

# KONCEPCE DLOUHODOBÉHO SLEDOVÁNÍ MOSTŮ NA DÁLNICI D47 ■ THE CONCEPT OF LONG-TERM MONITORING OF HIGHWAY D47 BRIDGES



## Miloš Zich

Článek se zabývá koncepcí dlouhodobého sledování tří mostů na dálnici D47 Ostrava Hrušov–Bohumín, uvádí vybavení mostů měřickým zařízením, prováděné zkoušky betonu a celkový přehled provedeného sledování. Předpokládá se, že na tento článek budou v následujících číslech navazovat články popisující získané výsledky. Projekt a realizace sledování prováděl Ústav betonových a zděných konstrukcí FAST VUT v Brně ve spolupráci s projektantem mostů firmou Stráský, Hustý a partneři, s. r. o., Brno a dodavateli jednotlivých staveb. ■ This paper deals with the concept of long-term monitoring of three highway bridges built on the highway D47 Ostrava Hrušov–Bohumín. The paper presents the instrumentation of the structure, material tests and summary of measurements performed. It is assumed that the results of measurement will follow in the next papers. The design and the implementation of monitoring was done by the Department of Concrete and Masonry Structures of Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering in co-operation with design office of Strasky, Husty and Partners, Ltd Brno and the contractors of particular structures.

Konstrukce mostů sledovaných na dálnici D47 jsou navrhovány v kombinaci monolitického a/nebo prefabrikovaného betonu s ocelí, předpjatými kabely, závěsy ad. V návrhu konstrukcí bylo obsaženo mnoho inovativních prvků ve tvaru nosné konstrukce, použití vysokopevnostního betonu, použití netradičních postupů výstavby apod. U většiny takových konstrukcí dochází v důsledku dotvarování a smršťování betonu k výrazné redistribuci vnitřních sil, růstu deformací apod. Při statickém řešení konstrukce proto bývá nutné přijmout řadu předpokladů o statickém chování jednotlivých prvků i celé konstrukce, které je třeba ověřit měřeními v průběhu výstavby konstrukce a vytvořit tak zároveň i podmínky pro dlouhodobé sledování konstrukce po jejím uvedení do provozu.

Cílem navrženého dlouhodobého sledování konstrukcí je tedy porovnat reálné hodnoty sledovaných charakteristik, obvykle s predikcí uvažovanou v projektu konstrukce, případně s upřesněnou analýzou dle skutečného postupu výstavby. Jednalo se o sledování následujících konstrukcí:

- Most s označením SO201 **přes řeku Odru a Antošovic-ká jezera** (spojitý monolitický dvoj-komorový nosník výšky 2,2 m o čtrnácti polích 24,5 + 2 x 33 + 36 + 105 + 56,6 + 39,4 + 6 x 39 + 27,5 m s hlavními poli zavěšenými na ocelobetonovém pylonu [1], obr. 1).
- Most SO233 **přes řeku Ostravici** (spojitý nosník o čtyřech polích 66,7 + 100,3 + 70 + 54 m s nosnou konstrukcí tvořící ocelové koryto proměnné výšky 2,2 až 4,5 m spřažené s příčně předepnutou betonovou mostovkou, v podélném směru je nosník předepnut volnými kabely [2], obr. 2).
- Most SO202 **přes řeku Odru** (spřažený ocelo-betonový trémový most o pěti polích 40 + 50,5 + 84,5 + 50,5 + 40 m s horní příčně předpjatou mostovkou [3], obr. 3).  
Dodavatelem zavěšeného mostu byla firma Skanska, a. s., a obou ocelo-betonových mostů ODS – Dopravní stavby Ostrava, a. s.

Pro realistické vyjádření dlouhodobého chování betonových konstrukcí mají rozhodující význam reologické účinky. Ověření vlivu reologických vlastností betonu proto vyžaduje specifický přístup při plánování experimentů i určení míst, rozsahu a způsobu měření na konstrukci.

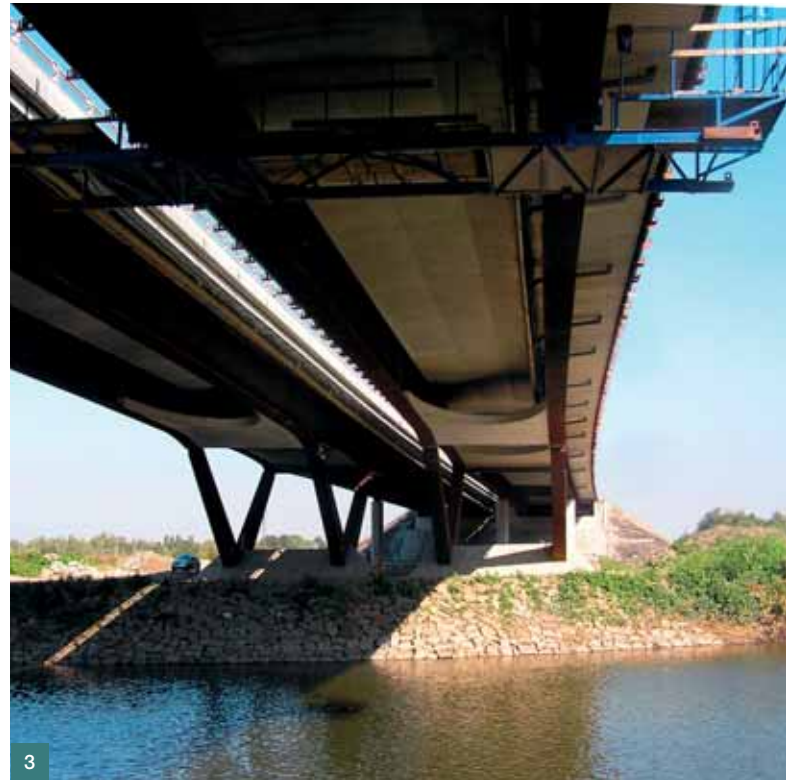
Při současném stavu poznání podstaty reologického působení betonu na konstrukce a stávající úrovni dostupných měřících systémů nelze stanovit jednoznačnou a obecně platnou metodiku měření pro všechny typy konstrukcí. Je však nutné dodržet základní zásady pro daný způsob měření tak, aby bylo dosaženo požadované přesnosti při vy-

