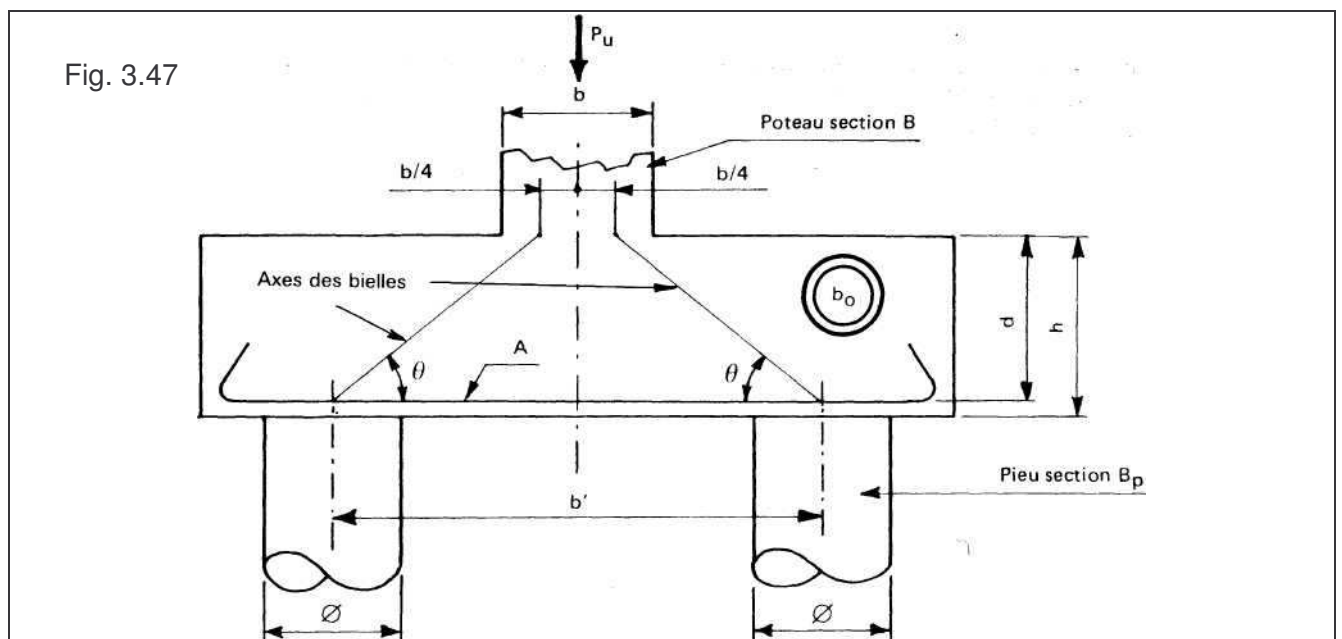


5. SEMELLES SUR PIEUX

Le présent paragraphe ne concerne que la détermination des dimensions des semelles et de leur armature en treillis soudé, après que les pieux, dont le calcul n'est pas abordé ici, ont été eux-mêmes dimensionnés conformément au DTU 13-2 [3.2].

5.1. SEMELLES SUR DEUX PIEUX SOUS POTEAUX SOUMIS À UN EFFORT CENTRÉ

Dans ce cas, la méthode à utiliser est la méthode des bielles. Il y a une bielle par pieu, et donc deux bielles symétriques dont l'angle d'inclinaison θ sur l'horizontale est défini par la figure 3.47.



5.1,1. choix des dimensions de la semelle

– Distance b' entre axes des pieux : $b' \geq 2,5 \varnothing$ à $3 \varnothing$ (\varnothing diamètre d'un pieu) (la semelle doit déborder largement du nu extérieur des pieux).

