

# HLÁVKŮV MOST V PRAZE DO DOBY JEHO CELKOVÉ REKONSTRUKCE

## HLÁVKA'S BRIDGE IN PRAGUE PRIOR TO ITS GENERAL OVERHAUL

PETR KOMANEC, TOMÁŠ MÍČKA

Nejstarší části Hlávkova mostu v Praze slouží svému účelu již téměř 100 let. Je zřejmé, že i přes prováděné opravy je zejména s ohledem na stále rostoucí dopravní zatížení již značná část jeho životnosti vyčerpána a most vyžaduje celkovou rekonstrukci. Pro zjištění, zda je konstrukce mostu schopna do doby rekonstrukce bezpečně plnit zvýšené dopravní nároky silniční a zejména tramvajové dopravy, bylo nutné provést četné průzkumy a zkoušky včetně ověřovací zatěžovací zkoušky s následnými statickými přepočty se zahrnutím zjištěných údajů. Na jejich základě mohl být definován aktuální stav konstrukce a její zatížitelnost konkrétní dopravou a rovněž mohl být navržen systém průběžného monitorování stavu konstrukce, který poskytne přehled o její bezpečnosti do doby celkové rekonstrukce.

*The oldest parts of Hlávkova Bridge in Prague have served their purpose for almost 100 years. It is obvious that despite the repairs completed, a considerable part of the bridge's life cycle has been exhausted, viewing particularly the ever growing traffic, and the bridge requires a general reconstruction. In*

*order to find out whether the bridge structure can safely meet the increased demands of road and especially tram traffic until the reconstruction time, numerous surveys had to be performed, as well as tests, such as the duplicate loading test with the necessary consequent structural recalculations which included the data assembled. Based on them, the current condition of the structure was defined, as well as its load capacity from specific traffic. Also, the system of continuous monitoring of the condition of the structure, which will provide an overview of the structure's safety until its general repair, was designed.*

Na přelomu 19. a 20. století došlo k významnému rozmachu hlavního města Prahy, který si vyžádal nutnost řešení dostatečného spojení firem na levém břehu Vltavy s nákladním nádražím tehdejší Severozápadní dráhy na Těšnově. Nejblíže most, visutý most císaře Františka Josefa I, byl z hlediska svého omezeného šířkového uspořádání s elektrickou dráhou pro potřeby výraznější přepravy zboží a dobytka na jatka nevhodný. Dopravu částečně zajišťovaly přivozy a několik zchátralých můstků, které spojovaly tehdejší ostrůvky u pravého břehu, z nichž většina zanikla po splavnění řeky.

V červenci 1908 bylo rozhodnuto o výstavbě mostu. V následných technických komisích ovšem docházelo k názorovým

střetům odborníků a technických znalců, a tak vznikl neobvyklý návrh mostu, jehož každá část byla z jiného materiálu.

Železná část mostu přes pravé rameno řeky byla postavena v roce 1910. Nosnou konstrukcí byla železná oblouková dvoukloubová plnostěnná žebra s horní mostovkou podporovanou pouze svislými (bez diagonál). Most byl dvupolový o rozpětí 46 m a vzepětí 3,8 m. Betonová část mostu byla postavena o rok později.

V části nad ostrovem Štvanice byly navrženy čtyři vetknuté železobetonové klenby s rozpětím 17,85 m. Vlastní klenby mají proměnný průřez, který má ve vrcholu nejmenší tloušťku a směrem k pilířům se jeho tloušťka zvětšuje. Následně, s několikaměsíčním odstupem, byly v části nad levým ramenem řeky provedeny tři trojkloubové oblouky z prostého dusaného betonu s rozpětími krajních polí 36 m a prostředního pole 39 m. Klenby byly v příčném směru rozděleny na tři samostatné pasy o šířkách 4,95 + 6 + 4,95 m. Poprsní stěny byly oddilátovány od nosné konstrukce. Patní klouby hlavních oblouků jsou vysunuty o cca 1,5 m z pilířů. Vlastní klouby tvoří vložené žulové kvádříky se zaoblenými styčnými plochami, do míst styku kloubu

Obr. 1 Pohled na návodní stranu mostu

Fig. 1 View of the upstream side of the bridge



Obr. 2 Pohled na povodní stranu mostu

Fig. 2 View of the downstream side of the bridge





Obr. 3 Detaily čelní zdi  
Fig. 3 Details of the front wall

byly vloženy olověné destičky. Nad pilíři jsou provedeny vetknuté železobetonové odlehčovací klenbičky. Linie klenob byla vyjádřena plastickou archivoltou. Zvláště originálně působí souvislá vlnovka na čtyřech ostrovních polích, která navazuje dojem staticky spojitých polí. Stožáry veřejného osvětlení, zábradlí a lícnic plochy byly provedeny z tzv. umělého kamene (obr. 1 až 7).

