

L'UTILISATION DE LA BARRE D'ARMATURE POUR L'AUGMENTATION DE LA CAPACITE PORTANTE DE LA BASE

V.M. Antonov¹, V.B. Viazovov², S.N. Vibornov¹, Diawara Sonda¹

Chaire «Constructions des bâtiments et des édifices» (1),
Chaire de physique (2), UTET

Présenté par le membre de la rédaction professeur You.V. Vorobiev

Mots et phrases clés: le ferrailage du sol; la capacité portante de la base; le pourcentage du ferrailage; les déplacements horizontaux du modèle, l'abaissement; l'inclinaison.

Annotation: On a proposé les résultats des recherches de laboratoire de la capacité portante de la base sablonneuse qui est armée par les barres d'armatures. On a effectué plusieurs facteurs d'analyse de l'influence du ferrailage sur la solidité et la déformation du remblai. On a présenté la dépendance de l'abaissement, l'inclinaison et la charge détruisante de divers facteurs du ferrailage.

Les abréviations

D – le diamètre du modèle où de l'étampe, mm;	s – L'écartement de la barre d'armature, mm;
d_s – le diamètre de la barre d'armature, mm;	S – l'abaissement ou le déplacement vertical du modèle, mm;
e – l'excentricité de l'application de la charge, mm;	u – le déplacement horizontal du modèle, mm;
$e_0 = e/R$ – l'excentricité relative;	h_s – la distance de la barre aux armatures, mm;
e_s – le déplacement du centre de gravité des éléments du ferrailage, mm;	α – L'angle d'inclinaison de l'application de la charge par rapport à la verticale;
F – la charge sur le modèle, kN;	$\lambda = H/D$ – la profondeur de fossé relative;
F_u – la charge détruisante pour la base non armée, kN;	R – le rayon du modèle où de l'étampe, mm;
F_{us} – la charge détruisante pour la base armée, kN;	H – la profondeur de fosse du modèle, mm;
l_s – la longueur de la barre d'armature, mm;	ρ – la densité du remblai, g/cm ³ ;
	$\text{tg}\theta$ – l'inclinaison du modèle, rad.

En raison de l'augmentation des charges sur les fondations due à la reconstruction, le changement du nombre d'étages et le poids des équipements, comme conséquence de la mise en valeur des territoires aux sols à structures compliquées et faibles, souvent considérés inaptes à la construction, il est devenu une question de grande importance le perfectionnement des constructions des fondations, l'augmentation de leur capacité portante. C'est dans ce but qu'on a élaboré des méthodes de préparation technique des sols de la base dans le but de son renforcement et de la réduction de sa déformation avec la préservation des demandes de sécurité et de longévité.

A ces demandes répond le système de ferrailage du sol, rationnel en cas de construction des fondations dans des conditions peu favorables (reconstruction,

renforcement, construction des annexes), au moment de la construction sur des remblais et des sols alluviaux, en cas de création de bases artificielles en combinaison avec d'autres méthodes (par exemple avec l'installation de la semelle du sol) [1, 2].

Au laboratoire de mécanique des sols de l'U.T.E.T au cours de quelques années on a effectué l'analyse à plusieurs facteurs sur l'influence du ferrailage sur la capacité portante et la déformation des bases.

On a étudié l'influence de la forme et de la disposition des armatures, leurs mesures, la distance jusqu'à l'armature, le caractère de l'application des charges sur la vitesse de développement des déformations et de la capacité portante. On a effectué les essais d'étampage et de modelage. Les charges sont transmises sur les modèles avec l'aide des leviers avec le nombre de transmission 1 :10, les déplacements étaient fixés à l'aide des indicateurs IC – 10 M.D.

Les expériences avec les étampes

Les essais se sont effectués avec les étampes en acier de forme ronde avec les diamètres $D = 120 ; 150 ; 175$ mm. Le pourcentage de ferrailage est défini par la formule

$$\mu = A_s / A_e = \frac{\pi R_s^2 (R_e \pm h_s)}{\pi R_e^2 s}, \quad (1)$$

où A_s – l'aire de la section transversale des barres; A_e – l'aire de l'étampe.

Au cours des expériences on a changé la disposition des barres (sous la semelle et en dehors de la semelle de la fondation), l'écartement des barres, le pourcentage de ferrailage, le diamètre et la longueur.

Dans la première série d'expériences les barres étaient disposées verticalement avec un écartement constant $\bar{s} = 0.2 = \text{const}$. On a utilisé l'étampe $D = 120$ mm, le diamètre de la barre $d_s = 5$ mm, la longueur $l_s = 120$ mm. La charge détruisante sans le ferrailage est de 1,6 kN.

On a changé le pourcentage de ferrailage et la disposition (sous la semelle et en dehors de la semelle). Les résultats des expériences sont présentés sur la fig.1.

