

BETONOVÉ MOSTY - MINULOST A BUDOUCNOST CONCRETE BRIDGES - HISTORY AND FUTURE

JAN VÍTEK

Betonové mosty mají historii poměrně krátkou, asi sto let. Železobetonové konstrukce typické pro první polovinu 20. století byly nahrazeny předpjatým betonem. Tím došlo k prudkému rozvoji technologií pro postupnou výstavbu mostů monolitických i prefabrikovaných. Současný vývoj přináší menší úpravy zavedených postupů. Vývoj nových materiálů (vysokohodnotné betony a vyztužovací jednotky) vede k vylehčování a zdokonalování konstrukcí a též k zvyšování jejich životnosti. Rychlost výstavby a schopnost spolehlivě stavět složité konstrukční systémy jsou podporovány rozvojem technologického vybavení (skruže, bednění, zvedací a montážní zařízení).

Concrete bridges have a relatively short history, about hundred years. Reinforced concrete structures typical for the first half of the 20th century were replaced by prestressed concrete. It resulted in fast development of sequential erection of bridges either cast in situ or precast. Contemporary development brings smaller modifications of developed technological processes. Development of new materials (high performance concrete, reinforcing and prestressing units) leads to the weight reduction, to improvement of the quality and to longer service life of structures. The speed of construction and ability of reliable erection of complex structural systems are supported by development of technological equipment (scaffolding, formwork, lifting and assembly equipment).

Již od dávné minulosti mostní konstrukce sloužily k překonávání překážek nejprve přírodního charakteru, vodní toky nebo hluboká údolí a později i překážek vytvořených lidskou činností, železniční tratě, dálnice nebo městské části. Tím usnadňovaly provoz na pozemních komunikacích, na železnici i vodě a staly se významnými a respektovanými stavebními díly. Vynález klenby byl významným mezníkem, který umožnil rozvoj kamenných mostů. Řada městských mostů se stala kromě inženýrského díla i předmětem další umělecké výzdoby, např. Andělský most v Římě (obr. 1) nebo Karlův most v Praze. Rozvoj železnice si vynutil výstavbu řady i dlouhých mostních konstrukcí vzhledem k výškovým a sklonovým poměrům kolejové dráhy. Vysoké zatížení vlakových souprav mohly přenášet kamenné klenby, které však umožňovaly překonávat poměrně malá rozpětí, nebo ocelové konstrukce, které se začaly již v první polovině 19. století rychle rozvíjet. Jeden z nejvýznamnějších železničních mostů překračuje úžinu Firth of Forth (1890, rozpětí dvou hlavních polí 521 m) ve Skotsku. Koncem 19. století začal rozvoj betonových konstrukcí.

BETONOVÉ MOSTY V PRVNÍ POLOVINĚ 20. STOLETÍ

Přes menší nemostní konstrukce došlo postupně k nahrazování kamene u mostních kleneb betonem. Beton pronikal i do dalších typů konstrukcí a vznikaly trémové nebo roštové železobetonové konstrukce. Rozpětí se zvolna zvětšovala a budovaly se konstrukce dodnes oceňované pro svou jednoduchost, spolehlivost, trvanlivost i estetiku. Příkladem mohou být oblouky Roberta Maillarta (1872 až 1940), např. Salginatobel na rozpětí 90 m postavený v letech 1929 až 1930, který slouží místnímu provozu úspěšně dodnes (obr. 2). U nás se beton jako významný kon-

Obr. 1 Andělský most v Římě

Fig. 1 Angel's bridge in Rome

Obr. 2 Most Salginatobel

Fig. 2 Salginatobel bridge

Obr. 3 Obloukový most u Podolska

Fig. 3 Arch bridge at Podolsko



strukční materiál začal též vyvíjet. Kromě menších mostů se začaly stavět i velké mosty, např. asi největší konstrukce stavěná ještě před 2. světovou válkou byl obloukový most přes Vltavu u Podolska (1938 až 1942) s rozpětím hlavního oblouku 150 m (obr. 3). Oblouk se stavěl klasickým způsobem na pevné dřevěné skruži. V té době byly postaveny další konstrukce např. na plánované dálnici z Prahy do Brna. Velké množství malých konstrukcí trámového typu bylo postaveno na místních komunikacích. Technologie výstavby byly poměrně jednoduché, využívalo se hlavně pevných skruží ze dřeva případně ocelových válcovaných profilů.

