

### القص والشد القطري

### Shear and Diagonal Tension

#### 1.5 مقدمة :

تسلح الخرسانة عادة لمقاومة إجهادات الشد وذلك لأن مقاومتها للشد ضعيفة إذ يتم وضع حديد تسليح طولي لمقاومة إجهادات الشد الناتجة عن الانحناء . بالإضافة إلى إجهادات الشد الناتجة عن الانحناء هناك نوعاً آخر من إجهادات الشد وهو إجهادات الشد الناتجة عن قوى القص وتكون مائلة قرب المساند بزاوية (45) مسببة شقوق متعامدة عليها ، أما في باقي نقاط العتية فتتداخل هذه الإجهادات مع إجهادات الانحناء ويكون ميلها بزوايا مختلفة حسب موقعها وحسب نسبة القص إلى الانحناء وتسمى هذه الإجهادات إجهادات الشد القطري (Diagonal Tension).

ولمنع الفشل الذي تحدثه هذه الإجهادات نضع حديد تسليح إضافي لمقاومتها . إن أحد الطرق لمقاومة هذه الشقوق هو وضع حديد تسليح عمودي عليها . وعلى الرغم من أن هذه الطريقة قد تطبق أحياناً إلا أن المتبع والمفضل عملياً هو وضع تسليح على شكل (L) عمودي على المحور الطولي عند المواضع التي تتطلب مقاومة الشد القطري ، وعند كون إجهادات الشد القطري عالية فإننا نضع قضبان على شكل (L) وتسمى قضبان التسليح أعلاه بالأثاري\* (Stirrups).

وللاعتبارات العملية فإن مقدار إجهادات القص هو مقياس لإجهادات الشد القطري ، واستناداً إلى هذا الافتراض فإننا سنستخدم مصطلح إجهادات القص على الرغم من أننا في الحقيقة نقصد إجهادات الشد القطري .

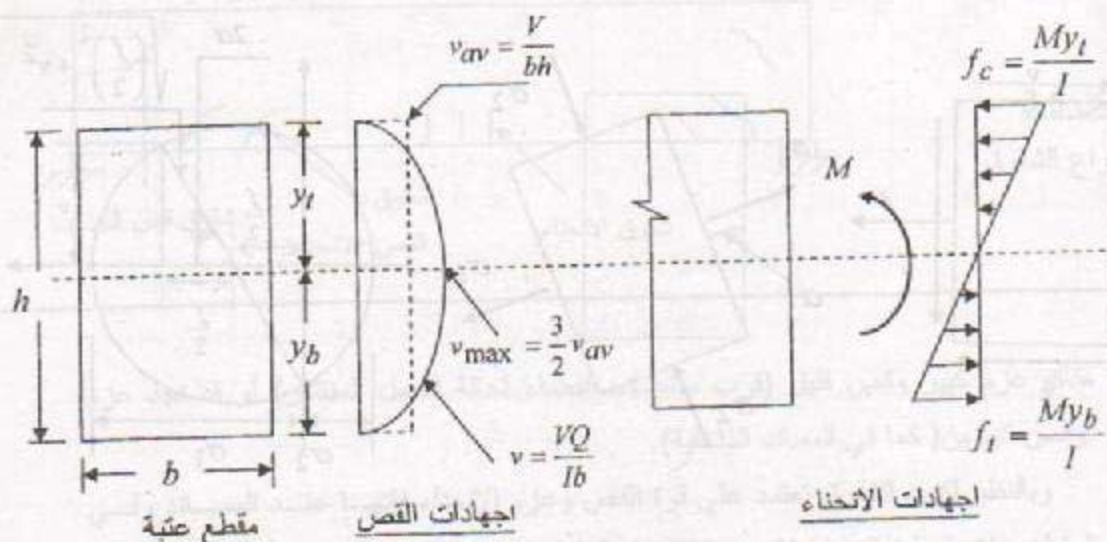
#### 2.5 مفهوم إجهادات الشد القطري:

تنتج إجهادات الشد القطري عن إجهادات القص وإجهادات القص والانحناء . إن الشد والقص لعتية ذات مادة متجانسة هي (لاحظ الشكل 1.5):-

$$v = \frac{VQ}{Ib} \dots\dots\dots(1.5)$$

$$f = \frac{My}{I} \dots\dots\dots(2.5)$$

\* تسمى في بعض البلدان الكانات وتسمى في بلدان أخرى التركائب .



