



JEDNORÁZOVÝ PŘEJEZD NADMĚRNÉHO BŘEMENE JAKO DIAGNOSTICKÁ METODA PRO URČENÍ SKUTEČNÉHO STAVU MOSTU

Autoři: Ing. Igor Suza, Ing. Patrik Suza, Ing. Dominik Suza, Adam Mikulík

Organizace: Mostní a silniční, s.r.o., Havlíčkova 72, 602 00 Brno
VUT FAST Brno, Veveří 95, 602 00 Brno

Kontakt: gsm: 603.268.286 fax: 543.238.103
e-pošta: igor.suza@mostni-silnicni.cz

Motto: *Není pochyb o tom, že zamáčená a inkrustacemi posetá konstrukce může být v lepším stavu, než úhledně vypadající most, na kterém byla právě provedena povrchová sanace a překryla skryté vady.*

Deformace nebo pro jednoduchost průhyb nosné konstrukce je jedna z málo veličin, kterou můžeme změřit přímo. Při jednorázovém přejezdu je přesnost ovlivněna minimem faktorů, především kvalitou měřícího zařízení.

Naproti tomu únosnost je pojem, který je stanoven na základě více faktorů. Především znalostí skutečného stavu konstrukce a výpočtového modelu aproximujícího skutečný stav konstrukce. Výsledek může být ovlivněn nejen skrytými vadami, nepřesnou znalostí skutečných mechanicko-fyzikálních vlastností použitých materiálů (především skutečného modulu pružnosti), ale i výpočtovými možnostmi, které nedokáží zohlednit všechny vlivy, které stanovení únosnosti ovlivňují.

Ideální případ nastává, když se teoreticky stanovené průhyby blíží průhybům skutečně naměřeným. Pokud jde tedy něco změřit a správně interpretovat výsledky měření, je to ta nejjednodušší a nejspolehlivější cesta ke stanovení reálného chování konstrukce.

Přejezdy nadměrných břemen se staly součástí našeho života. Je to daň za civilizační výhody, kterých denně využíváme a je zřejmé, že jejich četnost i hmotnosti nebudou klesat. Soupravy s hmotností 200 až 250 t jezdí v naší republice téměř každý týden, občas se na začátku celkové hmotnosti soupravy objeví i 3 a již v minulosti u nás přejely soupravy s celkovou hmotností přes 400 t. V sousedním Slovensku již z bratislavského přístavu vyjízďely soupravy, jejichž celková hmotnost se blížila 500 t. Je třeba zdůraznit, že se jedná o celkovou hmotnost, tedy břemeno, podvozek s říditelnými nápravovými tlaky, tahač (někdy i více) a soupravu uzavírá tzv. postrk. Celý přejezd je dlouhodobě připravován, včetně MPM, diagnostik vybraných prvků mostů, statických přepočtů, zajištění provizorních podepření mostů atd.

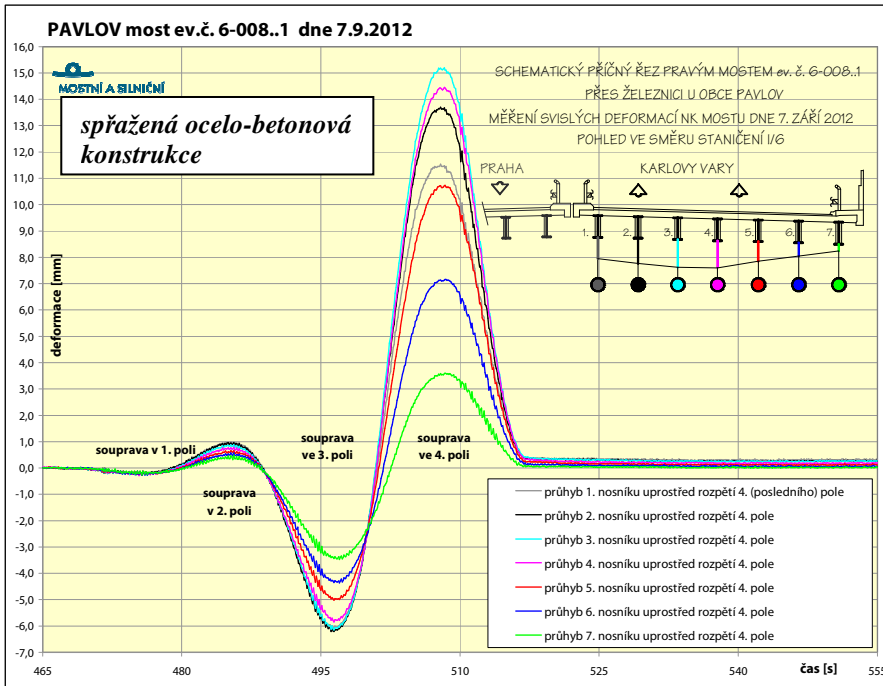
Náš další text předkládá, že přejezdy lze velmi smysluplně využít ke stanovení skutečného stavu mostní konstrukce. Tato měření mohou ukázat např.:

- 1. skutečný příčný roznos konstrukce,**
- 2. reálný stav příčného předpětí, které je diagnostickými metodami prakticky nekontrolovatelné,**
- 3. porovnání chování jednotlivých nosníků,**
- 4. porovnání naměřených průhybů s průhyby teoreticky stanovenými,**
- 5. porovnání dříve naměřených průhybů s průhyby aktuálními (sledování konstrukce v čase),**
- 6. dtto, ale porovnání po opravě mostu. Ukáže skutečný přínos opravy.**
- 7. návrat nosné konstrukce do výchozího stavu,**
- 8. prokázat, že nadměrná přeprava projíždějící předepsanou stopou může mít méně škodlivý vliv na konstrukci, než běžná doprava,**

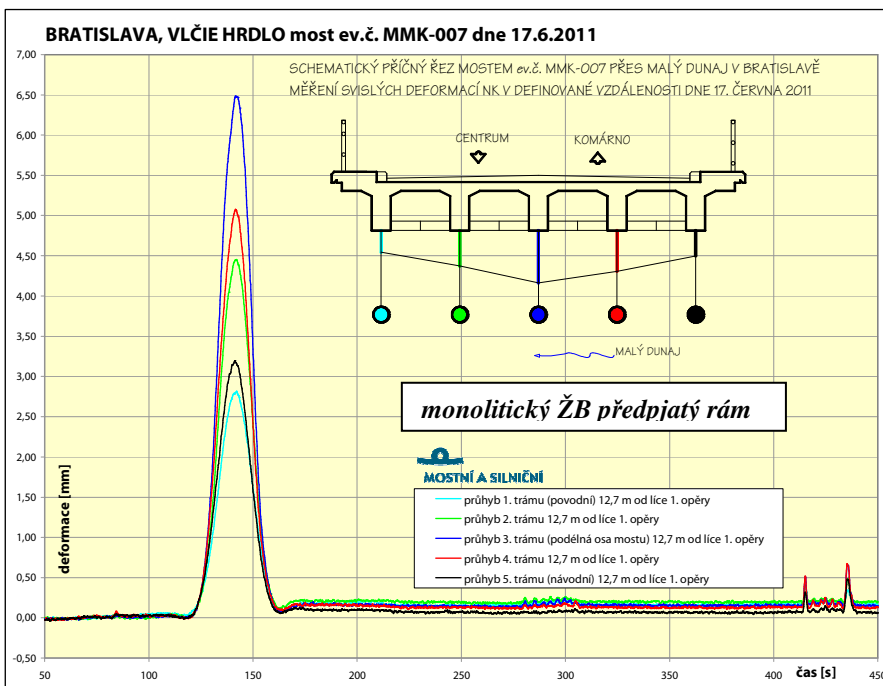
9. podklad nebo součást diagnostického průzkumu,
10. ovlivnění tuhosti mostní konstrukce teplotou a její vliv na výsledek zatěžovací zkoušky.

