

Session II

Textiles à l'interface sol-matériau d'apport :
remblais

Fabrics at the subsoil-construction material interface :
earth fills

Vlies an der Grenzfläche Untergrund - aufgebracht
Material: Dammschüttungen

La session est ouverte à 14 h 30
sous la présidence de M. BLAKE.

M. LE PRESIDENT

Ladies & Gentlemen,

I am honoured to have been asked to preside over Session II of this important conference. The subject we shall be dealing with this afternoon - the application of fabrics to earth fills and embankments - is one of considerable potential importance to civil engineers throughout the world for roads, railways and hydraulic works. Although, for the vast majority of our work, we have little difficulty in achieving well-compacted fills at low cost and at high speed, the use of fabrics might help us to overcome some of the problems which do occur.

The main problems which the civil engineer encounters in earth fills can be summarised:

- (i) a weak subsoil, giving rise to difficulty in placing and compacting the super-imposed fill and, subsequently, large settlement in the fill due to consolidation of the subsoil.
- (ii) wet conditions, giving rise to difficulty in moving construction plant over a site.
- (iii) Unsuitable local fill material, either poorly graded gravels or rocks or cohesion soils above optimum for compaction, resulting in high costs of importing suitable material to the site.

The six papers presented to us this afternoon deal with certain aspects of these problems and I am particularly pleased that they provide some well-documented evidence of full scale trials using fabrics under a variety of circumstances. I hope that contributors to the discussion will be able to add further evidence of this type. Theory and small-scale laboratory test results are necessary and helpful to explain the likely performance of fabrics in earth fills, but

full-scale practical results are essential to satisfy an engineer that he would be taking a responsible decision to use fabrics to solve a particular problem.

I am not expert on fabrics but, fortunately, I am supported on this occasion by two real experts. Professor Bell, of the Oregon State University and Monsieur Puig of the Bridges and Highways Laboratory at Toulouse. I thank them for their support and advice.

Before calling on each of the authors in turn to present their papers, I should like to apologise in advance to them and to any contributors that I may have to cut short of time. We have a lot to do in the time available.

COMMUNICATIONS

Remblais routiers sur terrains compressibles exécutés à l'aide de textiles synthétiques

Communication présentée par M. BELLONI

Armature de traction en textile, un nouveau procédé pour améliorer la stabilité des grands remblais sur sols mous

Communication présentée par M. KREKT

Einbau von Textilvliesen unter Erdämmen - Vergleich verschiedener Fabrikate

Communication présentée par M. WILMERS

Construction and analysis of a fabric reinforced low embankment on muskeg

Communication présentée par M. MAAGDENBERG

Discussion

M. le Président

Je crois que nous sommes arrivés à la fin des exposés.

Nous avons déjà quelques questions.

J'espère que nous pourrions les traiter pendant les douze minutes qui nous restent.

Question de M. PASQUET à M. BELL

Comment est modélisé le textile ?

Quelle est son épaisseur ?

Quelles sont les hypothèses de contact sol/textile ?

M. BELL

The fabric characteristics are given in the paper. The thickness depends somewhat on the pressure on the fabric, but it is about 3 mm.

I believe that in an application such as we describe in our paper the fabric has two main reinforcing functions. First, it bridges over local weak areas in the foundation. In this function the mechanism is probably similar to that discussed by Nieuwenhuis in Session I. Second, the fabric provides tensile reinforcement to the bottom of the granular fill and thus prevents tensile failure of the fill and lateral spreading. In this case the stress transfer is by friction between the fabric and the granular fill.

Question de M. MIANO à M. KREKT

1. Did you ever construct actual embankments over nonwoven fabrics which failed and the woven fabrics you talked about performed satisfactorily ? i.e., is there controlled experiment which could support your woven vs. non-woven conclusion ?

2. When reporting tensile properties for fabrics, what strain rate did you choose ? What was your rationale for choosing that strain rate ?

M. KREKT

A notre avis, il n'est pas bon de procéder de cette façon-là.

Nous sommes d'avis, en effet, qu'il faut un faible allongement à module élevé pour atteindre des ruptures de ce genre.

