



TERMICKÉ SPOLUPŮSOBENÍ BEZSTYKOVÉ KOLEJE S MOSTEM

Zpracoval: Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Na moderních železničních tratích se v současné době prakticky výhradně používá bezстыková kolej. V případě jejího umístění na mostní konstrukci však dochází k významné interakci mostu a koleje. Důsledkem je přídavné napětí v kolejnici a zatížení konstrukce mostu. Cílem činnosti je přispět ke zpřesnění současně používaných parametrů pro výpočet termického spolupůsobení bezстыkové koleje s mostem pro různé způsoby uložení koleje na mostě a následně stanovit doporučení a podmínky jejich použití.

Oblast použití

Využití získaných výsledků se předpokládá v oblasti navrhování mostních konstrukcí, kde pro železniční mosty je velmi významným prvkem zatížení vodorovnými silami. Jedná se jednak o síly od termické interakce mostu a koleje, dále o brzdné a rozjezdové síly a interakci od svislého zatížení dopravou. Pro provedení podrobné analýzy tzv. kombinované odezvy je nezbytný správný a reprezentativní souhrn vstupních parametrů této analýzy. Výsledné hodnoty vodorovných sil a požadavky na tuhost spodní stavby mají velmi významný vliv na její dimenze a založení mostu. Zároveň správně provedená a přesná analýza kombinované odezvy může umožnit aplikaci bezстыkové koleje i na mostech, kde při aplikaci zjednodušených pravidel možná není a je nezbytné užití kolejových dilatačních zařízení, která jsou finančně nákladná a mají omezenou životnost.

Globálním cílem je pak shrnutí veškerých poznatků v komplexních podmínkách pro použití železničního svršku na mostě.

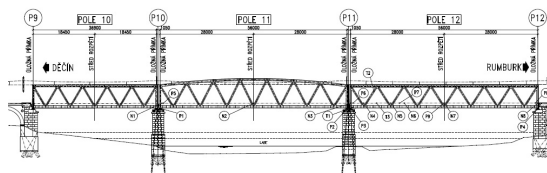
Metodika a postup řešení

Metodika řešení je rozdělena na několik dílčích kroků.

V první fázi byla provedena analýza dostupných podkladů a výzkumů na téma kombinované odezvy, souhrn zahraničních doporučení a předpisů.

V druhé fázi se plánuje provedení řady experimentů na různých typech kolejového svršku (kolejové lože,

přímé upevnění, kontinuálně podepřená kolejnice), jejichž vstupem bude primárně stanovení závislosti podélného odporu koleje na relativní deformaci koleje a mostu. K tomuto účelu bude využito již provedené měření na železničním mostě v Kolíně, kde probíhal roční monitoring bezстыkové koleje a mostu. V listopadu 2013 proběhlo též měření interakce mostu a koleje při zatěžovací zkoušce v Děčíně (viz obr. 1).



Obr. 1 Schéma železničního mostu v Děčíně

Cílem měření v Děčíně bylo zjištění parametrů důležitých pro výpočetní modelování kombinované odezvy, zejména podélný odpor koleje pro nezatíženou a zatíženou kolej. Vlastní nosná konstrukce (NK) je ocelová jednokolejná příhradová s dolní ortotropní mostovkou s rozpětím 36.9 m+56.0 m+56.0 m. Sledovány byly teplota NK a kolejnice, napětí v kolejnici, posun nosné konstrukce mostu vůči bezстыkové koleji v podélném a svislém směru, posuny a natočení v ložiskách. Vyhodnocení měření probíhá.

Dále se předpokládá využití výsledků zatěžovací zkoušky mostu s prvkovou mostovkou na trati Lovosice – Česká Lípa.

V další fázi řešení se bude stanovovat chování systémů přímého upevnění a kontinuálně podepřená kolejnice za různých klimatických podmínek, zejména se očekává zvýšení podélného odporu při teplotách pod bodem mrazu.

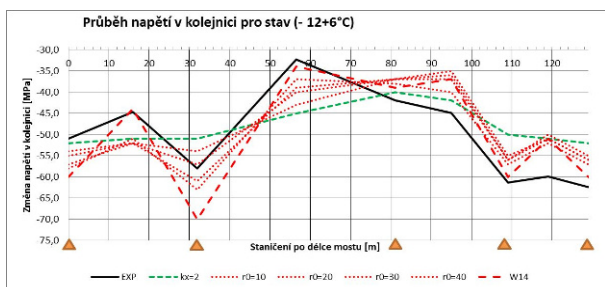
Výsledky

V rámci první etapy byl shromážděn ucelený souhrn literatury a podkladů, které se uvedenou problematikou zabývají.

