



▲ Obr. 1 Nová zavěšená lávka pro pěší a cyklisty v Radotíně na spodní stavbě původní lávky

Asymetrická zavěšená lávka pro pěší a cyklisty v Radotíně



Ing. Vladimír Janata, CSc.

Absolvent Fakulty stavební ČVUT, doktorskou práci na téma statika a dynamika kotvených stožárů obhájil na ÚTAM AV ČR. V roce 1990 založil s kolegy společnost EXCON. Ve své praxi se věnoval projektům kotvených stožárů v ČR i v zahraničí a stožárům pro mobilní operátory. V projektech nosných ocelových a ocelobetonových konstrukcí zpravidla využívá globálního předpínání konstrukce za účelem nadvýšení a příznivé redistribuce vnitřních sil.

Spoluautoři: Ing. Jiří Lahodný, Ph.D., Ing. Jan Pecina

Nová 110 m dlouhá lávka přes Berounku je zavěšena na jednodříkovém asymetrickém pylonu, který je kloubově uložen přímo na horním pasu příhradové konstrukce. Originální řešení vzniklo na základě přání architekta Pleskota, který byl i autorem architektonického a urbanistického řešení původní betonové lávky, kterou nová lávka nahradila.

Ukázalo se, že koncepce s jednodříkovým pylonem je nejen možná, ale v mnoha ohledech i výhodná. Zajímavé je i řešení zakončení lan konstrukční sestavou táhla, způsob montáže a odnímatelná kompozitní mostovka. Dynamická zkouška potvrdila příznivé vlastnosti lávky.

Historie lávky

Původní lávka z roku 1994 měla dodatečně předpjatou nosnou betonovou konstrukci o dvou polích zavěšenou na jednom pylonu nad pilířem vzdáleném 30 m

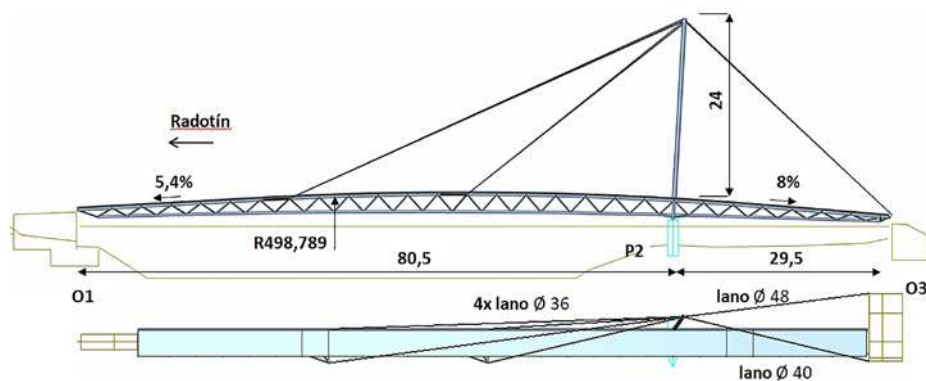
od zbraslavské opěry. Lávka, která měla problémy už při výstavbě, byla na základě zjištěných závad v roce 2013 shledána jako nevyhovující a v roce 2014 byla kromě jiných úprav podepřena dvěma provizorními podporami v řece. Navržená náročná rekonstrukce lávky spočívající v navýšení pylonu, překotvení lávky a masivních úpravách samotné betonové konstrukce lávky nebyla realizována. Alternativně byl zpracován návrh nové betonové visuté lávky s umístěním mimo osu té stávající. Výstavba lávky nebyla s ohledem na dvě neúspěšné a zrušené soutěže nikdy zahájena. Městská část poté požádala architekta Josefa Pleskota o zpracování dalšího řešení, které později dospělo do realizace formou Design & Build, což významně zkrátilo proces před započítím výstavby. V této variantě byla nová ocelová konstrukce umístěna na stávající rekonstruované spodní stavbu, čímž bylo zachováno hodnotné tvarové a urbanistické řešení stavby včetně rozšíření mostovky z 2,4 m na 4 m a dosaženo výrazného snížení investičních nákladů oproti alternativně navržené betonové visuté variantě.

