

Metodika návrhu rehabilitace cementobetonové vozovky technologií překryvných asfaltových vrstev

Autoři: Ing. Petr Špaček, Ing. Zdeněk Hegr (Skanska a.s.), doc. Dr. Ing. Michal Varaus, Ing. Petr Hýzl, Ph.D., Ing. Dušan Stehlík, Ph.D. (Vysoké učení technické v Brně),

Oponenti: Ing. Lubomír Kvarda, Ředitelství silnic a dálnic ČR, laboratoř Brno, Rebešovická 40, 643 00 Brno – Chrlice

Ing. Milan Slavíček, SILMOS-Q s.r.o., Křížíkova 2697/70, 61200 Brno

Metodika je výsledkem řešení projektu Technologické agentury České republiky TA02030612 s názvem „Ekonomicky efektivní revitalizace cementobetonových krytů vozovek pro prodloužení jejich životnosti“.

Metodika zesílení cementobetonových krytů je zpracována v návaznosti na certifikovanou metodiku s názvem „Metodika pro stanovení optimálního kroku segmentace cementobetonového krytu“ schválenou Ministerstvem dopravy. Podstatou návazné metodiky je postup při výpočtu zesílení cementobetonového krytu asfaltovými vrstvami po segmentaci pro stanovené návrhové období. Po dobu návrhového období se uvažuje pouze s výměnou obrusné, popř. ložní vrstvy bez zásahu do podkladních vrstev.

1. Kroky předcházející výpočtu potřebného zesílení cementobetonového krytu

Měření rázovým zařízením FWD

Měření cementobetonového krytu určeného pro opravu segmentací s následným překrytím asfaltovými vrstvami by mělo být provedeno pomocí deflektometru FWD (zkouška tlumeným rázem). Cílem měření je stanovit homogenitu celého úseku, vybrat dílčí úsek pro experimentální segmentaci s odstupňovaným krokem gilotiny a po provedení segmentace určit na základě opětovného měření deflektometrem optimální krok gilotiny. Podrobný postup nedestruktivního měření je uveden ve výše citované certifikované metodice.

Segmentace

Při vlastní segmentaci je směrodatné, aby bylo dosaženo efektivního modulu tuhosti (E_f) segmentovaných desek v předepsaném intervalu. Čím je efektivní modul nižší, tím je nižší riziko vzniku reflexních trhlin v nových překryvných vrstvách. Při příliš nízkém efektivním modulu tuhosti však naopak klesá únosnost celé konstrukce, což v konečném důsledku znamená návrh vyšších tloušťek překryvných asfaltových vrstev. Doporučené moduly pro segmentované a usazené desky jsou v rozmezí 3 500 MPa – 7 000 MPa. Měření pro stanovení modulu tuhosti cementobetonové desky se provádí na segmentovaných a usazených deskách po pojezdu pneumatikovým válcem.

Před vlastní segmentací je zapotřebí provést nastavení potřebné výšky gilotiny nutné pro „prasknutí“ desky v celé tloušťce, avšak tak, aby nedocházelo k porušování cementobetonového krytu odlupováním betonu nebo drolením v místě vzniklých trhlin. Pokud toto nastane, je nutné výšku pádu gilotiny upravit.

2. Výpočet potřebného zesílení

Výpočetní návrh zesílení vozovky vychází z metody efektivní tloušťky (MET) vozovky. Výpočet je založen na modelu vrstevnatého pružného poloprostoru a je možný použít pro netuhé i tuhé typy vozovek.

MET zavádí předpoklad, že se vozovky vlivem degradace způsobené zatížením dopravou a vystavení klimatickým účinkům začínají chovat tak, jako kdyby měly nižší konstrukční tloušťky vrstev, jejich tzv. „efektivní“ tloušťky vrstev klesají.

Tloušťka všech konstrukčních vrstev vozovky je převedena pomocí přepočtových koeficientů pro jednotlivé typy vrstev na ekvivalentní tloušťku vrstvy z asfaltového betonu.

