جمهورية مصر العربية
وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء

الكود المصري

لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية

كود رقم ٢٠٣-٢٠١٨

ECP 203-2018

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

التحديث الرابع

٢٠١٨

نسخة مخصصة للطلبة

الطبعة الأولى - ٢٠١٨

جمهورية مصر العربية

وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية

المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء

الكود المصري

لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية

كود رقم ٢٠١٨-٢٠٣

ECP 203-2018

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

التحديث الرابع

٢٠١٨

تنويه

يعد هذا الكود من المصنفات الفكرية المحمية بالقانون رقم ٨٢ لسنة ٢٠٠٢بشأن حماية حقوق الملكية الفكرية. ويعتبر المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء هو الجهة الوحيدة المسئولة عن إتاحة هذا المنتج للجمهور لاستغلاله. ويحظر على أي شخص أو جهة القيام بطباعته أو نشره أو تعديل محتواه أو نسخ أو تصوير جزء أو أجزاء منه أو إعادة طباعته أو إعادة نشرة بأي صورة سواء مطبوعة أو إليكترونية بما في ذلك نشره على هيئة أسطوانات مدمجة أو ذاكرة إليكترونية ونشرة على شبكة الإنترنت وكذلك ترجمته إلى لغات أخرى أو نقله للجمهور بأي وسيلة ممكنة دون الحصول على موافقة كتابية مسبقة من المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء.

ومن يخالف ذلك يعرض نفسه للوقوع تحت طائلة العقوبات المنصوص عليها بالقانون رقم ٨٢ لسنة ٢٠٠٢ بشأن حماية حقوق الملكية الفكرية ولائحته التنفيذيه.

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

هذه الصفحة تركت فارغة عمدا

جمهورية مصر العربية
وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية
مكتب الوزير

الرقم البريدي ١١٥١١

قرار وزاري
رقم (٢١٧) لسنة ٢٠١٧

وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية :

- بعد الاطلاع علي القانون رقم ٦ لسنة ١٩٦٤ في شأن أسس تصميم وشروط تنفيذ الأعمال الإنشائية وأعمال البناء.
- وعلي القرارين الجمهوريين رقم ٦٣، ٦٤ لسنة ٢٠١٥ في شأن إعادة تنظيم المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء ولائحته التنفيذية.
- وعلي قرار رئيس الجمهورية رقم ٣٧٩ لسنه ٢٠١٥ بتشكيل الحكومة وتعديلاته .
- وعلي القرار الوزاري رقم ٥٥١ لسنة ٢٠١٣ بشأن إعادة تشكيل اللجنة الدائمة لتحديث الكود المصري لأسس تصميم وشروط تنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة.
- وعلي ما عرضه السيد الأستاذ الدكتور / رئيس مجلس إدارة المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء

قرر

(المادة الأولى)

يتم العمل بالكود المصري لأسس تصميم وشروط تنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة.

(المادة الثانية)

يتولي المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء العمل علي نشر المجلد المذكور والتعريف به والتدريب عليه.

(المادة الثالثة)

يُنشر هذا القرار في الوقائع المصرية ويعمل به إعتباراً من اليوم التالى لمضي ستة أشهر على تاريخ نشره وعلي الجهات المختصة تنفيذه.

الاسم	التوقيع	التاريخ
أ.د. خالد محمد الذهبي		٢٠١٧/٨/١٤
المستشار / حسام [illegible]		/ / ٢٠١٧

وزير الإسكان
والمرافق والمجتمعات العمرانية

أ.د.م/ مصطفى مدبولى

صدر في ٢٢/ ٨ /٢٠١٧

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

هذه الصفحة تركت فارغة عمدا

تمهيد

❖ نظراً للتطورات المتلاحقة فى مجال التشييد والبناء التى شهدتها مصر فى الأونة الأخيرة وظهور مواد بناء جديدة ومستحدثة فكان لزاماً أن تقوم مصر بوضع وتطوير أسس واشتراطات تنفيذ الأعمال الإنشائية بهدف توفيرالأمان والراحة للمواطنين والحفاظ على الثروة العقارية بجمهورية مصر العربية.

❖ ومن هذا المنطلق وتأكيداً لدور المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء التابع لوزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية فقد صدر القرار الجمهورى رقم ٦٣ لسنة ٢٠٠٥ بشأن إعادة تنظيم المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء والذى نص فى إحدى مواده اختصاصات المركز ومنها إعداد وإصدار وتحديث الكودات ومواصفات بنود الأعمال والمواصفات الفنية التى تتماشى مع الاتجاهات العالمية وتناسب الظروف المحلية وتحقيقاً السياسات الدولة من توجيه الاستثمارات لمشروعات التشييد والبناء.

❖ كما قام المركز بوضع الأسس والخطوط العامة التى تحكم إعداد الكوادات بحيث تتم على أفضل وأحدث ما توصلت إليه المعرفة والخبرة العلمية مستعيناً فى ذلك بالخبرات العلمية والعالمية فى الداخل والخارج وجاء تشكيل اللجان التخصصية بوتقة تنصهر فيها كافة المعارف والخبرات ونموذجاً للصلة الوثيقة بين المركز والجامعات وقطاعات الإنتاج. وحرصا من المركز على تطبيق تلك الكودات والمواصفات فإنه يتم عقد دورات تدريبية للمهندسين والعاملين فى مجال التشييد والبناء للتعريف على الكودات وتطبيقها.

❖ وانطلاقا من دور المركز فى تطوير مجالات التشييد والبناء فقد قام بإعداد الخطة البحثية والاستراتيجية الخمسية للمركز (٢٠١٢-٢٠١٧) والتى تهدف الى إيجاد الحلول العلمية والعملية والتطبيقية لمواجهة المشاكل التى تواجه قطاع التشييد والبناء. وقد اشتملت هذه الخطة على محور خاص بالأبحاث القومية الداعمة للكودات والتى من شأنها المساهمة فى إعداد وتحديث الكودات علماً بأنه يتم تحديث الكودات بصفة مستمرة تبعاً لما يستجد من تطورات محلية وعالمية وطبقاً للخبرات المكتسبة من ظروف التطبيق

❖ وجدير بالذكر بأن المركز قد قام بإعداد وإصدار العديد من الكودات والمواصفات الفنية ولعله من المفيد أن يتعرف المهتمين والعاملين بقطاع التشييد والبناء على تلك الكودات والمواصفات الفنية.

والله ولى التوفيق،،،

رئيس مجلس إدارة

المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء

أستاذ دكتور مهندس/ خالد محمد الذهبى

هذه الصفحة تركت فارغة عمدا

HBRC
المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

تقديم

- صدرت أسس تصميم وتنفيذ الخرسانة المسلحة للمرة الأولى في 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 والكباري اشتراطات الأعمال الخرسانية. كما صدرت اشتراطات وأسس التصميم والتنفيذ للخرسانة المسلحة في المباني عام ١٩٦٢ وأعيد إصدارها بعد تعديلها عام ١٩٦٩ تنفيذاً للقانون رقم ٦ لسنة ١٩٦٤.

- نظراً للتطور المستمر في مجال التشييد عموماً فقد تم تشكيل اللجنة الدائمة للكود المصري لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة بالقرار الوزاري رقم ٣٨٣ لسنة ١٩٨٤ والتي قامت بإعداد الكود الذي صدر بالقرار الوزاري رقم ٤٦٤ لسنة ١٩٨٩. وقد تم عمل التحديث الأول لهذا الكود وصدر بالقرار الوزاري رقم ٢٠٨ لسنة ١٩٩٥.

- تم إعادة تشكيل اللجنة الدائمة لأسس تصميم وشروط تنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة بالقرار الوزاري رقم ٤٩٣ لسنة ١٩٩٦ والقرارات المكملة رقم ٦٩ لسنة ١٩٩٨ ورقم ١٤١ لسنة ١٩٩٨ والتي قامت بإعداد التحديث الثاني للكود الذي صدر بالقرار الوزاري رقم ٩٨ لسنة ٢٠٠١. كما قامت تلك اللجنة بإصدار ثلاثة ملاحق منفصلة للكود يختص الأول بمساعدات التصميم والثاني دليل إعداد الرسومات والتفاصيل الإنشائية والثالث دليل الاختبارات المعملية للمواد المستخدمة في صناعة الخرسانة.

- تم إعادة تشكيل اللجنة الدائمة لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية بالقرار الوزاري رقم ٢١٠ لسنة ٢٠٠٣، والتي قامت بإعداد التحديث الثالث للكود الذي صدر بالقرار الوزاري رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٧. كما قامت تلك اللجنة بتحديث ملاحق الكود الثلاثة وفقاً لما تم استحداثه وإضافته في التحديث الثالث.

- وقد تم إعادة تشكيل اللجنة الدائمة (الحالية) لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية بالقرار الوزاري رقم ٥٥١ لسنة ٢٠١٣، وقد عقدت اللجنة الدائمة واللجان التخصصية اجتماعات عدة تم من خلالها إجراء تعديلات جوهرية في كافة الأبواب بناءً على ما استحدث من نظريات ونتائج ممارسة تطبيقية. وتقوم اللجنة الدائمة بتحديث ملاحق الكود الثلاثة وفقاً لما تم استحداثه وإضافته في هذا التحديث الرابع.

- هذا وقد تم بعون الله إصدار هذا التحديث للكود (التحديث الرابع) بالقرار الوزاري رقم ٧١٢ لسنة ٢٠١٧، 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 القومي لبحوث الإسكان والبناء العمل على طباعة الكود ونشره والتدريب عليه بما يحقق ارتقاء صناعة الخرسانة في مصر.

والله ولى التوفيق ...

رئيس اللجنة الدائمة أستاذ دكتور مهندس/ على عبد الرحمن يوسف

هذه الصفحة تركت فارغة عمدا

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

البند		الصفحة
الباب الأول: المجال وأسس التصميم		
١-١	مجال الكود	١-١
١-٢	أغراض الكود	١-١
١-٣	أسس التصميم	١-١
١-٤	تحديد حالات الحدود	١-٢
الباب الثاني: مواد وخلطات الخرسانة		
٢-١	اعتبارات عامة	١-٢
٢-٢	مواد الخرسانة	١-٢
٢-٢-١	الأسمنت	١-٢
٢-٢-٢	الركام	٢-٢
٢-٢-٢-١	اشتراطات استخدام الركام	٢-٢
٢-٢-٢-٢	التفاعل القلوي للركام	٥-٢
٢-٢-٢-٢-١	التفاعل القلوي السيليسى	٥-٢
٢-٢-٢-٢-٢	احتياطات الحد من ضرر التفاعل القلوي السيليسى للركام	٦-٢
٢-٢-٢-٢-٣	التفاعل القلوي الكربوناتى	٦-٢
٢-٢-٣	ماء الخلط والمعالجة	٧-٢
٢-٢-٤	الإضافات	٨-٢
٢-٢-٤-١	اشتراطات عامة	٨-٢
٢-٢-٤-٢	الإضافات الكيميائية	١١-٢
٢-٢-٤-٣	الإضافات المعدنية	١١-٢
٢-٢-٥	صلب التسليح للخرسانة المسلحة	١٤-٢
٢-٢-٥-١	أنواع صلب التسليح	١٤-٢
٢-٢-٥-٢	الأبعاد ووزن وحدة الأطوال ومتطلبات التنوءات	١٤-٢
٢-٢-٥-٣	تعريفات الخواص الميكانيكية لصلب التسليح	١٤-٢
٢-٢-٥-٤	منحنى الإجهاد والانفعال للصلب	١٥-٢
٢-٢-٥-٥	الحدود الدنيا للخواص الميكانيكية	١٥-٢
٢-٢-٥-٦	الثني على البارد	١٦-٢
٢-٢-٥-٧	لحام الأسياخ	١٧-٢
٢-٢-٥-٨	صلب التسليح للخرسانة سابقة الإجهاد	١٧-٢
٢-٣	خواص الخرسانة	١٧-٢

هذه الصفحة تركت فارغة عمدا

البند		الصفحة
٢-٣-١	خواص الخرسانة الطازجة	٢-١٧
٢-٣-١-١	وزن وحدة الحجوم للخرسانة الطازجة	٢-١٨
٢-٣-١-٢	قوام الخرسانة	٢-١٨
٢-٣-١-٣	القابلية للتشغيل	٢-١٨
٢-٣-١-٤	الانفصال الحبيبي	٢-٢٠
٢-٣-١-٥	النضح	٢-٢٠
٢-٣-١-٦	درجة حرارة الخرسانة الطازجة	٢-٢٠
٢-٣-٢	الخواص الميكانيكية للخرسانة المتصلدة	٢-٢٠
٢-٣-٢-١	مقاومة الضغط للخرسانة / المقاومة المميزة (رتبة الخرسانة)	٢-٢٠
٢-٣-٢-٢	مقاومة الشد المحوري للخرسانة	٢-٢١
٢-٣-٢-٣	مقاومة التماسك مع صلب التسليح	٢-٢١
٢-٣-٣	خواص التشكل والتغير البعدي للخرسانة	٢-٢٢
٢-٣-٣-١	معاير المرونة	٢-٢٢
٢-٣-٣-٢	نسبة التشكل العرضي للخرسانة (نسبة بواسون)	٢-٢٢
٢-٣-٣-٣	معامل التمدد الحراري	٢-٢٢
٢-٣-٣-٤	انكماش الجفاف	٢-٢٢
٢-٣-٣-٥	الزحف	٢-٢٥
٢-٣-٤	تحمل الخرسانة مع الزمن	٢-٢٧
٢-٣-٤-١	عام	٢-٢٧
٢-٣-٤-٢	اشتراطات تحسين تحمل الخرسانة مع الزمن	٢-٢٨
٢-٣-٤-٢-١	الحد الأقصى لمحتوى الأملاح والمواد الضارة فى ماء الخلط	٢-٢٨
٢-٣-٤-٢-٢	الحد الأقصى لمحتوى أيونات الكلوريدات فى الخرسانة	٢-٢٨
٢-٣-٤-٢-٣	الحد الأقصى لمحتوى الكبريتات في الخرسانة وتحديد محتوى الأملاح	٢-٢٩
٢-٣-٤-٢-٤	الحد الأقصى لمحتوى الأسمنت	٢-٢٩
٢-٣-٤-٢-٥	الحد الأدنى لمحتوى الأسمنت	٢-٢٩
٢-٣-٤-٢-٦	الحد الأقصى لنسبة الماء / الأسمنت	٢-٢٩
٢-٣-٤-٢-٧	الحد الأدنى للغطاء الخرساني	٢-٢٩
٢-٣-٤-٢-٨	نوع الأسمنت	٢-٢٩
٢-٣-٤-٢-٩	الحد الأدنى للمقاومة المميزة	٢-٣٠
٢-٣-٤-٢-١٠	المتطلبات الخاصة بالخرسانة المعرضة لصدأ صلب التسليح الناتج عن الكربنة	٢-٣٠
٢-٣-٤-٢-١١	المتطلبات الخاصة بالخرسانة المعرضة لصدأ صلب التسليح الناتج عن التعرض لأملاح الكلوريدات	٢-٣٠
٢-٣-٤-٢-١٢	المتطلبات الخاصة بالخرسانة المعرضة لماء البحر والمهاجمة المزدوجة	٢-٣٢

البند		الصفحة
٢-٣-٤-٢-١٣	المتطلبات الخاصة بالخرسانة المعرضة للمهاجمة بالكبريتات	٢-٣٣
٢-٣-٤-٢-١٤	المتطلبات الخاصة بالخرسانة المعرضة للوسط الحمضي والغازات الحمضية	٢-٣٤
٢-٣-٤-٢-١٥	المتطلبات الخاصة بالخرسانة المعرضة للتجمد والذوبان	٢-٣٥
٢-٣-٤-٣	الخرسانة المعرضة لظروف البري والتآكل	٢-٣٥
٢-٣-٤-٣-١	عام	٢-٣٥
٢-٣-٤-٣-٢	اشتراطات الحصول على خرسانة مقاومة للبرى والتآكل	٢-٣٦
٢-٣-٤-٤	تحمل الخرسانة للحريق	٢-٣٧
٢-٣-٤-٤-١	البلاطات	٢-٣٧
٢-٣-٤-٤-٢	الكمرات	٢-٣٩
٢-٣-٤-٤-٣	الكمرات الخرسانية سابقة الإجهاد	٢-٣٩
٢-٣-٤-٤-٤	الأعمدة	٢-٣٩
٢-٣-٤-٤-٥	الحوائط	٢-٤١
٢-٤	أسس تصميم الخلطات الخرسانية	٢-٤١
٢-٤-١	اعتبارات عامة	٢-٤١
٢-٤-٢	متطلبات تصميم الخلطات الخرسانية	٢-٤١
٢-٤-٢-١	متطلبات التحمل مع الزمن	٢-٤٢
٢-٤-٢-٢	متطلبات مقاومة الضغط	٢-٤٣
٢-٤-٢-٣	متطلبات القابلية للتشغيل	٢-٤٣
٢-٤-٣	الخلطات التجريبية والتأكيدية الإلزامية	٢-٤٣
٢-٤-٣-١	خلطات تجريبية بالمعمل	٢-٤٤
٢-٤-٣-٢	الخلطات التأكيدية الإلزامية للمقاومة	٢-٤٤
٢-٤-٣-٣	خلطات تأكيدية إضافية	٢-٤٥
٢-٤-٤	أسس تقييم الخلطات الخرسانية	٢-٤٥
٢-٥	الاشتراطات الخاصة للخرسانة الجاهزة	٢-٤٥
٢-٦	الاشتراطات الخاصة لخرسانة الأجواء الحارة	٢-٤٥

الباب الثالث: اعتبارات عامة في 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	٣-١
٣-١-١-٣	حالات حدود التشغيل	٣-١

البند		الصفحة
٢-٣	أسس تحقيق الأمان	٢-٣
١-٢-٣	تحديد الأمان عند استعمال طريقة حالات الحدود	٢-٣
١-١-٢-٣	تحديد الأحمال والأفعال	٢-٣
٢-١-٢-٣	معامل خفض المقاومة γ	٥-٣
٣-٣	الأفعال الداخلية	٦-٣

الباب الرابع: التصميم بطريقة حالات الحدود

١-٤	اعتبارات عامة	١-٤
٢-٤	حالة حد المقاومة القصوى	١-٤
١-٢-٤	حالة حد المقاومة القصوى لعزوم انحناء أو قوى لامركزية	١-٤
١-١-٢-٤	الفروض الأساسية والاعتبارات العامة	١-٤
٢-١-٢-٤	القطاعات المعرضة لعزوم انحناء	٤-٤
٣-١-٢-٤	القطاعات المعرضة لعزوم انحناء مصحوبة بأحمال ضغط محورية	١٠-٤
٤-١-٢-٤	القطاعات المعرضة لأحمال شد محورية أو لعزوم انحناء مصحوبة بأحمال شد محورية	١١-٤
٥-١-٢-٤	القطاعات المعرضة لأحمال ضغط محورية مصحوبة بعزوم انحناء مزدوجة حول محوري القطاع	١٢-٤
٦-١-٢-٤	الأعمدة من القطاعات المركبة	١٢-٤
١-٦-١-٢-٤	عام	١٢-٤
٢-٦-١-٢-٤	القطاعات المركبة من صلب محيط لقلب خرساني	١٣-٤
٣-٦-١-٢-٤	القطاعات المركبة ذات قطاعات من صلب داخل قطاع من الخرسانة المسلحة	١٣-٤
٧-١-٢-٤	القطاعات الخرسانية المفرغة المعرضة لعزوم انحناء مصحوبة بأحمال ضغط محورية	١٤-٤
٢-٢-٤	حالة حد المقاومة القصوى في القص	١٦-٤
١-٢-٢-٤	الكمرات	١٦-٤
١-١-٢-٢-٤	قوة القص القصوى الاعتبارية في الكمرات	١٦-٤
٢-١-٢-٢-٤	مقاومة القص القصوى الاعتبارية	١٦-٤
٣-١-٢-٢-٤	القيمة الاعتبارية لمقاومة الخرسانة القصوى لإجهاد القص	١٨-٤
٤-١-٢-٢-٤	مقاومة صلب التسليح الجذعي القصوى الاعتبارية للقص في الكمرات	٢٠-٤
٥-١-٢-٢-٤	التسليح الجذعي في الكمرات	٢١-٤
٦-١-٢-٢-٤	متطلبات عامة في اختيار وترتيب التسليح الجذعي	٢٢-٤
٧-١-٢-٢-٤	مناطق عدم الاستمرارية	٢٤-٤
٢-٢-٢-٤	البلاطات والقواعد	٢٥-٤
٣-٢-٢-٤	القص الثاقب	٢٥-٤
٤-٢-٢-٤	قص الاحتكاك	٣١-٤

البند		الصفحة
٥-٢-٢-٤	الكوابيل القصيرة	٣٢-٤
١-٥-٢-٢-٤	وصلات الارتكاز المفصلية	٣٥-٤
٦-٢-٢-٤	العناصر الخرسانية المركبة المعرضه لعزوم الانحناء	٣٦-٤
١-٦-٢-٢-٤	مقدمه	٣٦-٤
٢-٦-٢-٢-٤	ملاحظات عامة	٣٦-٤
٣-٦-٢-٢-٤	الشدات والركائز للعناصر الخرسانية القائمة	٣٧-٤
٤-٦-٢-٢-٤	قوى القص الرأسية	٣٧-٤
٥-٦-٢-٢-٤	قوى القص الأفقية	٣٧-٤
٦-٦-٢-٢-٤	المقاومة القصوى لقوى القص الأفقية	٣٧-٤
٧-٦-٢-٢-٤	التسليح لمقاومة قوى القص الأفقي	٣٨-٤
٧-٢-٢-٤	الكمرات العميقة	٣٩-٤
١-٧-٢-٢-٤	التسليح الجذعي بالكمرات العميقة باستخدام طريقة التصميم الفرضي	٣٩-٤
٢-٧-٢-٢-٤	التسليح الجذعي للكمرات العميقة عند التحليل بطريقة الضاغط والشداد	٤١-٤
٣-٧-٢-٢-٤	الكمرات العميقة المحملة بأحمال ينتج عنها شد على أسطح تحميلها	٤١-٤
٣-٢-٤	حالة حد المقاومة القصوى في اللي	٤٢-٤
١-٣-٢-٤	القطاعات الحرجة لعزوم اللي	٤٢-٤
٢-٣-٢-٤	اجهادات القص الاعتبارية القصوى الناتجة عن عزوم لي	٤٢-٤
٣-٣-٢-٤	صلب التسليح اللازم لمقاومة إجهادات القص الناتجة عن عزوم لي مصحوبة بقوى قص	٤٤-٤
٤-٣-٢-٤	إعادة توزيع عزوم اللي للمنشآت غير المحددة استاتيكياً	٤٦-٤
٥-٣-٢-٤	جساءة القطاع الخرساني في اللي	٤٧-٤
٤-٢-٤	حالة حد المقاومة القصوى للتحميل (الارتكاز)	٤٨-٤
١-٤-٢-٤	الحد التصميمي الأقصى لحمل الارتكاز	٤٨-٤
٥-٢-٤	طول التماسك وطول الرباط ووصل صلب التسليح	٤٩-٤
١-٥-٢-٤	طول التماسك	٤٩-٤
٢-٥-٢-٤	تثبيت صلب تسليح القص	٥٢-٤
٣-٥-٢-٤	توقف أسياخ التسليح بالعناصر المعرضة لعزوم انحناء	٥٣-٤
١-٣-٥-٢-٤	توقف أسياخ التسليح للعزوم الموجبة	٥٥-٤
٢-٣-٥-٢-٤	توقف أسياخ التسليح للعزوم السالبة	٥٥-٤
٤-٥-٢-٤	وصل أسياخ التسليح	٥٥-٤
١-٤-٥-٢-٤	الوصلات بالتراكب	٥٦-٤
٢-٤-٥-٢-٤	الوصلات باللحام والوصلات الميكانيكية	٥٨-٤
٣-٤	حالات حدود التشغيل	٥٩-٤
١-٣-٤	حالات حدود التشكل والترخيم (سهم الانحناء)	٥٩-٤

البند		الصفحة
٤-٣-١-١	حساب التشكل والترخيم	٤-٥٩
٤-٣-١-١-١	حساب الترخيم اللحظي	٤-٥٩
٤-٣-١-١-٢	زيادة مقدار الترخيم مع الزمن	٤-٥٩
٤-٣-١-١-٣	الترخيم الكلي	٤-٦٠
٤-٣-١-٢	الحدود المسموح بها للترخيم للكمرات والبلاطات	٤-٦١
٤-٣-١-٣	نسبة البحر الخالص إلى العمق الكلي ما لم يتم حساب الترخيم	٤-٦١
٤-٣-١-٣-١	الكمرات والبلاطات ذات الاتجاه الواحد والكوابيل	٤-٦٣
٤-٣-١-٣-٢	حالة البلاطات ذات الاتجاهين المرتكزة على كمرات جاسئة	٤-٦٣
٤-٣-٢	حالات حدود التشرخ	٤-٦٤
٤-٣-٢-١	العوامل التي تؤثر على عرض الشروخ	٤-٦٥
٤-٣-٢-٢	استيفاء حالة حد التشرخ	٤-٦٥
٤-٣-٢-٣	أسس اختيار العوامل التي تؤثر على التحكم في التشرخ	٤-٦٥
٤-٣-٢-٤	الحالات التي يمكن الاستغناء فيها عن إجراء حسابات حالة حد التشرخ في سطح العنصر المعرض للشد	٤-٧٠
٤-٣-٢-٥	القطاعات المعرضة إلى قوى شد محورية أو قوى شد لا محورية	٤-٧١
٤-٣-٢-٦	معامل التشرخ لعناصر منشآت القسمين الثالث والرابع	٤-٧١
٤-٣-٢-٧	تصميم قطاعات منشآت القسم الثالث والرابع	٤-٧١

الباب الخامس: الخرسانة سابقة الإجهاد

٥-١	عام	٥-١
٥-٢	مواد الخرسانة سابقة الإجهاد	٥-١
٥-٢-١	الخرسانة	٥-١
٥-٢-١-١	عام	٥-١
٥-٢-١-٢	خواص مكونات الخرسانة سابقة الإجهاد	٥-١
٥-٢-١-٣	رتبة الخرسانة	٥-٢
٥-٢-١-٤	مقاومة ضغط المكعب الخرساني القياسي عند عمر نقل قوة سبق الإجهاد	٥-٢
٥-٢-٢	صلب التسليح	٥-٢
٥-٢-٢-١	صلب سبق الإجهاد	٥-٢
٥-٢-٢-٢	الخواص الميكانيكية لصلب سبق الإجهاد	٥-٢
٥-٣	تصميم العناصر الخرسانية سابقة الإجهاد	٥-٣
٥-٣-١	أسس التصميم	٥-٣
٥-٣-٢	متطلبات حدود التشغيل	٥-٤

البند		الصفحة
٥-٣-٢-١	الاجهادات المسموح بها في الخرسانة	٥-٤
٥-٣-٢-٢	الإجهاد المسموح به في الصلب المستخدم في سبق الإجهاد	٥-٧
٥-٣-٢-٣	حالة حد الترخيم	٥-٧
٥-٣-٢-٤	حالة حد التشرخ	٥-٨
٥-٣-٣	متطلبات حالة حد المقاومة القصوى	٥-٨
٥-٣-٣-١	القطاعات المعرضة لعزوم انحناء	٥-٨
٥-٣-٣-٢	أقل نسبة لصلب متماسك غير مسبق الشد (صلب تسليح عادى)	٥-١١
٥-٣-٣-٣	طول التماسك وطول الانتقال لصلب سبق الإجهاد	٥-١٣
٥-٣-٣-٤	القص	٥-١٤
٥-٣-٣-٥	اللى	٥-١٧
٥-٣-٣-٦	تصميم منطقة التثبيت	٥-١٩
٥-٣-٣-٧	مناطق ربط نهايات الكابلات	٥-٢٢
٥-٣-٣-٨	العناصر المعرضة لقوى محورية مصحوبة بعزوم انحناء	٥-٢٤
٥-٣-٤	الفقد في سبق الإجهاد	٥-٢٤
٥-٣-٤-١	عام	٥-٢٤
٥-٣-٤-٢	الفقد الفوري في سبق الإجهاد	٥-٢٤
٥-٣-٤-٣	الفقد في سبق الإجهاد المعتمد على الزمن	٥-٢٨
٥-٣-٥	سبق الإجهاد الخارجي	٥-٣١
٥-٤	نظم تحليل المنشآت سابقة الإجهاد	٥-٣٢
٥-٤-١	المنشآت غير المحددة إستاتيكيا	٥-٣٢
٥-٤-٢	إعادة توزيع العزوم	٥-٣٢
٥-٤-٣	البلاطات سابقة الإجهاد	٥-٣٣
٥-٤-٣-١	مقاومة القص الثاقب في البلاطات سابقة الإجهاد	٥-٣٣
٥-٤-٣-٢	مقاومة القص الثاقب الاعتبارية في البلاطات	٥-٣٣
٥-٤-٤	تسليح القص الثاقب	٥-٣٤
٥-٤-٥	تفاصيل التسليح للبلاطات	٥-٣٤
٥-٤-٦	التفاصيل الإنشائية واشتراطات التنفيذ	٥-٣٤

الباب السادس: التحليل الإنشائي للعناصر الإنشائية

٦-١	اعتبارات عامة	٦-١
٦-٢	البلاطات	٦-٣
٦-٢-١	البلاطات المصمتة	٦-٣
٦-٢-١-١	عام	٦-٣

البند		الصفحة
٦-٢-١-١-١	البحور	٦-٣
٦-٢-١-١-٢	الركائز	٦-٣
٦-٢-١-١-٣	نسبة المستطيلية	٦-٣
٦-٢-١-٢	البلاطات المصمتة ذات الاتجاه الواحد	٦-٤
٦-٢-١-٢-١	السمك الأدنى	٦-٤
٦-٢-١-٢-٢	عزوم الانحناء	٦-٥
٦-٢-١-٢-٣	التسليح	٦-٧
٦-٢-١-٣	البلاطات المصمتة المستطيلة ذات الاتجاهين	٦-٨
٦-٢-١-٣-١	عام	٦-٨
٦-٢-١-٣-٢	السمك الأدنى	٦-٨
٦-٢-١-٣-٣	طريقة مبسطة لحساب عزوم الانحناء في البلاطات المصمتة ذات الاتجاهين المعرضة لأحمال منتظمة التوزيع	٦-٩
٦-٢-١-٣-٤	تسليح البلاطات ذات الاتجاهين	٦-١٠
٦-٢-١-٣-٥	توزيع الأحمال في البلاطات المرتكزة على حوائط مباني	٦-١٠
٦-٢-١-٤	تصميم البلاطات بطريقة خطوط الكسر	٦-١١
٦-٢-١-٥	الأحمال المركزة على البلاطات	٦-١١
٦-٢-١-٥-١	البلاطات ذات الاتجاه الواحد	٦-١٣
٦-٢-١-٦	البلاطات المستطيلة ذات الاتجاهين	٦-١٤
٦-٢-٢	البلاطات ذات الأعصاب والقوالب المفرغة	٦-١٥
٦-٢-٢-١	عام	٦-١٥
٦-٢-٢-٢	البلاطات ذات الأعصاب في الاتجاه الواحد	٦-١٦
٦-٢-٢-٣	البلاطات ذات الأعصاب في الاتجاهين	٦-١٦
٦-٢-٢-٤	ملاحظات عامة	٦-١٧
٦-٢-٣	البلاطات ذات الأعصاب والفراغات	٦-١٧
٦-٢-٤	البلاطات ذات الكمرات المتقاطعة	٦-١٨
٦-٢-٥	البلاطات المسطحة (البلاطات اللاكمرية)	٦-١٨
٦-٢-٥-١	عام	٦-١٨
٦-٢-٥-٢	حدود الأبعاد الخرسانية	٦-٢٠
٦-٢-٥-٣	التحليل الإنشائي	٦-٢١
٦-٢-٥-٤	تحليل البلاطات المسطحة كإطارات مستمرة	٦-٢٣
٦-٢-٥-٥	التحليل الفرضي للبلاطات المسطحة المعرضة لأحمال منتظمة التوزيع	٦-٢٦
٦-٢-٥-٦	الأحمال التصميمية المؤثرة على كمرة الحافة	٦-٢٨

البند		الصفحة
٦-٢-٥-٧	نقل العزوم السالبة من البلاطة إلى الأعمدة	٦-٢٨
٦-٢-٥-٨	ترتيب التسليح في البلاطات المسطحة	٦-٣٤
٦-٢-٥-٩	تسليح تيجان الأعمدة	٦-٣٤
٦-٢-٥-١٠	الفتحات في البلاطات المسطحة	٦-٣٥
٦-٣	الكمرات	٦-٣٧
٦-٣-١	الكمرات العميقة.الكمرات العادية	٦-٣٧
٦-٣-١-١	اشتراطات عامة	٦-٣٧
٦-٣-١-٢	البحر الفعال	٦-٣٧
٦-٣-١-٣	توزيع الأحمال على الكمرات	٦-٣٨
٦-٣-١-٤	طريقة التحليل الإنشائي	٦-٣٩
٦-٣-١-٥	العزوم وقوى القص في الكمرات المستمرة	٦-٣٩
٦-٣-١-٦	القطاعات الحرجة للعزوم وقوى القص	٦-٤١
٦-٣-١-٧	حد النحافة	٦-٤٢
٦-٣-١-٨	العرض الفعال لشفة القطاعات على شكل حرف T أو L	٦-٤٢
٦-٣-١-٩	شروط عامة	٦-٤٢
٦-٣-١-١٠	النسبة الدنيا للتسليح الرئيسي	٦-٤٣
٦-٣-٢	الكمرات العميقة	٦-٤٣
٦-٣-٢-١	اشتراطات عامة	٦-٤٣
٦-٣-٢-٢	التصميم الفرضي للكمرات العميقة	٦-٤٣
٦-٣-٢-٣	التصميم باستخدام نموذج الضاغط والشداد	٦-٤٤
٦-٣-٢-٤	النسبة الدنيا للتسليح في الكمرات العميقة	٦-٤٤
٦-٤	الأعمدة	٦-٤٤
٦-٤-١	عام	٦-٤٤
٦-٤-٢	المباني المقيدة جانبيا وغير المقيدة جانبيا	٦-٤٥
٦-٤-٣	الحد الأدنى لمقدار اللامركزية للأحمال	٦-٤٦
٦-٤-٤	الأعمدة القصيرة	٦-٤٦
٦-٤-٥	الأعمدة النحيفة في المباني المقيدة وغير المقيدة	٦-٤٧
٦-٤-٥-١	طول الانبعاج	٦-٤٨
٦-٤-٥-٢	الأعمدة النحيفة في المباني المقيدة جانبياً	٦-٤٩
٦-٤-٥-٣	الأعمدة النحيفة في المباني غير المقيدة جانبياً	٦-٥٣
٦-٤-٦	الأعمدة المعرضة لعزوم انحناء مزدوجة حول محوري القطاع	٦-٥٤
٦-٤-٦-١	عام	٦-٥٤

البند		الصفحة
٦-٤-٦-٢	الطرق البديلة لتصميم الأعمدة المعرضة لعزوم مزدوجة	٦-٥٥
٦-٤-٧	تفاصيل وملاحظات	٦-٦٠
٦-٤-٨	الأعمدة من القطاعات المركبة	٦-٦١
٦-٤-٨-١	عام	٦-٦١
٦-٤-٨-٢	القطاعات المركبة من صلب محيط لقلب خرسانى	٦-٦٣
٦-٤-٨-٣	القطاعات المركبة ذات قطاعات من صلب محاطة بقطاع من الخرسانة المسلحة	٦-٦٣
٦-٥	الحوائط	٦-٦٣
٦-٥-١	عام	٦-٦٣
٦-٥-٢	الحوائط الخرسانية المسلحة	٦-٦٤
٦-٥-٢-١	تصميم الحوائط الخرسانية المسلحة	٦-٦٤
٦-٥-٢-١-١	التصميم كقطاع عمود معرض لعزوم انحناء مصحوبة بقوي ضغط محورية	٦-٦٤
٦-٥-٢-١-٢	الطريقة المبسطة لتصميم الحوائط المسلحة ذات قطاع مستطيل مصمت	٦-٦٧
٦-٥-٢-٢	أدني وأقصي نسبة تسليح	٦-٦٧
٦-٥-٢-٢-١	التسليح الرأسي	٦-٦٨
٦-٥-٢-٢-٢	التسليح الأفقي	٦-٦٨
٦-٥-٢-٣	الغطاء الخرساني لصلب التسليح	٦-٦٩
٦-٥-٢-٤	حساب تأثير القوى على الدعامات العرضية	٦-٦٩
٦-٥-٢-٥	الأحمال المركزة علي الحوائط	٦-٦٩
٦-٥-٣	الحوائط الخرسانية التي تعتبر في حكم غير المسلحة	٦-٦٩
٦-٥-٣-١	التصميم	٦-٧٠
٦-٥-٣-٢	حدود النحافة	٦-٧٠
٦-٥-٣-٣	الحدود الدنيا للامركزية الأحمال	٦-٧٠
٦-٥-٣-٤	لامركزية الأحمال من البلاطات والأسقف	٦-٧١
٦-٥-٣-٥	لامركزية الأحمال في مستوى الحائط	٦-٧١
٦-٥-٣-٦	المقاومة للقص	٦-٧١
٦-٥-٣-٧	أدنى نسبة تسليح في الحوائط الخرسانية التى تعتبر فى حكم غير المسلحة	٦-٧١
٦-٦	وصلات الكمرات والأعمدة المصبوبة ميليئيا	٦-٧١
٦-٦-١	أنواع الوصلات	٦-٧١
٦-٦-٢	تصميم الوصلات	٦-٧٢
٦-٧	الأساسات	٦-٧٦
٦-٧-١	اعتبارات عامة	٦-٧٦
٦-٧-٢	القواعد والهامات المنفصلة	٦-٧٦

البند		الصفحة
٦-٧-٢-١	عام	٦-٧٦
٦-٧-٢-٢	تصميم القواعد والهامات لمقاومة عزوم الانحناء	٦-٧٦
٦-٧-٢-٣	تصميم القواعد وهامات الخوازيق لمقاومة قوى القص وقوى القص الثاقب	٦-٧٨
٦-٧-٢-٤	تصميم هامات الخوازيق بطريقة الجمالون الفراغي (نموذج الضاغط والشداد (Strut andTie Model	٦-٨٠
٦-٧-٣	القواعد المشتركة وأساسات اللبشة	٦-٨٠
٦-٧-٤	البلاطات الخرسانية المرتكزة على التربة	٦-٨٢
٦-٧-٤-١	عام	٦-٨٢
٦-٧-٤-٢	البلاطات الخرسانية بدون تسليح	٦-٨٢
٦-٧-٤-٣	البلاطات الخرسانية المحتوية علي تسليح للانكماش والحرارة	٦-٨٢
٦-٧-٤-٤	البلاطات الخرسانية المسلحة	٦-٨٣
٦-٧-٥	الأساسات المعرضة لأحمال الزلازل	٦-٨٤
٦-٧-٥-١	القواعد وأساسات اللبشة وهامات الخوازيق	٦-٨٤
٦-٧-٥-٢	الميدات والبلاطات المرتكزة على التربة	٦-٨٤
٦-٧-٥-٣	الخوازيق	٦-٨٤
٦-٨	الاشتراطات الخاصة لمقاومة أحمال الزلازل	٦-٨٥
٦-٨-١	عام	٦-٨٥
٦-٨-١-١	تعريف العناصر الإنشائية	٦-٨٥
٦-٨-١-٢	النظم الإنشائية المقاومة لأحمال الزلازل	٦-٨٦
٦-٨-١-٣	مفاهيم التصميم	٦-٨٦
٦-٨-٢	اشتراطات الإطارات المقاومة للزلازل	٦-٨٨
٦-٨-٢-١	عام	٦-٨٨
٦-٨-٢-٢	اشتراطات الإطارات ذات الممطولية المحدودة	٦-٨٩
٦-٨-٢-٢-١	البلاطات المسطحة	٦-٨٩
٦-٨-٢-٢-٢	كمرات الإطارات ذات الممطولية المحدودة	٦-٩١
٦-٨-٢-٢-٣	أعمدة الإطارات ذات الممطولية المحدودة	٦-٩٢
٦-٨-٢-٢-٤	وصلات الكمرات والاعمدة للاطارات ذات الممطولية المحدودة	٦-٩٣
٦-٨-٢-٣	اشتراطات الإطارات ذات الممطولية الكافية	٦-٩٤
٦-٨-٢-٣-١	كمرات الإطارات ذات الممطولية الكافية	٦-٩٤
٦-٨-٢-٣-٢	أعمدة الإطارات ذات الممطولية الكافية	٦-٩٥
٦-٨-٢-٣-٣	وصلات الكمرات والاعمدة للإطارات ذات الممطولية الكافية	٦-٩٧
٦-٨-٣	اشتراطات حوائط القص	٦-٩٩

البند		الصفحة
٦-٨-٣-١	المجال	٦-٩٩
٦-٨-٣-٢	الأبعاد الخرسانية	٦-٩٩
٦-٨-٣-٣	تسليح حوائط القص	٦-٩٩
٦-٨-٣-٣-١	التسليح الرأسى الموزع	٦-٩٩
٦-٨-٣-٣-٢	التسليح الأفقى الموزع	٦-١٠٠
٦-٨-٣-٣-٣	التسليح الرأسى المركز	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	٦-١٠٤
٦-٩-٣	تسليح العناصر سابقة الصنع	٦-١٠٥
٦-٩-٤	التكامل الإنشائي	٦-١٠٥
٦-٩-٥	تصميم الوصلات ومناطق الارتكاز	٦-١٠٦
٦-٩-٦	الأجزاء المدفونة بعد صب الخرسانة	٦-١٠٨
٦-٩-٧	الترقيم والتمييز	٦-١٠٨
٦-٩-٨	المناولة	٦-١٠٨
٦-٩-٩	تقييم مقاومة العناصر سابقة الصنع	٦-١٠٩
٦-٩-١٠	مقاومة القص الأفقية للعناصر المركبة	٦-١٠٩
٦-١٠	تمثيل المنشآت الخرسانية باستخدام الحاسب الالي	٦-١٠٩
٦-١٠-١	إعتبارات التمثيل	٦-١٠٩
٦-١٠-١-١	إعتبارات تتعلق بالتمثيل الهندسي وتمثيل المادة	٦-١٠٩
٦-١٠-١-٢	إعتبارات إنشائية	٦-١١٠
٦-١٠-٢	مراجعة المدخلات والنتائج	٦-١١٠
٦-١٠-٢-١	مراجعة المدخلات	٦-١١٠
٦-١٠-٢-٢	التحقق من النتائج	٦-١١١
٦-١٠-٣	البلاطات	٦-١١١
٦-١٠-٤	اللبشة	٦-١١٢
٦-١٠-٥	الكمرات والأعمدة والإطارات	٦-١١٢
٦-١٠-٦	الكمرات العميقة والكوابيل القصيرة والحوائط	٦-١١٣

البند		الصفحة
٦-١١	نموذج الضاغط والشداد	٦-١١٣
٦-١١-١	مقدمة	٦-١١٣
٦-١١-٢	تعريفات	٦-١١٣
٦-١١-٣	تصميم عناصر نموذج الضاغط والشداد	٦-١١٤
٦-١١-٣-١	عام	٦-١١٤
٦-١١-٣-٢	تصميم الضاغط	٦-١١٤
٦-١١-٣-٢-١	أنواع مجالات الإجهادات للضاغط	٦-١١٤
٦-١١-٣-٢-٢	المقاومة القصوى للضاغط	٦-١١٧
٦-١١-٣-٣	تصميم الشداد	٦-١١٨
٦-١١-٣-٤	تصميم العقد	٦-١١٩
٦-١١-٣-٤-١	أنواع العقد	٦-١١٩
٦-١١-٣-٤-٢	تصميم العقد الأحادية	٦-١٢٠

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	٧-١
٧-٢-٢-٣	بيانات عن الأبعاد الخرسانية	٧-١
٧-٢-٢-٤	بيانات عن الأساسات	٧-٢
٧-٢-٢-٥	الخرسانة سابقة الصب	٧-٢
٧-٢-٣	الرسومات التنفيذية	٧-٢
٧-٢-٤	الرسومات التفصيلية	٧-٣
٧-٢-٥	جدول عنوان الرسم ومشتملاته	٧-٣
٧-٣	تفاصيل خاصة لصلب التسليح	٧-٤
٧-٣-١	استخدام أنواع مختلفة من التسليح في نفس العنصر الإنشائي	٧-٤
٧-٣-٢	توقف أطراف الأسياخ وطول التماسك والوصلات	٧-٤
٧-٣-٢-١	الوصلات بالتراكب	٧-٤
٧-٣-٢-٢	الوصلات الميكانيكية	٧-٤
٧-٣-٢-٣	الوصلات باللحام	٧-٥

البند		الصفحة
٧-٣-٣	الحد الأدنى والحد الأقصى للمسافات بين الأسياخ	٧-٦
٧-٣-٣-١	الحد الأدنى للمسافات بين الأسياخ	٧-٦
٧-٣-٣-٢	الحد الأقصى للمسافات بين الأسياخ	٧-٧
٧-٣-٤	الأسياخ المجمعة	٧-٧
٧-٣-٤-١	اعتبارات عامة	٧-٧
٧-٣-٤-٢	وصلات التراكب وأماكن التوقف للأسياخ المجمعة	٧-٨
٧-٤	الفواصل في أعمال الخرسانة	٧-٨
٧-٤-١	فواصل الصب	٧-٨
٧-٤-٢	فواصل الانكماش	٧-٨
٧-٤-٣	فواصل الحركة	٧-٩
٧-٤-٤	الفواصل الزلزالية	٧-٩
٧-٥	نماذج لتسليح بعض العناصر الإنشائية	٧-٩
٧-٦	التفاصيل الإنشائية للعناصر الخرسانية سابقة الإجهاد	٧-١٧
٧-٦-١	الحدود القصوى لمساحة مقطع الكابلات بالقطاع الخرساني	٧-١٧
٧-٦-٢	الغطاء الخرساني للكابلات	٧-١٧
٧-٦-٢-١	الكابلات المتماسكة مع الخرسانة	٧-١٨
٧-٦-٢-٢	الكابلات الخارجية	٧-٢٠
٧-٦-٣	المسافة بين كابلات سبق الإجهاد	٧-٢٠
٧-٦-٣-١	عـام	٧-٢٠
٧-٦-٣-٢	المسافة بين الكابلات في نظام الشد السابق	٧-٢٠
٧-٦-٣-٣	المسافة بين الكابلات في نظام الشد اللاحق	٧-٢٠
٧-٦-٤	الكابلات المنحنية	٧-٢٠
٧-٦-٤-١	عـام	٧-٢٠
٧-٦-٤-٢	الغطاء الخرساني	٧-٢١
٧-٦-٤-٣	المسافة بين الأجربة	٧-٢١
٧-٦-٤-٤	تخفيض المسافة بين الأجربة	٧-٢١
٧-٦-٥	منطقة ألواح التثبيت	٧-٢١
٧-٦-٦	مقاسات الأجربة والوصلات	٧-٢١
٧-٦-٦-١	مقاسات الأجربة	٧-٢١
٧-٦-٦-٢	الوصلات	٧-٢١

البند		الصفحة
الباب الثامن :ضبط الجودة لأعمال الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد		
٨-١	اعتبارات عامة	٨-١
٨-٢	تعريفات	٨-١
٨-٢-١	ضبط الجودة	٨-١
٨-٢-١-١	ضبط الجودة الداخلي	٨-١
٨-٢-١-٢	ضبط الجودة الخارجي	٨-١
٨-٣	متطلبات لضبط الجودة	٨-٢
٨-٣-١	مراجعة التصميم الإنشائي	٨-٢
٨-٣-٢	اعتماد معمل الاختبار	٨-٢
٨-٣-٣	اعتماد مصادر المواد ومحطات الخلط	٨-٢
٨-٣-٤	القبول على أساس شهادة المنتج	٨-٣
٨-٤	ضبط الجودة لمواد الخرسانة	٨-٤
٨-٤-١	تجهيز ومناولة العينات	٨-٤
٨-٤-١-١	أسس أخذ العينات	٨-٤
٨-٤-١-٢	مصادر أخذ العينات	٨-٤
٨-٤-١-٣	مناولة العينات	٨-٤
٨-٤-٢	الأسمنت	٨-٤
٨-٤-٣	الركام	٨-٥
٨-٤-٤	ماء الخلط والمعالجة	٨-٥
٨-٤-٥	الإضافات	٨-٥
٨-٤-٦	مواد معالجة الخرسانة	٨-٥
٨-٤-٧	أسياخ صلب التسليح وكابلات سبق الإجهاد	٨-٦
٨-٤-٨	عدم المطابقة ورفض المواد	٨-٦
٨-٥	ضبط الجودة قبل صب الخرسانة	٨-٦
٨-٦	ضبط الجودة أثناء صب الخرسانة	٨-٧
٨-٧	ضبط الجودة بعد صب الخرسانة	٨-١٠
٨-٨	تقييم النتائج الروتينية للخرسانة المتصلدة	٨-١٠
٨-٩	مستويات التحكم في الجودة	٨-١١
٨-٩-١	درجة ضبط الجودة الكلية	٨-١١
٨-٩-٢	درجة ضبط الجودة لنتائج خرسانة القلبة الواحدة	٨-١٢
٨-٩-٣	درجة ضبط الجودة بين خرسانة القلبات	٨-١٣
٨-٩-٤	معايير قبول درجات ضبط الجودة	٨-١٣

البند		الصفحة
٨-١٠	التتبع وحالات عدم المطابقة	٨-١٤
٨-١٠-١	التتبع	٨-١٤
٨-١٠-٢	التحكم في حالات عدم المطابقة	٨-١٥
٨-١٠-٢-١	تحديد عدم المطابقة وفصل وتمييز المواد غير المطابقة	٨-١٥
٨-١٠-٢-٢	تحديد الإجراء التصحيحي المطلوب	٨-١٥
٨-١٠-٢-٣	تحديد الأسباب المحتملة لحدوث عدم المطابقة	٨-١٥
٨-١٠-٢-٤	إعادة الفحص	٨-١٥
٨-١١	التسجيلات	٨-١٧
٨-١٢	الاختبارات غير المتلفة	٨-١٧
٨-١٣	اختبار القلب الخرساني	٨-١٨
٨-١٤	تجربة تحميل العناصر والمنشآت الخرسانية	٨-١٨
٨-١٥	ضبط جودة الخرسانة الجاهزة	٨-٢١
٨-١٦	ضبط جودة خرسانة الأجواء الحارة	٨-٢١
٨-١٧	ضبط جودة الخرسانة ذاتية الدمك	٨-٢١

الباب التاسع : التنفيذ

٩-١	مقدمة	٩-١
٩-٢	استلام وإعداد وتجهيز الموقع	٩-١
٩-٣	تشوين المواد	٩-٢
٩-٣-١	الأسمنت	٩-٢
٩-٣-٢	الركام	٩-٣
٩-٣-٣	صلب التسليح	٩-٤
٩-٣-٤	الإضافات	٩-٤
٩-٣-٥	المياه	٩-٥
٩-٤	قياس المواد	٩-٥
٩-٤-١	إنتاج الخرسانة في محطات الخلط	٩-٥
٩-٤-١-١	الأسمنت	٩-٥
٩-٤-١-٢	الركام	٩-٦
٩-٤-١-٣	ماء الخلط	٩-٦
٩-٤-١-٤	الإضافات	٩-٦
٩-٤-٢	إنتاج الخرسانة في الخلاطات الصغيرة	٩-٦
٩-٤-٢-١	الأسمنت	٩-٦

البند		الصفحة
٩-٤-٢-٢	الركام	٩-٧
٩-٤-٢-٣	ماء الخلط	٩-٧
٩-٥	الشدات والفرم	٩-٧
٩-٥-١	انواع الشدات والفرم	٩-٨
٩-٥-٢	تصميم الشدات والفرم	٩-٨
٩-٥-٢-١	الأحمال	٩-٨
٩-٥-٢-٢	التحليل الانشائي	٩-٩
٩-٥-٢-٣	تصميم القطاعات	٩-٩
٩-٥-٣	إعداد وتركيب الشدات والفرم	٩-١٠
٩-٥-٤	فك الشدات والفرم	٩-١١
٩-٥-٥	احتياطات خاصة لفك الشدات والفرم	٩-١١
٩-٥-٦	فك الشدات الخاصة	٩-١١
٩-٥-٧	التكسير في الخرسانة بعد فك الفرم	٩-١١
٩-٦	إنتاج وتصنيع ومعالجة الخرسانة	٩-١١
٩-٦-١	التجهيز والإعداد للصب	٩-١٢
٩-٦-٢	خلط مكونات الخرسانة	٩-١٢
٩-٦-٣	اماكن وفواصل الصب	٩-١٤
٩-٦-٤	دمك الخرسانة	٩-١٤
٩-٦-٥	معالجة الخرسانة ووقايتها	٩-١٥
٩-٦-٦	فواصل الصب	٩-١٥
٩-٦-٧	فواصل الانكماش للبلاطات المرتكزة على التربة	٩-١٦
٩-٦-٨	فواصل التمدد	٩-١٦
٩-٦-٩	الفواصل الزلزالية	٩-١٦
٩-٧	تشكيل صلب التسليح	٩-١٧
٩-٨	الحد الأدنى للغطاء الخرساني لصلب التسليح	٩-١٨
٩-٩	التفاوتات المسموح بها في أعمال الخرسانة	٩-١٨
٩-٩-١	التفاوتات المسموح بها في قياس كميات المواد المستعملة في الخلط	٩-١٨
٩-٩-٢	التفاوتات المسموح بها في الأبعاد	٩-٢١
٩-٩-٣	التفاوتات المسموح بها في أبعاد صلب التسليح العادي وعالي المقاومة	٩-٢٤
٩-٩-٤	التفاوتات المسموح بها في أبعاد العناصر سابقة الصب	٩-٢٥
٩-١٠	إدارة المشروعات	٩-٢٥
٩-١٠-١	عام	

البند		الصفحة
٩-١٠-٢	مهام إدارة المشروع	٩-٢٦
٩-١٠-٢-١	مرحلة التصميم وإعداد مستندات طرح العطاء	٩-٢٦
٩-١٠-٢-٢	مرحلة طرح العطاء	٩-٢٦
٩-١٠-٢-٣	مرحلة التنفيذ	٩-٢٧
٩-١٠-٢-٤	مرحلة الاختبارات والتسليم الابتدائي والنهائي	٩-٢٩
٩-١١	الأمن والسلامة في تنفيذ المنشآت	٩-٢٩

الملحق الأول - طريقة المرونة (طريقة إجهادات التشغيل).

الملحق الثاني - التفاصيل الإنشائية واشتراطات التنفيذ وضبط الجودةللخرسانة سابقة الإجهاد.

الملحق الثالث- الرموز والمصطلحات.

الملحق الرابع - وحدات النظام الدولى (SI Units) والوحدات المستعملة معها.

الملحق الخامس -اللجنة الدائمة واللجان التخصصية

الباب الأول

المجال وأسس التصميم

١-١ مجال الكود

١. يحدد هذا الكود المتطلبات الدنيا التي يجب مراعاتها في حساب وتصميم وتنفيذ ومراجعة العناصر والمنشآت الخرسانية وتحقيق كفاءتها. أما المنشآت الخرسانية ذات الطابع الخاص مثل الصوامع والمداخن والمنشآت المقاومة للانفجارات والقشريات، وكذلك المنشآت التي 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 الاستشاري للمشروع الاشتراطات الإضافية الملائمة لنوعية المنشأ إلى مواصفات المشروع.

٢. يُشترط أن يتولى مهندس نقابي ذو خبرة كافية كلاً من أعمال: التصميم -التنفيذ – الاشراف 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 وتحديد مواصفات موادها وتشغيلها، كما يتضمن بياناً بمتطلبات ضبط الجودة التي 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 التي يحققها هذا الكود في أن يكون المنشأ في عناصره وأجزائه المختلفة ومجموعاته ممثلاً وحدة متكاملة ومحققاً متطلبات الاستعمال والتشغيل التي أنشئ من أجلها مع توافر عامل أمان كاف ضد الانهيار وعدم الاتزان والتشكل (التشوه) والترخيم وحدوث الشروخ المعيبة.

١-٣ أسس التصميم

يتم تصميم المنشآت الخرسانية باستعمال طريقة حالات الحدود وفقاً لأسس التصميم التالية:

أ. تحديد الخواص والمقاومات للمواد الداخلة في تكوين الخرسانة العادية والمسلحة وسابقة الإجهاد وتحديد العوامل التي تؤثر عليها، وكذلك تحديد الخواص المميزة التي يتم تصميم المنشأ على أساسها ومن ثم تحديد

عوامل الأمان الكافية أثناء الإنشـاء والتشـغيل. وتؤخذ خواص المواد ومقاوماتها ومتطلبات اختبارها طبقاً لما ورد في هذا الكود.

٢. تحديد القوى الخارجية والأحمال الثابتة والمتحركة والأفعال التي يتعرض لها المنشـأ نتيجة لتغيرات الحرارة والانكماش والزحف وتحرك الركائز، وكذلك تلك التي تؤثر على المنشأ أثناء تشييده وتشغيله والتي يتم تحديد قيمها في ظروف التشـغيل طبقاً لكود الأحمال أو عند بلوغ أي حالة من حالات الحدود المبينة في هذا الباب والباب الثالث من هذا الكود.

٣. تحديد القوى الداخلية في عناصر المنشأ المختلفة (عزوم الانحناء -والقوى المحورية -قوى القص وعزوم اللي) الناجمة عن القوى والأحمال والأفعال المذكورة في الفقرة السـابقة وكيفية توزيعها واتزانها والتي يتم تحديد قيمها طبقاً لنظرية المرونة مع استخدام معاملات التغير في الأحمال لتحديد قيم الاحمال القصوى وفقاً للباب الثالث من هذا الكود.

٤. التأكد من تحقق التكامل الإنشـائي بين العناصـر المختلفة للمنشـآت الخرسـانية بما يكفل عدم حدوث انهيار تتابعي يؤدى إلى انهيار كامل للمنشأ.

٤-١ تحديد حالات الحدود

يشـترط عند تصـميم المنشـآت الخرسـانية أن يتم اسـتيفاء جميع حالات الحدود المبينة في هذا البند، مع ضـرورة التحقق من أن المنشـأ كله يعمل كوحدة واحدة، وكذلك كل عنصـر من عناصـره قادر في كل حالة من حالات الحدود وبمعامل أمان كاف أن يقاوم جميع الأحمال والتأثيرات التي يمكن أن يتعرض لها سـواء أثناء مرحلة الإنشـاء أو التشـغيل ولأي من الحالات الحرجة التي يخشى أن يصبح فيها المنشأ غير صالح للاستخدام على أنه يشترط عدم السماح بحدوث انهيارات مفاجئة والتي يتم تحقيقها من خلال ضـمان ممطولية كافية لبعض العناصـر الانشـائية في المنشـأ التي من خصـائصـها أن تعطى إنذارات كافية قبل حدوث أي انهيارات محتملة وكذلك ضـمان ممطولية كافية أو محدودة وفقا لمعطيات التصميم لمقاومة احمال الزلازل. وتتلخص حالات الحدود فيما يلي:

١. حالات حد المقاومة القصوى:

- وهي الحدود التي تضـمن عدم حدوث تصـدع لأي جزء في المنشـأ أو فقد الثبات في عنصـر منه أو في مجموعة من عناصره.

٢. حالات حد عدم الاستقرار:

- وهي الحدود التي تضـمن عدم حدوث الانبعاج لأحد عناصـر المنشأ أو فقد الاتزان الكلى كحدوث دوران للمنشأ كوحدة واحدة أو الانزلاق أو الطفو (Uplift).

٣. حالات حدود التشغيل:

وتشتمل هذه الحالات على ما يلي:

أ. حالة حد التشرخ: وهو الحد الذي يتحكم في تشرخات المنشأ ولضمان منع حدوث التشرخات المعيبة به.

ب. حالة حد الترخيم: وهو الحد الذي يتحكم في عدم حدوث ترخيم معيب في عناصر المنشأ دون الإخلال بالاتزان ويدخل في ذلك التحكم في الاهتزاز غير المقبول.

الباب الثاني
مواد وخلطات الخرسانة

٢-١ اعتبارات عامة

يختص هذا الباب بمواد وخلطات الخرسانة العادية والمسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد من حيث الخواص وتعيين نسب المكونات طبقاً لظروف تشغيل الخرسانة والنوعية المطلوبة في حالتها الطازجة والمتصلدة، وطبقاً لأخر إصدار للمواصفات القياسية المصرية الصادرة من الهيئة المصرية العامة للمواصفات والجودة والمواصفات القياسية العالمية ويتم الرجوع إلى دليل الاختبارات المعملية لتحديد خواص المواد في جميع بنود هذا الباب وذلك بما لا يتعارض مع حدود القبول أو الرفض طبقا لما هو وارد في هذا الكود.

٢-٢ مواد الخرسانة

٢-٢-١ الأسمنت

أ. يكون الأسمنت المستعمل من نوع الأسمنت البورتلاندي CEM I المطابق للمواصفة (م.ق.م ٤٧٥٦-١).

ب. يمكن استخدام الأسمنت البورتلاندي الحجر الجيري من الأنواع CEM II/A-L و CEM II/A-LL المطابقة للمواصفة (م.ق.م ٤٧٥٦-١) بشرط تحقيق المتطلبات الآتية:

١. ألا يزيد محتوى الحجر الجيري على ١٠% بالوزن على أن يدون في بيانات الأسمنت المصاحبة لكل رسالة من المصنع محتوى الحجر الجيري.

٢. أن يفي الحجر الجيري المستخدم في إنتاج هذا النوع من الأسمنت بالحدود الواردة ببند ٦/٢/٥ من المواصفة (م.ق.م ٤٧٥٦-١).

٣. أن يقتصر استخدامه في خرسانات محطات الخلط المركزية المعتمدة فقط.

٤. ألا يستخدم في منشآت المناطق الساحلية أو أي أعمال تحت سطح الارض مثل الأساسات أو أية أعمال ملامسة للتربة أو أية أعمال معرضة لظروف بيئية قاسية مثل التعرض لماء البحر أو في الخرسانة المعرضة لمهاجمة كيميائية مثل الكبريتات وغيرها من المواد الكيميائية الضارة.

٥. ألا تزيد نسبة الماء إلى الأسمنت على ٠,٥٠ بالوزن.

٦. ألا تقل رتبة الأسمنت المستخدم عن ٤٢,٥.

ج. لا يُسمح باستخدام الأسمنت البورتلاندي الحجر الجيري من الأنواع CEM II/B-L،CEM II/B-LL أو الأسمنت البورتلاندي المحتوي على تراب المسارات الجانبية للأسمنت.

د. يُسمح باستخدام أسمنت خبث الأفران العالية CEM III/A & CEM III/B المطابق للمواصفة (م.ق.م ٤٧٥٦-١) على أن يفي خبث الفرن العالي المحبب المستخدم في إنتاج هذا النوع من الأسمنت بالحدود الواردة ببند ٢/٢/٥ من هذه المواصفة، وكذلك حدود المواصفة (م.ق.م ٧٠٩٥-٢) وتعديلاتها.

هـ. لا يُسمح بخلط أكثر من نوع أو رتبة أسمنت في نفس الخلطة الخرسانية.

و. يجب ألا يزيد محتوى الكلوريد بالأسمنت المستخدم في الخرسانة سابقة الإجهاد ذات الشد اللاحق و كابلات غير متماسكة (Unbonded Post-Tensioned) والخرسانة سابقة الإجهاد ذات الشد السابق (Pre-Tensioned) والجراوت المستخدم في الخرسانة سابقة الإجهاد ذات الشد اللاحق وكابلات متماسكة على ٠,٠٤% من وزن الأسمنت.

ز. في حالة تعرض الخرسانة للمهاجمة بالكبريتات، يتم استخدام أحد أنواع الأسمنت المقاوم للكبريتات التالية مع الأخذ في الاعتبار متطلبات البند ٢-٣-٤-٢-١٣ من هذا الباب:

١. الأسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات (CEM I-SR 3أو CEM I-SR 5).

٢. أسمنت خبث الأفران المقاوم للكبريتات (CEM III/B-SR).

٢-٢-٢ الركام

٢-٢-٢-١ اشتراطات استخدام الركام

أ. يجب أن يكون الركام مطابقاً للمواصفات القياسية المصرية (م. ق. م. ١١٠٩) وللحدود المذكورة في الجداول من (٢-١) إلى (٢-٤).

ب. يجب التأكد من عدم احتواء ركام الخرسانة على مركبات سيليسية أو كربوناتية نشطة لها قابلية الزيادة الحجمية نتيجة التفاعل مع قلويات الأسمنت بالقدر الذي يتسبب في حدوث تمدد أو شروخ غير مرغوب فيها بالخرسانة. لذا يلزم إجراء الفحوصات الدقيقة مثل فحص الأشعة السينية المتفرقة (X–ray diffraction) والتحاليل البترو جرافية (Petrographic analysis) بالإضافة إلى الاشتراطات الموضحة تفصيلاً في البند (٢-٢-٢) من هذا الكود.

ج. يجوز استخدام ركام مُصنع أو ركام معاد تدويره بشرط استيفائه للحدود الواردة بالجداول أرقام (٢-١) إلى (٢-٤) ومطابقاً للمواصفات القياسية المصرية (م.ق.م. ١١٠٩) ومواصفات المشروع وبشترط موافقة المهندس الاستشاري على ذلك.

د. لا يقل معاير نعومة الركام الصغير عن ٢,٦ في الخرسانة سابقة الإجهاد.

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

الخاصية*	الحد الأقصى المسموح به	
	الركام الكبير	الركام الصغير
النسبة المئوية بالوزن للمواد الناعمة المارة من منخل ٦٣ ميكرون	الزلط ١ %	رمل ٢,٥ %
	كسر الاحجار ٢,٥%	ناعم كسر الأحجار ٤%
النسبة المئوية بالوزن للتكتلات الطينية والمواد القابلة للتفتت	الزلط وكسر الزلط ١ %	رمل ٣ %
	كسر الأحجار ٣ %	ناعم كسر الأحجار ٥%
مقاومة الركام للتفتت (معامل لوس أنجلس) (Resistance to fragmentation)	الزلط ٢٠ %	
	كسر الأحجار ٣٠ %	
معامل التفلطح (Flakiness index)	٢٥ %	
معامل الشكل (العصوية) (Shape index)	٣٠ %	
النسبة المئوية للامتصاص بعد ٢٤ ساعة** (Water absorption)	٢,٥ %	٢%
معامل الصدم (Impact value)	- ٤٥ % بالوزن للركام المستخدم في خرسانة لا تتعرض أسطحها للتآكل - ٣٠% بالوزن للركام المستخدم في الخرسانة التي تتعرض أسطحها للتآكل مثل خرسانة الطرق والمطارات	
نسبة الشوائب العضوية خفيفة الوزن	عناصر خرسانية ظاهرة	٠,١% من وزن الركام الكبير / ٠,٥% من وزن الركام الصغير
	عناصر خرسانية ظاهرة ذات أسطح ملساء (Fair faced concrete)	٠,٠٥% من وزن الركام الكبير / ٠,٢٥% من وزن الركام الصغير

* تُحدد هذه الخواص بالاختبارات الواردة بالمواصفات القياسية المصرية (م.ق.م ١١٠٩) ودليل الاختبارات المعملية الملحق بهذا الكود.

** في حالة زيادة نسبة الامتصاص على النسب الواردة بالجدول يجب أن تؤخذ في الاعتبار هذه الزيادة عند تصميم الخلطة الخرسانية.

هـ. في حالة عدم توافر الركام بالتدرجات الحبيبية الواردة بالمواصفات القياسية المصرية يمكن تحديد منحنيات تدرج حبيبي مناسبة بناء على دراسات وتجارب معملية وحقلية على أن يتم تجربة استخدامه في الخلطة التصميمية والتأكيدية ويشترط أن يوافق الاستشاري على استخدامه.

و. يجب ألا يتعدى المقاس الحبيبي الأكبر للركام الكبير (D) ١/٥ (خُمس) البعد الأصغر بين جانبي شدة القطاع الخرساني أو ١/٣ (ثُلث) سمك البلاطة الخرسانية أو ٢/٣ (ثلثي) المسافة الخالصة بين أسياخ التسليح.

ز. لا يزيد المقاس الحبيبي الأكبر للركام الكبير على ٣٨ مم في الخرسانة المسلحة، كما لا يزيد على ٢٥ مم في الخرسانة سابقة الإجهاد.

ح. يجب تخزين الركام ومناولته بطريقة تمنع اختلاط الحبيبات بمواد أخرى أو مقاسات غير مرغوبة وتحول دون حدوث انفصال حبيبي وخاصة في حالة الحبيبات مختلفة الكثافة.

ط. يجب التأكد من عدم تأثر الأنواع المختلفة من الركام بالضرر الناتج من دورات التجمد والذوبان (freezing and thawing cycles) نتيجة العوامل الجوية المحيطة ويتم ذلك بإجراء اختبار الثبات الحجمي للركام باستخدام كبريتات الماغنسيوم أو كبريتات الصوديوم (Magnesium or Sodium sulfate soundness) وبصفة عامة يعتبر الركام الذي لا تزيد نسبة امتصاصه للماء على ١% مقاوما للتجمد والذوبان.

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

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

* تُحدد هذه الخواص بالاختبارات الواردة بالمواصفات القياسية المصرية (م.ق.م ١١٠٩) ودليل الاختبارات الملحق بهذا الكود.

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

٢-٢-٢-٢ التفاعل القلوي للركام

تحتوي بعض أنواع الركام على أنواع مختلفة من السيليكا النشطة مثل الأوبال والكرستوباليت التي تتفاعل كيميائياً مع الهيدروكسيدات القلوية الموجودة بالخرسانة، ويسمى هذا التفاعل بالتفاعل القلوي السيليسى (Alkali-Silica Reaction). حيث ينتج عنه مواد جيلاتينية تنتفش عند امتصاصها للماء مما يؤدى إلى حدوث إجهادات داخلية في الخرسانة تسبب تشرخها أو تفتتها، كما تتفاعل بعض أنواع الركام من الحجر الكربوناتي مع الهيدروكسيدات القلوية الموجودة في الخرسانة منتجة مركبات تؤدى – مع مرور الوقت – وفي وجود الرطوبة إلى حدوث تمدد يؤدى بدوره إلى ظهور شروخ بالخرسانة تؤثر على تحملها مع الزمن. ويسمى هذا التفاعل بالتفاعل القلوي الكربوناتى (Alkali-Carbonate Reaction).

ويلزم لتجنب الأضرار الناتجة من التفاعل القلوي السيليسى أو التفاعل القلوي الكربوناتى اتباع الاشتراطات الواردة بالبنود (٢-٢-٢-١ / ٢-٢-٢-٢ / ٢-٢-٢-٣).

٢-٢-٢-١ التفاعل القلوي السيليسى

يجب أن تتضمن شهادة صلاحية استخدام الركام الصادرة للمحجر من جهات الاختصاص -بجانب الاختبارات الطبيعية والميكانيكية والكيميائية -على نتائج اختبارات الكشف عن التفاعل القلوي السيليسى الواردة بالجدول (٢-٣). وفى حالة استخدام ركام من محجر لا تشتمل شهادة صلاحيته على نتائج هذه الاختبارات أوليس له شهادة صلاحية؛ فيجب أن تُجرى هذه الاختبارات في معامل متخصصة وذلك قبل البدء في استخدام الركام بفترة كافية.

جدول (٢-٣) اختبارات الكشف عن التفاعل القلوي السيليسى

رقم الاختبار	التحليل	مدى الصلاحية للاستخدام (حدود التمدد المسموح به)	الإجراء
١–اختبار تمدد منشور المونة المعجل (اختبار ٢-٢٧) بملحق الكود	يقاس تمدد المنشور خلال ١٤ يوماً	يستخدم الركام إذا لم يزد التمدد على ٠,١٠%	يجرى الاختبار رقم ٢ إذا كان التمدد بين ٠,١٠ و٠,٢٠% ويُرفض الركام إذا زاد التمدد على ٠,٢%
٢ – التفاعل القلوي على منشور من الخرسانة ASTM C1293-01	يقاس التمدد خلال عام	يستخدم الركام إذا قل التمدد عن ٠,٠٤%	يُرفض الركام إذا كان التمدد يساوى أو يزيد على ٠,٠٤%

٢-٢-٢-٢ احتياطات الحد من ضرر التفاعل القلوي السيليسى للركام

يلزم اتخاذ الاحتياطات التالية للحد من خطر التفاعل القلوي السيليسى في حالات الضرورة القصوى لاستخدام الركام الذي يُظهر تمدداً يتراوح بين ٠,١ و٠,٢% في اختبار منشور المونة المعجل وبشرط موافقة استشاري المشروع:

أ. استخدام أسمنت خبث الأفران العالية CEM III/A & CEM III/B.

ب. استخدام أسمنت بورتلاندى يحتوي على نسبة منخفضة من القلويات لا تتجاوز ٠,٦% محسوبة على هيئة أكسيد صوديوم (Na_2O) مكافئ.

ج. إحلال جزء من الأسمنت في الخلطة الخرسانية بأحد أنواع الإضافات المعدنية مثل غبار السيليكا على ان تحقق اشتراطات المواصفات القياسية الخاصة بها مع الرجوع إلى استشاري المشروع لتحديد نوع وكمية الإضافة والتأكد من فاعليتها في التقليل من خطر حدوث التفاعل القلوي بإجراء الفحوص المعملية.

د. تخفيض نسبة الماء إلى الأسمنت في الخلطة إلى أقل نسبة ممكنة والحصول على التشغيلية المطلوبة باستخدام الإضافات الكيميائية.

كما يجب في جميع الأحوال تقليل نفاذ الماء إلى الخرسانة والاهتمام بمعالجة الخرسانة طبقاً لما جاء في هذا الكود، واستخدام أغشية أو دهانات غير منفذة للماء، وألا يزيد المقاس الحبيبي الأكبر للركام المستخدم على ٢٥ مم.

٢-٢-٢-٣ التفاعل القلوي الكربوناتى

يجب أن تتضمن شهادة صلاحية استخدام الركام الصادرة للمحجر من جهات الاختصاص -بجانب الاختبارات الطبيعية والميكانيكية والكيميائية -نتائج الاختبارات البتروجرافية والأشعة السينية المتفرقة والاختبارات الواردة بالجدول (٢-٤) ويجب أن تُجرى تلك الاختبارات في معامل متخصصة قبل البدء في استخدام الركام بفترة كافية.

جدول (٢-٤) اختبارات الكشف عن التفاعل القلوي الكربوناتى*

رقم الاختبار	التحليل	مدى الصلاحية للاستخدام (حدود التمدد المسموح به)	الإجراء
١ – التفاعل القلوي لأسطوانة من الصخر ASTM C 586	يتم تحديد التمدد خلال عام	يستخدم الركام إذا قل التمدد عن ٠,١٠%	يجرى اختبار رقم ٢ إذا كان التمدد أكبر من أو يساوى ٠,١٠%
٢ – منشور من الخرسانة C1105 ASTM	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 كان التمدد أكبر من أو يساوى ٠,٠٣ %

* تجرى هذه الاختبارات في حالة إذا ما أظهرت نتائج الاختبارات البتروجرافية والأشعة السينية المتفرقة احتمال حدوث التفاعل القلوي الكربوناتى للركام.

٢-٢-٣ ماء الخلط والمعالجة

- يجب أن يكون الماء المستخدم في خلط أو معالجة الخرسانة -بخلاف ماء الشرب -نظيفاً وخالياً من أي تغير في اللون أو الرائحة أو المواد الضارة مثل الزيوت والدهون والمنظفات والأحماض والطين والطمي وأية مواد تؤثر تأثيراً متلفاً على مكونات الخرسانة أو صلب التسليح. ويشترط للتأكد من صلاحية الماء استيفاء ما يلي:

أ. ألا يزيد محتوى الأملاح والمواد الضارة على:

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

٠,٥٠ جرام في اللتر من أملاح الكلوريدات على هيئة Cl.

٠,٣٠ جرام في اللتر من أملاح الكبريتات على هيئة SO3.

١,٠٠ جرام في اللتر من أملاح الكربونات والبيكربونات.

٠,١٠ جرام في اللتر من أملاح كبريتيد الصوديوم.

٠,٢٠ جرام في اللتر من المواد العضوية.

٢,٠٠ جرام في اللتر من المواد غير العضوية وهي الطين والمواد العالقة.

ب. لا يقل الأس الهيدروجيني (pH) لماء الخلط عن (٧,٠٠)، ويجب إجراء تحاليل لمعرفة الرقم الفعلي قبل استخدام الماء، وذلك في حالة استخدام مياه بخلاف مياه الشرب.

ج. لا يقل زمن الشك الابتدائي لعينات الأسمنت المجهزة بهذا الماء عن ٤٥ دقيقة، على ألا يختلف زمن الشك الابتدائي بأكثر من ٢٥% من زمن الشك الابتدائي لعينات من نفس الأسمنت جهزت بالماء المقطر.

د. لا يزيد زمن الشك النهائي لعينات الأسمنت المجهزة بهذا الماء على ١٢ ساعة، على ألا يختلف زمن الشك النهائي بأكثر من ٢٥% من زمن الشك النهائي لعينات من نفس الأسمنت جهزت بالماء المقطر.

هـ. لا تقل مقاومة الضغط المتوسطة للمونة القياسية بعد ٧ أيام والتي استعمل فيها هذا الماء عن ٩٠% من مقاومة الضغط المتوسطة لعينات مماثلة جُهزت بماء مقطر عند نفس العمر.

يجب إجراء الاختبارات لتحديد الخواص الواردة بالبنود السابقة (من أ إلى هـ) بشكل دوري لا يزيد على شهر عند استخدام المياه الجوفية في خلط أو معالجة الخرسانة، وذلك للتأكد من عدم وجود تأثير سلبي ناتج عن التغيرات الموسمية التي تطرأ على مصادر الماء.

- يجب عند تصميم الخلطة الخرسانية استخدام نفس نوع الماء الذي سيستخدم في الخلط عند تنفيذ المنشأ وذلك في مراحل كل من الخلطات المختبرية التجريبية والتأكيدية.

- يجب ألا يُحدث الماء المستخدم في المعالجة بقعاً أو تزهيراً أو ترسيباً أو أية ظواهر غير مقبولة على سطح الخرسانة.
- تطبق جميع الشروط السابقة عند استخدام ماء مبرد أو ثلج في خلط الخرسانة.
- لا يسمح على الإطلاق باستخدام ماء البحر في خلط أو معالجة الخرسانة المسلحة أو سابقة الإجهاد أو التي تحتوي على أية معادن.
- يجوز استعمال ماء البحر - عند الضرورة - في خلط الخرسانة العادية التي لا تحتوي على حديد تسليح أو معادن أخرى بشرط ألا يزيد محتوى الكبريتات بالماء عن القيمة الواردة بالبند ٢-٢-٣-أ

٢-٢-٤ الإضافات

الإضافات هي مواد تضاف للخلطات الخرسانية بكميات مُحددة، وذلك لتحسين خواص معينة للخرسانة، أو إكسابها خواصاً جديدة، وذلك نتيجة تأثير كيميائي أو فيزيقي. ويجب ألا تؤثر هذه الإضافات بأي قدر ملحوظ على الحجم الكلى للخرسانة باستثناء إضافات الهواء المحبوس أو الإضافات المعدنية كما يجب ألا تحدث هذه الإضافات تأثيراً سلبياً ملحوظاً على تحمل الخرسانة مع الزمن.

ويمكن تصنيف الإضافات الأكثر شيوعاً للاستخدام بصفة عامة على النحو التالي:

- إضافات كيميائية وتشمل الإضافات المعجلة للشك . الإضافات المؤخرة للشك . الإضافات المخفضة للماء(الملدنة) والإضافات عالية التخفيض للماء (فائقة اللدونة). ويمكن إنتاج بعض هذه الإضافات بما يؤهلها للقيام بأكثر من دور مثل الإضافات المؤخرة للشك والمخفضة للماء والمؤخرة للشك وعالية التخفيض للماء والمعجلة للشك والمخفضة للماء.
- إضافات الهواء المحبوس – إضافات حافظة للماء – إضافات مقاومة نفاذية الماء
- إضافات معدنية/ بوزولانية وتشمل خبث الأفران العالية – الرماد المتطاير – غبار السيليكا – الأتربة البوزولانية الطبيعية مثل رماد بعض مخلفات المحاصيل الزراعية. ومعظم هذه الإضافات لها خاصية بوزولانية .أي تتفاعل مع نواتج تفاعلات مركبات الأسمنت مع الماء.
- إضافات أخرى مثل المواد الملونة للخرسانة والمواد المثبطة لصدأ صلب التسليح.

٢-٢-٤-١ اشتراطات عامة

يراعى عند استخدام الإضافات تحقيق الاشتراطات التالية:

١. يجب أن تفي الإضافات بحدود المواصفات القياسية المصرية رقم ١٨٩٩-١ وذلك باختبارها في مختبرات متخصصة ويجب أن تحقق اختبارات الأدائية والتجانس المنصوص عليها بالمواصفة كحد أدنى.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

٢. يُسمح باستخدام الإضافات التي ليس لها مواصفات قياسية مصرية شريطة أن يكون لها مواصفات عالمية وأساس من المعلومات السابقة والخبرة ونتائج التجارب والاختبارات التأكيدية من مختبرات متخصصة 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 صلب التسليح أو الخرسانة وبخاصة مدى تحملها مع الزمن.

٥. يُحظر استخدام الإضافات التي تحتوي على كلوريدات في الخرسانة المسلحة أو الخرسانة سابقة الإجهاد أو الخرسانة التي تحتوي 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 مثل عدم شك الخرسانة.

٧. في حالة الإضافات التي يسمح فيها باختبار الأدائية عند القوام المتساوي وعند نسبة ماء/أسمنت متساوية (عالية التخفيض للماء) و (مؤخرة الشك / عالية التخفيض للماء) فإنه يتم الإلزام بعمل نوعي الاختبار وعدم الاعتماد على أحدهما منفرداً.

٨. 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 في الاعتبار الخواص الأخرى للخرسانة عند تقويم الخلطات.

٩. يُشترط في الخرسانة المحتوية على إضافات ألا تقل مقاومتها للضغط والشد والتماسك بينها وبين صلب التسليح عن القيم المناظرة لخرسانة خلطة التحكم المجهزة بدون إضافات، وذلك بجانب كل ما سبق ذكره. وإذا اقتضت الضرورة السماح بانخفاض المقاومة بهدف تحقيق خواص أخرى مطلوبة فيجب ألا يزيد الانخفاض المسموح به على ١٠% وبموافقة المهندس المصمم.

١٠. يلزم لقبول أية رسالة من الإضافة الموردة أن يكون لها نفس التكوين للإضافة السابق اختبارها واعتمادها وقبولها، وذلك بإجراء اختبارات التجانس – على الأقل – التي تنص عليها المواصفات القياسية المصرية.

١١. يجب **ألا** يزيد محتوى الهواء بالخلطة الخرسانية ذات الإضافات على محتوى الهواء في خلطة التحكم بدون إضافات بأكثر من ٢% وبحيث لا يزيد محتوى الهواء الكلى لأية حالة من الإضافات على ٣ % وذلك باستثناء خرسانة الهواء المحبوس.

١٢. يمكن استخدام الإضافات عالية التخفيض للماء لتطرية الخلطات الخرسانية سواء المحتوية على الإضافات المخفضة للماء والمؤخرة للشك أو عالية التخفيض للماء والمؤخرة للشك على أنه في كافة الأحوال يجب ألا يزيد مجموع محتوى الإضافتين على الجرعة القصوى للإضافة عالية التخفيض للماء المسموح بها من قبل المُصنع.

١٣. لا يسمح باستخدام الإضافات عالية التخفيض للماء لتطرية الخلطات الخرسانة المحتوية على الإضافات المخفضة للماء المعجلة للشك.

١٤. عند استخدام إضافات الهواء المحبوس يفضل تقليل محتوى الماء في الخلطة الخرسانية عند بدء الخلط سواء باستخدام الإضافات عالية التخفيض للماء أو المخفضة للماء والمؤخرة للشك أو عالية التخفيض للماء والمؤخرة للشك لضمان الحصول على الهبوط ومقاومة الضغط المطلوبين كما يسمح بالتطرية باستخدام الإضافات عالية التخفيض للماء على أنه في كافة الأحوال يجب ألا يزيد مجموع محتوى الإضافتين على الجرعة القصوى للإضافة المخفضة / عالية التخفيض للماء المسموح بها من قبل المُصنع.

١٥. عند استخدام إضافة تقليل نفاذية الخرسانة للماء يمكن زيادة قوام الخلطة الخرسانية عند بدء الخلط سواء باستخدام الإضافات عالية التخفيض للماء أو المخفضة للماء والمؤخرة للشك أو عالية التخفيض للماء والمؤخرة للشك كما يسمح بالتطرية باستخدام الإضافات عالية التخفيض للماء على أنه في كافة الاحوال يجب ألا يزيد مجموع محتوى الإضافتين على الجرعة القصوى للإضافة المخفضة / عالية التخفيض للماء المسموح بها من قبل المصنع.

١٦. يسمح بعملية التطرية باستخدام الإضافات عالية التخفيض للماء خلال فترة زمنية لا تزيد على (ساعة ونصف) من بدء الخلط.

١٧. إذا اقتضت الضرورة استخدام أكثر من نوع من الإضافات في نفس الخلطة الخرسانية فيلزم أن تتواجد معلومات كافية لبيان مدى تداخلهما والتأكد من توافقهما باختبارات تأكيدية في مختبرات متخصصة وأن يتم ذلك بموافقة المهندس الاستشاري.

١٨. في حالة استخدام أكثر من نوع من الإضافات المتوافقة في الخلطة يراعى عدم مزج الإضافات قبل إضافتها للخلطة الخرسانية ويفضل أن يتم إضافة كل منها على حدة داخل الخلاطة أثناء عملية الخلط يجب ألا تزيد درجة حرارة الخرسانة الطازجة ذات الإضافة بأكثر من خمس درجات مئوية مقارنة بخلطات التحكم بدون إضافات.

١٩. يراعى في حالة استخدام مواد بوزولانية – سواء كانت طبيعية أو كنواتج ثانوية من الصناعة– التأكد من استقرار تركيب هذه المواد.

٢٠. يراعى في جميع البنود السابقة الأخذ في الاعتبار اختلاف الظروف المناخية وبخاصة درجات الحرارة.

جدول (٢-٥) متطلبات الأداء بالمواصفات القياسية المصرية ١٨٩٩-١/٢٠٠٦ لإضافات الخرسانة

الخاصية	مخفض للماء /ملدنه	عالية التخفيض للماء /فائقة اللدونة	معجلة للشك	مؤخرة للشك	مؤخرة للشك /مخفضة للماء / ملدنه	مؤخرة للشك/ عالية التخفيض/ فائقة اللدونة	معجلة للشك مخفضة للماء/ ملدنه
	عند القوام المتساوي						
الخرسانة الطازجة							
تخفيض الماء	≤ ٥% من خلطة التحكم	≤ ١٢% مقارنة بخلطة التحكم	-	-	≥ ٥ % من خلطة التحكم	≤ ١٢ % مقارنة بخلطة التحكم	≥ ٥ % مقارنة بخلطة التحكم
محتوى الهواء بالخلطة	لا يزيد على ٢% بالحجم أعلى من خلطة التحكم	لا يزيد على ٢% بالحجم أعلى من خلطة التحكم	لا يزيد على ٢% بالحجم أعلى من خلطة التحكم	لا يزيد على ٢% بالحجم أعلى من خلطة التحكم	لا يزيد على ٢% بالحجم أعلى من خلطة التحكم	لا يزيد على ٢% بالحجم أعلى من خلطة التحكم	لا يزيد على ٢% بالحجم أعلى من خلطة التحكم
زمن الشك الابتدائي	-	-	≤ ٣٠ ق عند درجة حرارة ٢٠°م ≥ ٦٠% من خلطة التحكم عند درجة حرارة ٥°م	≤ خلطة التحكم + ٩٠ق	≤ خلطة التحكم + ٩٠ق	≤ خلطة التحكم + ٩٠ق	≤ ٣٠ ق عند درجة حرارة ٢٠°م ≥ ٦٠% من خلطة التحكم عند درجة حرارة ٥°م
زمن الشك النهائي	-	-	-	≥ خلطة التحكم + ٣٦٠ ق	≥ خلطة التحكم + ٣٦٠ ق	≥ خلطة التحكم + ٣٦٠ ق	-
الخرسانة المتصلدة (مقاومة الضغط)							
عند عمر يوم	-	≤ ١٤٠ % من خلطة التحكم	≤ ١٢٥ % من خلطة التحكم	-	-	≤ ١٢٥ % من خلطة التحكم	≤ ١٢٥ % من خلطة التحكم
عند عمر ٣ أيام			≤ ١٢٥ % من خلطة التحكم			≤ ١٢٥ % من خلطة التحكم	≤ ١٢٥ % من خلطة التحكم
عند عمر ٧ أيام	≤ ١١٠% من خلطة التحكم	-	≤ ١٢٥ % من خلطة التحكم	≤ ٩٠ % من خلطة التحكم	-	≤ ١١٥ % من خلطة التحكم	≤ ١١٠ % من خلطة التحكم
عند عمر ٢٨ يوم	≤ ١١٠% من خلطة التحكم	≤ ١١٥% من خلطة التحكم	≤ ١٠٠% من خلطة التحكم	≤ ٩٠ % من خلطة التحكم	≤ ١٠٠ % من خلطة التحكم	≤ ١١٠ % من خلطة التحكم	≤ ١١٠ % من خلطة التحكم

نسخة مخصصة للطلبة

٢-٢-٤-٢ الإضافات الكيميائية

يجب أن تحقق الإضافات الكيميائية الاشتراطات الواردة في الجدولين (٢-٥) و(٢-٦) لمتطلبات الأداء بالمواصفات القياسية المصرية ١٨٩٩-١ لإضافات الخرسانة وكما ذكر سلفا يمكن استخدام إضافات كيميائية غير موجود لها مواصفات قياسية مصرية شريطة أن يكون لها مواصفات عالمية.

٢-٢-٤-٣ الإضافات المعدنية

تستخدم الإضافات المعدنية في الخلطة الخرسانية لأغراض متعددة مثل زيادة مقاومة ضغط الخرسانة، زيادة التحمل مع الزمن، تقليل النفاذية ومقاومة تآكل صلب التسليح.

وتشترك الإضافات المعدنية في احتوائها على نسبة عالية من ثاني أكسيد السيليكون فائق النعومة والذي يتفاعل مع الجير (هيدروكسيد الكالسيوم) الناتج من تفاعل الأسمنت البورتلاندي مع الماء لينتج بدورها من هذه التفاعلات مركبات تزيد من تماسك مكونات الخرسانة وتقليل منفذيتها بشكل ملحوظ. ويتم توريد الإضافات المعدنية في عدة صور مثل الأتربة الجافة، الحبيبات المضغوطة أو كمجبنة مع الماء. ويجب معاملة هذه الإضافات كجزء من المادة الأسمنتية للخلطة ويعبر عن محتواها كنسبة من إحلال الأسمنت البورتلاندي.

ويراعى عند استخدام الإضافات المعدنية ما يلي:

١. التأكد من مصدر الإضافة والوقوف على الثبات النسبي لتركيبها الكيميائي خلال فترة التوريد وألا تحتوي هذه الإضافات على مركبات تضر بالخرسانة أو صلب التسليح.

٢. إجراء الاختبارات الدورية للإضافة خاصة نسبة ثاني أكسيد السيليكون وأكاسيد الألومنيوم والحديد، اختبارات النعومة والفاقد في الوزن بعد الحرق.

٣. استخدام إضافات تقليل الماء جنباً إلى جنب مع الإضافات المعدنية على أن تتوافق هذه الإضافات معا ويفضل تقليل محتوى الماء في الخلطة ما أمكن لتحقيق الاستفادة القصوى منها بما لا يضر بقابلية الخرسانة للتشغيل.

٤. مراجعة وتعديل أوزان مكونات الخلطة وذلك بمراعاة الحجوم المطلقة لهذه الإضافات والتي تختلف عن الأسمنت البورتلاندي.

٥. العناية الفائقة بمعالجة الخرسانة لتقليل ظاهرة الانكماش على أن يراعى أن تتم هذه المعالجة باستخدام الماء ما أمكن ولمدة لا تقل عن أسبوعين.

٢-٥-٥ صلب التسليح للخرسانة المسلحة

٢-٥-١ أنواع صلب التسليح

يُسمح باستخدام أنواع صلب التسليح المذكورة بالمواصفات القياسية المصرية م.ق.م٢٦٢ التالية:

أ. أسياخ ملساء ويرمز لها بالرمز (∅)ورتبها B240D-P, B240C-P وهذه الرتب غير مسموح بلحامها ويجب أن تحقق ما ورد بالجدول رقم (٢-٧).

ب. أسياخ ذات النتوءات (المشرشر) ويرمز لها بالرمز (∅) وتنقسم إلى:

١. رتب غير مسموح بلحامها: B400C-R

٢. رتب مسموح بلحامها: B350DWR, B400CWR, B400DWR, B420DWR

ويجب أن تحقق هذه الرتب ما ورد بالجدول رقم (٢-٨).

يرمز الحرف الأول "B" إلى الصلب المستخدم في الخرسانة المسلحة. وتمثل الأرقام الثلاثة التالية له القيمة المميزة المتجددة لإجهاد الخضوع أو الضمان بالميجاباسكال. ويلي ذلك الرمز الخاص بدرجة المطولية(C أو D) وتعني الشرطة "-" أن الصلب غير مسموح بلحامه بينما يعني الحرف "W" أن الصلب يُسمح بلحامه. ويرمز الحرف الأخير إلى شكل الأسياخ حيث يرمز الحرف "P" إلى الأسياخ الملساء والحرف "R" إلى الأسياخ ذات النتوءات.

ج. الشبك الملحوم:

يجب أن يكون الشبك خاليا من أي عيب يمكن أن يؤثر سلبا على الخواص الميكانيكية للصلب. ويجب أن تتوافق خواص الشد والثني للشبك الملحوم مع متطلبات المواصفة القياسية الدولية ISO 10144 للأسلاك المستحوبة على البارد ومتطلبات الأسياخ الملساء وذات النتوءات المذكورة بالبند ٢-٢-٥.

٢-٥-٢ الأبعاد ووزن وحدة الأطوال ومتطلبات النتوءات

يجب اتباع المواصفات القياسية المصرية م.ق.م٢٦٢ بأجزائها ودليل الاختبارات المعملية (الملحق الثالث لهذا الكود) للتحقق من التفاوتات المسموح بها في وزن المتر الطولي طبقاً لشكل وقطر الأسياخ المستخدمة. وفي حالة استخدام الأسياخ ذات نتوءات يجب أن تكون النتوءات العرضية موزعة بانتظام على طول السيخ وأن تحقق متطلبات النتوءات الواردة بالمواصفات القياسية المصرية م.ق.م٢٦٢ من حيث الارتفاع والميول والمسافات البينية.

٢-٥-٣ تعريفات الخواص الميكانيكية لصلب التسليح

أ. إجهاد الخضوع: هو الإجهاد عند مرحلة الخضوع في أنواع الصلب الطري العادي والصلب عالي المقاومة التي تظهر فيها خاصية الخضوع.

ب. إجهاد الضمان: هو الإجهاد الذي يبقى بعد إزالته انفعال مقداره ٠,٢% وذلك لأنواع الصلب التي لا تظهر بها خاصية الخضوع.

جدول (٢-٦) متطلبات الأداء بالمواصفات القياسية المصرية ١٨٩٩-١/٢٠٠٦ لإضافات الخرسانة ذات المواصفات الخاصة

الخاصية	عالية التخفيض للماء /فائقة اللدونة عند نسبة (ماء / اسمنت) متساوية	حافظة للماء	الهواء المحبوس*	معجلة للتصلب عند القوام المتساوي	مقاومة لنفاذية الماء**	مؤخرة للشك/ عالية التخفيض/ فائقة اللدونة عند نسبة (ماء/ اسمنت) متساوية
الخرسانة الطازجة						
محتوى الهواء بالخلطة	لا يزيد على ٢% بالحجم أعلى من خلطة التحكم	لا يزيد على ٢% بالحجم أعلى من خلطة التحكم	≤ ٢,٥% بالحجم اعلى من خلطة التحكم المحتوى الكلى من ٤%-٦%بالحجم	لا يزيد على ٢% بالحجم أعلى من خلطة التحكم	لا يزيد على ٢% بالحجم أعلى من خلطة التحكم	لا يزيد على ٢% بالحجم أعلى من خلطة التحكم
زيادة القوام	الهبوط ≤ ١٢٠ مم من الابتدائي الانسياب ≤ ١٦٠ مم من الابتدائي	-	-	-	-	-
زمن الاحتفاظ بالقوام	لا يقل بعد ٣٠ ق من وضع الاضافات عن قيمة القوام الابتدائي لخلطة التحكم		-	-	-	لا يقل القوام عن قوام خلطة التحكم بعد ٦٠ ق من وضع الاضافة
النضج	-	≥ ٥٠% من خلطة التحكم	-	-	-	-
الخرسانة المتصلدة (مقاومة الضغط)						
عند عمر يوم	-	-	-	≤ ١٢٠ % من خلطة التحكم عند درجة حرارة ٢٠°	-	-
عند عمر يومان	-	-	-	≤ ١٣٠ % من خلطة التحكم عند درجة حرارة ٥°	-	-
عند عمر ٢٨ يوم	≤ ٩٠% من خلطة التحكم	≤ ٩٠% من خلطة التحكم	≤ ٨٠% من خلطة التحكم	≤ ٩٠ %من خلطة التحكم عند درجة حرارة ٢٠°	≤ ٩٠ % من خلطة التحكم	≤ ٩٠ % من خلطة التحكم

* عند استخدام إضافة الهواء المحبوس لا يزيد عامل المسافة في خلطة الاختبار على ٠,٢٠.

** عند استخدام إضافة مقاومة لنفاذية الماء فإن الامتصاص الشعرى في حالة معالجة ٧ ايام واختبار لمدة ٧ ايام لا يزيد على ٥٠% بالوزن من خلطة التحكم وفى حالة معالجة ٩٠ يوما واختبار لمدة ٢٨ يوما لا يزيد على ٦٠ % بالوزن من خلطة التحكم

ج. مقاومة الشد القصوى: هي الإجهاد الناتج عن قسمة أقصى حمل شد على مساحة مقطع السيخ الإسمية.

د. معاير المرونة: هو ميل العلاقة الخطية بين الإجهاد والانفعال في منطقة المرونة.

هـ. النسبة المئوية للاستطالة بعد الكسر: هي النسبة المئوية للاستطالة عند حمل الكسر منسوبة لطول القياس الأصلي (تُحسب على طول قياس يساوي خمسة أضعاف القطر الإسمي للسيخ).

ويجب التحقق من الحدود الدنيا للخواص الميكانيكية لصلب التسليح باختبارات في مختبرات متخصصة.

٢-٢-٥-٤ منحنى الإجهاد والانفعال للصلب

يؤخذ منحنى الإجهاد والانفعال للصلب من نتائج الاختبارات، ويمكن للمصمم الاسترشاد بالمنحنى الاعتباري للإجهاد والانفعال الموضح في الشكل (٤-١) بالباب الرابع من هذا الكود.

٢-٢-٥-٥ الحدود الدنيا للخواص الميكانيكية

يجب ألا تقل الحدود الدنيا للخواص الميكانيكية لصلب التسليح عن القيم الواردة في الجدولين (٢-٧) و (٢-٨).

جدول (٢-٧) خواص الشد لأسياخ صلب التسليح الملساء

درجة الممطولية	الرتبة	الحد الأدنى لإجهاد الخضوع أو إجهاد الضمان (ن/مم^2)	الحد الأدنى للنسبة بين مقاومة الشد القصوى إلى إجهاد الخضوع أو الضمان	الحد الأدنى للنسبة المئوية للاستطالة بعد الكسر
*C	B240C-P	٢٤٠	١,١٥	٢٠
D	B240D-P	٢٤٠	١,٢٥	٢٢

* لا يستخدم في العناصر الإنشائية المقاومة لأحمال الزلازل

جدول (٢-٨) خواص الشد لأسياخ صلب التسليح ذات النتوءات

درجة الممطولية	الرتبة	الحد الأدنى لإجهاد الخضوع أو إجهاد الضمان (ن/مم^2)	الحد الأدنى للنسبة بين مقاومة الشد القصوى إلى إجهاد الخضوع أو الضمان	الحد الأدنى للنسبة المئوية للاستطالة بعد الكسر
*C	B400C-R	٤٠٠	١,١٥	١٤
	B400CWR			
D	B350DWR	٣٥٠	١,٢٥	**١٧
	B400DWR	٤٠٠		
	B420DWR	٤٢٠		**١٦

* لا يستخدم في العناصر الإنشائية المقاومة لأحمال الزلازل والمذكورة بالبند ٦-٨-١-٣-ح إلا إذا تم استيفاء اشتراطات البند ٦-٨-٢-١

** في حالة الأقطار ذات قطر ٣٢ مم أو أكبر تقل تلك القيمة بمقدار ٢% لكل ٣مم زيادة في القطر وبحد أقصى ٤%.

٢-٢-٥-٦ الثني على البارد

يجرى اختبار الثني على البارد طبقاً لما ورد بالمواصفات القياسية المصرية (م.ق.م٢٦٢) وبالأقطار المحددة بالجدول (٢-٩)، ويجب ألا يظهر على الأسياخ المختبرة أي كسور أو شروخ مرئية بالعين المجردة.

جدول (٢-٩) خواص الثني على البارد

نوع الصلب	القطر الإسمي (d) مم	قطر الدوران (حد أقصى)
أملس	$d \leq 16$	3d
	$16 < d \leq 22$	6d
	$d > 22$	يُتفق على قطر الدوران بين المنتج والمستهلك.
ذو النتوءات	$d \leq 16$	5d
	$16 < d \leq 25$	8d
	$25 < d \leq 50$	10d
	$d > 50$	يُتفق على قطر الدوران بين المنتج والمستهلك.

٢-٢-٥-٧ لحام الأسياخ

يتم لحام أسياخ صلب التسليح (الرتب المسموح بلحامها) طبقاً للمواصفات القياسية التي يحددها استشاري المشروع مع مراعاة ما سيرد بالبند (٤-٢-٥-٤-٢).

٢-٢-٥-٨ صلب سبق الاجهاد للخرسانة سابقة الاجهاد

ويُنتج هذا الصلب من صلب عالي المقاومة بأشكال معتمدة في السوق العالمية منها أسلاك الصلب عالية المقاومة (مُنتجة بالسحب على البارد) وجدائل الصلب عالي المقاومة وأسياخ الصلب عالية المقاومة. وعند تجميع عدة أسلاك أو جدائل في مسار واحد يطلق على المجموعة حزمة (أو كابل). يجب التأكد من الخواص الميكانيكية للصلب كمقاومة الشد وإجهاد الضمان والنسبة المئوية للاستطالة ومعاير المرونة واستيفائها لحدود المواصفات القياسية. ويوضح جدول (٢-١٠) الحدود الدنيا التي يجب أن يحققها إجهاد الضمان والنسبة المئوية للاستطالة. ويحتوي الملحق (٢) لهذا الكود على قيم استرشاديه للخواص الميكانيكية لصلب سبق الإجهاد في بعض المواصفات العالمية.

جدول (٢-١٠) الحدود الدنيا لإجهاد الضمان والنسبة المئوية للاستطالة لصلب 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	

٢-٣ خواص الخرسانة

٢-٣-١ خواص الخرسانة الطازجة

تؤدى العناية بخواص الخرسانة الطازجة إلى الحصول على خرسانة متجانسة خالية من الفراغات والتعشيش مما يساهم في تحقيق خواص الخرسانة المتصلدة المطلوبة لاستيفاء متطلبات التصميم من مقاومة الأحمال والتحمل مع الزمن، ولذا يجب مراعاة الآتي:

أ. قياس خصائص الخرسانة الطازجة المستخدمة قبل الصب مباشرة في الموقع.

ب. اتباع طرق سحب عينات الخرسانة الطازجة وتجهيزها واختبارها طبقا لما هو وارد بالمواصفات القياسية المصرية ودليل الاختبارات المعملية (الملحق الثالث لهذا الكود) والمواصفات الفنية الصادرة من المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء.

٢-٣-١-١ وزن وحدة الحجوم للخرسانة الطازجة

في حالة عدم توافر بيانات أكثر دقة فيمكن اعتبار كتلة وحدة الحجم للخرسانة الطازجة استرشاداي كما يلي:

- ٢٢٠٠ كجم / م^3 للخرسانة العادية إذا كان الركام كربوناتي.
- ٢٣٠٠ كجم / م^3 للخرسانة العادية إذا كان الركام سيليسي.
- ٢٥٠٠ كجم / م^3 للخرسانة المسلحة مع أخذ نوع الركام الكبير في الاعتبار.

٢-٣-١-٢ قوام الخرسانة

يعبر القوام عن مدى انسياب الخرسانة وسيولتها النسبية في حالتها الطازجة. والغرض من تحديده هو ضمان الحصول على خرسانة ذات قوام مناسب لصب مختلف القطاعات والعناصر الخرسانية. ويعتبر اختبار الهبوط القياسي الأكثر شيوعاً واستخداماً في مواقع الإنشاء لتحديد قوام الخرسانة.

ويمكن الاسترشاد بالقيم المبينة في الجدول (٢-١١) لتحديد الهبوط المناسب لخرسانة العناصر الإنشائية المختلفة. وفى حالة استخدام اختبار آخر فإنه يلزم الرجوع إلى مواصفات المشروع.

٢-٣-١-٣ القابلية للتشغيل

تُعبر هذه الخاصية عن سهولة تشغيل الخرسانة من خلط ونقل وصب ودمك وتسوية السطح. ويعتبر اختبار عامل الدمك من الطرق المناسبة لتحديد قابلية التشغيل في المعمل عند تصميم الخلطة الخرسانية. ويمكن الاسترشاد بالقيم المبينة في الجدول (٢-١١) لتحديد عامل الدمك المناسب لخرسانة العناصر الإنشائية المختلفة.

في حالة استخدام الخرسانة ذاتية الدمك فيجب أن تفي الخلطة الخرسانية بمعايير قابلية التشغيل للخرسانة ذاتية الدمك المبينة في الجدول (٢-١٢) وذلك طبقا لما هو وارد بالمواصفات الفنية للخرسانة ذاتية الدمك الصادرة عن المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء. وفى حالة اجراء اختبار آخر فإنه يلزم الرجوع إلى المواصفات القياسية الدولية ومواصفات المشروع.

جدول (٢-١١) القيم الاسترشادية لحدود الهبوط (Slump) وعامل الدمك

نوع العنصر الإنشائي	الهبوط* (مم)	عامل الدمك	أسلوب الدمك
خرسانة كتلية.	٢٥ – ٥٠	٠,٨٥-٠,٩٢	دمك ميكانيكي
- القواعد الخرسانية - قطاعات خرسانية خفيفة التسليح (نسبة تسليح أقل من ٨٠ كجم / م^3) ***	٥٠ – ٧٥	٠,٩٢-٠,٩٥	دمك ميكانيكي
قطاعات خرسانية متوسطة وعالية التسليح (نسبة تسليح ٨٠-١٥٠ كيلو جرام / م^3) ***	٧٥ – ١٢٥	أكبر من ٠,٩٥	دمك ميكانيكي أو دمك يدوي
قطاعات خرسانية كثيفة التسليح (نسبة تسليح أكبر من ١٥٠ كجم / م^3) ***	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 هي المطلوبة للخرسانة قبل صبها مباشرة.

**يتم تحقيق هذا الهبوط باستخدام إضافات كيميائية.

*** قيم استرشادية.

جدول (٢-١٢) معايير تحقق قابلية التشغيل للخرسانة ذاتية الدمك

الاختبار	وحدة القياس	الحدود*	
		الحد الأدنى	الحد الأقصى
انسياب مخروط الهبوط (Slump Flow)	مم	٦٠٠	٨٠٠
زمن وصول قطر انسياب مخروط الهبوط إلى ٥٠٠ مم (t_{50cm})	ثانية	٢	٥
الحلقة ذات القوائم (J-ring)	مم	صفر	٢٠
القمع على شكل V (V-funnel) بعد تمام الخلط مباشرة (t_o)	ثانية	٦	١٢
القمع على شكل V (V-funnel) بعد ٥ دقائق من الخلط (t_{5min})	ثانية	t_o	$٣+t_o$
صندوق الاختبار على شكل L (L-box) (H2/H1)	-	٠,٨	١,٠

* حدود المواصفات الفنية للخرسانة ذاتية الدمك الصادرة عن المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء

٢-٣-١-٤ الانفصال الحبيبي

تُعبر هذه الخاصية عن انفصال حبيبات الركام الكبير عن باقي مكونات الخلطة. ويجب أخذ كافة الاحتياطات لمنع حدوث الانفصال الحبيبي من تصميم جيد لنسب مكونات الخلطة الخرسانية والعناية بعملية نقل وصب ودمك الخرسانة.

٢-٣-١-٥ النضح

يقصد بهذه الظاهرة تكون طبقة من الماء على سطح الخرسانة الطازجة بعد دمكها وتسويتها. ويمكن تقليل حدوث هذه الظاهرة بعمل تصميم مناسب للخلطة الخرسانية واستخدام محتوى ماء منخفض وزيادة محتوى المواد الناعمة غير الضارة بالخلطة.

٢-٣-١-٦ درجة حرارة الخرسانة الطازجة

يجب أخذ الاحتياطات اللازمة بحيث لا تزيد درجة حرارة الخرسانة الطازجة عند خلطها وصبها 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})

هي قيمة مقاومة الضغط عند عمر ٢٨ يوماً التي يتم تحديدها بمعرفة المصمم والتي من المحتمل أن يقل عنها ٥ % من نتائج اختبار الضغط أثناء التنفيذ على الأكثر وتعرف برتبة الخرسانة (f_{cu}).

يتم استخدام مكعب قياسي طول ضلعه ١٥٠ مم كعينة اختبار قياسية لتحديد مقاومة الضغط للخرسانة وبناء على المفاهيم والأسس المنصوص عليها في هذا الكود فيجب ألا تقل الرتبة للخرسانة الإنشائية العادية عن ١٥ ن/مم^2 وألا تقل الرتبة للعناصر الخرسانية الإنشائية المسلحة عن ٢٠ ن/مم^2، وللعناصر الخرسانية الإنشائية سابقة الإجهاد عن ٣٠ ن/مم^2 على ألا تزيد مقاومة الخرسانة المعتبرة للتصميم في هذا الكود في جميع الأحوال على ٦٠ ن/مم^2. ويوضح الجدول (٢-١٣) الرتب الشائعة للخرسانة الإنشائية المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد.

جدول (٢-١٣) رتب الخرسانة الإنشائية المسلحة والخرسانة الإنشائية سابقة الإجهاد

رتبة الخرسانة المسلحة (ن/مم^2)	٢٠	٢٥	٣٠	٣٥	٤٠	٤٥	٥٠	٥٥	٦٠
رتبة الخرسانة سابقة الإجهاد (ن/مم^2)	لا تستخدم		٣٠	٣٥	٤٠	٤٥	٥٠	٥٥	٦٠

في الحالات التي تستخدم فيها عينات أسطوانية قياسية (١٥٠×٣٠٠مم) أو عينات ذات مقاسات مختلفة فيمكن استخدام معاملات التصحيح الاسترشادية الواردة بالجدول (٢-١٤) للحصول على القيمة المكافئة لمقاومة الضغط للمكعب القياسي.

وفى حالة الحاجة إلى علاقة بين مقاومة الخرسانة عند أعمار أقل من ٢٨ يوماً والمقاومة المميزة للخرسانة يتم إعداد عدد كافٍ من المكعبات بالموقع قبل البدء في التنفيذ يتم من خلالها تحديد العلاقات الفعلية بين المقاومة المميزة للخرسانة وبين مقاومتها عند الأعمار المبكرة مثل ٣ أيام و٧ أيام. وعادة تتراوح النسبة الاسترشادية لمقاومة الخرسانة للضغط عند استخدام أسمنت CEM I عند عمر ٧ أيام إلى مقاومتها عند عمر ٢٨ يوماً بين ٠,٨٠ إلى ٠,٨٥؛ وفى جميع الأحوال يجب اختبار مكعبات عند عمر ٢٨ يوما للتأكد من تحقيق الخرسانة المنفذة للمقاومة المطلوبة.

جدول (٢-١٤) القيمة الاسترشادية لمعامل التصحيح للحصول على مقاومة الضغط للمكعب القياسي المكافئ في حالة اختلاف الشكل أو الأبعاد للعينات الخرسانية المختبرة*

شكل القالب	أبعاد قالب الاختبار (مم)	معامل التصحيح**
مكعب	١٠٠×١٠٠×١٠٠	٠,٩٧
	١٥٠×١٥٠×١٥٠	١,٠٠
	٢٠٠×٢٠٠×٢٠٠	١,٠٥
أسطوانة	٢٠٠×١٠٠	١,٢٠
	٣٠٠×١٥٠	١,٢٥

*القيمة المحددة بالجدول استرشادية للخرسانة ذات رتبة لا تزيد على ٤٠ ن/مم٢.

**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 المحوري للخرسانة

تتراوح عادة مقاومة الشد المحوري للخرسانة بين ٥% إلى ١٠ % من مقاومتها للضغط. وتؤخذ مقاومة الشد المحوري 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 أية مادة تؤثر على التماسك بين الخرسانة والأسياخ.

وفى 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 معايير المرونة

يؤخذ معايير المرونة من العلاقة التقريبية التالية:

$$E_c = 4400\sqrt{f_{cu}} \qquad \text{Eq. [2-1]}$$

حيث:

E_c = معاير المرونة ن/مم٢

f_{cu} = مقاومة الخرسانة المميزة في الضغط ن/مم٢ (الوارد تعريفها في البند٢-٣-٢-١)

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

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

لخرسانة غير مشرخة $\upsilon = 0.20$ Eq. [2-2-a]

لخرسانة مشرخة $\upsilon = 0.00$ Eq. [2-2-b]

٢-٣-٣-٣ معامل التمدد الحراري

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

- خرسانة ذات ركام سيليسي من ١,٢٠ إلى ١,٣٠ × ١٠-٥
- خرسانة ذات ركام الحجارة الجيرية من ٠,٦٠ إلى ٠,٩٠ × ١٠-٥
- خرسانة ذات ركام الحجارة الرملية من ٠,٩٠ إلى ١,٢٠ × ١٠-٥
- خرسانة ذات ركام الجرانيت من ٠,٧٠ إلى ٠,٩٥ × ١٠-٥
- خرسانة ذات ركام البازلت من ٠,٨٠ إلى ٠,٩٥ × ١٠-٥

٢-٣-٣-٤ انكماش الجفاف

هو الانكماش الناتج من جفاف الخرسانة بسبب فقد جزء من ماء الخلط بعد تصلد الخرسانة. ويتوقف انكماش الجفاف على عدة عوامل منها ما يتعلق بالبيئة المحيطة مثل درجة الحرارة والرطوبة النسبية للجو ومنها ما يتعلق بخواص الخرسانة مثل نسبة الماء إلى الأسمنت والركام المستخدم ورتبة ومحتوى الأسمنت والمحتوى النسبي بين الركام والعجينة الأسمنتية

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

وكذلك عمر الخرسانة. كما يؤثر حجم العنصر ومساحته السطحية على الانكماش واللذان يمكن التعبير عنهما بما يسمى البعد الاعتباري للقطاع (B). ويقدر هذا البعد من العلاقة الآتية:

$$B=\frac{2A_C}{P_C}$$ Eq. [2-3]

حيث:

B = البعد الاعتباري للقطاع (مم)

A_C = مساحة المقطع الخرساني (مم^2)

P_C = محيط الجزء من القطاع الخرساني المعرض للجفاف (مم)

وتؤخذ القيمة النهائية لانفعال انكماش الجفاف ($\varepsilon_{cd,\infty}$) من العلاقة الآتية:

$$\varepsilon_{cd,\infty}=k_h\times\varepsilon_{cd,0}$$ Eq. [2-4]

حيث:

k_h = معامل يعتمد على البعد الاعتباري للقطاع (B) وفقاً لجدول (٢-١٥)

$\varepsilon_{cd,0}$ = انكماش الجفاف الاعتباري (غير المقيد) وفقاً لجدول (٢-١٦)

جدول (٢-١٥) قيم المعامل k_h طبقاً للبعد الاعتباري للقطاع الخرساني

البعد الاعتباري للقطاع (B) مم	k_h
١٠٠	١,٠
٢٠٠	٠,٨٥
٣٠٠	٠,٧٥
≥ ٥٠٠	٠,٧٠

جدول (٢-١٦) قيم انكماش الجفاف الاعتباري غير المقيد ($\varepsilon_{cd,0}$) X ١٠$^{-٣}$

F_{cu} (ن/مم٢)	رتبة الأسمنت	الرطوبة النسبية بالبيئة المحيطة (%)					
		٢٠	٤٠	٦٠	٨٠	٩٠	١٠٠
٢٥	A	٠,٥٢	٠,٤٩	٠,٤١	٠,٢٦	٠,١٤	
	B	٠,٦٢	٠,٥٨	٠,٤٩	٠,٣٠	٠,١٧	
	C	٠,٨٧	٠,٨٢	٠,٦٩	٠,٤٣	٠,٢٤	
٣٥	A	٠,٤٦	٠,٤٣	٠,٣٦	٠,٢٢	٠,١٢	
	B	٠,٥٧	٠,٥٣	٠,٤٥	٠,٢٧	٠,١٥	
	C	٠,٧٨	٠,٧٤	٠,٦٢	٠,٣٨	٠,٢١	
٤٥	A	٠,٤٠	٠,٣٨	٠,٣٢	٠,٢٠	٠,١١	٠,٠٠
	B	٠,٥٠	٠,٤٧	٠,٤٠	٠,٢٥	٠,١٣	
	C	٠,٧٠	٠,٦٦	٠,٥٥	٠,٣٤	٠,١٩	
٥٥	A	٠,٣٥	٠,٣٣	٠,٢٨	٠,١٧	٠,١٠	
	B	٠,٤٥	٠,٤٢	٠,٣٥	٠,٢٢	٠,١٢	
	C	٠,٦٣	٠,٥٩	٠,٥٠	٠,٣١	٠,١٧	
٦٠	A	٠,٣٣	٠,٣١	٠,٢٦	٠,١٦	٠,٠٩	
	B	٠,٤٢	٠,٤٠	٠,٣٣	٠,٢١	٠,١١	
	C	٠,٥٩	٠,٥٦	٠,٤٧	٠,٢٩	٠,١٦	

وتحدد رتبة الأسمنت بجدول (٢-١٦) وفقاً لما يلي:

- A تمثل الأسمنتات رتبة 32.5N
- B تمثل الأسمنتات رتبتي 32.5R / 42.5N
- C تمثل الأسمنتات رتب 52.5R/ 52.5N /42.5R

كما يتم حساب انفعال انكماش الجفاف للخرسانة عند عمر محدد وفقاً لما يلي:

$$\varepsilon_{cd}(t)=\beta_{ds}(t,t_s)\times k_h\times\varepsilon_{cd,0}$$ Eq. [2-5]

$$\beta_{ds}(t,t_s)=(t-t_s)/[(t-t_s)+0.04\,(B^3)^{0.5}]$$ Eq. [2-6]

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

حيث:

t = عمر الخرسانة (بالأيام) عند حساب انفعال انكماش الجفاف

t_s = عمر الخرسانة (بالأيام) من وقت الصب وحتى انتهاء المعالجة

٢-٣-٣-٥ الزحف

هو الانفعال غير المرن الذي يَحدث تحت تأثير كل أو بعض أحمال التشغيل ويعتمد على زمن تأثير تلك الأحمال على الخرسانة. ويتوقف الزحف على عدة عوامل منها رطوبة الجو النسبية بالبيئة المحيطة ونسبة الماء إلى الأسمنت ورتبة ومحتوى الأسمنت والمحتوى النسبي بين الركام والعجينة الأسمنتية، وكذلك عمر الخرسانة الذي يبدأ عنده التأثير بالحمل وخواص القطاع الخرساني بالإضافة إلى نسبة إجهاد الضغط المؤثر على الخرسانة إلى مقاومتها.

وتُعين قيمة انفعال الزحف النهائي من العلاقة [2-7-a] وذلك في حالة عدم زيادة إجهاد الضغط المؤثر على الخرسانة على($0.35f_{cu}$)؛ في حين تُعين قيمة انفعال الزحف النهائي من العلاقة [2-7-b]إذا زاد الإجهاد المؤثر على هذه القيمة.

$$\varepsilon_{cc}(\infty, t_o) = \varphi(\infty, t_o) \times (\sigma_c / E_c) \qquad \sigma_c \le 0.35 f_{cu} \qquad \text{Eq. [2-7-a]}$$

$$\varepsilon_{cc}(\infty, t_o) = \varphi_{nl}(\infty, t_o) \times (\sigma_c / E_c) \qquad \sigma_c > 0.35 f_{cu} \qquad \text{Eq. [2-7-b]}$$

حيث:

$\varepsilon_{cc}(\infty, t_o)$ = انفعال الزحف النهائي

$\varphi(\infty, t_o)$ = معامل الزحف النهائي

$\varphi_{nl}(\infty, t_o)$ = معامل الزحف (اللاخطي) النهائي

t_o = عمر الخرسانة (بالأيام) الذي يبدأ عنده التأثير بالحمل على الخرسانة

σ_c = إجهاد الضغط المؤثر على الخرسانة

E_c = معاير مرونة الخرسانة ويؤخذ من العلاقة (٢-١)

وتُعين قيمة معامل الزحف النهائي $\varphi(\infty, t_o)$ من العلاقة الآتية:

$$\varphi(\infty, t_o) = \varphi_{RH} \times \beta_1 \times \beta_2 \qquad \text{Eq. [2-8]}$$

حيث:

φ_{RH} = معامل لأخذ تأثير الرطوبة النسبية بالبيئة المحيطة على معامل الزحف النهائي ويُعين من جدول (٢-١٧)

β_1 = معامل لأخذ تأثير المقاومة المميزة للخرسانة على معامل الزحف النهائي ويُعين من جدول (٢-١٨)

β_2 = معامل لأخذ تأثير عمر الخرسانة الذي يبدأ عنده التأثير بالحمل على معامل الزحف النهائي ويُعين من جدول (٢-١٩)

كما تُعين قيمة معامل الزحف (اللاخطي) النهائي $\varphi_{nl}(\infty, t_o)$ من العلاقة الآتية:

$$\varphi_{nl}(\infty, t_o) = \varphi(\infty, t_o) \times e^{[1.5(k_\sigma - 0.35)]} \qquad \text{Eq. [2-9]}$$

حيث (k_σ) هي النسبة بين إجهاد الضغط المؤثر على الخرسانة إلى مقاومتها المميزة المُعيّنة عند بداية التأثير بالحمل، وتؤخذ من العلاقة الأتية:

$$k_\sigma = \sigma_c / f_{cu} \qquad \text{Eq. [2-10]}$$

جدول (٢-١٧) قيم معامل (φ_{RH}) طبقاً للمقاومة المميزة والرطوبة النسبية والبعد الاعتباري للقطاع الخرساني

البعد الاعتباري للقطاع (B) (مم)	المقاومة المميزة للخرسانة (ن/مم٢)									
	٢٥		٣٥		٤٥		٥٥		٦٠	
	الرطوبة النسبية بالبيئة المحيطة (%)									
	٥٠	٨٠	٥٠	٨٠	٥٠	٨٠	٥٠	٨٠	٥٠	٨٠
١٠٠	٢,٠٩	١,٤٤	٢,٠٣	١,٤١	١,٨٧	١,٣٢	١,٦٤	١,٢٢	١,٦٠	١,١٨
٣٠٠	١,٧٦	١,٣٠	١,٧١	١,٢٨	١,٥٩	١,٢٣	١,٤٤	١,١٣	١,٣٩	١,١٠
٥٠٠	١,٦٤	١,٢٦	١,٦٠	١,٢٣	١,٤٩	١,١٧	١,٣٦	١,١٠	١,٣١	١,٠٧
٧٠٠	١,٥٨	١,٢٣	١,٥٤	١,٢١	١,٤٤	١,١٥	١,٣٢	١,٠٨	١,٢٧	١,٠٥
٩٠٠	١,٥٣	١,٢١	١,٤٩	١,١٩	١,٤٠	١,١٤	١,٢٩	١,٠٧	١,٢٤	١,٠٤
١١٠٠	١,٥٠	١,٢٠	١,٤٦	١,١٨	١,٣٧	١,١٢	١,٢٦	١,٠٦	١,٢٢	١,٠٣
١٣٠٠	١,٤٧	١,١٩	١,٤٤	١,١٧	١,٣٥	١,١٢	١,٢٤	١,٠٥	١,٢٠	١,٠٢
١٥٠٠	١,٤٥	١,١٨	١,٤٢	١,١٦	١,٣٣	١,١١	١,٢٣	١,٠٤	١,١٩	١,٠١

جدول (٢-١٨) قيم معامل (β_1) وفقاً للمقاومة المميزة للخرسانة

المقاومة المميزة للخرسانة (ن/مم٢)				
٢٥	٣٥	٤٥	٥٥	٦٠
٣,١٧	٢,٧٦	٢,٥٦	٢,٣١	٢,٢١

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

جدول (٢-١٩) قيم معامل (β_2) طبقاً لعمر الخرسانة الذي يبدأ عنده التأثير بالحمل

وكذلك رتبة الأسمنت المستخدم

رتبة الأسمنت	عمر الخرسانة (يوماً)								
	١	٢	٣	٥	١٠	٢٠	٣٠	٥٠	١٠٠
A	١,٠٣٠	٠,٩٨٣	٠,٨٧٩	٠,٧٦٩	٠,٦٤٠	٠,٥٤٢	٠,٤٩٥	٠,٤٤٤	٠,٣٨٦
B	٠,٩٠٩	٠,٨٠١	٠,٧٤٣	٠,٦٧٦	٠,٥٩٤	٠,٥٢١	٠,٤٨٢	٠,٤٣٧	٠,٣٨٣
C	٠,٧٠٤	٠,٦٤٩	٠,٦٢٣	٠,٥٩٢	٠,٥٤٩	٠,٥٠٠	٠,٤٧٠	٠,٤٣١	٠,٣٨٠

وتحدد رتبة الأسمنت بجدول (٢-١٩) وفقاً لما يلي:

- A تمثل الأسمنتات رتبة 32.5N
- B تمثل الأسمنتات رتبتي 32.5R / 42.5N
- C تمثل الأسمنتات رتب 52.5R/ 52.5N /42.5R

٢-٣-٤ تحمل الخرسانة مع الزمن

٢-٣-٤-١ عام:

تتعرض المنشآت بجانب الأحمال الخارجية إلى مهاجمات داخلية أو خارجية قد تكون أشد تأثيراً من تلك الأحمال، وقد تؤدى إلى أضرار بالغة ونقص عمر المنشأ، ويمكن تلخيص أهم العوامل المهاجمة المختلفة كما يلي:

أ. المهاجمة الكيميائية ومنها ما يلي: المهاجمة بالكبريتات، المهاجمة بماء البحر، ماء المجاري، المهاجمة بالغازات، صدأ صلب التسليح نتيجة العوامل المختلفة، التفاعل القلوي للركام، المهاجمة بالأحماض والمواد العضوية والمواد الكيميائية المختلفة.

ب. المهاجمة الميكانيكية ومنها البلل والجفاف، تثلج الماء داخل الخرسانة وذوبانه، التآكل بالبرى والاحتكاك والنحر، التغيرات الجوية.

ج. تعرض المنشآت للحريق.

وقد يتعرض المنشأ لمهاجمة واحد أو أكثر من العوامل السابقة في ذات الوقت، مما يتسبب في شروخ و/أو تفتت و/أو صدأ لأسياخ صلب التسليح، ويؤدى ذلك إلى تأثر القطاع الخرساني وزيادة الإجهادات الواقعة عليه، كما يؤثر على أداء المنشأ. ومع زيادة عمر المهاجمة تنتشر الشروخ أو يحدث انهيار جزئي أو كلي أو يفقد المنشأ قدرته على أداء وظيفته، ويشمل هذا البند مستويات المهاجمة المختلفة التي تتعرض لها المنشآت الخرسانية والتي تعتمد على نوع ودرجة المهاجمة وطبيعة المنشأ ونفاذية الخرسانة وخواص موادها وجودة صناعتها.

