

**TECHNOLOGIE ZPŮSOBU OPRAV NEÚNOSNÝCH OKRAJŮ VOZOVEK
A ROZŠÍŘENÍ VOZOVEK S VYUŽITÍM VYSOKOPEVNOSTÍCH
KOMPOZITNÍCH MATERIÁLŮ**

CK01000033-V15

Ztech – Ověřená technologie

Číslo projektu: **CK01000033**

Název projektu: **Prodloužení životnosti vozovek krajských a místních komunikací pomocí inovativních asfaltových vrstev s využitím vysokopevnostních kompozitních materiálů**

Název organizace: **Vysoké učení technické v Brně, SAINT-GOBAIN ADFORS CZ**

Autoři: **prof. Ing. Jan Kudrna, CSc., Ing. Pavel Šperka, Ing. Karel Spies, Ing. Štěpán Bohuš, Ph.D.**

1 Úvod

Ověřená technologie způsobů oprav neúnosných okrajů vozovek a rozšíření vozovek s využitím vysokopevnostních kompozitních materiálů byla v rámci projektu vyvíjena a testována na zkušebních úsecích. V letech 2022 – 2023 bylo provedeno několik pokusných úseků s opravou neúnosných okrajů vozovky, které byly postupně vyhodnocovány a ověřeny. Jedná se o testovací sekce:

- III/3983 Přeskače – Tavíkovice
- Účelová komunikace U Sekery (Devět Skal)
- Silnice III/36823 Kunčina-Sušice

Nová technologie oprav neúnosných okrajů vozovky je postupně ověřována v rámci pokusných úseků in situ. V roce 2021 byl aplikačním garantem SUS JmK realizován pokusný úsek silnice III/3983 Přeskače - Tavíkovice, kde byla technologie opravy vozovky s pokleslými a neúnosnými okraji poprvé odzkoušena. Dále byl proveden pokusný úsek účelové komunikace U Sekery v okolí Herálce, kde byl původní kryt z penetračního makadamu rozšířen na úkor původní nezpevněné krajnice. V roce 2022 byla realizována další testovací sekce silnice III. třídy u obce Kunčina v Pardubickém kraji, kde došlo také k použití výztužných mříží pro vyztužení neúnosných okrajů.

2 POPIS TECHNOLOGIE

Technologie byla postupně optimalizována a na zkušebním úseku Kunčina byla ověřena v reálných podmínkách in-situ. Ve spolupráci s Cestmistrovstvím Moravská Třebová (Aplikační garant SUS Pardubického kraje) byl proveden zkušební úsek Kunčina, kde byla použita samoadhezní mříž TAV 1 SAM na původní nezpevněné a pokleslé okraje vozovky.

