

# OPRAVA ŽĎÁKOVSKÉHO MOSTU ■ RECONSTRUCTION OF THE ŽĎÁKOVSKÝ BRIDGE



**Tomáš Rotter, Vladislav Hrdoušek**

Obloukový Žďákovský most je největším ocelovým mostem v České republice. Po 49 letech provozu byla zahájena jeho rozsáhlá rekonstrukce. V příspěvku je popsána konstrukce mostu, výsledky diagnostického průzkumu, návrh rekonstrukce a práce, které byly provedeny v roce 2015. ■ The arch bridge in Žďákov is the largest steel arch bridge in the Czech Republic. After 49 years in service, an extensive renovation of the structure has begun. The paper describes the structure of the bridge, results of the diagnostics survey, design of the renovation and also the construction works done in 2015.

Žďákovský most na silnici I/19 překonává Orlickou přehradu u Orlíka nad Vltavou. Autorem návrhu mostu je Ing. Josef Zeman z Hutního projektu Praha. Na projektu se významně podíleli prof. František Faltus a prof. Antonín Schindler. Do provozu byl uveden v roce 1967.

V červnu roku 2015 byla zahájena oprava mostu, která se připravovala několik let. Předmětem opravy je výměna mostních závěrů, obnova vodotěsné izolace mostovky, obnova protikorozní ochrany ocelové konstrukce, rekonstrukce opěr, sanace povr-

chů betonových konstrukcí a výměna ocelových říms a zábradlí. Rekonstrukce bude probíhat po dobu tří let, v roce 2015 a v části roku 2016 za úplné uzavírky mostu.

## POPIS KONSTRUKCE

Hlavní nosná konstrukce středního pole mostu je tvořena dvěma dvoukloubovými plnostěnnými ocelovými oblouky o rozpětí 330 m a vzepětí 42,5 m (obr. 2). Klouby oblouku jsou uloženy na železobetonových konzolách o vyloužení 24,8 m. Oblouky jsou v osové vzdálenosti 13 m, mají komorový průřez o konstantní výšce 5000 mm s osovou vzdáleností stěn 1000 mm. Stěny komor jsou vzájemně propojeny příhradovým ztužením a jsou vyztuženy jednostrannými podélnými výztuhami.

Patní klouby obloukových nosníků jsou ocelolitínové. Vlastní kloub se skládá z vahadla, čepu průměru 430 mm a úložné stolice. Pod stolicí je zabetonovaný ocelový roznášecí rošt s možností vsunout talířové lisy a rektifikovat polohu kloubů.

Mostovku tvoří dva hlavní nosníky mostovky, příčníky a sprážená železobetonová deska. Hlavní nosníky mostovky jsou svařované, jednostěnné, nesymetrického průřezu o výšce

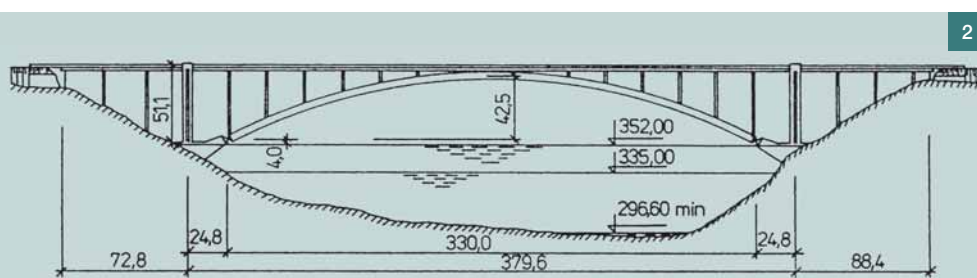
Obr. 1 Žďákovský most, který překonává řeku Vltavu v místech Orlické přehrady

■ Fig. 1 Žďákovský bridge over the Vltava river near Orlická damm

1 800 mm a jsou v podélném směru neposuvně uloženy ve vrcholu oblouku. V horní části stěny spolupůsobí s betonovou deskou mostovky. Na pylonech a na opěrách je trám uložen na jednoválcových ložiskách. Na pylonech je v místě ložiska doplněno kloubové podepření mostovky pro přenos vodorovné příčné reakce. Ve vodorovném příčném směru tedy působí mostovka jako spojitý ocelobetonový nosník o délce 542 m a výšce průřezu 12 m.

