

NOVÉ TRENDY VE VÝSTAVBĚ BETONOVÝCH MOSTŮ V CHORVATSKU

RECENT DEVELOPMENTS IN THE CONCRETE BRIDGE CONSTRUCTION IN CROATIA

ZVONIMIR MARIĆ, DAMIR TKALČIĆ

Článek uvádí vynikající úspěchy dosažené v Chorvatsku ve výstavbě mostů za posledních třináct let, od mezinárodního uznání Chorvatska jako samostatného státu. Během tohoto období pozoruhodně zintenzivněla výstavba dálniční sítě a konjunkturu prožívá také výstavba mostů, kdy byly v Chorvatsku poprvé použity některé nové stavební metody a konstrukční typy. Přitom před začátkem tohoto stavebního programu byly, kromě velkých železobetonových obloukových mostů na jadranském pobřeží, téměř všechny nosné konstrukce velkých mostů budovány z oceli. Jsou zmíněny i zajímavé mosty, postavené mimo dálniční síť. Závěrem je stručně nastíněn výhled výstavby mostů do budoucna.

Some outstanding achievements in the Croatian bridge construction during the last thirteen years (since the international recognition of Croatia as an independent state) are presented. During this period motorway network construction has remarkably been intensified and because of that a bridge construction boom has occurred. On the other hand, apart from the large reinforced concrete arch bridges at the Adriatic coast, nearly all major bridge superstructures had been made of steel before this construction programme. So some construction methods or structural types were applied for the first time in Croatia. Interesting bridges have also been built outside the highway network and those are also presented. The prospect

Obr. 1 Chorvatská dálniční síť
Fig. 1 The Croatian highway network



of future bridge construction is also briefly outlined.

I přes obrovské válečné úsilí a břímě péče o několik stovek tisíc uprchlíků, a to vlastních i těch, kteří pocházeli z Bosny a Hercegoviny, Chorvatsko vytrvale buduje svou síť dálnic, protože její zřízení je předpokladem hospodářského rozvoje (obr. 1). Během posledních třinácti let, od mezinárodního uznání samostatného státu, země značně rozšířila svou dálniční síť; z 288,4 na 529,5 km. Těžké terénní podmínky především v horských oblastech na západě a jihu státu si vyžádaly celou řadu mostů a tunelů. Co se týče mostů, zdaleka nejčastější jsou nosné konstrukce z prefabrikovaných předpjatých nosníků spřažených s monolitickou mostovkovou deskou. Využívají se i jiná konstrukční řešení, a to hlavně v místech s přísnějšími požadavky na ochranu životního prostředí nebo tam, kde terénní podmínky či vodní překážky vylučují nejjednodušší řešení. Je třeba poznamenat, že před rozmachem dálniční výstavby byly nosné konstrukce téměř veškerých chorvatských mostů z oceli. Proto jisté stavební postupy, např. postupné vysouvání a konstrukční typy, nosník s předpínací výztuží vybíhající nad průřez tzv. extradosed, byly poprvé užity až v rámci tohoto stavebního programu. Na druhé straně bylo dosaženo výrazné zlepšení na poli stavby velkých železobetonových oblouků; hledisko trvanlivosti bylo náležitě doceněno. Zajímavé mostní konstrukce vznikly i mimo dálniční síť. Následující stručný přehled informuje o úspěších v oblasti výstavby mostů v Chorvatsku během posledních třinácti let. Mosty jsou řazeny buď podle stavební metody nebo podle konstrukčního typu. Zmíníme se také stručně o budoucnosti stavby mostů, a to v souvislosti s Národním rozvojovým programem chorvatských ostrovů.

POSTUPNÉ VYSOUVÁNÍ SPOJITÝCH NOSNÝCH KONSTRUKCÍ

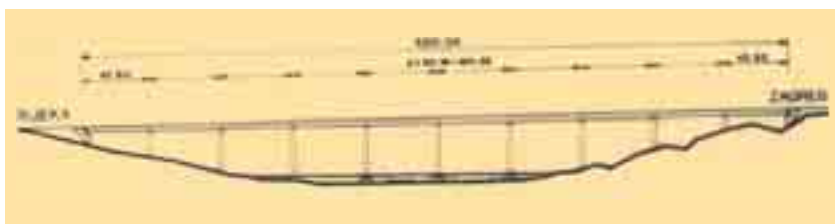
Viadukt Bajer

Viadukt leží na dálnici z Karlovaru do Rijeki v úseku, kde byl zatím dostavěn jen jeden jízdní pruh. Půdorysně je mírně zakřivený ($R = 2\ 000\ m$) a niveleta stoupá ke Karlovaru ve sklonu 0,835 %. Má délku 520 m a nosná konstrukce probíhá spojitě přes deset polí (obr. 2) [1].

Metoda postupného vysouvání předpjatých betonových mostních konstrukce zde byla využita v Chorvatsku poprvé. Přes relativně dlouhé rozpětí mostních polí nebyly použity při výsuvu pomocné podpěry a pouze čelní ocelový nástavec. Tři střední pilíře stojící v Bajerském jezeře jsou spojeny s nosnou konstrukcí betonovými klouby, čímž vzniká rám, který přebírá podélné seismické síly. Příčné horizontální síly, od zemětřesení a větru, přenášejí všechny pilíře podle své tuhosti (obr. 3). Viadukt byl dostavěn v roce 1995.

Most přes řeku Dobra u Vrbovska

V tomto úseku dálnice Karlovac-Rijeka jsou ve výstavbě oba dálniční pruhy současně. Most vytvářejí dvě samostatné paralelní



Obr. 2 Podélná dispozice viaduktu Bajer
Fig. 2 Longitudinal layout of the Bajer viaduct

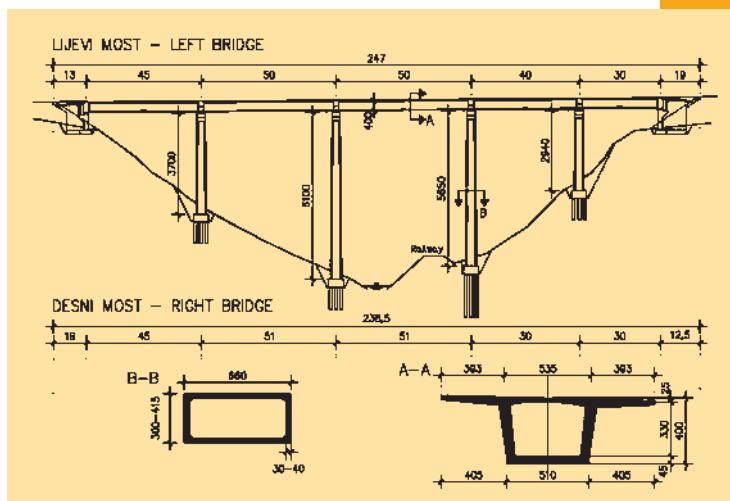


Obr. 3 Příčný řez viaduktem Bajer
Fig. 3 Cross-section of the Bajer viaduct

Obr. 4 Podélná dispozice a příčné řezy mostu Dobra
Fig. 4 Longitudinal layout and relevant cross-sections of the Dobra bridge

konstrukce o pěti polích, každá pro jeden dálniční směr. Most je mírně horizontálně zakřiven ($R = 4\,200\text{ m}$) a stejně tak i vertikálně, vrcholovým obloukem ($R = 22\,800\text{ m}$). Délka mostu i nosné konstrukce je různá v obou jízdních pružích, 247, resp. 238,5 m a 207, resp. 209 m (obr. 4).