– Hauteur : $0,5 \left(b' - \frac{b}{2} \right) \leq d \leq 0,7 \left(b' - \frac{b}{2} \right)$

– Largeur : $b_0 \geq \frac{P_u}{3 d f_{t28}}$

5.1,2. compression des bielles

a) Vérification au niveau de la tête des pieux (section B_p)

$$\frac{1}{2B_p} \left(\frac{1,35G_o + P_u}{\sin^2 \theta} \right) \leq 0,9 f_{c28} \text{ avec } \operatorname{tg} \theta = \frac{2d}{b' - \frac{b}{2}}$$

b) Vérification au niveau de la base du poteau (section B)

$$\frac{P_u}{B \sin^2 \theta} \leq 0,9 f_{c28}$$

5.1.3. armatures

1) Cas où la fissuration de la semelle est considérée comme peu préjudiciable

Dans ce cas, on pose :

$$A_o = P_u \left[\operatorname{Max} \left(6,33 \frac{b' - b/2}{2} ; 9 \right) \right] \quad (\text{cm}^2, \text{MN}, \text{m})$$

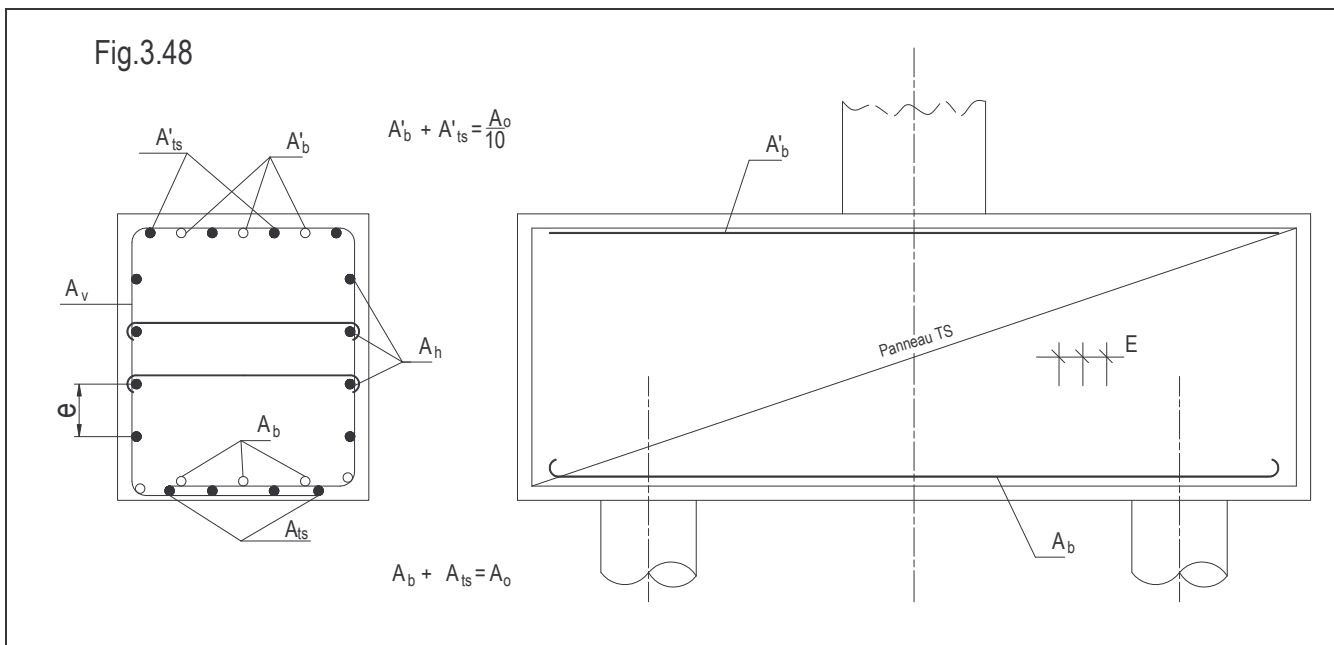
L'armature est constituée par un treillis soudé plié dans le sens de sa longueur de manière à constituer une succession de cadres fermés avec recouvrement des extrémités dans la partie **inférieure** de la semelle, tel que :

– les fils horizontaux, reliant les cadres, espacés de e, représentent une section par face :

$$A_{h \text{ cm}^2/\text{m}} \geq \operatorname{Max} \left[0,05 \frac{A_o}{d} ; \left(\frac{P_u}{16b_o d f_{t28}} - 0,05 \right) \frac{A_o}{d} \right]$$

