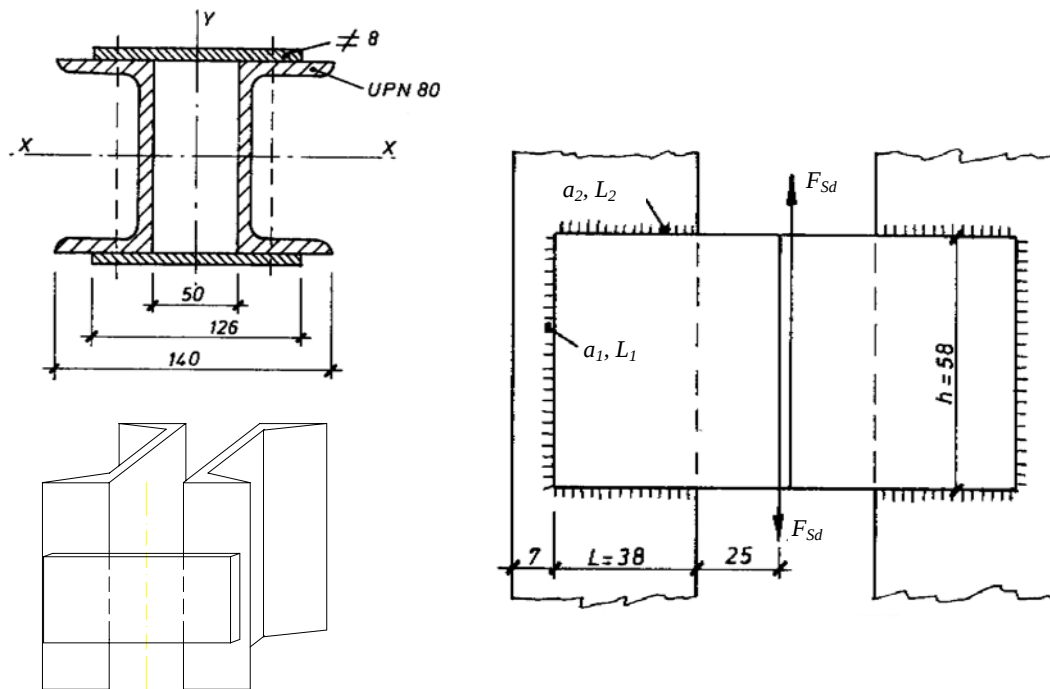


PROBLEMA N°9

Diseñar la unión soldada de las presillas a los dos cordones que constituyen un pilar compuesto formado por 2UPN-80 abiertos y empresillados (ver figura), sabiendo que las dimensiones de las presillas son (126x58x8mm) y que el esfuerzo cortante mayorado al que se encuentran sometidas es $F_{Sd}=30kN$. Supóngase un acero S275 J2.



SOLUCIÓN

La unión se proyectará soldando la presilla a las alas de los perfiles en todo el perímetro de ésta que sea posible. Para el cálculo, primeramente se elegirá una garganta para los cordones de soldadura que sea admisible con los espesores a unir. Las piezas a unir mediante cordones en ángulo son: presillas de 8mm y el ala de un perfil UPN-80 con espesor variable, para el que se toma un espesor medio de 8mm.

Para $t=8mm$ se tiene que la garganta estará entre los valores: $3mm \leq a \leq 5,5mm$

Se propone tomar inicialmente un valor de garganta para ambos cordones: $a_1=a_2=4mm$

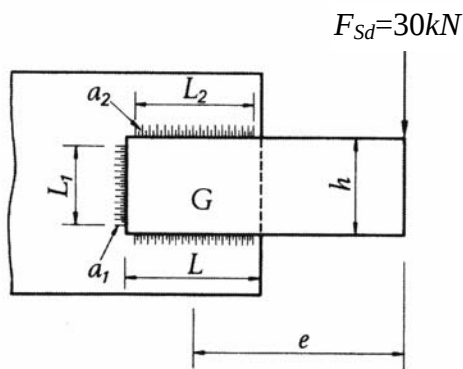
UNIONES SOLDADAS

A partir de las gargantas se obtienen las longitudes eficaces de ambos cordones suponiendo que se ejecutan uno a uno haciendo paradas entre ellos.

