

1 DOMAINE D'APPLICATION

Les méthodes de calcul et de dimensionnement, qui font l'objet de ce chapitre, concernent les semelles présentant les caractères géométriques définis sur les Figures 1 et 2.

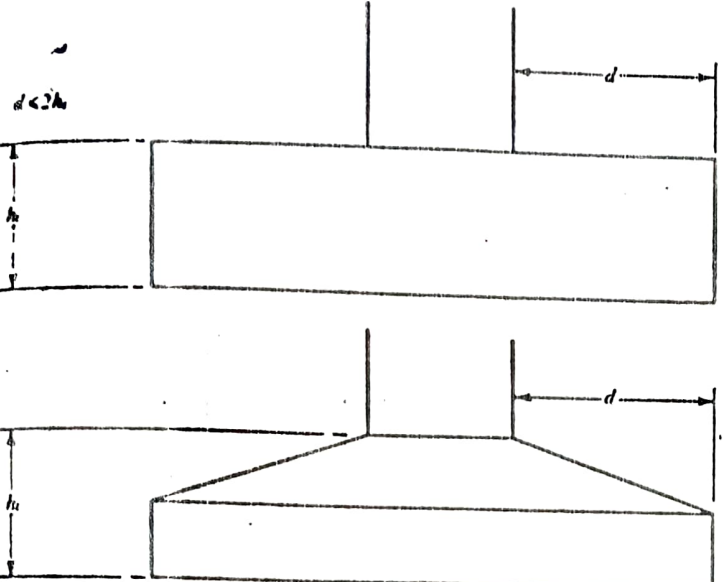


Figure 1: Semelles reposant sur le sol

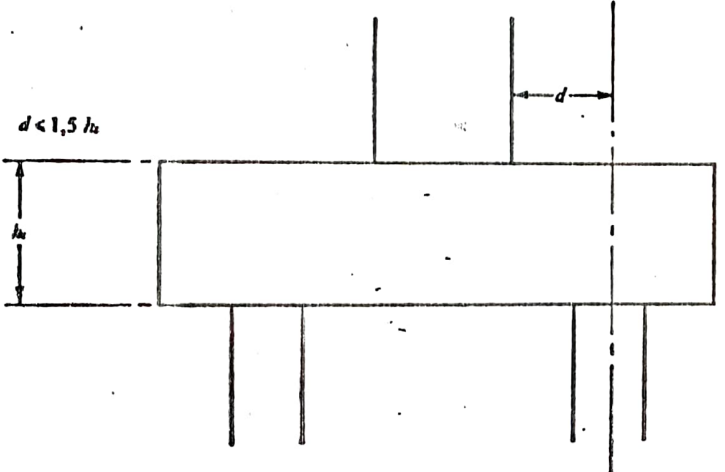


Figure 2: Semelles reposant sur des pieux verticaux

La hauteur de la semelle peut être linéairement décroissante depuis le nu du poteau ou du mur jusqu'à son extrémité libre, sous réserve que les conditions de résistance à l'effort tranchant soient vérifiées dans toutes les sections et que l'enrobage dans les zones d'ancrage soit suffisant.

Si les conditions géométriques prévues ne sont pas satisfaites, la semelle peut être considérée comme justiciable de la théorie des poutres ou des plaques et calculée suivant les recommandations correspondantes.

Si le débord d de la semelle est inférieur dans toutes les directions à la moitié de la hauteur h , on admet qu'il s'agit d'un massif de fondations et les recommandations énoncées dans ce fascicule ne sont pas applicables.

2 BASES DU CALCUL

On admet que le comportement du sol est élastique et que la stabilité est assurée uniquement par les forces élastiques qu'il transmet à la semelle à travers la surface d'appui.

Il en résulte que la distribution des contraintes dues aux réactions du sol ou des pieux sur la surface d'appui de la semelle est plane (Figure 3).

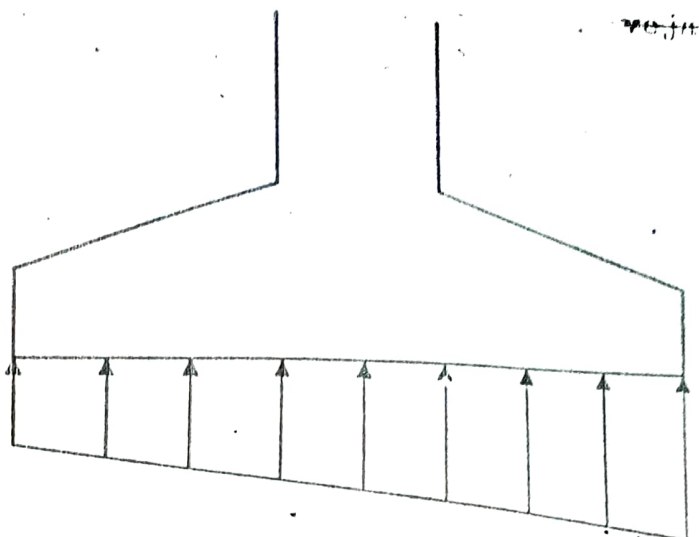


Figure 3

Si le système des forces extérieures appliqué à la semelle ne peut être équilibré sans faire apparaître des contraintes de traction sur la surface d'appui, on peut admettre la distribution des contraintes représentée sur la Figure 4.

