



La Société suédoise de Géotechnique a organisé les 4 et 5 octobre 1995, en collaboration avec les sociétés nationales de géotechnique des autres pays nordiques, un symposium international consacré aux essais de pénétration statique. Ce symposium s'inscrit dans la série des conférences européennes et internationales consacrées aux essais pénétrométriques : premier symposium européen sur les essais de pénétration (ESOPT) à Stockholm (Suède) en 1974, second symposium européen (ESOPT-II) à Amsterdam (Pays-Bas) en 1982, premier symposium international (ISOPT-I) à Orlando (États-Unis) en 1988. La prochaine conférence internationale sur la reconnaissance des sols (ISC'98), qui traitera de géophysique, prélèvement des sols et essais en place, est annoncée à Atlanta (États-Unis) en 1998.

Le symposium CPT'95 a rassemblé cent quatre-vingt-quatre participants de trente-deux pays. Trois volumes de comptes rendus en anglais regroupent des rapports nationaux sur l'état des recherches et de la pratique dans trente-deux pays (volume 1), cent dix communications (volume 2) et les textes des rapports généraux et conférences introductives (volume 3). Le symposium s'est déroulé en trois sessions, précédées d'une séance d'ouverture et suivies d'une séance de présentation de posters et d'une séance de clôture. Les participants ont eu la

possibilité de visiter l'Institut géotechnique suédois, qui est installé à Linköping, comme plusieurs autres organismes publics de recherche suédois.

Au cours de la séance d'ouverture, le Professeur M. Jamiolkowski, président de la Société internationale de Mécanique des sols et des travaux de fondation, a présenté un intéressant historique du développement de l'essai de pénétration statique depuis le premier pénétromètre mécanique de Barentsen (1934), en insistant notamment sur la diversification des appareils depuis les années soixante-dix et leur complexification progressive.

Les communications présentées lors de ce symposium donnent une idée assez précise de l'état actuel de la pratique des essais de pénétration statique dans le monde, ainsi que des recherches et évolutions en cours, et il nous a paru utile d'en donner ici une analyse rapide en français, en suivant le plan des sessions du symposium, qui est aussi celui du volume 2 des comptes rendus. Nous ne donnerons pas les références précises de chaque texte, mais seulement le nom des auteurs, suivi du numéro de la communication dans le volume 2.

Thème 1 - Équipement et procédures d'essai

Introduction

Les conférences d'introduction ont été présentées par G. Baldi (ISMES, Milan) et R. Larsson (SGI, Linköping).

► G. Baldi a évoqué la grande diversité des matériels disponibles ou en développement. Son institut dispose notamment d'un piézocône pour grands fonds marins (jusqu'à 2000 m) avec mesure compensée des pressions interstitielles (mesure par rapport à la pression hydrostatique) et de minipiézocônes pour essais en centrifugeuse.

► R. Larsson a noté que toutes les normes récentes en matière de pénétration statique privilégient

les mesures électriques, que le domaine d'application des pénétromètres statiques s'est étendu du côté des sols plus raides (et roches tendres) et du côté des sols très mous et organiques, que les discussions continuent sur la position idéale des capteurs de pression interstitielle dans le piézocône (la solution idéale est pour lui de disposer de deux points de mesure, un sur le cône et l'autre en arrière du cône) et que les sections autorisées des pénétromètres commencent à se diversifier, après la période d'harmonisation autour d'une pointe de 1 000 mm² de section : les pointes de 1 500 mm² sont couramment utilisées (et acceptées par les normes) pour les essais dans les sols plus raides, et certaines normes admettent des pointes de section comprises entre 500 et 2 000 mm². Par ailleurs, les pénétromètres miniaturisés, de 100 mm² de section, développés pour les études de laboratoire, commencent à être affichés comme des outils de reconnaissance de terrain.

Les dispositifs de réduction du frottement, dont la distance à la pointe est fixée à au moins un mètre par les normes anciennes, pour éviter les interactions avec les mesures, sont parfois autorisés à partir de 0,4 m de la pointe. R. Larsson note qu'il n'a trouvé aucune trace d'études prouvant que cette modification n'a pas d'influence sur le résultat.

