



Použití sanačních strojů pro ukládku geosyntetik pod kolejové lože

Leoš Horníček



Úvod

- Sanace železničního spodku související s nevyhovujícím stavem pražcového podloží, zvyšováním únosnosti pražcového podloží a provozní odolností při zvyšování přepravní rychlosti lze řešit se snesením i bez snesení kolejového roštu.
- Řešení bez snesení kolejového roštu je realizováno prostřednictvím patřičné mechanizace, pohybující se po koleji, která jedním pojezdem umožní provedení většiny/všech potřebných úkonů v pražcovém podloží.



Metoda bez snášení kolejového roštu

Výhody:

- významné zkrácení času provedení sanace,
- snížení dopravy materiálu silničními vozidly (zřizování cest),
- minimalizace doby „obnažení“ železničního spodku,
- rovnoměrná kvalita provedení zvoleného řešení.

Nevýhody:

- nutné důkladné naplánování prací (materiál, logistika) na základě geotechnického průzkumu,
- efektivní při nasazení v delších ucelených úsecích bez častých změn provedení železničního spodku,
- snížená flexibilita změn dle podmínek zjištěných během provádění sanace.



Motivace pro použití geosyntetik v pražcovém podloží

Výhody:

- tenká vrstva materiálu (konstrukční vrstva),
- dlouhodobá životnost a funkčnost,
- snadná manipulovatelnost,
- ekonomicky výhodné řešení.

Umístění geosyntetika:

- do zemního (násypového) tělesa,
- mezi zemní pláň a podkladní vrstvu (do konstrukčních vrstev),
- mezi podkladní vrstvu a kolejové lože,
- mezi zemní pláň a kolejové lože (nahrazuje podkladní vrstvu),
- uložení do více úrovní (kombinace).



Vhodná geosyntetika pro strojní ukládání

Geotextilie (GTX)	Výrobky podobné geotextiliím (GTP)	Geosyntetické izolace
propustné	propustné	nepropustné
geotextilie (GTX)	geomřížky (GGR)	polymerní geosyntetické izolace - geomembrány (GBR-P) jílové geosyntetické izolace (GBR-C)
	geosítě (GNT)	
	geobuňky (GCE)	
	geoproužky (GST)	
	georohože (GMA)	
	geokompozity (GCO)	



Efektivnější než samostatné ukládání geotextilie a na ní geomřížky.



Možnosti ukládání geosyntetika mechanizací

Čistička kolejového lože (sanační) SČ 600 S:

- čištění či vytěžení materiálu kolejového lože,
- vytěžení neúnosné vrstvy pod kolejovým ložem,
- vložení plošného geosyntetického (separačního/filtračního/výztužného) prvku,
- vložení materiálu ochranné vrstvy (písek/štěrkopísek/štěrkodrt') pod kolejové lože + zhutnění.

Nejnovější sanační mechanizační sestavy:

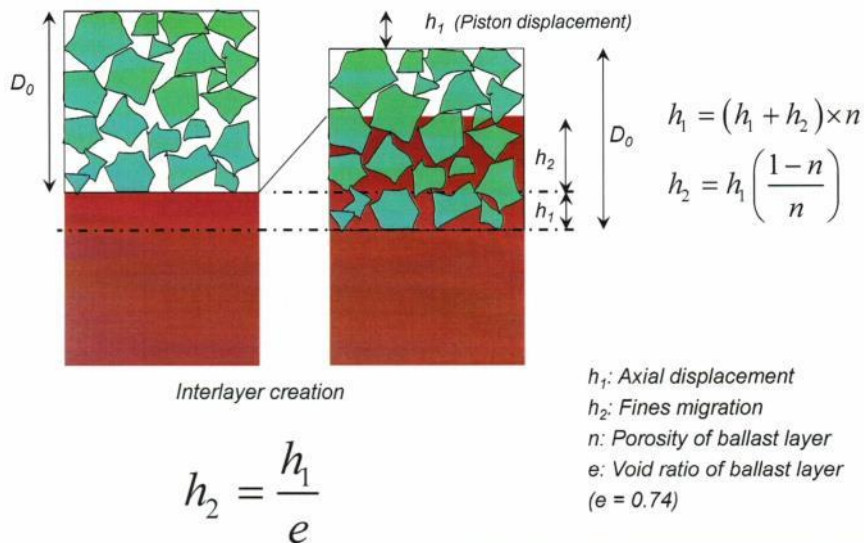
- až 3 těžicí řetězy pro efektivní odtěžení a následné zpracování materiálu jednotlivých vrstev,
- možnost uložení různých geosyntetik ve 2 výškových úrovních.



