

VYUŽITÍ METODY AKUSTICKÉ EMISE K HODNOCENÍ STAVU MOSTNÍCH NOSNÍKŮ

BRIDGE GIRDERS CONDITION EVALUATION BY ACOUSTIC EMISSION METHOD USE

Ing. Karel Pospíšil, Ph.D. (1)
Ing. Marta Kořenská, CSc. (2)
doc. Ing. Luboš Pazdera, CSc. (3)
Ing. Josef Stryk (4)

- (1) Centrum dopravního výzkumu, sekce dopravní infrastruktury,
Líšeňská 33a, 636 00 Brno Tel.: 549 429 342, fax: 549429 343, e-mail: pospisil@cdv.cz
(2) Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav Fyziky,
Žižkova 17, 602 00 Brno, Tel.: 541147657, fax: 541147663, e-mail: korenska.m@fce.vutbr.cz
(3) Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav Fyziky,
Žižkova 17, 60200 Brno, Tel.: 541147657, fax: 541147663, e-mail: pazdera.l@fce.vutbr.cz
(4) Centrum dopravního výzkumu, sekce dopravní infrastruktury,
Líšeňská 33a, 63600 Brno Tel.: 549429 330, fax: 549429 343, e-mail: stryk@cdv.cz

Anotace: Stav železobetonových objektů ovlivňuje řada různých faktorů. Mezi nejzávažnější negativní faktory patří koroze výztuže. Pracovníci Centra dopravního výzkumu a Ústavu fyziky Fakulty stavební VUT Brno se v současné době zaměřili na vývoj diagnostické metody, založené na principu akustické emise, která by měla sloužit pro monitorování strukturních poruch železobetonových a předpjatých konstrukcí, zejména mostů, vyvolaných korozi výztuže. V příspěvku je popsáno měření, provedené při příležitosti rekonstrukce mostu 7-012 Brandýsek na rychlostní komunikaci R7 vedoucí z Prahy směrem na Slaný.

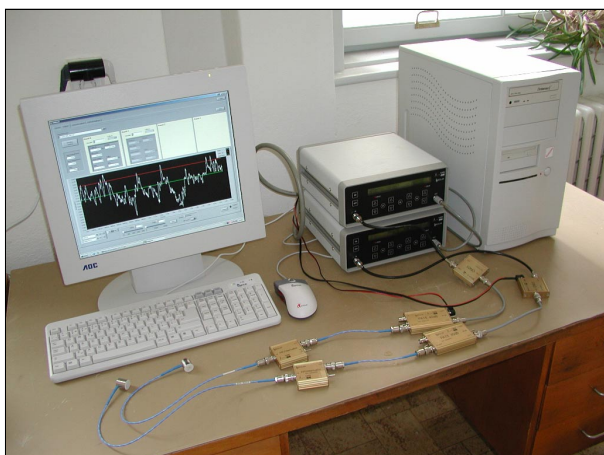
Abstract: A condition of ferroconcrete structures is affected by a lot of different factors. One of the most negative factors is reinforcement corrosion. Transport Research Centre and Physical Department of Faculty of Civil Engineering at Brno University of Technology are dealing with development of a diagnostic method based on acoustic emission principle at present time. This method should be used for structural defects monitoring of ferroconcrete and prestressed structures especially bridges, where defects were evoked by reinforcement corrosion. In this paper there is described measurement realized on the occasion of the 7-012 Brandysek bridge reconstruction. The bridge is located at R7 expressway between Prague and Slany.

1. ÚVOD

Při příležitosti rekonstrukce mostu 7-012 Brandýsek, bylo celkem 18 mostních nosníků 173 podrobeno měření metodou akustické emise (AE). Na podhledu jednotlivých nosníků, konkrétně uprostřed jejich rozpětí, byly snímány signály AE, jež byly vyvolány pojezdem plně naloženého nákladního vozu Tatra přes dřevěný práh. Prah byl umístěn na vozovce nad místem měření. Následně, při postupné demolici nosníků, byl hodnocen stav jednotlivých lan předpínací výztuže a konstrukční výztuže. Cílem bylo ověřit, zda lze metodu AE využít pro zjištění stavu ocelové výztuže nosníků tohoto typu.

2. PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ

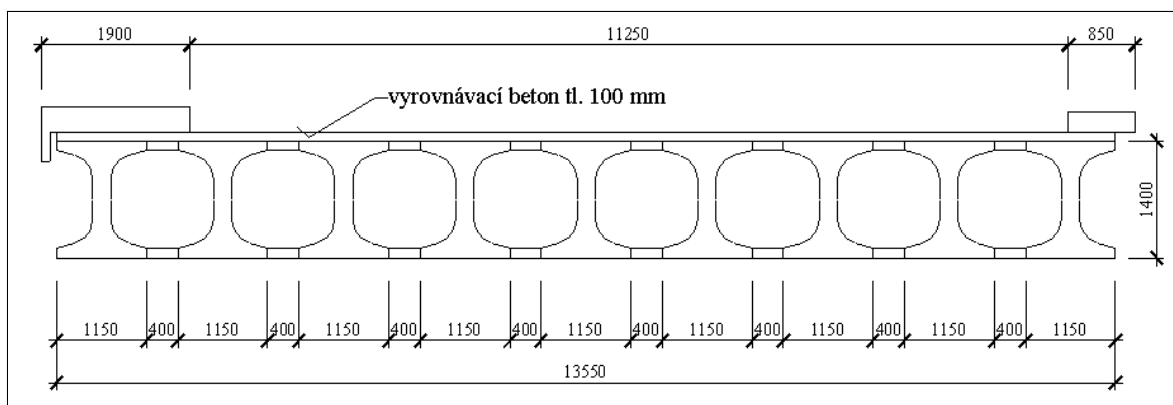
Měření bylo provedeno pomocí speciálně sestavené dvou kanálové měřicí aparatury. Ta se sestává z výkonného počítače, který je osazen měřicí kartou NI 5112, která umožňuje vzorkovat sejmутý signál frekvencí až 100 MHz. Pomocí koaxiálních kabelů jsou propojeny další části aparatury (zesilovače, předzesilovače a širokopásmové piezoelektrické snímače s frekvenčním rozsahem do 1 MHz). Měřicí aparatura je zobrazena z **obr. 1**.



Obr. 1: Měřicí sestava

3. PRŮBĚH MĚŘENÍ

V době měření byla přístupná dvě krajní pole mostu, z celkového počtu tří. Příčný řez mostem zobrazuje obr. 2. Měření metodou akustické emise bylo podrobena celkem 18 mostních nosníků I 73. Na podhledu jednotlivých nosníků byly v polovině jejich rozpětí připojeny snímače pro záznam signálů AE. Ty byly vyvolány pojezdem plně naloženého nákladního vozu Tatra přes 15 cm vysoký dřevěný práh. Práh byl umístěn na vozovce přímo nad místem měření. Připojování snímačů bylo realizováno z vysokozdvíže plošiny a napájení měřicí aparatury bylo zajištěno elektrocentrálou. Využití plošiny dokumentuje obr. 3, vyvolání akustické emise pojezdem nákladního automobilu přes dřevěný práh ukazuje obr. 4.



Obr. 2: Příčný řez mostem

Před každým měřením byl nejdříve vhodně umístěn dřevěný práh, a to tak, aby kolo nákladního automobilu dopadlo co nejbližší místu, kde byly na spodní straně nosníku umístěny snímače. Po celou dobu přejezdu nákladního automobilu přes práh byl kontinuálně snímán signál AE, přibližně v délce 10 sekund. Zvolena byla vzorkovací frekvence 1 MHz. Každý nosník byl měřen opakovaně třikrát. Tímto způsobem proběhlo měření celkem 18 nosníků 173 ve dvou polích mostu.