L'évolution la plus notable de la pénétrométrie reste toutefois la multiplication des capteurs et accessoires que l'on peut utiliser pendant les essais :

- certains accessoires permettent de contrôler le déroulement (et donc la qualité) des essais : systèmes de mesure de l'inclinaison de la tige, des mouvements du mât de fonçage, de la force totale appliquée, de la température, de la vitesse de pénétration ;
- d'autres équipements permettent des mesures de paramètres complémentaires : mesure de la vitesse de propagation des ondes dans le sol entre la surface et la pointe, mesures d'émission acoustique, détecteurs d'hydrocarbures par

fluorescence, mesures de résistivité, mesures nucléaires (neutroniques et rayons gamma), pressiomètre, etc.

R. Larsson a conclu son exposé par quelques remarques sur l'assurance de la qualité : les normes et recommandations relatives à l'exécution de l'essai sont maintenant disponibles, des systèmes d'accréditation se mettent en place dans différents pays (Royaume-Uni, Hong Kong, Suède, bientôt les Pays-Bas, etc.). Mais il note que la qualité va demander des efforts particuliers pour l'étalonnage et le contrôle des appareillages d'essai et surtout un grand effort de formation (des opérateurs et ... des clients) aux techniques nouvelles d'essai pénétrométrique.

Communications

Vingt et une communications ont été classées dans le thème 1 du symposium.

► Chrismer, Read, LoPresti et Li (1.1) décrivent l'utilisation d'un pénétromètre statique sur rail pour tester l'état des sols sous le ballast et l'épaisseur du ballast, dans le cadre de l'étude de l'influence du passage de la charge maximale par essieu de 290 à 350 MN sur les voies ferrées d'Amérique du Nord.

► Elmgren (1.2) présente des essais comparatifs sur le comportement de différents produits de remplissage pour les piézocônes où la céramique poreuse a été remplacée par une fente.

► Esquivel et Ko (1.3) exposent des résultats d'essais au piézocône en centrifugeuse.

► Farrar (1.4) commente la nouvelle norme de l'ASTM sur les pénétromètres statiques et les piézocônes.

► Kulachkin, Kushnir, Betelev et Radkevitch (1.5) décrivent l'utilisation d'un pénétrogammadensimètre pour différencier les couches de sol *in situ* (appareil PIKA-10), et donnent des critères pour distinguer les sables, sables argileux, limons et argiles en fonction du rapport du frottement

latéral à la résistance de pointe et des comptages gamma.

► Lambson et Jacobs (1.6) présentent un intéressant pénétromètre équipé d'une source de lumière (laser ou lampe à mercure) permettant d'exciter la fluorescence des hydrocarbures polluant le sol et donc de détecter l'extension des zones de pollution de ce type.

► Larsson (1.7) présente une étude consacrée aux conditions d'utilisation d'une fente au lieu d'un filtre dans le piézocône et décrit les précautions d'emploi et limites de cette technique.

► Lightner et Purdy (1.8) décrivent les travaux de développement réalisés aux États-Unis (pour la réhabilitation de sites nucléaires) sur la base d'un pénétromètre à cône pour :

– mesurer les propriétés locales du sol (teneur en eau, perméabilité, etc.),

– prélever des gaz et de l'eau pour analyse,

– localiser, identifier et quantifier les polluants présents dans le sol et l'eau.

► Mengé et Van Impe (1.9) exposent une recherche en laboratoire sur la possibilité d'analyser les émissions acoustiques du sol enregistrées dans la sonde lors du fonçage, mais sans conclure sur l'applicabilité du procédé sur le terrain.

► Mimura, Shrivastava, Shibata et Nobuyama (1.10) décrivent l'utilisation dans des dépôts de sable d'un pénétromètre à radioisotopes (neutrons pour la teneur en eau, avec une source de Californium et un récepteur à l'hélium ; rayons gamma pour la densité) en vue d'applications à des études de liquéfaction.

► Olsen et Gribb (1.11) proposent d'utiliser un mode de présentation des résultats des essais exprimant le logarithme de la résistance de cône q_c en fonction du logarithme de la contrainte effective verticale et non de la profondeur.

► Peuchen, Brusse, Van Staveren, Van de Graaf et Nohl (1.12) décrivent les nouveautés du projet de

norme hollandais sur l'essai de pénétration statique, en particulier l'introduction de classes de précision sur les valeurs de q_c (± 50 kPa ; ± 250 kPa ; ± 500 kPa). Ils évoquent aussi l'intérêt de procédures d'accréditation pour l'exécution de ces essais.

► Post et Nebbeling (1.13) analysent les sources d'incertitudes dans l'essai de pénétration statique à mesure électrique, en particulier la mesure de la profondeur et l'influence de la température sur les signaux électriques enregistrés.

