

المنشآت المعدنية

• المحاضرة الرابعة

العناصر الفولاذية المعرضة للشد

10/4/2022

B. Haidar

Steel Structures

- ❖ INTRODUCTION مقدمة
- ❖ TYPICAL TENSION MEMBERS عناصر الشد الدارجة
- ❖ INTRODUCTORY CONCEPTS مفاهيم تمهيدية
- ❖ NET AREA المساحة الصافية
- ❖ EFFECTIVE AREA المساحة الفعالة
- ❖ DESIGN STRENGTH المقاومة التصميمية
- ❖ DESIGN OF TENSION MEMBER تصميم العنصر المعرض للشد
- ❖ SLENDERNESS REQUIREMENTS متطلبات الاستقرار
- ❖ WHERE WE GO FROM HERE

المساحة الصافية الفعالة

تؤثر **الوصلة** بشكل كبير على أداء العنصر المعرض للشد، وغالباً ماتؤدي إلى إضعافه. يدعى مقياس تأثيرها بـ كفاءة الوصلة.

تتعلق كفاءة الوصلة بالعوامل التالية:

- مطاوعة المادة
 - التباعد بين البراغي
 - تركيز الإجهادات حول الثقوب
 - إجراءات التصنيع
 - ومعامل تأخير القص Shear Lag Factor
- تساهم جميع العوامل السابقة في الحد من فعالية الوصلة، ولكن **معامل تأخير القص** هو أهمها.

المساحة الصافية الفعالة

يحدث تأخير القص عندما لا يتم نقل قوة الشد **في وقت واحد** إلى جميع عناصر المقطع العرضي. سيحصل هذا عندما تكون بعض عناصر المقطع العرضي غير متصلة.
على سبيل المثال، في الشكل المبين أدناه، يتم تثبيت ساق واحدة فقط من الزاوية على لوح التقوية.



المساحة الصافية الفعالة

- نتيجة لهذا الاتصال الجزئي، فإن العنصر المتصل يصبح محملاً (مجهداً) بشكل زائد، بينما يكون الجزء غير المتصل غير مجهود تماماً.
- ستؤدي زيادة طول منطقة الاتصال إلى تقليل هذا التأثير.
- تشير الأبحاث إلى أنه يمكن حساب تأخير القص باستخدام مساحة مخفضة أو فعالة صافية A_e .
- يؤثر معامل تأخير القص على كل من الوصلات المثبتة بالبراغي والوصلات الملحومة. لذلك يتم تطبيق مفهوم المساحة الفعالة الصافية على كلا النوعين من الوصلات.

$$A_e = U \cdot A_n \text{ وصلات البراغي}$$

$$A_e = U \cdot A_g \text{ وصلات اللحام}$$

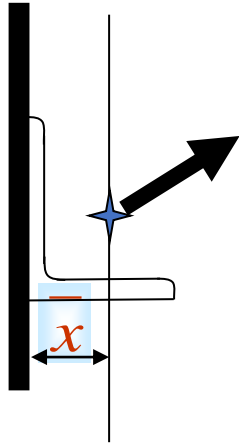
المساحة الصافية الفعالة

10/4/2022

B. Haidar

Steel Structures

- تؤثر طريقة اتصال العنصر المشدود على كفاءته بسبب ظاهرة **تأخر نقل القص**.
- يحدث تأخير القص عندما تنتقل القوة إلى المقطع عبر جزء من المقطع (وليس المقطع بأكمله).
- لحساب هذا التركيز في الإجهادات يتم استخدام عامل تقليل المساحة U .