Obr. 1 Pohled na konstrukci zavěšeného mostu přes Odru a Antošovická jezera ■ Fig. 1 View of the cable-stayed bridge over the Odra River and Antošovice lakes

Obr. 2 Pohled na konstrukci mostu přes řeku Ostravici ■ Fig. 2 View of the bridge over the Ostravice River



Obr. 3 Pohled na konstrukci mostu přes řeku Odru ■ Fig. 3 View of the bridge over the Odra River



hodnocení sledovaných jevů. V průběhu posledních patnácti let byl pracovníky Ústavu betonových a zděných konstrukcí (Doc. Navrátil, Ing. Zich) ve spolupráci s pracovníky Ústavu stavebního zkušebnictví (Ing. Schmid, Ing. Daněk) FAST VUT v Brně navržen a uplatňován níže uvedený koncepční přístup [4]. Tento postup vyplývá z mnohaletých zkušeností při sledování významných, převážně předpjatých mostů, blíže např. [5], [6], [7]. V rámci toho projektu byl postup upraven zejména s ohledem na dostupné finanční prostředky. Postup lze shrnout do následujících základních bodů:

- přípravná fáze – provedení statické analýzy konstrukce, projektu sledování,
- vybavení konstrukce měřickým zařízením,
- provedení standardních materiálových zkoušek,
- provedení měření smršťování a dotvarování na zkušebních vzorcích,
- sledování konstrukce v době výstavby a následně po uvedení do provozu,
- fáze vyhodnocení měření a provedení upřesněné statické analýzy.

#### PŘÍPRAVNÁ FÁZE

Sledování dlouhodobého chování mostů musí vycházet ze statické analýzy celé konstrukce a z analýzy reologického působení betonu. Analýza byla pochopitelně prováděna v rámci projektů každé stavby. Na jejím základě byl stanoven rozsah a vlastní cíl měření, vybrány sledované řezy a specifikovány mechanické a fyzikální veličiny mající pro chování dané konstrukce rozhodující význam. Každá konstrukce vykazuje určitá specifika a musí se tedy postupovat individuálně. Pro každý most byl vypracován podrobný projekt sledování.

#### VYBAVENÍ MOSTŮ MĚŘICKÝM ZAŘÍZENÍM

Před vlastní realizací vybavení mostu měřickým zařízením bylo nutné stanovit, které fyzikální veličiny budou sledovány. Jednalo se zejména o sledování poměrného přetvoření betonu, měření teplot betonu, teploty a vlhkosti vzduchu, geodetická měření průhybů apod.

V rámci monitoringu uvedených mostů byly pro sledování poměrného přetvoření betonu použity převážně strunové tenzometry zabudované uvnitř betonu. K jejich výhodám patří především dlouhodobá stabilita, deklarovaná přesnost měření přetvoření až  $1 \times 10^{-6}$  a možnost automatizace měření. Původní požadavek na sledování poměrného přetvoření i ocelových částí průřezu u ocelo-betonových mostů se ukázal jako problematický, zejména s ohledem na požadavky investora na zajištění protikorozní úpravy v místě čidla. Proto bylo upuštěno od tenzometrů umístěných na ocelové části. Podrobnější rozmístění tenzometrů je uvedeno dále v textu.

U strunových tenzometrů je zaznamenávána jejich frekvence, která je závislá na mechanickém namáhání. Pro převod mezi frekvencí kmitání struny tenzometru a poměrným přetvořením platí vztah:

$$\Delta \varepsilon = GF (f^2 - f_0^2) \quad ,$$

kde  $\Delta \varepsilon$  je změna poměrného přetvoření [ $\mu\text{m}/\text{m}$ ],  $f_0$  počáteční frekvence kmitání struny tenzometru [Hz],  $f$  frekvence kmitání struny tenzometru [Hz] v době, kdy počítáme  $\Delta \varepsilon$  a GF je konstanta daného typu strunového tenzometru (v našem případě  $GF = 3,025 \cdot 10^{-3}$ ).