ad. 3 – porovnání chování jednotlivých nosníků

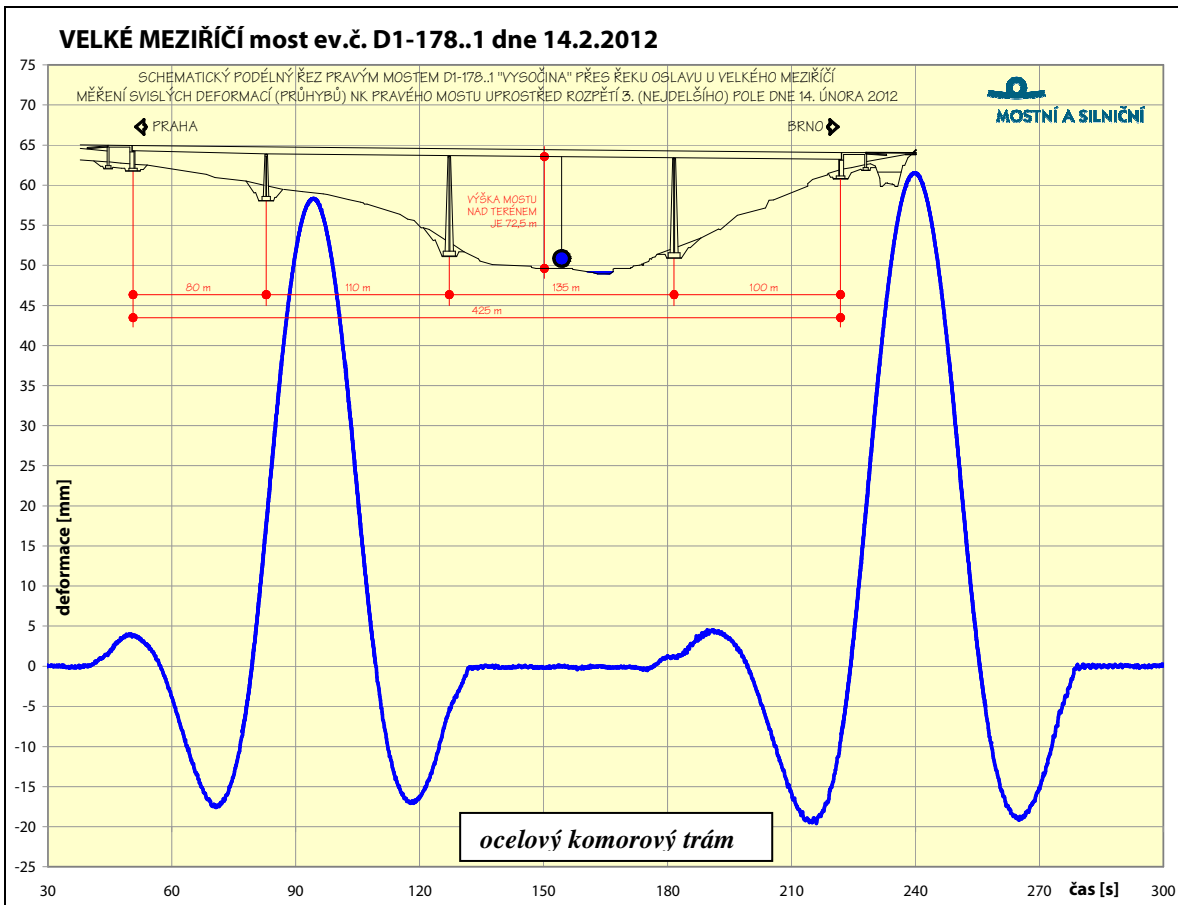
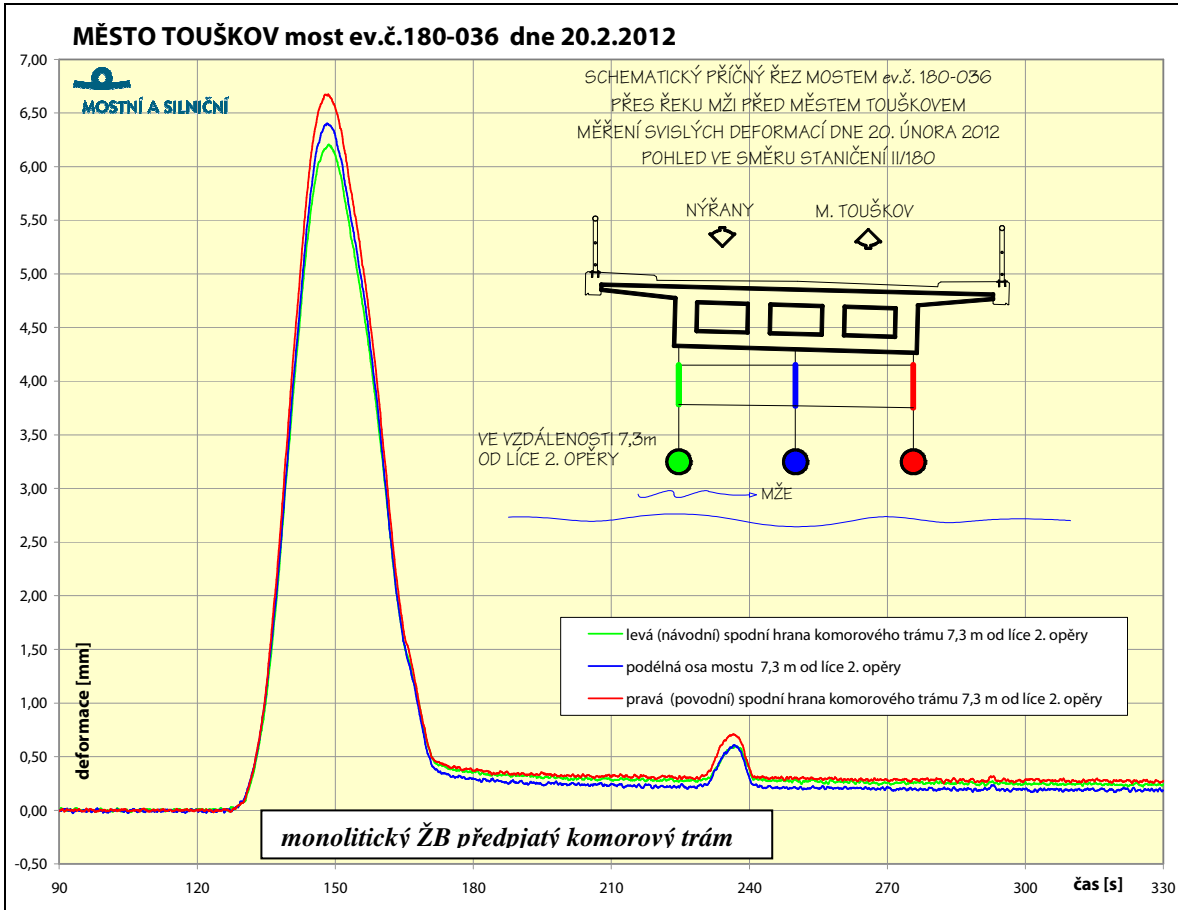
Z relativně rozsáhlého souboru sledovaných mostních konstrukcí jsme vybrali pro srovnání různé typy NK, a to se zřetelem na jejich chování v příčném roznosu zatížení při přejezdu nadměrného nákladu.