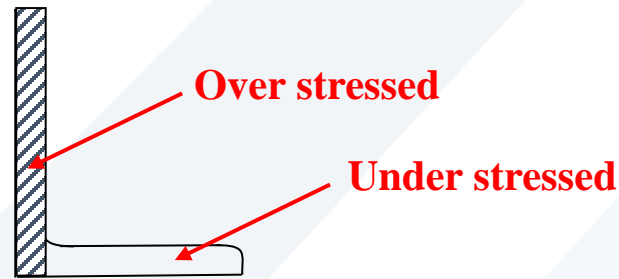


Bolted Connections

$$A_e = U A_n$$

Welded Connections

$$A_e = U A_g$$



المساحة الصافية الفعالة

10/4/2022

B. Haidar

Steel Structures

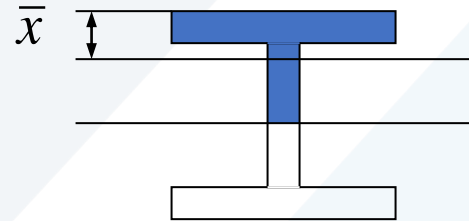
- يتم استخدام العلاقة التالية لحساب قيمة عامل تقليل المساحة U :

$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L} \leq 0.9$$

حيث:

\bar{X} المسافة من مركز ثقل المقطع إلى مستوي الاتصال.
L طول الوصلة.

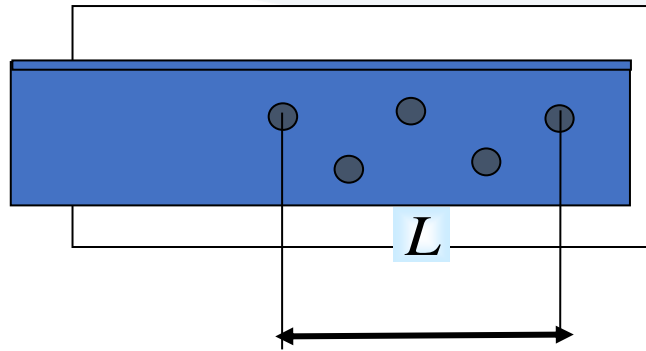
- إذا كان للمقطع مستوي اتصال متناظرين، عندئذ تكون قيمة \bar{X} هي المسافة من مركز ثقل نصف المقطع إلى مستوي الاتصال.



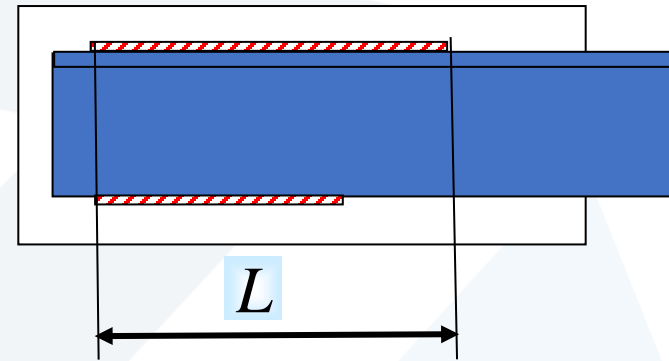
المساحة الصافية الفعالة

10/4/2022

B. Haidar



Bolted Connections



Welded Connections

- زيادة طول الوصلة يقلل من تأثير تأخير القص.

$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L} \leq 0.9$$

Steel Structures

المساحة الصافية الفعالة

10/4/2022

B. Haidar

Steel Structures

- تعرف المسافة L على أنها طول الوصلة في اتجاه التحميل.
- بالنسبة للوصلات المثبتة بالبرغي يتم قياس L من مركز ثقل البرغي في إحدى نهايتي الوصلة إلى مركز ثقل البرغي في النهاية المقابلة.
- أما في الوصلات الملحومة فتقاس من طرف الوصلة إلى طرفها الآخر.
- إذا كان هناك شرائط لحام مختلفة الطول في اتجاه التحميل، فإن L هو طول أطول مقطع لحام.

حساب U للوصلات المثبتة بالبراغي

$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L} \leq 0.9 \quad \text{OR}$$

➤ تقسم الوصلات إلى مجموعتين رئيسيتين:

❖ وصلات مع ثلاثة براغي على الأقل في الصف الواحد:

• المقاطع ذات الأشكال W,S,T والمتصلة عبر الجناح والتي تحقق الشرط: $\frac{b_f}{d} \geq \frac{2}{3}$

$$U = 0.9$$

• باقي المقاطع:

$$U = 0.85$$

❖ وصلات مع برغيتين في الصف الواحد:

$$U = 0.75$$

المقاومة التصميمية

10/4/2022

B. Haidar

Steel Structures

- عادة ما نحدد مقاومة أو قدرة أي عنصر إنشائي بناء على سيناريوهات الفشل المحتملة.
- سيناريوهات الفشل المحتملة للعنصر المشدود:
 - خضوع العنصر.
 - انكسار (تمزق) العنصر.

