

# PŘÍMO POJÍŽDĚNÉ MOSTOVKY

**Ing. Karel Pospíšil**

Centrum dopravního výzkumu, sekce dopravní infrastruktury

## RESUMÉ:

Directly running bridge decks. Pavements on bridges are road line problematic element. In the Czech Republic like in whole Europe asphalt pavements are more frequent solution for bridge pavement. There are some cases in which asphalt pavement on bridge is not very proper resolution, e.g. border bridges, bridges at highways with cement concrete pavement, etc. In this cases concrete pavement on bridge or directly running bridge deck is more convenient treatment.

## Úvod

Vozovky na mostech jsou problematickým elementem každé silniční komunikace. V České republice, podobně jako v Evropě převládá klasické řešení, tedy asfaltová mostní vozovka. Cementobetonová vozovka na mostech je spíše výjimkou. Tou je v ČR např. most u hraničního přechodu Rozvadov – Waidhaus [1], který byl realizován v roce 1997 podle německých technických předpisů a který představují dvě samostatné nosné konstrukce (severní a jižní), každá pro jeden dopravní směr. Celková délka mostu činí 271 m a je rozdělena do 7 polí. Umístění společné české a německé celnice na území ČR vytváří situaci, že právě jižní polovina zmíněného mostu se stala součástí vjezdu do České republiky, na němž se řadí těžká nákladní vozidla k odbavení. Tato skutečnost rozhodla pro cementobetonový kryt, což je i v Německu ojedinělá aplikace na mostě.

Cementobetonový kryt vozovky na zmíněné části hraničního mostu je navržen a proveden v tloušťce 180 mm a vyztužen v neutrálné ose ocelovými pruty o průměru 20 mm s protikorozním povlakem z epoxidové pryskyřice. Vzájemná vzdálenost prutů v příčném i podélném směru je 250 mm. Půdorysně je kryt rozdělen příčnými smršťovacími spárami po 5 m a každá desátá příčná spára je provedena jako dilatační. Celková šířka vozovky mezi obrubníky je 12,25 m a je rozdělena dvěma podélnými spárami. Příčné smršťovací spáry jsou opatřeny kluznými trny a podélné spáry kotvami. K těsnění spár byly použity vložky ze stlačitelných profilů. Mostovka popisovaného předpjatého mostu byla na styku s krytem opatřena izolační vrstvou z tekutého plastu a navíc polypropylenovým geosyntetikem o plošné hmotnosti 400 g/m<sup>2</sup> s odolností vůči alkáliím. Vzhledem k celkově velmi technicky náročnému a zatím nevyzkoušenému řešení je kryt sledován Zkušebním ústavem pro stavbu pozemních komunikací Technické univerzity v Mnichově.

Z uvedeného je zřejmé, že konstrukční uspořádání cementobetonové vozovky na mostě je poměrně složité a poskytuje tak mnoho příležitostí k poruchám. Nabízí se tedy řešení velmi jednoduché, které je hojně používáno v USA. Tím je přímo pojížděná mostovka, která v sobě skrývá jen dva problémy – výztuž a beton.

## 1 Přímou pojížděné mostovky v USA a v ČR

Ve Spojených státech amerických se na značné části mostů (bez ohledu na to, jde-li o silnici nižší či vyšší třídy nebo o dálnici) zřizují přímo pojížděné cementobetonové mostovky [2]. Toto řešení se využívá i v případech, že vozovka na komunikaci před a za mostem je asfaltová. Přímou pojížděné mostovky jsou z konstrukčního hlediska navrhovány jako křížem

vyztužené železobetonové desky s výztuží při horním i dolním povrchu. Výztuž mostovky je zpravidla chráněna, viz dále. Současný trend v USA je betonovat přímo pojižděné mostovky beze spár, a to i u dlouhých spojitých mostních konstrukcí.

V Česku bylo několik mostních objektů na dálnici D 1 údajně navrhováno s přímo pojižděnou mostovkou. Šlo o mosty stavěné na přelomu druhé světové války. Dnes však mají i tyto mosty asfaltovou vozovku.

