضع صلب التسليح فى ناحية الشد فى اتجاهين متعامدين طبقاً لما سبق.

٦-١٠-٤ اللبشة

بالإضافة لما سبق ذكره فى البندين (٦-١٠-١) ، (٦-١٠-٢) يجب اعتبار الآتى:

١ - يمكن توزيع حمل العمود فى المسقط الأفقى على مساحة العمود على أن يتم التصميم على أساس العزوم الناتجة عند مستويات أوجه العمود.

٢ - يجب تمثيل التربة بنموذج ومعاملات طبقاً لما هو وارد فى كود الأساسات مع ضرورة الأخذ فى الاعتبار القيم المسموح بها فى الهبوط والإجهادات على التربة .

٣ - تُعتبر اللبشة جاسئة إذا كانت تفى باشتراطات البند (٦-٧-٢-٢).

٤ - يجب عند إجراء تحليل إنشائى للبشة التأكد من عدم وجود إجهادات شد بين اللبشة ونموذج تمثيل التربة كما يجب التأكد من عدم تجاوز إجهادات الضغط على التربة الإجهاد المسموح به.

٦-١٠-٥ الكمرات والأعمدة والإطارات

١ - يمكن فى تحليل الأعمدة استخدام التحليل الإنشائى من الدرجة الثانية (P-Δ effect) مع ضرورة ألا تقل عزوم الانحناء التصميمية الناتجة من هذا التحليل عما هو معطى بالباب السادس.

٢ - فى حالة حل الإطارات كإطارات فراغية يجب عند تصميم القطاعات أخذ جميع القوى المصاحبة لبعضها عند نفس حالة التحميل في الاعتبار.

٦-١٠-٦ الكمرات العميقة والكوابيل القصيرة والحوائط

يمكن استخدام الطرق العددية فى حساب الإجهادات والانفعالات فى الكمرات العميقة والكوابيل والحوائط الخرسانية على ألا تقل القيم الناتجة عن قيم التصميم المذكورة فى طرق التحليل الواردة فى هذا الكود.

٦-١١ نموذج الضاغط والشداد Strut-and-Tie Model

٦-١١-١ مقدمة

يمكن استخدام نموذج الضاغط والشداد Strut and Tie Model فى تصميم عناصر المنشآت الخرسانية فى مناطق عدم الاستمرارية D-Regions والتى قد تنتج عن أحمال مركزة أو تغير فجائى فى الأبعاد الهندسية أو كليهما كما هو وارد بالبند (٦-١١-٢).

يعتمد نموذج الضاغط والشداد على تتبع مسارات الأحمال داخل العناصر الإنشائية لتمثيل القوى الداخلية فى صورة جمالون متزن تحت تأثير الأحمال الخارجية. ويحتوى هذا النموذج على عناصر للضغط (Struts) وعناصر للشد (Ties) وعقد اتصال فيما بينهم (Nodes) كما فى شكل (٦-٤٦) ، والتى يتم تصميمها لتحقيق اشتراطات الأمان المنصوص عليها فى بند (٦-١١-٣).

٦-١١-٢ تعريفات

- نموذج الضاغط والشداد (Strut-and-Tie Model): هو نموذج جمالونى مكون من مجموعة من الضواغط والشدادات متصلة ببعضها البعض عند مناطق تعرف بالعقد وذلك لتمثيل سريان القوى بالعنصر فى مناطق برنولى (B-Regions) أو مناطق عدم الاستمرارية (D-Regions) شكل (٦-٤٦).

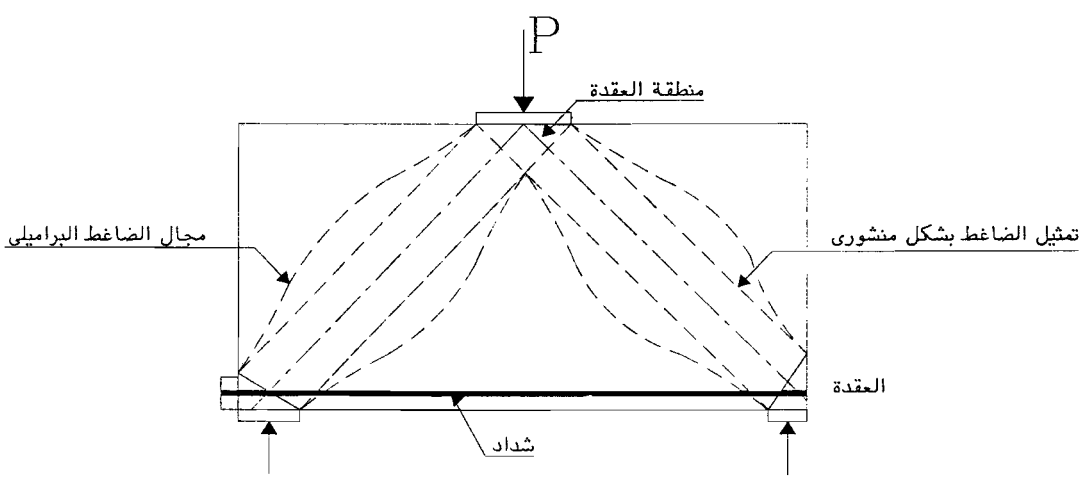
- منطقة برنولى (B-Region) : هى جزء من العنصر يمكن فيه تطبيق فرض برنولى (نظرية الانحناء – القطاع المستوى قبل الانحناء يبقى مستويا بعد الانحناء). وعموما فإن أى جزء من العنصر خارج منطقة عدم الاستمرارية (D-Region) يُعتبر منطقة برنولى.

- منطقة عدم الاستمرارية (D-Region) : هى جزء من العنصر يحدث به تغير مفاجىء فى الأبعاد أو الأحمال (Discontinuity) وتُحدَّد هذه المنطقة على أساس مبدأ (St.Venant) بمسافة تساوى سمك العنصر (t) من منطقة عدم الاستمرارية شكل (٦-٤٧).

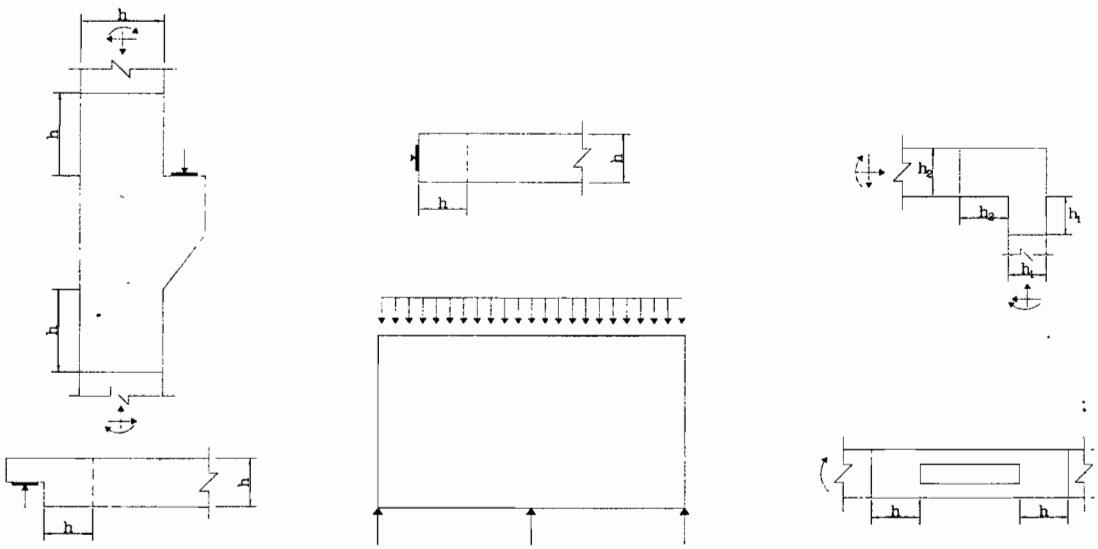
- ضاغط (Strut) : هو عنصر الضغط فى نموذج الضاغط والشداد ويمثل محصلة مجال منشورى (Prismatic) أو مروحى أو برميلى (Bottle-Shaped) شكل (٦-٤٨) ويمكن أن يكون مسلحاً أو غير مسلح .

- الشداد (Tie) : هو عنصر الشد فى نموذج الضاغط والشداد ويمثل محصلة مجال شد.

- العقدة (Node) : هى النقطة فى نموذج الضاغط والشداد التى تلتقى عندها محاور الضواغط والشدادات (شكل ٦-٥٣) ومنطقة العقدة (Nodal Zone) هى الكتلة الخرسانية حول العقدة التى تتزن عندها قوى نموذج الضاغط والشداد شكل (٦-٥٤).



شكل (٦-٤٦) وصف لنموذج ضاغط وشداد



أ - عدم استمرارية أبعاد القطاع ب - عدم الاستمرارية الاستاتيكى جـ- عدم استمرارية أبعاد القطاع وعدم الاستمرارية الاستاتيكى

شكل (٦-٤٧) أمثلة استرشادية لمناطق عدم الاستمرارية (المناطق المظللة)

٦-١١-٣ تصميم عناصر نموذج الضاغط والشداد

٦-١١-٣-١ عام

- يتضمن هذا البند تصميم عناصر نموذج الضاغط و الشداد وفقاً لطريقة حالات الحدود.
- تصمم عناصر الضاغط والشداد والعقد لتقاوم القوى والأحمال القصوى المؤثرة عليها مع مراعاة متطلبات حالات حدود التشغيل.

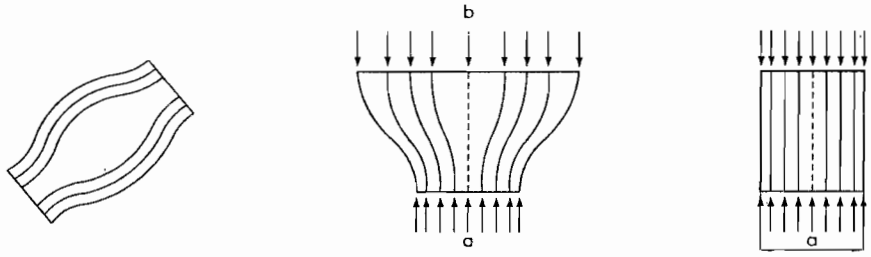
٦-١١-٣-٢ تصميم الضاغط

٦-١١-٣-٢-١ أنواع مجالات الإجهادات للضاغط

تعتمد مقاومة الخرسانة فى الضواغط على حالة الإجهادات المحيطة وتقاطعها على الشروخ أو أسياخ التسليح طبقاً للبند (٦-١١-٣-٢-٢) ويمكن توصيف أنواع الضواغط طبقاً لمجالات الإجهادات كما يلى :

الضاغط المنشورى (Prismatic Strut)

يمثل الضاغط المنشورى مساراً متوازياً للإجهادات شكل (٦- ٤٨-أ) كما هو الحال فى منطقة الضغط فى الكمرات المعرضة لعزوم انحناء . ويمكن اعتبار سمك الضاغط المنشورى فى هذه الحالة مساوياً لعمق المستطيل المكافئ لإجهادات الضغط (a) طبقاً للبندين (٤-٢-١-١) ، (٤-٢-١-٢).

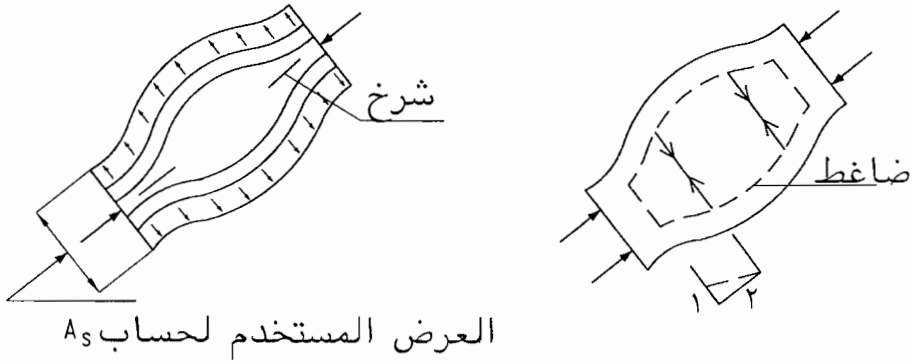


أ – الشكل المنشورى ب – الشكل المروحى جـ – الشكل البرميلى

شكل (٦-٤٨) مجالات الاجهادات للضغط

- الضاغط البرميلي (Bottle Strut)

يمثل الضاغط البرميلى الحالة العامة لمعظم الضواغط فى نموذج الضاغط والشداد، شكل (٦-٤٨-جـ). وفيه يؤدى الانتشار الجانبى الداخلى لقوى الضغط إلى تولد إجهادات شد عرضية كما هو مبين بشكل (٦-٤٩) لابد من أخذها فى الاعتبار عند التصميم لذا،لابد من وجود تسليح مقاوم لهذه القوى العمودية وذلك للتحكم فى عرض الشروخ وزيادة مقاومة الضاغط فى اتجاه محوره وللسماح بإعادة توزيع بعض القوى.



شكل (٦-٤٩) الضاغط البرميلى (Bottle Strut Shape)

٦-١١-٣-٢-٢ المقاومة القصوى للضاغط

أ - لا تزيد مقاومة الضغط القصوى للضاغط الذى لا يحتوى على تسليح طولى عند أى من نهايتيه على القيمة التالية :

$$F_c = f_{cd} \cdot A_c \qquad (6\text{-}67)$$

حيث :

f_{cd} = القيمة الأصغر من مقاومة الضغط الفعالة للخرسانة فى الضاغط (معادلة ٦-٦٩) ومقاومة الضغط الفعالة للخرسانة عند العقدة (معادلة ٦-٧٢).

A_c = مساحة مقطع الضاغط عند إحدى النهايتين وتساوى $W_s . b$ حيث b هو عرض الكمرة و W_s هو سمك الضاغط وهو عبارة عن البعد الأصغر العمودى على محور الضاغط عند نهايته (أى عند العقدة).

ب- يمكن زيادة المقاومة القصوى للضاغط عن طريق إضافة أسياخ تسليح موازية لمحور الضاغط وذات طول رباط مناسب ويتم إحاطتها بكانات تحقق اشتراطات البند (٦-٤-٧) ويتم حساب المقاومة القصوى للضاغط طبقاً للمعادلة الآتية :

$$F_c = f_{cd} A_c + A_s \frac{f_y}{\gamma_s} \qquad (6\text{-}68)$$

و تؤخذ قيمة γ_s فى المعادلة السابقة تساوى ١,٣

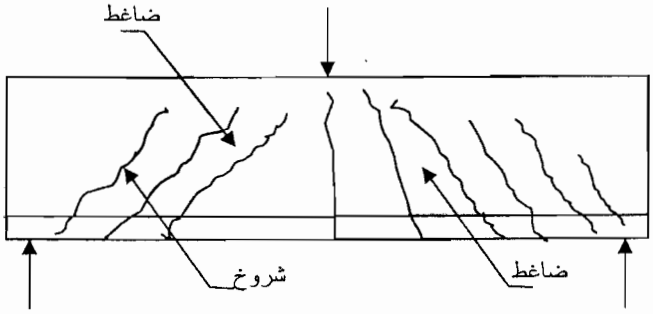
جـ- تؤخذ مقاومة الضغط الفعالة للخرسانة في الضاغط طبقاً للمعادلة الآتية :

$$f_{cd} = 0.67\, \beta_s \frac{f_{cu}}{\gamma_c} \qquad (6\text{-}69)$$

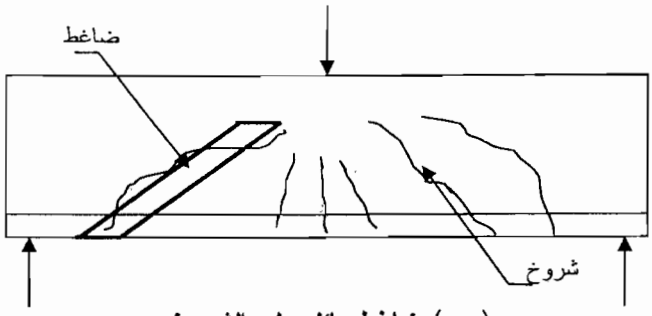
وتؤخذ قيمة γ_c فى المعادلة السابقة تساوى ١,٦ ، وتؤخذ قيمة المعامل β_s كالآتى :

- β_s = 1.00 للضاغط ذى الشكل المنشورى - البند (٦-١١-٣-٢-١).
- β_s = 0.70 للضاغط ذى الشكل البرميلي فى حالة ما إذا كان موازيا للشروخ كما هو موضح بالشكل (٦-٥٠-أ). وتقتضى قيمة β_s في هذا البند وجود أسياخ تسليح فى اتجاه عمودى على محور الضاغط لمقاومة قوى الشد العرضية الناتجة عن انتشار قوى الضغط فى الضاغط، ويمكن اعتبار أن هذه القوى تنتشر بميل علي محور الضاغط (٢) طولي إلى (١) عرضي.

- β_S = 0.60 للضاغط ذى الشكل البرميلي فى حالة ما إذا كان ذا ميل مع زاوية الشروخ كما هو موضح بالشكل (٦-٥٠-ب).
- β_S = 0.40 للضاغط في عناصر شد أو العناصر ذات الشد في الشفة.
- β_S = 0.60 في كل الحالات الأخرى.



(أ) ضاغط موازى للشروخ



(ب) ضاغط مائل على الشروخ

شكل (٦-٥٠) أنواع الضواغط: (أ) ضاغط موازى للشروخ، (ب) ضاغط مائل على الشروخ

د - فى حالة استخدام كانات تحزيم يمكن زيادة مقاومة الضغط للخرسانة بأخذ تأثير التحزيم فى الاعتبار مثل مناطق نهايات الكابلات فى الخرسانة سابقة الإجهاد.

هـ- يجب ألا تقل زاوية ميل الضاغط عن ٢٦ درجة مع محور العنصر الإنشائى .

٦-١١-٣-٣ تصميم الشداد

- تحسب المقاومة القصوى للشداد من المعادلة التالية:

$$T_{ud} = A_s f_y / \gamma_s \qquad (6\text{-}70)$$

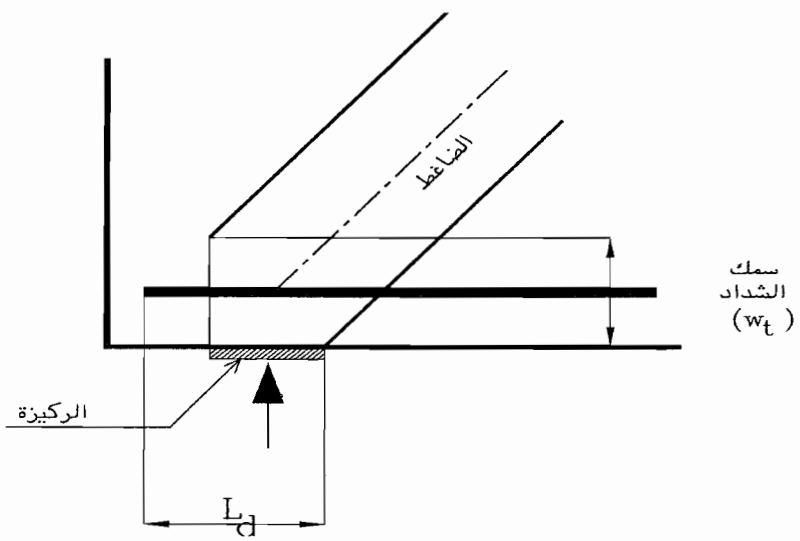
حيث :

T_{ud} : قوى الشد التصميمية فى حالة الحدود القصوى.

A_s : مساحة مقطع أسياخ التسليح .

و تؤخذ قيمة γ_s ١,١٥

- يجب استيفاء اشتراطات حدود التشرخ للكود المصرى للخرسانة المسلحة للعناصر المعرضة لقوى شد محورى.
- لابد من تحقق طول التماسك المطلوب (L_d) (شكل ٦-٥١) عند نهايات الشداد المسلح أو تشكيل النهايات أو استخدام وصلات ميكانيكية عند النهايات بند (٤-٢-٥) .
- يتم تحديد سمك الشداد المسلح (W_t) بحيث تتحقق اشتراطات الأمان لإجهادات الضغط عند منطقة العقدة للضواغط والشدادات الملتقية عند هذه العقدة (بند (٦-١١-٣-٤)). ويمكن حساب السمك التقريبى للشداد على أساس ألا يزيد على ٧٠% من سمك أكبر ضاغط متصل مع هذا الشداد عند منطقة العقدة.
- يتم حساب طول الرباط (L_d) طبقا للبند ٤-٢-٥.



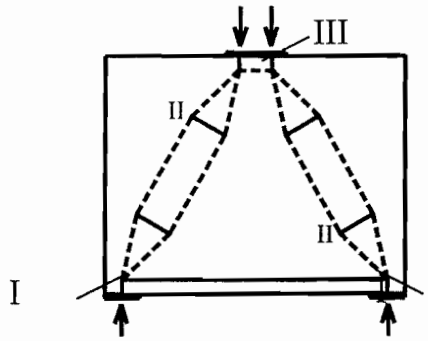
شكل (٦-٥١) حسابات طول التماسك اللازم عند منطقة العقدة

٦-١١-٣-٤ تصميم العقد

تعرف العقدة بأنها منطقة تلاقى القوى فى نموذج الضاغط والشداد ويجب أن تتزن ثلاث قوى على الأقل عند العقدة.

٦-١١-٣-٤-١ أنواع العقد

عقد أحادية (Singular Nodes) وهى العقد المحددة الموضع عند منطقة الأحمال المركزة مثل العقد (I, III) في الشكل (٦-٥٢) وعقد موزعة (Smeared Nodes) وهى العقد التي يتحدد موضعها وفقا لاتزان القوي لنموذج الضاغط والشداد مثل العقدة (II) في شكل (٦-٥٢). ويمكن إهمال حساب الإجهادات عند العقد الموزعة حيث أنّ موضعها افتراضي.



شكل (٦-٥٢) أنواع العقد.

٦-١١-٣-٤-٢ تصميم العقد الأحادية

- يتم تصميم العقد الأحادية للتأكد من تحقيق اشتراطات مقاومة الخرسانة القصوى فى الضغط وكذلك تحقيق طول التماسك اللازم فى الشد.
- تصنف العقد الأحادية طبقاً لنوع القوى المتزنة عندها (شكل (٦-٥٣)) كما يلى :
  - عقدة C-C-C إذا كانت الأعضاء المتلاقية ضواغط
  - عقدة C-C-T إذا كانت الأعضاء المتلاقية ضاغطين وشداداً
  - عقدة C-T-T إذا كانت الأعضاء المتلاقية ضاغطاً وشدادين
  - عقدة T-T-T إذا كانت الأعضاء المتلاقية شدادات
- لتحقيق اشتراطات الأمان فى حالة الحدود القصوى يجب التأكد من مقاومة الخرسانة للضغط عند العقدة ويتم حساب ذلك طبقا للمعادلة الآتية:

$$F_{cn} = A_{cn} \cdot f_{cd} \qquad (6\text{-}71)$$

حيث :

A_{cn} = مساحة المقطع عند منطقة العقدة لقطاع عمودى على اتجاه الضاغط (شكل (٦-٥٤))

f_{cd} = مقاومة الضغط الفعالة للخرسانة عند العقدة وتحسب من المعادلة الآتية :

$$f_{cd} = 0.67\, \beta_n \times \frac{f_{cu}}{\gamma_c} \qquad (6\text{-}72)$$

حيث :

γ_c = معامل خفض المقاومة القصوى للخرسانة ويؤخذ مساويا ١,٦

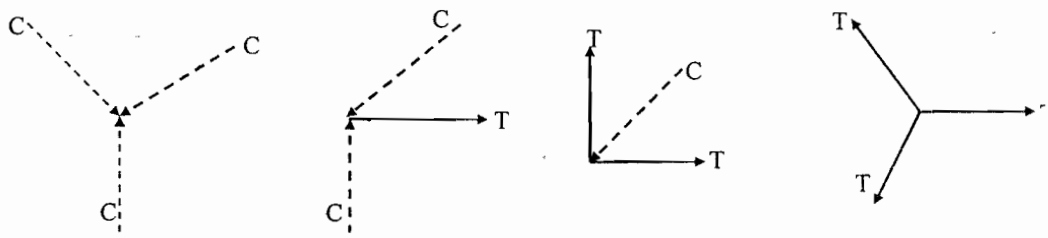
f_{cu} = مقاومة الخرسانة المميزة فى الضغط

β_n = معامل لأخذ تأثير نوعية القوى المؤثرة على العقدة و يؤخذ كما يلى:

β_n = 1.0 فى العقد المعرضة لضغط فقط (C-C-C) (شكل (٦-٥٣-أ)) حيث تتعرض منطقة العقدة لضغط محورى أحادى أو ثنائى أو ثلاثى.

β_n = 0.8 فى العقد المعرضة لضغط -ضغط شد (C-C-T) (شكل (٦-٥٣-ب)) ويمكن استخدام β_n = 1.0 في هذه العقد إذا امتد الشداد خلال العقدة وتم ربطه بوسيلة ميكانيكية كما بالشكل (٦-٥٤).

β_n = 0.6 لمنطقة العقدة C-T-T أو T-T-T بالشكلين (٦-٥٣-جـ ، ٦-٥٣-د).



(a) C-C-C Node (b) C-C-T Node (c) C-T-T Node (d) T-T-T Node

شكل (٦-٥٣) أنوع العقد الأحادية

- فى العقدة الأحادية من النوع C.C.T يتم حساب الارتفاع w_t طبقاً لتوزيع أسياخ التسليح كما يلى (شكل ٦-٥٤) :

- فى حالة استخدام صف أسياخ واحد وعدم تحقيق طول تماسك كاف خلف منطقة العقدة (شكل (٦-٥٤-أ)):

$$W_t = 0 \qquad (6\text{-}73a)$$

- فى حالة استخدام صف واحد من الأسياخ وتحقيق طول تماسك كاف خلف منطقة العقد بمسافة لا تقل عن 2c ، حيث c هى الغطاء الخرسانى (شكل (٦-٥٤-ب))

$$W_t = \varphi_s + 2\,c \qquad (6\text{-}73b)$$

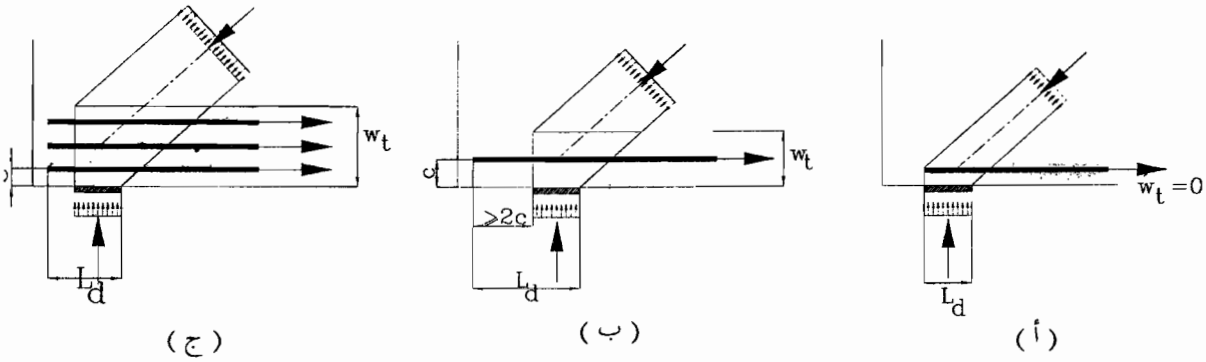
حيث :

φ_s هو قطر الأسياخ المستخدمة

- فى حالة استخدام أكثر من صف من الأسياخ (شكل ٦-٥٤-جـ)

$$W_t = \varphi_s + 2\,c + (n-1).s \qquad (6\text{-}73c)$$

حيث n هى عدد الصفوف، s هى المسافة بين أسياخ التسليح، و بحيث تكون مسافة العقدة الممتدة $\leq (s/2)$.



شكل (٦-٥٤) عقدة نمطية من النوع C-C-T معرضة لضغط و شد عند الركيزة لكمرة ضحلة أو كمرة عميقة

الباب السابع
التفاصيل الإنشائية

٧-١ اعتبارات عامة

ينبغي أن تكون الرسومات التنفيذية لأعمال الخرسانة واضحة التفاصيل وكاملة الأبعاد، كما يجب أن تُعد وفقاً للحسابات الإنشائية وبطريقة تبسط أعمال الشدات والفرم، وتسهل صب الخرسانة.

٧-٢ الرسومات الإنشائية Structural Design Drawings

يتم إعداد الرسومات الإنشائية طبقاً للتصميمات المعدة بواسطة مهندسين متخصصين ومعتمدين من نقابة المهندسين – سواء من المكتب المصمم أو ما يكلف به المكتب المصمم المقاول بتقديمه للاعتماد – لتحتوى على جميع التفاصيل اللازمة لتنفيذ المشروع طبقاً للبيانات الموضحة في هذا الباب.

٧-٢-١ الرسومات المبدئية Scheme Drawings

يتم عمل الرسومات الإنشائية المبدئية من واقع الرسومات والمتطلبات المبدئية للمشروع، بغرض توزيع أماكن الأعمدة مع تقدير أبعاد تقريبية للعناصر الإنشائية يتمكن بها المهندس المعمارى ومهندس الأعمال التكميلية من إعداد الرسومات النهائية للمشروع – وتُقدم هذه الرسومات عادة بمقياس رسم مناسب .

٧-٢-٢ رسومات العطاء Tender Drawings

يتم عمل رسومات العطاء بمقياس رسم مناسب وتوضح عليها جميع العناصر الإنشائية للمبنى بطريقة تسمح للمقاولين – المتقدمين بعطاءاتهم – بدراسة المشروع وإعداد وتقديم العطاء. ويراعى أن تشمل هذه الرسومات البيانات التالية:

٧-٢-٢-١ الأحمال

توضح الأحمال الحية والإضافية التي تم التصميم بموجبها وذلك على كل جزء من أجزاء المبنى، والتأثيرات الديناميكية لأى أجهزة أو ماكينات إن وجدت، وكذلك أحمال الأرضيات والتغطيات وأحمال الشدات التي يُسمح بتحميلها على الأسقف .

وفى حالة وجود أحمال أخرى في بعض المنشآت ذات الطبيعة الخاصة مثل المصانع ومحطات القوى والمياه والصرف الصحي وصوامع التخزين ... الخ - فإنه يتم تحديد قيمة هذه الأحمال على رسومات الأبعاد الخرسانية أو يُذكر أرقام الرسومات الميكانيكية التي وردت فيها هذه الأحمال.

٧-٢-٢-٢ خواص المواد المستخدمة

تشمل الإجهادات المميزة للخرسانات المستخدمة لعناصر المبنى مع ذكر نوعية الأسمنت وأقل كمية منه في الخلطة الخرسانية يُسمح بها وأي إضافات خاصة لتحسين خواص الخلطات، وكذلك نوعية صلب التسليح المستخدم ورتبته وطبقا للمصطلحات المستعملة للتمييز بين النوعيات المختلفة كما يلي :

- ϕ صلب التسليح الطري أملس السطح (Plain mild steel) رتبة 240/350.
- Φ صلب التسليح عالي المقاومة (High tensile steel) رتبة 360/520.
- Φ صلب التسليح عالي المقاومة (High tensile steel) رتبة 400/600.
- # شبك صلب من الأسياخ الملحومة (Welded wire mesh) رتبة 450/520.

و يُحدد أيضا على رسومات التسليح سمك الغطاء الخرساني لصلب التسليح في العناصر المختلفة للمبنى وطبقا لما هو وارد في البندين (٤-٣-٢-٣-ب) ، (٩-٧).

٧-٢-٢-٣ بيانات عن الأساسات

يوضح على رسومات الأساسات منسوب التأسيس والإجهاد المسموح به على التربة ونوعية وسمك طبقة الإحلال (إن وجدت) وأنواع الخوازيق المستعملة وحمل التشغيل للخازوق (إن وجد) مع الالتزام بكافة الاشتراطات والاحتياطات الواردة بتقرير أبحاث التربة ، وكذلك أماكن ومواصفات الطبقات العازلة للمياه (إن وجدت) كما يلزم بيان عدد الأدوار التي صمم عليها المبنى.

٧-٢-٢-٤ الخرسانة سابقة الصب

في حالة استعمال الخرسانة سابقة الصب يُراعى عند عمل الرسومات الشروط الواردة في البند (٦-٩) مع توضيح البيانات التالية على الرسومات:

أ - الحد الأدنى لإجهاد الضغط المطلوب للخرسانة قبل فك الفرم وعند نقل الوحدات الجاهزة من أماكن الصب إلى أماكن التشوين أو التركيب.

ب - تحديد الأماكن التي سيتم رفع الوحدات الجاهزة منها وتفاصيل التسليح الإضافي عند هذه الأماكن مع تحديد طريقة التشوين لتفادى حدوث أي إجهادات غير مسموح بها في أى قطاع نتيجة لأعمال الرفع أو التشوين.

جـ- تحديد وزن كل عنصر لعمل الترتيب اللازم نحو توفير المعدات المناسبة لأعمال النقل والتشوين والتركيب.

د - يراعى رسم تفاصيل كافية وبمقياس رسم لا يقل عن ١ : ٢٠ عند جميع الفواصل بين الوحدات الجاهزة مع تحديد أماكن وطريقة صلب هذه الوحدات لحين تصلد المونة أو المواد التي سيتم ملء هذه الفواصل بها.

٧-٢-٣ الرسومات التنفيذية Construction Drawings

تشمل الرسومات التنفيذية التفاصيل اللازمة لتنفيذ جميع العناصر الإنشائية للمبنى، ويتم عملها بمقياس رسم مناسب ، ويفضل أن تكون بمقياس رسم ١ : ٥٠ على الأقل . وتشمل هذه الرسومات ما يأتى:

أ- بيانات الأبعاد الخرسانية

١ - مساقط أفقية وقطاعات كافية لبيان الأبعاد الخرسانية لجميع العناصر الإنشائية وأبعاد المحاور والمناسيب وسمك البلاطات وأبعاد الكمرات والكوابيل والأعمدة والأساسات. ويراعى عند تحديد أبعاد الكمرات والكوابيل ذكر العرض أولاً ثم العمق الكلى شاملاً سمك بلاطة السقف.

٢ - أماكن وتفاصيل الفتحات ومسامير الربط والأجزاء المدفونة اللازمة لأعمال الصرف والتكييف وتثبيت الماكينات ..... الخ.

٣ - أماكن وتفاصيل فواصل التمدد أو الانكماش ، وكذلك مقدار التحديب للبلاطات والكمرات والكوابيل في المنشآت ذات البحور أو البروزات الكبيرة، وكذلك أماكن فواصل الصب إذا دعت الحاجة.

ب ــ بيانات عن صلب التسليح

توضح هذه البيانات تفاصيل التسليح لجميع العناصر الإنشائية المكونة للمبنى ويراعى ربط هذه البيانات مع رسومات الأبعاد الخرسانية لتسهيل التنفيذ، مع مراعاة ما يلى:

١ - بيان ترتيب الطبقات في حالة وجود شبكة من صلب التسليح مثل المستخدمة في تسليح البلاطات والحوائط.

٢ - توضح الأسياخ المستقيمة و/أو المكسحة بالبلاطات على المسقط الأفقي بشكلها الحقيقي ويمكن رسم سيخ واحد من كل نوع في كل بلاطة مع ذكر العدد لكل نوع في المتر

الطولي أو العدد الإجمالي في كل بلاطة ومقترنة بالمسافة بين الأسياخ. وفى حالة وجود كوابيل، يرسم قطاع بمقياس رسم مناسب لهذه الكوابيل مع العناصر الإنشائية المتصلة بها.

٣ - الكمرات المطلوب عمل تفاصيل تسليح لها يتم رسمها بمقياس رسم لا يقل عن ١ : ٥٠ ويرسم التسليح بخطوط متصلة مع عمل القطاعات الكافية في كل كمرة بمقياس رسم مناسب، مع بيان تفريد التسليح خارج الكمرات، وكتابة أطوال الأسياخ.

٤ - بالنسبة للأعمدة ترسم قطاعات لنماذج الأعمدة في مناسيب مختلفة للمنشأ بمقياس رسم مناسب . ويراعى رسم قطاع رأسي للأعمدة في حالة وجود اتصال بين صلب تسليحها وصلب تسليح الكمرات وكذلك في حالة حدوث تغيير في قطاع العمود، ويفضل في هذه الحالة تفريد صلب التسليح خارج المسقط بمقياس رسم مناسب، . وفى جميع الأحوال توضح أي اشتراطات لأماكن عمل الوصلات في صلب تسليح الأعمدة وطول الرباط وثني الأسياخ السفلية عند الوصلة بالطريقة التي تسمح باستمرار صلب التسليح في مكانه بكامل ارتفاع العمود.

٧-٢-٤ الرسومات التفصيلية Shop Drawings

يلزم في بعض الحالات عمل رسومات تفصيلية بمقياس رسم يتناسب مع الدقة المطلوبة لتنفيذ هذه الأعمال وتشمل ما يلي على سبيل المثال:

١ - بعض نقاط الاتصال بالمنشآت الخرسانية حيث تتركز كمية كبيرة من صلب التسليح وترسم هذه التقاطعات لتوضيح ترتيب الأسياخ والتأكد من وجود الفراغات الكافية بين الأسياخ لصب ودمك الخرسانة من خلالها.

٢ - عمل قوائم لصلب التسليح تشمل تفريد التسليح وأطوال الأسياخ وترقيمها ليسهل وضعها في مكانها بالفرم.

٣ - يلزم في بعض الحالات عمل رسومات تفصيلية للفرم أو الشدات الخشبية أو المعدنية لضمان دقة التنفيذ ويراعى عند تصميم هذه الفرم والشدات التأكد من قدرتها على مقاومة الأحمال الواقعة عليها وضغط الخرسانة الطازجة خلال مراحل الصب.

٤ - يلزم في بعض الحالات الخاصة توضيح مقدار الترخيم المتوقع في الأعضاء الخرسانية عند فك الشدات والفرم لأخذها في الاعتبار عند تشكيل هذه الفرم وعملها بالطريقة التي تسمح بسهولة فكها وإعادة استخدامها.

٥ - في حالة تنفيذ قواعد المعدات الميكانيكية والكهربائية التي تحتاج إلى دقة عالية في تحديد أماكن مسامير الربط يتم عمل رسومات تفصيلية لطرق تثبيت مسامير الربط في أماكنها فى الفرم أو مع صلب التسليح.

٧-٢-٥ جدول عنوان الرسم ومشتملاته

يجهز جدول العنوان بحيث يظهر على الوجه عند تطبيق اللوحة ويجب أن يحتوى على البيانات التالية:

- اسم المشروع واسم المالك وعنوانه.
- اسم المكتب المسئول عن التصميم وعنوانه ويفضل اسم المصمم.
- اسم الجهة أو الهيئة المنوط بها مراجعة المشروع (إذا لزم الأمر).
- اسم المقاول واستشاريه إذا كان التصميم والرسم تم إعداده بمعرفته.
- مقياس الرسم.
- تاريخ إعداد الرسم.
- عنوان اللوحة ورقمها .
- التعديلات وتواريخها وملخص لهذه التعديلات وتوضيح مكانها على الرسم بعد عمل التعديلات، ويجب على مهندس المشروع حفظ نسخة من الرسومات قبل وبعد كل تعديل للرجوع إليها عند الحاجة.
- الإصدار ورقمه إذا كان هناك احتمال لأكثر من إصدار خاصة عند تتابع ورود الرسومات الميكانيكية والكهربية للمشروع وإعدادها فى أكثر من إصدار.

٧-٣ تفاصيل خاصة لصلب التسليح

تفاصيل التسليح أساسية وهامة جداً لضمان التنفيذ السليم لأعمال الخرسانة ويجب أن تكون هذه التفاصيل بالقدر الكافي الذي يسمح بعمل قوائم يشكل بموجبها صلب التسليح لجميع أجزاء المشروع.

٧-٣-١ استخدام أنواع مختلفة من التسليح في نفس العنصر الإنشائى

أ - يُفضل تفادى استخدام أنواع مختلفة من صلب التسليح من حيث النوع أو الرتبة في نفس العنصر الإنشائي بقدر الإمكان لمنع حدوث أي خطأ أو التباس عند ترتيب التسليح مما قد يؤدى إلى خطورة إنشائية .

ب - يُسمح باستخدام نوعين مختلفين من صلب التسليح في نفس العنصر الإنشائي، على أن يكون كل منهما يقاوم إجهادات مختلفة في النوع أو الاتجاه مثل استخدام نوع للتسليح الرئيسي ونوع آخر للتسليح الثانوي في البلاطات، أو نوع للتسليح الرئيسي بالكمرات والأعمدة ونوع آخر للكانات.

٧-٣-٢ توقف أطراف الأسياخ وطول التماسك والوصلات

تكون نهايات أسياخ صلب التسليح بالخرسانة بإحدى الطرق التالية :

أ - أسياخ مستقيمة الأطراف.

ب - أسياخ بنهايات خطافية على هيئة ⌒ أو ⊂ أو نهايات قائمة الزاوية على شكل ⌊ كما هو مبين بجدول (٤- ٧) بند (٤-٢-٥-١) أو دائرية بأطراف مستمرة ⊂ (Loop).

جـ- باستخدام أسياخ عرضية أو قطع من ألواح صلب ملحومة عند نهاية الأسياخ المطلوب تثبيتها بالخرسانة . ويراعى عدم توقف نسبة كبيرة من الأسياخ في نفس القطاع الخرساني دفعة واحدة منعاً لتركيز الإجهادات في هذا القطاع ، ويُفضل استعمال عدد أكبر من الأسياخ ذات القطر الأصغر قدر الإمكان حتى يمكن إنهاء الأسياخ على مراحل.

د - يتم حساب طول التماسك وطول وصلات أسياخ التسليح واللحام طبقا لما ورد بالبند (٤-٢-٥).

٧-٣-٢-١ الوصلات بالتراكب

يجب تحديد المكان وعدد الأسياخ فى كل وصلة والمسافة بين الأسياخ وطريقة ربطها وتثبيتها كما فى بند (٤-٢-٥-٤-٢).

٧-٣-٢-٢ الوصلات الميكانيكية

أ - تُستعمل هذه الوصلات للأسياخ التي لا يقل قطرها عن ١٦ مم ويتم تنفيذها بواسطة جلب من صلب لا تقل مواصفاته عن مواصفات الأسياخ الموصولة ، كما يجب ألا تقل مقاومة قطاعها عن ١٢٥% من إجهاد الخضوع للأسياخ .

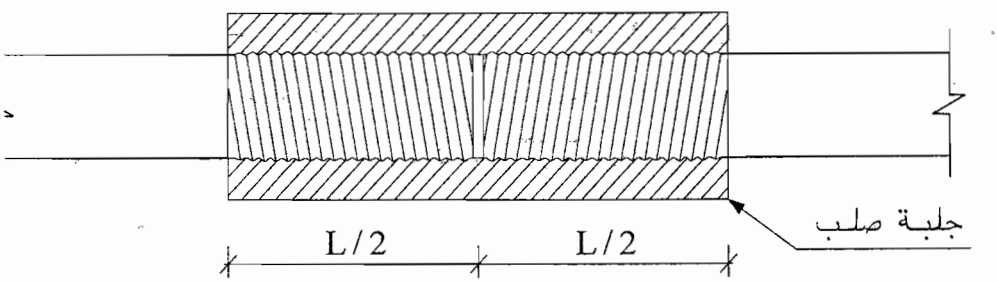
ب - لا يُسمح بأن يزيد مقدار الانزلاق فى الوصلة عند حمل التشغيل على ٠,١ ملليمتر.

جـ- يتم تنفيذ هذه الوصلات بطريقتين :

- الطريقة الأولى : بواسطة قلوظة الجلب من الداخل ونهايات الأسياخ من الخارج كما هو مبين بالشكل (٧-١- أ) .

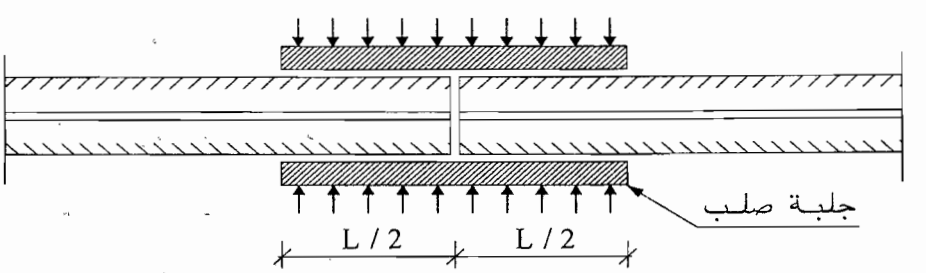
- والطريقة الثانية : تستخدم في حالة أسياخ الصلب ذات النتوءات بواسطة جلب يتم الضغط على محيطها الخارجي على نهايات الأسياخ المطلوب وصلها بمكابس خاصة لتنقل الإجهادات بين الأسياخ بواسطة الاحتكاك بين السطح الداخلي للجلبة مع السطح الخارجي لنهايات الأسياخ كما هو مبين بالشكل (٧-١-ب).

د - يلزم عند استعمال الوصلات الميكانيكية عمل الاختبارات الكافية على عينات لتأكيد قدرتها على مقاومة إجهادات التشغيل. ويتم تحديد هذه الاختبارات بمعرفة المهندس الاستشارى للمشروع، مع الرجوع إلى باقى الإشتراطات الواردة بالبند(٤-٢-٥ -٤-٣).



طول الوصله الميكانيكية = L

شكل (٧-١-أ) الوصلات الميكانيكية باستخدام جلبة مقلوظة



طول الوصله الميكانيكية = L

شكل (٧-١-ب) الوصلات الميكانيكية فى حالة أسياخ الصلب ذات النتوءات

٧-٣-٢-٣ الوصلات باللحام

تُستعمل وصلات اللحام للأسياخ التي لا يقل قطرها عن ١٦ مم ولنوعية الصلب القابل للحام بند (٤-٢-٥) طبقا لما ورد بالبند (٤-٢-٥-٤-٣) وتكون وصلات اللحام إما بالتراكب أو باستخدام أسياخ إضافية وطبقا للتفاصيل المبينة بالشكلين (٧-١-جـ) ، (٧-١-د) ويراعى أن تتم أعمال اللحام طبقا للشروط التالية:

١ - يُستخدم اللحام بالكهرباء.

٢ - يجب أن يكون محورا السيخين الملحومين على استقامة واحدة.

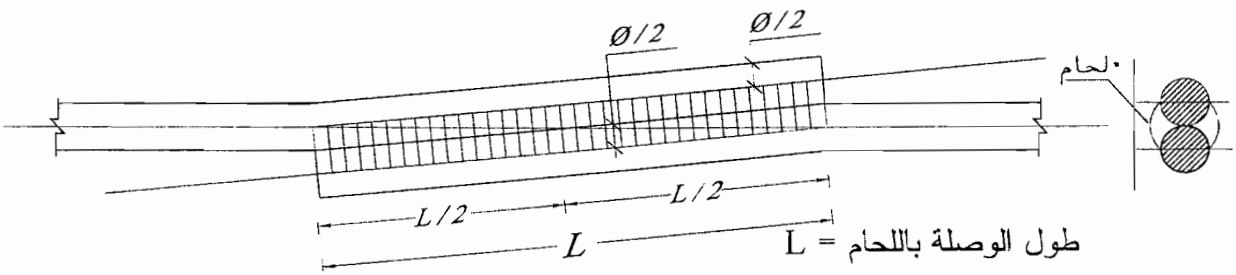
٣ - يجب أن تكون وصلات اللحام تبادلية على ألا يُلحم أكثر من ٢٥% من المساحة الكلية للأسياخ عند هذا القطاع الخرسانى وباقي الوصلات على مسافات طولية لا تقل كل منها عن ٢٠ مرة قطر السيخ من نهاية الوصلة السابقة.

٤ - يُحدد طول اللحام وسمكه طبقا لأقصى قوة شد تتحملها الأسياخ الملحومة.

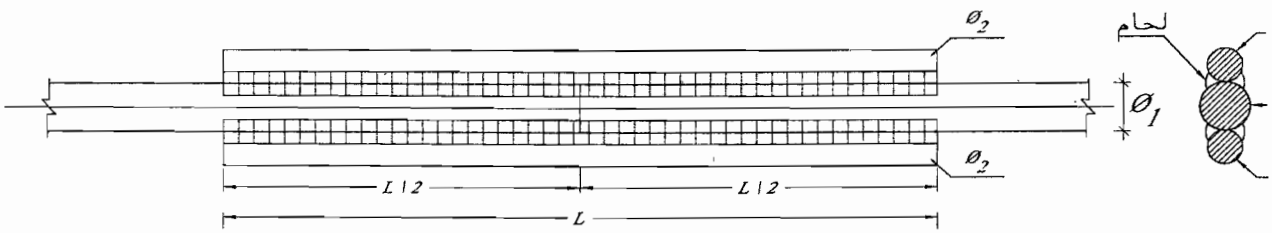
٥- يفضل تجنب عمل وصلات اللحام في منطقة أقصى عزم انحناء.

٦- يجب التأكد من أن القائمين بأعمال اللحام مؤهلون وذوو خبرة لتنفيذ أعمال اللحام والوصلات بكفاءة تامة.

٧- يلزم عند استعمال الوصلات باللحام عمل الاختبارات الكافية على عينات للتأكد من قدرتها على مقاومة إجهادات التشغيل واستيفاء الشروط المذكورة عاليه.



شكل (٧-١-جـ) تفاصيل وصلات اللحام بالتراكب



طول الوصلة باللحام = L

مساحة السيخين قطر $ø_2$ ≤ مساحة السيخ قطر $ø_1$

شكل (٧-١-د) تفاصيل وصلات اللحام باستخدام أسياخ إضافية

٧-٣-٣ الحد الأدنى والحد الأقصى للمسافات بين الأسياخ

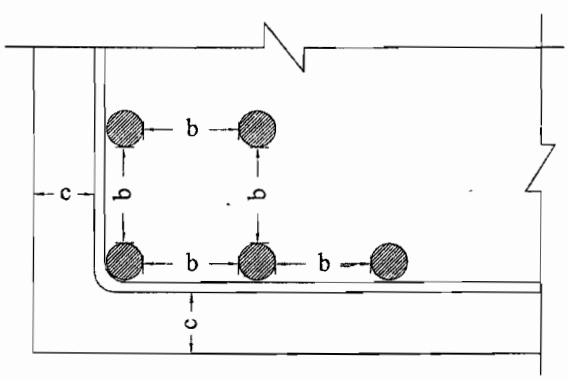
٧-٣-٣-١ الحد الأدنى للمسافات بين الأسياخ

للحصول على خرسانة جيدة ومتماسكة لابد أن تكون المسافات بين أسياخ صلب التسليح كافية لصب ودمك الخرسانة سواء كان الدمك يدوياً أو باستعمال هزازات. ويبين الشكل (٧-٢-أ) الحد الأدنى للمسافات بين الأسياخ المفردة. كما يبين الشكل (٧-٢-ب) الحد الأدنى للمسافات بين الأسياخ المجمعة حيث:

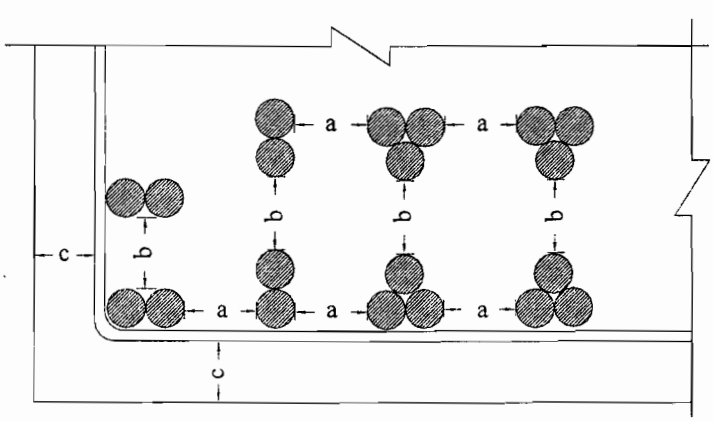
a = القطر المكافئ للحزمة ϕ_e طبقاً لبند (٤-٢-٥-١-و) أو مرة ونصف المقاس الاعتبارى الأكبر للركام أو (المقاس الاعتبارى الأكبر للركام + ١٥ مم) أيها أكبر

b = القطر الأكبر للأسياخ المنفردة ϕ_{max} أو القطر المكافئ للحزمة ϕ_e أو مرة ونصف المقاس الاعتبارى الأكبر للركام أيها أكبر

c = الغطاء الخرساني للأسياخ ويرجع فيه للقيم الواردة بالجدول (٤-١٣) في البند (٤-٣-٢-٣-ب) مع مراعاة ما جاء في البند (٧-٩)



شكل (٧-٢-أ) الحد الأدنى للمسافات بين الأسياخ المفردة



شكل (٧-٢-ب) الحد الأدنى للمسافات بين الأسياخ المجمعة

٧-٣-٣-٢ الحد الأقصى للمسافات بين الأسياخ

يُرجع إلى البنود الموضحة أدناه بشأن الحد الأقصى للمسافات بين أسياخ التسليح وهى:

- بند (٦-٢-١-٢-٣) للبلاطات المصمتة واللاكمرية.
- بند (٦-٣-١-١٠) للكمرات.
- بند (٦-٤-٧) للأعمدة.
- بند (٦-٥-٢-٢) للحوائط المسلحة.

٧-٣-٤ الأسياخ المجمعة

٧-٣-٤-١ اعتبارات عامة

في حالة العناصر التي يوجد بها نسبة عالية من صلب التسليح يمكن تجميع الأسياخ في حزم مكونة من سيخين أو ثلاثة أسياخ متلاصقة مع مراعاة الشروط التالية :

أ - لا يُسمح بتجميع الأسياخ في حزم إلا فى حالة الأسياخ ذات النتوءات فقط.

ب - لا يزيد قطر أكبر سيخ مستخدم في الحزمة على ٢٨ مم.

جـ- يمكن استعمال أقطار مختلفة في الحزمة الواحدة بشرط ألا يزيد الفرق فى القطر بين الأسياخ على ٤ مم.

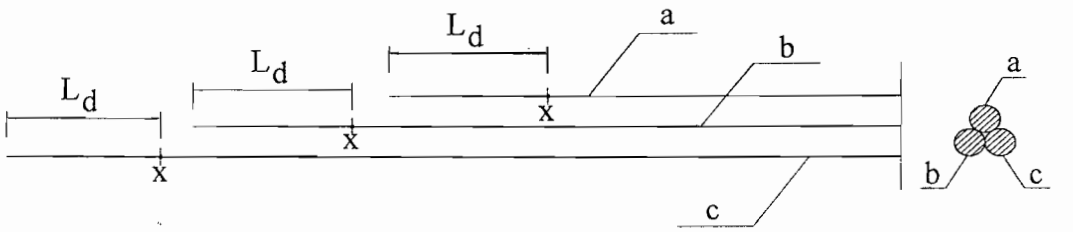
د - تُتخذ الاحتياطات الكافية نحو المحافظة على تلامس الأسياخ بأستعمال سلك رباط أثناء التركيب وصب الخرسانة ..

٧-٣-٤-٢ وصلات التراكب وأماكن التوقف للأسياخ المجمعة

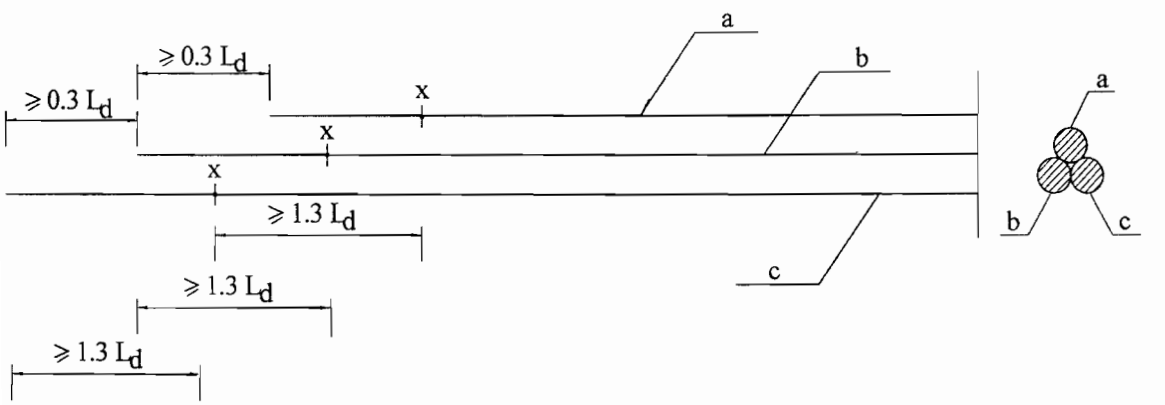
أ - يُحسب طول التماسك L_d وأطوال وصلات التراكب طبقاً للبنود (٤-٢-٥-١)، (٤-٢-٥-٣) ، (٤-٢-٥-٤).

ب - يُسمح بإنهاء جميع أسياخ الحزمة مرة واحدة إذا كان القطر المكافئ للحزمة ϕ_e أقل من أو يساوى ٢٨ مم.

جـ- في الحالات التي يكون فيها القطر المكافئ للحزمة ϕ_e أكبر من ٢٨ مم يتم إنهاء أسياخ الحزمة كما هو مبين بالشكل (٧-٣-أ) وذلك في حالة عدم تداخل الأماكن النظرية لانتهاء منطقة تأثير أسياخ المجموعة ، أو كما هو مبين بالشكل (٧-٣-ب) في حالة تداخل الأماكن النظرية لانتهاء منطقة تأثير أسياخ المجموعة والمحددة في الشكل في الحالتين بالحرف x.