Pro vlastní frekvenci struny platí známý vztah z fyziky:

$$f = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{F}{ml}} = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}} = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{E\varepsilon}{\rho}} \quad ,$$



Obr. 4 Měření teploty a vlhkosti vzduchu v dutině mostu ■  
Fig. 4 Measurement of air temperature and the humidity in the box of the bridge

Obr. 5 Podélný řez zavěšeným mostem ■ Fig. 5 Longitudinal profile of the cable-stayed bridge

Obr. 6 Příčný řez mostem a umístění strunových tenzometrů – řez B ■  
Fig. 6 Cross section of the bridge and the location of strain gauges – section B

Obr. 7 Umístění strunových tenzometrů v dolní desce ■ Fig. 7 Location of strain gauges at the bottom slab

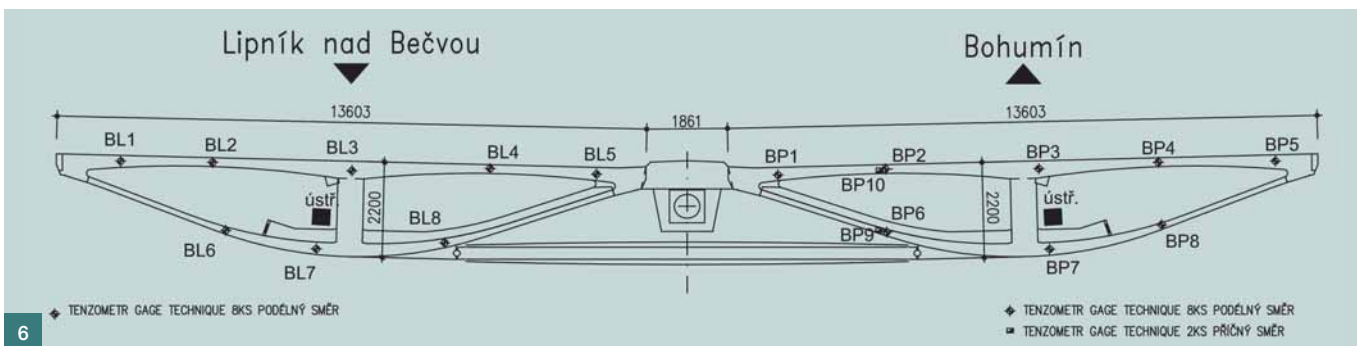
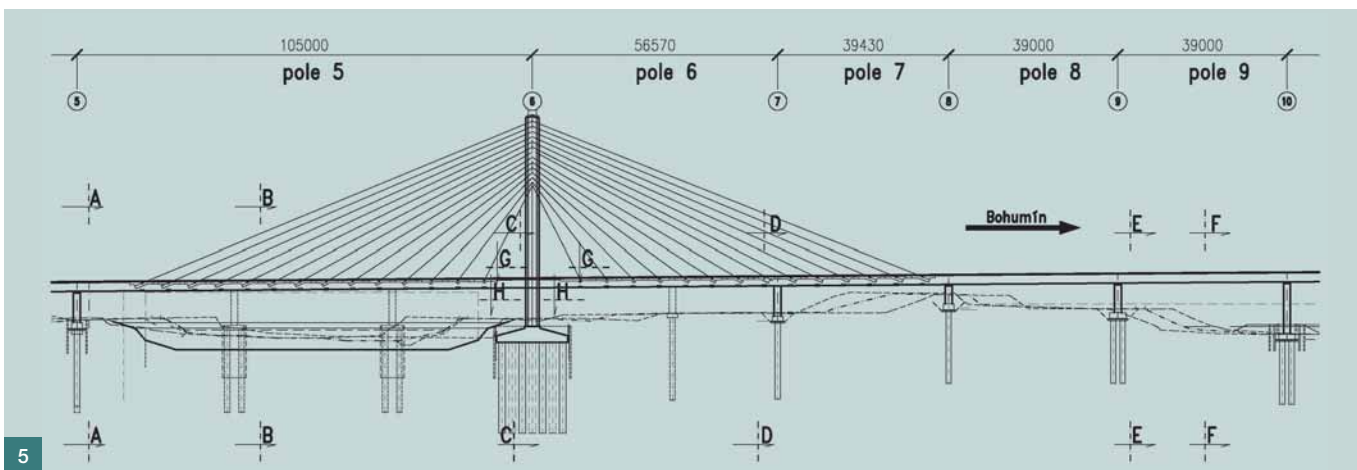
Obr. 8 Umístění strunových tenzometrů v horní desce ■ Fig. 8 Location of strain gauges at the top slab