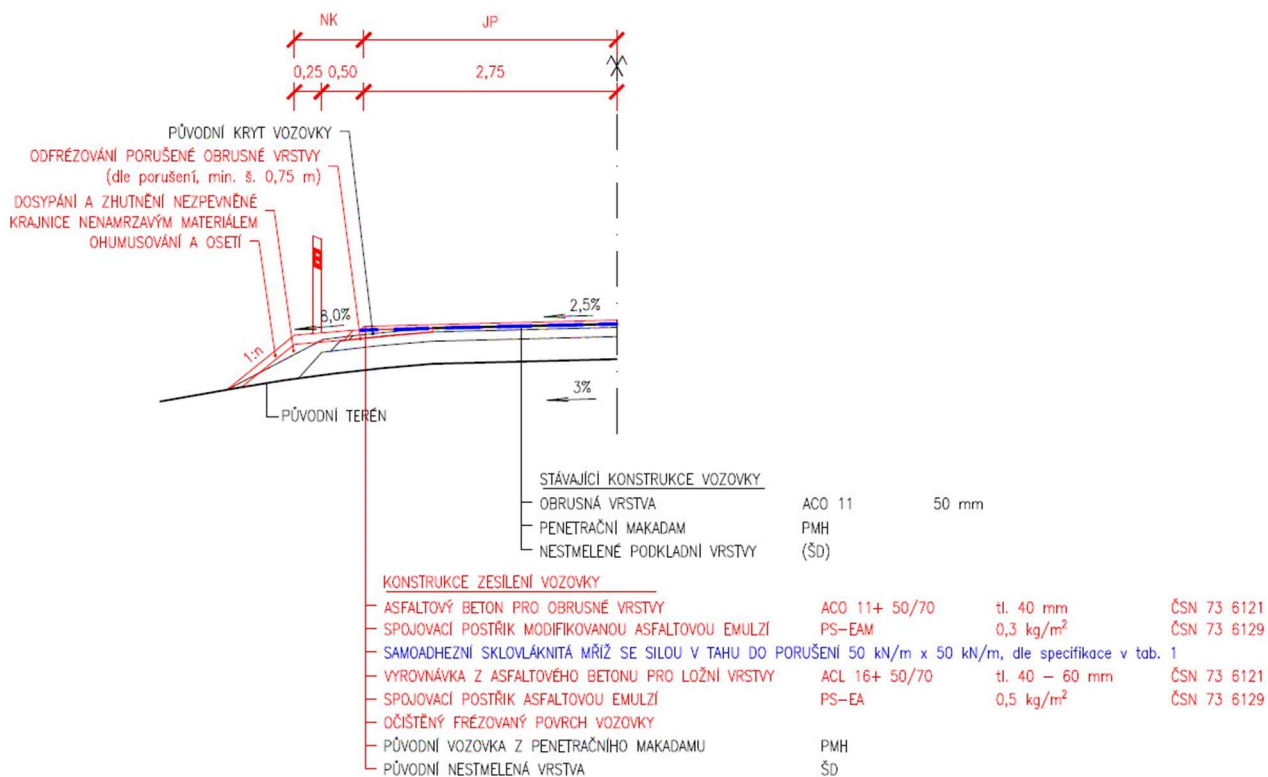
2.1 POUŽITÉ MATERIÁLY

Pro použitou technologii na testovacím úseku byly použity následující materiály:

- emulze pro spojovací postřik 60% modifikovaná (v dávkování 0,3 kg/m² zbytkového asfaltu po vyštěpení);
- samoadhezní výztužná mříž TAV 1 SAM s tahovou pevností 50 kN/bm (dle specifikace v tab. 1);
- asfaltová vrstva pro obrusné vrstvy ACO 11+ 50/70;
- asfaltová směs pro ložní vrstvy ACL 16+ 50/70 (na vyrovnávací vrstvu).

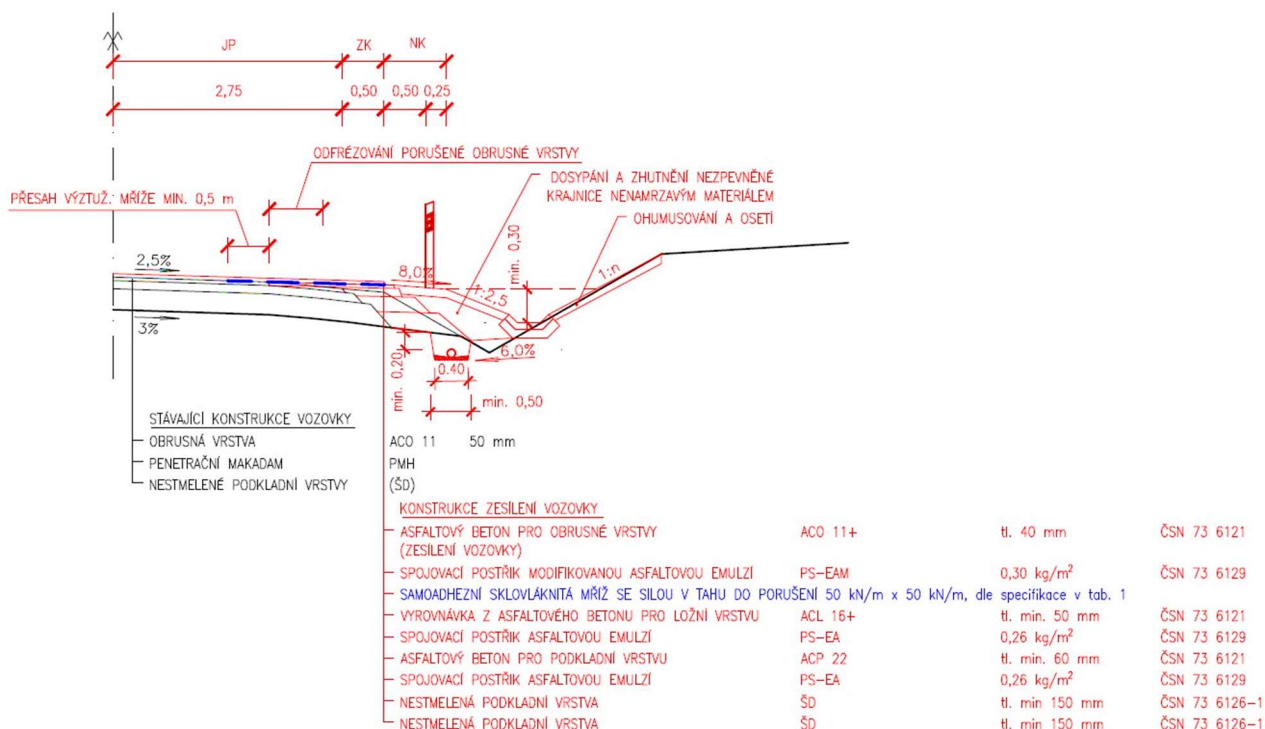
Vlastnosti samoadhezní výztužné mříže

Výztužná sklo-vláknitá geomříž s pevností min. $\geq (50 \text{ kN/m} \times 50 \text{ kN/m})$ je mříž pletená z vysoce pevných skelných vláken potažených teplotně stabilním elastomerovým polymerem s bodem tavení více než 220 °C. Ochrana před poškozením v průběhu instalace, pojezdu mechanizace a pokládky asfaltové vrstvy musí být prokázána zkouškou poškození dle ČSN EN ISO 10722 s výsledkem min. 80 %. Geomříž musí mít samolepicí funkci splňující přilnavost k povrchu min. $\geq 150 \text{ N}$ dle testovací metody ČSN EN 13596 bez nutnosti použití dodatečného množství spojovacího postřiku. Přilnavost k povrchu

