

# Session VII

Consolidation

Consolidation

Konsolidation

La séance est ouverte à 9 heures  
sous la présidence de M. BOKHOVEN.

M. LE PRESIDENT

Messieurs, j'ai le plaisir d'ouvrir la VII<sup>e</sup> session du Colloque qui va traiter de la consolidation. A mes côtés se trouvent le Professeur Gielly de l'Institut Universitaire de Technologie de Lyon et M. Vautrain du Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Rouen.

Les communications sont des communications franco-néerlandaises, il y en a deux de France et deux de Hollande.

Les communications françaises d'une part et celles de Hollande d'autre part sont plus ou moins caractéristiques des problèmes qui se posent en construisant un remblai dans le sol. En France, souvent, il est question de sous-sol peu compressible ; aussi le problème est-il situé dans la variété du remblai, souvent composé de sols non saturés et de faible perméabilité. Dans ce cas, la consolidation du remblai peut durer très longtemps.

Une accélération de la consolidation est possible en disposant des nappes de textile non tissé horizontalement sur toute la surface du remblai et en faisant alterner des couches de sol et des nappes de textile.

Par contre, aux Pays-Bas, le sous-sol est souvent très compressible et peu perméable et la réalisation de remblais comporte des tassements considérables ; des tassements de 75 % de la hauteur du remblai et même plus ne sont pas rares dans l'Ouest de la Hollande.

Contrairement à la situation en France, la qualité du remblai ne pose aucun problème étant donné qu'il y a assez de sable dans la zone du delta du Rhin et de la mer et que le prix de ce matériau livré au chantier a été acceptable jusqu'à présent.

Donc, ici, le problème se pose dans le sous-sol et pas dans le remblai.

La question d'accélérer la consolidation du sous-sol a été résolue depuis environ 1955 lorsque l'on a installé, sur une très grande échelle, des drains verticaux à faible distance qui se présentaient

sous forme de pieux de sable.

De plus, depuis 1972, des bandes drainantes de différentes largeurs ont été appliquées avec succès. Le matériau de ces bandes consiste en textile non tissé.

Donc, dans la publication française il est question de drains horizontaux et dans celle de la Hollande de drains verticaux.

On peut considérer symboliquement aujourd'hui que deux routes d'écoulement d'eau se croisent et j'espère qu'elles se rencontrent pour une discussion utile.

Maintenant je vais dire à M. Termaat de venir à la tribune pour présenter sa contribution concernant les essais de drains verticaux en Hollande.

\* \* \*

Test areas with several vertical drainage systems on state highway n°19 at Schipluiden, The Netherlands

Communication présentée par M. TERMAAT

\* \* \*

M. LE PRESIDENT

Merci M. Termaat. Je vais demander à M. Risseeuw de nous faire le deuxième exposé hollandais.

\* \* \*

Construction on compressible saturated sub-soils with the use of non-woven strips as vertical drains

Communication présentée par M. RISSEEUW

\* \* \*

M. LE PRESIDENT

Merci M. Risseeuw. Je vais demander à M. Cordary de prendre la parole.

\* \* \*

Etude théorique du rôle des drains textiles dans la consolidation des remblais

Communication présentée par M. CORDARY

\* \* \*

M. LE PRESIDENT

Merci M. Cordary. Enfin M. Didier va nous faire le

quatrième exposé.

\* \* \*

Utilisation des produits non-tissés pour le drainage

Communication présentée par M. DIDIER

\* \* \*

M. LE PRESIDENT

Merci M. Didier.

Il y a un certain nombre de questions.

Questions de M. OLVER à M. TERMAAT

- 1) What is the relative cost of "Colbond" drainage-system and conventional sanddrains?
- 2) Is there a saving in installation time for the Colbond-system?

M. TERMAAT

1) We have only experience with the price levels in Holland. For a large job, more than 100.000 linear meter, and for length of the drains up to 10 m the cost of the AV-Colbond drain is about 10 - 15 % more than those of a sanddrain. Therefore there are the extra advantage in favour of the AV-Colbond drainage-system :

- No special drainage sand is needed.
- Installation of the drains requires only a small quantity of water, thus avoiding softening of the subsoil and smudging of the ground-surface.
- The drain has a high tensile strength.
- If horizontal displacement takes place

with settlement it continues to function properly, because the drain can take deformations.

If the length of the drains is more than 10 m the sanddrain becomes more expensive than the AV-Colbond drain and less reliable. The price level at this moment is 6 to 7 Dfl a linear meter installed. We expect that outside of Holland often the cost of sanddrains are higher due to absence of coarse sand locally. Then the AV-Colbond drains will be the most economical ones. For countries where no coarse sand is available the AV-Colbond drain can be more easily brought in, e.g. 100.000 linear meter can be stacked in one container.

2) There is a considerable saving in installation time. With each rig 6.000 to 8.000 linear meters of AV-Colbond drain per week can be installed.

