

SOMMAIRE

1.	OBJET	3
2.	DOMAINE D'APPLICATION.....	5
3.	PROGRAMME DE CALCUL DE SECTIONS QUELCONQUES EN BÉTON ARMÉ EN FLEXION SIMPLE OU COMPOSÉE EN ÉTAT-LIMITE ULTIME	7
3.1	Actions et combinaisons d'actions à considérer	7
3.2	Aciers.....	7
3.3	Diagramme contrainte-déformation du béton.....	8
3.4	Diagramme contrainte-déformation de l'acier.....	8
3.5	Sollicitations : efforts normaux et moments de flexion.....	8
3.6	Méthode de calcul	9
4.	PROGRAMME DE CALCUL DE FLÈCHE ET D'OUVERTURE DE FISSURES D'UNE TRAVÉE EN BÉTON ARMÉ DE SECTION RECTANGULAIRE OU EN TÉ	11
4.1	Section béton	11
4.2	Aciers.....	11
4.3	Charges.....	11
4.4	Exemples.....	11
5.	POINÇONNEMENT DES DALLES	19
6.	CALCUL DES SEMELLES FILANTES ET ISOLÉES SOUS CHARGE CENTRÉE	23
7.	CALCUL DU FLUAGE ET DU RETRAIT	25
8.	POTEAUX EN BÉTON SOUS COMPRESSION CENTRÉE	27
8.1	Objet du chapitre.....	27
8.2	Domaine d'application	27
8.3	Notations	28
8.4	Principes et étapes du calcul.....	28
8.5	Calcul de la capacité résistante N_{Rd} du poteau	29
9.	RÉFÉRENCES.....	35

3. PROGRAMME DE CALCUL DE SECTIONS QUELCONQUES EN BÉTON ARMÉ EN FLEXION SIMPLE OU COMPOSÉE EN ÉTAT-LIMITE ULTIME

3.1 Actions et combinaisons d'actions à considérer

La section béton est composée d'une succession de trapèzes superposés (douze au maximum), ce qui permet de représenter toute forme symétrique par rapport à un axe vertical : rectangle, Té, double Té, I , U , H , polygone régulier, etc.

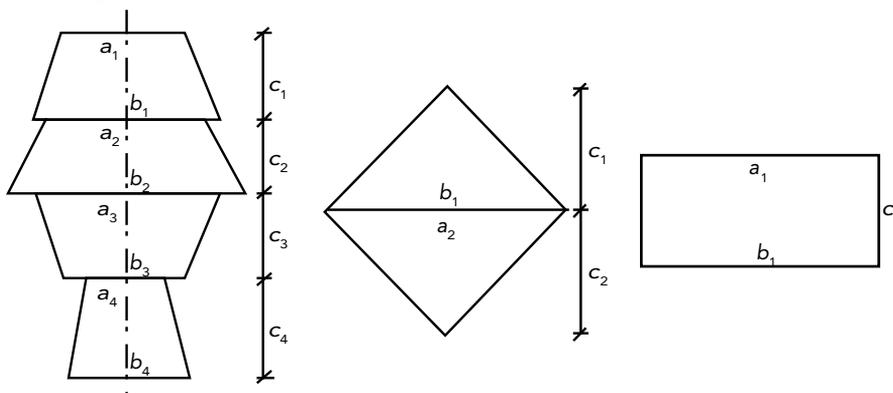


Figure 3.1 : Décomposition des sections en trapèzes.

Certaines formes à axe de symétrie horizontal peuvent aussi être calculées, mais pas les formes à axes de symétrie inclinés.

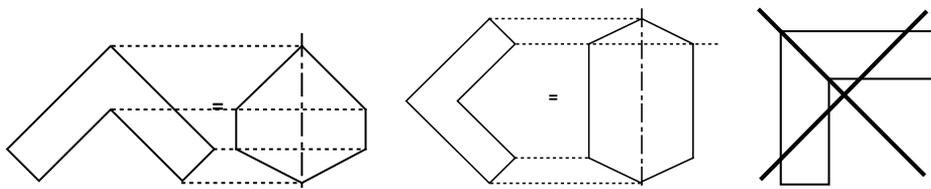


Figure 3.2 : Cas des sections en L.

Un cercle est assimilé automatiquement par le programme à un polygone (avec douze trapèzes).

3.2 Aciers

Les aciers sont décrits par lits (huit au maximum) avec : nombre de barres par lit, diamètre, distance à la fibre la plus haute.