Jako příklad řešení mostního objektu s nechráněnou mostovkou mohou sloužit dvě lávky pro pěší nad dálnicí D 5 v km 21,5 a 27,0, které byly zřízeny koncem 80. let. Nosnou konstrukci lávek tvoří dva svařované I-nosníky, s nimiž je betonová mostovka spřažena. Stav obou konstrukcí je velmi rozdílný. U lávky v km 21,5 byla zjevně při výstavbě porušena technologická kázeň, což se projevuje zejména nedostatečným krytím výztuže mostovky (místa je patrné nulové krytí), četnými, zejména podélnými smršťovacími trhlinami (patrně z důvodu použití betonové směsi s vysokým vodním součinitelem) a nerovnostmi (později vyspravovanými dodatečně nabetonovanou tenkou betonovou vysprávkou, která se však postupně odlupuje). Naproti tomu u lávky v km 27,0, viz obr. 1, která má obdobnou konstrukci, nebyly zjištěny žádné z výše uvedených závad (není mi známo, zda lávky byly postaveny stejným zhotovitelem, ani časové pořadí jejich stavby), rozdíl v kvalitě provedení obou lávek je však naprosto zjevný, srov. obr. 2 vlevo a vpravo.



Obr. 1 – Lávka pro pěší na dálnici D5 v km 27,0



Obr. 2 – Vlevo porušená mostovka na lávce v km 21,5, vpravo neporušená mostovka na lávce v km 27,0

## 2 Výztuž přímo pojižděných mostovek

Kromě dostatečného krytí se ochrana výztuže u mostovek zajišťuje obecně dvěma způsoby: povlakováním či zvláštními materiály výztuže a úpravami složení betonu. Povlakování či zvláštní materiály výztuže jsou přímými nástroji v boji proti korozi. V USA je již řadu let výztuž v mostovkách chráněna epoxidovým povlakem. V poslední době se však do praxe dostávají další úpravy [4], neboť bylo zjištěno, že epoxidový povlak výztuže s časem degraduje (epoxid se odlupuje) a tím se postupně ztrácí jeho ochranná funkce. Tento jev je

zachycen na obrázku 3, kde je zřetelně vidět, jak se v průběhu času mění integrita epoxidového povlaku.



Obr. 3 – Degradace epoxidového povlaku v průběhu času (obrázek byl pořizen ve Virginia Transport Research Council)

Z důvodu degradace epoxidových povlaků se hledají další povlakové materiály či alternativní materiály pro výrobu samotné výztuže. Jsou to zejména:

Výztuž s povlakem

- keramickým
- z křemičitanu zinečnatého
- ze zinku naneseného žárovým pozinkováním
- ze zinku naneseného Delotovým způsobem
- z niklu
- z mědi
- ze slitin mědi
- z nerezové oceli
- z „galvalua“ (hliník a zinek)

Kromě výztuže z běžné oceli se používají nebo zkoušejí následující materiály:

- titanium
- nerezová ocel (několik druhů)
- oceli se sníženou korozivitou
- hliník-bronz

Tabulka 1 – Porovnání cen výztuží

Výztuž	Poměr cen použité výztuže k ceně běžné výztuže	Poměr celková cena mostu s použitou výztuží k celkové ceně mostu s běžnou výztuží		
		Most A	Most B	Most C
běžná	1,0	1,00	1,00	1,00
s epoxidovým povlakem	1,4	1,01	1,02	1,00
z nerezové oceli	6,0	1,16	1,13	1,06
z titania	30,0	1,91	1,74	1,35

Tabulka 1 převzatá z [4], ukazuje porovnání cen vybraných úprav výztuží. Porovnání je provedeno v cenách vlastních výztuží a zároveň v cenách tří amerických reprezentativních mostů (označených písmeny A, B, C), které udávají, kolik by stál každý ze tří mostů, kdyby v něm byla ta či ona výztuž.

Z tabulky 1 vyplývá, že využitím výztuže z nerezové oceli se cena mostu zvýší o 6 až 16 %, což se jeví, s přihlédnutím k mnohanásobnému zvýšení životnosti mostu, jako přijatelné navýšení. Titaniová výztuž, jak vyplývá z citované tabulky, zvyšuje cenu mostu v některých případech téměř dvojnásobně a navíc nepřináší podle provedeného výzkumu [4] žádný větší přínos proti nerezové oceli. Cena mostu při použití výztuže s epoxidovým povlakem se prakticky neliší od ceny mostu s běžnou výztuží.

Je zřejmé, že cenové poměry uvedené v tabulce 1 se v různých zemích budou lišit. Lze například očekávat, že se cena práce v České republice bude podílet jiným procentem na ceně celého mostního díla, než je tomu v USA. Dále je pravděpodobné, že ceny upravené výztuže se budou lišit, neboť svou roli může hrát i cenová politika k velkoodběrateli (investoři v USA) a maloobděrateli (investoři v Evropě).