V období rozvoje po druhé světové válce přestala kapacita mostu vyhovovat. Nevhodné bylo zejména šířkové uspořádání, kdy nebylo umožněno projíždění nákladních aut společně s tramvají. Bylo proto rozhodnuto o jeho úpravě na celkovou šíři 28 m (6 dopravních

proudů šíře 3,5 m a oboustranné chodníky šíře 3,5 m).

V rámci tehdejší celkové rekonstrukce zůstala původní betonová část mostu zachována. Most byl rozšířen novým klenbovým pasem šířky 9 m, mezera mezi konstrukcemi byla ponechána cca 3 m a byla využita pro vedení inženýrských sítí. Shora byla mezera zakryta železobetonovými prefabrikáty. Pole nad ostrovem Štvanice i hlavní pole nad Vltavou byla postavena jako železobetonová vetknutá, přičemž součástí nosného systému byly i čelní stěny. Nad pilíři byly provedeny odlehčovací dvoukloubové klenbičky.

Původní železný most nad pravým ramenem již nebylo vzhledem k výrazné korozi ekonomicky vhodné rekonstruovat. Jeho trasování navíc bylo nevhodné ohledně navázání na budoucí přemostění nádraží Praha–Střed. Původní most byl tedy nahrazen novým, železobetonovým spojitým sdrúženým rámem o dvou polích po 48,1 m.



Obr. 4 Reliéf na boční ploše kloubu  
Fig. 4 Relief on the side surface of the joint

V rámci budování severojižní magistrály byly na předmostích postaveny další konstrukce. Na karlínském předmostí to byl tzv. Těšnovský tunel s nosnou konstrukcí z prefabrikovaných nosníků KA 67. Na holešovickém předmostí bylo postaveno přemostění komunikace Nábřeží kpt. Jaroše z vějířově uložených předpjatých nosníků I 73.

V roce 2003 byl proveden rozsáhlý diagnostický průzkum konstrukcí včetně jejich mimořádných prohlídek jako podklad pro rozhodování o způsobu a rozsahu plánované opravy mostu. Na základě výsledků bylo možno konstatovat, že stav trémového mostu přes plavební kanál a obou mostů z předepjatých prefabri-

Obr. 5 Pohled na spodní líc oblouků  
Fig. 5 View of the lower face of the arches



Obr. 6 Odlehčovací klenba mostu  
Fig. 6 Lightening of the bridge vault

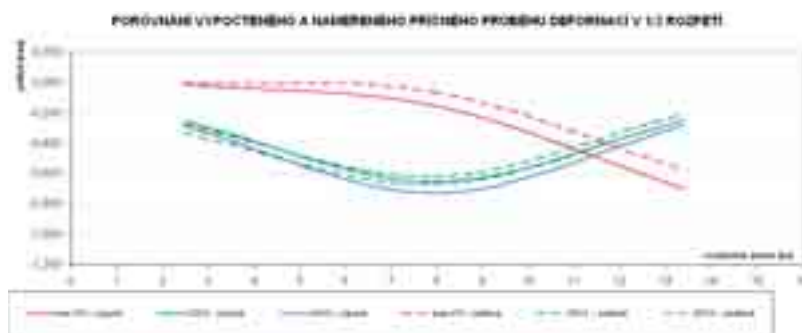




7



9



kovaných nosníků na předmostích je více méně stabilizovaný a k mírnému zhoršení došlo pouze v místech největších průsaků. Horší situace byla zjištěna u nejstarších částí mostu a sice u obloukových konstrukcí, kde se stav nosné konstrukce i spodní stavby postupně zhoršuje. Díky atmosférickým vlivům, průsakům izolačním souvrstvím atd. dochází k hloubkové degradaci betonu, u železobetonových částí pak rovněž k výraznému oslabení výztuže. V rámci průzkumu byly odebrány základní vzorky betonu a výztuže a byly určeny jejich charakteristiky jako podklad pro statické posouzení. Konstrukce byly rovněž geodeticky zaměřeny.