Stojky podpírající hlavní nosníky mostovky v osové vzdálenosti po 23,4 m mají proměnnou délku od 0,5 do 41,4 m. Jsou vyrobeny ze svařovaných kruhových trub průměru 450 až 1000 mm s tloušťkou stěny 10 až 15 mm. Na obou koncích jsou zúženy a zakončeny ocelolitínovými kulovými klouby. Proti rozkmitání větrem byly dlouhé stojky dodatečně vyplněny šterkem.

Příčníky jsou umístěny po 2600 mm. Výška příčníků je 880 až 1000 mm a jejich rozpětí je 12 m. Jedná se o plnostěnné svařované nosníky průřezu I



Obr. 2 Dispozice mostu ■ Fig. 2 Layout of the bridge

Obr. 3 Hlava pylonu se zaparkovanou revizní lávkou, poškozený podélný odvodňovací žlab a koroze hlavního nosníku ■ Fig. 3 Head of a pylon with a parked service walk, damaged longitudinal drainage channel and corroded main beam

Obr. 4 Římsa nad pylonem ■ Fig. 4 Ledge above the pylon

Obr. 5 Pravobřežní opěra – zatékání vlivem netěsnosti mostního závěru ■ Fig. 5 Brace on the right bank – leaking in due to lacking tightness of the bridge lock

Obr. 6 Výkvěty v pracovní spáře na levobřežní opěře ■ Fig. 6 Efflorescence in the construction joint on the brace on the left bank

s proměnnou výškou stěny. Horní pásnice příčnicku má střechovitý sklon 2 % odpovídající sklonu vozovky, dolní pásnice je vodorovná. Příčnicky jsou spřaženy s betonovou deskou mostovky prostřednictvím přivařených kozlíků. Vně hlavních nosníků jsou krátké konzoly, ke kterým je připojen římsový nosník.

Spřažená železobetonová deska mostovky má základní tloušťku 180 mm. Byla vybetonována na ocelovém odnímatelném vlnitém bednění. V původním projektu byl navržen beton druhu 250 (f), odpovídající dnešní pevnostní třídě C16/20. Deska je vyztužena žebírkovou betonářskou výztuží 10400, doplněnou v některých částech ocelí Roxor.

Na mostě je vozovka šířky 10,5 m

a dva chodníky šířky 1,25 m. Celková tloušťka vozkového a izolačního souvrství činí 120 mm, chodníkového souvrství 50 mm. Zábradlí má výšku 1050 mm. Celková šířka mostovky je 13488 mm.

Železobetonové pylony nad patkami oblouku jsou dvoudříkové, 46,9 m vysoké. Průřez jednoho dříku pylonu má rozměr 4,8 × 3,3 m. Ve vrcholu jsou oba dříky propojeny rámovou příčlím.

Celková hmotnost ocelové konstrukce činí 4465 t, z toho oceli třídy S355 je 3304 t a oceli S235 je 1161 t.

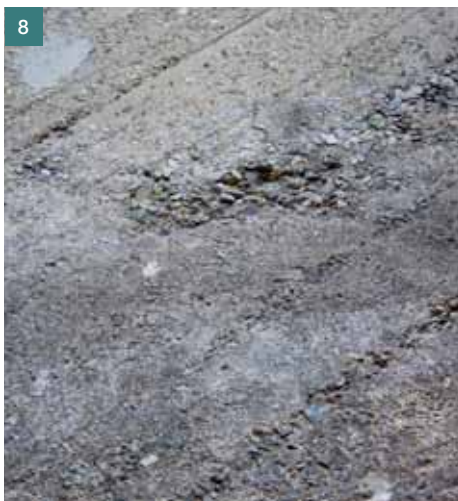
#### DIAGNOSTICKÝ PRŮZKUM MOSTU

V letech 2008 až 2011 byl proveden rozsáhlý diagnostický průzkum most-

ní konstrukce, který podrobně popsal stav konstrukce a rozsah závad. Současně byl ověřen materiál ocelové konstrukce. Provedený průzkum byl podkladem pro dokumentaci pro zadání opravy mostu.

