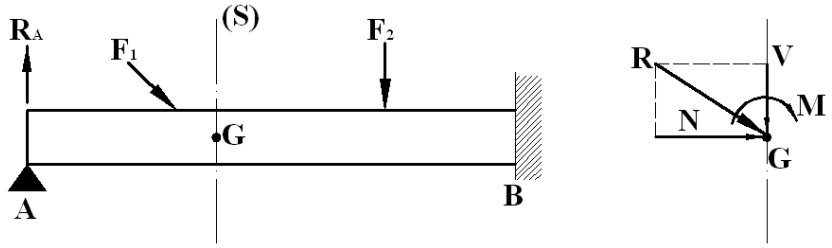
6- الإطارات من البيتون المسلح

6-1- مقدمة عن الانعطاف المركب:

يخضع العنصر الإنشائي للانعطاف المركب عندما يمكن اختزال القوى العاملة عليه (بما فيه ردود أفعال المساند) والواقعة إلى يسار المقطع القائم (S) بالنسبة لمركز ثقل المقطع (G)، إلى عزم (M) وقوة مائلة (R)، بقيمة ما على مستوى المقطع.

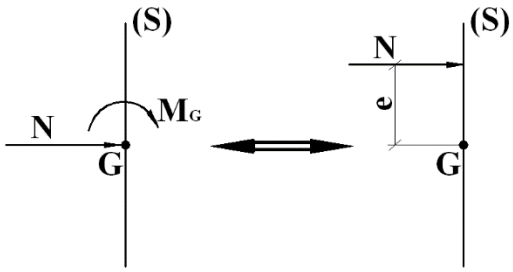
يمكن تحليل هذه المحصلة (R) إلى مركبتين، كما هو مبين في الشكل (6-1).

- جهد ناظمي (N) عمودي على مستوى المقطع.
- جهد قاطع (قوة قص) (V) واقع في مستوى المقطع.



الشكل (6-1): عنصر إنشائي خاضع لانعطاف مركب

لندرس جملة من القوى مؤلفة من (N) و (M_G)، حيث (M_G) يمثل العزم بالنسبة لمركز ثقل المقطع للقوى الخارجية الواقعة على يسار هذا المقطع، وفق الشكل (6-2). تكافئ هذه الجملة تلك الجملة المؤلفة من القوة (N) الواقعة على مسافة $\left(e=\frac{M_G}{N}\right)$ من النقطة G، لأن لهاتين الجملتين العزم المحصل نفسه والمحصلة العامة نفسها بالنسبة للنقطة G، تدعى e اللامركزية .



الشكل (6-2)

يشتغل المقطع إذن على الانعطاف المركب :

- إذا خضع لعزم انعطاف (M) وجهد ناظمي (N) مطبق في مركز الثقل أو في أية نقطة (O) من المقطع .

- إذا خضع لجهد ناظمي غير مركزي.

عندما يكون الجهد الناظمي المطبق جهد ضـغط نقول إن المقطع معرض لضـغط لامركزي (N', M) ، وعندما يكون الجهد الناظمي المطبق جهد شد نقول إن المقطع معرض لشد لامركزي (N, M).

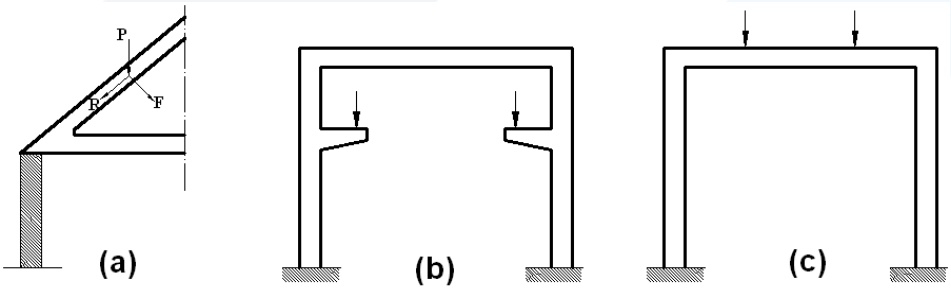
ويوضح الشكل (3-6) بعض الأمثلة من الجمل والعناصر الخاضعة للانعطاف المركب.

(a) سقف على شكل جائز شبكي،

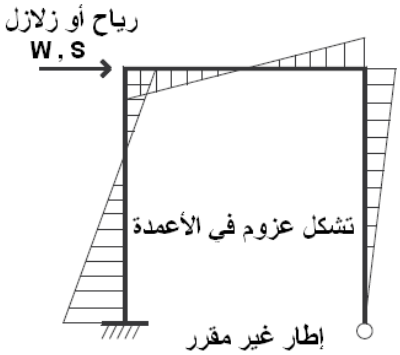
(b) إطار يحمل جوائز الرافعة المتحركة،

(c) إطار محمل في عارضته الأفقية.

والشكل (4-6) يبين أن أعمدة الإطار تخضع لانعطاف مركب، عند تعرضها لأفعال أفقية من زلازل أو رياح.

