

Session I

Textiles à l'interface sol-matériau d'apport :
routes, pistes, chemins de fer ...

Fabrics at the subsoil-construction material interface :
roads, railways...

Vlies an der Grenzfläche Untergrund-aufgebrachtes
Material: Strassen, Gleiskörper

*La session est ouverte à 10 h 30
sous la présidence de M. BERTHIER*

A la suite d'un incident technique, la présentation de la première et de la troisième session du Colloque par leurs Présidents respectifs n'est pas disponible. Nous prions les Présidents de session et les lecteurs de bien vouloir nous en excuser.

★ ★ ★ ★

Due to a technical problem, the introductory talks by the Chairmen to the first and third session of the Conference are not available. We beg the Chairmen's and the readers' pardon.

★ ★ ★ ★

COMMUNICATIONS

Membranes and the bearing capacity of road bases

Communication présentée par M. NIEUWENHUIS

Load-bearing behaviour of a gravel subbase - non woven fabric - soft subgrade system

Communication présentée par M. JESSEBERGER

The effect of fabrics on pavement strenght - Plate bearing tests in the laboratory

Communication présentée par M. SØRLIE

The use of fabrics in road pavements constructed on peat

Communication présentée par M. JARRET

Discussion

M. LE PRESIDENT

Je vous propose maintenant d'aborder la discussion.

Question de M. CEDERGREEN

Do you have information about the effective shear coefficient at the interface between a fabric and a soil ?

M. MAC GOWN

Je crois qu'un grand nombre d'essais ont été exécutés par différents auteurs, et différents chercheurs.

Tous ces essais sembleraient indiquer que la friction sol-textiles est extrêmement élevée, soit 90% ou plus, par rapport à l'angle de frottement de friction avec le sol lui-même.

Cela varie, bien sûr, avec la structure du textile. Mais ce sont essentiellement des matériaux très susceptibles au frottement.

Question de M. BROWN

Comments about the use of fabric in permanent road construction and the detailed mechanics involved. (See written comment page 17). Some specific questions to JESSBERGER and NIEUWENHUIS.

M. JESSBERGER

Wir sehen für Vliesstoffe im Strassenbau insbesondere drei Anwendungsbereiche :

1. Sicherstellung der Filtergesetze gegenüber feinkörnigem Boden bei Dränagen und Entwässerungsanlagen

2. Sicherstellung der Filtergesetze zwischen feinkörnigem Untergrund und Frostschutzmaterial zur Vermeidung von Vermischungen

3. Vergleichsmässigung der Trageigenschaften bei ungleichmässigem Untergrund

Der Einsatz von Vliesstoffen zur Sicherstellung der Filtergesetze dürfte am wenigsten problematisch sein und wird vielerorts praktiziert. Die Verbesserung der Tragwirkung des Systems durch Vliesstoffe, z. B. als Ausgleich bei ungleichmässigen Untergrundeigenschaften ist wegen des komplexen Verformungsverhaltens noch nicht eindeutig geklärt ; in jedem Fall sind hier an das Stoffgesetz der Vliesstoffe besondere Anforderungen zu stellen.

M. NIEUWENHUIS

One specific question was : What modulus of elasticity had the fabrics entering fig. 2 of your paper ?

We should distinguish the "stiffness modulus" (kgf/cm) of the membranes which is a function of strain and the modulus from the calculation which is assumed constant. In the last case the stiffness modulus is the tangent of a straight line through the origin of fig. 2 and the point of intersection of the stress-strain curve of the fabric and the curve of constant coefficient of subgrade reaction. For $k = 0.03$ the woven has a stiffness modulus of approximately 190 kgf/cm, the heavy non-woven of 85 kgf/cm and the light non-woven of 10 kgf/cm.

Question de M. GIROUD à M. MOREL

La couche de fondation de votre essai était-elle très homogène ?

Sinon ne pensez-vous pas que le rôle du

textile aurait été plus positif si la couche de fondation avait été hétérogène avec, localement, des zones moins résistantes ?

