

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.

Fondations des ouvrages en mer dans les formations carbonatées

Offshore foundations in calcareous formations

P.LE TIRANT, Institut Français du Pétrole, Rueil-Malmaison, France
 J.-F.NAUROY, Institut Français du Pétrole, Rueil-Malmaison, France
 F.BRUCY, Institut Français du Pétrole, Rueil-Malmaison, France
 R.MONTARGES, Institut Français du Pétrole, Rueil-Malmaison, France

RESUME La compressibilité et la cimentation qui caractérisent les formations carbonatées, recouvrant une partie importante des fonds marins, gouvernent également le comportement des pieux de fondation des ouvrages en mer. Le choix du type de fondation est souvent déterminé par l'importance de ces deux paramètres. Suivant l'importance de ces deux paramètres, la mise en place des pieux de fondation dans les formations carbonatées est réalisée soit par battage, soit par forage et cimentation, soit encore par battage et cimentation, procédé en cours de développement.

INTRODUCTION

Les formations carbonatées recouvrent une part importante des zones d'activités pétrolières en mer, s'étendant globalement entre les latitudes 45° N et 45° S. La diversité des matériaux rencontrés depuis les sols mous jusqu'aux roches calcaires, en passant par les sables carbonatés, ne permet pas une approche simple des problèmes géotechniques posés à l'ingénieur. Cependant malgré leur diversité, ces matériaux se caractérisent souvent par une compressibilité importante et une cimentation plus ou moins accusée.

L'installation des ouvrages de production d'hydrocarbures dans les zones de formations carbonatées pose aux géotechniciens des problèmes souvent très difficiles, entraînant des coûts élevés sans que l'on puisse toujours évaluer correctement la sécurité des ouvrages en place.

Cette communication rend sommairement compte des travaux effectués, en laboratoire et sur divers sites, par l'Institut Français du Pétrole, dans le cadre de l'ARGEMA, sur le comportement et le dimensionnement des pieux de fondation d'ouvrages en mer dans les formations carbonatées.

1. PIEUX BATTUS

Les pieux tubulaires battus constituent la pratique courante et économique de fondation des ouvrages offshore. Mais dans les formations carbonatées, les déboires rencontrés sur plusieurs sites d'opération ont conduit à revoir les méthodes courantes d'évaluation du frottement latéral et de la résistance de pointe des pieux battus.

1.1. Dans les sables carbonatés non cimentés, les résultats de nombreuses expérimentations de pieux battus, de 2 à 76 cm de diamètre, ont montré que :

- le frottement latéral limite mobilisable décroît rapidement lorsque, l'indice de compressibilité limite C_{pl} du matériau augmente (Fig. 1)

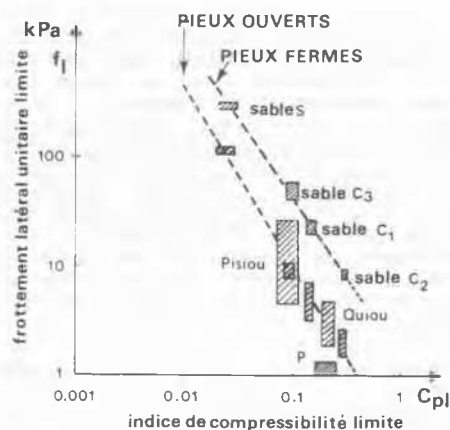


Fig. 1 - Frottement latéral des pieux battus en fonction de C_{pl} . (Nauroy et al., 1988).

- le frottement latéral est de l'ordre de 2 à 3 kPa lorsque $C_{pl} = 0,3$ et dépasse rarement 20 kPa dans la plupart des formations de sables carbonatés.

1.2. Dans les formations carbonatées cimentées le frottement latéral des pieux battus croît avec la résistance en compression simple du matériau (Fig. 2). Les résultats expérimentaux sur modèles réduits de pieux sont confirmés par les observations sur des ouvrages réels dans le Golfe Arabo-Persique notamment.

