

ZAVĚŠENÝ MOST PŘES OHŘI V KARLOVÝCH VARECH CABLE-STAYED BRIDGE OVER THE OHRE RIVER IN KARLOVY VARY

JAN PROCHÁZKA,
LUDĚK OBERHOFNER,
ZDENĚK BATAL, MILOŠ ŠIMLER

Zavěšený most převádí komunikaci městského okruhu přes řeku Ohři v bezprostřední návaznosti na okružní křižovatku s průtahem I/6 Karlovými Vary. Volba typu konstrukce mostu a konstrukčního řešení mostovky byla zvolena pro dosažení minimální stavební výšky, a tím příznivého vedení nivelety a omezení výšky i rozsahu násypů na předmostí.

Cable stayed bridge carries urban ring road over the Ohre river at the immediate connection with a round-about crossing of motorway I/6 in Carlsbad. The type of the bridge construction and the structural solution of the bridge deck were selected in order to minimize construction height and thus allow for favourable vertical alignment and reduction of embankments volume (height and range) at the bridge head.

KONCEPCE MOSTU

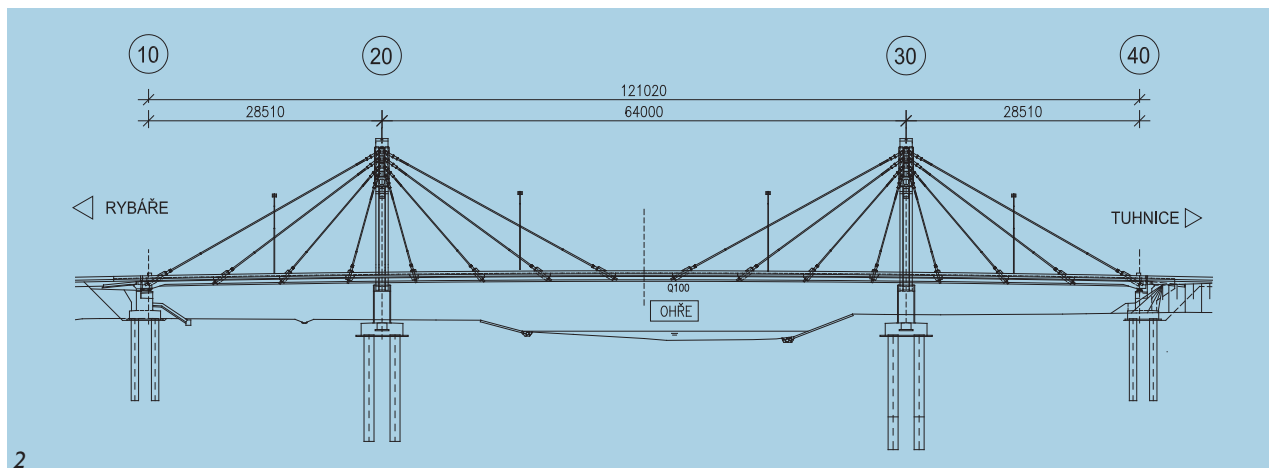
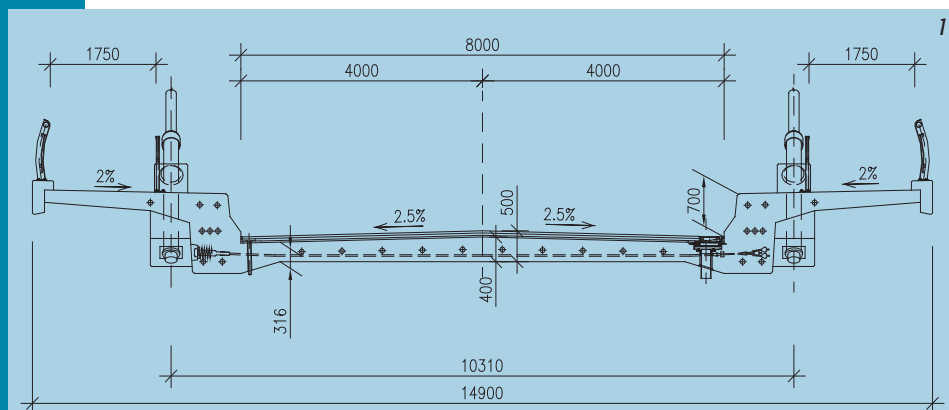
Pro splnění uvedených požadavků byla navržena zavěšená konstrukce, jejíž mostovka je tvořena parapetním nosníkem. Délka přemostění je 120 m. Stavební výška je 690 mm. Most je navržen o třech polích rozpětí 28,5 + 64 + 28,5 m a je symetrický v podélném i příčném směru (obr. 1 a 2).

