

## TVRDOMĚRNÉ ZKOUŠENÍ BETONU – ČÁST II. ■

### REBOUND HAMMER TESTING OF CONCRETE – PART II.

Petr Cikrle, Dalibor Kocáb,  
Josef Červenka

Metoda odrazových tvrdměřů je nejpoužívanější nedestruktivní metodou pro ověření kvality a stanovení pevnosti v tlaku betonu. Pokud se provádí správně, je i velmi spolehlivá. Existuje však řada faktorů, které mohou výsledky zkoušek ovlivnit – u starších konstrukcí je obvykle odlišná tvrdost betonu na povrchu a v hloubce, u nových konstrukcí při použití plastifikátorů zase může pevnost betonu růst výrazněji než jeho tvrdost. Základem úspěšného použití tvrdoměrných metod je tak upřesnění výsledků pomocí normových zkoušek pevnosti v tlaku na tělesech. ■ Rebound hammer testing is the most commonly used non-destructive method of determining the quality of concrete and its compressive strength. When performed correctly, it is very reliable. However, there are numerous factors that can sway the results – in older structures the concrete often has different hardness on the surface as opposed to deeper inside, and in newer structures that use plasticisers the strength may develop more rapidly than hardness. Therefore, if the rebound hammer test is to be successful, its results need to be supplemented with standard compressive strength tests.

#### METODA ODRAZOVÝCH TVRDOMĚŘŮ – ORIGINAL SCHMIDT

V první části článku (*uveřejněné v Beton TKS 6/2018, pozn. red.*) jsme se věnovali exkurzi do historie tvrdoměrného zkoušení betonu, psané různými vtiskovými a vnikacími metodami, včetně ostřelování betonu z revolveru Nagant [1]. Jako nejvíce životaschopná se ukázala metoda odrazových tvrdměřů podle švýcarského inženýra Ernsta Schmidta, který s prvním typem odrazového tvrdoměru přišel již v roce 1950. Original Schmidt v dodnes nezměněné podobě byl poprvé vyroben již před více než 50 lety, resp. v roce 1965 (!), a doposud nebyl překonán žádným jiným typem tvrdoměru. To na jedné straně svědčí o výjimečnosti metody (i přístroje), na druhou stranu to však přináší problémy při aplikaci na moderních betonech vyráběných v současnosti, kdy se často rozcházejí výsledky dosažené pomocí tvrdměřů s výsledky získanými na zkušebních tělesech [2]. V následujícím textu se pokusíme ukázat, co všechno ovliv-



ňuje výsledky zkoušek i použitelnost metody.

#### PRINCIP A POUŽITELNOST METODY

Oblíbenost metody spočívá v jejím prakticky nedestruktivním charakteru a poměrně jednoduchém postupu, podle něhož je možné na základě zjištěného ukazatele tvrdosti (odskoku beranu od povrchu betonu) stanovit hodnotu krychelné pevnosti betonu v tlaku. Metoda byla vždy přednostně určena k ověření kvality nově zhotovených prvků, dílců či konstrukcí z betonu. Tomu byly přizpůsobeny i obecné vztahy mezi tvrdostí a pevností v tlaku vytvořené výrobci a převzaté do technických norem – v zásadě jsou vypracovány pro betony ve stáří 14 až 56 dnů. Rozsah měření zase odpovídá konstrukčním betonům druhé poloviny 20. století, tedy pevnosti v tlaku přibližně od 15 do 60 MPa [3].

#### ZAKOTVENÍ METODY V NORMÁCH

Zde se dostáváme k problematickému bodu metody. Existují totiž dva

způsoby provádění a vyhodnocování výsledků zkoušek – podle českých a podle evropských norem – a oba jsou normalizované a platné. Pro vysvětlení je třeba nahlédnout do historie. Krátce po vyrobení prvního tvrdoměru Original Schmidt (1965) byly vztahy pro přepočítání hodnoty odrazu na pevnost v tlaku od švýcarského výrobce, firmy Proceq SA, převzaty do 1. vydání ČSN 73 1373 [4] z roku 1969. Vztahy však byly částečně upraveny jednak zaokrouhlením hodnot na celé MPa, jednak omezením rozsahu zkoušení zdola i shora – např. u základního typu Schmidt N výrobce udával vztah od 10 do 70 MPa, zatímco naše norma [4] jen od přibližně 16 do 63 MPa. Norma byla znovu vydána v roce 1981, avšak došlo v ní jen k malým změnám [5].