Il est défini que la plus grande influence sur la capacité portante est la disposition des barres. En s'éloignant des extrémités de l'étampe la capacité portante a baissé indépendamment du pourcentage de ferrailage (avec l'augmentation de μ selon le déplacement intérieur de l'étampe, et la réduction de μ selon le déplacement extérieur de l'étampe).

Dans les expériences avec le pourcentage de ferrailage constant $\mu = 2.48 \%$, on a utilisé les barres $d_s = 5$ mm et $l_s = 120$ mm. La charge sur la base était transmise à travers l'étampe $D = 120$ mm. Dans les expériences on a changé l'écartement relatif des barres \bar{s} de 0.01 jusqu'à 0.42. Les résultats des expériences sont présentés sur la fig. 2.

La disposition des barres sous la semelle de l'étampe est plus effective qu'en dehors de la semelle, la capacité portante maximale est observée selon la disposition des barres aux extrémités de l'étampe, au lieu du développement des plus grandes tangentes et tensions de déplacement.

La série suivante des expériences s'est effectuée avec les barres $l_s = 60$ mm, $d_s = 4$ mm. Les barres sont disposées aux extrémités de l'étampe et se déplaçaient vers l'intérieur de $\bar{h}_{s1} = 0,2; 0,4$ et vers l'extérieur de $\bar{h}_{s2} = 0,2; 0,4$. Selon chaque déplacement l'écartement de la barre variait de : $\bar{s} = 0,1; 0,15; 0,2; 0,3; 0,4$ et conformément au pourcentage de ferrailage. La charge maximale détruisante était

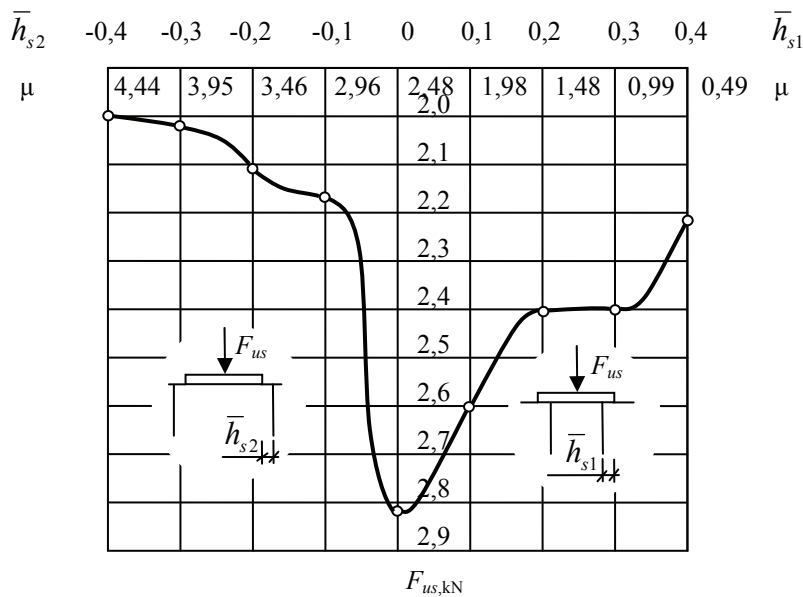


Fig. 1 L'influence de la distance jusqu'à l'élément de ferrailage, du pourcentage de ferrailage sur la capacité portante de la base

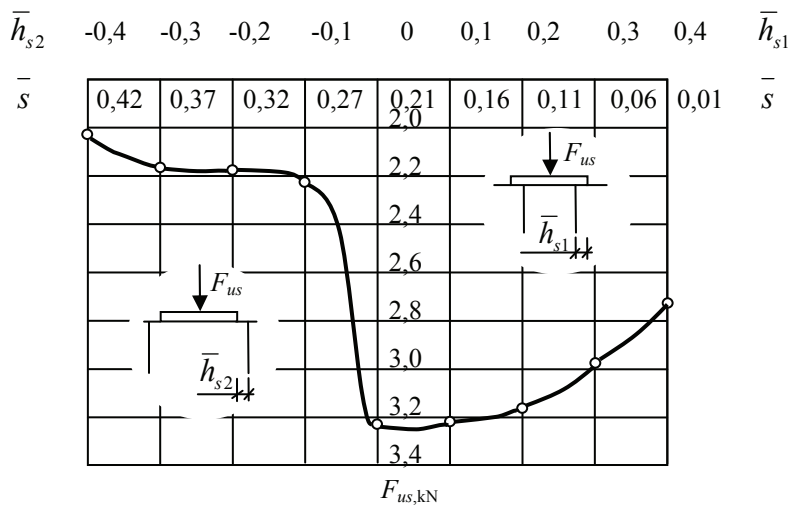


Fig. 2 L'influence de la disposition et de l'écartement de la barre sur la capacité portante de la base

optimale selon $\bar{h}_s = 0; = 0,15; 0,2$. La réduction de l'écartement pas moins de $0,15 D$ et par conséquent, l'augmentation du pourcentage de ferrailage n'a pas abouti à l'augmentation de la capacité portante. Avec l'augmentation de la distance entre les barres de plus de $0,3 D$ la capacité portante a diminué (fig. 3).