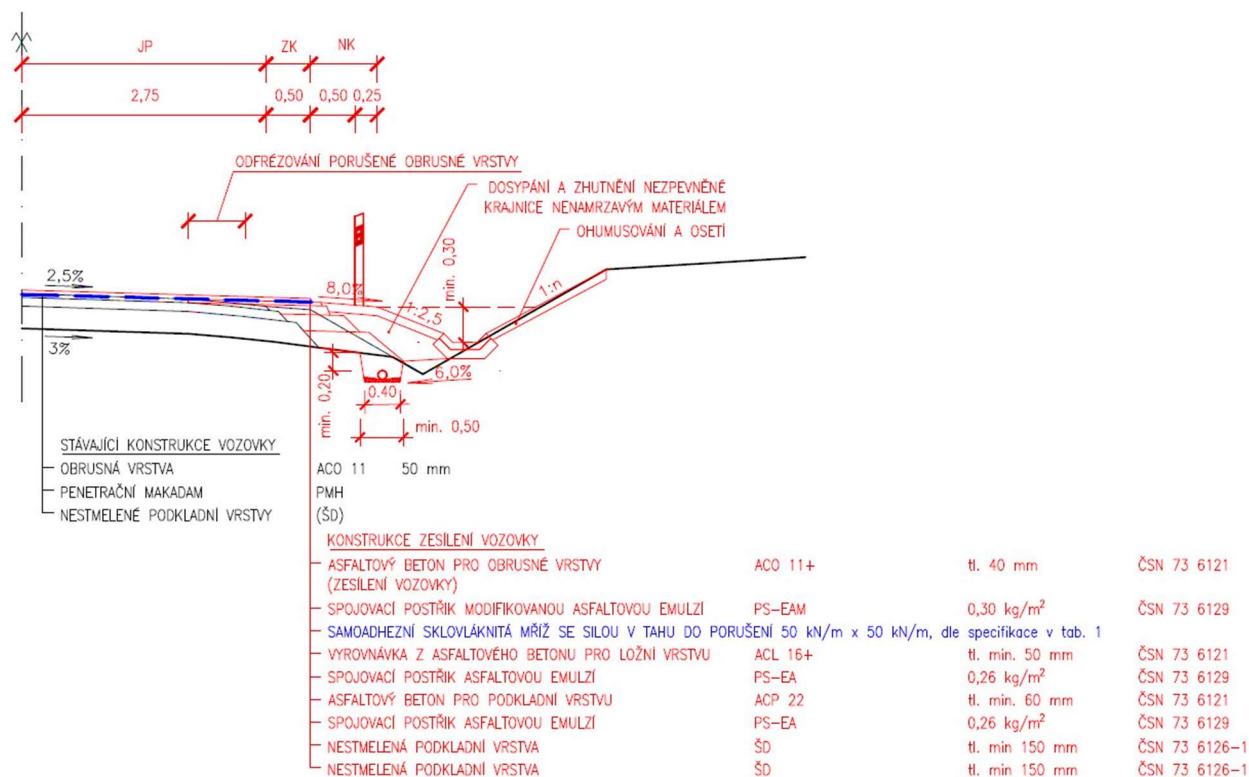


Obr. 2 Příklad použití výztužné mříže na celou polovinu vozovky

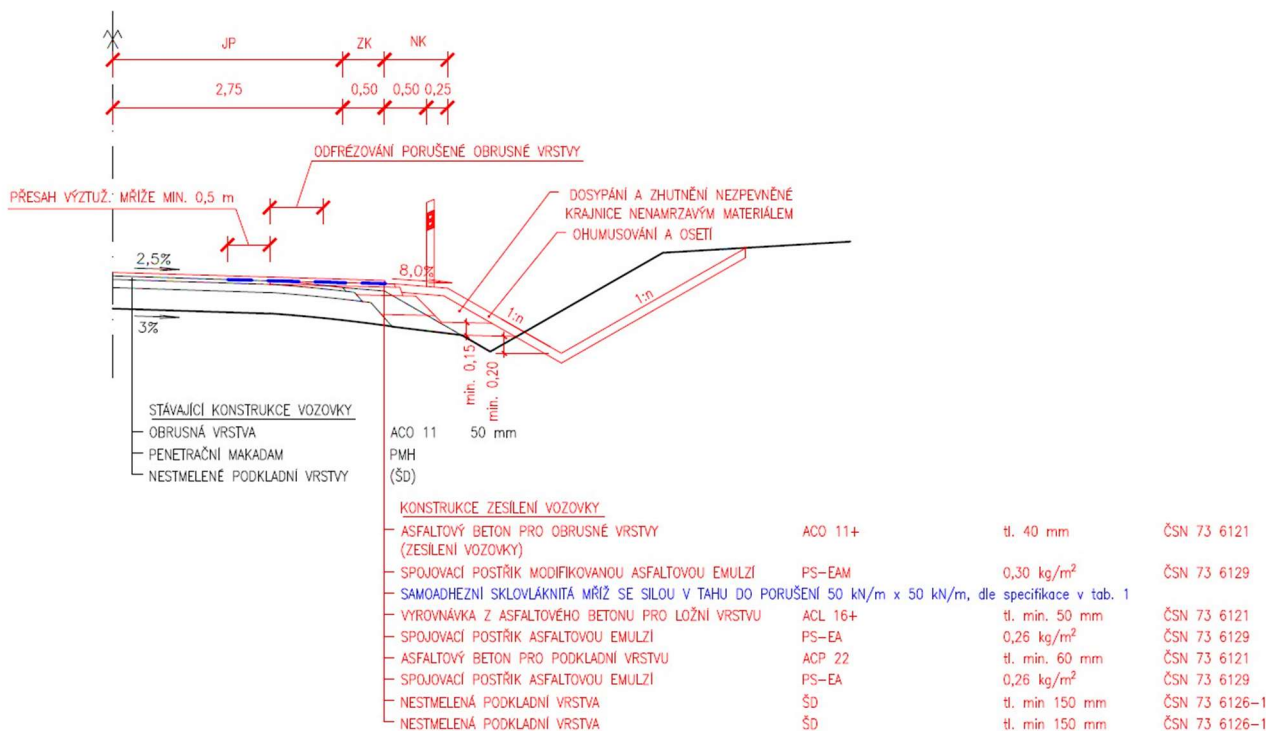
Příklady použití výztužné mříže pro rozšíření vozovek



Obr. 3 Příklad použití výztužné mříže při rozšíření vozovky na úkor původního příkopu



Obr. 4 Příklad použití výztužné mříže při rozšíření vozovky na úkor původního příkopu – mříž na celou polovinu vozovky



Obr. 5 Příklad použití výztužné mříže na okraji vozovky v zářezu s rozšířením původního příkopu

2.3 OBECNÝ POSTUP PROVÁDĚNÝCH PRACÍ

Příprava vozovky

1. Musí být posouzen skutečný stav povrchu a všechny potřebné opravy musí být provedeny v souladu s pokyny pro údržbu.
2. Výtluky a trhliny v šíři od 3 mm do 6 mm musí být vyplněny asfaltovou směsí vhodným způsobem podle typu vady. Veškeré nerovnosti vozovky musí být vyrovnány.
3. Před instalací geomříže je nutné povrch mechanicky očistit zametením a vysátím; musí být bez olejových nebo mastných skvrn, vody, vegetace, písku, prachu, zeminy a jiných nečistot.
4. Teplota povrchu vozovky při instalaci výztužné geomříže musí být v rozmezí 5 °C až 40 °C a v souladu s teplotním rozsahem stanoveným pro pokládku asfaltových vrstev.
5. Geomříž se nesmí instalovat, pokud závady nebyly odstraněny a nebo za deště.

Všeobecné podmínky pro aplikaci geomříže

1. Aplikaci musí provádět osoba, případně firma proškolená a certifikovaná dodavatelem.
2. Pokládka musí být provedena podle instalačního návodu výrobce.
