

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.

Construction de Pieux «in situ» par air comprimé

Piles Driven In-Situ Under Compressed Air

par SALVADOR MONTAGUT CUADRAT, ingénieur des Chaussées, Canaux et Ports, via Augusta 25, Barcelone, Espagne

Sommaire

L'application de la théorie des caissons à air comprimé à la construction de pieux «in situ» a été largement développée en Espagne. Les expériences acquises ont été utiles lors de la construction d'un rideau imperméable et au cours de divers essais de charge.

Summary

The application of the theory of compressed air caissons to the construction of piles in situ has been widely practised in Spain. The experience gained was useful in the construction of a sheetpile cofferdam and in various loading tests.

Généralités

La construction de 35.000 m de pieux par air comprimé et les résultats de 12 essais de charge ainsi que l'arrachage et l'examen de plusieurs pieux nous ont permis de recueillir des données expérimentales que nous estimons intéressantes. En appliquant le procédé des caissons à air comprimé, en substituant au caisson par une tuyauterie hermétique sur laquelle nous adaptons une cloche munie d'une écluse pour l'entrée du béton, nous construisons des pieux «in situ» par air comprimé.

Le rideau imperméable décrit dans ce rapport fut exécuté sur la rivière Cardoner (Province de Lérida, Espagne), pour la construction du barrage de San Pons, et fut terminé le 1^{er} juin 1951. Sa superficie est de 325 m², sa profondeur va jusqu'à 8,7 m.

Les travaux auxquels se rattachent l'essai de charge de Erandio (Bilbao) comprenaient le fonçage de 480 pieux, de 8 à 13 m de longueur chacun, pour une fabrique de machines.

Le second essai de charge se rattache aux travaux du nouvel édifice de la «Comandancia de Marina» de Barcelone, dont les fondations ont nécessité 102 pieux, de 9 à 14 m de longueur. Ces travaux furent terminés en août 1952.

Procédé de construction

Le schéma de la Fig. 1 montre le procédé de construction des pieux. Nous voyons qu'en injectant l'air dans l'enceinte on expulse l'eau et que, de ce fait, le béton est employé toujours à sec. Si le terrain est mou, le béton s'y incruste par l'effet du damage, jusqu'au moment où, la base du pieu étant consolidée, les matériaux restent à l'intérieur du tuyau; on retire alors l'équipement cloche-tuyauterie. La position du béton est cons-

tamment connue car le damage est continu et, en plus, le choc du mouton indique clairement quand, et de combien, la tuyauterie doit être remontée. En répétant les opérations on construit le pieu avec la double sécurité d'imprimer au béton un damage ininterrompu, sauf pour les cas où la tuyauterie est retirée en plusieurs étapes, utilisant comme moule le terrain même, et de réaliser le bétonnage à sec. Sans tenir compte des pertes de temps que peut occasionner le dévissage partiel de la tuyauterie, la vitesse de construction est de 4 à 5 m à l'heure.

Sur la Fig. 2 l'on peut voir le moment du vidage de l'écluse à béton, tandis que l'ouvrier, en haut, au moyen des commandes que l'on aperçoit au-dessus de la cloche, est en train de damer le béton qui vient d'être déversé. Le mouton, de section et de poids adapté au diamètre de chaque pieu, a une forme ogivale tronquée, assurant ainsi la compression verticale, et l'expansion du béton dans le sens horizontal. Nous notons, à titre de renseignement, que nous avons employé un mouton de 500 kg pour les tuyaux de 0,4 m de diamètre intérieur.

Si l'on tient compte du fait qu'un «épongement» du terrain se produit au cours de la perforation, on comprend facilement que le damage du béton, permettant une nouvelle compaction, nous permette d'obtenir des pieux de diamètre très supérieurs à ceux des tubes. Ainsi, avec des tubes de 0,4 m, dans des sables alternant avec du limon, et pour une moyenne de plus de 5000 m de pieux, le diamètre moyen oscille entre 0,56 et 0,58 m. En terrains boueux, la moyenne est de 0,597 m, et, dans certains cas, va jusqu'à 0,65 m. Dans des graviers et sables purs, les diamètres ont été de l'ordre de 0,52 m.

La Fig. 3 montre un pieu mis à découvert au moyen d'un caisson ouvert, et les diamètres moyens à diverses profondeurs.