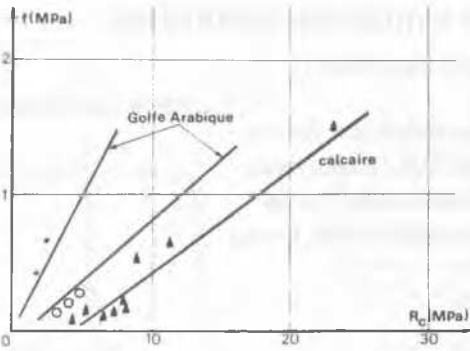


Fig. 2 - Frottement latéral des pieux battus dans les formations cimentées

2. PIEUX FORÉS ET CIMENTÉS

Le faible frottement latéral mobilisé par les pieux battus dans les sables ou les silts carbonatés conduit à recourir à d'autres types de fondations tels que les pieux forés et cimentés, réalisables seulement si la tenue du trou de forage est assurée. Après forage à l'eau, la cimentation est effectuée par simple gravité. Les nombreuses expérimentations opérées en laboratoire et in situ sur des pieux de 2 à 35 cm de diamètre, indiquent que (Fig. 3) :

- le frottement latéral limite (de pic) mobilisable dépasse toujours 100 kPa et croît avec le degré de cimentation de la formation, atteignant même 300 à 400 kPa, dans certaines formations légèrement cimentées,
- le frottement de pic est mobilisé pour des déplacements de l'ordre du centimètre. Au-delà du pic, le "ramollissement" du sol se traduit par un frottement résiduel équivalent à environ 50 % du frottement maximal,
- Le frottement ne semble pas affecté par les chargements cycliques lorsque la charge maximale ne dépasse pas 50 à 60 % de la charge de rupture.

3. PIEUX BATTUS ET CIMENTÉS

Le procédé des pieux battus et cimentés en développement associe la pratique courante du battage appliquée en mer et l'amélioration du frottement latéral apportée par la cimentation. L'injection sélective et, éventuellement, répétée de ciment réalise une pellicule de quelques millimètres de ciment autour du pieu. Les expérimentations opérées dans des sables carbonatés de compressibilités très variées, avec des pieux de 2 à 76 cm de diamètre, montrent que (Fig. 4).

- le frottement latéral limite mobilisé est équivalent à celui observé avec les pieux forés et cimentés, soit toujours supérieur à une centaine de kPa,
- la rupture est souvent plus fragile qu'avec les pieux forés et cimentés mais le frottement résiduel demeure égal à 50 % environ du frottement limite.

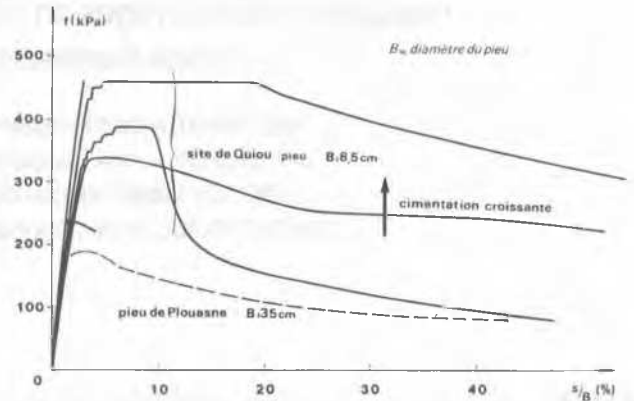


Fig. 3 - Frottement latéral des pieux forés et cimentés dans les sables carbonatés

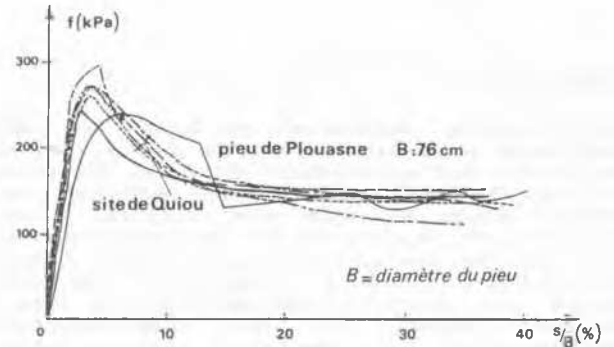


Fig. 4 - Frottement latéral des pieux battus et cimentés dans les sables carbonatés.

CONCLUSION

- 1) Le frottement latéral des pieux battus dans les sables carbonatés non cimentés toujours très faible, est gouverné par la compressibilité du matériau.
- 2) Le frottement latéral des pieux battus dans les formations cimentées augmente avec le degré de cimentation, caractérisé par la résistance en compression simple du matériau.
- 3) Le frottement latéral des pieux forés et cimentés dans les formations carbonatées, toujours supérieur à 100 kPa, s'accroît avec le degré de cimentation du matériau.
- 4) Le procédé des pieux battus et cimentés associe les avantages du battage et du frottement latéral important mobilisé par les pieux cimentés.

REFERENCES

- Nauroy, J-F., Brucy, F. et Le Tirant, P. (1988), "Skin friction of piles in calcareous sands". Proc. Int. Conf. on Calcareous Sediments, Perth (Australia), A.A. Balkema, p. 239-244