3. Geomříž musí být aplikována v rovině bez vln a záhybů. K přitlačení a vyhlazení povrchu lze použít smeták. Ve směrových obloucích se musí výztuž přeříznout a překládat další pás ve směru jízdy finišeru (systém překrytí šindelů).
4. Spojení konců rolí se musí překrývat minimálně 50 mm a maximálně 200 mm, přesah pásů mříže na stranách musí být minimálně 50 mm a maximálně 200 mm, pokud výrobce nestanoví jinak.
5. Geomříže lze pokládat přes kanalizační šachty, vpusti atd. Po položení je nutné tuto část vyříznout.
6. Zvlnění s rizikem vícenásobného překladu musí být proříznuto, aby byla zajištěna správná poloha výztuže bez dalšího zvlnění a přeložení. Toto zvlnění nelze bez proříznutí odstranit přitlačení asfaltové směsí k povrchu.
7. Před pokládkou asfaltové vrstvy smí přes geomříž jezdit pouze stavební a záchranná vozidla rychlostí do 20 km/h. Pokud dojde k poškození vlivem pohybu vozidel, je nezbytné vyměnit poškozené sekce za nové podle doporučení výrobce.
8. Překryvná asfaltová vrstva se pokládá až po vyštěpení spojovacího postříku.
9. Geomříž musí být překryta asfaltovou vrstvou v souladu s montážním návodem výrobce, doporučuje se do 24 hodin od aplikace.
10. V případě potřeby lze nanést na geomříž tenkou vrstvu vody nebo jemného kameniva, aby se zabránilo přenosu a ulpívání spojovacího postříku na pneumatiky stavebních strojů.
11. Minimální tloušťka krytové vrstvy nad geomříží je 40 mm při aplikaci na hladký/ rovný povrch (vyrovnávku)