PŘEDPJATÝ BETON

Předpjatý beton byl patentován již v roce 1888 v Německu (C. E. W. Doehring). Přesto se muselo čekat dalších téměř šedesát let než došlo k prvním aplikacím předpjatého betonu pro mostní konstrukce. Předpjatý beton se nemohl prosadit, protože dříve vyráběné oceli neměly dostatečnou pevnost. Teprve ve 40. letech 20. století, když se začala vyrábět ocel s vyšší pevností, navrhnul francouzský inženýr Eugene Freyssinet (1879 až 1962) první předpjaté mostní konstrukce. S rozvojem předpjatého betonu nastala revoluce ve výstavbě betonových konstrukcí. Došlo k vývoji hlavních technologií výstavby a betonové konstrukce se staly rovnocennými partnery ocelových mostů v oblasti středních i velkých rozpětí. Předpinání umožňovalo postupné betonování nosných konstrukcí, jejich následné spojování pomocí předpětí, a tak postupnou výstavbu dlouhých a rozměrných konstrukcí. Kromě monolitických konstrukcí se začala prudce rozvíjet i prefabrikace.

STANDARDNÍ TECHNOLOGIE

Prefabrikované nosníky

V 60. letech se vyrábělo několik typů prefabrikovaných nosníků pro různé délky. Z nich se postupem doby vyčlenily dva typy nejčastěji používané. Nosníky typu KA (do délky cca 24 m) měly komorový průřez. Montovaly se těsně k sobě a spára vyztužená petlicovým stykem se dobetonovala. Nosníky KA jsou tuhé na kroucení, a při jejich nerovnoměrném zatěžování docházelo k porušování spár a degradaci konstrukce. V neprůlezně dutině se při poruše izolace mohla zadržovat voda. Druhým, dnes již historickým, typizovaným nosníkem s velkou četností využití byl nosník tvaru I (do délek cca 32 m). Nosníky byly v konstrukci vzájemně spojeny v úrovni horního i dolního pásu zabetonováním monolitické spáry. Vznikla tak dutinová desková konstrukce. Dutiny byly nepřístupné, a monolitické dobetonování spár nemohlo být provedeno dostatečně kvalitně. Dnes se již oba uvedené typy prefabrikátů nevyrábí. V současné době se vyrábějí zejména předpjaté nosníky s otevřenými průřezy tvaru T do délek cca 33 m. Na jejich horní pás se betonuje monolitická deska. Výhodou nového tvaru jsou průřezy měkčí na kroucení, které se nerovnoměrným zatížením mostu deformují a jejich natočení se eliminuje příčným ohybem spřahující betonové desky. V konstrukci se nekoncentrují vysoká napětí a má dlouhou trvanlivost. Otevřené průřezy jsou snadno kontrolovatelné. Nosníky se někdy vyrábějí z betonu vyšší pevnosti, čímž se zvýší jejich únosnost a jejich počet pro danou šířku komunikace lze snížit. Nosníky VST jsou zvláštním typem s průřezem tvaru obráceného T. Spodní pás nosníku má pevné rozměry a výška stojiny se mění podle rozpětí. Vyrábějí se v délkách do 34 m, někdy ze samozhutnitelného betonu. Na uložené předem předpjaté nosníky se vybetonuje spřahu-

jící monolitická deska. Výhody prefabrikace se projevují zejména při mnohokrát opakovaném využití u dlouhých estakád.

