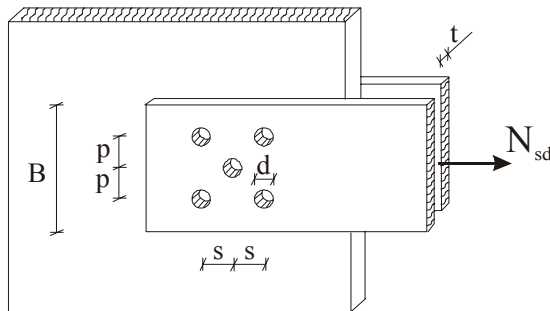


PROBLEMA N°2

Obtener el máximo esfuerzo de tracción N_{sd} que podrá soportar la pieza que se muestra en la figura, suponiendo que se ha construido con un acero S275. La pieza se encuentra conectada en su extremo mediante una serie de cinco tornillos dispuestos al tresbolillo tal y como se indica en el detalle de la unión.



Datos dimensionales:

Ancho: $B = 120mm$; Espesor: $t = 10mm$

Diámetro: $d = 12mm$; $s = p = 30mm$

¿Qué sucede si la conexión es de categoría C?

¿Y si se requiere un comportamiento dúctil?

SOLUCIÓN:

Como sabemos, la resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ (valor que nos indica el máximo esfuerzo de tracción N_{sd} que la pieza puede transmitir) en piezas unidas mediante tornillos, se reduce debido a la presencia de los agujeros y se obtiene como el menor valor de:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}}; \quad N_{u,Rd} = 0,9 \cdot \frac{A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia plástica de cálculo de la sección bruta

A : Área bruta de la sección transversal

f_y : Límite elástico del acero S275 = $275N/mm^2$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del acero para secciones de Clases 1,2 y 3 = 1,1

$N_{u,Rd}$: Resistencia última de cálculo de la sección neta

A_{net} : Área neta de la sección transversal

f_u : Resistencia última de tracción del acero S275 = $430N/mm^2$

γ_{M2} : Coeficiente parcial de seguridad para la resistencia de la sección neta = 1,25

El factor 0,9 tiene en cuenta la posibilidad de que existan excentricidades, concentraciones de tensiones, etc.

1º) Resistencia de la sección bruta

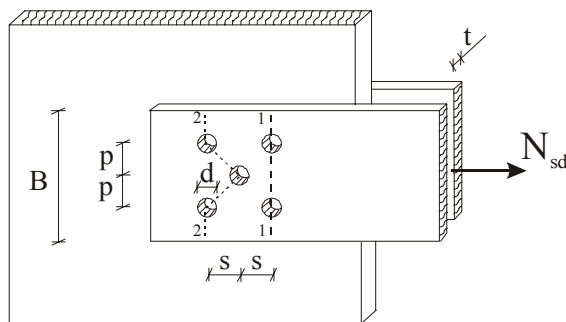
Cálculando el área bruta de la sección transversal A teniendo en cuenta que la pieza está constituida por dos chapas, podemos evaluar la resistencia plástica de cálculo $N_{pl.Rd}$.

$$A = 2 \cdot B \cdot t = 2 \cdot 120mm \cdot 10mm = 2400mm^2 \rightarrow N_{pl.Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2400mm^2 \cdot 275N/mm^2}{1,1} = 600kN$$

2º) Resistencia de la sección neta

2-a) Determinación de la sección neta

A continuación vamos a obtener el área neta de la sección transversal, la cual se calcula deduciendo de la sección bruta los agujeros de los tornillos y otras aberturas si las hubiera. Por cada agujero, la deducción es el producto del diámetro de dicho agujero por el espesor de la chapa. Cuando los tornillos están dispuestos al tresbolillo el área total a deducir es la mayor de las áreas obtenida para los agujeros cruzando una sección transversal perpendicular o la suma de las áreas de todos los agujeros en cualquier línea diagonal o en zig-zag que cruce la pieza menos $(s^2 \cdot t / 4p)$ por cada espacio transversal en la cadena de agujeros.



