PODKLADNÍ VRSTVY VOZOVEK
A ZEMNÍ TĚLESO

Recyklace za studena s využitím speciálních anorganických pojiv

Ing. Jiří Grošek, Ph.D. a kol.

Datum

SDRUŽENÍ
PRO VÝSTAVBU
SILNIC

OBSAH PREZENTACE

- Úvod
- Legislativa
- Pokusné úseky
- Závěr

ÚVOD

- Prezentace se zaměřuje na seznámení s vývojem a použitím speciálních anorganických pojiv při recyklaci asfaltových vozovek na místě za studena při rekonstrukci silnic II. – III. tříd v České republice v letech 2024 a 2025.
- Použití těchto pojiv umožňuje nově přijatá legislativa v ČR a je podporováno stavebními firmami, které se vlastní realizací dlouhodobě zabývají. Pro vlastní uplatnění na stavbě se předpokládá dodržení kvality u výrobců pojiv, ověřeného dávkování a technologických postupů.
- Současně je důležité i příznivé ekonomicko-environmentální hledisko, aby mohlo být přijato do praxe. V rámci těchto staveb bylo potvrzeno, že lze současně uvažovat s předpokladem plánované životnosti i snížením dopadu na životní prostředí.

LEGISLATIVA

- ČSN 73 6147:
  - není omezeno použití druhu pojiva CA, C/H, pokud splní požadavky normy (fyzikálně/mechanické).
  - provádí se též za účelem pasivace PAU a řídí se zvláštním předpisem – TP 150.

- Vyhláška č. 283/2023 Sb.:
  - současně vyhovět §6, odst. 4 vyhlášky č. 283/2023 Sb. v části „Použití speciálních anorganických pojiv samostatně (tj. pojiv splňují ustanovení ČSN EN 13 282-1 a limitů pro pasivaci nebezpečných látek resp. škodlivin ve výluhu viz tabulka č. 2.1 vyhlášky č. 283/2023 Sb.) je přípustné.“

LEGISLATIVA

- TP 150
  - postup stanovení dle tabulky č. 2.1 vyhlášky u materiálu se zrnitostí max. 11,2 mm, který bude obalen zvoleným typem pojiva a takto obalený materiál bude zkoušen nejdříve po 48 hodinách zrání na vzduchu v laboratorním prostředí… pouze v případě, že odebraný asfaltový recyklát vyžaduje pasivaci (tj. vyluhují se škodliviny, které jsou nad limity tabulky č. 2.1) je přípustné.“
- Lze používat pojiva i bez KAE, zaměřili jsme se na „oživení“ technologie využívající speciální anorganická pojiva řady CS TB (cementová směs Teracbond), která řadíme mezi hydraulická silniční pojiva H (musí vyhovovat ČSN EN 13282-1).
- Oproti klasickým H se liší zejména důrazem na objemovou stálost pojiv (sledovanou mimo rozsah normy), která se promítá do životnosti recyklované vrstvy.

LEGISLATIVA

- Složení je dominantně CEM I až III, další příměsi (mletý vápenec, kalcinovaná břidlice aj.) a speciální příměsi na bázi celulózových vláken.
- Speciální příměsi se dodávají za účelem úpravy vybrané vlastnosti/vlastností maltovin, s ohledem na současný tlak na uhlíkovou stopu lze očekávat v této oblasti další vývoj. V silničním stavitelství je problém samovolné dlouhodobé lámání podkladních vrstev stmelených cementy do samostatných kontrakčních desek, vada dlouhodobé objemové nestálosti podkladní vrstvy.
- Řešení dlouhodobé objemové nestálosti vmísením speciálních práškových chemických přísad k cementu (USA a poté i v západní Evropa). Dávkuje se v hmotnosti do 1% hmotnosti cementu, čemuž se přizpůsobila EN 13282-1 (Rychle tvrdnoucí hydraulická silniční pojiva). Recyklace se přizpůsobí tak, aby účinek vmísené speciální přísady nebyl eliminován.
- Zatřídění H pro rychle tuhnoucí hydraulická silniční pojiva specializovaná na objemovou stálost maltovin nelze použít, pokud by bylo omezeno nebo ještě hůře zamezeno průběžné řízené výměně vody/vlhkosti v recyklované konstrukční vrstvě. Proto nesmí být použita pro skupinu pojiv CA podle ČSN 73 6147.

