

1) Question de J. GARNIER à F. BRUCY

Le fait d'avoir effectué des essais de traction jusqu'à la rupture avant les essais de compression des pieux (chargement) a probablement totalement modifié les interactions latérales sol-pieu (inversion du signe du frottement latéral, par exemple). Comment dans ces conditions peut-on interpréter les essais de chargement ? Par ailleurs les résultats concernant le comportement du bouchon tant en statique qu'en dynamique dépendent sans doute fortement du diamètre du pieu. Pensez-vous pouvoir étendre vos conclusions à des tubes de diamètres différents de celui de l'étude ?

Réponse de F. BRUCY :

L'influence du chargement de traction sur la réponse du pieu sous le chargement de compression qui suit se constata d'abord sur la forme de la courbe donnant le déplacement de la tête en fonction de l'effort appliqué en tête. Le début de la courbe présente une inflexion, après une vingtaine de millimètres de déplacement qui traduit le fait que la pointe du pieu se déplace dans une zone remaniée. Ensuite, la courbe retrouve une forme convexe caractéristique de courbe vierge. La difficulté d'interprétation réside dans le fait que les critères habituels de rupture sont basés sur le début de la courbe. Dans le cas des pieux de Dunkerque, on a fixé une origine fictive à un déplacement égal à la moitié du déplacement réalisé en traction et on a appliqué le critère $D/10$ (D : diamètre du pieu) pour déterminer la charge de rupture en compression.

La modélisation des frottements latéraux locaux au cours du chargement de traction est également influencée par le chargement de traction précédent. En effet des mesures aux jauges le long du pieu montrent l'importance des contraintes subsistant dans le pieu après le chargement en traction et le déchargement (contraintes résiduelles Cf. Fig.7 de l'article). L'état initial n'est donc pas un état de repos. Il est probable aussi que la mobilisation des frottements est affectée par des effets d'hystérésis et d'adaptations des contraintes subies par le sol. En l'absence d'un chargement de traction, la mobilisation des frottements serait de toute façon affectée par les contraintes résiduelles dues au battage et dont on a également montré l'importance. En revanche, la réalisation d'un essai de traction conduit jusqu'à la rupture a l'avantage de décharger complètement la pointe du pieu. De cette façon la

mesure faite à la pointe du pieu pendant le chargement de compression subséquent donne la résistance de pointe vraie développée par le pieu.

Sur le deuxième point, les résultats concernant le comportement du bouchon tant en statique qu'en dynamique ne peuvent être dissociés du diamètre des tubes testés (0,324 m), ni non plus de la granulométrie et de l'état de densité du sable. A noter cependant que les mêmes résultats ont été obtenus lors d'essais de pieux modèles de 0,07m de diamètre sur quatre sites de sols sableux (cf. Brucy et al, 1991, Offshore Technology Conference). Il conviendrait maintenant de vérifier ces résultats sur des tubes de 0,60m ou plus, c'est l'un des objectifs d'un programme de recherche international en cours de montage par les sociétés GEODIA et Fugro-Mc Clelland, sous le nom d'Euripides.

2) Question de J. GARNIER à P. VERGOBBI

Votre critique de la méthode "française" de reconnaissance géotechnique au pressiomètre me paraît non justifiée. L'argument utilisé de l'absence d'informations en continu est de moins en moins valable puisque les foreuses utilisées pour les essais pressiométriques sont de plus en plus souvent équipées d'enregistrement de paramètres de forages qui complètent la coupe sondeur et fournissent des informations continues. Le recours au pénétromètre statique ou dynamique n'est pas judicieux, pour le problème posé de prévision de la pénétration des pieux, car ils refusent le plus souvent sur les couches les plus intéressantes dans lesquelles seront précisément ancrés les pieux.

Pensez-vous par ailleurs que les informations recueillies par votre méthode lors du battage des pieux suffiront pour se prononcer sur l'arrêt ou la poursuite du battage en cas d'écart important avec les prévisions compte tenu des incertitudes qui pèsent sur le passage de la résistance dynamique déterminée au battage et la force portante statique (cf. les résultats présentés à ce sujet dans les communications de Mme BRUCY et de Mr DALI et les différences de comportement en dynamique et statique).

Réponse de P. VERGOBBI :

Comme vous le faites remarquer, l'utilisation "simultanée" du pressiomètre et de l'enregistrement des paramètres de forage permet de compléter l'information locale fournie par le pressiomètre par une diagraphe continue du sol. Ce point avait d'ailleurs été noté dans l'exposé oral ainsi que dans la communication (paragraphe 3.4). Cependant, il me semble fondamental de souligner que cette utilisation conjointe des deux techniques est encore trop rarement employée. L'expérience pratique de GEODIA sur de nombreux projets portuaires récents (ouvrages sur pieux) nous confirme dans cette observation et les conséquences directes de la non connaissance de la stratigraphie réelle et des niveaux des couches sont souvent significatives à préjudice des

Le refus du pénétromètre sur des couches résistantes me paraît pouvoir être parfois résolu avantageusement par le recours au forage (avec enregistrement de paramètres) et la reprise de l'essai un plus bas, une fois dépassé le niveau trop résistant.

Il faut d'ailleurs noter à cet égard que des outils de pénétrométrie statique entièrement opérés au câble sont utilisés couramment depuis de nombreuses années dans le cadre de reconnaissances en mer. Ils permettent facilement cette succession forage/essai pénétrométrique/forage...

De toute façon, il faut clairement souligner que dans des couches très résistantes (sur lesquelles par exemple, un pieu sera fondé), ni le pénétromètre, ni le pressiomètre lui aussi au refus ($p_l > ?$ $E > ?$) n'apporteront de paramètres précis : seul le carottage et des essais de laboratoire appropriés permettront de caractériser correctement le matériau.

Notre but dans cette communication n'est pas d'alimenter la confusion entre les notions de résistances dynamique et statique, mais de fournir une approche permettant à l'ingénieur de prévoir le battage, de l'instrumenter et d'analyser au maximum les informations fournies par le battage.

Tous les cas de "divergence" "prévisions/observations" sur le comportement dynamique ne pourront être instantanément traités. Cependant l'exemple de l'expérience acquise depuis plusieurs dizaines d'années dans le domaine maritime montre que les banques de données locales ainsi générées permettent d'améliorer sensiblement la connaissance sur le comportement des matériaux et les prévisions.

Enfin, la complémentarité dans le cadre d'ouvrage portuaire où de nombreux pieux sont à mettre en place entre la procédure proposée et l'essai statique conventionnel permet, tout en réduisant le nombre d'essais statiques coûteux, de définir sur des pieux tests des "critères d'arrêt de battage" précis et calés sur les conditions locales.