

Steel Structures Sem. 2 2023-2024

أ.د. نايل محمد حسن

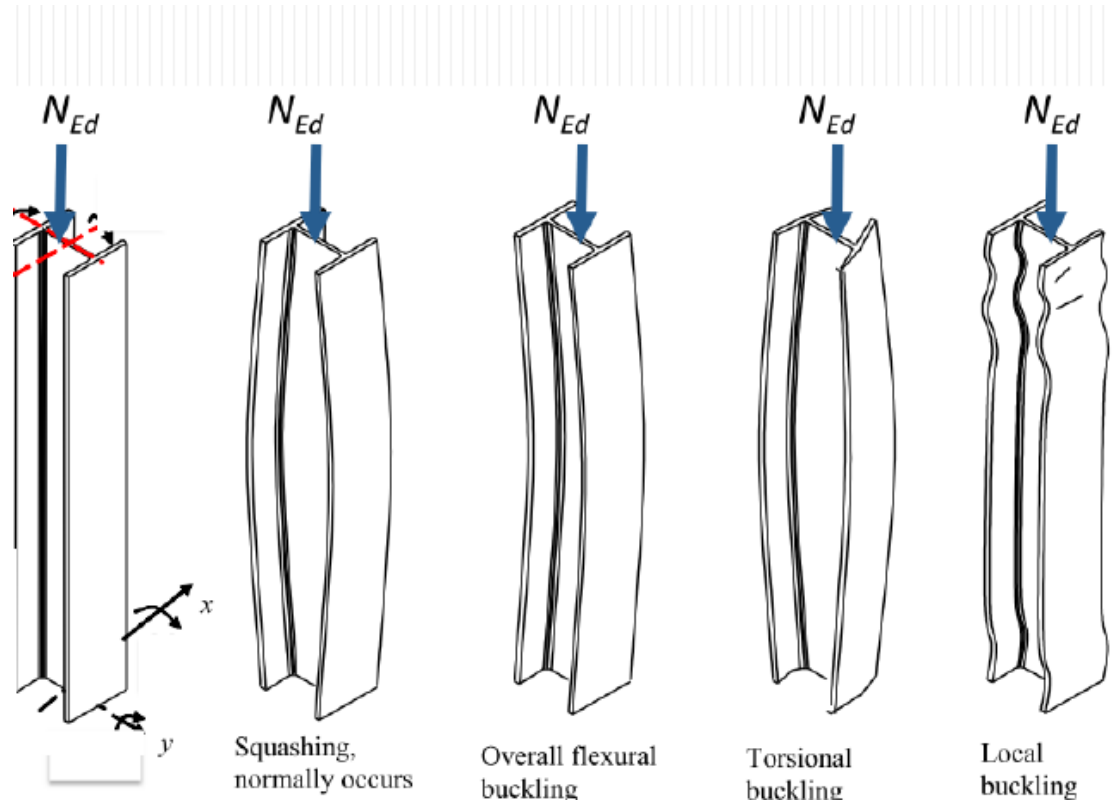
- ✓ المحاضرة الأولى: مفاهيم أساسية
- ✓ المحاضرة الثانية: أساسيات المنشآت المعدنية
- ✓ المحاضرة الثالثة: العناصر الخاضعة للشد المركزي
- ✓ المحاضرة الرابعة: أمثلة عملية- تحقيق العناصر-
- ✓ المحاضرة الخامسة: أمثلة عملية- تصميم العناصر-
- ✓ المحاضرة السادسة: تصنيف المقطع Section Classification
- ✓ المحاضرة السابعة: العناصر الخاضعة للضغط المركزي Compression Members
- المحاضرة التاسعة: العناصر الخاضعة للضغط المركزي (تتمة)
Compression Members

المحاضرة التاسعة

العناصر الخاضعة للضغط المركزي (تتمة)

Buckling of straight members تحنيد العناصر المستقيمة

- تخضع عناصر الضغط لـ
- ضغط محوري فقط
 - بدون انعطاف
 - تخضع الأعمدة عمليا لـ
 - لامركزية الاحمال المحورية
 - القوى العرضية
 - خلال التعامل مع الاعمدة سيتم
 - التفريق بين
 - الاعمدة القصيرة و
 - الاعمدة النحيفة