► Power et Geise (1.14) rapportent l'expérience tirée de l'utilisation d'un minipénétromètre (pointe de 1 cm^2) monté sur un système de fonçage d'une tonne au total, adapté au travail sous l'eau (jusqu'à 600 m, actuellement), dont la tige est fixée sur un enrouleur. Depuis septembre 1994, cet appareil est en exploitation commerciale. Il devrait être fixé sur d'autres équipements sous-marins à l'avenir.

► Sanglerat, Petit-Maire, Bardot et Savasta (1.15) présentent les résultats obtenus avec le pénétromètre statique-dynamique AMAP sur plusieurs sites. Cet appareillage permet d'augmenter sensiblement les profondeurs de reconnaissance au pénétromètre électrique et au piézocône.

► Shinn et Bratton (1.16) traitent des adaptations du pénétromètre statique pour les études d'environnement, donnent la liste des capteurs développés aux États-Unis et décrivent la technique de détection des hydrocarbures par fluorescence.

► Van Staveren (1.17) décrit une méthode de réduction du frottement (qui permet aussi de reboucher le trou) par injection de bentonite et son application à des sondages pénétrométriques dans l'argile raide de Bloom.

► Sterckx et van Calster (1.18) présentent une technique qui permet de forer le sol quand le pénétromètre ne peut plus s'enfoncer, puis de poursuivre l'essai pénétrométrique dans le même trou.

► Viltchinskaya, Dorofejev et Ranks (1.19) décrivent une modification du piézocône pour compenser la pression hydrostatique lors de la mesure de la surpression interstitielle de fonçage. Cette technique permet d'améliorer la précision des mesures dans les essais sous de fortes profondeurs d'eau.

► Virely, La Rochelle et Leroueil (1.20) font la description d'un piézocône pour argiles molles, avec des capteurs très sensibles, un manchon de mesure du frottement plus éloigné de la pointe (cinq diamètres) et un dispositif d'étalonnage.

► Yeung et Akhtar (1.21) présentent une analyse numérique de l'effet des dimensions de la chambre d'étalonnage sur le facteur de forme de la pointe du pénétromètre à cône utilisé pour les mesures de résistivité.

Thème 2 - Interprétation des résultats des essais

Introduction

Les deux conférences introductives de la deuxième session du symposium ont été présentées par R. Sandven (NTH, Trondheim) et H. Denver (DGI, Lyngby).

Communications

Trente-neuf communications ont été regroupées dans le thème 2 du symposium.

► Bevan (2.1) compare des résultats de sondages de pénétration statique, au cône sismique et au radar géologique, dans un site du bassin londonien (gravier et argile limoneuse sur l'argile de Londres).

► Burns et Mayne (2.2) traitent de la détermination du coefficient de consolidation horizontale à partir d'essais au piézocône où le capteur est placé en arrière de la pointe conique.

► Chen et Mayne (2.3) discutent l'estimation du rapport de surconsolidation des argiles au piézocône

(deux positions du capteur) sur la base d'un modèle de type « Cam-clay anisotrope ».

► Clausen et Denver (2.4) donnent des formules de calcul de l'angle de frottement interne pour les sables normalement consolidés et surconsolidés.

► Danziger et de Velloso (2.5) présentent des corrélations entre cent vingt sondages de pénétration statique et cent quatorze sondages SPT sur vingt-deux sites brésiliens.

► Desai, Vikash et Desai (2.6) analysent des résultats d'essais de pénétration statique et dynamique et au SPT, et des essais de laboratoire pour un site en Inde.

► Dlugach, Loktev, Okko et Rokos (2.7) présentent des résultats de sondage avec mesure de la température en mer arctique. Ces essais ont été exploités par corrélations pour obtenir les propriétés du sol.

► Hegazy et Mayne (2.8) font une analyse statistique des corrélations entre les vitesses de propagation des ondes de cisaillement et les résultats des essais de pénétration statique, sur soixante et un sites.

► Isaev, Shvarev, Konstantinov, Tichomirov et Sadovsky (2.9) discutent l'utilisation du pénétromètre à cône dans les sols gelés.

► Jefferies et Been (2.10) débattent des méthodes d'estimation de l'indice de densité d'un sable à partir des résistances à l'enfoncement du cône et les comparent à des données expérimentales.

