

JAK (NE)PRACOVAT S BETONEM

TÉMA 2 – SPECIFIKACE TYPOVÉHO BETONU

Vladimír Veselý

V minulém čísle jsme zahájili rubriku, která nahlíží na beton jako na stavební materiál, který získává svoje charakteristické vlastnosti předpokládané a následně i skutečné v celém procesu výstavby od projektu až po uvedení stavby do provozu. Prvním tématem bylo stanovení parametrů, dnešní druhá část je věnována specifikaci typového betonu.

Specifikace betonu je stěžejní pro komunikaci mezi všemi subjekty v procesu výstavby. Přirovnal bych ji ke společnému jazyku, tzv. „úřední řeči“, která by měla sloužit k vzájemnému pochopení zúčastněných od projektanta, přes zhotovitele konstrukce, dodavatele betonu až po stavební dozor. ČSN EN 206 [1] v úvodu jasně popisuje proces specifikace: „V praxi může být několik různých účastníků procesu, spe-

cifikujících požadavky při různých etapách návrhu a provádění, například zákazník, projektant, dodavatel, subdodavatel betonu. Každý z nich je odpovědný za průběžné schválení specifikovaných požadavků společně s případnými doplňujícími požadavky pro dalšího účastníka v řetězci procesu až k výrobcí. Ve smyslu této evropské normy je konečný souhrn požadavků znám jako „specifikace betonu“.

Výrobková norma ČSN EN 206 [1] (dále jen norma), příp. česká předběžná norma ČSN P 73 2400 [2] (dále jen česká předběžná norma) nám stanoví pro specifikaci typového betonu základní a doplňující požadavky. Základní požadavky pro typový beton musí být uvedeny ve specifikaci betonu vždy, doplňkové se uvádějí dle potřeby. Nejdříve se věnujeme požadavkům základním.

Mezi základní požadavky na typový beton patří: požadavek, aby beton

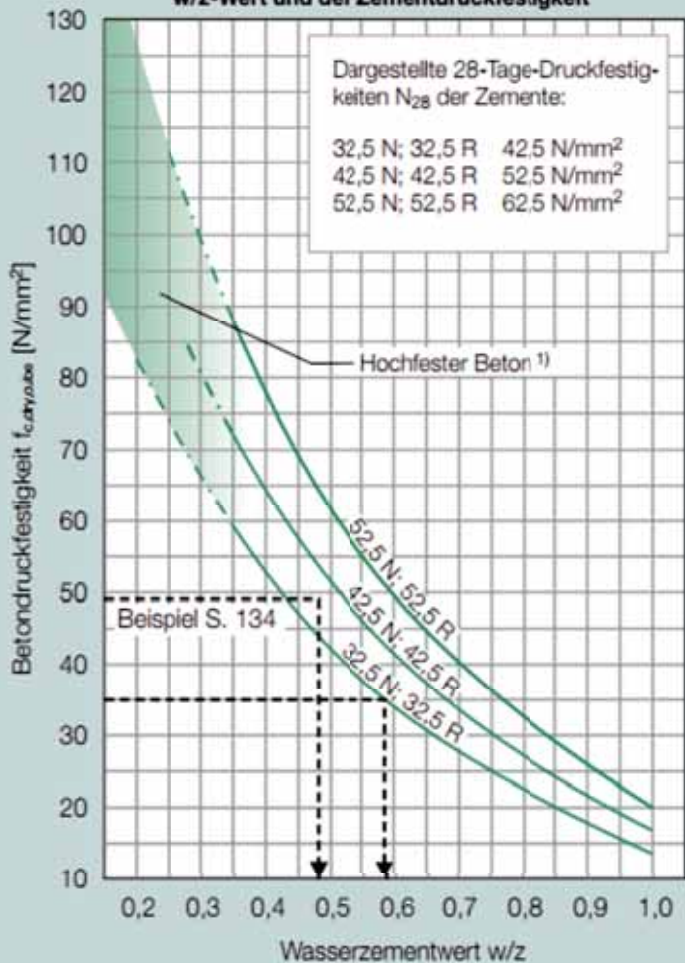
vyhovoval ČSN EN 206; třída pevnosti betonu v tlaku; stupeň vlivu prostředí, D_{upper} a D_{lower} ; stupeň obsahu chloridů; stupeň nebo určená hodnota konzistence. Pro lehký beton navíc třída nebo určená hodnota objemové hmotnosti a pro těžký beton určená objemová hmotnost.

