

# المحاضرة العشرون

## 5.5 تصميم القص للعتبات Shear Design of Beams

يمكن توضيح تصميم القص للعتبات من خلال النقاط التالية :-

### أ - الحد الأدنى لتسليح القص Minimum Shear Reinforcement

نظرياً لا تحتاج إلى تسليح قص عندما تكون القوة التصميمية للقص أقل من مقاومة الخرسانة التصميمية أي عندما:

$$V_u \leq \phi V_c$$

وتستخدم المعادلة (12.5) لحساب مقاومة الخرسانة للقص.

ولكن حتى في هذه الحالة فإن الكود يتطلب تسليح العتبة لمقاومة القص بالحد الأدنى من حديد تسليح القص عندما تزيد قوة القص التصميمية على  $(\frac{\phi V_c}{2})$  والحد الأدنى لتسليح القص حسب الكود (ACI- 11.5.5.3) هو :-

$$A_v = \frac{1}{16} \sqrt{f'_c} \frac{b_w s}{f_y} \geq \frac{b_w s}{3 f_y} \dots \dots \dots (20.5)$$

حيث :-

s = المسافة بين الأتاري .

$A_v$  = ضعف مساحة القضيب =  $2A_b$  .

ولتوفير الحد الأدنى من الحديد (عند اختيار قطر قضيب الأثرية) فإن المسافة العظمى بين الأتاري تكون :-

$$s_{max} \leq \left\{ \begin{array}{l} \frac{16A_v f_y}{\sqrt{f'_c} b_w} \\ \frac{3A_v f_y}{b_w} \end{array} \right\} \dots \dots \dots (21.5)$$

ويسمح الكود بإهمال حديد التسليح عندما تكون قوة القص التصميمية أقل أو تساوي نصف مقاومة الخرسانة التصميمية أي عندما (ACI 11.5.5.1) :-

$$V_u \leq \phi V_c / 2 \dots \dots \dots (22.5)$$

إن توفير الحد الأدنى لحديد القص أعلاه لايشمل :-

1- البلاطات (slabs) .

2- الأسس (footing) .

3- المقوف المضلعة (Ribbed or Joist floors) .

4-العتبات التي لا يزيد عمقها الكلي عن القيمة الأكبر من (250 mm) أو (2.5) بقدر سمك الجناح ( $h_f$ ) أو نصف عرض الجذع ( $b_w/2$ ).

حيث يتم إهمال تسليح القص في هذه الحالة عندما ( $V_u \leq \phi V_c$ ) وعادة يتم توفير مقطع خرساني للحالات أعلاه بحيث لا يحتاج إلى تسليح قص.

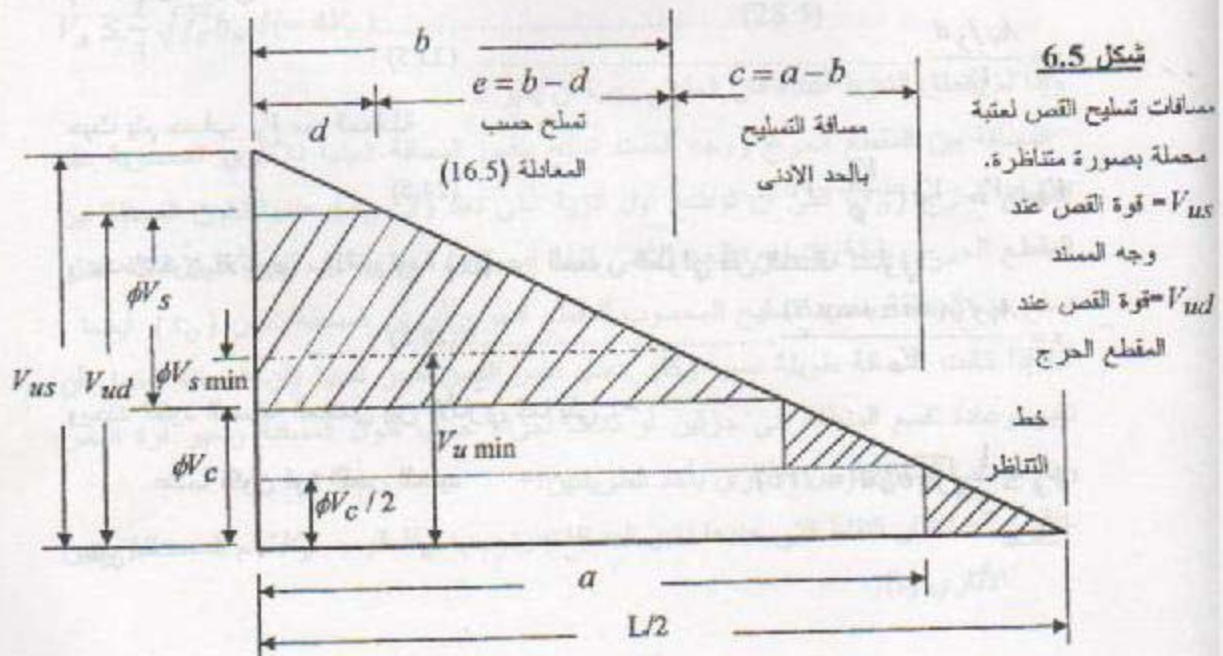
### ب - منطقة تسليح القص Region of Web Reinforcement

عندما تكون قوة القص التصميمية عند المقطع الحرج ( $V_{ud}$ ) أقل أو تساوي ( $\phi V_c/2$ ) فلذاي تسليح القص ، أما عندما تكون أكبر من ( $\phi V_c/2$ ) وأقل أو تساوي ( $\phi V_c$ ) فالعتبة تسليح بالحد الأدنى من حديد القص للمسافة من وجه المسند حتى النقطة التي عندها تكون قوة القص التصميمية مساوية إلى ( $\phi V_c/2$ ).

