

Durée 1h30  
Documents autorisés

## ETUDE D'UNE POUTRE MIXTE

Une poutre mixte est constituée d'une PRS (Poutre Reconstituée Soudée) connectée à une dalle en béton armé.

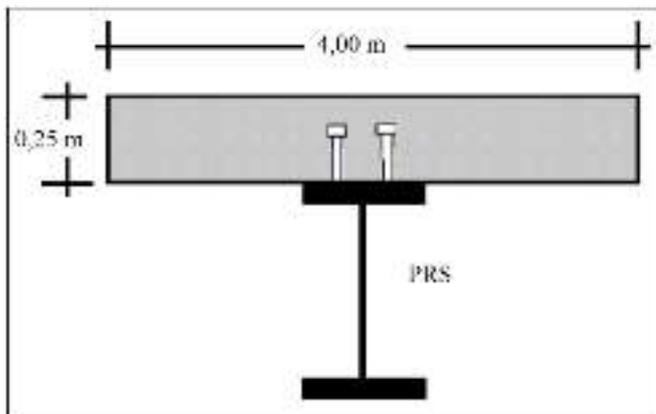
Données :	Béton de classe C30/37	fck	30	MPa
	Largeur de la dalle (largeur efficace)	b	4	m
	Épaisseur de la dalle	e	0,25	m
	Poutre PRS en acier S355			
	hauteur d'âme	hw	1180	mm
	épaisseur d'âme	tw	16	mm (fy=355 MPa)
	largeur des membrures	b	400	mm
	épaisseur des membrures	tf	30	mm (fy=345 MPa)

### I - Etude sous moment positif (béton non fissuré) :

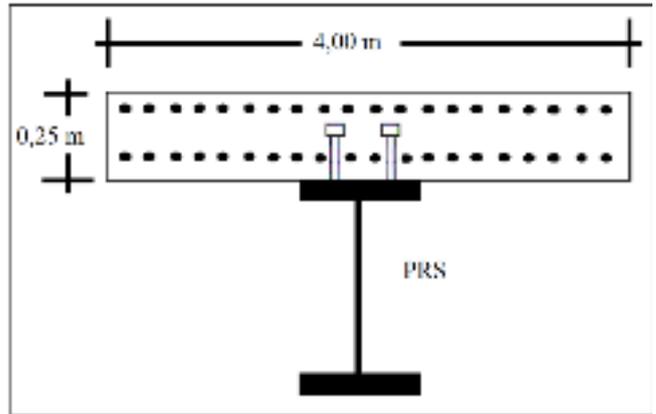
a- Déterminer la position de l'ANP par rapport à l'interface acier-béton. Déduire la classe de la section.

b- Calculer la résistance à la flexion de la section mixte non fissurée.

c- Comparer la résistance de la poutre mixte à celle de la poutre métallique seule : on calculera la classe de la PRS et sa résistance à la flexion.



Section transversale  $M > 0$  (béton non fissuré)



Section transversale  $M < 0$  (béton fissuré)

### II - Etude sous moment négatif (béton fissuré) :

Les armatures longitudinales de la dalle sont constituées de 2 nappes de 20 barres de 16 mm de diamètre en acier S500 (fsk=500 MPa).

La nappe supérieure est placée à 50 mm de la face supérieure de la dalle.

La nappe inférieure est placée à 200 mm de la face supérieure de la dalle.

a- Déterminer la classe de la section.

b- Calculer la résistance à la flexion de la section mixte fissurée et comparer cette résistance à celle de la poutre métallique seule. La résistance sera calculée en considérant que toutes les actions sont appliquées à la poutre mixte.