Aplikace geomříže

Samolepicí geomříž se aplikuje na rovný nový povrch nebo jen mírně poškozený stávající povrch bez nutnosti použití spojovacího postříku a dalších kotevních prvků. Lepicí vrstva se používá k upevnění mříže k povrchu. Samolepicí vrstva na spodní straně výztužné geomříže musí být položena dolů směrem k povrchu. Funkce lepidla se aktivuje tlakem - např. válcem. Zkouška adheze musí být provedena ihned po aplikaci. Přílnavost geomříže k povrchu lze změřit tahem závěsné váhy, přičemž háček váhy se umístí pod

vazným bodem nalepené geomříže. Musí být dosaženo min. hodnoty ≥ 90 N. Po položení geomříže se spojovací postřík nanáší pouze v návrhovém množství, aby bylo zajištěno spojení asfaltových vrstev. Asfaltový kryt se aplikuje po úplném vyštěpení emulze. Minimální tloušťka krytu je po zhutnění 40 mm.

Test adheze mříže k povrchu

Zkouška adheze slouží ke kontrole připevnění samolepicí geomříže, či geokompozitu se sklovláknitou geomříží k povrchu stávající vozovky nebo k nově položené vrstvě (vyrovnávky).

- 1 Na asfaltovou vrstvu, která představuje podklad pro pokládku, se položí 1 m² samolepicí sklovláknité mříže nebo kompozitu s potřebným množstvím spojovacího postříku.
- 2 Adheze samolepicí sklovláknité geomříže se aktivuje přejetím válcem nebo aplikací dostatečného tlaku.
- 3 Zkouška adheze se provádí pomocí kalibrovaného pružinového siloměru (nebo závěsné váhy). Háček siloměru je třeba umístit pod střed spoje pramenců (vazný bod) – viz obr. Obr. 6)
- 4 Při měření stojí měřící osoba v dostatečné vzdálenosti od zasunutého háčku a táhne svisle nahoru, dokud se mřížka nebo kompozit nezačne odlepovat od povrchu asfaltové vrstvy.
- 5 Výsledek měření se zaznamenává v jednotce síly (Newtonech), při použití závěsné váhy v jednotce hmotnosti (kilogramech)
- 6 Pokud se dosáhne hodnoty min. 90 N (cca 9,17 kg) nebo více, je požadovaná hodnota adheze splněna a pokládání samolepicí geomříže nebo geokompozitu může pokračovat. Tato hodnota ≥ 90 N zajišťuje, že se instalovaná geomříž neposouvá/nesmyká a je bezpečná pro pohyb stavebních automobilů po aplikované geomříži. Pokud je výsledek menší než 9 kN, nesmí se pokračovat v instalaci mříže bez provedení příslušných opatření (např. čištění povrchu). V případě neuspokojivé adheze geokompozitu je nutné ověřit typ, dávkování a dobu štěpení emulze.
- 7 Pokud ani po provedených opatřeních nedosáhne samolepicí mříž požadované přilnavosti, nelze výrobek hodnotit jako samolepicí a musí být nahrazen jiným funkčním výrobkem.
- 8 Zkouška se provádí také jako kontrolní na min. každých 1000 m² položené geomříže nebo geokompozitu. Před překrytím asfaltovou směsí nesmí být hodnota přilnavosti u žádné ze zkoušek nižší než stanovené požadované hodnoty.



Obr. 6 Ukázka provádění zkoušky adheze výztužné mříže k povrchu vozovky

2.4 POSTUP PROVÁDĚNÝCH PRACÍ NA ZKUŠEBNÍM ÚSEKU KUNČINA

Výztužná samoadhezní mříž byla použita v rolích šířky 2,0 m.

Postup prací

- Odfrézování porušených asfaltových vrstev na okrajích vozovky, příp. v celé šíři vozovky;
- Pokládka vyrovnávací vrstvy z asfaltového betonu pro ložní vrstvy ACL 16+ 50/70 v potřebné tloušťce, min. 40 mm;
- Instalace samoadhezní výztužné sklovláknité mříže na vyrovnávací vrstvu asfaltového betonu pro ložní vrstvy ACL 16+ (šíři mříže je třeba použít dle potřeby) - Obr. 7;
- na mříž je aplikována asfaltová modifikovaná kationaktivní emulze 60% v množství 0,30 kg/m² zbytkového asfaltu po vyštěpení;
- po vyštěpení asfaltové emulze pokládka obrusná vrstvy ze směsi asfaltového betonu pro obrusné vrstvy ACO 11 + v tl. 40 mm.



