

STANOVENÍ ODOLNOSTI BETONU PROTI PŮSOBENÍ CHRL PODLE ČSN 73 1326 – OPAKOVATELNOST A REPRODUKOVATELNOST VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK ■ RESISTANCE OF CEMENT CONCRETE SURFACE TO WATER AND DEFROSTING CHEMICALS ACCORDING TO ČSN 73 1326 – REPEATABILITY AND REPRODUCIBILITY OF TEST RESULTS

Petr Misák, Tomáš
Vymazal, Oldřich Žalud,
Barbara Kucharczyková

Příspěvek se zabývá ověřením výsledků zkoušek normalizovaných metod měření na základě programů mezilaboratorních porovnávacích zkoušek. Programy způsobilosti, jak se těmto ověřením říká, využívají zkušební laboratoře k zajišťování a zvyšování kvality poskytovaných výsledků a jejich interpretací. V současné době jsou ve většině zkušebních norem uvedeny údaje o shodnosti výsledků, které se však podle našeho názoru neopírají o dostatečně rozsáhlé experimenty s vysokou vypovídací hodnotou. Dále je potřeba při hodnocení výsledků vzít v úvahu robustnost a vypovídací schopnost zkušebních metod jako takových. Článek ukazuje tuto skutečnost na příkladech posuzování vlastností betonu zkoušených podle ČSN 73 1326. ■ This article deals with validation of tests results of standardized measurements methods based on inter-laboratory comparative test programmes. These so called proficiency testing programs are utilized by test laboratories to ensure and improve quality of results and interpretation of these they provide. Most of the current test standards include information on results compliance, which – according to us – are not grounded on satisfactorily wide experiments with high evidence. When assessing results, it is also necessary to take into account robustness and validity of the testing methods on their own. This article shows real examples of assessing concrete features tested according to the ČSN 73 1326 standard.

Norma ČSN EN ISO/IEC 17025 [1] uvádí: „Validace metod zkoušení, analýza a měření znamená, že laboratoř má prokázat a dokumentovat, že metody laboratoří používané a dokumentované jsou platné a vedou k určení pravých hodnot příslušných vlastností včetně stanovení nejistoty a určení limitů platnosti.“ Účast v programech zkoušení způsobilosti je jednou z možností, jak může laboratoř prokázat validaci zkušebních postupů a svou způsobilost

akreditačnímu orgánu nebo třetí straně (zákazníkovi). Jedním ze způsobů zkoušení způsobilosti jsou mezilaboratorní porovnávací zkoušky (MPZ), které bývají často nazývány experimenty shodnosti.

Předmětem MPZ je tedy posouzení shodnosti výsledků zkoušek a výstupem je vyhodnocení výkonnosti účastníků se zkušebních laboratoří. Údaje o shodnosti zkušebního postupu (především opakovatelnost a reprodukovatelnost) jsou „vedlejší“ výstupy MPZ. Tyto údaje jsou velice často přehlíženými parametry a přitom patří mezi základní charakteristiky zkušebních postupů, které nám mohou napovědět, jakou variabilitu výsledků zkoušek můžeme očekávat.

Zkušební postupy pro stanovení odolnosti cementového betonu proti působení chemických rozmrazovacích látek uvedené v ČSN 73 1326 [2] (vydání 1984, změna Z1 2003) jsou jedny z nejpoužívanějších zkoušek pro určení trvanlivostních vlastností ztvrdlého betonu. Údaje týkající se shodnosti výsledků zkoušek však tento dokument neobsahuje, a proto bývají výsledky velice často ne zcela správně chápány.

Cílem tohoto článku je především upozornit na problematiku velké variability výsledků zkoušek provedených podle těchto postupů, která se projevuje vysokými hodnotami opakovatelnosti a reprodukovatelnosti. Ignorance těchto faktů často vede v praxi k celé řadě sporů o kvalitě již zabudovaného betonu.

ZÁKLADNÍ STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ ÚDAJŮ SHODNOSTI

K popisu přesnosti metod měření se využívá termínů **správnost** a **shodnost**.

Správnost se týká těsnosti shody mezi aritmetickým průměrem velkého počtu výsledků zkoušek a pravou nebo přijatou referenční hodnotou.

