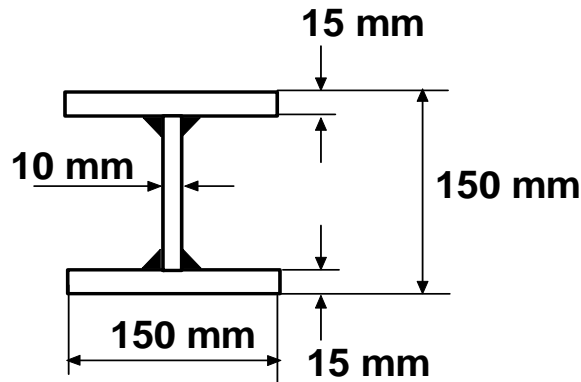


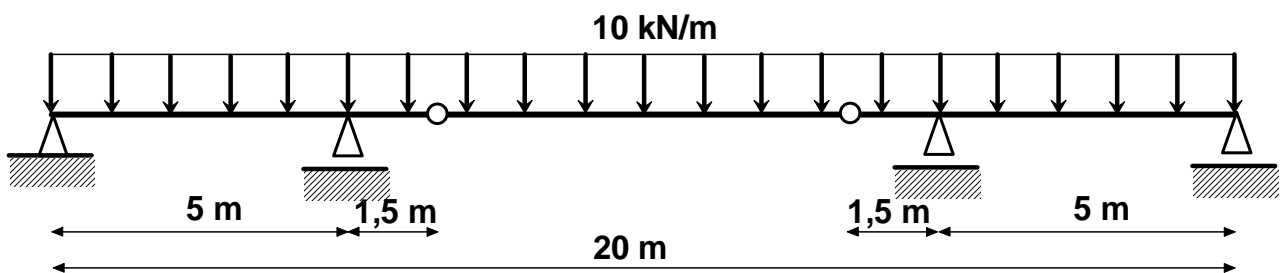
Fecha de publicación de la preacta: 7 de Julio
Fecha de revisión: 12 de Julio

EJERCICIO 3. PROBLEMA (20 puntos)

Para sustentar el tablero de un puente, se realiza una estructura de soporte con vigas fabricadas con chapa soldada, cuya sección se muestra en la figura.



El esquema de cargas y la sustentación de la estructura del puente son los de la figura.

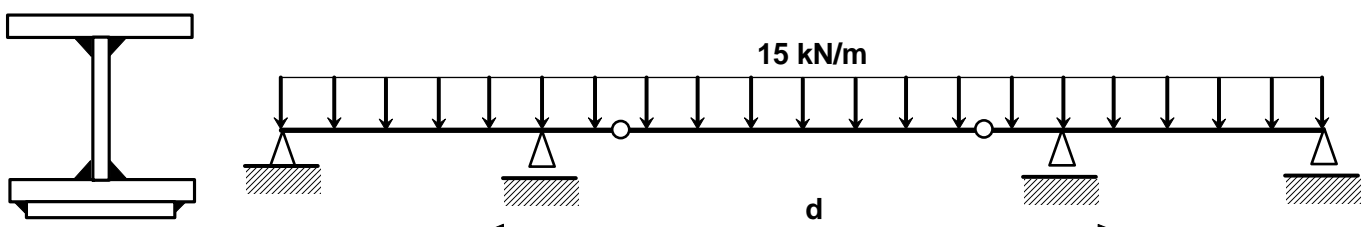


Se pide (redondeando los valores de las reacciones a un número entero de kN):

a.- Paso (redondeado a un número entero de mm) de los cordones interrumpidos de soldadura (longitud de cordón $L = 10$ cm, ancho de garganta $a = 3$ mm, tensión admisible del cordón $\tau_{adm} = 100$ MPa). (6 puntos)

b.- Momento flector máximo (en kN·m), que es capaz de soportar la sección ($\sigma_{adm} = 275$ MPa), comprobando que éste no se alcanza en el puente. (6 puntos)

c.- Tras la puesta en servicio del puente, se desea incrementar la carga máxima hasta $q = 15$ kN/m. Para ello se reforzará la parte inferior de las vigas con chapa soldada de sección suficiente, como se indica en la figura, en una longitud simétrica d . Se desea conocer el valor mínimo de d . (8 puntos)



