

SILNIČNÍ OKRUH KOLEM PRAHY, STAVBA 514

RING ROAD ROUND PRAGUE, CONSTRUCTION 514

**PATRIK KOTAS, PETR ŠAFRÁNEK, FRANTIŠEK HANUŠ,
MILAN ŠÍSTEK**

Příspěvek seznamuje čtenáře s dopravně-urbanistickou a architektonickou koncepcí mostů přes údolí Berounky, jejich projekty a výstavbou významného mostního díla na „Silničním okruhu kolem Prahy, na stavbě 514 Lahovice–Slivenec“. Jedná se o most celkové délky 2 055 m, stavěný třemi různými technologiemi.

The contribution introduces the traffic-urban and architectural conception of bridges across the Berounka valley, their projects and building process of major bridge works at the road circuit around Prague, the construction of 514 – Lahovice-Slivenec. The bridge of the total length of 2055m was built by three different technologies of construction.

Silniční okruh kolem Prahy (SOKP) v podobě čtyř či víceprouté rychlostní komunikace dálničního charakteru postupně po etapách vytváří jeden ze dvou dopravně nejdůležitějších okružních systémů hlavního města Prahy. Vnější silniční okruh je rozdělen na několik samostatných staveb, které jsou budovány postupně a v různých časových etapách. V západní části území Prahy na již zprovozněný úsek Ruzyně–Zličín–Slivenec navazuje velice významný úsek, který propojuje dálnici D5 směrem na Plzeň a Norimberk s dálnicí D1 směrem na Brno. Tento úsek je tvořen třemi stavbami označenými jako 512, 513 a 514. Právě

stavba 514 má svůj počátek u mimoúrovňové křižovatky stávajícího ukončení rychlostní čtyřprouté komunikace poblíž Slivence v místě napojení tzv. Barrandovské výstupní komunikace. Ta v současnosti svádí veškerou tranzitní dopravu z dosud nedostavěného vnějšího silničního okruhu na městský okruh. Barrandovská výstupní komunikace tak přivádí velké množství tranzitní dopravy, zejména kamionové, na Barrandovský most a tzv. Jižní spojku, které v současnosti tvoří jedinou spojnicí dálnic D1 a D5. Mnoho let trávající soustavné dopravní zácpy a mnohakilometrové kolony kamionů jsou dokladem mimořádné, napro-

Obr. 1 Vizualizace návrhu přemostění Berounky a estakáda v široké údolní nivě

Fig. 1 Visualization of the design of the bridging of the Berounka River and the elevated road in a wide bottomland

Obr. 2 Vizualizace architektonického návrhu portálů dálničních tunelů ve stráni nad Radotínem a začátku estakády přes údolí

Fig. 2 Visualization of the architectural design of the mouths of the motorway tunnels in a slope above Radotín and the beginning of the elevated road spanning the valley

Obr. 3 Vizualizace mostní konstrukce estakády přes údolí Berounky

Fig. 3 Visualization of the bridge structure of the elevated road across the Berounka River

Obr. 4 Vizualizace mostu přes Berounku s podvěšenou lávkou pro pěší

Fig. 4 Visualization of the bridge across the Berounka River with a hung footbridge





5

sto neoddiskutovatelné potřeby vnějšího silničního okruhu. Právě rozestavěný soubor staveb 512, 513 a 514 by měl vyřešit jeden z nejpálčivějších dopravních problémů hlavního města Prahy, přestože po jeho dokončení v roce 2010 bude ještě třeba dostavět přibližně dvě třetiny délky vnějšího silničního okruhu. Stále chybí jeho severozápadní segment, část severovýchodního segmentu a propojení východně od dálnice D1.

