

## 5.6 متطلبات الكود لتصميم اللي :- ACI CODE PROVISIONS

وهي كما يلي (ACI 11.6.3.5)

أ- يتطلب الكود أن يكون عزم اللي التصميمي أقل أو يساوي مقاومة اللي التصميمية :-

$$T_u \leq \phi T_n \dots \dots \dots (22.6)$$

حيث  $\phi$  = معامل خفض المقاومة = 0.75

$T_u$  = عزم اللي التصميمي وهو العزم المحسوب لحالة الأحمال القصوى

(Factored Loads)

$T_n$  = مقاومة اللي الاسمية

ويتم حساب  $T_n$  من المعادلة (13.6) على أن يعوض عن  $(A_{oh})$  بالقيمة  $(A_o)$  واعتبار

$$\phi = (45)$$

$$T_n = \frac{2A_o A_t f_{yv}}{s} \dots \dots \dots (23.6)$$

$A_o$  = المساحة الفعالة داخل سريان القص =  $0.85 A_{oh}$

وحسب الكود (ACI 11.6.2.4) فإن المقاطع بين وجه المسند ومسافة (d) من وجه المسند تصمم لنفس عزم اللي  $(T_u)$  المحسوب على بعد (d) من وجه المسند . أي أن المقطع الحرج للي يكون على بعد (d) من وجه المسند وهو نفس المقطع الحرج لقوة القص . عند وجود عزم لي بين المسافة (d) ووجه المسند فإن المقطع الحرج يكون عند وجه المسند .

ب:- للعتبات على شكل (T) فإن جزء الجناح الذي يؤخذ بنظر الاعتبار يكون مساوياً إلى القيمة الأقل من (1) ارتفاع العتبة أعلى أو أسفل البلاطة (2) أربعة مرات بقدر سمك البلاطة.

المساحة  $(A_{cp})$  للعتبات الصندوقية تساوي المساحة المحددة بالمحيط الخارجي للمقطع وبعد

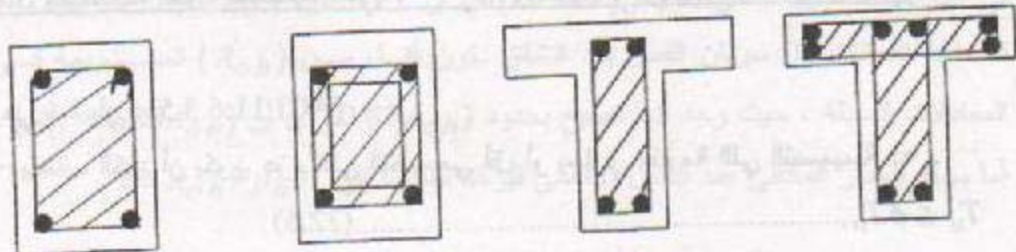
التشقق فإن المساحة التي تقاوم اللي  $A_{oh}$  هي المحددة بمراكز الاتساري والشكل (6.6)

يوضح المساحة  $A_{oh}$  للعتبات المستطيلة والصندوقية والتي على شكل (T).

ج:- يتم إهمال تسليح اللي إذا تحقق الشرط التالي (ACI 11.6.1) :-

$$T_u \leq \frac{\phi}{12} \sqrt{f'_c} (A_{cp}^2 / P_{cp}) \dots \dots \dots (24.6)$$

والقيمة أعلاه تساوي  $(T_{cr} / 4)$



شكل (6.6)

تعريف (A<sub>ch</sub>) لمقاطع مختلفة

د- في حالة عزم التوافق فإن عزم اللي الأقصى الذي يمكن تسليطه على العتبة  
 :- (ACI 11.6.2.2)

$$T_u = \frac{\phi}{3} \sqrt{f'_c} (A_{cp} / P_{cp}) \dots \dots \dots (25.6)$$

إن القيمة أعلاه تساوي عزم التشقق (T<sub>cr</sub>) ويعود ذلك إلى إعادة توزيع القوى والعزوم بعد تشقق العتبة. فإذا كان العزم الناتج عن التحليل أكبر من القيمة أعلاه فإن الفرق يجب أن يعاد توزيعه بالنسبة للعضو الساند وتصحح قوى القص وعزوم الانحناء تبعاً لذلك.