٢-٣-٤-٢ اشتراطات تحسين تحمل الخرسانة مع الزمن

تُحدد الاشتراطات الخاصة بتحمل الخرسانة مع الزمن وفقاً لظروف تعرض المنشأ ونوع ودرجة المهاجمة التي يتعرض لها وذلك على النحو الذي سيرد تفصيلاً في البنود التالية.

٢-٣-٤-٢-١ الحد الأقصى لمحتوى الأملاح والمواد الضارة في ماء الخلط

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

٢-٣-٤-٢-٢ الحد الأقصى لمحتوى أيونات الكلوريدات في 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 في الجدول (٢-٢٠).

جدول (٢-٢٠) المحتوى الأقصى المسموح به لأيونات الكلوريدات بالخرسانة عند عمر ٢٨ يوما للوقاية من صدأ صلب التسليح*

نوع الخرسانة	الظروف المحيطة بالخرسانة	الحد الأقصى لأيونات الكلوريدات بالخرسانة كنسبة مئوية من وزن الأسمنت	
		مذابة بالماء	مذابة بالحامض
- الخرسانة المسلحة - الخرسانة سابقة الإجهاد ذات الشد اللاحق وكابلات متماسكة (Bonded Post-tensioned)	غير المعرضة للكلوريدات	٠,٣٠	٠,٤٠
	المعرضة للكلوريدات	٠,١٥	٠,٢٠
	المعرضه لدورات البلل والجفاف	٠,٠٨	٠,١٠
- الخرسانة سابقة الإجهاد ذات الشد اللاحق وكابلات غير متماسكة (Unbonded Post-Tensioned) - الخرسانة سابقة الإجهاد ذات الشد السابق (Pre-tensioned) - الجراوت المستخدم في الخرسانة سابقة الإجهاد ذات الشد اللاحق وكابلات متماسكة	جميع الظروف	٠,٠٦	٠,١٠

* محتوى الكلوريدات الناتج من الماء والركام والأسمنت والإضافات وليس من البيئة المحيطة بالخرسانة.

٢-٣-٤-٢-٣ الحد الأقصى لمحتوى الكبريتات في الخرسانة وتحديد محتوى الأملاح

يجب ألا يزيد المحتوى الكلى للكبريتات الكلية في الخرسانة -مقدرة على هيئة (SO_3) على٤ % من وزن الأسمنت بالخرسانة المتصلدة عند عمر ٢٨ يوماً (الناتج من الماء والركام والأسمنت والإضافات وليس من البيئة المحيطة بالخرسانة).

يجب تحديد محتوى الكلوريدات والكبريتات في 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 في الماء مع إبعادها عن أي مصدر للأملاح، وعند عمر ٢٨ يوماً يتم تعيين نسبة أملاح الكلوريدات والكبريتات كنسبة من محتوى الأسمنت بالخلطة الخرسانية.

٢-٣-٤-٢-٤ الحد الأقصى لمحتوى الأسمنت

يجب ألا يزيد محتوى الأسمنت في خلطة الخرسانة بصفة عامة على ٤٥٠ كجم/م^3 في حالة استخدام أسمنت CEM I.وفى حالة استخدام أسمنتات أخرى غير CEM I، فيسمح بزيادة محتوى الأسمنت بما يتناسب مع محتوى الإضافة الموجودة في ذلك الأسمنت، وفى حالة زيادة محتوى الأسمنت CEM I على ٤٥٠ كجم/م^3 أو زيادة محتوى المواد الأسمنتية في الأسمنتات الأخرى على ٥٠٠ كجم/م^3 ويجب أخذ اعتبارات خاصه في التصميم الإنشائي لتفادى الشروخ الناتجة عن الانكماش أو عن الإجهادات الحرارية.

٢-٣-٤-٢-٥ الحد الأدنى لمحتوى الأسمنت

يجب على المهندس الالتزام بحد أدنى لمحتوى الأسمنت يتناسب مع نوع ومستوى المهاجمة التي يتعرض لها المنشأ والمذكورة في البنود من (٢-٣-٤-٢-١٠) وحتى (٢-٣-٤-٢-١٤).

٢-٣-٤-٢-٦ الحد الأقصى لنسبة الماء / الأسمنت

لتحقيق خرسانة ذات درجة نفاذية تناسب نوع ومستوى المهاجمة التي يتعرض لها المنشأ يجب ألا تزيد نسبة الماء/الأسمنت على القيم المذكورة بالبنود من (٢-٣-٤-٢-١٠) وحتى (٢-٣-٤-٢-١٤).

٢-٣-٤-٢-٧ الحد الأدنى للغطاء الخرساني

لحماية صلب التسليح من الصدأ يجب ألا يقل سمك الغطاء الخرساني عن القيم الواردة بالجداول من (٢-٢١) إلى (٢-٢٣) مع الأخذ في الاعتبار الحد الأدنى لسمك الغطاء الخرساني بالبند (٢-٣-٤-٤).

٢-٣-٤-٢-٨ نوع الأسمنت

يتوقف نوع الأسمنت المستخدم على نوع ومستوى المهاجمة وذلك لتحقق الخرسانة أفضل أداء. والجداول (٢-٢٢) إلى (٢-٢٤) تحتوي على نوع الأسمنت المناسب.

٢-٣-٤-٢-٩ الحد الأدنى للمقاومة المميزة

نظراً لتعرض المنشأ الخرساني لأحمال خارجية ومهاجمة من الوسط المحيط فيحدد الكود الحد الأدنى للمقاومة المميزة للمنشأ المذكورة في البنود من (٢-٣-٤-٢-١٠) وحتى (٢-٣-٤-٢-١٤).

٢-٣-٤-٢-١٠ المتطلبات الخاصة بالخرسانة المعرضة لصدأ صلب التسليح الناتج عن الكربنة

- قد تتعرض منشآت الخرسانة المسلحة أو الخرسانة سابقة الإجهاد إلى صدأ صلب التسليح الناتج عن ظاهرة الكربنة التي تؤدى إلى انخفاض قلوية الخرسانة وبالتالي تفقد أسياخ الصلب الحماية المكتسبة من الخرسانة وتبدأ الأسياخ في الصدأ.
- يجب الالتزام بالمتطلبات الواردة بجدول (٢-٢١) لتحسين تحمل الخرسانة مع الزمن في حالة تعرضها للصدأ الناتج عن الكربنة وفقاً للظروف البيئية المحيطة.
- يسمح في هذه المنشآت باستخدام جميع أنواع الأسمنت الواردة في بند (٢-٢-١).

٢-٣-٤-٢-١١ المتطلبات الخاصة بالخرسانة المعرضة لصدأ صلب التسليح الناتج عن التعرض لأملاح الكلوريدات

- يؤدى تواجد الكلوريدات والرطوبة في البيئة المحيطة بالخرسانة إلى تسارع ظاهرة صدأ صلب التسليح مما يؤثر على عمر المنشأ وأدائه.
- تتواجد الكلوريدات في الماء المستخدم في البيئة المحيطة أو المياه الجوفية أو في التربة أو في الجو في صورة غازية.
- لا يشمل هذا البند المهاجمة المزدوجة من الكلوريدات والكبريتات.
- يجب الالتزام بالمتطلبات الواردة بجدول (٢-٢٢) لتحسين تحمل الخرسانة مع الزمن في حالة تعرضها للصدأ الناتج عن مهاجمة الكلوريدات وفقاً للظروف البيئية المحيطة.
- يستخدم الأسمنت البورتلاندي CEM I وفى حالة تعرض الخرسانة لدورات من البلل والجفاف يفضل استخدام أسمنت عالي الخبث CEM III/A، CEM III/B .
- لا يسمح باستخدام أسمنت الحجر الجيري.

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

جدول (٢-٢١) متطلبات الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد التي تتعرض للصدأ الناتج من الكربنة

الظروف البيئية المحيطة	الحد الأقصى لنسبة الماء: الأسمنت	الحد الأدنى لمحتوى الأسمنت (كجم / م٣)	الحد الأدنى للمقاومة المميزة (ن/ مم٢)	الحد الأدنى لسمك الغطاء الخرساني** (مم)
بيئة شديدة الجفاف* (رطوبة نسبية أقل من ٣٠%) (كمنشآت البيئة الصحراوية والعناصر الخرسانية داخل المبنى المعرضة لرطوبة منخفضة جداً)	--	--	٢٠	٢٠
جفاف (رطوبة نسبية من ٣٠: ٥٠%) أو بلل دائم (مثل العناصر الخرسانية داخل المبنى المعرضة لرطوبة منخفضة. والعناصر المغمورة بصورة دائمة في الماء بشرط عدم احتواء الماء على تركيزات مرتفعة من أملاح الكلوريدات أو الكبريتات (جدول (٢-٢٢) و(٢-٢٤))	٠,٦٠	٣٢٥	٢٥	٢٥
بلل شبه مستمر ونادر الجفاف (كالعناصر الخرسانية الملامسة للماء مثل الأساسات بشرط عدم احتواء الماء على تركيزات مرتفعة من أملاح الكلوريدات أو الكبريتات (جدول (٢-٢٢) و (٢-٢٤)).	٠,٥٥	٣٥٠	٣٠	٣٥ (٤٥)
رطوبة معتدلة (رطوبة نسبية من ٥٠: ٧٠%) عناصر خرسانية داخل المبنى معرضة لرطوبة معتدلة أو مرتفعة، والعناصر الخارجية المحمية من الأمطار	٠,٥٠	٣٥٠	٣٠	٣٥ (٤٥)
دورات من البلل والجفاف (عناصر خرسانية معرضة لدورات من البلل والجفاف بشرط عدم احتواء الماء على تركيزات مرتفعة من أملاح الكلوريدات أو الكبريتات (جدول (٢-٢٢) و (٢-٢٤))	٠,٤٥	٣٧٥	٣٥	٤٠ (٥٠)

* قد تنعدم مخاطر التعرض للصدأ في هذه الظروف.

** قيم الغطاء الخرساني الموضحة بين الأقواس خاصة بالخرسانة سابقة الإجهاد. ويجب مراعاة الحد الأدنى لسمك الغطاء الخرساني الوارد بالبند (٢-٣-٤-٤).

جدول (٢-٢٢) متطلبات الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد التي تتعرض للصدأ الناتج عن مهاجمة الكلوريدات *

الظروف البيئية المحيطة	الحد الأقصى لنسبة الماء: الأسمنت	الحد الأدنى لمحتوى الأسمنت (كجم / م٣)	الحد الأدنى للمقاومة المميزة (ن/ مم٢)	الحد الأدنى لسمك الغطاء الخرساني** (مم)
أجواء ذات رطوبة معتدلة ومحملة الكلوريدات	٠,٥٠	٣٥٠	٣٠	٤٥ (٥٥)
بلل شبه مستمر أو جفاف نادر مع وجود أملاح الكلوريدات (مثل العناصر الخرسانية لمنشآت أحواض السباحة والعناصر الخرسانية المعرضة لمخلفات صناعية تحتوي على أملاح الكلوريدات.)	٠,٤٥	٣٧٥	٣٥	٥٠ (٦٠)
دورات من البلل والجفاف مع وجود أملاح الكلوريدات (مثل عناصر الكباري الخرسانية المعرضة لرذاذ الماء المحتوي على الكلوريدات والخرسانة المسلحة لرصف الطرق وممرات الطائرات وبلاطات مواقف السيارات)	٠,٤٠	٤٠٠	٤٠	٦٠ (٧٠)

*الأسمنت المستخدم أسمنت بورتلاندى CEM I وفى حالة استخدام أسمنت خبث الأفران العالية CEM III/A، CEM III/B يسمح بتخفيض الحد الأدنى للمقاومة المميزة بمقدار ٢,٥ ن/ مم٢ والحد الأدنى لمحتوى الأسمنت بمقدار ٢٥ كجم/م٣ وزيادة الحد الأقصى لنسبة الماء: الأسمنت بمقدار ٠,٠٢٥ مع الاحتفاظ بنفس سمك الغطاء الخرساني.

** قيم الغطاء الخرساني الموضحة بين الأقواس خاصة بالخرسانة سابقة الإجهاد. ويجب مراعاة الحد الأدنى لسمك الغطاء الخرساني الوارد بالبند (٢-٣-٤-٤).

٢-٣-٤-٢-١٢ المتطلبات الخاصة بالخرسانة المعرضة لماء البحر والمهاجمة المزدوجة

- يشمل هذا البند المنشآت التي تتعرض لمهاجمة ماء البحر أو مهاجمة مزدوجة من أملاح الكبريتات الكلوريدات كالملاحات أو تربة السبخة.
- يجب الالتزام بالمتطلبات الواردة بجدول (٢-٢٣) لتحسين تحمل الخرسانة مع الزمن في حالة تعرضها للصدأ الناتج عن ماء البحر أو المهاجمة المزدوجة وفقاً للظروف البيئية المحيطة.
- يفضل استخدام أسمنت خبث الأفران العالية CEM III/B،CEM III/A في هذا البند.
- لا يسمح باستخدام أسمنت الحجر الجيري.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

جدول (٢-٢٣) متطلبات الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد التي تتعرض لماء البحر أو المهاجمة المزدوجة*

الظروف البيئية المحيطة		الحد الأقصى لنسبة الماء: الأسمنت	الحد الأدنى لمحتوى الأسمنت (كجم / م٣)	الحد الأدنى للمقاومة المميزة (ن/ مم٢)	الحد الأدنى لسمك الغطاء الخرساني ** (مم)
أجواء محملة بالأملاح		٠,٤٥	٣٧٥	٣٥	٤٥ (٥٥)
غمر مستمر بماء البحر	خرسانة سابقة الصب	٠,٤٥	٣٧٥	٤٠	٥٠ (٦٠)
	الصب في الموقع	٠,٤٥	٤٠٠	٤٠	٥٠ (٦٠)
مناطق المد والجذر والمناطق المعرضة لتلاطم الأمواج		٠,٤٠	٤٢٥	٤٥	٦٠ (٧٠)

* في حالة استخدام أسمنت خبث الأفران العالية (CEM III/B،CEM III/A) يسمح بتخفيض الحد الأدنى للمقاومة المميزة بمقدار ٢,٥ ن/مم٢ وتخفيض الحد الأدنى لمحتوى الأسمنت بمقدار ٣٥ كجم/م٣ وزيادة الحد الأقصى لنسبة الماء: الأسمنت بمقدار ٠,٠٢٥

وفى حالة الخرسانة العادية يتم زيادة الحد الأقصى لنسبة الماء: الأسمنت ب مقدار٠,٠٢٥ ويقل الحد الأدنى لمحتوى الأسمنت بمقدار ٥٠ كجم/ م٣ ويقل الحد الأدنى للمقاومة المميزة بمقدار ٥,٠ ن/ مم٢ عن الحدود المذكورة.

**قيم الغطاء الخرساني الموضحة بين الأقواس خاصة بالخرسانة سابقة الإجهاد. ويجب مراعاة الحد الأدنى لسمك الغطاء الخرساني الوارد بالبند (٢-٣-٤-٤).

٢-٣-٤-٢-١٣ المتطلبات الخاصة بالخرسانة المعرضة للمهاجمة بالكبريتات

- تهاجم الكبريتات (الموجودة في المياه الجوفية أو التربة أو الناتجة من استخدام المنشأ) الخرسانة وتؤدى إلى تشرخها وتدهورها ونقص مقاومتها.
- يجب الالتزام بالمتطلبات الواردة بجدول (٢-٢٤) لتحسين تحمل الخرسانة مع الزمن في حالة تعرضها للمهاجمة بالكبريتات وفقاً لنسب تركيز أملاح الكبريتات الموضحة بالجدول.
- في الظروف القاسية مثل القطاعات الصغيرة المعرضة لضغط مائي من جانب واحد أو التي تتعرض للبلل والجفاف فإنه يلزم تقليل نسبة الماء للأسمنت عن الحدود الواردة في الجدول لتحقيق أقل نفاذية ممكنة مع الالتزام بالقوام المطلوب للخرسانة الطازجة.

جدول (٢-٢٤) متطلبات حماية الخرسانة المعرضة لمهاجمة الكبريتات

تركيز الكبريتات في صورة رابع أكسيد الكبريت SO_4			نوع الأسمنت*	الحد الأدنى لمحتوى الأسمنت (كجم/م٣)			الحد الأقصى لنسبة الماء: الأسمنت	الحد الأدنى لمقاومة الضغط (ن/ مم٢)
في التربة		في الماء الأرضي		المقاس الحبيبي الأكبر (D) (مم)				
الكلى (%)	في مزيج من الماء والتربة بنسبة ١:٢ (جم / لتر)	(جزء في المليون) **		٣٢	٢٠	١٠		
٠,٢ ≤	١,٠ ≤	٣٠٠ ≤	CEM I	٣٢٥	٣٥٠	٣٥٠	٠,٥٢	-
٠,٢ < ٠,٣٥ ≤	١,٠ < ١,٥ ≤	٣٠٠ < ٥٠٠ ≤	CEM I	٣٥٠	٣٧٥	٣٧٥	٠,٥٠	٢٥
		٥٠٠ < ٧٠٠ ≤	CEM I-SR5					
٠,٣٥ < ٠,٥٠ ≤	١,٥ < ١,٩ ≤	٧٠٠ < ١٢٠٠ ≤	CEM I-SR5	٣٥٠	٣٧٥	٣٧٥	٠,٤٥	٣٠
٠,٥ < ١,٠ ≤	١,٩ < ٣,١ ≤	١٢٠٠ < ٢٥٠٠ ≤	CEM I-SR3	٣٧٥	٤٠٠	٤٠٠	٠,٤٢٥	٣٥
١,٠ < ٢,٠ ≤	٣,١ < ٥,٦ ≤	٢٥٠٠ < ٥٠٠٠ ≤	CEM I-SR3 + عزل	٤٢٥	٤٢٥	٤٢٥	٠,٤٠	٤٠
٢,٠ <	٥,٦ <	٥٠٠٠ <	CEM III/B-SR + عزل	٤٥٠	٤٥٠	٤٥٠	٠,٣٧٥	٤٥

* جميع رتب الأسمنت ٤٢,٥

** في حالة وجود كبريتات مغنسيوم بتركيز رابع أكسيد الكبريت أكبر من ١٢٠٠ جزء في المليون يستخدم أسمنت خبث الأفران العالية CEM III/B-SR أو الأسمنت المقاوم للكبريتات CEM I-SR3 وتكون نسبة الماء إلى الأسمنت القصوى ٠,٣٥ ومقاومة الضغط الدنيا ٥٥ ن/ مم٢ ويكون العزل ذو صفة دائمة.

٢-٣-٤-٢-١٤ المتطلبات الخاصة بالخرسانة المعرضة للوسط الحمضي والغازات الحمضية

في حالة تعرض الخرسانة لظروف حمضية ذات أس هيدروجيني (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 الغطاء الخرساني واستخدام دهانات أو تغطيات مناسبة واقية من الأحماض مثل الإيبوكسيات المقاومة

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء National Housing & Building Research Center Since 1954

للأحماض، وذلك في حالتي استخدام أسمنت بورتلاندى CEM I أو أسمنت بورتلاندى مقاوم للكبريتات (CEM I-SR3، CEM I-SR5). بينما استخدام أسمنت خبث الأفران العالية (CEM III/A، CEM III/B) يُحسن من المقاومة للأحماض. ويلزم في حالة نقص pH عن ٥,٥ استخدام دهانات أو تغطيات مناسبة واقية من الأحماض. وفى حالة المنشآت التي تكون في بيئة بها غازات مؤكسدة تؤدى إلى وسط حامضي مثل أكاسيد النيتريك المتصاعدة من مصانع السماد فيجب استخدام أسمنت خبث الأفران العالية CEM III بمحتوى لا يقل عن ٤٠٠ كجم/م^{٣} ولا تزيد نسبة الماء للأسمنت على ٠,٤٠ ولايقل سمك الغطاء الخرساني عن ٥٠ مم ولا تقل مقاومة الضغط المميزة عن ٤٠ ن/ مم^{٢}.

٢-٣-٤-١٥-٢ المتطلبات الخاصة بالخرسانة المعرضة للتجمد والذوبان

يمكن تحسين خاصية تحمل الخرسانة مع الزمن للعناصر الخرسانية التي قد تتعرض لظاهرة التجمد والذوبان باستعمال إضافات الهواء المحبوس، ويتحدد المعدل المطلوب من هذا الهواء المحبوس والتعديلات اللازمة في نسب مكونات الخلطات الخرسانية بمعرفة المهندس الاستشاري، وبالاسترشاد بالبيانات الخاصة بهذه الإضافات وعلى ضوء نتائج التجارب المختبرية، وفيما يلي قيم استرشادية لمتوسط محتوى الهواء المحبوس بالحجم للخلطة الخرسانية الطازجة وقت صب الخرسانة:

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

٢-٣-٤-٣ الخرسانة المعرضة لظروف البري والتآكل

٢-٣-٤-٣-١ عام

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

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

٢-٣-٤-٣-٢ اشتراطات الحصول على خرسانة مقاومة للبرى والتآكل

أ. استخدام خرسانة ذات رتبة مناسبة لا تقل عن ٣٠ ن/مم^{٢} وذلك باتباع ما يلي:

١. نسبة ماء / أسمنت لا تزيد على ٠,٥.

٢. تدرج جيد للركام وبحيث لا يزيد المقاس الاعتباري الأكبر على ٢٥ مم.

٣. وفى حالة الخرسانة المستخدمة في رصف الطرق والمطارات وفى المنشآت البحرية يجب التأكد من استيفاء الحدود المسموح بها في جدول (٢-١) من حيث مقاومة الركام للتشظي (معامل لوس انجلس) ومعامل الصدم.

٤. لا يزيد هبوط الخرسانة (Slump) على ٧٥ مم.

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

٦. لا يزيد محتوى الهواء المحبوس على ٣ %.

ب. في حالة الأسطح الخرسانية المعرضة للظروف القاسية (حركة مركبات النقل الثقيل أو النحر والتآكل في المنشآت المائية والأنفاق وبغال الكباري) يجب عمل طبقة سطحية ذات مقاومة ضغط مميزة لا تقل عن ٣٥ ن/مم^{٢} وألا يزيد الهبوط على ٢٥ مم، واستخدام ركام ذو مقاس اعتباري أكبر لا يزيد على ١٢ مم وأن يكون الركام وخاصة الركام الكبير مستوفياً للاشتراطات الواردة بالجدول رقم (٢-١).

ج. العناية بتشطيب سطح الخرسانة وذلك عن طريق تأخير زمن دمك وتسوية سطح الخرسانة حتى تفقد المياه السطحية (ماء النضح).

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

هـ. يمكن استخدام تغطيات (Topping) للأسطح في الظروف القاسية ويرجع في ذلك إلى المواصفات الفنية لمادة التغطية.

و. المعالجة الجيدة للخرسانة لمدة لا تقل عن ٧ أيام متواصلة وتبدأ مباشرة بعد الوصول لزمن الشك النهائي للأسمنت طبقاً لنتائج الاختبارات القياسية على الأسمنت المستخدم.

٢-٣-٤-٤ تحمل الخرسانة للحريق

يُعبر عن تحمل العناصر الخرسانية للحريق بالفترة الزمنية التي يقاوم فيها العنصر الخرساني الحريق -قبل حدوث التفكك أو الانهيار-طبقاً للاختبارات القياسية. وعند تصميم العناصر الخرسانية لتحمل الحريق يجب أن يكون هذا الكود أساسا للتصميم.

وفى نطاق هذا الكود تجدر الإشارة إلى محددات رئيسية يجب أخذها كاعتبارات خاصة لزيادة تحمل العناصر الخرسانية للحريق، ومن أهم هذه المحددات ما يلي:

- نوع وأبعاد العنصر الخرساني.
- غطاء وحماية أسياخ التسليح.
- نوع الخرسانة وطبيعة الركام.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1964

- نوع التسليح وطبيعة الصلب وترتيب الأسياخ داخل العنصر الخرساني.
- أسلوب الإنشاء وطبيعة المنشأ.
- ظروف التحميل ومستوي الإجهاد على العنصر الخرساني.
- نوع المواد المشتعلة في الحريق (الحمل الحراري).
- ظروف التعرض للحريق داخل المبنى.
- الظروف البيئية المحيطة.

وبصفة عامة فإنه يلزم أخذ هذه العوامل الرئيسية في الاعتبار لتحقيق تحمل الخرسانة للحريق في كل عنصر من عناصر المبني لكي يتلاءم مع طبيعة استعماله. ويمكن الاسترشاد في هذا الشأن بالبيانات الواردة في الجداول من (٢-٢٥) إلى (٢-٢٩) لتحقيق تحمل الخرسانة الآمن 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 العنصر للحريق.

ويعتبر سمك الغطاء الخرساني من أهم العوامل التي تؤثر في فترة تحمل العناصر الخرسانية المسلحة للحريق، ويوفر الغطاء الخرساني الذي لا يقل عن ٣٠ مم للبلاطات والكمرات الخرسانية المسلحة حماية جيدة تصل إلى ساعتين، وتزيد الحماية لفترات أطول بزيادة سمك الغطاء الخرساني.

٢-٣-٤-١ البلاطات

يؤخذ سمك الغطاء الخرساني للبلاطات المسلحة طبقا للقيم الواردة بجدول (٢-٢٥). وهذه القيم تعتبر مناسبة للبلاطات ذات الاتجاه الواحد أو البلاطات ذات الاتجاهين والتي تم صبها في الموقع أو البلاطات سابقة الصب أو البلاطات المفرغة المصبوبة ميليئيا بحيث يكون سطحها السفلي مستوياً.

٢-٣-٤-٢ الكمرات

يؤخذ السمك الأدنى للغطاء الخرساني لصلب تسليح الكمرات المسلحة المستمرة أو البسيطة استرشادا بالقيم المذكورة في جدول (٢-٢٦). وهي القيم التي يمكن أن تحقق تحمل الخرسانة للحريق لمدد تتراوح بين ساعة إلى ٤ ساعات.

جدول (٢-٢٥) الحد الأدنى لسمك البلاطة وسمك الغطاء الخرساني بالمليمتر للبلاطات

نوع الركام	سمك الغطاء الخرساني للتحمل للحريق * (مم)				
	ساعة	١,٥ ساعة	٢ ساعة	٣ ساعات	٤ ساعات
	سمك البلاطة لا يقل عن ١٢٠مم			سمك البلاطة لا يقل عن ١٥٠مم	
خرسانة مسلحة					
سيليسي	٢٠	٢٥	٣٠	٤٠	٥٠
كربوناتي أو متوسط الوزن	٢٠	٢٠	٢٥	٣٠	٤٠
خرسانة سابقة الإجهاد					
سيليسي	٣٠	٤٠	٤٥	٦٠	٧٥
كربوناتي أو متوسط الوزن	٢٥	٣٥	٤٠	٥٥	٦٥

*يجب الأخذ في الاعتبار الحد الأدنى لسمك الغطاء الخرساني بالجداول (٢-٢١) إلى (٢-٢٣).

جدول (٢-٢٦) الحد الأدنى لعرض الكمرة وسمك الغطاء الخرساني بالمليمتر للكمرات المسلحة

حالة الكمرة	العرض الأدنى للكمرة (مم) / المدة	سمك الغطاء الخرساني للتحمل للحريق* (مم)				
		ساعة	١,٥ ساعة	٢ ساعة	٣ ساعات	٤ ساعات
كمرات مستمرة	١٢٠	٢٥	٢٥	----	----	----
	١٨٠	٢٥	٢٥	٣٠	----	----
	٢٥٠ فأكثر	٢٥	٢٥	٣٠	٤٠	٥٠
كمرات بسيطة الارتكاز	١٢٠	٢٥	----	----	----	----
	١٨٠	٢٥	٢٥	----	----	----
	٢٥٠ فأكثر	٢٥	٢٥	٣٥	٤٥	٦٠

*يجب الأخذ في الاعتبار الحد الأدنى لسمك الغطاء الخرساني بالجداول (٢-٢١) إلى (٢-٢٣).

٢-٣-٤-٣-٤ الكمرات الخرسانية سابقة الإجهاد

يؤخذ السمك الأدنى للغطاء الخرساني لصلب تسليح الكمرات سابقة الإجهاد المستمرة أو البسيطة استرشادا بالقيم المذكورة في جدول (٢-٢٧). وهي القيم التي يمكن أن تحقق تحمل الخرسانة للحريق لمدد تتراوح بين ساعة إلى ٤ ساعات.

جدول (٢-٢٧) الحد الأدنى لسمك الغطاء الخرساني بالملليمتر للكمرات سابقة الإجهاد

حالة الكمرة	نوع الركام	مساحة المقطع×١٠*٤ (مم٢)	سمك الغطاء الخرساني للتحمل للحريق (مم) **			
			ساعة	١,٥ساعة	٢ساعة	٣ ساعات	٤ ساعات
كمرات مستمرة	كل الأنواع	١٠≤ س ≤٢,٦	٤٠	٤٠	٤٠	٦٥	----
	كربوناتي أو سيليسي	٢٠≤ س ≤١٠	٤٠	٤٠	٤٠	٥٥	٧٠
		س ≤٢٠	٤٠	٤٠	٤٠	٤٥	٦٠
	متوسط الوزن	س ≤١٠	٤٠	٤٠	٤٠	٤٥	٦٠
كمرات بسيطة الارتكاز	كل الأنواع	١٠≤ س ≤٢,٦	٤٠	٤٥	٦٥	----	----
	كربوناتي أو سيليسي	٢٠≤ س ≤١٠	٤٠	٤٥	٦٥	----	----
		س ≤٢٠	٤٠	٤٥	٥٥	٦٥	٧٥
	متوسط الوزن	س ≤١٠	٤٠	٤٥	٥٥	٦٥	٧٥

*س = مساحة مقطع الكمرة

**يجب الأخذ في الاعتبار الحد الأدنى لسمك الغطاء الخرساني بالجداول (٢-٢١) إلى (٢-٢٣).

٢-٣-٤-٤ الأعمدة

يؤخذ الحد الأدنى للبعد الأصغر للعمود وكذلك السمك الأدنى للغطاء الخرساني لصلب تسليح الأعمدة طبقا للقيم الواردة بجدول (٢-٢٨). وهي القيم التي يمكن أن تحقق تحمل الخرسانة للحريق لمدد تتراوح بين ٣٠ دقيقة الي ٤ ساعات.

٢-٣-٤-٥ الحوائط

يؤخذ الحد الأدنى لسمك الحائط الخرساني وكذلك السمك الأدنى للغطاء الخرساني لصلب تسليح الحوائط طبقا للقيم الواردة بجدول (٢-٢٩). وهي القيم التي يمكن أن تحقق تحمل الخرسانة للحريق لمدد تتراوح بين ٣٠ دقيقة الي ٤ ساعات.

جدول (٢-٢٨) الحد الأدنى للبعد الأصغر للعمود وسمك الغطاء الخرساني بالملليمتر

نوع الركام		زمن التحمل للحريق					
		٣٠ دقيقة	١ ساعة	١,٥ ساعة	٢ ساعة	٣ ساعات	٤ ساعات
البعد الأصغر للعمود (مم)	كربوناتي	٢٠٠	٢٠٠	٢٥٠	٢٥٠	٣٠٠	٤٠٠
	سيليسي	٢٠٠	٢٠٠	٢٥٠	٣٠٠	٤٠٠	٤٥٠
	متوسط الوزن	٢٠٠	٢٠٠	٢٥٠	٢٥٠	٣٠٠	٤٠٠
سمك الغطاء الخرساني لكل أنواع الركام (مم)*		٢٠	٢٥	٣٥	٤٠	٤٥	٥٠

*يجب الأخذ في الاعتبار الحد الأدنى لسمك الغطاء الخرساني بالجداول (٢-٢١) إلى (٢-٢٣).

جدول (٢-٢٩) الحد الأدنى لسمك الحائط وسمك الغطاء الخرساني بالملليمتر

نسبة التسليح μ		زمن التحمل للحريق					
		٣٠ دقيقة	١ ساعة	١,٥ ساعة	٢ ساعة	٣ ساعات	٤ ساعات
سمك الحائط (مم)	μ < %٠,٤	١٥٠	١٥٠	٢٠٠	---	---	---
	%١>μ >%٠,٤	١٥٠	١٥٠	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	٢٥٠
	μ > %١	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠	٢٥٠	٢٥٠
سمك الغطاء الخرساني لجميع نسب التسليح (مم) *		٢٠	٢٠	٢٥	٢٥	٣٠	٣٠

*يجب الأخذ في الاعتبار الحد الأدنى لسمك الغطاء الخرساني بالجداول (٢-٢١) إلى (٢-٢٣).

كما يجب مراعاة ما يلي:

أ. إذا زاد سمك الغطاء الخرساني خارج الكانات على ٤٠ مم فقد ينفصل الغطاء الخرساني، 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.

ب. عند حماية الخرسانة بطبقة من البياض يمكن أخذ سمك طبقة البياض كغطاء خرساني إضافي مكافئ مع الالتزام بما ورد في البند (١) وذلك على النحو التالي:

١. ٠,٦ من سمك طبقة البياض الفعلي في حالة البياض من المونة الأسمنتية أو ما قد يعلوها من طبقة مصيص.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1964

٢. ٢٥ مم بحد أقصى في حالة البياض بعازل خفيف الوزن كالفرميكوليت أو البرليت.

٣. يمكن استخدام الدهانات الواقية من الحريق وذلك لتقليل أثر الحريق على الخرسانة لحماية العناصر الخرسانية من الحريق ويجب التأكد من جودة الدهانات وفاعليتها وذلك بإجراء الاختبارات اللازمة.

٤. يجب على المهندس الاستشاري فحص المنشأ الذي تعرض للحريق وإجراء الاختبارات اللازمة للوقوف على حالة العناصر الخرسانية التي تعرضت للحريق وعمل التحليل الإنشائي المناسب والدراسات والإصلاحات والاحتياطات اللازمة للتأكد من أن هذه العناصر الخرسانية تتحمل الأحمال المنقولة إليها بأمان

٢-٤ أسس تصميم الخلطات الخرسانية

٢-٤-١ اعتبارات عامة

يهدف تصميم الخلطات الخرسانية إلى تحديد أوزان المواد المكونة للمتر المكعب من الخرسانة من ماء وأسمنت وركام (وإضافات كيميائية أو معدنية إذا لزم الأمر)، ويؤخذ في الاعتبار ما يلي:

أ. اختيار نوعية المواد التي تحقق متطلبات الخرسانة الطازجة وتلائم ظروف الصب وتحقق متطلبات الخرسانة المتصلدة وتحملها مع الزمن ومتطلبات الاستدامة ما أمكن.

ب. تعيين خواص المواد المستخدمة والتأكد من صلاحيتها وتحقيقها لاشتراطات المواصفات القياسية والكود

ج. تحديد قوام الخرسانة المناسب بناء على أبعاد وتسليح العناصر الإنشائية وأسلوب التنفيذ

د. تحديد نسبة الماء إلى الأسمنت القصوى ومحتوى الأسمنت الأدنى ونوع الأسمنت والحد الأدنى للمقاومة المميزة للخرسانة والتي تحقق متطلبات التحمل للظروف الكيميائية والميكانيكية المتوقع أن تتواجد بها الخرسانة

هـ. تحديد مقاومة الخرسانة المستهدفة التي تصمم على أساسها الخلطة الخرسانية والتي تحقق المقاومة المميزة للتصميم الإنشائي والمقاومة الدنيا اللازمة لتحمل الخرسانة مع الزمن.

٢-٤-٢ متطلبات تصميم الخلطات الخرسانية

يتم تصميم الخلطات الخرسانية بحيث تحقق كلاً من:

- متطلبات الخرسانة للتحمل مع الزمن.
- متطلبات مقاومة الخرسانة للضغط.
- قوام وقابلية التشغيل المناسبة لطبيعة تنفيذ الخرسانة.

٢-٤-٢-١ متطلبات التحمل مع الزمن

يجب عند تصميم الخلطات الخرسانية استيفاء جميع متطلبات تحمل الخرسانة مع الزمن بند (٢-٣-٤).

٢-٤-٢-٢ 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:

$$f_m = f_{cu} + M \qquad \text{Eq. [2-11]}$$

ويُحسب هامش أمان تصميم الخلطة الخرسانية من العلاقة الآتية:

$$M = K \times S \qquad \text{Eq. [2-12]}$$

حيث:

M = هامش الأمان

K = ثابت إحصائي يُحدد طبقاً لتعريف مقاومة الضغط المميزة f_{cu} بالكود، (بند٢-٣-٢-١) ويساوى 1.64 (الثابت المقابل لاحتمال قدره ٥% بأن تقل قيمة نتائج اختبارات المقاومة عن المقاومة المميزة).

S = الانحراف المعياري لنتائج اختبارات المقاومة لخلطات سبق للمقاول صبها.

- في حالة توافر بيانات إحصائية من نتائج ٤٠ اختبار مقاومة متتابع على الأقل على خلطات مماثلة ولم يمر عليها أكثر من ١٢ شهر (استعملت فيها نفس المواد المزمع استعمالها وأنتجت تحت نفس الظروف المزمع تطبيقها وذات مقاومة مميزة في حدود ± ٥ ن/مم^2) يتم استخدام الانحراف المعياري المحسوب لهذه النتائج على أنه الانحراف المعياري التصميمي بحيث لا يقل هامش الأمان (M) عن الحدود المذكورة في الجدول رقم (٢-٣٠). وفى حالة عدم توافر مثل هذه البيانات تحدد قيمة هامش الأمان طبقا للجدول (٢-٣٠)
- يمكن أن يتم تعديل المقاومة المتوسطة المستهدفة f_m للخلطة أثناء تقدم العمل عند توافر ٤٠ نتيجة اختبار أو أكثر على ضوء نتيجة الانحراف المعياري التي انتهى إليها التحليل الإحصائي لهذه النتائج على أن تراعى الحدود الدنيا لهامش الأمان.

وعلى المصمم مراعاة تحديد نسبة الماء للأسمنت التي تحقق المقاومة المستهدفة عند كل تعديل والتي تكون أساساً لتحديد باقي مكونات الخلطة.

جدول (٢-٣٠) الحد الأدنى لهامش أمان تصميم الخلطة الخرسانية (M)

البيانات الإحصائية المتوفرة	الحد الأدنى لهامش أمان تصميم الخلطة الخرسانية (M)للقيم المختلفة للمقاومة المميزة (f_{cu}) (ن/مم^2)		
	(f_{cu}) < ٢٠ ن/مم^2	٢٠ ≤(f_{cu})< ٤٠ ن/مم^2	(f_{cu}) ≥ ٤٠ ن/مم^2
توافر ٤٠ نتيجة اختبار مقاومة أو أكثر تحسب منها قيمة "s"	M = ١,٦٤ S *		
	M لا تقل عن٥,٥	M لا تقل عن٦,٠	M لا تقل عن٦,٥
عدم توافر نتائج اختبارات يعتمد عليها	M= ٨,٥	M =١٠	M= ٠,١(f_{cu})+ ٦

٢-٤-٣-٢ متطلبات القابلية للتشغيل

- يجب أن تكون الخرسانة ذات قوام وقابلية للتشغيل تتناسب مع نوع العناصر الإنشائية وأسلوب التنفيذ المتبع أثناء مراحل النقل والصب والدمك ويرجع في ذلك إلى بند خواص الخرسانة الطازجة (٢-٣-١).
- ويجب الأخذ في الاعتبار الزمن المتوقع من لحظة إضافة الماء إلى الأسمنت حتى تسوية السطح بعد الصب كما في حالة الخرسانة الجاهزة، ويتم الرجوع إلى المواصفات الفنية للخرسانة الجاهزة (بند ٢-٥).
- كما يلزم مراعاة الظروف البيئية التي تنفذ فيها الخرسانة والتي تؤثر على خواصها الطازجة وخاصة الخرسانة المنفذة في الأجواء الحارة (بند ٢-٦).

٢-٤-٣ الخلطات التجريبية والتأكيدية الإلزامية

يجب قبل اعتماد الخلطة أن يتم تجربتها بالمعمل للتأكد من تحقيق الخرسانة للخواص المطلوبة وكذلك لإتاحة الفرصة للمصمم 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.

٢-٤-٣-١ خلطات تجريبية بالمعمل

على مصمم الخلطة عمل خلطات تجريبية معملية بنفس المواد التي ستستعمل بالموقع وذلك للتأكد من الحصول على قوام الخرسانة المطلوب وتحقيق مقاومة الضغط المتوسطة المستهدفة f_m ومتطلبات التحمل مع الزمن. ويشترط لاعتماد تصميم الخلطة بعد إجراء الخلطات التجريبية المعملية، تقديم ما يلي من بيانات:

١. قيم المقاومة المميزة والمقاومة المتوسطة المستهدفة وهامش الأمان التي استخدمت في تصميم الخلطة.

٢. خواص الأسمنت والإضافات والركام المستخدم بالخلطة (ونوع وخواص الإضافة إذا استعملت).

٣. وزن مكونات الخلطة الخرسانية اللازمة لإنتاج متر مكعب من الخرسانة على أن يكون الركام في حالة تشبع داخلي بالماء مع جفاف السطح، وبالتالي تكون كمية الماء الموجود بالخلطة متاحة للتفاعل مع الأسمنت.

٤. هبوط الخلطة التجريبية.

٥. متوسط نتائج المقاومة للخلطات التجريبية ومقارنة النتائج عند عمر ٢٨ يوماً بالمقاومة المتوسطة المستهدفة.

٢-٤-٣-٢ الخلطات التأكيدية الإلزامية للمقاومة

على منتج الخرسانة – بالموقع أو بمصنع الخرسانة الجاهزة وتحت إشراف استشاري المشروع -أن يجرى خلطة تأكيدية من الخرسانة باستخدام نفس المواد المزمع استعمالها (التي تم توريدها فعليا بالموقع)، وباستخدام نفس نسب الخلط التي حصل عليها من الخلطة التصميمية. وبحجم وظروف الإنتاج كاملة، ويتم قياس التشغيلية للخلطة وتعد تسعة مكعبات على الأقل من الخلطة وتعالج وتختبر طبقاً للطريقة الواردة بدليل الاختبارات المعملية (الملحق الثالث لهذا الكود)، (وفى حالة وجود نص خاص بمواصفات المشروع فيجب اتباعه).

تختبر المكعبات عند عمر ٢٨ يوماً، ويمكن أن تختبر ثلاثة منها عند عمر مبكر إذا لزم الأمر (٣ أو ٧ أيام).

ويجب أن تحقق نتائج الاختبار ما يلي:

١. ألا يقل متوسط مقاومة الضغط بعد ٢٨ يوماً (لعدد ٦ مكعبات) عن ٩٥ % من متوسط مقاومة الضغط المستهدفة (والتي حققتها الخلطة التجريبية بالمعمل). وبحيث لا يقل عن:
   - المقاومة المميزة + ٥,٥ ن/مم٢ للخرسانة ذات المقاومة المميزة أقل من ٢٠ ن/مم٢.
   - المقاومة المميزة +٦ ن/مم٢ للخرسانة ذات المقاومة المميزة من ٢٠ ن/مم٢ وأقل من ٤٠ ن/مم٢.
   - المقاومة المميزة +٦,٥ ن/مم٢ للخرسانة ذات المقاومة المميزة تساوى أو أكبر من ٤٠ ن/مم٢.

   (أي تحقق الحد الأدنى لهامش الأمان الموضح بالجدول (٢-٣٠)).

٢. يجب ألا تقل مقاومة أي مكعب منفرد عن ١,٠٥ من قيمة المقاومة المميزة.

٣. لا يزيد الفرق بين أكبر مقاومة للمكعب وأصغرها على ١٠% من متوسط الاختبار.

٢-٤-٣-٣ خلطات تأكيدية إضافية

إذا ما رأت الجهة المشرفة على التنفيذ أن هناك حاجة لخلطات تأكيدية أثناء التنفيذ، أو قبل عمل تغييرات جوهرية في المواد أو نسب الخلط، يلتزم المقاول (المتعهد) أو منتج الخرسانة بإجراء هذه الخلطات. ويراعى أن يستبعد من طلب هذه الخلطات تعديل النسب الذي يشمله برنامج ضبط الجودة بغرض التغيير في الحدود الدنيا للمقاومة وصولاً للمتوسط المستهدف. كما لا تتضمن هذه الخلطات حالات التأكد من المحتوى الأدنى للأسمنت أو النسبة القصوى من

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

الماء الحر إلى الأسمنت. كذلك لا يدخل ضمن هذه الإجراءات الاختبارات الدورية الروتينية لضبط الجودة والمشار إليها في البند (٨-٦).

٢-٤-٤ أسس تقييم الخلطات الخرسانية

يتم تقييم الخرسانة الطازجة والمتصلدة طبقاً لما هو وارد بالباب الثامن بهذا الكود.

٢-٥ الاشتراطات الخاصة للخرسانة الجاهزة

يجب الرجوع إلى المواصفات الفنية للخرسانة الجاهزة الصادرة من المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء وذلك لتحديد المتطلبات الخاصة بالخرسانة الجاهزة. حيث توضح هذه المواصفات كيفية اختيار المواد المستخدمة في الإنتاج وخواصها وأيضاً تصميم الخلطة الخرسانية وفقاً لمتطلبات المشترى وذلك لضمان إنتاج خرسانة جاهزة ذات جودة عالية ومطابقة في الخواص لما يحدده المشترى. ولا تغطى هذه المواصفات صب أو دمك أو معالجة أو وقاية الخرسانة بعد تسليمها للمشترى.

كما تختص هذه المواصفات بنظام تأكيد وضبط الجودة في محطات الخلط والاشتراطات الفنية لمحطات خلط الخرسانة الجاهزة ونظم التقييم بالإضافة إلى اشتراطات البيئة والسلامة المهنية بمحطات الخلط.

٢-٦ الاشتراطات الخاصة لخرسانة الأجواء الحارة

يجب الرجوع إلى المواصفات الفنية لصناعة الخرسانة في الأجواء الحارة الصادرة من المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء لتحديد الاشتراطات الخاصة بخرسانة الأجواء الحارة. حيث تغطى هذه المواصفات الجوانب الفنية التالية:

أ. مناخ جمهورية مصر العربية وتعريف الجو الحار.

ب. المشكلات الأساسية لخرسانة الجو الحار في حالتها الطازجة والمتصلدة.

ج. العوامل والظروف المحيطة المؤثرة على خواص الخرسانة الطازجة والمتصلدة في الأجواء الحارة. ونظراً لاختلاف أسس تصميم الخلطات الخرسانية في الأجواء الحارة عن الأجواء العادية فقد أولت هذه المواصفات عناية خاصة بطرق اختيار المواد وأسس تصميم الخلطات الخرسانية.

د. صناعة الخرسانة في الأجواء الحارة والاشتراطات الخاصة بطرق تشوين المواد والخلط والنقل والشدات وطرق الصب والدمك وعمليات تشطيب الخرسانة وطرق المعالجة المختلفة.

هـ. أسلوب ضبط وتأكيد الجودة لخرسانة الأجواء الحارة وذلك لضمان الحصول على خرسانة تحقق كلا من المقاومة المطلوبة والتحمل مع الزمن.

و. الأنظمة المختلفة للتبريد.

الباب الثالث

اعتبارات عامة في تصميم القطاعات

٣-١ طرق التصميم

يتناول هذا الباب أسس تصميم القطاعات الخرسانية نتيجة لتأثير الأحمال والأفعال الواقعة على المنشأ، والتي تضمن أن يحقق المنشأ في أجزائه المختلفة ومجموعاته كوحدة متكاملة، وطبقاً للأسس الإحصائية متطلبات 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 طريقة حالات الحدود Limit States Design Method في تصميم المنشآت الخرسانية.

٣-١-١ طريقة حالات الحدود

يتم 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 الحدود بند (٣-٢-١-١) ويؤخذ عند حساب هذه الحدود كافة العوامل التي تؤثر سلبياً على مقدرة المنشأ في مقاومة الأحمال والناتجة عن عوامل تخفيض لمقاومات المواد والتفاوتات المقبولة سواء في التنفيذ أو في الحسابات، على ألا يتجاوز ذلك الحدود المسموح بها. الفروض الأساسية والاعتبارات العامة.

ويمكن تحديد حالات الحدود على النحو التالي:

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، والناتجة 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 (٤-٦) 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:

٣-١-١-٣-أ- حالات حدود التشكل والترخيم Deformation and Deflection Limit States

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

٣-١-١-٣-ب- حالات حد التشرخ **Cracking Limit States**

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

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 لا تزيد على ٥ % وذلك بناءً على نتائج وبيانات إحصائية. وتؤخذ هذه الأحمال طبقاً للكود المصري لحساب الأحمال والقوى 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. في العناصر المعرضة لأحمال حية والتي يمكن فيها إهمال تأثير أحمال الرياح والزلازل يؤخذ الحمل الأقصى:

U=1.40 D.L. + 1.60 L.L. Eq.[3-1]

حيث:

D = الأحمال الدائمة Dead Loads

L = الأحمال الحية Live Loads

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

U=1.50 (D.L. + L.L.) Eq.[3-2]

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

U=1.40 D.L. + 1.60 (E+L.L.) Eq.[3-3]

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 القيمة 1.60E في المعادلات (٣-٣)، (٣-٧) بالقيمة 1.40E.

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

U=0.8 (1.40 D.L. + 1.6 L.L. + 1.6 W.L.) Eq.[3-4]

U=1.12 D.L. + α L.L. + S Eq.[3-5]

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 القوي في الأعمال الإنشائية وأعمال المباني رقم (٢٠١) وتعديلاته.

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

α = 0.25 في المباني السكنية.

α = 0.50 في حالة المنشآت والمباني العامة مثل المخازن غير الرئيسية والأسواق التجارية والمدارس والمستشفيات والمسارح وجراجات السيارات الملاكي..... الخ.

α = 1.00 في حالة الصوامع وخزانات المياه والمنشآت المحملة بأحمال حية لفترات طويلة ومتصلة (المكتبات والمخازن الرئيسية وجراجات عربات الركوب والعربات السياحية والأتوبيسات ..... الخ).

٥. في حالات التحميل التي يؤدي فيها خفض الأحمال الدائمة إلي زيادة قيمة الأفعال القصوى في بعض القطاعات يؤخذ معامل الأحمال الدائمة (٠,٩٠).

٦. في حالة ما إذا كانت الأحمال الدائمة تزيد من ثبات المنشأ تُستبدل الأحمال القصوى في المعادلات الواردة في البنود (١، ٣، ٤) السابقة بما يلي على التوالي:

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

Eq.[3-6]

$$U=0.90\ D.L.$$

Eq.[3-7]

$$U=0.90\ D.L.+1.60\ E$$

Eq.[3-8]

$$U=0.90\ D.L.+1.30\ W.L.$$

Eq.[3-9]

$$U=0.90\ D.L.+S$$

٧. عند حساب تأثير تغييرات درجة الحرارة وفروق الهبوط والزحف والانكماش T يؤخذ الحمل الأقصى كما يلي:

Eq.[3-10]

$$U=0.80\ (1.40\ D.L.+1.60\ L.L.+1.40\ T)$$

بشرط ألا يقل عن:

Eq.[3-11]

$$U=1.40\ (D.L.+T)$$

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

٨. يمكن أن تُعامل الأحمال الديناميكية K على أساس حمل استاتيكى إضافي مكافئ ويؤخذ الحمل الأقصى كما يلي:

Eq.[3-12]

$$U=1.40\ D.L.+1.6\ L.L.+1.6\ K$$

مع مراعاة ما جاء في المعادلة (٣-٦).

ج. **قيم الأحمال والأفعال تحت تأثير احمال التشغيل للحالات التالية:**

- لحالات حدود التشغيل.
- للحالات التي تتطلب تصميم او تقييم التصرف الإنشائي لعناصر المنشأ تحت تأثير احمال التشغيل مستخدما في ذلك نظرية المرونة المعطاة في الملحق رقم ١ لهذا الكود

١. تُعتبر قيم الأفعال والأحمال الحسابية مساوية لقيم أحمال التشغيل بند (٣-٢-١-١-أ) وتؤخذ أحمال التشغيل التصميمية كما يلي:

Eq.[3-13-a]

$$W=D.L.+L.L.$$

Eq.[3-13-b]

$$W=D.L.+L.L.+W.L.$$

Eq.[3-13-c]

$$W=D.L.+\frac{\alpha L}{1.20}+\frac{S}{1.40}$$

٢. في حالات التحميل التي يؤدى فيها خفض الأحمال الدائمة إلى زيادة قيمة الأفعال القصوى في بعض القطاعات يؤخذ معامل الأحمال الدائمة التصميمية (٠,٩٠).

٣. في حالة ما إذا كانت الأحمال الدائمة تُزيد من ثبات المنشأ تؤخذ أحمال التشغيل كما يلي:

Eq.[3-14-a]

$$W=0.90\ D.L.$$

Eq.[3-14-b]

$$W=0.90\ D.L.+W.L.$$

Eq.[3-14-c]

$$W=0.90\ D.L.+\frac{S}{1.40}$$

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 سلبياً علي المقاومات القصوى للقطاعات المختلفة في الاعتبار، وتتمثل هذه العوامل في احتمالات الاختلافات البسيطة والتي تكون في حدود نسبة الخطأ المسموح بها إحصائياً في أبعاد القطاع ونوعيات الخرسانة والصلب المستعمل عن القيم التي تم التصميم على أساسها، وكذلك في الأخطاء البسيطة التي قد تنتج عن التقريب في العمليات الحسابية والافتراضات التقريبية في الحل، وتختلف قيم هذه المعاملات طبقاً لنوعية الأحمال المؤثرة (عزوم، قص، ألخ) وطبقاً لطبيعة الانهيار الخاصة به سواء من النوعية القصفة (Brittle) أو من النوعية المطيلة (Ductile) التي تعطي إنذارات مسبقة، وتختلف أيضاً طبقاً لأهمية العنصر في المنشأ. وتُعطى قيم هذه المعاملات كما يلي:

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 اللي.
- الارتكاز.
- التماسك.

كما يلي:

Eq.[3-15-a]

$$\gamma_c=1.50$$

Eq.[3-15-b]

$$\gamma_s=1.15$$

ب. في حالة عزوم الانحناء المصحوبة بقوى ضغط محورية (ضغط لا محوري) تؤخذ معاملات خفض المقاومة المميزة كما يلي:

Eq.[3-16-a]

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

Eq.[3-16-b]

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

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

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 يلي:

Eq.[3-17-a] $\gamma_c=1.00$

Eq.[3-17-b] $\gamma_s=1.00$

٣-٣ الأفعال الداخلية

أ. أحمال الانكماش: تؤخذ وفقاً للكود المصري للأحمال (كود ٢٠١)، كما تؤخذ الانفعالات الناتجة عن الانكماش وفقاً لبند (٢-٣-٣-٤).

ب. أحمال الحرارة: تؤخذ وفقاً لبند (٢-٣-٣-٣) والكود المصري للأحمال (كود ٢٠١).

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

الباب الرابع

تصميم العناصر الخرسانية المسلحة

بطريقة حالات الحدود

Limit States Design Method

٤-١ اعتبارات عامة

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

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 يفي حد المقاومة القصوى للقطاعات المعرضة لعزوم انحناء منفردة 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 وبالتالي تعتبر الانفعالات في صلب التسليح والخرسانة متناسبة مع بعدها عن محور الخمول، وذلك في كل العناصر عدا الكمرات العميقة فيكون توزيع الانفعالات لا خطيا.

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 التالي والخاص بشروط حالات حد التشرخ.

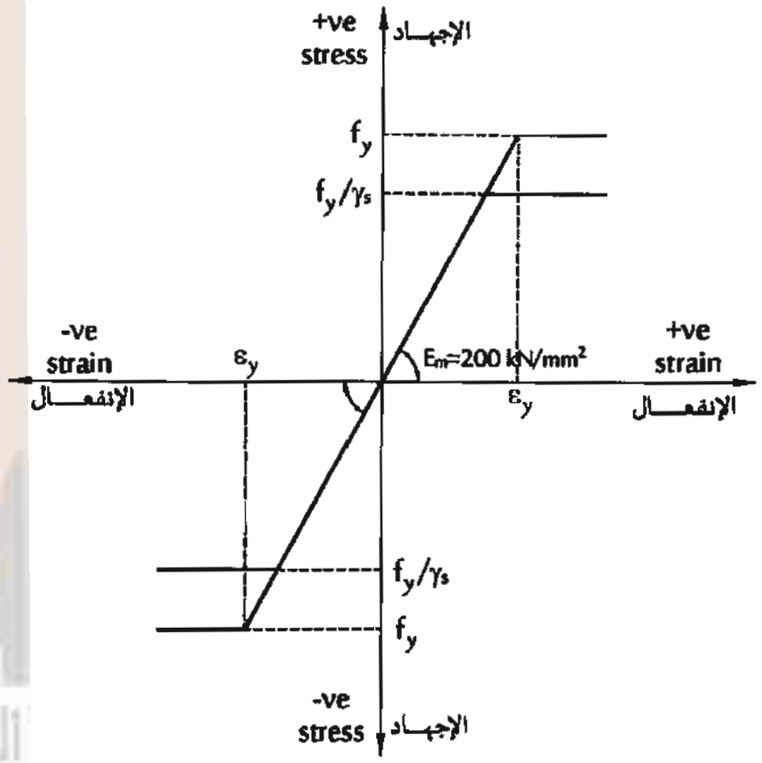
٣. أ-تؤخذ قيم f_y بما لا يزيد على ٤٢٠ ن/مم^2 للصلب ذي النتوءات المطابق للمواصفات القياسية المصرية (وللشبك الملحوم) ذي النتوءات الذي لا يزيد قطره على ١٠ مم ويطابق المواصفات القياسية المصرية.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

ب -إذا ثبت بالاختبارات أن إجهاد الخضوع f_y لأسياخ الصلب الأملس يزيد عن ٢٤٠ ن/مم^2 تؤخذ قيمة إجهاد الخضوع f_y الخاصة به بحد اقصى ٢٨٠ ن/ مم^2.

جـ-تؤخذ قيمة إجهاد الخضوع f_y للشبك الملحوم المسحوب على البارد بدون نتوءات (أملس) عند التصميم بما لا يزيد على ٣٠٠ ن/مم^2.

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



f_y= Reinforcement yield stress or proof stress
إجهاد الخضـوع أو إجهاد الضـمان للصـلب

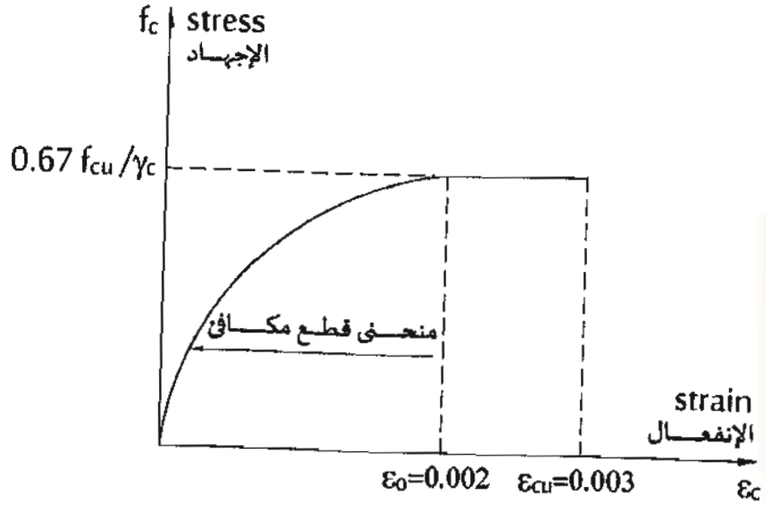
شكل (٤-١) المنحنى الاعتباري للإجهاد والانفعال لصلب التسليح

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

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

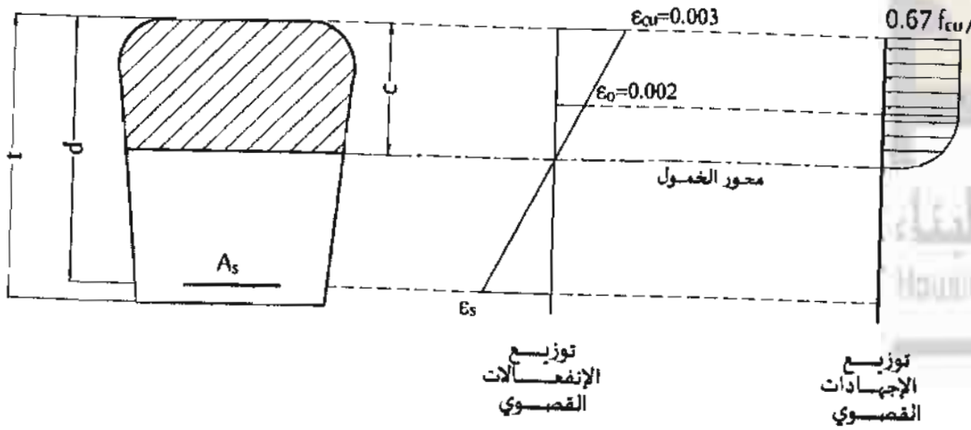
٧. يؤخذ الانفعال الأقصى للضغط في القطاعات الخرسانية مساوياً ε_{cu}=0.003 للعناصر المعرضة لعزم انحناء أو لانحناء مصحوب بقوى محورية تجعل جزءاً من القطاع معرضاً للشد بينما تؤخذ ε_{cu}=0.002 في القطاعات

المعرضة لقوى ضغط محورية عند مركز لدونة القطاع، حيث مركز لدونة القطاع هو النقطة التي إذا أثرت عندها قوى الضغط القصوى ينتج عنها انضغاطاً منتظماً في القطاع.



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

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

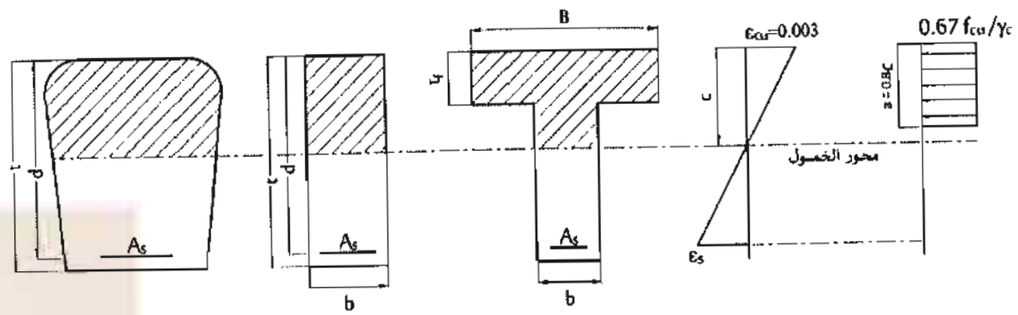


شكل (٤-٣) توزيع الانفعالات والإجهادات القصوى

٩. يمكن اعتبار متطلبات الفرضين (٦ ، ٧) السابقين مستوفاة في القطاعات المستطيلة والقطاعات التي على شكل T والقطاعات على شكل شبه منحرف ، كما هو موضح في شكل (٤-٤)، وذلك بفرض إجهاد ضغط الخرسانة موزعاً بالتساوي على منطقة مكافئة ومحددة بحافة الألياف المعرضة لأقصى انفعال في منطقة الضغط وبخط مواز لمحور الخمول ويبعد مسافة a = 0.8c من هذه الحافة ، حيث المسافة c هي بعد محور الخمول عن الحافة الأكثر

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

انضغاطاً، وتكون قيم إجـــهاد 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.بالنسبة للقطاعات المستديرة وكذلك القطاعات الأخرى غير المذكورة في الفقرة السابقة توزع الإجهادات القصوى في القطاع طبقاً لتوزيع الإجهادات القصوى المبينة في شكل (٤-٣). وكتوزيع مرادف يمكن استنتاج عمق المستطيل المكافئ لمثل هذه الحالات التي يستوفى فيها شروط تساوى مساحة المستطيل المكافئ ومساحة الإجهادات القصوى على أن ينطبق مركزا مساحتيهما.

١١.في حالة القطاعات المعرضـة لعزوم انحناء مزدوجة (Biaxial bending moments) وكذلك القطاعات المعرضـة لعزوم مزدوجة مصحوبة بقوة محورية، يتم توزيع الإجهادات القصوى في القطاع طبقاً لتوزيع الإجهادات القصوى المبينة في شكل (٤-٣). وكتوزيع مرادف يمكن استنتاج عمق المستطيل المكافئ طبقاً لما هو مبين في 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 بالكمرات المستطيلة والبلاطات المصمتة وكذلك بالنسبة للقطاعات على شكل T التي يقع محور الخمول فيها داخل سمك الشفة يحدد العزم الحدي الأقصى لمقاومة القطاع (Ultimate limit moment) من المعادلة:

$$M_u = \left(\frac{A_s \cdot f_y}{\gamma_s}\right)\left(d - \frac{a}{2}\right) \geq M_u(\text{applied}) \qquad \text{Eq. [4-1]}$$

ويتم حساب عمق المستطيل المكافئ a من العلاقة:

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

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

٤-٢-١-٢-ب-القطاعات ذات التسليح التوازني Balanced Section

يوجد حد فاصل بالنسبة للقطاعات ذات التسليح في ناحية الشد فقط (الحد التوازني) بين الانهيار القصفي المفاجئ (Brittle failure) والانهيار المطيل (Ductile failure) الذي يعطى إنذارات مسبقة. ويحدث هذا الحد عندما يبلغ انفعال الصلب المعرض لأقصى انفعال شد انفعالاً يساوى f_y/E_s في نفس اللحظـــــة التي يبلغ فيها انفعال الخرسانة قيمته القصوى والتي تساوى ε_{cu}=0.003 ؛ ولتلافي الوصول بتسليح القطاعات إلى الحد الفاصل المذكور - وفى ذلك ضمان لوجود ممطوليه (Ductility) كافية في العناصـــر - فإنه يلزم اتباع البيانات الواردة في البند التالي (٤-٢-١-٢-ج) والتي تحدد أقصى نسبة صلب مسموح بها في القطاع μ_{max} والعزوم القصوى المناظرة لها $M_{u\text{-}max}$، 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 في شكل (٤-١) تؤخذ قيمة اعتبارية لانفعال الخضوع لصلب التسليح ε_y/γ_s حيث:

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} \qquad \text{Eq. [4-3]}$$

٤-٢-١-٢-ج- أعلى قيم مسموح بها للعزوم القصوى $M_{u\text{-}max}$ ولنسب الصلب μ_{max} في قطاع خرساني مسلح بالصلب جهة الشد فقط ومعرض لعزوم انحناء هي:

وفي حالة القطاعات المستطيلة:

$$M_{umax} = \frac{R_{max} \cdot f_{cu} \cdot b.d^2}{\gamma_c} \qquad \text{Eq. [4-4]}$$

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

ويعطى الجدولان (٤-١) و (٤-٢) قيم R_{max}، μ_{max} لنسـب توزيع العزوم ورتب الصـلب المتعددة. ويعطى الجدول (٤-١) هذه الحدود القصوى في الحالات التي لا يسمح فيها بأي إعادة لتوزيع عزوم الانحناء على القطاعات، أي تؤخذ قيم عزوم الانحناء طبقاً لنظريات المرونة في الكمرات والبلاطات والإطارات غير المحددة إسـتاتيكيا والمحملة بحالات التحميل القصوى المختلفة شاملاً فروق الهبوط والتأكد من استيفاء المنشآت بعد تنفيذها لقيم f_{cu} الواردة في التصميم، وطبقاً للشـروط الواردة في الباب السـادس من هذا الكود. على أنه في هذه الحالة يُفضـل أن تكون عزوم الانحناء في الكمرات والبلاطات غير المحددة إسـتاتيكياً قد تم تحديدها باسـتخدام تقييم دقيق للجسـاءات النسـبية للعناصـر الإنشـائية،

HBRC
المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

وكذلك لنوعيات الارتكاز وتطابقها مع الافتراضات التصميمية، وكذلك يجب التأكد من استيفاء شروط حدود التشكل والتشرخ.

أما في حالات السماح بإعادة توزيع العزوم بمقدار ±١٠% فيجب ألا تتعدى R_{max}، و μ_{max} القيم الواردة في 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 صلب التسليح*	c_{max}/d	μ_{max}	R_{max}
240	0.50	$8.56x10^{-4} f_{cu}$	0.214
350	0.45	$5.28x10^{-4} f_{cu}$	0.198
400	0.42	$4.31x10^{-4} f_{cu}$	0.187
420	0.41	$4.01x10^{-4} f_{cu}$	0.184

* إجهاد الخضوع او إجهاد حد الضمان للصلب طبقاً للجدولين (٢-٧) و (٢-٨) بالباب الثاني وحيث f_{cu} بوحدات ن/مم٢.

جدول (٤-٢) 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 في حالة إعادة توزيع العزوم بمقدار±١٠%

رتبة صلب التسليح*	c_{max}/d	μ_{max}	R_{max}
240	0.40	$6.85x10^{-4} f_{cu}$	0.180
350	0.35	$4.11x10^{-4} f_{cu}$	0.161
400	0.32	$3.29x10^{-4} f_{cu}$	0.150
420	0.31	$3.04x10^{-4} f_{cu}$	0.146

* إجهاد الخضوع او إجهاد حد الضمان للصلب طبقاً للجدولين (٢-٧) و (٢-٨) بالباب الثاني وحيث f_{cu} بوحدات ن/مم٢.

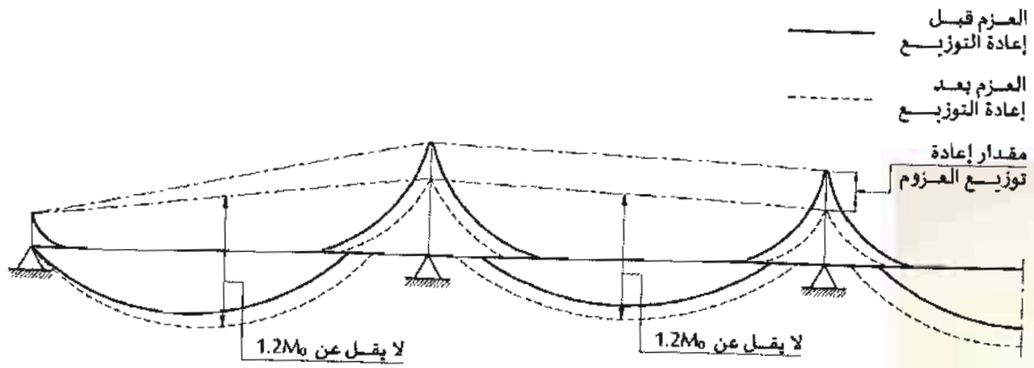
ويمكن السماح بإعادة توزيع العزوم بمقدار ٢٠ % بشرط ضمان الاستيفاء التام لمتطلبات ضبط جودة الخرسانة وفقا لما جاء في الباب الثامن من هذا الكود وعلى أن تؤخذ قيم نسبة التسليح القصوى في تلك الحالات مساوية لنصف القيم المعطاة في جدول (٤-٢) الخاصة بنسبة اعادة توزيع العزوم بمقدار ١٠%. ويمكن حساب النسبة القصوى لإعادة توزيع العزوم بالنسبة والتناسب في حالة ما إذا كان نسبة التسليح في العناصر المعرضة للعزوم تقع بين μ_{max} و $1/2\mu_{max}$ المحددة في جدول (٤-٢).

على أنه يُشترط لإمكان إعادة توزيع العزوم بوجه عام 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.

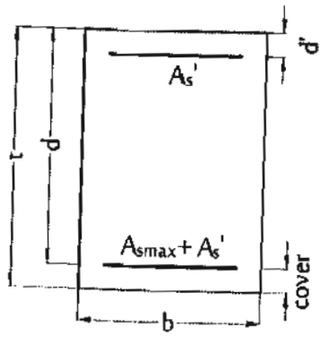
٣. يجب في جميع الأحوال ألا يقل مجموع العزمين السالب والموجب للبحر الواحد عن ١,٢ من قيمة M_o كما هو مبين في شكل (٤-٥) حيث M_o هي أقصى عزم انحناء للبحر المقصود إذا كان بسيط الارتكاز.



شكل (٤-٥) إعادة توزيع عزوم الانحناء في الكمرات

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

يمكن زيادة مقاومة القطاعات على الحدود القصوى المذكورة في البند السابق (٤-٢-١-٢-ج) وذلك باستخدام صلب ناحية الضغط في القطاعات (شكل ٤-٦) مع وضع قيمة مناظرة له تماماً في ناحية الشد، ويتم حساب المقاومة القصوى للقطاع في هذه الحالات من المعادلات التالية:



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

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

حيث:

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

المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954
HBRC

والـM_u(applied) هو العزم الأقصى المؤثر على القطاع والمحسوب وفقا لحالات التحميل القصوى المعطاة في الباب الثالث.

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

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

(d′ /d < 0.20) في حالة الصلب الطري العادي ٢٤٠

(d′ /d < 0.15) في حالة الصلب ٣٥٠

(d′ /d < 0.10) في حالة الصلب ٤٠٠ ، ٤٢٠

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

٢. وضع كانات على مسافات لا تزيد 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 لمقاومة العزوم في القطاع المعرض للعزوم على ٤٠% من مساحة الصلب المشدود في القطاع A_s.

٥. في جميع الأحوال يجب مراعاة ضرورة وضع صلب ناحية الضغط في الكمرات بنسبة لا تقل عن ١٠% من صلب الشد في الكمرات؛ وذلك حيث 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 والتي يزيد فيها عمق المستطيل المكافئ للإجهادات في الضغط على سمك شفة القطاع

يمكن تصميم هذه القطاعات باستخدام نظريات توافق الانفعالات. وبصفة تقريبية يمكن حساب العزم الحدي الأقصى للقطاع باستخدام المعادلة التالية والتي يتم فيها إهمال الضغط المؤثر على جذع القطاع ويُكتفى بمقاومة الضغط المؤثر على الشفة كما يلي:

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

حيث:

t_f = سمك شفة القطاع B = العرض الفعال للشفة

والـ$M_{u(applied)}$ هو العزم الأقصى المؤثر على القطاع والمحسوب وفقا لحالات التحميل القصوى المعطاة في الباب الثالث.

يمكن تصميم هذه القطاعات باستخدام نظريات توافق الانفعالات. وبصفة تقريبية يمكن حساب العزم الحدي الأقصى للقطاع باستخدام المعادلتين التاليتين والتي يتم فيهما إهمال الضغط المؤثر على جذع القطاع ويُكتفى بمقاومة الضغط المؤثر على الشفة، على أن تؤخذ وفقاً للمعادلة التالية:

وتؤخذ قيمة العرض الفعال للشفة B من الباب السادس في هذا الكود طبقاً للبند (٦-٣-١-٨).

٤-٢-١-٢-و- القطاعات ذات الأشكال المختلفة عما هو وارد بالبندين (٤-٢-١-٢ د، ج، 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

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

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

١. للتحكم في تشرخ العناصر المعرضة للعزوم والمزودة بتسليح ناحية الشد وكذلك لضمان وجود ممطوليه كافية بها، يشترط للحالات التي تكون نسبة التسليح المحسوبة لمقاومة عزوم الانحناء للقطاع طبقاً للبند (٤-٢-١-٢-أ) اقل من القيمة المعطاة في المعادلة (٤-٩) أن تؤخذ أدنى نسبة تسليح في القطاع تزيد بمقدار ٣٠% عن تلك النسبة المحسوبة وبشرط ألا تتعدى تلك النسبة بعد الزيادة القيمة المعطاة في المعادلة (٤-٩):

$$\mu_{min} = 0.225\frac{\sqrt{f_{cu}}}{f_y} \geq \frac{1.1}{f_y} \qquad \text{Eq. [4-9]}$$

حيث: f_{cu}، f_y بوحدات ن/مم٢

وعلى ألا تقل نسبة تسليح القطاع لتلك الحالات عن ٠,٢٥ % من مساحة القطاع الخرساني الفعلي (A_c) في حالة إستخدام الصلب الطري العادي وعن ٠,١٥ % من مساحة القطاع الخرساني الفعلي (A_c) للصلب ذي النتوءات عالي المقاومة مع ملاحظة أنه في حالة القطاعات بشكل T و L، يتم حساب الحد الأدنى لصلب التسليح باستخدام عرض الجذع.

٢. في حاله وقوع شفة القطاع على شكل حرف T ناحية الشد يجوز توزيع جزء من أسياخ التسليح بما لا يتجاوز ثلث مساحة التسليح الرئيسي في 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 في البلاطات ذات الاتجاه الواحد وذات الاتجاهين مساوية للنسب المعطاة في البندين (٦-٢-١-٢-٣) و (٦-٢-١-٣-٤) من هذا الكود على التوالي.

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 في 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 والتي 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 محوري أقصى $P_{u(applied)}$ قيمته لا تتجاوز أي من P_b أو

$$P_{u(applied)} \le 0.04 f_{cu} A_c \qquad \text{Eq. [4-10]}$$

يمكن إهمال تأثير القوى المحورية ويصمم القطاع لمقاومة العزوم فقط طبقاً للبند (٤-٢-١-٢) حيث P_b حمل الضغط التوازني للقطاع، وهو الحمل اللامركزي الذي يحدث عنده الحد الفاصل بين انهياري الضغط (Compression failure) والشد (Tension failure) في القطاع، والذي ينتج عنه انفعال في صلب التسليح المعرض لأقصى إجهادات شد يساوى $\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$ مقسومة على γ_s في نفس اللحظة التي يبلغ فيها انفعال الخرسانة قيمته القصوى والتي تساوى ε_{cu}=0.003.

ج. بالنسبة للقطاعات الخرسانية المعرضة لقوة ضغط محورية بالإضافة إلى عزوم بسيطة $M_{u(applied)}$ قيمتها أقل من أو تساوي $P_{u(applied)}.e_{min}$، يجب أن تصمم هذه القطاعات على أساس أن قيمة اللامركزية للحمل لا تقل عن e_{min} حيث:

$$e_{min} = \frac{M_{u(applied)}}{P_{u(applied)}} \le 0.05t \qquad \text{Eq. [4-11]}$$

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

١. في حالة أعمدة ذات كانات منفصلة:

$$P_u = 0.35 f_{cu} (A_c - A_{sc}) + 0.67 f_y A_{sc} \ge P_{u(applied)} \qquad \text{Eq. [4-12-a]}$$

٢. في حالة أعمدة ذات كانات حلزونية مطابقة للوارد في بند (٤-٧-٦-ط، ي، ك) تكون المقاومة القصوى هي الأقل من:

$$P_u = 0.35 f_{cu} (A_k - A_{sc}) + 0.67 f_y A_{sc} + 1.38 f_{yp} V_{sp} \ge Pu(applied) \qquad \text{Eq. [4-12-b]}$$

$$P_u = 1.14(0.35 f_{cu} (A_c - A_{sc}) + 0.67 f_y A_{sc}) = 0.40 f_{cu} (A_c - A_{sc}) + 0.76 f_y A_{sc} \ge Pu(applied)$$

Eq. [4-12-c]

حيث:

A_c = مساحة القطاع الخرساني

A_k = مساحة قلب القطاع الخرساني المحدود بدائرة محور الكانة/ الكانات الحلزونية

A_{sc} = مساحة صلب التسليح الطولي

f_y = إجهاد الخضوع لصلب التسليح الطولي

f_{yp} = إجهاد الخضوع للكانات الحلزونية

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

$$V_{sp} = \frac{\pi A_{sp} D_k}{p} \qquad \text{Eq. [4-12-d]}$$

حيث:

A_{sp} = مساحة مقطع كانة التسليح الحلزونية يجب ألا يقل أصغر قطر كانة الحلزونية عن ٨مم.

D_k = قطر قلب القطاع الخرساني المحصور داخل محور الكانة الحلزونية

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

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

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

حيث:

$$\mu_{sp} = \frac{V_{sp}}{A_k} \qquad \text{Eq.[4-12-f]}$$

والـ$P_{u(applied)}$ هو الحمل الأقصى المؤثر على القطاع والمحسوب وفقا لحالات التحميل القصوى المعطاة في الباب الثالث.

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 في المسافة (d-d') على أساس أن المقاومة تتم بواسطة صلب التسليح فقط.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

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

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

٤-٢-١-٥ القطاعات المعرضة لأحمال ضغط محورية مصحوبة بعزوم انحناء مزدوجة حول محوري القطاع

Sections under Combined Axial Compression and Biaxial Bending

١. يتم تصميم قطاعات الاعمدة لمقاومة القوة المحورية والعزوم المزدوجة التي يتم تقدير قيمتها حول المحورين الأساسي والثانوي طبقاً للبند(٤-٢-١-٣).

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 (٤-٢-١-٣).

٣. في حالة القطاعات المستطيلة يمكن استخدام الطرق المعطاة في البند (٤-٤-٦).

٤-٢-١-٦ الأعمدة من القطاعات المركبة

٤-٢-١-٦-١ عام

١. تشمل الأعمدة من القطاعات المركبة (بند ٤-٤-٦) الأعمدة الخرسانية المسلحة بالتسليح الطولي بالإضافة إلى قطاعات أو مواسير الصلب. ويوضح الشكلين (٤-٧-أ) و (٤-٧-ب) بعض نماذج لهذه الأعمدة لقطاعات الصلب محيط لقلب الخرسانة ولقطاعات الصلب داخل قطاع من الخرسانة المسلحة على التوالي.

٢. 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).

٣. يجب ألا تزيد قيمة إجهاد الخضوع أو الضمان المستخدمة في الحسابات للقطاعات الصلب على ٣٥٠ن/مم٢.

٤. في حالة استخدام كانات حلزونية تؤخذ خطوة وقطر الكانات الحلزونية مثل مثيلاتها في الأعمدة الخرسانية المسلحة بكانات حلزونية.

٥. يمكن أخذ مشاركة صلب التسليح الطولي الموجود داخل القلب الخرساني في الاعتبار عند حساب المساحة الكلية للقطاع الصلب حسب العلاقة $A_t = A_{sc} + A_{ss}$

٦. يجب ألا تقل نسبة التسليح الطولي عن ١% ولا تزيد على ٦% من مساحة القطاع الخرساني الصافي (Ag – At).

حيث:

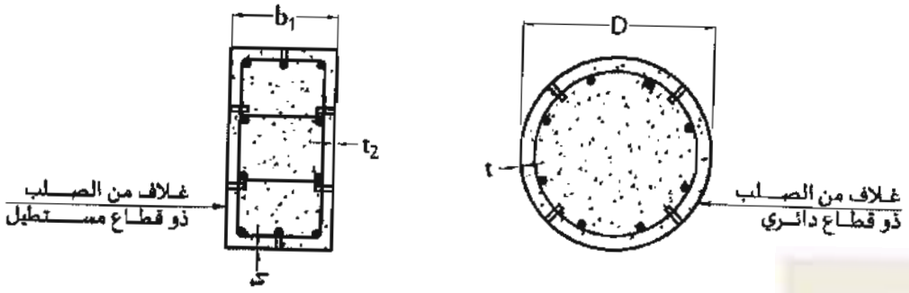
A_g = المساحة الكلية للقطاع

A_t = المساحة الكلية للقطاع الصلب و التسليح الطولي

A_{sc} = مساحة التسليح الطولي

A_{ss} = مساحة القطاع الصلب

٤-٢-١-٦-٢ القطاعات المركبة من صلب محيط لقلب خرساني



شكل (٤-٧-أ) القطاعات المركبة من صلب محيط لقلب خرساني

١. يجب ألا يقل سمك الصلب المغلف للقلب الخرساني عن القيم المعطاة في البند (٤-٤-٨-٢)

٢. يتم حساب المقاومة القصوى للقطاعات المعرضة لقوى محورية بالإضافة إلى عزوم بسيطة $M_{u(applied)}$ قيمتها أقل من $P_{u(applied)}.e_{min}$ طبقاً للمعادلات (٤-١٣)، (٤-١٤) التالية:

أ. في حالة الأعمدة ذات القطاعات المستطيلة:

$$P_u = 0.35 f_{cu} (A_c - A_{sc}) + 0.67 f_{ysc} A_{sc} + 0.67 f_{yss} A_{ss} \geq P_{u(applied)} \quad \text{Eq.[4-13]}$$

حيث:

f_{yss} = إجهاد الخضوع للقطاع الصلب

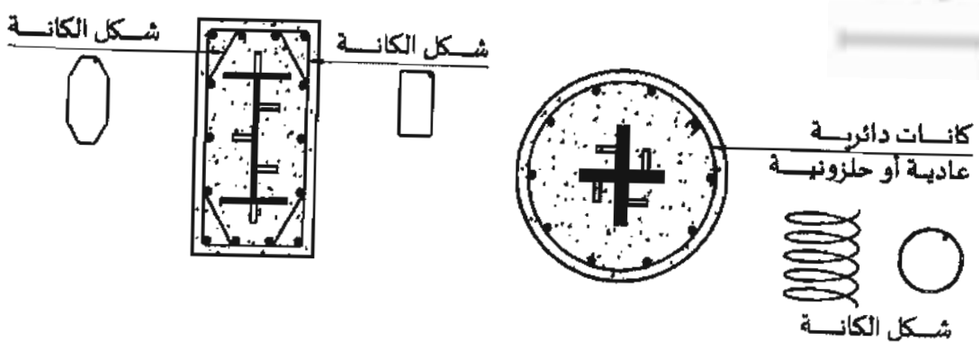
f_{ysc} = إجهاد الخضوع لصلب التسليح

ب. في حالة الأعمدة ذات القطاعات الدائرية وكانات حلزونية:

$$P_u = 0.40 f_{cu} (A_c - A_{sc}) + 0.76 f_{ysc} A_{sc} + 0.67 f_{yss} A_{ss} \geq P_{u(applied)} \quad \text{Eq.[4-14]}$$

مع مراعاة ما جاء في البند (٤-٢-١-٣-جـ-٢).

٤-٢-١-٦-٣ القطاعات المركبة ذات قطاعات من صلب داخل قطاع من الخرسانة المسلحة



شكل (٤-٧-ب) القطاعات المركبة ذات قطاعات من الصلب داخل قطاع من الخرسانة المسلحة

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing National Research Center
Since 1954

١. يتم حساب المقاومة القصوى للقطاعات المعرضة لقوى محورية بالإضافة إلى عزوم بسيطة $M_{u(applied)}$ قيمتها أقل من $P_{u(applied)}.e_{min}$ طبقا لما يلي:

أ. في حالة استخدام كانات عادية:

يتم حساب المقاومة القصوى للقطاعات وفقا للمعادلة التالية:

$$P_u = 0.35 f_{cu} (A_c - A_{ss} - A_{sc}) + 0.67 f_{ysc} A_{sc} + 0.67 f_{yss} A_{ss} \geq P_{u(applied)} \quad \text{Eq.[4-15]}$$

- أن تمتد الكانات العادية حول قطاعات الصلب وبحد أدنى قطر ٨ مم.
- ألا يقل قطر الكانات عن ٠,٠١ من أكبر بعد للقطاع المركب، بحد أقصى ١٦مم.
- ألا تزيد المسافات بين الكانات العرضية في الاتجاه الطولي للعمود على ١٥ مرة قطر أصغر سيخ طولي. وأن يتم وضع سيخ رأسي في كل ركن من القطاع مع وضع أسياخ أخرى على مسافات لا تزيد على نصف أصغر بعد للقطاع الخرساني مع استيفاء متطلبات البند (٦-٤-٧-و).

ب. في حالة استخدام كانات حلزونية يجب استيفاء شروط البند ٦-٤-٧ ويتم حساب المقاومة القصوى للقطاعات وفقا للمعادلة التالية:

$$P_u = 0.35 f_{cu} (A_k - A_{ss} - A_{sc}) + 0.67 f_{ysc} A_{sc} + 0.67 f_{yss} A_{ss} + 1.38 f_{yp} V_{sp} \geq P_{u(applied)} \quad \text{Eq.[4-16]}$$

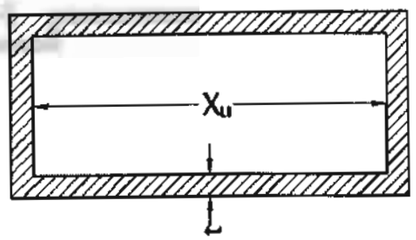
مع مراعاة ما جاء في البند (٤-٢-١-٣-ج).

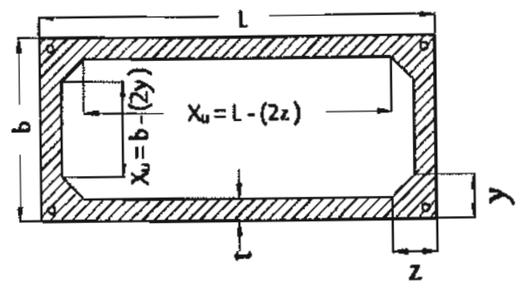
حيث:

f_{yp} = إجهاد الخضوع للكانات الحلزونية.

V_{sp} = نسبة حجم صلب التسليح الحلزوني للدورة الواحدة للكانات طبقاً للمعادلة (٤-١٢-d).

٤-٢-١-٧ القطاعات الخرسانية المفرغة المعرضة لعزوم انحناء مصحوبة بأحمال ضغط محورية





شكل (٤-٨) قطاعات الأعمدة الخرسانية المفرغة

أ. تصمم القطاعات الخرسانية المفرغة المعرضة لعزوم انحناء مصحوبة بأحمال ضغط محورية وفقا لطرق تصميم القطاعات والعناصر الخرسانية المصمتة وذلك في الحالات التي تكون فيها نسبة نحافة حائط القطاع الخرساني المفرغ λ_w أقل من ١٥ حيث:

$$\lambda_w = X_u / t < 15 \quad \text{Eq.[4-17]}$$

حيث:

t = سمك الحائط ، وتؤخذ X_u وفقا لما يلي:

١. للحوائط ذات السمك الثابت:

$$X_u = L - 2t \quad \text{Eq.[4-18]}$$

٢. للحوائط ذات السمك المتغير تؤخذ X_u القيمة الأكبر من:

$$X_u = L - 2z \quad \text{Eq.[4-19]}$$

$$X_u = b - 2y \quad \text{Eq.[4-20]}$$

وفي هذه الحالات يستخدم في تصميم القطاعات الخرسانية المفرغة اجهادات الضغط القصوى على القطاع ويمكن أيضا استخدام المستطيل المكافئ لتوزيع اجهادات الضغط وفقا للبند (٤-٢-١-١).

ب. في الحالات التي تكون فيها نسبة نحافة حائط القطاع الخرساني المفرغ λ_w أكبر من ١٥ واقل من ٣٥ يشترط استخدام اجهادات الضغط القصوى الفعلي على القطاع ولا يصرح باستخدام المستطيل المكافئ لتوزيع اجهادات الضغط إلا بعد زيادة قيم معاملي خفض المقاومة القصوى للخرسانة ولصلب التسليح ليصبحا (γ_c/η) و (γ_s/η) على التوالي حيث:

$$\eta = 1 \quad \text{for} \quad \lambda_w < 15 \quad \text{Eq.[4-21]}$$

$$\eta = 1 - 0.025(\lambda_w - 15) \quad \text{for} \quad 15 \leq \lambda_w < 25 \quad \text{Eq.[4-22]}$$

$$\eta = 0.75 \quad \text{for} \quad 25 \leq \lambda_w < 35 \quad \text{Eq.[4-23]}$$

على ألا يقل السمك الأدنى للقطاعات الخرسانية المفرغة عن السمك الأدنى للحوائط الخرسانية بند (٦-٥).

ج. تفاصيل تسليح القطاعات المفرغة

٣. الحد الأدنى للتسليح الطولي ١% من مساحة الفعلية للقطاع الخرساني الفعال.

- يجب أن يحتوي القطاع على تسليح موزع على كل من المحيطين الخارجي والداخلي للقطاع المفرغ بشرط تساوى أجمالي مساحتي الأسياخ على كل من الوجهين الخارجي والداخلي.
- يجب ألا تزيد المسافة بين الأسياخ الطولية عن ١,٥ سمك القطاع أو ٢٥٠ مم أيهما اقل.

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

- يجب ألا تزيد المسافة بين الكانات العرضية عن ١,٢٥ سمك القطاع أو ٢٠٠ مم أيهما أقل. ويشترط أن تكون كانات مقفولة على شكل U بحيث يكون موضع ربطها عند أركان القطاع.
- يجب ربط شبكتي صلب التسليح الطولي على الوجهين الداخلي والخارجي للحائط بواسطة أسياخ ربط بشرط ألا تزيد المسافات بين أسياخ الربط عن ٥٠٠ مم. ويشترط أيضا أن تكون أماكن أسياخ الربط عند أماكن تقاطع الأسياخ الطولية والكانات العرضية. كما يجب أن تكون نهاية أحد طرفي سيخ الربط بجنش على شكل L والنهاية الأخرى لسيخ الربط بجنش على شكل > بزاوية ١٣٥ درجة.
- يفضل أن يكون ارتكاز الكمرات على الاعمدة المفرغة بواسطة اعصاب ارتكاز رأسية وفي غير ذلك تصمم منطقة ارتكاز الكمرات وفقا للبندين (٤-٢-٤ & ٦-٥-٢-٥) مع وضع تسليح إضافي وفقا للشكل (٦-٢٨).
- ويراعى أن يتم أخذ الاحتياطات اللازمة للقطاعات المغلقة لحماية الخرسانة غير المعرضة.

٤-٢-٢ حالة حد المقاومة القصوى في القص Ultimate Shear Strength Limit State

٤-٢-٢-١ الكمرات Beams

٤-٢-٢-١-١ قوة القص القصوى الاعتبارية في الكمرات Nominal Ultimate Shear Force in Beams

أ. لحساب إجهادات القص يؤخذ في الاعتبار عامة أن أكبر قوة قص هي تلك المحسوبة عند أوجه الركائز شكل (٤-٩-c) وشكل (٦-٢١)؛ أما في حالات الركائز المباشرة تحت الكمرات حيث يتولد نتيجة هذا الارتكاز انضغاط عمودي على الحافة السفلية للكمرة موضوع التحليل كما في شكل (٤- ٩-a، b) وشكل (٦-٢٢) فيسمح بأن يكون حساب إجهاد القص وتصميم التسليح الجذعي اللازم مبنياً على قيمة القص المؤثرة على مسافة من وجه الركيزة الداخلي 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 الارتفاع الفعال $a \le 2d$ فيسمح في حساب إجهاد القص الناتج عن هذا الحمل بأخذ قوة قص تساوى قوة القص الحسابية مضروبة في a/2d (شكل ٤- ٩) وبشرط ألا يزيد إجهاد القص المحسوب من قوة القص الأصلية بدون عمل التخفيض عن المعادلة (٤-٢٧) وبحد أقصى ٤,٤٠ ن/مم٢.

ج. يمكن اعتبار قيم القص المؤثرة في المسافة بين أكبر قوة قص مؤثرة وبين وجه الركيزة في الحالات التي 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 في شكل (٤- ٩).

٤-٢-٢-١-٢ مقاومة القص القصوى الاعتبارية Nominal Ultimate Shear Strength

أ. في حالة الكمرات أو البلاطات ذات العمق الثابت يحسب الإجهاد الأقصى للقص q_u عند أي قطاع من العلاقة:

$$q_u = \frac{Q_u}{b.d}$$ Eq.[4-24]

حيث:

Q_u = القوة القصوى للقص.

ب. في حالة الكمرات والكوابيل متغيرة العمق والتي يزيد فيها ارتفاع القطاع مع زيادة عزم الانحناء تستبدل قوة القص Q_{ur} بالقيمة Q_u من المعادلة التالية:

$$Q_{ur} = Q_u - \frac{(M_u.\tan\beta)}{d}$$ Eq.[4-25]

حيث:

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

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

$$Q_{ur} = Q_u + \frac{(M_u.\tan\beta)}{d}$$ Eq.[4-26]

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

$$q_{umax} = 0.70\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \quad N/mm^2$$ Eq.[4-27]

وبحد أقصى ٤,٤ 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 أو مصحوبة بعزوم لي طبقا للمعادلة (٤-٢٧).

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	4.04	4.40

د. في حالة العناصر المعرضة لقوي قص مصحوبة بعزوم لي قصوى M_{tu} يمكن إهمال تأثير عزوم اللي إذا كان مقدار إجهادات القص الناتجة عنها q_{tu} والمحسوبة طبقا للمعادلة (٤-٥٧) أقل من q_{tu} طبقا للمعادلة (٤-٢٨) أو الجدول (٤-٤). وخلاف ذلك تحدد الأبعاد الخرسانية للقطاعات المعرضة لقوي قص مصحوبة بعزوم لي بحيث تحقق العلاقة (٤-٥٨) في حالة القطاعات المصمتة والعلاقة (٤-٥٩) في حالة القطاعات الصندوقية.

$$q_{tu} = 0.06\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \quad N/mm^2$$ Eq.[4-28]

جدول (٤-٤) قيم إجهادات القص القصوى الناتجة عن عزوم لي والتي يمكن إهمال تأثيرها طبقا للمعادلة (٤-٢٨)

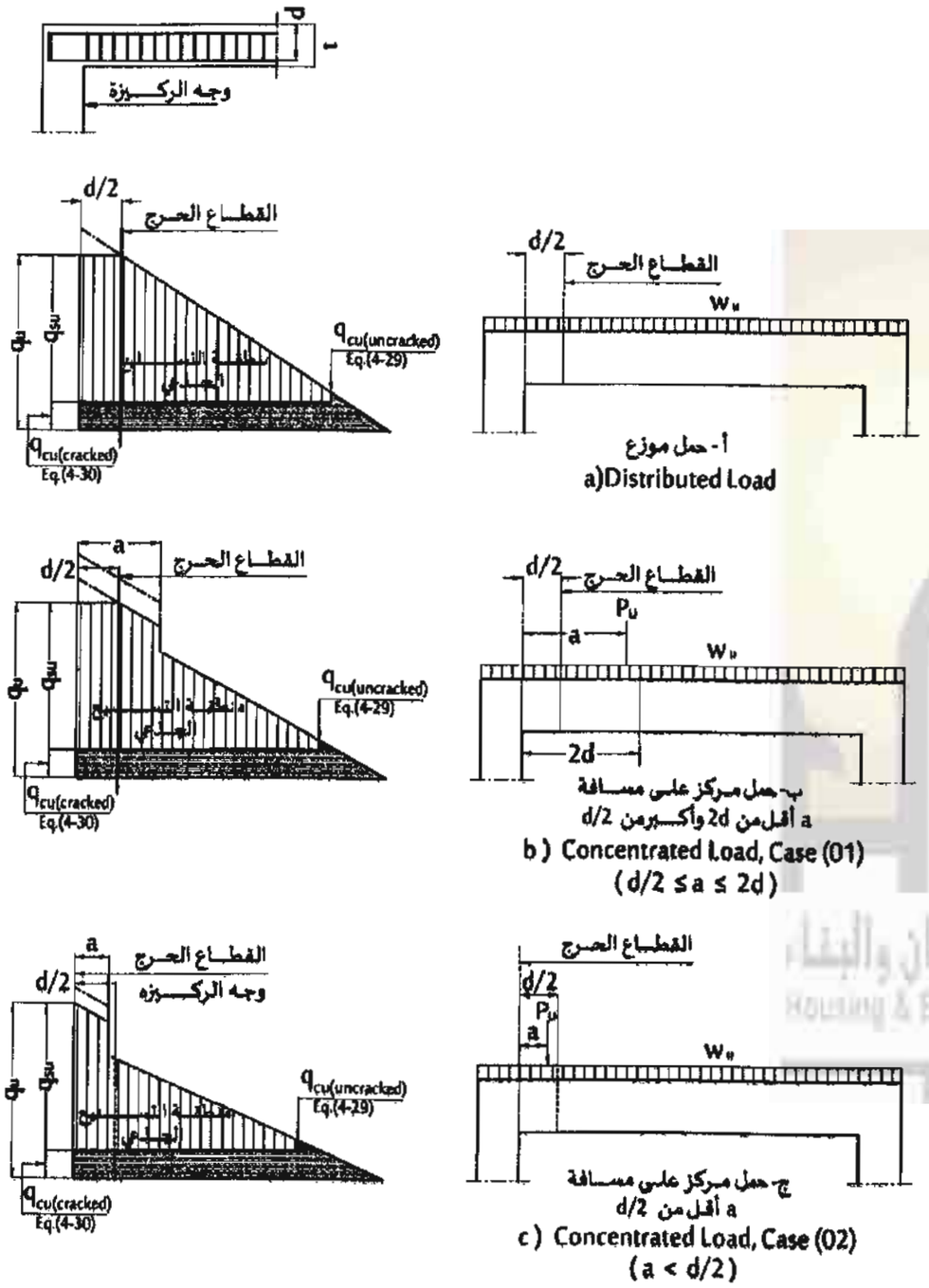
f_{cu} (N/mm^2)	20	25	30	35	40	50	60
q_{umax} (N/mm^2)	0.22	0.25	0.27	0.29	0.31	0.34	0.38

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

أ. تصمم العناصر الانشائية لمقاومة قوي القص بواسطة القطاع الخرساني فقط في حالة عدم تعدي قيمة إجهادات القص القصوى بها والمحسوبة وفقا للمعادلة (٤-٢٩) التالية والتي تمثل القيمة الخاصة بمقاومة الخرسانة قبل التشرخ في القص (شكل ٤-٩):

$$q_{cu}(\text{uncracked}) = 0.16\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \quad N/mm^2 \qquad \text{Eq.[4-29]}$$

وعلى أن يتم للكمرات وضع الحد الأدنى للتسليح الجذعي وفقا للمعادلة (٤-٤١) في تلك الحالات.



شكل (٤-٩) توزيع إجهادات القص والقطاعات الحرجة في الكمرات

ب. تصمم العناصر الإنشائية التي تتعدى قيمة إجهادات القص بها القيمة المحسوبة وفقاً للمعادلة (٤-٢٩) على أساس أن تكون المقاومة بواسطة الخرسانة وصلب التسليح الجذعي وعلى أن تؤخذ مقاومة الخرسانة المستخدمة في مقاومة القص بعد التشرخ طبقاً للمعادلة (٤-٣٠).

$$q_{cu}(\text{cracked}) = 0.12 \sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \quad N/mm^2 \qquad \text{Eq.[4-30]}$$

في حالة وجود قوة ضغط P_u على قطاع ما يمكن زيادة القيمة المبينة في المعادلتين (٤- ٢٩، ٣٠) وذلك بضربها في المعامل δ_c التالي:

$$\delta_c = 1 + 0.07 \left(\frac{P_u}{A_c} \right) \qquad \text{Eq.[4-31]}$$

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

ج. تؤثر قوى الشد تأثيراً سلبياً على مقاومة الخرسانة في القص، وفي حالة وجود قوة شد P_u على قطاع والناتجة إما عن أحمال خارجية أو عن الانفعالات الناتجة عن انكماش الخرسانة والتغيرات الحرارية، يمكن اعتبار مقاومة الخرسانة للقص مهملة وتساوى صفراً إلا إذا حُسبت بطريقة أكثر دقة وذلك بضرب القيمة المبينة في المعادلتين (٤-٢٩، ٣٠) بالمعامل δt التالي:

$$\delta_t = 1 - 0.3 \left(\frac{P_u}{A_c} \right) \qquad \text{Eq.[4-32]}$$

٤-٢-٢-١-٤ مقاومة صلب التسليح الجذعي القصوى الاعتبارية للقص في الكمرات

أ. إذا زادت القيمة q_u بند (٤-٢-٢-١-٢) عن مقاومة الخرسانة $q_{cu(uncracked)}$ المحسوبة وفقا للمعادلة (٤-٢٩) فإنه من الضروري استخدام تسليح جذعي 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 الجذعي q_{su} طبقاً لما يلي:

$$q_{su} = q_u - q_{cu(\text{cracked})} \qquad \text{Eq.[4-33]}$$

حيث:

$q_{cu\,(\text{cracked})}$ = مقاومة الخرسانة بعد التشرخ في القص طبقا للمعادلة (٤-٣٠).

ويبين شكل (٤-٩) المناطق التي تتطلب تسليحاً جذعياً مع مراعاة ما سيأتي في البند (٤-٢-٢-١-٦) الخاص بالحد الأدنى لنسب التسليح الجذعي في المناطق الأخرى.

٤-٢-٢-١-٥ التسليح الجذعي في الكمرات

أ. في حالة استخدام كانات عمودية على محور العنصر بدون أسياخ مكسحة يُحسب التسليح الجذعي طبقاً للمعادلة التالية:

$$\mu_{st} = \frac{A_{st}}{b.s} = \frac{q_{su}}{\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)} \qquad \text{Eq.[4-34]}$$

حيث:

A_{st} = مساحة مقطع الكانات المقاومة لقوى القص.

μ_{st} = نسبة الكانات العمودية على محور العنصر.

b = عرض القطاع.

s = المسافة بين الكانات في اتجاه المحور.

ب. في حالة استخدام كانات مائلة أو أسياخ طولية مكسحة بزاوية α على محور العنصر يُحسب التسليح الجذعي تبعاً للعلاقة:

$$\frac{A_{sb}}{b.s} = \frac{q_{sub}}{\left[\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)(\sin\alpha + \cos\alpha)\right]} \qquad \text{Eq.[4-35]}$$

حيث:

$$q_{sub} = q_{su} - q_{sus} \qquad \text{Eq.[4-36]}$$

A_{sb} = مساحة مقطع الكانات المائلة أو الأسياخ الطولية المكسحة بزاويةαعلى 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 $\alpha = ٤٥°$ فإنه يمكن كتابة المعادلة (٤- ٣٥) في الصورة التالية:

$$\frac{A_{sb}}{b.s} = \frac{q_{sub}}{\left[\sqrt{2}\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)\right]} \qquad \text{Eq.[4-37]}$$

ج. في حالة استخدام صف واحد من أسياخ طولية مكسحة بزاوية α تحسب المقاومة القصوى الاعتبارية للأسياخ المكسحة من العلاقة التالية:

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

Eq.[4-38]

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

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

Eq.[4-39]

$$q_{sub} \le 0.24\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}\ N/mm^2$$

٤-٢-٢-١-٦ متطلبات عامة في اختيار وترتيب التسليح الجذعي

أ. يجب ألا يقل الحد الأدنى لنسبة التسليح الجذعي في الكمرات عن:

Eq.[4-40]

$$\mu_{min} = \frac{0.4}{f_y}$$

حيث f_y بوحدات ن/ مم^2.

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

٠,١٥ للصلب الأملس العادي (إجهاد خضوع 240).

٠,١٠ للصلب ذي النتوءات عالي المقاومة.

وعلى ألا تقل الكانات عن ٨ϕ٥ مم/م.

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

ج. يمكن تخفيض الحد الأدنى لنسبة التسليح الجذعي المحدد بالمعادلة (٤-٤٠) في الكمرات التي يزيد عرضها على ارتفاعها الفعال لتصبح:

Eq.[4-41]

$$\mu_{min} = \frac{A_{stmin}}{b.s} = \left(\frac{0.40}{f_y}\right)\left(\frac{q_u}{q_{cu\,(uncracked)}}\right)$$

حيث:

$$\frac{q_u}{q_{cu\,(uncracked)}} < 1$$

د. يجب أن تصمم العناصر الإنشائية التالية وتحدد أسماكها وارتفاع قطاعاتها على أساس أن مقاومة القص تكون بواسطة الخرسانة فقط وطبقاً للعلاقة (٤-٢٩).

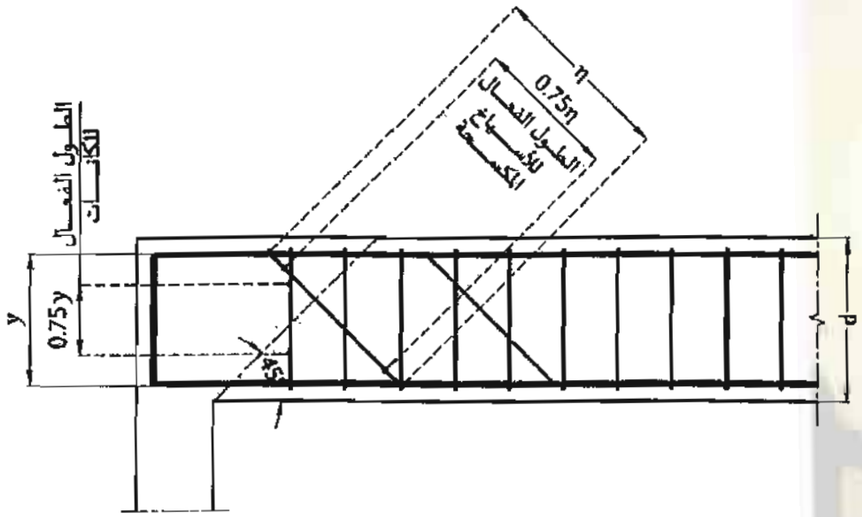
١. القواعد والبلاطات بوجه عام والبلاطات المسطحة ذات سمك أقل ٢٥٠ مم.

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

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

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

ز. يُعتبر التسليح الجذعي فعالاً في حالة أن كل خط يميل بزاوية مقدارها ٤٥° ممتد من منتصف عمق الكمرة إلى وجه الركيزة يقطع أحد أسياخ تسليح القص في طوله الفعال شكل (٤-١٠).



شكل (٤-١٠) التسليح الجذعي الفعال

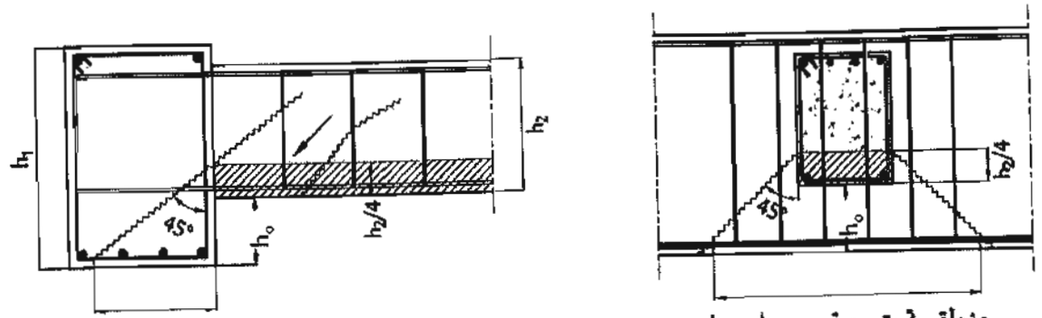
ط. يراعى عدم عمل وصلات التنفيذ عند المناطق ذات إجهادات القص العالية مع ضرورة استيفاء اشتراطات البند (٩-٦-٦).

ي. في حالة عمل وصلات التنفيذ عند قطاع معرض لقوى قص تصمم الوصلة تبعاً للبند (٤-٢-٢-٤) الخاصة بقص الاحتكاك.

ك. وصلات الكمرات المرتكزة على بعضها.

في الحالات التي يكون الحمل المؤثر قريباً من السطح السفلي للقطاع الخرساني يتم وضع كانات كافية لنقل الحمل إلى السطح العلوي للقطاع ويكون هذا التسليح إضافياً لأي تسليح مطلوب اخر.

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954



شكل (٤-١١) تفصيله تسليح وصلات الكمرات المتقاطعة

يشترط عند تصميم وصلات الكمرات المتقاطعة أن يتم إضافة كانات في كمرة الارتكاز في النطاق المبين في شكل (٤-١١) وذلك لمقاومة قوى شد مناظره لمقدار رد فعل الكمرة المحمولة على الكمرة المرتكزة عليها والتي يتم حسابها وفقا للمعادلتين (٤-٤٢) و (٤-٤٣) وعلى أن يتم إضافة تلك الكانات للكانات المقاومة للقص وعزوم اللي.

$$nA_h = \frac{R_{u1}}{\left(f_y/\gamma_s\right)}$$ Eq.[4-42]

$$R_{u1} = R_u \left(1 - \frac{h_o}{h_1}\right)$$ Eq.[4-43]

حيث:

R_u = القوه المرتكزة.

A_h = إجمالي مساحة مقطع الكانه الواحدة المقاومة للقوى المرتكزة.

n = عدد كانات التعليق في النطاق المبين في شكل (٤-١١).

h_1 = عمق كمرة الارتكاز h_2 = عمق كمرة المرتكزة

h_o = المسافة بين السطح السفلي لكمرة الإرتكاز والسطح السفلي للكمرة المرتكزة.

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

أ. يُمكن تصميم مناطق عدم الاستمرارية (D-Regions) -وفقاً لما جاء في البند (٦-١١) -للكمرات ذات الفتحات البند أو عند تغُير القطاع أو عند الأحمال المركزة بالكمرات باستخدام طريقة الضاغط والشداد (Strut-Tie Model) أو بأي طريقة أخرى مناسبة وفي جميع الأحوال يجب استيفاء كافة حالات الحدود.

ب. الكمرات ذات الفتحات في الجذع Beams With Web Openings

يتم تصميم الكمرات ذات الفتحات وفقاً لما جاء بالبند (٤-٢-٢-١-٧-أ)، على أن يشترط تجنب عمل الفتحات في الأماكن ذات إجهادات القص المرتفعة. كما يشترط أيضا الا تقل المسافة من السطح المعرض لأقصى إجهادات ضغط بالكمرة وبداية الفتحة عن سمك البلاطة إن وجدت أو عمق محور الخمول (c).

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 (٤-٢٩).

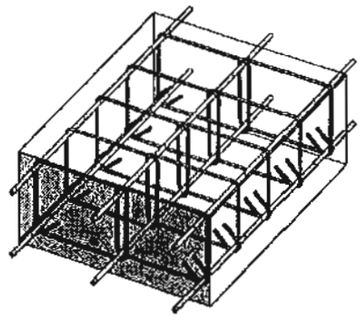
٢. تحسب إجهادات القص الثاقب طبقاً للبند (٤-٢-٢-٣).

٤-٢-٢-٣ القص الثاقب Punching Shear

١. يتم مقاومة القص الثاقب في البلاطات وفقا لما يلي:

أ. بواسطة الخرسانة فقط وبدون مشاركة من صلب التسليح. وينطبق هذا البند على جميع أنواع البلاطات المصمتة والبلاطات المسطحة ذات السمك أقل من ٢٥٠ مم عند القطاع الحرج في القص الثاقب.

ب. بواسطة الخرسانة وبمشاركة صلب تسليح القص الثاقب المكون من كانات شكل (٤-١٢) وذلك وفقا للاشتراطات والقيود المعطاة في هذا البند، ويشترط في هذه الحالة ألا يقل سمك البلاطة المسلحة بكانات مقاومة للقص الثاقب عن ٢٥٠ مم.



شكل (٤-١٢) صلب تسليح القص الثاقب

ج. يتم مقاومة القص الثاقب في القواعد بواسطة الخرسانة فقط وبدون مشاركة من صلب التسليح.

٢.يحسب إجهاد القص الثاقب من العلاقة التالية:

$$q_{up} = \frac{Q_{up}}{\left(b_o . d\right)}$$ Eq.[4-44]

حيث:

b_o = هو طول محيط القطاع الحرج كما هو مبين في شكلي (٤-١٣) و (٤-١٤).

كما يجب عند حساب إجهاد القص الثاقب أخذ تأثير العزوم المنقولة من البلاطات اللاكمرية إلى الأعمدة وذلك طبقاً للبند (٦-٢-٥-٧).

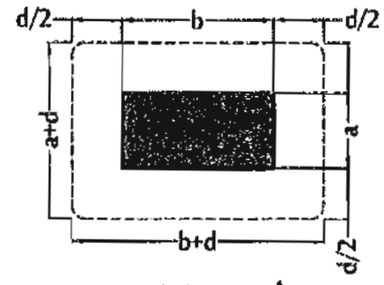
HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

٢. القطاعات الحرجة:

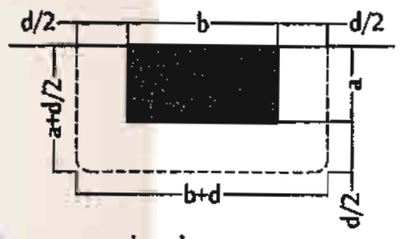
أ. في حالة عدم استخدام تسليح لمقاومة القص الثاقب:

تؤخذ القطاعات الحرجة لحساب إجهادات القص الثاقب حول الأحمال المركزة في البلاطات والقواعد على بعد ($\frac{d}{2}$) (شكل(٤-١٣)) مقاسة من:

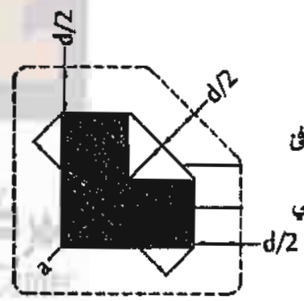
- محيط تأثير القوة المركزة.
- محيط التغير في سمك البلاطة نتيجة استخدام بلاطات السقوط أو القاعدة في حالة التغير في سمكها.



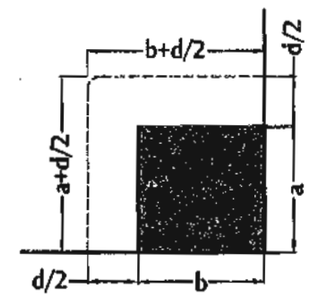
أ- عمود داخلي



ب- عمود طـــرفي



د- عمود غـير منتظـم الاضـــلاع



ج- عمود ركـن

شكل (٤-١٣) القطاعات الحرجة للقص الثاقب

ب. في حالة استخدام صلب تسليح للمشاركة في مقاومة القص الثاقب تؤخذ القطاعات الحرجة لحساب إجهادات القص الثاقب كما يلي:

- وفقا لما جاء في البند (أ).
- على بعد ($\frac{d}{2}$) مقاسة من نهاية المنطقة التي تم تسليحها بكانات مقاومة للقص الثاقب (شكل (٤-١٤)).

٣. حالة مقاومة القص الثاقب في البلاطات بواسطة الخرسانة فقط وبدون مشاركة من صلب التسليح.

يُحدد سـمك البلاطة والقاعدة اللازمة في الحالات التي يتم فيها مقاومة القص الثاقب بواسـطة الخرسـانة فقط وبدون مشاركة من صلب التسليح وفقا للعلاقة التالية:

$$q_{cup(uncracked)} \geq q_{up}$$

Eq.[4-45]

تؤخذ مقاومة الخرسانة الاعتبارية للقص الثاقب القيمة الأصغر من الآتي:

$$q_{cup}(uncracked) = 0.8\left(\frac{\alpha . d}{b_o} + 0.2\right)\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$$

Eq.[4-46-a]

$$q_{cup}(uncracked) = 0.316\left[0.5 + \left(\frac{a}{b}\right)\right]\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$$

Eq.[4-46-b]

حيث a، b هما البعدان الأصـغر والأكبر لمسـطح التحميل المسـتطيل الشـكل. أما في مسـطحات التحميل الأخرى غير المسـتطيلة فيتم تحديد قيم a، b بعد أخذ مسـطح تحميل فعال بحيث يكون محيط المسـطح الفعال الناتج أقل ما يمكن ويكون البعد b هو أطول بعد لمسطح التحميل الفعال والبعد a هو أطول بعد عمودي على b من مسطح التحميل الفعال، b_o هو طول محيط القطاع الحرج، d هو عمق البلاطة الفعال كما هو مبين في شـكل (٤-١٣-د) لقطاع تحميل على شكل حرف L و α معامل يساوى ٤ للعمود الداخلي و٣ للعمود الطرفي و٢ لعمود الركن. على ألا يزيد مقدار q_{cup} على القيمة التالية:

$$q_{cup}(uncracked) \leq 0.316\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$$

Eq.[4-46-c]

ويحد أقصى ١,٧٠ ن/مم٢

٤. حالة مقاومة القص الثاقب في البلاطات بواسطة الخرسانة وبمشاركة صلب تسليح القص الثاقب المكون من كانات

- يتم حساب مقاومة القص الثاقب للبلاطات عند استخدام صلب التسليح وفقا لما يلي:

$$q_{up}(cracked) = 0.12\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + q_{sup} \leq q_{up-max}$$

Eq.[4-47-a]

- ويتم حساب صلب التسليح اللازم لمقاومة القص الثاقب وفقاً لما يلي:

$$q_{sup} = \frac{A_{st} f_y}{s b_o \gamma_s}$$

Eq.[4-47-b]

حيث:

A_{st} = مساحة جميع أفرع الكانات الموضوعة على محيط القطاع الحرج.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

على أن يؤخذ اجهاد خضوع صلب التسليح المقاوم للقص الثاقب بما لا يزيد عن ٣٥٠ ن/ مم^2.

♦ يجب ألا تتعدى قيمة q_{up-max} في الحالات التي يتم فيها مقاومة القص الثاقب بواسطة الخرسانة بمشاركة من صلب التسليح عن القيمة التالية:

$$q_{up-max} \leq 0.45\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad \text{Eq.[4-47-c]}$$

وبشرط استيفاء متطلبات الكود المصري الخاصة بالحد الأدنى بسمك البلاطات وفقاً للبند (٦-٢-٥-٢) ومتطلبات حدود التشغيل

♦ يشترط أن يتم توزيع الكانات وفقا لما هو مبين في الشكل (٤-١٤) على ألا تقل الكانات عن صفين.

٥. يجب أن يمتد صلب التسليح المقاوم للقص الثاقب شكل (٤-١٤) والمحسوب عند القطاع الحرج المعطى في بند (٤-٢-٢-٣) وشكل (٤-١٤) لمسافة يتم تحديدها على أساس مقاومة القطاع الخرساني فقط مستخدماً في ذلك معادلات (٤-٤٦-a، b، c). على ألا تقل مسافة الامتداد عن سدس طول الباكية الأكبر في نفس الاتجاه مقاساً من محاور الأعمدة وبحيث لا يتعدى ربع طول الباكية ذات البعد الأصغر.

٦. توصيات لمنع الانهيار الكلى للبلاطات المسطحة

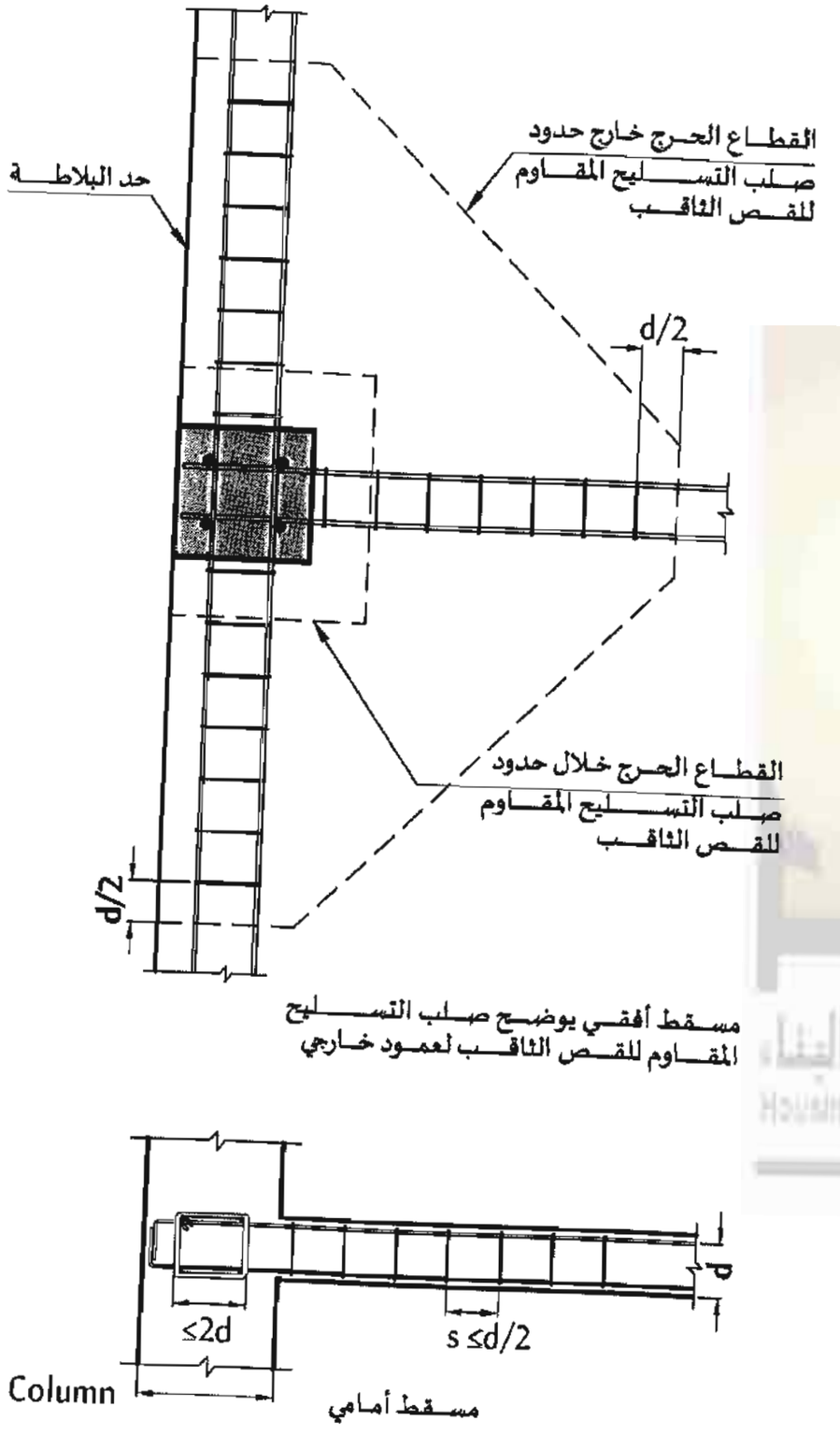
أ. يجب ان يمتد التسليح السفلى لجميع انواع البلاطات المسطحة وفقا للتفاصيل المبينة في شكل (٤-١٥-أ) والذي يشترط ان يتم تثبيت كافة الاسياخ المتداخلة مع العمود في نطاق الأعمدة الداخلية تثبيتا كاملا وكذلك عند نهايتي البلاطة تثبيتاً كاملاً وذلك وفقا للبند (٤-٢-٥-١) وينطبق ذلك على جميع البلاطات المسطحة بما في ذلك البلاطات المسطحة ذات بلاطات سقوط وكما يشترط أن يمتد التسليح العلوي للبلاطة لمسافة لا تقل عن 0.30L مقاسه من وجه العمود وفقا لما هو مبين في شكل (٤-١٥-ب).

ب. يراعى أخذ التأثير السلبي لقوى الشد وبخاصة تلك الناتجة عن التقيد الجانبي للبلاطات نتيجة للتأثيرات الحرارية والانكماش على قيمة المقاومة القصوى في الخرسانة في القص الثاقب كما يمكن التقليل من تلك التأثيرات كما يلي:

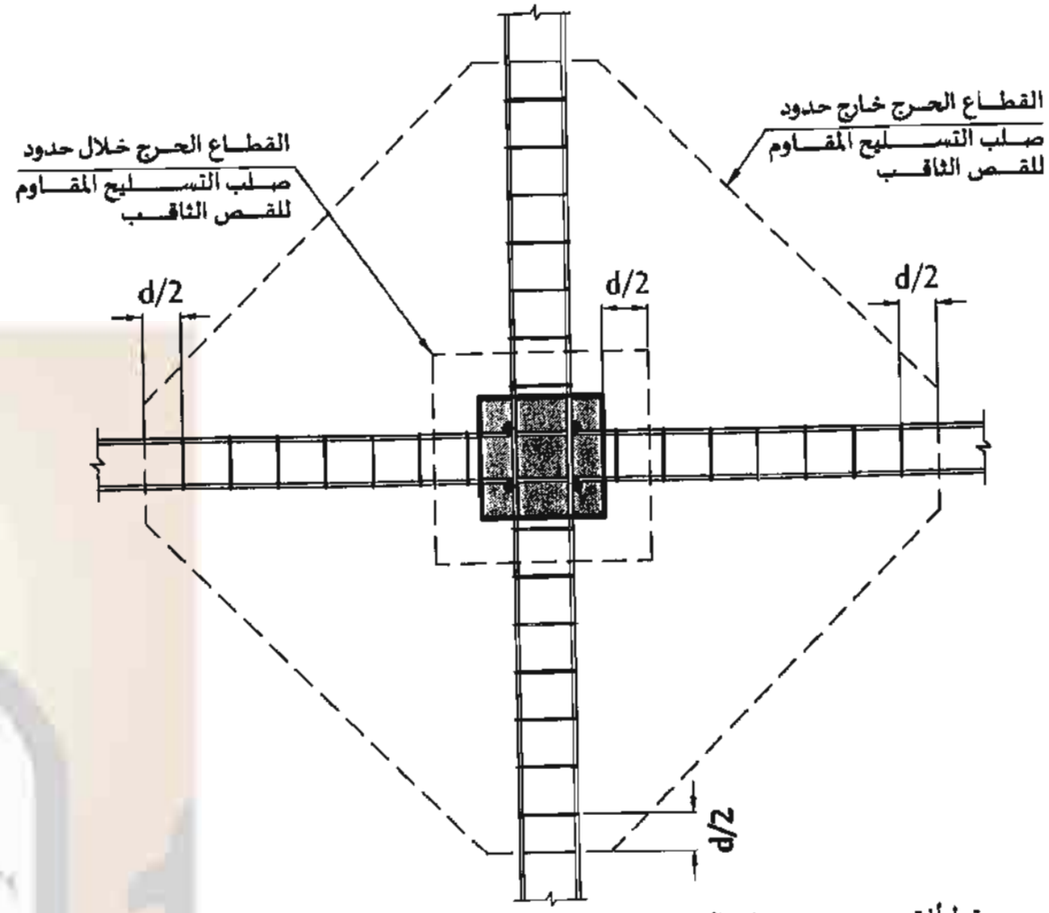
١. يمكن التقليل من التأثيرات السلبية للحرارة على مقاومة الخرسانة للقص الثاقب وذلك بتقليل المسافات بين فواصل التمدد مع التأكد من استيفاء متطلبات البند (٩-٦-٨).

