



NOVÉ TRENDY VE VYUŽITÍ GEOSYNTETIK

30. leden 2007 - Praha, 31. leden 2007 - Brno

Zvyšování únosnosti konstrukčních vrstev:

-Silničního a železničního tělesa

-Asfaltového souvrství

Ing. Dalibor GREPL
Kordárna a.s.





NOVÉ TRENDY VE VYUŽITÍ GEOSYNTETIK

30. leden 2007 - Praha, 31. leden 2007 - Brno

I. Železniční (silniční) těleso

Projekt experimentálních měření ve zkušebním boxu – ČVUT Praha, KŽS (GA, experimentální a matemat. analýza vícevrstvého systému žel.trati)

Základní model (A):

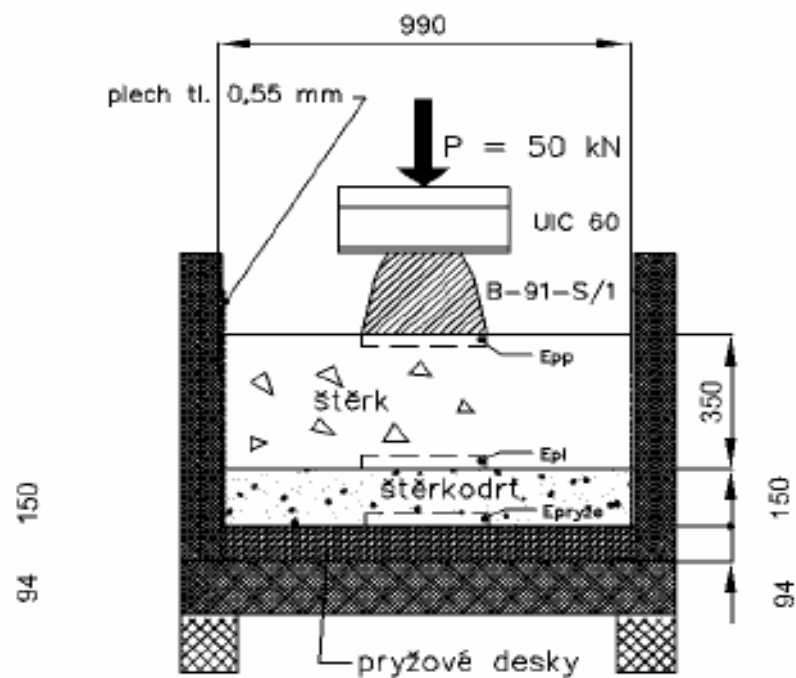
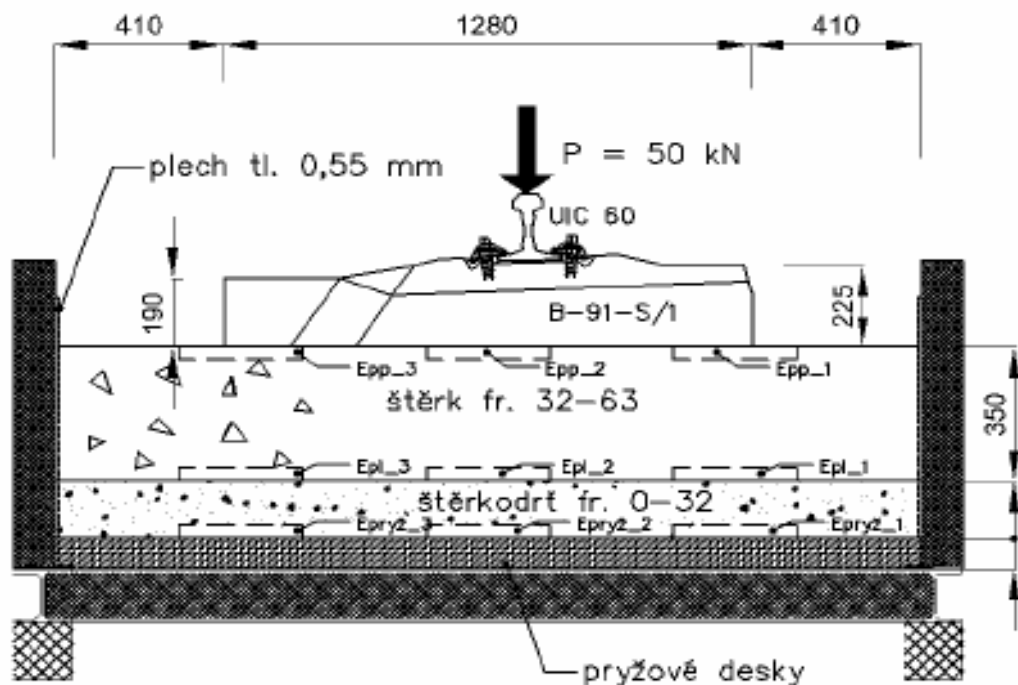
- Pryžové desky na dně boxu, simulující zemní pláň o únosnosti cca 11 MPa, ověřeno statickými zatěžovacími zkouškami
- konstrukční vrstva ze štěrkodrti 0-32, zhutněná na 150mm; na povrch zhutněné štěrkodrti byly instalovány snímače napětí a měřidla poklesů
- vrstva kolejového lože ze štěrku 32-63 o tloušťce 350mm, hutněná po 175mm s instalovanými dalšími měřidly poklesů; celková tloušťka lože tak měla hodnotu předepsanou pro betonové pražce
- na povrch lože byla instalována polovina osazeného (vystrojeného) pražce B91-S/1.