Dispoziční a konstrukční řešení nové lávky

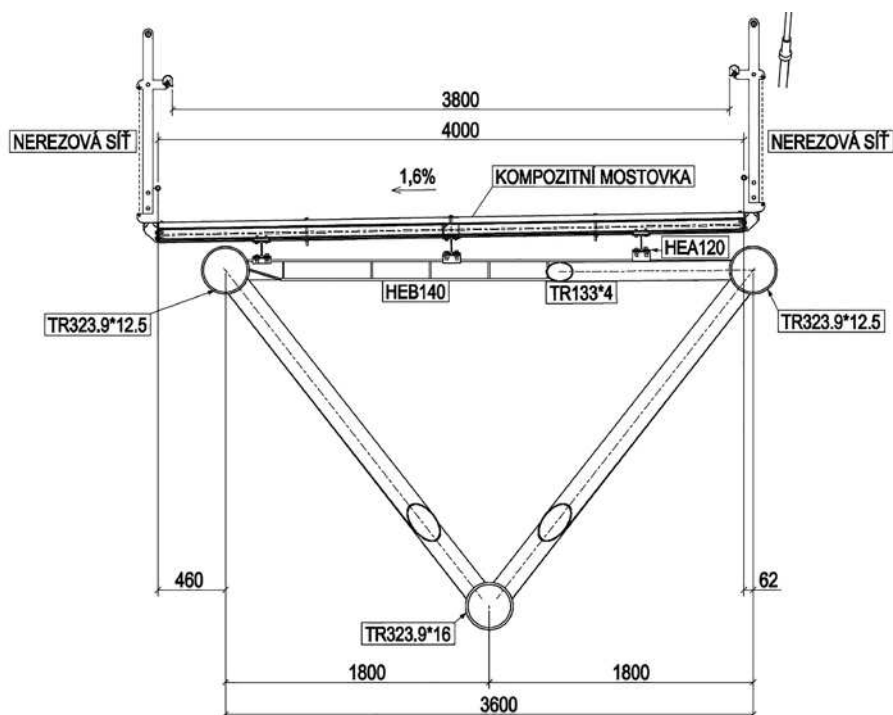
Osa lávky délky 110 m je půdorysně přímá a přemostuje Berounku z opěry O1 na levém (radotínském) břehu přes pilíř P2 na opěru O3 na pravém (zbraslavském) břehu (obr. 2). Niveleta mostovky je tvarována tak, aby konstrukce lávky vyhověla výškovým požadavkům s ohledem na nově uvažovanou hladinu stoleté vody.

Nosná konstrukce lávky je celosvařovaná, trojboká trubková příhradová konstrukce šířky 3,6 m s proměnnou konstrukční výškou s maximem 2,3 m (obr. 3). Toto řešení umožňuje optimalizovat průběh vnitřních sil, hmotnost konstrukce a množství a dimenze lanových závěsů. Konstrukce je kotvena ke zbraslavské opěře dvěma čepovými spoji (obr. 5). Na pilíři je uložena na návodní straně na všesměrně pohyblivém ložisku, na straně povodní na ložisku vedeném ve směru osy lávky (obr. 6). Na radotínské straně jsou dvě všesměrně pohyblivá ložiska uložena na novém rozšiřujícím příčnicku na stávající opěře (obr. 4, 12). Příčnou sílu zajišťuje smyková zarážka umístěná na středu příčnicku.

Lávka je zavěšena na jednom excentricky umístěném jednodříčkovém pylonu na povodní straně. V podélném pohledu na lávku je pylon kolmý k niveletě. Staticky je uložen kloubově, s rotací kolem osy kolmé k ose lávky na horní pas lávky nad ložiskem v ose pilíře (obr. 6). Vrchol pylonu je ve výšce 24 m vychýlen o 2 m ve směru kolmo na osu lávky a ve směru toku řeky. Pylon rozděluje těleso lávky na dvě pole – od pylonu k levému břehu s rozpětím 80,5 m a na pravém břehu s rozpětím 29,5 m (obr. 2). Hlavní pole lávky nad řekou je zavěšeno z vrcholu pylonu dvěma dvojicemi lan $\varnothing 36$ mm. Pylon je zakotven



▲ Obr. 2 Půdorys, podélný řez (zdroj: EXCON, a.s.)