Tloušťka nových překryvných vrstev je potom rozdíl mezi tloušťkou vozovky navrženou pro dané návrhové období a vypočtenou celkovou ekvivalentní tloušťkou stávající vozovky.

$$T_o = T_n - T_e$$

T_o = tloušťka překrytí stávající vozovky

T_n = tloušťka vozovky po překrytí navržená na výhledovou intenzitu dopravy podle návrhového období

T_e = celková ekvivalentní tloušťka vozovky

$$T_e = \sum T_i C_i$$

T_i = skutečná tloušťka jednotlivých vrstev

C_i = konverzní faktor v závislosti na typu vrstvy a jejím poškození

Konverzní faktor C je stanoven empiricky, jeho hodnoty však byly ověřeny praktickými měřeními.

Konverzní faktory pro jednotlivé typy materiálů konstrukčních vrstev:

Klasifikace materiálu

- I. Běžné podloží vozovky tvořené soudržnou zeminou; mechanicky zlepšené podloží, může obsahovat částečně jílu nebo spraš. Index plasticity musí být nižší jak 10.

Podloží zlepšené vápnem, které je z vysoce plastických zemin. Index plasticity je vyšší jak 10.

Koeficient = 0,0

- II. Nestmelená podkladní vrstva s plynulou čarou zrnitosti, kamenivo může obsahovat plastické příměsi, CBR musí být vyšší jak 20 %. Pokud je index plasticity vyšší jak 6, použije se spodní hodnota intervalu. Pokud je index plasticity nižší jak 6, použije se horní hodnota intervalu.

Koeficient = 0,1 – 0,2

- III. Cementem nebo popílkem stmelená zemina jako podkladní vrstva, jejíž index plasticity není vyšší jak 10.

Koeficient = 0,2 – 0,3

- IV. Cementobetonový kryt, který byl rozbit na malé kusy vysokofrekvenčním kladivem s maximální velikostí fragmentů 0,6 m, nebo hydraulicky stmelená podkladní vrstva, která vykazuje poškození reflexními trhlinami. Pokud jsou trhliny úzké, použije se horní hodnota intervalu, pokud jsou trhliny široké nebo vrstva vykazuje známky rozpadu, použije se spodní hodnota intervalu.

Koeficient = 0,3 – 0,5

- V. Cementobetonový kryt segmentovaný gilotinou. Pokud je pod krytem nestmelená podkladní vrstva, použije se spodní hodnota intervalu. Pokud je pod krytem hydraulicky stmelená podkladní vrstva, použije se horní hodnota intervalu. Dále též podkladní asfaltová vrstva, která vykazuje větší nebo menší opotřebení (u CB krytů asfaltová mezivrstva)

Koeficient = 0,5 – 0,7

- VI. Cementobetonový kryt, který je porušený občasnými trhlinami. Bloky vytvořené trhlinami nejsou menší jak 1 m².

Koeficient = 0,7 – 0,9

3. Příklad výpočtu tloušťky zesílení

Konstrukce vozovky na dálnici D11

CB 240 mm

AC – mezivrstva 40 mm

SC	150 mm
ŠP	150 mm

Výpočet efektivní tloušťky jednotlivých vrstev a celkové efektivní tloušťky stávající konstrukce

$$T_e(\text{CB}) = 240 \text{ mm} \times 0,7 = 168 \text{ mm (segmentace gilotinou)}$$

$$T_e(\text{AC}) = 40 \text{ mm} \times 0,5 = 20 \text{ mm}$$

$$T_e(\text{SC}) = 150 \text{ mm} \times 0,4 = 60 \text{ mm}$$

$$T_e(\text{SP}) = 150 \text{ mm} \times 0,1 = 15 \text{ mm}$$

$$\Sigma T_e(\text{celková efektivní tl.}) = \mathbf{263 \text{ mm}}$$

Odvození tloušťky vozovky pro překrytí pro návrhovou intenzitu

Přepočtení zatížení

Přepočtení zatížení těžkými nákladními vozidly TNV na 100 kN (10 t) nápravy byl proveden dle TP 170.