Obr. 3: Lepení snímačů



Obr. 4: Přejezd přes práh

4. DEMOLICE NOSNÍKŮ

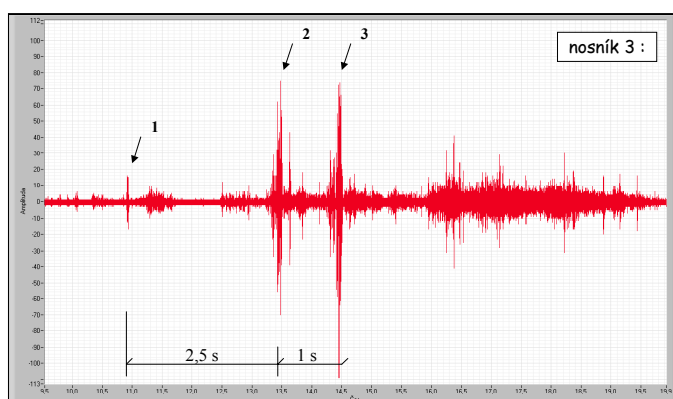
Již před měřením bylo rozhodnuto, že stávající spřažené betonové nosníky typu I 73 budou odstraněny a nahrazeny nosníky ocelovými. Demolice nosníků byla prováděna přímo na místě stavby, pomocí pneumatického kladiva a hydraulických nůžek. Použitím tohoto zařízení byl beton rozbit na malé kousky, konstrukční i předpínací výztuž byla separována a odvezena do sběrný. Během tohoto procesu se naskytla jedinečná příležitost zjištění stavu výztuže. Byla provedena vizuální kontrola jednak v místě měření, dále po celé délce nosníku, včetně stavu kotev a ocelových trubek Sandrik. Zkoumání bylo zaměřeno především na předpínací výztuž, jejíž lana byla tvořena 20 dráty průměru 4,5 mm.



Obr. 5: Stupně koroze k1 a k4

V žádném místě nedošlo k výraznému oslabení průřezu výztuže vlivem koroze. Stav korozního napadení byl pro účely hodnocení rozdělen do 4 stupňů. Do prvního stupně k1 byla zařazena výztuž téměř korozí nedotčená, do posledního čtvrtého stupně k4 byla zařazena výztuž nacházející se v blízkosti kotev, která vykazovala rovnoměrný povlak rzi do tloušťky 0,5 mm, s počátečním výskytem důlkové koroze, viz **obr. 5**.

5. HODNOCENÍ NOSNÍKŮ



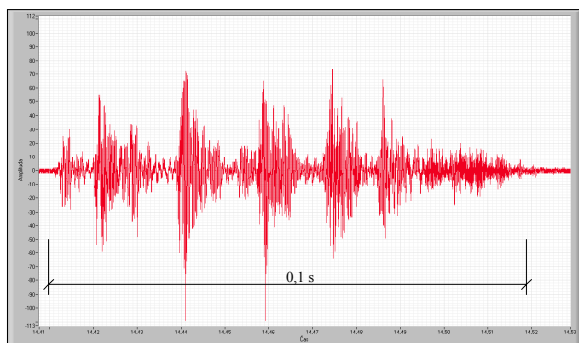
Obr. 6: Časový průběh signálu – nosník 3

Pro vyhodnocení byl použit software pro zpracování signálů AE, který byl vytvořen na základě našich požadavků. K transformaci časového průběhu signálu na frekvenční spektrum byla použita FFT (Fast Fourier Transformation). Vyhodnocována byla data zaznamenaná pomocí jednoho kanálu, druhý kanál měl funkci kontrolní.

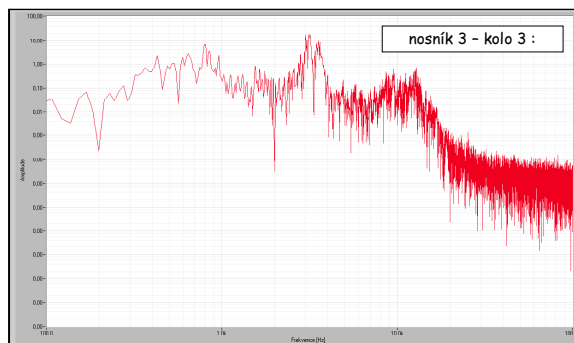
Typický časový průběh sejmutého signálu je zobrazený na **obr. 6**, kde jsou šipkami označené události, vyvolané dopadem jednotlivých kol nákladního automobilu. Šipka 1 odpovídá přední nápravě, šipky 2 a 3 charakterizují 2 kola zadní nápravy.

