

OCELOBETONOVÝ INTEGROVANÝ MOST NA SILNICI I/11 U MOKRÝCH LAZCŮ ■ INTEGRAL COMPOSITE BRIDGE ON HIGHWAY I/11 NEAR THE CITY OF MOKRÉ LAZCE



1

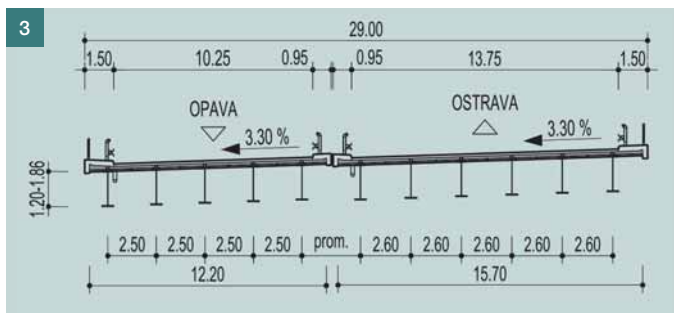
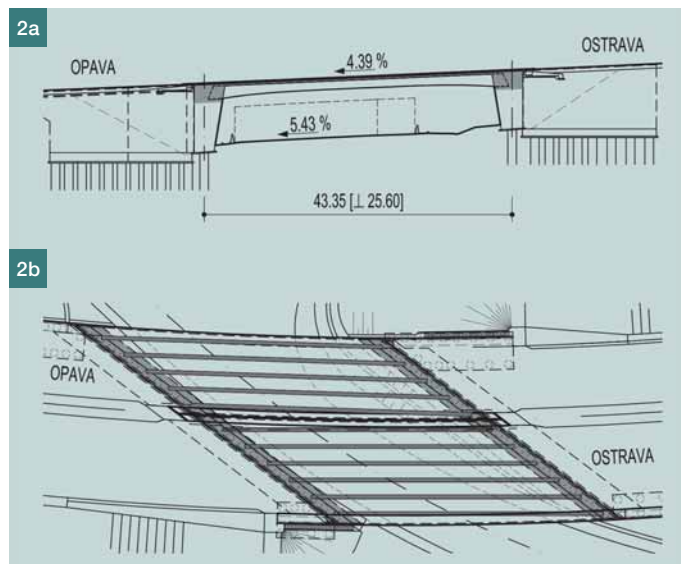
Tomáš Romportl, Pavel Kolenčík,
Leonard Šopík, Jiří Stráský,
Gabriela Šoukalová

Ocelobetonový integrovaný most je popsán s ohledem na architektonické a konstrukční uspořádání, postup stavby a statické působení. Nosnou konstrukci mostu tvoří ocelové nosníky spřažené s mostovkovou deskou. Nosníky jsou osazeny s betonovými přírubami, které nejen spolupůsobí s mostovkou, ale také slouží jako ztracené bednění pro následně betonovanou mostovkovou desku. Výsledné uspořádání umožnilo stavbu mostu s minimálním vlivem na provoz pod mostem. ■ An integral composite bridge is described in terms of its architectural and structural arrangement, construction process and static function. The bridge deck is formed by steel girders that are composite with a deck slab. The girders were erected with

concrete flanges that not only interact with the deck slab, but also serve as a formwork for the consequently cast deck slab. The resulting arrangement allowed the construction of the bridge with minimal impact on the operation under the bridge.

V rámci stavby silnice I/11 „Mokré Lazce – hranice okresu Opava, Ostrava“ byl postaven ocelobetonový integrovaný most SO 202 (obr. 1). Osa nové silnice I/11 je zde ve směrovém oblouku 590 m a v podélném sklonu 4,44 %. Příčný sklon vozovky na pravém i levém mostě je jednostranný levý 3,3 %. Most přemostuje původní komunikaci I/11, která je v půdorysném oblouku s poloměrem 160 m pod velmi šikmým úhlem 34,2°.