► Kurup et Tumay (2.11) discutent les conditions de l'analyse de la dissipation des surpressions interstitielles en chambre d'étalonnage pendant les arrêts du fonçage du piézocône.

► Larsson, Löfroth et Möller (2.12) commentent les procédures de traitement des résultats d'essais de pénétration statique utilisées à l'Institut Géotechnique suédois (logiciel CONRAD) et proposent une classification des sols.

► Luke (2.13) compare, sur six sols argileux, les valeurs de la

cohésion mesurée à l'appareil triaxial et les résistances de pointe au pénétromètre à cône.

► Mayne (2.14) donne la procédure de détermination du rapport de surconsolidation et de la contrainte horizontale dans un sable de quartz propre. Il applique à six sites une méthode établie en chambre d'étalonnage et obtient des résultats « crédibles ».

► Mayne et Kulhawy (2.15) présentent l'estimation de la pression de préconsolidation dans six sites argileux d'après la résistance de pointe au piézocône.

► Mlynarek, Tschuschke et Lunne (2.16) discutent de l'évaluation de la résistance d'argiles surconsolidées intactes et fissurées pendant les glaciations quaternaires.

► Mlynarek, Tschuschke et Welling (2.17) utilisent un piézocône portant un dispositif de mesure de la résistivité pour évaluer la pollution d'un massif de sol.

► Murray et Benoît (2.18) présentent l'utilisation d'un piézocône sur un site expérimental : les valeurs des propriétés des sols déduites directement des résultats par différentes méthodes sont assez proches des valeurs déduites des autres essais.

► Olsen (2.19) font la présentation d'une méthode d'évaluation de la cohésion non drainée des argiles utilisant à la fois la résistance de cône et le frottement sur le manchon.

► Olsen et Koester (2.20) décrivent une méthode d'estimation de la résistance à la liquéfaction en utilisant à la fois la résistance de cône et le frottement sur le manchon, et la comparent à d'autres méthodes.

► Olsen et Mitchell (2.21) présentent une classification des sols modifiée par rapport à un travail antérieur, qui serait mieux adaptée à la prévision des résistances.

► Powell et Quarterman (2.22) montrent une application efficace du piézocône à la détection de variations locales dans les dépôts d'argile molle sur le site expérimental de Bothkennar.

- Puppala, Acar et Tumay (2.23) décrivent une étude, en chambre d'étalonnage sur sables cimentés artificiellement, de l'influence de la cimentation sur la résistance à la pénétration d'un cône miniature.
- Putnam, Ghadiali, Sepich, Johnpeer et Kehoe (2.24) présentent une application d'un piézocône équipé d'une prise de gaz placée 15 cm en arrière de la pointe pour étudier les conditions géotechniques et la présence de méthane et d'hydrogène sulfuré sur le tracé prévu d'une ligne de métro à Los Angeles.
- Rasmussen, Feld et Gravgard (2.25) étudient la validité de la relation entre le facteur $N_k = (q_c - \sigma_v)/c_u$, l'activité de l'argile et le rapport de surconsolidation des sols argileux.
- Rust, van der Berg et Jacopsz (2.26) présentent une étude de la perméabilité d'un dépôt finement stratifié en utilisant la stratigraphie déduite des surpressions interstitielles de fonçage et les courbes de dissipation des surpressions interstitielles pendant les arrêts du fonçage.
- Ryzhkov (2.27) décrit une étude où l'on a extrapolé par corrélations les valeurs de la capacité portante de pieux testés en différents points d'un site.
- Shi (2.28) présente des essais en centrifugeuse où le pénétromètre statique a été utilisé pour tester l'uniformité et contrôler les propriétés d'un massif de sable.
- Steenfelt et Sorensen (2.29) décrivent les avantages et limites de la reconnaissance offshore au pénétromètre statique pour caractériser des dépôts morainiques argileux très complexes.
- Susic et Spasojevic (2.30) présentent une étude des corrélations entre la résistance de cône q_c et les propriétés mécaniques (affaissabilité et capacité portante) de sols loessiques.
- Thorsen et Mortensen (2.31) décrivent l'utilisation d'essais de pénétration statique, d'essais de laboratoire et d'essais au scisso-
- mètre pour la reconnaissance de deux sites d'argiles récentes au Danemark.
- Tokimatsu, Taya, Suzuki et Kubota (2.32) présentent les corrélations établies sur huit sites entre les paramètres issus des essais de pénétration statique et les propriétés statiques et dynamiques des mêmes sols (essais de laboratoire, SPT).
- Tschuschke, Mlynarek et Lunne (2.33) décrivent l'utilisation du piézocône pour caractériser les propriétés de bassins de décantation de stériles miniers au moyen de corrélations.
- Tumay, Kurup et Voyiadjis (2.34) exposent une méthode de prévision du rapport de surconsolidation et de K_0 d'après les essais au piézocône, qui semble donner des résultats représentatifs sur les sites où elle a été testée.
- Vermeulen et Rust (2.35) décrivent une méthode de traitement numérique des résultats d'essais au piézocône pour la définition de couches homogènes.
- Wehr, Cudmani, Stein et Bössinger (2.36) étudient les possibilités offertes par l'essai de pénétration statique et les mesures de propagation d'ondes de cisaillement pour estimer l'indice des vides dans des sables lâches.
- Yagi, Kobori et Yatabe (2.37) montrent l'utilisation d'un pénétromètre statique portable pour déterminer les résistances au cisaillement de granites décomposés (sables) sur des pentes instables au Japon.
- Zohrabi, Fairfield et Sibbald (2.38) étudient, en chambre d'étalonnage, les effets d'échelle sur les corrélations entre les paramètres pénétrométriques et les propriétés des sols estimées en laboratoire (modules, rapport de surconsolidation, résistance, indice de densité, coefficient de pression des terres au repos).
- Lacasse et de Lamballerie (2.39) présentent une analyse géostatistique des résultats d'essais de pénétration statique.

