Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 97 (1971)

Heft: 8: Foire de Bâle, 17-27 avril 1971

Artikel: Obeservations des tassements lors du préchargement d'un sol limoneux

Autor: Rabinovici, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-71195

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: 05.08.2025

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

Observations des tassements lors du préchargement d'un sol limoneux[1]

par A. RABINOVICI, Dr ing., Pully

Deux ouvrages — une halle industrielle et un réservoir à huile — sont à construire dans une région de dépôts sédimentaires compressibles d'origine postglaciaire. Ces ouvrages, en constructions métalliques, ont les dimensions de 40 m × 140 m et de 20 m de diamètre. Les charges transmises au sol sont de 5 t/m² et de 10 t/m² respectivement. Sur la base des essais œdométriques, les tassements ont été évalués à 2-3 décimètres. Ces tassements ont été provoqués au préalable par un préchargement du sol. Cette contribution rend compte de l'expérience faite lors du préchargement et analyse les aspects géotechniques liés au problème des tassements.

Description du sol et problèmes de fondation

Les forages exécutés jusqu'à 16 m de profondeur ont mis en évidence deux couches distinctes :

— une couche supérieure de silt argileux légèrement organique avec des poches isolées de tourbe, de 6 à 7 m d'épaisseur

— une formation sous-jacente de sable et gravier, de compacité moyenne avec des intercalations secondaires de silt argileux.

Les charges transmises par les ouvrages et les détails des remblais provisoires sont donnés sur la figure 1.

Le profil du sol et les caractéristiques géotechniques sont représentés sur la figure 2 et tableau 1.

TABLEAU 1

Caractéristiques géotechniques

Echantillon	γ t/m³	e	ω %	ω_L %	ω_P %	I_P %	τ_f * kg/m²	C_c
1	1,65	1,49	50	45	30	15	0,30	0,14
2	1,84	0,92	35	42	27	15	0,50	0,08
3	2,08	—	17	—	—	—	—	—

* déterminé par le vane test

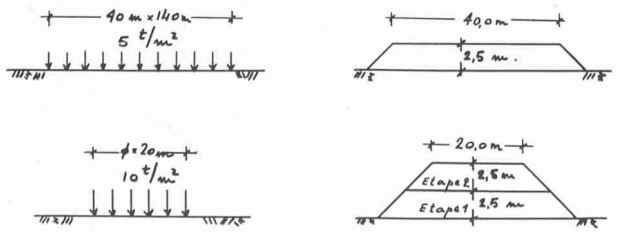


Fig. 1. — Charges transmises par les ouvrages et détails des remblais provisoires.