V projektu PDPS bylo přemostění tvořeno dvěma souběžnými mosty s monolitickou nosnou konstrukcí z předpjatého betonu. Protože při stavbě bylo nutné zachovat provoz na stávající komunikaci, byl přijat alternativní návrh, který nevyžadoval skruž, a tak redukoval dopravní omezení. V novém návrhu tvoří nosnou konstrukci mostu ocelové nosníky, které byly montovány s částí spřažené betonové desky tvořící ztracené bednění pro zbývající část desky. Toto řešení, označované jako technologie VFT®, je často navrhováno v Německu a Rakousku [1], [2], v České republice bylo aplikováno poprvé. Aby se zjednodušila údržba mostu, jsou nosníky vetknuty do krajních opěr, a most tak tvoří úsporný integrovaný systém.



Obr. 1 Most 202 ■ Fig. 1 Bridge 202

Obr. 2 a) Podélný řez mostem, b) půdorys ■ Fig. 2 a) Bridge elevation, b) plan

Obr. 3 Příčný řez nosnou konstrukcí ■ Fig. 3 Cross section of the deck



Obr. 4 Segment ocelového nosníku ■ Fig. 4 Segment of the steel girder

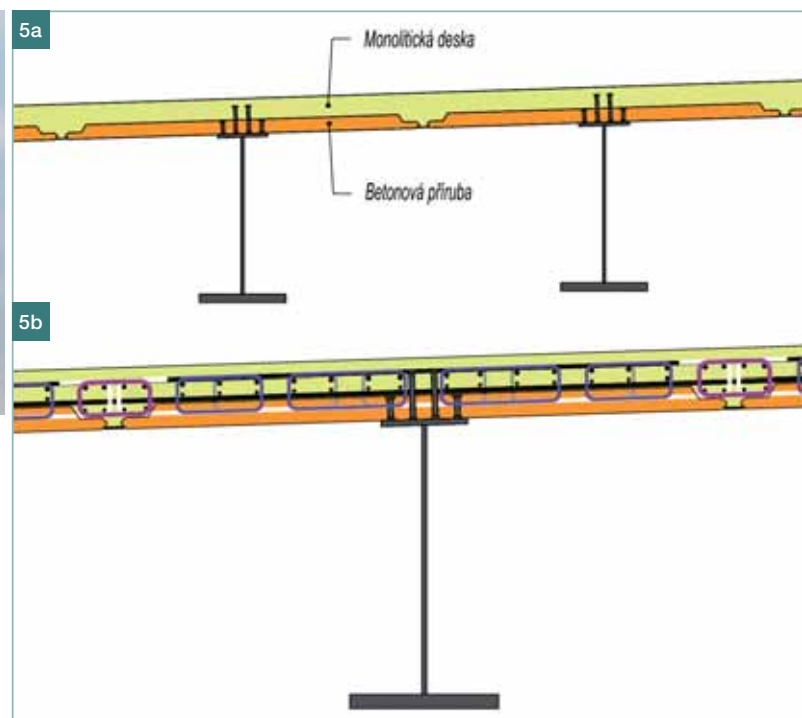
Obr. 5 Nosná konstrukce: a) mostovka a ocelové nosníky, b) výztuž mostovkové desky ■ Fig. 5 Deck: a) deck slab, b) reinforcement of the deck slab