Bylo zjištěno, že ocelová konstrukce oblouků nevykazuje statické závady ani korozní oslabení a je (s výjimkou některých detailů) v dobrém stavu. Byla zjištěna pouze lokální povrchová koroze. Stav protikorozní ochrany odpovídá jejímu stáří. Rovněž stav

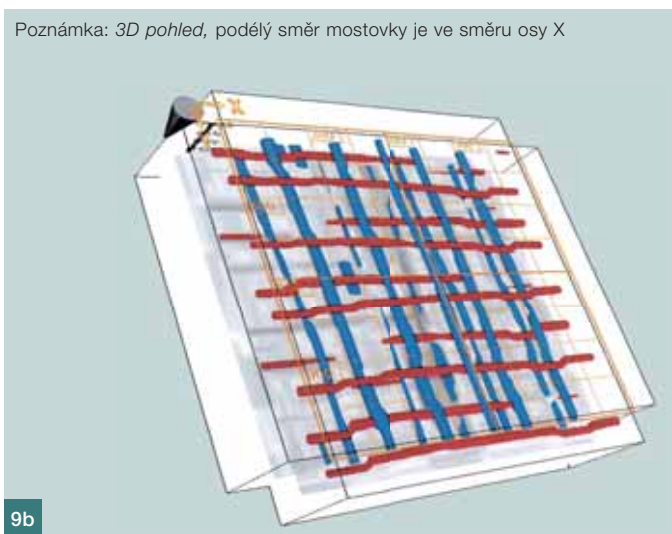




kloubů oblouků a ocelových stojek nevykazuje žádné statické závady a korozní oslabení. Na hlavních nosních mostovky a na příčnicích byla zjištěna koroze v místech dlouhodobého zatékání, které bylo způsobeno zcela nefunkčními žlaby podélného odvodnění mostu (obr. 3). Větší koroze byla zjištěna na konzolách příčniců a na římsovém nosníku v důsledku zatékání kolem připojení sloupků zábradlí.

Ocelová válcová ložiska na opěrách

se jedná o již zmíněné zatékání v místech mostních závěrů do komory opěr, po pylonech voda stékala z nefunkčních odvodňovacích svodů. Betonové konstrukce spodní stavby jsou narušeny četnými trhlinami s výluhy, degradací betonu a separací krycí vrstvy. Rovněž u betonových konzol, na kterých jsou uloženy klouby ocelových oblouků, byly zjištěny poruchy v podobě trhlin a lokální degradace betonu (obr. 8). Pro ověření alkalické reakce kameni-



Poznámka: 3D pohled, podél směr mostovky je ve směru osy X

Obr. 7 Pylon – separace krycí vrstvy, koroze výztuže ■ Fig. 7 Pylon – separation of the cover layer and the corrosion of the reinforcement

Obr. 8 Struktura betonu na konzole pod ložiskem oblouku, stav po padesáti letech ■ Fig. 8 Structure of the concrete on the cantilever under the arch bearing after 50 years of service

Obr. 9 a) Skenování výztuže radarem, b) ukázka počítačového zpracování radarového měření

■ Fig. 9 a) Scanning of the reinforcement with a radar, b) example of the computer processing of the radar measurements

Obr. 10 Zatékání a výkvěty na dolním líci desky na konci příčnicku ■ Fig. 10 Leaking and efflorescence at the bottom face side of the slab at the end of the cross beam

na pylonech jsou ve velmi dobrém stavu a budou po repasi znovu použita.

Vážné závady byly zjištěny na obou atypických mostních závěrech, umístěných na obou koncích mostu, jejichž stav byl klasifikován jako havarijný. Příčinou závad a poškození jak koncového příčnicku mostovky, tak opěr mostu byla netěsnost mostního závěru. Proto byla přijata již před několika lety příslušná dopravní omezení.

Stav betonové spodní stavby je výrazně ovlivněn nedostatečným krytím betonářské výztuže a dlouhodobým zatékáním (obr. 5 až 7). U opěr

va byly odebrány dodatečně vzorky betonu.

Betonová deska mostovky byla diagnostikována pouze zdola. Bylo zjištěno, že dochází ojediněle k průsakům nad hlavními nosníky mostovky a nad příčnicí. Stav korozního napadení betonářské výztuže desky nebyl při diagnostice zjišťován.