Slender
column
 $\bar{\lambda} > 0.2$

Cross-section Resistance check, $N_{c,Rd}$

✓

Buckling Resistance Check, $N_{b,Rd}$

✓

Buckling of straight members تحنيد العناصر المستقيمة

تقسم الأعمدة إلى:

- الأعمدة القصيرة
- الأعمدة النحيفة

الخصائص الأساسية للأعمدة القصيرة

- نحافة منخفضة جدا
- لا تتأثر بالحنيد الكلي

مقاومة الضغط للأعمدة القصيرة:

- يتم الحصول عليها من المقطع العرضي
- تتبع لتصنيف المقطع

Buckling of straight members تحنيد العناصر المستقيمة

يتم الحصول على المقاومة التصميمية لعنصر مضغوط يخضع لقوة مركزية N_{Ed} لمقطع معين بمقارنة الحمولة التصميمية الى قدرة التحمل المحورية $N_{C,Rd}$

$$N_{Ed} \leq N_{C,Rd} \left\{ \begin{array}{l} N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{cross-sections of class 1, 2 or 3;} \\ N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{cross-sections of class 4} \end{array} \right.$$

تحدث ظاهرة عدم الاستقرار الموضعي عندما تكون قدرة التحمل المحورية للمقاطع العرضية منتمية للتصنيف الرابع Class4

حيث :
A: المساحة الكلية للمقطع
A_{eff}: المساحة الفعالة للمقطع
F_y: مقاومة الخضوع
 $\gamma_{M0}=1$

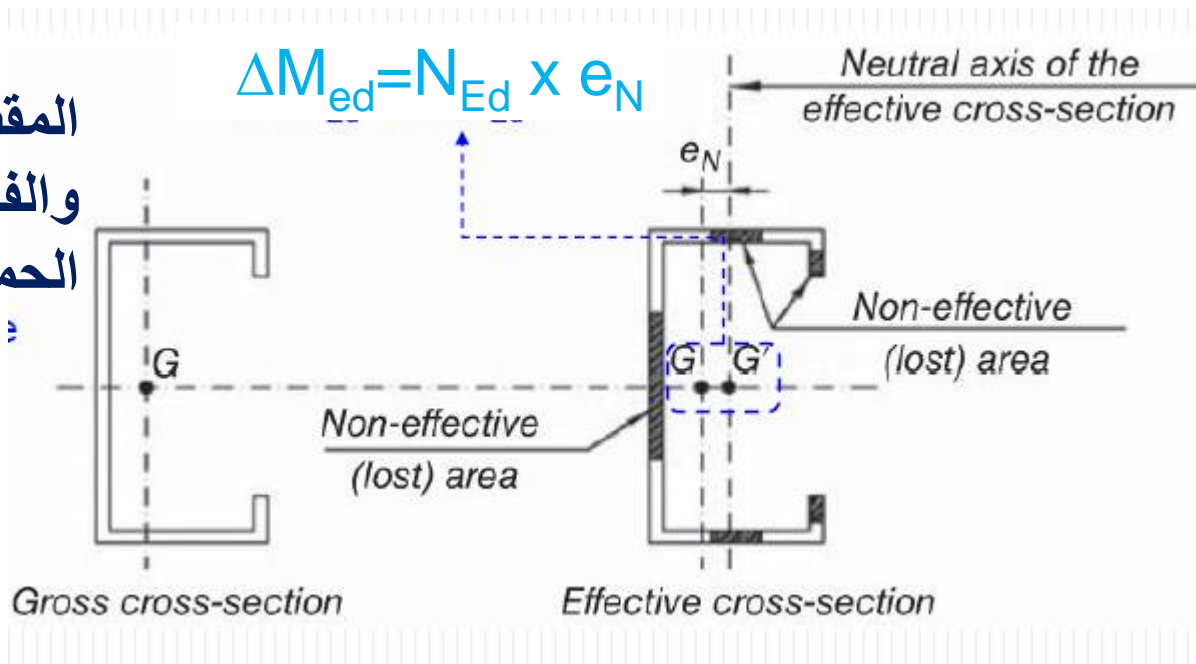
عندما يملك المقطع العرضي لعنصر الضغط محور تناظر واحد يمكن ان يظهر عزم انعطاف إضافي ΔM_{Ed} بسبب اللامركزية بين مركز المقطع العرضي الكلي (التي تكون القوة المحورية مطبقة عليه وبين مركز المقطع العرضي المقاوم (انظر الشريحة التالية)

