

POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ STATICKÉHO MODULU PRUŽNOSTI V TLAKU RŮZNÝCH RECEPTUR S HODNOTAMI UVEDENÝMI V ČSN 1992-1-1 ■ COMPARISON OF MODULUS OF ELASTICITY RESULTS OF DIFFERENT CONCRETE RECIPES WITH VALUES IN ČSN 1992-1-1

Petr Huňka, Karel Kolář, Jiří Kolísko

Článek tematicky navazuje na sérii článků o statickém modulu pružnosti v tlaku, které byly publikovány v posledních letech v časopise Beton TKS. V článku jsou uvedeny výsledky měření statického modulu pružnosti 183 receptur různých pevnostních tříd a srovnání naměřených hodnot s hodnotami uvedenými v ČSN EN 1992-1-1. ■ The article thematically continues in articles focused on the static modulus of elasticity, which were recently published in the Beton TKS journal. The paper presents the results of static modulus of elasticity of 183 recipes of different strength class of concrete and compares the measures values with the ČSN EN 1992-1-1.

V článcích [1 až 4] bylo opakovaně upozorněno na problematiku modulu pružnosti z pohledu nesouladu hodnot naměřených a směrných. Zejména v článku Vymazala a Misáka [4] byly uveřejněny výsledky praktických měření 130 receptur a jejich srovnání s hodnotami uvedenými v normě [5].

Obdobná měření jsou zejména v posledních šesti letech cíleně prováděna v Kloknerově ústavu ČVUT v Praze při kontrolních zkouškách pro stavební praxi. Zkoušené betony uvedené v tomto článku jsou používány pro betonové konstrukce zejména v Praze a jejím okolí.

ZKOUŠKY

Pro zkoušky statického modulu pružnosti v tlaku jsou používány jako zkušební tělesa vždy tři válce o rozměrech 150 x 300 mm nebo tři trámce o rozměrech 100 x 100 x 400 mm. Uložení zkušebních těles je ve vodě až do termínu zkoušky (obvykle do stáří 28 dnů). Tlačné plochy válců jsou před zkouškou zakončovány sirnou maltou.

Z hlediska srovnání prezentovaných výsledků je příznivé, že se uvedené zkoušky v Kloknerově ústavu provádějí za velmi podobných okrajových podmínek, tzn. stejný pracovník, zatěžovací stroj, snímače deformací atd. Prezentované výsledky jsou tak zatíženy stejnou chybou. Podrobněji jsme o některých vlivech na stanovení hodnoty

statického modulu pružnosti v tlaku informovali v [6 a 7].

V grafu na obr. 1 jsou prezentovány výsledky modulu pružnosti v tlaku stanoveného na válcích 102 odlišných receptur různých pevnostních tříd. V grafu na obr. 2 jsou uvedeny výsledky modulu pružnosti v tlaku stanoveného na hranolech 81 odlišných receptur různých pevnostních tříd. Stejná pevnostní třída je v grafech vyjádřena stejnou barvou. V grafech na obr. 1 a 2 jsou dále výsledky modulu pružnosti v tlaku porovnány s hodnotami modulu pružnosti uvedenými v ČSN 1992-1-1 pro jednotlivé třídy pevnosti betonu.

ZHODNOCENÍ ZÁVISLOSTI MODULU PRUŽNOSTI NA PEVNOSTI

Z grafů na obr. 1 a 2 je již na první pohled patrné, že statické moduly pružnosti stanovené (na válcích resp. trámčích) pro stejnou pevnostní třídu betonu různých receptur se pohybují v širokých mezích.

Na válcích je největší zaznamenaný rozdíl těžko uvěřitelných 20 GPa, a to pro pevnostní třídu C70/85. V celé řadě dalších případů jsou rozdíly „menší“ běžně okolo 10 GPa. V případě hodnot statického modulu pružnosti betonu stanovených na trámčích je největší zaznamenaný rozdíl 17,5 GPa a to pro pevnostní třídu C45/55, přičemž „běžné“ rozdíly jsou cca 10 GPa. Opět se zde projevuje nesoulad mezi normovými hodnotami uvedenými v [5] a hodnotami naměřenými ať už na válcích či trámčích tak, jak již bylo uvedeno v [1 až 4].