Evropská norma ČSN EN 12504-2 [6] pro zkoušení betonu odrazovými tvrdoměry vyšla v roce 2001 a přinesla velké zklamání. Podle ní nebyla metoda primárně určena pro stanovení pevnosti v tlaku, ale pouze pro zjištění rovnoměrnosti a odhalení míst

s horší kvalitou betonu. Česká norma ČSN 73 1373 [4] měla být do roka zrušena, ovšem z důvodu nesouhlasu odborné veřejnosti k tomu nedošlo. Určitý posun nastal v roce 2007 vydáním nadřazené evropské normy ČSN EN 13791 [7] pro stanovení pevnosti v tlaku betonu v konstrukcích a dílcích, podle níž bylo možné tvrdoměrnou či ultrazvukovou metodu použít pro odhad pevnosti v tlaku betonu zabudovaného v konstrukci, ovšem tyto nedestruktivní metody byly proti metodě jádrových vývrtů značně znevýhodněny – vztahy pro výpočet měření v tlaku z nedestruktivních měření musí mít podle této normy [7] tzv. 90% bezpečnost, což v praxi znamená, že odhad pevnosti z tvrdoměrného měření vychází o 5 až 10 MPa nižší než pevnost stanovená na adekvátních zkušebních tělesech [8], v případě sporů je navíc metoda jádrových vývrtů referenční. A opět mělo následovat zrušení české normy [4]. Místo toho však došlo k její úpravě a harmonizaci s normou evropskou [6], což znamená, že by s ní neměla být v rozporu. Vyhodnocení charakteristické pevnosti se následně provádí podle ČSN 73 2011 [9], která je rovněž harmonizována s evropskou normou [7].

Ani jeden z obou jmenovaných postupů není bez chyb. Rozhodujícím faktorem pro použití toho kterého systému norem je zřejmě skutečnost, že zatímco podle harmonizovaných českých norem vychází pevnost v tlaku po upřesnění tvrdoměrných zkoušek prakticky shodná s výsledky na zkušebních krychlích nebo jádrových vývrtech a má také stejnou váhu, podle norem evropských je odhad pevností z nedestruktivních zkoušek výrazně nižší a jádrové vývrty jsou metodou referenční.

**Tab. 1** Rozsah použití odrazových tvrdoměrů (zdroj: [4], [10])

■ **Tab. 1** Testing range of rebound hammers (source: [4], [10])

Použitý tvrdoměr	Krychelná pevnost betonu v tlaku [MPa]	Nejmenší tloušťka vrstvy betonu [mm]	Nejmenší šířka závlivky [mm]
Schmidt N	17 až 60	100	30
Schmidt L	13 až 50	60	30
Schmidt M (dříve)	25 až 60	200	nepoužívá se
SilverSchmidt L, N	10 až 100	100	30
SilverSchmidt L s hřibovitým nástavcem	5 až 30	–	–

## DRUHY ODRAZOVÝCH TVRDOMĚRŮ

Jednotlivé druhy odrazových tvrdoměrů se liší energií provedeného rázu, velikostí i mechanickou konstrukcí. Základním tvrdoměrem je Schmidt N s energií 2,207 Nm, který je určený pro běžné případy zkoušení betonu. Pro zkoušení tenkostěnných prvků byl vyvinut podobný Schmidt L s třetinovou energií úderu, pro masivní konstrukce zase mohutný Schmidt M (ten se však již v praxi téměř nepoužívá). Pro zkoušení odbedňovacích pevností a pórobetonů byla určena u nás ne příliš známá padací kladívka typu Schmidt P a Schmidt PT. Hlavní typ Schmidt N se postupně vyráběl i v modifikacích jako registrační či digitální. Všechny hlavní původní typy jsou zobrazeny na obr. 1.