أما إذا كانت قوة القص التصميمية عند المقطع الحرج أكبر من ( $\phi V_c$ ) فإن هناك ثلاث مناطق لتسليح القص (لاحظ الشكل 6.5 الخاص بعتبة محمله بصورة منقظمة) وهي :-

1-المسافة من المقطع الحرج حتى وجه المسند وتسليح بنفس كمية الحديد المحسوبة للمقطع الحرج أي بنفس المسافة البيئية للأثاري المحسوبة عند المقطع الحرج والتي سنرمز لها ( $s_o$ ) علماً أن أول أثرية توضع على بعد ( $s_o/2$ ).

2-المسافة من نقطة التسليح بالحد الأدنى (b) إلى المقطع الحرج وسنرمز لها (c) وتسليح حسب المعادلة (16.5) . والحد الأدنى يعني أن المسافة بين الأثاري هي المسافة العظمى



( $s_{max}$ ) ويتم تحديد المسافة (b) بحساب المقاومة الدنيا لحديد التسليح (أي عندما  $s = s_{max}$ ) من المعادلة :

$$V_{s \min} = \frac{A_v f_y d}{s_{max}}$$

ثم نحسب مقاومة القص التصميمية الدنيا للعتبة المسلحة ضد القص من المعادلة :-

$$V_{u \min} = \phi V_{s \min} + \phi V_c$$

ومن تناسب المتثلثات أو توازن القوى يمكن حساب المسافة (b) والتي عندها تكون قوة

القص التصميمية مساوية إلى  $V_{u \min}$

3- المسافة من النقطة التي لا تحتاج فيها إلى تسليح قص (على بعد a من وجه المسند) إلى

نقطة التسليح بالحد الأدنى وسنرمز لها بالرمز (c) ويتم تسليحها بالحد الأدنى ( $s = s_{max}$ ).

ومن توازن القوى أو تناسب المتثلثات يمكن حساب المسافة (a) والتي عندها تكون قوة

القص التصميمية مساوية إلى ( $\phi V_c / 2$ ). أما المسافة بين النقطة (a) والنقطة التي عندها قوة

القص تساوي صفر فإن حديد تسليح القص فيها يكون غير مطلوب .

### ج- تصميم حديد القص Design of Web Reinforcement

عندما تكون قوة القص التصميمية عند المقطع الحرج اكبر من مقاومة الخرسانة التصميمية

( $\phi V_c$ ) فإن التصميم يكون باختيار قضبان الأتاري وإيجاد المسافة بينها باستخدام المعادلة

(16.5) وكما يلي :-

$$s = \frac{A_v f_y d}{V_s} \quad (23.5)$$

حيث يتم حساب  $V_s$  من المعادلة

$$V_s = V_u - V_c = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (24.5)$$

وعندما تكون الأتاري مائلة بزواوية ( $\alpha$ ) عن المحور الطولي فإن المسافة تساوي :-

$$s = \frac{A_v f_y (\sin \alpha + \cos \alpha)}{V_s} \quad (25.5)$$

ويحدد الكود المسافة العظمى بين الأتاري كما يلي :-

$$V_s \leq \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} b_w d (= 2V_c)$$

عندما تكون قوة القص للحديد

فإن :-

$$s_{\max} \leq \begin{cases} d/2 \\ 600\text{mm} \\ \frac{3A_v f_y}{b w} \dots\dots\dots(26.5) \\ \frac{16A_v f_y}{\sqrt{f'_c} b w} \end{cases}$$

أما عندما تكون قوة القص للحديد  $V_s > \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} b_w d = (2V_c)$

فإن:-

$$s_{\max} \leq \begin{cases} d/4 \\ 300\text{mm} \\ \frac{3A_v f_y}{b w} \dots\dots\dots(27.5) \\ \frac{16A_v f_y}{\sqrt{f'_c} b w} \end{cases}$$

علماً أن الكود (ACI - 11.5.6.9) لا يسمح بأن تكون قوة القص للحديد أكبر من  $\left(\frac{2}{3} \sqrt{f'_c} b d\right)$  أي أن:-

$$V_s \leq \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} b_w d (= 4V_c) \dots\dots\dots(28.5)$$

وإذا لم يتحقق الشرط أعلاه فإن المقطع يجب أن يغير .

المسافة بين المقطع الحرج ووجه المسند تسطح بنفس المسافة البيئية للأتاري المحسوبة عند المقطع الحرج ( $s_o$ ) على أن توضع أول أتربة على بعد  $(s_o/2)$  وعندما تكون المسافة بين المقطع الحرج ونقطة التسليح بالحد الأدنى قليلة أو يكون معدل تغير القص قليلاً فإننا عملياً نسلح هذه المنطقة بنفس التسليح المحسوب للمقطع الحرج أي أن المسافة تكون  $(s_o)$  أيضاً . أما إذا كانت المسافة طويلة نسبياً وكان معدل تغير القص كبير نسبياً فإن المسافة يفضل أن تغير وعادة تقسم المنطقة إلى جزئين أو ثلاث أجزاء حسب طول المسافة وتغير قوة القص ويتم حساب المسافات بين الأتاري بأحد الطريقتين:-

الأولى :- نختار النقاط التي عندها تغير المسافات ونحسب  $V_u$  ثم  $V_s$  ثم المسافة بين الأتاري (s).

الثانية :- نختار المسافة بين الأتاري ونجد  $V_u$  ومن التناسب أو توازن القوى نجد البعد عن وجه المسند الذي يقابل هذه المسافة البيئية .