Shodnost se týká těsnosti shody mezi výsledky zkoušek. Nutnost uvažování shodnosti vzniká ze skutečnosti, že zkoušky, o nichž se předpokládá, že jsou provedeny na stejném materiálu za stejných podmínek, neposkytují obecně stejné výsledky. Příčinou jsou náhodné chyby, kterým se nelze vyhnout. Tyto chyby jsou nedílnou součástí každého zkušebního postupu a nelze je nikdy v plném rozsahu ovládat. Analýza experimentu shodnosti není zaměřena na zkoumání správnosti výsledků zkoušek, ale především na jejich shodnost. Výsledky se tedy posuzují vzájemně mezi sebou a nikoli vzhledem k nějaké referenční či pravdivé hodnotě.

Základem statistické analýzy je kritické zhodnocení údajů podle ČSN EN 5725-2 [3], tedy zjištění a ošetření podezřelých a odlehklých hodnot a dalších nepravdivostí. Toto zhodnocení se provádí prostřednictvím Mandelových statistik (grafické zhodnocení) a především pomocí Grubbsových a Cochranových testů (numerické zhodnocení). Hlavním výstupem programů zkoušení způsobilosti prováděných prostřednictvím MPZ je tzv. Z-score a ζ -score (zeta-score), které jsou stanoveny podle ČSN EN ISO/IEC 17043 [4]. Tyto charakteristiky určují výkonnost zkušební laboratoře. Účelem je vyjádřit odchylku od tzv. vztažné hodnoty takovým způsobem, který umožňuje porovnání s kritérii výkonnosti.

Mezi vedlejší charakteristiky, které se sice v rámci MPZ určují, ale nemají zásadní vliv na hodnocení výkonnosti účastníků se laboratoří, patří mezilaboratorní rozptyl a rozptyly opakovatelnosti a reprodukovatelnosti. Tyto parametry tvoří základ informací o shodnosti daného zkušebního postupu. Často se uvádějí ve formě variačních koeficientů nebo směrodatných odchylek – tedy po odmocnění. Výhodou je stejný fyzikální rozměr charakteristiky variability a sledované veličiny.

- Rozptyl opakovatelnosti

$$s_r^2 = \frac{\sum_{i=1}^p (n_i - 1) s_i^2}{\sum_{i=1}^p (n_i - 1)} \quad (1)$$

- Mezilaboratorní rozptyl

$$s_L^2 = \frac{s_d^2 - s_r^2}{\bar{n}}, \quad (2)$$

kde

$$s_d^2 = \frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p n_i (\bar{y}_i - \bar{\bar{y}})^2 = \frac{1}{p-1} \left(\sum_{i=1}^p n_i (\bar{y}_i)^2 - (\bar{\bar{y}})^2 \sum_{i=1}^p n_i \right) \quad (3)$$

a

$$\bar{\bar{n}} = \frac{1}{p-1} \left(\sum_{i=1}^p n_i - \frac{\sum_{i=1}^p n_i^2}{\sum_{i=1}^p n_i} \right) \quad (4)$$

- Rozptyl reprodukovatelnosti

$$s_R^2 = s_r^2 + s_L^2, \quad (5)$$

kde s_r^2 je rozptyl opakovatelnosti, s_L^2 je mezilaboratorní rozptyl, p je počet laboratoří a n_i počet výsledků zkoušek i -té laboratoře.

Nejdůležitějšími pojmy, kterými je definována shodnost zkušební metody, je opakovatelnost a reprodukovatelnost. Tyto hodnoty jsou předmětem části nazvané „Údaje o shodnosti“ většiny normativních předpisů měřících metod.

Opakovatelnost vyjadřuje, že rozdíl mezi dvěma výsledky zkoušek z téhož vzorku, provedených stejným pracovníkem, na tomtéž zařízení, v nejkratším možném časovém intervalu nebude překračovat hodnotu opakovatelnosti r v průměru ne více než jednou ve dvaceti případech při běžném a správném provádění metody. Hodnota opakovatelnosti je vyjádřena vztahem

$$r = 2,8 s_r, \quad (6)$$

kde $s_r = \sqrt{s_r^2}$ je směrodatná odchylka opakovatelnosti.