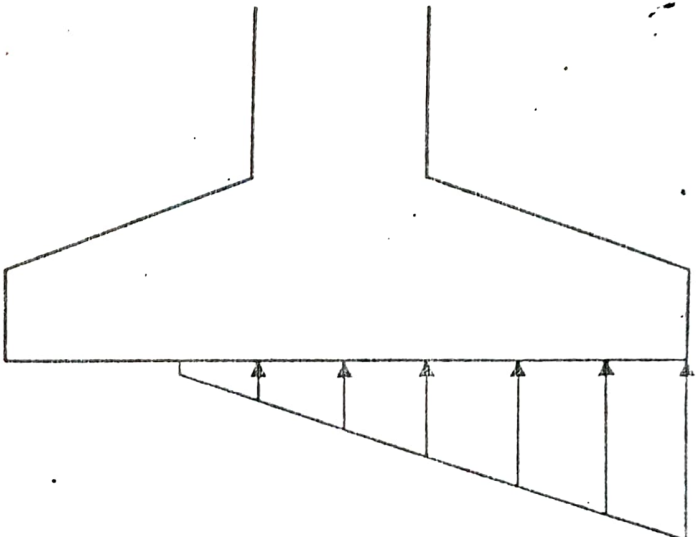


Figure 4

Pour les semelles sur pieux, on peut supposer que la stabilité de la semelle puisse être assurée par la résistance des pieux à la traction, sous réserve que la force de traction soit équilibrée avec sécurité, compte tenu du poids propre du pieu, de sa résistance à l'arrachement, de la section de son armature longitudinale et de l'efficacité de l'ancrage de cette armature dans la semelle.

On admet que l'équilibre des actions horizontales qui sollicitent éventuellement la semelle est uniquement assuré par les forces de frottement développées entre la surface d'appui de la semelle et le sol.

Il n'est pas admis que les forces de frottement puissent réduire la force de traction dans l'armature principale des semelles.

3 DIMENSIONNEMENT DE L'ARMATURE INFÉRIEURE

3,1 SECTION DE REFERENCE S_1

La section S_1 de la semelle qui doit être prise en compte, pour la détermination de l'armature inférieure est définie de la façon suivante:

Elle est plane, normale à la surface d'appui et affecte la totalité de la semelle; elle est située entre les faces du poteau ou du mur et à une distance du nu du poteau ou du mur égale à $0,15 a$ où a désigne la dimension du poteau ou du mur mesurée dans le sens perpendiculaire à la section considérée (Figure 5).

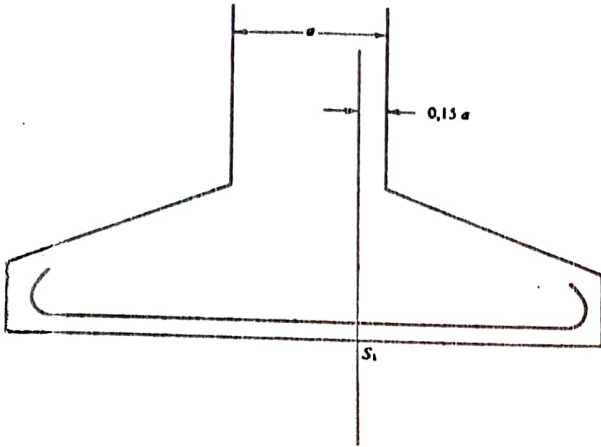


Figure 5

Cette recommandation tient compte du fait que dans le cas des poteaux de section allongée (Figure 6) la valeur du moment peut croître sensiblement au-delà de la section située au nu du poteau ou du mur.

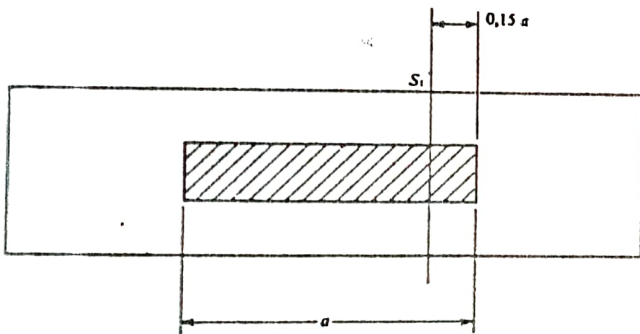
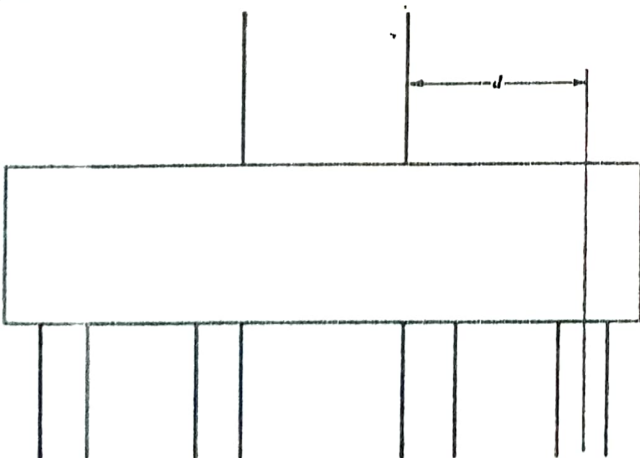


Figure 6

La hauteur utile de la section S_1 est prise égale à la hauteur utile de la section parallèle à S_1 et située au nu du poteau ou du mur, sauf si cette hauteur excède 1,5 fois le débord d de la semelle mesuré perpendiculairement à cette section.

Dans ce dernier cas, la hauteur utile doit être limitée à 1,5 fois ce débord. Dans le cas des semelles reposant sur des pieux, le débord est évalué à partir du pieu le plus éloigné de la section considérée (Figure 7).

Figure 7



2 AIRE DE LA SECTION TRANSVERSALE DE L'ARMATURE INFÉRIEURE

Le moment fléchissant relatif à une section de référence S_1 est le moment évalué en prenant en compte la totalité des réactions du sol ou des pieux agissant sur la partie de semelle limitée par cette section et qui n'est pas traversée par l'axe du poteau ou le plan médian du mur (Figure 8).