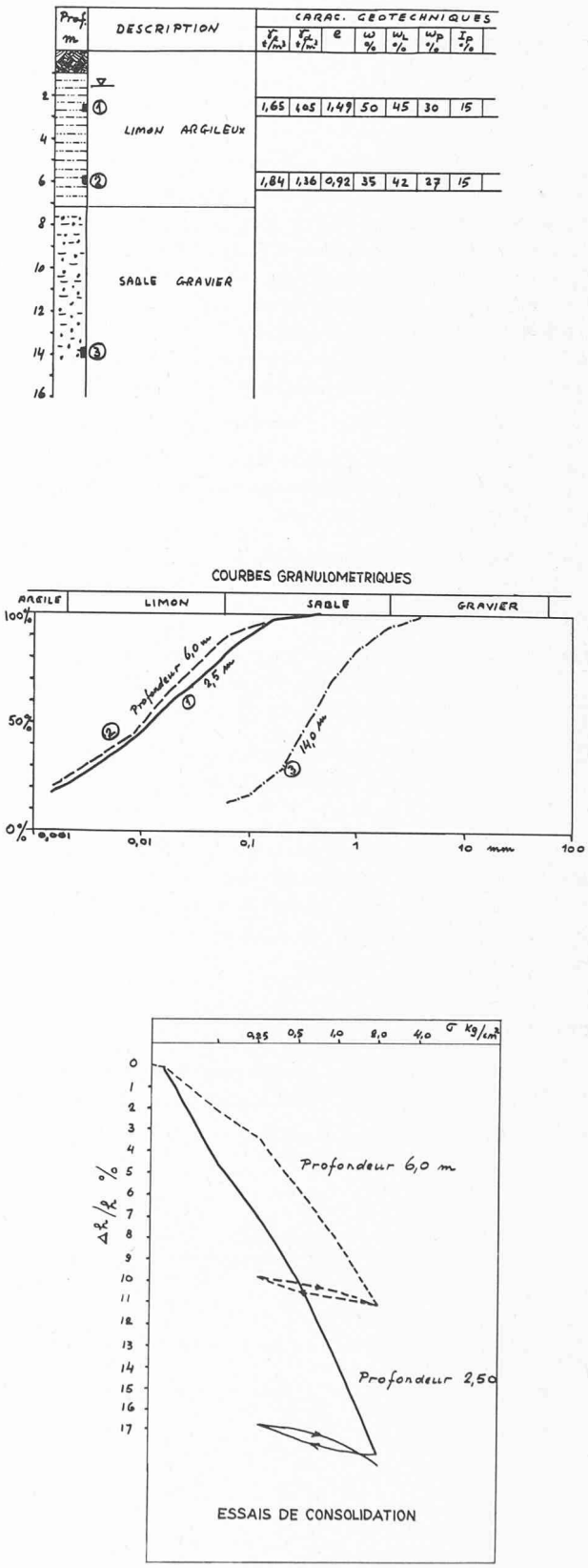


Fig. 2. — Profil du sol et caractéristiques géotechniques.

[1] Exposé présenté à la réunion d'automne 1970 de la Société suisse de mécanique des sols et des travaux de fondation (Zurich, 5 novembre 1970).

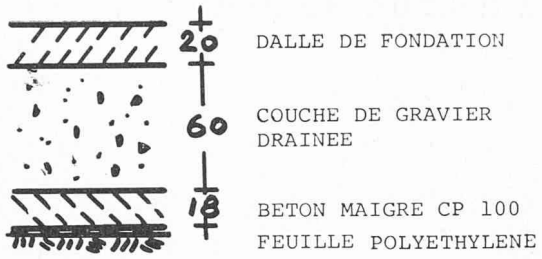


Fig. 3. — Détail de la fondation.

On a calculé des tassements de 20÷30 cm sur la base des essais œdométriques et en supposant que les déformations se produiront uniquement dans la couche supérieure. Si la construction métallique en soi pouvait supporter ces tassements ainsi que des tassements différentiels, les déformations de la dalle de fondation avec les installations devraient rester dans les limites fixées par le maître d'ouvrage. Deux types de fondations ont été considérés :

— fondation sur pieux d'environ 10 m de profondeur

— fondations superficielles, après la provocation des tassements par un préchargement égal aux charges de service des constructions.

Pour des raisons économiques, le choix a été porté sur la deuxième solution. Les opérations sur le chantier se sont déroulées selon le programme suivant :

Halle : chargement de la surface par 2,5 m de sable-gravier (5 t/m²) pendant trois mois. Observations des tassements durant cette période ainsi qu'après la décharge.

Réservoir : préchargement en deux étapes (2,5 m chacune) pendant trois mois et mesures de tassements durant cette période.

Il a été décidé également de poursuivre les tassements des constructions après l'application des charges de service.

Il s'agit donc des essais de charge en vraie grandeur dont les résultats sont donnés et discutés dans les chapitres suivants.

Fondation

Le système de fondation adopté pour la halle industrielle est donné sur la figure 3. Cette fondation a été réalisée en deux étapes.

Etape 1

1. Excavation de la couche supérieure d'environ 1 m de profondeur.
2. Mise en place d'une feuille de polyéthylène de 0,1 mm d'épaisseur.
3. Mise en place d'une couche de béton maigre de 18 cm d'épaisseur (CP 100) par la méthode de « mix in plant ».
4. Mise en place d'une couche de gravier de 60 cm d'épaisseur (y compris le drainage).
5. Mise en place d'un remblai pour le préchargement.

Etape 2 (après le préchargement)

1. Enlèvement du remblai jusqu'au niveau inférieur de la dalle de fondation.
2. Bétonnage de la dalle de fondation (20 cm.).

L'épaisseur de la fondation a été fixée en tenant compte de la profondeur de pénétration du gel et des conditions de travail sur le chantier. La fonction de la feuille de polyéthylène est d'empêcher le mélange du béton maigre avec la terre. Le béton maigre devrait assurer la circulation des engins pendant l'emplacement du gravier et du système de drainage.

