



ARMATEX® RS

použití výztužného geokompozitu v asfaltových hutněných směsích

Cílem řešeného úkolu bylo provedení laboratorního a teoretického ověření využití a účinku výztužného geokompozitu **Armatex® RS** při výstavbě a rekonstrukci netuhých vozovek.

Geokompozit **Armatex® RS** je vyroben spojením tkané výztužné geomříže (vysokopevnostní polyesterová vlákna) a netkané polyesterové textilie. Je dodáván ve standardní pevnostní škále a s velikostí ok mříže 20 nebo 35 mm. V případě potřeby je společnost Kordárna a.s. schopna navrhnout a vyrobit geokompozit **Armatex® RS** přesně dle požadavků. **Armatex® RS** výrazně omezuje výskyt a kopírování reflexních trhlin v konstrukčních vrstvách vozovek, zvyšuje odolnost a mechanické vlastnosti asfaltových hutněných směsí, zabraňuje vyjíždění kolejí v obrusných vrstvách vozovek.

Geokompozit se vyznačuje jednoduchostí pokládky a je možné jej použít jak při výstavbě nových vozovek, tak při opravách dílčích úseků a rekonstrukcích poškozených vozovek s betonovým podkladem.

Laboratorní zkoušky použití kompozitu byly provedeny v laboratoři katedry silničních staveb FSV ČVUT řešitelským kolektivem pod vedením Doc. Ing. Františka Luxemburka, CSC.

V laboratorních testech byly sledovány tyto vlastnosti:

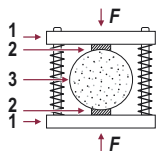
- Pevnost v příčném tahu (ITSR)
- Odolnost proti tvorbě trvalých deformací
- Smyková zkouška spojení vrstev
- Pevnost v tahu za ohybu
- Marshallova zkouška

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

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

PEVNOST V PŘÍČNÉM TAHU – ITSR výsledky laboratorních zkoušek

schéma zkoušky v příčném tahu



legenda:

- 1 - Tlačná čelista
- 2 - Zatěžovací pásy
- 3 - Zkušební těleso (Marshallovo těleso)

Tab. č. 1: Pevnost v příčném tahu ITS

TYP VYZTUŽENÍ SMĚSI ABS	Pevnost v příčném tahu ITS [kPa]	%
Bez vyztužení	2 890	100,0 %
ARM – RS 100/100	2 680	92,7 %
ARM - RS 40/40	2 840	98,3 %

Tab. č. 1a Deformace při zkoušce pevnosti v příčném tahu - ITS

TYP VYZTUŽENÍ SMĚSI ABS	Deformace [mm]	%
Bez vyztužení	2,96	100,0 %
ARM – RS 100/100	3,57	120,6 %
ARM - RS 40/40	3,68	124,3 %

Tab. č. 2: Deformační energie při zkoušce pevnosti v příčném tahu - ITS

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

Souhrnné výsledky pevnosti v příčném tahu jsou v tabulce č. 1.

1. Srovnávacím kritériem byla pevnost úpravy, u které nebyla zabudována výztužná mřížovina. Výsledky ukazují mírný pokles pevnosti u obou variant, kde byla mřížovina zabudována. Tento cca 2% a 8% pokles není překvapující a ani svou hodnotou nijak veliký. Ke zmenšení pevnosti v příčném tahu dochází vzhledem k částečné separaci materiálu vzorku položenou výztužnou mřížovinou, která je umístěna v polovině výšky zkušebního tělesa, velikosti zkušební vzorku a malé možnosti využití vlivu mřížoviny na širší okolí na rozdíl od reálných podmínek, kde mřížovina působí svými účinky na větší oblast. Příznivějšího výsledku bylo dosaženo u mřížoviny **Armatex® RS 40/40**, která má větší velikost oka a tím i zřejmě větší možnost spolupůsobení obou samostatně vyrobených vrstev.