Charakteristika problému

- Na celostátních a regionálních tratích v ČR jsou časté problémy s dlouhodobou stabilitou GPK.
- Příčinou je často absence podkladní vrstvy a znečištění kolejového lože jemnozrnnou zeminou protlačenou z podloží (pumpovací efekt -> zblácená místa).
- Následky: pokles svislé tuhosti koleje, pokles kvality odvodnění kolejového lože a celkové zhoršení geometrických parametrů koleje.
- Časté opravné zásahy jsou nezbytné.

Pumpovací efekt



- pro vznik pumpovacího efektu je klíčová **přítomnost vody a nízká objemová hmotnost zeminy zemního tělesa v suchém stavu**,
- při velké objemové hmotnosti suché zeminy je tlak v pórech vody malý a tím vzniká pouze „mezivrstva“ a k pumpování nedochází,
- při malé objemové hmotnosti suché zeminy vniká v pórové vodě velký tlak a díky tomu **dochází k migraci jemných částic k povrchu šterku**.



Standardní řešení problému

Méně nákladné (krátkodobé) řešení

- manuální/strojní čištění kolejového lože, doplňování šterku a podbíjení pražců (dle potřeby).

Více nákladné (trvalé) řešení

- odkrytí železničního spodku,
- zřízení kvalitní podkladní vrstvy (nutná konsolidace) s případným použitím geosyntetik (separace, vyztužení),
- zajištění účinného odvodnění (ukloněná podkladní vrstva), včetně odvodnění podél trati,
- obnova kolejového lože.



Řešení pomocí stabilizačního/výztužného geokompozitu

- kombinace geomřížky (stabilizace kameniva kolejového lože) a netkané geotextilie (separační, filtrační funkce),
- stabilizace kolejového lože je založena na zaklínění zrn kameniva do ok geomřížky (interlocking) a sevření vrstvy do uceleného bloku (confinement)
 - zabránění putování kameniva ve vodorovném směru,
 - redukce trvalých svislých deformací kolejového lože,
 - prodloužení údržbových cyklů obnovy GPK,
 - snížení degradace šterkových zrn vlivem podbíjení (prodloužení životnosti šterku),
- možné uložení geokompozitu pod kolejové lože během plánovaných opravných prací v kolejovém loži (minimalizace nákladů na zabudování).



Geokompozit jako náhrada podkladní vrstvy

Funkce podkladní vrstvy	Splňuje geokompozit?
Snížovat napětí působící na zemní pláň	ano (geomřížka)
Chránit zemní pláň před mrazem	ne
Oddělovat kolejové lože a zemní pláň	ano (geotextilie)
Zabraňovat pronikání jemnozrnné zeminy z podloží do kolejového lože	ano (geotextilie)
Zabraňovat poškození povrchu zemní pláně zrny kolejového lože	ano
Odvádět vodu shora	ne (lze řešit úklonem pláně)
Odvádět vodu zespoda	částečně ano



Důležité faktory I

- tuhost geomřížky (tuhé jsou vhodnější) – k mobilizaci přenosu tahových sil dochází při malých deformacích,
- profil žebra,
- dobré vzájemné propojení kameniva a geomřížky,
- umístění geomřížky – teoreticky nejvhodnější cca 20 cm pod pražcem, z praktických důvodů (údržba) nutné umístění min. 30 cm pod pražcem,
- účinek vyztužení se zvyšuje při snižující únosnosti podloží,
- přítomnost vody a jemných částic v kamenivu snižuje účinnost,

