EAN 93
31. konference o experimentální analýze napětí
25.–27.5.1993 Měřín ČESKÁ REPUBLIKA

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF THE RAILWAY BRIDGE DYNAMIC CHARACTERISTICS IN ŠTÚROVO

EXPERIMENTÁLNA ANALÝZA DYNAMICKÝCH CHARAKTERISTÍK ŽELEZNIČNÉHO MOSTA V ŠTÚROVE

Ján Benčat

The dynamic response of the bridge subjected to traffic load was investigated in order to identify its dynamic parameters e. g. dynamic load factor, natural frequencies and damping, probabilistic parameters etc. The bridge behaviour was fully in accordance with designers assumptions and theoretical calculations performed at the Dept. of Structural Mechanics U. T. C. Žilina

1. Úvod

Predmetom príspevku bolo popísať dynamické parametre železničného oceľového priehradového mosta cez rieku Hron na železničnej trati Břeclav-Štúrovo v koľaji č. 1 a č. 2 metódami dynamiky stavebných konštrukcií. Teoretickú a experimentálnu analýzu dynamickej odozvy mostnej konštrukcie vykonala Katedra mechaniky Stavebnej fakulty VŠDS Žilina.

2. Popis mostnej konštrukcie a teoretický výpočet vlastných frekvencií

Hlavný nosný systém dvoch samostatných jednokoľajových mostov tvorí spojitý priehradový nosník o troch poliach 48,60+55,20+ +48,60 m s tuhým pásom. Montážne styky horného aj spodného pásu sú celozvarované. Prípoje diagonál sú skrutkované s použitím VP skrutiek M 24. Spodná ortotropná mostovka spolu so spodnými pásmi hlavného nosníka tvorí žľab pre štrkové lôžko. Tuhosť priečneho rezu hlavnej nosnej sústavy je zaistená rámovým pripojením priečnikov k hlavným nosníkom. Priečniky spolu s príslušnými diagonálami a horným pásom tvoria dvojkĺbový uzatvorený rám. Na obr. 1 je schématicky znázornený priečny rez mostnou konštrukciou, kde

je súčasne znázornená poloha meracích miest počas dynamickej zaťažovacej skúšky (DZS).

Výpočet vlastných frekvencií a tvarov kmitania sa vykonal v dvoch alternatívach, Benčat et al (1992). V prvej alternatíve sa zvolil rovinný výpočtový model konštrukcie (uvažuje sa iba kmitanie v zvislej rovine hlavného nosníka) a v druhej sa uvažuje s priestorovým pôsobením konštrukcie. Pri výpočte sa zohľadňuje vplyv šmyku i zotrvačných momentov a zahrňuje sa pozdĺžne a priečne ohybové kmitanie prútov a pri priestorovom modeli i krútivé kmitanie okolo pozdĺžnej osi prúta. Výsledky boli získané na základe MKP s použitím programu NE 11. V práci Benčat el al (1993) sú podrobne popísané jednotlivé varianty výpočtových modelov, výsledky výpočtov vlastných frekvencií a vykreslené príslušné tvary kmitania mostnej konštrukcie.

3. Experimentálne postupy a výsledky experimentálnej analýzy

Pre oba mosty sa ako skúšobné zaťaženie použili dve lokomotívy ES-4990, ktorých dynamická účinnosť sa vzhľadom na rôzne rozpätia polí pohybovala v rozmedzí $0,352 < \eta < 0,400$. Pri experimentálnom meraní dynamickej odozvy mostných polí sa realizovali hladké jazdy lokomotív oboma smermi s rýchlosťami od 7.05 km/h až po 174,17 km/h. DZS sa realizovala v zmysle ČSN 73 6209.