Poprvé byla v Chorvatsku u této nosné konstrukce použita kombinace vnitřního a vnějšího předpětí. Vnitřní předpínací kabely jsou uloženy v horní a spodní desce, vnější kabely uvnitř komorového nosníku. Náležitá pozornost byla věnována citlivému životnímu prostředí, což byl jeden z hlavních důvodů volby stavební metody, postupnému vysouvání. Most byl dostavěn v roce 2003.



Viadukt Zečeve drage

V úseku dálnice Karlovac-Rijeka v blízkosti města Vrbovsko byly nejdříve postaveny mosty a viadukty. Tento viadukt je zakřivený horizontálně ($R = 2\,505\text{ m}$) i vertikálně údolnicovým obloukem ($R = 26\,500\text{ m}$), výsledný tvar osy mostu je prostorová křivka. Nosná konstrukce má délku 921,4 m a probíhá spojitě přes 19 polí (obr. 5). Je to jedna z nejdelších nosných konstrukcí v Evropě postavená metodou postupného vysouvání. Příčný řez je podobný jako u mostu v Dobre. V důsledku zakřivené nivelety je podélný sklon proměnný, od 4,25 do 0,77 % a klesá směrem na Karlovac.

Protože vysouvání probíhalo po spádu (obr. 6) a nosná konstrukce má relativně extrémní délku, bylo třeba učinit opatření pro dosažení řízeného posouvání a pro bezpečné „zaparkování“ konstrukce mezi vysouvacími taktami, jichž bylo celkem třicet sedm. Byla použita kombinace vnitřního a vnějšího předpětí se stejným uspořádáním předpínacích kabelů jako v případě mostu přes řeku Dobra u Vrbovska. Most byl dostavěn v roce 2004 (obr. 7).

Viadukt Draga

Tento viadukt, který je podobný mostu Dobra (obr. 4), leží na dálnici Split-Záhřeb, v blízkosti známého historického města

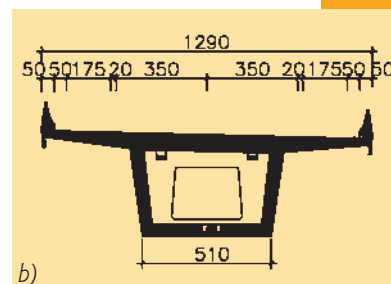
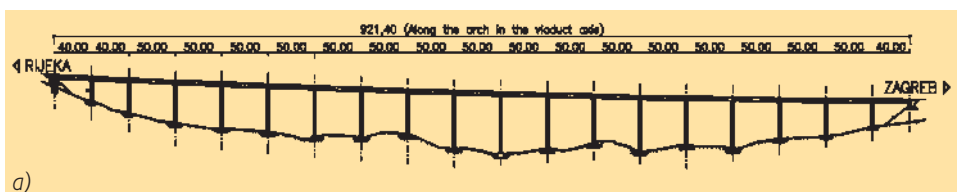
Šibenik. Jeho celková délka je 300 m a nosná konstrukce má 6 polí, 40 + 4 x 5 + 40 m. Byl dokončen v roce 2005 [3].

LETMÁ BETONÁŽ A MONTÁŽ

Viadukt Hreljin

Viadukt leží ve stejném úseku dálnice mezi Karlovacem a Rijekou jako zmíněný Bajerský viadukt. Je též zakřivený horizontálně ($R = 700\text{ m}$) se stoupající niveletou ve sklonu 3,3 % směrem na Karlovac. Nosná konstrukce je 537 m dlouhá a má jedenáct polí (obr. 8) [4]. Segmentová technologie pro nosnou konstrukci mostu byla v Chorvatsku aplikována podruhé (obr. 9 a 10), po realizaci středního pole mostu přes roklí Rječina, dokončeného v roce 1988 [5]. Jednotlivé segmenty byly vyrobeny na dlouhé dráze a osazovány vysuvným montážním jeřábem. Byl to první most v Chorvatsku, kde byla použita elastomerová ložiska sestávající z elastomerového bloku a kluzné části, tvořené ocelovými deskami doplněnými mezivrstvou teflonu (PTFE). Most byl dostavěn v roce 1995. Je nutno poznamenat, že při letos zahájené stavbě druhého dálničního pruhu bude souběžný viadukt postaven metodou postupného vysouvání.

Obr. 5 Viadukt Zečeve drage a) podélná dispozice, b) příčný řez
Fig. 5 Zečeve drage viaduct a) longitudinal section, b) cross-section

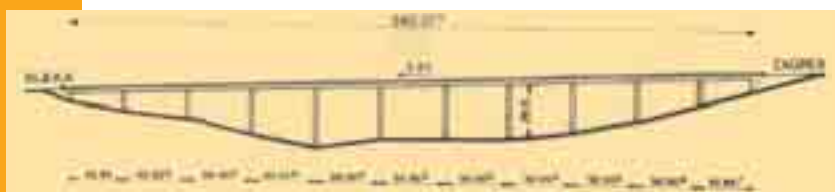




Obr. 6 Vysouvání mostu Zečevé drage
Fig. 6 Cantilevering of the Začevé Drage viaduct



Obr. 7 Pohled na dokončený most Zečevé drage
Fig. 7 A view of the completed Začevé Drage viaduct



Obr. 8 Podélná dispozice viaduktu Hreljin
Fig. 8 Longitudinal layout of the Hreljin viaduct

Obr. 9 Příčný řez viaduktem Hreljin
Fig. 9 Cross-section of the Hreljin viaduct

Obr. 10 Typický segment viaduktu Hreljin
Fig. 10 A typical precast segment of the Hreljin viaduct