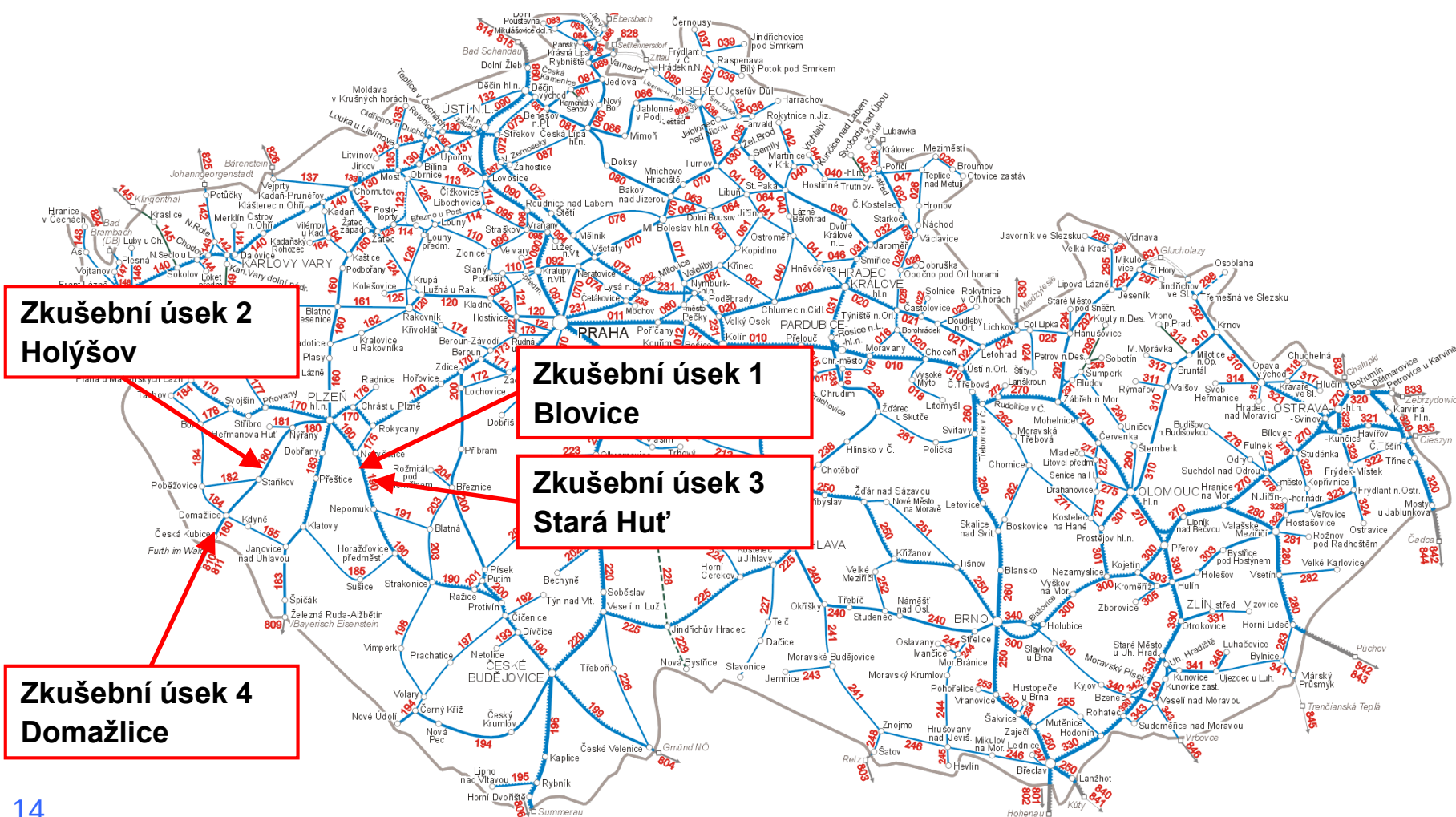


Důležité faktory II

- kvalitní zaklínění zrn kameniva do ok geomřížky,
- optimální vztah velikosti otvoru geomřížky (A) a velikosti zrn kameniva (D) - aktuálně je doporučován optimální poměr $A = 1,2 \cdot D_{50}$,
- pod geomřížkou musí být vrstva, do které mohou být zrna skrz geomřížku zatlačena (v případě vrstvy s vysokou tuhostí k zaklínění nedojde).



Umístění zkušebních úseků



Zkušební úsek 1 - Blovice



Zkušební úsek 1





Zkušební úsek 1

- začíná za poslední výhybkou žst. Blovice,
- situováno ve směrové přímé,
- v zářezu o hloubce 1 až 5 m,
- v podélném sklonu 3.2 – 4.0 ‰,
- traťová rychlost 100 km/h,