#### Question de M. PRINZL à M. TERMAAT

Die dargestellten Setzungskurven zeigten, dass im Boden noch immer Sekundärsetzungen und Kriechsetzungen aufgetreten sind. Meine Frage ist folgend : Haben Sie für Ihre Versuche nur die zukünftige Belastung oder eine höhere Last verwendet. Wir haben bei ähnlichen Problemen, - der Boden dürfte allerdings etwas besser bewesen sein, da die Setzungen bis ca 100 cm betragen - einen guten Erfolg mit Sanddrains, Entfernung 2,5 x 2,5 m und einer Mehrauflast von 30%, gute Erfolge gehabt. Nach 6-12 Monaten konnte die Mehrauflast abgetragen werden und es trat keine weitere Setzungen mehr auf. Haben Sie auch ähnliche Erfahrung gemacht ?

#### M. TERMAAT

Wir haben nur die zukünftige Belastung aufgebracht. Nach die Erfahrungen in Holland sind sehr gute Erfolge erreicht beim Anwendung einer Mehrauflast. Man hat mehr Kosten durch Sandtransport, aber durch die forcierte Setzung hat man nachher kaum noch Setzungen.

#### Question de M. TORSTENSON à M. TERMAAT

#### Question regarding the equivalent diameter

of a strip-drain : The author concludes that it is more suitable to use a wide drain-strip compared to a smaller one. To my opinion it is not that simple to assume that the equivalent diameter is equal to the perimeter divided by  $\pi$ . When determining the value of the equivalent diameter we have to take into account the disturbance of the soil due to the installation of the drains. That is, the bigger the drain the bigger the disturbance, which will lead to a reduction of the equivalent diameter. The influence of the disturbance-effect due to installation is to my opinion clearly demonstrated by the results from tests on highway no. 19 outside Delft, which were presented by Termaat. In these tests it is demonstrated that the draining effect of the 10 cm wide Geodrain is the same as that of the 30 cm Colbond. It is my opinion that this result is mainly explained by different disturbance effects during installation of the drains.

#### M. TERMAAT

The investigations and analyses of R.A. Barron (1) have proven that the equivalent diameter of drains is a very important parameter. According the method described by Tchebotarioff (2), the distance between a 10 cm wide strip (Geodrain) should be 1,2 m in comparison with a distance of 2 m between a 30 cm wide strip (AV-Colbond-drain). The influence on the above mentioned figures, due to the disturbance of the soil surrounding the drain and by the way of installing the drain, is in Holland an unknown phenomenon and is just now an item of further research. The method by which the lance is brought down by a static pressure or by a vibrator is in our opinion the worst system, this is due to the so called "smearing" effect, by which the permeability of a thin layer, which was in contact with the lance during the installation and withdrawing, may decrease substantially. During the jetting process the finest particles of the soil cylinder lining around the lance are washed out, so the permeability of the soil, which afterwards is in contact with the drain, is improved. Also the smearing effect can not occur. The tests on highway no. 19 outside Delft show that the drainage capacity of the 30 cm wide AV-Colbond drain is only a little better than that of the 10 cm wide Geodrain. In our opinion this is caused by the fact that the Geodrain was brought in by traditional sanddrain equipment, making holes with jetting a diameter of 25 cm to install the drains. A larger part of this hole becomes filled with sand, due to the fact that the top blanket consists of sand that falls into the hole during and after installation.

In the second place we all regret that the original set-up for the testside near Delft, i.e. to raise a surcharge of 8 m of sand within 6 months could not be realized, but took approximately 2,5 year. Due to the fact that the thickness of the cohesive layers is only about 6 m, it makes it very difficult now even to compare the drained sections with the blancs.

- (1) Ref : Trans. ASCE, Vol. 113, pp. 718-754, (1948).
- (2) Chapter 6 of his book "Soil Mechanics, foundations, and earth structures".

#### M. LE PRESIDENT

Un commentaire de M. Eilenberg ; je propose qu'il monte à la tribune.

#### M. EILENBERG

Mesdames, Messieurs, je fais référence à la première conférence de ce matin où l'on a fait une comparaison entre diverses zones d'essais avec des drains sable, des drains colbond, des géodrains, avec des espacements variés, et, à titre de comparaison une zone sans drainage vertical.

Si vous regardez les résultats de la zone 2 avec des drains sable et la zone voisine sans drains verticaux, vous observerez que les tassements, pour une période de temps identique, sont très voisins ou presque identiques ; ce qui, à mon avis, indique qu'il n'y avait aucun intérêt à faire des drainages verticaux même avec du sable dans une de ces zones.

Ceci n'est pas exceptionnel dans les sols stratifiés des deltas où la masse du sol, très souvent, est de plusieurs ordres de grandeur supérieure aux valeurs que nous obtenons par les essais de laboratoire car il y a des lentilles ou des couches de sable ou de limon incluses et leur minceur est telle qu'il faut beaucoup de soin en laboratoire pour déceler leur présence.

