

INTERNATIONAL SOCIETY FOR SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING



This paper was downloaded from the Online Library of the International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE). The library is available here:

<https://www.issmge.org/publications/online-library>

This is an open-access database that archives thousands of papers published under the Auspices of the ISSMGE and maintained by the Innovation and Development Committee of ISSMGE.



REFLEXIONS SUR LE TASSEMENT DES FONDATIONS SUPERFICIELLES COMMENTS ON THE SETTLEMENTS OF SHALLOW FOUNDATIONS

R. Frank

Directeur, Centre d'Enseignement et de Recherche en Mécanique des Sols (C.E.R.M.E.S.-ENPC/LCPC)
Noisy-le-Grand, France

RESUME : Cette courte contribution à la session sur les fondations du XIIIème Congrès International de Mécanique des Sols et des Travaux de Fondations de New Delhi aborde deux aspects de l'interaction sol-structure : les tassements admissibles des ouvrages et le tassement de fluage des fondations sur le sable. Sur le premier aspect, on donne quelques ordres de grandeur et on fournit les principales références disponibles dans la littérature internationale. En ce qui concerne les tassements de fluage du sable, on rappelle comment il est pris en compte dans les méthodes de calcul des tassements de Schmertmann (1970) à partir de C.P.T. et de Burland et Burbidge (1984) à partir de S.P.T. Enfin, on donne les mesures de tassement à long terme (pendant près de 10 années) de 2 fondations sur le sable de Labenne.

INTRODUCTION

L'utilisation de fondations superficielles dans le domaine du bâtiment et des ouvrages de génie civil est, sans doute, le problème géotechnique le plus répandu et le plus banal. Et pourtant il est loin d'être le mieux résolu ou le mieux connu. En effet, tant la détermination de la capacité portante que celle du tassement, embrassent quasiment tous les problèmes de la mécanique des sols et des fondations.

Par ailleurs, l'enjeu économique est important. Dans bien des cas, une meilleure connaissance du comportement des fondations superficielles éviterait d'avoir recours à des fondations profondes.

Le dimensionnement des fondations comprend non seulement l'évaluation de la contrainte admissible sous des cas de charge spécifiés, mais également la vérification que les tassements prévisibles peuvent être supportés par la structure.

Cette courte contribution à la session sur les fondations du XIIIème Congrès International de Mécanique des Sols et des Travaux de Fondations de New Delhi (XIII ICSMFE, 1994) se propose de rappeler quelques éléments sur les tassements admissibles rassemblés à l'occasion du Congrès Européen de Florence consacré aux déformations et aux déplacements dans les sols (Frank, 1991) et de revenir sur le tassement de fluage des fondations établies sur le sable. Il s'agit là de deux problèmes, pris parmi d'autres, d'un intérêt pratique immédiat, mais qui sont encore très largement ouverts au débat.

TASSEMENTS ADMISSIBLES

Le tassement admissible d'une structure donnée dépend, évidemment, du degré de dommages que l'on est prêt à admettre. Il est des dommages qui mettent en péril le bon fonctionnement de l'ouvrage et d'autres qui mettent en péril son intégrité structurelle ou sa pérennité même. On distingue, ainsi, dans les études de génie civil contemporaines, des états limites "de service" et des états limites "ultimes" des structures.

Il est intéressant de remarquer que l'Eurocode 7 sur la Géotechnique préconise de déterminer le tassement pour ces deux types d'états limites.

Selon ce texte, pour des structures courantes normales, la rotation relative maximale admissible pour éviter un état limite de service dans la structure est comprise entre 1/2000 et 1/300 selon le type de bâtiment, la valeur de 1/500 étant admissible dans beaucoup de cas. Pour éviter un état limite ultime, la valeur admissible serait aux environs de 1/150. Ces chiffres sont issus des travaux de plusieurs équipes de chercheurs menés dans les années 1950 à 1970 (voir, ISE, 1989, par exemple). Pour les structures normales sur fondations isolées, Eurocode 7 mentionne des valeurs comparables à celles de Terzaghi et Peck (1948) : des tassements totaux jusqu'à 50 mm et des tassements différentiels entre appuis voisins jusqu'à 20 mm sont souvent admissibles. Il est précisé que "des tassements totaux et différentiels supérieurs peuvent être admis, à condition que les rotations relatives restent dans des limites admissibles et que les tassements totaux ne causent pas de problèmes aux services entrant dans la structure, d'inclinaison, etc."

