

INVERZNÍ SPOLEHLIVOSTNÍ ANALÝZA MOSTU Z MPD NOSNÍKŮ: IDENTIFIKACE PARAMETRŮ ■ INVERSE RELIABILITY ANALYSIS OF BRIDGE MADE OF MPD GIRDERS: PARAMETERS IDENTIFICATION

David Lehký, Martina Šomodíková,
Drahomír Novák

V příspěvku je představena metoda identifikace parametrů v rámci pravděpodobnostní analýzy spolehlivosti a zatížitelnosti konstrukcí. Metoda využívá umělou neuronovou síť jako náhradní model inverzního vztahu mezi požadovanou spolehlivostí konstrukce a hledanými návrhovými parametry. Navržená metoda je využita při identifikaci vybraných parametrů předpjatého segmentového mostu z MPD nosníků. ■ This paper presents a method for identification of parameters within a probabilistic analysis of reliability and load-bearing capacity of structures. The method utilizes an artificial neural network as a surrogate model of inverse relation between the desired level of structural reliability and searched design parameters. The proposed method is utilized for identification of selected parameters of prestressed bridge made of MPD girders.

Zajištění životnosti a spolehlivosti stávajících mostních konstrukcí, kdy je řada z nich degradována vlivem časově závislých jevů (např. karbonatací betonu, průnikem chloridů, korozi výtuzě), je v současnosti jedním z důležitých cílů inženýrské činnosti. Řešení této problematiky často vyvolává požadavek na řešení inverzních úloh jako je např. stanovení vstupních dat pokročilých modelů na základě diagnostiky konstrukce, laboratorních měření apod. Předložený příspěvek pojednává o další typické inverzní úloze – návrhu konstrukce či jejích dílčích částí pro dosažení požadované spolehlivosti a životnosti. Jejím cílem je najít hodnoty vstupních návrhových parametrů \mathbf{X} tak, aby byla získána odpovídající (známá či požadovaná) odezva či spolehlivost systému \mathbf{Y} :

$$\mathbf{X} = f^{-1}(\mathbf{Y}). \quad (1)$$

Analytické řešení této inverzní úlohy bývá možné většinou jen při použití deterministické analýzy, a to pouze v jednoduchých případech. Při praktickém návrhu se často postupuje metodou „pokus–omyl“, kdy se provede odhad návrhových parametrů – většinou na základě předem daných empirických

vztahů či doporučení – a následně se vyhodnotí spolehlivost systému.

Jakmile přistoupíme k plně pravděpodobnostnímu řešení úlohy, tedy k posouzení spolehlivosti prvku či konstrukce pomocí tzv. ukazatelů spolehlivosti jako jsou pravděpodobnost poruchy p_f či index spolehlivosti β , bývá hledání analytického řešení či použití metody „pokus–omyl“ v lepším případě časově náročné a neefektivní, v horším případě pak nemožné. Zde se jeví jako nezbytné použití některé pokročilé metody. Právě využití pravděpodobnostních metod se s rozvojem výpočetní techniky, experimentálních a diagnostických metod, s prohlubováním teoretických znalostí a vývojem normativních předpisů stává čím dál častěji součástí analýz spolehlivosti a životnosti konstrukcí. Vývoj metod a postupů, které umožní stanovit hodnoty návrhových parametrů v rámci pravděpodobnostní analýzy konstrukce, je proto žádoucí. Cílem je nalézt hodnoty vstupních parametrů tak, aby byly jednotlivé mezní stavy splněny s požadovanou spolehlivostí, a to co možná nejpřesněji.

Výše uvedenou úlohu hledání hodnot návrhových parametrů konstrukce \mathbf{X} tak, aby bylo dosaženo požadované úrovně spolehlivosti vyjádřené pomocí ukazatelů spolehlivosti \mathbf{Y} , nazýváme inverzní spolehlivostní analýzou. Návrhové parametry mohou být deterministické nebo mohou příslušet náhodné veličině. V případě náhodné veličiny je předmětem zájmu některý z jejích statistických momentů (střední hodnota, směrodatná odchylka, variační koeficient). V předloženém příspěvku je stručně popsána metoda založená na umělých neuronových sítích, která byla použita při stanovení vybraných náhodných parametrů jednoplochého předpjatého segmentového mostu z prefabrikovaných nosníků MPD3 a MPD4.