Dans des situations de ce type, de l'argent et du temps pourraient être économisés si, au lieu de placer des drains verticaux, l'on introduisait des membranes isotropiques sur le sous-sol avant de remblayer.

Si vous regardez la conférence, vous observez qu'il a fallu plusieurs années pour arriver à un remblai

à bonne hauteur. La raison en était que la résistance au cisaillement du sol avant la consolidation était trop faible pour résister à un effondrement si l'on montait trop vite à la hauteur du remblai prévu ; la membrane augmenterait la résistance à l'écrasement par cisaillement jusqu'à ce que le sol se soit consolidé suffisamment ; l'épaisseur et la force de la membrane seraient nécessaires temporairement seulement jusqu'à ce que le résultat soit obtenu. Cela veut dire que, ou bien les hauteurs de remblai pourraient être augmentées pour chaque phase de chargement ou encore, que les intervalles entre les phases de remblai pourraient être raccourcis et, de plus, que les dispositifs anti-écrasement que l'on installe pourraient être ou supprimés ou réduits en largeur mais, hélas, je ne connais aucune théorie utilisable pour des concepteurs permettant de prédire l'ampleur de cet effet.

C'est un domaine où je proposerai que les spécialistes de la mécanique des sols apportent une contribution utile à la fois aux fabricants de textile et aux concepteurs de remblais.

#### Question du Prof. DE BEER à M. TERMAAT

In the slides showing in a semi-log diagram the settlements versus time, for the cases of no-drain or drains with given distances, it appears that by placing drains, the gain of time for obtaining full hydrodynamic consolidation is rather limited. Can the author comment on that problem, which of course is independent of the system of drain used ?

Can also the author comment on the effect of drains on the secondary settlements ?

#### M. TERMAAT

Monsieur le Président, je ne vois pas très bien ce que veut dire le Professeur de Beer dans sa première question. Je crois que le tassement hydro-dynamique est un peu raccourci par l'utilisation de drains verticaux mais ce n'est pas exactement une limite. En théorie, le tassement se fait.

En ce qui concerne les couches plus épaisses de limon, nous en avons tenu compte dans nos calculs. Pour les couches minces dans le sous-sol comme les petites couches de sable très minces, nous avons utilisé des forages continus et n'avons pas observé de couches minces.

M. de Beer dit aussi qu'il n'est pas nécessaire d'utiliser, dans ce cas, des drains verticaux. Mais lorsque nous avons des couches plus épaisses de limon souple, soit une épaisseur de 20 m de couche souple, le rôle des drains verticaux est beaucoup plus important que lorsque vous n'avez que 5 ou 6 m

de sol souple de faible portance.

Je crois que le Professeur de Beer voudrait répondre.

M. DE BEER

Je pense que la question était identique à celle concernant la conférence précédente. Nous étions surpris par la faible différence entre la courbe de tassement sans drains et la courbe de tassement avec drains. Il apparaît donc que l'effet des drains, dans ce cas particulier et à cet endroit, n'était pas aussi important et la question est donc identique à celle adressée à l'orateur précédent.

Est-ce que cela vaut la peine de mettre en place des drains pour obtenir de faibles résultats lorsque l'on a des couches de 6 m d'épaisseur et, cela, sur des distances de 2, 3 mètres ?

M. LE PRESIDENT

Il y a tellement de questions que je propose que la discussion entre le Professeur de Beer et Monsieur Termaat se poursuive par la suite.

Question de M. RATHMAYER à M. RISSEEUW

How is the anchorage of the "Colbond" drain at the desired depth performed ?

M. RISSEEUW

Trois ou quatre méthodes existent dans la pratique ; en fait les drains s'ancrent eux-mêmes rapidement dans le sol. J'ai mis une petite bande d'acier au fond du drain, ce qui est suffisant pour le mettre en place. J'ai vu un autre système pratiqué, un petit capuchon était placé au bas de la lance pour éviter que le sable ne pénétre dans la lance et ce capuchon servait d'ancrage. J'ai vu des cas où l'on faisait simplement un noeud sur la bande et cela suffisait, de par le frottement, à maintenir le drain en place.

Questions de M. CAUSERO à MM. CORDARY et DIDIER

1) Avez-vous vérifié vos calculs par des essais in situ ?

2) Que pensez-vous des risques de colmatage probablement plus importants que l'épaisseur ou la perméabilité du non-tissé ?

MM. AURIAULT, CORDARY, GIROUD, GOURC

1) Nous n'avons pas vérifié nos calculs par des essais in situ mais nous espérons bien avoir l'occasion de le faire.

