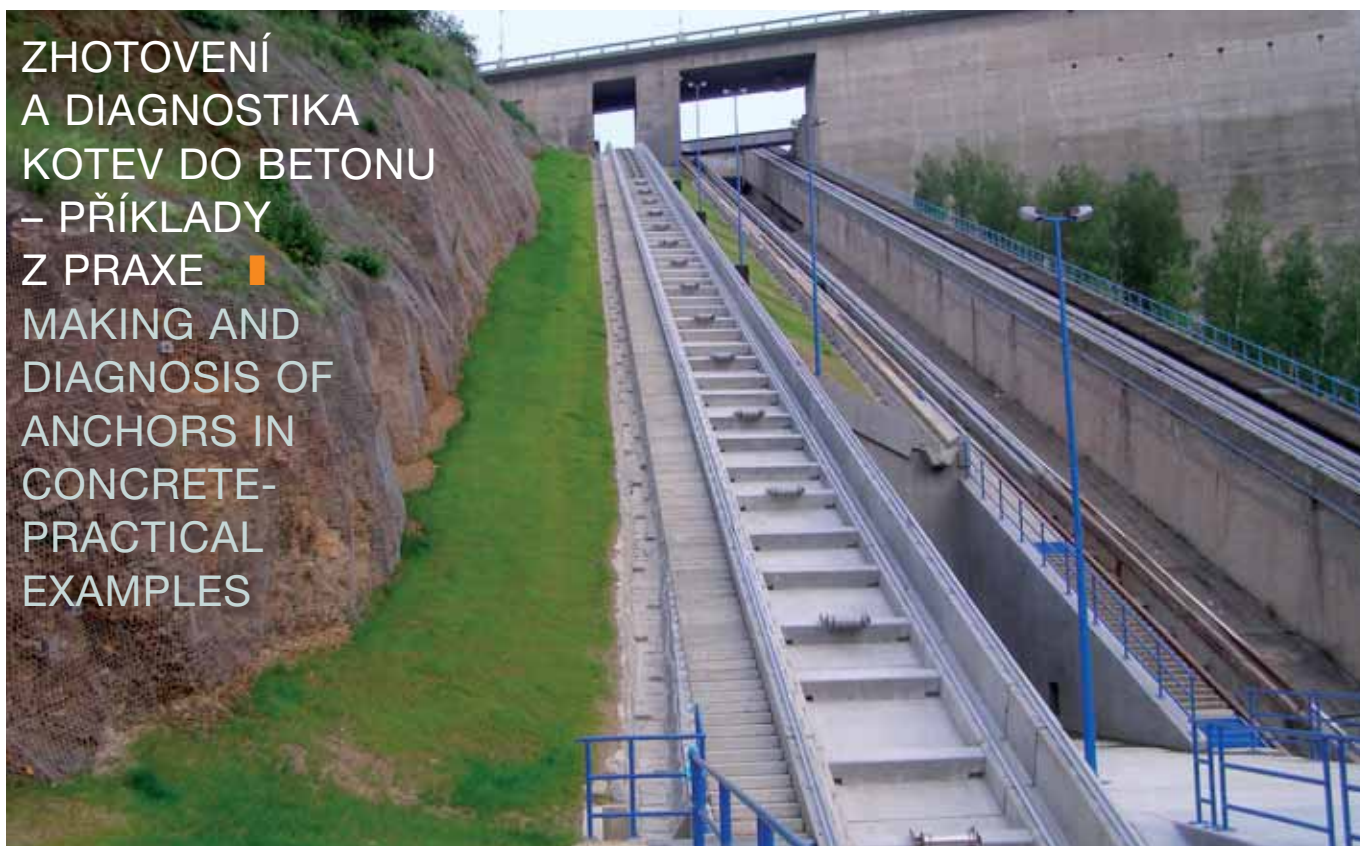


ZHOTOVENÍ A DIAGNOSTIKA KOTEV DO BETONU – PŘÍKLADY Z PRAXE ■ MAKING AND DIAGNOSIS OF ANCHORS IN CONCRETE- PRACTICAL EXAMPLES



