



# VYSOKOHODNOTNÉ BETONY – ÚVOD A POZNÁMKY K MOŽNOSTEM JEJICH APLIKACE | HIGH PERFORMANCE CONCRETE – INTRODUCTION AND COMMENTS ON POSSIBILITIES OF ITS APPLICATION

JAN L. VÍTEK

V českých zemích se **betonové stavitelství** úspěšně rozvíjí od doby vzniku betonových konstrukcí. Vznikaly pozemní betonové konstrukce, průmyslové stavby i mosty. Již v roce 1921 byl založen Kloknerův ústav, kde se prováděla řada zkoušek a výzkumů v oblasti betonových konstrukcí. Obloukový most přes Vltavu u Podolska stavěný počátkem války má dodnes největší rozpětí betonového oblouku u nás a patří stále k vrcholům našeho betonového stavitelství, **obr. 1**.

**Předpjatý beton** byl u nás hned od počátku svého vývoje v popředí zájmu. Mezi první konstrukce patří most přes Labe v Pardubicích z 50. let nebo mosty přes Vltavu u Zvíkova, které se staly prvními velkými mosty stavěnými pomocí letmé betonáže. Už počátkem 60. let 20. století byly u nás vyráběny betony o pevnosti 60 MPa i více. V evropském i světovém měřítku byly tyto konstrukce na vysoké technické úrovni.

Rovněž **prefabrikace** v bývalém Československu může prokázat značné úspěchy. Kromě rozsáhlé panelové, zejména bytové, výstavby se vyráběly prefabrikované prvky pro průmyslové haly, mostní nosníky ad. Jejich kvalita byla též ve všech dobách srovnatelná s kvalitou výrobků ve vyspělých evropských státech. Od konce 90. let se u nás rozšířil samozhutnitelný beton a to mnohem rychleji než v některých vyspělých státech. Vývoj betonu a betonových konstrukcí je u nás úspěšný, a je proto nutné navazovat na tradici trvající již více než 100 let.

Rozvoj technologie betonu a neustálé zvyšování jeho užitečných parametrů a v poslední době vývoj **betonů velmi vysoké pevnosti** vedly k rozhodnutí vydat speciální číslo časopisu věnované právě tomuto vývoji. Doby, kdy beton byl pouze jednoduchou směsí kameniva cementu a vody, již dávno uplynuly a z betonu se stává sofistikovaný materiál s vlastnostmi definovanými mechanickými nebo jinými parametry (např. odolnost, trvanlivost apod.).

Přestože nelze prokázat zcela přímou závislost mezi pevností a odolností betonu, je patrný nárůst betonů vyšších pevnostních tříd v posledních letech, **obr. 2**, [1]. Zatímco ve sledovaném období let 2004 až 2011 výrazně klesl objem betonu velmi nízké pevnosti (<C16/20), nižší třídy (C16/20 a C20/25) se vyrábějí stále ve stejném podílu. Na druhé stra-

ně je vidět vysoký **nárůst výroby betonu vyšších pevností** ( $\geq$  C35/45) z 10 na 15 %, tj. o 50 %, a nárůst výroby u tříd C25/30 a C30/37 z 29 na 34 %, tj. o 17 %. Celé spektrum vyráběných tříd se tedy posunulo směrem k vyšším pevnostem. Tento trend nebude pokračovat věčně, protože ani není taková poptávka, ale patrně se horní hranice pevnosti bude dále posouvat, ovšem v omezeném rozsahu.

Betony s vysokou pevností mají své opodstatnění pouze u malého podílu konstrukcí z technických, ale též ekonomických důvodů. Na druhé straně však i malé množství konstrukcí s vysokými kvalitativními parametry ukazuje schopnosti českého betonářského stavitelství a vyváří pověst našeho stavebnictví v zahraničí.

Význam betonu pro stavebnictví je podtržen jeho nesmírným rozšířením. Je **nejpoužívanějším** stavebním materiálem bez ohledu na geografickou polohu nebo klimatické podmínky. Nové trendy se šíří po celém světě a modifikují se podle lokálních podmínek. Až na výjimky není možné betony transportovat na větší vzdálenosti, proto je nutné v každé zemi ověřovat to, co v jiné zemi již úspěšně funguje.