2) Le colmatage est un risque important vis-à-vis du bon fonctionnement des drains textiles. Nous en faisons actuellement une étude détaillée à partir d'essais de laboratoire et de prélèvement dans des nappes in situ. Cette étude permettra de dire dans quelles conditions il y a ou non colmatage. Celui-ci ayant pour conséquence de modifier la perméabilité (essentiellement la perméabilité normale) il est très important d'étudier les effets de la variation de la perméabilité sur le fonctionnement du drain. (On peut également considérer que le colmatage a pour conséquence une réduction de l'épaisseur efficace du drain, la partie colmatée ayant une perméabilité voisine de celle du terrain à drainer).

MM. DIDIER ET GIELLY

1) Nous n'avons pas encore pu vérifier nos conclusions théoriques sur un cas réel en vraie grandeur. Cette vérification, indispensable à la poursuite de notre étude, figure dans notre programme de recherche mais elle ne pourra se faire que lorsque le financement en sera trouvé.

2) Des essais de colmatage de nappes de non-tissés placées au contact d'un sol, lui-même mis en place par compactage dynamique ou statique, ont été réalisés ; les résultats figurent dans le rapport de recherche du L.P.C. n°54 de M. BOURDILLON.

A titre d'exemple, pour le produit A, polué par une argile de limite de liquidité  $W_L = 43 \%$  et indice de plasticité  $I_P = 19$ , on obtient une réduction de la perméabilité d'environ 6 fois dans le cas d'un compactage dynamique à l'énergie du Proctor Normal et pour une teneur en eau initiale de 35 %, ainsi que dans le cas d'un compactage statique pour une teneur en eau initiale de 70 %.

Questions de M. KHAY à M. DIDIER

- a) Avez-vous un ordre d'idée du degré d'anisotropie entre  $k_{\text{vertical}}$  et  $k_{\text{horizontal}}$  du textile pour une valeur donnée de pression ?
- b) Pensez-vous que l'épaisseur du textile peut pallier à cette anisotropie ?

MM. DIDIER et GIELLY

a) On peut estimer le degré d'anisotropie en perméabilité pour le produit  $A_1$  (Bidim U<sub>64</sub>) en interprétant les figures 3 et 4 de la publication. Pour les autres produits ( $A_2$  et  $A_3$ ) se reporter au rapport de recherche du L.P.C. n° 54 de Monsieur BOURDILLON.

Il convient cependant de noter que l'échelle des indices des vides de la figure 4 est erronée : il faut diviser les valeurs indiquées par 2.

b) Les essais de mesure de la perméabilité longitudinale n'ont été effectués que pour les produits  $A_1$ ,  $A_2$  et  $A_3$  (de même nature mais de grammages différents).

Les résultats sont trop dispersés pour que l'on puisse dégager une tendance de variation du rapport des perméabilités transversale et longitudinale, en fonction de l'épaisseur initiale des produits.

Question de M. GONIN à M. CORDARY

Votre étude concerne un milieu de remblai saturé, dans la pratique ce cas est très rare. Il est, je crois, hasardeux, de prétendre que le cas de remblai non entièrement saturé, c'est-à-dire avec une certaine proportion d'air inclus sera plus favorable. En êtes-vous sûr ? Qu'est-ce que cela veut dire au juste ?

MM. AURIAULT, CORDARY, GIROUD, GOURC

L'air étant infiniment plus compressible que l'eau, le remblai a deux bonnes raisons d'atteindre plus vite son état de déforma-

tion finale (caractérisé par son indice des vides par exemple) :

- l'air se comprime très vite lors du changement (on peut alors éventuellement re-

trouver un milieu saturé par dissolution de l'air dans l'eau)

- l'air "s'écoule" plus facilement que les vides du sol.

Les temps de consolidation seront donc obligatoirement plus courts que ceux d'un sol parfaitement saturé.

Par contre il est tout à fait exact de dire que le cas du sol saturé est très rare dans la pratique, pour les matériaux constitutifs des remblais.

M. LE PRESIDENT

Il y a encore beaucoup d'autres questions, ce qui prouve que cette question de consolidation a beaucoup d'intérêt mais, faute de temps, nous sommes obligés de donner la parole à M. Gielly pour faire une synthèse de la discussion.

M. GIELLY

Monsieur le Président, cette session étant la dernière de celles relatives au fonctionnement hydraulique des nappes de produits tissés ou non tissés, j'essairai, comme m'y a invité mon prédécesseur, M. Loudière à cette tribune hier, de réaliser une synthèse de ce qui a pu être dit à ce sujet.

Néanmoins, je commencerai par des observations propres à cette session et ma première remarque est un constat.

Bien que l'importance numérique des communications de cette session ait été faible puisqu'au nombre de quatre, le grand nombre des questions posées montre l'intérêt porté par les participants à ce problème.

Cette session sur l'utilisation des non-tissés comme dispositif drainant employé en accélérateur de la consolidation comporte deux volets qui ont été définis par les diverses communications.