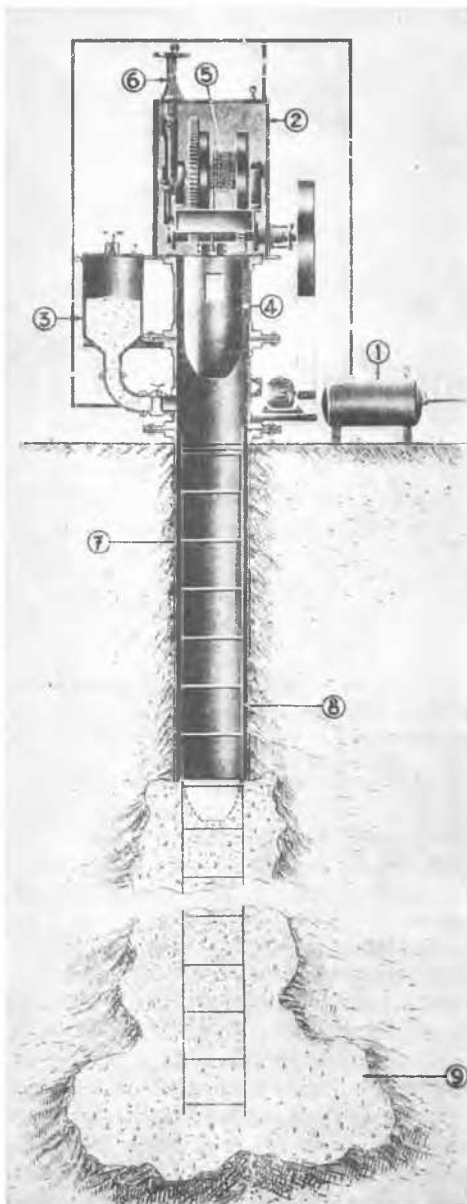


Fig. 1 Schéma du procédé de construction des pieux
Diagram of the Construction Process for Piles

- 1 Air comprimé
Compressed Air
- 2 Cloche
Air Chamber
- 3 Ecluse
Lock
- 4 Damoir
Rammer
- 5 Treuil
Crab
- 6 Commandes du Treuil
Control Crab
- 7 Tuyau
Tube
- 8 Armature
Reinforcing Steel
- 9 Pieu Termine
Finished Pile

tourné par un canal sur la rive gauche. Afin de gagner du temps on commença l'excavation avant que le rideau ne fut achevé, et on abaissa le niveau aval, ce qui produisit une augmentation des vitesses de filtration à l'emplacement du rideau. Au fur et à mesure que la construction du rideau avançait, la dénivellation hydraulique entre l'aval et l'amont s'accroissait, en même temps que se réduisait la surface filtrante, ce qui devait forcément causer une considérable augmentation de la vitesse sur l'emplacement du rideau inachevé. On avisa l'entreprise que,



Fig. 2 Bétonnage d'un pieu
Cement Mixing of a Pile

Nous y observons, à 5 m de profondeur, un bulbe dû à une cavité du terrain. La même proportion se maintient en utilisant des tubes de 0,6 m de diamètre intérieur. On arrive dans certains terrains mous à des pieux d'un diamètre supérieur à 0,85 m.

Application pratique de l'augmentation du diamètre des pieux

Nous citons comme exemple un *rideau imperméable* consistant en une rangée de pieux jointifs, construit comme ouvrage auxiliaire d'un barrage. On a employé pour sa construction des tuyaux de 0,434 m de diamètre extérieur; l'intervalle entre les axes étant de 0,52 m. Le terrain, d'une épaisseur variant de 3,8 à 8,5 m, était formé d'une couche de gravier et de sable comprenant quelques grosses pierres et reposant sur des marnes dures. Les pieux ont atteint la couche de marnes imperméables. Le rideau fut exécuté à 22 m en amont des fondations du barrage; après que le courant superficiel de la rivière eut été dé-

pour fermer le rideau, on aurait à arrêter l'épuisement des eaux aval, afin de ne pas avoir à construire les derniers pieux dans un courant trop rapide. Cependant, par suite d'une confusion, on négligea de suspendre le pompage des eaux aval de sorte que les derniers pieux, y compris celui de fermeture, furent construits à un moment où le niveau de la nappe aquifère, à une trentaine de mètres à l'aval du rideau, se maintenait abaissé de 5,5 m environ. Pendant le bétonnage du dernier pieu, on observa dans certains puits situés à l'amont du rideau que le niveau d'eau s'élevait à mesure qu'avancait la construction du pieu. Alors qu'il restait environ 3 m de pieux à construire la tuyauterie n'était pas serrée par le sous-sol et on pouvait la mouvoir avec facilité, ce qui prouve que le courant d'eau avait complètement entraîné le terrain entre la tuyauterie et les pieux contigus. Le bétonnage du dernier pieu, réalisé dans les circonstances décrites plus haut, exigea un volume de béton correspondant à un diamètre moyen de 0,681 m, alors que pour les autres pieux du rideau la moyenne était de 0,579 m; ce fait