Pour davantage de détails sur les critères de déformation actuellement disponibles pour diverses structures, on pourra se reporter, notamment, aux travaux du Comité Technique n°1 de la Société Internationale de Mécanique des Sols et des Travaux de Fondations sur les "Déformations admissibles des bâtiments et dommages" qui a rédigé récemment deux rapports intéressants (Wahls, 1985 et Klepikov, 1989).

En ce qui concerne les déplacements admissibles pour les ponts routiers, mentionnons les observations menées sous l'égide de la FHWA, entre 1978 et 1983, et portant sur 314 ponts aux Etats-Unis et au Canada. En conclusion de cette importante étude, les limites admissibles suivantes sont proposées par Moulton (1986), correspondant à des critères de service (maintien du confort de l'utilisateur et contrôle des dommages de fonctionnement) :

- 40 mm (1,5 pouces, précisément) en ce qui concerne les déplacements horizontaux ;
- 1/200 pour les ponts isostatiques et 1/250 pour les ponts hyperstatiques, en ce qui concerne la distorsion angulaire (rotation angulaire) longitudinale.

TASSEMENT DE FLUAGE DES SABLES

Il n'est pas d'usage courant de considérer le tassement de fluage des fondations sur le sable ou sur matériaux pulvérulents. Il est pourtant, maintenant, reconnu que, tout comme les sols fins cohérents, les sables sont susceptibles de fluier (Murayama et al., 1984 et Delage et al., 1990).

Il existe quelques observations sur le tassement à long terme de fondations posées sur le sable rapportées, notamment, par Schmertmann (1970) et Burland et Burbidge (1984). Les méthodes de détermination du tassement à partir des résultats de C.P.T., pour Schmertmann, et à partir des résultats de S.P.T., pour Burland et Burbidge, tiennent ainsi explicitement compte du fluage des sables. Dans les deux cas, un facteur de correction au tassement de fin de construction est proposé.

Ce facteur correctif, noté C_2 , vaut chez Schmertmann (1970) :

$$C_2 = 1 + 0,2 \lg (t/0,1), \text{ où } t \text{ est le temps en années.}$$

Dans le cas de la méthode de Burland et Burbidge (1984), il s'écrit :

$$f_t = 1 + R_3 + R \lg (t/3),$$

où $t > 3$ est le temps, en années, pour lequel on évalue le tassement ;

$$R_3 = 0,3 \text{ pour les charges statiques et } 0,7 \text{ pour les charges répétées ;}$$

$$R = 0,2 \text{ pour les charges statiques et } 0,8 \text{ pour les charges répétées.}$$

On remarque, grâce à ces expressions, que le tassement de fluage n'est pas négligeable. Ainsi, le facteur de correction f_t de Burland et Burbidge varie de 1,4 (charges statiques) à 2,1 (charges répétées) pour 10 ans et de 1,54 à 2,7 pour 50 ans. On notera, avec intérêt, que la correction de Schmertmann fournit exactement les mêmes chiffres pour les charges statiques.

L'importance du tassement de fluage dans les sables a également été relevée dans d'autres études récentes.

Gifford et al. (1987), dans leur synthèse des observations menées sur 10 ponts instrumentés, fondés sur des sables et des limons citent un tassement différé (après la construction du tablier) égal, en moyenne, à environ 50% du tassement observé en fin de construction.

Amar et al. (1994), au présent Congrès, analysent les résultats de plusieurs essais de chargement de longue durée. En particulier, le tassement de deux fondations carrées (0,7 m x 0,7 m), établies sur le sable de Labenne, a été suivi pendant près de dix ans.

La figure 1 et le tableau 1 comprennent les mesures finales, effectuées en décembre 1992, à l'occasion du démontage définitif du site expérimental (Canépa, 1993). La fondation A était chargée à 45% de la contrainte de rupture et la fondation B à 60%. Il semblerait qu'après une première phase où les tassements suivent bien une loi linéaire en fonction du logarithme du temps, on ait une phase "d'accélération" par rapport à cette loi initiale.

On remarque que le rapport entre tassement final (à près de dix ans) et tassement "initial" (à 30 minutes) s'établit, pour les deux fondations au voisinage de 3 : $s_{\text{final}} = 3,3 s_{(30)}$.

