

Janka Gombitová *

POSÚDENIE VHODNOSTI POUŽITIA NETRADIČNÉHO MATERIÁLU NA SANÁCIU ŽELEZNIČNÉHO SPODKU

THE EVALUATION OF THE APPROPRIATENESS OF RAILWAY SUBGRADE RESTORATION WITH AN UNCONVENTIONAL MATERIAL

Príspevok obsahuje výsledky dosiahnuté pri skúmaní nového geosyntetického výstužného materiálu - GEOWEB použitého na sanáciu železničného spodku. Nakoľko pri stavebných opravách v rámci modernizácie železničných tratí a staníc nevystačíme len s tradičnými - doteraz väčšinou používanými materiálmi.

Úvod

Pri modernizácii železničných tratí a staníc sa má postupovať v súlade s parametrami odporúčanými v dohodách AGC a AGTC. To znamená, že na vybraných tratiach pre modernizáciu je potrebné zvýšiť traťovú rýchlosť na 160 km.h⁻¹, upraviť prejazdný prierez na UIC GC a triedu zaťaženia na D4 UIC. Z toho vyplýva, že pri stavebných úpravách v rámci modernizácie na koridorových tratiach, nevystačíme len s klasickými tradičnými, doteraz väčšinou používanými materiálmi. Je potrebné používať aj materiály nové, netradičné, ktoré môžu výrazne ovplyvniť kvalitu železničných tratí a staníc.

Týka sa to aj železničného spodku, kde od kvality návrhu a stavby závisí zabezpečenie dlhoročnej, dostatočne únosnej a bezpečnej jazdnej dráhy pre železničné vozidlá. Najčastejšími metódami sanácie železničného spodku na koridorových tratiach je zlepšovanie zemín s pojivami, ako napr. vápno, cement a vystužovanie zemín a konštrukčných vrstiev geosyntetickými materiálmi. Jedným z takýchto nových materiálov je aj bunkový systém GEOWEB, ktorý patrí do technológie vystužovania zemín geosyntetickými materiálmi.

2. Vystužovací bunkový systém GEOWEB

Konštrukcia GEOWEB je bunkový spevňovací systém, ktorý bol vyvinutý koncom 70. rokov ako súčasť kooperačného výskumného úsilia s US Army Corps of Engineering. Je dostupný v dvoch odlišných druhoch povrchovej úpravy: hladkej a textúrovej.

Systém GEOWEB môže byť využitý pre granulárnu výplň pomocou materiálov dostupných priamo na mieste sanácie pod-

This paper deals with the results achieved during the testing of a new geosynthetic reinforcing material - GEOWEB, which was used for the restoration of railway subgrade. Conventionally used materials are no longer sufficient for reconstruction works within the modernisation of railway tracks and stations.

Introduction

When modernising railway tracks and stations, we must keep the parameters recommended by agreements AGC and AGTC. That means it is necessary for modernised tracks to increase track speed up to 160 km.h⁻¹ and to accommodate the structure gauge according to UIC GG and the class of load according to D4UIC. It follows that the classical, conventional materials used so far are not sufficient for reconstruction works within the modernisation of the corridors. It is also necessary to use new materials which are unconventional. This can significantly influence the quality of railway tracks and stations.

It also concerns railway subgrade where long - time, sufficiently supported load and safe running line for railway vehicles depend on the quality of the design and reconstruction of this railway subgrade. The most frequently used methods of railway subgrade restoration on the corridor tracks are the improvement of soil by such materials as lime and cement, and the reinforcing of soil and construction layers by geosynthetic materials. One such new material is the cellular confinement system GEOWEB, using the technology of reinforcing soil with geosynthetic materials.