Terénne podmienky a konštrukčné usporiadanie mostov podmienili aplikáciu meracej aparatúry a postup experimentálnych meraní, Benčat, et al (1992, 1993). V prípade oboch mostov boli v poliach nad vodnou hladinou Hrona použité absolútne snímače zrýchlenia BK-8306 (fy. Brüel-Kjaer) v ostatných poliach boli použité relatívne snímače výchylky UNOTAST-F 200 (fy. Novotechnik). Pohyb mosta vo vodorovných priečnych smeroch bol tiež snímaný v strede rozpätí absolútnymi snímačmi BK-8306. V smere vodorovnom pozdĺžnom sa sledoval pohyb ložísk a priečnikov relatívnymi snímačmi F-200 nad piliermi. Vyhodnotenie DZS sa vykonalo metódou "off line", t.j. zaznamenané pretransformované mechanické pohyby mosta sa vo forme elektrických signálov zaznamenali na FM-MGF (BK-7005) a paralelne pomocou systému DAS 16 v zdigitalizovanej forme na flopy-diskety PC-AT-286 (Notebook). Výsledná analýza dynamickej odozvy sa vykonala v laboratórnych podmienkach Katedry mechaniky, SvF-VŠDS Žilina pomocou štandardných programov a prístrojového

vybavenia automatickej vyhodnocovacej linky AVL-KMCH.

Tvary a frekvencie kmitania mostnej konštrukcie počas DZS sa získali metódami FFT na základe programového vybavenia DAS-16 a dvojkanálového analyzátora BK-2032. Získané výsledky počas oboch DZS sú prehľadne uvedené v tab. 1, kde je súčasne uvedené porovnanie s výsledkami teoretického výpočtu pre tzv. optimálny výpočtový model P2.0. Z uvedeného je zrejmé, že prvá vlastná frekvencia $f_{(1)}$ sa nachádza v doporučených medziach medzinárodnej únie železníc UIC, Frýba (1992). Ukážka spektrálnej analýzy pre kmitanie mostnej konštrukcie v zvislom smere je na obr. 2.

Na obr. 3 sú uvedené priebehy ekvivalentného experimentálne zisteného dynamického súčiniteľa δ_{EXP} na základe DZS, ktorý je zrovnateľný s dynamickým súčiniteľom δ podľa ČSN 73 6203. Ekvivalentný dynamický súčiniteľ možno vypočítať podľa vzťahu $\delta_{EXP} = 1+(\delta_{OBS}-1)\eta_{DYN}$, kde δ_{OBS} a η_{DYN} sú veličiny v zmysle ČSN 73 6209. Dynamický súčiniteľ δ_{OBS} sa vypočítal na základe amplitúdovej analýzy kmitania mosta v zvislom smere na základe programu "ŠTATISTIKA" (DAS-16). V tab. 2 sú uvedené útlmové charakteristiky vo forme logaritmického dekrementu útlmu ϑ a parametra kritického útlmu pre príslušný tvar kmitania na základe výkonových spektrálnych hustôt kmitania $G_{xx}(f)$, Bendat a Piersol (1980).

Tab. 1

j	Teoretický výpočet (P2.0)	Vlastné frekvencie $f_{(j)}$ v [Hz] — Experimentálne meranie: most-koľaj č. 1		most - koľaj č. 2	
1	3,444	3,531 ·/	(3,468) x/	3,562 ·/	(3,625) x/
2	3,983	3,906	(3,906)	3,937	(3,906)
3	4,433	4,468	(4,312)	4,625	(4,593)
4	4,948	5,250	(4,968)	5,093	(5,156)
5	8,739	8,531	(8,500)	8,406	(8,531)

·/ Hodnoty prevažujúce počas skúšobných jázd lokomotív ZS 4990
x/ Hodnoty odpovedajúce jazde s max.rýchlosťou skúšobného zaťaženia

Tab. 2

j	Parametre útlmu mostnej konštrukcie: Ilomok kritického útlmu $D_{(j)}$ — Most - K1	Most - K2	Logaritmický dekrement útlmu ϑ — Most - K1	Most - K2
1	0,0267	0,0398	0,1677	0,2091
2	0,0237	0,0289	0,1489	0,1817
3	0,0226	0,0200	0,1420	0,1256
4	0,0175	0,0160	0,1099	0,1005
5	0,0096	0,0090	0,0603	0,0566