DOPRAVNĚ-URBANISTICKÁ A ARCHITEKTONICKÁ KONCEPCE MOSTŮ PŘES ÚDOLÍ BEROUNKY

Stavba 514 je ze souboru uvedených tří staveb po stránce technických požadavků a urbanistického začlenění do složitého terénního reliéfu určitě nejnáročnějším úsekem. Ve směru od Zličína totiž obsahuje několik mostních objektů, významný tunel a vrcholí složitou mimoúrovňovou křižovatkou přes rychlostní komunikaci ve směru na Strakonice. Navazující přemostění Vltavy již náleží k sousední stavbě 513.

Širší urbanistické a krajinářské vztahy

Trasa rychlostní komunikace stavby 514 probíhá velmi atraktivní, místy dramatickou krajinou z velké části ve stávající zeleni, která je zejména pro Pražany velmi cenná. Prochází či se dotýká významných přírodních lokalit, a to hlavně Lochkovského profilu, Slavičtího údolí a oblasti Krňák. Překlenuje Lochkovské údolí, Radotínskou nivu, Berounku (obr. 1) a následně tok Vltavy. Urbanisticko–architektonické řešení bylo motivováno snahou minimálně narušit tyto lokality a vytvořit symbiózu moderní stavby s důležitými krajinnými prvky.

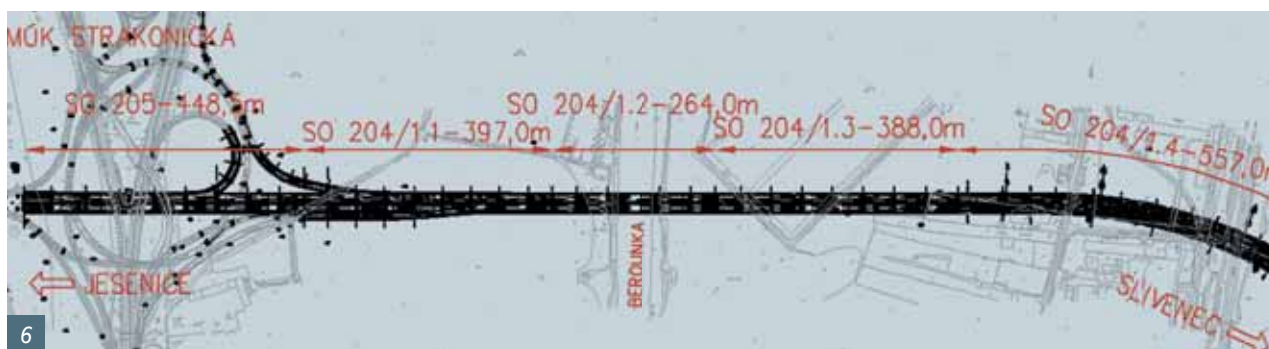
Trasa ve směru od Slivence klesá směrem na jih, kde nejprve vytváří mimoúrovňovou křižovátku Lochkov, následně se táhlým levosměrným obloukem stáčí a přechází významným mostním objektem Lochkovské údolí a dalším kratším a nižším mos-

tem Slavičtí údolí. Poté se rychlostní komunikace vnoří do tunelu, tvořeného dvojicí ražených tubusů, jejichž oba konce jsou hloubené a vytvářejí zřetelné tunelové portály, architektonicky tvarované. Po průjezdu tunelem, v němž trasa opět klesá a stáčí se směrem doprava, se rychlostní komunikace vynoří na povrch ve stráni nad Radotínem, v prostoru nad železniční tratí (obr. 2). Zde trasa komunikace okamžitě přechází na mostní konstrukci, jejíž niveleta pozvolně klesá přes údolní nivu řeky Berounky. Těsně za tunelovým portálem začíná dvojice konstrukčně nezávislých, avšak tvarově totožných rovnoběžných mostů (obr. 3), tvořících dlouhou estakádu napříč celým údolím, která vrcholí mostem přes řeku Berounku (obr. 4). Dále trasa komunikace pokračuje opět estakádou, která se větví do sběrné a přípojných rampy navazující mimoúrovňové křižovatky se Strakonickou ulicí. Opačný konec této mimoúrovňové křižovatky se již nachází v sousedství řeky Vltavy.