POŽADAVEK, ABY BETON VYHOVOVAL ČSN EN 206

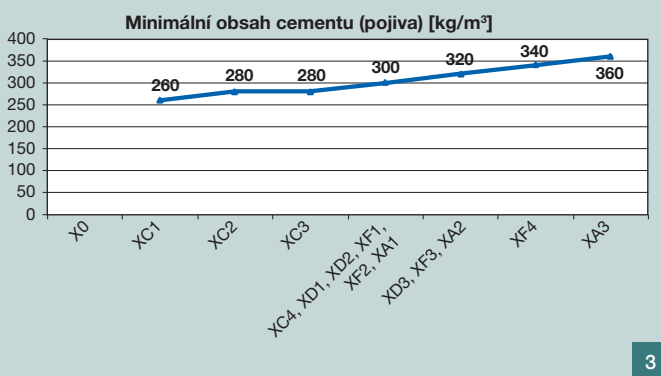
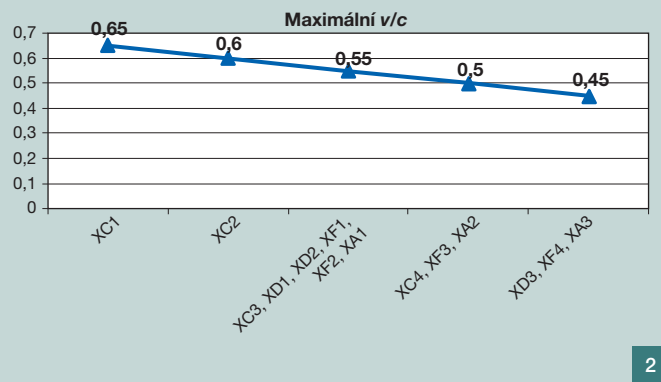
Tento údaj je důležitý, protože je na něj navázána řada technických parametrů, kritérií a postupů, včetně hodnocení shody, neuváděných ve specifikaci. Z platného dokumentu se tímto stává dokument závazný pro všechny účastníky procesu výstavby.

V ČR může být tento požadavek doplněn o českou předběžnou normu [2] uvádějící další podrobnější kritéria, dříve uvedená ve změnách 3 a 4 ČSN EN 206-1. V ČR tak existuje kuriózní

Abbildung 9.2.a: Betondruckfestigkeit $f_{c,dry,cube}$ in Abhängigkeit vom w/z-Wert und der Zementdruckfestigkeit



1



Obr. 1 Krychelná pevnost betonu v závislosti na hodnotě vodního součinitele v/c a pevnostní třídě cementu [3]

Obr. 2 Maximální vodní součinitel pro jednotlivé stupně vlivu prostředí

Obr. 3 Minimální obsah cementu (pojiva) pro jednotlivé stupně vlivu prostředí

Obr. 4 Schéma rozhodovacího procesu volby stupně vlivu prostředí

Pozn.: Pokud je zjištěno více vlivů, je třeba je specifikovat všechny. Při návrhu složení betonu se pak bere v úvahu vždy nejprůběžnější kritérium v/c, obsah cementu, obsah vzduchu či další.

ní situace, jakési „dvojnórmí“, buď je beton dle evropského standardu, nebo dle evropského standardu a české normy (ta nemůže fungovat samostatně). V okolních státech, např. v SRN nebo Rakousku, existuje vždy jediný dokument.