Návrh vozovky byl proveden pro úsek se sčítacím číslem 1-8330 (Sadská – Vrbová Lhota, D11), pro rok sčítání dopravy 2010. Hodnota TNV_0 8849 vozidel/den.

Výpočet TNV_k se započtením růstu dopravy byl proveden podle rovnice 1.

$$TNV_k = 0,5 \times [\delta_z + \delta_k] \times TNV_0 \quad (1)$$

δ_z, δ_k = součinitele nárůstu intenzity provozu TNV pro roky počátku a konce návrhové-ho období od roku sčítání dopravy (2010)

TNV_0 = průměrná denní intenzita provozu všech TNV v roce sčítání dopravy (vozidla/24 h)

TNV_k = průměrná denní intenzita provozu TNV v návrhovém období (vozidla/24 h)

$$\delta = (1 + \xi)^x$$

ξ = součinitel nárůstu dopravy podle druhu komunikace (pro dálnice 1%)

x = časové období od roku sčítání dopravy (2010) do začátku (2014) nebo konce (2039) návrhového období (délka návrhového období je 25 let)

$$\delta_z = (1 + 0,01)^4 = 1,041$$

$$\delta_k = (1 + 0,01)^{29} = 1,335$$

$$TNV_k = 0,5 \times [1,041 + 1,335] \times 8849 = 10\,513 \text{ voz}/24 \text{ h}$$

$N_{cd} = C_1 \times TNV_k \times 365 \times 25$ – přepočtení na celkový počet návrhových náprav za návrhové období na jeden jízdní pruh dálnice ($C_1 = 0,45$)

$$N_{cd} = 0,45 \times 10\,513 \times 365 \times 25 = \mathbf{43\,169\,006} \text{ návrhových } 100 \text{ kN (10 t) náprav}/25 \text{ let}$$

Přepočítání ze 100 kN (10 t) náprav na ekvivalentní standardní nápravy 80 kN (8 t) používané v USA je provedeno podle rovnice 2.

$$ESAL = \left(\frac{10\text{ t}}{8\text{ t}}\right)^4 \times N_{cd} \quad (2)$$

ESAL = celkový počet ekvivalentních návrhových náprav 80 kN (8 t) za návrhové období

N_{cd} = celkový počet přejezdů 100 kN (10 t) náprav za návrhové období

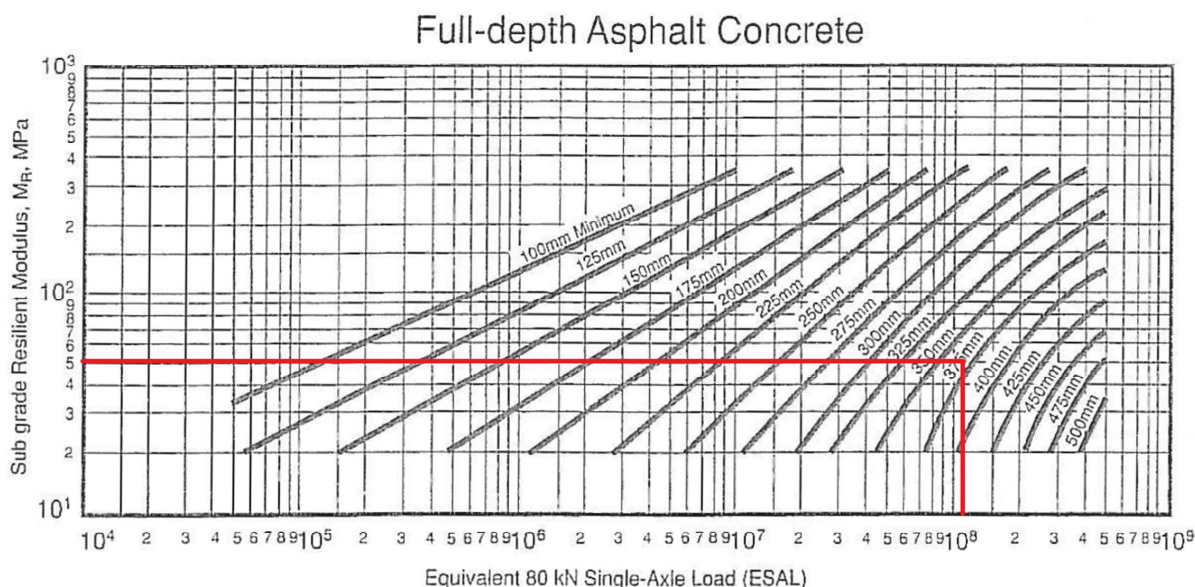
$$ESAL = (10/8)^4 \times 43\,169\,006 = \mathbf{105\,393\,082}$$