L'un avait trait aux drains verticaux utilisables aussi bien pour les remblais que pour les terrains en place, l'autre aux drains horizontaux utilisables exclusivement pour les remblais.

Ces techniques de drainage connues depuis longtemps ont été largement utilisées avec des matériaux naturels tels que sable ou gravier et, pour le cas plus précis des drains verticaux, le carton. Il va sans dire que l'effet recherché est naturellement

le même et à mon avis, ce qui est le reflet des questions qui ont été posées, le choix de l'utilisation de non-tissé, de sable ou d'autres procédés, outre les considérations scientifiques que je développerai plus loin, est, à mon avis, un choix économique.

Abordons maintenant, de façon plus synthétique les critères scientifiques de choix. Retenant l'idée maîtresse que le drain doit assurer sa fonction, je retiendrai surtout le fait que le drain doit être adapté au sol avec lequel il est en contact.

Cette remarque avait d'ailleurs été déjà faite par le Président.

Cette compatibilité va s'exprimer par :

- 1) Le rapport des perméabilités du drain et du sol.
- 2) Le rapport des dimensions des particules du sol vis-à-vis des dimensions des pores du drain de façon à éviter les phénomènes de colmatage aussi bien au sein du drain qu'à sa périphérie par formation d'un cake, ce qui réduirait considérablement son effet.
- 3) Le dimensionnement de la couche drainante de façon à assurer son rôle convenablement, c'est-à-dire dans le cas le plus favorable en évitant la mise en pression de l'eau.

Il faut quand même noter, comme l'ont indiqué MM. Cordary et Didier, que la prévision peut en être donnée par le calcul en ayant un fonctionnement des drains en charge.

Ces idées rejoignent un peu également celles qui avaient été émises par M. Witmann lors de son intervention.

Pour ces raisons, il nous a paru nécessaire, dans l'étude que M. Didier vous a présentée, de définir les états des nappes drainantes sous diverses charges mécaniques par les grandeurs suivantes qui sont :

- épaisseur de la nappe
- porosité ou indice des vides
- perméabilité.

Les valeurs de ces caractéristiques sont indispensables à une approche rigoureuse du problème.

Je retiendrai ensuite comme critère que le drain soit continu et présente toujours une section suffisante. Il me semble que les nappes textiles réalisent mieux cet office que les drains de sable qui ont besoin, pour assurer cette condition, d'être réalisés de façon irréprochable.

Enfin, il faut noter la double fonction, de drainage et de filtre, que doivent assurer ces nappes, observation déjà évoquée par M. Loudière dans son rapport qui a fait remarquer que la fonction de drain faisait intervenir le produit de la perméa-

bilité du drain par son épaisseur et que la fonction de filtre faisait intervenir, au contraire, le rapport de la perméabilité à l'épaisseur du drain ; cela nous a conduit à imaginer un produit sandwich dans lequel la fonction filtrante et de maintien du sol contigu pourrait être assurée par des nappes présentant des diamètres de pores relativement faibles, enserrant entre elles une couche à pores plus grossiers donc à perméabilité plus élevée, assurant la fonction de drainage.

C'est la conclusion à laquelle M. Bourdillon était arrivé. On voit que l'alimentation se fait dans le plan transversal par les nappes de faible diamètre de pores et l'évacuation de l'eau par la partie centrale. De tels matériaux sont réalisés ou sont en voie de réalisation et je pense que dans un avenir proche il conviendra de les tester.

Pour terminer, je crois qu'il convient également d'évaluer, dans le cas des drains horizontaux, l'augmentation de résistance, dans l'étude de la stabilité des remblais au glissement, cette résistance étant apportée par les nappes qui jouent le rôle d'armature mais, là, on rejoint les préoccupations qui ont été formulées lors des quatre premières sessions.

Monsieur le Président, j'ai terminé.

#### M. LE PRÉSIDENT

Merci pour cette synthèse. Mesdames, Messieurs, la synthèse faite par le Professeur Gielly termine cette session.

Je remercie en premier lieu les auteurs pour leur contribution et tous ceux qui ont pris part à la discussion.

Je clos la session. Merci.



# Discussion écrite

## Written discussion

### Question de M. SCHAEERER à M. DIDIER

Y a-t-il une erreur de frappe dans l'abscisse de la fig. 10 du texte (dernière diapositive) ? L'épaisseur de la nappe devrait être en MM et non en CM ?

### MM. DIDIER et GIELLY

Non. Ce sont bien des CM.

### Question de M. PHILIPPONAT à M. DIDIER

Essai de perméabilité longitudinale.

Les solutions de continuité introduites par les interfaces entre chaque rondelle ne faussent-elles pas les résultats de l'essai ? Autrement dit, cet essai est-il vraiment représentatif de la perméabilité d'une seule nappe dans une épaisseur ?

### MM. DIDIER et GIELLY

Il ne nous a pas échappé que l'essai de détermination de la perméabilité longitudinale tel qu'il a été conduit pouvait suggérer certaines critiques.