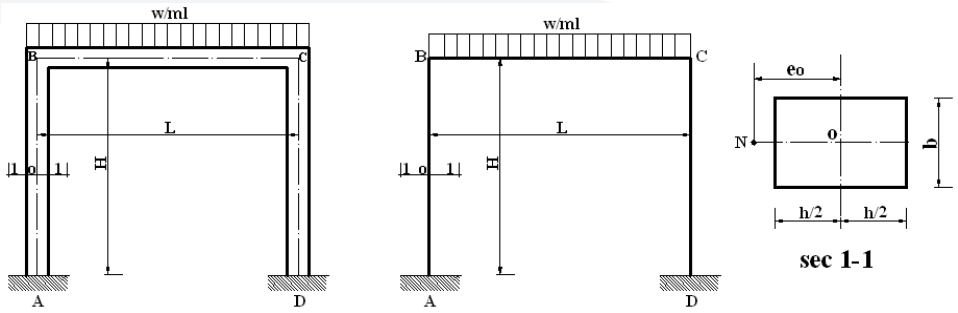


الشكل (3-6)



الشكل (4-6)

لا تعرف إلا نادرا نقطة مرور الجهد الناظمي غير المركزي. ويعرف بصـورة عامة الانعطاف المركب بجهد ناظمي (N) وبعزم انعطاف (M_O) مأخوذين بالنسـبة لنقطة (O) من المقطع. وقد رأينا أنه يمكن الرجوع للحالة السـابقة بأخذ المسـافة $\left(e = \frac{M_O}{N}\right)$ اعتبارا من (O) ، فنحصـل بذلك على جملتين متكافئتين. من الضـروري إذن معرفة بالنسـبة لأية نقطة، يكون الجهد الناظمي والعزم معروفين (الشكل 5-6).



الشكل (6-5)

في حساب الجمل غير المقررة ستاتيكيا، يؤخذ بالحسبان مركز ثقل مقطع البيتون بمجمله بما فيه البيتون المشدود، لأن حساب الجمل غير المقررة يعتمد على حساب التغيرات في حين يهمل البيتون المشدود فقط في حسابات المقاومة. أما فيما يتعلق بحقيقة عدم أخذ التسليح بالحسبان في حساب مركز الثقل، فيبدو أن ذلك لا يمكن تجنبه تقريباً، لأن التسليح غير معروف في البداية، ولأن معرفة قيم (N) و (M) هي التي تسمح بتعيينه على وجه التحديد. إضافة إلى ذلك تعتبر النتائج التي يتم الحصول عليها اعتباراً من هذا التقريب مقبولة، بسبب كون مقطع التسليح صغيراً عموماً بالمقارنة مع مقطع البيتون.

6-2- الحمولات – ملاحظات هامة حول الإطارات وتسليح العقد:

كما ذكرنا سابقاً حول قانون إنقاص الحمولات الإضافية العظمى، الخاص بالأبنية المعدة للسكن ذات الطوابق المتكررة حيث يندر أن تكون هذه الحمولات مطبقة بكاملها وبآن واحد، فإننا نؤكد على ضرورة تطبيق هذا القانون على العناصر الحاملة كالجدران والأعمدة والأساسات عندما يزيد عدد الطوابق عن خمسة، بحيث لا تستعمل الطوابق كمستودعات أو مخازن أو مشاغل أو مدارس أو أماكن عامة يمكن أن يفرض استخدامها المتوقع تحميل الطوابق بالحمولات الإضافية القصوى في نفس الوقت.

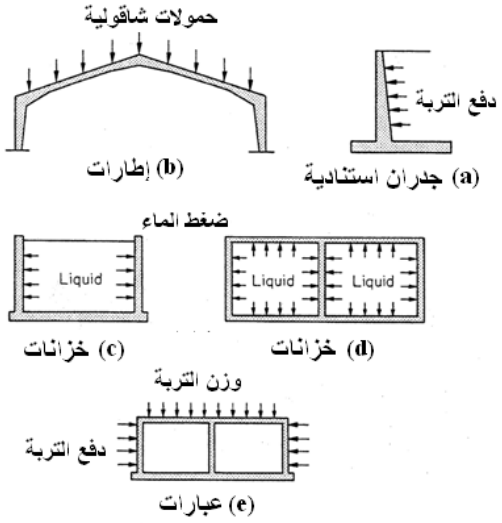
وكذلك نشير على إمكانية إهمال أوزان الجدران والقواطع الخفيفة المتوضعة على بلاطات خاضعة لحمولة إضافية أكبر من 6 kN/m^2، حيث يعتبر القاطع أو الجدار خفيف عندما لا يزيد وزن المتر المربع من مساحته عن (1.5≤ kN/m^2).

ونبين فيما يلي مجموعة من الملاحظات العامة حول دراسة وتصميم الإطارات من البيتون المسلح:

- نظراً لكون الإطار جملة غير مقررة، يستطيع المصمم عن طريق التلاعب بقيم عطالات وسماكات الأعمدة والعارضة الأفقية، التحكم بقيم العزوم الموجبة والسالبة، حيث تجر العطالات الكبيرة، العزوم إليها.
- عندما تكون تربة التأسيس صخرية، يعتبر الإطار في هذه الحالة، موثوقاً تماماً عند الوجه العلوي للأساس البيتوني المسلح، وكذلك في حالة تنفيذ هذا الأساس محصوراً تماماً في جوانبه بالأرض الصخرية، أو عند التأسيس على أوتاد، لا يكون هناك حاجة لعمل شداد من شأنه مقاومة رد الفعل الأفقي عند قاعدة العمود،

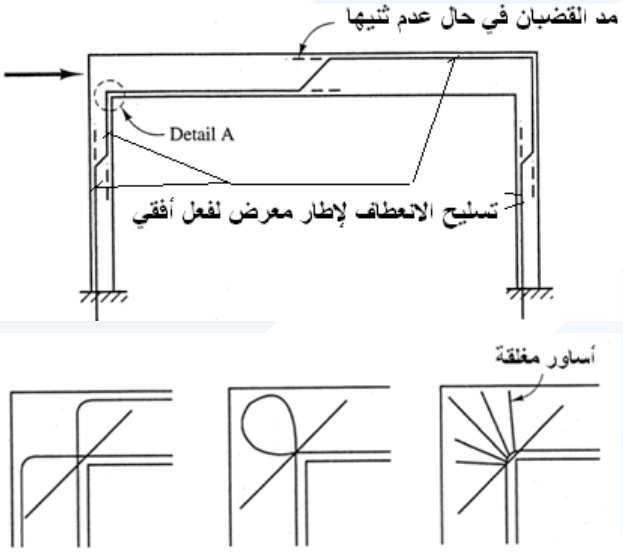
وإلغاء قوى الانزلاق. في الحالة المعاكسة وعندما تبلغ فتحة الإطار ستة أمتار فما فوق، يتوجب شداد تحت مستوي الأرض الطبيعية وعند الوجه العلوي للأساس، ندعم هذا الشداد عند المنتصف في حال زيادة طوله على عشرة أمتار.