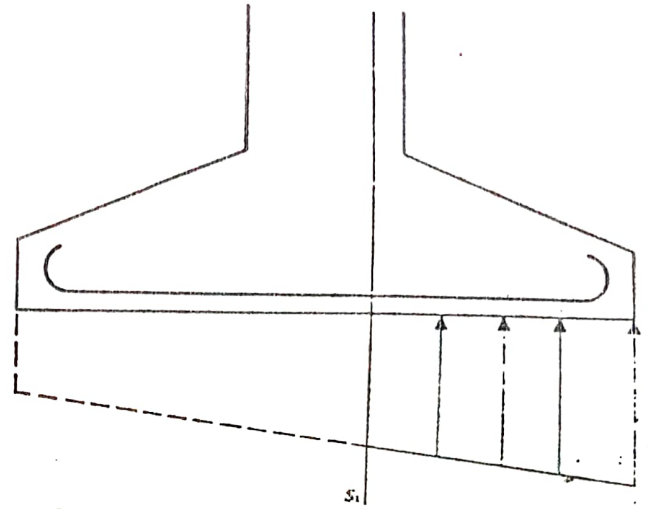


Figure 8

L'aire de la section de l'armature qui traverse une section de référence doit être déterminée suivant les recommandations concernant les poutres en béton armé soumises à la flexion simple à partir des caractères géométriques de cette section définis au paragraphe précédent et du moment fléchissant qui la sollicite.

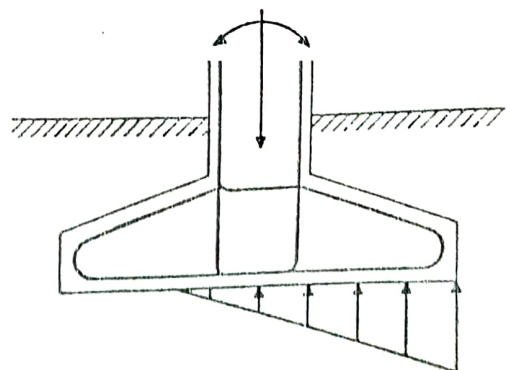
Dans le cas où l'armature inférieure n'est pas normale à la section de référence, sa participation à la résistance aux moments fléchissants doit être évaluée conformément aux recommandations concernant les dalles.

D'une façon générale, le moment fléchissant, que peut équilibrer sous résistance de calcul l'une des sections de référence, ne doit pas être inférieur au cinquième du moment auquel peut résister la section de référence perpendiculaire.

Dans le cas d'un réseau orthogonal d'armature, le rapport des aires des sections transversales des barres correspondant à chaque direction doit être au moins égal à un cinquième.

Si le poids propre de la semelle et celui des terres qui la surmontent éventuellement ont été pris en compte dans la détermination des réactions du sol, leurs effets doivent être retranchés dans l'évaluation des moments; si le moment fléchissant qui résulte de cette opération est négatif, la semelle doit être munie, à sa partie supérieure, d'une armature capable de l'équilibrer (Figure 9).

Figure 9



4 DISPOSITION DE L'ARMATURE INFÉRIEURE

4,1 Dans tous les cas, l'armature inférieure dont la section est définie au paragraphe précédent, doit être prolongée sans réduction de section sur toute l'étendue de la semelle.

4,2 SEMELLE REPOSANT SUR LE SOL

Si la surface d'appui de la semelle est carrée, l'armature peut être uniformément répartie, parallèlement aux côtés du carré.

Un accroissement de la résistance à l'effort tranchant peut être recherché pour les semelles plates en localisant une plus grande densité d'armature dans des bandes parallèles aux côtés du carré, centrées sur le poteau et de largeur $a + 2h_i$ (Figure 10).

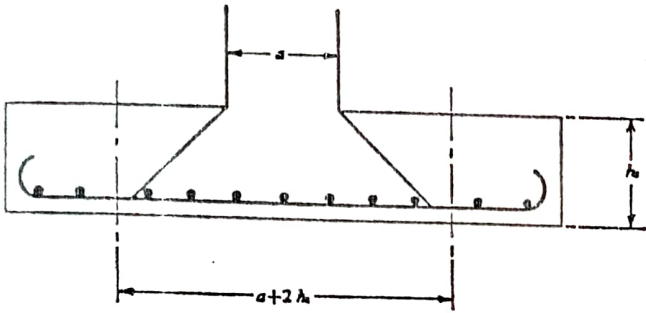


Figure 10

Dans les autres cas, l'armature parallèle au grand côté de longueur a' doit être uniformément distribuée sur la largeur b' de la semelle; l'armature parallèle au petit côté b' doit être placée de sorte qu'une fraction de la section totale A égale à $\frac{2b'}{a'+b'}$ soit située dans une bande centrée sur le poteau et dont la largeur est égale à b' (Figure 11).

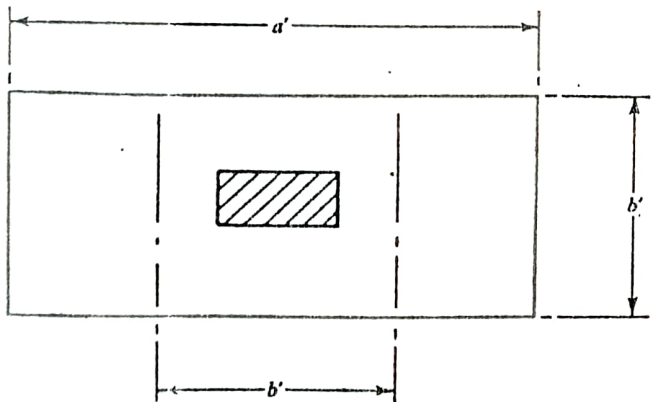


Figure 11: $b' > a + 2h_i$; $2b' A / (a' + b')$ dans la bande centrale

Dans tout ce qui précède, $a + 2h_i$ doit être substitué à b' si $a + 2h_i$ est supérieur à b' (Figure 12).