$$L_1 = h - 2 \cdot a_1 = 58 - 2 \cdot 4 = 50 \text{ mm}$$

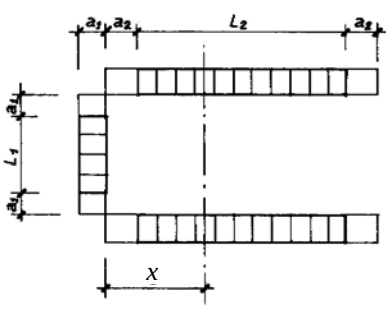
$$L_2 = L - 2 \cdot a_2 = 38 - 2 \cdot 4 = 30 \text{ mm}$$

La propuesta es una unión sometida a un esfuerzo combinado de cortante (el propio cortante que solicita a la presilla $F_{Sd}=30\text{kN}$) y momento torsor $M_{Tsd}=F_{Sd} \cdot e$ como consecuencia de la



excentricidad e de la fuerza F_{Sd} con respecto al c.d.g. de la unión que habrá que determinar.

Se dan las condiciones dimensionales que permiten aplicar el método de las dos fuerzas para distribuir el torsor sobre la pareja de cordones horizontales. ($0,5 \cdot h = 29 < L_2 = 30 < 2 \cdot h = 116$).



Para conocer la magnitud de momento torsor, será preciso calcular la posición del c.d.g. de los cordones (en realidad el c.d.g. de los planos de garganta de los cordones, abatidos sobre el plano de la unión, ala de un perfil UPN en este caso).

Llamando x a la distancia del c.d.g. a la base del cordón (1) se tiene:

$$x = \frac{a_1 \cdot L_1 \cdot \left(-\frac{a_1}{2}\right) + 2 \cdot \left(a_2 \cdot L_2 \cdot \left(\frac{L_2}{2} + a_2\right)\right)}{a_1 \cdot L_1 + 2 \cdot a_2 \cdot L_2} = \frac{4 \text{ mm} \cdot 50 \text{ mm} \cdot \left(-\frac{4 \text{ mm}}{2}\right) + 2 \cdot \left(4 \text{ mm} \cdot 30 \text{ mm} \cdot \left(\frac{30 \text{ mm}}{2} + 4 \text{ mm}\right)\right)}{4 \text{ mm} \cdot 50 \text{ mm} + 2 \cdot 4 \text{ mm} \cdot 30 \text{ mm}} = 9,45 \text{ mm.}$$

con lo que la excentricidad de la fuerza F_{Sd} será: $e = 38 \text{ mm} + 25 \text{ mm} - 9,45 \text{ mm} = 53,5 \text{ mm}$

Así el momento torsor M_{Tsd} en la unión valdrá: $M_{Tsd} = F_{Sd} \cdot e = 30 \text{ kN} \cdot 53,5 \text{ mm} = 1,6 \text{ kNm}$

***Reparto de esfuerzos**

En una situación como la presente se propone distribuir los esfuerzos de modo que el cortante sea resistido por la pareja de cordones horizontales (2) y el torsor se reparta en agotamiento entre los tres cordones. Este reparto del torsor lleva a que aparezca un momento flector M_{f1} sobre el cordón sin pareja y un momento torsor M_{T2} sobre la pareja de cordones (2).

$$F_{Sd} = F_2 ; \quad M_{TSd} = F_{Sd} \cdot e = M_{f1} + M_{T2} \quad \left\{ \begin{array}{l} M_{f1} = \frac{M_{f1agot}}{M_{f1agot} + M_{T2agot}} \cdot M_{TSd} \\ M_{T2} = \frac{M_{2agot}}{M_{f1agot} + M_{T2agot}} \cdot M_{TSd} \end{array} \right.$$

Los momentos de agotamiento respectivos para los datos de garganta y longitudes son:

$$M_{f1agot} = \frac{a_1 \cdot L_1^2 \cdot f_u}{\sqrt{72} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = \frac{4mm \cdot (50mm)^2 \cdot 430N/mm^2}{\sqrt{72} \cdot 0,85 \cdot 1,25} = 476950Nmm$$

$$M_{T2agot} = \frac{a_2 \cdot L_2 \cdot (h + a_2) \cdot f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{Mw}} = \frac{4mm \cdot 30mm \cdot (58mm + 4mm) \cdot 430N/mm^2}{\sqrt{3} \cdot 0,85 \cdot 1,25} = 1738408Nmm$$