Les résultats des expériences avec un double ferrailage sont présentés dans le tabl. 1. Les expériences sont faites avec $\bar{s} = 0,2; l_s = 120 \text{ mm}, d_s = 3; 5 \text{ mm}$. Un rang d'armatures est disposé sous la semelle de l'étampe, le second rang- en dehors.

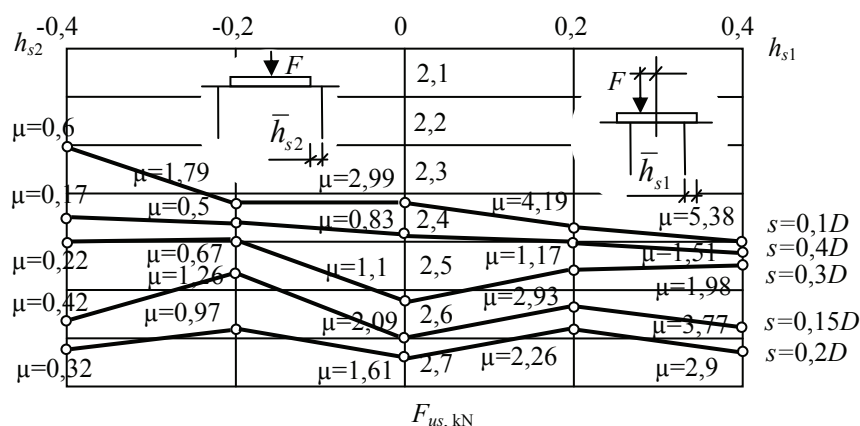


Fig. 3 L'influence de l'intensité de ferrailage sur la capacité portante de la base

Tableau 1

L'influence du double ferrailage sur la capacité portante de la fondation

\bar{h}_{s1}	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
\bar{h}_{s2}	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3
F_{us} (3 mm)	3,15	2,57	3,06	2,79	2,88	2,79	2,52	2,79	2,79	3,61	2,79	2,70
$\mu, \%$	1,92	2,09	2,26	1,74	1,91	2,08	1,57	1,74	1,91	1,40	1,57	1,74
F_{us} (5 mm)	3,51	3,78	4,05	2,97	2,70	3,33	3,24	2,70	2,88	2,52	2,61	2,61
$\mu, \%$	5,44	5,94	6,43	4,94	5,44	5,93	4,44	4,94	5,43	3,95	4,45	4,94
Remarque : \bar{h}_{s1} – le déplacement des barres sous la semelle de l'étrépe. \bar{h}_{s2} – le déplacement des barres en dehors de la semelle de l'étrépe.												

La charge détruisante maximale est mentionnée selon la disposition en un rang des barres au niveau du développement des plus grandes tangentes des tensions, c'est-à-dire aux limites de l'étrépe, et le deuxième rang à une distance de 0,1 – 0,3 D à l'extérieur de l'étrépe.

Avec l'augmentation du diamètre des barres et le pourcentage de ferrailage la capacité portante a augmenté aussi.

Dans les expériences avec l'étrépe $D = 175$ mm selon l'écartement des barres constant $\bar{s} = 0,2$; selon la longueur relative $\bar{L}_s = 2$ la charge est appliquée de façon verticale, oblique et non centrale avec $e_0 = 0$; $e_0 = e/R = 0,25$, la distance de l'étrépe jusqu'aux barres disposées verticalement en dehors de la semelle $\bar{h}_{s2} = 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8$. Les barres d'armatures de diamètre 4 mm sont disposées séparément et sont regroupées au-dessus de façon à former une carcasse. La capacité portante relative $\bar{F}_{us} = F_{us}/F_u$ des barres disposées séparément l'une de l'autre est plus petite que celle des mêmes barres liées de façon à former une carcasse (fig. 4). La diminution de