Tomáš Míčka, Leonard Hobst, Jaromír Láník,
Martin Koudelka, Lubomír Vítek

V rámci výzkumných projektů na Ústavu stavebního zkušebnictví Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně jsou zkoumány možnosti využití nedestruktivních metod pro diagnostiku konstrukcí. Ze stavební praxe je známo, že pokud prováděcí firmy realizují dodatečné kotvení nosných konstrukcí, ne vždy tato kotvení odpovídají projektu. Proto byla odzkoušena nedestruktivní metoda, která umožňuje s velkou přesností stanovit délku ukotvení. ■ Anchoring bolts are necessary part of the reinforced-concrete structures. The tensile resistance of anchoring bolts depends on the anchorage length in concrete. There are many structures such as industry halls (frame system), some types of protective railings, steel cell-transmitters and lighting poles, their stability depends on the length of anchoring. The anchoring is designed not only on normal loading which directly affects the structure but also on extreme loading which is caused by natural disaster. In practice it was discovered that the length of anchoring did not match with design documentation. Supplying companies make the anchoring holes shorter if it is impossible to proceed their length properly from technological reasons. These fact leads to discover some effective non-destructive method for testing the anchorage length in concrete properly.

Stále více moderních železobetonových konstrukcí je koncipováno tak, že navazující konstrukce jsou k nim dodatečně kotveny. Výrobní proces se tím výrazně zjednodušuje ve srovnání se stavem, kdy byly kotvicí prvky umísťovány do bednění ještě před betonáží. Dodatečné umísťování kotev do betonových konstrukcí však vyžaduje buď dobré provedení konstrukcí na základě dobře zhotoveného projektu nebo dokonalou diagnostiku konstrukcí, aby při vývrtu nebyla narušena důležitá část základní konstrukce, a dále dokonalou vrtací techniku, aby byla vždy dosažena navržená hloubka pro osazení kotev. Na mnoha příkladech z konkrétních staveb jsme však svědky toho, že osazení kotev není provedeno kvalitně – důlek kotev je

často zkracován i v případech, kdy předepsaná hloubka pro kotvu při vrtání otvorů není dosažena. Některé vady chybného provedení kotev lze zjistit vizuální prohlídkou. Např. jsou to stopy po odřezání části kotvy, které jsou patrné na vyčnívajícím důlku – nad kotevní maticí. Při chybném mechanickém provedení kotvy pak může dojít i k protáčení kotvy v ukotvení. To všechno jsou vady zjistitelné bez použití speciálního přístrojového vybavení. Výše zmíněné nedostatky víceméně ve všech případech výrazně ohrožují stabilitu kotvených konstrukcí, v některých případech dokonce zásadně ohrožují bezpečnost provozu (např. u kotvení svodidel či kolejnic).

NÁVRH A ZHOTOVENÍ CHEMICKÝCH KOTEV

Návrh kotev do betonu, zejména kotev chemických, musí vždy zajišťovat zodpovědný projektant s ohledem na návrhová zatížení a požadovanou únosnost kotev, podkladní materiál, resp. místní podmínky, které budou ovlivňovat kvalitu navržených chemických kotev nejen při aplikaci, ale i po dobu životnosti navrhované konstrukce.

Kromě základních vlastností, tj. materiálových charakteristik základních materiálů (betonový podklad, vlepaný ocelový prvek a lepicí tmel), ovlivňují kvalitu chemických kotev zejména následující okolnosti:

- vzdálenost kotev od okraje, resp. osová vzdálenost kotev mezi sebou,
- hloubka osazení kotev,
- kvalita dočištění otvoru před osazením kotev,
- atmosférické podmínky v době osazování kotev.

Na kvalitu (únosnost) kotev má samozřejmě vliv i přirozené stárnutí použitých materiálů a zejména koroze vlepaného ocelového prvku.

Obecně lze říci, že při dobře navrženém kotvení by v případě extrémního zatížení vysoko nad navrženou únosností mělo dojít buď k přetržení vlastního vlepaného ocelového prvku, nebo k vytržení kužele betonu podkladního materiálu.

PROBLEMATIKA ZKOUŠENÍ A DIAGNOSTIKY

KOTEV DO BETONU

Pro objektivní stanovení kvality provedení chemických kotev byla dlouho hledána vhodná nedestruktivní metoda, která by mohla s velkou přesností stanovit hlavně délku vlastní kotvy, a tím i délku ukotvení.