V reakci na vývoj vysokopevnostních betonů bylo vyvinuto nové digitální kladívko SilverSchmidt (obr. 2) v modifikacích N a L, které měří veličinu nazvanou koeficient vrácené energie  $Q$  a umožňuje zkoušet i betony vyšších pevností, přibližně do 100 MPa. S tzv. hřibovitým nástavcem je naopak vhodný pro zkoušení mladých betonů nízkých pevností již od 5 MPa. Rozsah použití odrazových tvrdoměrů typu Schmidt je v tab. 1.

Největší sortiment tvrdoměrů můžete nalézt u firmy Proceq SA, výrobce originálního tvrdoměru Schmidt. Po vypršení platnosti patentové ochrany, po-

dané firmou Proceq SA, však princip a systém tvrdoměru okopírovala řada výrobců z Evropy a zejména z Asie. Na český trh jsou tak dodávány tvrdoměry i v nižších cenových relacích, a to zpravidla díky použitým materiálům, ze kterých jsou funkční části tvrdoměrů vyrobeny. Kvalita těchto tvrdoměrů je značně rozdílná a často je podstatně nižší, než je tomu u původních výrobků. Toto potvrzuje i sortiment zakázek v servisním středisku a akreditované kalibrační laboratoři při TZÚS Praha, s. p.

## OBECNÉ ZÁSADY A ZPŮSOBY STANOVENÍ PEVNOSTI V TLAKU Z TVRDOMĚRNÝCH ZKOUŠEK

Pokud vezmeme za základ normu ČSN 73 1373 [4], pak lze v zásadě stanovit:

- **pevnost betonu s nezaručenou přesností**, při níž se ukazatel měření vyhodnotí podle obecného, popř. směrného kalibračního vztahu (z normy, od výrobce),
- **upřesněnou pevnost betonu**, při níž se ukazatel měření vyhodnotí podle:
  - určujícího kalibračního vztahu (vytvořeného pro konkrétní beton),
  - obecného nebo směrného kalibračního vztahu upřesněného součinitelem  $\alpha$ .

Jelikož technologie výroby betonu pokročila a vztah mezi pevností a tvrdostí může být pro různé betony rozdílný, vý-



**1** Základní typy odrazových tvrdoměrů – shora Schmidt M, Schmidt NR a N, Schmidt L, dole Schmidt P a PT **2** SilverSchmidt N ■ **1** Basic types of rebound hammers – top to bottom Schmidt M, Schmidt NR and N, Schmidt L, Schmidt P and PT **2** SilverSchmidt N

sledky zkoušek s nezaručenou přesností se tak mohou od skutečné pevnosti v tlaku značně lišit. Doporučuje se tvrdoměrné měření **vždy upřesňovat** (jinak jsou výsledky pouze orientační). Pro upřesnění obecného nebo směrného kalibračního vztahu součinitelem  $\alpha$  je zapotřebí:

- nejméně devět krychlí nebo válců, zhotovených ze stejných složek jako beton konstrukce, zhutňovaných a ošetřovaných pokud možno stejným způsobem, přibližně stejného stáří,
- nejméně níže uvedené množství jádrových vývrťů podle objemu zkoušené konstrukce:
  - tři tělesa na objem nepřesahující 10 m<sup>3</sup> (anebo při splnění podmínek uvedených v normě),
  - šest těles na objem nepřesahující 50 m<sup>3</sup>,
  - devět těles na objem větší než 50 m<sup>3</sup>.

Součinitel upřesnění  $\alpha$  se vypočte ze vztahu:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n f_{c, is}}{\sum_{i=1}^n f_{be}}, \quad (1)$$

kde  $f_{c, is}$  je pevnost v tlaku stanovená normalizovanou tlakovou zkouškou a  $f_{be}$  pevnost v tlaku s nezaručenou přesností, stanovená na témže vzorku nedestruktivně.

