



SPECIFIKACE A TECHNICKÁ ŘEŠENÍ ENERGETICKY ÚSPORNÝCH ASFALTOVÝCH SMĚSÍ S VYŠŠÍM OBSAHEM R-MATERIÁLU

Zpracovali: Ing. Jan Valentin, Ph.D., Ing. Petr Mondschein (Fakulta stavební ČVUT v Praze);
Ing. Petr Hýzl, Ph.D., doc Dr. Ing. Michal Varaus (Fakulta stavební VUT v Brně)

Souhrn

Experimentálním posouzením byly ověřeny možnosti využití min. 30 % asfaltového R-materiálu ve směsích s vysokým modulem tuhosti při aplikaci asfaltových pojev s různými typy chemických přísad, které umožňují snížit pracovní teploty, zlepšit zpracovatelnost nebo částečně znovu aktivovat asfaltové pojivo v recyklátu. Takto navržené asfaltové směsi by měly splňovat požadavky, které jsou stanoveny pro standardní asfaltové betony s vysokým modulem tuhosti. Pro tento účel byly provedeny standardní empirické zkoušky (stanovení vodní citlivosti, stanovení mezerovitosti), jakož i dynamické a reologické zkoušky, při kterých jsou ověřovány zejména deformační charakteristiky tohoto typu směsí při středních a vyšších teplotách. Aby byly reflektovány i podmínky typické pro středoevropský region, byly zvoleny též zkoušky chování směsí při nízkých teplotách, a to zejména zkouškou pevnosti v tahu za ohybu a zkouškou odolnosti proti šíření trhlin.

Oblast použití

Asfaltové směsi s vysokým modulem tuhosti jsou určeny pro konstrukce vozovek pozemních komunikací s vyšším očekávaným dopravním zatížením, a to do ložních a podkladních vrstev. U vrstev s těmito směsmi se předpokládá vyšší odolnost proti deformačním účinkům dopravy, zejména těžkých nákladních automobilů. Současně je kladen důraz na delší životnost a tudíž i trvanlivost takových směsí. Z hlediska využití asfaltového R-materiálu se jedná o logický trend, který je podporován v rámci celé EU. Cílem je využití materiálů původních konstrukcí či výrobků způsobem, který v maximální míře využije přidanou hodnotu a technický přínos materiálu. V případě asfaltových vozovek je v tomto ohledu podporován tzv. up-cycling, kdy materiál kromě funkce recyklovaného kameniva má umožnit i reaktivování asfaltového pojiva a využití jeho vlastností. S ohledem k očekávanému nárůstu stavebních prací v oblasti modernizace a rekonstrukce stávající silniční sítě je identifikace vhodných přístupů

k zvyšování využití recyklovaných materiálů logickým a pro praxi potřebným krokem.

Metodika a postup řešení

Bylo navrženo několik variant asfaltové směsi VMT, a to s použitím 30 % tříděného R-materiálu, jakož i bez jeho aplikace. Současně s tím byly aplikovány přísady, které umožňují buď přímé „oživení“ asfaltového pojiva v recyklovaném materiálu (tzv. rejuvenátory) nebo se jednalo o přísady, které se aplikují do asfaltových pojev a umožňují snížit pracovní teploty, čímž se omezuje při zpracování asfaltové směsi degradace R-materiálu. Zvolené přísady byly ze skupiny syntetických vosků, které fungují jako viskozitu snižující aditiva, jakož i ze skupiny tzv. povrchově aktivních látek, jež mají vliv na lepší lubrikační efekt mezi jednotlivými zrny kameniva a tím opět dochází k lepší zpracovatelnosti i při nižších teplotách.

