



## NOVELIZACE EVROPSKÝCH A NÁRODNÍCH STANDARD PRO POSOUZENÍ INTERAKCE MEZI MOSTY A KOLEJÍ

Zpracoval: doc. Ing. Otto Plášek, Ph.D. (Fakulta stavební VUT v Brn )

### Souhrn

innost v oblasti implementace výsledk výzkumu je mimo jiné zam ěna na aktivní ú ast v p íprav evropských a národních standard v oblasti konstrukce železni ního svršku. Jednou z oblastí, v sou asné dob aktivn sledovanou na obou úrovních, je posouzení kombinované odezvy mezi mostem a kolejí. V rámci CEN TC 251 byla ustavena pracovní skupina pro návrh novelizace ustanovení SN EN 1991-2 Zatížení most dopravou [1]. Sou asn na národní úrovni probíhají aktivity spojené se zpracováním novelizace Národní p ílohy zmín ěné evropské normy a p íprava Mostního vzorového listu. V obou p ípadech jsou uplat ovány výsledky statických analýz, laboratorních m ění a sledování mostních konstrukcí za provozu, které probíhají v rámci balí k WP2 a WP3 projektu CESTI.

### Oblast použití

V sou asné dob se s ohledem na nezpochybnitelnou úsporu náklad ě na údržbu p í rekonstrukcích z izuje bezстыková kolej prakticky ve všech úsecích. Získané zkušenosti se z izováním, provozem a údržbou bezстыkové koleje umožnily použití i v tra ových úsecích s oblouky velmi malého polom ru, kde d íve nebylo z ízení bezстыkové koleje možné. V rámci rekonstrukcí koleje se v R nepožaduje komplexní posouzení kombinované odezvy koleje a mostu, pokud most svojí délkou vyhoví s ohledem na typ mostovky národnímu p edpisu. P esto se asto povolují výjimky pro mosty, jejichž délka p esahuje dané limity.

Pro tyto konstrukce, v mnoha p ípadech historické, nelze použít metodiku stanovenou v [1], protože nejsou spln ěny základní podmínky pro její použití, které jsou: koleje s kolejovým ložem, železni ní svršek soustavy UIC 60, kolej ve sm rov ě p ím ě nebo v oblouku o polom ru alespo 1 500 m.

S tím vyvstala pot eba vy ešit vztah bezстыkové koleje na mostech pro všechny podmínky, tzn. takové, které nejsou zahrnuty v [1]. Získané dobré zkušenosti hovo í pro zvyšování povolených délek,

p esto je tyto zm ěny nutno podpo it teoretickou analýzou a monitoringem konstrukcí.

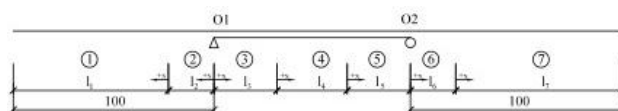
Vyvinutý matematický model byl použit pro ešení úkolu technického rozvoje SŽDC „Interakce koleje a mostu s velkými dilata ními délkami“.

### Metodika a postup ešení

Pro posouzení interakce mezi mostem a kolejí v souladu s [1] byl rozvíjen zjednodušený model pro mostní konstrukce staticky odpovídající prostému nosníku. Omezen lze vyvinutý model použít také pro spojit ě nosníky.

Zkoumán byl úsek trati tvo ěný úsekem na t lese železni ního spodku p ílehl ěm k op ě s pod ěln ě neposuvným mostním ložiskem, nosnou mostní konstrukcí a dalším úsekem koleje na t lese železni ního spodku p ílehl ěm k op ě s pod ěln ě neposuvným mostním ložiskem. Každý z úsek ě na t lese železni ního spodku byl uvažován v délce 100 m, na které vliv kombinované odezvy koleje mostu odezní.

Dilata ní délka  $L_T$  nosné mostní konstrukce byla v modelu rozd ělena na t i úseky. Toto rozd ělení vycházelo z nutnosti modelovat nelineární pr b h pod ěln ěho odporu koleje. Délka t chto úsek je v p ípad ě nelineárního výpo tu numerickým iterativním výpo tem stanovena s ohledem na dosažení hodnoty plastického smykov ěho odporu  $k$ . Ze stejného d vodu byly rozd ěleny p ílehl ě úseky na t lese železni ního spodku na dva. Celkový p ehled modelu koleje a mostu v etn ě vyzna ění lokálních sou adných systém ě v jednotlivých úsecích je na Obr. 1.



Obr. 1 Schéma modelu pro interakci koleje a mostu.

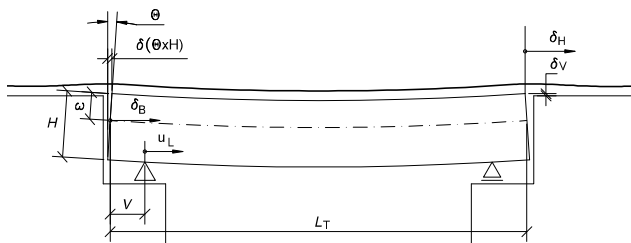
P í sestavení modelu pro výpo et kombinované odezvy mostu a koleje byla uvažována ustanovení standardu a p ípadná zjednodušení takto: jednokolejný most; základní schéma mostu – prostý

nosník, tj. most s jednou dilatační délkou, pro b žná bezстыková kolej bez vložených dilatačních zařízení, kolej na most stejného tvaru kolejnice jako na t lese železničního spodku, možnost volby parametr podélného odporu koleje odpovídajících typu mostovky.