Prezentované grafy jasně dokazují závislost statického modulu pružnosti na konkrétním složení betonové směsi a dokládají, že neplatí zažitá závislost modulu a pevnosti betonu tak, jak je s ní uvažováno v ČSN EN 1992-1-1.

VARIABILITA MODULU PRUŽNOSTI JEDNÉ RECEPTURY BETONU

Uvedené výsledky zkoušek ukázaly, že pro jednu pevnostní třídu betonu může

být úpravou receptury dosaženo značně rozdílné hodnoty statického modulu pružnosti. Různorodost složení je dána výrazně širší škálou možností seskládání složek betonu oproti možnostem před rokem 1990.

O tom, že je pevnost betonu konkrétní receptury v čase proměnná, se běžně ví a již při návrhu receptury je s touto skutečností počítáno – z toho důvodu mluvíme o charakteristické pevnosti. O rozptylu výsledků měření statického modulu pružnosti provedeného na jedné receptuře vyráběné v průběhu měsíců či roků (což se v praxi běžně děje) je informací výrazně méně. V grafu na obr. 3 jsou uvedeny výsledky padesáti měření statického modulu pružnosti betonu v tlaku (na válcích) jedné receptury používané pro výrobu předpínaných mostních nosníků. Tělesa byla vyrobena během září až listopadu roku 2011. Uspořádání zkoušek a okrajové podmínky jsou stejné jako u výše uvedených měření.

ZHODNOCENÍ VARIABILITY JEDNÉ RECEPTURY BETONU

Prezentovaná receptura spadá do pevnostní třídy betonu C45/55, přičemž průměrná hodnota pevnosti betonu v tlaku padesáti válců po zkoušce modulu pružnosti ve stáří 28 dní je 63,2 MPa, směrodatná odchylka 9,5 MPa a variační součinitel 15 %.

Průměrná hodnota statického modulu pružnosti betonu v tlaku ve stáří 28 dní stanovená z výsledků padesáti zkoušených válců vyrobených v období od září do listopadu roku 2011 je 42,7 GPa, směrodatná odchylka je 1,7 GPa a variační součinitel je 4 %.

Z dalších měření provedených v akreditované zkušebně KÚ ČVUT v Praze na čtyřech různých recepturách (zkoušeno celkem přes 500 válců) máme ověřeno, že směrodatná odchylka při stanovení statického modulu pružnosti betonu v tlaku se běžně pohybuje v rozmezí 4 až 6 %. Je na zvážení každého projektanta, zda je uvedená hodnota směrodatné odchylky pro statické výpočty přijatelná.

ZÁVĚR

Výše uvedené výsledky zkoušek ukázaly, že pro jednu pevnostní třídu betonu receptur různých složení je dosaženo značně rozdílné hodnoty statického modulu pružnosti v tlaku. Zaznamenané rozdíly mohou být vyšší jak 10 GPa. Hodnoty v grafech (obr. 1 a 2) jasně dokazují závislost statického modulu pružnosti na konkrétním složení betonové směsi a dokládají, že neplatí zajištěná přímá závislost modulu a pevnosti betonu v tlaku tak, jak je s ní uvažováno v [5]. Na tuto problematiku bylo opakovaně upozorněno v článkách [1 až 4].