٢. يمكن التقليل من تلك التأثيرات السلبية للانكماش على مقاومة الخرسانة للقص الثاقب بتقليل سمك البلاطة مستخدماً في ذلك إما باستخدام تيجان للأعمدة أو بلاطات السقوط او صلب تسليح لمقاومة القص الثاقب أو كليهما.

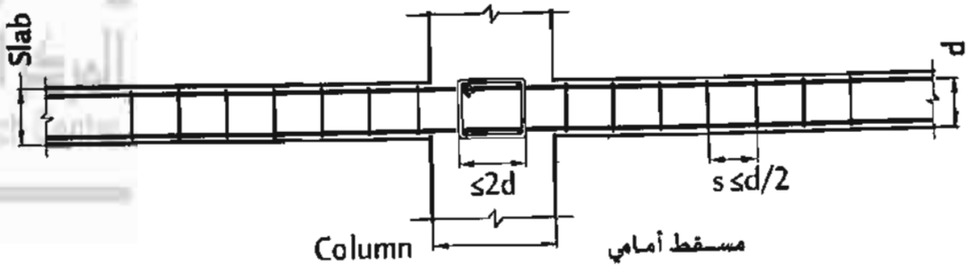
ج. يجب مراعاة استيفاء الشروط الخاصة لتنفيذ البلاطات المسطحة طبقاً لما جاء في باب التنفيذ.



شكل رقم (٤-١٤-أ) صلب التسليح المقاوم للقص الثاقب لعمود الخارجي



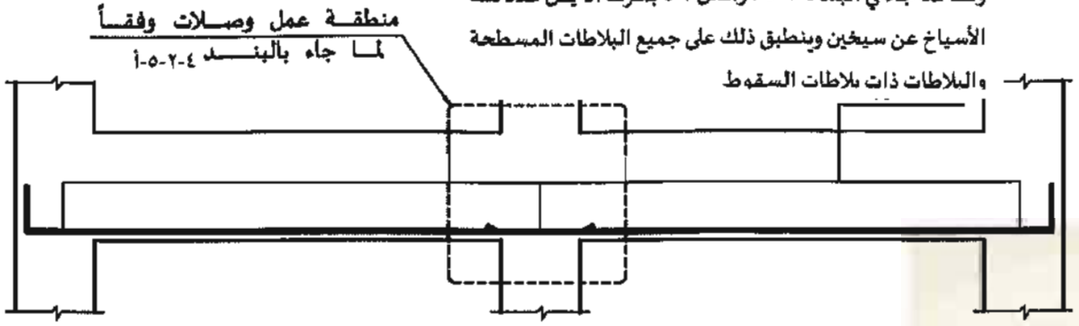
مسقط أفقي يوضح صلب التسليح
المقاوم للقص الثاقب لعمود داخلي



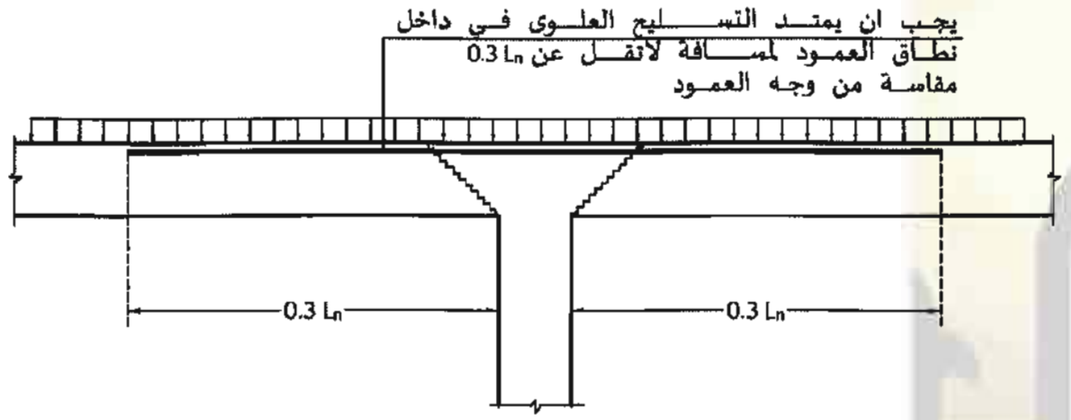
شكل رقم (٤-١٤-ب) صلب التسليح المقاوم للقص الثاقب لعمود داخلي

شكل (٤-١٤-أ، ب) القطاعات الحرجة للقص الثاقب في حالة استخدام صلب تسليح القص الثاقب

يجب ان يتم تثبيت وصلات جميع الاسياخ الداخلة في نطاق الاعمدة الداخلية وكذلك الاعمدة عند نهايتي البلاطة تثبيتا كاملا وفقا لما جاء في البند ٤-٢-٥-أ وشكل ٤-٧ بشرط ألا يقل عدد تلك الأسياخ عن سيخين وينطبق ذلك على جميع البلاطات المسطحة والبلاطات ذات بلاطات السقوط



شكل (٤-١٥-أ) متطلبات التسليح السفلي داخل نطاق العمود



شكل (٤-١٥-ب) متطلبات التسليح العلوي

شكل (٤-١٥) متطلبات التسليح للبلاطات المسطحة لمنع الانهيار المفاجئ للبلاطات

٤-٢-٢-٤ قص الاحتكاك Shear Friction

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

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

١. في حالة وضع صلب التسليح عمودي على مستوى القص:

$$A_{sf} = \frac{Q_u}{\mu_f\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)} + \frac{N_u}{\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)}$$

Eq.[4-48-a]

حيث μ_f معامل الاحتكاك المبين في بند (ج) التالي و N_u هي القوة العمودية على مستوى القص وتكون موجبة في حالة الشد وسالبة في حالة الضغط.

٢. في حالة وضع صلب التسليح المقاوم لقص الاحتكاك بزاوية α_f مع مستوى القص:

$$A_{sf}=\frac{Q_u}{\left[\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)\left(\mu_f\sin\alpha_f+\cos\alpha_f\right)\right]}+\frac{N_u}{\left[\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)\sin\alpha_f\right]}$$ Eq.[4-48-b]

حيث:

$$0<\alpha_f\le 90^\circ$$

ج. تؤخذ معاملات الاحتكاك μ_f كما يلي:

- للخرسانة المصبوبة ميليثيا $\mu_f=1.20$
- للخرسانة المصبوبة عند فواصل التنفيذ أو الصب وبشرط تخشين السطح بحيث يكون عمق التخشين في حدود ٦ مم $\mu_f=0.80$
- كالسابق ولكن عمق التخشين أقل من ٦ مم وكذلك في حالة تثبيت عناصر إنشائية من الصلب على عناصر خرسانية $\mu_f=0.50$

د. بالإضافة لما سبق، يجب ألا يتجاوز إجهاد القص بالاحتكاك على القطاع القيمة $(0.225f_{cu}/\gamma_c)$ حيث A_c هي مساحة المقطع الخرساني المقاوم للقص وبحد أقصى ٥,٥٠ ن/مم٢.

هـ. يجب ألا تؤخذ قيمة f_y أكبر من ٤٠٠ ن/مم٢.

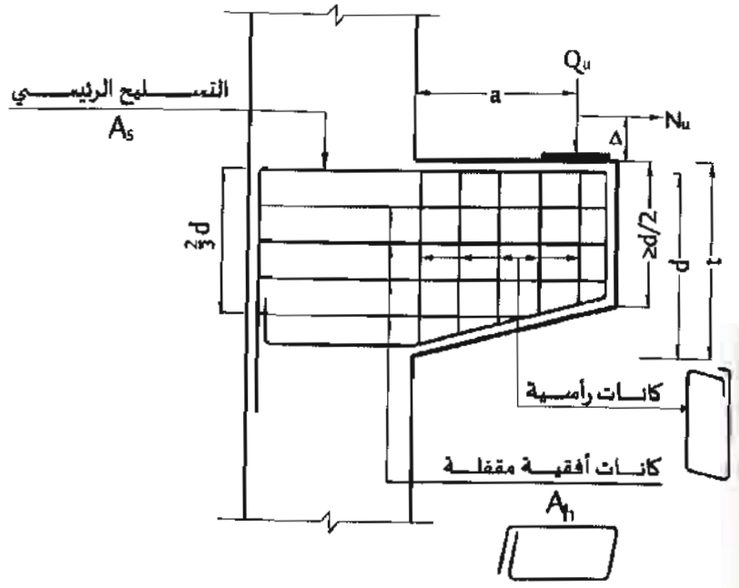
و. في حالة تعرض القطاع لقوى شد بالإضافة لقوى قص يجب زيادة مساحة الصلب المقاوم للقص بما يوازى المساحة المطلوبة لمقاومة قوى الشد وفقاً للمعادلتين (٤-٤٨-a، b).

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

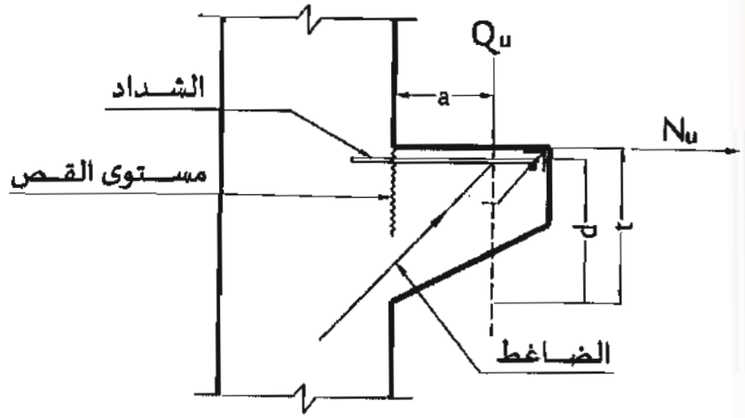
١. الكوابيل القصيرة هي التي لا يزيد البعد a لحمل القص المركز Q_u مقاسا من وجه الركيزة على العمق الفعال للكابولي عند وجه الركيزة، وعلى ألا يقل الارتفاع الكلى عند نهايتها عن نصف نظيره عند وجه الركيزة شكل (٤-١٦-أ). وعلى ان لا تزيد قيمة قوة الشد القصوى Nu المؤثرة على الكابولي عن قيمة قوة القص القصوى Q_u .

٢. يمكن تصميم الكوابيل القصيرة باستخدام طريقة الضاغط والشداد (Strut-Tie Model) طبقا للبند (٦-١١) وشكل (٤-١٦-ب)، كما أنه يسمح أيضا بتطبيق تلك الطريقة في حالة الكوابيل لا يزيد البعد a لحمل القص المركز Q_u مقاسا من وجه الركيزة على ضعف العمق الفعال للكابولي عند وجه الركيزة، مع مراعاة ما جاء في البندين (أ) و(ب) من البند رقم (٤) واستيفاء المعادلتين (٤-٤٨-a، b).

٣. يتم تحديد المقاومة القصوى للكوابيل القصيرة وفقا للمقاومات القصوى للضغط أو الانفلاق للضاغط وفقا للبند (٦-١١) أو نتيجة لخضوع صلب تسليح الشداد أو الإجهاد الأقصى للقص للكابولي على وجه الركيزة وفقا لما هو وارد في البند رقم(٤) أو مقاومة الارتكاز القصوى عند منطقة ارتكاز الحمل المركز على الكابولي وفقا للبند (٤-٢-٤) أيهما أقل.



شكل (٤-١٦-أ) الكوابيل القصيرة- تفاصيل التسليح



شكل (٤-١٦-ب) الكوابيل القصيرة باستخدام طريقة الضاغط والشداد (Strut-Tie Model)

٤. يمكن أيضا أن يتم تصميم الكوابيل القصيرة التي لا يزيد البعد a للحمل المركز من وجه الركيزة على طول بروزها من وجه الركيزة على العمق الفعال للكابولي عند وجه الركيزة وفقا لما يلي:

أ. التسليح الرئيسي في الكوابيل القصيرة:

يؤخذ صلب التسليح الرئيسي A_s للكوابيل شكل (٤-١٦-ب) القيمة الأكبر من:

$$A_s=A_n+A_f$$ Eq.[4-49]

$$A_s=A_n+(2/3)A_{sf}$$ Eq.[4-50]

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

حيث:

A_f = مساحة صلب التسليح الأساسي لقطاع الكابولي عند وجه الركيزة والتي تقاوم عزم انحناء قيمته تساوى:

$$M_u=Q_u.a+N_u\left(t+\Delta-d\right) \qquad \text{Eq.[4-51]}$$

ويتم تحديد هذه المساحة طبقاً للبند (٤-٢-١-٢) لقطاعات معرضة لعزوم انحناء وحيث Q_u هي قوة القص القصوى والتي يجب ألا تتعدى قيمتها تلك المعطاة في بند (٤-٢-٢-٤-د).

حيث:

A_n =مساحة صلب التسليح المطلوب لمقاومة قوة الشد Nu وتحسب من العلاقة التالية:

$$A_n=\frac{N_u}{\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)} \qquad \text{Eq.[4-52]}$$

على أن تعامل القوة N_u على أساس حمل حي وألا تقل قيمتها في التصميم عن $0.20Q_u$ كما يراعى أخذ تأثير قوى الفرملة إن وجدت وحساب عزوم اللي وعزوم الانحناء الناتجة عنها.

حيث:

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

أ. التسليح الأفقي A_h والموازي للتسليح الرئيسي:

يجب وضع كانات أفقية مقفولة وموزعة توزيعاً منتظماً في ثلثي القطاع العلوي المعرض للشد شكل (١٦-٤) بحيث تكون مساحتها:

$$A_h=0.50\left(A_s-A_n\right) \qquad \text{Eq.[4-53]}$$

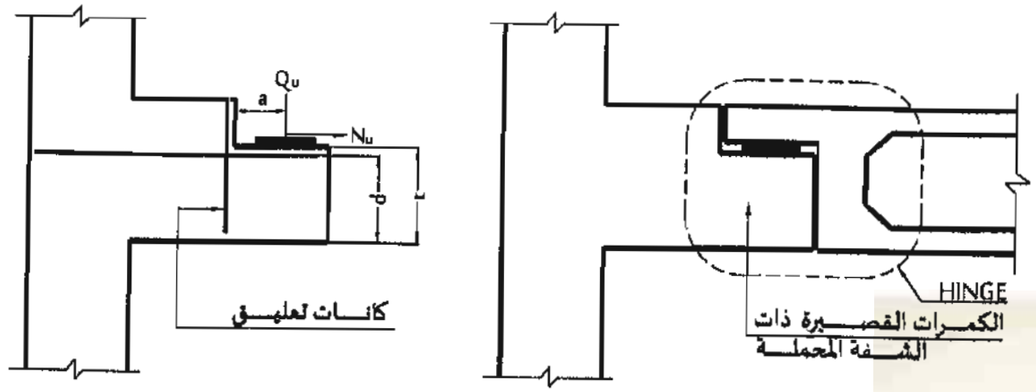
٥. تزود الكوابيل القصيرة بكانات رأسية تفي باشتراطات مقاومة القطاع لعزوم اللي، وذلك في حالة ما إذا كانت تلك الكوابيل محتمل لها أن تتعرض لعزوم لي ناشئة عن لا محورية التحميل أو أحمال أفقية كما يشترط أيضا لحالات الكوابيل القصيرة التي يكون البعد a لحمل القص المركز Q_u مقاسا من وجه الركيزة على العمق الفعال للكابولي عند وجه الركيزة $1>a/d<2$ أن يتم تزود الكوابيل القصيرة بكانات رأسية تفي باشتراطات مقاومة القطاع لقوى القص.

ج. وفى كل الأحوال لا يقل التسليح الجذعي عن الحد الأدنى الذي ينص عليه الكود في بند (٤-٢-٣).

د. يجب التحقق من مقاومة الارتكاز تحت لوح التحميل طبقاً لبند (٤-٢-٤) ويجب ألا يمتد مسطح التحميل بعد الجزء المستقيم لصلب التسليح الرئيسي للشد كما بالشكل (١٦-٤).

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

٤-٢-٥-٢-١ وصلات الارتكاز المفصلية



شكل (٤-١٧) الوصلات الارتكاز المفصلية

١. يمكن تصميم وصلات الارتكاز المفصلية وفقا للاشتراطات الخاصة بتصميم الكوابيل القصيرة المبينة في البند (٤-٢-٥) بالإضافة الى الاشتراطات المعطاة في البند التالي (٢).

٢. يترتب على الارتكاز على الشفة المحملة قوى شد رأسية على الكمرة يتم مقاومتها بواسطة كانات تعليق كما هو مبين في الشكلين (٤-١٧) (٤-١٨) وعلى أن يتم حساب مساحة صلب التسليح الخاص بكانات التعليق وذلك في منطقة ارتكاز الكمرات وفقا لما يلي:

$$Q_u=n.A_h.f_y/\gamma_s \qquad \text{Eq.[4-54]}$$

حيث:

Q_u = قوى الارتكاز القصوى.

A_h = إجمالي مساحة مقطع الكانه الواحدة المقاومة للقوى المرتكزة.

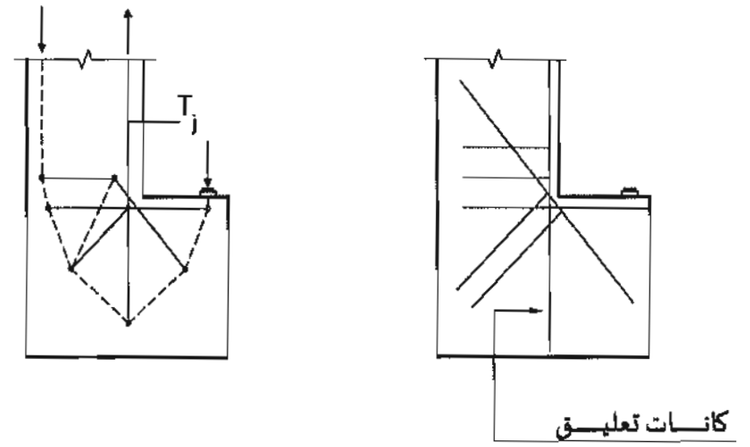
n = عدد كانات التعليق.

f_y = إجهاد الخضوع صلب كانات التعليق.

وعلى أن يتم إضافة تسليح كانات التعليق وفقا للمعادلة (٤-٥٤) لتسليح القص للكمرة.

٣. في حالة استخدام طريقة الضاغط والشداد يمكن استخدام النموذج المبين في شكل (٤-١٨) عند تطبيق تلك الطريقة.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954



شكل (٤-١٨) نموذج الضاغط والشداد للكمرات المقلوبة ذات الشفة المحملة

٤-٢-٢-٦ العناصر الخرسانية المركبة المعرضه لعزوم الانحناء

٤-٢-٢-٦-١ مقدمه

أ. يختص هذا البند بدراسة العناصر الخرسانية المركبة المعرضة لعزوم انحناء المكونة من عناصر خرسانية مسلحة منفصلة، إما سابقة الصب او مصبوبة في الموقع على مراحل، او كلهما والتي يتم تجميعها ووصلها ميليئيا مع بعضها البعض لتكون عنصر خرساني مسلح متكامل، كما في حالات فواصل التنفيذ أو الصب أو اعمال تدعيم المنشآت الخرسانية. ولا يشمل هذا البند على القطاعات المركبة والمكونة من قطاعات الصلب المحاطة بالخرسانة المسلحة او العناصر المركبة من قطاعات الصلب والخرسانة.

ب. تنطبق كافة بنود هذا الكود على تصميم تلك العناصر فيما لا يتعارض مع ما هو مذكور في هذا البند.

٤-٢-٢-٦-٢ ملاحظات عامة

أ. يسمح باستخدام العنصر الخرساني المركب بأكمله أو أجزاء منه لمقاومة القص وعزوم الانحناء.

ب. يجب أن يتم تحليل وتصميم كل عنصر من العناصر المكونة للقطاع الخرساني المركب وذلك تحت تأثير جميع حالات التحميل المختلفة.

ج. يمكن في حالة استخدام خرسانات ذات مقاومات مميزة مختلفة في تكوين العنصر الخرساني المركب أن يتم استخدام القيم المميزة لمقاومة كل عنصر من العناصر المكونة للقطاع عند تصميم العنصر الخرساني المركب او أدنى قيمه للمقاومة المميزة لتلك العناصر.

د. يجب أن تصمم كل العناصر لمقاومة كل الأحمال المؤثرة عليها قبل أن تكتسب العناصر الخرسانية المركبة المقاومة التصميمية لها.

هـ. يجب أن يتم استيفاء العنصر الخرساني المركب كافة متطلبات حالة حد التشغيل الخاص بالتحكم في التشرخ وفقا للبند (٤-٣-٢).

و. يجب أن تستوفى العناصر الخرسانية المركبة متطلبات حالة حد التشغيل الخاص بالتحكم في الترخيم وفقا للبند (٤-٣-١).

ز. يجب التأكد من منع حدوث انفصال العناصر الخرسانية المركبة عن بعضها وعلى أن يتم ذلك وفقا للبنود (٤-٢-٦-٢-٤) و (٤-٢-٢-٦-٥) مع ضرورة التأكد من استعمال خرسانة قليلة الانكماش عند صب الخرسانة الجديدة.

٤-٢-٢-٦-٣ الشدات والركائز للعناصر الخرسانية القائمة

يجب في حالة استخدام الشدات والركائز لتثبيت العناصر الخرسانية القائمة عند صب الخرسانة الجديدة عدم إزالة تلك الشدات بعد صب الخرسانة الجديدة إلا بعد أن تكتسب العناصر الخرسانية الجديدة مقاومتها التصميمية وذلك لضمان استيفاء متطلبات حالات الحدود الخاصة بالمقاومة القصوى والتشغيل وقت فك الشدات.

٤-٢-٢-٦-٤ المقاومة القصوى لقوى القص الرأسية

أ. تصمم العناصر الخرسانية المركبة لمقاومة قوى القص الرأسية على أساس أن عناصره الخرسانية مصبوبة ميليئيا وأن مقاومة القطاع تكون بواسطة القطاع الخرساني المركب وذلك وفقا لبند (٤-٢-٢) من هذا الكود.

ب. يجب أن يكون التسليح المقاوم للقص الرأسي مثبتا تثبيتا كاملا في طبقات العناصر المترابطة وفقا للبند (٤-٢-٥-٢) من هذا الكود.

ج. يمكن اعتبار ان التسليح المقاوم لقوى القص الرأسية كجزء من التسليح الخاص لمقاومة قوى القص الأفقية.

٤-٢-٢-٦-٥ قوى القص الأفقية

يتم تحديد قوى القص الأفقية القصوى مستخدما أي من الطريقتين التاليتين:

- تؤخذ قيم وتوزيع قوى القص الأفقية المؤثرة على العناصر الخرسانية المركبة مساوية لقيم وتوزيع قوى القص الرأسية المؤثرة على تلك العناصر.
- تؤخذ قوى القص الأفقية على اساس حساب التغيير في قوى الشد أو قوى الضغط في أي شريحة بشرط ألا تتعدى قيمة قوى القص Q_u القيمة المعطاة في البند السابق.

٤-٢-٢-٦-٦ المقاومة القصوى لقوى القص الأفقية

يشترط لضمان استيفاء متطلبات هذا البند أن يكون أسطح التماس بين العناصر الخرسانية المركبة قد تم تخشينها بحيث لا يقل عمق التخشين عن ٦مم وكانت خاليه من أي شوائب او مواد تؤثر بالسلب على التماسك بين طبقات العنصر الخرساني المركب.

يتم حساب مقاومة القص الأفقية القصوى في القطاعات الخرسانية المركبة عند سطح التماس بين العناصر المكونة للقطاع الخرساني المركب وفقا للمعادلة (a-5-44) التالية:

$$q_{uh} = Q_u / b_v d \qquad \text{Eq.[4-55-a]}$$

حيث:

b_v = عرض الاتصال بين الجزء سابق الصب و الجزء المصبوب بالموقع

d = عمق العنصر المركب كاملاً.

يتم تحديد مقاومة القص الأفقية القصوى في القطاعات الخرسانية المركبة عند سطح التماس بين العناصر المكونة للقطاع الخرساني المركب وفقا لما يلي:

أ. يسمح بعدم استخدام تسليح لمقاومة اجهادات القص الافقية القصوى q_{uh} في حالة ماذا كانت قيمة تلك الاجهادات المحسوبة وفقا للمعادلة (4-55-a) اقل من ٠,٤٠ ن/مم٢.

ب. يشترط في حالة ماذا كانت قيمة اجهادات القص الافقية القصوى أكبر من ٠,٤٠ ن/مم٢ ان يتم وضع نسبة تسليح رأسية لا تقل قيمتها عن نسبة التسليح الدنيا للأربطة الرأسية بين أجزاء العنصر المركب طبقاً للبند (٤-٢-٢-١-٦) وعلى ان يتم حساب نسبة التسليح للأربطة الرأسية مستخدما في ذلك المعادلة (4-55-b)التالية:

$$(1.35+0.5\mu_v \frac{f_y}{\gamma_s}) < 2.60\ N/mm^2 \qquad \text{Eq.[4-55-b]}$$

حيث:

μ_v = نسبة التسليح للأربطة الرأسية، وتحسب من:

$$\mu_v = A_v/(b_v.s)$$

حيث A_v = مساحة صلب التسليح المقاومة لقوى القص في نطاق المسافة s

ج. في حالة ما إذا زادت قيمة مقاومة القص الأفقية القصوى على ٢,٦ ن/مم٢ فيتم التصميم لقوى القص الأفقية وفقا للبند (٤-٢-٢-٤) والخاص بقص الاحتكاك.

٤-٢-٢-٦-٧ التسليح لمقاومة قوى القص الأفقي

- يتكون التسليح المستخدم لمقاومة قوى القص الأفقية من أسياخ منفردة أو صلب الشبك الملحومة أو عدة أفرع للكانات.
- يجب ألا تقل مساحة مقطع الأسياخ المقاومة لقوى القص الأفقي عن القيم المعطاة في البند (٤-٢-٢-١-٦).
- يجب ألا تزيد المسافات البينية بين أسياخ التسليح الأفقي عن أربع أمثال البعد الأصغر للعنصر الحامل ولا تزيد عن ٥٠٠ ملي.
- يجب أن يكون التسليح المقاوم للقص الرأسي مثبتا بالكامل في طبقات العناصر المترابطة وفقا للبند (٤-٢-٥).
- يجب أن تتناسب مساحة مقطع الأسياخ والمسافات البينية على طول العنصر الإنشائي مع توزيع قوى القص على العنصر الإنشائي.
- في حالة تعرض أي طبقه لقوى شد على سطح التماس بالإضافة لقوى القص فيجب زيادة مساحة الصلب المقاوم للقص بما يوازي المساحة المطلوبة لمقاومة قوى الشد.

٤-٢-٢-٧ الكمرات العميقة

٤-٢-٢-٧-١ التسليح الجذعي بالكمرات العميقة باستخدام طريقة التصميم الفرضي

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

٢. $0.50a$ 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.

ج. تُحسب إجهادات القص القصوى الافتراضية من العلاقة:

$$q_u = \frac{Q_u}{(b.g)} \qquad \text{Eq.[4-56-a]}$$

حيث:

g = العمق الفعال أو بحر الكمرة الخالص أيهما أقل

د. لا يجوز في أي حالة أن تزيد قيمة q_uعلى القيمة المعطاة في المعادلة (٤-٢٨) مضروبة في المعامل δ_d التالي:

$$\delta_d = \left(\frac{7}{8}\right) + \frac{0.5}{\left(\frac{L_n}{d}\right)} \qquad \text{Eq.[4-56-b]}$$

هـ. تُحسب مقاومة الخرسانة القصوى للقص بضرب مقاومة الخرسانة القصوى المعطاة في المعادلة (٤-٢٩) في الكمرات العادية في المعامل δ_{dc} التالي:

$$\delta_{dc} = 3.5 - 2.5\left[\frac{M_u}{Q_u.d}\right] \qquad \text{Eq.[4-56-c]}$$

حيث:

M_u هي قيمة العزم عند المقطع الحرج في القص وحيث $(2.5 > \delta dc > 1)$ على ألا تزيد قيمة q_{cu} في الكمرات العميقة على:

$$q_{cu}(\text{uncracked}) \leq 0.30\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad \text{Eq.[4-56-d]}$$

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

$$q_{su} = q_u - q_{cu}(\text{cracked}) \qquad \text{Eq.[4-56-e]}$$

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing and Building National Research Center Since 1954

حيث $q_{cu}(\text{cracked}) \le 0.23\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$ وعلى أن يتم حساب صلب التسليح الجذعي طبقاً للفقرة (ح) التالية.

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

ح. يُصمم صلب التسليح الجذعي من العلاقة التالية:

$$q_{su} = \delta_v \cdot q_{suv} + \delta_h \cdot q_{suh} \qquad \text{Eq.[4-56-f]}$$

حيث:

q_{suh} ، q_{suv} يتم حسابهما كما يلي:

$$q_{suh} = \left(\frac{A_h}{s_h}\right)\left(\frac{f_y}{b.\gamma_s}\right) \qquad \text{Eq.[4-56-g]}$$

$$q_{suv} = \left(\frac{A_v}{s_v}\right)\left(\frac{f_y}{b.\gamma_s}\right) \qquad \text{Eq.[4-56-h]}$$

ويتم تحديد المعاملين δ_h ، δ_v كما يلي:

$$\delta_h = \frac{9-\left(\frac{L_n}{d}\right)}{10} \qquad \text{Eq.[4-56-i]}$$

$$\delta_v = \frac{1+\left(\frac{L_n}{d}\right)}{10} \qquad \text{Eq.[4-56-j]}$$

حيث:

A_h = مساحة مقطع صلب التسليح الجذعي (الأفقي) الموازي 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) الموازي 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 الجذعي في الكمرات العميقة للحالات التي تنطبق عليها شروط هذا البند (٤-٢-٢-٦ – ١) عما يلي:

١. صلب التسليح الجزعي (الرأسي) العمودي على محور الكمرة:

- صلب طرى (٢٤٠) $\frac{A_v}{b.s_v} \ge 0.0030$ بحيث لا تتعدى قيمة (s_v) ٢٠٠ مم.
- صلب عالي المقاومة $\frac{A_v}{b.s_v} \ge 0.0025$ بحيث لا تتعدى قيمة (s_v) ٢٠٠ مم.

٢. صلب التسليح الجزعي (الأفقي) الموازي لمحور الكمرة:

- صلب طرى (٢٤٠) $\frac{A_h}{b.s_h} \ge 0.0030$ بحيث لا تتعدى قيمة (s_h) ٢٠٠ مم.
- صلب عالي المقاومة $\frac{A_h}{b.s_h} \ge 0.0025$ بحيث لا تتعدى قيمة (s_h) ٢٠٠ مم.

٤-٢-٢-٧-٢ التسليح الجذعي للكمرات العميقة عند التحليل بطريقة الضاغط والشداد

أ. يمكن تصميم الكمرات العميقة التي تستوفى نسبة البحر الفعال إلى العمق العلاقة باستخدام طريقة الضاغط والشداد طبقا للبندين (٦-٣-٢-٣) و(٦-١١) بشرط ان لا يزيد بعد الحمل المركز المؤثر على الكمرة عن مسافة 2d مقاسة من وجه الركائز.

ب. يتم تصميم الكمرات العميقة للحالات التي يزيد بعد الحمل المركز المؤثر على الكمرة عن مسافة 2d مقاسة من وجه إحدى الركائز وأقل من 2d مقاسة من وجه الركيزة الأخرى باستخدام البند (٤-٢-٢-٤) والخاص بقص الاحتكاك وعلى ان يتم حساب مقاومة الكمرة لعزوم الانحناء في هذه الحالة باستخدام طريقة الضاغط والشداد طبقا للبندين (٦-٣-٢-٣) و(٦-١١) او ان يتم حساب ذلك مستخدما توزيع لا خطى للانفعالات في الكمرة.

ج. يجب ألا تقل النسب الدنيا لصلب التسليح الجذعي في الكمرات العميقة للحالات التي تكون فيها نسبة البحر الفعال إلى العمق ($L/d \le 1.25$) للكمرات البسيطة ($L/d \le 2.50$) للكمرات المستمرة عن القيم المعطاة في البند (٤-٢-٢-٧-١-ك).

٤-٢-٢-٧-٣ الكمرات العميقة المحملة بأحمال ينتج عنها شد على أسطح تحميلها

أ. في حالات تحميل الكمرات العميقة بأحمال ينشأ عنها شد على سطح التحميل، وكذلك في حالات التحميل على الأسطح الجانبية يتم وضع تسليح جذعي رأسي يكفي لنقل الحمل إلى ارتفاع يساوى نصف البحر على الأقل وذلك بالإضافة إلى التسليح الجذعي الناتج عن تصميم الكمرة باعتبارها محملة على السطح العلوي. ويمكن أيضا استخدام طريقة الضاغط والشداد عند تصميم تلك الحالات.

ب. في حالات تحميل الكمرات على أسطحها السفلية المعرضة لإجهادات شد يتم تصميم الكمرات في القص وفقا للبند (٤-٢-٢-١-٢) الخاص بالكمرات العادية مع مراعاة بند ٤-٢-٢-١-٦-ك والخاص بنقل الحمل الى منطقة الضغط.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

٤-٢-٣ حالة حد المقاومة القصوى في اللي Ultimate Torsion Strength Limit State

٤-٢-٣-١ القطاعات الحرجة لعزوم اللي

لحساب إجهادات القص القصوى الناتجة عن عزوم اللي القصوى تؤخذ القطاعات الحرجة عند أكبر عزم لي؛ وفى حالة ما إذا كان أكبر عزم لي عند الدعامة فيمكن اعتبار أن القطاع الحرج لعزوم اللي 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 لي من العلاقة التالية:

$$q_{tu} = \left(\frac{M_{tu}}{2A_o.t_e}\right)$$ Eq.[4-57]

حيث:

A_o هي المساحة المحصورة داخل مسار قص اللي لوحدة الطول بالقطاع و t_e سمك الحائط للقطاع الصندوقي المكافئ للقطاع الأصلي المصمت. وفى حالة عدم توافر طرق دقيقة لحساب A_o فإنه يمكن أخذ A_o تساوى $0.85A_{oh}$ حيث A_{oh} هي المساحة المحصورة داخل محور صلب التسليح العرضي الخارجي المستخدم لمقاومة عزوم اللي وتؤخذ $te=A_{oh}/P_h$ حيث P_h هو طول محيط محور صلب التسليح العرضي الخارجي المستخدم لمقاومة عزوم اللي شكل (٤-١٩).

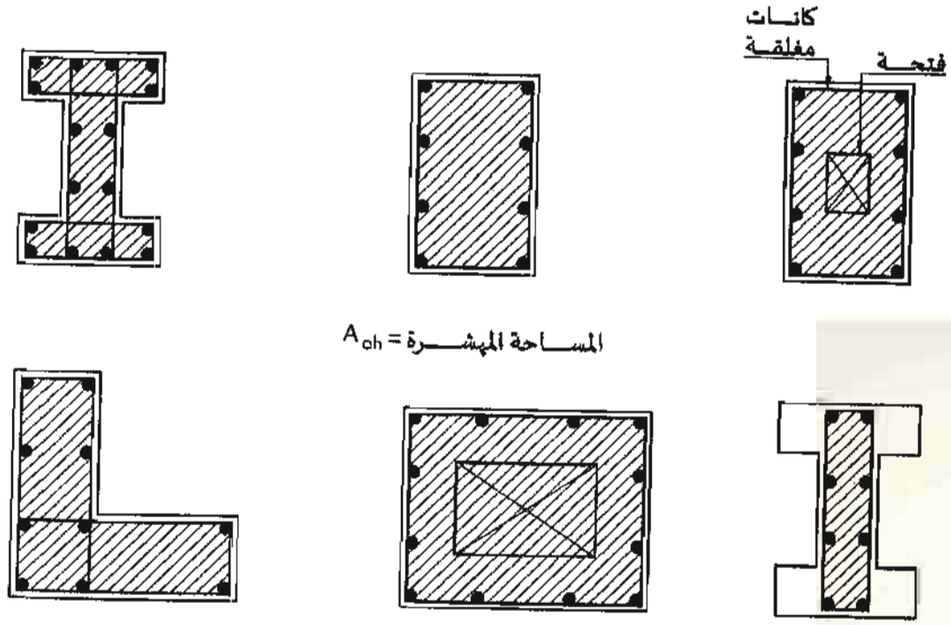
ب. يمكن حساب قيمة إجهادات القص الاعتبارية القصوى لقطاع على شكل حرف T أو L بإهمال الجزء الفعال من البلاطة، ومعاملة القطاع كقطاع مستطيل.

ج. في حالة أخذ تأثير الجزء الفعال من البلاطة في الاعتبار عند حساب إجهادات القص الاعتبارية لقطاع على شكل حرف T أو L فإنه يجب اتباع ما يلي:

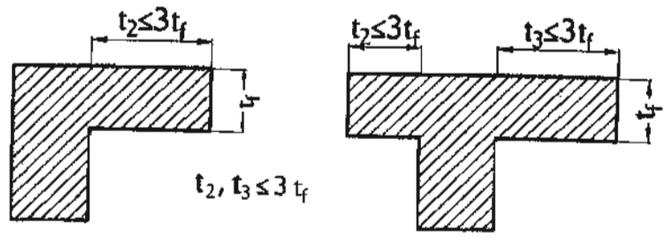
- ألا يزيد العرض الفعال من البلاطة مقاساً من خارج جذع الكمرة على ثلاث مرات سمك البلاطة كما بالشكل (٤-٢٠).
- يجب أن تزود البلاطة بتسليح جذعي في منطقة العرض الفعال للتأكد من فاعليتها في مقاومة اللي.

د. القطاع الصندوقي:

يتم حساب إجهادات القص الاعتبارية للقطاع الصندوقي بالتطبيق في المعادلة (٤-٥٧). وذلك بالتعويض بالسمك الأدنى من: $t_e = \frac{A_{oh}}{P_h}$ أو أقل سمك فعلى لحوائط القطاع.



شكل (٤-١٩-أ، ب) يوضح تعريف A_{oh}



شكل (٤-٢٠) العرض الفعال للبلاطة

هـ. يُهمل تأثير عزم اللي في المقاطع المعرضة لعزم لي في حالة ما إذا كانت إجهادات القص الاعتبارية القصوى الناتجة عن عزم اللي الأقصى أقل من القيم المحسوبة من المعادلة (٤-٢٨) والجدول (٤-٤).

و. يجب أن تستوفى الأبعاد الخرسانية للقطاعات المعرضة لقوى قص بالإضافة إلى عزوم لي والمسلحة بتسليح جذعي بالإضافة إلى تسليح طولي العلاقة التالية:

في حالة القطاعات المصمتة:

$$\sqrt{(q_u)^2 + (q_{tu})^2} \le q_{umax}$$ Eq.[4-58]

في حالة القطاعات الصندوقية:

$$q_u + q_{tu} \le q_{umax}$$ Eq.[4-59]

ويتم حساب q_u من المعادلة (٤-٢٤) وحساب q_{tu} من المعادلة (٤-٥٧) وتؤخذ قيمة q_{umax} من المعادلة (٤-٢٧) أو من الجدول (٤-٣).

٤-٢-٣-٣ صلب التسليح اللازم لمقاومة إجهادات القص الناتجة عن عزوم لي مصحوبة بقوى قص

أ. إذا زادت قيمة الإجهادات المحسوبة q_{tu} من المعادلة (٤-٥٧) بند (٤-٢-٣-٢) على القيمة المحسوبة من المعادلة (٤-٢٨) بند (٤-٢-٢-١-٢-د) وبحيث لا تزيد القيمة المحسوبة على القيمة q_{umax} من المعادلة (٤-٥٨) أو(٤-٥٩) بند (٤-٢-٣-٢) فيجب استخدام تسليح لمقاومة عزم اللي مكون من كانات مقفلة عمودية على محور العنصر بالإضافة إلى تسليح طولي. ويجب إضافة هذا التسليح إلى أي تسليح مطلوب لمقاومة عزوم الانحناء والقوى المحورية وقوى القص طبقاً للجدول (٤-٥).

جدول (٤-٥) التسليح العرضي لمقاومة عزوم اللي وقوى القص

	$q_{tu} \le 0.06\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$	$q_{tu} > 0.06\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$
$q_u \le q_{cu}$	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})	تسليح لمقاومة (q_u-q_{cu}) و q_{tu}

ب. صلب التسليح العرضي اللازم لمقاومة عزوم اللي عبارة عن كانات مقفلة أو شبكات ملحومة وتحدد مساحة فرع الكانة في القطاع كما يلي:

Eq.[4-60]

$$A_{str} = \frac{M_{tu} \cdot s}{2A_o\left(\frac{f_{y-st}}{\gamma_s}\right)}$$

حيث:

$A_o = 0.85A_{oh}$ كما سبق التعريف في البند (٤-٢-٣-٢) ، A_{oh} هي المساحة المحصورة داخل محور الصلب العرضي الخارجي المستخدم لمقاومة عزوم اللي.

وفى حالة القطاع المستطيل تؤول المعادلة (٤-٦٠) إلى:

Eq.[4-61]

$$A_{str} = \frac{M_{tu} \cdot s}{1.7(x_1 \cdot y_1)\left(\frac{f_{y-st}}{\gamma_s}\right)}$$

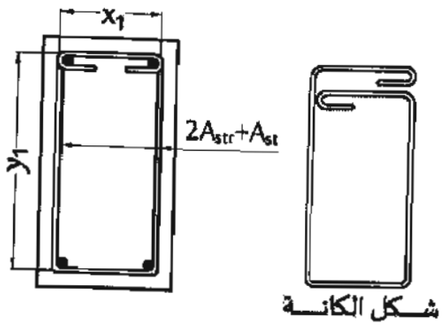
حيث:

A_{str} = مساحة مقطع فرع الكانة اللازمة لمقاومة عزوم اللي.

f_{y-st} = إجهاد الخضوع لصلب الكانات المقاومة لعزوم اللي بحد أقصى ٤٠٠ن/مم٢.

X_1 = عرض كانة التسليح المستطيلة مُقاسة بين محوري الكانة (شكل ٤- ٢١).

y_1 = طول كانة التسليح المستطيلة مُقاسة بين محوري الكانة (شكل ٤- ٢١).



شكل (٤-٢١) تفاصيل التسليح المقاوم لعزوم اللي وقوى القص (كانات ذات فرعين)

مع ملاحظة ما يلي:

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

Eq.[4.-62]

$$(2A_{str}+A_{st}) \ge 0.4\frac{(s.b)}{f_{y-st}}$$

حيث:

f_{y-st} بوحدات ن/مم٢ ، b عرض القطاع المصمت أو مجموع عروض الأعصاب للقطاع الصندوقي.

- يجب ألا تزيد المسافة S بين الكانات على $\frac{p_h}{8}$ أو ٢٠٠ مم أيهما أصغر حيث p_h هي طول محيط صلب التسليح العرضي المستخدم لمقاومة عزوم اللي.
- في حالة وجود قطاع به كانات ذات فروع أكثر من فرعين، يجب اعتبار الكانة الخارجية ذات الفرعين فقط في مقاومة اللي كما في شكل (٤-٢٢).
- فى القطاعات الصندوقية يسمح باستخدام التسليح العرضى والطولى على المحيط الداخلى والخارجى للقطاع لمقاومة عزوم اللى طالما أن سمك الحائط tw أقل من أو يساوى سمك الحائط للقطاع الصندوق المكافئ للقطاع الأصلى المصمت te، أما إذا زاد سمك الحائط على سمك الحائط للقطاع الصندوق المكافئ للقطاع الأصلى المصمت te فيقاوم عزم اللي بالتسليح على المحيط الخارجي فقط.

ج. التسليح الطولي الإضافي A_{sl} لمقاومة اللي يحدد من المعادلة (٤-٦٣-a، b)

Eq.[4-63-a]

$$A_{sl} = \left(\frac{A_{str} \cdot p_h}{s}\right)\left(\frac{f_{y-st}}{f_y}\right)$$

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

وبشرط ألا تقل مساحة التسليح الطولي عن:

$$A_{sl\ min.} = \frac{0.4\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}A_{cp}}{f_y/\gamma_s} - \left(\frac{A_{str}\cdot p_h}{s}\right)\left(\frac{f_{y-st}}{f_y}\right) \qquad \text{Eq.[4-63-b]}$$

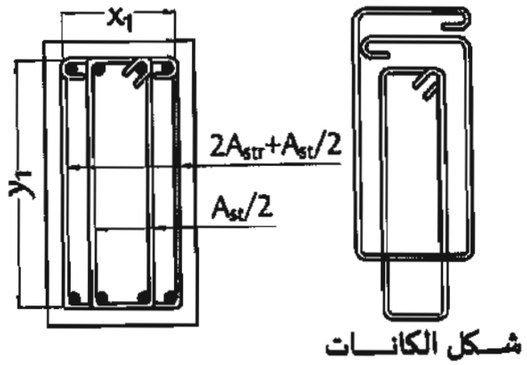
حيث A_{cp} المساحة الكلية للقطاع شاملة مساحة الفتحات و f_{cu}، f_y، $f_{y\text{-}st}$ بوحدات ن/مم٢.

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

ويوزع التسليح الطولي على المحيط داخل الكانة الخارجية المقفلة مع مراعاة ما يلي:

- يجب ألا يقل قطر الأسياخ المستعملة في التسليح الطولي عن المسافة بين الكانات مقسومة على ١٥ أو ١٢مم أيهما أكبر.
- يُوزع التسليح الطولي الإضافي بانتظام داخل محيط الكانات الخارجية وبحيث لا تزيد المسافة بين الأسياخ على ٣٠٠مم.
- يجب وضع سيخ طولي في كل ركن من أركان القطاع.

يُضاف التسليح الطولي الناتج عن عزوم اللي إلى التسليح الطولي الناتج عن عزوم الانحناء.



شـــكل الكانـــات

شكل (٤-٢٢) تفاصيل التسليح المقاوم لعزوم اللي وقوى القص (كانات أكثر من فرعين)

د. يجب أن يمتد التسليح العرضي والطولي اللازم لمقاومة عزوم اللي مسافة نصف طول محيط الكانات بعد آخر قطاع من بحر الكمرة يستوجب هذا التسليح.

٤-٢-٣-٤ إعادة توزيع عزوم اللي للمنشآت غير المحددة إستاتيكيا

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

أ. في المنشآت غير المحددة إستاتيكياً والتي يكون عزم اللي فيها ضرورياً للاتزان (Equilibrium torsion) لا يُسمح بإعادة توزيع عزوم اللي.

ب. في المنشآت غير المحددة إستاتيكياً والتي يكون عزم اللي فيها غير ضروري للاتزان وناتج عن تحقيق توافق الانفعالات (Compatibility torsion) يمكن تخفيض عزم اللي الأقصى إلى قيمة عزم اللي المسبب للتشرخ وفقاً للمعادلة التالية:

$$M_{tu} = 0.316\left(\frac{A^2_{cp}}{P_{cp}}\right)\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad \text{Eq.[4-64]}$$

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

٤-٢-٣-٥ جساءة القطاع الخرساني 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 اللي C طبقا للمعادلة (٤-٦٥-a). وفي حالة القطاعات على شكل حرف (L أو T) أو صندوقي يمكن حساب ثابت اللي عن طريق تقسيم هذه الأشكال إلى مجموعة من المستطيلات طبقا للمعادلة (٤-٦٥-b).

$$C = \beta b^3 t\ \eta \qquad \text{Eq.[4-65-a]}$$

$$C = \sum \beta b^3 t\ \eta \qquad \text{Eq.[4-65-b]}$$

حيث:

η = 0.70 للقطاعات المستطيلة قبل التشرخ والناتج عن عزم لي لا يتعدى قيمة عزم التشرخ طبقاً للمعادلة (٤-٦٤).

η = 0.20 للقطاعات المستطيلة بعد التشرخ.

β = معامل يعتمد على نسبة t/ b المعطاة في 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	0.2	0.23	0.26	0.29	0.33

ولحساب الجساءة لقطاع على شكل حرف L أو T أو صندوقي يمكن تقسيم القطاع إلى مستطيلات وحساب الجساءة كما سبق بشرط اتباع ما ذكر في بند (٤-٢-٣-٢).

ب. في الحالات التي تستدعى دقة أكبر في الحسابات يتم تعيين جساءة القطاع باستخدام نظريات ميكانيكا الإنشاءات.

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1964

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 (١، ٢).

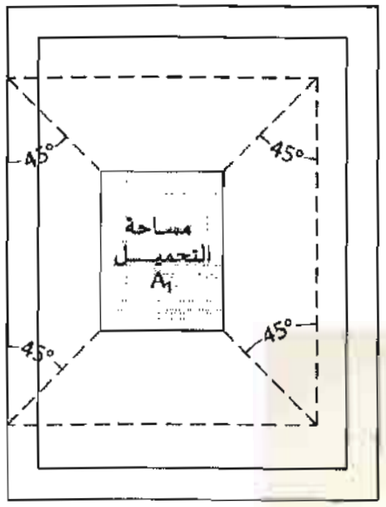
١. عندما يكون السطح المقاوم للارتكاز أكبر من مسطح التحميل يكون الحد التصميمي الأقصى لمقاومة الارتكاز على مسطح التحميل مساوياً للقيمة المعطاة في البند السابق (٤-٢-٤-١) مضروبة في المعامل $\sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$ على ألا يزيد هذا المعامل على إثنين.

حيث:

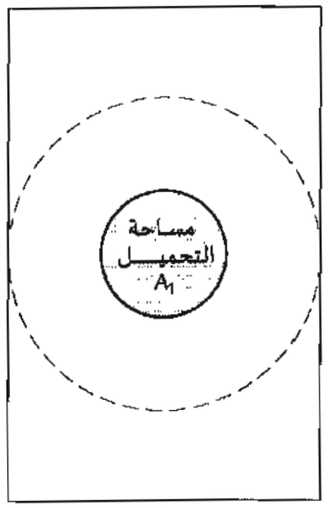
A_2 = أكبر مساحة للسطح المقاوم للارتكاز متماثلة ومتمركزة مع مسطح التحميل A1 شكل (٤-١٤)

ويصمم سمك السطح المقاوم على أساس مقاومته لإجهادات القص المبينة في البند (٤-٢-٢).

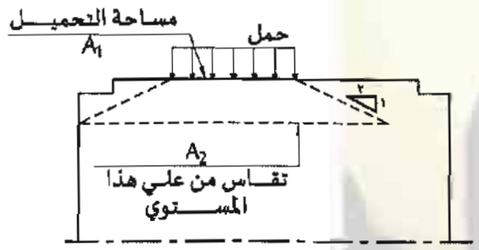
٢. عندما تكون المنطقة المقاومة للارتكاز ذات ميول جانبية أو هرمية الشكل تؤخذ A_2 تساوى مساحة القاعدة السفلية لأكبر مخروط أو هرم محصور داخل الشكل الهرمي الناقص والذي تمثل قاعدته العليا سطح التحميل وله ميول جانبية بنسبة ١ رأسي إلى ٢ أفقي شكل (٤-٢٣).



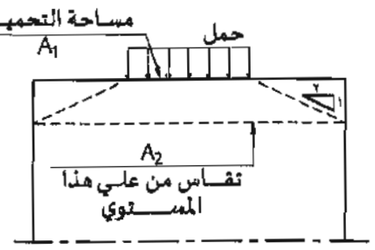
مسقط افقي



مسقط افقي



مسقط رأسي



مسقط رأسي

شكل (٤-٢٣) تحديد المساحة A_2 في مناطق الارتكاز ذات الميول الجانبية

٤-٢-٥ طول التماسك ووصل 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، ويقاس طول التماسك من القطاعات الحرجة التي يحدث عندها أقصي إجهاد شد أو ضغط وذلك في 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:

$$L_d = \frac{\alpha\beta\eta\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)}{4f_{bu}}\cdot\phi \qquad \text{Eq.[4-66]}$$

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

حيث:

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

$$f_{bu}=0.30\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad \text{Eq.[4-67]}$$

حيث:

ϕ = القطر الاسمي للسيخ

α = معامل تصحيح يتوقف على شكل طرف السيخ ومعطى في الجدول (٤-٧).

β = معامل تصحيح يتوقف على نوعية سطح السيخ ومعطى في 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.

ج. يجب ألا يقل طول تماسك أسياخ صلب التسليح المعرضة لشد أو ضغط عن:

35ϕ أو ٤٠٠ مم -أيهما أكبر- للأسياخ الملساء ذات الجنش.

40ϕ أو ٣٠٠ مم -أيهما أكبر- للأسياخ ذات النتوءات.

د. يجب مراعاة أن تكون المسافة بين الأسياخ والغطاء الخرساني طبقا للباب الرابع والباب السابع مع اعتبار ما سيأتي بالبند (٤-٢-٥-١) وفى حالة الأسياخ المجمعة.

هـ. يجوز أخذ طول التماسك للأسياخ المنفردة من الجدول (٤-٩) مع مراعاة قيم η.

و. يحسب طول التماسك للأسياخ المجمعة (Bundled bars) من المعادلة (٤-٦٦) باعتبار الحزمة الواحدة كسيخ واحد بقطر مكافئ ϕe . ويتم حساب القطر المكافئ للحزمة المكونة من أسياخ متساوية في القطر كما يلي:

- في حالة حزمة مكونة من سيخين $\phi e=1.40\phi$
- في حالة حزمة مكونة من ثلاثة أسياخ $\phi e=1.70\phi$

ويستخدم القطر المكافئ (ϕe) في الحسابات الخاصة بالحد الأدنى لسمك الغطاء الخرساني للحزمة طبقا لبند (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 الخرساني للحزمة (c) والمسافة الخالصة بين أسياخ الحزم المتجاورة (a أو b) طبقا لترتيب الأسياخ الفعلي في القطاع كما في شكل (٧-٢-ب).

ز. في 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 في البلاطات المصمتة بند (٦-٢-١-٢-٤) ، 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 في جميع الأحوال ألا يقل طول التماسك عن الحد الأدنى المبين في بند (٤-٢-٥-١-ج).

جدول (٤-٧) قيم معامل التصحيح α

نوع التسليح	شكل طرف السيخ	المعامل α في الشد	المعامل α في الضغط
أسياخ تسليح	١ - مستقيم	1	1
	٢ - جنش على شكل U	0.75	1
	٣ - جنش على شكل L	0.75	1
	٤ - جنش على شكل ∠	0.75	1
	٥ - جنش على شكل	0.75	1
التسليح المحزوم	١ - أسياخ مستقيمة ولا يوجد أسياخ عرضية في طول l_d	1	1
	٢ - أسياخ مستقيمة و يوجد سيخ عرضي في طول l_d	0.70	0.70
	٣ - أسياخ مستقيمة و يوجد سيخان عرضيان في طول l_d	0.50	0.50

D = 4 ϕ for steel 240 / 350
D = 6 ϕ (or Φ) for 25 mm ≥ ϕ (or Φ) > 6 mm } for high grade steel
D = 8 ϕ (or Φ) for ϕ (or Φ) > 25 mm

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

جدول (٤-٨) قيم معامل التصحيح β

حالة سيخ التسليح	في الشد	في الضغط
سيخ أملس	١,٠٠	٠,٧٠
سيخ ذو نتوءات	٠,٧٥	٠,٤٥

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/mm²) or 350 (N/mm²)		أسياخ من الصلب الطري ملساء بجنش*** f_y=240 (N/mm²)	
	في الشد	في الضغط	في الشد	في 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 من أو يساوي 45	40	40	35	35

* مع مراعاة ما جاء بالبند (٤-٢-٥-١-ج).

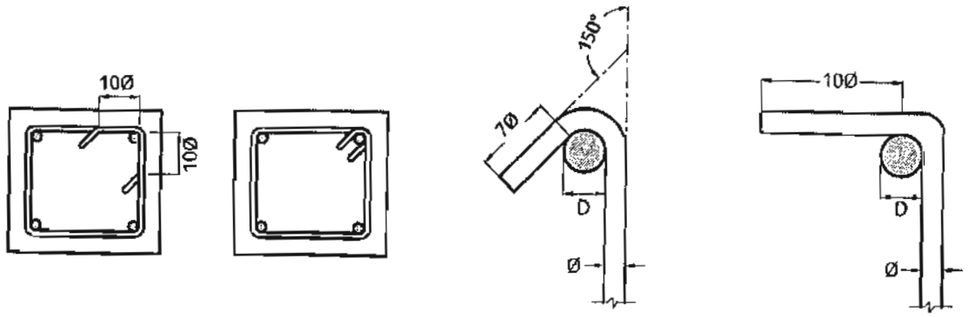
** في حالة أسياخ ذات نتوءات بجنش تضرب الأرقام أعلاه في 0.75.

*** غير مسموح باستخدام أسياخ ملساء بدون جنش.

٤-٢-٥-٢ تثبيت صلب تسليح القص

أ. يتم تثبيت الأسياخ المكسحة بطول يساوى طول التماسك في الشد أو الضغط حسب موقع الجزء المستقيم بعد الجزء المائل للسيخ وبحسب 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 (٤-٢٤).



شكل (٤-٢٤) 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+0.30d) مقاسة من القطاع الحرج الذي يحدث عنده أقصى إجهادات في هذه الأسياخ. ويُشترط ألا يقل طول الرباط – وهو المسافة بين نهاية الأسياخ والقطاع الذي تكون عنده هذه الأسياخ غير مطلوبة لمقاومة عزوم الانحناء -عن d أو (0.3d+10ϕ) أيهما أكبر (شكل ٤-٢٥) 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:

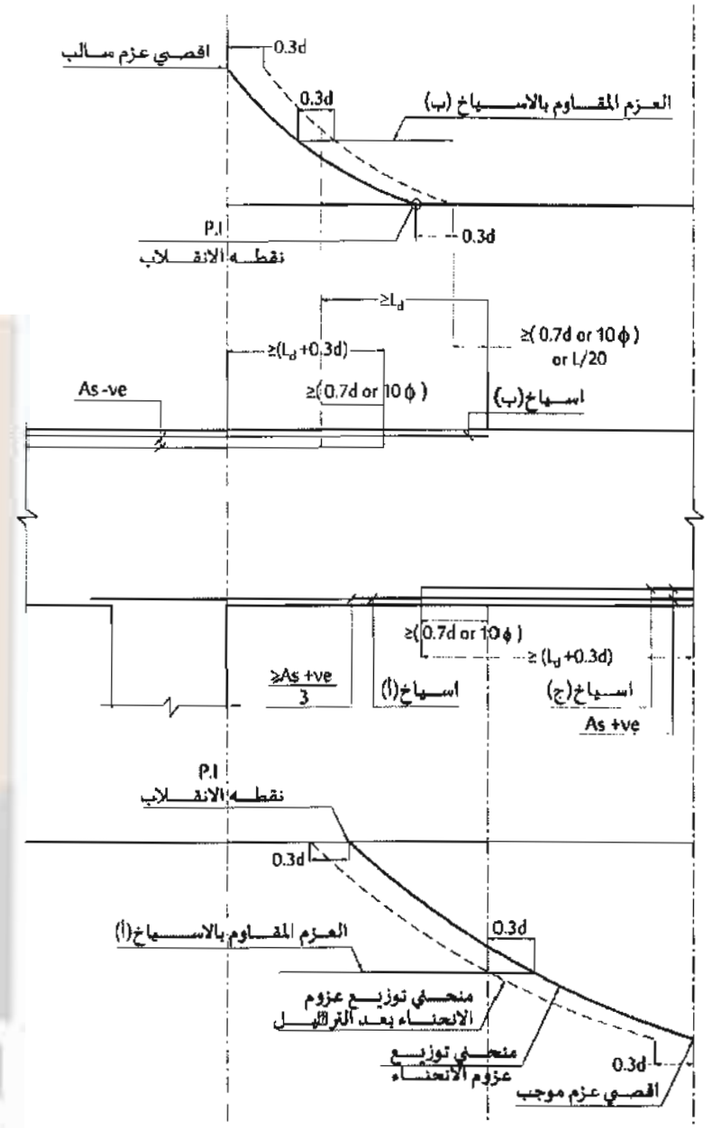
١. ألا يزيد مقدار إجهاد القص الأقصى عند نقطة توقف الأسياخ على ثلثي مقاومة القص القصوى للقطاع شاملة مقاومة التسليح الجذعي.

$$q_u \le \frac{2}{3}\left(q_{cu}(cracked)+q_{su}\right) \qquad \text{Eq.[4-68]}$$

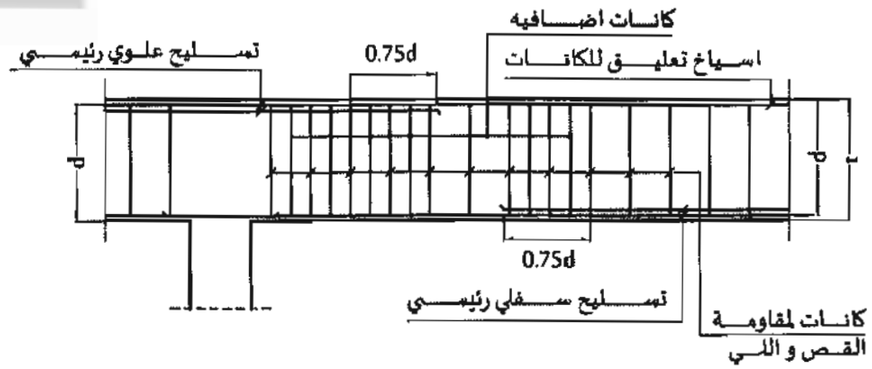
مساحة الكانات عند القطاع الذي توقفت عنده الأسياخ الطولية أكبر من مساحة الكانات اللازمة لمقاومة القص واللي عند هذا المقطع بقيمة لا تقل عن $A_{st}=\frac{0.40b.s}{f_y}$ حيث f_y بوحدات ن/مم٢ بحيث توزع الكانات الإضافية على مسافة تساوى ثلاثة أرباع عمق الكمرة من نقطة توقف الأسياخ وحتى نهايتها في اتجاه السيخ المتوقف شكل(٤-٢٦) على ألا تزيد المسافة بين هذه الكانات على $\frac{d}{8\beta}$ حيث:

s =المسافة بين الكانات.

β =النسبة بين مساحة صلب التسليح المتوقف إلى المساحة الكلية لصلب تسليح القطاع.



شكل (٤-٢٥) توقف أسياخ التسليح بالعناصر المعرضة لعزوم الانحناء



شكل (٤-٢٦) توقف الأسياخ في 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 والعناصر المستمرة إلى داخل الركيزة. وفي الكمرات يجب ألا تقل المسافة بين محور الركيزة ونهاية السيخ عن ١٥٠ مم مع التحقق من الشروط اللازمة لضمان طول التثبيت المطلوب طبقاً للبند (٤-٢-٥-٣-١-ب).

ب. عند الركائز البسيطة وعند نقط انعدام العزوم في العناصر المستمرة يجب التحقق من أن أطوال التماسك للأسياخ عند القطاع المعطاة في البند (٤-٢-٥-١-ب) تحقق العلاقة التالية شكل (٤-٢٧):

$$\alpha\left(\frac{M_u}{Q_u}\right)+L_a \geq L_d+0.3d \qquad \text{Eq.[4-69]}$$

حيث:

M_u = العزم الأقصى للقطاع المسلح بصلب تسليح مستمر داخل الارتكاز باعتبار أن الإجهادات في صلب التسليح تساوى.

Q_u = قوة القص القصوى عند القطاع المحسوب عنده

L_a = طول استمرار السيخ بعد محور الركيزة الطرفية أو طول استمرار السيخ بعد نقطة انعدام العزوم (نقطة الانقلاب Point of inflection) وبحد أقصى تؤخذ قيمته في هذه الحالة يساوى d أو 12ϕ أيهما أكبر.

α = ١,٣٠ في حالة الأطراف بسيطة الارتكاز عندما يتولد نتيجة الأحمال انضغاط عمودي على الحافة السفلى للكمرة.

α = ١,٠٠ في 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+10ϕ) أو (0.3d+L/20) أو d أيها أكبر مقاساً من منحنى توزيع عزوم الانحناء شكل (٤-٢٧).

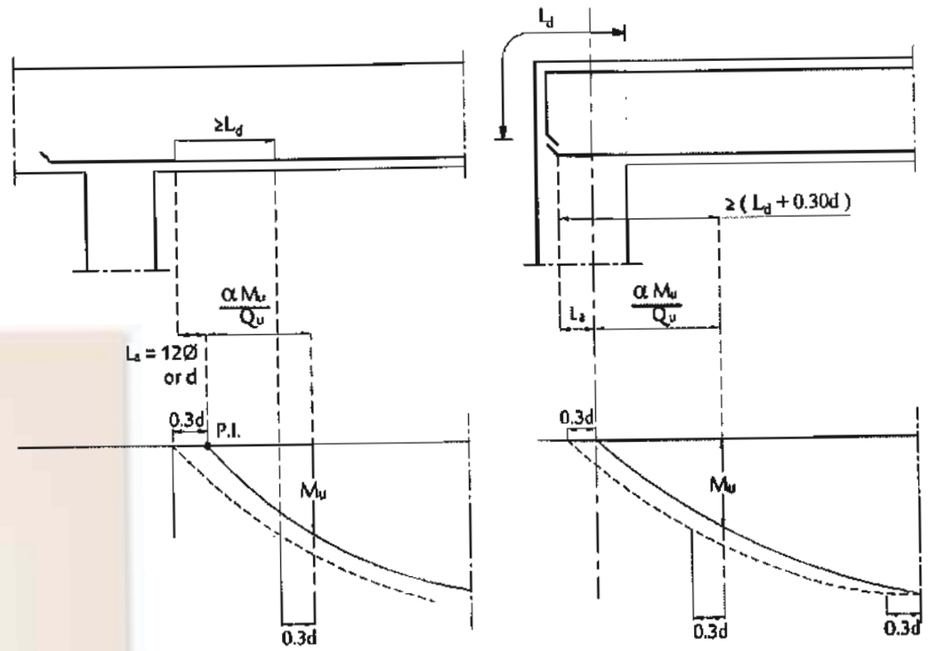
ب. يجب أن يستمر كل التسليح المقاوم للعزوم السالبة داخل الركيزة الطرفية مسافة لا تقل عن الطول l_d مُقاسة من وجه الركيزة الداخلي.

ج. يراعى تطبيق الاشتراطات الخاصة بالمنشآت المعرضة لأحمال الزلازل بند (٦-٨) عند حساب أطوال توقف الأسياخ بها.

٤-٢-٥-٤ وصل أسياخ التسليح Reinforcement Splices

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.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

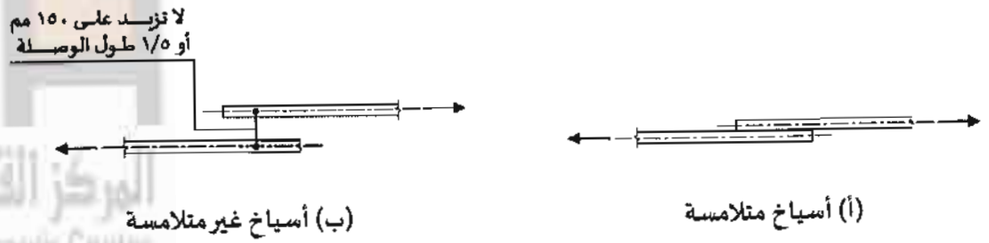


شكل (٤-٢٧) توقف الأسياخ عند نقط الانقلاب وعند الركائز البسيطة

٤-٢-٥-٤-١ الوصلات بالتراكب

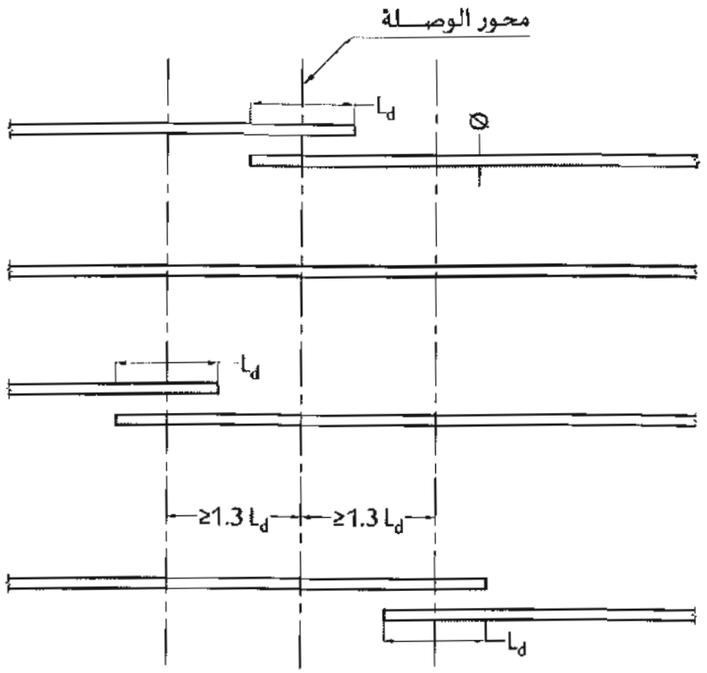
Lap Splices

أ. يمكن أن تكون الأسياخ في الوصلات بالتراكب متلامسة شكل (٤-٢٨-أ) أو غير متلامسة شكل (٤-٢٨-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

ب. يؤخذ طول وصلة التراكب للأسياخ في الشد في العناصر المعرضة لعزوم انحناء مساويا لطول التماسك l_d وذلك في حالة الوصلات بالتبادل وبحيث ألا تقل المسافة بين محاور الوصلات بالتراكب عن ١,٣ طول الوصلة كما في شكل (٤-٣٠-جـ)، مع مراعاة التفاصيل المبينة عالية وبشرط أن تكون مساحة الأسياخ في القطاع مساوية أو أكبر من ضعف مساحة الأسياخ المطلوبة لمقاومة عزوم الانحناء عند هذا القطاع وعلى ألا تزيد مساحة الأسياخ الموصولة على ٥٠% من مساحة الأسياخ عند هذا القطاع.



شكل(ج)

شكل (٤-٢٨ أ،ب،ج) الوصلات بالتراكب

ج. يؤخذ طول وصلة التراكب للأسياخ في الشد في العناصر المعرضة لعزوم انحناء مساوياً ١,٣ طول التماسك l_d في الشد في حالة ما إذا كانت مساحة الأسياخ في القطاع أقل من ضعف مساحة الأسياخ المطلوبة أو كانت مساحة الأسياخ الموصولة في القطاع تزيد عن ٥٠% من مساحة الأسياخ عند هذا القطاع.

د. يمكن وصل جميع الأسياخ في الضغط عند قطاع معين ويؤخذ طول وصلة التراكب في الضغط مساوياً لطول التماسك l_d في الضغط.

هـ. لا يسمح بعمل وصلات التراكب في العناصر المعرضة لشد محوري بل يجب أن يكون وصل الأسياخ في هذه العناصر بواسطة اللحام أو الوصلات الميكانيكية على أن تكون بالتبادل وعلى مسافة بين الوصلات لا تقل عن ٧٥٠مم مع استيفاء اشتراطات بند (٤-٢-٥-٤-٢).

و. عند وصل أسياخ تسليح ذات أقطار مختلفة يحسب طول الوصلة على أساس القطر الأكبر.

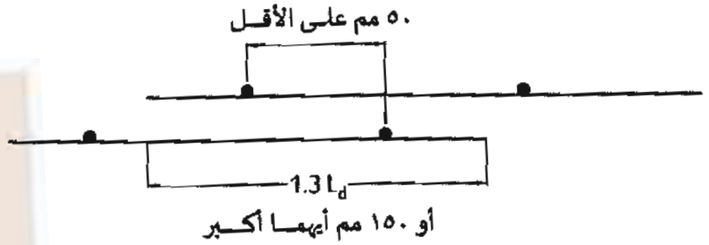
ز. عند وصل أسياخ داخل الحزمة يؤخذ طول الوصلة طبقاً للبند (٤-٢-٥-٤-١-ج) محسوباً على أساس قطر السيخ المفرد مع زيادة هذا الطول بمقدار ٣٠%؛ على أنه يجب عدم التداخل بين وصلات الأسياخ التي تكون الحزمة ولا يسمح بوصل الحزمة ككل في قطاع واحد.

ح. لا يسمح بعمل وصلات بالتراكب في الأسياخ التي يزيد قطرها على ٣٢مم وتوصل هذه الأقطار بواسطة اللحام أو الوصلات الميكانيكية.

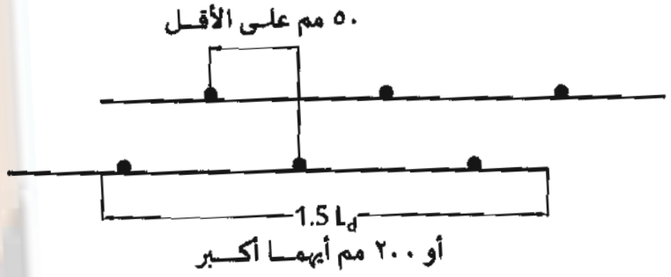
ط. عند وصل شبكات الأسياخ الملحومة المعرضة لإجهادات شد يجب ألا يقل طول الوصلة عن القيم التالية:

١. للأسياخ ذات النتوءات يؤخذ طول وصلة التراكب يساوى ١,٣٠ طول التماسك بحيث لا يقل عن ١٥٠ مم شكل (٤-٢٩).

٢. للأسياخ الملساء يؤخذ طول وصلة التراكب يساوى ١,٥ طول التماسك أو ٢٠٠ مم أيهما أكبر شكل (٤-٣٠).



شكل (٤-٢٩) الوصلات بالتراكب لشبك ذي نتوءات أو عضات



شكل (٤-٣٠) الوصلات بالتراكب لشبك أملس

٤-٢-٥-٤-٢ الوصلات باللحام والوصلات الميكانيكية Welded and Mechanical Splices

أ. يُسمح بوصل الأسياخ باللحام شريطة استخدام نوعية من حديد التسليح القابل للحام وطبقاً 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.

ج. في حالة عدم استيفاء المقطع الملحوم أو الوصلة الميكانيكية الشرط الوارد في 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 في 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 وجساءة كافية لمنع الترخيم والتشكلات التي تؤثر بالسلب على مظهر وكفاءة المنشأ أو تحد من صلاحية استخدامه، أو تؤثر بالسلب على العناصر غير الإنشائية كالأرضيات والقواطيع.

ب. يتم استيفاء حالات حدود التشكل والترخيم من خلال حساب التشكل والترخيم وفقاً للبند (٤-٣-١-١).

ج. يمكن 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 في البند (٦-٢-١-٢). وللبلاطات المصمتة ذات الاتجاهين عن القيم المعطاة في البند (٦-٢-١-٣) وللبلاطات المسطحة اللاكمرية عن القيم المعطاة في 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 في نظريات المرونة مع اعتبار معايير المرونة طبقاً للمعادلة (٢-١) من البند (٢-٣-٣-١) وعلى أن يحسب عزم القصور الذاتي الفعال للقطاع I_e وفقاً للمعادلة (٤-٧٠) مع الأخذ في الاعتبار ما سيأتي في البند (٤-٣-١-١-١-ب).

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr} \qquad \text{Eq.[4-70]}$$

حيث:

I_{cr} = عزم القصور الذاتي للقطاع الفعال المكافئ بعد التشرخ على ألا يزيد على I_g.

I_g = عزم القصور الذاتي لكامل القطاع الخرساني 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 في الخرسانة ويؤخذ من المعادلة:

$$M_{cr} = \frac{f_{ctr} \cdot I_g}{y_t} \qquad \text{Eq.[4-71-a]}$$

حيث:

y_t = المسافة من محور الخمول حتى الطرف الأقصى للألياف المشدودة في القطاع مع عدم اعتبار تأثير الشروخ وصلب التسليح.

f_{ctr} = إجهاد حد التشـرخ للخرسـانة المعرضـة للشـد الناتج عن الانحناء الخالص وتؤخذ من نتائج الاختبارات المعملية

ويمكن أخذها من المعادلة:

$$f_{ctr} = 0.6\sqrt{f_{cu}} \quad N/mm^2 \qquad \text{Eq.[4-71-b]}$$

ب. عند حساب التشكل، يمكن اعتبار عزم القصور الذاتي الفعال في الأعضاء المستمرة ذات القطاع الثابت هو نفس عزم القصور الذاتي للقطاع الفعال عند منتصف البحر، كما يمكن حساب عزم القصور الذاتي الفعال في الأعضاء المستمرة ذات القطاع المتغير باستخدام المعادلتين الآتيتين في حالة استمرارية العضو الخرساني من ناحيتين أو من ناحية واحدة، على التوالي:

$$I_e = 0.70 I_{e(Mid-Span)} + 0.15\left(I_{e(1)} + I_{e(2)}\right) \qquad \text{Eq.[4-72-a]}$$

$$I_e = 0.85 I_{e(Mid-Span)} + 0.15\left(I_{e(1)}\right) \qquad \text{Eq.[4-72-a]}$$

حيث:

$I_{e(Mid-Span)}$ = عزم القصور الذاتي الفعال للقطاع عند منتصف البحر.

$I_{e(1),\ e(2)}$ = عزم القصور الذاتي الفعال للقطاعان الطرفيان المستمران

٤-٣-١-١-٢ زيادة مقدار الترخيم مع الزمن Long-term Deflection

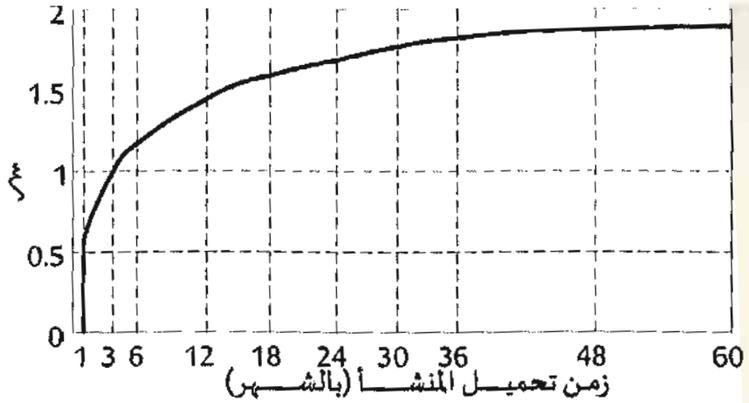
يسـبب الزحف والانكماش للعناصـر الخرسـانية المعرضـة لعزوم انحناء ترخيماً إضـافياً يزداد مع الزمن، وتتأثر قيمته القصوى بكمية تسليح الضغط في القطاع. ويمكن حساب الترخيم الإضافي المتولد بضرب قيمة الترخيم اللحظي نتيجة للأحمال الدائمة والمحسوبة طبقاً للقواعد السابقة في المعامل α الذي يؤخذ من العلاقة التالية:

$$\alpha = \frac{\xi}{1+50\mu'} \qquad \text{Eq.[4-73]}$$

مع مراعاة ما جاء في البند (٤-٢-١-٢-د)، وتحسب نسبة صلب التسليح (μ') في الضغط عند منتصف البحر للكمرات والبلاطات بسيطة الارتكاز والمستمرة وعند الركيزة للكوابيل.

حيث أن قيمة معامل الزمن للأحمال الدائمة (ξ) طبقاً للشكل رقم (٤- ٣١) كما يلي:

- بعد خمس سنوات أو أكثر $\xi = 2.00$
- بعد ١٢ شهر $\xi = 1.40$
- بعد ٦ شهور $\xi = 1.20$
- بعد ٣ شهور $\xi = 1.00$



شكل رقم (٤-٣١) علاقة زمن تحميل المنشأ بمعامل الترخيم للأحمال الدائمة

٤-٣-١-١-٣ الترخيم الكلى

يُحسـب الترخيم الكلى كمجموع الترخيم اللحظي وفقاً للبند (٤-٣-١-١-١) والترخيم الذي 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 للمنشـآت 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.

$$\frac{L}{250} \qquad \text{Eq.[4-74]}$$

٢. الكوابيل

$$\frac{L}{450} \qquad \text{Eq.[4-75]}$$

ولضمان تحقيق هذا البند، يمكن عمل تحديب للعنصر الخرساني يكافئ جزء من الترخيم الكلى طبقاً للبند (٩-٥-٣-ز).

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

ب. يجب ألا تزيد قيم الترخيم اللحظي Immediate deflection الناتج عن الأحمال الحية للكمرات والبلاطات المحملة بعناصر غير إنشائية ذات طبيعة لا تتأثر بالترخيم على القيمة التالية:

$$\frac{L}{360} \qquad \text{Eq.[4-76]}$$

على أن يتم حساب الترخيم اللحظي الناتج عن الأحمال الحية باستخدام المعادلة الآتية:

$$\Delta_L=\Delta_{D+L}-\Delta_D \qquad \text{Eq.[4-77]}$$

حيث:

Δ_{D+L} = الترخيم اللحظي المحسوب للأحمال الميتة والحية محسوباً باستخدام $I_{e(D+L)}$ نتيجة مجموع العزوم الناتج عن الأحمال الميتة والحية.

Δ_D = الترخيم اللحظي المحسوب للأحمال الميتة محسوباً باستخدام $I_{e(D)}$ نتيجة العزوم الناتج عن الأحمال الميتة فقط.

ج. يجب ألا يزيد مقدار جزء الترخيم الكلى الإضافي الذي يحدث بعد تنفيذ التشطيبات للأرضيات والقواطيع والناتج عن جميع الأحمال شاملة تأثير الحرارة والانكماش والزحف طبقاً للبند (٤-٣-١-١-٢) وذلك للكمرات والبلاطات المحملة بعناصر غير إنشائية تتأثر بالترخيم متلاصقة بها مثل الواجهات الزجاجية على القيمة التالية:

$$\frac{L}{480} \qquad \text{Eq.[4-78]}$$

كما يجب ألا يزيد مقدار جزء الترخيم الكلى الإضافي الذي يحدث بعد تنفيذ التشطيبات للأرضيات والقواطيع والناتج عن جميع الأحمال شاملة تأثير الحرارة والانكماش والزحف طبقاً للبند (٤-٣-١-١-٢) وذلك للكمرات والبلاطات المحملة بعناصر غير إنشائية لا تتأثر بالترخيم متلاصقة بها على القيمة التالية:

$$\frac{L}{240} \qquad \text{Eq.[4-79]}$$

حيث:

L = بحر الكمرات والبلاطات أو طول الكابولي : ويتم حساب L على أساس طول البحر القصير للبلاطات ذات الاتجاهين والبحر الطويل للبلاطات المسطحة اللاكمرية.

على أن يتم حساب الترخيم الكلي الإضافي على أساس الترخيم الحادث مع الزمن نتيجة مجموع الأحمال الدائمة شاملة الأحمال الميتة والجزء الدائم من الأحمال الحية بعد إضافة العناصر غير الإنشائية بالإضافة إلى الترخيم اللحظي الحادث من الأحمال الحية مطروحاً منها الترخيم اللحظي المحسوب للجزء الدائم من الأحمال الحية ، وطبقاً للمعادلة التالية:

$$\Delta_{incr.}=[\Delta_D+\Delta_{Ls}]\,[(\alpha_1-\alpha_2]+[(\Delta_L-\Delta_{Ls}] \qquad \text{Eq.[4-80]}$$

حيث:

$\Delta_{incr.}$ = جزء الترخيم الكلى الإضافي الذي يحدث بعد تنفيذ التشطيبات للأرضيات و القواطيع.

Δ_{Ls} = الترخيم اللحظي المحسوب للجزء الدائم من الأحمال الحية.

α_1 = معامل الترخيم مع الزمن الكلى.

α_2 = معامل الترخيم مع الزمن عند إضافة العناصر غير الإنشائية.

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 والكوابيل

أ. يمكن الاستغناء عن حساب الترخيم للكمرات ذات القطاعات المستطيلة والبلاطات ذات الاتجاه الواحد في حالة المباني العادية المعرضة لأحمال منتظمة وغير ثقيلة ولا يزيد الحمل الحي بها عن ٥ كن/م^2 وذات البحور أقل من ٦متر وللكوابيل ذات أطوال لا تتعدى ٢متر، إذا لم تتعد نسبة البحر الخالص L_n إلى العمق الكلى الثابت t النسب المعطاة في الجدولين (٤-١٠-أ)، (٤-١٠-ب) على أن يتم استيفاء الاشتراطات الخاصة بالبلاطات وجساءة الكمرات بالبندين (٦-٢-١-١-٢)، (٦-٢-١-٢-١).

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 أوتساوى ٦متروالكوابيل ذات الأطوال أقل من ٢ متر

العنصر	بسيطة الارتكاز	مستمرة من ناحية واحدة	مستمرة من جانبين	الكابولي
البلاطات المصمتة	٢٥	٢٨	٣١	١٠
البلاطات ذات الأعصاب والكمرات المدفونة	٢٠	٢٣	٢٤	٨
الكمرات الجاسئة	١٢	١٤	١٦	٥

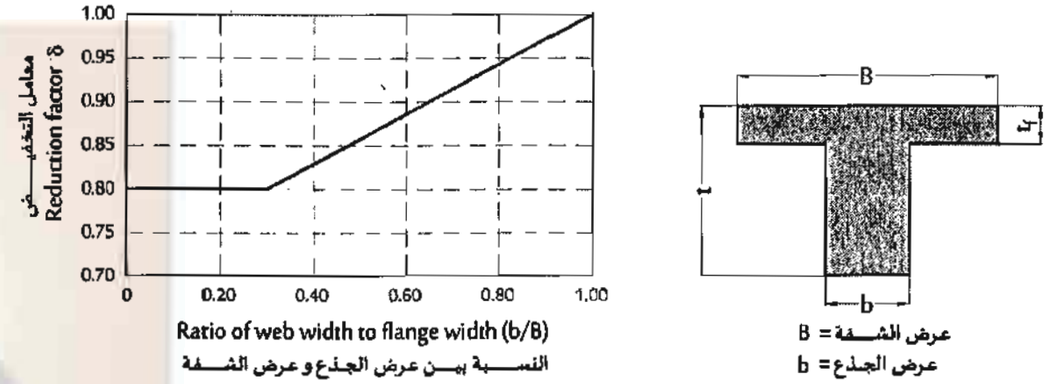
ب. تسري القيم الموضحة بهذا الجدول في حالة استخدام صلب عالي المقاومة ذو اجهاد خضوع ٤٢٠ ن/مم^2، أما في حالة استخدام صلب من نوعيات أخرى فيتم ضرب القيم الموضحة في الجدول على المعامل المعطى بالمعادلة (٤-٨١).

$$0.40+\frac{f_y}{700} \qquad \text{Eq.[4-81]}$$

ج. لا تسري القيم الموضحة في جدول (٤-١٠) إذا كانت الكمرات والبلاطات ذات الأعصاب حاملة لعناصر ممكن أن يحدث بها عيوب غير مقبولة نتيجة الترخيم.

د. لا تسري القيم الموضحة في جدول (٤-١٠) في حالة البحور التي تتجاوز ستة أمتار والكوابيل التي يتجاوز طولها ٢ متر أو في حالة الأحمال الثقيلة أو غير المنتظمة، أو المباني غير العادية ويجب 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 في المعاملات δ المستنتجة من الشكل (٤-٣٢).



شكل (٤-٣٢) 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 في المباني العادية ذات البحور أقل من ٦ متر والمعرضة لأحمال منتظمة وغير ثقيلة ولا يزيد الحمل الحي بها عن ٥ كن/م٢ والمتصل بها عناصر غير إنشائية لا تتأثر بالترخيم إذا لم يقل سمك البلاطة t عن ١٠٠ مم أو القيمة المعطاة في المعادلة (٤-٨٢) أيهما أكبر على أن يتم استيفاء الاشتراطات الخاصة بالبلاطات وجساءة الكمرات بالبندين ٦-٢-١-١-٢ ، ٦-٢-١-٢-١.

$$t = \frac{a\left(0.85 + \frac{f_y}{1600}\right)}{15 + \frac{25}{\left(b/a\right)} + 10\beta_P}$$

Eq.[4-82]

حيث:

a = البعد الأصغر للبلاطة.

b = البعد الأكبر للبلاطة.

β_P = النسبة بين الحواف المستمرة للبلاطة إلي الطول الكلي لمحيطها.

f_y = إجهاد الخضوع لصلب التسليح بوحدات ن/مم٢.

٤-٣-٢ حالات حدود التشرخ Limit States of Cracking

٤-٣-٢-١ العوامل التي تؤثر على عرض الشروخ

لحماية العناصر الخرسانية من الشروخ المعيبة في أسطح الشد التي تؤثر سلبياً على كفاءة ومقاومة العنصر للعوامل البيئية يجب اختيار العوامل التي تؤثر على عرض الشروخ، وهي الغطاء الخرساني وتوزيع ونوع وقطر وقيمة الإجهادات في صلب التسليح المعرض للشد والتي تضمن استيفاء حالة حد التشرخ طبقاً لشروط هذا البند.

٤-٣-٢-٢ استيفاء حالة حد التشرخ

لاستيفاء حالة حد التشرخ يتم تقسيم عناصر المنشآت من ناحية درجة تعرض سطحها في الشد عند قطاع ما إلى العوامل البيئية التي تؤثر سلبياً على متانة المنشأ إلى التقسيم المبين في جدول (٤-١١).

٤-٣-٢-٣ أسس اختيار العوامل التي تؤثر على التحكم في التشرخ

أ. يجب التأكد من استيفاء الشروط الواردة في هذا البند عند تقييم حالة التشرخ في السطح المعرض للشد من العنصر.

١. عند تصميم العناصر الخرسانية المسلحة والتي يكون فيها الشرخ عموديا تقريباً على اتجاه صلب التسليح يجب استيفاء العلاقة التالية:

$$w_k = \beta . s_{rm} . \varepsilon_{sm}$$

Eq.[4-83]

حيث:

$$s_{rm} = \left(50 + 0.25 k_1 k_2 \frac{\phi}{\rho_r}\right)$$

Eq.[4-84]

$$\varepsilon_{sm} = \frac{f_s}{E_s}\left(1 - \beta_1 \beta_2 \left(\frac{f_{sr}}{f_s}\right)^2\right)$$

Eq.[4-85]

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 التي أسطح الشد بها محمية: وهذه العناصر تشمل: أ. جميع العناصر الداخلية المحمية في المنشآت العادية كالمباني. ب. العناصر المغمورة بصفة دائمة أسفل المياه التي لا تحتوي على مواد ضارة أو في حالة جفاف دائم. ج. الأسقف النهائية المعزولة جيداً ضد الرطوبة والأمطار.
الثاني	العناصر التي أسطح الشد بها غير محمية: وهذه العناصر تشمل: أ. جميع المنشآت في العراء مثل الكباري والأسقف غير المعزولة عزلاً جيداً. ب. منشآت القسم الأول المجاورة للشواطئ. ج. العناصر المعرضة أسطحها للرطوبة نظراً لعدم إمكان إبعادها عن تأثيرها مثل الصالات المفتوحة أو الجراجات.
الثالث	العناصر التي أسطح الشد بها معرضة لعوامل ضارة: وهذه العناصر تشمل: أ. العناصر المعرضة لنسبة رطوبة عالية. ب. العناصر المعرضة إلى حالات متكررة من التشبع بالرطوبة. ج. خزانات المياه. د. المنشآت المعرضة لأبخرة وغازات ومواد كيماوية ذات تأثير غير شديد.
الرابع	العناصر التي 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 في ذلك الأبخرة والغازات التي تحتوي على كيماويات وغيرها. ب. الخزانات الأخرى والمجاري والمنشآت المعرضة لماء البحر.

جدول (٤-١٢) قيم المعامل w_{kmax} مم

القسم	الأول	الثاني	الثالث	الرابع
w_{kmax}	٠,٣٠	٠,٢٠	٠,١٥	٠,١٠

حيث:

ϕ = قطر السيخ المستعمل بالقطاع بوحدات مم؛ وفى حالة استخدام أكثر من قطر في 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 يلي:

β = ١,٧٠ في حالة الشروخ الناتجة عن الأحمال.

β = ١,٣٠ في حالة الشروخ الناتجة عن التقييد في القطاعات ذات عرض أو عمق (أيهما أصغر) أقل من أو يساوى ٣٠٠مم.

β = ١,٧٠ في حالة الشروخ الناتجة عن التقييد في 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 للانفعال في الصلب بالنسبة للخرسانة حول الصلب ويؤخذ بقيمة ٠,٨٠ للأسياخ ذات العضات و ٠,٥٠ للأسياخ الملساء.

β_2 = معامل يأخذ تأثير فترة التحميل على قيمة الزيادة المتوسطة للانفعال في الصلب بالنسبة للخرسانة حوله ويساوى ١,٠ للحمل ذي فترة زمنية قصيرة (Short Term)، ٠,٥٠ للأحمال الثابتة الدائمة أو الأحمال ذات الدورات المتعددة.

k_1 = معامل يعكس تأثير التماسك بين الخرسانة وصلب التسليح في المسافة بين الشروخ ويساوى ٠,٨٠ للأسياخ ذات العضات، ١,٦٠ للأسياخ الملساء، وفى حالة التشكل نتيجة التقييد (Imposed Deformation) تعدل قيمة k_1 إلى kk_1 وتؤخذ قيمة k كما يلي:

- k = ٠,٨٠ في حالة إجهادات الشد الناتجة من التقييد عموماً.

وإذا كان القطاع مستطيلاً تؤخذ k كما يلي:

- k = ٠,٨٠ في حالة قطاع مستطيل بارتفاع أقل من أو يساوى ٣٠٠مم.
- k = ٠,٥٠ في حالة قطاع مستطيل بارتفاع أكبر من أو يساوى ٨٠٠مم

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

ويمكن حساب قيمة k لأبعاد بين ٣٠٠ مم، ٨٠٠ مم بالتناسب الخطى طبقاً للأبعاد الفعلية للقطاع.

- ♦ k = ١,٠٠ في حالة إجهادات الشد الناتجة من التقييد للتشكل الخارجي (Restraint of extrinsic deformations)
- ♦ k_2 = معامل يعكس تأثير شكل توزيع الانفعالات في القطاع على المسافة بين الشروخ ويساوى ٠,٥ في حالة القطاع تحت تأثير عزم انحناء، ويساوى ١,٠ في حالة قطاع تحت تأثير قوة شد محورية. وفي حالة تعرض القطاع لعزوم انحناء مصحوبة بقوى شد محورية تؤخذ k_2 من العلاقة التالية:

$$k_2 = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2\varepsilon_1}$$ Eq.[4-86]

حيث:

ε_1 و ε_2 = هي انفعال الشد الأكبر والأصغر على التوالي وتحسب هذه الانفعالات على حدود القطاع لحالة التشرخ (Cracking stage).

ρ_r = هي نسبة تسليح الشد الفعال وتساوى $\rho_r = \frac{A_s}{A_{cef}}$

A_s = مساحة صلب التسليح جهة الشد.

A_{cef} = مساحة قطاع الخرسانة الفعال في الشد تحدد من الشكل (٤-٢٤) وتساوى عرض القطاع مضروبا في العمق t_{cef} حيث قيمة t_{cef} تساوى مرتين ونصف المسافة من سطح الشد للقطاع إلى مركز صلب تسليح الشد وبحيث لا تزيد في البلاطات عن $\frac{(t-c)}{3}$ حيث:

c = ارتفاع محور الخمول مقاسا من ناحية الضغط.

t = سمك العنصر الخرساني.

f_s = الإجهاد في صلب التسليح ناحية الشد في القطاع بعد التشرخ والمحسوب على أساس قطاع مشرخ تحت تأثير أحمال التشغيل ن/مم٢ ، وبشرط ألا تزيد عن القيمة المعطاة في جدول (م١-١).

f_{sr} = الإجهاد في صلب التسليح ناحية الشد في القطاع والمحسوب على أساس قطاع مُشرخ عند حدوث أول شرخ تحت تأثير الأحمال المسببة لأول حالة تشرخ.

٢. في الحالات التي يتعرض فيها العنصر إلى إجهادات نتيجة تقييد تغير أبعاد المنشأ (Intrinsic imposed deformation) مثل التقييد ضد الانكماش يمكن أخذ f_s تساوى f_{sr}.

٣. في الحوائط المعرضة إلى انكماش مبكر نتيجة الحرارة (Early thermal contraction) حيث أن الجزء السفلى من الحائط مقيد في قاعدة الحائط التي تم صبها سابقاً فيسمح في هذه الحالة بالتعويض بارتفاع الحائط بوحدات مم في معادلة (٤-٦٦) بدلا من المقدار s_{rm}.

٤. في العناصر ذات صلب تسليح في الاتجاهين x، y والتي يكون فيها ميل الشرخ بزاوية أكبر من ١٥° على اتجاه صلب التسليح يتم استيفاء المعادلة (٤-٦٦) باستبدال المقدار $\frac{1}{\left(\frac{\cos\theta}{s_{rmx}}\right)+\left(\frac{\sin\theta}{s_{rmy}}\right)}$ بالمقدار s_{rm}.

حيث:

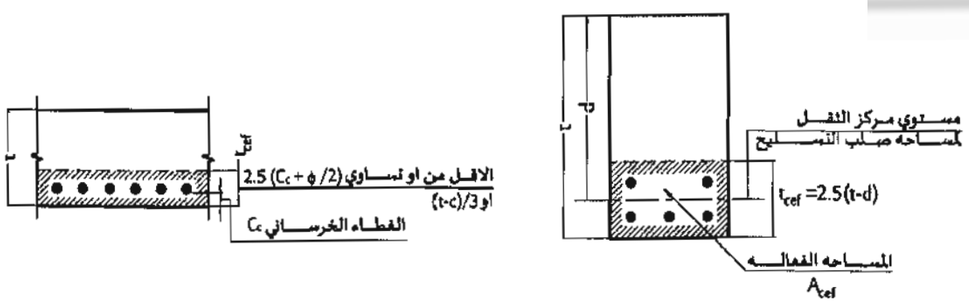
θ = زاوية الميل بين صلب التسليح في اتجاه المحور x واتجاه إجهادات الشد الرئيسية.

s_{rmy} ، S_{rmx} = المقدار $\left(50+0.25k_1k_2\frac{\phi}{\rho_r}\right)$ محسوبة في الاتجاهين x ، y على التوالي.

٥. في حالة منشآت القسم الثالث والرابع طبقا للتصنيف المدرج بالجدول ٤-١١، فإنه يجب أخذ تأثير تقييد تغير أبعاد المنشأ (Intrinsic imposed deformation) مثل التقييد ضد الانكماش والانكماش المبكر نتيجة الحرارة (Early thermal contraction) بالإضافة إلى تأثير تغير درجات الحرارة مع عمر المنشأ، وذلك عند حساب التشرخ، ويمكن كحل بديل استخدام الطريقة التقريبية المعطاة بالبند ٤-٣-٢-٦ لحساب أبعاد القطاع والتسليح المطلوب لاستيفاء حد التشرخ.

ب. يجب ألا يقل سمك الغطاء الخرساني لتسليح الشد في القطاع في جميع الحالات عن القيم المعطاة في الجدول (٤-١٣) وبحيث لا يقل عن قطر أكبر سيخ مستعمل في التسليح، ويجب مراعاة زيادة سمك الغطاء الخرساني للتسليح في الحالات المنصوص عليها في البند (٩-٨).

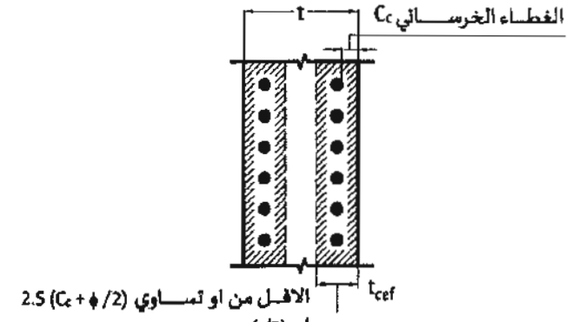
ج. يجب استيفاء المسافات القصوى والدنيا لصلب التسليح طبقاً للبنود الواردة في البابين السادس والسابع من هذا الكود.



(أ) -كمرات (ب) -بلاطات

شكل (٤-٢٤-أ،ب) مساحة قطاع الخرسانة الفعال في الشد

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954



(ج) -عنصر في الشد

شكل (٤-٢٤-ج) مساحة قطاع الخرسانة الفعال في الشد

جدول (٤-١٣) الحد الأدنى لسمك الغطاء الخرساني

قسم تعرض سطح الشد	سمك الغطاء الخرساني * (مم)			
	عام لجميع العناصر عدا الحوائط والبلاطات المصمتة		للحوائط والبلاطات المصمتة	
	f_{cu} ** ≤ 25	f_{cu} ** > 25	f_{cu} ** ≤ 25	f_{cu} ** > 25
الأول	25	20	20	20
الثاني	30	25	25	20
الثالث	35	30	30	25
الرابع	45	40	40	35

* يجب ألا يقل سمك الغطاء الخرساني بأي حال عن قطر أكبر سيخ مستعمل في التسليح.

** بوحدات ن/مم٢.

٤-٣-٢-٤ الحالات التي يمكن الاستغناء فيها عن إجراء حسابات حالة حد التشرخ في سطح العنصر المعرض للشد

يمكن اعتبار أن اشتراطات حالة حد التشرخ بند (٤-٣-٢-٣-أ) قد استوفيت إذا ما تم الوفاء بأي من الاشتراطات التالية:

أ. بالنسبة للمباني العادية الواردة في القسمين الأول والثاني والتي لا تزيد فيها الأحمال الحية على ٥ كيلو نيوتن/م٢ للحالتين التاليتين:

١. للبلاطات المصمتة ذات سمك لا يزيد على ١٦٠ مم.

٢. للكمرات على شكل حرف T أو L التي 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 $0.20\ f_{cu}\ A_c$ عند مستوى أحمال التشغيل.

ج. إذا كانت قيم إجهادات الشد في صلب التسليح عند مستوى أحمال التشغيل للقطاعات المعرضة لعزوم انحناء أو أحمال لا محورية أقل من أو تساوى القيم المعطاة في 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 في القطاع على القيم المعطاة في 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 في المعامل β_{cr} المعطى في 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 في القطاع على القيم المعطاة في البند (٤-٢-١-٢-جـ) لنوعية الصلب المختلفة على أن تؤخذ قيم γ_s=1.15 ، γ_c=1.50.

هـ. يجب استيفاء ما ورد بالنسبة لإجهادات الشد في الخرسانة الواردة في البند (٤-٣-٢-٦) وذلك بالنسبة لمنشآت القسمين الثالث والرابع في أسطحه المعرضة للعوامل المذكورة في الجدول (٤-١١).

٤-٣-٢-٥ القطاعات المعرضة إلى قوى شد محورية أو قوى شد لا محورية

في 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.

٤-٣-٢-٦ معامل التشرخ لعناصر منشآت القسمين الثالث والرابع

لعناصر منشآت القسمين الثالث والرابع، يجب حساب معامل التشرخ مع الأخذ في الاعتبار انكماش الخرسانة على مدار عمرها وتأثير درجات الحرارة، ويمكن استخدام الطريقة التقريبية المعطاة في البند (٤-٣-٢-٧) لحساب أبعاد القطاع الخرساني ومساحة حديد التسليح وذلك عن طريق التحكم في إجهادات الشد في القطاعات المحسوبة طبقاً للبند (٤-٣-٢-٧) لا تتعدى القيم المعطاة في المعادلة (٤-٨٨).

٤-٣-٢-٧ تصميم قطاعات منشآت القسم الثالث والرابع

أ. يمكن حساب أبعاد قطاعات المنشآت بالقسم الثالث والرابع طبقا للتصنيف المدرج بالجدول (٤-١١)، بافتراض أن القطاع بكامل مساحته فعالاً (غير مشرخ) تحت تأثير أحمال التشغيل. وعند أخذ صلب التسليح في الاعتبار تؤخذ نسبة معاير مرونة الصلب إلى معاير مرونة الخرسانة كالتالي:

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

جدول (٤-١٤) إجهادات تشغيل الصلب ومعاملات خفض إجهادات خضوع الصلب β_{cr} التي تستوفى شروط حالة حد التشرخ للصلب الأملس

إجهاد تشغيل الصلب ن/مم٢	β_{cr}	أسطح شد القسم الأول	أسطح شد القسم الثاني	أسطح شد القسمين الثالث والرابع
	صلب 240	قطر السيخ مم	قطر السيخ مم	قطر السيخ مم
140	1.00	28	20	16
120	0.84	32	22	20
100	0.69	--	--	32

جدول (٤-١٥) إجهادات تشغيل الصلب ومعاملات خفض إجهادات خضوع الصلب β_{cr} التي تستوفى شروط حالة حد التشرخ للصلب عالي المقاومة ذي النتوءات

إجهاد تشغيل الصلب ن/مم٢	β_{cr}		أسطح شد القسم الأول	أسطح شد القسم الثاني	أسطح شد القسمين الثالث والرابع
	صلب 350	صلب 420	قطر السيخ مم	قطر السيخ مم	قطر السيخ مم
220	1.00	0.92	18	16	10
200	0.93	0.83	22	18	12
180	0.85	0.75	25	22	18
160	0.75	0.67	32	25	22
140	0.65	0.58	---	32	25
120	0.56	0.50	----	-----	32

$$n=\frac{E_s}{E_c}=10 \qquad \text{Eq.[4-87]}$$

ب. يتم حساب إجهادات الشد الفرضية f_{ct} في القطاع من المعادلة التالية:

$$f_{ct}=\left[f_{ct(N)}+f_{ct(M)}\right]\le\frac{f_{ctr}}{\eta_1\eta} \qquad \text{Eq.[4-88]}$$

حيث:

f_{ctr} = إجهاد حد التشرخ للخرسانة المعرضة للشد والمعطاة من المعادلة (4-71-b).

$f_{ct(N)}$ = إجهاد الشد الفرضي الناتج عن قوى شد محورية ، وتؤخذ هذه القيمة سالبة في حالة ما إذا كانت الإجهادات ضغط.

$f_{ct(M)}$ = إجهادات الشد الفرضية الناتجة عن عزم الانحناء.

$\eta_1\eta$ = معامل يتم تحديده من جدول (٤-١٦) طبقاً للسمك الافتراضي للقطاع t_v المعطى من المعادلة التالية:

$$t_v=t\left[1+\left(\frac{f_{ct(N)}}{f_{ct(M)}}\right)\right] \qquad \text{Eq.[4-89]}$$

جدول (٤-١٦) قيم المعامل $\eta_1\eta$

السمك الافتراضي للقطاع t_v (مم)	المعامل $\eta_1\eta$
$t_v\le100$	1.00
$t_v\le200$	1.20
$t_v\le400$	1.30
$t_v\ge600$	1.40

ج. يفضل في حالة القطاعات على شكل حرف T أو L أن يؤخذ عرض الشفة الفعال يساوى نصف عرض الشفة الوارد بالبند (٦-٣-١-٩).

د. في منشآت القسمين الثالث والرابع والتي يشترط أن تكون مانعة لنفاذية السوائل يتم التأكد من إجهادات الشد الفرضية في القطاع بطريقة المرونة مع الأخذ في الاعتبار إجهادات التشغيل للصلب طبقاً للجدولين (٤-١٤) و(٤-١٥) وكحل مرادف يمكن حسابها بطريقة حالات الحدود مع إدخال قيمة β_{cr} الموجودة في الجدولين المذكورين.

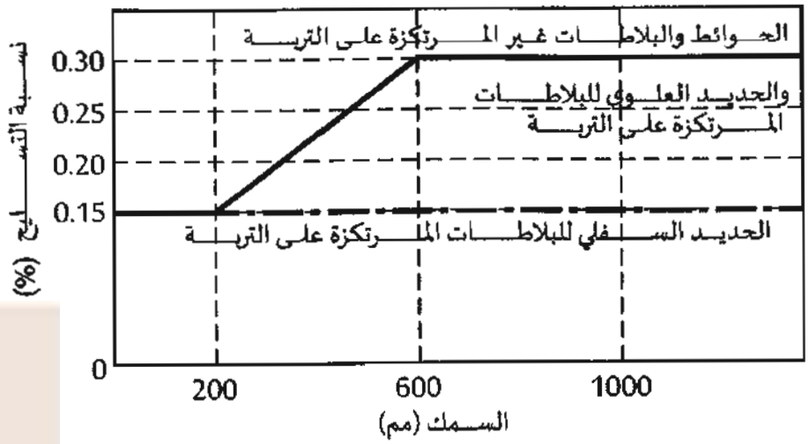
هـ. تؤخذ أقل نسبة تسليح بالقطاعات الخرسانية في منشآت القسم الثالث والرابع طبقاً لما يلي:

١. في حالة الحوائط الخرسانية والبلاطات المعلقة:

$\rho min=0.15\%$ for t<200mm

$\rho min=0.30\%$ for t>600mm

وتؤخذ العلاقة خطية للتخانات بين ٢٠٠ و ٦٠٠ مم طبقاً للمنحنى المرفق.



٢. في حالة البلاطات المثبتة على الأرض، يؤخذ الحد الأدنى للتسليح العلوي مماثلاً لما هو مذكور في البند السابق، ويؤخذ الحد الأدنى للتسليح السفلى ٠,١٥% لجميع التخانات.

الباب الخامس
الخرسانة سابقة الإجهاد

٥-١ عام

- تُصمم العناصر الخرسانية سابقة الإجهاد طبقا للاشتراطات الواردة بهذا الباب.
- 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 ذو 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 الدائري (Circular prestressing)للعناصر المستديرة أو الأسطوانية. وفى جميع الحالات السابقة إما أن يكون سبق الإجهاد كاملا (Full prestressing) أو جزئيا (Partial prestressing).
- تُصمم العناصر سابقة الإجهاد لكي تقاوم الأحمال والأفعال الواقعة عليها وطبقا لمتطلبات حالة حد المقاومة القصوى ومتطلبات حالات حدود التشغيل في جميع مراحل التحميل بدءاً من نقل الإجهاد إلى الخرسانة ومروراً بحالات التحميل المختلفة أثناء عمر المنشأ.
- تُصمم العناصر سابقة الإجهاد مع الأخذ في الاعتبار تأثير العناصر الإنشائية الملاصقة لها وما تحدثه من تشوهات مرنة أو غير مرنة وكذلك أي ترخيم أو تغير في الطول أو الأحمال الناتجة عن سبق الإجهاد. ويؤخذ في الاعتبار أيضاً تأثير كل من التغير في درجات الحرارة والانكماش.
- يُراعى في التصميم التحقق من عدم حدوث انبعاج في العناصر سابقة الإجهاد أو في أجزاء منها مثل الجذع والشفة.
- تُحسب خواص القطاع الخرساني مع الأخذ في الاعتبار النقص في مساحة القطاع نتيجة وجود الأجربة الخاصة بصلب التسليح المستخدم في سبق الإجهاد.
- يُرجع إلى البند (١-١ مجال الكود) بخصوص المنشآت التي يمكن أن يطبق عليها هذا الباب من الكود.

٥-٢ مواد الخرسانة سابقة الإجهاد

٥-٢-١ الخرسانة

٥-٢-١-١ عام

تتميز خرسانة المنشآت سابقة الإجهاد بمقاومة ضغط عالية والتي تجعل القطاع الخرساني أقل عرضة لحدوث التغيرات الحجمية من انكماش وزحف وبالتالي تقل فواقد الإجهاد في الصلب المجهد. واستخدام الخرسانة ذات المقاومة العالية يسمح بتخفيض وزن العنصر والذي يمثل في أغلب الحالات نسبة عالية من الحمل التصميمي بالإضافة إلى استيفاء متطلبات حالات الحدود.

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

٥-٢-١-٢ خواص مكونات الخرسانة سابقة الإجهاد

لتحديد الخواص الواجب توافرها في المواد المكونة للخرسانة سابقة الإجهاد يرجع للبند (٢-٢) في الباب الثاني من الكود.

٥-٢-١-٣ رتبة الخرسانة

رتبة الخرسانة هي مقاومة الضغط المميزة والتي تم تعريفها وتحديد الشروط التي يجب أن تحققها بالبند (٢-٣-٢-١) بالإضافة إلى ذلك يجب ألا يزيد عدد نتائج الاختبارات التي تقل عن مقاومة الضغط المميزة بقيمة قصوى مقدارها ٤ن/مم٢ على ١%. ويوضح جدول رقم (٢-١٣) رتب الخرسانة الانشائية المستخدمة في الخرسانة سابقة الإجهاد.

٥-٢-١-٤ مقاومة ضغط المكعب الخرساني القياسي عند عمر نقل قوة سبق الإجهاد

يجب ألا تقل مقاومة ضغط المكعب الخرساني القياسي عند عمر نقل قوة سبق الإجهاد عن تلك التي تحقق السلامة الانشائية للعنصر الخرساني بعد نقل قوة الاجهاد مباشرة بشرط اجراء حسابات دقيقة. ويمكن الرجوع للقيم الاسترشادية الواردة بالجدول (م٢-١) في حالة عدم وجود حسابات دقيقة.

٥-٢-٢ صلب التسليح

يُستخدم في تسليح منشآت الخرسانة سابقة الإجهاد عدة أنواع من الصلب بأشكال مختلفة، وفى حالة استخدام نوع معين من الصلب يجب أن يحقق جميع اشتراطات المواصفة التي يصنف على أساسها؛ ويتم الحكم على الصلب من خلال إجراء الاختبارات المطلوبة في معمل معتمد.

٥-٢-٢-١ صلب سبق الإجهاد Prestressing Steel

ويُنتج هذا الصلب من صلب عالي المقاومة بأشكال معتمده في السوق العالمية منها أسلاك الصلب عالية المقاومة (مُنتجة بالسحب على البارد) وجدائل الصلب عالي المقاومة وأسياخ الصلب عالية المقاومة. وعند تجميع عدة أسلاك أو جدائل في مسار واحد يطلق على المجموعة حزمة (أو كابل).

٥-٢-٢-٢ الخواص الميكانيكية لصلب سبق الإجهاد

يجب التأكد من الخواص الميكانيكية للصلب كمقاومة الشد وإجهاد الضمان والنسبة المئوية للاستطالة ومعاير المرونة واستيفائها لحدود المواصفات القياسية. ويوضح جدول (٢-١٠) الحدود الدنيا التي يجب أن يحققها إجهاد الضمان والنسبة المئوية للاستطالة.

٥-٣ تصميم العناصر الخرسانية سابقة الإجهاد

٥-٣-١ أسس التصميم

تصمم العناصر سابقة الإجهاد لكي تتحمل الأحمال الواقعة عليها طبقاً لطريقة حالات الحدود (Limit States) بحيث تحقق اشتراطات ومتطلبات حالات حدود التشغيل (SLS) وحالات الحدود القصوى (ULS) وفقاً لنوعية التأثيرات (القوى والانفعالات الداخلية) المعرض لها العنصر، مع أخذ قيم معاملات خفض المقاومة القصوى وفقاً لما هو مذكور في الباب الثالث من هذا الكود مع استبدال الرمز γ_s بالرمز γ_{ps} لصلب سبق الإجهاد.

أ. لتحقيق حالة حدود التشغيل(SLS) يراعى ما يلي:

١. تستخدم حالات تجميع الأحمال (Load Combinations) طبقاً للبنود أرقام (٥-٣-٢-١-١) و (٥-٣-٢-٣) و (٥-٣-٢-٤).

٢. يلزم تحقيق متطلبات حالات حدود التشغيل وتشمل ما يلي:

- حالة حدود إجهادات التشغيل المسموح بها في الخرسانة وصلب سبق الإجهاد وما يشمله من اعتبارات خواص القطاع طبقاً للجدول رقم (٥-١).
- حالة حد الترخيم طبقاً للبند رقم (٥-٣-٢-٣).
- حالة حد التشرخ وذلك في الحالات المسموح بها بالتشرخ (الحالة ج، د في البند ٥-٣-٢-١).

ب. يلزم تحقيق متطلبات حالة الحدود القصوى (ULS) وتشمل ما يلي:

١. حالة المقاومة القصوى وذلك للقطاعات المعرضة لعزم انحناء طبقاً للبند (٥-٣-٣-١).

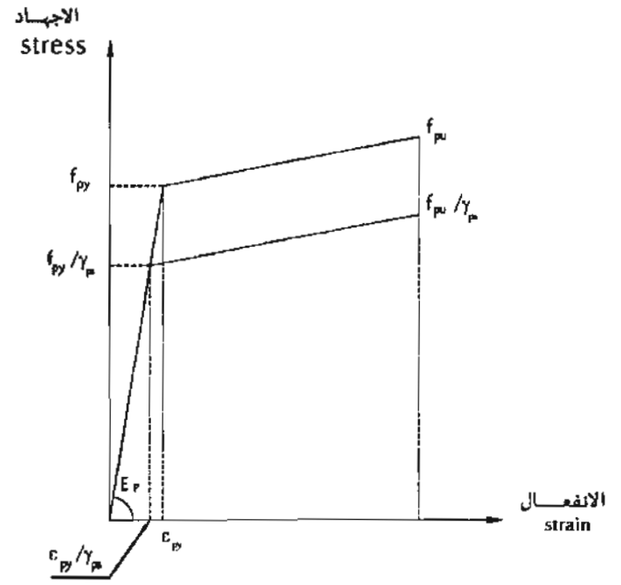
٢. حالة المقاومة لأحمال القص واللي طبقاً للبند (٥-٣-٣-٤).

٣. حالة الحدود لمناطق عدم الاتصال (D-region) طبقاً للبند (٥-٣-٣-٦) وما يشمله ذلك من مناطق النهايات ومناطق تثبيت الكابلات النهائية End Anchorage) Zone) والوسطية (Intermediate Anchorage Zone) وانحراف الكابلات وغيرها.

تؤخذ القوى الأساسية والاعتبارات العامة لتصميم القطاعات الخرسانية سابقة الإجهاد والمعرضة لعزوم انحناء أو قوى لامركزية طبقا لما هو وارد في البند (٤-٢-١) مع الأخذ في الاعتبار العلاقة بين الإجهاد والانفعال للصلب المستخدم في سبق الإجهاد طبقاً للبند (٥-٣-١-٣).

تؤخذ العلاقة بين الإجهاد والانفعال في الشد للصلب المستخدم في سبق الإجهاد طبقا للمنحنى الاعتباري شكل (٥-١).

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954



شكل ٥-١ المنحنى الاعتباري للعلاقة بين الإجهاد والانفعال في الشد للصلب المستخدم في سبق الاجهاد

تؤخذ العلاقة بين الإجهاد الأقصى f_{pu} وإجهاد الخضوع في الشد f_{py} لصلب سبق الإجهاد وفقاً لنوعية الصلب وطبقا للعلاقات التالية:

Eq.[5- 1]	For deformed bars	$f_{py}/f_{pu}=0.8$
Eq.[5- 2]	For normal relaxation stress – relieved strands, wires and smooth bars	$f_{py}/f_{pu}=0.85$
Eq.[5- 3]	For low relaxation stress – relieved strands, wires	$f_{py}/f_{pu}=0.9$

HBRC
المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

٥-٣-٢ متطلبات حدود التشغيل

٥-٣-٢-١ الاجهادات المسموح بها في الخرسانة

يلزم التحقق من الإجهادات في الخرسانة في جميع مراحل التشغيل وتشمل مرحلة نقل قوى سبق الإجهاد للخرسانة والمرحلة تحت تأثير جميع أحمال التشغيل لحالات تجميع الأحمال المميزة (Characteristic Load Combinations) ولحساب الإجهادات في القطاع الخرساني فانه يمكن استخدام طرق التحليل المرن للقطاع وطبقاً للحالات المذكورة في الجدول (٥-٢).

٥-٣-٢-١-١ تقسم العناصر الخرسانية سابقة الإجهاد طبقاً لما يلي:

حالة "أ": سبق الإجهاد التام (Full Prestressing)	القطاعات غير المشرخة وهي التي ليس بها إجهادات شد ويجب تصميم العناصر التالية طبقاً لهذه الحالة: - العناصر التي تكون فيها أسطح الشد معرضة لعوامل ذات تأثيرات مؤكسدة وضارة تسبب صدأ الحديد (عناصر القسم الرابع طبقاً للجدول (٤-١١)).
حالة "ب": (Uncracked State)	القطاعات غير المشرخة وهي العناصر التي تكون فيها إجهادات الشد على القطاع نتيجة جميع الأحمال الواقعة عليها أقل من مقاومة الخرسانة المميزة في الشد ويجب تصميم العناصر الإنشائية الآتية طبقاً لهذه الحالة: - البلاطات المسطحة والبلاطات المصمتة. - العناصر التي تكون أسطح الشد بها معرضة لعوامل ضارة والخزانات (عناصر القسم الثالث طبقاً للجدول (٤-١١)). - الكباري المعرضة للرطوبة بصفه دائمة
حالة "ج": (Transition State)	حالة انتقالية بين القطاعات غير المشرخة والقطاعات المشرخة وهي العناصر التي بها إجهادات الشد تحت تأثير حالات تجميع الأحمال المميزة يكون بين $\sqrt{f_{cu}} 0.9 < f_t \le f_{ctr}$. ويجب تصميم العناصر الإنشائية الآتية طبقاً لهذه الحالة: - عناصر القسم الثاني طبقاً للجدول (٤-١١) بما فيها الكباري والمنشآت غير المعرضة للرطوبة بصورة دائمة.
حالة "د": (Partial Prestressing)	القطاعات المشرخة وهي العناصر التي يتجاوز إجهاد الشد الفرضي (f_{ctr}) بها المحسوب باستخدام خواص القطاع دون اعتبار الشروخ مع إهمال صلب التسليح تحت تأثير حالات تجميع الأحمال المميزة. يسمح بها لكمرات كباري المشاة داخل المنشآت المغلقة غير المعرضة للرطوبة (عناصر القسم الأول طبقاً للجدول (٤-١١)). على أن يتم حساب خواص القطاع مرة أخري بصورة دقيقة مع أخذ التشرخ في الاعتبار لتحقيق ما يلي: - اشتراطات الترخيم طبقاً للبند (٥-٣-٢-٣). - اشتراطات عرض الشرخ طبقاً للبند (٥-٣-٢-٤). - اشتراطات التحقق من التغير في إجهادات صلب سبق الإجهاد طبقاً للبند (٥-٣-٢-٢). - اشتراطات الحدود الدنيا للتسليح سواء التسليح العادي أو سبق الإجهاد

٥-٣-٢-١-٢ تؤخذ الإجهادات المسموح بها في الخرسانة للعناصر المعرضة للعزوم طبقاً للجدول (٥-١).

جدول(٥-١) الإجهادات المسموح بها في الخرسانة (ن/مم٢)

رقم البند	البند	الحالة			
		حالة سبق إجهاد تام (Full Prestressing) (أ)	حالة القطاعات الغير المشروخة (Uncracked State) (ب)	حالة انتقالية بين القطاع المشرخ والغير مشرخ (Transition State) (ج)	حالة سبق الإجهاد الجزئي (Partial Prestressing) (د)
١	وصف لحالات القطاعات				
٢	خواص القطاع لحساب الإجهاد عند حالة أحمال التشغيل	القطاع الكلى	القطاع الكلى	القطاع الكلى	القطاع الكلى القطاع المشرخ**
٣	الإجهاد المسموح به في الخرسانة خلال المرحلة الانتقالية (قبل حدوث الفواقد المعتمدة على الزمن Time-dependent- losses)	أ-أقصى إجهاد في الضغط فيما عدا الأطراف بسيطة الارتكاز			$0.48\ f_{cui}$
		ب-أقصى إجهاد في الضغط عند الأطراف بسيطة الارتكاز			$0.55\ f_{cui}$
		ج-أقصى إجهاد في الشد فيما عدا الأطراف بسيطة الارتكاز*			$0.22\sqrt{f_{cui}}$
		د-أقصى إجهاد في الشد عند الأطراف بسيطة الارتكاز*			$0.44\sqrt{f_{cui}}$
٤	إجهاد الضغط المسموح به في الخرسانة خلال مرحلة التشغيل	أ-أقصى إجهاد في الضغط نتيجة سبق الإجهاد بالإضافة إلى الأحمال الدائمة $0.35\ f_{cu}$ (Sustained loads)		غير مطلوبة	
		ب-أقصى إجهاد في الضغط نتيجة سبق الإجهاد بالإضافة إلى جميع الأحمال $0.40\ f_{cu}$ (حالة تجميع الأحمال المميزة) (Characteristic load combinations)		غير مطلوبة	
٥	إجهاد الشد عند أحمال التشغيل	$f_t \le 0$	$0 < f_t \le k\, f_{ctr}$	$f_{ctr} < f_t \le 0.9\sqrt{f_{cu}}$	$f_t > 0.9\sqrt{f_{cu}}$
٦	أسس حسابات الترخيم	القطاع الكلى طبقاً للبند (٥-٣-٢-٣)	القطاع الكلى طبقاً للبند (٥-٣-٢-٣)	القطاع الكلى طبقاً للبند (٥-٣-٢-٣)	القطاع المشرخ طبقاً للبند (٥-٣-٢-٣)
٧	التحكم في عرض الشرخ	غير مطلوبة	غير مطلوبة	غير مطلوبة	طبقاً للبند(٥-٣-٢-٤)
٨	أقصى إجهاد ضغط محوري عند أحمال التشغيل	$0.25\ f_{cu}$			

حيث:

k = 0.75 للبلاطات المسطحة ، k = 1.00 لجميع الحالات الأخرى مثل الكباري سابقة الاجهاد.

f_{cui} = المقاومة المميزة للخرسانة في الضغط عند نقل سبق الإجهاد.

f_{cu} = المقاومة المميزة للخرسانة في الضغط عند التشغيل.

*: في الحالة (ج) إذا تعدت إجهادات الشد هذه القيم يتم إضافة حديد تسليح ذو نتوءات إلى صلب سبق الإجهاد لمقاومة قوى الشد الناتجة عن عزوم الانحناء المحسوبة على أساس القطاع المشرخ.

**: عند حساب الإجهاد في صلب التسليح وصلب سبق الإجهاد.

٥-٣-٢-٢ الإجهاد المسموح به في الصلب المستخدم في سبق الإجهاد

تؤخذ الإجهادات المسموح بها في الصلب المستخدم في سبق الإجهاد طبقاً للجدول (٥-٢).

جدول(٥-٢) الإجهادات المسموح بها في الكابلات (ن/مم٢)

أثناء الشد وعند نهايات التثبيت وقبل حدوث فقد الإجهاد نتيجة إنزلاق صلب سبق الإجهاد أو لسبب اخر *.	الأقل من $0.9\ f_{py}$ أو $0.75\ f_{pu}$ **
بعد الشد مباشرة (بعد إنتقال القوى للخرسانة) عند أماكن ربط الكابلات أو وصلها بعد تثبيت نهايات الكابلات مباشرة.	$0.70\ f_{pu}$
في الأماكن الأخرى على طول العنصر بعيداً عن مناطق التثبيت وبعد حدوث الفواقد.	الأقل من $0.8\ f_{py}$ أو $0.7\ f_{pu}$

* و يجب ألا تتعدى القيمة التصميمية القيمة المقترحة من قبل الجهة المصنعة للكابلات أو روابط الكابلات (Anchorage).

** يمكن أن تصل هذه القيمة إلى 0.80 في الكباري والمنشآت الخاصة في حالة وجود مراقبة جودة ذات مستوى تقني عالي لقوة سبق الإجهاد والإزاحة المقابلة لها.

و يجب ألا تقل نسبة $\frac{f_{py}}{f_{pu}}$ عن 0.85 للكابلات المستخدمة.

٥-٣-٢-٣ حالة حد الترخيم Limit State of Deflection

أ. يجب ألا تتعدى قيم الترخيم الحدود المنصوص عليها في البند (٤-٣-١-٢).

ب. عند حساب الحالات الحرجة للتحدب يتم استخدام نظرية المرونة مع أخذ عزم القصور الذاتي للقطاع بالكامل (Ig) في جميع الحالات ويجب ألا تتعدى قيم التحدب الحدود التي تؤثر بالسالب على استخدام المنشأ أو أي من عناصره الإنشائية أو غير الإنشائية.

ج. عند حساب الترخيم اللحظي (Immediate Deflection) للعناصر الإنشائية يراعى الأتي:

١. في الحالات "أ"، "ب"،"ج" طبقاً للبند (٥-٣-٢-١) يتم استخدام نظرية المرونة مع أخذ عزم القصور الذاتي للقطاع بالكامل I_g.