$$f = \frac{P}{A}$$

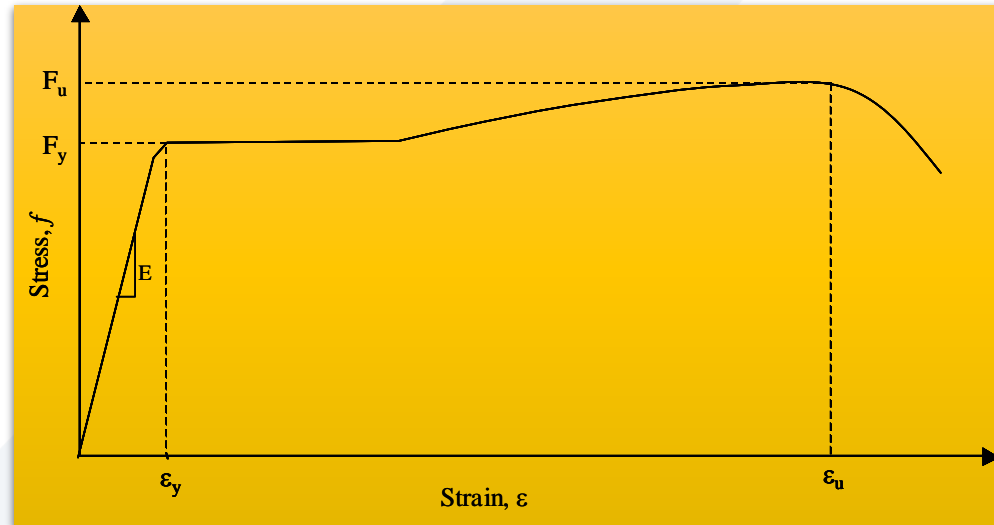
- يحسب الإجهاد المحمل محورياً بالعلاقة: $f = \frac{P}{A}$
- نلاحظ من العلاقة السابقة أن الإجهاد تابع لمساحة المقطع العرضي. وبالتالي فإن وجود الثقوب سيغير من قيمة هذا الإجهاد.
- استخدام الوصلات ذات البراغي سيخفض مساحة المقطع العرضي.

المقاومة التصميمية

- ينهار العنصر المعرض للشد عند الوصول إلى إحدى الحالات الحدية التالية.
 - إجهادات مفرطة.
 - الانكسار.

• تحصل التشوهات المفرطة نتيجة لخضوع كامل القطع العرضي على طول العنصر.

• يمكن أن يحصل الانكسار في المقطع الصافي إذا وصل الإجهاد في هذا المقطع إلى قيمة الإجهاد الحدي F_u .

