

**Vysoké učení technické Wrocław
Institut geotechniky a hydrotechniky**

**ANALÝZA VHODNOSTI POUŽITÍ GEOBUNĚČNÉ STRUKTURY TABOSS
PŘI STAVBĚ SILNIC A CEST**

**Dr. Ing. Olgierd Pula
Dr. Ing. Andrzej Piotrowski**

ANALÝZA VHODNOSTI POUŽITÍ GEOBUNĚČNÉ STRUKTURY TABOSS PŘI STAVBĚ SILNIC A CEST

1. ÚVOD

Na žádost firmy TABOSS ze dne 15.04.2000 provedli pracovníci Ústavu geotechniky a hydrotechniky porovnávací měření deformace podloží lesní cesty v polesí Wegliniec.

Cílem práce bylo zjištění, zda geobuněčná struktura Taboss použitá ke zpevnění povrchu silnice má podstatný vliv na zvýšení její únosnosti a zda zlepšila podmínky průjezdu přes sledovaný úsek.

2. OBSAH PRÁCE

Modernizace úseku cesty o délce cca 100 m byla provedena v polesí Wegliniec. Při terénních pracích bylo provedeno šest zkoušek deskou VSS o průměru 30 cm; po dvě zkoušky na každém z následujících typů podloží:

- 1. původní podloží (opakovaně zpevňované násypem šterku)
- 2. původní podloží s válcovanou (zhuťnou) povrchovou vrstvou šterku o síle 8 - 10 cm
- 3. původní podloží, na kterém byla položena geotextilie TYPAR SF o šířce role 4,50 m a na této geotextilii byla položena geobuněčná struktura výšky 10 cm ukotvená k podloží hroty; geobuněčná struktura byla vyplněna šterkem (stejným jaký byl použit v případě 2.) zhuťným vibračním válcem o hmotnosti 4 tuny. Práce byly provedeny během dvou pracovních dnů.

Měření prvního a druhého modulu deformace podloží deskou byly prováděny v ose cesty v odstupech 4 – 5 metrů.

Charakteristika použité geobuněčné struktury

Geobuněčná struktura je vyrobena z vysokohustotního polyetyleny (HDPE). Geobuněčná struktura je zhotovena z oboustraně vroubkovaného pásu v podobě mříže o rozměrech 1,65 * 1,65 m, bodově svážené ultrazvukem při vzdálenosti svárů 340 mm. Jednotlivá sekce geobuněčné struktury Taboss má rozměry 2,6 x 6,2 m. Výška struktury je 100 mm. Segmenty struktury jsou v rozloženém stavu podobné medové plástvi. Měření odolnosti provedené Laboratoří plastů Ústavu technologie strojů a automatizace Vysoké školy technické ve Vroclavi ukázaly, že geobuněčná struktura má vlastnosti shodné s podobnými výrobky na trhu. Mimořádnou pozornost zasluhuje to, že ke stabilizaci půdy je používán materiál, který nepodléhá rozkladu v přírodních podmínkách. Tato vlastnost zaručuje dlouholetou účinnost systému bez snížení kvality.

3. GEOTECHNICKÉ PODMÍNKY

Pro zjištění geotechnických podmínek na modernizovaném úseku cesty byly v místech měření deskou VSS provedeny vrty do hloubky 1,5 m pod úroveň povrchu cesty. Pomocí těchto vrtů byla zjištěna následující skladba vrstev:

- vrty 1 a 2; od povrchu cesty do hloubky 0,6 m leží vrstva sypkého materiálu promísená s rostlou zeminou; zemina je středně zhuťněná. Pod touto vrstvou je 0,4 m vysoká vrstva rašeliny, pod ní vrstva středně zhuťněných naplavených písků. Do hloubky 1,5 m nebyla zjištěna spodní hranice této vrstvy.

- vrty 3 a 4 – na povrchu cesty je vrstva štěrku o síle 8 cm. Pod ní se nachází vrstva rostlé zeminy ve formě sypké části promísené s organickou půdou o mocnosti 0,5 m. Pod touto vrstvou je 0,8 m vlhké rašeliny, na niž navazuje středně zhutněný naplavený písek
- vrty 5 a 6 – na povrchu staré cesty je položena vrstva geotextilie a geobuněčná struktura se štěrkovým zásypem. Bezprostředně pod touto vrstvou leží jako v případech výše 0,4 m vrstva zeminy a v průběhu let dosypávaného zásypového materiálu. Pod hranicí této vrstvy až do hloubky 1,5m od povrchu původní cesty je vrstva naplavené rašeliny.

Opravovaný úsek cesty je vybudován na vrstvě rašeliny. Cesta musela být v průběhu dlouhodobého užívání každoročně opravována a zarovnáována. Podloží je velmi slabé a deformované. Dosypávání vrstev štěrku zlepšovalo nosnost cesty jen velmi málo. Bylo potřeba radikálně změnit způsob opravy cesty.

4. DEFINICE MODULŮ DEFORMACE PODLOŽÍ

4.1 Způsob provedení měření

Definice prvotního a druhotného modulu deformace je provedena s cílem popisu zhutnění a nosnosti podloží.