NOVÉ TRENDY VE VYUŽITÍ GEOSYNTETIK

30. leden 2007 - Praha, 31. leden 2007 - Brno

I. Železniční těleso – základní model (A)





NOVÉ TRENDY VE VYUŽITÍ GEOSYNTETIK

30. leden 2007 - Praha, 31. leden 2007 - Brno

Hlava kolejnice byla 30krát zatížena silou 50kN a tím byla modelována minimální konsolidace celého systému. Měření napětí a poklesů poté probíhala ve čtyřech zatěžovacích a odlehčovacích cyklech. Měření modulů přetvárnosti bylo provedeno tuhou kruhovou deskou 300mm, metodika měření je dána předpisem ČD S4. Na každé vrstvě pražcového podloží modelu byly provedeny tři SZZ.

	Poloha měřidla	Průměrný pokles měřidel v mm
Měření poklesů v konstrukci pražcového podloží	175 mm pod ložnou plochou pražce (ve štěrku)	0,81
	350 mm pod ložnou plochou (ve štěrkodrti)	0,49
Měření poklesu pražce na konstrukci pražcového podloží	Zatížení v kN (zatěžováno v krocích po 10 kN)	Průměrný pokles pražce v mm
	20	0,81
	30	0,49
	50	1,07
	0	0,15
	50	1,12
	Průměrný pokles ložné plochy pražce: 0,92 mm	
Měření modulů přetvárnosti vrstev p.p. (průměrné hodnoty) MODEL A	Modul zemní pláně $E_{pryz} = E_0$	11,4 MPa
	Modul pláně spodku E_{pl}	33,0 MPa
	Modul v ložné ploše E_{pp}	56,0 MPa



NOVÉ TRENDY VE VYUŽITÍ GEOSYNTETIK

30. leden 2007 - Praha, 31. leden 2007 - Brno

I. Železniční těleso – vyztužený model (B)

Model B - skladba s instalovaným geosyntetickým prvkem (geomříží - tkaná dvouosá geomříž, PET s povlakem PVC, s pevností 80/80 kNm, s okem 20mm).