Reprodukovatelnost vyjadřuje, že výsledky zkoušek na tomtéž vzorku, získané v nejkratším možném časovém intervalu dvěma pracovníky, kteří použili každý své zařízení, se nebudou lišit hodnotou reprodukovatelnosti R v průměru ne více než jednou ve dvaceti případech při běžném a správném

Tab. 1 Údaje o shodnosti zkušebních metod podle ČSN P CEN/TS 12390-9 [5] (převzaté z publikace [6]), ČSN EN 12390-3 [8] a ČSN EN 12390-7 [9]. * – přepočtené údaje na procentuální hodnoty ■ Tab. 1 Testing method precision data according to ČSN P CEN/TS 12390-9 [5] (taken from publication [6]), ČSN EN 12390-3 [8] and ČSN EN 12390-7 [9]. * – recalculated percentage of data

Zkušební postup	Stupeň odlupování	Opakovatelnost [%]	Reprodukovatelnost [%]
ČSN P CEN/TS 12390-9	Deska	1 kg/m ²	17
	CDF	1,5 kg/m ²	14
	Krychle	3 % hmotnosti	18
ČSN EN 12390-3 (150 mm krychle)		9	13,2
ČSN EN 12390-7 (150 mm krychle, výpočet ze změřených rozměrů)		1,2*	2,4*

provádění metody. Hodnota reprodukovatelnosti je vyjádřena vztahem

$$R = 2,8 s_R, \quad (7)$$

kde $s_R = \sqrt{s_R^2}$ je směrodatná odchylka reprodukovatelnosti.

ÚDAJE SHODNOSTI UVEDENÉ V ČSN P CEN/TS 12390-9 A DALŠÍCH DOKUMENTECH

Metody (A a C) pro stanovení odolnosti povrchu cementového betonu proti působení vody a chemických látek jsou popsány v ČSN 73 1326 [2] a předpokládáme, že jejich postupy a vzájemné rozdíly jsou odborné veřejnosti dostatečně známy. Tyto metody jsou standardně používány k hodnocení trvanlivostních charakteristik ztvrdlých betonů (stupeň vlivu prostředí). Výsledky těchto metod jsou poměrně často zdrojem sporů nad kvalitou zabudovaného betonu. Problém je mimo jiné však v tom, že v této normě chybí jakékoli údaje o shodnosti, pouze v článku 43 ve změně 1 (Z1), jsou uvedeny údaje o validaci výsledků.

Jako nápoděva pro shodnost může snad posloužit norma ČSN P CEN/TS 12390-9 [5], kde v článku 8 je citována publikace [6], ze které byla opakovatelnost a reprodukovatelnost odvozena. Tuto normu zmiňují i některé Technické podmínky Ministerstva dopravy ČR, např. [7]. V ČSN P CEN/TS 12390-9 [5] jsou popsány jiné metody pro stanovení odolnosti ztvrdlého betonu proti zmrazování a rozmrazování než v ČSN 73 1326 [2]. Jedná se však o velice podobné hodnocení trvanlivostních charakteristik ztvrdlého betonu. Z těchto důvodů je možné údaje o shodnosti použít jako nástin pro zkušební metody podle ČSN 73 1326 [2].

V tab. 1 jsou uvedeny údaje o shodnosti publikované v [6] ve formě variačních koeficientů. Tyto hodno-

ty jsou jedním z výstupů rozsáhlého experimentu shodnosti podle ČSN ISO 5725 [3, 10, 11] zaměřeného na trvanlivostní charakteristiky ztvrdlého betonu provedeného v roce 1998. Experimentu se zúčastnilo celkem dvacet pět laboratoří z jedenácti států Evropy. Předmětem bylo devět různých zkušebních postupů pro stanovení odolnosti ztvrdlého betonu proti zmrazování a rozmrazování při působení chemických rozmrazovacích látek. Jednotlivých postupů se účastnilo čtyři až jedenáct laboratoří, přičemž experiment byl nastaven jako víceúrovňový (byly měřeny čtyři záměsi betonu s různým vodním součinitelem a složením).

Pro ilustraci údajů o shodnosti lze použít asi nejběžnější zkušební postupy používané ve stavebním zkušebnictví, a to pevnost v tlaku ztvrdlého betonu podle ČSN EN 12390-3 [8] a objemovou hmotnost ztvrdlého betonu ČSN EN 12390-7 [9] (tab. 1). V obou těchto normativních předpisech jsou údaje o shodnosti stanoveny na základě experimentu z roku 1987, kterého se účastnilo šestnáct laboratoří.