2. Cellular Confinement System GEOWEB

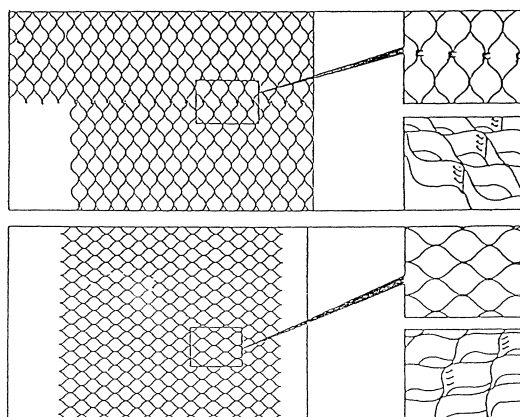
GEOWEB construction is a cellular confinement system which was developed at the end of the 70s as part of a cooperative research effort with the US Army Corps of Engineering. It is available in two different superficial forms - smooth and textured.

The GEOWEB system can be utilised for granular filler by using the materials accessible right at the area of restoration of

* Doc. Ing. Janka Gombitová, PhD.

Department of Railway Engineering and Track Economy and Management, Faculty of Civil Engineering, University of Žilina, Komenského 52, 01026 Žilina, Slovak Republic, Tel: 00421-89-43374, fax:00421-89-7233502, e-mail: gombit@fstav.utc.sk

valového podložía (neúnosný materiál zemnej pláne, výzisk z čistenia koľajového lôžka), ako náhrada za drahé dovážané materiály (štrkopiesky). Vysokopevnostné polyetylénové sekcie sú pre dopravu zložené do ľahkých kompaktných balíkov, s ktorými sa dá ľahko manipulovať, pričom počas inštalácie zostávajú flexibilné. Pri plnení sekcií sa tieto prispávajú ochrannou vrstvou hrúbky 50 - 100 mm a môžu byť ihneď prechádzané aj veľmi ťažkými mechanizačnými prostriedkami. Podľa údajov výrobcu, zabudovaním systému GEOWEB do neúnosného železničného spodku, sa mechanizmom generácie silnej laterálnej zväzujúcej sily a trenia na styku zemina - stena bunky vytvára tzv. mostová roznášacia štruktúra s vysokou flexurálnou pevnosťou a tuhosťou. Tento systém sa k nám dováža s rozmerom buniek 244 x 203 mm v štyroch výškach stien buniek, a to 75, 100, 150 a 200 mm a rozmerom celých voštinových sekcií 2,44 m x 6,10 m v rozťahnutom tvare. Na obr. 1 je znázornená celá sekcia a tvar buniek.



Obr. 1. GEOWEB
Fig. 1 GEOWEB

Táto mostová štruktúra má zlepšovať dlhodobú charakteristiku u deformácie vplyvom zaťaženia u bežných granulovaných výplňových materiálov a dovoľovať výrazne (až 50 %) zredukovanie hrúbky konštrukčných vrstiev železničného spodku v porovnaní s tradičnými metódami zvyšovania jeho únosnosti.

3. Sanácia železničného spodku vo výhybke

Po prvýkrát použitie vystužovací bunkový systém GEOWEB na Slovensku na zvýšenie únosnosti zemnej pláne sa rozhodli Železnice Slovenskej republiky. Aby sa preukázala predpokladaná účinnosť technológie zvyšovania únosnosti železničného spodku pomocou tohto materiálu, bol v r. 1996 na železničnej trati Bratislava-Žilina v železničnej stanici Púchov založený pokusný úsek. Tento pokusný úsek bol zriadený v rámci komplexnej rekonštrukcie výhybiek č. 1 - 8 na žilinskom zhlaví za súčasnej sanácie železničného spodku. Vo výhybke č. 3 bola zistená nevyhovujúca únosnosť zemnej pláne ($E_0 < 15$ MPa) a počas železničnej prevádzky opakujúce sa chyby vo výškovej polohe koľaje, takže tu bolo potrebné zvýšiť únosnosť podložía.