Po celé délce mostu probíhá vrcholový oblouk o poloměru 3 000 m, podélný spád na konci mostu je 2 %. Volná šířka vozovkového žlabu mezi parapety je 8 m, oboustranné chodníky mají volnou šířku 1,75 m. Zatížení mostu je uvažováno pro třídu A. Mostovka je zavěšená na pylonech ve dvou rovinách, pomocí třiceti dvou závěsů kotvených po osmi metrech, a pouze na opěrách je uložena na dvě vyztužená elastomerová ložiska. Závěsy mají poloharfové uspořádání. Počet lan v závěsech byl navržen z podmínky nepřekročení 0,45násobku pevnosti lan od účinků provozního zatížení.

Pylony tvaru „delta“ jsou umístěny po obou březích řeky Ohře. Výška pylonu nad mostovkou je 16,8 m, tj. 0,26násobek rozpětí středního pole, celková výška je cca 22 m (obr. 3).

Poměr rozpětí krajního pole a středního pole je 0,45. Při tomto poměru při stejném průřezu mostovky v obou polích však dochází k tahové reakci na opěře, která je zachycena dvojicí šikmých táhel na každé opěře. Táhlou je tvořeno kabelem délky 5,7 m z dvanácti lan Ø 15,7 mm, které je ve střední části délky 4,7 m volné. Šikmé umístění táhel umožnilo dosažení dostatečné volné délky táhel, aby nedošlo k překročení přípustného natočení lan táhla vlivem pohybu nosné konstrukce v podélném směru mostu. Současně je tím držena konstrukce v příčném směru. V podélném směru je nad každou opěrou uprostřed navržen hydraulický tlumič typ MSTU 200 kN/100 mm od společnosti Maurer Söhne, k tlumení pohybu vlivem náhlých sil, např. brzdících.

Nosnou konstrukci pod vozovkou tvoří deska proměnné tloušťky 316 až 400 mm příčně předpjatá mezi dvěma parapetními nosníky výšky 1 300 mm, z jejichž horní úrovně je vyložena cca 2,4 m chodníková konzola proměnné tloušťky. Zvýšené parapety vyčnívají 700 mm nad vozovkou a mají směrem do vozovky tvar svodidlové zídky New Jersey. Jejich úkolem je ztuzit nosník mostovky a přirozeně ochránit závěsy před nárazem vozidla. Nad uloženími je nosná konstrukce zesílena a tvoří nadložiskový příčník, ve kterém jsou umístěna i kotevní táhla, kotvení tlumiče,



mostní závěr a odvodnění. Celá mostovka je podélně předpjatá, jak kabely dodatečného předpětí, tak účinky závěsů.

Celá konstrukce mostu je navržena v duchu příznání funkce jednotlivých prvků, ať se to týká náliček pro kotvení závěsů, bločků zakrytí kotev příčného předpětí nebo zdůraznění vybrání pro tlumiče a šikmá táhla ve tvaru opěry.

POPIS KONSTRUKCE

Opěry

Opěry a křídla tvoří jeden dilatační celek. Opěry ve své horní části plynule navazují na tvar nosné konstrukce včetně chodníkových konzol. V dřívku opěry jsou osazeny průchodky pro šikmá táhla (obr. 4). Opěry jsou založeny hlubinně, každá opěra na sedmi vrtaných pilotách průměru 900 mm délky 10 m.