Vltavu přechází trasa silničního okruhu navazující stavbou 513 se samostatným mostem, na jehož konci se komunikace opět vnoří do tunelu. Z hlediska celkového krajinářského začlenění této významné novostavby do panoramatu údolí soutoku obou řek je však na tento navazující úsek brán výrazný zřetel tak, aby stavba působila jako jeden celek.

Mosty přes údolí Berounky představují z hlediska krajinářského nejvýznamnější zásah do panoramatu celé údolní nivy. Spolu s navazujícím mostem přes Vltavu tvoří stavba vizuální předěl celého širokého údolí; toto údolí rytmizuje na část před mostem a za mostem. I když niveleta mostu klesá směrem ke středu údolí, tvoří stavba jako celek linii na úrovni vizuálních horizontů krajinné scény.

Navrhovaná subtilnost konstrukcí včetně podpor dává reálnou šanci na zachování maximální možné volnosti průhledu pod mostem v celé jeho délce. Výjimku tvoří oblast mimoúrov-



Obr. 5 Vizualizace návrhu MÚK Strakonická
Fig. 5 Visualization of the design of the rotary interchange Strakonická

Obr. 6 Situace mostní estakády SO 205 a 204/1
Fig. 6 Situation of the bridge elevated road SO 205 and 204/1

Obr. 7 Tvar pilířů spojitě konstrukce hlavní estakády a křižovatkové rampy
Fig. 7 Shape of the pillars of the continuous structure of the main elevated road and crossing ramp

Obr. 8 Tvar pilířů rámového mostu v místě letmé betonáže
Fig. 8 Shape of the pillars of the frame bridge in the place of free-cantilever concretings



ňové křižovatky se Strakonickou ulicí poblíž Lahovic. Zde, díky stoupajícím a klesajícím rampám, vzniká typický propletenec komunikačních ramen mimoúrovňové křižovatky, u něhož zaniká až na výjimky možnost panoramatického průhledu pod konstrukcemi. V této křižovatce však vstupuje do vizuálního obrazu původní i nově vysázená zeleň.

Dlouhá linie estakády je zjemněna oble, měkce tvarovanými podporami, podporujícími subtilní charakter celé konstrukce.

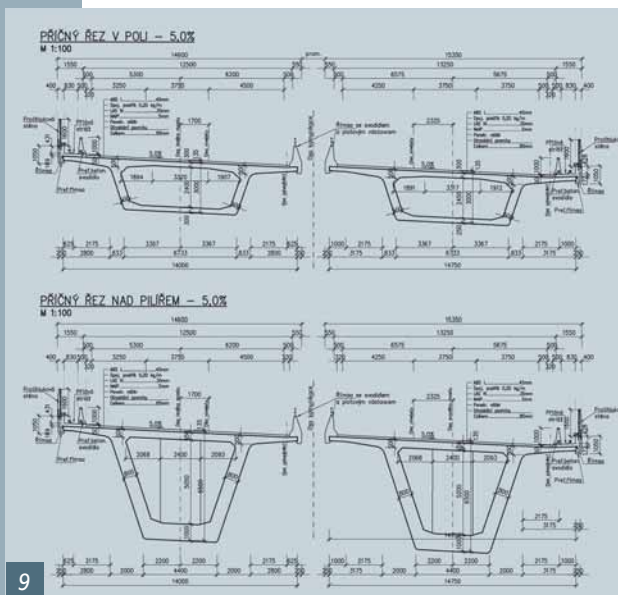
Samotný přechod Berounky je po architektonické stránce v rámci celé dlouhé mostní horizontály zdůrazněn podvěšenou pěší lávkou v podobě táhlého oblouku (obr. 4). Lávka z úrovně terénu stoupá zvolna nízkým parabolickým obloukem, který vnáší do architektury mostu motiv lehké dynamiky. Směr pěšího pohybu je přímý v logické návaznosti na okolní pěší komunikace. Lávka je zavěšena ve dvou rovinách subtilních nerezových ocelových závěsů, které díky proměnlivé niveletě lávky vytvářejí dynamicky působící osnovu různě nakloněných táhel.