- normální rozchod 1435 mm,
- smíšená doprava s ročním zatížením 8,6 mil. htkm,
- podloží tvořeno jílem se střední plasticitou, nepropustným až velmi málo propustným a nebezpečně namrzavým,
- nefunkční odvodnění,
- silný pumpovací efekt způsobený přilehlými zvodnělými svahy.



Zkušební úsek 1 – dílčí úseky

2 dílčí úseky:

- Km 326,095 – 326,280 (185 m) s výskytem největších problémů se zblácenými místy byl určen k aplikaci geokompozitu.
- Sousední dílčí úsek km 326,280 – 326,450 (170 m) určen jako tzv. referenční úsek bez aplikace geosyntetika.

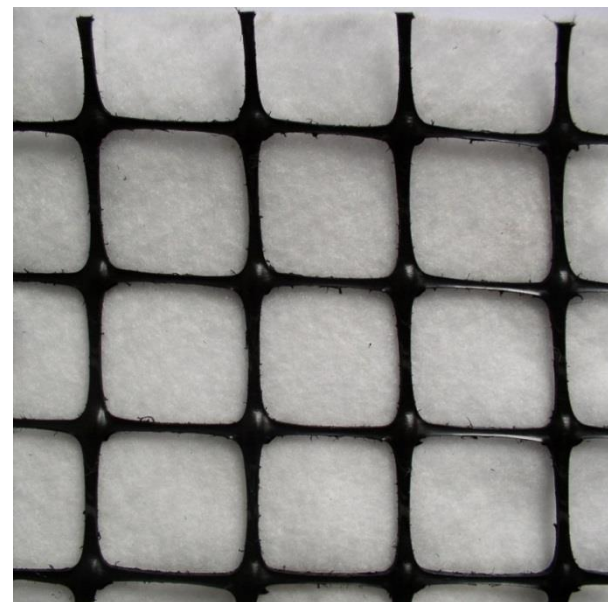
Zkušební úsek 1 - geokompozit

dvouosá extrudovaná geomřížka (PP)