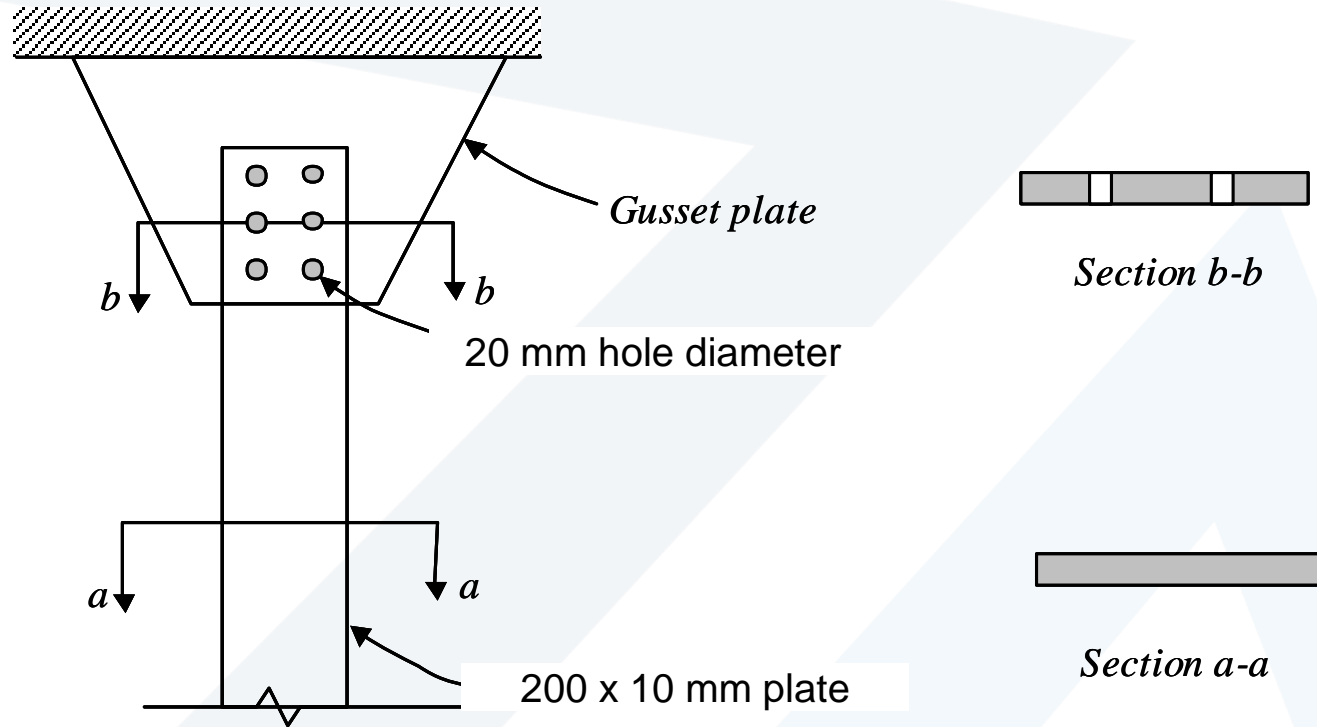


المقاومة التصميمية

10/4/2022

B. Haidar

Steel Structures



تصميم العنصر المعرض للشد

• يهدف التصميم إلى منع هذا الانهيار من الحدوث قبل الوصول إلى قيمة الحمولات الحدية التي يمكن أن يتحملها العنصر. وهذا هو مبدأ التصميم المسمى: عامل الحمولة والمقاومة Load and resistance factor. حيث ينصح الكود الأمريكي بهذه الطريقة لتصميم المنشآت المعدنية. تتألف الطريقة من الخطوات التالية:

1. تحديد الأحمال الحدية (ultimate) التي تتعرض لها المنشأة: حمولات ميتة، حية، رياح، زلازل..... خلال فترة استثمار المنشأة يمكن أن تتعرض ليس فقط لإحدى حالات التحميل السابقة وإنما لتراكب من عدة حالات تحميل.

• تحسب الحمولات الحدية باستخدام **تراكبات مصعدة** للحمولات السابقة: منها:

1.4 D

1.2 D + 1.6 L

2. إجراء تحليل إنشائي خطي مرن : والذي من خلاله نحدد القوة التصميمية (N, Q, M) لكل عنصر على حدى.

تصميم العنصر المعرض للشد

10/4/2022

3. تصميم العناصر (تحقيقها): يجب أن تكون مقاومة الانهيار للعنصر أكبر من الحمولات المصعدة المحسوبة في الخطوة السابقة.

$$\phi R_n > \sum \gamma_i Q_i$$

R_n المقاومة الاسمية للعنصر على الانهيار

ϕ معامل تخفيض المقاومة: يستخدم لأخذ موثوقية لسلوك المادة والمعادلات المستخدمة في حساب المقاومة الاسمية بعين الاعتبار.

Q_i الحمولات الاسمية

γ_i معامل تصعيد الحمولة: يأخذ بعين الاعتبار التباين في حساب الحمولة وتقدير الحمولات النهائية.

