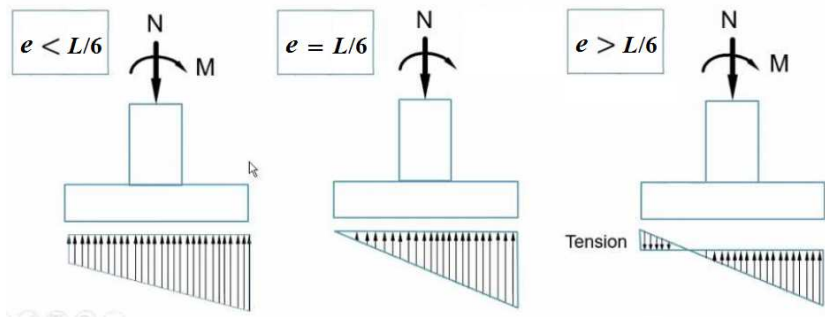


8- Calcul de la fondation excentrée en béton armée :

Sous un chargement N et M , l'excentricité e est définie par la relation suivante :

$$e = M / N$$



La platine est soumise aux sollicitations les plus défavorables qui sont :

$$M_{Sd} = 122.48 kNm$$

$$N_{Sd} = 226.27 kN$$

$$f_{ck} = 25 \text{ Mpa et } f_{yk} = 400 \text{ Mpa}$$

$$\bar{\sigma}_s = 2 daN / cm^2 = 0.02 kN / cm^2$$

Dimensionnement de la fondation à L'ELS :

Charge axiale ultime de compression :

$$N_{Sd} = 226.27 kN \downarrow$$

Charge axiale de service de compression :

$$N = 226.27 / 1.425 = 158.8 kN$$

Moment fléchissant de service : $M = 122.48 / 1.425 = 86 kNm$

$$\gamma_{\text{moy}} = (\gamma_G + \gamma_M) / 2 = (1.35 + 1.5) / 2 = 1.425$$

On admet 10% de N comme poids propre du bloc en béton :

$$P_p = 15.88 \text{ kN}$$

$$N = 158.8 + 15.88 = 174.68 \text{ kN}$$

L'aire de la fondation en béton :

Aire = La charge axiale totale de service / La contrainte admissible du sol.

$$A = N / \bar{\sigma}_s = 174.68 / 200 = 0.87 \text{ m}^2$$

On admet 25% additionnel du au moment :

$$A = 1.25 \times 0.87 = 1.09 \text{ m}^2$$

Calcul des dimensions de la semelle :

Les dimensions de la semelle sont choisies de manière qu'elles soient homothétiques avec celle de la platine.

Dimensions de la platine : $a \times b = 540 \times 320 (\text{mm} \times \text{mm})$

Dimension de la fondation : $L \times B$

$$k = \frac{a}{b} = \frac{L}{B} = \frac{540}{320} = 1.7$$

$$L = 1.7 B \rightarrow B = 0.6 L$$

$$p = \frac{N}{S} + \frac{M.V}{I} \leq \bar{\sigma}_s$$

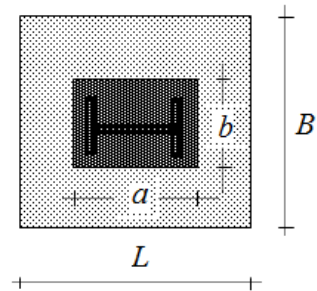
avec :

$$\bar{\sigma}_s = 2 \text{ daN} / \text{cm}^2 = 0.02 \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$S = L \times 0.6L = 0.6L^2$$

$$V = \frac{L}{2}$$

$$I = \frac{B.L^3}{12} = \frac{0.6L^4}{12}$$



CH.6 : CALCUL DU PORTIQUE

$$\sigma_s = \frac{174.68}{0.6L^2} + \frac{86 \times 10^2 \times \frac{L}{2}}{\frac{0.6L^4}{12}} \leq 0.02$$

On obtient une inéquation 3^{ème} degré :

$$L^3 - 14556.67L - 43 \times 10^5 \geq 0$$

$$L \geq 192.17 \text{ cm}$$

On prend pour plus de sécurité les valeurs suivantes :

$$L = 200 \text{ cm} \quad ; \quad B = 0.7 \times L = 0.6 \times 200 = 120 \text{ cm} \quad \text{Soit : } B = 150 \text{ cm}$$

Hauteur de la semelle :

$$h \geq \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{L-a}{4} = \frac{150-54}{4} = 24.0 \text{ cm} \\ \frac{B-b}{4} = \frac{120-32}{4} = 22.0 \text{ cm} \end{array} \right. \quad ; \quad \text{Soit } h = 30 \text{ cm}$$

On prend $h = 60 \text{ cm}$: Valeur plus pratique pour plus de sécurité et pour éviter le poinçonnement.

