



1

LÁVKA V ŽAMBERKU

Petr Tej, Jan Mourek, Oto Melter, Jiří Kolísko, David Čítek, Jan Marek, Pavel Guňka, Martin Kroc

V článku je popsána nová lávka pro pěší ve východočeském městě Žamberk, jež má obloukovou nosnou konstrukci se spodní mostovkou a svislými závěsy, čímž ctí architektonické řešení původního železobetonového mostu. Pozornost je věnována jak technickému řešení nové lávky, tak výsledkům zkoušek ultra vysokohodnotného betonu, z něhož byly vyrobeny prefabrikované dílce tvořící oblouky lávky.

FOOTBRIDGE IN THE TOWN OF ŽAMBERK

The article describes a new pedestrian footbridge in the East Bohemian town of Žamberk. It is an arch structure with a lower bridge deck and vertical hangers, thus honouring the design of the original reinforced concrete bridge. Attention is paid both to the technical design of the new footbridge and to the test results of the ultra-high-performance concrete, from which prefabricated elements forming the arches of the footbridge were made.



2

Účelem lávky je převedení stezky pro pěší přes řeku Divoká Orlice v Žamberku. Nová mostní konstrukce je umístěna v místě původního železobetonového obloukového mostu, který svým stavebně-technickým stavem již nevyhovoval podmínkám pro bezpečné používání a byl zdemolován.

V zadávací dokumentaci pro novou lávku byla stanovena shodná poloha na místě původního mostu, požadovaná volná výška pod lávkou a niveleta navazujících komunikací a také řešení v podobě obloukové nosné konstrukce se spodní mostovkou, svislými závěsy a dvojicí železobetonových oblouků.

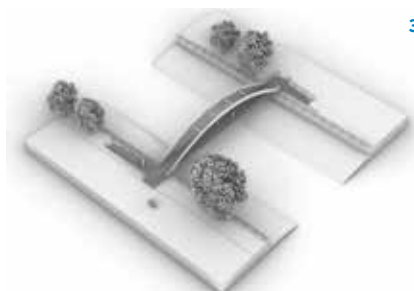
Technické řešení lávky

Návrh nové lávky vychází z tvarového řešení původní mostní konstrukce (obr. 2) a konfigurace okolního terénu a překonávaného vodního toku. Komunikace je v místě lávky navržena v přímé linii, bez příčného či podélného sklonu. Průchozí šířka lávky je 2,2 m.

Nová nosná konstrukce

Novou lávku (obr. 3 a 4) lze definovat jako obloukovou mostní konstrukci s táhlem a zavěšenou dolní mostovkou. Oblouky lávky respektující tvar původního betonového mostu jsou navrženy z ultra vysokohodnotného betonu vyztuženého drátky (UHPC neboli UHPFRC – ultra-high-performance

1 Lávka z UHPC v Žamberku 2 Původní betonový most 3 Návrh nové lávky: ptačí perspektiva 4 Návrh nové lávky: boční pohled 5 Ocelová forma 1 Footbridge made of UHPC in the town of Žamberk 2 The original concrete bridge 3 Design of the new footbridge: a bird's eye view 4 Design of the new footbridge: a side view 5 A precision-made steel mould



3



4

Generální dodavatel	Skanska a.s.
Architektonické a konstrukční řešení	Petr Tej, Jan Mourek, Petr Kněž, Oto Melter Kloknerův ústav ČVUT
Technologie zpracování UHPC (pro prefabrikaci i monolitickou část konstrukce)	Jiří Kolísko, David Čítek, Jan Marek
Výroba prefabrikovaných oblouků	KŠ PREFA s.r.o. závod Tovačov
Dodavatel UHPC Valucem 110/130	PREMIX servis, spol. s r.o.
Realizace	září 2022 – září 2023

fibre-reinforced concrete) s černým pigmentem a jsou spojeny ocelovými trubkovými rozpěrami. Roštová mostovka sloužící jako táhlo oblouku je ocelová a je zavěšena tyčovými závěsy na konstrukci oblouku. V patě oblouku je ocelová mostovka spojena s obloukem pomocí čepového spoje.

Konstrukce oblouku byla zhotovena jako prefabrikát s montážním spojem ve vrcholu oblouku, který byl zabetonován in situ. Výztuž byla přítom provázána pomocí příložek. V dolní části oblouku z prefabrikátu vyčnívala výztuž pro sprážení s monolitickými příčníky a zárodky kotev příčného předpětí, styčná spára byla vystrojena smykovými zámky.