Na asfaltových směsích VMT pro zvolený typ kameniva a R-materiálu byly provedeny jak empirické zkoušky (mezerovitost, objemová hmotnost, parametr ITSR), tak i zkoušky odolnosti proti tvorbě trvalých deformací a stanovení tuhosti. Současně s tím byly ověřeny parametry dotvarování a provedena zkouška dynamického komplexního modulu. Zejména tato poslední charakteristika prováděná při různých teplotách a ve frekvenčním intervalu 0,5 – 50 Hz umožňuje simulovat různé účinky. Ty lze následně pomocí teorie superpozice času a teploty s využitím vhodného přepočítávacího vztahu převést / vztáhnout k jedné referenční teplotě a vytvořit tzv. řídicí křivku, která umožňuje posuzovat a porovnávat chování směsi v poměrně širokém frekvenčním spektru a získat tak informaci o vlivu různých podob působící dopravy. V neposlední řadě byla pozornost věnována chování asfaltové směsi při nízkých teplotách. Zde byla zvolena zkouška pevnosti v tahu za ohybu, kterou předepisují technické podmínky TP151, jakož i relaxační zkouška provedená dle postupu uvedeného ve stejném technickém předpisu. V neposlední řadě se prováděla zkouška odolnosti směsi proti šíření trhliny, a to při dvou zvolených teplotách.

Výsledky

Návrh složení asfaltové směsi VMT byl proveden v souladu s požadavky na zrnitost, kterou specifikuje technický předpis TP151. Dle těchto specifikací se požaduje, aby výsledná mezerovitost směsi byla v rozmezí 3 – 6 %, přičemž minimální hodnota modulu tuhosti při teplotě 15°C (stanoveno metodou IT-CY) musí být 9 000 MPa. Cílem návrhu směsi s R-materiálem a bez R-materiálu bylo, aby se obě čáry zrnitosti co nejvíce vzájemně přibližovaly a eliminoval se tak vliv rozdílného složení asfaltové směsi. Základní složení směsí kameniva jsou uvedeny v tabulce 1.

Tab.1 Složení směsi kameniva v asfaltových směsích VMT

Frakce kameniva	VMT bez R-materiálu	VMT s R-materiálem
R-materiál	0 %	30 %
11/16	20 %	13 %
8/11	24 %	30 %
2/5	15 %	10 %
0/2	37 %	15 %
filer	4 %	2 %

Průměrná mezerovitost směsí bez asfaltového R-materiálu byla 5,3 %, směsi s přidaným R-materiálem měly nižší hodnotu mezerovitosti a to na úrovni 4,2 %. V obou případech hodnoty odpovídaly stanoveným mezím, které jsou pro kontrolní zkoušky omezeny hodnotou 6 %.

Tab. 2a+b: Základní empirické charakteristiky asfaltových směsí typu VMT 16

Charakteristika / Směs	VMT A	VMT B	VMT C	VMT D
Objemová hmotnost zhutněná (g.cm ⁻³)	2,388	2,398	2,407	2,416
Objemová hmotnost nezhutněná (g.cm ⁻³)	2,479	2,479	2,479	2,534
Mezerovitost (%-obj.)	3,67	3,27	2,92	4,67
ITSR (-)	0,87	0,84	0,81	0,88
ITSR_zmrzovací cyklus (-)	0,79	0,89	0,94	0,84
Poměr modulů pružnosti (-)	0,82	0,68	0,60	0,88

Charakteristika / Směs	VMT E	VMT F	VMT G	VMT ref
Objemová hmotnost zhutněná (g.cm ⁻³)	2,384	2,418	2,307	2,380
Objemová hmotnost nezhutněná (g.cm ⁻³)	2,534	2,534	2,479	2,534
Mezerovitost (%-obj.)	5,92	4,58	6,94	6,08
ITSR (-)	0,85	0,93	0,84	1,01
ITSR_zmrzovací cyklus (-)	0,74	0,82	0,72	0,78
Poměr modulů pružnosti (-)	0,86	0,66	0,85	0,84

V případě prováděných měření tuhosti metodou IT-CY byly zvoleny teploty 5°C, 15°C, 20°C a 30°C. Volba těchto teplot odpovídá poznatkům zejména v oblasti teploty 40°C, kde jsou zpravidla získány velmi nízké hodnoty. Výsledky se pak dostávají do

oblasti, kde nepřesnost měření je příliš velká a odchylky mohou významným způsobem zkreslit výsledné hodnoty.