POKUSNÉ ÚSEKY

- Pokusné úseky v letech 2024-2025 (různí zhotovitelé):
  - CS TB: II/150 Loukov, III/3708 Dlouhomilov
  - CS TB neo: III/29810 Dražkov, III/3924 Březka – Holubí Zhoř
- Realizace 2026 (různí zhotovitelé):
  - III/36917 Ruda-Bartoňov, II/369 Rovensko aj. (cca 10 km)
- Postup:
  - Odběr materiálu (vyfrézovaný materiál).
  - Křivka zrnitosti, návrh dávkování (6 – 7 % pojiva) – průkazní zkoušky + nad rámec výluhy dle TP 150 – vyhovující výsledky na recyklátu s/bez pojiva, i přes vysoké koncentrace PAU i benzo(a)pyrenu.
  - Zkouška objemové stálosti – zatřídění vyhovující použití (kategorie 2-3 dle metodiky CDV, tj. pojiva vyhovující, resp. podmíněně vyhovující; pro obě tyto kategorie je charakteristický nízký výskyt vlasových trhlinek nebo vrás, malá nasákavost a křehkost apod.).

SLEDOVÁNÍ OBJEMOVÉ STÁLOSTI

- Nenormová zkouška objemové stálosti sledující chování ihned po smísení slínku (cementu) s vodou ve třech (čtyřech) vodních součinitelích…
- Se změnou složení/vlastností cementů v souvislosti se zaváděním směsných cementů i pro dopravní stavby, rozlišujeme nově požadavky základního hodnocení a hodnocení právě pro potřeby dopravních staveb.
- Důvod: projevují se nové/jiné vady než jsme dříve znali tj. křehkost, vznik a zacelení trhlin, nasákavost (hydrofobní resp. hydrofilní vlastnosti, vyšší savost), rozdílné chování na horní a spodní ploše...
- Z výše zmíněných důvodů je třeba při výběru a ověření HSP provádět opakované zkoušky objemové stálosti zejména při dodávkách různých výrobních šarží cementu, jako hlavní složky, a ověřovat účinnost příměsí. Pro tyto účely lze využít „Metodiku pro zkoušení objemové stálosti hydraulických pojiv“.



Cement byl při homogenizaci dobře zpracovatelný. 1d, 2d: vše bez trhlin.3d: w=0,58 2 vlasové trhiny, do 14d zaceleny, zůstala 1 vlasová u w=0,5, po smočení plošně nasákavé kraje jen w=0,58 i křehké, celkově: 2

POKUSNÉ ÚSEKY – OBECNÝ POSTUP

- Technologie:
  - rozprostření pojiva na rozfrézovanou asfaltovou vrstvu určenou k recyklaci,
  - zafrézování pojiva (hloubka cca 200 mm),
  - zatažení recyklované vrstvy válcem bez vibrace,
  - urovnání recyklované vrstvy (grejdr),
  - hutnění válcem s vibrací,
  - ošetřování hotové vrstvy (zejména v letních měsících),
  - kontrolní zkoušky (lehkou dynamickou deskou):
    - rázový modul deformace M_{vd} výstižněji než $E_{def,2}$ podchytí homogenitu recyklované vrstvy v trase; rychle lze dosáhnout dostatečné četnosti výsledků pro statistické vyhodnocení,
    - stanovení M_{vd} je velmi rychlé, jen minimálně neomezuje stavbu. Měření LDD je možné stanovovat v několika liniích,
    - vyhovující výsledky na úsecích vyžadujících M_{vd} = 80 i 100 MPa.