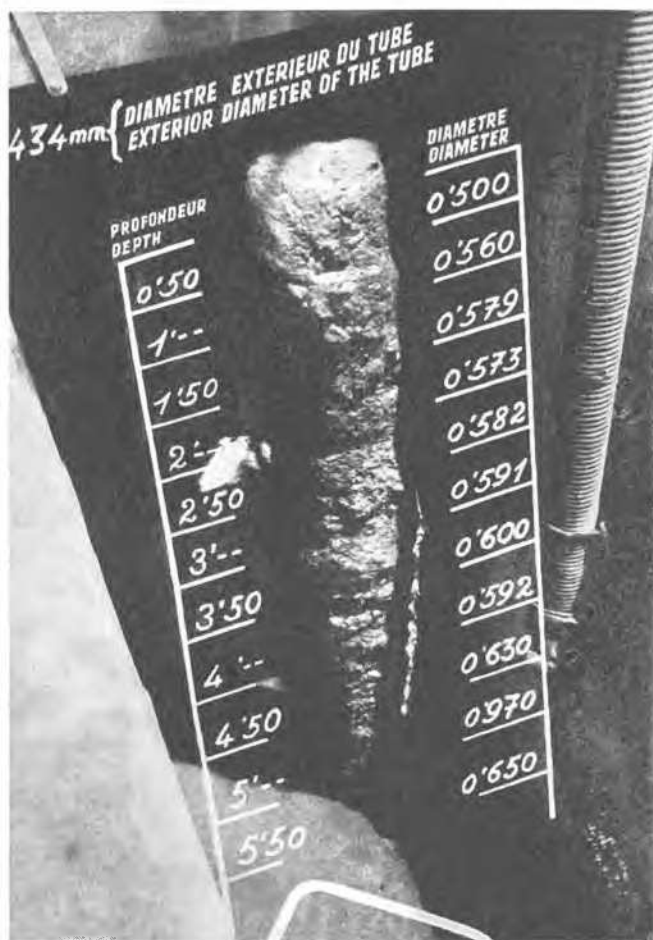


Fig. 3 Pieu et indication des diamètres réels obtenus
Pile and Indication of the True Dimensions Obtained

explique le délavage du terrain déjà signalé, qu'il fallut remplacer par du béton. Lorsque ce pieu fut terminé, c'est-à-dire lorsque le rideau fut achevé, on inonda le terrain en amont, et quelques minutes après l'eau se déversa par dessus le rideau, ce qui constitua la première preuve de l'efficacité de ce dernier. La superficie du rideau construit est de 325 m² et la profondeur varie entre 4,0 et 8,7 m.

En excavant les fondations du barrage on a pu constater que les infiltrations au travers du rideau étaient nulles, à l'exception de la zone de jonction par laquelle filtre une faible quantité d'eau, ce qui est dû, sans aucun doute, aux circonstances dans lesquelles les derniers pieux ont été construits.

Données expérimentales sur la force portante des pieux

Il convient également de considérer l'importance de la rugosité du fût de la colonne. Etant donné que le pieu est entièrement moulé dans le terrain, et que ce dernier joue le rôle d'un moule sans rigidité, il est logique que le pieu se déforme irrégulièrement, ainsi que le montre la Fig. 4 qui représente un pieu construit dans un terrain homogène et mis à découvert au moyen d'un caisson ouvert.

Avec le procédé décrit il est pratiquement impossible que le béton subisse les effets du délavage, comme il arrive fréquemment pour les bétons submergés. Nous indiquons à titre de renseignement qu'au cours d'un essai de rupture à la traction sur un pieu on a obtenu un effort moyen de 13,75 kg



Fig. 4 Aspect d'un autre pieu déterré
View of another Pile Pulled Out

par cm² dans une section de 0,528 m bétonnée à 6 m au-dessous de l'eau. La forme du pieu est lobulaire, un lobule correspondant à chaque éclusée de béton, comme le montre clairement la Fig. 5.