M. MOREL

Les sols-supports des essais réalisés au C.E.R. de ROUEN étaient effectivement homogènes. Le rôle de certains textiles aurait peut-être été plus positif dans le cas d'hétérogénéités de ces sols-supports, à condition que cela soit dans le sens de faiblesses très locales entourées par des points très résistants, ceci pour supprimer tout mouvement d'ensemble du sol-support, que ne semble pas pouvoir réduire les textiles.

Question et commentaire de M. HAUSSMANN

As one can conclude from several presentation in this session, fabric placed at the interface of soft soil and good base course material does not significantly improve bearing capacity of the fill. It does however prevent mixing of base course with subgrade, which is beneficial.

Questions :

- 1) Has the penetration of base course material into the soft subgrade been measured by any of the authors ?
- 2) In order to improve the bearing capacity by adding material with tensile strength in soil, friction has to be mobilized between reinforcement and soil. Soft soil offers little resistance to slippage. The logical place of the fabric to improve bearing capacity is within the granular fill. Has any of the authors tried that ?

M. MOREL

1) La déformation entre couche de forme et sol-support fait intervenir la pénétration de la couche de forme dans le support, et aussi la remontée du support vers le haut entre les roues de camion qui se trouvent être guidées par les ornières des premiers passages - Le bourrelet que constitue cet ensemble, contenu par le textile, peut atteindre et dépasser 50 cm de hauteur.

2) Le positionnement d'un textile dans la couche de forme et non à la limite de cette dernière et du sol-support pour fournir une meilleure portance suppose, de toute manière, des allongements très faibles de ces textiles et des grandes résistances. On rejoint le rôle d'armature soulevé dans la discussion.

Question de M. LAUTERBACH à M. NIEUWENHUIS

If preservation of strength of fabric is important for it to continue to contribute to load bearing, should we not consider the stress/strain curve under repeated loading/unloading, i.e. ability to resist stress decay as well as resistance to penetration ?

M. NIEUWENHUIS

Yes, we should consider both. I stated in my paper that research into resistance to penetration of membranes under stress currently is done in the Netherlands. The effect of repeated loading was not investigated in the laboratory. In the field the coefficient of subgrade reaction of the soil is determined by repeated plate bearing tests.

A combination of stress decay due to repeated loading and resistance to penetration in the form of a "repeated punching test" never was executed according to my knowledge.

M. JARRETT

En ce qui concerne le frottement, en fait, dans la seconde série d'essais, nous avons mis 30 centimètres de graviers par dessus notre membrane ; nous avons observé les arêtes extérieures du tissu qui dépassaient sur le gravier. Et même en appuyant suffisamment pour essayer d'aller jusqu'au fond, il n'y avait en fait aucun déplacement ou du moins, un déplacement imperceptible des extrémités du textile.

Il semblerait donc que le frottement se développe à l'interface quand un des matériaux, la tourbe, est un matériau très mou.

Je crois qu'il y a du frottement.

Mais le problème de mouvement ou de mobilisation de la résistance à la traction du textile est le problème qui se pose.

Nous avons une membrane horizontale, et la difficulté à résoudre est celle du mouvement vertical.

Pour étirer la membrane horizontale, on est obligé d'avoir un mouvement important avant de pouvoir créer la résistance à la traction. Et la plupart de ces membranes sont délicates.

On est obligé de faire un déplacement vertical avant de pouvoir déplacer un tout petit peu seulement la membrane sur le plan horizontal.

Question de M. PUIG à M. JESSBERGER

D'après la fin de l'exposé de Monsieur JESSBERGER, il semble que le pouvoir de

renforcement des textiles déduit des expérimentations ne soit pas confirmé par le calcul théorique.

On a indiqué en effet des chiffres de 2% à 5% pour le calcul théorique et de 30% pour les essais en vraie grandeur.

La question est la suivante :

Quelle a été la valeur du module et de l'épaisseur du textile pris en compte dans le calcul théorique ?

