

PERFORMANCE-BASED NAVRHOVÁNÍ BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ A SPECIFIKACE BETONU

PERFORMANCE-BASED DESIGN OF CONCRETE STRUCTURES AND CONCRETE SPECIFICATION

BŘETISLAV TEPLÝ

Příspěvek informuje stručně o moderním trendu Performance-based v navrhování betonových konstrukcí a v souvislosti s tím pak popisuje obdobné trendy v zahraničí i u nás při specifikaci betonu ve vztahu k trvanlivosti, zejména s ohledem na ČSN EN 206-1.

Paper presents brief information about an advanced trend – the Performance-Based Design of concrete structures in the context of developments of specification of concrete abroad as well as in this country focusing on ČSN EN 206-1 relevance.

Výraz „Performance-based“ (v češtině se snad nejlépe vyjádří opisem „s ohledem na užité vlastnosti“; zkráceně PB) se v posledních letech objevuje v odborné literatuře v souvislosti s řadou různých činností ve stavebnictví, postupně proniká také do norem a dalších dokumentů – podrobněji viz [1] a [2]. Cílem je podpora inovativních postupů a materiálů, optimalizujících ekonomická řešení cílových vlastností stavebních materiálů, konstrukčních prvků, konstrukcí či objektů a umožnění efektivního rozhodování; to ve svém důsledku má vést ke zvýšení konkurenceschopnosti. V tomto příspěvku bude kromě navrhování konstrukcí pozornost zaměřena na problematiku specifikace betonu právě pomocí alternativního přístupu ve vztahu k vlastnostem betonu (tj. „performance-related“), v souladu s ČSN EN 206-1 [3] a s ohledem na trvanlivost konstrukcí. Je uveden také přehled a komentář k některým zahraničním pracím a dokumentům, vážícím se k této tématice.

NAVRHOVÁNÍ BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ S OHLEDEM NA UŽITÉ VLASTNOSTI

Při navrhování betonových konstrukcí se v poslední době dostává do popředí **problematika trvanlivosti**, tj. navrhování či posuzování s ohledem na požadovanou životnost s dodržáním příslušné úrovně

spolehlivosti – tzv. **performance-based navrhování** (PBD) – viz např. [2]. Jde tedy o navrhování s ohledem na užité vlastnosti; k těmto patří, kromě základních funkčních vlastností, např. spolehlivost, trvanlivost, ale také ekonomická a ekologická šetrnost. Je zřejmé, že některé z těchto vlastností jsou ve svém důsledku protikladné a při návrhu konstrukce k nim nemůže projektant přistupovat odděleně, nýbrž musí postupovat tak, aby celý soubor vlastností optimalizoval s přihlédnutím k požadavkům legislativním, požadavkům zákazníka a s přihlédnutím ke specifikům případu. Jde o nelehký úkol, kdy při optimalizaci se musí zohlednit i potřeby či představy tzv. cílového klienta (uživatel, majitele); svoji roli přitom musí nezbytně sehrát investor, projektant i prováděcí firma, vždy s jasně vymezenou zodpovědností.

Je nutno připomenout, že v současné době běžně používané předpisy pro navrhování konstrukcí (Eurokódy, ISO) vesměs „předepisují“ (prescriptive-based) postupy a příslušné veličiny navrhování, které mají vést k jistým typickým, nominálním či obvykle očekávaným vlastnostem. Postup podle těchto dokumentů proto neumožňuje přímo navrhnout konstrukci zajišťující specifické vlastnosti, např. konkrétně požadovanou životnost či spolehlivost a další vlastnosti konstrukce; nejedná se zde tedy o PBD postupy. Existují však, resp. vznikají nové dokumenty, již zaměřené na navrhování na požadovanou životnost: nová ISO norma [4] a fib dokument [5]; zásady PBD částečně uplatňují též japonský dokument [6], čínský [7] a již v roce 2001 publikované společné asijské doporučení [8]. Je nutno také zdůraznit, že PBD postupy obvykle vyžadují použití pravděpodobnostních metod, což doposud v praxi není běžné a potenciální uživatelé to může z počátku odradit. Teoretické podklady jsou ale uvedeny již v příloze C normy ČSN EN 1990 a k dispozici jsou i softwarové prostředky, které takový způsob navrhování podporují [2].