Z následujících grafů lze při velmi hrubém zobecnění konstatovat, že konstrukční systémy (masivních) předpjatých prefabrikovaných nosníků vykazují tendenci k nižším absolutním hodnotám svislých deformací (průhybů) při průměrné pružně zpožděné deformaci 5 – 10% maxima, zatímco systémy lehkých ocelo-betonových spřažených konstrukcí dosahují vyšších absolutních hodnot průhybů, ale s minimálními zpožděnými deformacemi (do 2% maxima). Příčný roznos zatížení závisí především na konstrukčním systému vzájemné interakce mezi nosíky (od vzájemně oddělených nosníků až k příčně předpjatým konstrukcím).

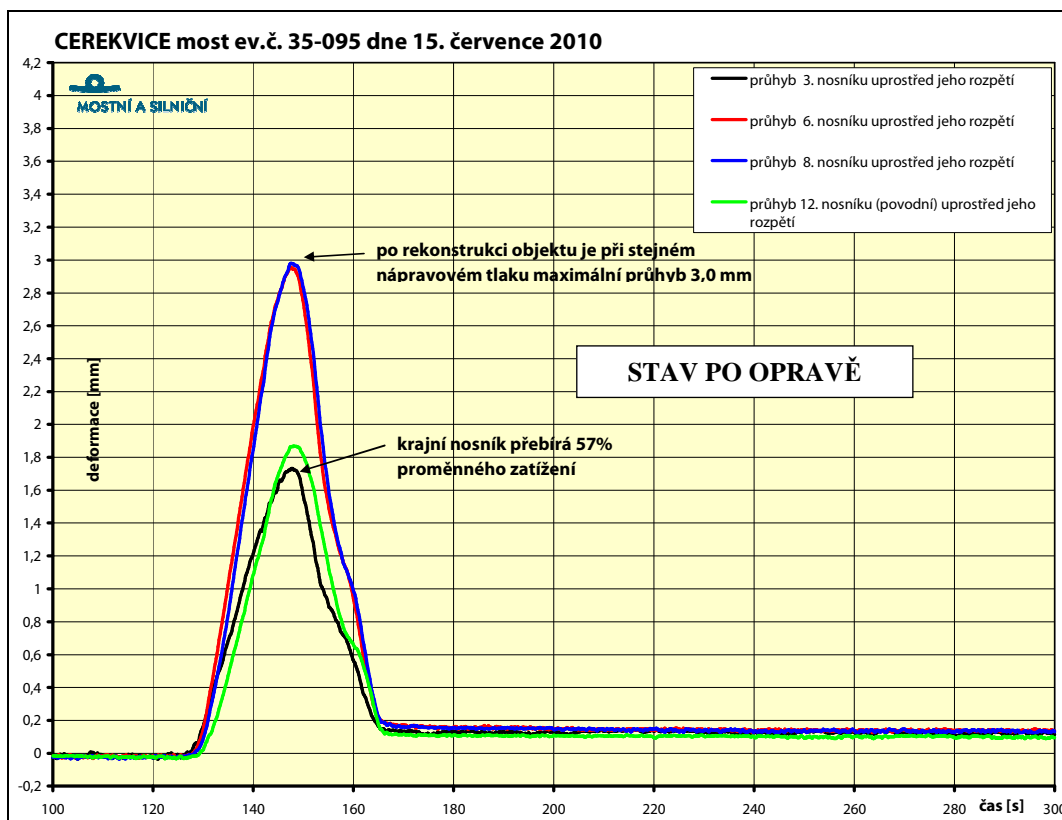
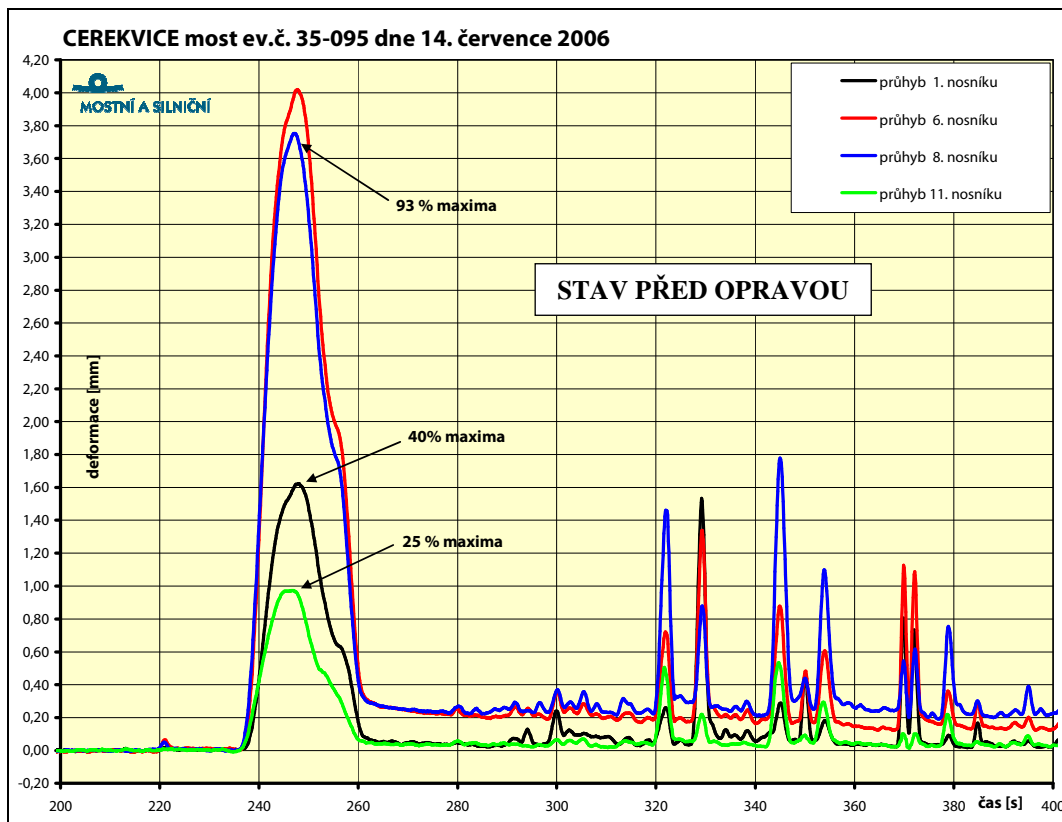


Na všech dále uvedených grafických záznamech přejezdu břemene nadměrné hmotnosti jsou na svislé ose hodnoty průhybu, které se značí kladně nahoru, přizvednutí konstrukce má záporné znaménko. Na ose vodorovné je čas v sekundách.



ad. 6 – porovnání před a po opravě mostu. Ukáže skutečný přínos opravy

Graf může ukázat smysluplnost opravy. Zda zvýšila nebo (např. po spráhující a „zesilující“ 200 mm ŽB desce) snížila zatížitelnost mostu. Ale po opravě se vždy zvýší stavební stav, správce nemá důvod most měřit a přepravce nemá chuť měření platit.



ad. 10 – ovlivnění tuhosti mostní konstrukce teplotou a její vliv na výsledek zatěžovací zkoušky