Hloubka karbonatce byla zjištěna v rozsahu 8 až 15 mm. Na základě zkoušek odebraných vývrtů byl beton mostovky zatříděn do pevnostní třídy minimálně C35/45. Dále byly provedeny zkoušky pevnosti v tahu povr-



chových vrstev a zkoušky chloridových iontů. Mostovka s rezervou splňovala požadované parametry.

Zvýšené koncentrace chloridů v betonu byly zjištěny pouze v místech zatékání vody, tj. v úložném prahu opěr pod mostními závěry a na stropní desce ve výklencích hlav pylonů. Přestože v letech 2008 až 2011 proběhl rozsáhlý diagnostický průzkum konstrukce, tak se po zahájení prací ukázalo, že při jeho vyhodnocení nebyl zcela vystižen skutečný stav mostu.

Po zahájení opravy a sejmutí vozovky a izolace byla na dvou místech dočasně odhalena betonářská výztuž, která nevykazovala známky koroze. Radarem bylo ověřeno uspořádání betonářské výztuže (obr. 9).

### PROBÍHAJÍCÍ OPRAVA

Oprava mostu byla zahájena v červnu 2015 a podle smlouvy a upraveného harmonogramu práce potrvají do září 2017.

V roce 2015 byla v průběhu června snesena vozovka včetně izolace a bylo přikročeno k rekonstrukci levobřežní opěry (obr. 11a až d). Byl odstraněn mostní závěr, hlavní nosníky mostovky byly provizorně podepřeny PIŽMO

konstrukcí, byla vyjmuta ložiska a odbourána část opěry a křídel. Teprve při bourání se ukázalo, že beton opěry a křídla je v horším stavu, než bylo odvozeno z průzkumu pro zadávací dokumentaci (DZS). Kompaktní místa střídala šterková hnízda a oblasti betonu z těžného kameniva prokládaného kameny s minimální soudržností. Také v přechodové oblasti za opěrou se muselo odstranit větší množství materiálu. Tak došlo k významnému překročení předpokládaného rozsahu prací.

V průběhu těchto činností se urychleně po částech dopracovávala realizační dokumentace (RDS) a příslušné technologické předpisy (TePř).

Opačná situace vznikla na mostovce. V DZS se předpokládalo vybourání desky mostovky v šířce cca 2 m od kraje desky po obou stranách mostovky v celé délce mostu. Nutná šířka pro vybourání byla podmíněna destruktivním průzkumem při provádění opravy po odstranění izolace. U pravobřežní opěry byla vybourána část desky kolem odvodňovače a bylo zjištěno, že výztuž desky je bez závad a že horní pásnice příčnicku a kozlíky (prvky spřažení) jsou bez koroze (obr. 12

a 13). Od bourání desky mostovky v uvažovaném rozsahu podle DZS bylo upuštěno.

Metodou radarového 3D skenování bylo ověřeno, že v oblasti kladných i záporných ohybových momentů desky je potřebné množství výztuže. Třeskáním vodou o tlaku cca 2000 bar se následně potvrdilo, že použitý beton je kvalitní a na jeho povrchu jsou pouze vlasové trhliny.

Složité byl výběr typu vodotěsné izolace. V DZS bylo navrženo, že původní pásová izolace bude nahrazena izolací stříkanou. Výsledkem dlouhých jednání je použití stříkané izolace Sikalastic s ochranou litym asfaltem a dvouvrstvá vozovka v celkové tloušťce 120 mm. Velká pozornost byla věnována návrhu a projednání všech detailů týkajících se izolace, návrhu protispádu a podélného odvodnění, úpravám ocelové konstrukce pod chodníkem a úpravám chodníku s přímopochozí izolací.

Dále byl hledán vhodný typ mostního závěru. Bude použit lamelový mostní závěr Maurer XL300 v nehlukném provedení. Nové řešení odvodnění přechodové oblasti zajistí minimální množství srážkové vody, která bude přetékat přes mostní závěr.