Obr. 6 Betonáž prefabrikovaných přírub ■ Fig. 6 Casting of the concrete flanges

Obr. 7 Výztuž a betonáž prefabrikovaných přírub ■

Fig. 7 Reinforcement and casting of the concrete flanges

Obr. 8a,b Montáž nosníku ■ Fig. 8a,b Erection of the girder



ARCHITEKTONICKÉ A KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

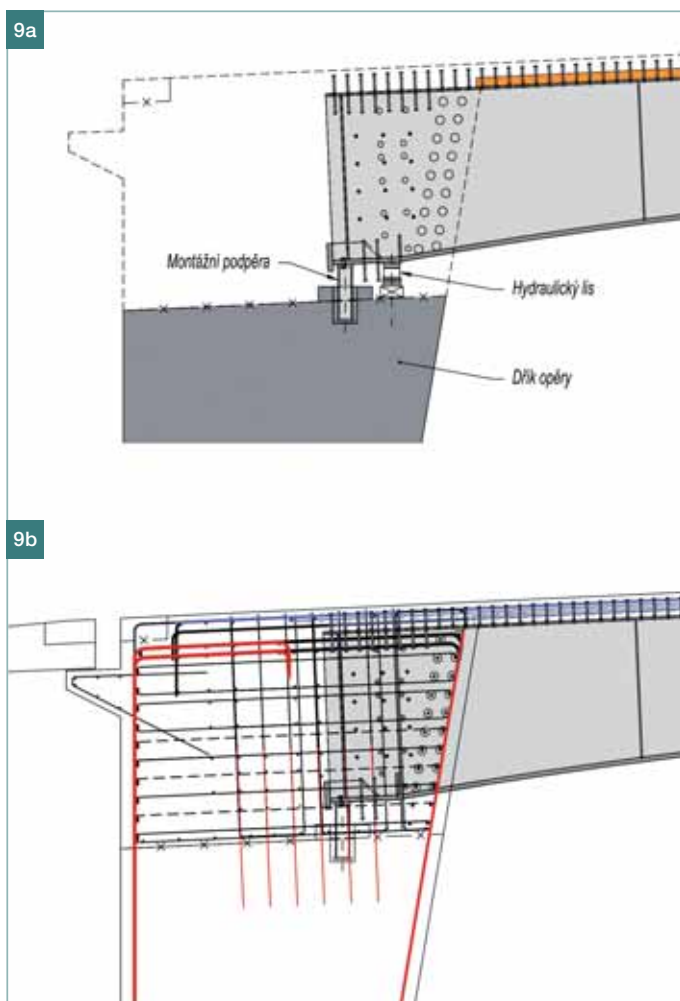
Přemostění tvoří dva souběžné mosty šířek 12,2 a 15,7 m. Konstrukci každého mostu tvoří jednopólová rámová konstrukce, na kterou navazují poměrně dlouhá křídla. Nahrazení křídel dalšími mostními poli nebylo bohužel inves-

torem akceptováno. Příčle rámu je sestavena z ocelových nosníků proměnné výšky, líc opěr je skloněn tak, aby se prostor pod mostem co nejvíce otevřel a aby architektonicky navázal na parabolický náběh.

Mosty mají šikmo uspořádané opěry, šikmost levého mostu je 35,3°, šik-

most pravého mostu je 37,2°. Šikmý rozpětí je 43,35 m (v ose I/11) (obr. 2). Opěry, resp. rámové stojky, jsou založeny na jedné řadě vrtaných pilot průměru 1 200 mm. Při tomto uspořádání piloty nekladou zbytečně velký odpor deformacím od dilatačních pohybů rámu a současně vytváří dostatečně





tuhý systém pro zachycení brzdých sil i zemního tlaku. Stojky jsou spojeny s pilotami přímo, bez základového bloku.

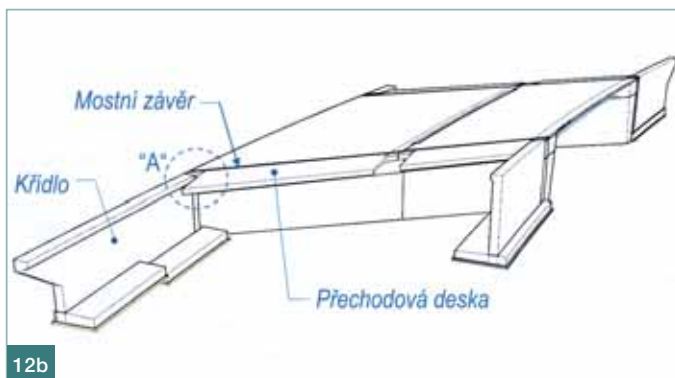
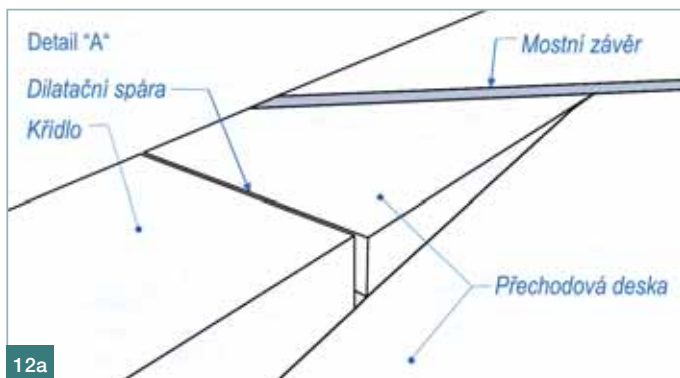
Příčle levého mostu je sestavena z pěti ocelových nosníků, příčle pravého mostu je z šesti ocelových nosníků (obr. 3). Nosníky mají proměnnou výšku od 1,2 m uprostřed rozpětí do 1,86 m v místě vetknutí do krajních opěr. Nosníky byly na předmostí svařeny ze dvou dílů (obr. 4) a na jejich koncích byly ve stěnách vytvořeny otvory pro protažení betonářské výztuže. Spodní příruby byly ztuženy patkou přenášející tlakové namáhání z příruby do betonu.