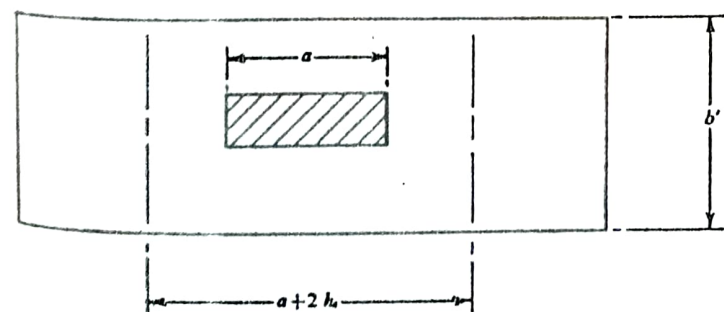


Figure 12: $b' < a + 2h_i$; $2(a + 2h_i) A / (a' + a + 2h_i)$ dans la bande centrale

Si le débord de la semelle n'excède pas la hauteur h_i , l'armature inférieure doit être totalement ancrée au voisinage immédiat du bord extérieur de la semelle (Figure 13), la longueur d'ancrage étant mesurée à partir de l'extrémité de la partie rectiligne des barres.

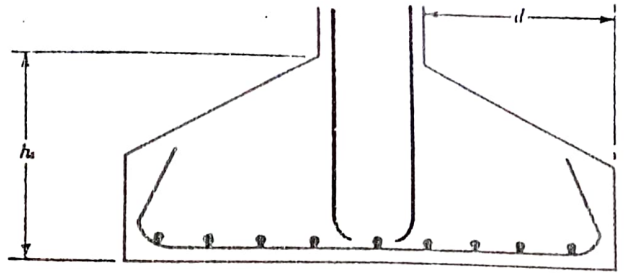


Figure 13

Si le débord de la semelle excède la hauteur h_i , l'armature inférieure doit être totalement ancrée au-delà de la section située à la distance h_i du nu du poteau (Figure 14).

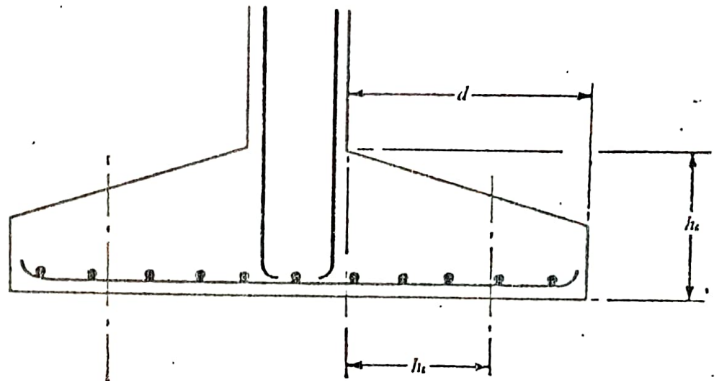


Figure 14

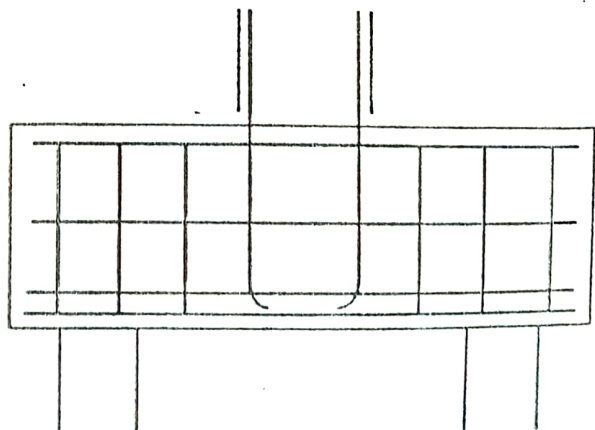
Le paragraphe précédent précise qu'en aucun cas l'armature ne peut être arrêtée avant d'avoir atteint la face extérieure de la semelle.

4,3 SEMELLE REPOSANT SUR DES PIEUX

4,31 SEMELLE REPOSANT SUR DEUX PIEUX

L'armature inférieure doit être prolongée sans réduction de section sur toute la longueur de la semelle; elle doit être, en outre, ancrée au-delà du plan vertical de l'axe des pieux pour un effort de traction égal aux 0,8 de l'effort extrême pour lequel elle a été calculée (Figure 15).

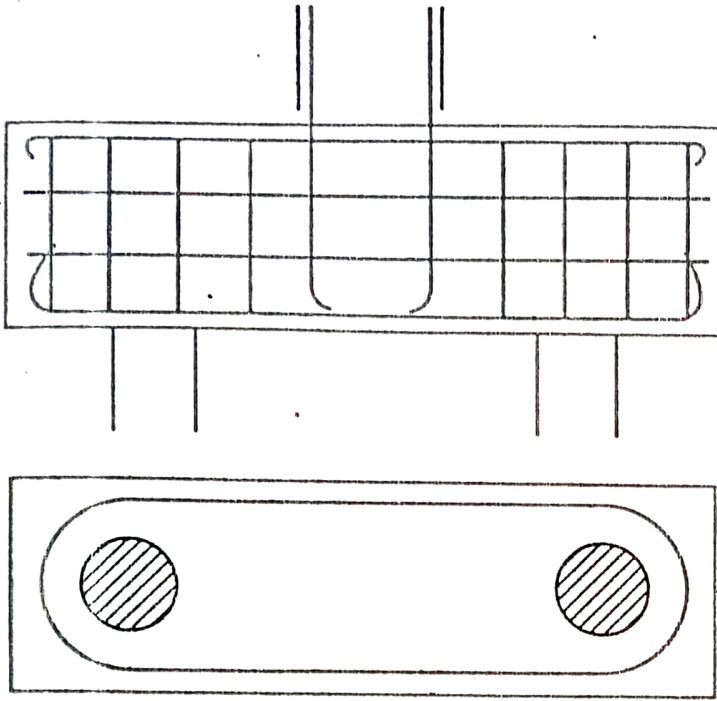
Figure 15



Cette recommandation est conforme à celle qui concerne la disposition de l'armature principale des poutres-cloisons. L'armature inférieure peut être disposée en plusieurs lits

