VII.1-Voile de contreventement (trumeaux) :

Pour le calcul des sections des voiles en flexion composée, on procédera de la manière suivante :

1- détermination de la sollicitation suivante le sens considéré.

2- lorsque l'effort normale est un effort de compression, il est nécessaire de vérifier l'état limite de stabilité de forme de la pièce (voile) à laquelle appartient la section étudiée ; c'est-à-dire les sections soumises à la flexion composée avec un effort normale de compression, doit être justifiée en flambement quand l'élancement est limité.

VII.1.1-Calcul horizontal:

a-ELU:

N_{max} =99,16 *KN.* M_{corr} = 0,02 *KN.m.*

1)-L'excentricité totale de calcul :

$e_t = e_1 + e_a + e_2$.

$$e_1 = \frac{M_u}{N_u} = \frac{0,02}{99,16} = 0,0002m.$$

$$e_a = \max\left\{2cm; \frac{L}{250}\right\} = \max\left\{2cm; \frac{290}{250}\right\} = \max\{2cm; 1,16cm\} = 2cm.$$

$$e_2 = \frac{3.L_f^3}{10000.h}(2+\alpha.\Phi) \quad . \quad L_f = 0,7\times L = 0,7\times 2,90 = 2,03m. \quad et \quad \Phi = 2.$$

$$et \quad \alpha = 10\left(1 - \frac{M_u}{1,5M_{ser}}\right) = 10\left(1 - \frac{0,02}{1,5.0,02}\right) = 0,33.$$

$$e_2 = \frac{3\times 2,03^3}{10000\times 0,16}(2+(2\times 0,33)) = 0,042m$$

$e_t = e_1 + e_a + e_2$.=(0,0002+0,02+0,042) = 0,06*m.*

2)-L'effort de compression centré maximal supporté par le béton :

$N_{b\,max} = b \,.\, h \,.\, f_{bc}$ = 1000 x 160 x 14,17 = 2267200*N.*

3)-Coefficient de remplissage: Ψ_1 :

$$\Psi_1 = \frac{N_u}{N_{b\max}} = \frac{99,16\times 10^3}{2267200} = 0,151$$

$\Psi_1 < 0,81$ et $\psi_1 < 2/3$ $\Rightarrow$ on calcul e_{NC} ?

$e_{NC} = \xi \times h$

$$\xi = \frac{1+\sqrt{9-12\times\Psi}}{4\times(3+\sqrt{9-12\times\Psi_1})}$$; ξ :l'excentricité critique relative.

$$\xi = \frac{1+\sqrt{9-12\times 0{,}042}}{4\times(3+\sqrt{9-12\times 0{,}042})} = 0{,}165.$$ $e_{NC} = 0{,}165\times 0{,}16 = 0{,}026.$

$e_t = 0{,}06 > e_{NC} = 0{,}026$ $\Rightarrow$ La section est partiellement comprimée.

$E.L.U$ peut ne pas être atteint donc on calcul la section à la flexion simple sous un moment fictif suivant :

$M_{u\ fictif} = M_u + N_u \times (d - h/2) = 0{,}02 + 99{,}16 \times (0{,}144 - 0{,}16/2) = 6{,}37\ KN.m.$

$$\mu_{fictif} = \frac{M_{u\ fictif}}{b\times(d)^2\times f_{bc}} = \frac{6{,}37\times 10^6}{1000\times 144^2\times 14{,}17} = 0{,}022 < \mu_{limite} = 0{,}391.$$

$\Rightarrow$ Les armatures comprimées n'existent pas.

$\beta = 0{,}022$

$$A_{S\ fictif} = \beta_u \times b \times d \times \frac{f_{bc}}{\sigma_{su}} = 0{,}022\times 1000\times 144\times\frac{14{,}17}{348} = 1{,}29\,cm^2.$$

$$A_S = A_{S\ fictif} - \frac{N_u}{\sigma_{su}} = 1{,}29\times 10^2 - (\frac{99{,}16\times 10^3}{348}).\quad A_S = -155\,cm^2 < 0.1$$

- <u>*Selon B.A.E.L 91 modifier 99 :*</u>

$$A_{min} > \max\ (\frac{b\times h}{1000}\ ;\ 0{,}23\times b\times d\times\frac{f_{t28}}{f_e}).$$

$$A_{min} > \max\ (\frac{100\times 16}{1000}\ ;\ 0{,}23\times 100\times 14{,}4\times\frac{2{,}1}{400}).$$

$A_{min} = 1{,}74\ cm^2.$ $\Longrightarrow$ <u>***Le choix :***</u> **T10**, *esp* 15*cm.*

b-ELS:

N_s = 72,31 *KN.* ; M_s = 0,02 *KN.m.*

$$e_s = \frac{M_s}{N_s} = \frac{0{,}02}{72{,}31} = 0{,}0002m \quad ; \quad \frac{h}{6} = \frac{0{,}16}{6} = 0{,}027m. \quad ; \quad \frac{h}{4} = \frac{0{,}16}{4} = 0{,}04m.$$

$e_s = 0{,}002m \le \frac{h}{6} = 0{,}027m \Rightarrow$ La section est entièrement comprimée.