Vzhledem k tomu, že investor pracující s penězi daňových poplatníků má zpravidla zaveden systém řízení kvality, do kterého spadají i požadavky na beton, je otázkou, jak tyto požadavky vtělit do specifikace. Cesta je jednoduchá prostřednictvím institutu doplňujících požadavků. Poté, co specifikátor vytvoří zákládni specifikaci typového betonu, připiše za ni prostě jako doplňující požadavek odkaz na platný dokument toho kterého státního investora, např. „beton musí splňovat požadavky TKP Kapitola 18 Betonové konstrukce a mosty, vydalo MD, Praha 2016“. V takovýchto dokumentech je vždy a priori uveden požadavek, aby beton vyhovoval ČSN EN 206 a ČSN P 73 2404 a vyrábění různých STO a certifikátů je z logiky věci prací nadbytečné.

TŘÍDA PEVNOSTI BETONU V TLAKU

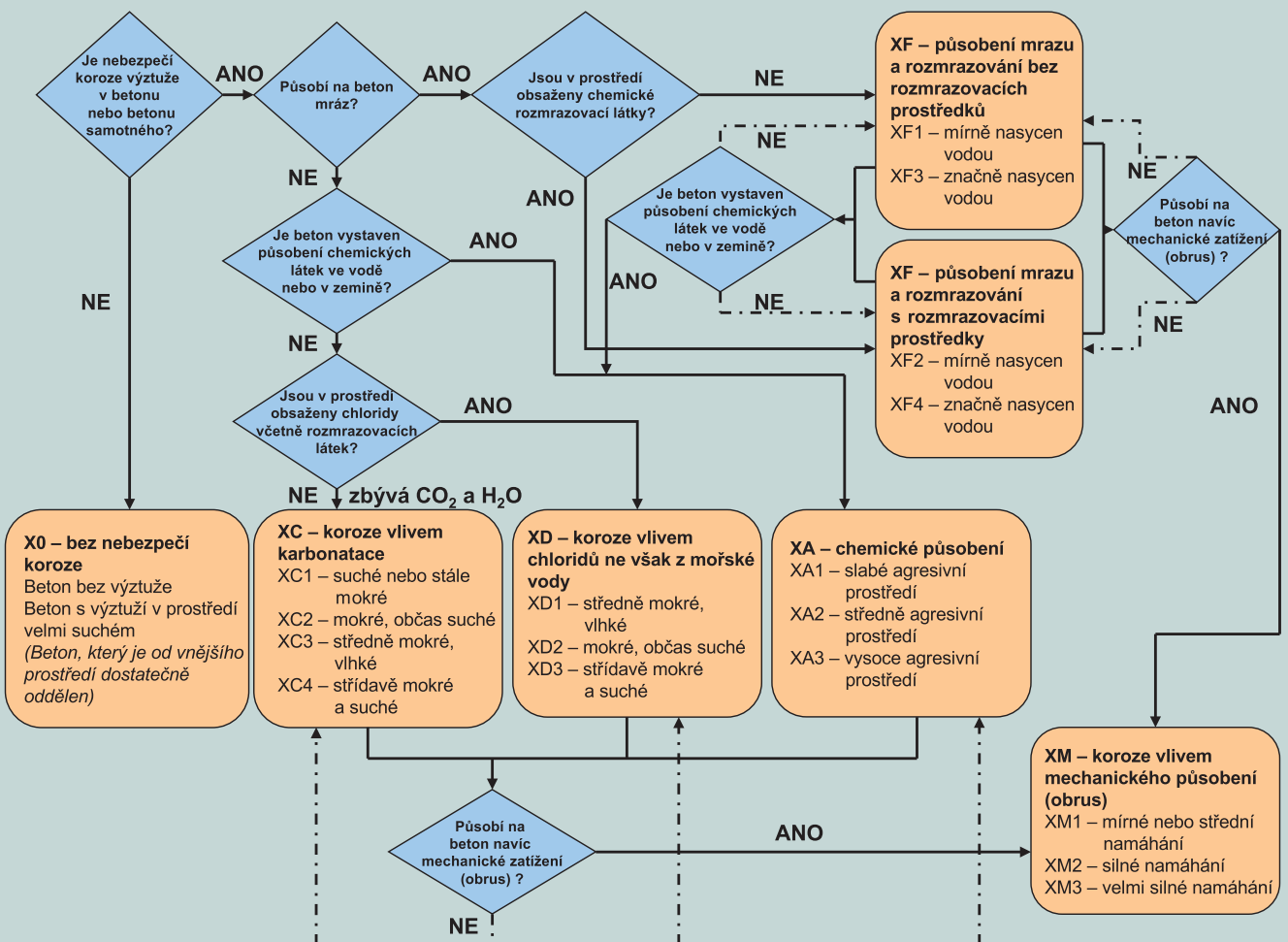
Třída pevnosti betonu v tlaku je prvním technickým parametrem ve specifikaci typového betonu. Vychází to ze skutečnosti, že bývá také první k dispozici po zpracování statického výpočtu. Ještě před definitivním rozhodnutím o pevnostní třídě je však dobré stanovit i další požadavek – vlivy prostředí, v kterém se beton bude v provozu nacházet.

