Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 112 (1986)
Heft: 24

Artikel: Champs des déplacements dans le sol derrière une paroi ancrée
Autor: Costopoulos, Spiros D.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-76026

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Champs des déplacements dans le sol derrière une paroi ancrée

par Spiros D. Costopoulos, Athènes

1. Introduction

La réalisation de fouilles avec soutènement chargé de limiter autant que possible les déformations des abords immédiats, met en jeu à l'état de service des interactions complexes entre le sol, la paroi de soutènement (paroi moulée par exemple) et les appuis (tirants d'ancrage par exemple).

Basé sur une technique radiographique, le travail de thèse résumé dans cet article a permis la détermination expérimentale des déformations à l'intérieur d'un massif de sol et leur interprétation pour améliorer la compréhension du comportement mécanique du système.

La configuration choisie pour le modèle réduit des essais correspond à l'excavation progressive d'une fouille à paroi de soutènement verticale, stabilisée par un niveau de tirants. Le sol est un sable sec dont la compacité peut être choisie au départ. Les autres paramètres étudiés sont la fiche de la paroi, la longueur libre de l'ancrage, la pression d'injection du scellement et le taux de précontrainte appliqué au tirant. Les résultats obtenus sont comparés avec les valeurs du dimensionnement calculées à partir des méthodes d'équilibre limite de la mécanique des sols.

2. Le modèle réduit

Visant à une représentation aussi réaliste que possible d'un ouvrage réel avec ses phases de construction, le modèle est réalisé dans une caisse rigide de dimensions 800×600×190 mm dont les deux faces verticales principales sont en verre de 15 mm d'épaisseur, délimitant une tranche de largeur égale à environ la moitié de la hauteur de la paroi (fig. 1). Les vitres représentent des plans de symétrie pour d'autres tirants adjacents, espacés de l'épaisseur du modèle. La tête du tirant sur la paroi se trouve à une distance du sommet égale au tiers de la hauteur totale. La géométrie du modèle ci-dessus a été dictée par le besoin d'établir une similitude géométrique entre le modèle et un ouvrage «fictif» en vraie grandeur de dimensions courantes [3][1]. L'échelle des longueurs est égale à 1/30.

Le sol encaissant est un sable de quartz sec, de granulométrie presque uniforme et d'un angle de frottement assez élevé (fig. 2). A l'aide d'une technique convenable [10], il est mis en place par couches successives avec intercalation de billes de plomb de différents diamètres; ces billes forment deux grilles de maille carrée, parallèles aux vitres de la caisse. Le massif ainsi constitué peut être considéré comme homogène et isotrope, avec une compacité réglable. D'après les résultats d'autres chercheurs concernant un sable analogue [14], on peut admettre que sous faibles sollicitations, le sable présente un comportement sensiblement élastique linéaire, aussi bien à l'état dense ($e = 0{,}59$), qu'à l'état lâche ($e = 0{,}77$).

La paroi rigide est représentée par une plaque épaisse en aluminium initialement verticale, suspendue dans la caisse à l'aide d'un système de câbles et ressorts permettant l'équilibrage du poids de la paroi. Trois capteurs mesurent la pression du sable sur la surface de la paroi côté amont, surface qui est totalement couverte d'une couche mince de grains de sable collés. La limitation des frottements entre les vitres et le sable où la paroi a été réalisée en enduisant les vitres

[1] Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

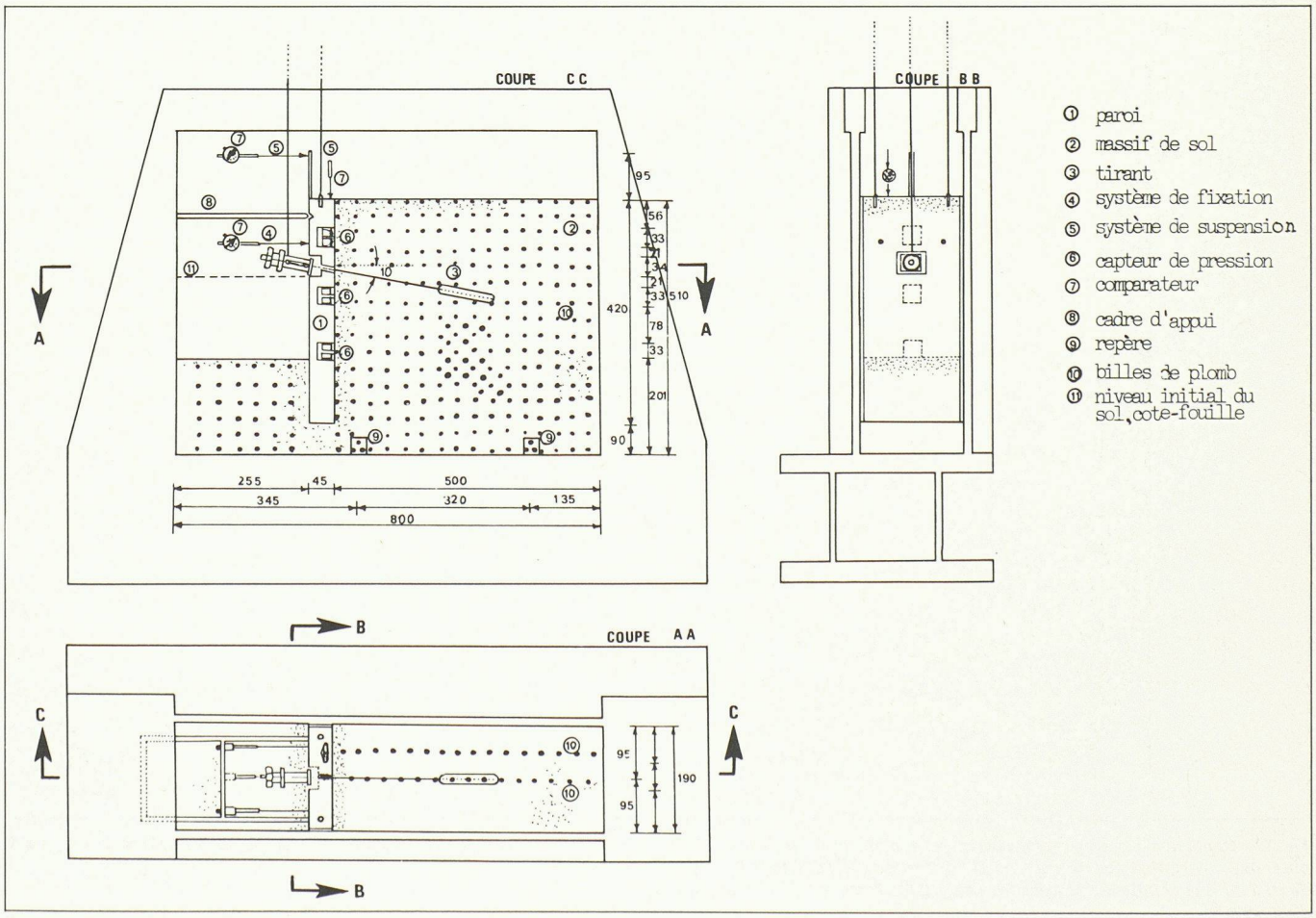

Fig. 1. – Le modèle réduit.

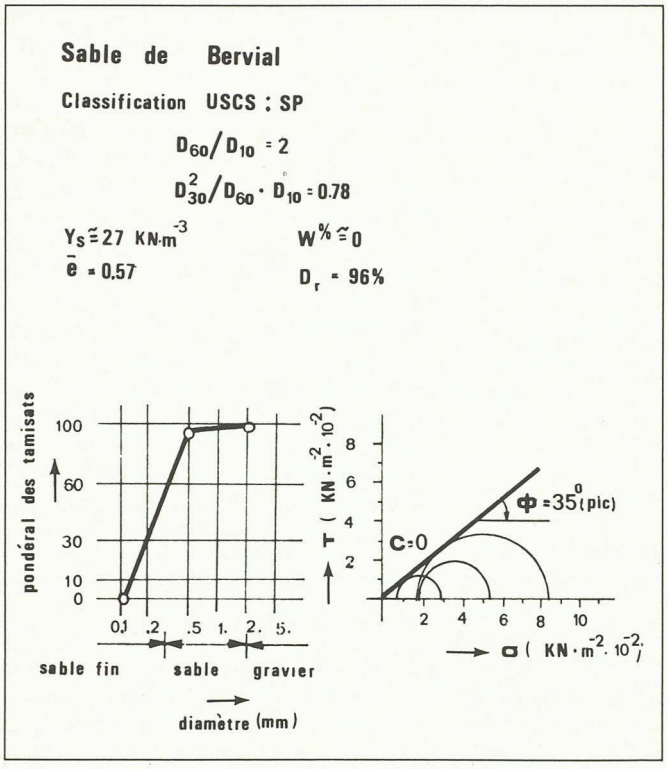

Fig. 2. — Sable d'essai (courbe granulométrique, courbe intrinsèque).