Pevné skruže

Betonáže na pevné skruži patří mezi nejstarší technologie výstavby mostů. Je vhodná pro podmínky, kdy most je nízko nad terénem, má proměnný průřez, nebo je tak malý, že nestojí za to využívat nákladná zařízení pro jiné technologie. Skruže se vyvíjely od dřevěných individuálních konstrukcí přes částečně typizované podpůrné prvky, kombinované s dřevěným bedněním, až k dnešním kompletním systémům specializovaných firem vyrábějících bednění včetně podpůrných nosíkových a věžových prvků. Detaily jsou propracovány tak, aby umožňovaly rektifikaci skruže pro ustavení do přesné polohy, snadné odbedňování a posun bednění. Příkladem velkého železničního mostu stavěného na pevné skruži DOKA je součást projektu Nové spojení v Praze – most přes Masarykovo nádraží (největší rozpětí 39,8 m, celková délka 443 m).

Posuvné skruže

Posuvné skruže byly vyvinuty v Německu v 60. letech. U nás byla posuvná skruž poprvé použita na mostě u Hvězdonic (na D1) s dvourámovým průřezem na rozpětí 54 m. Výhodou této technologie je poměrně rychlý postup výstavby, zejména u dlouhých mostů, a přirozený vývoj konstrukce s malým rozdílem působení ve stavebním a definitivním stavu. Skruže se během doby vyvinuly v složitá zařízení s možností automatického posunu a hydraulického ovládání veškerých pohybů. Na našich stavbách se můžeme setkat s poměrně lehkými spodními skružemi s plnostěnnými hlavními nosíky (obr. 4), nebo s univerzálnějšími ale těžšími skružemi s příhradovými nosíky (obr. 5). Pro konstrukce, kde není dostatečný prostor pod mostem se používají horní skruže, na kterých je zavěšeno bednění na tyčích.

Vysouvání mostů

Vysouvání mostů patří mezi vysoce efektivní technologie, avšak podmínky jejího využití jsou omezené geometrickým tvarem konstrukce. Technologie doznala značných změn od svého prvního použití v Německu v 50. letech minulého století. Průkopnický projekt mostu přes řeku Caroni ve Venezuele v roce 1964 spočíval ve výstavbě celého mostu za opěrou, jeho předepnutí volnými kabely a vysunutí celku do definitivní polohy. Později se přistoupilo k postupnému vysouvání, aby prostor za opěrou využívaný pro betonáž mostu byl minimalizován. Standardní vysouvací zařízení jsou založena na třecím nebo lanovém/tyčovém systému přenosu síly mezi konstrukcí a výsuvným zařízením. U nás má tato technologie dlouholetou tradici, poslední vysouvané mosty byly poněkud atypické – most na tramvajové trati Hlubochepy–Barrandov byl vysouván směrem dolů ve spádu až 6,2 %. Most přes Rybný potok byl vysouván s celým širokým průřezem (obr. 6) pro oba směry dálnice D8. Konstrukce mostu měla hmotnost téměř 20 000 t, což kladlo velké nároky na dimenze zařízení i kluzných ložisek.

Segmentové mosty

Segmentová technologie byla vyvinuta ve Francii a poměrně rychle se rozšířila i do českých zemí. První segmentové mosty měly spáry vyplněné betonem, teprve později se přešlo na kontaktní výrobu segmentů, kde jsou spáry vyplněny pouze lepicím tmelem. Klasické segmentové komorové mosty jsou montovány vět-

Obr. 4 Posuvná skruž na mostě u Kninice

Fig. 4 Movable scaffolding system at the Kninice viaduct

Obr. 5 Příhradová posuvná skruž

Fig. 5 Truss movable scaffolding system

Obr. 6 Výsuv mostu přes Rybný potok

Fig. 6 Incremental launching of the bridge over the Rybný creek

šinou vahadlovým systémem. U menších mostů se též aplikovala montáž segmentů směrem vpřed s využitím dočasných podpor. Segmentová technologie je náročná na přesnost výroby segmentů, např. u dvoutřímových segmentů se projevovaly nepříznivé vlivy smršťování betonu, které je rozdílné v oblasti masivních trámů a tenkých desek. Předpínání segmentových mostů volnými kabely, které se využívá v posledních cca 20 letech, umožnilo vylehčení segmentů. Segmentové konstrukce jsou vysoce kvalitní, avšak spotřeba předpínací výztuže je větší než u běžných monolitických konstrukcí, a proto tato nevýhoda musí být kompenzována např. vysokou rychlostí výstavby, nebo jinými výhodami.