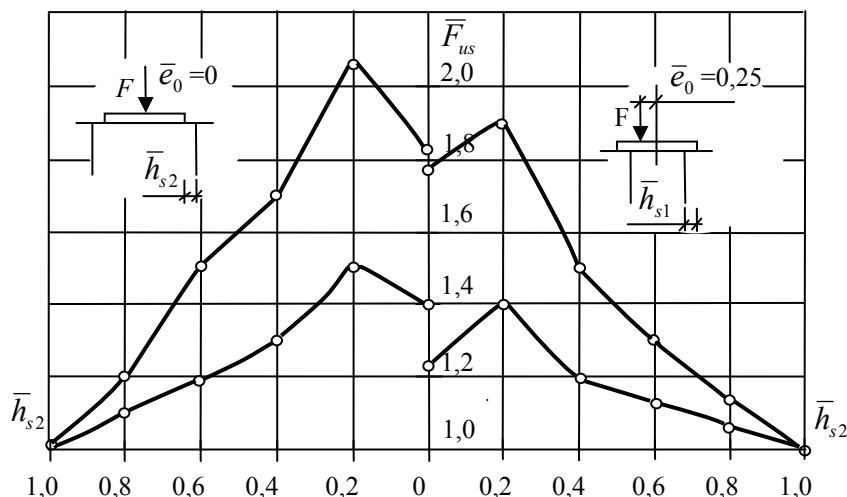


Fig. 4 L'influence du ferrailage vertical des barres sur la capacité portante relative de la base:
 1 – es barres forment une carcasse ; 2 – les barres indépendantes l'une de l'autre

la longueur des barres de $\bar{l}_s = 2$ jusqu'à $\bar{l}_s = 1,5$ a conduit à l'abaissement de la charge portante relative de 1,2 fois. Avec le changement de l'écartement de $\bar{s} = 0,3$ jusqu'à $\bar{s} = 0,1$ la charge détruisante a augmenté de 1,3 fois [3].

Les expériences avec les modèles

Dans les expériences avec le module $D = 130$ mm, selon $\lambda = 1$, la charge est appliquée de façon centrale verticale et oblique avec un angle d'inclinaison par rapport à la verticale $\alpha = 10^\circ$ et 20° . On a changé la distance jusqu'aux barres $d_s = 4$ mm, disposées verticalement aux cotés du modèle, la longueur $l_s = 130, 200, 260$ mm et l'écartement 25, 16, 12, 8 mm. Les barres de diamètre 8mm sont disposées séparément et sont liées de façon à former une carcasse. Les résultats des expériences sont présentés sur les figures 5 – 7.

Avec l'augmentation de la distance jusqu'aux armatures plus de 15 mm ($\approx 0,1 D$) la capacité portante a diminué (fig. 5), et la vitesse de développement des déformations a augmenté (fig. 8). L'augmentation de la longueur des barres plus de $1,5 D$ n'est pas efficace car la zone de l'ancrage des barres d'armature est déjà suffisante (fig. 6, 13). Avec la diminution de l'écartement des barres d'armature, la capacité portante de la base augmente. Le regroupement des barres d'armatures de façon à former une carcasse a abouti aussi à l'augmentation de la charge détruisante et la réduction des valeurs absolues de l'abaissement, les déplacements horizontaux et l'inclinaison (fig. 7, 11).

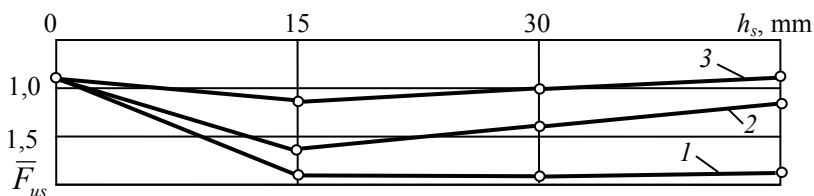


Fig. 5 L'influence de la distance jusqu'à la barre d'armature h_s sur la capacité portante de la base armée \bar{F}_{us} selon les angles d'inclinaisons des charges:
 1 – $\alpha = 0^\circ$; 2 – $\alpha = 10^\circ$; 3 – $\alpha = 20^\circ$

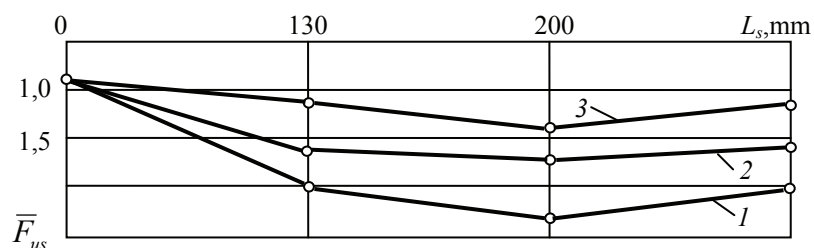


Fig. 6 L'influence de la longueur des barres d'armature L_s sur la capacité portante relative de la base armée \bar{F}_{us} selon les angles d'inclinaison des charges:

1 - $\alpha = 0^\circ$; 2 - $\alpha = 10^\circ$; 3 - $\alpha = 20^\circ$

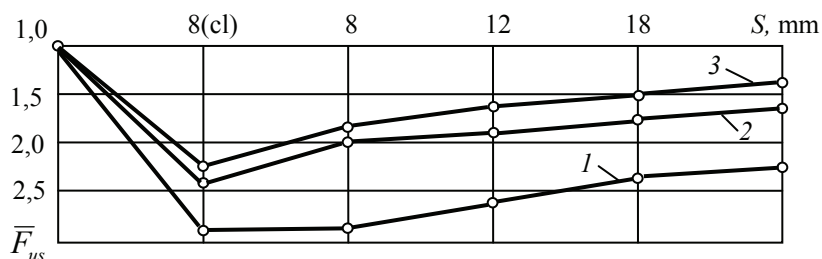


Fig. 7 L'influence de l'écartement des barres d'armature s , sur la capacité portante relative de la base armée \bar{F}_{us} selon les angles d'inclinaison des charges:.