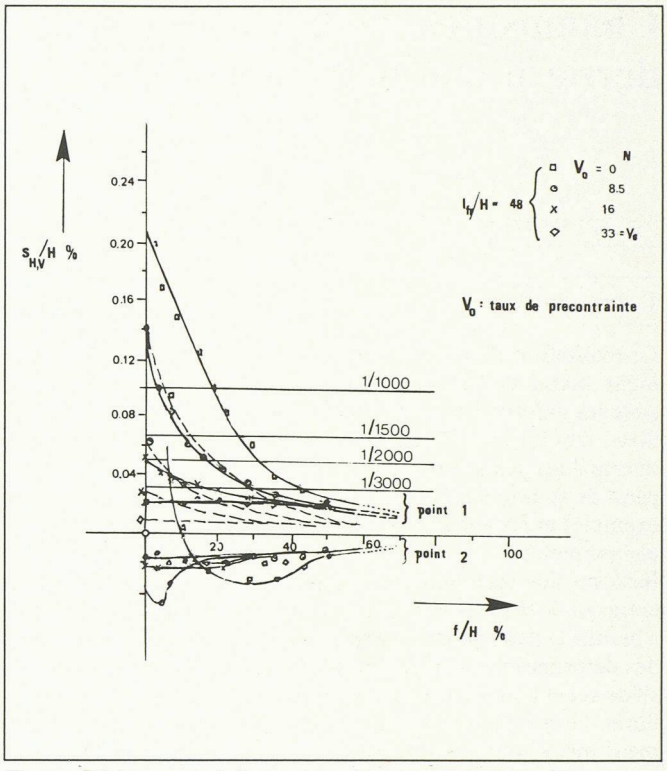

Fig. 5. — Déplacements de la paroi avec tirant précontraint, sable compact.
V_O: *force de précontrainte du tirant.*
V_G: *force de référence égale à 33 N.*

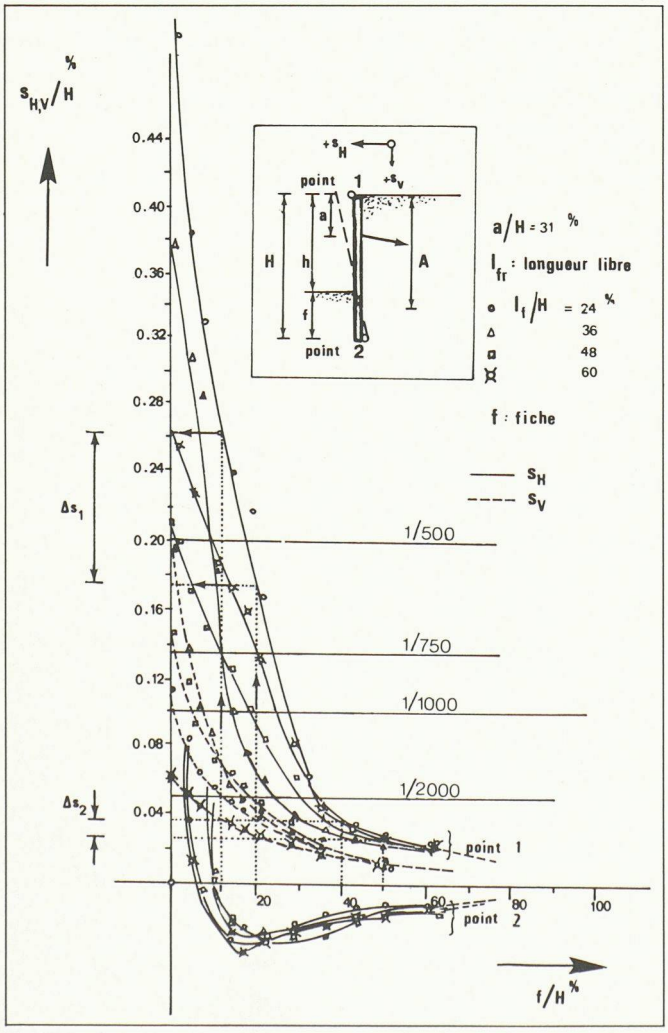

Fig. 3. — Déplacements de la paroi avec tirant non précontraint, sable compact. Δs_{H1}: *variation des déplacements horizontaux lorsque la fiche varie de 10 à 20 %* H *(hauteur de la paroi).* Δs_{H2}: *idem lorsque la fiche varie de 40 à 50 %* H.
Le croquis de définition est aussi valable pour le reste des figures.

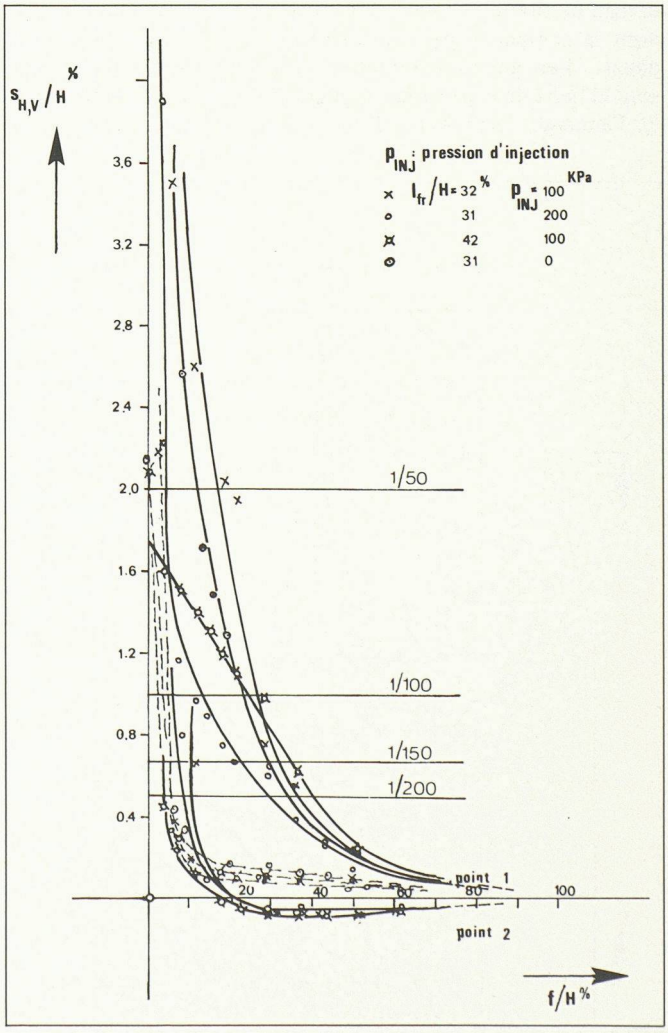

Fig. 4. — Déplacements de la paroi avec tirant non précontraint, sable lâche.

