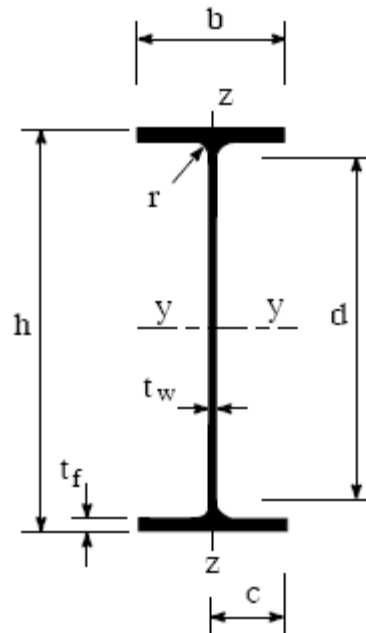


Estructuras de acero: Problemas¹ Clasificación de secciones

1. Sección sometida a compresión: IPE 600 S-355



Datos $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$
 $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,81$
 $h = 600 \text{ mm}$
 $b = 220 \text{ mm}$
 $t_f = 19 \text{ mm}$
 $t_w = 12 \text{ mm}$
 $r = 24 \text{ mm}$

Clasificación del ala

$$c = 0,5 \cdot b = 110 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = \frac{110}{19} = 5,8 < 10 \cdot \varepsilon = 8,1 \rightarrow \text{Clase 1}$$

tabla 5.4

¹ *Elementos Estructurales. Tomo 9.* (1999). Instituto Técnico de la Estructura en Acero. San Sebastián

Clasificación del alma

$$d = h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 600 - 2 \cdot 19 - 2 \cdot 24 = 514 \text{ mm}$$

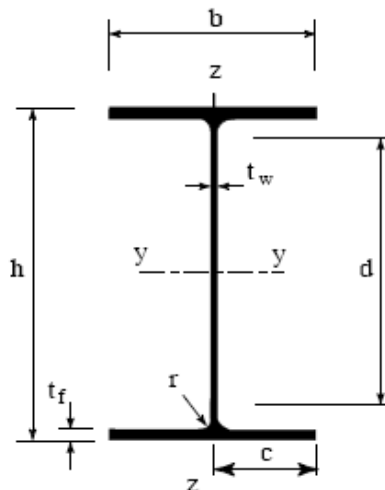
$$c = d = 514 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_w} = \frac{514}{12} = 42,8 > 42 \cdot \varepsilon = 34,0 \rightarrow \text{Clase 4}$$

tabla 5.3

Por tanto, la sección es de Clase 4

2. Sección sometida a compresión: HEA 500 S-235



Datos $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 1$$

$$h = 490 \text{ mm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$t_f = 23 \text{ mm}$$

$$t_w = 12 \text{ mm}$$

$$r = 27 \text{ mm}$$

Clasificación del ala

$$c = 0,5 \cdot b = 150 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = \frac{150}{23} = 6,5 < 10 \cdot \varepsilon = 10 \rightarrow \text{Clase 1}$$

tabla 5.4

Clasificación del alma

$$d = h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 490 - 2 \cdot 23 - 2 \cdot 27 = 390 \text{ mm}$$

$$c = d = 390 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_w} = \frac{390}{12} = 32,5 < 33 \cdot \varepsilon = 33 \rightarrow \text{Clase 1}$$

tabla 5.3

Por tanto, la sección es de Clase 1

3. Sección sometida a flexión: HEA 500 S-235

Se consideran dos casos distintos:

a) Flexión por el eje y-y

Las alas están sometidas a compresión o tracción uniforme, por lo que se clasifican así:

$$c = 0,5 \cdot b = 150 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = \frac{150}{23} = 6,5 \leq 10 \cdot \varepsilon = 10 \rightarrow \text{Clase 1}$$

tabla 5.4

El alma está sometida a flexión. Su clasificación es:

$$c = d = 390 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_w} = \frac{390}{12} = 32,5 \leq 72 \cdot \varepsilon = 72 \rightarrow \text{Clase 1}$$

tabla 5.3

Respecto a este eje, la sección es de Clase 1.

b) Flexión por el eje z-z

En principio, se supone que la sección está completamente plastificada en flexión pura. En este caso, las alas están sometidas a tensiones repartidas uniformemente, a compresión de un lado del alma y a tracción en el otro lado. Por tanto, la clasificación de las alas es:

$$\frac{c}{t_f} = \frac{150}{23} = 6,5 \leq 10 \cdot \varepsilon = 10 \rightarrow \text{Clase 1}$$

tabla 5.4

Respecto al eje z-z, en flexión pura puede despreciarse la posibilidad de pandeo por la oposición del alma respecto al eje neutro.