Letmá betonáž

Technologie letmé betonáže prošla též značným technologickým i konstrukčním vývojem. Starší letmo betonované mosty rámového typu byly navrhovány s klouby uprostřed rozpětí. Vycházelo se z idey jasného statického působení a snahy omezit namáhání pilířů staticky neurčitými silami. Ukázalo se, že většina těchto mostů trpěla nadměrnými průhyby a navíc lomem průhybové čáry právě uprostřed rozpětí, např. most přes přehradní nádrž u města Savines v jižní Francii (obr. 7), kde je průhyb polí i lom průhybové čáry jasně patrný. U nás bylo takto postaveno několik mostů. Mosty u Zvíkova byly rekonstruovány a klouby v polích byly zrušeny. Později se klouby přestaly navrhovat, ale přesto vlivem nedostatečného nebo nevhodně navrženého předpětí docházelo k průhybům těchto mostů a rekonstrukce byly nevyhnutelné, např. most v Děčíně. Novější letmo betonované mosty již byly navrženy s ohledem na tyto nepříznivé jevy a k výraznému nárůstu průhybů nedochází. Na mnoha mostech se provádí měření a přesto, že průhyby s časem narůstají, zůstávají v přípustných mezích. Nejnovějším dokončeným mostem betonovaným letmo u nás je most přes údolí Hačky u Chomutova na rozpětí 106 m, ve směrovém oblouku ve výšce až 62 m nad okolním terénem. V současné době se staví letmo betonovaný most přes Labe u Lito-měřic, který svým rozpětím 150 m bude patrně v této technologii rekordním u nás. Dominantní stálé zatížení letmo betonovaných mostů lze redukovat využitím vysokopevnostních betonů nebo lehkých konstrukčních betonů, jak je to obvyklé ve skandinávských státech.

Obloukové mosty

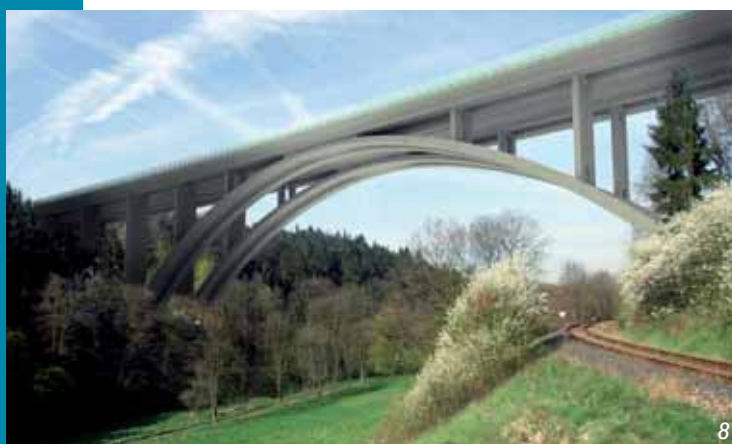
Obloukové mosty patří k nejstarším konstrukčním systémům, které jsou pro použití betonu velmi příznivé (využívají jeho přirozenou tlakovou pevnost). Oblouky s horní mostovkou typické pro hluboká údolí působí velmi esteticky. Jsou známy velmi zdařilé oblouky navrhované Christianem Mennem zejména ve Švýcarsku. Oblouky se spodní mostovkou doplněné často táhlem nabízejí prostor ke kombinaci betonu a oceli. Mostovky se dnes navrhují většinou betonové předpjaté. Oblouky lze stavět mnoha způsoby, klasické betonáže na pevné skruži se dnes nahrazují betonáží letmo s vyvěšováním s pomocným pylonem nebo postup-



nou betonáží oblouku současně s mostovkou, kdy se konzolový stav řeší pomocnými diagonálami a vzniká vysoká příhradová konstrukce. Tento postup byl použit velmi efektivně při výstavbě plochého oblouku u mostu Infant Henrique (2003) v Portu [3]. Obloukové mosty však bývají nákladnější než mosty stavěné klasickými technologiemi s použitím standardních výrobních zařízení. Pro výstavbu obloukových mostů proto musí být zvláštní důvody ať již estetické nebo takové, které vlivem lokálních podmínek oblouky zvýhodňují. U nás se v poslední době mnoho obloukových mostů nepostavilo. Nyní je ve výstavbě dálniční most přes Opárenské údolí na D8 (obr. 8). Obloukový most s horní mostov-