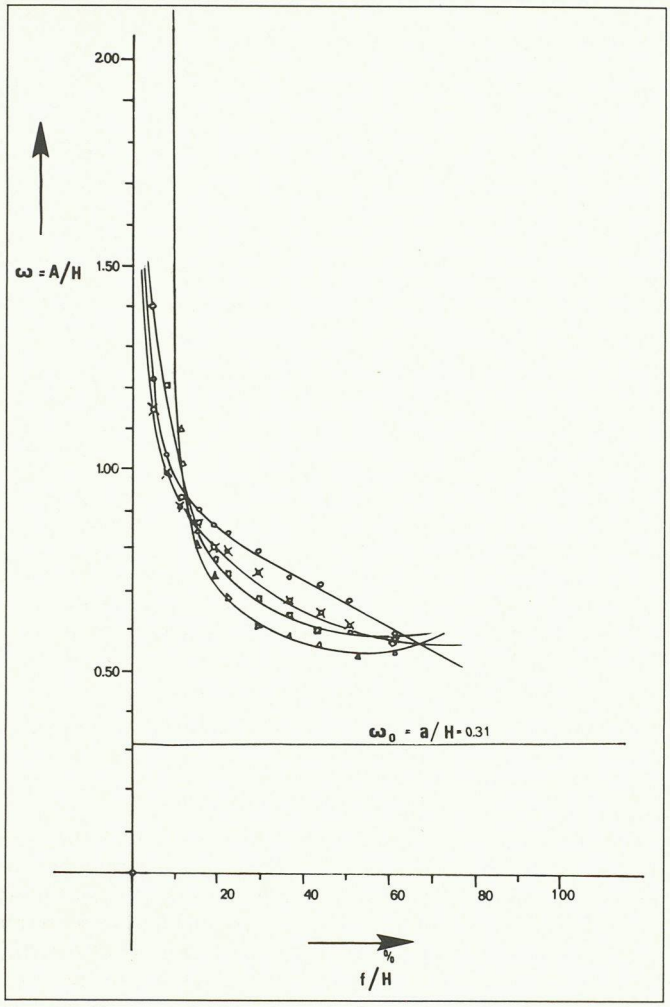

Fig. 6. — Variation de la distance A *de l'axe de rotation par rapport au sommet de la paroi avec la fiche. Tirant non précontraint, sable dense.*

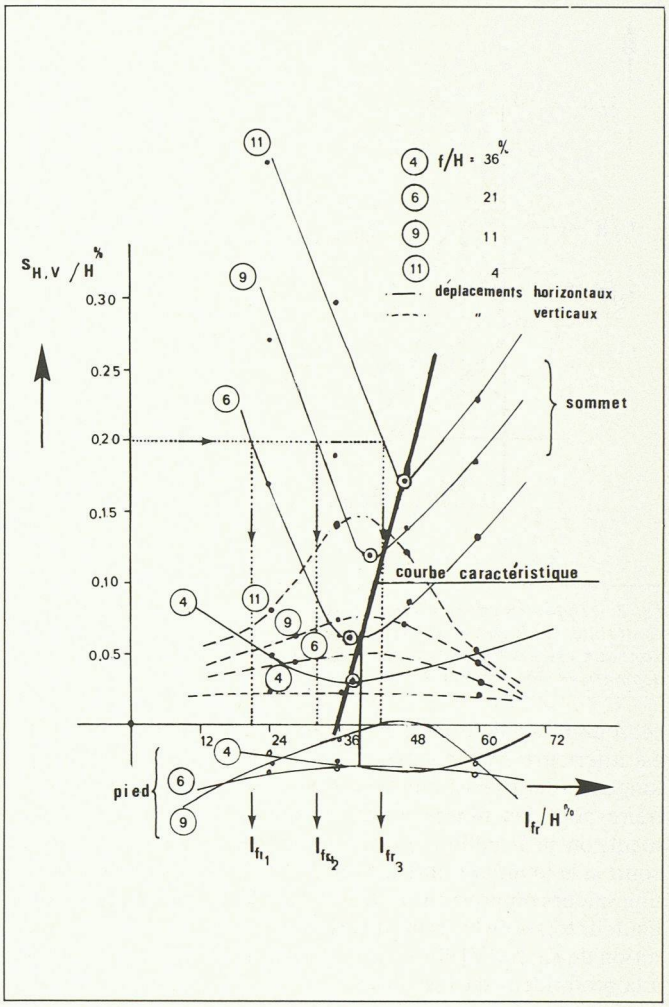

Fig. 7. — Diagramme longueur libre du tirant — déplacements de la paroi (sommet, pied). Tirant non précontraint, sable dense. $l_{fr1,2,3}$*: valeurs de la longueur libre correspondant à différentes fiches pour le même déplacement au sommet de la paroi.*

d'une solution d'acétone [1] et en recouvrant la paroi de minces bandes de téflon.

Le tirant d'ancrage, incliné à 10° sous l'horizontale, est formé d'un fil d'acier doux de 0,25 mm de diamètre dont la longueur varie selon les différents essais. Le fil passe à travers la paroi pour aboutir à un minuscule capteur de force lié au système de fixation sur la paroi. Le scellement a une forme cylindrique et un diamètre moyen de 15 mm. Il se compose de sable et de résine ; si le sable est dense il est préfabriqué, dans le cas contraire il est formé par injection sous pression.

Chaque phase d'excavation est reproduite par l'enlèvement côté aval d'une couche de 15 mm d'épaisseur à l'aide d'un aspirateur industriel. D'autre part, le tirant est fixé sur la paroi après la première excavation. En plus des tractions dans le tirant et des pressions du sable sur la paroi, on mesure à chaque phase les déplacements de la paroi à l'aide de comparateurs mécaniques. Les coordonnées du centre de chaque bille sont mesurées au coordinatographe sur les plaques photographiques obtenues par radiographie du modèle [15].

Le programme d'essais suivant a été réalisé, avec dans chaque cas une excavation progressive permettant une *variation* correspondante *de la fiche de la paroi*:

Tirants non précontraints

- Etude de l'influence de la *longueur libre* des tirants, avec scellement préfabriqué dans un massif de sable compact.
- Etude de l'influence de la *pression d'injection* du scellement des tirants formé par injection dans un massif de sable lâche.

Tirants précontraints

- Etude de l'influence du *taux de précontrainte* appliqué aux tirants avec scellement préfabriqué dans un massif de sable compact.

3. Résultats des essais

3.1 *Déplacements de la paroi*

Tous autres paramètres fixés, la diminution de la fiche avec l'avancement de l'excavation provoque une augmentation des déplacements de la paroi (les mouvements horizontaux s_H sont toujours plus importants que les tassements s_V (fig. 3, 4 et 5) et un abaissement de l'axe de rotation A (fig. 6). La compacité du sable joue un rôle très important : les déplacements associés au massif de sable lâche sont 10 à 15 fois supérieurs à ceux obtenus avec le massif de sable dense (fig. 3 et 4).

Longueur libre des tirants (l_{fr})

Pour une fiche constante, l'accroissement de la longueur libre du tirant ne conduit pas nécessairement à la diminution continue des déplacements au sommet de la paroi, comme l'indiquent certains auteurs [2]. En effet, les essais ont montré que, lorsque la longueur libre est inférieure à une valeur dite « caractéristique », différente pour chaque fiche, les déplacements horizontaux diminuent, tandis qu'avec une longueur supérieure ils augmentent (fig. 7). Par conséquent, pour chaque fiche il existe une seule valeur de la longueur libre qui provoque les plus faibles déplacements de la paroi. Autour de cette valeur caractéristique, le taux de variation des déplacements Δs_H est d'autant plus grand que la fiche est plus petite (fig. 3). L'ensemble des valeurs caractéristiques conduit à une courbe caractéristique linéaire. D'autre part, lorsque la fiche et la longueur libre varient simultanément, il existe une infinité de paires de leurs valeurs qui conduisent au même déplacement horizontal au sommet de la paroi (fig. 7).