C'est probablement là une réponse à faire pour la seconde question.

Avant que le glissement se produise, lorsque vous avez une déformation horizontale ajoutée à la déformation d'exploitation que vous pouvez donner au textile pour éviter la formation de ce plan de glissement, je vous ai présenté une diapositive.

Lorsqu'il n'y a pas de déformation horizontale, lorsque l'on a affaire à une couche extrêmement cohérente dans la partie supérieure, relativement cohérente et homogène, vous devez tenir compte d'une certaine élongation qui empêche la formation des criques dans le sol.

J'espère avoir répondu à vos questions.

Question de M. RUDDOCK à M. WILMERS

In model studies there is a wide divergence of results, some authors finding structural

improvement and others finding none in similar systems. The point at which all authors agree is that structural improvement requires large deformation. Deformation of what? Is it deformation of fill or subbase, which should be obtained during compaction? Or is it deformation of fabric? And does the benefit last if a stiff pavement is placed on top of the fill or subbase after deformation? It might explain why some model tests show benefits and other do not.

Question de M. MARIOTTI à M. WILMERS

Question à poser sur efficacité des textiles pour route provisoire et inefficacité pour route normale.

M. WILMERS

Bei steigender Deformation des Gesamtsystems Untergrund + Textil + Schüttung zeigen sich Vorteile gegenüber Systemen aus Untergrund + Schüttung. Diese Vorteile - relativ geringere Deformation bei gleicher Belastung - dürften wohl in erster Linie auf den Deformationswiderstand des Textils zurückzuführen sein, denn hier gibt es graduelle Unterschiede zwischen Vliesen von unterschiedlichem Last-Dehnungsverhalten. Vor- ausgesetzt wird eine Deformation von Untergrund und Schüttung. Das erklärt, warum Vliese unter Schüttungen auf weichem Untergrund einen messbaren Effekt haben, aber nicht bei steifem Untergrund.

Damit kann wohl die positive Erfahrung bei provisorischen Strassen bzw. beim Schütten der unteren Lagen eines Damms auf weichem Untergrund erklärt werden, denn hier werden hohe Verformungen toleriert.

Andererseits geht der Einfluss des Textils zurück, wenn durch grössere Höhe eines Damms oder durch eine steife Fahrbahnbefestigung Lasten so weit abgebaut werden, dass sie nicht mehr zu entsprechenden Verformungen des Untergrundes führen. In diesem Falle verliert das Textil seine sichernde Funktion, behält aber die Bedeutung als Trennschicht.

Question de M. KIELBASSA à M. WILMERS

1. In welcher Tiefe wurde der Porenwasserüberdruck gemessen?

2. Die Deutung des Belastungsversuches steht im Widerspruch zur Konsolidierungstheorie, weil die Grösse einer Konsolidierungssatzung nicht vom Porenwasserdruck abhängt.

M. WILMERS

zu 1 : Die Anordnung der Porenwasserdruckgeber unter dem Probedamm Bisses geht aus Bild 1 zum Referat in Band 1 der Proceedings hervor. Der Porenwasserüberdruck während der Belastungsversuche wurde aus gerätetechnischen Gründen nur an den tiefen Gebern (1,80 m unter Gelände) registriert.

zu 2 : Das dargestellte Ergebnis ist durch mehrfache Messung unter verschiedenen Lasten und zu unterschiedlichen Stadien der Konsolidierung gesichert. Es handelt sich im übrigen um einen Lastverformungsversuch, der nicht dem klassischen Lastsetzungsversuch vergleichbar ist, sondern den Deflektionsmessungen unter kurz wirkender Last entspricht, wie sie auf Fahrbahnbefestigungen mit dem Benkelmanbalken oder dem Deflectograph ausgeführt werden. Hierbei wird in erster Linie das quasi - elastische Verhalten, nur untergeordnet das quasiplastische Verhalten einer Schicht untersucht. Die dargestellte maximale Verformung bei Belastung entspricht der "Deflexion" unter dem anrollenden Rad wie sie in Frankreich gemessen wird, die Rückfederung bei Entlastung dem "Einsenkungswert" wie er in Deutschland registriert wird. Für diese Verformungen ist der Wassergehalt der geprüften Schicht und damit der Porenwasserüberdruck bei Belastung von wesentlicher Bedeutung.