Metoda založená na umělých neuronových sítích

Navržená metoda pro řešení úloh inverzní spolehlivosti je založená na kombinaci umělé neuronové sítě a stochastické analýzy konstrukce. Ta slouží k tvorbě tzv. učící množiny pro učení

sítě, tj. pro nastavení jejích parametrů, kterými jsou synaptické váhy a prahy. Tyto parametry spolu s přenosovými funkcemi a vlastní strukturou sítě definují její chování, tj. způsob šíření vstupního signálu a následnou odezvu sítě. Učící množinu tvoří soubor hodnot vstup–výstup. Vstupem sítě je požadovaná úroveň spolehlivosti (např. hodnoty indexů spolehlivosti pro analyzované mezní stavy), výstupem pak odpovídající hodnoty návrhových parametrů.

Tvorba učící množiny je prováděna numericky pomocí virtuální stochastické simulace řešené konstrukce, modelované většinou s využitím metody konečných prvků. Vzhledem k výrazné časové náročnosti jednotlivých simulací je kladen důraz na implementaci co nejefektivnějších postupů a metod. Generování náhodných realizací je proto realizováno s využitím stratifikované simulační metody Latin hypercube sampling (LHS) umožňující redukovat nezbytný počet simulací na minimum. Ke stanovení ukazatelů spolehlivosti je pak většinou nezbytné použít některou z aproximačních metod. U jednoduchých případů lze využít metodu FORM, v komplikovanějších případech nelineární odezvy je nezbytné použít metodu plochy odezvy [1]. Učení sítě pak představuje optimalizační úlohu, kdy se hledají parametry sítě (synaptické váhy a prahy) tak, aby se minimalizovala chyba výstupního signálu, tj. aby se skutečný výstup sítě co nejvíce blížil výstupu požadovanému. Vlastní učení sítě se provádí s využitím vhodné optimalizační metody (gradientní metody, genetické algoritmy apod.).

Hlavním principem uvedené metody pro řešení inverzní spolehlivosti je aproximace inverzní funkce (1) pomocí náhradního modelu, kterým je umělá neuronová síť. Pak inverzní úloha (1) nabývá tvaru:

$$\mathbf{X} = f_{ANN}^{-1}(\mathbf{Y}), \quad (2)$$

kde f_{ANN}^{-1} představuje aproximaci původní inverzní funkce pomocí umělé neuronové sítě. Podrobný teoretický výklad metody spolu s podrobným postupem lze nalézt v [2]. Zde jen uvedeme, že jakmile je neuronová síť správ-

ně naučena, tedy je k dispozici dostatečně přesná aproximace inverzní funkce, předloží se požadované ukazatele spolehlivosti neuronové síti jako vstupní signál **Y**, který se šíří sítí směrem k výstupní vrstvě, kde je získána optimální sada návrhových parametrů **X**. Následně je možné výsledky verifikovat tak, že se získané parametry použijí jako vstupní veličiny výpočtového statistického modelu a provede se výpočet odpovídajících ukazatelů spolehlivosti. Ty se následně srovnají s hodnotami požadovanými.

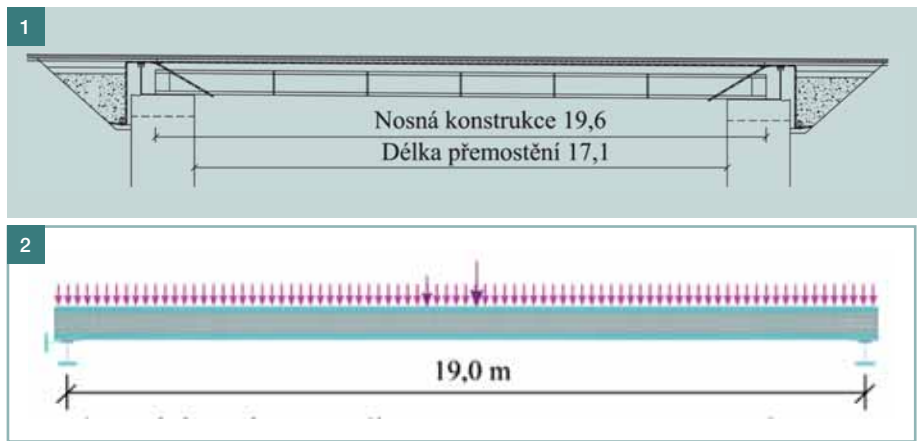
Identifikace parametrů předpjatého mostu