٢. في الحالة "د" طبقاً للبند (٥-٣-٢-١) يتم استخدام عزم القصور الذاتي الفعال I_e مع أخذ تأثير سبق الإجهاد عند حساب أقل عزم انحناء يسبب تشرخ بالخرسانة (M_{cr})

د. يتم حساب الترخيم الإضافي المتزايد مع الزمن (Long term deflection) مع الأخذ في الاعتبار قيمة الإجهادات في الخرسانة وصلب سبق الإجهاد (بعد أخذ تأثير كل الفواقد في الاعتبار) تحت تأثير القوى المؤثرة التي يمكن اعتبارها دائمة بالإضافة إلى أخذ تأثير انكماش وزحف الخرسانة واسترخاء صلب سبق الإجهاد.

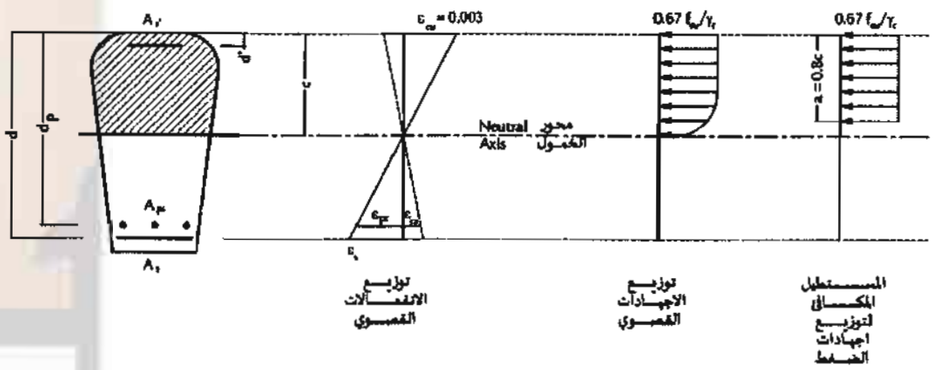
٥-٣-٢-٤ حالة حد التشرخ Limit State of Cracking

في الحالة (د) طبقاً للبند (٥-٣-٢-١-٢) يشترط استيفاء اشتراطات حد التشرخ طبقاً للجدول (٤-١٢) بالبند (٤-٣-٢-٣) مع مراعاة تأثير القوى المحورية عند حساب معامل حد التشرخ W_k.

٥-٣-٣ متطلبات حالة حد المقاومة القصوى

٥-٣-٣-١ القطاعات المعرضة لعزوم انحناء

٥-٣-٣-١-١ يُحدد عزم الانحناء الحدى الأقصى للقطاع الخرساني سابق الإجهاد باستخدام طريقة حالات الحدود المذكورة بالبند (٥-٣-١) مع الأخذ في الاعتبار توزيع الإجهادات على القطاع كما هو موضح في شكل (٥-٢).



شكل (٥-٢) توزيع الانفعالات والإجهادات القصوى

٥-٣-٣-١-٢ يتم حساب الانفعال الكلى في صلب سبق الإجهاد المتماسك ε_{ps} من المعادلة التالية :

$$\varepsilon_{ps}=\varepsilon_{pe}+\varepsilon_{ce}+\varepsilon_{pc} \qquad \text{Eq.[5-4]}$$

حيث:

ε_{pe} = الانفعال في صلب سبق الإجهاد نتيجة سبق الإجهاد بعد أخذ تأثير كل الفواقد في الاعتبار

ε_{ce} = الانفعال في الخرسانة عند مستوى صلب سبق الإجهاد نتيجة سبق الإجهاد بعد أخذ تأثير كل الفواقد في الاعتبار

ε_{pc} = الانفعال في صلب سبق الإجهاد الناتج عن توافق الانفعالات عند الحد الأقصى لعزوم الانحناء

٥-٣-٣-١-٣ يُحسب الإجهاد فى صلب سبق الإجهاد f_{ps} عند العزم الحدى الأقصى للقطاع وفقا للانفعال الكلى المعطى بالمعادلة (٤-٥) والمنحنى الاعتباري لصلب سبق الإجهاد المعطى في شكل (٥-١).

٥-٣-٣-١-٤ القطاعات ذات تسليح صلب سبق الإجهاد ناحية الشد فقط

يمكن حساب العزم الحدى الأقصى لمقاومة القطاع في حالة القطاعات المستطيلة ذات تسليح صلب سبق الإجهاد ناحية الشد فقط باستخدام المعادلة التالية:

$$M_u=A_{ps}\left(\frac{f_{ps}}{\gamma_{ps}}\right)\left(d_p-\frac{a}{2}\right) \qquad \text{Eq.[5-5]}$$

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:

$$M_u=A_{ps}\left(\frac{f_{ps}}{\gamma_{ps}}\right)\left(d_p-\frac{a}{2}\right)+A_s\left(\frac{f_y}{\gamma_s}\right)\left(d-\frac{a}{2}\right) \qquad \text{Eq.[5-6]}$$

ويمكن أخذ تأثير أى صلب تسليح موجود فى القطاع على مقاومة القطاع للعزوم بعد تحديد الإجهاد به بواسطة طريقة الاتزان وتوافق الانفعالات.

٥-٣-٣-١-٥ يمكن استخدام المعادلات التقريبية التالية لحساب الإجهاد في صلب سبق الإجهاد f_{ps} .

أ. يُحسب الإجهاد في صلب سبق الإجهاد f_{ps} كحل بديل عن الطريقة المذكورة فى البندين (٥-٣-٣-١-٢، ٣) بشرط ألا يقل الإجهاد في 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) ناحيتي الضغط والشد.

$$f_{ps}=f_{pu}\left[1-\eta_p\left(\mu_p\frac{f_{pu}}{0.8f_{cu}}+\frac{d}{d_p}(w-w')\right)\right] \qquad \text{Eq.[5-7]}$$

حيث :

η_p = معامل يعتمد على نوع الصلب ويؤخذ كالآتي:

٠,٦٨ فى حالة ($\frac{f_{py}}{f_{pu}}$ لا تقل عن ٠,٨٠)

٠,٥٠ فى حالة ($\frac{f_{py}}{f_{pu}}$ لا تقل عن ٠,٨٥)

٠,٣٥ فى حالة ($\frac{f_{py}}{f_{pu}}$ لا تقل عن ٠,٩٠)

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

μ_p = نسبة صلب سبق الإجهاد في القطاع الخرساني وتساوى $\frac{A_{ps}}{b.d_p}$

w = نسبة صلب تسليح الشد فى القطاع الخرساني مضروباً في نسبة إجهاد الخضوع لصلب التسليح إلى مقاومة الضغط المميزة للخرسانة وتساوى $\mu \frac{f_y}{0.8\, f_{cu}}$

w' = نسبة صلب تسليح الضغط في القطاع الخرساني مضروباً فى نسبة إجهاد الخضوع لصلب التسليح إلى مقاومة الضغط المميزة للخرسانة وتساوى $\mu' \frac{f_y}{0.8\, f_{cu}}$

حيث:

$\mu=\frac{A_s}{b.d}$ و $\mu=\frac{A'_s}{b.d}$

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 (٥-٨) عند التعويض فى المعادلة (٥-٧) 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.

$$\left[\left(\mu_p \frac{f_{pu}}{0.8 f_{cu}} + \frac{d}{d_p}\left(w-w'\right)\right)\right] \geq 0.17 \qquad \text{Eq.[5- 8]}$$

أ. يحسب الإجهاد في صلب سبق الإجهاد عند العزم الحدى للقطاع M_u في حالة العناصر سابقة الإجهاد وبصلب سبق الإجهاد غير المتماسك (Unbonded prestressing tendons) وبحيث تكون نسبة البحر إلى العمق الفعال لا تزيد على ٣٥ من المعادلة التالية:

$$f_{ps}=f_{pe}+70+\left(\frac{0.8\, f_{cu}}{100\, \mu_p}\right) N/mm^2 \qquad \text{Eq.[5-9]}$$

وبشرط ألا تزيد f_{ps} على f_{py} أو $(f_{pe} + 420)$ أيهما أقل على أن تكون وحدة الإجهاد بالنيوتن / مم٢.

ب. يُحسب الإجهاد في صلب سبق الإجهاد عند العزم الحدى Mu وفى العناصر ذات صلب سبق الإجهاد غير المتماسك وبحيث تكون نسبة البحر الى العمق الفعال أكبر من ٣٥ من المعادلة التالية:

$$f_{ps}=f_{pe}+70+\left(\frac{0.8\, f_{cu}}{300\, \mu_p}\right) N/mm^2 \qquad \text{Eq.[5- 10]}$$

وبشرط ألا تزيد f_{ps} على f_{py} أو $(f_{pe} + 200)$ أيهما أقل على أن تكون وحدة الإجهاد بالنيوتن / مم٢.

٥-٣-٣-١-٦ الحدود القصوى لمساحة مقطع صلب سبق الإجهاد وصلب التسليح العادي

٥-٣-٣-١-٦-أ تؤخذ نسبة صلب سبق الإجهاد μ_p ونسبة صلب التسليح العادي μ الموجود في القطاع لتحقيق المعادلة (٥-١١) مالم يتم حساب المقاومة القصوى طبقا للبند (٥-٣-٣-١-٦-ب).

$$W_p \leq 0.28 \qquad \text{Eq.[5- 11-a]}$$

$$\left[W_p+\left(\frac{d}{d_p}\right)\left(w-w'\right)\right] \leq 0.28 \qquad \text{Eq.[5-11-b]}$$

$$\left[W_{pw}+\left(\frac{d}{d_p}\right)\left(w_w-w'_w\right)\right] \leq 0.28 \qquad \text{Eq.[5-11-c]}$$

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

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.

٥-٣-٣-١-٦-ب في حالة استخدام نسبة صلب أعلى من المذكورة فى البند (٥-٣-٣-١-٦-أ) فإن مقاومة القطاع الخرساني تحسب باستخدام طريقة توافق الانفعالات.

٥-٣-٣-١-٦-ج تُحسب أقل قيمة لنسبة صلب سبق الإجهاد وصلب التسليح العادي في القطاع الخرساني على أن تحقق مقاومة قصوى للقطاع تتعدى ١,٢ مرة قدر حد التشرخ للقطاع محسوبا باستخدام مقاومة الخرسانة في الشد f_{ctr} طبقا للبند (٤-٣-١-١-١) ولا ينطبق 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.

٥-٣-٣-٢ أقل نسبة لصلب متماسك غير مسبق الشد (صلب تسليح عادى)

٥-٣-٣-٢-١ العناصر ذات صلب سبق إجهاد غير متماسك.

يجب وضع صلب تسليح متماسك غير مسبق الشد (صلب تسليح عادى) في العناصر الإنشائية المستخدم بها صلب سبق إجهاد غير متماسك كما هو موضح في البنود (٥-٣-٣-٢-١-أ)، (٥-٣-٣-٢-١-ب)، (٥-٣-٣-٢-١-ج).

٥-٣-٣-٢-١-أ تؤخذ أقل نسبة للصلب المتماسك غير مسبق الشد في حالة العناصر المستخدم بها صلب سبق إجهاد غير متماسك كما يلي:

$$A_s = 0.004\, A \qquad \text{Eq.[5- 12-a]}$$

حيث:

A = مساحه قطاع الجزء المحصور بين سطح منطقة الشد ومحور القطاع المار بمركز ثقله c.g. . ويتم توزيع الصلب المتماسك توزيعا منتظماً أقرب ما يمكن للأجزاء الخرسانية المعرضة لأقصى قيم إجهادات شد نتيجة الأحمال الخارجية .

٥-٣-٣-٢-١-ب في حالة البلاطات ذات الاتجاهين والبلاطات اللاكمرية المصمتة ذات السمك الثابت تؤخذ أقل قيمة لصلب التسليح المتماسك غير مسبق الشد (صلب تسليح عادى) كالتالي:

١- في منطقة العزوم الموجبة يجب وضع حد أدنى من صلب التسليح المتماسك غير مسبق الشد (صلب تسليح عادى) بالقطاع بحيث يحقق المعادلة الآتية:

$$A_s = \frac{N_c}{0.5 f_y}$$ Eq.[5-12-b]

حيث :

N_c هي قيمة قوة الشد الناتجة عن أحمال التشغيل (الدائمة والحية) ويوزع صلب التسليح في منطقة الشد (Pre-compressed tensile zone) توزيعا منتظماً بحيث يكون أقرب ما يمكن في الأجزاء المعرضة لأقصى قيم إجهادات شد. ويجب ألا تتعدى قيمة f_y القيمة ٤٠٠ نيوتن/مم٢.

٢- في منطقة العزوم السالبة عند الأعمدة يجب وضع صلب تسليح متماسك لا يقل عن:

$$A_s = 0.00075\, t_s\, L$$ Eq.[5-12-c]

حيث:

t_s = سمك البلاطة

L = طول البحر في الاتجاه الموازي لصلب التسليح المطلوب حسابه وتوزع هذه الأسياخ على عرض من البلاطة يساوى$(c+3t_s)$ حيث c هي عرض العمود. ويجب ألا يقل عدد الأسياخ عن أربعة في كل اتجاه ولا تزيد المسافة بين الأسياخ على ٣٠٠ مم.

يجب التحقق من وجود ما يكفى من صلب التسليح المتماسك غير مسبق الشد Bonded Non-prestressing Steel في العناصر ذات سبق الإجهاد غير المتماسك بحيث يضمن عدم انهيار العنصر فجائياً مع افتراض فقدان ٥٠% من صلب سبق الإجهاد غير المتماسك Un-bonded Prestressing Steel في حالة العناصر ذات الاتجاه الواحد One way Elements مثل الكمرات والبلاطات ذات الاتجاه الواحد ومع افتراض فقدان ٥٠% من صلب سبق الإجهاد غير المتماسك في كل اتجاه في حاله العناصر ذات الاتجاهين Two Way Elements وذلك تحت تأثير حالات التحميل القصوى الآتية:

- في حاله وجود أحمال حية أقل من ٥ كن/م٢ يتم استخدام المعادلة (5-13)

$$U = D + 0.25\, L$$ Eq.[5-13]

- في حاله وجود أحمال حيه أكبر من أو تساوي ٥ كن/م٢ يتم استخدام المعادلة (5-14)

$$U = D + 0.50\, L$$ Eq.[5-14]

٥-٣-٣-٢-٢ العناصر ذات صلب سبق إجهاد متماسك

يجب وضع صلب تسليح متماسك غير مسبق الشد (صلب تسليح عادى) في العناصر الإنشائية المستخدم بها صلب سبق إجهاد متماسك كما هو موضح في البندين (٥-٣-٣-٢-٢-أ) ، (٥-٣-٣-٢-٢-ب).

٥-٣-٣-٢-٢-أ في حالة البلاطات ذات الاتجاهين والبلاطات اللاكمرية المصمتة ذات السمك الثابت تؤخذ أقل نسبة للصلب المتماسك غير مسبق الشد (شبكة علوية وسفلية) من المعادلة (٥-١٥) على الا تزيد المسافة بين الأسياخ عن ٣٠٠ مم

$$\mu_{min} = \mu \cdot k \cdot \frac{f_{ct,eff}}{f_y}$$ Eq.[5-15]

حيث:

K = 0.8 for t<300 mm

K = 0.5 for t>800 mm

$\mu = 0.2$

$f_{ct,eff} = 0.3\sqrt{f_{cu}}$

على أن تؤخذ قيمة K بالنسبة والتناسب في حالة القطاعات ذات عمق يتراوح بين ٣٠٠ و ٨٠٠ مم.

٥-٣-٣-٢-٢-ب وتؤخذ أقل نسبة للصلب المتماسك غير مسبق الشد فوق الأعمدة في حالة البلاطات المستخدم بها صلب سبق إجهاد متماسك كما يلي:

$$A_s = 0.00075\, A_c$$ Eq.[5-16]

ويجب تركيز صلب التسليح العلوي في البلاطة في منطقة لا يزيد عرضها عن ١,٥ مرة سمك البلاطة على جانبي العمود وبطول لا يقل عن ٠,٢ من طول بحر البلاطة.

٥-٣-٣-٢-٣ في الكمرات مسبقة الإجهاد لا بد من تواجد أسياخ تسليح جانبي (Side bars) لا تزيد المسافة بينها على ٣٠٠ مم.

٥-٣-٣-٣ 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:

$$L_d = L_t + L_a = \left(f_{ps} - \frac{2}{3} f_{pe}\right)\frac{\phi}{7} \quad mm$$ Eq.[5-17]

حيث:

L_t هو طول الانتقال (Transfer length) ويتم حسابه طبقاً لما يلى:

$$L_t = \left(\frac{f_{pe}}{3}\right)\frac{\phi}{7} \quad mm$$ Eq.[5-18-a]

La هو الطول بعد القطاع الحرج والمعطى بالعلاقة:

$$L_a = \left(f_{ps} - f_{pe}\right)\frac{\phi}{7} \text{ mm} \qquad \text{Eq.[5-18-b]}$$

حيث ϕ هو قطر الكابل (Tendon) بوحدات مم بينما f_{pe} و f_{ps} بوحدات ن/مم٢.

٥-٣-٤-٣ القص

في الكمرات سابقة الإجهاد وفى حالات الركائز المباشرة تحت الكمرات يتولد نتيجة لهذا الارتكاز انضغاط عمودي على الحافة السفلى للكمرة يسمح بأن يكون حساب إجهاد القص المؤثر على مسافة من وجه الركيزة الداخلي تساوى نصف ارتفاع الكمرة $t/2$ أو عند أول تغير في عرض الجذع (أيهما أكثر حرجاً).

٥-٣-٤-٣-١ مقاومة القص الاعتبارية

أ. يحسب الإجهاد الأقصى للقص من العلاقة:

$$q_u = \frac{Q_u}{bd_p} \qquad \text{Eq.[5- 19]}$$

حيث:

Q_u هي قوة القص القصوى الناتجة من الأحمال الدائمة والحية ، ويُحسب العمق الفعال dp على أساس أنه المسافة من أقصى نقطة للضغط إلى مركز تسليح سبق الإجهاد أو يؤخذ يساوى 0.8 t أيهما أكبر مع مراعاة الأخذ في الاعتبار تأثير الفتحات الموجودة بالعنصر.

ب. لا يجوز أن تزيد قيمة إجهادات القص القصوى الاعتبارية للعناصر الخرسانية سابقة الإجهاد المعرضة لقوى قص غير مصحوبة أو مصحوبة بعزوم لي عن القيمة التالية:

$$q^*_{umax} = 0.75\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad \text{Eq.[5- 20]}$$

وبحد أقصى ٤,٥٠ نيوتن / مم٢.

٥-٣-٤-٣-٢ القيمة الاعتبارية لمقاومة الخرسانة لإجهاد القص

أ. في العناصر التي 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 يلي:

$$q_{cu\text{-}uncracked} = \left(0.045\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + \frac{3.6Q_u.d_p}{M_u}\right) \text{ N/mm}^2 \qquad \text{Eq.[5- 21]}$$

ويجب ألا تقل قيمة q_{cu} عن $0.16\sqrt{f_{cu}/\gamma_c}$ 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 هي قيمة العزم الأقصى عند المقطع الحرج في القص .

ب. تُحسب مقاومة القص الاعتبارية للخرسانة $q_{cu\text{-}uncracked}$ طبقاً للبندين (ب-١) ، (ب-٢) التاليين وتكون قيمة q_{cu} الأصغر من القيمتين q_{cw} ، q_{ci} .

ب-١ تُحسب مقاومة القص q_{ci} من المعادلة التالية :

$$q_{ci} = 0.045\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + 0.8\left(q_d + q_i\frac{M_{cr}}{M_{max}}\right) \text{ N/mm}^2 \qquad \text{Eq.[5- 22-a]}$$

ويجب ألا تقل q_{ci} عن $0.16\sqrt{f_{cu}/\gamma_c}$ 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 :

$$M_{Cr} = \left(\frac{I}{y_t}\right)\left(0.45\sqrt{f_{cu}} + f_{pce} - f_{cd}\right) \qquad \text{Eq.[5-22-b]}$$

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 العادي.

ب-٢ تُحسب مقاومة القص q_{cw} من المعادلة التالية:

$$q_{cw} = 0.16\left(\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + f_{pcc}\right) + q_{pv} \text{ N/mm}^2 \qquad \text{Eq.[5- 23]}$$

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

حيث:

q_{pv} = إجهاد القص الناتج عن المركبة الرأسية لقوة سبق الإجهاد بعد حدوث كل فواقد سبق الاجهاد ويحسب من العلاقة : $q_{pv} = \frac{f_{pe} A_p \sin\beta}{\gamma_{ps} A_c}$

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 في العناصر سابقة الشد (Pre-tensioned members) التي تكون فيها المسافة $t/2$ من وجه الركيزة أقل من طول الانتقال Lt والمحسوب طبقا للمعادلة (٥-١٨) 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 في 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 (٥-٢٢-أ) و (٥-٢٣) و يمكن اعتبار أن قوة سبق الإجهاد تتغير خطياً من صفر عند نهاية الكابل إلى القيمة القصوى عند مسافة تساوى طول الانتقال Lt.

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.

٥-٣-٣-٤ مقاومة صلب التسليح الجذعي القصوى الاعتبارية للقص

إذا زادت إجهادات القص القصوى q_u والمحسوبة من قوى القص المؤثرة على القطاع طبقاً للبند (٥-٣-٣-٤-٢) عن المقاومة الاعتبارية للخرسانة q_{cu} فإنه يلزم استخدام تسليح جذعي طبقاً للبند (٤-٢-٢-١-٤).

وتحسب مشاركة التسليح الجذعى طبقاً للمعادلة (٥-٢٤)

Eq.[5- 24]

$$q_{su} = q_u - q_{cu\ (cracked)}$$

وتؤخذ قيمة مقاومة الخرسانة بعد التشرخ نتيجة قوى القص $q_{cu\ (cracked)}$ القيمة الأقل من المحسوبة طبقاً للمعادلتين (٥-٢٥-a) و (٥-٢٥-b)

$$q_{cu(cracked)} = \left[0.0225\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + 0.40\left(q_d + q_i\frac{M_{cr}}{M_{max}}\right)\right] > 0.12\sqrt{f_{cu}/\gamma_c} \qquad \text{Eq.[5- 25-a]}$$

$$q_{cu\ (cracked)} = 0.12\left(\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + f_{pcc}\right) + q_{pv} \qquad \text{Eq.[5-25-b]}$$

٥-٣-٣-٥ اللى

٥-٣-٣-٥-١ القطاعات الحرجة لعزوم اللي تحدد طبقاً للبند (٤-٢-٣-١).

٥-٣-٣-٥-٢ إجهادات القص القصوى الناتجة عن عزوم اللي q_{tu} تحدد طبقاً للبند (٤-٢-٣-٢).

٥-٣-٣-٥-٣ يمكن إهمال تأثير عزم اللى إذا كان مقدار إجهادات القص الناتجة عنه أقل من تلك المحسوبة من المعادلة:

$$q_{tu} = 0.06\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}\sqrt{1+\left(\frac{f_{pcc}}{0.25\sqrt{f_{cu}}}\right)} \quad N/mm^2 \qquad \text{Eq.[5- 26-a]}$$

٥-٣-٣-٥-٤ الأبعاد الخرسانية للقطاعات الخرسانية سابقة الإجهاد المعرضة لقوى قص بالإضافة إلى عزوم لى والمسلحة بتسليح طولى يجب أن تستوفى العلاقة التالية:

فى القطاعات المصمتة

$$\sqrt{(q_u)^2 + (q_{tu})^2} \le q^*_{u\ max} \qquad \text{Eq.[5-26-b]}$$

فى القطاعات الصندوقية

$$q_u + q_{tu} \le q^*_{u\ max} \qquad \text{Eq.[5-26-c]}$$

حيث (q^*_{umax}) هي إجهادات القص القصوى المسموح بها فى القطاعات الخرسانية سابقة الإجهاد وتحسب طبقاً للمعادلة (٥-٢٠)

٥-٣-٣-٥-٥ صلب التسليح اللازم لمقاومة إجهادات القص الناتجة عن عزوم لي مصحوبة بقوى قص

أ. إذا زادت قيمة الإجهادات المحسوبة q_{tu} (بند (٥-٣-٣-٥-٢)) عن القيمة المحسوبة من المعادلة (٥-٢٦) بند (٥-٣-٣-٥-٣) وبحيث تستوفى الأبعاد الخرسانية للقطاع ما جاء بالبند (٥-٣-٣-٥-٤) فإنه يلزم استخدام تسليح لمقاومة عزوم اللي مكون من كانات مقفلة بالإضافة إلى تسليح طولي ويجب إضافة هذا التسليح إلى أي تسليح ناتج من إجهادات عزوم الانحناء والقوى المحورية وقوى القص طبقاً للجدول (٤-٥).

ب. مساحة صلب التسليح العرضي اللازم لمقاومة اللي هو عبارة عن كانات مقفلة أو شبكات ملحومة وتحدد مساحة فرع الكانة فى القطاع كما يلى:

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

Eq.[5- 27]

$$A_{str} = \frac{M_{tu} \cdot s}{2 A_o \left(\frac{f_{yst}}{\gamma_s}\right) \cot \theta}$$

وفى حالة القطاع المستطيل تؤول المعادلة (٥-٢٧) إلى:

Eq.[5- 28]

$$A_{str} = \frac{M_{tu} \cdot s}{1.7 (x_1 y_1) \left(\frac{f_{yst}}{\gamma_s}\right) \cot \theta}$$

مع ضرورة الأخذ في الاعتبار جميع الملاحظات الواردة في البند (٤-٢-٣-٥).

ويسمح بأخذ الزاوية θ كما يلى :

$\theta = 45°$ في الحالات التي تقل فيها قوة سبق الإجهاد الفعالة عن ٤٠ % من مقاومة الشد لتسليح الانحناء.

$\theta = 37{,}5°$ في الحالات التي تزيد فيها قوة سبق الإجهاد الفعالة على ٤٠ % من مقاومة الشد لتسليح الانحناء.

ج. مساحة التسليح الطولي الإضافي A_{sl}

تُحدد مساحة التسليح الطولي الإضافي من:

Eq.[5- 29]

$$A_{sl} = \left(\frac{A_{str} \cdot p_h}{s}\right)\left(\frac{f_{yst}}{f_y}\right) \cot^2 \theta$$

وبشرط ألا تقل مساحة التسليح الطولي الإضافي عن:

Eq.[5- 30]

$$A_{sl\,min} = \frac{0.4 \sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}\, A_{cp}}{f_y/\gamma_s} \cdot \left(\frac{A_{str}}{s}\right) p_h \left(\frac{f_{yst}}{f_y}\right)$$

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 في البند (٤-٢-٣-٦)

مع ضرورة مراعاة كافة الشروط الواردة بالبند (٤-٢-٣-٤) .

٥-٣-٣-٥-٦ في المنشآت غير المحددة إستاتيكيا والتي يكون عزم اللي فيها غير ضروري للاتزان وناتج عن تحقيق توافق الانفعالات (Compatibility of strains) يمكن تخفيض عزوم اللي القصوى في الكمرات سابقة الإجهاد إلى القيمة التالية:

Eq.[5- 31]

$$M_{tu} = 0.316 \left(\frac{A^2_{cp}}{p_{cp}}\right) \sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \sqrt{1 + \left(\frac{f_{pcc}}{0.25 \sqrt{f_{cu}}}\right)}$$

حيث p_{cp} كما في البند (٤-٢-٣-٦).

٥-٣-٣-٥-٧ عند حساب مقاومة القص الأفقية للعناصر المركبة تسري اشتراطات التصميم الواردة بالبند (٦-٩-١٠) على العناصر المركبة والمكونة من اجزاء خرسانية سابقة الصب وسابقة الإجهاد واجزاء خرسانية مصبوبة في وقت لاحق لتكون عنصراً واحداً يقاوم الأحمال المعرض لها كوحده واحده مع مراعاة ما يلي:

أ -استخدام العمق الفعال d_p في الحساباتd بدلاً من المعرف في البند (٥-٣-٣-٣-٢)

ب -أخذ تأثير المركبة الرأسية لقوي سبق الإجهاد بعد حدوث كل فواقد سبق الإجهاد في حساب قوي القص القصوى على القطاع.

٥-٣-٣-٦ تصميم منطقة التثبيت (Design of Anchorage Zone)

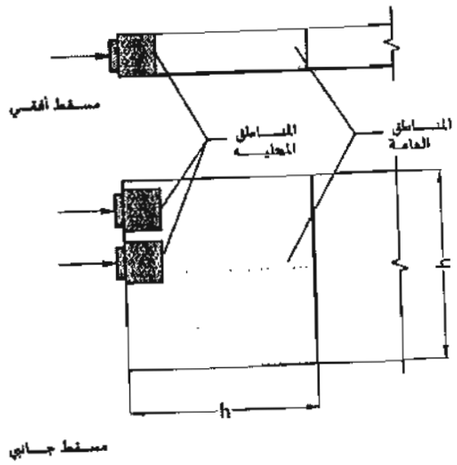
٥-٣-٣-٦-١ منطقة التثبيت (Anchorage Zone)

تتكون منطقة التثبيت من منطقتين:

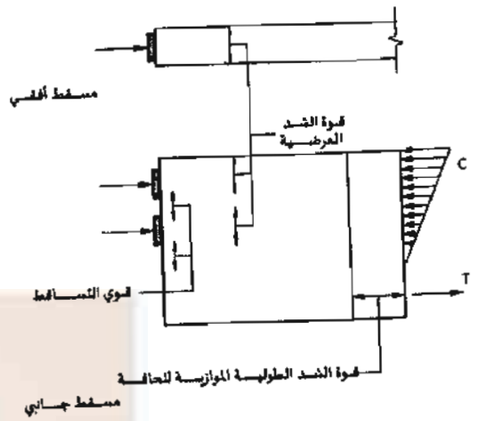
أ. المنطقة المحلية (Local Zone) وهي المنشور المستطيل (أو المنشور المستطيل المكافئ للتثبيت الدائري أو البيضاوي) للخرسانة المحيطة مباشرة بجهاز التثبيت وكذلك أي تثبيت محزم لها (شكل ٥-٣).

ب. المنطقة العامة (General Zone) وهي الجزء من العضو الذي يتم من خلاله انتقال قوى سبق الإجهاد المركزة إلى الخرسانة بتوزيع أكثر انتظاماً على القطاع الخرساني وطولها يساوى أكبر بعد للقطاع (شكل ٥-٣).

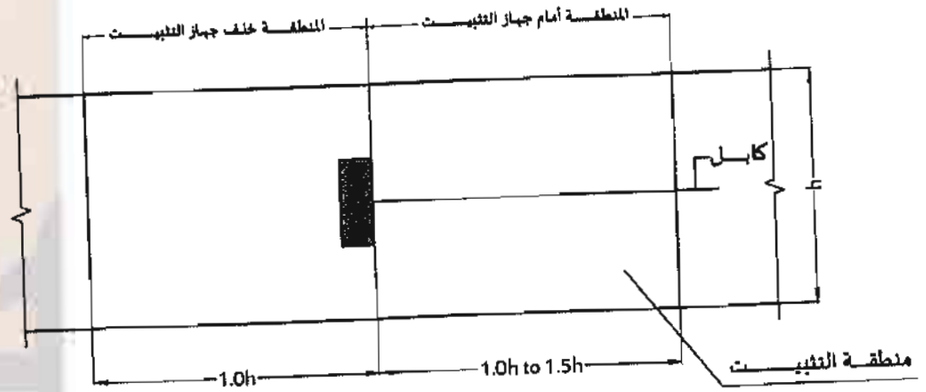
HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954



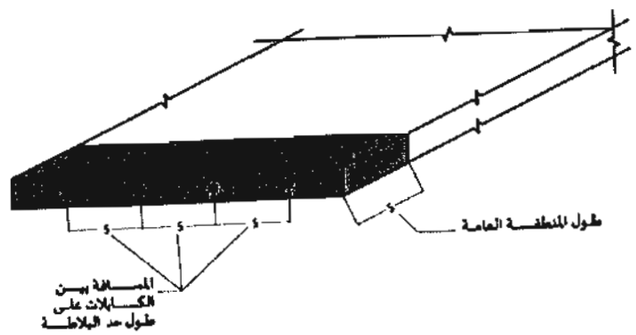
أ – مناطق إجهادات الشد



ب – المناطق العامة والمناطق المحلية في الكمرات



جـ-المنطقة العامة في حالة التثبيت بعيداً عن نهاية الكمرة



د – المنطقة العامة في البلاطات

شكل رقم (٥-٣) مناطق التثبيت

٥-٣-٣-٦-٢ 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 (٥-٣-١-١).

$$P_{su} = 1.2\Sigma P_o \qquad \text{Eq.[5- 32]}$$

ب. يجب ألا تتجاوز إجهادات الخرسانة في الضغط أثناء الشد القيم المحددة بالجدول (٥-١).

٥-٣-٣-٦-٣ طرق التصميم

Local Zone

٥-٣-٣-٦-٣-أ المنطقة المحلية

أ. يتم تصميم المنطقة المحلية لمقاومة الارتكاز وفقاً للبند (٤-٢-٤). ويمكن أخذ تأثير الكانات الحلزونية في زيادة مقاومة الارتكاز وذلك باعتبار أقصى مقاومة ارتكاز هي الأكبر من: (١) مقاومة الارتكاز من البند (٤-٢-٤)؛ و (٢) مقاومة الارتكاز وفقا للمعادلة (٥-٣٣). ويجب أن تمتد الكانة الحلزونية داخل منطقة التثبيت مسافة تساوى البعد الأكبر للوح التثبيت.

$$\left[\frac{0.67\, f_{cui}}{\gamma_c} + 4\sigma'_{hsp}\right]\frac{\pi D_k^2}{4} \le 3\left[\frac{0.67\, f_{cui}}{\gamma_c}\right]A_1 \qquad \text{Eq.[5- 33]}$$

حيث:

$$\sigma'_{hsp} = \left[\frac{2 f_{yp} A_{sp}/\gamma_s}{D_k\, p}\right]$$

σ'_{hsp} :مقاومة الإحاطة المتولدة في الخرسانة نتيجة الكانة الحلزونية،

A_1 : مساحة لوح التثبيت،

f_{yp} :إجهاد الخضوع لصلب الكانة الحلزونية،

A_{sp} : مساحة مقطع الكانة الحلزونية،

D_k : قطر الكانة الحلزونية،

p : خطوة الكانة الحلزونية.

ب. يجب وضع شبكة صلب تسليح بكامل سطح التثبيت بحد أدنى ($0.02P_{su}/(f_y/\gamma_s)$) في كل من الاتجاهين الرأسي والأفقي، وأن يتم ثنى نهايتي هذه الأسياخ.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

٥-٣-٣-٦-٣-ب المنطقة العامة General Zone

١ -يجب ألا تتجاوز إجهادات الضغط القصوى شبه المنتظمة (عند نهاية المنطقة العامة) أثناء الشد نتيجة P_{su} القيمة $(0.67\, f_{cui}/\gamma_c)$.

٢ -يمكن تصميم المنطقة العامة بأي 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 في عمل نموذج الضاغط والشداد. وفى الحالات التي يمكن فيها إهمال القوى الرأسية يمكن عمل نموذج الضاغط والشداد لقوى سبق الإجهاد فقط مع استيفاء اشتراطات القص وفقاً للبند (٥-٣-٣-٤).

شكل (٥-٤) يوضح نماذج استرشادية للضاغط والشداد لبعض الحالات المختلفة للاسترشاد، ومنها يمكن حساب قوى الشد العرضية (Tburst) الناتجة عن سبق الإجهاد وكذلك مكان تأثيرها (dburst).

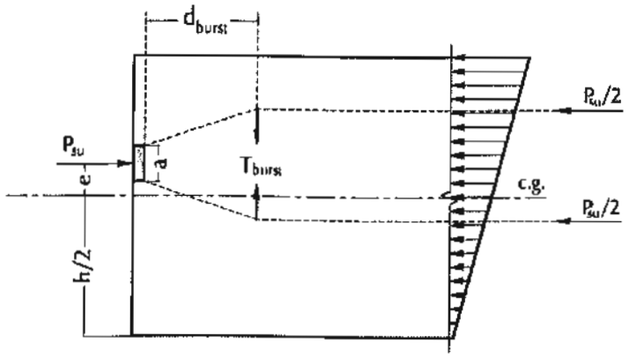
يجب استخدام صلب تسليح لمقاومة Tburst مع التحقق من طول الرباط الكافي أو تشكيل النهايات لصلب التسليح للتأكد من نقل القوة بأمان.

٥-٣-٣-٧ مناطق ربط نهايات الكابلات

أ. يتم تحديد أبعاد ألواح النهاية في العناصر لاحقة الشد (Post – tensioned) بحيث تحقق الحد التصميمي الأقصى لمقاومة الارتكاز طبقاً للبند (٤-٢-٤).

ب. يجب وضع صلب تسليح في مناطق ربط نهايات الكابلات لمقاومة قوى الانفلاق (Splitting) وقوى الانفصال (Spalling) والناتجة من ربط الكابلات ويتم حسابها طبقاً لنظريات المرونة على أن يكون الحد الأدنى لها $(0.02P_{su}/(f_y/\gamma_s))$ في كل من الاتجاهين الرأسى والأفقى.

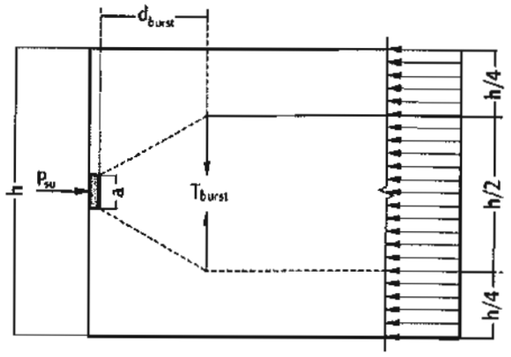
ج. عند حساب القوى والتسليح بمناطق ربط نهايات الكابلات يجب مجموع قوى سبق الإجهاد القصوى، P_{su}.



$T_{burst} \simeq 0.25P_{su}\,(1-\frac{a}{h})$

$d_{burst} = 0.50\,(h-2e)$

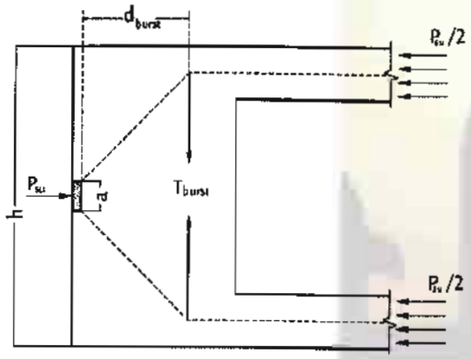
أ – كمرة ذات قطاع مستطيل وقوة الضغط لامركزية



$T_{burst} \simeq 0.25P_{su}(1-\frac{a}{h}) \simeq 0.25P_{su}$

$d_{burst} = 0.50\,h$

جـ – كمرة على شكل (I) ذات قطاع مستطيل في منطقة التثبيت



$T_{burst} \simeq 0.25P_{su}\ (\frac{h}{d_{burst}})$

ب – كمرة ذات قطاع مستطيل وقوة الضغط مركزية

حيث:

P_{su} = مجموع قوى سبق الإجهاد القصوى

A = ارتفاع لوح التثبيت في الاتجاه تحت الاعتبار

e = لا مركزية قوى سبق الإجهاد ودائماً تؤخذ موجبة

h = السمك الإجمال للقطاع في الاتجاه تحت الاعتبار

شكل (٥-٤) نماذج استرشاديه للضاغط والشداد لبعض حالات منطقة تثبيت قوى سبق الإجهاد

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

٥-٣-٣-٨ 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 في الاعتبار.

٥-٣-٤ الفقد في سبق الإجهاد

٥-٣-٤-١ عام

يؤثر فقد الإجهاد على تصرف العنصر سابق الإجهاد تحت تأثير أحمال التشغيل وينقسم فقد الإجهاد إلى المجموعتين التاليتين:

أ-الفقد الفوري لسبق الإجهاد ويشتمل على ما يلي:

١- فقد الإجهاد نتيجة انزلاق صلب 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 في سبق الإجهاد المعتمد على الزمن (Time dependent Losses) ويشتمل على ما يلي:

١- فقد الإجهاد نتيجة انكماش الخرسانة (Shrinkage Losses)

٢- فقد الإجهاد نتيجة زحف الخرسانة (Creep Losses)

٣- فقد الإجهاد نتيجة استرخاء صلب سبق الإجهاد (Steel Relaxation Losses)

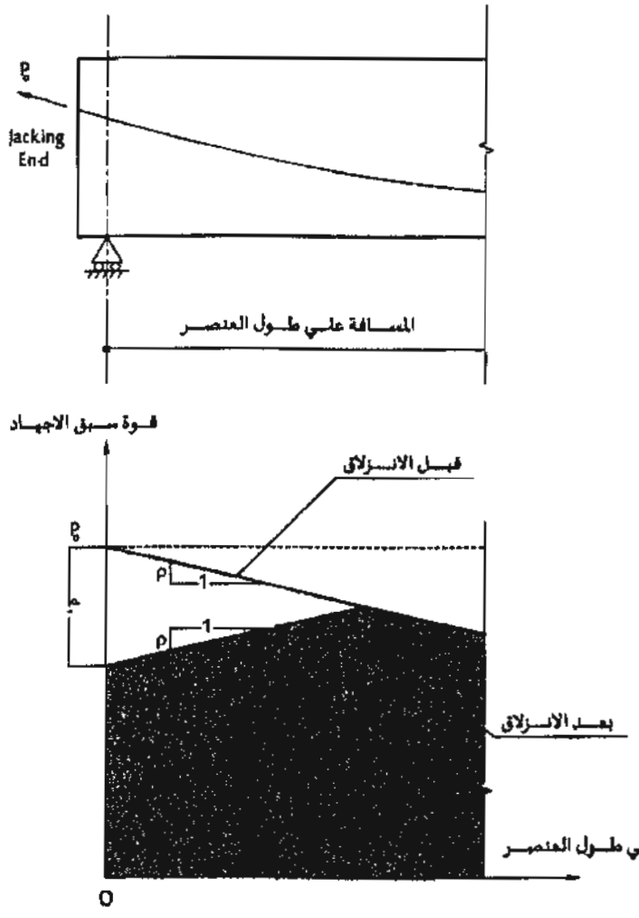
وتتغير قوة سبق الإجهاد من قوة الشد عند طرف آلة الشد (P_j) إلى قوة الشد الابتدائية (P_i) بعد حدوث الفقد الفوري لسبق الإجهاد ثم إلى قوة الشد الفعالة (P_e) بعد حدوث جميع الفواقد في سبق الإجهاد.

في حالة تنفيذ سبق الإجهاد على مراحل (Sequential prestressing) يؤخذ في الاعتبار الفواقد التي تحدث مرحلياً في الإجهاد حتى سبق الإجهاد النهائي أثناء التنفيذ.

٥-٣-٤-٢ الفقد الفوري في سبق الإجهاد

٥-٣-٤-٢-١ الفقد في الإجهاد نتيجة انزلاق صلب سبق الإجهاد عند نهايات التثبيت Anchorage Slip Losses

يتم أخذ تأثير انزلاق صلب سبق الإجهاد عند نهايات التثبيت في الاعتبار عند حساب الفقد في سبق الإجهاد ΔP ويتم الرجوع إلى البيانات المعتمدة من الشركة المصنعة لنظام سبق الإجهاد عند حساب هذا الفقد أو عند حساب امتداد تأثيره X_o على طول العنصر شكل (٥-٥)



شكل (٥-٥) التغير في قوة سبق الإجهاد نتيجة انزلاق صلب سبق الإجهاد عند نهايات التثبيت Anchorage Slip Losses

وفي حالة عدم توفر بيانات دقيقه من الشركة المصنعة لنظام سبق الإجهاد يتم حساب المسافة X_o من المعادله التاليه:

$$X_o=\sqrt{\frac{\Delta_{set}\times A_p\times E_p}{\rho}}$$ Eq.[5- 34]

حيث:

Δ_{set} = مسافة إنزلاق صلب سبق الإجهاد المتوقعة وطبقا لبيانات النظام المستخدم (مم)

A_p = مساحة صلب سبق الإجهاد (مم٢)

E_p = معاير المرونة لصلب سبق الإجهاد (ن/مم٢)

X_o = الطول المتأثر بانزلاق صلب سبق الإجهاد على امتداد العنصر (مم)

ρ = معدل تغير قوة سبق الإجهاد نتيجة الإحتكاك على طول العنصر (يتم إستنتاجه حسابيا) (ن/مم٢)

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

٥-٣-٤-٢-٢ فقد الإجهاد نتيجة الانضغاط المرن **Elastic Shortening Losses**

يؤخذ تأثير الانضغاط المرن للعناصر الخرسانية عند حساب الفقد في سبق الإجهاد في حالات الشد السابق والشد اللاحق كما يلي:

أ. في حالة الشد السابق (Pre-tensioning) يحسب الفقد في سبق الإجهاد من المعادلة التالية:

$$\Delta f_{pe} = \frac{E_p}{E_{ci}} f_{pci} \qquad \text{Eq.[5- 35]}$$

حيث:

Δf_{pe} = الفقد في سبق الإجهاد نتيجة الانضغاط المرن

E_p = معاير المرونة لصلب سبق الإجهاد

E_{ci} = معاير المرونة للخرسانة عند عمر سبق الإجهاد

f_{pci} = الإجهادات الابتدائية المتولدة في الخرسانة الملاصقة لصلب سبق الإجهاد قبل حدوث الفواقد المعتمدة على الزمن

ب. في حالة الشد اللاحق (Post-tensioning) وفي حالة شد صلب سبق الإجهاد دفعة واحدة تكون قيمة الفقد مساوية للصفر ويمكن أخذ تأثير مراحل تطبيق سبق الإجهاد (Sequence of prestressing) تقريبياً في الاعتبار طبقاً للمعادلة التالية:

$$\Delta f_{pe} = \frac{1}{2}\frac{E_p}{E_{ci}} f_{pci} \qquad \text{Eq.[5- 36]}$$

٥-٣-٤-٢-٣ الفقد نتيجة الاحتكاك Friction Losses

٥-٣-٤-٢-٣-أ الفقد نتيجة الاحتكاك الداخلي في ماكينة الشد **Jack Internal Friction Losses**

يجب أخذ تأثير الاحتكاك الداخلي في ماكينة الشد المستخدمة في سبق الإجهاد في الاعتبار عند حساب الفقد في سبق الإجهاد وتحسب قيمة هذا الفقد بناء على البيانات المعتمدة من الشركة المصنعة لمكنات الشد.

٥-٣-٤-٢-٣-ب الفقد في الاجهاد نتيجة التغيرات غير المقصودة في مسارات أجربة صلب سبق الإجهاد
Wobble Friction Losses

يتم حساب قوة سبق الإجهاد (P_x) نتيجة التغيرات غير المقصوده (Wobble) في مسارات أجربة (Ducts) صلب سبق الإجهاد من المعادلة التالية:

$$P_x = P_o . e^{-kx} \qquad \text{Eq.[5- 37]}$$

حيث:

P_o = قوة سبق الإجهاد عند طرف الشد

x = المسافة من بداية طرف الشد بالمتر (شكل ٥ – ٨)

k = معامل التغيرات غير المقصودة (Wobble coefficient) لكل متر من طول سبق الإجهاد ويعتمد على نوع الأجربة المستخدمة و نوعية السطح الداخلي 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 في حاله الأجربة الجاسئة والمثبتة تثبيتا جيدا

٥-٣-٤-٢-٣-ج الفقد نتيجة انحناء مسارات أجربة صلب سبق الإجهاد Curvature Friction Losses

أ. يتم حساب قوة سبق الإجهاد (P_x) نتيجة احتكاك صلب سبق الإجهاد مع الأجربة التي تحتويه والناتج من انحناء مسارات تلك الأجربة من المعادلة التالية:

$$P_x = p_o . e^{\left(\frac{-\mu . x}{r_{ps}}\right)} \qquad \text{Eq.[5- 38]}$$

حيث:

r_{ps} = نصف قطر تقوس الأجربه التى تحتوي صلب سبق الإجهاد

μ = معامل الإحتكاك بين صلب سبق الإجهاد والسطح الداخلي للأجربة ويمكن فرضه كما يلي:

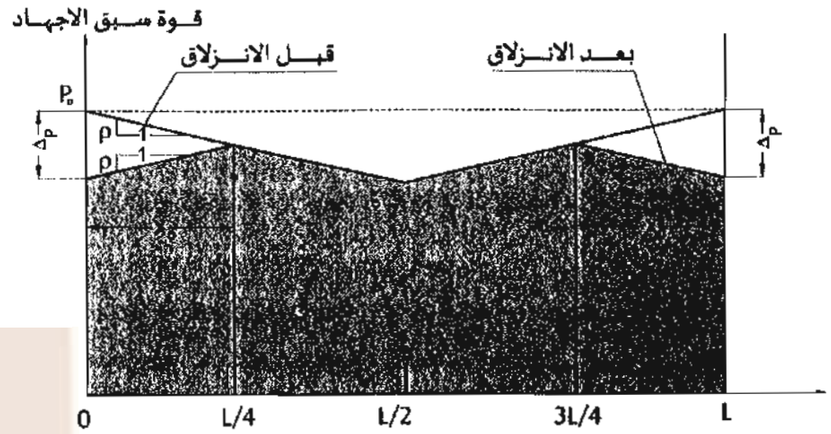
0.55 في حالة احتكاك الصلب مع الخرسانة المتصلدة

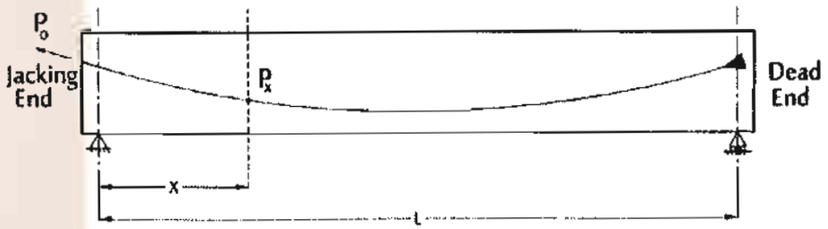
0.30 في حالة احتكاك الصلب مع صلب

0.25 في حالة احتكاك الصلب مع رصاص

ب. يجب التحقق من معاملات الاحتكاك k و μ التى تم فرضها فى مرحلة التصميم أثناء شد الكابلات.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954





شكل (٥-٦) التغير في قوه سبق الإجهاد على طول الكابل نتيجة الاحتكاك Friction Losses

ج. يفضل شد كابلات سبق الإجهاد من طرفي العنصر في حالة زيادة الفقد في قوة سبق الإجهاد نتيجة الاحتكاك عن ٢٥% من قوة الشد عند طرف آلة الشد (PJ).

٥-٣-٤-٣ الفقد في سبق الإجهاد المعتمد على الزمن Time dependent Losses

٥-٣-٤-٣-١ الفقد نتيجة الانكماش المتبقي للخرسانة بعد شد الكابلات Residual Shrinkage Losses

أ. يتم حساب الفقد في سبق الإجهاد للعناصر الخرسانية على أساس معايير المرونة لصلب سبق الإجهاد والانفعال الناتج من انكماش الخرسانة.

ب. تُحدد قيم الانفعال الناتج عن انكماش الخرسانة طبقا للبند (٢-٣-٣-٤) وفي حالة عدم توافر بيانات كافية عن الظروف البيئية يمكن أخذ قيم هذه الانفعالات من جدول (٥-٤).

ج. فى حالة التنفيذ المرحلي (Stage construction) للعنصر سابق الإجهاد -في 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 (٥-٤) الانفعال نتيجة انكماش الخرسانة المتبقي ε_{sh}

نظام سبق الإجهاد	انفعال الانكماش المتبقي 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:

$$\Delta f_{psh} = \varepsilon_{sh} . E_p \qquad \text{Eq.[5- 39]}$$

أما في العناصر ذات شد لاحق (Post-tensioning) فيجب حساب الفقد وفقا للمعادلة (٥-٣٢) مع أخذ تأثير الانكماش المؤثر فقط وهو الانكماش الذي حدث بعد نقل قوة سبق الإجهاد.

٥-٣-٤-٣-٢ الفقد نتيجة زحف الخرسانة Creep Losses

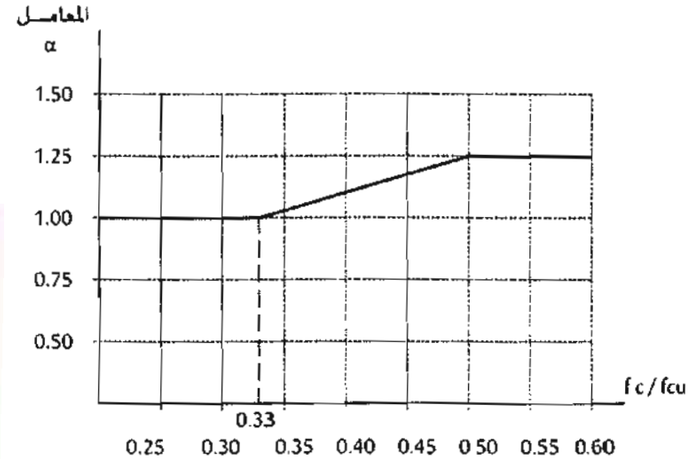
أ. يتم حساب الفقد في سبق الإجهاد للعناصر الخرسانية على أساس معايير المرونة لصلب سبق الإجهاد والانفعال الناتج عن زحف الخرسانة ε_{cr} .

ب. تحسب قيم معامل الزحف المطلوبة لحساب الانفعال الناتج عن زحف الخرسانة طبقا للبند (٢-٣-٣-٥) وفى حالة عدم توافر بيانات كافية عن الظروف البيئية يمكن أخذ الانفعال نتيجة زحف الخرسانة من جدول (٥-٥).

جدول (٥-٥) 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}	$36 \times (40/f_{ci}) \times 10^{-6}$

ج. في حالة زيادة إجهادات التشغيل عند أي قطاع بالعنصر الخرساني عن ثُلث المقاومة المميزة للضغط للخرسانة f_{cu} يجب زيادة قيم الانفعال المعطاة بجدول (٥-٥) بضربها في المعامل α المبين بالشكل (٥-٩).



شكل (٥-٧) تغير المعامل α مع إجهادات تشغيل الخرسانة

د. في حالة التنفيذ المرحلي (Stage construction) للعنصر سابق الإجهاد -في حالة عدم توافر بيانات دقيقة - يمكن اعتبار أن نصف قيمة الانفعال الناتج عن الزحف تحدث خلال الشهر الأول وأن ثلاثة أرباع قيمة هذا الانفعال تحدث خلال الشهور الستة الأولى بعد الصب.

هـ. في العناصر ذات سبق الإجهاد المتماسك (Bonded prestressing) يؤخذ الفقد في سبق الإجهاد نتيجة الزحف كما يلي:

$$\Delta f_{per} = \frac{\phi . E_p}{E_c} f_{cs} \qquad \text{Eq.[5- 40]}$$

حيث: ϕ هو معامل الزحف ويحسب كما يلي:

$$\phi = \frac{\varepsilon_{cr}}{\varepsilon_{el}} \qquad \text{Eq.[5- 41]}$$

حيث ε_{el} هو الانفعال المرن و تؤخذ قيمة ε_{cr} من جدول (٥-٥) أو البند (٥-٣-٤-٣-٢-ج) ويمكن في العناصر ذات سبق إجهاد مسبق أخذ قيمة معامل الزحف ϕ تساوى ٢,٠٠ كما يمكن في العناصر ذات سبق إجهاد لاحق أخذ قيمة معامل الزحف ϕ تساوى ١,٦٠ وتؤخذ قيمة f_{cs} طبقاً للمعادلة التالية:

$$f_{cs} = |f^*_{cs}| - |f^*_{csd}| \qquad \text{Eq.[5- 42]}$$

حيث:

f^*_{cs} = الإجهاد في الخرسانة عند مستوى صلب سبق الإجهاد نتيجة قوة سبق الإجهاد عند نقل قوة سبق الإجهاد للخرسانة.

f^*_{csd} = الإجهاد في الخرسانة عند مستوى صلب سبق الإجهاد نتيجة الأحمال شبه الدائمة عند نقل قوة سبق الإجهاد للخرسانة.

٥-٣-٤-٣-٣ الفقد نتيجة استرخاء تسليح سبق الإجهاد Cable Relaxation Losses

أ. يؤخذ تأثير استرخاء تسليح سبق الإجهاد في الاعتبار عند حساب الفقد في 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 ولفترة زمنية يحددها مع المهندس المصمم.

ج. يمكن حساب الفقد نتيجة استرخاء تسليح سبق الإجهاد من المعادلة التالية:

$$\Delta f_{pr} = \frac{f_{pi}(\log t)}{k_1}\left(\frac{f_{pi}}{f_{py}} - 0.55\right) \qquad \text{Eq.[5- 43]}$$

حيث:

Δf_{pr} = الفقد في سبق الإجهاد نتيجة استرخاء تسليح سبق الإجهاد

t = الزمن من بدء الشد بالساعة و بحد أقصى ١٠٠٠ ساعة

f_{pi} = الإجهادات الابتدائية المتولدة في تسليح سبق الإجهاد بعد حدوث الفقد الفوري في 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:

١٠ في حالة Normal relaxation stress -- relieved steel

٤٥ في حالة Low relaxation stress--relieved steel

٥-٣-٥ سبق الإجهاد الخارجي External Prestressing

لا يسمح باستخدام سبق الإجهاد اللاحق لكابلات من خارج القطاع الخرساني إلا في الحالات الضرورية مثل التدعيم والإصلاح وتحسين التشغيلية. ويجب أخذ الاحتياطات اللازمة لحماية صلب سبق الإجهاد الخارجي ومواضع التثبيت من الصدأ.

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

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 (٥-٥-٣-٣)، (٥-٧-٦-٣).

يتم اعتبار كابلات سبق الاجهاد الخارجية على أنها غير متماسكة مع القطاع الخرساني عند حساب مقاومة العزوم.

يجب أخذ الاحتياطات اللازمة لضمان تحقيق الإزاحة المطلوبة لكابلات سبق الإجهاد الخارجية بالنسبة لمركز القطاع الخرساني وذلك لكل الحالات المتوقعة للتشكل بكامل طول العنصر الخرساني. ويتم تثبيت كابلات سبق الاجهاد الخارجية مع القطاع الخرساني في مواضع متعددة على طول العنصر بين نهايات التثبيت لتحقيق توازن الحمل المستهدف وتوجيه الكابل بالشكل المطلوب وحسب متطلبات اهتزاز الكابل نتيجة تأثير الأحمال.

يجب استخدام طرق التحليل الإنشائي الدقيقة لحساب المقاومة والتشكلات عند مواضع التثبيت ومواضع توجيه كابلات سبق الإجهاد الخارجية وذلك لحالات التحميل المختلفة. كما يجب الأخذ في الاعتبار الحالات الحرجة لتغير إزاحة الكابلات بالنسبة لمركز القطاع نتيجة تشكلات العنصر تحت تأثير الأحمال.

يراعى الأخذ في الاعتبار تأثير الكلال على كل من القطاع الخرساني وكابلات سبق الإجهاد الخارجية كل على حدة مع زيادة الحد الأقصى وتخفيض الحد الأدنى للحمل الترددي بمقدار ٥ %.

٥-٤ نظم تحليل المنشآت سابقة الإجهاد

يجب أن يتم التحليل الإنشائي والتصميم لعناصر المنشآت من الخرسانة سابقة الإجهاد سواء كانت محددة أو غير محددة إستاتيكياً لتحقق متطلبات حالة حد المقاومة القصوى وحالات حدود التشغيل.

٥-٤-١ المنشآت غير المحددة إستاتيكيا

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 الحراري والتشكل المحوري والحركة المقيدة بين الأجزاء المترابطة (Restraint of attached structural element) وهبوط الأساسات.

يتم حساب عزوم الانحناء القصوى اللازمة لحساب المقاومة القصوى للقطاع في حاله استخدام التحليل الإنشائي بنظريه المرونة كمجموع عزوم الانحناء نتيجة رد الفعل الناتج من قوى سبق الإجهاد(Secondary Moments) بمعامل حمل أقصى يساوى واحد بالإضافة لعزوم الانحناء نتيجة الأحمال الأخرى بمعامل أحمال قصوى طبقاً للبند (٣-٢-١).

يجب عدم استخدام الطرق التقريبية في حساب القوى الداخلية.

٥-٤-٢ إعادة توزيع العزوم

يُسمح بإعادة توزيع العزوم المحسوبة طبقاً لنظرية المرونة نتيجة تأثير أي ترتيب مناسب للأحمال القصوى على البواكى بشرط تحقيق الآتي:

- 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 الممطوليه في القطاعات التي يتم عندها إعادة العزوم.

٥-٤-٣ البلاطات سابقة الإجهاد

- يمكن تعيين عزوم الانحناء وقوى القص باستخدام طريقة الإطارات المكافئة طبقاً للبند (٦-٢-٥-٤).
- يمكن استخدام طريقة أكثر تطورا لحساب الإجهادات الداخلية.
- يجب ألا تقل مقاومة العزوم لأي قطاع في البلاطات سابقة الإجهاد عن المقاومة المطلوبة طبقاً للبند (٥-٣-٣).

٥-٤-٣-١ مقاومة القص الثاقب في البلاطات سابقة الإجهاد

يعتبر القطاع الحرج لحساب إجهادات القص الثاقب في البلاطات سابقة الإجهاد على بعد $\frac{d}{2}$ من محيط تأثير القوة المركزة أو رد الفعل حيث d متوسط العمق الفعال في الاتجاهين ولا يؤخذ أقل من 0.80t حيث t هو سمك البلاطة.

٥-٤-٣-٢ مقاومة القص الثاقب الاعتبارية في البلاطات

يُحسب الإجهاد الأقصى للقص الثاقب طبقاً للبند (٤-٢-٢-٣) مع الأخذ في الاعتبار تأثير العزوم طبقاً للبند (٦-٢-٥-٨).

يجب ألا تقل مقاومة القص الثاقب الاعتبارية في البلاطات لأي قطاع عما هو مذكور في البند (٤-٢-٢-٣).

في البلاطات ذات سبق الإجهاد في الاتجاهين والتي تحقق الشروط أ، ب، جـ الواردة بهذا البند، يمكن حساب مقاومة القص الثاقب الاعتبارية من المعادلة التالية:

$$q_{cup-uncracked}=\beta_p\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}+0.2f_{pcc}+q_{pv} \qquad \text{Eq.[5- 44]}$$

حيث:

βp تساوى الأصغر من : $0.80\left(\frac{\alpha d_p}{b_o}+0.15\right)$ or 0.275

f_{ppc} = متوسط إجهاد الضغط في 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 التي تقطع محيط القطاع الحرج ويمكن إهمال قيمتها دون التأثير على دقه الحسابات بصوره كبيره.

$$q_{pv}=\frac{f_{pe}\sum\left(A_p \sin\beta_i\right)}{\gamma_{ps} b_o d} \qquad \text{Eq.[5- 45]}$$

وذلك بشرط تحقيق الشروط الآتية:

أ. تحسب مقاومة القص الثاقب من المعادلة (٥-٤٤) فقط في حالات الأعمدة الداخلية أو تلك التي يكون فيها محيط القطاع الحرج شكلاً مغلقاً.

ب. يجب ألا تزيد قيمة f_{cu} المستخدمة في هذا البند على ٤٠ نيوتن/مم٢.

ج. يجب ألا تقل قيمة إجهاد الضغط عند منتصف قطاع البلاطة f_{pcc} بأي من الاتجاهين عن ٠,٩ نيوتن / مم٢ ولا تؤخذ أكبر من ٣,٥ نيوتن/مم٢.

في حاله البلاطات ذات سبق الإجهاد غير المتماسك، يجب التحقق من المقاومة للقص الثاقب في الحالات المذكورة بالبند رقم (٥-٣-٣-٢-١-ج)

٥-٤-٤ تسليح القص الثاقب

في حالة زيادة إجهاد القص الثاقب q_{up} عن مقاومة الخرسانة $q_{cup\text{-}uncracked}$ فإنه يتعين استخدام تسليح لمقاومة القص الثاقب في صورة كانات مغلقة كما هو مبين بالشكل رقم (٤- ١٤) على ألا يقل سمك البلاطة عن ٢٠٠ مم للبلاطات سابقة الإجهاد (Prestressed) وعلى ان يتم تصميم ذلك وفقا للاشتراطات الجزء رقم ٤ من البند (٤-٢-٢-٣)

يجب أن تتحقق في البلاطات جميع الحدود الخاصة بحالات التشغيل.

٥-٤-٥ 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 .

تُرص الجدائل بحيث يكون المتوسط الأدنى لقوى الإجهاد السابق في أي قطاع خرساني متعامد على جديلة واحدة أو مجموعة من الجدائل وذلك بعد حدوث الفقد الكلى في سبق الإجهاد مساوياً ٠,٩٠ ن/مم٢ على قطاع البلاطة.

يجب ألا يقل عدد الجدائل في الاتجاه الواحد عن اثنتين في قطاع القص أعلي العمود.

٥-٤-٦ التفاصيل الإنشائية و اشتراطات التنفيذ

يجب اتباع اشتراطات التفاصيل الإنشائية الواردة بالباب السابع. كما يجب اتباع الاشتراطات الخاصة بالتنفيذ وضبط الجودة للخرسانة سابقة الإجهاد طبقا لما هو وارد بالملحق الثاني من هذا الكود.

الباب السادس
التحليل الإنشائي للعناصر الإنشائية

٦-١ اعتبارات عامة

أ. يمكن استخدام أي طريقة من طرق التحليل الإنشائي بشرط أن تحقق اتزان المنشآت وتوافق الانفعالات والتشكلات.

ب. يجب تصميم الأجزاء المختلفة من المنشأ تحت تأثير أكبر قوى داخلية محتملة الحدوث نتيجة للأحمال الدائمة وعند وضع الأحمال الحية في الأوضاع التي ينتج عنها أقصى قوى داخلية.

ج. يمكن حساب المباني العادية المعرضة لأحمال منتظمة باعتبار كل باكية كاملة التحميل، أي دون اعتبار للتحميل الجزئي لأي بحر.

د. يسمح بإهمال تأثير الاستمرار عند حساب ردود الفعل لكل من البلاطات والكمرات المستمرة والتي بها فروق في حدود ١٠% في 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 البحور الصغرى بمقدار يزيد على ٢٠% من البحور الكبرى ويمكن في هذه الحالة حساب ردود الأفعال لكل البواكى وهي محملة.

و. في حالة البلاطات والكمرات ذات الكوابيل يحسب رد الفعل عند الركيزة الخارجية مع الأخذ في الاعتبار الزيادة الناتجة في قيمته من تأثير عزم الكابولي.

ز. في حالة ترتيب فواصل التمدد في المباني الطويلة لتقليل تأثير الحرارة والانكماش طبقاً للبندين (٩-٦-٧)، (٩-٦-٨) فليس من الضروري في المباني العادية اعتبار تأثير الحرارة والانكماش في الحسابات الاستاتيكية فيما عدا المنشآت التي قد تكون فيها الإجهادات الناتجة عن الحرارة ذات تأثير ملموس.

ح. لا يؤخذ في الاعتبار تأثير الانفعالات طويلة الأجل على توزيع القوى الداخلية في المنشآت أو المباني العادية إلا في الحالات التي قد تكون فيها هذه الانفعالات ذات تأثير ملموس.

ط. يجب أن يراعى في تصميم المنشآت الخرسانية -لمقاومة أحمال الزلازل -استيفاء اشتراطات الفواصل الزلزالية بين المنشآت والإزاحات النسبية بين أدوار المنشأ وفقاً لمتطلبات هذا الكود بالبندين (٦-٨)، (٩-٦-٩) وكذلك الكود المصري لحساب الأحمال والقوى في الأعمال الإنشائية وأعمال المباني رقم (٢٠١) وتعديلاته.

ي. في حالة استخدام طريقة العناصر المحددة أو أي طرق تحليل عددي أو أي طرق أخرى تعتمد على نظرية المرونة يتم أخذ تأثير التشرخات في الاعتبار عند إجراء التحليل الإنشائي للمنشآت الخرسانية المسلحة بغرض إيجاد

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

القوى الداخلية في العناصر الانشائية تحت تأثير تجميعات الأحمال القصوى الواردة بالبند (٣-٢-١-١-ب) باستخدام قيم عزم القصور الذاتي الفعال كما يلي:

الأعمدة	$I_{eff} = 0.7\ I_g$
حوائط القص التي ليس بها شروخ	$I_{eff} = 0.7\ I_g$
حوائط القص التي بها شروخ	$I_{eff} = 0.35\ I_g$
الكمرات	$I_{eff} = 0.5\ I_g$
للبلاطات المسطحة	$I_{eff} = 0.25\ I_g$

حيث:

I_{eff} = عزم القصور الذاتي الفعال للقطاع مع الأخذ في الاعتبار تأثير الشروخ. ويراعى أنه عند حساب I_g لقطاعات الكمرات على شكل حرف T أو L يتم أخذ عرض الشفة مساوياً نصف عرض الشفة المنصوص عليه في البند (٦-٣-١-٨)

ك. عند إيجاد القوى الداخلية في الأعمدة يمكن استخدام التحليل الانشائي من الدرجة الثانية (P-Δ effect) والذي يأخذ في الاعتبار تأثير التداخل بين القوى المحورية والتشكلات الجانبية على قيم عزوم الانحناء على أن يراعى الاخذ في الاعتبار تأثير التشرخات باستخدام قيم عزم القصور الذاتي الفعال الواردة عاليه.

ل. يراعى أن قيم سهم الانحناء للعناصر الخرسانية المختلفة الناتجة من التحليل الإنشائي تحت تأثير أحمال التشغيل وباستخدام قيم عزم القصور الذاتي لكامل القطاع باستخدام طريقة العناصر المحددة أو أي طرق تحليل عددي أو أي طرق أخرى تعتمد على نظرية المرونة لا تعبر عن القيم الحقيقية حيث أن تلك الطرق لا تأخذ في الاعتبار تأثير التشرخات على قيم عزم القصور الذاتي للعناصر وكذلك تأثير الزحف على قيم معامل المرونة للخرسانة المحسوب طبقا للبند ٢-٣-٣-١.

م. عند إجراء التحليل الإنشائي للمنشأ باستخدام طريقة العناصر المحددة أو أي طرق تحليل عددي أو أي طرق أخرى تعتمد على نظرية المرونة بغرض حساب الإجهادات الناتجة من التقييد للتشكل الخارجي كتأثيرات الانكماش وتغيرات درجات الحرارة، يسمح بتعديل قيمة معاير مرونة الخرسانة المحسوب طبقا للبند ٢-٣-٣-١ للأخذ في الاعتبار تأثير الزحف وذلك بإحدى الطرق المناسبة على ألا تقل قيمة معامل المرونة المعدل عن ٤٥% من قيمته المحسوبة طبقا للبند ٢-٣-٣-١.

ن. عند إجراء التحليل الإنشائي للمنشآت غير المحددة إستاتيكياً والتي يكون عزم اللي فيها غير ضروري للاتزان (Compatibility torsion) باستخدام طريقة العناصر المحددة أو طرق التحليل العددي القائمة على نظرية المرونة يراعى الأخذ في الاعتبار تأثير التشرخات على جساءة القطاع الخرساني في اللي.

٦-٢ البلاطات

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 أكبر على ألا يزيد عن المسافة بين محاور الركائز.

ب. البلاطات المستمرة المصبوبة ميليئيا مع ركائزها والتي يزيد عرض الركيزة لها على ٢٠% من البحر الخالص، يمكن اعتبارها كما لو كانت مثبتة كليا في هذه الركائز ويحسب كل بحر على حده.

ج. يؤخذ البحر الفعال للبلاطات الكابولية مساوياً 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 ١٠٠ مم إلا في حالة استيفاء البند (٤-٢-٣-٤) فيما يختص بتوافق الانفعالات الناتجة من التواء الركيزة مع استثناء البلاطات سابقة الصب، وبصفة عامة يجب ألا يستخدم حائط من الطوب سمكه أقل من ٢٠٠ مم كركيزة للبلاطة الخرسانية. كما يجب ألا يقل عمق الكمرات الحاملة للبلاطات عن ثلاثة أمثال سمك البلاطة إلا في حالة عمل تحليل إنشائي يأخذ في 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) والمعادلة (6-1b).

Eq. [6-1a]

$$r = \frac{m_b . b}{m_a . a}$$

وتستخدم مع جدول رقم (٦ – ١)

Eq. [6-1b]

$$r = \frac{b}{a}$$

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_b،m_a طبقاً لنظرية المرونة؛ ويمكن أخذ القيم التقريبية التالية لكل من m_b ،m_a 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 أوm_b = ٠,٨٧
- أما إذا كان البحر المأخوذ في الاعتبار غير مستمر من أي 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 (٦-١) تزيد على ٢ ، تسري 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 في المباني العادية لا يقل عن القيم المعطاة في الجدول (٤-١٠).

٢. يشترط ألا يقل سمك البلاطات بأية حال عن الآتي:

للبلاطات بسيطة الارتكاز $t_{min} = L/30$

للبلاطات المستمرة من ناحية واحدة $t_{min} = L/35$

للبلاطات المستمرة من ناحيتين $t_{min} = L/40$

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 إستاتيكية.
- 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 هي قيمة الفرق بين العزوم عند محور الركيزة والعزوم عند وجه الركيزة وذلك بالنسبة للبلاطات المرتكزة على حوائط أو كمرات مصبوبة ميليثياً.

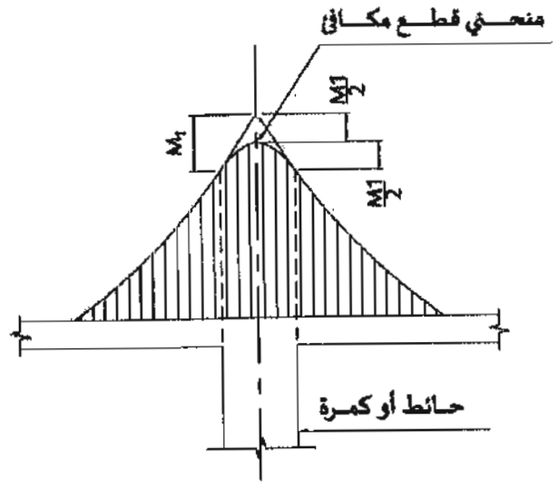
٣. يجب ألا تقل عزوم الانحناء الموجبة المأخوذة في الاعتبار عند تصميم البلاطات المستمرة عن $\frac{wL^2}{16}$ مع مراعاة نسبة التسليح الدنيا وفق ما سيأتى فى بند (٦-٢-١-٢-٣).

٤. يجب ألا تقل العزوم الحانية السالبة المأخوذة في الاعتبار عند الركائز الخارجية للبلاطات المثبتة في حوائط من الطوب أو الحجر أو الخرسانة العادية والتي تحدث تثبيتاً جزئياً عند طرف البلاطة عن:

Eq. [6-2]

$$M = \frac{-wL^2}{16}$$

وتُحسب العزوم الموجبة في البواكى الخارجية مع إهمال التثبيت الجزئي عند الأطراف.



شكل (٦-١) تخفيض عزوم الانحناء السالبة طبقاً لمنحنى قطع مكافئ

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:

Eq. [6-3]

$$M=\frac{-wL^2}{24}$$

وتُحسب العزوم الموجبة في 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 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، أقصى عزم انحناء موجب:

Eq. [6-4a]

$$M=\frac{+wL^2}{8}$$

ب. للبلاطات ذات البحرين المستمرين، أقصى عزم انحناء موجب:

Eq. [6-4b]

$$M=\frac{+wL^2}{10}$$

- عزم الانحناء السالب عند الركيزة الوسطى:

Eq. [6-4c]

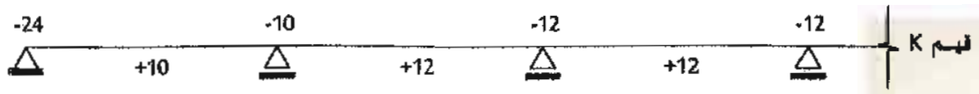
$$M=\frac{-wL^2}{8}$$

ج. للبلاطات المستمرة المكونة من أكثر من بحرين على الا يزيد التفاوت في أطوال البحور والأحمال عن ٢٠% يكون عزم الانحناء:

Eq. [6-4d]

$$M=\pm\frac{wL^2}{K}$$

حيث تكون قيمة K كما هو مبين في شكل (٦-٢) وتؤخذ قيمة عزوم الانحناء السالبة فوق أي ركيزة مساوية للمتوسط الحسابي للعزوم السالبة المحسوبة للبحرين على جانبي 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).

Eq. [6-5]

$$M_{min}=\frac{\left(g-\left(\frac{p}{2}\right)\right)L^2}{24}$$

٩. في حالة التصميم بطريقة حالات الحدود تستخدم w_u, p_u, g_u في العلاقات السابقة بدلا من w، p، g على التوالي.

٦-٢-١-٢-٣ التسليح

١. يجب ألا تقل نسبة التسليح في الاتجاه الرئيسي عن $\frac{0.6}{f_y}$ من مساحة القطاع الخرساني الفعال أو ما يوازى ٠,٢٥ % من مساحة القطاع الخرساني الفعلي (A_c) في حالة استخدام صلب التسليح الطري وما يوازى ٠,١٥ % في حالة استخدام الصلب عالي 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. في 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 عن 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. في حالة استعمال شبك التسليح فإنه يجب الالتزام بالشرط الوارد في 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 في 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 ø٨ /م.

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

Eq. [6-6a]

$$t_{min} = \frac{a}{35}$$

للبلاطات المستمرة من ناحية واحدة

Eq. [6-6b]

$$t_{min} = \frac{a}{40}$$

للبلاطات المستمرة من ناحيتين

Eq. [6-6c]

$$t_{min} = \frac{a}{45}$$

حيث: a هي 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 في حساب عزوم الانحناء للبلاطات المستطيلة المصبوبة ميلوثيا (Monolithically) مع الكمرات والمرتكزة على جوانبها الأربعة، بشرط ألا تزيد نسبة المستطيلية (r) عن ٢.

ويمكن اخذ قيمة عزوم الانحناء في البلاطات في الاتجاهين تبعاً لهذه الطريقة كما يلي:

♦ إذا كان البحر تحت الاعتبار غير مستمر من أي من الناحيتين (بحر بسيط الارتكاز) فإن:

Eq. [6-7a]

$$M_a = +\frac{\alpha . w.a^2}{8} \quad \text{or} \quad M_b = +\frac{\beta . w.b^2}{8}$$

♦ إذا كان البحر مستمراً من ناحية واحدة فقط فإن:

Eq. [6-7b]

$$M_a = \pm\frac{\alpha . w.a^2}{10} \quad \text{or} \quad M_b = \pm\frac{\beta . w.b^2}{10}$$

♦ إذا كان البحر تحت الاعتبار مستمراً من الناحيتين فإن:

Eq. [6-7c]

$$M_a = \pm\frac{\alpha . w.a^2}{12} \quad \text{or} \quad M_b = \pm\frac{\beta . w.b^2}{12}$$

ويعطى جدول (٦-١) قيم المعاملات α، β التي تستعمل في حساب عزوم الانحناء للبلاطات في الاتجاهين a، b على التوالي المناظرة لقيم r المختلفة وذلك في حالة البلاطات المعرضة لأحمال حية لا تتعدى ٥ كيلو نيوتن / م^2.

جدول (٦-١) قيم المعاملات α، β المناظرة لقيم r للبلاطات المصمتة والمصبوبة ميلوثيا مع الكمرات والمعرضة لحمل حي منتظم لا يتعدى ٥ كيلو نيوتن / م^2

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:

Eq. [6-8]

$$\alpha = 0.5r - 0.15 \quad \& \quad \beta = \frac{0.35}{r^2}$$

أما في حالة الأحمال الحية الأكبر من ٥ كيلو نيوتن /م^2 فتستخدم قيمة α، β الموجودة بجدول (٦-٣).

وفى حالة اختلاف العزوم السالبة على جانبي خط الاتصال بين بلاطتين يمكن حساب عزم الاتصال بينهما M_c باستخدام المعادلة:

$$M_C = \frac{M_1 L_1 + M_2 L_2}{L_1 + L_2} \qquad \text{Eq. [6-9]}$$

حيث:

M_1، L_1 هما العزم السالب المحسوب لإحدى البلاطتين والبحر المستخدم في حساب هذا العزم على التوالي

M_2، L_2 هما العزم السالب للبلاطة المجاورة والبحر المستخدم في حساب هذا العزم على التوالي

٦-٢-١-٣-٤ تسليح البلاطات ذات الاتجاهين

أ. لا تزيد أكبر مسافة بين أسياخ التسليح الرئيسي في مناطق العزوم على ٢٠٠ مم، ويجب ألا تقل مساحة مقطع التسليح في الاتجاه الثانوي عن ربع مساحة مقطع التسليح الرئيسي، وألا يقل العدد في مناطق العزوم 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 وبوازيها، عندما تكون البلاطة مستمرة في اتجاه عمودي على هذه الأحرف، ويمكن التخفيض بمقدار الربُع، وفى عرض من البلاطة لا يزيد على ربع أقصر بعد في الباكية مع مراعاة ما ورد بالفقرة (أ) عاليه.

٦-٢-١-٣-٥ توزيع الأحمال في البلاطات المرتكزة على حوائط مباني

توزع الأحمال المنتظمة التوزيع في البلاطات المرتكزة على حوائط مباني طبقاً للجدول (٦-٢) وذلك في حالة الأحمال الحية التي لا تتعدى ٥ كيلو نيوتن /م^2. أما في حالة الأحمال الحية التي تزيد على ٥ كيلو نيوتن/م^2 فتستخدم قيم المعاملات في جدول (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

٦-٢-١-٤-٤ تصميم البلاطات بطريقة خطوط الكسر

يجوز استخدام طريقة خطوط الكسر في تصميم البلاطات وهي تستند على سلوك البلاطات عند بلوغها حد الانهيار. ويشترط عند التصميم بهذه الطريقة استيفاء حالات حدود التشكل والترخيم (سهم الانحناء) طبقا للبند (٤-٣-١-١) وكذلك استيفاء حالات حدود التشرخ. ويراعى في هذه الطريقة:

- أن تتراوح نسبة مقاومة القطاع للعزوم السالبة M'_u إلى مقاومة القطاع للعزوم الموجبة M_u في نفس الاتجاه بين ٠,٧٥ إلى ١,٥.

$$\frac{M'_u}{M_u} = 0.75 \rightarrow 1.5 \qquad \text{Eq. [6-10]}$$

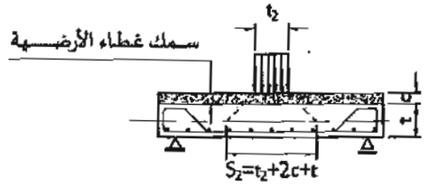
- ألا تتجاوز نسبة العمق الأقصى لمحور الخمول إلى العمق الفعال c/d القيمة ٠,٢٥

٦-٢-١-٥ الأحمال المركزة على البلاطات

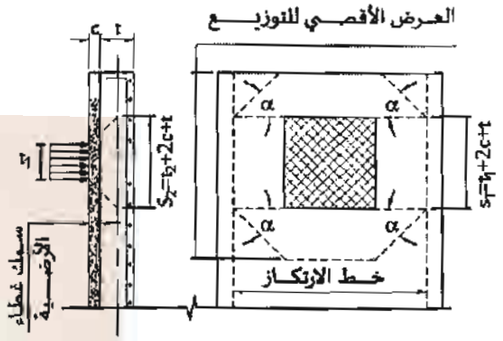
تكون الأحمال المركزة على البلاطات في إحدى الصورتين التاليتين:

١. أحمال مركزة منعزلة شكل (٦-٣-أ) وشكل (٦-٣-ب)
٢. أحمال مركزة خطية (مثل الحوائط) شكل (٦-٣-ج) وشكل (٦-٣-د)

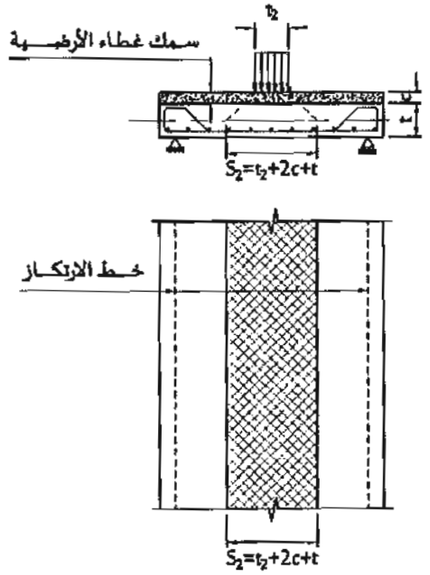
ويجب حساب البلاطات التي تتعرض لأحمال مركزة تبعاً لنظريات المرونة، إلا أنه يمكن اتباع القواعد المبينة بالبندين (٦-٢-١-٥-١)، (٦-٢-١-٥-٢).



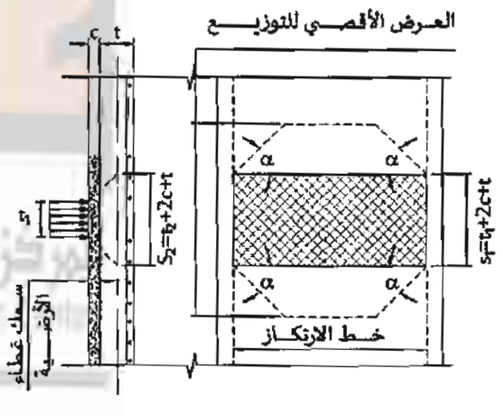
أ- حمل مركز منعزل في وسط البلاطة



ب- حمل مركز منعزل بالقرب من الطرف الحر للبلاطة



ج- حمل خطي موازي لخطوط ارتكاز البلاطة



د- حمل خطي عمودي على خطوط ارتكاز البلاطة

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) والشكل (٦-٣).

$$S_1 = t_1 + 2c + t$$ Eq. [6-11a]

$$S_2 = t_2 + 2c + t$$ Eq. [6-11b]

حيث:

t_1= عرض الحمل في الاتجاه العمودي على التسليح الرئيسي

t_2= عرض الحمل في الاتجاه الموازي 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 الموازي للتسليح الرئيسي

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 بزاوية α مع اتجاه التسليح الرئيسي كما هو مبين في المسقط الأفقي.

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:

$$S_1 + \left(\frac{A'_s}{A_s}\right) L$$ Eq. [6-12]

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 (6-12) على (S1 + ٢,٠٠ متراً) أو طول البلاطة في الاتجاه العمودي على التسليح الرئيسي أيهما أقل.

- عندما يكون الحمل المركز قريبا من الطرف غير المرتكز للبلاطة أو قريبا من كمرات الجوانب القصيرة في 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 (6-12) على $(S_1 + L/3)$ أو $(S_1 + ١,٠٠$ متراً$)$ 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 قريباً 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 التي تصمم عليها البلاطة داخل العرض الأقصى للتوزيع مساوية لمجموع عزوم الانحناء الناتجة من الأحمال الميتة والحية للبلاطة وعزوم الانحناء الإضافية نتيجة للحمل المركز.

ج. 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.

٦-٢-١-٦ البلاطات المستطيلة ذات الاتجاهين

إذا كان a_1، b_1 هما البحران المعلقان القصير والطويل على التوالي وكانت $(b_1/a_1 \le 1.5)$ فإنه يجوز استعمال توزيع الأحمال التالي في الاتجاهين. أما إذا زادت نسبة (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 يلي:

$$P_{a1} = P\left[\frac{b_1}{(a_1 + b_1)}\right] \qquad \text{Eq. [6-13a]}$$

$$P_{b1} = P\left[\frac{a_1}{(a_1 + b_1)}\right] \qquad \text{Eq. [6-13b]}$$

أقصى عرض للتوزيع في اتجاه البحر المعلق القصير a_1 هو:

$$S_2 + 0.4\,a_1 \qquad \text{Eq. [6-14]}$$

أقصى عرض للتوزيع في اتجاه البحر المعلق الطويل b_1 هو:

$$S_1 + 0.4\,a_1\left[2 - \left(\frac{a_1}{b_1}\right)\right] \qquad \text{Eq. [6-15]}$$

- حساب عزوم الانحناء الناتجة من الحمل المركز في 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 بالمعادلة(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.

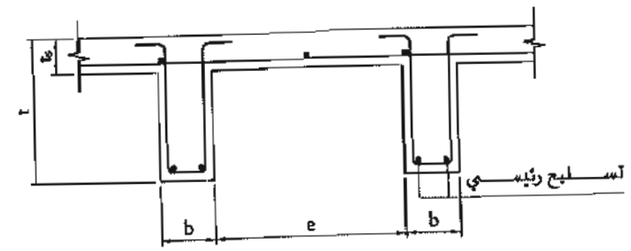
٦-٢-٢ البلاطات ذات الأعصاب والقوالب المفرغة Hollow Block Slabs

٦-٢-٢-١ عام

- عند حساب البلاطات ذات القوالب المفرغة لا تعتبر هذه القوالب فعالة إستاتيكيا.
- 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 أكبر.
٣. لا يقل سمك بلاطة الضغط t_s عن ٥٠ مم أو عُشر المسافة e أيهما أكبر.

- يجب أن تتحمل البلاطة بين الأعصاب بأمان الأحمال المركزة التي قد تؤثر مباشرة عليها.



e بحد أقصى ٧٠٠ مم
b ١٠٠ مم أو e/3 أيهما أكبر
t_s ٥٠ مم أو e/10 أيهما أكبر

شكل(٦-٤) قطاع وأبعاد البلاطات ذات الأعصاب والقوالب 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 كيلو نيوتن/م^2 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 كيلو نيوتن/م^2 وكانت البحور تتراوح بين ٤,٠ م و 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 التي ترتكز عليها هذه البلاطات:

أ. كمرات بنفس سمك البلاطة (كمرات مدفونة) وتصمم بنفس طريقة تصميم البلاطات اللاكمرية، أو باتباع الطريقة الموضحة في البند التالي (ب).

ب. كمرات جاسئة بسمك أكبر من سمك البلاطة المفرغة. ويوجد نوعان من هذه البلاطات:

١. النوع الذي تكون فيه للأعصاب بلاطات ضغط كاملة، فإذا كان الحمل الحي لا يزيد على٥ كيلو نيوتن/م^2 توزع الأحمال باستخدام المعاملات المذكورة في جدول (٦-٢)، أما إذا زاد الحمل الحي على٥ كيلو نيوتن/م^2 توزع الأحمال باستخدام المعاملات المذكورة في 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 الاشتراطات 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 لا كمرية، 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 البلاطات يرجع 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 لا يسمح بامتداد القوالب المفرغة فوق الركائز ويجب ان تكون البلاطات فوق الركائز مصمتة.

جدول (٦-٣) قيم المعاملات α، β المناظرة لقيم r للبلاطات ذات الأعصاب والتي تكون فيها شفة الضغط غير كاملة

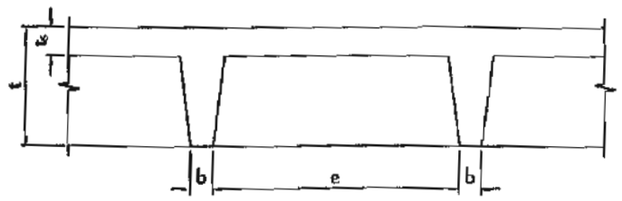
r	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
α	0.500	0.595	0.672	0.742	0.797	0.834	0.867	0.893	0.914	0.928	0.941
β	0.500	0.405	0.328	0.258	0.203	0.166	0.133	0.107	0.086	0.072	0.059

٦-٢-٣ البلاطات ذات الأعصاب والفراغات Waffle Slabs

هذه البلاطات تماثل في تصميمها البلاطات المسطحة (شكل ٧-٦) مع مراعاة ما يلي:

١. يمكن زيادة المسافة بين محاور الأعصاب (e + b) شكل (٦-٥) حتى ١,٥٠ متر
٢. يحدد سمك البلاطة العلوية t_s بقيمة لا تقل عن e/12 أو ٥٠مم أيهما أكبر.
٣. الحد الأدنى لعرض العصب b لا يقل عن ربع سمك البلاطة (t) أو ١٠٠مم أيهما أكبر، مع مراعاة متطلبات الغطاء الخرساني والمسافة بين الأسياخ ومتطلبات الحريق.
٤. تراعى متطلبات القص الثاقب أعلي الأعمدة.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954



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 في اتجاهين متعامدين لتكون بواكي مربعة أو مستطيلة (Rectangular grid)، كما يمكن ترتيب الكمرات في اتجاه القطرين لتكون بواكي على شكل متوازي أضلاع (Skew grid) أو ترتيبها في ثلاثة اتجاهات لتكون بواكي مثلثة (Triangular grid) أو ترتيبها في أربعة اتجاهات لتكون بواكي مثلثة.

ج. يكون استخدام كمرات موازية لحواف الباكية مناسباً من الناحية الإنشائية عندما تكون نسبة المستطيلية للأبعاد الكلية للبلاطات في حدود من ١,٠٠ إلى ١,٥٠. وفي حالة زيادة نسبة المستطيلية عن ١,٥٠ يكون الأنسب استخدام كمرات قطرية (Skew grid).

د. يتم حساب القوى الداخلية وتصميم بواكي البلاطات بين الكمرات المتقاطعة طبقاً للبند (٦-٢-١-٣) أو البند (٦-٢-٢).

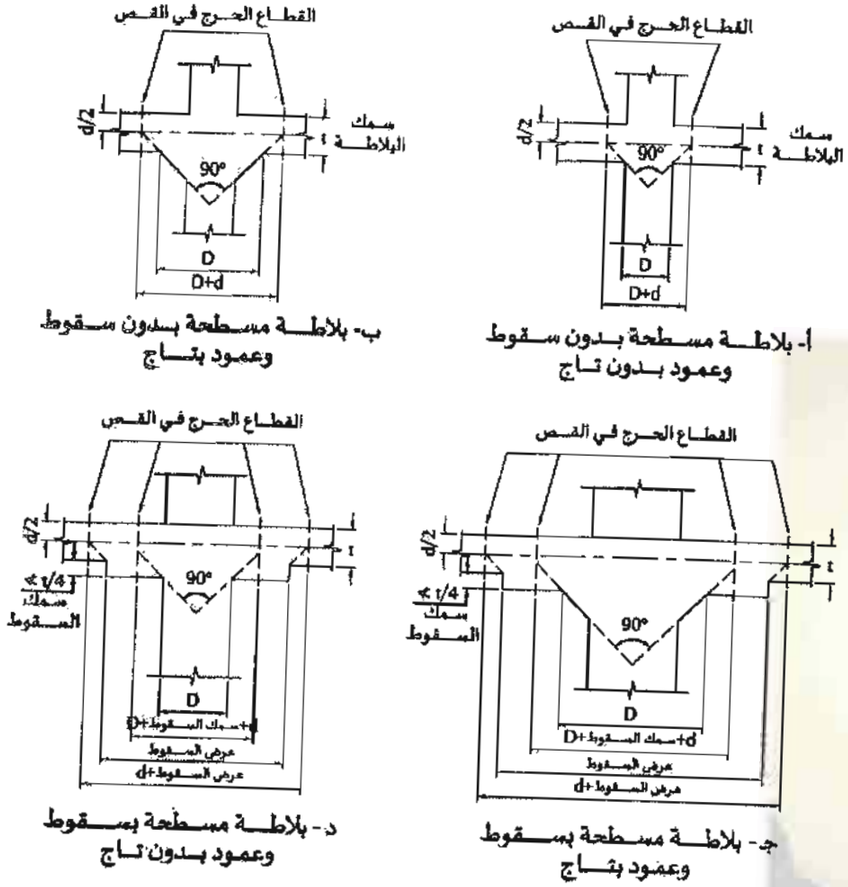
هـ. يتم حساب القوى الداخلية في الكمرات المتقاطعة باستخدام نظرية المرونة والتي تضمن استيفاء اشتراطات الاتزان وتوافق الانفعالات. ويمكن استخدام إحدى الطرق المبسطة بشرط التأكد من أن يكون الحل متوافقاً مع السلوك الفعلي للكمرات المتقاطعة.

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 بشكل (٦-٦) وتشمل البلاطات المصمتة أو البلاطات ذات الأعصاب في الاتجاهين ببلوكات أو بدونها.



شكل (٦-٦) القطاعات الحرجة للقص

حيث:

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 (الذي يؤخذ في الإعتبار عند حساب حدود الأبعاد الخرسانية)

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

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. L/32 للبواكي الطرفية التي بدون سقوط
٣. L/36 للبواكى الداخلية المستمرة بالكامل بدون سقوط أو للبواكي الطرفية التي لها سقوط
٤. L/40 للبواكى الداخلية المستمرة بالكامل والتي لها سقوط

ب. أدنى بعد للأعمدة

يجب ألا يقل قطر العمود مستدير القطاع أو طول أي من ضلعي قطاع العمود المستطيل عن الأكبر من القيم التالية:

١. 1/20من طول الباكية في الاتجاه تحت الاعتبار
٢. 1/15من 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).

ج. 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 الفعالD 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 الأكبر في نفس الاتجاه مقاساً من محاور الأعمدة وبحيث لا يتعدى ربع طول الباكية ذات البعد الأصغر.

هـ. تقسيم بواكي البلاطات المسطحة إلى شرائح

يُفترض تقسيم بواكي البلاطات المسطحة إلى شرائح كما يلي، 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.

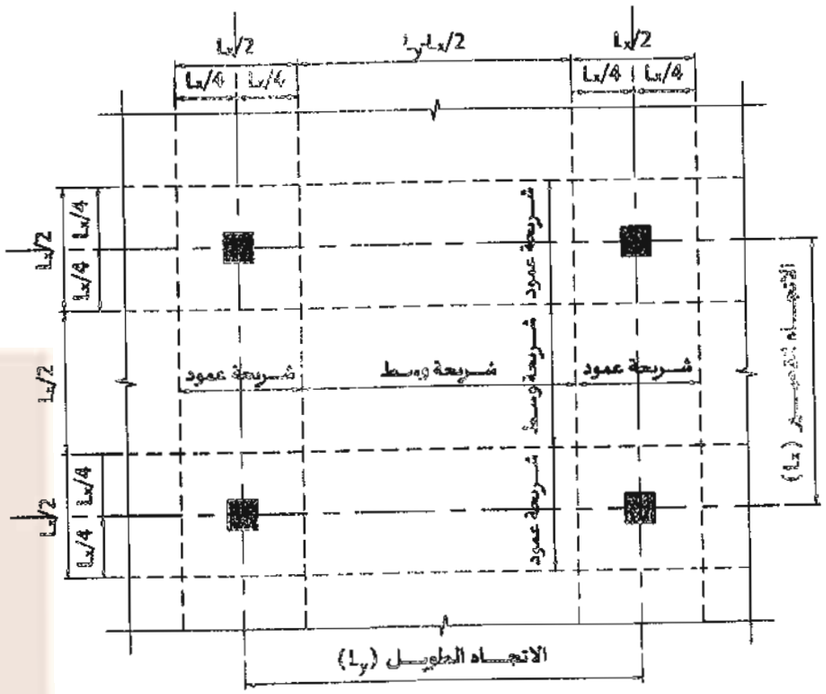
٦-٢-٥-٣ التحليل الإنشائي

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.

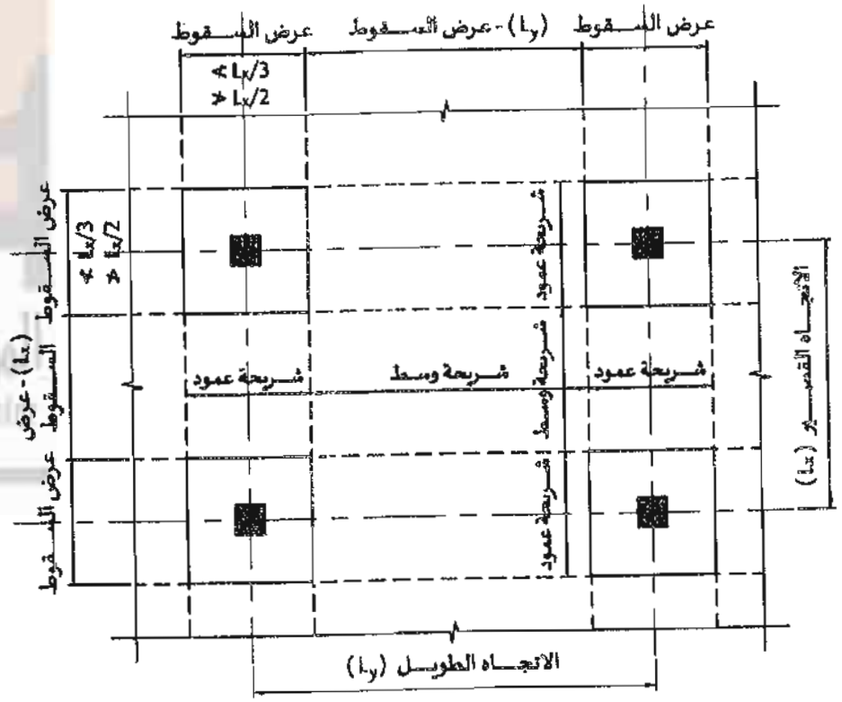
ب. يمكن تحليل البلاطات المسطحة التي تقع أعمدتها على خطوط مستقيمة متعامدة في الاتجاهين طبقاً لإحدى الطريقتين التاليتين:

١. كإطارات مستمرة باستخدام الطريقة المبينة في بند (٦-٢-٥-٤).
٢. بالطريقة الفرضية المبينة في بند (٦-٢-٥-٥).

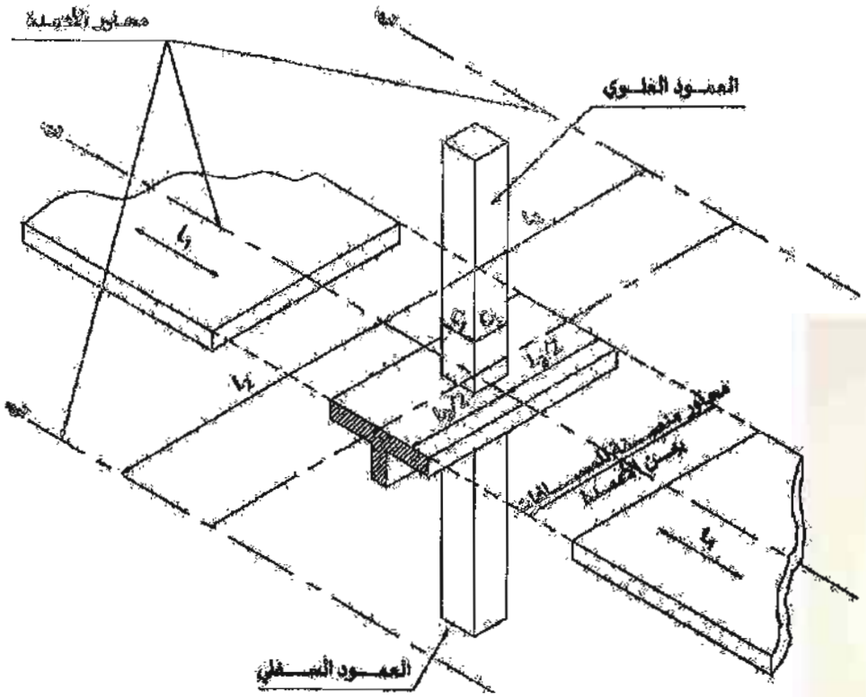
ويسمح بتجاوز في مواقع الأعمدة عن مستوى التحليل بما لا يزيد على ١٠% من متوسط طول الباكيتين المتعامدتين على اتجاه التحليل.



شكل (٦-٧-أ) تقسيم بواكي البلاطات المسطحة إلى شرائح عمود وشرائح وسط في حالة بلاطة بدون سقوط



شكل (٦-٧-ب) تقسيم بواكي البلاطات المسطحة إلى شرائح عمود وشرائح وسط في 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 الإنشائي للبلاطات المسطحة بدقة طبقاً لنظرية المرونة فيمكن تحليلها إنشائياً كما يلي:

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 البواكي.
- يمكن إجراء التحليل الإنشائي لكل إطار مستمر كإطار مستقل مكون من شريحة من البلاطات والأعمدة أعلاها وأسفلها وباعتبار نهايات الأعمدة مثبتة تثبيتاً كلياً، ويؤخذ الحمل الميت والحي بالكامل في كل اتجاه مع وضع الحمل الحي في المواضع التي تعطى أقصى إجهادات داخلية في الأعضاء المختلفة للإطار. وتؤخذ البحور التي تستعمل في هذا التحليل مساوية للمسافات بين محاور الأعمدة، كما يجب أخذ اختلاف الجساءة (Rigidity) لعناصر الإطار في الاعتبار.
- في حالة الأحمال الرأسية يتم حساب جساءة البلاطات المسطحة باستخدام العرض الكلى للبلاطة (أي المسافة بين محاور الأعمدة).

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

- 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 اللي المتصلة بالعمود في الكمرات وأجزاء اللي الفعالة من البلاطة في الاتجاه العمودي على مستوى الإطار وباعتبار أن عرض عنصر اللي في البلاطات اللاكمرية مساوٍ لعرض العمود c_1 مضافاً إليه ثلاثة أمثال سمك البلاطة وفقا للبند (٤-٢-٣-٢) وشكل (٤-٢٠) ويتم حساب كزازة انحناء العمود المكافئ K_{ec} وفقاً للعلاقة التالية وشكل (٦-٨).

$$K_{ec} = \frac{\sum K_c}{\left[1 + \frac{\sum K_c}{K_t}\right]}$$

Eq. [6-16a]

حيث:

$\sum K_c$ = مجموع كزازتي العمود للانحناء أعلى وأسفل منسوب البلاطة مع اعتبار العمود مثبتاً كلياً عند الطرفين العلوي والسفلى، حيث كزازة العمود للانحناء تعطى بالعلاقة:

$$K_c = \left(\frac{4E_c I_g}{h}\right)$$

Eq. [6-16b]

حيث:

h = ارتفاع العمود

I_g = عزم القصور الذاتي خارج الوصلة لكامل القطاع الخرساني للعمود حول محور الخمول وبدون اعتبار الشروخ مع إهمال صلب التسليح.

E_c = معاير المرونة للخرسانة ويُحسب طبقاً للبند (٢-٣-٣-١)

ويُفضل في حالة البلاطات ذات بواكي السقوط أو تيجان الأعمدة أو الأعمدة غير المنشورية حساب قيم كزازة الأعمدة K_C باعتبار التوزيع الفعلي لجساءتها.

K_t = كزازة عناصر اللي للعمود المكافئ وتُحسب من العلاقة التالية:

$$K_t = \sum\left[\frac{9E_c . C}{L_2 . \left(1 - \left(\frac{c_2}{L_2}\right)\right)^3}\right]$$

Eq. [6-16c]

حيث c_2 و L_2 هما بعد العمود وطول الباكية في الاتجاه المتعامد على اتجاه التحليل كما هو مبين بالشكل (٦-٨)، C هو ثابت القطاع ويحسب من العلاقة التالية:

$$C = \Sigma\left[\left(1 - 0.63\left(\frac{b}{t}\right)\right).\left(\frac{b^3 . t}{3}\right)\right]$$

Eq. [6-16d]

حيث b، t البعدان الأصغر والأكبر على التوالي لعنصر اللي ويمكن حساب قيمة C لقطاع على شكل حرف T أو L بتقسيم القطاع إلى مستطيلات وجمع قيم C لها.

أ-٢ حساب عزم القصور الذاتي المكافئ للعمود I_{ec} وفقا للعلاقة التالية:

$$I_{ec} = \Psi . I_g$$

Eq. [6-17a]

حيث Ψ معامل يُحسب من العلاقة التالية:

$$\Psi = \left[0.6 + 0.4\left(\frac{\alpha . L_{2a}}{L_{1a}}\right)\right]\left(\frac{L_{2a}}{L_{1a}}\right)^2$$

Eq. [6-17b] للأعمدة الطرفية

$$\Psi = \left[0.3 + 0.7\left(\frac{\alpha . L_{2a}}{L_{1a}}\right)\right]\left(\frac{L_{2a}}{L_{1a}}\right)^2$$

Eq. [6-17c] للأعمدة الداخلية

بشرط ١,٠٠ > Ψ > ٠,٣٠ وألا تزيد النسبة $\frac{\alpha L_{2a}}{L_{1a}}$ على ١,٠٠ حيث:

α = نسبة عزم القصور الذاتي للكمرة المقاومة للي (إن وجدت) إلى عزم القصور الذاتي لشريحة البلاطة

L_{1a} = متوسط طولي البحرين على جانبي العمود في اتجاه التحليل

L_{2a} = متوسط طولي البحرين على جانبي العمود في 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 في جدول (٦-٤).

ج. 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)

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

بالتناسب مع الزيادة في عرضها. ويمكن حينئذ تخفيض العزوم التي تقاومها شريحة العمود عن القيم المبينة في 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 (في بواكي 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 الفرضي (Empirical analysis) للبلاطات المسطحة المعرضة لأحمال منتظمة التوزيع

أ. حدود استعمال الطريقة

تُطبق هذه الطريقة في حالة استيفاء الاشتراطات التالية:

١. أن تحتوي البلاطات المسطحة على مجموعة من البواكي المستطيلة ذات السمك الثابت تقريبا والمرتبة في ثلاثة صفوف على الأقل في اتجاهين متعامدين وعلى ألا تزيد نسبة طول الباكية إلى عرضها على١,٣.

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 في 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 الحي على ضعف الحمل الدائم للبلاطة.

ب. القطاعات الحرجة لعزوم الانحناء في البلاطات المسطحة

للبواكي الداخلية المستمرة تكون القطاعات الحرجة لعزوم الانحناء كما يلي:

١. للعزوم الموجبة تكون القطاعات الحرجة على طول محاور البواكي.

٢. للعزوم السالبة تكون القطاعات الحرجة عند حدود البواكي على طول الخط الواصل بين مراكز الأعمدة وحول محيط رؤوس الأعمدة.

ج. عزوم الانحناء في بواكي البلاطات المسطحة

تُحسب قيمة عزم الانحناء M في كل من اتجاهي الباكية من المعادلة التالية:

$$M=\left(\frac{WL_2}{8}\right)\left[L_1-\left(\frac{2D}{3}\right)\right]^2 \qquad \text{Eq. [6-18]}$$

حيث L_1 هو الاتجاه تحت الاعتبار، L_2 هو الاتجاه العمودي، w هي 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).

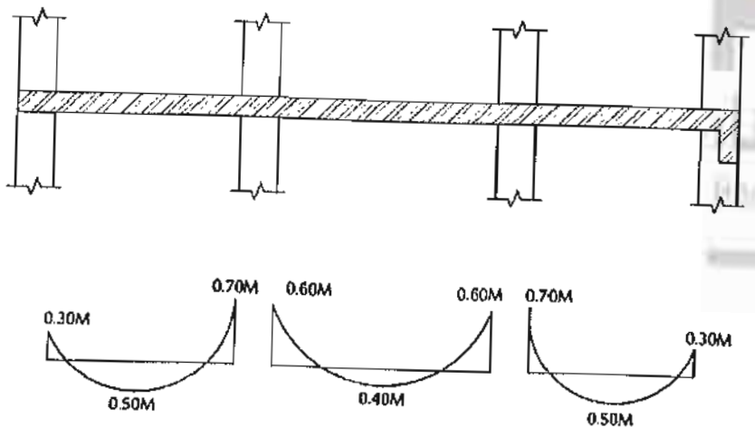
جدول (٦-٥) توزيع عزوم الانحناء في بواكي البلاطات المسطحة كنسبة مئوية من M تحت تأثير الأحمال الرأسية

الشريحة	نوع* الارتكاز الطرفي	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 الطرفي:

أ. بدون كمرات

ب. كمرات بعمق كلى يساوى أو أكثر من ثلاثة أمثال سمك البلاطة t



شكل (٦-٩) إجمالي العزوم في البواكي لشريحتي العمود والوسط لبلاطة لا كمرية 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 في منتصف البحور الداخلية عن القيم التالية:

$$M_{-ve} = \left[g - \left(\frac{2p}{3}\right)\right]\left(\frac{L_2}{40}\right)\left[L_1 - \left(\frac{2}{3}\right)D\right]^2 \qquad \text{Eq. [6-19a]}$$

لشريحة العمود في اتجاه L_1

$$M_{-ve} = \left[g - \left(\frac{2p}{3}\right)\right]\left(\frac{L_2}{100}\right)\left[L_1 - \left(\frac{2}{3}\right)D\right]^2 \qquad \text{Eq. [6-19b]}$$

لشريحة الوسط في اتجاه L_1

حيث: p،g هما الحمل الحي المنتظم والحمل الدائم المنتظم على وحدة المساحات على التوالي.

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 كابوليه، يمكن خفض عزوم الانحناء في الأعمدة كما حددت الفقرة السابقة بما يوازى العزم الناتج من الحمل الميت على الجزء الكابولي. عزوم الانحناء في البواكي 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. في الأحوال العادية حيث لا توجد كمرة طرفية تكون عزوم الانحناء المؤثرة على نصف شريحة العمود مساوية لنصف القيم المعطاة في جدول (٦-٤) أو جدول (٦-٥).

٦-٢-٥-٦ الأحمال التصميمية المؤثرة على كمرة الحافة

١. الحمل الكلى الذي تحمله كمرة الحافة يشتمل على الأحمال المباشرة عليها بالإضافة إلى حمل موزع يساوى الحمل المؤثر على ربع الباكية الكلى وكذلك عزوم اللي التي تنتقل إليها من البلاطة المتصلة بها.

٢. يتم حساب مقاومة كمرة الحافة في اللي طبقا للمعادلة (٤-٦٤) والموضحة بالشكل (٦-١٠) مع إعادة توزيع العزوم طبقا للشكل (٦ – ١١).

٦-٢-٥-٧ نقل العزوم السالبة من البلاطة إلى الأعمدة

٦-٢-٥-٧-١ يتم نقل إجمالي 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 الانحناء ($\gamma_f M_f$) وتؤخذ γ_f طبقاً للمعادلة التالية:

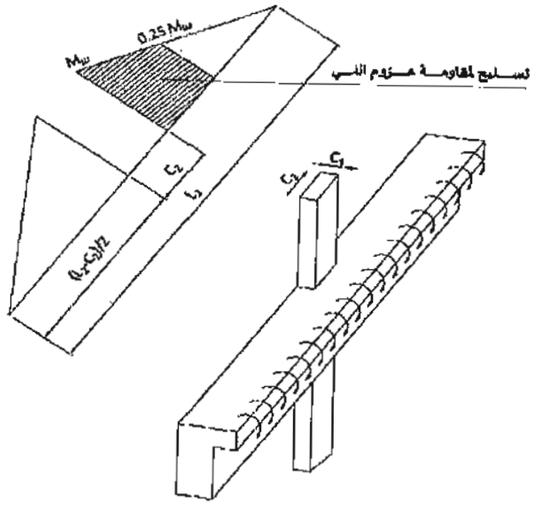
$$\gamma_f = \frac{1}{1+\left(\frac{2}{3}\right)\sqrt{\frac{b_1}{b_2}}} \qquad \text{Eq. [6-20]}$$

حيث:

γ_f = معامل العزوم المنقولة بالانحناء

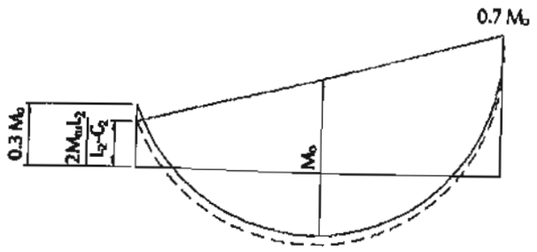
b_1 = طول القطاع الحرج في القص الثاقب مقاساً في اتجاه التحليل

b_2 = طول القطاع الحرج في القص الثاقب مقاساً في الاتجاه العمودي على b_1



$$M_{lu} = 0.316\left(\frac{A^2_{cp}}{P_{cp}}\right)\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad \text{(بند ٤-٢-٣-٦)}$$

شكل (٦-١٠) عزوم اللي المؤثرة على كمرة الحافة



شكل (٦-١١) إعادة توزيع العزوم في الباكية الخارجية نتيجة نقص جساءة قطاع كمرة الحافة في اللي بسبب التشرخ

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

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 لِيّ ($\gamma_q M_f$) وتؤخذ γ_q طبقاً للمعادلة التالية:

$$\gamma_q = 1 - \gamma_f \qquad \text{Eq. [6-21]}$$

حيث:

γ_q = معامل العزوم المنقولة باللِيّ 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 باللي

$$q_x = \frac{M_{fx} \cdot \gamma_{qx} \cdot C_{CB}}{I_{cx}} \qquad \text{Eq. [6-22a]}$$

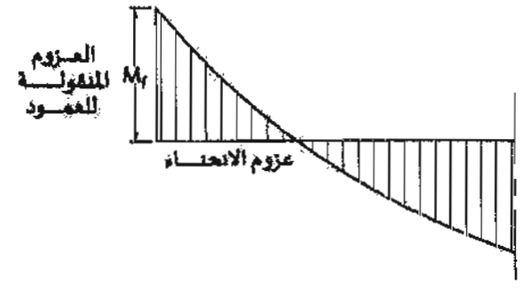
إجهاد القص الثاقب q_y الناتج عن العزم M_{fy} وباعتبار γ_{qy} معامل العزوم المنقولة باللي

$$q_y = \frac{M_{fy} \cdot \gamma_{qy} \cdot C_{AB}}{I_{cy}} \qquad \text{Eq. [6-22b]}$$

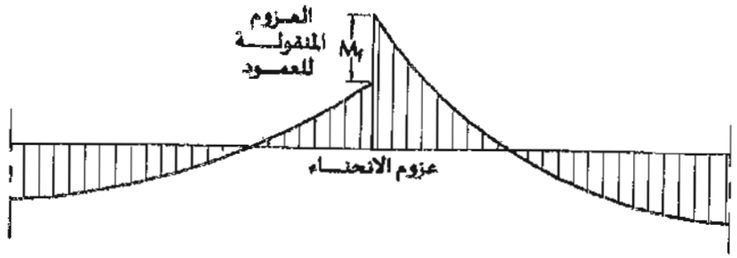
وتضاف هذه الإجهادات إلى إجهاد القص الثاقب الناتج عن الأحمال الرأسية طبقا للعلاقة (٤-٣١) بند (٤-٢-٢-٣) في حالة التصميم بطريقة حالات الحدود أو بند (٥-٤-٣) في حالة التصميم بطريقة المرونة.

حيث:

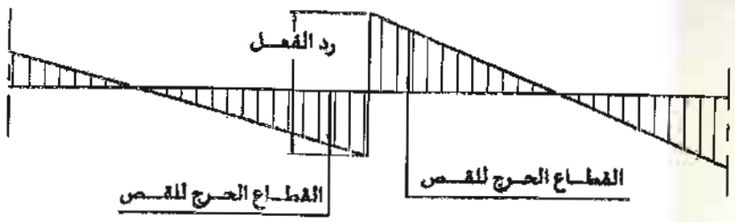
I_{cx}، I_{cy} = ثابت للقطاع الحرج في القص يشابه عزم القصور القطبي حول محوري x، y على الترتيب. ويبين الشكلان (٦-١٤)، (٦-١٥) إجهادات القص الناتجة عن العزم M_f ويتم تحديد قيم I_{cy} كما يلي:



شكل (أ) عزوم الانحناء لحالة عمود خارجي طرفي



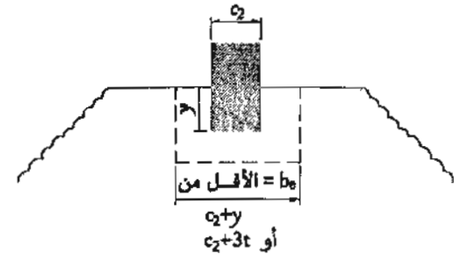
شكل (ب) عزوم الانحناء لحالة عمود داخلي

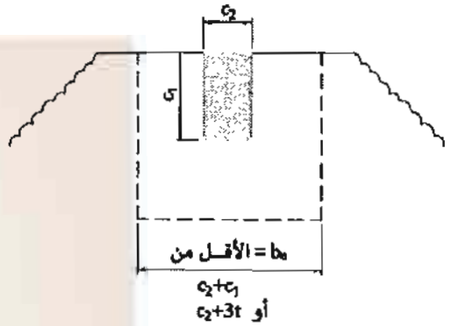


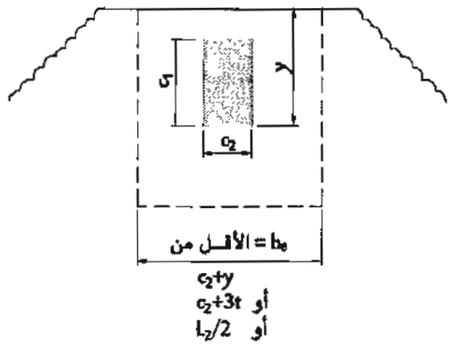
شكل (ج) قوى القص لحالة عمود داخلي

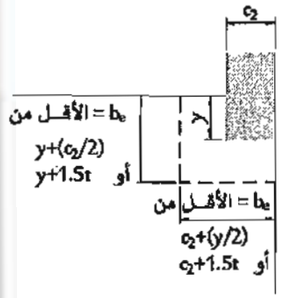
شكل (٦-١٢-أ، ب، ج) عزوم الانحناء وقوى القص المنقولة للأعمدة

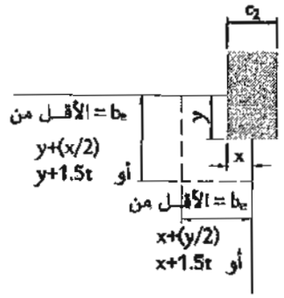
HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954







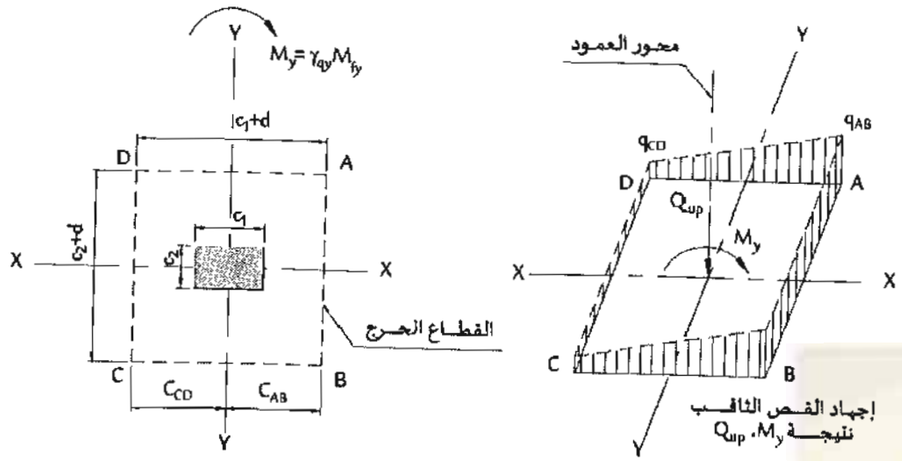




شكل (٦-١٣) عرض الشريحة be الناقلة لعزوم الانحناء للحالات المختلفة

١. بالنسبة للأعمدة الداخلية شكل (٦-١٤) تكون قيمة J_{cy} كالآتي:

$$J_{cy} = d\left(\frac{(c_1+d)^3}{6}\right) + d^3\left(\frac{c_1+d}{6}\right) + \frac{d\left((c_1+d)^2(c_2+d)\right)}{2} \qquad \text{Eq. [6-23]}$$



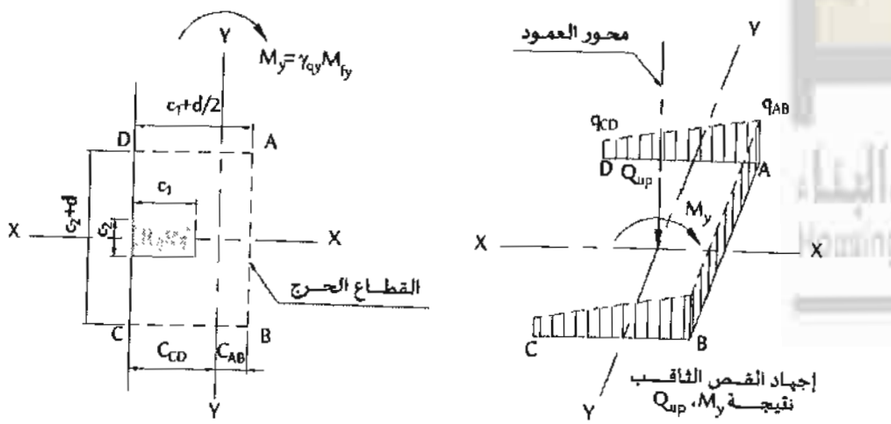
شكل (٦-١٤) توزيع إجهادات القص الثاقب (عمود داخلي)

٢. في حالة الأعمدة الطرفية شكل (٦-١٥) تحسب J_{cy} من المعادلة:

$$J_{cy} = d(c_2+d)(C_{AB})^2 + \left(\frac{2}{3}\right)d(C_{CD})^3 + \left(\frac{2}{3}\right)d(C_{AB})^3 + \left(\frac{1}{6}\right)(c_1+0.5d)d^3 \qquad \text{Eq. [6-24a]}$$

حيث:

$$C_{AB} = \frac{(c_1+0.5d)^2}{\left[(c_2+d)+2(c_1+0.5d)\right]} \qquad \text{Eq. [6-24b]}$$



شكل (٦-١٥) توزيع إجهادات القص الثاقب (عمود طرفي)

٦-٢-٥-٧-٢ يمكن الاستغناء عن تطبيق اشتراطات البند (٦-٢-٥-٨-١) والخاص بنقل العزوم السالبة من البلاطات إلى الأعمدة في الحالات التالية:

أ. للأعمدة الداخلية في حالة توافر كل من الشرطين:

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

١. الأحمال الحية لا تزيد على ٤ كيلو نيوتن/م٢.

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 كابوليه خارج الأعمدة لمسافة لا تقل عن ربع طول الباكية مقاسة من الوجه الخارجي للعمود، ومحملة بنفس حمل البلاطة.

٦-٢-٥-٧-٣ 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:

$$q=\frac{Q.\beta}{b_o.d}$$

Eq. [6-25]

حيث:

Q =قوى القص التصميمية المنقولة للعمود عند تحميل البواكي المحيطة به بكامل الحمل التصميمي

d =العمق الفعال للبلاطة

b_o =طول محيط القطاع الحرج في القص الثاقب طبقاً للبند (٤-٢-٢-٣) والشكلين (٦-١٤) ، (٦-١٥)

β =معامل يعتمد على تأثير لامركزية قوى القص وتؤخذ كما يلى:

β = 1.15 في حالة الأعمدة الداخلية

β = 1.30 في حالة الأعمدة الطرفية

β = 1.50 في حالة الأعمدة الركنية

٦-٢-٥-٨ ترتيب التسليح في البلاطات المسطحة

يجب تسليح البلاطات المسطحة طبقا للطرق السابقة في اتجاهين، وكما هو مبين في شكل (٧-٤) بحيث يتم تسليح كل شريحة بعرضها الكامل، مع مراعاة ما هو وارد في البند (٧-٥) ويجب مراعاة الاشتراطات الواردة بالفقرة (٦-٨-٢-٢) فيما يتعلق بالتصميم الزلزالي.

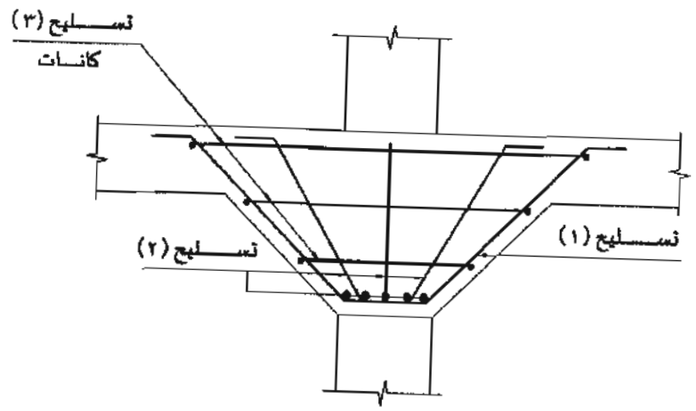
٦-٢-٥-٩ تسليح تيجان الأعمدة

مع مراعاة الاشتراطات الخاصة بالمسافات بين الأسياخ يجب أن تُسلح تيجان الأعمدة كالمبين في شكل (٦-١٦) بالأسياخ (١) و (٢) مع ربط الأسياخ بصلب تسليح (٣) كالمبين في 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 في 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 في شكل (٦-١٦) والسابق إيجاده على محيط العمود.



شكل (٦-١٦) تسليح تيجان الأعمدة للبلاطات المسطحة

٦-٢-٥-١٠ الفتحات في البلاطات المسطحة

طبقاً للشكل (٦-١٧) والشكل (٦-١٨):

أ. يُفضل عدم عمل فتحات ضمن تيجان الأعمدة.