et la qualité de l'ancrage peut être renforcée en bouclant l'armature horizontale au-delà des pieux (Figure 16).

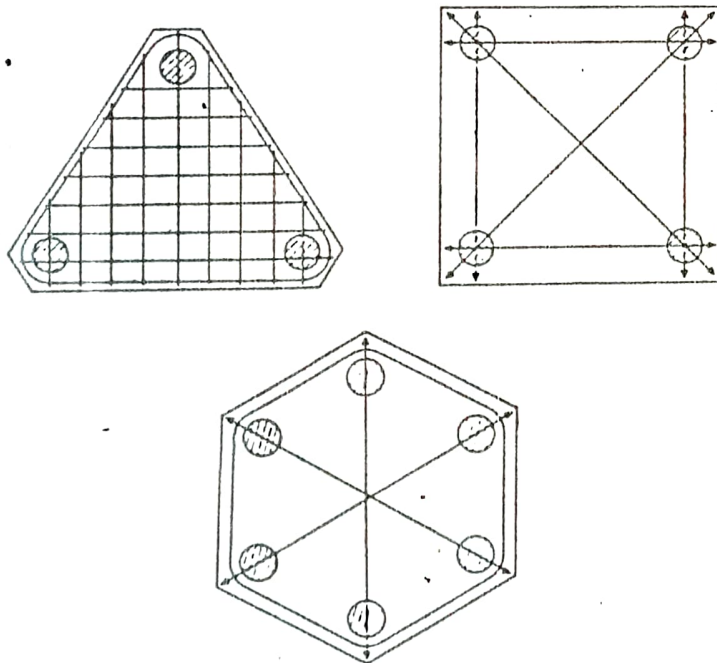
Figure 16



4,32 CAS GENERAL

L'armature inférieure requise pour équilibrer le moment peut être en partie constituée par des barres localisées dans des bandes axées sur les pieux.

Les dispositions suivantes de ferrillage peuvent être adoptées dans le cas où les pieux sont disposés suivant les sommets d'un polygone régulier centré sur l'axe du poteau.



Figures 17, 18, 19

L'armature doit être dans tous les cas disposée de façon que les conditions d'ancrage au-delà des pieux périphériques soient satisfaites. On peut considérer qu'il en est ainsi lorsque l'armature inférieure qui traverse la surface cylindrique circulaire axée sur le pieu et dont le rayon est égal à trois fois celui du pieu, peut équilibrer sous contrainte de calcul une force de traction égale au 0,8 de la réaction du pieu; dans cette évaluation, seules les

barres totalement ancrées au-delà du plan axial du pieu qui leur est perpendiculaire peuvent être prises en compte (Figure 20).

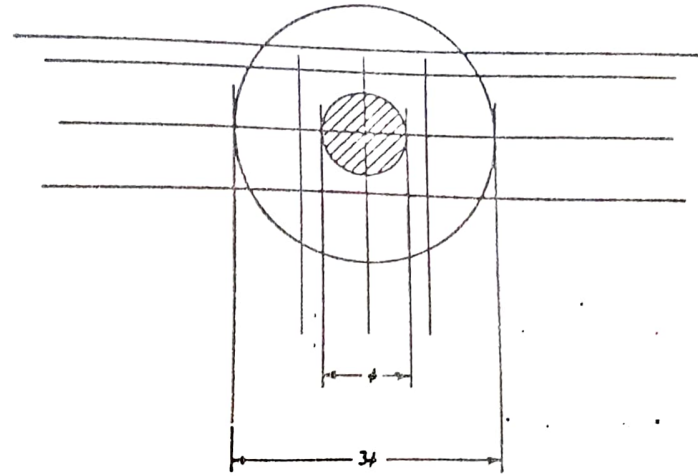


Figure 20

5 CONDITIONS D'ADHERENCE DE L'ARMATURE INFÉRIEURE DANS LE CAS DES SEMELLES REPOSANT SUR LE SOL

Définitions:

T^* = Effort tranchant de calcul relatif à la section de référence S_1 (par unité de longueur).

n = nombre des barres par unité de longueur.

La relation à vérifier est:

$$T_1^* \leq 0,9 h \cdot n \cdot p \cdot \tau_{d1}^*$$

expression dans laquelle la valeur de τ_{d1}^* doit être prise égale à $1,8 \sigma_b^*$ (pour les barres à haute adhérence).

La valeur limite (relativement basse)

$$\tau_{d1}^* = 1,8 \sigma_b^*$$

est tirée des essais sur semelles carrées et s'explique par une concentration des efforts au milieu de la semelle, tandis que les valeurs de calcul T_1^* sont déterminées en supposant une répartition uniforme sur la largeur totale de la semelle.

6 RESISTANCE A L'EFFORT TRANCHANT

6,1 EFFORT TRANCHANT DE REFERENCE

L'effort tranchant de référence T^* est égal à la composante normale à la surface d'appui, de la résultante des forces appliquées sur l'une ou l'autre des parties de la semelle limitées par la section de référence S_2 définie au paragraphe suivant.