Introduction

Les deux conférences d'introduction ont été présentées par P. Robertson (université d'Alberta, Edmonton) et T. Lunne (NGI, Oslo, Suède).

➤ P. Robertson décrit les méthodes d'étude des phénomènes de liquéfaction des sols au pénétromètre statique. Il distingue plusieurs formes de phénomènes de liquéfaction :

- la liquéfaction par écoulement (statique), qui est due au comportement contractant du sol et ne s'arrête pas une fois commencée. De telles liquéfactions ont été observées dans des pentes naturelles ou artificielles (dépôts de stériles miniers) ;
- la liquéfaction cyclique (grandes déformations) et la mobilité cyclique (petites déformations), qui peuvent se produire dans des matériaux contractants ou dilatants et dont l'évolution s'arrête avec la fin de la sollicitation.

Après un rappel de la méthode de Seed, qui définit la valeur maximale de la contrainte de cisaillement en fonction des résultats de l'essai SPT, P. Robertson rappelle ses propres propositions pour l'emploi du pénétromètre statique en remplacement du SPT et présente différents exemples qui confirment le caractère opérationnel de cette méthode.

Il évoque enfin l'utilité du piézocône pour préciser les conditions hydrauliques du sol, sans l'intégrer réellement dans sa démarche de diagnostic du risque de liquéfaction.

➤ T. Lunne passe en revue les nombreux domaines d'application des essais de pénétration statique dans le monde, en insistant sur les ouvrages en terre, barrages et dépôts de stériles miniers, sur les fondations superficielles, les fondations profondes, le contrôle des travaux d'amélioration des sols et les études environnementales (de pollution).

Communications

Trente-huit communications ont été regroupées dans cette session.

- Andersson et Åhnberg (3.1) présentent deux exemples suédois illustrant les avantages du pénétromètre statique par rapport aux méthodes suédoises traditionnelles pour la détection des niveaux plus faibles dans un sol raide et l'estimation des tassements.
- Auxt et Wright (3.2) font une présentation générale des applications du pénétromètre statique aux États-Unis pour la caractérisation des sites du point de vue de l'environnement (détection, cartographie et caractérisation des sites pollués). Ils notent que cette technique devient de plus en plus populaire aux États-Unis, où ce type d'application représente actuellement 80 % des essais au pénétromètre statique et qu'une centaine de variantes du pénétromètre pour l'environnement ont été développées. Parmi ces variantes de pénétromètre statique ou équipements nouveaux, on peut noter le cône rétractable qui transforme la pointe pénétrométrique en carottier, différents systèmes de prélèvement et des dispositifs de décontamination systématique des tiges et pointes lors de leur extraction. Mais les règles de l'EPA, qui imposent des forages, freinent ce développement.
- Barata et Danziger (3.3) décrivent le calcul des tassements de fondations superficielles sur sols résiduels au pénétromètre statique, tel qu'ils le pratiquent depuis une trentaine d'années, en s'appuyant sur des corrélations entre essais de plaques et essais de pénétration statique.
- Bottiau (3.4) présente une intéressante comparaison de différentes méthodes de calcul de la portance des pieux au pénétromètre statique (de Beer/van Impe, DTU 13.2, NEN 6743) et commente les démarches suivies dans ces méthodes.
- Bouafia et Merouani (3.5) calculent le comportement d'un modèle réduit centrifugé de pieu sous charge horizontale à partir

d'essais de pénétration statique également réalisés en centrifugeuse (au centre de Nantes du LCPC).