Upřesněná hodnota pevnosti betonu v tlaku  $f_b$  se pak určí ze vztahu:

$$f_b = \alpha \cdot f_{be}. \quad (2)$$

### PŘÍKLADY OVLIVNĚNÍ VÝSLEDKŮ TVRDOMĚRNÝCH ZKOUŠEK

Pokud se tvrdoměrné zkoušky provádějí správně a výsledné pevnosti se upřesňují na zkušebních tělesech (krychlích nebo vývrtech), potom je metoda velmi spolehlivá. Bohužel se v praxi stále setkáváme s celou řadou hrubých chyb při provádění zkoušek, které vedou ke značnému zkreslení stanovené pevnosti v tlaku. K většímu ovlivnění dochází při diagnostice starších konstrukcí, kdy není odstraněna povrchová vrstva (omítka, vysprávka – obr. 3), není vybroušena zkarbonatovaná vrstva betonu či kdy je beton vrsťovatý vlivem hutnění či technologie výroby, časté je i zkoušení na nevhodném místě z hlediska statického (zkoušení prvků ze spodního líce v tažené oblasti, zkoušení sloupů pouze v dolní části bez ohledu na nerovnoměrnost betonu po výšce apod.). Nezanedbatelný vliv má rovněž soudržnost mezi kamenivem a tmelem, která u starých betonů bývá horší (beton je tvrdý, ale oblá zrna nepraného kameniva se snadno vylupují). Většina těchto vlivů způsobuje nadhodnocení pevnosti v tlaku, součinitel upřesnění potom vychází  $\alpha < 1$ .

U nových konstrukcí z moderního betonu však může být situace opačná – zde se často setkáváme s tím, že výsledky tvrdoměrných zkoušek vycházejí nižší než na adekvátních zkušebních tělesech (součinitel  $\alpha \geq 1$ ). Důvod tkví

zejména ve složení moderních betonů a použití přísad – pevnost v tlaku je díky chemii výrazně zvýšena, tvrdost tmelu narůstá pomaleji. Stejně jako u starých konstrukcí je řešením správné použití tvrdoměřů, a pokud používáme obecný vztah z normy nebo od výrobce, pak musíme výsledky upřesňovat buď na krychlích vyrobených ze stejného betonu (přednostně), anebo na vývrtech (krajní řešení).

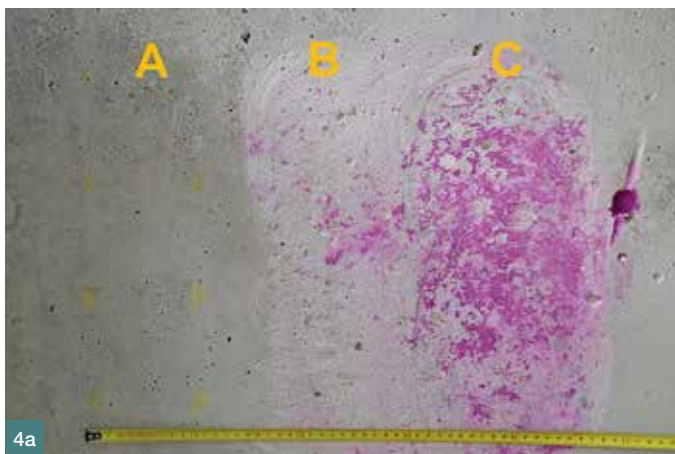
Za všechny zde uvádíme dva příklady porovnání výsledků zkoušek. V prvním případě se jedná o konstrukci ve stáří 10 let, u níž karbonatice postoupila průměrně do hloubky 3 mm. Na obr. 4 je patrná zkušební oblast rozdělená do tří ploch – plocha A má povrch neobroušený, plocha B mírně obroušený, ovšem zkarbonatovaný, plocha C je vybroušena až do vrstvy betonu s pH > 9,5 (fialová barva po nastříkání roztokem fenolftaleinu). Výsledky zkoušek jsou uvedeny v tab. 2.

Z výsledků vyplývá, že zkoušení na neobroušeném zkarbonatovaném povrchu vede k nadhodnocení hodnot pevnosti v tlaku proti zkoušce na vývrťu, která zde vyšla 38,5 MPa. Pokud by se neupřesněné pevnosti přenásobily součinitelem stáří podle ČSN 73 1373 [4] ( $\alpha_t = 0,9$ ), pak by u správně upraveného povrchu vyšla pevnost v tlaku 39,4 MPa, tedy prakticky srovnatelná s výsledkem na vývrtech, zatímco u obou zkarbonatovaných povrchů