Pro analýzu signálů dalších nosníků byly vybrány časové úseky charakterizující dopad druhého a třetího kola, kdy bylo dosaženo nejvyšší hodnoty amplitudy signálu. Na obrázku **č. 7** je zobrazen časový úsek během něhož dopadlo třetí kolo zadní nápravy nákladního automobilu na vozovku, na **obr. 8** je uvedeno odpovídající frekvenční spektrum.

Porovnáním jednotlivých frekvenčních spekter, jež byly sledovány v rozsahu 100 Hz až 500 kHz nebyly zjištěny žádné významné rozdíly. V rámci provedených měření nebyla nalezena



Obr. 7: Časový úsek charakterizující dopad třetího kola



Obr. 8: Frekvenční spektrum charakterizující dopad třetího kola

žádná frekvence, která by charakterizovala významné porušení konstrukce způsobené korozí výztuže. Tomu také odpovídá výsledek vizuální kontroly výztuže v měřených místech během demolice jednotlivých nosníků, při níž bylo zjištěno, že výztuž, jak předpínací tak i konstrukční byla ve vyhovujícím stavu z hlediska koroze.

6. ZÁVĚR

Výše popsané měření proběhlo v září a říjnu 2002 jako první ze sady měření in situ. V roce 2003 budou podrobeny měření další mosty a to i z jiných typů nosníků, především typu KA. Měření bylo provedeno v rámci řešení projektu Ministerstva dopravy a spojů ČR 803/120/108 Stanovení metodiky monitorování výztuží železobetonových a předpjatých konstrukcí, projektu GAČR 103/03/0295 Monitorování a analýza koroze výztužní oceli v železobetonových konstrukcích metodou akustické emise a záměru CEZ J22198:2610007 Teorie, spolehlivost a mechanismus porušování stavebních konstrukcí.

Stav řešení projektu 803/120/108 je možno nalézt na serveru CDV na adrese www.cdv.cz v sekci Řešené projekty.

LITERATURA

- [1] Pospíšil K. - Koroze výztuže předpjatých a železobetonových mostů a její detekce, In: Inžinierske stavby, č.1, 2001, s. 34-38, ISSN: 1335-0846.
- [2] Pospíšil, K.- Kořenská, M. - Pazdera, L. - Stryk, J. - Akustická emise jako nástroj pro nedestruktivní monitorování výztuže železobetonových a předpjatých mostů, In: Sborník ze 7. mezinárodního sympózia Mosty 2002, s. 198 - 202, IBF Brno, 25.- 26.4. 2002 ISBN 80-7204-235-1.
- [3] Pospíšil, K. - Kořenská, M. - Pazdera, L. - Stryk, J. - Možnosti diagnostiky koroze výztuže mostních konstrukcí metodou akustické emise, In: Sborník 2 XII. mezinárodního sympózia Sanace 2002, s. 66 - 71, Sdružení pro sanace betonových konstrukcí, Brno, 16.- 17.5. 2002, ISSN 1211-3700.
- [4] Kořenská, Ma. - Pazdera, L. - Pálková, M. - Kořenská, Mo. - Řitičková, L. - Pospíšil, K. - Diagnostic of Reinforcement Corrosion within Reinforced Concrete Specimens by Resonant Inspection, In: Sborník z 8th European conference on non-destructive testing 2002, Barcelona, abstrakt s. 152, plný text příspěvku na CD, 17.- 21.6. 2002, ISBN 84-699-8573-6.
- [5] Pospíšil K., Chobola Z. et al.: Stanovení metodiky monitorování výztuží železobetonových a předpjatých konstrukcí - zpráva o řešení projektu za rok 2002, CDV, Brno, leden 2003.