Tassements

Avant l'exécution des remblais, un réseau de repères (tuyaux en ciment) a été implanté sur les deux surfaces à charger.

Les mesures ont commencé dès la mise en place du remblai.

Les tassements mesurés sont représentés sur deux coupes transversales (fig. 4). Les valeurs maximales enregistrées sont indiquées dans le tableau 2.

TABLEAU 2

Halle 40 m × 140 m		Réservoir ⌀ = 20 m	
charge t/m²	tassement max. (cm)	charge t/m²	tassement max. (cm)
5	20	5	20
		10	52

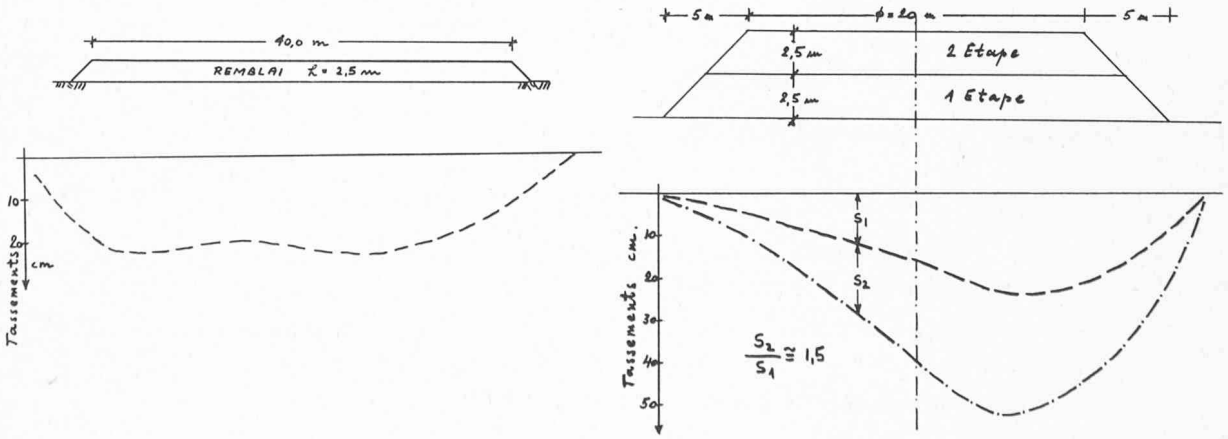


Fig. 4. — Profils des tassements.

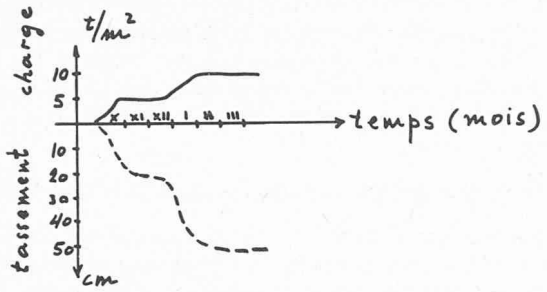


Fig. 5. — Diagramme tassement-temps.

a) calculé
b) mesuré

Les constatations suivantes découlent de l'examen des profils de tassement :

1. Un tassement de 20 cm s'est produit lorsqu'une charge de 5 t/m² a été appliquée sur deux surfaces de formes essentiellement différentes (40 m de largeur et 20 m de diamètre).
2. Le profil des tassements se présente sous forme de cuvette. Aux bords des surfaces chargées, le tassement représente, en gros, la moitié de la valeur dans la région centrale.
3. En dehors des surfaces chargées, les tassements sont pratiquement nuls. Des soulèvements n'ont pas été enregistrés.
4. La charge appliquée sur la surface circulaire est la même pour les deux étapes (5 t/m²). Cependant, les tassements mesurés durant la deuxième étape sont de 50 % supérieurs à ceux mesurés durant la première étape de préchargement (32 cm par rapport à 20 cm. Voir figure 4).