1 - $\alpha = 0^\circ$; 2 - $\alpha = 10^\circ$; 3 - $\alpha = 20^\circ$; (cl) - carcasse liée

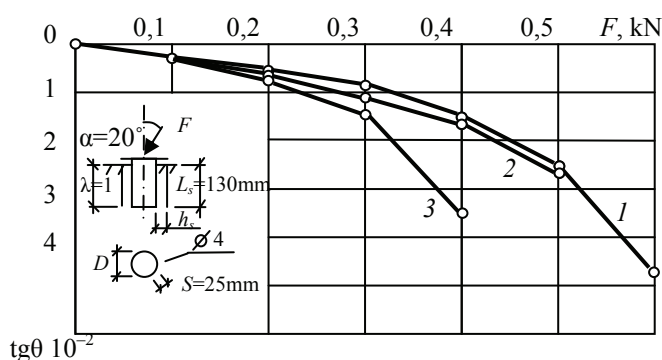


Fig. 8 la dépendance de l'inclinaison du modèle à la charge selon

$\lambda = 1$; $\alpha = 20^\circ$; $L_s = 130$ mm; $s = 25$ mm, selon h_s :

1 - 15 mm; 2 - 30 mm; 3 - 45 mm

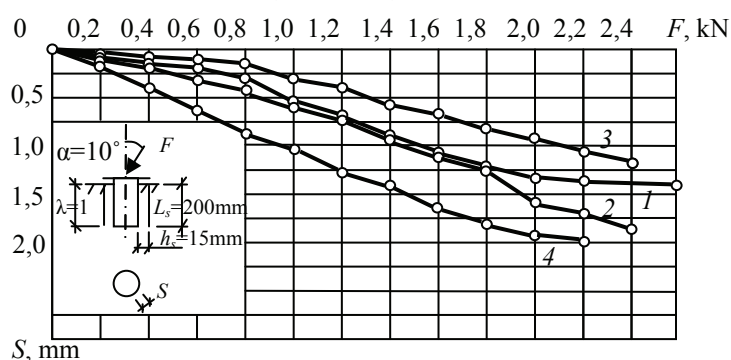


Fig. 9 La dépendance des abaissements de la charge selon $\lambda = 1$, $\alpha = 10^\circ$, $L_s = 200$ mm, $h_s = 15$ mm, avec l'écartement s :

1 - 8 mm; 2 - 12 mm; 3 - 16 mm; 4 - 25 mm

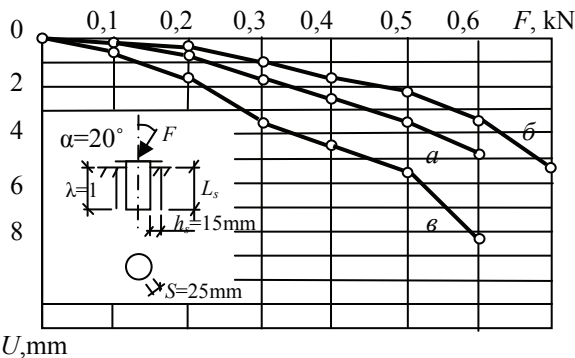


Fig. 10 la dépendance du déplacement horizontal de la charge selon $\lambda = 1$, $\alpha = 20^\circ$,
 $h_s = 15$ mm, $s = 25$ mm et la longueur L_s :
 $a = 130$ mm ; $b = 200$ mm ; $c = 260$ mm

Le ferrailage horizontal de la barre d'armature Les expériences avec l'étaupe

On a utilisé les barres d'armatures de diamètre $d_s = 4$ mm, $\bar{h}_{s2} = 0,2$; $\bar{L}_s = 1$; 2; 3; 4; selon $\bar{s} = 0,07$; 0,11; 0,22; 0,36. Les charges sont transmises à travers l'étaupe $D = 150$ mm. Par les résultats des expériences (fig. 11) on voit, qu'avec la réduction de l'écartement, la capacité portante a augmenté, l'accroissement maximale F_{us} est observé selon la longueur relative des barres d'armature $\bar{L}_s = 2$.

L'augmentation de la capacité portante de la base armée est plus de 2 fois remarquable en comparaison avec la base non armée.