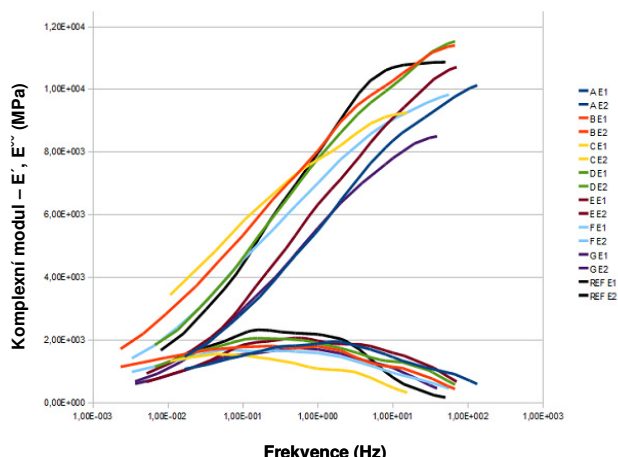
Tab. 3 Výsledky zkoušky modulu tuhosti metodou IT-CY

Směs	Teplota (°C)				Teplotní citlivost t _s
	5	15	20	30	
VMT A	8 100	4 500	2 800	1 100	7,36
VMT B	17 200	9 079	6 300	2 000	8,60
VMT C	16 650	11 450	6 900	2 450	6,80
VMT D	16 500	9 350	6 250	2 300	7,17
VMT E	12 250	7 400	5 200	2 400	5,10
VMT F	18 550	14 750	9 400	4 250	4,36
VMT G	18 950	14 400	8 750	3 350	5,66
REF	21 300	13 850	9 300	3 500	6,09

Z výsledků uvedených v tabulce 3 jsou patrné následující poznatky. Referenční směs (REF) s relativně tvrdším silničním asfaltovým pojivem 30/45 vykázala velmi vysoký modul tuhosti při 15°C a požadavek na jeho minimální hodnotu předepsanou v TP 151 splnila. Srovnáme-li referenční směs se směsí (E), tak se v tomto případě výrazně projevil vliv použitého pojiva. Směs s pojivem 50/70 nedosáhla předepsané hodnoty. Výsledek není nikterak překvapující a potvrzuje nutnost používat ve směsích VMT tvrdší pojiva nebo pojiva modifikovaná.

Je možné konstatovat, že použití asfaltového recyklátu zvyšuje díky obsahu tvrdého pojiva v recyklátu modul tuhosti (C-E). Tento výsledek je v souladu se zkušenostmi, jak ovlivňuje gradace pojiva chování směsí. Použitím oživovačů může dojít ke snížení modulu tuhosti pod požadovanou minimální hodnotu (C-A, C-B). Nejvyšší hodnoty modulu tuhosti bylo dosaženo při použití přísady umožňující snížit pracovní teploty v celém cyklu výroby směsi a její pokládky (F, G), kdy naměřené hodnoty byly vyšší i u referenční směsi. Z těchto zkušeností vyplývá, že použití asfaltového recyklátu ve směsi VMT nedojde ke snížení modulů tuhosti, ale naopak. Je však nutné sledovat chování směsi za nízkých teplot, kde by ztvrdlé pojivo z R-materiálu mohlo způsobit zhoršení vlastností směsi za nízkých teplot.

Výsledky zkoušky tuhosti metodou IT-CY lze doplnit poznatky čtyřbodové zkoušky na trámečkových tělesech, která byla prováděna při teplotách 0°C, 10°C, 20°C a 30°C s následným přepočtem získaných dat ke vztažné teplotě 10°C a vynesemím řídicích křivek. Z dosažených výsledků plynou obdobné závěry, kdy směsi s R-materiálem dosahují vyšších hodnot elastického modulu a současně se ukazuje významný vliv rejuvenátoru, který naopak i při aplikaci R-materiálu snižuje celkovou tuhost směsi.



Obr. 1 Řídící křivky směsí VMT

Výsledky odolnosti proti tvorbě trvalých deformací jsou uvedeny v tabulce 4. Zkouška byla prováděna na malém zkušebním zařízení podle platné evropské normy. Naměřené hodnoty vyhověly požadavkům na směsi VMT. Výsledky jsou obecně srovnatelné. Bylo prokázáno, že obsah přidávaného asfaltového recyklátu negativně neovlivňuje chování směsi.