Dans le cas d'une semelle supportant un mur l'effort tranchant de référence est évalué par unité de longueur de la semelle.

6,2 SECTION DE REFERENCE S_2

6,21 CAS GENERAL

La section de référence S_2 est perpendiculaire à la surface d'appui de la semelle sur le sol: sa largeur b_2 est donnée par:

$$b_2 = b + h$$

où b désigne la dimension du poteau mesurée suivant l'horizontale parallèle à la section et h la hauteur utile de la semelle évaluée au droit du poteau (Figure 21).

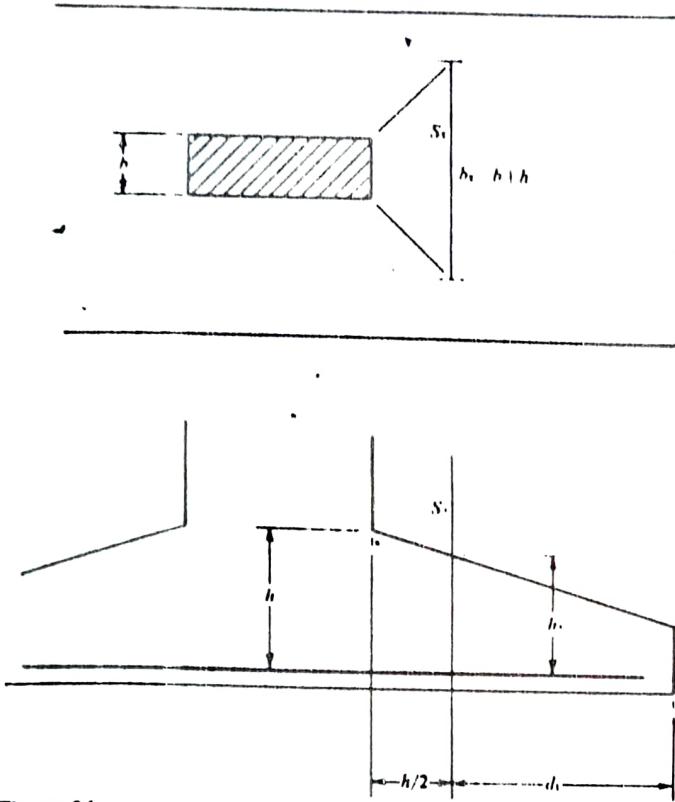


Figure 21

Dans le cas où la surface d'appui de la semelle et la section droite des poteaux sont carrées ou circulaires, concentriques et uniformément chargées, les caractères de la section de référence S_1 sont tels qu'ils conduisent aux mêmes dispositions que celles prévues par les recommandations pour les surfaces de poinçonnement des dalles; mais, dans le cas des semelles de formes allongées, soumises à des réactions du sol non uniformes, on ne peut plus admettre que la valeur moyenne de la contrainte de cisaillement le long de la surface de poinçonnement soit suffisamment représentative de la fonction de résistance.

Dans le cas d'une semelle sous mur, la largeur b_s est prise égale à l'unité de longueur de la semelle pour laquelle est évalué l'effort tranchant de référence T .

La hauteur utile h_s de la section de référence S_1 est égale à la hauteur utile de la semelle mesurée au droit de la section considérée; si cette hauteur excède 1,5 fois le débord d_1 de la semelle évalué à partir de cette section, la hauteur utile h_s est limitée à 1,5 fois ce débord.

Dans le cas d'une semelle sur pieux le débord d_1 est la distance qui sépare la section considérée de l'axe du pieu le plus éloigné de cette section (Figure 22).

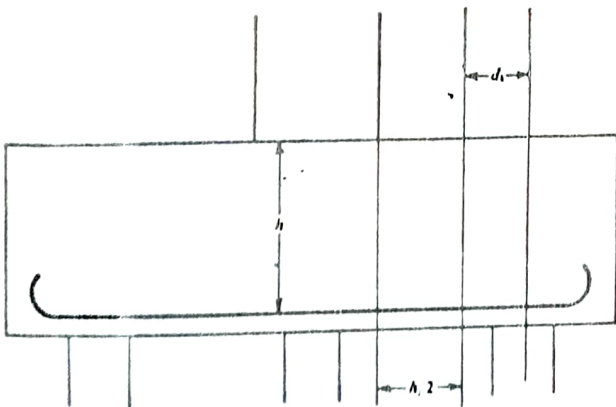


Figure 22

La section S_1 est située à l'extérieur du poteau et à une distance du nu du poteau égale à la moitié de la hauteur

utile h de la semelle, mesurée à l'aplomb du poteau sauf dans les deux cas expressément visés dans les paragraphes suivants.

6,22 CAS DES SEMELLES ALLONGEES

Ce cas vise les semelles telles que le débord d mesuré à partir du nu du poteau excède 1,5 fois la largeur b' de la semelle mesurée perpendiculairement à ce débord (Figure 23).

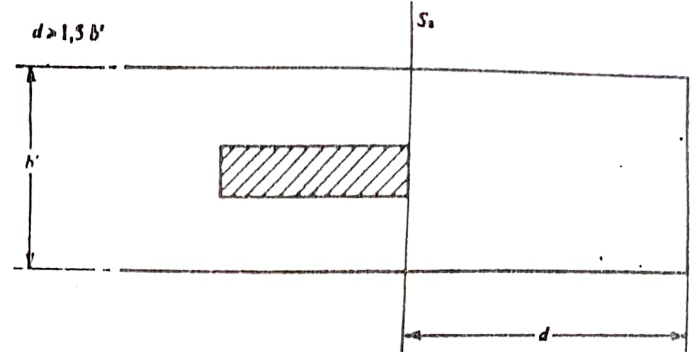


Figure 23

Dans ce cas, la section de référence S_1 relative à l'effort tranchant est située au nu du poteau et perpendiculaire à la direction correspondant au débord d .