L'évolution des tassements dans le temps pour un des témoins de la surface circulaire est représentée sur la figure 5. Ce diagramme permet de formuler les remarques suivantes :

1. Dans un intervalle d'environ 1 mois après l'application de la charge, la consolidation semble être achevée. (Tout au moins la consolidation primaire).
2. Le gradient des tassements durant la deuxième étape est plus grand que le gradient correspondant durant la première étape (voir les pentes des deux branches du diagramme tassement-temps).

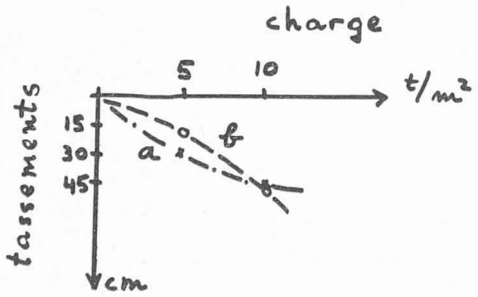


Fig. 6. — Diagramme charge-tassement (surface circulaire).

a) calculé
b) mesuré

Discussion des résultats

L'analyse qui suit se réfère aux résultats obtenus lors du préchargement de la surface circulaire.

La relation entre les tassements et les charges est représentée sur la figure 6.

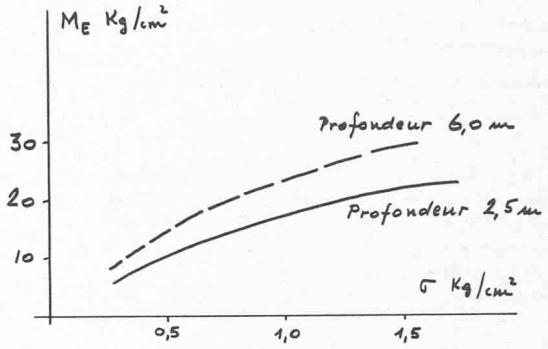


Fig. 7. — Variation des modules M_E avec la pression (essais œdométriques).

On remarque que les valeurs des tassements mesurés se situent sur une courbe (courbe b) dont l'allure est opposée à la courbe des tassements calculés en partant des essais œdométriques (courbe a). Cette constatation en soi témoigne de la nature complexe du processus de tassement. En fait, après la première étape de préchargement, on s'attendait à une amélioration du sol et par conséquent, durant la deuxième étape à un tassement inférieur à celui de la première étape. Dans l'état de nos connaissances, le mécanisme des tassements n'est que partiellement connu. Les facteurs qui interviennent sont complexes et se prêtent mal au traitement analytique. Néanmoins, l'influence de quelques-uns de ces facteurs sera brièvement discutée.

a) *Les inconvénients de l'essai œdométrique*

Dans les conditions de l'essai œdométrique, tout déplacement latéral est empêché. Cet essai nous renseigne uniquement sur les déformations de volume. Les modules de déformabilité M_E augmentent avec l'augmentation de la charge appliquée, ainsi qu'en témoigne la figure 7.

Cependant, nous savons que la contrainte tangentielle ou le déviateur contribue également à la formation des tassements. Le déviateur cause le changement de forme ou la distorsion qui est accompagnée par un déplacement latéral. Des déplacements latéraux, même minimes, entraînent une réduction des modules de déformabilité (Haefeli 1963). Il est également connu (de Beer 1964) que durant la consolidation l'influence du déviateur augmente avec l'augmentation de la charge appliquée. Pour de petites charges, le tassement est dû essentiellement à la compression.

b) *La dépendance de la contrainte tangentielle avec le temps.*

A la fin de la consolidation, la résistance au cisaillement d'un sol doit augmenter. En éliminant l'eau interstitielle, l'indice de vides diminue, le volume se réduit, le sol devient plus compact. Toutefois, durant la consolidation, on a mis en évidence une dégradation de la résistance au cisaillement à cause de la durée de la charge (Schmid et Kitago 1965). Il s'agit d'un processus de compensation qui dépend des propriétés rhéologiques des sols. Dernièrement, une