M. JESSBERGER

L'épaisseur des non-tissés dans le calcul théorique est supposée de 1 millimètre ; Il est évident que le calcul est très difficile à introduire. On pouvait en tenir compte simplement du fait qu'un grand nombre d'éléments finis ont été employés dans nos calculs.

Question de M. MAILLARD

Pour éviter le glissement des textiles entre le sol et la couche de gravier, a-t-on essayé de leur associer des éléments d'ancrage ou de raidissement tels qu'un treillis métallique par exemple ?

M. LE PRESIDENT

Monsieur MAILLARD revient donc sur cette question de glissement dont on a déjà parlé.

Pourrait-il préciser le sens de sa question, parce que je ne saisis pas bien la fin ?

M. MAILLARD

Je fais le raisonnement suivant qui vient d'être fait d'ailleurs par la personne qui vient d'intervenir :

Le textile se déplace beaucoup verticalement avant de mobiliser sa résistance à la traction.

Donc je suppose que s'il était ancré sur les bords, les résultats seraient bien meilleurs.

Pour ancrer ce textile, on pourrait imaginer d'augmenter le frottement grâce à des treillis, ou à des éléments qui seraient plus raidés, qui pourraient être éventuellement accrochés sur les bords du textile, ou qui s'accrocheraient naturellement par la pression des matériaux.

M. LE PRESIDENT

Un conférencier a-t-il déjà réfléchi à ce problème ?

M. MOREL

Il n'a pas été associé, lors des essais au C.E.R. de ROUEN, de treillis métallique aux textiles pour tenir lieu d'éléments de raidissement ou d'ancrage. Toutefois on pense que la reprise sensible d'efforts à la base des couches de forme doit, pour exister, faire intervenir des allongements de textiles très faibles (en tout cas inférieur à 5 à 10%). La solution d'un doublement du textile par une armature métallique peut être techniquement envisageable. Elle permettrait d'allier les caractéristiques anti-contaminantes d'un non-tissé et les possibilités d'amélioration de tenue mécanique sur sol-support très déformable.

M. MARIOTTI

Nous nous sommes préoccupés de cette question surtout à propos d'instabilité sur voie ferrée. Et le schéma qui nous a paru idéal par l'utilisation d'armatures sous une couche de ballast, était de prévoir, disons, un retournement de l'armature sous les traverses de la voie, de manière à ce que la zone dotée de pression verticale ait peu de cisaillement, et puisse donner un ancrage idéal à cette armature.

Voir le commentaire de M. MARIOTTI en page 159

M. LE PRESIDENT

Je remercie Monsieur MARIOTTI qui apporte à Monsieur MAILLARD les éléments de réponse.

Question de M. GAMSKI à M. NIEUWENHUIS

Les rapports présentent l'amélioration relative de la force portante du terrain par l'application des textiles de différentes qualités.

Etant donné que la résistance des textiles est de loin supérieure à celle du sol il semble que l'efficacité relative d'un textile de qualité donnée est d'autant plus grande que la force portante du terrain vierge est meilleure.

Peut-on demander au Dr NIEUWENHUIS de faire un commentaire à ce sujet ?

M. NIEUWENHUIS

La résistance des textiles d'une façon générale est supérieure à celle du sol, mais la mobilisation de cette résistance doit demander de larges déformations relatives. A cause de ces déformations nécessaires la mobilisation de la résistance est plus com-

plète sur sols fortement compressibles que sur sols peu compressibles.

Commentaires de M. LELARDEUX

La société des Autoroutes Rhône-Alpes construit des autoroutes dans la Savoie et la Haute-Savoie. Il faut savoir que dans ces régions la montagne est faite de limons glaciaires et de mollasses et que ces sols sont gorgés d'eau. J'ajoute qu'il pleut là autant qu'en Ecosse ; le mois le moins pluvieux est celui de février car il n'a que 28 jours.

