EAN '96

34th Conference of Experimental Stress Analysis
34. konference o experimentální analýze napětí
3. - 6.6. 1996, Plzeň, Czech Republic

STATICAL AND DYNAMICAL LOADING TEST OF CONCRETE ARCH BRIDGE

STATICKÁ A DYNAMICKÁ ZATĚŽOVACÍ ZKOUŠKA OBLOUKOVÉHO BETONOVÉHO MOSTU

Baťa M., Plachý V., Polák M., Sýkora J.

Abstract:

This article describes loading tests of reinforced concrete arch bridge after its reconstruction. The article describes dislocating of transducers, connection of measuring line as well as process of measurement and evaluating. The article also describes particular loading conditions during static and dynamic tests. Finally results of the tests are summarized.

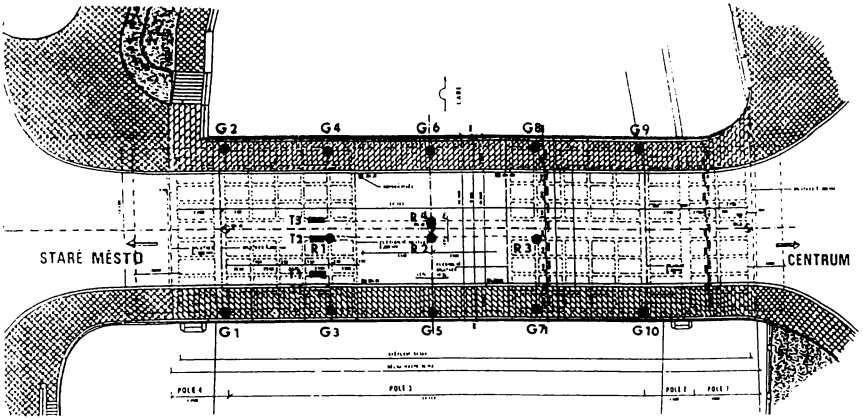
1. ÚVOD

Statická a dynamická zatěžovací zkouška Tyršova mostu v Hradci Králové byly provedeny po jeho rekonstrukci kolektivem pracovníků Fakulty stavební ČVUT Praha ve dnech 29. a 30. 8. 1995. Tomu odpovídaly metody měření a vyhodnocování včetně použité měřící a vyhodnocovací linky. Zkouška proběhla podle programu zatěžovací zkoušky [3] a v duchu ustanovení ČSN 73 6209 [1] .

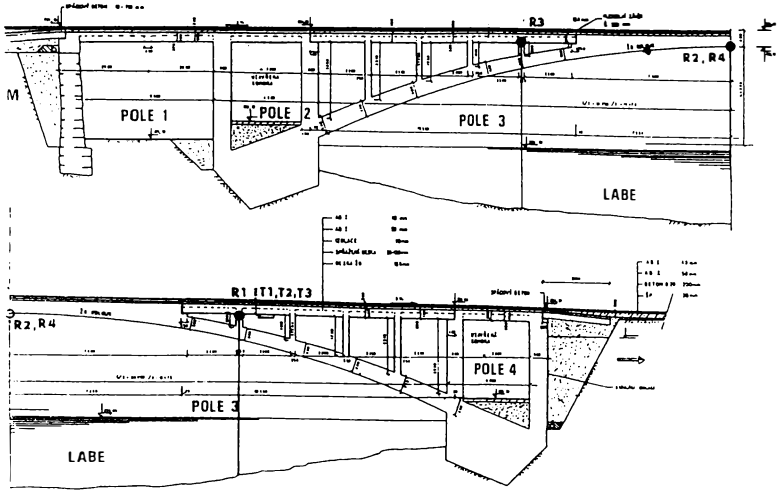
2. POPIS KONSTRUKCE

Most převádí městskou komunikaci přes řeku Labe (obr. 1). Osa komunikace je v přímé. Úhel křížení s vodním tokem je 90°. Výškově most leží ve vrcholovém oblouku. Celková šířka mostu je 16,40 m. Vozovka je z asfaltového betonu střechovitého sklonu 2%.