De telles semelles peuvent être considérées comme des poutres dalles droites.

6,23 CAS DES SEMELLES REPOSANT SUR DES PIEUX VOISINS DU POTEAU

Ce cas vise les semelles reposant sur des pieux et telles qu'un ou plusieurs pieux soient situés en totalité ou en partie à une distance du nu du poteau inférieure à la moitié de la hauteur utile h de la semelle (Figure 24).

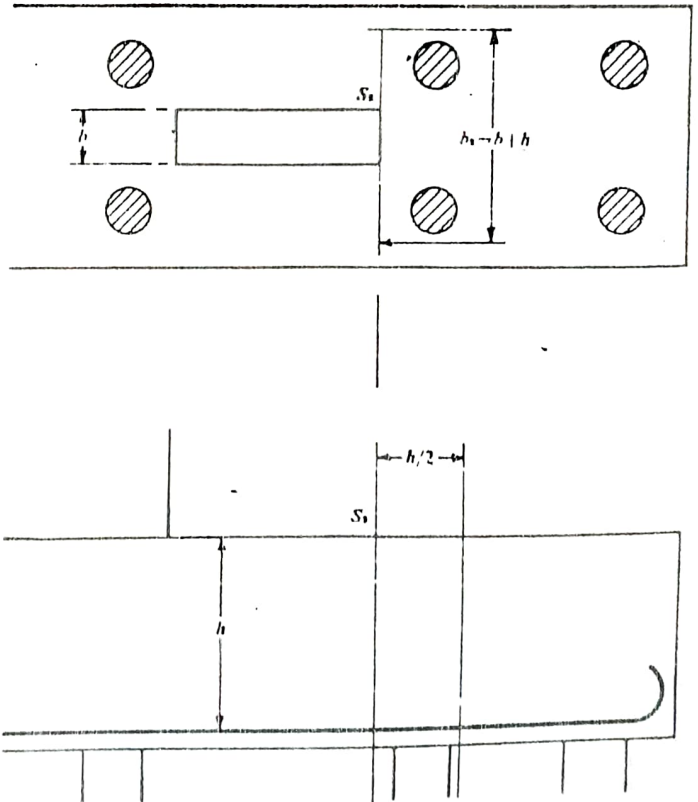


Figure 24

Dans ce cas la section de référence S_1 est située au nu du poteau.

6,3 EFFORT TRANCHANT LIMITE

6,31 CAS DES SEMELLES REPOSANT SUR LE SOL

L'effort tranchant dans la section de référence S_1 ne doit pas dépasser les valeurs suivantes:

$$T_1^* = \frac{15 \cdot b_s \cdot h_s}{\gamma_b} \sqrt{p_0} \cdot \sqrt{R'_{bk}}$$

$$T_1^* = \frac{1,5 \cdot b_s \cdot h_s}{\gamma_b} \sqrt{R'_{bk}}$$

expressions dans lesquelles le symbole p_0 représente le pourcentage de l'armature longitudinale dans la section de référence S_1 .

$$p_0 = \frac{A_a}{b_s \cdot h_s}$$

A_a étant l'aire de la section droite de l'armature longitudinale correspondant à la largeur b_s de la section S_1 .

La deuxième limite résultant de la première en posant $p_0 = 0,01$, est indiquée pour des raisons de prudence, car on ne dispose pas des résultats d'essai sur semelles avec $p_0 > 1\%$. Par ailleurs, il faut remarquer que les pourcentages plus élevés ne sont pas fréquents, étant donné que le critère d'adhérence (cf. paragraphe 5) devient décisif dans ces cas.

Les valeurs limites de T^* peuvent être majorées, si l'on dispose une armature transversale (d'effort tranchant).

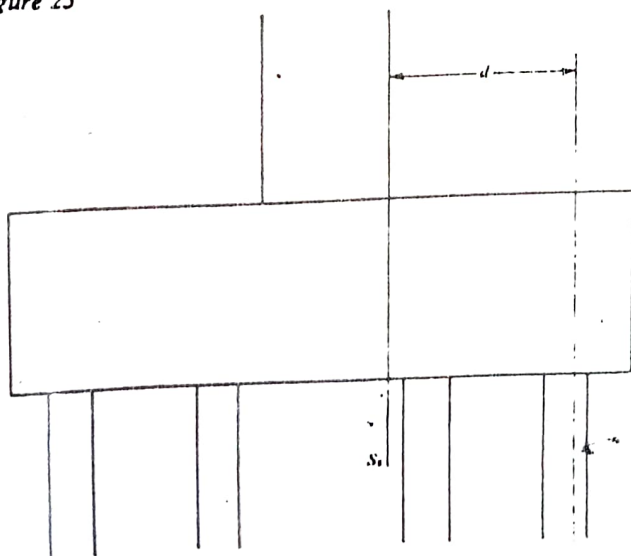
6,32 CAS DES SEMELLES SUR PIEUX

L'effort tranchant de référence T évalué dans les sections de référence S_1 définies ci-dessus doit être inférieur ou au plus égal à l'effort tranchant limite T_m donné par la relation:

$$T_m^* = \frac{25}{\gamma_b} \left(1 - \frac{d}{5h}\right) b_s h_s \sqrt{R'_{bk}}$$

où b_s , h et h_s ont la signification donnée au paragraphe 6,2 et d est le débord maximal de la semelle mesuré à partir du pieu le plus éloigné de la section de référence S_1 .