En effet, dans l'échantillon l'écoulement d'eau est radial et de plus l'alimentation se fait par des sources isolées (orifices percés dans le tube central d'alimentation).

D'autre part, des écoulements préférentiels peuvent se produire entre nappes textiles mais aussi entre le moule et le produit

étudié ; ce dernier inconvénient a été partiellement éliminé en déposant une couche de vaseline dans ces zones.

Les motifs qui nous ont conduits à réaliser l'essai sur un empilement de disques sont les suivants :

- écoulement d'eau plus important donc meilleure précision dans la détermination du débit
- intégration des différences de grammage entre échantillons prélevés en divers points de la nappe, ce qui nous permet de parler de perméabilité moyenne d'une nappe.

La possibilité d'écoulement privilégié entre rondelles n'était pas exclue (bien que réduite aux fortes charges) mais nous pensons que la méthode exposée conduit à une meilleure définition du coefficient de perméabilité longitudinale que lorsque ne serait étudiée qu'une seule rondelle.

Si l'on voulait définir une anisotropie du coefficient de perméabilité longitudinale il serait nécessaire d'envisager un essai où l'écoulement serait unidirectionnel en sens machine ou travers par exemple.

### Question de M. DE BEER à M. DIDIER

Ne faut-il pas craindre le colmatage du drain non-tissé par les fines particules du limon, sous l'influence de forts gradients hydrauliques ?

MM. DIDIER et GIELLY

On peut effectivement craindre le colmatage des drains textiles sous l'influence de forts gradients hydrauliques. Mais dans le cas du drainage de remblais en sols fins, les vitesses de circulation d'eau sont assez faibles pour que l'on n'ait pas à craindre le transport de particules solides.

A notre avis, le colmatage dépendrait plutôt des conditions de mise en place du matériau sur la nappe de non-tissé (teneur en eau, mode de compactage du sol).

Questions de M. KENTER à M. AURIAULT

- 1) Do you believe that fabrics can act as lateral drains, without excess pore-pressure due to overburden, but just due to difference in height of watertable ?
- 2) If so, what will be the maximum height difference, that can be surmounted when the fabric acts as a syphon ?

M. GIROUD

Nous répondons successivement aux deux points :

- (1) Pour qu'un textile puisse jouer le rôle de drain latéral, il faut qu'il ait une perméabilité dans son plan et qu'il soit soumis à une différence de charge hydraulique, quelle que soit l'origine de cette différence de charge (consolidation ou simple différence de hauteur d'eau). Par exemple, on peut munir la partie amont des barrages en terre homogène de nappes de textile horizontales de manière à dissiper rapidement les pressions intersticielles en cas de vidange rapide de la retenue (pressions qui sont typiquement dues à une différence de hauteur d'eau).
- (2) Contrairement à M. Kenter, nous ne voyons pas de lien entre la première et la deuxième question. Essayons néanmoins d'y répondre. Dans les textiles non tissés habituels, les expériences montrent qu'il y a très peu d'ascension capillaire. Un siphon en textile obéit donc aux mêmes règles que les siphons ordinaires (tuyaux). En particulier, il ne faut pas que le siphon se désamorçe. Pour cela il faut que le textile ne soit pas en contact avec un matériau trop perméable ... ce qui n'est pas

toujours le cas.

Questions de M. VOLMAN à M. TERMAAT

- 1) Is jetting with water having a positive or a negative influence on the performance of synthetic drains to your opinion ?
- 2) Do you expect interrelations between the factors  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$  ?

- Réponse non parvenue

Question de M. RATHMAYER à M. TERMAAT

As Mr. RISSEEUW has showed, a Colbond drain digged out after 1 1/2 years had only 50 % of the original performance capacity. This means a reduction of its effective diameter. Can you take this effect into account in your drainage design ?

Can a Colbond-drain be used for a design period of more than 2 years to achieve 100 % consolidation ?

- Réponse non parvenue

COMMENTAIRES

Commentaire de M. PERFETTI

Afin de mieux connaître le comportement des géotextiles non-tissé, voie fondue, aiguilleté, sous forte charge, nous avons mis au point un dispositif permettant de mesurer la compressibilité jusqu'à  $2 \cdot 10^6$  Pa (20 bars, soit 100 mètres de hauteur de remblai).

La surface de mesure correspond aux conditions standards habituellement admises par l'industrie des non-tissés (dimension du palpeur :  $20 \text{ cm}^2$ ).

Nous avons testé deux géotextiles issus d'une même technologie de fabrication dont les constituants de base sont : le polyester et le polypropylène.

L'examen du tableau montre que des géotextiles aiguilletés conservent, sous forte charge, en plus d'une certaine épaisseur, une porosité ou un indice de vide suffisant donc, une capacité drainante.