B. Haidar

Steel Structures

تصميم العنصر المعرض للشد

10/4/2022

B. Haidar

Steel Structures

1. **الانهيار بالخضوع**: يخضع المقطع العرضي بأكمله عندما تصل قيمة الإجهاد f فيه إلى قيمة إجهاد الخضوع F_y .

$$f = \frac{P}{A_g} = F_y$$

وبالتالي تكون المقاومة الاسمية للمقطع (خضوع): $P_n = A_g F_y$

المقاومة المخفضة للمقطع (خضوع): $\phi_t P_n$

$\phi_t = 0.9$ لحالة الانهيار بالخضوع

2. **الانهيار بالانكسار**: يحدث انكسار المقطع الصافي بعد أن يصل الإجهاد في المقطع الصافي إلى قيمة الإجهاد الحدية F_u .

$$f = \frac{P}{A_e} = F_u$$

وبالتالي تكون المقاومة الاسمية للمقطع (انكسار): $P_n = A_e F_u$

المقاومة المخفضة للمقطع (انكسار): $\phi_t A_e F_u$

$\phi_t = 0.75$ لحالة الانهيار بالانكسار

متطلبات الاستقرار

على الرغم من أن العناصر المشدودة غالباً لاتخضع للتحنيب، لكن من المستحسن أن لا تتجاوز نسبة النحافة لهذه العناصر لـ 300.

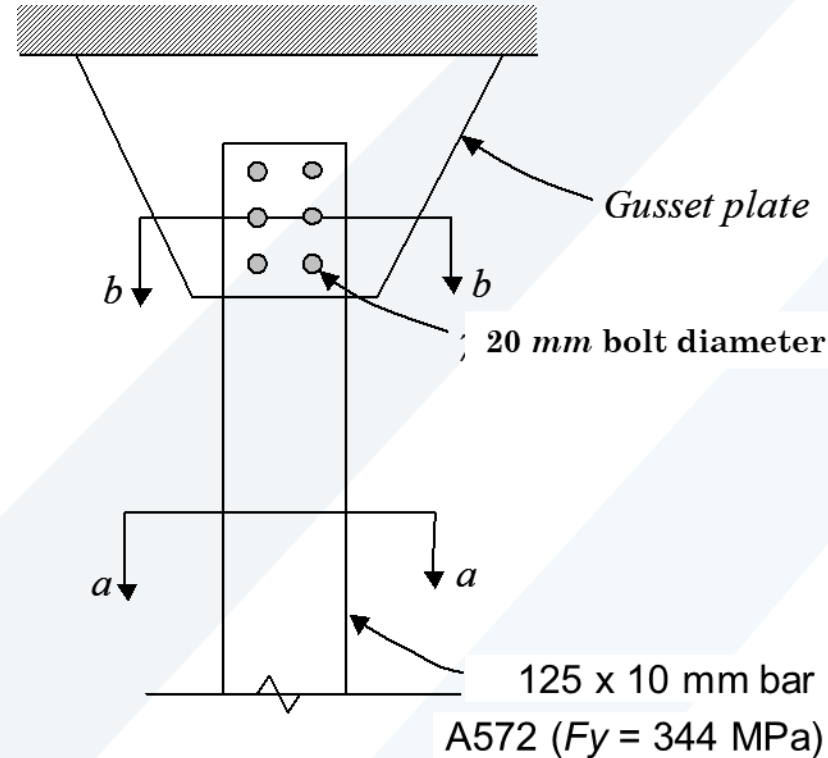
$$\lambda_{\max} = \frac{L}{r_{\min}} \leq 300$$

$$r_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}}$$

هذا التقييد لنحافة العنصر المشدود ليس لأغراض السلامة الإنشائية كما هو الحال عند تصميم العناصر المضغوطة. وإنما للتأكد من أن العنصر يملك صلابة كافية لمنع الحركة الجانبية والاهتزاز.

مثال 1

- لدينا عنصر معرض للشد أبعاد مقطعه العرضي 125 x 10 mm يتصل بصفيحة تقوية باستخدام 6 براغي أقطارها 20 mm. نوع الفولاذ المستخدم A572 ($F_y=344$ Mpa, $F_u=448$ Mpa). على فرض أن المساحة الصافية الفعالة تساوي المساحة الصافية، احسب قوة الشد التصميمية للعنصر.