Así, puede considerarse que la sección pertenece a la Clase 1.

4. Sección sometida a flexión y compresión: HEA 500 S-235

La sección está sometida a flexión respecto al eje y-y y a una fuerza de compresión axial de 400 kN.

Clasificación del ala

$$\frac{c}{t_f} = \frac{150}{23} = 6,5 < 10 \cdot \varepsilon = 10 \rightarrow \text{Clase 1}$$

tabla 5.4

Clasificación del alma

$$c = d = 390 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_w} = \frac{390}{12} = 32,5$$

Este valor es más bajo que el límite de c/t_w en el caso de compresión uniforme del alma ($33 \cdot \varepsilon = 33$), que es el caso de reparto de tensiones en el alma más desfavorable $\left(33 \cdot \varepsilon, 72 \cdot \varepsilon, \frac{396 \cdot \varepsilon}{(13 \cdot \alpha - 1)}\right)^2$. Así, el alma puede clasificarse de Clase 1, independientemente del reparto de tensiones a que está sometida.

Por tanto, la sección puede considerarse de Clase 1.

5. Sección sometida a flexión y compresión: IPE 600 S-355

La sección está sometida a flexión respecto al eje y-y y a una fuerza de compresión axial de 1200 kN.

Clasificación del ala

$$c = 110 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = \frac{110}{19} = 5,8 < 10 \cdot \varepsilon = 8,1 \rightarrow \text{Clase 1}$$

tabla 5.4

² Tabla 5.3. Casos de compresión, flexión simple y flexocompresión.

Clasificación del alma

$$c = d = 514 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_w} = \frac{514}{12} = 42,8$$

Este valor es más bajo que cualquier límite del alma en flexión pura ($72 \cdot \varepsilon = 58,3$), pero supera el valor límite de la clase 3 en compresión pura ($42 \cdot \varepsilon = 34,0$). La cuestión que se plantea es: ¿cómo es el reparto de tensiones, elástico o plástico?

Supongamos en primer lugar una redistribución de tensiones totalmente plástica. Si se designa por c_N la parte del alma que absorbe la compresión (profundidad de la fibra neutra), se tiene:

$$N_{Ed} = c_N \cdot t_w \cdot f_y \rightarrow c_N = \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_y}$$

$$\alpha \cdot c = \frac{c + c_N}{2}$$

$$\alpha = \frac{1}{2 \cdot c} \cdot (c + c_N) = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \frac{c_N}{c}\right)$$

Introduciendo el valor de c_N en esta expresión, se tiene:

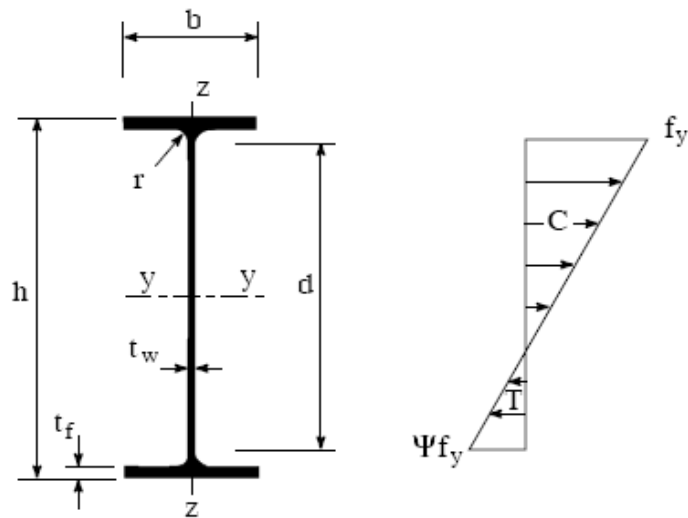
$$\alpha = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_y \cdot c}\right) = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \frac{1200 \cdot 10^3}{12 \cdot 355 \cdot 514}\right) = 0,774$$

Por tanto, ahora se pueden obtener los valores límites que definen la Clase de sección (tabla 5.3).

$$\text{Límite Clase 1: } \frac{c}{t_w} \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 33,8$$

$$\text{Límite Clase 2: } \frac{c}{t_w} \leq \frac{456 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = 40,9$$

Como c/t_w supera este valor, habrá una distribución elástica de tensiones, y no plástica como se había supuesto.



El reparto de tensiones en el alma que se considera es tal que la fibra extrema en compresión está en fluencia.

La tensión debida al momento flector es igual a σ_b . Las tensiones en las fibras extremas del alma vienen dadas por las siguientes expresiones.

$$f_y = \sigma_b + \frac{N_w}{c \cdot t_w}$$

$$\psi \cdot f_y = -\sigma_b + \frac{N_w}{c \cdot t_w}$$

siendo N_w la parte de esfuerzo axial que incide en el alma, igual a $N_w = \frac{A_w}{A} \cdot N_{Ed}$, y A_w el área del alma, de valor $A_w = c \cdot t_w$ y A el área de la sección.