7



8



9

kou je navržen proto, že jde o exponovanou oblast chráněné krajinné oblasti, kde není povolen přístup do údolí. Výstavba betonování oblouku letmo a postupná betonáž mostovky na výsuvné skruži je organizována zcela z oblastí za patkami oblouků. Dálniční úsek s mostem bude dokončen v roce 2010, čímž se zprovozní poslední úsek D8 mezi Prahou a Dráždany.

Zavěšené mosty

Betonové zavěšené mosty se prosazují pro velká rozpětí (přes 100 m) ve větším měřítku od 70. let dvacátého století. Konstrukce mají dvě základní koncepce podle počtu rovin závěsů. Mosty

Obr. 7 Deformovaný most u Savines le Lac

Fig. 7 Deformed bridge at Savines le Lac

Obr. 8 Most přes Opárenské údolí – vizualizace (Pontex, s. r. o.)

Fig. 8 Bridge over Oparno valley – visualization (Pontex, s. r. o.)

Obr. 9 Lávka přes Švýcarskou zátoku

Fig. 9 Footbridge over the Swiss bay

s jednou rovinou závěsů s tuhým průřezem na kroucení působí elegantně a jsou vhodné pro mosty spíše kratších rozpětí, kde potřebnou tuhost zajišťuje obvykle komorový průřez. Mosty s dvěma rovinami závěsů mají lehčí mostovky a jejich tuhost je zajištěna lanovým systémem. U nás výstavba zavěšených mostů začala v 80. letech minulého století, kdy se stavěly současně mosty přes rybník Jordán u Tábora (1991, rozpětí 111 m) a most přes Labe u Poděbrad (1990, rozpětí 123 m). Od té doby byly postaveny další zavěšené konstrukce, jednou z posledních je most přes Odru na D47 (2007, rozpětí 105 m) [4]. Zavěšené konstrukce jsou velmi lehké a elegantní, avšak nepatří mezi nejlevnější. V některých oblastech je překážkou potřeba vysokých pylónů buď z praktických důvodů (např. blízkost letiště), nebo z důvodů estetických.

Extradosed mosty

Přechod mezi trámovými a zavěšenými konstrukcemi tvoří mosty označované jako extradosed. Ohybovou tuhost zajišťuje trám mostu a místo závěsů jsou využity předpínací kabely vyvedené na nízké pylony, aby se více aktivovaly jejich nadlehčovací síly. U nás byl postaven např. most přes Labe u Nymburka (hlavní pole o rozpětí 132 m) [5], kde je navržena hybridní konstrukce. Krajní pole a konzoly pod pylony s náběhy jsou z betonu a střední část hlavního pole v délce 52 m je z oceli se spřaženou betonovou deskou (z důvodu vylehčení a montáže zaplavením). Výhodou systému je velmi malá konstrukční výška mostu, kdy pylony ani nepřevyšují koruny okolních stromů.

Lávky

Lávky jsou poměrně malé objekty, které však svými specifickými vlastnostmi umožňují využití pokrokových konstrukčních systémů a zároveň architektonické ztvárnění, které by u velkých mostních konstrukcí nebylo možné. Ve světě se proslavily lávky s předpjatým visutým pásem, které u nás začal navrhovat Prof. Stráský. Jejich výhodou je lehká konstrukce využívající materiálové vlastnosti betonu i oceli, která může překonávat velká rozpětí. Jednou z mimořádně zdařilých lávek, která byla mimo jiné oceněna *fib* v roce 1994, je visutá lávka přes Švýcarskou zátoku (1993, rozpětí 252 m) přehradní nádrže Vranov (obr. 9). Předpětí pomocí systému visutých lan a předpjatého pásu dostatečně ztužuje pouze 0,4 m tlustou prefabrikovanou desku mostovky. I menší lávky mohou být zajímavé, jako např. lávka přes plavební komoru v Poděbradech (rozpětí 31 m) [6], která využívá spolupůsobení betonové desky s ocelovou podpůrnou trubkovou konstrukcí. Lávka působí velmi lehce a je doplněna působivou točitou rampou.