Nosná konstrukce je v podélném směru tvořena dvěma typy konstrukcí (obr. 1 a 2). Hlavní mostní objekt je oblouk s trámovou mostovkou. Ten byl předmětem zatěžovacích zkoušek. Skládá se ze dvou obloukových pásů o rozpětí 38,95 m, vzepětí 4,25 m a šířce 6,60 m, s mezerou 1,4 m. Mostovka (mimo střední část oblouku) je tvořena trámovou nosnou konstrukcí bez příčníků (obr. 2). Nad každým obloukem je pět trámů konstantní výšky s náběhy do mostovkové desky 0,15 m širokými. Při rekonstrukci byla provedena navíc spřažená deska o tloušťce 30 až 130 mm. Trámy byly zesíleny vždy dvěma lany monostrandy Lp 15,5 mm. Trámovou mostovku podepírají stěny o tloušťce 0,25 m a šířce 6,60 m. Ve střední části oblouku je mostovkou přímo oblouk. Beton mostní konstrukce byl na základě zkoušek jádrových vrtů stanoven jako beton třídy B250.



Obr. 1



Obr. 2

Tabulka 1

Zatěžovací stavy

Druh jízdy	Zatěžovací stav číslo	Oblouk		Počet jízd
		levý	pravý	
Jízdy dvou vozidel bez překážky	22			8
Jízdy jednoho vozidla přes překážku uprostřed pravého oblouku	11			8
Jízdy jednoho vozidla přes překážku uprostřed levého oblouku	13			8

3. DRUH A ZPŮSOB ZATĚŽOVANÍ

Zatěžování při statické zatěžovací zkoušce bylo provedeno automobily Tatra T815. Byly zvoleny dva zatěžovací stavy vždy se šesti vozidly ve dvou řadách v polovině a ve čtvrtině rozpětí. Při obou byl mostní oblouk zatížen ve stupních. Vozidla najížděla ve dvojicích. Celková tíha šesti vozidel byla 1326,12 kN. Účinnost jednotlivých zatěžovacích stavů dosáhla hodnoty $\eta_{stat} = 0{,}80$.

Při dynamické zatěžovací zkoušce byl most zatěžován jízdami jednoho a dvou vozidel T815 tak, jak je uvedeno v tabulce 1. Byly vypočteny přípustné hodnoty měřeného dynamického součinitele podle vztahů (14) a (15) v normě ČSN 73 6209 [1].

4. ROZMÍSTĚNÍ SNÍMAČŮ A ZPŮSOB MĚŘENÍ

Rozmístění snímačů je dáno obr. 1 a 2. V místech označených R1, R2, R3 a R4 byly měřeny průhyby zařízením k relativnímu měření přemístění KSM-R s induktivním snímačem dráhy W 50 Hottinger Baldwin Messtechnik. V místech T1, T2, T3 a T4 byly měřeny speciálními tenzometry DB 1-5 na trámech mostovky poměrné deformace. Geodeticky byly trigonometrickou metodou měřeny průhyby na líci obou oblouků v místech G1 až G10 (obr. 1). Při prvním a druhém statickém zatěžovacím stavu byly snímače v místech R1 až R4 a T1 až T3 zapojeny na vícekanálový měřící přístroj UPM 60 Hottinger Baldwin, třídy přesnosti 0,02 . Měření probíhalo v desetiminutových intervalech od doby nanesení plného zatížení při jednotlivých zatěžovacích stavech. Pravidelně byly řídícím počítačem určovány a hodnoceny přírůstky měřených veličin v časovém intervalu měření. Kriteriem pro ustálení měřených průhybů bylo: přírůstek průhybu v posledním časovém intervalu je menší než 15% přírůstku v předchozím časovém intervalu, nebo hodnota přírůstku je menší než citlivost použitých přístrojů. Plné zatížení však působilo na konstrukci nejméně jednu hodinu. Stejné kriterium bylo použito pro ustálení po odlehčení oblouku. O měření byl průběžně tištěn protokol. Znázornění průběhu průhybů je na obr. 3 a 4.