ب. يُسمح بعمل فتحات في المساحات المشتركة بين شرائح الوسط منطقة A شكل (٦-١٧) بشرط تحقيق ما يلي:

١. ألا يزيد أكبر بعد للفتحة على ٠,٤٠ من طول الباكية في الاتجاه الموازي للمحور.

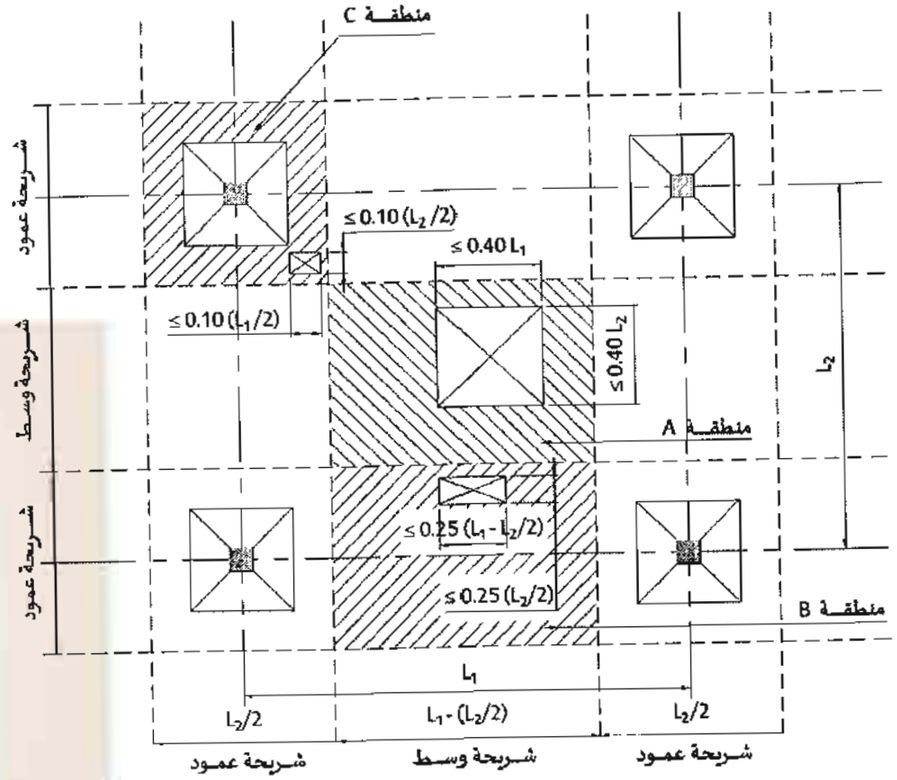
٢. أن يعاد توزيع عزوم الانحناء التصميمية الكلية الموجبة والسالبة على باقي المنشأ بما يتلاءم مع التغير الحاصل نتيجة لوجود الفتحة.

ج. يُسمح بعمل فتحات في المساحة المشتركة بين شريحة عمود وشريحة وسط منطقة B شكل (٦-١٧) بشرط تحقيق ما يلي:

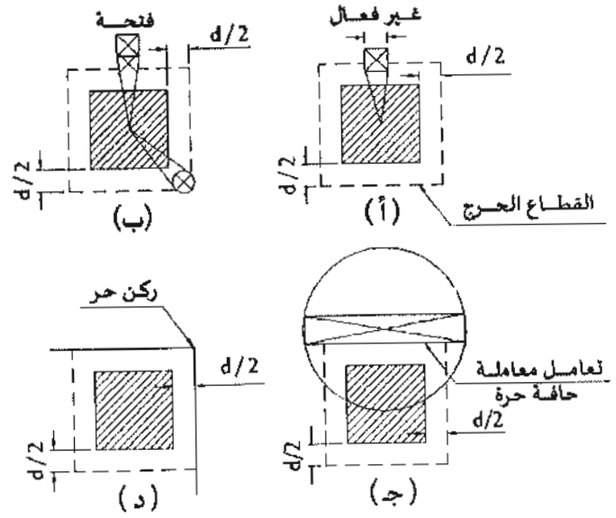
١. ألا يزيد طول الفتحة الكلى أو عرضها على ربع عرض الشريحة في أي من الاتجاهين.

٢. أن يكون قطاع كل من الشريحتين في منطقة الفتحة قادراً على مقاومة العزوم التصميمية.

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954



شكل (٦-١٧) أماكن وأبعاد الفتحات المسموح بها في البلاطات المسطحة



شكل (٦-١٨) تأثير الفتحات في 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 في أي من الاتجاهين.

٢. أن يكون قطاع أي من الشريحتين في منطقة الفتحة قادراً على مقاومة العزوم التصميمية.

٣. يؤخذ تأثير الفتحات في البلاطات المسطحة على القطاع الحرج للقص الثاقب طبقا للشكل (٦-١٨).

هـ. في حالة زيادة أبعاد الفتحات في 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. تسري بنود هذا الفصل على الكمرات العادية التي تزيد نسبة بحرها الفعال إلى عمقها على ٤.

ب. الكمرات العميقة التي تزيد نسبة بحرها الفعال إلى عمقها على ١,٢٥ للكمرات البسيطة وعلى ٢,٥ للكمرات المستمرة يفضل تصميمها باستخدام طريقة الضاغط والشداد المعطاة في البنود (٤-٢-٢-٧-٢)، (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.

ج. 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 مباني:

يؤخذ البحر الفعال مساوياً للمسافة بين محاور الركائز أو البحر الخالص مضافا إليه عمق الكمرة أيهما أصغر.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

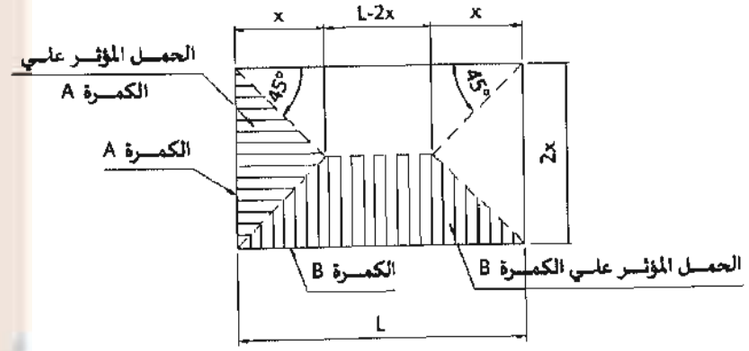
٣. البحر الفعال للكابولي

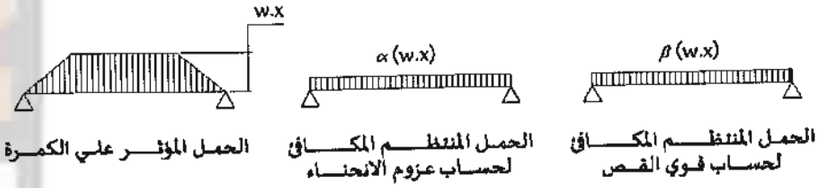
يؤخذ البحر الفعال للكابولي مساوياً للقيمة الأقل من:

- طول الكابولي مقاسا من محور الركيزة.
- الطول الخالص للكابولي مضافا إليه العمق الأكبر للكابولي.

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 أي باكية كما هو موضح في الشكل (٦-١٩).





شكل (٦-١٩) أحمال البلاطات المؤثرة على الكمرات والأحمال المنتظمة المكافئة

ب. في حالة ما إذا كانت الأحمال المذكورة في (أ) تحقق الاشتراطات الآتية:

- أكبر شدة للحمل الأصلي في 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 المتساوي 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 في الكمرات كما هو موضح في الشكل (٦-١٩).

β w.x= الحمل المنتظم المكافئ (للأحمال الأصلية المنقولة) وذلك لحساب قوى القص وردود الأفعال في 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

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 الإنشائي

يجب أن تكون القوى والأفعال والعزوم الداخلية المحسوبة بأي طريقة من طرق التحليل الإنشائي متزنة مع الأحمال التصميمية.

تُستخدم طريقة التحليل الخطى المرن (Linear elastic analysis) لإيجاد القوى والأفعال والعزوم الداخلية في الكمرات لحالتي التصميم بطريقة المرونة أو طريقة حالات الحدود ويجوز إعادة توزيع العزوم طبقا للبند (٤-٢-١-٢-ج).

٦-٣-١-٥ العزوم وقوى القص في الكمرات المستمرة

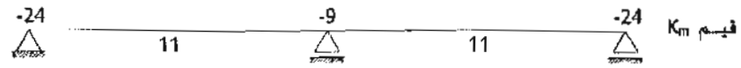
١- يمكن حساب عزوم الانحناء في الكمرات المستمرة بفرض أن الكمرات مرتكزة على ركائز ذات حافة سكينيه جاسئة (Rigid knife edge supports): وفى حالة الكمرات المستمرة متساوية العمق والبحر والمعرضة لأحمال منتظمة التوزيع أو تتفاوت فيها قيم البحور أو الأحمال بحد أقصى ٢٠% من القيمة الصغرى للبحرين المتجاورين، يمكن فرض القيم التالية لعزوم الانحناء، على أنه لا يجوز في هذه الحالة إعادة توزيع العزوم.

٢- قيم العزوم وقوى القص

أ. الكمرات ذات البحرين

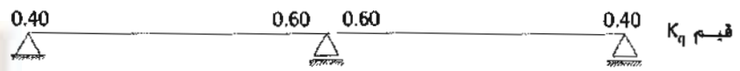
أقصى عزم انحناء: ($M = wL^2/K_m$) وتؤخذ قيم K_m كما هو موضح بالشكل (٦-٢٠-أ) حيث L قيمة البحر الفعال.

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954



شكل (٦-٢٠-أ) معاملات عزوم الانحناء K_m في 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 في الكمرات ذات البحرين

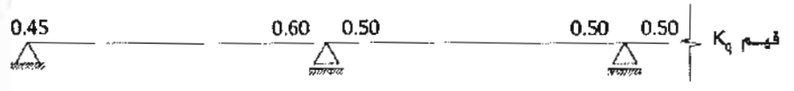
ب. الكمرات المكونة من أكثر من بحرين

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 أي 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 بالشكل (٦-٢٠-د).



شكل (٦-٢٠-د) معاملات قوى القص K_q في الكمرات المكونة من أكثر من بحرين

٣- يجب ألا تقل عزوم الانحناء الموجبة المأخوذة في الاعتبار عند تصميم الكمرات الطرفية عن $wL^2/16$ وفي الكمرات الداخلية عن $wL^2/24$.

٤- يجب حساب عزوم الانحناء السالبة في منتصف البحور عند تعرض الكمرات المستمرة لأحمال حية ثقيلة ($p > 1.5g$) تبعا لنظرية الكمرات المستمرة على ركائز سكينيه جاسئة، على أن يُسمح بتخفيض العزوم السالبة للأحمال الحية فقط في منتصف البحور إلى ثلثي قيمتها وذلك نتيجة لجساءة الأعمدة أو الكمرات المصبوبة ميليثياً الحاملة لها. وفي حالة تساوى البحور -أو اختلافها في حدود ٢٠ % -للكمرات والواقعة تحت تأثير أحمال حية ثقيلة ($p > 1.5g$) يمكن حساب عزوم الانحناء السالبة في منتصف البحور الداخلية كما يلي:

$$M = \left(g - \left(\frac{2}{3}\right)p\right)\left(\frac{L^2}{24}\right) \qquad \text{Eq. [6-26]}$$

حيث:

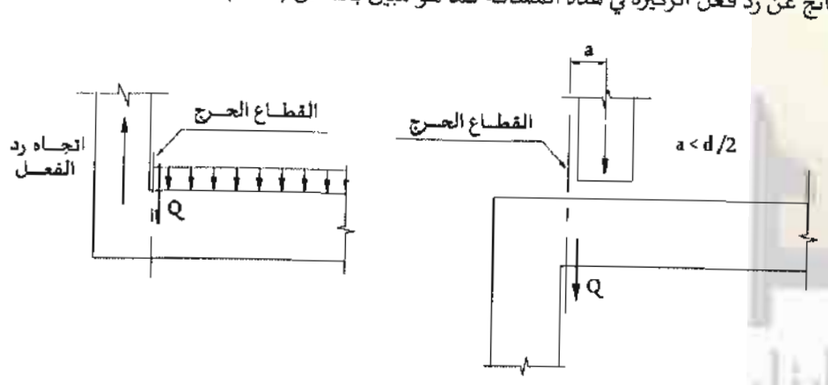
L = طول أكبر البحرين المتجاورين

p = الحمل الحى منتظم التوزيع على وحدة الطول

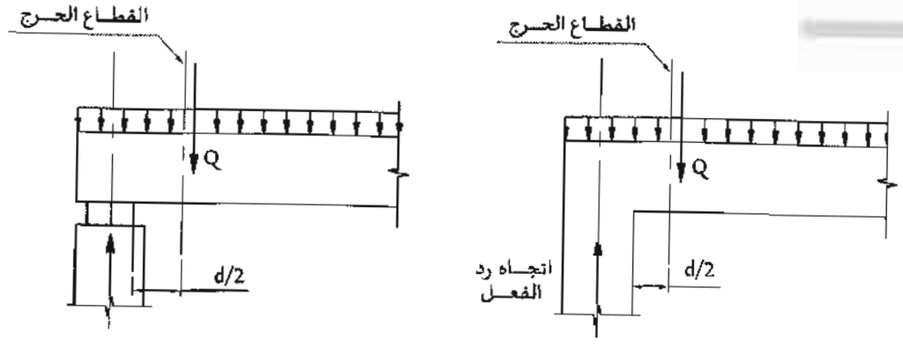
g = الحمل الدائم منتظم التوزيع على وحدة الطول

٦-١-٣-٦ القطاعات الحرجة للعزوم وقوى القص

١. في الكمرات المصبوبة ميليثيا يؤخذ القطاع الحرج للعزوم السالبة عند وجه الركيزة الداخلية وللعزوم الموجبة عند القطاع الذي تنعدم عنده قوى القص.
٢. يؤخذ القطاع الحرج لقوى القص عند وجه الركائز (شكل ٦-٢١) فيما عدا الحالات 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 في هذه المسافة كما هو مبين بالشكل (٦-٢٢).



شكل (٦-٢١) القطاع الحرج في القص عند وجه الركيزة



شكل (٦-٢٢) القطاع الحرج في القص على مسافة d/2 من وجه الركيزة

٦-٣-١-٧ 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

٦-٣-١-٨ 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:

$\left(\frac{L_2}{5}+b\right)$ أو $(16t_s+b)$ للكمرات علي شكل حرف T Eq. [6-27a]

$\left(\frac{L_2}{10}+b\right)$ أو $(6t_s+b)$ للكمرات علي شكل حرف L Eq. [6-27b]

حيث L_2 هي المسافة بين نقطتي الانقلاب ويمكن تقديرها بقيمة ٠,٧٠ من البحر الفعال في 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.

٦-٣-١-٩ شروط عامة

١- لكي يمكن اعتبار الكمرة في التصميم أنها على شكل حرف T أو L يجب صب البلاطة ميليئياً مع الكمرة أو ربطهما معاً بطريقة فعالة.

٢- يجب ألا يقل التسليح العلوي في الشفة في الاتجاه العمودي على اتجاه الجذع عن ٠,٣٠% من مساحة قطاع البلاطة، وذلك لضمان الفعل الميليئى بين الشفة والجذع. كما يجب أن يستمر التسليح بالعرض الكامل للشفة المذكورة في البند (٦-٣-١-٨) ويجب ألا تزيد المسافة بين أسياخ هذا التسليح على ٢٠٠ مم.

٣- يجب أن تمتد الكانات من الجذع إلى السطح النهائي للشفة لضمان الفعل الميليئى بين الشفة والجذع.

٤- 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.

٥- تُزود الكمرات التي يزيد عمقها على ٦٠٠ مم، وذلك بخلاف سمك البلاطة، بأسياخ انكماش جانبية، لا تقل مساحتها عن ٨ % من مساحة تسليح الشد على ألا تزيد المسافة بينها على ٣٠٠مم.

٦-٣-١-١٠ 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. تسري بنود هذا الجزء على الكمرات التي تفي نسبة بحرها الفعال إلى عمقها بالقيمة التالية:

$L/d \le 4.0$ Eq. [6-28]

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 (٤-٢-٢-٧-١)، (٦-٣-٢-٢) أو باستخدام طريقة الضاغط والشداد المعطاة في البنود (٤-٢-٢-٧-٢)، (٦-٣-٢-٣)، (٦-١١) وذلك وفقا للمتطلبات والحدود المسموح باستخدامها في أي من الطريقتين والمبينة في تلك البنود.

ج. يمكن استخدام طرق الحل اللاخطية والتي 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 ٤-٢-٢-٧-٣

٦-٣-٢-٢ التصميم الفرضي للكمرات العميقة

أ. تسري طريقة التصميم الواردة في هذا البند إذا توافر فيها الشرط التالي:

$L/d \le 1.25$ للكمرات بسيطة الارتكاز Eq. [6-29a]

$L/d \le 2.5$ للكمرات المستمرة Eq. [6-29b]

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

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

$$y_{ct} = 0.86\ L \qquad \text{Eq. [6-30a]}$$

٢. للكمرات المستمرة

أ. عند منتصف البحر:

$$y_{ct} = 0.43\ L \qquad \text{Eq. [6-30b]}$$

ب. عند الارتكاز الداخلي:

$$y_{ct} = 0.37\ L \qquad \text{Eq. [6-30c]}$$

ج. تُحسب المقاومة القصوى للقص للكمرات العميقة التي تحقق الاشتراطات الواردة في البند (٦-٣-٢-٢-أ) طبقاً لما هو وارد بالبند (٤-٢-٢-٧-١) ويراعى ألا تقل نسبة صلب التسليح الجذعي للقص عما هو وارد في البند (٤-٢-٢-٧-١-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 (٤-٢-٢-٧-١-ك) أو البند (٤-٢-٢-٧-٢-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 (٤-٢-٢-٧-٢-ج).

ب. يجب أن يمتد التسليح الرئيسي بالكامل إلى مناطق الارتكاز مع مراعاة التأكد من تثبيته بطول رباط كاف أو بأي وسائل تثبيت أخرى في منطقة الارتكاز.

٦-٤ الأعمدة Columns

٦-٤-١ عام

أ. الأعمدة هي أعضاء الضغط الرأسية أو المائلة في المباني والتي لا يزيد أكبر بعد للقطاع على خمسة أمثال البعد الأصغر في القطاعات المستطيلة. ويشمل ذلك الأعمدة غير المستطيلة كالمضلعة أو الأعمدة المكونة من

قطاعات مركبة من مستطيلات بحيث لا يزيد الطول في أي اتجاه لكل مستطيل على خمسة أمثال العرض لهذا المستطيل، وإلا اعتبرت هذه الأعضاء حوائط كما هو موضح بالبند (٦-٥).

ب. تُصمم الأعمدة في المباني المقيدة وغير المقيدة طبقا للبند (٤-٢-١-٣)، 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.

ج. العناصر الانشائية التي لا تزيد قوي الضغط المحورية القصوى فيها عن $0.04\ f_{cu} A_c$ (بند ٤-٢-١-٣)، لا يتم تطبيق شروط حدود نسبة النحافة القصوى الواردة بالجدولين (٦-٧) و(٦-٨) عليها.

٦-٤-٢ المباني المقيدة جانبيا وغير المقيدة جانبيا

يمكن اعتبار المبنى مقيدا إذا كان مزودا بعناصر تدعيم عبارة عن حوائط خرسانية مستمرة بكامل ارتفاع المبنى ومتصلة بالأساسات اتصالا يسمح بنقل جميع القوى الأفقية والعزوم الناتجة عنها بالكامل إلى تلك الأساسات وتتوافر فيها الاشتراطات التالية:

١. تكون موزعة توزيعاً متماثلاً تقريبا في المسقط الأفقي.
٢. لا توجد بها فتحات كبيرة تؤثر على تشكلات القص.
٣. عدم حدوث تغير فجائي في جساءتها على طول الارتفاع.
٤. انتظام الاحمال على كامل ارتفاع المبنى.

وتفي بما يلي:

- في حالة مبنى مكون من ٤ طوابق أو أكثر:

$$\alpha = H_b \sqrt{\frac{N}{\sum E_c I_g}} \le 0.6 \qquad \text{Eq. [6-31a]}$$

- في حالة مبنى مكون من أقل من ٤ طوابق

$$\alpha = H_b \sqrt{\frac{N}{\sum E_c I_g}} \le 0.2 + 0.1n \qquad \text{Eq. [6-31b]}$$

حيث:

H_b = الارتفاع الكلى للمبنى فوق السطح العلوى للأساسات حتى منسوب اعلي بلاطة خرسانية.

N = مجموع أحمال التشغيل المؤثرة على جميع العناصر الرأسية للمبنى عند منسوب الأساسات.

$\sum E_c I_g$ = مجموع جساءة الانحناء (Flexural rigidity) للحوائط الخرسانية الرأسية المشتركة في تدعيم المبنى في الاتجاه تحت الاعتبار.

HBRC المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1964

n = عدد الطوابق للمبنى

٦-٤-٣ الحد الأدنى لمقدار اللامركزية للأحمال

في جميع الأحوال يجب ألا يقل مقدار اللامركزية للأحمال المأخوذة في حساب القطاع عن القيمة الأكبر مما يلي:

أ. ٠,٠٥ من بعد قطاع العمود في اتجاه هذا البعد.

ب. ٢٠ مم.

٦-٤-٤ الأعمدة القصيرة

أ. تُعتبر الأعمدة في المباني المقيدة قصيرة إذا قلت نسبة النحافة λ لقطاع العمود عن القيم الواردة في الجدول(٦-٧)، على أن تحسب نسبة النحافة λ للقطاع المستطيل في الاتجاهين وتساوى $(\lambda_t = \frac{He}{t})$ و

وتؤخذ في القطاع الدائري $(\lambda_D = \frac{He}{D})$.وفى الحالة العامة يجب استخدام معامل النحافة $(\lambda_i = \frac{He}{i})$

حيث:

i = نصف قطر القصور الذاتي لقطاع العمود، ويؤخذ طبقاً للعلاقة التالية:

$i = 0.30\ b$ (or $0.30\ t$) للأعمدة المستطيلة Eq. [6-32a]

$i = 0.25\ D$ للأعمدة الدائرية Eq. [6-32b]

H_e = طول الانبعاج الفعال للعمود في الاتجاه تحت الاعتبار

t و b = أبعاد مقطع العمود المستطيل

D = قطر العمود الدائري

ب. في المباني غير المقيدة تؤخذ العزوم التصميمية على الأعمدة القصيرة طبقا للبند (٦-٤-٥-٣-أ).

جدول (٦-٧) حدود نسبة النحافة القصوى للأعمدة القصيرة

حالة المبنى	نسبة النحافة للأعمدة المستطيلة λt or λb	نسبة النحافة للأعمدة الدائرية λD	معامل النحافة λi
مقيد	١٥	١٢	٥٠
غير مقيد	١٠	٨	٣٥

٦-٤-٥ الأعمدة النحيفة في المباني المقيدة وغير المقيدة

أ- الأعمدة النحيفة هي الأعمدة التي تزيد نسبة النحافة λ لها على القيم الواردة في الجدول (٦-٧)، بشرط ألا تزيد نسبة النحافة λ لأى عمود على القيم الواردة في 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

ب- في حالة الأعمدة المعرضة لأحمال محورية وعزوم أولية (عزوم ناتجة عن الأحمال الخارجية) لا تزيد نسبة (e/t) لها عن 0.05يمكن تجاوز النسبة الموضحة بجداول (٦ – ٨) وذلك في حالة عدم تجاوز الأحمال القصوى لها عن القيم الموضحة بالجدول رقم (٦-٩-أ) للأعمدة المستطيلة وجدول (٦-٩-ب) للأعمدة الدائرية.

جدول (٦-٩-أ) الحالات التي يمكن فيها تجاوز حدود نسبة النحافة القصوى للأعمدة النحيفة المستطيلة

حالة العمود	λ_b	$P_{u(applied)}/P_u$
مقيد	٣٥	٠,٥٠
غير مقيد	٢٥	٠,٥٠
	٣٠	٠,٣٠

حيث P_u هو المقاومة القصوى لقطاع العمود طبقاً للمعادلة (4-12-a)

جدول (٦-٩-ب) الحالات التي يمكن فيها تجاوز حدود نسبة النحافة القصوى للأعمدة النحيفة الدائرية

حالة العمود	λ_D	$P_{u(applied)}/P_u$
مقيد	٢٨	٠,٥٠
غير مقيد	٢٠	٠,٥٠
	٢٣	٠,٣٠

حيث P_u هو المقاومة القصوى لقطاع العمود طبقاً للمعادلة (4-12a) في حالة أعمدة ذات كانات منفصلة وطبقاً للمعادلتين(4-12b,c) في حالة أعمدة ذات كانت حلزونية

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

٦-٤-٥-١ طول الانبعاج

١. في حالة الأعمدة في المباني المقيدة جانبيا يؤخذ طول الانبعاج H_e مساويا للأصغر من:

$$H_e = H_o\,[0.7 + 0.05\,(\alpha_1 + \alpha_2)] \le H_o \qquad \text{Eq. [6-33a]}$$

أو

$$H_e = H_o\,[0.85 + 0.05\,(\alpha_{min})] \le H_o \qquad \text{Eq. [6-33b]}$$

وفى حالة الأعمدة في المباني غير المقيدة جانبيا يؤخذ طول الانبعاج H_e مساويا للأصغر من:

$$H_e = H_o\,[1.0 + 0.15\,(\alpha_1 + \alpha_2)] \ge H_o \qquad \text{Eq. [6-34a]}$$

أو

$$H_e = H_o\,[2.0 + 0.3\,(\alpha_{min})] \ge H_o \qquad \text{Eq. [6-34b]}$$

وتُحسب قيمة α من العلاقة

$$\alpha = \frac{\sum \frac{E_c I_c}{H_o}}{\sum \frac{E_c I_b}{L_b}} \qquad \text{Eq. [6-35]}$$

حيث: H_o هو ارتفاع العمود الخالص، α_{min} هي القيمة الأصغر من α_1 عند الطرف السفلى، α_2 عند الطرف العلوي للعمود على التوالي، مع اعتبار الحد الأقصى لقيم α هو (١٠) للعناصر المثبتة مفصليا والحد الأدنى هو(١) للعناصر المثبتة تثبيتا كليا.

٢. تُحسب قيمة عزم القصور الذاتي طبقا للبند (٦-١-ظ) وباعتبار العناصر الإنشائية المتصلة ميليثيا مع العمود عند نهايتيه في مستوى التحليل، ويمكن استخدام الفروض البسيطة الواردة فيما بعد في الحالات المناسبة.

أ. في 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 العزوم.

٣. يجوز استخدام القيم الواردة في الجدولين (٦-١٠-أ) و (٦-١٠-ب) في المباني العادية وذلك للأعمدة المقيدة وغير المقيدة. وتعرف الحالات الواردة في الجدولين (٦-١٠-أ) و (٦-١٠-ب) كما يلي:

حالة ١: طرف العمود أو الحائط مصبوب ميليثيا مع كمرات أو بلاطات ذات عمق لا يقل عن بعد العمود في اتجاه التحليل، ويعتبر الطرف المتصل بالأساسات ضمن هذه الحالة إذا كانت الأساسات مصممة لتحمل العزوم.

حالة ٢: طرف العمود أو الحائط مصبوب ميليثيا 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 (٦-١٠-أ) نسبة (H_e/H_o) للأعمدة في المباني المقيدة

حالة الطرف العلوي	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-ب) نسبة (H_e/H_o) للأعمدة في المباني غير المقيدة

حالة الطرف العلوي	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 في المباني المقيدة جانبياً

أولاً: العزوم الإضافية الناتجة عن الانبعاج M_{add}

يؤخذ تأثير الانبعاج في الأعمدة النحيفة باعتبار عزم إضافي كما هو موضح بشكل (٦-٢٣) ويقدر من المعادلة التالية:

$$M_{add} = P.\delta \qquad \text{Eq. [6-36]}$$

حيث تؤخذ δ كالآتي:

- في حالة الأعمدة المستطيلة في الاتجاه t من العمود

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

Eq. [6-37a]

$$\delta = \frac{\lambda^2_t * t}{2000}$$

◆ في حالة الأعمدة المستطيلة في الاتجاه b من العمود

Eq. [6-37b]

$$\delta = \frac{\lambda^2_b * b}{2000}$$

◆ في حالة الأعمدة الدائرية ذات القطر D

Eq. [6-37c]

$$\delta = \frac{\lambda^2_D * D}{2000}$$

◆ وفى الحالة العامة

Eq. [6-37d]

$$\delta = \frac{\lambda^2_i * t'}{30000}$$

حيث t' = طول الضلع في اتجاه الانبعاج.

ثانياً: العزوم للأعمدة النحيفة والمعرضة لانحناء حول محور واحد

أ. في الأعمدة المعرضة لعزوم انحناء حول محور واحد (المحور الأساسي أو المحور الثانوي) كما هو موضح بشكل (٦-٢٣) يتم أخذ العزوم الإضافية الناتجة عن الانبعاج في حالة ما إذا كانت إشارتها مماثلة لنفس إشارة العزوم الابتدائية وعلى ذلك تؤخذ العزوم التصميمية مساوية للأكبر من:

1- M_2 2- $M_i + M_{add}$

3- $M_1 + (M_{add}/2)$ 4- $P.e_{min}$ Eq. [6-38]

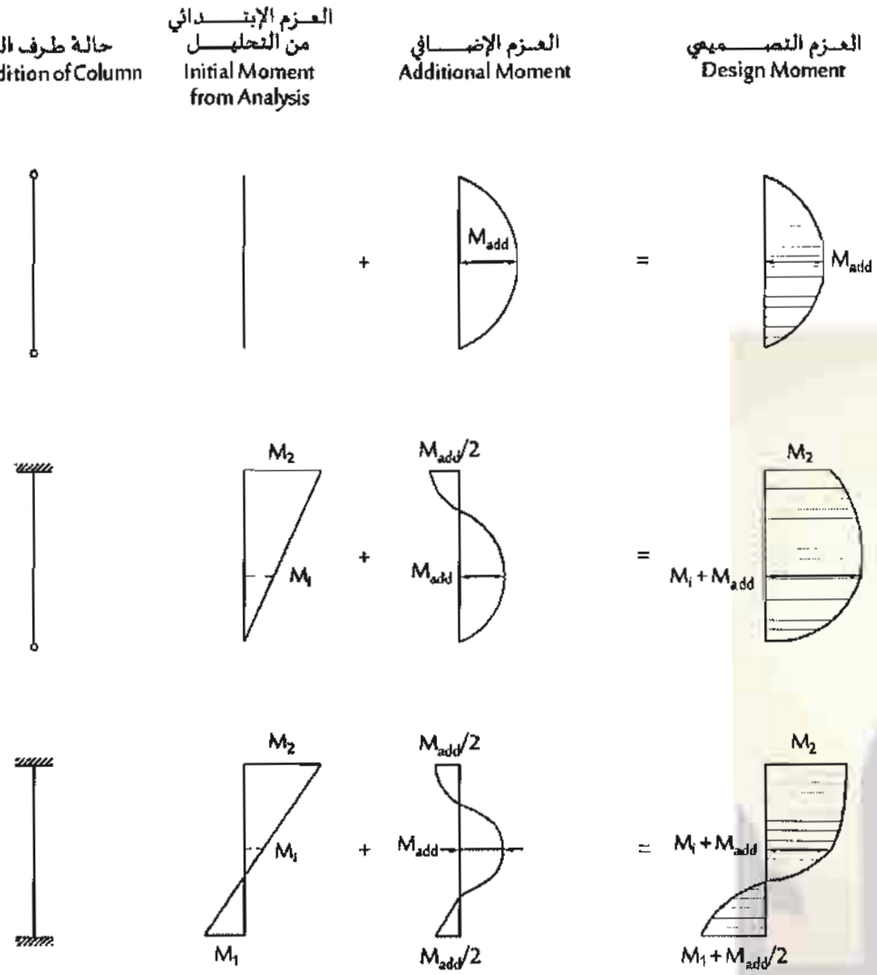
حيث يُقدر العزم الابتدائي M_i عند المقطع الحرج بالقرب من منتصف ارتفاع العمود من العلاقة التالية:

Eq. [6-39]

$$M_i = 0.4\,M_1 + 0.6\,M_2 \geq 0.4\,M_2$$

وتؤخذ إشارة M_1 سالبة في المعادلة (٦-٣٩) في حالة الأعمدة ذات الانحناء المزدوج

ب. في 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.



شكل (٦-٢٣) العزوم المؤثرة على الأعمدة النحيفة في المباني المقيدة جانبياً

ج. في حالة حساب المبني على أنه مكون من كمرات وأعمدة، وبشرط عدم تعرض الأعمدة إلى عزوم ناتجة عن الحيود الجانبي (Side sway) يمكن تقدير العزوم على الأعمدة بطريقة مبسطة كما يلي:

١. تُعتبر العزوم الحانية M_1 و 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 (٦-٢-٧-٤) أو البند (٦-٢-٧-٥) 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 العلوي	$\frac{K_u M_f}{K_L+K_u+0.50K_b}$	$\frac{K_u M_f}{K_L+K_u+K_b}$
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 العزم الحاني الطرفي للكمرة التي تكون إطاراً مع العمود بفرض أنها كاملة التثبيت عند طرفيها.

ويمكن استعمال المعادلات المبينة بالجدول (٦-١١) والخاص بالعزوم عند أعلى العمود السفلي لإيجاد العزوم عند النهاية العلوية لأعمدة الطابق الأخير باعتبار K_u تساوى صفر.

حيث:

K_u= كزازة العمود العلوي $K_u = \frac{4EI_u}{h_u}$

K_L= كزازة العمود السفلي $K_L = \frac{4EI_L}{h_L}$

K_b= كزازة الكمرة $K_b = \frac{4EI_b}{L_b}$

h_u ، h_L = 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

يتم الاخذ في الحسبان تأثير الشروخ على الجساءة باستخدام القيم الواردة بالبند (٦-١-ظ).

وقد بنيت تقديرات هذه العزوم على الافتراضات التالية:

أ. عزم القصور الذاتي ثابت لكل عنصر.

ب. نقط اتصال الأعضاء غير معرضة لحركات أفقية أو رأسية.

ج. جميع الأعضاء لها نفس درجة التثبيت في أطرافها البعيدة.

د. يمكن اعتبار النقط التي يكون فيها العزم الحاني صفراً عند ثُلث ارتفاع الأعمدة من نقطة التثبيت الكلي وعند ربع ارتفاعها من نقطة التثبيت في حالة التثبيت الجزئي.

٦-٤-٥-٣ الأعمدة النحيفة في المباني 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:

$$M_{add} = P.\delta_{av} \qquad \text{Eq. [6-40]}$$

حيث:

$$\delta_{av} = \frac{\Sigma\delta}{n} \qquad \text{Eq. [6-41]}$$

حيث:

n :هي عدد الأعمدة في الطابق (الدور) كما يتم حساب δ من المعادلة (٦-٣٧)

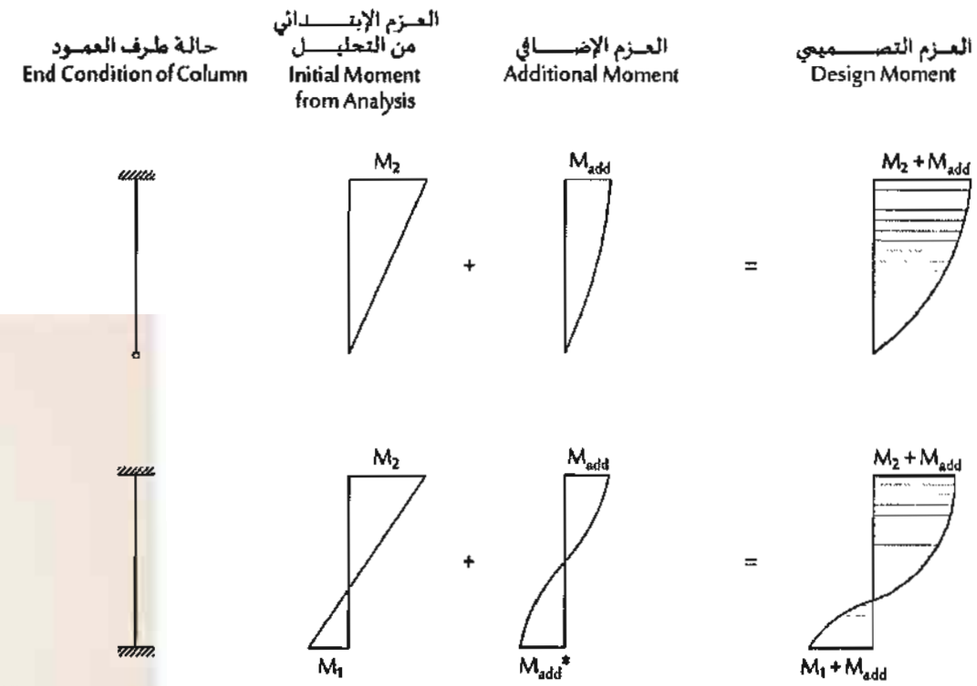
ويراعى عند حساب δ_{av} إهمال قيم δ التي تتعدى قيمتها ضعف δ_{av} على أنه يجب أخذ هذه العزوم M_{add} في الاعتبار عند تصميم الكمرات أو البلاطات المتصلة ميليثيا مع الأعمدة.

ب. العزوم التصميمية للأعمدة المعرضة لعزوم حول محور واحد (شكل٦-٢٤). تؤخذ العزوم التصميمية مساوية للقيمة الأكبر من:

$M_2 + M_{add}$ أو $P \cdot e_{min}$

على أساس أن العزم الإضافي يؤثر عند طرفي العمود.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954



* ويمكن أخذ قيمة M_{add} عند الوصلة الأقل جساءة بنسبة جساءتي الوصلتين.

شكل (٦-٢٤) العزوم التصميمية للأعمدة النحيفة في المباني غير المقيدة جانبياً

٦-٤-٥-٤ يمكن إجراء تحليل لا خطى للمبنى بأخذ اللاخطية الهندسية في الاعتبار (Second order analysis) وتؤخذ العزوم الكلية الناتجة عن الأحمال والانبعاج من هذا التحليل مباشرة كبديل عن حساب العزوم الاضافية الناتجة عن الانبعاج واضافته الى العزوم الاساسية (بند ٦-٤-٥-٢ وبند ٦-٤-٥-٣) على أن يراعى الاخذ في الاعتبار تأثير التشرخات باستخدام قيم عزم القصور الذاتي الفعال الواردة بالبند (٦-١-ط).

٦-٤-٦ الأعمدة المعرضة لعزوم انحناء مزدوجة حول محوري القطاع

Biaxially Loaded Columns

٦-٤-٦-١ عام

١. يتم تصميم العمود لمقاومة القوة المحورية والعزوم المزدوجة التي يتم تقدير قيمتها حول المحورين الأساسي والثانوي باستخدام طريقة توافق الانفعالات وطبقاً 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. كبديل لطريقة توافق الانفعالات يمكن استخدام إحدى الطرق الواردة بالبند (٦-٤-٦-٢).

٦-٤-٦-٢ الطرق البديلة لتصميم الأعمدة المعرضة لعزوم مزدوجة

١. في حالة القطاعات المستطيلة متساوية التسليح في جميع الأوجه شكل (٦-٢٥-أ)، يمكن تصميم القطاع باستخدام المنحنيات التفاعلية حول محور واحد ذات التسليح الموزع بالتساوي على الاربع أوجه ($A_s/4$)، مع أخذ عزم مكافئ حول محور واحد بطريقة تقريبية كما يلي:

أ. في حالة $\left(\frac{M_x}{a'} \le \frac{M_y}{b'}\right)$

يؤخذ العزم التصميمي المكافئ M'_y حول محور y طبقاً للمعادلة

$$M'_y = M_y + \beta\left(\frac{b'}{a'}\right)M_x \qquad \text{Eq. [6-42]}$$

ب. في حالة $\left(\frac{M_x}{a'} > \frac{M_y}{b'}\right)$

يؤخذ العزم التصميمي المكافئ M'_x حول محور x طبقاً للمعادلة

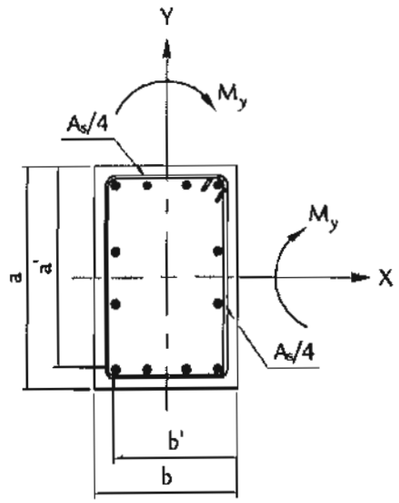
$$M'_x = M_x + \beta\left(\frac{a'}{b'}\right)M_y \qquad \text{Eq. [6-43]}$$

حيث a' ، b' هما العمق الفعال للقطاع لكل من العزمين M_x ، M_y على التوالي وتُحدد قيمة β طبقاً لمستوى الحمل R_{ib} للجدول (٦-١٢-أ) أو من الشكل (٦-٢٥-ب)

جدول (٦-١٢-أ) قيم المعامل β

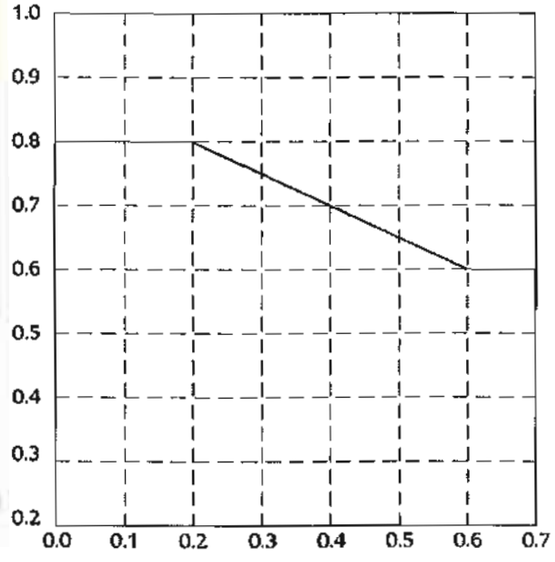
$R_{ib} = \frac{P_u}{f_{cu}.b.a}$	≤ 0.2	0.3	0.4	0.5	≥ 0.6
β	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60

ج. يتم وضع أربعة أسياخ في أركان العمود وتوزع باقي مساحة صلب التسليح بالتساوي على الأوجه الأربعة كما هو موضح في شكل(٦-٢٥-أ).



شكل (٦-٢٥-أ) أعمدة معرضة لعزوم مزدوجة حول محوري القطاع ومتساوية التسليح في جميع الأوجه.

$$\beta = 0.9 - \frac{R_b}{2} \quad \begin{matrix} \geq 0.6 \\ \leq 0.8 \end{matrix}$$



شكل (٦-٢٥-ب) قيمة المعامل β

٢. في حالة القطاعات المستطيلة غير المتساوية التسليح في جميع الأوجه، يمكن أخذ عزم مكافئ حول محور واحد بطريقة تقريبية كما يلي:

أ. في حالة $\left(\frac{M_x}{M'_x} \leq \frac{M_y}{M'_y}\right)$

يؤخذ العزم الأقصى التصميمي M'_y حول محور y طبقاً للمعادلة

$$M'_y = M_y + \beta\left(\frac{M'_y}{M'_x}\right)M_x \qquad \text{Eq. [6-44]}$$

ب. في حالة $\left(\frac{M_x}{M'_x} > \frac{M_y}{M'_y}\right)$

يؤخذ العزم الأقصى التصميمي M'_x حول محور x طبقاً للمعادلة

$$M'_x = M_x + \beta\left(\frac{M'_x}{M'_y}\right)M_y \qquad \text{Eq. [6-45]}$$

حيث: M_x ، M_y هما عزما الانحناء الواقعين على القطاع حول محورx و محورy على التوالي.

M'_x ، M'_y هما عزما الانحناء الأقصيان حول محور واحد والمصاحبان لقوة الضغط المحورية الواقعة على القطاع، ويتم الحصول عليهما كما يلي:

- في حالة قطاعات ذات تسليح متساو على الاربع اوجه يتم استخدام المنحنيات التفاعلية ذات تسليح متساو على الاربع اوجه مرتين للحصول على M_x' & M_y'.
- في حالة قطاعات ذات صلب تسليح متساو على كل وجهين متقابلين في القطاع يتم رسم المنحنى التفاعلي في اتجاه X فقط والذي يحتوي على تأثير جميع الاسياخ في القطاع للحصول على M_x' المناظرة للحمل المحوري الواقع على القطاع ثم رسم منحنى تفاعلي أخر في اتجاه Y فقط والذي يحتوي على تأثير جميع الاسياخ في القطاع للحصول على M_y' المناظرة للحمل المحوري الواقع على القطاع.
- تُحدد قيمة β طبقاً للجدول (٦-١٢-أ) أو من الشكل (٦-٢٥-ب).
- يتم التصميم بهذه الطريقة عن طريق تكرار الحل (iterations) حتى تتحقق المعادلتان (6-44) و(6-45)، ويمكن اعتبار $\frac{M'_x}{M'_y} = \frac{a'}{b'}$ وكذلك $\frac{M'_y}{M'_x} = \frac{b'}{a'}$ كفرض أولى يتم على اساسة حساب نسبة التسليح المبدئية والتي يتم تعديلها.

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

٣. في حالة القطاعات المستطيلة المتساوية التسليح على كل وجهين متقابلين في قطاع العمود (شكل ٦-٢٦) وبشرط أن تكون القيمة $\frac{P_u}{f_{cu}.b.a}$ أقل من أو تساوى ٠,٤٠، يمكن تصميم العمود بطريقة مبسطة لمقاومة القوة المحورية P_u وكل من عزمي الانحناء المعدلين التاليين M'_x ، M'_y كل على حدة كالتالي:

$$M'_x = M_x . \alpha_b \qquad \text{Eq. [6-46a]}$$

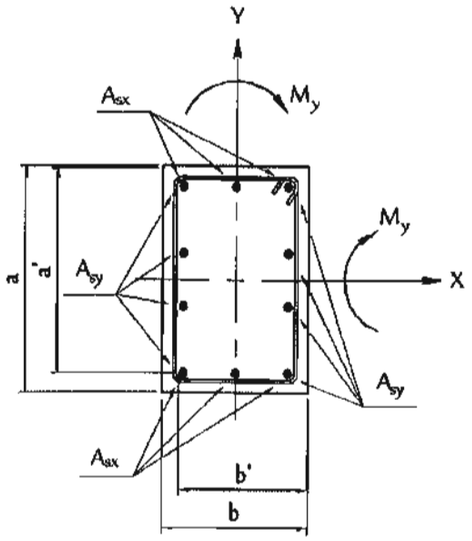
$$M'_y = M_y . \alpha_b \qquad \text{Eq. [6-46b]}$$

حيث تحدد قيمة α_b من الجدول (٦-١٢-ب) عن طريق معرفة مستوى الحمل R_b والقيمة الاصغر من $\left(\frac{M_x}{a'}/\frac{M_y}{b'}\right)$ و $\left(\frac{M_y}{b'}/\frac{M_x}{a'}\right)$ ويتم حساب الحديد في اتجاه x و y من المنحنى التفاعلي الخاص بكل اتجاه على حدة، مع ملاحظة ان الاسياخ الركنية تشترك مناصفة في الاتجاهين، بحيث يصبح إجمالي كمية الحديد طبقاً للمعادلة (6-46-c) و شكل ٦-٢٦.

$$A_{s\,total} = 2A_{sx} + 2A_{sy} \qquad \text{Eq. [6-46c]}$$

جدول (٦-١٢-ب) قيمة المعامل α_b

Smaller of $(M_x/a')/(M_y/b')$ $(M_y/b')/M_x/a')$ / $R_b = P_u/(f_{cu}\, b.a)$	0	0.33	0.5	1
$R_b = 0$	1	0.95	0.9	0.9
$R_b = 0.1$	1	1.20	1.25	1.30
$R_b = 0.2$	1	1.35	1.50	1.75
$R_b = 0.3$	1	1.25	1.35	1.40
$R_b = 0.4$	1	0.95	0.95	0.95



شكل (٦-٢٦) أعمدة معرضة لعزوم مزدوجة حول محوري التحميل وذات تسليح متساوي على كل وجهين متقابلين

٤. يمكن استخدام طريقة كنتور الحمل Load Contour Method للتحقق من الأمان الإنشائي للقطاعات المعرضة لعزوم مزدوجة دون التقيد بتوزيع مُحدد لصلب التسليح بالقطاع. وفي هذه الطريقة يتم حساب منحنى التداخل بين العزوم المزدوجة بمعرفة عزمي الانحناء الأقصيين للقطاع حول محور واحد M'_x ، M'_y والمصاحبين لقوة الضغط المحورية P_u الواقعة على القطاع طبقا للمعادلة التالية:

$$\left(\frac{M_x}{M'_x}\right)^{\alpha_c} + \left(\frac{M_y}{M'_y}\right)^{\alpha_c} \le 1 \qquad \text{Eq. [6-47]}$$

ويتم الحصول على قيمة كل من M'_x ، M'_y **طبقا للبند ٦-٤-٦-٢**

وتُحدد قيمة α_c طبقاً للجدول (٦-١٢-ج) ويعتبر القطاع آمن في حالة تحقق المعادلة رقم(6-47) .

جدول (٦-١٢-ج) قيم المعامل α_c

$P_{u(applied)}/p_u$	≤ 0.40	0.6	0.8	1.0
α_c	1.20	1.25	1.3	1.40

حيث P_u هي مقاومة العمود القصوى تحت تأثير قوي الضغط المحورية ويتم حسابها طبقا للمعادلات (4-12-a) و(4-12-b) أو (4-12-c).

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

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 المقطع الفعلي وذلك إذا لم تزد نسبة النحافة λ_h أو معامل النحافة λ_iعن 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:

$0.25+0.015\,\lambda_i$ Eq. [6-48]

وللأعمدة ذات القطاعات المستطيلة:

$0.25+0.052\,\lambda_b$ Eq. [6-49]

٢. في 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 القصوى 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.

ج. 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 الدائري هو ٢٠٠مم.

و. أكبر مقاس لضلع العمود الذي يوضع به أسياخ في الأركان فقط هو ٣٠٠مم، وإلا يجب وضع أسياخ متوسطة على مسافات أقصاها٢٥٠ مم ويجب ربط الأسياخ بكانات خاصه إذا زادت المسافة بين الأسياخ المتوسطة والأسياخ المربوطة عن ١٥٠مم (شكل ٧-٦-أ) كما يجب ألا يقل عدد الأسياخ الطولية في القطاع الدائري عن ستة أسياخ.

ز. يجب ألا تزيد المسافة بين الكانات في الاتجاه الطولي للعمود على ١٥ مرة قطر أصغر سيخ طولي 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.

ي. 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.

ك. يجب ألا يقل أصغر قطر للكانات الحلزونية عن ٨ مم.

ل. في حالة ما إذا كانت رتبة خرسانة الأعمدة أعلى من رتبة خرسانة السقف بما يعادل ٤٠% فيجب مراعاة أي من الاعتبارات الآتية:

١. أن يتم صب أجزاء السقف حول الأعمدة من خرسانة بنفس رتبة خرسانة الأعمدة مع مراعاة أن تمتد هذه الأجزاء بما لا يقل عن ٦٠٠ مم من أوجه الأعمدة مع أخذ الاحتياطات التي تضمن تمام الربط بين خرسانة هذه الأجزاء وخرسانة السقف المحيطة بها.

٢. أن يتم حساب المقاومة القصوى للأعمدة على أساس الرتبة الأدنى للخرسانة بين كل من خرسانة الأعمدة وخرسانة السقف وبما لا يترتب عليه خفض المقاومة القصوى للأعمدة.

٣. الأعمدة المحاطة جانبياً من أربع جهات بكمرات أو بلاطات ذات أعماق متساوية تقريباً فإنه يمكن حساب المقاومة القصوى للأعمدة اعتمادا على قيمة افتراضية لخرسانة الوصلة بين العمود والسقف تعادل ٧٥ % من خرسانة العمود و٣٥ % من خرسانة السقف.

م. 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 اجهادات 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 لا نقل 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 الطولي بالإضافة إلى قطاعات الصلب الإنشائي أو مواسير أو الأنابيب الصلب كما هو موضح في الشكل (٤-٧-أ ، ب) في الباب الرابع من هذا الكود.

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

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). 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 محورية وفقا للبند ٤-٢-١-٦.

٤. يمكن أخذ التسليح الطولي الموجود داخل القلب الخرساني في الاعتبار عند حساب عزم القصور الذاتي للقطاع الصلب طبقا للعلاقة $I_t = I_{sc} + I_{ss}$.

حيث:

I_t = عزم القصور الذاتي للقطاع الصلب

I_{sc} = عزم القصور الذاتي للتسليح الطولي

I_{ss} =عزم القصور الذاتي للقطاع الصلب حول المحور المركزي.

٥. لحساب نسبة النحافة للقطاع المركب يؤخذ نصف قطر القصور الذاتي (i) طبقاً للمعادلة التالية:

$$i=\sqrt{\frac{\left(\frac{E_c I_g}{5}\right)+E_s I_t}{\left(\frac{E_c A_g}{5}\right)+E_s A_t}}$$

Eq. [6-50]

حيث:

E_c= معاير المرونة للخرسانة وذلك طبقاً للمعادلة (٢-١).

E_s= معاير المرونة للقطاع الصلب.

I_g= عزم القصور الذاتي لكامل القطاع الخرساني حول المحور المركزي مع إهمال التسليح.

٦. لحساب قيمة المعامل EI للقطاع المركب يمكن استخدام المعادلة التالية كبديل للطرق الأكثر دقة.

$$EI=\frac{\left(\frac{E_c I_g}{5}\right)}{1+\beta_{dns}}+E_s I_t$$

Eq. [6-51]

حيث:

β_{dns}= نسبة الحمل الدائم إلى الحمل الأقصى (لا تزيد عن ١,٠).

٦-٤-٨-٢ القطاعات المركبة من صلب محيط لقلب خرساني

١. يجب ألا يقل سمك الصلب المغلف للقلب الخرساني عن:

أ. غلاف من الصلب ذو قطاع مستطيل

$$t_{min} \geq b\sqrt{\frac{f_y}{3E_s}}$$

Eq. [6-52]

وتحسب لكل وجه على حدة كما هو موضح بشكل ٦-٢٧-أ

ب. غلاف من الصلب ذو قطاع دائري

$$t_{min} \geq D\sqrt{\frac{f_y}{8E_s}}$$

Eq. [6-53]

٦-٤-٨-٣ القطاعات المركبة ذات قطاعات من صلب محاطة بقطاع من الخرسانة المسلحة

١. يتم حساب المقاومة القصوى للقطاعات المركبة ذات قطاعات من صلب محاطة بقطاع الخرسانة المسلحة المعرضة لقوى محورية بالإضافة إلى عزوم بسيطة قيمتها أقل من $P_u.e_{min}$ طبقا للبند ٤-٢-١-٦-٣.

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. وتنقسم الحوائط الخرسانية إلي: -

أ. حوائط خرسانية مسلحة.

ب. حوائط خرسانية تعتبر في حكم غير المسلحة.

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.

ج. حوائط غير حاملة معرضة لها بالإضافة إلى القوى الأفقية.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

٣. يعتبر الحائط مقيداً جانبياً إذا كان المبني مقيداً جانبياً طبقاً للبند (٦-٤-٢) وتكون الحوائط مصممة لتحمل ٢,٥% من إجمالي الاحمال الرأسية للمبنى كأحمال افقية.

٤. الحوائط المستخدمة كجزء من النظام الإنشائي المقاوم للزلازل تنطبق عليها الاشتراطات الواردة في بند (٦-٨-٣).

٦-٥-٢ الحوائط الخرسانية المسلحة

د. تُصمم الحوائط الخرسانية المسلحة المعرضة لأحمال محورية مصحوبة أو غير مصحوبة بعزوم انحناء طبقاً للبند (٦-٥-٢-١).

٦-٥-٢-١ تصميم الحوائط الخرسانية المسلحة

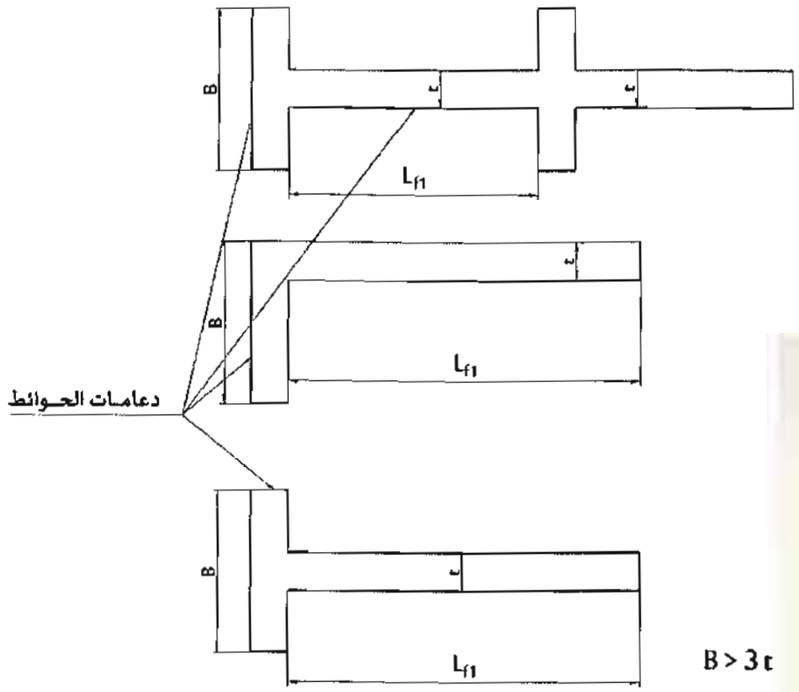
يمكن تصميم الحوائط الخرسانية المسلحة بأي من الطريقتين الموضحتين بالبندين (٦-٥-٢-١-١)، (٦-٥-٢-١-٢).

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).

ج. في حالة وجود دعامات أفقية للحائط تحت الاعتبار كما هو مبين بالشكل (٦-٢٧)، 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 (٦-٢٧) مسقط أفقي يبين الدعامات الأفقية للحوائط النحيفة

جدول (٦-١٣-أ) نسبة النحافة القصوى للحوائط القصيرة

حالة الحائط	نسبة النحافة λ_t
مقيد جانبياً	15
غير مقيد جانبياً	10

جدول (٦-١٣-ب) نسبة النحافة القصوى للحوائط النحيفة

حالة الحائط	نسبة النحافة القصوى λ_t
مقيد جانبياً	40 بنسبة تسليح <١%
مقيد جانبياً	45بنسبة تسليح ≤١%
غير مقيد جانبياً	30

ويُحدد الطول الفعال ($H_e = k H$) كما يلي:

١. في حالة وجود أكثر من دعامة أفقية على طول الحائط، تؤخذ قيمةk كالتالي:

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

$$\frac{H}{L_{f2}} < 0.5 \qquad k = 1.0 \qquad \text{Eq. [6-54-a]}$$

.٢

$$0.5 \le \frac{H}{L_{f2}} \le 1.0 \qquad k = 1.5 - \frac{H}{L_{f2}} \qquad \text{Eq. [6-54-b]}$$

.٣

$$\frac{H}{L_{f2}} > 1.0 \qquad k = \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{H}{L_{f2}}\right)^2\right)} \qquad \text{Eq. [6-54-c]}$$

حيث:

H= الارتفاع الصافي للحائط

L_{f2}= متوسط المسافة الأفقية الصافية بين الدعامات الأفقية

٤. في حالة وجود حائط تدعيم واحد، تؤخذ قيمة k كالتالي:

$$\frac{H}{L_{f1}} < 1.0 \qquad k = 1.0 \qquad \text{Eq. [6-55-a]}$$

$$k = 1.0 - 0.423\left(\frac{H}{L_{f1}} - 1\right) \qquad 1.0 \le \frac{H}{L_{f1}} \le 2.0 \qquad \text{Eq. [6-55- b]}$$

$$\frac{H}{L_{f1}} > 2.0 \qquad k = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + 0.5\left(\frac{H}{L_{f1}}\right)^2\right)}} \qquad \text{Eq. [6-55-c]}$$

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 الخرساني 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 قلب القطاع (core).

ب. ألا تقل نسبة التسليح في الحائط عن المذكور في البند (٦-٥-٢-٢).

ج. 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:

$$P_u = 0.8\left[0.35 f_{cu} A_c \left(1 - \left(\frac{k.H}{32t}\right)^2\right)\right] \qquad \text{Eq. [6-56]}$$

حيث:

A_c= مساحة القطاع الخرساني 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 كلهما (العلوي و/والسفلى)

١,٠٠ للحائط حر الدوران عند كل من طرفيه العلوي والسفلي

٢,٠٠ للحائط حر الحركة الأفقية المتعامدة على مستوي الحائط

t = سمك الحائط

٦-٥-٢-٢ أدني وأقصي نسبة تسليح

يجب وضع صلب تسليح في الحائط على هيئة شبكتين على وجهي الحائط وتُحدد نسب التسليح الرأسي والأفقي طبقاً للبندين (٦-٥-٢-١-١)، (٦-٥-٢-٢-٢).

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1964

٦-٥-٢-٢-١ التسليح الرأسي

تُحدد نسبة التسليح الرأسي الكلية بحيث يمكن التحكم في التشرخ. ويُحدد الجدول (٦-١٤) نسب صلب التسليح الرأسي الكلى 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 الرأسي الكلى μ تساوى ٠,٨٠ % في حالة الصلب العادي ، ٠,٤٥ % في حالة الصلب عالي المقاومة.
- عندما يكون القطاع الخرساني معرضاً بأكمله لإجهادات ضغط تكون أدنى نسبة للتسليح الرأسي الكلى μ تساوى ٠,٤٠ % .
- عندما يكون القطاع الخرساني معرضاً لعزوم انحناء تكون أدنى نسبة للتسليح الرئيسي للقطاع ناحية الشد ٠,٢٥ % في حالة الصلب العادي، ٠,١٥ % في حالة الصلب عالي المقاومة على الا تقل نسبة التسليح الرأسي الكلى عن ٠,٤٠% .

جدول (٦-١٤) أدنى نسبة مئوية للتسليح الرأسي للحوائط

الحالة	أدنى نسبة مئوية لصلب التسليح	
	$f_y = 240$ N/mm²	$f_y = 400$ N/mm²
♦ القطاع معرض بأكمله لإجهادات شد(إجمالي الوجهين)	0.80	0.45
♦ القطاع معرض بأكمله لإجهادات ضغط (إجمالي الوجهين)	0.40	0.40
♦ القطاع معرض لعزوم انحناء (التسليح جهة الشد) بشرط الا يقل المجموع عن ٠,٤٠%	0.25	0.15

٦-٥-٢-٢-٢ التسليح الأفقي

يعمل التسليح الأفقي على احتواء الصلب الرأسي من الخارج في الحوائط المعرضة لضغط ويكون الحد الأدنى لمساحة صلب التسليح الأفقي الكلى كالتالي:

- 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 (fy = 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 الرأسي أكبر من ١ % من مساحة القطاع أو كانت الاجهادات الواقعة على الحائط كلها اجهادات ضغط 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 على جانبي الحائط مخترقاً سمك الحائط بواقع أربع نقاط على الأقل في المتر المسطح.
- يجب ألا تزيد المسافة بين التسليح الأفقي على ١٥ مرة قطر السيخ الرأسي أو ٢٠٠ مم أيهما أصغر.

٦-٥-٢-٣ الغطاء الخرساني لصلب التسليح

تُحدد أقل قيمة للغطاء الخرساني لصلب التسليح طبقاً للبند (٢-٣-٤-٤) والبند (٤-٣-٢-٣- ب).

٦-٥-٢-٤ حساب تأثير القوى على الدعامات العرضية

في حالة إذا كانت الحوائط مرتكزة افقيا على دعامات عرضية 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.

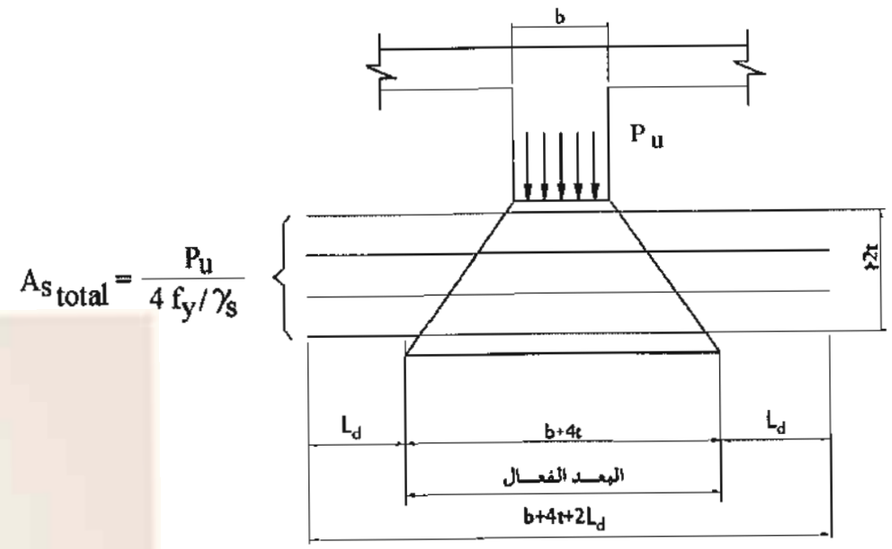
ب. (٢,٥٠) % من مجموع القوى الرأسية التصميمية القصوى عند مكان الدعامة.

٦-٥-٢-٥ الأحمال المركزة على 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 (٦-٢٨) 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 في التصميم حوائط غير مسلحة، ويجب ألا تقل نسب التسليح بها عما هو وارد في البند (٦-٥-٣-٧) كما يجب ألا يقل سمكها عن ١٢٠ مم.



$$As_{total} = \frac{P_u}{4\, f_y/\gamma_s}$$

حيث t هو البعد الفعال

شكل (٦-٢٨) التسليح الإضافي عند أماكن الأحمال المركزة في الحوائط

٦-٣-٥-١ 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 (م١-١) للقطاع الخرساني بدون تسليح قص تحت تأثير أي حالة من حالات التحميل الأساسية والثانوية أو ما ينتج 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 (٦-٥٦).

٦-٣-٥-٢ حدود النحافة

في جميع الحالات يجب ألا تزيد النحافة القصوى ($\lambda_t = H_e/t$) للحائط الخرساني الذي يُعتبر في حكم غير المسلح على ٣٠، حيث t هو البعد الأصغر للمقطع المستعرض للحائط، H_e الارتفاع الفعال للحائط طبقاً لبند (٦-٤-٥-١).

٦-٣-٥-٣ الحدود الدنيا للامركزية الأحمال

يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند التصميم لامركزية للأحمال لا تقل عن 0.05t أو ٢٠ مم أيهما أكبر.

٦-٣-٥-٤ 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.

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

تُحسب قيمة هذه اللامركزية باستعمال قواعد الإستاتيكا.

٦-٣-٥-٦ المقاومة للقص

يمكن التجاوز عن حساب مقاومة القص للحوائط التي تعتبر في 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^2.

٦-٣-٥-٧ أدنى نسبة تسليح في الحوائط الخرسانية التي تعتبر في حكم غير المسلحة

يتطلب الأمر تزويد الحوائط الخرسانية التي تعتبر في 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).

في الحوائط التي بها فتحات يجب ألا يقل صلب التسليح على كل من جانبي الفتحة عن نصف مساحة الصلب غير المستخدم بسبب الفتحة لهذا الاتجاه وبحيث لا يقل هذا الصلب عن سيخين قطر ١٦مم في حالة الصلب الطري أو سيخين قطر ١٢مم في حالة الصلب عالي المقاومة ويجب وضع صلب التسليح على جانبي الحائط إذا زاد السمك عن ١٥٠مم.

٦-٦ وصلات الكمرات والأعمدة المصبوبة ميليثيا

(Monolithic Beam-Column Connections)

تعرف الوصلة بين الكمرة والعمود بأنها الجزء من العمود الذي يقع داخل عمق الكمرة التي تتقاطع مع العمود.

٦-٦-١ أنواع الوصلات

يمكن تصنيف وصلات الكمرات والأعمدة المصبوبة ميليثيا طبقا لطبيعة الأحمال إلى نوعين كالآتي:

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

وصلات نوع (I): وهي وصلات الكمرات و الأعمدة في الإطارات التي يتم تصميمها بدون أي متطلبات خاصة للممطولية والتي تنقل العزوم وقوى القص الناتجة عن الأحمال الرأسية والأحمال الأفقية نتيجة الرياح وأي أحمال أخرى عدا الأحمال الناتجة عن الزلازل. ويتم تصميم هذه النوع من الوصلات طبقا للبند (٦-٦-٢) أو بطريقة نموذج الضاغط والشداد (بند ٦-١١).

وصلات نوع (II): وهي وصلات الكمرات والأعمدة في الإطارات التي يتم تصميمها بمراعاة متطلبات خاصة للممطولية والتي تنقل العزوم وقوى القص الناتجة عن الأحمال الرأسية والأحمال الأفقية نتيجة الزلازل. ويتم تصميم هذه النوع من الوصلات طبقا للبندين (٦-٦-٢) ، (٦-٨-٢-٣-٣).

٦-٦-٢ تصميم الوصلات

١. القوي المؤثرة على الوصلة هي تلك الناتجة من حالات التحميل المختلفة والتي تعطي أقصي إجهادات عند وجه العمود كما هو موضح بالشكل (٦-٢٩- أ) والشكل (٦-٢٩-ب).

٢. يتم استخدام معامل خفض المقاومة المناسب (γ_c و γ_s) طبقا للبند (٣-٢-١-٢) وذلك عند تصميم الوصلات بين الأعمدة والكمرات.

٣. يتم حساب قوي القص التصميمية القصوى المؤثرة على الوصلة (Qu_{jh}) بفرض تولد عزوم انحناء بإشارتين مختلفتين على نهايتي الكمرات والأعمدة كما هو مبين في الشكل (٦-٢٩-أ) والشكل (٦-٢٩-ب).

٤. يتم حساب قوة القص التصميمية القصوى المؤثرة على الوصلة (Qu_{jh}) لحالة وصلة داخلية كما بالشكل (٦-٢٩-أ) بحيث تكون القيمة الأكبر الناتجة من المعادلتين التاليتين:

$$Q_{ujh}=\frac{A_{sUR}\lambda f_y}{\gamma_s}+\frac{A_{sLL}\lambda f_y}{\gamma_s}-Q_{uCol} \quad \text{Eq. [6-57a}$$

$$Q_{ujh}=\frac{A_{sUL}\lambda f_y}{\gamma_s}+\frac{A_{sLR}\lambda f_y}{\gamma_s}-Q_{uCol} \quad \text{Eq. [6-57b]}$$

حيث:

f_y = الإجهاد الخضوع لصلب التسليح العلوي والسفلي والمعرض الى شد.

λ = معامل تكبير الإجهاد في صلب التسليح ويؤخذ مساويا 1.0 لوصلات نوع (I) ويؤخذ مساويا 1.25 لوصلات نوع (II).

A_{sUR}, A_{sLR} = مساحة صلب التسليح العلوي والسفلي على يمين الوصلة الداخلية.

A_{sUL}, A_{sLL} = مساحة صلب التسليح العلوي والسفلي على يسار الوصلة الداخلية.

Q_{uCol} = قوة القص التصميمية القصوى الحاكمة بالعمود أعلى أو أسفل الوصلة والمبينة في الشكلين (٦-٢٩ – أ) و (٦-٢٩ – ب).

كما يتم حساب قوة القص التصميمية القصوى المؤثرة على الوصلة (Qu_{jh}) لحالة وصلة خارجية كما بالشكل (٦-٢٩-ب) بحيث تكون القيمة الأكبر الناتجة من المعادلتين التاليتين:

$$Q_{ujh}=\frac{A_{sUR}\lambda f_y}{\gamma_s}-Q_{uCol} \quad \text{Eq. [6-57a]}$$

$$Q_{ujh}=\frac{A_{sLR}\lambda f_y}{\gamma_s}-Q_{uCol} \quad \text{Eq. [6-57b]}$$

حيث:

A_{sUR}= مساحة التسليح العلوي في الوصلة الخارجية.

A_{sLR}= مساحة التسليح السفلي فى الوصلة الخارجية.

٥. يتم حساب تأثير قوي القص على الوصلة بين العمود والكمرات في كل اتجاه على حده كما هو موضح بالشكل (٦-٢٩-أ) والشكل (٦-٢٩-ب).

٦. يمكن حساب العرض الفعال للوصلة (b_j) كما هو موضح بالشكل (٦-٣٠) علي أنه القيمة الأصغر مما يلي:

- مجموع عرض الكمرة b وعرض العمود c_2 ($bj = b + c_2$).
- مجموع عرض الكمرة b وضعف البعد العمودي الأصغر x مقاسا من وجه الكمرة إلى حافة العمود ($b_j=b+2x$).
- يتم حساب مساحة القطاع الفعال A_j خلال منطقة اتصال العمود بالكمرة وهي المساحة التي تقاوم القص في الاتجاه تحت الاعتبار كما هو موضح في الشكل (٦-٣٠). وأبعاد القطاع الفعال هو العمق الكلى للعمود (c_2) والعرض الفعال للوصلة (bj) الذي تم حسابه سابقا. ($A_j = c_2 \times bj$).

٧. يجب ألا تزيد قوي القص التصميمية القصوى المؤثرة على الوصلة (Q_{ujh}) عن قيمة أقصي قوة قص تتحملها الوصلة ($Q_{uj\,max}$) والمحسوبة من المعادلة التالية:

$$Q_{Ujmax} \le k_j A_j \sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_C}} \quad \text{Eq. [6-58]}$$

حيث:

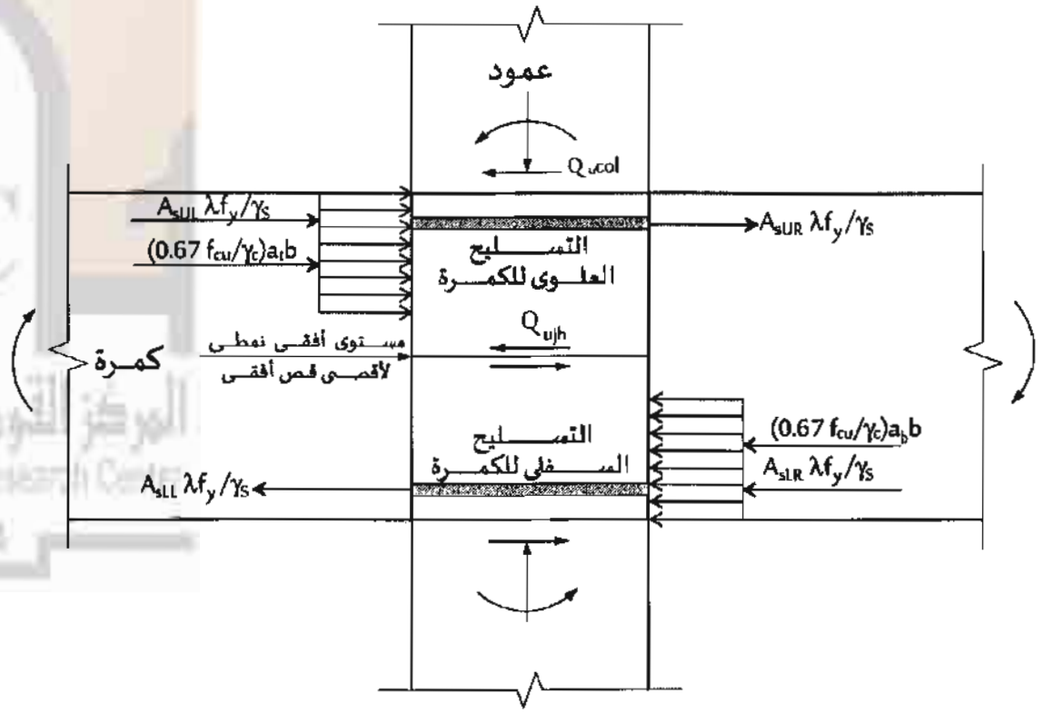
A_j = مساحة القطاع الفعال خلال منطقة اتصال العمود بالكمرة

k_j = معامل درجة الإحاطة للوصلة ويعتمد على الكمرات المحيطة بها كما في الجدول رقم (٦-١٥)، ولكي تعتبر الوصلة محصورة بكمرة يجب ألا تقل مساحة الكمرة عن ٠.٧٥ من مساحة وجه الوصلة المقابل للكمرة.

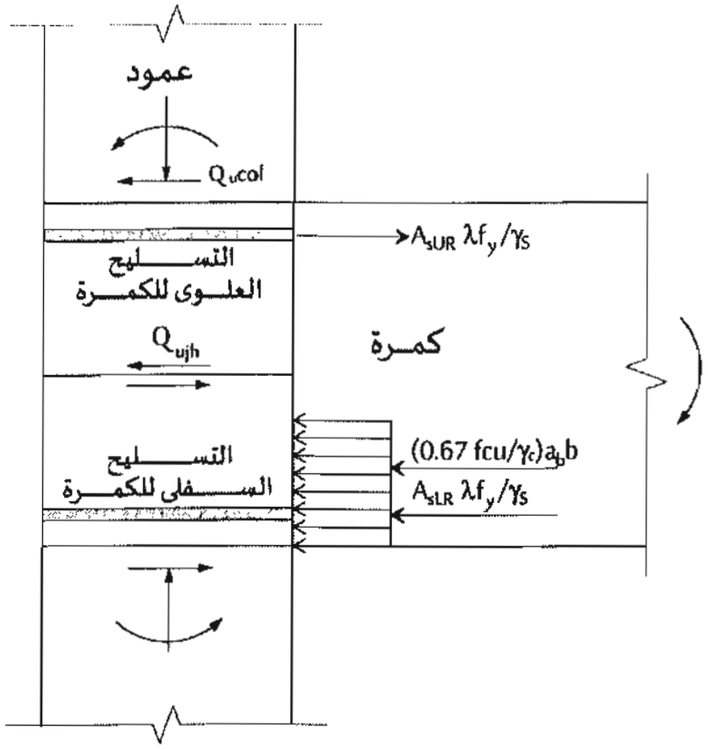
٨. يجب استيفاء اشتراطات وصلات الكمرات والاعمدة للإطارات ذات الممطولية المحدودة الواردة بالبند (٦-٨-٢-٢-٤) وكذلك استيفاء اشتراطات وصلات الأعمدة والكمرات للإطارات ذات الممطولية الكافية الواردة بالبند (٦-٨-٢-٣-٣)

جدول (٦-١٥) معامل درجة الاحاطة للوصلات (k_j)

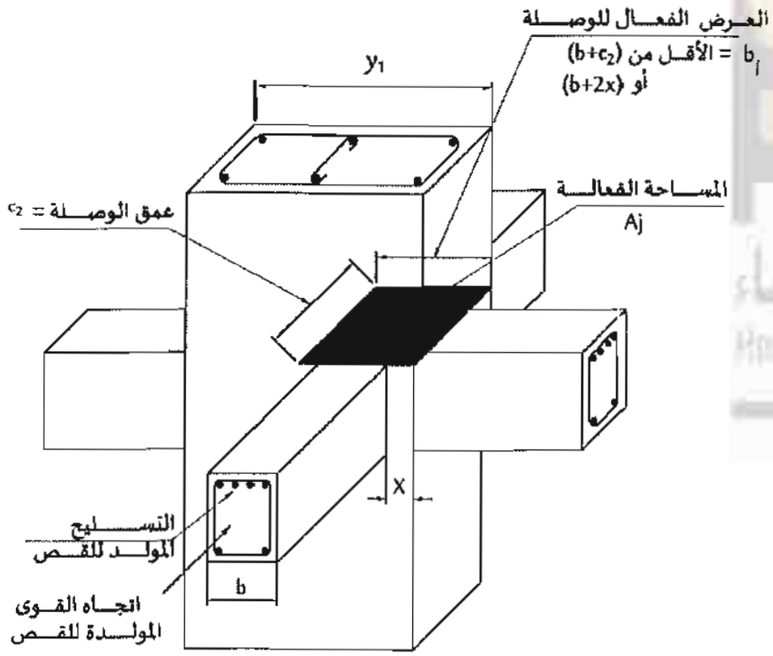
كيفية الاتصال مع العناصر الانشائية المحيطة بالوصلة	نوع الوصلة	
	(I)	(II)
وصلات ذات أعمدة مستمرة		
١- وصلات محصورة من أربع جهات	2.0	1.6
٢- وصلات محصورة من ثلاث جهات	1.6	1.2
٣- جميع حالات الوصلات الأخرى	1.2	0.9
وصلات ذات أعمدة غير مستمرة (أسطح نهائية)		
١- وصلات محصورة من أربع جهات	1.6	1.2
٢- وصلات محصورة من ثلاث جهات	1.2	0.9
٣- جميع حالات الوصلات الأخرى	0.9	0.6



شكل رقم (٦-٢٩- أ) القوى المؤثرة علي وصلة داخلية



شكل رقم (٦-٢٩- ب) القوى المؤثرة على وصلة خارجية



شكل رقم (٦-٣٠) المساحة الفعالة A_j لوصلة الكمرة والعمود

٦-٧ الأساسات Foundation

٦-٧-١ اعتبارات عامة

١- تحدد مساحة القواعد أو عدد الخوازيق وتوزيعها باستخدام أحمال التشغيل، وبحيث لا تتعدى الإجهادات على التربة أو أحمال الخوازيق القيم المسموح بها، وكذلك التأثيرات الناتجة عن فروق الهبوط المحسوبة طبقاً لاشتراطات الكود المصري لميكانيكا التربة والأساسات.

٢- يجب استيفاء الحد الادنى لصلب التسليح جهة الشد بحيث لا تقل نسبة التسليح عن ٠,٢٥% من مساحة القطاع الخرساني في حالة استعمال صلب التسليح الطري، وفى حالة استخدام صلب عالي المقاومة يتم تخفيض هذه النسب بقيمة النسبة بين إجهادي الخضوع على ألا يقل عن ٠,١٥% من مساحة القطاع الخرساني الفعلي، وبحد ادني عدد ٥ اسياخ قطر ١٢ مم في المتر وللأساسات الشريطية يمكن استخدام اسياخ قطر ١٠ مم.

٣- الحد الأدنى لمساحة مقطع تسليح الانكماش والحرارة (وهو تسليح عمودي على صلب تسليح الشد وفي مستواه) هو ٢٠% من مساحة التسليح الرئيسي وبحد ادني ٠,١٠% من مساحة القطاع الخرساني.

٤- يتم حساب العزوم وقوى القص في القواعد المرتكزة على خوازيق (هامات الخوازيق) باعتبار أن حمل الخازوق يؤثر في مركزه.

٥- يجب ألا يقل سمك القواعد المسلحة المنفصلة أو المتصلة عن ٣٠٠مم ولايقل سمك هامات الخوازيق عن ٤٠٠مم؛ على ألا يقل السمك في الحالتين عن البعد الأصغر لقطاع العمود وبحيث يفي باشتراطات إجهادات القص وفقا لاشتراطات البند (٤-٢-٢-١) والقص الثاقب وفقا لاشتراطات البند (٤-٢-٢-٣).

٦-٧-٢ القواعد والهامات المنفصلة

٦-٧-٢-١ عام

يمكن اعتبار إجهادات التربة أو أحمال تشغيل الخوازيق موزعة توزيعاً منتظماً في 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 لامركزي.

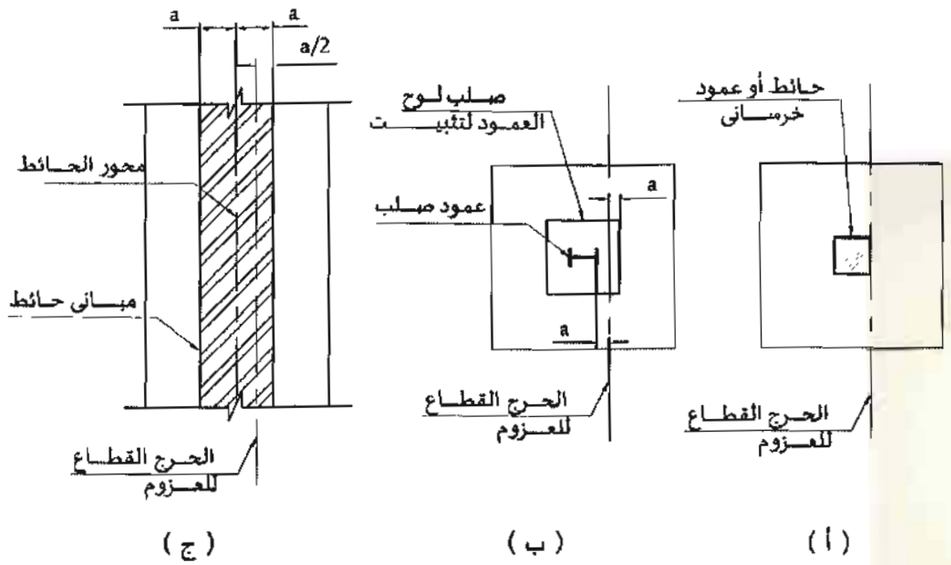
٦-٧-٢-٢ تصميم القواعد والهامات لمقاومة عزوم الانحناء

٦-٧-٢-٢-١ يتم تصميم قطاعات الأساسات تحت تأثير عزوم الانحناء وفقاً لاشتراطات التصميم بنظرية حالات الحدود (بند ٤-٢-١) أو نظرية المرونة طبقا لما هو وارد بالملحق رقم (١).

٦-٧-٢-٢-٢ تؤخذ القطاعات الحرجة لعزوم الانحناء على أساس أخذ قطاع رأسي يمر بالقاعدة عند:

- وجه العمود أو وجه الحائط الخرساني المتصل بالقاعدة شكل (٦-٣١-أ).

- عند منتصف المسافة بين حافة العمود وحافة اللوح الصلب المرتكز على القاعدة الخرسانية أسفل العمود شكل (٦-٣١-ب).
- عند منتصف المسافة بين منتصف وحافة حائط المباني المرتكزة على القاعدة شكل (٦-٣١-ج).



شكل (٦-٣١) القطاعات الحرجة لعزوم الانحناء

٦-٧-٢-٢-٣ تُحسب عزوم الانحناء عند القطاعات الحرجة بأخذ عزوم جميع القوى المؤثرة على القاعدة على جانب واحد من القطاع الحرج.

٦-٧-٢-٢-٤ يوزع تسليح القواعد مربعة الشكل توزيعاً منتظماً على كامل عرض القاعدة في الاتجاهين ويمكن توزيعه طبقا لمنحنى عزوم الانحناء.

٦-٧-٢-٢-٥ يوزع تسليح القواعد مستطيلة الشكل طبقاً لمنحنى عزوم الانحناء ويمكن توزيعه كما بشكل (٦-٣٢) طبقا لما يلي:

- يوزع التسليح توزيعاً منتظماً في الاتجاه الطويل للقاعدة.
- يفضل ان يتم تركيز التسليح (A_{sm}) في الاتجاه القصير في مسافة متمركزة مع العمود وتساوي البعد القصير للقاعدة أو طول قطاع العمود الموازي لاتجاه القاعدة الطويل مضافاً إليه سمكها أيهما أكبر شكل (٦-٣٢)، ويتم تحديد نسبة صلب التسليح المركز في منطقة التمركز A_{sm} إلى إجمالي التسليح في الاتجاه القصير A_s بالمعادلة التالية:

$$\frac{A_{sm}}{A_s} = \frac{2}{\left[\left(\frac{A}{B'}\right)+1\right]} = 2B'/(A+B') \qquad \text{Eq. [6-59]}$$

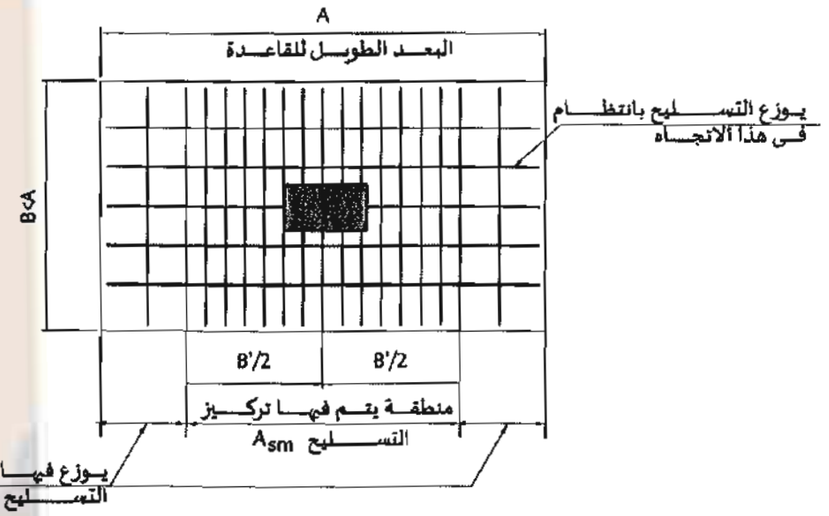
حيث:

A = هو البعد الطويل للقاعدة

B = البعد القصير للقاعدة

B′ = هو البعد القصير للقاعدة أو طول قطاع العمود (في الاتجاه A) مضافاً إليه سمك القاعدة أيهما أكبر.

٦-٧-٢-٢-٦ لا يلزم في الاحوال العادية وما لم يتطلب الامر ذلك -وضع صلب تسليح علوي للانكماش والحرارة في القواعد المنفصلة، إلا أنه يجب وضع صلب تسليح علوي للانكماش والحرارة في الهامات المنفصلة للخوازيق. مع مراعاة تطبيق ما ورد بالبند ٦-٧-٤



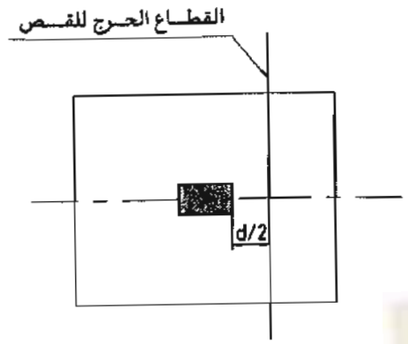
شكل (٦-٣٢) توزيع صلب التسليح في القواعد المستطيلة

٦-٧-٢-٣ تصميم القواعد وهامات الخوازيق لمقاومة قوى القص وقوى القص الثاقب

٦-٧-٢-٣-١ 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).

٦-٧-٢-٣-٢ تؤخذ القطاعات الحرجة للقص وفقاً لاشتراطات البند (٤-٢-٢-١-١) والشكل (٦-٣٣-أ).

٦-٧-٢-٣-٣ تؤخذ القطاعات الحرجة للقص الثاقب وفقاً للبند (٤-٢-٢-٣) والشكل (٦-٣٣-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).



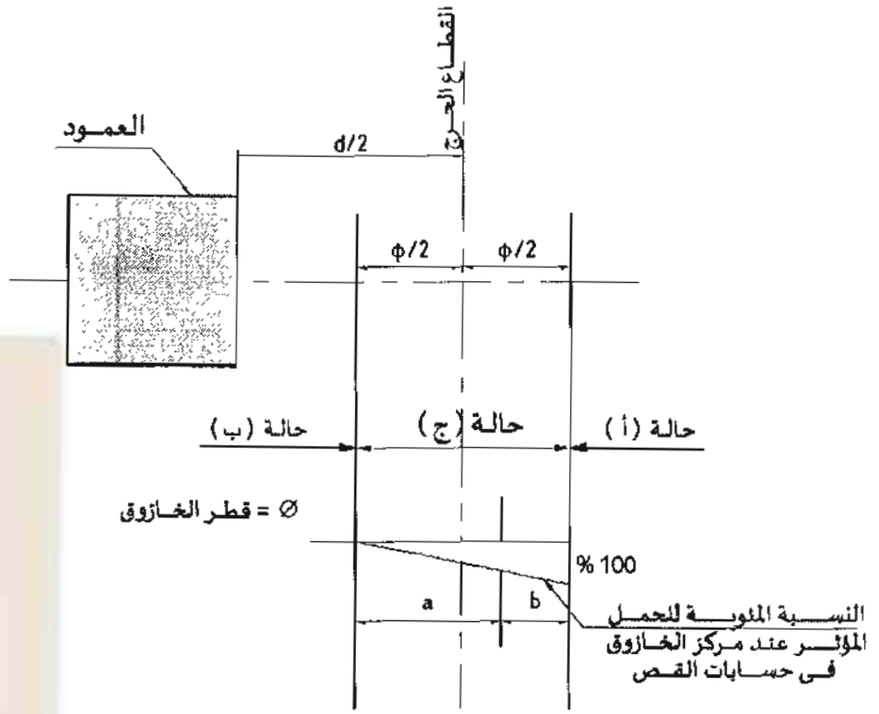
أ- القطاع الحرج للقص في حالة الأساسات السطحية

ب- القطاع الحرج للقص الثاقب

شكل (٦-٣٣) القطاعات الحرجة للقص والقص الثاقب

٦-٧-٢-٣-٤ يتم حساب إجهادات القص في هامات الخوازيق وفقاً لما يلي:

- يؤخذ كامل رد فعل الخازوق في حسابات القص إذا ما وقع مركز الخازوق على مسافة أكبر من أو تساوي نصف قطر الخازوق خارج القطاع الحرج –حالة (أ) في شكل (٦-٣٤).
- 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 (٦-٣٤).
- في الحالات التي تقع بين الحالتين السابقتين يتم أخذ مقدار تناسبي وفقاً لمتغير خطى بين الحالتين السابقتين –حالة (ج) في شكل (٦-٣٤).



شكل (٦-٣٤) حمل الخازوق المؤثر عند حساب القص في هامات الخوازيق (حالات الخوازيق أ –ب –جـ) بند (٦-٧-١-٣)

٦-٧-٢-٤ تصميم هامات الخوازيق بطريقة الجمالون الفراغي(نموذج الضاغط والشداد Strut and Tie Model)

٦-٧-٢-٤-١ يمكن في تصميم الهامات المرتكزة على خوازيق استخدام طريقة الجمالون المستوى أو الفراغي بحيث تمتد أضلاعه المضغوطة من مركز التحميل إلى نقاط تقاطع مراكز الخوازيق مع أعضاء الشد ويمثلها صلب التسليح بين الخوازيق.

٦-٧-٢-٤-٢ 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.

٦-٧-٢-٤-٣ يمكن استخدام طريقة الضاغط والشداد في تصميم الأساسات والهامات طبقاً لبند (٦-١١).

٦-٧-٣ القواعد المشتركة وأساسات اللبشة

٦-٧-٣-١ يتم تصميم القواعد المشتركة تبعاً للجساءة النسبية بين الأساسات والتربة. ولا يسمح بتحليل القواعد المشتركة واللبشة باستخدام تحليل بلاطات الأسقف الوارد في البند (٦-٢) أو باستخدام تحليل البلاطات اللاكمرية الوارد في البند (٦-٢-٥)،كما لا يُسمح باستخدام تحليل الكمرات الوارد في البند (٦-٣).

٦-٧-٣-٢ تُعتبر القواعد المشتركة وأساسات اللبشة جاسئة ويكون توزيع الإجهادات أسفلها خطيا إذا توافر أي من الشرطين التاليين:

أ. الجساءة النسبية K_r أكبر من أو تساوى ٠,٥٠، وتحدد الجساءة النسبية من المعادلة التالية:

$$K_r = \frac{E_c . I_B}{E_{soil} . b^3}$$ Eq. [6-60a]

حيث:

E_c = معاير مرونة الخرسانة

I_B = عزم القصور الذاتي (للأساس أو للأساس والإطارات وحوائط القص) للوحدة من طول الشريحة

E_{soil} = معاير مرونة التربة

b = عرض الشريحة

ب. متوسط المسافة بين أي عمود والأعمدة المجاورة له في الاتجاهين تكون أقل من $\frac{1.75}{\beta}$ حيث β معامل يحدد من العلاقة التالية:

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K . b}{4E_c . I}}$$ Eq. [6-60b]

توضع الرموز بوحدات نيوتن والمتر

حيث:

K = معامل ونكلر لرد فعل التربة مع الأخذ في الاعتبار أبعاد القاعدة ونوعية التربة

$E_c.I$ = جساءة الانحناء لمقطع الشريحة

ويتم التحليل الإنشائي بحيث يفي بالشروط الخاصة باتزان الأحمال مع رد فعل التربة.

٦-٧-٣-٣ تُعتبر القواعد المشتركة وأساسات اللبشة مرنة إذا لم تتوافر الشروط الواردة في البند (٦-٧-٣-٢)، ويتم تحليل القواعد المشتركة واللبشة باعتبارها بلاطة مرنة ترتكز على أساس ونكلر أو على أساس وسط مرن نصف لا نهائي وباعتبار الخواص الفعلية للتربة بعد تعيينها معملياً أو حقلياً؛ على أنه يجب أن يكون التصميم مستوفياً الشروط الخاصة بالاتزان وتوافق الانفعالات.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

٦-٧-٤ البلاطات الخرسانية المرتكزة على التربة Concrete slabs on grade

٦-٧-٤-١ عام

- 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 يلي:

أ. بلاطات منفصلة من الخرسانة العادية بدون تسليح.

ب. بلاطات منفصلة أو متصلة من الخرسانة مثل البند (أ) ولكنها تحتوي على تسليح مقاوم لإجهادات الشد نتيجة للحرارة والانكماش.

ج. بلاطات منفصلة أو متصلة خرسانية مسلحة تسليحا فعالا لمقاومة العزوم وقوى الشد الناشئة عن الأحمال الواقعة عليها (Structurally 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 ((Continuously reinforced concrete slabs on grade

- يتم ترتيب أماكن الفواصل بين البلاطات المنفصلة طبقا للبند (٩-٦-٧).
- يراعى في جميع الأحوال تحقيق اشتراطات المقاومة والتشغيلية فضلا عن سلامة السطح من الشروخ التي قد تؤثر على الاستخدام في الأحوال التي تتطلب ذلك.

٦-٧-٤-٢ البلاطات الخرسانية بدون تسليح

- يحدد سمك البلاطات الخرسانية من النوع (أ) بحيث لا تتعدى إجهادات الشد بالخرسانة إجهاد حد تشرخها وفقا للبند (٤-٣-٢-٧) وذلك تحت تأثير الأحمال الواقعة عليها مباشرة أو المنقولة لها من عناصر إنشائية أخرى.

٦-٧-٤-٣ البلاطات الخرسانية المحتوية على تسليح للانكماش والحرارة

- يحدد سمك البلاطات الخرسانية من النوع (ب) بحيث لا تتعدى إجهادات الشد بالخرسانة 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 في النوع (ب)؛ يستخدم صلب تسليح (طولي وعرضي) موزع يوضع عموما في منتصف سمك البلاطة أو في نصفها العلوي، ويتم تحديد نسبة صلب التسليح المطلوبة من طريقة subgrade drag method (الاحتكاك مع التربة) باعتبار:

$$\mu = \mu_f \, \omega \, L/(2f_s) \qquad \text{Eq. [6-61a]}$$

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 قيمته 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 عالي المقاومة أو ٠,٢٥% للصلب الطري العادي، وبحد أدنى ٥ أسياخ قطر ١٠ مم في المتر في الاتجاهين

٦-٧-٤-٤ 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 وبوضع جهة الشد.
- يتم التصميم باستخدام طريقة المقاومة القصوى لتصميم القطاعات الخرسانية مع استيفاء متطلبات التشغيل، ولا تقل نسبة صلب التسليح في هذه البلاطات عن:

$$\mu = 0.3\frac{f_{ctr}}{f_y} \qquad \text{Eq. [6-61b]}$$

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 عالي المقاومة أو ٠,٢٥% للصلب الطري العادي بحد أدنى ٥ أسياخ قطر ١٠ مم في المتر في الاتجاهين.
- في جميع الأحوال تراعى الاشتراطات الخاصة بصب وتنفيذ ومعالجة هذه النوعية من البلاطات المرتكزة على التربة وترتيب الفواصل بينها.

٦-٧-٥ الأساسات المعرضة لأحمال الزلازل

٦-٧-٥-١ القواعد وأساسات اللبشة وهامات الخوازيق

٦-٧-٥-١-١ 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.

٦-٧-٥-١-٢ 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.

٦-٧-٥-١-٣ في القواعد أو في هامات الخوازيق التي ترتكز عليها أعمدة قد تتعرض لقوى شد نتيجة الزلازل يجب وضع تسليح علوي لمقاومة عزوم الانحناء للقوى الناتجة.

٦-٧-٥-٢ الميدات والبلاطات المرتكزة على التربة

٦-٧-٥-٢-١ تصمم الميد على أساس أنها جزء من العناصر الإنشائية المقاومة للأحمال الجانبية الناتجة عن الزلزال بحيث تفي 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.

٦-٧-٥-٢-٢ يسري البند (٦-٧-٤-٢-١) على البلاطات المرتكزة على التربة في حالة اعتبارها جزءاً من العناصر الإنشائية المقاومة للأحمال الجانبية الناتجة عن الزلازل.

٦-٧-٥-٢-٣ يجب ألا يقل البعد الأصغر للميدة عن (٢٠/١) البحر الخالص لها ولا يلزم أن يزيد على ٤٥٠ مم بشرط أن تفي بحد النحافة المذكور بالبند(٦-٣-١-٨).

٦-٧-٥-٣ الخوازيق

٦-٧-٥-٣-١ يجب تصميم الخوازيق ووضع تسليح طولي كاف لمقاومة القوى والعزوم الناتجة عن أحمال الزلازل وبما يتناسب وخصائص التربة كما يجب استيفاء الشرط الخاص بمساحة الكانات والمسافات بينها وفقاً لذلك.

٦-٧-٥-٣-٢ يجب زيادة كانات الخازوق في المناطق التالية:

أ. في 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. في المناطق التي يقل أولا تتمكن التربة فيها من توفير ارتكاز جانبي للخازوق وفى مناطق الاختلافات الجذرية في خصائص التربة. ولا تقل النسبة الحجمية للكانات الحلزونية عما جاء في 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 التي تقاوم القوى التصميمية للزلازل والتي يتم تحديدها طبقاً للكود المصري لحساب الأحمال والقوى في الأعمال الإنشائية وأعمال المباني (كود رقم ٢٠١).

٦-٨-١-١ تعريف العناصر الإنشائية

- الكمرة (Beam) : هي عنصر إنشائي معرض أساساً لعزوم انحناء والتي لا تزيد فيها قوى الضغط المحورية القصوى على0.04 Agfcu .
- العمود (Column) : هو عنصر إنشائي معرض لقوى محورية وعزوم انحناء وتزيد فيه قوى الضغط المحورية القصوى على0.04 Agfcu .
- الإطارات (Frames) : هي المنشأ الفراغي الذي 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) : هي عناصر إنشائية تقاوم القوى الناتجة عن الزلازل وتزيد النسبة بين طول مقطعها إلى عرضها على ٥ وتنقسم إلى:
  - حوائط ذات ممطولية (Ductile shear walls): وهي 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 في منطقة عزوم الانحناء القصوى.
  - حوائط قصيرة (Low-rise shear walls) : وهي حوائط إنشائية من الخرسانة المسلحة تقاوم القوى الناتجة عن الزلازل وتكون مثبتة في 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) : هي 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.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

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 ثلثي مقاومة القص للنظام الإنشائي 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 ثلثي مقاومة القص للنظام الإنشائي بالكامل.

- نظام ثنائي(Dual system) : هو نظام تكون فيه العناصر الإنشائية المقاومة للأحمال الرأسية أساساً إطارات فراغية، بينما تساهم كل من الإطارات الفراغية والحوائط في مقاومة الأحمال الجانبية، وينقسم إلى نوعين أساسيين:

  - نظام ثنائي مكافئ للإطارات: هو نظام ثنائي تكون فيه مقاومة القص للإطارات أكبر من نصف مقاومة القص للنظام الإنشائي بالكامل عند الأساسات (Base shear).

  - نظام ثنائي مكافئ للحوائط: هو نظام ثنائي تكون فيه مقاومة القص للحوائط أكبر من نصف مقاومة القص للنظام الإنشائي 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 في المقاومة الكلية للأحمال الأفقية والرأسية، ومن أجل ذلك يجب الالتزام بالاشتراطات الموضحة في البندين (٦-٨-٢)، (٦-٨-٣).

ب. يتم تحليل وتصميم المنشأ الخرساني 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.

ج. تنقسم الممطولية إلى درجتين أساسيتين، طبقاً لقدرة المنشأ على تشتيت الطاقة تحت تأثير حمل ترددي 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 في البندين (٦-٨-٢) ، (٦-٨-٣) للإطارات والحوائط على التوالي.

هـ. يتم تحقيق الممطولية الكافية للمنشأ عن طريق عمل التفاصيل الموضحة بهذا الباب والتي تسمح بالتشكلات اللاخطية في المناطق الحرجة التي يحدث بها تشتيت للطاقة (Dissipative zone) والمعرفة في البند (و) التالي.

و. منطقة حرجة – منطقة مشتتة للطاقة (Critical region or dissipative zone): هي منطقة في عنصر رئيسي مقاوم للزلازل تتعرض لأسوأ حالة تحميل (عزوم، حمل محوري، قص، لي) والتي 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 يلي:

- في الكمرات: هي مسافة تساوي ضعف عمق الكمرة مقاساً من وجه الركيزة (شكل ٦-٣٥).

- في الأعمدة: هي مسافة تساوى Lo من وجه اتصال العمود مع الكمرة عند كل من طرفي العمود (شكل (٦-٣٥) ، حيث Lo تساوى القيمة الأكبر من:

  - سدس الارتفاع الصافي للعمود

  - البعد الأكبر لقطاع العمود

  - ٥٠٠ مم

- في الحوائط ذات الممطولية: هي مسافة لا تقل عن القيمة الأكبر من:

  - سدس الارتفاع الكلى للحائط.

  - طول الحائط.

بحيث لا تزيد على ضعف طول قطاع الحائط (شكل ٦-٣٥).

ز. يجب استيفاء الاشتراطات الخاصة بالفواصل الزلزالية والإزاحات النسبية بين أدوار المنشأ وفقاً لمتطلبات الكود المصري لحساب الأحمال والقوى في الأعمال الإنشائية وأعمال المباني (كود رقم ٢٠١) بالإضافة للاشتراطات الواردة بالبند (٩-٦-٩) من هذا الكود.

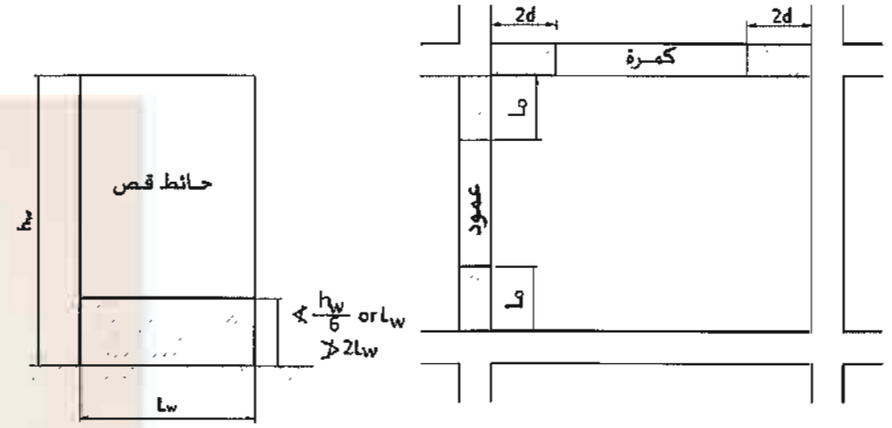
ح. اشتراطات خاصة بصلب التسليح ورتبة الخرسانة المستخدمة للعناصر المقاومة لأحمال الزلازل:

- لا يسمح باستخدام أسياخ الصلب الملساء في التسليح الطولي ويشترط استخدام أسياخ الصلب ذات النتوءات سواء كانت من الصلب الطري أو الصلب عالي المقاومة.

- يراعى ألا تقل النسبة بين إجهاد الشد الأقصى وإجهاد الخضوع لأسياخ صلب التسليح المستخدمة في حوائط القص أو في أعمدة وكمرات الإطارات ذات الممطولية الكافية أو الإطارات ذات الممطولية المحدودة عن ١,٢٥.

- يجب ألا تقل رتبة الخرسانة المستخدمة عن ٢٥ ن/مم٢.

ط. تؤخذ الجساءة الفعالة (عزم القصور الذاتي الفعال) لعناصر الأنظمة الإنشائية المقاومة للزلازل طبقا لما ورد بالبند (٦-١-ي).



شكل(٦ – ٣٥) حدود المناطق الحرجة بالكمرات والأعمدة والحوائط

٦-٨-٢ اشتراطات الإطارات المقاومة للزلازل

٦-٨-٢-١ عام

- يشترط في الإطارات المقاومة للزلازل أن تحقق عناصرها يلي:

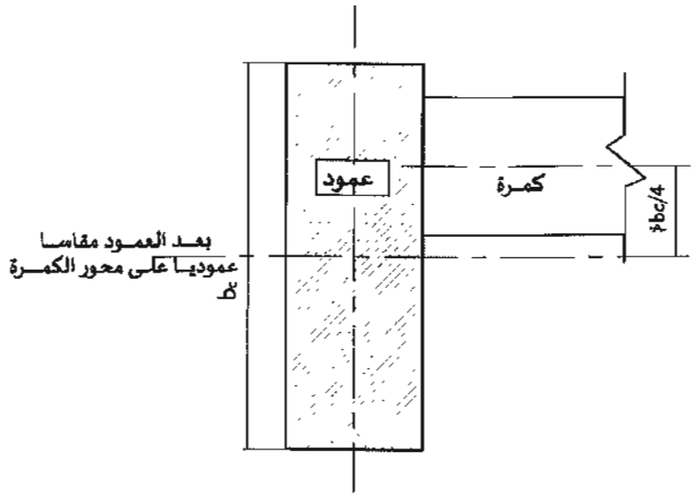
أ. ألا تزيد المسافة بين محور الكمرة ومنتصف قطاع العمود في المسقط الأفقي على ربع بُعد العمود مقاساً في الاتجاه العمودي على محور الكمرة كما هو موضح بشكل (٦-٣٦).

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 للاشتراطات الواردة في كل من البند ٦-٨-٢-٢ الخاص بالإطارات ذات الممطولية المحدودة والبند ٦-٨-٢-٣ الخاص بالإطارات ذات الممطولية الكافية ويتم تحديد معامل تعديل ردود الأفعال (R) لكل منها طبقاً للكود المصري لحساب الأحمال على المنشآت (كود رقم ٢٠١ وتعديلاته).

- في حالة عدم الالتزام بالاشتراطات الواردة بالبند ٦-٨-٢-٢ الخاص باشتراطات الإطارات ذات الممطولية المحدودة يتم حساب أحمال الزلازل على الإطار باستخدام ٦٠% من قيمة معامل تعديل ردود الافعال (R) الخاص بالإطارات المقاومة للزلازل ذات الممطولية المحدودة والوارد بالكود المصري لحساب الأحمال والقوى في الأعمال الإنشائية وأعمال المباني (كود ٢٠١) مع مراعاة ان يتم تحليل وتصميم المنشأ الخرساني وإعداد التفاصيل الإنشائية وفقا للاشتراطات الواردة بالأبواب الثالث والرابع والسادس والسابع من هذا الكود و الخاصة بتصميم الأعمدة والكمرات.



شكل (٦ –٣٦) علاقة محور الكمرة مع محور العمود

٦-٨-٢-٢ اشتراطات الإطارات ذات الممطولية المحدودة

وتشتمل على اشتراطات للبلاطات المسطحة وكمرات وأعمدة الإطارات.

٦-٨-٢-٢-١ البلاطات المسطحة

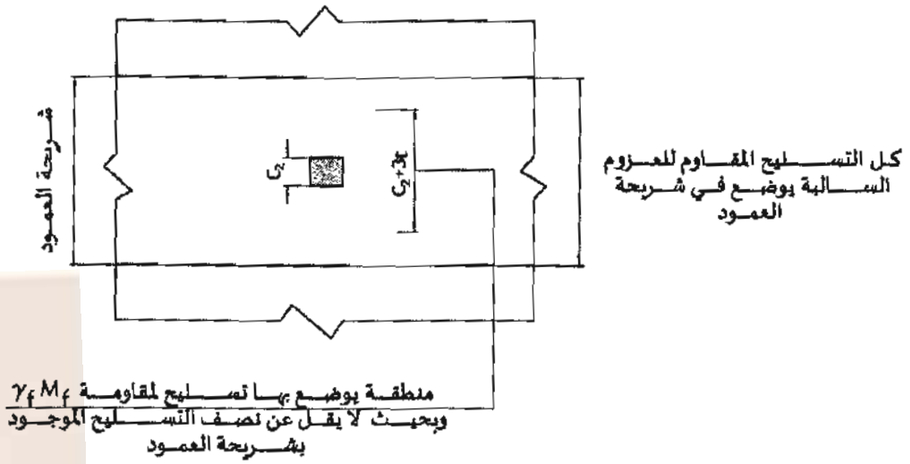
أ. تقاوم جميع العزوم المنقولة من البلاطة إلى العمود بواسطة شريحة العمود فقط.

ب. تقاوم العزوم السالبة $\gamma_f M_f$ المبينة بالبند (٦-٢-٥-٧) بواسطة العرض الفعال للبلاطة c_2+3t (شكل ٦-٣٧) حيث t هي سمك البلاطة.

ج. يجب ألا يقل تسليح العرض الفعال عن نصف تسليح شريحة العمود.

د. يجب أن يمتد ما لا يقل عن ربع التسليح العلوي لشريحة العمود على كامل طول البحر (شكل ٦-٣٨).

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

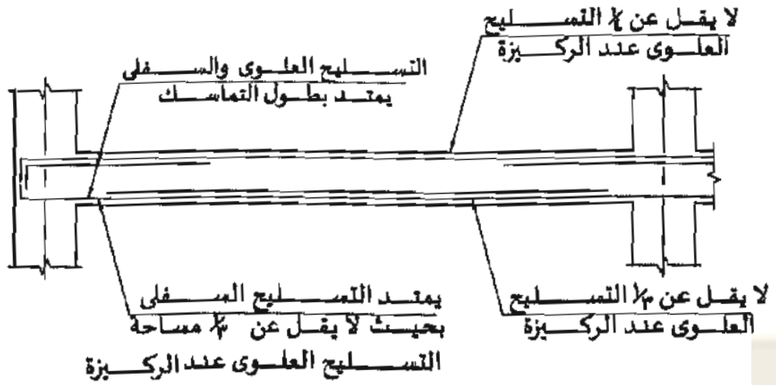


شكل (٦ –٣٧) العرض الفعال في البلاطات المسطحة

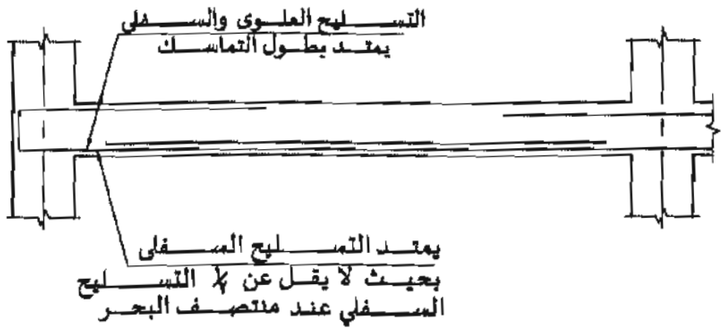
هـ. يجب أن يمتد ما لا يقل عن نصف التسليح السفلي لشريحتي العمود والوسط بكامل طول البحر مع مراعاة استمرار التسليح داخل مناطق الارتكاز بطول رباط كاف وفقاً للبند (٤-٢-٥-٣).

و. يجب ألا يقل التسليح السفلى المستمر في شريحة العمود بكامل طول البحر عن ثلث قيمة التسليح العلوي لشريحة العمود عند مناطق الارتكاز.

ز. عند الأطراف غير المستمرة للبلاطة يجب أن يمتد كل من التسليح العلوي والسفلى عند الركيزة الطرفية داخل منطقة الارتكاز بطول رباط كاف وفقاً للبند (٤-٢-٥-٣).



أ- شريحة العمود



ب- شريحة الوسط

شكل (٦ –٣٨) ترتيب التسليح في 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 الإنشائي للمبنى.

ب. يجب ألا يقل مقدار مقاومة القطاع لكل من العزوم السالبة أو الموجبة عند أي قطاع في الكمرة عن خمس قيمة أكبر عزم عند وجه أي من الركيزتين.

ج. يتم حساب قوى القص التصميمية القصوى بفرض تولد عزوم الانحناء القصوى بإشارتين مختلفتين عند نهايتي الكمرة (شكل ٦-٣٩) مع أخذ تأثير الأحمال الرأسية المصاحبة للزلازل في الاعتبار.

د. توزع الكانات في المناطق الحرجة بحيث لا تبعد أول كانة أكثر من ٥٠ مم من وجه الركيزة، ولا تزيد المسافة بين الكانات على الأقل من:

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1934

- ربع عمق الكمرة
- ثمانية أمثال قطر أصغر سيخ طولي في قطاع الكمرة.
- ٢٤ مرة قطر الكانة.
- ٢٠٠ مم

هـ. لا تزيد المسافة بين الكانات في باقي طول الكمرة على نصف عمق الكمرة أو ٢٠٠ مم أيهما أقل.

٦-٨-٢-٢-٣ أعمدة الإطارات ذات الممطولية المحدودة

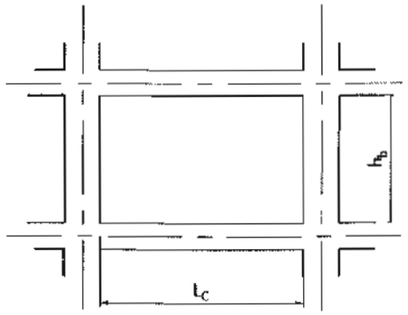
أ. يجب ألا تزيد المسافة بين الكانات على(s_o) وذلك في المناطق الحرجة، حيث(s_o)تساوى القيمة الأصغر مما يلي كما هو موضح بشكل (٧-٧-أ):

- 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 في باقي ارتفاع العمود على ضعف S_o وبحد أقصى ٢٠٠ مم.

ب. يجب أن يحتوي العمود على ثلاثة أسياخ طولية على الأقل في كل وجه.

ج. تحسب قوى القص التصميمية القصوى بالأعمدة بفرض تولد عزوم الانحناء القصوى في اتجاهين متضادين عند نهايتي العمود (شكل ٦-٣٩). يتم حساب العزوم باستخدام قيمة الحمل المحوري الذي يعطي أكبر مقاومة لعزوم الانحناء.



شكل (٦ -٣٩) حساب قوى القص التصميمية القصوى في الكمرات والأعمدة بالإطارات ذات الممطولية المحدودة

w_u^* هو الحمل الأقصى المناظر لحالة تحميل تأخذ تأثير الزلازل في الاعتبار.

M_r هو العزم الأقصى للقطاع على أساس معامل خفض مقاومة مناسب طبقاً للبند (٣-٢-١-٢).

٦-٨-٢-٢-٤ وصلات الكمرات والاعمدة للإطارات ذات الممطولية المحدودة

أ. يتم استيفاء المتطلبات الواردة بالبند ٦-٦-٢ على أن يتم حساب قوى القص باستخدام معامل تكبير الاجهاد في صلب التسليح (λ = 1.00) ومعامل درجة الاحاطة للوصلة kj للوصلات نوع (١) الوارد بجدول رقم (٦-١٥).

ب. يجب أن تستمر كانات العمود داخل منطقة اتصال العمود بالكمرة مع مراعاة ما هو وارد بالبند ٦-٨-٢-٢-٣.

٦-٨-٢-٣ اشتراطات الإطارات ذات الممطولية الكافية

وتشتمل على اشتراطات كمرات وأعمدة الإطارات، ولا يسمح باستخدام البلاطات المسطحة كعنصر من عناصر الإطارات ذات الممطولية الكافية.

٦-٨-٢-٣-١ كمرات الإطارات ذات الممطولية الكافية

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) في بحر الكمرة عن ربع أكبر مقاومة مناظرة عند وجه الركيزة.

ج. تصمم جميع وصلات التراكب على أساس وصلات تراكب شد، مع توافر الاشتراطات التالية:

- التسليح العرضي للكمرة في منطقة الوصلة يتكون من كانات مغلقة أو حلزونية.
- لا تزيد المسافة بين الكانات في منطقة وصلة التراكب على ربع العمق الفعال للكمرة أو ١٠٠ مم أيهما أقل.
- لا يسمح بعمل وصلة التراكب داخل منطقة اتصال الكمرة بالعمود، وكذلك في المناطق الحرجة.

د. يتم حساب قوى القص التصميمية القصوى بفرض تولد عزوم الانحناء المحتملة بإشارتين مختلفتين عند نهايتي الكمرة (شكل ٦-٤٠) مع أخذ تأثير الأحمال الرأسية المصاحبة للزلازل في الاعتبار. وتهمل مقاومة الخرسانة في القص عند حساب المقاومة القصوى للكمرات في المناطق الحرجة ويتم الاعتماد كليا على التسليح الجذعي في مقاومة قوى القص التصميمية.

هـ. توزع الكانات في 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 طولي في قطاع الكمرة.
- ٢٤ مرة قطر الكانة.
- ١٥٠ مم

و. لا تزيد المسافة بين الكانات في باقي طول الكمرة على نصف عمق الكمرة أو ٢٠٠ مم أيهما أقل.

٦-٨-٢-٣-٢ أعمدة الإطارات ذات الممطولية الكافية

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 في اتجاه طول الكمرة عن ٢٠ مثل قطر أكبر سيخ طولي ممتد من الكمرة عبر الوصلة.

ج. إذا زادت قيمة الضغط المحوري في العمود عن $0.04A_g f_{cu}$، يجب أن تحقق مقاومة العزوم القصوى لأعمدة الإطارات المتصلة بكمرات العلاقة التالية:

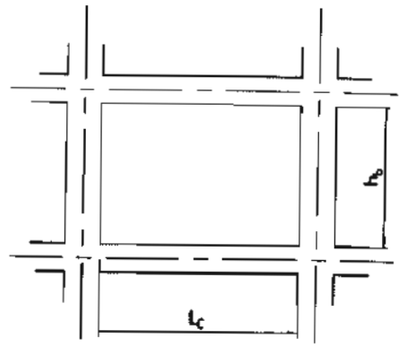
$$\sum M_c \geq 1.2 \sum M_g \qquad \text{Eq. [6-62]}$$

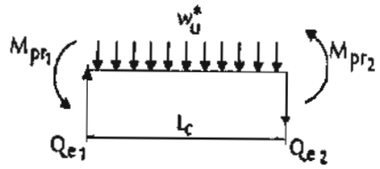
حيث:

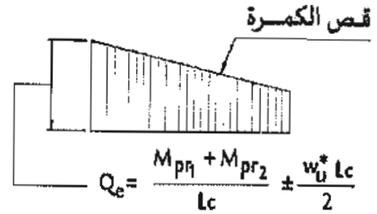
$\sum M_c$ = مجموع مقاومة العزوم القصوى للأعمدة في المستوى الذي يتم فيه التحليل عند منطقة اتصال العمود بالكمرة محسوبة عند وجه الكمرة باستخدام قيمة الحمل المحوري الذي يعطى أقل مقاومة عزوم.

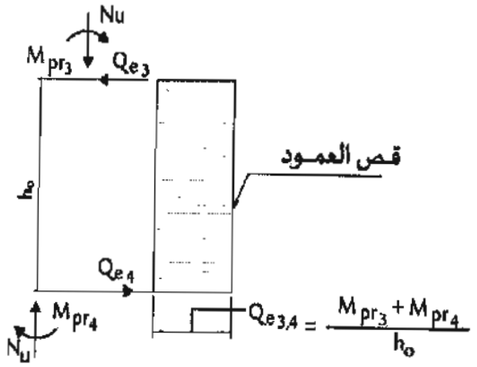
$\sum M_g$ = مجموع مقاومة العزوم القصوى للكمرات في المستوى الذي يتم فيه التحليل عند منطقة اتصال العمود بالكمرة محسوبة عند وجه العمود. وفى حالة الكمرات على شكل حرف T وعندما تكون البلاطة معرضة لقوى شد تحت تأثير العزوم، تحسب المقاومة القصوى للكمرة بأخذ جزء من عرض البلاطة يساوى ثلاثة أمثال سمك البلاطة على كل من جانبي الكمرة بشرط أن يكون صلب تسليح البلاطة ممتداً بطول رباط مناسب بعد القطاع الحرج. ويتم جمع مقاومة العزوم بحيث تكون مقاومة عزوم الأعمدة في عكس اتجاه مقاومة عزوم الكمرات.

وفى حالة عدم تحقق هذا الشرط في 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 في البند (٦-٨-٢-٢-٣).









w_u^* هو الحمل الأقصى المناظر لحالة تحميل تأخذ تأثير الزلازل في الاعتبار.

M_{pr} هو العزم المحتمل عند تكون مفصلة لدنة ويساوى ١,٢٥ العزم الأقصى للقطاع على أساس معامل خفض مقاومة مناسب طبقاً للبند (٣-٢-١-٢).

شكل (٦ – ٤٠) حساب قوى القص التصميمية القصوى في الكمرات والأعمدة بالإطارات ذات الممطولية الكافية

د. يجب ألا تقل نسبة تسليح العمود عن ١%.

هـ. في حالة عمل وصلات التراكب تكون في النصف الأوسط من ارتفاع العمود (شكل ٧-٧-ب).

و. يجب أن تصمم وصلات التراكب على أساس وصلات تراكب شد.

ز. يُسمح بعمل وصلات لحام أو وصلات ميكانيكية عند أي قطاع خارج المناطق الحرجة بشرط استيفاء البند (٤-٢-٥-٤-٢)، 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 الانحناء المحتملة في اتجاهين متضادين عند نهايتي العمود (شكل ٦-٤٠). يتم حساب العزوم باستخدام قيمة الحمل المحوري الذي يعطي أكبر مقاومة لعزوم الانحناء. وتهمل مقاومة الخرسانة في القص عند حساب المقاومة القصوى للأعمدة في المناطق الحرجة ويتم الاعتماد كليا على التسليح الجذعي في مقاومة قوى القص التصميمية في حالة ما إذا كانت قوة الضغط المحورية القصوى في حالة التحميل المتضمنة أحمال الزلازل تقل عن $0.05\, f_{cu}\ A_c$.

ي. يجب ألا تزيد المسافة بين الكانات على s_o وذلك في المناطق الحرجة، حيث s_o تساوى القيمة الأصغر مما يلى كما هو موضح بشكل (٧-٧-ب) :

- 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 في باقي ارتفاع العمود على ضعف s_o وبحد أقصى ٢٠٠ مم.

ك. يجب أن يحتوي العمود على ثلاثة أسياخ طولية على الأقل في كل وجه.

٦-٨-٢-٣-٣ وصلات الكمرات والاعمدة للإطارات ذات الممطولية الكافية

أ. يتم استيفاء المتطلبات الواردة بالبند ٦-٦-٢ على أن يتم حساب قوى القص باستخدام معامل تكبير الاجهاد في صلب التسليح ($\lambda = 1.25$) ومعامل درجة الاحاطة للوصلة kj للوصلات نوع (II) الوارد بجدول رقم (٦-١٥).