La présence d'une longueur caractéristique du tirant vient étayer la distinction faite par d'autres auteurs [18] entre tirants longs et tirants courts. En effet, on peut maintenant définir comme tirant court

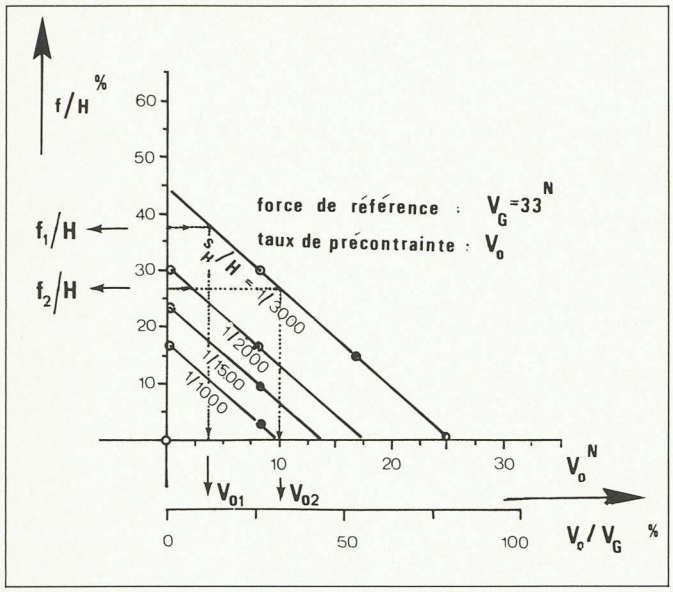

Fig. 8. — Déplacement du sommet de la paroi avec la fiche et la force de précontrainte, sable dense. $f_{1,2}/H$ *: valeurs de la fiche de la paroi correspondant aux valeurs* $V_{o1,2}$ *de la force de précontrainte du tirant pour le même déplacement au sommet de la paroi.*

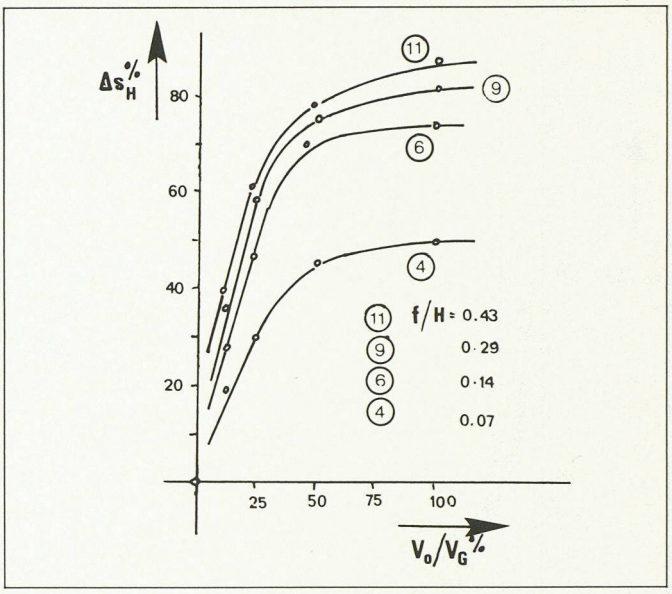

Fig. 9. — Diminution des déplacements de la paroi avec la précontrainte, sable compact. $\Delta s_H^{\%}$*: différence de déplacement par rapport au cas sans précontrainte.*

celui dont la valeur de la longueur libre est inférieure à celle correspondant à la longueur caractéristique; c'est le contraire pour les tirants longs. Pratiquement, on peut définir un tirant comme court si la longueur libre est inférieure à une valeur comprise entre 30 et 50% de la hauteur totale de la paroi; d'après la définition de Kranz [11] elle est égale environ à la profondeur d'excavation.

Pression d'injection (p_{INJ})

Pour une fiche constante, l'accroissement de la pression d'injection conduit à une diminution des déplacements horizontaux (fig. 4). L'injection provoque un effet de freinage sur les déplacements, qui cependant s'affaiblit sensiblement avec une fiche inférieure à 15% de la hauteur H de la paroi et se dissipe totalement pour une fiche très faible, inférieure à 5% de H, fiche qui n'a d'ailleurs aucun intérêt pratique.

Force de précontrainte (V_o)

Lors de l'application de la précontrainte au tirant, le faible recul du sommet de la paroi vers les terres provoque une très petite augmentation du tassement vertical s_V et un déplacement vers le haut de l'axe instantané de rotation A. Pour une fiche constante, l'augmentation de la force de précontrainte conduit à une diminution continue des déplacements horizontaux s_H au sommet de la paroi, ce qui confirme les études antérieures sur modèles numériques de Egger [7] et Huder [8] ou sur modèles physiques de Stavropoulos [16]. Lorsque la précontrainte atteint la valeur de référence V_G équivalant à la force donnée par un calcul classique à la rupture suivant Caquot [4], on ne peut plus rien mesurer à l'échelle de ce modèle, la paroi et le massif de sable étant pratiquement immobiles (fig. 5).

Lorsque la fiche et la force de précontrainte varient simultanément, il existe une infinité de paires de valeurs qui conduisent au même déplacement horizontal au sommet de la paroi (fig. 8). Cependant, pour une précontrainte croissant jusqu'à la moitié de la valeur de référence, la diminution des déplacements par rapport au cas sans précontrainte ($\Delta s_H^{\%}$) est rapide (fig. 9). Cette force $V_o = \frac{1}{2} V_G$ est appelée «valeur caractéristique de la précontrainte». En outre, la diminution des déplacements est d'autant plus marquée que la fiche est petite.

3.2 *Déplacements dans le massif de sable*

Les déplacements derrière la paroi se développent progressivement dans le sable à mesure que l'excavation progresse, suivant la valeur des paramètres étudiés (fig. 10, 11 et 13). Dans tous les essais effectués, le massif affecté par les mouvements de la paroi forme dans le plan du tirant un quadrilatère défini par la surface libre, la surface de contact sol-paroi et deux surfaces inclinées dans le sable qui se rencontrent dans la zone du scellement. Le long de deux premières surfaces apparaissent les plus grands déplacements, surtout à l'emplacement du sommet de la paroi. Ils diminuent progressivement dans les deux sens, jusqu'à devenir pratiquement nuls sur les deux dernières surfaces inclinées appelées par Kezdi [9] «surfaces de déplacement nul». La morphologie du champ de déplacement observé montre qu'il se compose des champs associés d'une part, à une paroi libre sans ancrage [5] et d'autre part, à un ancrage en traction [6]. Sur le deuxième plan de mesure, au quart de l'épaisseur du modèle, le champ a les mêmes caractéristiques que sur le plan médian, sauf que les déplacements sont diminués d'environ 20%; dans l'espace, le champ apparaît sous la forme d'une coquille.

Lorsque la fiche de la paroi diminue, les déplacements augmentent avec dominance de leurs composantes horizontales.

Longueur libre des tirants

Lorsque la longueur libre s'accroît, les déplacements dans le sable diminuent en général et s'étendent sur un espace plus large; de plus, leur inclinaison par rapport à l'horizontale décroît constamment (fig. 10). Le scellement se met en mouvement pour des fiches relativement faibles, suivant la valeur de la longueur libre du tirant. A la longueur libre caractéristique, les tassements sont plus grands que les déplacements horizontaux et le volume déplacé atteint des dimensions minimales.

Pression d'injection

Dans le sable lâche, les déplacements sont beaucoup plus importants que dans le sable dense alors qu'autour du scellement de très faibles déplacements apparaissent déjà avec la première excavation (fig. 11). Lorsque la pression d'injection augmente, les tassements dans le massif dominent sur les déplacements horizontaux, cela pour des fiches élevées. La zone au-dessus du tirant est plus sensible aux déplacements de la paroi que la zone inférieure. En effet, la densification qu'apporte l'injection à cet endroit est partiellement annulée par la diminution de la densité venant des mouvements de la paroi. D'autre part, on peut observer une diminution des déplacements lors de la réalisation d'un scellement injecté par rapport à un scellement préfabriqué, ce qui vérifie l'effet de serrage du sable provoqué par l'injection.