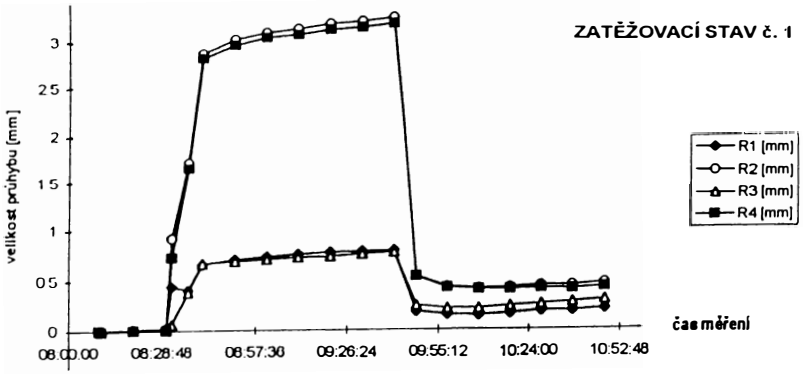
Při dynamické zatěžovací zkoušce byly měřeny pouze průhyby v místech R1 až R4 (obr. 2). Snímače byly zapojeny na šestikanálový tranzistorový zesilovač s nosnou frekvencí 5 kHz typu KWS 673.A7 Hottinger Baldwin s přesností ± 2%. Digitalizace analogového signálu byla prováděna A/D převodníkem DYNALOG 2000 fy PEEKEL. Měření bylo řízeno počítačem IBM PC/AT-3. Příklady záznamů odezvy oblouku na přejezd dvou nákladních automobilů T815 po hladké vozovce rychlostí 20 $km.h^{-1}$ je na obr. 5, jednoho vozidla T815 rychlostí 15 $km.h^{-1}$ přes normovou překážku umístěnou ve středu oblouku je na obr. 6.

Během statické zatěžovací zkoušky byla měřena teplota mostního oblouku a okolního vzduchu. Platinové teploměry typu Pt 100/A byly zapojeny rovněž na ústřednu UPM 60 Hottinger Baldwin. Hodnoty teploty byly odečítány ve stejných intervalech jako měřené veličiny (obr. 7). Snímače byly umístěny: t1 a t2 ve středu oblouku, t3 volně zavěšen ve stínu 1m nad zemí (teplota vzduchu). Teplota mostního oblouku byla téměř konstantní, i když teplota okolí byla proměnná. Projevila se teplotní setrvačnost mostní konstrukce.

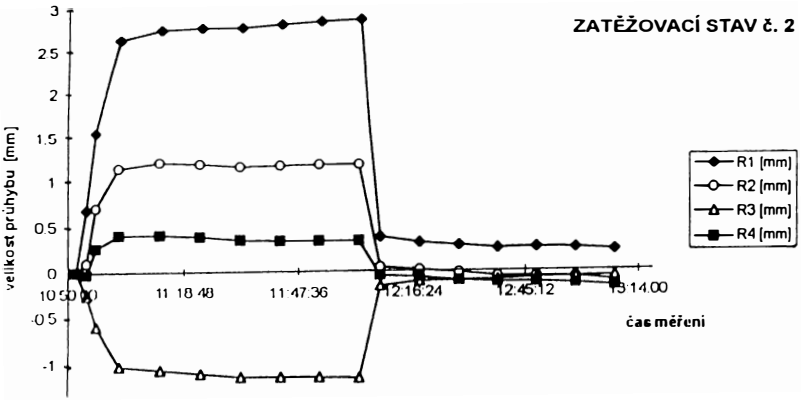
5. VÝSLEDKY ZATĚŽOVACÍ ZKOUŠKY

Naměřené veličiny při statické zatěžovací zkoušce byly vyhodnoceny podle čl. 52 až 54 ČSN 73 6209 [1]. Zhodnocení naměřených svislých průhybů je v tabulce 2. Zjištěné poměrné deformace v trámech mostovky jsou uvedeny v tabulce 3. Při zatěžování mostu během statické zatěžovací zkoušky ani po ní nebyly na konstrukci zjištěny trhliny patrné pouhým okem.