ب. يجب أن تستمر كانات العمود داخل منطقة اتصال العمود بالكمرة مع مراعاة ما هو وارد بالبند ٦-٨-٢-٣-٢ كما يجب ألا تقل مساحة مقطع الكانات A_{st} عن القيمة الأكبر الناتجة من كل من المعادلتين التاليتين:

HBRC المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

$$A_{st} = 0.313\left(\frac{s.y_1(f_{cu}/\gamma_c)}{(f_{yst}/\gamma_s)}\right)\left[\left(\frac{A_g}{A_k}\right)-1\right]$$ Eq. [6-63a]

$$A_{st} = 0.1\left(\frac{s.y_1(f_{cu}/\gamma_c)}{(f_{yst}/\gamma_s)}\right)$$ Eq. [6-63b]

حيث:

A_g = المساحة الكلية لقطاع العمود عند الوصلة

A_k = مساحة قطاع قلب العمود داخل محيط الكانة الخارجية

f_{yst} = إجهاد الخضوع التصميمي لصلب الكانات

s = المسافة بين الكانات داخل الوصلة مقاسة على المحور الطولي للعمود

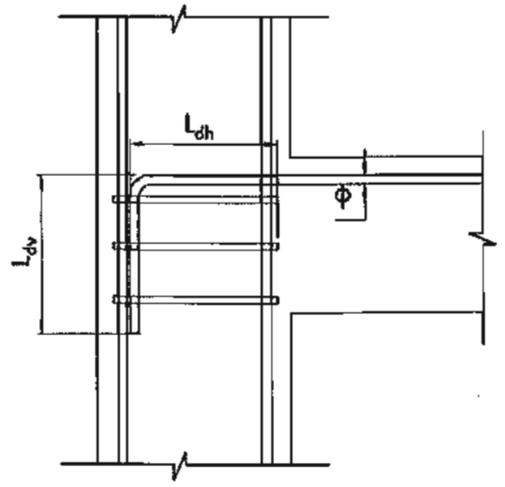
y_1 = بعد قلب العمود مقاسا من منتصف سيخ الكانة في الاتجاه العمودي على الاتجاه تحت الاعتبار المولد للقص

Ast = المساحة الكلية لمقطع الكانات شاملة الأفرع المتعامدة (cross ties) خلال المسافة s وعموديا على البعد y_1

ج. جميع الأسياخ الطولية في كمرات الوصلات الخارجية يجب أن تنتهي على شكل L داخل الكانات الموجودة بالوصلة طبقا لما هو موضح بالشكل (٦-٤١). ويتم حساب الامتداد الأفقي للأسياخ الطولية داخل الوصلة للكمرات المنتهية l_{dh} من المعادلة التالية:

$$l_{dh} = 0.20\frac{(f_y/\gamma_s)}{\sqrt{f_{cu}/\gamma_c}}.\phi \geq 8\phi \quad \text{or} \quad 150\,\text{mm}$$ Eq. [6-64]

ويجب ألا يقل طول الامتداد الرأسي لتلك الأسياخ l_{dv} عن ١٢ مرة قطر السيخ كما هو وارد بالبند (٤-٢-٥-١).



شكل رقم (٦-٤١) تعريف طول استمرار أسياخ الكمرات l_{dh} داخل الوصلة الخارجية

٦-٨-٣ اشتراطات حوائط القص

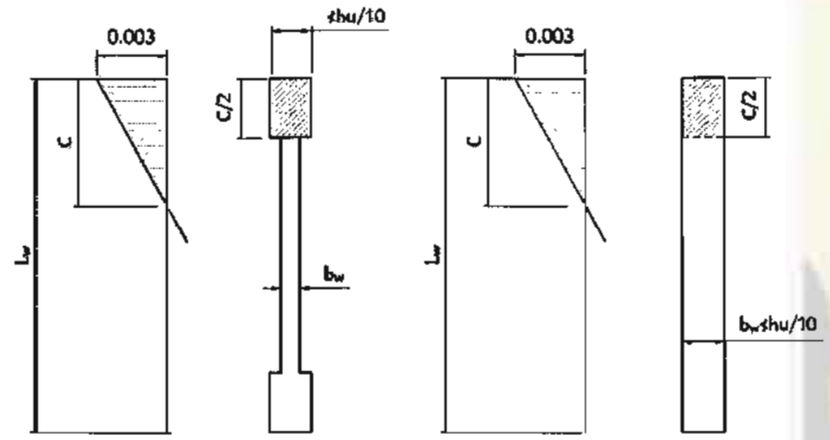
٦-٨-٣-١ المجال

أ. تختص المتطلبات الواردة في البند (٦-٨-٣) بتصميم الحوائط الإنشائية ذات الممطولية (حوائط القص ذات الممطولية) والتي تستخدم كجزء من النظام الإنشائي المقاوم للأحمال الجانبية الناتجة من الزلازل.

ب. لا يسمح باستخدام التوصيات الواردة في البند (٦-٥) إلا في الحدود المذكورة في 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 الصافي للدور في المنطقة الحرجة، كما هو موضح في شكل (٦-٤٢).



أ- حائط منتظم السمك ب- حائط مدعم بعنصر طرفي

شكل (٦ –٤٢) أقل سمك لقطاعات الحوائط في المنطقة الحرجة (مسقط أفقي)

٦-٨-٣-٣ تسليح حوائط القص

يجب وضع صلب التسليح في الحائط على هيئة شبكتين على وجهي الحائط وتحدد نسب التسليح الرأسي والأفقي الموزع طبقاً للبندين (٦-٨-٣-٣-١) ، (٦-٨-٣-٣-٢) ويتم تركيز صلب تسليح رأسي طبقاً للبند (٦-٨-٣-٣-٣).

٦-٨-٣-٣-١ التسليح الرأسي الموزع

أ. أدنى نسبة للتسليح الرأسي 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.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

٦-٨-٣-٣-٢ التسليح الأفقي الموزع

أ. أدنى نسبة للتسليح الأفقي الكلى الموزع تساوى ٠,٢٥%.

ب. لا يقل قطر أسياخ التسليح المستخدمة عن ١٠ مم ولا تزيد المسافة بين الأسياخ الأفقية على ٢٠٠ مم.

ج. إذا كانت مساحة صلب التسليح الرأسي الموزع أكبر من ١% من مساحة القطاع، يضاف للتسليح الأفقي كانات حباية مغلقة لا يقل قطرها عن ٨ مم أو ٠,٢٥ من قطر أسياخ التسليح الرأسي أيهما أكبر لربط التسليح الرأسي والأفقي معاً على جانبي الحائط مخترقاً سمك الحائط بواقع أربع نقاط على الأقل في المتر المسطح.

٦-٨-٣-٣-٣ التسليح الرأسي المركز

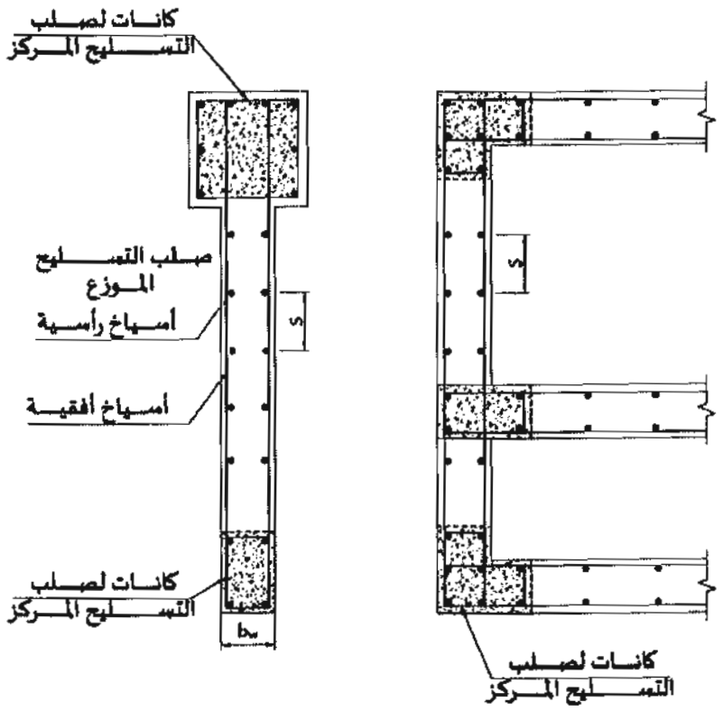
أ. يتم تركيز صلب تسليح رأسي في كل نهاية من نهايات الحائط وكذلك في الأركان وأماكن تقاطعات الحوائط مع بعضها البعض كما هو موضح بشكل (٦-٤٣).

ب. لا يقل قطر أسياخ التسليح الرأسي المستخدمة عن ١٢ مم.

ج. لا تقل نسبة صلب التسليح الرأسي المركز في كل نهاية من نهايات الحائط خارج حدود المنطقة الحرجة عن ٠,١ % من مساحة القطاع الخرساني الكلي كما لا تقل نسبة صلب التسليح الرأسي المركز في كل نهاية من نهايات الحائط في المنطقة الحرجة عن ٠,٢ % من مساحة القطاع الخرساني الكلى للحائط.

د. يتم ربط أسياخ التسليح الرأسي المركز بكانات تفي بالاشتراطات الواردة في البند (٦-٨-٢-٣-٢).

وفى جميع الحالات يفضل تركيز أسياخ التسليح الرأسي في الأماكن التي يزيد فيها الانفعال في الخرسانة على ٠,٠٠١٥.



شكل (٦ –٤٣): التسليح الرأسي الموزع والمركز في حوائط القص (مسقط أفقي)

٦-٨-٣-٣-٤ 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 في الاعتبار كل من صلب التسليح الرأسي الموزع وصلب التسليح الرأسي المركز.

ج. 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.

٦-٨-٣-٣-٥ مقاومة القص لحوائط القص

أ. يتم تحديد الحد الأقصى لإجهادات القص القصوى للحائط باستخدام المعادلة الآتية:

$$q_{umax} = \left(0.9\alpha_c \sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + \mu_{st} \frac{f_y}{\gamma_s} \right) = \frac{Q_u}{b_w \times L_w} \qquad \text{Eq. [6-65]}$$

حيث:

μ_{st} =نسبة التسليح الجذعي ويحسب من المعادلة (٤-٣٤).

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

α_c = ٠,٢٥ في حالة $\frac{h_w}{L_w} \leq 1.5$

= ٠,١٧ في حالة $\frac{h_w}{L_w} \geq 2$

وتتغير خطياً بين ٠,٢٥ ، ٠,١٧ في حالة $1.5 \leq \frac{h_w}{L_w} \leq 2$

ب. في حوائط القص ذات الممطولية تحدد قوى القص التصميمية لحوائط القص على أساس أن إجهاد الشد في صلب التسليح يساوى مرة وربع إجهاد الخضوع وبالتالي تكون قوى القص التصميمية تساوى مرة وربع قوى القص المحسوبة من أحمال الزلازل.

ج. تهمل مقاومة الخرسانة في القص عند حساب المقاومة القصوى للحوائط في المناطق الحرجة ويتم الاعتماد كليا على أسياخ التسليح في مقاومة قوى القص التصميمية في حالة ما إذا كانت قوة الضغط المحورية القصوى في حالة التحميل المتضمنة أحمال الزلازل تقل عن $0.05 f_{cu} A_c$.

٦-٣-٨-٦ العناصر الإنشائية التي لا تعتبر جزءاً من النظام المقاوم للزلازل

أ. يجب أن يتوفر حد أدنى من الممطولية في العناصر الإنشائية التي لم يتم اعتبارها كجزء من النظام المقاوم للزلازل ولكنها في نفس الوقت معرضة لنفس تشكلات هذا النظام.

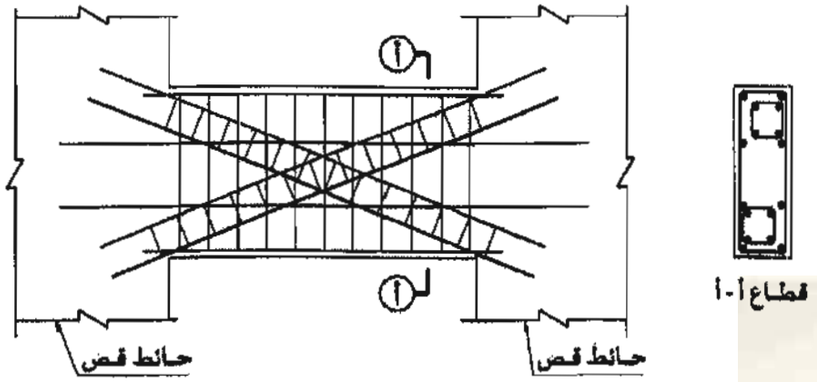
ب. تُصمم العناصر الإنشائية التي لا تعتبر جزءاً من النظام المقاوم للزلازل لمقاومة العزوم والقوى القصوى الناتجة من تأثير الإزاحة الجانبية نتيجة للزلازل، أو عمل التصميم والتفاصيل التي تسمح بتكون مفصلات لدنة في هذه العناصر.

ج. يجب أن تتوفر كانات عرضية طبقاً للبند(٦-٨-٢-٢-٢) أو البند(٦-٨-٢-٢-٣) حتى يمكن تكون مفصلة لدنة في العناصر الإنشائية التي لا تعتبر جزءاً من النظام المقاوم للزلازل.

٦-٣-٨-٧ الكمرات الرابطة بين حوائط القص المترابطة

أ. الكمرات الرابطة التي تكون فيها نسبة البحر الخالص إلى السمك الكلى تساوى أو تزيد على ٤ يجب أن تفي بالاشتراطات الواردة بالبند (٦-٨-٢-٣-١).

ب. الكمرات الرابطة التي تكون فيها نسبة البحر الخالص إلى السمك الكلى تساوى أو تقل عن ٢ يتم تسليحها باستخدام مجموعتين متقاطعتين من التسليح القطري المتماثل حول منتصف البحر كما هو موضح بالشكل (٦-٤٤).



شكل (٦-٤٤) تفاصيل تسليح الكمرة الرابطة بين حائطي قص مترابطين

ج. الكمرات الرابطة التي تكون فيها نسبة البحر الخالص إلى السمك الكلى تقل عن ٤ وتزيد على ٢ يمكن تصميمها بحيث تفي بالاشتراطات الواردة بالبند (٦-٨-٢-٣-١) أو تسليحها باستخدام مجموعتين متقاطعتين من التسليح القطري المتماثل حول منتصف البحر كما هو موضح بالشكل (٦-٤٤).

د. الكمرات الرابطة التي يتم تسليحها باستخدام التسليح القطري المتماثل حول منتصف البحر يجب أن تفي بالمتطلبات الآتية:

- يجب ألا تقل كل مجموعة من الأسياخ القطرية عن ٤ أسياخ.
- يجب أن ترتبط كل مجموعة من الأسياخ القطرية بكانات تفي بما جاء بالبند (٦-٨-٢-٢-٣).
- يجب أن تمتد الأسياخ القطرية داخل الحائط بمقدار يساوى طول التماسك في الشد.
- يحسب الحد الأقصى لإجهادات القص القصوى للكمرات الرابطة من المعادلة التالية:

$$q_u = \frac{2A_{sd}}{bd}\frac{f_y}{\gamma_s}\sin\alpha \leq 0.7\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad \text{Eq. [6-66]}$$

حيث :

A_{sd} = مساحة مجموعة واحدة من الأسياخ القطرية.

α = زاوية ميل الأسياخ القطرية على محور الكمرة الرابطة.

هـ. يتم حساب المقاومة القصوى للانحناء للكمرات الرابطة باعتبار مشاركة الأسياخ القطرية.

و. يجب استخدام صلب تسليح طولي وعرضي بالكمرات الرابطة بحيث تفي بالمتطلبات الدنيا الواردة بالبندين (٤-٢-١-٢-ح)، (٤-٢-٢-١-٦) على التوالي.

HBRC
المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

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 تكفي 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 في مراحل التصنيع والتخزين والنقل والتركيب والتنفيذ والاستخدام، بالإضافة لمقاومة الاجهادات الناتجة عن التقييد الطرفي.

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 (٩-٩-٤) وكذلك الإجهادات الناتجة عن التركيب.

٤. بالإضافة إلى متطلبات التفاصيل المنصوص عليها في البند (٧-٢)، يجب إضافة ما يلي 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.

ج. حالة تشطيب أسطح العناصر.

د. أي 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 في 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.

ج. تُصمم الوصلات والأربطة ومناطق الارتكاز لمقاومة جميع القوى اللازم انتقالها بما فيها أي قوى خاصة كالتي 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 الخرساني الكلي.
- يجب ألا يقل صلب تسليح بلاطات الأسقف في أي اتجاه عن ٠,١٥ % من مساحة القطاع.

٦-٩-٤ التكامل الإنشائي Structural Integrity

٦-٩-٤-١ يجب استيفاء الشروط التالية في المنشآت الخرسانية سابقة الصنع التي لا يزيد ارتفاعها على طابقين:

١. ضرورة استخدام أربطة طولية وعرضية ورأسية وحول محيط المنشأ لضمان اتصال العناصر سابقة الصنع بالنظام الإنشائي المقاوم للأحمال الجانبية.

٢. في الأسقف المكونة من عناصر سابقة الصنع والتي تعمل كمستويات أفقية جاسئة (Rigid horizontal diaphragms) يجب ألا تقل مقاومة الشد القصوى الاعتبارية (Nominal ultimate tensile strength) للوصلة بين هذه الأسقف والعناصر 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 هي مساحة قطاع الخرسانة الكلية المطلوبة حسابيا بالمليمتر المربع. وفى حالة الأعمدة ذات قطاع فعلي أكبر من المطلوب حسابيا يمكن استخدام المساحة الفعالة للقطاع والتي تعتمد على القطاع المطلوب حسابياً بدلاً من المساحة A_g بشرط ألا تقل عن نصف المساحة الفعلية لقطاع العمود.

ب. في الحوائط سابقة الصنع يتم استخدام رباطين على الأقل في 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.

ج. إذا كانت القوى التصميمة لا تعطى أي قوى شد عند القاعدة فإنه يسمح للأربطة المذكورة في البند (ب) السابق أن تربط بأي طريقة سليمة في البلاطة الخرسانية المسلحة المرتكزة على الأرض.

٤. يجب عدم الاعتماد على مقاومة الاحتكاك الناتجة من الأحمال الرأسية الدائمة عند تصميم وعمل تفاصيل الوصلات.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

٦-٩-٤-٢ في المنشآت ذات الحوائط الحاملة سابقة الصنع بارتفاع ثلاثة طوابق فأكثر، يجب على الأقل تحقيق الشروط التالية (شكل ٦-٤٥):

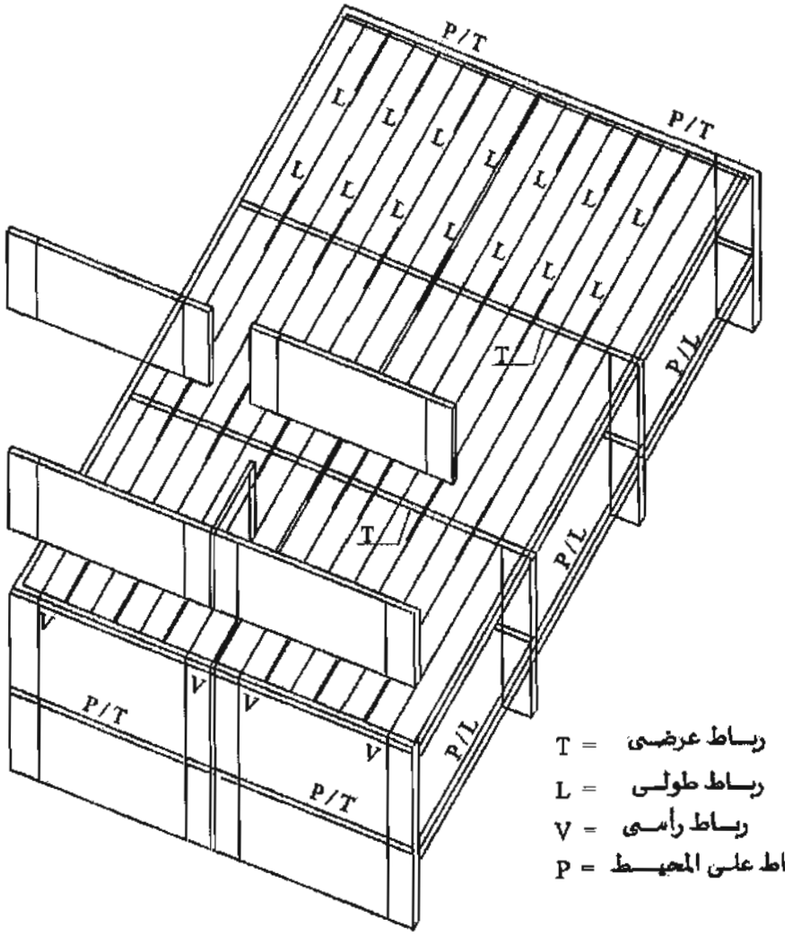
١. يزود النظام الإنشائي للأسقف بأربطة طولية وعرضية تكفل تحقيق مقاومة قصوى اعتبارية لا تقل عن ٢٢ كيلونيوتن/م من العرض أو الطول على التوالي. ويُشترط وضع هذه الأربطة عند مناطق ارتكاز الحوائط الداخلية وكذلك بين عناصر المنشأ والحوائط الخارجية، ويتم رصها في مسافة لا تزيد على ٦٠٠ مم من منسوب الأرضية أو السقف.
٢. يتم رص الأربطة الطولية الموازية لمحور الأسقف على مسافات لا تزيد على ٣,٠٠ متر، ويجب اتخاذ كافة الاحتياطات لنقل القوى حول الفتحات.
٣. يتم رص الأربطة العرضية المتعامدة على محور 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 في جميع الحوائط، كما يجب أن تكون مستمرة في 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 المحفونة 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 المحفونة أو مفاتيح القص في 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 في 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.



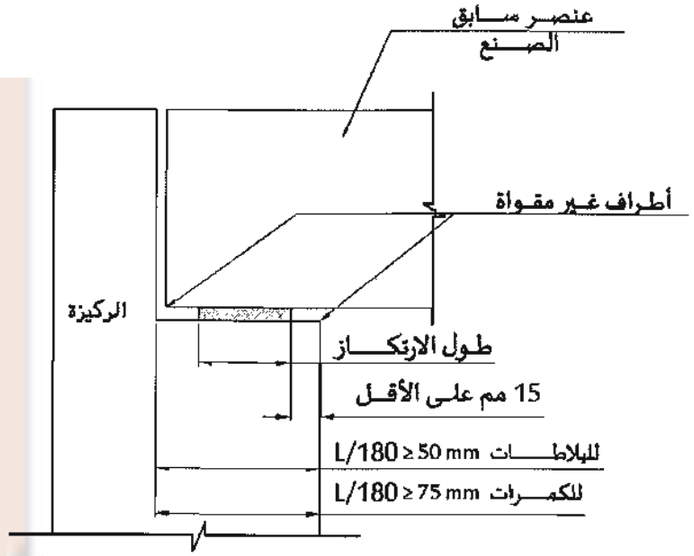
شكل (٦-٤٥) التوزيع النمطي الخطي لأربطة الشد في المباني ذات البواكي سابقة الصب

٦-٩-٥-٤ في 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 لأي من أسطح التلامس مع عنصر الارتكاز. وتُحدد مقاومة الخرسانة للارتكاز طبقا لاشتراطات بند (٤-٢-٤).
٢. إذا لم يثبت بالتحليل الإنشائي أو بالاختبار التجريبي وجود قصور في السلوك الإنشائي 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 (١٨٠/١) من البحر الصافي للعنصر على ألا تقل عن ٥٠مم للبلاطات، ٧٥مم للكمرات كما هو موضح بالشكل (٦-٤٦).

ب. أن يتم وضع وسادات الارتكاز للأطراف غير المقواة وذلك على مسافة لا تقل 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 إستاتيكيا، ولكن يجب أن يمتد ثلث هذا التسليح على الأقل إلى منتصف طول الارتكاز.



شكل (٦-٤٦) 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 في 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 في 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 في 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 التي تستخدم بالإضافة إلى خرسانة مصبوبة في مكانها -في الانحناء – بتحميل العنصر سابق الصنع فقط طبقا لما يلي:

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 (٨-١٤).

٢. يُعتبر العنصر سابق الصنع مقبولا إذا استوفى الشروط الواردة في بند (٨-١٤).

٦-٩-١٠ مقاومة القص الأفقية للعناصر المركبة

يتم تحديد مقاومة القص الأفقية للعناصر المركبة سابقة الصب وفقا للبند (٤-٢-٦-٦) والخاص بالعناصر الخرسانية المركبة.

٦-١٠ تمثيل المنشآت الخرسانية باستخدام الحاسب الالي

٦-١٠-١ اعتبارات التمثيل

يُسمح باستخدام طرق التحليل العددي باستخدام الحاسب الآلي مثل طريقة العناصر المحددة أو أي طرق عددية أخرى لتعيين القوى الداخلية وغيرها في المنشآت وذلك بشرط أن تفي الطريقة المستخدمة بشروط الاتزان وتوافق الانفعالات وبحيث يكون النموذج الحسابي المستخدم مناسبا للغرض المستخدم من اجله مع الاخذ في الاعتبار ما يلي:

٦-١٠-١-١ اعتبارات تتعلق بالتمثيل الهندسي وتمثيل المادة

١. يراعي أن يمثل النموذج الحسابي السلوك والوضع الانشائي للمنشأ من حيث الشكل الهندسي والدعامات (حجم وجساءة عناصر الدعامات) والأحمال وحالات التقييد الطرفي.
٢. في حالة استخدام طريقة العناصر المحددة (Finite elements) يجب أن تكون العناصر المختارة قادرة على تمثيل السلوك المطلوب وتُختار 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 وعناصر ذات أبعاد مختلفة وفقاً لمتطلبات الحل.

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

٤. يجب مراعاة التمثيل المناسب في مناطق تركيز الإجهادات مثل (الأعمدة والحوائط الخرسانية – الفتحات -التغير في الأبعاد – الأحمال المركزة).

٥. يراعي ان تكون الجساءات النسبية للعناصر الانشائية مبنية على افتراضات مناسبة ومتوافقة.

٦. يمكن استخدام طريقة العناصر المجددة أو أي طرق عددية تقوم على التمثيل اللاخطي للمادة بشرط التحقق من تمثيلها المناسب للمواد المستخدمة وأنها تعطى نتائج متوافقة مع طرق الحل التقليدية بدرجة دقة مقبولة.

٦-١٠-٢-١ اعتبارات إنشائية

١. يجب التأكد من مسار الأحمال (Loading path) في النموذج 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. في 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 وفي البلاطات على وجه الخصوص يراعى الأخذ في 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.

٧. لا يسمح بإعادة توزيع العزوم عند استخدام طرق عددية لا تعتمد على نظرية المرونة.

٦-١٠-٢ مراجعة المدخلات والنتائج

٦-١٠-٢-١ مراجعة المدخلات

١. يجب مراجعة مدخلات الشكل الهندسي من حيث:

- أبعاد وحدود 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 في الطبيعة مع مراعاة أن يكون للمنشأ ككل درجات تقييد في 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 معايير 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. يجب التحقق من الشكل العام للتشكل بالمنشأ واتجاهات سهم الانحناء.

٣. يراعى التحقق من قيم سهم الانحناء في بعض العناصر باستخدام طرق الحساب المبسطة وكذلك عند نقاط الارتكاز.

٤. يجب التحقق من أن البرنامج المستخدم في الحل وان التمثيل العددي المستخدم يعطى نتائج متوافقة مع طرق الحل التقليدية بدرجة دقة مقبولة وذلك لمسائل نمطية معروف حلولها مقدما وذلك قبل التوسع في استخدامه لمسائل اخري. وعند استخدام البرنامج بعد ذلك يلزم التحقق أيضا من أنه يعطى نتائجا متوافقة مع طرق الحل التقليدية بدرجة دقة مقبولة.

٥. يجب التحقق من النتائج عند نقاط و محاور التماثل.

٦-١٠-٣ البلاطات

بالإضافة لما سبق ذكره في البندين (٦-١٠-١) ، (٦-١٠-٢) يراعي 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 في الحالات التي تستدعي ذلك الأخذ في الاعتبار تأثير 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 ذي عرض شفة يساوى نصف عرض الشفة الوارد بالبند (٦-٣-١-٩).

٣. في حالة وضع صلب التسليح في اتجاهين متعامدين يمكن وضع الصلب في شرائح متعامدة على أن يكون توزيع صلب التسليح داخل الشريحة الواحدة منتظماً. ويمكن حساب عزوم الانحناء داخل الشريحة كما يلي:

$$\overline{m}_x = |m_x| + |m_{xy}| \qquad \text{Eq. [6-67]}$$

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1934

$$\overline{m}_y = |m_y| + |m_{xy}|$$ Eq. [6-68]

حيث:

$\overline{m}_x$ و $\overline{m}_y$ هي القيمة القصوى لعزوم الانحناء لكل متر في اتجاه x ، y على التوالي وبشرط ألا تزيد قيمة $\overline{m}_x$ أو $\overline{m}_y$ على مرة ونصف عزم الانحناء المتوسط في الشريحة

$|m_x|$ ، $|m_y|$ هي القيمة الجبرية المطلقة لعزوم الانحناء لكل وحدة طول داخل الشريحة

$|m_{xy}|$ هي القيمة الجبرية المطلقة لعزوم اللي لكل وحدة طول داخل الشريحة

٤. يمكن توزيع القيد الناتج من وجود العمود في المسقط الأفقي 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 الرئيسي عموماً في اتجاه إجهادات الشد الرئيسية وفى حدود سماحية ±١٥° أو وضع صلب التسليح في ناحية الشد في اتجاهين متعامدين طبقاً لما سبق.

٦-١٠-٤ اللبشة

بالإضافة لما سبق ذكره في البندين (٦-١٠-١)، (٦-١٠-٢) يراعى الآتي:

١. يمكن توزيع حمل العمود في المسقط الأفقي على مساحة العمود على أن يتم التصميم على أساس العزوم الناتجة عند مستويات أوجه العمود.

٢. يراعي تمثيل التربة بنموذج ومعاملات طبقاً لما هو وارد في كود الأساسات مع ضرورة الأخذ في الاعتبار القيم المسموح بها في الهبوط والإجهادات على التربة.

٣. تُعتبر اللبشة جاسئة إذا كانت تفي باشتراطات البند (٦-٧-٢-٢).

٤. يجب عند إجراء تحليل إنشائي 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 في تحليل الأعمدة استخدام التحليل الإنشائي من الدرجة الثانية(P-Δ effect) مع ضرورة ألا تقل عزوم الانحناء التصميمية الناتجة من هذا التحليل عما هو معطى بالباب السادس.

٢. في حالة حل الإطارات كإطارات فراغية يراعى 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 في حساب الإجهادات والانفعالات في الكمرات العميقة والكوابيل والحوائط الخرسانية على ألا تقل القيم الناتجة عن قيم التصميم المذكورة في طرق التحليل الواردة في هذا الكود.

٦-١١ نموذج الضاغط والشداد Strut-and-Tie Model

٦-١١-١ مقدمة

يمكن استخدام نموذج الضاغط والشداد Strut and Tie Model في تصميم عناصر المنشآت الخرسانية في مناطق عدم الاستمرارية D-Regions والتي قد تنتج عن أحمال مركزة أو تغير فجائي في 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 في صورة جمالون متزن تحت تأثير الأحمال الخارجية. ويحتوي هذا النموذج على عناصر للضغط (Struts) وعناصر للشد (Ties) وعقد اتصال فيما بينهم (Nodes) كما في شكل (٦-٤٧) ، والتي يتم تصميمها لتحقيق اشتراطات الأمان المنصوص عليها في بند (٦-١١-٣).

٦-١١-٢ تعريفات

- نموذج الضاغط والشداد (Strut-and-Tie Model): هو نموذج جمالوني مكون من مجموعة من الضواغط والشدادات متصلة ببعضها البعض عند مناطق تعرف بالعقد وذلك لتمثيل سريان القوى بالعنصر في مناطق برنولي (B-Regions) أو مناطق عدم الاستمرارية (D-Regions) شكل (٦-٤٧).

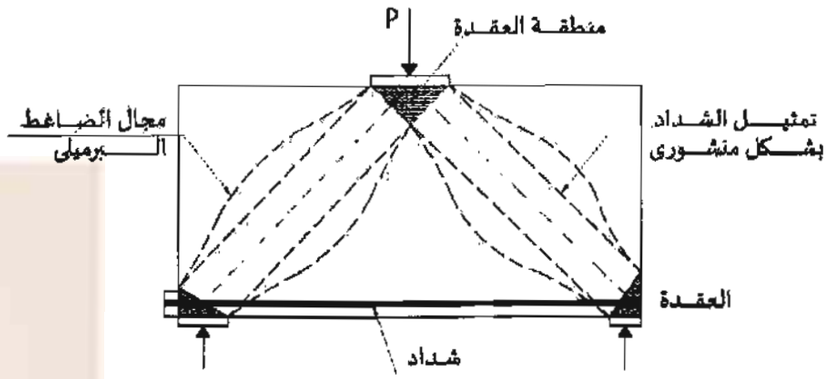
- منطقة برنولي (B-Region): هي جزء من العنصر الذي يمكن فيه تطبيق فرض برنولي (نظرية الانحناء – القطاع المستوى قبل الانحناء يبقى مستويا بعد الانحناء).

- منطقة عدم الاستمرارية (D-Region) : هي جزء من العنصر يحدث به تغير مفاجئ في الأبعاد أو الأحمال (Discontinuity) وتُحدَّد هذه المنطقة على أساس مبدأ (St.Venant) بمسافة تساوى سمك العنصر (t) من منطقة عدم الاستمرارية شكل (٦-٤٨).

- ضاغط (Strut) : هو عنصر الضغط في نموذج الضاغط والشداد ويمثل محصلة مجال منشوري (Prismatic) أو مروحي أو برميلي (Bottle-Shaped) شكل (٦-٤٧) ويمكن أن يكون مسلحاً أو غير مسلح.

- الشداد (Tie) : هو عنصر الشد في نموذج الضاغط والشداد ويمثل محصلة مجال شد.

♦ العقدة (Node): هي النقطة في نموذج الضاغط والشداد التي تلتقي عندها محاور الضواغط والشدادات (شكل ٦-٥٣) ومنطقة العقدة ((Nodal Zone هي الكتلة الخرسانية حول العقدة التي تتزن عندها قوى نموذج الضاغط والشداد (شكل ٦-٤٧).



شكل (٦-٤٧) وصف لنموذج ضاغط وشداد

٦-١١-٣ تصميم عناصر نموذج الضاغط والشداد

٦-١١-٣-١ عام

♦ يتضمن هذا البند تصميم عناصر نموذج الضاغط والشداد وفقاً لطريقة حالات الحدود.

♦ يتم تصميم عناصر الضاغط والشداد والعقد لتقاوم القوى والأحمال القصوى المؤثرة عليها مع مراعاة متطلبات حالات حدود التشغيل.

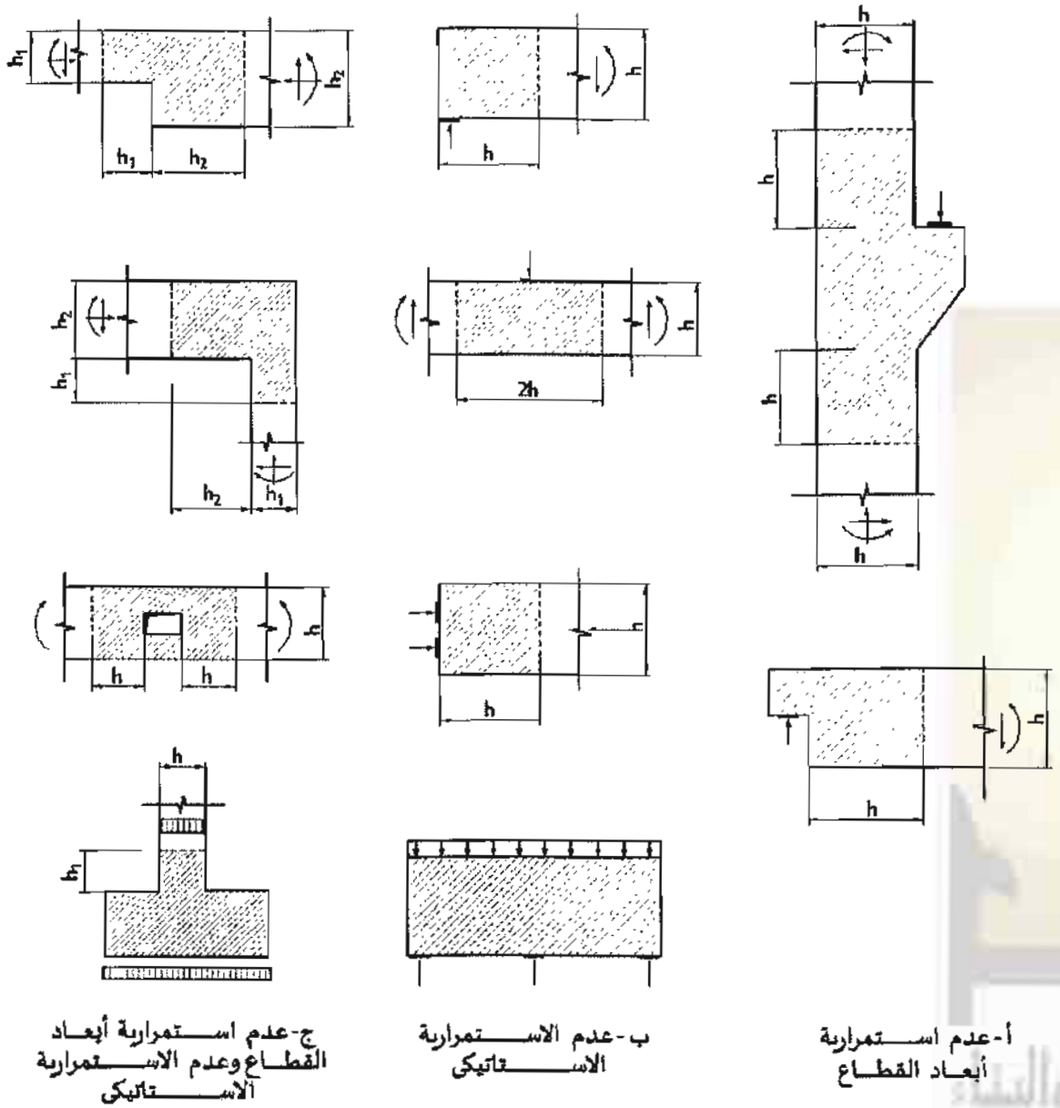
٦-١١-٣-٢ تصميم الضاغط

٦-١١-٣-٢-١ أنواع مجالات الإجهادات للضاغط

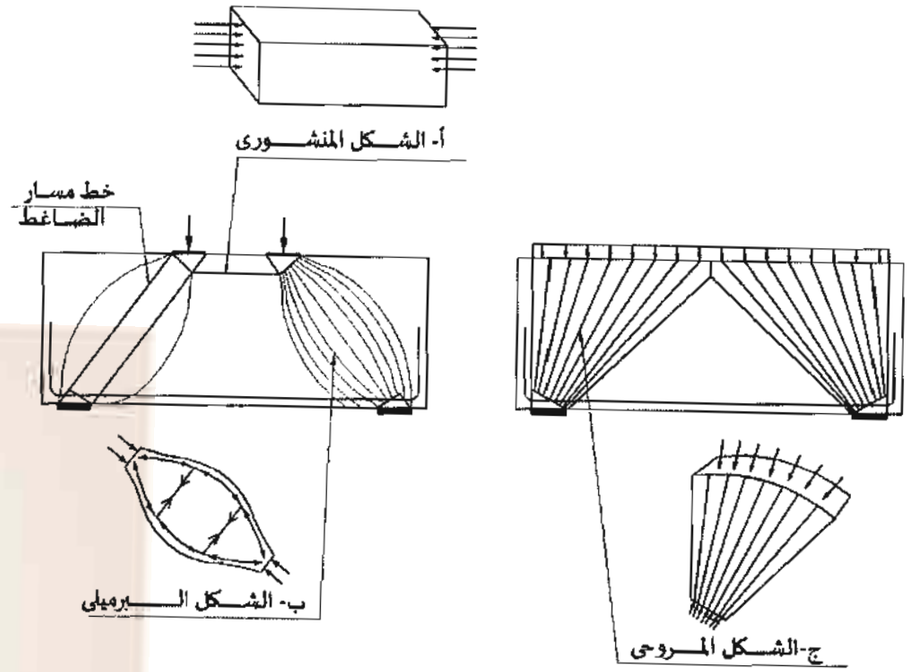
تعتمد مقاومة الخرسانة في الضواغط على حالة الإجهادات المحيطة وتقاطعها على الشروخ أو أسياخ التسليح طبقاً للبند (٦-١١-٣-٢-٢) ويمكن توصيف أنواع الضواغط طبقاً لمجالات الإجهادات كما يلي (شكل ٦-٤٩-أ،ب):

الضاغط المنشوري (Prismatic Strut)

يمثل الضاغط المنشوري مساراً متوازياً للإجهادات شكل (٦-٤٩-أ) كما هو الحال في منطقة الضغط في الكمرات المعرضة لعزوم انحناء. ويمكن اعتبار سمك الضاغط المنشوري في هذه الحالة مساوياً لعمق المستطيل المكافئ لإجهادات الضغط (a) طبقاً للبندين (٤-٢-١-١)، (٤-٢-١-٢).



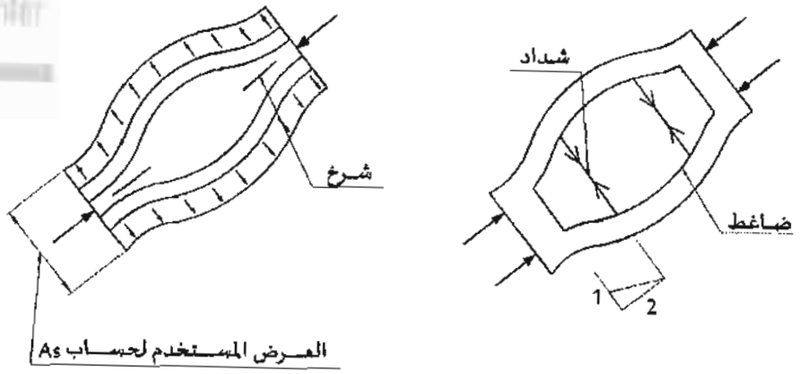
شكل (٦-٤٨) أمثلة استرشادية لمناطق عدم الاستمرارية (المناطق المظللة)



شكل (٦-٤٩-أ) مجالات الاجهادات للضغط

الضاغط البرميلي (Bottle Strut)

يمثل الضاغط البرميلي الحالة العامة لمعظم الضواغط فى نموذج الضاغط والشداد، شكل (٦-٤٩-ب). وفيه يؤدى الانتشار الجانبي الداخلي لقوى الضغط إلى تولد إجهادات شد عرضية كما هو مبين بشكل (٦-٤٩-ب) لابد من أخذها في الاعتبار عند التصميم لذا لابد من وجود تسليح مقاوم لهذه القوى العمودية وذلك للتحكم في عرض الشروخ وزيادة مقاومة الضاغط في اتجاه محوره وللسماح بإعادة توزيع بعض القوى.



شكل (٦-٤٩-ب) الضاغط البرميلي (Bottle Strut Shape).

٦-١١-٣-٢-٢ المقاومة القصوى للضاغط

أ. لا تزيد مقاومة الضغط القصوى للضاغط الذي لا يحتوي على تسليح طولي عند أي من نهايتيه على القيمة التالية:

$$F_c = f_{cd} A_c \qquad \text{Eq. [6-69]}$$

حيث :

f_{cd} = القيمة الأصغر من مقاومة الضغط الفعالة للخرسانة في الضاغط (معادلة ٦-٧١) ومقاومة الضغط الفعالة للخرسانة عند العقدة (معادلة ٦-٧٤).

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 العمودي على محور الضاغط عند نهايته (أي 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:

$$F_c = f_{cd} A_c + A_s \left(\frac{f_y}{\gamma_s} \right) \qquad \text{Eq. [6-70]}$$

وتؤخذ قيمة γ_s في المعادلة السابقة تساوى ١,٣

ج. تؤخذ مقاومة الضغط الفعالة للخرسانة في الضاغط طبقاً للمعادلة الآتية:

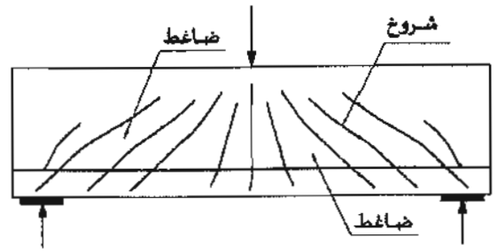
$$f_{cd} = 0.67 \beta_s \left(\frac{f_{cu}}{\gamma_c} \right) \qquad \text{Eq. [6-71]}$$

وتؤخذ قيمة γ_c في المعادلة السابقة تساوى ١,٦ ، وتؤخذ قيمة المعامل β_s كالآتي:

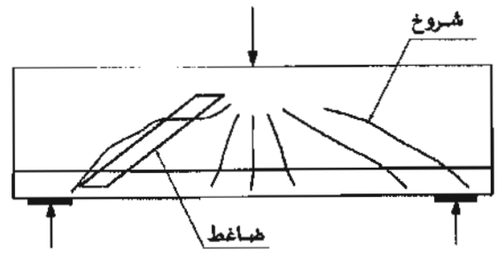
- $\beta s = 1.00$ للضاغط ذي الشكل المنشوري - البند (٦-١١-٣-٢-١).
- $\beta s = 0.70$ للضاغط ذي الشكل البرميلي في حالة ما إذا كان موازيا للشروخ كما هو موضح بالشكل (٦-٥٠-أ). وتقتضي قيمة βs في هذا البند وجود أسياخ تسليح في اتجاه عمودي على محور الضاغط لمقاومة قوى الشد العرضية الناتجة عن انتشار قوى الضغط في الضاغط، ويمكن اعتبار أن هذه القوى تنتشر بميل علي محور الضاغط (٢) طولي إلى (١) عرضي.
- $\beta s = 0.60$ للضاغط ذي الشكل البرميلي في حالة ما إذا كان ذا ميل مع زاوية الشروخ كما هو موضح بالشكل (٦-٥٠-ب).

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

- $\beta s = 0.40$ للضاغط في عناصر شد أو العناصر ذات الشد في الشفة.
- $\beta s = 0.60$ في كل الحالات الأخرى.



أ- ضاغط موازى للشروخ



ب- ضاغط مائل على الشروخ

شكل (٦-٥٠) أنواع الضواغط: (أ) ضاغط موازي للشروخ، (ب) ضاغط مائل على الشروخ

د. في حالة استخدام كانات تحزيم يمكن زيادة مقاومة الضغط للخرسانة بأخذ تأثير التحزيم في الاعتبار مثل مناطق نهايات الكابلات في الخرسانة سابقة الإجهاد.

هـ. يجب ألا تقل زاوية ميل الضاغط عن ٢٦ درجة مع محور العنصر الإنشائي.

٦-١١-٣-٣ تصميم الشداد

- تحسب المقاومة القصوى للشداد من المعادلة التالية:

Eq. [6-72]

$$T_{ud} = A_s f_y / \gamma_s$$

حيث:

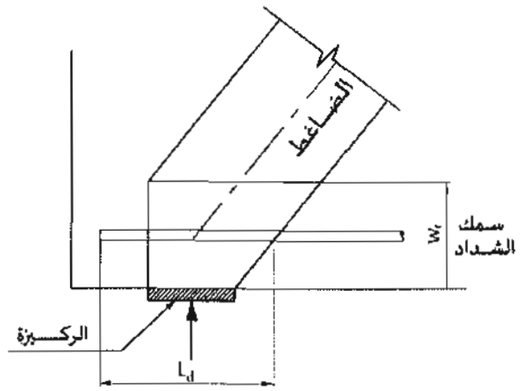
T_{ud} : قوى الشد التصميمية في حالة الحدود القصوى.

A_s : مساحة مقطع أسياخ التسليح.

وتؤخذ قيمة $\gamma_s = 1,15$

- يجب استيفاء اشتراطات حدود التشرخ للكود المصري للخرسانة المسلحة للعناصر المعرضة لقوى شد محوري.

- لابد من تحقق طول التماسك المطلوب (Ld) (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 (Wt) بحيث تتحقق اشتراطات الأمان لإجهادات الضغط عند منطقة العقدة للضواغط والشدادات الملتقية عند هذه العقدة (بند (٦-١١-٣-٤)). ويمكن حساب السمك التقريبي للشداد على أساس ألا يزيد على ٧٠% من سمك أكبر ضاغط متصل مع هذا الشداد عند منطقة العقدة.
- يتم حساب طول الرباط (Ld) طبقا للبند ٤-٢-٥.



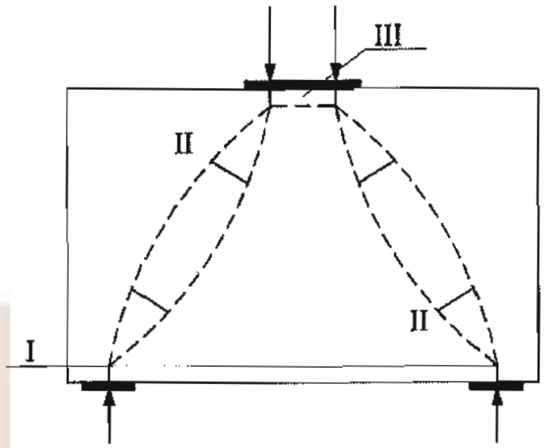
شكل (٦-٥١) حسابات طول التماسك اللازم عند منطقة العقدة.

٦-١١-٣-٤ تصميم العقد

تعرف العقدة بأنها منطقة تلاقى القوى في نموذج الضاغط والشداد ويجب أن تتزن ثلاث قوى على الأقل عند العقدة.

٦-١١-٣-٤-١ أنواع العقد

عقد أحادية (Singular Nodes) وهي العقد المحددة الموضع عند منطقة الأحمال المركزة مثل العقدا)،(III في الشكل (٦-٥٢) وعقد موزعة (Smeared Nodes) وهي 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 في الضغط وكذلك تحقيق طول التماسك اللازم في الشد.
- تصنف العقد الأحادية طبقاً لنوع القوى المتزنة عندها (شكل (٦-٥٣)) كما يلي:
  - ❖ 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 في حالة الحدود القصوى يجب التأكد من مقاومة الخرسانة للضغط عند العقدة ويتم حساب ذلك طبقا للمعادلة الآتية:

Eq. [6-73]

$$F_{cn} = A_{cn} f_{cd}$$

حيث :

A_{cn} = مساحة المقطع عند منطقة العقدة لقطاع عمودي على اتجاه الضاغط (شكل (٦-٥٤))

f_{cd} = مقاومة الضغط الفعالة للخرسانة عند العقدة وتحسب من المعادلة الآتية:

Eq. [6-74]

$$f_{cd} = 0.67\, \beta n \left(\frac{f_{cu}}{\gamma_c}\right)$$

حيث:

γ_c = معامل خفض المقاومة القصوى للخرسانة ويؤخذ مساويا ١,٦

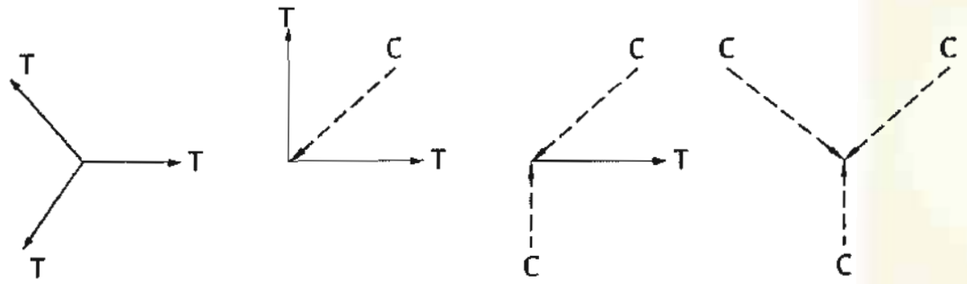
f_{cu} = مقاومة الخرسانة المميزة في الضغط

$ß_n$ = معامل لأخذ تأثير نوعية القوى المؤثرة على العقدة و يؤخذ كما يلي:

$ß_n$ = 1.0 في العقد المعرضة لضغط فقط (C-C-C) (شكل (٦-٥٣-أ)) حيث تتعرض منطقة العقدة لضغط محوري أحادي أو ثنائي أو ثلاثي.

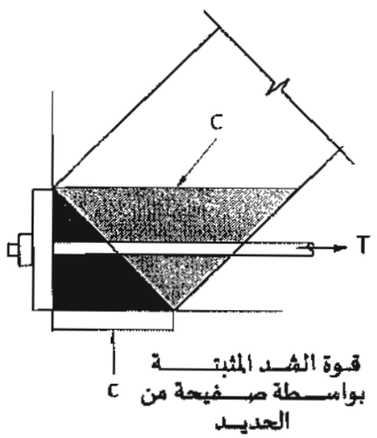
$ß_n$ = 0.8 في العقد المعرضة لضغط –ضغط شد (C-C-T) (شكل (٦-٥٣-ب)) ويمكن استخدام $ß_n$ = 1.0 في هذه العقد إذا امتد الشداد خلال العقدة وتم ربطه بوسيلة ميكانيكية كما بالشكل (٦-٥٤).

$ß_n$ = 0.6 لمنطقة العقدة C-T-T أو T-T-T بالشكلين (٦-٥٣-جـ ، ٦-٥٣-د).



أ- عقدة نوع C-C-C ب- عقدة نوع C-C-T ج- عقدة نوع C-T-T د- عقدة نوع T-T-T

شكل (٦-٥٣) أنواع العقد الأحادية.



شكل (٦-٥٤) عقدة (C-C-T) يمكن فيها اعتبار أنّ $ß_n$ = 1.0.

في العقدة الأحادية من النوع C-C-T يتم حساب الارتفاع w_t طبقاً لتوزيع أسياخ التسليح كما يلي (شكل ٦-٥٥):

- في حالة استخدام صف أسياخ واحد وعدم تحقيق طول تماسك كاف خلف منطقة العقدة (شكل (٦-٥٥-أ)):

$$w_t = 0$$ Eq. [6-75a]

♦ في حالة استخدام صف واحد من الأسياخ وتحقيق طول تماسك كاف خلف منطقة العقد بمسافة لا تقل عن 2c ، حيث c هي الغطاء الخرساني (شكل (٦-٥٥-ب))

$$w_t = \varphi_s + 2c$$ Eq. [6-75b]

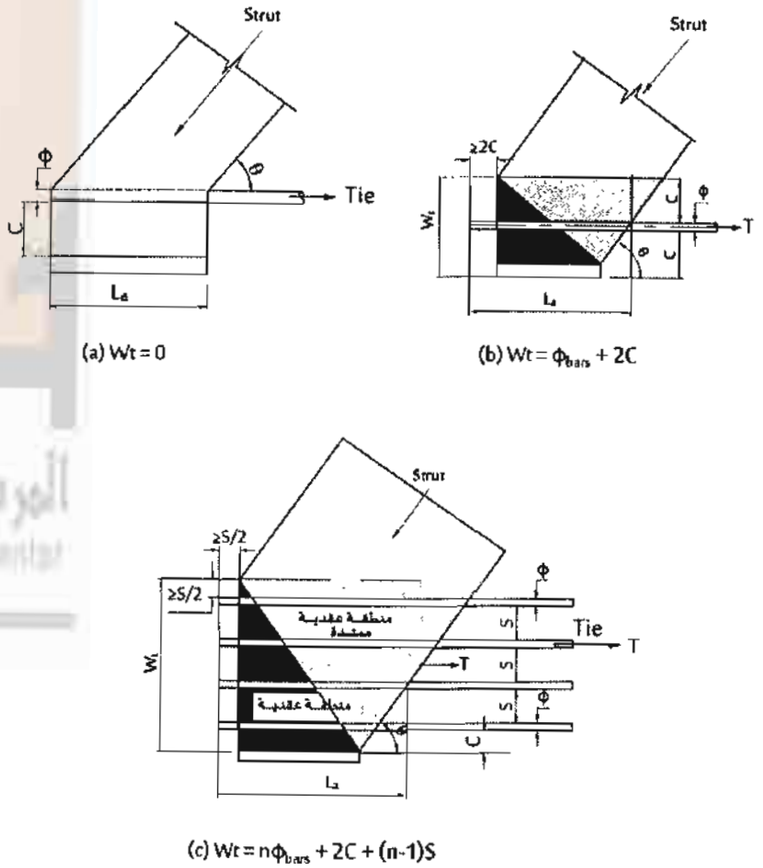
حيث:

φ_s هو قطر الأسياخ المستخدمة

♦ في حالة استخدام أكثر من صف من الأسياخ (شكل ٦-٥٥-جـ)

$$w_t = n\varphi_s + 2c + (n-1)s$$ Eq. [6-75c]

حيث n هي عدد الصفوف، s هي المسافة بين أسياخ التسليح، وبحيث تكون مسافة العقدة الممتدة $\leq (s/2)$.



شكل (٦-٥٥) عقدة نمطية من النوع C-C-T معرضة لضغط وشد عند الركيزة لكمرة ضحلة أو كمرة عميقة

الباب السابع

التفاصيل الإنشائية

٧-١ اعتبارات عامة

يجب أن تكون الرسومات الإنشائية لأعمال الخرسانة واضحة وكاملة الأبعاد وتحتوي على الحد الأدنى من التفاصيل التي تُعد وفقاً للحسابات الإنشائية وبطريقة تبسط أعمال الشدات والفرم، وتسهل صب الخرسانة.

ويمكن تعريف الرسومات الإنشائية طبقاً لما تحتويه من تفاصيل حيث تبدأ بالرسومات المبدئية ثم رسومات العطاء ثم الرسومات التنفيذية وتنتهي بالرسومات التفصيلية وذلك طبقاً للآتي.

٧-٢ الرسومات الإنشائية Structural Drawings

يتم إعداد الرسومات الإنشائية طبقاً للتصميمات المعدة بواسطة مهندسين مدني متخصصين ومعتمدين من نقابة المهندسين – سواء من المكتب المصمم أو ما يكلف به المكتب المصمم المقاول بتقديمه للاعتماد – لتحتوي 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 المعماري ومهندس الأعمال التكميلية من استكمال 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 لأي 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 طبقاً – للباب الثاني – بند (٢-٢-٥) والجداول (٢-٧) و(٢-٨).

٧-٢-٣ بيانات عن الأبعاد الخرسانية

وتشمل كافة الأبعاد الخرسانية لجميع العناصر الإنشائية بالمبنى بما في ذلك أبعاد المحاور وسمك البلاطات وأبعاد الكمرات والكوابيل والأعمدة والأساسات ومقدار التحديب للبلاطات والكمرات ان وجد.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

ويُحدد أيضا على الرسومات سمك الغطاء الخرساني لصلب التسليح في العناصر المختلفة للمبنى وطبقا لما هو وارد في البنود (٢-٣-٤-٤)، (٤-٣-٢-٣-ب)، (٩-٨) والجداول أرقام (٢-٢٥) و (٢-٢٦) و (٢-٢٧) و (٢-٢٨) و (٢-٢٩).

٤-٢-٢-٧ بيانات عن الأساسات

يوضح على رسومات الأساسات منسوب التأسيس والإجهاد المسموح به على التربة (كلي – صافي – اضافي) ونوعية وسمك طبقة الإحلال (إن وجدت) وطريقة تنفيذها ومواصفات الخوازيق المستعملة وحمل التشغيل للخازوق (إن وجد) مع الالتزام بكافة الاشتراطات والاحتياطات الواردة بتقرير أبحاث التربة والأساسات، وكذلك أماكن ومواصفات الطبقات العازلة للمياه (إن وجدت) كما يلزم بيان عدد الأدوار التي صمم عليها المبنى.

ويلزم على الأقل الإشارة إلى ضرورة تصميم وتنفيذ الأعمال اللازمة لسند جوانب الحفر في حالة الاحتياج إليه وكذلك أسلوب نزح المياه إن وجدت والجهة المسئولة عن إعداده ومراجعته قبل التنفيذ.

٥-٢-٢-٧ 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 أي قطاع نتيجة لأعمال الرفع أو التشوين.

ج. 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.

٣-٢-٧ 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 يأتي:

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 جميع الفواصل في أعمال الخرسانة وتحديد أنواعها، وكذلك مقدار التحديب للبلاطات والكمرات والكوابيل في المنشآت ذات البحور أو البروزات الكبيرة، وكذلك أماكن فواصل الصب إذا دعت الحاجة.

ب. بيانات عن تفاصيل 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 يلي:

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. عمل تفاصيل تسليح للعناصر الإنشائية المختلفة ورسمها بمقياس رسم لا يقل عن ١: ٥٠ ويرسم التسليح بشكل واضح مع عمل القطاعات الكافية بمقياس رسم مناسب وبيان تفريد التسليح خارج العنصر إن لزم الأمر.

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 أو البلاطات 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.

ج. بيانات عن الأساسات:

بالإضافة إلى ما ذكر بالبند ٧-٢-٢-٣ فإنه يلزم عمل الرسومات والتفاصيل الخاصة بأعمال سند جوانب الحفر ونزح المياه إن وجدت.

٤-٢-٧ 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. عمل تفاصيل تسليح للعناصر الإنشائية المختلفة ورسمها بمقياس رسم لا يقل عن ١: ٥٠ ويرسم التسليح بشكل واضح مع عمل القطاعات الكافية بمقياس رسم مناسب وبيان تفريد التسليح خارج العنصر وكتابة أطوال الأسياخ.

٢. عمل تفاصيل لبعض 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.

٣. عمل قوائم لصلب التسليح تشمل تفريد التسليح وأطوال الأسياخ وترقيمها ليسهل وضعها في مكانها بالفرم.

٤. عمل رسومات تفصيلية للفرم أو الشدات الخشبية أو المعدنية لضمان دقة التنفيذ في بعض الحالات ويراعى عند تصميم هذه الفرم والشدات التأكد من قدرتها على مقاومة الأحمال الواقعة عليها وضغط الخرسانة الطازجة خلال مراحل الصب.

٥. توضيح مقدار الترخيم المتوقع في الأعضاء الخرسانية عند فك الشدات والفرم في بعض الحالات الخاصة لأخذها في الاعتبار عند تشكيل هذه الفرم وعملها بالطريقة التي تسمح بسهولة فكها وإعادة استخدامها.

٦. 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 في الفرم أو مع صلب التسليح.

٥-٢-٧ جدول عنوان الرسم ومشتملاته

يجهز جدول العنوان بحيث يظهر على الوجه عند تطبيق اللوحة ويجب أن يحتوي على البيانات التالية:

- اسم المشروع وعنوانه واسم المالك وعنوانه.
- 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.
- اسم المكتب المسئول عن التصميم وعنوانه ويفضل اسم المصمم.

- اسم الجهة أو الهيئة المنوط بها مراجعة المشروع (إذا لزم الأمر).
- اسم المقاول واستشارية إذا كان التصميم والرسم تم إعداده بمعرفته.
- مقياس الرسم.
- تاريخ إعداد الرسم.
- عنوان اللوحة ورقمها.
- الإصدار ورقمه إذا كان هناك احتمال لأكثر من إصدار خاصة عند تتابع ورود الرسومات الميكانيكية والكهربية للمشروع وإعدادها في 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 الإنشائي

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.

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 خطافيه 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).

ج. 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 في كل وصلة والمسافة بين الأسياخ وطريقة ربطها وتثبيتها كما في بند (٤-٢-٥-٤-١).

٧-٣-٢-٢ الوصلات الميكانيكية

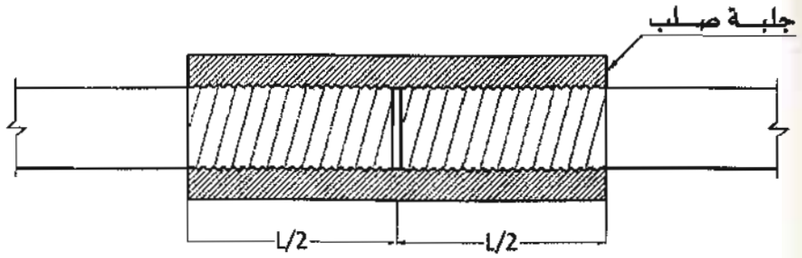
أ. تُستعمل هذه الوصلات للأسياخ التي لا يقل قطرها عن ١٦مم ويتم تنفيذها بواسطة جلب من صلب لا تقل مواصفاته عن مواصفات الأسياخ الموصولة، كما يجب ألا تقل مقاومة قطاعها عن ١٢٥% من إجهاد الخضوع للأسياخ.

ب. لا يُسمح بأن يزيد مقدار الانزلاق في الوصلة عند حمل التشغيل على ٠,١ ملليمتر.

ج. يتم تنفيذ هذه الوصلات بطريقتين:

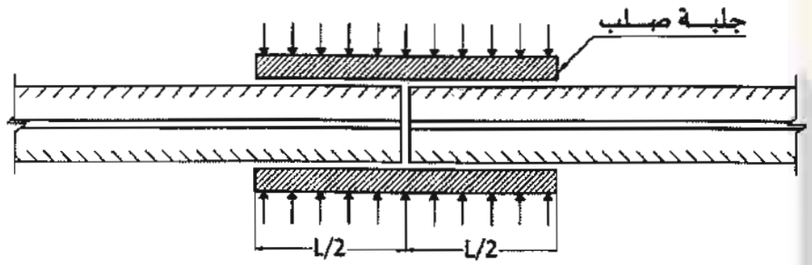
- الطريقة الأولى: بواسطة قلوظة الجلب من الداخل ونهايات الأسياخ من الخارج كما هو مبين بالشكل (٧-١-أ).
- والطريقة الثانية: تستخدم في حالة أسياخ الصلب ذات النتوءات بواسطة جلب يتم الضغط على محيطها الخارجي على نهايات الأسياخ المطلوب وصلها بمكابس خاصة لتنقل الإجهادات بين الأسياخ بواسطة الاحتكاك بين السطح الداخلي للجلبة مع السطح الخارجي لنهايات الأسياخ كما هو مبين بالشكل (٧-١-ب).

د. يلزم قبل استعمال الوصلات الميكانيكية عمل الاختبارات على عينات من الوصلات يحددها المهندس الاستشاري للمشروع لتأكيد قدرتها على مقاومة الإجهادات المتوقعة عليها، مع الرجوع إلى باقي الاشتراطات الواردة بالبند (٤-٢-٥-٤-١).



طول الوصلة الميكانيكية = L

شكل (٧-١-أ) الوصلات الميكانيكية باستخدام جلبة مقلوظة



طول الوصلة الميكانيكية = L

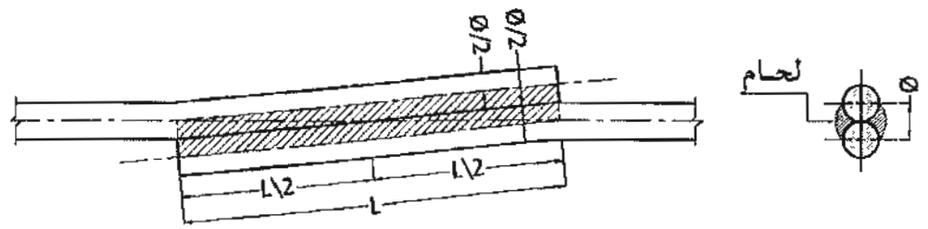
شكل (٧-١-ب) الوصلات الميكانيكية في حالة أسياخ الصلب ذات النتوءات

٧-٣-٢-٣ الوصلات باللحام

تُستعمل وصلات اللحام للأسياخ التي لا يقل قطرها عن ١٦ مم ولنوعية الصلب القابل للحام طبقاً للبند (٤-٢-٥)، وطبقا لما ورد بالبند (٤-٢-٥-٤-٢) تكون 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:

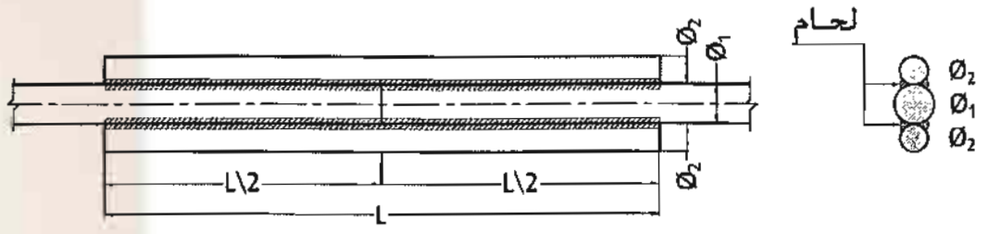
١. يُستخدم اللحام بالكهرباء.
٢. يجب أن يكون محورا السيخين الملحومين على استقامة واحدة.
٣. يجب أن تكون وصلات اللحام تبادلية على ألا يُلحم أكثر من ٢٥% من المساحة الكلية للأسياخ عند هذا القطاع الخرساني وباقي الوصلات على مسافات طولية لا تقل كل منها عن ٢٠ مرة قطر السيخ من نهاية الوصلة السابقة.
٤. يُحدد طول 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 قبل استعمال الوصلات باللحام عمل الاختبارات على عينات من الوصلات يحددها المهندس الاستشاري للمشروع لتأكيد قدرتها على مقاومة الإجهادات المتوقعة عليها واستيفاء الشروط المذكورة عاليه.



طول الوصلة باللحام = L

شكل (٧-١-جـ) تفاصيل وصلات اللحام بالتراكب



طول الوصلة باللحام = L

مساحة السيخين قطر 2ø ≥ مساحة السيخ قطر 1 ø

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.

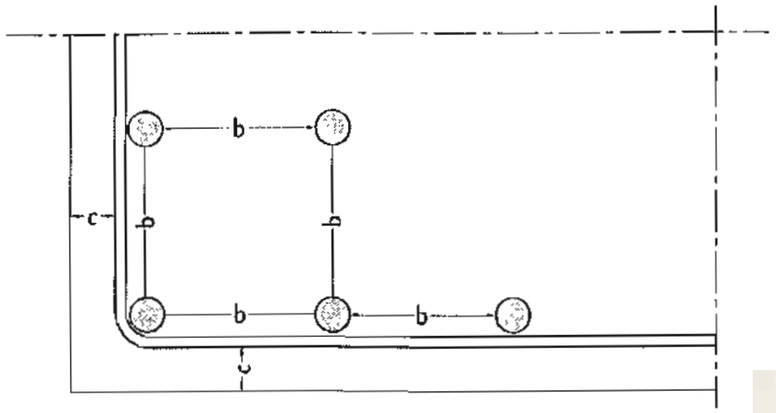
حيث:

a = القطر المكافئ للحزمة ϕe طبقاً لبند (٤-٢-٥-١-و) أو مرة ونصف المقاس الاعتباري الأكبر للركام أو (المقاس الاعتباري

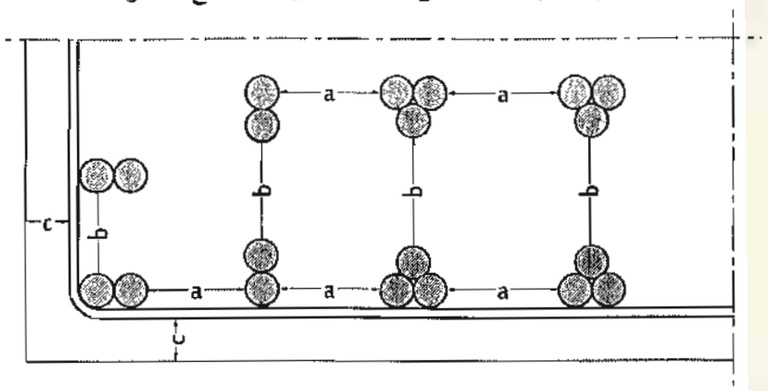
الأكبر للركام + ١٥ مم) أيها أكبر.

b = القطر الأكبر للأسياخ المنفردة ϕ max أو القطر المكافئ للحزمة ϕe أو مرة ونصف المقاس الاعتباري الأكبر للركام أيهما 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 (٩-٨).



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 وهي:

- بند (٦-٢-١-٢-٤) للبلاطات المصمتة واللاكمرية.
- بند (٤-٢-١-٢-ح) 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 في حالة الأسياخ ذات النتوءات فقط.

ب. لا يزيد قطر أكبر سيخ مستخدم في الحزمة عن ٢٨ مم.

ج. يمكن استعمال أقطار مختلفة في الحزمة الواحدة بشرط ألا يزيد الفرق بين أكبر وأصغر قطر مستخدم في الحزمة الواحدة عن ٤ مم.

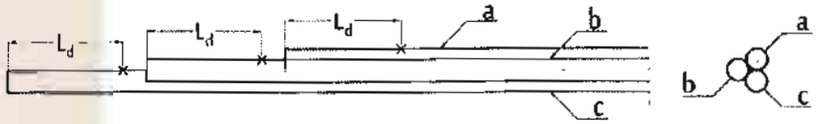
د. تُتخذ الاحتياطات الكافية نحو المحافظة على تلامس الأسياخ باستعمال سلك رباط أثناء التركيب وصب الخرسانة.

٧-٣-٤-٢ وصلات التراكب وأماكن التوقف للأسياخ المجمعة

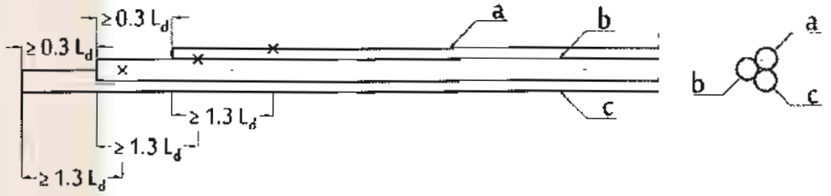
أ. يُحسب طول التماسك L_d وأطوال وصلات التراكب طبقاً للبنود (٤-٢-٥-١)، (٤-٢-٥-٣) ، (٤-٢-٥-٤).

ب. يُسمح بإنهاء جميع أسياخ الحزمة مرة واحدة إذا كان القطر المكافئ للحزمة ϕe أقل من أو يساوى ٢٨ مم.

ج. في الحالات التي يكون فيها القطر المكافئ للحزمة ϕe 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.

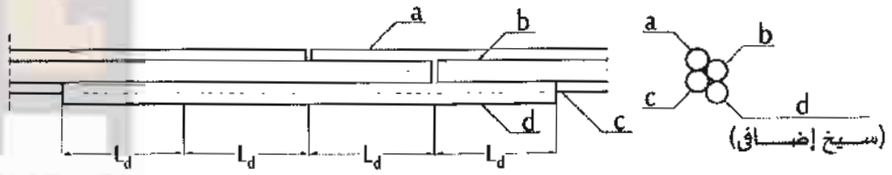


شكل (٧-٣-أ) ترتيب إنهاء أسياخ الحزمة في حالة وقف الاسياخ داخل منطقة العزم



شكل (٧-٣-ب) ترتيب إنهاء أسياخ الحزمة في حالة وقف الاسياخ خارج منطقة العزم

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-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 المشرف بما يتوافق مع الرسومات والحسابات الانشائية المعتمدة من المهندس المصمم 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 (٩-٦-٦) 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 (٩-٦-٧).

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)، (٩-٦-٩).

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 (٩-٦-٨) 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 (لا كمرية) شكل (٧-٤)، مع مرعاة ما جاء في شكل (٦-٣٨) في حالة البلاطات المسطحة المقاومة لأحمال الزلازل.

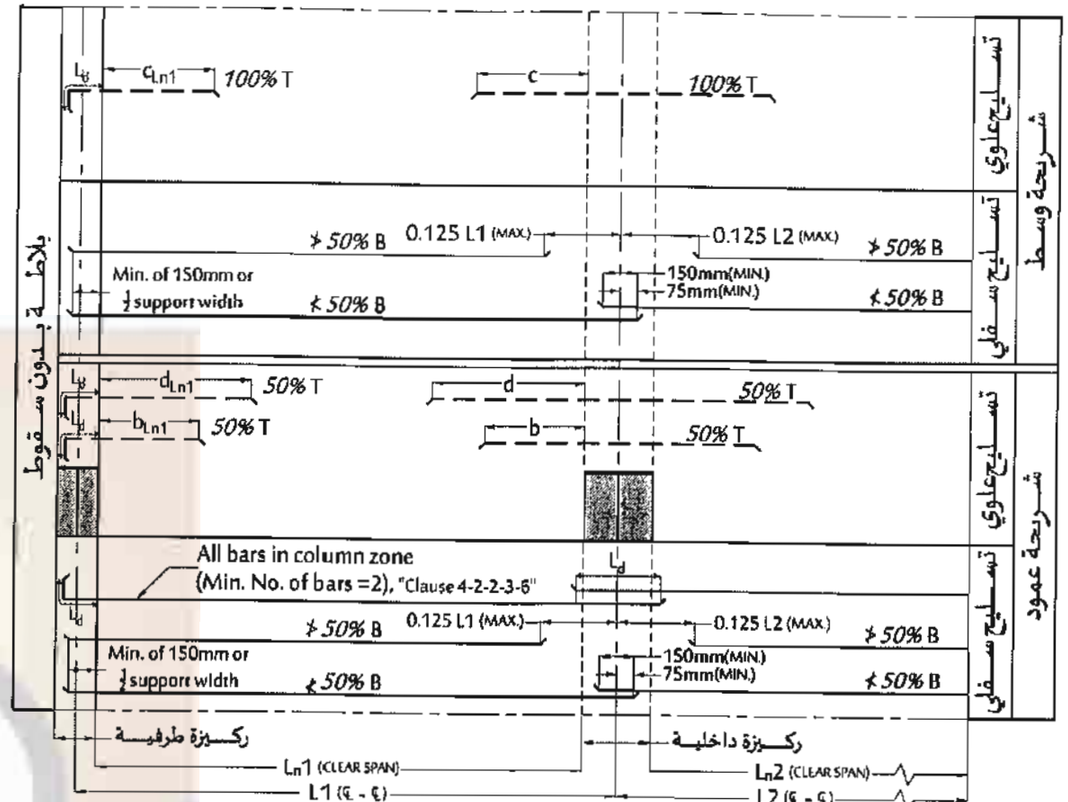
٢. نموذج التسليح عند تغير اتجاه محور العنصر في الكمرات والبلاطات شكل (٧-٥).

٣. نماذج تفاصيل تسليح البلاطات المسطحة ذات الأعصاب شكل (٧-٦).

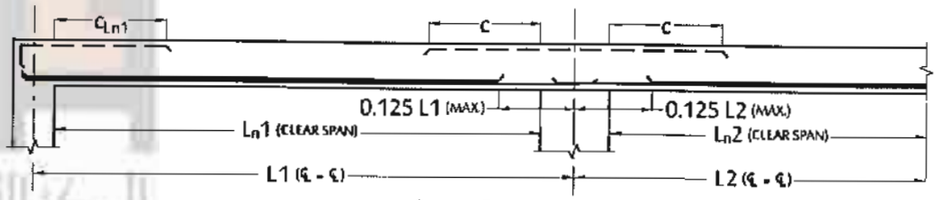
٤. نماذج لتسليح الأعمدة شكل (٧-٧).

ويمكن الرجوع إلى دليل التفاصيل الإنشائية لمزيد من التفاصيل.

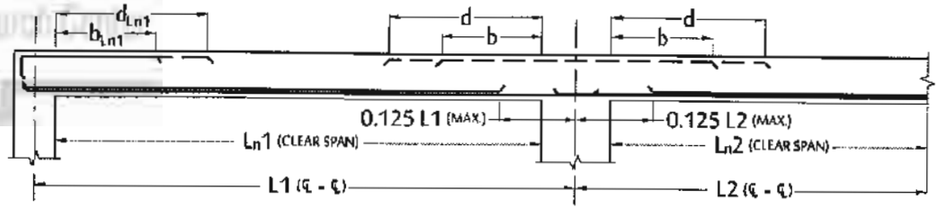
HBRC
المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954



نموذج تسليح عام لبلاطة مسطحة (لاكمرية) بدون سقوط



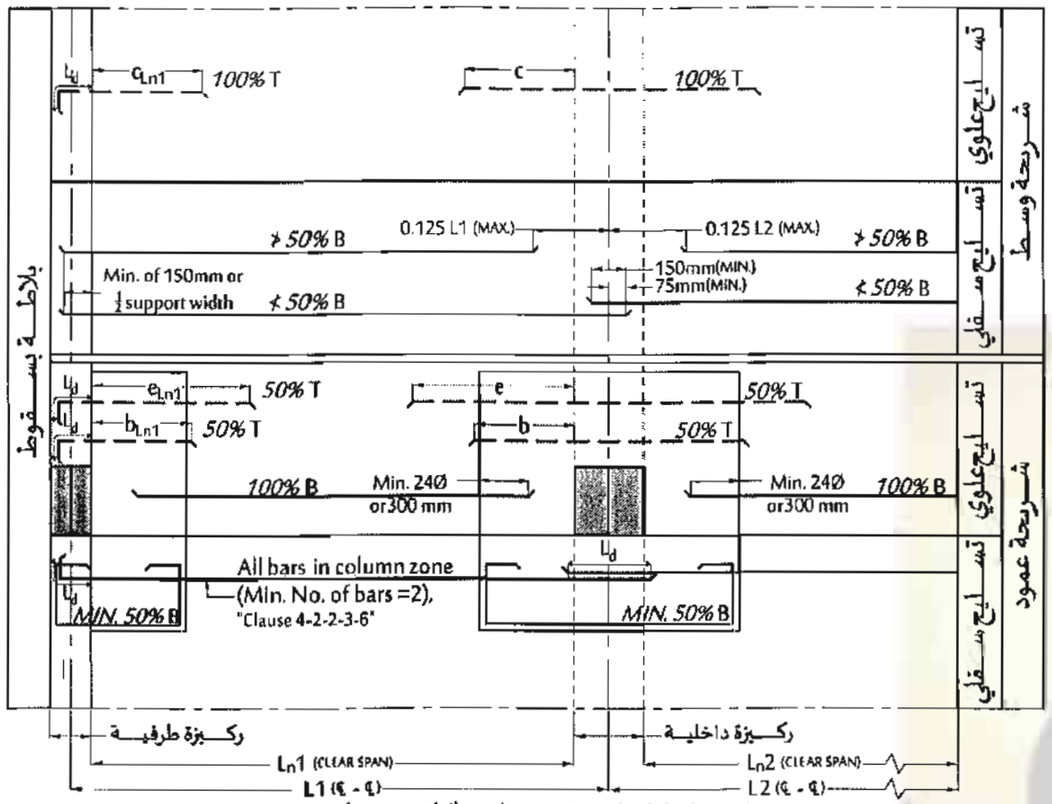
شريحة وسط



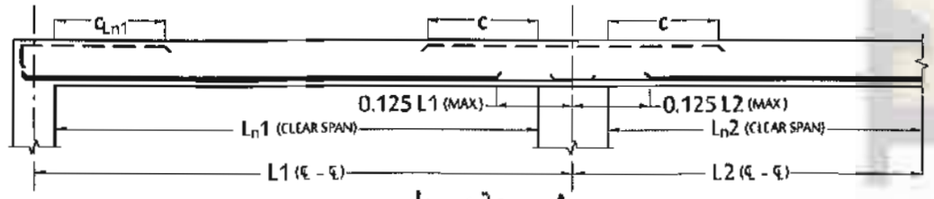
شريحة عمود

B : تسليح سفلي
T : تسليح علوي
L : المسافة بين محاور الركائز
Ln : البحر الصافي بين وجه الركائز
b : الاكبر من 0.20 Ln1 أو 0.20 Ln2
c : الاكبر من 0.22 Ln1 أو 0.22 Ln2
d : الاكبر من 0.30 Ln1 أو 0.30 Ln2
*براعي ألا تقل قيمة (b,c,d) و (b_{Ln1},c_{Ln1},d_{Ln1}) عن $L_d + 0.3d$
b_{Ln1} : 0.20 Ln1
c_{Ln1} : 0.22 Ln1
d_{Ln1} : 0.30 Ln1

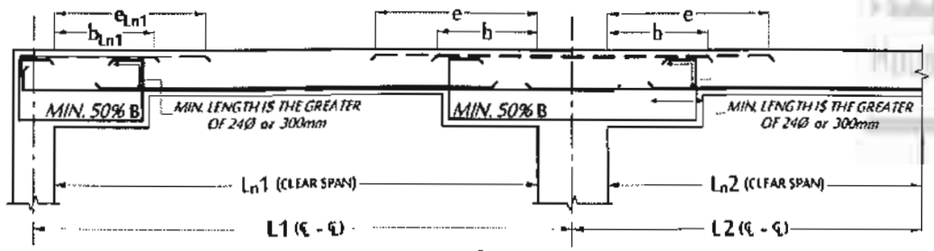
شكل (٧-٤-أ-١) نموذج تسليح عام لبلاطة مسطحة (لاكمرية) بدون سقوط



نموذج تسليح عام لبلاطة مسطحة (لاكمرية) بسقوط



شريحة وسط

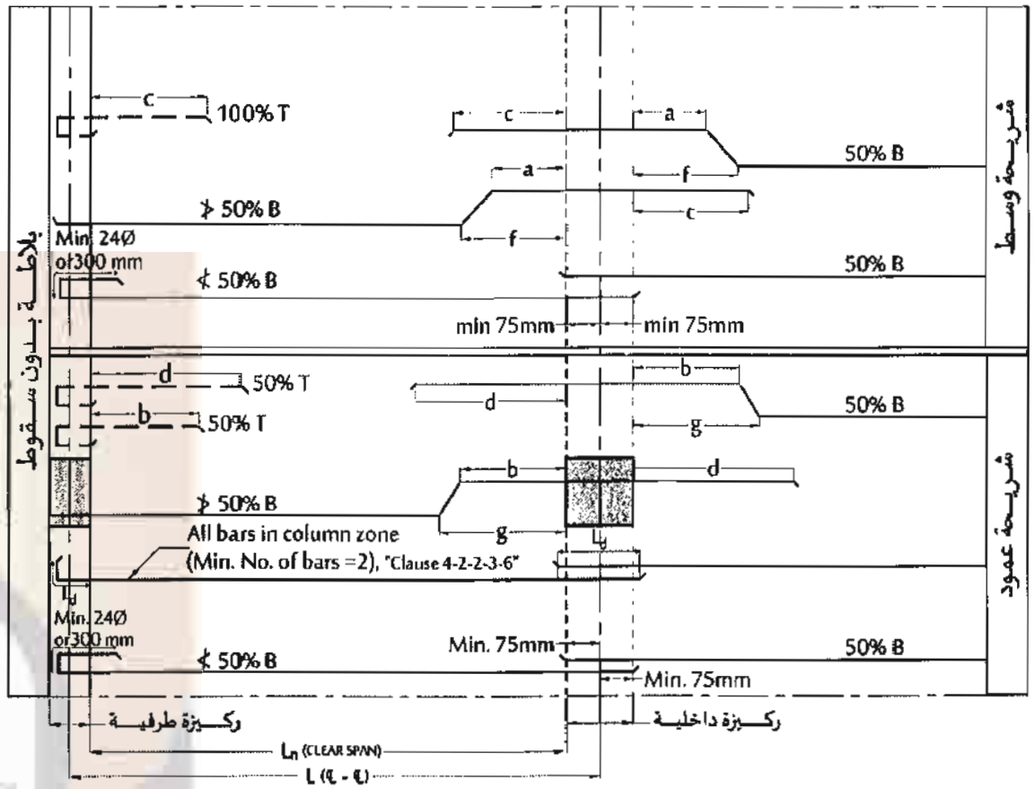


شريحة عمود

B : تسليح سفلي
T : تسليح علوي
L : المسافة بين محاور الركائز
Ln : البحر الصافي بين وجه الركائز
b : الاكبر من 0.20 Ln1 أو 0.20 Ln2
c : الاكبر من 0.22 Ln1 أو 0.22 Ln2
e : الاكبر من 0.33 Ln1 أو 0.33 Ln2
*براعي ألا تقل قيمة (b,c,d) و (b_{Ln1},c_{Ln1},d_{Ln1}) عن $L_d + 0.3d$
b_{Ln1} : 0.20 Ln1
c_{Ln1} : 0.22 Ln1
e_{Ln1} : 0.33 Ln1

شكل (٧-٤-أ-٢) نموذج تسليح عام لبلاطة مسطحة (لاكمرية) بسقوط

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

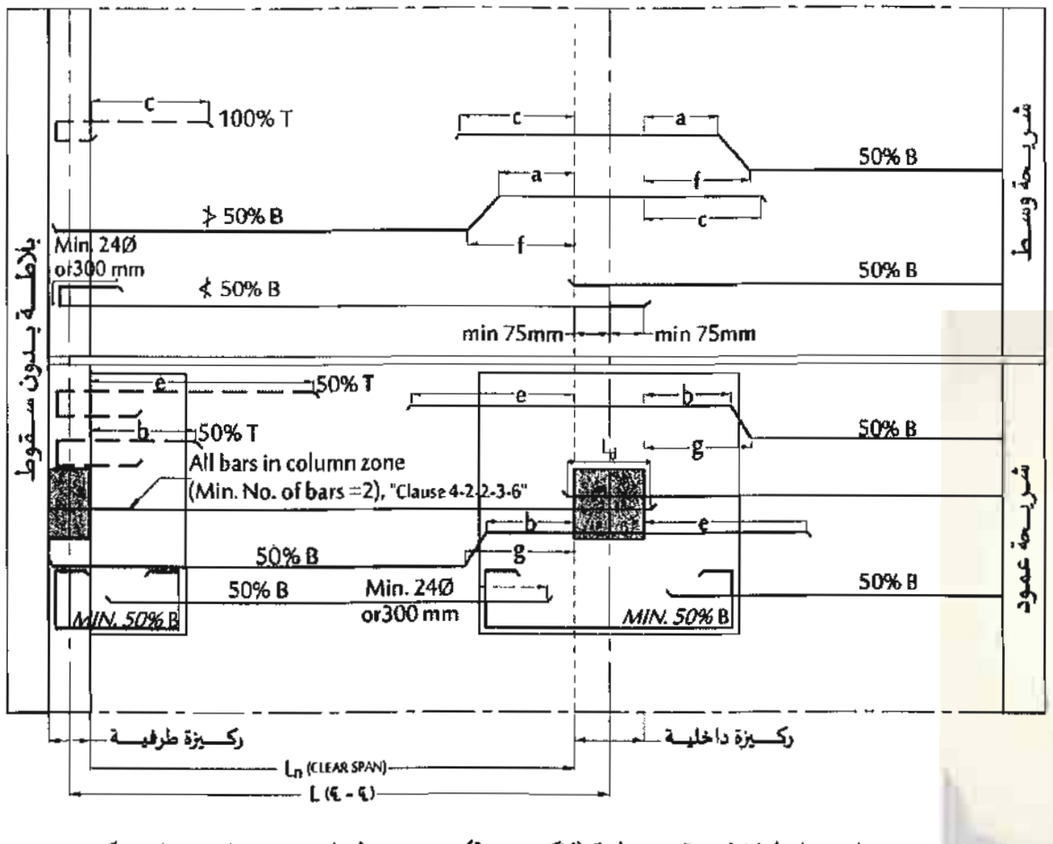


نموذج تسليح عام لبلاطة مسطحة (لاكمرية) بدون سقوط باستخدام صلب مكسح

طول السيخ من وجه الركيزة						
الطول الأقصى	الطول الأدنى					
g	f	e	d	c	b	a
0.24 Ln	0.20 Ln	0.33 Ln	0.30 Ln	0.22 Ln	0.20 Ln	0.14 Ln

* الحد الادنى لأطوال التسليح فى البلاطات اللاكمرية
* يجب أن يمتد التسليح الموجب والسالب فى البلاطات غير مستمرة الاطراف للحصول على الرباط المناسب لمقاومة الاجهادات الطرفية

شكل (٧-٤-ب-١) نموذج تسليح لبلاطة مسطحة (لاكمرية) بدون سقوط باستخدام صلب مكسح



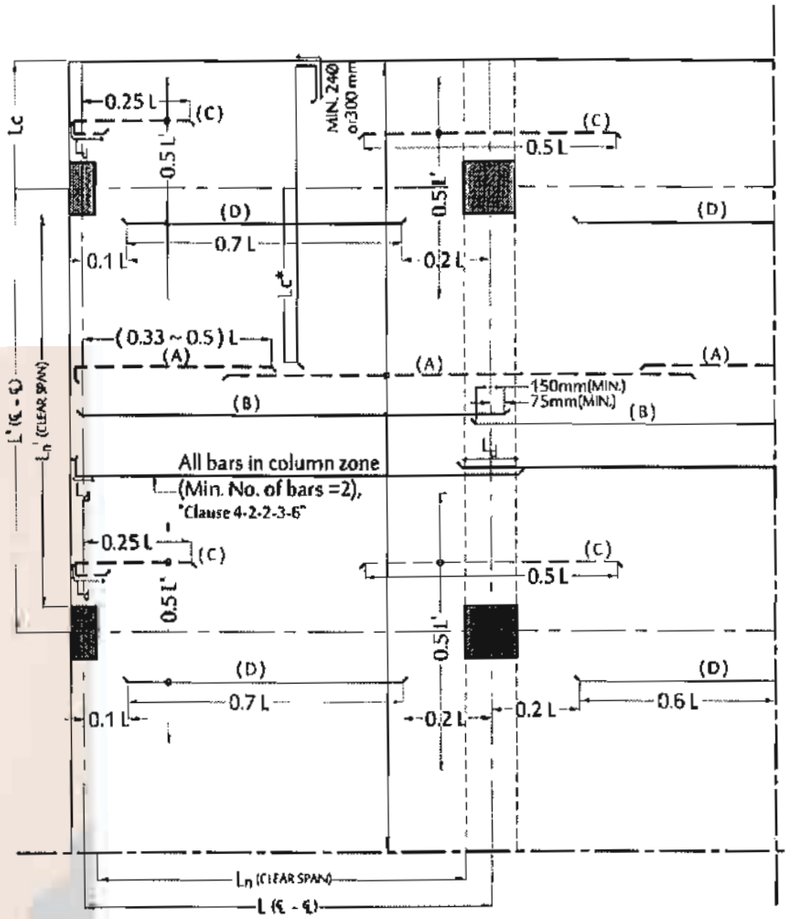
نموذج تسليح عام لبلاطة مسطحة (لاكمرية) بسقوط باستخدام صلب مكسح

طول السيخ من وجه الركيزة						
الطول الأقصى	الطول الأدنى					
g	f	e	d	c	b	a
0.24 Ln	0.20 Ln	0.33 Ln	0.30 Ln	0.22 Ln	0.20 Ln	0.14 Ln

* الحد الادنى لأطوال التسليح فى البلاطات اللاكمرية
* يجب أن يمتد التسليح الموجب والسالب فى البلاطات غير مستمرة الاطراف للحصول على الرباط المناسب لمقاومة الاجهادات الطرفية

شكل (٧-٤- ب-٢) نموذج تسليح لبلاطة مسطحة (لاكمرية) بسقوط باستخدام صلب مكسح

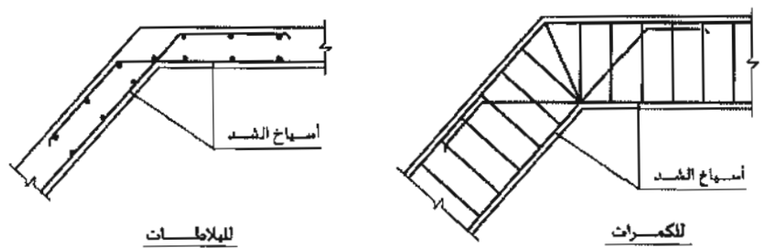
HBRC
المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

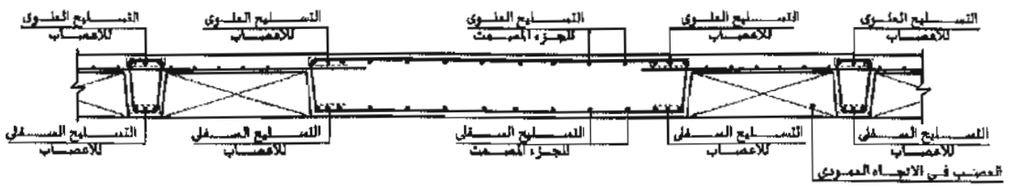


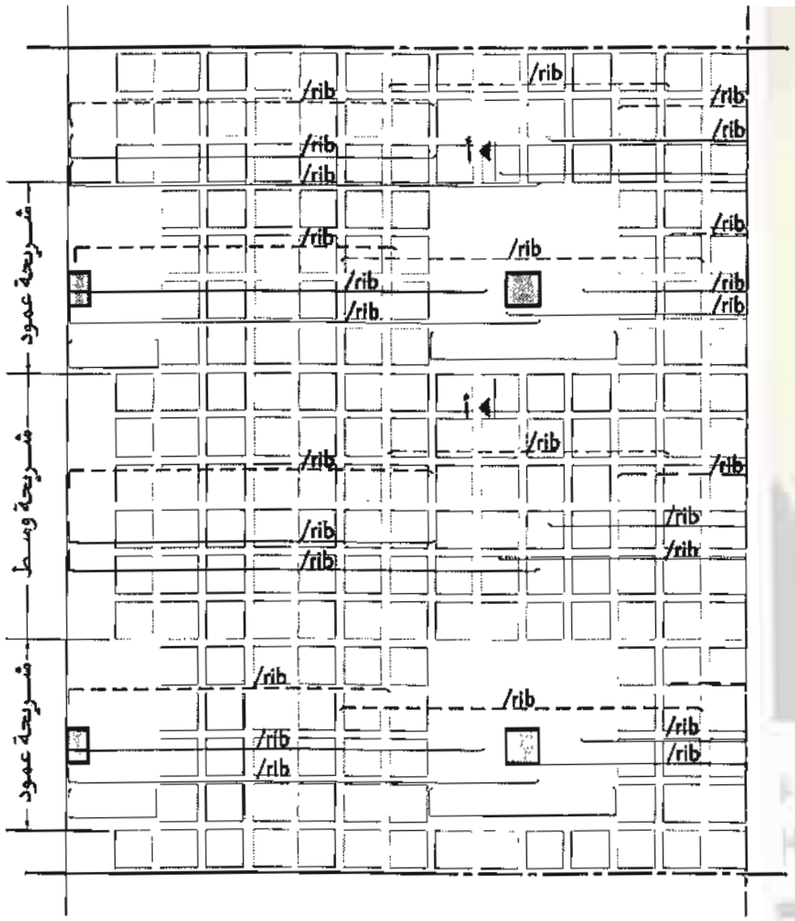
نموذج تسليح مرادف لبلاطة مسطحة (لاكمرية)
باستخدام شبكة رئيسية و تسليح إضافي

L or L' : المسافة بين محاور الركائز
Ln or Ln' : البحر الصافى بين أوجه الركائز
Lc : طول الكابولي
*Lc : مرة و نصف طول الكابولي ما لم يتم عمل حسابات دقيقة
A : شبكة التسليح العلوى
B : شبكة التسليح السفلى
C : تسليح علوى اضافى لشريحة العمود
D : تسليح سفلى اضافى لشريحة العمود

شكل (٧-٤- ج) نموذج تسليح مرادف لبلاطة مسطحة (لاكمرية) باستخدام شبكة رئيسية وتسليح إضافي



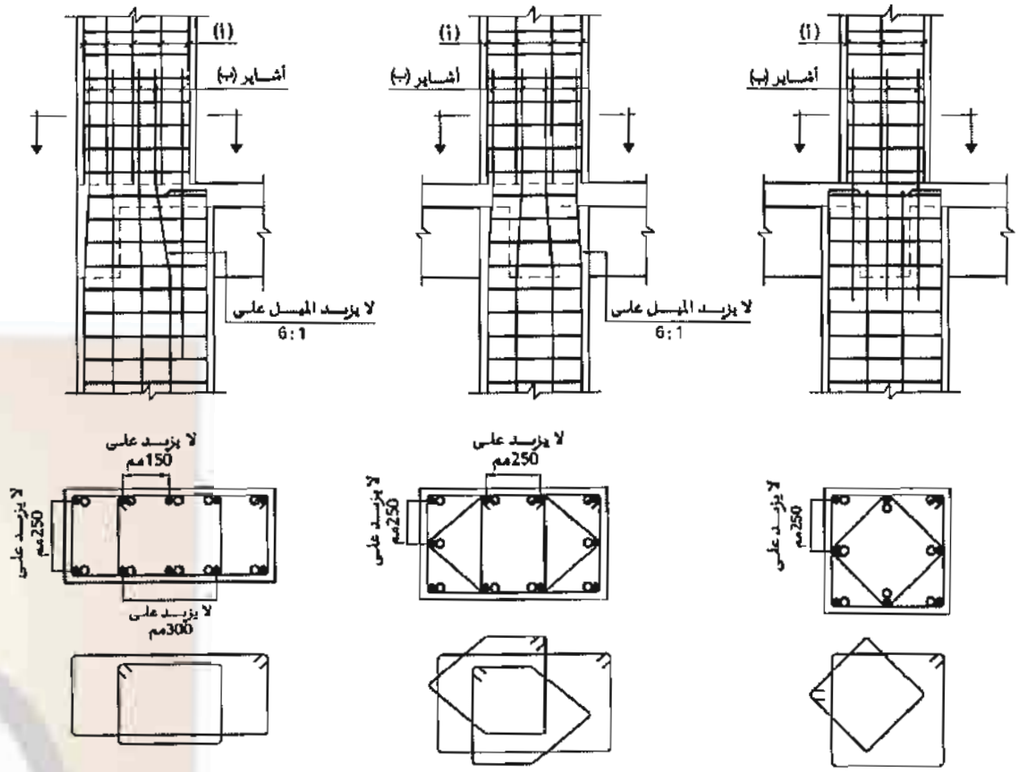
شكل (٧-٥) نموذج التسليح عند تغير اتجاه محور العنصر في الكمرات والبلاطات

قطاع نموذجى لتسليح الاعصاب والأجزاء المصمتة
قطاع (أ-أ)



ملاحظات

- تتبع أطوال امتداد الاسياخ ووصلاتها نفس ما ورد فى البلاطات المسطحة اللاكمرية
- الاسياخ العلوية ممثلة بخطوط متقطعة أما الخطوط المستمرة فتمثل التسليح السفلى

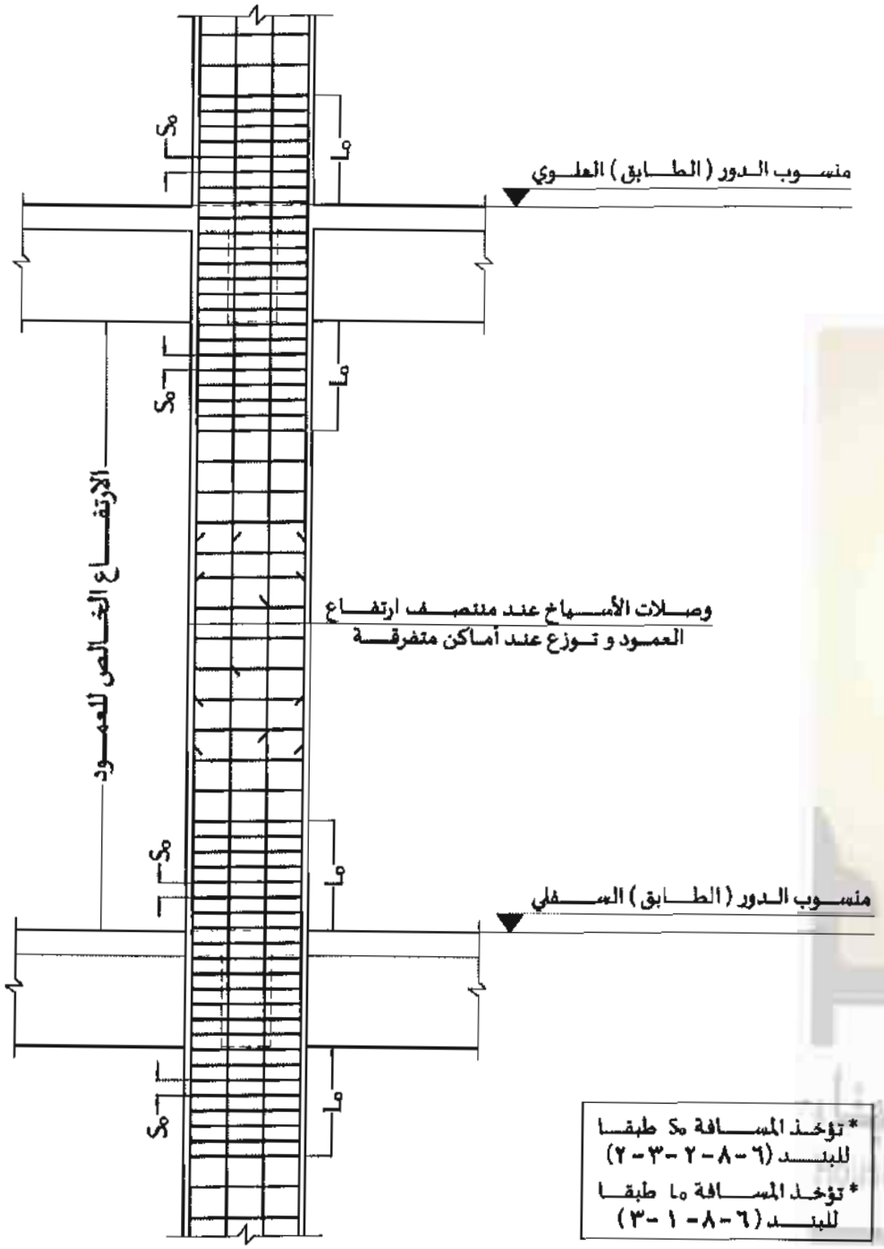
شكل (٧-٦) تفاصيل تسليح البلاطات المسطحة ذات الأعصاب



● (أ) تسليح العمود
○ (ب) الأشايير

نماذج لوصلات الأشايير و ترتيب الكانات بالأعمدة

شكل (٧-٧-أ) نماذج لوصلات الأشايير وترتيب الكانات بالأعمدة ذات الممطولية المحدودة



شكل (٧-٧-ب) تسليح الأعمدة للمنشآت ذات الممطولية الكافية المعرضة لقوى أفقية كبيرة

٧-٦ التفاصيل الإنشائية للعناصر الخرسانية سابقة الإجهاد

٧-٦-١ الحدود القصوى لمساحة مقطع الكابلات بالقطاع الخرساني

يرجع للبند (٥-٣-٣-١-٦).

٧-٦-٢ الغطاء الخرساني للكابلات

يُحدد الغطاء الخرساني للكابلات بوجه عام طبقا لمتطلبات التحمل مع الزمن (Durability) والمقاومة للحريق ومتطلبات التصميم طبقا للبابين الثاني والرابع والكود المصري للحريق.

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

٧-٦-٢-١ الكابلات المتماسكة مع الخرسانة Bonded Tendons

٧-٦-٢-١-١ عـام

يجب أن يفي الغطاء الخرساني للكابلات المتماسكة مع الخرسانة بالتوصيات الخاصة المذكورة بالبندين (٤-٣-٢-٣)، (٨-٩) وذلك بالإضافة إلى الاشتراطات المذكورة بالبند (م٢ -٣-٥) والخاصة بحماية أسياخ التسليح من الصدأ، البند (٧-٦-٢-١-٣) والخاص بوقاية أسياخ التسليح من الحريق وكذلك المتطلبات المبينة في شكل (٧-٨). وعادة لا تحتاج نهايات الكابلات المستخدمة في الأنظمة ذات الشد المسبق إلى وجود غطاء بل قد يفضل قطعها في نفس مستوى نهاية العنصر الخرساني ودهانها بدهان عازل ضد الصدأ.

٧-٦-٢-١-٢ الغطاء الخرساني للوقاية من الصدأ

يراعى عند تحديد الغطاء الخرساني اللازم لوقاية أسياخ التسليح من الصدأ الظروف التي سيتعرض لها المنشأ الخرساني طبقاً للجدول (٤-١١) وكذا سمك الغطاء الخرساني ومحددات الخلطة كما هو موضح بالجدول (٧-١) للاسترشاد. وتسري أيضا التوصيات الخاصة بمواد الخرسانة والخلطات الموضحة بالباب الثاني من الكود الخاص بمواد الخرسانة المسلحة على البيانات الواردة بالجدول (٧-١) وكذا الاشتراطات الخاصة بالخرسانة سابقة الإجهاد بالبند (٥-٢) مع مراعاة ألا يقل محتوى الأسمنت بالخلطة عن ٣٥٠ كجم للمتر المكعب من الخرسانة، مع مراعاة متطلبات جدول (٢-٢٤).

٧-٦-٢-١-٣ الغطاء اللازم للوقاية من الحريق

يؤخذ بالتوصيات الخاصة بالباب الثاني من الجداول (٢-٢٥) و (٢-٢٦) و (٢-٢٧) و (٢-٢٨) و (٢-٢٩) لحماية المنشآت من الحريق وكذلك ما ورد بكود الحريق على أن تراعى القيم المذكورة بالجدول (٢-٢٧) كحد أدنى.

٧-٦-٢-٢ الغطاء الخرساني للأجربة المستقيمة (غير المنحنية)

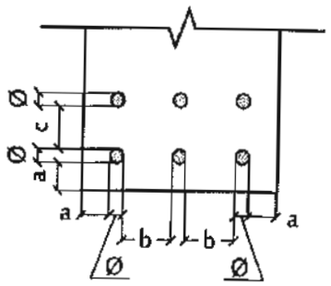
يجب ألا يقل سمك الغطاء الخرساني مقاسا من الحد الخارجي للأجربة عن ٥٠ مم، أو قيمة الغطاء الخرساني المذكور في البند (٧-٦-٢-١) والجدولان (٧-٢)، (٢-٢٧) مضافاً إليه قطر الكانة، أو المبين بالشكلين (٧-٩)، (٧-١٠) أيهم أكبر على أن يراعى أن تؤخذ الاحتياطات الكافية لأن تكون الخرسانة المكونة للغطاء كثيفة بدرجة كافية. وبالنسبة للكابلات المنحنية يراعى أيضاً متطلبات البند (٧-٦-٤).

جدول (٧-١) الحد الأدنى الاسترشادي لسمك الغطاء الخرساني*

أقل رتبة للخرسانة fcu (ن/مم٢)		سمك الغطاء الخرساني (مم)			
		أو أقل	٤٠	٤٥	أكبر من أو يساوى ٥٠
ظروف التعرض**	القسم الأول	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥
	القسم الثاني	-	٤٠	٣٠	٣٠
	القسم الثالث	-	٥٠	٤٠	٤٠
	القسم الرابع	-	-	٦٠	٥٠
أكبر نسبة ماء خلط / أسمنت		٠,٥٠	٠,٤٥	٠,٤٠	٠,٣٥
أقل محتوى أسمنت (كجم/ م٣)		٣٥٠	٤٠٠	٤٢٥	٤٥٠

*هذا الجدول يفترض استخدام ركام ذي مقاس اعتباري أكبر ٢٠ مم.

**تؤخذ ظروف التعرض طبقاً لجدول (٤-١١).



ϕ or 2.50 ≤ a

≤الغطاء الخرسانة الأدنى + قطر الكانة

b ≤ المقاس الاعتبار الأكبر للركام + ٥ مم

ϕ 2 ≤

≤ ٢٠ مم

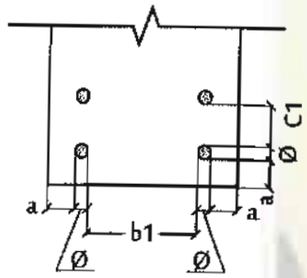
C > المقاس الاعتباري للركام

ϕ 2≤

≤ ١٠ مم

كما يجب أيضاً ألا تقل المسافات a، b، c عن القيم المنصوص عليها من قبل الشركات المنتجة للكابلات.

شكل (٧-٨) أقل غطاء خرساني ومسافات مسموح بها بين الأسلاك أو الجدائل في نظام الشد السابق



a >غطاء الخرسانة الأدنى بند (٥-٥-٣-١) + قطر الكانة.

≤ ٠,٧٥ من قطر الجراب ϕ في حالة ϕ >١٢٠ ملليمتر.

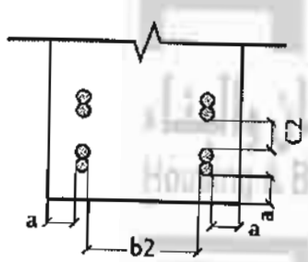
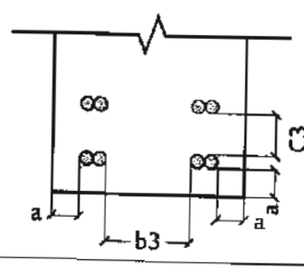
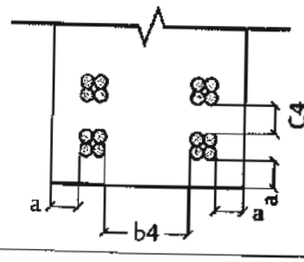
≤ ٥٠ ملليمتر.

b1 ≤ قطر الجراب أو ٤٠ ملليمتر.

≤ قطر الجراب ϕ في حالة ϕ ≥ 80 ملليمتر.

C1≤ قطر الجراب أو ٥٠ ملليمتر.

شكل (٧-٩) أقل غطاء خرساني ومسافات مسموح بها بين أجربة الكابلات في نظام الشد اللاحق (كابلات منفردة)

		
a ≤ مثل المبين بالشكل (١٠-٨)	a ≤ ١,٥٠ قطر الجراب	a ≤ ١,٥٠ قطر الجراب
b2 ≤ ١,٥٠ قطر الجراب	b3 ≤ ١,٥٠ قطر الجراب	b4 ≤ ١,٥٠ قطر الجراب
C2 ≤ ١,٢٠ قطر الجراب	C3 ≤ ١,٢٠ قطر الجراب	C4 ≤ ١,٢٠ قطر الجراب
يراعى أن تكون ϕ ≥ ١٠٠ ملليمتر	يراعى أن تكون ϕ ≥ ٥٠ ملليمتر	يراعى أن تكون ϕ ≥ ٥٠ ملليمتر

ملحوظة: المقصود بقطر الجراب هو قطر الجراب للكابل الواحد.

شكل (٧-١٠) أقل غطاء خرساني ومسافات مسموح بها بين أجربة الكابلات في نظام الشد اللاحق (كابلات مجمعة)

٧-٦-٢-٣ الكابلات الخارجية **External Tendons**

في حالة حماية الكابلات الخارجية بغطاء خرساني يجب أن تكون الخرسانة كثيفة ذات إجهاد لا يقل عن ٤٠ نيوتن/مم٢ وألا يقل سمك الغطاء الخرساني في هذه الحالة عن السمك المحدد للغطاء في حالة وجود الكابلات داخل القطاع الخرساني الإنشائي في ظروف مماثلة وأن يتم ربط الغطاء الخرساني باستخدام صلب تسليح بالعنصر السابق الإجهاد مع التحقق من التحكم في الشروخ طبقا للمتطلبات المذكورة بالباب الرابع.

٧-٦-٣ المسافة بين كابلات سبق الإجهاد

٧-٦-٣-١ عـام

يجب أن تحقق المسافة بين الكابلات أو بين مجموعات الكابلات الاشتراطات الآتية على ألا تقل بأى حال من الأحوال عما هو منصوص عليه من قبل الشركات المنتجة لها.

٧-٦-٣-٢ المسافة بين الكابلات في نظام الشد السابق **Pre-tensioning**

تُحدد المسافة بين الكابلات طبقاً للشكل (٧-١٠). وفى حالة العناصر التي يتم فيها تنفيذ الشد قبل الصب (Pre-tensioned) والتي يتماسك فيها الصلب مع الخرسانة بطريق الربط (Bonded tendons) فإن المسافة بين الأسلاك (Wires) أو الجدائل (Strands) عند النهايات يجب أن تحقق ما جاء بالبندين (٧-٦-٢-٢)، (٥-٣-٣-٦). فإذا كانت هذه الكابلات موضوعة في مجموعتين أو أكثر متباعدة عن بعضها البعض يجب أن يؤخذ في الاعتبار إمكانية حدوث انفلاق طولي (Longitudinal splitting) في العنصر الإنشائي ويضاف تسليح وكانات لمنع حدوث ذلك الانفلاق.

٧-٦-٣-٣ المسافة بين الكابلات في نظام الشد اللاحق **Post-tensioning**

يجب ألا تقل المسافة الصافية بين الأجربة أو بين الأجربة والكابلات الأخرى طبقاً للشكلين (٧-٩) ، (٧-١٠) عن القيم الآتية أيها أكبر:

أ. المقاس الاعتباري الأكبر للركام مضافاً إليه ٥ مم.

ب. في الاتجاه الرأسي: البعد الداخلي الرأسي للجراب.

ج. في الاتجاه الأفقي: البعد الداخلي الأفقي 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 (٧-٦-٤). وبالنسبة للبلاطات يراعى أيضاً متطلبات البند (٥-٤-٥).

٧-٦-٤ الكابلات المنحنية

٧-٦-٤-١ عـام

إذا ما استخدمت كابلات منحنية في تنفيذ سبق الإجهاد اللاحق (Post-tensioning) تحدد أماكن أجربة الكابلات بإحداثياتها في الأبعاد الثلاثة، وكذا يحدد توالى إجراء الشد للكابلات بحيث يمكن تجنب ما يلى:

أ. تفتت الغطاء الخرساني الجانبي عموديا على مستوى انحناء الأجربة.

ب. تفتت الغطاء في مستوى انحناء الأجربة.

ج. كسر للخرسانة الفاصلة بين الأجربة في ذات مستوى الانحناء وعمودي عليها.

وبالإضافة إلى ذلك يتم الالتزام بالاشتراطات المذكورة بالبندين (٧-٦-٤-٢)، (٧-٦-٤-٣) التاليين على ألا يقل سمك الغطاء الخرساني والمسافة بين الكابلات عن تلك المبينة بالبندين (٧-٦-٢)، (٧-٦-٣).

٧-٦-٤-٢ الغطـاء الخرساني

لتجنب حدوث كسر للغطاء الخرساني عموديا على مستوى انحناء الكابلات وفى مستواها فإن سمك الغطاء يجب أن يتم اختياره طبقا للجدول (٧-٣) وفى هذه الحالة يراعى أن تمنع حركة الأجربة والتي قد ينتج عنها قوى قطرية (Radial forces) عمودية على السطح الظاهر للخرسانة بواسطة كانات مثبتة داخل العنصر الإنشائي.

٧-٦-٤-٣ المسافة بين الأجربة

أ. يجب ألا تقل المسافة بين الأجربة في مستوى انحناء الكابلات عن المسافة الموضحة بالجدول (٧-٤) أو المسافة المحددة طبقا للبند (٧-٦-٣-٣) أيهما أكبر.

ب. يجب ألا تقل المسافة بين الأجربة عموديا على مستوى انحناء الكابلات عن المسافة المحددة طبقا للبند (٧-٦-٣-٣).

٧-٦-٤-٤ تخفيض المسافة بين الأجربة

يمكن تخفيض المسافة بين الأجربة عما هو مذكور بالبند (٧-٦-٢) في بعض الحالات الاستثنائية وطبقا لموافقة المهندس المصمم إذا تم شد وحقن الكابل ذي نصف القطر الأقل أولا ثم بعد مرور ٤٨ ساعة من حقن هذا الكابل يتم شد وحقن الكابل الذي يليه في القطر.

٧-٦-٥ منطقة ألواح التثبيت **Tendon Anchorage Zone**

يوضح الشكل (٧-١١) الاشتراطات الخاصة بالمسافات بين ألواح التثبيت.

٧-٦-٦ مقاسات الأجربة والوصلات

٧-٦-٦-١ مقاسات الأجربة **Duct Sizes**

يجب أن يزيد القطر الداخلي للجراب بمقدار ٦ مم على قطر الكابل على الأقل، وذلك في حالة استخدام كابل واحد داخل الجراب -وألا تقل مساحة فراغ الجراب عن ضعف مساحة مقطع مجموعة الكابلات داخل الجراب (ويفضل مرتان ونصف). ويوضح الجدول (٧-٥) أقل أبعاد داخلية وأقل سمك مسموح به للأجربة. ويراعى بالنسبة لأجربة الكابلات المستخدمة في نظام الشد اللاحق وجود مسافة مستقيمة بطول ٥٠ سم على الأقل قبل بدء الانحناء في الجراب.

٧-٦-٦-٢ الوصلات:

يجب ألا تستخدم الوصلات (Couplers) إلا في المواضع المشار إليها بالرسومات أو المعتمدة من المهندس المصمم، ولا يسمح بعمل وصلات في 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 في 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 في إنقاص ممطوليه الكابلات وأن توضع في أجربة تسمح بالحركة أثناء إجراء الشد وأن تزود بوسائل تسمح بالحقن الكامل لكل مكونات الوصلة .

جدول (٧-٣) الحد الأدنى للغطاء الخرساني للكابلات ذات الأجربة المنحنية مقاساً ناحية مركز التقوس

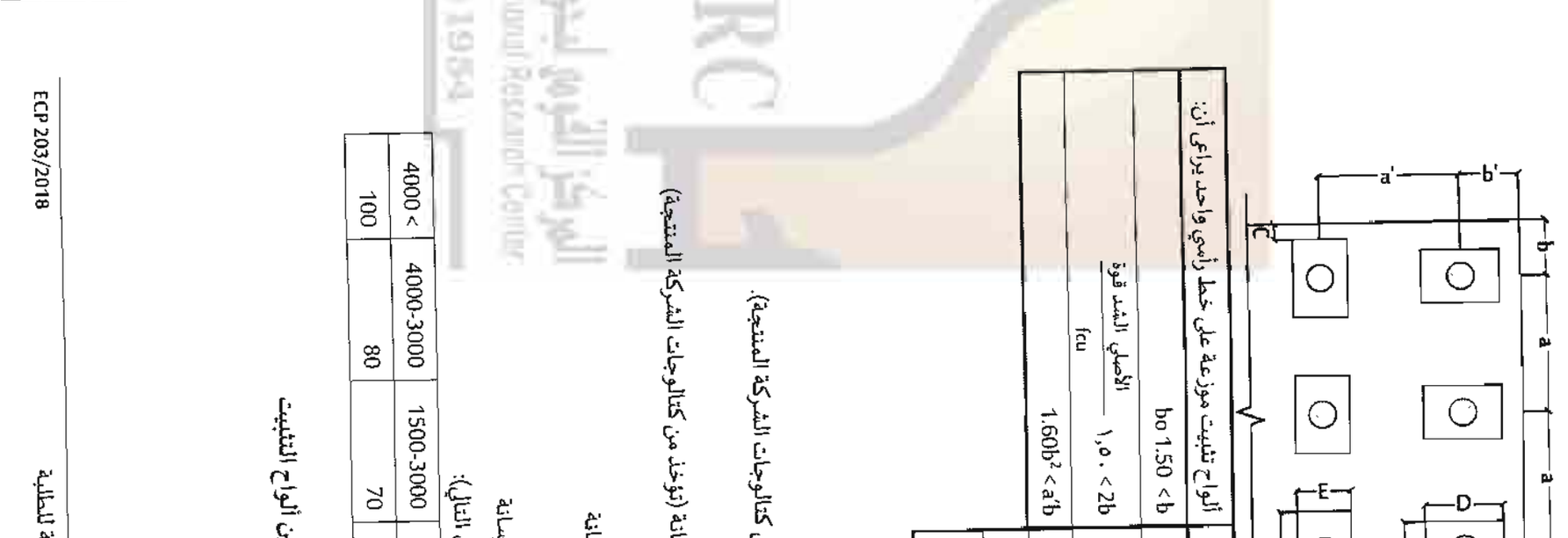
نصف قطر انحناء الجراب	القطر الداخلي للجراب (مم) 19	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
	القوة الموجودة بالكابل (كيلو نيوتن) 296	387	960	1337	1920	2640	3360	4320	5183	6019	7200	8640	9424	10338	11248	13200
متر	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم أنصاف أقطار غير شائعة الاستخدام	مم	
2	50	55	155	220	320	445										
4		50	70	100	145	205	265	350	420						مم	
6			50	65	90	125	165	220	265	310	375	460		395		مم
8				55	75	95	115	150	185	220	270	330	360	300	330	
10				50	65	85	100	120	140	165	205	250	275	240	260	315
12					60	75	90	110	125	145	165	200	215	200	215	260
14					55	70	85	100	115	130	150	170	185	190	205	225
16					55	65	80	95	110	125	140	160	175	180	190	215
18					50	65	75	90	105	115	135	150	165	170	180	205
20						60	70	85	100	110	125	145	155	160	175	195
22						55	70	80	95	105	120	140	150	155	165	185
24						55	65	80	90	100	115	130	145	150	165	180
26						50	65	75	85	100	110	125	135	145	160	170
28							60	75	85	95	105	120	130	140	155	165
30							60	70	80	90	105	120	130	135	150	160
32							55	70	80	90	100	115	125	130	145	155
34							55	65	75	85	100	110	120	125	140	150
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:

(1)قوة الكابل المذكورة في الجدول هي القوة القصوى التي توجد عادة بالكابلات الموضوعة بالأجربة ذات المقاسات الموضحة بالجدول (وهي مأخوذة بنسبة ٧٥% من المقاومة المميزة للكابل).

(2)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 الداخلي 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).



ألواح تثبيت موزعة على عدة خطوط أفقية ورأسية يراعى أن:	ألواح تثبيت موزعة على خط رأسي واحد يراعى أن:
$a_o < a'$, $a_o < a$	b_o 1.50 < b
$b_o < b'$, $b_o < b$	الأصلي الشد قوة ١,٥٠ < 2b fcu
$1.60b_o^2 < a'b$	$1.60b^2 < a'b$
$1.60b_o^2 < ab'$	
الأصلي الشد قوة ١,٥٠ < aa′ fcu	

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) + 30 مليمتر.

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 التالي):

قوة الشد الأصلية (كيلو نيوتن)	500	1000-500	1500-3000	4000-3000	4000 <
المسافة c مليمتر	30	50	70	80	100

شكل (٧-١٠) المسافات بين ألواح التثبيت

جدول (٧-٥) أقل أبعاد داخلية وأقل سمك مسموح به للأجربة *

نوع صلب سبق 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 اسمي 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 اسمي 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

*في الحالات غير المذكورة بالجدول، تؤخذ أقرب قيمة مكافئة.

**لا يقل نصف قطر الانحناء للجراب عن ١٠٠ مرة قدر القطر الداخلي أو القيمة المحددة من قبل الشركة المنتجة أيهما أكبر

***لا يقل نصف قطر الانحناء للجراب عن ثلاثة أمتار – تستخدم في الحالات الخاصة للكابلات ذات أنصاف الأقطار الصغيرة أو لأجربة الكابلات الخارجية (External tendons)

****في حالة استخدام أجربة من البلاستيك، يكون القطر الداخلي للأجربة مثل المبين في هذا الجدول، وسمك الجراب لا يقل عن ٣ مم.

جدول (٧-٤) أقل مسافة بين محاور الأجربة في مستوى انحناء الأجربة المنحنية

نصف قطر انحناء الجراب	القطر الداخلي للجراب (مم)																				
	19	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
	القوة الموجودة بالكابل (كيلو نيوتن)																				
متر	296	387	960	1337	1920	2640	3360	4320	5183	6019	7200	8640	9424	10336	11248	13200					
2	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم
4	110	140	350	485	700	960			940	730	870	1045									
6	55	70	175	245	350	480	610	785	630	545	655	785	855	750	680	800	940				
8	38	60	120	165	235	320	410	525	470	440	525	630	685	625	585	785	750	940			
10			90	125	175	240	305	395	375	365	435	525	570	535	510	600	535	470	940		
12			80	100	140	195	245	315	315	315	375	450	490	470	455	535	480	420	750	940	
14						160	205	265	270	270	315	395	430	420	410	480	435	375	625	785	940
16						140	175	225	235	235	275	330	380	375	370	435	400	340	535	785	940
18							160	195	210	210	245	290	345	340	320	400	370	315	470	785	940
20								180	200	200	220	265	315	315	320	370	345	300	420	600	940
22												240	285	285	320	370	345	340	420	600	940
24													265	285	320	370	345	340	420	600	940
26													260	280	320	370	345	340	420	600	940
28																			420	600	940
30																			420	600	940
32																			420	600	940
34																			420	600	940
36																			420	600	940
38																			420	600	940
40																			420	600	940

ملاحظات:

(١) قوة الكابل المذكورة بالجدول هي القوة القصوى التي توجد بالكابلات الموضوعة بالأجربة ذات المقاسات الموضحة بالجدول.

(٢) يراعى ألا تقل المسافة بين الأجربة عن ضعف القطر الداخلي 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 الداخلي للجراب ونصف القطر الموضح بالجدول بنسبة القوى الموجودة بالكابل إذا كانت أقل من القيمة المبينة بالجدول بشرط تحقيق ما جاء بالبند (٧-٥-١٠-٤-٣).

الباب الثامن

ضبط 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 كافٍ 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.

أما بالنسبة لأعمال الخرسانة سابقة الإجهاد فيجب اتخاذ الإجراءات الإضافية طبقا للملحق الثاني من هذا الكود.

٨-٢ تعريفات

٨-٢-١ ضبط الجودة

ضبط الجودة هو مجموعة من الإجراءات والاختبارات التي تتخذ للتأكد من مطابقة خواص المواد المكونة للخرسانة العادية والمسلحة وسابقة الإجهاد، ومطابقه خواص الخرسانة -في حالتها الطازجة والمتصلدة -وطرق صناعتها للمواصفات القياسية ولاشتراطات المشروع.

ويتحقق ضبط الجودة للمشروع من خلال:

- ضبط الجودة الداخلي والذي يتبع الجهة المنفذة.
- ضبط الجودة الخارجي والذي يتبع الجهة المالكة.