Na základě požadavků praxe byla na Ústavu stavebního zkušebnictví Fakulty stavební VUT v Brně zkoumána ultrazvuková impulsní metoda, využívaná pro kontrolu svarů, kterou se podařilo vhodně využít i pro měření délky zabetonovaných kotev. S touto metodou byla uskutečněna celá řada laboratorních měření, která se soustředila na nastavení přístroje a na zjištění dosahu této metody. Po laboratorních měřeních byla metoda odzkoušena in-situ, kde prokázala velkou operativnost a přesnost měření.

Principiálně je měření realizováno pomocí impulsové odrazové metody, to znamená, že přístroj vysílá i přijímá impulzy, které se odráží od protější roviny geometrického útvaru. Přístroj měří čas, za který tento odražený impulz (echo) dorazí zpět do vysílače, který se přepne na přijímač. Ze známé rychlosti šíření UZ vln v oceli ($c_s = 5\,920$ m/s) přístroj vypočítá dráhu, kterou signál urazí, což potom, dle svého nastavení, vyhodnotí jako tloušťku daného materiálu, či celkovou délku (obr. 1).

Před začátkem měření délky UZ přístrojem je nutné kalibrovat časovou základnu tak, aby měřená délka vypočítaná z rychlosti šíření UZ signálu materiálem byla dostatečně přesná, k čemuž se používají kontrolní měřky.

Základní měřka pro ultrazvukové impulsové defektoskopy pracující ve frekvenčním pásmu od 0,5 do 15 MHz byla doporučena mezinárodním svářečským ústavem (International Institute of Welding, IIW). Tato měřka byla pro svou univerzálnost převzata s malými obměnami v mnoha evropských státech. V ČR je označena jako kontrolní měřka K1 a její podrobný popis je v ČSN 35 6885.

Podobný účel plní i další měřka označená K2 podle ČSN 35 6886. Tato měřka se vyrábí opět z oceli se stejnými akustickými vlastnostmi jako měřka K1. Pro její menší rozměry i hmotnost se jí dává přednost v montážních podmínkách. Nastavení přístroje se uskutečňuje před vlastním měřením a kontrolní měření na měřkách se provádí pravidelně během měření in-situ.

Pro zjištění únosnosti kotevních šroubů byla výše uvedená metoda doplněna měřením tahové únosnosti ocelových kotev převzatým z Evropské směrnice ETAG 001: Směrnice pro evropské technické schvalování kovových kotev pro použití v betonu, část 5 Soudržné kotvy.

PRAKTICKÉ VYUŽITÍ ZKOUŠEK CHEMICKÝCH KOTEV

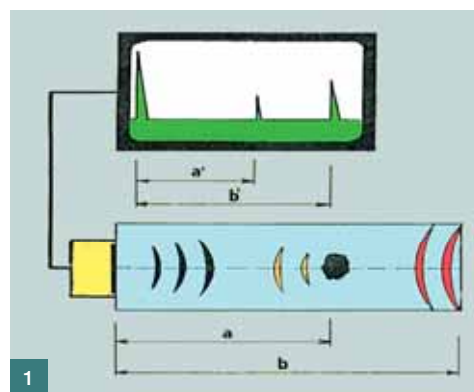
Kolejová dráha na VD Orlík

Sportovní plavba byla vybudována v rámci výstavby VD Orlík. Lodě do výtaku 3,5 t a max. šířky 2,6 m jsou zde přepravovány na plošinovém vozíku bez vody taženém elektrickým navijákem po kolejové dráze. Základním konstrukčním prvkem je železobetonové monolitické koryto tvaru „U“ délky 211 m, šířky 3,4 m ve sklonu dráhy 22°. Vzhledem k úplnému zničení původní konstrukce při povodni v roce 2002 byla v letech 2004 až 2005 zhotovena konstrukce nová (obr. 2).