En nuestro caso nos encontramos claramente con dos secciones netas a analizar: La sección transversal perpendicular 1-1 y la sección 2-2 definida por la línea en zig-zag indicada en la figura que implica a tres agujeros.

Para la sección 1-1 tendremos un área neta y la correspondiente resistencia última de cálculo:

$$A_{neta(1-1)} = 2 \cdot (B \cdot t - 2 \cdot d \cdot t) = 2 \cdot (120mm \cdot 10mm - 2 \cdot 12mm \cdot 10mm) = 1920mm^2$$

$$N_{u.Rd(1-1)} = 0,9 \cdot \frac{A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 0,9 \cdot \frac{1920mm^2 \cdot 430N/mm^2}{1,25} = 594kN < N_{pl.Rd}$$

Mientras que en la sección 2-2 el área neta y la resistencia última de cálculo valdrán:

$$A_{neta(2-2)} = 2 \cdot \left(B \cdot t - 3 \cdot d \cdot t + 2 \cdot \frac{s^2 \cdot t}{4 \cdot p} \right) = 2 \cdot \left(1200mm^2 - 3 \cdot 12mm \cdot 10mm + 2 \cdot \frac{30^2 \cdot 10}{4 \cdot 30} \right) = 1980mm^2$$

$$N_{u.Rd(2-2)} = 0,9 \cdot \frac{A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 0,9 \cdot \frac{1980mm^2 \cdot 430N/mm^2}{1,25} = 613kN > N_{u.Rd(1-1)}$$

Resulta evidente por tanto que el axil de agotamiento viene dado por la resistencia última de cálculo en la sección neta 1-1, siendo su valor:

$$N_{sdmax} = N_{u.Rd(1-1)} = 594kN$$

3º) Unión de categoría C

En el caso de que la unión fuera de categoría C, es decir una unión diseñada para ser resistente al deslizamiento en estado límite último, el Eurocódigo 3 no nos permite superar el límite elástico f_y en la sección neta y la resistencia plástica de cálculo de la sección neta $N_{net.Rd}$ está limitada por el valor del límite elástico en dicha sección. De modo que,

$$N_{net.Rd} = \frac{A_{net} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1920mm^2 \cdot 275N/mm^2}{1,1} = 480kN < N_{pl.Rd}$$

El axil de agotamiento cuando la unión requiere ser de categoría C será entonces:

$$N_{sdmax} = N_{net.Rd} = 480kN$$

4º) Pieza con comportamiento dúctil

Cuando se requiere que la pieza presente un comportamiento dúctil, es necesario asegurar que la condición límite sea alcanzar el límite elástico en la sección bruta en lugar del fallo en la sección neta. De modo que se cumpla la condición:

$$N_{u.Rd} \geq N_{pl.Rd}$$

PIEZAS SOMETIDAS A TRACCIÓN

La condición anterior quedará satisfecha si se verifica la siguiente desigualdad:

$$\frac{A_{net}}{A} \geq \frac{[f_y / f_u][\gamma_{M2} / \gamma_{M0}]}{0,9}$$

Para un acero S275 y empleando los valores del EC3 para los coeficientes parciales γ_{M2} y γ_{M0} , el valor mínimo de la relación A_{net}/A para comportamiento dúctil resulta ser de 0,807.

$$\frac{A_{net}}{A} \geq \frac{[f_y / f_u][\gamma_{M2} / \gamma_{M0}]}{0,9} = \frac{[275 / 430] \cdot [1,25 / 1,1]}{0,9} = 0,807$$

Como podemos comprobar a continuación, nos encontramos un poco por debajo del valor mínimo lo que nos sugiere la posibilidad de modificar ligeramente el diseño de la unión en el sentido de aumentar el valor del A_{net} .

$$\frac{A_{net}}{A} = \frac{1920mm^2}{2400mm^2} = 0,8 \cong \left(\frac{A_{net}}{A} \right)_{min} = 0,807$$

En estos casos en que se requiere específicamente un comportamiento dúctil, la resistencia a tracción de cálculo estará siempre controlada por la resistencia plástica de la sección transversal bruta $N_{pl,Rd}$.