Most Kamačnik

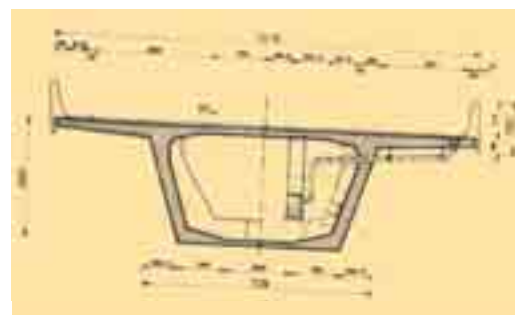
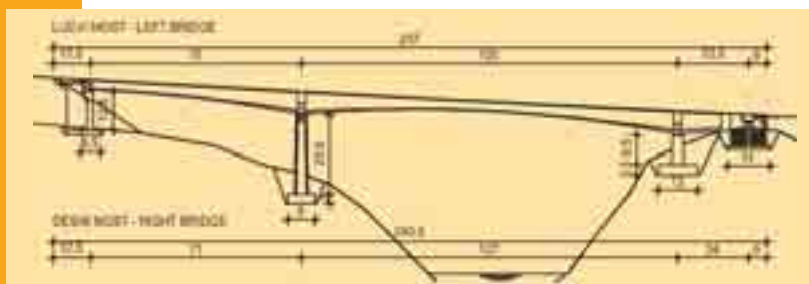
Most přes kaňon řeky Kamačnik leží ve stejném úseku dálnice Karlovac-Rijeka jako most Dobra. Půdorysně je též zakřivený ($R = 750,4 \text{ m}$) se stoupající niveletou ve sklonu $5,7 \%$ směrem na Rijeku. Kaňon je přírodní rezervací, tudíž bylo nezbytné věnovat zvláštní pozornost ochraně životního prostředí [2]. Proto bylo zakázáno umístit kteroukoli část pomocných konstrukcí v blízkosti dna kaňonu. Místní omezení si vyžádala asymetrické uspořádání s krátkým polem na severní straně, s opěrou vytvářející mohutnou protizátěž a volbu proměnné výšky nosné konstrukce. Zde se

Obr. 11 Podélná dispozice mostu Kamačnik.

Fig. 11 Longitudinal layout and typical cross-sections of the Kamačnik bridge

Obr. 12 Charakteristické příčné řezy mostu Kamačnik

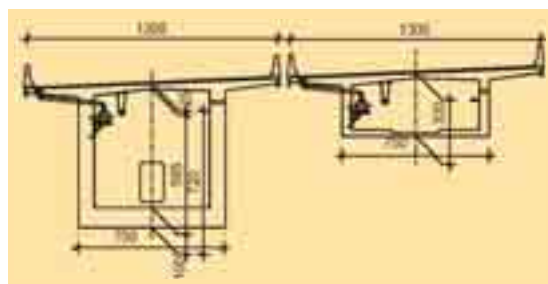
Fig. 12 Typical cross-sections of the Kamačnik bridge

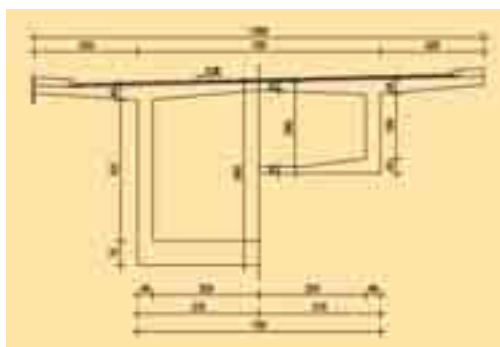
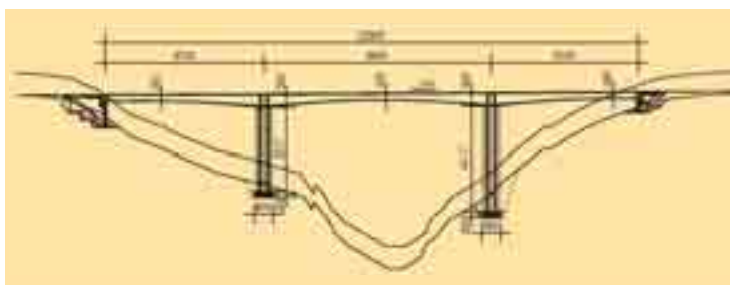


uplatnila technologie letmé betonáže (obr. 11 a 12). Tento most byl dostavěn v červnu 2003.

Most Guduča

Dálnice Záhřeb-Split přetíná kaňon řeky Guduča přibližně ve vzdálenosti 30 km od národního parku Krka v šibenickém okrese. Most přes kaňon [6] je zakřivený v půdoryse ($R = 5\,000 \text{ m}$), se stoupající niveletou ve sklonu $0,55 \%$ směrem na Šibenik (obr. 13). Vzhledem k tomu, že přírodní prostředí mostu je velice krásné a nová dálnice má zpřístupnit toto místo turistickému ruchu, byla věnována zvláštní pozornost konstrukčnímu tvarování mostu (obr. 14). Výstavba mostu trvala pouze dvanáct měsíců a skončila v loňském roce (obr.15).





Obr. 13 Podélná dispozice mostu Guduča

Fig. 13 Longitudinal layout of the Guduča bridge

Obr. 14 Tvarování mostu Guduča

Fig. 14 Structural shaping of the Guduča bridge



Obr. 15 Pohled na most Guduča před dokončením

Fig. 15 A view of nearly completed Guduča bridge

Most přes propast Pazančica

Tento most není součástí dálniční sítě, přesto si zaslouží zmínku. Jeho hlavní funkcí mělo být převedení sběrného kanalizačního potrubí na druhou stranu propasti Pazančica z důvodů ochrany životního prostředí města Pazin a jeho okolí. Neméně důležité bylo umožnit pěší provoz do části města, která leží mimo jeho historické jádro. Z jedenácti předložených návrhů [7] byl přijat tříkloubový rám z předpjatého betonu. Byl stavěn letmou betonáží směrem od dočasně upevněných konců k centrálnímu kloubu. Zvolená metoda výstavby si vyžádala vybudování dosti širokých a mohutných opěr, které sloužily jako protiváha. Z tohoto důvodu byla také proměnná šířka horní desky mostu. Projektant mostu navrhl i betonážní vozík, který vyrobila chorvatská firma (obr. 16 a 17), za cenu třikrát nižší než byly zahraniční nabídky. Cena vozíku činila asi 12 % celkových nákladů na most. Most byl dokončen v roce 1994.

Prof. Zvonimir Marić, PhD.