## Texte de Ponts et Structures métalliques

06/02/15

16,5

### ⊕ Étude sous moment positif

a. On cherche la position de P'ANP par rapport à l'interface acier-béton

$$\text{On a } F_{\text{béton}} = \frac{0,85 f_{ck}}{\gamma_c} \times S_{\text{béton}} \text{ avec } S_{\text{béton}} = ab = 1 \text{ m}^2 \text{ et } \gamma_c = 1,5$$

$$F_{\text{béton}} = 17 \text{ MN} //$$

$$\text{On a } F_{\text{acier sup}} : F_{ms} = b \times t_f \times f_y \quad (\text{Avec } f_y = 345 \text{ MPa})$$
$$F_{ms} = 4,16 \text{ MN} //$$

$\gamma_{ms} = 1$

Donc comme la PRS est symétrique,  $F_{ms} = F_{\text{acier inf}} = F_{mi}$

$$\text{Enfin } F_{\text{âme}} = h_w t_w \times f_y \quad (\text{Avec } f_y = 355 \text{ MPa})$$
$$F_{\text{âme}} = 6,7 \text{ MN} //$$

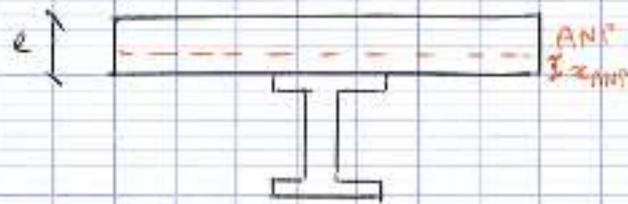
$$\text{On déduit } F_{\text{béton}} > F_{ms} + F_{mi} + F_{\text{âme}} = 14,98 \text{ MN} //$$

On déduit ainsi que P'ANP se situe dans la dalle en béton, toute la PRS est alors tendue, la section est donc de classe 1 //

b. Comme on a une section de classe 1, on va faire un calcul du moment résistant plastique

On va d'abord chercher la position exacte de P'ANP dans

Pu délé, et on prendra  $x_{ANP}$  la distance entre l'ANP et la semelle supérieure comme suit:



Pour le calcul, on néglige la résistance du béton tendu,  
 On a donc  $(e - x_{ANP}) b \frac{0,85 f_{ck}}{\gamma_c} = F_{ms} + F_{mi} + F_{ams} = 14,93 \text{ MN}$

Sait  $x_{ANP} = 0,0297 \text{ m}$

$x_{ANP} = 2,97 \text{ cm}$

La hauteur de béton comprimé est donc de 22 cm noté  $h_{bc}$

Puis  $M_{pl,Rd} = \sum F_i \cdot d_i$  avec  $F_i = A_i f_{y,i}$  les forces plâtes  
 $d_i$  : distance point application de la force et A.N.P

- Pour le béton  $F_1 = b h_{bc} \times \frac{0,85 f_{ck}}{\gamma_c}$   
 $d_1 = \frac{h_{bc}}{2}$

Donc  $F_1 d_1 = b \frac{h_{bc}^2}{2} \frac{0,85 f_{ck}}{\gamma_c} = 1,6656 \text{ MN.m}$

- Pour la semelle sup  $F_2 = F_{ms}$   
 $d_2 = x_{ANP} + \frac{h_f}{2} = 4,5 \text{ cm}$

Donc  $F_2 d_2 = 0,1863 \text{ MN.m}$

- Pour la semelle inf  $F_3 = F_{mi}$   
 $d_3 = x_{ANP} + \frac{3h_f}{2} + h_w = 1,255 \text{ m}$

5,19

Donc  $F_3 d_3 = 5,9823 \text{ MN}\cdot\text{m}$

Pour l'âme,  $F_4 = F_{\text{âme}}$   
 $d_4 = x_{\text{âme}} + t_f + h/2 = 65 \text{ cm}$

Donc  $F_4 d_4 = 4,355 \text{ MN}\cdot\text{m}$

On déduit  $M_{p,Rd} = \Sigma F_i d_i = 12,1692 \text{ MN}\cdot\text{m}$

c- On considère à présent le PWS seul, la semelle inférieure est classée donc de classe 1