Zjištěné závady po ročním provozu

Cca rok po opravě začal provozovatel VD Orlík identifikovat u kotvení kolejnic (lepené kotvy) následující závady:

Obr. 1 Schéma činnosti ultrazvukového přístroje
Fig. 1 Scheme of performance of ultrasonic device



- poruchy v protikorozní ochraně ocelových prvků kotevního systému,
 - některé z kotev se při dotahování protácejí,
 - některé z kotev nemají dostatečný počet závitů nad kotevní matkou (v rámci stavby bylo dodavatelem kotvení kolejnic nahrazeno nařezanou kulatinou s dodatečně vyřezanými závity pro kotevní matky),
 - v určitých úsecích dochází k vybočování kolejnic, resp. k zvýšenému namáhání při průjezdu plošinového vozíku.
- Tyto vady vedly k požadavku na provedení komplexního diagnostického průzkumu kotevního systému kolejnic sportovní plavby.

Diagnostika stavu kotevních šroubů

Cílem nedestruktivní ultrazvukové kontroly kotevních šroubů bylo stanovit jejich celkovou délku a na základě jejich přesahu přes úroveň železobetonové konstrukce dráhy zjistit jejich skutečné zapuštění do železobetonové konstrukce.

Pro vlastní měření byl použit ultrazvukový impulsní přístroj Sonic 136P od firmy Staveley Instruments INC a též jeho novější verze Sonic 1200HR. Před vlastním měřením byly oba přístroje kalibrovány pro požadovaný rozsah, který byl stanoven maximálně na 200 mm. K nastavení ultrazvukového přístroje sloužily ultrazvukové měřky K1 a K2 a speciální měřka, vyvinutá pracovníky ústavu. Pro měření délek kotevních šroubů byla použita ultrazvuková sonda o frekvenci 5 a 10 MHz (obr. 3). Jako kontaktní prostředek akustické vazby byl použit speciální gel.

Před vlastním měřením byl povrch kotevních šroubů upraven rozbrušovačkou, aby byly odstraněny „otřepy“ a bylo dosaženo dobré akustické vazby (po aplikaci gelu) mezi UZ sondou a zkoušeným kotevním šroubem. Kotevní šrouby, určené ke kontrole, byly označeny žlutou barvou. Při měření byla UZ přístrojem stanovena celková délka kotevního šroubu a od ní byl postupně odečítán přesah, kterým kotevní šroub přesahuje povrch betonového dílce (obr. 4).

Zkouška délky kotevních šroubů byla doplněna zkouškami pevnosti základního materiálu, nedestruktivním ověřením polohy armokoše nosné konstrukce jeřábové dráhy, analýzou dostupných podkladů atd.

Výsledky diagnostického průzkumu

Podrobný průzkum dospěl k následujícím závěrům:

- Přibližně 60 % kotevních šroubů bylo v rámci montáže zkráceno, přičemž přibližně 58 % šroubů má nedostatečnou kotevní délku. Jako příčinu lze jednoznačně stanovit technologickou nekázeň při osazování a kotvení podkladnic. Při provádění vrtů nebyly při kolizi s armokošem vrty dokončeny v patřičné délce, což by vyžadovalo použití jádrového vrtání. Následně pak byly kráceny kotevní šrouby.



2a



2b



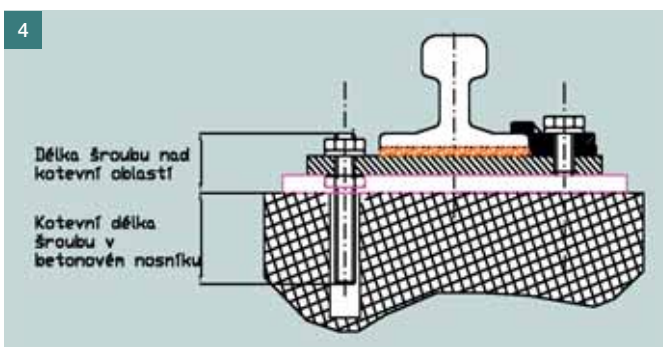
3

Obr. 2 a) Pohled na přehradní hráz s kolejovou dráhou, b) detail kotvení kolejnice ■

Fig. 2 a) View of a dam with a railway track, b) detail of anchorage of the rail

Obr. 3 Práce s ultrazukovým přístrojem při kontrole délky kotevních šroubů ■ Fig. 3 Work with ultrasonic device in checking the length of anchoring screws

Obr. 4 Schéma upevnění kolejové dráhy lodního výtahu VD Orlik ■ Fig. 4 Scheme of fastening of the railway track of the ship lift of the Orlik dam



4

Společnost SMP CZ - tradice a kvalita



Rekonstrukce lanového mostu v Praze-Hostivaři



Rekonstrukce mostu v Protivíně



Rekonstrukce historického mostu ve Žďáru nad Sázavou

www.smp.cz

Společnost je charakteristická výrazným oborovým vymezením své působnosti.