Navrhování betonových konstrukcí

je ovšem úzce spojeno se **specifikací betonu**, tj. u nás s příslušnými ustanoveními normy ČSN EN 206-1 [3]. V případech navrhování na životnost se však přitom setkáváme s jistými obtížemi, které mohou vést k nesprávným či neekonomickým návrhům; této problematice, hojně zkoumané a projednávané v současnosti v řadě států a odborných institucích, je dále v tomto textu věnována pozornost.

SPECIFIKACE BETONU

Dle definice uvedené v ČSN EN 206-1 [3] se specifikací rozumí konečná sestava dokumentovaných technických požadavků předávaných výrobcí ve formě požadovaných vlastností, tj. **přímých charakteristik** (performance-based – dále jen PB; je to např. rychlost karbonatace – vztaženo k expozičním třídám XC) nebo předepsáním **nepřímých charakteristik** udávajících složení betonu (**preskriptivní** forma – např. hodnota vodního součinitele). V úvodu normy je ale také uvedeno, že: „... *byl podrobně zvažován vztah vlastností betonu ke specifikaci trvanlivosti. ... byla provedena revize zkušebních metod a metod návrhu složení betonu z hlediska vlastností betonu. CEN/TC 104 došla k závěru, že tyto metody nejsou dosud dostatečně vyvinuty tak, aby mohly být součástí této normy. Přesto komise uznala, že některé státy mají vyvinuto důvěryhodné zkoušení i kritéria. Proto norma umožňuje pokračování a rozvíjení této praxe* (tj. PB), *platné v místě použití betonu, jako alternativní k normativnímu přístupu* (tj. preskriptivnímu). *CEN/TC 104 bude dále pokračovat v činnosti na stanovení metod návrhu složení betonu z hlediska trvanlivosti betonu v evropském měřítku*“. Dále je uvedeno: „*v praxi může být několik různých účastníků procesu, specifikujících požadavky v různých etapách návrhu a provádění, např. zákazník, projektant, dodavatel i subdodavatel betonu*.“ Zde je nutno podtrhnout právě roli zákazníka a jeho spolupráci s projektantem při specifikaci cílových vlastností – to je doposud

v praxi málo aplikováno, i když se často může jednat o zásadní rozhodnutí, které ovlivní mj. ekonomické výsledky.

Norma [3] udává ve vztahu k **trvanlivosti** v příloze F, v tabulkách NA F.1, 2 a 3 normativní hodnoty mezi složení betonu (vodní součinitel, obsah cementu, obsah vzduchu a doporučení ohledně pevnosti betonu) dle expozičních tříd, tj. hlavně nepřímé charakteristiky. Odstavec 5.3.3 jen stručně pojednává o PB formě ve vztahu ke stupňům vlivu prostředí a odkazuje na informativní přílohu J „Návrh složení betonu z hlediska trvanlivosti“ (v originále: Performance-related design methods with respect to durability), kde jsou uvedeny obecné pokyny pro takový návrh ve smyslu PB. Poznamenáme, že ve výčtu metod, které mohou být přitom použity, jsou zde také zahrnuty „*metody založené na analytických modelech, které byly porovnány s údaji ze zkoušek, reprezentujících skutečné podmínky v praxi*“. Kromě toho ale informativní příloha E „Návod na použití ekvivalentní koncepce posouzení vlastností betonu“ uvádí základní pokyny ke zkoušení betonů, mj. „*Zkoušení má prokázat, že vlastnosti betonu obsahující příměsi jsou nejméně takové, jako má referenční beton*“. Vytvoření a realizace zkušebního programu je ale nepochybně náročná záležitost a v praxi se obtížně aplikuje, zejména s ohledem na hodnocení alternativních řešení.

K diskusi o normě [3] se ještě v tomto příspěvku vrátíme, nejprve však uvedme, že činnost výše zmíněné evropské technické komise CEN/TC 104 není ojedinělá. V následujícím jsou proto popsány některé další **zahraniční aktivity**, podobně zaměřené.