V predstihu pred budovaním pokusného úseku v žst. Púchov na jej žilinskom zhlaví, bola zhodnotená situácia a stav konštrukcie podvalového podložía pod výhybkami č. 3, 4 a 5. Predbežný geotechnický prieskum bol uskutočnený v siedmich kopaných sondách. Na základe ich vyhodnotenia bolo možné konštatovať rôznorodosť v konštrukčnom usporiadaní vrstiev podvalového podložía. Charakter zemnej pláne bol veľmi premenlivý a predovšetkým pod výhybkou č. 3 boli z pohľadu únosnosti zistené naj-

railway subgrade (unbearable material of formation, exhausted material from the cleaning of the railway bed) as a substitute for expensive imported materials (gravel and sand). High-strength polyethylene sections are folded for transport into light compact packets which can be easily manipulated. During the installation, they remain flexible. During the filling of the sections, they are scattered as a protecting layer with the thickness of 50 - 100 mm and they can be immediately used even with very heavy construction machines. According to the data provided by a manufacturer,

building the GEOWEB system into an unbearable subgrade, the mechanism of strong lateral binding force and friction on the contact soil/cell wall creates the so-called bridge distribution structure with high flexural strength and stiffness. This system is imported to Slovakia with dimensions of the cells 244 x 203 mm in four heights of cell sides: 75, 100, 150, and 200 mm and dimension of whole perforated sections 2.44 m x 6.10 m in a distend form. Fig. 1 shows one whole section and the shape of the cells.

This bridge structure shall improve the long-term characteristics of the deformation due to the

load in the usual filler granular materials and permit *substantial (up to 50 %) reduction in the thickness of the construction layers of railway subgrade in comparison with other conventional methods of increasing its load support.*

3. Restoration of Railway Subgrade in a Turnout

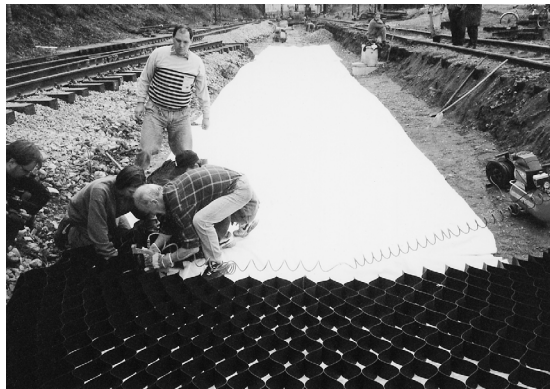
The first use of the GEOWEB cellular confinement system was performed by the Railways of the Slovak Republic. The purpose was to increase the load support of the formation. To prove the assumed effectiveness of the technology for increasing the load support of railway subgrade by using this material, a trial section was established at the railway station Púchov on the railway track between Bratislava - Žilina in 1996. This experimental section was established within the process of the complex reconstruction of turnouts No. 1 - 8 together with the reconstruction of the railway substructure. In turnout No. 3, an unsatisfying load support of the formation ($E_0 < 15$ MPa) was found as well as repeated faults in the height position of the rail during railway operation. It was necessary to increase the load support of the subgrade here.

Before the experimental section was built at the Railway Station Puchov - Žilina head, the situation and condition of the railway subgrade construction under the turnouts No. 3, 4 and 5 had been evaluated and the preliminary geotechnical research had been performed with seven dugged probes. The evaluation of these preliminary works showed a variety in the construction arrangement of the railway subgrade layers. The nature of the formation was

horšie výsledky. V tomto mieste je zemná pláň tvorená ílom mäkkej až tuhej konzistencie.

