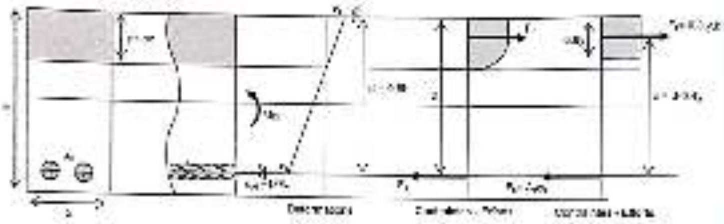
Fiche mémoire

Flexion simple ELU - Calcul de la section d'armature

1-Hypothèses

Le béton tendu est négligé et le béton comprimé travaille au maximum (ε_{cu} = 3,5 ‰). Cette hypothèse est toujours vérifiée si on utilise le diagramme à "palier horizontal" pour les armatures.

On considère le cas des bétons courants (f_{ck} ≤ 50 MPa). On considère le diagramme rectangulaire simplifié pour calculer la résultante du béton.



2 - Matériaux

- Résistance de calcul du béton : $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$ (γ_c = 1,5 en situation durable, 1,2 en situation accidentelle)
- Limite élastique de calcul des armatures : $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$ (γ_s = 1,15 en situation durable, 1,00 en situation accidentelle)

3 - Détermination des armatures

- Moment réduit $\mu = \dfrac{M_{Ed}}{bd^2 f_{cd}}$
- Hauteur comprimée $x = 1{,}25(1 - \sqrt{1 - 2\mu})$
- Bras de levier $z = d(1 - 0{,}4\alpha)$
- Contrainte dans les armatures $\sigma_s = f_{yd}$ si $\varepsilon_s \geq \varepsilon_{yd}$; sinon $\sigma_s = E_s \varepsilon_s$

$\varepsilon_s = \dfrac{1-\alpha}{\alpha}\varepsilon_{cu}$; $\varepsilon_{yd} = \dfrac{f_{yd}}{E_s}$

- Section d'armature $A_s = \dfrac{M_{Ed}}{\sigma_s d(1 - 0{,}4\alpha)}$

4 - Remarques

Si $\alpha > \alpha_{lim} = \dfrac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd}}$ les armatures ne sont pas plastifiées et travaillent donc en deçà de leur capacité ce qui n'est pas économique. Dans le cas courant (f_{ck} ≤ 50 MPa et f_{yk} = 500 MPa) α_{lim} = 0,617 et μ_{lim} = 0,372. Dans ce cas il peut être intéressant de revoir la conception de l'élément (augmenter h, b), ou bien de placer des armatures dans la zone comprimée : $A_{s2} = \dfrac{M_{Ed} - M_{lim}}{f_{yd}(d - d')}$ et $A_s = \dfrac{0{,}8\alpha_{lim} f_{cd} b d}{f_{yd}} + A_{s2}$

5 - Vérifications

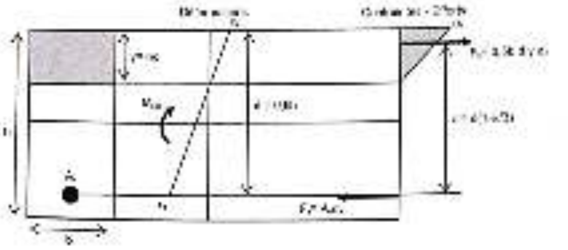
Vérifier que $F_c = F_s$ et $M_{Ed} = F_s z$

Fiche mémoire

Flexion simple ELS - Vérification des contraintes

1-Hypothèses

Le béton tendu est négligé et les matériaux ont un comportement élastique. Les sections restent planes.