L'état de déformation dans le massif soutenu a été clairement observé dans les essais en sable lâche (fig. 12). Lors de la première excavation, les zones de plus grand déplacement apparaissent autour du sommet de la paroi et de la tête du scellement; elles se propagent progressi-

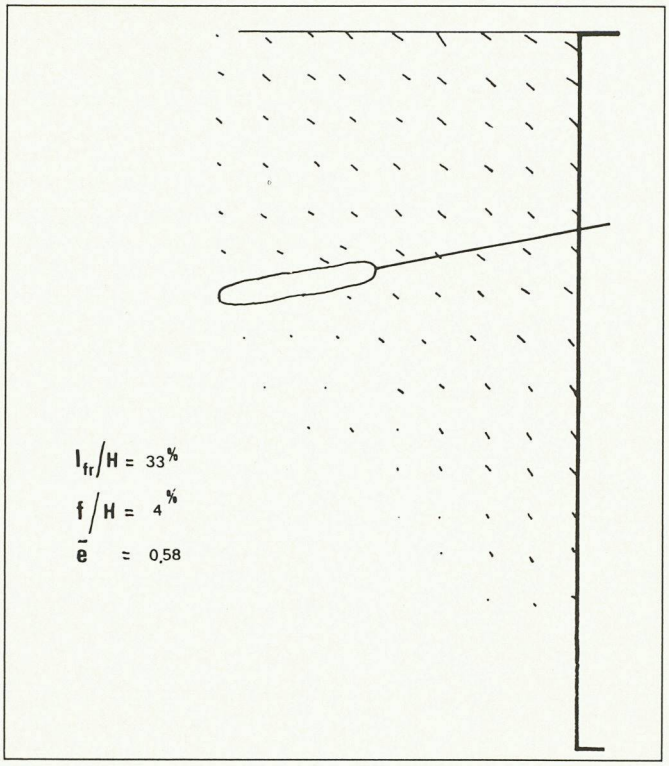

Fig. 10. — Champ des déplacements dans le sable compact. Tirant non précontraint.

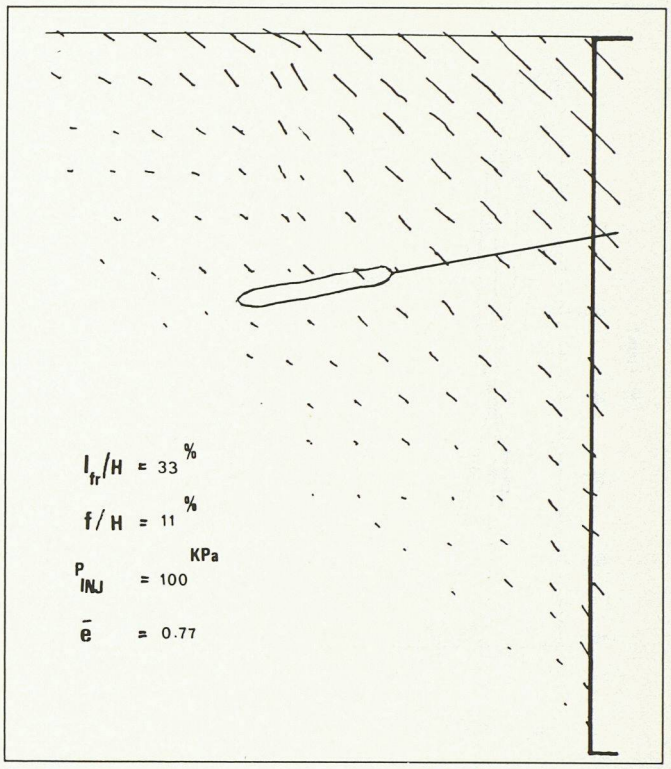

Fig. 11. — Champ des déplacements dans le sable lâche. Tirant injecté non précontraint.

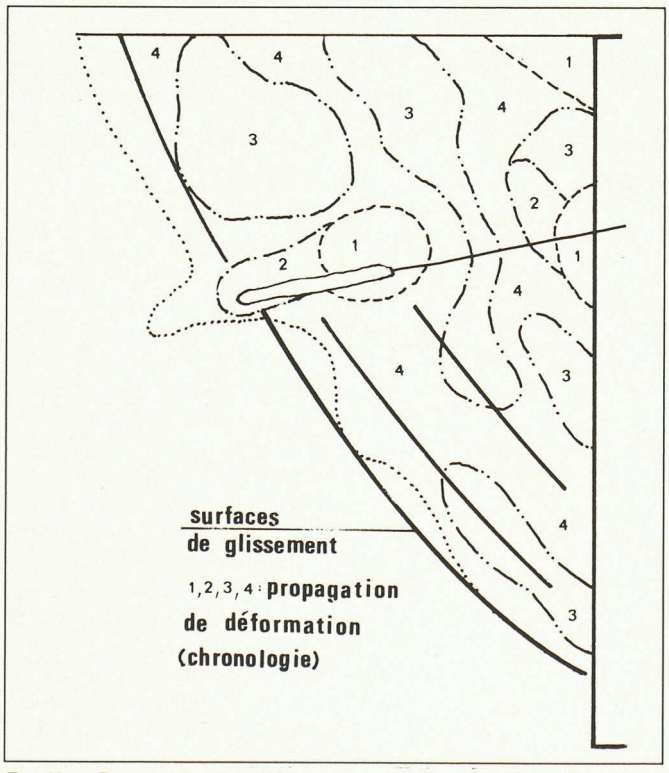

Fig. 12. — Propagation des déformations dans le sable lâche. Tirant non précontraint.

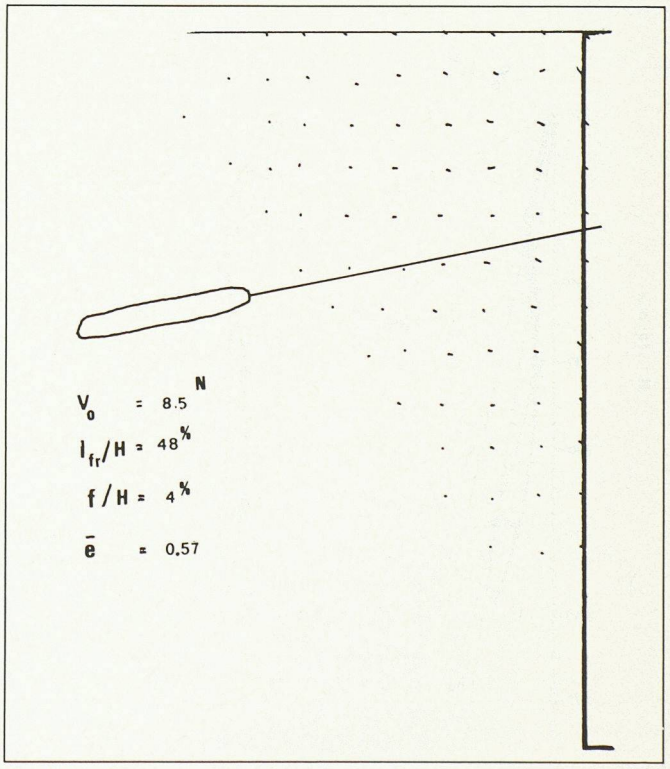

Fig. 13. — Champ des déplacements dans le sable compact. Tirant précontraint.

vement lorsque la fiche diminue. Les surfaces de rupture dont la forme est presque circulaire apparaissent finalement dans la zone des grands déplacements.

Force de précontrainte

Avec une précontrainte croissante, les déplacements du sable diminuent jusqu'à s'annuler avec la précontrainte de référence. Pour une force de précontrainte relativement basse — 25% seulement de la valeur de référence — les déplacements sont approximativement 50% de ceux détectés dans l'essai sans précontrainte ; par contre, les tassements différentiels entre le sable et la paroi sont supérieurs. Le long de la surface libre du massif soutenu, les tassements tombent à moins de la moitié des valeurs sans précontrainte et les déplacements horizontaux n'affectent que la moitié de la distance correspondant au cas sans précontrainte (fig. 13).