Calcule l'aire de la section homogène totale :

$S = b.h + 15.(A_s + A_s^{'})$.

$S = (16x100)+15.(3,93) = 1658,95 cm^{2.}$

La position du centre de gravité résistant qui est située à une distance X_G au – dessus du centre de gravité géométrique :

$$X_G = 15 \times \frac{A_s^{'}.\left(\frac{h}{2} - d'\right) - A_s.\left(d - \frac{h}{2}\right)}{b.h + 15.(A_s + A_s^{'})} = 15 \times \frac{3,93.\left(14,4 - \frac{16}{2}\right)}{1658,95} = 0,015 cm.$$

Inertie de la section homogène :

$$I = \frac{b.h^3}{12} + b.h.X_G^2 + 15\left[A_s^{'}.\left(\frac{h}{2} - d' - X_G\right)^2 + A_s.\left(d - \frac{h}{2} + X_G\right)^2\right].$$

$$I = \frac{100 \times 16^3}{12} + (100 \times 16 \times 0,015^2) + 15[3,93.(14,4 - 10 + 0,015)]^2 = 34393,08 cm^4.$$

Les contraintes dans le béton valent $\sigma_{\sup}$ sur la fibre supérieure et $\sigma_{\inf}$ sur la fibre inférieure :

$$\sigma_{\sup} = \frac{N_s}{S} + \frac{N_s.(e_s - X_G).\left(\frac{h}{2} - X_G\right)}{I} = \frac{72,31 \times 10^3}{1658,95 \times 10^2} + \frac{72,31 \times 10^3.(0,02 - 0,15).(80 - 0,15)}{34393,08 \times 10^4}$$

$\sigma_{\sup} = 0,43 MPa.$

$$\sigma_{\inf} = \frac{N_s}{S} - \frac{N_s.(e_s - X_G).\left(\frac{h}{2} - X_G\right)}{I} = \frac{72,31 \times 10^3}{1658,95 \times 10^2} - \frac{72,31 \times 10^3.(0,0002 - 0,015).(80 - 0,15)}{34393,08 \times 10^4}$$

$\sigma_{\inf} = 0,44 MPa.$

$\sigma_{\sup} > 0$ Et $\sigma_{\inf} > 0$ $\Rightarrow$ la section est effectivement entièrement comprimée.

max ($\sigma_{\sup}; \sigma_{\inf}) = 0,44 MPa. \leq \overline{\sigma_{bc}} = 15 MPa.$

Donc les armatures calculées à *ELU* sont maintenues.

VII.1.2-Calcul vertical:

a-ELU:

N_{max} = 495,8 *KN*. M_{corr} = 0,11 *KN.m*.

1)-l'excentricité totale de calcul **:**

$e_t = e_1 + e_a + e_2$. $e_1 = \dfrac{M_u}{N_u} = \dfrac{0,11}{495,8} = 0,0002m$.

$$e_a = \frac{3.L_f^3}{10000.h}(2+\alpha.\Phi) \ \max\left\{2cm; \frac{L}{250}\right\} = \max\left\{2cm; \frac{290}{250}\right\} = \max\{2cm; 1,16cm\} = 2cm.$$

$e_2 =$. $L_f = 0,7 \times L = 0,7 \times 2,9 = 2,03m.$ *et* $\Phi = 2.$ *et*

$$\alpha = \frac{M_{permanente}}{M_{perma} + M_{exploitation}} = \frac{0,11}{0,06+0,11} = 0,64.$$

$$e_2 = \frac{3 \times 2,03^3}{10000 \times 0,16}(2 + (2 \times 0,64)) = 0,05m.$$

$e_t = e_1 + e_a + e_2$.=(0,0002+0,02+0,05) = 0,070*m.*

2)-L'effort de compression centré maximal supporté par le béton :

$N_{b\,max} = b.\ h\ .\ f_{bc}$ = 1000 x 160 x 14,17 = 2267200*N.*

3)-Coefficient de remplissage: Ψ_1 :

$$\Psi_1 = \frac{N_u}{N_{b\max}} = \frac{495,8 \times 10^3}{2267200} = 0,22$$

$\Psi_1 < 0,81$ Et $\psi_1 < 2/3$ $\Rightarrow$ on calcul e_{NC} ?

$e_{NC} = \xi \times h$

$$\xi = \frac{1+\sqrt{9-12\times\Psi}}{4\times(3+\sqrt{9-12\times\Psi_1})}$$; ξ :l'excentricité critique relative.

$$\xi = \frac{1+\sqrt{9-12\times 0,22}}{4\times(3+\sqrt{9-12\times 0,22})} = 0,159.$$

$e_{NC} = 0,159 \times 0,16 = 0,025.$

$e_t = 0,07 > e_{NC} = 0,025$ $\Rightarrow$ La section est partiellement comprimée.