هـ : الحد الأعلى لإجهادات القص :-

يضع الكود (ACI 11.6.3) حداً أعلى لإجهادات القص الناتجة عن اللي والقص يجب عدم تجاوزه وذلك لتقليل الشقوق وتحديد عرضها. فللمقاطع الصندوقية فإن :-

$$v_{max} \leq \phi \left( \frac{V_c}{b_w d} + \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} \right) \dots \dots \dots (26.6)$$

وبالتعويض عن إجهادات القص من المعادلة (20.6) فإن :-

$$\frac{V_u}{b_w d} + \frac{T_u P_h}{1.7 A_{ch}^2} \leq \phi \left( \frac{V_c}{b_w d} + \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} \right)$$

وإذا عوضنا عن (φ = 0.75) و (V<sub>c</sub> = 1/6 √f'<sub>c</sub> b<sub>w</sub> d) في المعادلة أعلاه فإنها تصبح :-

$$\frac{V_u}{b_w d} + \frac{T_u P_h}{1.7 A_{ch}^2} \leq 0.63 \sqrt{f'_c} \dots \dots \dots (27.6)$$

أما للمقاطع الصلدة (غير المجوفة) فيمكن استنتاج المعادلة التالية :-

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1.7 A_{ch}^2}\right)^2} \leq 0.63 \sqrt{f'_c} \dots \dots \dots (28.6)$$

وفي حالة عدم تحقق المعادلة (27.6) أو (28.6) يجب زيادة إبعاد المقطع أو زيادة مقاومة الخرسانة .

### 6.6 تسليح اللي Torsion Reinforcement

من المعادلة (23.6) يمكن حساب مساحة ساق واحدة من اتاري اللي وكما يلي :-

$$A_t = \frac{T_u s}{2 A_o f_{yv}} = \frac{T_u s}{2 \phi A_o f_{yv}} \dots \dots \dots (29.6)$$

حيث  $A_o = 0.85 A_{ch}$

وعند تداخل اللي والقص فإن مساحة ساقى العتية تكون كما يلي :-

$$A_{vt} = A_v + 2 A_t \dots \dots \dots (30.6)$$

إن المسافة العظمى للاتاري المستخدمة لمقاومة اللي يجب أن لا تزيد عن  $\left(\frac{P_h}{8}\right)$  أو

(300 mm) أيهما أقل أي أن :-

$$s_{max} \leq \begin{cases} P_h / 8 \\ 300 \text{ mm} \end{cases} \dots \dots \dots (31.6)$$

والعتبات التي تتعرض لقوة قص وعزم لي فإن مسافة حديد التسليح القصوى

$$s_{max} \leq \begin{cases} d/4 & \text{عندما تكون } V_s > 2V_c \\ d/2 & \text{عندما تكون } V_s \leq 2V_c \end{cases} \dots \dots \dots (32.6)$$

بالإضافة إلى إن حداً أدنى من حديد التسليح يجب توفره وهو يساوي :-

$$A_{vt} = \frac{1}{16} \sqrt{f'_c} \frac{b_w s}{f_y} \geq \frac{b_w s}{3 f_y}$$

وهذا يعني أن :-

$$s_{max} \leq \left\{ \begin{array}{l} \frac{16 A_{vt} f_y}{\sqrt{f'_c} b_w} \\ \frac{3 A_{vt} f_y}{b_w} \end{array} \right\} \dots \dots \dots (33.6)$$

