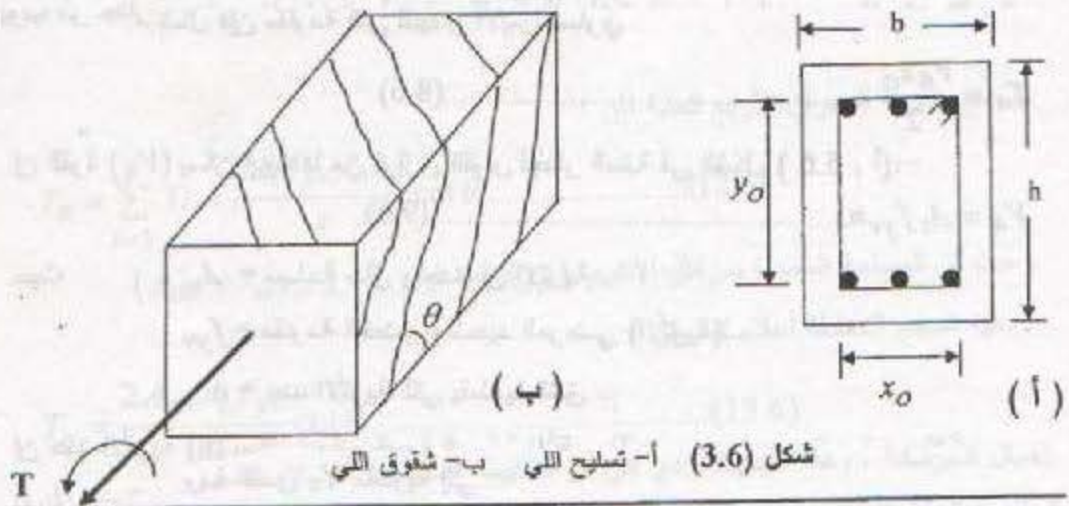


المحاضرة الرابعة والعشرون

3.6 مقاومة اللي للعتبات الخرسانية المسلحة:-

عندما يكون عزم اللي أكبر من مقاومة التشقق (T_{cr}) يجب تسليح العتبة ضد اللي . والتسليح يكون على شكل أتاري مغلقة وحديد تسليح طولي لاحظ الشكل (3.6 أ) . وعندما تكون العتبة مسلحة ضد اللي فإن المقطع يتشقق بعزم لي مساوي إلى عزم لي التشقق المحدد بالمعادلة (7.6) . والتشقق يكون على شكل حلزوني بزاوية (θ) مع المحور الطولي تتراوح بين (30°) إلى (60°) لاحظ الشكل (3.6 ب) .

من التجارب فإن المساحة المحاطة بسريان القص للعتبات المسلحة تُحدد بالإبعاد (x_o) و (y_o) حيث (x_o) تساوي البعد بين مركزي الأتارية للاتجاه التصير و (y_o) تساوي البعد

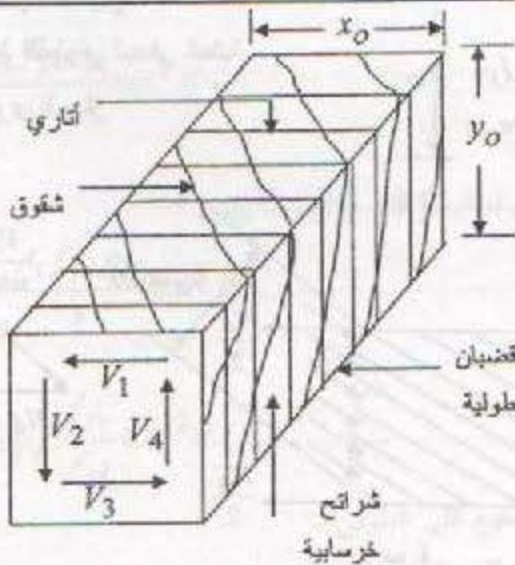


بين مركزي الأتارية للاتجاه الطويل. وبذا تكون المساحة المحاطة بسريان القص

$$A_{oh} = x_o y_o$$

بينما محيط سريان القص يساوي $P_h = 2(x_o + y_o)$

إن تحليل مقاومة اللي للعتبات المسلحة يكون باستخدام نموذج الجملون الفضائي (Space-truss analogy) تمثل فيه القضبان العليا والسفلى الحديد الطولي للعتبة . أما القضبان العمودية فتتمثل الأتاري ، بينما تمثل القضبان المائلة الخرسانة المعرضة للانضغاط بين التشقوق. والنموذج موضح في الشكل (4.6) . في هذا النموذج يتم تمثيل المقطع الخرساني على



