

المحاضرة الثالثة والعشرون

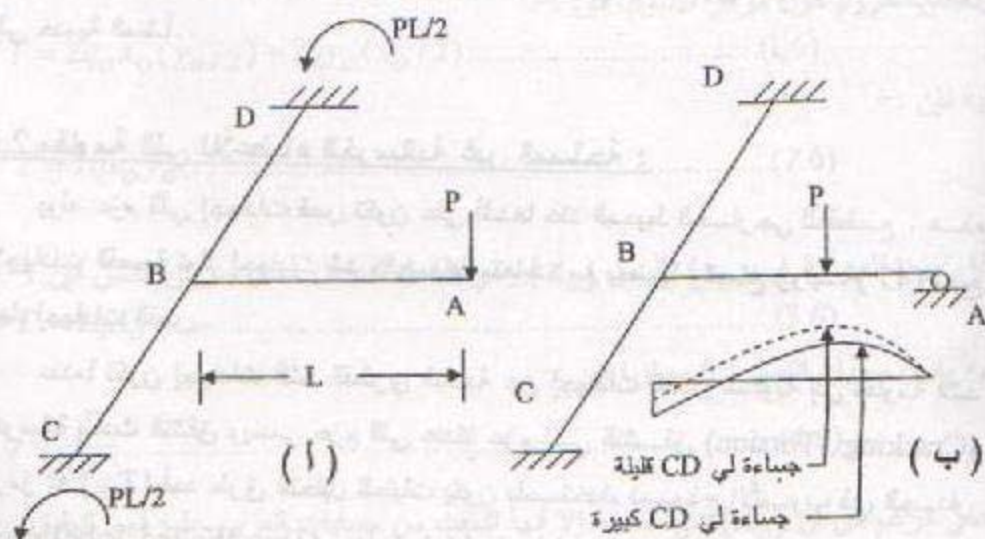
الفصل السادس

تصميم اللي : Design for Torsion

1.6 مقدمة :- بالإضافة إلى قوة القص وعزم الانحناء قد تتعرض العتبة إلى عزم حول محورها الطولي يسمى عزم اللي مؤدياً إلى إجهادات قص قد تتداخل مع إجهادات القص الناتجة عن قوة القص.

إن إجهادات القص الناتجة عن قوة القص واللي تسبب إجهادات شد حول محور مائل مع المحور الطولي للعتبة كما بينا في الفصل السابق ، قد تكون هذه الإجهادات أكبر من مقاومة الخرسانة للشد مؤدية إلى حصول تشقق في العتبة وقد تفشل العتبة بسبب هذه الإجهادات إذا لم تكن مسلحة بصورة كافية ضد القص واللي.
هناك نوعان من عزم اللي :-

أ - عزم لي التوازن Equilibrium Torsion :- وهو العزم اللازم لتوازن المنشأ ولا يمكن أن تنقل الأحمال بنونه ويمكن إيجاده باستخدام معادلات التوازن ، لاحظ الشكل (1.6 أ) . فلتوازن الجزء (AB) لابد من عزم انحناء عند (B) . هذا العزم يكون على شكل عزم لي بالنسبة للجزء (CD).



شكل 1.6

أ- عزم لي التوازن . ب- عزم لي التوافق

بالنسبة لهذا النوع من العزم يجب توفير مقاومة لي للمقطع تساوي أو أكبر منه والا يحدث الفشل . فإذا لم تكن مقاومة اللي للعتبة (CD) مساوية أو أكبر من العزم ($PL/2$) سيتم فشل المنشأ.

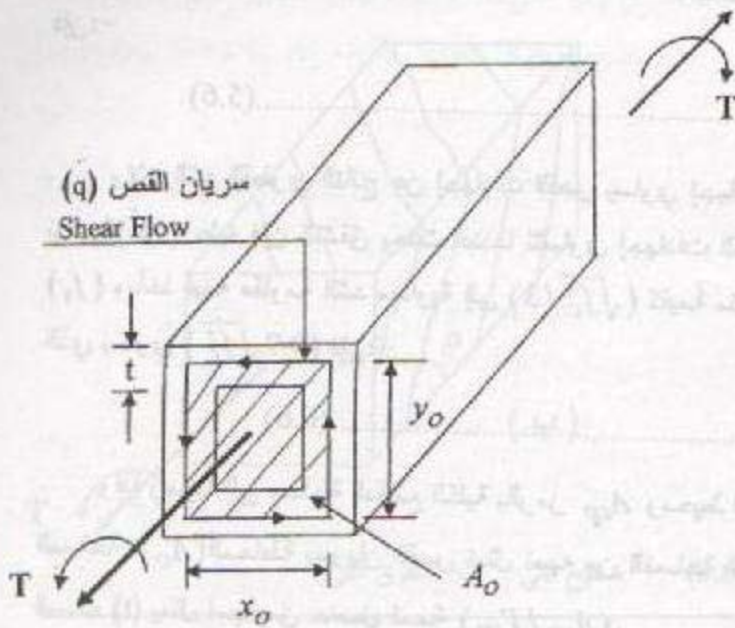
ب- عزم لي التوافق Compatibility Torsion: - وهو العزم الناتج عن توافق الازاحات للمنشأ ويحدث في المنشآت غير المحددة استاتيكيًا . ففي الشكل (1.6 ب) فإن زاوية الدوران للعضوين (AB) و (CD) يجب أن يكونا متساويتان ومساويتان لدوران المفصل (B) وهذا يؤدي إلى إن عزم انحناء الجزء (AB) يساوي مجموع عزمي اللي لجزئي العتبة . في مثل هذا النوع من المنشآت لا يحدث الفشل بسبب اللي في حال عدم توفر مقاومة لي كافية بل يعاد توزيع القوى ، فإذا كانت مقاومة اللي للجزء (CD) قليلة أو معدومة فإن الاتصال عند (B) يكون مفصلياً وتنتقل الأحمال على شكل قوتي قص عند (A) و (B) . وعلى الرغم من حصول تشققات في هذه الحالة إلا إن الفشل لا يحصل . ويعتمد ذلك على جساءة اللي للعتبة (DC) فإذا كانت كبيرة سيتولد عزم لي وإذا كانت قليلة فإن عزم اللي لجزئي للعتبة وعزم الانحناء للجزء (AB) يقلان وقد يكونا معدومين . وفي هذه الحالة لا يحدث الفشل إذا تم توفير مقاومة مناسبة للقص والانحناء لأجزاء المنشأ .