Pre zvýšenie únosnosti podložia pod výhybkou č.3 bolo rozhodnuté vykonať sanáciu železničného spodku podľa vzorového listu Ž 4.3 - N 4, kde betónová doska bola nahradená konštrukciou GEOWEB. GEOWEB bol neperforovaný, šírky 4,2 - 4,5 m o výške buniek 0,10 m. Podkladová vrstva sa navrhla o hrúbke 0,30 m a na zemnú pláň bola uložená netkaná geotextília o plošnej hmotnosti 400 g.m⁻². Zriadenie pokusného úseku nám dokumentuje obrázok č. 2

Týmto riešením oproti pôvodnému riešeniu bola potrebná menšia hĺbka výkopu, čo znamenalo menšiu potrebu výkopov a takú istú úsporu hrúbky sanačnej vrstvy podkladu, vrátane nákladov za manipuláciu a odvoz. V rámci sanácie železničného spodku sa obnovilo aj odvodnenie zhlavia.



Obr. 2. Pokusný úsek
Fig. 2 The experimental section

Po jednom mesiaci prevádzky boli na pokusnom úseku vykonané prvé statické zaťažovacie skúšky, kde bol zisťovaný ekvivalentný modul deformácie na dvoch miestach výhybky č. 3 a pre porovnanie výsledkov aj vo výhybke č. 4. Táto bola sanovaná klasickým spôsobom. Vo výhybke č. 3 bola zistená hodnota modulu deformácie $E_0 = 91$ MPa, čo je viac ako požadovaná únosnosť na tomto úseku trate $E_p = 80$ MPa. V zmysle predpisu ČSD S4 Železničný spodok sa posudzujú celkové hodnotenie únosnosti viacvrstvej konštrukcie podvalového podložia, t. j. postupne zriadených jednotlivých konštrukčných vrstiev ich ekvivalentnou únosnosťou E_{e2} . Ekvivalentná únosnosť je stanovená v závislosti od prevádzkového zaťaženia koľaje. Pre náš sledovaný koľajový úsek v žst. Púchov - Žilinské zhlavie, v hlavnej koľaji č. 2 je predpísaný modul $E_p = 80$ Mpa

Ďalšie sledovanie pokusného úseku bolo dosiaľ v 3. etapách vždy vo výluke koľaje, a to jedno meranie v roku 1997 a dve merania v roku 1998.

Na obr. č. 3 je pre názornosť uvedené grafické vyhodnotenie nameraných hodnôt v mieste SZS1, pokusného úseku v žst. Púchov vo výhybke č. 3, dňa 21. 4. 1998.

very variable, and specifically in turnout No. 3, the worst results regarding load support were found. The formation at this place contained loam with consistency, varying from soft to solid.

To increase the load support of the subgrade under turnout No. 3, it was decided to perform the reconstruction of the railway subgrade according to the sample list Ž 4.3 - N. 4, in which a concrete slab was substituted with GEOWEB construction. GEOWEB was not perforated, width of 4.2 - 4.5 m and cells height of 0.10 m. The sub ballast was proposed with a thickness of 0.30 m and on the formation an unweaved geotextile of area 400 g.m⁻² was laid. Construction of the experimental section is shown in Figure 2.

Comparing this solution with the original one, a lower depth of excavation was necessary which meant less excavations in the long run and saved the same cubature of the reconstruction layer of the subgrade, including costs for manipulation and removal. While restoring the railway subgrade, dewatering of a head was also renewed.

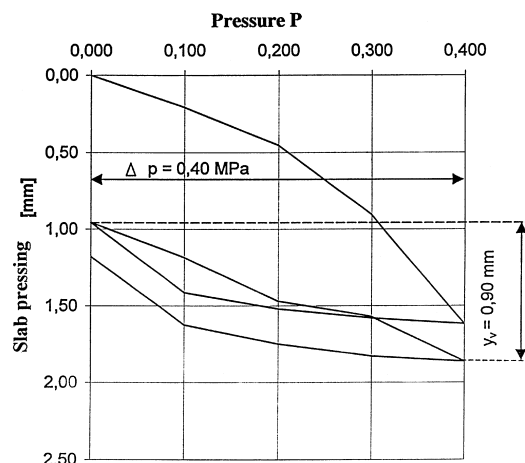
After one month of operation, the first static loading tests were performed on the trial section. The equivalent deformation modulus was being determined at two testing points of turnout No. 3 and also in turnout No.4 to make a comparison of the results. The second turnout was restored in the classical way. In turnout No. 3, the value of the deformation modulus ($E_0 = 91$ MPa) was found which was higher than the required value of the load support at this section of a track ($E_p = 80$ MPa). In accordance with the regulation ČSD S4 Railway Substructure, the overall evaluation of the support load of multi layer construction in railway subgrade is