Hlavní sjednocující principy architektonického řešení

Architektonický návrh jednotlivých částí okruhu (mostů, portálů, tunelů atd.) vychází z motivů měkkých linií a maximálního odlehčení všech konstrukcí tak, aby stavba jako celek nepůsobila jako robustní technický prvek, ale spíše jako subtilní linie vinoucí se v harmonii s krajinou.

Celá trasa této části silničního okruhu by měla působit architektonicky sjednoceným dojmem nezávisle na tom, je-li komunikace na terénu, v tunelu či na mostě. Z tohoto důvodu byly zvoleny základní sjednocující principy architektonického řešení, které se projevují zejména v následujících prvcích:

- oblý tvar mostních pilířů, rozšiřující se směrem vzhůru;
- tvar mostovky a navazující atiky s protihlukovou stěnou;



9

10

- design stožárů veřejného osvětlení, který křivkově prohnutým tvarem navazuje na siluetu mostních pilířů;
- design obou tunelových portálů, který předstupující, dynamicky tvarovanou pergolou s částečně akusticky tlumivým účinkem navazuje na konstrukční prvky mostů v tomto úseku;
- design a konstrukční uspořádání zavěšené pěší lávky pod mostem přes Berouнку, se systémem závěsných táhel s dynamicky křivkou rovinou závěsu;
- barevnost a jednota materiálového provedení všech pohledových částí konstrukcí mostů, tunelů a ocelových prvků doprav-

ných zařízení – **světlá šedobílá barva** pohledových betonových konstrukcí; **temně modrá barva** ocelových konstrukcí pěších lávek, protihlukové stěny a stožárů veřejného osvětlení; **lesklá stříbrná barva** nerezových ocelových táhel u zavěšené pěší lávky pod mostem přes Berouнку.

STAVEBNÍ A KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ MOSTŮ PŘES ÚDOLÍ BEROUNKY A MÚK STRAKONICKÁ

Oproti zadání stavby dochází v oblasti MÚK Strakonická ke změnám vedení křižovatkových větví (obr. 5) tak, aby byla



11

doprava ze všech směrů, od Prahy, Plzně, Strakonice, Zbraslavi a Brna, navedena na okružní pás. Na základě úpravy MÚK Strakonická byla navržena nová rozpětí estakády a byly optimalizovány průřezy nosné konstrukce a spodní stavby. Se změnou křižovatky dochází k vylepšení dopravní přehlednosti a průjezdnosti křižovatky. Dále se zjednodušil základní návrh mostních objektů v křižovatce MÚK Strakonická i celá mostní estakáda přes údolí Berounky.

Koncepční řešení mostní estakády SO 205 a 204/1

Mostní estakáda se s ohledem na svoji celkovou délku a přemostované překážky dělí na pět samostatných dilatačních celků, budovaných různými technologiemi (obr. 6).

Část mostu přes MÚK Strakonická a dilatační díl přes řeku Berounku je stavěn na pevné skruži. Opakovatelné části mostu pro rozpětí až do 50 m jsou stavěné na posuvné skruži. Most na rozpětí 114 m v Radotíně přes trať ČD Praha–Beroun je stavěn letnou betonáží.

Mosty jsou navrženy jako předpjaté komorové konstrukce z betonu C35/45-XF2 a XD1.

