

## SAMOZHUTNITELNÝ BETON VE FRANCII

**YVES MALIER**

Článek prezentuje souhrn zkušeností s aplikacemi samozhutnitelného betonu z různých typů staveb ve Francii, jak je shromáždila École Française du Béton.

### VÝSLEDEK DVACETI LET VÝZKUMU A ZKOUŠENÍ NOVÝCH BETONŮ

V letech 1980 až 1990 prokázaly studie vysokohodnotných betonů škodlivé účinky přebytkové vody v betonu. Snížení množství této vody užitím deflokulačních (protisrážlivých) prostředků a úprava složení křivky zrnitosti kameniva přidáním velmi jemných frakcí zaznamenalo významný zisk v pevnosti a trvanlivosti betonu při současném zlepšení jeho zpracovatelnosti.



Obr. 1 Centrum regionální správy v Luisant, 320 m<sup>3</sup> SCC, 2001

Obr. 2 Interní střední škola v Nevers, stěny výšky 8,3 a 6,4 m, délky 23 m a tloušťky 100 mm, 870 m<sup>3</sup> self-leveling RMC, 2002



V současné době přináší samozhutnitelný beton, patřící právem mezi vysokohodnotné betony, takové změny v možnostech, které představují opravdovou revoluci. Studie materiálu již není řízena prostým příkazem zlepšení pevnosti a trvanlivosti. Tyto vlastnosti už jsou udržovány na stejných či dokonce vyšších úrovních než u obyčejného betonu. Prioritou samozhutnitelného betonu je dobrá zpracovatelnost bez potřeby vibrace. Daná charakteristika bude mít dopad především na konstrukční řád, snižování provozních nákladů, kvalitu betonu, snadnější umístění, snížení hluku a na zlepšení pracovních podmínek.

Celková optimalizace následků nabízí opravdovou výzvu, pokud jde o kvalitu betonových konstrukcí a efektivnost nákladů, výzvu, která se týká všech aktérů stavebního procesu: klientů, projektantů, stavebního dozoru, dělníků – živnostníků, průmyslových partnerů a betonářů.

V posledních letech dali mnozí účastníci stavebního procesu najevo velký zájem o práci se samozhutnitelným betonem a o jeho mnohostranné zkoumání. Výzkumy a projekty posledních pěti let zformulovaly definici samozhutnitelných betonů a způsobily, že některé typy betonů byly vyřazeny z konceptu. Byly totiž zředěny prostým přidáním vody, a proto neodpovídaly klasifikaci.

V současnosti mezi samozhutnitelné betony, někdy známé jako samonivelační, pokud jsou používány pro betonové plošné konstrukce, patří:

- vysoce tekuté betony
- kompletně homogenní betony
- betony položené bez otřesů nebo nárazů
- betony s odolností a trvanlivostí porovnatelnou s tradičními betony a velmi kvalitními betony.

Nutno poznamenat, že při prefabrikované výrobě betonu mohou být užívány velmi slabé otřesy, ale většina produktů ze samozhutnitelných betonů je vyráběna pomocí gravitace.

### PODMÍNKY VÝVOJE SAMOZHUTNITELNÉHO BETONU

#### Konsensus měřitelných kritérií

Stadia postupující od výzkumu samozhutnitelného betonu k vývoji a následně k jeho všeobecnému využití vyžado-

vala, aby byly objektivně vyřešeny veškeré aspekty týkající se specifikace.

Aby se mohl vzít alespoň jeden příklad charakterizace čerstvého betonu, musí být patrné přinejmenším tři všemi přijatá a potvrzená vlastnosti prostřednictvím jednoduchých testů:

- **mobilita v uzavřeném prostředí:** snadné proudění betonu ve velmi vysokých formách a v čerpacích hadicích;
- **mobilita v neuzavřeném prostředí:** snadné proudění betonu v obyčejných nebo vyztužených horizontálních deskách;
- **stabilita čerstvého betonu v klidu,** která je podmínkou nerozmišení ve fázích, které jsou předstupněm k tuhnutí a zatvrdnutí.

#### Zvýšení všeobecného povědomí o úspěšných výsledcích výzkumu

Další předpoklad následného rozvoje norem samozhutnitelného betonu pochází z tradice v oblasti stavebnictví. Je všeobecně známo, že penetrace inovací v tomto sektoru má pomalejší tendenci než v jiných hospodářských odvětvích. V důsledku toho je možno po více než tisíci projektech se samozhutnitelným betonem dospět k několika klíčovým závěrům.

- Prakticky všechny tyto projekty ukázaly, že až doposud byla **iniciativa při užití samozhutnitelného betonu ponechána na průmyslových podnicích, investorovi nebo na investorech spolu s dodavatelem betonu.** Využití tohoto betonu bylo zřídka plánováno v předpřípravné fázi stavebním inženýrem nebo architektem.

• „**Úspěšnost**“, co se týče kvality, stavebního harmonogramu, snížení hladiny hluku a bezpečnosti na stavbě, byla nepochybně mnohem větší ve srovnání s příkladem tisíce podobných staveb, kde byl použit obyčejný beton.