V monolitických nadpodporových příčnících obloukové konstrukce z UHPC bylo navrženo trvalé příčné sepnutí pomocí předpínacích tyčí průměru 32 mm, které byly zainjektovány do předinstalovaných kanálků.

Mostovka

Konstrukce mostovky je tvořena podélníky a příčníky z profilů HEA 160, které tvoří dohromady sedm polí. Každé pole je diagonálně zavětřováno čtyřmi táhly se středovou rozetou o průměru táhla 20 mm. Na podélníky byly navařeny konzoly kotvení pororošťových panelů mostovky, na vnitřní stranu podélníku byly rovněž navařeny kotevní body pro lištu LED sloužící k osvětlení mostovky. Celá tato ocelová mostovka tvoří táhlo kotvené na koncích mostovky čtyřmi čepy o průměru 85 mm. Mostovka je výrobně dělená na poloviny kvůli jednoduššímu transportu a také proto, aby ji bylo možné pozinkovat ponorem. Tyto poloviny mostovky byly v průběhu stavby svařeny uprostřed rozpětí.

Zásadní požadavek při montáži mostovky bylo správné vymezení vůle v čepch a vnesení požadovaného napětí pro zajištění stability UHPC oblouků a zachycení horizontální reakce. Ocelová mostovka je zavěšena na betonový oblouk pomocí ocelových tyčových závěsů průměru 20 mm s koncovými vidlicemi s čepy a napínacím mechanismem. Ztužení ocelové mostovky (zavětřování) je navrženo obdobným způsobem.

Mostovka na lávce a pochozí povrch ramp jsou ocelové, pororošťové. Pororošťové panely jsou samonosné – atypické olemování plechem tloušťky 6 mm tvoří žebra nesoucí panel v příčném směru. Přes tato žebra jsou panely kotveny k nosné ocelové konstrukci. Odvodnění mostovky je řešeno přímým odtokem vody pod lávku.

Založení a spodní stavba

Opěry lávky jsou umístěny na části původních odbouraných kamenných opěr. Založení opěr je hlubinné na svislých a šikmých mikropilotách, přičemž svislé mikropiloty byly převrtávány přes původní kamenné opěry neznámých rozměrů.

Opěry OP00 a OP10 se skládají z dřívku, úložného prahu, závěrné zídky a bočních plentovacích zídek. Horní povrch úložného prahu je spádován směrem do čela opěry a čelní pohledová část opěr je opatřena kamenným obkladem přikotveným k opěře, který sjednocuje vzhled opěry a navazujících nábrežních úhlových opěrných stěn. Na horním povrchu jsou umístěny čtvercové podložiskové bloky. Opěra OP00 je doplněna o dilatačně oddělená kolmá křídla, která jsou řešena shodně jako navazující, nedávno budovaná opěrná nábrežní

stěna. Horní povrch těchto úhlových stěn je opatřen kamennou římsou a čelo stěn je, jak již bylo řečeno, obloženo kamenem pro sjednocení vzhledu s navazujícími konstrukcemi.

Vybavení

Nosná konstrukce je na spodní stavbu uložena pomocí elastomerových ložisek. Na koncích mostní konstrukce, resp. při přechodu na nástupové rampy, jsou osazeny netěsněné plechové mostní závěry se sklotextitovou vložkou jako ochranou proti vlivu bludných proudů (*sklotextit je vrstvený izolant vyráběný lisováním za zvýšené teploty z upravené skelné tkaniny jako výztuže a epoxirezolové živice jako pojiva – pozn. red.*). Plech na straně lávky je ze spodní strany také opatřen sklotextitovou vložkou pro zmenšení tření a izolaci plechů. Nášlapný povrch plechu je opatřen protiskluzovou úpravou.

Zábradlí na lávce je tvořeno ocelovými vodorovnými madly, která jsou kotvena ke štíhlým ocelovým sloupkům připevněným k ocelové mostovce a ocelovým závěsům. Výplň zábradlí je tvořena ocelovou nerezovou sítí. Na přístupových rampách je zábradlí součástí ocelové konstrukce ramp.

Prefabrikáty z UHPC

Prefabrikované dílce oblouků byly zhotoveny jako čtyři tvarově shodné kusy. Osazení ocelových kotevních přípravků pro táhla pro zavěšení mostovky a styčnickové plechy pro trubkové zavětřování si vyžádaly oboustranně použitelnou formu. Takto byly zhotoveny dvě levé a dvě pravé poloviny oblouku.