Celkový návrh mostu vychází ze změny křižovatky Strakonická. Tvar pilířů byl pro spojitě konstrukce hlavní estakády a křižovatkové rampy sjednocen (obr. 7). Tvar pilířů pro rámový most v místě letmé betonáže byl od nich odvozen (obr. 8). Tvary spodní stavby, nosné konstrukce a příslušenství byly odsouhlaseny s autory architektonického ztvárnění stavby 514 (obr. 9). Vnitřní římsy jsou navrženy z monolitických svodidel a vnější římsy jsou tvořeny prefabrikovaným svodidlem typu SSŽ a římsovkou, na které je kotvená protihluková stěna, veřejné osvětlení a portály dopravního značení.

1. dilatační část – mostní objekt SO 205

Nosná konstrukce mostu délky 450 m je navržena jako spojitý komorový nosník výšky 2,6 m z předpjatého betonu o rozpětích 43,5 + 3 x 55 + 4 x 50 + 40 m. Délka polí je navržena s ohledem na přemostění silnice I/4 a větve křižovatky MÚK Strakonická. Na levém mostě mezi pilíři P9, P10 a D5 je proveden rozplet pro navazující rampu SO 201- stavby 513 na větví „D“ (obr. 10).

Spodní stavba je tvořena na podpoře P4 a P13 dilatačním pilířem a dále samostatnými pilíři pod každým mostem.

Nosná konstrukce je budována na pevné skruži. Mostní objekt navazuje bezprostředně na most přes Vltavu u přechodového pilíře P4, který je součástí SOKP 513.

Výstavba MÚK Strakonická je rozdělena do čtyř etap a je organizována tak, aby na silnici I/4 byl vždy zachován provoz ve dvou jízdních pruzích v obou směrech.

2. dilatační část – mostní objekt SO 204/1.1

Nosná konstrukce mostu délky 397 m (obr. 5) je navržena jako spojitý komorový nosník výšky 2,6 m z předpjatého betonu o rozpětích 37 + 7 x 46 + 37 m. Délka polí je navržena s ohledem na použití posuvné skruže. Most přemostuje místní komunikace Lahovice–křižovatka Zbraslav. Na nosnou konstrukci se k levému mostu připojuje mostní konstrukce rampy „C“. Na pravý most se připojuje mostní konstrukce rampy „O“.

Hlavní nosná konstrukce je staticky tvořena spojitým nosníkem o devíti polích. Spodní stavbu tvoří železobetonové pilíře s rozšířenou hlavou. Na přechodu mezi mosty jsou navrženy přechodové pilíře a na rampě „O“ je navržena opěrná zeď.

Výstavba mostu probíhá z části na pevné a z části na výsvuné skruži Structuras (obr. 11).

12



Obr. 9 Příčné řezy nosnou konstrukcí letmo betonovaného mostu

Fig. 9 Cross sections of the supporting structure of the bridge erected by means of light concreting

Obr. 10 MÚK Strakonická, navazující rampa SO 201 – stavby 513 na větví „D“

Fig. 10 Rotary interchange Strakonická, continuing ramp SO 201 – constructions 513, branch D

Obr. 11 Výstavba mostu SO 204/1.1 na pevné a výsvuné skruži

Fig. 11 Construction of bridge SO 204/1.1 on a firm and travelling centering

Obr. 12 Výstavba mostu přes Berounku SO 204/1.2 na pevné skruži

Fig. 12 Construction of the bridge across the Berounka River SO 204/1.2 on a firm centering

Obr. 13 Rozestavěný most SO 204/1.3, v pozadí jeden z největších jeřábů ve střední Evropě (nosnost 1 200 t) použitý pro otočení a přesunutí výsvuné skruže z levého na pravý most

Fig. 13 Partially erected bridge SO 204/1.3; in the background, one of the largest cranes in Central Europe (lifting capacity 1,200 t) used for turning and carrying the travelling from the left bridge onto the right one

13





14



15

3. dilatační část – mostní objekt SO 204/1.2

Nosná konstrukce mostu délky 264 m je navržena jako spojitý komorový nosník z předpjatého betonu o rozpětích 40 + 50 + 84 + 50 + 40 m. Délka polí je navržena s ohledem na přemostění Berounky za použití pevné skruže.

