

PROBLEMA N°7

Comprobar si una pieza biarticulada de sección HEA160, fabricada con un acero S235, de 4m de longitud y sometida a un esfuerzo axial de compresión $N_{sd} = 250kN$, es capaz de soportar simultáneamente con seguridad un momento flector uniforme respecto de su eje débil $M_{z, sd} = 6kNm$.

SOLUCIÓN:

Comenzamos dando las características mecánicas y geométricas de la sección HEA160:

Propiedades de la sección

$$h = 152 \text{ mm}$$

$$b = 160 \text{ mm}$$

$$t_f = 9 \text{ mm}$$

$$t_w = 6 \text{ mm}$$

$$A = 38,8 \text{ cm}^2$$

$$i_y = 6,57 \text{ cm}$$

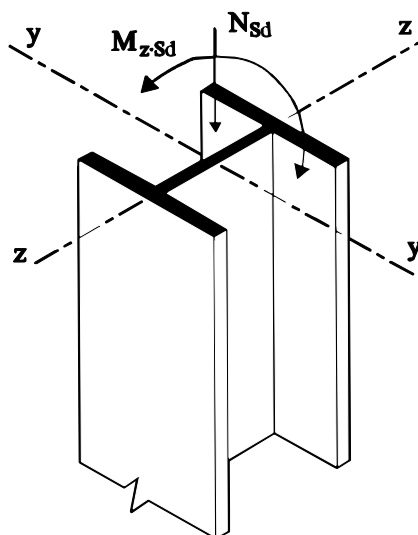
$$i_z = 3,98 \text{ cm}$$

$$W_y = 220 \text{ cm}^3$$

$$W_z = 76,9 \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,y} = 245 \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} = 118 \text{ cm}^3$$



Dado que la flexión tiene lugar por el eje débil, no tendremos problemas de pandeo lateral. En esta situación, la expresión de comprobación que se debe verificar, suponiendo que se trata de una sección de Clase 1 ó 2, es:

$$\frac{N_{sd}}{\chi_{\min} \cdot A \cdot (f_y / \gamma_{M1})} + \frac{k_z \cdot M_{z, sd}}{W_{pl,z} \cdot (f_y / \gamma_{M1})} \leq 1$$

Si inspeccionamos las dimensiones de la sección vemos que efectivamente es de Clase 1.

El alma comprimida del perfil será de clase 1 si cumple:

$$CLASE\ 1 \Rightarrow \frac{d}{t_w} \leq 33 \cdot \varepsilon \quad (S235 \rightarrow \varepsilon = [235 / f_y]^{0,5} = 1) ;$$

$$\frac{104}{6,0} = 17,3 < 33 \cdot \varepsilon = 33 \Rightarrow CLASE\ 1$$

El ala comprimida por flexión será de clase 1 si se verifica:

$$CLASE\ 1 \Rightarrow \frac{c}{t_f} \leq 10 \cdot \varepsilon ; \quad \frac{80}{9} = 8,88 < 10 \cdot \varepsilon = 10 \Rightarrow CLASE\ 1$$

Por otro lado y puesto que el radio de giro i_z es menor que i_y , el coeficiente de reducción por pandeo global de la pieza χ_{min} será χ_z .

Este coeficiente lo obtendremos a partir de la curva de pandeo apropiada conociendo el valor de la esbeltez normalizada λ_z :

$$\overline{\lambda_z} = \left(\frac{\lambda_z}{\lambda_1} \right) \cdot [\beta_A]^{0,5}$$

siendo:

$$\lambda_1 = \pi [E / f_y]^{0,5} = 93,9 \varepsilon = 93,9$$

$$\beta_A = 1 \quad (\text{sección Clase 1})$$

$$\lambda_z = \frac{l_{cr}}{i_z} = \frac{400cm}{3,98cm} = 100,5$$

$$\overline{\lambda_z} = \left(\frac{\lambda_z}{\lambda_1} \right) \cdot [\beta_A]^{0,5} = \left(\frac{100,5}{93,9} \right) \cdot 1^{0,5} = 1,0703$$

En nuestro caso con flexión respecto del eje débil de la sección y relaciones geométricas

$$\frac{h}{b} = \frac{152}{160} = 0,95 < 1,2 ; \quad t_f \leq 40mm$$

corresponde utilizar la curva de pandeo c. De ella obtenemos para la esbeltez $\lambda_z=1,07$

$$\chi_z = 0,5$$

Es necesario obtener también el coeficiente k_z que empleamos para mayorar el momento flector aplicado $M_{z.Sd}$ y depende de μ_z , que a su vez se obtiene a partir del coeficiente de momento equivalente $\beta_{M,\Psi}$. Las expresiones que relacionan estos coeficientes son:

$$k_z = 1 - \frac{\mu_z \cdot N_{Sd}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y}; \quad k_z \leq 1,5$$

$$\mu_z = \bar{\lambda}_z \cdot (2 \cdot \beta_{M,\Psi} - 4) + \frac{W_{pl,z}}{W_{el,z}} - 1; \quad \mu_z \leq 0,9$$

En nuestro caso el momento flector de cálculo $M_{z.Sd}$ es uniforme en toda la pieza ($\Psi=1$) por lo que el coeficiente de momento equivalente $\beta_{M,\Psi}$ vale:

$$\beta_{M,\Psi} = 1,8 - 0,7 \cdot \Psi = 1,1$$

Así los coeficientes μ_z y k_z valdrán:

$$\begin{aligned} \mu_z &= 1,0703(2 \times 1,1 - 4) + \left[\frac{118 - 76,9}{76,9} \right] = -1,392 \leq 0,9 \\ &= -1,392 \leq 0,9 \end{aligned}$$

Tomamos $\mu_z = -1,392$

$$\begin{aligned} k_z &= 1 - \left(\frac{-1,392 \times 250 \times 10^3}{0,5 \times 38,8 \times 100 \times 235} \right) \text{ pero } \leq 1,5 \\ &= 1,763 \text{ pero } \leq 1,5 \\ \therefore k_z &= 1,5 \end{aligned}$$

determinadas todas las variables, verificamos el cumplimiento de la expresión de interacción

$$\begin{aligned} \frac{N_{Sd}}{\chi_{\min} \cdot A \cdot (f_y / \gamma_{M1})} + \frac{k_z \cdot M_{z.Sd}}{W_{pl,z} \cdot (f_y / \gamma_{M1})} &\leq 1 \\ \frac{250 \times 10^3}{0,5 \times 38,8 \times 10^2 \times 235 / 1} + \frac{1,5 \times 6 \times 10^6}{118 \times 10^3 \times 235 / 1} + 0 &\leq 1 \\ (\text{Nota } \gamma_{M1}=1,0) \quad 0,548 + 0,324 &= 0,873 < 1 \end{aligned}$$

Este resultado confirma que no se alcanza el agotamiento como se quería comprobar.