M. LE PRESIDENT

Il ne nous reste guère de temps. Il nous reste encore six ou sept questions, dont certaines sont trop difficiles. D'autres préjugent peut-être des séances de tout à l'heure.

Je crois que maintenant, nous devons clore cette session, mais avant, je voudrais faire deux choses.

D'abord, je voudrais inviter tous les orateurs des séances futures à prendre contact avec la présidence de cet après-midi.

Je voudrais également remercier les auteurs de cette séance, pour avoir présenté avec tant de clarté leur conférence, et pour avoir bien voulu répondre aux questions qui leur ont été posées.

(la séance est levée à 16 h 10)

Discussion écrite

Written discussion

Question de M. DOERR à M. KREKT

Have you experiences or did you make tests, of how long a fabric can stay in an embankment? Can it only be used, until the soil is consolidated?

M. KREKT

Depending on the applied load the fabric can act as a reinforcement for quite a long time.

In our opinion however the fabric is only necessary during the construction period and the primary compression time.

During this period the soil gradually takes over the function of the fabric and provides enough shearing resistance.

Question de M. BJERIN à M. KREKT

Have you made any studies on the size of the deformation of the textile and in the soil?

M. KREKT

In our test in Zewenhoven we have examined in detail the deformation of textile and soil.

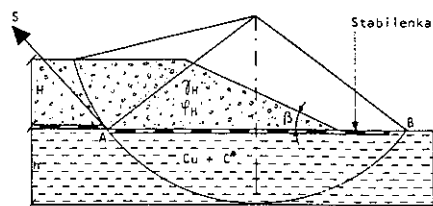
Deformations in the fabric up to 12% have been measured. For the elongation measurement the device described by Mr. Den Hoedt in session VIII was used.

A detailed report of this test entitled: "An exploration of the constructive function of Stabilenka in an embankment" can be

obtained from Enka Glanzstoff bv, department IEN, Velperweg 76, Arnhem, Holland.

Question de M. GIEULLES à M. KREKT

Peut-on obtenir sous forme de "tiré à part" plus de détails pratiques que n'en compte la note écrite. Notamment le graphique présenté en projection lors de l'exposé qui permet de faire le choix du textile en fonction de la cohésion recherchée pour l'ensemble (textile-sol de fondation)?



$$N = \frac{Cu}{\delta_H \cdot H}$$

$$C^0 = \frac{S}{\sqrt{AB}}$$

$$C_H / Cu = 0$$

$$\varphi_H = 35^\circ$$

$$\operatorname{tg} \beta = 2/3$$

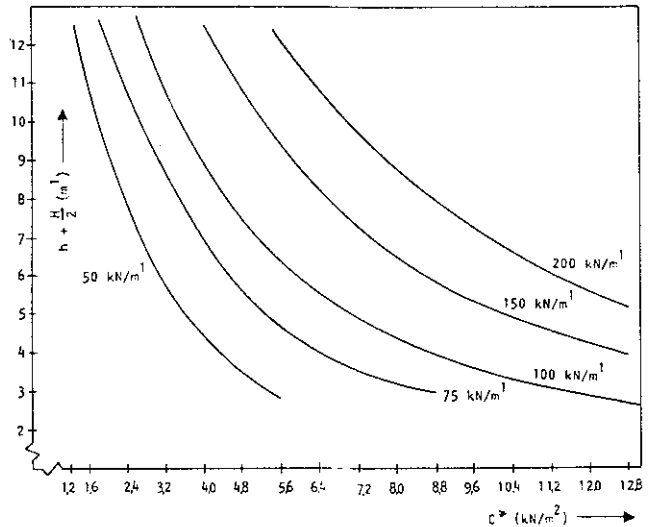


Fig. I Required resistance in Stabilenka
Résistance nécessaire au Stabilenka

M. KREKT

Oui, il est possible d'obtenir le tiré à part de l'exposé.

Ci-joint, le graphique indiquant la résistance nécessaire au STABILENKA (R) (fig 1).