Dans ces conditions vous ne serez pas étonnés d'apprendre que les EV_2 atteignent péniblement 800 à 1000 bars et qu'il est très difficile d'appliquer la structure de chaussée, surtout si le planning des travaux a conduit à faire circuler auparavant des camions sur la forme qui devient vite un borbier.

Ceci a conduit la Société à mettre en oeuvre des centaines de milliers de m^2 de non-tissé (du Bidim en l'occurrence) qui ont permis d'économiser sans doute du gravier (il est rare dans la région) et surtout de tenir les plannings.

D'éminents chercheurs sont d'accord pour dire que le non-tissé n'amène rien ou pas grand chose.

Ceux qui ont utilisé ce matériau sont aussi d'accord semble-t-il : le non-tissé apporte quelque chose et en tant qu'utilisateur de Bidim j'ai tendance à dire la même chose.

Conclusion : n'est-il pas temps de revoir les modalités de calcul et les hypothèses de recherche ?

M. LEFLAIVE

Je voudrais dire deux mots à Monsieur LELARDEUX.

Je pense personnellement qu'il a entièrement raison. Et dans la communication que je présenterai demain dans la session IV, qui est consacrée à un thème analogue qui est celui de l'action mécanique des textiles, et où je traite en particulier de l'exemple de la piste d'accès, j'indique justement que les modèles choisis sont en général probablement inadéquats, mais sans avoir eu les moyens de faire une démonstration expérimentale autre que celle que donne la pratique.

Je crois qu'un des aspects importants du problème c'est l'homogénéité des sols ou leur hétérogénéité.

J'ai été frappé du fait que cela n'ait pas eu beaucoup d'écho. Mais pour les sols naturels, je pense que c'est important.

D'autre part, il y a l'effet du remaniement apporté par les efforts répétés de la circulation sur la résistance au cisaillement, aussi, des sols naturels.

Et je crois que pour beaucoup d'essais de laboratoire, ou des essais dont a parlé Monsieur MOREL, et que nous avons faits ensemble, une des faiblesses, c'est que l'on a affaire à des sols reconstitués, recompactés, qui sont homogènes et qui ne présentent pas cet effet de remaniement.

M. le Président

Nous allons interrompre la discussion pour reprendre la présentation des quatre communications restantes. Je demande à M. PRINZL de bien vouloir venir à la tribune présenter la communication de Monsieur ROTH.

COMMUNICATIONS

Fabric filter for improving frost susceptible soils

Communication présentée par M. PRINZL

Utilisation de textiles à la partie inférieure d'une couche de forme sur sol support de faible portance

Communication présentée par M. MOREL

Experiments on the use of synthetic non-woven materials for road structures

Communication présentée par M. RUVINSKY

Prüfung eines Filtervlieses für den Eisenbahnoberbau

Communication présentée par M. LEYKAUF

.....

M. le Président

Je vous remercie. Nous avons des questions pour

Monsieur PRINZL.

Question de M. CANIARD à M. PRINZL

Dans l'application présentée, le textile joue-t-il seulement un rôle anticontaminant ou participe-t-il au rôle anticapillaire ? Et dans quelle mesure ?

Y a-t-il une bonne répétabilité entre les conditions opératoires des différents essais, en particulier pour ce qui concerne la teneur en eau initiale des échantillons qui est un paramètre important ?

On remarque en effet des progressions du front de gel très différentes entre les échantillons : l'échantillon 2 semble congeler "en masse" en moins d'une 1/2 journée. Enfin, on peut se poser la question de l'utilité de ces couches qui doivent être situées juste sous le front de gel pour être efficaces et dont le pouvoir drainant est mis en cause par plusieurs spécialistes.

M. PRINZL

1. Frage : Wie Herr Caniard richtig bemerkt und wie schon bei der Antwort an Herrn Gielly erwähnt, dient das Vlies nur zum Schutz vor Verunreinigung, die antikapillare Wirkung bringt die Kiesschicht.