Do ocelové formy (obr. 5) s přesně definovanou geometrií byly vloženy



přípravky pro přesné osazení ocelových kování a zejména kapsa pro čep mostovky.

Mechanické parametry materiálu a výsledky kontrolních zkoušek jsou patrné z tab. 1.

Časový průběh výstavby

Stavba byla zahájena v září 2022 realizací přeložky vodovodu umístěného na původní lávce. Po přeložení vodovodního potrubí DN 100 s využitím protlaku pod vodním tokem Divoké Orlice bylo přistoupeno k odstranění jak nosné konstrukce, tak i spodní stavby (dříků opěr) původního betonového mostu.

Realizace nové lávky byla zahájena provedením mikropilotového založení skrz zbytky základů původních opěr. V další fázi byly vybudovány železobetonové dříky opěr, které jsou z větší části zapuštěny do nábrežních stěn lemujících vodní tok.

Nosná konstrukce lávky sestávající z UHPC obloukových pasů a ocelové mostovky byla zkompletována v prosinci 2022.

Tab. 1 Mechanické parametry UHPC a výsledky kontrolních zkoušek
Tab. 1 Mechanical parameters of the UHPC used and results of the control tests

Číslo vzorku	Konzistence (rozliti dle Haegermanna) [mm]	Objemová hmotnost UHPC [kg/m ³]	Pevnost (28denní) na zlomcích trámčů 40 × 40 × 160 mm [MPa]		Pevnost v tahu za ohybu (28denní) na zlomcích trámčů 40 × 40 × 160 mm [MPa]	
				průměr		průměr
U3	300	2 465	186,8	177,6	179,6	42,8
		2 395	181,1	177,0		38,1
		2 445	184,6	170,3		32,7
U3	300	2 435	176,6	184,4	185,7	29,7
		2 425	186,9	188,4		40,5
		2 465	189,4	188,3		33,4
U9	300	2 435	167,7	176,0	175,8	42,9
		2 405	186,2	177,9		37,4
		2 415	174,9	171,9		38,3
U9	300	2 435	180,3	172,3	172,8	36,2
		2 425	173,1	175,6		35,2
		2 450	169,2	166,0		39,8
U17	310	2 475	166,2	172,1	166,1	37,9
		2 455	164,1	160,1		35,9
		2 460	165,1	168,7		39,4
U17	310	2 465	167,9	170,8	166,3	34,1
		2 450	161,1	166,3		33,1
		2 455	166,6	165,2		39,7
U23	310	2 450	173,7	174,2	173,2	38,9
		2 440	174,1	174,5		32,8
		2 450	168,5	174,1		37,6
U23	310	2 460	168,6	165,5	165,1	39,4
		2 445	161,7	159,1		33,2
		2 420	168,9	166,6		32,7





6 Prefabrikáty oblouků ve stojanech ve výrobě 7 Předmontáž mostovky 8 Pohled na osazenou nosnou část mostovky 9 Příprava na zmonolitnění 10 Stav lávky po betonáži monolitických částí z UHPC
6 Prefabricated arches at the manufacturing plant 7 Pre-assembly of the bridge deck 8 View of the installed load-bearing part of the bridge deck 9 The structure getting ready for the placement of in-situ infills using fresh UHPC 10 Condition of the bridge after concreting the site-cast parts of the UHPC

Zmonolitnění

Zmonolitnění nosné konstrukce v místech úložných prahů a opěr proběhlo 8. listopadu 2022 pracovníky Kloknerova ústavu. V rámci betonáže bylo využito pytlované směsi UHPC Valucem doplněné o rozptýlenou výztuž ve formě ocelových drátků o celkovém objemu 1,5 %. Míchání bylo prováděno přímo na staveništi ve dvou mobilních míchacích zařízeních o objemu každé záměsi cca 40 l. Objem jednotlivých betonovaných konstrukčních částí byl cca 900 l. Společně s úložnými prahy byl směsí vyplněn také prostor ve vrcholu oblouků sloužící k zmonolitnění kompletních ob-

louků. Směs byla kontinuálně míchána na obou míchacích zařízeních umístěných přímo nad betonovanými úložnými prahy a byla střídavě vlévána přímo do bednění.