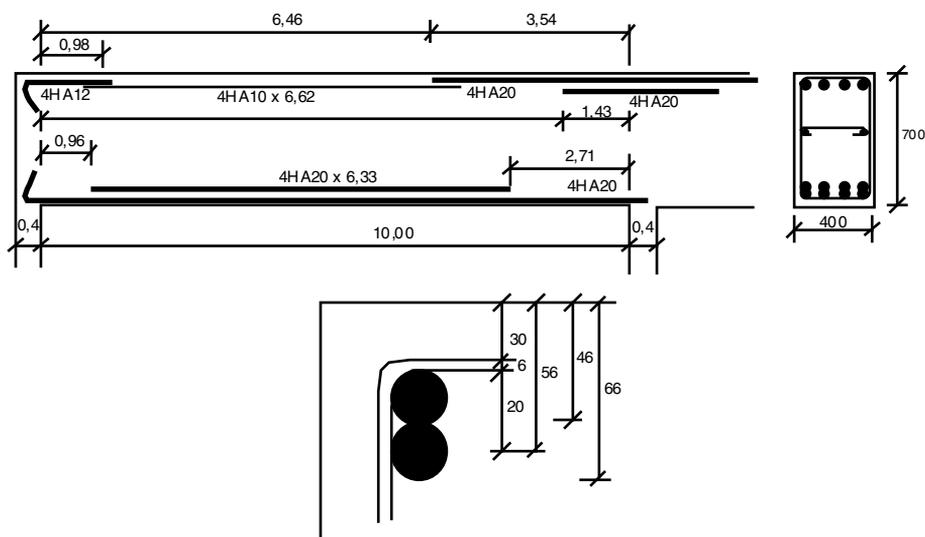


Figure 4.1 : Élévation et coupe de la poutre.

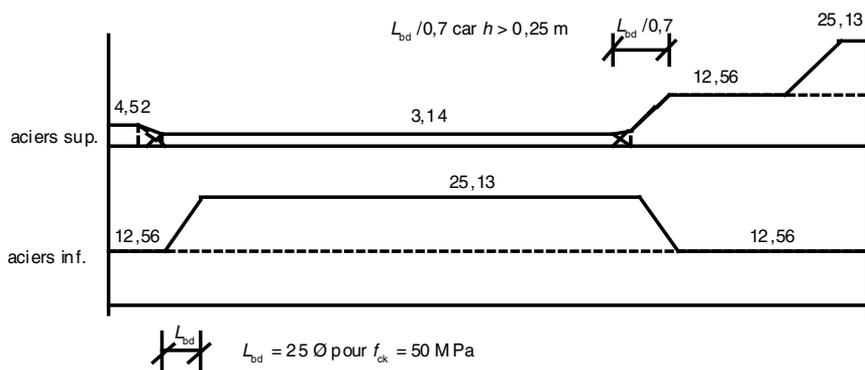


Figure 4.2 : Sections d'acier et ancrages.

Dans les zones d'ancrage des aciers, la section varie linéairement.

■ Données

- béton : $f_{ck} = 50 \text{ MPa}$;
- acier : $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ de classe B à palier ;
- $\gamma_c = 1,5$; $\gamma_s = 1,15$;
- chargement prolongé ou grand cycles de chargement : $\beta = 0,5$;
- ciment : 52,5 R ;

- En section fissurée au temps infini (combinaison quasi-permanente)

k	fibre neutre	inertie	contraintes		courbure 1/r	coef- ficient Simpson	1 - x/L	1/r . (1-x/L)	rotation ω	flèche f_2
			béton	acier						
1/r	m	m ⁴	MPa	MPa	m ⁻¹	—	—	—	- 8 052	mm
0	0,1799	0,004308	0	0,00	0	1	1	1 621,72	- 4 935,8	0
1	0,2403	0,006972	8,565	174,57	2 162,3	4	0,75	1 170,21	1 105,9	- 16,84
2	0,2403	0,006972	9,27	188,95	2 340,4	2	0,5	208,79	5 578,2	- 22,24
3	0,1670	0,004461	2,299	81,34	835,16	4	0,25	0,00	3 270,5	- 12,47
4	0,2244	0,007361	11,41	258,75	- 3 084	1	0	—	- 8 052	0

Tableau 4.2 : Calcul de la flèche en section fissurée.

Rotation à l'appui gauche :

$$\omega_o = - (4 \times 1621,72 + 2 \times 1170,21 + 4 \times 208,79) \times \frac{10}{3 \times 4} = -8 052.$$

Flèche à mi-travée :

$$f = (-8052 - 4 \times 4935,8 + 1105,9) \times \frac{10}{3 \times 4} \times 10^{-3} = -22,24 \text{ mm.}$$

- En section non-fissurée au temps infini

Le moment d'inertie est calculé en section homogénéisée avec le coefficient d'équivalence $\alpha = 12,143$.