3.3 *Pressions du sable sur la paroi*

A l'état au repos, sans aucun mouvement de la paroi, les pressions normales du sable sur la paroi se distribuent suivant la loi hydrostatique de Jaky [17]. Après la première excavation mais avant la fixation du tirant, la diminution de la fiche provoque l'augmentation simultanée de la pression normale (σ) et des frottements (τ) sur la partie supérieure de la surface de contact et une diminution dans la partie inférieure. Avec des fiches

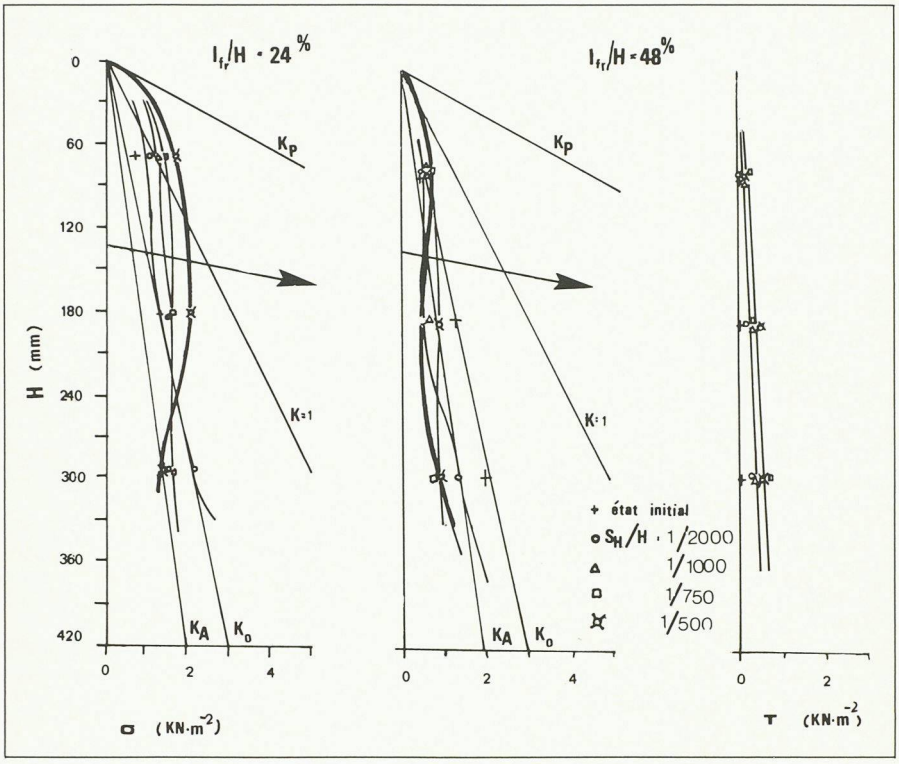

Fig. 14. – Diagrammes de pression du sable compact sur la paroi pour différentes longueurs libres du tirant.

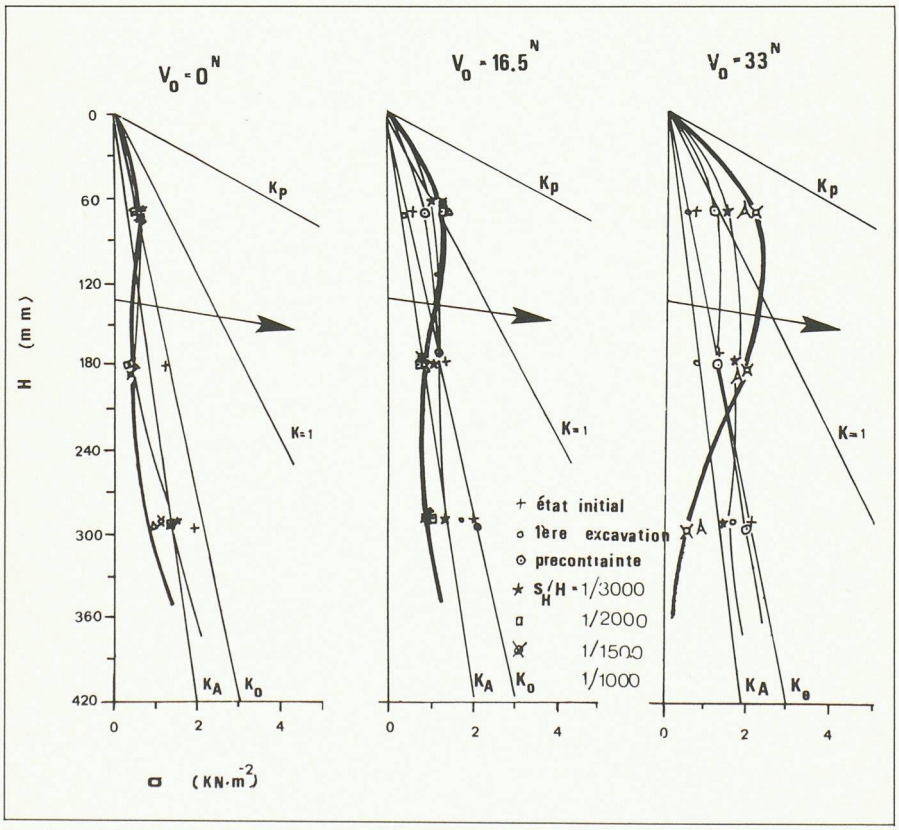

Fig. 15. – Diagrammes de pression du sable compact sur la paroi pour différents taux de précontrainte.

très faibles, les pressions normales ont tendance à se répartir suivant une allure parabolique.

Longueur libre des tirants

La diminution de la longueur libre a comme résultat l'augmentation de la pression normale et des frottements, tout en accentuant les modifications apportées par la diminution de la fiche (fig. 14). Cependant, la diminution des pressions n'est pas continue, la diminution maximale correspondant à la longueur caractéristique. La mobilisation des frottements avec la longueur libre moyenne (entre 40 et 48% de *H*) est presque totale sur la moitié inférieure de la paroi, surtout avec un déplacement important à son sommet. Ce n'est pas le cas avec une longueur libre plus faible ou plus grande.

Le phénomène relève du développement d'une pression de dilatation qui s'oppose au frottement mobilisé et provient d'un glissement entre le sable et la paroi.

Pression d'injection

Dans le sable lâche, pour le même point sur la paroi et pour le même déplacement à son sommet, les pressions enregistrées sont nettement inférieures à celles mesurées avec le sable dense. Par conséquent, l'angle de frottement interne du massif lâche se mobilise beaucoup plus lentement que celui du massif dense. L'accroissement de la pression d'injection conduit à un développement plus lent des pressions normales sur la paroi.

Force de précontrainte

Après la fixation du tirant sur la paroi, la diminution de la fiche fait que les pressions du sable augmentent dans la partie supérieure et diminuent dans la partie inférieure de la paroi, en même temps que des frottements importants sont mobilisés le long de l'interface sol-paroi (fig. 15). L'angle de frottement mobilisé φ_w au sommet de la paroi atteint environ 75 à 85% de la valeur de pic de l'angle de frottement interne Φ du sable. Avec l'augmentation de la force de précontrainte, le diagramme des pressions du sable sur la paroi devient de plus en plus enflé dans la partie supérieure et relâché dans la partie inférieure, et tend, avec une faible fiche, à prendre une forme parabolique.

3.4 *Tractions dans le tirant*

Longueur libre des tirants

L'augmentation graduelle de la force d'ancrage des tirants non précontraints suit en général une loi non linéaire, différente pour chaque valeur étudiée de la longueur libre. Pour de faibles déplacements au sommet de la paroi, les tensions mesurées concordent bien avec les tensions calculées d'après les déplacements mesurés de la paroi. A partir d'une certaine valeur de la tension, différente pour chaque longueur libre, les tensions mesurées deviennent plus faibles que celles calculées, indiquant qu'à partir d'une certaine fiche, le scellement est en mouvement, avec une mobilisation graduelle de sa résistance. On peut donc associer à chaque longueur libre une valeur du déplacement à la tête du tirant sur la paroi, pour laquelle le scellement se déplace. Ce déplacement est d'autant plus important que la longueur libre du tirant augmente.