- في التربة الضعيفة التي يبلغ فيها الاجهاد المسموح حوالي $\overline{\sigma}_s = 0.1MPa$ ، وعندما يكون الأساس رقيقاً أي قابلاً للدوران، يحسب الإطار على اعتبار أنه متمفصل من الطرفين.
- في الحالات الأخرى، يعتبر الإطار موثوقاً وثاقة جزئية في أطرافه بدرجة تتراوح بين الحالتين السابقتين.
- في المجازات الكبيرة وحتى 20 متر كحد أقصى، وعند الرغبة في تخفيف الاجهادات على تربة التأسيس، يمكن إحداث مفاصل حقيقية في منطقة اتصال العمود بالأساس، وتحسب الإطارات في هذه الحالة على اعتبار أنها متمفصلة من الطرفين.
- إضافة لعقد إطارات الأبنية والمنشآت الصناعية، يوجد بعض المنشآت الحاوية على عقد وزوايا تشكل مناطق حرجة يتوجب الاهتمام بها من حيث التسليح ومن حيث الأبعاد، ونذكر منها الجدران الاستنادية والعبارات وخزانات المياه وغيرها. هذه الزوايا أو المناطق يمكن أن تتعرض لعزوم فتح أو عزوم غلق، ونبين في الشكل (6-6) بعض من هذه الحالات، مع الإشارة إلى أن العقد الخاضعة لعزوم فتح هي خطيرة جداً وتشكل فعلاً مناطق حرجة نتيجة تشكل قوى الدفع نحو الفراغ، بالتالي ضرورة اتخاذ الإجراءات والترتيبات المناسبة عند تنفيذ تسليحها.



الشكل (6-6)

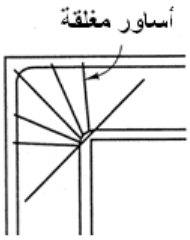
- يبين الشكل (6-7) إطار من البيتون المسلح، معرض لفعل أفقي. يتم تسليح عناصره وفق الألياف المشدودة، حيث نلاحظ أن الزاوية اليسارية تتعرض لعزوم فتح، ويجب تزويد هذه المنطقة بتسليح إضافي يساعد في تثبيت تسليح الانعطاف، ويلعب التسليح القطري دوراً مهماً في الحد من التشققات.



تفاصيل تسليح زوايا الإطار

الشكل (6-7)

- أما الشكل (6-8)، يوضح تفصيلة تسليح عقدة إطار معرضة لعزوم متناوبة.

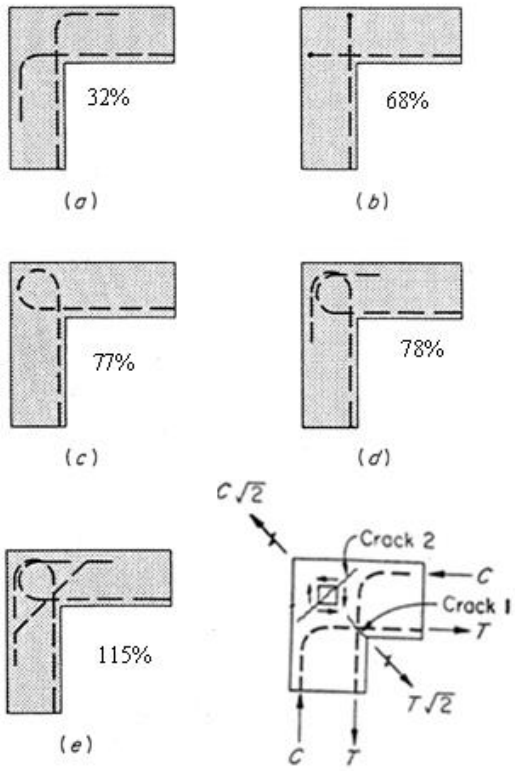


تفصيلة عقدة معرضة
لعزوم متناوبة

الشكل (6-8)

- وتظهر الأشكال التالية، أهمية دور ترتيب وتفصيل التسليح على سلوك وفعالية العقد، وذلك لنسبة تسليح واحدة $\mu_s = 0.75\%$. بالتالي ضرورة اعتماد الترتيب الذي يعطي فعالية جيدة للعقد.

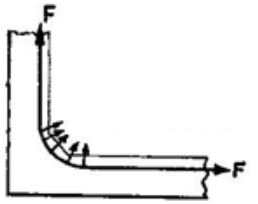
فعالية تسليح العقد T



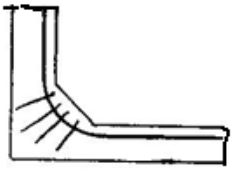
فعالية تسليح العقد الركنية
الخاضعة لعزوم فتح

عقدة L

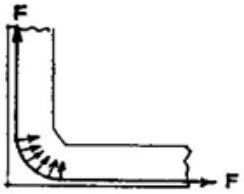
- ونبين في الأشكال التالية الترتيبات الصحيحة مقارنة مع الترتيبات الخاطئة، لتوضع قضبان التسليح عند العقد أو الزوايا بهدف تجنب الفعل السلبي لقوة الدفع نحو الفراغ.



