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).

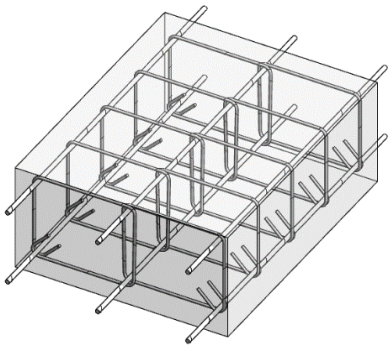
٢. تحسب إجهادات القص الثاقب طبقاً للبند (٤-٢-٢-٣).

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:

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

حيث:

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

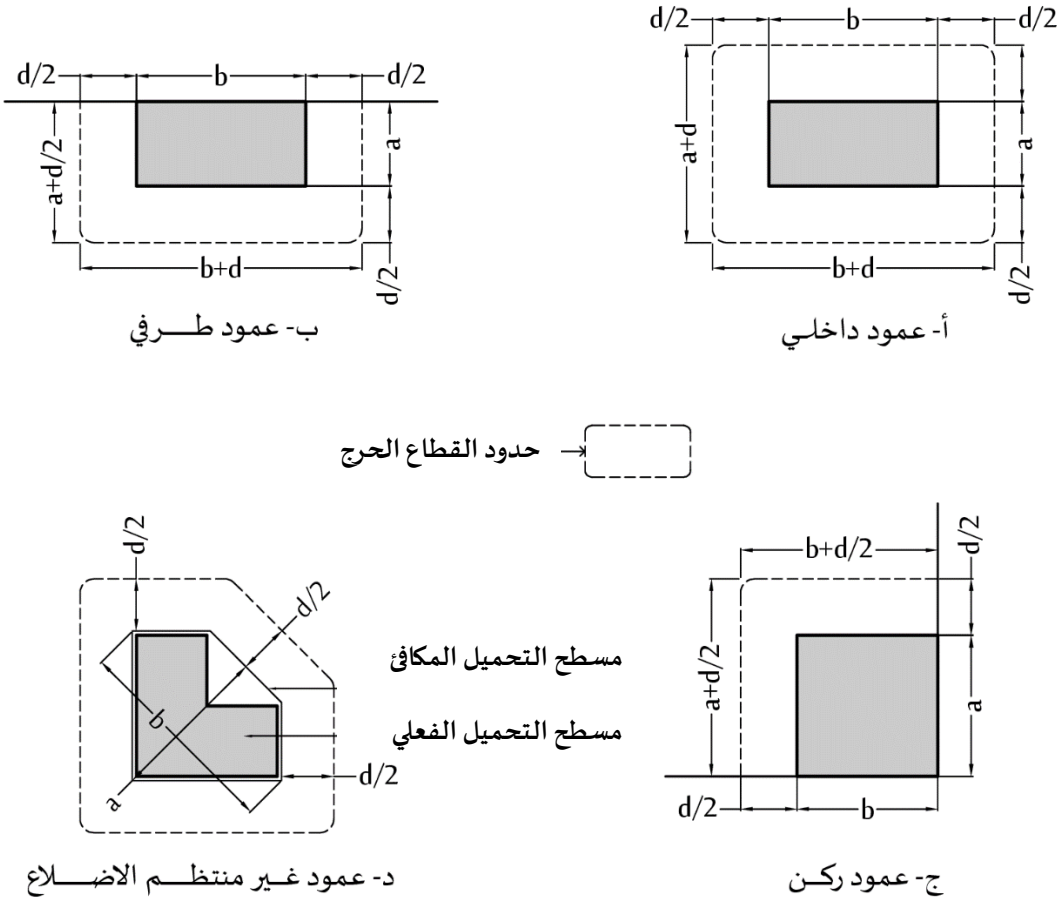
كما يجب عند حساب إجهاد القص الثاقب أخذ تأثير العزوم المنقولة من البلاطات اللاكمرية إلى الأعمدة وذلك طبقاً للبند (٦-٢-٥-٧).

٢. **القطاعات الحرجة:**

أ. في حالة عدم إستخدام 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.