معدل إجهادات القص =  $v_{av}$

إجهادات الانضغاط =  $f_c$

إجهادات القص القصوى =  $v_{max}$

إجهادات الشد =  $f_t$

شكل (1.5) توزيع إجهادات القص والانحناء

حيث :-

$v$  = إجهادات القص

$V$  = قوة القص

$Q$  = عزم المساحة حول محور الحيود.

$I$  = عزم القصور الذاتي.

$b$  = عرض المقطع.

$f$  = إجهادات الانحناء.

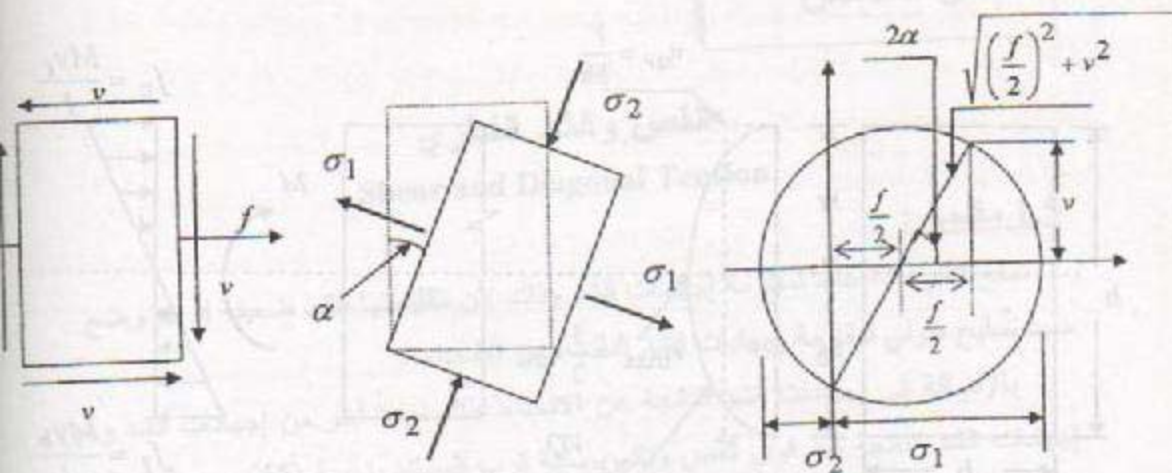
$M$  = عزم الانحناء.

$y$  = البعد عن محور الحيود.

ولأن الخرسانة المسلحة ليست مادة متجانسة فإن المعادلة (1.5) لا يمكن اعتمادها، وبدلاً منها فإن إجهادات القص للعتبات الخرسانية تؤخذ مساوية للمعدل وحسب المعادلة التالية :-

$$v = \frac{V}{bd} \dots \dots \dots (3.5)$$

وباستخدام مبادئ ميكانيك المواد ( دائرة مور ) فإن الإجهادات الرئيسية الناتجة عن القص والانحناء ( لاحظ شكل 2.5 ) تساوي :-



شكل (2.5) : علاقة إجهادات الشد القطري بإجهادات القص والانحناء

$\sigma_1$  - أعظم إجهاد شد  $\sigma_2$  = أعظم إجهاد انضغاط

$$\sigma = \frac{f}{2} \pm \sqrt{\frac{f^2}{4} + v^2} \quad \dots\dots\dots(4.5)$$

$$\tan 2\alpha = 2v/f$$

من المعادلة السابقة يلاحظ أنه عند عدم وجود إجهادات انحناء كما في محور الحيويد فإن ( $\sigma = v$ ) أي أن إجهادات الشد والانضغاط الناتجة عن إجهادات القص لهذه الحالة تكون مساوية لها وبزاوية ( $\alpha = 45^\circ$ ).

إن إجهادات الشد القطري تعتمد على عاملين أساسيين هما :-

أولاً: البعد عن محور الحيويد :- عند محور الحيويد فإن إجهادات الشد القطري تعتمد على قوة القص فقط لأن إجهادات الانحناء صفرًا ويكون اتجاهها مائل بزاوية ( $45^\circ$ ) أما عند النقاط الأخرى فهي تعتمد على إجهادات الانحناء والقص ويكون ميلها أقل من ( $45^\circ$ ) وفي المعادلة (4.5) تؤخذ الإشارة الموجبة التي تعني إجهاد الشد الأعظم والذي يحدث في منطقة الشد أما بالنسبة لمنطقة الانضغاط فإن إجهادات الشد الناتجة عن القص تعادل بإجهادات الانضغاط الناتجة عن الانحناء .