Pylony

Oba pylony jsou identické, liší se pouze úrovní terénu pod pylonem. Pylon tvaru „delta“ je tvořen dvěma základovými patkami a příčně skloněnými sloupy průřezu tvaru H. Každá patka je založena na čtyřech pilotách $\varnothing 1\,200$ mm. Spodní část sloupů pylonu do výšky 0,5 m nad hladinu Q_{100} je zesílena. V horní třetině jsou sloupy propojeny rámovou příčlím, v úrovni vetknutí do základových patek pod úrovní terénu jsou sloupy spojeny předpjatým táhlem. Táhlo je osazeno čtyřmi kabely o devíti lanech Ls 15,7 mm. Rám pylonu tvořený šikmými sloupy a příčlím byl betonován najednou na skruži z prvků pižmo (obr. 5). V části pylonu nad příčlím jsou svislé hlavy pylonů, ve kterých jsou závěsy kotveny prostřednictvím speciálního ocelového kotevního přípravku v ose hlavy pylonu, takže závěsy jsou umístěny ve svislé rovi-

ně. Přístup k montáži závěsů byl z obou boků hlavy pylonu. Ocelový svařenec hlavičky vyráběla firma MCE Slaný, s. r. o.

Nosná konstrukce

Nosná konstrukce mostu byla zhotovena na pevné skruži s použitím provizorních bárek pro založení skruže ve třech betonážních dílech, nejprve postupně oba identické krajní díly délky 38,05 m a nakonec střední díl délky 46,5 m. Velká péče byla věnována osazení průchodek pro závěsy, které byly nasměrovány přímo na průchodky osazené v hlavě pylonu a přednastaveny pro natočení vlivem deformace skruže.

Podélně je konstrukce předepnuta devítikanovými kabely z lan Ls 15,7 mm St 1570/1770. Celkem je v nosné konstrukci dvacet podélných kabelů přes celou délku mostu. V každé pracovní spáře je spojováno osm kabelů. Ve středním betonážním dílu uprostřed je přidáno osm kabelů.

Po betonáži každé části (celý příčný řez najednou) a jejím podélném předepnutí

se předepnuly příčné kabely. Příčné kabely o pěti lanech Ls 15,7 mm s roztečí cca 0,5 m jsou na nenápinané straně osazeny cibulovými kotvami (obr. 6 až 8).

Závěsy

Závěsy dodávala a montovala firma SM 7, a. s., která je licenčním partnerem německé firmy DSI – Dywidag Systems International z Mnichova. Závěsy jsou kotveny jedním koncem v hlavě pylonu a druhým do železobetonových náliček v mostovce. Nejkratší závěsy mají délku 13 m, ty nejdelší pak více než 32 m. Závěsy systému Dyna Grip jsou sestaveny z dvanácti nebo devatenácti předpínacích lan pevnosti 1 860 MPa. Průměr jednotlivých lan je 15,7 mm. Typ závěsů odpovídá nejvyšším kvalitativním požadavkům, jaké jsou na tento konstrukční prvek kladeny, a byl použit firmou DSI na mnoha známých zavěšených mostech po celém světě.

Protikorozi ochrana závěsů je řešena jako trojnásobná tak, že vlastní lano je chráněno pozinkováním, je opatřeno ochranným obalem z polyetylénu (HDPE)