Typickým příkladem byl vývoj samozhutnitelného betonu v 90. letech nebo dnes vývoj betonů s velmi vysokou pevností. Přestože je možné získat receptury již fungujících betonů z jiných zemí, jsou u nás obvykle nepoužitelné. Jiné vlastnosti zejména cementu a kameniva vyžadují, aby se **složení našich speciálních betonů** odladilo zcela od začátku. Proto je nezbytné, aby vývoj nových betonů probíhal u nás s využitím zahraničních zkušeností, avšak na základě materiálů, které jsou u nás k dispozici a je možné je ekonomicky využít. Je však nutné připomenout, že pevnost materiálu není jediným parametrem, který je nutno sledovat. Betonové konstrukce se potýkají s problémy **životnosti a trvanlivosti**, kde kvalita betonu hraje významnou roli. Proto se tato skupina kritérií stala hlavním parametrem návrhu betonu ve smyslu evropské normy **EN 206-1**, jejíž ustanovení se promítají do návrhových norem a dalších předpisů, i např. do **Model Code fib 2010** [2], který v současné době představuje nejnovější soubor názorů a doporučení pro navrhování betonových konstrukcí. (Je však nutné připomenout, že poruchy



Obr. 1

konstrukcí omezující jejich trvanlivost, jsou často zapříčiněny nevhodným konstrukčním řešením a nikoli pouze nižší kvalitou betonu jako materiálu.) Proto v tomto výtisku najdete též články o betonech s vlákny, betonech lehkých, těžkých nebo i stříkaných. To jen dokazuje, že pod slovem **vysocehodnotný beton** (HPC = High Performance Concrete) se rozumí beton, který se vyznačuje nějakou mimořádnou vlastností, která jej odlišuje od tzv. betonu běžného.

Zavádění vysocehodnotných betonů do praxe naráží na řadu problémů. Kromě technických (tj. dosažení požadovaných vlastností materiálů) vzniká problém **legislativní**, tj. existence kritérií, pomocí kterých je možné nové materiály ověřit a připustit pro aplikaci v praxi. S tím souvisí i ověřování jejich vlastností zkušebními postupy, které též musejí být schváleny a veřejně uznány.

Např. evropské normy připouštějí použití betonů do pevnostní třídy C90/105. Pro vyšší třídy nejsou definována **normová pravidla** a je obtížné betony vyšších tříd používat pro konstrukce. Model Code 2010 jde dále a připouští třídy až do pevnosti C120/140. Problém však může nastat v tom, že tento dokument není normou, ale pouze **světově uznávaným doporučením**.

Betony ještě vyšších pevností nemají žádný předpis s širší platností. Proto např. v Německu bude vydáno doporučení pro betony označované UHPC (ultra high performance concrete) v publikaci vydavatelství Ernst & Sohn Betonkalender 2013. Takový dokument lze považovat za vysoce seriózní a využitelný i pro aplikace u nás, avšak nemá platnost normy, a proto bude záviset na **smluvních vztazích** mezi účastníky výstavby, zda jej bude možné použít ve vybraných případech i u nás.

Podobná situace platí dnes i pro betony s rozptýlenou výztuží, zejména drátkobetony, které též nemají normové předpisy a jejich aplikace je závislá na jednotlivých dohodách účastníků výstavby. Ukazuje se, že absence návrhových podkladů se může stát **brzdou vývoje** a rozšíření betonů, které se odlišují od standardu, což se týká zejména betonů typu HPC a UHPC. Jak již bylo zmíněno, otázka trvanlivosti a odolnosti betonu proti účinkům prostředí (zejména proti CHRL a zmrazovacím

cyklům) je jedna z hlavních, která ovlivňuje, jak budou konstrukce fungovat. To se týká i betonů běžných tříd. **Zkušební metody**, které se používají, nedávají vždy zcela jednoznačné a věrohodné výsledky. Pak na jedné straně může nastat situace, že se do konstrukce dostane beton ve skutečnosti nesplňující stanovené požadavky, nebo v opačném případě se řada použitelných betonů vyloučí [3]. V této oblasti jsou patrně značné rezervy a bylo by třeba najít opravdu objektivní způsoby ověřování odolnosti a trvanlivosti betonů.