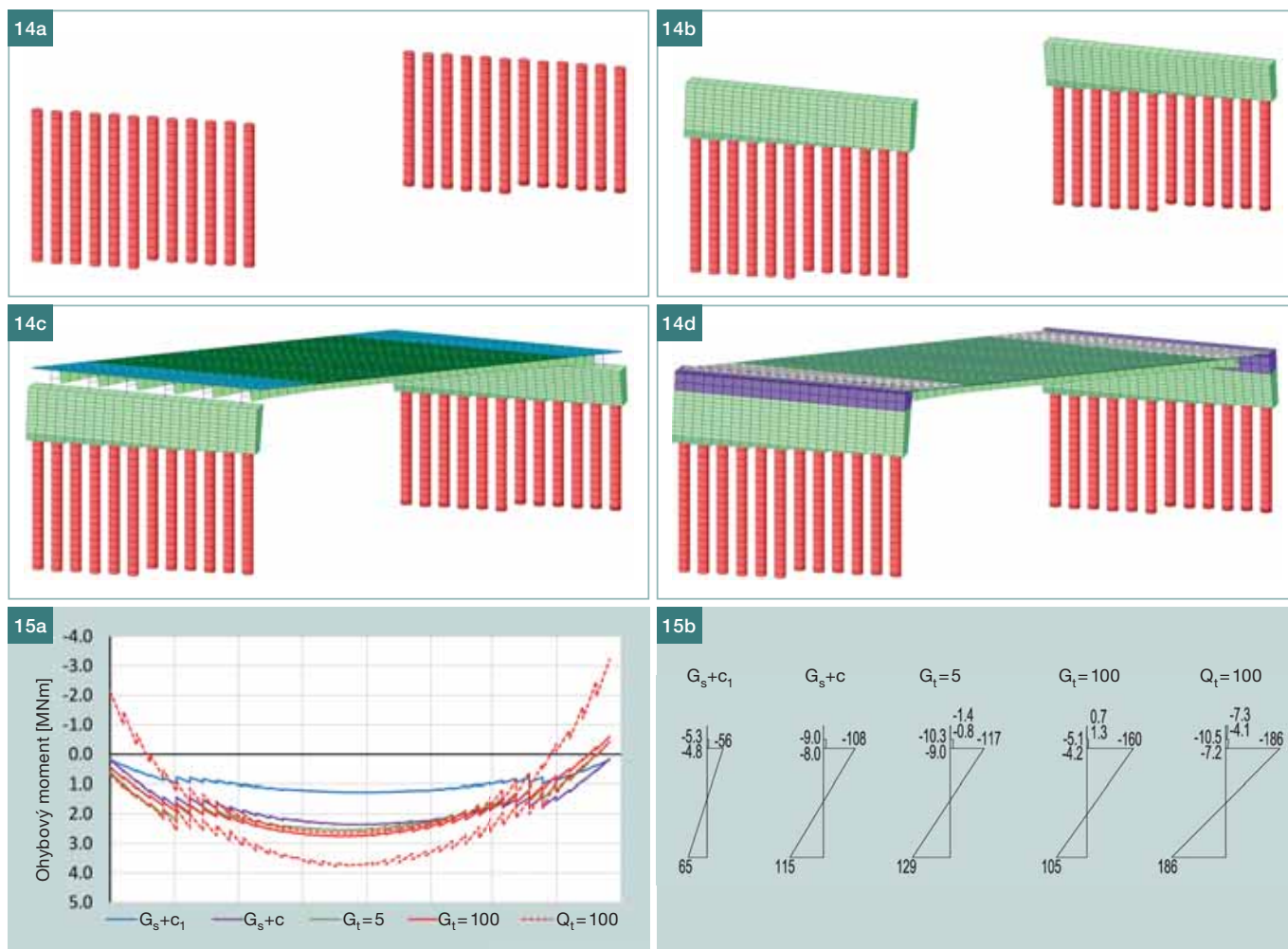
Po svaření nosníku byla na předmostí vybetonována horní betonová příruba, která vytváří ztracené bednění monolitické desky a která se spolu s deskou podílí na přenosu zatížení (obr. 5 až 7). Spřahovací trny zajišťují spojení nosníku nejen s betonovými přírubami, ale také s deskou. Vyčnívající výztuž přírub garantuje spolupůsobení přírub s deskou.

