

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.

Validation expérimentale d'un code de calcul dynamique de fondations sur pieux

Experimental validation of a computer code for dynamic analysis of pile foundations

R.BONAZ, Géodynamique et Structure, Paris, France
 P.BOZETTO, EDF SEPTEN, Villeurbanne, France
 A.PECKER, Géodynamique et Structure, Paris, France
 J.-P.TOURET, EDF SEPTEN, Villeurbanne, France

RESUME Afin de qualifier le code CLAPIPOU, logiciel de calcul d'une fondation sur pieux soumise à des sollicitations dynamiques, une campagne d'essais en vraie grandeur a été entreprise sur des groupes de pieux sous sollicitations harmoniques. Les premiers résultats montrent que la simulation numérique est satisfaisante.

PRESENTATION DU CODE CLAPIPOU

Le code CLAPIPOU calcule la réponse en dynamique stationnaire d'une fondation sur pieux soumise à des sollicitations dynamiques, sous forme d'onde incidente (séisme) ou de force harmonique (machines tournantes). C'est un code utilisant une méthode de sous-structurations (domaine sol, pieux, superstructures). La résolution de l'équation de Navier dans le domaine sol est faite par la méthode des équations intégrales, tandis que l'on utilise la méthode des éléments finis dans le domaine pieux. La loi de comportement du sol est de type visco-élastique linéaire.

Le code comprend 3 modules distincts:

- 1/ DOS 2H, qui calcule la matrice de souplesse du sol multicouche, (fonctions de Green du sol).
- 2/ DOSPX, qui calcule la matrice d'impédance de l'ensemble sol-pieux au niveau de la fondation et les déplacements et efforts dans les pieux par une méthode de Gauss-Seidel itérative sur les pieux.
- 3/ DOSWAVE, qui calcule le champ d'onde incident compatible avec la stratification du sol multicouche. Dans l'état actuel, le code est limité à l'étude d'une fondation rigide, non en contact avec le sol et pour des pieux d'un élancement suffisant.

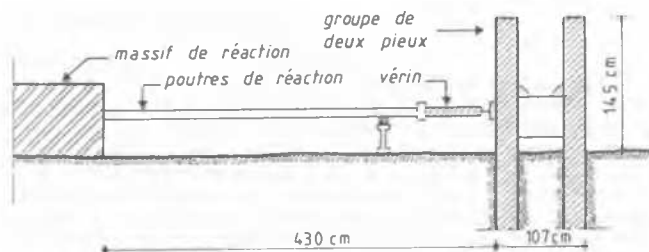


Fig. 1 - Essai sur le groupe de deux pieux

DESCRIPTION DES ESSAIS ET DU SITE

Le dispositif expérimental comprenait 2 groupes de pieux, l'un de deux (fig. 1), l'autre de six pieux. Les pieux d'une longueur de 6,50 m (dans le sol), sont des fers H de 27 cm de côté; ils sont solidarités en tête soit par des

entretoises (groupe de 2 pieux) soit par un bâti rigide (groupe de 6 pieux). La sollicitation dynamique, de type sinusoïdale, est exercée par un vérin hydraulique asservi d'une capacité de 20 kN, s'appuyant sur un massif de réaction de 64 t.

Le sol est constitué de couches d'argile molle saturée dont les caractéristiques mécaniques, déterminées par des essais de laboratoire à la colonne résonante, sont les suivantes:

- teneur en eau: 25 à 50%
- poids volumique sec: 12 à 15 kN/m³
- module de cisaillement dynamique (pour $\gamma = 10^{-4}$): 10 à 30 MN/m²
- coefficient de Poisson: 0.5
- amortissement interne (pour $\gamma = 10^{-4}$ à 10^{-3}): 5%

ESSAIS REALISES ET RESULTATS

Les essais ont été réalisés sur le site de Plancoet, en collaboration avec le Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de St-Brieuc. Ils ont consisté à appliquer une force harmonique horizontale d'amplitude constante en tête de pieu. La gamme de fréquences explorée était de 1 à 60 Hz; pour chaque fréquence, trois amplitudes de déplacement, comprises entre 10 et 40 μ m au niveau du sol, ont été successivement appliquées de manière à vérifier la linéarité de la réponse du groupe de pieux.

Le dispositif de mesure comportait un ensemble d'accéléromètres placés à des intervalles réguliers le long des pieux, depuis la tête jusqu'à une profondeur de 4 m sous le niveau du sol pour certains pieux.

Les déplacements et le déphasage par rapport à la force ont été calculés dans le domaine fréquence, à la fréquence fondamentale d'excitation.