2 - Matériaux

- Contrainte dans le béton : σ_c < 0,6 f_{ck} (classes XD, XF, XS)

  σ_c < f_{ck} (classe XC seule)
- Contrainte dans les armatures : σ_s < 0,8 f_{yk}
- Lorsqu'une grande précision n'est pas requise, le coefficient d'équivalence α_e entre les aciers et le béton peut être pris égal à 15 : $\alpha_e = \dfrac{E_s}{E_{c,eff}} = 15$

3 - Calcul des caractéristiques mécaniques de la section homogénéisée

- Aire de la section homogénéisée : $A_h = by + \alpha_e A_s$
- Position de l'axe neutre, elle est déterminée par l'écriture $F_c = F_s$ ou bien par la nullité du moment statique de la section homogénéisée par rapport à l'axe neutre : $\dfrac{1}{2}by^2 - \alpha_e A_s(d - y) = 0$

$$y = \frac{\alpha_e A_s}{b}\left[\sqrt{1 + \frac{2bd}{\alpha_e A_s}} - 1\right]$$

- Inertie fissurée de la section homogénéisée : $I_{cr} = b\dfrac{y^3}{3} + \alpha_e A_s (d - y)^2$

4 - Calcul des contraintes

- Contrainte dans le béton : $\sigma_c = \dfrac{M_{ser}}{I_{cr}} y$
- Contrainte dans les armatures : $\sigma_s = \alpha_e \dfrac{M_{ser}}{I_{cr}}(d - y)$

5 - Vérifications

Vérifier que $F_c = F_s$ et $M_{ser} = F_s z$

Fiche mémoire

Flexion simple - Effort tranchant

1-Hypothèses

Pour les justifications vis-à-vis de l'effort tranchant l'Eurocode 2 considère un mécanisme à treillis (bielles et tirants). Les vérifications sont à mener à l'ELU.

2 - Matériaux

- Résistance de calcul du béton : $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$ (γ_c = 1,5 en situation durable, 1,2 en situation accidentelle)
- Limite élastique de calcul des armatures : $f_{ywd} = f_{yk} / \gamma_s$ (γ_s = 1,15 en situation durable, 1,00 en situation accidentelle)

3 - Notations

- V_{Ed} l'effort tranchant agissant de calcul (éventuellement réduit à proximité des appuis, voir cours)
- $V_{Rd,c}$ l'effort tranchant résistant en l'absence d'armatures
- $V_{Rd,s}$ l'effort tranchant de calcul pouvant être repris par les armatures d'effort tranchant
- $V_{Rd,max}$ l'effort tranchant de calcul maximal pouvant être repris par l'élément avant écrasement des bielles de compression

4 - Effort tranchant résistant en l'absence d'armatures d'effort tranchant

- $V_{Rd,c} = \max\{[C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d ; [v_{min} + k_1\sigma_{cp}] b_w d\}$

Avec $C_{Rd,c} = 0{,}18/\gamma_c$, $k_1 = 0{,}15$, $k = 1 + \sqrt{\dfrac{200}{d}} \leq 2$ (d en mm), $\rho_l = A_{sl}/(b_w d) \leq 0{,}02$, $\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0{,}2 f_{cd}$ en MPa

$v_{min} = (0{,}053/\gamma_c) k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$ pour les poutres, $= (0{,}34/\gamma_c) f_{ck}^{1/2}$ pour les dalles, $= (0{,}35/\gamma_c) f_{ck}^{1/2}$ pour les voiles. f_{ck} en MPa, A_{sl} section des armatures tendues, b_w largeur de la section droite dans la zone tendue, N_{Ed} effort normal, A_c section droite du béton

Si $V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$ il n'y a pas lieu de placer d'armatures transversales hormis le ferraillage minimal $(A_{sw}/s)_{min} = \dfrac{0{,}08\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} b_w \sin\alpha$. Ce ferraillage minimal peut être omis dans les éléments tels que les dalles lorsqu'une redistribution transversale des charges est possible.