– les fils constituant les cadres, espacés de E, représentent une section par face :

$$A_{v \text{ cm}^2/\text{m}} \geq \operatorname{Max} \left[\frac{0,1A_o}{d} ; \left(\frac{P_u}{16b_o d f_{t28}} \times A_o \right) \right]$$



A la partie inférieure, on complète la section A_{ts} de tous les fils horizontaux du treillis adopté correspondant à la largeur de la semelle par un deuxième treillis (ou par des barres HA B500) représentant sur cette même largeur une section :

$$A_b \geq (A_o - A_{ts})$$

Les fils de ce deuxième treillis (ou les barres HA B500) doivent être totalement ancrés à partir du nu intérieur des pieux et, à la partie supérieure, on complète la section A'_{ts} des fils horizontaux du treillis adopté correspondant à la largeur de la semelle par un deuxième treillis (ou par des barres HA B500) représentant sur cette même largeur une section :

$$A'_b \geq \frac{A_o}{10} - A'_{ts}$$

Il est bon de prévoir quelques épingles reliant les nappes des deux faces opposées.

2) Cas où la fissuration de la semelle est considérée comme préjudiciable ou très préjudiciable

Dans ce cas, les formules ci-dessus sont applicables, après avoir majoré A_o de :

- 10% pour une fissuration préjudiciable;
- 50% pour une fissuration très préjudiciable.

5.1,4. exemple de calcul

Données

- Résultante des forces verticales à l'état-limite ultime $P_u = 0,75 \text{ MN}$
- Dimensions du poteau $\begin{cases} a=0,40 \text{ m} \\ b=0,40 \text{ m} \end{cases}$
- La fissuration de la semelle est considérée comme peu préjudiciable
- Résistance caractéristique spécifiée du béton $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$
- Diamètre des pieux $\begin{matrix} \text{d'où } f_{t28} = 2,1 \text{ MPa} \\ \varnothing = 0,40 \text{ m} \end{matrix}$

a) Dimensionnement de la semelle :

- Distance entre axes des pieux :
 $b' \geq 3 \varnothing = 1,20 \text{ m}$; prenons $b' = 1,50 \text{ m}$

- Hauteur de la semelle :

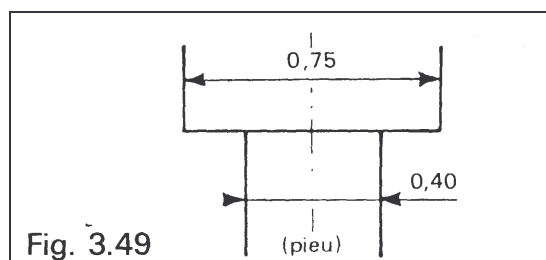
elle est choisie en fonction de la double condition

$$0,5 \left(b' - \frac{b}{2} \right) \leq d \leq 0,7 \left(b' - \frac{b}{2} \right) \text{ soit } 0,65 \text{ m} \leq d \leq 0,91 \text{ m}$$