Rovněž je třeba upozornit, že i pro jednu konkrétní recepturu betonu vyráběnou opakovaně v delším časovém období ze „stejných složek“ se hod-

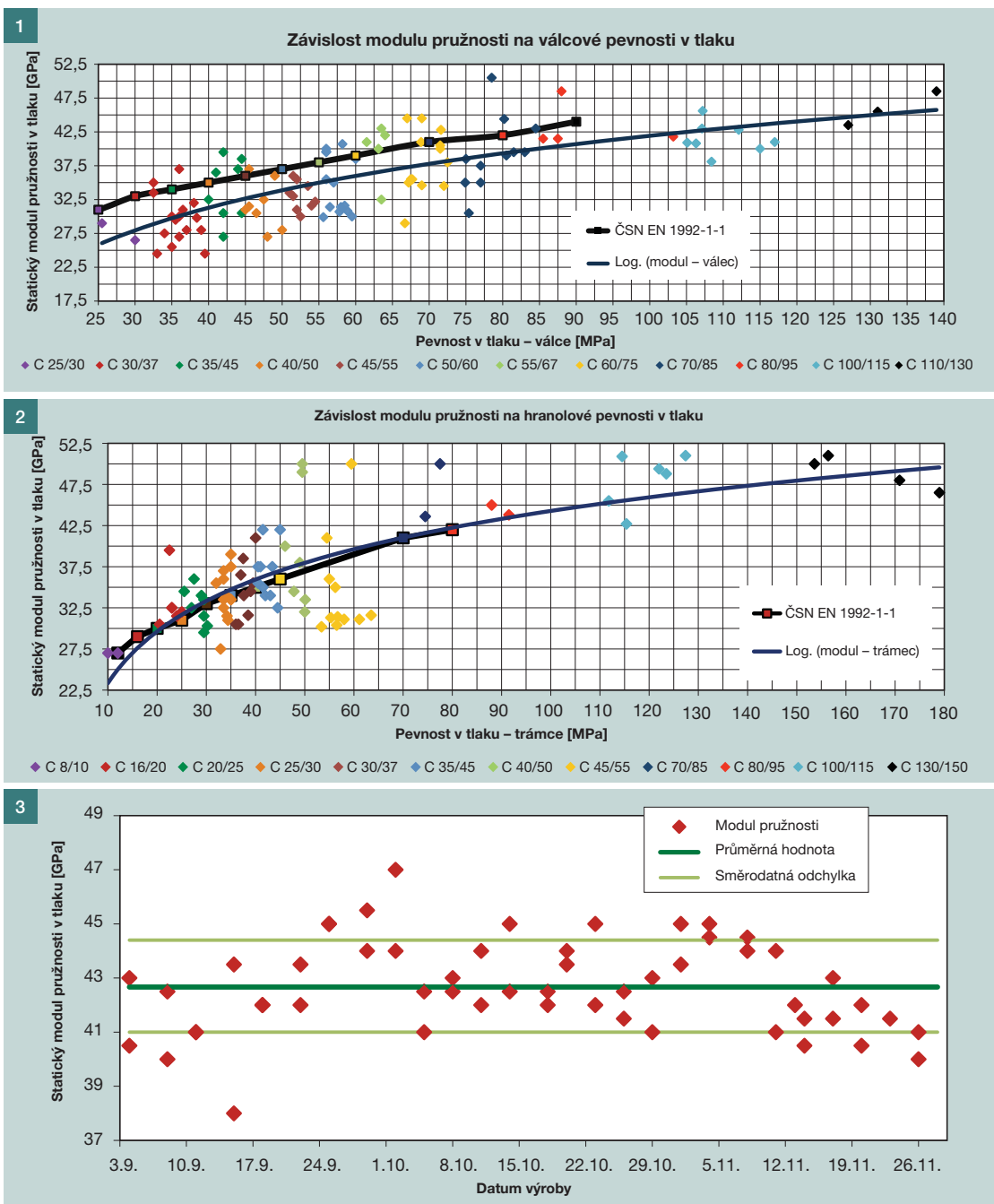
nota jeho statického modulu pružnosti mění. Pro hodnoty modulů uvedené v grafu (obr. 3) je směrodatná odchylka 1,7 GPa a variační součinitel 4 %.