V opravě 1 normy ČSN EN 12390-3 [8] jsou údaje o shodnosti opraveny na základě experimentu z roku 1992, kterého se účastnilo osmdesát devět laboratoří. Jedná se tedy o údaje, jejichž vypovídací schopnost je na výrazně vyšší úrovni. Tento experiment byl však zaměřen pouze na vyhodnocení pevnosti v tlaku zkušebních těles ve tvaru válce. Shodnost krychelné pevnosti v tlaku je nadále vyhodnocena prostřednictvím předchozího experimentu, jehož vypovídací schopnost je omezena rozsahem (počtem zúčastněných laboratoří). Jak je patrné (tab. 1), údaje o shodnosti měřící metody podle ČSN EN 12390-3 [8] jsou na horní hranici obecně přijíma-

Tab. 2 Složení čerstvého betonu
 Tab. 2 Composition of fresh concrete

Složka	Množství [kg]	
CEM I 42,5R Mokrá	400	
Kamenivo	0/4 Bratčice	762
	8/16 Olbramovice	595
	11/22 Olbramovice	344
Superplastifikátor	2,4	
Provzdušňovací přísada	0,4	
Voda	180	

né hodnoty shodnosti ukazující kvalitní měření, tedy 10 %. Hodnoty uvedené v ČSN P CEN/TS 12390-9 [5] tuto hranici výrazně překračují.

V následujících částech článku jsou diskutovány výsledky experimentu shodnosti zaměřeného na metodu A v ČSN 73 1326 [2], který byl zorganizován Poskytovatelem zkoušení způsobilosti při Ústavu SZK FAST VUT v Brně (Z 7008).

Postup podle metody C nebude v tomto článku více diskutován především vzhledem k nízkému počtu účastníků se laboratoří v této části programu zkoušení způsobilosti. Závěry analýzy by byly ovlivněny a nebyly by dostatečně reprezentativní.

VÝSLEDKY A ANALÝZA EXPERIMENTU SHODNOSTI ZAMĚŘENÉHO NA POSTUPY V ČSN 73 1326

Program zkoušení způsobilosti realizovaný prostřednictvím MPZ probíhal v období únor až červen 2012 a jeho účelem bylo porovnat a vyhodnotit výsledky zkoušek ztvrdlého betonu podle vybraných norem pro zkoušení ztvrdlého betonu, mimo jiné též ČSN 73 1326 [2], metoda A. MPZ byly pořádány ve spolupráci s firmou Betotech, s. r. o., konkrétně pracovištěm zkušební laboratoře v Brně (L1195.3) spolupracující při přípravě zkušebních těles. MPZ se zúčastnila třicet dvě akreditovaná pracoviště z České a Slovenské republiky, z nichž zkoušky podle metody A v ČSN 73 1326 [2] se zúčastnilo sedmnáct pracovišť.

Čerstvý beton pro výrobu zkušebních těles byl odebrán z jedné výrobní dávky, která byla vyrobena při dodržení požadavků a dalších souvisejících specifikací uvedených v ČSN EN 206-1 [12]. Čerstvý beton byl uložen do zkušebních forem vždy stejného typu a po odformování byla zkušební tělesa umístěna za stejných podmínek

Tab. 3 Výsledky zkoušek odolnosti cementového betonu proti působení CHRL – metoda A
 Tab. 3 Resistance of cement concrete surface to water and defrosting chemicals test results – method A

Laborátor	Výsledky zkoušek [g/m ²]			Nejistota měření [g/m ²]	Aritmetický průměr [g/m ²]	Výběrová směrodatná odchylka [g/m ²]	Variační koef. [%]	Z-score [-]	ζscore [-]
1	1 029	509	652	204,7	730	268,5	36,79	1,27	7,77
2	1 684	862	884	444,1	1 144	468,4	40,96	1,02	5
3	1 071	908	1 879	98	1 286	519,9	40,44	0,93	6,04
4	1 172	1 193	1 804	-	1 390	358,7	25,82	0,87	-
5	1 432	1 386	1 595	36,8	1 471	110	7,48	0,82	5,39
6	1 726	2 196	2 165	140,1	2 029	263,1	12,97	0,48	3,03
7	2 302	2 502	1 557	-	2 120	498,1	23,49	0,42	-
8	2 127	2 228	2 680	137,8	2 345	294,6	12,56	0,28	1,8
9	3 149	2 925	2 072	63	2 715	568,4	20,93	0,05	0,36
10	2 971	2 961	2 555	629	2 829	237,2	8,38	0,01	0,06
11	2 320	3 669	3 273	133	3 087	693,5	22,46	0,17	1,1
12	4 110	3 785	2 266	20	3 387	984,6	29,07	0,36	2,36
13	3 902	3 349	-	20	3 626	391,0	10,79	0,5	3,32
14	4 551	4 436	5 107	371	4 698	358,8	7,64	1,16	6,13
15	4 940	4 796	4 627	239,4	4 788	156,7	3,27	1,22	7,23
16	4 886	4 620	4 870	239,6	4 792	149,2	3,11	1,22	7,24
17	5 424	5 318	5 604	27,7	5 448	144,8	2,66	1,62	10,7