Spektrum betonů se specifickými vlastnostmi se neustále rozšiřuje a patrně dále rozšiřovat bude. Zatímco v minulosti měl beton jednoduché složení, bylo možné vysledovat vzájemné závislosti jednotlivých mechanických parametrů, např. modul pružnosti počítat v závislosti na pevnosti betonu, u nových druhů betonu již taková jednoduchá pravidla přestávají platit a bude třeba řadu **vlastností dokládat výsledky zkoušek**. Proto bude patrně nutné stanovit v budoucnu postupy, jak definovat a odzkoušet jednotlivé vlastnosti, aby výsledný beton odpovídal požadavkům projektu pro navrhovanou konstrukci a tomu přizpůsobit i legislativní podklady.

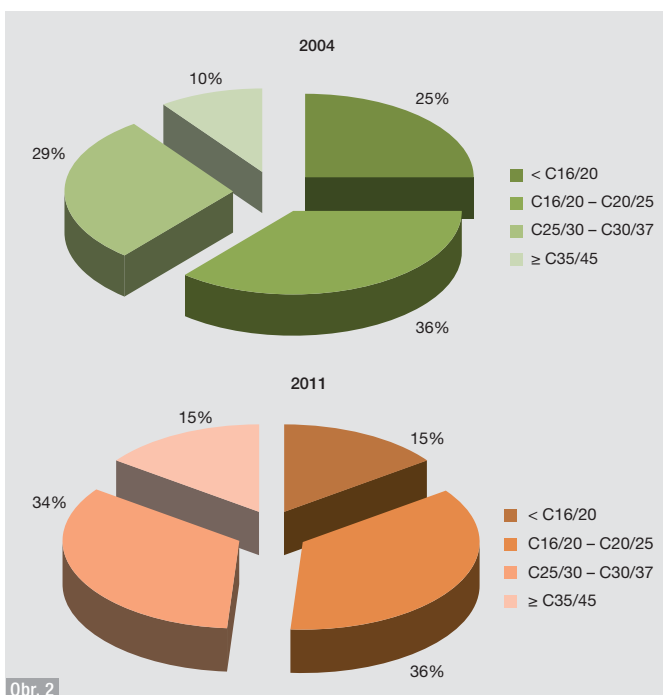
Mnohdy vzniká námitka zejména ze strany investorů, že vysocehodnotný beton je příliš drahý. Obvykle se tím myslí, že **cena materiálu** je vyšší než u standardního betonu. Vyšší cena materiálu však nemusí znamenat vyšší cenu betonové konstrukce. Pokud je použit beton s vyšší pevností, lze nalézt obvykle úspory v množství materiálu, tím dojde k snížení hmotnosti konstrukce a následným **úsporám** v dimenzích podporujících konstrukcí, ale zároveň k nepřímým úsporám, např. při dopravě materiálu apod. Pak může nastat situace, že i při vyšší ceně základního materiálu jsou počáteční náklady stavby nižší proti srovnatelnému návrhu s méně hodnotným betonem. Na takové zjištění někteří investoři již slyší a použití dražšího materiálu připustí (např. zvýšení kvality betonu na mostě přes Oparenské údolí na D8, **obr. 3**).

V případě, že beton je trvanlivější, úspora se na počátečních nákladech patrně neprojeví, ale projeví se během životnosti stavby na **nákladech na opravy**, popř. **údržbu**. V takových případech se již příznivý efekt vyšší kvality materiálu obtížně-

ji prokazuje. Zejména nepříznivé je limitování objemu změn u projektů podporovaných evropskými fondy. Taková opatření přímo omezují pokrok a optimalizaci konstrukcí včetně aplikace pokrokových materiálů.