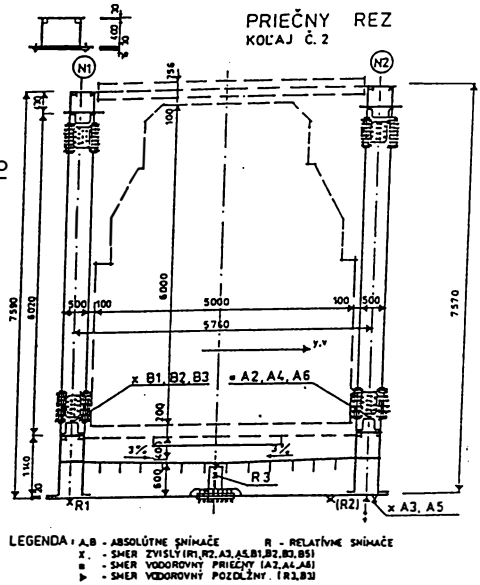
Frekvenčná skladba kmitania vo vodorovných smeroch (obr. 4) odpovedá frekvenčnej skladbe kmitania vo zvislom smere, avšak s rozdielnymi výkonmi na príslušných frekvenciách odpovedajúcich vlastným tvarom kmitania. V priebehoch výkonových spektrálnych hustôt $G_{xx}(f)$ (tak ako tomu bolo aj pre kmitanie v zvislom smere) sa objavuje pásmo frekvencií s výkonom odpovedajúcim kvazistatickým zložkám kmitania. Perióda týchto "kvazistatických frekvencií" odpovedá dobe prejazdu skúšobných lokomotív pre príslušné polia. Ďalšie podrobnosti, týkajúce sa amplitúdovej skladby kmitania vo vodorovnom smere, útlmu a pod. nájde čitateľ v príslušných správach, Benčat et al (1992, 1993).

Literatúra

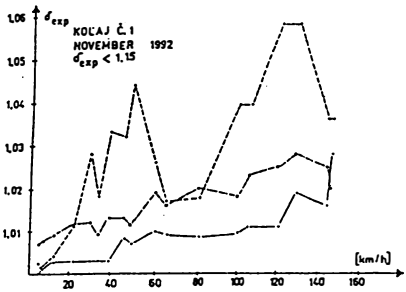
Benčat, J. et al. (1992, 1993) "Správa o výsledkoch dynamickej zaťažovacej skúšky železničného oceľového priehradového mosta v Štúrove, koľaj č. 1, č. 2". Správa HZ-SvF/5/92, HZ-SvF/45/92. VŠDS Žilina.

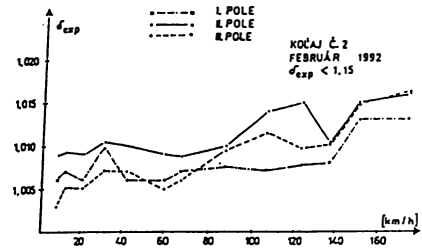
Bendat, J. and Piersol, A. (1980) "Engineering Applications of Correlation and Spectral Analysis". J. Wiley and Sons, Inc. N.Y.

Frýba, L. (1992) "Dynamika železničních mostů". Academia Praha.

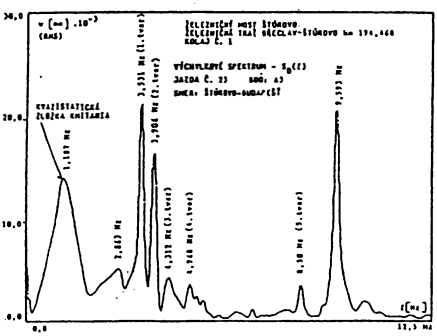


Obr. 1

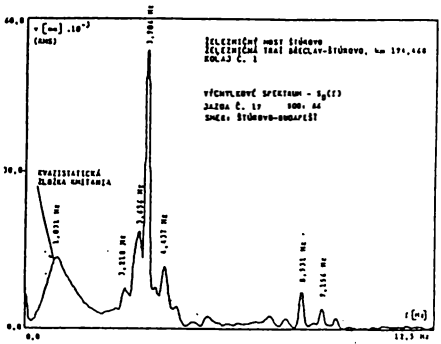




Obr. 3



Obr. 2



Obr. 4

Doc. Ing. Ján Benčat, CSc., Katedra mechaniky, SvF-VŠDS Žilina