On a contrôlé les résultats de 12 essais de charge dans divers terrains, avec des charges variant entre la charge théorique trouvée par le calcul et son triple. Aucun des pieux soumis aux essais n'atteignit le terrain ferme, la presque totalité de leur fût se trouvant au-dessous du niveau de l'eau. Les charges admissibles avaient été calculées selon la formule de Dörr. Les coefficients ont été introduits dans les calculs sans être obtenus



Fig. 5 Pieu arraché
Uprooted Pile



Fig. 6 Essai de charge à Barcelone
Loading Test in Barcelone

expérimentalement. Les résultats obtenus dans tous les essais de charge sont sensiblement concordants, et, dans tous les cas, les capacités de charge obtenues, aussi bien selon les normes de la «American Association of State Highway Officials» que celles stipulées par le «Building Code of the City of Boston», ils ont été très supérieures à celles que donne le calcul d'après la formule de *Dörr*.

Nous donnons ci-après les résultats de deux essais. Le premier, réalisé à Erandio (Bilbao), à côté de l'estuaire du Nervion, et le second à Barcelone, à proximité du Port, en août 1952 (Fig. 6). Dans les Fig. 7 et 8 la coupe du terrain et la position du pieu soumis à l'essai sont indiquées.

Nous signalons pour conclure qu'après arrachement d'un pieu nous avons relevé des valeurs du frottement latéral présentant, pour cette composante de la portance, les mêmes sécurités par rapport aux valeurs théoriques que celles données par la formule de *Dörr*.

Les travaux décrits dans la présente communication sont publiés avec l'aimable permission des maîtres de l'œuvre: la «Confederació Hidrogràfica del Pirineo», l'Entreprise Basozabal, S. A. et le Ministère de la Marine et grâce à l'obligeance de l'Entreprise «Cimentaciones Técnicas S. L.» à Barcelone.

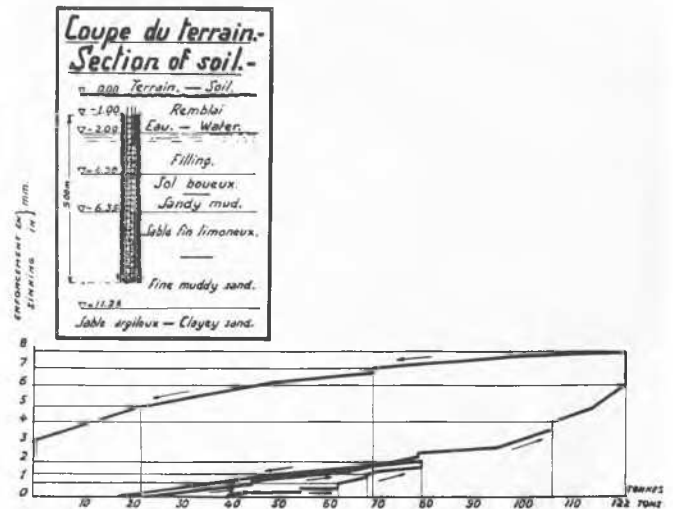


Fig. 7 Essai de charge à Erandio
Loading Test in Erandio

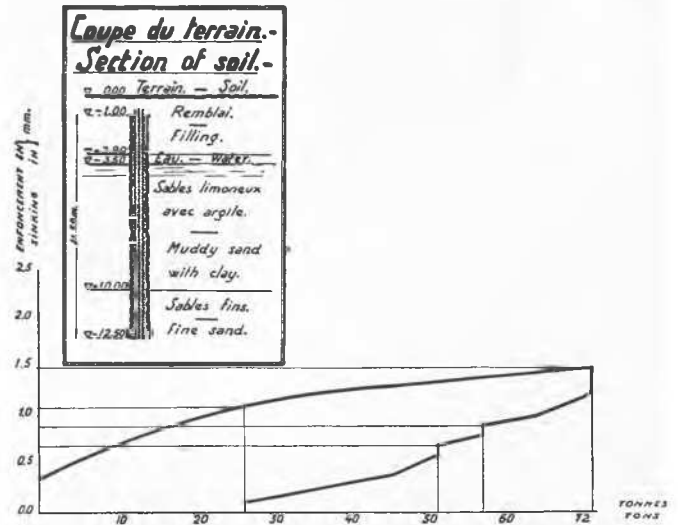


Fig. 8 Essai de charge à Barcelone
Loading Test in Barcelone