V rámci **iniciativy P2P** (Prescriptive to Performance) byla v USA výzkumnou organizací RMC Research Foundation vypracována rozsáhlá zpráva [9a, b]. Ta ve své první části [9a] podrobně hodnotí současný stav jednak obecně, dále pak ve vztahu k americké betonářské normě ACI 318-5 „Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary“ a také popisuje a hodnotí další normy, předpisy a doporučení i příslušnou odbornou literaturu z celého světa (vč. evropské normy EN 206-1). Kromě zdůvodnění potřebnosti přechodu na PB specifikace se diskutují též podrobně metody zkoušek vlastností betonu i odpovědnost jednotlivých účast-

níků návrhu, výroby, ukládání i ošetřování betonu. Přitom se také konstatuje, že v té době (tj. v roce 2006) chyběla kompletní řada vyhovujících metod zkoušení všech vlastností trvanlivosti betonu, dostatečně spolehlivých a reprodukovatelných. Zdůraznila se též jedna z výhod PB specifikací – mohou být zaměřeny na vlastnosti betonu důležité pro danou situaci; proto jsou také uvažovány nejenom vlastnosti čerstvého a zatvrdlého betonu, ale též jeho vlastnosti v přechodové fázi, které mohou být kritické např. z ekonomického hlediska (rychlosti nárůstu pevnosti, čas do vzniku odolnosti proti mrazu, plastické smršťování ad.).

Po téměř třech letech dalších debat a studií druhá část zprávy [9b] z roku 2008 prezentuje možné postupy PB specifikací tak, aby zůstaly v souladu se stávajícím zněním normy ACI 318. Uvádějí se **expoziční kategorie a třídy** s kvantifikací požadavků na beton a porovnávají se doposud doporučované preskriptivní hodnoty příslušných veličin s nově navrhovanými hodnotami veličin přijatými jako alternativní, tj. s PB specifikací – přímé charakteristiky. Někde se současně předepisují tzv. pre-kvalifikační zkoušky (laboratorní), resp. další ověření na stavbě. V následujícím textu z [9b] vybíráme či shrnujeme:

- expoziční kategorie F – vystavení mrazovým cyklům (třídy F0, F1, F2 a F3): jako PB požadavek může být použita:
 - odolnost proti průniku chloridů (Rapid Chloride Permeability Test – ASTM C1202);
 - obsah vzduchu ověřený splněním přípustných hodnot buďto součinitele mrazuvzdornosti (podobné metody zkoušení u nás viz ČSN 73 1322), nebo součinitele prostorového rozložení pórů (podobně též ČSN EN 480-11), resp. mezní hodnotou hmotnosti odpadu (obdoba ČSN 73 1326);
- expoziční kategorie S – působení síranů (třídy S0 až S3): jako PB požadavek může být použita:
 - odolnost proti průniku chloridů;
 - změna délky vzorku ponořeného do předepsaného síranového roztoku;
- expoziční kategorie P – pro beton v kontaktu s vodou, vyžadující nízkou propustnost (třídy P0 a P1): jako PB požadavek je uvedena opět odolnost proti průniku chloridů;
- expoziční kategorie C – podmínky

vyžadující ochranu před korozi výztuže. Pro třídu CO (suchý beton, chráněný před vlhkostí) není stanovena žádná PB specifikace podobně jako pro C1 (beton vystavený vlhkosti ale nikoliv vnějšímu vlivu chloridů). Pro třídu C2 (beton vystavený vlhkosti a vnějšímu vlivu chloridů) je jako PB specifikace uvedena odolnost proti průniku chloridů.

Je zřejmé, že zde ne všechny expoziční třídy mají „partnera“ v normě EN 206-1 – např. koroze vlivem karbonatace není uvažována zvlášť a zřejmě se oprávněně předpokládá, že při vhodné tloušťce krytí výztuže beton odolný proti průniku chloridů zabrání také depasivaci vlivem působení CO₂.