Výše popsaná metoda pro řešení úloh inverzní spolehlivosti byla aplikována při hledání vybraných parametrů jednopolevého předpjatého segmentového mostu před obcí Uherský Ostroh. Most byl již dříve autory podroben pravděpodobnostní analýze zatížitelnosti a spolehlivosti, jejíž součástí bylo i modelování časového průběhu degradace konstrukce. Výsledky analýz byly publikovány v [3]. Inverzní spolehlivostní analýza představená v této práci na předchozí výsledky volně navazuje. Dále budou uvedeny nejpodstatnější informace o řešené konstrukci a výpočtovém modelu, bližší podrobnosti je možné nalézt v [3].

Nosnou konstrukci mostu postaveného pravděpodobně v letech 1955 až 1960 tvoří přibližně vodorovná prostě uložená deska složená z 12 typových prefabrikovaných dodatečně předpjatých nosníků typu MPD3 (krajní) a MPD4 (mezilehlé). Jednotlivé nosníky o teoretickém rozpětí 19 m byly složeny na stavbě každý ze šesti segmentů MPD4 (obr. 1), resp. tří segmentů MPD3. Spolupůsobení jednotlivých dílců je zajištěno jejich spojením příčnými kabely. Podélná a příčná předpínací výztuž nosníků je tvořena předpínacími lany z patentových drátů PZØ4,5 1650/1200. Pro betonářskou výztuž byla použita ocel 10512 (roxor).

Výpočtový model nosné konstrukce mostu byl vytvořen v programu ATENA 2D [4] (obr. 2). Konstrukce byla zatížena vlastní tíhou, účinky podélného předpětí a ostatním stálým zatížením od vozovkového souvrství. Následně byl model postupně přitěžován dle normových sestav zatížení pro jednotlivé typy zatížitelnosti, včetně zahrnutí dynamických účinků.

V letech 2006 až 2007 byl na mostě realizován podrobný diagnostický



průzkum (DP) [5]. V jeho rámci bylo provedeno nedestruktivní měření tlakové pevnosti betonu nosníků včetně příčných a podélných spár, které bylo doplněno destruktivními tlakovými zkouškami na vzorcích betonu odebraných přímo z nosníků. Na základě získaných pevností byl beton segmentů zařazen do pevnostní třídy C35/45. Beton příčných spár měl střední hodnotu tlakové pevnosti jen o málo nižší (tlaková pevnost se pohybovala od 22,5 do 55,8 MPa), nicméně vykazoval nadměrnou variabilitu, a tak byl dle DP zařazen do pevnostní třídy C6/7,5 s nezaručenou pevností. Dle DP byly pro most stanoveny hodnoty normální a výhradní zatížitelnosti hodnotami $V_n = 25$ t, resp. $V_r = 48$ t.

Stochastický model jednotlivých vstupních veličin byl vytvořen v programu FReET [6] na základě výsledků měření provedených v rámci DP a s ohledem na doporučení JCSS (Joint Committee on Structural Safety [7]) a TP 224 [8]. Na základě informací o tlakové pevnosti betonu nosníků a příčných spár byly dle vztahů uvedených v CEB-FIP Model Code 1990 [9] stanoveny zbývající pevnostní a přetvárné charakteristiky betonu. V případě předpínací a betonářské výztuže byly hodnoty tahové pevnosti na mezi kluzu a na mezi pevnosti převzaty z typových podkladů. Hodnota předpínací síly, která má zásadní vliv na úroveň zatížitelnosti v případě vyšetřovaného mezního stavu použitelnosti, byla stanovena s ohledem ke krátkodobým a dlouhodobým ztrátám předpětí v souladu s ČSN EN 1992-1-1 [10]. Použitý pravděpodobnostní model předpínací síly je pak plně v souladu s JCSS. V tab. 1 jsou vypsány pravděpodobnostní modely vybraných veličin, které přímo souvisí s inverzní analýzou spolehlivosti. Veškeré podrobnosti o stochastickém modelu včetně