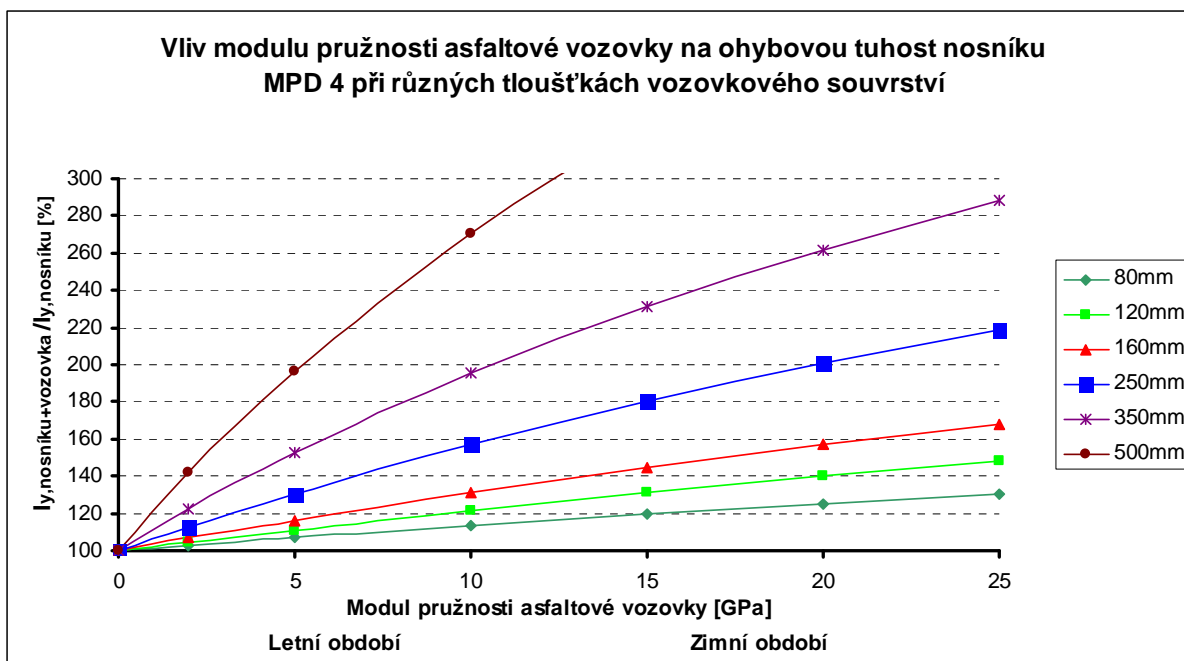
Při analýze mostních konstrukcí z tyčových prefabrikátů z předpjatého betonu a predikování jejich vnějších projevů – např. průhyb nosníků, protažení vnějších vláken nosné konstrukce se často do výpočtu momentu setrvačnosti zahrnuje pouze betonový průřez. Výjimečně se do tuhosti průřezu zahrnuje pomocí pracovních součinitelů (tj. přepočítání oceli na ekvivalentní betonový průřez) i vliv předpínací a betonářské výztuže. Při konfrontaci změřených veličin na konstrukci in-situ – např. při přejezdu nadměrného břemene přes reálný most bylo již mnohokrát potvrzeno, že tuhost matematického modelu je nižší než tuhost reálné konstrukce. Tyto rozdíly mnohdy dosahují až desítek procent a je nepravděpodobné, že by tento rozdíl výsledků mohl být způsoben špatně zvoleným průměrným modulem pružnosti betonu. Ke shodě teoretického modelu s reálnou konstrukcí je možné dospět až po zohlednění tuhosti vozovkového souvrství.

Asfalt je materiál s vysokou viskozitou. Jeho schopnost přetvářet se je velice závislá na teplotě. Uvádí se, že asfalt taje při pouhých 70 – 100°C. Proto i pevnost asfaltových vozovek je různá v létě a v zimě. V letních obdobích je zvýšené riziko „vyjetí kolejí“, v zimním období naopak může docházet ke křehkým lomům a vzniku trhlin ve vozovce, které dramaticky snižují životnost komunikace. Běžně se v odborné literatuře ani neuvádí modul pružnosti vozovek, jelikož rozptyl výsledků je značný. Lze ovšem reálně uvažovat, že modul pružnosti asfaltových vozovek in-situ se řádově pohybuje od 2 – 20GPa. Skutečný modul pružnosti ovšem je závislý na receptuře jednotlivých vrstev, ze kterého je vozovkové souvrství provedeno a na teplotě, která většinou není po výšce konstantní (povrchová teplota vs. teplota uprostřed průřezu). Exaktní zjištění všech vlivů je skoro nereálné a v čase jsou tyto vlivy proměnné. Proto jejich vliv, který není většinou zanedbatelný, musíme odhadnout.