Prenons $d = 0,65 \text{ m}$ d'où $h = 0,70 \text{ m}$

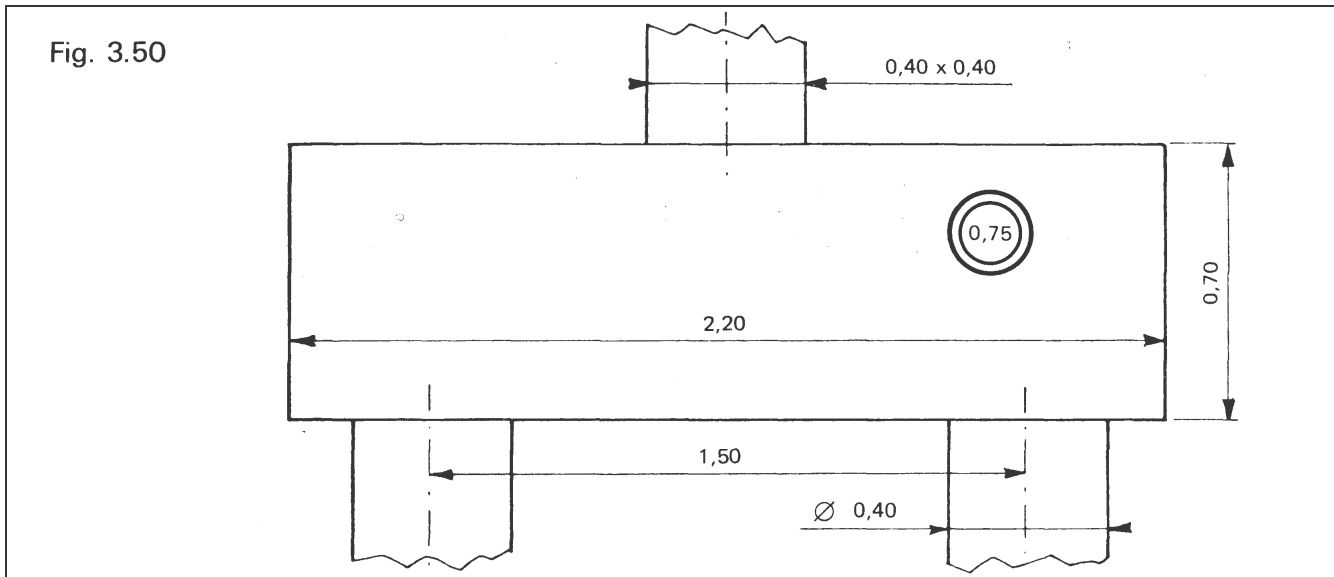
- Largeur de la semelle :

$$b_o \geq \frac{P_u}{3 d f_{t28}} = \frac{0,75}{3 \times 0,65 \times 2,1} = 0,18 \text{ m}$$



Si l'on prend deux débords de 0,175 m de chaque côté des pieux (fig. 3.49), on arrive à :
 $b_o = 0,75 \text{ m} > 0,18 \text{ m}$.

Compte tenu de ces dimensions, le poids propre exact de la semelle est de 0,029 MN.



b) Vérification des bielles à la compression

1 – au niveau de la tête des pieux (section B_p)

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{2d}{b' - \frac{b}{2}} = \frac{2 \times 0,65}{1,50 - \frac{0,40}{2}} = 1 \text{ soit } \theta = 45^\circ \text{ et } \sin^2 \theta = 0,5$$

L'inégalité suivante doit être respectée :

$$\frac{1}{2B_p} \left(\frac{1,35G_o + P_u}{\sin^2 \theta} \right) \leq 0,9 f_{c28}$$

Or le premier membre vaut :

$$\frac{1}{2\pi \times 0,2^2} \left(\frac{1,35 \times 0,029 + 0,75}{0,5} \right) = 6,28 \text{ MPa}$$

Cette valeur est bien inférieure à $0,9 f_{c28} = 22,5 \text{ MPa}$

2 – au niveau de la base du poteau (section B)

L'inégalité suivante doit être respectée :

$$\frac{P_u}{B \sin^2 \theta} \leq 0,9 f_{c28}$$

Or le premier membre vaut :

$$\frac{0,75}{0,40^2 \times 0,5} = 9,37 \text{ MPa}$$

Cette valeur est bien inférieure à $0,9 f_{c28} = 22,5 \text{ MPa}$

c) Armatures

$$A_o = P_u \left[\text{Max} \left(6,33 \frac{b'-b/2}{d}; 9 \right) \right]$$

$$A_o = 0,75 \left[\text{Max} \left(6,33 \times \frac{1,50 - 0,40/2}{0,65}; 9 \right) \right] = 0,75 [\text{Max}(12,6 ; 9)] = 0,75 \times 12,6 = 9,45 \text{ cm}^2$$

$$A_h = \text{Max} \left[0,05 \frac{A_o}{d}; \left(\frac{P_u}{16 b_o d f_{t28}} - 0,05 \right) \frac{A_o}{d} \right]$$

$$A_h = \text{Max} \left[0,05 \times \frac{9,45}{0,65}; \left(\frac{0,75}{16 \times 0,75 \times 0,65 \times 2,1} - 0,05 \right) \frac{9,45}{0,65} \right] = 0,73 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