E.L.U peut ne pas être atteint donc on calcul la section à la flexion simple sous un moment fictif suivant :

$$M_{u\ fictif} = M_u + N_u \times (d - h/2) = 0,11 + 495,8 \times (0,144 - 0,16/2) = 31,84\ KN.m.$$

$$\mu_{fictif} = \frac{M_{u\ fictif}}{b \times (d)^2 \times f_{bc}} = \frac{31{,}84 \times 10^6}{1000 \times 144^2 \times 14{,}17} = 0{,}108 < \mu_{limite} = 0{,}391 .$$

$\Rightarrow$ Les armatures comprimées n'existent pas

$\beta = 0{,}114$

$$A_{S\ fictif} = \beta_u \times b \times d \times \frac{f_{bc}}{\sigma_{su}} = 0{,}114 \times 1000 \times 144 \times \frac{14{,}17}{348} = 6{,}68 cm^2 .$$

$$A_S = A_{S\ fictif} - \frac{N_u}{\sigma_{su}} = 6{,}68 \times 10^2 - (\frac{495{,}8 \times 10^3}{348}) .$$

$A_S = -21{,}00 cm^2 < 0 .1$

- *Selon B.A.E.L 91 modifier 99 :*

$$A_{min} > \max\ (\frac{b \times h}{1000}\ ;\ 0{,}23 \times b \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e})$$

$$A_{min} > \max\ (\frac{1000 \times 180}{1000}\ ;\ 0{,}23 \times 100 \times 14{,}4 \times \frac{2{,}1}{400})$$

$A_{min} = 1{,}73\ cm^2$. $\Longrightarrow$ ***Le choix :*** T12 , *esp* 15*cm.*

b-ELS:

$N_s = 361{,}56\ KN.$; $M_s = 0{,}08\ KN.m.$

$$e_s = \frac{M_s}{N_s} = \frac{0{,}08}{361{,}56} = 0{,}00022 m \quad ; \quad \frac{h}{6} = \frac{0{,}16}{6} = 0{,}026 m. \quad ; \quad \frac{h}{4} = \frac{0{,}16}{4} = 0{,}04 m$$

$e_s = 0{,}00022 m \le \frac{h}{6} = 0{,}026 m \Rightarrow$ La section est entièrement comprimée.

Calcule l'aire de la section homogène totale :

S=$b.h$+15. (A+ $A_s^{'}$) $\Longrightarrow$ S= (16x100) +15. (6,78)=1701,7cm^{2}.

La position du centre de gravité résistant qui est située à une distance X_G au – dessus du centre de gravité géométrique :

$$X_G = 15 \times \frac{A_s^{'}.\left(\frac{h}{2} - d'\right) - A_s.\left(d - \frac{h}{2}\right)}{b.h + 15.(A_s + A_s^{'})} = 15 \times \frac{6{,}78.\left(14{,}4 - \frac{16}{2}\right)}{1701{,}7} = 0{,}025 cm.$$

Inertie de la section homogène :

$$I = \frac{b.h^3}{12} + b.h.X_G^2 + 15\left[A_s^{'}.\left(\frac{h}{2} - d' - X_G\right)^2 + A_s.\left(d - \frac{h}{2} + X_G\right)^2\right].$$

$$I = \frac{100 \times 16^3}{12} + (100 \times 16 \times 0{,}025^2) + 15[6{,}78.(14{,}4 - 8 + 0{,}025)]^2 = 34753{,}54 cm^4 .$$

Les contraintes dans le béton valent $\sigma_{\sup}$ sur la fibre supérieure et $\sigma_{\inf}$ sur la fibre inférieure :

$$\sigma_{\sup}=\frac{N_s}{S}+\frac{N_s.(e_s-X_G).\left(\frac{h}{2}-X_G\right)}{I}=\frac{361{,}56\times 10^3}{1701{,}7\times 10^2}+\frac{361{,}56\times 10^3.(0{,}00022-0{,}025).(80-0{,}025)}{34753{,}54\times 10^4}$$

$\sigma_{\sup}=2{,}12MPa.$

$$\sigma_{\inf}=\frac{N_s}{S}-\frac{N_s.(e_s-X_G).\left(\frac{h}{2}-X_G\right)}{I}=\frac{361{,}56\times 10^3}{1701{,}7\times 10^2}-\frac{361{,}56\times 10^3.(0{,}00022-0{,}025).(80-0{,}025)}{34753{,}54\times 10^4}$$

$\sigma_{\inf}=2{,}15MPa.$

$\sigma_{\sup}>0$ Et $\sigma_{\inf}>0$ $\Rightarrow$ la section est effectivement entièrement comprimée.

max ($\sigma_{\sup};\sigma_{\inf}$) $=2{,}15MPa.\leq\overline{\sigma_{bc}}=15MPa.$

Donc les armatures calculées à *ELU* sont maintenues.