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 سمك البلاطة والقاعدة اللازمة في الحالات التي يتم فيها مقاومة القص الثاقب بواسطة الخرسانة فقط وبدون مشاركة من صلب التسليح وفقا للعلاقة التالية:

$$q_{cup(uncracked)} \geq q_{up} \qquad \text{Eq.[4-45]}$$

تؤخذ مقاومة الخرسانة الاعتبارية للقص الثاقب القيمة الأصغر من الآتي:

$$q_{cup}(uncracked) = 0.8\left(\frac{\alpha . d}{b_o} + 0.2\right)\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad \text{Eq.[4-46-a]}$$

$$q_{cup}(uncracked) = 0.316\left[0.5 + \left(\frac{a}{b}\right)\right]\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad \text{Eq.[4-46-b]}$$

حيث a، b هما البعدان الأصغر والأكبر لمسطح التحميل المستطيل الشكل. أما في مسطحات التحميل الأخرى غير المستطيلة فيتم تحديد قيم a، b بعد أخذ مسطح تحميل فعال بحيث يكون محيط المسطح الفعال الناتج أقل ما يمكن ويكون البعد b هو أطول بعد لمسطح التحميل الفعال والبعد a هو أطول بعد عمودي على b من مسطح التحميل الفعال، b_o هو طول محيط القطاع الحرج، d هو عمق البلاطة الفعال كما هو مبين في شكل (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:

$$q_{cup}(uncracked) \leq 0.316\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} \qquad \text{Eq.[4-46-c]}$$

وبحد 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:

$$q_{up}(cracked) = 0.12\sqrt{\frac{f_{cu}}{\gamma_c}} + q_{sup} \leq q_{up-max} \qquad \text{Eq.[4-47-a]}$$

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

$$q_{sup} = \frac{A_{st} f_y}{s b_o \gamma_s} \qquad \text{Eq.[4-47-b]}$$

حيث:

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

على أن يؤخذ اجهاد خضوع صلب التسليح المقاوم للقص الثاقب بما لا يزيد عن ٣٥٠ ن/ مم^{٢}.

- 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

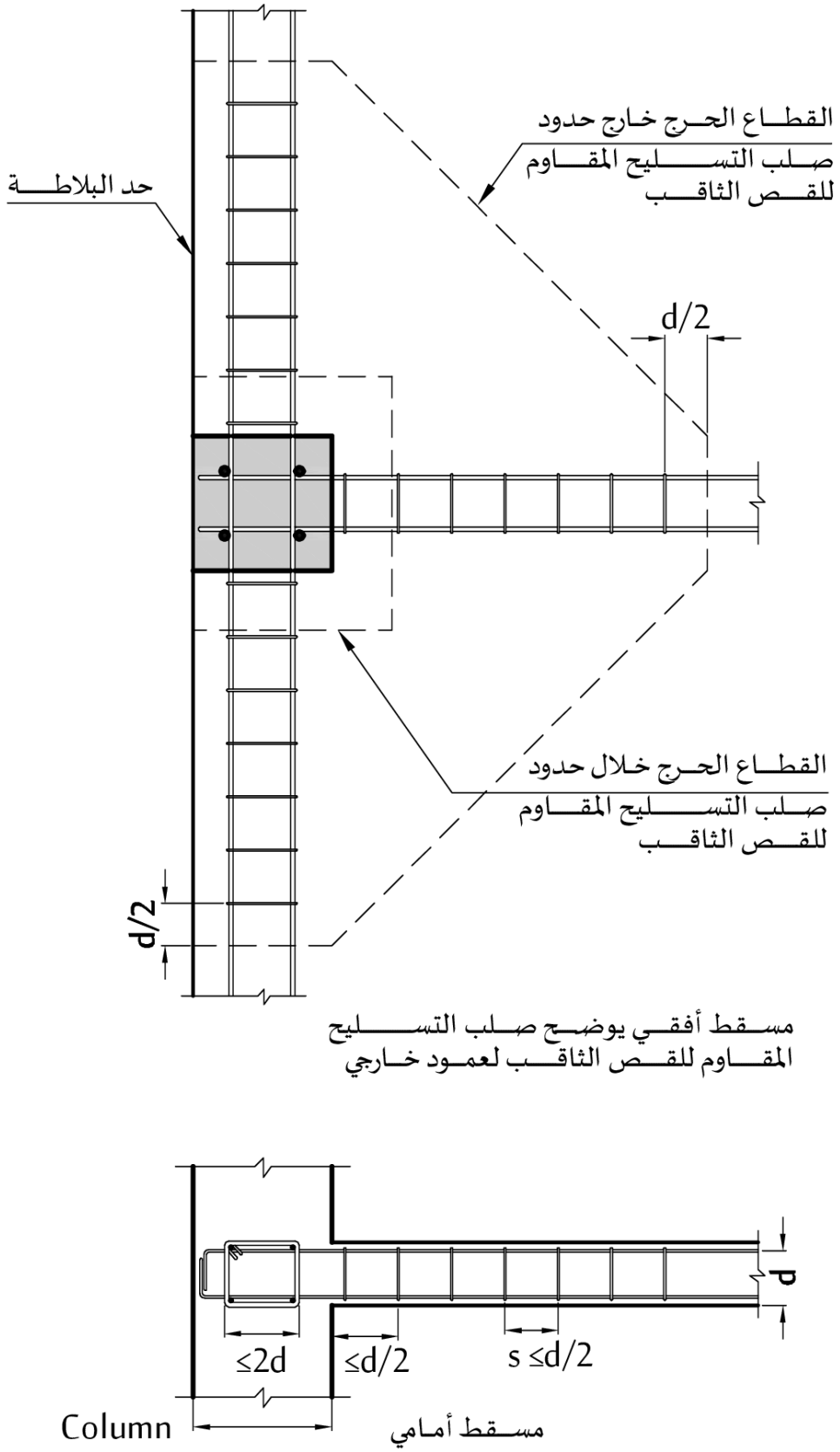
أ. يجب ان يمتد التسليح السفلى لجميع انواع البلاطات المسطحة وفقا للتفاصيل المبينة في شكل (٤-١٥-أ) والذي يشترط ان يتم تثبيت كافة الاسياخ المتداخلة مع العمود في نطاق الأعمدة الداخلية تثبيتا كاملا وكذلك عند نهايتي البلاطة تثبيتاً كاملاً وذلك وفقا للبند (٤-٢-٥-١) وينطبق ذلك على جميع البلاطات المسطحه بما فى 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:

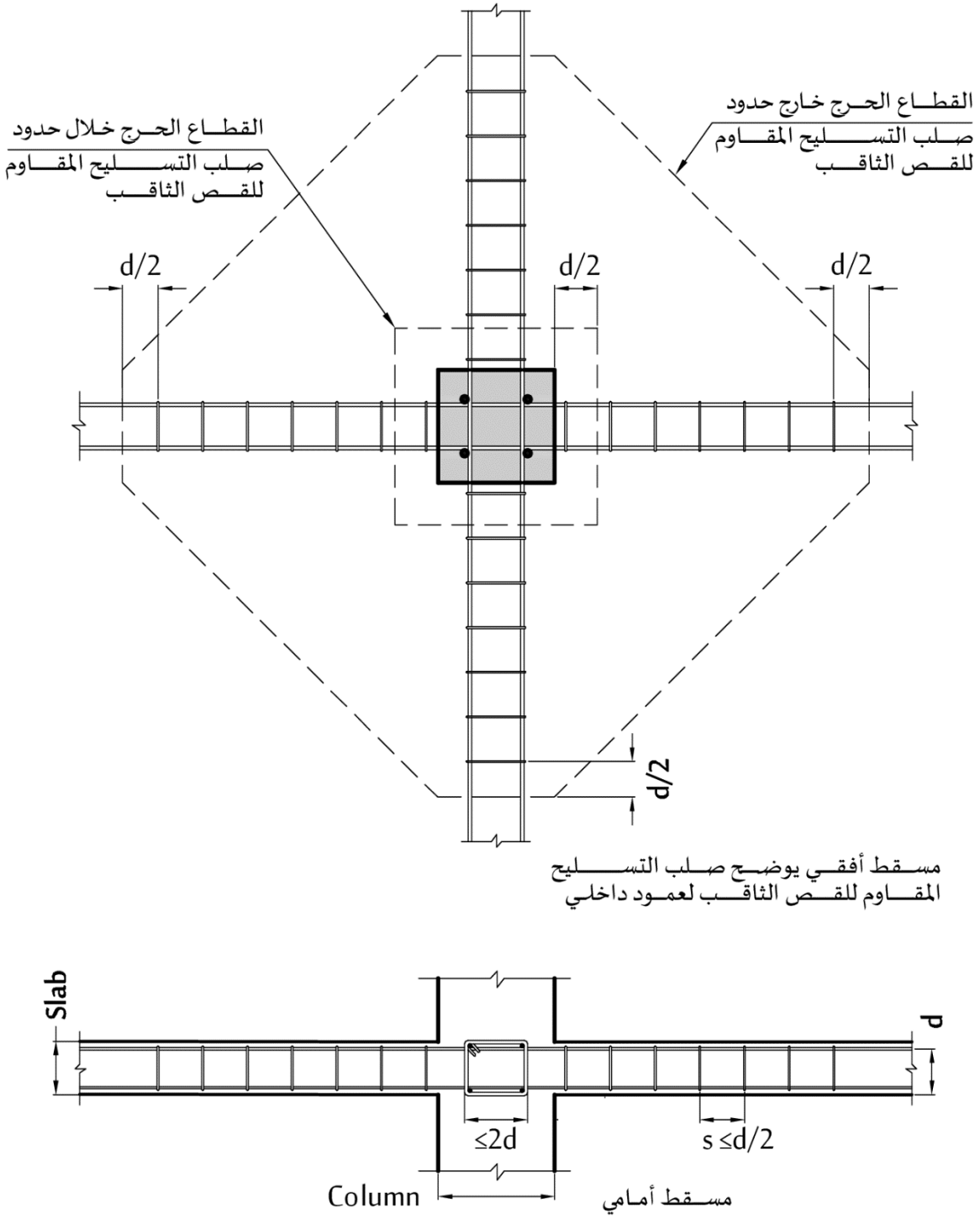
١. يمكن التقليل من التأثيرات السلبية للحرارة على مقاومة الخرسانة للقص الثاقب وذلك بتقليل المسافات بين فواصل التمدد مع التأكد من استيفاء متطلبات البند (٩-٦-٨).