Bylo stanoveno následující označení:

- E_1 – prvotní modul [MPa]
- E_2 – druhotný modul [MPa]
- P – jednotkové zatížení [MPa]
- $k = E_2/E_1$ index zhutnění

Měření bylo provedeno metodou zatížení kulatou pevnou deskou o průměru 30 cm a ploše 700 cm², která byla zatěžována stupňovitě tlakem 0; 0,05; 0,15; 0,25; 0,35 MPa.

Pohyby desky byly odečítány na třech snímačích, vždy při prvním (modul E_1) a druhém (modul E_2) cyklu zatížení, jakož i při stupňovitěm snižování tlaku na desku. Přírůstky sedání desky byly vypočteny jako střední hodnota ze třech snímačů.

K výpočtům modulů bylo použito rozmezí zatížení 0,15÷0,25 MPa a odpovídající rozmezí sedání desky.

Prvotní a druhotný modul deformace podloží (E) a index zhutnění (k) byly vypočteny ze vztahu:

$$E = dp / ds \cdot D$$

$$k = E_2/E_1$$

kde:

dp – přírůstek tlaku na podloží [MPa]

ds – přírůstek sedání desky [mm]

D – průměr desky [mm]

Měření bylo provedeno na šesti různých místech:

Měření č. 1 a 2 - pro podloží /původní zemina/

Měření č. 3 a 4 - pro podloží /štěrk uložený na původní zemině/

Měření č. 5 a 6 - pro zlepšené podloží /původní zemina + geotextilie + geobuněčná struktura + štěrk/

Výsledky pokusů jsou uvedeny níže zvlášť pro každé měření. V tabulkách jsou obsažena data potřebné k vymezení modulů a indexu zhutnění. Dále jsou zakresleny grafy závislosti sedání desky (deformace podloží) na zatížení pro první a druhý cyklus zatížení (plné čáry) a odlehčování (tečkované čáry).

4.2 Výsledky měření

Souhrn výsledků (tab. 4.1)

TABULKA 4.1

Měření č.	Druh podloží (vrstvy)	Moduly deformace [Mpa]		Index zhutnění
		E ₁	E ₂	
1	původní zemina	9,84	20,69	2,10
2		7,51	15,96	2,13
3	šterk původní zemina	6,49	12,31	1,90
4		9,68	21,79	2,25
5	šterk geobuňky geotextilie původní zemina	29,13	48,91	1,68
6		25,14	55,90	2,22

V tabulce 4.2 (níže) jsou uvedeny průměrné hodnoty modulů deformace a jejich přírůstek nebo úbytek vzhledem k hodnotě pro původní zeminu (= 100%)

TABULKA 4.2

Měření č.	Druh podloží (vrstvy)	E _{1 prům} [Mpa]	E _{2 prům} [Mpa]	[%]	
				E _{1 prům}	E _{2 prům}
1 a 2	původní zemina	8,68	18,33	100,0	100,0
3 a 4	šterk původní zemina	8,09	17,05	93,2	93,0
5 a 6	šterk geobuňky geotextilie původní zemina	27,14	52,41	312,7	285,9

Poznámka:

- pro podloží je vyžadováno E_{min} >= 15 [MPa]
- pro zlepšené podloží je vyžadováno E_{min} >= 40 [MPa]
- pro index zhutnění je vyžadováno k <= 2,5

5. ZÁVĚRY Z PROVEDENÝCH MĚŘENÍ

Na základě terénních měření lze konstatovat:

- nosnost cesty postavené na původní zemině je velmi nízká
- položení vrstvy šterku na původní zeminu nezpůsobuje podstatný nárůst nosnosti. Pozorované snížení nosnosti může být způsobeno hrubší vrstvou rašeliny pod horní opakovaně dohutňovanou povrchovou vrstvou
- použití geotextilie a geobuněčné struktury společně se šterkem způsobuje výrazný, téměř trojnásobný nárůst nosnosti
- indexy zhutnění ve všech šesti místech měření odpovídají normativním požadavkům. Splnění těchto požadavků v případě nízkých hodnot modulů deformace jako je v bodech 1 – 4 je běžné. Pro vyšší hodnoty modulů v bodech 5 a 6 je index zhutnění $k = 1,56$ a $k = 2,2$ výsledkem velmi dobrým
- výsledky měření odpovídají mechanismu práce povrchu cesty ve změněných podmínkách:
 - tlaky způsobené kolem vozidla způsobují vzrůst svislých napětí v materiálu, který vyplňuje buňky systému, což nakonec způsobuje nárůst sil tření na vroubkované plochy buňky
 - pružný materiál geobuněk přejímá část těchto sil a jejich zbývající část, která je směřována na sousední buňky v nich vyvolá síly reakce (pasivní odpor)
 - buňky ve struktuře systému vzájemně spolupracují, působí neustálé zhutňování výplňového materiálu, vtahují do spolupráce velké plochy podloží, což výrazně redukuje velikost svislých sil působících lokálně na podloží. Pro slabé podloží to má značný význam, protože takto může být využito pro konstrukce staveb.

Vzájemné blokování se buněk prakticky znemožňuje přesouvání segmentů systému a omezuje jeho nerovnoměrné sedání.