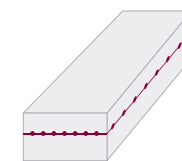
V tabulce č. 1a. je vyhodnocena a stejným způsobem srovnána velikost deformace při níž došlo k porušení. Výsledky ukazují razantnější nárůst velikosti deformace u vyztužených vzorků. Projevuje se zde pozitivní vliv vyztužení, kdy při podobných pevnostních charakteristikách dochází k porušení zkušebního tělesa při větší deformaci. Zkušební srovnávací směs ABS byla dostatečně kvalitní a k porušení nedocházelo pouze na styku jednotlivých zrn, ale jednotlivá zrna byla rozlomena, tzn. pevnost spojení asfaltové pojivo kamenivo je vyšší než pevnost v tahu kameniva.

Z pracovního diagramu deformace x síla byla vyhodnocena potřebná energie k porušení vzorku při zkoušce ITS. Výsledky jsou v tabulce č.2. Prokazují nárůst energie potřebné k porušení vzorku u obou vyztužených variant a tím i pozitivní vliv vyztužení na sledovanou vlastnost.

Zkouška pevnosti v příčném tahu ITS prokázala příznivý vliv zabudování výztužné mřížoviny do asfaltové hutněné úpravy. Zvýšené hodnoty deformační energie, velikosti deformace vykázaly obě varianty s mřížovinami **Armatex® RS 100/100** a **RS 40/40**. Velmi příznivé výsledky přineslo vyhodnocení druhu deformace, kdy na vyztužených vzorcích nedošlo k porušení a rozpadu zkušebního tělesa na dvě části a k tvorbě výrazné rovné podélné praskliny. Prasklina u vyztužených těles byla méně čitelná a u vzorku nedošlo k jejich rozpadu na dvě části. Pokles pevnosti v příčném tahu je minimální, je způsoben malou velikostí zkušebního vzorku. Příznivější výsledky vykazuje ve všech čtyřech hodnocených parametrech u zkoušky ITS varianta se zabudovaným výrobkem **Armatex® RS 40/40**.

ODOLNOST PROTI TVORBĚ TRVALÝCH DEFORMACÍ

pohled na zkušební
zařízení pro stanovení
odolnosti asfaltové
směsi proti tvorbě
trvalých deformací



Tab. č. 3: Hloubka vyjeté koleje y, po 10 tis. pojezdch

TYP VYZTUŽENÍ SMĚSI ABS	hloubka koleje y _s 10 000 pojezdů [mm]	%
Bez vyztužení	1,49	100,0 %
ARM – RS 100/100	1,05	70,5 %
ARM - RS 40/40	0,95	63,8 %

Tab. č. 3: Hloubka vyjeté koleje y, po 15 tis. pojezdch

TYP VYZTUŽENÍ SMĚSI ABS	hloubka koleje y _s 15 000 pojezdů [mm]	%
Bez vyztužení	2,20	100,0 %
ARM – RS 100/100	1,21	55,0 %
ARM - RS 40/40	1,03	46,8 %

Tab. č. 4: Plocha podélného profilu po 10 tis. pojezdch

TYP VYZTUŽENÍ SMĚSI ABS	plocha podél. profilu po 10 000 pojezdch [mm ²]	%
Bez vyztužení	285,94	100,0 %
ARM – RS 100/100	201,56	70,5 %
ARM - RS 40/40	182,81	63,9 %

Tab. č. 4: Plocha podélného profilu po 15 tis. pojezdch

TYP VYZTUŽENÍ SMĚSI ABS	plocha podél. profilu po 15 000 pojezdch [mm ²]	%
Bez vyztužení	422,34	100,0 %
ARM – RS 100/100	231,56	54,8 %
ARM - RS 40/40	198,28	46,9 %

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.