▲ Obr. 3 Příčný řez lávkou a uložení kompozitní mostovky se zábradlím (zdroj: EXCON, a.s.)



▲ Obr. 4 Uložení na ložiskách přes rozšiřující příčník na radotínské opěře (O1)



▲ Obr. 5 Čepové uložení lávky na zbraslavské opěře (O3), foto z výstavby



▲ Obr. 6 Uložení lávky na ložiscích na pilíři (P2) a kotvení pylonu do horního pasu konstrukce lávky



▲ Obr. 7 Zakončení lan ve vrcholu pylonu



▲ Obr. 8 Lana jsou na povodní straně kotvena přímo do horního pasu příhradové nosné konstrukce



▲ Obr. 9 Na návodní straně jsou lana kotvena do konzol o délce 1,4 m



▲ Obr. 10 Žárově zinkovaný rošt pro uložení kompozitní mostovky



▲ Obr. 11 Kompozitní mostovka a zábradlí s výplní z nerezové sítě

do opěry O3 na povodní straně lanem $\varnothing 48$ mm a lanem $\varnothing 40$ mm na straně návodní (obr. 2, 13). Lana ve vrcholu pylonu zakončuje standardní koncovka (obr. 7). Spodní konce lan jsou zakončeny koncovkou se závitovou tyčí, na kterou navazuje napínáková matice a další

tyčový prvek s koncovkou (obr. 8, 9, 18, 19). Na povodní straně jsou lana kotvena přímo do horního pasu příhradové nosné konstrukce (obr. 8), na straně návodní, pro zajištění podchodné výšky, do konzol o délce 1,4 m (obr. 9). Geometrie pylonu, lan a jejich předpětí zajišťují

stabilní polohu vrcholu pylonu v příčném směru při vertikálním zatěžování mostovky. Uložení pylonu na horní pas mostovky nad posuvným ložiskem výrazně zvyšuje tuhost konstrukce v podélním a příčném směru oproti variantě kotvení pylonu přímo do pilíře.



▲ Obr. 12 Rozšíření mostovky a nosník s konzolami pro uložení lávky na radotínské opěře

▲ Obr. 13 Rozšíření zbraslavské opěry s dvojicí lanových závěsů

Kompozitní mostovka (obr. 11) je uložena na žárově zinkovaném roštu, sestávajícím z příčníků a podélníků kotvených do příčníků příhradové nosné konstrukce (obr. 10). Podélníky tvoří zároveň součást nosného systému lávky. S ohledem na velké množství inženýrských sítí vedených pod mostovkou byla zvolena odnímatelná mostovka z kompozitních roštů

s horní deskou s protiskluzovou úpravou. Mostovka je uložena příčně asymetricky s přesahem cca 0,4 m od osy horního pasu nosné konstrukce na návodní straně ve sklonu cca 1,6 % (obr. 3). Zábradlí výšky 1 300 mm (obr. 11, 22) s madlem ve výšce 1 m od horní hrany mostovky je tvořeno sloupky z pásové oceli propojené trubkou ve vrcholu. Výplň tvoří nerezová

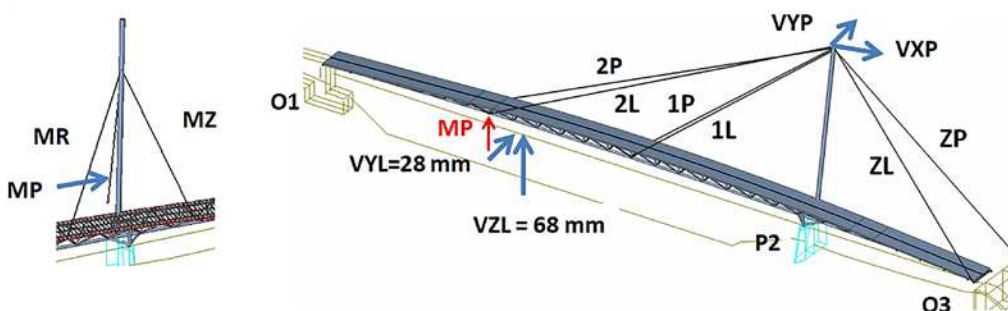
sít. Součástí zábradlí je i vodící tyč pro nevidomé a osvětlení zabudované do madla.