Souhrnně ještě uvádíme všechny veličiny specifikace (přímé i nepřímé charakteristiky) popsané v [9a, b]; ty z nich, které jsou typu PB, jsou vyznačeny kurzívou. Jedná se o tyto vlastnosti:

- *pevnost betonu*
- *obsah vzduchu v čerstvém betonu*
- *odolnost betonu k průniku chloridových iontů*
- *vodní součinitel – zde voda/(cement + příměsi)*
- *požadavky na odolnost proti síranům*
- *požadavky na zabránění koroze výztuže*
- dále se uvádí specifikační doporučení pro zpracovatelnost čerstvého betonu a teplotu betonu při dodání
- další doporučení (volitelná – v souvislosti s charakterem konstrukce) se týkají objemové hmotnosti čerstvého betonu, *smršťování při vysychání, modulu pružnosti, dotvarování, alkalicko-křemičité reakce a odolnosti proti obrusu*.

Také **aktivita RILEM** (www.rilem.net) dokládá aktuálnost a potřebu zavést PB specifikaci. V roce 2008 vznikla mezinárodní technická komise TC PSC „Performance-based specifications and control of concrete durability“, která plánuje završení své činnosti v roce 2011 sympoziem, na kterém představí dosažené výsledky. Očekává se poskytnutí komplexních informací o tzv. **indikátorech trvanlivosti** (Durability Indicators – DI, kde se vesměs bude jednat o přímé charakteristiky trvanlivosti) a o doporučeních ohledně harmonizace a normalizace vybraných metod a přístupů. Komise bude zřejmě jistým způsobem navazovat na nedávné práce Baroghel-Bouny, např. [10]. Pojednává se tam o DI pro navrhování či posu-

zování s ohledem na životnost omezenou iniciačním časem (časem do vzniku takové degradace betonu, která by mohla mít za následek korozi výztuže – např. depasivace výztuže v důsledku karbonatace betonu). Autorka sestavila soubor DI a doporučila jejich hodnoty stanovené pomocí vybraných laboratorních metod a ověřených vždy analytickými modely degradace betonu (matematickou simulací těchto procesů, také s využitím modelů uvedených v [5]). Trvanlivost je pak hodnocena v systému tříd, od „velmi nízké“ až po „velmi vysokou“. Složení betonu je vybráno dle korelace mezi DI a požadovanou životností, odstupňovanou systémem úrovní životnosti: < 30, 30 až 50, 50 až 100 roků v daném prostředí a za předpokladů alespoň minimálního krytí výztuže v souladu s doporučeními normy CEN EN 1992. Přijmou-li se doporučené hodnoty DI, je potom takový postup návrhu snadný; neposkytuje ale ověření spolehlivosti pro příslušné mezní stavy a je limitován jen tzv. iniciačním stadiem. Není tedy komplexní a dostatečně otevřený pro rozhodování projektanta i zákazníka.

V Portugalsku bylo vypracováno rozšíření EN 206-1 o PB specifikace v národním dokumentu **LNEC E 465** pro odolnost vůči karbonataci i prostupu chloridů s vazbou na pevnostní třídu, expoziční třídu, pro návrhové životnosti 50 a 100 let, viz [11]. V jistém rozsahu platnosti bylo přitom využito také pravděpodobnostních analytických modelů.

SPECIFIKACE VLASTNOSTÍ TRVANLIVOSTI A ČSN EN 206-1

Připomeňme, že již v krátkém období po zavedení normy [3] bylo u nás publikováno (kolem roku 2003) několik diskusních článků, které byly věnovány související legislativní problematice a přípravě i hodnocení národních příloh/změn nejenom u nás, ale také v některých dalších zemích. Pozornost byla věnována převážně nepřímým charakteristikám. Za všechny takové příspěvky jmenujme alespoň zasvěcenou práci [12], která mj. doporučovala normativně předepsat nejnižší přípustné pevnostní třídy betonu a nepřímé charakteristiky. Práce upozorňovala také na souvislost požadavků na beton a požadavků na tloušťku krycí vrstvy (což je vlastně při použití nepřímých charakteristik trvanlivosti nezbytný požadavek a propojení specifikačních

úkonů s postupy navrhování konstrukcí). Tato diskuse a další aktivity pak vyústily ve změnu Z3, blíže viz [13].