- Calcul de la hauteur comprimée et du moment d'inertie (à mi-travée)

b ou α	h ou A_s	aire m ²	dist. m	mom. statiq m ³	dist. m	I_b m ⁴
0,4	0,7	0,28	0,35	0,098	0,4667	0,04573
12,143	0,000314	0,00381	0,056	0,0002135	0,056	0,000012
12,143	0,002513	0,03051	0,644	0,019647	0,644	0,01265
Total		0,31432		0,11786		0,0584

Tableau 4.3 : Moment d'inertie à mi-travée.

$$v = \text{mom}/\text{aire} = 0,019647 / 0,31432 = 0,3748 \text{ m.}$$

$$I = I_b - \text{aire} \cdot v^2 = 0,01424 \text{ m}^4.$$

$$\text{Courbure : } 1/r = \frac{M}{E_{c,\text{eff}} \cdot I} = \frac{268,9}{16,48 \times 0,01424} = 1146.$$

Le moment critique correspond à une contrainte de traction du béton égale à f_{ctm} .

$$M_{cr} = \frac{f_{ctm} \times I}{h - v} = \frac{4,072 \times 0,1424}{0,7 - 0,3748} = 0,1783 \text{ MNm} = 178,3 \text{ kNm.}$$

6. CALCUL DES SEMELLES FILANTES ET ISOLÉES SOUS CHARGE CENTRÉE

Les dimensions de la semelle (longueur, largeur, hauteur) sont, soit imposées, soit déterminées et optimisées par le programme.

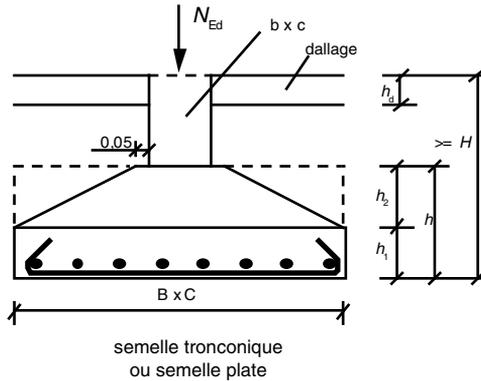


Figure 6.1 : Coupe sur semelle isolée.

La charge de calcul N_{Ed} doit déjà être majorée des coefficients de sécurité en combinaison ELU.

L'enrobage c_{min}' selon la clause 4,4,1,3 (4) de la norme NF EN 1992-1-1, est de 40 mm ou 30 mm (selon l'Annexe Nationale française) pour un béton de semelle coulé sur un béton de propreté, ou bien respectivement de 75 et 65 mm pour un coulage directement au contact du sol.

L'enrobage c_{nom} pris en compte dans les calculs, est égal à :

$c_{nom} = c_{min} + \Delta_{cdev}$ avec une tolérance d'exécution Δ_{cdev} variant de 0 à 10 mm selon les conditions d'exécution (par prudence : 10 mm).

■ Vérifications effectuées :

- contrainte du sol sous l'action de la charge ultime extérieure, du poids de la semelle, du sol situé au-dessus, du dallage éventuel et de la charge variable sur le dallage ;
- cisaillement limite de poinçonnement (cf. art. 6,4,2 ; 6,4,3 et 6,4,4 la norme NF EN 1992-1-1), suivant tous les contours de contrôle situés à une distance a du nu de l'appui variant de 0 à $2 d$;
- périmètre du contour de contrôle : $u = 2 b + 2 c + 2 \pi a$;
- aire à l'intérieur du contour de contrôle :

$$A = (b + 2 a) c + (c + 2 a) b - b c + \pi a^2 ;$$

- effort agissant : $V_{Rd} = N_{Ed} \left[1 - \frac{A}{B \cdot C} \right]$;

8.5.2 Cas des poteaux rectangulaires

Section rectangulaire : $N_{Rd} = k_h \cdot k_s \cdot \alpha \cdot [b \cdot h \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd}]$.

$$\alpha = \frac{0,86}{1 + \left(\frac{\lambda}{62}\right)^2} \text{ si } \lambda \leq 60.$$

$$\alpha = \left(\frac{32}{\lambda}\right)^{1,3} \text{ si } 60 < \lambda \leq 120.$$

$k_h = (0,75 + 0,5 h) \cdot (1 - 6 \rho \cdot \delta)$ pour $h < 0,50$;
sinon $k_h = 1$.

$k_s = 1,6 - 0,6 \frac{f_{yk}}{500}$ pour $f_{yk} > 500$ et $\lambda > 40$;

sinon $k_s = 1$.

8.5.3 Cas des poteaux circulaires

Section circulaire : $N_{Rd} = k_n \cdot k_s \cdot \alpha \cdot \left[\frac{\pi D^2}{4} \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd} \right]$.

$$\alpha = \frac{0,84}{1 + \left(\frac{\lambda}{52}\right)^2} \text{ si } \lambda \leq 60.$$

$$\alpha = \left(\frac{27}{\lambda}\right)^{1,24} \text{ si } 60 < \lambda \leq 120.$$

$k_n = (0,7 + 0,5 D) \cdot (1 - 8 \rho \cdot \delta)$ pour $D < 0,60$;
sinon $k_n = 1$.

$k_s = 1,6 - 0,65 \frac{f_{yk}}{500}$ pour $f_{yk} > 500$ et $\lambda > 30$;

sinon $k_s = 1$.

Remarque

Si l'on ne connaît pas la valeur de ρ , on peut prendre, à titre conservatoire :

- $k_h = 0,77$ pour les sections rectangulaires lorsque $h < 0,50$ m ;
- $k_n = 0,70$ pour les sections circulaires lorsque $D < 0,60$ m.