Postup výstavby a montáž lávky

Nejprve byla provedena demolice lávky včetně betonové konzoly na radotínské opěře. Jedna z provizorních podpor byla

▼ Tab. 1 Montážní a předpínací postup; síly [kN], deformace [mm] (zdroj: EXCON, a.s.)

Fáze	Fáze 1–7 montáž lan – předpětí 10 %					Montážní			Změřené hodnoty	Fáze 8–11 Předpínání lan			Zdvih z podpory	Změřené hodnoty
	Montážní					táhla odebrání	10% všechny	100% 50% 100%			100%			
	táhla a pylon	1P	ZL	ZP	1L			2L		2P		1P 1L		
	1	2	3	4	5	6	7	7	8	9	10	11	11	
MR	18,72	2,87	6,33	39,6	9,41									
MZ	10,44	32,12	5,81	36,91	11,52									
MP	4,19	8,97	19,89	0,53	3,74									
1P		15,4	42,4	44,65	58,91	47,17	33,11	17	180,11	248,67	143,59	174,65	210	
1L					46,34	32,05	30,64	12	109,5	148,32	83,3	94,39	117	
2P							60,7	66	41,69	73,36	349,25	397,23	328	
2L						55,77	51,48	80	35,85	52,44	200,88	235,95	228	
ZP				41,5	60,31	79,53	98,08	98	209,32	304,14	464,15	541,23	511	
ZL			38,52	7,85	37,98	58,38	88,5	88	156,15	220,61	390,16	449,16	413	
VXP	9,3	-40,5	2,5	3,6	8,6	-0,6	-9	-50	-32,2	-0,4	-32,6	-4,4	-1	
VYP	-11,9	-27,6	-52,2	72,1	-14,2	-2,2	15	75	7,9	-21,5	31,6	-0,4	1	
VYL													28	
VZL													68	





▲ Obr. 14 Předmontovaná lávka na pravém břehu před zdvihem



▲ Obr. 15 Konstrukce lávky byla vcelku jeřábem přemístěna na opěry, pilíř a provizorní podporu v řece (foto: Tomáš Lébr)



▲ Obr. 16 Začepování pylonu



▲ Obr. 17 Pylon po zakotvení třemi montážními táhly



▲ Obr. 18 Zakončení lana s hydraulickým zařízením a tenzometrem na zbraslavské opěře



▲ Obr. 19 Napínání lana hydraulickým zřízením na návodní straně

odstraněna a druhá sloužila jako podpora při montáži nové lávky. Na radotínské opěře byla rozšířena pochozí část betonové desky a byla provedena příprava pro uložení nové konstrukce lávky na ocelový nosník s konzolami na obou stranách (obr. 12, 4). Mezilehlý pilíř byl

upraven pro osazení nové konstrukce lávky. Zbraslavská opěra byla rozšířena pro možnost kotvení nové dvojice lan (obr. 13) včetně zabetonování kotevních roštů pro lana. Konstrukce lávky byla svařena z přepravních dílů na pravém břehu včetně

žárově zinkovaného roštu pro kompozitní mostovku (obr. 14). Poté byla vcelku jeřábem přemístěna na opěry, pilíř a provizorní podporu v řece (obr. 15). Pylon byl po začepování (obr. 16) zajištěn v poloze třemi montážními táhly (obr. 17). Lana byla postupně namontována a předepruta

podle montážního a předpínacího postupu (tab. 1).

Lana byla předepnuta hydraulickým zařízením (obr. 18, 19) a síly byly měřeny na tyčovém prvku tenzometry v konfiguraci plného Wheatstoneova můstku.