O vztahu normy [3] k alternativním metodám specifikace, tj. postupům PB bylo hovořeno již v předchozím odstavci. V následujícím textu je uvedeno ještě několik poznámek o tom, že v normě doporučený základní (tj. preskriptivní) postup neumožňuje efektivně navrhovat či specifikovat beton **z hlediska trvanlivosti**, a že by bylo vhodné věnovat více pozornosti přímo specifikaci finálních vlastností betonu.

CEMENTY S PŘÍMĚSMI, RESP. SMĚSNÉ CEMENTY

V článku 5.1.6 se píše: „Pro použití takových materiálů jako příměsí druhu II musí být vhodnost navíc prokázána průkazní zkouškou dle přílohy A“ – tato je ale upravena jen pro průkaz pevnosti, postup průkazů vlastností pro trvanlivost (karbonatace, odolnost proti průniku chloridových iontů, mrazuvzdornost) a příp. pro smršťování či dotvarování chybí.

V čl. 5.2.5.2 se zavádí koncepce *k*-hodnoty, která umožňuje vzít v úvahu příměsí druhu II při náhradě klasického vodního součinitele voda/cement tzv. ekvivalentním vodním součinitelem voda/(cement + *k* x příměs). V 5.2.5.2.1 je uvedeno: „Skutečná hodnota *k* závisí na konkrétní příměsí“. Uvádí se ale pouze *k*-hodnoty pro popílek a křemičitý úlet. Ani tyto hodnoty však nejsou pro vlastnosti popisující trvanlivost použitelné, protože byly odvozeny pro pevnosti betonu, což je ostatně zmíněno i v poznámce 4 u čl. 5.3.2 (a bylo uvedeno i v [12]). Problematika *k*-hodnoty v souvislosti s otázkami trvanlivosti byla diskutována podrobněji v [14] a [15].

V souvislosti se specifikacemi typu PB, při kterých se obvykle uplatňují také statistické metody, stojí za pozornost i čl. 5.2.5.3, kde se mj. připomíná nutnost brát v úvahu **variabilitu cementu a příměsí** (i když není explicitně uvedeno, zda se má jednat o nepřesnosti dávkování či rozptyl vlastností materiálu; správné by jistě bylo zohlednit obě tyto okolnosti). To lze efektivně provést právě pravděpodobnostními metodami, jejichž používání ale zatím není běžné.

HLEDISKO POŽADOVANÉ/NÁVRHOVÉ ŽIVOTNOSTI

V článku 5.3.1 je uvedeno, že „Poža-

davky na odolnost betonu vůči působení prostředí ... musí vzít do úvahy předpokládanou provozní životnost betonové konstrukce.“ Tabulky NA F.1 a 2 uvádějí mezní normativní hodnoty za předpokladu životnosti 50, resp. 100 let. Návod pro jiné případy však norma [3] neuvádí, jen v 5.3.2, poznámka č. 3 říká, že „Pro kratší nebo delší provozní životnost mohou být nutné, méně nebo více příslušné hodnoty. V takových případech ... se mají provést konkrétní úvahy“. Bližší vysvětlení však chybí. Připomeňme, že základní norma pro navrhování konstrukcí ČSN EN 1990 (2002) v odst. 2.3 udává pět kategorií návrhové životnosti od 10 do 100 let.

Velmi obecný a obtížně aplikovatelný je také text v příloze J3, bod b), který praví, že PB přístup může být vhodný, mj. pokud „... provozní životnost je značně odlišná od 50 let, ... na konstrukci je kladen zvláštní požadavek na nižší pravděpodobnost poruchy ...“. Hodnota pravděpodobnosti poruchy je ovšem vázána na určitý mezní stav posuzované konstrukce, příp. též na konstrukční uspořádání i způsob používání konstrukce, jak se ostatně jinými slovy uvádí i v bodu d) zmiňované přílohy. To ale již zasahuje mimo rámec této normy a jde vlastně o vazbu na PBD navrhování konstrukcí (viz první odstavec tohoto příspěvku), což opět implikuje nutnost použít pravděpodobnostní výpočty.