Obr. 7 Ukázka aplikace samoadhezní mříže TAV 1 SAM 1 s tahovou pevností 50 kN/bm

3 OVĚŘENÍ TECHNOLOGIE V LABORATORNÍCH PODMÍNKÁCH

Význam technologie byl mj. ověřen smykovou zkouškou na nově vyvinutém zkušebním zařízení v rámci výzkumného projektu, které simuluje účinky dopravního zatížení působící na okraje vozovky.

Smyková zkouška byla navržena tak, aby simulovala účinky zatížení vozidlem pojíždějícím po okraji vozovky s tím, že výztužná mříž je umístěna pod obrusnou vrstvou a dochází k ohybu asfaltových vrstev vlivem poklesu vozovky sníženou únosností podloží nebo vozovka byla rozšířena bez řádné konstrukce vozovky.

Asfaltový trámec je ve zkušebním zařízení umístěn tak, aby jeho převislá část za působišťem síly byla 6 cm. Zatěžovací síla tak působí na těleso ve vzdálenosti 4 cm za okrajem podepření tělesa (Obr. 8). Těleso je během zkoušky sevřeno pomocí dvou ocelových podložek, které přitlačují celkem 3 ocelové

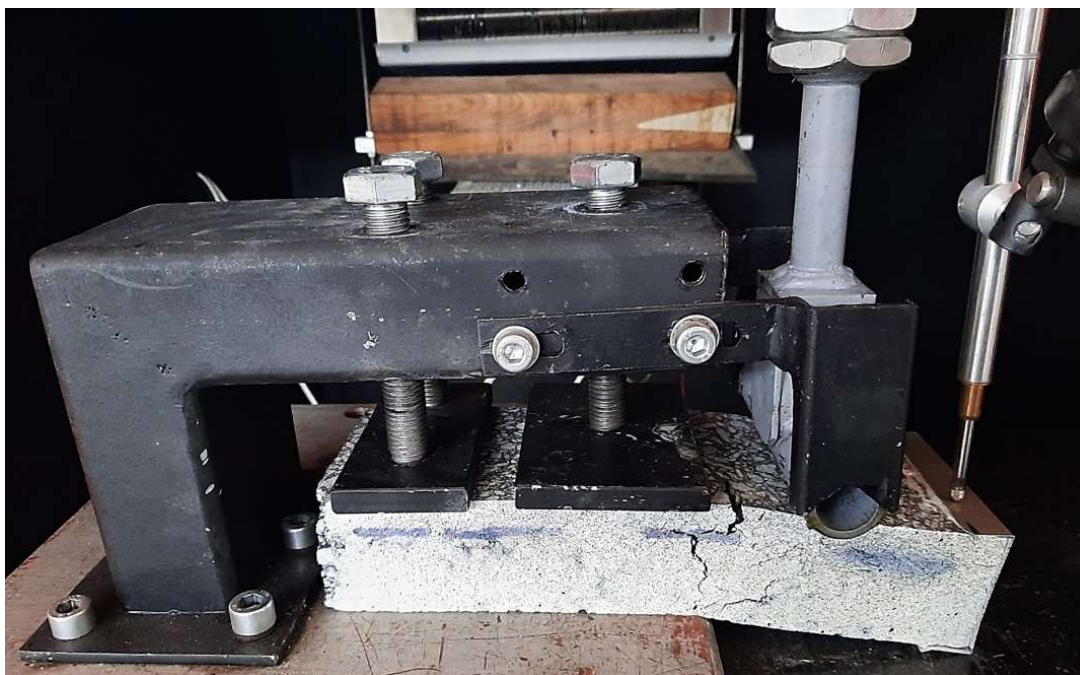
šrouby, přičemž u každého ze šroubů je v zařízení zabudován mechanismus způsobující neustálý přítlak těles během provádění zkoušky.

Tato kapitola shrnuje výsledky zkoušení při zkušebních podmínkách:

- Zkušební teplota po celou dobu zkoušky 20 °C (zkouška probíhá v temperační komoře);
- Zatěžovací síla 800 N ± 80 N s frekvence zatěžování 10 Hz (sinusové harmonické zatěžování);
- Maximální posun hlavy válce (maximální deformace v místě působení zatížení): 7 mm.

Zkušební zařízení působí konstantní silou s cyklováním uvedeným výše, dotvarováním zkušebního tělesa se vytváří záznam ze zkoušky.

Zkušební tělesa celkové tloušťky 50 mm sestávala ze dvou asfaltových vrstev tloušťky 35 mm (spodní vrstva) a 15 mm (horní vrstva) ze směsi asfaltového betonu pro obrusné vrstvy ACO 8, mezi kterými byly vloženy samoadhezní mříže TAV 1 SAM s pevností 50 kN/bm resp. v případě referenčního souvrství nebyly mříže použity. Mezi oběma vrstvami byl aplikován spojovací postřík z 60 % kationaktivní modifikované asfaltové emulze v množství 0,30 kg/m². Zkušební tělesa byla tvaru trámce o rozměrech 250 mm x 90 mm x 50 mm. Průměrná mezerovitost zkušebních těles byla: 3,5 % v případě referenčních nevyztužených trámců, 3,8 % v případě trámců s mříží TAV 1 SAM.