Fakulta stavební v Osijeku

Ul. Crkvena 21, 31 000 Osijek, Croatia

e-mail: zmaric@gfos.hr

Damir Tkalčić, MSc., Civ. Eng., PE

Institut stavebního inženýrství Chorvatska

ul. J. Rakuše 1, 10 000 Zagreb, Croatia

e-mail: damir.tkalcic@igh.hr

Literatura:

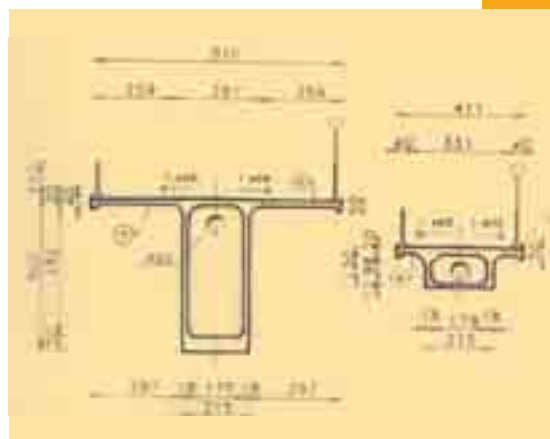
- [1] Rimac V., Dekanović Đ.: Viadukt Bajer on the Karlovac – Rijeka highway. Croatian national report, XII FIP Congress, Washington, D. C. May 29 – June 2, 1994. pp. 107–114
- [2] Radić J., Šavor Z., et al.: Bridges on new Croatian highways. Croatian national report, I fib Congress, Osaka, Japan, October 13 – 19 2002, pp. 97–103
- [3] Ilić K.: Draga viaduct on section Skradin – Šibenik. Proceedings of the First congress of Croatian bridge builders, Brioni Islands, 2005, 131-143 (in Croatian)
- [4] Marić Z., Ačanski V.: The Hreljin viaduct on the Karlovac – Rijeka highway. Croatian national report, XII FIP Congress, Washington, D. C. May 29 – June 2, 1994. pp. 118–126
- [5] Šavor K., Šavor Z., Jašarević I., Pintarić N.: The bridge over the Rječina near Rijeka. Yugoslav achievements, XI FIP Congress, Hamburg, 1990, Ceste i mostovi 36 (1990), 5–6, pp. 155–159
- [6] Lustig R., et al.: Bridge «Guduča». Proceedings of the First congress of Croatian bridge builders, Brioni Islands, 2005, 81–93 (v chorvatštině)
- [7] Dekanović Đ.: Peculiarities of construction of the bridge over the Pazinska jama. Croatian national report, XII FIP Congress, Washington, D. C. May 29 – June 2, 1994, pp. 153–157

Obr. 16 Podélná dispozice mostu přes propast Pazančica

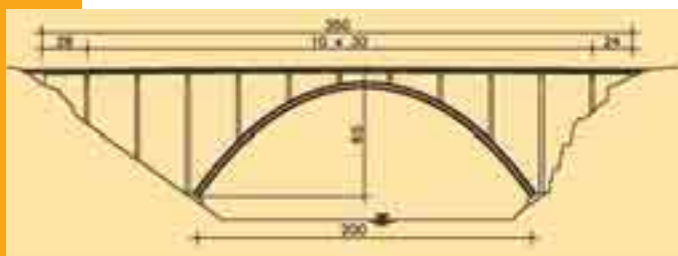
Fig. 16 Longitudinal layout of the bridge over the Pazinčica abyss

Obr. 17 Příčné řezy mostem přes propast Pazančica

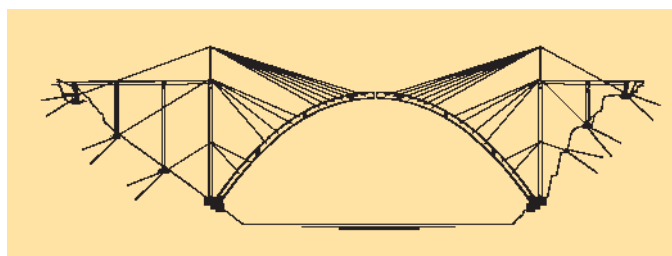
Fig. 17 Cross-sections of the bridge over the Pazinčica abyss



Pokračování článku v příštím čísle časopisu.

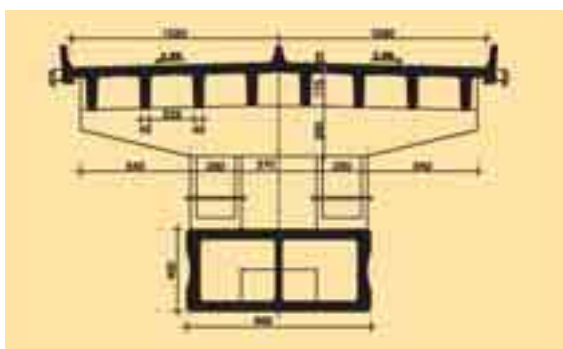


Obr. 18 Podélná dispozice mostu Maslenica
Fig. 18 Longitudinal layout of the Maslenica bridge



Obr. 19 Dispozice provizorních závěsů, kotevních závěsů a skalních kotev pro výstavbu mostu Maslenica
Fig. 19 Layout of auxiliary stays, backstays and rock anchors for arch construction of the Maslenica bridge

Obr. 20 Příčné řezy mostu Maslenica
Fig. 20 Cross-section of the Maslenica bridge



Obr. 21 Pohled na dokončený most Maslenica
Fig. 21 The view of the completed Maslenica bridge



ŽELEZOBETONOVÉ OBLUKY

Most Maslenica

Chorvatsko je proslulé svými železobetonovými obloukovými mosty při jadranském pobřeží. K nim náleží i pozoruhodný most na ostrov Krk s rekordním rozpětím oblouku 390 m, tři další mosty, které svým rozpětím oblouku přesahují 200 m a jeden, těsně pod touto hranicí. Zde se též poprvé ve světě použila metoda letmé betonáže železobetonové obloukové konstrukce.

Výstavba dálničního mostu Maslenica představuje přirozené pokračování a významné zlepšení této tradice stavby mostů [8]. Ukončením jeho stavby v dubnu 1997 se obnovilo životně důležité silniční spojení mezi severem a jihem země, přerušené po zničení starého ocelového obloukového mostu v listopadu 1991. Půdorysně leží most v přímce, niveleta je ve vrcholovém zakružovacím oblouku ($R = 17\,500\text{ m}$), nadmořská výška je okolo 90 m. Rozpětí oblouku je 200 m a vzepětí je 65 m (obr. 18). Oblouk je vetknutý a jeho průřez je dvojkomorový s neměnnými vnějšími rozměry. Byl vystavěn metodou letmé betonáže; závěsy a podpěry byly upevněny skalními kot-

vami, typu BBR ($32\ \varnothing\ 7\text{ mm}$, obr. 19). Mostovková konstrukce je spojitá o 12 polích, $26 + 10 \times 30 + 24\text{ m}$ a celkové délce 351,6 m. V příčném řezu sestává se z osmi prefabrikovaných nosníků z předpjatého betonu průřezu T s dodatečným spojením nad podpěrami a sprážených monolitickou železobetonovou deskou (obr. 20).