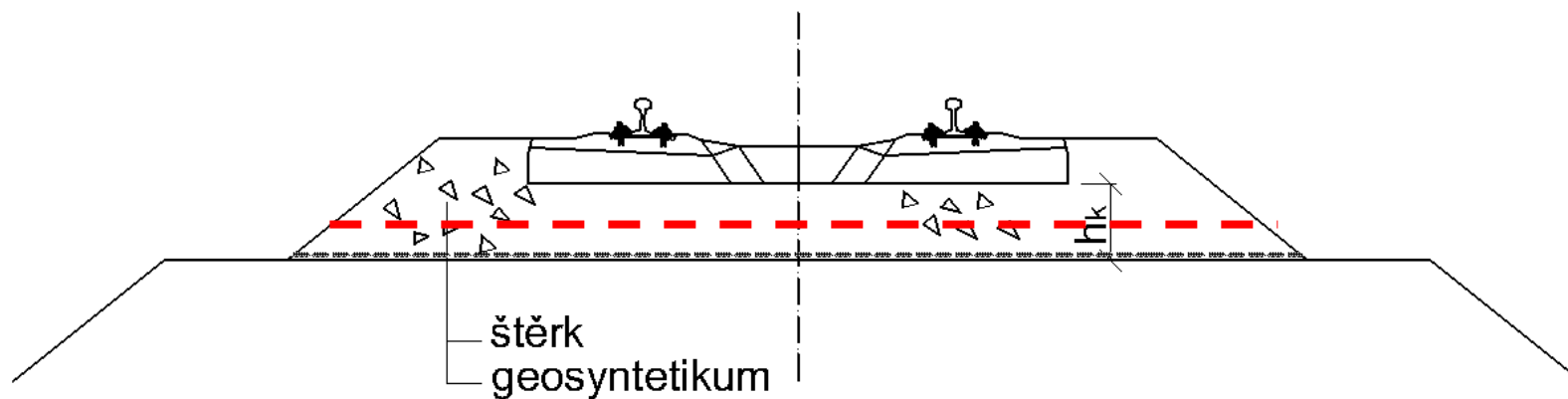
- pevnost spoje min. 86 %
- otvory 39 mm x 39 mm
- tloušťka žeber min. 1,3 mm
- šířka žeber 2,3 mm

netkaná sep. PP geotextilie

- efektivní velikost otvorů 125 μm



Zkušební úsek 1 - geokompozit



Zkušební úsek 1 - instalace



20.05.2008
čištění a obnova
kolejového lože
čistička kolejového
lože SČ 600
nový štěrk – frakce
32-63 mm

Zkušební úsek 1 - instalace



**Okamžitá ukládka
geokompozitu po
odtěžení.**

Zkušební úsek 1 - instalace



Omezený prostor
pro manipulaci
s rolí geosyntetika.

Ruční odvíjení.

Zkušební úsek 1 - instalace



**Nutné ruční
zkrácení originální
délky role
geokompozitu.**

Zkušební úsek 1 - instalace



Zkušební úsek 1 - instalace



Zkušební úsek 1 - instalace





Program dlouhodobého sledování

- periodické kontroly geometrických parametrů trati měřicím vozem železničního svršku
- únosnost vrstev pomocí statických a rázových zatěžovacích zkoušek
- kontrola fyzikálních vlastností geokompozitu prostřednictvím laboratorních zkoušek vzorků vyjmutých ze zkušebních sond
- vizuální kontrola prostředí v úrovni uloženého geokompozitu
- doba sledování nejméně 3 roky



Zkušební úsek 1 – známky kvality

Známky kvality ve zkušebním úseku 1 – dílčí úsek bez geokompozitu

Termín měření	Směr koleje	Rozchod koleje	Převýšení koleje	Výška koleje	Celková známka koleje
11/2007*	2.84	2.60	2.85	3.97	3.17
06/2008	3.03	2.17	2.63	2.48	2.39
11/2009	2.33	2.23	2.76	2.15	2.09
11/2013	1.62	2.33	2.02	3.09	2.25

* Poslední měřicí kampaň před zřízením zkušebního úseku

Známky kvality ve zkušebním úseku 1 – dílčí úsek s geokompozitem s dvouosou geomřížkou