On peut également remarquer une différence significative importante entre le comportement à la compression des deux géotextiles examinés.

	Charge en $10^5$ Pa (bars)	géotextile polyester		géotextile polypropylène	
		porosité %	indice de vide	porosité %	indice de vide
Charge- ment	0,005	90	9	91	11
	1	83	4,9	80	4
	2	79	3,8	73	2,7
	5	74	2,8	66	2
	10	69	2,2	60	1,5
	15	65	1,9	56	1,2
Déchar- gement	20	62	1,6	53	1,1
	10	63	1,7	53	1,1
	5	65	1,9	55	1,2
	2	69	2,2	9	1,4
	1	72	2,6	62	1,6
	0,005	78	3,5	66	2

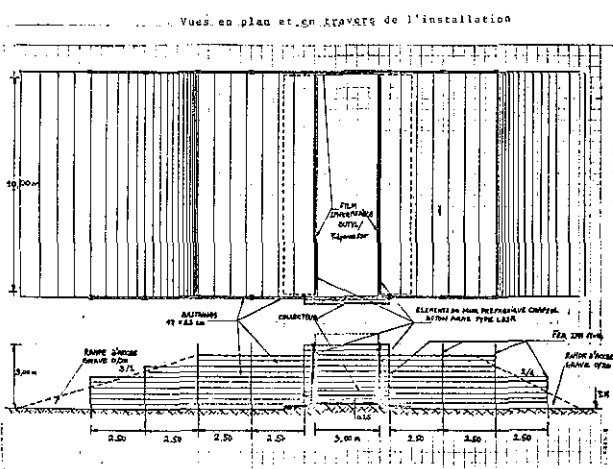
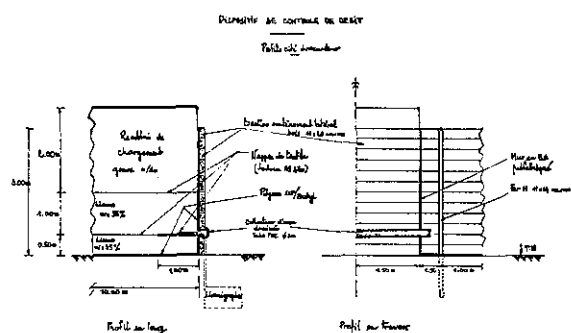
Remblai expérimental en vraie grandeur

Dans le cadre des actions de recherche des Laboratoires des Ponts et Chaussées, une étude expérimentale d'un remblai en vraie grandeur a été entreprise en 1977 au Centre d'Expérimentations Routières de Rouen en vue d'observer le rôle drainant d'un non-tissé dans le processus de consolidation d'un sol fin saturé.

L'installation d'essai comporte une fosse parallélépipédique de section rectangulaire en béton armé de 3,00 mètres de large sur 1,00 mètres de long et haute de 3,00 m. Elle est munie d'un dispositif collecteur de l'écoulement horizontal d'eau drainée.

La structure d'essai est constituée d'une épaisseur de non-tissé (polypropylène de 0,400 kg/m<sup>2</sup>) mis en place entre deux couches de limon, dont l'épaisseur compressible est de l'ordre de 1,00 m. L'ensemble est chargé à 0,5 bar à peu près au niveau de la nappe de non-tissé.

Ces essais sont en cours d'interprétation. Nous donnons, à titre indicatif, ci-dessous quelques chiffres :



- Débit d'eau provenant de l'écoulement horizontal : varie dans un rapport de 10 à 1 en 8 semaines de chargement.
- Teneur en eau : diminue de l'ordre de 10 % en valeur absolue.

Cet essai constitue une première expérimentation de l'étude qui se poursuivra en 1977 et en 1978.

Commentaire de M. MURRAY sur la communication de M. TERMAAT

Although the authors' intention has been to demonstrate that fabric drains are at least as effective as conventional vertical drains for accelerating the progress of consolidation, considerable care is required in studies of this type to ensure that a realistic assessment is obtained of the soil parameters controlling consolidation if reliable conclusions are to be reached.

Unfortunately the authors have not provided details of the soil testing procedures involved in obtaining these parameters but studies in the UK by the Transport and Road Research Laboratory (TRRL)<sup>4</sup> and others<sup>5</sup> have demonstrated that the use of small-scale laboratory consolidation tests do not generally provide reliable data.

TRRL took the opportunity to monitor the settlement at two sites where sand drains were installed in the subsoil and compared the movements with the settlement behaviour at adjacent sections of embankment where drains were not employed. Although on the basis of the small-scale laboratory test results the settlement predictions had indicated that significant increases in the rates of movement in the sand drain areas would occur, as shown in Fig 11, no such increases were obtained.

The figure clearly shows that the rates of movement at the two adjacent areas at each site were the same, as all the data from each site produced a single curve. The explanation for this behaviour was attributed to the presence of natural drainage systems in the subsoils which were at least as effective as the imposed artificial drainage systems.