Při montáži (obr. 8a,b) byly ocelové nosníky uloženy na hydraulické lisy. Po výškové rektifikaci byly nosníky montážně zavětrovány a podpěrné ocelové sloupky situované na koncích nosníků byly podlity vysokopevnostní cementovou zálivkou. Konstrukce

tak byla připravena pro osazení betonářské výztuže monolitické desky zajišťující spolupůsobení nosníků. Rámové spojení příčle s opěrami je zaručeno betonářskou výztuží navazující na výztuž opěr a spřažené desky (obr. 9 a 10). Po vybetonování rámových rohů jsou ocelové nosníky vetknuty do opěr (obr. 11).

Zadní části rámové příčle jsou doplněny o krátké konzoly, na kterých jsou uloženy přechodové desky. Mostní závěry jsou situovány mezi příčlí a přechodovými deskami (obr. 12), které jsou u dilatačních závěrů zesíleny a rozšířeny. Naopak křídla jsou v horní části u dilatačních závěrů zeslabena





tak, aby jejich pohledové plochy zůstaly hladké (obr. 13).

STATICKÁ ANALÝZA

S ohledem na velkou šířkost byla nezbytná prostorová analýza konstrukce, která zohlednila pružné podepření pilotami, postupnou výstavbu konstrukce a vliv redistribuce vnitřních sil vlivem objemových změn betonu. Analýza zo-

hlednila také přerozdělení vnitřních sil vyvolaných změnou tuhosti konstrukce způsobenou vznikem trhlin ve spřažené betonové desce u podpěr. Pro analýzu konstrukce byl použit programový systém MIDAS Civil 2013. Detaily byly ověřeny metodou „strut and tie“.

Podobně jako skutečná konstrukce byl výpočtový model budován postupně (obr. 14): piloty (a), opěry (b), oce-

lové nosníky (c), spřažená deska (d). Ocelové nosníky a piloty byly modelovány 3D pruty, spřažená deska a opěry deskostěnovými prvky.

Pro představu o namáhání konstrukce jsou na obr. 15a uvedeny ohybové momenty, které namáhají střední ocelový nosník levého mostu v průběhu výstavby a za provozu. Pro stejné zatížení jsou na obr. 15b vykreslena nor-

Obr. 9 a) Podepření nosníku, b) výztuž rámového rohu ■

Fig. 9 a) Supporting of the girder, b) reinforcement of the knee joint

Obr. 10 Výztuž mostovkové desky u opěry ■ Fig. 10 Reinforcement of the deck slab near the abutment

Obr. 11 Vetknutí nosníků do opěry ■ Fig. 11 Fixing of the girders into the abutments