2. Frage : Die Beziehungen zwischen den einzelnen Versuchen konnte eindeutig hergestellt werden, da es möglich war die Temperaturen der Luft und des Wassers genau zu regeln. Die Regelung wurde über einen Thermostat gesteuert, der auf eine Schwankung von $\pm 1^\circ\text{C}$ eingestellt war. Die gute Übereinstimmung wurde an zahlreichen Versuchen festgestellt, da mit der verwendeten Frost-einrichtung laufend Frostversuche gemacht wurden. Die Anlage ist auch jetzt noch in Verwendung.

Der Einwand von Herrn Caniard ist allerdings beim Vergleich von Fig. 4 und 5 berechtigt. Es ist dabei bei Fig. 4 offenbar ein Fehler passiert, da die Temperatur des Grundwassers in diesem Fall 8°C und nicht 10°C wie angegeben betrug. Es wurde nur im Fall der Fig. 5 die Temperatur des Grundwassers für den ersten Versuchsabschnitt erhöht, um ein Durchfrieren der Kiesschicht sicher zu vermeiden. Da die Proben auf Temperaturänderungen des Grundwassers sofort reagierten erklärt sich der Unterschied im Temperaturverlauf. Ausserdem muss berücksichtigt werden, dass bei Fig. 4 die Probe im Bereich des Temperaturfühlers, bedingt durch die Anordnung der Kiesschicht, mit

dem Grundwasser nicht mehr in Kontakt war und daher auch nicht durch Kapillarwasser von unten erwärmt wurde, wie dies bei Fig. 5 der Fall ist.

3. Frage : Es ist klar, dass man die kapillARBRECHENDE Schicht nicht für alle Fälle optimal anordnen kann. Es wird daher vorgeschlagen die kapillARBRECHENDE Schicht in einer Tiefe einzubauen, die als Frostgrenze für die übliche Frostschuttschicht angesehen wird. Ausserdem muss für die oberste Schicht ein Material verwendet werden, das die geforderte Tragfähigkeit erreicht. In der Regel ist der Wassergehalt einer derartigen Schicht so gering, dass für eine gefährliche Eislinnenbildung unmittelbar unter der Strassenoberfläche zu wenig Porenwasser vorhanden ist. Gegen Eindringen des Wasser, das von Niederschlägen kommt, muss diese Schicht natürlich geschützt sein. Die Filterwirksamkeit des Vlieses (in Bezug auf die Langzeitwirkung) konnte mit diesen Versuchen nicht eindeutig bestimmt werden. Bei einer kapillaren Wasserströmung ist eine Beeinträchtigung der Filterwirkung nicht zu erwarten. Um den Einfluss von dynamischen Verkehrslasten zu prüfen werden derzeit in Österreich Versuche auf einem Probefeld ausgeführt und es ist auch ein Laborversuch geplant um die Pumpwirkung von Verkehrslasten zu untersuchen. Ausserdem werden alle Versuche und Erfahrungen anderer Wissenschaftler genau verfolgt, die den Langzeiteffekt der Filterwirkung von Vliesen untersuchen.

M. LE PRESIDENT

Malheureusement, nous sommes amenés à interrompre cette session et cette discussion.

Il y avait d'autres questions intéressantes, posées et je rappelle que les auteurs des communications s'efforceront de donner des réponses écrites aux questions auxquelles nous n'avons pas répondu.

(la séance est levée à 12 h 45)

Discussion écrite

Written discussion

Question de M. PASQUET à M. JESSBERGER

Est-il possible d'avoir des précisions sur le maillage :

- Eléments utilisés
- Nombre de paramètres
- Dimension du modèle ?

M. JESSBERGER

Die für die FE-Berechnung verwendeten Elemente waren Dreieckselemente mit linearem Verschiebungsansatz.

Die Abmessungen des betrachteten Modells betragen 0,60 x 1,20 m, das entspricht aus Symmetriegründen einer Gesamtabmessung von 1,20 x 1,20 m.