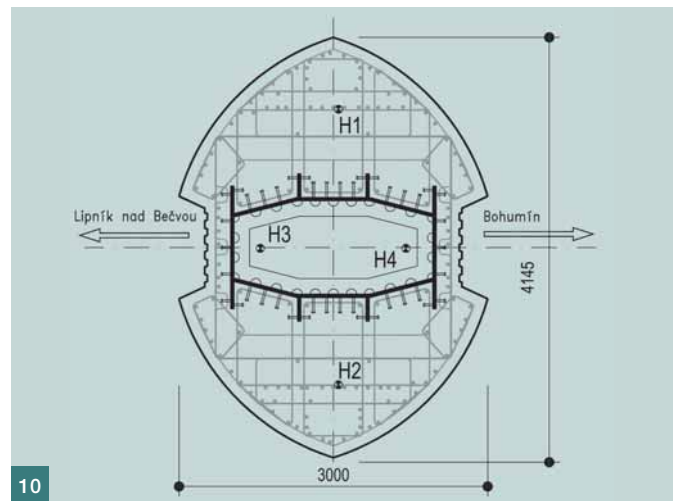
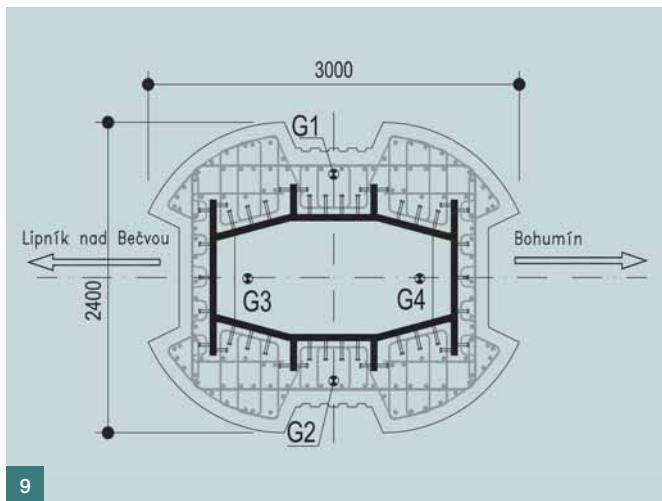
Obr. 9 Umístění tenzometrů v pylonu – řez G ■ Fig. 9 Location of strain gauges in the pylon – section G

Obr. 10 Umístění tenzometrů v pylonu – řez H ■ Fig. 10 Location of strain gauges in the pylon – section H

Obr. 11 Pohled do pylonu – řez H ■ Fig. 11 View into the pylon – section H

Obr. 12 Pohled na pylon – řez G ■ Fig. 12 View of the pylon – section G





kde  $\sigma$  je mechanické napětí ve struně vyvozené silou  $F$ ,  $\rho$  je objemová hmotnost struny ( $7850 \text{ kg/m}^3$ ),  $m$  hmotnost struny,  $l$  délka struny ( $l = 140 \text{ mm}$ ) a  $E$  modul pružnosti struny.

Teploty způsobené v konstrukci klimatickými účinky mohou nabývat značných hodnot a významu. Je třeba důsledně měřit teploty betonu a eliminovat jejich vliv z naměřených výsledků. Pro měření teploty betonu bylo s výhodou použito odporových čidel, která jsou součástí zabudovaných strunových tenzometrů. Při větších délkách kabelů je vhodné kompenzovat vliv odporu kabelu na naměřené hodnoty teplot.

Pro správné vyhodnocení reologických jevů je třeba dávat průběžně sledovat vlhkost a teplotu prostředí v okolí konstrukce. Teplota a vlhkost vzduchu byla zaznamenávána automaticky pomocí registračních vlhkoměrů a teploměrů od firmy Comet System Rožnov pod Radhoštěm. V dutině každého mostu byl vždy osazen jeden přístroj (obr. 4). Měření je prováděno s periodou záznamu 1 h. Osazení proběhlo v průběhu výstavby mostů v roce 2007 a měření probíhá kontinuálně doposud.

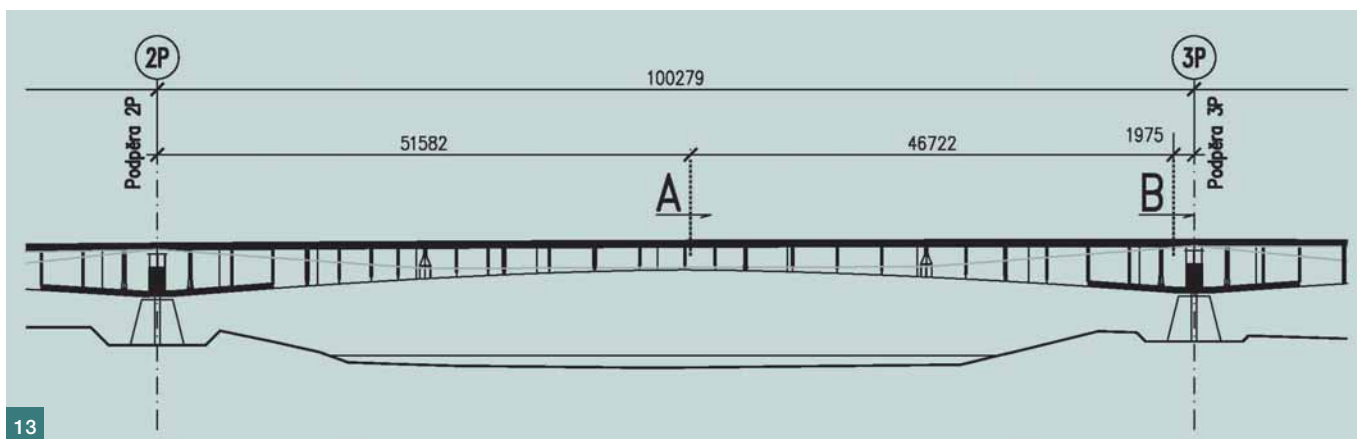
Měření velikosti vneseného předpětí u uvedených mostů nebylo z důvodu finanční náročnosti prováděno. Geodetická měření průhybů mostů prováděl během výstavby mostu dodavatel mostů a po dokončení výstavby je povinnost provádět pravidelná měření průhybů a sedání konstrukce (u zavěšeného mostu i deformací pylonu) na správci mostů.