determined by the equivalent load support of these layers (E_{e2}). The value of equivalent load support depends on the load being in running order. The modulus ($E_p = 80$ MPa) for our trial track section is given at the Railway Station Púchov - Žilina head, the main track No. 2.

Up to now, the experiments at our section have been performed in 3 phases, as well as during the closing of a line to traffic. The first measurement was done in 1997 and two others in 1998.

Figure No. 3 gives a graphic evaluation of the measured values at the place SZS 1 of the experimental section at the Railway Station Puchov in turnout No. 3 on April 21st, 1998.

GRAPH SZS 1



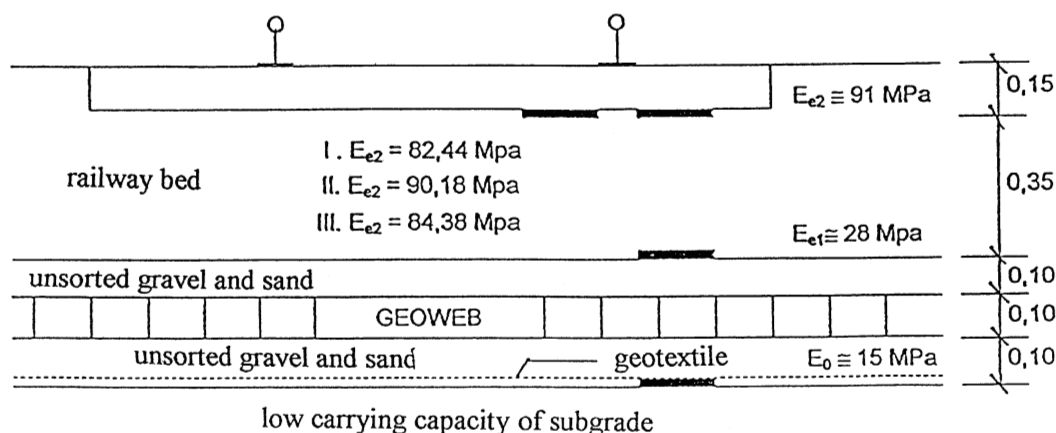
Obr. 3. Graf SZS 1
Fig. 3 Graph SZS 1

Na obr.č.4 - priečný rez sanovanou výhybkou sú výsledky nameraných hodnôt ekvivalentného modulu deformácie v jednotlivých etapách :

- I. etapa - $E_{o2} = 82,44$ MPa
- II. etapa - $E_{o2} = 90,18$ MPa
- III. etapa - $E_{o2} = 84,38$ MPa

Figure 4 is a cross section of the restored turnout and the results of measured values of equivalent deformation modulus in phases:

- 1st phase - $E_{o2} = 82,44$ MPa
- 2nd phase - $E_{o2} = 90,18$ MPa
- 3rd phase - $E_{o2} = 84,38$ MPa



Obr. 4. Priečný rez sanovanou výhybkou č. 3
Fig. 4 The cross section of the restored turnout No. 3.

Z vyhodnotenia výsledkov etapových meraní na základe priemerných hodnôt je možné konštatovať, že vo všetkých etapách merania bol zistený ekvivalentný modul deformácie E_{e2} väčší ako požadovaná ekvivalentná únosnosť $E_p = 80$ MPa.