Tabulka F.1 v normě či v české předběžné normě přiřazuje k jednotlivým stupňům vlivu prostředí tzv. minimální pevnostní třídu betonu. Tato minimální pevnostní třída betonu byla stanovena za předpokladu použití cementu pevnostní třídy 32,5 (příloha F, odstavec (4) normy [1]). Zároveň je dle přílohy F, odstavec (5) normy [1] nutné vždy dodržet maximální vodní součinitel a minimální obsah cementu. Odvodíme-li pevnost betonu např. na základě empirických obecně uznávaných Walzových křivek závislosti konečné pevnosti betonu na hodnotě

vodního součinitele a pevnostní třídě cementu (obr. 1) ukazuje to na skutečnost, že minimální pevnostní třída je dosažena vždy. Výjimku mohou tvořit provzdušněné betony, u kterých se předpokládá snížení pevnosti betonu vlivem provzdušnění a to zhruba tak, že 1% provzdušnění sníží pevnost o cca 3 %.

V normě [1] je uvedeno, že pevnost betonu může být stanovena doplňkově. Z předchozího textu lze vyvodit závěr, že by pevnost betonu měla být specifikována dle Tabulky F.1 normy, maximálně u provzdušněných betonů snížena o pokles vlivem provzdušnění, nebo stanovena vyšší než v Tabulce F.1, pokud tak vyžaduje statický výpočet. To reflektuje základní filozofii normy, že beton má splňovat v první řadě požadavky na trvanlivost pro zamýšlené použití ve specifikovaném prostředí. Pevnost betonu potřebná pro statickou funkci konstrukce je až sekundární a neměla by být nižší než pevnost odvozená z požadavku na trvanlivost.

4



STUPEŇ VLIVU PROSTŘEDÍ

Stupeň vlivu prostředí (s.v.p.) je celkem jednoduše možno volit pomocí Tabulky 1 normy [1] doplněné v české předběžné normě [2] o vliv působení pohyblivým mechanickým zatížením (obrusem). V tabulkách je vždy uveden popis a informativní příklady. Pokud si specifikátor není jist jednoznačnou volbou, může použít do specifikace i několik stupňů. Z koncepce požadavků na maximální vodní součinitel a minimální obsah cementu (pojiva) je patrné, že požadavky se zpřísňují s formou a s intenzitou konkrétního vlivu prostředí. Nejmenší přísné jsou požadavky na beton, pokud na něj prostředí nepůsobí nebo jde-li o beton nevyztužený – s.v.p. X0. Následuje působení vzdušného CO₂ v kombinaci s vlhkostí či vodou – s.v.p. XC1-XC4, působení chloridů – s.v.p. XD1-XD3, působení mrazu a případně rozmrazovacích prostředků XF1-XF4 a nej přísnější požadavky na beton jsou v případě působení chemických látek obsažených v rostlé zemině či v podzemní vodě. Jak se zvyšují požadavky na maximální v/c a minimální obsah cementu pro jednotlivé stupně vlivu prostředí je uvedeno na obr. 2 a 3.

