

Exemple d'application :

Soit un plancher d'entrepôt, présentent les caractéristiques suivantes :

- Trame : 7.20 m × 5.00 m
- Charge permanente G = 10 KN/m²
- Surcharge de stockage : Q = 2.3 KN/m²
- Dalle en Béton armé, coulés sur bacs acier, d'épaisseur moyenne t = 8 cm
- Entraxe des solives = 1.20m
- Contraintes admissibles des matériaux :

Pour l'acier $f_y = 235$ MPa ; Pour le béton $f_{c28} = 25$ MPa

- Coefficient d'équilibre acier/béton : n = 15
- Coefficient de retrait du béton : $\varepsilon = 2 \times 10^{-4}$
- La section des solives c'est un HE 180A, avec les caractéristiques géométriques suivantes :

Profilé	A (cm ²)	I _y (cm ⁴)	h (mm)
HE 180A	45.3	2510	171

Solution :

1. Calcul l'aire de la section mixte

$$S = A + \frac{B}{n} = 45.3 + \frac{120 \times 8}{15} = 109.3 \text{ cm}^2$$

2. Calculer le moment d'inertie de la section mixte par rapport à l'axe neutre

$$d = \frac{bt}{n} \frac{t+h}{2S} = \left(\frac{120 \times 8}{15} \right) \times \left(\frac{8+17.1}{2 \times 109.3} \right) = 7.35 \text{ cm}$$

Le moment d'inertie de la section mixte par rapport à l'axe neutre (Δ) est :

$$\begin{aligned} I &= I_A + Ad^2 + \frac{I_B}{n} + \frac{B}{n} \left(\frac{t+h}{2} - d \right)^2 \\ &= 2510 + 45.3 \times 7.35^2 + \frac{120 \times 8^3}{12 \times 15} + \frac{120 \times 8}{15} (12.55 - 7.35)^2 \end{aligned}$$

$$I = 7029.11 \text{ cm}^4$$

3. Calcul l'aire de la section mixte

$$M = 1.20[1.35 \times 10 + 1.5 \times 2.3] \times \frac{5^2}{8} = 63.56 \text{ KN.M}$$

4. Calculer les contraintes dans la poutre d'acier

$$\text{Traction : } \sigma_{ai} = \frac{M}{I} v_i$$

$$\text{Compression : } \sigma_{as} = \frac{M}{I} (v_s - t)$$

Avec :

$$v_i = \frac{h}{2} + d = 8.55 + 7.35 = 15.9 \text{ cm}$$

$$v_s = \frac{h}{2} + t - d = 8.55 + 8 - 7.35 = 9.2 \text{ cm}$$

$$\text{Traction : } \sigma_{ai} = \frac{M}{I} v_i = \frac{63.56 \times 15.9 \times 10^3}{7029.11} = \mathbf{143.77 \text{ MPa}}$$

$$\text{Compression : } \sigma_{as} = \frac{M}{I} (v_s - t) = \frac{63.56 \times 1.2 \times 10^3}{7029.11} = \mathbf{10.85 \text{ MPa}}$$

5. Calculer les contraintes dans la poutre d'acier

Compression (fibre supérieure) :

$$\sigma_{bs} = \frac{M}{nI} v_s = \frac{63.56 \times 9.2 \times 10^3}{15 \times 7029.11} = \mathbf{5.55 \text{ MPa}}$$

Compression (fibre inférieure)

$$\sigma_{bi} = \frac{M}{nI} (v_s - t) = \frac{63.56 \times 1.2 \times 10^3}{15 \times 7029.11} = \mathbf{0.72 \text{ MPa}}$$

6. Calculer les contraintes additionnelles dues au retrait du béton

$$\alpha = \frac{I_A}{A\beta}$$

Avec :

$$\beta = \frac{h + t}{2} = \frac{17.1 + 8}{2} = 12.55 \text{ cm}$$

Donc

$$\alpha = \frac{I_A}{A\beta} = \frac{2510}{45.3 \times 12.55} = 4.41 \text{ cm}$$

Alors

$$K = \frac{BE_a \varepsilon \beta A}{nI_A A + BI_A + BA\beta^2}$$

$$= \frac{120 \times 8 \times 2.1 \times 10^6 \times 2 \times 10^{-4} \times 12.55 \times 45.3}{15 \times 2510 \times 45.3 + 120 \times 8 \times 2510 + 120 \times 8 \times 45.3 \times 12.55^2}$$

$$K = 0.21 \text{ N/mm}^3$$

$$y_1 = \frac{h}{2} + \alpha = 12.96 \text{ cm}$$

$$y_2 = y_1 + t = 12.96 + 8 = 20.96 \text{ cm}$$

$$E_a \varepsilon = 2.1 \times 10^6 \times 2 \times 10^{-4} = 42 \text{ MPa}$$

D'où les valeurs des contraintes :

- $\sigma_{as} = Ky_1 = 0.21 \times 129.6 = \mathbf{27.22 \text{ MPa}}$
- $\sigma_{ai} = K(h - y_1) = 0.21 \times 41.5 = \mathbf{8.71 \text{ MPa}}$
- $\sigma_{bi} = \frac{1}{n}(E_a \varepsilon - Ky_1) = \frac{1}{15}(42 - 27.22) = \mathbf{0.98 \text{ MPa}}$
- $\sigma_{bs} = \frac{1}{n}(E_a \varepsilon - Ky_2) = \frac{1}{15}(42 - 0.21 \times 209.6) = \mathbf{-0.13 \text{ MPa}}$

7. Calculer les contraintes finales :

$$\sigma_{as} = 10.85 + 27.22 = 38.07 \text{ MPa} < f_y = 235 \text{ MPa Condition vérifiée}$$

$$\sigma_{ai} = 143.77 + 8.71 = 153.48 \text{ MPa} < f_y = 235 \text{ MPa Condition vérifiée}$$

$$\sigma_{bi} = 0.72 + 0.98 = 1.7 \text{ MPa} < 0.6 \times f_{c28} = 15 \text{ MPa} \text{ Condition vérifiée}$$

$$\sigma_{bs} = 5.55 - 0.13 = 5.42 \text{ MPa} < 0.6 \times f_{c28} = 15 \text{ MPa} \text{ Condition vérifiée}$$