Obr. 1 Most před obcí Uherský Ostroh – podélný řez ■ Fig. 1 Bridge close to Uherský Ostroh – longitudinal section

Obr. 2 Výpočtový model analyzovaného mostu, včetně zatěžovací sestavy pro stanovení normální zatížitelnosti – software ATENA 2D ■ Fig. 2 Computational model of the analysed bridge, including the loading scheme for the normal loading class – ATENA 2D software

použitých korelačních koeficientů jsou pak souhrnně uvedeny v [3].

Beton příčných spár vykazoval při diagnostickém průzkumu ve střední hodnotě podobnou pevnost jako beton segmentů, ale poměrně velkou variabilitu (variační koeficient $CoV = 0,35$) způsobenou pravděpodobně proměnnou prostorovou degradací mostu. Ta vnáší nejistoty rovněž do aktuálních ztrát předpětí (či aktuálních hodnot předpínacích sil), které byly přibližně stanoveny jako 17%. Výsledná střední hodnota aktuální předpínací síly ve spodním laně včetně všech ztrát je $P_1 = 14,2$ MN. Velikosti předpětí v ostatních lanech jsou pak stanoveny poměrově za stejných předpokladů.

Při analýze zatížitelnosti mostu byly uvažovány dva mezní stavy – mezní stav dekomprese (MSD) a mezní stav vzniku trhlin (MST). Vzhledem k převažujícímu vlivu míry předpětí konstrukce a tahové pevnosti betonu příčných spár f_t na analyzované mezní stavy a vzhledem k výše zmíněným nejistotám těchto parametrů bylo přistoupeno ke stanovení jejich mezních hodnot pro dosažení požadované úrovně spolehlivosti. Střední hodnoty $\mu(f_t)$ a $\mu(P_1)$ byly uvažovány jako neznámé návrhové parametry **X** (variační koeficienty byly převzaty z diagnostického průzkumu, resp. z doporučení JCSS) při řešení inverzní úlohy spolehlivosti (ve-

ličiny označené „?“ v tab. 1). Požadovaná úroveň spolehlivosti Y pro analyzované mezní stavy byla dána následujícími hodnotami indexů spolehlivosti: $\beta_{1,t} = 0$ pro MSD and $\beta_{2,t} = 1,3$ pro MST. V souladu s diagnostickým průzkumem a požadavky na zatížitelnost byla analýza provedena pro hodnotu normální zatížitelnosti $V_n = 25$ t.

Spolehlivostní analýza a výpočet Corneliova indexu spolehlivosti pro oba analyzované mezní stavy byly provedeny s využitím 32 simulací generovaných metodou LHS. Pro verifikaci byly vybrané analýzy počítány rovněž metodou plochy odezvy s aproximací ve formě umělé neuronové sítě. Vlastní inverzní spolehlivostní analýza byla počítána jako dvouparametrická úloha s dvěma spolehlivostními okrajovými podmínkami. Byla sestavena neuronová síť tvořená dvěma vstupy (požadované indexy spolehlivosti), jednou skrytou vrstvou čítající pět nelineárních neuronů a dvěma výstupy (dva návrhové parametry) (obr. 3). Učící množina sestávala z 25 náhodných realizací generovaných opět metodou LHS. Učení sítě bylo provedeno kombinací genetických algoritmů a gradientní metody se setrvačností. Po naučení byly síti předloženy cílové indexy spolehlivosti a simulací sítě získány požadované hodnoty návrhových parametrů (tab. 2). Pro ověření správnosti byla se získanými středními hodnotami předpínací síly a tahové pevnosti betonu příčných spár provedena stochastická analýza a získány odpovídající indexy spolehlivosti $\beta_{1,t}$ a $\beta_{2,t}$. Srovnání jejich hodnot s hodnotami požadovanými normou $\beta_{1,t}$ a $\beta_{2,t}$ je uvedeno rovněž v tab. 2.