Skladba modelu B1:

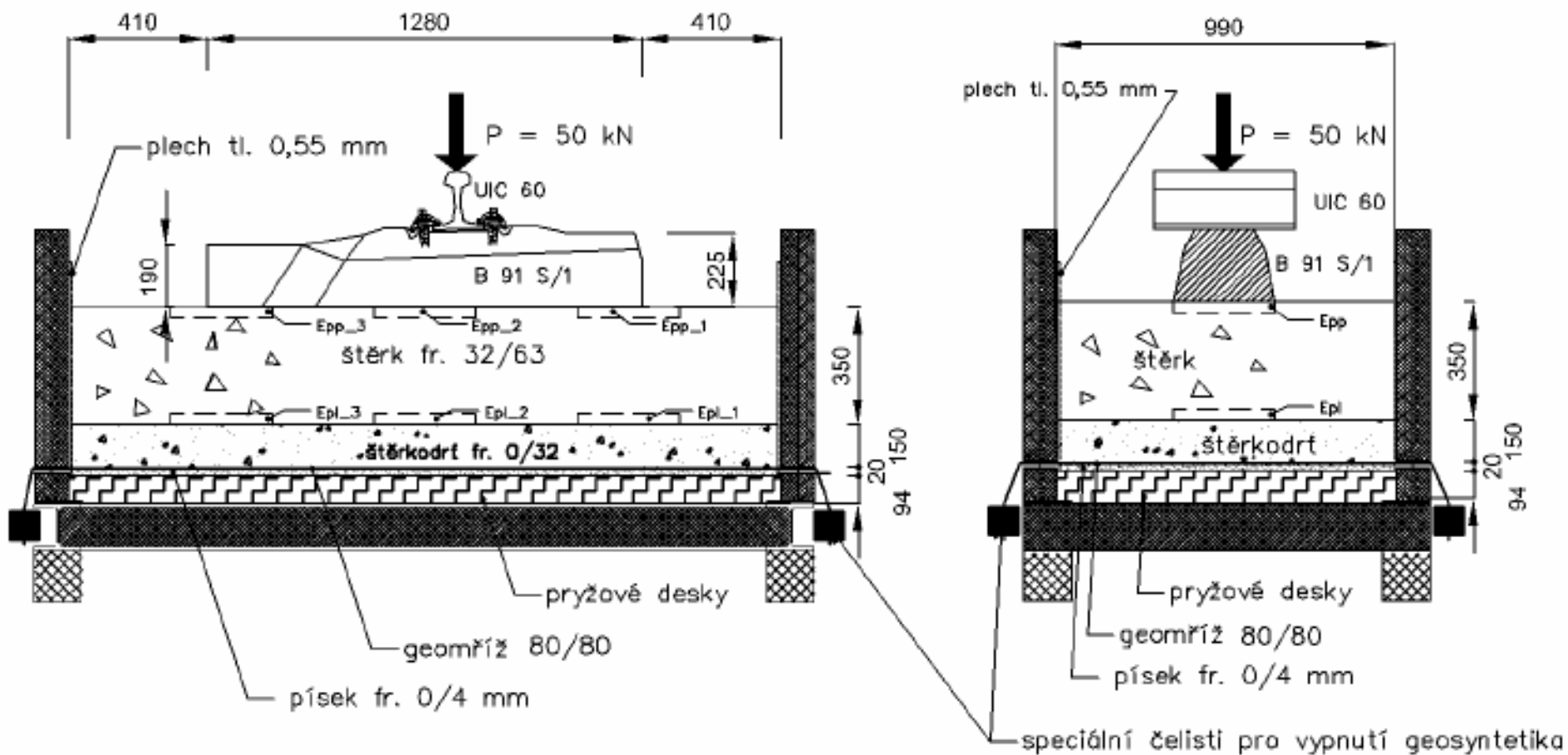
- modelovanou zemní pláň
- kontaktní vrstva křemičitého písku (nalepena) a poté nasypána krycí 20mm vrstva písku 0/4 - zatlačení zrn štěrkodrti a aktivaci výztužného efektu mříže
- s oboustranným přesahem osazena a vypnuta geomříž
- položení ostatních vrstev štěrkodrti a štěrku podobně jako v modelu A.