5 - Effort tranchant résistant

Si $V_{Ed} > V_{Rd,c}$: il faut vérifier que $V_{Ed} \leq V_{Rd,s}$ et que $V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$

- $V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) z f_{ywd} (\cot\theta + \cot\alpha)\sin\alpha$ (21,8° ≤ θ ≤ 45°)
- $V_{Rd,max} = b_w z \nu_1 f_{cd} / (\cot\theta + \tan\theta)$

Avec z le bras de levier qui peut être pris égal à z = 0,9d et ν_1 = 0,6(1 − f_{ck}/250) (pour f_{ck} ≤ 60 MPa)

Les armatures sont habituellement disposées transversalement on a donc α = 90°.

6 - Traction supplémentaire dans les armatures de flexion

Le fonctionnement en treillis induit un supplément de traction dans les armatures de flexion égal à $\Delta F_{td} = 0{,}5 V_{Ed}(\cot\theta - \cot\alpha)$. Ce surcroît peut être pris en compte par le décalage de la courbe des moments de $a_l = 0{,}5z(\cot\theta - \cot\alpha)$

Diamètre nominal en mm	Barres	Couronne s et produits déroulés	Treillis soudés	Section nominale en cm²	Masse linéique nominale en kg/m	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	-	x	-	0,126	0,099	0,126	0,252	0,378	0,504	0,630	0,756	0,882	1,008	1,134
4,5	-	x	-	0,159	0,125	0,159	0,318	0,477	0,636	0,795	0,954	1,113	1,272	1,431
5	-	x	x	0,196	0,154	0,196	0,392	0,588	0,784	0,980	1,176	1,372	1,568	1,764
5,5	-	x	x	0,238	0,187	0,238	0,476	0,714	0,952	1,190	1,428	1,666	1,904	2,142
6	x	x	x	0,283	0,222	0,283	0,566	0,849	1,132	1,415	1,698	1,981	2,264	2,547
6,5	-	x	x	0,332	0,26	0,332	0,664	0,996	1,328	1,660	1,992	2,324	2,656	2,988
7	-	x	x	0,385	0,302	0,385	0,770	1,155	1,540	1,925	2,310	2,695	3,080	3,465
7,5	-	x	x	0,442	0,347	0,442	0,884	1,326	1,768	2,210	2,652	3,094	3,536	3,978
8	x	x	x	0,503	0,395	0,503	1,006	1,509	2,012	2,515	3,018	3,521	4,024	4,527
8,5	-	x	x	0,567	0,445	0,567	1,134	1,701	2,268	2,835	3,402	3,969	4,536	5,103
9	-	x	x	0,636	0,499	0,636	1,272	1,908	2,544	3,180	3,816	4,452	5,088	5,724
9,5	-	x	x	0,709	0,556	0,709	1,418	2,127	2,836	3,545	4,254	4,963	5,672	6,381
10	x	x	x	0,785	0,617	0,785	1,570	2,355	3,140	3,925	4,710	5,495	6,280	7,065
11	-	x	x	0,95	0,746	0,950	1,900	2,850	3,800	4,750	5,700	6,650	7,600	8,550
12	x	x	x	1,13	0,888	1,130	2,260	3,390	4,520	5,650	6,780	7,910	9,040	10,170
14	x	x	x	1,54	1,21	1,540	3,080	4,620	6,160	7,700	9,240	10,780	12,320	13,860
16	x	x	x	2,01	1,58	2,010	4,020	6,030	8,040	10,050	12,060	14,070	16,080	18,090
20	x	-	-	3,14	2,47	3,140	6,280	9,420	12,560	15,700	18,840	21,980	25,120	28,260
25	x	-	-	4,91	3,85	4,910	9,820	14,730	19,640	24,550	29,460	34,370	39,280	44,190
28	x			6,16	4,83	6,160	12,320	18,480	24,640	30,800	36,960	43,120	49,280	55,440
32	x	-	-	8,04	6,31	8,040	16,080	24,120	32,160	40,200	48,240	56,280	64,320	72,360
40	x	-	-	12,57	9,86	12,570	25,140	37,710	50,280	62,850	75,420	87,990	100,560	113,130
50	x			19,63	15,4	19,630	39,260	58,890	78,520	98,150	117,780	137,410	157,040	176,670