RESOLUCIÓN

A.- Cada pareja de cordones de soldadura que une el ala al alma deben soportar una carga equivalente a la resultante de las tensiones de cortadura que existirían entre el ala y el alma si la sección fuese continua.

Esta fuerza, mayorada, tiene por expresión:

$$F_d = \frac{|T|_{\text{máx}} \cdot m_{zA'} \cdot \rho}{I_z}$$

Siendo $m_{zA'}$ el momento estático de la platabanda con respecto al eje z de flexión del perfil (eje de simetría horizontal), ρ el paso e I_z el momento de inercia de toda la sección con respecto al mismo eje.

La tensión que soporta cada cordón es:

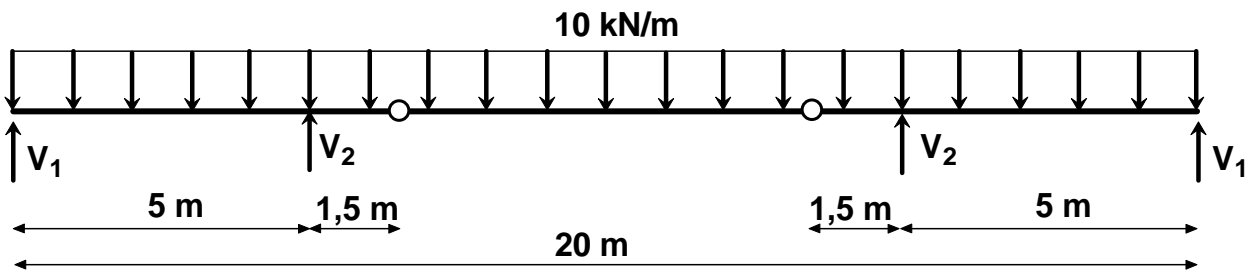
$$\tau = \frac{F_d / 2}{L \cdot a} < \tau_{adm}$$

El paso será, por tanto:

$$\rho < \frac{2 \cdot \tau_{adm} \cdot a \cdot L \cdot I_z}{|T|_{\text{máx}} \cdot m_{zA'}}$$

Para hallar el esfuerzo cortante máximo es preciso obtener el diagrama de esfuerzos cortantes.

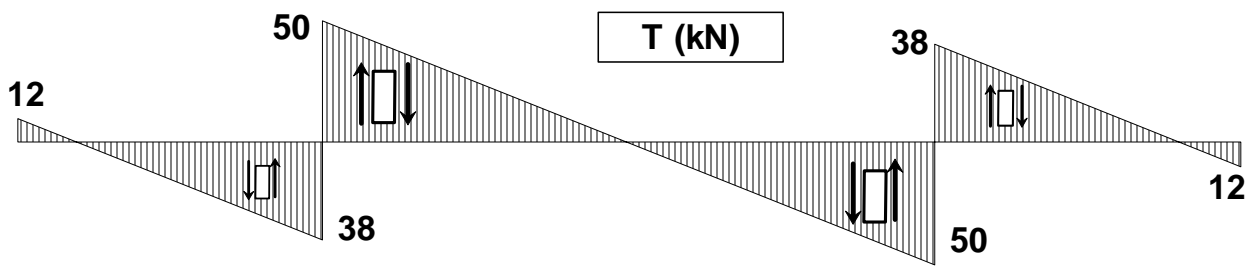
Las reacciones verticales en los apoyos son simétricas, debido a la simetría de apoyos y cargas. La reacción horizontal es nula.