ولأن معظم المنشآت غير محددة فإن إهمال تأثير اللي عند تصميمها لا يؤدي إلى الفشل لكنه قد يؤدي إلى تشققات أكثر وبالتالي يؤثر على خدمة المنشأ . وفي بعض الحالات يصبح من الضروري أخذه بنظر الاعتبار حتى للمنشآت غير المحددة مثل الجسور المقوسة في المستوى حيث يكون عزم اللي كبيراً في هذه الحالة ويؤدي إهماله إلى تشوهات قد تؤثر كثيراً على خدمة المنشأ .

2.6 مقاومة اللي للأعضاء الخرسانية غير المسلحة :

يولد عزم اللي إجهادات قص تكون على أشدها عند المحيط الخارجي للمقطع . هذه الإجهادات القصية تولد إجهادات شد وانضغاط متعامدة مع بعضها وتصنع زاوية (45°) مع اتجاه إجهادات القص .

عندما تكون إجهادات الشد القطري الناتجة عن إجهادات القص مساوية إلى مقاومة الشد للخرسانة يحدث التشقق ويسمى عزم اللي عندئذٍ عزم لسي التشقق (Cracking Torsion) ويرمز له (T_{cr}) . أحد طرق التحليل للعتبات يكون باستخدام نموذج الأنبوب ذي الجدار النحيف (Thin-Walled Tube) وهنا يتم اعتبار إجهادات القص ثابتة على سمك محدد من



شكل (2.6)
أنبوب ذو جدار نحيف
تحت تأثير اللي

الخرسانة على المحيط الخارجي للمقطع حيث يتم معاملة المقطع على أنه أنبوب بسمك (t) كما موضح في الشكل (2.6). هذا ويتم مقاومة اللي على شكل سريان قص (q) ثابت يؤثر في مركز الأنبوب ، يعرف سريان القص بأنه قوة القص لوحدة الطول ووحداته هي وحدات قوة لكل وحدة طول .

من جمع العزوم حول مركز الأنبوب فإن :-

$$T = 2q_0 x_0 (y_0 / 2) + 2q y_0 (x_0 / 2) \dots \dots \dots (1.6)$$

عليه فإن :-

$$T = 2q x_0 y_0 \dots \dots \dots (2.6)$$

وإذا رمزنا للمساحة $(x_0 y_0)$ بالرمز (A_0) وهي المساحة داخل مسار سريان القص فإن :-

$$T = 2q A_0 \dots \dots \dots (3.6)$$

عليه يكون سريان القص (q) مساوياً إلى :-

$$q = \frac{T}{2A_0} \dots \dots \dots (4.6)$$

وعلى الرغم من أن (A_0) هي مساحة إلا أنها اشتقت من حسابات العزوم عليه فهي تنطبق للمقاطع الصلدة أو المجوفة على حد سواء.

إن إجهاد القص الناتج عن اللي يساوي حاصل قسمة سريان القص على السمك (t) عليه
فإن:-

$$\tau = \frac{q}{t} = \frac{T}{2A_0 t} \dots \dots \dots (5.6)$$

ولأن الشد القطري الناتج عن إجهادات القص يساوي إجهادات القص لكنه يميل عنها
بزاوية (45°) عليه فإن التشقق يحدث عندما تتساوى إجهادات القص (τ) مع مقاومة الشد
(f_t) وبأخذ قيمة مقاومة الشد مساوية إلى ($\sqrt{f'_c} / 3$) كقيمة متحفظة بدلاً من معامل الكسر
الذي يساوي ($0.7\sqrt{f'_c}$) فإن:-

$$T_{cr} = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} (2A_0 t) \dots \dots \dots (6.6)$$

وإذا رمزنا إلى مساحة المقطع الكلية بالرمز A_{cp} ومحيط المقطع بالرمز P_{cp} فإن
المساحة (A_0) المحاطة بسريان القص تمثل نسبة من المساحة الكلية (A_{cp}) كذلك فإن
السمك (t) يمثل نسبة من حاصل قسمة (A_{cp} / P_{cp}).

إن السمك (t) يؤخذ بحدود ($\frac{1}{6}$) إلى ($\frac{1}{4}$) البعد الأقل للمقاطع الصلدة المستطيلة فإذا اعتبرنا

أن (t) تساوي ($\frac{1}{4}$) البعد الأقل وأخذنا النسبة بين عرض المقطع إلى عمقه مساوية إلى (0.5)

فإن (A_0) تكون مقاربة إلى ($\frac{2}{3} A_{cp}$) و (t) تساوي ($t = \frac{3}{4} A_{cp} / P_{cp}$). وبالتعويض

عن هذه القيم في المعادلة (6.6) فإن:-

$$T_{cr} = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \dots \dots \dots (7.6)$$