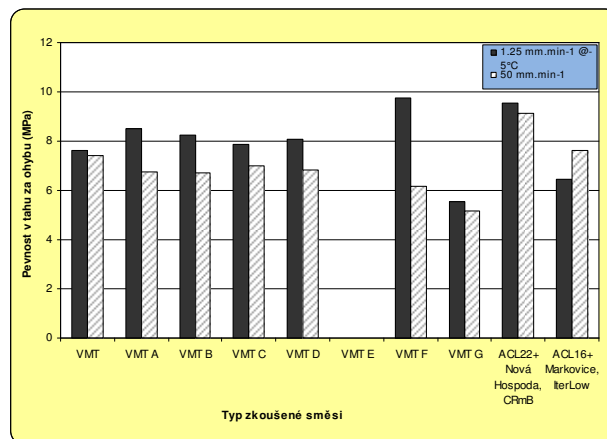
Tab. 4 Výsledky zkoušky odolnosti směsi vůči vzniku trvalých deformací

Varianta VMT	přírůstek hloubky koleje WTS _{AIR} (mm)	Poměrná hl. vyjeté koleje PRD _{AIR} v %
REF	-	-
A	0,023	1,9
B	0,026	1,6
C	0,043	2,9
D	0,032	2,7
E	0,024	1,6
F	0,012	1,5
G	0,016	1,6

Standardní metodika zkoušení nízkoteplotních vlastností VMT směsí je uvedena v TP 151. Jejím cílem je charakterizovat chování tuhých směsí za nulových a záporných teplot a předejít tak vzniku příčných mrazových trhlin. Výsledky relaxační zkoušky a zkoušky pevnosti v tahu za ohybu při 0°C jsou uvedeny v tabulce 5 a v obrázku 2. Naměřené výsledky mají svou vnitřní logiku ve srovnání s moduly tuhosti, kdy díky „měkčímu“ pojivu dosahujeme kratších relaxačních časů. Obsažený R-materiál resp. asfaltové pojivo obsažené v materiálu zvyšuje dobu relaxace. Minimální požadavek na pevnost v tlaku je 6 MPa, ta nebyla dosažena jen u směsi G.

Tab. 5 Nízkoteplotní vlastnosti asfaltových směsí

Varianta VMT	Relaxační zkouška		
	Pokles počátečního napětí na 50 % v s	Parametr regrese A	Parametr regrese B
REF	-	-	-
A	159,1	0,9953	-0,0977
B	348,6	0,9572	-0,0781
C	249,8	1,0184	-0,0939
D	208,8	1,0069	-0,0949
E	323,4	0,9681	-0,0810
F	1846,1	1,0415	-0,0720
G	364,1	0,9836	-0,0820



Obr. 2 Pevnosti v tahu za ohybu směsí VMT.

Literatura

- [1] Luxemburk F., et al.: Aplikace teorie viskoelastické hmoty v silničním stavitelství. Dům techniky ČVTS Praha, 1977.
- [2] Valentin J.: Užité vlastnosti a reologie asfaltových pojiv a směsí – charakteristiky, nové zkušební metody, vývojové trendy. INPRESS, Praha 2003, 224 stran.
- [3] Roque R., Buttlar W.G.: The Development of a Measurement and Analysis System to Accurately Determine Asphalt Concrete Properties Using the Indirect Tensile Mode. Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists. Vol. 61, 1992, pp. 304-332.
- [4] Sobotka Z.: Reologie hmot a konstrukcí. Academia Praha, 1981.
- [5] Miláčková, K: Asfaltové směsi typu VMT se zvýšeným podílem R-materiálu s různými typy asfaltových pojiv. Diplomová práce, Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2013.
- [6] Mollenhauer, K., Gaspar, L.: Synthesis of European knowledge on asphalt recycling: options, best practices and research needs; 5th Euroasphalt & Eurobitume Congress, Istanbul, Turkey, 2012.