Pour la semelle supérieure,  $\epsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/349} = 0,825$   
 $c/t_f = \frac{(b-t_w)}{2 t_f} = 6,4$

On a  $c/t_f < 9\epsilon = 7,425$  donc la semelle supérieure est de classe 1

Enfin pour l'âme, la section est symétrique ( $\lambda = 1/2$ )  
 $\epsilon = \sqrt{235/355} = 0,814$   
 $\frac{c}{t_w} = \frac{h_w}{t_w} = 73,75$

On a  $83\epsilon = 67,562 < \frac{h_w}{t_w} < 124\epsilon = 100,936$  donc l'âme est de classe 3

On peut en conclure que le PWS est de classe 3

On doit donc faire une analyse élastique, on cherche la position de l'axe qui est le centre de gravité

On déduit que  $v_1 = v_2 = 0,60 \text{ m}$

Puis  $W_{ELY} = \frac{I_y}{v_{max}}$  ou  $v_{max} = \text{Max}(v_1, v_2) = 0,60 \text{ m}$

$$I_y = 2 \times \frac{b \times t^3}{12} + 2 \times b \times t \times \left( \frac{t}{2} + \frac{h_u}{2} \right)^2 + \frac{E_u h_u^3}{12}$$

Distance entre Cdg membrane et Cdg de la section

$$I_y = 1,098 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$I_y = 0,010977 \text{ m}^4$$

On déduit  $W_{ELY} = 0,0177 \text{ m}^3$

Puis  $M_{ELY} = 6,2835 \text{ MN} \cdot \text{m}$

6,11 MNm

Non,  $f_y = 355$

(En prenant  $f_y = 355 \text{ MPa}$ )

On retrouve un résultat attendu, à savoir que le moment résistant de la PRS seule est presque 2 fois plus faible que celui de la section mixte

## II. État sous moment négatif

- a. - La semelle supérieure est tendue donc de classe 1  
- La semelle supérieure est comprimée mais comme vu au I-c, elle est de classe 1

- Pour l'âme, on calcule la section totale d'armatures

$$A_s = 20 \times 2 \times \pi \times (8 \cdot 10^{-3})^2 = 8,03 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

On peut donc calculer l'effort plastique résistant de

$$\text{armatures} : F_{ap} = \frac{A_s \times F_{sk}}{\gamma_s} \quad \text{avec } F_{sk} = 500$$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$F_{ap} = 3,43 \text{ MN}$$

On part de prouver chercher la position de P'AMP qui est supposée initialement être dans l'âme

06/01/15

$$\begin{aligned} F_{ap} + F_{ms} &= 7,63 \text{ MN} < F_{âme} + F_{mi} = 10,84 \text{ MN} \\ F_{ap} + F_{ms} + F_{âme} &= 14,33 \text{ MN} > F_{mi} = 4,16 \text{ MN} \end{aligned}$$

Ceci prouve que P'AMP est bien dans l'âme  
On calcule  $X_{AMP}$  la hauteur d'âme tendue :

$$F_{ap} + F_{ms} + \frac{X_{AMP} \times t_w \times 355}{\gamma_{M2}} = \frac{(h_w - X_{AMP}) t_w \times 355}{\gamma_{M2}} + F_{mi}$$

On déduit  $X_{AMP} = 0,28 \text{ m}$

Puis  $d$  la proportion d'âme comprimée,  $d = \frac{h_w - X_{AMP}}{X_{AMP}} = 0,763$

$d > 0,5$  donc il faut calculer  $\frac{458E}{132-1} = 42,62$  limite classe 2

Puis  $\frac{h_w}{t_w} = 73,75$   $\frac{h_w}{t_w} > \frac{458E}{132-1}$ , il faut donc calculer  $\psi$

On calcule le centre de gravité de la section :

$$z_G = \frac{\sum A_i z_{Gi}}{\sum A_i}$$

On trouve  $z_G = 0,52 \text{ cm}$  à partir de la semelle supérieure vers le bas

Plus de temps...