**3** U starších konstrukcí je nutné odstranit omítku (vpravo) a vybrousit povrch, aby byla vidět struktura betonu (vlevo) **4 a)** Tři způsoby úpravy zkušební plochy; A – neobroušený, B – obroušený, ale zkarbonatovaný, C – obroušený, nezkarbonatovaný, b) aplikace tvrdoměrné metody – zkoušení Schmidtem N na správně upravené ploše C **5** Kovadlina EURO pro kalibrace tvrdoměřů systému Schmidt ■ **3** In older structures it is necessary to remove the plaster first (right) and grind the surface smooth to reveal the structure of the concrete (left)

**4 a)** Three ways of preparing the testing surface; A – unground, B – smooth, but carbonated, C – smooth, not carbonated, b) rebound hammer test – use of the Schmidt N on a correctly prepared surface (C) **5** EURO test anvil for calibrating the Schmidt hammers



**Tab. 2** Porovnání pevností v tlaku při různém stupni obroušení zkarbonatovaného betonu ■

**Tab. 2** Comparison of compressive strength in carbonated concrete at different degrees of smoothing

Povrch	Odras R										Pevnost v tlaku $f_{be}$ [MPa]	Součinitel upřesnění $\alpha$ [-]
	49	48	45	47	48	50	50	48	42	47		
neobroušený	49	48	45	47	48	50	50	48	42	47	54,0	0,71
obroušený 1 mm	49	49	43	45	46	45	43	51	52	51	54,3	0,71
obroušený 4 mm	41	42	42	40	44	41	42	45	39	42	43,8	0,88

**Tab. 3** Porovnání pevností v tlaku betonu při použití různého množství plastifikátoru ■

**Tab. 3** Comparison of compressive strength of concrete with different amount of plasticizer

Receptura	Dávka [kg]		Pevnost v tlaku [MPa]		Součinitel upřesnění $\alpha$ [-]
	cement	plastifikátor	$f_{be}$	$f_{c,is}$	
beton 1	390	0	57,2	55,8	0,98
beton 2	390	2	59,9	76,2	1,27

48,5 až 48,8 MPa, tedy stále o 21 % vyšší.

Druhý příklad ukazuje vliv plastifikační přísady na vztah mezi tvrdostí a pevností v tlaku. Byly porovnávány dvě téměř identické receptury pro výrobu betonu se stejným množstvím cementu a stejným kamenivem, jediná odlišnost byla v použití plastifikátoru (0 kg a 2 kg), čímž došlo ke snížení vodního součinitele při zachování stejné konzistence, a tím i k nárůstu pevnosti v tlaku betonu. Z obou betonů byly vyrobeny zkušební bloky, na nich provedeno šest tvrdoměrných zkoušek (po 10 úderech) a šest jádrových vývrtů v těchto místech. Pevnosti v tlaku z tvrdoměrných měření byly vyhodnoceny podle obecného vztahu z normy. Výsledky

vedené v tab. 3 ukazují zcela jasně, že beton bez plastifikátoru se choval jako tradiční beton a výsledky se v průměru prakticky shodovaly s pevnostmi v tlaku na jádrových vývrtch ( $\alpha = 0,98$ ). Naopak u betonu s plastifikátorem došlo k podhodnocení pevností v tlaku z tvrdoměrného měření, neboť tvrdost betonu se příliš nezměnila, zatímco pevnost v tlaku výrazně vzrostla ( $\alpha = 1,27$ ).

#### KALIBRACE A SERVIS TVRDOMĚRŮ SCHMIDT

Při obou výše uvedených příkladech byl použit řádně udržovaný a kalibrovaný tvrdoměr Schmidt N. Pravidelné ověřování přístrojů je totiž jedním z důležitých aspektů úspěšného nedestruktivního zkoušení betonu pomocí tvrdoměrů, a to jak tvrdoměrů s mechanickým, tak i elektronickým snímacím hodnoty odrazu. Tvrdoměry typu Schmidt ve všech modifikacích se v ČR kalibrují v akreditované kalibrační laboratoři AKL 2275 při TZÚS Praha, s. p., pobočka Technicko-inženýrské služby (TIS).