Hlavní pole mostu je tvořeno parabolickým náběhem na výšku komory 4,8 m. Na přechodu mezi mosty jsou navrženy přechodové pilíře. Výstavba mostu probíhá na pevné skruži v pěti pracovních takttech, s uzavíracím takttem uprostřed rozpětí (obr. 12).

Zajímavostí je, že přes most byla přesunuta výsvuná skruž o nosnosti 350 t.

4. dilatační část – mostní objekt SO 204/1.3

Nosná konstrukce mostu délky 388 m je navržena jako spojitý komorový nosník z předpjatého betonu o rozpětích 40 + 5 x 49 + 51 + 52 m. Délka polí je navržena s ohledem na použití posuvné skruže Structuras. Most přemostňuje budoucí vodní plochy v Radotíně.

Hlavní nosná konstrukce je staticky tvořena spojitým nosníkem o osmi polích. Spodní stavbu tvoří železobetonové pilíře s rozšířenou hlavou. Na přechodu mezi mosty jsou navrženy přechodové pilíře.

Výstavba mostu probíhá na výsvuné skruži, stejně jako na SO 204/1.2.

Zajímavostí během výstavby bylo použití jednoho z největších jeřábů ve střední Evropě o nosnosti 1 200 t, pro otočení a přesunutí výsvuné skruže z levého na pravý most (obr. 13).

Obr. 14 Pohled na jednotlivá vahadla mostu SO 204/1.4

Fig. 14 View of balance beams of bridge SO 204/1.4

Obr. 15 Pohled na zmonolitněnou část SO 204/1.4 budovanou letmou betonáží

Fig. 15 View of the monolithic part of SO 204/1.4 erected by means of free-cantilever concreting

Obr. 16 Celkový pohled od radotínského portálu tunelu na rozestavěnou estakádu přes údolí Berounky

Fig. 16 General view of the partially built elevated road across the Berounka valley from the Radotín tunnel mouth

obr. 1 až 4 Ing. arch. Patrik Kotas – Ateliér designu a architektury,
obr. 5 Valbek, obr. 6 až 16 Novák & partner, s. r. o.

5. dilatační část – mostní objekt SO 204/1.4

Nosná konstrukce mostu délky 559 m je navržena jako spojitý komorový nosník z předpjatého betonu o rozpětích 72 + 84 + 101 + 2 x 114 + 72 m. Délka polí je navržena s ohledem na přemostění železniční tratě ČD Praha–Beroun, vlečky Pražských pivovarů a silničních komunikací Výpadová a Vrážská.

Výška průřezu nosné konstrukce je proměnná od 3 do 6,5 m (obr. 10). Pro každý dopravní směr je navržena samostatná konstrukce v jiném půdorysném oblouku, jízdní pásy SOKP se oddalují s ohledem na zaústění do tunelu. Nosná konstrukce je rámově spojena s pilíři a na krajních podporách je uložena pomocí hrcových ložisek.

Postup výstavby celého mostu je dán harmonogramem výstavby, který byl zhotovitelem sestaven podle přístupnosti k jednotlivým podporám. Mostní objekt je letmo betonovaný po lamelách délky 5 m. Délka zárodků uložených nad dvojicí štíhlých pilířů byla 12 m (obr. 14 až 16).

Návrh a statické řešení mostu SO 204/1.4

Tvar celé nosné konstrukce tohoto objektu, tak jako celé mostní estakády, vychází ze zadání stavby, které bylo příslušně upraveno.