Tab. 4 Celkové statistické charakteristiky výsledků zkoušek odolnosti cementového betonu proti působení CHRL – metoda A; * - Vyhodnocení výsledků z tab. 3
 Tab. 4 Statistical characteristics of test results of resistance of cement concrete surface to water and defrosting chemicals – method A; * - evaluation of test results of tab. 3

Počet zmrazovacích cyklů	25	50	75	100*
Celková průměrná hodnota [g/m ²]	591,9	1435	2 049	2 817
Výběrová směrodatná odchylka [g/m ²]	376	875	1 167	1 457
Vztažná hodnota – robustní odhad hodnoty průměru [g/m ²]	571	1403	1 950	2 805
Robustní směrodatná odchylka [g/m ²]	380	931	1 133	1 628
Směrodatná odchylka opakovatelnosti s _r [g/m ²]	202	329	332	441
Mezilaboratorní směrodatná odchylka s _L [g/m ²]	357	855	1 162	1 445
Směrodatná odchylka reprodukovatelnosti s _R [g/m ²]	410	916	1 208	1 511
Opakovatelnost [g/m ²]	566	920	930	1 235
Reprodukovatelnost [g/m ²]	1 149	2 564	3 383	4 230
Variační koeficient opakovatelnosti [%]	35	23	17	16
Variační koeficient reprodukovatelnosti [%]	72	65	62	54

do uložení vyhovujících požadavků jednotlivých specifikací. Složení čerstvého betonu je uvedeno v tab. 2.

Formy s čerstvým betonem byly uloženy v laboratorních podmínkách po dobu 48 h. Povrch betonu ve formách byl chráněn proti odparu vody víčkem. Po 48 h byla zkušební tělesa odformována, identifikována a neprodleně převezena na Ústav stavebního zkušebnictví FAST VUT v Brně.

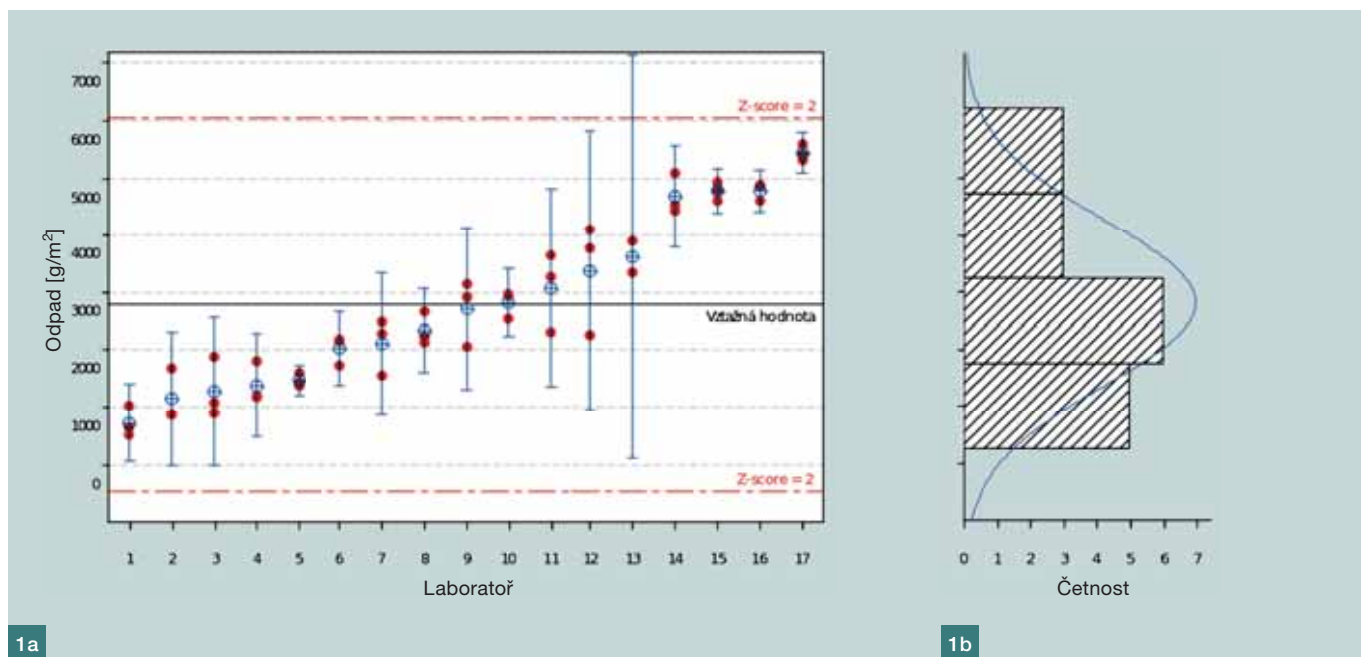
Pro výrobu zkušebních těles pro zkoušku odolnosti betonu vůči CHRL byl použit beton, u kterého byl předpoklad vyšších odpadů po 100 cyklech.