V současné době se sleduje tzv. **trvale udržitelný rozvoj**. Tzn., činnosti prováděné v současnosti by neměly nadměrně zatěžovat budoucí generace. S tím úzce souvisí i kvalita betonových konstrukcí a vyhodnocování jejich nákladů. Pokud konstrukce budou kvalitnější (a pravděpodobně i dražší), budou následující generace méně zatěžovány náklady na údržbu jednotlivých objektů, tedy budou lépe splněny požadavky na udržitelný rozvoj. Tomu přispívá právě rozvoj vysokohodnotných betonů, jak je popisován v následujících článcích.

V některých případech je však třeba připustit vyšší počáteční náklady na konstrukce, protože **celkové náklady za celou dobu její životnosti** (Life Cycle Costs – LCC) budou menší. To je bohužel v zásadním rozporu se současnou praxí většiny investorů. Sledování nejnižší pořizovací ceny v dodavatelské



Obr. 2

soutěži vede ke složitým situacím, často ke snížení kvality konstrukcí, nebo naopak ke konečné ceně vyšší než byla výsledná soutěžní cena. Tato praxe je běžná nejen u nás, ale i ve vyspělých státech světa, a tam možná ještě ve větší míře. K ještě závažnějším důsledkům vede vyhodnocování soutěží na projekty s **kritériem nejnižší ceny**. Místo zkušených projektantů získávají zakázky nejlevnější a méně zkušené kanceláře, které často ani nemají schopnost navrhnout technicky správnou a ekonomickou konstrukci. Pak se i dodavatelé dostávají do problematických situací a konstrukce nejsou zdaleka levné ani nespĺňují požadované uživatelské parametry. Právě při odpovědném projektování a správné volbě základní koncepce stavby lze dosáhnout největších ekonomických přínosů.

Právě ve fázi projektu vzniká prostor pro návrh konstrukcí využívajících vysokohodnotné materiály, v našem případě betony. V návrhu lze zvážit jejich přínosy a využít možné technické i ekonomické rezervy. Proto je nezbytná **spolupráce** projektční



Obr. 3

a dodavatelské sféry, aby bylo možné vysokohodnotné materiály prosazovat do konstrukcí i v době, kdy ještě není dopracována kompletní legislativa. Nutnou podporou pak je **výzkumná činnost** a vývoj zkušebních metod, zejména ve spolupráci s výzkumnými institucemi, např. s vysokými školami.

I přes možná výše uvedená omezení se vysokohodnotné betony postupně začínají používat pro výstavbu nejrůznějších konstrukcí. Následující články ilustrují vývoj jak u nás, tak v zahraničí. Ukazuje se stará tradice, že nejprve se nové materiály aplikují a teprve následně vznikají legislativní předpisy. Asi to tak zůstane i v budoucnosti. Úsilí vynaložené na prosazení prvních aplikací se však stále zvyšuje. Je proto třeba hledat cesty, jak zejména administrativní překážky omezit a vynakládat úsilí spíše na technické řešení problematiky výroby a aplikace nových materiálů.

Prof. Ing. Jan L. Vítek, CSc.

Metrostav, a. s., Koželužská 2246, 180 00 Praha 8

e-mail: vitek@metrostav.cz, www.metrostav.cz

Úvodní fotografie Torben Eskord, CF Moller Architects | Introduction photo of Torben Eskord, CF Moller Architects

#### Literatura:

- [1] Oficiální statistiky ERMCO (European Ready Mixed Concrete Organization) 2001–2011
- [2] Model Code 2010, Final draft, Vol1, 2, fib Bulletin č. 65, 66, fib, Lausanne 2012
- [3] Coufal R.: Trvanlivost betonu pro dopravní stavby, Doktorská dizertační práce, Stavební fakulta ČVUT, Praha 2011

Obr. 1 Obloukový most přes Vltavu s rozpětím oblouku 150 m (foto autor)

| Fig. 1 Arch bridge over the Vltava River with arch span 150 m (photo author)

Obr. 2 Výroba transportbetonu v ČR dle pevnostní třídy [1], v roce 2004 a v roce 2011

| Fig. 2 Readymix concrete production in the Czech Republic according to strength class [1], in the year 2004 and in the year 2011

Obr. 3 Výstavba mostu přes Oparenské údolí (foto autor) | Fig. 3 Construction of the bridge over the Oparno valley (photo author)