

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.

Prévision de la courbe de chargement des fondations profondes isolées

Prediction of the load-settlement curve of deep isolated foundations

M.BUSTAMANTE, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Paris, France

R.FRANK, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Paris, France

L.GIANESELLI, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Paris, France

RESUME Une méthode de calcul par fonctions de transfert de charge t-z (q-z), déterminées à partir des essais pressiométriques, est appliquée à 33 essais de pieux en vraie grandeur, mis en place dans différents types de sols.

INTRODUCTION

Les nombreux essais de chargement de pieux en vraie grandeur réalisés par les Laboratoires des Ponts et Chaussées ont récemment permis de réajuster les règles de calcul de leur capacité portante (LCPC et SETRA, 1985). Dans cette communication, on présente une première synthèse sur la détermination de toute la courbe charge-enfoncement.

Les propositions de Frank et Zhao (1982), concernant les lois de mobilisation du frottement latéral ("fonctions t-z") et de l'effort de pointe ("q-z") à partir des résultats pressiométriques pour des pieux forés dans les sols fins, sont appliquées à d'autres types de sols et d'autres types de pieux, notamment aux pieux battus et aux pieux injectés. Quant aux sols, la méthode est appliquée aux sols fins (argiles et marnes), aux sols granulaires (sables), aux craies et marno-calcaires.

METHODE PRESSIOMETRIQUE " t-z (q-z) "

Les lois de mobilisation des efforts ("fonctions de transfert de charge") proposées par Frank et Zhao (1982) sont schématisées sur la figure 1.

Pour les paramètres B et R, on retient quel que soit le type de pieu (foré, battu ou injecté) :

- sols fins et roches tendres $B = E_M/r_0$
et $R = 5,5 E_M/r_0$
 - sols granulaires $B = 0,4 E_M/r_0$
et $R = 2,4 E_M/r_0$
- avec E_M , module pressiométrique au niveau correspondant,
 r_0 , rayon du pieu.

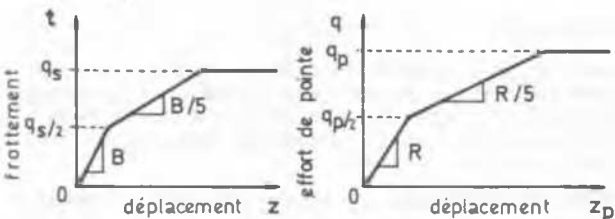


Fig.1 Lois de mobilisation des efforts t-z et q-z_p selon Frank et Zhao (1982).

La courbe charge-enfoncement en tête est ensuite obtenue par le programme de calcul PIVER, permettant de résoudre l'équation d'équilibre des efforts sur le pieu (équation différentielle du 2ème degré en z), dans le cas de sols hétérogènes et de fonctions t-z et q-z non linéaires.

SUPPORT EXPERIMENTAL

La méthode a été appliquée, pour l'instant, à un total de 33 essais en vraie grandeur réalisés sur pieux réels installés par des entreprises sur 18 sites différents. Le tableau I récapitule le type et la géométrie de ces pieux.

TABLEAU I

| Types de pieux | Nbre | Géométrie des pieux | |
|--------------------|------|---------------------|-----------|
| | | Diamètre (mm) | Fiche (m) |
| Foré | | | |
| • boue | 5 | 560 à 1120 | 13 à 30,3 |
| • tarière | 7 | 420 à 880 | 6 à 27 |
| • vissé moulé | 1 | 550 | 17 |
| Battu acier | | | |
| • tube ouvert | 10 | 273 à 514 | 8 à 28 |
| • tube fermé | 4 | 400 à 450 | 7,5 à 12 |
| • profilé H | 2 | 400 x 368 | 14 |
| • injecté | 2 | 400 x 368 | 14 |
| Battu béton | | | |
| • moulé | 1 | 545 | 12 |
| • préfa. BA | 1 | 400 x 400 | 10,2 |

Chaque site a fait l'objet d'une campagne de reconnaissance pouvant comporter le prélèvement d'échantillons intacts pour essais en laboratoire, des essais pénétrométriques CPT, et systématiquement des essais pressiométriques Ménard pour l'obtention des caractéristiques p_1 (pression limite) et E_M (module).

En ce qui concerne la nature des sols, la répartition est la suivante :

- 12 pieux dans les argiles $0,8 < p_1 < 2,5$ MPa,
- 7 pieux dans les sables $1 < p_1 < 3,5$ MPa,
- 6 pieux dans la craie $1 < p_1 < 2,5$ MPa,
- 5 pieux dans les marnes argileuses
 $2 < p_1 < 6$ MPa,
- 3 pieux dans les marno-calcaires
 $1,5 < p_1 < 3$ MPa.

Tous les essais ont été conduits jusqu'à la charge limite Q_L , c'est-à-dire jusqu'à des enfoncements de la pointe aux moins égaux à 10 % du diamètre. Les pieux étaient tous équipés d'extensomètres amovibles pour la détermination de la résistance de pointe et des frottements latéraux (exemple Le Vair 1, fig. 2).

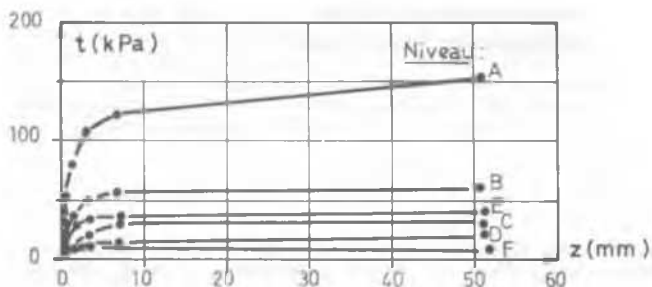


Fig. 2 Le Vair 1. Courbes de mobilisation du frottement latéral mesurées le long du fût.