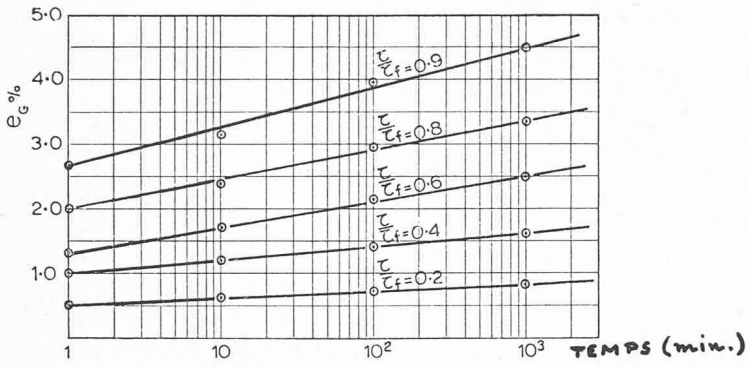


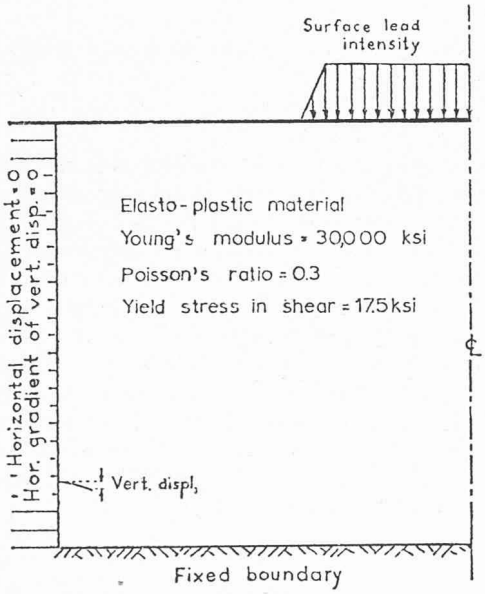
Fig. 8. — Relation entre la composante horizontale de la déformation due au cisaillement et le temps (selon Hanrahan et Mitchell 1969).

e_G = Déplacement horizontal unitaire
τ = Contrainte tangentielle appliquée
τ_f = Résistance au cisaillement

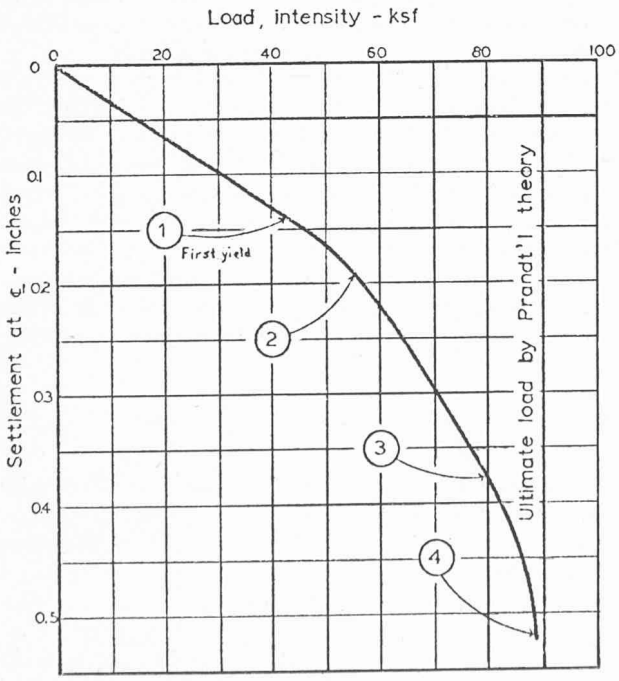
contribution intéressante (Hanrahan et Mitchell, 1969) nous renseignait sur la dépendance de la déformation horizontale due à la contrainte tangentielle avec le temps (fig. 8). Au fur et à mesure que la valeur de la contrainte tangentielle approche la valeur de rupture, le déplacement horizontal augmente.

c) *Formation des zones plastiques*

Dans un massif de sol, des zones en équilibre plastique prennent naissance quand la contrainte tangentielle induite est égale à la résistance au cisaillement. Dans le cas d'un remblai dont la largeur est plusieurs fois supérieure à sa hauteur, la contrainte tangentielle maximale se produit dans la zone centrale de la surface chargée et à une profondeur d'environ 1,8 fois la hauteur du remblai. Par conséquent, si des zones plastiques se forment, elles auront leur point de départ dans la région centrale de la surface chargée. Le développement des zones plastiques en fonc-



Details of problem to be analysed.



Computed load-settlement relation.