Tab. 1 Definice vybraných vstupních náhodných veličin ■ Tab. 1 Definition of selected input random variables

Veličina	Rozdělení	μ	CoV
Beton příčných spár:			
Modul pružnosti E_c [GPa]	Lognormální (2-par.)	26,81	0,15
Pevnost betonu v tahu f_t [MPa]	Weibullovo mín. (2-par.)	?	0,35
Pevnost betonu v tlaku f_c [MPa]	Trojúhelníkové	36	0,25
Specifická lomová energie G_f [N/m]	Weibullovo mín. (2-par.)	47,82	0,25
Specifická hmotnost ρ [kN/m ³]	Normální	23,8	0,04
Předpínací síla P_1 [MN]	Normální	?	0,09
Předpínací síla P_2 [MN]	Normální	$0,71 \times P_1$	0,09
Předpínací síla P_3 [MN]	Normální	$0,24 \times P_1$	0,09
Předpínací síla P_4 [MN]	Normální	$0,24 \times P_1$	0,09
Zatížení:			
Zatížení dopravou V_n [t]	Deterministicky	25	-
Pozn.: Veličiny označené „?“ jsou předmětem identifikace, μ značí střední hodnotu, CoV je variační koeficient			

Literatura:

[1] LEHKÝ, D., ŠOMODÍKOVÁ, M. Reliability Analysis of Post-tensioned Bridge using Artificial Neural Network-based Surrogate Model. In: *16th Engineering Applications of Neural Networks (EANN 2015)*, Rhodes, Greece, CCIS 517, 2015, s. 35–44.

[2] LEHKÝ, D., NOVÁK, D. Solving Inverse Structural Reliability Problem Using Artificial Neural Networks and Small-Sample Simulation. *Advances in Structural Engineering*. 2015, Vol. 15, No. 11, s. 1911–1920.

[3] LEHKÝ, D., ŠOMODÍKOVÁ, M., DOLEŽEL, J., NOVÁK, D. Pravděpodobnostní analýza zatížitelnosti a spolehlivosti spráženého mostu z MPD nosníků. *Beton TK5*. 2013, roč. 13, č. 4, s. 108–113.

[4] ČERVENKA, V., JENDELE, L., ČERVENKA, J. *ATENA Program Documentation – Part 1: Theory*. Praha, Česká republika: Červenka Consulting, s. r. o., 2013.

[5] KRYŠTOF, J. Diagnostický průzkum mostu přes trať Českých drah na silnici č. I/55. *DIAGNOSTIKA*. Brno, Česká republika: Mostní vývoj, s. r. o., 2007.

[6] NOVÁK, D., VOŘECHOVSKÝ, M., TEPLÝ, B. *FRet: Software for the statistical and reliability analysis of engineering problems and FRet-D: Degradation module*. *Advances in Engineering Software*. 2014, 72, s. 179–192.

[7] *JCSS Probabilistic Model Code – JCSS. Joint Committee on Structural Safety* [on-line]. Dostupné z: <http://www.jcss.byg.dtu.dk/Publications/Probabilistic Model Code>

[8] TP 224. *Ověřování existujících betonových mostů pozemních komunikací*. Praha, Česká republika: Ministerstvo dopravy, Odbor silniční infrastruktury, 2010.

[9] *CEB-FIP Model Code 1990: Design code*. Comité Euro-International du Béton, London: Thomas Telford services Ltd., 1993.

[10] ČSN EN 1992-1-1. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha, Česká republika: ČNI, 2006.