L'approximation par une loi logarithmique, entre les temps t_0 et t_1 , $s_1 = s_0 (1 + m \lg t_1/t_0)$ fournit :

dans le cas de la fondation A $m = 0,78$ entre 1 et 3 ans,

$m = 1,24$ entre 3 et 10 ans

et, dans le cas de la fondation B

$m = 0,64$ entre 1 et 3 ans,

$m = 0,99$ entre 3 et 10 ans

Ces valeurs sont notablement supérieures à celle proposée par Schmertmann (1970) et Burland et Burbidge (1985) pour des charges statiques, valeur voisine de 0,15 pour $t_0 = 3$ ans. Pour expliquer ces écarts, on peut, notamment, avancer que les taux de chargement ne semblent pas comparables, ne serait-ce que si l'on se réfère aux tassements relatifs (tassements rapportés à la largeur) de ces différentes études.

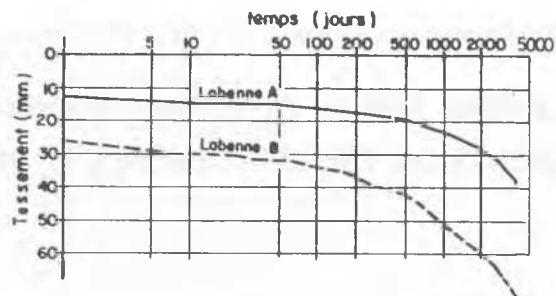


Fig. 1. Tassements des deux fondations de Labenne en fonction du logarithme du temps.

Tableau 1. Tassements, en millimètres, relevés à Labenne

temps	1 mn	30 mn	360 jours	1090 jours	3565 jours
Labenne A	10,8	11,8	18,9	23,4	39,5
Labenne B	19,8	23,3	39,7	51,3	77,3

REFERENCES

- Amar, S., Baguelin, F., Canépa, Y. et Frank R. (1994). Etude expérimentale du tassement des fondations superficielles. *Comptes rendus XIIIème Congrès Int. Méca. Sols et Tr. Fond.*, New Delhi.
- Burland, J.B. and Burbidge, M.C. (1984). Settlement of foundations on sand and gravel. *Papers Invited Lecturers Centenary Celebrations*, Glasgow and West of Scotland Assoc. of ICE : 5-66. Also: *Proc. Instn Civ. Engrs*, Part 1, Dec. 1985, 78: 1325-1381.
- Canépa, Y. (1993). Communication privée.
- Delage, P., Noc, X., Saïdy, G. et De Laure, E. (1990). Aspects volumiques du fluage des sables. *Comptes rendus 25ème Congrès Groupe Français Rhéologie*, Grenoble, pp. 147-158.
- Eurocode 7 (1990). Eurocode 7 - Geotechnics, Preliminary draft for the European Communities, 1st version. *Geotechnik* 1: 1-40.
- Frank, R. (1991) Quelques développements récents sur le comportement des fondations superficielles. Rapport de l'état des connaissances, Session 3. *Comptes rendus 10ème Congrès Eur. Méca. Sols et Tr. Fond.*, Florence. Balkema, Rotterdam, vol. 3, pp. 1003-1030 (English version: Some recent developments on the behaviour of shallow foundations. State of the art report, Session 3, *Proc. 10th European Conf Soil Mechs and Fdn Engng*, Florence, vol. 4, to be published).
- Gifford, D.G., Kraemer, S.R., Wheeler J.R. and McKown A.F. (1987). *Spread footings for highway bridges*, 222 pp. Report No. FHWA/RD-86/185. Federal Highway Administration, Washington, D.C.
- ISE (1989). *Soil-structure interaction, The real behaviour of structures*, 120 pp. Institution of Structural Engineers, London.
- Klepikov, S.N. (1989). *Déformations admissibles et dégradations des ouvrages*. Rapport au 12ème Congrès Int. Méca. Sols et Tr. Fond., Rio de Janeiro, 19 pp. Traduit du russe.
- Moulton, L.K. (1986). *Tolerable movement criteria for highway bridges*, 86 pp. Report No. FHWA-TS-85-228. Federal Highway Administration, Washington, D.C.
- Murayama, S., Michihiro, K. and Sakagami, T. (1984). Creep characteristics of sands. *Soils and Foundations* 24(2):1-15.
- Schmertmann, J.H. (1970). Static cone to compute static settlement over sand. *J. Soil Mechs & Fdn Engng Div.* 96: 1011-1043.
- Terzaghi, K. and Peck R. B. (1948). *Soil mechanics in engineering practice*. John Wiley & Sons, New-York.
- Wahls, H.E. (1985). ISSMFE Technical subcommittee on allowable deformations of buildings and damages, *General report* (draft), 14 pp., 4 tables & 7 figs.