Las reacciones se pueden calcular imponiendo equilibrio vertical de la mitad izquierda y momento flector nulo en la sección izquierda de la rótula:

$$\left. \begin{aligned} \sum F_v = 0 &\rightarrow V_1 + V_2 - 100 = 0 \\ M_F(R^-) = 0 &\rightarrow V_1 \cdot 6,5 + V_2 \cdot 1,5 - 10 \cdot \frac{6,5^2}{2} = 0 \end{aligned} \right\} \rightarrow \begin{aligned} V_1 &= 12,25 \text{ kN} \cong 12 \text{ kN} \\ V_2 &= 87,75 \text{ kN} \cong 88 \text{ kN} \end{aligned} \quad (1 \text{ punto})$$

El diagrama de esfuerzos cortantes es el siguiente: (2 puntos)



El momento estático es $m_{zA'} = 150 \cdot 15 \cdot 67,5 = 1,52 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$ (1 punto)

El momento de inercia es $I_z = \frac{1}{12} (150^4 - 140 \cdot 120^3) = 2,2 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$ (1 punto)

El paso de los cordones es $p < \frac{2 \cdot 100 \frac{N}{\text{mm}^2} \cdot 3 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm} \cdot 2,2 \cdot 10^7 \text{ mm}^4}{50 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot 1,52 \cdot 10^5 \text{ mm}^3} = 175 \text{ mm}$

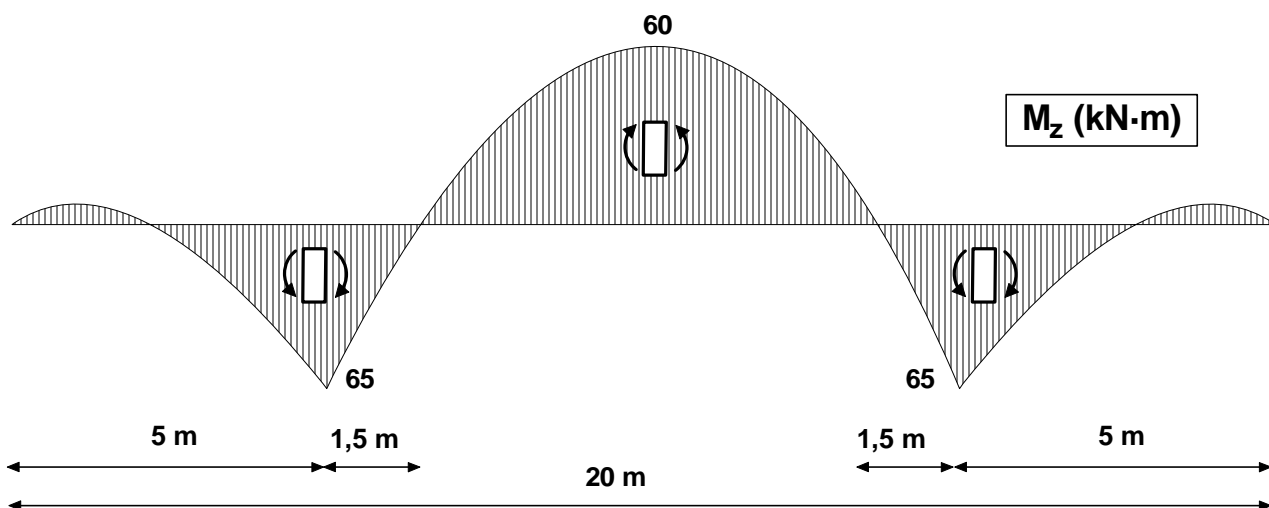
(1 punto)

B.- De la condición resistente se obtiene el momento flector máximo que puede soportar el perfil:

$$\frac{|M_z|_{\text{máx}}}{W_z} < \sigma_{\text{adm}} \rightarrow |M_z|_{\text{máx}} < \sigma_{\text{adm}} \cdot W_z = 275 \frac{N}{\text{mm}^2} \cdot \frac{2,2 \cdot 10^7 \text{ mm}}{75 \text{ mm}} = 8,08 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} \equiv 80,8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