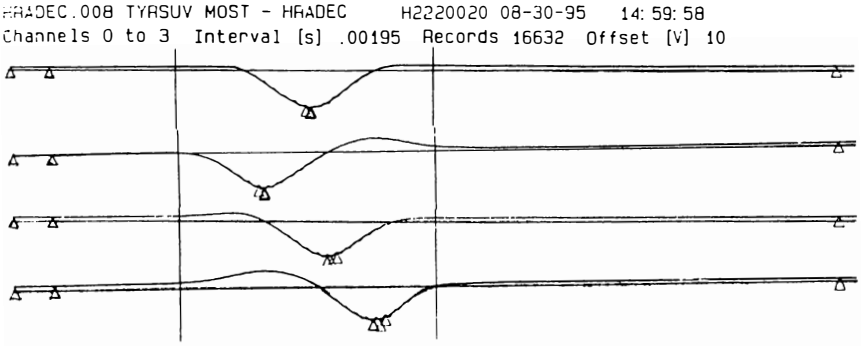
Hodnoty naměřených dynamických součinitelů δ_{obs} byly přepočteny podle vztahu (14) v ČSN 73 6209 na hodnoty tzv. dynamických součinitelů přepočtených, redukovaných účinností zatížení. Jejich závislost na rychlosti zatěžujících vozidel je uvedena na obr. 8. Na



Obr. 3

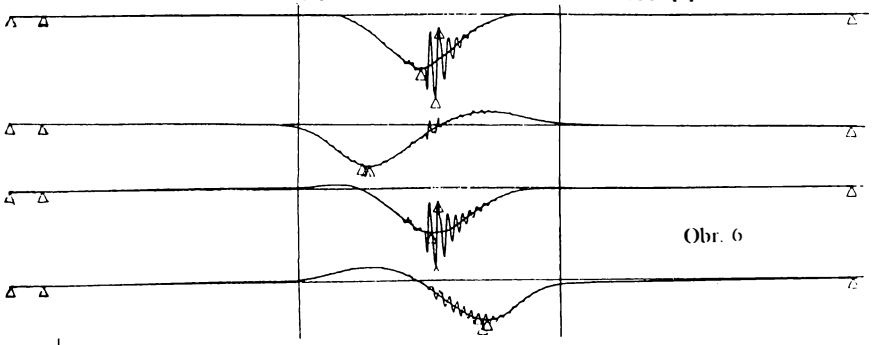


Obr. 4

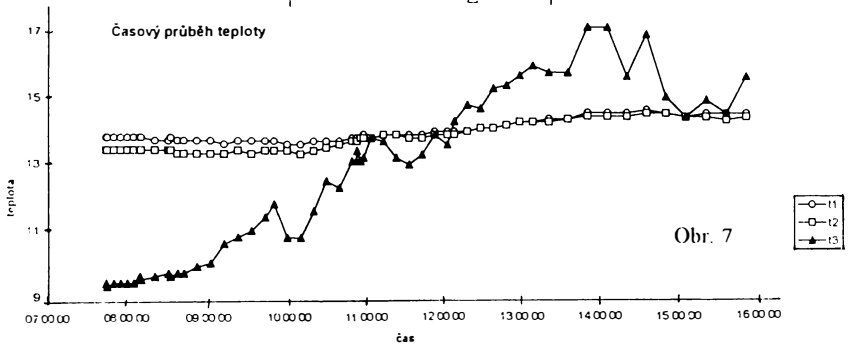


Obr. 5

HRADEC.020 TYRSOV MOST - HRADEC H1320115 08-30-95 15:41:39
Channels 0 to 3 Interval [s] .00195 Records 20408 Offset [V] 10