Homogenita a stabilita zkušebních těles při výrobě a uložení byla zajištěna výrobou vzorků z jedné výrobní dávky, použitím jednoho druhu separačního přípravku, jednoho druhu forem z jednoho druhu materiálu, uložení a distribucí všech zkušebních vzorků pohromadě v identickém prostředí v souladu s ČSN EN 12390-2 [13]. Vlivy, které mohou být způsobeny použitím různých druhů separačních přípravků, forem

a uložení jsou popsány např. v [14].

Homogenita a stabilita zkušebních těles při distribuci byla zajištěna vyjmutím vzorků z uložení bezprostředně před jejich distribucí, jejich kontrolou a zabalením do PE fólie, následným uložení vzorků do speciálních krabic opatřených tepelně izolační vložkou, která rovněž slouží pro eliminaci případných rázů vzniklých neopatrnou manipulací při distribuci (tato izolace je vložena i mezi vzorky, aby se zamezilo jejich vzájemnému kontaktu), krabice jsou zavřeny, označeny a připraveny k distribuci jednotlivým účastníkům jejich vlastními prostředky, nebo zásilkovou službou.

Výsledky zkoušek po sto zmrazovacích cyklech a základní statistické charakteristiky jsou uvedeny v tab. 3. V tomto příspěvku jsou diskutovány pouze výstupy MPZ, které mají vliv na opakovatelnost a reprodukovatelnost zkušební metody A. Grafické znázornění výsledků zkoušek po 100 zmrazovacích cyklech společně se základními statis-



Obr. 1 a) Grafické znázornění výsledků zkoušek odpadu po 100 zmrazovacích cyklech, 95 % intervalových odhadů střední hodnoty a limitních mezí pro Z-score = 2 (výsledky laboratoř seřazeny vzestupně); b) histogram průměrných hodnot a teoretická Gaussova křivka

Tab. 5 Zatřídění povrchů zkušebních těles podle ČSN 73 1326 [2] | Tab. 5 Surfaces classification of test specimens according to ČSN 73 1326 [2]

Stupeň porušení	Odpad [g/m ²]	Charakter odpadu
1 – nenarušený	do 50	velmi jemné prachové částice do 1 mm
2 – slabě narušený	do 500	jako u stupně 1, větší množství částic do 1 mm, podíl částic do 2 mm menší než 50 % hmotnosti odpadu
3 – narušený	do 1 000	jako u stupně 2, podíl částic nad 2 mm přes 500 g/m ²
4 – silně narušený	do 3 000	jako u stupně 2, podíl částic nad 2 mm přes 500 g/m ²
5 – rozpadlý	přes 3 000	jako u stupně 4, podíl částic nad 4 mm více jak 20 % hmotnosti odpadu