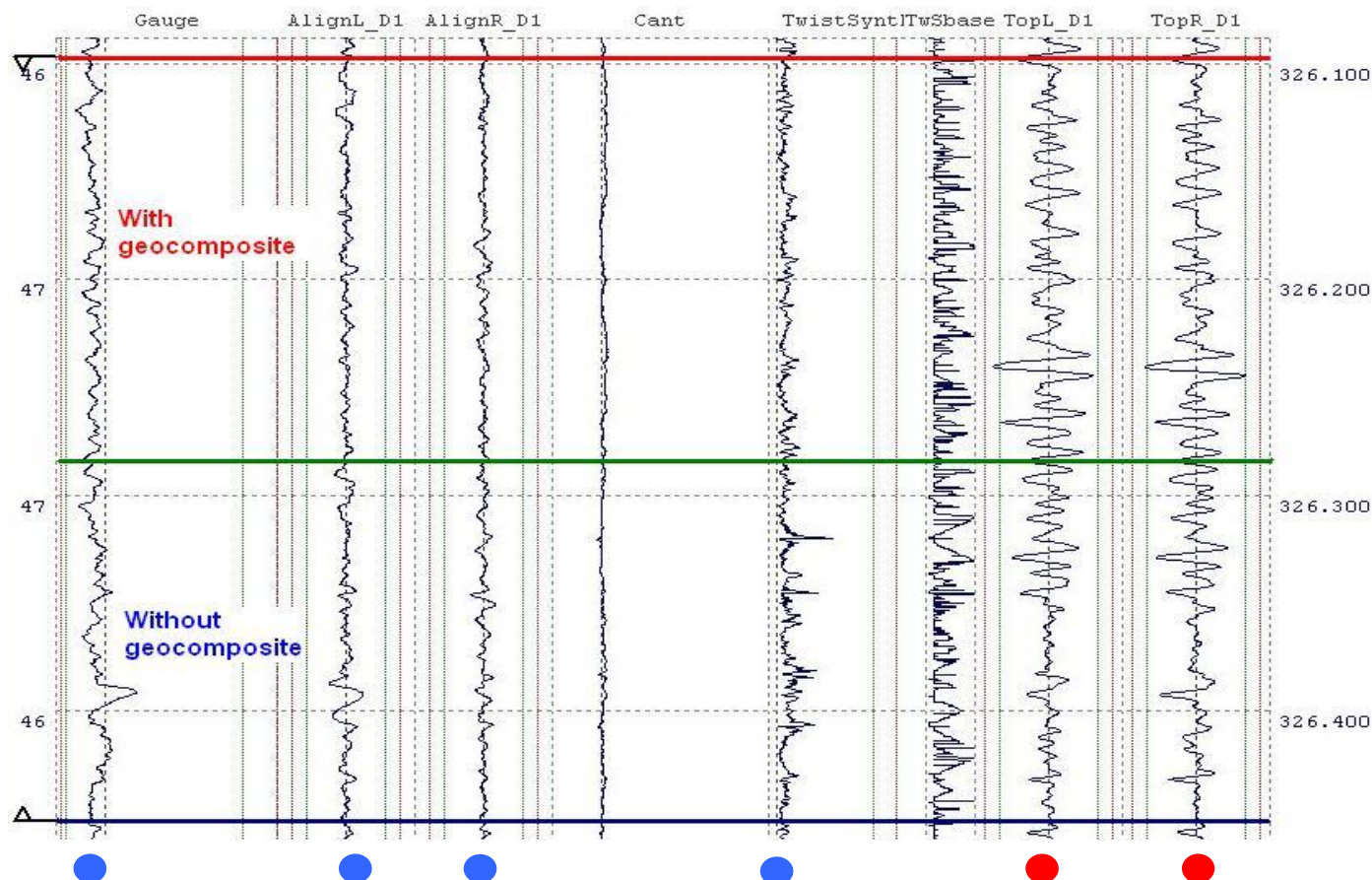
Termín měření	Směr koleje	Rozchod koleje	Převýšení koleje	Výška koleje	Celková známka koleje
11/2007*	1.98	1.54	2.59	4.55	3.35
06/2008	2.07	1.48	1.45	1.53	1.53
11/2009	1.92	1.43	1.82	2.72	1.91
11/2013	1.13	1.59	1.56	3.98	2.48

* Poslední měřicí kampaň před zřízením zkušebního úseku

Výška koleje – Zkušební úsek 1



Měřicí vůz (zk.ús.1 - 2013)