Při návrhu mostní konstrukce je nepřípustné, aby se uvažovalo s vozovkou do výpočtu tuhosti. Z dlouhodobého hlediska je vozovka pouze nepříznivý zatěžující balast. Z krátkodobého hlediska – tj. predikce skutečných vnějších projevů konstrukce je zajímavé s tímto elementem pracovat.

Smykové spolupůsobení vozovky s nosnou konstrukcí je zajištěno pouze adhezí materiálů. Dobrý vliv na spojení kompozitního průřezu mají i různé spojovací můstky (postřiky, penetrační nátěry, pečetící vrstvy apod.). Smykovému spolupůsobení také pomáhá při nájezdu vozidla jeho vlastní hmotnost, jež styčnou spáru přitlačí normálovou silou a tím se zvýší potřebná stříhová síla, která by zapříčinila vzájemný posuv obou vrstev.

V grafu níže je procentuálně vyjádřena změna tuhosti mostního nosníku z předpjatého betonu typu MPD 4 – délky 16m v závislosti na parametrech asfaltové vozovky. Na svislé ose je vyneseno poměrem momentů setrvačnosti nosníku se zohledněním vozovky ku momentu setrvačnosti betonového průřezu. Tento poměr vyjadřuje v procentech, jak výrazný je vliv celkového zanedbání tuhosti vozovky a zároveň, jak významný vliv má na tuhost nosníku změna modulu pružnosti vozovky vlivem teploty. Jednotlivé řady grafu se odlišují pouze uvažovanou výškou vrstvy asfaltového souvrství. Zjednodušeně se uvažovalo, že celé vozovkové souvrství má po své výšce konstantní modul pružnosti, který je vyneseno na ose vodorovné.



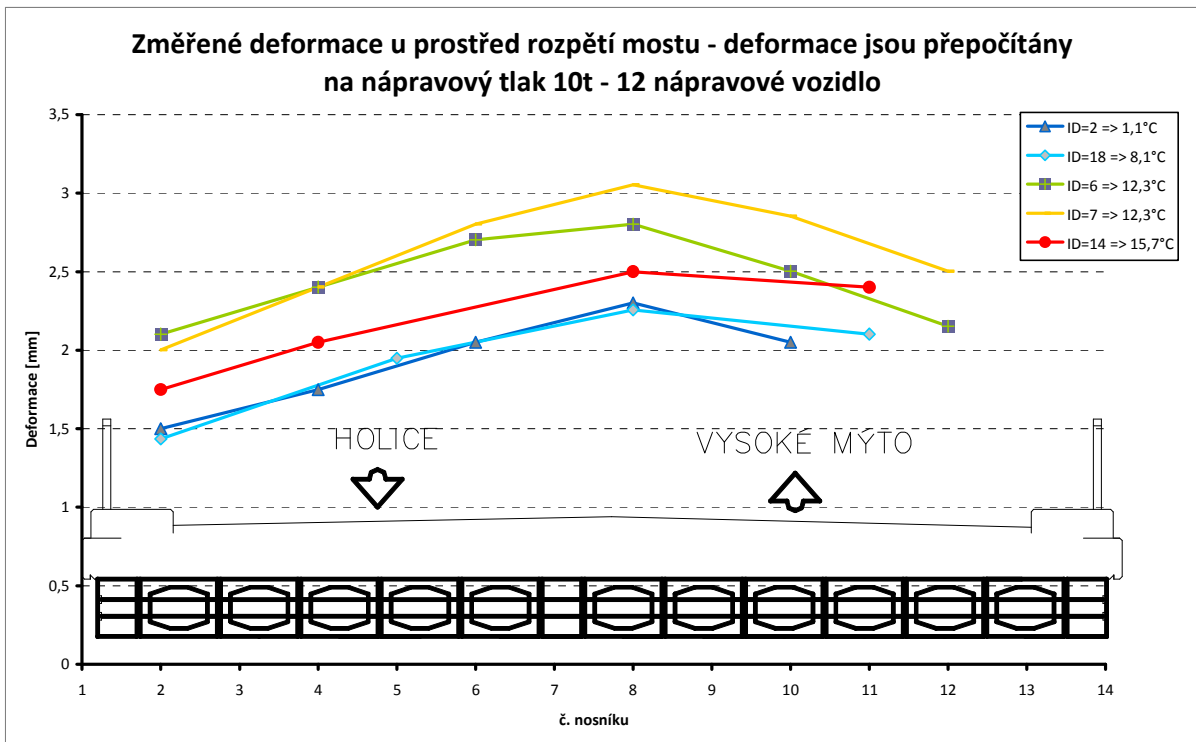
Nejdůležitější vliv, který je z grafu patrný je, že se zvětšující se výškou (přebalení) asfaltové vozovky je velmi významná změna tuhosti i při relativně malé změně modulu pružnosti vozovky, jež je způsobená změnou teploty.