V oborech, které rozvíjí
- dopravní stavby,
podzemní stavby, vodohospodářské
a průmyslové stavby,
se řadí mezi nejlepší firmy.

SMP
SMP CZ

Společnost skupiny VINCI CONSTRUCTION

- Osově vzdálenosti podkladnic jsou průměrně 852 mm. Dle nabídky i projektové dokumentace na stupni DZS měla být tato vzdálenost 500 mm.

S ohledem na výsledky diagnostického průzkumu bylo nezbytné okamžitě uzavřít provoz sportovní plavby a v rámci reklamačního řízení zajistit řádnou komplexní opravu kotevního systému kolejnic.

Most ev. č. 4-019 přes údolí Voznického potoka na rychlostní komunikaci R4

Voznický potok na trase rychlostní komunikace R4 je překlenut dvěma souběžnými mosty o sedmi polích a celkové délce přemostění 251,25 m. Nosnou konstrukci tvoří spojitý nosník komůrkového průřezu z podélně předpjatého betonu. Svršek mostu byl v rámci opravy v letech 2000 až 2001 vyměněn (obr. 5).



Zjištěné závady na mostě

V rámci výkonu běžné prohlídky mostu byly zjištěny následující závady v kotvení svodidel u vnější římsy levého mostu, ke kterým došlo po nárazu projíždějícího vozidla:

- v úseku nárazu došlo k vytržení chemických kotev z betonu římsy (obr. 5),
- některé kotvy měly zcela nedostatečnou délku, po posouzení vlepaného ocelového prvku bylo zjištěno, že výrobek (šroub) renomované firmy byl na stavbě dodatečně krácen,
- patní plech svodidlových sloupků měl nedostatečnou tloušťku.

Uvedené závady byly podnětem pro provedení diagnostického průzkumu, kterým měl být určen přesný rozsah závad a jejich vliv na provozuschopnost daných konstrukcí.

Cíle diagnostického průzkumu na mostě

Cílem nedestruktivní ultrazvukové kontroly kotevních šroubů bylo ověřit jejich celkovou délku a na základě jejich přesahu nad úroveň železobetonové konstrukce římsy zjistit jejich skutečnou kotevní délku v železobetonové konstrukci (obr. 6). Kotevní šrouby slouží k připevnění sloupků svodidel. Počet měření a výsledky nedestruktivní kontroly jsou na obr. 7.

Před vlastním ultrazvukovým měřením bylo podrobně prohlédnuto ukotvení jednotlivých ocelových sloupků svodidel a vizuálně bylo stanoveno, zda kotevní šrouby jsou originální (nezkracované), anebo zda povrch šroubu svědčí o tom, že došlo k jeho úpravě – zkrácení.

Pro zjištění únosnosti kotev byla u vybraných kotev zjišťována jejich skutečná únosnost destruktivními metodami pomocí hydraulického lisu.

Ověřovací metoda, která byla použita na mostním objektu, je modifikací ověřovací metody dle ETAG 001 pro neomeze-

nou tahovou zkoušku. Neomezená tahová zkouška umožňuje neomezenou tvorbu porušení základního materiálu (kuželu betonu), u omezených zkoušek je zabráněno selhání kuželu betonu vnesením reakce do betonu bezprostředně u kotvy. Výsledky při neomezené zkoušce jsou tedy na stranu bezpečnou. Modifikace metody spočívá ve skutečnosti, že při tahových zkouškách byla měřena pouze síla (požadavek investora) při zatěžování kotevního prvku hydraulickým dutým lisem (obr. 8).