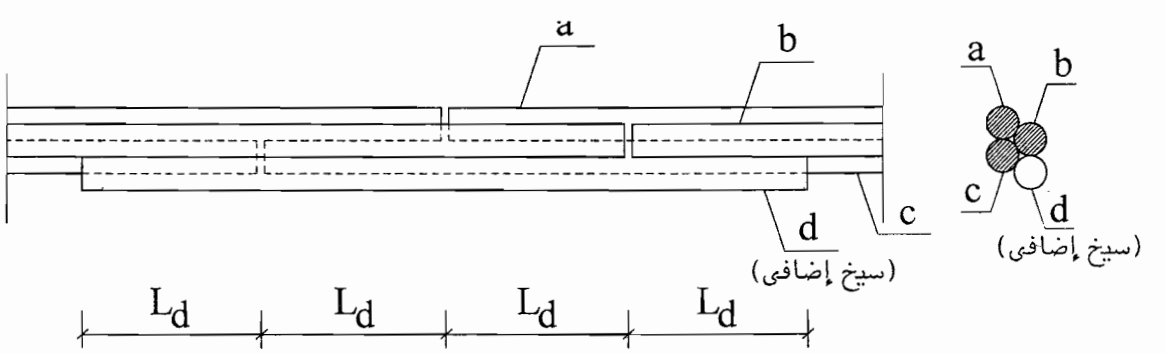


شكل (٧-٣-أ) ترتيب إنهاء أسياخ الحزمة فى حالة عدم تداخل الأماكن النظرية لانتهاء منطقة تأثير أسياخ المجموعة



شكل (٧-٣-ب) ترتيب إنهاء أسياخ الحزمه فى حالة تداخل الأماكن النظرية لانتهاء منطقة تأثير أسياخ المجموعة

د - في حالة وصلات التراكب يكون ترتيب أسياخ الوصلات بالتبادل (Staggered) مع استعمال سيخ إضافي بالوصلة كما هو مبين بالشكل (٧-٣-جـ). وتحدد قيم L_d طبقا لما ورد بالبند (٤-٢-٥-٤-٢-ز).



شكل (٧-٣-جـ) ترتيب الأسياخ لوصلات التراكب للأسياخ المجمعة

٧-٤ الفواصل في أعمال الخرسانة

٧-٤-١ فواصل الصب Construction Joints

هي الفواصل التي تستخدم لتجزئة أعمال صب الخرسانة إلى أجزاء تتناسب مع قدرة الموقع على إنتاج وصب الخرسانة ، وتُحدد مواقعها بمعرفة المهندس المصمم أو المقاول ويراعى في اختيارها أن تكون في الأماكن التي يوجد بها أقل إجهادات وخصوصاً إجهادات القص وبما لا يؤثر على قوة تحمل المنشأ. ويراعى اتباع كافة الشروط والاحتياطات الواردة في بند (٩-٥-٦) عند تنفيذ هذه الفواصل .

٧-٤-٢ فواصل الانكماش Shrinkage Joints

تنفذ هذه الفواصل لتفادى الشروخ الناجمة عن انكماش الخرسانة في المسطحات الكبيرة. ويتم في هذه الحالة صب الخرسانة على أجزاء متباعدة ، أو تترك شرائح بعرض كاف (شريحة انكماش) بين الأجزاء المذكورة ، ويفضل أن تزود بمفاتيح على جوانب الخرسانة . ويتم صب الأجزاء الباقية أو هذه الشرائح بعد جفاف ومعالجة الأجزاء التي تم صبها أولاً مع مراعاة الشروط والاحتياطات الواردة في البند (٩-٥-٧).

٧-٤-٣ فواصل الحركة Movement Joints

تنفذ هذه الفواصل لتجنب أي تغيرات حجمية في الخرسانة ناتجة عن اختلاف درجات الحرارة أو انكماش الخرسانة أو الحركة الرأسية الناشئة عن اختلاف الأحمال في أجزاء المبنى الواحد أو اختلاف نوعية التأسيس.

وتسمح هذه الفواصل لأجزاء المبنى بالحركة لتفادى حدوث أي إجهادات أو تشكلات غير مرغوب فيها يمكن أن تنشأ عن منع هذه الحركة.

٧-٤-٤ الفواصل الزلزالية

يتم عمل فواصل زلزالية وفقاً لاشتراطات البنود (٦-١-ط) ، (٦-٨-١-٣-ز) ، (٩-٥-٩) .

ويجب الاهتمام بتنفيذ فواصل الحركة والفواصل الزلزالية لكي لا تكون مصدراً لتسرب المياه أو السوائل أثناء الحركة النسبية لأجزاء الفاصل ويتم تحديد أماكن هذه الفواصل بواسطة المهندس المصمم وطبقاً للرسومات والمواصفات التفصيلية الخاصة بها. ويراعى اتباع الشروط والاحتياطات الواردة في بند (٩-٥-٨) عند تنفيذ هذه الفواصل.

٧-٥ نماذج لتسليح بعض العناصر الإنشائية

توضح الأشكال المبينة على الصفحات التالية نماذج لتفاصيل بعض العناصر الإنشائية بالمنشآت الخرسانية.

١ - نموذج تسليح بلاطة مسطحة (لاكمرية) شكل (٧-٤)

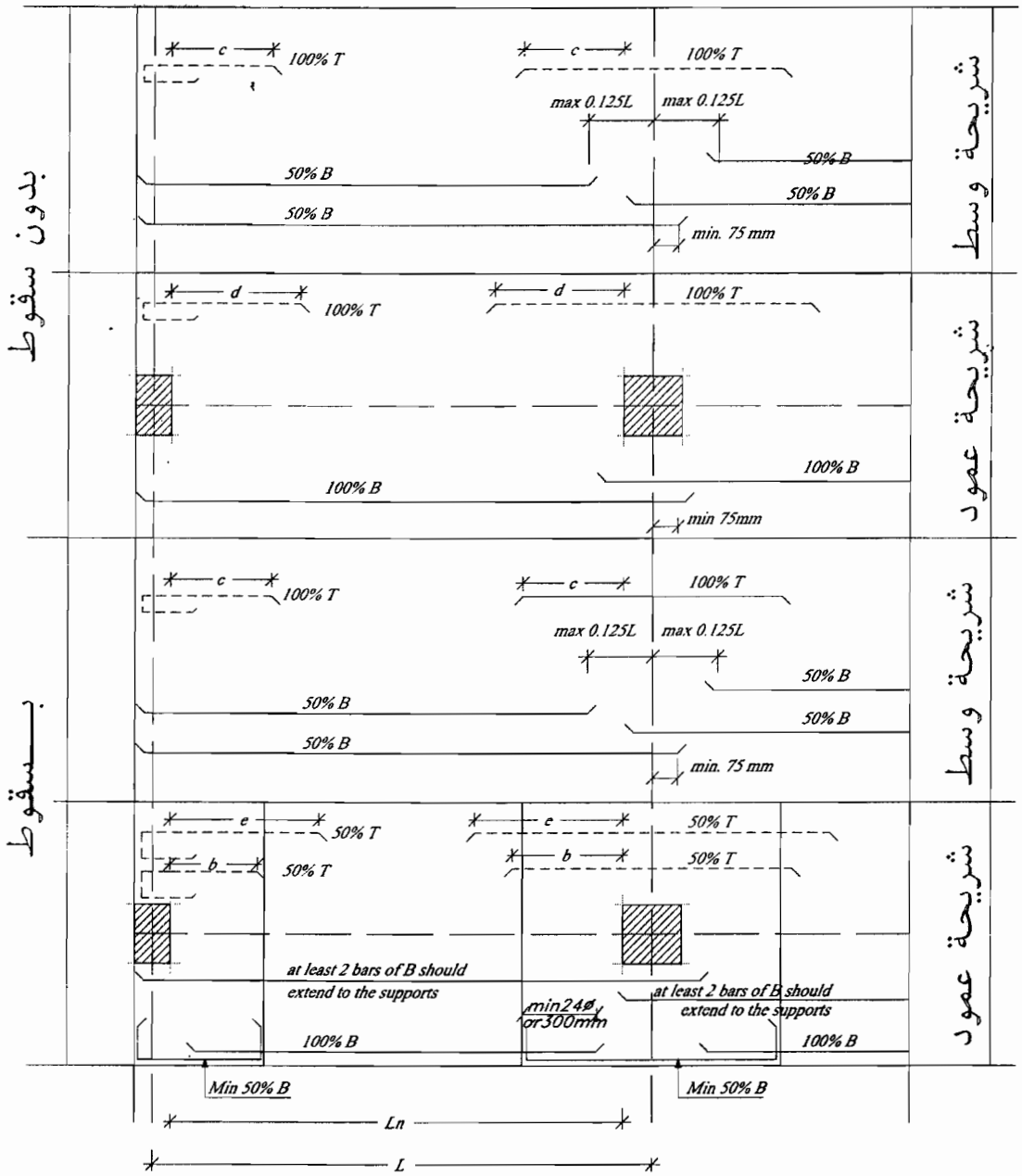
مع مرعاة ما جاء فى شكل (٦-٣٩) فى حالة البلاطات المسطحة المقاومة لأحمال الزلازل.

٢- نموذج التسليح عند تغير اتجاه محور العنصر فى الكمرات والبلاطات شكل (٧-٥)

٣ - نماذج تفاصيل تسليح البلاطات المسطحة ذات الأعصاب شكل (٧-٦)

٤ - نماذج لتسليح الأعمدة شكل (٧-٧)

ويمكن الرجوع إلى دليل التفاصيل الإنشائية لمزيد من التفاصيل



الحدود الدنيا للمسافات			
b	c	d	e
0.20 L_n	0.22 L_n	0.30 L_n	0.33 L_n

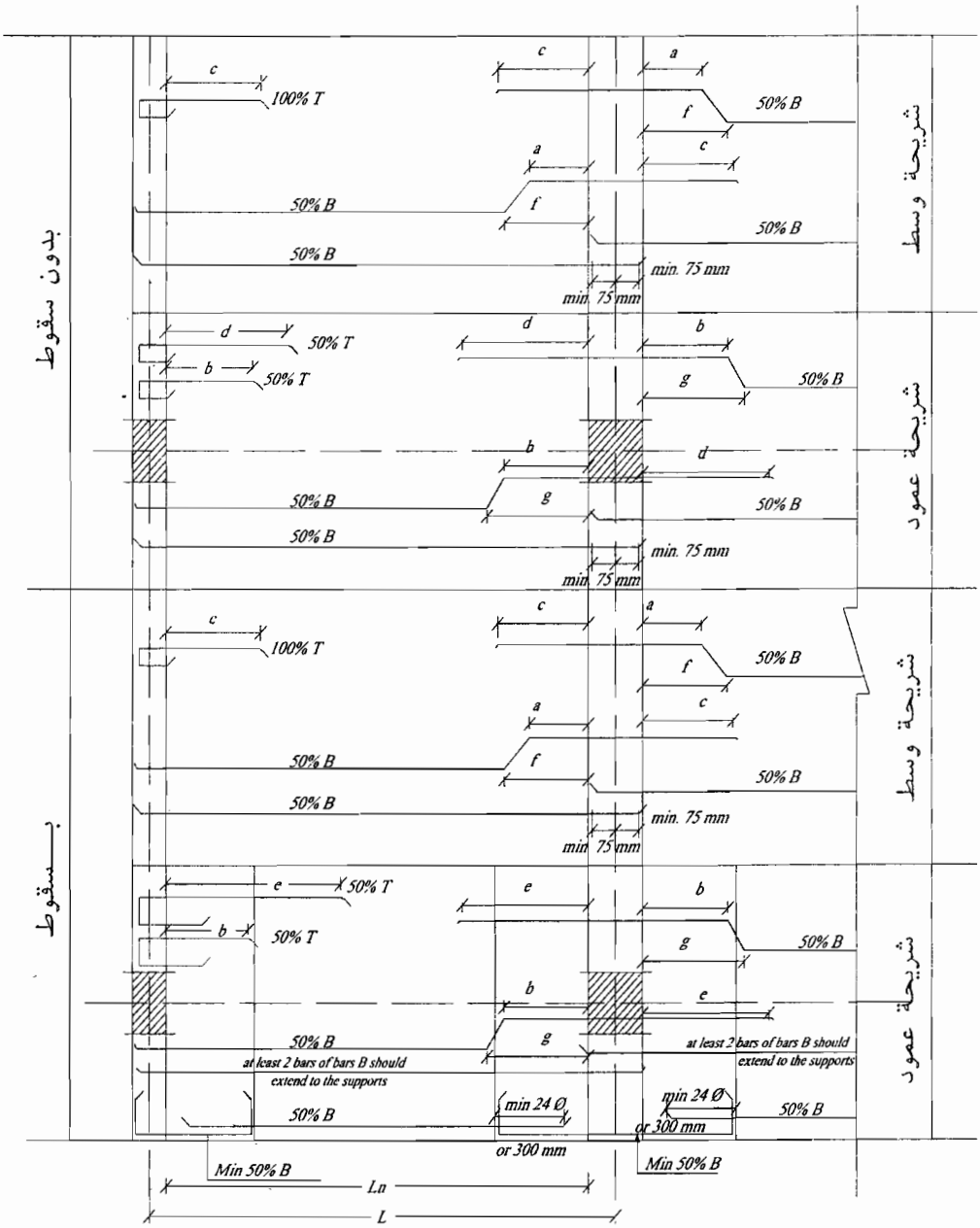
B : تسليح سفلى

T : تسليح علوى

L : المسافة بين محاور الركائز

L_n : البحر الصافى بين وجه الركائز

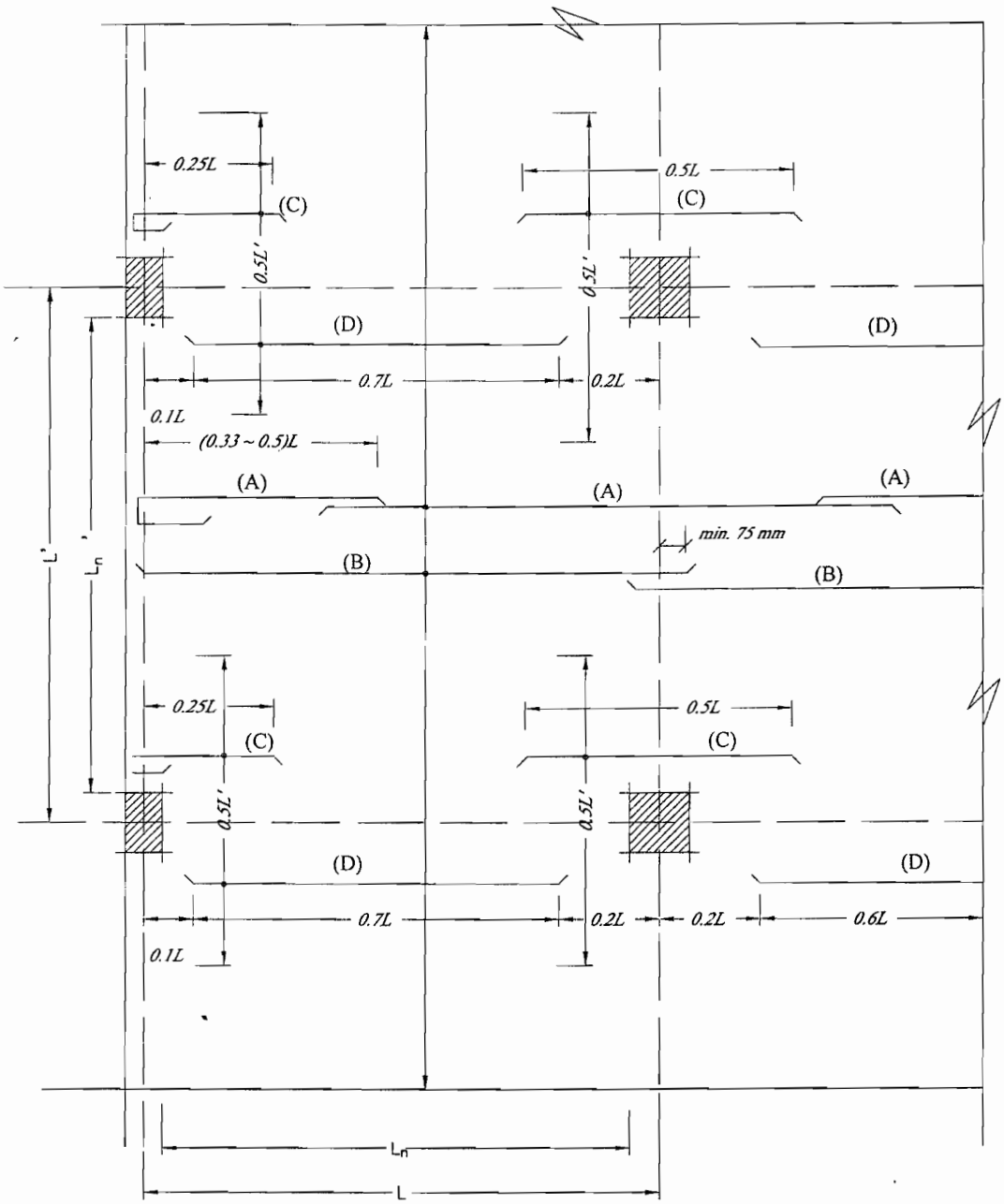
شكل (٧-٤-أ) نموذج تسليح عام لبلاطة مسطحة (لاكمرية)



	طول السيخ من وجه الركيزة						
	الطول الأدنى					الطول الأقصى	
الرمز	a	b	c	d	e	f	g
الطول	0.14 L_n	0.20 L_n	0.22 L_n	0.30 L_n	0.33 L_n	0.20 L_n	0.24 L_n

- الحد الأدنى لأطوال التسليح فى البلاطات الاكمرية
- يجب أن يمتد التسليح الموجب و السالب فى البلاطات غير مستمرة الأطراف للحصول على الرباط المناسب لمقاومة الإجهادات الطرفية

شكل (٧-٤- ب) نموذج تسليح لبلاطة مسطحة (لاكمرية) باستخدام صلب مكسح

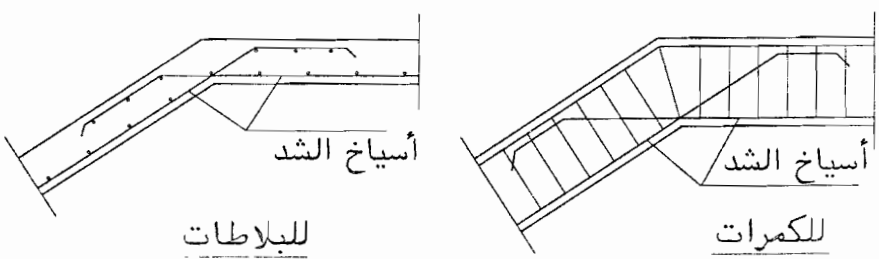


A	شبكة التسليح العلوى
B	شبكة التسليح السفلى
C	تسليح علوى إضافى لشريحة العمود
D	تسليح سفلى إضافى لشريحة العمود

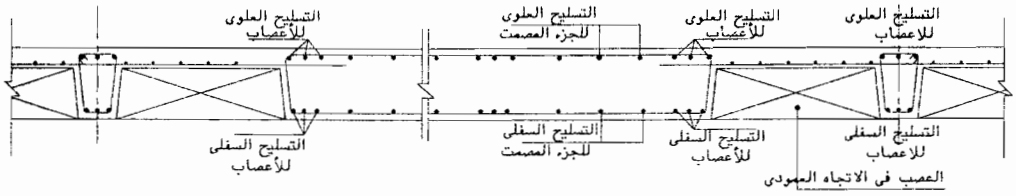
L or L' : المسافة بين محاور الركائز

Ln or Ln' : البحر الصافى بين وجة الركائز

شكل (٧-٤- ج) نموذج تسليح مرادف لبلاطة مسطحة (لاكمرية) باستخدام شبكة رئيسية وتسليح إضافي

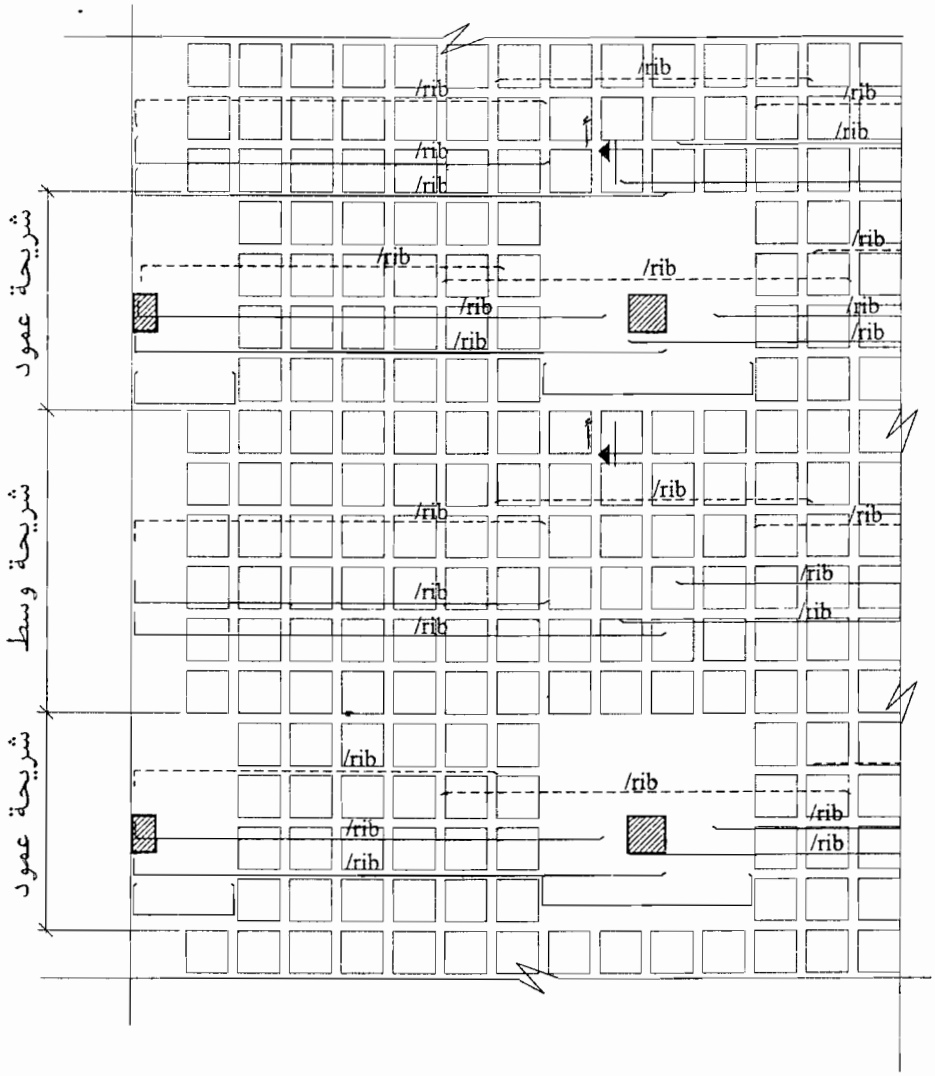


شكل (٧-٥) نموذج التسليح عند تغير اتجاه محور العنصر فى الكمرات والبلاطات



قطاع نموذجى لتسليح الأعصاب و الأجزاء المصمتة

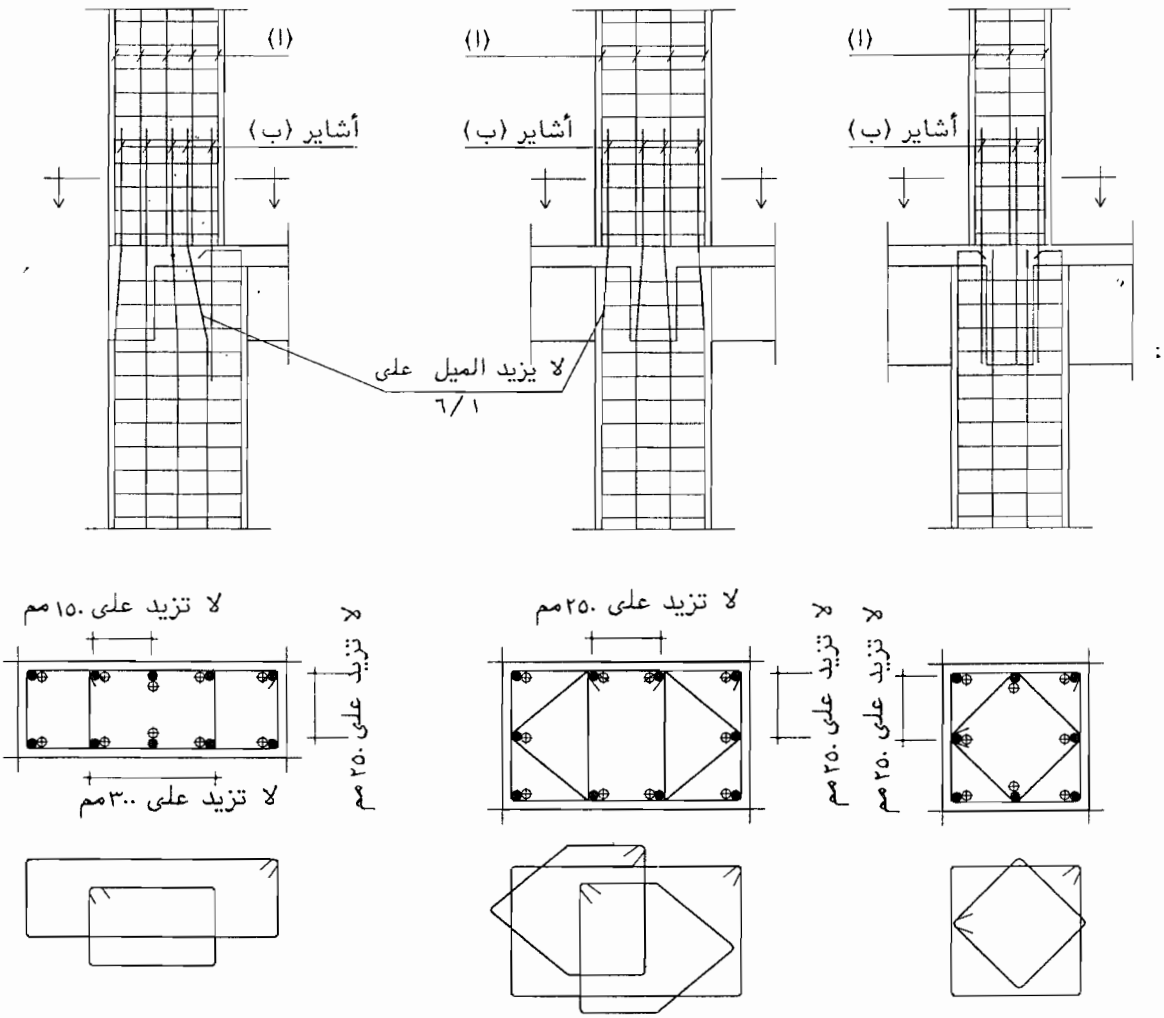
قطاع (أ -أ)



ملاحظات

- تتبع أطوال امتداد الأسياخ ووصلاتها نفس ما ورد فى البلاطات المسطحة اللاكمرية .
- الأسياخ العلوية ممثلة بخطوط منقطة أما الخطوط المستمرة فتمثل التسليح السفلى

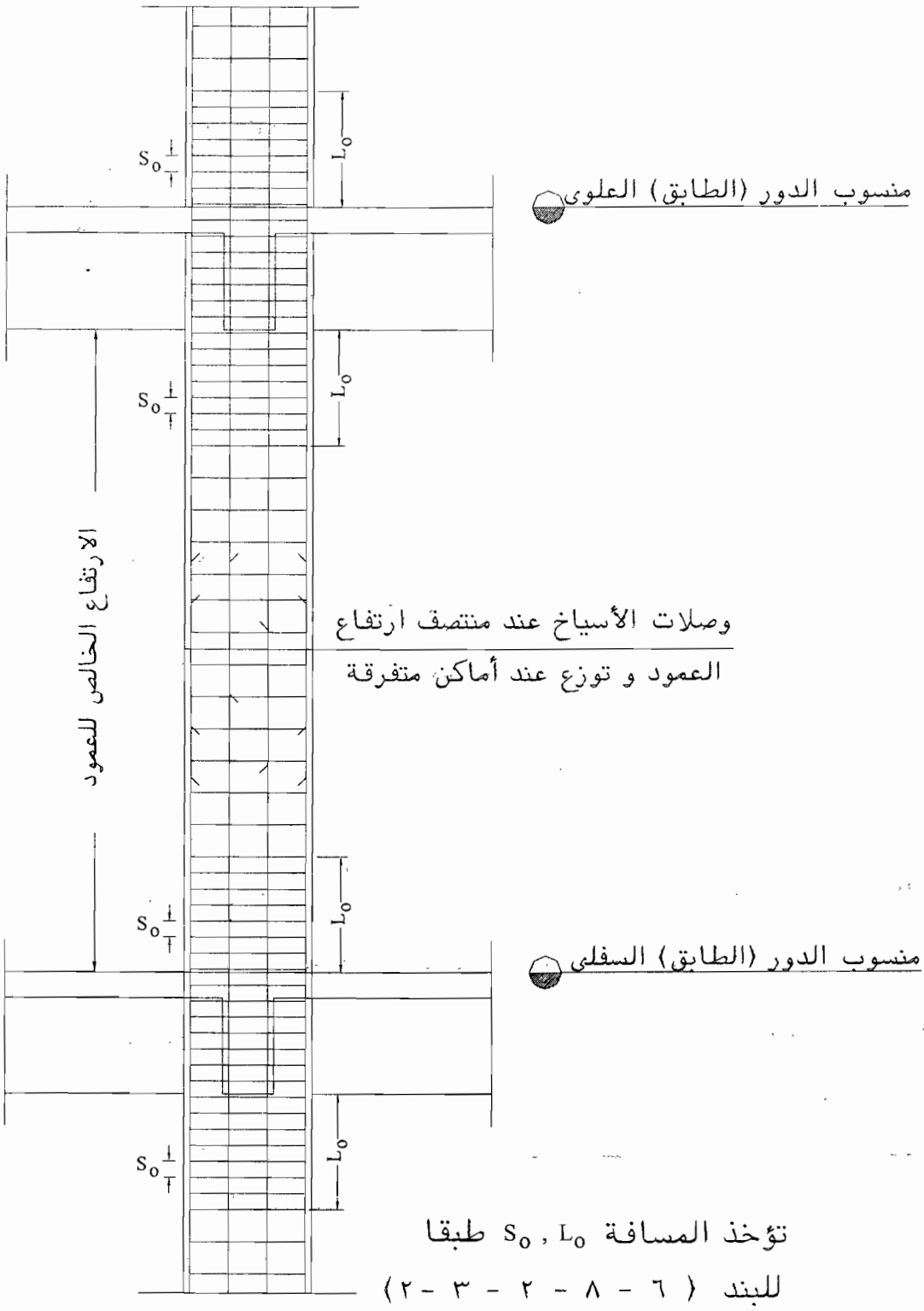
شكل (٧-٦) تفاصيل تسليح البلاطات المسطحة ذات الأعصاب



• تسليح العمود

⊕ الأشاير

شكل (٧-٧-أ) نماذج لوصلات الأشاير وترتيب الكانات بالأعمدة ذات الممطولية المحدودة



شكل (٧-٧-ب) تسليح الأعمدة للمنشآت ذات الممطولية الكافية المعرضة لقوى أفقية كبيرة

الباب الثامن

ضبط وتأكيد الجودة لأعمال الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد

٨-١ اعتبارات عامة

يختص هذا الباب بضبط الجودة لأعمال الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد من خلال توافر قدر كاف من الإجراءات لضمان جودة المواد وحسن استخدامها بالإضافة إلى تحقيق وضمان متطلبات أسس التصميم واشتراطات التنفيذ وأصول الصناعة والتنفيذ بما يحقق استيفاء مستوى الأداء الواجب.

ويتحقق ضبط الجودة للمشروع على النحو التالي:

- من خلال ضبط الجودة الداخلي والذي يتبع الجهة المنفذة
- من خلال ضبط الجودة الخارجي والذي يتبع الجهة المالكة

أما بالنسبة لأعمال الخرسانة سابقة الإجهاد فيجب اتخاذ الإجراءات الإضافية طبقا للبند (١٠-٦).

٨-٢ تعريفات

٨-٢-١ الجودة المستهدفة Quality Target

هي الجودة التي تحقق الوظيفة التي سيصمم وينفذ من اجلها المنشأ.

٨-٢-٢ تأكيد الجودة Quality Assurance

يعتبر تأكيد الجودة أداة إدارة وهى مجموعة التنظيمات والخطط والبرامج اللازمة والضرورية للتأكد من أن المنشأ النهائي سيطابق الوظيفة المستهدفة وأن جميع أعمال التنفيذ سوف تتم طبقاً للمواصفات المطلوبة وتتبع كافة وثائق عقد العمل ، على أن يراعى تحقيق الرضا التام للمالك ومستخدمي المنشأ .

٨-٢-٣ ضبط الجودة Quality Control

يمكن تعريف ضبط الجودة على أنه آلة إنتاج ، وهو مجموعة الإجراءات/الاختبارات التي تتخذ للتأكد من مطابقة خواص المواد المكونة للخرسانة وطرق صناعتها للمواصفات القياسية ولاشتراطات المشروع.

٨-٢-٤ دليل الجودة **Quality Manual**

وهى الوثيقة التي تصف سياسة الجهات المشاركة في العمل وتشرح نظام الجودة بها .

٨-٢-٥ خطة الجودة **Quality Plan**

هي خطة خاصة معدة لمشروع محدد ومحددة بواسطة المالك أو المهندس الاستشارى ، تحتوى هذه الخطة على أهداف ومتطلبات الجودة مع وصف تفصيلي لأسلوب العمل والعلاقات التنظيمية بين أطراف المشروع.

٨-٢-٦ نظام الجودة **Quality System**

هو الهيكل التنظيمي للجهات المشاركة في المشروع ويتضمن المسئوليات والإجراءات العمليات والموارد المطلوبة للتأكد من تحقيق أهداف الجودة .

يقع مالك العمل على قمة نظام الجودة كما يشتمل النظام على سياسة المالك الداخلية وإجراءات التعاقدات وخطة الجودة (لمشروع محدد) ودليل الجودة المعتمد من فريق العمل بالمشروع .

٨-٢-٧ عناصر ومتطلبات نظام الجودة

يوضح الجدول رقم (٨-١) عناصر نظام الجودة كما يوضح الجدول رقم (٨-٢) متطلبات نظام الجودة والمسئوليات خلال مراحل عمر المشروع.

جدول رقم (٨-١) عناصر نظام الجودة

الوثيقة	المحتويات	الجهة المسئولة عن الوثيقة وتطويرها
خطة الجودة	• سياسة المالك • أهداف الجودة • مجال العمل • العلاقات التنظيمية • مسئوليات واختصاصات كل الجهات المشاركة في العمل	كل الجهات المشاركة في العمل التي يحددها المالك مطالبة بعمل دليل جودة
دليل الجودة	• العناصر التي تسرى على مجال عمل الجهات المشاركة في العمل • برامج العمل • خطوات العمل	

٨-٢-٨ نظام تأكيد الجودة Quality Assurance System

هو نظام تحكم إداري ينظم التعهدات والسياسات والمسئوليات ومتطلبات المالك التي تسجل بواسطة خطة تأكيد الجودة والمتضمنة خلال برنامج تأكيد الجودة لتقديم وسائل ضبط جودة تؤثر في الأنشطة والمتطلبات السابق تحديدها .

٨-٢-٩ خطة تأكيد الجودة Quality Assurance Plan

هي خطة مشروع معدة ومحددة بواسطة المالك بالاستعانة باستشاري أو مهندس ضبط جودة، وتحتوى هذه الخطة على سياسات المالك وأهداف الجودة للمشروع مع وصف تفصيلي لطريقة العمل والعلاقات التنظيمية والتي يراد بها أن يتأكد المالك ببدء مشروعه بخطة نظام تلتزم باتباعها الأطراف المعنية . وتعتبر خطة تأكيد الجودة وثيقة على أعلى مستوى في النظام الشامل لتأكيد الجودة .

٨-٢-١٠ برنامج تأكيد الجودة Quality Assurance Program

هو مستند يحدد السياسات والممارسات وطرق العمل التي تتفق مع متطلبات الجودة ومستندات التعاقد.

٨-٢-١١ ضبط الجودة داخلياً

يُجرى ضبط الجودة داخليا - بصفة مستمرة - للتأكد من تحقيق الاشتراطات المطلوبة للخرسانة ولمكوناتها ، ويجب أن يقوم بتنفيذه متخصصون على دراية كافية، وعادة ما يكون المسئول عن تنفيذ بنود ضبط الجودة من طرف الجهة المنفذة. وفى حالة عدم توافر الخبرة الكافية، يتم الاستعانة بمتخصصين خارجيين في إجراء أعمال ضبط الجودة الداخلية.

٨-٢-١٢ ضبط الجودة خارجياً

يجرى ضبط الجودة خارجيا بواسطة أجهزة من طرف المالك ولا تربطها بالجهة المنفذة أية صورة تعاقدية. ويشمل هذا الشق من ضبط الجودة خارجياً مراجعة التصميم الإنشائي وفحوصاً دورية واختبارات خاصة (عند الضرورة) على المواد ، والتفتيش الدورى والمفاجئ على تنفيذ المشروع فى جميع مراحله.

٨-٢-١٣ دور الجودة خلال عمر المشروع

تأكيد وضبط الجودة هي عملية متكاملة تبدأ منذ التفكير في جدوى المشروع وتستمر بالمشروع الابتدائي ومراحل التصميم والتنفيذ والتسليم، وكذلك تستمر خلال فترة الاستخدام للمنشأ. ويوضح الجدول رقم (٨-٢) ملخصا لمتطلبات تأكيد وضبط الجودة لمراحل عمر المشروع.

جدول رقم (٨-٢) متطلبات تأكيد وضبط الجودة خلال مراحل عمر المشروع

م	مراحل المشروع	المتطلبات	المسئول عن مرحلة نظام الجودة	ملاحظات
١	فكرة المشروع ودراسات الجدوى Concept&Feasibility studies	التركيز على الجودة تعريف الجودة المستهدف To Focus & Define Quality Target	يجب أن يقوم المالك* بالإطلاع علي خطة الجودة واعتمادها	مدي الاحتياج لإنشاء المشروع وملاءمته لاحتياجات المالك وتحديد متطلبات الأداء للمشروع Performance Requirement
٢	التصميم Design	توصيف الجودة Specify Quality	يقوم المصمم بتقديم دليل الجودة الخاص به للمالك* للاعتماد	الحلول الفنية Technical Solutions
٣	التخطيط للتنفيذ Planning For Construction	عرض وتأكيد الجودة Quality Assurance	يقوم المالك* بالاطلاع علي مستندات العطاء التي تضمن متطلبات تحقيق الجودة وكذلك الاطلاع علي خطة الجودة	تجهيز مستندات العطاء وتضمينها متطلبات تحقيق الجودة المستهدفة
٤	اعتماد مصادر المواد	التأكد من صلاحية مصادر المواد ومطابقتها للمواصفات القياسية للمشروع	يقوم المالك* باعتماد دليل جودة المعمل أو المعامل المعتمدة للمشروع	تحديد المواصفات القياسية وحدود القبول والرفض للمواد المستخدمة
٥	التنفيذ Construction	إنتاج وضبط الجودة Produce & Control Quality	يقوم المالك* باعتماد دليل جودة الشركة أو الشركات المنفذة للمشروع	تخطيط الأنشطة للتنفيذ ومتابعتها
٦	التسليم Delivery	التحقق من الجودة Verify Quality	يقوم المالك* بالتأكد من مطابقة الأعمال المنفذة للجودة المطلوبة	جودة المبنى وجودة توثيق المبنى
٧	الاستخدام Operating & Use	المحافظة على الجودة Maintain Quality	يقوم المالك* باعتماد خطة الصيانة الدورية للمشروع	الفحص الدوري والصيانة (Periodical Inspection & Maintenance)

* المالك أو مدير المشروع أو المهندس المعين من قبله

٨-٣ التفتيش الفني

٨-٣-١ عام

التفتيش الفني هو وضع وتجهيز برنامج للتأكد من أن المواد والمنشأ الخرسانى تحقق لمتطلبات المنصوص عليها بمستندات التعاقد. ويغطى التفتيش الفني بصفة أساسية البنود لتالية:

- المواد المكونة للخرسانة ومصادرها واختباراتها.
- موقع العمل وتشويناته ومعداته والفرم والشدات.
- تصميم الخلطات الخرسانية ونسب مكوناتها والتحكم فيها واعتمادها واختبارها.
- العوامل الخارجية وظروف التشغيل.
- الجهاز الفني اللازم لتشغيل الموقع.

٨-٣- ٢ القائم بالتفتيش

٨-٣-٢-١ المفتش الفني الخارجي

يتبع المفتش الفني الخارجي أي من المالك أو المكتب الاستشاري المشرف أو الأجهزة لمعتمدة أو إحدى الجهات الحكومية المسئولة عن ضبط الجودة في صناعة التشييد والبناء. ولا تبع هذا المفتش الفني الخارجي في أي صورة من الصور المقاول أو المراقب الداخلي لضبط لجودة ، ومن ثم تخضع أتعابه للجهة التي يمثلها ، لذلك يجب أن يختار المفتشون الفنيون لمراقبة الخارجية ممن تتوافر لهم ما يحقق استقلال آرائهم وحيدتهم بالإضافة لخبراتهم .

٨-٣-٢-٢ المفتش الفني الداخلي

يجب أن يتم التفتيش الداخلى بواسطة أشخاص مؤهلين بخلاف هؤلاء الذين يقومون الإشراف المباشر على الأنشطة التى يتم عليها التفتيش. و يجب أن يتم اعتماد مؤهلات المفتش لداخلي بواسطة استشارى المشروع، كما يجب أن تفي بمتطلبات الجهات الخاصة التي تعطى شهادة بذلك.

٨-٣-٣ التفتيش الفني على المواد

٨-٣-٣-١ مراحل التفتيش الفني

أ- التفتيش خارج الموقع

في المشروعات الكبيرة ذات الطابع الخاص يجب أن تتم معاينة مواقع الإنتاج أو مصادر التوريد مع أخذ عينات بين وقت وآخر ويتم اختبارها تحت مظلة التفتيش الفني. ولا تمنع هذه المعاينة واختباراتها التفتيش الدوري على المواد عند استلامها في موقع المشروع . ويجب أن تكون تعاقـدات التفتيش خارج الموقع مع الجهة المنتجة أو الجهة الموردة متضمنة ما يُسمى بالتفتيش على المواد عند المنتج كما هى الحال عند ورودها لموقع المشروع.

ب - التفتيش الابتدائي

يُجرى التفتيش الابتدائي بغرض تقييم كفاءة وملاءمة معدات وتجهيزات الموقع و معمل الاختبارات لضبط الجودة الداخلية (كوادر بشرية - إمكانات معملية) طبقاً للمتطلبات التي تحددها مواصفات المشروع والمواصفات القياسية للمواد وكود الخرسانة.

ج - التفتيش الفني الدورى

يُجرى التفتيش الفني الدوري بغرض استيفاء شروط الإنتاج و/ أو التوريد، وكذلك اشتراطات ضبط الجودة الداخلي أو الخارجي، وعلى هذا لا يبدأ التفتيش الدوري إلا إذا كانت نتيجة التفتيش الابتدائي إيجابية. ويجرى التفتيش الدورى دون إشعار مسبق على فترات تتناسب مع طبيعة المشروع والجدول الزمنى للمشروع، كما يجري التفتيش الدوري على المواد في الموقـــع أو في معمل خارجي متخصص. وفى جميع الأحوال يجب أن تلقى نتائج التفتيش من مراجعة أو تعديلات مقترحة استجابة فورية من مراقب الجودة الداخلى.

د - الاختبارات الإضافية للتفتيش الفني

تُجرى الاختبارات الإضافية في أي من الحالات التالية:

١- عدم مطابقة المادة لحدود المواصفات في الاختبار الروتيني.

٢- توقف استخدام المواد أو العمل بالموقع لفترة تتجاوز عمر التخزين المسموح به لتلك المواد.

٣- عدم التزام المقاول باشتراطات تشوين و/أو تخزين وحماية المواد بالموقع.

ويقوم المفتش الفني بتحديد طبيعة وحدود الاختبارات الإضافية في كل حالة على حدة حسب الغرض المستهدف.

٨-٣-٣-٢ اعتماد مواد الخرسانة

أ - اعتماد المصادر

يعتمد المفتش الفني الخارجي المصادر المقترحة للمواد وقدرتها على الوفاء بمتطلبات المشروع. واستنادًا إلى هذا الاعتماد يقوم المقاول المسئول بالتعاقد مع الجهات المنتجة أو الموردة. ويكون الاعتماد مزودا بمجموعة من البيانات أهمها شهادات المنتج ونتائج الاختبارات على المواد في معامل متخصصة وشروط التوريد. ولا يعنى اعتماد المصادر - في أية صورة - إعفاء المقاول من مسئولياته في حالة توريد المواد بجودة أقل من الجودة التي تم على أساسها اعتماد المصادر باعتباره المسئول الأول عن المواد الموردة من المصادر المعتمدة أو من مصادر أخرى قد يحتاج الأمر لاعتمادها.

ب - القبول على أساس شهادة المنتج

في بعض الحالات التي تُورد فيها المواد من مصادر إنتاج ذات خبرة متميزة في إنتاج هذه المواد يمكن اعتماد المواد على أساس شهادة المنتج ، والتي يجب أن تصحبها جميع البيانات اللازمة لاعتماد القبول مثل نتائج اختبار ضبط الجودة في موقع الإنتاج، ونتائج الاختبـــارات في معامل متخصصة، مع بيانات عن تاريخ وحجم المبيعات وسجل استخدامها.

ولا يعنى القبول على أساس شهادة المنتج بأية حال الحد من الاختبارات الدورية أو الاختبارات الإضافية إذا ما رأى المفتش الفني إجراء أي من هذه الاختبارات في أي من مراحل العمل.

ج - رفض المواد

في حالة عدم مطابقة المادة لمتطلبات المواصفات القياسية (المشار إلى بعضها في الملحق رقم٣ دليل الاختبارات المعملية لمواد الخرسانة) و/ أو مواصفات المشروع يجب عدم استخدامها، كما يجب التخلص منها من مواقع التشوينات أو على الأقل إبعادها تماما عن الرسائل المقبولة. ويجب أن يحصل المفتش الفني من مهندس الموقع أو مراقب الجودة على مصادقته على العيب الذي أدى إلى عدم المطابقة. ويمكن في بعض الحالات- حيثما توافرت أسباب كافية للتشكيك في نتائج الاختبار- الموافقة على إعادة الاختبار على المواد المرفوضة. وتلزم في مثل

هذه الحالة الإعادة على عينتين منفصلتين مأخوذتين في نفس الوقت ،كما يلزم أن تنجح في إعادة الاختبار كل من العينتين على حدة. ويجب أيضا أن يكون التقرير النهائى للقبول متضمناً النتيجة الأولى التى أشارت إلى عدم النجاح ونتيجة الإعادة.

٨-٤ معمل الاختبار

يتوقف تواجد وتجهيز معمل الاختبار والأجهزة المطلوبة للاختبارات المحددة بالتعاقد بمواقع المشروعات على حجم المشروع ودرجة الجودة المطلوبة . ويكون تحديد مستوى تجهيزات معمل الاختبار بمعرفة المهندس الاستشارى ، ويُنص عليه فى مستندات المشروع . ويُسمح بإجراء بعض الاختبارات فى معامل متخصصة أخرى. ويلزم التأكد من معايرة الأجهزة التى تجرى بها الاختبارات- سواء بمعمل الموقع أو المعامل الخارجية – أو أن يقتصر التعامل مع معامل اختبار معتمدة.

٨-٥ مراجعة التصميم الإنشائى

يجب الالتزام بعدم البدء في التنفيذ إلا بعد أن تتم مراجعة التصميم الإنشائي طبقا لاشتراطات هذا الكود والتحقق من تطابقه مع بنود الأعمال الأخرى (معمارى – صحي – كهرباء ...) واعتمادها من الجهة المخولة لها المراجعة وفقا للتشريعات واللوائح المعمول بها، ولا يتم عمل أى تعديلات بالمشروع إلا باعتماد المصمم أو استشارى المشروع وجهة الاعتماد.

٨-٦ مراحل ضبط جودة التنفيذ

بعد أن يحقق التفتيش الفني متطلبات التصميم الإنشائى يتم تحقيق مراقبة وضبط جودة التنفيذ للمتطلبات اللازمة للخرسانة من حيث تجهيز ومناولة العينات، والمواد الداخلة فى صناعة الخرسانة فى مراحلها الثلاث : قبل الصب وأثناء الصب وبعد الصب.

٨-٦-١ تجهيز ومناولة المواد

أ - أسس أخذ العينات

يجب أخذ عينات المواد طبقاً للمواصفات القياسية المصرية الخاصة بكل مادة بحيث تكون ممثلة تماماً للتشوينات التى تؤخذ منها العينة .

ب – مصادر أخذ العينات

تؤخذ العينة طبقاً لغرض استخدامها وحسب ظروف الموقع وطبقاً لما يراه المسئول عن العينة من أى من المصادر التالية :

- رسائل المواد عند وصولها للموقع .
- تشوينات المواد بالموقع.
- مخازن الموزعين.
- مخازن المنتج.

ج – مناولة العينات

يجب أن يراعي في مناولة العينات ما يلي :

١ – اتخاذ جميع الاحتياطات اللازمة التى تؤمن وصول العينة للمعمل دون حدوث أى تغيير فيها مثل: فقدان جزء منها – تعرضها لظروف جوية غير عادية – تلف الأوعية الحاملة للعينات – فقدان الغطاء – اختلاط بعضها بالبعض الآخر – تسرب المواد السائلة ... الخ.

٢ – تتم مناولة العينات بعد أن تكون قد تم تمييزها بوضوح لا يدعو لإثارة أى شك مع توقيع المسئول عن ضبط الجودة أو مهندس الموقع أو من يمثل أى منهما وكذلك توقيع المفتش الفنى .

٣ – تسجيل العينات فى السجل الخاص بذلك والذى يجب أن يتضمن مايلي :

- المنتج أو موقع الإنشاء.
- مكان أخذ العينة.
- الرصيد المخزون حيثما كان ذلك ممكناً.
- عدد و/أو حجم العينة.
- العلامات المميزة لمصدر المادة (محلية أو مستوردة).
- علامة أو رقم مميز بمعرفة من يقوم بأخذ العينة.
- الاختبارات المطلوب إجراؤها واسم معمل الاختبار.
- المكان وتاريخ أخذ العينة وتاريخ إجراء الاختبار.
- تاريخ الإنتاج و/أو الصلاحية.
- أى بيانات أخرى يرى من يقوم بأخذ العينة إضافتها .
- توقيعات المسئولين عن كل ما سبق ذكره .

٨-٦-٢ المراقبة وضبط الجودة لمواد الخرسانة

٨-٦-٢-١ الأسمنت

لا يجوز لمهندس الموقع أن يسمح باستلام وتشوين الأسمنت إلا بعد التأكد من مطابقة رسائل الأسمنت لمتطلبات مواصفات المشروع والمواصفات القياسية المصرية ، ويكون للمهندس الحق فى أن يجرى اختبارات على عينة مماثلة فى معمل الموقع أو معمل متخصص (على أن تجرى الاختبارات طبقاً للمواصفات القياسية المناظرة لنوع الأسمنت) . ويجب أن يتم تخزين الأسمنت طبقاً للبنـد رقـم (٩-٢-١) ، مع مراعاة أن يخطط للتخزين بحيث تخرج الرسائل للاستخدام طبقاً لأولوية تخزينها ، ولا يسمح باستخدام الشكاير الممزقة أو المفتوحة أوشكائر الأسمنت المتصلد مع مراعاة ما جاء فى البند رقم (٢-٢-١) .

٨-٦-٢-٢ الركام

يجب مراقبة وضبط جودة عينات الركام قبل البدء فى التشوين ولا يجوز اعتماد عينات الركام إلا بعد التأكد من مطابقتها للمتطلبات الواردة فى مواصفات المشروع والمواصفات القياسية المصرية (نوعاً وجودة) . ويمكن فى المشروعات الكبيرة اعتبار زيارة مصدر الركام والتأكد من صلاحيته جزءاً من التفتيش .

ولا يسمح خلال العمل بتفريغ رسالة الركام أو استخدامها إلا بعد التأكد - بالفحص البصرى وإجراء بعض الاختبارات بمعمل الموقع - من مطابقة الرسالة لعينات الركام المعتمدة.

وفى حالة وجود شك باختلاف يمكن قبوله بين الرسالة والعينة المعتمدة يجب تسجيل ذلك ورفعه للمهندس المسئول عن تصميم الخلطة الخرسانية لإجراء التعديلات اللازمة فى نسب مكونات الخلطة إذا احتاج الأمر .

٨-٦-٢-٣ الماء المستخدم فى صناعة الخرسانة

يجب إجراء الاختبارات على الماء المستخدم فى صناعة الخرسانة لتحديد صلاحيته كما ورد فى البند رقم (٢-٢-٣) ، وفى حالة استخدام مياه مخالفة لمياه الشرب بالإضافة إلى ما ورد فى البند رقم (٢-٢-٣) يجرى اختبار زمن الشك الإبتدائي وزمن الشك النهائي، وكذلك اختبار مقاومة الضغط على عينات خرسانية . ويراعى أن يجرى كل اختبار مرتين (فى نفس الوقت وبنفس الأسمنت المعتمد للمشروع وتحت نفس الظروف) باستعمال الماء المزمع استخدامه والماء الصالح للشرب (أو مـــاء مقطر) كما ورد فى بند رقم (٢-٢-٣) .

٨-٦-٢-٤ الإضافات

يجب أن تطابق خواص الإضافات الحدود الواردة بالمواصفات القياسية لها أو بمواصفات متفق عليها ، ويتبع استخدام الإضافات - إلي حد كبير- النشرات الصادرة عن الجهات المنتجة. وبالإضافة إلى ضرورة مطابقة الإضافات لحدود المواصفة القياسية ، فإنه يجب التأكد من نسب مكونات الخلطة من خلال إجراء الاختبارات على خلطات تأكيدية للتحقق من فاعلية الإضافات على الخرسانة فى حالتيها الطازجة و المتصلدة. ويجب مراعاة ما ورد فى بند رقم (٢-٢-٤).

٨-٦-٢-٥ مواد معالجة الخرسانة

يجب معالجة الخرسانة بالماء الذي سبق توصيفه فى البند رقم (٨-٦-٢-٣) كما يمكن معالجة الخرسانة باستخدام مواد إحكام غلق السطح ، وفى هذه الحالة يعتبر استخدامها عاملاً أساسياً من عوامل التحكم فى ضبط الجودة لإبقاء ماء الخلط بداخل الخرسانة دون تسرب الرطوبة من السطح . ويجب قبل السماح باستخدام هذه المواد اختبارها للتأكد من مطابقتها للحدود الواردة بالمواصفات.

٨-٦-٢-٦ أسياخ صلب التسليح

يفضل التأكد من جودة أسياخ صلب التسليح وصلب الشبك ومطابقتها للمواصفات القياسية المصرية في المصنع، ويجب أن تورد للموقع أسياخ صلب التسليح أو صلب الشبك مبيناً عليها العلامات المميزة على السيخ نفسه أو صلب الشبك ، كما يجب أن تكون مصحوبة ببطاقة البيانات عن الرسالة الصادرة إما من المصنع أو من مخازن التوزيع أو من الجهات القائمة بالإشراف على الاختبارات . يرجع للبند (١٠-٦-٣) بالنسبة لصلب التسليح للخرسانة سابقة الأجهاد.

كما يجب على مهندس الموقع أن يفحص رسائل أسياخ صلب التسليح الواردة أو صلب الشبك ، وأن يسجل ما قد يراه من صدأ أو زيوت أو شحومات أو أضرار تكون قد حدثت لأسياخ صلب التسليح أو صلب الشبك فى مرحلتى التحميل والتفريغ ، واتخاذ الإجراءات اللازمة قبل الاستخدام... الخ. وتؤخذ عينات اختبار من أسياخ صلب التسليح الموردة بالموقع بالمعدل المبين بالجدول رقم (٨-٤-أ) ويتم سحب هذه العينات وإجراء الاختبارات طبقا لدليل الاختبارات الملحق بهذا الكود إصدار ٢٠٠٣ وتعديلاته.

ويجب على مهندس الموقع أن يأخذ فى اعتباره أن ضبط الجودة لأسياخ صلب التسليح أو صلب الشبك لا يعتمد فقط على مطابقة الأسياخ أو صلب الشبك لحدود المواصفات القياسية المصرية ، وإنما يعتمد أيضاً على الاحتياطات الواجب اتخاذها فى التعامل مع أسياخ صلب التسليح فى مراحل : التشوين- التنظيف – التقطيع – التشكيل – التمييز – التجميع- تشكيل الهياكل – اللحام إن وجد .

ويجب أن يخطط لإنجاز هذه المراحل بعناية مع تنفيذ الاشتراطات الواردة فى التفاصيل والرسومات التنفيذية أو مرفقاتها المبينة فى بند رقم (٩-٦) .