La longueur de l'élément de ferrailage a une grande influence sur la vitesse de développement de l'abaissement. Les résultats des expériences avec l'étaupe $D = 125$ mm, $d_s = 3$ mm, $\bar{h}_{s2} = 0,2$, $\bar{L}_s = 1$; 3; $\bar{s} = 0,1$; 0,2; 0,3 sont présentés sur la fig. 12.

Avec l'augmentation de la longueur \bar{L}_s de 1 jusqu'à 3 la vitesse de développement des déformations diminue presque de 2 fois. Ces résultats sont confirmés par une autre

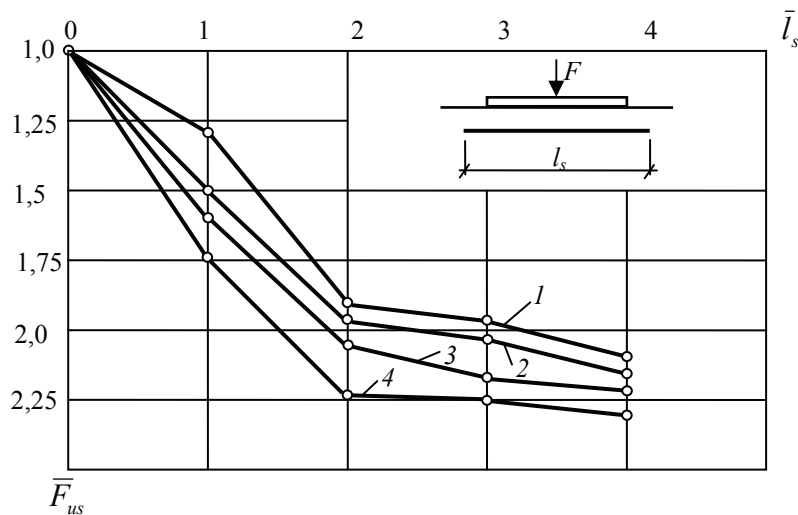


Fig. 11 L'influence de l'écartement relatif des barres d'armatures et leurs longueurs
 sur la capacité portante relative de la base selon \bar{s} :
 $1 - 0,36$; $2 - 0,22$; $3 - 0,11$; $4 - 0,07$

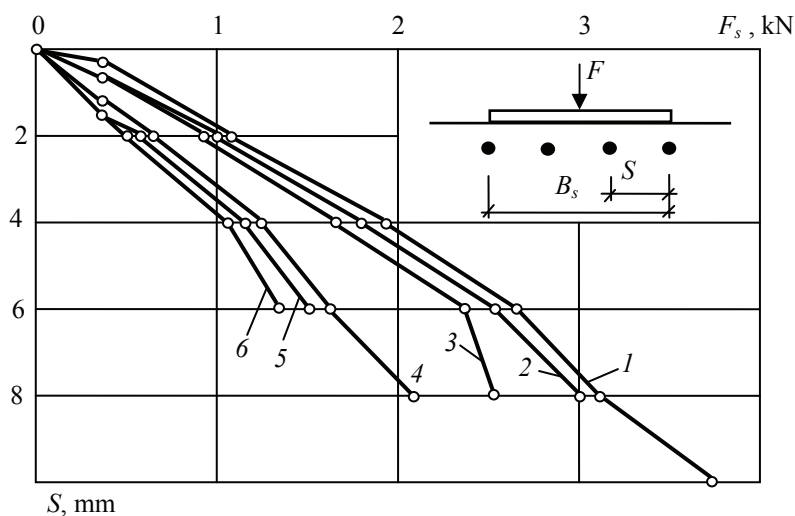


Fig. 12 La dépendance entre l'abaissement et la charge selon

$\bar{L}_s = 3$ (1, 2, 3) et $\bar{L}_s = 1$ (4, 5, 6) selon \bar{s} :

1 et 4 – 0,1; 2 et 5 – 0,2; 3 et 6 – 0,3

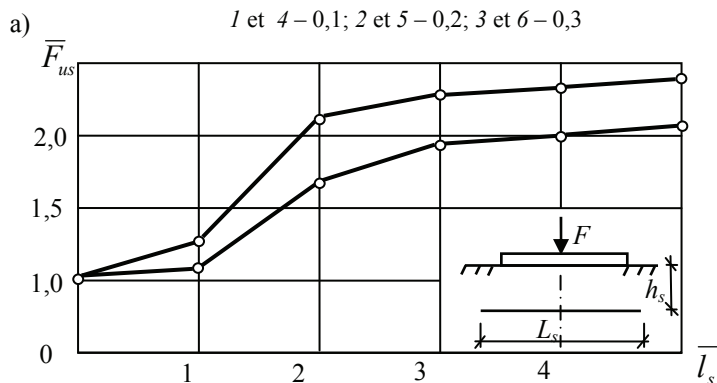


Fig. 13 L'influence des mesures de la barre d'armature avec $s/d_s = 14$ (1) et $s/d_s = 3$ (2) sur la grandeur relative de la charge détruisante

série d'expériences faites avec l'étaupe $D = 150$ mm, avec $d_s = 4$ mm, $\bar{L}_s = 1,5; 2; 3; 4$ selon $\bar{s} = 0,1 - 0,3$. Il est noté que la vitesse maximale de l'accroissement de la capacité portante est observée selon $\bar{L}_s = 2 - 3$ (fig. 13).