tickými charakteristikami je na obr. 1. Výsledky programu MPZ jsou v mnoha ohledech zarážející. První skutečnost, která je zřejmá na první pohled, je vysoká variabilita mezi výsledky různých pracovníků různých laboratoř, tedy vysoká variabilita za podmínek reprodukovatelnosti. Dalo by se namítnout, že tato variabilita může být způsobena nehomogenitou zkušebních těles případně nějakým systematickým vlivem při jejich výrobě. Homogenita zkušebních těles byla ale zajištěna na maximální úrovni (viz výše). Přítomnost systematického vlivu by bylo možné odhalit jednoduchým testováním normality dat. Případná nenormalita dat by mohla poukazovat na přítomnost jiných než náhodných vlivů. V tomto případě však nenormalita nebyla prokázána, proto lze konstatovat, že vysokou mezilaboratorní variabilitu a potažmo i reprodukovatelnost má za následek nedokonalost (vysoká citlivost) zkušební metody A popsané v normě ČSN 73 1326 [2].

ZÁVĚR

Experiment shodnosti provedený poskytovatelem zkoušení způsobilosti při Ústavu SZK FAST VUT v Brně (Z7008) upozornil na celou řadu poznatků týkajících se zkušební postupu A normy ČSN 73 1326 [2]. Výsledkem jsou především vyhodnocené údaje o shodnos-

ti zkušební postupu, které nebyly dosud ve větší míře diskutovány a publikovány.

Opakovatelnost metody vyjádřená ve formě variačního koeficientu dosahuje hodnot až 35 % a reprodukovatelnost až 72 %. Při vyjádření v absolutních hodnotách, tedy v g/m² dosahuje opa-

Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p.

jedna z největších zkušebních a certifikačních organizací v České republice slaví 60 let od svého založení.



Pro vaši důvěryhodnost.

TZÚS Praha, s.p.
Prosecká 811/76a, 190 00 Praha-Prosek
info@tzus.cz, www.tzus.eu

Firemní prezentace

Literatura:

- [1] ČSN EN ISO/IEC 17025 Posuzování shody – Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří, ČNI 2005
- [2] ČSN 73 1326, Stanovení odolnosti povrchu cementového betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek, ČNI, 1985
- [3] ČSN ISO 5725-2: Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření – Část 1: Základní metoda pro stanovení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti normalizované metody měření, ČNI 1997
- [4] ČSN EN ISO/IEC 17043: Posuzování shody – Všeobecné požadavky na zkoušení způsobilosti, ČNI 2010
- [5] ČSN P CEN/TS 12390-9, Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 9: Odolnost proti zmrazování a rozmrazování – Odlupování, ÚNMZ, 2007
- [6] Breit W., Siebel E.: Standard methods for testing the resistance of concrete to freezing and thawing – Round robin test, Milestone Report Work Package 3, European Research Project MAT1-CT94-0055, Forschungsinstitut der Zementindustrie, Report No. B 1489/3, Dusseldorf, 1998
- [7] TP 226 Vysokohodnotné betony pro mosty PK, Ministerstvo dopravy ČR, 2010, dostupné z www.pjpk.cz
- [8] ČSN EN 12390-3 Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles, ÚNMZ, 2009
- [9] ČSN EN 12390-7 Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 7: Objemová hmotnost ztvrdlého betonu, ÚNMZ, 2009
- [10] ČSN ISO 5725-1: Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření – Část 1: Obecné zásady a definice, ČNI 1997
- [11] ČSN ISO 5725-5 Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření – Část 5: Alternativní metody pro stanovení shodnosti normalizované metody měření, ČNI, 1999
- [12] ČSN EN 206-1: Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- [13] ČSN EN 12390-2 Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 2: Výroba a ošetřování zkušebních těles pro zkoušky pevnosti, ÚNMZ, 2009
- [14] Vymazal T.; Žalud O.; Misák P.; Kucharczykova B.; Rumel I.: Vliv zkušebních forem a ošetřování těles na výsledky zkoušek fyzikálně-mechanických a trvanlivostních charakteristik ztvrdlého betonu, Beton TKS 4/2011, p. 76–79, ISSN 1213-3116

kovatelnost až 1 235 g/m² a reprodukovatelnost až 4 230 g/m². Na tomto místě je potřeba připomenout zařídění povrchu zkušebních ploch stupněm porušení podle ČSN 73 1326 [2] (tab. 5), kde se narušený povrch (stupeň 3) vykazuje odpadem mezi 500 a 1 000 g/m². Jak je patrné z obr. 1 a tab. 3, laboratoř č. 1 naměřila hodnoty vyhovující tomuto stupni porušení. Oproti tomu laboratoř č. 17 stanovila odpad převyšující 5 000 g/m², což jsou hodnoty vymykající se stupněm porušení v [2] (tab. 5).