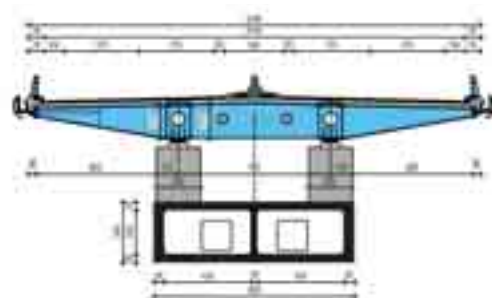
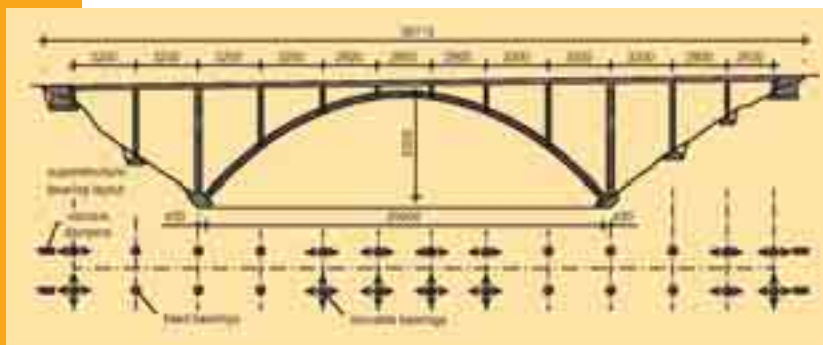
Vzhledem k tomu, že je most vystaven extrémním klimatickým podmínkám, výjimečně silnému větru a mořskému prostředí, byl použit beton o nízké propustnosti a konstrukční prvky s daleko většími rozměry, než tomu dosud bylo u kteréhokoliv jiného chorvatského mostu postaveného při Jadranu. Most výtečně zapadá do okolí, jak ukazuje pohled na dokončený most (obr. 21).

Obr. 22 Podélná dispozice mostu u Skradinu

Fig. 22 Longitudinal layout of the bridge over the river Krka at Skradin

Obr. 23 Příčné řezy mostu u Skradinu

Fig. 23 Cross-sections of the bridge over the river Krka at Skradin





Obr. 25 Pohled na dokončený most u Skradinu
Fig. 25 A view of the completed bridge over the river Krka at Skradinu



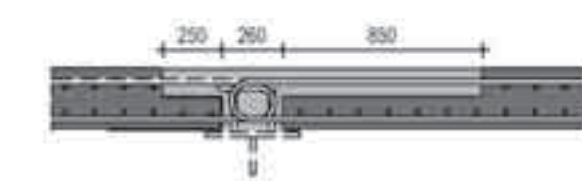
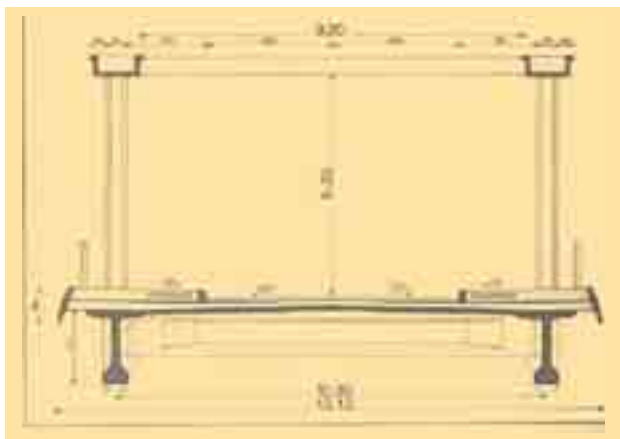
Most přes řeku Krka u Skradinu

Přísné dodržování požadavků na trvanlivost konstrukce mostovky mostu Maslenica si vyžádalo použití těžkých prefabrikovaných mostních nosníků z předpjatého betonu průřezu T, se stojinou větší tloušťky. Ty si zase vynutily stavbu mohutných příčnicků na pilířích, z nichž některé byly značně vysoké, nezbytných jako podpěry těžkých prefabrikovaných nosníků. Tyto příčnický měly tři významné nedostatky. Představovaly značné dodatečné zatížení oblouku,

- jejich provedení bylo komplikované a časově náročné,
- jejich vzhled nebyl příznivý, což nelze přehlížet vzhledem k situování mostu v regionu navštěvovaném pravidelně stovkami tisíc turistů.

Proto projektant udělal radikální krok vpřed, namísto těžké betonové konstrukce mostovky použil elegantní ocelobetonovou spřaženou konstrukci. Ta umožnila zcela vypustit příčnický na pilířích a postavit oblouk podstatně tenčí a lehčí. Díky tomu byly provizorní konstrukce pro výstavbu oblouku významně lehčí a levnější a samozřejmě se nezanedbatelně zkrátila celá doba výstavby [9, 10].

Most se nachází v blízkosti národního parku Krka, asi 4 km od



Obr. 24 Detail spojení prefa desek mostovky nad ocelovým příčnickem mostu u Skradinu
Fig. 24 A detail of interconnecting precast deck slab elements over a steel cross-beam



proslulého města Skradin, odkud je také viditelný. Jeho podélné uspořádání je nápadně podobné uspořádání mostu Maslenica (obr. 22). Je to pochopitelné, jejich oblouková konstrukce byla stejná, až na rozdíl v použití skalních kotev typu Dywidag (obr. 23). Dalším pozoruhodným rysem konstrukce mostovky bylo použití prefabrikovaných prvků pro desku (obr. 24). Most byl dokončen v roce 2006 (obr. 25).

DALŠÍ KONSTRUKČNÍ TYPY

Oblouk s táhlem – most přes řeku Dobra v Ogulinu

Ocelový příhradový most přes řeku Dobra v Ogulinu, postavený v roce 1878, byl natolik opotřebený, že jej v roce 1990 museli uzavřít pro veškerou dopravu, s výjimkou pěšího provozu. Byl nahrazen novým železobetonovým mostem dostavěným v roce 1997 [11].

Konstrukce mostovky se skládala ze dvou prefabrikovaných předpjatých betonových nosníků ztužených částečně prefabrikovanými železobetonovými oblouky (oblouk s táhlem, obr. 26 a 27). Tyto hlavní nosníky jsou vzájemně spojeny prefabrikovanými železobetonovými příčnickými v místech závěsů a s deskou

Obr. 26 Podélná dispozice mostu Ogulin

Fig. 26 Longitudinal layout of the Ogulin bridge

Obr. 27 Příčný řez nosnou konstrukcí mostu Ogulin

Fig. 27 Cross-section of the Ogulin bridge



mostovky, sestávající z prefabrikovaných prvků a zmonolitňující vrchní vrstvy.

Podpěry dosedají na mírně šikmá zděná kamenná křídla opěr starého mostu a jsou založeny na betonových mikropilotách. Hlavní nosníky byly položeny na starý most pomocí speciálního vozíku, jehož kola se pohybovala po podélných ocelových nosnících osazených na příčnicích starého mostu. Následně byly nosníky zvednuty autojeřáby stojícími za opěrami nad příhradové nosníky starého mostu a osazené na elastomerová ložiska na podpěrách. V dalším kroku byl příhradový most vyzdvižen, aby jej bylo možno uložit na ocelové válcované nosníky a použít stejné vozíky pro vyunutí starého mostu po nových hlavních nosnících mostu. Poté co byly osazené nadopěrové příčnické spojky s hlavními nosníky, byly montovány obloukové prvky (žlaby) na dočasné podpěry a zabetonovány spáry s přesahující výztuží. Zbývající stavební práce byly provedeny běžným způsobem a stavba byla dokončena v roce 1997.