Norma ČSN 73 1373 [4] uvádí, že všechny tvrdoměry, které vyvozuji ráz, musí být jednou za rok či po 2 000 odrazech (platí varianta, která nastane dříve) přezkoušeny co do funkce a přesnosti měření. Tento údaj je v souladu s pokyny výrobce tvrdoměrů Original Schmidt, kterým je švýcarská firma Proceq SA, v nichž se uvádí, že je vhodné provádět kontrolu, vyčištění a kalibraci tvrdoměru Original Schmidt nejpozději po 2 000 provedených úderech. Pro elektronické tvrdoměry typu SilverSchmidt je tento interval několikanásobně zvýšen (6 000 úderů), a to díky zlepšené konstrukci a zejména kvalitnějšímu utěsnění přístroje.



5

**Weber**  
**Vysprávková PCC malta**  
 na pochozí a pojížděné povrchy

## weber.rep sol

- pro vodorovné povrchy
- vysoká odolnost suché i mokré abrazi
- malta třídy R4 dle ČSN-EN-1504-3

Divize Weber  
 Saint-Gobain Construction Products CZ a.s.  
 Radiová 3, 102 00 Praha 10 – Štěrboholy

T: 272 701 137; F: 272 701 138

W: <https://www.weber-terranova.cz>  
 E: [info@weber-terranova.cz](mailto:info@weber-terranova.cz)

**weber**  
 SAINT-GOBAIN

Zdroje:

- [1] CIKRLE, P., KOCÁB, D. Tvrdoměrné metody zkoušení betonu – část I. *Beton TKS.*, 2018, roč. 18, č. 6, s. 44–47. ISSN 1213-3116
- [2] CIKRLE, P. *Význam nedestruktivních diagnostických metod pro hodnocení existujících železobetonových konstrukcí*. Brno, 2016. 174 s. Habilitační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví.
- [3] CIKRLE, P., ANTON, O., DANĚK, P., KUCHARCZYKOVÁ, B., MISÁK, P. *NDT Zkoušení ve stavebnictví. Příručka kurzu ČŽV*. Brno: FAST VUT v Brně, 2010. 1. vydání. ISBN 978-80-214-4198-9
- [4] ČSN 73 1373. *Nedestruktivní zkoušení betonu – Tvrdoměrné metody zkoušení betonu*. Praha: ÚNMZ, 2011.
- [5] CIKRLE, P., ANTON, O. Vývoj nedestruktivních metod pro zkoušení betonu za posledních 25 let. *Beton TKS.* 2015, roč. 15, č. 3, s. 3–7. ISSN 1213-3116
- [6] ČSN EN 12504-2. *Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 2: Nedestruktivní zkoušení – Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem*. Praha: ÚNMZ, 2013.
- [7] ČSN EN 13791. *Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích*. Praha, ČNI, 2007.
- [8] BROŽOVSKÝ, J. Nedestruktivní zkoušení betonu odrazovými tvrdoměry v konstrukci podle evropských norem a českých technických norem. *Beton TKS.* 2010, roč. 10, č. 6, s. 75–79. ISSN 1213-3116
- [9] ČSN 73 2011. *Nedestruktivní zkoušení betonových konstrukcí*. Praha: ÚNMZ, 2012.
- [10] PROCEQ, SA. *Documentation & Software [CD]*. Schwerzenbach Switzerland, 2014.

Nyní krátce k procesu samotné kalibrace tvrdoměru. Ten je zahájen několika kontrolními údery tvrdoměru na referenční kovadlině (obr. 5) pro orientační zjištění, zda mechanické součásti tvrdoměru fungují správně, či nikoliv. Referenční kovadlina, uchovávaná v laboratoři AKL 2275 při TZÚS Praha, s. p., je národním etalonem pro měření odrazu tvrdoměru, který je metrologicky navázaný na základní švýcarský etalon. Kalibrace následně pokračuje vizuální kontrolou a zjištěním technického stavu měřidla – kontrolou geometrického tvaru specifických součástí tvrdoměru (jedná se např. o kontrolu kulové plochy rázového čepu, kontrolu rovinnosti hlavní vodící tyče a tyčky ukazatele, zjištění a nastavení velikosti tření vlečného ukazatele apod.). Na závěr je proveden předepsaný počet úderů na referenční kovadlině. Vyhoví-li měřidlo platným metrologickým předpisům, kalibrace se potvrdí, měřidlo je označeno identifikační značkou AKL 2275 s vyznačeným datem kalibrace a laboratoř vystaví kalibrační list.