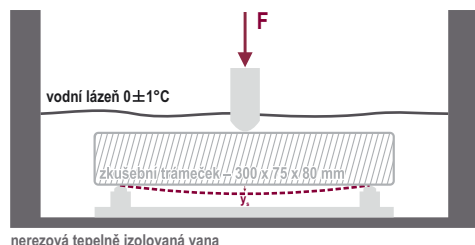
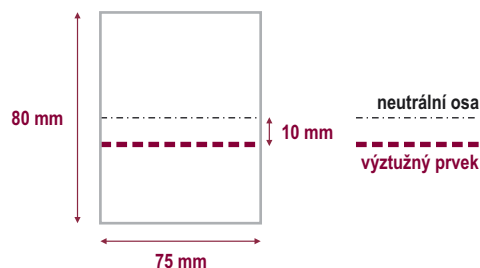
KORDÁRNA

A MEMBER OF THE KORD GROUP

Obě varianty vyztužení prokázaly pozitivní vliv proti tvorbě trvalých deformací. Hloubka vyjeté koleje po 10 000 a i 15 000 pojezdů byla snížena o cca 15% až 55%. U vyztužení **Armater[®] RS 40/40** došlo k více jak polovičnímu snížení hloubky vyjeté koleje po 15 tisících pojezdů. Oba vyztužné prvky vykázaly cca 7x nižší nárůst hloubky vyjeté koleje mezi 15 000 a 10 000 pojezdů. 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 vyztužné mřížoviny zmenšena na cca 45% až 63%. Vynikající výsledky byly zjištěny především při použití geometrie typu **Armater[®] RS 40/40**, která vykazala 7x nižší nárůst hloubky vyjeté koleje mezi 15 tis. a 10 tis. pojezdů.

PEVNOST V TAHU ZA OHYBU



Tab. č. 5: Pevnost v tahu za ohybu

TYP VYZTUŽENÍ SMĚSI ABS	pevnost v tahu za ohybu [MPa]	%
Bez vyztužení	4,7	100,0 %
ARM – RS 100/100	3,8	81,6 %
ARM - RS 40/40	5,3	114,0 %

Tab. č. 6: Deformační energie

TYP VYZTUŽENÍ SMĚSI ABS	deformační energie [J]	%
Bez vyztužení	9,34	100,0 %
ARM – RS 100/100	13,80	147,8 %
ARM - RS 40/40	16,71	178,9 %

Výsledky zkoušky pevnosti v tahu za ohybu vykázaly zpracované v tabulce 5 podobné závěry jako ostatní čtyři zkoušky. Při sledování vybraných vlastností při zkoušce pevnosti v tahu za ohybu byly naměřeny vyšší hodnoty pevnosti a deformační energie u vyztužného prvku **Armater[®] RS 40/40** s velikostí oka 35x35 mm. Prvek **Armater[®] RS 40/40** vykázal 14 % nárůst pevnosti. Toto pouze mírné zvýšení je způsobeno malou vzdáleností zabudovaného vyztužného prvku od neutrální osy nevyztuženého zkušební 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 vyztužné prvky vykázaly velmi příznivý nárůst deformační energie.

Ze zkoušky pevnosti v tahu za ohybu vyšel lépe vyztužný 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 výtuhy. Nutná deformační energie do porušení vzorku při zabudovaném prvku je vyšší o cca 50 až 80 %.

SMYKOVÁ ZKOUŠKA

Tab. č. 7: Smyková síla spojení vrstev

TYP VYZTUŽENÍ SMĚSI ABS	smyková síla spojení vrstev [kN]	%
Bez vyztužení	12,0	100,0 %
ARM – RS 40/40	10,9	91,1 %
ARM - RS 40/40 R	14,7	122,6 %

Tab. č. 8: Velikost smykové deformace

Požadavek na pevnost spojení vrstev podle předpisu TP 109 bez mřížoviny: 1,0 až 4,5

TYP VYZTUŽENÍ SMĚSI ABS	deformace [mm]	vyhoví
ARM – RS 100/100	2,1	ANO
ARM – RS 40/40	2,4	ANO
ARM - RS 40/40 R	2,7	ANO

Výsledky spojení vrstev jsou shrnuty v tabulce 7. Při této laboratorní 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. Vložím vyztužného prvku zhoršujeme podmínky pro spolupůsobení dvou vrstev; to je však nutné pro únosnost konstrukce vozovky. Zjištěná velikost deformace byla u obou vyztužných prvků typu **Armater[®] RS** v mezních hodnotách.