Následovaly výpočty zatížitelnosti jednotlivých objektů různými způsoby s ohledem na rozdílné statické působení konstrukcí tak, aby bylo vždy v dostatečné míře respektováno jejich skutečné působení. Na základě výpočtů bylo možno konstatovat, že s výjimkou původních obloukových částí vykazují konstrukce takové hodnoty zatížitelnosti, které jsou přijatelné jak z hlediska silniční dopravy, tak z hlediska tramvajového provozu. U obloukových konstrukcí byla situace složitější. Původní návrh šikmé kon-

strukce počítaný zjednodušeným způsobem se ukázal jako ne zcela šťastný. Studii šikmých prostorových deskostěnových modelů při různém způsobu modelování konstrukcí a včetně zazubených kloubů bylo potvrzeno, že zazubněním vrcholových i patních spár se možnost pootočení konstrukce v kloubech znatelně omezí – konstrukce je tak částečně vetknutá a její skutečné chování se odlišuje od předpokladů původních statických výpočtů. V některých částech dochází k přemáhání konstrukce a k redistribuci vnitřních sil. Tento jev byl rovněž potvrzen zjištěním určitých poruch v inkriminovaných částech, např. vznik trhlin a otevření pracovních spar. Z těchto důvodů byly konstrukce posuzovány na větším množství různých modelů a jako konečné hodnoty byly interpretovány nejpravděpodobnější výsledky výpočtů, které ukázaly sníženou zatížitelnost pro silniční a zejména tramvajovou dopravu. Omezení se nejvíce týkala moderních velkokapacitních souprav o vyšší celkové hmotnosti. Zavedení omezení by znamenalo výrazné dopravní komplikace, a proto byly hledány další možnosti, jak v rámci platných předpisů v maximální povolené míře do doby cel-

Obr. 7 Patní zazubený kloub oblouku

Fig. 7 Indented springing hinge of the vault

Obr. 8 Graf příčných deformací

Fig. 8 Graph of lateral deformations

Obr. 9 Zatížený most při ověřovací zkoušce

Fig. 9 Loaded bridge during the duplicate test

kové rekonstrukce využít rezervy v únosnostech objektů. Po podrobné analýze podkladů bylo doporučeno provést doplňující diagnostický průzkum pro zjištění aktuálního stavebního stavu a upřesnění kvality použitého betonu a výztuže v rozhodujících průřezích a ověřovací statickou a dynamickou zatěžovací zkoušku konstrukce pro upřesnění podkladů statického výpočtu.

Cílem doplňujícího diagnostického průzkumu bylo upřesnit charakteristiky rozhodujících materiálů, uspořádání konstrukcí včetně jejich vyztužení a podrobné zjištění poruchových jevů v kritických oblastech původního obloukového mostu definovaných již zpracovaným statickým výpočtem. Výsledky tohoto diagnostického průzkumu sloužily jako jeden z doplňujících podkladů pro upřesnění statického posouzení konstrukcí, resp. pro návrh další správy a údržby předmětných mostů do doby uvažované rekonstrukce.

Ve statickém výpočtu byly základní vstupní údaje uvažovány dle běžně používaných zásad ve smyslu příslušných ČSN. Je ovšem všeobecně známo, že skutečné chování konstrukce je zpravidla oproti těmto předpokladům příznivější, a to zejména díky lepšímu příčnému roznosu, spolupůsobení dalších



částí mostu, nižší reálné hodnotě dynamického součinitele atd. Tento efekt je výrazný zejména u původních obloukových přesýpaných konstrukcí. Pro zjištění skutečné odezvy reálné konstrukce od zatížení konkrétními vozidly byla navržena ověřovací zatěžovací statická a dynamická zkouška mostu. Jako zatěžovací vozidla byly dle návrhu použity čtyři plně naložené nákladní automobily Tatra 815 o hmotnosti 25 t a dvě tramvajová kloubová vozidla KT 8 s přídatnou zátěží o celkové hmotnosti každého vozidla 64 t (obr. 9). Při zkouškách byly monitorovány kromě deformací konstrukce též napětí ve výztuži (tenzometrická měření), posuny a natočení patníků a vrcholových kloubů kleneb a vzájemná deformace obloukových pasů. Vlastní měření při zkouškách zajistila firma INSET, s. r. o., a již předběžné výsledky při měření potvrdily příznivější chování konstrukce oproti původním předpokladům a rovněž nižší hodnotu dynamických účinků vozidel. Na základě podrobných výsledků z měření jsme mohli následně optimalizovat výpočetní model a upřesnit výsledné hodnoty zatížitelnosti.