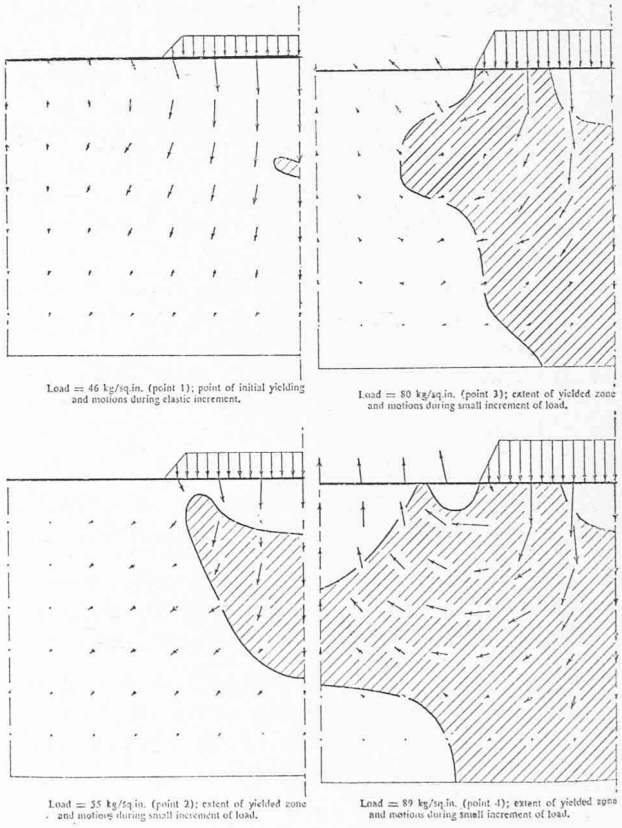


Fig. 9. — Formation des zones en équilibre plastique (selon Whitman 1965).

tion de la charge est donné sur la figure 9. Sur la même figure on remarque les directions des vecteurs de déplacements qui accompagnent les zones plastiques. En conclusion, l'apparition des zones plastiques entraîne des déplacements latéraux, et par conséquent, des tassements supplémentaires.

d) *Consolidation primaire et secondaire*

Selon le diagramme tassements-temps obtenu, on peut penser que la consolidation primaire après chaque étape de préchargement est terminée. La consolidation secondaire n'a pas été clairement mise en évidence. De ce point de vue, il faut supposer qu'après la mise en place de la deuxième étape de préchargement, les effets des deux charges se superposent et peuvent contribuer à augmenter les valeurs des tassements escomptés.

Conclusions

Le préchargement de la couche compressible par un remblai de 2,5 et 5 m de hauteur (et de 10 t/m^2) provoque des tassements de 20 et 52 cm. Le temps de la consolidation primaire est d'environ 1 mois. L'essai montre la complexité du processus des tassements lors de l'application des charges sur de grandes surfaces. L'influence de quelques-uns des facteurs qui peuvent intervenir dans ce processus a été analysée.

BIBLIOGRAPHIE

1. E. DE BEER (1965) : *The scale effect on the phenomenon of progressive rupture*. Sixième Congrès international de mécanique des sols, Montréal.
2. P. VON SOOS (1976) : *Das Setzungs- und Verformungsverhalten von Böden*. VDI Zeitschrift Nr. 8, Band 109.
3. J. B. BURLAND (1969) : *Deformation of soft clay beneath loaded areas*. Septième Congrès international de mécanique des sols, Mexico.
4. E. T. HANRAHAN et J. A. MITCHELL (1969) : *The Importance of shear in consolidation*. Septième Congrès international de mécanique des sols, Mexico.
5. R. HAEFELI (1963) : *Beitrag zur Bestimmung der Zusammendruckbarkeit des Bodens in Situ*. Europäische Baugrundtagung Wiesbaden.
6. L. CASAGRANDE (1964) : *Effect of preconsolidation on settlements*. Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, Proc. ASCE, vol. 96, SM 5.
7. R. V. WHITMAN (1965) : *Discussion*. Sixième Congrès international de mécanique des sols, Montréal.
8. W. E. SCHMID et S. KITAGO (1965). *Shear strength of clays and safety factors as a function of time*. Sixième Congrès international de mécanique des sols, Montréal.