Pour calculer la cohésion requise, nous avons retenu les abaques établies par Pilot et Moreau (Editions Eyrolles, Paris 1973).

En soustrayant la cohésion du sol de la cohésion requise, on trouve la valeur de cohésion à prévoir pour le textile.

Question de M. GYSSELS à M. BELL

What do you consider more important :

- 1) Elongation of 50/70% on basis of non-woven ? - or
- 2) Elasticity of 10/15% on basis of woven fabrics ?

M. BELL

For low fills for low class haul roads as discussed in our paper, I presently believe that the high elongation non-woven fabrics give the most economical and most convenient solution. Our analysis shows that for the same loading the high elongation non-woven fabrics develop lower stresses than the higher modulus fabrics. Therefore, weaker cheaper fabrics can be used.

Extra strength costs extra money. The high elongation fabrics, also, are not easily damaged during construction.

For haul roads the live load is usually very large. With an adequate factor of safety against the live load the sustained stresses due to the dead load of a low fill are usually small. Therefore, creep will not normally be a problem for low fills and extra money spent for low creep fabrics is an unnecessary expense.

Question de M. RUBITSCHUNG à M. BELL

Lors des remblais de matériaux anguleux



- a) est-il arrivé que le non-tissé soit transpercé par les matériaux de remblai ?
- b) si oui quel fut le comportement du non-

tissé "A" vis-à-vis du type "B" face à la résistance à la déchirure amorcée ?

NB : Les feutres "rigides" sont le plus souvent à fibres bloquées (thermofixées ou liées chimiquement) alors que les non-tissés "mous" sont généralement aiguilletés uniquement.

M. BELL

There was no observed damage to the 400 g/m² needle punched polypropylene fabric (Fabric A) used in the Alaska tests due to the placing of the large sharp rocks in the fills. Fabric B was a hypothetical fabric used in the analysis. Such a fabric was not used in the field. Experience on other jobs, however, indicates that for fabrics with similar strengths the ones with higher moduli are more easily damaged during construction.

Question de M. PRINZL à M. WILMERS

1. Es würde mich doch der Untergrund des Probefeldes interessieren. Wenn ein derartig grosser Unterschied beim Grundwasserspiegel vorhanden ist, müsste doch auch ein Unterschied im anstehenden Boden gegeben sein.
2. Wie erklärt Herr Wilmers den auffälligen Sprung der Verformungen beim Belastungsversuch, obwohl der Dammaufbau kontinuierlich abnimmt.

M. WILMERS

zu 1 : Der Unterschied im Grundwasserspiegel erklärt sich daraus, dass kurz vor dem Bau des Probendamms ein quer dazu verlaufender Bach begradigt und abgesenkt worden ist. Der Grundwasserspiegel ist der Boden im Versuchsfeld weitgehend gleichförmig, wie durch eine Fülle von Bohrungen, Flügel und Rammsondierungen nachgewiesen worden ist.

zu 2 : Aus Bild 1 zum Referat in Band 1 der Proceedings geht hervor, dass der Damm gestuft aufgebaut ist. Jeweils vier Setzungsmesspegel stehen in einer Stufe und sind somit untereinander vergleichbar. Der Sprung zu Pegeln in benachbarten Stufen ist tatsächlich deutlich. Eine gegenseitige Beeinflussung benachbarter Stufen konnte ausgeschlossen werden.

Question de M. MAUDUIT à M. MAAGDENBERG

L'auteur indique qu'il y a intérêt à employer un textile qui présente une élongation faible (la dernière phrase de son exposé).

Est-il plus intéressant d'utiliser un tissu plutôt qu'un non-tissé (la force pour la même déformation doit être plus élevée) ?

Y aurait-il encore plus intérêt à utiliser un tissu de verre (à très faible allongement pour effort élevé) plutôt qu'un textile présentant un fort allongement ?

M. MAAGDENBERG

On account of the test-results and calculations is concluded, that the membrane only improves the stability considerably, if the fabric is able to develop a much higher strength by substantial smaller deformations.