Je nutné připomenout, že požadavek spojení vrstev v předpisu TP 109 je pro spojení dvou navzájem nevyztužených asfaltových vrstev. Z tohoto důvodu je nutno brát pozitivně již hodnoty kolem 10kN. Typ **Armater[®] RS 40/40** vykázal výrazně vyšší hodnoty spojení než **Armater[®] RS 100/100**. Toto spojení je možno označit za velmi dobré. Výsledky laboratorní zkoušky upozorňují na nutnost kvalitního provedení pokládky vyztužné mřížoviny ve všech jejích technologických krocích.

MARSHALLOVA ZKOUŠKA

Tab. č. 9: Stabilita podle Marshalla

TYP VYZTUŽENÍ SMĚSI ABS	SM [kN]	%
Bez vyztužení	9,2	100,0 %
ARM – RS 100/100	9,2	100,0 %
ARM - RS 40/40	9,5	103,3 %

Tab. č. 9a: Přetvoření podle Marshalla

TYP VYZTUŽENÍ SMĚSI ABS	PM [10 ⁻¹ mm]	%
Bez vyztužení	31	100,0 %
ARM – RS 100/100	46	148,4 %
ARM - RS 40/40	42	135,6 %

Tab. č. 10: Velikost energie potřebné k porušení vzorku při Marshallově zkoušce

TYP VYZTUŽENÍ SMĚSI ABS	deformační energie [J]	%
Bez vyztužení	19,52	100,0 %
ARM – RS 100/100	27,91	143,0 %
ARM - RS 40/40	29,43	150,8 %



Obr. č.3: Marshallův lis se zkušebními čelistmi

Vzhledem k zjišťování možnosti využití zabudování vyztužné mřížoviny v asfaltové úpravě je prioritním parametrem srovnání zkoušky velikost potřebné energie k porušení vzorku při Marshallově zkoušce. Zde stejně jako u ITSR byl potvrzen příznivý vliv na nárůst energie, která je nutná k porušení zkušební vzorku. U **Armater[®] RS 40/40** dosáhl tento nárůst cca 1,5 násobku. Ten byl potvrzen i nárůstem stability SM. Obě varianty s vyztužením vykázaly nárůst přetvoření PM. Vyšší hodnoty deformace potvrzují pozitivní působení vyztužení od něhož požadujeme vyšší deformační charakteristiky.

Výsledky Marshallovy zkoušky prokázaly pozitivní vliv vyztužení asfaltové hutněné úpravy mřížovinou. Tyto závěry potvrdila zvýšené hodnoty deformační energie. Ve srovnání obou vyztužných materiálů vykazala příznivější výsledky mřížovina **Armater[®] RS 40/40**.

ZÁVĚR

Všechny uvedené zkoušky prokázaly příznivý vliv zabudování vyztužné mřížoviny **Armater[®] RS** do asfaltové hutněné úpravy. Obě varianty s mřížovinami **Armater[®] RS 100/100** a **RS 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 zkušební tělesa na dvě části, ani k tvorbě výrazné rovné podélné praskliny. Příznivější výsledky vykazuje ve všech hodnocených parametrech zkoušek varianta se zabudováním výrobkem **Armater[®] RS 40/40**. V reálných podmínkách stavby navíc můžeme očekávat ještě lepší výsledky působení výtuhy vlivem působení kompozitu ve větší ploše, než tomu bylo u testovacích vzorků.