Je vhodné si zároveň uvědomit, že asfaltová vozovka má relativně např. vůči betonu vysoký součinitel dotvarování. Tento jev by se měl na konstrukci projevit vzrůstající deformací od konstantního proměnného zatížení (tj. např. hmotné vozidlo, které najede (zatíží) konstrukci, zastaví se a určitou dobu setrvá v klidu). Z toho důvodu se účinek spolupodílení vozovky na přenosu zatížení s časem vytrácí.

Zatěžovací zkoušky mostů se provádějí zpravidla jednorázově před spuštěním do provozu nové nebo rekonstruované konstrukce. Pokud nenastane nečekaná událost např. povodně, vážná havárie, která by mohla ovlivnit únosnost nosné konstrukce, se již klasická zatěžovací zkouška neprovádí. Za celou dobu životnosti mostní konstrukce získáváme poznatky o jejím stavu zpravidla jen z vnějšku. Na tomto základě se informace mohou upřesnit pomocí řady diagnostických metod, které jsou mnohdy tím přesnější, čím razantnější zásah do konstrukce udělají (odebrání více jádrových vývrtů s větším průměrem atd.).

Je možné, že při extrémních zatíženích mostních konstrukcí může dojít k jejich nadměrnému opotřebení. Za předpokladu, že se konstrukce při takových zatíženích monitoruje, můžeme exaktněji hovořit o jejím skutečném stavu. Navíc měření jednoho mostního objektu v čase pomáhá zjistit jeho chování za různých vnějších podmínek, což jsou např. různé nápravové tlaky, počet nápravových os, a také jevy klimatické - především teplota.

Pro srovnání je zde uveden příklad mostu v pardubickém kraji, který se měří řadu let. Z celkového souboru měření byly vybrány jen přejezdy se srovnatelnými podvozky (tahač + 12 os). Ve výpočtech pro přejezd nadměru se předpokládá, že běžně užívané konstrukce se nacházejí v lineární oblasti, je proto možné výsledky měření lineárně interpolovat na referenční (průměrné) břemeno pohybující se po mostě (skutečné nápravové tlaky se pohybovaly v rozmezí od 8,5 do 11,2 t/osu). V konkrétním případě byla zvolena referenční osová síla 10tun. Skutečná změřená deformace konstrukce byla v poměru skutečného nápravového tlaku ku referenčnímu nápravovému tlaku přepočítána. Výsledné deformace jsou po této matematické úpravě porovnatelné.



Na grafech je viditelná tendence, že v zimním období – při nižší teplotě vzduchu jsou naměřené nižší deformace – konstrukce má vyšší ohybovou tuhost. Tento jev se shoduje s popisovanou teorií v tomto článku.

Při důkladnějším zkoumání si lze povšimnout, že ne vždy nižší teplota odpovídá vyšší tuhosti. Tuto anomálii lze vysvětlit tím, že teplota vzduchu není totožná s povrchovou teplotou konstrukce a tato teplota je taktéž odlišná od teploty uvnitř průřezu. Pokud dojde v krátké době před přejezdem k významné teplotní změně, konstrukce podle materiálu, ze kterého je vyrobena reaguje na teplotní diferenci s určitým zpožděním. Její skutečná odezva odpovídá aktuální teplotě jednotlivých vláken průřezu, které jsou úzce spojeny s mechanicko fyzikálními vlastnostmi materiálu jednotlivých vláken. Proto teplota vzduchu při přejezdu je informace důležitá, orientační, ale nikoli směrodatná.

Lze předpokládat, že se jednoho dne dospěje optimalizováním výpočetních algoritmů na analýzu konstrukcí do takového stádia, že by při zatěžovacích zkouškách mostů se neuváděla pouze jedna hodnota průhybu, ale hodnoty průhybu v závislosti na teplotě, která je změřena při provádění zatěžovací zkoušky.