$$A_v = \text{Max} \left[\frac{0,1 A_o}{d}; \left(\frac{P_u}{16 b_o d^2 f_{t28}} \times A_o \right) \right]$$

$$A_v = \text{Max} \left[\frac{0,1 \times 9,45}{0,65}; \frac{0,75}{16 \times 0,75 \times 0,65^2 \times 2,1} \times 9,45 \right] = 1,45 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Prenons un panneau ST 25 plié dans le sens de sa longueur, de manière à constituer des cadres fermés (fig. 3.51) représentant une section $S = 2,57 \text{ cm}^2/\text{m}$, donc supérieure à $A_v = 1,45 \text{ cm}^2/\text{m}$, reliés par des fils horizontaux de section $s = 1,28 \text{ cm}^2/\text{m}$, donc supérieure à $A_h = 0,73 \text{ cm}^2/\text{m}$. A ce stade, il faut faire un dessin à l'échelle (fig. 3.51) montrant la position précise des fils horizontaux. La disposition choisie montre qu'en partie supérieure on a 3 fils $\varnothing 7$ représentant une section $A'_{ts} = 3 \times 0,385 = 1,16 \text{ cm}^2$ qu'il convient de compléter par une section A'_b telle que :

$$A'_b \geq \left(\frac{9,45}{10} - 1,16 \right)$$

Le résultat étant négatif, la section complémentaire A'_b n'est pas nécessaire.

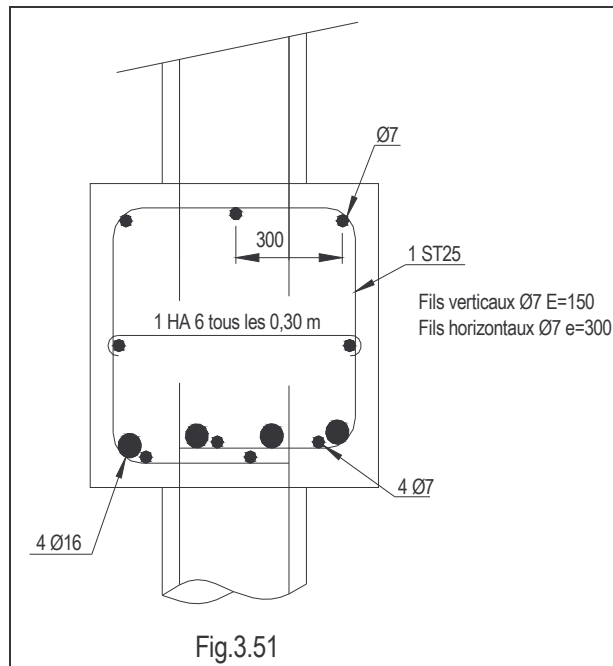
En partie inférieure, on dispose de 4 fils $\varnothing 7$ représentant une section A_{ts} de $1,54 \text{ cm}^2$ qu'il convient de compléter par des barres HA, de section telle que :

$$A_b \geq (9,45 - 1,54) = 7,91 \text{ cm}^2$$

Soit 4 HA 16 ($8,04 \text{ cm}^2$)

Remarque :

La section A_b représentant $\frac{7,91}{0,7} = 11,3 \text{ cm}^2 / \text{m}$, elle pourrait également être réalisée au moyen d'un panneau ST 60 et d'un panneau ST 50, coupés, et superposés parallèlement.



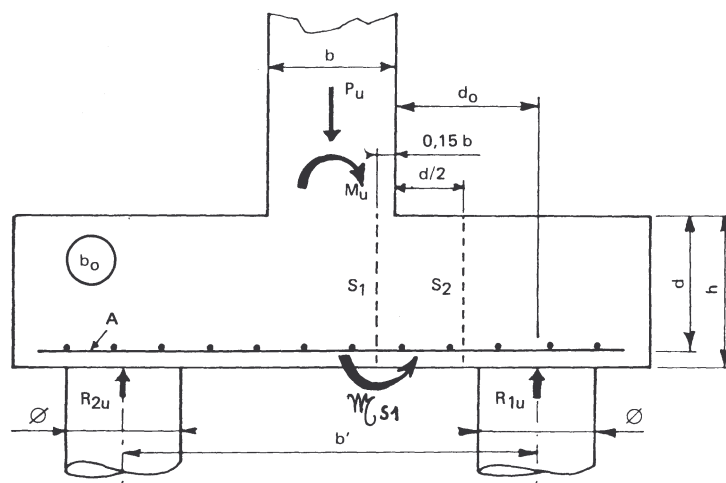
5.2. SEMELLES SUR DEUX PIEUX SOUS POTEAUX SOUMIS À UN MOMENT DE FLEXION

Dans ce cas, la méthode à appliquer est la méthode générale.