Figure 25



6,4 RESISTANCE LOCALE A L'EFFORT TRANCHANT

La résistance à l'effort tranchant doit être vérifiée dans toute section de la semelle où les caractères géométriques de la section et l'intensité où la localisation des réactions peuvent provoquer des circonstances plus défavorables que celles qui sont relatives aux sections de référence; il

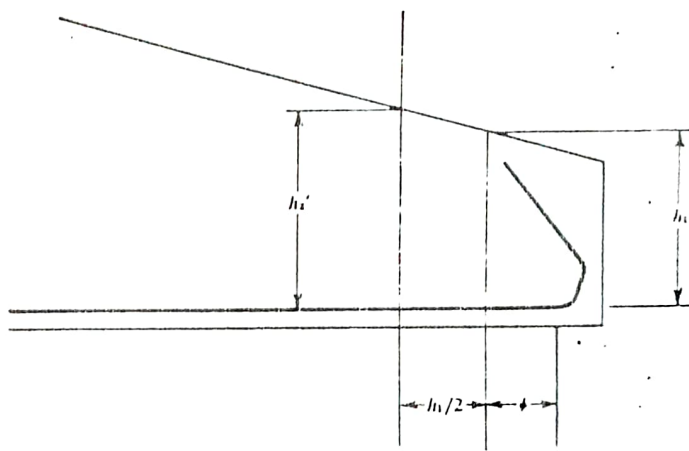
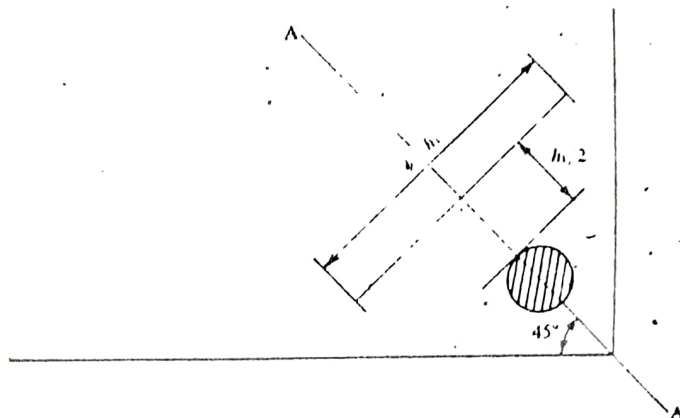
peut en être ainsi en particulier au voisinage des pieux d'angle des semelles reposant sur pieux.

Dans ce cas, l'effort tranchant qui sollicite la section est égal à la réaction R^* du pieu d'angle.

La section qui doit faire l'objet d'une vérification à l'effort tranchant est située à une distance du nu du pieu égale à la moitié de la hauteur utile h_1 de la semelle mesurée au droit du pieu; sa largeur b'_s est égale à la hauteur h_1 augmentée de la largeur du pieu; sa hauteur utile h'_s est la hauteur utile effective de la section ainsi définie.

La réaction R^* du pieu doit être au plus égale à la réaction limite R_m^* définie par la relation:

$$R_m^* = \frac{12}{\gamma_b} b'_s h'_s \sqrt{R'_{bk}}$$



COUPE AA

Figure 26

Le cas envisagé dans ce paragraphe ne concerne pas les semelles reposant sur deux pieux.

7 ARMATURES SECONDAIRES

En principe, des armatures secondaires réparties horizontales et verticales ne sont pas exigées sauf dans le cas des semelles reposant sur deux pieux.

Une semelle reposant sur deux pieux doit être munie:

- à sa partie supérieure, d'une armature longitudinale régnant sur toute la longueur de la semelle et dont la section ne doit pas être inférieure au 0,1 de la section de l'armature longitudinale inférieure;
- sur ses faces, d'un réseau d'armatures verticales et horizontales: l'armature verticale est constituée par des cadres formant ceinture des barres longitudinales

supérieures et inférieures, l'armature horizontale par des cadres formant ceinture de l'armature verticale (Figure 27).

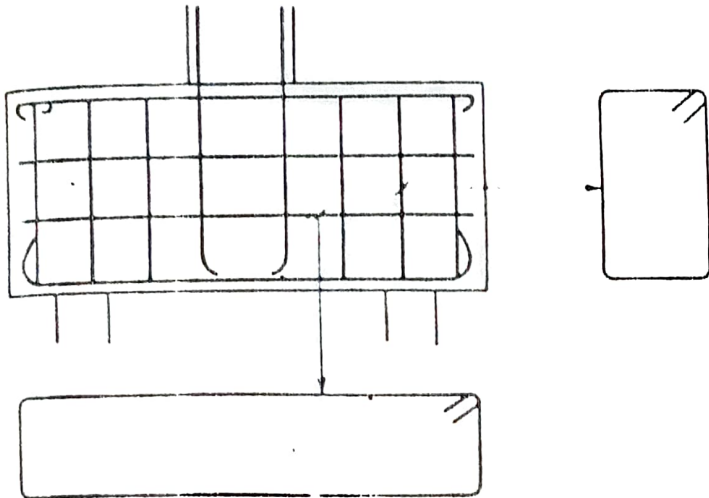


Figure 27

La section d'une barre du réseau, exprimée en cm^2 est donnée par l'expression:

$$A = 0,0025 b' \cdot t$$

dans le cas d'une barre lisse ou de nuance douce, et

$$A = 0,0020 b' \cdot t$$

dans le cas d'une barre à haute adhérence et de haute nuance.

Dans ces expressions, b' désigne la largeur de la semelle exprimée en cm et t l'espacement des barres du réseau exprimé en cm. Si la longueur b' excède la moitié de la hauteur totale h , $h/2$ doit être substitué à b' dans les expressions précédentes.