ZÁVĚREČNÉ POZNÁMKY; VYUŽITÍ MODELOVÁNÍ DEGRADACE

Z výše uvedeného vyplývá, že různé strany zúčastněné na návrhu a provedení betonové konstrukce (příp. na sanaci stávající konstrukce) jsou v současné době ve vztahu k otázkám trvanlivosti postaveny do nelehké situace, když norma [3] vlastně není v tomto smyslu zcela kompletní. V období do dalšího doplnění komisí CEN/TC 104 (a následnou akceptací, resp. úpravu národních poznámek, či navazující vydání zvláštního národního předpisu) lze zatím využít následující možnosti:

- získat jisté hodnoty pro PB specifikaci ze zahraničních prací výše popsanych (P2P, RILEM, LNEC), které ovšem mohou mít jenom informativní charakter;
- s odvoláním na přílohu J [3] je možno pracovat s prostředky matematického modelování degradačních procesů (karbonatace, průnik chloridových iontů,

vznik trhlin betonu v důsledku koroze výztuže, úbytek efektivní plochy výztuže), a tak ověřovat, že navržené složení betonu pro danou návrhovou situaci vyhovuje, tj. uvažovat přitom expozici i účel konstrukce. Přitom je potřebné, aby výsledky získané použitým analytickým modelem byly porovnány s údaji ze zkoušek reprezentujících skutečné podmínky v praxi. Lze využít pravděpodobnostní softwarové prostředky popsané ve [2] s tím, že mohou:

- poměrně rychle hodnotit řadu alternativ před uspořádáním průkazných zkoušek;

- hodnotit či posuzovat úroveň životnosti i s ohledem na rozptyl hodnot fyzikálních vlastností materiálů, působení vlivů prostředí, úroveň technologické kázně při výrobě a funkce i umístění v konstrukci. Jsou to tedy současně nástroje pro specifikaci betonu přímými charakteristikami trvanlivosti, i nástroje pro navrhování konstrukcí;
- hodnotit či posuzovat úroveň spolehlivosti dodržení požadavků na trvanlivost materiálů i konstrukcí v pravděpodobnostním pojetí;

- v rámci prací výzkumného centra CIDEAS (www.cideas.cz) byl započat v oddílu 1.1.3.2 výzkum týkající se vlastností betonu z cementů s příměsmi, kde pozornost bude věnována mj. také *k*-hodnotě; některé informace viz příslušné technické listy z let 2005 až 2008 a příspěvek [16]. Vodní součinitel sice ve vztahu k PB specifikacím ztrácí význam (není přímou charakteristikou), ale protože se uplatní v některých výpočetních modelech degradace betonu, je zkoumání *k*-hodnoty potřebné a využitelné také pro PB specifikace, tj. pro studium přímých charakteristik.

Kromě charakteristik vyjmenovaných v 6.2 normy by bylo vhodné uvážit při specifikaci i další vlastnosti betonu, např. dotvarování, smršťování, lomové charakteristiky a odolnost vnitřní struktury betonu proti působení mrazových cyklů, tj. degradaci mechanických vlastností betonu (pevnosti, moduly, soudržnost s výztuží), ke které může docházet při jeho vystavení vysoké vlhkosti, tedy nejenom odolnost proti CHRL.