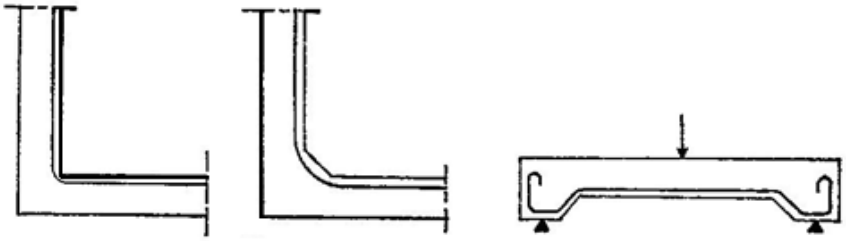
وجود خطر الدفع نحو الفراغ



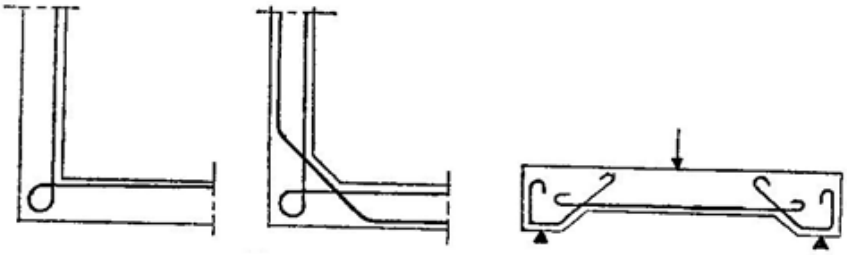
حل سيئ لمنع الدفع نحو الفراغ



لا يوجد خطر

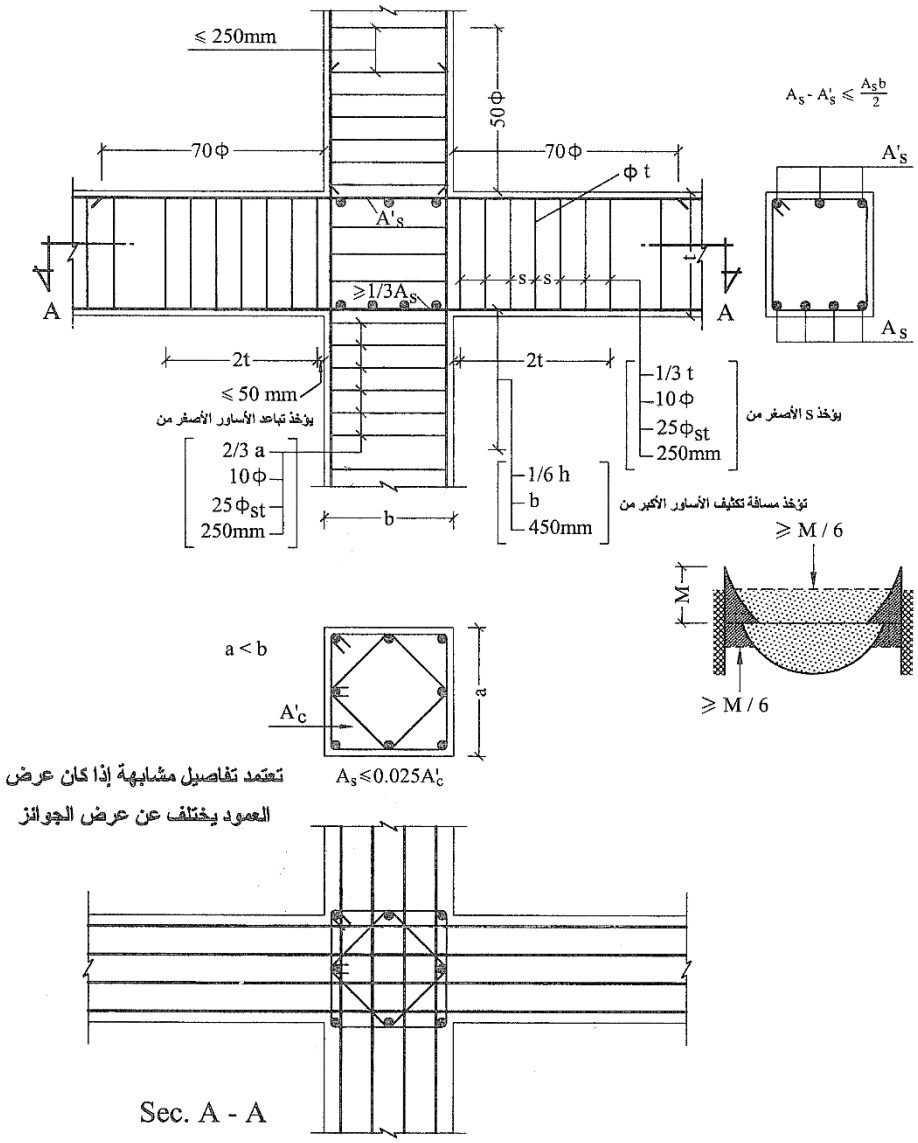


ترتيبات غير صحيحة



ترتيبات صحيحة

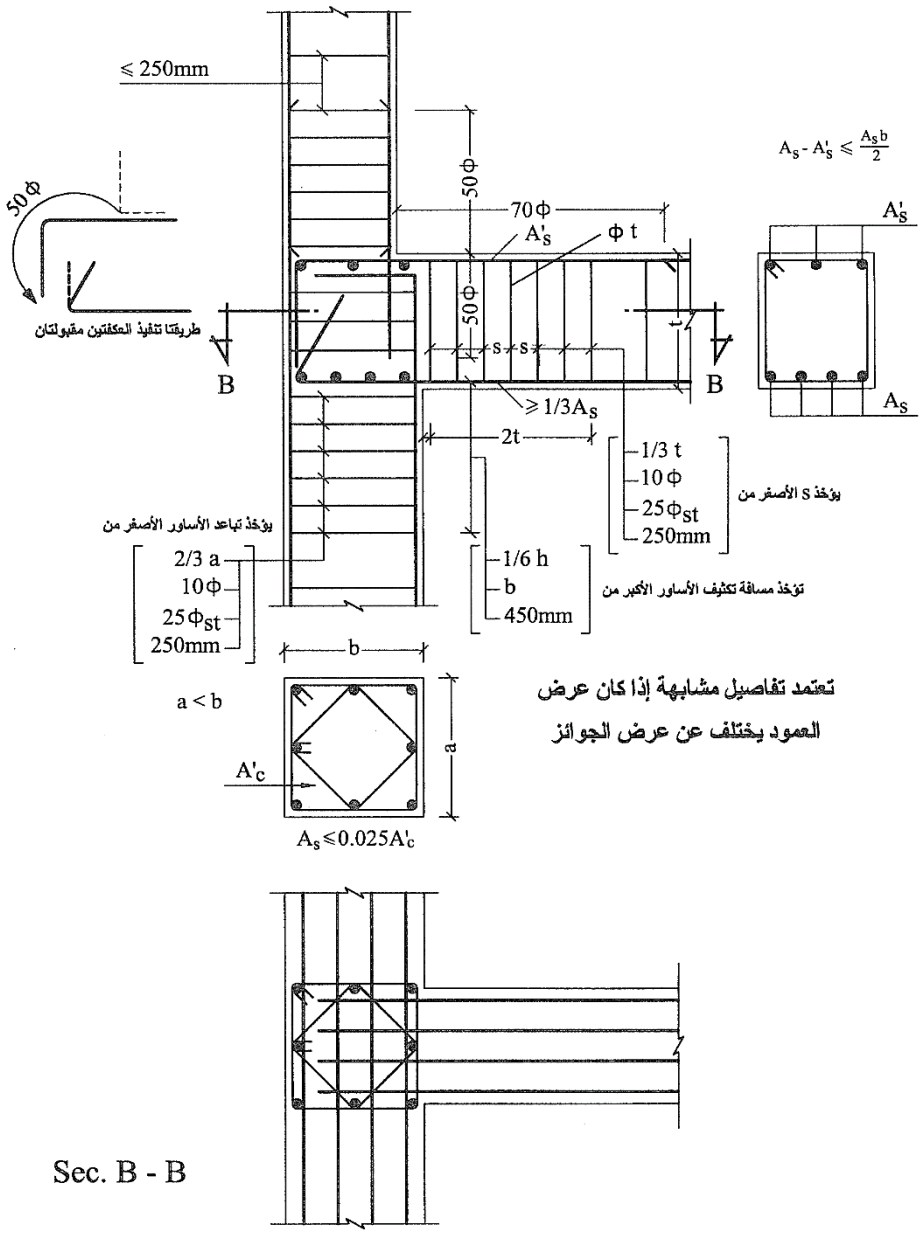