### Most přes Odru a Antošovická jezera

Konstrukce zavěšeného mostu je sledována v osmi měřicích řezech (A až H, obr. 5), v kterých jsou osazeny strunové tenzometry. Řezy A až E jsou voleny v nosné konstrukci mostu, řezy G a H jsou v pylonu. Řez A se nachází u podpory č. 5, řez B v hlavním poli mostu o rozpětí 105 m, řez C u pylonu, řez D v blízkosti podpory č. 7. Řezy A až D dokumentují rozdílné chování levého i pravého mostu v zavěšené části, řezy E a F monitorují chování typické estakádní části, a to pouze v pravém mostu. Rozmístění tenzometrů v řezu B je uvedeno na obr. 6, v ostatních řezech je umístění obdobné. Celkem bylo během výstavby mostu v letech 2006 až 2007 osazeno devadesát šest strunových tenzometrů TES/5.5/T. Standardně jsou pro měření poměrného přetvoření v podélném směru jednoho mostu osazeny vždy tři tenzometry v dolní desce (obr. 6 a 7) a pět tenzometrů v horní desce (obr. 6 a 8). Ve vybraných řezech je měřeno i poměrné přetvoření betonu v příčném směru mostu a ve střední desce, spojující v zavěšené části levý a pravý most.

V pylonu jsou osazeny tenzometry ve dvou řezech, G nad a H pod mostovkou. V obou řezech jsou umístěny vždy dva tenzometry (ozn. 1 a 2) ve vnější a dva (ozn. 3 a 4) ve vnitřní betonové části (obr. 9 a 10). Všechny sledují přetvoření ve svislé ose pylonu (obr. 11 a 12). Osazení tenzometrů proběhlo ve vodorovné poloze pylonu před vlastním smontováním jednotlivých ocelových dílů jeho konstrukce.





13

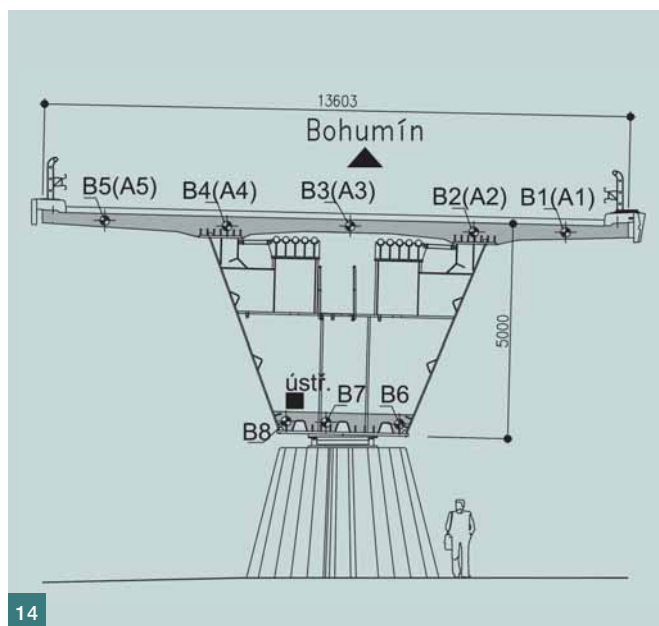
Tenzometry byly před betonáží přichyceny k betonářské výztuži a kabely svedeny do dutiny mostu, kde je možnost umístění ústředěn záznamávajících měření.

### Most přes Ostravici

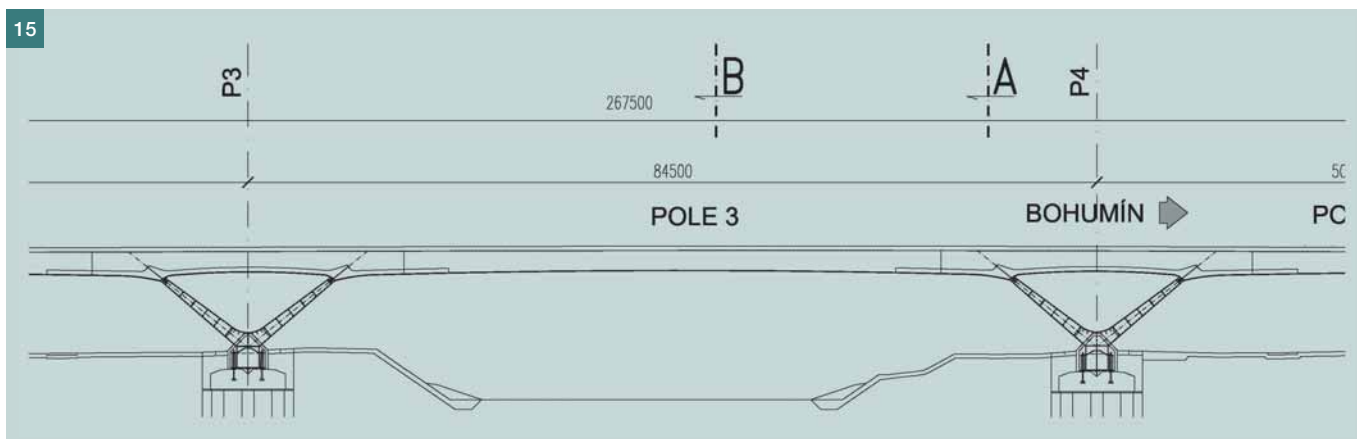
Nosná konstrukce pravého mostu přes Ostravici je monitorována v hlavním poli o rozpětí 100,3 m ve dvou měřicích řezech (A, B – obr. 13). Sledováno je namáhání betonové části průřezu, kde je osazeno třináct strunových tenzometrů. V řezu A je osazeno pět čidel v horní desce, v řezu B tři tenzometry v dolní desce a pět tenzometrů v horní desce pro měření poměrného přetvoření betonu v podélném směru mostu (obr. 14). Přívodní kabely od tenzometrů jsou svedeny do dutiny mostu.