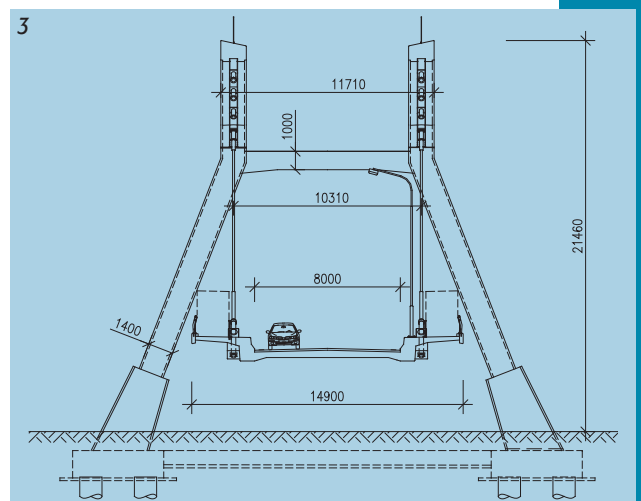
Obr. 1 Vzorový příčný řez
Fig. 1 Typical cross section

Obr. 2 Podélný řez mostem
Fig. 2 Longitudinal section

Obr. 3 Pohled na pylon
Fig. 3 View of the pylon

Obr. 4 Detail opěry
Fig. 4 Abutment detail

Obr. 5 Skruž a výztuž pylonu
Fig. 5 Pylon scaffolding and reinforcement





a celý prostor uvnitř ochranného obalu je vyplněn protikorozním tukem. Všechna lana jednoho závěsu jsou umístěna v ochranné trubce z HDPE, která je vysoce odolná proti UV záření a je vyrobena ve světle šedé barvě dle požadavku barevného architektonického ztvárnění mostního díla. Na povrchu vnějších trubek z HDPE je navařena šroubovice ze stejného materiálu, která zlepšuje aerodynamické vlastnosti závěsu.

Lana jsou kotvena pomocí trojdílných kotevních čelistí do kotevního bloku. Konstrukce kotevního bloku závěsu umožňuje dodatečnou rektifikaci pomocí kruhové matice, která se opírá o kotevní desku. Samotný kotevní prvek je konstruován tak, aby byla bezpodmínečně dodržena protikorozní ochrana jak všech součástí kotvení, tak i vlastních lan závěsu. Konstrukce kotevních prvků je řešena tak, aby bylo možno v kterémkoliv okamžiku životnosti mostu v případě potřeby vyměnit jednotlivé lano nebo celý závěs. Závěsy jsou opatřeny elastomery, jejichž úloha je tlumit účinky

dynamického zatížení zejména od větru, aby se neprojevaly nepříznivé v místě kotvení lan v kotevních čelistech (obr. 9).

Montáž závěsů

Závěsy se sestavily na desce mostovky. Nejprve se svařily ochranné polyetylenové trubky, do nich se nastrkala jednotlivá lana odřezaná na přesné délky podle údajů o skutečné geometrii závěsu a na konce lan se namontovaly kotevní prvky. Závěs se poté osadil pomocí zdvihacího mechanismu a vahadla do své polohy a ukotvil se do nálitku v mostovce i do pylonu. Po osazení došlo k aktivaci závěsů pomocí napínacích zařízení celkem ve třiceti dvou etapách (jedna etapa je napnutí dvojice protilehlých závěsů dvěma pistolemi). Podrobným výpočtem na základě měření vzdálenosti kotev závěsů byly stanoveny hodnoty protažení závěsu v etapě. Vlastní aktivace závěsů probíhala podle přesně stanoveného pořadí a technologického postupu (obr. 10). Vzhledem k tomu, že po celou dobu aktivace závěsů byla konstrukce podepřena na skruži, ze které

se postupně nadzvedávala, bylo velmi nesnadné správně namodelovat kombinaci podepření konstrukce závěsu a skruží. Proto bylo hlavním kritériem míry aktivace závěsu měření protažení, nikoliv dosažená síla. Geodetickým měřením velmi přesnou nivelací byl porovnáván deformovaný tvar konstrukce mostu s předpoklady projektu. Podle výsledků měření byla mezi etapami aktivace závěsů postupně spouštěna skruž mostu, až závěsy převzaly celou vlastní tíhu mostovky. Po dokončení aktivace byla na všech závěsech provedena kontrola napjatosti pomocí lift-testu, tj. změření síly v lanech pomocí jednolanné napídací pistole. Výsledky lift-testu byly porovnány s předpokládanými silami dle projektu a výraznější rozdíly byly redukovány rektifikací. Podařilo se dosáhnout optimálního tvaru mostovky a dobré shody skutečných sil s projektovanými.