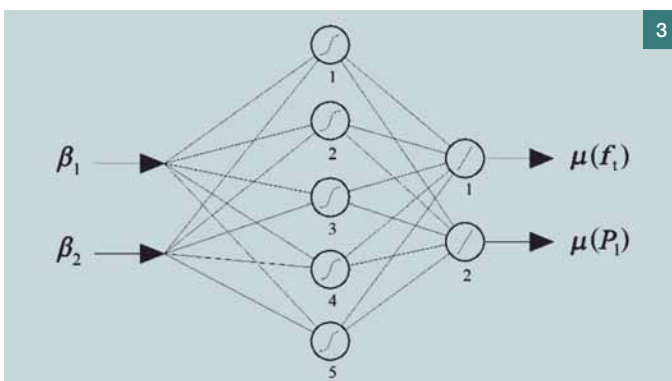
[11] *Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů*. Správa železniční dopravní cesty (SŽDC), S 30135/2015-O13, 2015.

ZÁVĚRY

Získané střední hodnotě tahové pevnosti betonu příčných spár posuzovaného mostu odpovídá charakteristická hodnota tahové pevnosti 1,65 MPa (5% kvantil, přímý odhad z rozdělení pravděpodobnosti). Beton tedy dle ČSN EN 1992-1-1 spadá do rozmezí pevnostních tříd C20/25 a C25/30 a požadavek na pevnost betonu tak odpovídá výsledkům diagnostiky a zkušenostem z realizace těchto typů mostů, kdy beton spár mezi nosníky dosahuje maximální pevnosti odpovídající třídě C25/30, spíše však niž-

ší. Zde je nutno poznamenat, že požadovaná hodnota indexu spolehlivosti $\beta_{2,t} = 1,3$ je pro MST poměrně striktní. Jelikož vznik trhlin leží na pomezí vratných a nevratných jevů, je přípustné jeho hodnotu snížit (pro vratné jevy lze uvažovat hodnotu 0), čímž by se snížil i požadavek na hodnotu pevnos-

Obr. 3 Schéma použité umělé neuronové sítě ■ Fig. 3 Schematic view of the utilized artificial neural network



Tab. 2 Výsledné hodnoty návrhových parametrů a odpovídající indexy spolehlivosti ■ Tab. 2 Resulting design parameter values and the corresponding reliability indices

Návrhový parametr	Hodnota	β_1	$\beta_{1,t}$	β_2	$\beta_{2,t}$
$\mu(f_t)$ [MPa]	3,04	0,073	0	1,277	1,3
$\mu(P_1)$ [MN]	15,077				

ti betonu. Dalším aspektem umožňujícím snížit požadovanou spolehlivost je pak stáří mostu a s ním související jeho zbytková doba životnosti, jak se uvádí např. v Metodickém pokynu pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů vydaném SŽDC [11].

Požadovaná střední hodnota předpínací síly vychází z inverzní analýzy o něco vyšší, než byl původní předpoklad. Ten uvažoval se střední hodnotou ztrát předpětí 17 % (z toho 9 % okamžité ztráty), variační koeficient měl dle doporučení JCSS hodnotu 0,09. Identifikovaná střední hodnota předpínací síly pak odpovídá aktuálnímu ztrátám 12 %.

Ze získaných výsledků je možné konstatovat, že požadavek na hodnotu normální zatížitelnosti $V_n = 25$ t lze považovat za oprávněný z hlediska mezního stavu vzniku trhlin. V případě mezního stavu dekomprese je nezbytná podrobnější analýza ztrát předpětí a jejich variability pro zajištění požadované úrovně spolehlivosti.

Představený postup inverzní spoleh-

livostní analýzy spadá do oblasti spolehlivosti a životnosti konstrukcí a je možné je aplikovat víceméně rutinně na jakoukoliv jinou mostní konstrukci, a to jak pro identifikaci parametrů konstrukce stávající, tak pro návrh parametrů konstrukce nové. Uvedeným postupem lze získat požadovanou spolehlivost pro jednotlivé mezní stavy „přesně“. Postup tak využívá spolehlivostní meze dané normou (předepsané indexy spolehlivosti), a to do maximální míry. Použití klasických metod bez aplikace teorie spolehlivosti a inverzních postupů takový výsledek nemůže poskytnout, a zpravidla tak dochází k předimenzování konstrukce. Kombinace diagnostických metod s nelineární numerickou analýzou a pravděpodobnostními metodami představuje silný nástroj pro realistické stanovení zatížitelnosti, spolehlivosti a životnosti mostních konstrukcí. Představená metodika pak umožňuje rutinní stanovení jejich návrhových parametrů.