On admet l'enrobage de 50 mm et les armatures de HA16 (16 mm de diamètre) : $d = 60 - 5 - 1.6 / 2 = 54.2 \text{ cm}$)

Effort normal à la base de la semelle :

$$N = 174.68 + 43.2 = 217.9 \text{ kN}$$

avec P_p : poids propre de la semelle

$$p_p = 2400 \times 2.0 \times 1.5 \times 0.60 = 4320 \text{ kg} \approx 43.2 \text{ kN}$$

$$N = 174.68 + 43.2 = 217.9 \text{ kN}$$

$$e = \frac{M}{N} = \frac{86 \times 10^2}{217.9} = 39 \text{ cm}$$

$$\frac{L}{6} = \frac{200}{6} = 33.34 \text{ cm}$$

$$e > \frac{L}{6} \rightarrow \text{La répartition du diagramme est triangulaire}$$

Remarque :

Afin d'éviter la tension à la base de la fondation, on augmente sa longueur.

$$e < \frac{L}{6} \rightarrow L > 6e = 6 \times 39 = 234 \text{ cm} . \quad \text{On prend } L = 280 \text{ cm}$$

$$B = 0.6 L = 168 \text{ cm} \quad \text{On prend : } B = 180 \text{ cm}$$

$$p_p = 2400 \times 2.8 \times 1.8 \times 0.60 = 7258 \text{ kg} \approx 72.6 \text{ kN}$$

$$N = 174.68 + 72.6 = 247.3 \text{ kN}$$

$$e = \frac{M}{N} = \frac{86 \times 10^2}{247.3} = 35 \text{ cm}$$

$$e = 35 \text{ cm} < \frac{L}{6} = \frac{280}{6} = 46.7 \text{ cm}$$

→ La répartition du diagramme est trapézoïdale

Calcul des pressions sous la fondation à l'ELU :

$$M_{Sd} = 122.48 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = 226.27 \text{ kN}$$

$$N_{Sd} = 226.27 + 1.35 \times p_p \quad \text{avec : } p_p = 72.6 \text{ kN}$$

CH.6 : CALCUL DU PORTIQUE

$$N_{sd} = 226.27 + 1.35 \times 72.6 = 324.3 \text{ kN}$$

$$p_{1,2} = \frac{N_{sd}}{A} \pm \frac{M_{sd} \cdot y}{I} = \frac{N_{sd}}{BL} \pm \frac{6M_{sd}}{BL^2}$$

$$p_{1,2} = \frac{324.3}{180 \times 280} \pm \frac{6 \times 122.48 \times 10^2}{180 \times 280^2} = (6.434 \pm 5.207 \times 10^{-3}) \text{ kN / cm}^2$$

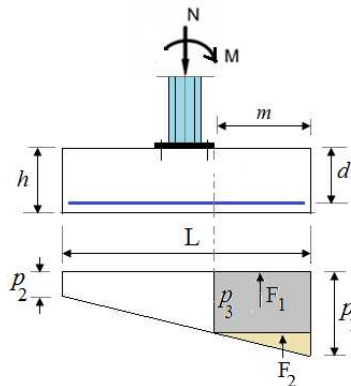
$$p_1 = 6.434 \times 10^{-3} + 5.207 \times 10^{-3} = 0.012 \text{ kN / cm}^2 < 0.02 \text{ kN / cm}^2$$

$$p_1 = 0.012 \text{ kN / cm}^2 < 0.02 \text{ kN / cm}^2 \dots\dots\dots \text{OK.}$$

$$p_2 = 6.434 \times 10^{-3} - 5.207 \times 10^{-3} = 0.0012 \text{ kN / cm}^2$$

$$p_3 = p_2 + (p_1 - p_2) \frac{m+a}{L}$$

$$p_3 = 0.0012 + (0.012 - 0.0012) \frac{113 + 54}{280} = 7.7 \times 10^{-3} \text{ kN / cm}^2$$



Calcul des armatures dans la direction du moment :