Comme pour les semelles sur sol, le treillis soudé constituant l'armature inférieure de la semelle est déterminé par les sollicitations agissant dans la section S_1 . La vérification à l'effort tranchant se fait dans la section S_2 . Les réactions des pieux valent :

$$R_{1u} = \frac{P_u}{2} + \frac{M_u}{b'} \quad R_{2u} = \frac{P_u}{2} - \frac{M_u}{b'}$$

Fig. 3.52



5.2,1. choix des dimensions

– Distance b' entre axes des pieux de diamètre \emptyset :

$$b' \geq 2,5 \emptyset \text{ à } 3 \emptyset$$

– Hauteur h :

$$d_o \leq h \leq 2d_o$$

avec d_o distance de l'axe d'un pieu au nu du poteau.

5.2,2. armatures

Les sections des fils horizontaux et verticaux (et celles des barres HA B500 de complément éventuelles) doivent être déterminées comme indiqué au paragraphe 5.1,3 mais en évaluant A_o en fonction du moment M_{s1} tel que :

$$M_{s1} = \left(\frac{P_u}{2} + \frac{M_u}{b'} \right) \left(\frac{b'}{2} - 0,35b \right)$$

et en majorant cette section A_o de 10 % si la fissuration est considérée comme préjudiciable ou de 50% si la fissuration est considérée comme très préjudiciable (d'où $A_b \geq 1,10 A_o - A_{ts}$ ou $A_b \geq 1,5 A_o - A_{ts}$ selon le cas, voir 5.1,3).

Les fils du treillis (ou les barres) sont disposés sans réduction de section sur toute la distance entre axes des pieux.

Ils sont prolongés au-delà de chacun de ces axes :

- de $0,8 \ell_s$ si les ancrages sont des ancrages droits (ℓ_s = longueur de scellement droit).
- de $0,8 \ell_a$ si les ancrages sont des ancrages courbes (ℓ_a = longueur d'ancrage).

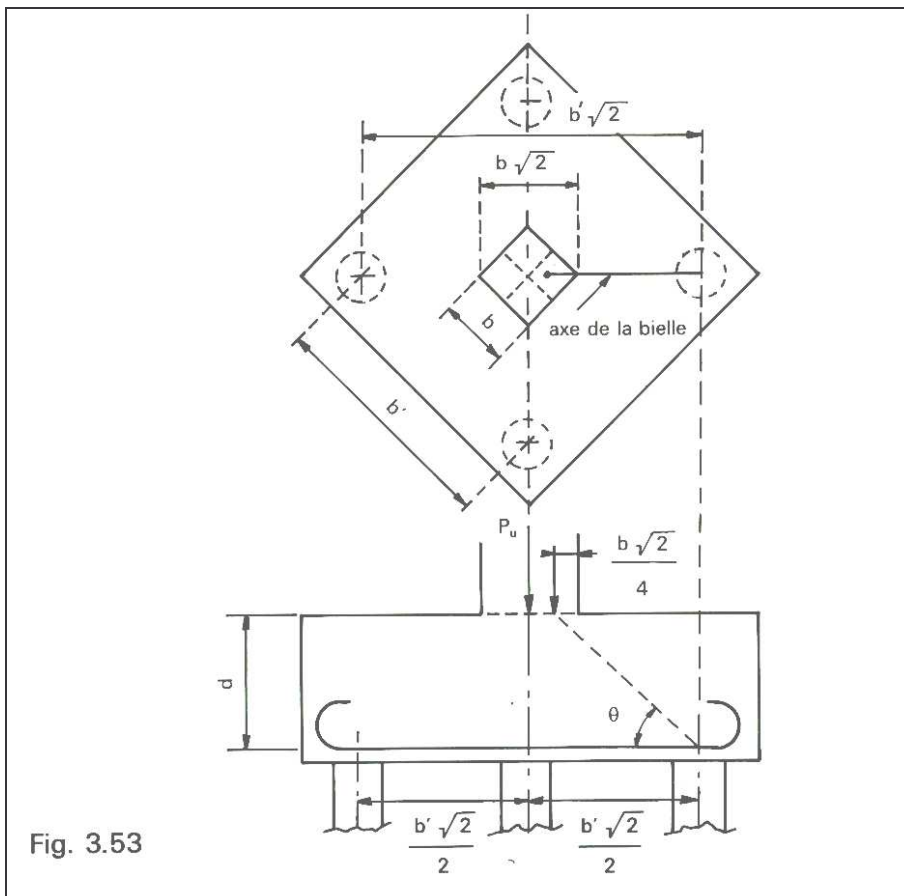
5.2,3. vérification à l'effort tranchant