NOVÉ TRENDY VE VYUŽITÍ GEOSYNTETIK

30. leden 2007 - Praha, 31. leden 2007 - Brno

I. Železniční těleso – vyztužený model (B)





NOVÉ TRENDY VE VYUŽITÍ GEOSYNTETIK

30. leden 2007 - Praha, 31. leden 2007 - Brno

Při stejně prováděných měřeních jsou porovnatelné výsledky zajímavé a vliv působení geomříže jasně patrný. Výsledky poklesů dávají představu o lepším chování konstrukce a její odolnosti při statickém zatížení; vložené geosyntetikum umožňuje menší deformaci sestavy.

Měření poklesů v konstrukci pražcového podloží	Poloha měřidla	Průměrný pokles měřidel v mm
	175 mm pod ložnou plochou pražce (ve šterku)	0,41
	350 mm pod ložnou plochou (ve šterkodrti)	0,22
Měření poklesu pražce na konstrukci pražcového podloží	Zatížení v kN (zatěžováno v krocích po 10 kN)	Průměrný pokles pražce v mm
	20	0,30
	30	0,42
	50	0,64
	0	0,01
	50	0,66
Průměrný pokles ložné plochy pražce: 0,63 mm		
Měření modulů přetvárnosti vrstev p.p. (průměrné hodnoty) MODEL B1	Modul zemní pláně $E_{\text{pryz}} = E_0$	11,4 MPa
	Modul pláně spodku E_{pl}	44,5 MPa
	Modul v ložné ploše E_{pp}	84,2 MPa



NOVÉ TRENDY VE VYUŽITÍ GEOSYNTETIK

30. leden 2007 - Praha, 31. leden 2007 - Brno

I. Železniční těleso – vyztužený model (C)

Podobného výsledku lze také dosáhnout při aplikaci **pevnostní** separační tkané geotextilie, s nízkou hodnotou tažnosti, položené přímo na zemní pláň (uveďte údaje pro polypropylenovou textilií 60/60):

Měření poklesů v konstrukci pražcového podloží	Poloha měřidla	Průměrný pokles měřidel v mm
		175 mm pod ložnou plochou pražce (ve šterku)
	350 mm pod ložnou plochou (ve šterkodrti)	0.392
Měření poklesu pražce na konstrukci pražcového podloží	Zatížení v kN (zatěžováno v krocích po 10 kN)	Průměrný pokles pražce v mm
	20	0,44
	30	0,61
	50	0,89
	0	0,10
	50	0,94
Průměrný pokles ložné plochy pražce: 0,63 mm		
Měření modulů přetvárnosti vrstev p.p. (průměrné hodnoty) MODEL B1	Modul zemní pláně $E_{\text{pryz}} = E_0$	11,4 MPa
	Modul pláně spodku E_{pl}	35,5 MPa
	Modul v ložné ploše E_{pp}	71,6 MPa



NOVÉ TRENDY VE VYUŽITÍ GEOSYNTETIK

30. leden 2007 - Praha, 31. leden 2007 - Brno

II. Asfaltové souvrství

Funkce výztuhy je aktivována prostřednictvím přerozdělení tahového napětí, vznikajícího zatížením povrchu. Rozložení je umožněno vzájemnou interakcí a přilnavostí mezi výztuhou a bitumenovou směsí.

Pro důkladnější ověření zmíněných jevů jsme nechali provést laboratorní testy použití kompozitu v laboratoři katedry silničních staveb FSv ČVUT, kolektivem Doc.Ing. Františka Luxemburka, CSc.

V laboratorních testech byly sledovány tyto vlastnosti:

- Pevnost v příčném tahu (ITSR)
- Odolnost proti tvorbě trvalých deformací
- Smyková zkouška spojení vrstev
- Pevnost v tahu za ohybu
- Marshallova zkouška

Výsledky laboratorních zkoušek, teoretického posouzení a multikriteriálního hodnocení experimentálně získaných výsledků přinesly tyto výsledky:

- Použití výztužného prvku Armatex® RS,RSR přináší celkově vyšší užitné vlastnosti sledované konstrukční vrstvy
- Výsledky ovlivňuje velikost oka výztužné geomříže kompozitu – při větším oku a řidší síti je separační vliv materiálu nízký a jsou zachovány jeho celkově pozitivní přínosy.