Nutno podotknout, že všechny laboratoře, které se zúčastnily experimentu, jsou akreditované podle ČSN EN ISO/IEC 17025 [1] a na českém a slovenském trhu mají dlouholetou tradici. Nejedná se tedy o „amatérské zkušebny“.

Z vyhodnocených údajů o shodnosti zkušební metody A podle ČSN 73 1326 [2] po provedení 100 zatěžovacích cyklů a z definic opakovatelnosti a reprodukovatelnosti vyplývá následující:

- Rozdíl mezi dvěma výsledky zkoušek z téhož vzorku, provedených stejným pracovníkem, na tomtéž zařízení, v nejkratším možném časovém intervalu nebude překračovat hodnotu opakovatelnosti **1 235 g/m²** v průměru ne více než jednou ve dvaceti případech při běžném a správném provádění metody.
- Rozdíl mezi dvěma výsledky zkoušek na tomtéž vzorku, získané v nejkratším možném časovém intervalu dvěma pracovníky, kteří použili každý své zařízení, se nebudou lišit hodnotou reprodukovatelnosti **4 230 g/m²** v průměru ne více než jednou ve dvaceti případech při běžném a správném provádění metody.

Z těchto závěrů vyplývá, že variabilita výsledků zkoušek je opravdu velmi vysoká. Autoři článku se domnívají, že na základě výsledků provedeného experimentu je nutné upozornit na irelevantnost v praxi běžných dodavatelsko-odběratelských sporů na úrovni desítek g/m².

Výsledky metod uvedených v [2] jsou velmi náchylné na celou řadu vnějších vlivů, které mohou způsobit vysokou nehomogenitu výsledků. Z těch nejproblematictějších jsou to zejména vlivy popsány v [14], tj. volba separačního přípravku, druhu zkušebních forem a také způsob uložení. Jsou-li zkušební tělesa uložena např. ve vodním uložení, lze výsledky ovlivnit kvalitou vody v uložení, neboť čerstvá pitná voda zhorší výsledky díky vyluhování povrchové vrstvy zkušebních těles. Rovněž je třeba při hodnocení výsledků přihlídnout k obsazení zkušebních míst v cyklovacím zařízení, neboť zde hraje roli teplotní akumulace zkušebních těles. Rozdílné obsazení počtu zkušebních míst v cyklovacím zařízení způsobuje rozdíly v průběhu zkušebního zmrazovacího cyklu, tj. rozdíly v teplotním namáhání zkušebních těles.

Pro zajištění co možná nejpravdivějších a nejspolehlivějších výsledků je třeba skutečně striktně dodržet předepsané požadavky na výrobu, uložení a zkoušení zkušebních těles a neméně důležité je, aby si zkušební laboratoř stanovila (a nejlépe i dokumentovala) další nespecifikované požadavky, které by měla vzít v potaz při provádění tohoto zkušebního postupu, s ohledem na své vybavení, infrastrukturu a pracovníky. Tyto by měly být při specifikovan

vaných podmínkách neměnné po celou dobu provádění zkoušek nejen podle [2].

Jakékoli odchylky způsobené zkušebními laboratořmi nebo požadavky dozorných či jiných orgánů a osob, které jsou odlišné od standardizovaných postupů ve všech fázích zkoušení (tj. vzorkování, přeprava, uložení a zkoušení), vedou podle našeho názoru jen ke zhoršení výsledků zkoušek, zhoršení objektivitu a vypovídací schopnosti zkušební metody a lze je tedy brát v úvahu jen stěží.

Příspěvek vznikl za podpory GAČR 13-18870S „Hodnocení a predikce trvanlivosti povrchové vrstvy betonu“.

Ing. Petr Misák
e-mail: misak.p@fce.vutbr.cz
tel.: 541 147 831



Doc. Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D.
e-mail: vymazal.t@fce.vutbr.cz
tel.: 541 147 818



Ing. Barbara Kucharczykova, Ph.D.
e-mail: kucharczykova.b@fce.vutbr.cz
tel.: 541 147 527



všichni: Fakulta stavební VUT v Brně
Ústav stavebního zkušebnictví

Ing. Oldřich Žalud
Betotech, s. r. o.
e-mail: oldrich.zalud@betotech.cz



Text článku byl posouzen odborným lektorem.