Pozn.: redukce strojního zařízení na stavbě (cisterna s emulzí).

POKUSNÉ ÚSEKY – REALIZACE













POKUSNÉ ÚSEKY – MONITOROVÁNÍ





Poloměr zat. desky: 150 mm
Referenční teplota: 20°C
Normováno na: 50 kN

			Naměřené průhyby [µm]									Moduly pružnosti [MPa]			
Staničení [m]	Číslo podúseku	Zatížení [MPa]	0	300	450	600	900	1200	1500	1800	2100	ACO [10 cm]	SC [18 cm]	Podloží PIII	Zbytková životnost
20	1	0,707	309	231	195	163	113	77	47	29	17	6253	2253	65	25,0
40	1	0,707	214	165	140	120	85	58	40	24	13	9621	3600	86	25,0
60	1	0,707	382	290	241	205	139	92	59	35	20	5319	1661	53	25,0
80	1	0,707	237	184	155	131	90	62	41	27	15	10174	2789	80	25,0
100	1	0,707	317	232	190	153	99	63	39	25	12	8007	1269	76	25,0
120	1	0,707	363	279	233	193	129	83	52	32	17	9770	1188	58	23,8
140	1	0,707	351	258	211	169	108	66	38	22	12	11217	804	71	20,3
160	1	0,707	327	235	192	155	96	58	34	21	11	8692	1005	78	25,0
180	1	0,707	264	198	164	135	90	58	37	23	13	8616	1925	83	25,0
200	1	0,707	455	327	257	200	118	70	41	24	13	9952	363	63	5,0
220	1	0,707	307	241	202	171	116	79	55	32	17	9694	1973	61	25,0
199	1	0,707	378	277	222	179	115	74	48	27	14	6737	1020	65	15,4
190	1	0,707	265	212	182	155	109	76	50	35	18	12606	2575	64	25,0
170	1	0,707	223	170	141	114	76	49	31	20	11	15000	1842	98	25,0
150	1	0,707	269	190	155	124	78	47	28	16	9	8017	1363	98	25,0
130	1	0,707	318	247	210	175	121	80	51	31	18	8847	1791	61	25,0
110	1	0,707	274	210	176	149	102	68	44	29	16	8140	2320	72	25,0
90	1	0,707	290	219	181	149	101	68	43	26	14	8036	1975	72	25,0
70	1	0,707	208	155	125	106	72	49	30	18	10	9634	2939	102	25,0
50	1	0,707	214	169	147	126	90	65	42	26	16	15000	3312	79	25,0
30	1	0,707	255	184	147	121	77	53	33	18	11	7297	1937	94	25,0
10	1	0,707	146	107	90	74	50	32	20	12	7	15000	3600	149	25,0
Statistické zpracování:															
Průměr:	1	0,707	289	217	180	149	99	65	41	25	14	9620	1977	78	23,4
Minimum:	1	0,707	146	107	90	74	50	32	20	12	7	5319	363	53	5,0
Maximum:	1	0,707	455	327	257	205	139	92	59	35	20	15000	3600	149	25,0
Sm. odchylka	1	0,000	69	50	40	32	21	14	9	6	3	2651	871	20	4,6
85% kvantil:	1	0,707	362	275	220	178	118	79	51	32	17	**7404**	**1045**	**61**	**24,0**
50% kvantil:	1	0,707	282	216	182	151	100	65	41	25	14	9234	1931	74	25,0



POKUSNÉ ÚSEKY – MONITOROVÁNÍ

- Technicko-ekonomická analýza za účelem porovnání s klasickým pojivem CA (4% cement + 2 % KAE) a pro měření environmentální výkonnosti vycházející z dat o pokusných úsecích podle typu a dávkování pojiv.
- Posouzení životního cyklu bere v úvahu celý životní cyklus stavby, včetně výroby, dopravy, používání a konečné likvidace zdrojů potřebných pro zajištění funkcí stavby po celou dobu, kterou hodnocení zahrnuje (25 let).
- Potenciál globálního oteplování, označovaný také jako uhlíková stopa kvantifikuje dopad skleníkových plynů zahřívajících planetu, použitým hodnotícím nástrojem byl software One Click LCA.