V tomto příspěvku bylo několikrát poukázáno na úzkou souvislost mezi specifikací materiálu a návrhem konstrukce. To je podtrženo také tím, že obě tyto fáze musí vycházet z **rozhodnutí zákazníka**

Literatura:

- [1] *Teplý B.*: Seznámení s Performance-Based, Materiály pro stavbu 8/2007, 16–18
- [2] *Teplý B.*: Performance-Based navrhování konstrukcí. Sborník IX. celostátní konference Spolehlivost konstrukcí (edit. P. Konečný a P. Marek), Praha, 2008, s. 101–104
- [3] ČSN 206-1 Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda (2001), ČNI (vč. Změny Z3)
- [4] ISO 13823 General Principles on the Design of Structures for Durability (2008)
- [5] *fib Model Code 2010* (ve stadiu dokončování); část Service Life Design (vyšlo v r. 2006 jako *fib Bulletin* No 34)
- [6] *Sakai K.*: The JSCE durability design of concrete structures and a proposal for Vietnam construction industry, JSCE Newsletter No. 5, 2006, Concrete Committee (19 stran)
- [7] *Li K., Chen Z., Lian H.*: Concepts and requirements of durability design for concrete structures: an extensive review of CCE01. *Materials and Structures* (2008) 41:717-731
- [8] Asian Concrete Model Code, ACOMC, 2001
- [9] *Bickley J., Hooton R. D., Hover K. C.*: Preparation of a Performance-based Specification for Cast-in-Place Concrete: a) Phase I (2006); b) Phase II (2008), P2P Initiative, RMC Research & Education Foundation, Silver Spring, USA
- [10] *Baroghel-Bouny V.*: Durability indicators: Relevant tools for Performance-Based evaluation and multi-level prediction of RC durability. Proc. of International RILEM Workshop on Performance Based Evaluation and Indicators for Concrete Durability, 2006, Madrid, Spain, pp. 3–30
- [11] *Goncalves A. F., Ribiero A. B., Ferreira M. J. E.*: The new LNEC specifications on reinforced concrete durability. Proc. of International RILEM Workshop on Integral Service Life Modeling of Concrete Structures, 2007, Guimaraes, Portugal, pp. 131–9
- [12] *Štěrbka A.*: Národní doplňky k EN 206-1 v členských zemích CEN. Beton TKS 1/2004, s. 48–52
- [13] *Šrůma V., Veselý V.*: Změna 3 ČSN EN 206-1. Seminář Nové betonářské normy 2008, ČBS Praha, s. 5–13
- [14] *Teplý B., Chromá M., Rovnaník P.*: Karbonátce, cementy CEM II a doporučení ČSN EN 206-1. Sborník Betonářské Dny 2005, ČBS, s. 78–83
- [15] *Teplý B., Chromá M., Rovnaník P., Rovnaníková P.*: Karbonátce betonu, druhy cementů a doporučení ČSN EN 206-1. Beton TKS 1/2006, s. 39–41
- [16] *Rovnaníková P., Teplý B.*: Obsah hydroxidu vápenatého v betonech se silikátovými příměsmi – důležitý faktor při posuzování životnosti betonových konstrukcí. Beton TKS 2/2009
- [17] The Eurocodes and the Construction Industry, Dokument CEN/TC 250, N 792, 2008

(učiněným jistě v součinnosti s projektantem) o požadované životnosti a spolehlivosti. Takový postup doposud není běžně využíván, i když může mít významné dopady ekonomické; v tomto smyslu jsou již napsány také novější dokumenty [4] a [5].

Obecně lze učinit závěr, že požadavky na beton jsou nyní mnohem náročnější než před relativně krátkou dobou, a že nároky na trvanlivost jsou obvykle hůře splnitelné, než nároky na pevnost. Tato okolnost také není doposud vhodně reflektována ve všech normách; svědčí o tom např. nedávno uveřejněné volání komise CEN TC 250 [17] po výrazném zlepšení evropských norem a jejich lepší kompatibilitě. V pěti prioritních tématech

výzkumu tam je zahrnuta také potřeba dalšího vývoje **metod analýzy životnosti**.

Tento příspěvek byl vypracován v rámci činnosti centra CIDEAS – projekt 1M0579 (MŠMT ČR) a částečně v rámci prací na řešení projektu 103/08/1677 uděleného Grantovou agenturou České republiky.

Text článku byl posouzen odborným lektorem.

*Prof. Ing. Břetislav Teplý, CSc. FEng,
Stavební fakulta VUT v Brně
Žižkova 17, 602 00 Brno
tel.: 541 147 642, fax: 541 147 667
e-mail: teply.b@fce.vutbr.cz*