- وفيما يخص تسليح العقد في إطارات الأبنية المقاومة للعزوم، نعتمد تفاصيل التسليح المنصوص عنها في الكود السوي وملحقاته، وذلك وفقاً للمنطقة الزلزالية، كما هو مبين في الأشكال التالية.



تفاصيل تسليح عقدة وسطية للجوائز مع الأعمدة

– مقاطع الأعمدة ثابتة -

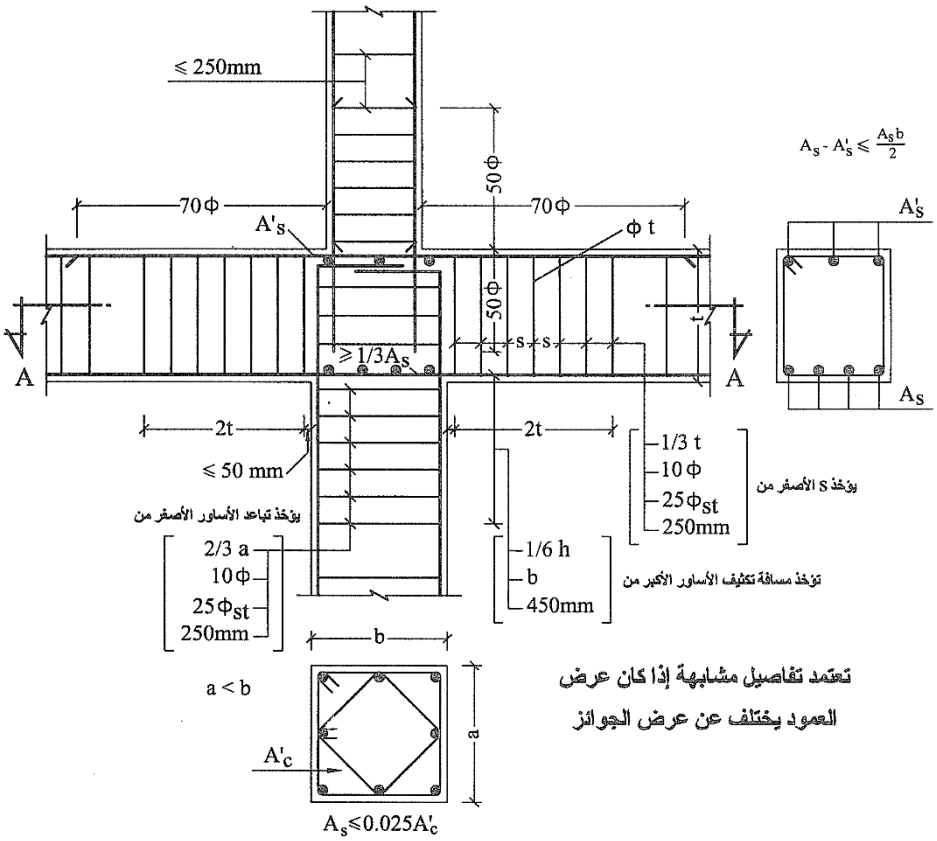
المنطقة الزلزالية (1)