12



13

Obr. 11 Levobřežní opěra: a) provizorní podepření mostovky, b) odhalený beton křídla opěry, c) vlepená výztuž v pracovní spáře, d) repasované a znovu osazené ložisko ■ Fig. 11 Brace on the left bank: a) makeshift support of the deck, b) revealed concrete of the brace wing, c) glued-in reinforcement, d) repaired and fastened bearing

Obr. 12 Pohled železobetonové desky mostovky nad příčником, stav po padesáti letech ■ Fig. 12 Soffit of the reinforced concrete bridge slab above the cross beam after 50 years of service

Obr. 13 Vybouraná část desky mostovky, výztuž nad příčником ■ Fig. 13 Broken in part of the deck slab, reinforcement above the cross beam

Obr. 14 Žďákovský most – pohled z levého břehu ■ Fig. 14 Žďákovský bridge – view from the left bank

Složitá jednání probíhala ve věci nového zábradlí. V DZS bylo navrženo zábradlí z otevřených profilů. S tímto návrhem nesouhlasil památkový úřad, který požadoval věrnou kopii původního zábradlí z uzavřených profilů. Projekt musel být přepracován. Nové zábradlí bude montováno z dílců délky 7 800 mm a jednotlivé dílce budou spojovány šroubovými spoji. V průběhu zimních měsíců roku 2016 byly vyrobeny nové ocelové římsové nosníky a byla zahájena výroba nového zábradlí.

Zásadní otázkou byla volba protikorozi ochrany ocelové konstrukce. Bude použit čtyřvrstvý nátěrový systém s hmotami od firmy Hempel v celkové tloušťce 360 µm. Na reprezentativních částech ocelové konstrukce byly provedeny referenční zkoušky s různou přípravou povrchu. Zkoušky budou vyhodnoceny v průběhu roku 2016. Spo-

lu s pracovníky památkové péče byly určeny výsledné odstíny RAL pro jednotlivé části konstrukce. Barevné řešení se co možná nejvíce shoduje s původním.

Koncem roku 2015 se využilo velmi nízké hladiny vody v Orlické přehradě k provedení sanací betonových povrchů patek a konzol pod obloukem, které jsou za normálního stavu hladiny pod vodou. Byla provedena lokální sanace štěrkových hnízd a trhlin použitím speciálních sanačních materiálů. Oprava patek bude dokončena v roce 2017.

V prosinci roku 2015 se provedlo opatření pro provizorní zprovoznění Žďákovského mostu v jednom jízdním pruhu s provozem řízeným signalizací pro vozidla celkové hmotnosti do 3,5 t. Provizorní provoz skončil 31. března 2016 a od 1. dubna je most opět uzavřen pro veškerou dopravu.

## ZÁVĚR

V průběhu celé opravy Žďákovského mostu je kladen důraz na kvalitu prováděných prací.

Složitě projednávání změn během výstavby, bez kterých se obvykle rekonstrukce neobejde, by již nemělo ovlivňovat volbu optimálního technického řešení a plnění harmonogramu opravy. Na jaře 2016 se práce potěšitelně rozběhly a dá se tak předpokládat, že k 50. výročí bude most v plné kráse sloužit dopravě.

Příspěvek na toto téma zazněl na konferenci Mosty 2016 v Brně.



14

Zadavatel	ŘSD ČR, správa České Budějovice
Diagnostický průzkum	Pontex, s. r. o., ve spolupráci s Kloknerovým ústavem ČVUT v Praze
Materiálové zkoušky ocelové konstrukce	MMV, s. r. o., Ostrava-Vítkovice, Laboratoř 943
Projektant	Pontex, s. r. o.
Zhotovitel	Colas CZ, a. s.
Technický dozor	Pragoprojekt Praha, a. s.
Supervize	Fakulta stavební ČVUT v Praze

doc. Ing. Tomáš Rotter, CSc.  
e-mail: rotter@fsv.cvut.cz  
Fakulta stavební ČVUT v Praze



doc. Ing. Vladislav Hrdoušek, CSc.  
e-mail: vladislav.hrdousek@fsv.cvut.cz  
Fakulta stavební ČVUT v Praze



Fotografie: 1 – [https://cs.wikipedia.org/wiki/Žďákovský\\_most](https://cs.wikipedia.org/wiki/Žďákovský_most), 2 až 14 – archiv autorů článku