المساحة الفعالة $A_{c,eff}$

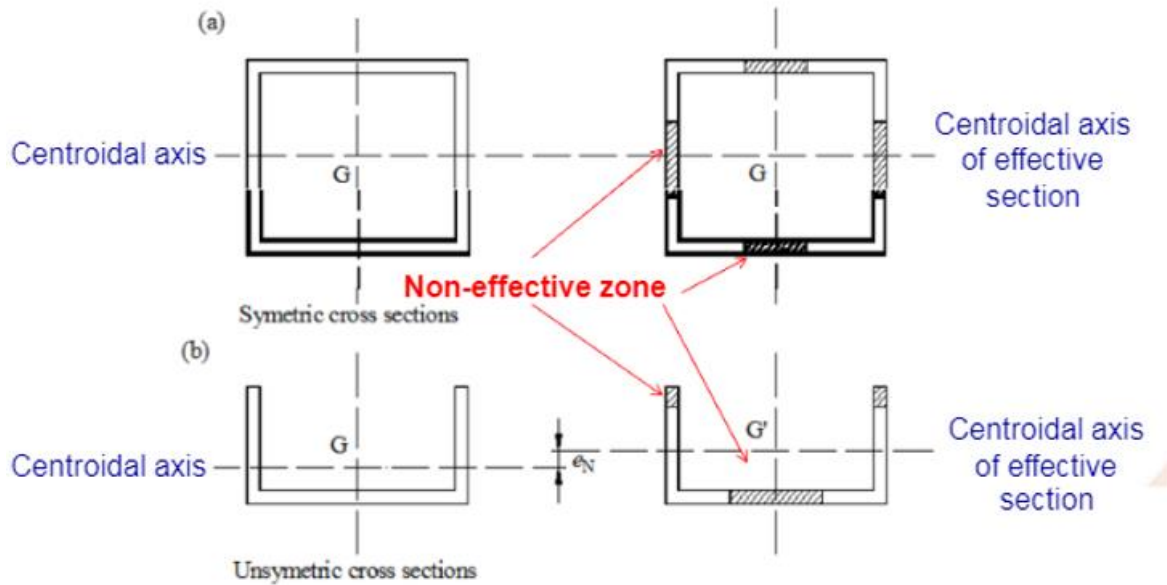
يفترض من اجل المقاطع العرضية من الصنف **Class4** أن أجزاء من المساحة الخاضعة للضغط وبسبب ظاهرة عدم الاستقرار الموضعي لاتملك أي مقاومة (أي مساحة ضائعة).

نموذجياً، الأجزاء المضغوطة من المقاطع العرضية التي **يجب اهمالها** من اجل تحقيق المقاومة، هي **الأجزاء القريبة للنهاية الحرة للجناح الخارجي** او **outstand flange** من **الجزء المركزي من عنصر مضغوط داخلي**.