٨-٦-٣ المراقبة وضبط الجودة قبل صب الخرسانة

يجب على مراقب الجودة الداخلى ألا يسمح بصب الخرسانة إلا بعد التأكد من استكمال اشتراطات مراحل الإعداد وتشمل ما يلي:

- الأعمال المساحية.
- كفاءة وسلامة المعدات
- اعتماد المواد ومصادرها.
- التشوينات.
- تصميم الخلطات الخرسانية.
- أعمال الحفر والردم.
- أعمال الأساسات.
- الشدات والفرم.
- التسليح.
- الوصلات.
- الثوابت المدفونة والفتحات.
- تنظيف سطح الشدات قبل الصب مباشرة.
- تحديد الاختبارات وتشملها مراقبة وضبط جودة المواد.

٨-٦-٤ المراقبة وضبط الجودة أثناء صب الخرسانة

تشمل المراقبة وضبط الجودة أثناء صب الخرسانة ما يلى :

- نسب مكونات الخلطات الخرسانية.

- اتخاذ التدابير الضرورية للتعامل مع الظروف غير المعتادة مثل الصب فى الجو الحار، الصب فى الجو البارد، الصب تحت الماء ، الصب بمضخات الخرسانة.
- تجانس الخلطات الخرسانية.
- مناولة وصب الخرسانة.
- دمك الخرسانة .
- تشطيب الخرسانة.
- إعداد وصب عينات الاختبار فى الموقع للخرسانة الطازجة و المتصلدة.
- مراقبة و تسجيل ظروف التشغيل بالموقع ، ومعداته وكذلك الظروف الجوية والظروف الطارئة التي تتسبب في توقف أو انقطاع العمل.

٨-٦-٥ المراقبة وضبط الجودة بعد صب الخرسانة

تشمل المراقبة وضبط الجودة بعد صب الخرسانة ما يلى :

- معالجة الخرسانة وعمل الحماية اللازمة.
- فك الشدات والفرم فى المواعيد المحددة .
- الفحص البصرى للهيكل الخرسانى بعد فك الشدات والفرم.

٨-٦-٦ مستويات التحكم في الجودة :

يتم تحديد مستويات التحكم في الجودة بمعلومية معامل الاختلاف (V) كما فى الجدول (٨-٣) .

جدول رقم (٨-٣) قيم معامل الاختلاف V المناظرة لدرجة التحكم في الجودة

درجة التحكم	ممتازة	جيدة	مقبولة	رديئة
معامل الاختلاف V %	أقل من ١٠	١٠ - ١٥	١٥ - ٢٠	أكبر من ٢٠

٨-٧ التتبع وحالات عدم المطابقة

٨-٧-١ التتبع Traceability

عند تحديد السبب الرئيسى في حالة حدوث مشكلة في التنفيذ فإنه لا بد من تحديد نطـــاق المشكلة والعناصر التي تأثرت بحدوث هذه المشكلة لذا يجب وجود نظام يمكن من خلاله تتبـــع كل من :

١ – استخدام المواد الداخلة في صناعة الخرسانة.

٢ – القائمين على العمل والقائمين بعملية الفحص وضبط الجودة.

٣ – المعدات المستخدمة في مهمة معينة.

٤ – تحديد الطريقة المستخدمة في مهمة معينة .

٨-٧-٢ التحكم في حالات عدم المطابقة

ينقسم التحكم فى حالات عدم المطابقة إلى ما يلي :

٨-٧-٢-١ تحديد عدم المطابقة وفصل وتمييز المواد غير المطابقة

ويتم ذلك سواء للمواد الداخلة في صناعة الخرسانة أو أى نشاط لم يستوف متطلبات المشروع ومواصفاته، ويجب علي المقاول فصل المواد غير المطابقة وتمييزها عن المواد المطابقة.

٨-٧-٢-٢ تحديد الإجراء التصحيحي المطلوب

(بعد موافقة المشرف على المشروع أو ممثل المالك) ويكون هذا الإجراء هو إحدى الحالات التالية:

- الإصلاح (Repair) وهو إصلاح العنصر المعيب وإيصاله إلى حالة مقبولة (قد لا تكون هذه الحالة التي يصل إليها هى نفس الحالة والشروط الأساسية للمشروع).
- إعادة التشغيل (Rework) وهو عملية استعادة المتطلبات الأساسية بإعادة التشغيل مرة أخرى.
- قبول عدم المطابقة كما هى (Accepted as is) وذلك بما لا يؤثر على المتطلبات الأدائية أو الملائمة للاستخدام أو الأمان.
- تنزيل الدرجة (Down Grading) وهو الاستخدام في بند آخر له متطلبات أقل من البند الأصلى.
- رفض (Reject) وهو حالة عدم مطابقة لا يمكن أن تستوفى متطلبات المشروع سواء بالإصلاح أو إعادة التشغيل ولا يمكن قبولها كما هى لعدم استيفائها للمواصفات.

٨-٧-٢-٣ تحديد الأسباب المحتملة لحدوث عدم المطابقة

يجب على المقاول (الجهة المنفذة) وتحت إشراف المالك أو من يمثله دراسة الأسباب التي أدت لحدوث عدم المطابقة مع أخذ الإجراءات التي تكفل أو تحد من عدم المطابقة مستقبلاً.

٨-٧-٢-٤ إعادة الفحص

لا بد من فحص العناصر التي تم إصلاحها (Repaired) طبقاً لحالتها الجديدة وتحديد معايير القبول والرفض الجديدة بمعرفة الجهة القائمة بإعادة الاختبار حيث أن المتطلبات الأصلية قد تم الحيود عنها . يعاد فحص العناصر التى أعيد تشغيلها (Reworked) طبقاً للمتطلبات الأصلية دون أى تجاوزات.

٨-٨ التسجيلات Records

لا بد أن يتضمن نظام تأكيد الجودة للأعمال الخرسانية تحديد طرق وأساليب حفظ المستندات والتسجيلات وطرق المحافظة عليها والمدة اللازمة للحفظ. كما يجب على المقاول التأكد من أن جميع التسجيلات أو التقارير أو المستندات قد تم توقيعها أو الموافقة عليها من الجهة المختصة. كذلك لا بد من عمل فهارس بالمحتويات التي تم الاحتفاظ بها وذلك لتسهيل الرجوع إليها فى الوقت التى قد تطلب فيه.

وفيما يلى قائمة بالمستندات التي يتعين على المقاول أن يحتفظ بها ضمن نظام تأكيد الجودة للأعمال الخرسانية :

٨-٨-١ مستندات عامة

- مستندات التعاقد
- مستندات الشراء
- تعليمات صادرة بخصوص الجودة (خطط جودة – إجراءات – دليل ....)
- اللوحات التفصيلية
- اللوحات التصميمية
- اللوحات المطابقة للتنفيذ (As Built)
- مواصفات المشروع
- طلبات التغيير والمطالبات

٨-٨-٢ مستندات خاصة بضبط وتأكيد الجودة

- تقارير الاختبارات في المعامل
- تقارير إصلاح الأجهزة والمعدات
- نماذج الفحص والاستلام لبنود الأعمال
- المواصفات القياسية والكودات المستخدمة بالمشروع
- محاضر فحص المواد للمشروع
- شهادات المنشأ
- حالات عدم المطابقة وطرق التصرف فيها
- سجلات تدريب ومؤهلات فريق ضبط الجودة
- تقارير تصميم الخلطات
- نتائج التقييم الإحصائى
- الصور الفوتوغرافية للمراحل الهامة من المشروع
- تقارير معايرة الأجهزة والمعدات

٨-٩ اختبارات الخرسانة

٨-٩-١ أسس الاختبارات

تؤخذ عينة الخرسانة الطازجة من الخلطة بمجرد وصولها للموقع من محطة الخلط لمركزي أو مباشرة من أمام الخلطات بالموقع (وتكون العينة مجمعة من أجزاء مأخوذة أثناء لتفريغ) وتجرى عليها الاختبارات الواردة بمتطلبات الخرسانة الطازجة فى مواصفات لمشروع. وفى حالة توافر إمكانات إجراء اختبار غير الوارد فى مواصفات المشـــروع فيجرى لاختبار المتوافر مع ضرورة مراعاة العلاقة المكافئة بين الخواص . وتعد عينات اختبار مقاومة لضغط للخرسانة المتصلدة طبقاً للمواصفات القياسية المصرية رقم ١٩٩١/١٦٥٨ وتعديلاتها ذلك بمجرد اختبار الخرسانة الطازجة والتأكد من استيفائها للمتطلبات الواردة بمواصفات لمشـــــروع .

وفى حالة توافر قوالب بمقاسات أو أشكال غير الواردة بهذه المواصفات فيمكن استعمال ذه القوالب مع مراعاة تصحيح النتائج النهائية بدلالة الخواص المميزة على العينات القياسية يمكن الاسترشاد بعوامل التصحيح المناسبة والمبينة فى بند رقم (٢-٣-٢).

وفى جميع الأحوال يجب أن يتم إعداد العينات باتباع الخطوات والاحتياطات الواردة فى المواصفات القياسية المصرية (م.ق.م. ١٩٩١/١٦٥٨- الجزأين الرابع والخامس) وذلك فى جميع المراحل: ملء القوالب – عدد طبقات الملء – هز ودمك الخرسانة – تسوية الخرسانة – حفظ القوالب فى مراحل التصلد الأولى – معالجة الخرسانة –نقل القوالب لمعمل الاختبار.

٨-٩-٢ الاختبارات الأولية على الخرسانة

قبل البدء فى تنفيذ أعمال الخرسانة وسواء كانت الخرسانة مخلوطة فى الموقع أو جاهزة، فإنه يجب إجراء الاختبارات الأولية عليها فى حالتيها الطازجة و المتصلدة بحيث لا يسمح بالبدء فى صناعة الخرسانة إلا بعد التأكد من استيفائها لمتطلبات الخلطة بند رقم (٢-٦-٣-٢) . وفى حالة عدم تحقيق المتطلبات يخطر القائم على تصميم الخلطة بنتائج الاختبارات لكى يدخل التعديلات اللازمة على مكونات الخلطه، وتتكرر هذه الدورة بحيث تكون الخلطة التأكيدية فى صورتها النهائية محققة للمتطلبات فى الحالتين الطازجة و المتصلدة.

٨-٩-٣ اختبارات الخرسانة أثناء التنفيذ

يجب التأكد من استيفاء الخرسانة لمتطلباتها الواردة بمواصفات المشروع ، وعلى مهندس الموقع التفتيش على كل خلطة قبل صبها بإجراء الاختبارات على عينات الخرسانة الطازجة وإعداد عينات اختبار الخرسانة المتصلدة طبقاً للمعدل الوارد بمواصفات المشروع أوللحدود الدنيا المبينة بالجداول أرقام (٨-٤-أ،ب،جـ)- أو كلما تطلب الأمر أيها أكثر .

يوضح الجدول رقم (٨-٤-أ) دورية اختبارات ضبط جودة مواد الخرسانة ؛ والخرسانة المسلحة ويشمل هذا الجدول المواد المستخدمة فى الخلطة الخرسانية والحد الأدنى للاختبارت المطلوبة لكل مادة والمواصفات القياسية لطريقة الاختبارت المطلوب إجراؤها على مواد الخرسانة.

يوضح الجدول رقم (٨-٤-ب) دورية اختبارات ضبط جودة الخرسانة الطازجة طبقاً لخطة الاختبارات الموضحة بهذا الجدول التى تشمل نوع الاختبار والمواصفات القياسية التى يتم إجراء الاختبارات طبقاً لها ، وكذلك تكرار هذه الاختبارات كحد أدنى وكحدود للقبول وذلك للخرسانة الجاهزة والخرسانة المخلوطة داخل الموقع .

يوضح الجدول رقم (٨-٤-جـ) دورية اختبارات ضبط جودة الخرسانة المتصلدة طبقاً لخطة الاختبارات الموضحة بهذا الجدول التي تشمل نوع الاختبار والمواصفات القياسية التي يتم

إجراء الاختبارات طبقاً لها ، وكذلك تكرار هذه الاختبارات كحد أدنى وكحدود للقبول وذلك للخرسانة الجاهزة والخرسانة المخلوطة داخل الموقع .

وتعتبر الاختبارات جزءاً من التفتيش الفنى بند رقم (٨-٣)، كما تعتبر الخرسانة مستوفية لرتبة المقاومة المميزة المطلوبه Characteristic Strength (f cu) أثناء التنفيذ إذا حققت متطلبات تقييم الخرسانة المتصلدة أثناء التنفيذ والواردة فى البند (٢-٦-٥-٢).

جدول رقم (٨-٤-أ) دورية اختبارات ضبط جودة مواد الخرسانة والخرسانة المسلحة

لمادة	الاختبار	بدليل رقم الاختبارات المعملية لمواد الخرسانة - إصدار ٢٠٠٣ (الملحق الثالث للكود)	تكرار الاختبارات (حد أدنى)	
أسمنت	**الخصائص الفيزيائية والميكانيكية**		- عند بداية التوريد و كلما تغير المصدر وكل شهر من المخزون وكلما استدعى الأمر	
	- زمن الشك	١-٦		
	- ثبات الحجم	١-٧		
	- مقاومة الضغط للمونة الأسمنتية	١-١٦		
الركام	- مقاومة البرى	٢-١٧	- عند اعتماد المصدر ، عند بداية التوريد وعند تغير المصدر	
	- معامل التهشيم	٢-١٦		
	- معامل الصدم	٢-١٩		
	- النشاط القلوى للصخور الكربوناتية	٢-٢٦	- إذا استدعي الأمر	
	- الفحص البصرى	-	- كل شحنة	
	- التدرج الحبيبى	٢-٢	- كل ١٠٠ م^3 توريد	
	- الطين والمواد الناعمة	٢-١١ ، ٢-١٢	- كل ١٠٠ م^3 توريد	
	- الشوائب العضوية بالنسبة للركام الصغير	٢-١٤	- عند بداية التوريد وكل ٥٠٠ م^3 من كل شحنة	
	- محتوى الكبريتات على هيئة SO_3	٢-٢٢-٢		
	- محتوى الكلوريدات على هيئة Cl^-	٢-٢٢-١		
	- ثبات الحجم	٢-٢٤		
ء الخلط	- تقدير المواد العالقة	٣-٦	- عند البدء في الاستخدام لأول مرة (باستثناء ماء الشرب) وعند تغيير المصدر	
	- الكلوريدات على هيئة Cl^-	٣-٢		
	- الكبريتات على هيئة $SO3^-$	٣-٣		
	- الأملاح الكلية الذائبة	٣-١		
إضافات	- متطلبات التجانس	٤-١	- قبل التعاقد والتوريد كل شحنة	
	- متطلبات الأدائية	٤-٢		
صلب التسليح وصلب الشبك			عدد العينات لرسالة حتى ٥٠ طن	عدد العينات لرسالة اكبر من ٥٠ طن
	- المقاسات والأوزان	٥-١	٢	٣
	- الشد	٥-٢	٢	٣
	- الثنى على البارد	٥-٣	٢	٣
	- اختبارات خاصة	-	١	١

- بالنسبة للركام الكربوناتى فيتم تقديم شهادة من المورد بأنه قد تم إجراء اختبارات عليه بالمحاجر تشمل جميع الاختبارات بعاليه بجانب التحليل بالأشعة السينية المتفرقة وكذلك التحليل البتروجرافى مع بيان نسبة معدن الدولوميت بالحجارة الجيرية.

جدول رقم (٨-٤-ب) دورية اختبارات ضبط جودة الخرسانة الطازجة

الاختبار	طريقة إجراء الاختبار	تكرار الاختبار (حد أدنى)		حدود القبول والرفض
		خرسانة جاهزة	خرسانة مخلوطة بالموقع	
الخلطة التأكيدية	الباب الثاني من هذا الكود	قبل التوريد للموقع لكل رتبة	قبل التنفيذ لكل رتبة	التحقق من صلاحية الخلطة
تقييم الهبوط	م.ق.م. ١٩٨٩/١٦٥٨	عند اخذ عينات المقاومة		الهبوط المطلوب <٥٠مم : الحيود ±١٠مم الهبوط المطلوب ٥٠ -١٠٠مم : الحيود ±٢٠ مم الهبوط المطلوب >١٠٠مم : الحيود ±٣٠مم
الهواء المحبوس	دليل الاختبارات الاختباران ٦-٦،٦-٧	عند إجراء الخلطة التأكيدية ومرة كل شهر وعند تغيير نوع الإضافات	عند إجراء الخلطة التأكيدية ومرة كل شهر في حالة استخدام إضافات وعند تغيير نوع الإضافة ومرة كل ٣ شهور في حالة عدم استخدام إضافة	بند ٢ ٣% ، ٢ %
كثافة الخرسانة	دليل الاختبارات اختبار ٦-٩	عند إجراء الخلطة التأكيدية ومرة كل يوم	عند إجراء الخلطة التأكيدية	
درجة الحرارة	-	تقاس درجة الحرارة لكل عينة يجري عليها اختبار الهبوط		لا تزيد علي ٣٥° م
اختبارات خاصة	المواصفة المتبعة بالمشروع	طبقا لما هو منصوص عليه في مواصفة المشروع		تحقيق المطلوب بمواصفة المشروع

ملحوظة : يتم سحب العينة من منتصف السيارة أو بعد تفريغ ١٥ % من الحمولة وذلك للخرسانة الجاهزة و من الثلث الأوسط للكمية المخلوطة بالموقع .

جدول رقم (٨-٤-ج) دورية اختبارات ضبط جودة الخرسانة المتصلدة

الاختبار	المواصفة القياسية	تكرار الاختبارات (حد ادني)		حدود القبول والرفض
		الخرسانة الجاهزة	الخرسانة المخلوطة بالموقع	
مقاومة الضغط	م.ق.م. ١٩٨٩/١٦٥٨ مع مراعاة اختبار نصف العينات عند عمر أسبوع والنصف الأخر عند عمر ٢٨ يوماً ويمكن اختبار عينات عند عمر ٥٦ يوم أو ٩٠ يوم في حالة رغبة المهندس الاستشاري	عند اختلاف رتبة الخرسانة أو اختلاف العناصر الإنشائية (أساسات – حوائط – أعمدة – كمرات – بلاطات) وتؤخذ ٦ مكعبات لأول ٥٠م^3 و ٦ مكعبات لكل ١٠٠م^3 زيادة في نفس يوم الصب		تحقيق متطلبات البند ٢-٦-٥-٢
اختبارات خاصة	المواصفة المتبعة بالمشروع	طبقا لما هو منصوص عليه في مواصفة المشروع		تحقيق المطلوب بمواصفة المشروع

ملحوظة : يتم سحب العينة من منتصف السيارة أو بعد تفريغ ١٥ % من الحمولة وذلك للخرسانة الجاهزة و من الثلث الأوسط للكمية المخلوطة بالموقع .

٨-٩-٤ الاختبارات غير المتلفة

فى الحالات التي لا تفي فيها نتائج اختبار الضغط بمتطلبات المقاومة، أو في حالة الشك في مقاومة الخرسانة في عنصر لا توجد لخرسانته نتائج اختبارات فإنه يمكن استخدام الاختبارات غير المتلفة مثل مطرقة الارتداد أو جهاز الموجات فوق الصوتية أو أى جهاز آخر للاختبارات غير المتلفة وذلك للاسترشاد. ويجب أن يؤخذ في الاعتبار جميع الاحتياطات الواردة في مواصفات الأجهزة المستخدمة ومعايرتها بالإضافة إلى ما جاء فى الاختبارين (٨-٢) و (٨-٣) من دليل الاختبارات المعملية لمواد الخرسانة.

٨-٩-٥ اختبار القلب الخرسانى

فى الحالات التى لا تفي فيها نتائج اختبارات مكعبات الضغط أو حالة الشك بمقاومة الخرسانة في عنصر لا توجد لخرسانته نتائج اختبار ، يمكن أن تؤخذ منه قلوب خرسانية ، ويتم

أخذها وإعدادها واختبارها وحساباتها طبقاً للمواصفات القياسية المصرية رقم (١٦٥٨/١٩٩٥). ويتم مراعاة ما جاء في الاختبار (٨-١) من دليل الاختبارات المعملية لمواد الخرسانة. وتعتبر الخرسانة مقبولة إذا كان متوسط المقاومة المحسوبة لثلاثة قلوب لا يقل عن ٧٥% من المقاومة المطلوبة وبشرط ألا تقل هذه المقاومة المحسوبة لأية عينة قلب عن ٦٥ % من المقاومة المطلوبة .

٨-٩-٦ تجربة تحميل العناصر والمنشآت الخرسانية

يُجرى هذا الاختبار للكمرات والبلاطات والأسقف فى المنشآت الخرسانية المسلحة وتجرى كذلك اختبارات التحميل على المنشأ بعد إتمامه إذا طلب ذلك فى مواصفات المشروع أو إذا كان هناك سبب يدعو إلى الشك فى كفاءة المنشأ من حيث متانته. ولا يجوز إجراء هذه الاختبارات قبل انتهاء ستة أسابيع من صب الخرسانة . وفى هذه الاختبارات يتم أخذ القراءات الأساسية لسهم الانحناء قبل إجراء التحميل مباشرة ، ثم يُعرض جزء المنشأ المراد اختباره لحمل يكافئ " ٠,٨٥ [١,٤ (الأحمال الدائمة) + ١,٦ (الأحمال الحية)]". وذلك على أربعة مراحل متساوية تقريباً مع مراعاة عدم حدوث أى صدمات أثناء التحميل.

وتشمل الأحمال الدائمة وزن العنصر المختبر وأى أحمال دائمة أخرى مثل الأرضيات والقواطيع. ويراعى تقليل الحمل المكافئ بمقدار الأحمال الدائمة الموجودة فعلا وقت إجراء الاختبار.

ويجب وضع قوائم متينة وبعدد كاف قبل البدء فى الاختبار وذلك لتتحمل الحمل بأكمله، ويراعى وضعها بطريقة تسمح بترك فراغ مناسب تحت أعضاء المنشأ موضوع الاختبار يسمح بحدوث سهم الانحناء المتوقع.

ويُجرى تحميل العنصر الإنشائى المطلوب اختباره والعناصر المجاورة له بحيث نحصل على أحرج وضع لتحميل هذا العنصر ، ويجب أن تكون هناك فواصل بين صفوف المواد المستخدمة فى التحميل حتى لا ينتج عن ذلك ما يسمى بالتأثير العقدى.

وتؤخذ قراءات سهم الانحناء وعرض الشروخ بعد ٢٤ ساعة من وضع الأحمال النهائية، ثم يرفع الحمل ويتم أخذ قراءة سهم الانحناء وعرض الشروخ بعد ٢٤ ساعة من رفع حمل الاختبار.

ويُعتبر المنشأ قد استوفى شروط الأمان إذا ما تحقق ما يلى :

- إذا كانت أكبر قيمة لسهم الانحناء δ_{max} فى العنصر المختبر أقل من أو تساوى ما يلى:

$$\delta_{max} \leq \frac{L_t^2}{20000\ t} \quad mm \qquad (8\text{-}1)$$

حيث:

L_t = بحر العنصر المختبر مقاساً بالمليمتر ويكون البحر الأصغر فى حالة البلاطات اللاكمرية او البلاطات ذات الاتجاهين ، أما فى حالة الكوابيل فتؤخذ ضعف المسافة من وجه الركيزة حتى نهاية الكابولى

t = سمك العنصر مقاساً بالمليمتر

ب- فى حالة إذا ما زاد سهم الانحناء الأقصى للعنصر على ما هو وارد بالمعادلة (٨-١)، فيجب ألا يقل الجزء المسترجع من سهم الانحناء الأقصى بعد ٢٤ ساعة من رفع الحمل عن ٧٥ % من قيمة سهم الانحناء الأقصى ، وأن يكون عرض الشروخ فى حدود المسموح به.

جـ - وفى خلال ٢٤ ساعة من رفع الحمل المكافىء للحمل الحى إذا لم يسترجع ٧٥ % على الأقل من سهم الانحناء الأقصى الذى سجل بعد التحميل فى مدة الأربع والعشرين ساعة فيجب إعادة الاختبار بنفس الطريقة السابقة.

ويُعتبر جزء المنشأ غير مقبول إذا لم يختف - على الأقل - ٧٥ % من سهم الانحناء الذى ظهر أثناء الاختبار الثانى أو إذا كان عرض الشروخ أكبر من المسموح به ، ولا يجوز إعادة تجربة التحميل إلا بعد مرور ٧٢ ساعة على رفع وإزالة أحمال التجربة الأولى. كما يجوز إجراء التجربة على العناصر الخرسانية سابقة الإجهاد.

وإذا ظهر على جزء من المنشأ أثناء الاختبار أو بعد رفع الحمل أية علامة من علامات الضعف أو سهم انحناء غير منتظر أو خطأ فى طريقة الإنشاء وجب على المصمم إتباع الحلول التالية:

- وضع ركائز إضافية إن أمكن.
- عمل التخفيض الممكن فى الأحمال الحية ،وتحسين توزيع الأحمال ، وتعديل ترتيب الأحمال المركزة.
- عمل التخفيض الممكن فى الأحمال الميتة.

- عمل التخفيض الممكن للتأثير الديناميكي إن وجد.

ويُعتبر المنشأ غير صالح للاستعمال للغرض المقصود أصلاً إذا كانت جميع هذه الإجراءات لا تزال غير كافية.

ولا يجوز إجراء تجربة التحميل للعناصر غير المعرضة لعزوم انحناء بصفة أساسية، ويتم تقييم الأمان الإنشائى لها عن طريق التحليل الإنشائى.

الباب التاسع
التنفيـــــذ

يختص هذا الباب بكيفية تنفيذ المنشآت الخرسانية شاملة إنتـــاج خرســـانة جيـــدة تحقـــق المتطلبات التصميمية للمشروع، مع الأخذ فى الاعتبار استيفاء كافة البنود الواردة فـــى أجـــزاء الكود.

٩-١ استلام وإعداد وتجهيز الموقع

لاستلام الموقع المحدد للمشروع تتخذ إجراءات إعداد وتنظيم وتجهيز الموقع على النحـــو التالى:

٩-١-١ التأكد من الحصول على كافة التراخيص والموافقات للمشروع قبل بدء العمل وكذلك صلاحية الموقع جيولوجياً واتخاذ الاحتياطات المناسبة في حالة تواجد فوالق أرضية أو مناطق انهيارات أو مخرات سيول ، خاصة في المدن الجديدة والمناطق التى لـــم يسبق البناء فيها.

٩-١-٢ تحديد موقع المشروع طبقاً لرسم الموقع العام والمبين عليه موقع كل منشأ وأبعـــاده ومحاوره وعلاقته بالمنشآت الأخرى وتطهيره من العوائـــق وإزالـــة المخلفـــات إن وجدت سواء كانت مبانى أو أشجار أو أساسات أو خلافه تعترض تنفيـــذ المنشـــآت وتحصر كمياتها وتحدد نوعيتها. وفى حالة وجود مرافق تحت الأرض يقوم المهندس المنفذ بالاتصال بالمختصين لاتخاذ الإجراء المناسب.

٩-١-٣ عمل ميزانية شبكية للموقع لتحديد مناسيب الأرض الطبيعية وحساب كميات الحفـــر والردم وأعمال التسويات وتحديد نقطة بدء مرجعية (روبيـــر ثابـــت) للأعمـــال المساحية مع المحافظة على هذه النقطة سليمة وواضحة طوال مدة تنفيذ المشروع.

٩-١-٤ عمل احتياطات الأمن ومراعاة تعليمات الأمن الصناعى.

٩-١-٥ تخطيط الموقع وتحديد أماكن المنشآت والتشوينات ومعرفة المساحات المحيطة لتمهيد الطرق التى تسهل وصول المهمات والمعدات والمـــواد وتحديـــد وتـــأمين المـــداخل والمخارج وإمداد الموقع بالمياه والكهرباء وورش الصيانة اللازمة ووسائل الاتصـــال السلكية أو اللاسلكية وكذلك عمل الأسوار والمخازن المغلقـــة والمكشـــوفة ومكاتـــب المهندسين والعاملين.

٩-١-٦ بعد تحديد أماكن المنشآت فى الموقع يجب عمل جسات وأخذ عينات من التربة على أعماق مختلفة طبقاً لكود الأساسات واشتراطات المشروع ومواصفاته وذلك للتأكيد على عمق التأسيس وجهد التربة المذكورين بالرسومات الإنشائية للأساسات كذلك التعرف على منسوب وحركة المياه الجوفية وطبقات التربة المختلفة لاتخاذ الاحتياطات اللازمة لنزح المياه الجوفية بالطرق المناسبة أثناء التأسيس مع أخذ الاحتياطات اللازمة للمحافظة على سلامة المنشآت المجاورة أثناء تنفيذ الأساسات وعمل التصميمات اللازمة لسند جوانب الحفر قبل البدء فى أعمال الأساسات.

٩-١-٧ يراعى تحديد أماكن التجارب السابقة للتنفيذ مثل تجارب الضخ لاختبار الخزانات الجوفية والطرق المناسبة للتخلص من المياه الجوفية بحيث يراعى إنشاء شبكة مواسير للتخلص من المياه الجوفية خارج نطاق مسارات المعدات وبعيداً عن التشوينات الحساسة للرطوبة وتجارب تحميل الخوازيق غير العاملة والتى تقع خارج نطاق المساحة المخصصة للبناء .

٩-٢ تشوين المواد

يتم تشوين المواد بالموقع فى أماكن التشوينات التى تم تحديدها عند إعداد وتجهيز الموقع بالأسلوب الذى يضمن سلامتها وعدم تعرضها لأى إتلاف ويجب أن تتم على جميع التشوينات إجراءات ضبط الجودة فور ورودها للموقع وطبقاً للمعدلات المشار إليها بالجدول (٨-٤-أ) الخاص بضبط الجودة للتأكد من مطابقتها للمواصفات القياسية المصرية.

٩-٢-١ الأسمنت

١- يورد الأسمنت للموقع في شكائر محكمة أو حاويات مغلقة ، ويشون بحيث تكون طريقة التخزين كافية لمنع وصول الرطوبة للأسمنت وعدم تعرضه لأشعة الشمس المباشرة وأن يتم الفصل فى أماكن التخزين بين أنواع الأسمنت المختلفة.

٢- فى حالة تشوين الأسمنت على هيئة شكائر فيجب رصها بحيث تكون غير ملاصقة للأرض ويلزم أن يسمح التوزيع للرصات بالتهوية المستمرة ، بحيث لا يزيد عدد الطبقات فى الرصة الواحدة على ١٠ طبقات ويدون على الرصات تاريخ إنتاج الأسمنت بما يسمح باستخدام الأسمنت الأسبق إنتاجا مع مراعاة ما ورد بالبند رقم (٨-٦-٢-١) من باب ضبط الجودة .

٣- في حالة توريد الأسمنت للموقع سائباً في حاويات يجب انتظار فترة قبل استخدامه بحيث لا تزيد درجة حرارته عند الاستخدام على ٧٥ درجة مئوية .

٤- يجب اختبار الأسمنت عند بداية توريده للموقع قبل الاستخدام ، وفى حالة تخزين الأسمنت بالموقع لمدة تزيد على شهر – حتى وإن كان التخزين بطريقة سليمة – فإنه يلزم إعادة اختباره للتحقق من مطابقته للحدود الواردة بالمواصفات القياسية المصرية طبقاً للجدول (٨-٤-أ) .

٩-٢-٢ الركام

يجب تشوين الركام الصغير والكبير كل على حدة وبكيفية تجنبه التلوث واختلاطه بأى مواد أخرى وطبقاً للتدرج المحدد مسبقاً بالخلطات التصميمية للمشروع ، وفى الأعمال التى تحتاج إلى خرسانة خاصة أو رتبة عالية يجب عمل أرضية صلبة جيدة الصرف لتشوين الركام حسب مقاساته المختلفة طبقاً للتدرج الحبيبى المطلوب.

يجب عمل فحص بصرى للركام قبل التشوين ومراجعة شهادة الصلاحية للاستخدام فى أعمال الخرسانة والصادرة من المحجر والتأكد من عدم وجود أى مواد عضوية مثل الحشائش والنباتات والجذور وكذلك عدم اختلاط الركام بأى مواد غريبة أو كتل طفلية سواء كبيرة أو صغيرة وعدم تغليف سطح حبيبات الركام بطبقة ناعمة من الطفلة . كما يجب التأكد من صلاحية الطبقات السفلية من الركام المشون وعدم تجمع المواد الناعمة بها .

٩-٢-٣ صلب التسليح

يُشون صلب التسليح بحيث يكون محميا من التعرض للصدأ وذلك بتغطيته لمنع تعرضه للرطوبة أو المياه، وألا يكون ملاصقاً للأرض، وبحيث لا يتعرض لأى مواد تؤثر على تماسكه بالخرسانة ويُفضل إجراء تشكيل صلب التسليح قبل الاستعمال مباشرة.

يجب التأكد من سلامة صلب التسليح بالفحص البصرى قبل تشوينه فى الموقع وعدم وجود أى زيوت أو شحوم أو مواد عضوية على سطحه وكذلك عدم وجود صدأ به .

٩-٢-٤ الإضافات

يتم تشوين الإضافات فى عبواتها الأصلية مدوناً عليها كافة البيانات المتعلقة بالإضافة طبقاً لشروط التخزين الواردة بنشرة المنتج مع مراعاة الاحتياطات الخاصة عند درجات الحرارة القصوى عند التخزين على ألا تخزن بالعراء ومع مراعاة ما ورد بالبند رقم (٨-٦-٢-٤) من باب ضبط الجودة.

ويتم ذكر التعليمات الخاصة بالاستخدام أو أى احتياطات أمن ضرورية (على سبيل المثال إذا كانت الإضافات كاوية أو سامة أو محدثة للصدأ).

يراعى تسجيل أى توصيات أو إجراءات مطلوب اتباعها قبل الاستخدام خاصة فى حالة التخزين لفترات طويلة (على سبيل المثال التقليب أو دحرجة البراميل أو خلافه).

٩-٢-٥ المياه

المياه الصالحة للخلطات الخرسانية هى المياه الصالحة للشرب ، وفى حالة عدم توافر مصدر مياه مستمر بالموقع فإنه يمكن تخزين المياه بالموقع فى حاويات مغلقة لاتسمح بحدوث تلوث للمياه بالمواد الضارة مثل الزيوت والأحماض والمواد العضوية وأى مواد قد تؤثر تأثيرا متلفا على مكونات الخرسانة أو صلب التسليح.

٩-٣ قياس المواد

تتوقف درجة الدقة لأجهزة قياس مواد الخرسانة على عدة عوامل طبقاً لحجم المشروع ومعدل الإنتاج المطلوب ومواصفات الخرسانة المطلوبة ، وتتم معايرة هذه الأجهزة بصفة دورية؛ كما يجب مراعاة التفاوتات المسموح بها والواردة بالبند (٩-٨).

٩-٣-١ الأسمنت

لا يُسمح بمعايرة الأسمنت بالحجم ويفضل أن تكون عبوة الخلطة الخرسانية تحوى عدداً صحيحاً من شكائر الأسمنت . وفى حالة استعمال الأسمنت السائب يجب قياس الأسمنت بالوزن باستعمال موازين دقيقة معايرة.

٩-٣-٢ الركام

يقاس الركام بالوزن لأنه يعطى نتائج أدق . ويجوز قياسه بالحجم فى صناديق قياس ذات سعة معينة، ويجب ملء الصناديق بدون دمك وأن يكون أعلى وأسفل سطح الركام (داخل الصندوق) مستوياً مع الأحرف .

٩-٣-٣ المياه

يجب أن تضاف المياه للخليط بكميات تقاس قياساً دقيقاً حسب القيم المحددة ، ويجب أن تؤخذ فى الاعتبار كمية الرطوبة المحتمل وجودها فى الركام.

٩-٣-٤ الإضافات

يتم خلط الإضافات طبقاً للكميات المحددة بالخلطات التصميمية ويجب أن تقاس قياساً دقيقاً.

٩-٤ الشدات والفرم

يجب أن تتحقق عند تنفيذ أعمال الشدات والفرم الأسس الآتية :

أ - دراية كل من المصمم والمنفذ لنوعيات الشدات والفرم المستخدمة.

ب - توفير الأمان الكافى لجميع عناصر المنشأ الخرسانى أثناء التجهيز ورص أسياخ التسليح والصب وأثناء مرحلة التصلد وحتى موعد إزالة الشدات.

جـ- فى حالة وجود فتحات بالأسقف والكمرات والحوائط لزوم مجارى تكييف الهواء أو المواسير أو خلافه فيعمل حساب لهذه الفتحات فى الشدات قبل رص صلب التسليح وصب الخرسانة.

د - اتباع تعليمات وتوفير وسائل الأمن الصناعى لجميع العاملين والمشرفين أثناء التنفيذ مع توافر إمكانية التفتيش والمراقبة بيسر وأمان.

٩-٤-١ تصميم وإعداد وتركيب الشدات والفرم

يجب تصميم وإعداد الشدات والفرم بجميع أنواعها بحيث تحقق الآتى :

٩-٤-١-١ تكون الشدات والركائز والأربطة متزنة للمحافظة على وضع العناصر الخرسانية فى مكانها الصحيح وكذلك بالقطاعات الصحيحة المصممة على أساسها.

٩-٤-١-٢ أن تكون الفرم متينة ومحكمة لمنع تسرب خليط الأسمنت والماء (اللبانى) من الخرسانة خلال مراحل العمل المختلفة .

٩-٤-١-٣ فى حالة تعرض الفرم الخشبية للشمس والعوامل الجوية لفترة طويلة قبل صب الخرسانة عليها فيلزم التأكد من عدم حدوث أى التواءات أو تغيير فى أبعادها.

٩-٤-١-٤ تربيط الركائز وخاصة القوائم بحيث لا تؤثر عليها الصدمات الأفقية الناتجة عن حركة العمال أو المعدات الصغيرة أو قوة الدفع الناتجة عن ضخ الخرسانة وكذلك ضغط الرياح والاهتزازات الناتجة عن المعدات المستخدمة فى العمل.

٩-٤-١-٥ ترتكز القوائم على أرضية ثابتة تتناسب مقاومتها مع الحمل الواقع عليها.

٩-٤-١-٦ فى حالة استعمال الشدات أو الفرم ذات الطابع الخاص يجب أن تنفذ حسب الرسومات التصميمية والاشتراطات الخاصة بهذا النوع من الشدات ويتم التفتيش عليها قبل البدء فى رص صلب التسليح.

٩-٤-١-٧ تحديب فرم بطنيات الكمرات والبلاطات طبقا للبيانات الواردة بمستندات المشروع . وفى حالة عدم توافر هذه البيانات تُحدب الفرم للبحور التى تصل أو تزيد على ثمانية أمتار بقيمة من (١/٣٠٠) إلى (١/٥٠٠) من طول البحر . وفى حالة الكوابيل التى يزيد بروزها على متر ونصف يكون التحديب في حدود (١/١٥٠) من طول الكابولى.

٩-٤-١-٨ يجب ألا يتعدى التفاوت فى مقاسات الفرم من الداخل - أى مقاسات قطاعات الخرسانة - القيم الواردة بالبند (٩-٨-٣).

٩-٤-١-٩ يجب أن تنظف الفرم من الداخل - أى الأسطح الملاصقة للخرسانة - بعناية قبل رص أسياخ التسليح وقبل صب الخرسانة مباشرة وذلك بإزالة الأتربة والفضلات ويتم التنظيف باستخدام الماء أو الهواء المضغوط . وفى حالة الأعمدة والحوائط والكمرات العميقة يتم عمل فتحات بالفرم عند أقل منسوب بهذه العناصر حتى يسهل نظافتها ويتم إغلاقها بعد إتمام عملية التنظيف وقبل صب الخرسانة مباشرة.

٩-٤-١-١٠ فى حالة الفرم الخشبية ترش الأسطح الملاصقة للخرسانة قبل الصب بالمياه لمنع امتصاص الأخشاب لماء الخلط.

٩-٤-١-١١ يفضل دهان أو رش سطح الفرم الملاصقة للخرسانة بمواد خاصه تمنع التصاق الخرسانة بالفرم وذلك قبل رص صلب التسليح لسهولة فك الفرم والمحافظة على السطح الخرسانى من الالتصاق بها.

٩-٤-١-١٢ يجب إعداد مسارات للعمال بحيث لا تؤثر حركتهم على أبعاد وأشكال صلب التسليح.

٩-٤-٢ فك الشدات والفرم

تؤثر درجة الحرارة وطول البحر ونوع الأسمنت المستخدم ورتبة الخرسانة وأسلوب المعالجة والحمل الذى سيتعرض له المنشأ بعد الفك على تحديد المدة الواجب انقضاؤها بين صب الخرسانة وفك الشدات والفرم؛ وعلى ذلك يجب التأكد قبل الفك من أن مقاومة الخرسانة قد وصلت إلى القدر الذى يحقق الأمان الكافى بعد الفك وبشرط ألا ينتج عن الفك حدوث عدم اتزان

للمنشأ أو ترخيم أو شروخ غير مسموح بها. وإذا لم تتوافر نتائج كسر المكعبات قبل الفك وإذا لم تقدم حسابات إنشائية خاصة عن قيم الترخيم والشروخ كما سبق الإشارة إليه يكون فك الشدات بعد انقضاء فترة لا تقل عن حد أدنى بعد الصب طبقاً للقواعد التالية :

١ - فى حالة استعمال الأسمنت البورتلاندى العادى

- لا يجوز فك فرم الجوانب والتى تعمل كمجرد غلاف للخرسانة قبل مرور ٤٨ ساعة من الصب للكمرات والأعمدة والحوائط ؛ وفى الحالات الخاصة كالشدات النفقية والمنزلقة يتم الرجوع إلى المهندس المصمم.
- لا يجوز فك الفرم والشدات الحاملة للكمرات والبلاطات إلا بعد انتظار مدة تساوى بالأيام ضعف البحر بالأمتار مضافاً إلى ذلك يومان، ويعتبر البحر عند حساب زمن الفك للبلاطات هو الطول الأصغر للبلاطة وبحيث لا تقل المدة عن أسبوع.
- فى حالة الكوابيل تعتبر المدة اللازم انقضاؤها قبل فك الشدة بالأيام مساوية لأربع مرات بروز الكابولى بالأمتار مضافاً إلى ذلك يومان، وبحيث لا تقل المدة عن أسبوع للكابولى الذى يقل بروزه عن ١,٥٠ متراً.

٢ - فى حالة استعمال الأسمنت البورتلاندى سريع التصلد

- يمكن فك الشدات والفرم الحاملة للكمرات والبلاطات وذلك فى مدة مساوية لنصف المدة المستخدمة فى حالة استخدام أسمنت بورتلاندى عادى بحيث لا تقل عن ٣ أيام وعلى أن تتحمل الخرسانة عند الفك بأمان الاجهادات الناتجة عن الأحمال الفعلية المؤثرة، ويُفضل عمل اختبارات على مقاومة الضغط لمكعبات الخرسانة المستخدمة قبل فك الشدات للتأكد من وصول الخرسانة إلى المقاومة المطلوبة.
- فى الحالات التى تنخفض فيها درجات الحرارة عن ١٥ درجة مئوية وخاصة عند استعمال الأسمنت البورتلاندى سريع التصلد يجب الحذر وتأجيل فك الفرم والشدات مدة مناسبة بالإضافة للمدد المشار إليها عاليه.

٩-٤-٣ احتياطات خاصة لفك الشدات والفرم

٩-٤-٣-١ عندما تكون الفرم والركائز حاملة لأحمال إضافية كما فى حالة الطابق الذى يحمل وزن الطابق التالى حديث الصب - لا يجوز فك القوائم قبل انقضاء ثمانية وعشرين يوماً مع اتخاذ كافة الاحتياطات التى تضمن ارتكاز القوائم على أرضية تتحمل الأثقال عليها بأمان وبعد التأكد من أن مقاومة الخرسانة قد أوفت باشتراطات المشروع ؛ ويمكن تخفيض المدة الزمنية المذكورة في حالة ثبوت توافر أمان

إنشائى كاف لجميع العناصر الإنشائيه الحاملة للفرم بعد موافقة المهندس المصمم للمشروع.

فى الحالات الخاصة مثل الكمرات المقلوبة والأسقف المعلقة بواسطة أعمدة شد تبدأ المدة المحسوبة لفك الشدات من تاريخ صب الكمرة المقلوبة أو السقف الحامل للسقف المعلق .

٩-٤-٣-٢ يراعى عند فك الشدات في جميع الحالات اتزان المنشأ وعدم حدوث أى إجهادات مخالفة في عناصره.

٩-٤-٤ فك الشدات النفقية ونصف النفقية

فى الشدات النفقية أو نصف النفقية يلزم عمل تجارب مقاومة الضغط قبل فك الشدات والتحقق من استيفاء الشروط الواردة بالبند (٩-٤-٢).

٩-٤-٥ التكسير فى الخرسانة بعد فك الفرم

لا يجوز إطلاقاً التكسير أو عمل فجوات فى الأعمدة أو فتحات فى الكمرات والبلاطات بعد صبها أو تقطيع صلب التسليح لأى سبب من الأسباب إلا بعد الرجوع إلى المهندس المصمم.

٩-٥ إنتاج وتصنيع ومعالجة الخرسانة

٩-٥-١ التجهيز والإعداد للصب

٩-٥-١-١ يلزم ان تكون جميع معدات الخلط والنقل نظيفة ويجب معايرة أجهزة القياس قبل البدء فى العمل وتكرار ذلك على فترات يحددها المهندس المشرف كل شهرين وبعد كل إصلاح أو طبقاً لخطة الجودة الخاصة بالمشروع .

٩-٥-١-٢ يلزم رش أسطح الفرم الخشبيه بالمياه قبل الصب ، كما يراعى أيضا رش البلوكات المفرغه جيداً بالمياه قبل الصب ، وفى حالة صب الخرسانة مباشرة على طبقة الأساس ترش التربة جيداً بالماء بعد الدمك مع مراعاة عدم حدوث تراكم للماء.

٩-٥-١-٣ قبل صب خرسانة جديدة على خرسانة قديمة يجب إزالة أجزاء الخرسانة المفككة القديمة والمواد العالقة بها ثم معالجة سطحها لضمان التماسك بين الخرسانة القديمة والجديدة.

٩-٥-١-٤ يجب أن تكون أسياخ صلب التسليح نظيفة من المواد الضارة العالقة أو اللاصقة بها وخالية من أية قشور نتيجة الصدأ، كما يراعى ما يلى:

- ترص أسياخ صلب التسليح على تخانات من البلاستيك أو القطع الأسمنتية أو ما شابه ذلك لحفظ الغطاء الخرسانى أثناء الصب.
- لا يسمح بتكسيح صلب تسليح البلاطات أثناء الصب.
- يمنع تماماً السير على أسياخ صلب التسليح بعد تشكيله وتثبيته.

٩-٥-١-٥ يجب نزح المياه قبل بدء عملية صب الخرسانة مع مراعاة الأسلوب والتصميم الهندسى المناسبين فى حالة وجود مبان مجاورة أو أية أساسات ملاصقة ، وإذا دعت الضرورة إلى الصب تحت منسوب المياه فيستخدم قادوس الصب تحت الماء، بعد أخذ موافقة المهندس الاستشاري ومراعاة ما جاء بالبند (٩-٥-٣-٦).

٩-٥-١-٦ يجب تجهيز معدات الصب والدمك والتشطيب والمعدات الاحتياطية لها وترتيب العمالة المتخصصة للصب وتسوية السطح والدمك وتشطيب الخرسانة بأعداد تتناسب ومعدلات الصب منعاً لحدوث فواصل صب فى غير الأماكن المحددة مسبقاً.

٩-٥-٢ خلط مكونات الخرسانة

٩-٥-٢-١ يجب خلط المكونات ميكانيكياً فى خلاطات ذات سعة تتناسب مع معدلات الصب حتى يصبح توزيع مكوناتها متجانساً ، كما يجب تفريغ الخلاط تماماً قبل إعادة ملئه ويتم تفريغ ونقل الخلطة من الحلة إلى مكان صبها بواسطة السير الناقل أو بالونش الرافع أو المزراب أو مضخة الخرسانة، كما يجوز تفريغها على طبلية صماء لحين نقلها يدوياً – مع مراعاة عدم تفريغ خلطة جديدة على الطبلية قبل تمام نقل الخلطة السابقة .

٩-٥-٢-٢ يجوز خلط الخرسانة يدوياً إذا دعت الضرورة القصوى لذلك وبعد موافقة المهندس الاستشارى للمشروع . وفى هذه الحالة يتم الخلط بتقليب المواد تقليباً جيداً بالنسب المطلوبة على طبلية مستوية صماء ويلزم خلط الأسمنت مع الركام وهو جاف ويُقلب على ثلاث دفعات على الأقل ثم يضاف الماء تدريجياً بالقدر المطلوب للخلطة ويستمر التقليب والخلط حتى تتجانس الخلطة لوناً وقواماً بحيث تحقق الاشتراطات التصميمية.

٩-٥-٢-٣ فى حالة استخدام الخرسانات سابقة الخلط وذاتية الدمك وخرسانة الأجواء الحارة يلزم الرجوع إلى المواصفات الفنية الخاصة بها واعتمادها من استشاري المشروع قبل السماح باستخدامها.

٩-٥-٢-٤ يجب تدوين المعلومات التالية بكراسة الموقع :

- رتبة الخرسانة ونوعية ونسب مكونات الخلطة.
- عدد الخلطات وحجمها التى استخدمت فى صب أجزاء المنشأ.
- أماكن صب الخرسانة.
- زمن وتاريخ الخلط.
- إجراءات ضبط الجودة.

٩-٥-٣ صب الخرسانة

يراعى عند صب الخرسانة ألا تتسبب في عدم اتزان الشدة ، كما يجب اتخاذ الاحتياطات الآتية :

٩-٥-٣-١ يلزم صب الخرسانة بعد تمام خلطها مع مراعاة تجنب انفصال مكوناتها على ألا تزيد المدة ما بين إضافة ماء الخلط وصب الخرسانة على ٣٠ دقيقة فى الجو العادى الذى لا تتعدى درجة حرارته ٣٠ درجة مئوية في الظل و ٢٠ دقيقة فى الجو الحار ؛ أما إذا استلزم الأمر زيادة الفترات السابقة فإنه يجوز استخدام الإضافات المناسبة عند الخلط والتى يوافق عليها المهندس الاستشاري للمشروع وبالنسب التى يتفق عليها على أن يتم التحقق من ذلك بعمل التجارب الكافية قبل بدء الصب.

٩-٥-٣-٢ يلزم عدم استخدام الخرسانة التى شكت أو تصلدت جزئياً أو لوثت بمواد غريبة.

٩-٥-٣-٣ يلزم مراعاة تحديد أماكن وصلات الإنشاء (أماكن إيقاف الصب) مسبقاً قبل بدء الصب على أن يستمر الصب بانتظام حتى الانتهاء من صب الجزء المتفق عليه مع مراعاة ما بالبند (٩-٥-٦).

٩-٥-٣-٤ فى حالة صب خرسانة بسمك كبير يراعى أن تصب على طبقات يتراوح سمكها بين (٣٠٠-٥٠٠ مم) مع استعمال الهزاز الميكانيكي حتى يمكن دمك الخرسانة أولاً بأول. ويراعى ألا يمضى أكثر من ٣٠ دقيقة فى الجو العادى أو ٢٠ دقيقة فى الجو الحار بين تعاقب الطبقات بحيث لا تكون الطبقة السفلى قد بدأت فى التصلد عند بدء صب الطبقة التالية ويجوز تجاوز هذه المدة إذا توافر تسليح كاف لربط طبقات

الصب المتتالية أو استخدام الإضافات المخفضة للحرارة لتقليل الحرارة الناتجة عن عملية الإماهة ، كما يراعى أن يكون محتوى الماء أقل ما يمكن مع مراعاة اتباع جميع الاشتراطات الواردة فى البند (٤-٢-٢-٤) والبند (٩-٥-١-٤).

٩-٥-٣-٥ الأعمدة التى يتجاوز ارتفاعها ٣,٠ متراً لا يجوز صبها بكامل ارتفاعها ويجب تقسيم أحد جوانب القالب إلى أجزاء لا يتجاوز ارتفاعها ٣,٠ متراً يتم تقفيلها أولاً بأول حتى يمكن الصب تباعاً مع ضرورة دمك الخرسانة باستخدام الهزاز الميكانيكي.

٩-٥-٣-٦ إذا دعت الضرورة صب خرسانة تحت الماء وبدون عملية نزح المياه فيراعى أن تكون الخلطة الخرسانية غنية بالأسمنت ولها درجة تشغيل عالية ويكون محتوى الماء أقل ما يمكن وتُصب من خلال ماسورة قطرها فى حدود ٢٠٠ مم تصل إلى القاع المطلوب صب الخرسانة عليه على أن تُرفع الماسورة أثناء الصب بمعدل لا يسمح بخروج الماسورة من الخلطة حتى لا تتسرب المياه بداخلها.

٩-٥-٣-٧ إذا زادت درجة حرارة الجو على ٣٥ درجة مئوية في الظل أثناء خلط وصب الخرسانة يجب الرجوع للمواصفة الفنية الخاصة بصب الخرسانة فى الأجواء الحارة مع مراعاة الاحتياطات التالية :

- تظليل تشوينات الركام (الكبير والصغير) كما يمكن في حالة الركام الكبير تبريده باستخدام رشاشات مياه.
- إذا كان الأسمنت سائباً في صوامع فإنه يجب دهانها من الخارج بمادة عاكسة لأشعة الشمس أما إذا كان في شكائر فترص الشكائر تحت سقيفة مهواة.
- تبريد الماء قبل استعماله في خلط الخرسانة.
- دهان الخلاطات من الخارج بمواد عاكسة لأشعة الشمس و/ أو تغطية الحلة بطبقة أو أكثر من الخيش مع رشها بالمياه .
- رش الفرم بالمياه قبل الصب وفى حالة إنتاج عناصر خرسانية سابقة التجهيز تصب في مساحات مظللة.

٩-٥-٤ دمك الخرسانة

تتم عملية الدمك والهز أثناء صب الخلطة الخرسانية بطريقة تضمن انسياب الخلطة حول حديد التسليح ، وتستمر عملية الدمك حتى انتهاء الصب.

ويجب استخدام وسائل الدمك الميكانيكى بواسطة الهزازات الغاطسة داخل الخلطة أو الهزازات التى تثبت على سطح الفرم والشدات ، ويجوز السماح لظروف خاصة استخدام الدمك اليدوى- بعد موافقة المهندس الاستشاري - وتتم عملية الدمك الميكانيكى بواسطة شخص متخصص مدرب بحيث يتوقف عن الدمك بعد الانتهاء من ظهور فقاقيع الهواء. ويراعى أثناء الهز إبعاد الهزاز الغاطس عن حديد التسليح. ويراعى ألا يتسبب الصب والدمك بأى حال من الأحوال في إحداث قلقلة في كتلة الخرسانة السابق صبها أو زحزحة أسياخ التسليح أو إحداث تغيير في مقاسات الفرم.

٩-٥-٥ معالجة الخرسانة ووقايتها

٩-٥-٥-١ يلزم معالجة الخرسانة بحيث تكون في حالة رطبة تماماً ابتداء من وقت تصلد السطح لمدة لا تقل عن سبعة أيام في حالة استعمال الأسمنت البورتلاندى العادى ولا تقل عن أربعة أيام في حالة استعمال الأسمنت البورتلاندى سريع التصلد أو في حالة استعمال إضافات معجلة ويتم ذلك برشها جيداً بالمياه الخالية من الأملاح أو المواد الضارة أو تغطية السطح بخيش أو رمل أو قش أو حصير أو بأى تغطية مناسبة مع حفظها فى حالة رطبة بالرش المستمر. وفى حالة عدم اتباع المعالجة الرطبة يسمح باستخدام مركبات معالجة معتمدة ترش بصورة متجانسة لضمان تغطية الخرسانة بكامل مسطحها لحمايتها من فقد ماء الخلط ، كما يمكن استخدام المعالجة بالبخار أو غيرها. ويراعى بعد ذلك استمرار المعالجة بالترطيب بما يكفل الوصول للمقاومة المطلوبة للخرسانة طبقاً لمواصفات المشروع.

٩-٥-٥-٢ تستخدم المعالجة بالبخار للعناصر الخرسانية سابقة الصب بعد مرور ساعتين من زمن الصب وذلك برفع درجة حرارة العنصر الخرسانى إلى ٦٠ درجة مئوية خلال فترة زمنية قدرها ٤ ساعات وقد تمتد إلى ٦ ساعات طبقاً لسمك وعرض العنصر الخرسانى ثم يتم تخفيض درجة الحرارة إلى درجة حرارة الجو خلال ٣ ساعات ، ويراعى بعد ذلك استمرار المعالجة بالترطيب بما يكفل الوصول إلى المقاومة المطلوبة للخرسانة بعد ٢٨ يوماً .

٩-٥-٥-٣ يجب وقاية الخرسانة حديثة الصب من المطر والجفاف السريع الناتج من الجو الحار أو الجاف أو شدة العواصف وذلك بتغطيتها بأغطية مناسبة من وقت انتهاء صب الخرسانة إلى الوقت الذى يصبح فيه السطح صلداً بدرجة كافية بحيث يمكن معالجته بطرق المعالجة المختلفة.

٩-٥-٥-٤ يجب ألا تتعرض الخرسانة المسلحة أثناء معالجتها لمياه تحتوى على أملاح ضارة تزيد عن المسموح به طبقاً للبند (٢-٢-٣).

٩-٥-٥-٥ يجب ألا تتعرض الخرسانة لأية أحمال مثل ضغط الماء الجوفى أو ردم ترابى لاسيما المشبع بالماء إلا بعد أن تصل مقاومة الضغط للخرسانة إلى المقاومة المطلوبة طبقاً لمواصفات المشروع.