Spřažené ocelobetonové mosty

Spřažené ocelobetonové mosty stojí na okraji betonového stavitelství. Hlavním nosným prvkem jsou ocelové nosníky, avšak i betonová deska je nedílnou součástí nosného systému. Spřa-

žené konstrukce jsou výhodné z hlediska trvanlivosti, malé hmotnosti a relativně snadné a rychlé výstavby. Vhodným konstrukčním uspořádáním lze dosáhnout velmi kvalitních konstrukcí. Klasičtí se montují ocelové nosníky a pak se dobetonuje deska. Ocelové konstrukce lze též výhodně vysouvat, bez betonové desky jsou lehké a lze s nimi manipulovat malými silami. V ojedinělých případech je výhodné dokonce vysouvat kompletní ocelobetonovou konstrukci. Tak byl stavěn most na D3 u obce Rzává (2007) s typickým rozpětím 36 m.

MOSTNÍ PŘÍSLUŠENSTVÍ

Mostní příslušenství, závěry, ložiska, odvodnění atd., jsou prvky, které přímo neovlivňují statický systém konstrukcí, ale na nich a na detailech jejich zabudování do mostu přímo závisí životnost mostu. Proto se dnes více než dříve kladě důraz na jejich kvalitu a na způsob jejich připojení do betonové konstrukce. Pokrokem jsou integrované mosty, které ložiska a mostní závěry vůbec nemají.

BUDOUCNOST BETONOVÝCH MOSTŮ

Beton jako konstrukční materiál se v mostních stavbách osvědčil a nesčíslný počet aplikací ukazuje, že je výhodné konstrukční systémy dále rozvíjet. **Předpjatý beton** je základním stavebním prvkem betonových konstrukcí mostů téměř všech rozměrů. Hlavním trendem je proto zajištění spolehlivosti a trvanlivosti předpjatých konstrukcí. Pozornost se upírá na ochranu předpínací výztuže proti korozi. Předpínací systémy se zdokonalují v ochraně lan a závěsů konstrukcí. Proti účinkům bludných proudů se navrhuje elektricky izolované předpínací jednotky, které umožňují lepší kontrolu a zajišťují dlouhou životnost kabelů. Výzkum se též zabývá využitím předpínacích jednotek z nekovových kompozitů. Jako nejvhodnější se zatím jeví jednotky z polymerů vyztužených uhlíkovými vlákny (CFRP), které mají vysokou tahovou pevnost, nejsou náchylné na degradaci vlivem atmosférických vlivů a navíc mají nízkou objemovou hmotnost. Ta je výhodná zejména u dlouhých šikmých závěsů, kdy se vlivem průhybu od vlastní tíhy závěsu redukuje jeho tuhost. U lehčích závěsů je průřev menší a závěsy jsou tužší. Nevýhodou uhlíkových kompozitů je jejich ortotropní vlastnost, tj. pevnost ve směru vláken a kolmo na ně je značně rozdílná. To působí problém zvláště u kotevních systémů, kde nelze využít samosvorných efektů, jako u kotvení oceli. Vyvíjejí se speciální kotvy, kde je uhlíkový kabel zalit vhodnými materiály do kotevních těles. Rozvoj v oblasti **technologie betonu** vytváří další rezervy pro rozvoj betonových mostů. Úpravou technologických postupů při výrobě betonu se dosahuje vyšších pevností, ale též vyšší odolnosti proti atmosférickým vlivům a účinkům CHRL. Obecně samotné zvýšení pevnosti nemusí vždy znamenat i zvýšení odolnosti, ale přizpůsobením složení se odolnost betonu zvýšit dá. Hutná struktura získaná například přidáním mikrosiliky, která díky jemnému zrnění, jemnějšímu než má cement, vytvoří hutnější strukturu a výrazně přispívá k vytvoření odolného materiálu. Kvalitnější betony mají též rychlejší nárůsty pevností a mnohdy je možné urychlit postup výstavby. Trend vylehčování konstrukcí lze realizovat pomocí využití kvalitních a pevnějších materiálů, a snížit tak objem a hmotnost konstrukce, nebo použitím vylehčených betonů. Zatímco dříve byly lehké betony používány pouze na nenosné části konstrukce, setkáváme se dnes s lehkým konstrukčním betonem i u předpjatých konstrukcí. Na bázi cementových kompozitů byly vyvinuty tzv. betony velmi