NOVÉ TRENDY VE VYUŽITÍ GEOSYNTETIK

30. leden 2007 - Praha, 31. leden 2007 - Brno

Testy provedené na vzorcích bitumenové směsi s geovýtuhou a podrobených cyklickému zatěžování ukázaly, jak výztuha pracuje a co od ní můžeme očekávat. V případě vzorku bez výztuhy vzniklo několik prasklin vedoucích k celkovému prudkému zhoršení vlastností vzorku; v případě armování, při stejném počtu aplikovaných cyklů, se projeví mikropraskliny, vzorek mohl absolvovat další zátěžové cykly a rovnocenným způsobem tak byla zvýšena užitková životnost armované vrstvy.

Pevnost v příčném tahu - ITSR

TYP VYZTUŽENÍ SMĚSI ABS	Pevnost v příčném tahu - ITS [kPa]	%	TYP VYZTUŽENÍ SMĚSI ABS	Deformace [mm]	%
Bez vyztužení	2 890	100,0 %	Bez vyztužení	2,96	100,0 %
Kompozit 100/100	2 680	92,7 %	Kompozit 100/100	3,57	120,6 %
Kompozit 40/40	2 840	98,3 %	Kompozit 40/40	3,68	124,3 %

TYP VYZTUŽENÍ SMĚSI ABS	Deformační energie [J]	%
Bez vyztužení	236,50	100,0 %
100/100	278,96	118,0 %
40/40	286,91	121,3 %



NOVÉ TRENDY VE VYUŽITÍ GEOSYNTETIK

30. leden 2007 - Praha, 31. leden 2007 - Brno

Odolnost proti tvorbě trvalých deformací

Odolnost proti tvorbě trvalých deformací byla zkoušena podle metodiky popsané v TP 109. Zkoušky jednotlivých vzorků probíhaly za těchto podmínek: teplota 50°C, napětí na styku kola se vzorkem 0,71 Mpa, svislé zatížení 710 N, počet pojezdů 15 000.

Srovnávací směs ABS nemá dobrou odolnost proti tvorbě trvalých deformací. Tato nepříznivá vlastnost je znásobena ještě vyšší tloušťkou zkušební vzorku tj. 7 cm. Výhodou této referenční hutněné směsi je možnost porovnat vliv zabudování výztužné mřížoviny. Výsledky jsou tak méně ovlivněny samotnou podstatou citlivosti zkoušky a příznivý vliv výztužného prvku se může více projevit.

U vyztužení kompozitem 40/40 došlo k více jak polovičnímu snížení hloubky vyjeté koleje po 15 tisících pojezdech. Oba výztužné prvky vykázaly nižší nárůst hloubky vyjeté koleje mezi 15 000 a 10 000 pojezdy. Jejich účinnost narůstá s počtem zatěžovacích cyklů.

Obě varianty vyztužení dokázaly pozitivní vliv na odolnost asfaltové hutněné úpravy proti tvorbě trvalých deformací. Hloubka vyjeté koleje byla díky zabudování výztužného kompozitu zmenšena na cca 45% až 63%. Vynikající výsledky byly zjištěny především při použití kompozitu typu 40/40, který vykázal 7x nižší nárůst hloubky vyjeté koleje mezi 15 tis. a 10 tis. pojezdy.