Záver

Na základe vykonaných 4 etapových meraní pokusného úseku rozložených na rôzne ročné obdobia skúmania, je možné posúdiť vhodnosť nového materiálu, vystužovacieho bunkového systému GEOWEB na sanáciu železničného spodku ako *materiál vhodný*. Avšak hodnoty namerané v porovnávacej výhybke č. 4 sanovanej bežným spôsobom nie sú výrazne odlišné od nameraných hodnôt vo výhybke č. 3.

Preto v závere je treba povedať, že nový materiál - vystužovací bunkový systém GEOWEB - je potrebné využívať pri sanáciách železničného spodku, hlavne v tých miestach, kde je to ekonomicky výhodné. Jedná sa hlavne o miesta, kde nie je možné pri sanáciách zasahovať do väčšej hĺbky, alebo v tých miestach, kde je potrebné zmenšiť hrúbku konštrukčnej vrstvy telesa železničného spodku. Hlavná výhoda tohto materiálu je podľa dosiaľ dosiahnutých výsledkov v tom, že je možné hrúbku konštrukčnej vrstvy telesa železničného spodku určiť na základe únosnosti zemnej pláne zmenšiť až o cca 30 %, pričom celková hrúbka konštrukčnej vrstvy nesmie byť menej ako 0,15 m.

Evaluating the results of the phase measurements, we can assume that the equivalent deformation modulus at all places of measurement has been found to be higher than the required load support ($E_p = 80$ MPa).

Conclusion

On the basis of four phase measurements at the trial section performed in various seasons of the year, it is possible to evaluate the appropriateness of the new material (i.e. the cellular confinement system GEOWEB) for the restoration of railway substructure as an *appropriate material*. However, the measured values in the comparable turnout No. 4, restored in the conventional way, are not significantly different from the values measured in turnout No. 3.

Therefore, it is important to say that the new material - GEOWEB cellular confinement system - should be used during the reconstruction of railway substructure primarily at places where it is economically attractive, specifically, at places where it is impossible to get very deep during the restoration or at places where is necessary to reduce the thickness of the construction layer of a railway substructure unit. According to the achieved results, the main advantage of this material is the possibility to reduce the thickness of the construction layer of a substructure unit (determined on the basis of the load support of the formation) by about 30 % while the overall thickness of the construction layer can't be less than 0.15 m.

Sledovaný vystužovací bunkový systém GEOWEB je možné odporučiť k zvyšovaniu únosnosti pláne telesa železničného spodku, ako ďalší z geosyntetických vystužovacích materiálov k už používaným materiálom, ako sú výstužné geotextílie a geomriežky.

Literatúra:

- [1] Predpis ČSD - S4, Železničný spodok, NADAS Praha, 1998
- [2] Grantová výskumná úloha G1/4148/97: „Modernizácia železničných tratí a staníc - využitie nových konštrukcií a materiálov a ich vplyv na kvalitu jazdnej dráhy“
- [3] GOMBITOVÁ, J.: Restoration of Railway subgrade in a Turnout by the use of the new material - GEOWEB, Zborník medzinárodnej vedeckej konferencie ŽU, 1998 Žilina.

Recenzenti: A. Suroviecki, F. Schlosser

The tested cellular confinement system GEOWEB, which together with geotextiles and geogrids belongs to the group of geosynthetic reinforcing materials, can be recommended for increasing the load support of a railway substructure unit.

References:

- [1] Regulation ČSD - S4, Railway substructure, NADAS Praha, 1998
- [2] Grant research task G 1/4148/97: „Modernisation of railway tracks and stations - utilisation of new structures and materials and their influence on rail quality“
- [3] GOMBITOVÁ, J.: Restoration of Railway subgrade in a Turnout by the use of the new material -GEOWEB, Zborník medzinárodnej vedeckej konferencie ŽU, 1998 Žilina

Reviewed by: A. Suroviecki, F. Schlosser