Sondy – Zkušební úsek 1

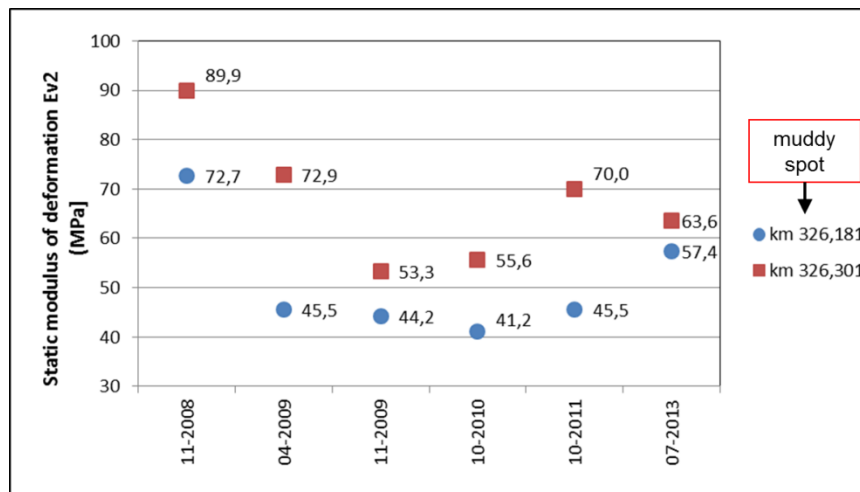
- geokompozit umístěný v hloubce 20 až 25 cm pod pražcem
- vysoká hladina podzemní vody (0-30 cm pod pražcem)
- přetrvávající pumpovací efekt + poškození podbíjecími kladivy



- průnik jemnozrnné zeminy skrz separační geotextilii do kolejového lože po 6 měsících provozního ověřování
- snížení tření štěrkových zrn -> redukce únosnosti a zhoršení svislých geometrických parametrů



Statické zatěžovací zkoušky



Odběr vzorků geokompozitů



Změna tahové pevnosti geokompozitu v čase (zkušební úsek 1)

Etapa měření	Termín odběru vzorků	Průměrná pevnost při porušení [kN/m]	Změna pevnosti [%]
1. etapa (nový geokompozit)	05/2008	34.7	100.0
2. etapa	04/2009	33.0	95.4
3. etapa	10/2010	30.7	88.5
4. etapa	10/2011	27.9	80.4

Zkušební úsek 4 - Domažlice

- Geokompozit s hexagonální geomřížkou s velkými oky (vhodné pro kombinaci s frakcí kameniva kolejového lože).
- Zemní pláň jednostranně ukloněna min. 3 % do podélného příkopu (usnadnění odvádění vody z konstrukce).





Zkušební úsek 4 - Domažlice





Zabudování geokompozitu - červen 2015





Zabudování geokompozitu - červen 2015





Zabudování geokompozitu - červen 2015





Závěr I

- Od roku 2008 jsou v ČR sledovány 4 zkušební úseky s různými typy geokompozitů umístěnými pod kolejovým ložem pro řešení problémů se stabilitou tratí a zbláceným kolejovým ložem.
- Zkoušeny jsou různé technologie uložení geokompozitu (s/bez snášení kolejového roštu).
- Při použití strojní mechanizace je nutné zajistit zejména:
 - potřebný úklon (odvodnění) zemní pláně,
 - možnost manipulace s velkými průměry rolí geosyntetika,
 - kvalitní uložení geosyntetika (bez zvlnění a propadlin) do patřičné výškové úrovně,
 - kolejový rošt neukládat přímo na geosyntetikum (min. 15 cm šterku).

Závěr II

A vyvarovat se
nevhodné
manipulace s
geosyntetikem
na stavbě!





Děkuji Vám za pozornost!

Ing. Leoš Horníček, Ph.D.
České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební
Katedra železničních staveb
leos.hornicek@fsv.cvut.cz