Kombinovaná konstrukce – Dubrovnický most

Most stojí na budoucí rychlostní komunikaci Ploče – Dubrovnik, po jejímž dokončení se zkrátí cesta z Ploče do Dubrovniku o 10 km [12]. Mostní konstrukce sestává z předpjaté betonové části, krajní pole směrem ke Splitu a 1/5 hlavního pole, a ze zavěšené ocelobetonové spřažené části, 4/5 hlavního pole a pole směrem na Dubrovnik (obr. 28). Tyto dvě části spojuje speciální kloub. Betonová část byla postavena dobře zavedenou metodou

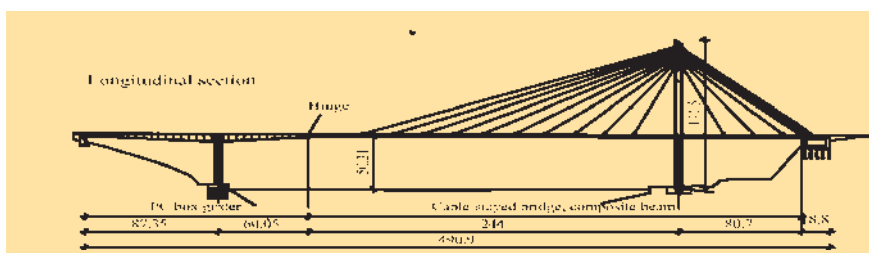
letné betonáže. Zavěšená část má vějířově uspořádané závěsy, které přenášejí zatížení do pylonu tvaru A.

Původně byla navržena nosná konstrukce zavěšeného mostu přes celé hlavní pole a tato neobvyklá kombinace byla použita ve snaze snížit celkové náklady na stavbu a též směrovými poměry na splitské straně. Zde jsou 2/3 krajního pole v kruhovém oblouku a přechodnice zasahuje i malou část hlavního pole, což si vynutilo asymetrické uspořádání. Profesor Stráský z brněnské univerzity navrhl neobyčejně atraktivní řešení, symetrický zavěšený most s konstrukcí předpjaté betonové mostovky zakřivené v půdorysu. To by značně zmenšilo nejvážnější problém, s přenášením sil od větru a zemětřesení a navíc by také zlepšilo vzhled mostu v této turisticky exponované oblasti. Chorvatské silniční ředitelství však této příležitosti nevyužilo.

Závěsy jsou uspořádány ve dvou rovinách, které se protínají ve vrcholu pylonu. Pylon, konstrukce mostovky a závěsy vytvářejí prostorový nosník, který působí příznivě jak z hlediska statického, tak i dynamického. Konstrukce mostovky sestává ze dvou ocelových hlavních nosníků průřezu I výšky 2 m, příčniců průřezu I výšky 1,3 m v osové vzdálenosti 5,0 m, železobetonové desky mostovky tloušťky 0,25 m spřažené s hlavními nosníky a příčnicí a zavětrovacího nosníku připevněného ke spodním pásům hlavních nosníků (obr. 29). Nezbytnost zavětrování vyplynula ze zkoušek v aerodynamickém tunelu, které se prováděly na Technické univerzitě v Čáchách. Tento první zavěšený most v Chorvatsku byl dokončen v květnu 2002 (obr. 30).

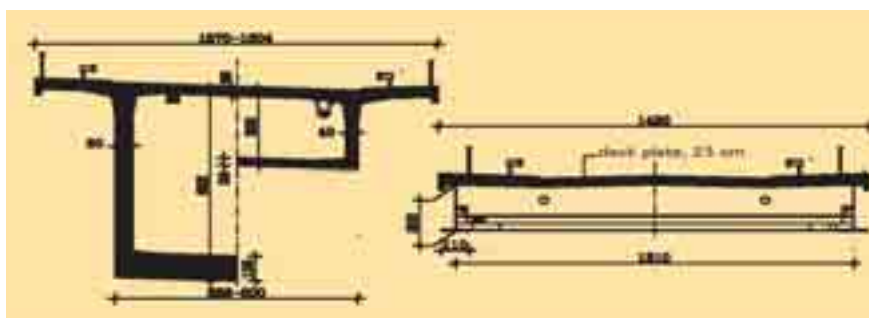
Obr. 28 Podélná dispozice
Dubrovnického mostu

Fig. 28 Longitudinal layout of the
Dubrovnik bridge



Obr. 29 Příčné řezy Dubrovnickým
mostem

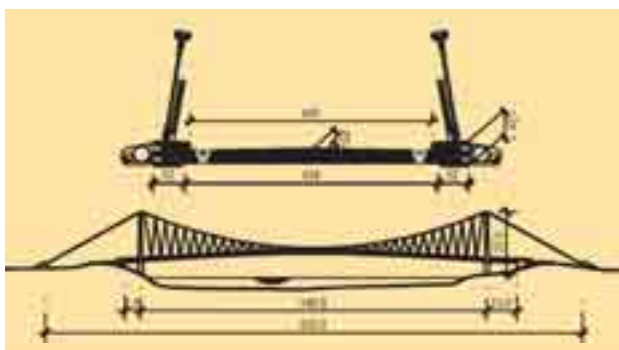
Fig. 29 Cross-sections of the
Dubrovnik bridge



Obr. 30 Pohled na dostavěný
Dubrovnický most

Fig. 30 A view of the completed
Dubrovnik bridge





Obr. 31 Příčný řez a podélná dispozice mostu v Martinské vsi
Fig. 31 Cross-section and longitudinal layout of the Martinska ves bridge

Vísutý most pro pěší u Martinské vsi

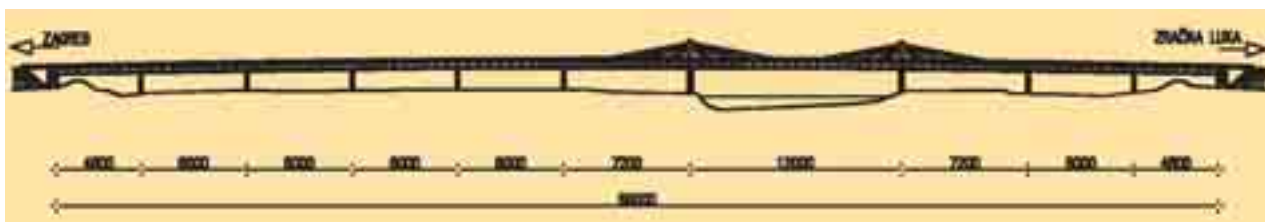
Toto je třetí visutý most pro pěší v Chorvatsku, po dvou mostech přes řeku Drávu u Pitomače a v Osijeku. Původně byl navržen výhradně pro pěší provoz, ale ukázalo se, že přes most mohou jezdit i vozidla až do hmotnosti 5 t; jednosměrně střídavě, při řízení signálními světly. Lodní doprava po řece Sávi vyžaduje

plavební otvor zahrnující téměř celou šířku řeky, čímž se omezil výběr konstrukčního typu [13].