L'un des facteurs très important de l'influence sur la capacité portante du sol armé est la densité de la base. Ainsi avec l'augmentation de la densité du sol sablonneux de 1.55 jusqu'à 1.64 g/cm³ la capacité portante de la base qui est armée par les barres $d_s = 4$ mm, $s = 40$ mm, $\bar{L}_s = 2$ ($D = 100$ mm) a augmenté de 1.5 – 2 fois plus en comparaison avec la base non armée (tabl. 2).

Avec l'augmentation de l'excentricité de l'application de la charge l'effet du ferrailage augmente, particulièrement avec la coïncidence des axes de la charge et de l'armature. Dans cette série d'expériences la charge sur l'étaupe $D = 150$ mm est transmise avec l'excentricité $e = 0; 0,25; 0,5; 0,75$. La base est armée par les barres d'armature $d_s = 8$ mm, $L_s = 300$ mm, $s = 40$ mm. La valeur maximale de la capacité portante relative selon $e_0 = 0$, $\bar{F}_{us} = 1,93$; $e_0 = 0,25$; $F_{us} = 2,31$; $e_0 = 0,5$; $F_{us} = 2,6$; $e_0 = 0,75$; $\bar{F}_{us} = 3$; $e_0 = e_s$, tabl. 3.

Tableau 2

La dépendance de la capacité portante relative de la densité de la base

h_s	La densité ρ g/cm ³			
	1,55	1,58	1,61	1,64
0	1,1	1,4	1,5	1,6
0,2	1,3	1,6	1,75	2,2
0,4	1,1	1,3	1,4	1,5

Tableau 3

**L'influence du déplacement des barres d'armature
sur la capacité portante relative**

e_0	e_s	F_u , kN	F_{us} , kN	\bar{F}_{us} , kN
0	0	5,2	9,9	1,93
0,25	0	3,2	5,0	1,54
0,5	0	2,0	3,0	1,5
0,75	0	0,8	1,1	1,4
0	0,25	5,2	9,4	1,8
0,25	0,25	3,2	7,4	2,31
0,5	0,25	2,0	4,2	2,1
0,75	0,25	0,8	1,8	1,8
0	0,5	5,2	8,9	1,7
0,25	0,5	3,2	6,8	2,3
0,5	0,5	2,0	5,2	2,6
0,75	0,5	0,8	2,0	2,3
0	0,75	5,2	6,2	1,19
0,25	0,75	3,2	5,2	1,63
0,5	0,75	2,0	3,6	1,83
0,75	0,75	0,8	2,4	3,0

Les expériences avec les modèles

On a utilisé le modèle $D = 75$ mm avec la profondeur de fossé relative $\bar{\lambda} = H/D = 2$, la charge est transmise de façon centrale, verticale et oblique avec l'angle d'inclinaison par rapport à la verticale $\alpha = 15^\circ$. En qualité d'armature on a utilisé les barres $\bar{d}_s = d_s/D = 0,11$, où d_s - le diamètre de la barre. Les barres sont disposées avec l'écartement $\bar{s} = 0,4$, où $\bar{s} = s/D$ - l'écartement relative. La longueur relative des barres $\bar{l}_s = l_s/D = 3$. La distance entre les armatures et le modèle $\bar{h}_s = h_s/D = 0; 0,5; 1; 1,5; 2$. Les barres sont disposées horizontalement et verticalement (fig. 14) du coté du sol supposé plus élevé.