Prakticky to znamená uplatnění logického principu, že odolnost betonu proti vlivu prostředí stoupá zejména s klesající pórozitou tohoto materiálu a s obsahem Ca(OH)₂. Zároveň je eliminována případná chyba opomenutí některého stupně vlivu prostředí s méně přísnými požadavky, neboť přísněji definovaný s.v.p. zároveň splňuje všechny požadavky na stupně méně „přísné“.

Autor článku používá při volbě stupně vlivu prostředí pomůcku ve formě schematického rozhodovacího procesu (obr. 4).

VELIKOST ZRNA KAMENIVA

V kapitole 6.2.2 specifikace typového betonu normy [1] je uvedeno, že specifikace má obsahovat údaje D_{upper} , což je nejmenší velikost horního síta pro nejhrubší frakci kameniva betonu přípustná podle specifikace betonu, a D_{lower} , což je největší velikost horního síta pro nejhrubší frakci kameniva betonu přípustná podle specifikace betonu. To vypadá dost komplikovaně. Je to však poměrně jednoduché, neboť jde o meze použité frakce kameniva. Např. 16/22 nebo 11/22. Z praxe a dle předchozí verze betonářské normy je zvyklostí uvádět pouze hodnotu maximální jmenovité horní meze frakce kameniva použité v betonu D_{max} . To je i v soula-

du s označováním typového betonu dle kapitoly 11 normy [1].

Jak určit D_{max} není předmětem normy betonářské [1] ani normy na provádění betonových konstrukcí ČSN EN 13670, princip je uveden v normě ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby [4], konkrétně v kapitole 8.2 Vzdálenost prutů. Podle této kapitoly musí být světlá vzdálenost prutů (vodorovná i svislá) taková, aby beton mohl být řádně uložen a ztuhnut tak, aby byla dosažena odpovídající soudržnost výztuže s betonem. Platí, že tato vzdálenost musí být větší hodnotou ze tří kritérií:

- $k_1 \times$ průměr výztužného prutu ($k_1 = 1$, v ČR je doporučeno $k_1 = 1,2$),
- rozměr největšího zrna kameniva + 5 mm,
- 20 mm.

Po zpracování výkresu výztuže betonové konstrukce by měl autor dokumentace tato kritéria posoudit a uvést v dokumentaci specifikaci D_{max} . Z uvedeného vyplývá, že v případě minimální světlé vzdálenosti výztužných prutů 20 mm by se mělo použít pro betonáž kamenivo $D_{max} = 8$ mm (20 mm – 5 mm = 15 mm a nejbližší používaná frakce má horní rozměr zrna 8 mm).

Autor pro stanovení D_{max} používá tab. 1, přičemž je uvažována hodnota $k_1 = 1,2$.

Dalším kritériem pro stanovení D_{max} je bezesporu tvar konstrukce a složitost detailů. Obecně platí, že čím složitější tvar a detaily bednění, tím by se mělo zvažovat snížení hodnoty D_{max} . Pro toto hledisko nejsou k dispozici striktní předpisy či návody a je třeba se spoléhat na zkušenost pracovníků, zejména zhotovitele konstrukce.