- Braaten, Oset et Vaslestad (3.6) présentent des applications des essais de pénétration statique au calcul de pieux et de remblais, en comparant les différentes méthodes de détermination des propriétés des sols, puis les calculs avec des mesures.
- Bratt, Twardowski et Wahab (3.7) décrivent l'application d'un pénétromètre dynamique pour le contrôle de réception des plates-formes routières.
- Bratton et Timian (3.8) font la description des avantages des essais de pénétration statique pour la caractérisation environnementale des sites, les nouveaux capteurs et les nouvelles techniques utilisées. Ils présentent ensuite des comparaisons avec d'autres approches.
- Durgunoglu, Kulac, Ikiz, Karadayilar, Öge et Olgun (3.9) présentent une étude de fondations de bâtiments de grande hauteur à base d'essais de pénétration statique et d'essais de chargement de pieux.
- Durgunoglu, Nur, Akbal, Kulac, Ikiz et Olgun (3.10) décrivent l'utilisation d'essais de pénétration statique et au piézocône pour contrôler l'effet de colonnes ballastées dans une zone de sols hétérogènes et de mauvaise qualité.
- Eskel, Mets et Talviste (3.11) analysent les relations expérimentales entre les paramètres pénétrométriques et les résultats d'essais de chargement de plaques et de pieux dans des moraines de limons argileux et des argiles molles.
- Eslami et Fellenius (3.12) présentent une méthode de calcul de la portance de pointe des pieux au pénétromètre statique.
- Ghosh (3.13) décrit un site où des sables limoneux lâches ont été traités par compactage dynamique et les essais de pénétration statique ont permis de contrôler l'amélioration des sols et de calculer les tassements, puis un

second site de sols cohérents sur-consolidés où quelques essais au pressiomètre autoforeur et plusieurs centaines d'essais de pénétration statique ont permis de caractériser par corrélations les propriétés mécaniques des sols sur l'ensemble du site.

- Gotman (3.14) expose une méthode de calcul des pieux coulés en place dans des trous réalisés par battage ou compactage sur la base d'essais de pénétration statique.
- Gwizdala et Tejchman (3.15) présentent une méthode de calcul du tassement des pieux au moyen d'essais de pénétration statique et de fonctions de transfert.
- Honkaniemi et Lempinen (3.16) décrivent un essai appelé « essai de pénétration statique par impact », qui analyse la propagation des ondes lors du battage de la pointe, et l'utilisation des résultats pour calculer la portance des pieux battus.
- Islam et Hashmi (3.17) présentent une application de l'essai de pénétration statique au contrôle du remblaiement de 600 m de tranchées remplies de sable graveleux.
- Jacobs et Hasan (3.18) décrivent l'utilisation d'un pénétromètre équipé pour la mesure de la résistivité pour la recherche de polluants acides.
- Jones et Rust (3.19) présentent une étude des paramètres de calcul du tassement de remblais sur alluvions argileuses en Afrique du Sud et des relations que l'on peut en déduire entre la compressibilité, le coefficient de consolidation et les mesures effectuées au piézocône.
- Koumoto et Sastry (3.20) exposent une analyse théorique tridimensionnelle de la déformation plastique du sol sous une charge conique dans l'argile. L'analyse est guidée par des essais sur modèles.
- Leroueil, Demers, La Rochelle, Martel et Virely (3.21) présentent différentes études effectuées dans les argiles sensibles de l'est du

Canada sur les relations entre q_c et la résistance au scissomètre, l'estimation des coefficients de consolidation, la mesure des variations de résistance sous les remblais, la détection des zones de sols remaniés par les mouvements de terrains, l'estimation du frottement latéral sur les pieux.

► Magnusson, Yu et Axselsson (3.22) comparent des mesures et calculs pénétrométriques relatifs aux tassements d'un bâtiment fondé sur des limons organiques et des sables.