### Most přes Odru

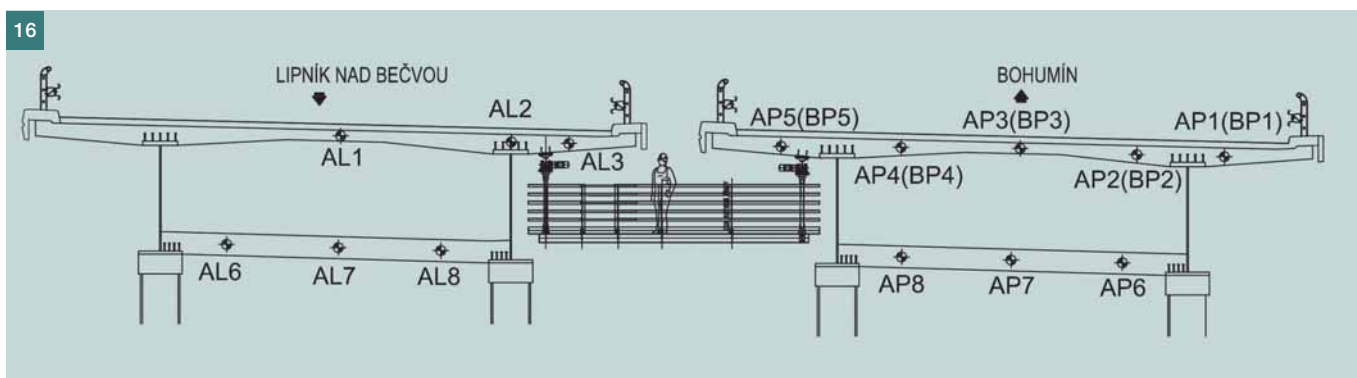
Nosná konstrukce mostu je sledována v hlavním poli o rozpětí 84,5 m ve dvou měřicích řezech (A, B – obr. 15). Sledování se zaměřuje na namáhání betonové části mostu. Měřicý řez A se nachází u „V podpěry P4“, řez B ve středu pole.



14



15



16

V řezech je celkem osazeno devatenáct strunových tenzometrů. V řezu A jsou osazeny tenzometry v levém i v pravém mostu (šest + osm kusů), v řezu B pouze v mostu pravém (pět kusů). Tenzometry sledují poměrné přetvoření v podélném směru mostu (obr. 16). Kable od tenzometrů jsou svedeny nad dolní desku v místě V podpory P4.

### STANDARDNÍ MATERIÁLOVÉ ZKOUŠKY

Cílem návrhu zkoušek bylo nezávislé ověření výsledků zkoušek prováděných dodavatelem stavby. Šlo zejména o ověření staticky významných vlastností. Tyto zkoušky byly prováděny nad rámeček běžných laboratorních zkoušek, předepsaných normami pro kontrolu kvality a rovnoměrnosti výroby. Zkoušky byly prováděny nezávisle z betonové směsi odebrané přímo na stavbě. Výroba vzorků probíhala v místech instalace tenzometrů. Pro každý ocelobetonový most byla vyrobena jedna sada vzorků, tvořená min. třemi až šesti krychlemi o hraně 150 mm (pro stanovení 28denní krychelné pevnosti v tlaku) a šesti hranoly 400 x 100 x 100 mm (tři pro hranolovou pevnost a tři pro modul pružnosti). U zavěšeného mostu byly vytvořeny dvě sady vzorků. Jedna pro beton nosné konstrukce mostu v jeho zavěšené části a jedna pro beton vnitřní části pylonu. Zkoušky se provádějí dle platných ČSN a EN norem.

### MĚŘENÍ SMRŠŤOVÁNÍ A DOTVAROVÁNÍ

Jedním z rozhodujících jevů z hlediska statického výpočtu je reologické působení betonu. Ačkoliv pro vyjádření dotvarování a smršťování byla v minulosti vyvinuta řada teorií, v původních, do roku 2010 platných ČSN pro mostní stavby byla předepsána již velmi stará teorie stárnutí, která nezohledňuje řadu významných faktorů. Proto se doporučuje použití některého z moderních reologických modelů, CEB – FIP 1990, EN 1992-1-1, EN 1992-2, B3. Cílem proto bylo připravit data pro predikci dotvarování a smršťování na základě složení a pevnosti betonu a výsledků laboratorních zkou-

šek. Závislost parametrů modelu na složení a pevnosti betonu totiž představuje největší zdroj nejistot moderních reologických modelů.