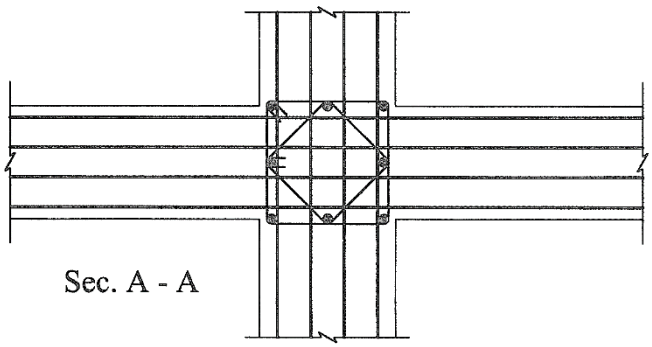


تفاصيل تسليح عقدة طرفية للجوائز مع الأعمدة

– حالة العمود العلوي أصغر من العمود السفلي -

المنطقة الزلزالية (1)

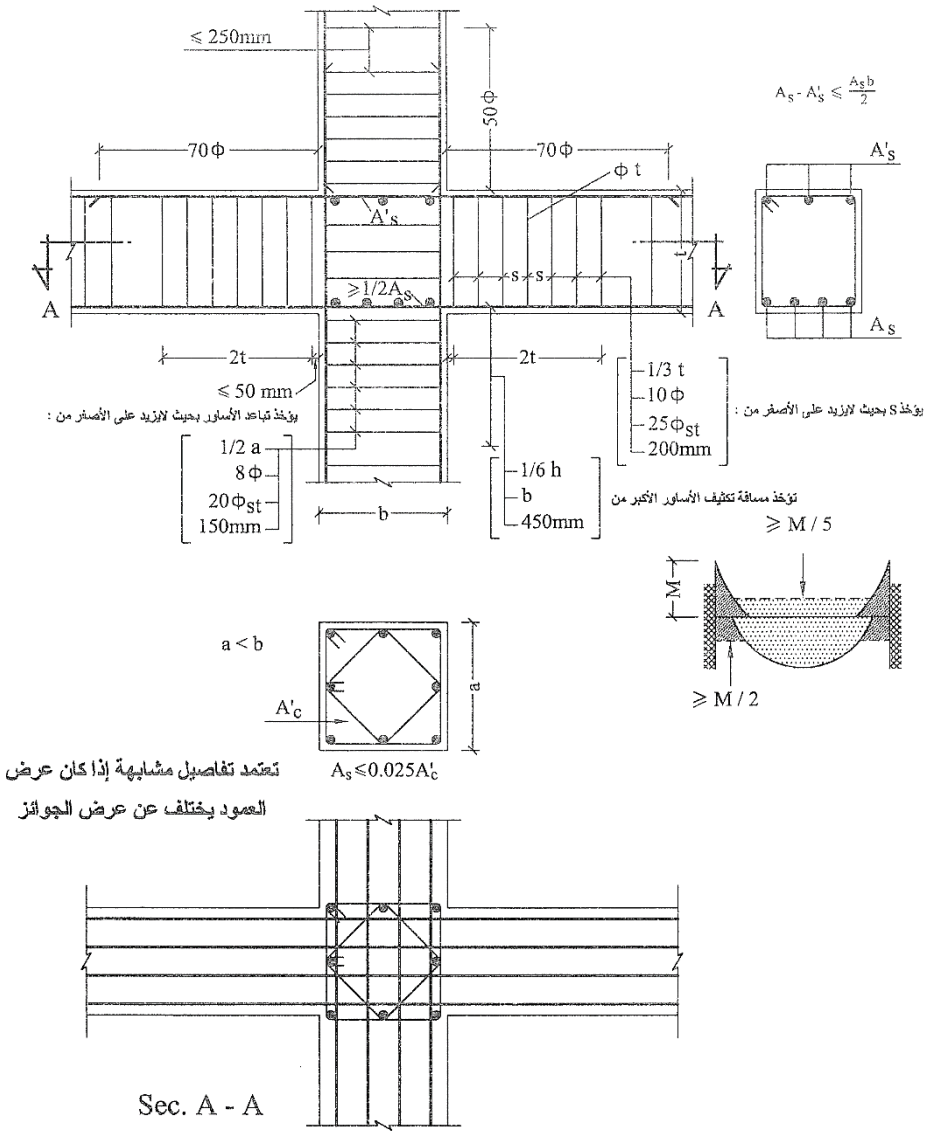




تفاصيل تسليح عقدة وسطية للجوائز مع الأعمدة

