

AV '17 KONFERENCE ASFALTOVÉ VOZOVKY 2017

Moderní trendy v materiálech a konstrukcích, navrhování vozovek

Gestor – Ing. Miloš Rosenbaum

Generální zpravodajové – Ing. Petr Bureš, Ing. Petr Mondschein, Ph.D.

28. – 29. listopadu 2017, České Budějovice

Motto: Asfaltové vozovky – bezpečná cesta k prosperitě

SDRUŽENÍ
PRO VÝSTAVBU
SILNIC

ČESKÁ SILNIČNÍ SPOLEČNOST

CZECH ROAD SOCIETY


EAPA


PRAGOPROJEKT

AV '17 KONFERENCE ASFALTOVÉ VOZOVKY 2017

Moderní trendy v konstrukcích a navrhování vozovek

SDRUŽENÍ
PRO VÝSTAVBU
SILNIC

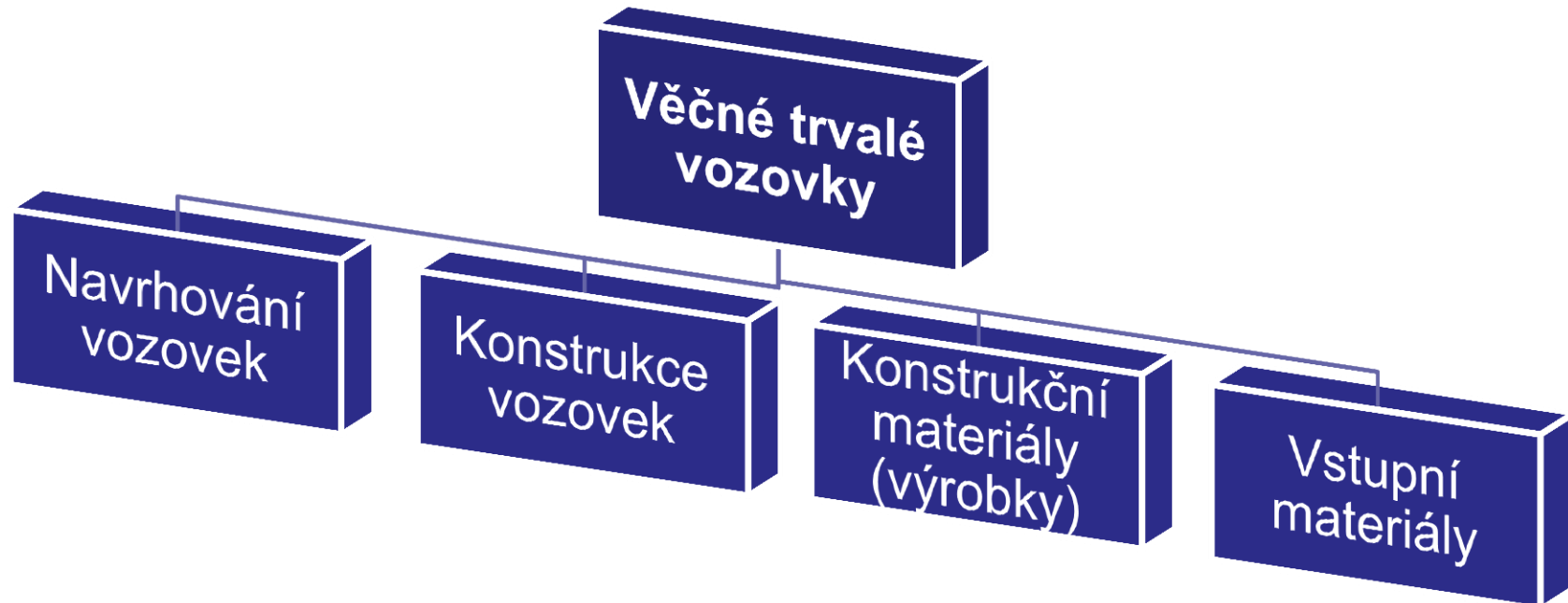
ČESKÁ SILNIČNÍ SPOLEČNOST

CZECH ROAD SOCIETY


EAPA


PRAGOPROJEKT

Úvod do problematiky



Navrhování vozovek

Definice okrajových podmínek

- ➔ Dopravní zatížení
- ➔ Klimatické podmínky
- ➔ Návrhové parametry konstrukčních materiálů (teploty)
- ➔ Přenos zkušeností z laboratorních podmínek do realizovaných řešení