Pokud je během kalibrace zjištěno, že je některý z funkčních dílů tvrdoměru poškozený či příliš opotřebený, provede certifikované servisní středisko Proceq (při pobočce TIS) po předešlé konzultaci se zákazníkem nutné výměny potřebných dílů. Mezi nejčastější závady tvrdoměrů Original Schmidt patří především opotřebený rázový čep tvrdoměru, který lze jednoduše vyměnit za nový díl. Mezi další časté závady tvrdoměrů Schmidt patří ohnutá vodící tyč kladiva tvrdoměru, prasklá či unavená tažná pružina nebo opotřebený vlečný člen ukazatele. Nejčastější důvod špatné funkce tvrdoměru však bývá způsobený jeho uživatelem – jedná se totiž o nedodržení servis-

ního intervalu. Pokud tedy chce mít uživatel tvrdoměru jistotu kvalitního měření, měl by respektovat doporučenou výrobcem o intervalu provádění kontroly, seřízení a kalibraci měřidla. Je též výhodné upravit tento interval dle četnosti použití měřidla a také dle prostředí, v jakém je tvrdoměr používán – tvrdoměr, používaný v relativně čistém prostředí (např. laboratoř technologického či výrobního závodu) a s nízkou frekvencí, není nutné servisovat a kalibrovat tak často jako tvrdoměr, který je používán téměř denně a navíc v prašných prostředích.

Norma ČSN 73 1373 [4] požaduje před každým měřením kontrolu tvrdoměrů pomocí stanovení hodnoty odrazu na kalibrační kovadlině a i AKL doporučuje použití originální kovadliny Proceq. Pokud však uživatel tvrdoměru Schmidt tuto možnost nemá, lze si snadno pomoci. Po kalibraci tvrdoměru akreditovanou kalibrační laboratoří lze hodnotu odrazu tvrdoměru přenést na jiný předmět, např. na masivní ocelovou desku – tímto způsobem lze docílit alespoň orientační informace, zda je nutné měřidlo ověřit. V případě nejistoty je však vždy lepší nechat tvrdoměr ověřit a kalibrovat.

## ZÁVĚR

Tradiční odrazový tvrdoměr Original Schmidt je i po více než 50 letech na trhu nepoužívanějším nedestruktivním přístrojem pro zkoušení pevnosti betonu v tlaku. Je určen zejména pro ověřování kvality nově budovaných konstrukcí, ale je rovněž hojně využíván pro diagnostiku existujících konstrukcí různého stáří. V poslední době se však vyskytly případy, kdy výsledky tvrdoměrných zkoušek neodpovídaly následným zkouškám na zkušebních tělesech. Pokusili jsme se ukázat, že to ve vět-

šině případů není chyba zkušební metody, ale důsledek chybného použití obecných kalibračních vztahů bez upřesnění. Existuje řada vlivů, které mohou výsledky zkoušek zkreslit, a to oběma směry. U starších konstrukcí tvrdoměry obvykle spíše nadhodnocují, u nových zase mohou podhodnocovat, ovšem nikdy nelze vyloučit ani opačný výsledek! Pokud mají výsledky co nejvíce odpovídat skutečné pevnosti v tlaku, pak je zapotřebí upřesňovat obecné vztahy na adekvátních zkušebních tělesech a vytvářet vlastní určující vztahy pro konkrétní betony, řešením je i kombinace s jinou metodou, např. ultrazvukovou. Klíčové je však zvýšení kvalifikace pracovníků, což může být rovněž problém. V současnosti se v České republice provádí certifikace osob pro nedestruktivní zkoušení ve stavebnictví pouze na Ústavu stavebního zkušebnictví Fakulty stavební VUT.

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory projektu LO1408 AdMaS UP – Pokročilé materiály, konstrukce a technologie, podporovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky v rámci Národního programu udržitelnosti I.

doc. Ing. Petr Cíkrle, Ph.D.  
Fakulta stavební VUT  
Ústav stavebního zkušebnictví  
petr.cikrle@vutbr.cz



Ing. Dalibor Kocáb, Ph.D.  
Fakulta stavební VUT  
Ústav stavebního zkušebnictví  
dalibor.kocab@vutbr.cz



Josef Červenka  
TZÚS Praha, s. p.  
pobočka Technicko-inženýrské služby  
cervenka@tzus.cz