Als Parameter wurden in die Rechnung eingegeben :

- a) Dicke der einzelnen Schichten
- b) E-Moduli der einzelnen Materialien in horizontaler und vertikaler Richtung (anisotrope Materialeigenschaften, während der iteration veränderbar)
- c) Querdehnungszahlen der einzelnen Materialien in horizontaler und vertikaler Richtung (wurde während der iteration nicht verändert).

Question de M. E.A. GYSSELS à M. JARRETT

Pourriez-vous proposer une formule qui permette de calculer la force/résistance nécessaire que doit avoir un élément anticon-taminant/additif basé sur :

- 1) Poids des engins

2) Fréquence trafic

3) C.B.R. ratio du sous-sol

4) Epaisseur de la couche de protection/ grave etc.

- Réponse non parvenue

Question de M. BURGHARDT à M. JARRETT

The plasticity of peat depends on the degree of decomposition of the peat ; can you please describe the peat soil ?

Was it a high bog or fen ?

Is it possible to compare slightly decomposed peat soils with mineral soils ?

- Réponse non parvenue

Question de M. GIELLY à M. PRINZL

Il semble que le rôle drainant de la couche de gravier n'ait pas été envisagé. En effet, l'intérêt d'une telle couche réside dans le fait qu'elle réalise une barrière à l'ascension capillaire de l'eau, et permet l'évacuation de cette eau.

M. PRINZL

Die Überlegungen des Herrn Gielly sind richtig. Die Kiesschicht wird eingebaut um beim Eindringen der Frostlinie in den Boden

die Kapillarität im Boden und damit den Wassertransport bis zur Frostlinie zu unterbrechen. Um die Kiesschicht vor Verschmutzungen zu schützen wird sie zwischen zwei Vlieslagen eingebaut. Die Drainwirkung der Kiesschicht ist nur ein erwarteter günstiger Nebeneffekt, der mit dieser Versuchsanordnung nicht imitiert werden kann. Es ist aber sicher, dass die Kiesschicht ein Hochpumpen des Wassers aus den aufgetauten Eislinsen, die sich bei extremen Frösten unter der Kiesschicht bilden können, verhindert. Diese Pumpwirkung wird durch die wechselnde Verkehrslast bewirkt. Die Schicht wirkt auch in diesem Falle kapillarbrechend und gleichzeitig als Drainschicht zur Ableitung des Wassers.

Question de M. RUBITSCHUNG à M. MOREL

Que proposez-vous pour éviter l'apparition du non-tissé en surface, et de ce fait mieux profiter du pouvoir anticontaminant de ce dernier ?

M. MOREL

Pour profiter des caractéristiques anticontaminantes d'un non-tissé à moyen ou long terme, il faut le préserver de désordres à court terme, telles que la formation d'ornières et bourrelets importants sous circulation de la couche de forme, et donc dimensionner cette dernière suffisamment.

Question de M. CAUSERO à M. MOREL

Les auteurs ont sous-estimé, en ce qui concerne les couches de forme, la contamination des couches grenues par les sols fins argileux à forte teneur en eau. Cela soulève le problème du trafic de chantier.

M. MOREL

Les expérimentations du C.E.R. de ROUEN ont montré qu'en l'absence de contamination - et 300 passages de camion ont amené une contamination très faible - un textile n'améliorerait pas les caractéristiques de portance de la structure constituée d'un sol-support peu porteur dans sa masse et d'une couche de forme.

Au contraire dans le cas d'un sol argileux ou marneux, porteur, dont seule la partie supérieure (10 cm) est à forte teneur en eau, la pose d'un textile peut être utile pour préserver les qualités intrinsèques de la couche de forme, en la protégeant d'une

contamination par les fines sous circulation de chantier.

Question de M. GRAF à M. MOREL

On dit que les non-tissés augmentent la portance au niveau de la forme. Votre communication démontre le contraire.