NOVÉ TRENDY VE VYUŽITÍ GEOSYNTETIK

30. leden 2007 - Praha, 31. leden 2007 - Brno

Odolnost proti tvorbě trvalých deformací

TYP VYZTUŽENÍ SMĚSI ABS	Hloubka koleje y_s po 10 000 pojezdech [mm]	%	TYP VYZTUŽENÍ SMĚSI ABS	Hloubka koleje y_s po 15 000 pojezdech [mm]	%
Bez vyztužení	1,49	100,0 %	Bez vyztužení	2,20	100,0 %
100/100	1,05	70,5 %	100/100	1,21	55,0 %
40/40	0,95	63,8 %	40/40	1,03	46,8 %

TYP VYZTUŽENÍ SMĚSI ABS	Plocha podél. profilu po 10 000 pojezdech [mm ²]	%	TYP VYZTUŽENÍ SMĚSI ABS	Plocha podél. profilu po 15 000 pojezdech [mm ²]	%
Bez vyztužení	285,94	100,0 %	Bez vyztužení	422,34	100,0 %
100/100	201,56	70,5 %	100/100	231,56	54,8 %
40/40	182,81	63,9 %	40/40	198,28	46,9 %



NOVÉ TRENDY VE VYUŽITÍ GEOSYNTETIK

30. leden 2007 - Praha, 31. leden 2007 - Brno

Pevnost v tahu za ohybu

Zkouška pevnosti v tahu za ohybu je jedna ze dvou zkoušek, která sleduje nízkoteplotní vlastnosti asfaltových směsí. Předepisují ji TP 151. Výsledky zkoušky vykázaly podobné závěry jako ostatní čtyři zkoušky. Při sledování vybraných vlastností při zkoušce byly naměřeny vyšší hodnoty pevnosti a deformační energie u výztužného prvku 40/40 s velikostí oka mříže kompozitu 35x35 mm. Prvek 40/40 vykázal 14 % nárůst pevnosti. Toto pouze mírné zvýšení je způsobeno malou vzdáleností zabudovaného výztužného prvku od neutrální osy nevyztuženého zkušebního tělesa tj. 1 cm. Vzhledem k velikosti vzorku a velikosti max. zrna ve směsi ABS není možné tuto vzdálenost zvětšit. Dále byla z pracovních diagramů síla x deformace (průhyb) vyhodnocena deformační energie. Výpočet deformační energie byl proveden z pracovního diagramu do deformace o velikosti 5 mm. Oba výztužné prvky vykázaly velmi příznivý nárůst deformační energie.

Ze zkoušky pevnosti v tahu za ohybu vyšel lépe výztužný prvek s velikostí oka 35x35 mm. 14 % pevnostní nárůst je dán velikostí vzorku, vzdáleností mřížoviny od neutrální osy nevyztuženého vzorku a mírou spolupůsobení namáhaného profilu. Ve stavební praxi lze, vzhledem k větší vzdálenosti od neutrální osy, očekávat výrazně vyšší účinky výztuhy. Nutná deformační energie do porušení vzorku při zabudovaném prvku je vyšší o cca 50 až 80 %.



NOVÉ TRENDY VE VYUŽITÍ GEOSYNTETIK

30. leden 2007 - Praha, 31. leden 2007 - Brno

Pevnost v tahu za ohybu

TYP VYZTUŽENÍ SMĚSI ABS	Pevnost v tahu za ohybu [MPa]	%	Deformační energie [J]	%
Bez vyztužení	4,7	100,0 %	9,34	100,0 %
100/100	3,8	81,6 %	13,80	147,8 %
40/40	5,3	114,0 %	16,71	178,9 %



NOVÉ TRENDY VE VYUŽITÍ GEOSYNTETIK

30. leden 2007 - Praha, 31. leden 2007 - Brno

Smyková zkouška spojení vrstev

Smykovou zkouškou spojení vrstev podle Leutnera se stanoví největší smyková síla na styku asfaltových vrstev. Spolu se zjištěným přetvořením slouží hodnoty zjištěné síly k posouzení kvality spojení vrstev a splnění návrhových předpokladů konstrukce. Pro vyhodnocení výsledků je vypovídající vliv velikosti ok geomříže.