Z každé betonáže na obou stranách lávky byly odebrány vzorky čerstvého UHPC pro zkoušky konzistence a pro výrobu zkušebních těles (tab. 2). Vybrané výsledky fyzikálně-mechanických zkoušek betonu ve stáří 28 dnů jsou uvedeny v tab. 3.

Po betonáži byl povrch UHPC uhlazen ocelovými hladítky a přikryt geotextilií a polystyrenem pro zajištění ochrany proti odparu a proti účinkům chladného počasí.



valucem®

Valucem je obchodní název unikátního vysokohodnotného betonu označovaného jako UHPC tj. Ultra High Performance Concrete. Společnost PREMIX servis s.r.o., jako výrobce a dodavatel tohoto vysokopevnostního vláknocementového kompozitu, má bohaté zkušenosti s realizacemi.

VÝHODY VALUCEMU®



vysoké materiálové parametry dle směrnice TP 07 ČBS (třída min. C110 a více)



při návrhu konstrukcí lze uvažovat i pevnost materiálu v tahu



vysoká hutnost a nízká permeabilita zajišťují téměř neomezenou trvanlivost



možnost navrhovat tenkostěnné, subtilní lehké konstrukce s vysokou úsporou materiálu



vysoká tekutost čerstvé směsi zajistí vyplnění i složitých a tenkostěnných forem



úpravou přísad lze Valucem využít pro aplikace 3D tiskem



lávka Příbor



Martin Kroc
kroc@premixservis.cz
+420 737 256 875

premixservis.cz | valucem.cz

Tab. 2 Kontrolní zkoušky čerstvé směsi vyrobené na stavbě
Tab. 2 Control tests of the fresh mix produced on site

Označení betonáže	Čas odběru	Teplota materiálu	Konzistence (rozlití dle Haegermanna) [mm]	Teplota prostředí	Vyrobená tělesa
	[hh:mm]	[°C]		[°C]	
1. opěra	13:10	12,4	300	2,6	T160, V200, K100, CHRL
2. opěra	15:30	11,2	310	0,3	T160, V200, K100, CHRL
zmonolitnění oblouků	13:30	12,1	310	2,5	K100

Tab. 3 Kontrolní zkoušky ztvrdlé směsi (ve stáří 28 dnů) vyrobené na stavbě
Tab. 3 Control tests of the hardened mix (at the age of 28 days) produced on site

Označení betonáže	Pevnost v tlaku [MPa]			Pevnost v tahu za ohybu [MPa]
	typ tělesa			
	krychle 100 mm	válec 100/200 mm	trámeček 40 × 40 × 160 mm	
1. opěra	134,0	128,3	165,5	32,8
2. opěra	136,5	128,9	166,0	33,1
zmonolitnění oblouků	131,6	-	-	-

Závěr

Nová lávka s nosnými oblouky z UHPC (obr. 11) bude důstojným nástupcem tradičního betonového obloukového mostu. Vysoká trvanlivost materiálu je oknem do budoucnosti, zatímco tvarové architektonické řešení je odkazem na umění našich předků a pamět místa.

Autoři věří, že lávka bude spolehlivě sloužit nejen z hlediska své primární funkce, ale i z estetického úhlu pohledu spojením historické elegance a moderní technologie.

Fotografie: archiv autorů

Tato práce byla podpořena z grantu SGS23/144/OHK1/2T/31.



Ing. MgA. Ing. arch. Petr Tej, Ph.D. et Ph.D.
 Kloknerův ústav ČVUT v Praze
 petr.tej@cvut.cz



Ing. Jan Mourek, Ph.D.
 Kloknerův ústav ČVUT v Praze
 jan.mourek@cvut.cz



Ing. arch. Oto Melter
 Kloknerův ústav ČVUT v Praze
 ota.melter@cvut.cz



prof. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.
 Kloknerův ústav ČVUT v Praze
 jiri.kolisko@cvut.cz



Ing. David Čítek, Ph.D.
 Kloknerův ústav ČVUT v Praze
 david.citek@cvut.cz



Ing. Jan Marek
 KŠ PREFA s.r.o.
 j.marek@ksprefa.cz



Ing. Pavel Guňka
 Škanska a.s.
 divize Inženýrské stavitelství
 závod Technologie, oblast Mosty
 pavel.gunka@skanska.cz



Ing. Martin Kroc
 PREMIX servis s.r.o.
 kroc@premixservis.cz

11a



11 Lávka po dokončení 11 Footbridge after completion

11b



11c