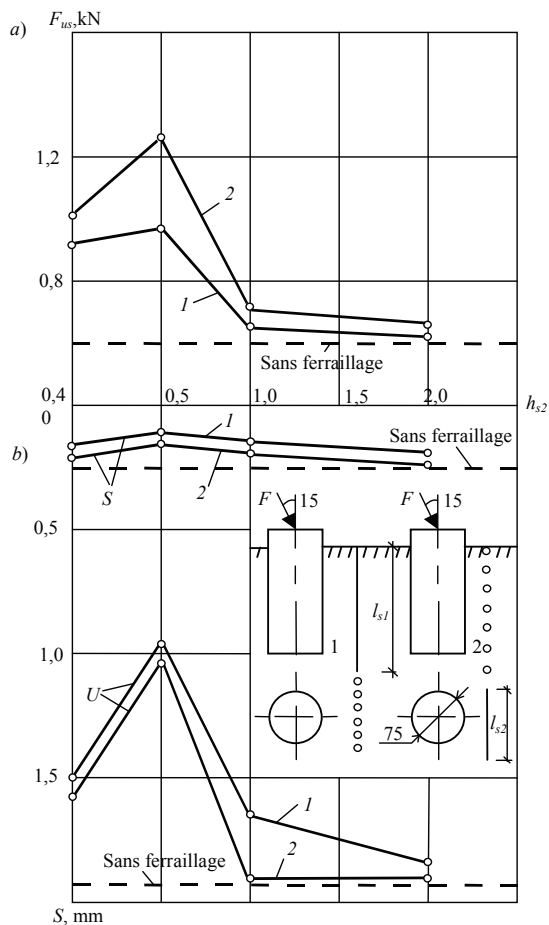


Fig. 14 La dépendance des valeurs des charges detruisantes (a), des déplacements horizontaux et des abaissements du modèle (b) de la distance jusqu'aux barres d'armatures disposées verticalement (1) ou horizontalement

La charge détruisante selon la disposition verticale des barres s'est trouvée de 1,3 fois plus que celle selon la disposition horizontale et de 2,2 fois plus que celle de la base non armée, en conséquence de l'utilisation dans le travail d'un grand volume du sol.

Les valeurs maximales des déplacements horizontaux pour les bases armées ont diminué jusqu'à 2 fois en comparaison avec la base non armée.

Les conclusions

1. La capacité portante de la base des fondations de nouveau renouvelables ou qui existent déjà peut être augmentée par l'introduction au sol des barres d'armatures de ferrailage. Cela est utilisé selon la reconstruction ou le renforcement des bâtiments.

2. Le sol armé- matériau combiné dans lequel en comparaison avec le sol non armé augmente la cohérence, change l'état de tension et de déformation à cause de la redistribution des efforts entre le sol et l'armature.

3. Avec l'augmentation de la densité de la base, augmente la densité de contact du sol avec l'armature et augmentent les caractéristiques de solidité du massif armé.

4. Le ferrailage optimal est obtenu selon la longueur des éléments du ferrailage $\bar{l}_s = 2 - 2,5$ selon la distance jusqu'à l'armature $\bar{h}_s = 0,15 - 0,2$. La capacité portante maximale est notée selon le ferrailage horizontal et est de 2 - 2,5 fois plus grande, que celle pour la base non armée.

Bibliographie

1. John K.D. Les constructions avec le sol armé. // Trad. de l'angl. V.C. Zabavin sous la red. De V.G. Menchikov. – M.: Stroiizdat, 1989. – 280 p.
2. Isakov A.L., Grigorachenko V.A., Plavskih V.D., Zemsov A.E. Les études expérimentales de la déformation des sols de la base, qui sont armés par les barres d'armature// Les bases, les fondations et la mécanique du sol. – 1998, № 2. – P. 14 – 17.
3. Antonov V.M. L'influence du ferrailage sur la capacité portante et la déformation de la base sablonneuse. – Auteur résumé. Thèse pour la recherche du titre académique cand. scien. techn. – Volgograd. – ВГАСА. 1999. – 32 p.

Использование стержневого армирования для повышения несущей способности основания

В.М. Антонов¹, В.Б. Вязовов², С.Н. Выборнов¹, С. Диавара¹

*Кафедры: «Конструкции зданий и сооружений» (1),
«Физика» (2), ТГТУ*

Ключевые слова и фразы: армированный грунт; горизонтальные перемещения модели; осадка; крен.

Аннотация: Предложены результаты лабораторных исследований несущей способности песчаного основания армированного стержнями. Проведен многофакторный анализ влияния армирования на прочность и деформативность грунта засыпки. Представлены зависимости осадок, крена и разрушающей нагрузки от различных параметров армирования.

Usage of Rod Reinforcing for Rise of Bearing Ability of the Basis

V.M. Antonov¹, V.B. Vjazovov², S.N. Vybornov¹, Diavara Sonda¹

*Departments «Construction of buildings and structures» (1),
«Physics» (2), TSTU*

Key words and phrases: horizontal movings of model; deposit reinforced ground; roll.

Abstract: Results of laboratory researches of bearing ability of the sandy basis reinforced by cores are given. Component analysis of influence of reinforcing on ground durability and deformation is carried out. Dependences of deposit, roll and ultimate load from various parameters of reinforcing are represented.

Benutzung der Kernarmierung für die Erhöhung der Tragfähigkeit des Fundamentes

Zusammenfassung: Es sind die Ergebnisse der Laboruntersuchungen der Tragfähigkeit des mit den Kernen armierten Sandfundamentes vorgeschlagen. Es ist die multifaktorielle Analyse von der Einwirkung der Armierung auf die Festigkeit und Deformierung des Einsetzensboden durchgeführt. Es sind die Abhängigkeiten der Bodensätze, der Schlagseite und der zerfallenden Belastung von den verschiedenen Armierungsparametern angeführt.