Výsledky spojení vrstev jsou shrnuty v tabulce. Při této zkoušce jsou naměřené hodnoty maximální smykové síly a velikost deformace srovnávány s požadavkem, který předepisuje předpis TP 109. Tento předpis definuje minimální nutnou smykovou sílu v kN a interval dovoleného přetvoření v mm. Jedná se však o spojení dvou navzájem nevyztužených asfaltových vrstev. Z tohoto důvodu je nutno brát pozitivně již hodnoty kolem 10kN.

Vložení výztužného prvku zhoršujeme podmínky pro spolupůsobení dvou vrstev; to je však nutné pro únosnost konstrukce vozovky. Zjištěná velikost deformace byla u obou výztužných prvků v mezních hodnotách.

Typ 40/40 vykázal výrazně vyšší hodnoty spojení než 100/100. Toto spojení je možno označit za velmi dobré.

Výsledky laboratorní zkoušky upozorňují na nutnost kvalitního provedení pokládky výztužné mřížoviny ve všech jejích technologických krocích.



NOVÉ TRENDY VE VYUŽITÍ GEOSYNTETIK

30. leden 2007 - Praha, 31. leden 2007 - Brno

Smyková zkouška spojení vrstev

TYP VYZTUŽENÍ SMĚSI ABS	Smyková síla spojení vrstev [kN]	%
Požadavek na pevnost spojení vrstev podle předpisu TP 109 bez mřížoviny	12,0	100,0 %
40/40	10,9	91,1 %
40/40 R - POP	14,7	122,6 %

TYP VYZTUŽENÍ SMĚSI ABS	Deformace [mm]	Vyhoví:
Požadavek na pevnost spojení vrstev podle předpisu TP 109 bez mřížoviny	1,0 – 4,5	
100/100	2,1	ANO
40/40	2,4	ANO
40/40 R - POP	2,7	ANO



NOVÉ TRENDY VE VYUŽITÍ GEOSYNTETIK

30. leden 2007 - Praha, 31. leden 2007 - Brno

Marshallova zkouška

Marshallovou zkouškou se stanoví hodnoty stability SM, přetvoření PM a míra tuhosti TM zhutněné asfaltové směsi. Vzhledem k zjišťování možnosti využití zabudování výztužné mřížoviny v asfaltové úpravě je prioritním parametrem zkoušky velikost potřebné energie k porušení vzorku:

Typ vyztužení směsi	Deformační energie [J]	%
Bez mřížoviny	19,52	100,0 %
100/100	27,91	143,0 %
40/40	29,43	150,8 %

Zde, stejně jako u ITSr, byl potvrzen příznivý vliv na nárůst energie, která je nutná k porušení zkušebního vzorku. U kompozitu 40/40 dosáhl tento nárůst cca 1,5 násobku oproti vzorku bez výztuhy.



NOVÉ TRENDY VE VYUŽITÍ GEOSYNTETIK

30. leden 2007 - Praha, 31. leden 2007 - Brno

II. Asfaltové souvrství – závěr:

Všechny uvedené zkoušky prokázaly příznivý vliv zabudování výztužného kompozitu do asfaltové hutněné směsi. Obě varianty 100/100 a 40/40 vykázaly zvýšené hodnoty deformační energie nutné k porušení vzorku, nižší velikosti deformace, vyšší hodnoty přenášených sil a podstatně zvýšenou odolnost proti vzniku trvalých deformací.

Velmi příznivé výsledky přineslo vyhodnocení druhu deformace, kdy na vyztužených vzorcích nedošlo ani k porušení a rozpadu zkušebního tělesa na dvě části, ani k tvorbě výrazné rovné podélné praskliny. Příznivější výsledky vykazuje ve všech hodnocených parametrech zkoušek varianta se zabudovaným kompozitem s mříží 40/40.

V reálných podmínkách stavby navíc můžeme očekávat ještě lepší výsledky působení výztuhy vlivem působení kompozitu ve větší ploše, než tomu bylo u testovacích vzorků.