Konstrukce vozovek

- ➔ Konstrukce vozovky – ucelený systém
- ➔ Nutnost řešit konstrukci jako systém
- ➔ Funkčnost jednotlivých konstrukčních vrstev
- ➔ Neopomenout podkladní, ochranné vrstvy a podloží vozovky
- ➔ Údržba
- ➔ Životní cyklus vozovky – nízkoúdržbové kryty

Konstrukční materiály (výrobky)

Řešení na „míru“

Obrusné vrstvy

- ➔ Standardní řešení - ACO
- ➔ Trvalé deformace - SMA
- ➔ Životní cyklus – BBTM, ultratenké koberce
- ➔ Protihlukové úpravy

Ložné a podkladní vrstvy

- ➔ Standardní řešení – ACL, ACP
- ➔ Trvalé deformace – VMT, SMA
- ➔ Únava, životnost – VMT, RBL

Vstupní výrobky

Asfaltová směs: kompozit

- ➔ Kamenivo – ovlivňuje kvalitu asfaltové směsi ve výrobě
- ➔ Asfaltové pojivo – druh, typ a množství ovlivňuje únavové parametry asfaltové směsi resp. konstrukční vrstvy – konstrukce vozovky (PmB pojiva, CRmB pojiva, HiMA)

- ➔ KVALITA VSTUPNÍCH MATERIÁLŮ ????
- ➔ VELIKOST ZATÍŽENÍ ???
- ➔ KLIMATICKÉ PODMÍNKY ???

AV '17 KONFERENCE ASFALTOVÉ VOZOVKY 2017

1.1 NOVÉ TRENDY V NAVRHOVÁNÍ ASFALTOVÝCH VOZOVEK A NĚKTERÉ MOŽNOSTI ÚPRAV ČESKÉ NÁVRHOVÉ METODY ©

Ing. Jiří Fiedler, EUROVIA Services, s.r.o., Praha

Navrhování vozovek

Definice okrajových podmínek

- ➔ Bližší popis reologických modelů asfaltových směsí
- ➔ Rozdělení teplot ve vozovce během roku
- ➔ Velikost dopravního zatížení

Zahraniční návrhové metody – výběr problematiky

- ➔ Rakouská metoda (dílčí návrhové období, rozdělení teplot – noc x den, únava závisí na teplotě)
- ➔ Německá metoda (13 různých teplot povrchu vozovky – průběh teplot v asfaltových vrstvách, dopravní zatížení – histogram, 143 zatěžovacích stavů, únava nezávisí na teplotě)
- ➔ Francouzská metoda (modul pružnosti 15°C, únava 10°C)
- ➔ Americká metoda (každý měsíc – 5 teplot, celkem 60 stavů, změna tuhosti během stárnutí pojiva)

Navrhování vozovek

Česká návrhová metoda – k zamyšlení

- ➔ Dílčí součinitel rozptylu únavové zkoušky
- ➔ Závislost únavových charakteristik na zkušební teplotě
- ➔ Únavové charakteristiky silničních a modifikovaných pojiv (ACP, VMT)

1.3 VLIV KVALITY PODKLADNÍCH VRSTEV NA KVALITU ASFALTOVÝCH VRSTEV, AKTUÁLNÍ PROBLÉMY ©

Ing. Jan Zajíček, Olomouc

Konstrukce vozovek

Poruchy asfaltových vozovek

- ➔ Poruchy asfaltových vrstev (směsí)
- ➔ Poruchy podkladních vrstev (stmelených, nestmelených)
- ➔ Poruchy podloží
- ➔ Únosnost konstrukce vozovky

Příčiny poruch

- ➔ **Problémy nestmelených podkladních vrstev** (chyby při nákupu štěrkodrtí, Nerespektování požadavků na nestmelené směsi kameniva jejich výrobcem, Segregace směsi kameniva v podkladní vrstvě, Nedostatečná rovnost podkladní vrstvy, Rozšiřování vozovek, Nerespektování filtračních kritérií)
- ➔ **Problémy podkladních vrstev stmelených hydraulickými pojivy**
- ➔ **Problémy s podložím**