Calcul du moment fléchissant au niveau de la section dangereuse (au nu de la plaque d'assise ou bien du poteau en béton s'il existe) :

$$L = 280 \text{ cm}, B = 180 \text{ cm}, m = (280 - 54) / 2 = 113 \text{ cm}$$

$$F_1 = p_3 \times m \times B = 7.7 \times 10^{-3} \times 113 \times 180 = 157 \text{ kN}$$

$$F_2 = 0.5(p_1 - p_3) \times m \times B = 0.5(0.012 - 7.7 \times 10^{-3}) \times 113 \times 180 = 44.0 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = F_1 \times (m/2) + F_2 \times (2m/3)$$

$$M_{sd} = 157 \times (113/2) + 44 \times (2 \times 113/3) = 12185 \text{ kNcm}$$

$$M_{sd} = 12185 \text{ kNcm} = 121.85 \text{ kNm}$$

On assume les armatures de 16mm et l'enrobage de 50 mm.

$$k = M_{sd} / f_{ck} b d^2 = 121.85 \times 10^6 / 25 \times 1800 \times 542^2 = 9.21 \times 10^{-3}$$

$$k = 9.21 \times 10^{-3} < 0.156 \quad (\text{Pas d'armatures comprimées})$$

$$Z = d(0.5 + \sqrt{0.25 - k/1.134})$$

$$Z = 542(0.5 + \sqrt{0.25 - 9.21 \times 10^{-3} / 1.134}) = 537.6 \text{ mm} > 0.95d$$

$$Z = 0.95d = 0.95 \times 542 \text{ mm} = 514.9 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{sd} / f_{yd} Z = 121.85 \times 10^6 / 347.8 \times 514.9 = 680.4 \text{ mm}^2$$

$$\text{avec : } f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 347.8 \text{ Mpa} = 347.8 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Acier}$$

FeE400)

Section minimale des armatures principales :

$$A_{\min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} . b . d = 0.26 \times \frac{2.6}{400} \times 1800 \times 542 = 1648.8 \text{ mm}^2$$

$$f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3} = 0.30 \times (25)^{2/3} = 2.6 \text{ N/mm}^2$$

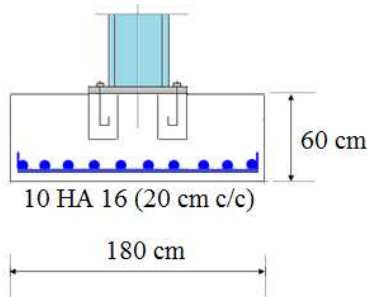
f_{ctm} : Valeur moyenne de la résistance du béton à la traction.

$$1648.8/201 = 8.2 \quad (\text{diamètre d'un HA16} = 201 \text{ mm}^2)$$

$$\text{Soit } \mathbf{10HA16} \rightarrow A = 2011 \text{ mm}^2$$

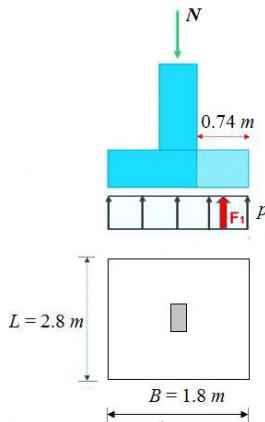
CH.6 : CALCUL DU PORTIQUE

La section à adopter sera 10 HA16 avec espacement de 20 cm.



Calcul des armatures dans la direction transversale :

$$p = \frac{N_{sd}}{B \times L} = \frac{324.3}{180 \times 280} = 6.43 \times 10^{-3} \text{ kN} / \text{cm}^2$$



$$m = (B - b) / 2 = (180 - 32) / 2 = 74 \text{ cm}$$

$$F = p \times m \times L = 6.43 \times 10^{-3} \times 74 \times 280 = 133.2 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = F \times (m / 2) = 133.2 \times (74 / 2) = 4928.4 \text{ kNcm}$$

$$M_{sd} \approx 49.3 \text{ kNm}$$

$$k = M_{sd} / f_{ck} b d^2 = 49.3 \times 10^6 / 25 \times 280 \times 542^2 = 0.024$$

$$k = 0.024 < 0.156 \quad (\text{Pas d'armatures comprimées})$$

$$Z = d(0.5 + \sqrt{0.25 - k / 1.134})$$

$$Z = 542(0.5 + \sqrt{0.25 - 0.024 / 1.134}) = 530.3 > 0.95d$$

$$Z = 0.95d = 0.95 \times 542 \text{ mm} = 514.9 \text{ mm}$$

$$A_s = M_{sd} / f_{yd} Z = 49.3 \times 10^6 / 347.8 \times 514.9 = 275.3 \text{ mm}^2$$

$$\text{avec : } f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 347.8 \text{ Mpa} = 347.8 \text{ N / mm}^2$$

(Acier FeE400)

Section minimale des armatures principales :

$$A_{x\min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d = 0.26 \times \frac{2.6}{400} \times 2800 \times 542 = 2565 \text{ mm}^2$$