المساحة الكلية للمقطع العرضي

$$A_g = 125 \times 10 = 1250 \text{ mm}^2$$

المساحة الصافية (A_n)

- قطر البرغي: $d_b = 20 \text{ mm}$
- قطر الثقب: $d_h = 20 + 1.6 = 21.6 \text{ mm}$
- القطر الفعال المستخدم في حساب المساحة الصافية
 $21.6 + 1.6 = 23.2 \text{ mm}$
- المساحة الصافية

$$A_n = (125 - 2 \times (23.2)) \times 10 = 786 \text{ mm}^2$$

- القوة التصميمية في حالة الخضوع $\phi_t P_n = \phi_t F_y A_g$
- القوة التصميمية في حالة الخضوع $0.9 \times 344 \times 1250/1000 = 387 \text{ kN}$

$$\phi_t P_n = \phi_t F_u A_e$$

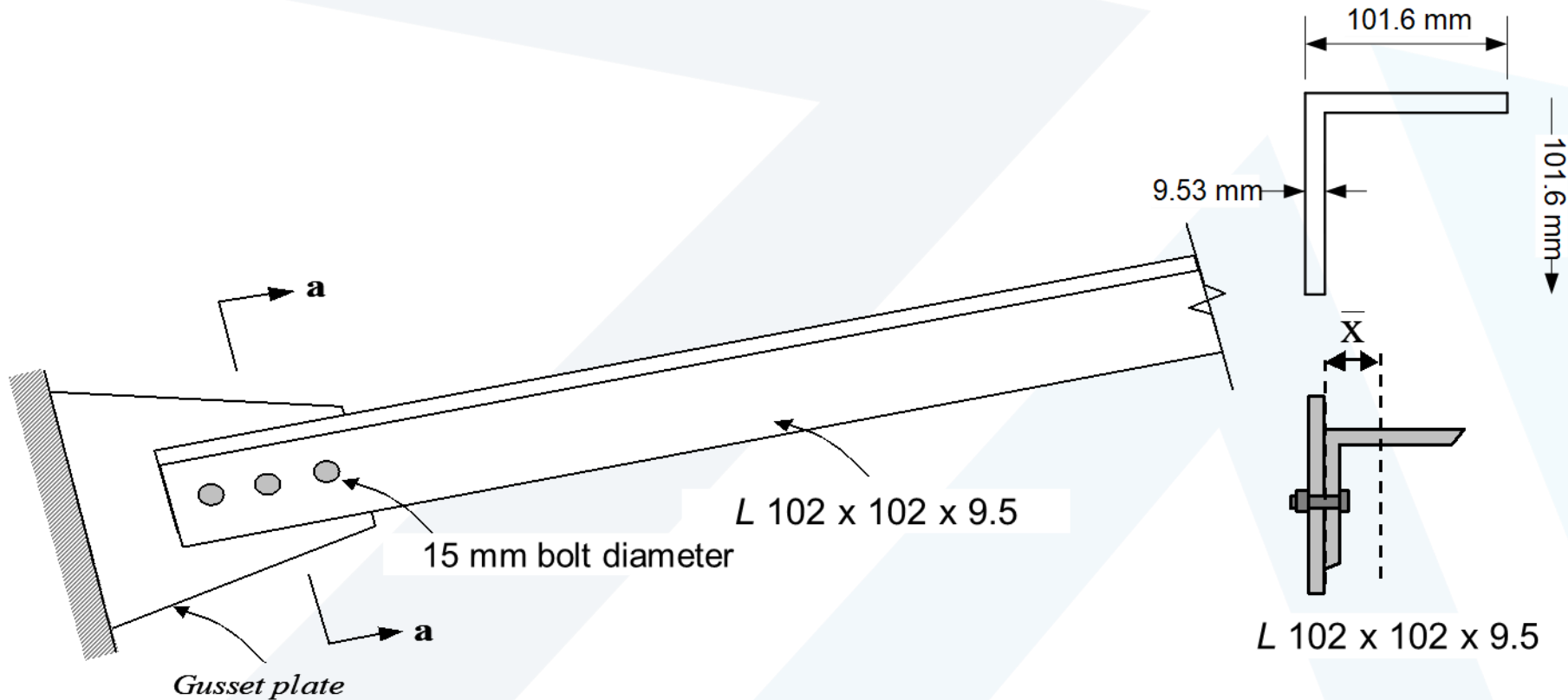
القوة التصميمية في حالة الانكسار

- باعتبار $A_e = A_n$ فقط في هذا المثال كما هو مفروض في النص
- القوة التصميمية في حالة الانكسار $0.75 \times 448 \times 786/1000 = 264 \text{ kN}$