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.

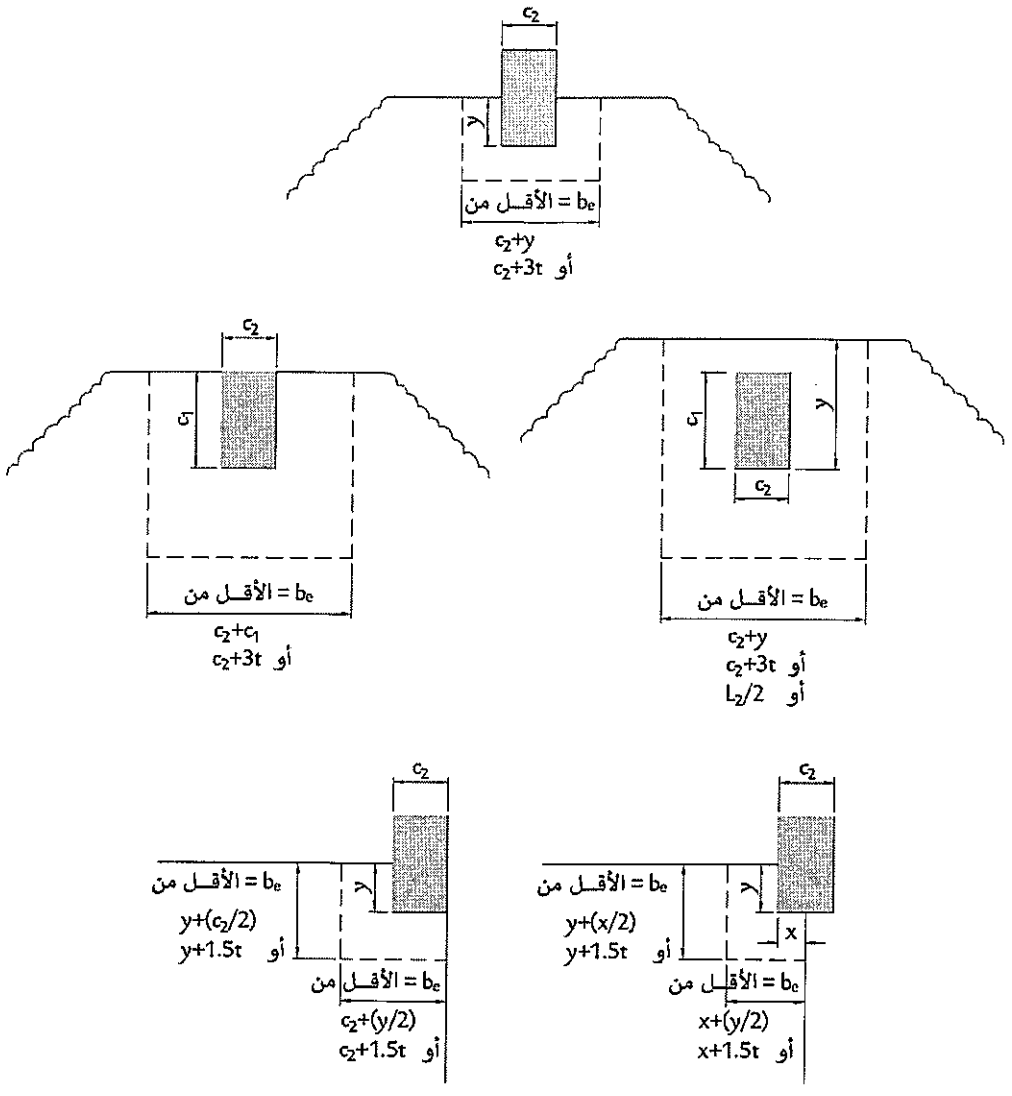


شكل رقم (٤-١٤-أ) صلب التسليح المقاوم للقص الثاقب لعمود الخارجي



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

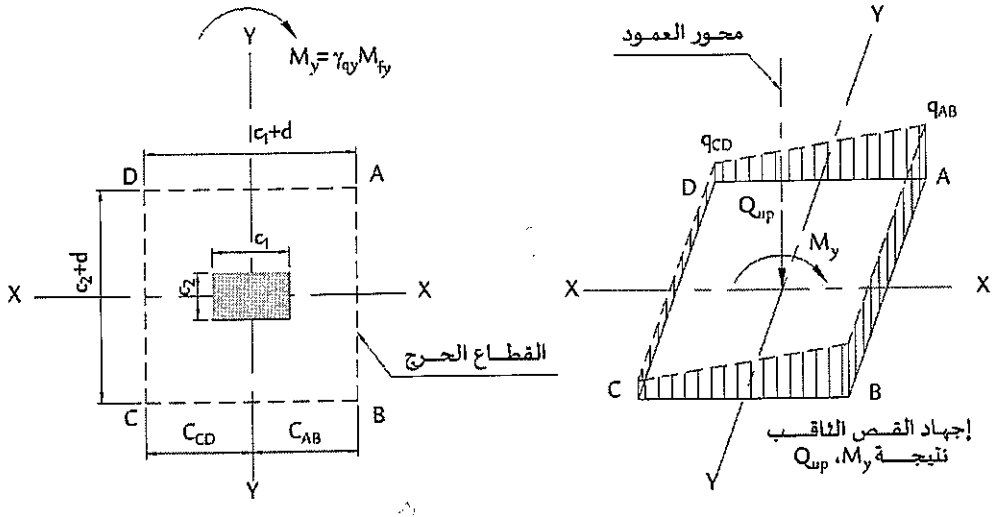
شكل (٤-١٤-أ، ب) القطاعات الحرجة للقص الثاقب في حالة استخدام صلب تسليح القص الثاقب



شكل (٦-١٣) عرض الشريحة be الناقلة لعزوم الانحناء للحالات المختلفة

١. بالنسبة للأعمدة الداخلية شكل (٦-١٤) تكون قيمة J_{cy} كالآتي:

$$J_{cy} = d\left(\frac{(c_1+d)^3}{6}\right) + d^3\left(\frac{c_1+d}{6}\right) + \frac{d\left((c_1+d)^2\,(c_2+d)\right)}{2} \qquad \text{Eq. [6-23]}$$



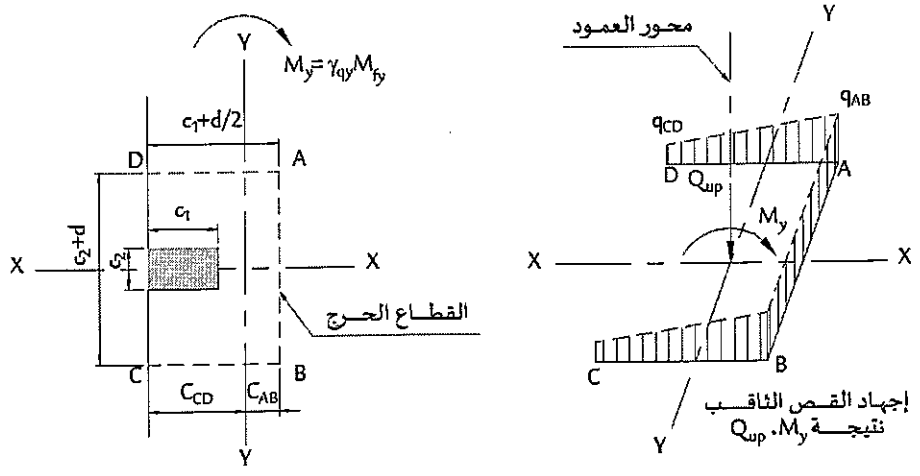
شكل (٦-١٤) توزيع إجهادات القص الثاقب (عمود داخلي)

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 (٦-٢-٥-٧) والخاص بنقل العزوم السالبة من البلاطات إلى الأعمدة في الحالات التالية:

أ. للأعمدة الداخلية في حالة توافر كل من الشرطين:

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 يلي:

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