POKUSNÉ ÚSEKY – MONITOROVÁNÍ

Scénář	Pojivo	Druh pojiva; hm. procento	GWP-total
RS-CA_1	Cement	CEM I 42,5 R; 4,0 %	100 %
	Asfaltová emulze	C60B10; 2,0 %	
RS-CA_2	Cement	CEM II/B-S 32,5 R; 4,0 %	84,94 %
	Asfaltová emulze	C60B10; 2,0 %	
CS TB	CS TB	CEM I 42,5 R + další složky; 6,0 %	99,13 %
CS TB neo	CS TB neo	CEM III/A 42,5 N + další složky; 6,0 %	78,31 %

Pozn.:

Scénář RS-CA_1 je pouze teoretická varianta, která nebyla použita na pokusných úsecích.

Scénář RS-CA_2 byl použit při rekonstrukci II/150 Loukov, ve směru Bystřice pod Hostýnem.

- Z analýzy stavební akce II/150 Loukov (rok 2024) je také možnost vyčíslit relativní finanční úsporu, kdy použití technologie s uplatněním CS TB a CS TB neo vede k výrazné úspoře nákladů až o 39 % (závisí na aktuálních cenách materiálů), průměrně tedy min. 20 %.

ZÁVĚR

- Hlavním cílem bylo vyvinout a použít speciální anorganická pojiva pro recyklaci asfaltových vozovek za studena a ověřit jejich uplatnění v praxi.
- Pro tyto účely bylo vytipováno několik pokusných úseků a pro vybrané stavební akce bylo provedeno také hodnocení životního cyklu spočívající v podrobné LCA analýze.
- Z ní je patrná minimálně 5 % úspora emisí CO2 při použití pojiva CS TB neo (6,0 %) oproti variantě kombinovaného pojiva (CA; 4,0 % cement, 2,0 % KAE), tedy při stejném procentu dávkování.
- Z analýzy stavební akce II/150 Loukov (rok 2024) je také možnost vyčíslit relativní finanční úsporu, kdy použití technologie s uplatněním CS TB a CS TB neo vede k výrazné úspoře nákladů.

ZÁVĚR

- Z výsledků vyluhovací zkoušky je patrné, že při použití CS TB neo nedochází k uvolňování škodlivin a jsou splněny požadavky Vyhlášky 283/2023 Sb., TP 150 a ČSN 73 6147.
- Vlastní realizace i ověření kvality úseků kontrolními zkouškami vypovídá a vhodnosti použitých pojiv jako alternativy pro rekonstrukce silnic II. a III.
- Pokusné úseky byly ověřovány z hlediska únosnosti a nevykazují po dvou letech problémy se životností – zpětná vazba k využívání speciálních HSP (pokračuje se v monitorování úseků realizovaných v letech 2024-2025).
- Považujeme za nutné kontrolovat kvalitu produkce speciálních HSP pomocí nenormové zkoušky objemové stálosti z důvodu měnících se vlastností primární složky, kterou je cement.

T A
Č R
Program Doprava 2020+

Děkuji za pozornost

Ing. Jiří Grošek, Ph.D.
jiri.grosek@cdv.gov.cz

SKANSKA

MDS SOLUTION

CENTRUM DOPRAVNÍHO VÝZKUMU

VITOŠOV
SigmaRoc

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

V tomto příspěvku jsou využita data získaná v rámci řešení projektu CK04000053 Prodloužení životnosti asfaltových vozovek využitím alternativních pojiv pro recyklaci za studena, financovaný se státní podporou Technologické agentury ČR a Ministerstva dopravy v rámci Programu DOPRAVA 2020+. Tento příspěvek byl vytvořen za finanční podpory Ministerstva dopravy ČR v rámci programu dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumných organizací.