Hlavní kabely sestávají z vinutých uzavřených lan $\varnothing 80$ mm s mezí únosnosti 6 390 kN. Kabely jsou zakotveny do betonových kotevních bloků založených na 12 vrtaných pilotách $\varnothing 1,5$ m. Spodní část železobetonového pylonu, pod výztužným nosníkem mostovky, tvoří mohutný blok o rozměrech 10,7 x 2 x 6 m a horní část, která je vysoká 22,2 m, je na vrcholu ukončená ocelolitinovým sedlem. Každý pylon je založen na 6 vrtaných pilotách $\varnothing 1,5$ m, délky 12 až 18 m. Výztužný nosník je vytvořen ze železobetonových prefabrikovaných segmentů dlouhých 3,6 m, ve tvaru dvou obdélníkových okrajových žebér s mostkovou deskou o minimální tloušťce 0,19 m, spojených monolitickými spárami širokými 0,4 m (obr. 31). Nosník je zavěšený na šikmých závěsech ve vzdálenosti 4 m, vyrobených z ocelových prutů o $\varnothing 36$ mm. Pro dosažení minimálního tlaku v betonu 5,0 N/mm², jsou nosníky předpjaté čtyřmi předpínacími vložkami (kabely). Most byl dostavěn v létě 2002.

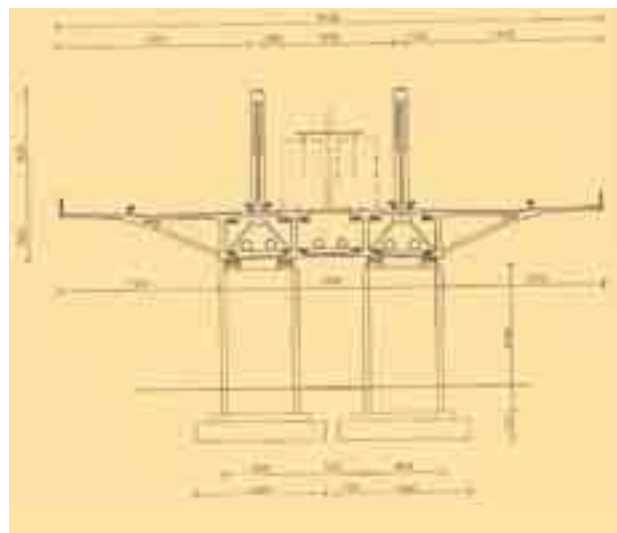
Trámový most extrados – most Vlasti u Záhřebu

Na popud úřadu Chorvatského vodního hospodářství, v souvislosti s potřebou převedení přivaděče pitné vody (3,5 m³/s) a kanalizačního sběrače odpadních vod (1,5 m³/s) z levého břehu



Obr. 32 Podélná dispozice mostu Vlasti u Záhřebu
Fig. 32 Longitudinal layout of the Homeland bridge near Zagreb

Obr. 33 Příčný řez mostem Vlasti u Záhřebu
Fig. 33 Cross-section of the Homeland bridge



Obr. 34 Pohled na rozestavěný most Vlasti
Fig. 34 A view of the Homeland bridge under construction



řeky Sávy na pravý, byl vypracován program pro koncepční návrh mostu přes Sávu na jihovýchodním předměstí Záhřebu a bylo vyhlášeno výběrové řízení. Most má převzít dopravu z nového záhřebského letiště i přilehlé části Chorvatska.

Podobě mostu byla věnována zvláštní pozornost, protože se stane význačným objektem reprezentujícím jihovýchodní bránu do Záhřebu. Do soutěže se přihlásilo sedm expertních skupin. Zvítězila skupina z Chorvatského ústavu pro mosty a konstrukce [14]. Koryto řeky bude přemostěno jediným polem, což vedlo k použití konstrukce trámu extrados, poprvé v Chorvatsku, který má vně umístěnou předpínací výztuž nad průřezem. Větší pole se střídají v pravidelném rytmu i nad zátopovou oblastí. Proto nosnou konstrukcí tvoří spojitý nosník s polí 48 + 4 x 60 + 72 + 120 + 72 + 60 + 48 m (obr. 32). Deviátory, krátké pylony, jsou umístěny na nosné konstrukci mostu, nad pilíři na říčním břehu. Příčné uspořádání mostu vychází z uspořádání dopravních pruhů po tramvajové lince, jízdních a cyklistických pásů a chodníků a též i z nezbytnosti převést kanalizační a vodovodní potrubí přes most (obr. 33).

Vzhledem ke značné konečné šířce mostu je průřez mostu navržen v souladu s dvoufázovou výstavbou nosné konstrukce. Nejdříve se betonuje jádro komorového nosníku společně s krátkými konzolami (1 m). Po dokončení dvou polí se betonují zbývající části konzol, podepřené ocelovými vzpěrami, po délkových úsecích rovných délce polí v částech nad zátopovou oblastí nebo v délkách 6 m nad říčním korytem. Pole nad zátopovou oblastí se betonují technologií po polích postupně vpřed na těžkém trubkovém podpěrném lešení. Hlavní pole je letmo betonované po úsecích délky 4 m, s postupným vyvšováním a předpínáním nosné konstrukce vnějšími předpínacími kabely ve vzdálenostech 6 m. Aby bylo možné postavit deviátory a namontovat vozík pro letmou betonáž, betonují se první úseky sousedící s pilíři na říčním břehu na trubkovém podpěrném lešení. Část nosné konstrukce druhé fáze nad zátopovou oblastí se betonuje po jednotlivých polích ihned po dokončení první fáze, ze stejného podpěrného lešení. V hlavním poli se druhá fáze vytváří opět letmou betonáží po úsecích o délce 6 m. Výstavba mostu pokračuje a má být dokončena v roce 2006 (obr. 34).

MOSTY Z PREFABRIKOVANÝCH NOSNÍKŮ Z PŘEDPJATÉHO BETONU

Jako všude ve světě byla i v Chorvatsku převážná část silničních mostů postavena z prefabrikovaných nosníků z předpjatého betonu, vzájemně spojených monolitickými příčnicí a monolitickou mostovkovou deskou. Podélné spojitosti bylo nejčastěji dosaženo na úrovni mostovky pomocí spojovacích desek, ale byla aplikována i řešení s plnou spojitostí. V posledních patnácti letech převažují tři typy průřezů: I – s širokým horním pásem, T a U – žlab. V některých případech je šířka horního pásu nosníků taková, že nevyžaduje použití bednění mostovky. Když most překračuje řeku s velkým záplavovým územím a šířka řeky nepřesahuje dvojnásobek délky pole příjezdových ramp, konstrukční typ použitý nad záplavovou oblastí bývá použit i nad řekou, ale s monolitickými nosníky, které mají náběhy o délce rovnající se délce polí ramp. Tyto nosníky jsou pak provedeny jako plně spojitě s prefabrikovanými nosníky vedlejších polí.