Literatura:

- [1] *Troyano L. F.*: Bridge Engineering a global perspective, Thomas Telford, London 2003
- [2] *Pauser A.*: Massivbrücken ganzheitlich betrachtet. Österreichische Zementindustrie und ÖVBB, Wien 2002
- [3] *Adao de Fonseca A., Millanes Mato F., Bastos R., Matute Rubio L.*: The Infant Henrique Bridge over the River Douro, in Porto, Portugal. Proc. of the 2nd fib International Congress, Naples, 2006, ID 1-16
- [4] *Konečný L., Novák R., Romportl T., Stráský J.*: Projekt zavěšeného mostu přes řeku Odru, Brno, Mosty 2007
- [5] *Kalný M., Němec P., Kvasnička V., Brmušák A.*: Zavěšený most přes Labe u Nymburka, Beton TKS, 4/2007, str. 20–25
- [6] *Kalný M., Souček P., Lojkásek O.*: Lávká u zdymadla v Poděbradech, Beton TKS, 4/2003, str. 10–13

vysokých pevností – UHPC (pevnost v tlaku může přesahovat 200 MPa). Jde o velmi jemnozrnné materiály z přírodního kamene s vysokým podílem cementu a jemnými plnivými. Pro snížení křehkosti jsou přidávána jemná ocelová vlákna. Pevnost v tahu se pohybuje kolem 10 MPa (např. Ductal). Jejich využití se zatím omezuje převážně na tenkostěnné prefabrikované dílce a konstrukce, které lze díky vysoké pevnosti spojit volným předpětím mimo průřez. Dosud bylo postaveno několik lávek, avšak i přes vysokou cenu se tento materiál postupně prosazuje, jeho spotřeba je ve srovnání s běžným betonem velmi nízká. Podstatnou výhodou UHPC proti oceli je vysoká odolnost proti chemickým vlivům a účinkům prostředí, tyto konstrukce není třeba opatřovat žádnou ochranou. Další prostor pro rozvoj betonových mostů je v oblasti **technologie výstavby**. Přestože základní technologie byly zavedeny již v minulém století, rozvoj materiálů, zvedacích mechanismů a měřících a kontrolních zařízení umožňuje navrhovat nové postupy montáže, sestavování a manipulací, které by dříve nebyly možné. Největší prostor pro inovace je u velkých projektů, kde se vyplatí do nových zařízení investovat. Jako příklad lze uvést vysouvací zařízení mostu u Millau, kde na každém pilíři bylo instalováno nezávislé hydraulické zařízení pro posun mostu, které bylo elektronicky synchronizováno se zařízeními na ostatních pilířích. Podobné menší systémy pronikají i do menších projektů. Např. systémy pro synchronní zvedání těžkých břemen se stávají postupně běžnými komerčními zařízeními. Vývoj betonových konstrukcí lze vidět optimisticky, a to zejména v době, kdy cena oceli závažně stoupá. V mnoha případech by bylo výhodné se zamyslet nad konstrukčním řešením i technologií výstavby připravovaných mostů a hledat optimalizovaná řešení, která by zajistila požadavky investora na kvalitu díla, na estetické působení a v neposlední řadě i na vynaložené náklady.

V článku byly částečně zmíněny výsledky Grantového projektu GAČR č. 103/06/1627.

Prof. Ing. Jan L. Vítek, CSc.

Metrostav, a. s.

Koželužská 12, 180 00 Praha 8

tel.: 266 709 317, e-mail: vitek@metrostav.cz

Fotografie: obr. 1 až 4, 6, 7 a 9 autor, obr. 5 Josef Husák, obr. 8 – vizualizace, Pontex, s. r. o.