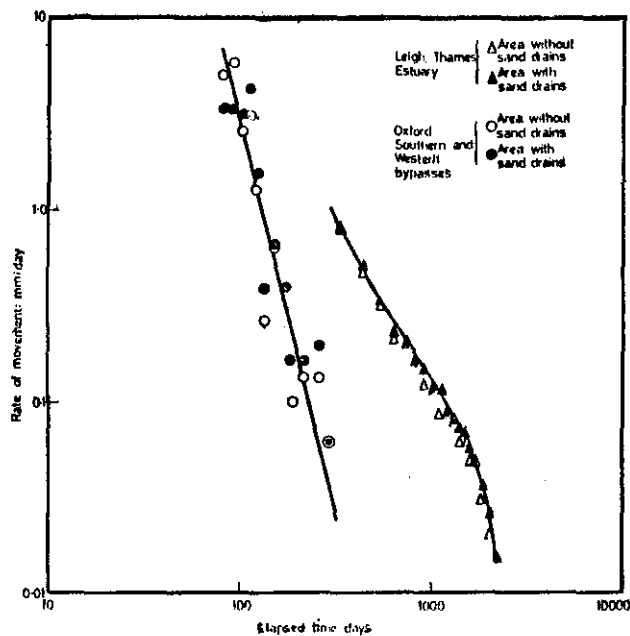


Fig. 11 : Relations between rate of movement and time in areas with and without sand drains at Leigh and Oxford

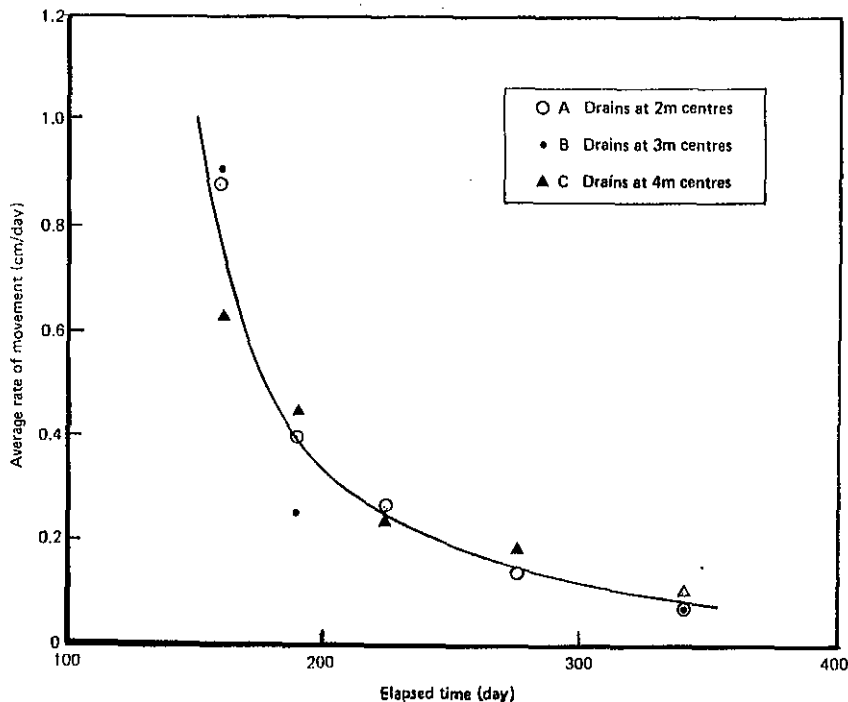


Fig. 12 : Data extracted from Fig. 8 for stage II construction period re-plotted as a rate of movement against time

It appears possible that similar effects were occurring at the site referred to by authors, particularly in relation to the settlement against time data given in Fig 8 of the authors' paper. Clearly, with such widely differing spaced drains (2m, 3m and 4m) and bearing in mind that the time for a specified percentage of settlement is inversely proportional to the square of the length of drainage path, it would be anticipated that, the rates of movement in the three areas would differ considerably. To check this assumption, the data pertaining to Stage II have been extracted from Fig 8 and re-plotted in Fig 12 as average rate of movement against elapsed time.

The results demonstrate conclusively that any differences in the rates of movement from the three areas were insignificant.

If, therefore, an efficient natural drainage system was present in the subsoil at the site, the consolidation process would occur at a rate which was independent of any imposed drainage system and it would then not be valid to make comparisons of the effectiveness of different systems as, for example, are given in Fig. 9 of the authors' paper.

#### References

4. Lewis W A, R T Murray and I F Symons : Settlement and stability of embankments constructed on soft alluvial soils. Proc Instn Civ Engrs, Part 2, 1975, 59, Dec, 571-593.
5. Rowe P W : The influence of geological features of clay deposits on the design and performance of sand drains. Proc Instn Civ Engrs, 1968, Paper 70585.