STUPEŇ OBSAHU CHLORIDŮ

Stupeň obsahu chloridů se stanovuje jednoduše dle Tabulky 15 normy [1], příp. české předběžné normy [2]. V podstatě je to procento hmotnosti celkového obsahu chloridových iontů k celkové hmotnosti cementu, příp. cementu a obsahu příměsí započitatelného do hodnoty v/c. Maximální obsah je závislý na použití betonu. Výběr kategorie obsahu chloridů není složitý, platí následující hodnoty kategorií obsahu chloridu v betonu:

- Cl 1,0
– prostý beton bez výztužných vložek (závěsy z nerezové výztuže jsou přípustné),

Tab. 1 Minimální světlá vzdálenost výztuže dle Eurokódu 2

| Jmenovitý průměr výztužného prutu d_g [mm] | Minimální světlá vzdálenost výztuže pro D_{max} [mm] | | | |
|--|--|------|------|------|
| | 8 | 16 | 22 | 32 |
| 4 až 12 | 20 | 21 | 27 | 38 |
| 14 | 20 | 21 | 27 | 38 |
| 16 | 20 | 21 | 27 | 38 |
| 18 | 21,6 | 21,6 | 27 | 38 |
| 20 | 24 | 24 | 27 | 38 |
| 22 | 26,4 | 26,4 | 27 | 38 |
| 25 | 30 | 30 | 30 | 38 |
| 28 | 33,6 | 33,6 | 33,6 | 38 |
| 30 | 36 | 36 | 36 | 38 |
| 32 | 38,4 | 38,4 | 38,4 | 38,4 |
| 36 | 43,2 | 43,2 | 43,2 | 43,2 |
| 40 | 48 | 48 | 48 | 48 |

- Cl 0,4, resp. Cl 0,2
– beton s ocelovou výztuží nebo jinými kovovými vložkami,
- Cl 0,2, resp. Cl 0,1
– beton s předpjatou ocelovou výztuží v přímém kontaktu s betonem.

V ČR se prakticky hodnoty obsahu chloridů stanovují výpočtem na základě deklarovaných maximálních hodnot v jednotlivých vstupních materiálech.

KONZISTENCE

Konzistence betonu, jako poslední základní požadavek ve specifikaci typového betonu, se stanovuje předepsanou třídou dle tabulek v normě [1]:

- pro běžný beton se používá:
 - Tabulka 3 – Klasifikace konzistence podle sednutí kužele S1–S5,
 - Tabulka 4 – Klasifikace konzistence podle ztuhitelnosti C0–C4,
 - Tabulka 5 – Klasifikace konzistence podle rozlité F1–F6,
- pro samoztuhitelný beton:
 - Tabulka 6 – Klasifikace konzistence podle sednutí-rozlité SF1–SF3.

Dále lze stanovit konzistenci pomocí určené hodnoty. V obou případech je třeba mít na paměti, že jak tabulkové, tak i stanovené hodnoty konzistence se mohou při prokazování shody (konkrétní zkoušce) pohybovat v tolerančních pásmech uvedených v normě [1] v kapitole 8.3.3.3.

Při stanovení konzistence je třeba vzít v úvahu řadu skutečností spojených především s vyztužením, tvarem a zvoleným způsobem zhotovení konkrétní betonové konstrukce. Zejména jde o:

- množství výztuže, tvar a polohu výztužných vložek,
- tvar bednění, složitost detailů,
- rozměry bednění a předpokládaná rychlost betonáže,
- způsob ukládání betonu (z mixu, čerpadlem, z bádíe).

V případě stanovení konzistence platí, že je třeba její původní hodnotu, stanovenou např. v prováděcí dokumentaci, podrobovat kontrole a diskuzi v průběhu navazujících činností a definitivně její hodnotu stanovit před zahájením betonáže smlouvou mezi dodavatelem betonu a zhotovitelem konstrukce. Dále je třeba mít na paměti, že pokud zhotovitel konstrukce nakupuje od výrobce beton a následně do něj přidává nějakou další složku (vlákna, přísady, pigmenty apod.), dojde vždy ke změně specifikované konzistence, zpravidla snížením původně zamýšlené hodnoty. Zásadním důsledkem přidání jakékoliv složky do betonu bez souhlasu (podpisu) technologa výrobce betonu je přenesení odpovědnosti za dosažení potřebných vlastností zcela na osobu, která recepturu mění.