L'effort tranchant dans la section S_2 vaut :

$$V_{u2} = \frac{P_u}{2} + \frac{M_u}{b'}$$

Les vérifications à faire concernant $\tau_u = \frac{V_{u2}}{b_o d}$, ainsi que le calcul des armatures d'âme, sont les mêmes que pour une poutre (voir chapitre 7, titre 2.2,1-d).

5.3. SEMELLES CARRÉES SUR QUATRE PIEUX SOUS POTEAUX SOU MIS À UN EFFORT CENTRÉ



Dans ce cas la méthode à utiliser est la méthode des bielles. Il y a quatre bielles, dont l'angle d'inclinaison θ sur l'horizontale est défini par la figure 3.53.

5.3,1. choix des dimensions

La hauteur utile d doit vérifier la double condition :

$$0,7 \left(b' - \frac{b}{2} \right) \leq d \leq \frac{b' - b}{2}$$

5.3,2. compression des bielles

Les conditions à vérifier sont :

– au niveau d'un pieu (supposé circulaire et de diamètre \varnothing) :

$$\frac{1}{\pi \varnothing^2} \left[\frac{1,35 G_o + P_u}{\sin^2 \theta} \right] \leq 1,35 f_{c28}$$

– au niveau de la section de base du poteau :

$$\frac{P_u}{b^2 \sin^2 \theta} \leq 1,25 f_{c28} \text{ avec } \operatorname{tg} \theta = \frac{d\sqrt{2}}{b' - \frac{b}{2}}$$

5.3,3. armatures inférieures

Si la fissuration de la semelle est considérée comme peu préjudiciable, on peut disposer un treillis soudé parallèlement aux côtés de la semelle dont les fils représentent dans chaque sens une section totale :

$$A_{(\text{cm}^2)} = 11,5 \frac{P_u}{(\text{MN})} \times \operatorname{Max} \left[1; \frac{b'}{8d} \left(1 - \frac{b}{2b'} \right) \right]$$

Si la fissuration de la semelle est considérée comme préjudiciable ou très préjudiciable, la section A doit être majorée respectivement de 10 % ou de 50 %.

5.3,4. armatures horizontales intermédiaires

Pour les semelles relativement hautes, on dispose un treillis soudé intermédiaire représentant dans chaque sens une section totale $A_n \geq \frac{A}{10}$.

5.4. SEMELLES SUR QUATRE PIEUX, SOUS POTEAUX SOU MIS À UN MOMENT DE FLEXION

La semelle n'est pas nécessairement carrée : on suppose $b' \geq a'$, $\frac{a}{b} = \frac{a'}{b'}$ et on pose $\operatorname{tg} \beta = \frac{a'}{b'}$.

