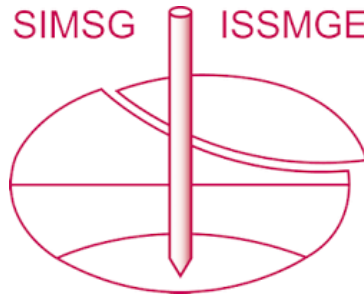


INTERNATIONAL SOCIETY FOR SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING



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.

Comportement d'un quai dans des limons compressibles

Behaviour of a quay in compressible silts

M.VEZINHET, Port Autonome de Marseille, France

M.BRUCY, Solétanche Entreprise, Nanterre, France

J.BALAY, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Nantes, France

RESUME Le quai Gloria, constitué d'une paroi moulée dont la fiche se situe dans des limons compressibles, est l'objet d'une expérimentation poussée. Les résultats expérimentaux sont comparés avec ceux obtenus par des calculs aux modules de réaction et aux éléments finis.

INTRODUCTION

Le quai Gloria, situé à Fos-sur-Mer (France) est conçu pour accueillir des navires de fort tirant d'eau (14 m), avec déchargement de type "Roll on-Roll off". La solution retenue est une variante "quai flottant" réalisé en paroi moulée et qui, au lieu de s'ancrer dans l'horizon résistant, s'arrête dans les limons compressibles.

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Le mur de quai, long de 250 m, est constitué d'une paroi moulée d'une hauteur de 27 m (fig.1). L'ouvrage est ancré par des tirants p passifs de forte rigidité et de longueur 35 m à un rideau arrière réalisé également en paroi moulée, dont le pied est à -9.50 m N.G.F. La position basse des tirants et la fiche non encastrée dans le terrain résistant ont permis de réduire de façon significative les efforts dans le mur de quai, donc l'épaisseur de celui-ci (0.82 m).

DESCRIPTION DE L'INSTRUMENTATION

Celle-ci porte sur deux profils P1 et P2, situés dans la partie centrale du quai pour éviter les effets de bord et espaces de 90 m (fig.2). Ils sont équipés des appareils suivants:

- 8 inclinomètres (4 dans le sol, 2 dans le mur de quai, 2 dans le rideau arrière) ancrés de 5 m dans le cailloutis de Crau,
- 2 piézomètres à contre pression,
- 70 extensomètres à cordes vibrantes, placés dans la paroi avant, au droit de P1 et de P2, à raison de 10 niveaux de mesures par profil,
- 2 tassomètres multipoints à proximité immédiate de la paroi, destinés à suivre les conditions au contact sol-paroi,
- 16 extensomètres équipant 6 tirants pour mesurer leur tension.

Parallèlement, une instrumentation en laboratoire est menée sur 10 éprouvettes en béton, conservées dans l'eau de mer et armées avec les différents taux d'acier de la paroi, afin d'étudier l'influence de ce paramètre sur le gonflement hygrométrique et sur le fluage, et d'évaluer

les modules instantané et différé du béton armé à différents taux.

DESCRIPTION DES MODELES THEORIQUES

Les résultats expérimentaux ont été comparés à ceux obtenus par deux modèles théoriques:

(i) le modèle aux modules de réaction (calcul MDR). La poutre est assimilée à une poutre élastique. Le sol y exerce des pressions linéaires avec le déplacement et limitées par des paliers plastiques de poussée et de butée (Balay et al., 1982).

(ii) le modèle aux éléments finis, au moyen du code de calcul CESAR (Frank et al., 1986). On a admis pour le sol un comportement élasto-plastique linéaire (calcul EF1, critère de plasticité: Mohr-Coulomb), ou un comportement anisotrope élasto-plastique linéaire (calcul EF2).

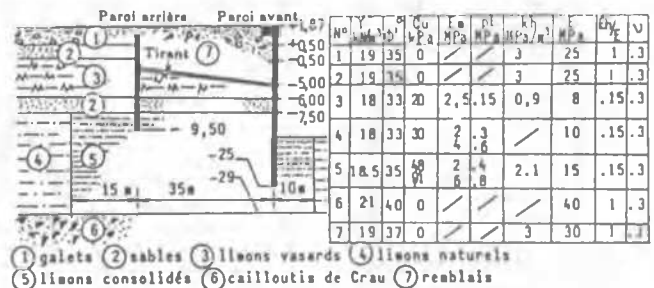


Fig.1 Caractéristiques géotechniques et hypothèses des calculs MDR et EF

Les caractéristiques géotechniques du site (fig.1) sont notamment issues d'essais au pressiomètre et au pressiomètre autoforeur, et d'essais triaxiaux en compression ou en extension, reproduisant sur éprouvettes des chemins de contraintes conformes à ceux vécus par l'ouvrage réel. Ces caractéristiques conduisent aux paramètres de calcul indiqués sur la figure 1, où K_h désigne le module de réaction du sol, E le module d'Young et E_h le module d'Young selon la direction horizontale pour les calculs anisotropes.

COMPOTEMENT GENERAL DU QUAI

Le comportement général du quai est mis en évidence par les mesures topographiques de déplacements en tête de parois avant et arrière (fig.2). L'excavation entre parois pour poser les tirants provoque des déplacements importants peu modifiés par le remblaiement ultérieur, tandis que les dragages inversent le mouvement de la paroi avant et augmentent celui du rideau arrière suivant un ordre de grandeur dix fois plus faible environ.