V průběhu předpínání byly geodeticky monitorovány vrchol pylonu i geometrie horních pasů lávky a konstrukce byla vydvížena z provizorní podpory (MP), která byla následně odstraněna. Díky dobře připravenému montážnímu a předpínacímu postupu i aktivní účasti projektanta v této fázi montáže byla přemístěna konstrukce, byly namontovány pylon a lana včetně předpětí za pět dní čistého času. Po montáži hlavní nosné konstrukce byly instalovány inženýrské sítě a byla namontována kompozitní mostovka a zábradlí (obr. 11, 22).

Po dočasném přerušení prací z důvodu insolvence zhotovitele stavby byla lávka zprovozněna provizorně (obr. 22) a v časovém odstupu byla provedena dynamická zkouška, instalace pohlcovačů kmitů a projektované úpravy předpolí.

Dynamická zkouška a pohlcovače kmitů

Dynamická zkouška potvrdila teoreticky zjištěné hodnoty vlastních frekvencí a tvarů kmitání lávky (obr. 20). Mezní hodnoty přípustných vážených efektivních hodnot zrychlení ve svislém a vodorovném směru způsobené chodci v různých konfiguracích počtu a synchronizace nepřevýšily hodnoty doporučené normou [1]. Dynamická zkouška tak potvrdila příznivé vlastnosti lávky. Hodnoty zrychlení způsobené skupinami běžců v různých konfiguracích počtu a synchronizace, které překročily doporučené hodnoty, byly omezeny instalací dvou dvojic pohlcovačů kmitů (TMD) pro kmitání v pátém vlastním tvaru pro případy extrémních sportovních aktivit. Další dvě potenciálně nebezpečné frekvence nebylo třeba tlumit. Účinnost TMD je zřejmá z naměřených hodnot zrychlení bez aktivního TMD a s aktivním TMD v případě synchronizovaného běhu dvou osob (obr. 21). Po instalaci TMD byla provedena závěrečná kontrola geometrie konstrukce a předpětí lan současně s frekvenčním měřením.

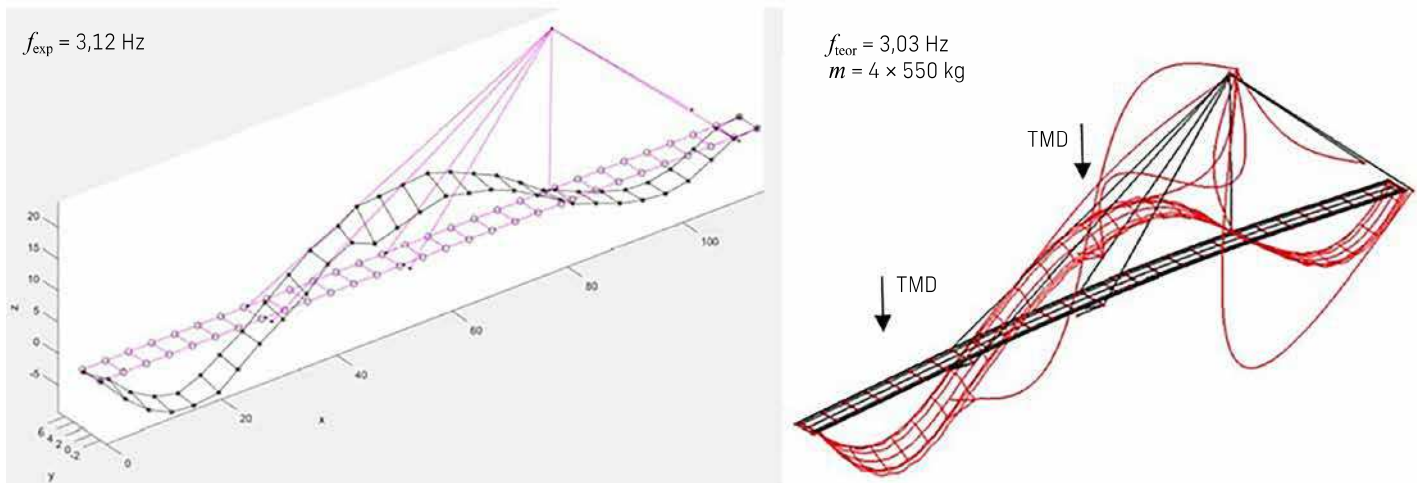
Závěr

Role architekta v mostním stavitelství je důležitá nejen z hlediska urbanismu a tvaru i vzhledu konstrukce. Přání architekta navrhnout konstrukci s jednoduchým asymetrickým pylonem přineslo originální zajímavé a funkční řešení.