Stejně jako pro D_{max} platí pro konzistenci, že neexistují předpisy pro její stanovení a je třeba spoléhat na zkušenost pracovníků zejména zhotovitele konstrukce. Při složitějších betonážích či při dodatečném přidávání dal-

ších složek do čerstvého betonu je vhodné si specifikovanou konzistenci ověřit např. betonáží modelů či zkušebních ploch.

ZÁVĚR

Závěrem lze konstatovat, že ve fázi specifikace typového betonu jsou pro výslednou kvalitu betonové konstrukce největším rizikem:

- opomenutí uvést kromě normy [1] i další předpisy, stanovující další požadavky na beton pro zamýšlené použití,
- stanovení odlišných, zpravidla nižších pevností betonu, než je předpokládána minimální pevnost pro zajištění trvanlivosti betonu,
- opomenutí některého stupně vlivu prostředí,
- použití s.v.p. XA3 pro prostředí, v kterém jsou překročeny mezní hodnoty koncentrací chemických látek dle normy [1] Tabulka 2 – Mezní hodnoty pro stupně chemického působení rostlé zeminy a podzemní vody,
- při stanovení D_{max} není přihlédnuto k tolerancím při ukládání výztuže,
- při kontrole uložení výztuže se kontroluje jen poloha, nikoliv světlá vzdálenost prutů jak v horizontálním, tak i ve vertikálním směru,
- stanovení požadavku na konzistenci bez uvážení všech podmínek pro provedení konstrukce, což může vést

Literatura:

- [1] ČSN EN 206. *Beton – Specifikace, vlastností, výroba a shoda*. Praha: ÚNMZ, červenec 2014.
- [2] ČSN P 73 2404. *Beton – Specifikace, vlastností, výroba a shoda – Doplnující informace*. Praha: ÚNMZ, leden 2016.
- [3] HEIDELBERGCEMENT. *Betontechnische Daten, Heidelbergcement, 2011* [online]. Příručka. Heidelberg: Heidelbergcement, 2011. Dostupné z: www.heidelbergcement.de
- [4] ČSN EN 1992-1-1. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: ČNI, 2006.

k neodborným zásahům do konzistence během betonáže.

Vhodná pomůcka pro specifikaci typového betonu je dostupná na webových stránkách www.ebeton.cz.

Příště bude rubrika věnována specifikaci betonu předepsaného složení a doplňujícím požadavkům.

Ing. Vladimír Veselý
Betotech, s. r. o.
e-mail: vladimir.vesely@betotech.cz



TECHNICKÁ SPECIFIKACE BETONU NA WEBU EBETON

Beton je dnes kompozitním materiálem, směsí, jež je laděná na každé betonárně. „Béčkové“ betony jsou snad už definitivně za námi a s tím i popis betonu jedním číslem. Pro popis čerstvého betonu je třeba zadat požadavky na určité parametry tohoto materiálu, tj. vytvořit technickou specifikaci betonu.

Na webu EBETON v sekci specifikace <http://www.ebeton.cz/specifikace> naleznete formulář, který Vám umožní správně provést specifikaci betonu podle ČSN EN 206, ČSN P 73 2404 a TP 05 ČBS. Po zadání požadovaných parametrů se v aplikaci automaticky vyplní povinné požadavky dle těchto norem, určí se minimální pevnostní třída z hlediska trvanlivosti a příp. je vznesen dotaz na doplnění dalších požadavků dle ČSN EN 206 pro daný stupeň vlivu prostředí. Do formuláře nelze zadat protichůdné, těžko splnitelné požadavky.

Je třeba poznamenat, že použití betonu je různorodé a správnou specifikaci betonu by měl provádět pouze odborník po zohlednění všech aspektů konkrétního případu.

Milan Senko
SVB ČR