(2 puntos)

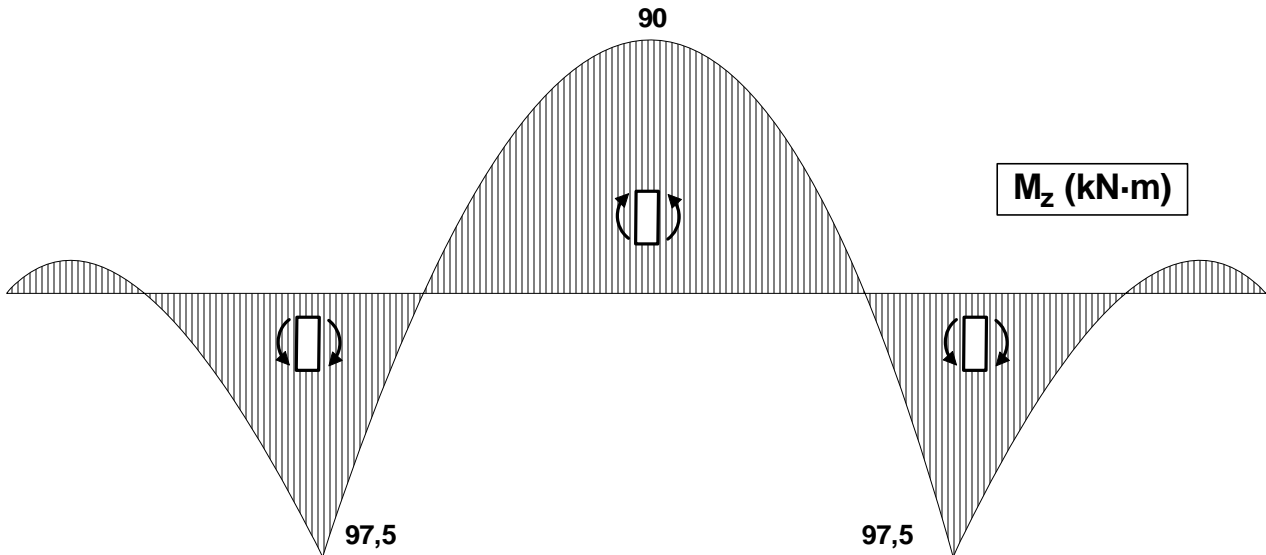
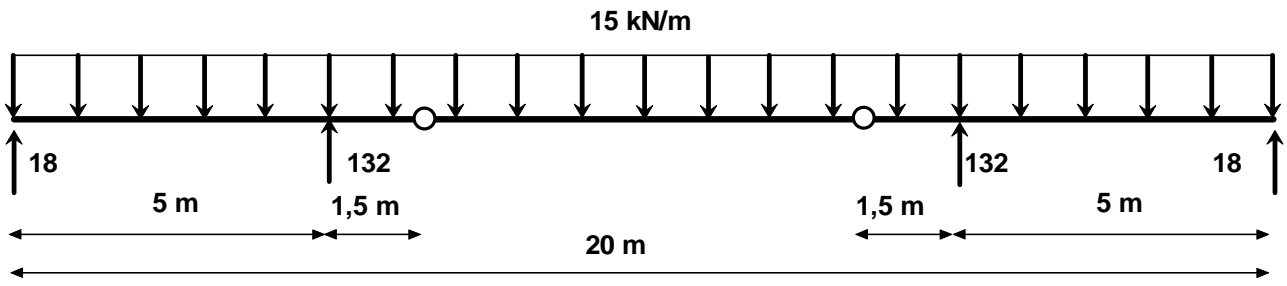
Para verificar que no se alcanza, es preciso dibujar el diagrama de momentos flectores:



En efecto, no se alcanza el valor máximo admisible.