► Marangos (3.23) propose une modification de la méthode de Schmertman et *al.* pour le calcul des tassements des fondations superficielles.

► Michi et Matsumoto (3.24) décrivent le comportement de pieux métalliques tubulaires instrumentés dans des pélites à diatomées et leur analyse d'après les résultats d'essais de pénétration statique.

► Mitkina (3.25) analyse le comportement de pieux tubulaires fermés et ouverts battus dans des sols argileux et décrit une méthode de calcul utilisant les résultats des essais de pénétration statique.

► Mäkinen et Hiltunen (3.26) décrivent des essais de pénétration statique de forte capacité réalisés sur différents sites de Finlande, Russie et Estonie pour le dimensionnement de fondations d'usines.

► Nataly (3.27) présente une méthode de calcul de la capacité portante de pieux foncés dans des sols mous.

► Nicholls, Pycroft, Carlson et Frame (3.28) décrivent l'utilisation de 1 200 essais au piézocône pour cartographier les sols mous du site du futur aéroport de Kuala-Lumpur (Malaisie).

► Parkin et Tan (3.29) présentent une étude en chambre d'étalonnage du comportement des pieux foncés injectés et des essais de pénétration statique dans des sols calcaires.

► Plumgraaff, Hilhorst et Bratton (3.30) décrivent des capteurs

ajoutés à un pénétromètre à cône pour mesurer simultanément :

- la teneur en eau et les constantes diélectriques (capacité et conductivité),
- le pH, la température et le potentiel d'oxy-réduction,

et quelques applications.

► Rahardjo, Brandon et Clough (3.31) présentent une étude en chambre d'étalonnage de la résistance à la pénétration statique dans un sable limoneux.

► Suzuki, Tokimatsu, Koyamada, Taya et Kubota (3.32) exposent une analyse des conditions de liquéfaction des sols en fonction des caractéristiques pénétrométriques, d'après les observations faites sur quarante-sept sites japonais, dont vingt-cinq ont été sujet à liquéfaction.

► Tand, Funegard et Warden (3.33) comparent des calculs numériques et des mesures de capacité portante de fondations superficielles sur sables destinées à préciser les formules de calcul de la capacité portante en fonction des essais au pénétromètre statique.

► Trotsky, Schepetinov, Shlykov, Shakhgeldyan, Kulachkin et Radkevitch (3.34) présentent l'étude d'un site portuaire au pénétromètre statique, avec mesure de la température et de la pression interstitielle, et le calcul des ouvrages.

► Ulrich et Valera (3.35) présentent des études destinées à évaluer le risque de liquéfaction de dépôts de stériles miniers.

► Vidic, Beckwith et Mayne (3.36) exposent des sondages de pénétration statique dans des stériles miniers et analysent les rela-

tions entre les résultats des essais et d'autres propriétés mesurées sur le site.

► Weber (3.37) compare trois méthodes d'estimation de la capacité portante de pieux H à partir d'essais de pénétration statique (de Beer, Fascicule 62, Titre V, NEN 6743).

► Åhnberg (3.38) décrit l'utilisation des essais de pénétration statique dans des sols très mous, y compris l'estimation des résistances au cisaillement non drainé.

Certaines communications ont été présentées en posters, dans une séance introduite par J. Hartlen, directeur de l'Institut Géotechnique suédois. Des démonstrations d'essais en place ont également été organisées dans le cadre du symposium.

Conclusion

Ce symposium international témoigne de la vivacité actuelle des travaux sur les techniques de reconnaissance par fonçage de tiges et capteurs dans les sols : développement de nouveaux matériels, notamment pour les études de pollution des sols, perfectionnement des méthodes de calcul des déformations et de la stabilité des principaux types d'ouvrages géotechniques. Il me paraît important de suivre attentivement ce mouvement des techniques de reconnaissance géotechnique, tant pour la reconnaissance des sites de construction que pour les études de géotechnique de l'environnement.

Les trois volumes de comptes rendus du symposium CPT'95 ont été publiés par la Société suédoise de Géotechnique et peuvent être demandés à l'Institut géotechnique suédois :

Swedish Geotechnical Institute
Literature Service/the Library
S-581 93 LINKÖPING (Suède)
Tél. : +46 13 20 18 04
Fax : +46 13 20 19 14

Référence : « Proceedings CPT'95, vol. 1-3 »
Prix : 1100 SEK