بالنسبة لحديد التسليح الطولي يتم إيجاده من المعادلة (17.6) على إن  $(\frac{A_f}{s})$  تؤخذ على أنها القيمة المحسوبة من المعادلة (29.6) بدون تعديلها حسب متطلبات المسافة العظمى .  
ولقد وجد تجريبياً أن  $(A_f)$  يجب أن لا تقل عن (ACI 11.6.5.3):-

$$A_{f \min} = \frac{5 \sqrt{f'_c} A_{cp}}{12 f_{yl}} - \left(\frac{A_f}{s}\right) P_h \frac{f_{yv}}{f_{yl}} \dots \dots \dots (34.6)$$

حيث أن  $(\frac{A_f}{s})$  يجب أن تحقق الشرط  $\frac{A_f}{s} \geq \frac{b_w}{6 f_{yv}}$

بلاضافة الى ذلك فان المسافة بين قضبان الحديد الطولي يجب أن لا تزيد عن (300 mm) ويجب أن تكون موزعة على المحيط وعلى الأكل يجب وضع قضيب في كل ركن ويمكن أن نضيف حديد تسليح اللي إلى حديد الأنحاء . كما أن حديد تسليح اللي يجب أن يمد مسافة  $(h_f + d)$  بعد النقطة التي لا تحتاج فيها نظرياً إلى تسليح لي وهي النقطة التي عندها  $T_u = \frac{\phi}{12} \sqrt{f'_c} (A_{cp}^2 / P_{cp})$  حيث  $(b_f)$  يساوي عرض جزء المقطع الحاوي على الأتاري

### 7.6 خطوات تصميم اللي :-

يمكن تلخيص خطوات تصميم اللي بما يلي :-

1- حدد هل إن  $T_u \leq \frac{\phi}{12} \sqrt{f'_c} (A_{cp}^2 / P_{cp})$

فإذا تحقق الشرط أعلاه يمكن إهمال اللي وألا نستمر بالخطوات أدناه علماً أن  $(A_{cp})$  تساوي مساحة المقطع ،  $(P_{cp})$  تساوي محيط المقطع .

2- إذا كان عزم اللي عزم توافقي فأن عزم اللي الأقصى يؤخذ مساوياً إلى :-

$$T_u = \frac{\phi}{3} \sqrt{f'_c} (A_{cp}^2 / P_{cp})$$

فإذا كانت قيمة اللي أكبر من القيمة أعلاه يتم توزيع الفرق .

3- دقق إجهادات القص المسوح بها وفقاً للمعادلات (27.6) ، (28.6) .

4- أحسب مساحة تسليح اللي وفقاً للمعادلة (29.6) ومساحة حديد تسليح القص وفقاً للمعادلة (23.5) ثم استخدم (30.6) لحساب الحديد اللازم للحالتين معاً .

5- أحسب المسافة العظمى للاتاري حسب المعادلات (31.6) إلى (33.6)

6- احسب مساحة التسليح الطولي من المعادلة (17.6) و (34.6) حيث تعتمد القيمة الاكبر من المعادلتين . وزع الحديد حسب ما موضح في الفقرة السابقة .

7- يجب مد حديد تسليح اللي مسافة  $(b_f + d')$  بعد النقطة التي لا نحتاج فيها نظرياً إلى حديد تسليح اللي بعد النقطة التي يصبح فيها  $(T_u)$  أقل من  $\frac{\phi}{12} \sqrt{f'_c} (A_{cp}^2 / P_{cp})$  .

8- توزيع تسليح القص واللي :- أول مسافة للاتاري تبعد عن المسند بقدر نصف المسافة المحسوبة عند المقطع الحرج . أما المسافة بين المقطع الحرج ووجه المسند فتسليح بنفس المسافة المحسوبة عند المقطع الحرج . نحدد النقطة التي لا نحتاج بعدها إلى تسليح قص ولي ويمكن تغيير المسافات البيئية للاتاري بين المقطع الحرج وهذه النقطة باختيار نقاط بينهما وحساب  $(T_u)$  و  $(V_u)$  ومن ثم حساب المسافات كما في الخطوة (4) أعلاه على أن لا تتجاوز المسافات البيئية القيمة العظمى  $(s_{max})$  .