Konstrukce vozovek

Příčiny poruch

- ➔ **Problémy podkladů při opravách vozovek**
- ➔ **Ostatní** (nesprávné vyhodnocení statické zatěžovací zkoušky při návrhu opravy vozovky, přecenění významu statické zatěžovací zkoušky při zásypu rýh, vyhovující výsledky statické zatěžovací zkoušky a neúnosné podloží po úpravě)

1.4 ŽIVOTNOST VOZOVEK OVLIVNĚNÁ PODKLADNÍMI KONSTRUKČNÍMI VRSTVAMI

Ing. Petr Mondschein, Ph.D., ČVUT v Praze, Fakulta stavební

Podkladní vrstvy vozovek

Nestmelené

- ➔ MZK
- ➔ ŠD

Hydraulicky stmelené

- ➔ SC C_{5/6}
- ➔ SC C_{8/10}

Asfaltem stmelené

- ➔ ACP
- ➔ VMT
- ➔ RBL

Návrhové parametry asfaltem stmelených vrstev

| Označení směsi | Modul tuhosti (MPa) | ϵ_6 (mikrostrain) | B (b) | Popis |
|----------------|---------------------|----------------------------|-------|--|
| ACP 22 S | 7 500 | 100 | 5 | Asfaltový beton pro podkladní vrstvy |
| VMT 22 | 9 000 | 125 | 5 | Směs s vysokým modulem tuhosti se silničním pojivem |
| VMT 22 PmB | 9 000 | 135 | 5 | Směs s vysokým modulem tuhosti s modifikovaným pojivem |
| VMT 22 H | 12 000 | 125 | 5 | Směs s vysokým modulem tuhosti se silničním pojivem a zvýšeným modulem tuhosti |
| RBL | 9 000 | 148 | 5 | Asfaltová směs se zvýšeným obsahem pojiva |