Pro kvalitní měření reologických jevů zkušebních vzorků se dnes využívají v podstatě jen strunové tenzometry připojené k ústředně s kontinuálním záznamem, upevněné na povrch betonu přes speciální kotevní desky, nebo u větších vzorků zabetonované dovnitř.

Během výstavby mostů se vyrobí sady hranolů. Jedna sada obsahuje pět hranolů (obvykle 400 x 80 x 80 mm). Dva hranoly slouží pro sledování smršťování, dva pro sledování dotvarování a jeden pro sledování úbytků hmotnosti. U zavěšeného mostu přes Odrů a Antošovická jezera byla vyrobena jedna sada vzorků z betonu nosné konstrukce hlavního pole, jedna z betonu pylonu vnitřní části a jedna z betonu pylonu vnější části. U ocelobetonového mostu přes Odrů byla vyrobena kompletní jedna sada z betonu horní desky, kdežto u betonu mostu přes Ostravici bylo sledováno jen smršťování a hmotnostní úbytky, tedy bez vzorků na dotvarování.

Všechny vzorky byly vyrobeny na stavbě a po zatuhnutí byly uloženy ve vodním prostředí a převezeny do klimatizované laboratoře VUT v Brně, kde byly pod vodou odbedněny a na vzorky určené pro měření smršťování a dotvarování byly nainstalovány tenzometry. Tenzometry jsou umístěny na protilehlých stranách, sledují tak případné rozdílné smršťování obou povrchů vzorku. Připevnění tenzometrů je realizováno přes dopředu zabetonované ocelové přípravky.

Po ukončení předpokládaného ošetřování betonu byly vzorky vyjmuty z vody a umístěny v laboratoři na prokladky (při konstantní teplotě cca 20 °C a vlhkosti vzduchu cca 60 %) (obr. 17). Vzorky pro měření dotvarování byly v čase 28 dní zatíženy ve speciálních lisech silou vyvolující přibližně předpokládanou úroveň normálového napětí v průřezu mostu od stálého zatížení (obr. 18). Měření většiny vzorků probíhalo po dobu cca 300 až 500 dnů.

Obr. 13 Podélný řez mostem ■ Fig. 13 Longitudinal profile of the bridge

Obr. 14 Příčný řez mostem – umístění strunových tenzometrů ■ Fig. 14 Cross section of the bridge – the location of strain gauges

Obr. 15 Podélný řez mostem ■ Fig. 15 Longitudinal profile of the bridge

Obr. 16 Příčný řez mostem – umístění strunových tenzometrů ■ Fig. 16 Cross section of the bridge – the location of strain gauges

Obr. 17 Sledování smršťování zkušebních vzorků v laboratoři ■ Fig. 17 Monitoring of shrinkage in laboratory conditions

Obr. 18 Sledování dotvarování zkušebních vzorků v laboratoři ■ Fig. 18 Monitoring of creep in laboratory conditions



## SLEDOVÁNÍ KONSTRUKCE BĚHEM VÝSTAVBY

Všechny uvedené mostní konstrukce byly sledovány již od samotného počátku výstavby (2006), včetně všech montážních stavů, různých podepření, zatížení či předpětí. Byly sledovány stavy i zdánlivě nesouvisející s dlouhodobými vlastnostmi.

Měření poměrného přetvoření betonu strunovými tenzometry bylo možno začít okamžitě po dokončení betonáže konstrukce. Často ale nebyl z důvodu umístění bednění přístup ke kabelům, proto bylo první měření většinou odečítáno až po odbednění konstrukce, tedy několik dnů po betonáži. Vzhledem k využití ústředny a z důvodu ochrany před odcizením nebylo možné zaznamenávat měření kontinuálně. Během výstavby byla měření prováděna jednorázově ve všech významných fázích konstrukce:

- dokončení betonáže nosné konstrukce,
- po předepnutí soudržných, případně volných kabelů,
- odstranění montážních podpěr,
- provedení zavěšování (u zavěšeného mostu),
- položení ostatního stálého zatížení,
- při zatěžovací zkoušce.

Při každém měření byl zaznamenán stav konstrukce (vybetonované díly, předepnutá lana, montážní zatížení včetně jeho polohy apod.). Pokud to bylo časově zvládnutelné, byla měření strunových tenzometrů prováděna ve stejné době jako měření geodetická.

Průběžně byly zaznamenávány významné časy postupu výstavby (betonáže, ukončení ošetřování, napínání konstrukce, posunutí betonážních vozíků, změny okrajových podmínek, vznik a zrušení montážních podpor, přidání a odstranění zatížení apod.).