Adresse de l'auteur :
A. Rabinovici, 47, route de Vevey, 1009 Pully

Bibliographie

L'Informathèque, nouvelle collection publiée sous la direction de *J.-L. Groboillot*, professeur, directeur du Centre de calcul de la Chambre de commerce et d'industrie de Paris, Conseil à l'Institut d'étude et de mesure de la productivité, et *J.-M. Dethoor*, ancien élève de l'Ecole polytechnique, professeur, adjoint au directeur du Centre de calcul de la Chambre de commerce et d'industrie de Paris, ingénieur-conseil. Paris 1er (4, rue Cambon), Entreprise moderne d'édition.

Il fallait une collection d'informatique de gestion. L'Entreprise moderne d'édition lance l'Informathèque, qui regroupe quatre séries d'ouvrages destinés aux cadres et aux étudiants.

L'originalité de la collection réside dans sa conception très pédagogique. Les développements théoriques ont été réduits au minimum, pour laisser une large place aux exemples commentés. Chaque chapitre forme une unité logique correspondant à la rédaction et à l'exécution d'un programme. Des exercices suivis de corrigés sont proposés dans chaque chapitre. Le lecteur est maître du rythme de son travail. Il évalue lui-même ses progrès. Chaque ouvrage offre ainsi une initiation, une expérience pratique et la possibilité de maîtriser le sujet traité.

— Aux cadres, ces livres permettront d'assimiler les connaissances de base et de se familiariser avec les données concrètes de l'informatique, désormais au service des techniques de production, de vente, d'organisation et de direction de l'entreprise.
— Les étudiants en gestion apprécieront des ouvrages conçus par de jeunes professeurs, et parfaitement adaptés aux nouvelles orientations de l'enseignement.
— Aux informaticiens, l'*Informathèque* donne le moyen d'étendre leurs connaissances aux domaines de la gestion.

Les neuf premiers volumes, au format 21 × 23 cm, viennent de paraître :

LES LANGAGES (Série jaune)

La pratique d'un langage est avant toute chose un ensemble de réflexes conditionnés : il en est de même pour le langage informatique. La méthode active, qui a été adoptée dans ces ouvrages, permettra d'acquérir aisément les réflexes nécessaires. Au prix d'un apprentissage rapide, c'est l'accès à l'utilisation de l'ordinateur qui est ainsi offert au lecteur.

— **PL/1 — Initiation pratique,** par *J.-E. Forge, G. Laurent,*

Les résines de synthèse dans la construction (Synthetic resins in building construction). Colloque de la RILEM (Paris, 4-6 septembre 1967), volume 1. Paris, Editions Eyrolles, 1970. — Un volume 16 × 25 cm, XXXVI + 476 pages, 272 figures et 133 tableaux. Prix : relié, 132 F.

Cette importante publication réunit les rapports présentés au Colloque international de la RILEM organisé à Paris en septembre 1967. Ce fut là sans doute la première confrontation d'importance de travaux dont les résultats n'étaient pas encore, à quelques exceptions près, sortis des laboratoires où physiciens et chimistes préparent les innovations de demain.

Nous sommes, en effet, au début d'une utilisation de plus en plus intense des résines synthétiques dans la construction. Pleines de promesses il y a quelques années, de nouvelles techniques commencent à voir le jour. Les tentatives ont d'abord été timides, sporadiques, puis elles sont devenues plus cohérentes, et chacun parmi les chercheurs et les constructeurs est maintenant intéressé par ce nouveau vent qui se lève.

Nous nous trouvons en face d'un domaine neuf et infiniment varié, nous venons juste d'aborder ce monde qui paraît riche de possibilités ; il peut ouvrir la porte à des découvertes qui concerneront l'art de bâtir. A l'allure où marche le progrès technique, ce peut être une évolution qui pourra marquer les prochaines décades.

L'ensemble des rapports publiés dans l'ouvrage, en français ou en anglais, donne l'idée la plus juste de cette évolution.

Ce premier volume contient 37 rapports regroupés en deux thèmes distincts :

— *Bétons et portiers, amélioration par addition de résines ;*
— *Bétons et mortiers sans ciment.*

Le second volume (640 pages, 44 rapports) traite des *structures, des assemblages et des armatures*, ainsi que du *rôle des résines dans la protection et la réparation des structures.*