- القوة التصميمية للعنصر المشدود = القيمة الأصغر بين القيمتين 264 kN & 387 kN
- وبالتالي تكون 264 kN = حالة الانهيار بالانكسار هي التي تحكم

مثال 2

احسب المساحة الصافية الفعالة والقوة التصميمية للعنصر المشدود المبين على الشكل. العنصر مصنوع من مقطع $L 102 \times 102 \times 9.5$ ، نوع الفولاذ (A36 ($F_y=248 \text{ Mpa}$, $F_u=400 \text{ Mpa}$). يتصل العنصر مع صفيحة فولاذية بواسطة براغي أقطارها 15 mm ، التباعد بين البراغي 75 mm .



- المساحة الكلية للمقطع = $A_g = [(101.6 \times 9.53) + ((101.6 - 9.53) \times 9.53)] = 1845.68 \text{ mm}^2$

- المساحة الصافية = A_n**

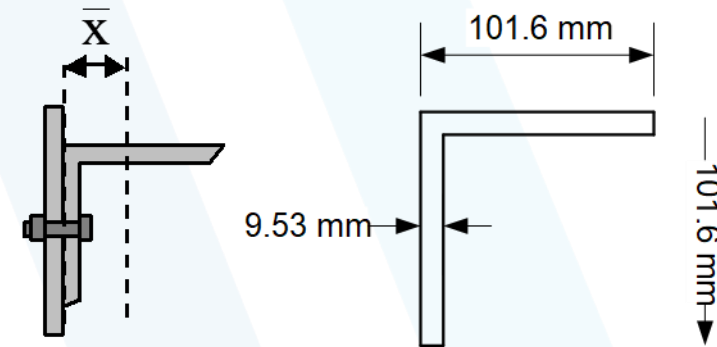
- قطر البرغي = 15 mm.

- القطر الفعال = $15 + 3.2 = 18.2 \text{ mm}$.

- المساحة الصافية = $A_n = A_g - 18.2 \times 9.53 = 1845.68 - 173.45 = 1672.23 \text{ mm}^2$