٩-٥-٥-٦ في حالة تعرض الخرسانات التى لم يمض على صبها أكثر من ٧ أيام لأحمال ناتجة عن الكوارث الطبيعية مثل الزلازل والسيول يجب التأكد من سلامة تجانس الخرسانة والوصلات الإنشائية وعدم وجود شروخ.

٩-٥-٦ فواصل الصب

يراعى عند عمل فواصل الصب الشروط والاحتياطات التالية :

٩-٥-٦-١ يجب أن يكون الفاصل متعامداً مع القوى الداخلية المؤثرة.

٩-٥-٦-٢ أن تكون الفواصل في الكمرات والبلاطات عند نقط انقلاب عزوم الانحناء أو عند مواقع القيم الدنيا لقوى القص المجاورة للركائز ؛ وإذا لزم ذلك يفضل أن يكون موضع الفاصل عند نهاية ثلث البحث المجاور للركائز .

٩-٥-٦-٣ يقوم المهندس المنفذ بتحديد فواصل الصب مسبقاً على اللوحات التنفيذية مع مراعاة إيضاح أسياخ التسليح اللازمة لنقل قوى القص والشد الرئيسية عند الفواصل طبقاً لما جاء بالبند (٤-٢-٢-٤) على أن يتم اعتمادها من المهندس المصمم قبل التنفيذ.

٩-٥-٦-٤ يجب ألا تقل المسافة بين موضع الفاصل فى الكمرات الرئيسية وارتكاز الكمرات الثانوية عن ضعف عرض الكمرة الثانوية.

٩-٥-٦-٥ تنفذ الفواصل بين الكمرات العميقة أو المقلوبة والبلاطات المتصلة بها عند مواقع هذا الاتصال ، مع مراعاة صب الحدود الطرفية المائلة للبلاطات (المشاطيف – Haunches) أو أسفل منسوب السقوط حول الأعمدة (Drop panels) إن وجدت مع البلاطات.

٩-٥-٦-٦ عند استئناف صب الفواصل بعد تصلد الخرسانة يخشن سطح الخرسانة جيداً لإظهار الركام الكبير، ثم ينظف السطح حتى تزال البقايا والمواد السائبة بواسطة الهواء المضغوط ويغسل بالماء ثم ترش طبقة من خليط الأسمنت والماء (اللبانى) أو أى مواد أخرى معتمدة لتأكيد التماسك بين كل من الخرسانة القديمة والجديدة ،

مع تحقيق الاشتراطات الخاصة بمنع نفاذية المياه فى حالة طلبها بواسطة المهندس المصمم .

٩-٥-٧ فواصل الانكماش

٩-٥-٧-١ فى حالة صب مسطحات واسعة من بلاطات خرسانية غير مسلحة والتى تتطلب عمل فواصل انكماش بها لتفادى حدوث تشققات بها مثل أرضيات المطارات والمصانع والجراجات وغيرها، تُقسم هذه المسطحات إلى شرائح طوليه لا يتجاوز عرضها ٣٠ مرة سمك البلاطة وبحد أقصى ٥ أمتار ولا يتجاوز أطول بعد فيها ٢٥ متراً على أن يتم صب الشرائح الفردية أو الزوجية ثم يستكمل تبادلياً صب باقى الشرائح، مع تنفيذ فواصل صب رأسية بين تلك الشرائح الطولية وبعرض ٢٠مم على الأقل على أن تُملأ بعد الصب بالماستيك أو أى مادة مماثلة طبقاً لتعليمات المهندس المصمم ويلزم عمل الاحتياطات الكفيلة بمنع الهبوط النسبى بين الشرائح.

٩-٥-٧-٢ تقسم الشرائح الطولية بفواصل انكماش ثانوية على مسافات لا تزيد على مرة وربع عرض الشريحة مع عمل فواصل بعرض لا يقل عن ٢٠ مم وبعمق لا يقل عن ثلث سمك البلاطة وتملأ بالماستيك أو ما يماثلها وبحيث يتم تنفيذ تلك الفواصل بمنشار ميكانيكى بعد زمن الشك النهائى وبما لا يتجاوز ثلاثة أيام من تاريخ الصب.

٩-٥-٧-٣ يجوز صب كامل المسطحات والأرضيات الكبيرة دفعة واحدة بشرط تنفيذ فواصل بعد الصب فى الاتجاهين طبقاً للوارد بالبند (٩-٥-٧-٢) .

٩-٥-٧-٤ يمكن زيادة المسافات بين فواصل الانكماش فى حالة استخدام شبكة من التسليح العلوى فى البلاطة الخرسانية لمقاومة الإجهادات الناشئة عن انكماش الخرسانة.

٩-٥-٨ فواصل التمدد

تكون المسافة القصوى بين فواصل التمدد للمنشآت العادية كما يلى :

- من ٤٠ إلى ٤٥ متراً في المناطق المعتدلة.
- من ٣٠ إلى ٣٥ متراً في المناطق الحارة.

ويمكن أن يُسمح بزيادة هذه المسافات بشرط الأخذ في الاعتبار عند التصميم فروق درجات الحرارة وتأثير عوامل التمدد والانكماش والزحف.

وفى حالة أعمال الخرسانة الكتلية كالحوائط الساندة والإطارات يجب أن تكون الفواصل على مسافات أقل مع أخذ الاحتياطات الكافية لعدم تسرب المياه من هذه الفواصل.

٩-٥-٩ الفواصل الزلزالية

يراعى عند اختيار الفواصل الزلزالية استيفاء متطلبات الانتظام الأفقى والرأسي للمنشأ وأماكن الفواصل والإزاحات النسبية بين أدوار المنشأ وحساب اتساع الفاصل الزلزالى بين أجزاء المنشأ الواحد والمنشآت المتجاورة وذلك وفقاً لما هو وارد بمتطلبات الكود المصرى لحساب الأحمال والقوى (كود ٢٠١ وتعديلاته).

٩-٦ تشكيل صلب التسليح

٩-٦-١ يُشكل صلب التسليح بجميع أنواعه على البارد طبقاً لنماذج تفريد الأسياخ.

٩-٦-٢ في حالة تعرض صلب التسليح لصدأ أو توريده للموقع بقشور الصناعة يجوز استعماله إذا أمكن إزالة طبقة الصدأ السطحية أو قشور الصناعة باستخدام فرش السلك أو السفع بالرمال بشرط التأكد من عدم تجاوز نقص وزن الأسياخ بعد تنظيفها عن ٢% ونقص قطر السيخ عن :

٠,٢. مم للأسياخ حتى قطر ١٠ مم.

٠,٣. مم للأسياخ أكبر من ١٠مم وحتى ٢٠ مم.

٠,٥. مم للأسياخ ذات قطر أكبر من ٢٠ مم.

٩-٦-٣ يرص صلب التسليح بعناية في أماكنه طبقاً للرسومات الإنشائية التنفيذية مع التثبيت الجيد بحيث لا يُسمح بزحزحته أثناء الصب والدمك، كما يراعى ترك مسافات بين أسياخ التسليح وبين الفرم تُملأ بالخرسانة أثناء الصب ولا يُسمح بظهور صلب التسليح على سطح الخرسانة حتى لا يتعرض للعوامل الجوية المساعدة على تكوين الصدأ.

٩-٦-٤ يراجع صلب التسليح بعد رصه في أماكنه طبقاً للرسومات الإنشائية بمعرفة المهندس المشرف ويتم تنفيذ جميع الملاحظات قبل السماح بصب الخرسانة.

٩-٦-٥ يُسمح في حالة وجود نسبة عالية من صلب التسليح بالقطاعات الخرسانية باستخدام حزم على النحو الوارد في البندين (٤-٢-٥)، (٧-٣-٤).

٩-٧ الحد الأدنى للغطاء الخرسانى لصلب التسليح

٩-٧-١ يلزم مراعاة ألا يقل سمك الغطاء الخرسانى لصلب التسليح عن القيم المعطاة في بند (٤-٣-٢-٣-ب).

٩-٧-٢ فى حالة خرسانة المنشآت التى قد تتعرض للحريق يلزم مراعاة ألا تقل أبعاد الغطاء الخرسانى عن القيم الواردة بالجدولين (٢-١٤-أ ، ٢-١٤-ب).

٩-٨ التفاوتات المسموح بها فى أعمال الخرسانة

يحدد هذا الجزء التفاوتات المسموح بها فى أعمال الخرسانة بعد اعتماد مكوناتها معمليا ومعايرة أجهزة القياس بمعدلات الخلط وتجهيز الخرسانة. ويجوز فى بعض الحالات للمنشآت الخاصة أن يحدد التصميم تفاوتات أكثر صرامة عن الواردة بهذا الجزء.

٩-٨-١ التفاوتات المسموح بها فى قياس كميات المواد المستعملة فى الخلط

فى حالة استعمال الشكائر يكون التفاوت السالب المسموح به فى وزن الشيكارة الواحدة من الأسمنت هو ١ % من الوزن المكتوب على الشيكارة. وإذا كان الوزن المتوسط للشكاير فى أى حمولة واردة للموقع (محسوباً عن طريق وزن ٥٠ شيكارة يتم اختيارها عشوائياً من الحمولة) أقل من الوزن المكتوب على الشيكارة يجوز رفض الحمولة بالكامل أو تعويض فروق الوزن فى حالة استعمال الحمولة فى التشغيل. ويوضح الجدول (٩-١) التفاوتات المسموح بها فى أوزان المواد المستعملة فى كل خلطة .

جدول (٩-١) التفاوتات المسموح بها فى مواد الخلط

المكونات	التفاوت المسموح به
الركام	± ٣ %
الماء المضاف(١)	± ١%
الأسمنت	± ١%
الإضافات	التفاوت غير مرغوب فيه

(١) التفاوت الموضح بالجدول هو الماء المضاف للخلطة ويشمل ذلك أى رطوبة موجودة بالركام.

٩-٨-٢ التفاوتات فى الهبوط باختبار مخروط قياس قوام الخرسانة

١ - تُحدد التفاوتات المسموح بها فى اختبار الهبوط للعينات المأخوذة من الخلطة قبل الصب مباشرة.

٢ - بالنسبة لقوام الخرسانة يتم الرجوع إلى الاشتراطات الخاصة بالمشروع وأقصى تفاوت مسموح يكون كما هو وارد بجدول (٨-٤-ب) بشرط الحصول على المقاومة المميزة المطلوبة وموافقة المهندس الاستشاري للمشروع على ذلك.

٩-٨-٣ التفاوتات المسموح بها فى الأبعاد

تُعتبر التفاوتات المذكورة فى هذا البند مرجعاً للأخذ بها فى حالة عدم تحديد تفاوتات خاصة فى شروط أو رسومات التعاقد، وهذه التفاوتات تقديرية ويراعى الحرص عند الأخذ بها كمدى للصلاحية والقبول وليست كحد للرفض.

ولا يُسمح باستخدام هذه التفاوتات للخروج على حدود الملكية وتجاوز أبعاد الأرض أو زيادات فى البروزات والارتفاعات المصرح بها طبقاً للقوانين واللوائح المنظمة لأعمال البناء.

١ - التفاوتات القصوى فى الأبعاد الأفقية (محاور الأعمدة والكمرات والحوائط)

فى أى باكية أو لكل ٦,٠ متر فى أى اتجاه	± ٥ مم
البعد الكلى للمنشأ	± ٢٥ مم

٢ - التفاوتات فى الاستقامة الرأسية (Plumb)

أ - أسطح الأعمدة والحوائط وخط تقاطع الأسطح مع بعضها

لكل ٦,٠ متر ارتفاع	٥ مم
بكامل ارتفاع المنشأ (بحد أقصى ٣٠ مترا)	٢٥ مم

ب - أسطح أعمدة الأركان وفواصل التمدد الرأسية

لكل ٦,٠ متر ارتفاع	٥ مم
بكامل ارتفاع المنشأ (بحد أقصى ٣٠ مترا)	١٥ مم

جـ - الحوائط والأعمدة المنفذة باستخدام الشدات المنزلقة

لكل ١,٥ متر ارتفاع	٣ مم
لكل ١٥,٠ متر ارتفاع	٢٥ مم
بحد أقصى لكامل ارتفاع المنشأ (١٨٠ مترا)	٧٥ مم

هذا وبالنسبة للمبانى التى يزيد ارتفاعها على الحد الأقصى المذكور عاليه يتم تحديد التفاوتات المسموح بها بمعرفة المهندس المصمم.

٣ – التفاوتات المسموح بها فى المناسيب (Levels)

التفاوتات الموضحة بهذا البند محددة بالمقارنة مع البيانات المذكورة بمستندات العقد وقبل فك الشدات.

أ – قاع الكمرات والبلاطات

لكل ٣,٠ متر مسافة أفقية	± ٥ مم
لكل باكية أو لكل ٦,٠ متر مسافة أفقية	± ١٠ مم
بكامل طول أو عرض المنشأ	± ٢٠ مم

ب – الأعتاب والجلسات والدراوى والكرانيش المعمارية بالواجهات

لكل باكية أو ٦,٠ متر مسافة أفقية	± ٥ مم
بكامل طول أو عرض المنشأ	± ١٥ مم

جـ – النقاط التى تحدد بها مناسيب البلاطات أو الكمرات المائلة

لكل باكية طولها ٦,٠ متر	± ١٠ مم
بكامل طول أو عرض المنشأ	± ٢٠ مم

٤ – أماكن ومقاسات مسامير الربط والفتحات

بالنسبة لأماكن محاور الفتحات	± ١٥ مم
بالنسبة لمقاسات الفتحات	± ٥ مم

٥ – مقاسات الأعمدة والكمرات والميدات وسمك البلاطات والحوائط

للمقاسات حتى ٤٠٠ مم	+ ١٠ مم أو – ٥ مم
للمقاسات أكبر من ٤٠٠ مم	+ ١٥ مم أو – ١٠ مم

٦ – القواعد المسلحة

المقاسات الأفقية للقواعد	+٥٠ مم أو –١٥ مم
الأبعاد بين المحاور	±٥٠ مم
سمك القواعد	بدون حد أقصى أو –٢%
منسوب ظهر القواعد	± ١٥مم أو –٥ مم

٧ – السلالم

بالنسبة للدرجة الواحدة

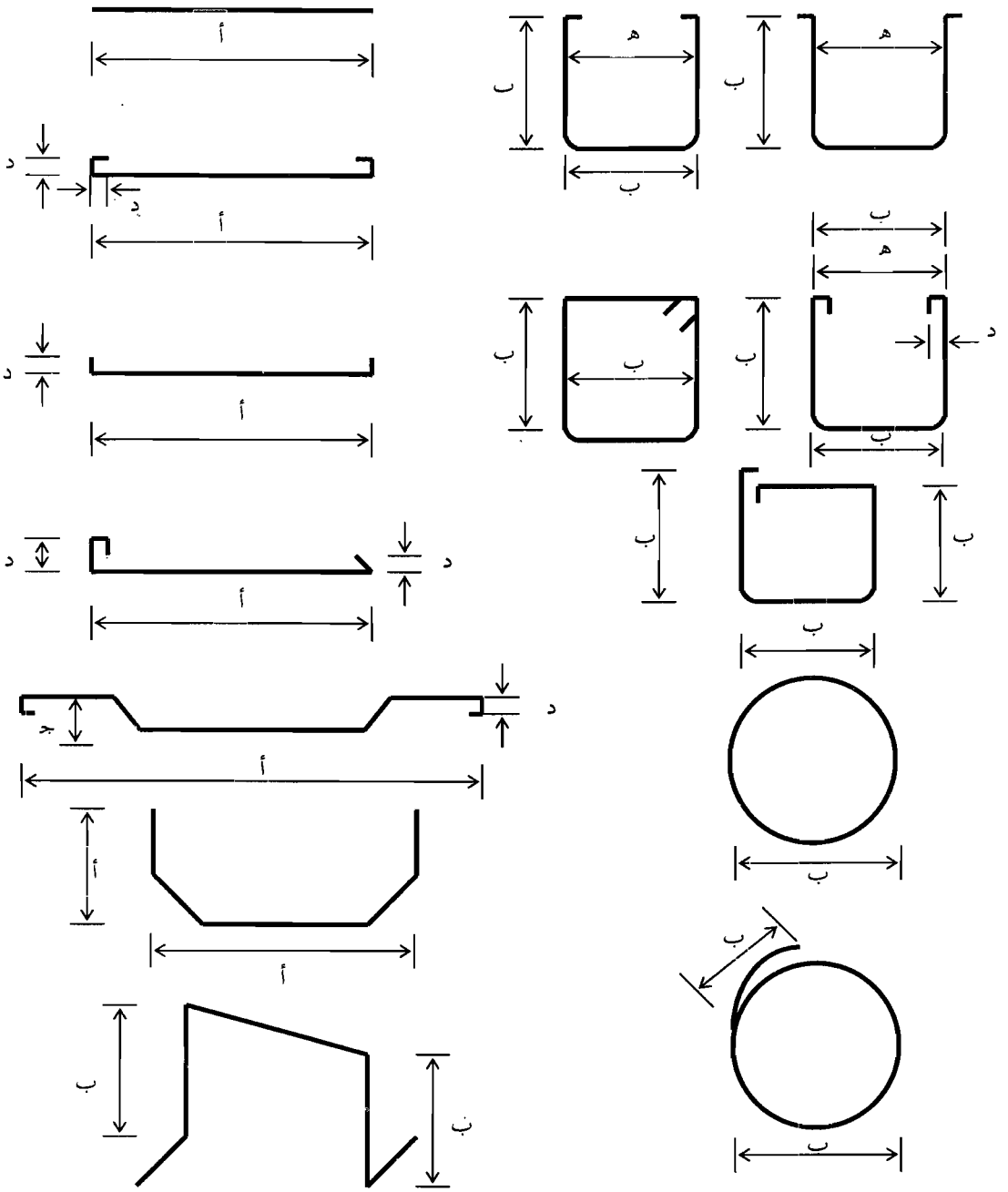
الارتفاع	± ٣ مم
المسافة الأفقية	± ٦ مم

بالنسبة للقلبة الواحدة أو مجموع قلبات الدور الواحد

الارتفاع	± ٥ مم
المسافة الأفقية	± ١٠ مم

٩-٨-٤ التفاوتات المسموح بها فى أبعاد صلب التسليح العادى وعالى المقاومة

١ – التفاوتات المسموح بها فى تشكيل صلب التسليح شكل (٩-١) موضحة فى جدول (٩-٢) للأسياخ أقطار ٨ مم إلى ٣٢ مم.



شكل (٩-١) أبعاد تشكيل أسياخ التسليح

جدول (٩-٢) التفاوتات المسموح بها فى صلب التسليح

البعد	للقطاعات بسمك لا يزيد على ٢٥٠مم	للقطاعات بسمك أكبر من ٢٥٠مم
أ	± ١٥ مم	± ٢٥ مم
ب	± ١٠ مم	± ١٥ مم
جـ	± ٨ مم	± ١٢ مم
د	± ٨ مم	± ١٢ مم
هـ	هذا المقاس يجوز التفاوت فيه فى حدود المسموح به للمقاس المقابل له مع السماح بتفاوت إضافي ± ١٠ مم	

٢ – التفاوت المسموح به فى ترتيب أسياخ صلب التسليح

أ – التفاوت المسموح به فى العمق d

العمق d هو المسافة بين سطح الانضغاط الخارجى ومركز صلب التسليح فى الشد.

العمق d أقل من ٢٥٠ مم ± ١٠ مم

العمق d أكبر من ٢٥٠ مم ± ١٥ مم

ب – التفاوت المسموح به فى تقليل الغطاء الخرسانى لصلب التسليح

العمق d أقل من ٢٥٠ مم – ٦ مم

العمق d أكبر من ٢٥٠ مم – ٨ مم

(على ألا تزيد هذه القيم عن ثلث الغطاء الخرسانى المحدد على الرسومات)

جـ – التفاوت المسموح به في تقليل المسافة بين الأسياخ فى الكمرات

لا يزيد التفاوت في المسافة بين الأسياخ في الكمرات علي – ٥ مم

د – التفاوت المسموح به فى المسافات بين الأسياخ

البلاطات والحوائط ± ٢٠ مم

الكانات ± ٢٠ مم

الشبك الملحوم ± ٥ مم

بحيث لا يقل عدد الأسياخ الإجمالى فى المتر عن الموضح بالرسومات التنفيذية.

هـ التفاوت المسموح به فى أماكن التكسيح والنهايات للأسياخ فى الاتجاه الطولى

بالكمرات والبلاطات المستمرة ± ٢٥ مم

نهايات الأسياخ بالكمرات والبلاطات بالأطراف الخارجية ± ١٥ مم

و – التفاوت المسموح به فى تقليل طول وصلات الأسياخ

لا يزيد التفاوت فى طول وصلات الأسياخ علي – ٢٥ مم

ز – التفاوت المسموح به فى تقليل طول أشاير الربط داخل الخرسانة

للأسياخ بقطر ١٠ إلى ٣٢ مم – ٢٥ مم

للأسياخ بقطر أكبر من ٣٢ مم – ٥٠ مم

٩-٨-٥ التفاوتات المسموح بها فى أبعاد العناصر سابقة الصب

٩-٨-٥-١ التفاوتات فى الأبعاد الأفقية (أطوال العناصر)

طول العنصر حتى ٣,٠٠م ± ٣ مم

طول العنصر من ٣,٠٠م حتى ٤,٥م	± ٥ مم
طول العنصر من ٤,٥م حتى ٦,٠٠م	± ٦ مم
طول العنصر كل ٦,٠٠م إضافية	± ٦ مم
طول العنصر أكثر من ١٨,٠٠ م	± ٢٠ مم

٩-٨-٥-٢ التفاوتات فى مقاسات قطاع العنصر

سمك العنصر حتى ١٥٠ مم	± ٣ مم
سمك العنصر من ١٥٠ مم حتى ٤٥٠مم	± ٥ مم
سمك العنصر من ٤٥٠ مم حتى ٩٠٠مم	± ٦ مم
سمك العنصر أكثر من ٩٠٠ مم	± ١٠ مم

٩-٨-٥-٣ التفاوتات المسموح بها فى الاستقامة على طول العنصر

طول العنصر حتى ٦,٠٠م	± ٣ مم
طول العنصر من ٦,٠٠م حتى ١٢,٠٠م	± ٦ مم
طول العنصر من ١٢,٠٠م حتى ١٨,٠٠م	± ١٠ مم
طول العنصر أكثر من ١٨,٠٠ م	± ١٢ مم

٩-٨-٥-٤ التفاوتات المسموح بها فى تحدب العنصر

طول العنصر حتى ٣,٠٠م	± ٣ مم
طول العنصر أكثر من ٦,٠٠ م	± ٦ مم

٩-٩ إدارة المشروعات

٩-٩-١ عام

تعتبر إدارة المشروعات والتى تعتمد على العلم والخبرات المكتسبة عنصراً أساسياً لنجاح المشروع وتحقيق الغرض الذى يقام من أجله المشروع ، وتزداد الحاجة إلى إدارة المشروعات كعنصر مستقل فى المشروعات التى تتعدد فيها المهام أو التخصصات اللازمة لتنفيذ المشروع.

ومن أهم وظائف إدارة المشروع أن يتم تحقيق أهداف المشروع وذلك بدراسته جيداً وتحديد أنسب الطرق لذلك بداية من أساليب طرح العطاء ونوع العقد المستخدم حتى تحديد طرق الإنشاء المستخدمة للوصول إلى الجودة المستهدفة ولتلائم الموقع والجدول الزمنى للمشروع والتكلفة المقدرة وتنسيق هذه المهام بحيث تتناسب مع التدفق النقدي الذى يتم تحديده مع مالك المشروع.

٩-٩-٢ مهام إدارة المشروع

تتلخص مهام إدارة المشروع فى مراحله المختلفة فيما يلى:

٩-٩-٢-١ مرحلة انتصميم وإعداد مستندات طرح العطاء

يقوم جهاز إدارة المشروعات فى هذه المرحلة بالتالى :

أ - مراجعة التصميمات المعمارية - الإنشائية - الكهروميكانيكية وغيرها (وذلك فى ضوء المشروع الابتدائى وتوصيات التصميم) وذلك من حيث اكتمالها وتناسقها مع بعضها البعض وصلاحيتها للتنفيذ ، ومتابعة استكمال وتحديث هذه التصميمات إذا تطلب الأمر ذلك.

ب - مراجعة قوائم الكميات ومواصفات الأعمال والتأكد من توافقها مع الرسومات.

جـ- إعداد الجدول الزمنى وجدول التدفقات النقدية طبقاً للكميات وأسلوب الإنشاء المقترح من المصمم وكذلك تحديد حزم (Packages) الأعمال التى سيتم طرحها وكذلك تحديد أنسب أنواع التعاقد طبقاً لهذا الاختبار (مقاول رئيسى أو عقد بنود أعمال أو عقد محدد القيمة .... الخ).

د - فى حالة المشروعات ذات الطبيعة الخاصة والتى يتطلب تنفيذها مقاولين ذوى كفاءات خاصة ، يقوم جهاز إدارة المشروعات بعمل سابقة تأهيل للمقاولين لتحديد قائمة مختصرة بالمقاولين الذين تتم دعوتهم للتقدم للعطاء .

هـ- إعداد كراسة تعليمات تقديم العطاء والتى تساعد المقاولين فى إعداد عطائهم بالشكل المقبول ولتسهيل مهمة لجان التقييم.

و - إعداد كراسات الشروط العامة والخاصة والتى توضح حقوق وواجبات طرفى العقد فى مرحلتى التنفيذ والاختبار والتسليم .

٩-٩-٢-٢ مرحلة طرح العطاء

يسهم جهاز إدارة المشروع في هذه المرحلة بالتالى :

أ - تحديد أسلوب طرح العطاء (مناقصة عامة - مناقصة محدودة).

ب - تحديد أسس وعناصر تقييم الشركات المقترحة للعطاء.

جـ- طرح العطاءات والرد على الاستفسارات.

د - أعمال تقييم العطاءات ومفاوضة المقاولين ذوى أفضل العطاءات للوصول إلى أنسبهم فنياً ومالياً.

٩-٩-٢-٣ مرحلة التنفيذ (طريقة العمل في إدارة المشروع)

يقوم جهاز إدارة المشروعات فى هذه المرحلة بالتالى :

أ - وضع نظام وأسس ونماذج توكيد الجودة (Quality Assurance) والتأكد من تطبيق هذا النظام ، لضمان السيطرة على الجدول الزمنى وضمان تدفق المعلومات والمستندات مع تجهيز النماذج وتحديد الإجراءات التى سيتم اتباعها عند إصدار التعليمات للمقاولين والموردين.

ب - مراجعة الهياكل التنظيمية للمقاولين المشاركين فى المشروع وأيضاً مراجعة صلاحيات ومسئوليات الأفراد المحوريين (Key Personnel) للأطراف المختلفة تفادياً للتضارب فى الصلاحيات أو غياب المسئولية أو عدم وضوحها .

جـ- إعداد الدورة المستندية وتحديد قنوات الاتصال.

د - مراجعة البرنامج الزمنى العام للتنفيذ المقدم من المقاول والذى يوضح الآتى :

١ - نوع النشاط ومدته وتاريخ البداية المبكرة والنهاية المبكرة وتاريخ البداية المتأخرة والنهاية المتأخرة.

٢ - منحنيات توضيح توزيع العمالة والمعدات الرئيسية العاملة بالمشروع على مدار فترة التنفيذ .

هـ- مراجعة البرنامج الزمنى المقدم من المقاول والخاص بإعداد رسومات الورشة واعتمادها وبرامج الاعتماد والتوريد للمعدات والمواد الداخلة فى المشروع بما يتماشى مع البرنامج الزمنى العام لتنفيذ المشروع .

و - إعداد / مراجعة لوحة تخطيط الموقع العام للمشروع والتى توضح أماكن ورش التشغيل والمخازن والطرق المؤقتة والأوناش البرجية وحركة المعدات والأسوار ومكاتب إدارة الموقع والأمن وخلافه .

ز - مراجعة احتياطات الأمن والسلامة وفقاً لما هو وارد ببند (٩-١٠).

ح - دراسة التعديلات والتغييرات التى يطلبها المالك أو يقترحها المقاولون أو المهندس المصمم أو أفراد فرق الإشراف ، وإمكانات تنفيذها وأثرها على مختلف عقود المشروع وتكلفته وبرنامجه الزمنى ، وإصدار أوامر التغيير بعد مناقشتها مع المهندس المصمم والحصول على موافقة المالك عليها .

ط - دراسة تأثير أوامر التغيير على زمن وتكلفة المشروع .

ى – فى حالة وجود مطالبة للشركة المنفذة ، فإن جهاز إدارة المشروع يقوم بتحليلها والرد عليها بالتنسيق مع المالك وكذلك وضع نظام لمتابعة المستخلصات يضمن سرعة ودقة مراجعتها .

ك – عقد اجتماعات تنسيقية لأطراف المشروع لضمان التنسيق الكامل وحل المشاكل (إن وجدت) فى أقرب وقت ممكن ومتابعة جميع مراسلات المشروع بين أطراف المشروع.

كما يتضمن التقرير الموقف المالى للمشروع والموضوعات ذات الأهمية المطلوب حلها والمشاكل التى تعوق التنفيذ وطرق حلها وبيان ما اتخذه الاستشارى فى هذا الخصوص . كما يتضمن التقرير صوراً فوتوغرافية توضح تقدم الأعمال وبيانات الاجتماعات الدورية التى تم عقدها مع كل الشركات المنفذة والبنود المعلقة التى لم يتم حسمها ، ويجب أن يتضمن نسبة إنجاز الأعمال المختلفة بالمشروع حتى تاريخه مقارنة بالبرنامج الزمنى بالإضافة إلى موقف الاعتمادات لرسومات الورشة وعينات المواد والنشرات الفنية للمعدات وخلافه وبرنامج توريد المعدات وتحديث التدفقات النقدية المتوقعة ؛ ويجب أن يرفق بالتقرير الآتى:

١ – نسبة إنجاز الأعمال المختلفة بالمشروع.

٢ – الاعتمادات لرسومات الورشة .

٣ – برنامج توريد المعدات .

٤ – تحديث التدفقات النقدية .

٥ – الأعمال المتوقع تنفيذها .

٦ – جداول ضبط الوثائق والمستندات.

ملاحظات :

أ – من الخبرة العملية ، فإن تنفيذ المشروعات الكبرى غالباً ما يصاحبه حدوث تعديلات فى البرنامج الزمنى الموضوع عند بداية العمل وذلك لعدة أسباب منها احتمال تأخير توريد معدات معينة أو التأخير نتيجة لعدم مطابقة معدلات التنفيذ الفعلية مع المعدلات المفترضة مما يتطلب إعادة إدخال هذه المتغيرات مرة أخرى على البرنامج الزمنى للتنفيذ ودراسة تأثيرها على مدة تنفيذ المشروع باتخاذ الإجراءات التصحيحية الملائمة .

ب – فى المشروعات الكبرى يقوم جهاز إدارة المشروع بما لديه من إمكانيات فى مجال إدارة المشروعات باستخدام حزم البرامج الجاهزة (Software Packages) وأجهزة الحاسب المتوفرة لديه بوضع نظام معلومات متكامل للسيطرة على الوقت والمستندات وضمان التزام الشركة المنفذة بالجدول الزمنى وبالتالى السيطرة على التدفقات النقدية للمشروع ،

كما يقوم الجهاز بالاهتمام بمتابعة الأنشطة الحرجة مع التحذير المبكر من أى معوقات أو تأخيرات منظورة .

٩-٩-٢-٤ خدمات مرحلة الاختبارات والتسليم الابتدائى والنهائى

تقوم إدارة المشروع فى هذه المرحلة بما يلى :

أ - الحصول على دلائل التشغيل والصيانة للمعدات والنظم من المقاول والموردين وتسليمها للمالك .

ب - تجهيز قائمة بالعيوب والأعمال غير المكتملة (Punch List) وتحديد زمن إنجاز هذه الإصلاحات .

جـ - تجميع مجموعة كاملة من رسومات ما تم تنفيذه (As-Built) معتمدة من الإستشارى .

د - إصدار شهادة الاستلام الابتدائى بعد استيفاء جميع المتطلبات السابقة .

هـ- إعداد تقييم نهائى لتكلفة التعديلات والمتغيرات والمطالبات التى اعتمدها المالك.

و - إصدار المستخلص الختامى للمقاولين والاستشاريين بعد الرجوع إلى عقود كل منهم.

ز - التأكد من إصلاح أى عيب قد يظهر خلال فترة الضمان وذلك قبل إصدار شهادة التسليم النهائى وإرجاع خطاب الضمان النهائى للمقاول.

٩-١٠ الأمن والسلامة فى تنفيذ المنشآت الخرسانية

يتم إعداد تقييم التأثير البيئى للمشروع من ضمن إجراءات الحصول على كافة التراخيص وذلك مع الاحتفاظ بسجل الحالة البيئية للمشروع وفقاً لملحق رقم (٣) لقانون البيئة رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ مستكملاً البيانات والقياسات . ويلزم الأخذ فى الاعتبار الاحتياطات البيئية الخاصة بتداول المواد والاحتياطات البيئية اللازمة فى الخدمات الأساسية مثل استخدام الكهرباء واستخدام المياه واستخدام المعدات والتعامل مع المخلفات الصلبة. كما يلزم التحقق من متطلبات السلامة والصحة المهنية فى أعمال تنفيذ الخرسانة من استلام وإعداد وتجهيز الموقع وتشوين المواد وتصميم وتنفيذ الشدات والفرم .

الباب العاشر
الخرسانة سابقة الإجهاد

١٠-١ عام

١٠-١-١ تُصمم العناصر الخرسانية سابقة الإجهاد طبقا للاشتراطات الواردة بهذا الباب .

١٠-١-٢ يُستخدم العديد من الأنظمة لسبق الإجهاد للخرسانة حيث قد تكون الخرسانة إما ذات شد مسبق (Pre-tensioned) أو ذات شد لاحق (Post-tensioned) وقد يكون الشد اللاحق ذا كابلات متماسكة (Bonded prestressing tendons) أو كابلات غير متماسكة (Unbonded prestressing tendons) وتكون الكابلات ذات الشد غير المتماسك إما داخلية (Internal tendons) أو خارجية (External tendons) ويستخدم سبق الإجهاد الدائرى (Circular prestressing) للعناصر المستديرة أو الأسطوانية. وفى جميع الحالات السابقة إما أن يكون سبق الإجهاد كاملا (Full prestressing) أو جزئيا (Partial prestressing) .

١٠-١-٣ تُصمم العناصر سابقة الإجهاد لكى تقاوم الأحمال والأفعال الواقعة عليها وطبقا لمتطلبات حالة حد المقاومة القصوى ومتطلبات حالات حدود التشغيل فى جميع مراحل التحميل بدءاً من نقل الإجهاد إلى الخرسانة ومروراً بحالات التحميل المختلفة أثناء عمر المنشأ.

١٠-١-٤ تُصمم العناصر سابقة الإجهاد مع الأخذ فى الاعتبار تأثير العناصر الإنشائية الملاصقة لها وماتحدثه من تشوهات مرنة أو غير مرنة وكذلك أى ترخيم أو تغير فى الطول أو الأحمال الناتجة عن سبق الإجهاد. ويؤخذ فى الاعتبار أيضاً تأثير كل من التغير فى درجات الحرارة والانكماش.

١٠-١-٥ يُراعى فى التصميم التحقق من عدم حدوث انبعاج فى العناصر سابقة الإجهاد أو فى أجزاء منها مثل الجذع والشفة.

١٠-١-٦ تُحسب خواص القطاع الخرسانى مع الأخذ فى الاعتبار النقص فى مساحة القطاع نتيجة وجود الأجربة الخاصة بصلب التسليح المستخدم فى سبق الإجهاد.

١٠-١-٧ يُرجع إلى البند (١-١ مجال الكود) بخصوص المنشآت التى يمكن أن يطبق عليها هذا الباب من الكود.

١٠-٢ مواد الخرسانة سابقة الإجهاد

١٠-٢-١ الخرسانة

١٠-٢-١-١ عام

تتميز خرسانة المنشآت سابقة الإجهاد بمقاومة ضغط عالية والتى تجعل القطاع الخرسانى أقل عرضة لحدوث التغيرات الحجمية من انكماش وزحف وبالتالى تقل فواقد الإجهاد فى الصلب المجهد. واستخدام الخرسانة ذات المقاومة العالية يسمح بتخفيض وزن العنصر يمثل فى أغلب الحالات نسبة عالية من الحمل التصميمى بالإضافة إلى استيفاء متطلبات حالات الحدود.

١٠-٢-١-٢ خواص مكونات الخرسانة سابقة الإجهاد

لتحديد الخواص الواجب توافرها فى المواد المكونة للخرسانة سابقة الإجهاد يرجع للبند (٢-٢) في الباب الثانى من الكود.

١٠-٢-١-٣ رتبة الخرسانة

رتبة الخرسانة هى مقاومة الضغط المميزة والتى تم تعريفها وتحديد الشروط التى يجب أن تحققها بالبند (٢-٣-٢-١) بالإضافة إلى ذلك يجب ألا يزيد عدد نتائج الاختبارات التى تقل عن مقاومة الضغط المميزة بقيمة قصوى مقدارها ٤ ن/مم^{٢} على ١% .

ويوضح جدول رقم (٢-٦) رتب الخرسانة المستخدمة في الخرسانة سابقة الإجهاد.

١٠-٢-١-٤ مقاومة ضغط المكعب الخرسانى القياسى عند عمر نقل قوة سبق الإجهاد

يجب ألا تقل مقاومة ضغط المكعب الخرسانى القياسى عند عمر نقل قوة سبق الإجهاد عن القيم المحددة بجدول (١٠-١٠).

جدول (١٠-١) خواص صلب سبق الإجهاد

نوع الصلب	إجهاد الخضوع (الضمان)	النسبة المئوية للاستطالة
جدائل Strands	لا يقل عن ٨٥ % من مقاومة الشد	لا تقل عن ٣,٥ % من طول قياس يساوى ٦١٠ مم
أسلاك Wires	لا يقل عن ٨٥ % من مقاومة الشد	لا تقل عن ٤ % من طول قياس يساوى ٢٥٠ مم
أسياخ ملساء Smooth bars	لا يقل عن ٨٥ % من مقاومة الشد	لا تقل عن ٤ % من طول قياس يساوى ٢٠ مرة قطر السيخ
أسياخ ذات نتوءات Deformed bars	لا يقل عن ٨٠ % من مقاومة الشد	

١٠-٢-٢ صلب التسليح

يُستخدم فى تسليح منشآت الخرسانة سابقة الإجهاد عدة أنواع من الصلب بأشكال مختلفة، وفى حالة استخدام نوع معين من الصلب يجب أن يحقق جميع اشتراطات المواصفة التى يصنف على أساسها ؛ ويتم الحكم على الصلب من خلال إجراء الاختبارات المطلوبة فى معمل معتمد.

١٠-٢-٢-١ صلب سبق الإجهاد Prestressing Steel

ويُنتج هذا الصلب من صلب عالى المقاومة بأشكال معتمده فى السوق العالمية منها أسلاك الصلب عاليه المقاومة (مُنتجة بالسحب على البارد) وجدائل الصلب عالى المقاومة وأسياخ الصلب عالية المقاومة. وعند تجميع عدة أسلاك أو جدائل فى مسار واحد يطلق على المجموعة حزمة (أو كابل).

١٠-٢-٢-٢ الخواص الميكانيكية لصلب سبق الإجهاد

يجب التأكد من الخواص الميكانيكية للصلب كمقاومة الشد و إجهاد الضمان والنسبة المئوية للاستطالة ومعايير المرونة واستيفائها لحدود المواصفات القياسية. و يوضح جدول (١٠-١) الحدود الدنيا التى يجب أن يحققها إجهاد الضمان والنسبة المئوية للاستطالة.

ويحتوى الملحق (٢) لهذا الكود على قيم استرشادية للخواص الميكانيكية لصلب سبق الإجهاد فى بعض المواصفات العالمية.

١٠-٢-٣ مونة الحقن (الجراوت الأسمنتى) Cement Grout

يجب أن تتطابق مواصفات الأسمنت مع المواصفة القياسية المصرية " الأسمنت البورتلاندى العادى وسريع التصلد م.ق.م. ١٩٩١/٣٧٣ " وأن يطابق الرمل المواصفة القياسية المصرية "رمل مون المبانى م. ق. م. ١١٠٨ " وبحيث يمر من منخل ١,١٨ مم وأن تُستخدم الإضافات التى تتفق مع المواصفات القياسية المصرية أو العالمية المعروفة إذا ما أثبتت التجارب أنها تحسن من جودة الحقن وبشرط أن تكون خالية من أى نوع من الكلوريدات والنترات والكبريتات. و يجب أن تحقق المكعبات المأخوذة من مونة الحقن مقاومة لا تقل عن ٣٠ نيوتن / مم٢ بعد ٢٨ يوماً ويتم تحديد مكونات مونة الحقن ونسبها لتحقيق متطلبات القوام ومقاومة الضغط فى الأعمار المختلفة .

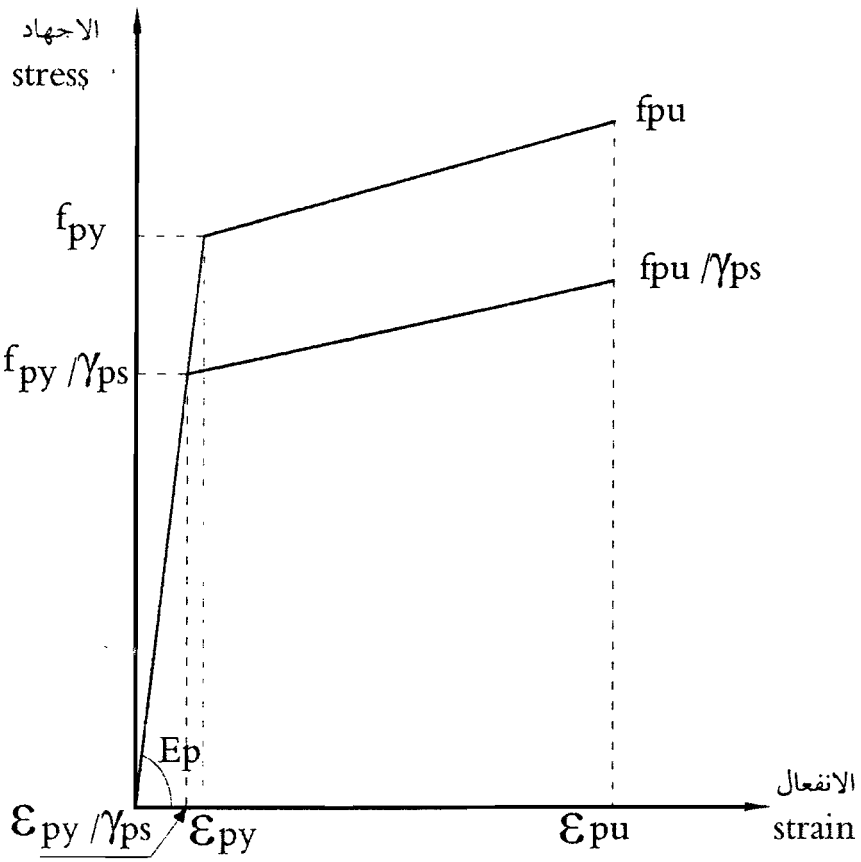
١٠-٣ تصميم العناصر الخرسانية سابقة الإجهاد

١٠-٣-١ أسس التصميم

١٠-٣-١-١ تصمم العناصر سابقة الإجهاد لكى تتحمل الأحمال الواقعة عليها طبقا لطريقة حالات الحدود ووفقا لنوعية التأثيرات المعرض لها العنصر وكذلك أخذ قيم معاملات خفض المقاومة القصوى وفقاً لما هو مذكور فى الباب الثالث من هذا الكود مع استبدال الرمز γ_s بالرمز γ_{ps} لصلب سبق الإجهاد.

١٠-٣-١-٢ تؤخذ القوى الأساسية والاعتبارات العامة لتصميم القطاعات الخرسانية سابقة الإجهاد والمعرضة لعزوم انحناء أو قوى لامركزية طبقا لما هو وارد فى البند (٤-٢-١) مع الأخذ فى الاعتبار العلاقة بين الإجهاد والانفعال للصلب المستخدم فى سبق الإجهاد طبقاً للبند (١٠-٣-١-٣).

١٠-٣-١-٣ تؤخذ العلاقه بين الإجهاد والانفعال فى الشد للصلب المستخدم فى سبق الإجهاد طبقا للمنحنى الاعتبارى شكل (١٠-١).



شكل (١٠-١) المنحنى الاعتبارى للعلاقة بين الإجهاد والانفعال فى الشد للصلب المستخدم فى سبق الإجهاد

١٠-٣-١-٤ تؤخذ العلاقة بين الإجهاد الأقصى f_{pu} وإجهاد الخضوع فى الشد f_{py} لصلب سبق الإجهاد وفقاً لنوعية الصلب وطبقا للعلاقـات التالية:

$f_{py} / f_{pu} = 0.80$ for deformed bars (10-1)

$f_{py} / f_{pu} = 0.85$ for normal relaxation stress – relieved strands, wires and smooth bars (10-2)

$f_{py} / f_{pu} = 0.90$ for low relaxation stress-relieved strands and wires (10-3)

١٠-٣-٢ متطلبات حدود التشغيل

١٠-٣-٢-١ الاجهادات المسموح بها فى الخرسانة

١٠-٣-٢-١-١ للتحقق من الإجهادات عند نقل سبق الإجهاد للخرسانة وعند حمل التشغيل وعند حمل التشرخ فإنه يمكن استخدام طرق التحليل المرن للقطاع .

١٠-٣-٢-١-٢ تقسم العناصر الخرسانية سابقة الإجهاد طبقاً لما يلى :

حالة "أ" : القطاعات غير المشرخة وهى التى ليس بها إجهادات شد (Full Prestressing) ويجب تصميم العناصر التالية طبقاً لهذه الحالة:

- العناصر المعرضة لأحمال متكررة أو أحمال ديناميكية .
- العناصر التى تكون فيها أسطح الشد معرضة لعوامل ذات تأثيرات مؤكسدة وضارة تسبب صدأ الحديد (عناصر القسم الرابع طبقاً للجدول (٤-١١)

حالة "ب" : القطاعات غير المشرخة وهى العناصر التى تكون فيها إجهادات الشد على القطاع نتيجة جميع الأحمال الواقعة عليها أقل من القيم المذكورة بالجدول (١٠-٢) ويجب تصميم العناصر الإنشائية الآتية طبقاً لهذه الحالة :

- البلاطات المسطحة والبلاطات المصمتة .
- العناصر سابقة الإجهاد ذات التسليح غير المتماسك .
- العناصر التى تكون أسطح الشد بها معرضة لعوامل ضارة (منشآت القسم الثالث طبقاً للجدول (٤-١١)).

حالة "ج" : حالة انتقالية بين القطاعات غير المشرخة والقطاعات المشرخة وهى العناصر التى بها إجهادات شد أقل من حد التشرخ طبقاً للمعادلة (4-61-b) بشرط ألا تزيد على ٤ ن / مم^{٢} ولكن أعلى من أقصى إجهاد شد مسموح به فى الحالة "ب".

حالة "د" : القطاعات المشرخة ويكون سبق الإجهاد فى هذه الحالة جزئياً (Partial Prestressing) : وهى العناصر التى بها أقصى إجهادات شد فرضية نتيجة جميع الأحمال الواقعة عليها أعلى من حد التشرخ وأقل من $0.85\sqrt{f_{cu}}$.

ويتم حساب إجهادات الشد الفرضية لاستخدام خواص القطاع الكاملة دون اعتبار تأثير الشروخ مع إهمال صلب التسليح . كما يجب التأكد من أن إجهادات الشد فى الخرسانة تحت تأثير الأحمال الدائمة والتى تشمل الأحمال الميتة وجزءاً من الأحمال الحية التى لها صفة الاستمرارية أن تكون هذه الإجهادات أقل من حد التشرخ .

وفى الحالتين "ج" ، "د" يجب إضافة صلب تسليح ذى نتوءات عالى المقاومة طبقاً للباب الثانى لمقاومة الشد الحادث فى القطاع الخرسانى تحت تأثير أحمال التشغيل .

١٠-٣-٢-١-٣ تؤخذ الاجهادات المسموح بها فى الخرسانة للعناصر المعرضة للعزوم والضغط المحورى طبقاً لجدول (١٠-٢)

جدول (١٠-٢) الإجهادات المسموح بها فى الخرسانة (ن/مم٢)

بند	الحالة	
١	الإجهادات المسموح بها فى الخرسانة نتيجة عزوم الانحناء بعد نقل الإجهاد للخرسانة مباشرة (قبل حدوث الفواقد المعتمدة على الزمن – Time-dependent Losses) يجب ألا تتعدى القيم الآتية:	
	– أقصى إجهاد فى الضغط	$0.45\ f_{cui}$
	– أقصى إجهاد فى الشد فيما عدا الأطراف بسيطة الارتكاز للكمرات	$0.22\ \sqrt{f_{cui}}$
	– أقصى إجهاد فى الشد عند الطرف بسيط الارتكاز للكمرات	$0.44\sqrt{f_{cui}}$
٢	الإجهادات المسموح بها فى الخرسانة نتيجة عزوم الانحناء عند حمل التشغيل (بعد حدوث جميع الفواقد فى الإجهادات) يجب ألا تتعدى القيم الآتية :	
	– أقصى إجهاد فى الضغط نتيجة سبق الإجهاد بالاضافة إلى الأحمال الدائمة	$0.35\ f_{cu}$
	– أقصى إجهاد فى الضغط نتيجة سبق الإجهاد بالإضافة إلى جميع الأحمال	$0.40\ f_{cu}$
	- أقصى إجهاد فى الشد فى منطقة التعرض السابق للضغط نتيجة سبق الإجهاد بالإضافة إلى جميع الأحمال (Pre-compressed tensile zone)	حالة "أ" صفر حالة "ب" $0.44\sqrt{f_{cu}}$ حالة "ج" $0.60\sqrt{f_{cu}}$ وبشرط ألا تزيد على ٤ن/مم٢ حالة "د" $0.85\sqrt{f_{cu}}$
٣	**الإجهادات المسموح بها للخرسانة نتيجة الضغط المحورى :**	
	أقصى إجهاد فى الضغط	$0.25\ f_{cu}$

حيث:

f_{cui} = المقاومة المميزة للخرسانة فى الضغط عند نقل سبق الإجهاد مباشرة .

f_{cu} = المقاومة المميزة للخرسانة فى الضغط عند التشغيل .

١٠-٣-٢-٢ الإجهاد المسموح به فى الصلب المستخدم فى سبق الإجهاد

تؤخذ الإجهادات المسموح بها فى الصلب المستخدم فى سبق الإجهاد طبقا للجدول (١٠-٣).

جدول (١٠-٣) الإجهادات المسموح بها فى الكابلات (ن / مم٢)

أ - نتيجة قوة الشد الأصلية*	$0.9\ f_{py} \leq 0.75\ f_{pu}$
ب - في حالة الأسياخ وقت الشد	$0.7\ f_{pu}$
جـ- بعد نقل الإجهادات للخرسانة	$0.8\ f_{py} \leq 0.70\ f_{pu}$
د- فى حالة الكابلات المستخدمة فى خرسانة ذات شد لاحق عند أماكن ربط الكابلات أو وصلها	$0.8\ f_{py} \leq 0.70\ f_{pu}$

* ويجب ألا تتعدى القيمة التصميمية المقترحة من قبل الجهة المصنعة للكابلات أو روابط الكابلات (Anchorage)

١٠-٣-٢-٣ حالة حد الترخيم **Limit State of Deflection**

١٠-٣-٢-٣-١ عند حساب الترخيم اللحظى (Immediate deflection) للعناصر الإنشائية:

١ - فى الحالات "أ" ، "ب" ، "ج" طبقاً للبند (١٠-٣-٢-١) يتم استخدام نظرية المرونة مع أخذ عزم القصور الذاتى للقطاع بالكامل I_g .

٢ - فى الحالة "د" طبقاً للبند (١٠-٣-٢-١) يتم استخدام عزم القصور الذاتى الفعال I_e وفقاً للمعادلة (٤-٦٠) مع أخذ تأثير سبق الإجهاد عند حساب أقل عزم انحناء يسبب تشرخ بالخرسانة (M_{cr}) طبقاً للمعادلة (10-17b) .

١٠-٣-٢-٣-٢ يتم حساب الترخيم الإضافى المتزايد مع الزمن (Long term deflection) مع الأخذ فى الاعتبار قيمة الإجهادات فى الخرسانة وصلب سبق الإجهاد (بعد أخذ تأثير كل الفواقد فى الاعتبار) تحت تأثير القوى المؤثرة التى يمكن اعتبارها دائمة بالإضافة إلى أخذ تأثير انكماش وزحف الخرسانة واسترخاء صلب سبق الإجهاد.

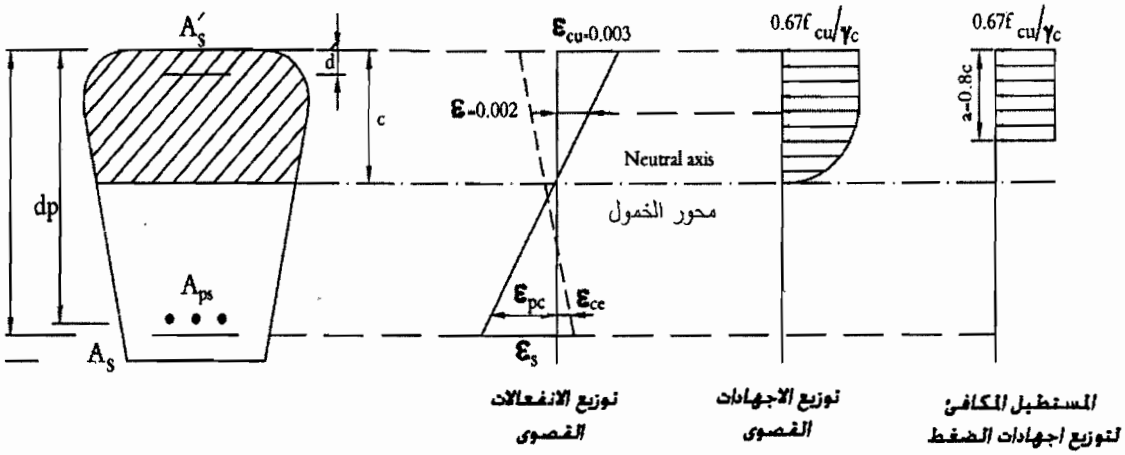
١٠-٣-٢-٣-٣ يجب ألا تتعدى قيم الترخيم الحدود المنصوص عليها فى البند (٤-٣-١-٢).

١٠-٣-٢-٣-٤ عند حساب الحالات الحرجة للتحدب يتم استخدام نظرية المرونة مع أخذ عزم القصور الذاتى للقطاع بالكامل (I_g) فى جميع الحالات ويجب ألا تتعدى قيم التحدب الحدود التى تؤثر بالسالب على استخدام المنشأ أو أى من عناصره الإنشائية أو غير الإنشائية.

١٠-٣-٣ متطلبات حالة حد المقاومة القصوى

١٠-٣-٣-١ القطاعات المعرضة لعزوم انحناء

١٠-٣-٣-١-١ يُحدد عزم الانحناء الحدى الأقصى للقطاع الخرسانى سابق الإجهاد باستخدام طريقة حالات الحدود المذكورة بالبند (١٠-٣-١) مع الأخذ فى الاعتبار توزيع الإجهادات على القطاع كما هو موضح فى شكل (١٠-٢).



شكل (١٠-٢) تحديد عزم الانحناء الحدى الأقصى

١٠-٣-٣-١-٢ يتم حساب الانفعال الكلى فى صلب سبق الإجهاد المتماسك ε_{ps} من المعادلة التالية :

$$\varepsilon_{ps} = \varepsilon_{pe} + \varepsilon_{ce} + \varepsilon_{pc} \qquad (10\text{-}4)$$

حيث:

ε_{pe} = الانفعال فى صلب سبق الإجهاد نتيجة سبق الإجهاد بعد أخذ تأثير كل الفواقد فى الاعتبار

ε_{ce} = الانفعال فى الخرسانة عند مستوى صلب سبق الإجهاد **نتيجة** سبق الإجهاد بعد أخذ تأثير كل الفواقد فى الاعتبار

ε_{pc} = الانفعال فى صلب سبق الإجهاد الناتج عن توافق الانفعالات عند الحد الأقصى لعزوم الانحناء .

١٠-٣-٣-١-٣ يُحسب الإجهاد فى صلب سبق الإجهاد f_{ps} عند العزم الحدى الأقصى للقطاع وفقا للانفعال الكلى المعطى بالمعادلة (١٠-٤) والمنحنى الاعتبارى لصلب سبق الإجهاد المعطى فى شكل (١٠-١).

١٠-٣-٣-١-٤ القطاعات ذات تسليح صلب سبق الإجهاد ناحية الشد فقط

يمكن حساب العزم الحدى الأقصى لمقاومة القطاع فى حالة القطاعات المستطيلة ذات تسليح صلب سبق الإجهاد ناحية الشد فقط باستخدام المعادلة التالية:

$$M_u = A_{ps}\left(\frac{f_{ps}}{\gamma_{ps}}\right)\left(d_p - \frac{a}{2}\right) \qquad (10\text{-}5\text{-}a)$$

حيث d_p المسافة من الألياف المعرضة لأقصى إجهادات ضغط إلى مركز ثقل مساحة صلب سبق الإجهاد.