V další etapě proběhlo vyhodnocení měření mostu v Kolíně. Pro měření stavu napětí v kolejnicových pásech zde byly použity odporové tenzometry a tenzometrické mřížky, umístěné do těžiště kolejnice tak, aby byly eliminovány silové účinky od svislého

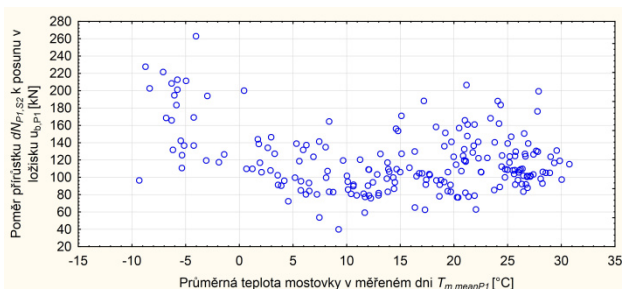
a příčného ohybu. Teploty ve vybraných bodech byly měřeny pomocí odporových teplotních čidel Ni1000, a to na spodním líci mostovky s kolejovým ložem a s přímým upevněním. Čidlo pro měření teploty kolejnice bylo nalepeno pod patu kolejnice. Posuny ložisek byly měřeny odporovými potenciometrickými snímači dráhy Megatron RC13 s rozsahem 100 mm. Pro sběr dat v intervalu 15 min byly použity celkem 4 datalogery. Monitorování u pravého mostu začalo dne 2.7.2010, na levém mostě pak 25.10.2010. Ukončeno bylo 30.10.2011. Zahrnuje tedy více než jeden rok a byly zachyceny jak letní extrémní teploty, tak zimní minima.

Vyhodnocení měření zahrnovalo stanovení vlivu řady efektů na chování mostu. Byly vyhodnoceny reálné součinitele ekvivalentní tepelné roztažnosti. Přestože některé výsledky se s dřívějšími údaji shodují, jiné (např. roztažnost na konstrukci s kolejovým ložem) jsou značně vyšší. Jedním z důvodů je použitá konstrukce s tuhostně dominantními hlavními nosníky, vystavenými oslunění. Dále bylo vyhodnoceno napětí v kolejnici za různých teplotních stavů při nízkých i vysokých teplotách. Tyto výsledky byly porovnány s výsledky numerické analýzy. Na jejím základě se hledaly nejprůběhavější modely chování koleje (viz obr. 2).



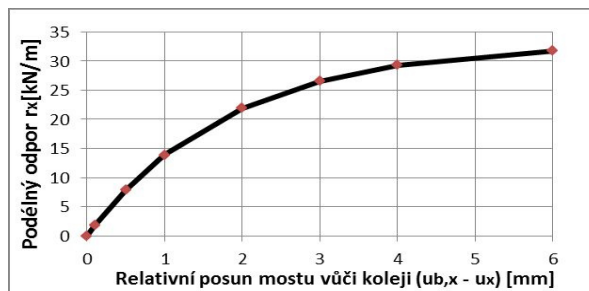
Obr. 2. Porovnání průběhu napětí v kolejnici s výsledky různých křivek podélného odporu

Pro zjištění vlivu teploty na podélný odpor koleje bylo z měření vybráno cca 200 dnů, ve kterých došlo k významnější změně teploty mostu a kolejnice. Pro sledování vlivu teploty pak byl zaveden jako sledovaná veličina poměr přírůstku normálové síly v koleji $\Delta N_{P1,S2}$ k posunu v ložisku $u_{b,P1}$, v závislosti na průměrné denní teplotě ve sledovaném dni (viz obr. 3). Ve sledovaném období nebyl zaznamenán žádný významný vliv.



Obr. 3 Vliv teploty na podélný odpor koleje

Na základě analýzy naměřených napětí a relativních posunů, stanovených na verifikovaném modelu, byla stanovena hledaná křivka závislosti pro kolejové lože (viz obr. 4) a pro přímé upevnění (viz obr. 5)



Obr. 4 Závislost podélného odporu koleje v kolejovém loži na relativním posunu koleje k mostu (60E1, W14, Skl 14, B91 S/1, rozdělení „u“)



Obr. 5 Závislost podélného odporu přímého upevnění na relativním posunu koleje k mostu (60E1, DFF 300, Skl B 15, rozdělení „u“)

Uvedené výsledky jsou přímo využitelné v praxi při návrhu nových nosných konstrukcí a mj. byly využity při návrhu železničního mostu přes dálnici D3 v Hodějovicích v r. 2013.

Literatura

- [1] FRÝBA, L. *Dynamika železničních mostů*. 1st ed. Praha: Academia, 1992. ISBN 80-200-0262-6.
- [2] Esveld, C.: *Modern Railway Track*, 2nd ed. Zaltbommel: MRT-Productions, 2001. ISBN 90-800324-3-3
- [3] PLÁŠEK, O. Bezстыková kolej na mostech. In *17. Konference železniční dopravní cesta: 27. – 29. března 2012*. 2012,
- [4] FREYSTEIN, H. Interaktion Gleis/Brücke – Stand der Technik und Beispiele. 79, Heft 3, 2010 Ernst & Sohn. *Stahlbau*, 2010, vol. 3, no. 79, p. 220–231.
- [5] ZAND, J., MORAAL, J.: Ballast resistance under three dimensional loading. Delft University of Technology.
- [6] RYJÁČEK, P., VOKÁČ, M. Dlouhodobý monitoring bezстыkové koleje na železničním mostě v Kolíně. *Stavebnictví*, 2013, vol. 2013, no. 8, p. 40–45.