Zadávanými parametry mostní konstrukce a koleje na n m pro výpočet kombinované odezvy jsou zejména:

- dilatační délka hlavního nosníku mostu  $L_T$ ,
- výškový rozdíl  $H$  mezi ložisky a mostovkou,
- svislá vzdálenost  $\delta$  mezi horním povrchem mostu (mostovky) a neutrálnou osou hlavního nosníku,
- podélný odpor koleje proti posunutí na t lese železničního spodku a mostní konstrukci v zatíženém a nezatíženém stavu vyjádřený bilineárním pr b hem určeným hodnotou posunutí  $u_0$ , p i níž je dosažen plastický smykový odpor  $k$ ,
- souinitel teplotní roztažnosti pro hlavní nosníky mostu  $\gamma_T$  ( $1,0 \cdot 10^{-5}$  nebo  $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ),
- podélná tuhost spodní stavby a podéln neposuvného mostního ložiska  $K$ ,
- pr ezová plocha obou kolejnic  $A_R$ , modul  $E$  a souinitel teplotní roztažnosti kolejnic  $\gamma_R$ ,
- polom r sm rového oblouku  $R$  a rychlost  $V$ .

P ehled nosné konstrukce, zadávaných a ešených parametr je na Obr. 2.



Obr. 2 Schéma interakce mezi mostem a kolejí.

Uvažovanými zat žovacími stavy jsou:

- zatížení teplotními změnami p sobíciemi na kolej a most,
- spojité podélné zatížení odpovídající brzdným nebo rozjezdovým silám,
- vliv svislého pr hybu nosné konstrukce  $u(\theta \times H)$ .

V jednotlivých úsecích je popsána interakce mezi kolejí a mostem pomocí soustavy diferenciálních rovnic pro hledané funkce posunutí koleje  $u_i$  a mostu  $u_{mi}$ . V oblasti lineární závislosti odporu koleje na jejím posunutí platí diferenciální rovnice [2]:

$$-E \cdot A_R \cdot u_i'' + \frac{k_i}{u_{0,i}} \cdot u_i = 0 \text{ mimo most}$$

$$-E \cdot A_R \cdot u_i'' + \frac{k_i}{u_{0,i}} \cdot (u_i - u_{mi}) = q \text{ na most}$$

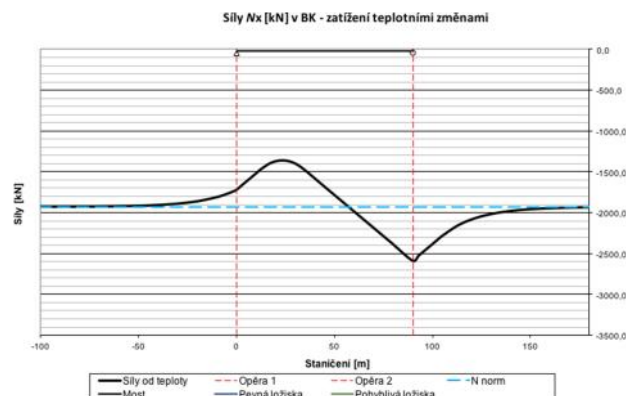
Pokud je dosažen plastický smykový podélný odpor  $k_i$  použijí se diferenciální rovnice:

$$-E \cdot A_R \cdot u_i'' + k_i \cdot u_i = 0 \text{ mimo most}$$

$$-E \cdot A_R \cdot u_i'' + k_i \cdot u_i = q \text{ na most}$$

## Výsledky

Pro všechny diferenciální rovnice a zat žovací stavy byla nalezena řešení diferenciálních rovnic. Rozhraní mezi obma zp soby realizace podélného odporu je hledáno numericky. Ukázka výsledků je na Obr. 3.



Obr. 3 Osově síly v bezстыkové kolejí – vliv teplotních změn.

Pro vybrané případy most a jejich parametr byly ověřeny výsledky výpočtu v souladu se směrnicí [3].

## Závěr

V souvislosti s přípravou novelizace evropské normy [1] a národního předpisu pro posouzení kombinované odezvy mezi mostem a kolejí byl vyvinut semianalytický model interakce mezi mostem a kolejí, který umožňuje spojit požadavky obou standardů p i posuzování stávajících mostních konstrukcí [1,3]. Souasn umožňuje provádění citlivostních analýz vybraných typů mostů p i stanovení limitních parametrů těchto mostů.

## Literatura

- [1] SN EN 1991-2. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – část 2: Zatížení most dopravou. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005. 152 p.
- [2] FRÝBA, L. *Dynamika železničních mostů*. 1st ed. Praha: Academia, 1992. 382 p. ISBN 80-200-0262-6
- [3] UIC Code 774-3 R, 2nd edition, 11/2001. Track/Bridge Interaction. Recommendation for calculations