An impression of the size of this strength can be obtained by means of figure 5 of my paper. To achieve such a stability-improvement, that at test-stretch-circumstances in one run a sandthickness of 2.50 m can be made, the inlay must bear forces greater than 50 kN/m .

At these forces the admissible deformations must be in connection with the avoiding of forming a crack in the subsoil in the order of 2 till 4%.

Generally there is no preference to use a woven fabric over a non-woven fabric if both have the same strength-strain properties. The difference in production processes of both types of fabric i.e. the range of the threads, involves that probably a woven fabric can meet the mentioned requirements of strength-strain ratio sooner than a non-woven fabric.

Glass fibre in itself is a material with a high modulus of elasticity, yet it has of a great fragility. The woven glass fibre fabric, for which the fibres generally are protected because of the fragility, will therefore meet the mentioned requirements concerning the strength-strain ratio.

The problems concerning the use of glass fibre fabric under a sand embankment are related to the execution.

On account of the fragility such a fabric has a too small deformation-buffer to orient itself into the load direction.

The glass fibre fabric shall be exactly build in the load direction. Moreover the flexibility of the fabric is too small to follow the unevenness in the ground on which it has to be placed, without collap-

sing. The use of glass fibre fabric demands a very even ground surface.

Without the necessary precautions the glass fibre fabric is useless for the mentioned application.

The chance of collapsing of the fabric in the execution phase because of its too small deformation buffer is very great.

Commentaire de M. BOULARD

Les communications présentées traitent du problème d'un "bon" remblai érigé sur une "mauvaise" fondation. La Direction des Travaux Maritimes de BREST a l'expérience du problème "inverse" sur le chantier du Bassin 10 du Port Militaire de BREST (cf Revue "Travaux" n° 475 - Octobre 74) : un filtre en non-tissé est utilisé pour prévenir le départ de matériau fin (sable maritime mis en remblai par voie hydraulique) à travers une digue de retenue en matériaux rocheux assez ouverts et contenant des gros éléments (jusqu'à 50 cm). Dans ce cas, la résistance mécanique du filtre est mobilisée quand il forme "pont" entre les enrochements, et les risques de déchirure sont élevés. Il est nécessaire de prévoir à la pose des possibilités d'extension du filtre textile pour qu'il épouse au mieux la surface du substratum d'une part, ne se déchire pas sous l'effet des frottements tendant à le faire glisser le long du talus d'autre part. Ceci nécessite l'utilisation de soufflets cousus avec des fils cassants et répartis sur la surface des lés, et le recours à un "cloutage" du textile en tête du talus de la digue (à l'aide d'aciers à béton).

Le remblai sableux devant recevoir un compactage dynamique violent, le filtre est de surcroît soumis à des efforts verticaux importants. Des planches d'essai ont montré que le non-tissé prévu (Bidim U 44) résistait mal (déchirures et poinçonnements) sur un talus "naturel" et sous remblai sableux peu épais compacté à 120 mt/m² en surface. La solution retenue après essais complémentaires comportait un réglage des talus de la digue à l'aide de matériaux 20/40 assurant une meilleure surface d'appui, avec interposition en partie supérieure d'une couche de textile "xxx" tissé, dont le rôle était de "ponter" les petites imperfections en conférant une certaine résistance mécanique aux zones sollicitées par le compactage dynamique et de faciliter le glissement du filtre en Bidim lors du remblaiement sableux, et passage en U 64 (600 g/m²) en dessous de la cote -7m.

Le chantier a été par ailleurs contrarié

par le colmatage excessif du Bidim, qui à marée montante occasionnait des ballonnements des voiles déjà posés sur les talus des digues. Un lestage des lés déjà posés et un renfort de cloutage ont été nécessaires et n'ont pas empêché la création de certaines déchirures sous-marines entre lés jointifs, occasionnant ainsi des points préférentiels de départ du sable qui ont dû être traités par injections.

Au total 29.000 m² de Bidim U 44 et U 64 et 6.600 m² de xxx ont été utilisés sur ce chantier à la mer, en pose aérienne ou sous-marine.