شكل (4.6)
نموذج الجملون
الفضائي

انه أنبوب ذو جدار نحيف أيضاً ومقاومة اللي له تساوي حاصل جمع مقاومات اللي للجدران الأربعة ومن الشكل فإن مقاومة اللي للجدار الأيمن تساوي

$$T_4 = \frac{V_4 x_0}{2} \dots \dots \dots (8.6)$$

إن القوة (V_4) يمكن إيجادها من توازن القوى لجدار العتبة في الشكل (5.6 أ) :-

$$V_4 = A_t f_{yv} n \dots \dots \dots (9.6)$$

حيث A_t = مساحة ساق واحدة من الأتربة .

f_{yv} = مقاومة الخضوع للحديد العرضي (الأتربة) .

n = عدد الأتربة التي يقطعها الشق .

إن عدد الأتربة (n) يمكن إيجادها بقسمة المسقط الأفقي ($y_0 \cot \theta$) على المسافتين الأتري أي أن :-

$$n = y_0 \cot \theta / s$$

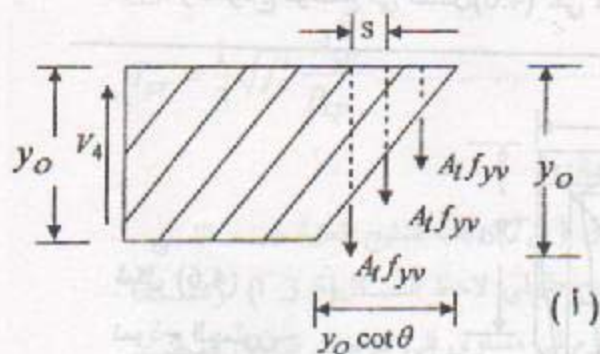
عليه تكون مقاومة القص V_4 مساوية إلى :-

$$V_4 = \frac{A_t f_{yv} y_0}{s} \cot \theta \dots \dots \dots (10.6)$$

وبتعويض (10.6) في (8.6) ينتج :-

$$T_4 = \frac{A_t f_{yv} y_0 x_0}{2s} \cot \theta \dots \dots \dots (11.6)$$

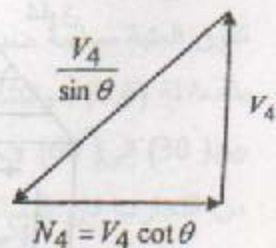
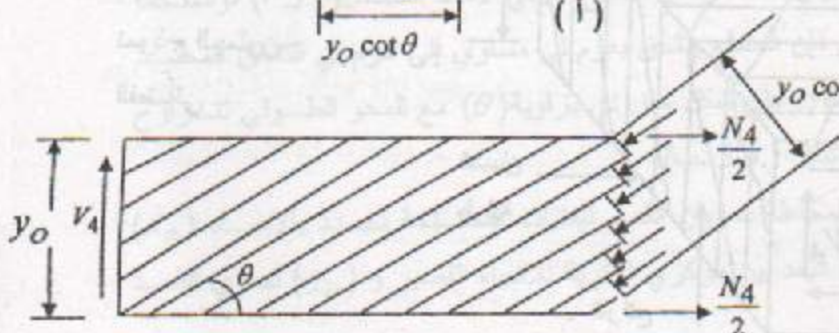
شكل (5.6)



أ- الشد العمودي للاتاري.

ب- الأنضغاط القطري لجدار العتبة.