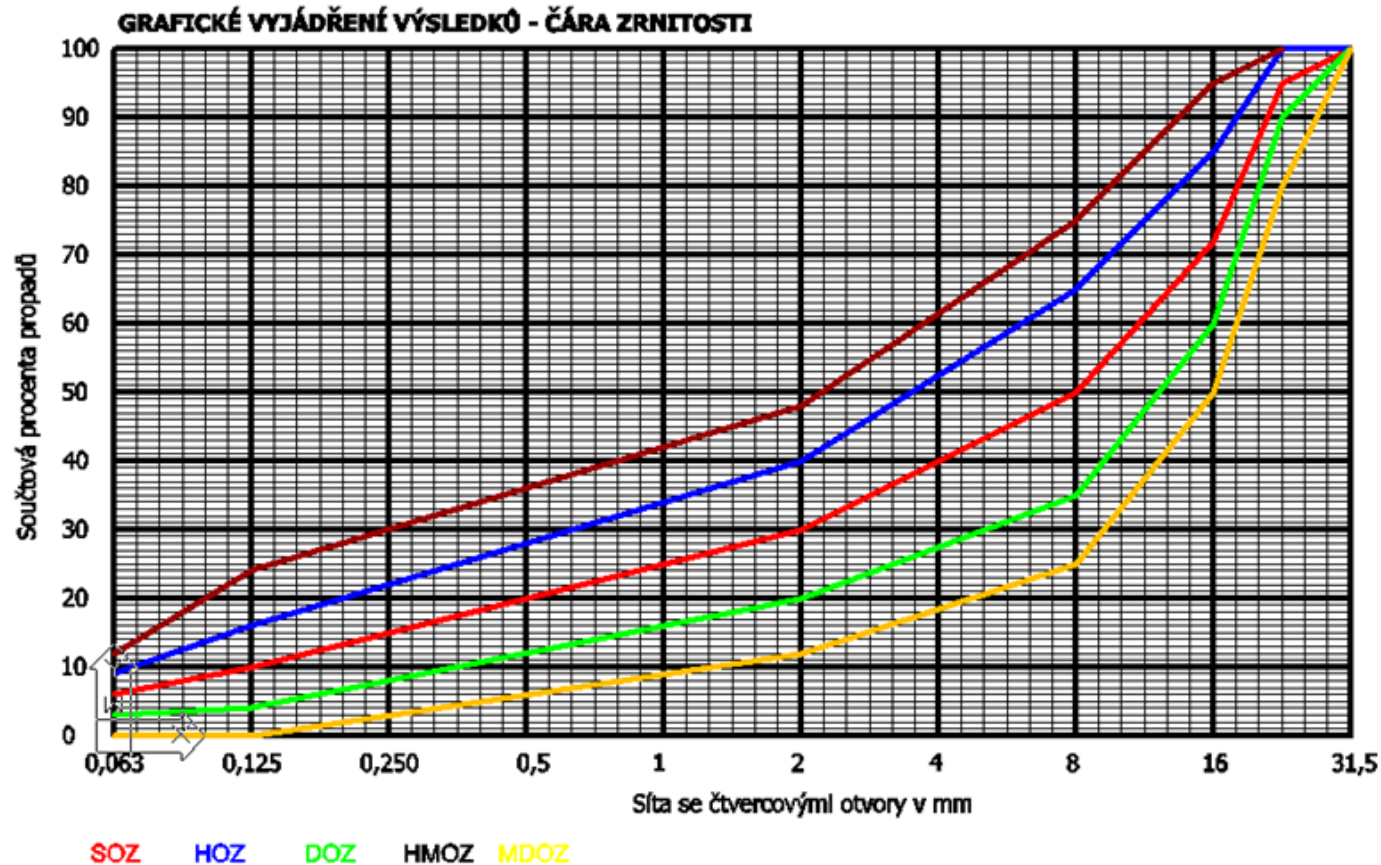
Posouzení konstrukcí vozovek

| Označení konstrukce | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|---|----------|---------|------------|----------|---------|
| Skladba konstrukce vozovky | SMA 11 S | | | | |
| | ACP 22 S | VMT 22 | VMT 22 PmB | VMT 22 H | RBL |
| | MZK | | | | |
| | ŠDA | | | | |
| relativní poškození vozovky | 0,338 | 0,220 | 0,150 | 0,118 | 0,084 |
| relativní poškození podloží | 0,454 | 0,399 | 0,399 | 0,322 | 0,396 |
| rozhoduje | podloží | podloží | podloží | podloží | podloží |
| maximální dopravní zatížení v TNV pro vozovku /24 hodin | 25 147 | 38 636 | 56 667 | 72 034 | 101 190 |
| maximální dopravní zatížení v TNV pro podloží /24 hodin | 18 722 | 21 303 | 21 303 | 26 938 | 21 465 |

| Označení konstrukce | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) |
|---|----------------------|---------|------------|----------|---------|
| Skladba konstrukce vozovky | SMA 11 S | | | | |
| | ACP 22 S | VMT 22 | VMT 22 PmB | VMT 22 H | RBL |
| | SC C _{8/10} | | | | |
| | ŠDA | | | | |
| relativní poškození vozovky | 0,016 | 0,015 | 0,015 | 0,013 | 0,015 |
| relativní poškození podloží | 0,131 | 0,120 | 0,120 | 0,106 | 0,120 |
| rozhoduje | podloží | podloží | podloží | podloží | podloží |
| maximální dopravní zatížení v TNV pro vozovku /24 hodin | 531 250 | 566 670 | 566 670 | 653 840 | 566 670 |
| maximální dopravní zatížení v TNV pro podloží /24 hodin | 64 885 | 70 833 | 70 833 | 80 188 | 70 833 |

Porovnání konstrukcí vozovek s rozdílnými materiály v horní a dolní podkladní vrstvě

Chování asfaltových směsí – zajištěna ???



Čáry zrnitosti kameniva pro směs typu ACP 22 +

1.8 NOVÉ TECHNOLOGIE VÝSTAVBY LOŽNÍCH A PODKLADNÍCH VRSTEV ©

Prof. Ing. Jan Kudrna, CSc., Ing. Pavel Šperka, Ing. Adam Puda, Vysoké učení
technické v Brně, Fakulta stavební, Výzkumné centrum AdMaS

Dipl. Ing. Manfred Krönig, ETH, CONSULTTEST AG, Ohringen, Švýcarsko/Switzerland

Ing. Květoslav Urbanec, MBA, LL.M., CONSULTTEST s.r.o., Brno

Konstrukční materiály (výrobky)