أما فى حالة استخدام صلب تسليح عادى إضافى ناحية الشد فى القطاع يتم حساب عزم الانحناء الأقصى للقطاع من المعادلة التالية:

$$M_u = A_{ps}\left(\frac{f_{ps}}{\gamma_{ps}}\right)\left(d_p - \frac{a}{2}\right) + A_s\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)\left(d - \frac{a}{2}\right) \qquad (10\text{-}5\text{-}b)$$

ويمكن أخذ تأثير أى صلب تسليح موجود فى القطاع على مقاومة القطاع للعزوم بعد تحديد الإجهاد به بواسطة طريقة الاتزان وتوافق الإنفعالات.

١٠-٣-٣-١-٥ يمكن استخدام المعادلات التقريبية التالية لحساب الإجهاد فى صلب سبق الإجهاد f_{ps} .

١٠-٣-٣-١-٥-أ يُحسب الإجهاد فى صلب سبق الإجهاد f_{ps} كحل بديل عن الطريقة المذكورة فى البندين (١٠-٣-٣-١-٢،٣) بشرط ألايقل الإجهاد فى

الصلب نتيجة سبق الإجهاد بعد الأخذ في الاعتبار تأثير كل الفواقد f_{pe} عن نصف الإجهاد الأقصى لصلب سبق الإجهاد ($0.5\ f_{pu}$) .

١- بالنسبة لقطاعات مستخدم بها صلب سبق الإجهاد المتماسك (Bonded prestressing tendons) وتحتوى على صلب تسليح (Reinforcement) ناحيتى الضغط والشد.

$$f_{ps} = f_{pu}\left[1 - \eta_p\left(\mu_p \frac{f_{pu}}{0.8 f_{cu}} + \frac{d}{dp}(w - w')\right)\right] \qquad (10\text{-}6)$$

حيث :

η_p = معامل يعتمد على نوع الصلب ويؤخذ كالآتى:

٠,٦٨ فى حالة ($\frac{f_{py}}{f_{pu}}$ لاتقل عن ٠,٨٠)

٠,٥٠ فى حالة ($\frac{f_{py}}{f_{pu}}$ لاتقل عن ٠,٨٥)

٠,٣٥ فى حالة ($\frac{f_{py}}{f_{pu}}$ لاتقل عن ٠,٩٠)

μ_p = نسبة صلب سبق الإجهاد فى القطاع الخرسانى وتساوى $\frac{A_{ps}}{b.d_p}$

w = نسبة صلب تسليح الشد فى القطاع الخرسانى مضروباً فى نسبة إجهاد الخضوع لصلب التسليح إلى مقاومة الضغط المميزة للخرسانة وتساوى $\mu \frac{f_y}{0.80 f_{cu}}$

w' = نسبة صلب تسليح الضغط فى القطاع الخرسانى مضروباً فى نسبة إجهاد الخضوع لصلب التسليح إلى مقاومة الضغط المميزة للخرسانة وتساوى $\mu' \frac{f_y}{0.8 \times f_{cu}}$

حيث:

$$\mu = \frac{A_s}{b.d} \qquad \mu' = \frac{A'_s}{b.d}$$

b = عرض القطاع فى حالة القطاعات المستطيلة

٢ - لأخذ تأثير صلب التسليح ناحية الضغط فى حساب العزم الحدى الأقصى M_u لمقاومة القطاع فى الاعتبار يجب ألا تقل القيمة المحسوبة من المعادلة (١٠-٧) عند التعويض فى المعادلة (١٠-٦) عن ٠,١٧ كما يجب ألا تزيد d' على $0.15d_p$ حيث أنه تم افتراض أن الانفعال فى صلب تسليح الضغط يساوى أو أكبر من انفعال الخضوع.

$$\left[\left(\frac{\mu_p \cdot f_{pu}}{0.8f_{cu}} + \frac{d}{d_p}(w - w')\right)\right] \geq 0.17 \qquad (10\text{-}7)$$

١٠-٣-٣-١-٥-ب يحسب الإجهاد في صلب سبق الإجهاد عند العزم الحدى للقطاع M_u فى حالة العناصرسابقة الإجهاد وبصلب سبق الإجهاد غير المتماسك (Unbonded prestressing tendons) وبحيث تكون نسبة البحر إلى العمق الفعال لاتزيد على ٣٥ من المعادلة التالية :

$$f_{ps} = f_{pe} + 70 + \left(\frac{0.8f_{cu}}{100\,\mu_p}\right) \qquad N/mm^2 \qquad (10\text{-}8)$$

وبشرط ألا تزيد f_{ps} على f_{py} أو $(f_{pe} + 420)$ أيهما أقل على أن تكون وحدة الإجهاد بالنيوتن / مم^2.

١٠-٣-٣-١-٥-جـ يُحسب الإجهاد فى صلب سبق الإجهاد عند العزم الحدى M_u وفى العناصر ذات صلب سبق الإجهاد غير المتماسك وبحيث تكون نسبة البحر الى العمق الفعال أكبر من ٣٥ من المعادله التالية:

$$f_{ps} = f_{pe} + 70 + \left(\frac{0.80f_{cu}}{300\,\mu_p}\right) \qquad N/mm^2 \qquad (10\text{-}9)$$

وبشرط ألا تزيد f_{ps} على f_{py} أو $(f_{pe} + 200)$ أيهما أقل على أن تكون وحدة الإجهاد بالنيوتن / مم^2.

١٠-٣-٣-١-٦ الحدود القصوى لمساحة مقطع صلب سبق الإجهاد وصلب التسليح العادى

١٠-٣-٣-١-٦-أ تؤخذ نسبة صلب سبق الإجهاد μ_p ونسبة صلب التسليح العادى μ الموجود فى القطاع لتحقيق المعادلة (١٠-١٠) مالم يتم حساب المقاومة القصوى طبقا للبند (١٠-٣-٣-١-٦-ب).

$$w_p \le 0.28 \qquad (10\text{-}10a)$$

$$\left[w_p + \left(\frac{d}{d_p}\right)(w - w')\right] \le 0.28 \qquad (10\text{-}10b)$$

$$\left[w_{pw} + \left(\frac{d}{d_p}\right)(w_w - w'_w)\right] \le 0.28 \qquad (10\text{-}10c)$$

حيث :

$$w_p = \mu_p \frac{f_{ps}}{0.8\, f_{cu}} = \frac{A_{ps}}{b\,.\,d_p}\,\frac{f_{ps}}{0.8 f_{cu}}$$ لقطاع مستطيل بعرض b

و w_{pw} و w_w و w'_w هى معاملات تسليح للقطاعات ذات شفة ضغط تشابه w_p ، w ، w' للقطاعات المستطيلة مع استخدام عرض العصب b ومساحة التسليح التى تكفى لتحقيق مقاومة العصب الكلية للضغط.

١٠-٣-٣-١-٦-ب فى حالة استخدام نسبة صلب أعلى من المذكورة فى البند (١٠-٣-٣-١-٦-أ) فإن مقاومة القطاع الخرسانى تحسب باستخدام طريقة توافق الانفعالات.

١٠-٣-٣-١-٦-جـ تُحسب أقل قيمة لنسبة صلب سبق الإجهاد وصلب التسليح العادى فى القطاع الخرسانى على أن تحقق مقاومة قصوى للقطاع تتعدى ١,٢ مرة قدر حد التشرخ للقطاع محسوبا باستخدام مقاومة الخرسانة فى الشد f_{ctr} طبقا للبند (٤-٣-١-١-١) ولاينطبق هذا الشرط على الحالتين التاليتين:

أ – البلاطات ذات سبق إجهاد لاحق وغير متماسك (Unbonded post-tensioned).

ب – العناصر المعرضة لعزوم انحناء وذات مقاومة للعزوم والقص ضعف القيمة المطلوبة من الحسابات.

١٠-٣-٣-١-٧ أقل نسبة لصلب متماسك غير مسبق الشد (صلب تسليح عادى) فى العناصر ذات صلب سبق إجهاد غير متماسك.

يجب وضع صلب تسليح متماسك غير مسبق الشد (صلب تسليح عادى) فى العناصر الإنشائية المستخدم بها صلب سبق إجهاد غير متماسك كما هو موضح فى البندين (١٠-٣-٣-١-٧-أ) ، (١٠-٣-٣-١-٧-ب).

١٠-٣-٣-١-٧-أ تؤخذ أقل نسبة للصلب المتماسك غير مسبق الشد فى حالة العناصر المستخدم بها صلب سبق إجهاد غير متماسك كمايلى:

$$A_s = 0.004\ A \qquad (10\text{-}11a)$$

حيث :

A = مساحه قطاع الجزء المحصور بين سطح منطقة الشد ومحور القطاع المار بمركز ثقله .c.g . ويتم توزيع الصلب المتماسك توزيعا منتظماً اقرب مايمكن للأجزاء الخرسانية المعرضة لأقصى قيم إجهادات شد نتيجة الأحمال الخارجية.

١٠-٣-٣-١-٧-ب فى حالة البلاطات ذات الاتجاهين والبلاطات اللاكمرية المصمتة ذات السمك الثابت تؤخذ أقل قيمة لصلب التسليح المتماسك غير مسبق الشد (صلب تسليح عادى) كالتالى:

١- فى منطقة العزوم الموجبة يجب وضع حد أدنى من صلب التسليح المتماسك غير مسبق الشد (صلب تسليح عادى) بالقطاع بحيث يحقق المعادله الآتية:

$$A_s = \frac{N_c}{0.5\, f_y} \qquad (10\text{-}11b)$$

حيث :

N_c هى قيمة قوة الشد الناتجة عن أحمال التشغيل (الدائمة والحية) ويوزع صلب التسليح فى منطقة الشد (Pre-

compressed tensile zone) توزيعا منتظماً بحيث يكون أقرب ما يمكن فى الأجزاء المعرضة لأقصى قيم إجهادات شد. ويجب ألا تتعدى قيمة f_y القيمة ٤٠٠نيوتن/مم^2.

٢- فى منطقة العزوم السالبة عند الأعمدة يجب وضع صلب تسليح متماسك لايقل عن:

$$A_s = 0.00075\ t_s\ L \qquad (10\text{-}11c)$$

حيث :

t_s = سمك البلاطة

L = طول البحر فى الاتجاه الموازى لصلب التسليح المطلوب حسابه وتوزع هذه الأسياخ على عرض من البلاطة يساوى $(c+3t_s)$ حيث c هى عرض العمود. ويجب ألا يقل عدد الأسياخ عن أربعة فى كل اتجاه ولاتزيد المسافة بين الأسياخ على ٣٠٠ مم.

١٠-٣-٣-١-٨ فى الكمرات مسبقة الإجهاد لا بد من تواجد أسياخ تسليح جانبى (Side bars) لا تزيد المسافة بينها على ٣٠٠ مم .

١٠-٣-٣-٢ طول التماسك وطول الانتقال لصلب سبق الإجهاد

بالنسبة لجدائل صلب سبق الإجهاد (3 or 7 Wire prestressing strands) يؤخذ طول التماسك L_d من المعادلة التالية:

$$L_d = L_t + L_a = \left(f_{ps} - \frac{2}{3} f_{pe}\right)\frac{\phi}{7} \qquad \text{mm} \qquad (10\text{-}12)$$

حيث : L_t هو طول الانتقال (Transfer length) ويتم حسابه طبقاً لما يلى:

$$L_t = \left(\frac{f_{pe}}{3}\right)\frac{\phi}{7} \qquad \text{mm} \qquad (10\text{-}13\text{-}a)$$

L_a هو الطول بعد القطاع الحرج والمعطى بالعلاقة:

$$L_a = \left(f_{ps} - f_{pe}\right) \frac{\phi}{7} \qquad \text{mm} \qquad (10\text{-}13\text{-}b)$$

حيث ϕ هو قطر الكابل (Tendon) بوحدات مم بينما f_{pe} و f_{ps} بوحدات ن/مم^{٢}.

١٠-٣-٣-٣ القـــــص

١٠-٣-٣-٣-١ فى الكمرات سابقة الإجهاد وفى حالات الركائز المباشرة تحت الكمرات يتولد نتيجة لهذا الارتكاز انضغاط عمودى على الحافة السفلى للكمرة يسمح بـــأن يكون حساب إجهاد القص المؤثر على مسافة من وجه الركيـــزة الـــداخلى تساوى نصف ارتفاع الكمرة $t / 2$ أو عند أول تغير فى عـــرض الجـــذع (أيهما أكثر حرجاً).

١٠-٣-٣-٣-٢ مقاومة القص الاعتبارية

أ - يحسب الإجهاد الأقصى للقص من العلاقة :

$$q_u = \frac{Q_u}{bd_p} \qquad (10\text{-}14)$$

حيث :

Q_u هى قوة القص القصوى الناتجة من الأحمال الدائمة والحية ، ويُحسب العمق الفعـــال d_p على أساس أنه المسافة من أقصى نقطة للضغط إلى مركز تسليح سبق الإجهاد أو يؤخذ يساوى $0.8\ t$ أيهما أكبر مع مراعاة الأخذ فى الاعتبار تأثير الفتحات الموجودة بالعنصر .

ب - لا يجوز أن تزيد قيمة إجهادات القص الاعتبارية للعناصر الخرســـانية ســـابقة الإجهـــاد المعرضة لقوى قص غير مصحوبة أو مصحوبة بعزوم لى عن القيمة التالية :

$$q_{umax}^{*} = 0.75\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad (10\text{-}15)$$

وبحد أقصى ٤,٥٠ نيوتن / مم^{٢}.

١٠-٣-٣-٣-٣ القيمة الاعتبارية لمقاومة الخرسانة لإجهاد القص

أ - فى العناصر التى تزيد فيها قوة سبق الإجهاد الفعالة على ٤٠ % من مقاومة الشد لتسليح الانحناء وفى حالة عدم عمل حسابات أكثر دقة طبقاً للبند (ب) يمكن حساب q_{cu} تقريبياً كما يلى:

$$q_{cu} = \left(0.045\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + \frac{3.6Q_u.d_p}{M_u}\right) \quad N/mm^2 \qquad (10\text{-}16)$$

ويجب ألا تقل قيمة q_{cu} عن $0.24\sqrt{f_{cu}/\gamma_c}$ ولا تزيد على $0.375\sqrt{f_{cu}/\gamma_c}$ كما يجب ألا تزيد قيمة $Q_u.\ d_p\ /\ M_u$ على واحد حيث M_u هى قيمة العزم الأقصى عند المقطع الحرج فى القص .

ب- تُحسب مقاومة القص الاعتبارية للخرسانة q_{cu} طبقاً للبندين (ب-١) ، (ب-٢) التاليين وتكون قيمة q_{cu} الأصغر من القيمتين q_{cw} ، q_{ci} .

ب-١ تحسب مقاومة القص q_{ci} من المعادلة التالية :

$$q_{ci} = 0.045\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + 0.80\left(q_d + q_i\frac{M_{cr}}{M_{max}}\right) \quad N/mm^2 \qquad (10\text{-}17a)$$

ويجب ألا تقل q_{ci} عن $0.24\sqrt{f_{cu}/\gamma_c}$ حيث f_{cu} بوحدات ن/مم٢

حيث :

M_{max} = عزوم الانحناء القصوى عند القطاع نتيجة للأحمال الخارجية

q_i = الإجهادات الناتجة عن قوى القص القصوى عند القطاع نتيجة للأحمال الخارجية المصاحبة للعزم M_{max}.

q_d = إجهاد القص نتيجة أحمال التشغيل الدائمة أى بدون استخدام معاملات زيادة الأحمال

M_{cr} = أقل عزم انحناء يسبب تشرخاً فى الخرسانة ويحدد من العلاقة التالية :

$$M_{cr} = \left((\frac{I}{y_t})\right)(0.45\sqrt{f_{cu}} + f_{pce} - f_{cd}) \qquad (10\text{-}17b)$$

حيث :

f_{cd} = الإجهاد نتيجة للأحمال الدائمة بدون استخدام معاملات زيادة الأحمال عند حرف القطاع الذى يحدث عنده إجهاد شد تحت تأثير الأحمال الخارجية.

f_{pce} = إجهاد الضغط فى الخرسانة نتيجة قوى سبق الإجهاد الفعالة فقط (بعد حدوث الفواقد فى سبق الإجهاد) فى حرف القطاع الذى يحدث عنده إجهاد شد تحت تأثير الأحمال الخارجية.

y_t = المسافة بين سطح الشد الأقصى ومحور الخمول (التعادل) للقطاع بالكامل مع إهمال تأثير صلب سبق الإجهاد وصلب التسليح العادى.

I = عزم القصور الذاتى للقطاع الخرسانى بالكامل مع إهمال تأثير صلب سبق الإجهاد وصلب التسليح العادى.

ب-٢ تُحسب مقاومة القص q_{cw} من المعادلة التالية:

$$q_{cw} = 0.24\left(\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + f_{pcc}\right) + q_{pv} \qquad N/mm^2 \qquad (10\text{-}18)$$

حيث:

q_{pv} = إجهاد القص الناتج عن المركبة الرأسية لقوة سبق الإجهاد بعد حدوث كل فواقد سبق الاجهاد = $\dfrac{f_{pe}\, A_p \sin\beta}{\gamma_{ps} A_c}$

f_{pcc} = إجهاد الضغط فى الخرسانة (بعد حدوث كل فواقد سبق الإجهاد) عند مركز القطاع أو عند اتصال جذع الكمرة بالبلاطة عندما يكون المركز داخل البلاطة.

β = زاوية ميل الكابل على محور الكمرة.

وكحل بديل يمكن أخذ قيمة q_{cw} مساوية للإجهاد الذى ينتج عن قوة القص الناتجة من الأحمال الدائمة والحية والتى تسبب إجهادات شد رئيسية تساوى $0.25\sqrt{f_{cu}}$ عند محور العنصر أو عند تقاطع الشفة والعصب فى الحالات التى يقع فيها محور العنصر داخل الشفة.

ب-٣ فى العناصر سابقة الشد (Pre-tensioned members) التى تكون فيها المسافة $t/2$ من وجه الركيزة أقل من طول الانتقال L_t والمحسوب طبقا للمعادلة (١٠-١٣) يجب أن تؤخذ قوة سبق الإجهاد المناظرة عند حساب q_{cw} وتؤخذ هذه القوة على أساس أن قوة سبق الإجهاد تزيد خطياً من صفر عند نهاية الكابل إلى القوة القصوى عند مسافة تساوى طول الانتقال L_t.

ب-٤ فى العناصر سابقة الشد التى تُربط أو تنتهى فيها بعض الكابلات قبل نهاية العنصر يجب أن تؤخذ فى الاعتبار قوة سبق الإجهاد المخفضة عند حساب إجهاد القص طبقاً للمعادلتين (١٠-١٧أ) و (١٠-١٨) و يمكن اعتبار أن قوة سبق الإجهاد تتغير خطياً من صفر عند نهاية الكابل إلى القيمة القصوى عند مسافة تساوى طول الانتقال L_t.

ب-٥ عند حساب مقامة القص فى الأعصاب التى تحتوى على أجربة للحقن (Grouted ducts) بقطر ϕ يزيد على $\frac{b_w}{8}$ حيث b_w هو عرض العصب. يجب أن يؤخذ عرض العصب الفعال مساوياً $(b_w - 0.5\ \Sigma\phi)$ حيث $\Sigma\phi$ هو مجموع أقطار الأجربة عند المستوى الذى يحتوى على أكبر عدد من الكابلات.

١٠-٣-٣-٤ مقاومة صلب التسليح الجذعى القصوى الاعتبارية للقص

إذا زادت إجهادات القص القصوى q_u والمحسوبة من قوى القص المؤثرة على القطاع طبقاً للبند (١٠-٣-٣-٢) عن المقاومة الاعتبارية للخرسانة q_{cu} فإنه يلزم استخدام تسليح جذعى طبقاً للبند (٤-٢-٢-١-٤).

وتحسب مشاركة التسليح الجذعى طبقاً للمعادلة (١٠-١٩)

$$q_{su} = q_u - 0.50\ q_{cu} \qquad (10\text{-}19)$$

١٠-٣-٣-٤ اللـــــى

١٠-٣-٣-٤-١ القطاعات الحرجة لعزوم اللى تحدد طبقاً للبند (٤-٢-٣-١).

١٠-٣-٣-٤-٢ إجهادات القص القصوى الناتجة عن عزوم اللى q_{tu} تحدد طبقاً للبند (٤-٢-٣-٢).

١٠-٣-٣-٤-٣ يمكن إهمال تأثير عزم اللى إذا كان مقدار إجهادات القص الناتجة عنه أقل من تلك المحسوبة من المعادلة:

$$q_{tu} = 0.06\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}\sqrt{1+\left(\frac{f_{pcc}}{0.25\sqrt{f_{cu}}}\right)} \qquad N/mm^2 \qquad (10\text{-}20a)$$

١٠-٣-٣-٤-٤ الأبعاد الخرسانية للقطاعات الخرسانية سابقة الإجهاد المعرضة لقوى قص بالإضافة إلى عزوم لى والمسلحة بتسليح طولى يجب أن تستوفى العلاقة التالية:

فى القطاعات المصمتة

$$\sqrt{(q_u)^2 + (q_{tu})^2} \leq q_{u\,max}^* \qquad (10\text{-}20b)$$

فى القطاعات الصندوقية

$$q_u + q_{tu} \leq q_{u\,max}^* \qquad (10\text{-}20c)$$

حيث (q_{umax*}) هى إجهادات القص القصوى المسموح بها فى القطاعات الخرسانية سابقة الإجهاد وتحسب طبقاً للمعادلة (١٠-١٥)

١٠-٣-٣-٤-٥ صلب التسليح اللازم لمقاومة إجهادات القص الناتجة عن عزوم لى مصحوبة بقوى قص

أ – اذا زادت قيمة الإجهادات المحسوبة q_{tu} (بند (١٠-٣-٣-٤-٢)) عن القيمة المحسوبة من المعادلة (١٠-٢٠) بند (١٠-٣-٣-٤-٣) وبحيث تستوفى الأبعاد الخرسانية للقطاع ما جاء بالبند (١٠-٣-٣-٤-٤) فإنه يلزم استخدام تسليح لمقاومة عزوم اللى مكون من كانات مقفلة بالإضافة إلى تسليح طولى ويجب إضافة هذا التسليح إلى أى تسليح ناتج من إجهادات عزوم الانحناء والقوى المحورية وقوى القص طبقاً للجدول (٤-٥).

ب – مساحة صلب التسليح العرضى اللازم لمقاومة اللى هو عبارة عن كانات مقفلة أو شبكات ملحومة وتحدد مساحة فرع الكانة فى القطاع كما يلى :

$$A_{str} = \frac{M_{tu} \cdot s}{2\,A_o \left(\dfrac{f_{yst}}{\gamma_s}\right) \cot\theta} \qquad (10\text{-}21)$$

وفى حالة القطاع المستطيل تؤول المعادلة (١٠-٢١) إلى:

$$A_{str} = \frac{M_{tu} \cdot s}{1.7\,(x_1\, y_1) \left(\dfrac{f_{yst}}{\gamma_s}\right) \cot\theta} \qquad (10\text{-}22)$$

مع ضرورة الأخذ فى الاعتبار جميع الملاحظات الواردة فى البند (٤-٢-٣-٥).

ويسمح بأخذ الزاوية θ كما يلى :

θ = ٤٥° فى الحالات التى تقل فيها قوة سبق الإجهاد الفعالة عن ٤٠ % من مقاومة الشد لتسليح الانحناء.

θ = ٣٧,٥° فى الحالات التى تزيد فيها قوة سبق الإجهاد الفعالة عن ٤٠ % من مقاومة الشد لتسليح الانحناء .

جـ - مساحة التسليح الطولى الإضافى A_{sl}

تُحدد مساحة التسليح الطولى الإضافى من:

$$A_{sl} = \left(\frac{A_{str} \cdot p_h}{s}\right)\left(\frac{f_{yst}}{f_y}\right)\cot^2\theta \qquad (10\text{-}23)$$

وبشرط ألا تقل مساحة التسليح الطولى الإضافى عن:

$$A_{sl\,min} = \frac{0.4\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}\,A_{cp}}{f_y/\gamma_s} - \left(\frac{A_{str}}{s}\right)p_h\left(\frac{f_{yst}}{f_y}\right) \qquad (10\text{-}24)$$

وألا تقل قيمة $\frac{A_{str}}{s}$ عن $\frac{1}{6}\frac{b}{f_{yst}}$

حيث f_{cu} ، f_y ، f_{yst} بوحدات نيوتن / مم٢

و A_{cp} ، p_h كما فى البند (٤-٢-٣-٦)

مع ضرورة مراعاة كافة الشروط الواردة بالبند (٤-٢-٣-٥) .

١٠-٣-٣-٤-٦ فى المنشآت غير المحددة استاتيكياً والتى يكون عزم اللى فيها غير ضرورى للاتزان وناتج عن تحقيق توافق الانفعالات (Compatibility of strains) يمكن تخفيض عزوم اللى القصوى فى الكمرات سابقة الإجهاد إلى القيمة التالية :

$$M_{tu} = 0.316\left(\frac{A^2_{cp}}{p_{cp}}\right)\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}\sqrt{1+\left(\frac{f_{pcc}}{0.25\sqrt{f_{cu}}}\right)} \qquad (10\text{-}25)$$

حيث p_{cp} كما فى البند (٤-٢-٣-٦).

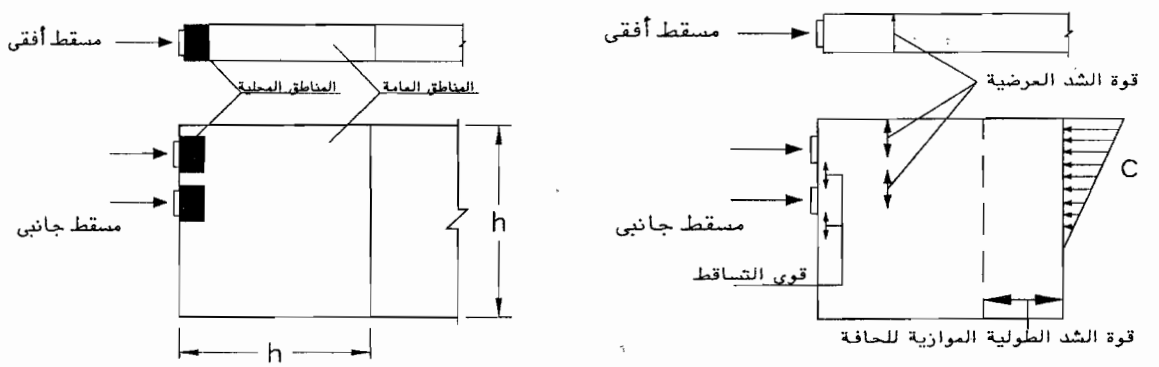
١٠-٣-٣-٥ تصميم منطقة التثبيت (Design of Anchorage Zone)

١٠-٣-٣-٥-١ منطقة التثبيت (Anchorage Zone)

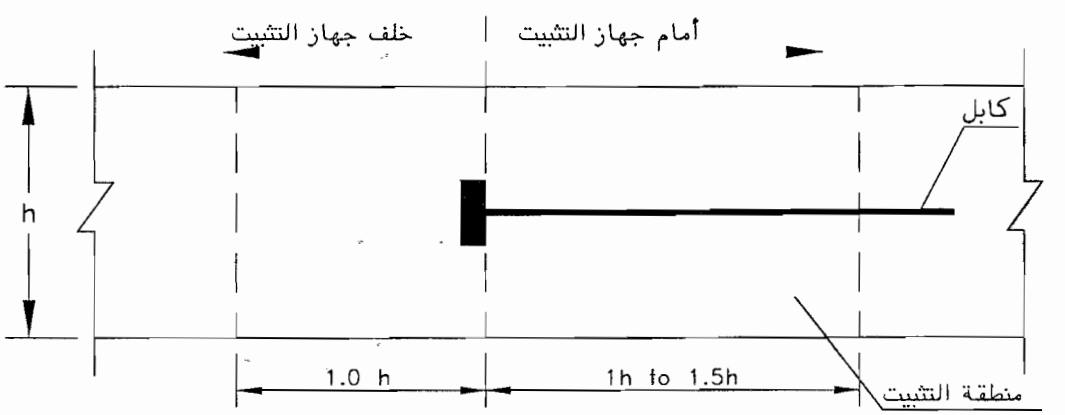
تتكون منطقة التثبيت من منطقتين :

أ - المنطقة المحلية (Local Zone) وهى المنشور المستطيل (أو المنشور المستطيل المكافئ للتثبيت الدائرى أو البيضاوى) للخرسانة المحيطة مباشرة بجهاز التثبيت وكذلك أى تثبيت محزم لها (شكل ١٠-٣) .

ب - المنطقة العامة (General Zone) وهى الجزء من العضو الذى يتم من خلاله انتقال قوى سبق الإجهاد المركزة إلى الخرسانة بتوزيع أكثر انتظاماً على القطاع الخرسانى وطولها يساوى أكبر بعد للقطاع (شكل ١٠-٣) .



أ - مناطق إجهادات الشد **ب - المناطق العامة والمناطق المحلية**



جـ - المنطقة العامة فى حالة التثبيت بعيداً عن نهاية الكمرة

شكل رقم (١٠-٣) مناطق التثبيت

١٠-٣-٣-٥-٢ متطلبات التصميم

أ - يتم التصميم باستخدام قوة سبق إجهاد تعادل ١,٢ مرة قدر قوة سبق الإجهاد أثناء الشد (Jacking force) ويكون معامل خفض المقاومة طبقاً للبند (١٠-٣-١-١).

ب - يجب ألا تقل مقاومة الخرسانة فى الضغط أثناء الشد (f_{cui}) عن القيم المحددة بالجدول (١٠-٢).

١٠-٣-٣-٥-٣ طرق التصميم

١٠-٣-٣-٥-٣-١ المنطقة المحلية **Local Zone**

يتم تصميم المنطقة المحلية لمقاومة الارتكاز وفقاً للبند (٤-٢-٤) .

١٠-٣-٣-٥-٣-٢ المنطقة العامة **General Zone**

١ - يجب أن لا تتجاوز إجهادات الضغط القصوى شبه المنتظمة (عند نهاية المنطقة العامة) أثناء الشد ($0.56\ f_{cui} / \gamma_c$) .

٢ - يمكن تصميم المنطقة العامة بأى من الطريقتين التاليتين :

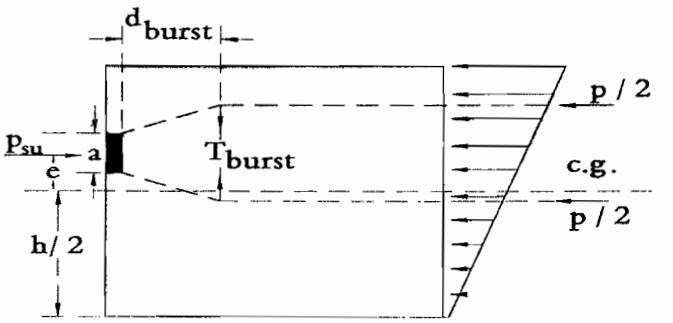
أ - نظرية المرونة باستخدام طريقة العناصر المحددة أو ما يكافئها.

ب - طريقة نموذج الضاغط والشداد (Strut and Tie Model Method) وفقاً للبند (٦-١١) .

٣ - يجب أخذ جميع القوى المؤثرة على المنطقة العامة فى عمل نموذج الضاغط والشداد. وفى الحالات التى يمكن فيها إهمال القوى الرأسية يمكن عمل نموذج الضاغط والشداد لقوى سبق الإجهاد فقط مع استيفاء اشتراطات القص وفقاً للبند (١٠-٣-٣-٣).

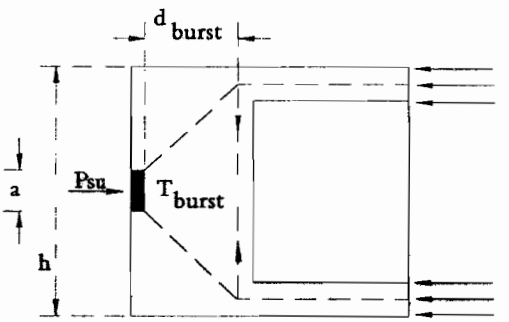
شكل (١٠-٤) يوضح نماذج استرشادية للضاغط والشداد لبعض الحالات المختلفة للاسترشاد، ومنها يمكن حساب قوى الشد العرضية (T_{burst}) الناتجة عن سبق الإجهاد وكذلك مكان تأثيرها (d_{burst}).

يجب استخدام صلب تسليح لمقاومة T_{burst} مع التحقق من طول الرباط الكافى أو تشكيل النهايات لصلب التسليح للتأكد من نقل القوة بأمان.

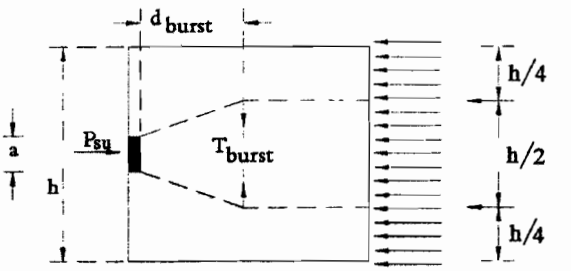


$$T_{burst} = 0.25\, P_{su} \left(1 - \frac{a}{h}\right)$$
$$d_{burst} = 0.50\,(h - 2e)$$

أ – كمرة ذات قطاع مستطيل وقوة الضغط لامركزية



$T_{burst} \simeq 0.50\, P_{su}$



$d_{burst} = 0.50\,h$

$T_{burst} = 0.25\, P_{su} \left(1 - \frac{a}{h}\right) \simeq 0.25\, P_{su}$

ب – كمرة ذات قطاع مستطيل وقوة الضغط مركزية

جـ – كمرة على شكل (I) ذات قطاع مستطيل فى منطقة التثبيت

حيث :

P_{su} = مجموع قوى سبق الإجهاد القصوى

A = إرتفاع لوح التثبيت فى الاتجاه تحت الاعتبار

E = لا مركزية قوى سبق الإجهاد ودائماً تؤخذ موجبة

H = السمك الإجمالى للقطاع فى الاتجاه تحت الاعتبار

شكل (١٠-٤) نماذج استرشادية للضاغط والشداد لبعض حالات منطقة تثبيت قوى سبق الإجهاد

١٠-٣-٣-٦ مناطق ربط نهايات الكابلات

أ - يتم تحديد أبعاد ألواح النهاية فى العناصر لاحقة الشد (Post – tensioned) بحيث تحقق الحد التصميمى الأقصى لمقاومة الارتكاز طبقاً للبند (٤-٢-٤).

ب - يجب وضع صلب تسليح فى مناطق ربط نهايات الكابلات لمقاومة قوى الانفلاق (Splitting) وقوى الانفصال (Spalling) والناتجة من ربط الكابلات ويتم حسابها طبقاً لنظريات المرونة.

جـ- عند حساب القوى والتسليح بمناطق ربط نهايات الكابلات يجب اعتبار أقصى قوة سبق إجهاد أثناء الشد (Jacking force).

١٠-٣-٣-٧ العناصر المعرضة لقوى محورية مصحوبة بعزوم انحناء

يتم تصميم العناصر المعرضة لأحمال لامركزية باستخدام طريقة حالات الحدود وفقا لبند (٤-٢-١). ويجب أن يستوفى التصميم شروط الاتزان وتوافق الانفعالات مع أخذ إجهادات صلب سبق الإجهاد فى الاعتبار.

١٠-٣-٤ الفقد فى سبق الإجهاد

١٠-٣-٤-١ عـــام

١٠-٣-٤-١-١ يؤثر الفقد فى سبق الإجهاد على تصرف العنصر سابق الإجهاد تحت تأثير أحمال التشغيل. وينقسم فقد سبق الإجهاد الى المجموعتين التاليتين :

أ - الفقد الفورى فى سبق الإجهاد ويشتمل على مايلى:

١- فقد الإجهاد نتيجة انزلاق تسليح سبق الإجهاد عند نهايات التثبيت (Anchorage slip losses)

٢- فقد الإجهاد نتيجة الانضغاط المرن (Elastic shortening losses)

٣- فقد الإجهاد نتيجة الاحتكاك (Friction losses)

ب - الفقد المعتمد على الزمن (Time-dependent losses) فى سبق الإجهاد ويشتمل على مايلى:

١- فقد الإجهاد نتيجة انكماش الخرسانة (Shrinkage losses)

٢- فقد الإجهاد نتيجة زحف الخرسانة (Creep losses)

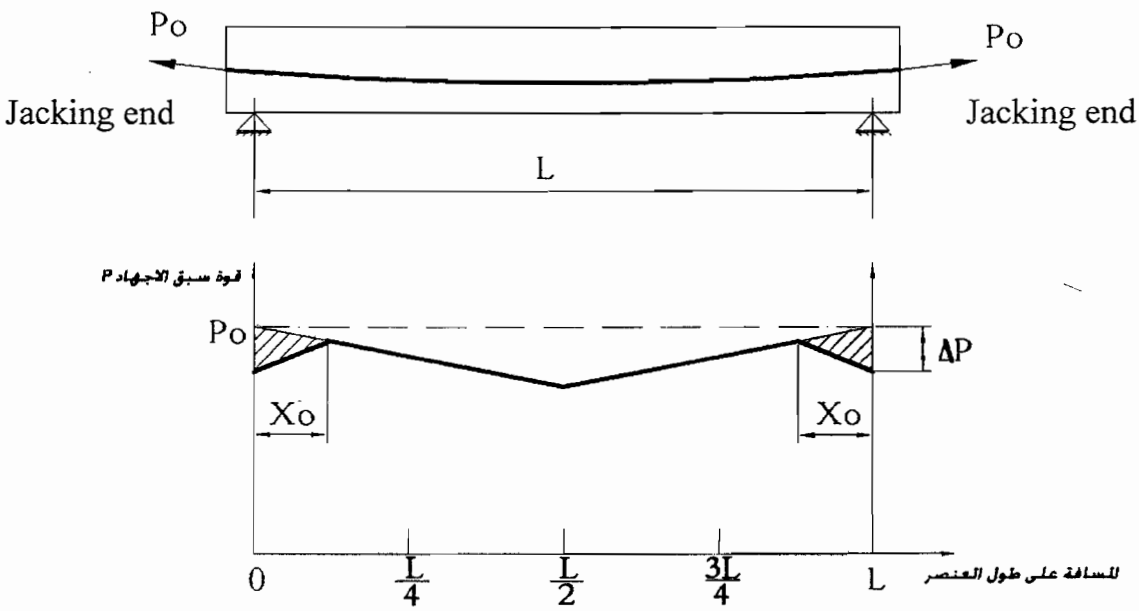
٣- فقد الإجهاد نتيجة استرخاء تسليح سبق الإجهاد (Relaxation losses)

١٠-٣-٤-١-٢ فى حالة تنفيذ سبق الإجهاد على مراحل يؤخذ فى الاعتبار الفواقد التى تحدث مرحلياً فى الإجهاد حتى سبق الإجهاد النهائى أثناء التنفيذ .

١٠-٣-٤-٢ الفقد الفورى فى سبق الإجهاد

١٠-٣-٤-٢-١ فقد الإجهاد نتيجة انزلاق تسليح سبق الإجهاد عند نهايات التثبيت
Anchorage Slip Losses

يجب أخذ تأثير انزلاق تسليح سبق الإجهاد عند نهايات التثبيت فى الاعتبار عند حساب الفقد فى سبق الإجهاد Δp و يتم الرجوع إلى البيانات المعتمدة من الشركة المصنعة لنظام سبق الإجهاد عند حساب هذا الفقد أو عند حساب مسافة امتداد تأثيره x_o على طول العنصر (شكل ١٠-٥).



شكل (١٠-٥) فقد سبق الإجهاد نتيجة انزلاق تسليح سبق الإجهاد عند نهايات التثبيت (Anchorage Slip Losses)

١٠-٣-٤-٢-٢ فقد الإجهاد نتيجة الإنضغاط المرن Elastic Shortening Losses

يؤخذ تأثير الانضغاط المرن للعناصر الخرسانية عند حساب الفقد فى سبق الإجهاد فى حالات الشد السابق والشد اللاحق كما يلى :

أ- فى حالة الشد السابق (Pre-tensioning) يحسب الفقد فى سبق الإجهاد من المعادلة التالية:

$$\Delta f_{pe} = \frac{E_p}{E_{ci}} f_{pci} \qquad (10\text{-}26)$$

حيث:

Δf_{pe} = الفقد فى سبق الإجهاد نتيجة الإنضغاط المرن

E_p = معاير المرونة لصلب سبق الإجهاد

E_{ci} = معاير المرونة للخرسانة عند عمر سبق الإجهاد

f_{pci} = الإجهادات الابتدائية المتولدة فى الخرسانة الملاصقة لصلب سبق الإجهاد قبل حدوث الفواقد المعتمدة على الزمن

ب- فى حالة الشد اللاحق (Post-tensioning) و في حالة شد صلب سبق الإجهاد دفعة واحدة تكون قيمة الفقد مساوية للصفر و يمكن أخذ تأثير مراحل تطبيق سبق الإجهاد (Sequence of prestressing) تقريبياً فى الاعتبار طبقاً للمعادلة التالية:

$$\Delta f_{pe} = \frac{1}{2}\frac{E_p}{E_{ci}} f_{pci} \qquad (10\text{-}27)$$

١٠-٣-٤-٢-٣ الفقد نتيجة الاحتكاك Friction Losses

١٠-٣-٤-٢-٣-١ الفقد نتيجة الاحتكاك الداخلى فى مكنة الشد Jack Internal Friction Losses

يجب أخذ تأثير الاحتكاك الداخلى فى مكنة الشد المستخدمة فى سبق الإجهاد فى الاعتبار عند حساب الفقد فى سبق الإجهاد و تحسب قيمة هذا الفقد بناء على البيانات المعتمدة من الشركة المصنعة لمكنات الشد.

١٠-٣-٤-٢-٣-٢ الفقد نتيجة التغيرات غير المقصودة فى مسارات أجربة صلب سبق الإجهاد Wobble Friction Losses

يتم حساب الفقد فى سبق الإجهاد نتيجة التغيرات غير المقصودة (Wobble) فى مسارات أجربة (Ducts) صلب سبق الإجهاد من المعادلة التالية:

$$P_x = P_o \cdot e^{-kx} \qquad (10\text{-}28)$$

حيث:

P_o = قوة سبق الإجهاد عند طرف الشد

x = المسافة من بداية طرف الشد بالمتر (شكل ١٠ – ٦)

P_x = قوة الشد فى صلب سبق الإجهاد عند المسافة x من بداية طرف الشد

k = معامل التغيرات غير المقصودة (Wobble coefficient) لكل متر من طول سبق الإجهاد ويعتمد على نوع الأجربة المستخدمة و نوعية السطح الداخلى لهذه الأجربة و طريقة تنفيذ الشدات وشدة استخدام الهزازات عند الصب ويمكن فرضه طبقاً لما يلى :

٠,٠٠٣٣ لكل متر من طول الكابل للحالات العادية.

٠,٠٠١٧ لكل متر من طول الكابل للحالات العادية للأجربة الجاسئة والمثبتة تثبيتا جيدا فى الشدة.

١٠-٣-٤-٢-٣-٣ الفقد نتيجة انحناء مسارات أجربة صلب سبق الإجهاد Curvature Friction Losses

أ- يتم حساب الفقد فى قوة سبق الإجهاد الناتج من احتكاك صلب سبق الإجهاد مع الأجربة التى تحتويه والناتج من انحناء مسارات هذه الأجربة من المعادلة التالية:

$$P_x = P_o \cdot e^{\left(\frac{-\mu \cdot x}{r_{ps}}\right)} \qquad (10\text{-}29)$$

حيث:

r_{ps} = نصف قطر تقوس الأجربة التى تحتوى صلب سبق الإجهاد

μ = معامل الاحتكاك ويمكن فرضه كالآتى:

٠,٥٥ فى حالة احتكاك صلب مع خرسانة متصلدة

٠,٣٠ فى حالة احتكاك صلب مع صلب

٠,٢٥ فى حالة احتكاك صلب مع رصاص

ب – فى الحالات التى يتحقق فيها الشرط التالى :

$$\left(\frac{\mu . x}{r_{ps}}\right) \leq 0.2$$

يمكن تبسيط المعادلة (١٠-٢٩) إلى

$$P_x = P_o \left(1 - \frac{\mu . x}{r_{ps}}\right) \qquad (10\text{-}30)$$

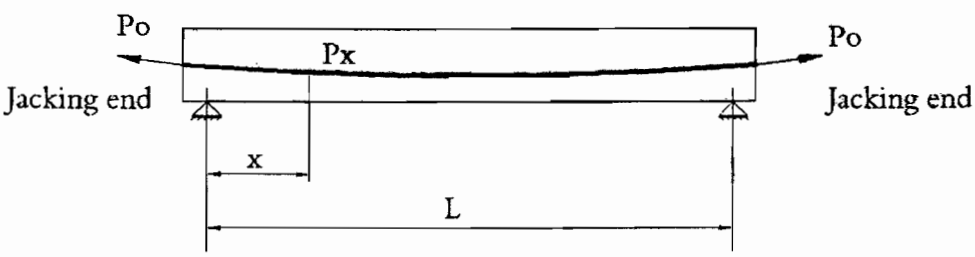
جـ– فى الحالات التى يتحقق فيها الشرط التالى:

$$\left(kx + \frac{\mu . x}{r_{ps}}\right) \leq 0.2$$

يمكن حساب الفقد فى سبق الإجهاد نتيجة كل من التغيرات غير المقصودة فى مسارات الأجربة التى تحتوى صلب سبق الإجهاد و تأثير انحناء هذه الأجربة من المعادلة المبسطة التالية:

$$P_x = P_o \left[1 - \left(kx + \frac{\mu . x}{r_{ps}}\right)\right] \qquad (10\text{-}31)$$

د – يجب التحقق من قيم معاملات الإحتكاك k ، μ التى تم فرضها فى مرحلة التصميم أثناء شد الكابلات.



شكل (١٠-٦) فقد سبق الإجهاد على طول تسليح سبق الإجهاد نتيجة الفقد بالاحتكاك

١٠-٣-٤-٣ الفقد المعتمد على الزمن فى سبق الإجهاد

١٠-٣-٤-٣-١ الفقد نتيجة الانكماش المتبقى للخرسانة بعد شد الكابلات
Residual Shrinkage Losses

أ - يتم حساب الفقد فى سبق الإجهاد للعناصر الخرسانية على أساس معايير المرونة لصلب سبق الإجهاد و الانفعال الناتج من انكماش الخرسانة ε_{sh}.

ب - تُحدد قيم الانفعال الناتج عن انكماش الخرسانة ε_{sh} من جدول (٢-٨-أ) وفي حالة عدم توافر بيانات كافية عن الظروف البيئية يمكن أخذ قيم هذه الانفعالات من جدول (١٠-٤).

جـ- فى حالة التنفيذ المرحلى (Stage construction) للعنصر سابق الإجهاد - فى حالة عدم توافر بيانات دقيقة - يمكن تقريبياً اعتبار أن نصف قيمة الانفعال الناتج عن الانكماش تحدث خلال الشهر الأول وأن ثلاثة أرباع قيمة هذا الانفعال تحدث خلال الشهور الستة الأولى بعد الصب.

جدول (١٠-٤) الإنفعال نتيجة انكماش الخرسانة المتبقى ε_{sh}

نظام سبق الإجهاد	انفعال الانكماش المتبقى ε_{sh}
الشد السابق (Pre-tensioning) (٣ - ٥ أيام بعد الصب)	300×10^{-6}
الشد اللاحق (Post-tensioning) (٧ - ١٤ يوماً بعد الصب)	200×10^{-6}

د- يُحسب الفقد نتيجة الانكماش للعناصر ذات شد سابق (Pre-tensioning) من العلاقة التالية:

$$\Delta f_{psh} = \varepsilon_{sh} \cdot E_p \qquad (10\text{-}32)$$

أما فى العناصر ذات شد لاحق (Post-tensioning) فيجب حساب الفقد وفقا للمعادلة (١٠-٣٢) مع أخذ تأثير الانكماش المؤثر فقط وهو الانكماش الذى حدث بعد نقل قوة سبق الإجهاد.

١٠-٣-٤-٣-٢ الفقد نتيجة زحف الخرسانة Creep Losses

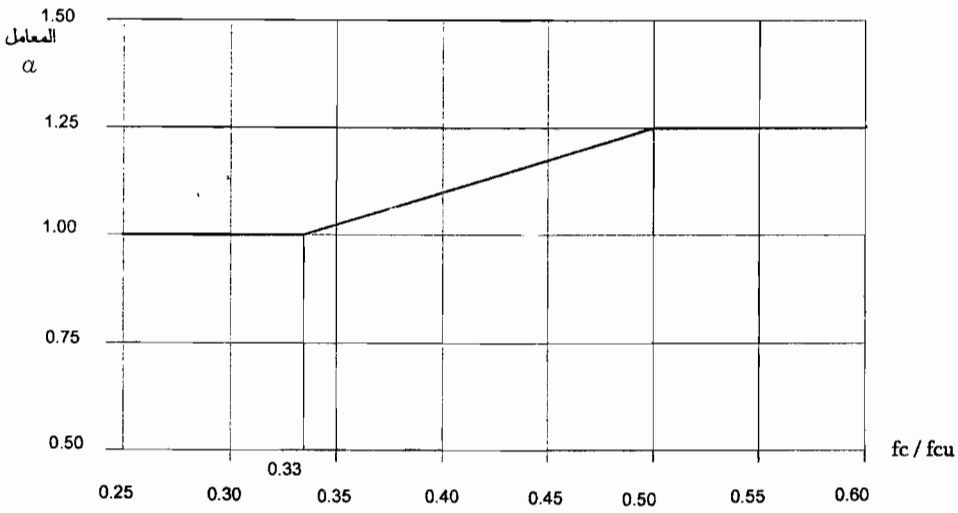
أ - يتم حساب الفقد فى سبق الإجهاد للعناصر الخرسانية على أساس معايير المرونة لصلب سبق الإجهاد و الانفعال الناتج عن زحف الخرسانة ε_{cr} .

ب - تؤخذ قيم معامل الزحف المطلوبة لحساب الانفعال الناتج عن زحف الخرسانة من جدول (٢-٨-ب) وفى حالة عدم توافر بيانات كافية عن الظروف البيئية يمكن أخذ الانفعال نتيجة زحف الخرسانة من جدول (١٠-٥).

جدول (١٠-٥) الانفعال نتيجة زحف الخرسانة ε_{cr}

نظام سبق الإجهاد	ε_{cr} لكل (نيوتن/مم^2) من إجهادات التشغيل	
	مقاومة الخرسانة عند بدء عملية سبق الإجهاد f_{ci} (نيوتن / مم^2)	
	$f_{ci} > 40$	$f_{ci} \leq 40$
الشد السابق (Pre-tensioning) (٣ - ٥ أيام بعد الصب)	48×10^{-6}	$48 \times (40/f_{ci}) \times 10^{-6}$
الشد اللاحق (Post-tensioning) (٧ - ١٤ يوماً بعد الصب)	36×10^{-6}	$36 \times (40/f_{ci}) \times 10^{-6}$

جـ- فى حالة زيادة إجهادات التشغيل عند أى قطاع بالعنصر الخرسانى عن ثُلث المقاومة المميزة للضغط للخرسانة f_{cu} يجب زيادة قيم الانفعال المعطاة بجدول (١٠-٥) بضربها فى المعامل α المبين بالشكل (١٠-٧).



شكل (١٠-٧) تغير المعامل α مع إجهادات تشغيل الخرسانة

د - فى حالة التنفيذ المرحلى (Stage construction) للعنصر سابق الإجهاد - فى حالة عدم توافر بيانات دقيقة - يمكن اعتبار أن نصف قيمة الانفعال الناتج عن الزحف تحدث خلال الشهر الأول و أن ثلاثة أرباع قيمة هذا الانفعال تحدث خلال الشهور الستة الأولى بعد الصب.

هـ- فى العناصر ذات سبق الإجهاد المتماسك (Bonded prestressing) يؤخذ الفقد فى سبق الإجهاد نتيجة الزحف كما يلى:

$$\Delta f_{pcr} = \frac{\phi . E_p}{E_c} f_{cs} \qquad (10\text{-}33)$$

حيث: ϕ هو معامل الزحف ويحسب كما يلى:

$$\phi = \frac{\varepsilon_{cr}}{\varepsilon_{el}} \qquad (10\text{-}34)$$

حيث ε_{el} هو الانفعال المرن و تؤخذ قيمة ε_{cr} من جدول (١٠-٥) أو البند (١٠-٣-٤-٣-٢-جـ) ويمكن فى العناصر ذات سبق إجهاد مسبق أخذ قيمة معامل الزحف ϕ تساوى ٢,٠٠ كما يمكن فى العناصر ذات سبق إجهاد لاحق أخذ قيمة معامل الزحف ϕ تساوى ١,٦٠ وتؤخذ قيمة f_{cs} طبقاً للمعادلة التالية:

$$f_{cs} = f_{cs}^{*} - f_{csd}^{*} \qquad (10\text{-}35)$$

حيث:

f_{cs}^{*} = الإجهاد فى الخرسانة عند مستوى صلب سبق الإجهاد نتيجة قوة سبق الإجهاد عند نقل قوة سبق الإجهاد للخرسانة.

f_{csd}^{*} = الإجهاد فى الخرسانة عند مستوى صلب سبق الإجهاد نتيجة الأحمال شبه الدائمة عند نقل قوة سبق الإجهاد للخرسانة.

١٠-٣-٤-٣-٣- الفقد نتيجة استرخاء تسليح سبق الإجهاد

Cable Relaxation Losses

أ - يؤخذ تأثير استرخاء تسليح سبق الإجهاد فى الاعتبار عند حساب الفقد فى سبق الإجهاد.

ب - يمكن إهمال تأثير استرخاء تسليح سبق الإجهاد إذا تم سبق تحميل هذا التسليح لفترة زمنية قصيرة ولإجهاد يفوق أقصى إجهاد شد سوف يتعرض له هذا التسليح خلال عملية سبق الإجهاد و لفترة زمنية يحددها مع المهندس المصمم.

جـ- يمكن حساب الفقد نتيجة استرخاء تسليح سبق الإجهاد من المعادلة التالية:

$$\Delta f_{PR} = \frac{f_{pi}\ (\log t)}{k_1} \left(\frac{f_{pi}}{f_{py}} - 0.55 \right) \qquad (10\text{-}36)$$

حيث:

Δf_{PR} = الفقد فى سبق الإجهاد نتيجة استرخاء تسليح سبق الإجهاد

t = الزمن من بدء الشد بالساعة و بحد أقصى ١٠٠٠ ساعة

f_{pi} = الإجهادات الابتدائية المتولدة فى تسليح سبق الإجهاد بعد حدوث الفقد الفورى فى سبق الإجهاد مباشرة وقبل حدوث الفواقد المعتمدة على الزمن

f_{py} = إجهاد الخضوع في الشد لتسليح سبق الإجهاد

k_1 = معامل يعتمد على نوع تسليح سبق الإجهاد ويؤخذ كما يلى:

k_1 = ١٠ في حالة Normal relaxation stress – relieved steel

k_1 = ٤٥ في حالة Low relaxation stress–relieved steel

١٠-٣-٥ سبق الإجهاد الخارجـــى External Prestressing

١٠-٣-٥-١ لا يسمح باستخدام سبق الإجهاد اللاحق لكابلات من خارج القطاع الخرسانى إلا فى الحالات الضرورية مثل التدعيم والإصلاح وتحسين التشغيلية. ويجب أخذ الاحتياطات اللازمة لحماية صلب سبق الإجهاد الخارجى ومواضع التثبيت من الصدأ

١٠-٣-٥-٢ يجب إيضاح كافة التفاصيل الخاصة بأسلوب الحماية على اللوحات التنفيذية على أن يتم عمل الحماية المناسبة من العوامل البيئية المحيطة خلال عمر العنصر طبقاً للبندين (١٠-٥-٣-٣) ، (١٠-٧-٦-٣) .

١٠-٣-٥-٣ يتم اعتبار كابلات سبق الاجهاد الخارجية على أنها غير متماسكة مع القطاع الخرسانى عند حساب مقاومة العزوم .

١٠-٣-٥-٤ يجب أخذ الاحتياطات اللازمة لضمان تحقيق الإزاحة المطلوبة لكابلات سبق الإجهاد الخارجية بالنسبة لمركز القطاع الخرسانى وذلك لكل الحالات المتوقعة للتشكل بكامل طول العنصر الخرسانى . ويتم تثبيت كابلات سبق الاجهاد الخارجية مع القطاع الخرسانى فى مواضع متعددة على طول العنصر بين نهايات التثبيت لتحقيق توازن الحمل المستهدف وتوجيه الكابل بالشكل المطلوب وحسب متطلبات اهتزاز الكابل نتيجة تأثير الأحمال .

١٠-٣-٥-٥ يجب استخدام طرق التحليل الإنشائى الدقيقة لحساب المقاومة والتشكلات عند مواضع التثبيت ومواضع توجيه كابلات سبق الإجهاد الخارجية وذلك لحالات التحميل المختلفة . كما يجب الأخذ فى الاعتبار الحالات الحرجة لتغير إزاحة الكابلات بالنسبة لمركز القطاع نتيجة تشكلات العنصر تحت تأثير الأحمال .

١٠-٣-٥-٦ يراعى الأخذ فى الاعتبار تأثير الكلال على كل من القطاع الخرسانى وكابلات سبق الإجهاد الخارجية كل على حدة مع زيادة الحد الأقصى وتخفيض الحد الأدنى للحمل الترددى بمقدار ٥ % .