- **Selhání stavebních inženýrů ve specifikaci samozhutnitelného betonu** bylo výsledkem jeho relativního odsouzení na okraj při betonáži, což bylo politováníhodné, oproti jeho optimalizovanému používání. Pokud jeho užití nebude již zpočátku stanoveno předpisem, celkovým přístupem k stavebnímu procesu, který by vyžadoval tento revoluční materiál, bude využito jen málo výhod

týkajících se procesu pokládání betonu, i těch, kterým by snadno rozuměl investor.

Ostatní výhody (kratší časový harmonogram, méně hluku nebo vylepšení povrchových úprav atd.), které by lépe rozpoznal a začlenil do projektu stavební inženýr, by při stavbě jistě mohl uznat za rozhodující také klient.

Na druhé straně je poučné a povzbudivé vidět, jak rychle architekti, stavební inženýři i klienti mění svůj názor po první zkušenosti se samozhutnitelným betonem, jehož použití bylo na základě rozhodnutí investora, a jak si je získal do té míry, že přebírají iniciativu v zavádění tohoto betonu do předpisů na staveništích, přímo z etapy navrhovaného projektu.

#### *Obnovení a posílení dialogu mezi partnery ve stavebnictví*

Výše uvedená potřeba dialogu, která bývá běžným klišé, je v principu vždy hlavním pravidlem. Ale při běžné denní rutině na staveništi, s tradičními úkoly souvisejícími s množstvím úkonů, které byly přísně stanoveny na dlouhou dobu dopředu, je nepravděpodobné, že by byla ve větší míře realizována.

Přesto může inovace, kterou je vývoj nového materiálu, vytvořit podmínky pro obnovení diskuze mezi klienty a stavebními inženýry, stavebními inženýry a investory, staviteli, výrobcí betonu a dodavateli bednění, ekonomy atd.

Posílení tohoto dialogu bude přínosem v kvalitě, celkových nákladech, harmonogramu dodávek. Inovace, jako v mnoha jiných průmyslových sektorech, obohatí práci, zvýší produktivitu, přidanou hodnotu a v neposlední řadě obnoví poptávku po pracovních místech mezi zaměstnavateli.

#### **VÝZVA SAMOZHUTNITELNÉHO BETONU: MNOHONÁSOBNÉ, INTERAKTIVNÍ ZISKY**

#### *Výzva samozhutnitelného betonu se týká především ekonomiky*

Vycházíme-li z díla držitele Nobelovy ceny za ekonomii Maurice Allaise, v mnoha industriálních oblastech se v posledních letech vyvinuly nové makroekonomické a systémové teorie, v nichž se často objevovala myšlenka, že „**nejnižší cena pracovního úkonu je zřídka složením nejnižších cen všech jeho složek**“. Tato

idea, která je široce propagována v automobilovém průmyslu, v elektrotechnice nebo biotechnologii, není ještě příliš zavedena v sektoru veřejných komunikací a staveb, **kde je preferováno ekonomické myšlení na bázi položka za položkou místo vzájemného působení položek**. Stejně uvažování aplikované u betonových staveb jinými slovy znamená, že nejlevnější konstrukce nemusí být vždy ta, která využívá nejlevnější beton, což nutí k dalšímu rozšíření hlediska v sektoru stavebnictví.

To znamená, že (stejně jako u HPC – indexu biomechanického zatížení hlavy), všeobecné použití samozhutnitelných betonů musí zahrnovat **vývoj „systémových přístupů“** – jediné řešení, které může plně využít potenciál ekonomických výhod tohoto druhu betonu, a jehož důsledkem může být kratší časový harmonogram staveb, snadná pokládka samozhutnitelného betonu, menší výdaje za vybavení, a dokonce i vývoj nových produktů nemyslitelných pro obyčejný beton.

#### *Jistota lepší bezpečnosti a snížení hluku na stavbě i v jejím okolí*

Každý architekt nebo stavební inženýr, který někdy pár hodin na stavbě držel ponorný vibrátor, si jistě uvědomil, jak tvrdé mohou být pracovní podmínky, a pocítil určitě i jistou indispozici v komunikaci s ostatními stavebními dělníky. Kromě toho jsou v pracovních úrazech všeobecně známy dvojice pojmů jako: „stav vyčerpanosti/neslyšení zvukového varování“ a „těžké pracovní podmínky/ztráta pozornosti“.

V tomto ohledu **samozhutnitelné betony rozhodně zlepšují bezpečnost na staveništi**. Konec vibračních zařízení bude znamenat **vymizení nejvýznamnějšího faktoru způsobujícího hluk v okolí staveniště**, hlavně v oblastech vysokého tržního potenciálu (kde by mohl klient nerušeně pokračovat v aktivitě) nebo v urbanistických oblastech. Dalším příkladem bezpečnosti a zdraví při práci se samozhutnitelným betonem je fakt, že nejsou potřeba horní lávky u bednění, čímž se eliminují mnohé pracovní úrazy.