De façon analogue à la courbe caractéristique relative aux déplacements de la paroi, il existe pour les tractions des tirants une autre courbe définissant la valeur optimale de l'ancrage permettant d'atteindre une fiche minimale pour un déplacement donné (fig. 17). Les résultats montrent que, lorsque la longueur libre dépasse la moitié de la hauteur *H* de la paroi, le scellement reste immobile

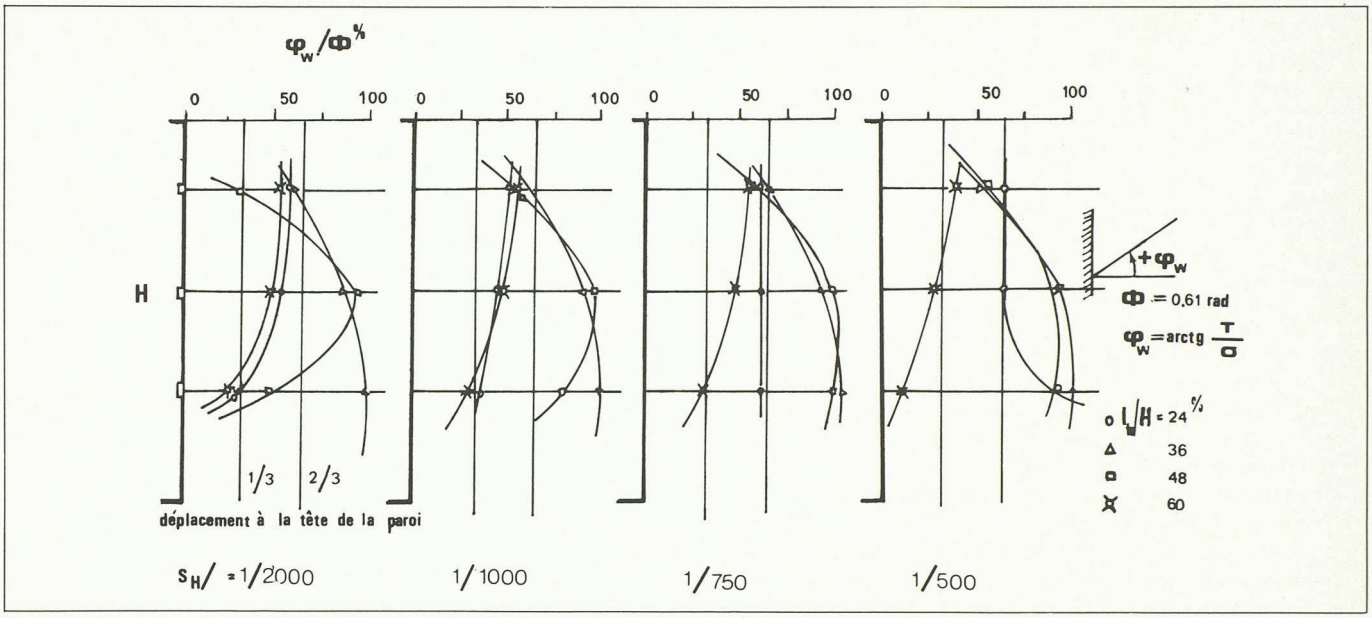

Fig. 16. — Variation de l'angle de frottement mobilisé sol-paroi le long de la surface de la paroi. Tirant non précontraint, sable compact.

pour toute fiche supérieure à environ 15% de *H*.

Pression d'injection

Dans le sable lâche, les principes établis auparavant pour le sable compact restent valables, à l'exception des tensions mesurées qui sont notablement inférieures. D'autre part, dans tous les cas étudiés, les tensions mesurées sont plus faibles que les tensions calculées, ce qui dénote un déplacement du scellement dès les premières phases d'excavation. Enfin, lors d'une pression d'injection élevée, les tensions augmentent indépendamment de la valeur de la fiche (pour les plus faibles longueurs libres). L'accroissement du diamètre du scellement semble avoir une influence positive sur le comportement du tirant injecté.

Force de précontrainte

La tension dans le tirant croît avec la diminution de la fiche, mais d'autant moins que la précontrainte est plus grande (fig. 18). Cet accroissement s'accélère au-delà d'une valeur qui dépend de la force de précontrainte appliquée au tirant; elle est plus faible pour une force élevée, mais elle est certainement située entre 20 et 30% de *H* pour les forces étudiées. A la précontrainte de référence, aucun accroissement n'est plus détecté. Dans tous les cas le scellement reste pratiquement immobile; avant toute excavation, le sable situé entre la paroi et le scellement se trouve en état de compression, ce qui conduit à une solidarisation des trois éléments: sol-paroi-tirant. L'ensemble se comporte alors comme un corps rigide, par exemple comme un mur poids; il est ainsi capable de supporter une plus grande hauteur d'excavation.

4. Passage en vraie grandeur

Les résultats des essais sur modèle sont d'autant plus intéressants qu'ils peuvent contribuer à l'établissement de critères

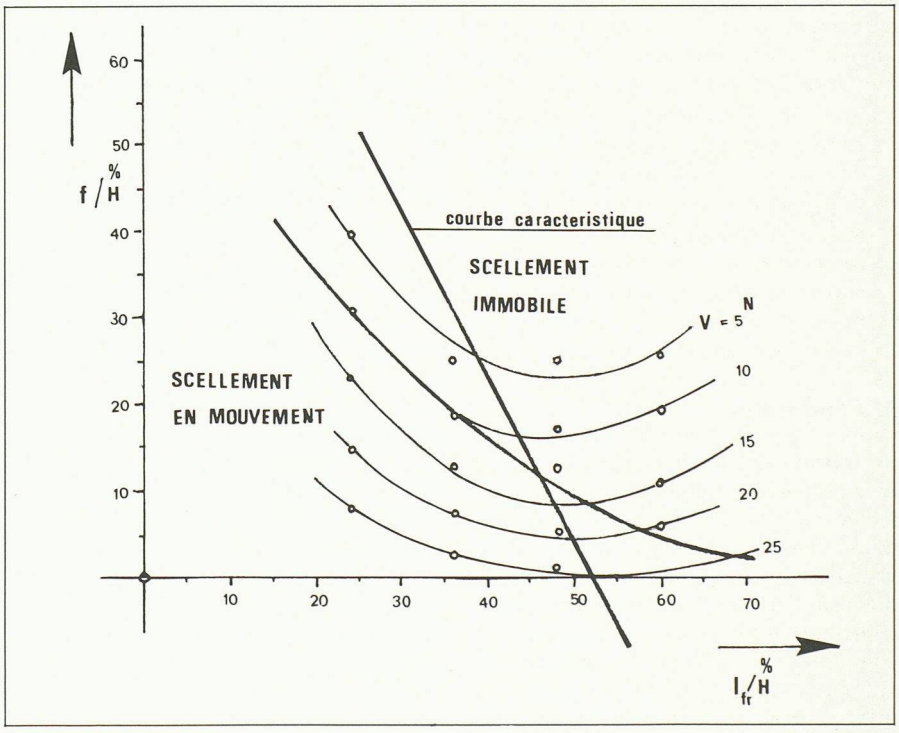

Fig. 17. — Variation de la force dans le tirant non précontraint avec la longueur libre et la fiche de la paroi, sable compact.

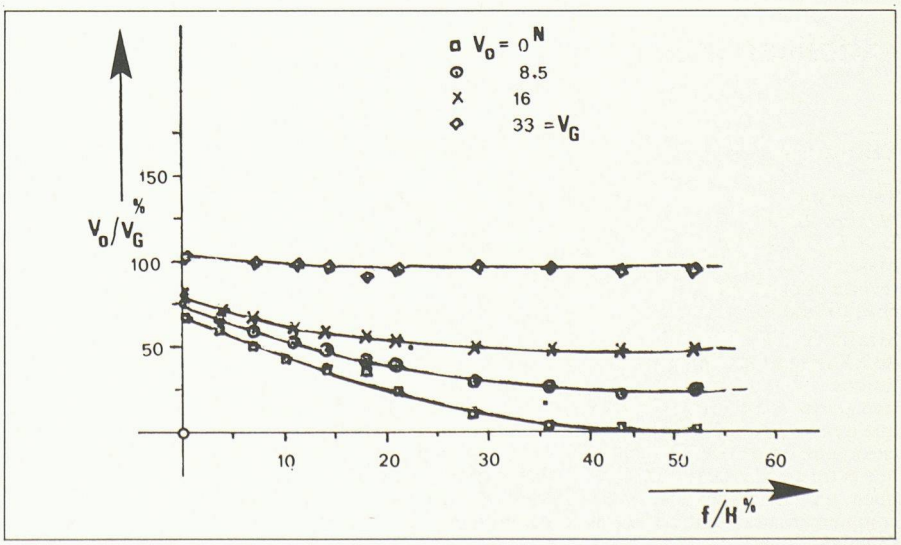

Fig. 18. — Variation de la force dans le tirant précontraint avec la fiche de la paroi, sable compact.

de dimensionnement des ouvrages en vraie grandeur, basés sur un déplacement horizontal ou un tassement de surface, valable pour l'état de service, en dehors de la vérification de la sécurité à la rupture.