LARS BJERIN

Swedish Geotechnical Institute

Results of deformation measurements on woven polyester fabric used as reinforcement in a road embankment

Introduction

In 1974 a new road was constructed north of Stockholm passing a 1 km long area of soft clay. The road was designed to carry vehicles for transformer transports with a total load of 700 tons. To increase the stability of the road a woven polyester fabric was put into the embankment in two layers and anchored in adjacent loading berms on both sides of the road.

By order of the National Road Authorities measurements of the deformation of the fabric were carried out, on one hand of the long-term deformations and on the other hand of the deformations due to one of the named transformer transports.

Presumptions

The heavy transport vehicle, with a total load of 700 ton, induces two load areas, 3.65 m wide and 17.6 m long, with a load of 60 kPa.

The soil consists of soft clay down to a maximum depth of 12 m. The undrained shear resistance of the clay varies between 7 and 15 kPa.

The road embankment was 1.2 m high and 7 m wide with 8 m adjacent loading berms (of the same height as the road) on both sides of the road.

The fabric reinforcement consisted of two layers of fabric of hardened woven polyester with a total length of 17 m. The fabric was prestressed by 1% when put into place to reduce the initial tension in the fabric. Each layer of fabric has a theoretical strength of 65 kN/m at a tension of about 15%. The reinforcement was anchored in the loading berms on both sides of the road and was calculated to get a maximum load of 70 kN/m.

In figure 1a and 1b the calculated most dangerous slide-circles are shown without and with consideration of the reinforcement. By introducing a horizontal force in the reinforcement the centre of the most dangerous slide-circles are displaced downwards and the factor of safety increases from 1.0 to the desired 1.3. For ordinary traffic load (10 kPa) the factor of safety is 2.3 (figure 1c).

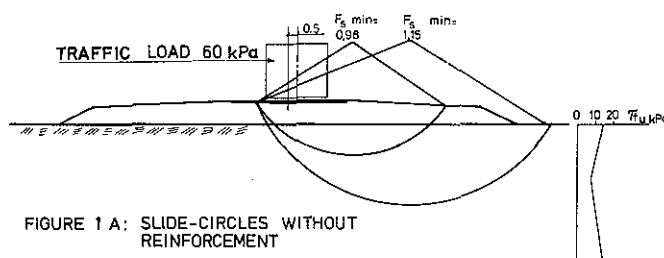


FIGURE 1 A: SLIDE-CIRCLES WITHOUT REINFORCEMENT

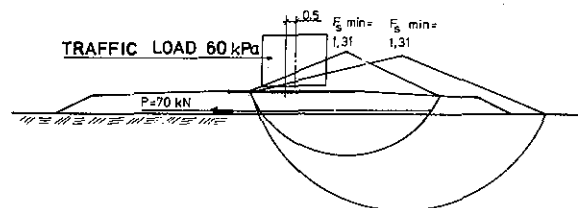


FIGURE 1 B: SLIDE-CIRCLES WITH REINFORCEMENT

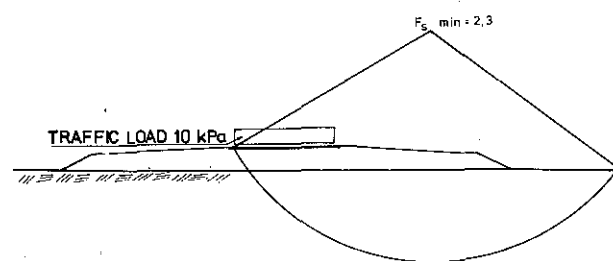


FIGURE 1 C: SLIDE-CIRCLES, ORDINARY TRAFFIC LOAD NO REINFORCEMENT

SCALE
0 1 2 3 4 5 m

Results

Long-term deformations

The horizontal deformation of the fabric was measured with the help of small magnets (27 pieces) fixed to the fabric. The positions of the magnets were determined through a pipe close to the fabric.

Figure 2 shows the horizontal tension of the fabric related to the centre-line of the road at different times up to one year after the completion of the road.

The largest tension 0.3 – 0.4% was registered under the pavement while the tension under the loading berms was 0.1%. The speed of the tension was largest in the beginning with continuing decrease.

The vertical deformation during the above named period was 0.30 m under the centre of the road and 0.22 m under the berms.