Zatímco u ostatních dilatačních celků se změna projevila zejména v úpravě rozpětí jednotlivých polí, u tohoto objektu byl kromě toho ještě přepracován tvar nosné konstrukce i spodní stavby. Veškeré změny sledovaly kromě statických důvodů i snížení pracnosti, již tak komplikované konstrukce, vícenásobným opakováním malého počtu prvků. Např. celý 570 m dlouhý letmo betonovaný úsek tohoto objektu je tvořen pouze z deseti druhů výškově odlišných lamel. Také upravená spodní stavba přes svůj složitý tvar je realizována pomocí sedmi dvojic forem bednění. Při všech změnách tvaru konstrukcí byly dodržovány zásady základní architektonické koncepce zadání stavby.

Pro vystižení komplexního prostorového chování konstrukce byla provedena výpočetní analýza konstrukce s respektováním postupu výstavby.

Pro časovou analýzu fází výstavby s uvážením vlivu dotvarování a smršťování na namáhání a deformace konstrukce byl použit rovinný rámový model v programu NEXIS.

Pro popis dotvarování a smršťování byl aplikován model dle EN. Výpočetní postup je založen na step-by-step proceduře implementované v aplikaci TDA. Zadáno bylo celkem 119 fází zahrnujících postup výstavby a působení mostní konstrukce za provozu.



16

Vliv redistribuce kroutících momentů byl řešen relaxační metodou na prostorovém rámu respektujícím půdorysné zakřivení konstrukce.

Pro respektování prostorového působení konstrukce byl vytvořen deskostěnový model výseku nosné konstrukce, pomocí kterého bylo možné usuzovat o závažnosti smykových účinků na deformace nosné konstrukce.

Postup výstavby vahadla byl modelován programem ATENA, který umožnil metodou konečných prvků simulovat skutečné chování jednotlivých materiálů, tj. beton, ocel a základové podloží.

Tento výpočetní program zohlednil také nelineární chování použitých materiálů při výpočtu konstrukce na mezi její únosnosti.

Pro ověření napjatosti konstrukce byly do spodní stavby a nosné konstrukce osazeny tenzometry z optických vláken.

ZÁVĚR

Mostní estakáda na SOKP délky přes 2 000 m je stavěna třemi různými technologiemi za provozu stávajících komunikací, Strakonické ulice, Výpadové a Vrážské, a dále za provozu tratě ČD. Významným rysem je začlenění mostu do okolní krajiny, respektování požadavků z hlediska ochrany životního prostředí a náročných architektonických podmínek při výrazně zkrácené lhůtě výstavby.

Během projektu došlo několikrát ke změně postupu výstavby mostních objektů. Dokončení výstavby celé estakády na stavbě 514 se předpokládá v květnu 2010.

Účastníci výstavby

Investor stavby	Ředitelství silnic a dálnic ČR, Praha
Architektonický návrh mostu a stavby 514	Patrik Kotas a Petr Šafránek
Projekt stavby	DSP SUDOP Praha, RD Valbek
Projekt mostu	Valbek, Novák & Partner, Pontex
Autorský návrh křižovatky	Valbek – Koloušek, Hanzl
Zhotovitel stavby	Sdružení Strabag – Hochtief – Max Bögl & Josef Krýsl
Zhotovitel mostu	Max Bögl & Josef Krýsl
Technický dozor	Pragoprojekt

doc. Ing. arch. Patrik Kotas

*Ing. arch. Patrik Kotas – Ateliér designu a architektury
Nám. I. P. Pavlova 3, 120 00 Praha 2
tel.: 224 942 588, e-mail: atelier@patrikkotas.com*

Ing. arch. Petr Šafránek

*Architektonický a projekční atelier
Dejvická 2, 160 00 Praha 6
tel.: 224 311 207, e-mail: arch.safranek@volny.cz*

Ing. František Hanuš

tel.: 221 592 053, e-mail: hanus@novak-partner.cz

Ing. Milan Šístek

tel.: 221 592 066, e-mail: sistek@novak-partner.cz

oba: Novák & partner, s. r. o.

*Perucká 5, 120 00 Praha 2
fax: 221 592 070, www.novak-partner.cz*