APPLICATIONS

Les comparaisons des courbes d'enfoncement en tête mesurées et calculées ont été faites à partir de la méthode décrite, et en tenant compte des valeurs limites de frottement latéral q_s et de résistance de pointe q_p mesurées (exemple Le Vair 1, fig. 3).

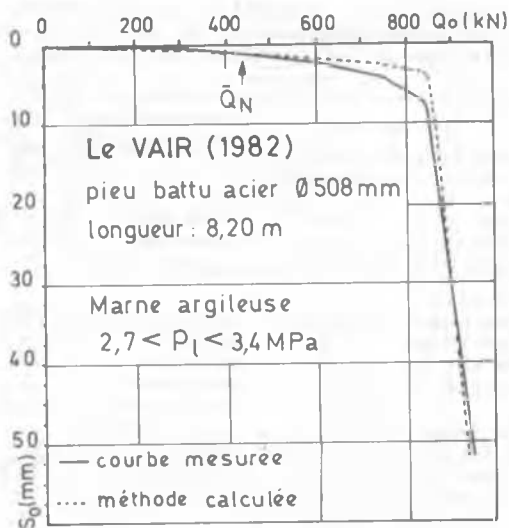


Fig. 3 Le Vair 1. Courbe de chargement mesurée et calculée.

Le tableau II permet de comparer les enfoncements en tête mesurés et calculés correspondant aux charges admissibles Q_N pour l'ensemble des 33 pieux (avec $Q_N = Q_C/1,4$ où Q_C = charge de fluage mesurée).

CONCLUSION

La méthode donne entière satisfaction pour la majorité des cas de pieux et de sols. Pour les cas où l'écart entre mesures et prévisions semble important, on remarquera qu'il ne porte, bien souvent, que sur quelques millimètres, ce

TABLEAU II

| Sols | Sites | Enfoncements sous la charge admissible Q_N (mm) | | Rapport (2)/(1) |
|---------------|-------------|---|-------------------|-----------------|
| | | s_N mesuré (1) | s_N calculé (2) | |
| Argile | Merville 1 | 1,51 | 1,64 | 1,09 |
| | Clermont Fd | 3,47 | 2,78 | 0,80 |
| | Mouvaux | 3,26 | 2,85 | 0,87 |
| | Merville 2 | 2,05 | 2,23 | 1,09 |
| | Merville 3 | 1,45 | 1,17 | 0,81 |
| | Merville 4 | 1,89 | 1,64 | 0,87 |
| | Merville 5 | 1,69 | 1,69 | 1,00 |
| | Merville 6 | 2,75 | 3,13 | 1,14 |
| | Roubaix 1 | 1,80 | 3,19 | 1,77 |
| | Roubaix 2 | 3,74 | 4,70 | 1,26 |
| Sablens | Merville 7 | 4,29 | 2,00 | 0,47 |
| | Merville 8 | 5,09 | 2,19 | 0,43 |
| | Dunkerque 1 | 3,40 | 2,40 | 0,71 |
| | Dunkerque 2 | 3,53 | 5,21 | 1,48 |
| | Dunkerque 3 | 4,36 | 10,82 | 2,48 |
| | Dunkerque 4 | 4,61 | 13,81 | 3,00 |
| | Cheviré | 6,95 | 9,75 | 1,40 |
| | Kallo 1 | 6,90 | 6,70 | 0,97 |
| Craie | Kallo 2 | 8,85 | 8,90 | 1,01 |
| | Fleury 1 | 2,47 | 5,28 | 2,14 |
| Marnes argil. | Fleury 2 | 2,87 | 6,06 | 2,11 |
| | Limay | 4,20 | 7,05 | 1,68 |
| | Boulogne 1 | 3,79 | 3,32 | 0,88 |
| | Boulogne 2 | 3,44 | 3,63 | 1,06 |
| | Santes | 17,67 | 19,32 | 1,09 |
| Marno calc. | Toulouse | 7,90 | 3,40 | 0,43 |
| | Le Thiou | 22,31 | 4,11 | 0,18 |
| | Le Vair 1 | 1,19 | 1,04 | 0,87 |
| | La Vraine | 3,90 | 3,31 | 0,85 |
| Marno calc. | Le Vair 2 | 3,41 | 2,56 | 0,75 |
| | Saint-Denis | 2,73 | 2,98 | 1,09 |
| | Créteil 1 | 4,78 | 5,37 | 1,12 |
| | Créteil 2 | 4,74 | 4,49 | 0,95 |

qui est négligeable, pour la pratique.

La méthode devrait être mieux ajustée, notamment pour tenir compte des cas suivants :

- pieux tubulaires fermés battus dans les sables (voir Dunkerque 3 et 4),
- pieux forés dans les marnes argileuses (voir Le Thiou).

Enfin, la méthode présentée, parce qu'elle s'appuie sur des fonctions de mobilisation déterminées, à tout niveau, par les résultats d'essais pressiométriques, peut être considérée comme plus opérationnelle que les méthodes faisant appel à la théorie de l'élasticité et qui nécessitent l'évaluation, toujours problématique, d'un module d'Young.

REFERENCES

- Frank, R. et Zhao, S.R. (1982). Estimation par les paramètres pressiométriques de l'enfoncement sous charge axiale de pieux forés dans les sols fins, Bull. Liaison Labo. P. et Ch., 119, mai-juin, 17-24.
- L.C.P.C. et S.E.T.R.A. (1985). Règles de justification des fondations sur pieux à partir des résultats des essais pressiométriques, 32 pp., Ministère de l'Urbanisme, du Logement et des Transports, Paris.