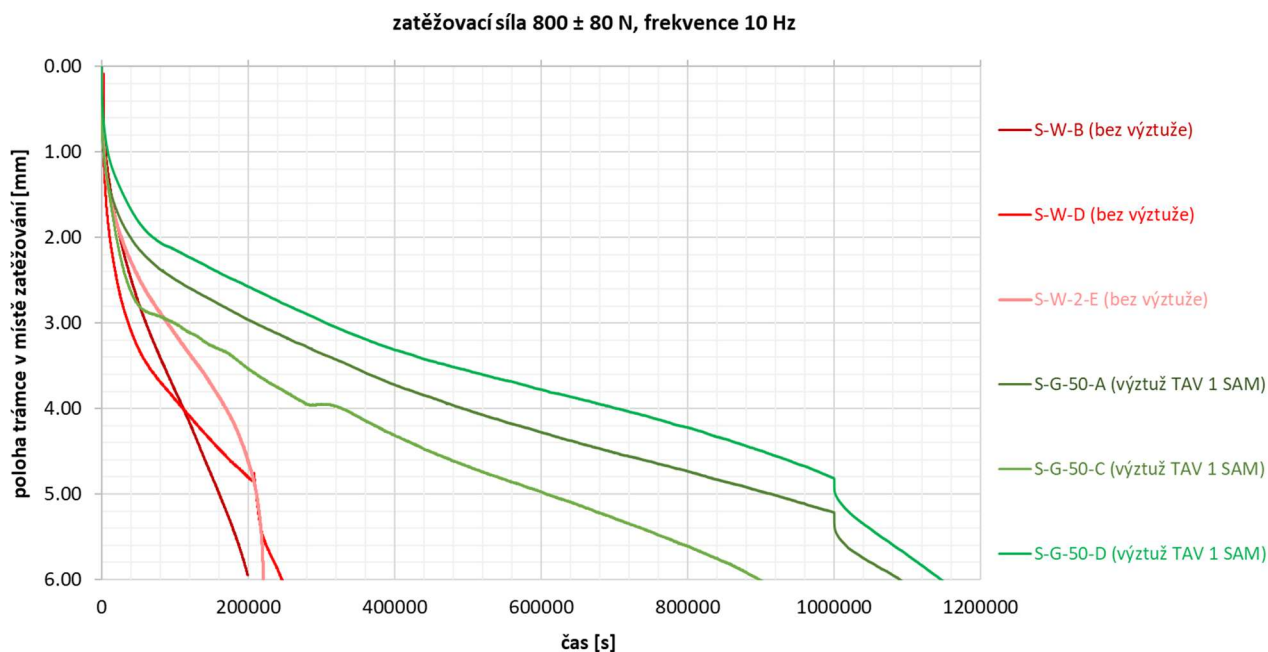


Obr. 8 Zkušební zařízení na posouzení odolnosti vyztužených vrstev proti smyku

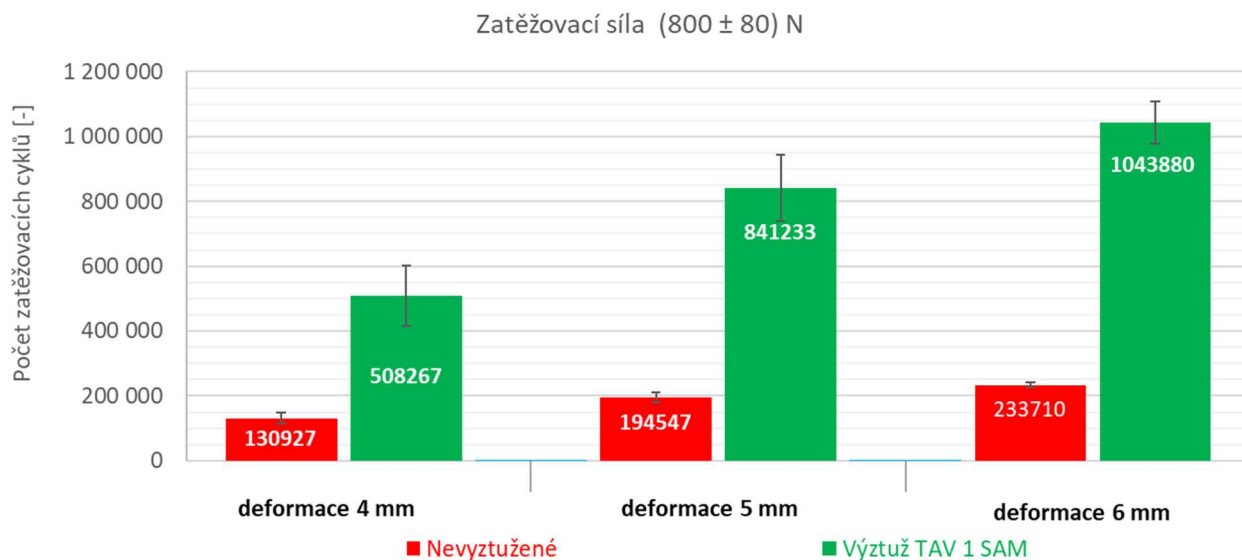
Podrobně je průběh zatěžování jednotlivých zkušebních těles, tj. závislost mezi počtem zatěžovacích cyklů a dobou zkoušky v sekundách, uveden na následujícím Obr. 9. Průměrné výsledky zkoušky odolnosti vůči smyku vyztužených a referenčních trámců při zatížení 800 N ± 80 N jsou souhrnně uvedeny v následujícím grafu na Obr. 10.