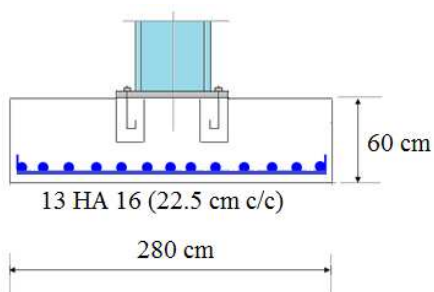
$$f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3} = 0.30 \times (25)^{2/3} = 2.6 \text{ N / mm}^2$$

f_{ctm} : Valeur moyenne de la résistance du béton à la traction.

$$2565 / 201 = 12.8$$

$$\text{Soit } \mathbf{13HA16} \text{ (22.5 cm c/c)} \rightarrow A = 2614 \text{ mm}^2$$

CH.6 : CALCUL DU PORTIQUE

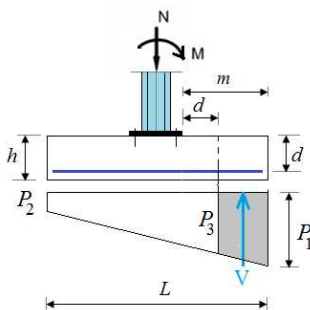


Vérification au cisaillement :

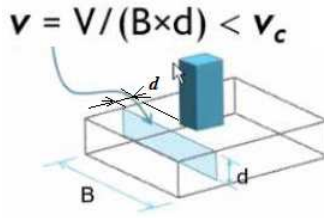
La section dangereuse vis-à-vis du cisaillement est située à la distance d de la plaque d'assise ou bien du poteau en béton armé s'il existe.

L'effort tranchant de calcul dans la section cisillée :

$$V_{sd} = \frac{(p_1 + p_3)}{2} \times (m - d) \times B$$



$$V_{sd} = \frac{(0.011 + 7.06 \times 10^{-3})}{2} \times (113 - 54.2) \times 180 = 95.6 \text{ kN}$$



La contrainte de cisaillement correspondante :

$$v_{Sd} = \frac{V_{Sd}}{B \times d} = \frac{95.6 \times 10^3}{1800 \times 542} = 0.098 \text{ N / mm}^2$$

La contrainte de cisaillement résistante :

$$v_{Rd,c} = \left[0.12k \times (100 \times \rho \times f_{ck})^{1/3} \right]$$

$$k = 1 + \sqrt{200/d} = 1 + \sqrt{200/542} = 1.60$$

Le pourcentage d'armature dans la section :

$$\rho = A_s / Bd = 2011 / 1800 \times 542 = 2.06 \times 10^{-3}$$

$$v_{Rd,c} = \left[0.12 \times 1.60 \times (100 \times 2.06 \times 10^{-3} \times 25)^{1/3} \right] = 0.33 \text{ N / mm}^2$$

$$v_{Sd} = 0.098 \text{ N / mm}^2 < v_{c,Rd} = 0.33 \text{ N / mm}^2 \dots\dots\dots \text{OK.}$$

Vérification au poinçonnement :

La fondation peut être poinçonnée par la plaque d'assise.

La section critique de poinçonnement est située à **1.5d** de la plaque d'assise.

$$p = \frac{N_{Sd}}{B \times L} = \frac{226.27}{180 \times 280} = 4.5 \times 10^{-3} \text{ kN / cm}^2$$

Remarque :

Le poids propre de la fondation n'est pas incluse dans le calcul du poinçonnement.

CH.6 : CALCUL DU PORTIQUE

La surface hachurée :

$$S = [180 \times 280 - (3 \times 54.2 + 54) (3 \times 54.2 + 29)] = 8899.5 \text{ cm}^2$$

$$[1800 \times 2800 - (3 \times 542 + 540)(3 \times 542 + 320)]$$

$$V_{\text{poissonnement}} = p \times S = 4.5 \times 10^{-3} \times 8899.5 = 40 \text{ kN}$$

La surface cisailée :

$$S' = [d \times 2(3d + a + 3d + b)]$$

$$S' = \text{périmètre} \times d = 0.542 \times 2(3 \times 0.542 + 0.54 + 3 \times 0.542 + 0.32)$$

$$S' = 4.5 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{V_{\text{poissonnement}}}{S'} = \frac{40}{4.5} = 8.9 \text{ kN} / \text{m}^2 = 8.9 \times 10^{-4} \text{ kN} / \text{cm}^2$$

$$v = 89 \times 10^{-4} \text{ N} / \text{mm}^2 < v_{Rd,c} = 0.33 \text{ N} / \text{mm}^2 \dots\dots\dots \text{OK.}$$