١٠-٤ نظم تحليل المنشآت سابقة الإجهاد

يجب أن يتم التحليل الإنشائى والتصميم لعناصر المنشآت من الخرسانة سابقة الإجهاد سواء كانت محددة أو غير محددة استاتيكياً لتحقق متطلبات حالة حد المقاومة القصوى وحالات حدود التشغيل.

١٠-٤-١ المنشآت غير المحددة استاتيكياً

١٠-٤-١-١ يتم تعيين الأداء عند أحمال التشغيل باستخدام نظرية المرونة مع اعتبار رد الفعل وعزوم الانحناء وقوى القص والقوى المحورية الناتجة عن قوة سبق الإجهاد والزحف والانكماش والتغير الحرارى والتشكل المحورى والحركة المقيدة بين الأجزاء المترابطة (Restraint of attached structural element) وهبوط الأساسات .

١٠-٤-١-٢ يتم حساب عزوم الانحناء القصوى اللازمة لحساب المقاومة القصوى للقطاع كمجموع عزوم الانحناء نتيجة رد الفعل الناتج من قوى سبق الإجهاد بمعامل حمل أقصى يساوى واحد بالإضافة لعزوم الانحناء نتيجة الأحمال الأخرى بمعامل أحمال قصوى طبقاً للبند (٣-٢-١).

١٠-٤-١-٣ يجب عدم استخدام الطرق التقريبية فى حساب القوى الداخلية.

١٠-٤-٢ إعادة توزيع العزوم

يُسمح بإعادة توزيع العزوم المحسوبة طبقاً لنظرية المرونة نتيجة تأثير أى ترتيب مناسب للأحمال القصوى على البواكى بشرط تحقيق الآتى:

- الاتزان بين القوى الداخلية والخارجية لكل حالة تحميل.
- التخفيض المسموح به لعزوم الانحناء طبقاً لنظرية المرونة سواء السالب أو الموجب (وبشرط أن يغطى جميع حالات التحميل) يجب ألا يزيد على ١٠%.
- شرط الممطولية فى القطاعات التى يتم عندها إعادة العزوم.

١٠-٤-٣ البلاطات سابقة الإجهاد

١٠-٤-٣-١ يمكن تعيين عزوم الانحناء وقوى القص باستخدام طريقة الإطارات المكافئة طبقاً للبند (٦-٢-٥-٤).

١٠- ٤-٣-٢ يمكن استخدام طريقة أكثر تطورا لحساب الإجهادات الداخلية.

١٠- ٤-٣-٣ يجب ألا تقل مقاومة العزوم لأى قطاع فى البلاطات سابقة الإجهاد عن المقاومة المطلوبة طبقاً للبند (١٠-٣-٣).

١٠-٤-٣-٤ مقاومة القص الثاقب فى البلاطات سابقة الإجهاد

١٠-٤-٣-٤-١ يعتبر القطاع الحرج لحساب إجهادات القص الثاقب فى البلاطات سابقة الإجهاد على بعد $\frac{d}{2}$ من محيط تأثير القوة المركزة أو رد الفعل .

١٠-٤-٣-٤-٢ مقاومة القص الثاقب الاعتبارية فى البلاطات

١٠-٤-٣-٤-٢- أ يُحسب الإجهاد الأقصى للقص الثاقب طبقاً للبند (٤-٢-٢-٣) مع الأخذ فى الاعتبار تأثير العزوم طبقاً للبند (٦-٢-٥-٨).

١٠-٤-٣-٤-٢- ب يجب ألا تقل مقاومة القص الثاقب الإعتبارية فى البلاطات لأى قطاع عما هو مذكور فى البند (٤-٢-٢-٣).

١٠-٤-٣-٤-٢-جـ فى البلاطات ذات سبق الإجهاد فى الإتجاهين والتى تحقق الشروط أ،ب،جـ الواردة بهذا البند ، يمكن حساب مقاومة القص الثاقب الاعتبارية من المعادلة التالية :

$$q_{cup} = \beta_p \sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + 0.1 f_{pcc} + q_{pv} \qquad (10.37)$$

حيث :

β_p تساوى الأصغر من :

$$0.80\left(\frac{\alpha d}{b_o} + 0.15\right) \quad \text{أو} \quad 0.275$$

و f_{ppc} = متوسط إجهاد الضغط فى الخرسانة على محيط القطاع الحرج (بعد حدوث كل فواقد سبق الإجهاد) عند منتصف قطاع البلاطة.

q_{pv} = إجهاد القص الناتج عن المركبات الرأسية لقوى سبق الإجهاد (بعد حدوث كل فواقد سبق الإجهاد) لجميع الكابلات التى تقطع محيط القطاع الحرج

$$q_{pv} = \frac{f_{pe} \sum (A_p \, SinBi)}{\gamma_{ps} \, b_o d} \qquad (10\text{-}38)$$

وذلك بشرط تحقيق الشروط الآتية :

أ - تحسب مقاومة القص الثاقب من المعادلة (١٠-٣٧) فقط فى حالات الأعمدة الداخلية أو تلك التى يكون فيها محيط القطاع الحرج شكلاً مغلقاً.

ب - يجب ألا تزيد قيمة f_{cu} المستخدمة فى هذا البند على ٤٠ نيوتن/مم^{٢}.

ج - يجب ألا تقل قيمة إجهاد الضغط عند منتصف قطاع البلاطة f_{pcc} بأى من الاتجاهين عن ٠,٩ نيوتن / مم^{٢} ولا تؤخذ أكبر من ٣,٥ نيوتن/مم^{٢}.

١٠-٤-٣-٥ يجب أن تتحقق فى البلاطات جميع الحدود الخاصة بحالات التشغيل.

١٠-٤-٣-٦ تفاصيل التسليح للبلاطات

- فى حالة الأحمال الحية العادية والأحمال متنظمة التوزيع تؤخذ المسافة بين الجدائل أو مجموعة الجدائل فى الاتجاه الواحد بحيث لا تزيد المسافة بينها عن ٦ مرات سمك البلاطة أو ١,٥٠ متر أو البعد الأكبر للجراب (فى حالة استخدام أجربة غير مستديرة).
- تُرص الجدائل بحيث يكون المتوسط الأدنى لقوى الإجهاد السابق فى الجديلة الواحدة بعد حدوث الفقد الكلى فى سبق الإجهاد مساوياً ٠,٩٠ ن/مم^{٢} على قطاع البلاطة للجديلة الواحدة أو مجموعة الجدائل.
- يجب ألا يقل عدد الجدائل فى الاتجاه الواحد عن اثنتين فى قطاع القص أعلا العمود.

١٠-٥ التفاصيل الإنشائية

١٠-٥-١ عـــــــــام

يرجع للبند الخاص بالتفاصيل الإنشائية لأعمال الخرسانة المسلحة بالباب السابع بالإضافة إلى الاشتراطات الآتى ذكرها.

١٠-٥-٢ الحدود القصوى لمساحة مقطع الكابلات بالقطاع الخرسانى

يرجع للبند (١٠-٣-٣-١-٦).

١٠-٥-٣ الغطاء الخرسانى للكابلات

يُحدد الغطاء الخرسانى للكابلات بوجه عام طبقا لمتطلبات التحمل مع الزمن (Durability) والمقاومة للحريق ومتطلبات التصميم طبقا للبابين الثانى والرابع والكود المصرى للحريق.

١٠-٥-٣-١ الكابلات المتماسكة مع الخرسانة Bonded Tendons

١٠-٥-٣-١-١ عـــــــــــام

يجب أن يفى الغطاء الخرسانى للكابلات المتماسكة مع الخرسانة بالتوصيات الخاصة المذكورة بالبندين (٤-٣-٢-٣) ، (٩-٧) وذلك بالإضافة إلى الاشتراطات المذكورة بالبند (١٠-٥-٣-١-٢) والخاصة بحماية أسياخ التسليح من الصدأ ، البند (١٠-٥-٣-١-٣) والخاص بوقاية أسياخ التسليح من الحريق وكذلك المتطلبات المبينة فى شكل (١٠-٨).

وعادة لا تحتاج نهايات الكابلات المستخدمة فى الأنظمة ذات الشد المسبق إلى وجود غطاء بل قد يفضل قطعها فى نفس مستوى نهاية العنصر الخرسانى و دهانها بدهان عازل ضد الصدأ.

١٠-٥-٣-١-٢ الغطاء الخرسانى للوقاية من الصدأ

يراعى عند تحديد الغطاء الخرسانى اللازم لوقاية أسياخ التسليح من الصدأ الظروف التى سيتعرض لها المنشأ الخرسانى طبقاً للجدول (٤-١١) وكذا سمك الغطاء الخرسانى ومحددات الخلطة كما هو موضح بالجدول (١٠-٦) للاسترشاد . وتسرى أيضا التوصيات الخاصة بمواد الخرسانة والخلطات الموضحة بالباب الثانى من الكود الخاص بمواد الخرسانة المسلحة على البيانات الواردة بالجدول (١٠-٦) وكذا الاشتراطات الخاصة بالخرسانة سابقة الإجهاد بالبند (١٠-٢) مع مراعاة ألا يقل محتوى الأسمنت بالخلطة عن ٣٥٠ كجم للمتر المكعب من الخرسانة، مع مراعاة متطلبات جدول (٢-١٣).

جدول (١٠-٦) الحد الأدنى الاسترشادى لسمك الغطاء الخرسانى*

		سمك الغطاء الخرسانى (مم)			
أقل رتبة للخرسانة f_{cu} (ن/مم^2)		35 أو أقل	40	45	أكبر من أو يساوى 50
ظروف التعرض**	القسم الأول	25	25	25	25
	القسم الثانى	–	40	30	30
	القسم الثالث	–	50	40	40
	القسم الرابع	–	–	60	50
أكبر نسبة ماء خلط / أسمنت		0.50	0.45	0.40	0.35
أقل محتوى أسمنت (كجم/ م^3)		350	400	425	450

* هذا الجدول يفترض استخدام ركام ذى مقاس اعتبارى أكبر ٢٠ مم .

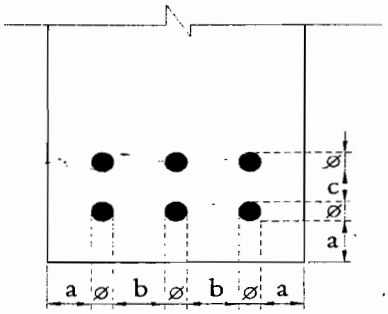
** تؤخذ ظروف التعرض طبقاً لجدول (٤-١١).

١٠-٥-٣-١-٣ الغطاء اللازم للوقاية من الحريق

يؤخذ بالتوصيات الخاصة بالباب الثانى - الجدولان (٢-١٤-أ) ، (٢-١٤-ب) لحماية المنشآت من الحريق وكذلك ما ورد بكود الحريق على أن تراعى القيم المذكورة بالجدول (٢-١٤-ب) كحد أدنى.

١٠-٥-٣-٢ الغطاء الخرسانى للأجربة المستقيمة (غير المنحنية)

يجب ألا يقل سمك الغطاء الخرسانى مقاسا من الحد الخارجى للأجربة عن ٥٠ مم، أو قيمة الغطاء الخرسانى المذكور فى البند (١٠-٥-٣-١) والجدولان (١٠-٦)، (٢-١٤-ب) مضافاً إليه قطر الكانة، أو المبين بالشكلين (١٠-٩)، (١٠-١٠) أيهم أكبر على أن يراعى أن تؤخذ الاحتياطات الكافية لأن تكون الخرسانة المكونة للغطاء كثيفة بدرجة كافية. وبالنسبة للكابلات المنحنية يراعى أيضاً متطلبات البند (١٠-٥-٥).



a ≥ 2.5 ϕ

≥ غطاء الخرسانة الأدنى + قطر الكانة

≥ ٢٠ مليمتر

b ≥ المقاس الاعتبار الأكبر للركام + ٥ ملليمتر

≥ 2 ϕ

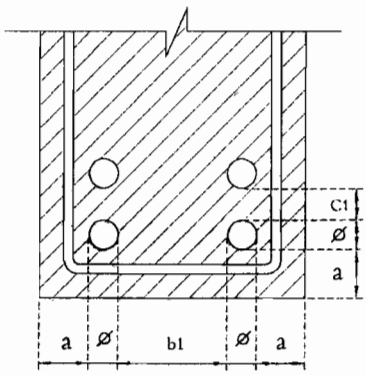
c > المقاس الاعتباري الأكبر للركام

≥ 2 ϕ

≥ ١٠ ملليمتر

كما يجب أيضاً ألا تقل المسافات a ، b ، c عن القيم المنصوص عليها من قبل الشركات المنتجة للكابلات.

شكل (١٠-٨) أقل غطاء خرسانى ومسافات مسموح بها بين الأسلاك أو الجدائل فى نظام الشد السابق



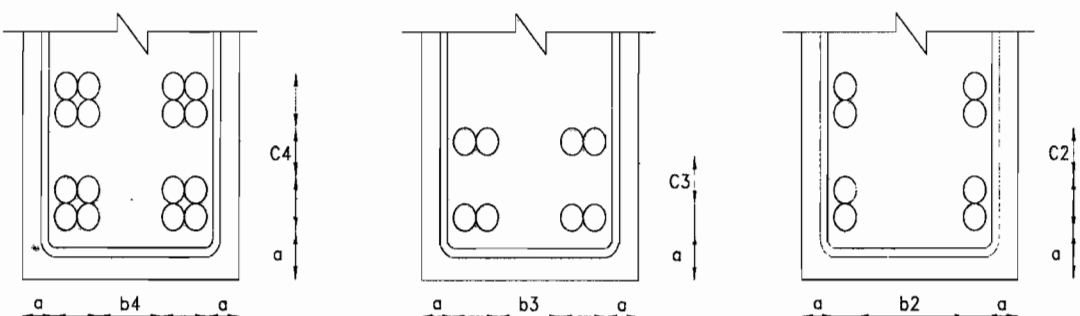
a > غطاء الخرسانة الأدنى بند (١٠-٥-٣-١) + قطر الكانة $b_1 \leq$ قطر الجراب أو ٤٠ ملليمتر

≤ قطر الجراب ϕ فى حالة $\phi \geq$ ٨٠ ملليمتر $c_1 \leq$ قطر الجراب أو ٥٠ ملليمتر

≤ ٠,٧٥ من قطر الجراب ϕ فى حالة $\phi >$ ١٢٠ ملليمتر

≤ ٥٠ ملليمتر

شكل (١٠-٩) أقل غطاء خرسانى ومسافات مسموح بها بين أجربة الكابلات فى نظام الشد اللاحق (كابلات منفردة)



a ≤ مثل المبين فى شكل (١٠-٨)

$b_2 \leq$ ١,٥ قطر الجراب

$c_2 \leq$ ١,٢ قطر الجراب

يراعى أن تكون $\phi \geq$ ١٠٠ ملليمتر

a ≤ ١,٥ قطر الجراب

$b_3 \leq$ ١,٥ قطر الجراب

$c_3 \leq$ ١,٢ قطر الجراب

يراعى أن تكون $\phi \geq$ ٥٠ ملليمتر

a ≤ ١,٥ قطر الجراب

$b_4 \leq$ ١,٥ قطر الجراب

$c_4 \leq$ ١,٢ قطر الجراب

يراعى أن تكون $\phi \geq$ ٥٠ ملليمتر

يراعى أيضاً متطلبات الجدولين (١٠-٧) ، (١٠-٨)

ملحوظة : المقصود بقطر الجراب هو قطر الجراب للكابل الواحد .

شكل (١٠-١٠) أقل غطاء خرسانى ومسافات مسموح بها بين أجربة الكابلات فى نظام الشد اللاحق(كابلات مجمعة)

١٠-٥-٣-٣ الكابلات الخارجية External Tendons

فى حالة حماية الكابلات الخارجية بغطاء خرسانى يجب أن تكون الخرسانة كثيفة ذات إجهاد لا يقل عن ٤٠ نيوتن /مم^{٢} وألا يقل سمك الغطاء الخرسانى فى هذه الحالة عن السمك المحدد للغطاء في حالة وجود الكابلات داخل القطاع الخرسانى الإنشائي فى ظروف مماثلة وأن يتم ربط الغطاء الخرسانى باستخدام صلب تسليح بالعنصر السابق الإجهاد مع التحقق من التحكم فى الشروخ طبقا للمتطلبات المذكورة بالباب الرابع.

١٠-٥-٤ المسافة بين كابلات سبق الإجهاد

١٠-٥-٤-١ عـــــــــام

يجب أن تحقق المسافة بين الكابلات أو بين مجموعات الكابلات الاشتراطات الآتيـــة على ألا تقل بأى حال من الأحوال عما هو منصوص عليه من قبل الشركات المنتجة لها.

١٠-٥-٤-٢ المسافة بين الكابلات فى نظام الشد السابق Pre-tensioning

تُحدد المسافة بين الكابلات طبقاً للشكل (١٠-٨). وفى حالة العناصر التى يتم فيهـــا تنفيذ الشد قبل الصب (Pre-tensioned) والتى يتماسك فيها الصلب مع الخرسانة بطريـــق الربط (Bonded tendons) فإن المسافة بين الأسلاك (Wires) أو الجـــدائل (Strands) عند النهايات يجب أن تحقق ما جاء بالبندين (١٠-٣-٣-٢) ، (١٠-٣-٣-٥). فإذا كانت هذه الكابلات موضوعة في مجموعتين أو أكثر متباعدة عن بعضها البعض يجب أن يؤخـــذ في الاعتبار إمكانية حدوث انفلاق طـــولى (Longitudinal splitting) فـــى العنـــصر الإنشائي ويضاف تسليح وكانات لمنع حدوث ذلك الانفلاق .

١٠-٥-٤-٣ المسافة بين الكابلات فى نظام الشد اللاحق Post-tensioning

يجب ألا تقل المسافة الصافية بين الأجربة أو بين الأجربة والكابلات الأخرى طبقـــاً للشـــكلين (١٠-٩) ، (١٠-١٠) عن القيم الآتية أيها أكبر:

أ - المقاس الاعتبارى الأكبر للركام مضافاً إليه ٥ مم

ب - في الاتجاه الرأسى : البعد الداخلى الرأسى للجراب

جـــ- في الاتجاه الأفقى : البعد الداخلى الأفقى للجراب

مع مراعاة وجود مسافة كافية بين الأجربة للسماح بتحرك الهزازات الداخلية في حالة استخدامها وإذا تطلب الأمر وجود صفين أو أكثر من الأجربة تكون الفجوة بين الأجربة متصلة رأسيا بقدر الإمكان لتسهيل أعمال الإنشاء. مع مراعاة الاشتراطات الإضافية الخاصة بالكابلات المنحنية المذكورة بالبند (١٠-٥-٥). وبالنسبة للبلاطات يراعى أيضاً متطلبات البند (١٠-٤-٣-٦).

١٠-٥-٥ الكابلات المنحنية

١٠-٥-٥-١ عام

إذا ما استخدمت كابلات منحنية في تنفيذ سبق الإجهاد اللاحق (Post-tensioning) تحدد أماكن أجربة الكابلات بإحداثياتها فى الأبعاد الثلاثة، وكذا يحدد توالى إجراء الشد للكابلات بحيث يمكن تجنب ما يلى:

أ - تفتت الغطاء الخرسانى الجانبى عموديا على مستوى انحناء الأجربة.

ب - تفتت الغطاء في مستوى انحناء الأجربة.

جـ- كسر للخرسانه الفاصلة بين الأجربة في ذات مستوى الانحناء وعمودى عليها.

وبالإضافة إلى ذلك يتم الالتزام بالاشتراطات المذكورة بالبندين (١٠-٥-٥-٢)، (١٠-٥-٥-٣) التاليين على أن لا يقل سمك الغطاء الخرسانى والمسافة بين الكابلات عن تلك المبينة بالبندين (١٠-٥-٣) ، (١٠-٥-٤).

١٠-٥-٥-٢ الغطاء الخرسانى

لتجنب حدوث كسر للغطاء الخرسانى عموديا على مستوى انحناء الكابلات وفى مستواها فإن سمك الغطاء يجب أن يتم اختياره طبقا للجدول (١٠-٧) وفى هذه الحالة يراعى أن تمنع حركة الأجربة والتى قد ينتج عنها قوى قطرية (Radial forces) عمودية على السطح الظاهر للخرسانة بواسطة كانات مثبتة داخل العنصر الإنشائي.

١٠-٥-٥-٣ المسافة بين الأجربة

أ - يجب ألا تقل المسافة بين الأجربة في مستوى انحناء الكابلات عن المسافة الموضحة بالجدول (١٠-٨) أو المسافة المحددة طبقا للبند (١٠-٥-٤-٣) أيهما أكبر.

ب - يجب ألا تقل المسافة بين الأجربة عموديا على مستوى انحناء الكابلات عن المسافة المحددة طبقا للبند (١٠-٥-٤-٣).

١٠-٥-٥-٤ تخفيض المسافة بين الأجربة

يمكن تخفيض المسافة بين الأجربة عما هو مذكور بالبند (١٠-٥-٥-٣) في بعض الحالات الاستثنائية وطبقا لموافقة المهندس المصمم إذا تم شد وحقن الكابل ذى نصف القطر الأقل أولا ثم بعد مرور ٤٨ ساعة من حقن هذا الكابل يتم شد وحقن الكابل الذى يليه فى القطر.

١٠-٥-٦ منطقة ألواح التثبيت **Tendon Anchorage Zone**

يوضح الشكل (١٠-١١) الاشتراطات الخاصة بالمسافات بين ألواح التثبيت.

١٠-٥-٧ مقاسات الأجربة والوصلات

١٠-٥-٧-١ مقاسات الأجربـــة **Duct Sizes**

يجب أن يزيد القطر الداخلى للجراب بمقدار ٦ مم على قطر الكابل على الأقل ، وذلك فى حالة استخدام كابل واحد داخل الجراب - وألا تقل مساحة فراغ الجراب عن ضعف مساحة مقطع مجموعة الكابلات داخل الجراب (ويفضل مرتان ونصف). ويوضح الجدول (١٠-٩) أقل أبعاد داخلية وأقل سمك مسموح به للأجربة. ويراعى بالنسبة لأجربة الكابلات المستخدمة فى نظام الشد اللاحق وجود مسافة مستقيمة بطول ٥٠ سم على الأقل قبل بدء الانحناء فى الجراب.

جدول (١٠-٧) الحد الأدنى للغطاء الخرساني للكابلات ذات الأجربة المنحنية مقاساً ناحية مركز التقوس

نصف قطر انحناء الجراب	القطر الداخلى للجراب (مم)															
	19	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
	القوة الموجودة بالكابل (كيلو نيوتن)															
	296	387	960	1337	1920	2640	3360	4320	5183	6019	7200	8640	9424	10338	11248	13200
متر	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم		
2	50	55	155	220	320	445								أنصاف أقطار		
4		50	70	100	145	205	265	350	420					غير شائعة	مم	
6			50	65	90	125	165	220	265	310	375	460		الاستخدام		مم
8				55	75	95	115	150	185	220	270	330	360	395		
10				50	65	85	100	120	140	165	205	250	275	300	330	
12					60	75	90	110	125	145	165	200	215	240	260	315
14					55	70	85	100	115	130	150	170	185	200	215	260
16					55	65	80	95	110	125	140	160	175	190	205	225
18					50	65	75	90	105	115	135	150	165	180	190	215
20						60	70	85	100	110	125	145	155	170	180	205
22						55	70	80	95	105	120	140	150	160	175	195
24						55	65	80	90	100	115	130	145	155	165	185
26						50	65	75	85	100	110	125	135	150	160	180
28							60	75	85	95	105	120	130	145	155	170
30							60	70	80	90	105	120	130	140	150	165
32							55	70	80	90	100	115	125	135	145	160
34							55	65	75	85	100	110	120	130	140	155
36							55	65	75	85	95	105	115	125	140	150
38							50	60	70	80	90	105	115	125	135	150
40	50	50	50	50	50	50	50	60	70	80	90	100	110	120	130	145

ملاحظات:

(١) قوة الكابل المذكورة فى الجدول هى القوة القصوى التى توجد عادة بالكابلات الموضوعة بالأجربة ذات المقاسات الموضحة بالجدول (وهى مأخوذة بنسبة ٧٥% من المقاومة المميزة للكابل) .

(٢) إذا احتوى الجراب على قطاعات خاصة (Profilers) بين الكابلات أو مباعدات وكان استخدام هذه القطاعات أو المباعدات سيعمل على تركيز القوى القطرية فيجب زيادة القيم المذكورة بالجدول .

(٣) يمكن تخفيض قيمة الغطاء الموضحة مقابل القطر الداخلى للجراب ونصف قطر الانحناء الموضح بالجدول بنسبة الجذر التربيعي للقوة الموجودة بالكابل إذا كانت هذه القيمة أقل من القيمة المعطاة بالجدول بشرط تحقيق ما جاء بالبندين (١٠-٥-٣-١-٢) ، (١٠-٥-٣-١-٣) .

جدول (١٠-٨) أقل مسافة بين محاور الأجربة فى مستوى انحناء الأجربة المنحنية

نصف قطر انحناء الجراب	القطر الداخلى للجراب (مم)															
	19	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
	القوة الموجودة بالكابل (كيلو نيوتن)															
	296	387	960	1337	1920	2640	3360	4320	5183	6019	7200	8640	9424	10336	11248	13200
متر	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم أنصاف أقطار	مم غير شائعة	مم الاستخدام
2	110	140	350	485	700	960										
4	55	70	175	245	350	480	610	785	940							
6	38	60	120	165	235	320	410	525	630	730	870	1045				
8			90	125	175	240	305	395	470	545	655	785	855	940		
10			80	100	140	195	245	315	375	440	525	630	685	750	815	
12						160	205	265	315	365	435	525	570	625	680	800
14						140	175	225	270	315	375	450	490	535	585	785
16							160	195	235	275	330	395	430	470	510	600
18								180	210	245	290	350	380	420	455	535
20									200	220	265	315	345	375	410	480
22											240	285	310	340	370	435
24												265	285	315	340	400
26												260	280	300	320	370
28																345
30																340
32																
34																
36																
38																
40	38	60	80	100	140	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340

ملاحظات:

(١) قوة الكابل المذكورة بالجدول هى القوة القصوى التى توجد بالكابلات الموضوعة بالأجربة ذات المقاسات الموضحة (وهى مأخوذة بنسبة ٧٥% من المقاومة المميزة للكابل)

(٢) يراعى ألا تقل المسافة بين الأجربة عن ضعف القطر الداخلى للجراب .

(٣) إذا احتوى الجراب على قطاعات خاصة بين الكابلات (Profilers) أو مباعدات وكانت هذه القطاعات أو المباعدات ستعمل على تركيز القوى القطرية (Radial forces) فيجب زيادة القيم المذكورة بالجدول وإذا دعت الضرورة يوضع صلب تسليح بين الأجربة .

(٤) يمكن تخفيض المسافة الموضحة مقابل القطر الداخلى للجراب ونصف القطر الموضح بالجدول بنسبة القوى الموجودة بالكابل إذا كانت أقل من القيمة المبينة بالجدول بشرط تحقيق ما جاء بالبند (١٠-٥-٤-٣).

١٠-٥-٧-٢ الوصلات :

يجب ألا تستخدم الوصلات (Couplers) إلا فى فى المواضع المشار إليها بالرسومات أو المعتمدة من المهندس المصمم ، ولا يسمح بعمل وصلات فى أكثر من ٥٠ % من الكابلات عند القطاع الواحد . بالإضافة إلى ذلك لا يسمح بعمل وصلات أخرى (للكابلات غير الموصولة) إلا بعد مسافة أكبر من ١,٥ متر تقاس فى اتجاه طول الكابلات بالنسبة للكمرات ذات الارتفاع أقل من ٢ متر أو مسافة أكبر من ثلاثة أمتار بالنسبة للكمرات ذات ارتفاع أكبر من ٢ متر ، ويجب أن تختار الوصلات بحيث تحقق المقاومة القصوى المنصوص عليها لصلب سبق الإجهاد دون أن تتعدى التشكل (Deformation) المتوقع للوصلة (Coupler) أو لصلب سبق الإجهاد ، ويجب ألا تتسبب الوصلات فى إنقاص ممطولية الكابلات وأن توضع فى أجربة تسمح بالحركة أثناء إجراء الشد وأن تزود بوسائل تسمح بالحقن الكامل لكل مكونات الوصلة .

١٠-٥-٨ وثائق التنفيذ

١٠-٥-٨-١ تقديم وثائق التنفيذ

يقدم المقاول وثائق التنفيذ التى سيتم العمل بموجبها للمهندس المصمم قبل بدء العمل بوقت كاف لمراجعتها واعتمادها مع مراعاة أن موافقة المهندس المصمم أو المهندس المراجع على هذه الرسومات لا تعفى المقاول من مسئوليته عن إعدادها.

١٠-٥-٨-٢ المستندات التى تشمل وثائق التنفيذ

تشتمل وثائق التنفيذ المشار إليها بالبند السابق على مايلى :

أ - التفاصيل الكاملة للنظام المستخدم شاملة مواصفات الكابلات المستخدمة والأربطة (Anchors) والأجربة (Ducts) والمعدات المستخدمة وطريقة شد الكابلات وإجهادات التشغيل (Working stresses) وإجهادات الربط (Anchoring stresses) واستطالة الكابلات تحت الأحمال نتيجة الشد.

التعريف بالرموز :

E = البعد الأصغر للوح التثبيت من كتالوج الشركة المنتجة

D = البعد الأكبر للوح التثبيت من كتالوج الشركة المنتجة

a_o = أقل مسافة مسموح بها بين محاور ألواح التثبيت (تؤخذ من كتالوجات الشركة المنتجة)

a_o > (D or E) + ٣٠ ملليمتر

b_o = أقل مسافة مسموح بها بين محور لوح التثبيت وحد الخرسانة (تؤخذ من كتالوجات الشركة المنتجة)

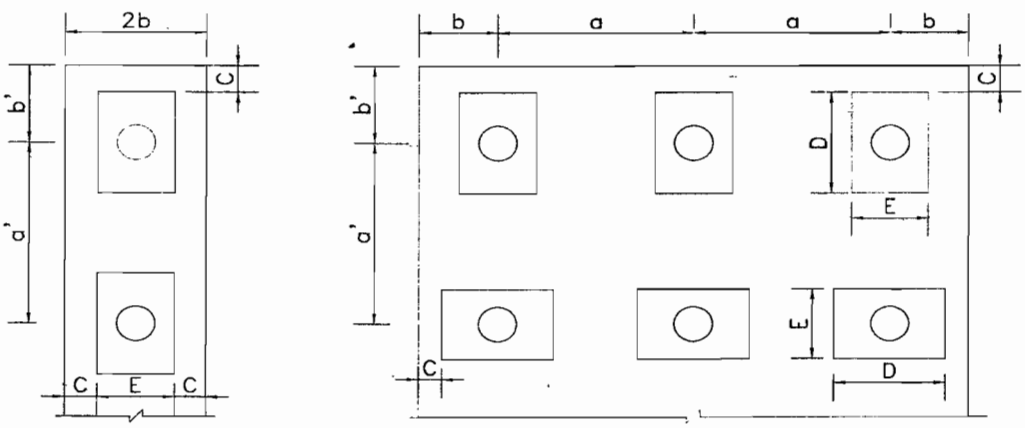
a = المسافة الأفقية الفعلية بين محاور ألواح التثبيت

b = المسافة الأفقية الفعلية بين محور لوح التثبيت وحد الخرسانة

a = المسافة الرأسية الفعلية بين محاور ألواح التثبيت

b′ = المسافة الرأسية الفعلية بين محور لوح التثبيت وحد الخرسانة

c = المسافة بين حد لوح التثبيت وحد الخرسانة (مبينة بالجدول التالى):



ألواح تثبيت موزعة على عدة خطوط أفقية ورأسية

يراعى أن :

a_o < a′ ، a_o < a

b_o < b′ ، b_o < b

$1.6\ b_o^2$ < b a′

$1.6\ b_o^2$ < b′ a

$\frac{\text{قوة الشد الأصلية}}{f_{cu}}$ ١,٥ < a′a

ألواح تثبيت موزعة على خط رأسى واحد

يراعى أن :

$1.5\ b_o$ < b′

$\frac{\text{قوة الشد الأصلية}}{f_{cu}}$ < 2ba′

$1.6\ b_o^2$ < b a′

قوة الشد الأصلية (كيلو نيوتن)	500	1000 - 500	3000 - 1500	4000 - 3000	4000 <
المسافة c ملليمتر	30	50	70	80	100

شكل (١٠-١١) المسافات بين ألواح التثبيت

جدول (١٠-٩) أقل أبعاد داخلية وأقل سمك مسموح به للأجربة *

نوع صلب سيق الإجهاد	عدد الأسلاك أو الجدائل المكونة للكابل	أجربة رفيعة من الصلب المعرج **		أجربة جاسئة من الصلب *** ، ****	
		القطر الداخلي مم	السمك مم	القطر الداخلي مم	السمك مم
أسلاك قطر ٧ مم	9	40	0.4	—	—
	14	46	0.4	—	—
	18	50	0.4	—	—
	22	60	0.4	—	—
	30	65	0.4	76	2
	54	90	0.6	89	2
	84	110	0.6	108	2
جدائل قطر إسمي ١٢,٥مم أو ١٢,٩ مم	7	50	0.4	55	2
	12	65	0.4	76	2
	18	80	0.6	84	2
	31	105	0.6	108	2
	55	140	0.6	139	2
جدائل قطر إسمي ١٥,٢مم أو ١٥,٧ مم	5	50	0.4	55	2
	8	65	0.4	76	2
	12	80	0.6	84	2
	19	95	0.6	101	2
	37	130	0.6	139	2

* فى الحالات غير المذكورة بالجدول ، تؤخذ أقرب قيمة مكافئة

** لا يقل نصف قطر الانحناء للجراب عن ١٠٠ مرة قدر القطر الداخلى أو القيمة المحددة من قبل الشركة المنتجة أيهما أكبر

*** لا يقل نصف قطر الانحناء للجراب عن ثلاثة أمتار – تستخدم فى الحالات الخاصة للكابلات ذات أنصاف الأقطار الصغيرة أو لأجربة الكابلات الخارجية (External tendons)

**** فى حالة استخدام أجربة من البلاستيك ، يكون القطر الداخلى للأجربة مثل المبين فى هذا الجدول ، وسمك الجراب لا يقل عن ٣ مم .

ب - الحسابات الإنشائية التى قام بإعدادها المقاول بناء على النظام الذى سيتبعه مع توضيح أي اختلافات بين التصميم المبدئي المقدم من المهندس المصمم والتصميم المقدم منه من حيث أبعاد القطاعات الخرسانية وأعداد الكابلات ومواقعها وكذا صلب التسليح مع مراعاة أن تكون الحسابات المقدمة مكتوبة بطريقة واضحة مع بيان بنود الكود التى بنى التصميم على أساسها.

جـ- الرسومات التنفيذية يجب أن تكون بمقياس رسم مناسب وكاف لإيضاح جميع التفاصيل اللازمة للتنفيذ ، مع بيان جميع الكابلات وأنواعها ومواقعها بوضوح ، وكذلك إحداثياتها فى الأبعاد الثلاثة (منسوبة إلى مركز قطاع الكابلات) بالإضافة إلى مواقع ومواصفات ألواح التثبيت والربط وتفاصيل شاملة لصلب التسليح والقطاع الخرسانى مع إظهار مواقع أي أجزاء أخرى قد تكون موجودة بالقطاع الخرسانى فى كامل طول العنصر وفى مناطق التثبيت مثل الركائز أو الجوايط بحيث تحقق هذه الرسومات عدم وجود أي تعارض بين مسارات ومواقع هذه الأجزاء. ويجب بيان قيم معاملات الاحتكاك μ, k المستخدمة فى التصميم على اللوحات.

١٠-٦ التفتيش و ضبط الجودة

يجب تطبيق ما جاء بالباب الثامن على أعمال الخرسانة سابقة الإجهاد مع الاهتمام بجودة الخرسانة شاملة مقاومتها عند نقل قوة سبق الإجهاد وجودة صلب التسليح والتحقق من قوة سبق الإجهاد والتحقق من جودة الحقن وكذلك من جودة المعالجة بالبخار إن وجدت والأمان خلال التنفيذ مثل عملية شد الكابلات ويجب وضع البنود الإضافية التالية في الاعتبار.

١٠-٦-١ جودة الخرسانة

أ - يتم صب عدد كاف من مكعبات الخرسانة لإجراء اختبار مقاومة الضغط عند نقل قوة سبق الإجهاد وللتحقق من المقاومة المميزة وعند الأزمنة التي يطلبها المهندس الاستشاري. وتؤخذ العينات من كل يوم صب أو عند اختلاف العنصر وبما لا يزيد على ١٠٠م^{٣} خرسانة في فترات متصلة من العمل.

ب - يتم اختبار مقاومة الضغط للخرسانة قبل البدء في شد الكابلات ويجب أن تحقق نتائج الاختبارات مقاومة الضغط المطلوبة عند نقل قوة سبق الإجهاد ويجب ألا تقل نتيجة أي اختبار عن ٨٥% من مقاومة الضغط المطلوبة . وإذا لم تتحقق المقاومة المطلوبة يجب الانتظار لحين اختبار مقاومة الضغط في وقت لاحق.

جـ- تُعتبر الخرسانة مستوفية لرتبة المقاومة المميزة المطلوبة عند التحميل أثناء التنفيذ إذا تحققت الشروط الواردة بالبندين (٨-٩-٣) ، (١٠-٢-١-٣) .

١٠-٦-٢ المراقبة وضبط الجودة لمونة الحقن

أ - تُطبق خطوات واشتراطات ضبط الجودة على مواد مونة الحقن من أسمنت ومواد مالئة وإضافات وماء ويتم إجراء اختبار القوام على المونة الطازجة خلال اليوم الواحد على فترات مناسبة لا تقل عن ٣ مرات ويتم الفحص البصري الدائم للقوام خلال اليوم.

ب - يتم إجراء اختبار مقاومة الضغط للمونة طبقاً للمواصفات القياسية ويتم أخذ العينات على فترات مناسبة خلال اليوم وعند اختلاف العنصر الذي يتم فيه الحقن.

جـ - يجب أن تحقق مقاومة ضغط المونة المقاومة المطلوبة وبحيث لا تقل نتيجة أى اختبار عن ٨٥% من المقاومة المطلوبة.

١٠-٦-٣ المراقبة وضبط الجودة لصلب سبق الإجهاد

بجانب شهادات الاختبار والتفتيش المصاحبة لصلب سبق الإجهاد يجب إجراء اختبارات ضبط الجودة لذلك الصلب ويتم التأكد من تحقيقه لحدود المواصفات القياسية العالمية التي تم تصنيعه بناء عليها . ويجب التفتيش على الأسلاك والجدائل بعد فردها وفكها من البكرات التي تورد ملفوفة عليها بحيث تكون مستقيمة وخالية من التشوه والانحناء وقبل الاستخدام يتم استبعاد أي صلب به نُقر(Pits) ويجب أن يكون الصلب خالياً من المواد العالقة من أتربة أو زيوت وإذا ترك صلب سبق الإجهاد في الأجربة بدون إجهاد لفترة أكثر من خمسة أسابيع يعاد فحص الصلب مرة أخرى حتى لا يكون قد تعرض للصدأ.

١٠-٦-٤ التفتيش على الأجربة والكابلات

أ - يجب التفتيش على الأجربة عند توريدها واستبعاد أية أجربة بها اختناقات أو حدث بها ثقوب لأي سبب من الأسباب ثم يتم التفتيش عليها بعد تركيبها في أماكنها كما جاءت بالرسومات والتفتيش على قوة وصلابة ركائز الأجربة. ويتم التفتيش على العزل الجيد للأجربة عند الأطراف وعند الوصلات حتى لا تدخل المونة وتؤثر على شد الكابلات. ويجب التأكد من عدم حدوث انسداد بالأجربة و ذلك بضخ هواء مضغوط لا يزيد ضغطه على ٢ نيوتن/مم^{٢} للأجربة الأفقية و ١ نيوتن/مم^{٢} للأجربة الرأسية مع مراقبة ضغط الهواء.

ب - يجب التأكد من أن كل كابل قد تم شده بالتدريج وبانتظام بالقوة التصميمية المطلوبة ويتم ذلك عن طريق تحديد الاستطالة الحقيقية في الموقع للكابل ومقارنتها بالاستطالة المحسوبة ويجب أخذ أي زحزحة في الروابط الطرفية للكابلات في الاعتبار ويجب ألا تقل دقة قراءة الاستطالة عن ٢ مم كما يجب قياس قوة الشد في أحد الأطراف عن طريق أحد الأجهزة المعايرة (دقة القراءة لا تزيد على ١,٥%).

جـ- في الأعضاء القصيرة أو فى حالة استخدام جدائل ذات عدد أسلاك أكبر من أو يساوى ١٩ يفضل التحقق من قوة الشد فى الكابلات باستخدام مقياس القوة.

١٠-٦-٥ معايرة المعدات الخاصة بشد الكابلات

يتم معايرة أجهزة قياس الأستطالة وأجهزة قياس قوة شد الكابلات قبل الاستخدام وتعاد معايرتها كل ٦ شهور في الظروف الطبيعية أو أقل طبقاً لطلب المهندس الاستشاري. ويجب ألا يزيد الخطأ فى دقة تلك الأجهزة أو جهاز المعايرة عن الحدود المسموح بها في المواصفات القياسية المصرية لأجهزة القياس.

١٠-٦-٦ التفتيش على العنصر الخرسانى بعد نقل القوة ونقل العنصر

أ - يتم التأكد من عدم حدوث أى تشوهات أو شروخ بالعنصر الخرسانى بعد نقل القوة ويتم قياس أقصى تحدب (Camber) حدث بالعنصر ومقارنته بالحدود المسموح بها.

ب - فى حالة العناصر سابقة الصب يتم التأكد من عدم حدوث أى تشوهات أو شروخ بالعنصر بعد نقله إلى مكانه بالمنشأ وكذلك يجب التفتيش على الوصلات بين العنصر سابق الإجهاد والعناصر المتصلة به و/أو الحاملة له.

١٠-٦-٧ اختبارات الخرسانة

يرجع إلى البندين (٨-٩-٤) ، (٨-٩-٥) فى هذا الصدد .

١٠-٦-٨ اختبارات تحمل العناصر والمنشآت الخرسانية

يسرى ما جاء فى البند (٨-٩-٦) على المنشآت والعناصر الخرسانية سابقة الإجهاد .

١٠-٧ التنفيـــذ

١٠-٧-١ عـــــــــام

١٠-٧-١-١ يرجع إلى الباب التاسع بالإضافة إلى الاشتراطات المذكورة فى هذا الباب.

١٠-٧-١-٢ يجب أن يقوم بالتنفيذ مقاول ذو خبرة كافية بالنظام المستخدم لتنفيذ سبق الإجهاد بالخرسانة وأن تعتمد خبرته من جهة الإشراف ومن المصمم قبل إسناد الأعمال إليه. وبالنسبة للأفراد يجب أن يضمن المقاول أن يكون القائمون بأعمال الشد والحقن وتثبيت الكابلات فى أماكنها وكافة الأعمال الخاصة بسبق الاجهاد على درجة عالية من المهارة فى هذا المجال وفقاً لما تقبله الجهة المشرفة من خلال تقديم شهادات تدريب تصدرها جهات مرموقة أو شهادات خبرة لأعمال مماثلة كحد أدنى .

١٠-٧-١-٣ يقدم المقاول وثائق التنفيذ المشار إليها بالبند (١٠-٥-٨) وخطة ضمان الجودة طبقاً للبند (١٠-٧-٩) ويتم التنفيذ طبقا لهذه الوثائق بعد اعتمادها من جهة الإشراف ومن المصمم.

١٠-٧-١-٤ يجب أن تطابق المواد المستخدمة في التنفيذ المواصفات المذكورة بالباب الثانى وأن يتم اختبارها قبل التنفيذ ودوريا طبقا للاشتراطات المذكورة بالباب الثامن .

١٠-٧-١-٥ تقدم قبل التنفيذ للاعتماد من المهندس المشرف والمهندس المصمم كل من المستندات الآتية:

أ – شهادة اعتماد نظام سبق الإجهاد المستخدم من الجهات المسئولة والمعتمدة (شهادة منشأ).

ب – شهادات الخبرة الخاصة بالقائمين على الأعمال.

١٠-٧-٢ برنامج سبق الإجهاد

١٠-٧-٢-١ يجب ألا يتم تنفيذ سبق الإجهاد إلا بعد أن تحقق الخرسانة مقاومة ضغط كافية لتحمل القوى المؤثرة عليها بأمان مع الأخذ في الاعتبار مواضع تأثير هذه القوى. ويوضح الجدول (١٠-١٠) الحد الأدنى لمقاومة الخرسانة فى الضغط المسموح به عند إجراء سبق الإجهاد. مع مراعاة حساب إجهادات الضغط والشد فى الخرسانة وألا تزيد على الحدود المسموح بها فى البند (١٠-٣).

جدول (١٠-١٠) الحد الأدنى لمقاومة الخرسانة فى الضغط عند إجراء سبق الإجهاد

رتبـــــة الخرسانة	الحد الأدنى لمقاومة الخرسانة نيوتن / مم^2
30	26
35	30
40	32
45	36
50	40
55	44
60	48

١٠-٧-٢-٢ ينفذ سبق الإجهاد طبقا لبرنامج يوضح تتابع إجراء سبق الإجهاد بالكابلات بالإضافة إلى البيانات الخاصة بقيمة الإجهاد واتجاهه ومكانه مع التأكد من تحقيق وقيمة معاملات الاحتكاك والزحزحة والأوقات المحددة لفك الشدات، ويقدم المقاول هذا البرنامج قبل إجراء عمليات الشد ، ويشمل البرنامج المقدم من المقاول حساب الإجهادات التى قد تنتج عن عملية إجراء الشد فيما لم تشمله أعمال التصميم .

١٠-٧-٢-٣ فى بعض الحالات الخاصة قد يوصى بتنفيذ سبق الإجهاد مبكرا على مراحل بشرط وصول مقاومة الخرسانة إلى ٧٥ % من القيمة المذكورة بالبند (١٠-٧-٢-١) والتأكد من ذلك بإجراء اختبار الضغط القياسي للخرسانة مع مراعاة ألا تزيد قوى سبق الإجهاد المؤثرة على أي من الكابلات على ٣٥ % من الإجهادات المسموح بها وذلك لكل مرحلة وألا تزيد الإجهادات الواقعة على الخرسانة على القيم المذكورة بالجدول (١٠-٢) حيث f_{cui} هي المقاومة المميزة للخرسانة في الضغط عند نقل سبق الإجهاد مقاسة من المكعبات التى تم اختبارها فى تاريخ سبق الإجهاد ، فإذا زادت نتيجة الاختبار على القيمة المتوقعة يمكن زيادة الإجهاد المسموح به على الخرسانة بالقياس خطيا.

١٠-٧-٢-٤ في حالة تنفيذ سبق الإجهاد على مراحل تؤخذ في الاعتبار الفواقد التى تحدث في الإجهاد حتى سبق الإجهاد النهائى أثناء التنفيذ.

١٠-٧-٣ الكابـــــــــلات

١٠-٧-٣-١ تُتخذ كافة الاحتياطات لمنع تلف الكابلات أثناء التخزين أو النقل وكحد أدنى يجب تخزينها بعيدا عن سطح الأرض وحمايتها من الجو والرطوبة ومن أى آثار لمواد أخرى قد تتفاعل معها وتسبب ضرراً ومن الشرر المتطاير من عمليات اللحام في منطقة العمل. ويراعى أن تكون المواد المستعملة في التغليف الواقى للكابلات متعادلة كيميائيا وأن تتوفر الحماية الكافية لأطراف الكابلات.

١٠-٧-٣-٢ يجب ألا تُجرى أي عمليات للحام أو المعالجة الحرارية أو المعدنية كالجلفنة على الكابلات وذلك دون الإخلال بالبند (١٠-٧-٣-٥) الخاص بالقطع.

١٠-٧-٣- ٣ يجب أن يكون السطح الخارجى للكابلات والأسطح الداخلية والخارجية للأجربة خالية من الصدأ والأتربة والزيوت والدهانات والشحوم وأي مواد ضارة بالمنشأ.

١٠-٧-٣-٤ تورد الأسلاك والجدائل في حالة تضمن استقامتها عند فردها وإذا تطلب الأمر اتخاذ أية إجراءات بسيطة لفردها في الموقع فيجب أن يتم ذلك تحت إشراف هندسي. كما يجب أن تكون الأسياخ مستقيمة فإذا وجدت بها التواءات بسيطة يمكن فردها بالموقع يدويا تحت إشراف هندسي مع مراعاة عدم استخدام الأسياخ التى بها التواء بالطرف المقلوظ ، وفى جميع الأحوال يتم فردها على البارد.

١٠-٧-٣-٥ يتم تنفيذ عمليات قطع الكابلات للطول المطلوب وتسوية أطرافها بواسطة عجلة القطع بالتآكل ذات السرعة العالية أو بواسطة منشار احتكاك أو بأى طريقة ميكانيكية أخرى لا تؤثر سلباً على خواص الكابلات .

١٠-٧-٤ تثبيت كابلات سبق الإجهاد والأجربة في مواضعها

١٠-٧-٤-١ تُثبت كابلات سبق الإجهاد والأجربة بدقة في المواضع المحددة بالرسومات بحيث لا يزيد السماح في موضع أي كابل أو جراب أو مكون الجراب (Duct former) عن + ٥ مم ، وفى حالة البلاطات والقطاعات ذات السمك أقل أو يساوى ٣٠٠ مم لا يزيد السماح عن +٢مم.

١٠-٧-٤-٢ يتم ارتكاز وتثبيت الكابلات (أو الأجربة أو مكوناتها) بطريقة تمنع زحزحتها عن مكانها نتيجة الاهتزاز الزائد أو طويل الأمد أو وزن الخرسانة أثناء صبها

أو حركة العمال أو حركة الإنشاء ويراعى ألا ينتج عن طريقة التثبيت زيادة فى الاحتكاك بين الكابلات أثناء الشد.

١٠-٧-٤-٣ يراعى أن تكون وصلات الأجربة مقفلة بأمان بحيث تمنع تسرب الخرسانة أو المونة إليها كما يجب أن تقفل نهايات المجارى وأن تتم حمايتها بعد أن يتم الشد والحقن وتكون الوصلات فى الأجربة المتجاورة متباعدة بمقدار ٣٠٠ مم على الأقل.

١٠-٧-٤-٤ يجب أن تزود الأجربة بفتحات التهوية فى جميع النقط المرتفعة وفتحات للحقن فى جميع النقاط المنخفضة إلا إذا كانت درجة التقوس بسيطة وكان الجراب أفقياً ويوضح الجدول (١٠-١١) الحدود الدنيا للأقطار الداخلية لمواسير الحقن والتهوية.

جدول (١٠-١١) الحدود الدنيا للأقطار الداخلية لمواسير الحقن والتهوية*

نوع صلب سبق الإجهاد	عدد الأسلاك أو الجدائل المكونة للكابل	أقل قطر داخلى لمواسير الحقن والتهوية (مم)	
		مواسير الحقن	مواسير التهوية
أسلاك ٧ مم (7 mm wires)	9-30	20	20
	54	26	20
	84	33	26
جدائل (Strands) قطر إسمي ١٢,٥ مم أو ١٢,٩ مم	7	20	20
	12	20	20
	18	26	20
	31	33	26
	55	40	33
جدائل (Strands) قطر إسمي ١٥,٢أو ١٥,٧ مم	5	20	20
	8	20	20
	12	26	20
	19	33	26
	37	40	33

تُستخدم القيم المذكورة بالجدول إذا كان طول الجراب المطلوب حقنه أقل من أو يساوى ١٢٠٠ مرة القطر الداخلى للجراب وفى حالة ما إذا كان الطول أكبر من ذلك تؤخذ مواسير الحقن والتهوية بالقيم التالية لها مباشرة (المناظرة للعدد الأكبر).

١٠-٧-٥ الشـــــــــد

١٠-٧-٥-١ عـــــــــام

١٠-٧-٥-١-١ يتم اختيار الأسلاك (Wires) أو الجدائل (Strands) والتى سيتم شدها في عملية واحدة من شحنة واحدة ويجب أن يوضع بنهاية كل كابل ما يدل على رقم الشحنة ونوعها وعدد الأسلاك التى تحتويها ولا يسمح باستخدام الكابلات الملتوية أو الجدائل المفككة .

١٠-٧-٥-١-٢ تتخذ كافة الاحتياطات اللازمة قبل وأثناء وبعد إجراء الشد لحماية الأشخاص والممتلكات والمعدات من أي إصابة أو تلف قد ينشأ نتيجة الانطلاق المفاجئ للطاقة المختزنة في الكابلات المشدودة بسبب حدوث خلل من أي نوع.

١٠-٧-٥-١-٣ يجب أن تتحقق الشروط التالية عند شد الكابلات :

١ – يجب أن تُثبت الكابلات في جهاز الشد أو الرافعة بطريقه آمنة.

٢ – عند شد اثنين أو أكثر من الأسلاك أو الجدائل في نفس الوقت يجب أن تكون متساوية فى الطول مقاساً من نقاط التثبيت إلى مقياس الاستطالة.

١٠-٧-٥-١-٤ يجب أن يضمن القائم بالشد أن تكون عملية الشد مصممة ومنفذة بحيث يمكن إجراء عملية الشد بقوة وبإحكام وبالتدريج وبدون حدوث إجهادات ثانوية فى الكابلات أو المثبتات أو الخرسانة.

١٠-٧-٥-١-٥ تقاس القوة بالكابلات أثناء الشد إما بطريقة مباشرة عن طريق قياسات أجهزة قياس الأحمال أو بطريقة غير مباشرة بقياس الضغط فى الروافع ويجب أن تتوفر الأجهزة اللازمة لقياس الاستطالة في الكابلات وأي تحرك في الكابلات خلال أجهزة التثبيت (Gripping devices) ، وأن يعاير قياس الحمل والاستطالة طبقا للاشتراطات الوارده بالبند(١٠-٦-٥).

١٠-٧-٥-٢ الشد السابق Pre-tensioning

١٠-٧-٥-٢-١ عند استخدام طريقة الشد السابق يجب أن تُستخدم الوسائل اللازمة للمحافظة على قوة الشد بكاملها خلال الفترة ما بين إجراء الشد وانتقال القوة ويجب أن يتم نقل الإجهاد ببطء.

١٠-٧-٥-٢-٢ فى حالة استخدام كابلات مستقيمة وعند استخدام الخطوط الطولية في إجراء سبق الإجهاد توضع قطع خاصة توزع خلال المجرى لضمان عدم زحزحة الكابلات عن مواضعها أثناء الصب . ومن الضرورى أن تسمح هذه القطع بتحرك الكابلات طوليا بحيث يمكن نقل قوة سبق الإجهاد للخرسانة خلال خط التصنيع بكامل طوله. وعند استخدام نظام القالب المفرد تكون القوالب ذات جساءة كافية بحيث يمكن نقل رد فعل قوة سبق الإجهاد بدون حدوث التواء بالقوالب.

١٠-٧-٥-٢-٣ فى حالة استخدام كابلات غير مستقيمة (Deflected tendons) وفى حالة الكابلات المفردة فإن قطع التثبيت المتصلة بالكابل يجب ألا يقل نصف قطرها عن خمس مرات قطر الكابل للأسلاك أو عشر مرات قطر الكابل للجدائل وبحيث لا تتجاوز زاوية الانحناء (Angle of curvature) ١٥ درجة.

١٠-٧-٥-٣ الشد اللاحق Post-tensioning

١٠-٧-٥-٣-١ ترتيب الكابلات

١ - تُرتب الكابلات بحيث لا تمر في انحناءات حادة أو أركان مما قد يسبب كسر الكابلات أو الخرسانة أو مجارى الكابلات.

٢ - إذا لم يمكن إجراء سبق الإجهاد للأسلاك أو الجدائل في نفس الوقت يراعى أن تكون المباعدات بينها (عناصر حفظ المسافات - Spacing elements) على درجة من المتانة بحيث لا يمكن زحزحتها خلال عمليات الشد المتوالية.

١٠-٧-٥-٣-٢ رؤوس التثبيت Anchorages

١ - يجب أن تطابق رؤوس التثبيت المواصفة العالمية المؤسس عليها النظام المستخدم. ويراعى في تصميمها وطريقة تثبيتها أن تسمح بتوزيع الإجهادات الواقعة على الخرسانة توزيعا منتظما في نهاية العنصر الخرسانى وأن تحفظ قوة سبق الإجهاد مؤثرة تحت تأثير الأحمال الدائمة والمتغيرة والصدمات.

٢ - يتم اختيار رؤوس التثبيت من نوع الخابور المنقسم (Split wedge) والبرميل (Barrel) من مواد وبطريقة بحيث لا يسمح الانفعال الحادث بالبرميل بتحرك الخوابير قبل أن تعطى هذه الخوابير القوة الجانبية (Lateral force) الكافية للإمساك بالكابل

بثبات أو أن تسبب الخوابير وقوع قوة زائدة على الكابلات عند أو قبل الوصول إلى أقصى مشوار لتحركها.

٣ – يجب أن تستخدم رؤوس التثبيت المناسبة للنظام المستخدم مع مراعاة الالتزام التام بتوصيات وتعليمات الجهة الصانعة فيما يختص بتركيبها في العناصر الخرسانية وضرورة تنظيف الأسطح الحاملة للرؤوس قبل إجراء الشد. ويجب إجراء الشد تدريجيا وبانتظام لتجنب حدوث إجهاد مفاجئ للكابل أو لرأس التثبيت.