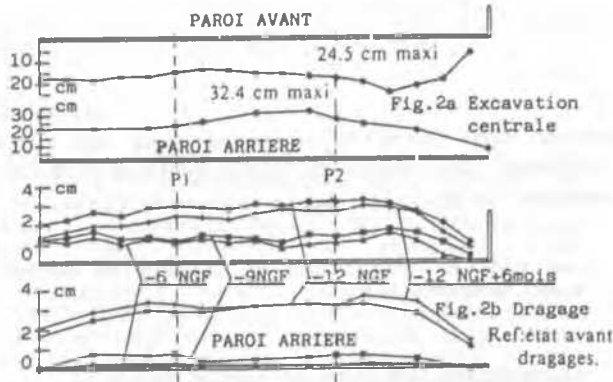


Fig.2 Déplacements du sommet des parois

COMPOTEMENT DES PROFILS EXPERIMENTAUX

Déplacements: Les mesures inclinométriques, qui révèlent des déplacements horizontaux significatifs jusqu'à -30 m N.G.F., montrent que le comportement de la paroi arrière est de type rigide (basculement vers la darse par rapport à sa base) et celui de la paroi avant de type souple (ventre caractéristique sous le tirant) (fig.3).

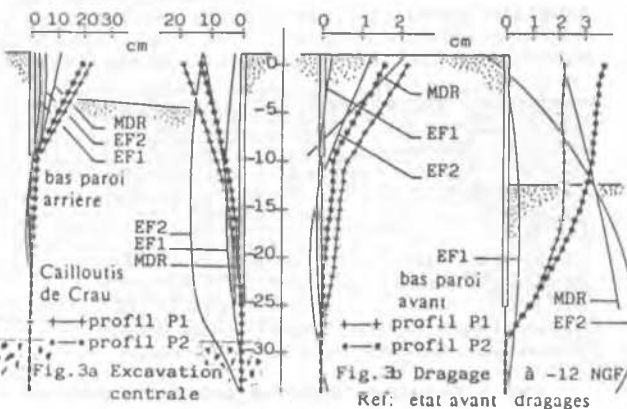


Fig.3 Déplacements mesurés et calculés

Les courbes (fig.3) montrent que ni les calculs aux modules de réaction, ni ceux aux éléments finis ne sont en accord satisfaisant avec les résultats expérimentaux, sauf pour la phase de terrassement central, dont la déformée est bien restituée par la simulation aux modules de réaction.

Moments fléchissants: l'exploitation des mesures extensométriques conduit à des courbes de moments présentant, pour les deux profils, des singularités (double maxima en travée) et des

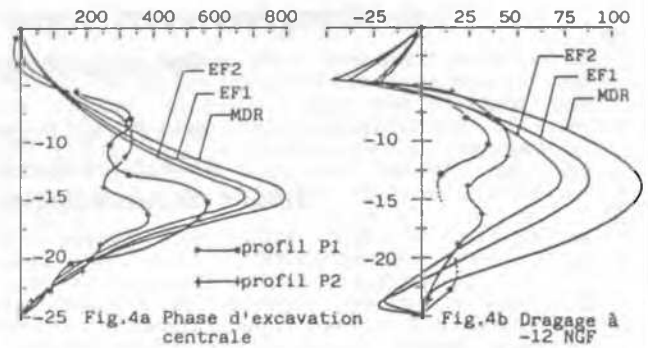


Fig.4 Moments fléchissants mesurés et calculés

ordres de grandeur que les calculs théoriques restituent partiellement. Pour toutes les phases de travaux, les différents calculs débouchent sur des surestimations des moments (en phase finale, plus de 100% sur le maximum en travée pour le calcul MDR, et 60% pour le calcul EF2, correspondant à la meilleure simulation).

Efforts dans les tirants: les deux méthodes de calculs conduisent également à une surestimation des efforts de traction dans les tirants. A la fin des dragages, les tractions obtenues respectivement par les mesures et par les calculs MDR, EF1 et EF2 sont: 540, 1500, 995 et 863 kN.

CONCLUSIONS

Le quai Gloria constitue une solution originale au problème posé par la conception de grands quais dans des terrains très compressibles. La confrontation des mesures et des calculs théoriques montre les difficultés d'une simulation fidèle du comportement d'un ouvrage de soutènement dans ce contexte géotechnique peu favorable. Aux schémas usuels (modules de réaction, éléments finis) décrivant l'interaction sol-écran, il faudrait adjoindre un modèle prenant en compte la consolidation des terrains sous l'effet des pressions horizontales générées au sein du massif et améliorer le traitement de l'anisotropie suivant un modèle non linéaire. L'expérimentation a permis de constater que la sécurité réellement offerte par l'ouvrage, malgré les très fortes déformations observées pendant la construction, est largement supérieure à celle calculée lors du dimensionnement.

REFERENCES

- Balay J., Frank R., Harfouche L. (1982). Programme Dénébola pour le calcul des soutènements par la méthode aux modules de réaction. Bull. Liaison Labo. P. et Ch., n°120, juillet-août, réf.2721, pp.3-12.
- Frank R., Humbert P., Magnan J.P. (1986). Finite elements for geomechanics at LCPC. Economig 86(1), pp.59-70.

Remerciements à M.M. Delcroix (Ecole des Mines de Nancy) et Mestat (L.C.P.C.) pour leur aide respectivement à l'interprétation et à la réalisation des calculs.