Ne pensez-vous pas que, pour une chaussée définitive, d'une épaisseur de superstructure de 60 cm (fondation + support + revêtement) pour un trafic lourd important, à construire pour des sols très compressibles (tourbes, vases) il faille, au préalable construire un remblai (hauteur 1-2 m au moins) pour atténuer les déformations au niveau de la forme et pour réduire les effets dynamiques créés par les poids lourds ?

M. MOREL

Il est effectivement impossible de construire une chaussée à trafic lourd en appliquant la couche de fondation directement sur un sol très compressible. Le compactage des couches de chaussées demande un sol-support de bonne portance pour pouvoir répondre au niveau de densification recherché d'une part, et ces couches doivent être protégées de l'action de l'eau du support, que la circulation lourde pourrait mettre en pression après avoir saturé les couches de chaussées, d'autre part. Ce sont deux des rôles de la couche de forme, qui, dans le cas précis du support compressible, peut effectivement atteindre ou dépasser 1 m d'épaisseur.

Question de M. GIROLLET à M. RUVINSKY

Ne peut-on imaginer que le procédé de construction avec emploi de Bidim imprégné de Bitume (Colétanche en URSS) puisse être étendu à la construction de fondation en zones désertiques, (le caisson souple constitué étant chargé de matériaux mis ainsi à l'abri de la dessiccation) ?

M. RUVINSKY

Nous avons une assez longue expérience de la construction des coussins étanches à base de différents matériaux dans les régions du gel et du dégel.

Il est possible qu'une construction pareille soit efficace dans les régions des déserts quand il est nécessaire de conserver l'humidité initiale du sol pour assurer la

résistance et la stabilité de la plateforme.

Mais je voudrais préciser que nous n'avons pas l'expérience de l'utilisation des coussins étanches dans les régions des déserts.

Question de M. SCHAEERER à M. RUVINSKY

Comment a-t-on déterminé la perméabilité du Bidim-Bituminé avant et après élongation ?

M. RUVINSKY

Nous effectuons l'étude des propriétés de l'isolation de l'eau du matériau "Coletanche" en mesurant par la méthode radiométrique l'humidité du sol du coussin étanche.

En plus nous envisageons de déterminer la perméabilité à l'eau du matériau "Coletanche" en prélevant les échantillons directement du coussin étanche.

Pour avoir la possibilité de comparer les résultats initiaux (le contrôle initial a été fait par la Société "Colas") avec ceux des prélèvements, il a été convenu que le contrôle de la perméabilité du Bidim imprégné du bitume après élongation sera effectué de même par la Société Colas d'après sa propre méthode.

Question de M. BURGHARDT à M. RUVINSKY

Können Sie etwas über die Porosität des Bidim und des aufgetragenen Bodens sagen, denn grobe Filterschichten unter feinkörnigen Böden wirken für Sickerwasser (Niederschlagswasser) nicht als Dränschicht sondern als Hausschicht, wodurch die Frostgefährdung zunimmt ?

M. RUVINSKY

Nous avons étudié la possibilité de l'utilisation d'un certain nombre des matériaux synthétiques non-tissés pour limiter la venue des précipitations atmosphériques dans les sols de la plateforme.

Ces études ont montré qu'en particulier le matériau "Bidim", fabriqué par la Société française Rhône-Poulenc peut être utilisé dans les buts cités.

Actuellement nous faisons des études dans le but de l'obtention des dépendances (relations) calculées qui permettent de déterminer la quantité d'eau évacuée par le matériau non-tissé en fonction de son pouvoir

filtrant et d'arrêt, de la perméabilité à l'eau de la couche inférieure du sol (de la couche du sol qui se trouve au-dessous du non-tissé), de la pente de la surface, de l'afflux des eaux sur le matériau etc...

Question de M. OLVER à M. LEYKAUF

Do clay type sub-stata smear the unwoven fabric (Terram ou similar) and thus prevent filtering - the fabric then acting as an impermeable membrane ?