První socio-ekonomické studie jasně ukázaly, že pokud je obyčejný beton nahrazen samozhutnitelným, je u dodavatelských firem posílena výkonnost a bezpečnost při práci, zvláště díky velmi



Obr. 3 Rozšíření školního komplexu Paula Langevina v Bagnolet, stěny výšky 3,5 m, délky 6 m a tloušťky 200 mm, 200 m<sup>3</sup> self-leveling RMC, b) detail povrchu s otiskem dřevěného bednění, 2001

Obr. 4 Opěrná stěna divadla pod otevřeným nebem, výška 8 m, délka 50 m a tloušťka 250 mm, 90 m<sup>3</sup> Agilia® Vertical, 2000







Obr. 5 Multimediální knihovna v Toulouse, stěny výšky 10,4 m, délky 13,1 m a tloušťky 250 mm, 1 200 m<sup>3</sup> SCC, 2002

Obr. 6 Centrum ochrany přírody v Arlay s obrázky zvířat a ptáků v životní velikosti na betonových stěnách výšky 2,5 m a délky 5 m, 30 m<sup>3</sup> SCC BAPROK®, 2000



podstatné redukci pracovních úrazů a s tím souvisejících časových ztrát.

Kromě technických aspektů samozhutnitelného betonu je klíčovým hlediskem zlepšení každodenních pracovních podmínek. Do budoucna to **může pro mladé lidi přinést zlepšení image stavebnictví** a přispět tím k větší přitažlivosti tohoto sektoru. Nutno podotknout, že faktor přitažlivosti stavebnictví, který

je v současnosti bohužel ještě slabý, je nadějí do budoucna tohoto průmyslového odvětví a je v něm třeba klást velkou zodpovědnost na naše každodenní aktivity.

### **Samozhutnitelný beton přináší nové perspektivy v estetickém vzhledu budov**

Došlo k značnému zlepšení makrogeometrie a mikrogeometrie u nechráněných betonových povrchů, které za předpokladu správných výpočtů, aby se předešlo tvorbě trhlin, mohou velmi často eliminovat potřebu nahazování malto- vých omítek před aplikací nátěrů.

U **režných** betonů bude snížena poréznost, co je dobrým předpokladem zvýšení odolnosti proti znečištění (přírodnímu nebo prostřednictvím barvy), a to ocení zvláště klienti.

### **Prostředek zlepšení kvality**

Přestože je známo, že jsme v minulosti vždy dobře věděli, jak vyrobit beton pro ulehčení jeho pokládky, bylo to pokaždé na škodu pevnosti a odolnosti u obyčejných betonových staveb. Samozhutnitelný beton otevírá úplně nové perspektivy pro stavební práci, betonové stavby, upevnění výtuzí, odlévání velmi vysokých prvků, pumpování na dlouhou vzdálenost, bednění komplexních tvarů a sofistikované obklady stěn, a to vše jak v továrně, tak i na stavbě.

### **Zrod nových procesů**

Kromě výhod samozhutnitelného betonu, které přinášejí snadné pumpování a absenci vibrací, je jisté, že nové procesy přizpůsobené reologii tohoto materiálu se budou objevovat prostřednictvím techno-

logického transferu (např. tavením, technologiemi plynulého lití nebo práškovou technologií) či zdokonalením specifických procesů na poli stavebnictví.

Yves Malier

Prezident École Française du Béton

překlad odborné publikace

Monograph on SCC structures, CIM beton 2004

Kateřina Jakobcová

### **ŠETŘENÍ O POUŽITÍ SCC VE FRANCII**

Monografie obsahuje odpovědi stavebníků různých typů staveb na skupinu dvanácti otázek, proč se rozhodli použít SCC místo běžných betonů. Jejich vyhodnocením jsme získali následující shrnutí:

- při výstavbě rodinných a bytových domů ve Francii byl používán SCC zejména kvůli snadné pokládce a jejímu vyššímu tempu
- u bytových domů byly důvodem k užití SCC ještě zdravotní a bezpečnostní zájmy (zlepšení pracovních podmínek, méně hluku, žádné ořesy atd.)
- u kancelářských, průmyslových a obchodních budov hrála v užití SCC hlavní úlohu kvalita povrchových úprav a komplex výhod při užití vysokého bednění
- u kulturních a sportovních staveb byl brán zřetel, kromě uvedených důvodů, ještě na snadnou pokládku SCC
- školy a zdravotnická zařízení uváděly, že žádaly užití SCC zejména kvůli kvalitě povrchových úprav, užití vysokého bednění, krátkému časovému harmonogramu výstavby, zdravotním a bezpečnostním zájmům a snadné pokládce a jejímu vyššímu tempu.

kj, jm

Obr. 7 Sportovní centrum v Cholet, betonové stěny 10 m vysoké na 4 m vysokých betonových sloupech, 1 500 m<sup>3</sup> Agilia® Formes, 2001



Obr. 8 Prefabrikované prvky mostních pilířů z červeného betonu s opískovaným povrchem délky 3,5 m, výšky 1,04 m a tloušťky 120 mm