المقطع الكلي
والفعال في حالة
الحمولة المحورية



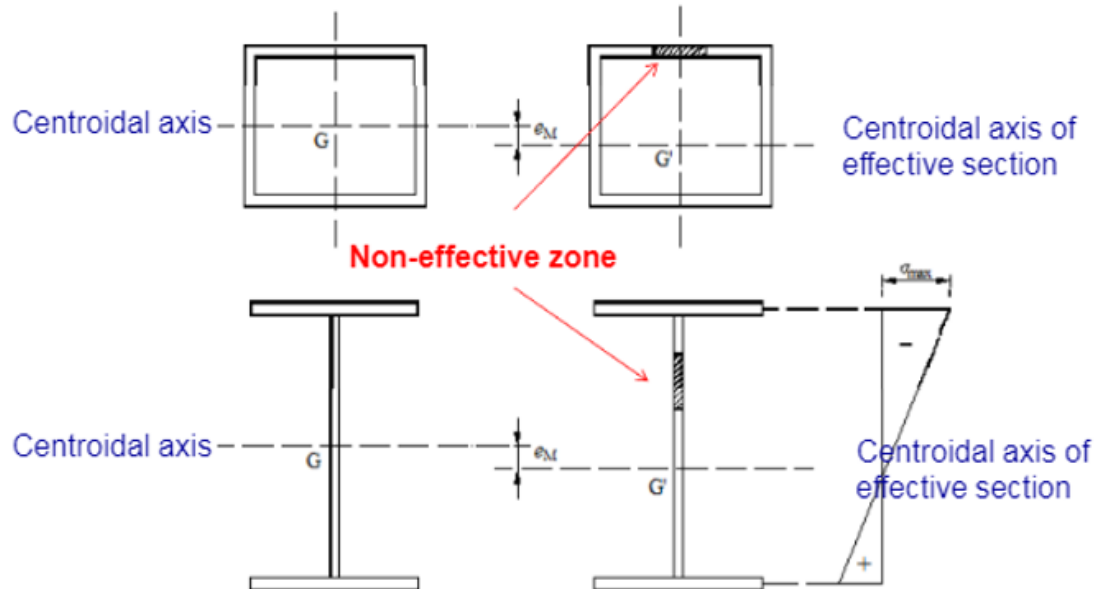
Y Class 4 cross-sections under axial compression



المساحة الفعالة

$$A_{c,eff}$$

Y Class 4 cross-sections under bending moment



المساحة الفعالة $A_{c,eff}$

من وجهة النظر التصميمية، من المهم تقدير المقطع العرضي الفعال (أي المقطع الكلي مطروحا منه كل الأجزاء الضائعة) حسب إجراءات التصميم الموصوفة في الكود الأوروبي **EN 1993-1-5**،

(Design of steel structures –Part 1–5: Plated structural elements).

في حالة المقطع العرضي الدائري المفرغ من الصنف **Class4**، يتم الرجوع الى **EN 1993-1-6**

(Design of steel structures –Part 1–6: Strength and Stability of Shell Structures).

المساحة الفعالة $A_{c,eff}$

تُحسب المساحة الفعالة للصفحة المضغوطة A_{eff} كنسبة من المساحة الكلية A_g كما يلي:

$$A_{c,eff} = \rho A_c$$

يعرف عامل التخفيض ρ كما يلي:

Internal compression elements:

$$\rho = 1.0 \text{ if } \bar{\lambda}_p \leq 0.673$$

$$\rho = [\bar{\lambda}_p - 0.055(3 + \psi)] / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1 \text{ if } \bar{\lambda}_p > 0.673 \text{ and } (3 + \psi) \geq 0$$

Outstand compression elements:

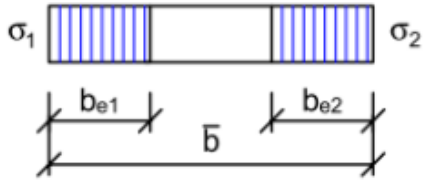
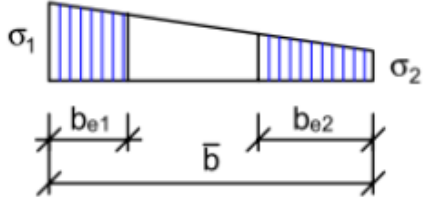
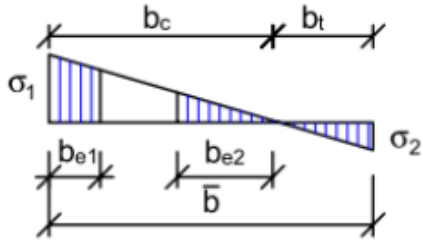
$$\rho = 1.0 \text{ if } \lambda_p \leq 0.748$$

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{\bar{b}/t}{28.4 \varepsilon \sqrt{k_\sigma}}; \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y [\text{N/mm}^2]}}$$

$$\rho = (\bar{\lambda}_p - 0.188) / \bar{\lambda}_p^2 \leq 1 \text{ if } \bar{\lambda}_p > 0.748$$