Vybavení

Izolace je typu Etanplast, celková tloušťka izolačního souvrství a vozovky je 100 mm. Povrch chodníků je opatřen pochozí izo-

Obr. 6 Předpínací výztuž středního betonážního celku

Fig. 6 Prestressed reinforcement of middle concrete part

Obr. 7 Detail pracovní spáry

Fig. 7 Working joint detail

Obr. 8 Betonáž hlavního pole

Fig. 8 Pouring of concrete of the main span

Obr. 9 Instalace závěsů

Fig. 9 Cable stay instalation

Obr. 10 Aktivace krajního závěsu

Fig. 10 Stressing of backstay



Obr. 11 Průhled pylony

Fig. 11 Through pylons view

Obr. 12 Detail pylonu

Fig. 12 Pylon detail

Obr. 13 Boční pohled na most

Fig. 13 Side view of the bridge

Obr. 14 Most při večerním osvětlení

Fig. 14 Evening lighting of the bridge

lační vrstvou od firmy Sika (na brokovaný povrch jsou nanášeny vrstvy Sikafloor 156 jako penetrace, křemičitý písek 0,3 až 0,8 mm, Sikafloor 350 Elastic, křemičitý písek 0,3 až 0,8 mm, Sikafloor 400 N Elastic+), boky svodidlové zidky jsou opatřeny dvojnásobnou impregnací Sikagard 73. Most je opatřen osmi odvodňovači. Na mostě jsou čtyři stožáry veřejného osvětlení a nasvícení pylonu a závěsů. Mostní závěry na obou koncích mostu jsou jednopárové od společnosti Maurer

Söhne v tichém uspořádání pro dilatační pohyb 100 mm. Vnější okraje chodníků jsou osazeny architektonicky pojedeným ocelovým zábradlím. Mezi chodníkem a závěsy je vnitřní dvoumadlové zábradlí (obr. 11 až 14).

ZÁVĚR

Tuhnický most výrazným způsobem zkrátil propojení přilehlých městských čtvrtí a odvedl dopravu z centra Karlových Var. To se podařilo při dosažení ekonomických parametrů: srovnaná výška betonu nosné konstrukce je jenom 0,44 m a spotřeba předpínací výztuže podélné, příčné i závěsů je 32,2 kg/m² nosné konstrukce, při normální spotřebě betonářské výztuže 135 kg/m³ betonu nosné konstrukce. Stavba prokázala, že i pro menší rozpětí lze ekonomicky uplatnit zavěšený most. Most byl příznivě přijat i širokou veřejností, v hodnocení návštěvníků výstavy FOR ARCH Karlovy Vary 2008 byl vybrán za nejlepší stavbu Karlovarského kraje roku 2007, tamtéž získal 3. místo u odborné poroty.

Hlavní účastníci výstavby

Investor	ŘSD, správa Karlovy Vary
Zhotovitel stavby	Sdružení průtahu silnice I/6 pod vedením SSŽ, a. s.
Zhotovitel objektu	SMP CZ, a. s.
Projektant objektu	Pontika, s. r. o.

Ing. Jan Procházka
e-mail: prochazka@pontika.cz

Ing. Luděk Oberhofner
e-mail: oberhofner@pontika.cz

oba: Pontika, s. r. o.
Sportovní 4, 360 09 Karlovy Vary

Ing. Zdeněk Batal
SMP CZ, a. s.
Evropská 1692/37, 160 41 Praha 6
tel.: 222 185 268, e-mail: batalz@smp.cz

Ing. Miloš Šimlér
SM 7, a. s.
Zápy 267, 250 01 Brandýs nad Labem
tel.: 326 377 930, e-mail: simler@sm7-dsi.cz