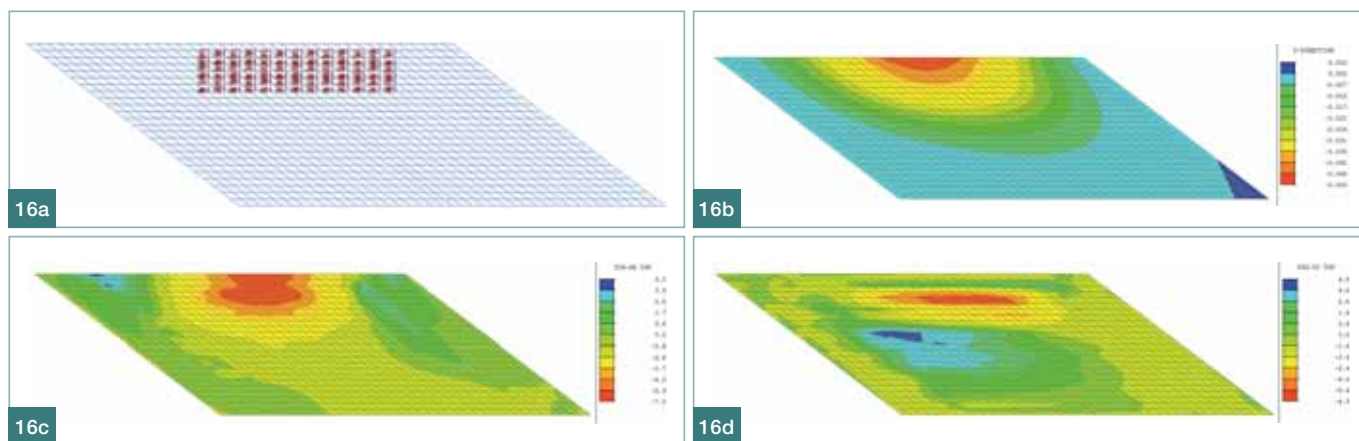
Obr. 12a,b Dilatační závěr a přechodová deska ■ Fig. 12a,b Expansion joint and approach slab

Obr. 13 Dilatační spáry ■ Fig. 13 Expansion joints

Obr. 14 Postupné vytváření výpočtového modelu: a) piloty, b) opěry, c) ocelové nosníky s betonovou přírubou, d) mostovková deska ■ Fig. 14 Progressive creating of the calculation model: a) piles, b) abutments, c) steel girders with concrete flanges, d) deck slab

Obr. 15 a) Ohybové momenty, b) normálové napětí [MPa]; G_s+c_1 je tíha ocelových nosníků a betonové příruby, G_s+c tíha ocelových nosníků a mostovkové desky, $G_t=5$ zatížení stálé v čase pět měsíců, $G_t=100$ zatížení stálé v čase 100 roků a $Q_t=100$ charakteristické zatížení v čase 100 roků ■ Fig. 15 a) Bending moments, b) normal stresses [MPa]; G_s+c_1 is self weight of the steel girder and concrete flange, G_s+c self weight of the steel girder and concrete deck, $G_t=5$ dead load at time five months, $G_t=100$ dead load at time 100 years and $Q_t=100$ characteristic load at time 100 years





málová napětí, která vznikají v tomto nosníku uprostřed rozpětí.

Deformace a normálová napětí v horních vláknech spřažené desky od zatížení vozidlem jsou uvedeny na obr. 16.

STAVBA MOSTU

Stavba mostu měla podobný průběh jako výstavba všech objektů stavby silnice I/11 „Mokré Lazce – hranice okresu Opava, Ostrava“. Zahájení stavby proběhlo 21. ledna 2009, dne 15. srpna 2010 byly stavební práce v rámci

úspěšných opatření pozastaveny a dne 15. června 2012 byl vydán pokyn k pokračování. Stavba byla uvedena do provozu 13. října 2015.

Vlastní most byl postaven bez podstatných problémů. Po vyvrtání pilot a vybetonování opěr byly na stavbu dopraveny segmenty ocelových nosníků. Po jejich svaření byly vybetonovány betonové příruby. Nosníky levého a pravého mostu byly osazeny během dvou výluk provozu pod mostem. Poté byla osazena betonářská výztuž a byly

vybetonovány spřažená deska a koncové rámové rohy. Na závěr byly provedeny dokončovací práce.