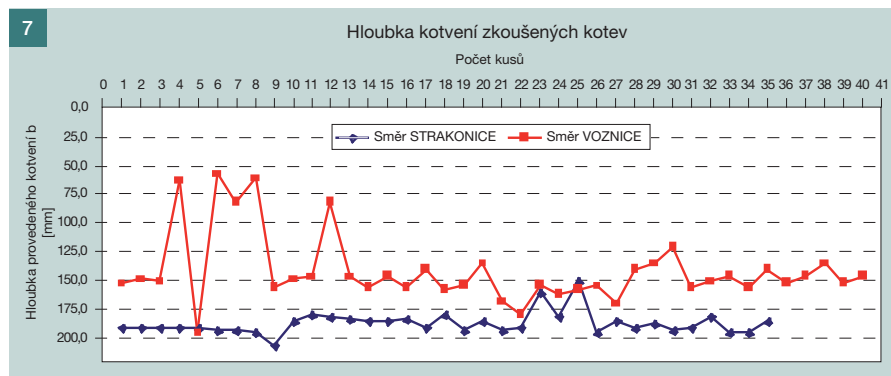
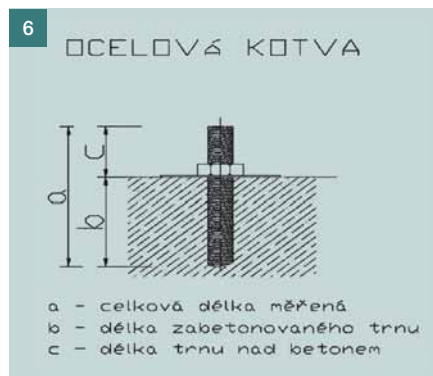
Pro vlastní měření tahové reakce kotevního šroubu byl použit tenzometrický dutinový siloměr HBM typ C6A 200 (zatížitelnost 200 kN, citlivost 1 kN), zatížení bylo vyvozeno dutinovým hydraulickým válcem KGF H50-75 o celkové zatížitelnosti 500 kN při zdvihu válce 75 mm. Elektricky měřené veličiny byly snímány spojitě měřicí ústřednou HBM Spider 8 při frekvenci ukládání 1 Hz, průběh zatěžování je uveden na obr. 9.

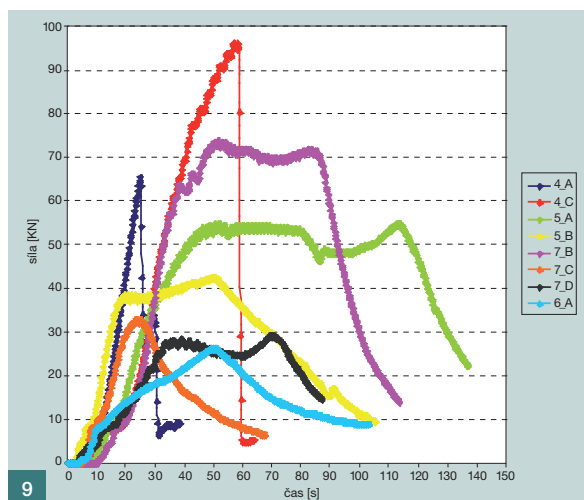
Tak jako v předchozím případě byly zkouška délky kotevních šroubů a zkouška únosnosti doplněny zkouškami pevnosti základního materiálu, nedestruktivním ověřením polohy armokoše nosné konstrukce římsy, analýzou dostupných podkladů atd.

Výsledky diagnostického průzkumu

Po studiu podkladů a projektové dokumentace (PD) z doby výstavby a opravy mostu, doplněných o výsledky dílčích zkoušek diagnostického průzkumu, se dospělo k následujícím závěrům:

Analýzou PD a dotčených předpisů platných v době opravy mostu bylo zjištěno, že v projektu i při vlastní stavbě došlo k některým nedostatkům. Co se týče PD, jedná se zejména o nedostatečnou tloušťku kotevního plechu sloupků svodidel. Při osazování svodidel pak byla zejména u levého mostu porušena základní technologická pravidla. Tím je





vážným způsobem ohrožena bezpečnost provozu na mostě. Jedná se zejména o:

- Při kotvení některých svodidlových sloupků došlo k zásadní technologické nekázni – kotevní šrouby byly kráceny a nebyly dodrženy technologické požadavky dodavatele kotevního systému ohledně aplikace lepidla – nesoudržnost lepidla (dvousložková vinyluretanová pryskyřice) s betonem římsy či s povrchem kotvy.
- Vyhodnocení měření délky kotev potvrdilo obavy zpracovatele průzkumu. U pravého mostu jsou výsledky celkem uspokojivé, ale u levého mostu jsou zjevně nevyhovující. Celkem 93 % šroubů s nedostatečnou kotevní délkou jednoznačně výrazně negativně ovlivňuje bezpečnost provozu na mostě.
- Výsledky tahové zkoušky provedené u kotevních šroubů levého mostu potvrdily výsledky ostatních zkoušek a lze jednoznačně konstatovat, že kotvení sloupků svodidla do levé římsy levého mostu je zcela nedostatečné:
 - počet šroubů s nedostatečnou max. silou (v porovnání s hodnotou požadovanou TP 128 – 70 kN): čtrnáct kusů, tj. cca 88 % zkoušených šroubů,
 - počet šroubů s nedostatečnou max. silou (v porovnání s hodnotou garantovanou výrobcem – 90 kN): patnáct kusů, tj. cca 94 % zkoušených šroubů,
 - počet šroubů se samovolným uvolněním: osm kusů, tj. cca 50 % zkoušených šroubů.

Dílčí závěr

- S ohledem na výrazně nižší stupeň zadržení svodidel levého mostu bylo nezbytné okamžitě omezit maximální rychlost vozidel v úseku mostu.
- Následně musí být provedena kompletní oprava záchytného systému tak, aby odpovídal stávajícím předpisům, které jsou platné v oboru pozemních komunikací.

Obr. 5 Celkový pohled na most přes potok Voznice

Fig. 5 General view of the bridge across the Voznice brook

Obr. 6 Schéma měření kotevní délky soudržných kotevních systémů

Fig. 6 Scheme of measuring the anchorage length of integrated anchoring systems

Obr. 7 Výsledky ultrazvukové kontroly kotevních šroubů svodidel

na mostním objektu Fig. 7 Results of ultrasonic check of anchorage screws of safety fences on the bridge

Obr. 8 Pohled na použitou hydraulickou zatěžovací soustavu

Fig. 8 View of the used hydraulic loading system

Obr. 9 Grafický průběh zatěžování vybraných kotev ve směru Voznice

Fig. 9 Graphic diagram of loading of selected anchors in the Voznice direction

ZÁVĚR

Příklady diagnostických průzkumů uskutečněných v průběhu roku 2009 na konstrukcích osazených chemickými kotvami prokázaly výhodnost použití navržených metod. Bohužel také prokázaly, že v případě nekvalitní práce zhotovitelé se tyto kotvy mohou stát zdrojem vážných havárií (možný kolaps kolejové dráhy, vytržení svodidel při nárazu). Je tedy nutno se ve zvýšené míře zabývat kontrolní činností během zhotovování kotev a při přejímce staveb s kotvami. Nutná je zejména podrobná přejímka připravených kotevních otvorů před osazením kotev. Jako účinné by se jevila garance dodavatelů kotevního systému u každé konkrétní stavby a jejich spoluodpovědnost za vlastní návrh.

Pokud jsou v rámci návrhu kotevního systému zohledněny veškeré požadavky dodavatele kotevních systémů, požadavky ČSN a všechny požadavky platných předpisů, lze konstatovat, že chemické kotvy jsou rozumným a dobrým řešením dodatečného kotvení do betonových konstrukcí.

V praxi se velmi osvědčila zejména ultrazvuková metoda pro kontrolu délky zabudovaných kotev. Ukázala se jako velmi operativní a dostatečně přesná, takže její uplatnění při přejímce staveb s dodatečně osazovanými chemickými kotvami lze doporučit.

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu GAČR 103/09/H085 a Výzkumného záměru MSM 021630519.

Příspěvek na toto téma zazněl na konferenci Sanace 2010.

Ing. Tomáš Míčka

Pontex, spol. s r. o.

Bezová 1658, 147 14 Praha 4-Braník

tel.: 244 062 244, fax: 244 461 038, e-mail: micka@pontex.cz



Prof. Ing. Leonard Hobst, CSc.



Ing. Jaromír Lánik



Ing. Martin Koudelka



Ing. Lubomír Vitek, Ph.D.



FAST VUT v Brně

Ústav stavebního zkušebnictví

Veveří 95, 602 00 Brno

tel.: 541 147 801, fax: 543 215 642

e-mail: 2620@fce.vutbr.cz