Důležité bylo ověření funkčnosti tenzometrů po betonáži. Lze ho provést například při měření okamžitých účinků při jasně definovaném zatížení (např. při předpínání nebo zatěžovací zkoušce). Mají-li se data ze strunových tenzometrů využít pro dlouhodobá měření, musí být tenzometry funkční i pro měření okamžitá. Hodnoty okamžitých účinků by měly být jasně a jednoznačně vysvětleny. To je jeden ze základních předpokladů vyhodnocení dlouhodobého sledování. Nejde-li vysvětlit měření okamžitá, nelze poté vysvětlit ani měření dlouhodobá.

Po uvedení do provozu byly konstrukce sledovány v prvním roce cca třikrát až čtyřikrát, v druhém jednou až dvakrát a následně jednou za rok. Z důvodu možných nepřesnos-

tí měření při výpočtu vlivu teplot jsou měření přetvoření odečítána v době ustáleného teplotního stavu, kdy je po průřezu nejmenší gradient teplot v konstrukci (tedy nejlépe brzo ráno, na jaře a na podzim). Pro zohlednění vlivu teplot jsou na již dokončené konstrukci prováděna měření přetvoření a teplot betonu s kontinuálním záznamem po 1 h. Měření probíhá po dobu cca jednoho měsíce. Za toto relativně krátké období jsou přírůstky dotvarování a smršťování velmi malé; ze změn přetvoření betonu tak lze usoudit na vliv změny teplot na chování konstrukce.

## ZÁVĚR

Měřením dokumentovaným v tomto článku bylo započato dlouhodobé sledování dálničních mostů významných jak z hlediska dopravního, tak z hlediska konstrukce. Měření na uvedených třech mostech probíhá již téměř pět let. I za tuto, z pohledu životnosti mostu, krátkou dobu byla získána řada zajímavých výsledků o skutečném chování navržených konstrukcí. Předpokládáme, že doposud získané výsledky, tj. poslední fáze vyhodnocení monitoringu, budou prezentovány v dalších číslech tohoto časopisu.

Provedení dlouhodobého sledování lze doporučit u všech důležitých inženýrských staveb. Ve srovnání s cenou staveb se měření vyznačuje nízkými náklady. Sledování konstrukce má samo o sobě význam pro včasné odhalení případných poruch. Množství naměřených dat umožní provést porovnání a vyhodnocení reálných dat s predikcí uvažovanou při projektu konstrukce. To může nepochybně přispět k lepšímu pochopení dlouhodobého chování mostní konstrukce a v konečném důsledku k lepšímu a kvalitnějšímu návrhu konstrukcí. Dosavadní práce prováděné v rámci sledování mostů potvrzují správnost projektového řešení a dobrou kvalitu stavebních prací.

V článku je navržen podrobný koncepční přístup k dlouhodobému sledování zejména betonových konstrukcí. Postup je u uvedených konstrukcí uplatňován s ohledem na význam konstrukce a dostupné finanční prostředky. Navržený postup se osvědčil a lze ho doporučit jako obecně platný pro většinu betonových konstrukcí.

Projekty sledování konstrukcí je třeba provádět na základě hluboké analýzy jejich statického chování. Doporučuje se proto, aby projekt sledování byl obsažen již v samotném projektu stavby tak, aby na něj mohly být vyčleněny dostatečné finanční prostředky.

Většina sledovaných konstrukcí byla vybavena pro dlouhodobá měření strunovými tenzometry zabudovanými do betonu. Námi instalované tenzometry dobře fungují pro okamžitá zatížení i pro zatížení dlouhodobá již několik let. Jejich použití lze tedy doporučit i pro měření dalších obdobných konstrukcí.

Prezentované výsledky byly získány též za finanční podpory z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím MPO ČR v rámci projektu FI-IM5/128 „Progresivní konstrukce z vysokohodnotného betonu“ a za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M0579, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS.

Ing. Miloš Zich, Ph.D.

Ústav betonových a zděných konstrukcí, VUT v Brně

Veveří 95, 662 37 Brno

tel.: 541 147 860, e-mail: zich.m@fce.vutbr.cz



### Literatura:

- [1] Konečný L., Novák R, Romportl T., Stráský J.: Projekt zavěšeného mostu přes řeku Odru, sb. konf. Mosty 2007, Brno 2007
- [2] Stráský J., Hustý I., Choleva J.: Composite Bridges of the Freeway D47 and D1, Structure concrete in Czech Republic 2002–2005, 2nd fib Congress, Naples 2006
- [3] Stráský J., Smejkal D., Páchl R., Vítek T.: Most přes Odru na stavbě dálnice D47091/2, sb. konf. Betonářské dny 2006, ISBN 80-903807-2-7, Hradec Králové
- [4] Navrátil J., Schmid P., Zich M.: Metody sledování dlouhodobého chování mostů, Český svaz stavební inženýrů, ISSN 1213-4112, 4/2001
- [5] Navrátil J.: Analýza dlouhodobých průhybů mostů velkých rozpětí, habilitační práce, Brno 1999, ISBN 80-214-1134-1
- [6] Zich M.: Analýza letmo betonovaných mostů s ohledem na diferenční smršťování a ochabnutí smykem, disertační práce, VUT FAST Brno, 2002, ISBN 80-214-2145-2
- [7] Zich M.: Projekty sledování jejich realizace a analýza dlouhodobého chování betonových konstrukcí, habilitační práce, VUT FAST Brno, 2011

Text článku byl posouzen odborným lektorem.