– حالة العمود العلوي أصغر من العمود السفلي -

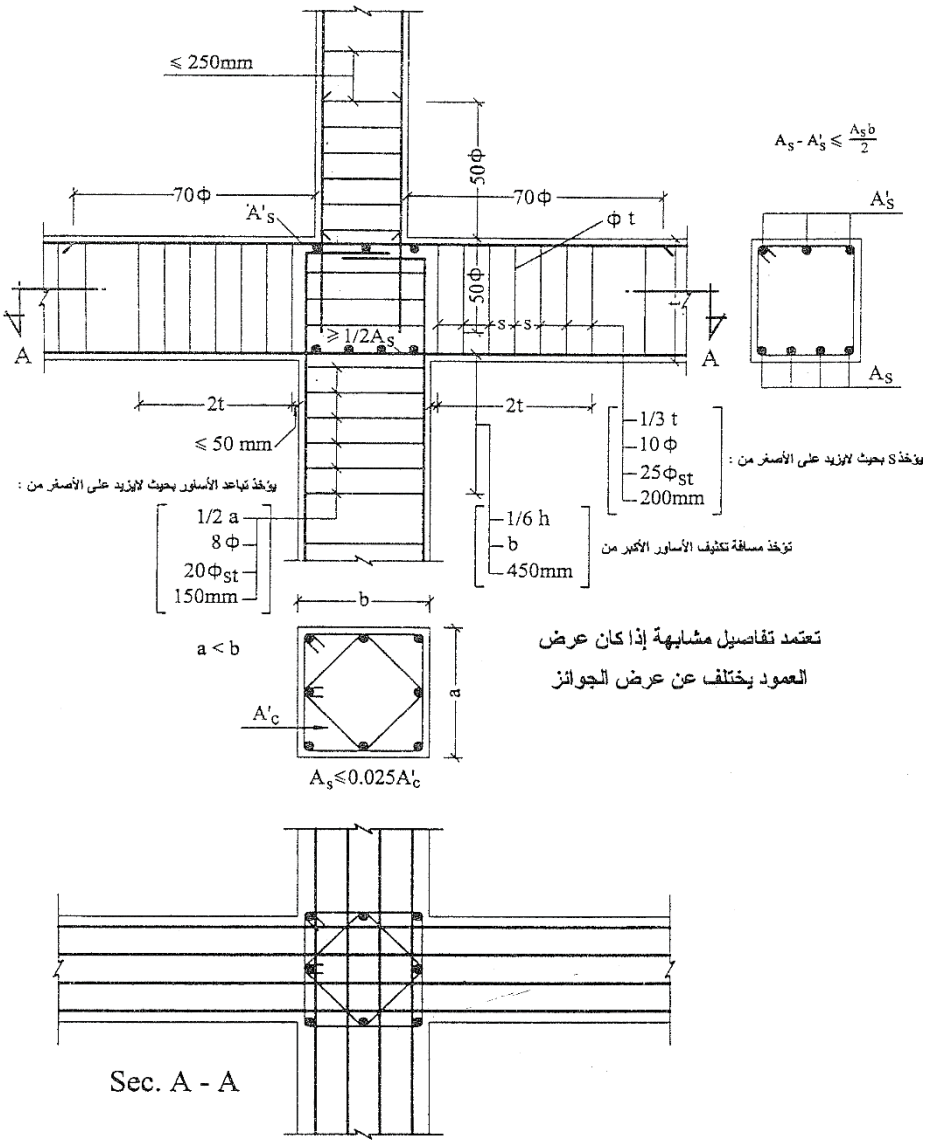
المنطقة الزلزالية (1)



تفاصيل تسليح عقدة وسطية في إطار

– مقاطع الأعمدة ثابتة -

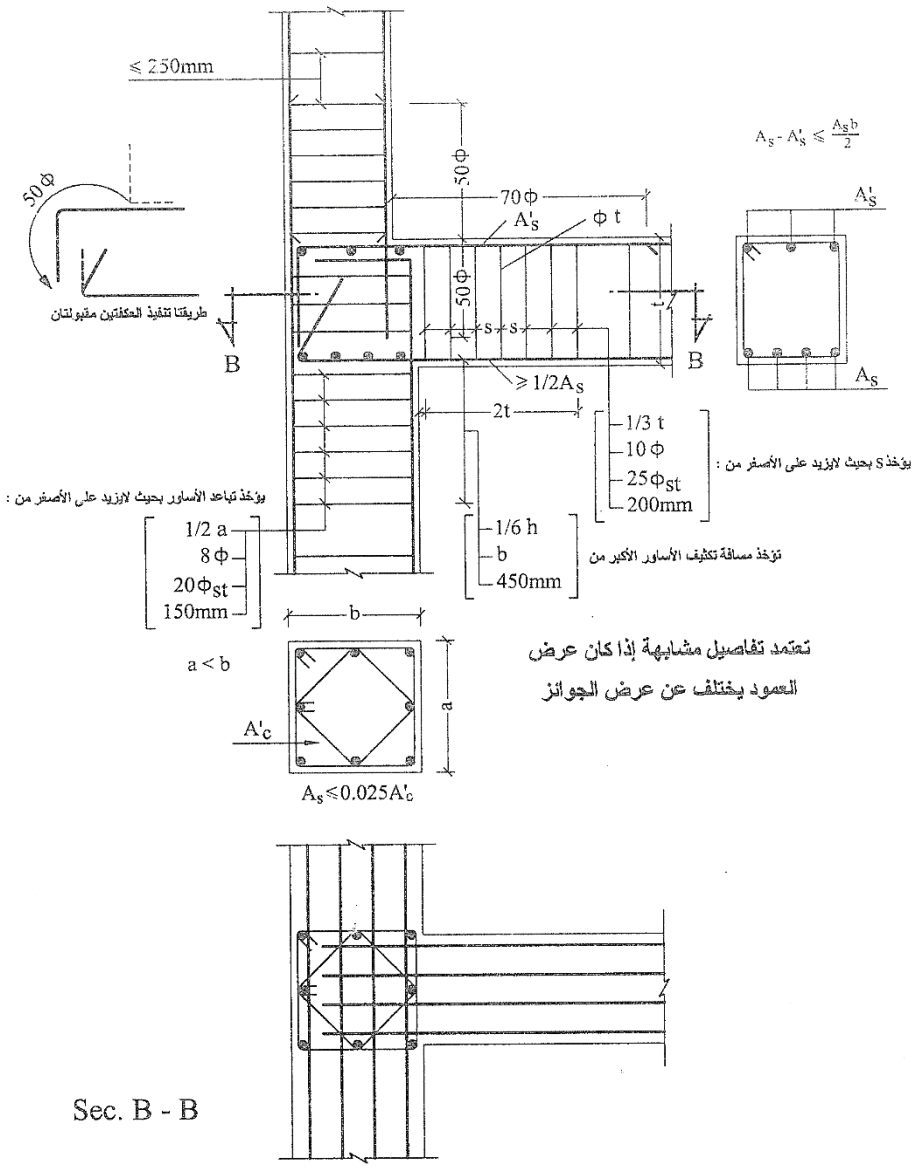
المناطق الزلزالية (3&2)