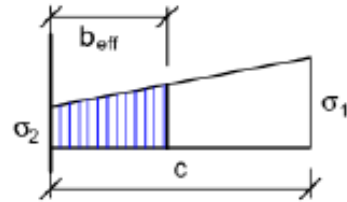
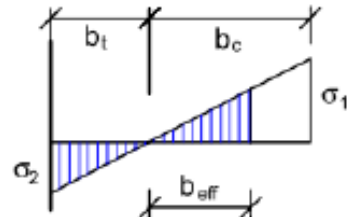
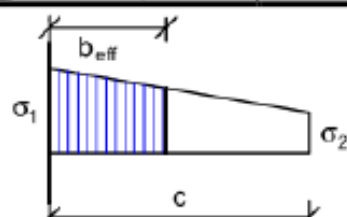
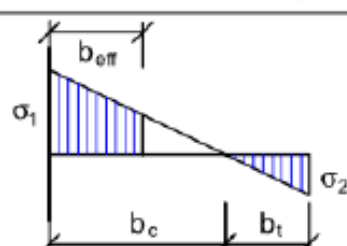
$A_{c,eff}$ المساحة الفعالة

قواعد حساب العرض الفعال لعناصر الضغط الداخلية Internal

Stress distribution (compression σ positive)				Effective ^p width b_{eff}		
				$\underline{\psi = 1}$: $b_{eff} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = 0,5 b_{eff}$ $b_{e2} = 0,5 b_{eff}$		
				$\underline{1 > \psi \geq 0}$: $b_{eff} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = \frac{2}{5 - \psi} b_{eff}$ $b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$		
				$\underline{\psi < 0}$: $b_{eff} = \rho b_c = \rho \bar{b} / (1 - \psi)$ $b_{e1} = 0,4 b_{eff}$ $b_{e2} = 0,6 b_{eff}$		
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1	$-1 > \psi > -3$
Buckling factor k_σ	4,0	$8,2 / (1,05 + \psi)$	7,81	$7,81 - 6,29\psi + 9,78\psi^2$	23,9	$5,98 (1 - \psi)^2$

المساحة الفعالة $A_{c,eff}$

قواعد حساب العرض الفعال لعناصر الضغط الخارجية Outstanding

Stress distribution (compression positive)		Effective ^p width b_{eff}			
		$1 > \psi \geq 0:$ $b_{eff} = \rho c$			
		$\psi < 0:$ $b_{eff} = \rho b_c = \rho c / (1-\psi)$			
$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	1	0	-1	$1 \geq \psi \geq -3$	
Buckling factor k_σ	0,43	0,57	0,85	$0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$	
		$1 > \psi \geq 0:$ $b_{eff} = \rho c$			
		$\psi < 0:$ $b_{eff} = \rho b_c = \rho c / (1-\psi)$			
$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1
Buckling factor k_σ	0,43	$0,578 / (\psi + 0,34)$	1,70	$1,7 - 5\psi + 17,1\psi^2$	23,8

ملخص Summary

ملخص تصنيف المقطع العرضي Cross-section classification

- I. اوجد قيمة f_y من التجارب او الكود او مواصفات المنتج
- II. احصل على ϵ من table 5.2
- III. عوض قيمة ϵ لمعرفة حدود الصنف في table 5.2
- IV. اعتمد الصنف الأقل من بين كل (الجناح الخارجي، الجسد في الانعطاف، والجسد في الضغط) للحصول على صنف المقطع الكلي.

ملخص التحقق من مقاومة المقطع العرضي Cross-section resistance check

- I. حدد قوة الضغط التصميمية N_{Ed}
- II. اختر مقطع وحدد تصنيف المقطع
- III. احسب $N_{c,Rd}$ من اجل التصانيف class1,2,3، والتصنيف class4 على الترتيب

$$\text{class1,2,3} \longrightarrow N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$\text{class4} \longrightarrow N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

- IV. نفذ التحقق من مقاومة المقطع العرضي

Worked Example2: checking a UB compression member

Problem. The 457 × 191 UB 82 compression member of S275 steel of Figure, Check the adequacy of the member for a factored axial compressive load corresponding to a nominal dead load of 160 kN and a nominal imposed load of 230 kN.