٤ – يجب أن يكون أي سماح في قيمة انزلاق الكابل خلال إجراء التثبيت مطابقا لتعليمات الجهة المشرفة مع تسجيل الانزلاق الفعلى (Actual slip) الذى يحدث لكل كابل على حدة وبعد تثبيت الكابل يتم تخفيض القوى التى تم التأثير بها بواسطة جهاز الشد تدريجياً.

٥ – يجب أن تؤخذ كافة الاحتياطات لحماية رؤوس التثبيت من الصدأ.

١٠-٧-٥-٣-٣ الكابلات غير المستقيمة لسبق الإجهاد الخارجى

Deflected Tendons For External Prestrssing

يجب ألا يقل نصف قطر الانحناء للحامل (Deflector) المتصل بالكابل عن ٥٠ مرة قطر الكابل ولا تزيد زاوية تشكيل الكابل الكلية على ١٥ درجة فإذا قل نصف القطر عن ٥٠ مرة قطر الكابل أو تجاوزت زاوية انحناء الكابل ١٥ درجة يُجرى اختبار لحساب الفقد في القوة ويُعمل التصحيح اللازم بناء على نتائجه.

١٠-٧-٥-٣-٤ شد الكابلات

١ – يستمر التحميل حتى الوصول إلى الاستطالة و/أو إلى الحمل المطلوب بالكابل على أن يؤخذ في حساب الاستطالة أي انزلاق للكابل عند الطرف الأخر غير المتصل بمكنة الشد (Non jacking end) ولا يبدأ القياس إلا بعد التأكد من عدم وجود ترخيم بالكابل. ويجب أن تقارن القوة الموجودة بالكابل والمحسوبة من قياس الاستطالة بتلك المحددة بجهاز قياس القوه وألا يزيد الفرق بينهما على ٦ % منسوبة إلى الأصغر من القوتين ، فإذا زاد الفرق عن هذه القيمة فيجب اتخاذ كافة الإجراءات اللازمة لتلافى زيادة الفرق عن الحد المذكور.

٢ – تُسجل جميع القراءات المأخوذة أثناء إجراء سبق الإجهاد – والتى يجب أن تشتمل على الأقل قيمة قوى سبق الإجهاد واتجاهاتها ومكانها – في سجل خاص مع العناية بتدوين القراءات غير المنتظمة وإخطار المهندس المصمم وجهاز الإشراف بها لإجراء التصحيح

اللازم . فإذا تجاوزت قيمة الانحراف عن الإجهاد المطلوب نظريا ٥ % فيجب اتخاذ كافة الإجراءات اللازمة لتحقيق عدم الزيادة عن الفرق المذكور .

٣ – فى حالة الشد أو التنفيذ على عدة مراحل يجب أن يحدد المهندس المصمم تتابع مراحل الشد وقيمة الأحمال لكل مرحلة .

١٠-٧-٦ وقاية الكابلات وحمايتها وربطها بالمنشأ الخرسانى باستخدام الحقن

١٠-٧-٦-١ عـــــام

يلزم وقاية كابلات سبق الإجهاد من التلف والصدأ وكذا خطر الحريق وبالإضافة إلى ذلك يجب ربط الكابلات بالمنشأ باستخدام الحقن.

١٠-٧-٦-٢ حماية الكابلات الداخلية

تتم حماية الكابلات الداخلية وربطها بالعنصر الخرسانى باستخدام حقن بجراوت أسمنتى أو حقين مكون من الأسمنت والرمل وذلك طبقا للاشتراطات الخاصـــــة بالحقن بالبند (١٠-٧-٨).

١٠-٧-٦-٣ حماية الكابلات الخارجية External Tendons

تتم حماية الكابلات الخارجية من التلف الميكانيكى والصدأ بإحاطتها بغلاف من الخرسانة الكثيفة أو المونة الكثيفة بسمك كاف ويمكن استخدام مواد أخرى مقاومة للصدأ وذات صلادة كافية لمقاومة التلف ويراعى في تحديد نوع الحماية المستخدمة الحركة النسبية بين العنصر الخرسانى وغلاف حماية الكابلات والتى تنتج من تأثير التغير في الأحمال والإجهاد وقوى الزحف والاسترخاء والانكماش الناشئ من الجفاف والرطوبة والحرارة في أي منهما.

١٠-٧-٧ وقاية ألواح التثبيت

تؤخذ كافة الاحتياطات لحماية ألواح التثبيت بعناية ، ويتم صب مونة ذات مقاومة عالية بسمك كاف بين لوح التثبيت وحافة العنصر الإنشائي.

١٠-٧-٨ الحقـــــن

١٠-٧-٨-١ عـــــام

يتم الحقن حول الكابلات فى الأنظمة ذات الشد اللاحق لمنع صدأ الكابلات وللتأكد من كفاءة نقل الإجهاد من الكابلات للعنصر الخرسانى.

١٠-٧-٨-٢ التفتيش على الأجربة

يراعى أن تكون الأجربة مصنوعة من مواد غير قابلة للصدأ وأن تكون متينة بحيث تقاوم ضغوط وزن الخرسانة والحقن ولا يُسمح بوجود تغير فجائي فى القطر أو المسار فى الأجربة كما يجب أن تزود الأجربة بفتحات للحقن والتهوية بالمقاسات الدنيا الموضحة بالجدول (١٠-١١) وعلى مسافات لا تزيد على ١٥ مترا وقبل صب الخرسانة يتم التفتيش على الأجربة للتأكد من سلامة وصلاتها خاصة الوصلة بينها وبين رؤوس التثبيت . ويمكن استخدام أى طريقة أخرى يقبلها المهندس المشرف .

١٠-٧-٨-٣ إجراء الحقن

يجب إجراء حقن الأجربة بأسرع ما يمكن بعد إجراء الشد وذلك لمنع حدوث صدأ للكابلات كما يجب استخدام مونة الحقن خلال ٣٠ دقيقة من الخلط إلا فى الحالات التى يُستخدم فيها إضافة لتأخير زمن الشك. ويراعى أن يجرى الحقن بحيث يضمن ملء الأجربة بأكملها وباستخدام مضخات ذات قدرة مناسبة بحيث تضخ بمعدل ٦ متر مكعب إلى ١٢ متر مكعب لكل دقيقة فى حالة الأجربة الأفقية وبحيث يكون الحقن مستمرا ومنتظما وبطيئا حتى لا يحدث انفصال فى مكوناته خاصة فى المناطق التى بها اختناقات ويتم إغلاق فتحات التهوية تباعا مع ملء الأجربة مع الحفاظ على ضغط يساوى ٠,٥٠ نيوتن/مم^{٢} لفترة خمس دقائق بعد غلق فتحة التهوية الأخيرة. أما بالنسبة للأجربة الرأسية فيتم استخدام طلمبات يمكنها الضغط بمعدل ٢ متر إلى ٣ متر لكل دقيقة عند ضغط لا يزيد على ٢نيوتن / مم^{٢}.

١٠-٧-٩ ضمان الجودة لأعمال سبق الإجهاد

يجب أن يقدم المقاول خطة تفصيلية مكتوبة لضمان الجودة تشمل ما سبق الإشارة إليه بالبنود السابقة شاملة أيضاً ما يلى :

١ - إجراءات وخطوات التنفيذ لكافة الأعمال التى يشتمل عليها مجال عمل المقاول بالمشروع فى أعمال الخرسانة سابقة الإجهاد أو الأعمال المكملة لها .

٢ - وفى حالة تنفيذ المنشأ على مراحل أو شد الكابلات على مراحل ، يقوم المقاول بوضع خطة ورسومات تفصيلية تبين الجزء من المنشأ الذى سيتم صبه وكذلك الكابلات التى سيتم شدها والقوة التى سيتم الشد بها فى كل مرحلة من مراحل الشد واستطالة الكابلات فى كل مرحلة للشد وحسابات التأكد من عدم انفصال جزء من المنشأ عن الشدة نتيجة الشد .

٣ - قائمة بالمعدات شاملة الدقة المحققة وشهادات وأساليب المعايرة للأجهزة التى تعاير .

٤ - نتائج الاختبارات على المواد والتى تم اجراؤها فى معامل اختبارات معتمدة من الجهة المشرفة .

٥ - إجراءات السلامة بالموقع فى جميع مراحل التنفيذ خاصة أثناء عمليات شد الكابلات .

٦ - طريقة حفظ وتشوين المواد فى الموقع حتى لا تتعرض للرطوبة أو التلف أو الصدأ.

٧ - خطة مفصلة عن الاختبارات التى سيقوم بها على الخرسانة والمونة أثناء الصب والإجراءات التى سيتم اتخاذها فى حالة عدم تحقيق أحد العينات لمتطلبات الاختبار .

٨ - خطة مفصلة عن الإجراءات التى سيقوم بها للتأكد من المحافظة على الغطاء الخرسانى للأجربة ، وضمان الاحتفاظ بالأجربة فى أماكنها قبل الصب وأثناء الصب ، وعدم تحرك الأجربة أو الكابلات من أماكن تثبيتها نتيجة عمليات تركيب صلب التسليح أو صب الخرسانة أو تركيب الشدة .

٩- يفضل أن يقوم المقاول بعمل الاختبارات غير المتلفة على مسار الأجربة للتأكد من تمام حقن الأجربة بالمونة بكامل أطوالها .

١٠- خطة مفصلة عن طريقة صب الخرسانة ووقت الصب والمعدات التى سيتم استخدامها أثناء الصب والإجراءات التى سيتم اتخاذها لمنع تشرخ الخرسانة فى مرحلة الخرسانة اللدنة ، وضمان وصول الخرسانة أثناء الصب إلى المناطق التى بها تكثيف لصلب التسليح ، وكذلك مصادر الطاقة البديلة التى سيقوم بتوفيرها فى الموقع .

١١- خطة مفصلة عن إجراءات معالجة الخرسانة شاملة حماية الواح التثبيت من مياه المعالجة.

ملحق (١)

العلاقة بين النظام الدولى (SI) والنظام المترى (كجم . سم)

أ – وحدات النظام الدولى (SI) والوحدات المستعملة معها

ب – معاملات التحويل من النظام المترى إلى النظام الدولى

جـ – معادلات الكود باستخدام وحدات النظام المترى (كجم.سم)

أ – وحدات النظام الدولى (SI Units) والوحدات المستعملة معها

الكمية	الوحدة	الرمز الدولى	الرمز العربى
الطول	متر	m	م
	سنتيمتر	cm	سم
	مليمتر	mm	مم
	كيلو متر	km	كم
الكتلة	جرام	g	جم
	كيلو جرام	kg	كجم
	طن	t	طن
	ميليجرام	mg	ملجم
الزمن	ثانية	s	ثانية
	دقيقة	min	دقيقة
	ساعة	h	ساعة
	يوم	d	يوم
زاوية مستوية	درجة	o	درجة
	دقيقة	/	دقيقة
	ثانية	//	ثانية
الحجم	لتر	L	لتر
	ميليلتر	mL	مللتر
	متر مكعب	m^3	م^{٣}
المساحة	متر مربع	m^2	م^{٢}
	مليمتر مربع	mm^2	مم^{٢}
القوة	نيوتن	N	ن
	كيلو نيوتن	kN	كن
الإجهاد	نيوتن / ملليمتر مربع (ميجاباسكال MPa)	N/mm^2	ن/مم^{٢}
	كيلو نيوتن/متر مربع	kN/m^2	كن/م^{٢}
درجة الحرارة	درجة الحرارة	^oC	^{o}س

ب – معاملات التحويل من النظام المترى إلى النظام الدولى

نظام مترى		نظام دولى
كيلو جرام قوة	=	٩,٨١ نيوتن
كيلو جرام قوة . متر	=	٩,٨١ نيوتن . متر
كيلو جرام قوة / متر	=	٩,٨١ نيوتن / متر
كيلو جرام قوة / سنتيمتر مربع	=	٠,٠٩٨١ نيوتن / ملليمتر مربع
كيلو جرام قوة / متر مربع	=	٩,٨١ نيوتن / متر مربع
كيلو جرام قوة / متر مكعب	=	٩,٨١ نيوتن / متر مكعب
٠,١٠٢ كيلو جرام قوة	=	١,٠٠ نيوتن
٠,١٠٢ كيلو جرام قوة . متر	=	١,٠٠ نيوتن . متر
٠,١٠٢ كيلو جرام قوة / متر	=	١,٠٠ نيوتن / متر
١٠,٢ كيلو جرام قوة / سنتيمتر مربع	=	١,٠٠ نيوتن / ملليمتر مربع
٠,١٠٢ كيلو جرام قوة / متر مربع	=	١,٠٠ نيوتن / متر مربع
٠,١٠٢ كيلو جرام قوة / متر مكعب	=	١,٠٠ نيوتن / متر مكعب

ملحوظة :

تم اعتبار التبسيط التالى :

١ كجم قوه = ١٠ نيوتن وذلك فى إطار تحويل المعادلات فى هذا الكود

جـ – معادلات الكود باستخدام وحدات النظام المترى (كجم . سم)

جميع المعادلات الواردة بالكود والتى لم يرد ذكرها بهذا الملحق تصلح بوحدات النظام المترى (كجم . سم) بنفس الصورة وبدون أى تعديلات.

$$E_c = 14000\sqrt{f_{cu}} \quad kg/cm^2 \qquad (2\text{-}1)$$

$$\mu_{min} = \frac{A_{smin}}{b.d} = \frac{0.7\sqrt{f_{cu}}}{f_y} \geq \frac{11}{f_y} \qquad (4\text{-}9)$$

$$q_{umax} = 2.2\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \leq 40 \quad kg/cm^2 \qquad (4\text{-}16)$$

$$q_{tu} = 0.19\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \quad kg/cm^2 \qquad (4\text{-}17)$$

$$q_{cu} = 0.75\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \quad kg/cm^2 \qquad (4\text{-}18)$$

$$\delta_c = 1 + 0.007\left(\frac{P_u}{A_c}\right) \qquad (4\text{-}19)$$

$$\delta_t = 1 - 0.03\left(\frac{P_u}{A_c}\right) \qquad (4\text{-}20)$$

$$q_{sub} \leq 0.75\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \quad kg/cm^2 \qquad (4\text{-}27)$$

$$\mu_{min} = \frac{4}{f_y} \qquad (4\text{-}28)$$

$$\mu_{min} = \frac{A_{stmin}}{b.s} = \left(\frac{4}{f_y}\right)\left(\frac{q_u}{q_{cu}}\right) \qquad (4\text{-}29)$$

$$q_{cu} = 0.50\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \geq q_u \quad kg/cm^2 \qquad (4\text{-}30)$$

$$q_{cup} = 2.5\left(\frac{\alpha . d}{b_o} + 0.2\right)\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad kg/cm^2 \qquad (4\text{-}32\text{-}a)$$

$$q_{cup} = \left[0.5 + \left(\frac{a}{b}\right)\right]\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad kg/cm^2 \qquad (4\text{-}32\text{-}b)$$

$$q_{cup} \le \sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \le 16 \qquad kg/cm^2 \qquad (4\text{-}33)$$

$$q_{cu} \le 1.45\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad kg/cm^2 \qquad (4\text{-}44)$$

$$\left(2\,A_{str} + A_{st}\right) \ge 4.0\,\frac{(s.b)}{f_{yst}} \qquad cm^2 \qquad (4\text{-}52)$$

$$A_{slmin} = \frac{1.20\sqrt{f_{cu}}\ .\ A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{A_{str}}{s}\right) p_h \left(\frac{f_{yst}}{f_y}\right) \qquad cm^2 \qquad (4\text{-}53\text{-}b)$$

حيث :

$$\left(\frac{A_{str}}{s}\right) \ge 1.7\left(\frac{b}{f_{yst}}\right)$$

$$M_{tu} = \left(\frac{A^2{}_{cp}}{p_{cp}}\right)\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad (4\text{-}54)$$

$$f_{bu} = 0.95\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad kg/cm^2 \qquad (4\text{-}57)$$

$$f_{ctr} = 1.90\sqrt{f_{cu}} \qquad kg/cm^2 \qquad (4\text{-}61\text{-}b)$$

$$0.40 + \frac{f_y}{6500} \qquad (4\text{-}64)$$

$$t = \frac{a\left(0.85 + \frac{f_y}{16000}\right)}{15 + \frac{20}{b/a} + 10\beta_p} \qquad (4\text{-}65)$$

جدول (٤-٥) التسليح العرضى لمقاومة عزوم اللى وقوى القص

	$q_{tu} \leq 0.19\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$ (kg/cm^2)	$q_{tu} > 0.19\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$ (kg/cm^2)
$q_u \leq q_{cu}$	أدنى نسبة لصلب تسليح القص طبقاً للبند (٤-٢-٢-١-٦)	تسليح لمقاومة q_{tu}
$q_u > q_{cu}$	تسليح لمقاومة $(q_u - q_{cu}/2)$	تسليح لمقاومة كل من q_{tu} و $(q_u - q_{cu}/2)$

جدول (٥-١) إجهادات التشغيل للخرسانة والصلب

أنواع الإجهادات	المصطلحات	إجهادات التشغيل وفقاً لرتب الخرسانة حسب مقاومتها المميزة للمكعب القياسي بعد ٢٨ يوماً (كجم/سم٢)		
مقاومة الخرسانة المميزة (الرتبة)	f_{cu}	200	250	300
الضغط المحوري $(e=e_{min})$	f^{*}_{co}	50	60	70
الإنحناء أو الضغط كبير اللامركزية	f_c^{**}	80	95	105
القص ***				
مقاومة الخرسانة للقص				
بدون تسليح في البلاطات والقواعد	q_c	8	9	9
بدون تسليح في الأعضاء الأخري	q_c	6	7	7
وجود تسليح جذعى فى جميع الأعضـــاء (القص واللي معاً)	q_2	17	19	21
القص الثاقب	q_{cp}	8	9	10
الصلب الفولاذ ****				
1-صلب طري 2400/3500	f_s	1400	1400	1400
2- صلب 2800/4500		1600	1600	1600
3-صلب 3600/5200		2000	2000	2000
4-صلب 4000/6000		2200	2200	2200
5-الشبك الملحوم 4500/5200 أملس		1600	1600	1600
ذو النتوءات أو ذو العضات		2200	2200	2200

* هذه القيمة تمثل أكبر إجهاد ضغط محوري علي القطاع عند مستوى أحمال التشغيل.

** هذه الإجهادات في حالة الكمرات والبلاطات التى سماكتها (تخانتها) تزيد علي ٢٠سم وتخفض الإجهادات المسموح بها تبعاً لسمك البلاطات عن القيم المعطاة بمقدار ١٥ ، ٢٠ ، ٢٥ ، ٣٠ كجم/سم٢ للبلاطات ذات سمك ٢٠ ، ١٢ ، ١٠ ، ٨ سم علي التوالي .

*** مع مراعاة ما جاء ببنود (٥-٤) ، (٥-٥).

**** علي أن تخفض إجهادات الصلب لاستيفاء شروط حد التشرخ بند (٤-٣-٢) إذا دعت الظروف لذلك.

جدول (٥-٢) التسليح العرضي لمقاومة عزوم اللى وقوي القص

	$q_t \le 0.13\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$ (kg/cm^2)	$q_t > 0.13\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$ (kg/cm^2)
$q \le q_c$	أدني نسبة لصلب تسليح القص طبقاً للبند (٤-٢-٢-١-٦)	تسليح لمقاومة q_t
$q > q_c$	تسليح لمقاومة $(q - q_c/2)$	تسليح لمقاومة كل من q_t و $(q - q_c/2)$

$$Q_{ju} \le 3.16 k_j A_j \sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad (6\text{-}56\text{-}a)$$

$$q_{umax} = 2.85\,\alpha_c \sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + \mu st \frac{f_y}{\gamma_s} \qquad (6\text{-}62)$$

$$q_u = \frac{2A_{sd}}{bd} \times \frac{f_y}{\gamma_s} \sin\alpha \le 2.2\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad (6\text{-}63)$$

$$f_{ps} = f_{pe} + 700 + \left(\frac{0.8\,f_{cu}}{100\,\mu_p}\right) \le f_{pe} + 4200 \le f_{py} \quad \text{kg/cm}^2 \qquad (10\text{-}8)$$

$$f_{ps} = f_{pe} + 700 + \left(\frac{0.8 f_{cu}}{300\,\mu_p}\right) \le f_{pe} + 2000 \le f_{py} \text{ kg/cm}^2 \qquad (10\text{-}9)$$

$$L_d = L_t + L_a = \left(f_{ps} - \frac{2}{3} f_{pe}\right)\frac{\phi}{70} \qquad \text{cm} \qquad (10\text{-}12)$$

$$L_t = \left(\frac{f_{pe}}{3}\right)\frac{\phi}{70} \qquad \text{cm} \qquad (10\text{-}13\text{-a})$$

$$L_a = \left(f_{ps} - f_{pe}\right)\frac{\phi}{70} \qquad \text{cm} \qquad (10\text{-}13\text{-b})$$

$$q_{umax} = 2.37\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \le 45 \qquad \text{kg/cm}^2 \qquad (10\text{-}15)$$

$$q_{cu} = \left(0.142\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + \frac{36\,Q_u \cdot d_p}{M_u}\right) \qquad \text{kg/cm}^2 \qquad (10\text{-}16)$$

حيث : $0.76\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \le q_{cu} \le 1.19\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$ kg/cm²

$$q_{ci} = 0.142\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + 0.80\left(q_d + q_i\frac{M_{cr}}{M_{max}}\right) \qquad \text{kg/cm}^2 \qquad (10\text{-}17\text{-a})$$

حيث : $q_{ci} \ge 0.76\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$ kg/cm²

$$M_{cr} = \left(\frac{I}{y_t}\right)\left(1.42\sqrt{f_{cu}} + f_{pce} - f_{cd}\right) \qquad (10\text{-}17\text{-b})$$

$$q_{cw} = 0.76\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + 0.24\,f_{pcc} + q_{pv} \qquad \text{kg/cm}^2 \qquad (10\text{-}18)$$

$$q_{tu} = 0.19\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}\sqrt{1 + \left(\frac{f_{pcc}}{0.79\sqrt{f_{cu}}}\right)} \qquad \text{kg/cm}^2 \qquad (10\text{-}20\text{-a})$$

$$A_{sl\,min} = \frac{1.26\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}\,A_{cp}}{f_y/\gamma_s} - \left(\frac{A_{str}}{s}\right)p_h\left(\frac{f_{yst}}{f_y}\right) \qquad \text{cm}^2 \qquad (10\text{-}24)$$

حيث : $\left(\frac{A_{str}}{s}\right) \ge 1.7\left(\frac{b}{f_{yst}}\right)$

$$M_{tu} = \left(\frac{A^2_{cp}}{p_{cp}}\right)\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}\sqrt{1+\left(\frac{f_{pcc}}{0.79\sqrt{f_{cu}}}\right)} \qquad (10\text{-}25)$$

$$q_{cup} = 3.16\beta_p\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + 0.1 f_{pcc} + q_{pv} \qquad (10\text{-}37)$$

جدول (١٠-٢) الإجهادات المسموح بها فى الخرسانة (ن/مم٢)

بند	الحالة	
١	الإجهادات المسموح بها فى الخرسانة نتيجة عزوم الانحناء بعد نقل الإجهاد للخرسانة مباشرة (قبل حدوث الفواقد المعتمدة على الزمن – Time dependent Losses) يجب ألا تتعدى القيم الآتية :	
	– أقصى إجهاد فى الضغط	$0.45\ f_{cui}$
	– أقصى إجهاد فى الشد فيما عدا الأطراف بسيطة الارتكاز للكمرات	$0.70\ \sqrt{f_{cui}}$
	– أقصى إجهاد فى الشد عند الطرف بسيط الارتكاز للكمرات	$1.40\sqrt{f_{cui}}$
٢	الإجهادات المسموح بها فى الخرسانة نتيجة عزوم الانحناء عند حمل التشغيل (بعد حدوث جميع الفواقد فى الإجهادات) يجب ألا تتعدى القيم الآتية :	
	– أقصى إجهاد فى الضغط نتيجة سبق الإجهاد بالاضافة إلى الأحمال الدائمة	$0.35\ f_{cu}$
	– أقصى إجهاد فى الضغط نتيجة سبق الإجهاد بالإضافة إلى جميع الأحمال	$0.40\ f_{cu}$
	- أقصى إجهاد فى الشد فى منطقة التعرض السابق للضغط نتيجة سبق الإجهاد بالإضافة إلى جميع الأحمال (Pre-compressed tensile zone)	حالة "أ" صفر حالة "ب" $1.40\sqrt{f_{cu}}$ حالة "ج" $1.90\sqrt{f_{cu}}$ وبشرط ألا تزيد على ٤ن/مم٢ حالة "د" $2.70\sqrt{f_{cu}}$
٣	**الإجهادات المسموح بها للخرسانة نتيجة الضغط المحورى :**	
	أقصى إجهاد فى الضغط	$0.25\ f_{cu}$

ملحق (٢)

قيم استرشادية للخواص الميكانيكة

لصلب سبق الإجهاد فى بعض المواصفات العالمية

قيم استرشادية للخواص الميكانيكية
لصلب سبق الإجهاد فى بعض المواصفات العالمية

جدول (١) الخواص الميكانيكية لأسلاك سبق الإجهاد (Stress- relieved wires) في المواصفات الأمريكية ASTM A 421

القطر الاسمى (مم)	مقاومة الشد (ن/مم٢)		مقاومة الخضوع (ن/مم٢)**	
	نوع WA	نوع BA	نوع WA	نوع BA
4.88	1725	---	1465	---
4.98	1725	1655	1465	1407
6.35	1655	1655	1407	1407
7.01	1620	1620	1377	1377

جدول (٢) الخواص الميكانيكية لجدائل مكونة من ٧ أسلاك* (Stress- relieved 7-wire strands) في المواصفات الأمريكية ASTM A 416

القطر الاسمى (مم)	المساحة الاسمية (مم٢)	مقاومة الشد (كيلو نيوتن)		مقاومة الخضوع (كيلو نيوتن) **	
		رتبة 250	رتبة 270	رتبة 250	رتبة 270
6.35	23.22	40.0	---	34.0	---
7.94	37.42	64.5	---	54.7	---
9.53	51.61	89.0	102.3	75.6	87.0
11.11	69.68	120.1	137.9	102.3	117.2
12.70	92.90	160.1	183.7	136.2	156.1
15.24	139.35	240.2	260.7	204.2	221.5

* تحدد النسبة المئوية للاسترخاء بعد ١٠٠٠ ساعة فى حالة الأسلاك والجدائل منخفضة الاسترخاء

** مقاومة الخضوع فى حالة الأسلاك والجدائل منخفضة الاسترخاء لا تقل عن ٩٠% من مقاومة الشد

جدول (٣) الخواص الميكانيكية لأسلاك سبق الإجهاد المسحوبة على البارد (Cold drawn wires) في المواصفات البريطانية BS 5896 *

القطر الاسمى (مم)	مقاومة الشد (ن/مم٢)	مقاومة الخضوع (ن/مم٢) (إجهاد ضمان ٠,١٠%)
4.0	1670	1386
4.0	1770	1469
4.5	1620	1345
5.0	1670	1386
5.0	1770	1469
6.0	1670	1386
6.0	1770	1469
7.0	1570	1303
7.0	1670	1386

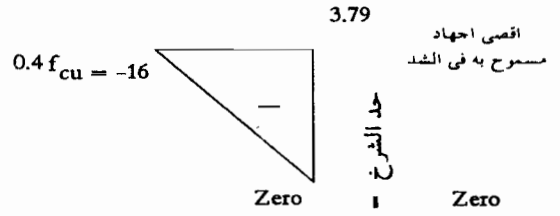
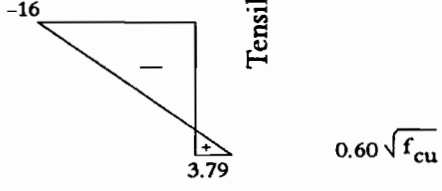
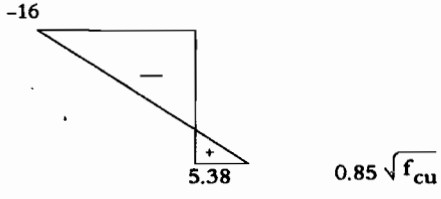
* تحدد النسبة المئوية للاسترخاء بعد ١٠٠٠ ساعة وذلك لأي من نوعى الأسلاك المنتجة سواء العادية أو منخفضة الاسترخاء

جدول (٤) الخواص الميكانيكية للجدائل فى المواصفات البريطانية *

نوع الجديلة	القطر الإسمى (مم)	المساحة الإسمية (مم)	مقاومة الشد (كيلو نيوتن)	مقاومة الضمان ٠,١٠% (كيلو نيوتن)	المواصفة
٧ أسلاك قياسية Standard strand	9.3	52.3	92	78.00	BS 5896
	11.0	71.0	125	106.00	
	12.5	94.2	164	139.00	
	15.2	138.2	232	197.00	
٧ أسلاك فائقة Super 7-wire strands	8.0	38.0	70	59.00	BS 5896
	9.6	55.0	102	89.00	
	11.3	75.0	139	118.00	
	12.9	100.0	186	158.00	
	15.7	150.0	265	225.00	
٧ أسلاك مسحوبة Drawn 7-wire strands	12.7	112.0	209	178.00	BS 5896
	15.2	165.0	300	255.00	
	18.0	223.0	380	323.00	
١٩ سلكة 19 wires strand	18.0	210.0	370	319.50	BS 4757
	25.4	423.0	659	560.15	
	28.6	535.0	823	699.55	
	31.8	660.0	979	832.15	

* تحدد النسبة المئوية للاسترخاء بعد ١٠٠٠ ساعة وذلك للنموذجين من الجدائل سواء العادية أو منخفضة الاسترخاء

جدول (٥) الإجهادات المسموح بها فى الحالات المختلفة للخرسانة سابقة الإجهاد

الحالة	أقصى إجهاد تشغيل مسموح به فى القطاع بعد حدوث جميع الفواقد، ونتيجة لسبق الإجهاد، بالإضافة إلى جميع الأحمال (شاملة الحرارة والهبوط فى المنشآت المستمرة) مثال (f_{cu} = 40 MPa)	تقسيم العناصر الخرسانية سابقة الإجهاد	تعليقات
أ		Full Prestressing سبق الإجهاد الكلى	f_{ct} = Zero جميع العناصر المعرضة لأحمال متكررة أو أحمال ديناميكية. العناصر فى القسم الرابع وفقاً لجدول(٤-١١) من الكود المصرى وهى العناصر ذات أسطح الشد بها معرضة لعوامل ذات تأثيرات مؤكسدة وضارة تسبب صدأ الصلب.
ب		Uncracked Section قطاعات سابقة الإجهاد غير مشرخة	$f_{ct} \leq 0.44\sqrt{f_{cu}} \leq 4.0$ MPa البلاطات المسطحة والبلاطات المصمتة. العناصر سابقة الإجهاد ذات التسليح غير المتماسك . العناصر فى القسم الثالث وفقاً لجدول (٤-١١) من الكود المصرى وهى العناصر ذات أسطح الشد بها معرضة لعوامل ضارة.
ج		Transition قطاعات سابقة الإجهاد، حالة إنتقالية بين القطاعات غير المشرخة والقطاعات المشرخة	$0.44\sqrt{f_{cu}} < f_{ct} \leq 0.60\sqrt{f_{cu}} < 4.0$ MPa Section (4-3-1-3), Equ. 4-64 $\longrightarrow f_{ct} = 0.60\sqrt{f_{cu}}$ f_{cu} = 40 MPa $\longrightarrow f_{ct}$ = 3.79 MPa
د		Partial Prestressing قطاعات سابقة الإجهاد جزئياً ومشرخة	$0.6\sqrt{f_{cu}} < f_{ct} \leq 0.85\sqrt{f_{cu}}$

Tensile Strength = 0.60 $\sqrt{f_{cu}}$ = حد الشرخ

ملحق (٣)

الرموز الفنية

الرموز الفنية

-Depth of the equivalent rectangular stress block	a	عمق المستطيل المكافىء لاجهادات الضغط فى الخرسانة
-Short side of rectangular bearing surface	a	البعد الأصغر لمسطح التحميل المستطيل الشكل
-Distance between the concentrated load and face of the support	a	المسافة بين وجه الركيزة والحمل المركز
-Shorter effective span of slab	a	البحر القصير الفعال للبلاطة
- Nominal max. Diameter of bars ϕ_{max} or one and .half max. nominal size of aggregates or (max size of aggregates + 15 mm) Which is bigger	a	القطر الإعتبارى الأكبر للأسياخ ϕ max أو مرة ونصف المقاس الاعتبارى الأكبر للركام أو (المقاس الأكبر للركام + ١٥ مم) أيها أكبر
- height of Fixing plate in the considered direction	a	ارتفاع لوح التثبيت فى الاتجاه تحت الاعتبار
- Actual horizontal distance between axes of Fixing plats.	a	المسافة الأفقية الفعلية بين محاور ألواح التثبيت
Long length of footing	A	البعد الطويل للقاعدة
- Area of that part of cross section between flexural tension face and center of gravity of gross section	A	مساحه قطاع الجزء المحصور بين سطح منطقة الشد ومحور القطاع المار بمركز ثقله
-Effective depth of cross-section corresponding to bending moment M_x	a'	العمق الفعال للقطاع المناظر للعزم M_x
-Area of Secondary reinforcement	A'_s	مساحة التسليح الثانوي
-Distance as shown in fig. (10-8)	a,b,c	المسافات المعرفة فى شكل (١٠-٨)
- Actual vertical distance between axes of Fixing plates.	a'	المسافة الرأسية الفعلية بين محاور ألواح التثبيت
-Suspended short span of slab	a_1	البحر المعلق القصير للبلاطة
-Loaded bearing area	A_1	مساحة سطح التحميل
-Maximum area of the portion of the supporting surface that is geometrically similar to and concentric with the loaded area	A_2	أكبر مساحة للسطح المقاوم للارتكاز متماثلة ومتمركزة مع مسطح التحميل A1
-Cross- sectional area of concrete	A_c	مساحة القطاع الخرسانى
-connection surface area	Ac	مساحة سطح الاتصال

-Effective concrete area in tension	A_{cef}	مساحة قطاع الخرسانة الفعال فى الشد
-Area enclosed by outside perimeter of concrete cross section including area of openings	A_{cp}	المساحة الكلية للقطاع بدون حذف مساحة الفتحات
-Area of concrete section required by calculation	A_{creq}	مساحة القطاع الخرسانى المطلوبة فـــى التصميم
-Area of main flexural steel reinforcement in corbels	A_f	مساحة صلب التسليح الاساسى لمقطع الكابولى المقاوم لعزم الانحناء
-Gross area of concrete section	A_g	المساحة الكلية للقطاع الخرسانى
-Horizontal reinforcement in corbels and deep beams	A_h	التسليح الأفقى بالكوابيل القصيرة والكمرات العميقة
- Area of effective section in splice sector in a plane parallel to the Steel plane perpendicular to Shear plane.	A_j	مساحة القطاع الفعال خلال منطقة الوصلة فى مستوى موازى لمستوى الصلب المتعامد على مستوى القص
-Area of concrete core enclosed by the spiral stirrups	A_k	مساحة قلب القطاع الخرسانى المحدود بدائرة محور الكانة الحلزونية
-Maximum depth of the equivalent rectangular stress block	a_{max}	أقصى قيمة لعمق المستطيل المكافىء لإجهادات الضغط فى الخرسانة فى حالة القطاعات المسلحة فى جهة الشد فقط
-Area of tensile force reinforcement required	A_n	مساحة صلب التسليح المطلوب لمقاومة قوى الشد
- area enclosed by shear flow path	A_o	المساحة المحصورة داخل مسار قص اللى بالقطاع لوحدة الطول
- Min. allowable distance between Fixing plates axes.	a_o	أقل مسافة مسموح بها بين محاور ألواح التثبيت
-Area enclosed by centerline of the outermost closed transverse torsion reinforcement	A_{oh}	المساحة المحصورة داخل محور صلب التلسيح العرضى الخارجى المستخدم لمقاومة عزوم اللى
-Area of prestressing reinforcement in tension zone	A_{ps}	– مساحة مقطع صلب سبق الإجهاد ناحية الشد
-Area of nonprestressed tension reinforcement	A_s	مساحة صلب التسليح فى جهة الشد
- Area of non – prestressed bonded Steel in members where unbonded prestressed	A_s	مساحة الصلب المتماسك غير مســبق

Steel is used.		الشد فى حالة العناصر المستخدم بها صلب سبق إجهاد غير متماسك
-Required area of longitudinal reinforcement for torsion resistance	A_{sl}	مساحة صلب التسليح الطولى المطلوب لمقاومة عزوم اللى
-Area of bent bars	A_{sb}	مساحة التسليح الجذعى المائل على محور الكمرة
- Cross section area of Stirrup or bent bars.	A_{sb}	مساحة مقطع الكانة أو الأسياخ المكسحة
-Area of longitudinal steel bars in section subject to compressive forces	A_{sc}	مساحة صلب التسليح الطولى فى الأعمدة(قطاع معرض لقوى ضغط)
- Area of reinforcing Steel perpendicular to Shear plane.	A_{sf}	مساحة صلب التسليح المتعامد على مستوى القص
-Area of shear- friction reinforcement	A_{sf}	مساحة صلب التسليح المقاوم لقوة القص عن طريق الاحتكاك
-Additional, longitudinal reinforcement area	A_{sl}	مساحة التسليح الطولى الإضافي
-Minimum amount of additional longitudinal reinforcement area	A_{slmin}	الحد الادنى لمساحة التسليح الطولى الإضافي
- Area of reinforcement in the zone with concentrated reinforcement of footing	A_{sm}	صلب التسليح فى منطقة التمركز
- Max. allowable reinforcing area in reinforced Sections in tension Side only.	A_{smax}	أقصى مساحة تسليح مسموح بها فى القطاعات المسلحة فى جهة الشد فقط
- Man. allowable reinforcement ratio in sections Subjected to bending moments.	A_{smin}	أقل نسبة تسليح مسموح بها فى القطاعات المعرضة لعزوم انحناء
- Cross section area of Spiral reinforcing Stirrup.	A_{sp}	مساحة مقطع كانة التسليح الحلزونية
- Area of actual existing reinforcing Steel.	$A_{sprovied}$	مساحة صلب التسليح الموجودة فعليا
- Calculated required area of reinforcing Steel.	$A_{srequired}$	مساحة صلب التسليح المطلوبة حسابيا
- Area of Steel profile cross Section.	A_{ss}	مساحة قطاع الصلب
-Area of stirrups resisting shearing forces	A_{st}	مساحة الكانات المقاومة لقوى القص
- Cross section area of Stirrups branches	A_{st}	مساحة مقطع فروع الكانات
- Total cross section area of Stirrups including perpendicular branches Within the distance S and perpendicular to dimension y_1.	A_{st}	المساحة الكلية لمقطع الكانات شاملة الافرع المتعامدة خلال المسافة S وعموديا على البعد y_1
- Min. area of web reinforcement in beams.	A_{stmin}	الحد الأدنى لمساحة التسليح الجذعى بالكمرات

-Area of one leg of stirrups resisting torsion moments	A_{str}	مساحة فرع الكانة اللازمة لمقاومة عزوم اللى
- Area of Steel section.	A_t	المساحة الكلية لمجموع صلب التسليح الطولى وقطاع الصلب
-Vertical web reinforcement in deep beams	A_v	مساحة صلب التسليح الجذعى الرأسى فى الكمرات العميقة
Nominal section dimension	B	البعد الاعتبارى للقطاع
-Width of a rectangular section , web, ribs, or box section or width of web section in form of T or L.	b	عرض القطاع المستطيل أو عرض جذع القطاع على شكل حرف T أو L
-Width of compression flange of T-section	B	عرض شفة الضغط للقطاع على شكل حرف T أو L
-long side of rectangular bearing surface	b	البعد الأكبر لمسطح التحميل المستطيل الشكل
- Sum of breadths of webs in box Section.	b	مجموع عروض الأعصاب للقطاع الصندوقى
- Breadth of flange	B	عرض الشفة
- Breadth of web	B	عرض الجذع
- Max. Slab dimension.	b	هو البعد الأكبر للبلاطة
- Effective long span	b	البحر الفعال الطويل
- Breadth of webs.	b	عرض الأعصاب
- Min dimension of torsion element.	b	البعد الأصغر لعنصر اللى
- Dimension of rectangle column.	b	بعد العمود المستطيل
- Breadth of horizontal wall support	B	عرض الدعامة الافقية للحائط
Short dimension of footing or length of column Section	B	البعد القصير للقاعدة او طول مقطع العمود .
- Width of strip	b	عرض الشريحة .

- Max. Diameter of bars ϕ max or one and half max. Nominal Size of gravel, which is bigger.	b	القطر الأكبر للأسياخ ϕ_{max} أو مرة ونصف المقاس الاعتبارى الأكبر للركام أيهما أكبر
-Bottom reinforcement	B	تسليح سفلى
- Breadth of Section in case of rectangular Section.	b	عرض القطاع فى حالة القطاعات المستطيلة
- Actual Horizontal distance between axis of Fixing plate and concrete edge.	b	المسافة الأفقية الفعلية بين محور لوح التثبيت وحد الخرسانة
	b′	العمق الفعال للقطاع للعزم My
- Actual vertical distance between axis of Fixing plate and concrete edge.	b′	المسافة الرأسية الفعلية بين محور لوح التثبيت وحد الخرسانة
-Suspended long span	b_1	البحر المعلق الطويل
-Length of punching shear critical section measured in the loaded span direction	b_1	طول القطاع الحرج فى القص الثاقب كما هو معروف فى بند (٤-٢-٢-٣) مقاسا فى اتجاه التحليل
- One of the dimensions of the rectangle Steel column.	b_1	احد بعدى العمود المستطيل الصلب
-Length of punching shear critical section measured perpendicular to the loaded span direction	b_2	طول القطاع الحرج فى القص الثاقب مقاسا فى الاتجاه العمودى على b_1
- One of the dimensions of the rectangle Steel column.	b_2	احد بعدى العمود المستطيل الصلب
-Width of compression face of beam	b_c	عرض الكمرة عند الوجه المعرض للضغط
- Dimension of the column measured perpendicular to the beam.	b_c	بعد العمود مقاساً عموديا على الكمرة
- Effective width of flat slab transferring negative bending moments	b_e	- العرض الفعال فى نقل عزوم الانحناء السالبة فى البلاطات المسطحة
- Breadth of Strip transferring bending moment.	b_e	عرض الشريحة الناقلة لعزوم الانحناء
- Perimeter of critical Section.	b_o	طول محيط القطاع الحرج
-Perimeter of critical section for punching shear	b_o	طول محيط القطاع الحرج فى القص الثاقب

- Min. allowable distance between axis of Fixing plate and concrete edge.	b_o	أقل مسافة مسموح بها بين محور لوح التثبيت وحد الخرسانة
- limit bond Stress between concrete and reinforcing Steel.	f_{bu}	إجهاد التماسك الحدي للخرسانة مع صلب التسليح
- Breadth of connection between precast part and the part casted in Site.	b_v	عرض الاتصال بين الجزء سابق صب والجزء المصبوب بالموقع
- Breadth of effective Section of connection	b_w	عرض القطاع الفعال للوصلة
- Breadth of web.	b_w	عرض العصب
-Distance from extreme compression fiber to neutral axis	c	بعد محور الخمول عن الحافة الأكثر انضغاطاً
- torsion constant	C	ثابت القطاع فى اللى
-Thickness of solid floor cover	c	تخانة غطاء الأرضية المتماسك
- Concrete cover for bars.	c	الغطاء الخرساني للأسياخ
- Distance between fixing plate edge and concrete edge	c	المسافة بين حد لوح التثبيت وحد الخرسانة
-Dimension of rectangular, or equivalent rectangular column measured in the direction of the span of flat slabs for which moments are being determined	c_1	- بعد العمود المستطيل أو العمود المستطيل المكافئ مقاساً في اتجاه بحر البلاطات المسطحة التي تحسب لها عزوم الانحناء
-Dimension of column Section in analysis direction.	c_1	بعد قطاع العمود فى اتجاه التحليل
-Dimension of column Section in direction perpendicular to analysis direction.	c_2	بعد قطاع العمود فى الاتجاه المتعامد على اتجاه التحليل
- Connection depth	c_2	عمق الوصلة
- Dimension defined in Figure (6-15)	C_{AB}	البعد المعرف فى شكل (٦-١٥)
- Depth of the part applied to compressive stresses equivalent to balanced reinforcement of the Section.	$c_{balanced}$	عمق الجزء المعرض لإجهادات ضغط المقابل للتسليح التوازنى للقطاع
- Dimension defined in Figure (6-15)	C_{CB}	البعد المعرف فى شكل (٦-١٥)
-Maximum allowable distance from extreme compression surface to neutral axis in singly reinforced sections subject to flexure	c_{max}	الحد الأقصى لعمق الجزء المعرض لإجهادات ضغط فى القطاعات المسلحة جهة الشد فقط
-Dead loads	D	القيمة الاسمية للأحمال الدائمة أو القوى الداخلية الناشئة عنها

-Effective depth of cross-section	d	العمق الفعال للقطاع
-Diameter of the largest circle that can be drawn inside column cross section	D	قطر أكبر دائرة يمكن رسمها داخل مقطع العمود (أو تاجه إن وجد)
- Effective depth of slab	d	العمق الفعال للبلاطة
-Diameter of circular column	D	قطر العمود الدائرى
-Diameter of Steel circular column	D	قطر العمود الدائرى الصلب
- Effective depth of wall cross- section	d	العمق الفعال لقطاع الحائط
- Thickness of footing	d	سمك القاعدة
- Depth of beam	d	عمق الكمرة
- Total depth of composite element	d	عمق العنصر المركب
-Distance from extreme compression fiber to centroid of compression reinforcement	d	المسافة بين سطح الانضغاط الخارجى ومركز صلب التسليح
- Max dimension of fixing plate	D	البعد الأكبر للوح التثبيت
-Diameter of the concrete core enclosed by the centerline of spiral stirrups	D_k	قطر قلب القطاع الخرسانى المحصور داخل محور الكانة
-Distance from extreme compression fiber to centroid of prestressed reinforcement	d_p	المسافة من الألياف المعرضة لأقصى إجهادات ضغط إلى مركز ثقل صلب سبق الإجهاد
- Effective depth of prestressing Steel	d_p	العمق الفعال لصلب سبق الإجهاد
- Nominal value of loads due to lateral pressures or internal Forces due to them.	E	القيمة الاسمية للأحمال الناشئة عن الضغوط الجانبية أو القوى الداخلية الناشئة عنها
-Eccentricity of compression force	e	مقدار لامركزية قوى الضغط المحورى
-Eccentricity of axial load	e	مقدار لامركزية الحمل المحورى
-Clear distance between webs	e	المسافة الخالصة بين الأعصاب
-Modulus of elasticity	E	معامل المرونة
-Eccentricity of prestressed force	e	لا مركزية قوى سبق الإجهاد
- Min. dimension of Fixing plate	E	البعد الأصغر للوح التثبيت
-Modulus of elasticity of concrete	E_c	معاير المرونة للخرسانة
-Flexural stiffness	$E_c.I$	جساءة الانحناء لمقطع الشريحة
-Modulus of elasticity of concrete at time of initial prestress	E_{ci}	معاير المرونة للخرسانة عند عمر سبق الإجهاد

- Modulus of elasticity of concrete at beginning of loading	E_{ct}	معاير مرونة الخرسانة عند بدء التحميل
- Min limit for the value of eccentricity of axial load	e_{min}	الحد الأدنى لمقدار لامركزية الحمل المحورى
-Minimum eccentricity	e_{min}	قيمة اللامركزية الدنيا
-Modulus of elasticity of prestressed reinforcement	E_p	معاير المرونة لصلب سبق الإجهاد
-Modulus of elasticity of steel reinforcement	E_s	معاير المرونة لصلب التسليح
-Modulus of elasticity of soil	E_{soil}	معاير مرونة التربة
- Compression stress	f_c	إجهاد الضغط
-Allowable working stress in compression of concrete sections subject to bending moments, or eccentric compressive forces with large eccentricity	f_c	إجهاد التشغيل المسموح به فى الخرسانة لحالة الانحناء أو الضغط كبير اللامركزية
-Stresses due to permanent loads without using load factors at the section edge where tensile stresses exist under the action of external loads	f_{cd}	الإجهاد نتيجة للأحمال الدائمة بدون استخدام معاملات زيادة الأحمال عند حرف القطاع الذى يحدث عنده إجهاد شد تحت تأثير الأحمال الخارجية
-Strength of concrete at time of initial prestress	f_{ci}	مقاومة الخرسانة عند بدء عملية سبق الإجهاد
-Allowable axial compressive working stresses for e < 0.05t.	f_{co}	إجهاد التشغيل المسموح به فى الخرسانة لحالة الضغط المحوري ($e=e_{min}$)
-Allowable working stresses in axial compression of little eccentricity	f_{co}	إجهاد التشغيل المسموح به فى الضغط المحورى قليل التمركز
-Stress in concrete at the level of prestressing steel at time of transfer	f_{cs*}	الإجهاد فى الخرسانة عند مستوى صلب سبق الإجهاد نتيجة قوة سبق الإجهاد للخرسانة عند نقل قوة سبق الإجهاد للخرسانة
-Stress in concrete at level of prestressing steel due to permanent loads at time of transfer	f_{csd*}	الإجهاد فى الخرسانة عند مستوى صلب سبق الإجهاد نتيجة الأحمال شبه الدائمة عند نقل قوة سبق الإجهاد للخرسانة
-Tensile stresses due to bending moment	$f_{ct(M)}$	إجهادات الشد الناتجة عن عزم الانحناء
-Tensile stresses in concrete due to axial -----	$f_{ct(N)}$	إجهاد الشد الناتج عن قوى شد

tensile forces		محورية ، وتؤخذ هذه القيمة سالبة فى حالة ما إذا كانت الإجهادات ضغط
-Cracking-limit tensile - stresses of concrete	f_{ctr}	إجهاد حد التشرخ للخرسانة المعرضة للشد
-Cracking-limit tensile - stresses of concrete	f_{ctr}	إجهاد حد التشرخ للخرسانة المعرضة للشد
-Characteristic strength of concrete	f_{cu}	- مقاومة الضغط المميزة للخرسانة (رتبة الخرسانة)
- Characteristic strength of concrete at time of initial prestress	f_{cui}	المقاومة المميزة للخرسانة (الرتبة) عند نقل سبق الاجهاد
-Target mean strength	f_m	المقاومة المتوسطة المستهدفة
Axial stress	f_o	إجهاد الخرسانة عند بدء التحميل
-Compressive stress in concrete at section centroid or at the flange bottom face when the section centroid lies inside the flange	f_{pcc}	إجهاد الضغط فى الخرسانة (بعد حدوث كل فواقد سبق الإجهاد) عند مركز القطاع أو عند إتصال جذع الكمرة بالبلاطة عندما يكون المركز داخل البلاطة
-Compressive stresses in concrete due to effective prestressing force only at the section face where tensile stresses exist under the action of external loads	f_{pce}	إجهاد الضغط فى الخرسانة نتيجة قوى سبق الإجهاد الفعالة فقط (بعد حدوث الفواقد فى سبق الإجهاد) فى حرف القطاع الذى يحدث عنده إجهاد شد تحت تأثير الأحمال الخارجية
- Initial Stresses in concrete which is contact to prestrssing Steel before occurs of losses depending on time	f_{pci}	الإجهادات الإبتدائية المتولدة فى الخرسانة الملاصقة لصلب سبق الإجهاد قبل حدوث الفواقد المعتمدة على الزمن
-Effective stress in prestressed reinforcement (after allowance for all prestress losses)	f_{pe}	الإجهاد فى صلب سبق الاجهاد بعد أخذ تأثير كل الفواقد فى الاعتبار
- Initial Stresses in prestrssing Steel after occurs of immediate losses in prestressing immediately and before occurs of losses depending on time.	f_{pi}	الإجهادات الإبتدائية المتولدة فى صلب سبق الإجهاد بعد حدوث الفقد الفورى فى سبق الإجهاد مباشرة وقبل حدوث الفواقد المعتمدة على الزمن
- Average compressive strength in concrete on	f_{ppc}	متوسط إجهاد الضغط فى الخرسانة

circumference of critical Section (after occurs of all prestressing losses) at middle of Slab Section.		على محيط القطاع الحرج (بعد حدوث كل فواقد سبق الإجهاد) عند منتصف قطاع البلاطة
-Stress in prestressing reinforcement	f_{ps}	– الإجهاد فى صلب سبق الإجهاد
-Specified tensile strength of prestressing reinforcement	f_{pu}	الإجهاد الأقصى لصلب سبق الإجهاد
-Specified yield strength of prestressing reinforcement	f_{py}	اجهاد الخضوع فى الشد لصلب سبق الإجهاد
-Stress in prestressing in the Tension Side of the Section after cracking and which is calculated according to a cracked Section under effect of working loads.	f_s	الإجهاد فى صلب التسليح ناحية الشد فى القطاع بعد التشرخ والمحسوب على أساس قطاع مشرخ تحت تأثير أحمال التشغيل
- Allowable working Stresses in Steel.	f_s	إجهاد التشغيل المسموح به فى الصلب
- Allowable working Stresses in Steel used in Stirrups	f_s	إجهاد التشغيل المسموح به فى الصلب المستخدم فى الكانات
- Allowable working stress of steel reinforcement	f_s	اجهاد التشغيل المسموح به لصلب التسليح
-The stress in the tension reinforcement calculated on the basis of a cracked section under the loading conditions causing first cracking	f_{sr}	الإجهاد فى صلب التسليح ناحية الشد فى القطاع والمحسوب على أساس قطاع مُشرخ عند حدوث أول شرخ تحت تأثير الأحمال المسببة لأول حالة تشرخ
- Allowable direct Tension Stress in concrete	f_t	إجهاد الشد المباشر المسموح به للخرسانة
- yield strength or proof strength of reinforcement.	f_y	إجهاد الخضوع او إجهاد الضمان للصلب
- Yield Strength of reinforcing Steel	f_y	إجهاد الخضوع لصلب التسليح
-Yield strength of spiral stirrups.	f_{yp}	إجهاد الخضوع للكانات الحلزونية
- Yield Strength of reinforcing Steel	f_{ysc}	إجهاد الخضوع لصلب التسليح
- Yield Strength of Steel Section	f_{yss}	إجهاد الخضوع للقطاع الصلب
-Yield strength of stirrups	f_{yst}	إجهاد الخضوع أو الضمان للصلب المستخدم فى الكانات

- Yield Strength of Steel Stirrups carrying torsion moment not exceeding 400 N/mm^2	f_{yst}	إجهاد الخضوع لصلب الكانات المقاومة لعزوم اللى بحد أقصى ٤٠٠ ن/مم^2
-Effective depth or span of a deep beam, whichever is smaller	g	العمق الفعال أو بحر الكمرة الخالص أيهما أقل
- Shear modules of rigidity	G	معاير جساءة القص
-Uniformly distributed working dead loads	g	الأحمال الميتة منتظمة التوزيع المؤثرة على البلاطات
-Uniformly distributed working dead load in unit area	g	الحمل الدائم المنتظم على وحدة المساحات
- Uniformly distributed dead load in unit length	g	الحمل الدائم منتظم التوزيع فى وحدة الطول
- Torsion rigidity of rectangular Section	G C	جساءة اللي لقطاع مستطيل
-Ultimate uniformly distributed dead loads	g_u	الاحمال الميتة فى حالة التصميم بطريقة حالات الحدود
-Height of column	h	ارتفاع العمود
-Clear height of wall	H	الارتفاع الصافى للحائط
- Clear wall height between Supports	H	ارتفاع الحائط الخالص بين الدعامات
- Total thickness of section in the considered direction	h	السمك الإجمالي للقطاع فى الاتجاه تحت الاعتبار
- Total height of the building over Foundation Surface	H_b	الارتفاع الكلى للمبنى فوق السطح للأساسات
-Buckling length or effective height of column in the considered direction	He	طول الانبعاج الفعال للعمود فى الاتجاه تحت الاعتبار
effective height of wall	He	الطول الفعال للحائط
-Height of lower column	h_L	ارتفاع العمود السفلى
-Clear height of column	H_o	ارتفاع العمود الخالص
-Height of upper column	h_u	ارتفاع العمود العلوى
height of wall	h_w	ارتفاع الحائط
Moment of inertia (Rigidity)	I	عزم القصور الذاتى (الجساءة)
-Radius of gyration of column cross section	i	نصف قطر القصور الذاتى لقطاع العمود
-Moment of inertia of gross concrete section	I	عزم القصور الذاتى للقطاع

about centroidal axis, neglecting reinforcement		الخرسانى بالكامل مع إهمـــال تـــأثير صلب سبق الإجهاد وصلب التســـليح العادى
-Moment of inertia of beam cross- section	I_b	عزم القصور الذاتى للكمرة
-Moment of inertia of foundation or foundation frames and shear walls per unit strip width	I_B	عزم القصور الذاتى (للأساس أو للأساس والإطارات وحوائط القص) للوحدة من طول الشريحة
-Moment of inertia of cracked concrete section	I_{cr}	عزم القصور الذاتى للقطاع الفعال المكافئ بعد التشريخ على ألا يزيد على I_g
-Effective moment of inertia	I_e	عزم القصور الذاتى الفعال
-Equivalent moment of inertia of column	I_{ec}	عزم القصور الذاتى المكافئ للعمود
-Moment of inertia of gross concrete section about centroidal axis, neglecting reinforcement	I_g	عزم القصور الذاتى لكامل القطاع الخرسانى حول محور الخمول وبدون اعتبار تأثير الشروخ مع إهمال صلب التسليح
-Moment of inertia of gross concrete section about centroidal axis, neglecting reinforcement	Ig	عزم القصور الذاتى خارج الوصلة لكامل القطاع الخرسانى للعمود حول محور الخمول وبدون اعتبار الشروخ مع إهمال صلب التسليح
-Moment of inertia of lower column cross section	I_L	عزم القصور الذاتى للعمود السفلى
-Moment of inertia for longitudinal reinforcement	I_{sc}	عزم القصور الذاتى للتسليح الطولى
-Moment of inertia of Steel Section	I_{ss}	عزم القصور الذاتى للقطاع الصلب
-Moment of inertia of Steel Section	I_t	عزم القصور الذاتى للقطاع الصلب
-Moment of inertia of upper column cross section	Iu	عزم القصور الذاتى للعمود العلوى
-Property of the assumed punching shear critical section analogous to polar moment of inertia	J_{cy} و J_{cx}	ثابت للقطاع الحرج في القص الثاقب يشـــابه عزم القصور القطبى حول محوري y, x على التوالى
-Coefficient for bending moment calculation	K	ثابت
-Dynamic loads	K	الاحمال الديناميكية أو القوى الداخلية الناشئة عنها
- Value to be From Fig. (6-2)	k	قيمة توخذ من شكل (٦-٢)