Švýcarské zkušenosti se směsmi VMT

- ➔ Vyšší obsah tvrdého pojiva (4,51 % - 5,49 %; 12 p.j. – 19 p.j.; 65,2°C – 87,7°C)
- ➔ Nízká mezerovitost (1,8 % - 5,2 %)
- ➔ až 50 % R-materiálu

Funkční charakteristiky

- ➔ Dvoubodová metoda
- ➔ Modul tuhosti - 15°C; 10 Hz
- ➔ Odolnost proti únavě – 10°C, 25 Hz



AV '17 KONFERENCE ASFALTOVÉ VOZOVKY 2017

1.6 VOZOVKA PRO VELKÁ DOPRAVNÍ ZATÍŽENÍ ZE TŘÍ VRSTEV SMA V RAFINERII GDAŇSK ©

Igor Ruttmar, Marcin Hering, Agata Grajewska,
TPA Sp. z o.o., Polsko/Poland

Paweł Czajkowski, LOTOS Asphalt Sp. z o.o., Poland/Polsko

Konstrukce vozovky - Konstrukční materiály (výrobky)

Konstrukce vozovky pro vysoké dopravní zatížení

- ➔ Statické zatížení
- ➔ Pomalu pohybující se zatížení
- ➔ Vysoké letní teploty
- ➔ Trvalé deformace

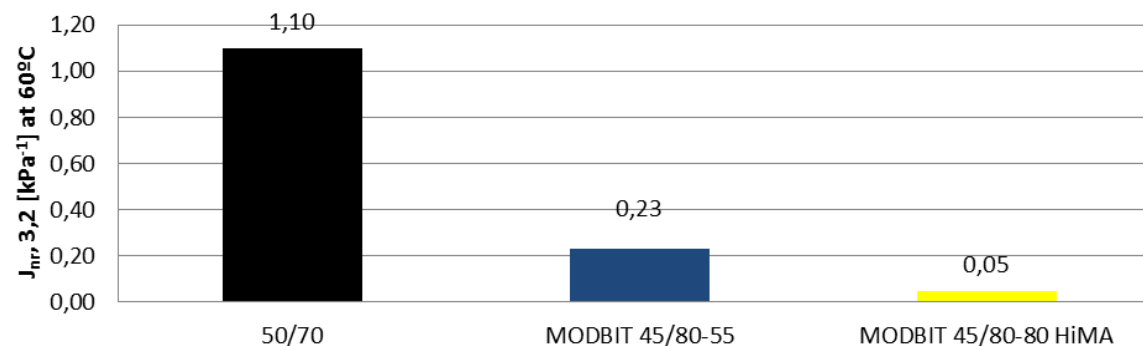
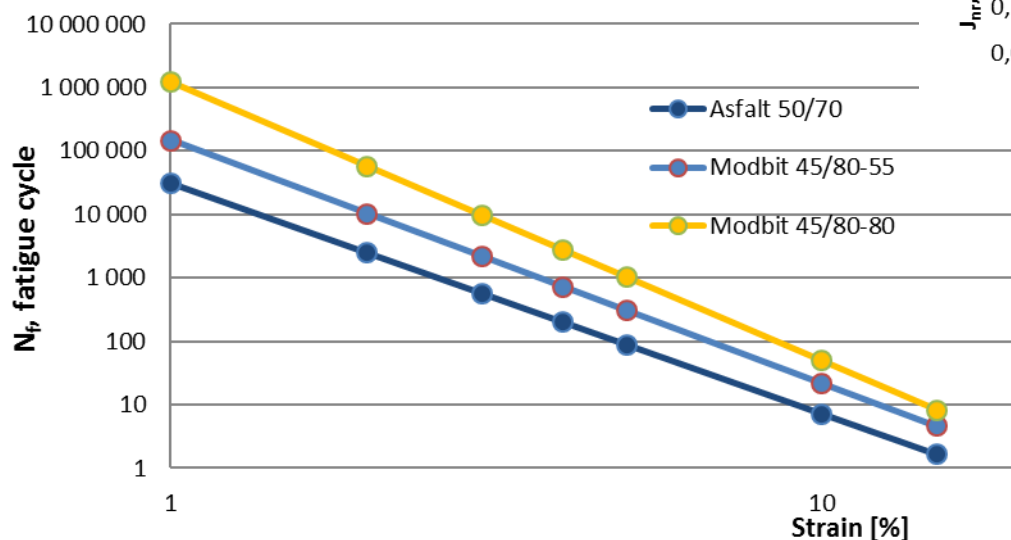
Řešení