S 275 for $t \leq 40\text{mm}$

Material Properties:

$f_y = 275 \text{ MPa}$

$f_u = 430 \text{ MPa}$

$E = 210 \text{ GPa}$

457 × 191 UB 82

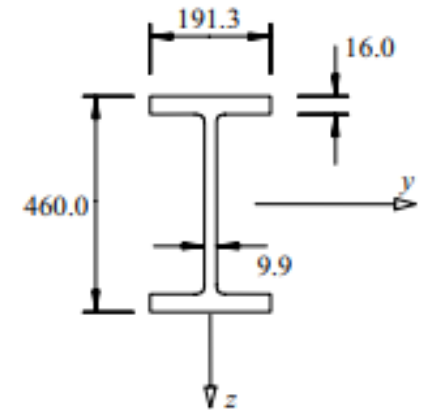
$I_y = 1871 \text{ cm}^4$

$A = 104 \text{ cm}^2$

$i_y = 18.8 \text{ cm}$

$i_z = 4.23 \text{ cm}$

$r = 10.2 \text{ mm}$



- Determine compressive design load

Factored axial load (Design Load) is

$$N_{Ed} = (1.35 \times 160) + (1.5 \times 230) = 561 \text{ kN}$$

Solution[I]. Section classification

Identify the element type.

Flange is outstand and the web is Internal element

For S275 steel with $t_f = 16 \text{ mm}$, $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$

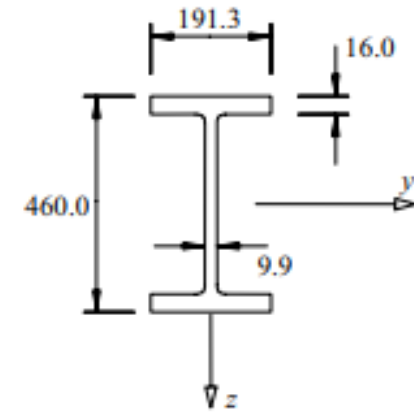
$$\varepsilon = (235/275)^{0.5} = 0.924$$

$$c_f/(t_f \varepsilon) = [(191.3 - 9.9 - 2 \times 10.2)/2]/(16.0 \times 0.924) = 5.44 < 9$$

$$c_w = (460.0 - 2 \times 16.0 - 2 \times 10.2) = 407.6 \text{ mm}$$

$$c_w/(t_w \varepsilon) = 407.6/(9.9 \times 0.924) = 44.5 > 42$$

and so the web is Class 4 (slender).

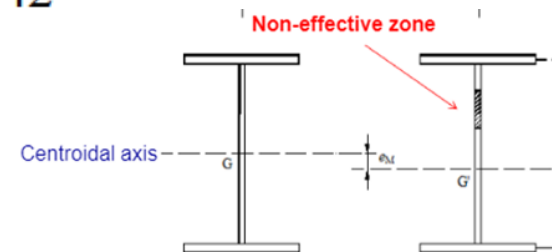


5-2

T5.2

T5.2

T5.2



Effective area.

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{\bar{b}/t}{28.4\epsilon\sqrt{k_\sigma}} = \frac{407.6/9.9}{28.4 \times 0.924 \times \sqrt{4.0}} = 0.784 \quad \text{EC3-1-5 4.4(2)}$$

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0.055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} = \frac{0.784 - 0.055(3 + 1)}{0.784^2} = 0.918 \quad \text{EC3-1-5 4.4(2)}$$

$$d - d_{eff} = (1 - 0.918) \times 407.6 = 33.6 \text{ mm} \quad \text{Length of lost area } (A_L), d_L = (d - d_{eff})$$

$$A_{eff} = 104 \times 10^2 - 33.6 \times 9.9 = 10\,067 \text{ mm}^2 \quad A_{eff} = A_C - A_L = A_C - d_L(t)$$

Solution [II]. Cross-section compression resistance

Step2.1: Determine $N_{c,Rd}$.

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{10\,067 \times 275}{1.0} = 2768 \text{ kN} > 561 \text{ kN} = N_{Ed} \quad 6.2.4(2)$$



Section is O.K

Work example 1

cross-section resistance in compression

Example. A 254 x 254 x 73 UC is to be used as a short ($\lambda \leq 0.2$) compression member.

Calculate the resistance of the cross-section in compression, assuming grade S235 steel

Work example 2

checking a UB compression member

Problem. The 406 x 140 x 39 UB compression member of S275 steel, Check the adequacy of the member for a factored axial compressive load corresponding to a nominal dead load of 280 kN and a nominal imposed load of 250 kN.