Deformations due to heavy transport load

Figure 3 shows the measured maximum deformations in the fabric at the passing by of the 700 ton vehicle. Under the centre of the road the settlement was 17 mm while a small heave (1.5 mm) took place in the loading berm. The tension under the road surface was 4 mm which corresponds to 0.06%. Locally under the edge of the traffic load the tension was 0.1%. The vertical deformation was almost retrogressive while the horizontal deformation seemed to be permanent.

Conclusions

The long-term tension in the fabric is not due to differential settlements under the road embankment as these only could contribute to a tension in the order of 0.002%. The tension is therefore probably an effect of creep movement in the soil despite the high factor of safety. Evidently the fabric does not resist these creep deformations from the permanent load as a continuing tension was measured. The load in the fabric is very small compared with its total strength.

The small measured deformations during the passing by of the vehicle show that the reinforcement has affected the stability of the road very little. This depends probably partly on the short loading period (about 1 minute) and partly on the fact that the factor of safety without considering the fabric is about 1.0.

In order to get an obvious contribution from the fabric to the stability of the embankment the soil has to deform to such a degree that the fabric stress is mobilized. Then it is important that the deformation is so small that a failure does not take place in the soil. The allowed deformation in the soil should be the base for the discussion of the necessary deformation modulus in the fabric.

HORIZONTAL DEFORMATION (MM, TENSION) OF FABRIC IN RELATION TO CENTER OF THE ROAD

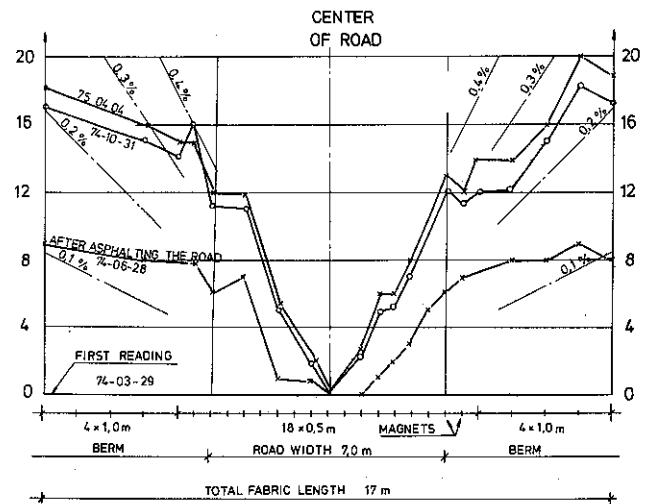


FIGURE 2: HORIZONTAL DEFORMATION OF FABRIC

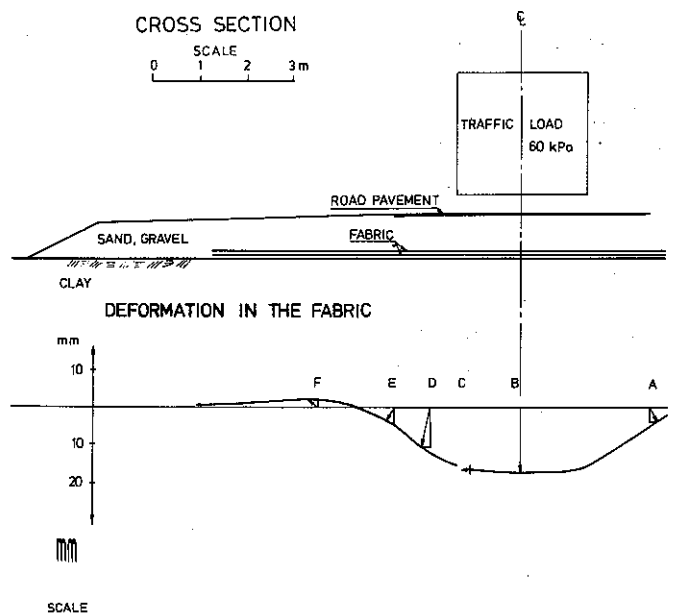


FIGURE 3: DEFORMATION IN THE FABRIC DUE TO THE HEAVY TRAILER TRANSPORT