La hauteur doit être telle que $\frac{b'-b}{2} \leq h \leq b'-b$

Les réactions des pieux valent :

– pour les pieux les plus chargés : $R_{1u} = \frac{P_u}{4} + \frac{M_u}{2b'}$

– pour les pieux les moins chargés : $R_{2u} = \frac{P_u}{4} - \frac{M_u}{2b'}$

Le moment dans la section S_1 est :

– dans le sens b' (section S_1 à $0,35 b$ de l'axe du poteau) :

$$M_{S_1, b'} = 2R_{1u} \left(\frac{b'}{2} - 0,35b \right) = \left(\frac{P_u}{2} + \frac{M_u}{b'} \right) \left(\frac{b'}{2} - 0,35b \right)$$

– dans le sens a' (section S_1 à $0,35 a$ de l'axe du poteau) :

$$M_{S_1, a'} = (R_{1u} + R_{2u}) \left(\frac{a'}{2} - 0,35a \right) = \frac{P_u}{2} \left(\frac{a'}{2} - 0,35a \right)$$

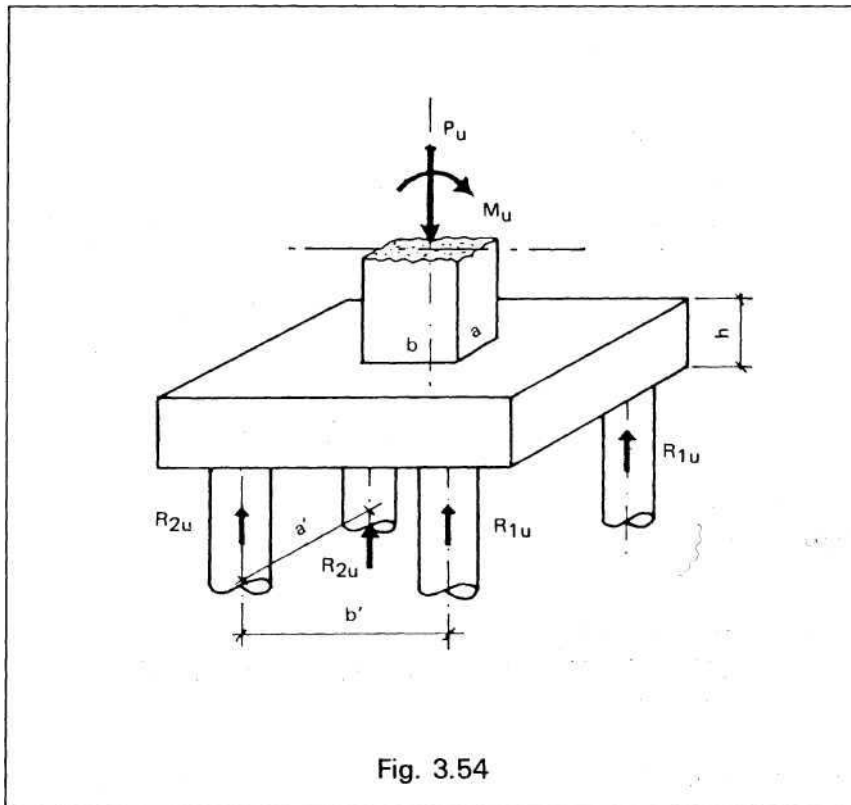


Fig. 3.54

Le treillis soudé armant la semelle s'en déduit (voir chapitre 2, titre 5.1,1) :

– pour les fils parallèles au sens b' , on part de :

$$\mu_u = \frac{M_{S1,b'}}{a'd_1^2 f_{bu}}$$

– pour les fils parallèles au sens a' , on part de :

$$\mu_u = \frac{M_{S1,a'}}{b'd_2^2 f_{bu}} \quad (d_2 < d_1)$$

Les conditions relatives à l'effort tranchant consistent à s'assurer que :

– dans la section S_2 de la semelle, de largeur $a + b$, de hauteur utile d , située à $\frac{d}{2}$ du nu du poteau , du côté des pieux les plus chargés :

$$V_u = 2R_{1u} \leq \frac{(a+d)df_{c28}}{9}$$

– dans la section S_3 de la semelle, de largeur $\varnothing + h$, de hauteur h , située à $\frac{h}{2}$ du nu d'un pieu, perpendiculairement au plan vertical défini par l'axe du poteau et l'axe d'un des pieux les plus chargés :

$$R_{1u} \leq \frac{(\varnothing + h)hf_{c28}}{18}$$