T_n stanovená z grafu 1 na základě modulu tuhosti podloží M_r a na základě výhledové intenzity dopravy ESAL.

$T_n = 370$ mm (uvažováno s hodnotou modulu tuhosti podloží $M_r \sim 50$ MPa)

$$T_o = 370 - 263 = \mathbf{107\text{ mm}}$$

Překrytí usazeného segmentovaného krytu se uvažuje v tloušťce 107 mm (např. SAL 20 mm, ACL 22S 60 mm, SMA 11S 40 mm).



Graf 1 Celková tloušťka vozovkového souvrství T_n

Doporučené složení souvrství na překrytí

První vrstva by měla být vrstva se zvýšenou odolností proti prokopírování trhlin odpovídající vrstvě SAL (Stress Absorbing Layer) s modifikovaným asfaltovým pojivem nebo gumoasfaltem kladená v tloušťce 15 – 35 mm. Dále se uvažuje s překrytím jednou nebo dvěma vrstvami v závislosti na provedeném výpočtu (viz výše).

Vyhodnocení měření modulů tuhosti

Měření únosnosti bylo provedeno pomocí měřícího zařízení FWD. Vyvozané zatížení bylo 150 kN. Měření bylo provedeno na středech desek pro umožnění zpětných výpočtů modulů tuhosti. Moduly tuhosti podloží vypočítané programem pro vyhodnocení měření FWD jsou vždy vyšší než návrhové moduly tuhosti. Návrhové moduly tuhosti, s kterými

se vstupuje do grafu 1 lze zjistit výpočtem z nejbližších průhybů deflektometru (zde je průhyb ovlivněn pouze únosností podloží) např. pomocí výpočtového programu Alize (konkrétně modulu e-surface) nebo z přímého měření např. v triaxiální komoře. V našem případě bylo použito výpočtového programu Alize.

Technologické kroky před pokládkou asfaltových vrstev

Spáry ve vozovce by měly být před pokládkou ošetřeny zálivkou, jež by měla být vyplněna těsně pod stávající povrch, tak aby se zamezilo pronikání vody do konstrukce. Před pokládkou asfaltových vrstev je nutné provést spojovací postřik.

Pumpující desky u nichž je zjištěn vertikální pohyb musí být sanovány. Při překrytí těchto desek by docházelo ke vzniku reflexních trhlin v nové překryvné vrstvě. Tento problém je sice částečně odstraněn při segmentaci desek a jejich následném usazení pojezdem pneumatikového válce, avšak v některých případech je zapotřebí desky podinjektovat.

Seznam použité související literatury

TP 91 Rekonstrukce vozovek s cementobetonovým krytem

TP 92 Navrhování údržby a oprav vozovek s cementobetonovým krytem

Asphalt Overlays for Highway and Street Rehabilitation, MS-17, Asphalt Institute, Lexington, Kentucky.

Seznam publikací, které předcházely metodice

De Bondt, A., Anti-reflective Cracking Design of (Reinforced) Asphaltic Overlays, Ph.D. – Thesis, ISBN 90-6464-097-1, the Netherlands, 1999

NCHRP synthesis 388: Pre-Overlay Treatment of Existing Pavements - A Synthesis of Highway Practice, National Cooperative Highway Research Program, Transport Research Board, 2009.