- ➔ Silně modifikované pojivo - HiMA
- ➔ Směs typu SMA v celé konstrukci vozovky

Konstrukce vozovky - Konstrukční materiály (výrobky)

Řešení

- ➔ Odolnost vůči vzniku trvalých deformací
- ➔ Únavové charakteristiky asfaltového pojiva



Odolnost asfaltu proti trvalým deformacím

Únavové charakteristiky tří různých druhů asfaltů

AV '17 KONFERENCE ASFALTOVÉ VOZOVKY 2017

1.5 PRVNÍ POUŽITÍ SMĚSÍ ACP S VYŠŠÍM OBSAHEM POJIVA (RBL) V ČESKÉ REPUBLICE

Ing. Jiří Fiedler, Ing. Petr Bureš, EUROVIA Services, s.r.o., Praha
RNDr. Svatopluk Stoklásek, nezávislý konzultant, Brno

SDRUŽENÍ
PRO VÝSTAVBU
SILNIC

ČESKÁ SILNIČNÍ SPOLEČNOST

CZECH ROAD SOCIETY


EAPA


PRAGOPROJEKT

Konstrukční materiály (výrobky) - Vstupní materiály

RBL směs/vrstva

- ➔ Bohatá směs na asfaltové pojivo (+ 0,5 % vůči ACP)
- ➔ Mezerovitost 3 % - 5 % (ITT)
- ➔ 16 mm
- ➔ Tloušťka vrstvy 50 mm – 75 mm
- ➔ ACP-RBL (označení v ČR)

Konstrukční materiály (výrobky) - Vstupní materiály

Zkušební úsek I/26 Líně

- ➔ TNV = 2160 voz/24 hod.
- ➔ Intravilán – pomalá a zastavující se doprava
- ➔ Čtyři zkušební sekce
- ➔ Realizace 2015 a 2016

| Sekce | Počátek [km] | Konec [km] | SMA 8 S*) [mm] | ACL 22 S*) [mm] | ACL/RBL 16 S [mm] | Celkem [mm] | Typ pojiva v RBL-ACL (projekt) |
|-------|--------------|------------|----------------|-----------------|-------------------|-------------|--------------------------------|
| B2 | 0,000 | 0,119 | 30 | 90 | 60 | 180 | 50/70 *) |
| B1 | 0,119 | 0,201 | 30 | 90 | 60 | 180 | PmB 25/55-60 |
| A2 | 0,201 | 0,285 | 30 | 90 | 90 | 210 | 50/70 |
| A1 | 0,285 | 0,353 | 30 | 90 | 90 | 210 | PmB 25/55-60 |

Rozložení jednotlivých projektových sekcí a podsekcí

Konstrukční materiály (výrobky) - Vstupní materiály

Dosavadní zkušenosti

- ➔ Mezerovitost vrstvy 3 % - 6 % (výjimečně 2 % - A2)
- ➔ A2 ověřena odolnost vůči tvorbě trvalých deformací, vyhovující
- ➔ Klimatické podmínky (léto 2015 – 17 tropických dní, léto 2016 – 4 po sobě jdoucí tropické dny)
- ➔ Bez poruch i na úseku s nižší mezerovitostí
- ➔ Nutnost sledovat RBL a možnost vzniku trvalých deformací

AV '17 KONFERENCE ASFALTOVÉ VOZOVKY 2017

1.2 KONCEPCE „VĚČNÝCH“ ASFALTOVÝCH VOZOVEK – NOVÁ ÚROVEŇ VE VÝVOJI TEORIE NETUHÝCH VOZOVEK ©

Aleksander Zborowski, Karolina Pełczyńska, Igor Ruttmar,
Agata Grajewska, TPA Sp. z o.o., Pruszków, Polsko/Poland

Věčné – trvalé - vozovky

Definice

- ➔ Životnost 50 a více let – Věčné, trvalé vozovky
- ➔ Životnost 35 let - dlouhověké
- ➔ Cyklická obnova obrusné vrstvy
- ➔ Teorie meze únavy (únavový prah)
- ➔ Směsi s vysokou odolností proti únavě