Nadjezdy byly zpravidla stavěny z prefabrikovaných, předem předpjatých dílců, vylehčené desky nebo komůrkové nosníky

Literatura:

- [1] Rimac V., Dekanović Đ.: Viaduct Bajer on the Karlovac – Rijeka highway. Croatian national report, XII FIP Congress, Washington, D. C. May 29 – June 2, 1994. pp. 107–114
- [2] Radić J., Šavor Z., et al.: Bridges on new Croatian highways. Croatian national report, I fib Congress, Osaka, Japan, October 13 – 19 2003, pp. 97–103
- [3] Ilić K.: Draga viaduct on section Skradin – Šibenik. Proceedings of the First congress of Croatian bridge builders, Brioni Islands, 2005, 131–143 (in Croatian)
- [4] Marić Z., Ačanski V.: The Hreljin viaduct on the Karlovac – Rijeka highway. Croatian national report, XII FIP Congress, Washington, D. C. May 29 – June 2, 1994. pp. 118–126
- [5] Šavor Z., Šavor Z., Jašarević I., Pintarić N.: The bridge over the Rječina near Rijeka. Yugoslav achievements, XI FIP Congress, Hamburg, 1990, Ceste i mostovi 36 (1990), 5–6, pp. 155–159
- [6] Lustig R., et al.: Bridge «Guduča». Proceedings of the First congress of Croatian bridge builders, Brioni Islands, 2005, 81–93 (v chorvatštině)
- [7] Dekanović Đ.: Peculiarities of construction of the bridge over the Pazinska jama. Croatian national report, XII FIP Congress, Washington, D. C. May 29 – June 2, 1994, pp. 153–157
- [8] Čandrić V., Radić J., Šavor Z., Friedl M., Žderić Ž.: Design and construction of the Maslenica highway bridge. Croatian national report, XIII FIP Congress, Amsterdam, May 23 – 28 1998, pp. 3–16
- [9] Šavor Z., Radić J., Puž G.: Krka river bridge near Skradin. Proceedings of the 4th International Conference on Arch Bridges – Advances in Assessment, Structural Design and Construction – ARCH '04, 17–19 November 2004, Barcelona, Spain, pp. 558–565
- [10] Marić Z., Šavor Z.: The bridge over the Krka river on the Zagreb – Split motorway. Concrete Structures, Budapest, Vol. 6 (2005), pp. 47–51
- [11] Sesar P., Marić Z., Dekanović Đ.: The bridge over the Dobra in Ogulin, Croatia. Croatian national report, XIII FIP Congress, Amsterdam, May 23 – 28 1998, pp. 17–21
- [12] Šavor Z., et al.: The bridge across Rijeka Dubrovačka. Croatian national report, I fib Congress, Osaka, Japan, October 13–19 2003, pp. 15–20
- [13] Šavor Z., et al.: Some new Croatian bridges. Croatian national report, I fib Congress, Osaka, Japan, October 13 – 19 2003, pp. 21–26
- [14] Marić Z.: Contest for the Homeland bridge in Zagreb. Croatian national report, XIII FIP Congress, Amsterdam, May 23 – 28 1998, pp. 125–138
- [15] Šavor Z., et al.: New bridge designs by the Structural department of Civil Engineering faculty in Zagreb. Croatian national report, I fib Congress, Osaka, Japan, October 13 – 19 2003, pp. 85–90

podle velikosti rozpětí, spojených podélnými mokrymi spárami, v konstrukční úpravě přenášející smykovou sílu. Tato technologie, která předpokládá, že i sloupy pilířů a opěr a jejich hlavice jsou prefabrikované, se do Chorvatska dostala z Itálie koncem 70. let 20. století. Prokázala se sice její efektivnost, ale problémy s trvanlivostí těchto konstrukcí se projevují stále zřetelněji.

MOSTY, KTERÉ SE MAJÍ STAVĚT V BLÍZKÉ BUDOUCNOSTI

Vedle velkého počtu mostů výše popsanych typů, které se budou stavět na dálnicích i jinde, je ještě několik mostů, které si v této zprávě zaslouží zmínku. Především je to **most přes řeku Kupa v Sisaku**. Bude to zavěšený most symetrické dispozice s poli 2 x 86 m a s předpjatou betonovou konstrukcí mostovky. Výstavba má začít počátkem jara roku 2006. **Most Koranske mlince** [15] bude stát v chráněném území, kde objíždná komunikace kolem města Slunj překračuje údolí řeky Korana. Ze tří návrhů byl vybrán předpjatý betonový spojitý nosník o proměnné výšce 2,5 až 5,5 m. Návrh byl přizpůsoben pro letnou betonáž. Rozpětí hlavního pole 100 m vyplynulo z požadavku co nejučinnějšího zmírnění dopadů na životní prostředí. Celková délka mostu bude 292 m, výstavba má začít počátkem příštího roku.

Několik velkých mostů se má vybudovat v rámci rozšíření **Jadransko-Jónské dálnice v úseku Split – Ploče**. Budou vybudovány metodou letmé betonáže, celková délka jednoho z nich přesahuje 600 m a postupným vysouváním o poněkud kratších délkách. V místě, kde tato dálnice přetíná údolí řeky Cetina, ve městě Omiš, kde je přírodní prostředí mimořádně citlivé, se plánuje stavba mostu obloukového s táhlem s rozpětím 100 m. Státní silnice spojující Omiš s vnitrozemím také přetíná Cetinu, takže se musí vybudovat další železobetonový obloukový most o rozpětí 140,3 m. Stavba je také plánována na počátek příštího roku.

Národní rozvojový program pro Chorvatské ostrovy určuje dlouhodobou strategii vlády s primárním cílem vrátit na ostrovy život. Prvním úkolem je zlepšit dopravní spojení na ostrovy, a to především zřízením pevného spojení. **Most spojující pevninu s ostrovem Pašman u Zadaru**, šířka kanálu je 2 200 m, je jedním z těch, které mají být postaveny nejdříve [15]. Ze tří předložených návrhů má největší naději na úspěch zavěšený most s hlavním polem o rozpětí 500 m. I u dalších chorvatských ostrovů se v rámci daného programu dají očekávat podobná inženýrská díla.

Prof. Zvonimir Marić, PhD.

Fakulta stavební v Osijeku

Ul. Crkvena 21, 31 000 Osijek, Croatia

e-mail: zmaric@gfos.hr

Damir Tkalčić, MSc., Civ. Eng., PE

Institut stavebního inženýrství Chorvatska

ul. J. Rakuše 1, 10 000 Zagreb, Croatia

e-mail: damir.tkalcic@igh.hr