٨-٢-١-١ ضبط الجودة الداخلي

يُجرى ضبط الجودة داخلياً-بصفة مستمرة -للتأكد من تحقيق الاشتراطات المطلوبة للخرسانة ومكوناتها؛ ويجب أن يقوم بتنفيذه مهندسون متخصصون وعلى دراية كافية. ويتبع مهندسو ضبط الجودة الداخلي الجهة المنفذة (المقاول)، وهم بخلاف هؤلاء الذين يقومون بالتنفيذ. ويجب أن يتم اعتماد مؤهلات مهندس ضبط الجودة الداخلي من قبل الجهة المالكة أو استشاري المشروع. وفى حالة عدم توافر الخبرة الكافية لدى الشركة المنفذة يمكنها الاستعانة بمتخصصين خارجيين في إجراء أعمال ضبط الجودة الداخلية.

٨-٢-١-٢ ضبط الجودة الخارجي

يجب على المالك إجراء ضبط الجودة بواسطة أجهزة من طرفه لا تربطها بالجهة المنفذة أية صورة تعاقدية. ويشمل ضبط الجودة الخارجي التأكد من القيام بمراجعة التصميم الإنشائي وإجراء فحوص دورية واختبارات تأكيدية على جميع المواد، والزيارات الدورية والمفاجئة للتأكد من جودة تنفيذ المشروع في جميع مراحله. ويتبع المهندسون القائمون بأعمال ضبط الجودة الخارجي المالك أو المكتب الاستشاري المشرف أو إحدى الجهات الحكومية المسئولة عن ضبط

الجودة في صناعة التشييد والبناء، وهم بخلاف هؤلاء الذين يقومون بالإشراف على التنفيذ. ويجب أن يختار المهندسون القائمون بأعمال ضبط الجودة الخارجي ممن يتوافر لهم ما يحقق استقلال آرائهم وحيدتهم بالإضافة لخبراتهم.

٨-٣ متطلبات لضبط الجودة

يتم تحقيق متطلبات ضبط جودة التنفيذ بالمشروعات الخرسانية خلال مراحل المشروع وفقا لما هو وارد بالجدول رقم (٨-١).

٨-٣-١ مراجعة التصميم الإنشائي

يجب الالتزام بعدم البدء في التنفيذ إلا بعد أن تتم مراجعة التصميم الإنشائي طبقا لاشتراطات هذا الكود والتحقق من تطابقه مع بنود الأعمال الأخرى (معماري – صحي – كهرباء ...) واعتمادها من الجهة المخولة لها المراجعة وفقا للتشريعات واللوائح المعمول بها، ولا يتم إجراء أية تعديلات بالمشروع إلا بالرجوع إلى المصمم أو استشاري المشروع وجهة الاعتماد. ويجب على جهاز ضبط الجودة الخارجي التأكد من ذلك قبل بداية التنفيذ.

٨-٣-٢ اعتماد معمل الاختبار

يتوقف تواجد وتجهيز معمل الاختبار والأجهزة المطلوبة للاختبارات المحددة بالتعاقد بمواقع المشروعات على حجم المشروع ودرجة الجودة المطلوبة. ويمكن تحديد مستوى تجهيزات معمل الاختبار بمعرفة المهندس الاستشاري، ويُنص عليه في مستندات المشروع. ويُسمح بإجراء بعض الاختبارات في معامل متخصصة أخرى. ويلزم التأكد من معايرة الأجهزة التي تجرى بها الاختبارات-سواء بمعمل الموقع أو المعامل الخارجية. وتعطي أولوية الإسناد للمعامل التي تفي باشتراطات المواصفة الدولية ١٧٠٢٥ الخاصة باعتماد المعامل.

٨-٣-٣ اعتماد مصادر المواد ومحطات الخلط

يعتمد المهندس القائم بأعمال ضبط الجودة الخارجي المصادر المقترحة للمواد، ومحطات الخلط وقدرتها على الوفاء بمتطلبات المشروع. واستنادا إلى هذا الاعتماد يقوم المقاول المسئول بالتعاقد مع الجهات المنتجة أو الموردة. ويكون الاعتماد مزودا بمجموعة من البيانات أهمها شهادات المنتج وشهادات المنشأ ونتائج الاختبارات على المواد في معامل متخصصة وشروط التوريد. ولا يعنى اعتماد المصادر أو محطات الخلط -في أية صورة -إعفاء المقاول من مسئولياته في حالة توريد المواد أو الخرسانة بجودة أقل من الجودة التي تم على أساسها الاعتماد باعتباره المسئول الأول عن المواد والخرسانة الموردة من المصادر أو المحطات المعتمدة أو من مصادر أخرى قد يحتاج الأمر لاعتمادها.

وفي المشروعات ذات الطابع الخاص يجب أن تتم معاينة مواقع إنتاج المواد أو مصادر التوريد مع أخذ عينات بين وقت وآخر ويتم اختبارها تحت مظلة ضبط الجودة بالمشروع. ولا تمنع هذه المعاينة واختباراتها من إجراء الاختبارات الدورية على المواد أو الخرسانة عند توريدها في موقع المشروع، كما تجرى زيارات دورية لاستيفاء شروط الإنتاج و/ أو التوريد، وكذلك اشتراطات ضبط الجودة الداخلي أو الخارجي، وتجرى الزيارات الدورية دون إشعار مسبق على فترات تتناسب مع طبيعة المشروع والجدول الزمنى للمشروع.

جدول ٨-١ متطلبات ضبط الجودة خلال مراحل تنفيذ المشروع

م	مراحل التنفيذ	مراحل المشروع	المتطلبات	المسئول
١	قبل التنفيذ	إعداد مستندات طرح المشروع	إعداد مستندات ضبط الجودة ومواصفات المواد والأجهزة الفنية ومواصفات معمل الموقع (إن وجد) واعتماد التصميم الإنشائي	-المالك أو من يمثله. -جهاز ضبط الجودة الخارجي.
٢		بعد تسليم الموقع للمقاول	اعتماد مصادر المواد ومحطات الخلط والأجهزة الفنية واعتماد معمل الموقع- حال وجوده.	-المالك أو من يمثله. -جهاز ضبط الجودة الخارجي.
٣	أثناء التنفيذ	قبل صب الخرسانة	مراجعه موافقات استشاري المشروع على أعمال الشدات وصلب التسليح ومراجعة نتائج اختبار المواد ونتائج الخلطات التصميمية والتأكيدية وعينات الصبة السابقة	جهاز ضبط الجودة الداخلي والخارجي.
٤		أثناء صب الخرسانة	التأكد من نسب مكونات الخلطة المستخدمة وخواصها وتجانسها وخطوات صناعة الخرسانة وإعداد وأخذ عينات الاختبار	جهاز ضبط الجودة الداخلي والخارجي.
٥		بعد صب الخرسانة	التأكد من معالجة الخرسانة وخلوها من العيوب الظاهرة وفك الشدات في مواعيدها.	جهاز ضبط الجودة الداخلي والخارجي.
٦	بعد التنفيذ	استلام المنشأ	التأكد من مطابقة الأعمال المنفذة للجودة المطلوبة.	المالك أو من يمثله والجهة المنفذة.

٤-٣-٨ القبول على أساس شهادة المنتج

في بعض الحالات التي تُورد فيها المواد من مصادر إنتاج لديها شهادات جودة فنية متميزة في إنتاج هذه المواد يمكن اعتماد المواد على أساس شهادة المنتج، والتي يجب أن تصحبها جميع البيانات اللازمة لاعتماد القبول مثل نتائج اختبارات ضبط الجودة في موقع الإنتاج، ونتائج الاختبارات في معامل متخصصة (مع بيانات عن تاريخ وحجم المبيعات وسجل استخدامها). ولا يعنى القبول على أساس شهادة المنتج بأية حال الحد من الاختبارات الدورية، كما يحق لمهندس ضبط الجودة الداخلي أو الخارجي إجراء أي من الاختبارات الإضافية في أي من مراحل العمل.

٤-٨ ضبط الجودة لمواد الخرسانة

١-٤-٨ تجهيز ومناولة العينات

١-١-٤-٨ أسس أخذ العينات

يجب أخذ عينات المواد طبقاً للمواصفات القياسية المصرية الخاصة بكل مادة بحيث تكون ممثلة تماماً للتشوينات التي تؤخذ منها العينة.

٢-١-٤-٨ مصادر أخذ العينات

تؤخذ العينة وطبقاً لما يراه المسئول عن سحب العينة من أي من المصادر التالية:

- مخازن المنتجين.
- مخازن الموزعين
- رسائل المواد عند وصولها للموقع.
- تشوينات المواد بالموقع.

٣-١-٤-٨ مناولة العينات

يجب أن يراعى في مناولة العينات ما يلي:

١- اتخاذ جميع الاحتياطات اللازمة التي تؤمن وصول العينة للمعمل دون حدوث أي تغيير فيها مثل: فقدان جزء منها – تعرضها لظروف جوية غير عادية – تلف الأوعية الحاملة للعينات – فقدان الغطاء – اختلاط بعضها بالبعض الآخر – تسرب المواد السائلة ... إلخ.

٢- تتم مناولة العينات بعد تمييزها بوضوح لا يدعو لإثارة أي شك مع توقيع المسئول عن ضبط الجودة.

٣- تسجيل العينات في السجل الخاص بذلك

٢-٤-٨ الأسمنت

يجب ألا يسمح مهندس ضبط الجودة الداخلي والخارجي باستخدام الأسمنت إلا بعد التأكد من شهادة المنتج ومطابقة رسائل الأسمنت لمتطلبات مواصفات المشروع والمواصفات القياسية المصرية، وتؤخذ عينات الاختبار من الأسمنت المورد للموقع بالمعدل المبين بالجدول رقم (٨-٢-أ) (على أن تجرى الاختبارات طبقاً للمواصفات القياسية المناظرة لنوع الأسمنت). ويجب أن يتم تخزين الأسمنت طبقاً للبند رقم (٩-٣-١)، مع مراعاة أن يخطط للتخزين بحيث تخرج الرسائل للاستخدام طبقاً لأولوية تخزينها. وفى حالة تخزين الأسمنت بالموقع مدة تزيد على ستة أسابيع من تاريخ الإنتاج يجب إعادة اختباره قبل السماح باستخدامه. ولا يسمح باستخدام الشكائر الممزقة أو المفتوحة أو شكائر الأسمنت المتصلد. وفى حالة الأسمنت السائب يجب ألا تزيد درجة حرارته على ٧٥ درجة مئوية عند استخدامه، مع مراعاة ما جاء في البند(٢-٢-١).

٨-٤-٣ الركام

يجب مراقبة وضبط جودة عينات الركام قبل البدء في التشوين ولا يجوز استخدام عينات الركام إلا بعد التأكد من مطابقتها للمتطلبات الواردة في مواصفات المشروع والمواصفات القياسية المصرية (نوعاً وجودة). ويمكن في المشروعات الكبيرة اعتبار التفتيش على مصدر الركام والتأكد من صلاحيته جزءاً من أعمال ضبط الجودة.

ولا يُسمح خلال العمل بتفريغ رسالة الركام أو استخدامها إلا بعد التأكد -بالفحص البصري وإجراء بعض الاختبارات بمعمل الموقع-من مطابقة الرسالة لعينات الركام المعتمدة وتوفير مكان مظلل للتشوينات في حالة الأجواء الحارة. وتؤخذ عينات الاختبار من الركام المورد للموقع بالمعدل المبين بالجدول رقم (٨-٢-أ).

وفى حالة وجود شك باختلاف يمكن قبوله بين الرسالة والعينة المعتمدة يجب تسجيل ذلك ورفعه للمهندس المسئول عن تصميم الخلطة الخرسانية لإجراء التعديلات اللازمة في نسب مكونات الخلطة إذا احتاج الأمر.

٨-٤-٤ ماء الخلط والمعالجة

يجب إجراء الاختبارات على الماء المستخدم في خلط ومعالجة الخرسانة لتحديد صلاحيته كما ورد في البند (٢-٢-٣)، وتؤخذ عينات الاختبار من الماء المستخدم بالموقع بالمعدل المبين بالجدول رقم (٨-٢-أ). وفى حالة استخدام مياه مخالفة للمياه الصالحة للشرب وبالإضافة إلى ما ورد في البند رقم (٢-٢-٣) يجرى اختبار زمن الشك الابتدائي وزمن الشك النهائي، وكذلك اختبار مقاومة الضغط على عينات الأسمنت. ويراعى أن يجرى كل اختبار مرتين (في نفس الوقت وبنفس الأسمنت المعتمد للمشروع وتحت نفس الظروف) باستعمال الماء المزمع استخدامه والماء الصالح للشرب.

٨-٤-٥ الإضافات

يجب أن تطابق خواص الإضافات الحدود الواردة بالمواصفات القياسية لها أو بمواصفات متفق عليها؛ ويتبع استخدام الإضافات -إلى 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 في حالتها الطازجة والمتصلدة. ويجب مراعاة اشتراطات التخزين بالنشرة الصادرة عن الجهة المنتجة ومدة صلاحية الإضافة وكذلك ما ورد في بند رقم (٢-٢-٤). وتؤخذ عينات الاختبار من الإضافات الموردة للموقع بالمعدل المبين بالجدول رقم (٨-٢-أ).

٨-٤-٦ مواد معالجة الخرسانة

يمكن معالجة الخرسانة باستخدام مواد إحكام غلق السطح لإبقاء ماء الخلط بداخل الخرسانة دون تسرب الرطوبة من السطح وكذلك باستخدام الإضافات الحافظة للماء. ويجب قبل السماح باستخدام هذه المواد اختبارها للتأكد من مطابقتها للحدود الواردة بالمواصفات وأخذ الاحتياطات لتلافى أي تأثير سلبي غير مقبول على مقاومة الضغط للخرسانة.

٨-٤-٧ أسياخ صلب التسليح وكابلات سبق الإجهاد

يجب أن تورد للموقع أسياخ صلب التسليح أو صلب الشبك مبيناً عليها العلامات المميزة على السيخ نفسه أو صلب الشبك أو كابلات سبق الإجهاد، كما يجب أن تكون مصحوبة ببطاقة البيانات عن الرسالة الصادرة إما من المصنع أو من مخازن التوزيع أو من الجهات القائمة بالإشراف على الاختبارات.

كما يجب على مهندس ضبط الجودة الداخلي والخارجي أن يفحص رسائل أسياخ صلب التسليح الواردة أو صلب الشبك أو كابلات سبق الإجهاد، وأن يسجل ما قد يراه من صدأ أو زيوت أو شحومات أو أضرار تكون قد حدثت لأسياخ صلب التسليح أو صلب الشبك في مرحلتي التحميل والتفريغ، وفي حالة كابلات سبق الإجهاد، يتم فحص الأسلاك والجدائل بعد فردها وفكها من البكرات التي تورد ملفوفة عليها بحيث تكون مستقيمة وخالية من التشوه والانحناء أو نُقر (Pits) واتخاذ الإجراءات اللازمة قبل الاستخدام... الخ. وتؤخذ عينات اختبار من أسياخ صلب التسليح الموردة بالموقع بالمعدل المبين بالجدول رقم (٨-٢-أ).

ويجب على مهندس ضبط الجودة الداخلي والخارجي أن يأخذ في اعتباره أن ضبط الجودة لأسياخ صلب التسليح أو صلب الشبك أو كابلات سبق الإجهاد لا يعتمد فقط على مطابقتها لحدود المواصفات القياسية المصرية، وإنما يعتمد أيضاً على الاحتياطات الواجب اتخاذها في التعامل معها في مراحل: التشوين-التنظيف – التقطيع – التشكيل -التمييز – التجميع-تشكيل الهياكل – اللحام إن وجد .

ويجب أن يخطط لإنجاز هذه المراحل بعناية مع تنفيذ الاشتراطات الواردة في التفاصيل والرسومات التنفيذية أو مرفقاتها المبينة في البندين رقمي(٩-٧) و (٩-١٠).

٨-٤-٨ عدم المطابقة ورفض المواد

في حالة عدم مطابقة المادة لمتطلبات المواصفات القياسية و/ أو مواصفات المشروع يجب عدم استخدامها، كما يجب التخلص منها من مواقع التشوينات أو على الأقل إبعادها تماما عن الرسائل المقبولة. 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 كلتا العينتين. ويجب أيضا أن يكون التقرير النهائي للقبول متضمناً النتيجة الأولى التي أشارت إلى عدم النجاح ونتيجة الإعادة. ويقوم مهندس ضبط الجودة الخارجي بتحديد طبيعة الاختبارات الإضافية في كل حالة على حدة حسب الغرض المستهدف. وتُجرى 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- الشك في عدم التزام المقاول باشتراطات تشوين و/أو تخزين وحماية المواد بالموقع.

٨-٥ ضبط الجودة قبل صب الخرسانة

يجب على مهندس ضبط الجودة الداخلي والخارجي ألا يسمح بصب الخرسانة إلا بعد التأكد من استكمال اشتراطات مراحل الإعداد والتي تشمل- :

- كفاءة وسلامة المعدات ومعايرتها
- اعتماد المواد ومصادرها.
- التشوينات
- تصميم الخلطات الخرسانية.
- أعمال الشدات والفرم.
- التسليح.
- أماكن الوصلات.
- أماكن الثوابت المدفونة والفتحات.
- نظافة سطح الشدات قبل الصب مباشرة.
- التأكد من جاهزية المعمل بالموقع
- تحديد الاختبارات وتشملها مراقبة وضبط جودة المواد .

٦-٨ ضبط الجودة أثناء صب الخرسانة

يشمل ضبط الجودة أثناء صب الخرسانة ما يلي:

- نسب مكونات الخلطات الخرسانية.
- اتخاذ التدابير الضرورية للتعامل مع الظروف الخاصة مثل الصب في الجو الحار، الصب في الجو البارد، الصب تحت الماء، الصب بمضخات الخرسانة.
- تجانس الخلطات الخرسانية.
- التأكد من كفاءة محطة الخلط عن طريق أخذ عينات عشوائية من الخلاطة الخرسانية في الحالة الطازجة والتأكد من تجانس المواد وثبات نسبها في تلك العينات.
- مناولة وصب الخرسانة.
- دمك الخرسانة.
- تشطيب وتسوية سطح الخرسانة.
- إعداد وصب عينات الاختبار في الموقع للخرسانة الطازجة والمتصلدة طبقا للمعدلات الواردة بالجدولين (٨-٢-ب) و (٨-٢-ج).
- مراقبة وتسجيل ظروف التشغيل بالموقع، ومعداته وكذلك الظروف الجوية والظروف الطارئة التي تتسبب في توقف أو انقطاع العمل.

جدول رقم (٨-٢-أ) دورية اختبارات ضبط جودة مواد الخرسانة والخرسانة المسلحة

المادة	الاختبار	تكرار الاختبارات (حد أدنى)	
الأسمنت	الخصائص الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية	- عند بداية التوريد وكلما تغير المصدر ومرة كل شهر أو كل ٥٠٠ طن أيهما أقرب حدوثا وكلما استدعى الأمر	
	- زمن الشك		
	- ثبات الحجم		
	- مقاومة الضغط للمونة الأسمنتية		
	- التحليل الكيميائي	– عند اعتماد المصدر وبداية التوريد وإذا استدعى الامر	
الركام	- مقاومه التهشيم أو مقاومة البري (لوس أنجلس)	- عند اعتماد المصدر وكل ١٠٠٠ م٣ توريد وعند تغير المصدر وكلما استدعى الأمر	
	- النشاط القلوي -التحليل بالأشعة السينية المتفرقة - التحليل البتروجرافي -ثبات الحجم *	- عند اعتماد المصدر وكل ٥٠٠٠ م٣ توريد وعند تغير المصدر وكلما استدعى الأمر	
	- الفحص البصري	- كل شحنة	
	- التدرج الحبيبي	- كل ٢٠٠ م٣ توريد	
	- الطين والمواد الناعمة	- كل ٢٠٠ م٣ توريد	
	- الشوائب العضوية بالنسبة للركام الصغير	- عند بداية التوريد وكل ٥٠٠ م٣ من كل شحنة وعند تغير المصدر وكلما استدعى الأمر	
	- محتوى الكبريتات على هيئة SO_3		
	- محتوى الكلوريدات على هيئة -Cl		
ماء الخلط	- تقدير المواد العالقة	- عند البدء في الاستخدام لأول مرة (باستثناء الماء الصالح للشرب) وكلما تغير المصدر ومرة كل ٣ أشهر وكلما استدعى الأمر	
	- الكلوريدات على هيئة -Cl		
	- الكبريتات على هيئة SO_3^-		
	- الأملاح الكلية الذائبة		
الإضافات	- متطلبات التجانس	- قبل التعاقد والتوريد لكل شحنة	
	- متطلبات الأدائية	- قبل التعاقد والتوريد وكلما استدعى الأمر	
صلب التسليح وصلب الشبك		عدد العينات لرسالة حتى ٥٠ طن لكل قطر من نفس الرتبة**	عدد العينات لرسالة أكبر من ٥٠ طن لكل قطر من نفس الرتبة**
	- المقاسات والأوزان	عينة واحدة	عينتان
	- الشد		
	- الثني على البارد (ماكينة الثني)		
	- متطلبات الشكل الهندسي	عند بداية التوريد وعند تغير المصدر وكلما استدعي الأمر	
	-التحليل الكيميائي		

* 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.

* عينه صلب التسليح مكونة من ٤ قطع بطول لا يقل عن ١ متر لكل قطعة من أربعة أسياخ مختلفة ثلاثة منها يجرى عليها اختبارات المقاسات والأوزان والشد والعينة الرابعة لاختبار الثني على البارد. وفى حالة إجراء اختبار متطلبات الشكل الهندسي والتحليل الكيميائي تؤخذ قطع إضافية من نفس القطر.

جدول رقم (٨-٢-ب) دورية اختبارات ضبط جودة الخرسانة الطازجة

	تكرار الاختبار (حد أدنى)		حدود القبول والرفض
	خرسانة جاهزة	خرسانة مخلوطة بالموقع	
الخلطة التأكيدية	قبل التوريد للموقع لكل رتبة	قبل التنفيذ لكل رتبة	التحقق من صلاحية الخلطة
تقييم الهبوط	عند أخذ عينات مقاومة الضغط ولكل سيارة خرسانة في حالة الأجواء الحارة وكلما استدعى الأمر		الهبوط المطلوب <٥٠مم : الحيود ±١٠مم الهبوط المطلوب ٥٠ - ١٠٠مم: الحيود ±٢٠ مم الهبوط المطلوب >١٠٠مم: الحيود ±٣٠مم
الهواء المحبوس	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	-الزيادة في الهواء على خلطة التحكم لا يزيد على ٢ % -محتوى الهواء الكلى بالخلطة لا يزيد على ٣ %
كثافة الخرسانة	عند إجراء الخلطة التأكيدية		
درجة الحرارة	تقاس درجة الحرارة لكل سيارة خرسانة في حالة الأجواء الحارة ولكل عينة يجرى عليها اختبار الهبوط		لا تزيد على ٣٥° م
اختبارات خاصة	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 ومن الثلث الأوسط للكمية المخلوطة بالموقع.

جدول رقم (٨-٢-ج) دورية اختبارات ضبط جودة الخرسانة المتصلدة

الاختبار	تكرار الاختبارات (حد ادني)		حدود القبول والرفض
	خرسانة جاهزة	خرسانة مخلوطة بالموقع	
مقاومة الضغط	عند اختلاف رتبة الخرسانة أو اختلاف العناصر الإنشائية (أساسات – حوائط – أعمدة – أسقف) وكل يوم صب: وتؤخذ ٦ مكعبات لأول ٥٠م٣ من سيارة أو قلبة واحدة و٦ مكعبات لكل ١٠٠م٣ زيادة في نفس يوم الصب مع مراعاة اختبار نصف العينات عند عمر أسبوع والنصف الأخر عند عمر ٢٨ يوماً. ويمكن اختبار عينات إضافية عند عمر ٥٦ يوم أو ٩٠ يوم في حالة رغبة المهندس الاستشاري		تحقيق متطلبات البند ٢-٦-٥-٢
اختبارات خاصة	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 ومن الثلث الأوسط للكمية المخلوطة بالموقع.

٧-٨ ضبط الجودة بعد صب الخرسانة

يشمل ضبط الجودة بعد صب الخرسانة ما يلي:

- معالجة الخرسانة والتي يجب أن تتم فور الانتهاء من الصب باستخدام الخيش المبلل للأسطح الأفقية أو مواد المعالجة الكيميائية.
- فك الشدات والفرم في المواعيد المحددة.
- الفحص البصري للهيكل الخرساني بعد فك الشدات والفرم والأمر بترميم العيوب السطحية المرصودة.
- إجراء اختبارات مقاومة الضغط للعينات في مواعيدها المحددة.

٨-٨ تقييم النتائج الروتينية للخرسانة المتصلدة

يقصد بنتيجة الاختبار الواحد متوسط نتائج المكعبات المأخوذة من نفس القلبة على ألا تقل عن ثلاثة مكعبات مأخوذة من نفس القلبة. ويتم استبعاد نتيجة أي مكعب يقل عن أو يزيد على متوسط نتائج المكعبات بأكثر من ٢٥% ويتم حساب نتيجة الاختبار عندئذ كمتوسط للمكعبات الباقية. وتعتبر نتيجة أي اختبار محققة للمقاومة المميزة للخرسانة إذا تحقق ما يلي:

أ- ألا تقل نتيجة أي اختبار عن ٩٠ % من المقاومة المميزة للخرسانة وعلى ألا تزيد نسبة الاختبارات التي لم تحقق المقاومة المميزة على ٥ % من العدد الكلى للاختبارات.

ب- ألا يقل متوسط نتائج هذا الاختبار والاختبارين السابقين له إن وجدا لنفس الرتبة ولنفس المورد (المقاول) عن المقاومة المميزة.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

٨-٩ مستويات التحكم في الجودة

يتم تقييم نتائج اختبارات مقاومة الخرسانة وتحديد مستويات ضبط الجودة المختلفة وذلك بغرض تقييم الأداء واتخاذ الإجراءات التصحيحية اللازمة لاستيفاء مستوى الأداء المطلوب دون إجراء تغيرات ملحوظة. ويرجع الاختلاف الكلي في نتائج مقاومات مكعبات الخرسانة المأخوذة من خلطة خرسانية واحدة والتي تؤثر في درجة ضبط الجودة الكلية نتيجة عاملين رئيسيين:

أولا: التغير في خواص الخرسانة ما بين نتائج العينات المأخوذة من نفس القلبة نتيجة الأسلوب الخطأ أو العشوائي في أخذ عينات الخرسانة من الخلاطة أو عربة الخرسانة، أو إلى عدم صلاحية فورم القوالب المعدنية المتوافرة في الموقع وعدم اتباع الأسلوب الفني في طرق مناولة وتخزين المكعبات الخرسانية، وكذلك إلى التباين في طرق المعالجة المتبعة من ناحية درجة حرارة ورطوبة بيئة المعالجة وزمن البدء ومدة المعالجة، وإلى عدم دقة أسلوب اختبار المكعبات الخرسانية.

ثانيا: التغير في خواص الخرسانة ما بين القلبات المختلفة والذي يرجع إلى التغير في نسبة الماء إلى الأسمنت نتيجة عدم التحكم الجيد في محتوى الماء أثناء الخلط أو إلى التغير في محتوى رطوبة أو درجة امتصاص تشوينات الركام، وكذلك التغير في نسب مكونات الخرسانة أثناء الخلط، والتغير في أسلوب الخلط وزمن النقل ودرجة حرارة الخرسانة قبل الصب ما بين القلبات المختلفة.

ويتم حساب ثلاث درجات لضبط جودة الخرسانة التي يتم إنتاجها باستخدام خلطة خرسانية واحدة كما يلي:

٨-٩-١ درجة ضبط الجودة الكلية:

تؤخذ في الاعتبار جميع نتائج مقاومة الضغط للمكعبات والتي تم الحصول عليها باستخدام خلطة خرسانية محددة بحيث لا يقل عددها عن ٤٠ نتيجة مكعب ولا يتم استبعاد أي نتيجة مكعب عند حساب درجة ضبط الجودة الكلية. ويتم حساب الانحراف المعياري الكلي(s)وفقا للمعادلة رقم (٨-١)، وبحسب معامل الاختلاف الكلي (V)كنسبة مئوية وفقا للمعادلة رقم (٨-٢). وتحسب درجة التحكم الكلية في ضبط جودة الخرسانة وفقا لما هو وارد في جدول رقم (٨-٣).

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}{n-1}} \quad \text{Eq. [8-1]}$$

$$v = \frac{s}{\bar{x}} \times 100 \quad \text{Eq. [8-2]}$$

حيث:

$\bar{x}$ = المتوسط الحسابي لجميع النتائج المتوفرة لمقاومة الضغط للمكعبات الخرسانية وعددها(n) والمأخوذة من جميع القلبات دون استبعاد أي نتيجة لمكعب

x_i = نتيجة مقاومة الضغط لكل مكعب خرساني.

جدول (٨-٣): تقييم درجه ضبط الجودة الكلية للخرسانة

نوعية العمل	(V)معامل الاختلاف لدرجات ضبط الجودة الكلية				
	ممتاز	جيد جدا	جيد	مقبول	ضعيف
اختبارات الموقع أثناء الإنشاء	أقل من ٨	٨ - ١١	١١ - ١٤	١٤ - ١٧	أكبر من ١٧

٨-٩-٢ درجة ضبط الجودة لنتائج خرسانة القلبة الواحدة:

يتم دراسة نتائج كل مجموعة مكعبات مأخوذة من كل قلبة خرسانية على حدة والمكونة من عدد ثلاثة مكعبات على الأقل حيث تستبعد القلبة التي يقل عدد مكعباتها عن ثلاثة مكعبات. كما يتم استبعاد أي نتيجة مكعب تقل عن أو تزيد على متوسط نتائج المجموعة بأكثر من ٢٥% من متوسط نتائج المجموعة. ويتم بعد ذلك حساب درجة ضبط الجودة لنتائج خرسانة القلبة الواحدة كما يلي:

١- يتم حساب المدى(R(i)) لنتائج كل مجموعة مكعبات مأخوذة من كل قلبه وهو يساوي الفرق بين أعلى مقاومة وأقل مقاومة في مجموعة مكعبات القلبة. ويتم حساب الانحراف المعياري لنتائج مكعبات كل قلبة على حدة(S1(i)) وفقا للمعادلة رقم (٨-٣) وقيم المعامل (d) الموضحة في جدول رقم (٨-٤) والذي يعتمد على عدد مكعبات القلبة.

٢- يتم حساب معامل الاختلاف لنتائج مكعبات كل قلبة على حدة(V1(i)) كنسبة مئوية وفقا للمعادلة رقم (٨-٤) وذلك باعتبار (X(i)) هي المتوسط الحسابي لنتائج مجموعة مكعبات القلبة المأخوذة في الاعتبار.

٣- يتم إيجاد المتوسط الحسابي لنتائج معامل الاختلاف لجميع القلبات(V1) والذي يستخدم لحساب درجة ضبط جودة خرسانة القلبة الواحدة وفقا لما هو وارد في جدول رقم (٨-٥).

$$S_{1(i)} = R_{(i)}/d \quad \text{Eq. [8-3]}$$

$$V_{1(i)} = S_{1(i)}/X_{(i)} \quad \text{Eq. [8-4]}$$

جدول (٨-٤): قيم المعامل (d)

عدد المكعبات المأخوذة من القلبة الواحدة	*٢	٣	٤	٥	٦
(d)المعامل	١,١٢٨	١,٦٩٣	٢,٠٥٩	٢,٣٢٦	٢,٥٣٤

* في حالة استبعاد مكعب يقل عن أو يزيد على متوسط نتائج مكعبات مجموعة مكونة من ثلاثة مكعبات بأكثر من ٢٥% من متوسط نتائج المجموعة.

جدول (٨-٥): تقييم درجه ضبط الجودة لخرسانه القلبة الواحدة

نوعية العمل	(V_1)معامل الاختلاف لدرجات ضبط جودة القلبة الواحدة				
	ممتاز	جيد جداً	جيد	مقبول	ضعيف
الاختبارات أثناء الإنشاء	أقل من ٣,٥	٣,٥ – ٤,٥	٤,٥ – ٦,٠	٦,٠ – ٧,٥	أكبر من ٧,٥

٣-٩-٨ درجة ضبط الجودة بين خرسانة القلبات:

يتم حساب درجة ضبط الجودة ما بين القلبات المختلفة على ألا يقل عددها عن عشر قلبات كما يلي:

١- يتم حساب المتوسط الحسابي لنتائج كل مجموعة مكعبات مأخوذة من كل قلبة((X(i)) بعد استبعاد نتائج المجموعات الأقل من ثلاثة مكعبات وكذلك استبعاد المكعبات داخل المجموعة الواحدة وفقا لما ورد في البند السابق (٨-٩-٢).

٢- يتم حساب الانحراف المعياري لنتائج هذه المتوسطات (S_2) وفقا للمعادلة رقم (٨-٥).

٣- يتم حساب معامل الاختلاف لنتائج متوسطات القلبات (V_2) كنسبة مئوية وفقا للمعادلة رقم (٨-٦) والذي يستخدم لحساب درجة ضبط الجودة بين خرسانة القلبات وفقا لما هو وارد في جدول رقم (٨-٦).

$$S_2=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}{n-1}} \qquad \text{Eq. [8-5]}$$

$$V_2=\frac{s_2}{\bar{x}}\times 100 \qquad \text{Eq. [8-6]}$$

حيث:

$\bar{x}$ = المتوسط الحسابي لمتوسطات مقاومة الضغط لمكعبات القلبات الخرسانية المأخوذة في الاعتبار.

V_2 = المتوسط الحسابي لمقاومة الضغط لمكعبات كل قلبة خرسانية.

(n_2) = العدد الكلي للقلبات الخرسانية المأخوذة في الاعتبار.

٤-٩-٨ معايير قبول درجات ضبط الجودة:

يرجع لاستشاري المشروع لتحديد درجات ضبط الجودة المطلوبة. وفي كافة الأحوال يجب ألا تقل جميع درجات ضبط الجودة المحسوبة وفقا للبنود السابقة عن مقبول، على ألا تقل درجة ضبط الجودة الكلية عما هو وارد في جدول (٨-٧).

جدول (٨-٦): تقييم درجة ضبط الجودة بين خرسانه القلبات

نوعية العمل	(V_2)معامل الاختلاف لدرجات ضبط الجودة بين خرسانة القلبات				
	ممتاز	جيد جداً	جيد	مقبول	ضعيف
الاختبارات أثناء الإنشاء	أقل من ٧,٥	٧,٥ – ١٠,٠	١٠,٠ – ١٢,٥	١٢,٥ – ١٥,٠	أكبر من ١٥,٠

جدول (٨-٧): الحدود الدنيا لدرجة ضبط الجودة الكلية للخرسانة في المشروعات المختلفة

م	أنواع المنشآت	الحد الأدنى لدرجة ضبط الجودة الكلية	
		البيئة العادية	البيئة العدوانية
١	المنشآت الحيوية كالكباري والأنفاق والسدود ومحطات الصرف الصحي ومحطات مياه الشرب والمستشفيات ومحطات الكهرباء والمطارات والجراجات العامة.	جيد جدا	جيد جدا
٢	المباني التعليمية والمباني الإدارية والمراكز التجارية ودور العبادة ومحطات الوقود والمباني الحكومية الإدارية والطرق الخرسانية.	جيد	جيد جدا
٣	المباني السكنية والمنشآت الخرسانية الأخرى.	مقبول	جيد

١٠-٨ التتبع وحالات عدم المطابقة

١-١٠-٨ التتبع

عند تحديد السبب الرئيسي في حالة حدوث مشكلة في التنفيذ فإنه لا بد من تحديد نطاق المشكلة والعناصر التي تأثرت بحدوث هذه المشكلة لذا يجب تتبع 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.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

٨-١٠-٢ التحكم في حالات عدم المطابقة

ينقسم التحكم في حالات عدم المطابقة إلى ما يلي:

٨-١٠-٢-١ تحديد عدم المطابقة وفصل وتمييز المواد غير المطابقة

ويتم ذلك سواء للمواد الداخلة في صناعة الخرسانة أو أي نشاط لم يستوف متطلبات المشروع ومواصفاته، ويجب على المقاول فصل المواد غير المطابقة وتمييزها عن المواد المطابقة.

٨-١٠-٢-٢ تحديد الإجراء التصحيحي المطلوب

بعد موافقة المشرف على المشروع أو ممثل المالك. ويكون هذا الإجراء هو أحد الإجراءات التالية:

- الإصلاح وهو إصلاح العنصر المعيب وإيصاله إلى حالة مقبولة (قد لا تكون هذه الحالة التي يصل إليها هي نفس الحالة والشروط الأساسية للمشروع).
- إعادة التشغيل وهو عملية استعادة المتطلبات الأساسية بإعادة التشغيل مرة أخرى.
- قبول عدم المطابقة كما هي وذلك بما لا يؤثر على المتطلبات الأدائية أو الملاءمة للاستخدام أو الأمان.
- رفض وهو حالة عدم مطابقة لا يمكن أن تستوفى متطلبات المشروع سواء بالإصلاح أو إعادة التشغيل ولا يمكن قبولها كما هي لعدم استيفائها للمواصفات.

٨-١٠-٢-٣ 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. وبين جدول رقم(٨-٨) أمثلة استرشادية للتتبع وحالات عدم المطابقة.

٨-١٠-٢-٤ إعادة الفحص

لا بد من فحص العناصر التي تم إصلاحها طبقاً لحالتها الجديدة وتحديد معايير القبول والرفض الجديدة بمعرفة الجهة القائمة بإعادة الاختبار حيث إن المتطلبات الأصلية قد تم الحيود عنها. يعاد فحص العناصر التي أعيد تشغيلها طبقاً للمتطلبات الأصلية دون أي تجاوزات.

جدول رقم (٨-٨) أمثلة استرشادية لتتبع بعض حالات عدم المطابقة والإجراءات التصحيحية التي يمكن تطبيقها

المرحلة	حالة عدم المطابقة	التتبع والأسباب المحتملة	الإجراء التصحيحي
قبل الخلط	نتائج المواد لا تتوافق مع المواصفات القياسية أو مواصفات المشروع.	– أماكن التشوينات. – تغيير المصدر.	– إذا كانت المواد غير مطابقه للمواصفات يتم رفض استخدام المواد بالخرسانة. – إذا كانت مواصفات المشروع تسمح يمكن استخدامها في أعمال أخرى غير الخرسانة مثل المباني أو البلاط أو الردم.
الخرسانة الطازجة	فقد كبير في الهبوط	– أعطال المعدات المستخدمة (سيارة نقل الخلط –المضخة). – ازدحام الطريق. – تغيير في نوع المعدات المستخدمة (الخلاطة – المضخة). – زيادة نسبة المواد الناعمة في الركام	– إعادة التشغيل عن طريق التطرية بالإضافات الكيميائية بما لا يزيد على الجرعة القصوى للإضافة وبما يتوافق مع الباب الثاني بالكود (بند رقم ٢-٢-٤). – فصل المواد الناعمة عن الركام عن طريق الغسيل –الهز. – رفض شحنة الخرسانة طبقاً لما يراه استشاري المشروع. – إنزال رتبة الخرسانة كاستخدامها في أعمال الخرسانة العادية طبقاً لما يراه الاستشاري.
	زيادة قيمة الهبوط عن القيمة التصميمية.	– زيادة محتوى الإضافات عن المحتوى التصميمي. – زيادة محتوى الماء.	– يمكن قبول الشحنة إذا كان محتوى الهواء المحبوس أقل من المسموح به. – تنزيل رتبة الخرسانة لتستخدم في أعمال الخرسانة العادية بدلاً من المسلحة طبقاً لما يراه الاستشاري.
	ارتفاع درجة حرارة الخرسانة.	– المواد الداخلة في صناعة الخرسانة – أماكن التشوينات.	– استخدام الخيش المبلل لعربات الخرسانة. – توفير مظلات لأماكن التشوين. – تغيير نوع الاسمنت واستخدام أسمنت متوسط الحرارة (مع عمل خلطات تصميمة وتأكيدية جديدة). – تبريد ماء الخلط و/ أو استخدام الثلج المجروش كجزء من ماء الخلط.
الخرسانة المتصلدة	عدم تحقيق المقاومة المميزة المطلوبة.	– تقييم القائمين على العمل والقائمين بعملية الفحص وضبط الجودة (إعداد العينات). – المعدات المستخدمة (درجة حرارة ماء المعالجة). – المعدات المستخدمة (المعايرة – موازين المواد- تقييم كفاءة الخلاطة).	– إجراء الاختبارات غير المتلفة الواردة بهذا الباب. – قبول عدم المطابقة كما هي (بعد التحقق من السلامة الانشائية) – الإصلاح (تدعيم العنصر الخرساني) – الرفض إذا لم تتحقق السلامة الانشائية للعناصر المصبوبة. تكسيرها وإعادة صبها.

٨-١١ التسجيلات

لا بد أن يتضمن نظام 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 لابد من عمل فهارس بالمحتويات التي تم الاحتفاظ بها وذلك لتسهيل الرجوع إليها في الوقت التي قد تطلب فيه. وتشمل المستندات الخاصة بضبط الجودة ما يلي:

- 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 الإحصائي
- الصور الفوتوغرافية للمراحل الهامة من المشروع
- تقارير معايرة الأجهزة والمعدات

٨-١٢ الاختبارات غير المتلفة

في 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 أي جهاز آخر للاختبارات غير المتلفة وذلك للاسترشاد. ويجب أن يؤخذ في الاعتبار جميع الاحتياطات الواردة في مواصفات الأجهزة المستخدمة ومعايرتها بالإضافة إلى ما جاء في دليل الاختبارات المعملية لمواد الخرسانة.

وتعتبر مطرقة الارتداد أكثر الأجهزة غير المتلفة شيوعا، ويمكن الاسترشاد بنتائجها إذا توافر أحد الشرطين التاليين:

- أن يكون لدى الجهة المستخدمة للمطرقة منحنيات تصحيحية تربط بين قيم المطرقة والإجهادات الفعلية لخرسانات معلومة المقاومة.
- مقارنة جزء من نتائج المطرقة مع مثيلتها للقلب الخرساني لنفس العناصر ولنفس مكان الاختبار على ألا تقل عينة المقارنة عن ٢٠% من مجموع نتائج المطرقة المطلوب حساب معامل التصحيح لها وبما لا يقل عن ست نتائج.

٨-١٣ اختبار القلب الخرساني

في الحالات التي لا تفي فيها نتائج اختبارات الضغط بمتطلبات المقاومة أو في حالة الشك في نتائج مقاومة الخرسانة أو في حالة عنصر لا توجد لخرسانته نتائج اختبار أثناء الإنشاء، يمكن أن تؤخذ منه قلوب خرسانية، ويتم أخذها وإعدادها

واختبارها وحساباتها وتحديدها طبقاً لدليل الاختبارات المعملية لمواد الخرسانة. ويجب ألا يؤثر أخذ القلوب على الأمان الإنشائي للمنشأ أو عناصر هو أن يتم تحديد أماكن أخذ القلوب بمعرفة المهندس الاستشاري أو من يمثله. وتعتبر الخرسانة مقبولة إذا كان متوسط المقاومة الفعلية المقدرة للمكعبات المحسوبة من نتائج ثلاثة قلوب على الأقل لا يقل عن ٧٥% من المقاومة المطلوبة وبشرط ألا تقل مقاومة أي مكعب من نتائج أي قلب عن ٦٥ % من المقاومة المطلوبة.

ويراعى أن يتم ملء الفتحات المستخرج منها القلوب في العناصر الإنشائية بمونة غير قابلة للانكماش مضاف إليها ركام كبير مقاس ١٠ مم بنسبة حجمية ٣٠% من حجم المونة مع مراعاة أن يتم غلق الفتحات بعد ملئها بالمونة بلوح خشبي لمدة ٦ ساعات على الأقل.

٨-١٤ تجربة تحميل العناصر والمنشآت الخرسانية

يُجرى هذا الاختبار للكمرات والبلاطات في المنشآت الخرسانية المسلحة؛ وتجرى اختبارات التحميل على المنشأ بعد إتمامه إذا كان هناك سبب يدعو إلى الشك في كفاءة المنشأ من حيث متانته. ولا يجوز إجراء هذه الاختبارات قبل مرور ٢٨ يوما على الأقل من تاريخ 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 أربع مراحل متساوية تقريباً مع مراعاة عدم حدوث أي صدمات أثناء التحميل.

وتشمل الأحمال الدائمة وزن العنصر المختبر وأية 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 في 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 الإنشائي المطلوب اختباره والعناصر المجاورة له بحيث نحصل على أحرج وضع لتحميل هذا العنصر، ويجب أن تكون هناك فواصل بين صفوف المواد المستخدمة في التحميل حتى لا ينتج عن ذلك ما يسمى بالتأثير العقدي.

وتؤخذ قراءات سهم الانحناء الأقصى وعرض الشروخ بعد ٢٤ ساعة من وضع الأحمال النهائية، ثم يرفع الحمل وتؤخذ قراءة سهم الانحناء وعرض الشروخ بعد ٢٤ ساعة من رفع حمل الاختبار.

ويُعتبر المنشأ قد استوفى شروط الأمان إذا ما تحقق ما يلي:

أ. إذا كانت أكبر قيمة لسهم الانحناء δmax في العنصر المختبر أقل من أو تساوى ما يلي:

$$\delta_{max} \leq \frac{L_t^2}{20000\ t} \quad mm \qquad \text{Eq. [8-7]}$$

حيث:

L_t = بحر العنصر المختبر مقاساً بالمليمتر ويكون البحر الأصغر في حالة البلاطات المرتكزة على كمرات جاسئة ويكون البحر الأكبر في حالة البلاطات اللاكمرية مع أخذ الاحتياطات الكافية لمنع احتمال الانهيار للقص الثاقب للبلاطات اللاكمرية، أما في حالة الكوابيل فتؤخذ ضعف المسافة من وجه الركيزة حتى نهاية الكابولي.

t = سمك العنصر مقاساً بالمليمتر

ب. في حالة إذا ما زاد سهم الانحناء الأقصى للعنصر على ما هو وارد بالمعادلات، فيجب ألا يقل الجزء المسترجع من سهم الانحناء الأقصى بعد ٢٤ ساعة من رفع الحمل عن ٨٠ % من قيمة سهم الانحناء الأقصى، وأن يكون عرض الشروخ في حدود المسموح به.

ج. وفى خلال ٢٤ ساعة من رفع الحمل المكافئ للحمل الحي إذا لم يسترجع ٧٥ % على الأقل من سهم الانحناء الأقصى الذي سجل بعد التحميل في مدة الأربع والعشرين ساعة، يجوز للمهندس الاستشاري ان يطلب إعادة اختبار التحميل على الباكية المختبرة.

وإذا ظهر على جزء من المنشأ أثناء الاختبار أو بعد رفع الحمل أية علامة من علامات الضعف أو سهم انحناء غير منتظر أو خطأ في طريقة الإنشاء وجب على المصمم اتباع الحلول التالية:

- وضع ركائز إضافية إن أمكن.
- عمل التخفيض الممكن في الأحمال الحية وتحسين توزيع الأحمال وتعديل ترتيب الأحمال المركزة.
- عمل التخفيض الممكن في 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 الإنشائي لها عن طريق التحليل الإنشائي.

أما في حالة البلاطات والكمرات سابقة الإجهاد، فيُعَرَّضْ جزء المنشأ المراد اختباره لحمل تشغيلي مكافئ مقداره:

[١,٠ (الأحمال الدائمة) + ١,٠ (الأحمال الحية)] -الأحمال الدائمة وقت الاختبار

وذلك على أربعة مراحل متساوية تقريباً مع مراعاة عدم حدوث أي صدمات أثناء التحميل مع مراعاة تقليل الحمل المكافئ بمقدار الأحمال الدائمة الموجودة فعلا وقت إجراء الاختبار. كما يجب مراعاة كافة الاشتراطات الخاصة بتصميم واعداد الاختبار طبقا لما ورد سابقاً في العناصر غير سابقة الإجهاد.

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 التشغيل إذا ما تحقق ما يلي:

أ- إذا استوفى سهم الانحناء δ_{max} في العنصر المختبر القيم المبينة في البند ٤-٣-١-٢.

ب- عدم ظهور أى شروخ جديدة فى حالة البلاطات سابقة الاجهاد.

ج- ألا يقل الجزء المسترجع من سهم الانحناء الأقصى بعد ٢٤ ساعة من رفع الحمل عن ٨٥% من قيمة سهم الانحناء الأقصى.

وفى حالة عدم استيفاء أي من شروط التشغيل عاليه، فيجب إعادة الاختبار بعد مرور ٧٢ ساعة على رفع وإزالة أحمال التجربة الأولى مع زيادة حمل الاختبار إلى ما يلي:

٠,٨٥ [١,٤ (الأحمال الدائمة) + ١,٦ (الأحمال الحية)] - الأحمال الدائمة وقت الاختبار

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 يلي:

أ. إذا كانت أكبر قيمة لسهم الانحناء δmax في العنصر المختبر أقل من أو تساوى ما يلي:

$$\delta_{max} \leq \frac{L_t^{\,2}}{20000\ t} \quad mm \qquad \text{Eq. [8-8]}$$

حيث:

L_t = بحر العنصر المختبر مقاساً بالمليمتر ويكون البحر الأصغر في حالة البلاطات المرتكزة على كمرات جاسئة و يكون البحر الأكبر في حالة البلاطات اللاكمرية، أما في حالة الكوابيل فتؤخذ ضعف المسافة من وجه الركيزة حتى نهاية الكابولي

t = سمك العنصر مقاساً بالمليمتر

ب. في حالة إذا ما زاد سهم الانحناء الأقصى للعنصر على ما هو وارد بالمعادلات، فيجب ألا يقل الجزء المسترجع من سهم الانحناء الأقصى بعد ٢٤ ساعة من رفع الحمل عن ٨٠ % من قيمة سهم الانحناء الأقصى، وأن يكون عرض الشروخ في حدود المسموح به.

ويُعتبر جزء المنشأ غير مقبول إذا لم يتحقق الشرط عاليه، ولا يجوز إعادة إجراء التجربة مرة أخرى على العنصر سابق الإجهاد إلا بعد تدعيمه أو بعد تقليل الأحمال التصميمية عليه.

٨-١٥ ضبط جودة الخرسانة الجاهزة:

يجب التأكد من استيفاء كافة المواد ومراحل صناعة الخرسانة متطلبات الصب للخرسانة الجاهزة وكذلك استيفاء متطلبات المشروع طبقا لما هو وارد في المواصفة الفنية للخرسانة الجاهزة عادية الوزن والصادرة عن المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء والباب الثاني من هذا الكود.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

٨-١٦ ضبط جودة خرسانة الأجواء الحارة:

يجب التأكد من استيفاء كافة المواد ومراحل صناعة الخرسانة متطلبات الصب في الأجواء الحارة وكذلك استيفاء متطلبات المشروع طبقا لما هو وارد في المواصفة الفنية لصناعة الخرسانة في الأجواء الحارة الصادرة عن المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء والباب الثاني من هذا الكود.

٨-١٧ ضبط جودة الخرسانة ذاتية الدمك:

يجب التأكد من استيفاء كافة المواد وعمليات التصنيع متطلبات الصب للخرسانة ذاتية الدمك وكذلك استيفاء متطلبات المشروع طبقا لما هو وارد فى المواصفة الفنية للخرسانة ذاتية الدمك الصادرة عن المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء والباب الثاني من هذا الكود.

الباب التاسع

التنفيذ

٩-١ مقدمة

يختص هذا الباب بالاشتراطات الواجب توافرها عند تنفيذ المنشآت الخرسانية وذلك لضمان إنتاج خرسانة تستوفى المتطلبات التصميمية للمشروع، مع التأكيد على ضرورة الالتزام بكافة البنود الواردة في أجزاء الكود. ويتضمن الملحق الثالث اشتراطات التنفيذ الإضافية المطلوبة للخرسانة سابقة الإجهاد

٩-٢ استلام وإعداد وتجهيز الموقع

لاستلام الموقع المحدد للمشروع تتخذ إجراءات إعداد وتنظيم وتجهيز الموقع على النحو التالي:

أ. 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 التي لم يسبق البناء فيها.

ب. تحديد موقع المشروع طبقاً لرسم الموقع العام والمبين عليه موقع كل منشأ وأبعاده ومحاوره وعلاقته بالمنشآت الأخرى وتطهيره من العوائق وإزالة المخلفات إن وجدت سواء كانت مباني أو أشجار أو أساسات أو خلافه تعترض تنفيذ المنشآت وتحصر كمياتها وتحدد نوعيتها. وفى حالة وجود مرافق تحت الأرض يقوم المهندس المنفذ بالاتصال بالمختصين لاتخاذ الإجراء المناسب.

ج. عمل ميزانية شبكية للموقع لتحديد مناسيب الأرض الطبيعية وحساب كميات الحفر والردم وأعمال التسويات وتحديد نقطة بدء مرجعية (روبير ثابت) للأعمال المساحية مع المحافظة على هذه النقطة سليمة وواضحة طوال مدة تنفيذ المشروع.

د. عمل احتياطات الأمن ومراعاة تعليمات الأمن الصناعي.

هـ. تخطيط الموقع وتحديد أماكن المنشآت والتشوينات ومعرفة المساحات المحيطة لتمهيد الطرق التي تسهل وصول المهمات والمعدات والمواد وتحديد وتأمين المداخل والمخارج وإمداد الموقع بالمياه والكهرباء وورش الصيانة اللازمة ووسائل الاتصال السلكية أو اللاسلكية وكذلك عمل الأسوار والمخازن المغلقة والمكشوفة ومكاتب المهندسين والعاملين.

و. بعد تحديد أماكن المنشآت في 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

HBRC المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

للمحافظة على سلامة المنشآت المجاورة أثناء تنفيذ الأساسات وعمل التصميمات اللازمة لسند جوانب الحفر قبل البدء في أعمال الأساسات.

ز. 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 والتي تقع خارج نطاق المساحة المخصصة للبناء.

٩-٣ تشوين المواد

عند إعداد وتجهيز الموقع يجب تحديد وتنظيم أماكن التشوينات بالترتيب المناسب لتسهيل مناولة ونقل المواد إلى مكان الصب كما يجب عمل الاحتياطات اللازمة لضمان سلامة المواد وعدم حدوث تدهور أو إتلاف بأي منها. بعد الفحص المبدئي للمواد والسماح بتشوينها يجب البدء فورا في إجراءات ضبط الجودة طبقاً للمعدلات المشار إليها بجدول رقم (٨-٤-أ) الخاص بضبط الجودة للتأكد من مطابقتها للمواصفات القياسية المصرية وفى حالة حدوث تدهور أو تلوث أو عدم مطابقة فيجب استبعادها فورا من أماكن التشوينات ولا يجوز استخدامها في صب الخرسانة.

٩-٣-١ الأسمنت

أ. بصفة عامة يورد الأسمنت للموقع في شكائر محكمة أو حاويات مغلقة، ويجب عمل الاحتياطات اللازمة لتشوين الأسمنت لمنع وصول الرطوبة إليه وعدم تعرضه لأشعة الشمس المباشرة وأن يتم الفصل في أماكن التخزين بين أنواع الأسمنت المختلفة.

ب. في حالة تشوين الأسمنت على هيئة شكائر فيجب رصها على فرشات من طبالي خشبية ترتفع عن أرضية منطقة التخزين وغير ملاصقة للحوائط (يجب أن تكون الطبالي خالية من المسامير البارزة) وتوضع الشكائر في رصات بحيث لا يزيد عدد الطبقات في الرصة الواحدة على ١٠ طبقات ويجب أن تكون الرصات غير ملتصقة للسماح بالتهوية المستمرة لضمان عدم حدوث تكاثف داخلي للرطوبة ويجب تغطية الرصات بمشمع من البلاستيك ويفضل عمل مظلة لمكان التشوين غير منفذة للماء وتوفر الحماية من الشمس والمطر. يدون على الرصات تاريخ إنتاج الأسمنت بما يسمح باستخدام الأسمنت الأسبق إنتاجا مع مراعاة ما ورد بالبند رقم (٨-٤-٢) من باب ضبط الجودة.

ج. في حالة توريد الأسمنت للموقع سائباً في حاويات فيجب توفير صوامع (silos) لكل نوع من أنواع الأسمنت مع وضع البيانات أو العلامات الخاصة بكل نوع أسمنت على الصوامع الخاصة به ويجب أن تكون الصوامع غير منفذة ويجب أن تمنع التكاثف الداخلي كما يوصى بدهان الصوامع من الخارج باللون الأبيض أو بمادة عاكسة لأشعة الشمس. يجب التحقق من درجة حرارة الأسمنت قبل استخدامه بحيث لا تزيد درجة حرارته عند الاستخدام على ٧٥ درجة سلسيوس (مئوية)، ويراعى أن تخرج رسائل الأسمنت للاستخدام طبقاً لأولوية تخزينها.

د. تتوقف فترة صلاحية الأسمنت للاستخدام (shelf life) على طريقة التخزين، أي مدى كفاءة عزل الأسمنت عن الرطوبة والحرارة. يختبر الأسمنت عند بداية توريده للموقع قبل الاستخدام للتحقق من مطابقته للحدود

الواردة بالمواصفات القياسية المصرية طبقاً للجدول (٨-٤-أ)، وفى حالة تخزين الأسمنت بطريقة سليمة بما في ذلك أسمنت الصوامع فيجب إعادة اختباره بعد مرور ستة اسابيع من تاريخ التعبئة ثم كل شهر بعد ذلك، ويجب استبعاد الشكائر المفتوحة او الأسمنت الذي ظهرت به تكتلات أو حبيبات خشنة. وفى جميع الأحوال لا يسمح باستخدام أسمنت مضى على إنتاجه أكثر من ستة شهور في تطبيقات الخرسانة.

٩-٣-٢ الركام

أ. يجب تشوين الركام الصغير والكبير كل على حدة وبكيفية تجنبه التلوث واختلاطه بأي مواد أخرى وطبقاً للتدرج المحدد مسبقاً بالخلطات التصميمية للمشروع، ويفضل أن يتم عمل أرضية صلبة جيدة الصرف لتشوين الركام.

ب. يجب عمل فحص مبدئي للركام قبل السماح بتشوينه لمطابقته بالعينة المعتمدة والتأكد من عدم وجود أي شوائب عضوية (مثل الحشائش والنباتات والجذور)، تكتلات طفلية، حبيبات هشة، أتربة وحبيبات الطين، مواد لها تأثير فيزيائي أو كيميائي ضار بالخرسانة.

ج. في حالة وجود كتل رملية بشحنة الرمل الموردة لا تزيد على ٥% من وزن الشحنة فيمكن بعد موافقة مسئول ضبط الجودة -السماح بتشوينه في مكان بعيد عن موقع التشوينات حيث يتم تنقيته من تلك الكتل على مناخل بمقاس فتحة ٥ مم (طبقا للتدرج المعتمد للرمل) قبل السماح بنقله إلى موقع التشوينات.

د. في حالة تغليف سطح حبيبات الركام الكبير بطبقة من المواد الناعمة فيمكن -بعد موافقة مسئول ضبط الجودة -السماح بتشوينه في مكان بعيد عن موقع التشوينات حيث يتم غسيل الركام بطريقة مناسبة على مناخل بمقاس فتحة ٥ مم قبل السماح بنقله إلى موقع التشوينات.

هـ. بعد السماح بتشوين الركام وقبل البدء في استخدامه يجب البدء فورا في إجراءات ضبط الجودة طبقاً للمعدلات المشار إليها بجدول رقم (٨-٤-أ) وفى حالة عدم المطابقة يجب استبعاده فورا من أماكن التشوينات ولا يجوز استخدامه في صب الخرسانة.

و. في تشوينات الركام الكبير قد يحدث تجمع للمواد الناعمة بالطبقة السفلية للتشوين بمعدلات تفوق الحدود المسموح بها، لذلك يجب التأكد من صلاحية الطبقات السفلية من الركام المشون قبل التصريح باستخدامها.

ز. في حالة خرسانة الأجواء الحارة، يجب تشوين الركام تحت سقيفة مفتوحة من الجوانب وبحيث يتم دهان الأسقف بمواد عاكسة لأشعة الشمس مع أخذ كافة الاحتياطات اللازمة لوقاية الركام من ارتفاع درجات الحرارة طبقا للمتطلبات الواردة بالمواصفات والكودات المصرية ذات الصلة.

٩-٣-٣ صلب التسليح

أ. يجب التأكد من جفاف أرضية مكان التشوين مع عمل فرشة من العروق والطبالي لرفع منسوب رصات صلب التسليح عن سطح الأرض مع عزل فرشة الأرضية ضد الرطوبة لمنع امتصاص المياه ونقلها لصلب التسليح. يغطى صلب التسليح بالمشمع السميك وذلك لحمايته من الأمطار والرطوبة والعوامل الجوية كما يجب عمل نظافة وقائية لمنطقة تخزين صلب التسليح بشكل دوري لإزالة المخلفات والمحافظة على منع نشوب أي حرائق أو امتداد أي نيران لصلب التسليح للحفاظ على خصائصه.

ب. يجب التحقق أن صلب التسليح أو صلب الشبك الذي تم توريده للموقع مبيناً عليه العلامات المميزة على السيخ نفسه أو صلب الشبك وأن تكون كل رسالة مصحوبة ببطاقة بيانات الرسالة صادرة إما من المصنع أو من مخازن التوزيع.

ج. يجب التأكد من سلامة ونظافة صلب التسليح بالفحص البصري قبل تشوينه في الموقع وعدم وجود أي زيوت أو شحوم أو مواد عضوية على سطحه وكذلك عدم وجود صدأ به.

د. يراعى أن يتم تشوين الأقطار المتساوية معا بحيث يسهل نقلها وتشغيلها.

هـ. تتم عملية التشوين بأولوية الاحتياج خاصة في المواقع ذات مساحات الحركة المحدودة.

٩-٣-٤ الإضافات

أ. بصفة عامة تكون الإضافات إما سائلة تعبأ في عبوات من الجراكن والبراميل أو على شكل مسحوق يعبأ في شكائر كما يختلف تأثيرها طبقا لما ورد في بند رقم (٢-٢-٤). ونظرا للتنوع الكبير والزيادة المستمرة في نوعيات الإضافات فإن احتياطات التشوين واشتراطات الصلاحية تختلف من منتج إلى آخر ولذلك يجب إتباع التوصيات بالنشرات الصادرة من الجهات المنتجة.

ب. تحفظ الإضافات في عبواتها الأصلية في غرف مغلقة لوقايتها من الرطوبة والحرارة ويجب التأكد من جفاف أرضية مكان التشوين مع عمل فرشة من العروق والطبالي لرفع منسوب التشوينات عن سطح الأرض مع عزل فرشة الأرضية ضد الرطوبة (بوسيلة مناسبة مثل الدهان بالبيتومين) لمنع امتصاص المياه كما يجب عمل نظافة وقائية لمنطقة التخزين والمحافظة على منع نشوب أي حرائق أو امتداد أي نيران للإضافات خصوصا السائلة منها.

ج. يلزم لقبول أية رسالة من الإضافة الموردة أن يكون لها نفس التكوين للإضافة السابق اعتمادها واختبارها وقبولها.

د. يراعى أن يتم تشوين النوعيات المتشابهة من الإضافات معا مع ضرورة الفصل التام بين الإضافات السائلة وتلك على هيئة مسحوق.

هـ. يجب التحقق من تواجد العلامات المميزة على كل نوعية من الإضافات وأن تكون كل رسالة مصحوبة ببطاقة بيانات الرسالة صادرة إما من المصنع أو من مخازن التوزيع.

و. تتحدد فترة صلاحية الإضافات للاستخدام (shelf life) بناء على توصيات الجهات المنتجة ويراعى تسجيل أي توصيات أو إجراءات مطلوب إتباعها قبل الاستخدام خاصة في حالة التخزين لفترات طويلة (على سبيل المثال التقليب وخلافه).

ز. يجب أن تفي الإضافات بحدود المواصفات القياسية المصرية الخاصة بكل نوع وذلك باختبارها في مختبرات متخصصة ومعتمدة ويراعى ما جاء بالبند رقم (٨-٦-٢-٤) من باب ضبط الجودة والبند رقم (٢-٢-٤) من باب المواد، وفى جميع الأحوال يجب إجراء الاختبارات المطلوبة للتأكد من صلاحية تلك الإضافات قبل الاستخدام.

٩-٣-٥ المياه

يُعتبر الماء خلاف ماء الشرب النظيف الخالي من أي تغير في اللون أو الرائحة أو المواد الضارة مناسبا لخلط ومعالجة الخرسانة وفى حالة عدم توافر مصدر مياه مستمر بالموقع فإنه يمكن تخزين المياه بالموقع في حاويات مغلقة لا تسمح بحدوث تلوث للمياه بالمواد الضارة مثل الزيوت والأحماض والمواد العضوية وأي مواد قد تؤثر تأثيرا متلفا على مكونات الخرسانة أو صلب التسليح مع مراعاة ما جاء بالبند رقم (٢-٢-٣) من باب المواد.

٩-٤ 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.

٩-٤-١ إنتاج الخرسانة في محطات الخلط

يتم قياس جميع مكونات الخلطة بالوزن، ويكون تدريج الموازين المستعملة لوزن مكونات الخلطات الخرسانية له درجة دقة مقبولة، ويجب أن تتوافر أوزان معيارية وذلك للتأكد من دقة التدرجات، ويجب التأكد مما يلي:

- أن تكون دقة الموازين في حدود ٠,٥ % من سعة الميزان.
- وجود أوزان معيارية لفحص دقة الموازين (٢٥٠ كجم كحد أدنى).
- أن تكون عدادات ومؤشرات الأجهزة (حسب نوعها: عادية، رقمية، عادية رقمية) واضحة وكبيرة ومغلقة ومحمية من الغبار بحيث يستطيع مشغل الخلاطة قراءتها بسهولة من موقعه المعتاد.

٩-٤-١-١ الأسمنت

يجب أن يقاس الأسمنت بالوزن ما لم يسمح بغير ذلك. عند احتواء الخلطة على الإضافات المعدنية (بما في ذلك خبث الفرن العالي المحبب المطحون، الرماد المتطاير، غبار السيليكا، أو المواد البوزولانية الأخرى)، فإنه يمكن وزنها مجملة مع الأسمنت ويجب أن يتم وزن الأسمنت أولا قبل الإضافات المعدنية.

التفاوت في وزن الأسمنت وكذلك الحال بالنسبة للوزن المجمع للأسمنت والإضافات المعدنية يكون في حدود ± ١% من الوزن المطلوب.

٩-٤-١-٢ الركام

يجب أن يقاس الركام بالوزن ما لم يسمح بخلاف ذلك، كما يجب مراعاة تأثير وزن الرطوبة الممتصة والسطحية بالركام عند قياس الاوزان.

في حالة وزن الركام على دفعات فإن التفاوت المسموح به يكون كما يلي:

- ± ٢% من الوزن المطلوب لكل دفعة في حالة الأنواع المنفصلة من الركام.
- ± ٣% من الوزن المطلوب لكل دفعة في حالة الأنواع المجمعة من الركام الأقل من ٣٠% من طاقة المقياس.
- ± ١% من الوزن المطلوب لكل دفعة في حالة الأنواع المجمعة من الركام الأعلى من ٣٠% من طاقة المقياس.

٩-٤-١-٣ ماء الخلط

يتكون ماء الخلط من الماء المضاف للخلطة الخرسانية، الثلج المضاف للخلطة، الماء في صورة رطوبة سطحية للركام، والماء الداخل في صورة إضافات. يجب أن يقاس الماء المضاف بالوزن بدقة ± ١%، ويقاس الثلج المضاف بالوزن (في حالة الأجواء الحارة)، يراعى بالنسبة لعربات خلط الخرسانة تفريغ ماء الغسيل قبل تحميل دفعة الخرسانة التالية.

٩-٤-١-٤ الإضافات

تقاس كمية الإضافات المطلوبة بالوزن بدقة ± ٣%، ويوصى باستخدام موزعات الإضافات من النوع الميكانيكي والمعايرة لضبط جرعات متغيرة.

٩-٤-٢ إنتاج الخرسانة في الخلاطات الصغيرة

في الحالات التي يسمح فيها باستخدام الخلاطات الصغيرة والتي يتم التحكم فيها يدويا لإنتاج الخرسانة في الموقع فإنه يجوز قياس بعض مكونات الخلطة بالحجم، ويجب عمل خلطات تأكيدية بالموقع بنفس طريقة الإنتاج وأدوات القياس التي ستستخدم كما يجب تمييز أوعية القياس لضمان استخدامها في كل مرة.

٩-٤-٢-١ الأسمنت

لا يسمح بمعايرة الأسمنت بالحجم ويفضل أن تكون عبوة الخلطة الخرسانية تحوي عدداً صحيحاً من شكائر الأسمنت، وفى حالة استعمال الأسمنت السائب يجب قياس الأسمنت بالوزن باستعمال موازين دقيقة معايرة.

٩-٤-٢-٢ الركام

يجوز قياس الركام بالحجم في صناديق قياس ذات سعة معينة، ويجب ملء الصناديق بدون دمك وأن يكون أعلى وأسفل سطح الركام (داخل الصندوق) مستوياً مع الأحرف ولا يجوز ملء صناديق القياس جزئيا، والتفاوت المسوح به هو ± ٢% من الحجم المطلوب للركام.

٩-٤-٢-٣ ماء الخلط

يجب أن تضاف المياه للخليط بكميات تقاس قياساً دقيقاً حسب القيم المحددة، ويجب أن تؤخذ في الاعتبار كمية الرطوبة المحتمل وجودها في الركام. يجب أن يقاس الماء المضاف بالوزن بدقة ± ١% ويجوز معايرة وعاء معين (بالوزن) لاستخدامه في قياس ماء الخلط، ويراعى نظافة الوعاء وخلوه من الشوائب والحفاظ عليه من حدوث أي انبعاج به نتيجة الصدمات وإلا يعاد معايرة وعاء آخر.

ويراعى في حالة إضافة ماء الخلط على هيئة جرعات أثناء دوران الخلاطة أن يتم تعبئة الكمية المطلوبة في الوعاء المحدد ويؤخذ منه الكميات المطلوبة أثناء تتابع الخلط، ويراعى تفريغ ماء الغسيل من الخلاطة قبل تحميل دفعة الخرسانة التالية، ولا يسمح بأي حال بإضافة ماء إلى الخلطة أثناء تفريغ شحنات الخرسانة.

٩-٥ الشدات والفرم

هي عبارة عن هياكل مؤقته تصب فيها الخرسانة الطازجة حتى تتصلد وتأخذ نفس الشكل والأبعاد وتتحمل وزنها ووزن الخرسانة والأحمال الحية فوقها ويجب أن تتحقق عند تنفيذ أعمال الشدات والفرم الأسس الآتية:

- دراية كل من المصمم والمنفذ بنوعيات الشدات والفرم المستخدمة.
- توفير الأمان الكافي لجميع عناصر المنشأ الخرساني أثناء التجهيز ورص أسياخ التسليح والصب وأثناء مرحلة التصلد وحتى موعد إزالة الشدات.
- في حالة وجود فتحات بالأسقف والكمرات والحوائط لزوم مجاري تكييف الهواء أو المواسير أو خلافه فيعمل حساب لهذه الفتحات في الشدات قبل رص صلب التسليح وصب الخرسانة.
- اتباع تعليمات وتوفير وسائل الأمن الصناعي لجميع العاملين والمشرفين أثناء التنفيذ مع توافر إمكانية التفتيش والمراقبة بيسر وأمان.

٩-٥-١ انواع الشدات والفرم

يوجد أنواع عديدة من الشدات والفرم المستخدمة في صناعة الخرسانة وأكثر هذه الأنواع شيوعا هي:

١. الشدات الخشبية وهي الشدات التي تكون مكوناتها من الخشب وهي المستخدمة بشكل شائع في معظم المشاريع وخاصه المشاريع الصغيرة.

٢. الشدات المعدنية وهذا النوع من الشدات في المشروعات ذات الأهمية وأيضا ذات المساحات الكبيرة ومنها.

٣. الشدات المنزلقة Slip Forms ويستخدم هذا النوع من الشدات في حالة عدم السماح للخرسانة بالتوقف وتعتمد فكرة هذا النظام الإنشائي على استمرارية عملية صب الخرسانة داخل شدات متحركة تأخذ شكل قطاع الخرسانة المطلوب صبها، ويرتبط معدل سرعة تحرك الشدة بالحد الذي يمكن للخرسانة التي تصب داخلها وأن تشك وتتصلد إلى الحد الذي يسمح لها بأن تحافظ على تشكيلها تحت ثقل وزنها الذاتي.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

٤. الشدات النفقية Tunnel Forms ويستخدم هذا النوع من الشدات في طرق الإنشاء الآلية المستخدمة حديثا في البناء وهي تضمن السرعة في التنفيذ والكفاءة في التشغيل، والشده عبارة عن هيكل من الصلب يأخذ شكل الوحدة الفراغية (الحجرة) المراد إنشائها وتتحرك الشدة على عجل مثبت في أسفلها ومجهز بوحدات للضبط الأفقي لها.

٥. شدات الطبالي Table Forms ويستخدم هذا النوع بعد أن يكون قد تم إنشاء العناصر الحاملة الرأسية وفيه يتم تجهيز أكبر مساحة ممكنه من الفورم الخشبية او المعدنية للأسقف والتي تتكون من هيكل من القوائم الرأسية التي تتحرك على عجل لحمل الشده يركب عليها عوارض خشبيه مغطاة بألواح الكونتر او الميلامين والتي تمثل السطح النهائي للشده الملاصقة للخرسانة وبعد الانتهاء من صب الخرسانة وتمام وصولها للجهد المطلوب يمكن تخفيض الشده وسحبها على العجل ثم نقلها بواسطة الأوناش الى مكان أخر.

٩-٥-٢ تصميم الشدات والفرم

٩-٥-٢-١ الأحمال:

عند تصميم الشدات والفرم بجميع أنواعها يجب حساب جميع الأحمال الواقعة عليها وهي كالآتي:

أ. الأحمال الرأسية وهي عباره عن الحمل الميت المكون من وزن الشده ووزن الخرسانة الطازجة وصلب التسليح والحمل الحي مكون من وزن العمال والمعدات الموجودة لصب الخرسانة والمواد المخزنة والأحمال الناتجة عن الصدمات.

ب. الأحمال الأفقية وهي ناتجة عن توقف حركة المعدات (الفرملة) على الشده وأيضا أحمال الرياح وأحمال الشد في الكابلات في حاله الخرسانة سابقة الإجهاد وفى الركائز المائلة ويجب تصميم الركائز والدعائم والأربطة لمقاومة هذه الأحمال.

ج. أحمال الضغط الجانبي للخرسانة: وهي عباره عن الضغط الجانبي على الشدة وتحسب للأعمدة والحوائط والكمرات العميقة فقط ويوجد بعض العوامل التي تؤثر على هذا الحمل مثل كثافة الخرسانة والهز الديناميكي وارتفاع الصب ومعدل الصب حيث ان الضغط الجانبي يزداد عند زيادة هذه العوامل وكلما زادت درجة الحرارة كلما قل الضغط الجانبي للخرسانة.

د. الأحمال الخاصة وهي الأحمال التي يمكن ان تنتج اثناء التنفيذ مثل حدوث أحمال غير متماثله على الشده أثناء الصب أو حدوث أحمال صدم أثناء الصب او احمال مركزه ناتجه عن نقل صلب التسليح وتشوينه... وخلافه.

٩-٥-٢-٢ التحليل الانشائي

بحساب الأحمال الواقعة على العنصر المراد تصميمه وبتحليله إنشائيا وحساب القوى العمودية وقوى القص والعزوم للعنصر يمكن تحديد قيمه الإجهادات الداخلية لهذا العنصر.

٩-٥-٢-٣ تصميم القطاعات:

يتم تصميم العنصر بحيث ان الإجهادات الداخلية له لا تزيد عن الإجهادات المسموح بها للعنصر المراد تصميمه سواء كان هذا العنصر من الخشب أو الصلب أو أي مادة مستخدمة للشدة.

٩-٥-٣ إعداد وتركيب الشدات والفرم

عند إعداد وتركيب الشدات والفرم بجميع أنواعها يجب ان تحقق الآتي:

أ. تكون الشدات والركائز والأربطة متزنة للمحافظة على وضع العناصر الخرسانية في مكانها الصحيح وكذلك بالقطاعات الصحيحة المصممة على أساسها.

ب. أن تكون الفرم متينة ومحكمة لمنع تسرب خليط الأسمنت والماء (اللباني) من الخرسانة خلال مراحل العمل المختلفة.

ج. في حالة تعرض الفرم الخشبية للشمس والعوامل الجوية لفترة طويلة قبل صب الخرسانة فيلزم التأكد من عدم حدوث أي التواءات أو تغيير في أبعادها.

د. 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 في العمل.

هـ. ترتكز القوائم على أرضية ثابتة تتناسب مقاومتها مع الحمل الواقع عليها وفي حالة ارتكاز القوائم على عنصر إنشائي يجب التأكد من استيفاء عنصر الارتكاز لمتطلبات الأمان والترخيم والتشكل المنصوص عليها بالباب الرابع.

و. في 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 في رص صلب التسليح.

ز. تحديب فرم بطنيات الكمرات والبلاطات طبقا للبيانات الواردة بمستندات المشروع. وفى حالة عدم توافر هذه البيانات تُحدب الفرم للبحور التي تصل أو تزيد على ثمانية أمتار للكمرات أو سته أمتار للبلاطات بقيمة من (١/٣٠٠) إلى (١/٥٠٠) من طول البحر. وفى حالة الكوابيل التي يزيد بروزها على متر ونصف يكون التحديب في حدود (١/١٥٠) للكمرات و (١/١٠٠) للبلاطات من طول الكابولي.

ح. يجب ألا يتعدى التفاوت في مقاسات الفرم من الداخل -أي مقاسات قطاعات الخرسانة -القيم الواردة بالبند (٩-٩-٣).

ط. يجب أن تنظف الفرم من الداخل -أي 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.

ي. في حالة الفرم الخشبية ترش الأسطح الملاصقة للخرسانة قبل الصب بالمياه لمنع امتصاص الأخشاب لماء الخلط.

ك. 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 الخرساني من الالتصاق بها.

ل. يجب إعداد مسارات للعمال بحيث لا تؤثر حركتهم على أبعاد وأشكال صلب التسليح.

٤-٥-٩ فك الشدات والفرم.

تؤثر درجة الحرارة وطول البحر ونوع الأسمنت المستخدم ورتبة الخرسانة وأسلوب المعالجة والحمل الذي 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 الذي يحقق الأمان الكافي 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 الحد الأدنى بعد الصب طبقاً للقواعد التالية:

١. لا يجوز فك فرم الجوانب والتي تعمل كمجرد غلاف للخرسانة قبل مرور ٢٤ ساعة من الصب للكمرات والأعمدة والحوائط، وفى الحالات الخاصة كالشدات النفقية والمنزلقة يتم الرجوع إلى المهندس المصمم.

٢. 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.

٣. في حالة الكوابيل تعتبر المدة اللازم انقضاؤها قبل فك الشدة بالأيام مساوية لأربع مرات بروز الكابولي بالأمتار مضافاً إلى ذلك يومان، وبحيث لا تقل المدة عن أسبوع للكابولي الذي يقل بروزه عن ١,٥٠ متراً.

٤. في حالة استخدام اسمنت بورتلاندي (سريع التصلد) (CEM – R) يمكن فك الشدات والفرم الحاملة للكمرات والبلاطات وذلك في مدة مساوية لنصف المدة المستخدمة في حالة استخدام أسمنت بورتلاندى عادى (CEM N –)، وفى حالة الوصول الى المقاومة مبكرا يجوز تخفيض مدة فك الشدات والفرم بحيث لا تقل عن ثلاثة أيام وعلى أن تتحمل الخرسانة عند الفك بأمان الاجهادات الناتجة عن الأحمال الفعلية المؤثرة، ويجب عمل اختبارات على مقاومة الضغط لمكعبات الخرسانة المستخدمة قبل فك الشدات للتأكد من وصول الخرسانة إلى المقاومة المطلوبة.

٥. في الحالات التي تنخفض فيها درجات الحرارة عن ١٥ درجة سيلسيوس ويجب الحذر وتأجيل فك الفرم والشدات مدة مناسبة بالإضافة للمدد المشار إليها عالية.

٥-٥-٩ احتياطات خاصة لفك الشدات والفرم

عندما تكون الفرم والركائز حاملة لأحمال إضافية -كما في حالة الطابق الذي يحمل وزن الطابق التالي حديث الصب – لا يجوز فك القوائم قبل انقضاء ثمانية وعشرين يوماً مع اتخاذ كافة الاحتياطات التي 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 إنشائي كاف لجميع العناصر الإنشائية الحاملة للفرم بعد موافقة المهندس الاستشاري للمشروع.

في 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.

يراعى عند فك الشدات في جميع الحالات اتزان المنشأ وعدم حدوث أي إجهادات مخالفة تزيد عن الإجهادات المسموح بها في عناصره.

٦-٥-٩ فك الشدات الخاصة

في الشدات الخاصة المذكورة بالبند (٩-٥-١) يلزم عمل تجارب مقاومة الضغط قبل فك الشدات والتحقق من استيفاء الشروط الواردة بالبند (٩-٥-٤).

٧-٥-٩ التكسير في الخرسانة بعد فك الفرم

لا يجوز إطلاقاً التكسير أو عمل فجوات في الأعمدة أو فتحات في الكمرات والبلاطات بعد صبها أو تقطيع صلب التسليح لأي سبب من الأسباب إلا بعد الرجوع إلى المهندس الاستشاري للمشروع.

٦-٩ إنتاج وتصنيع ومعالجة الخرسانة

١-٦-٩ التجهيز والإعداد للصب

أ. يلزم ان تكون جميع معدات الخلط والنقل نظيفة ويجب معايرة أجهزة القياس قبل البدء في العمل وتكرار ذلك على فترات يحددها المهندس المشرف وبعد كل إصلاح أو طبقاً لخطة الجودة الخاصة بالمشروع.

ب. يلزم رش أسطح الفرم الخشبية بالمياه قبل الصب، كما يراعى أيضا رش البلوكات المفرغة جيداً بالمياه قبل الصب، وفى حالة صب الخرسانة مباشرة على طبقة الأساس ترش التربة جيداً قبل الصب مع مراعاة عدم حدوث تراكم للماء.

ج. قبل صب خرسانة جديدة على خرسانة قديمة يجب إزالة أجزاء الخرسانة المفككة القديمة والمواد العالقة بها ثم تنظيف السطح جيدا ومعالجته باستخدام الطرق الفنية اللازمة لضمان التماسك بين الخرسانة القديمة والجديدة.

د. يجب أن تكون أسياخ صلب التسليح نظيفة من المواد الضارة العالقة أو اللاصقة بها وخالية من أية قشور نتيجة الصدأ، كما يراعى ما يلي:

هـ. ترص أسياخ صلب التسليح على تخانات من البلاستيك أو القطع الأسمنتية أو ما شابه ذلك لحفظ الغطاء

الخرساني أثناء الصب.

- لا يسمح بتكسيح صلب تسليح البلاطات أثناء الصب.
- يتم اتخاذ كافة الاحتياطات لضمان عدم حدوث اي حركة او تشكل في الاسياخ نتيجة حركه العمالة او المعدات عليها بعد تركيبها في السقف.

و. يجب نزح المياه قبل بدء عملية صب الخرسانة مع مراعاة الأسلوب والتصميم الهندسي المناسبين في 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 (٩-٦-٣-و).

ز. 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 في غير الأماكن المحددة مسبقاً.

٩-٦-٢ خلط مكونات الخرسانة

أ. يجب خلط المكونات ميكانيكياً حتى يصبح توزيع مكوناتها متجانساً في خلاطات ذات سعة تتناسب مع معدلات الصب، كما يجب تفريغ الخلاط تماماً قبل إعادة ملئه ويراعى أثناء تفريغ ونقل الخلطة من الحلة إلى مكان صبها اتخاذ كافة الاحتياطات اللازمة اثناء النقل لعدم حدوث تلوث او شك او انفصال او اي تلف بالخلطة اثناء النقل والصب.

ب. في حالة استخدام الخرسانات سابقة الخلط وذاتية الدمك وخرسانة الأجواء الحارة يلزم الرجوع إلى المواصفات الفنية الخاصة بها واعتمادها من استشاري المشروع قبل السماح باستخدامها.

ج. يجب تدوين المعلومات التالية بسجلات المتابعة ومراقبة جودة الأعمال:

- رتبة الخرسانة ونوعية ونسب مكونات الخلطة.
- عدد الخلطات وحجمها التي استخدمت في صب أجزاء المنشأ.
- أماكن صب الخرسانة.
- زمن وتاريخ الخلط.
- إجراءات ضبط الجودة.

٩-٦-٣ أماكن وفواصل الصب

يراعى تحديد طريقه وتتابع اعمال صب الخرسانة مسبقا بحيث لا تتسبب في عدم اتزان الشدة، كما يجب اتخاذ الاحتياطات الآتية:

أ. يلزم صب الخرسانة بعد تمام خلطها مع وجوب تجنب انفصال مكوناتها ويراعي عدم حدوث فقد في القوام يؤثر علي تشغيلية الخرسانة وللاسترشاد فإن المدة المناسبة ما بين إضافة ماء الخلط وصب الخرسانة ٣٠ دقيقة في الجو العادي الذى لا تتعدى درجة حرارته ٣٠ درجة سيلسيوس في الظل و ٢٠ دقيقة في الجو الحار ؛ أما إذا استلزم الأمر زيادة الفترات السابقة فإنه يجوز استخدام الإضافات المناسبة عند الخلط والتي يوافق عليها المهندس الاستشاري للمشروع وبالنسب التي يتفق عليها على أن يتم التحقق من ذلك بعمل التجارب الكافية قبل بدء الصب.

ب. يلزم عدم استخدام الخرسانة التي شكت أو تصلدت جزئياً أو لوثت بمواد غريبة.

ج. 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 ورد بالبند (٩-٥-٦).

د. في حالة صب خرسانة بسمك كبير يفضل أن تصب على طبقات مع استعمال الهزاز الميكانيكي المناسب حتى يمكن دمك الخرسانة أولاً بأول. ويراعى ألا يمضي أكثر من ٣٠ دقيقة في الجو العادي أو ٢٠ دقيقة في الجو الحار بين تعاقب الطبقات بحيث لا تكون الطبقة السفلى قد بدأت في التصلد عند بدء صب الطبقة التالية ويجوز تجاوز هذه المدة إذا توافر تسليح كاف لربط طبقات الصب المتتالية أو استخدام الإضافات المؤخرة للشك الابتدائي، كما يراعى أن يكون محتوى الماء أقل ما يمكن مع مراعاة اتباع جميع الاشتراطات الواردة في البند (٤-٢-٤)

هـ. الأعمدة التي 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 ما لا يتم استخدام خرسانات خاصة.

و. إذا دعت الضرورة صب خرسانة تحت الماء وبدون عملية نزح المياه فيراعى أن تكون الخلطة الخرسانية غنية بالأسمنت ولها درجة تشغيل عالية ولزوجة مناسبة لمنع الانفصال الحبيبي والحفاظ على التجانس ويكون محتوى الماء أقل ما يمكن وتُصب من خلال ماسورة قطرها في 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.

ز. إذا زادت درجة حرارة الجو على ٣٥ درجة سيلسيوس في الظل أثناء خلط وصب الخرسانة يجب الرجوع للمواصفة الفنية الخاصة بصب الخرسانة في الأجواء الحارة مع مراعاة الاحتياطات الواردة بالبند (٩-٣) بخصوص تشوين المواد بالإضافة الي ما يلي:

- 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.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

- رش الفرم بالمياه قبل الصب وفى حالة إنتاج عناصر خرسانية سابقة التجهيز يراعي ان تصب في مساحات مظللة.

ح. يراعي قبل صب الخرسانة التأكد من تحمل السقف الحامل للشدة لأوزان السقف الجديد اخذا في الاعتبار كثافة الخرسانة الطازجة بالإضافة لأي احمال اخري متوقعة قبل تصلد الخرسانة.

٩-٦-٤ دمك الخرسانة

تتم عملية الدمك أثناء صب الخلطة الخرسانية بطريقة تضمن انسياب الخلطة حول صلب التسليح، وتستمر عملية الدمك حتى انتهاء الصب.

ويجب استخدام وسائل الدمك الميكانيكي بواسطة الهزازات الغاطسة داخل الخلطة أو الهزازات التي تثبت على سطح الفرم والشدات. وتتم عملية الدمك الميكانيكي بواسطة شخص متخصص مدرب بحيث يتوقف عن الدمك بعد الانتهاء من ظهور فقاقيع الهواء بحيث لا يتسبب زيادة الدمك في حدوث انفصال حبيبي. ويراعى أثناء الدمك إبعاد الهزاز الغاطس عن صلب التسليح. ويراعى ألا يتسبب الصب والدمك بأي حال من الأحوال في إحداث قلقلة في كتلة الخرسانة السابق صبها أو زحزحة أسياخ التسليح أو إحداث تغيير في مقاسات الفرم.

٩-٦-٥ معالجة الخرسانة ووقايتها

أ. يلزم معالجة الخرسانة بحيث تكون في حالة رطبة تماماً ابتداء من وقت تصلد السطح لمدة لا تقل عن سبعة أيام ويجوز تخفيض هذه المدة في حالة وصول الى مقاومة مبكرة تصل الى ٨٠% من مقاومة الضغط المميزة أو في حالة استخدام اضافات المعجلة. ويتم ذلك برشها جيداً بالمياه الخالية من الأملاح أو المواد الضارة (لا تزيد الاملاح عن المسموح به طبقا للبند (٢-٢-٣)) أو تغطية السطح بخيش أو بأي تغطية مناسبة مع حفظها في 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.

ب. تستخدم المعالجة بالبخار للعناصر الخرسانية سابقة الصب بعد مرور ساعتين من زمن الصب وذلك برفع درجة حرارة العنصر الخرساني إلى ٦٠ درجة سيلسيوس خلال فترة زمنية قدرها ٤ ساعات وقد تمتد إلى ٦ ساعات طبقاً لسمك وعرض العنصر الخرساني ثم يتم تخفيض درجة الحرارة إلى درجة حرارة الجو خلال ٣ ساعات ويراعى بعد ذلك استمرار المعالجة بالترطيب بما يكفل الوصول إلى المقاومة المميزة للخرسانة.

ج. 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 الذي يصبح فيه السطح صلداً بدرجة كافية بحيث يمكن معالجته بطرق المعالجة المختلفة.

د. يجب ألا تتعرض الخرسانة لأي أحمال رأسية او افقية مثل ضغط الماء الجوفي أو ردم ترابي لاسيما المشبع بالماء إلا بعد أن تصل مقاومة الضغط للخرسانة إلى المقاومة المطلوبة لتحمل هذه الاحمال بعامل امان كافي.

هـ. في حالة تعرض الخرسانات التي لم يمض على صبها أكثر من ٧ أيام لأحمال ناتجة عن الكوارث الطبيعية مثل الزلازل والسيول يجب التأكد من سلامة الخرسانة والوصلات الإنشائية وعدم وجود شروخ.

٩-٦-٦ فواصل الصب

يراعى عند عمل فواصل الصب الشروط والاحتياطات التالية:

أ. يجب أن يكون الفاصل متعامداً مع القوى الداخلية المؤثرة.

ب. تكون الفواصل في الكمرات والبلاطات عند نقط انقلاب عزوم الانحناء في اتجاه المماس للعزوم أو عند مواقع القيم الدنيا لقوى القص؛ ويمكن أن يكون موضع الفاصل عند نهاية ثلث البحر المجاور للركائز.

ج. 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 استشاري المشروع.

د. يجب ألا تقل المسافة بين موضع الفاصل في الكمرات الرئيسية وارتكاز الكمرات الثانوية عن ضعف عرض الكمرة الثانوية.

هـ. 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.

و. 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 (اللباني) أو أي مواد أخرى معتمدة لتأكيد التماسك بين كل من الخرسانة القديمة والجديدة، مع تحقيق الاشتراطات الخاصة بمنع نفاذية المياه في حالة طلبها بواسطة المهندس المصمم.

٩-٦-٧ فواصل الانكماش للبلاطات المرتكزة على التربة

أ. في حالة صب مسطحات واسعة من بلاطات خرسانية غير مسلحة والتي تتطلب عمل فواصل انكماش بها لتفادى حدوث تشققات 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 باقي الشرائح، مع تنفيذ فواصل صب رأسية بين تلك الشرائح الطولية وبعرض ٢٠ مم على الأقل على أن تُملأ بعد الصب بمادة مطاطية (الماستيك) أو أي مادة مماثلة طبقاً لتعليمات المهندس المصمم ويلزم عمل الاحتياطات الكفيلة بمنع الهبوط النسبي بين الشرائح.

ب. تقسم الشرائح الطولية بفواصل انكماش ثانوية على مسافات لا تزيد على مرة وربع عرض الشريحة مع عمل فواصل بعمق لا يقل عن ثلث سمك البلاطة وتملأ بمادة مطاطية (الماستيك)أو ما يماثلها وبحيث يتم تنفيذ تلك الفواصل بمنشار ميكانيكي بعد زمن الشك النهائي وبما لا يتجاوز ثلاثة أيام من تاريخ الصب.

ج. يجوز صب كامل المسطحات والأرضيات الكبيرة دفعة واحدة بشرط تنفيذ فواصل بعد الصب في الاتجاهين طبقاً للوارد بالنقطة (ب).

د. يجب تنفيذ فواصل انشائية بين الأرضيات والعناصر المبنى المجاورة.

هـ. يمكن زيادة المسافات بين فواصل الانكماش في حالة استخدام شبكة من التسليح الثلث العلوي أو استخدام خرسانة مسلحة بالألياف في البلاطة الخرسانية بعد حساب الإجهادات الناشئة عن انكماش الخرسانة.

٩-٦-٨ فواصل التمدد

تكون المسافة القصوى بين فواصل التمدد للمنشآت العادية كما يلي:

- 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. ويتم التأكيد بصفة عامة على اتخاذ كافة الاحتياطات لضمان عدم حدوث شروخ ولمنع تسرب الماء او الاتربة من الفاصل كما يجب معالجة مكان الفاصل اثناء تنفيذ التشطيبات المعمارية.

٩-٦-٩ الفواصل الزلزالية

يراعى عند اختيار الفواصل الزلزالية استيفاء متطلبات الانتظام الأفقي والرأسي للمنشأ وأماكن الفواصل والإزاحات النسبية بين أدوار المنشأ وحساب اتساع الفاصل الزلزالي بين أجزاء المنشأ الواحد والمنشآت المتجاورة وذلك وفقاً لما هو وارد بمتطلبات الكود المصري لحساب الأحمال والقوى (كود ٢٠١ وتعديلاته) على ان يتم حسابه بدقة طبقا لما هو وارد بالكود

٩-٧ تشكيل صلب التسليح

أ. يُشكل صلب التسليح بجميع أنواعه على البارد طبقاً لنماذج تفريد الأسياخ. وفى حالة اللجوء الى التشكيل على الساخن يتم التسخين ببطء مع مراعاة عدم الوصول لدرجة الاحمرار ثم التشكيل والتبريد ببطء مرة أخرى.

ب. الأبعاد القياسية لأقطار الانحناءات للجنشات والدورانات وأطوال التماسك للجنشات عند أطراف الأسياخ تكون طبقا لما جاء بالجدول رقم (٤-٧) بالبند رقم (٤-٢-٥-١).

ج. يجب ان يكون التسليح المستخدم خالي تماما من اي زيوت أو شحومات تكون من شأنها التأثير على التماسك مع الخرسانة وفي 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 السفح بالرمال بشرط التأكد من عدم تجاوز نقص وزن الأسياخ بعد تنظيفها عن ٢% ونقص قطر السيخ عن:

- ٠,٢٠ مم للأسياخ حتى قطر ١٠ مم.

- ٠,٣٠ مم للأسياخ أكبر من ١٠مم وحتى ٢٠ مم.
- ٠,٥٠ مم للأسياخ ذات قطر أكبر من ٢٠ مم.

د. 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 لا تقل عما هو وارد بالبند ٧-٣-٣-١.

هـ. تترك مسافات بين الفرم والتسليح (الغطاء الخرساني) تُملأ بالخرسانة أثناء الصب ولا يُسمح بظهور صلب التسليح على سطح الخرسانة حتى لا يتعرض للعوامل الجوية المساعدة على تكوين الصدأ وعلى الا تقل عن المنصوص عليها في البند ٩-٨.

و. يجب المحافظة على سمك الغطاء الخرساني اثناء الصب وذلك باستعمال قطع أسمنتيه (لا تقل مقاومتها عن المقاومة المميزة للخرسانة بكل عنصر) او كراسي من الصلب أو البلاستيك ويتم وضعها على مسافات مناسبة في كلا الاتجاهين وبطريقة تضمن عدم حدوث صدأ بصلب التسليح. ويجوز استخدام نوعيه اخرى من الكراسي بشرط ان تكون من مواد لا تقل مقاومتها عن المقاومة المميزة للخرسانة لكل عنصر وأن تكون خالية من المواد الضارة بالخرسانة وبعد اعتمادها من استشاري المشروع.

ز. يجب عمل كراسي لحفظ شبكة التسليح العلوية في مكانها وان تكون بالقطر المناسب الذي يتحمل أوزان التسليح بالإضافة الى أوزان العمالة المتحركة فوقها.

ح. يجب تربيط اسياخ التسليح مع بعضها جيدا باستخدام سلك الرباط بحيث تتحمل وزن الأسياخ وحركة العمالة وتمنع حدوث أي حركة للأسياخ للمحافظة على المسافات بينها.

ط. غير مسموح بتجميع الاسياخ المتقاطعة باستخدام اللحام الا بموفقة المهندس المشرف.

ي. يراجع صلب التسليح بعد رصه في أماكنه طبقاً للرسومات الإنشائية بمعرفة المهندس المشرف ويتم تنفيذ جميع الملاحظات قبل السماح بصب الخرسانة.

ك. يُسمح في حالة وجود نسبة عالية من صلب التسليح بالقطاعات الخرسانية باستخدام حزم على النحو الوارد في البندين (٤-٢-٥)، (٧-٣-٤).

ل. عند استخدام الأسياخ المجمعة يجب اتخاذ الاحتياطات الكافية نحو المحافظة على تلامس الأسياخ مع بعضها البعض أثناء التركيب وصب الخرسانة. ويتم ذلك عادة باستعمال سلك رباط بقطر مناسب على مسافات لا تزيد على ٢٠ مرة قطر أصغر الأسياخ الموجودة بالحزمة.

٩-٨ الحد الأدنى للغطاء الخرساني لصلب التسليح

يلزم مراعاة ألا يقل سمك الغطاء الخرساني لصلب التسليح عن القيم المعطاة في بند (٤-٣-٢-٣-ب).

في حالة خرسانة المنشآت التي قد تتعرض للحريق يلزم مراعاة ألا تقل سمك الغطاء الخرساني عن القيم الواردة بالجداول من (٢-٢٥) إلى (٢-٢٩).

٩-٩ التفاوتات المسموح بها في أعمال الخرسانة

يحدد هذا الجزء أقصى قيمة تفاوتات المسموح بها في أعمال الخرسانة بعد اعتماد مكوناتها معمليا ومعايرة أجهزة القياس بمعدلات الخلط وتجهيز الخرسانة.

٩-٩-١ التفاوتات المسموح بها في قياس كميات المواد المستعملة في الخلط

يتم الرجوع الى متطلبات البند (٩-٤).

٩-٩-٢ التفاوتات المسموح بها في الأبعاد

يقصد بالتفاوتات في الأبعاد قيمة الاختلاف في أبعاد العناصر الخرسانية المسلحة المنفذة عن الأبعاد التصميمية وتُعتبر التفاوتات المذكورة في هذا البند مرجعاً للأخذ بها في حالة عدم تحديد تفاوتات خاصة في شروط أو رسومات التعاقد، وفي حالة وجود أي تجاوز عن هذه التفاوتات يجب عمل دراسة دقيقة للتأكد من استيفاء المتطلبات التصميمية واشتراطات الكود. ولا يُسمح باستخدام هذه التفاوتات للخروج على حدود الملكية وتجاوز أبعاد الأرض أو زيادات في البروزات والارتفاعات المصرح بها طبقاً للقوانين واللوائح المنظمة لأعمال البناء.

أ. التفاوتات القصوى في الأبعاد الأفقية (محاور الأعمدة والكمرات والحوائط)

تحدد التفاوتات القصوى المسموح بها في أبعاد محاور الأعمدة عن الرسومات التصميمية كالتالي:

- في أي باكية أو لكل ٦,٠ متر في أي اتجاه ± ٥ مم

ب. البعد الكلى للمنشأ ± ٢٥ مم

ج. التفاوتات في الاستقامة الرأسية (Plumb)

تؤخذ التفاوتات المسموح بها في الاستقامة الرأسية كما هو موضح في الجدول (٩-١).

جدول (٩-١) التفاوتات المسموح بها في الاستقامة الرأسية

بند	نوع التفاوت	القيمة المسموح بها
أ	الميل في الأعمدة والحائط في الدور الواحد.	♦ ٣مم لكل ٣م ارتفاع للأركان والفواصل ♦ ٥ مم لكل ٣م ارتفاع لباقي العناصر
ب	الميل في الأعمدة والحائط الخرسانية بكامل ارتفاع المنشأ لأعمدة الأركان والفواصل (بحد أقصى ٣٠ مترا).	♦ ١٥مم لكامل ارتفاع المنشأ والفواصل ♦ ٢٥ مم لباقي العناصر
جـ	ترحيل مركز العمود عن الدور أسفله.	♦ الأكبر من عرض القطاع/٤٠ أو ١٠ مم بشرط عدم التكرار في دورين متتاليين
د	الحوائط والأعمدة المنفذة باستخدام الشدات المنزلقة (بحد أقصى لكامل ارتفاع المنشأ ١٨٠ مترا).	♦ ٣مم لكل ١,٥ متر ارتفاع. ♦ ٢٥ مم لكل ١٥,٠ متر ارتفاع. ♦ ٧٥مم لكامل ارتفاع المنشأ بحد أقصى ١٨٠ مترا.

هذا وبالنسبة للمباني التي يزيد ارتفاعها على الحد الأقصى المذكور عالية يتم تحديد التفاوتات المسموح بها بمعرفة المهندس المصمم على ألا تتجاوز المعدلات السابقة.

د. التفاوتات المسموح بها في المناسيب (Levels)

التفاوتات الموضحة بهذا البند غير شامة الترخيم ولا تطبق على منشآت الخرسانة الظاهرة (Fair Face).

١. قاع الكمرات والبلاطات

يجوز السماح بالتفاوتات التالية في أفقية الكمرات والبلاطات بشرط ألا تؤدى إلى نقص في سمك البلاطات أو عمق الكمرات بنسبة أكبر من ٥% أو القيم التالية أيهما أقل:

لكل ٣,٠ متر مسافة أفقية ± ٥ مم

لكل باكية أو لكل ٦,٠ متر مسافة أفقية أيهما أكبر ± ١٠ مم

بكامل طول أو عرض المنشأ ± ٢٠ مم

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

٢. الأعتاب والجلسات والدراوي والكرانيش المعمارية بالواجهات:

لكل باكية أو ٦,٠ متر مسافة أفقية	± ٥ مم
بكامل طول أو عرض المنشأ	± ١٥ مم
٣. النقاط التي تحدد بها مناسيب البلاطات أو الكمرات	
لكل باكية أو مسافة ٦,٠ متر على الأكثر	± ١٠ مم
بكامل طول أو عرض المنشأ	± ٢٠ مم

٤. أماكن ومقاسات الفتحات

بالنسبة لأماكن محاور الفتحات	± ١٥ مم
بالنسبة لمقاسات الفتحات	± ٥ مم

بشرط استيفاء الاشتراطات الواردة في البند (٦-٢-٥-٤)

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.

انحراف مركز القاعدة عن مركز العمود ١% من طول القاعدة في الاتجاه بحد أقصى ±٢٥ مم.

سمك القواعد	نقص حد أقصى ٢%.
منسوب ظهر القواعد	+ ١٥مم أو –٥ مم.

٧. السلالم من الخرسانة المسلحة

◆ بالنسبة للدرجة الواحدة:

الارتفاع (القائمة)	± ٣ مم
المسافة الأفقية (النائمة)	± ٦ مم

◆ بالنسبة للقلبة الواحدة أو مجموع قلبات الدور الواحد:

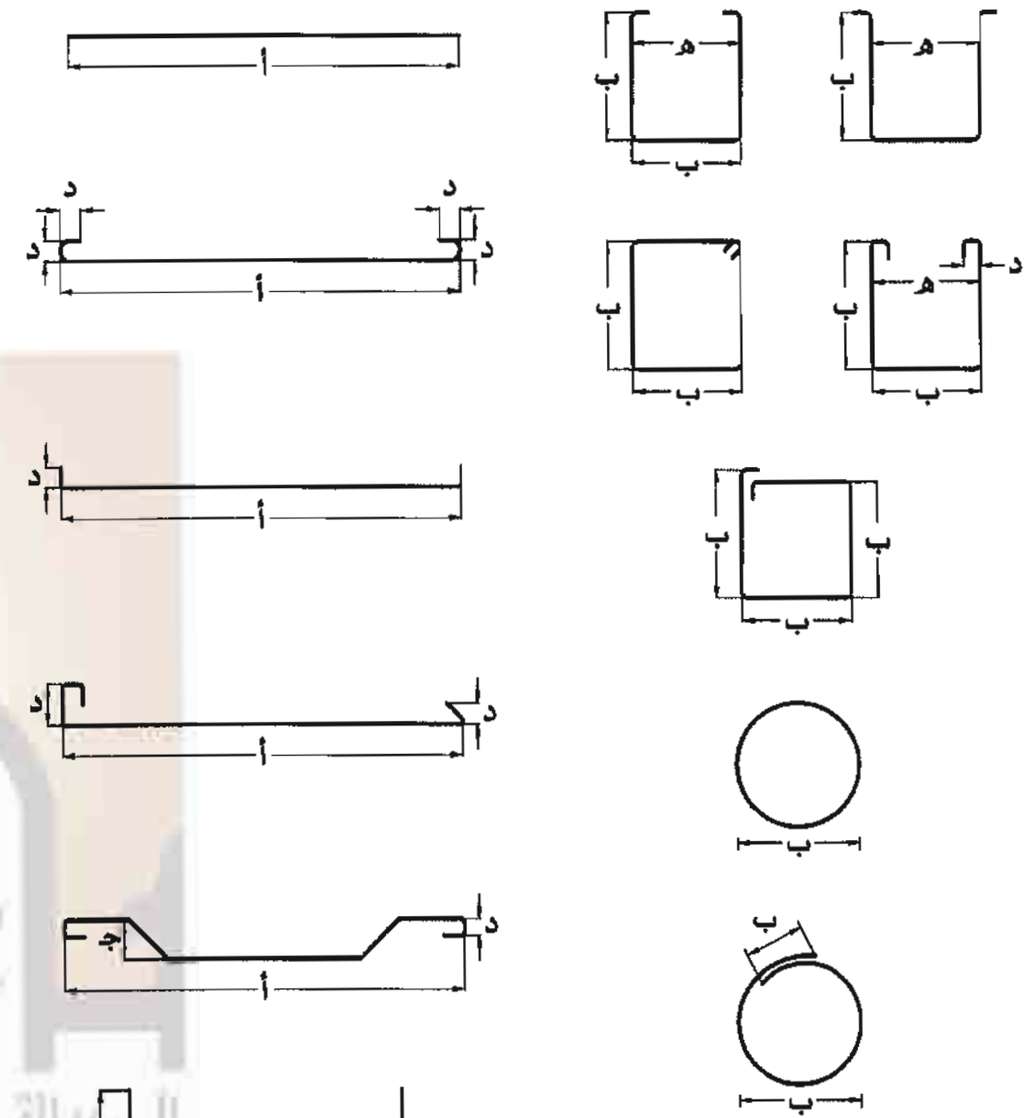
الارتفاع	± ٥ مم
المسافة الأفقية	± ١٠ مم

أما السلالم من الخرسانة الظاهرة فتحدد التفاوتات فيها طبقا لمواصفات المشروع بما لا يزيد عن القيم المذكورة عالية.

٩-٩-٣ التفاوتات المسموح بها في أبعاد صلب التسليح العادي وعالي المقاومة

١. التفاوتات المسموح بها في تشكيل صلب التسليح شكل (٩-١) موضحة في جدول (٩-٢) للأسياخ أقطار ٨ مم إلى ٣٢ مم.

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954



شكل (٩-١) أبعاد تشكيل أسياخ التسليح

جدول (٩-٢) التفاوتات المسموح بها في صلب التسليح

البعد	للقطاعات بسمك لا يزيد على ٢٥٠ مم	للقطاعات بسمك أكبر من ٢٥٠ مم
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 في حدود المسموح به للمقاس المقابل له مع السماح بتفاوت إضافي ±١٠ مم	

٢. التفاوت المسموح به في ترتيب أسياخ صلب التسليح

أ. التفاوت المسموح به في العمق d

العمق d هو المسافة بين سطح الانضغاط الخارجي ومركز صلب التسليح في الشد.

العمق d أقل من أو يساوى ١٢٠ مم	±٥ مم
العمق d أكبر من ١٢٠ مم وحتى ٢٠٠ مم	± ١٠ مم
العمق d أكبر من ٢٠٠ مم	± ١٥ مم

ب. التفاوت المسموح به في سمك الغطاء الخرساني لصلب التسليح

العمق d أقل من أو يساوى ١٢٠ مم	±٥ مم
العمق dأكبر من ١٢٠ مم وحتى ٢٠٠ مم	+١٠ مم أو -٥ مم
العمق d أكبر من ٢٠٠ مم	+ ١٥ مم أو -٨ مم

(على ألا تزيد هذه القيم عن ثلث الغطاء الخرساني المحدد على الرسومات)

ج. التفاوت المسموح به في تقليل المسافة بين الأسياخ في الكمرات

لا تقل المسافة بين الأسياخ في الكمرات عن أي من قطر السيخ أو المقاس الاعتباري الأكبر للركام أو ٢٥ مم وعلى ألا يزيد التفاوت في تماثل توزيع الأسياخ عن ٥ مم

HBRC المعهد القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

د. التفاوت المسموح به في المسافات بين الأسياخ

البلاطات والحوائط	± ٢٠ مم
الكانات	± ٢٠ مم
الشبك الملحوم	± ٥ مم

بحيث لا يقل عدد الأسياخ الإجمالي في المتر عن الموضح بالرسومات التنفيذية.

هـ. التفاوت المسموح به في أماكن التكسيح والنهايات للأسياخ في الاتجاه الطولي

بالكمرات والبلاطات المستمرة	± ٢٥ مم
نهايات الأسياخ بالكمرات والبلاطات بالأطراف الخارجية	± ١٥ مم

و. التفاوت المسموح به في تقليل طول وصلات الأسياخ أطوال أشاير الربط داخل الخرسانة

لا يزيد التفاوت في طول وصلات الأسياخ أو طول أشاير الربط داخل الخرسانة عن -٣% من طول الوصلة أو الإشارة.

٤-٩-٩ التفاوتات المسموح بها في أبعاد العناصر سابقة الصب

أ. التفاوتات في 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 أكبر من ١٨,٠٠ م	± ٢٠ مم

ب. التفاوتات في 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 أكبر من ٩٠٠ مم	± ١٠ مم

ج. التفاوتات المسموح بها في الاستقامة على طول العنصر (انحراف مركز القطاع عن المحور الافتراضي للعنصر)

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 أكبر من ١٨,٠٠ م	± ١٢ مم

د. التفاوتات المسموح بها في تحدب العنصر

طول العنصر حتى ٣,٠٠م	± ٣ مم
طول العنصر أكبر من ٦,٠٠ م	± ٦ م

١٠-٩ إدارة المشروعات

١-١٠-٩ عام

تعتبر إدارة المشروعات والتي تعتمد على العلم والخبرات المكتسبة عنصراً أساسياً لنجاح المشروع وتحقيق الغرض الذي يقام من أجله المشروع، وتزداد الحاجة إلى إدارة المشروعات كعنصر مستقل في المشروعات التي تتعدد فيها المهام أو التخصصات اللازمة لتنفيذ المشروع. وتشكل ادارة المشروع بمعرفة مالك المشروع وتتكون من مجموعة من الافراد ذوي الكفاءة ويكون عددهم متناسبا مع حجم وطبيعة المشروع وهي تتكون من:

١. مدير المشروع.

٢. نائب مدير المشروع.

٣. عدد من العناصر الهندسية والفنية والمالية والقانونية ويتناسب هذا العدد مع حجم وطبيعة المشروع (المشروعات الكبرى – المشروعات المتوسطة– المشروعات الصغيرة).

مع مراعاة تحديد مندوب مفوض بالرأي عن المالك ومثله عن المكتب الاستشاري وينضم ثالث لهما مفوضا عن المقاول (بعد ترسيه العطاء) وذلك بغرض حضورهم لبعض الاجتماعات الدورية لإدارة المشروع والتي قد يستلزم ضرورة حضورهم لها.

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 الذي يتم تحديده مع مالك المشروع.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

٩-١٠-٢ مهام إدارة المشروع

تتلخص مهام إدارة المشروع في مراحله المختلفة فيما يلي:

٩-١٠-٢-١ مرحلة التصميم وإعداد مستندات طرح العطاء

تقوم إدارة المشروع في هذه المرحلة بالتالي:

أ. مراجعة التصميمات المعمارية – الإنشائية – الكهرو ميكانيكية وغيرها (وذلك في ضوء المشروع الابتدائي 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.

ج. دراسة المدة اللازمة لتنفيذ الاعمال والقيمة التقديرية طبقاً للكميات وأسلوب الإنشاء المقترح من المصمم وكذلك تحديد حزم (Packages) الأعمال التي سيتم طرحها وكذلك تحديد أنسب أنواع التعاقد طبقاً لهذا الاختيار (مقاول رئيسي أو عقود بنود أعمال أو عقد محدد القيمة .... الخ).

د. في حالة المشروعات ذات الطبيعة الخاصة والتي يتطلب تنفيذها مقاولين ذوي كفاءات خاصة، تقوم إدارة المشروع باعتماد سابقة تأهيل للمقاولين بعد تحديد فئة وتصنيف لهم لتحديد قائمة بالمقاولين الذين تتم دعوتهم للتقدم للعطاء.

هـ. إعداد كراسة تعليمات تقديم العطاء والتي تساعد المقاولين في إعداد عطائهم بالشكل المقبول ولتسهيل مهمة لجان التقييم.

و. إعداد كراسات الشروط العامة والخاصة والتي توضح حقوق وواجبات طرفي العقد في مراحل التنفيذ والاختبار والتسليم.

٩-١٠-٢-٢ مرحلة طرح العطاء

تقوم إدارة المشروع في هذه المرحلة بالتالي:

أ. تحديد أسلوب طرح العطاء (مناقصة-ممارسة-امر مباشر....).

ب. تحديد أسس وعناصر تقييم العطاءات.

ج. طرح العطاءات والرد على الاستفسارات.

د. أعمال تقييم العطاءات للوصول إلى أنسبهم فنياً.

هـ. أعمال البت والترسية على العطاء الفائز بالمشروع بعد التقييم مالياً.

٩-١٠-٢-٣ مرحلة التنفيذ

تقوم إدارة المشروع في هذه المرحلة بالتالي:

أ. اعتماد خطة الجودة للمشروع والتي تتضمن توكيد ومراقبة الجودة والتفتيش الفني والاختبارات التي تحقق مواصفات المشروع وكذلك اعتماد النماذج الخاصة بها، لضمان السيطرة على الجدول الزمنى وضمان تدفق المعلومات والمستندات مع تجهيز النماذج وتحديد الإجراءات التي سيتم اتباعها عند إصدار التعليمات للمقاولين والموردين.

ب. مراجعة الهياكل التنظيمية للمقاولين المشاركين في المشروع وأيضاً مراجعة صلاحيات ومسئوليات الأفراد المحوريين (Key Personnel) للأطراف المختلفة تفادياً للتضارب في الصلاحيات أو غياب المسئولية أو عدم وضوحها.

ج. إعداد الدورة المستندية وتحديد قنوات الاتصال.

د. مراجعة البرنامج الزمنى العام للتنفيذ المقدم من المقاول والذي يوضح الآتي:

١. نوع النشاط ومدته وتاريخ البداية المبكرة والنهاية المبكرة وتاريخ البداية المتأخرة والنهاية المتأخرة ومراجعة المسارات الحرجة والعلاقات بين الانشطة.

٢. منحنيات توضيح عدد وتوزيع 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 التي ستركب بالمشروع والمواد الداخلة في المشروع بما يتماشى مع البرنامج الزمنى العام لتنفيذ المشروع.

و. مراجعة لوحة تخطيط الموقع العام للعمل بالمشروع المقدمة من المقاول والتي توضح أماكن ورش التشغيل والمخازن والطرق المؤقتة والأوناش البرجية وحركة المعدات والأسوار ومكاتب إدارة الموقع والأمن وخلافه.

ز. مراجعة خطة السلامة والصحة المهنية وخطة الامن والطوارئ المقدمة من المقاول.

ح. دراسة التعديلات والتغييرات التي 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 أجمالي زمن وتكلفة المشروع.

ي. في حالة وجود مطالبة للشركة المنفذة، فإن إدارة المشروع تقوم بتحليلها والرد عليها بعد التنسيق مع المالك وكذلك وضع نظام لمتابعة المستخلصات يضمن سرعة ودقة مراجعتها.

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

ك. عقد اجتماعات تنسيقية لأطراف المشروع في اوقات دورية لضمان التنسيق الكامل وحل المشاكل (إن وجدت) في أسرع وقت ممكن ومتابعة جميع مراسلات المشروع بين أطراف المشروع.

ل. إعداد تقرير شهري بالموقف التنفيذي ومدى الالتزام بالبرنامج الزمنى لتنفيذ المشروع وتقدم سير العمل. كما يتضمن التقرير الموقف المالي للمشروع والموضوعات ذات الأهمية المطلوب حلها والمشاكل التي تعوق التنفيذ وطرق حلها وبيان ما اتخذه الاستشاري في هذا الخصوص. كما يتضمن التقرير صوراً فوتوغرافية توضح تقدم الأعمال وبيانات الاجتماعات الدورية التي تم عقدها مع كل الشركات المنفذة والبنود المعلقة التي 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 الآتي:

١. نسبة إنجاز الأعمال المختلفة بالمشروع.

٢. ما يستجد من اعتمادات لرسومات الورشة.

٣. برنامج توريد المعدات التي ستركب بالمشروع.

٤. حديث التدفقات النقدية.

٥. موقف الاختبارات التي تمت خلال فترة التقرير.

٦. النماذج الخاصة بالسجلات وتحديث الوثائق والمستندات.

٧. الاعمال المخطط تنفيذها خلال الشهر التالي.

ملاحظات:

أ. عند تنفيذ المشروعات الكبرى غالباً ما يصاحبه حدوث تعديلات في 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. في المشروعات الكبرى تقوم إدارة المشروع بما لديها من خبرة مكتسبة في مجال إدارة المشروعات باستخدام حزم البرامج الجاهزة (Software Packages) وأجهزة الحاسب المتوفرة لديها بوضع نظام معلومات متكامل للسيطرة على الوقت والمستندات وضمان التزام الشركة المنفذة بالجدول الزمنى وبالتالي السيطرة على التدفقات النقدية للمشروع، كما تقوم ادارة المشروع بالاهتمام بمتابعة الأنشطة الحرجة مع التحذير المبكر من أي معوقات أو تأخيرات منظورة.

٩-١٠-٢-٤ مرحلة الاختبارات والتسليم الابتدائي والنهائي

تقوم إدارة المشروع في هذه المرحلة بما يلي:

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.

ج. تجميع مجموعة كاملة من رسومات ما تم تنفيذه (As-Built) موقعة من المقاول ومعتمدة من الاستشاري.

د. التأكد من نهو لجنة الاستلام الابتدائي لعملها بعد استيفاء جميع المتطلبات السابقة.

هـ. إعداد تقييم نهائي لتكلفة التعديلات والمتغيرات والمطالبات التي اعتمدها المالك.

و. إصدار المستخلص الختامي للمقاولين والاستشاريين بعد الرجوع إلى عقود كل منهم.

ز. التأكد من إصلاح أي عيب قد يظهر خلال فترة الضمان وذلك قبل نهو لجنة التسليم النهائي لعملها وإرجاع خطاب الضمان النهائي للمقاول.

٩-١١ الأمن والسلامة في تنفيذ المنشآت الخرسانية

يشمل الامن والسلامة في مواقع التنفيذ اتخاذ كافة الخطوات اللازمة لتأمين سلامة العاملين بالموقع والبيئة المحيطة على الا يقل الحد الأدنى لخطوات الامن والسلامة المهنية عما يلي:

أ. قيام المقاول قبل البدء في التنفيذ بإعداد دراسة محددة للمخاطر على العاملين وخطة شاملة للخطوات التنفيذية التي سيتخذها لمواجهة هذه المخاطر اثناء التنفيذ وتقديمها لإدارة المشروع لمراجعتها وبما لا يخل بالقوانين المنظمة في هذا المجال.

ب. يجب ان تشمل خطة الامن والسلامة بالموقع تحديد مستلزمات السلامة والصحة المهنية اللازمة لكل المتواجدين بالموقع والادوات والاحتياطات اللازم اتخاذها لتفادي المخاطر المختلفة طبقا لطبيعة عمل كل عامل والخطوات اللازمة لتفادي نشوب الحرائق. كما يشمل ذلك توفير ادوات اطفاء الحريق والاسعافات الاولية واللوحات الارشادية والمعلومات الخاصة بطريقه التعامل في حاله وجود اي طوارئ مثل حدوث اصابات او حريق او .... الخ.

ج. اثناء التنفيذ يكون المقاول مسئولا عن اتخاذ كافة الاحتياطات وتوفير كافة الادوات والمعدات اللازمة لتنفيذ خطة الامن والسلامة وعن توكيد تنفيذها والتزام الجميع بها وعن تدريب العاملين على تنفيذ هذه الخطة ومتابعتها.

د. يحق لإدارة المشروع ايقاف العمل بالموقع في حاله عدم التزام المقاول بتنفيذ خطه الامن والسلامة بالموقع لحين استيفاء المقاول الخطوات اللازمة للتامين ولا يؤدي ذلك الي مطالبه المقاول باي تعويض مالي او زيادة في مده تنفيذ المشروع.

هـ. يتم مراعاة الاشتراطات البيئية للمشروع وفقا للقوانين المنظمة في هذا المجال ويلزم الاخذ في الاعتبار الاحتياطات البيئية الخاصة بتداول المواد والاحتياطات البيئية اللازمة في الخدمات الاساسية مثل استخدام الكهرباء واستخدام المياه واستخدام المعدات والتعامل مع المخلفات الصلبة.

و. يتم إعداد تقييم التأثير البيئي 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 في الاعتبار الاحتياطات البيئية الخاصة بتداول المواد والاحتياطات البيئية اللازمة في الخدمات الأساسية مثل استخدام الكهرباء واستخدام المياه واستخدام المعدات والتعامل مع المخلفات الصلبة. كما يلزم التحقق من متطلبات السلامة والصحة المهنية في أعمال تنفيذ الخرسانة من استلام وإعداد وتجهيز الموقع وتشوين المواد وتصميم وتنفيذ الشدات والفرم.

الملحق الأول
طريقة المرونة (طريقة إجهادات التشغيل)
Elastic Method (Working Stress Method)

(م١)-١ اعتبارات عامة

يتناول هذا الملحق الأسس التي تعتمد في تصميم القطاعات الخرسانية المسلحة بطريقة المرونة نتيجة تأثير أحمال وأفعال التشغيل (بند ٣-٢-١-١-أ) التي يتطلب الامر تصميمها او تقيمها على مستوى احمال التشغيل. ولاستيفاء شروط الأمان عند استخدام طريقة المرونة يجب تحقيق ما يلي:

أ. ألا تتعدى قيم الاجهادات في كل من الخرسانة وصلب التسليح تحت تأثير أحمال التشغيل قيم الاجهادات المسموح بها طبقاً للجدول رقم ([م١]-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.

ج. يتم تصميم القطاعات الخرسانية المعرضة لعزوم انحناء أو قوى لامركزية طبقاً لشروط البند ([م١]-٣)، ولقطاعات معرضة لقوى قص طبقاً للبند ([م١]-٤)، ولقطاعات معرضة لعزوم لي طبقاً للبند ([م١]-٥). ويتم تحديد مقاومة الارتكاز طبقاً لبند ([م١]-٦) والتحقق من التماسك طبقاً للبند (٥-٢-٤).

(م١)-٢ إجهادات التشغيل المسموح بها Allowable Working Stresses

(م١)-٢-١ يبين الجدول (م١-١) الإجهادات المسموح بها لتشغيل الخرسانة وصلب التسليح لخرسانة تتراوح مقاومتها المميزة بعد ٢٨ يوماً بين ٢٠ و ٣٠ ن/مم٢ ولنوعيات الصلب المختلفة.

(م١)-٢-٢ إجهادات الضغط المسموح بها في حالة القطاعات المعرضة لضغط لا مركزي تحسب من العلاقة التالية:

$$\left(0.23+0.32\frac{e}{t}\right)f_{cu} \qquad \text{Where} \quad \frac{e}{t}\geq 0.05 \qquad (1\text{-}A1)$$

بحيث ألا تتعدى اجهادات الضغط في الانحناء أو الضغط كبير اللامركزية fc المعطاة بالجدول (م١-١).

(م١)-٢-٣ يتم حساب إجهادات الشد المسموح بها للخرسانة لتحقيق اشتراطات حدود التشرخ تحت أحمال التشغيل في المنشآت المعرض أسطحها في الشد من حيث التعرض البيئي للقسمين الثالث والرابع من جدول (٤-١١)، أو في أي أحوال أخرى تستدعي ذلك طبقاً لشروط البنود (٤-٣-٢-٦، ٧).

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

جدول (م١-١) إجهادات التشغيل للخرسانة والصلب

أنواع الإجهادات	المصطلحات	إجهادات التشغيل وفقاً لرتب الخرسانة حسب مقاومتها المميزة للمكعب القياسي 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	"fc	8.0	9.5	10.5	
القص *"					
مقاومة الخرسانة للقص					
بدون تسليح في البلاطات والقواعد	q_c	0.4	0. 45	0. 45	
بدون تسليح في الأعضاء الأخرى	q_c	0.3	0.35	0.35	
وجود تسليح جذعي في جميع الأعضاء (القص واللي معا)	q_2	1.7	1.9	2.1	
الصلب الفولاذ *""					
١. صلب طري ٢٤٠	f_s	140	140	140	
٢. صلب ٣٥٠	f_s	200	200	200	
٣. صلب ٤٠٠	f_s	220	220	220	
٤. صلب ٤٢٠	f_s	230	230	230	

* هذه القيمة تمثل أكبر إجهاد ضغط محوري على القطاع عند مستوى أحمال التشغيل.

** هذه الإجهادات في حالة الكمرات والبلاطات التي 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 ١٢٠، ١٠٠، ٨٠ مم على التوالي.

*** مع مراعاة ما جاء ببنود ([م١]-٤)، ([م١]-٥).

**** على أن تُخفض إجهادات الصلب لاستيفاء شروط حد التشرخ بند (٤-٣-٢) إذا دعت الظروف لذلك.

(م١)-٣ الفروض الأساسية والاعتبارات العامة

(م١)-٣-١ الفروض الأساسية والاعتبارات العام

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:

$$n=\frac{E_s}{E_c}=15 \qquad \text{(2a-A1)}$$

ب. عند حساب التشكل المرن(Elastic deformation) ، وعند تحديد القيم غير المحددة إستاتيكياً، وكذلك عند تحديد قيم إجهاد الخرسانة في الشد في 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):

$$n=\frac{E_s}{E_c}=10 \qquad \text{(2b-A1)}$$

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 الطري العادي المستديرة من صناعة معينة يزيد على ٢٨٠ ن/مم٢، يؤخذ الإجهاد المسموح به مساوياً بحد أقصي ١٦٠ ن/مم٢.

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 أقصي مقداره ٢٥ % لكل هذه العوامل مجتمعة مع ملاحظة عدم جمع تأثيرات الزلازل مع الرياح.

٨. في حالة المقاطع المستطيلة المعرضة لانحناء مزدوج يمكن زيادة أقصى إجهاد مسموح به في الضغط عند ركن المقطع المعرض لأقصي إجهاد ضغط بمقدار ١ ن/مم٢ وذلك عن القيم المبينة بالجدول ([م١]-١).

(م١)-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 ([م١]-٣-١) وبحيث ألا تتعدي إجهادات التشغيل في الخرسانة والصلب قيم إجهادات التشغيل المسموح بها طبقاً للجدول ([م١]-١)، ومع مراعاة ما ورد في البند ([م١]-١-٣-٥).

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) في بند (٤-٢-١-٢-جـ) وذلك لنوعيات الصلب المختلفة.