Une étude de similitude a montré qu'on ne pouvait pas admettre une similitude élargie (élasticité linéaire avec échelle des déformations égale à l'échelle des longueurs) notamment dans le sable au voisinage de la paroi où il fallait se contenter d'une similitude simple (déformations non affectées par l'échelle) normalement utilisée dans les problèmes de rupture [12]. En première approximation, on a retenu pour les déplacements au sommet de la paroi en vraie grandeur la moyenne des valeurs résultant des deux types de similitude.

En comparant les résultats ainsi obtenus avec les mesures in situ et des règles empiriques de dimensionnement [13], on peut faire les deux remarques suivantes, la gamme des fiches des essais sur modèle variant entre 10 et 30% de la hauteur H de la paroi:

- il est absolument nécessaire de précontraindre les tirants pour rester en dessous des déplacements de l'ordre de 1% de la hauteur de la paroi;
- le taux de précontrainte nécessaire au respect de ce critère couramment adopté se situe aux environs de 50% de la force d'ancrage résultant d'un calcul classique à la rupture.

5. Conclusions

Le travail expérimental effectué sur un modèle réduit permettant de simuler de façon réaliste les phases d'exécution d'une fouille avec paroi ancrée et de visualiser les déformations à l'intérieur du massif de sol soutenu, apporte une contribution à la compréhension du comportement mécanique complexe du système sol-paroi-tirant et met en lumière l'influence des différents paramètres constitutifs de ce système.

Un passage en vraie grandeur approché confirme en particulier l'intérêt de précontraindre les tirants pour limiter les déplacements de l'ouvrage et du sol avoisinant. Des efforts d'ancrage équivalant à la moitié des efforts résultant des calculs classiques basés sur l'équilibre limite suffisent déjà.

Bibliographie

[1] Arthur, J. R. F.; Roscoe, K. H. (1965): *An examination of the edge effects in plane strain model earth pressure tests*, Proc 6th ICSMFE, Montréal, Vol. II, 5/1.

[2] Breth, H.; Stroh, D. (1976): *Ursachen des Verformung im Boden beim Ausshub tiefer Baugruben und konstructive Möglichkeiten zur Verminderung des Verformung von verankerten Baugruben*, Der Bauingenieur, Springer Verlag, 51, pp. 81-88.

[3] Cambefort, H. (1966): *Les ouvrages ancrés au sol*, Travaux 5, pp. 1-15.

[4] Caquot, A.; Kerisel, J. (1956): *Traité de mécanique des sols*, Gauthier-Villars, Paris, pp. 350-356.

[5] Costopoulos, S. (1979): *Experimental investigation of a model diaphragm wall*, Technical Note, Proc ASCE, Journal of GED, November, GT11, pp. 1343-1349.

[6] Costopoulos, S. (1981): *Champs des déplacements dans le sol derrière une paroi ancrée*, thèse soutenue au Département de génie civil de l'EPFL pour l'obtention du grade de docteur ès sciences techniques.

[7] Egger, P. (1972): *Influence of wall stiffness and anchor prestressing on earth pressure distribution*, Proc 5th European Conf on SMFE, Madrid, Vol. II, pp. 259-264.

[8] Huder, J. (1975): *Tiefe Baugruben, Erddrücke und Deformationen*, Mitteilungen der Schweizerischen Gesselschaft für Boden und Fels Mechanik, Herbstagung, 7, November, Bern, N° 92, pp. 1-10.

[9] Kezdi, A. (1948): *Earth pressure on retaining walls tilting about toe*, Proc European Conference of Brussels on Earth Pressures, S 2.2, pp. 116-132.

[10] Kolbuzcewski, J. J. (1957): *An experimental study of maximum and minimum porosities of sands*, Proc 4th ICSMFE, London, Vol. II, pp. 357-361.

[11] Kranz, E. (1940): *Über die Verankerung von Spundwänden*, Mitteilungen aus dem Gebiete des Wasserbaues und des Baugrundforschung, Heft II, Berlin, Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn, pp. 1-53.

[12] Mandel, J. (1962): *Essais sur modèles réduits en mécanique des terrains. Etude des conditions de similitude*, Revue de l'industrie minérale, 44, pp. 1-17.

[13] Peck, R. B. (1969): *Soil structure interaction, General Report*, Proc 5th Panamerican Conference on Soil Mechanics, Vol. I, pp. 145-154.

[14] Ponce, V. M.; Bell, J. M. (1971): *Shear strength of sand at extremely low pressures*, Journal of the GED, Proc ASCE, April, SM4, pp. 625-638.

[15] Roscoe, K. H.; Arthur, J. R. F.; James, R. G. (1963): *The determination of strains in soils by an x-ray method*, Civil Engineering and Public Works Review, N°s 7, 8, July-August, pp. 873-876, 1009-1012.

[16] Stavropoulos, D. (1969): *Ein Beitrag zur frage der Verankerung von Stutzwänder durch Injectionsanker*, genehmite Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doctor Ingenieur, Institut für Grundbau und Bodenmechanik, Technische Hohschule München, p. 33.

[17] Verdeyen, J.; Nuyens, J. (1964): *Vérification expérimentale des méthodes de calcul des rideaux d'ancrage de palplanches simplement ancrés*, comptes rendus du Congrès de rhéologie et de mécanique des sols, Grenoble, sous-section 4, 4.1, pp. 416-428.

[18] Verdeyen, J.; Roisin, V.; Nuyens, J. (1971): *Application de la mécanique des sols*, Vander Editeurs, Louvain, pp. 179-254.

Adresse de l'auteur:
Spiros D. Costopoulos
Ing. civil, Dr ès sc. techniques
c/o Bureau d'études A. Karanicolas
+ Associés
Scoufa 2
GR - Athènes 136

Bibliographie

Télématique

Téléinformatique et réseaux, par *Maxime Maiman*. — Un volume 16 × 24 cm, 264 pages. Editions Masson, Paris 1986 (2e édition révisée et augmentée). Prix broché: FF 120.—.

Si la fin du XIXe siècle et le début du XXe siècle ont connu les révolutions dues aux moyens de transports et à l'énergie électrique transportée — la «fée électricité» — on est en droit de penser que la fin du XXe siècle sera marquée par le système nerveux complémentaire: le transport et l'échange d'informations entre particuliers et ordinateurs sous les formes les plus diversifiées — la télématique.

Afin que l'utilisateur puisse appréhender les incidences de cette nouvelle «révolution informatique», une introduction générale aux techniques de la télématique formulée de la façon la plus simple possible, s'avérait nécessaire. C'est le but de ce livre, dont l'objectif est de contribuer à démythifier les principales fonctions et techniques de la télématique.

Pour atteindre cet objectif, il a été adopté le plan d'étude suivant:

- une introduction générale destinée à définir les fonctions essentielles d'un système télématique et à donner la terminologie normalisée.

Ces notions étant supposées acquises dans le reste du livre, nous conseillerons au lecteur de lire très attentivement cette introduction:

- cinq chapitres dont la lecture peut s'effectuer de façon indépendante et qui constituent deux parties:
  - une première partie consacrée à l'étude des réseaux est constituée par les trois premiers chapitres qui concernent le réseau téléphonique, la téléinformatique et les réseaux de données. Cette partie nous permettra d'introduire les aspects les plus marquants de la mutation des télécommunications et de l'informatique, au travers des développements récents dans les domaines des réseaux (transmission numérique, commutation électronique, etc.) et des matériels informatiques;
  - une seconde partie (chapitres 4 et 5) s'intéressant aux nouveaux produits et services nous permettra de décrire l'évolution de la microélectronique et de présenter deux nouveaux systèmes de transmission particulièrement performants (satellites et fibres optiques) dont les incidences dépassent le cadre de la télématique: on parle de vidéomatique. L'esquisse d'une synthèse sur les nouveaux services de la télématique sera effectuée dans le chapitre 5.

Sommaire

Introduction générale: le système télématique et ses principales fonctions: 1. Le réseau téléphonique. — 2. La téléinformatique. — 3. Les réseaux. — 4. La technologie. — 5. Les services de la télématique.