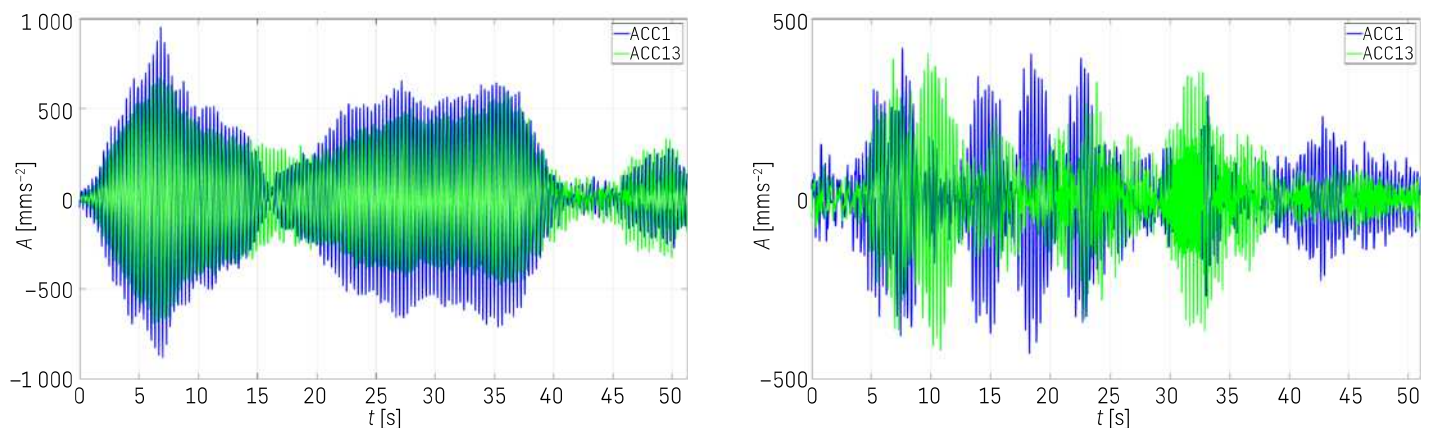
Uložení asymetrického jednoduchého pylonu na horní pas lávky nad posuvným ložiskem zvýšilo vertikální i horizontální tuhost konstrukce.

Zakončení lanových závěsů závitovou tyčí, na kterou navazuje napínáková matice a další tyčový prvek s koncovkou, umožňuje efektivní a přesné předepnutí závěsů hydraulickým zařízením spolu s tenzometrickým měřením a umožňuje jednoduché a estetické kotvení do konstrukce lávky.

Odnímatelná kompozitní mostovka na zároveň zinkovaném roštu je vhodnou alternativou k mostovce dřevěné nebo ortotropní ocelové, zejména v případě vedení většího množství inženýrských sítí pod mostovkou. ■



▲ Obr. 20 Porovnání vlastního tvaru teoretického (vlevo) a experimentálně zjištěného, umístění dvou dvojic TMD (zdroj: ÚTAM AV ČR, v.v.i.)



▲ Obr. 21 Naměřené hodnoty zrychlení bez aktivního TMD a s aktivním TMD v případě synchronizovaného běhu dvou osob (zdroj: ÚTAM AV ČR, v.v.i.)



▲ Obr. 22 Lávka po zprovoznění, pohled od rozšířené zbraslavské opěry

Účastníci výstavby

Investor: městská část Praha 16 – Radotín

Autoři: Ing. arch. Josef Pleskot, Ing. Vladimír Janata, CSc.