٤. لا يُسمح بإعادة توزيع العزوم في العناصر غير المحددة إستاتيكيا 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 ([م١]-١) إلى ثُلثي القيمة المذكورة على الأكثر.

(م١)-٣-٣ القطاعات المعرضة لعزوم انحناء مصحوبة بأحمال محورية

١. يشترط 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 ($P.e_{min}$) يجب أن تصمم هذه القطاعات على أساس أن قيمة اللامركزية لا تقل عن e_{min} حيث:

$$e_{min} = \frac{M}{P} = 0.05\,t \qquad (3\text{-}A1)$$

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:

$$P = f_{co}\,A_c + 0.44\,f_y\,A_{sc} \qquad (4a\text{-}A1)$$

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:

$$P = 1.14\,f_{co}\,A_c + 0.51\,f_y\,A_{sc} \qquad (4b\text{-}A1)$$

$$P = f_{co}\,A_k + 0.44\,f_y\,A_{sc} + 0.92\,f_{yp}\,V_{sp} \qquad (4c\text{-}A1)$$

وحيث الرموز A_c ، A_{sc} ، A_k، V_{sp} و f_{yp} في المعادلة (٤-٥) معرفة في البند (٤-٢-١-٣-جـ-٢) ، وبشرط ألا تقل حجم كانات التسليح الحلزوني إلى حجم قلب القطاع الخرساني المحدد بدائرة الكانة الحلزونية μ_{sp} عن القيمة المعطاة في المعادلة (e12-4).

٣. بالنسبة للقطاعات المعرضة لعزوم انحناء منفردة بالإضافة إلى حمل ضغط محوري قيمته لا تتجاوز قيمة P المحددة من المعادلة ([م١]-٥):

$$P \le 0.026\,f_{cu}\,A_c \qquad (5\text{-}A1)$$

يمكن إهمال تأثير القوى المحورية ويُصمم القطاع لمقاومة العزوم فقط طبقاً للبند(٥-٣-٢).

(م١)-٤ القطاعات المعرضة لقوى القص

(م١)-٤-١ الكمرات

(م١)-٤-١-١ تؤخذ القطاعات الحرجة في القص وفقاً للبند (٤-٢-٢-١-١)

(م١)-٤-١-٢ حساب إجهاد القص الافتراضي في الكمرات

$$q = \frac{Q}{b.d} \qquad (6\text{-}A1)$$

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 بالقيمة Q_r طبقاً للمعادلة التالية:

في حالة الكمرات والبلاطات ذات العمق الثابت يحسب إجهاد القص q من المعادلة:

$$Q_r = Q\ \frac{(M.\tan\beta)}{d} \qquad (7\text{-}A1)$$

حيث β هي زاوية ميل تغير العمق مُقاسة من محور الكمرة ولا تزيد القيمة $\tan\beta$ على ٠,٣٣ ويفترض في المعادلة (م١-٧) أن عمق القطاع يزيد مع زيادة عزم الانحناء وخلاف ذلك تُستبدل الإشارة السالبة في المعادلة (م١-٧) بإشارة موجبة.

(م١)-٤-١-٣ يجب ألا تزيد قيمة q للعناصر المعرضة لقوى قص على قيم q_2 المعطاة في الجدول ([م١]-١) ، مع مراعاة ما جاء في البند (٥-٥-٤) في حالة تعرض القطاع لقوى قص مصحوبة بعزم لي.

(م١)-٤-١-٤ يجب ألا تتعدى مقاومة الخرسانة لإجهاد القص قيم q_c المعطاة في الجدول (م١-١). وفي حالة تعرض القطاع إلى قوى قص مصحوبة بقوى شد، فإنه يمكن اعتبار قيم q_c تساوي الصفر.

(م١)-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 (م١-٤-١-٧):

١. كانات عمودية على محور العنصر.

٢. كانات مائلة أو أسياخ مكسحة بزاوية لا تقل عن 30° مع المحور مع كانات عمودية على مستوى المحور.

(م١)-٤-١-٦ تُقدر مقاومة التسليح الجذعي كما يلي:

$$q_s = q - q_c \qquad (8\text{-}A1)$$

ويبين شكل (٤-٧) المناطق التي تتطلب تسليح جذعي مع مراعاة ما جاء بالبند (٤-٢-٢-١-٦) الخاص بالحد الأدنى لنسب التسليح الجذعي في المناطق الأخرى.

(م١)-٤-١-٧ حساب التسليح الجذعي

أ. إجهاد القص q_{st} الذي تقاومه الكانات العمودية على المحور يحسب من المعادلة:

$$q_{st} = \frac{A_{st}\,.\,f_s}{s.b} \qquad (9\text{-}A1)$$

حيث:

A_{str} = مساحة مقطع فروع الكانات

S = المسافة بين الكانات

ب. في حالة استخدام كانات مائلة أو أسياخ طولية مكسحة بزاوية α على محور العنصر يُحسب إجهاد القص q_{sb} الذي يقاوم بواسطتها من العلاقة:

$$q_{sb} = \frac{A_{sb}\,.\,f_s\,.(\sin\alpha + \cos\alpha)}{s.b} \qquad (10\text{-}A1)$$

حيث:

A_{sb} = مساحة مقطع الكانة أو الأسياخ المكسحة وحيث:

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

$$q_s = q_{st} + q_{sb} \quad (11\text{-}A1)$$

وفي حالة ما إذا كانت الزاوية $\alpha = 45^\circ$ يمكن كتابة المعادلة ([م١]-١٠) في الصورة:

$$q_{sb} = \frac{A_{sb} \cdot f_s \cdot \sqrt{2}}{s.b} \quad (12\text{-}A1)$$

(م١)-٤-١-٨ متطلبات عامة في اختيار وترتيب التسليح الجذعي

يجب مراعاة كافة المتطلبات الخاصة بالنسب الدنيا وكذلك تفاصيل التسليح الجذعي المعطاة بالبند(٤-٢-٢-١-٦).

(م١)-٤-٢ البلاطات والقواعد Slabs and Footings

تُحسب إجهادات القص في البلاطات والقواعد كما يلي:

١. مثل الكمرات سواء في الاتجاه الطولي أو العرضي كما هو وارد في البنود ([م١]-٤-١-٢) إلى ([م١]-٤-١-٤) ، مع مراعاة ألا تزيد قيمة إجهاد القص الاعتباري المحسوب من المعادلة ([م١]-٦) على نصف قيمة qc المعطاة في جدول ([م١]-١).

٢. تُحسب إجهادات القص الثاقب طبقاً للباب الرابع من هذا الكود.

(م١)-٥ القطاعات المعرضة لعزوم لي Section Subjected to Torsion

(م١)-٥-١ تؤخذ القطاعات الحرجة في اللي وفقاً للبند (٤-٢-٣-١)

(م١)-٥-٢ إجهادات القص الاعتبارية الناتجة عن عزوم اللي

أ. تُحسب إجهادات القص الاعتبارية الناتجة عن عزم لي لقطاع مصمت من الخرسانة المسلحة من المعادلة التالية:

$$q_t = \frac{M_t}{(2A_o \cdot t_e)} \quad (13\text{-}A1)$$

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 ([م١]- ١٥) . أما في حالة أخذ تأثير الجزء الفعال من البلاطة فيجب اتباع ما هو مذكور في البند (٤-٢-٣-٢) وشكل (٤-١١- ب) .

ج. في حالة القطاع الصندوقي يعامل القطاع مثل ما هو مذكور في البند (٤-٢-٣-٢-د).

(م١)-٥-٣ يُهمل تأثير عزم اللي في المقاطع المعرضة لعزم لي في حالة ما إذا كان اجهادات القص الاعتبارية الناتجة عن عزم اللي أقل من $0.04\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$ حيث fcu بوحدات ن/مم٢.

$$\sqrt{(q)^2 + (q_t)^2} \le q_2 \quad (14\text{-}A1)$$

(م١)-٥-٤ يجب أن تستوفى الأبعاد الخرسانية للقطاعات المعرضة لقوي قص بالإضافة إلى عزوم لي والمسلحة بتسليح جذعي بالإضافة إلى تسليح طولي العلاقة التالية:

في حالة القطاعات المصمتة:

$$\sqrt{(q)^2 + (q_t)^2} \le q_2 \quad (15\text{-}A1)$$

في حالة القطاعات الصندوقية:

$$q + q_t \le q_2 \quad (16\text{-}A1)$$

ويتم حساب q من المعادلة (م١-٦) وحساب q_t من المعادلة (م١-١٣) وتؤخذ قيمة q_2 من الجدول (م١-١).

(م١)-٥-٥ صلب التسليح اللازم لمقاومة إجهادات القص الناتجة عن عزم لي مصحوب بقوى قص:

إذا زادت قيمة إجهادات القص المحسوبة من البند ([م١]-٥-٢) على وبحيث لا تزيد على القيم في البند ([م١]-٥-٤)، فإنه يجب استخدام تسليح جذعي وطولي لمقاومة عزوم اللي، كما يجب إضافة هذا التسليح إلى أي تسليح نتيجة إجهاد عزوم الانحناء والقص طبقاً للجدول ([م١]-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 يلي:

$$A_{str} = \frac{M_t \cdot s}{2A_o \cdot f_s} \quad (17\text{-}A1)$$

وفي حالة القطاع المستطيل تؤول المعادلة السابقة إلى:

$$A_{str} = \frac{M_t \, s}{1.7(x_1 \cdot y_1) f_s} \quad (18\text{-}A1)$$

حيث A_{str} ، s، x_1 ، y_1 تم تعريفهم بالبند ([م١]-٤-٢-٣-٣). ويجب ألا تقل مساحة مقطع الكانات المقاومة لعزوم اللي وقوى القص عن ما هو معطى في المعادلة (٤-٦٢) بند ([م١]-٤-٢-٣-٣).

ب. وتُحسب مساحة التسليح الطولي الإضافي A_{sl} كما يلي:

$$A_{sl} = \frac{A_{str} \cdot p_h}{s} \frac{f_{yst}}{f_y} \quad (19\text{-}A1)$$

حيث p_h معرفة بالبند (٤-٢-٣-٢).

ويوزع هذا التسليح على المحيط داخل الكانة الخارجية المغلقة ويُشترط ألا تقل مساحة التسليح الطولي عن القيمة المعطاة بالمعادلة(٤-٥٣).

جدول (م١-٢) التسليح العرضي لمقاومة عزوم اللي وقوى القص

	$q_t \le 0.04\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$	$q_t > 0.04\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$
$q < q_c$	أدنى نسبة لصلب تسليح القص طبقاً للبند (٤-٢-٢-١-٦)	تسليح لمقاومة q_t
$q > q_c$	تسليح لمقاومة $(q-q_c)$	تسليح لمقاومة $(q-q_c)$ و q_t

مع مراعاة ما يلي:

- يجب ألا تزيد المسافة بين الكانات على أو ٢٠٠ مم أيهما أصغر.
- في حالة وجود قطاع به كانات ذات فروع أكثر من فرعين، يجب اعتبار الكانات الخارجية ذات الفرعين فقط في مقاومة اللي كما في شكل(٤-٢٢).
- 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 اللي إلى التسليح الطولي الناتج عن عزوم الانحناء.
- يجب أن يمتد التسليح العرضي والطولي اللازم لمقاومة عزوم اللي مسافة نصف طول محيط الكانات بعد آخر نقطة نظرية تستوجب هذا التسليح.
- لا يُسمح بإعادة توزيع عزوم اللي في المنشآت الخرسانية غير المحددة إستاتيكياً والتي يكون فيها عزم اللي ضروريا للاتزان.

(م١)-٥-٦ تُحسب جساءة القطاع الخرساني في اللي كما هو في بند(٤-٢-٣-٧).

(م١)-٦ مقاومة التحميل (الارتكاز) Bearing Strength

(م١)-٦-١ مقاومة الارتكاز على المقطع يجب ألا تزيد على $0.30f_{cu}A_1$

حيث:

A_1 = مساحة سطح التحميل

(م١)-٦-٢ عندما يكون السطح المقاوم أكبر من مسطح التحميل تكون مقاومة الارتكاز للمقطع مساوية 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 ٤-٢٣). ويصمم سمك السطح المقاوم على أساس مقاومته لإجهادات القص المبينة في البند(٤-٢-٢).

(م١)-٦-٣ عندما تكون المنطقة المقاومة للارتكاز ذات ميول جانبية أو هرمية الشكل تؤخذ A_2 تساوى مساحة القاعدة السفلية لأكبر مخروط محصور داخل الشكل الهرمي الناقص والذي يمثل قاعدته العليا سطح التحميل وله ميول جانبية ١ رأسي إلى ٢ أفقي (شكل ٤-٢٣).

الملحق الثاني

اشتراطات التنفيذ وضبط الجودة للخرسانة سابقة الإجهاد

(م٢)-١ وثائق التنفيذ

(م٢)-١-١ تقديم وثائق التنفيذ

يقدم المقاول وثائق التنفيذ التي 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.

(م٢)-١-٢ المستندات التي تشمل وثائق التنفيذ

تشتمل وثائق التنفيذ المشار إليها بالبند السابق على ما يلي:

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.

ب. الحسابات الإنشائية التي قام بإعدادها المقاول بناء على النظام الذي 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 التي بنى التصميم على أساسها.

ج. الرسومات التنفيذية يجب أن تكون بمقياس رسم مناسب وكاف لإيضاح جميع التفاصيل اللازمة للتنفيذ، مع بيان جميع الكابلات وأنواعها ومواقعها بوضوح، وكذلك إحداثياتها في الأبعاد الثلاثة (منسوبة إلى مركز قطاع الكابلات) بالإضافة إلى مواقع ومواصفات ألواح التثبيت والربط وتفاصيل شاملة لصلب التسليح والقطاع الخرساني مع إظهار مواقع أي أجزاء أخرى قد تكون موجودة بالقطاع الخرساني في 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 في التصميم على اللوحات.

(م٢)-٢ التفتيش وضبط 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.

(م٢)-٢-١ 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 ١٠٠ م^{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.

ج. تُعتبر الخرسانة مستوفية لرتبة المقاومة المميزة المطلوبة عند التحميل أثناء التنفيذ إذا تحققت الشروط الواردة بالبندين (٨-٩-٣) و (٥-٢-١-٣).

(م٢)-٢-٢ المراقبة وضبط الجودة لمونة الحقن

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.

يتم إجراء اختبار مقاومة الضغط للمونة طبقاً للمواصفات القياسية ويتم أخذ العينات على فترات مناسبة خلال اليوم وعند اختلاف العنصر الذي يتم فيه الحقن.

يجب أن تحقق مقاومة ضغط المونة المقاومة المطلوبة وبحيث لا تقل نتيجة أي اختبار عن ٨٥% من المقاومة المطلوبة.

(م٢)-٢-٣ 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.

(م٢)-٢-٤ التفتيش على الأجربة والكابلات

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 وذلك بضخ هواء مضغوط لا يزيد ضغطه على ٢ نيوتن/مم^{٢} للأجربة الأفقية و١ نيوتن/مم^{٢} للأجربة الرأسية مع مراقبة ضغط الهواء.

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%).

في الأعضاء القصيرة أو في حالة استخدام جدائل ذات عدد أسلاك أكبر من أو يساوى ١٩ يفضل التحقق من قوة الشد في الكابلات باستخدام مقياس القوة.

(م٢)-٢-٥ معايرة المعدات الخاصة بشد الكابلات

يتم معايرة أجهزة قياس الاستطالة 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 في دقة تلك الأجهزة أو جهاز المعايرة عن الحدود المسموح بها في المواصفات القياسية المصرية لأجهزة القياس.

(م٢)-٢-٦ التفتيش على العنصر الخرساني بعد نقل القوة ونقل العنصر

يتم التأكد من عدم حدوث أي تشوهات أو شروخ بالعنصر الخرساني بعد نقل القوة ويتم قياس أقصى تحدب (Camber) حدث بالعنصر ومقارنته بالحدود المسموح بها.

في حالة العناصر سابقة الصب يتم التأكد من عدم حدوث أي 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.

(م٢)-٢-٧ اختبارات الخرسانة

رجع إلى البندين (٨-٩-٤)، (٨-٩-٥) في هذا الصدد.

(م٢)-٢-٨ اختبارات تحمل العناصر والمنشآت الخرسانية

يسرى ما جاء في البند (٨-١٤) على المنشآت والعناصر الخرسانية سابقة الإجهاد

(م٢)-٣ التنفيذ

(م٢)-٣-١ عـام

يرجع إلى الباب التاسع بالإضافة إلى الاشتراطات المذكورة في هذا الباب.

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 في أماكنها وكافة الأعمال الخاصة بسبق الاجهاد على درجة عالية من المهارة في هذا المجال وفقاً لما تقبله الجهة المشرفة من خلال تقديم شهادات تدريب تصدرها جهات مرموقة أو شهادات خبرة لأعمال مماثلة كحد أدنى.

يقدم المقاول وثائق التنفيذ المشار إليها بالبند (م٢-١) وخطة ضمان الجودة طبقاً للبند (م٢-٣-٧) ويتم التنفيذ طبقا لهذه الوثائق بعد اعتمادها من جهة الإشراف ومن المصمم.

يجب أن تطابق المواد المستخدمة في التنفيذ المواصفات المذكورة بالباب الثاني وأن يتم اختبارها قبل التنفيذ ودوريا طبقا للاشتراطات المذكورة بالباب الثامن.

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.

(م٢)-٣-٢ برنامج سبق الإجهاد

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 (م٢-١) الحد الأدنى لمقاومة الخرسانة في الضغط المسموح به عند إجراء سبق الإجهاد. مع مراعاة حساب إجهادات الضغط والشد في الخرسانة وألا تزيد على الحدود المسموح بها في البند (٥-٣).

جدول (م٢-١) الحد الأدنى لمقاومة الخرسانة في الضغط عند إجراء سبق الإجهاد

رتبة الخرسانة	الحد الأدنى لمقاومة الخرسانة نيوتن / مم^2
30	25
35	27
40	30
45	34
50	38
55	42
60	45

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 التي قد تنتج عن عملية إجراء الشد فيما لم تشمله أعمال التصميم.

في بعض الحالات الخاصة قد يوصى بتنفيذ سبق الإجهاد مبكرا على مراحل بشرط وصول مقاومة الخرسانة إلى ٧٥ % من القيمة المذكورة عاليه 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 (٥-١) حيث f_{cm} هي المقاومة المميزة للخرسانة في الضغط عند نقل سبق الإجهاد مقاسة من المكعبات التي تم اختبارها في تاريخ سبق الإجهاد ، فإذا زادت نتيجة الاختبار على القيمة المتوقعة يمكن زيادة الإجهاد المسموح به على الخرسانة بالقياس خطيا.

في حالة تنفيذ سبق الإجهاد على مراحل تؤخذ في الاعتبار الفواقد التي تحدث في الإجهاد حتى سبق الإجهاد النهائي أثناء التنفيذ.

(م٢)-٣-٣ الكابلات

تُتخذ كافة الاحتياطات لمنع تلف الكابلات أثناء التخزين أو النقل وكحد أدنى يجب تخزينها بعيدا عن سطح الأرض وحمايتها من الجو والرطوبة ومن أي آثار لمواد أخرى قد تتفاعل معها وتسبب ضرراً ومن الشرر المتطاير من عمليات اللحام في منطقة العمل. ويراعى أن تكون المواد المستعملة في التغليف الواقي للكابلات متعادلة كيميائيا وأن تتوفر الحماية الكافية لأطراف الكابلات.

يجب ألا تُجرى أي عمليات للحام أو المعالجة الحرارية أو المعدنية كالجلفنة على الكابلات وذلك دون الإخلال بالاشتراطات الخاصة بالقطع.

يجب أن يكون السطح الخارجي للكابلات والأسطح الداخلية والخارجية للأجربة خالية من الصدأ والأتربة والزيوت والدهانات والشحوم وأي مواد ضارة بالمنشأ.

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 التي بها التواء بالطرف المقلوظ، وفى جميع الأحوال يتم فردها على البارد.

يتم تنفيذ عمليات قطع الكابلات للطول المطلوب وتسوية أطرافها بواسطة عجلة القطع بالتآكل ذات السرعة العالية أو بواسطة منشار احتكاك أو بأي طريقة ميكانيكية أخرى لا تؤثر سلباً على خواص الكابلات.

(م٢)-٣-٣-١ تثبيت كابلات سبق الإجهاد والأجربة في مواضعها

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 ±٢ مم.

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 في الاحتكاك بين الكابلات أثناء الشد.

يراعى أن تكون وصلات الأجربة مقفلة بأمان بحيث تمنع تسرب الخرسانة أو المونة إليها كما يجب أن تقفل نهايات المجاري وأن تتم حمايتها بعد أن يتم الشد والحقن وتكون الوصلات في الأجربة المتجاورة متباعدة بمقدار ٣٠٠ مم على الأقل.

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
National Housing & Building Research Center
Since 1954

يجب أن تزود الأجربة بفتحات التهوية في جميع النقط المرتفعة وفتحات للحقن في جميع النقاط المنخفضة إلا إذا كانت درجة التقوس بسيطة وكان الجراب أفقياً ويوضح الجدول (م٢-٢) الحدود الدنيا للأقطار الداخلية لمواسير الحقن والتهوية.

جدول (م٢-٢) الحدود الدنيا للأقطار الداخلية لمواسير الحقن والتهوية*

نوع صلب سبق الإجهاد	عدد الأسلاك أو الجدائل المكونة للكابل	أقل قطر داخلي 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 اسمي 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 اسمي 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 الداخلي للجراب وفى حالة ما إذا كان الطول أكبر من ذلك تؤخذ مواسير الحقن والتهوية بالقيم التالية لها مباشرة (المناظرة للعدد الأكبر).

(م٢)-٣-٤ الشد

(م٢)-٣-٤-١ عام

يتم اختيار الأسلاك (Wires) أو الجدائل (Strands) والتي سيتم شدها في عملية واحدة من شحنة واحدة ويجب أن يوضع بنهاية كل كابل ما يدل على رقم الشحنة ونوعها وعدد الأسلاك التي تحتويها ولا يسمح باستخدام الكابلات الملتوية أو الجدائل المفككة.

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.

يجب أن تتحقق الشروط التالية عند شد الكابلات:

أ. يجب أن تُثبت الكابلات في جهاز الشد أو الرافعة بطريقه آمنة.

ب. عند شد اثنين أو أكثر من الأسلاك أو الجدائل في نفس الوقت يجب أن تكون متساوية في الطول مقاساً من نقاط التثبيت إلى مقياس الاستطالة.

يجب أن يضمن القائم بالشد أن تكون عملية الشد مصممة ومنفذة بحيث يمكن إجراء عملية الشد بقوة وبإحكام وبالتدريج وبدون حدوث إجهادات ثانوية في الكابلات أو المثبتات أو الخرسانة.

تقاس القوة بالكابلات أثناء الشد إما بطريقة مباشرة عن طريق قياسات أجهزة قياس الأحمال أو بطريقة غير مباشرة بقياس الضغط في 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 الواردة بالبند ((م٢) -٢-٥).

(م٢)-٣-٤-٢ الشد السابق Pre-tensioning

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.

في 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 الضروري 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.

في 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.

(م٢)-٣-٤-٣ الشد اللاحق **Post-tensioning**

(م٢)-٣-٤-٣-١ ترتيب الكابلات

تُرتب الكابلات بحيث لا تمر في انحناءات حادة أو أركان مما قد يسبب كسر الكابلات أو الخرسانة أو مجاري الكابلات.

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.

(م٢)-٣-٤-٣-٢ رؤوس التثبيت **Anchorages**

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 الخرساني وأن تحفظ قوة سبق الإجهاد مؤثرة تحت تأثير الأحمال الدائمة والمتغيرة والصدمات.

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.

يجب اختبار مدى قدرة رؤوس التثبيت على حفظ قوة سبق الإجهاد بقياس قوة سبق الإجهاد قبل وبعد فك ماكينة الشد باستخدام مقياس القوى على عينات من رؤوس التثبيت الموردة بما لا يقل عن ثلاثة عينات والتأكد من مطابقة أقصى قيمة لانزلاق الكابل مع قيم الفقد القصوى المتعارف عليها بين الشركات العالمية المنتجة لهذا النظام.

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.

يجب أن يكون أي سماح في قيمة انزلاق الكابل خلال إجراء التثبيت مطابقا لتعليمات الجهة المشرفة مع تسجيل الانزلاق الفعلي (Actual slip) الذي يحدث لكل كابل على حدة وبعد تثبيت الكابل يتم تخفيض القوى التي تم التأثير بها بواسطة جهاز الشد تدريجياً.

يجب أن تؤخذ كافة الاحتياطات لحماية رؤوس التثبيت من الصدأ.

(م٢)-٣-٤-٣-٣ الكابلات غير المستقيمة لسبق الإجهاد الخارجي **Deflected tendons for external prestressing**

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.

(م٢)-٣-٤-٣-٤ شد الكابلات

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 بماكينة 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 القوة 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.

تُسجل جميع القراءات المأخوذة أثناء إجراء سبق الإجهاد – والتي 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.

في حالة الشد أو التنفيذ على عدة مراحل يجب أن يحدد المهندس المصمم تتابع مراحل الشد وقيمة الأحمال لكل مرحلة.

(م٢)-٣-٥ وقاية الكابلات وحمايتها وربطها بالمنشأ الخرساني باستخدام الحقن

(م٢)-٣-٥-١ عام

يلزم وقاية كابلات سبق الإجهاد من التلف والصدأ وكذا خطر الحريق وبالإضافة إلى ذلك يجب ربط الكابلات بالمنشأ باستخدام الحقن.

(م٢)-٣-٥-٢ حماية الكابلات الداخلية

تتم حماية الكابلات الداخلية وربطها بالعنصر الخرساني باستخدام حقن بجراوت أسمنتي أو حقين مكون من الأسمنت والرمل وذلك طبقا للاشتراطات الخاصة بالحقن بالبند (م٢-٣-٦).

(م٢)-٣-٥-٣ حماية الكابلات الخارجية

تتم حماية الكابلات الخارجية من التلف الميكانيكي 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 الخرساني وغلاف حماية الكابلات والتي تنتج من تأثير التغير في الأحمال والإجهاد وقوى الزحف والاسترخاء والانكماش الناشئ من الجفاف والرطوبة والحرارة في أي منهما.

(م٢)-٣-٥-٤ وقاية ألواح التثبيت

تؤخذ كافة الاحتياطات لحماية ألواح التثبيت بعناية، ويتم صب مونة ذات مقاومة عالية بسمك كاف بين لوح التثبيت وحافة العنصر الإنشائي.

(م٢)-٣-٦ الحقن

(م٢)-٣-٦-١ عام

يتم الحقن حول الكابلات في الأنظمة ذات الشد اللاحق لمنع صدأ الكابلات وللتأكد من كفاءة نقل الإجهاد من الكابلات للعنصر الخرساني.

(م٢)-٣-٦-٢ 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 في القطر أو المسار في الأجربة كما يجب أن تزود الأجربة بفتحات للحقن والتهوية بالمقاسات الدنيا الموضحة بالجدول (٥-١٢) 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 أي طريقة أخرى يقبلها المهندس المشرف.

(م٢)-٣-٦-٣ 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 في الحالات التي 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 في حالة الأجربة الأفقية وبحيث يكون الحقن مستمرا ومنتظما وبطيئا حتى لا يحدث انفصال في مكوناته خاصة في المناطق التي بها اختناقات ويتم إغلاق فتحات التهوية تباعا مع ملء الأجربة مع الحفاظ على ضغط يساوى ٠,٥٠ نيوتن/مم^2 لفترة خمس دقائق بعد غلق فتحة التهوية الأخيرة. أما بالنسبة للأجربة الرأسية فيتم استخدام طلبات يمكنها الضغط بمعدل ٢ متر إلى ٣ متر لكل دقيقة عند ضغط لا يزيد على ٢ نيوتن / مم^2.

(م٢)-٣-٧ ضمان الجودة لأعمال سبق الإجهاد

يجب أن يقدم المقاول خطة تفصيلية مكتوبة لضمان الجودة تشمل ما سبق الإشارة إليه بالبنود السابقة شاملة أيضاً ما يلي:

أ. إجراءات وخطوات التنفيذ لكافة الأعمال التي يشتمل عليها مجال عمل المقاول بالمشروع في أعمال الخرسانة سابقة الإجهاد أو الأعمال المكملة لها.

ب. وفى حالة تنفيذ المنشأ على مراحل أو شد الكابلات على مراحل، يقوم المقاول بوضع خطة ورسومات تفصيلية تبين الجزء من المنشأ الذي سيتم صبه وكذلك الكابلات التي سيتم شدها والقوة التي سيتم الشد بها في كل مرحلة من مراحل الشد واستطالة الكابلات في كل مرحلة للشد وحسابات التأكد من عدم انفصال جزء من المنشأ عن الشدة نتيجة الشد.

ج. قائمة بالمعدات شاملة الدقة المحققة وشهادات وأساليب المعايرة للأجهزة التي تعاير.

د. نتائج الاختبارات على المواد والتي تم اجراؤها في معامل اختبارات معتمدة من الجهة المشرفة.

هـ. إجراءات السلامة بالموقع في جميع مراحل التنفيذ خاصة أثناء عمليات شد الكابلات.

و. طريقة حفظ وتشوين المواد في الموقع حتى لا تتعرض للرطوبة أو التلف أو الصدأ.

ز. خطة مفصلة عن الاختبارات التي سيقوم بها على الخرسانة والمونة أثناء الصب والإجراءات التي سيتم اتخاذها في حالة عدم تحقيق أحد العينات لمتطلبات الاختبار.

ح. خطة مفصلة عن الإجراءات التي سيقوم بها للتأكد من المحافظة على الغطاء الخرساني للأجربة، وضمان الاحتفاظ بالأجربة في أماكنها قبل الصب وأثناء الصب، وعدم تحرك الأجربة أو الكابلات من أماكن تثبيتها نتيجة عمليات تركيب صلب التسليح أو صب الخرسانة أو تركيب الشدة.

ط. يفضل أن يقوم المقاول بعمل الاختبارات غير المتلفة على مسار الأجربة للتأكد من تمام حقن الأجربة بالمونة بكامل أطوالها.

ي. خطة مفصلة عن طريقة صب الخرسانة ووقت الصب والمعدات التي سيتم استخدامها أثناء الصب والإجراءات التي سيتم اتخاذها لمنع تشرخ الخرسانة في مرحلة الخرسانة اللدنة، وضمان وصول الخرسانة أثناء الصب إلى المناطق التي بها تكثيف لصلب التسليح، وكذلك مصادر الطاقة البديلة التي سيقوم بتوفيرها في الموقع.

ك. خطة مفصلة عن إجراءات معالجة الخرسانة شاملة حماية الواح التثبيت من مياه المعالجة.

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

قيم استرشادية للخواص الميكانيكية لصلب سبق الإجهاد في بعض المواصفات العالمية

جدول (م٢-٣) الخواص الميكانيكية لأسلاك سبق الإجهاد (Stress-relieved wires) في المواصفات الأمريكية ASTM A 421

القطر الأسمى (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 (م٢-٤) الخواص الميكانيكية لجدائل مكونة من ٧ أسلاك*

(Stress-relieved 7-wire strands) في المواصفات الأمريكية ASTM A 416

القطر الأسمى (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 في حالة الأسلاك والجدائل منخفضة الاسترخاء.

** مقاومة الخضوع في حالة الأسلاك والجدائل منخفضة الاسترخاء لا تقل عن ٩٠% من مقاومة الشد.

جدول (م٢-٥) الخواص الميكانيكية للجدائل في المواصفات البريطانية*

نوع الجديلة	القطر الأسمى (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 (م٢-٦) الخواص الميكانيكية لأسلاك سبق الإجهاد المسحوبة على البارد

(Cold drawn wires) في المواصفات البريطانية BS 5896*

القطر الأسمى (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 نوعي الأسلاك المنتجة سواء العادية أو منخفضة الاسترخاء.

الرموز الفنية

a	=	Depth of the equivalent rectangular stress block	عمق المستطيل المكافئ لإجهادات الضغط في الخرسانة
a	=	Short side of rectangular bearing surface	البعد الأصغر لمسطح التحميل المستطيل الشكل
a	=	Distance between the concentrated load and face of the support	المسافة بين وجه الركيزة والحمل المركز
a	=	Shorter effective span of slab	البحر القصير الفعال للبلاطة
a	=	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	القطر الاعتباري الأكبر للأسياخ ϕ_{max} أو مرة ونصف المقاس الاعتباري الأكبر للركام أو (المقاس الأكبر للركام + ١٥ مم) أيها أكبر
a	=	height of Fixing plate in the considered direction	ارتفاع لوح التثبيت في الاتجاه تحت الاعتبار
a	=	Actual horizontal distance between axes of Fixing plats.	المسافة الأفقية الفعلية بين محاور ألواح التثبيت
A	=	Long length of footing	البعد الطويل للقاعدة
A	=	Area of that part of cross section between flexural tension face and center of gravity of gross section	مساحة قطاع الجزء المحصور بين سطح منطقة الشد ومحور القطاع المار بمركز ثقله
a'	=	Effective depth of cross-section corresponding to bending moment M_x	العمق الفعال للقطاع المناظر للعزم M_x
A'_s	=	Area of Secondary reinforcement	مساحة التسليح الثانوي
a,b,c	=	Distance as shown in fig. (10-8)	المسافات المعرفة في شكل (١٠-٨)
a`	=	Actual vertical distance between axes of Fixing plates.	المسافة الرأسية الفعلية بين محاور ألواح التثبيت
a_1	=	Suspended short span of slab	البحر المعلق القصير للبلاطة
A_1	=	Loaded bearing area	مساحة سطح التحميل
A_2	=	Maximum area of the portion of the supporting surface that is geometrically similar to and concentric with the loaded area	أكبر مساحة للسطح المقاوم للارتكاز متماثلة ومتمركزة مع مسطح التحميل A_1
A_c	=	Cross- sectional area of concrete	مساحة القطاع الخرساني
A_c	=	connection surface area	مساحة سطح الاتصال
A_{cef}	=	Effective concrete area in tension	مساحة قطاع الخرسانة الفعال في الشد
A_{cp}	=	Area enclosed by outside perimeter of concrete cross section including area of openings	المساحة الكلية للقطاع بدون حذف مساحة الفتحات
$A_{creq.}$	=	Area of concrete section required by calculation	مساحة القطاع الخرساني المطلوبة في التصميم
A_f	=	Area of main flexural steel reinforcement in corbels	مساحة صلب التسليح الأساسي لمقطع الكابولي المقاوم لعزم الانحناء
A_g	=	Gross area of concrete section	المساحة الكلية للقطاع الخرساني
A_h	=	Horizontal reinforcement in corbels and deep beams	التسليح الأفقي بالكوابل القصيرة والكمرات العميقة
A_j	=	Area of effective section in splice sector in a plane parallel to the Steel plane perpendicular to Shear plane.	مساحة القطاع الفعال خلال منطقة الوصلة في مستوى موازي لمستوى الصلب المتعامد على مستوى القص

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

A_k	=	Area of concrete core enclosed by the spiral stirrups	مساحة قلب القطاع الخرساني المحدود بدائرة محور الكانة الحلزونية
a_{max}	=	Maximum depth of the equivalent rectangular stress block	أقصى قيمة لعمق المستطيل المكافئ لإجهادات الضغط في الخرسانة في حالة القطاعات المسلحة في جهة الشد فقط
A_n	=	Area of tensile force reinforcement required	مساحة صلب التسليح المطلوب لمقاومة قوى الشد
A_o	=	area enclosed by shear flow path	المساحة المحصورة داخل مسار قص اللي بالقطاع لوحدة الطول
a_o	=	Min. allowable distance between fixing plates axes.	أقل مسافة مسموح بها بين محاور ألواح التثبيت
A_{oh}	=	Area enclosed by centerline of the outermost closed transverse torsion reinforcement	المساحة المحصورة داخل محور صلب التسليح العرضي الخارجي المستخدم لمقاومة عزوم اللي
A_{ps}	=	Area of prestressing reinforcement in tension zone	- مساحة مقطع صلب سبق الإجهاد ناحية الشد
A_s	=	Area of non-prestressed tension reinforcement	مساحة صلب التسليح في جهة الشد
A_s	=	Area of non – prestressed bonded Steel in members where unbonded prestressed Steel is used.	مساحة الصلب المتماسك غير مسبق الشد في حالة العناصر المستخدم بها صلب سبق إجهاد غير متماسك
A_{s1}	=	Required area of longitudinal reinforcement for torsion resistance	مساحة صلب التسليح الطولي المطلوب لمقاومة عزوم اللي
A_{sb}	=	Area of bent bars	مساحة التسليح الجذعي المائل على محور الكمرة
A_{sb}	=	Cross section area of Stirrup or bent bars.	مساحة مقطع الكانة أو الأسياخ المكسحة
A_{sc}	=	Area of longitudinal steel bars in section subject to compressive forces	مساحة صلب التسليح الطولي في الأعمدة(قطاع معرض لقوى ضغط)
A_{sf}	=	Area of reinforcing Steel perpendicular to Shear plane.	مساحة صلب التسليح المتعامد على مستوى القص
A_{sf}	=	Area of shear- friction reinforcement	مساحة صلب التسليح المقاوم لقوة القص عن طريق الاحتكاك
A_{sl}	=	Additional, longitudinal reinforcement area	مساحة التسليح الطولي الإضافي
A_{slmin}	=	Minimum amount of additional longitudinal reinforcement area	الحد الادنى لمساحة التسليح الطولي الإضافي
A_{sm}	=	Area of reinforcement in the zone with concentrated reinforcement of footing	صلب التسليح في منطقة التمركز
A_{smax}	=	Max. Allowable reinforcing area in reinforced Sections in tension Side only.	أقصى مساحة تسليح مسموح بها في القطاعات المسلحة في جهة الشد فقط
A_{smin}	=	Man. allowable reinforcement ratio in sections Subjected to bending moments.	أقل نسبة تسليح مسموح بها في القطاعات المعرضة لعزوم انحناء
A_{sp}	=	Cross section area of Spiral reinforcing Stirrup.	مساحة مقطع كانة التسليح الحلزونية
$A_{s\ provede}$	=	Area of actual existing reinforcing Steel.	مساحة صلب التسليح الموجودة فعليا
$A_{s\ required}$	=	Calculated required area of reinforcing Steel.	مساحة صلب التسليح المطلوبة حسابيا
A_{ss}	=	Area of Steel profile cross Section.	مساحة قطاع الصلب
A_{st}	=	Area of stirrups resisting shearing forces	مساحة الكانات المقاومة لقوى القص
A_{st}	=	Cross section area of Stirrups branches	مساحة مقطع فروع الكانات

A_{st}	=	Total cross section area of Stirrups including perpendicular branches Within the distance S and perpendicular to dimension y_1.	المساحة الكلية لمقطع الكانات شاملة الافرع المتعامدة خلال المسافة Sوعموديا على البعد y_1
$A_{st\ min}$	=	Min. area of web reinforcement in beams.	الحد الأدنى لمساحة التسليح الجذعي بالكمرات
A_{str}	=	Area of one leg of stirrups resisting torsion moments	مساحة فرع الكانة اللازمة لمقاومة عزوم اللي
A_t	=	Area of Steel section.	المساحة الكلية لمجموع صلب التسليح الطولي وقطاع الصلب
A_v	=	Vertical web reinforcement in deep beams	مساحة صلب التسليح الجذعي الرأسي في الكمرات العميقة
B	=	Nominal section dimension	البعد الاعتباري للقطاع
	=	Width of a rectangular section , web, ribs, or box section or width of web section in form of I or L.	عرض القطاع المستطيل أو عرض جذع القطاع على شكل حرف T أو L
	=	Width of compression flange of T-section	عرض شفة الضغط للقطاع على شكل حرف T أو L
	=	long side of rectangular bearing surface	البعد الأكبر لمسطح التحميل المستطيل الشكل
	=	Sum of breadths of webs in box Section	مجموع عروض الأعصاب للقطاع الصندوقي
B	=	Breadth of flange	عرض الشفة
B	=	Breadth of web	عرض الجذع
b	=	Max Slab dimension	هو البعد الأكبر للبلاطة
b	=	Effective long span	البحر الفعال الطويل
b		Breadth of webs	عرض الأعصاب
b	=	Min dimension of torsion element	البعد الأصغر لعنصر اللي
b	=	Dimension of rectangle column	بعد العمود المستطيل
B	=	Breadth of horizontal wall support	عرض الدعامة الافقية للحائط
B	=	Short dimension of footing or length of column Section	البعد القصير للقاعدة او طول مقطع العمود
b	=	Width of strip	عرض الشريحة
b	=	Max. Diameter of bars ϕ_{max} or one and half max. Nominal Size of gravel, which is bigger.	القطر الأكبر للأسياخ ϕ_{max} أو مرة ونصف المقاس الاعتباري الأكبر للركام أيهما أكبر
B	=	Bottom reinforcement	تسليح سفلى
b	=	Breadth of Section in case of rectangular Section.	عرض القطاع في حالة القطاعات المستطيلة
b	=	Actual Horizontal distance between axis of Fixing plate and concrete edge.	المسافة الأفقية الفعلية بين محور لوح التثبيت وحد الخرسانة
b′	=		العمق الفعال للقطاع للعزم M_y
b′	=	Actual vertical distance between axis of Fixing plate and concrete edge.	المسافة الرأسية الفعلية بين محور لوح التثبيت وحد الخرسانة
b_1	=	Suspended long span	البحر المعلق الطويل
b_1	=	Length of punching shear critical section measured in the loaded span direction	طول القطاع الحرج في القص الثاقب كما هو معروف في بند (٤-٢-٢-٣) مقاسا في اتجاه التحليل
b_1	=	One of the dimensions of the rectangle Steel column.	أحد بعدى العمود المستطيل الصلب

b_2	=	Length of punching shear critical section measured perpendicular to the loaded span direction	طول القطاع الحرج في القص الثاقب مقاسا في الاتجاه العمودي على b1
b_2	=	One of the dimensions of the rectangle Steel column.	أحد بعدى العمود المستطيل الصلب
b_c	=	Width of compression face of beam	عرض الكمرة عند الوجه المعرض للضغط
b_c	=	Dimension of the column measured perpendicular to the beam.	بعد العمود مقاساً عموديا على الكمرة
b_e	=	Effective width of flat slab transferring negative bending moments	- العرض الفعال في نقل عزوم الانحناء السالبة في البلاطات المسطحة
b_e	=	Breadth of Strip transferring bending moment.	عرض الشريحة الناقلة لعزوم الانحناء
b_o	=	Perimeter of critical Section.	طول محيط القطاع الحرج
b_o	=	Perimeter of critical section for punching shear	طول محيط القطاع الحرج في القص الثاقب
b_o	=	Min. allowable distance between axis of Fixing plate and concrete edge.	أقل مسافة مسموح بها بين محور لوح التثبيت وحد الخرسانة
f_{bu}	=	Limit bond Stress between concrete and reinforcing Steel.	إجهاد التماسك الحدي للخرسانة مع صلب التسليح
b_v	=	Breadth of connection between precast part and the part casted in Site.	عرض الاتصال بين الجزء سابق صب والجزء المصبوب بالموقع
b_w	=	Breadth of effective Section of connection	عرض القطاع الفعال للوصلة
b_w	=	Breadth of web.	عرض العصب
c	=	Distance from extreme compression fiber to neutral axis	بعد محور الخمول عن الحافة الأكثر انضغاطاً
C	=	Torsion constant	ثابت القطاع في اللي
c	=	Thickness of solid floor cover	تخانة غطاء الأرضية المتماسك
c	=	Concrete cover for bars.	الغطاء الخرساني للأسياخ
c	=	Distance between fixing plate edge and concrete edge	المسافة بين حد لوح التثبيت وحد الخرسانة
c_1	=	Dimension of rectangular, or equivalent rectangular column measured in the direction of the span of flat slabs for which moments are being determined	- بعد العمود المستطيل أو العمود المستطيل المكافئ مقاساً في اتجاه بحر البلاطات المسطحة التي تحسب لها عزوم الانحناء
c_1	=	Dimension of column Section in analysis direction.	بعد قطاع العمود في اتجاه التحليل
c_2	=	Dimension of column Section in direction perpendicular to analysis direction.	بعد قطاع العمود في الاتجاه المتعامد على اتجاه التحليل
c_2	=	Connection depth	عمق الوصلة
C_{AB}	=	Dimension defined in Figure (6-15)	البعد المعرف في شكل (٦-١٥)
$c_{balanced}$	=	Depth of the part applied to compressive stresses equivalent to balanced reinforcement of the Section.	عمق الجزء المعرض لإجهادات ضغط المقابل للتسليح التوازنى للقطاع
C_{CB}	=	Dimension defined in Figure (6-15)	البعد المعرف في شكل (٦-١٥)

c_{max}	=	Maximum allowable distance from extreme compression surface to neutral axis in singly reinforced sections subject to flexure	الحد الأقصى لعمق الجزء المعرض لإجهادات ضغط في القطاعات المسلحة جهة الشد فقط
D	=	Dead loads	القيمة الاسمية للأحمال الدائمة أو القوى الداخلية الناشئة عنها
d	=	Effective depth of cross-section	العمق الفعال للقطاع
D	=	Diameter of the largest circle that can be drawn inside column cross section	قطر أكبر دائرة يمكن رسمها داخل مقطع العمود (أو تاجه إن وجد)
d	=	Effective depth of slab	العمق الفعال للبلاطة
D	=	Diameter of circular column	قطر العمود الدائري
D	=	Diameter of Steel circular column	قطر العمود الدائري الصلب
d	=	Effective depth of wall cross- section	العمق الفعال لقطاع الحائط
d	=	Thickness of footing	سمك القاعدة
d	=	Depth of beam	عمق الكمرة
d	=	Total depth of composite element	عمق العنصر المركب
d	=	Distance from extreme compression fiber to centroid of compression reinforcement	المسافة بين سطح الانضغاط الخارجي ومركز صلب التسليح
D	=	Max dimension of fixing plate	البعد الأكبر للوح التثبيت
D_k	=	Diameter of the concrete core enclosed by the centerline of spiral stirrups	قطر قلب القطاع الخرساني المحصور داخل محور الكانة
d_p	=	Distance from extreme compression fiber to centroid of prestressed reinforcement	المسافة من الألياف المعرضة لأقصى إجهادات ضغط إلى مركز ثقل صلب سبق الإجهاد
d_p	=	Effective depth of prestressing Steel	العمق الفعال لصلب سبق الإجهاد
E	=	Nominal value of loads due to lateral pressures or internal Forces due to them.	القيمة الاسمية للأحمال الناشئة عن الضغوط الجانبية أو القوى الداخلية الناشئة عنها
e	=	Eccentricity of compression force	مقدار لامركزية قوى الضغط المحوري
e	=	Eccentricity of axial load	مقدار لامركزية الحمل المحوري
e	=	Clear distance between webs	المسافة الخالصة بين الأعصاب
E	=	Modulus of elasticity	معامل المرونة
e	=	Eccentricity of prestressed force	لا مركزية قوى سبق الإجهاد
E	=	Min. dimension of Fixing plate	البعد الأصغر للوح التثبيت
E_c	=	Modulus of elasticity of concrete	معاير المرونة للخرسانة
$E_c.I$	=	Flexural stiffness	جساءة الانحناء لمقطع الشريحة
E_{ci}	=	Modulus of elasticity of concrete at time of initial prestress	معاير المرونة للخرسانة عند عمر سبق الإجهاد
E_{ct}	=	Modulus of elasticity of concrete at beginning of loading	معاير مرونة الخرسانة عند بدء التحميل
e_{min}	=	Min limit for the value of eccentricity of axial load	الحد الأدنى لمقدار لامركزية الحمل المحوري
e_{min}	=	Minimum eccentricity	قيمة اللامركزية الدنيا
E_p	=	Modulus of elasticity of prestressed reinforcement	معاير المرونة لصلب سبق الإجهاد
E_s	=	Modulus of elasticity of steel reinforcement	معاير المرونة لصلب التسليح

E_{soil}	=	Modulus of elasticity of soil	معاير مرونة التربة
f_c	=	Compression stress	إجهاد الضغط
f_c	=	Allowable working stress in compression of concrete sections subject to bending moments, or eccentric compressive forces with large eccentricity	إجهاد التشغيل المسموح به في الخرسانة لحالة الانحناء أو الضغط كبير اللامركزية
f_{cd}	=	Stresses due to permanent loads without using load factors at the section edge where tensile stresses exist under the action of external loads	الإجهاد نتيجة للأحمال الدائمة بدون استخدام معاملات زيادة الأحمال عند حرف القطاع الذي يحدث عنده إجهاد شد تحت تأثير الأحمال الخارجية
f_{ci}	=	Strength of concrete at time of initial prestress	مقاومة الخرسانة عند بدء عملية سبق الإجهاد
f_{co}	=	Allowable axial compressive working stresses for e < 0.05t.	إجهاد التشغيل المسموح به في الخرسانة لحالة الضغط المحوري (e=emin)
f_{co}	=	Allowable working stresses in axial compression of little eccentricity	إجهاد التشغيل المسموح به في الضغط المحوري قليل التمركز
f_{cs*}	=	Stress in concrete at the level of prestressing steel at time of transfer	الإجهاد في الخرسانة عند مستوى صلب سبق الإجهاد نتيجة قوة سبق الإجهاد للخرسانة عند نقل قوة سبق الإجهاد للخرسانة
f_{csd*}	=	Stress in concrete at level of prestressing steel due to permanent loads at time of transfer	الإجهاد في الخرسانة عند مستوى صلب سبق الإجهاد نتيجة الأحمال شبه الدائمة عند نقل قوة سبق الإجهاد للخرسانة
$f_{ct(M)}$	=	Tensile stresses due to bending moment	إجهادات الشد الناتجة عن عزم الانحناء
$f_{ct(N)}$	=	Tensile stresses in concrete due to axial -----tensile forces	إجهاد الشد الناتج عن قوى شد محورية، وتؤخذ هذه القيمة سالبة في حالة ما إذا كانت الإجهادات ضغط
f_{ctr}	=	Cracking-limit tensile - stresses of concrete	إجهاد حد التشرخ للخرسانة المعرضة للشد
f_{ctr}	=	Cracking-limit tensile - stresses of concrete	إجهاد حد التشرخ للخرسانة المعرضة للشد
f_{cu}	=	Characteristic strength of concrete	مقاومة الضغط المميزة للخرسانة (رتبة الخرسانة)
f_{cui}	=	Characteristic strength of concrete at time of initial prestress	المقاومة المميزة للخرسانة (الرتبة) عند نقل سبق الاجهاد
f_m	=	Target mean strength	المقاومة المتوسطة المستهدفة
f_o	=	Axial stress	إجهاد الخرسانة عند بدء التحميل
f_{pcc}	=	Compressive stress in concrete at section centroid or at the flange bottom face when the section centroid lies inside the flange	إجهاد الضغط في الخرسانة (بعد حدوث كل فواقد سبق الإجهاد) عند مركز القطاع أو عند اتصال جذع الكمرة بالبلاطة عندما يكون المركز داخل البلاطة
f_{pce}	=	Compressive stresses in concrete due to effective prestressing force only at the section face where tensile stresses exist under the action of external loads	إجهاد الضغط في الخرسانة نتيجة قوى سبق الإجهاد الفعالة فقط (بعد حدوث الفواقد في سبق الإجهاد) في حرف القطاع الذي يحدث عنده إجهاد شد تحت تأثير الأحمال الخارجية
f_{pci}	=	Initial Stresses in concrete which is contact to prestressing Steel before occurs of losses depending on time	الإجهادات الابتدائية المتولدة في الخرسانة الملاصقة لصلب سبق الإجهاد قبل حدوث الفواقد المعتمدة على الزمن
f_{pe}	=	Effective stress in prestressed reinforcement (after allowance for all prestress losses)	الإجهاد في صلب سبق الاجهاد بعد أخذ تأثير كل الفواقد في الاعتبار

f_{pi}	=	Initial Stresses in prestrssing Steel after occurs of immediate losses in prestressing immediately and before occurs of losses depending on time.	الإجهادات الابتدائية المتولدة في صلب سبق الإجهاد بعد حدوث الفقد الفوري في سبق الإجهاد مباشرة وقبل حدوث الفواقد المعتمدة على الزمن
f_{ppc}	=	Average compressive strength in concrete on circumference of critical Section (after occurs of all prestressing losses) at middle of Slab Section.	متوسط إجهاد الضغط في الخرسانة على محيط القطاع الحرج (بعد حدوث كل فواقد سبق الإجهاد) عند منتصف قطاع البلاطة
f_{ps}	=	Stress in prestressing reinforcement	- الإجهاد في صلب سبق الإجهاد
f_{pu}	=	Specified tensile strength of prestressing reinforcement	الإجهاد الأقصى لصلب سبق الإجهاد
f_{py}	=	Specified yield strength of prestressing reinforcement	اجهاد الخضوع في الشد لصلب سبق الإجهاد
f_s	=	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.	الإجهاد في صلب التسليح ناحية الشد في القطاع بعد التشرخ والمحسوب على أساس قطاع مشرخ تحت تأثير أحمال التشغيل
f_s	=	Allowable working Stresses in Steel.	إجهاد التشغيل المسموح به في الصلب
f_s	=	Allowable working Stresses in Steel used in Stirrups	إجهاد التشغيل المسموح به في الصلب المستخدم في الكانات
f_s	=	Allowable working stress of steel reinforcement	اجهاد التشغيل المسموح به لصلب التسليح
f_{sr}	=	The stress in the tension reinforcement calculated on the basis of a cracked section under the loading conditions causing first cracking	الإجهاد في صلب التسليح ناحية الشد في القطاع والمحسوب على أساس قطاع مُشرخ عند حدوث أول شرخ تحت تأثير الأحمال المسببة لأول حالة تشرخ
f_t	=	Allowable direct Tension Stress in concrete	إجهاد الشد المباشر المسموح به للخرسانة
f_y	=	Yield strength or proof strength of reinforcement.	إجهاد الخضوع او إجهاد الضمان للصلب
f_y	=	Yield Strength of reinforcing Steel	إجهاد الخضوع لصلب التسليح
f_{yp}	=	Yield strength of spiral stirrups.	إجهاد الخضوع للكانات الحلزونية
f_{ysc}	=	Yield Strength of reinforcing Steel	إجهاد الخضوع لصلب التسليح
f_{yss}	=	Yield Strength of Steel Section	إجهاد الخضوع للقطاع الصلب
f_{yst}	=	Yield strength of stirrups	إجهاد الخضوع أو الضمان للصلب المستخدم في الكانات
f_{yst}	=	Yield Strength of Steel Stirrups carrying torsion moment not exceeding 400 N/mm2	إجهاد الخضوع لصلب الكانات المقاومة لعزوم اللي بحد أقصى ٤٠٠ ن/مم٢
g	=	Effective depth or span of a deep beam, whichever is smaller	العمق الفعال أو بحر الكمرة الخالص أيهما أقل
G	=	Shear modules of rigidity	معاير جساءة القص
g	=	Uniformly distributed working dead loads	الأحمال الميتة منتظمة التوزيع المؤثرة على البلاطات
g	=	Uniformly distributed working dead load in unit area	الحمل الدائم المنتظم على وحدة المساحات
g	=	Uniformly distributed dead load in unit length	الحمل الدائم منتظم التوزيع في وحدة الطول
G C	=	Torsion rigidity of rectangular Section	جساءة اللي لقطاع مستطيل
g_u	=	Ultimate uniformly distributed dead loads	الاحمال الميتة في حالة التصميم بطريقة حالات الحدود
h	=	Height of column	ارتفاع العمود

H	=	Clear height of wall	الارتفاع الصافي للحائط
H	=	Clear wall height between Supports	ارتفاع الحائط الخالص بين الدعامات
h	=	Total thickness of section in the considered direction	السمك الإجمالي للقطاع في الاتجاه تحت الاعتبار
H_b	=	Total height of the building over Foundation Surface	الارتفاع الكلى للمبنى فوق السطح للأساسات
He	=	Buckling length or effective height of column in the considered direction	طول الانبعاج الفعال للعمود في الاتجاه تحت الاعتبار
He	=	effective height of wall	الطول الفعال للحائط
h_L	=	Height of lower column	ارتفاع العمود السفلى
H_o	=	Clear height of column	ارتفاع العمود الخالص
h_u	=	Height of upper column	ارتفاع العمود العلوي
h_w	=	Height of wall	ارتفاع الحائط
I	=	Moment of inertia (Rigidity)	عزم القصور الذاتي (الجساءة)
i	=	Radius of gyration of column cross section	نصف قطر القصور الذاتي لقطاع العمود
I	=	Moment of inertia of gross concrete section about centroidal axis, neglecting reinforcement	عزم القصور الذاتي للقطاع الخرساني بالكامل مع إهمال تأثير صلب سبق الإجهاد وصلب التسليح العادي
I_b	=	Moment of inertia of beam cross- section	عزم القصور الذاتي للكمرة
I_B	=	Moment of inertia of foundation or foundation frames and shear walls per unit strip width	عزم القصور الذاتي (للأساس أو للأساس والإطارات وحوائط القص) للوحدة من طول الشريحة
I_{cr}	=	Moment of inertia of cracked concrete section	عزم القصور الذاتي للقطاع الفعال المكافئ بعد التشريخ على ألا يزيد على Ig
I_e	=	Effective moment of inertia	عزم القصور الذاتي الفعال
I_{ec}	=	Equivalent moment of inertia of column	عزم القصور الذاتي المكافئ للعمود
I_g	=	Moment of inertia of gross concrete section about centroidal axis, neglecting reinforcement	عزم القصور الذاتي لكامل القطاع الخرساني حول محور الخمول وبدون اعتبار تأثير الشروخ مع إهمال صلب التسليح
I_g	=	Moment of inertia of gross concrete section about centroidal axis, neglecting reinforcement	عزم القصور الذاتي خارج الوصلة لكامل القطاع الخرساني للعمود حول محور الخمول وبدون اعتبار الشروخ مع إهمال صلب التسليح
I_L	=	Moment of inertia of lower column cross section	عزم القصور الذاتي للعمود السفلى
I_{sc}	=	Moment of inertia for longitudinal reinforcement	عزم القصور الذاتي للتسليح الطولي
I_{ss}	=	Moment of inertia of Steel Section	عزم القصور الذاتي للقطاع الصلب
I_t	=	Moment of inertia of Steel Section	عزم القصور الذاتي للقطاع الصلب
Iu	=	Moment of inertia of upper column cross section	عزم القصور الذاتي للعمود العلوي
J_{cx} , J_{cy}	=	Property of the assumed punching shear critical section analogous to polar moment of inertia	ثابت للقطاع الحرج في القص الثاقب يشابه عزم القصور القطبي حول محوري x ,y على التوالي
K	=	Coefficient for bending moment calculation	ثابت
K	=	Dynamic loads	الاحمال الديناميكية أو القوى الداخلية الناشئة عنها
k	=	Value to be From Fig. (6-2)	قيمة تؤخذ من شكل (٦-٢)
K	=	Effective length factor for wall	معامل الطول الفعال للحائط المقيد للحركة العرضية

			الانتقالية أعلى وأسفل الحائط
K	=	Modulus of sub grade reaction (Winkler coefficient)	معامل ونكلر لرد فعل التربة
K	=	Wobble friction coefficient of prestressing tendons per meter length	معامل التغيرات غير المقصودة (Wobble coefficient) لكل متر من طول سبق الإجهاد
K_1	=	A coefficient which takes into account bond properties of the reinforcing bars	يعكس تأثير التماسك بين الخرسانة وصلب التسليح في المسافة بين الشروخ
k_1	=	Coefficient depending on kind of prestressing Steel	معامل يعتمد على نوع صلب سبق الإجهاد
K_2	=	A coefficient which takes into account the strain distribution	معامل يعكس تأثير شكل توزيع الانفعالات في القطاع على المسافة بين الشروخ
K_b	=	Stiffness of beam	كزازة الكمرة
K_{ec}	=	Bending Stiffness of equivalent column	كزازة انحناء العمود المكافئ
K_f	=	Coefficient of grade of confinement depending on Surrounding beams	معامل درجة الإحاطة للوصلة ويعتمد على الكمرات المحيطة بها
K_L	=	Stiffness of lower column	كزازة العمود السفلى
K_m	=	Bending Coefficients in continuous beams	معاملات الانحناء في الكمرات المستمرة
K_q	=	Coefficient for shear force for beams	معاملات القص في الكمرات المستمرة
K_r	=	Relative rigidity coefficient	الجساءة النسبية
K_u	=	Stiffness of upper column	كزازة العمود العلوي
L	=	Live loads	القيمة الاسمية للأحمال الحية أو القوى الداخلية الناشئة عنها
L	=	Distance between point of Inflection for beams and slabs or Length of cantilever	المسافة بين نقط الانقلاب للكمرات والبلاطات أو طول الكابولي
L	=	Effective Span for one way slabs	البحر الفعال للبلاطة ذات الاتجاه الواحد
L	=	Longest Span dimension of slab	الطول الأكبر للباكية
L	=	Effective length in simple Span slabs or distance between point of Inflection in continuous slabs	البحر الفعال في البلاطات بسيطة الارتكاز أو المسافة بين خطوط الانقلاب في البلاطات المستمرة
L	=	Length of beam Span between axes of supports	طول بحر الكمرة بين محاور الركائز
L	=	Distance between joints	المسافة بين الفواصل
L	=	Longitudinal anchorage	رباط طولي
L	=	Length of mechanical joint or Length of welded joint	طول الوصلة الميكانيكية او طول الوصلة باللحام
L	=	Distance between axes of supports	المسافة بين محاور الركائز
L	=	Span Length in the direction parallel to the required calculated Steel reinforcement	طول البحر في الاتجاه الموازي لصلب التسليح المطلوب حسابه
X_1	=	Breadth of rectangle reinforcing Stirrup measured between the two axes of the Stirrup	عرض كانة التسليح المستطيلة مُقاسة بين محوري الكانة
L_1	=	Span used for calculating moment M_1	البحر المستخدم في حساب العزم M_1
L_1	=	Length of span in the direction where moments are being determined, measured center to center of supports	طول الباكية في اتجاه البحر تحت الاعتبار مقاسا من محاور الأعمدة

L_{1a}	=	Average length of the two spans adjacent to the column in the analysis plane	متوسط طولي البحرين على جانبي العمود في اتجاه التحليل
L_2	=	Span used for calculating moment M_2	البحر المستخدم في حساب العزم M_2
L_2	=	Breadth of the span in the direction perpendicular to the considered Span direction measured between axes of columns	عرض الباكية في اتجاه عمودي على اتجاه البحر تحت الاعتبار مقاسا من محاور الأعمدة
L_2	=	Length of Span in direction perpendicular to direction of analysis	طول الباكية في الاتجاه المتعامد على اتجاه التحليل
L_2	=	Distance between two points of Inflection	المسافة بين نقطتي الانقلاب
L_{2a}	=	Average length of the two spans adjacent to the column perpendicular to the analysis plane	متوسط طولي البحرين على جانبي العمود في الاتجاه المتعامد على اتجاه التحليل
L_a	=	Additional length of reinforcing bars at supports or at points of inflection	طول استمرار السيخ بعد محور الركيزة الطرفية أو طول استمرار السيخ بعد نقطة انعدام العزوم (نقطة الانقلاب)
L_a	=	Length after critical Section	الطول بعد القطاع الحرج
L_b	=	Span of beam	بحر الكمرة
L_c	=	As defined in Fig. (6-41)	كما هو معرف في شكل (٦-٤١)
L_d	=	Development length	طول التماسك
L_{f1}	=	Horizontal distance between lateral support and free end	المسافة الافقية بين الدعامة الافقية والطرف الحر للحائط
L_{f2}	=	Average horizontal distance between lateral supports	متوسط المسافة الافقية بين الدعامات الافقية
L_n	=	Clear span of beam	البحر الخالص للكمرة
L_n	=	Clear span	البحر الخالص
L_n	=	Clear span between faces of supports	البحر الصافي بين وجه الركائز
L_o	=	Distance with heavy stirrups in columns of seismic-resistant frames	مسافة من وجه اتصال العمود مع الكمرة
L_o	=	Distance with heavy stirrups in columns of seismic-resistant frames	مسافة تكثيف الكانات في الأعمدة للإطارات المقاومة للزلازل
L_o	=	Distance having more Stirrups	مسافة تكثف فيها الكانات
L_t	=	Transfer length in prestressed concrete	طول الانتقال
L_w	=	Wall Length	طول الحائط
L_x	=	Shorter Length of Span measured From Columns axes	الطول الأقصر للباكية مقاسا من محاور الأعمدة
L_y	=	Longer Length of Span measured From Columns axes	الطول الأكبر للباكية مقاسا من محاور الأعمدة
ΣM_c	=	Sum of ultimate bending moments of columns in plane of analysis in the area of beam – column connection	مجموع مقاومة عزوم الانحناء القصوى للأعمدة في المستوى الذي يتم فيه التحليل عند منطقة اتصال العمود بالكمرة

ΣM_g	=	Sum of ultimate bending moments of beams in the plane of analysis in the area of beam– column connection	مجموع مقاومة عزوم الانحناء القصوى للكمرات في المستوى الذي يتم فيه التحليل عند منطقة اتصال العمود بالكمرة
M	=	Safety margin of concrete mix design	هامش الأمان
M_{cr}	=	Minimum cracking moment of concrete	أقل عزم انحناء يسبب التشرخ في الخرسانة
M'_u	=	Negative bending moment resistance for section	مقاومة القطاع لعزوم الانحناء السالبة
M'_x	=	Effective uniaxial design moment about the x-x axis for the case of biaxial bending	العزم التصميمي حول محور x
M'_y	=	Effective uniaxial design moment about the y-y axis for the case of biaxial bending	العزم التصميمي حول محور y
M_1	=	Negative moment calculated for one of the two slabs	العزم السالب المحسوب لأحدى البلاطتين
M_1	=	Min. edge bending moment in the column.	عزم الانحناء الطرفي الأصغر في العمود
$_1M$	=	Difference between bending moments at axis of Support and at Face of Support for Slabs Supported on Walls or beams poured	قيمة الفرق بين عزوم الانحناء عند محور الركيزة وعزوم الانحناء عند وجه الركيزة لبلاطات المرتكزة على حوائط او كمرات مصبوبة ميلهثيا
M_2	=	Negative moment of adjacent Slab	العزم السالب للبلاطة المجاورة
M_2	=	Max. edge bending moment in the column	عزم الانحناء الطرفي الأكبر في العمود
M_2 , M_1	=	Bending moments at column ends resulting from structural analysis	عزوم الانحناء الناتجة من التحليل الإنشائي عند طرفي العمود
M_a	=	Maximum value of bending moment in member at the stage of computing deflection	قيمة أكبر عزم للانحناء المعرض له العضو عند حساب الترخيم
m_a	=	Ratio of length between points of inflection in a strip of the Slab Loaded in span direction a to total span length a	نسبة الطول المعلق بين خطوط الانقلاب في شريحة محملة من البلاطة في اتجاه البحر a الى طول البحر a
M_a	=	Bending moments in Slabs in both directions	العزوم الحانية في البلاطات في الاتجاهين
M_{add}	=	Additional bending moment induced by buckling of column which accounts for the slenderness of column	عزم انحناء إضافي بتأثير الانبعاج
m_b	=	Ratio of effective length between inflection points of loaded span to total span length in direction b	نسبة الطول المعلق بين خطوط الانقلاب في شريحة محملة من البلاطة في اتجاه البحر الى طول البحر b
M_b	=	Bending moments in Slabs in both directions	العزوم الحانية في البلاطات في الاتجاهين
M_c	=	Bending moments between two adjacent Slabs in case of different values of negative bending moments on two Sides of contact line	عزم الاتصال بين بلاطتين متجاورتين في حالة اختلاف العزم السالبة على جانبي خط الاتصال
M_{cr}	=	Min. bending moment causing cracks in concrete	أقل عزم انحناء يسبب تشرخ في الخرسانة
M_f	=	Total moments transferred to column	إجمالي العزوم المنقولة للعمود
M_f	=	Edge bending moment in beam at its framed connection with exterior column assuming the beam to be totally fixed at both ends	العزم الحاني الطرفي للكمرة التي تكون اطارا مع العمود
M_i	=	Primary moment	العزم الابتدائي

M_{max}	=	Max bending moment in Section due to external loads	عزم الانحناء الأقصى عند القطاع نتيجة للأحمال الخارجية
M_{min}	=	Min negative bending moments at mid Span of continuous beams loaded with heavy live loads	الحد الأدنى لعزوم الانحناء السالبة عند منتصف البحور في البلاطات المستمرة المحملة بأحمال حية ثقيلة
M_{min}	=	Negative middle moments in internal Spans	عزوم الوسط السالبة في البحور الداخلية
M_o	=	Maximum bending moment in simply supported beam	اقصى عزم انحناء مقابل للبعد المقصود إذا كان بسيط الارتكاز
M_{pr}	=	Probable moment when plastic hinge is Formed	العزم المحتمل عند تكون مفصلة لدنة
M_t	=	Torsion moments	عزوم اللي
M_{tu}	=	Ultimate torsion moment	عزوم اللي القصوى
M_{tu}	=	Torsion moment on edge beam	عزوم اللي المؤثرة على كمرة الحافة
M_u	=	Max. limit bending moment for Section Strength	عزم الانحناء الحدى الاقصى لمقاومة القطاع
M_u	=	Resisting strength of Section for positive bending moments	مقاومة القطاع لعزوم الانحناء الموجبة
M_u	=	Ultimate bending moment	العزوم الحانية القصوى
M_u	=	Value of max moment at the critical Section in shear	قيمة العزم الأقصى عند المقطع الحرج في القص
M_{umax}	=	Maximum admissible value of ultimate bending moments in singly reinforced sections	أعلى قيمة لعزوم الانحناء المسموح بها في القطاعات المسلحة جهة الشد فقط
M_{-ve}	=	Negative bending moments	العزوم الحانية السالبة
M_x	=	Bending moment about the x-x axis	العزم حول محور x
M_y	=	Bending moment about the y-y axis	العزم حول محور y
n	=	Modular ratio	النسبة بين معاير المرونة للصلب ومعاير المرونة للخرسانة (النسبة المعيارية)
N	=	Summation of vertical loads	مجموع أحمال التشغيل للمبنى المؤثرة على جميع العناصر الراسية
n	=	Number of stories	عدد الطوابق للمبنى
n	=	Number of column per floor	عدد الأعمدة في الطابق
N_c	=	Value of tension Forces resulting From Working loads (Dead and live)	قيمة قوى الشد الناتجة عن أحمال التشغيل (الدائمة والحية)
N_u	=	Ultimate tensile force	القوة العمودية على مستوى القص
p	=	Pitch of spiral stirrups	خطوة الكانة الحلزونية
P	=	Centric working load	حمل التشغيل المحوري
P	=	Distributed live load	الأحمال الحية منتظمة التوزيع المؤثرة على البلاطات
P	=	Concentrated load	الحمل المركز
P	=	Uniformly distributed live load per unit area	الحمل الحي المنتظم على وحدة المساحات
p	=	Uniformly distributed live load per unit length	الحمل الحي منتظم التوزيع في وحدة الطول
P	=	Anchorage on perimeter	رباط على المحيط
P_{a1}, P_{b1}	=	Loads in directions a and b, respectively	الأحمال في الاتجاهين b,a على التوالي
p_b	=	Load of balancing compression of Section	حمل الضغط التوازني للقطاع
P_c	=	Perimeter of concrete section exposed to drying	محيط المقطع الخرساني المعرض للجفاف

P_{cp}	=	Outside perimeter of concrete cross section	المحيط الخارجي للقطاع الخرساني
PH	=		الأس الهيدروجيني
P_h	=	Perimeter of the center line of outermost closed transverse torsion reinforcement	محيط محور صلب التسليح العرض الخارجي المستخدم لمقاومة عزوم اللي
P_o	=	Prestressing tendon force at jacking end	قوة سبق الإجهاد عند طرف الشد
P_{su}	=		مجموع قوى سبق الإجهاد القصوى
γ_{ps}	=	Coefficient of reducing max Strength of prestressing Steel	معامل خفض المقاومة القصوى لصلب سبق الإجهاد
P_u	=	Max Strength of column Section in compression	أقصى مقاومة لقطاع العمود في الضغط
P_u	=	Max centric force applied on the Section	القوة المحورية القصوى المؤثرة على القطاع
P_u	=	Uniformly distributed live load	الأحمال الحية في حالة التصميم بطريقة حالات الحدود
P_x	=	Prestressing tendon force at a distance x from jacking end.	قوة الشد في صلب سبق الإجهاد عند المسافة x من بداية طرف الشد
q	=	Nominal shear stress in beams	إجهاد القص الافتراضي في الكمرات
Q	=	Shear force	قوة القص
Q	=	Design Shear force transfer to column when the adjacent spans are loaded with the total design load	قوى القص التصميمية المنقولة للعمود عند تحميل البواكي المحيطة به بكامل الحمل التصميمي
$q^*_{u\,max}$	=	Max allowable shear stresses in prestressed concrete sections	إجهادات القص القصوى المسموح بها في القطاعات الخرسانية سابقة الإجهاد
q_c	=	Allowable working concrete shear strength	إجهاد التشغيل في الخرسانة المسموح به لحالة القص
q_{cp}	=	Allowable Working Stresses in concrete for punching shear	إجهاد التشغيل في الخرسانة المسموح به لحالة القص الثاقب
q_{cu}	=	Concrete ultimate shear strength	- مقاومة القص الاعتبارية القصوى للخرسانة
q_{cu}	=	Max concrete strength in shear	مقاومة الخرسانة القصوى في القص
q_{cup}	=	Concrete ultimate punching shear strength	مقاومة الخرسانة القصوى لإجهاد القص الثاقب
q_d	=	Shear Strength resulting from working permanent loads without using coefficient of increasing Loads	إجهاد القص نتيجة أحمال التشغيل الدائمة أي بدون استخدام معاملات زيادة الأحمال
q_i	=	Stresses resulting from max shearing forces due to external loads accompanying max bending moment - Mmax	الاجهادات الناتجة عن قوى القص القصوى نتيجة للأحمال الخارجية المصاحبة لعزم الانحناء الأقصى Mmax
q_p	=	Punching Shear Stress	إجهاد القص الثاقب
q_{pv}	=	Shear stress due to vertical components of prestressing forces after all losses of prestressing	إجهاد القص الناتج عن المركبات الرأسية لقوى سبق الإجهاد بعد حدوث كل فواقد سبق الإجهاد
q_{st}	=	Nominal shear stress provided by stirrups	مقدار مشاركة الكانات العمودية في إجهادات القص
q_{su}	=	Nominal shear strength provided by shear reinforcement	مقدار مشاركة التسليح الجذعي في الكمرات في مقاومة اجهادات القص القصوى
q_{sub}	=	Nominal shear strength provided by bent bars	مقاومة القص القصوى الاعتبارية للأسياخ المكسحة
q_{suh}	=	Sharing of vertical web reinforcement in max. stresses of shear strength in deep beams	مشاركة صلب التسليح الجذعي الرأسي في المقاومة القصوى لإجهادات القص في الكمرات العميقة

q_{sus}	=	Nominal shear strength provided by stirrups	مقاومة القص القصوى الاعتبارية للكانات العمودية على محور العنصر
q_{suv}	=	Sharing of horizontal web Steel rein for cement in max stresses of shear strength in deep beams	مشاركة صلب التسليح الجذعي الأفقي في المقاومة القصوى لإجهادات القص في الكمرات العميقة
q_{tu}	=	Value of Shearing Stresses resulting from torsion moment on which the effect of max torsion moment which causes leases stresses may be neglected	مقدار إجهاد القص الناتج عن عزوم لي والذي يمكن إهمال تأثير عزوم اللي القصوى التي تسبب إجهادات تقل عنه
q_{tu}	=	Nominal shear stress due to torsion	اجهادات القص القصوى الناتجة عن عزوم اللي
q_u	=	Nominal ultimate shear stress	الاجهاد الأقصى للقص
Q_u	=	Max shear stresses resulting from dead and live loads	قوى القص القصوى الناتجة من الأحمال الدائمة والحية
q_{uc}	=	Shear Strength of concrete section	مقاومة القطاع الخرساني لقوى القص
Q_{uhr}	=	Max horizontal design shear strength	مقاومة القص الأفقية التصميمية القصوى
q_{umax}	=	Max allowable shear stress in reinforced concrete sections	إجهاد القص الأقصى المسموح به في القطاعات الخرسانية المسلحة
q_{umax*}	=	Max allowable shear stress in prestressed concrete sections	إجهاد القص الأقصى المسموح به في القطاعات الخرسانية سابقة الإجهاد
q_{up}	=		القيمة القصوى لإجهاد القص الثاقب
Q_{up}	=	Maximum Punching shear force	القيمة القصوى لقوة القص المؤثرة على القطاع الحرج للقص الثاقب
Q_{ur}	=	Maximum shear force for beams with variable depth	قوة القص القصوى في الكمرات متغيرة العمق
q_x	=	Punching shear strength resulting from moment M_x and considering γ_{qx} coefficient of moments transferred by torsion	إجهاد القص الثاقب الناتج عن العزوم M_x وباعتبار γ_{qx} معامل العزوم المنقولة باللي
q_y	=	Punching shear strength resulting from moment M_y and considering γ_{qy} coefficient of moments transferred by torsion	إجهاد القص الثاقب الناتج عن العزوم M_y وباعتبار γ_{qy} معامل العزوم المنقولة باللي
r	=	Aspect ratio for rectangular (rectangularity coefficient)	نسبة المستطيلية
R_b	=	Non- dimensional value used to calculate β as in figure (6-26-b)	مقدار لا بعدى يستخدم لحساب β كما في شكل (٦-٢٦-ب)
R_{max}	=	Ultimate flexural strength coefficient for singly reinforced sections in tension	معامل الحد الأقصى لمقاومة عزوم الانحناء
r_{ps}	=	Radius of curvature of ducts containing prestressing reinforcement	نصف قطر تقوس المواسير التي تحتوي صلب سبق الإجهاد
S	=	Standard deviation	الانحراف المعياري لنتائج اختبارات المقاومة لخرسانات سبق للمقاول صبها
S	=	Max value for force resulting from earthquakes or internal forcing resulting from them	القيمة القصوى للأحمال الناشئة عن زلازل أو القوى الداخلية الناشئة عنها

s	=	Spacing between stirrups in axis direction	المسافة بين الكانات في اتجاه المحور
S	=	Spacing between stirrups	المسافة بين الكانات
S_1	=	Initial loaded width for the uniform load equivalent to a concentrated load in the direction perpendicular to the main reinforcement	عرض توزيع الحمل في الاتجاه العمودي على التسليح الرئيسي عند الركيزة
S_2	=	Initial width uniformly loaded for an equivalent concentrated load in the direction parallel to the main reinforcement	عرض توزيع الحمل في الاتجاه الموازي للتسليح الرئيسي
S_h	=	Spacing between horizontal web reinforcement in deep beams	المسافة بين صلب التسليح الجذعي الأفقي في الكمرات العميقة
s_o	=	Spacing between stirrups in distance Lo	المسافة بين الكانات في المسافة Lo
s_o	=	Spacing between stirrups	المسافة بين الكانات
s_o	=	Maximum stirrups spacing in seismic resisting columns	- المسافة القصوى بين الكانات في الأعمدة المقاومة للزلازل
s_{rm}	=	Coefficient used in calculating wk depending on strain in steel reinforcement and other factors	معامل يستخدم في حساب wK ويعتمد على الانفعال في صلب التسليح وعوامل اخرى
s_v	=	Spacing between web vertical reinforcement in deep beams	المسافة بين صلب التسليح الجذعي الرأسي في الكمرات العميقة
T	=	- Nominal value of loading due to effect of temperature, creep, shrinkage differential settlement and internal forces produced from them	القيمة الاسمية للأحمال الناسة بتأثير درجة الحرارة وفروق الهبوط والزحف والانكماش أو القوى الداخلية الناشئة عنها
t	=	Total depth section in eccentricity direction	العمق الكلى للقطاع في اتجاه اللامركزية (e)
t	=	Overall thickness of concrete member	العمق (السمك) الكلى للقطاع الخرساني
t	=	Thickness of slab	سمك (تخانة) البلاطة
t	=	Longer dimension of torsion element	البعد الأكبر لعنصر اللي
t	=	Longer dimension of rectangular cross-section	بعد العمود المستطيل
t	=	Thickness of steel section covering the concrete section	سمك الصلب المغلف للقطاع الخرساني
t	=	Thickness of wall	سمك الحائط
T	=	Transverse anchorage	رباط عرضي
T	=	Upper reinforcement	تسليح علوي
t	=	Time in hours starting at tensioning of prestressing reinforcement	الزمن بالساعة من بدء شد سبق الاجهاد
t_v	=	Virtual thickness of cross- section	السمك الافتراضي للقطاع
t'	=	Side length in buckling plane	طول الضلع في اتجاه الانبعاج
T.D.S	=	Total dissolved salts	الأملاح الكلية الذائبة
t_1	=	Loaded width in direction perpendicular to main reinforcement	عرض الحمل في الاتجاه العمودي على التسليح الرئيسي
t_2	=	Loaded width in direction parallel to main reinforcement	عرض الحمل في الاتجاه الموازي التسليح الرئيسي

t_c	=	Thickness of the wall of the box section equivalent to rectangular section	سمك حائط القطاع الصندوقي المكافئ للقطاع المصمت
t_f	=	Thickness of the flange for T and L Sections	سمك شفة الضغط للقطاع على شكل حرف T أو L
t_{min}	=	Minimum thickness of slab	السمك الادنى للبلاطة
t_s	=	Minimum thickness of compression slab	سمك الادنى لبلاطة الضغط
t_s	=	Thickness of slab	سمك البلاطة
U	=	Ultimate load in case of limit state or internal forces produced from them	الحمل الأقصى عند حالة حد المقاومة أو القوى الداخلية الناشئة عنه
u_v	=	Percentage of steel for vertical anchorages	نسبة التسليح للأربطة الراسية
V	=	Coefficient of variation	معامل الاختلاف
V	=	Vertical anchorage	رباط رأسي
V_{sp}	=	Volume of spiral steel reinforcement for unit length of column	حجم صلب التسليح الحلزوني لوحدة الطول من العمود
V_{sp}	=	Ratio of volume of spiral stirrups to stirrup pitch	نسبة حجم صلب التسليح الحلزوني للدورة الواحدة للكانات
W	=	Nominal value of loads due to wind pressure or internal forces produced from it	القيمة الاسمية للأحمال الناشئة عن ضغط الرياح أو القوى الداخلية الناشئة عنها
w	=	Uniformly distributed load acting on slabs	الحمل المنتظم التوزيع المؤثر على البلاطات
w	=	Total load for unit area of span	الحمل الكلي لوحدة المساحة من الباكية
w	=	Uniformly distributed slab load on unit area	حمل البلاطة المنتظم المتساوي التوزيع على وحدة المساحة
w	=	Mechanical percentage of tension steel reinforcement in concrete section	نسبة صلب تسليح الشد في القطاع الخرساني
w`	=	Mechanical percentage of compressive steel reinforcement in concrete section	نسبة صلب تسليح الضغط في القطاع الخرساني
w_k	=	Coefficient of assurance of achieving cracking limit	معامل التأكد من استيفاء حالة حد التشرخ
w_{kmax}	=	Max allowable value for coefficient Wk	الحد الأقصى المسموح به للمعامل wk
w_p	=	Mechanical percentage of prestressed steel	النسبة الميكانيكية لصلب سبق الإجهاد
w_u	=	Ultimate uniformly distributed load acting on slabs	الحمل الأقصى المنتظم التوزيع المؤثر على البلاطات
w_u	=	Ultimate loads	الحمل الأقصى الموزع
x	=	Distance from jacking end along prestressing tendons	المسافة من بداية طرف الشد بالمتر على امتداد كابل سبق الاجهاد
x_o	=	Distance of extension of losses effect on prestressing	مسافة امتداد تأثير الفقد في سبق الإجهاد
y1	=	Distance of column core measured from Stirrups axes	بعد قلب العمود مقاسا من محاور الكانات
y_1	=	Length of rectangle reinforcing stirrup measured between the axis of the stirrup	طول كانة التسليح المستطيلة مُقاسة بين محوري الكانة
y_α	=	Lever arm	- ذراع العزم
f_{yst}	=	Yield strength for steel of stirrups resisting torsion moment with maximum limit of 400 N/mm2	إجهاد الخضوع لصلب الكانات المقاومة لعزوم اللي بحد أقصى ٤٠٠ ن/مم٢

y_t	=	Distance between extreme fiber in tension to neutral axis of gross section ignoring the presence of normal and prestressing reinforcement	المسافة من محور التعادل حتى الطرف الأقصى للألياف المشدودة في القطاع مع عدم اعتبار تأثير الشروخ وصلب التسليح.
$\sum K_c$	=	Sum of stiffness of upper and lower columns	مجموع كزازتي العمود للانحناء أعلى وأسفل منسوب البلاطة
K_t	=	Stiffness of torsion elements in the equivalent column	كزازة عناصر اللي للعمود المكافئ
ψ	=	Coefficient used for calculating moment of inertia equivalent to the column	معامل يستخدم لحساب عزم القصور الذاتي المكافئ للعمود
α	=	Ratio of moment of inertia of torsion resisting beam to moment of inertia of slab strip	نسبة عزم القصور الذاتي للكمرة المقاومة للي (إن وجدت) إلى عزم القصور الذاتي لشريحة البلاطة
β	=	Coefficient which depends on the eccentricity of shear force	معامل يعتمد على تأثير لامركزية قوى القص
w_u^*	=	Ultimate load simulating a loading case taking effect of earthquakes in consideration	هو الحمل الأقصى المناظر لحالة تحميل تأخذ تأثير الزلازل في الاعتبار
$\overline{m_x}$	=	Bending moments per unit width in x	القيمة القصوى لعزوم الانحناء لكل متر في اتجاه x
$\overline{m_y}$	=	Bending moments per unit width in y directions,	القيمة القصوى لعزوم الانحناء لكل متر في اتجاه y
#	=	Welded steel wire mesh	يميز شبك صلب من الأسياخ الملحومة
σ	=	Standard deviation	الانحراف المعياري
ν	=	Poisson's ratio for concrete	نسبة التشكل العرضي للخرسانة (نسبة بواسون)
φ	=	Creep coefficient	معامل الزحف
μ	=	Percentage of longitudinal reinforcement in wall	النسبة المئوية للتسليح الطولي في الحائط
α	=	Coefficient of over lapping considering effect of vertical live loads, semi – dead loads on structure during earthquakes	معامل تراكب يأخذ تأثير الأحمال الحية الراسية شبة الدائمة فوق المنشأ أثناء حدوث الزلزال
γ	=	Strength reduction factor	معامل خفض مقاومة المواد
β	=	Angle of depth variation measured with respect to beam longitudinal axis	زاوية ميل تغير العمق مقاسة من محور الكمرة
α	=	Angle between bent bars and longitudinal axis of member	زاوية ميل التسليح الجذعي مع محور الكمرة
η	=	Length of inclined part of bent bars	طول الجزء المائل من الأسياخ المكسحة
Δ	=	Distance between surface of loading short cantilevers and line of axial loads (horizontal)	المسافة بين سطح تحميل الكوابيل القصيرة وخط عمل القوى المحورية (الأفقية)
β	=	Coefficient depending on ratio t/b	معامل يعتمد على نسبة t/ b
η	=	Constant for calculating inertia of concrete sections	ثابت خاص بحساب جساءة اللي للقطاعات الخرسانية
ϕ	=	Nominal bar diameter	القطر الأسمى للسيخ
η	=	Factor which depends on the bar position with respect to casting surface	معامل موقع السيخ وجودة الخرسانة
β	=	Correction factor depending on bar surface condition	معامل تصحيح يتوقف على نوعية سطح السيخ

β	=	Ratio of the area of stopped reinforcement to total area of section reinforcement	النسبة بين مساحة صلب التسليح المتوقف إلى المساحة الكلية لصلب تسليح المقطع
α	=	Coefficient	معامل
α_c	=	Coefficient used for calculating shear strength in walls	معامل يستخدم في حساب مقاومة القص للحوائط
α	=	Coefficient of distributing uniform loads in solid rectangular slabs in short direction	معامل توزيع الأحمال منتظمة التوزيع في البلاطات المصمتة المستطيلة في الاتجاه القصير
β	=	Coefficient of distributing uniform loads in solid rectangular slabs in long direction	معامل توزيع الأحمال منتظمة التوزيع في البلاطات المصمتة المستطيلة في الاتجاه الطويل
α, β	=	Bending moment coefficients for two way slabs	- معاملات العزوم الحانية للبلاطات ذات الاتجاهين
β	=	Coefficient which relates the average crack width to the design crack width	معامل يربط العلاقة بين المتوسط والقيمة التصميمية لعرض الشرخ
θ	=	-Angle between reinforcing in direction of the x — axis and direction of the principal tensile stresses	زاوية الميل بين صلب التسليح في اتجاه المحور x واتجاه إجهادات الشد الرئيسية
α	=	Constant used for calculating anchorage length in simple supports and points of zero moments	ثابت يستخدم في حساب طول التماسك عند الركائز البسيطة وعند نقط انعدام عزوم الانحناء
δ	=	Value of side deviation	قيمة الحيود الجانبي
ϑ	=	Specific weight of concrete of slab	الوزن النوعي لخرسانة البلاطة
ρ	=	Percentage of required steel reinforcement A_s/A_c	نسبة صلب التسليح As/ Ac المطلوبة
β_p	=	Ratio between continuous edges of the slab and its total circumference length	النسبة بين الحواف المستمرة للبلاطة إلى الطول الكلي لمحيطها
β_p	=	Coefficient used for calculating punching shear strength of prestressed concrete	معامل يستخدم في حساب مقاومة القص الثاقب للخرسانة سابقة الإجهاد
$\Sigma\phi$	=	Sum of diameters of at the level containing largest number of cables	مجموع أقطار الأجربة عند المستوى الذي يحتوي على أكبر عدد من الكابلات
$\varphi\varepsilon_o$	=	Creep strain	انفعال الزحف
$\beta 1$	=	Coefficient showing effect of bond characters of steel reinforcement on average increase in steel strain relative to concrete around the steel	معامل يعكس تأثير خواص التماسك لصلب التسليح على الزيادة المتوسطة للانفعال في الصلب بالنسبة للخرسانة حول الصلب
ε_1	=	Min tension strain	انفعال الشد الأكبر
$\beta 2$	=	Coefficient which account for the duration of loading or the repeated loading	معامل يأخذ تأثير فترة التحميل على قيمة الزيادة المتوسطة للانفعال في الصلب بالنسبة للخرسانة حوله
ε_2	=	Max tensile strain	انفعال الشد الأصغر
δ_{av}	=	Average side deviation	قيمة الحيود الجانبي المتوسطة
λ_b	=	Slenderness ratio for rectangular section	نسبة النحافة للقطاع المستطيل
γ_c	=	Material strength reduction factor for concrete	معامل خفض المقاومة للخرسانة
δ_c	=	A coefficient which accounts for the effect of compressive forces on the nominal shear strength provided by concrete	معامل زيادة مقاومة الخرسانة لإجهاد القص في حالة وجود قوى ضغط

β_{cs}	=	Exposure strength reduction coefficient for steel	معاملات خفض إجهادات خضوع الصلب
ε_{cu}	=	Ultimate compressive strain in concrete	الانفعال الاقصى للانضغاط في القطاعات الخرسانية
δd	=	Correction coefficient for ultimate flexural strength of deep beams	معامل زيادة مقاومة الخرسانة في القص خاص بالكمرات العميقة
λ_D	=	Slenderness ratio for circular section	نسبة النحافة للقطاع الدائري
γ_f	=	Coefficient of moment transferred by flexure at slab column connection	- معامل العزوم المنقولة بالانحناء عند اتصال البلاطة المسطحة بالعمود
λ_s	=	Slenderness coefficient for rectangular section	نسبة النحافة للقطاع المستطيل
μ_{max}	=	Maximum percentage of tension reinforcement in reinforced concrete section	أقصى نسبة تسليح مسموح بها في القطاعات المسلحة في جهة الشد فقط
μ_{min}	=	Minimum percentage of tension reinforcement in reinforced concrete section	الحد الأدنى لنسبة التسليح الجذعي في الكمرات
α_{min}	=	Smallest value of α_1, α_2	القيمة الأصغر من α_1 وα_2
ε_o	=	Strain occurring due to initial loading	الانفعال الناتج عن التحميل الاولى
ε_{sm}	=	Coefficient used in calculating cracks, depending on diameter of bar used in section and other factors	معامل يستخدم في حساب عرض الشرخ ويعتمد على قطر السيخ المستعمل بالقطاع وعوامل اخرى
γ_s	=	Material strength reduction factor for reinforcement	- معامل خفض مقاومة صلب التسليح
ε_s	=	Steel strain in tension side	الانفعال في صلب التسليح في جهة الشد
ε_t	=	Total strain after time t =∞	الانفعال الكلى عند زمن t = ∞
δ_t	=	A coefficient which accounts for the effect of tensile forces on the nominal shear strength provided by concrete	معامل نقص مقاومة الخرسانة لإجهاد القص في حالة وجود قوى شد
λ_t	=	Slenderness ratio for walls	نسبة نحافة الحائط
ε_y	=	Steel strain at yield or proof stress	الانفعال المقابل لإجهاد الخضوع أو لإجهاد الضمان للصلب
μ	=	Coefficient of friction	معامل الاحتكاك
μ	=	Percentage of tension reinforcement	نسبة التسليح الجذعي
μ_p	=	Ratio of prestressed reinforcement	نسبة صلب سبق الإجهاد في القطاع الخرساني
ε_{ce}	=	Strain in concrete at the level of prestressing reinforcement due to prestressing force after taking all losses into consideration	الانفعال في الخرسانة عند مستوى صلب سبق الإجهاد نتيجة سبق الإجهاد بعد أخذ تأثير كل الفواقد في الاعتبار
ε_{cr}	=	Creep strain	- الانفعال نتيجة الزحف
ε_{el}	=	Elastic strain in concrete	- انفعال الخرسانة المرن
ε_{pc}	=	Strain in prestressing steel due to strain compatibility at ultimate flexural strength limit state	الانفعال في صلب سبق الإجهاد الناتج عن توافق الانفعالات عند الحد الأقصى لعزوم الانحناء
ε_{pe}	=	Strain in prestressing steel due to prestressing force after taking all losses into consideration	الانفعال في صلب سبق الإجهاد نتيجة سبق الإجهاد بعد أخذ تأثير كل الفواقد في الاعتبار
γ_{ps}	=	Material strength reduction factor for prestressing reinforcement	معامل خفض المقاومة القصوى لصلب سبق الإجهاد

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء National Housing & Building National Research Center Since 1956

- انفعال الانكماش	= Shrinkage strain	=	ε_{sh}
الحمل المنتظم المكافئ (للأحمال الأصلية المنقولة) وذلك لحساب عزوم الانحناء القصوى في الكمرات	= Uniform load equivalent to the original loads, to calculate the maximum bending moments in beams	=	α_{wx}
معامل يستخدم في تصميم الاعمدة المعرضة لعزوم انحناء مزدوجة ويؤخذ من جدول (٦-١٢-١)	= Coefficient used in designing columns subjected to double bending moments -- taken from table (6-12-1)	=	β
زاوية ميل الكابل على محور الكمرة	= Angle of inclination of cable on the beam axis	=	β
الحمل المنتظم المكافئ (للأحمال الأصلية المنقولة) وذلك لحساب قوى القص وردود الافعال في الكمرات	= Uniform load equivalent to original loads for calculating shear forces and reactions in beams	=	β_{wx}
معامل العزوم المنقولة باللي	= Coefficient of moment transferred by torsion at flat slab-column connection	=	γ_q
الفقد في سبق الإجهاد نتيجة الزحف	= Losses in prestressing stress due to creep	=	Δf_{pcr}
الفقد في سبق الإجهاد نتيجة الانضغاط المرن	= Losses in prestressing stress due to elastic shortening	=	Δf_{pe}
- الفقد في صلب سبق الإجهاد نتيجة الانكماش للعنصر	= Losses in prestressing stress due to shrinkage	=	Δf_{psh}
الفقد في سبق الاجهاد	= Losses in prestressing force	=	ΔP
زاوية الميل بين صلب التسليح في اتجاه المحور x واتجاه إجهادات الشد الرئيسية	= Angle of inclination between reinforcing steel in direction of x-axis and direction of main tensile stresses	=	θ
نسبة تسليح الشد الفعال	= Effective tension reinforcement ratio	=	ρ_t
قطر الكابل	= Diameter of tendon	=	Φ
قطر عينة الاختبار (مم)	= Diameter of tested specimen	=	ف
طول القياس (مم)	=	=	ل
الفقد في سبق الإجهاد نتيجة استرخاء صلب سبق الإجهاد	= Losses in prestressing force due to relaxation of prestressing steel	=	Δf_{pr}
يميز صلب التسليح عالي المقاومة (High tensile steel) رتبة ٤٠٠/٦٠٠	= Diameter of high grade steel 400 / 600 bars	=	Φ
معامل تصحيح يتوقف على شكل طرف السيخ	= Coefficient depends on condition of bar end	=	α
معامل يستخدم في تصميم الأعمدة المعرضة لعزوم انحناء مزدوجة ويؤخذ من جدول (٦-١٢-١)	= Coefficients used in designing column subjected to double bending moments- taken from table (6-12-1)	=	α_b
معاملات لتقدير الأحمال المنتظمة المكافئة للأحمال الأصلية المفروضة على الكمرات	= Coefficients for estimating uniform loads equivalent to original loads estimated on beams	=	α_b , β_b
يميز صلب طرى عادى رتبة ٢٤٠/٣٥٠ أو ٢٨٠/٤٥٠	= Defines of normal mild reinforcing bar	=	ϕ
القطر المكافئ للحزمة	= Equivalent diameter of bar bundle	=	ϕ_e
معامل يعتمد على نوع الصلب	= Factor for type of prestressing tendon	=	η_p
يميز صلب عالي المقاومة (٣٦٠/٥٢٠)	= Defines high strength steel	=	Φ

معامل يستخدم لحساب الترخيم الإضافي الناتج عن الزحف والانكماش	= Coefficient used for calculating excessive deflection occurring due to creep and shrinkage	=	α

الملحق الرابع

أ- وحدات النظام الدولي (SI Units) والوحدات المستعملة معها

الكمية	الوحدة	الرمز الدولي	الرمز العربي
الطول	متر	m	م
	سنتيمتر	cm	سم
	ملليمتر	mm	مم
	كيلو متر	km	كم
الكتلة	جرام	g	جم
	كيلو جرام	kg	كجم
	طن	t	طن
	ميلليجرام	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
	ميلليلتر	mL	مللتر
	متر مكعب	m^3	م^3
المساحة	متر مربع	m^2	م^2
	ملليمتر مربع	mm^2	مم^2
القوة	نيوتن	N	ن
	كيلو نيوتن	kN	كن
الإجهاد	نيوتن / ملليمتر مربع (ميجاباسكال MPa)	N/mm^2	ن/مم^2
	كيلو نيوتن/متر مربع	kN/m^2	كن/م^2
درجة الحرارة	درجة الحرارة	°C	°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 التالي :

١ كجم قوه = ١٠ نيوتن وذلك في إطار تحويل المعادلات في هذا الكود

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1964

جـ – معادلات الكود باستخدام وحدات النظام المترى (كجم . سم)

جميع المعادلات الواردة بالكود والتى لم يرد ذكرها بهذا الملحق تصـلح بوحدات النظام المترى (كجم . سم) بنفس الصورة وبدون أى تعديلات.

$E_c = 14000\sqrt{f_{cu}}$ kg/cm² Eq. [2-1]

$$\mu_{min} = 0.7\frac{\sqrt{f_{cu}}}{f_y} \geq \frac{11}{f_y}$$ Eq. [4-9]

$$q_{umax} = 2.2\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$$ kg/cm² Eq.[4-27]

$$q_{tu} = 0.19\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$$ kg/cm² Eq.[4-28]

$$q_{cu}(\text{uncracked}) = 0.5\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$$ kg/cm² Eq.[4-29]

$$q_{cu}(\text{cracked}) = 0.37\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$$ N/mm² Eq.[4-30]

$$\delta_c = 1 + 0.007\left(\frac{P_u}{A_c}\right)$$ Eq.[4-31]

$$\delta_c = 1 - 0.030\left(\frac{P_u}{A_c}\right)$$ Eq.[4-32]

$$q_{sub} \leq 0.75\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$$ kg/cm² Eq.[4-39]

$$\mu_{min} = \frac{4}{f_y}$$ Eq.[4-40]

$$\mu_{min} = \frac{A_{stmin}}{b.s} = \left(\frac{4}{f_y}\right)\left(\frac{q_u}{q_{cu}(\text{cracked})}\right)$$ Eq.[4-41]

$$q_{cup}(\text{uncracked}) = 2.5\left(\frac{\alpha.d}{b_o} + 0.2\right)\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$$ Eq.[4-46-a]

$$q_{cup}(\text{uncracked}) = \left[0.5 + \left(\frac{a}{b}\right)\right]\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$$ Eq.[4-46-b]

$$q_{cup}(\text{uncracked}) \leq \sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$$ Eq.[4-46-c]

$$q_{cup}(\text{cracked}) = 0.36\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + q_{sup} \leq q_{up\text{-}max}$$ Eq.[4-47-a]

$$q_{up\text{-}max} \leq 1.45\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$$ Eq.[4-47-c]

$$q_{cu}(\text{uncracked}) \leq 0.30\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$$ Eq.[4-56-d]

$$\left(2A_{str}+A_{st}\right)\geq 4.0\frac{(s.b)}{f_{y-st}}$$ Eq.[4.-62]

$$A_{sl-min.}=\frac{1.2\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}A_{cp}}{f_y/\gamma_s}-\left(\frac{A_{str}\cdot p_h}{s}\right)\left(\frac{f_{y-st}}{f_y}\right)$$ Eq.[4-63-b]

وألا تقل قيمة $1.7\frac{b}{f_{yst}}$ عن $\frac{A_{str}}{s}$

$$M_{tu}=\left(\frac{A^2_{cp}}{p_{cp}}\right)\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$$ Eq.[4-64]

$$f_{bu}=0.95\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}\ \ kg/cm^2$$ Eq.[4-67]

$$f_{ctr}=1.9\sqrt{f_{cu}}\ \ kg/cm^2$$ Eq.[4-71-b]

$$0.40+\frac{f_y}{6500}$$ Eq.[4-81]

$$t=\frac{a\left(0.85+\frac{f_y}{16000}\right)}{15+\frac{25}{\left(b/a\right)}+10\beta_p}$$ Eq.[4-82]

جدول (٤-٥) التسليح العرضي لمقاومة عزوم اللي وقوى القص

	$qtu \le 0.19\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$	$qtu > 0.19\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$
$q_u < q_{cu}$	أدنى نسبة لصلب تسليح القص طبقاً للبند (٤-٢-٢-١-٦)	تسليح لمقاومة qtu
$q_u > q_{cu}$	تسليح لمقاومة (q_u-q_{cu})	تسليح لمقاومة (q_u-q_{cu}) و q_{tu}

$$f_{ps}=f_{pe}+700+\left(\frac{0.8\,f_{cu}}{100\,\mu_p}\right)\ kg/cm^2$$ Eq.[5- 9]

$$f_{ps}=f_{pe}+700+\left(\frac{0.8\,f_{cu}}{300\,\mu_p}\right)\ kg/cm^2$$ Eq.[5- 10]

$$L_d=L_t+L_a=\left(f_{ps}-\frac{2}{3}f_{pe}\right)\frac{\phi}{70}\ \ cm$$ Eq.[5- 17]

$$L_t=\left(\frac{f_{pe}}{3}\right)\frac{\phi}{70}\ \ cm$$ Eq.[5-18-a]

$$L_a=\left(f_{ps}-\frac{f_{pe}}{0.3}\right)\frac{\phi}{70}\ cm$$ Eq.[5-18-b]

$$q^*_{umax}=2.37\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}\ kg/cm^2$$ Eq.[5- 20]

$$q_{cu-uncracked}=\left(0.142\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}+\frac{3.6Q_u.d_p}{M_u}\right)\ \ kg/cm^2$$ Eq.[5- 21]

ويجب ألا تقل قيمة q_{cu} عن $0.51\sqrt{f_{cu}/\gamma_c}$ ولا تزيد على $1.19\sqrt{f_{cu}/\gamma_c}$

$$q_{ci}=0.142\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}+0.8\left(q_d+q_i\frac{M_{cr}}{M_{max}}\right)\ \ kg/cm^2$$ Eq.[5- 22-a]

ويجب ألا تقل q_{ci} عن $0.51\sqrt{f_{cu}/\gamma_c}$

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

$$M_{cr} = \left(\frac{I}{y_t}\right)\left(1.42\sqrt{f_{cu}} + f_{pce} - f_{cd}\right)$$ Eq.[5-22-b]

$$q_{cw} = 0.51\left(\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + f_{pcc}\right) + q_{pv} \quad kg/cm^2$$ Eq.[5- 23]

$$q_{cu(cracked} = \left[0.0712\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + 0.40\left(q_d + q_i\frac{M_{cr}}{M_{max}}\right)\right] > 0.38\sqrt{f_{cu}/\gamma_c}$$ Eq.[5- 25-a]

$$q_{cu\,(cracked)} = 0.38\left(\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + f_{pcc}\right) + q_{pv}$$ Eq.[5-25-b]

$$q_{tu} = 0.19\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}\sqrt{1+\left(\frac{f_{pcc}}{0.79\sqrt{f_{cu}}}\right)} \quad kg/cm^2$$ Eq.[5- 26-a]

$$A_{sl\,min} = \frac{1.26\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}}{f_y/\gamma_s} A_{cp} \cdot \left(\frac{A_{str}}{s}\right) p_h \left(\frac{f_{yst}}{f_y}\right) \quad cm^2$$ Eq.[5- 30]

$$M_{tu} = \left(\frac{A^2_{cp}}{p_{cp}}\right)\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}\sqrt{1+\left(\frac{f_{pcc}}{0.79\sqrt{f_{cu}}}\right)}$$ Eq.[5- 31]

$$q_{cup\text{-}uncracked} = 3.16\beta_p\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + 0.2f_{pcc} + q_{pv}$$ Eq.[5- 44]

جدول (٥-٢) الإجهادات المسموح بها فى الخرسانة (كجم/سم٢)

رقم البند	البند	الحالة			
		حالة سبق إجهاد تام (Full Prestressing) (أ)	حالة القطاعات الغير المشرخة (Uncracked State) (ب)	حالة انتقالية بين القطاع المشرخ والغير مشرخ (Transition State) (ج)	حالة سبق الإجهاد الجزئي (Partial Prestressing) (د)
١	وصف لحالات القطاعات				
٢	خواص القطاع لحساب الإجهاد عند حالة أحمال التشغيل	القطاع الكلى	القطاع الكلى	القطاع الكلى	القطاع الكلى القطاع المشرخ**
٣	الإجهاد المسموح به في الخرسانة خلال المرحلة الانتقالية (قبل حدوث الفواقد المعتمدة على الزمن Time-dependent- losses)	أ-أقصى إجهاد في الضغط فيما عدا الأطراف بسيطة الارتكاز			$0.48\ f_{cu}$
		ب-أقصى إجهاد في الضغط عند الأطراف بسيطة الارتكاز			$0.55\ f_{cui}$
		ج-أقصى إجهاد في الشد فيما عدا الأطراف بسيطة الارتكاز*			$0.69\sqrt{f_{cui}}$
		د-أقصى إجهاد في الشد عند الأطراف بسيطة الارتكاز*			$1.38\sqrt{f_{cui}}$
٤	إجهاد الضغط المسموح به في الخرسانة خلال مرحلة التشغيل	أ-أقصى إجهاد في الضغط نتيجة سبق الإجهاد بالإضافة إلى الأحمال الدائمة $0.35\ f_{cu}$ (Sustained loads)			غير مطلوبة
		ب-أقصى إجهاد في الضغط نتيجة سبق الإجهاد بالإضافة إلى جميع الأحمال $0.40\ f_{cu}$ (حالة تجميع الأحمال المميزة) (Characteristic load combinations)			غير مطلوبة
٥	إجهاد الشد عند أحمال التشغيل	$f_t \le 0$	$0 < f_t \le k\,f_{cr}$	$f_{cr} < f_t \le 2.84\sqrt{f_{cu}}$	$f_t > 2.84\sqrt{f_{cu}}$
٦	أسس حسابات الترخيم	القطاع الكلى طبقاً للبند (٥-٣-٢-٣)	القطاع الكلى طبقاً للبند (٥-٣-٢-٣)	القطاع الكلى طبقاً للبند (٥-٣-٢-٣)	القطاع المشرخ طبقاً للبند (٥-٣-٢-٣)
٧	التحكم في عرض الشرخ	غير مطلوبة	غير مطلوبة	غير مطلوبة	طبقاً للبند(٥-٣-٢-٤)

$$Q_{Ujmax} \le 3.16 k_j A_j \sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$$ Eq. [6-58]

$$l_{dh} = 0.632\frac{(f_y/\gamma_s)}{\sqrt{f_{cu}/\gamma_c}}\cdot\phi \ge 8\phi \quad \text{or} \quad 15cm$$ Eq. [6-64]

$$q_{umax} = \left(2.85\alpha_c \sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + \mu_{st} \frac{f_y}{\gamma_s} \right) = \frac{Q_u}{b_w \times L_w} \qquad \text{Eq. [6-65]}$$

$$q_u = \frac{2A_{sd}}{bd} \frac{f_y}{\gamma_s} \sin\alpha \le 2.2 \sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad \text{Eq. [6-66]}$$

جدول (م١-١) 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^*_{cu}	50	60	70
الانحناء أو الضغط كبير اللامركزية	$^{**}fc$	80	95	105
القص **				
مقاومة الخرسانة للقص				
بدون تسليح في البلاطات والقواعد	q_c	4	4.5	4.5
بدون تسليح في الأعضاء الأخرى	q_c	3	3.5	3.5
وجود تسليح جذعي في جميع الأعضاء (القص واللي معا)	q_2	17	19	21
الصلب الفولاذ***				
١. صلب طري ٢٤٠	f_s	1400	1400	1400
٢. صلب ٣٥٠		2000	2000	2000
٣. صلب ٤٠٠	f_s	2200	2200	2200
٤. صلب ٤٢٠		2300	2300	2300

جدول (م١-٢) التسليح العرضي لمقاومة عزوم اللى وقوى القص

	$q_t \le 0.13 \sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$	$q_t > 0.13 \sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}}$
$q < q_c$	أدنى نسبة لصلب تسليح القص طبقاً للبند (٤-٢-٢-١-٦)	تسليح لمقاومة q_t
$q > q_c$	تسليح لمقاومة $(q-q_c)$	تسليح لمقاومة q_t و $(q-q_c)$

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

اللجنة الدائمة لأسس تصميم وشروط تنفيذ المنشآت الخرسانية

أعضاء استشاريون		أعضاء اللجنة الدائمة		
الأستاذ الدكتور / سمير حسن عقبة	(يرحمه الله)	الأستاذ الدكتور /	على عبد الرحمن يوسف	رئيساً
الأستاذ الدكتور / شاكر أحمد البحيري		الأستاذ الدكتور /	إبراهيم محفوظ محمد إبراهيم	نائباً للرئيس
الأستاذ الدكتور / عبد الهادى حسين حسنى	(يرحمه الله)	الأستاذ الدكتور /	حاتم حمدى غيث	مقرراً
الأستاذ الدكتور / فاطمة الزهراء السعيد الرفاعى		الأستاذ الدكتور /	أحمد شريف عيسوى	
الأستاذ الدكتور / محمد العدوى ناصف	(يرحمه الله)	الأستاذ الدكتور /	أحمد كمال عبد الخالق	
		الأستاذ الدكتور /	أحمد محمد فرحات	
		الأستاذ الدكتور /	أحمد موسى عبد الرحمن	
		الأستاذ الدكتور /	أشرف حسن الزناتى	
		لواء د. مهندس /	أشرف محمد وجيه	
		الأستاذ الدكتور /	أميمة أحمد صلاح الدين	
		الأستاذ الدكتور /	حداد سعيد حداد	
		الأستاذ الدكتور /	حسن محمد علام	
		الأستاذ الدكتور /	حمدى حامد شاهين	(يرحمه الله)
		الأستاذ الدكتور /	حنان أحمد أنور	
		الأستاذ الدكتور /	خالد محمد يسرى	
		الأستاذ الدكتور /	سيد محمد أحمد عبد الباقى	
		الأستاذ الدكتور /	شريف محمد الزينى مصطفى	
		الأستاذ الدكتور /	صلاح الدين السعيد المتولى	
		الأستاذ الدكتور /	صلاح عبد الجواد على	
		الأستاذ الدكتور /	علاء جمال شريف	
		الأستاذ الدكتور /	على شريف عبد الفياض	
		الأستاذ الدكتور /	عمرو عزت سلامة	
		الأستاذ الدكتور /	عمرو على عبد الرحمن	
		الأستاذ الدكتور /	فتحى عبد الرحيم سعد	
		الأستاذ الدكتور /	مجدى السيد على محمود قاسم	
		الأستاذ الدكتور /	محمد أحمد محمد خفاجة	
		الأستاذ الدكتور /	محمد السعيد عيسى	
		الأستاذ الدكتور /	محمد سامح هلال	
		الأستاذ الدكتور /	محمد ناصر درويش	
		الأستاذ الدكتور /	مشهور غنيم أحمد غنيم	
		الأستاذ الدكتور /	مصطفى أدهم الدمرداش	
		الأستاذ الدكتور /	منير محمد كمال	
		الأستاذ الدكتور /	هانئ محمد الهاشمى	
		الأستاذ الدكتور /	وائل محمد الدجوى	

الأمانة الفنية للجنة الدائمة

أستاذ دكتور/ تامر حسن كمال الأفندى	أستاذ مساعد دكتور/ إيناس أحمد خطاب

اللجان التخصصية

لجنة الصياغة والمراجعة	لجنة المواد	لجنة ضبط الجودة
لجنة المفاهيم والأسس العامة والمكتب التنفيذى	لجنة تصميم القطاعات	لجنة التنفيذ
	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 /	حاتم حمدى غيث	مقرراً
الأستاذ الدكتور /	أحمد شريف عيسوى	
الأستاذ الدكتور /	أحمد كمال عبد الخالق	
الأستاذ الدكتور /	أشرف حسن الزناتى	
الأستاذ الدكتور /	تامر حسن كمال الأفندى	
الأستاذ الدكتور /	حداد سعيد حداد	
الأستاذ الدكتور /	حسن محمد علام	
الأستاذ الدكتور /	حمدى حامد شاهين	
الأستاذ الدكتور /	حنان أحمد أنور	
الأستاذ الدكتور /	خالد محمد يسرى	
الأستاذ الدكتور /	شريف محمد الزينى مصطفى	
الأستاذ الدكتور /	عمرو على عبد الرحمن	
الأستاذ الدكتور /	محمد أحمد محمد خفاجة	
الأستاذ الدكتور /	محمد ناصر درويش	
الأستاذ الدكتور /	مشهور غنيم أحمد غنيم	
الأستاذ الدكتور /	منير محمد كمال	
الأستاذ الدكتور /	هانئ محمد الهاشمى	
الأمانة الفنية :		
دكتور مهندس /	شادى محمد نبيل	
دكتور مهندس /	اسلام موسى على	
مهندس /	أحمد يوسف محمد	

لجنة المفاهيم والأسس العامة والمكتب التنفيذى

الأستاذ الدكتور /	على عبد الرحمن يوسف	رئيساً
الأستاذ الدكتور /	إبراهيم محفوظ محمد إبراهيم	مقرراً
الأستاذ الدكتور /	أشرف حسن الزناتى	
الأستاذ الدكتور /	أميمة أحمد صلاح الدين	
الأستاذ الدكتور /	حاتم حمدى غيث	
الأستاذ الدكتور /	حمدى حامد شاهين	(برحمه الله)
الأستاذ الدكتور /	عبد الهادى حسين حسنى	(برحمه الله)
الأستاذ الدكتور /	محمد العدوى ناصف	(برحمه الله)
الأستاذ الدكتور /	محمد سامح هلال	
الأستاذ الدكتور /	مشهور غنيم أحمد غنيم	
الأستاذ الدكتور /	وائل محمد الدجوى	
الأمانة الفنية :		
أ.م.دكتور /	دينا صادق	
أ.م.دكتور /	نهال عبد الحميد طه	

لجنة المواد

الأستاذ الدكتور /	أميمة أحمد صلاح الدين	رئيساً
الأستاذ الدكتور /	محمد أحمد محمد خفاجة	مقرراً
الأستاذ الدكتور /	أحمد حسنين عبد الرحيم	
الأستاذ الدكتور /	أحمد عبد الحليم الجابرى	
الأستاذ الدكتور /	أحمد محمد دياب	
الأستاذ الدكتور /	جودة غانم	
الأستاذ الدكتور /	خالد محمد يسرى	
الأستاذ الدكتور /	رفيق عباس محمود عوض	
الأستاذ الدكتور /	سمير حسن عقبة	(برحمه الله)
الأستاذ الدكتور /	سناء الدسوقى	
الأستاذ الدكتور /	السيد عبد الرؤوف نصر	
الأستاذ الدكتور /	سهد محمد أحمد عبد الباقى	
الأستاذ الدكتور /	شريف محمد فخرى	
الأستاذ الدكتور /	طارق محمد بهاء الدين	
الأستاذ الدكتور /	عادل أحمد الكردى	
الأستاذ الدكتور /	على ابراهيم الدرويش	
الأستاذ الدكتور /	عمرو أمين الحفناوى	
الأستاذ الدكتور /	عمرو صلاح الديب	
الأستاذ الدكتور /	عمرو عزت سلامة	
الأستاذ الدكتور /	فاطمة الزهراء السعيد الرفاعى	
الأستاذ الدكتور /	محمد نجيب أبوزيد	
الأستاذ الدكتور /	محمود محمد الفرنساوى	
الأستاذ الدكتور /	مصطفى أدهم الدمرداش	
الأستاذ الدكتور /	منير محمد كمال	
الأستاذ الدكتور /	نادية محمود نوفل	
الأستاذ الدكتور /	هبة حامد بهنساوى	
الأمانة الفنية :		
أ.م.دكتور /	أمل بلال محمد	
دكتور مهندس /	فاطمة الزهراء إبراهيم عبد اللطيف	

لجنة تصميم القطاعات

الأستاذ الدكتور /	إبراهيم محفوظ محمد إبراهيم	رئيساً
الأستاذ الدكتور /	حاتم حمدى غيث	مقرراً
الأستاذ الدكتور /	أحمد عبد الفتاح محمود	
الأستاذ الدكتور /	أحمد كمال عبد الخالق	
الأستاذ الدكتور /	أحمد موسى عبد الرحمن	
الأستاذ الدكتور /	تامر حسن كمال الأفندى	
الأستاذ الدكتور /	جمال إسماعيل خليل	
الأستاذ الدكتور /	حامد هدهود	
الأستاذ الدكتور /	حمدى أحمد شهاب الدين	
الأستاذ الدكتور /	سعيد علي محمد طاهر	
الأستاذ الدكتور /	شاكر أحمد البحيرى	
الأستاذ الدكتور /	شريف محمد الزينى مصطفى	
الأستاذ الدكتور /	عبد الحميد إبراهيم زاغو	
الأستاذ الدكتور /	عبد الهادى حسين حسنى	(برحمه الله)
الأستاذ الدكتور /	عبد الوهاب أحمد الغندور	
الأستاذ الدكتور /	عثمان محمد رمضان	
الأستاذ الدكتور /	على شريف عبد الفياض	
الأستاذ الدكتور /	على عبد الرحمن يوسف	
الأستاذ الدكتور /	عمرو على عبد الرحمن	
الأستاذ الدكتور /	فتحى عبد الرحيم سعد	
الأستاذ الدكتور /	محمد السعيد عيسى	
الأستاذ الدكتور /	محمد العدوى ناصف	(برحمه الله)
الأستاذ الدكتور /	محمد طلعت مصطفى	
الأستاذ الدكتور /	محمد ناصر درويش	
الأستاذ الدكتور /	مشهور غنيم أحمد غنيم	
الأستاذ الدكتور /	منى كمال نصيف	
أ.م.دكتور /	هشام حجاج	
أ.م.دكتور /	وائل محمد حسن	
الأستاذ الدكتور /	وهبة وهبة محمد الطحان	
الأمانة الفنية :		
دكتور مهندس /	اسلام موسى على	
مهندس /	محمد حاتم غيث	
مهندس /	عمرو جلال عبد الحميد	

HBRC المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء Housing & Building National Research Center Since 1954

لجنة التحليل الإنشائى		
الأستاذ الدكتور /	مشهور غنيم أحمد غنيم	رئيساً
الأستاذ الدكتور /	حسن محمد علام	مقرراً
الأستاذ الدكتور /	إبراهيم محفوظ محمد إبراهيم	
الأستاذ الدكتور /	أحمد محمود يوسف	
الأستاذ الدكتور /	أسامة حمدى عبد الواحد	
الأستاذ الدكتور /	أشرف حسن الزناتى	
الأستاذ الدكتور /	أكرم محمد عبد الحميد تركى	
الأستاذ الدكتور /	حمدى حامد شاهين	(يرحمه الله)
الأستاذ الدكتور /	شاكر أحمد البحيرى	
الأستاذ الدكتور /	شريف أحمد مراد	
الأستاذ الدكتور /	صلاح الدين السعيد المتولى	
الأستاذ الدكتور /	صلاح عبد الجواد على	
الأستاذ الدكتور /	طارق محمد بهاء الدين	
الأستاذ الدكتور /	عبد الحميد إبراهيم زاغو	
أ.م.دكتور /	علاء إبراهيم عرفة	
الأستاذ الدكتور /	علاء جمال شريف	
الأستاذ الدكتور /	على عبد الرحمن يوسف	
الأستاذ الدكتور /	مجدى السيد على محمود قاسم	
الأستاذ الدكتور /	محمد السعيد عيسى	
الأستاذ الدكتور /	محمد العدوى ناصف	(يرحمه الله)
الأستاذ الدكتور /	محمد ربيع محمود	
الأستاذ الدكتور /	محمد محمود محمد حسين	
الأستاذ الدكتور /	محمد ناصر درويش	
الأستاذ الدكتور /	محمود ثروت المهيلمي	
الأستاذ الدكتور /	محيى الدين صلاح الدين شكرى	
الأستاذ الدكتور /	نبيل عبد البديع يحيى	
الأستاذ الدكتور /	هانى أحمد عبد الله	
الأستاذ الدكتور /	هانئ محمد الهاشمى	
الأستاذ الدكتور /	وائل محمد الدجوى	
الأستاذ الدكتور /	يوسف فوزى راشد	
الأمانة الفنية :		
دكتور مهندس /	خالد مصطفى	
دكتور مهندس /	أحمد فوزى أحمد على	
مهندس /	على سعيد طاهر	

لجنة التفاصيل الإنشائية		
الأستاذ الدكتور /	حمدى حامد شاهين (يرحمه الله)	رئيساً
الأستاذ الدكتور /	هانئ محمد الهاشمى	مقرراً
الأستاذ الدكتور /	أحمد على حسن	
الأستاذ الدكتور /	أحمد محمد فرحات	
الأستاذ الدكتور /	أيمن حسين حسنى خليل	
الأستاذ الدكتور /	التونى محمود التونى	
الأستاذ الدكتور /	حاتم حمدى غيث	
الأستاذ الدكتور /	حاتم مصطفى محمد أحمد	
الأستاذ الدكتور /	حسن محمد علام	
أ.م.دكتور /	سعيد محمد عبد القادر	
الأستاذ الدكتور /	على شريف عبد الفياض	
الأستاذ الدكتور /	ماهر مصطفى السيد	
الأستاذ الدكتور /	مجدى السيد على محمود قاسم	
السيد المهندس /	مجدى رزق عبده	
الأستاذ الدكتور /	محمد حسن الزناتى	
الأمانة الفنية :		
أ.م.د. مهندس /	سيد حسين سيد	
مهندس /	حسن حمد	

لجنة ضبط الجودة		
الأستاذ الدكتور /	محمد سامح هلال	رئيساً
الأستاذ الدكتور /	هبة حامد الهنساوى	مقرراً
لواء د. مهندس /	أشرف محمد وجيه	
الأستاذ الدكتور /	أميمة أحمد صلاح الدين	
أ.م.دكتور /	أنور محمود محمد	
أ.م.دكتور /	إيناس أحمد خطاب	
الأستاذ الدكتور /	حازم محمد عبد اللطيف	
الأستاذ الدكتور /	حسام زكريا القرموطى	
الأستاذ الدكتور /	حنان عبد العزيز النوحى	
الأستاذ الدكتور /	شفيق خورى	
الأستاذ الدكتور /	طارق على السيد	
الأستاذ الدكتور /	عبد الهادى حسين حسنى	(يرحمه الله)
الأستاذ الدكتور /	على إبراهيم درويش	
الأستاذ الدكتور /	عمرو عبد المنعم فوزى	
الأستاذ الدكتور /	فاروق على الحكيم	(يرحمه الله)
الأستاذ الدكتور /	فاطمة الزهراء السعيد الرفاعى	
الأستاذ الدكتور /	كمال جاد شاروبيم	
الأستاذ الدكتور /	محمد أحمد محمد خفاجة	
الأستاذ الدكتور /	محمد سيد سيد أحمد	
الأستاذ الدكتور /	مصطفى ادهم الدمرداش	
الأستاذ الدكتور /	منير محمد كمال	
الأمانة الفنية :		
أ.م.دكتور /	شريف محمد خفاجة	
مهندس /	أحمد عبد الهادى عامر	

لجنة الخرسانة سابقة الإجهاد		
الأستاذ الدكتور /	أشرف حسن الزناتى	رئيساً
الأستاذ الدكتور /	عمرو على عبد الرحمن	مقرراً
الأستاذ الدكتور /	أحمد شريف عيسوى	
الأستاذ الدكتور /	أحمد كمال عبد الخالق	
الأستاذ الدكتور /	تامر حسن كمال الأفندى	
أ.م.دكتور /	حاتم محمد عبد العال سليم	
الأستاذ الدكتور /	خالد حيزة	
أ.م.دكتور /	زكى إبراهيم محمود	
الأستاذ الدكتور /	صلاح الدين السعيد المتولى	
الأستاذ الدكتور /	صلاح الدين طاهر	
الأستاذ الدكتور /	عادل العطار	
الأستاذ الدكتور /	علاء جمال شريف	
الأستاذ الدكتور /	فتحى عبد الرحيم سعد	
الأستاذ الدكتور /	مراد ميشيل باخوم	
الأمانة الفنية :		
دكتور مهندس /	شادى محمد نبيل	
مهندس /	أشرف جمال نايل	

HBRC
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954

لجنة التنفيذ		
الأستاذ الدكتور /	وائل محمد الدجوى	رئيساً
الأستاذ الدكتور /	حداد سعيد حداد	مقرراً
الأستاذ الدكتور /	أحمد محمد النادى	
الأستاذ الدكتور /	أحمد مومى عبد الرحمن	
لواء د. مهندس /	أشرف محمد وجيه	
الأستاذ الدكتور /	حسام الدين سليم	
الأستاذ الدكتور /	خالد سعد الدين رجب	
الأستاذ الدكتور /	السعيد زكى	
الأستاذ الدكتور /	شادية نجا الإبيارى	
الأستاذ الدكتور /	طارق إبراهيم عبيدو	
الأستاذ الدكتور /	عادل أبو اليزيد السمادونى	
السيد المهندس /	عبد الله الغزولى	
السيد المهندس /	محمد أحمد على الرباط	
لواء مهندس /	محمد حسن حمدى	
السيد المهندس /	مصطفى أحمد مصطفى	
الأستاذ الدكتور /	يحيى محمد عبد المجيد	
الأمانة الفنية :		
أ.م.دكتور /	غادة ضياء عبد الحميد	
دكتور مهندس /	سحر مومى حسينى	

لجنة الرموز والمصطلحات		
الأستاذ الدكتور /	أحمد شريف عيسوى	رئيساً
الأستاذ الدكتور /	حنان أحمد أنور	مقرراً
الأستاذ الدكتور /	إبراهيم متولى	
الأستاذ الدكتور /	أحمد حسن غلاب	
الأستاذ الدكتور /	إسراء إمام	
الأستاذ الدكتور /	زينب صلاح الدين	
الأستاذ الدكتور /	سامح البيطار	
الأستاذ الدكتور /	ناصر الشافعى	
الأمانة الفنية :		
دكتور مهندس /	أحمد شلتوت	
مهندس /	شريف عبد الله أحمد سالم	

الكود المصري لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية
التحديث الرابع
الطبعة الأولى
جميع الحقوق محفوظة
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء
٢٠١٨
نسخة مخصصة للطلبة

HBRC
المركز القومي لبحوث الاسكان والبناء
Housing & Building National Research Center
Since 1954