-Effective length factor for wall	K	معامل الطول الفعال للحائط المقيد للحركة العرضية الانتقالية أعلى وأسفل الحائط
- Modulus of sub grade reaction (Winkler coefficient)	K	معامل ونكلر لرد فعل التربه
-Wobble friction coefficient of prestressing tendons per meter length	K	معامل التغيرات غير المقصودة (Wobble coefficient) لكل متر من طول سبق الإجهاد
-A coefficient which takes into account bond properties of the reinforcing bars	K_1	يعكس تأثير التماسك بين الخرسانة وصلب التسليح فى المسافة بين الشروخ
-Coefficient depending on kind of prestressing Steel	k_1	معامل يعتمد على نوع صلب سبق الإجهاد
-A coefficient which takes into account the strain distribution	K_2	معامل يعكس تأثير شكل توزيع الانفعالات فى القطاع على المسافة بين الشروخ
-Stiffness of beam	K_b	كزازة الكمرة
- Bending Stiffness of equivalent column	K_{ec}	كزارة انحناء العمود المكافىء
-Coefficient of grade of confinement depending on Surrounding beams	K_j	معامل درجة الإحاطة للوصلة ويعتمد على الكمرات المحيطة بها
-Stiffness of lower column	K_L	كزازة العمود السفلى
-Bending Coefficients in continuous beams	K_m	معاملات الانحناء فى الكمرات المستمرة
-Coefficient for shear force for beams	K_q	معاملات القص فى الكمرات المستمرة
-Relative rigidity coefficient	K_r	الجساءة النسبية
-Stiffness of upper column	K_u	كزازة العمود العلوى
-Live loads	L	القيمة الاسمية للأحمال الحية أو القوى الداخلية الناشئة عنها
-Distance between point of Inflection for beams and slabs or Length of cantilever	L	المسافة بين نقط الانقلاب للكمرات والبلاطات أو طول الكابولى
-effective Span for one way slabs	L	البحر الفعال للبلاطة ذات الاتجاه الواحد
-Longest Span dimension of slab	L	الطول الأكبر للباكية

-effective length in simple Span slabs or distance between point of Inflection in continuous slabs	L	البحر الفعال في البلاطات بسيطة الارتكاز أو المسافة بين خطوط الانقلاب في البلاطات المستمرة
-Length of beam Span between axes of supports	L	طول بحر الكمرة بين محاور الركائز
-Distance between joints	L	المسافة بين الفواصل
- Longitudinal anchorage	L	رباط طولى
-Length of mechanical joint or Length of welded joint	L	طول الوصله الميكانيكية او طول الوصلة باللحام
-Distance between axes of supports	L	المسافة بين محاور الركائز
- span Length in the direction parallel to the required calculated Steel reinforcement	L	طول البحر فى الإتجاه الموازى لصلب التسليح المطلوب حسابه
-Breadth of rectangle reinforcing Stirrup measured between the two axes of the Stirrup	x_1	عرض كانة التسليح المستطيلة مُقاسة بين محورى الكانة
- span used for calculating moment M_1	L_1	البحر المستخدم فى حساب العزم M_1
-Length of span in the direction where moments are being determined, measured center to center of supports	L_1	طول الباكية فى اتجاه البحر تحت الاعتبار مقاسا من محاور الأعمدة
-Average length of the two spans adjacent to the column in the analysis plane	L_{1a}	متوسط طولى البحرين على جانبى العمود فى اتجاه التحليل
- span used for calculating moment M_2	L_2	البحر المستخدم فى حساب العزم M_2
-Breadth of the span in the direction perpendicular to the considered Span direction measured between axes of columns	L_2	عرض الباكية فى اتجاه عمودى على اتجاه البحر تحت الاعتبار مقاسا من محاور الأعمدة
-length of Span in direction perpendicular to direction of analysis	L_2	طول الباكية فى الاتجاه المتعامد على اتجاه التحليل
-Distance between two points of Inflection	L_2	المسافة بين نقطتي الانقلاب
-Average length of the two spans adjacent to the column perpendicular to the analysis plane	L_{2a}	متوسط طولى البحرين على جانبى العمود فى الاتجاه المتعامد على اتجاه التحليل
-Additional length of reinforcing bars at supports or at points of inflection	L_a	طول استمرار السيخ بعد محور الركيزة الطرفية أو طول استمرار السيخ بعد نقطة انعدام العزوم (نقطة الانقلاب)

-Length after critical Section	L_a	الطول بعد القطاع الحرج
-Span of beam	L_b	بحر الكمرة
-As defined in Fig. (6-41)	L_c	كما هو معرف فى شكل (٦-٤١)
-Development length	L_d	طول التماسك
-Horizontal distance between lateral support and free end	L_{f1}	المسافة الافقية بين الدعامة الافقية والطرف الحر للحائط
-Average horizontal distance between lateral supports	L_{f2}	متوسط المسافة الافقية بين الدعامات الافقية
-Clear span of beam	L_n	البحر الخالص للكمرة
-Clear span	L_n	البحر الخالص
-Clear span between faces of supports	L_n	البحر الصافى بين وجه الركائز
-Distance with heavy stirrups in columns of seismic- resistant frames	L_o	مسافة من وجه اتصال العمود مع الكمرة
-Distance with heavy stirrups in columns of seismic- resistant frames	L_o	مسافة تكثيف الكانات فى الأعمدة للإطارات المقاومة للزلازل
- Distance having more Stirrups	L_o	مسافة تكثف فيها الكانات
-Transfer length in prestressed concrete	L_t	طول الانتقال
-Wall Length	L_w	طول الحائط
-Shorter Length of Span measured From Columns axes	L_x	الطول الأقصر للباكية مقاسا من محاور الأعمدة
-Longer Length of Span measured From Columns axes	L_y	الطول الأكبر للباكية مقاسا من محاور الأعمدة
-Sum of ultimate bending moments of columns in plane of analysis in the area of beam – column connection	ΣM_c	مجموع مقاومة عزوم الانحناء القصوى للأعمدة فى المستوى الذى يتم فيه التحليل عند منطقة اتصال العمود بالكمرة
-Sum of ultimate bending moments of beams in the plane of analysis in the area of beam–column connection	ΣM_g	مجموع مقاومة عزوم الانحناء القصوى للكمرات فى المستوى الذى يتم فيه التحليل عند منطقة إتصال العمود بالكمرة
-Safety margin of concrete mix design	M	هامش الأمان
-Minimum cracking moment of concrete	M_{cr}	أقل عزم انحناء يسبب التشرخ فى الخرسانة

- negative bending moment resistance for section	M'_u	مقاومة القطاع لعزوم الانحناء السالبة
-Effective uniaxial design moment about the x-x axis for the case of biaxial bending	M'_x	العزم التصميمى حول محور x
-Effective uniaxial design moment about the y-y axis for the case of biaxial bending	M'_y	العزم التصميمى حول محور y
-Negative moment calculated for one of the two Slabs	M_1	العزم السالب المحسوب لاحدى البلاطتين
-Min. edge bending moment in the column.	M_1	عزم الانحناء الطرفى الأصغر فى العمود
-Difference between bending moments at axis of Support and at Face of Support for Slabs Supported on Walls or beams poured	M_1	قيمة الفرق بين عزوم الانحناء عند محور الركيزة وعزوم الانحناء عند وجه الركيزة لبلاطات المرتكزة على حوائط او كمرات مصبوبة ميليثيا
-Negative moment of adjacent Slab	M_2	العزم السالب للبلاطة المجاورة
-Max. edge bending moment in the column	M_2	عزم الانحناء الطرفى الأكبر فى العمود
-Bending moments at column ends resulting from structural analysis	M_1 , M_2	عزوم الانحناء الناتجة من التحليل الإنشائي عند طرفى العمود
-Maximum value of bending moment in member at the stage of computing deflection	M_a	قيمة أكبر عزم للانحناء المعرض له العضو عند حساب الترخيم
-Ratio of length between points of inflection in a strip of the Slab Loaded in span direction a to total span length a	m_a	نسبة الطول المعلق بين خطوط الانقلاب فى شريحة محملة من البلاطة فى اتجاه البحر aالى طول البحر a
-Bending moments in Slabs in both directions	M_a	العزوم الحانية فى البلاطات فى الاتجاهين
-Additional bending moment induced by buckling of column which accounts for the slenderness of column	M_{add}	عزم انحناء اضافى بتأثير الانبعاج
-Ratio of effective length between inflection points of loaded span to total span length in direction b	m_b	نسبة الطول المعلق بين خطوط الانقلاب فى شريحة محملة من البلاطة فى اتجاه البحر الى طول البحر b
-Bending moments in Slabs in both directions	M_b	العزوم الحانية فى البلاطات فى الاتجاهين

-Bending moments between two adjacent Slabs in case of different values of negative bending moments on two Sides of contact line	M_c	عـــزم الاتصـــال بـــين بلاطتـــين متجاورتين فى حالة اختلاف العـــزم السالبة على جانبى خط الاتصال
- Min. bending moment causing cracks in concrete	M_{cr}	أقل عزم انحناء يسبب تشـــرخ فـــى الخرسانة
-Total moments transferred to column	M_f	اجمالى العزوم المنقولة للعمود
-Edge bending moment in beam at its framed connection with exterior column assuming the beam to be totally fixed at both ends	M_f	العزم الحانى الطرفى للكمـــرة التـــى تكون اطارا مع العمود
-Primary moment	M_i	العزم الابتدائي
-Max bending moment in Section due to external Loads	M_{max}	عزم الانحناء الأقصى عند القطـــاع نتيجة للأحمال الخارجية
-Min negative bending moments at mid Span of continuous beams loaded with heavy live loads	M_{min}	الحد الأدنى لعزوم الانحناء السالبة عند منتصف البحور فى البلاطات المستمرة المحملة بأحمال حية ثقيلة
-Negative middle moments in internal Spans	M_{min}	عزوم الوسط السالبة فى البحور الداخلية
-Maximum bending moment in simply supported beam	M_o	اقصى عزم انحناء مقابل للبعد المقصود اذا كان بسيط الارتكاز
-Probable moment when plastic hinge is Formed	M_{pr}	العزم المحتمل عند تكون مفصلة لدنة
-Torsion moments	M_t	عزوم اللى
-Ultimate torsion moment	M_{tu}	عزوم اللى القصوى
-Torsion moment on edge beam	M_{tu}	عزوم اللى المؤثرة على كمرة الحافة
-Max. limit bending moment for Section Strength	M_u	عزم الانحناء الحدى الاقصى لمقاومة القطاع
-Resisting strength of Section for positive bending moments	M_u	مقاومة القطاع لعزوم الانحناء الموجبة
-Ultimate bending moment	M_u	العزوم الحانبية القصوى
-value of max moment at the critical Section in shear	M_u	قيمة العزم الأقصـــى عنـــد المقطـــع الحرج فى القص
-Maximum admissible value of ultimate bending moments in singly reinforced sections	M_{umax}	أعلى قيمة لعزوم الانحناء المسموح بها فى القطاعات المسلحة جهة الشد فقط

-Negative bending moments	M_{-ve}	العزوم الحانية السالبة
-Bending moment about the x-x axis	M_x	العزم حول محور x
-Bending moment about the y-y axis	M_y	العزم حول محور y
- Modular ratio	n	النسبة بين معاير المرونة للصلب ومعاير المرونة للخرسانة (النسبة المعيارية)
-Summation of vertical loads	N	مجموع أحمال التشغيل للمبنى المؤثرة على جميع العناصر الراسية
-Number of stories	n	عدد الطوابق للمبنى
-Number of column per floor	n	عدد الأعمدة في الطابق
-Value of tension Forces resulting From Working loads (Dead and live)	N_c	قيمة قوى الشد الناتجة عن أحمال التشغيل (الدائمة والحية)
-Ultimate tensile force	N_u	القوة العمودية على مستوى القص
-Pitch of spiral stirrups	p	خطوة الكانة الحلزونية
-Centric working load	P	حمل التشغيل المحورى
-Distributed live load	P	الأحمال الحية منتظمة التوزيع المؤثرة على البلاطات
Concentrated load	P	الحمل المركز
-Uniformly distributed live load per unit area	P	الحمل الحى المنتظم على وحدة المساحات
- Uniformly distributed live load per unit length	p	الحمل الحى منتظم التوزيع فى وحدة الطول
-anchorage on perimeter	P	رباط على المحيط
-Loads in directions a and b, respectively	P_{a1}, P_{b1}	الأحمال فى الاتجاهين b,a على التوالى
-Load of balancing compression of Section	p_b	حمل الضغط التوازنى للقطاع
-Perimeter of concrete section exposed to drying	P_c	محيط المقطع الخرسانى المعرض للجفاف
-Outside perimeter of concrete cross section	p_{cp}	المحيط الخارجي للقطاع الخرسانى
	PH	الأس الهيدروجينى
-Perimeter of the center line of outermost closed transverse torsion reinforcement	P_h	محيط محور صلب التسليح العرض الخارجى المستخدم لمقاومة عزوم اللى
-Prestressing tendon force at jacking end	P_o	قوة سبق الإجهاد عند طرف الشد
	p_{su}	مجموع قوى سبق الإجهاد القصوى

-Coefficient of reducing max Strength of prestressing Steel	γ_{ps}	معامل خفض المقاومة القصوى لصلب سبق الإجهاد
-Max Strength of column Section in compression	P_u	أقصى مقاومة لقطاع العمود فى الضغط
-Max centric force applied on the Section	P_u	القوة المحورية القصوى المؤثرة على القطاع
-Uniformly distributed live load	P_u	الأحمال الحية فى حالة التصميم بطريقة حالات الحدود
-Prestressing tendon force at a distance x from jacking end.	P_x	قوة الشد فى صلب سبق الإجهاد عند المسافة x من بداية طرف الشد
- Nominal shear stress in beams	q	إجهاد القص الافتراضي في الكمرات
-Shear force	Q	قوة القص
-Design Shear force transfer to column when the adjacent spans are loaded with the total design Load	Q	قوى القص التصميمية المنقولة للعمود عند تحميل البواكي المحيطة به بكامل الحمل التصميمى
-Max allowable shear stresses in pestressed concrete sections	$q^*_{u\,max}$	إجهادات القص القصوى المسموح بها فى القطاعات الخرسانية سابقة الإجهاد
- Allowable working concrete shear strength	q_c	إجهاد التشغيل فى الخرسانة المسموح به لحالة القص
-Allowable Working Stresses in concrete for punching shear	q_{cp}	إجهاد التشغيل فى الخرسانة المسموح به لحالة القص الثاقب
-Concrete ultimate shear strength	q_{cu}	- مقاومة القص الاعتبارية القصوى للخرسانة
-Max concrete strength in shear	q_{cu}	مقاومة الخرسانة القصوى فى القص
-Concrete ultimate punching shear strength	q_{cup}	مقاومة الخرسانة القصوى لإجهاد القص الثاقب
-Shear Strength resulting from working permanent loads without using coefficient of increasing Loads	q_d	إجهاد القص نتيجة أحمال التشغيل الدائمة أى بدون استخدام معاملات زيادة الأحمال
	Q_e	
Stresses resulting from max shearing forces due to external loads accompanying max	q_i	الاجهادات الناتجة عن قوى القص

bending moment - M_{max}		القصوى نتيجة للأحمال الخارجية المصاحبة لعزم الانحناء الأقصى M_{max}
-Punching Shear Stress	q_p	إجهاد القص الثاقب
-Shear stress due to vertical components of prestressing forces after all losses of prestressing	q_{pv}	إجهاد القص الناتج عن المركبات الرأسية لقوى سبق الإجهاد بعد حدوث كل فواقد سبق الإجهاد
-Nominal shear stress provided by stirrups	q_{st}	مقدار مشاركة الكانات العمودية فى إجهادات القص
-Nominal shear strength provided by shear reinforcement	q_{su}	مقدار مشاركة التسليح الجذعى فى الكمرات فى مقاومة اجهادات القص القصوى
-Nominal shear strength provided by bent bars	q_{sub}	مقاومة القص القصوى الاعتبارية للأسياخ المكسحة
-Sharing of vertical web reinforcement in max. stresses of shear strength in deep beams	q_{suh}	مشاركة صلب التسليح الجذعى الرأسى فى المقاومة القصوى لإجهادات القص فى الكمرات العميقة
-Nominal shear strength provided by stirrups	q_{sus}	مقاومة القص القصوى الاعتبارية للكانات العمودية على محور العنصر
Sharing of horizontal web Steel rein for cement in max stresses of shear strength in deep beams	q_{suv}	مشاركة صلب التسليح الجذعى الأفقى فى المقاومة القصوى لإجهادات القص فى الكمرات العميقة
-value of Shearing Stresses resulting from torsion moment on which the effect of max torsion moment which causes leases stresses may be neglected	q_{tu}	مقدار إجهاد القص الناتج عن عزوم لى والذى يمكن إهمال تأثير عزوم اللى القصوى التى تسبب إجهادات تقل عنه
-Nominal shear stress due to torsion	q_{tu}	اجهادات القص القصوى الناتجة عن عزوم اللى
-Nominal ultimate shear stress	q_u	الاجهاد الأقصى للقص
-Max shear stresses resulting from dead and live loads	Q_u	قوى القص القصوى الناتجة من الأحمال الدائمة والحية
-Shear Strength of concrete section	q_{uc}	مقاومة القطاع الخرسانى لقوى القص
-Max horizontal design shear strength	Q_{uhr}	مقاومة القص الأفقية التصميمية القصوى

-Max allowable shear stress in reinforced concrete sections	q_{umax}	إجهاد القص الأقصى المسموح به فى القطاعات الخرسانية المسلحة
- Max allowable shear stress in prestressed concrete sections	q_{umax} *	إجهاد القص الأقصى المسموح به فى القطاعات الخرسانية سابقة الإجهاد
	q_{up}	القيمة القصوى لإجهاد القص الثاقب
-maximum Punching shear force	Q_{up}	القيمة القصوى لقوة القص المؤثرة على القطاع الحرج للقص الثاقب
-Maximum shear force for beams with variable depth	Q_{ur}	قوة القص القصوى فى الكمرات متغيرة العمق
-Punching shear strength resulting from moment M_x and considering γ_{qx} coefficient of moments transferred by torsion	q_x	إجهاد القص الثاقب الناتج عن العزوم M_x وباعتبار γ_{qx} معامل العزوم المنقولة باللى
-Punching shear strength resulting from moment My and considering γ_{qy} coefficient of moments transferred by torsion	q_y	إجهاد القص الثاقب الناتج عن العزوم M_y وباعتبار γ_{qy} معامل العزوم المنقولة باللى
-Aspect ratio for rectangular (rectangulartity coefficient)	r	نسبة المستطيلية
-Non- dimensional value used to calculate β as in figure (6-26-b)	R_b	مقدار لا بعدى يستخدم لحساب β كما فى شكل (٦-٢٦-ب)
-Ultimate flexural strength coefficient for singly reinforced sections in tension	R_{max}	معامل الحد الأقصى لمقاومة عزوم الانحناء
-Radius of curvature of ducts containing prestressing reinforcement	r_{ps}	نصف قطر تقوس المواسير التى تحتوى صلب سبق الإجهاد
- Standard deviation	S	الانحراف المعيارى لنتائج اختبارات المقاومة لخرسانات سبق للمقاول صبها
Max value for force resulting from earthquakes or internal forcing resulting from them	S	القيمة القصوى للأحمال الناشئة عن زلازل أو القوى الداخلية الناشئة عنها
-Spacing between stirrups in axis direction	s	المسافة بين الكانات فى اتجاه المحور
-Spacing between stirrups	S	المسافة بين الكانات
-Initial loaded width for the uniform load equivalent to a concentrated load in the direction perpendicular to the main reinforcement	S_1	عرض توزيع الحمل فى الاتجاه العمودى على التسليح الرئيسى عند الركيزة

-Initial width uniformly loaded for an equivalent concentrated load in the direction parallel to the main reinforcement	S_2	عرض توزيع الحمل فى الاتجاه الموازى للتسليح الرئيسى
-Spacing between horizontal web reinforcement in deep beams	S_h	المسافة بين صلب التسليح الجذعى الأفقى فى الكمرات العميقة
-Spacing between stirrups in distance Lo	s_o	المسافة بين الكانات فى المسافة L_o
-Spacing between stirrups	s_o	المسافة بين الكانات
-Maximum stirrups spacing in seismic resisting columns	s_o	- المسافة القصوى بين الكانات فى الأعمدة بالمقاومة للزلازل
-Coefficient used in calculating w_k depending on strain in steel reinforcement and other factors	s_{rm}	معامل يستخدم فى حساب w_K ويعتمد على الانفعال فى صلب التسليح وعوامل اخرى
-Spacing between web vertical reinforcement in deep beams	s_v	المسافة بين صلب التسليح الجذعى الرأسى فى الكمرات العميقة
- Nominal value of loading due to effect of temperature, creep, shrinkage differential settlement and internal forces produced from them	T	القيمة الاسمية للأحمال الناشة بتاثير درجة الحرارة وفروق الهبوط والزحف والانكماش أو القوى الداخلية الناشئة عنها
-Total depth section in eccentricity direction	t	العمق الكلى للقطاع فى اتجاه اللامركزية (e)
-Overall thickness of concrete member	t	العمق (السمك) الكلى للقطاع الخرسانى
thickness of slab	t	سمك (تخانة) البلاطة
Longer dimension of torsion element	t	البعد الأكبر لعنصر اللى
-Longer dimension of rectangular cross-section	t	بعد العمود المستطيل
-Thickness of steel section covering the concrete section	t	سمك الصلب المغلف للقطاع الخرسانى
thickness of wall	t	سمك الحائط
-Transverse anchorage	T	رباط عرضى
Upper reinforcement	T	تسليح علوى
-Time in hours starting at tensioning of prestressing reinforcement	t	الزمن بالساعة من بدء شد سبق الاجهاد
-Virtual thickness of cross- section	t_v	السمك الافتراضي للقطاع

-Side length in buckling plane	t'	طول الضلع في اتجاه الانبعاج
-Total dissolved salts	T.D.S	الأملاح الكلية الذائبة
-Loaded width in direction perpendicular to main reinforcement	t_1	عرض الحمل فى الاتجاه العمودى على التسليح الرئيسى
-Loaded width in direction parallel to main reinforcement	t_2	عرض الحمل فى الاتجاه الموازى التسليح الرئيسى
-Thickness of the wall of the box section equivalent to rectangular section	t_e	سمك حائط القطاع الصندوقى المكافىء للقطاع المصمت
-Thickness of the flange for T and L Sections	t_f	سمك شفة الضغط للقطاع على شكل حرف T أو L
-Minimum thickness of slab	t_{min}	السمك الادنى للبلاطة
Minimum thickness of compression slab	t_s	سمك الادنى لبلاطة الضغط
thickness of slab	t_s	سمك البلاطة
-Ultimate load in case of limit state or internal forces produced from them	U	الحمل الأقصى عند حالة حد المقاومة أو القوى الداخلية الناشئة عنه
-Percentage of steel for vertical anchorages	u_v	نسبة التسليح للأربطة الراسية
-Coefficient of variation	V	معامل الاختلاف
-vertical anchorage	V	رباط راسى
-volume of spiral steel reinforcement for unit length of column	V_{sp}	حجم صلب التسليح الحلزونى لوحدة الطول من العمود
-Ratio of volume of spiral stirrups to stirrup pitch	V_{sp}	نسبة حجم صلب التسليح الحلزونى للدورة الواحدة للكانات
-Nominal value of loads due to wind pressure or internal forces produced from it	W	القيمة الاسمية للأحمال الناشئة عن ضغط الرياح أو القوى الداخلية الناشئة عنها
-Uniformly distributed load acting on slabs	w	الحمل المنتظم التوزيع المؤثر على البلاطات
-Total load for unit area of span	w	الحمل الكلى لوحدة المساحة من الباكية
-Uniformly distributed slab load on unit area	w	حمل البلاطة المنتظم المتساوى التوزيع على وحدة المساحة
-Mechanical percentage of tension steel reinforcement in concrete section	w_s	نسبة صلب تسليح الشد فى القطاع الخرسانى

- Mechanical percentage of compressive steel reinforcement in concrete section	w'	نسبة صلب تسليح الضغط فى القطاع الخرسانى
- Coefficient of assurance of achieving cracking limit	w_k	معامل التاكد من استيفاء حالة حد التشرخ
-Max allowable value for coefficient W_k	w_{kmax}	الحد الأقصى المسموح به للمعامل w_k
-Mechanical percentage of prestressed steel	w_p	النسبة الميكانيكية لصلب سبق الإجهاد
-Ultimate uniformly distributed load acting on slabs	w_u	الحمل الأقصى المنتظم التوزيع المؤثر على البلاطات
-Ultimate loads	w_u	الحمل الأقصى الموزع
-Distance from jacking end along prestressing tendons	x	المسافة من بداية طرف الشد بالمتر على امتداد كابل سبق الاجهاد
-Distance of extension of losses effect on prestressing	x_o	مسافة امتداد تأثير الفقد فى سبق الإجهاد
-Distance of column core measured from Stirups axes	y_1	بعد قلب العمود مقاسا من محاور الكانات.
-Length of rectangle reinforcing stirrup measured between the axes of the stirrup	y_1	طول كانة التسليح المستطيلة مُقاسة بين محورى الكانة
- Lever arm	y_{ct}	- ذراع العزم
-Yield strength for steel of stirrups resisting torsion moment with maximum limit of 400 N/mm^2	f_{yst}	إجهاد الخضوع لصلب الكانات المقاومة لعزوم اللى بحد أقصى ٤٠٠ ن/مم٢
- Distance between extreme fiber in tension to neutral axis of gross section ignoring the presence of normal and prestressing reinforcement	y_t	المسافة من محور التعادل حتى الطرف الأقصى للألياف المشدودة فى القطاع مع عدم اعتبار تأثير الشروخ وصلب التسليح.

-Sum of stiffness of upper and lover columns	$\sum K_c$	مجموع كزازتى العمود للانحناء أعلى وأسفل منسوب البلاطة
-Stiffness of torsion elements in the equivalent column	K_t	كزازة عناصر اللى للعمود المكافئ
-coefficient used for calculating moment of inertia equivalent to the column	ψ	معامل يستخدم لحساب عزم القصور الذاتى المكافئ للعمود
-Ratio of moment of inertia of torsion resisting beam to moment of inertia of slab strip	α	نسبة عزم القصور الذاتى للكمرة المقاومة للى (إن وجدت) إلى عزم القصور الذاتى لشريحة البلاطة
-Coefficient which depends on the eccentricity of shear force	β	معامل يعتمد على تأثير لامركزية قوى القص
-Ultimate load simulating a loading case taking effect of earthquakes in consideration	w_u^*	هو الحمل الأقصى المناظر لحالة تحميل تأخذ تأثير الزلازل فى الاعتبار
-Bending moments per unit width in x	$\overline{m}_x$	القيمة القصوى لعزوم الانحناء لكل متر فى اتجاه x
-Bending moments per unit width in y directions,	$\overline{m}_y$	القيمة القصوى لعزوم الانحناء لكل متر فى اتجاه y
- Welded steel wire mesh	#	يميز شبك صلب من الأسياخ الملحومة
- Standard deviation	σ	الانحراف المعيارى
-Poisson's ratio for concrete	ν	نسبة التشكل العرضى للخرسانة (نسبة بواسون)
- Creep coefficient	φ	معامل الزحف
-percentage of longitudinal reinforcement in wall	μ	النسبة المئوية للتسليح الطولى فى الحائط
-Coefficient of over lapping considering effect of vertical live loads, semi – dead loads on structure during earthquakes	α	معامل تراكب يأخذ تأثير الأحمال الحية الراسية شبة الدائمة فوق المنشأ أثناء حدوث الزلزال
-Strength reduction factor	γ	معامل خفض مقاومة المواد
-Angle of depth variation measured with respect to beam longitudinal axis	β	زاوية ميل تغير العمق مقاسة من محور الكمرة
-Angle between bent bars and longitudinal axis of member	$\propto$	زاوية ميل التسليح الجذعى مع محور الكمرة
-Length of inclined part of bent bars	η	طول الجزء المائل من الأسياخ المكسحة
-Distance between surface of loading short cantilevers and line of axial loads (horizontal)	Δ	المسافة بين سطح تحميل الكوابيل القصيرة وخط عمل القوى المحورية (الأفقية)

-Coefficient depending on ratio t/b	β	معامل يعتمد على نسبة t/ b
-Constant for calculating inertia of concrete sections	η	ثابت خاص بحساب جساءة اللى للقطاعات الخرسانية
Nominal bar diameter	ϕ	القطر الأسمى للسيخ
-Factor which depends on the bar position with respect to casting surface	η	معامل موقع السيخ و جودة الخرسانة
-Correction factor depending on bar surface condition	β	معامل تصحيح يتوقف على نوعية سطح السيخ
-Ratio of the area of stopped reinforcement to total area of section reinforcement	β	النسبة بين مساحة صلب التسليح المتوقف إلى المساحة الكلية لصلب تسليح المقطع
-Coefficient	α	معامل
-Coefficient used for calculating shear strength in walls	α_c	معامل يستخدم فى حساب مقاومة القص للحوائط
-Coefficient of distributing uniform loads in solid rectangular slabs in short direction	α	معامل توزيع الأحمال منتظمة التوزيع فى البلاطات المصمتة المستطيلة فى الاتجاه القصير
-Coefficient of distributing uniform loads in solid rectangular slabs in long direction	β	معامل توزيع الأحمال منتظمة التوزيع فى البلاطات المصمتة المستطيلة فى الاتجاه الطويل
-Bending moment coefficients for two way slabs	α,β	- معاملات العزوم الحانية للبلاطات ذات الاتجاهين
-Coefficient which relates the average crack width to the design crack width	β	معامل يربط العلاقة بين المتوسط والقيمة التصميمية لعرض الشرخ
-Angle between reinforcing in direction of the x – axis and direction of the principal tensile stresses	θ	زاوية الميل بين صلب التسليح فى اتجاه المحور x واتجاه إجـهادات الشد الرئيسيـــة
-Constant used for calculating anchorage length in simple supports and points of zero moments	α	ثابت يستخدم فى حساب طول التماسك عند الركائز البسيطة وعند نقط انعدام عزوم الانحناء
-Value of side deviation	δ	قيمة الحيود الجانبى
-Specific weight of concrete of slab	γ	الوزن النوعى لخرسانة البلاطة
-Percentage of required steel reinforcement As/Ac	ρ	نسبة صلب التسليح A_s/ A_c المطلوبة
-Ratio between continuous edges of the slab and its total circumference length	β_P	النسبة بين الحواف المستمرة للبلاطة إلي الطول الكلي لمحيطها
-Coefficient used for calculating punching shear strength of prestressed concrete	β_P	معامل يستخدم فى حساب مقاومة القص الثاقب للخرسانة سابقة الإجهاد

-Sum of diameters of at the level containing largest number of cables	$\Sigma\phi$	مجمـوع أقطـار الأجربـة عنـد المستوى الذى يحتوى على أكبر عدد من الكابلات
-Creep strain	$\varphi\varepsilon_o$	انفعال الزحف
-Coefficient showing effect of bond characters of steel reinforcement on average increase in steel strain relative to concrete around the steel	$\beta 1$	معامل يعكس تأثير خواص التماسك لصلب التسليح على الزيادة المتوسطة للانفعال فى الصلب بالنسبة للخرسانة حول الصلب
-Min tension strain	ε_1	انفعال الشد الأكبر
-Coefficient which account for the duration of loading or the repeated loading	$\beta 2$	معامل يأخذ تأثير فترة التحميل على قيمة الزيادة المتوسطة للانفعال فى الصلب بالنسبـة للخرسانـــة حوله
-Max tensile strain	ε_2	انفعال الشد الأصغر
-Average side deviation	δ_{av}	قيمة الحيود الجانبى المتوسطة
-Slenderness ratio for rectangular section	λ_b	نسبة النحافة للقطاع المستطيل
-Material strength reduction factor for concrete	γ_c	معامل خفض المقاومة للخرسانة
-A coefficient which accounts for the effect of compressive forces on the nominal shear strength provided by concrete	δ_c	معامل زيادة مقاومة الخرسانة لإجهاد القص فى حالة وجود قوى ضغط
-Exposure strength reduction coefficient for steel	β_{cr}	معاملات خفض إجهادات خضوع الصلب
-Ultimate compressive strain in concrete	ε_{cu}	الانفعال الاقصى للانضغاط فى القطاعات الخرسانية
-Correction coefficient for ultimate flexural strength of deep beams	δd	معامل زيادة مقاومة الخرسانة فى القص خاص بالكمرات العميقة
-Slenderness ratio for circular section	λ_D	نسبة النحافة للقطاع الدائرى
-Coefficient of moment transferred by flexure at slab column connection	γ_f	- معامـــل العـــزوم المنقولـــة بالانحنـاء عند اتصـال البلاطـة المسطحة بالعمود
-Slenderness coefficient for rectangular section	λ_i	نسبة النحافة للقطاع المستطيل
-Maximum percentage of tension reinforcement in reinforced concrete section	μ_{max}	أقصى نسبة تسليح مسموح بها فى القطاعات المسلحة فى جهة الشد فقط
-Minimum percentage of tension reinforcement in reinforced concrete section	μ_{min}	الحد الأدنى لنسبة التسليح الجذعى فى الكمرات

-Smallest value of α_1, α_2	α_{min}	القيمة الأصغر من α_1 , α_2
- Strain occurring due to initial loading	ε_o	الانفعال الناتج عن التحميل الاولى
-Coefficient used in calculating cracks, depending on diameter of bar used in section and other factors	ε_{rm}	معامل يستخدم فى حساب عرض الشرخ ويعتمد على قطر السيخ المستعمل بالقطاع وعوامل اخرى
- Material strength reduction factor for reinforcement	γ_s	- معامل خفض مقاومة صلب التسليح
-Steel strain in tension side	ε_s	الانفعال فى صلب التسليح فى جهة الشد
-Total strain after time t $=\infty$	ε_t	الانفعال الكلى عند زمن $t = \infty$
-A coefficient which accounts for the effect of tensile forces on the nominal shear strength provided by concrete	δ_t	معامل نقص مقاومة الخرسانة لإجهاد القص فى حالة وجود قوى شد
-Slenderness ratio for walls	λ_t	نسبة نحافة الحائط
-Steel strain at yield or proof stress	ε_y	الانفعال المقابل لإجهاد الخضوع أو لإجهاد الضمان للصلب
-Coefficient of friction	μ	معامل الاحتكاك
percentage of tension reinforcement	μ	نسبة التسليح الجذعى
-Ratio of prestressed reinforcement	μ_p	نسبة صلب سبق الإجهاد فى القطاع الخرسانى
-Strain in concrete at the level of prestressing reinforcement due to prestressing force after taking all losses into consideration	ε_{ce}	الانفعال فى الخرسانة عند مستوى صلب سبق الإجهاد نتيجة سبق الإجهاد بعد أخذ تأثير كل الفواقد فى الاعتبار
-Creep strain	ε_{cr}	- الانفعال نتيجة الزحف
-Elastic strain in concrete	ε_{el}	- انفعال الخرسانة المرن
-Strain in prestressing steel due to strain compatibility at ultimate flexural strength limit state	ε_{pc}	الانفعال فى صلب سبق الإجهاد الناتج عن توافق الانفعالات عند الحد الأقصى لعزوم الانحناء
-Strain in prestressing steel due to prestressing force after taking all losses into consideration	ε_{pe}	الانفعال فى صلب سبق الإجهاد نتيجة سبق الإجهاد بعد أخذ تأثير كل الفواقد فى الاعتبار
- Material strength reduction factor for prestressing reinforcement	γ_{ps}	معامل خفض المقاومة القصوى لصلب سبق الإجهاد
-Shrinkage strain	ε_{sh}	- انفعال الانكماش
-Uniform load equivalent to the original loads, to calculate the maximum bending moments in beams	αwx	الحمل المنتظم المكافى (للأحمال الأصلية المنقولة) وذلك لحساب عزوم الانحناء القصوى فى الكمرات

-Coefficient used in designing columns subjected to double bending moments – taken from table (6-12-1)	β	معامل يستخدم فى تصميم الاعمدة المعرضة لعزوم انحناء مزدوجة ويؤخذ من جدول (٦-١٢-١)
-Angle of inclination of cable on the beam axis	β	زاوية ميل الكابل على محور الكمرة
-Uniform load equivalent to original loads for calculating shear forces and reactions in beams	βwx	الحمل المنتظم المكافى (للأحمال الأصلية المنقولة) وذلك لحساب قوى القص وردود الافعال فى الكمرات
-Coefficient of moment transferred by torsion at flat slab-column connection	γ_q	معامل العزوم المنقولة باللى
-Losses in prestressing stress due to creep	Δf_{pcr}	الفقد فى سبق الإجهاد نتيجة الزحف
-Losses in prestressing stress due to elastic shortening	Δf_{pe}	الفقد فى سبق الإجهاد نتيجة الإنضغاط المرن
-Losses in prestressing stress due to shrinkage	Δf_{psh}	- الفقد فى صلب سبق الإجهاد نتيجة الانكماش للعنصر
Losses in prestressing force	ΔP	الفقد فى سبق الاجهاد
-angle of inclination between reinforcing steel in direction of x-axix and direction of main tensile stresses	θ	زاوية الميل بين صلب التسليح فى اتجاه المحور x واتجاه إجهادات الشد الرئيسية
-Effective tension reinforcement ratio	ρ_r	نسبة تسليح الشد الفعال
Diameter of tendon	Φ	قطر الكابل
-Diameter of tested specimen	ق	قطر عينة الاختبار (مم)
	ل	طول القياس (مم)
-Losses in prestressing force due to relaxation of prestressing steel	Δf_{Pr}	الفقد فى سبق الإجهاد نتيجة استرخاء صلب سبق الإجهاد
- Diameter of high grade steel 400 / 600 bars	Φ	يميز صلب التسليح عالي المقاومة (High tensile steel) رتبة 400/600.
-Coefficient depends on condition of bar end	α	معامل تصحيح يتوقف على شكل طرف السيخ
-Coefficients used in designing column subjected to double bending moments- taken from table (6-12-1)	α_b	معامل يستخدم فى تصميم الأعمدة المعرضة لعزوم انحناء مزدوجة ويؤخذ من جدول (٦-١٢-١)

-Coefficients for estimating uniform loads equivalent to original loads estimated on beams	α_b و β_b	معاملات لتقدير الأحمال المنتظمة المكافئة للأحمال الأصلية المفروضة على الكمرات
-Defines of normal mild reinforcing bar	ϕ	يميز صلب طرى عادى رتبة ٢٤٠/٣٥٠ أو ٢٨٠/٤٥٠
- Equivalent diameter of bar bundle	ϕ_e	القطر المكافئ للحزمة
-Factor for type of prestressing tendon	η_p	معامل يعتمد على نوع الصلب
-Defines high strength steel	ϕ	يميز صلب عالى المقاومة (٣٦٠/٥٢٠)
-Coefficient used for calculating excessive deflection occurring due to creep and shrinkage	α	معامل يستخدم لحساب الترخيم الاضافى الناتج عن الزحف والانكماش

ملحق (٤)

لجان الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية

اللجنة الدائمة لأسس تصميم وشروط تنفيذ المنشآت الخرسانية	
أعضاء استشاريون	**أعضاء اللجنة الدائمة**
الأستاذ الدكتور / إبراهيم جعفر (يرحمه الله)	الأستاذ الدكتور / على عبد الرحمن يوسف **رئيساً**
الأستاذ الدكتور / إبراهيم الدسوقى قريش	الأستاذ الدكتور / إبراهيم محفوظ محمد إبراهيم **نائباً للرئيس**
الأستاذ الدكتور / شاكر أحمد البحيرى	الأستاذ الدكتور / منير محمد كمال **مقرراً**
الأستاذ الدكتور / شريف محمد حلمى سليمان	السيد المهندس / إبراهيم رشدى محلب
الأستاذ الدكتور / عبد الرحمن مجاهد	الأستاذ الدكتور / أحمد كمال عبد الخالق
الأستاذ الدكتور / عبد الكريم محمد عطا (يرحمه الله)	الأستاذ الدكتور / أشرف حسن الزناتى
الأستاذ الدكتور / عبد الهادى حسين حسنى	الأستاذ الدكتور / أميمة أحمد صلاح الدين
الأستاذ الدكتور / عبد الوهاب محمد أبو العينين	السيد المهندس / حسنى أحمد عمر
الأستاذ الدكتور / فاطمة الزهراء السعيد الرفاعى	الأستاذ الدكتور / حمدى حامد شاهين
الأستاذ الدكتور / كمال نصيف غالى (يرحمه الله)	الأستاذ الدكتور / سمير حسن عقبة
الأستاذ الدكتور / محمد العدوى ناصف	الأستاذ الدكتور / صلاح الدين السعيد المتولى
الأستاذ الدكتور / محمد محمد الهاشمى	الأستاذ الدكتور / عبد الله عبد المطلب أبو زيد
الأستاذ الدكتور / محمود عبد الحميد حلمى	الأستاذ الدكتور / عزت حسن فهمى
	الأستاذ الدكتور / على شريف عبد الفياض
	الأستاذ الدكتور / عمرو عزت سلامة
	السيد المهندس / مجدى رزق عبده
	الأستاذ الدكتور / محمد إبراهيم سليمان
	الأستاذ الدكتور / محمد السعيد عيسى
	الأستاذ الدكتور / محمد سامح هلال
	الأستاذ الدكتور / محمد على عبد السلام بركات
	الأستاذ الدكتور / محمد ناصر درويش
	السيد المهندس / محمد نبيل حلمى
	الأستاذ الدكتور / مدحت أحمد هارون
	الأستاذ الدكتور / مشهور غنيم أحمد غنيم
	الأستاذ الدكتور / مصطفى أدهم الدمرداش
	الأستاذ الدكتور / هانئ محمد الهاشمى

الأمانة الفنية للجنة الدائمة
دكتور مهندس / إيهاب فؤاد إبراهيم
دكتور مهندس / محمد أحمد خفاجة
مهندس / طارق محمد الزناتى

اللجان التخصصية

لجنة الصياغة والمراجعة	لجنة المواد	لجنة ضبط الجودة
لجنة المكتب التنفيذى	لجنة تصميم القطاعات	لجنة التنفيذ
لجنة المفاهيم والأسس العامة	لجنة التحليل الإنشائى	لجنة الخرسانة سابقة الإجهاد
	لجنة التفاصيل الإنشائية	لجنة الرموز والمصطلحات

لجنة الصياغة والمراجعة

الأستاذ الدكتور / إبراهيم محفوظ محمد إبراهيم **رئيساً**
الأستاذ الدكتور / منير محمد كمال **مقرراً**
الأستاذ الدكتور / أحمد كمال عبد الخالق
الأستاذ الدكتور / أميمة أحمد صلاح الدين
الأستاذ الدكتور / سمير حسن عقبة
الأستاذ الدكتور / عبد الهادى حسين حسنى
الأستاذ الدكتور / عثمان محمد رمضان
الأستاذ الدكتور / على عبد الرحمن يوسف
الأستاذ الدكتور / محمد العدوى ناصف
الأستاذ الدكتور / محمد سامح هلال
الأستاذ الدكتور / مشهور غنيم أحمد غنيم

أمانة فنية :

دكتور مهندس / محمد أحمد خفاجة
دكتور مهندس / محمد سيد سيد
مهندس / طارق محمد الزناتى

لجنة المكتب التنفيذى .

الأستاذ الدكتور / محمد إبراهيم سليمان **رئيساً**
الأستاذ الدكتور / على عبد الرحمن يوسف **مقرراً**
الأستاذ الدكتور / إبراهيم محفوظ محمد إبراهيم
الأستاذ الدكتور / أميمة أحمد صلاح الدين
الأستاذ الدكتور / عبد الهادى حسين حسنى
الأستاذ الدكتور / كمال نصيف غالى (يرحمه الله)
الأستاذ الدكتور / محمد العدوى ناصف
الأستاذ الدكتور / محمد محمد الهاشمى
الأستاذ الدكتور / منير محمد كمال

أمانة فنية :

دكتور مهندس / طارق محمد بهاء الدين

لجنة المفاهيم والأسس العامة

الأستاذ الدكتور / محمد محمد الهاشمى **رئيساً**
الأستاذ الدكتور / على عبد الرحمن يوسف **مقرراً**
الأستاذ الدكتور / إبراهيم محفوظ محمد إبراهيم
الأستاذ الدكتور / أميمة أحمد صلاح الدين
الأستاذ الدكتور / عبد الله عبد المطلب أبوزيد
الأستاذ الدكتور / عبد الهادى حسين حسنى
الأستاذ الدكتور / كمال نصيف غالى (يرحمه الله)
الأستاذ الدكتور / محمد إبراهيم سليمان
الأستاذ الدكتور / محمد العدوى ناصف
الأستاذ الدكتور / محمود عبد الحميد حلمى
الأستاذ الدكتور / منير محمد كمال

الأمانة الفنية :

دكتور مهندس / محمد سيد سيد

لجنة المواد

الأستاذ الدكتور / أميمة أحمد صلاح الدين **رئيساً**
الأستاذ الدكتور / سمير حسن عقبة **مقرراً**
الأستاذ الدكتور / أحمد محمد دياب
الأستاذ الدكتور / السيد عبد الرؤوف
الأستاذ الدكتور / جودة غانم
الأستاذ الدكتور / حسام عبد الغفور هدهد
الأستاذ الدكتور / سناء الدسوقى
الأستاذ الدكتور / سيد محمد أحمد عبد الباقى
الأستاذ الدكتور / شريف فخرى
الأستاذ الدكتور / عادل أحمد الكردى
الأستاذ الدكتور / عاصم عبد العليم
الأستاذ الدكتور / عبد الرحمن مجاهد
الأستاذ الدكتور / عزت حسن فهمى
الأستاذ الدكتور / على الدرويش
الأستاذ الدكتور / عمرو صلاح الديب
الأستاذ الدكتور / عمرو عزت سلامة
الأستاذ الدكتور / فاطمة الزهراء السعيد الرفاعى
الأستاذ الدكتور / محمد سامح هلال
الأستاذ الدكتور / محمد نجيب أبوزيد
الأستاذ الدكتور / مصطفى أدهم الدمرداش
الأستاذ الدكتور / منير محمد كمال
الأستاذ الدكتور / هبة حامد بهنساوى
دكتور مهندس / أحمد فتحى عبد العزيز
دكتور مهندس / محمد أسامة رمضان
دكتور مهندس / نادية نوفل

الأمانة الفنية :

دكتور مهندس / عمرو أمين الحفناوى
مهندس / طارق محمد الزناتى
مهندس / عمرو قاسم الدالى

لجنة تصميم القطاعات

الأستاذ الدكتور / كمال نصيب غالى (يرحمه الله) **رئيساً**
الأستاذ الدكتور / أحمد كمال عبد الخالق **مقرراً**
الأستاذ الدكتور / إبراهيم محفوظ محمد إبراهيم
الأستاذ الدكتور / أحمد رجائى أنيس
الأستاذ الدكتور / أشرف حسن الزناتى
الأستاذ الدكتور / حمدى حامد شاهين
الأستاذ الدكتور / سعيد يونس الدبيكى
الأستاذ الدكتور / شاكر أحمد البحيرى
الأستاذ الدكتور / شريف محمد حلمى
الأستاذ الدكتور / صلاح الدين السعيد المتولى
الأستاذ الدكتور / عبد الوهاب محمد أبو العينين
الأستاذ الدكتور / عز الدين رمزى زغلول
الأستاذ الدكتور / عزت حسن فهمى
الأستاذ الدكتور / على شريف عبد الفياض
الأستاذ الدكتور / على عبد الرحمن يوسف
الأستاذ الدكتور / عمر على النواوى
الأستاذ الدكتور / محمد السعيد عيسى
الأستاذ الدكتور / محمد العدوى ناصف
الأستاذ الدكتور / محمد طلعت مصطفى
الأستاذ الدكتور / محمد ناصر درويش
الأستاذ الدكتور / مدحت أحمد هارون
الأستاذ الدكتور / مشهور غنيم أحمد غنيم
الأستاذ الدكتور / نبيل عبد البديع يحيى
الأستاذ الدكتور / هانئ محمد الهاشمى
الأستاذ الدكتور / وهبه الطحان
الأستاذ الدكتور / يوسف محمد هاشم
دكتور مهندس / علاء جمال شريف
دكتور مهندس / فتحى عبد الرحيم سعد
دكتور مهندس / منى كمال نصيف

الأمانة الفنية :

دكتور مهندس / تامر حسن الأفندى
دكتور مهندس / شريف محمد الزينى

لجنة التحليل الإنشائى

الأستاذ الدكتور / محمد العدوى ناصف **رئيساً**
الأستاذ الدكتور / هانئ محمد الهاشمى **مقرراً**
الأستاذ الدكتور / إبراهيم الدسوفى قريش
الأستاذ الدكتور / إبراهيم محفوظ محمد إبراهيم
الأستاذ الدكتور / أحمد كمال عبد الخالق
الأستاذ الدكتور / أسامة حمدى عبد الواحد
الأستاذ الدكتور / أشرف حسن الزناتى
الأستاذ الدكتور / أكرم محمد عبد الحميد تركى
الأستاذ الدكتور / السيد إبراهيم
الأستاذ الدكتور / حسن محمد علام
الأستاذ الدكتور / حمدى حامد شاهين
الأستاذ الدكتور / شاكر أحمد البحيرى
الأستاذ الدكتور / شريف أحمد مراد
الأستاذ الدكتور / صلاح الدين السعيد المتولى
الأستاذ الدكتور / عادل جلال العطار
الأستاذ الدكتور / عبد الله عبد المطلب أبوزيد
الأستاذ الدكتور / عبد الهادى حسين حسنى
الأستاذ الدكتور / عبد الوهاب أبو العينين
الأستاذ الدكتور / عز الدين رمزى زغلول
الأستاذ الدكتور / على شريف عبد الفياض
الأستاذ الدكتور / على عبد الرحمن يوسف
الأستاذ الدكتور / كمال نصيف غالى (يرحمه الله)
الأستاذ الدكتور / مجدى السيد قاسم
الأستاذ الدكتور / محمد إبراهيم سليمان
الأستاذ الدكتور / محمد السعيد عيسى
الأستاذ الدكتور / محمد حسن الزناتى
الأستاذ الدكتور / محمد على عبد السلام بركات
الأستاذ الدكتور / محمد ناصر درويش
الأستاذ الدكتور / محمد عبد الحميد حلمى
الأستاذ الدكتور / محى الدين صلاح شكرى
الأستاذ الدكتور / مدحت أحمد هارون
الأستاذ الدكتور / مشهور غنيم أحمد غنيم

الأستاذ الدكتور / نبيل عبد البديع يحيى
الأستاذ الدكتور / وائل محمد الدجوى
دكتور مهندس / أحمد محمد عبد اللطيف النادى
دكتور مهندس / أيمن حسين حسنى خليل
دكتور مهندس / باهره سعيد لطفى
دكتور مهندس / منى كمال نصيف

الأمانة الفنية :

دكتور مهندس / حداد سعيد حداد
دكتور مهندس / علاء إبراهيم عرفه

لجنة التفاصيل الإنشائية

السيد المهندس / حسنى أحمد عمر **رئيساً**
الأستاذ الدكتور / حمدى حامد شاهين **مقرراً**
السيد المهندس / إبراهيم رشدى محلب
الأستاذ الدكتور / أحمد محمد فرحات
الأستاذ الدكتور / أسامة حمدى عبد الواحد
الأستاذ الدكتور / حاتم حمدى غيث
الأستاذ الدكتور / شاكر أحمد البحيرى
الأستاذ الدكتور / شريف محمد حلمى
الأستاذ الدكتور / عبد الله عبد المطلب أبو زيد
الأستاذ الدكتور / على عبد الرحمن يوسف
الأستاذ الدكتور / مجدى السيد قاسم
السيد المهندس / مجدى رزق عبده
الأستاذ الدكتور / محمد حسن الزناتى
السيد المهندس / محمد نبيل حلمى
السيد المهندس / محمد وجدى حمادة
الأستاذ الدكتور / محى الدين صلاح شكرى
الأستاذ الدكتور / مصطفى فؤاد الكفراوى
الأستاذ الدكتور / هانئ محمد الهاشمى

الأمانة الفنية :

دكتور مهندس / أحمد على حسن
مهندس / سيد حسين سيد

لجنة ضبط الجودة

الأستاذ الدكتور / عبد الهادى حسين حسنى **رئيساً**
الأستاذ الدكتور / عمرو عزت سلامة **مقرراً**
الأستاذ الدكتور / أميمة أحمد صلاح الدين
الأستاذ الدكتور / سمير حسن عقبة
الأستاذ الدكتور / عبد الرحمن مجاهد أحمد
الأستاذ الدكتور / عمرو صلاح الديب
الأستاذ الدكتور / فاروق على الحكيم
الأستاذ الدكتور / فاطمة الزهراء السعيد الرفاعى
الأستاذ الدكتور / محمد سامح هلال
الأستاذ الدكتور / مصطفى أدهم الدمرداش
الأستاذ الدكتور / منير محمد كمال
الأستاذ الدكتور / هبة حامد بهنساوى
دكتور مهندس / حازم محمد عبد اللطيف
دكتور مهندس / فاطمة أحمد شاكر

الأمانة الفنية :

دكتور مهندس / حسام زكريا القرموطى
مهندس / شريف أحمد خفاجة

لجنة التنفيذ

السيد المهندس / إبراهيم رشدى محلب **رئيساً**
الأستاذ الدكتور / محمد عبد السلام بركات **مقرراً**
السيد المهندس / حسن ناصف
السيد المهندس / حسنى أحمد عمر
الأستاذ الدكتور / حمدى حامد شاهين
الأستاذ الدكتور / شادية عبد الهادى نجا الإبيارى
الأستاذ الدكتور / شريف محمد حلمى
الأستاذ الدكتور / عادل السمادونى
الأستاذ الدكتور / عبد الهادى حسين حسنى
الأستاذ الدكتور / على شريف عبد الفياض
السيد المهندس / مجدى رزق عبده
السيد المهندس / محمد نبيل حلمى
دكتور مهندس / أسامة حسنى
السيد المهندس / أشرف وجيه
السيد المهندس / عاطف البلك
السيد المهندس / عبد اللطيف مبارك

الأمانة الفنية :

دكتور مهندس / خالد زكى سليمان
مهندس / محمد فؤاد

لجنة الخرسانة سابقة الإجهاد

الأستاذ الدكتور / عبد الله عبد المطلب أبوزيد **رئيساً**
الأستاذ الدكتور / أشرف حسن الزناتى **مقرراً**
السيد المهندس / إبراهيم رشدى محلب
الأستاذ الدكتور / إبراهيم محفوظ محمد إبراهيم
الأستاذ الدكتور / أحمد شريف عيسوى
الأستاذ الدكتور / أحمد كمال عبد الخالق
الأستاذ الدكتور / أحمد محمد دياب
الأستاذ الدكتور / سمير حسن عقبة
الأستاذ الدكتور / شاكر أحمد البحيرى
الأستاذ الدكتور / صلاح الدين السعيد المتولى
الأستاذ الدكتور / صلاح الدين فهمى طاهر
الأستاذ الدكتور / عادل جلال العطار
الأستاذ الدكتور / عبد الهادى حسين حسنى
الأستاذ الدكتور / عبد الوهاب محمد أبو العينين
الأستاذ الدكتور / على عبد الرحمن يوسف
الأستاذ الدكتور / عمرو على عبد الرحمن
الأستاذ الدكتور / محمود عبد الحميد حلمى
الأستاذ الدكتور / مراد ميشيل باخوم
الأستاذ الدكتور / مشهور غنيم أحمد غنيم
دكتور مهندس / أحمد صالح

الأمانة الفنية :

دكتور مهندس / طارق محمد بهاء الدين
دكتور مهندس / محمد سعد السعيد عيسى

لجنة الرموز والمصطلحات

الأستاذ الدكتور / عمرو عزت سلامة **رئيساً**
الأستاذ الدكتور / مصطفى أدهم الدمرداش **مقرراً**
الأستاذ الدكتور / شادية عبد الهادى نجا الإبيارى
الأستاذ الدكتور / منير محمد كمال
الأستاذ الدكتور / هانئ محمد الهاشمى

الأمانة الفنية :

دكتور مهندس / تامر محمود الركيب
مهندس / أنور محمود

مطابع دار أخبار اليوم الصحافة

صدر فى الوقائع المصرية – العدد ٦٢ فى ١٨ مارس سنة ٢٠٠٧