Tento jev je zcela přirozený a je dán proměnlivostí „šarží“ jednotlivých složek betonu používaných pro výrobu, byť jsou tyto složky označovány na dodacích listech stále stejně a odpovídají normovým požadavkům a technickým listům. Rovněž zde má svůj vliv samotná technologie výroby a zpracování betonové směsi potažmo zkušebních těles.

Opět lze pouze doporučit u konstrukcí citlivých na hodnotu statického modulu pružnosti betonu v tlaku jeho předepsání projektantem a jeho průběžnou kontrolu.

Z hlediska skutečností uvedených v tomto článku a dále zejména v článkách [1 až 4, 6 až 8] si dovoluji upozornit na nutnost rozlišovat statické a dynamické moduly pružnosti betonu, uvědomit si existenci technologických a zkušebních vlivů, tzn. uvádět, jak a za jakých podmínek byl modul pružnosti stanoven. Včasnou komunikací zainteresovaných stran, tzn. investor, projektant, zhotovitel, dodavatel betonu a zkušebna, lze předejít celé řadě nedorozumění a nepříjemnostem spojeným nejen s problematikou modulu pružnosti betonu.

Příspěvek vznikl za podpory grantového projektu TAČR TA01010791.



Obr. 1 Statický modul pružnosti betonu v tlaku stanovený na válcích z různých pevnostních tříd betonu

Obr. 2 Statický modul pružnosti betonu v tlaku stanovený na trémčích různých pevnostních tříd betonu

Obr. 3 Statický modul pružnosti betonu v tlaku stanovený na válcích ve stáří 28 dnů, jedna receptura vyráběná v průběhu tří měsíců

Fig. 1 Static modulus of elasticity in compression measured on cylinders for different strength class of concrete

Fig. 2 Static modulus of elasticity in compression measured on prisms for different strength class of concrete

Fig. 3 Static modulus of elasticity in compression measured on 28 days old cylinders, cylinders are made from the same concrete recipe during three months

Literatura:

- [1] *Vašková J., Števula M., Veselý V.:* Modul pružnosti automaticky? Beton TKS 6/2007, str. 57–59
- [2] *Teplý B.:* Ještě k modulu pružnosti Beton TKS 1/2008, str. 74–75
- [3] *Rieger P., Štěřba A.:* Znovu k údajným problémům s modulem pružnosti betonu, možnost specifikace dle změny Z3 ČSN EN 206-1, Beton TKS 4/2009, str. 88–91
- [4] *Misák P., Vymazal T.:* Modul pružnosti vs. pevnost v tlaku, Beton TKS 2/2009, str. 58–59
- [5] ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [6] *Huňka P., Kolísko J.:* Studium vlivu tvaru, velikosti a způsobu přípravy zkušebního tělesa na výsledek zkoušky statického modulu pružnosti v tlaku, Beton TKS 1/2011, str. 69–71
- [7] *Huňka P., Kolísko J., Řeháček S., Vokáč M.:* Zkušební a technologické vlivy na modul pružnosti betonu – rekapitulace, Beton TKS 4/2012, str. 62–67
- [8] *Cikrle P., Huňka P.:* Porovnání metodik zkoušení modulu pružnosti betonu, Sb. konf. Technologie, provádění a kontrola betonových konstrukcí 2006, ISBN 80-903502-4-0, ČBS ČSSI, Praha, 2006

Ing. Petr Huňka
tel.: 224 353 521

e-mail: petr.hunka@klok.cvut.cz



Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.
tel.: 224 353 545

e-mail: jiri.kolisko@klok.cvut.cz



oba: Kloknerův ústav ČVUT v Praze
Šolínova 7, 166 08 Praha
www.klok.cvut.cz

Doc. Ing. Karel Kolář, CSc.
Fakulta stavební, ČVUT v Praze
Thákurova 7, 166 29 Praha

tel.: 224 354 376

e-mail: karel.kolar@fsv.cvut.cz

www.fsv.cvut.cz



ČTVRTÁ ZMĚNA ČSN EN 206-1

Po pěti letech a pěti měsících přichází další Změna normy pro specifikaci, vlastnosti, výrobu a posuzování shody betonu. 1. října 2013 byla vydána Změna Z4 ČSN EN 206-1.