Studie a kontrola dalších stupňů projektů: Ing. arch. Josef Pleskot, Ing. arch. David Ambros, Zdeněk Rudolf, AP ATELIER, s.r.o.

Projektant ocelové konstrukce – studie, DSP, DPS: Ing. Vladimír Janata, CSc., Ing. Jiří Lahodný, Ph.D., Ing. Jan Pecina, EXCON, a.s.

Projektant založení, předpolí DSP, DPS, projednání stavby: Ing. Vojtěch Hruška, Ing. Vojtěch Drábek, Ing. Martin Zvolský, Mott MacDonald CZ, spol. s r.o.

Zhotovitel stavby: Raeder & Falge, s.r.o.

Ocelová konstrukce – DV, výroba, montáž a předpínání lan: EXCON, a.s.

Dynamická zkouška, parametry TMD:

Ing. Stanislav Hračov, Ph.D., ÚTAM AV ČR, v.v.i.

Projektant, výroba, montáž TMD: EXCON, a.s.

Lana a táhla: Tension Systems, s.r.o.; Redaeli (IT); Macalloy (GB)

Zdroje:

[1] ČSN 73 6209 (736209) Zatěžovací zkoušky mostů. Česká agentura pro standardizaci, Praha, 2019.

ENGLISH SYNOPSIS

Asymmetrical Suspended Footbridge for Pedestrians and Cyclists in Radotín

The new 110 m long footbridge over the Berounka River is suspended from a single-truss asymmetrical pylon, which is pinned directly on the upper chord of the truss structure. This original solution was created acc. to the wish of the architect Pleskot, who was also the author of the architectural and urban design of the original concrete footbridge, which the new footbridge replaced. The concept with a single-truss pylon was not only possible, but also advantageous. The design of the rope termination with the adjustable tendon assembly, the erection method and the removable composite bridge deck are also interesting. The dynamic test confirmed the favourable properties of the footbridge.

KLÍČOVÁ SLOVA: předpínání, mostovka kompozitní, tenzometry, lávky zavěšené

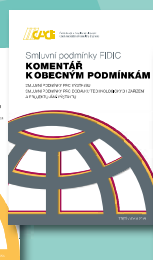
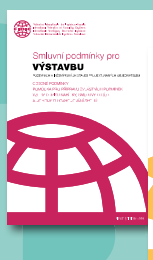
KEYWORDS: pres-stressing, composite deck, strain gauge, cable-stayed footbridges

INZERCE

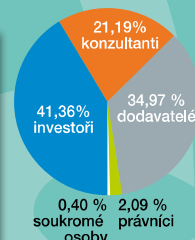
CACE přispívá k úspěšnému zavádění vyspělých standardů v českém stavebnictví. Škola FIDIC – 2023–2024

I v roce 2023 pokračujeme v programu certifikovaných školení k otázkám smluvních podmínek ve stavebnictví **on-line**.

- **Základní čtyřdenní školení o smluvních vzorech FIDIC v termínech:**
 - 1., 8., 22. a 29. listopadu 2023, on-line
- **3 nástavbová jednodenní školení pro absolventy základního školení:**
 - **Žlutá kniha** – 24. května 2023, on-line
 - **Claim management** – 7. února 2024, on-line
 - **Správce stavby** – 21. února 2024, online



Absolventi školení



Sledujte www.cace.cz/skoleni. Od září 2015 do dubna 2023 se již téměř 2500 absolventů školení stalo majitelem číslovaného certifikátu potvrzující základní znalosti o smluvních podmínkách ve stavebnictví podle vzorů FIDIC. Viz <https://www.cace.cz/skoleni>. Všechna školení jsou zařazena do programů celoživotního vzdělávání ČKAIT a ČKA a jsou oceněna 1 až 3 body.

Aktuální informace ke školením najdete na www.cace.cz.



CACE – Česká asociace konzultačních inženýrů (CACE), z. s., www.cace.cz
FIDIC – fr. zkratka Mezinárodní federace konzultačních inženýrů, www.fidic.org