ثانياً: الموقع بالنسبة للمحور الطولي للعتبة :- اعتماداً على نوع المساند وتوزيع الأحمال قد نجد عزم انحناء قليل وقص كبير (عند المساند الخارجية للعتبات بسيطة الإسناد) . وقد يكون

شكل 3.5  
أنواع الشقوق



هناك عزم كبير وقص قليل (قرب منتصف الفضاء لحالة الحمل المنتشر) أو قد نجد عزم وقص كبيرين (كما في المساند الداخلية).

وبالنظر لكون الشقوق تعتمد على قوة القص وعزم الانحناء فإنها عند المساند وفي العتبات ذات الجذع التحيف تكون مائلة بزاوية (45°) تقريباً وتتكون عند محور الحيود ثم تستمر للأسفل وتسمى شقوق قص الجذع (Web-Shear Cracks).

أما قرب منتصف الفضاءات فإن الشقوق تكون عمودية على المحور الطولي بسبب إجهادات الانحناء حيث القص قليل أو معدوم. وبين منتصف الفضاء والمساند فإن الشقوق في البداية تكون عمودية ثم تميل بسبب إجهادات الشد القطري المائلة وتسمى عندئذٍ شقوق الانحناء-القص (Flexure-Shear Cracks). أنواع الشقوق موضحة في الشكل (3.5).

### 3.5 تسليح القص للعتبات Web Reinforcement

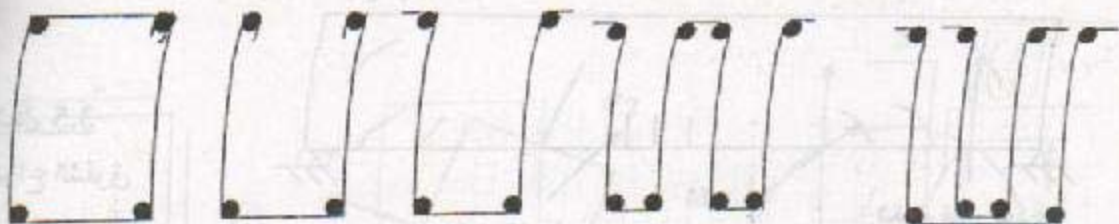
إن الأتاري العمودية هي الأكثر شيوعاً للتسليح ضد القص وقد تستعمل أتاري مائلة بزاوية بين (40°) إلى (60°). كما أن قضبان التسليح الطولية التي تحدى للأعلى عند عدم الحاجة إليها في مقاطع معينة توفر طريقة جيدة لمقاومة القص.

عندما تكون إجهادات القص واطئة أو متوسطة تكون الأتاري شكل (L). أما عندما تكون قوة القص عالية وتصبح المسافة بين الأتاري قليلة جداً تستبدل عندئذٍ بأتاري مزدوجة على شكل (LL). ومن الضروري تثبيت قضبان حديد القص في منطقة انضغاط الخرسانة فقد تعمل لها عكفات (hooks) أو تلف حول حديد الانضغاط إن وجد. والشكل (4.5) يوضح أنواع الأتاري.

### 4.4 مقاومة القص للعتبات

هناك ثلاث أجزاء تساهم في مقاومة القص (كما أوضح في الشكل 5.5) وهي :-

$$V = V_d + V_s + V_c \dots \dots \dots (5.5)$$



شكل (4.5) أنواع مختلفة من الاتاري

حيث :-

$V_d$  = مقاومة فعل المسمار الحديد الطولي (dowel force) .

$V_c$  = مقاومة الخرسانة .

$V_s$  = مقاومة تسليح القص (الاتاري) .

إن مقاومة فعل المسمار قليلة يمكن إهمالها عندئذ تصبح مقاومة القص للعتبة :-

$$V = V_s + V_c \dots \dots \dots (6.5)$$

إن مقاومة القص للخرسانة والحديد يمكن إيجادها كما يلي :-