Řešení

- ➔ Tenká obrusná vrstva
- ➔ Ložní vrstva s odolností vůči tvorbě trvalých deformací, smykovou pevností a odolností vůči vzniku mrazových trhlin
- ➔ Podkladní vrstva s vysokou odolností vůči únavě

Věčné – trvalé - vozovky

Realizace úseků na území Polska

- ➔ S8 mezi obcemi Opacz and Paszków, v celkové délce 12,4 km (TPA, Strabag, 2014 – 2015) – „věčná vozovka” – 260 mm asfaltových směsí – PmB 45/80-70 (80 mm)
- ➔ Sekce S7 “Trasa Nowohucka” (TPA – 2014, realizace 2017) – „vozovka s dlouhou životností“ – 260 mm - PmB 45/80-80 (60 mm)
- ➔ Sekce S6 Koszalin – Ustronie Morskie (TPA, Strabag – v realizaci) – „vozovka s dlouhou životností” – 220 mm – PmB 45/80-80 (70 mm)

1.7 OPTIMALIZACE NÁVRHU ÚDRŽBY A OPRAVY VOZOVEK PRO SNÍŽENÍ JEJICH CELOŽIVOTNÍCH NÁKLADŮ

Ing. Dušan Stehlík, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební,
Ústav pozemních komunikací

Ing. Luděk Mališ, PavEx Consulting, s.r.o., Brno

Ing. Robert Kaděrka, Ph.D., PavEx Consulting, s.r.o., Brno

Opravy a údržba vozovek

Vozovka není bezúdržbová konstrukce

Diagnostika vozovek

- ➔ sledování závislosti modulů pružnosti stanovených funkčním laboratorním zkoušením a vypočtených modulů pružnosti z rázové zatěžovací zkoušky (FWD)

Únosnost vozovky

- ➔ **Kdy ?** – před opravou, v průběhu výstavby, po ukončení stavby, průběžně
- ➔ **Jak ?** – statická zatěžovací zkouška, pákový průhyboměr, deflektograf, deflektometr
- ➔ **Proč ?** – diagnostický průzkum, kontrolní zkoušky, kolaudace, průběžné sledování

Opravy a údržba vozovek

Metodika měření

- ➔ Měření průhybů a výpočet modulů pružnosti M_r z FWD
- ➔ Cyklická triaxiální zkouška (CTT)



Zadní část měřícího vozidla s úpravou
– příčným měřícím rámem



Přístroj na provádění cyklické triaxiální zkoušky za účelem stanovení modulů pružnosti nestmelených směsí používaných do podkladních vrstev vozovek

Opravy a údržba vozovek

Experiment

- ➔ 5 sledovaných komunikací
- ➔ 12 skladeb konstrukcí vozovek

| Sledovaný úsek | Moduly pružnosti Er z cyklické triaxiální zkoušky (CTT) v [MPa] | | Hodnoty modulu pružnosti Mr z FWD [MPa] | |
|----------------|--|-----------------------------------|--|-----------------------------------|
| | Horní podkladní vrstva | Spodní podkladní vrstva (podloží) | Horní podkladní vrstva | Spodní podkladní vrstva (podloží) |
| II/379 | ŠD 0/63 | ŠP 0/16 | ŠD 0/63 | ŠP 0/16 |
| | 403 | 187 | 492 | 281 |
| III/6401 | ŠD 0/32 | ŠP 0/22 | ŠD 0/32 | ŠP 0/22 |
| | 338 | 209 | 401 | 221 |
| III/3785 | ŠD 0/63 | ŠP 0/16 | ŠD 0/63 | ŠP 0/16 |
| | 389 | 205 | 461 | 159 |
| II/373 | SROSM | ŠP 0/22 | SROSM | ŠP 0/22 |
| | 788 | 70 * | - | - |
| MUK | - | ŠD 0/32-Rc | - | ŠD 0/32-Rc |
| | - | 315 | - | 486 |

Moduly pružnosti z CTT a FWD - porovnání

AV '17 KONFERENCE ASFALTOVÉ VOZOVKY 2017

Děkuji Vám za pozornost

SDRUŽENÍ
PRO VÝSTAVBU
SILNIC

ČESKÁ SILNIČNÍ SPOLEČNOST

CZECH ROAD SOCIETY


EAPA


PRAGOPROJEKT