Obr. 6



Obr. 7

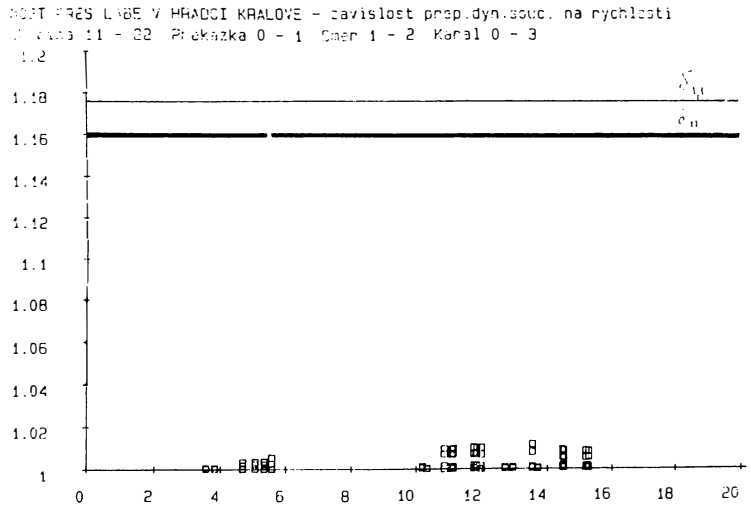
Tabulka 2

Zhodnocení svislých průhybů se započtením vlivu sednutí podpor									
Zatěžovací stav č.	Měřené místo	$s_{tot,m}$ [mm]	$s_{r,m}$ [mm]	s_{tot} [mm]	s_r [mm]	s_c [mm]	s_{cal} [mm]	s_c/s_{cal}	s_r/s_{tot}
1	R1	0,78	0,19	0,56	0,12	0,44	x		
	R2	3,17	0,44	2,95	0,3	2,65	3,3	0,8	0,1
	R3	0,75	0,28	0,52	0,07	0,45	x		
	R4	3,13	0,42	2,91	0,28	2,63	3,3	0,8	0,1
2	R1	2,85	0,22	2,54	-0,1	2,64	3,6	0,73	-0,04
	R2	1,18	-0,11	1,01	-0,38	1,39	x		
	R3	-1,16	-0,06	-1,19	-0,28	-0,91	-2,7	0,34	0,24
	R4	0,33	-0,18	0,16	-0,45	0,61	x		

Tabulka 3

Rovnoměrná deformace a napětí podélných trámů mostovky							
Zatěžovací stav č.	Měřené místo	ε_{tot} [μm/m]	ε_r [μm/m]	ε_c [μm/m]	σ_{tot} [MPa]	σ_r [MPa]	σ_c [MPa]
1	T1	9	5	4	0,24	0,13	0,11
	T2	7	4	3	0,19	0,11	0,08
	T4	10	10	0	0,27	0,27	0
2	T1	-46	7	-53	-1,22	0,19	-1,4
	T2	-35	5	-40	-0,93	0,13	-1,06
	T4	-43	2	-45	-1,14	0,05	-1,19

obrázku δ_n=1,16 je hodnota normového dynamického součinitele [2] zavedeného do statického výpočtu a hodnota $\delta_{1,1}$ znázorňuje možnost jeho překročení v deseti procentech jízd o deset procent.



Obr. 8

6. ZÁVĚR

Podrobné vyhodnocení výsledků statické a dynamické zatěžovací zkoušky mostu [4] prokázalo, že rekonstrukce mostu byla úspěšná. Všechny hodnoty sledovaných veličin splnily kritéria pro jejich posouzení podle ČSN 73 6209 [1]. Zvláště hodnoty dynamického součinitele určené z naměřených odezev oblouku mostní konstrukce jsou menší než normová hodnota dynamického součinitele δ_n=1,16 zavedeného do statického výpočtu podle ČSN 73 6203 [3].

Na základě zhodnocení v [4] bylo doporučeno uvedení Tyršova mostu v Hradci Králové do provozu.

LITERATURA:

[1] ČSN 73 6209 Zatěžovací zkoušky mostů.

[2] ČSN 73 6203 Zatížení mostů.

[3] Baťa, M.- Hrdoušek, V.- Plachý, V.- Sýkora, J.: Program statické zatěžovací zkoušky Tyršova mostu v Hradci Králové. Praha, FSv ČVUT 1995.

[4] Baťa, M.- Hrdoušek, V.- Plachý, V.- Polák, M.- Sýkora, J.- Hánek, P.: Statická a dynamická zatěžovací zkouška Tyršova mostu v Hradci Králové, zpráva č. 123102/95. FSv ČVUT, Praha 1995.

Miloslav Baťa, Prof., Ing., DrSc. - Václav Plachý, Prof., Ing., DrSc. - Michal Polák, Ing., CSc. - Jiří Sýkora, Doc., Ing., CSc.
Fakulta stavební ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6.
Tel. 2435 4476, fax. 243 1 0775.