Kvalita provedení a statické předpoklady návrhu byly ověřeny zatěžovací zkouškou. Most byl zatížen devíti vozidly hmotnosti od 24,68 do 25,5 t, která byla situována tak, aby vyvolala maximální namáhání konstrukce. Naměřené deformace dosahovaly 75 % vypočítaných hodnot, most ve smyslu ČSN 73 6209 vyhověl ve všech parametrech.



Obr. 16 Namáhání mostovkové desky: a) poloha vozidla, b) průhyb, c) normálové namáhání f_x , d) normálové namáhání f_y

■ Fig. 16 Stresses in the deck slab: a) position of the truck, b) deflection, c) normal stresses f_x , d) normal stresses f_y

Obr. 17 a) Most 202, b) podhled mostu ■ Fig. 17 a) Bridge 202, b) soffit of the bridge

Obr. 18 Vizualizace nadjezdu na dálnici D1 ■ Fig. 18 Overpass rendering on D1 highway





ZÁVĚR

Průběh stavby a výsledné řešení jasně potvrzují efektivitu alternativního návrhu. Stavba byla provedena s minimálním omezením provozu na stávající komunikaci, vyloučením ložisek se podstatně snížily nároky na údržbu (obr. 17a,b).

Lehké ocelové nosníky s betonovými horními přírubami představují ideální řešení přemostění nad provozovanými komunikacemi. Lze je montovat běžnými jeřáby při minimální výluce provozu a prefabrikované příruby tvoří nejen ztracené bednění monolitické desky, ale současně také zajišťují ochranu uživatelů komunikace před možným pádem nářadí nebo materiálu ze stávajícího mostu.

Je škoda, že tyto konstrukce nebyly navrženy na rekonstruované dálnici D1 v místech, kde s ohledem na rozhledové poměry není možné navrhnout podporu ve středním pruhu. Místo pros-

Literatura:

- [1] SCHMITT, V. Verbundbrücken in der Praxis. In: *Betonkalender*. Berlin: Ernst & Sohn, 2002.
- [2] SCHMITT, V., BUBA, R. Innovative Building Method for Bridges with Small and Medium Spans – VFT[®], and VFT[®]-WIB. In: *6th International Symposium Steel Bridges*. Prague, 2006.

tých nosníků uložených na mohutných podpěrách lákajících graffiti zde mohly být lehké a transparentní konstrukce vetknuté do nízkých opěr (obr. 18).

Investor	Ředitelství silnic a dálnic ČR
Generální projektant	Sdružení Mokré Lazce – RDS (SHB, a. s., Ostrava a Stráský, Hustý a partneři, s. r. o.)
Projektant mostu	Stráský, Hustý a partneři, s. r. o.
Zhotovitel	Firesta-Fišer, rekonstrukce, stavby, a. s.

Ing. Tomáš Romportl
Stráský, Hustý a partneři, s. r. o.
e-mail: t.romportl@shp.eu



Ing. Pavel Kolenčík
Stráský, Hustý a partneři, s. r. o.
e-mail: p.kolencik@shp.eu



Ing. Leonard Šopík, Ph.D.
Stráský, Hustý a partneři, s. r. o.
e-mail: l.sopik@shp.eu



prof. Ing. Jiří Stráský, DSc.
Fakulta stavební VUT v Brně
& Stráský, Hustý a partneři, s. r. o.
e-mail: j.strasky@shp.eu



Ing. Gabriela Šoukalová
Firesta-Fišer, rekonstrukce,
stavby, a. s.
e-mail: soukalova@firesta.cz



BETOSAN[®]

DRŽITEL CERTIFIKÁTU ČSN EN ISO 9001 A 14001



alternativa,
kterou oceníte

Hydroizolace

POLYMERCEMENTOVÉ STĚRKY
PRUŽNÉ NÁTĚRY NA BÁZI MS POLYMERŮ
TĚSNÍCÍ BENTONITOVÉ PÁSKY
VODOTĚSNÉ MALTOVINY
SYSTEM PRO ŘEŠENÍ BALKÓNŮ A TERAS
HYDROIZOLAČNÍ MEMBRÁNY

www.betosan.cz

OBCHODNĚ-TECHNICKÁ KANCELÁŘ

Nová cesta 291/40 tel./fax: 241 431 212

140 00 Praha 4

e-mail: praha@betosan.cz