PROČ?

V předchozích několika letech se v CE-Nu (Comité Européen de Normalisation – Evropský výbor pro normalizaci) připravovala úprava, revize a doplnění EN 197-1 Cement – Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití. Souběžně s tímto dokumentem se zpracovávala i revize EN 206-1 Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda. Že jsou oba dokumenty na sebe velmi úzce navázány, je zřejmé. Původním záměrem bylo vydat je oba ve stejný okamžik – staré verze by byly zrušeny a nahrazeny novými. Bohužel se práce na EN 206 (nové označení revidované EN 206-1) zpozdily o více než dva roky. V důsledku toho vyšla evropská EN 197-1: 2011 v druhé polovině ro-

ku 2011, česká ČSN EN 197-1 ed. 2 (cement) pak v dubnu 2012, přičemž evropská EN 206 (beton), a tudíž i česká ČSN EN 206, byly v nedohlednu. A protože nová ČSN EN 197-1 ed. 2 nebyla kompatibilní s dosud platnou ČSN EN 206-1, bylo nezbytné vydat její, již čtvrtou, Změnu. Z uvedeného vyplývá, že je to Změna původně neplánovaná a v podstatě nechtěná.

CO SE MĚNÍ?

V zásadě jde o tři druhy úprav:

- formální, týkající se odkazů na jiné dokumenty a jejich části (např. na ČSN EN 197-1 ed. 2),
- zrušení Tabulky F.2 pro stoletou životnost staveb. Tato tabulka byla převzata a implementována do Změny 3 z TKP 17 v roce 2008 v naději, že by pak v blízké budoucnosti mohla z TKP 17 „vypadnout“ a dojít tak k jejich zjednodušení. Tyto naděje bohužel nebyly naplněny a došlo tedy k duplikaci této tabulky v několika dokumentech.

- změna Tabulky F.4 věnující se použitelnosti cementů pro různé stupně vlivu prostředí. Zde došlo k mírnému rozšíření možností použití některých cementů v souvislosti s ČSN EN 197-1 ed. 2.

PLATNOST? PŮSOBNOST?

Změna 4 ČSN EN 206-1 mění Změnu 3, tzn. že ji **nenahrazuje**.

BUDOUCNOST?

V létě příštího roku by měla být k dispozici česká verze EN 206. Jejím vydáním se, pravděpodobně, s nějakou přechodnou dobou, zruší původní ČSN EN 206-1, a tím i všechny její Změny.

Je zřejmé, že pro praxi je celá situace málo přehledná a srozumitelná. To je také důvod, proč jsem se rozhodl napsat tento krátký článek.

Ing. Michal Števula, Ph.D.
tajemník Svazu výrobců betonu ČR
(Centrum technické normalizace)

OCHRANA BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ POMOCÍ SEKUNDÁRNÍ KRYSTALIZACE

OCHRANA PROTI: TLAKOVÉ VODĚ, ZEMNÍ VLHKOSTI, AGRESIVNÍMU PROSTŘEDÍ, PHM, SILAŽNÍ ŠTÁVĚ, PRONIKÁNÍ RADONU

APLIKACE: NÁTĚR, NÁSTRÍK, VSYP DO PODLAHY, PŘÍSDAVA DO BETONU, TMĚL, PRUŽNÁ PASTA

XYPEX

NEKAP Vyhradní prodejce v ČR

NEKAP, S.R.O., THÁKUROVA 7, 160 00 PRAHA 6
TEL.: 233 323 902, 224 316 107, FAX: 224 313 212
E-MAIL: INFO@XYPEX.CZ, WWW.XYPEX.CZ