Po vyhodnocení zpřesněných výsledků výpočtů bylo možno konstatovat, že za předpokladu současného zatížení silničními vozidly o hmotnosti do cca 25 t (tj. dle předepsaného zatížení pro dané soumostí) posuzované části mostní konstrukce vyhověly pro provoz běžně pou-

žívaných typů tramvajových souprav bez omezení. U nových velkokapacitních souprav je ovšem nutné snížit provozní rychlost. Jednou z možností dalšího zmírnění omezení je např. snížení dynamických účinků vozidel. Dynamické účinky vozidel přímo závisí mj. na stavu traťového svršku a ve výpočtových metodikách dynamických účinků je negativní vliv případných nerovností či drobných poruch traťového svršku „průměrné“ kvality již zahrnut. Jedna z možností snížení těchto účinků je zajištění bezchybného stavu traťového svršku, tzn. provedení nadstandardní údržby, popř. oprav svršku s následným průběžným kontrolováním jeho stavu.

Je nutno zdůraznit, že výše uvedené průzkumy a výpočty byly provedeny pro aktuální stav konstrukce v době jejich zpracování. Stav mostu se průběžně zhoršuje, jak dokládají závěry mimořádných prohlídek. Platnosti závěrů o zjištěném stavebním stavu a zatížitelnosti objektu jsou časově omezené na jeden rok, a proto je nutné klást důraz na urychlené zahájení celkové rekonstrukce objektu. Aby bylo možno prodloužit platnost závěrů a opatření až do doby skutečného zahájení celkové rekonstrukce mostu, je nezbytné průběžně provádět pravidelná měření hlavních sledovaných parametrů ve vytipovaných průřezech a rozšířeně pravidelné běžné prohlídky ve smyslu ČSN 73 6221.

V současné době jsou ve snaze o ma-

ximální finanční úspory diagnostické průzkumy, analýzy, měření a monitorování konstrukcí po dobu výstavby či v průběhu užívání poněkud opomíjené, přestože právě díky nim lze získat informace o stavu, namáhání a případných hrozcích poruchách. V řadě případů jsou jedním z hlavních podkladů pro rozhodnutí o způsobu rekonstrukce.

V daném případě se díky vhodně a cíleně navrženému diagnostickému průzkumu spolu se statickou analýzou mostní konstrukce s upřesněnými podklady na základě experimentální ověřovací zatěžovací zkoušky podařilo do doby celkové rekonstrukce i přes špatný stavební stav výhodně využít rezervy únosnosti konstrukce, aniž by tím byla snížena její bezpečnost. Pro zvýšení bezpečnosti do doby celkové rekonstrukce je dále navrženo průběžné monitorování stavu konstrukce. Díky popsaným průzkumům nebylo nutno realizovat drahá a složitá dopravní opatření, která by přinesla další zhoršení dopravní situace v Praze.

Ing. Petr Komanec

tel.: 724 151 747

e-mail: pko@pontex.cz

Ing. Tomáš Míčka

tel.: 606 644 442

e-mail: micka@pontex.cz

oba: PONTEx, s. r. o.

Bezová 1658, Praha 4

fax: 244 461 038

## BETOSAN®

alternativa, kterou oceníte

www.betosan.cz

### ADHÉZNÍ MŮSTKY

na PCC bázi  
DENSOCRETE 111/222

na PC bázi  
BETOLIT EP 0-1 DC  
systém mechanického kotvení  
ARMOBET

### REPROFILAČNÍ MALTY

jednosložkové na PCC bázi  
MONOCRETE PPE (TH)  
dvousložkové na PC bázi  
BETOLIT EP 0-1 DC

### FINALIZAČNÍ STĚRKY

na PCC bázi  
DENSOFIX

DRŽITEL CERTIFIKÁTŮ ČSN EN ISO 9001:2001



CERTIFIKOVANÝ  
SYSTÉM  
PRO OPRAVU  
ŽELEZOBETONOVÝCH  
KONSTRUKCÍ

### SYSTÉM SEKUNDÁRNÍ OCHRANY

hydrofobizace  
FOBISIL

ochrana proti CO<sub>2</sub>  
DENSOCURE R  
BETOKRYL  
FLEXICOAT

ochrana proti chemickým vlivům  
BETOFIX, EPOLIT, BETOLIT PU

### OBCHODNĚ-TECHNICKÁ KANCELÁŘ

Na Dolinách 23 mobil: +420 602 121 617  
147 00 Praha 4 tel./fax: +420 241 431 212  
e-mail: praha@betosan.cz