(4 puntos)

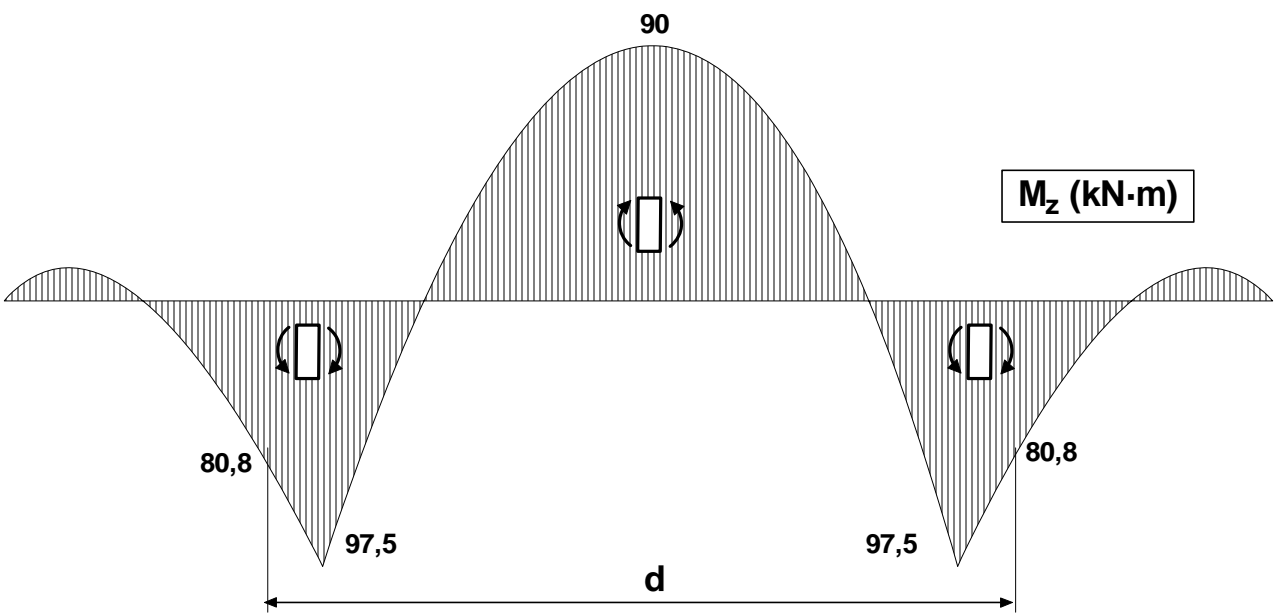
C.- Al incrementar la carga distribuida desde 10 hasta 15 kN/m, se incrementan proporcionalmente las reacciones y el diagrama de momento flector. El nuevo diagrama será, por tanto:



(2 puntos)

Todas las secciones en las que el momento flector sea superior a 80,8 kN-m deben reforzarse, es decir, cerca de los apoyos y cerca de la sección central. (4 puntos)

Como se desea reforzar en una longitud d simétrica respecto al centro, ésta distancia se obtendrá buscando la primera y última sección en la que el momento flector alcanza un módulo de 80,8 kN-m.



Dada la simetría, con hallar la primera sección basta. Para ello, se formula la ley de momento flector en el primer tramo de la viga (siendo x la coordenada longitudinal, con origen en el apoyo izquierdo y sentido positivo hacia el apoyo derecho), y se impone que su valor sea $-80,8 \text{ kN} \cdot \text{m}$.

$$M_z = 18x - 15 \frac{x^2}{2} = -80,8 \quad \rightarrow \quad 7,5x^2 - 18x - 80,8 = 0$$

Ecuación de segundo grado, cuya única raíz positiva es $x = 4,69 \text{ m}$.

La distancia d será $d = 20 - 2 \cdot 4,69 = 10,62 \text{ m}$. (2 puntos)