De modo que los momentos que deberán soportar los cordones serán:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{f1} = \frac{M_{f1agot}}{M_{f1agot} + M_{T2agot}} \cdot M_{TSd} = \frac{476950Nmm}{476950Nmm + 1738408Nmm} \cdot 1,6kNm = 0,344kNm \\ M_{T2} = \frac{M_{2agot}}{M_{f1agot} + M_{T2agot}} \cdot M_{TSd} = \frac{1738408Nmm}{476950Nmm + 1738408Nmm} \cdot 1,6kNm = 1,256kNm \end{array} \right.$$

*** Comprobación de cordones horizontales (2)**

Esta pareja de cordones deberán de soportar de modo simultáneo, el esfuerzo cortante completo sobre la unión $F_{Sd}=30kN$ y el momento torsor $M_{T2}=1,256kNm$. El cortante provoca sobre los cordones tensiones del tipo t_n en sus planos de garganta abatidos. En el de garganta:

$$\text{Cortante: } n = 0; \quad t_n = \frac{F_{Sd}}{2 \cdot a_2 \cdot L_2} = \frac{30kN}{2 \cdot 4mm \cdot 30mm} = 125N/mm^2; \quad t_a = 0 \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \sigma = \tau_n = \frac{t_n}{\sqrt{2}} = 88,39N/mm^2 \\ \tau_a = 0 \end{array} \right.$$

Por su parte el torsor $M_{T2}=1,256kNm$ da lugar a un par de fuerzas T longitudinales a los cordones que generan tensiones tangenciales del tipo t_a y su correspondiente τ_a .

$$T = \frac{M_{T2}}{(h + a_2)} = \frac{1,256kNm}{(58mm + 4mm)} = 20,26kN \rightarrow t_a = \frac{T}{a_2 \cdot L_2} = \frac{20,26kN}{4mm \cdot 30mm} = 168,8N/mm^2; \quad \tau_a = t_a = 168,8N/mm^2$$

Una vez que se conoce el estado tensional en el plano de garganta, definido por la terna de tensiones σ , τ_n y τ_a se aplicará el criterio de agotamiento del EC3. El resultado indica que los cordones (2) son seguros con un índice de aprovechamiento cercano al 85%.

$$\sqrt{\sigma^2 + 3(\tau_n^2 + \tau_a^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}$$

$$\sqrt{88,39^2 + 3[88,39^2 + 168,8^2]} = 341,68N/mm^2 \leq \frac{430N/mm^2}{0,85 \cdot 1,25} = 404,7N/mm^2$$

*** Comprobación del cordón vertical (1)**

Sobre este cordón el momento flector $M_{f1}=0,344kNm$ origina una distribución de tensiones t_n sobre el plano de garganta abatido, linealmente variable siguiendo la ley de Navier y proporcionales a su distancia al eje de flexión. El valor máximo de esta tensión será:

$$t_{n1max} = \frac{6 \cdot M_{f1}}{a_1 \cdot L_1^2} = \frac{6 \cdot 0,344kNm}{4mm \cdot (50mm)^2} = 206,4N/mm^2; \quad n = t_a = 0 \Rightarrow \begin{cases} \sigma = \tau_n = \frac{t_{n1max}}{\sqrt{2}} = \frac{206,4N/mm^2}{\sqrt{2}} = 146N/mm^2 \\ \tau_a = 0 \end{cases}$$

Determinadas las tensiones en el plano de garganta abatido (n , t_n y t_a) se aplica de nuevo el criterio de agotamiento del EC3 para el cordón vertical comprobándose que resulta seguro.

$$\sqrt{\sigma^2 + 3(\tau_n^2 + \tau_a^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}$$

$$\sqrt{146^2 + 3[146^2 + 0]} = 292N/mm^2 \leq \frac{430N/mm^2}{0,85 \cdot 1,25} = 404,7N/mm^2$$

En este caso el grado de aprovechamiento se sitúa en un 72%. Se puede concluir por tanto que la unión proyectada resulta segura en su conjunto.