المسافة بين مركز ثقل المقطع ومستوي الاتصال \bar{X}

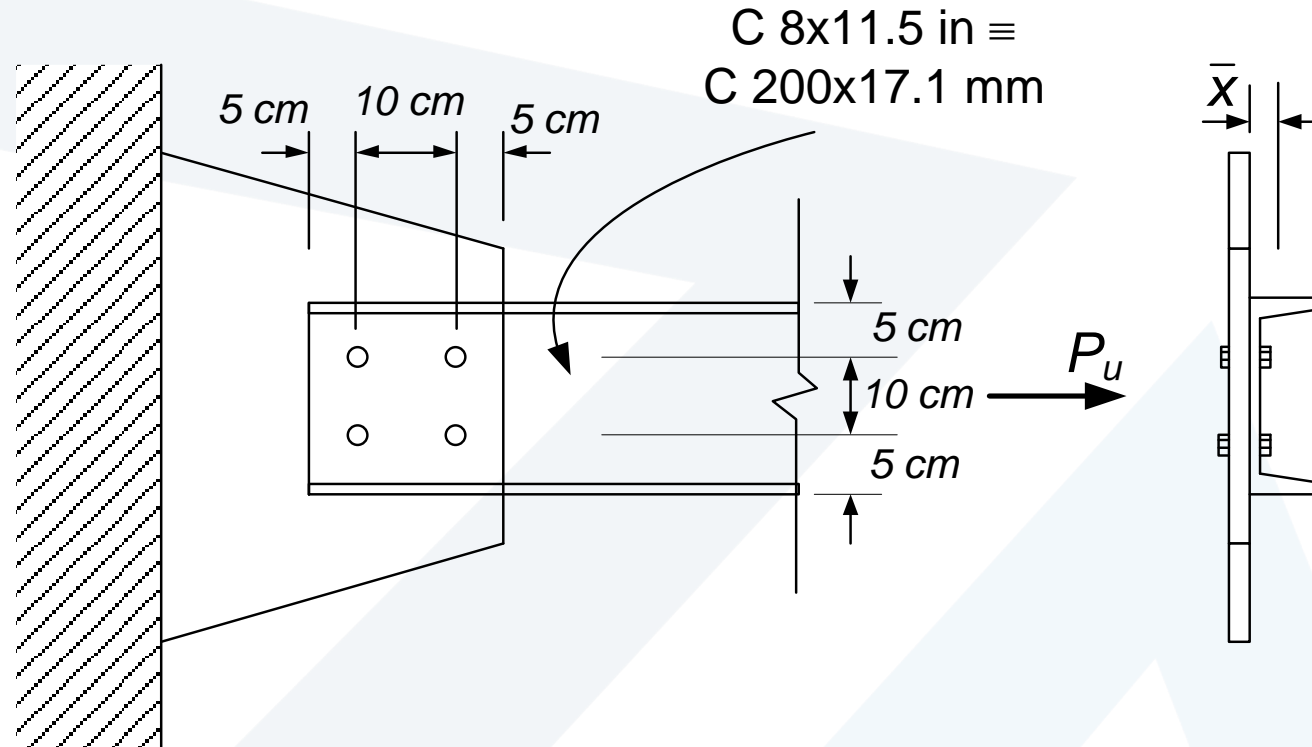
$$\bar{x} = \frac{(101.6)(9.53)(101.6/2) + (101.6 - 9.53)(9.53)(9.53/2)}{1845.68} = 28.91 \text{ mm}$$



- طول الوصلة $L = 2 \times 75 = 150 \text{ mm}$.
- معامل تخفيض المساحة $U = 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{28.91}{150} = 0.81$
- المساحة الفعالة الصافية $A_e = 0.81 \times 1672.23 = 1354.51 \text{ mm}^2$
- قوة الشد التصميمية الناتجة عن الخضوع $= \phi_t A_g F_y = 0.9 \times 1845.68 \times 248/1000 = 412 \text{ kN}$
- قوة الشد التصميمية الناتجة عن الانكسار $= \phi_t A_e F_u = 0.75 \times 1354.51 \times 400/1000 = 406.35 \text{ kN}$
- **القوة التصميمية للمقطع = 406.35 kN**

Tension Member Analysis

Determine if the channel is adequate for the applied tension load $P_u = 330$ kN, shown in the following figure. The channel is ASTM A36; it is connected with four 16 mm diameter bolts. Neglect block shear.



Solution

The used steel is ASTM A36 $\Rightarrow F_y = 250$ Mpa , $F_u = 400$ Mpa

The channel properties are (from tables): $A_g = 2180$ mm² , $t_w = 5.6$ mm

Net area of the channel:

$$A_n = A_g - A_{holes} = A_g - dt = 2180 - [2(16 + 3.2)(5.6)] = 1965 \text{ mm}^2$$

Effective area of the channel:

$$A_e = UA_n$$

Shear Lag Factor or reduction coefficient

$$U = 1 - (\bar{x} / l_c)$$

the location of the centroid, can be computed as:

$$\bar{x} = 14.53 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow U = 1 - (\bar{x} / l_c) = 1 - (14.53 / 100) = 0.855$$

$$\Rightarrow A_e = 0.855 \times 1965 = 1680 \text{ mm}^2$$

Check failure mode:

1. yielding: $\phi P_n = \phi f_y A_g = 0.9 \times 250 \times 2180 = 490.5 \text{ kN} > P_u$ ok

2. fracture: $\phi P_n = \phi f_u A_2 = 0.75 \times 400 \times 1680 = 504 \text{ kN} > P_u$ ok