Uvedené výsledky dokumentují pozitivní vliv použití výztužných mříží na prodloužení doby trvání zkoušek, resp. na vyšší počet zatěžovacích cyklů. Z výsledků je patrné, že souvrství s výztužnou mříží TAV 1 SAM dosahuje cca 4násobného počtu cyklů během zkoušky oproti souvrství nevyztuženému.

Z výsledků jsou také patrné větší rozptyly výsledků s použitím výztužné mříže.



Obr. 9 Záznam dotvarování zkušebních těles na počtu zatěžovacích cyklů při síle 800 N s cyklováním ± 80 N



Obr. 10 Počet cyklů při dosažení průhybu v místě zatěžování 4 až 6 mm při síle 800 N ± 80 N

4 PŘÍNOSY TECHNOLOGIE

Technologie umožní opravit neúnosné vozovky zejména porušené nebo poklesnuté okraje vozovek zesílením vyztuženými asfaltovými vrstvami a umožní i rozšíření vozovek. Dosáhne se snížení spotřeby klasických materiálů a urychlení oprav vozovek bez úplného uzavření silničního provozu. Umožní se tak rychlé opravy většího množství vozovek bez úplného narušení stávajících systémů silniční dopravy.

Použitím technologie dojde ke snížení spotřeby klasických materiálů a urychlení oprav vozovek bez úplného uzavření silničního provozu.

5 ZÁVĚR

Jedním z hlavních cílů řešení výzkumného projektu CK01000033 bylo použití nové technologie zesilování asfaltových vrstev na okrajích vozovek za použití výztužných mříží. Porušování okrajů je nejvýznamnější poruchou silnic ve správě krajů a obcí. Snahou bylo tedy prokázat zvýšení odolnosti proti únavě vyztužením. Toto bylo prokázáno únavovými zkouškami provedenými podle běžné zkušební normy upravené pro zkoušení větších zkušebních těles s vyztužením.

Bylo vyvinuto speciální zkušební zařízení modelující zatěžování okraje vozovky, ve kterém bylo prokázáno, že při ohybu asfaltových vrstev poklesem okraje vyztužené vrstvy do průhybu omezujícího bezpečnost silničního provozu (pokles vrstvy o 7 mm na délce 40 mm) nedojde k otevření trhlin a uvedený pokles je dosažen až při dvojnásobném počtu zatížení oproti nevyztuženému tělesu.

Množství realizovaných zkušebních úseků během řešení projektu prokázalo, že technologie způsobu oprav neúnosných krajnic a rozšíření vozovek s vyztužením byla zvládnuta a je připravena ke zpracování technologických předpisů.

Ověření technologie bylo provedeno:

- na základě výsledků zkoušek spojení vyztužených vrstev z odebraných vývrtů ze zkušebního úseku in situ, které prokázaly kvalitní spojení vyztužených vrstev;
- na základě výsledků zkoušky stanovení odolnosti vyztužených vrstev vůči únavě a pro posouzení přínosu technologie byla také stanovena odolnost vůči únavě ne referenčním (nevyztuženým) souvrstvím;
- na základě výsledků provedených smykových zkoušek simulující účinky zatížení okraje vozovky, kde se potvrdil přínos technologie.

Protokoly s výsledky zkoušek jsou přiloženy k tomuto výstupu.

T A

Č R

6 PŘÍLOHY – PROTOKOLY PROKAZUJÍCÍ DOSAŽENÍ TECHNOLOGIE

Protokol o zkoušce č. 08/06/2023

Stanovení odolnosti vůči únavě asfaltového souvrství ze směsi ACO 8
s výztužnou samoadhezní sklovláknitou mříží TAV 1 SAM

Protokol o zkoušce č. 07/07/2023

Stanovení odolnosti vůči únavě asfaltového souvrství z asfaltové směsi ACO 8
(bez výztužných prvků)

Protokol č. 11/2023

Protokol o zkoušce spojení asfaltových vyztužených vrstev ze zkušebního úseku
silnice III/36823 Kunčina-Sušice