### 3 Beton přímo pojížděných mostovek

V USA nejsou sjednoceny předpisy v jednotlivých státech. Proto je v následujícím textu uveden příklad označení a parametrů betonu tak, jak se používají ve státě Tennessee [5], viz tabulka 2.

Tabulka 2 – Třídy betonu na mostech ve státě Tennessee v USA

Třída betonu	Použití	Min. pevnost po 28 dnech	Min. množství cementu v m <sup>3</sup>	Vodní součinitel	Obsah vzduchu	Sednutí	Permeabilita
		MPa	kg		%	mm	C
A (HPC)	Spodní stavba	28	368	0,45	6 ± 2	75 ± 25	do 3000
D (HPC)	Mostovka	35	390	0,43	6 ± 2	75 ± 25	do 1500
P (HPC)	Nosná konstrukce	69	390	0,43	6 ± 2	75 ± 25	do 2500

Typické složení směsi pro třídu „D“:

Puzzolan (popílek)	3,08 %	Cement	9,13 %
Hrubé kamenivo	40,35 %	Voda	15,75 %
Drobné kamenivo	26,69 %	Vzduch	5,00 %

### 4 Inhibitory koroze výztuže

Inhibitory koroze výztuže jsou organické nebo anorganické látky, které se přidávají ve většině případů s vodou do betonové směsi. Inhibitory lze rozdělit podle [4] do skupin následujícím způsobem:

- anodické inhibitory – vytvářejí na kladném povrchu kovu nerozpustný film nebo jsou kovem pohlcovány. Příkladem těchto inhibitorů jsou přípravky na bázi chromanů, nitritů, alkalických fosfátů, křemičitanů a uhličitanů. Některé inhibitory, např. nitrity, mohou sami osobě akcelarovat korozi výztuže, jsou-li použity v nedostatečné koncentraci.
- katodické inhibitory – jsou vesměs méně účinné, jsou ale bezpečnější. Příkladem těchto inhibitorů jsou soli antimonu, hořčíku, manganu a niklu.
- organické inhibitory – blokují jak anodické, tak katodické reakce pomocí pohlcení veškerého povrchu kovu. Do této skupiny patří aminy, estery apod.

Široce rozšířený nitrit vápníku má vlastnosti inhibující (potlačující) korozi jen při dostatečně vysokém dávkování. Navíc je tento inhibitor rozpustný ve vodě, což způsobuje jeho vyluhování z betonu, čímž jeho účinnost s časem klesá. Některé inhibitory mohou způsobit zhoršení vlastností betonu, jako je snížení pevnosti, nepředvídatelnou dobu tuhnutí, výkvěty a náchylnost k alkalické reakci kameniva.

## 5 Ochrana povrchu přímo pojižděné mostovky

Izolace přímo pojižděného povrchu se přitom provádí jen výjimečně (například na přání zákazníka, při opravách apod.). Obrázek 4 ukazuje možnosti izolace přímo pojižděných mostovek.



Obr. 4 – Izolace přímo pojižděných mostovek – provádí se jen ve zvláštních případech

## 6 Závěr

Přímo pojižděné mostovky jsou jednou z možností řešení vozovek na mostech. V České republice ani v Evropě se však tohoto řešení příliš neužívá, neboť není obecně známé a rovněž vyvolává u našich i evropských mostních odborníků nedůvěru. Navíc zde chybí průhledná analýza srovnávací náklady na výstavbu, údržbu a opravu, která by zohledňovala na jedné straně národní proporce mezi cenami materiálů navzájem a na druhé straně proporce mezi cenami materiálu a práce. Centrum dopravního výzkumu se tímto problémem zabývá.

## 7 Literatura

- [1] *Grüning, R. – Leykauf, G.*: Betondecken auf Brücken. In: Betonstraßentagung 1997. Bonn, Kirschbaum Verlag 1999.
- [2] *Pospíšil, K.*: Zpráva o pracovní cestě na studijní pobyt ve Federal Highway Administration, Virginia Transportation Research Council a Tennessee Department of Transportation, uskutečněný v USA v červnu 2001. Brno, Centrum dopravního výzkum 2001.
- [3] *Crank, J.*: The Mathematics of Diffusion, Clarendon Press, Oxford, 1983
- [4] *Virmani, P.Y. – Clemena, G.G.* – Corrosion Protection – Concrete Bridges, Report, FHWA-RD-98-088, Federal Highway Administration, 1998
- [5] Standard Specification for Road and Bridge Construction, Section 604, Tennessee Department of Transportation, 1995