Por tanto, las expresiones anteriores pueden escribirse de la forma:

$$f_y = \sigma_b + \frac{N_{Ed}}{A}$$

$$\psi \cdot f_y = -\sigma_b + \frac{N_{Ed}}{A}$$

Sumando estas expresiones se tiene:

$$f_y + \psi \cdot f_y = 2 \cdot \frac{N_{Ed}}{A}$$

$$f_y \cdot (1 + \psi) = 2 \cdot \frac{N_{Ed}}{A}$$

$$\psi = \frac{1}{f_y} \cdot \left(\frac{2 \cdot N_{Ed}}{A} - 1 \right)$$

$$\psi = \frac{1}{355} \cdot \left(\frac{2 \cdot 1200 \cdot 10^3}{15,6 \cdot 10^3} - 1 \right) = 0,431$$

El valor límite de la Clase 3 es (tabla 5.3):

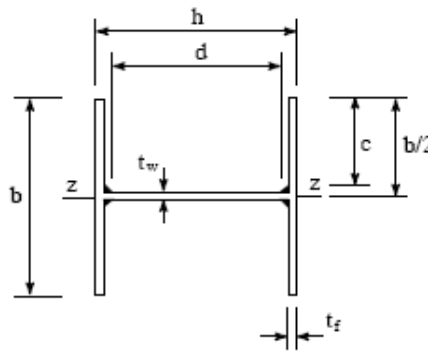
$$\frac{42 \cdot \varepsilon}{0,67 + 0,33 \cdot \psi} = \frac{42 \cdot 0,81}{0,67 + 0,33 \cdot 0,431} = 41,9$$

Como $\frac{c}{t_w} = 48,8 > 41,9 \rightarrow$ Clase 4

Por tanto, la sección pertenece a la Clase 4.

6. Sección soldada sometida a flexión y compresión

Flexión alrededor del eje z-z y una fuerza de compresión axial de 300 kN.



Datos $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,81$$

$h = 300 \text{ mm}$

$b = 300 \text{ mm}$

$t_f = 12 \text{ mm}$

$t_w = 8 \text{ mm}$

$a = 6 \text{ mm}$

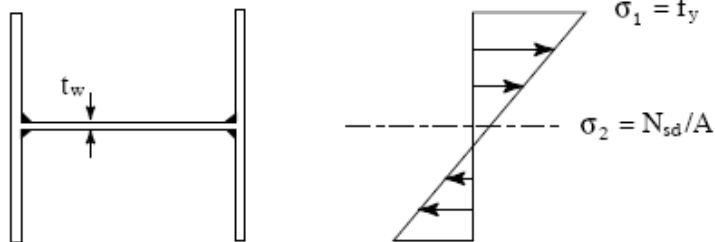
Clasificación de las alas

Suponiendo un reparto plástico de tensiones, las alas están sometidas a una tensión uniforme igual a f_y en la zona de compresión.

$$c = 150 - \frac{8}{2} - 6 \cdot \sqrt{2} = 137,5 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = \frac{137,5}{12} = 11,46$$

Este valor supera el valor límite de la Clase 3 $\left(\frac{c}{t_f} \leq 14 \cdot \varepsilon = 11,34 \right)$, lo que significa que debe considerarse un reparto elástico. Se asume que en la fibra extrema en compresión está en fluencia.



$$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{N_{Ed}}{A \cdot f_y} = \frac{300 \cdot 10^3}{9408 \cdot 355} = 0,09$$

$$k_\sigma = 0,57 - 0,21 \cdot \psi + 0,07 \cdot \psi^2 = 0,55$$

tabla 5.4

$$\frac{c}{t_f} \leq 21 \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}$$

tabla 5.4

$$\frac{c}{t_f} = 11,46 < 21 \cdot 0,81 \cdot \sqrt{0,55} = 12,6 \rightarrow \text{Clase 3}$$

Clasificación del alma

El alma está en compresión

$$c = 300 - 2 \cdot 12 - 2 \cdot 6 \sqrt{2} = 259 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_w} = \frac{259}{8} = 32,4$$

$$\frac{c}{t_w} = 32,4 > 38 \cdot \varepsilon = 30,78 \rightarrow \text{No es de Clase 2}$$

tabla 5.3

$$\frac{c}{t_w} = 32,4 \leq 42 \cdot \varepsilon = 34,02 \rightarrow \text{Clase 3}$$

Por tanto, la sección es de Clase 3