M. LEYKAUF

Bei dem durchgeführten Dauerversuch wurde als Untergrundmaterial ein leicht toniger, stark sandiger Schluff verwendet. In verschiedenen Versuchsphasen wurde auf Oberkante Schotterbett Wasser zugegeben. Sowohl beim untersuchten System mit Vlies als auch beim System ohne Vlies wurde hierdurch ein Anstieg der Einsenkung der Lastplatte registriert, mit zunehmender Lastwechselzahl verliefen die Messwerte jedoch asymptotisch. Eine augenscheinliche Untersuchung des Untergrundes am Ende der Dauerversuche zeigte, dass durch die Wasserzugabe kein Aufweichen des Untergrundes stattgefunden hatte. Eine exakte Aussage über die Filterwirkung des Vlieses ist deshalb problematisch. Auf der Vliesoberseite wurde nach dem Dauerversuch eine bräunliche Einfärbung festgestellt, ebenso in der untersten, ca 4 mm dicken Schicht der über dem Vlies angeordneten Planumsschutzschicht, ein Zeichen dafür, dass Feinstteilchen des Untergrundes durch das Vlies gewandert sind. Ein Zusetzen des Vlieses durch Feinstteile des Untergrundes und damit die Entstehung einer undurchlässigen Membrane konnte nicht beobachtet werden. Aufgrund der in den Sessionen V und VI veröffentlichten Beiträge ist ein solches Zusetzen auch nicht zu erwarten.

Commentaire de M. GIROLLET à M. LEYKAUF

Le même matériau Bidim + Bitume (Colétanche cité déjà par M. RUVINSKY) a été employé depuis plusieurs années, par la SNCF sur plusieurs chantiers (= 80 000 m²), soit directement sous ballast (Paris-Toulouse), soit sous une couche de forme.

Commentaire de M. BROWN

The following comments relate to the problems associated with the design of perma-

nent pavement structures incorporating significant thicknesses of unbound granular material and the possible role which fabrics can play in improving the situation.

A well graded crushed rock or gravel can be compacted to high density in the laboratory when its modulus of elasticity will be correspondingly high. However, on site when placed over soil it is not usually possible to achieve such high densities and the full potential of the material is not realised. The inclusion of fabric acts as a separator and could improve the compactability of granular material placed over it. There is relatively little information in the papers, except Morel et al, about the effect of fabrics on the in situ densities achieved and information from the other relevant Authors on this point would be helpful.

If it is assumed that somewhat higher densities and, therefore, higher values of modulus can be achieved by including fabric, the next problem concerns the behaviour of the completed pavement under traffic loading.

Considering first the measurements which have been made in the past on pavements without fabric, it is apparent that even when using a well graded material its effective in situ modulus of elasticity is only about twice that of the supporting soil. This arises from the fact that, even if good compaction is achieved, a relatively stiff layer in the structure will tend to develop tensile stresses at the bottom. Granular bases cannot carry significant tensile stress and hence the relatively low effective modulus of elasticity of the layer taken as a whole.

The presence of fabric could assist with the development of tensile resistance and Jessberger has referred to this as a stress-transfer from the granular material to the fabric. It would seem at this stage, that relatively stiff fabrics may be needed to perform this function. This is apparent from Nieuwenhuis's paper.

Two points arise in considering the possible detailed mechanisms of fabric action in the pavement and in modelling it satisfactorily. Firstly, is there a smooth or rough interface situation between the fabric and the material above and below it? This can only be answered by taking in situ measurements. Secondly, in order to model the problem accurately, the granular should be characterised as non-linear elastic, i.e. having a stress-dependent modulus and this can be handled in a finite element approach such as Jessberger has used. Some further details of the way he modelled the granular layer and the fabric would be helpful. In

addition, it would be helpful if he could explain what values of in situ modulus he used and how these were obtained.

Finally, there seems to be a need for more properly instrumented full scale testing of pavements under moving wheel loads with and without fabric, since progress on understanding the detailed mechanisms will depend on the findings from such experiments. In particular, in situ stresses and strains both in the fabric and the materials above and below are required. This presents an interesting challenge, but many of the tools for the job are available.