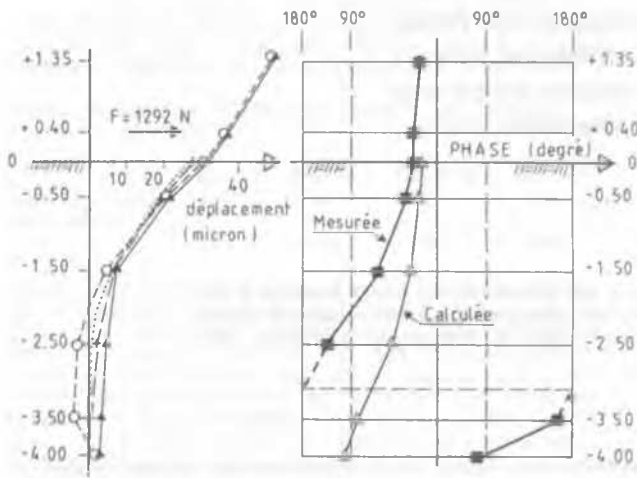
L'ensemble des données géotechniques, les caractéristiques de l'instrumentation et les résultats des essais ont été rassemblés dans un dossier de synthèse disponible auprès de EDF SEPTEN, Villeurbanne, (réf. 1).

La comparaison calcul expérience a été menée sur:

- les déformées maximales des pieux
- les déformées instantanées
- le déphasage.

Nous présentons dans cet article les résultats de la simulation sur l'essai du groupe de 2 pieux. Les courbes

$f = 15$ hertz



$f = 10$ hertz

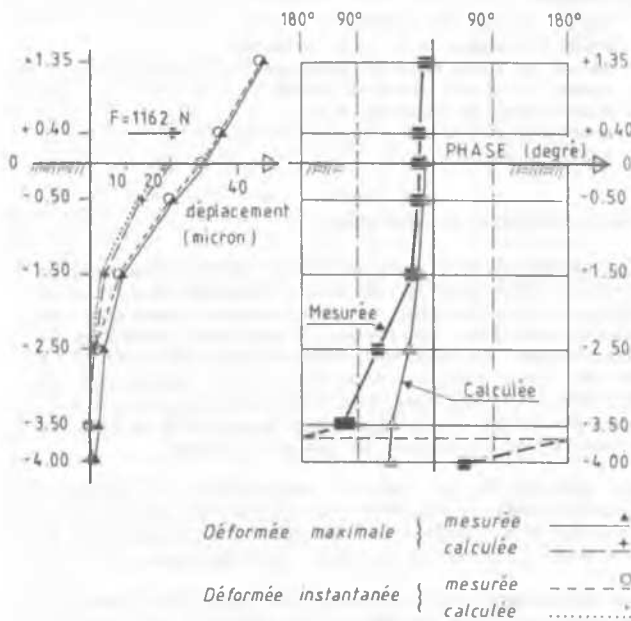


Fig. 2 - Groupe de deux pieux

ne présentent que les déformées du pieu n° 1, les mouvements des 2 pieux étant identiques et synchrones quelle que soit la fréquence. Les résultats du groupe de 6 pieux sont actuellement exploités.

Examen des résultats: Les courbes présentées (fig. 2) montrent que:

- les amplitudes horizontales des déplacements calculés coïncident pratiquement avec celles mesurées pour la

fréquence de 20 Hz. Au-dessous de cette fréquence, le code de calcul sous-estime les résultats tandis qu'au-dessus de 20 Hz, il a tendance à les surestimer.

- le comportement dynamique du groupe de pieux (déformation "spaghetti") visible grâce aux déformées instantanées n'apparaît qu'aux alentours de 20 Hz, au lieu de 10 Hz dans les essais.

- les phases calculées par le code de calcul sont en général très inférieures à celles mesurées (surtout à la profondeur - 4 m), bien que l'on retrouve l'allure des courbes.

Une étude de sensibilité montre qu'en diminuant de 20% le module d'élasticité de la 1ère couche, on surestime la déformée maximale du pieu et on observe un comportement quasi statique; par contre, en augmentant le module de 20%, on sous-estime la réponse du pieu sans pour autant modifier la frontière des domaines dynamiques - quasi statiques.

CONCLUSION

La validation du code CTAPIPOU à partir d'essais en vraie grandeur est globalement satisfaisante sur un groupe de 2 pieux, quant au calcul des déformées de pieux. En ce qui concerne les résultats de simulation de la phase, d'autres investigations sont entreprises, notamment par le biais d'une nouvelle reconnaissance dynamique du site, plus fine, le calcul montrant une fois de plus l'importance d'une mesure représentative des caractéristiques dynamiques des sols.

REFERENCES

1. Géodynamique & Structure, 1987, "Essais dynamiques sur groupes de pieux, Plancoët", note n° 1, 4 vol, préparé pour EDP SEPTEN