تفاصيل تسليح عقدة وسطية في إطار

– مقاطع الأعمدة غير ثابتة -

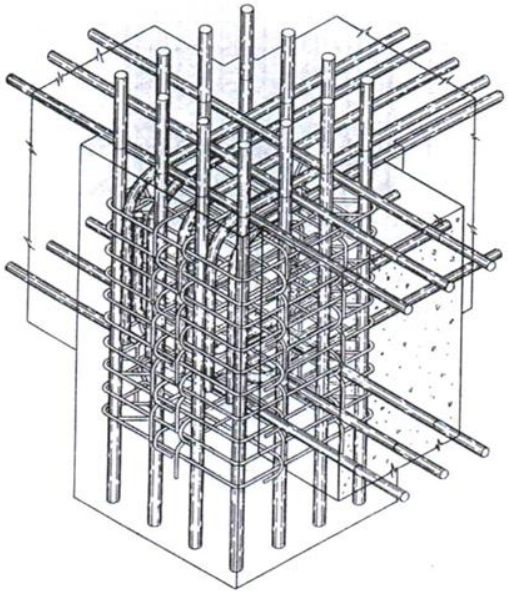
المناطق الزلزالية (3&2)



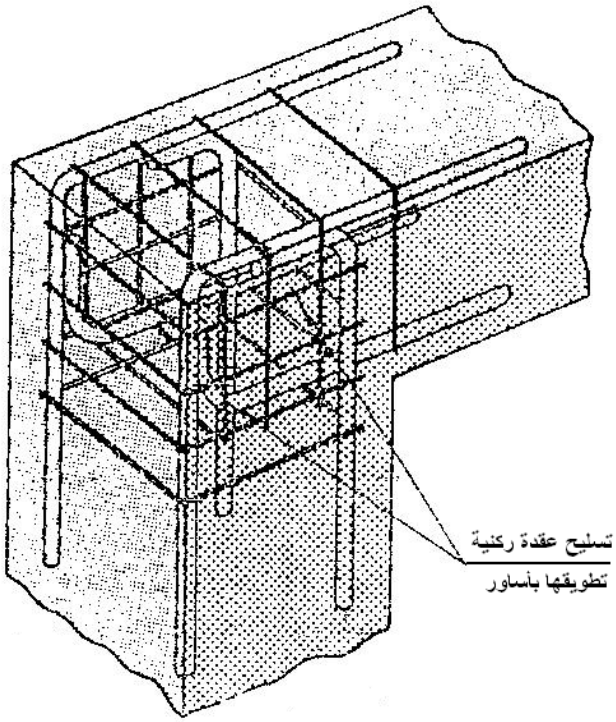
تفاصيل تسليح عقدة طرفية في إطار

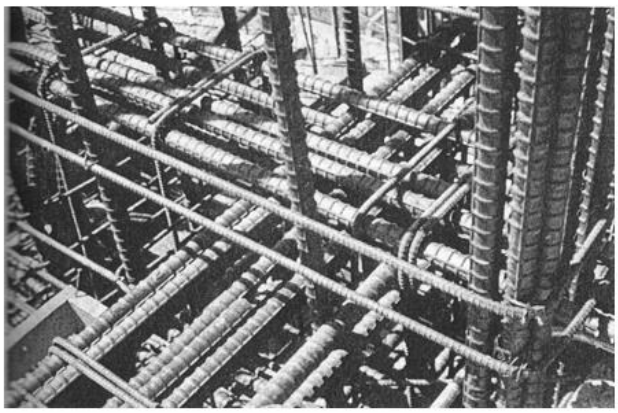
– مقاطع الأعمدة غير ثابتة -

المناطق الزلزالية (3&2)

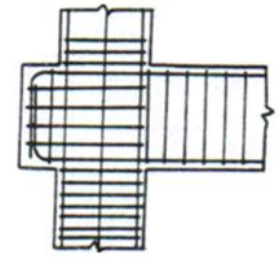


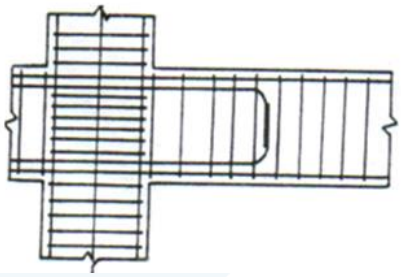
تطويق عقدة طرفية

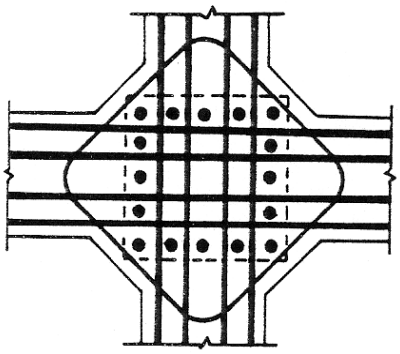




كثافة عالية واحتقان في قضبان تسليح عقدة إطار







تفاصيل تسليح عقد طرفية ووسطية