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu č. 15-07730S (FIRBO) Grantové agentury České republiky (GAČR) a projektu č. LO1408 „AdMaS UP – Pokročilé stavební materiály, konstrukce a technologie“ podporovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy v rámci účelové podpory programu Národní program udržitelnosti I.

Ing. David Lehký, Ph.D.
e-mail: lehky.d@fce.vutbr.cz



Ing. Martina Šomodíková, Ph.D.
e-mail: somodikova.m@fce.vutbr.cz



prof. Ing. Drahomír Novák, DrSc.
e-mail: novak.d@fce.vutbr.cz



všichni: Fakulta stavební VUT v Brně
Ústav stavební mechaniky

Text článku byl posouzen odborným lektorem.
The text was reviewed.

ZA DOCENTEM FRANTIŠKEM DRAXLEREM

Dne 17. října 2016 zemřel ve věku nedožitých 88 let doc. Ing. František Draxler, CSc. Narodil se v roce 1928 v Jindřichově Hradci v rodině místního stavitele. Fakultu architektury a pozemního stavitelství ČVUT v Praze absolvoval v letech 1949 až 1953 a poté začal pracovat jako statik v Obvodním stavebním podniku v Jindřichově Hradci. Po absolvování základní vojenské služby v roce 1955 nastoupil jako asistent na Katedru betonových konstrukcí Fakulty architektury a pozemního stavitelství ČVUT v Praze. V roce 1984 byl jmenován docentem v oboru betonového stavitelství.

Po jeho nástupu na ČVUT byla pedagogická práce náročná, neboť nebyly k dispozici potřebné učební pomůcky, a proto docent Draxler vypracoval řadu skript a pomůcek pro navrhování betonových konstrukcí. Kromě pedagogické činnosti se nadále věnoval výzkumu zaměřenému na úsporu oceli při navrhování základů těžkých strojních agregátů, kde se snažil ocelové stolice nahradit úspornými železobetonovými. Pracoval též v Projek-



tovém ústavu ČVUT, kde spolupracoval na návrhu betonových konstrukcí objektů stávající Fakulty stavební ČVUT a řadě dalších objektů. Poznatky získané z vědecko-výzkumné práce, při praktickém navrhování a provádění konstrukcí, jakož i zkušenosti získané ve stavební firmě svých rodičů využil při zpracování publikací pro navrhování betonových konstrukcí, kde vždy uplatňoval hledisko prakticky

realizovatelného provádění a kontroly na stavbě. Jeho velká zásluha spočívá v řízení rekonstrukce výukového a rekreačního střediska Fakulty stavební ČVUT v Černicích. Zde kromě náročné rekonstrukce zámku bylo třeba vybudovat hospodářské zázemí v podzemí, což vyžadovalo náročné vedení všech prací a úsilí v uvedení všech řemeslných prací do konečného stavu. Docent Draxler byl náročný na dokonalé provádění všech prací. Když převzal nebo odevzdal jakoukoliv práci, musel s ní být spokojen hlavně on sám. Byl soudním znalcem v oboru stavebnictví v odvětví obytné, průmyslové, zemědělské, inženýrské a vodní stavby se specializací na betonové a zděné konstrukce. Po odchodu do důchodu se věnoval projektování betonových a zděných konstrukcí pozemních staveb a posudkové činnosti.

V docentu Draxlerovi ztrácíme odborníka v oboru betonových konstrukcí, vědeckého a pedagogického pracovníka, pracovitého a pilného autora řady publikací i učebních textů a především člověka, na kterého bylo vždy sto procentní spolehnout. Všichni budeme na docenta Draxlera s úctou vzpomínat jako na přímého a čestného člověka, učitele a rádce.

prof. Ing. Jaroslav Procházka, CSc.