ج- توازن القوى للجدار



(ب)

(ج)

ويجمع مقاومة الجدران الأربع للعتبة فإن :-

$$T_n = \sum_{i=1}^4 T_i = \frac{2A_t f_{yv} y_o x_o}{s} \cot \theta \dots (12.6)$$

وحيث أن المساحة المحددة بمراكز الأتاري (A_{oh}) تساوي ($A_{oh} = x_o y_o$) عليه تصبح المعادلة أعلاه كما يلي :-

$$T_n = \frac{2A_{oh} A_t f_{yv}}{s} \cot \theta \dots (13.6)$$

في المعادلة أعلاه اعتبرنا أن مقاومة اللي للمقطع تساوي مقاومة حديد تسليح القص فقط بإعمال الخرسانة ، وهذا التبسيط يؤدي إلى أن المقاومة المحسوبة أعلاه تكون أقل من المقاومة الحقيقية للمقطع . إن قوى الانضغاط على الخرسانة وكما موضح في الشكل (5.6 ب) يجب أن تقاوم بقوى شد أفقيه . وإذا أخذنا الجدار العمودي للمقطع بنظر الاعتبار فإن مقدار التغير في القوة المحورية نتيجة لعزم اللي يساوي :-

$$N_4 = V_4 \cot \theta = \frac{A_t f_{yv} y_o}{s} \cot^2 \theta \dots (14.6)$$

وبذلك تكون الزيادة في القوة المحورية للجدران الأربع مساوية إلى :-

$$N = \sum_{i=1}^4 N_i = \frac{A_t f_{yv}}{s} 2(x_o + y_o) \cot^2 \theta \dots (15.6)$$

$$\therefore N = \frac{A_t f_{yv} P_h}{s} \cot^2 \theta$$

حيث P_h = محيط الأتارية المغلقة .

وهنا يجب إضافة حديد تسليح طولي لمقاومة الشد (N) وبذا يكون :-

$$A_t f_{yl} = \frac{A_t f_{yv} P_h}{s} \cot^2 \theta \dots (16.6)$$

أو كما يلي (ACI- 11.6.3.7) :-

$$A_t = \frac{A_t}{s} p_h \frac{f_{yv}}{f_{yl}} \cot^2 \theta \dots (17.6)$$

حيث A_t = المساحة الكلية لحديد تسليح اللي الطولي .

f_{yl} = مقاومة الخضوع لحديد اللي الطولي .

في المعادلات السابقة يمكن تعويض ($\theta = 45^\circ$) أي أن $\cot \theta = 1$ ولقد وجد تجريبياً أن المساحة الفعالة داخل سريان القص بعد التشقق تكون أقل من (A_{oh}) المستخدمة في المعادلات السابقة ، حيث وجد أنها تصبح بحدود ($0.85A_{oh}$) أي أن ($A_o = 0.85A_{oh}$) . أما سمك الجدار المكافئ عند الحمل الأقصى فيؤخذ مساوياً إلى $t = A_{oh} / P_h$

4.6 تداخل اللي والقص Torsion plus Shear

يولد اللي والقص إجهادات قص تتداخل على أحد جوانب العتبة ويجب أخذ الاثنين بنظر الاعتبار عند حساب مقاومة العتبة للقص واللي . من الفصل الخامس فإن إجهادات القص الناتجة عن قوة القص تساوي :-

$$\tau_v = \frac{V}{b_w d} \quad (18.6)$$

أما إجهادات القص الناتجة عن اللي فتحسب من المعادلة (5.6) ولكن بأخذ ($A_o = 0.85A_{oh}$) و $t = A_{oh} / P_h$ وبذلك تصبح الإجهادات مساوية إلى :-

$$\tau_l = \frac{T \cdot p_h}{1.7 A_{oh}^2} \quad (19.6)$$

عليه فإن مجموع إجهادات القص الناتجة عن اللي وقوة القص تساوي :-

$$\tau = \tau_v + \tau_l = \frac{V}{b_w d} + \frac{T P_h}{1.7 A_{oh}^2} \quad (20.6)$$

في حالة المقاطع الصلدة فإن وسط العتبة يقاوم جزءاً من اللي أيضاً مؤدياً إلى كون الإجهادات القصوى أقل من المحسوبة بموجب المعادلة أعلاه وقد وجد أن إجهادات القص العظمى يمكن تحديدها بصورة أفضل بأخذ الجذر التربيعي لمربعات الحدود في المعادلة أعلاه أي أن :-

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{V}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T P_h}{1.7 A_{oh}^2}\right)^2} \quad (21.6)$$