

## Znovunalezené tajemství betonu

Používání betonu v dějinách techniky by se dalo přirovnat ke schématu klasické americké komedie: „*boy meets girl, boy loses girl, boy gets girl*“ (chlapec dívku potká, chlapec dívku ztratí, chlapec dívku dostane). V době Římské říše byl litý beton rozšířeným stavivem, posléze z dějin jeho znalost mizí a po několika staletích se opět objevuje, aby se brzy stala základem kompozitního železového a předpjatého betonu.



Beton je všeobecně chápán jako stavební materiál vzniklý promísením cementu, písku, vody a šterku, který na vzduchu i pod vodou tvrdne jako kámen. Betonová směs cementu, písku, šterku a vody se sype nebo lije do bednění či forem, kde tuhne a tvrdne. Podstatou tohoto děje je hydratace cementu, složitá a relativně dlouhodobá chemická reakce cementu s vodou, při níž se uvolňuje tzv. hydratační teplo.

Začneme, jak se říká v naší rodině, „od velkého selského povstání“. Asi před 12 miliony let došlo na některých místech Země (např. dnešní Izrael) k reakci mezi vápencem a vitriolovou břidlicí, produktem tohoto spontánního pálení byla přírodní cementová směs. Cementovou maltu používaly některé orientální kultury, např. staří Egyptané (architektura) nebo Číňané (tmelení bambusových lodí!). Pravými historickými betonáři byli však staří Římané. Jejich „pucolán“, tedy vulkanický popel a tuf z Pozzuoli poblíž Vesuvu byl základem stavební hmoty popisované především Vitruviem (Deset knih o architektuře, kniha II.): „*Existuje také jeden druh práškovitého písku, který vytváří přirozeným způsobem podivuhodné věci. Vyskytuje se v krajích u Bají na území městeček, ležících na úpatí hory Vesuvu. Tento práškovitý písek, smíšen s vápnem a s kusovým kamenem, dodává pevnosti nejen stavbám vůbec, ale dokonce tvrdnou s jeho pomocí pod vodou i hráze stavěné v moři.*“



Používání tohoto materiálu se u Římanů velmi rozšířilo a oproti tradičnímu kameni či cihlám znamenalo velký krok vpřed. Vitruvius hovoří o poměru 2 dílů pucolánu ku 1 dílu vápna, Plinius o 1 dílu vápna ku 4 dílům pucolánu. Dále se přidával zvířecí tuk, mléko a krev (kam se hrabou vejce...) a beton byl odlehčován mletou pemzou. Stavby z římského betonu obdivujeme dodnes. Uplatnil se při budování minule zmiňované Appiovy silnice, Kolosea, římského Pantheonu, Caracallových lázní atd. (uvádím pouze neznámější příklady). Právě římský Pantheon (obr. 1, 2, 3), triumf betonu, si zaslouží podrobnější zastávku. V r. 125 (n. l.) byl zaklenut tento „chrám všech bohů“ největší kupolí starověku, jíž se vyrovnali o mnoho staletí později až renesanční géniové Brunelleschi a Michelangelo (jejich přínos ovšem nespočíval v rozměrech klenby, ale v jejím tvaru a v unikátní odlehčené dvouplášťové konstrukci, s níž se vypořádali se statikou – s příčnými složkami sil, který by mohly způsobit rozvalení). Průměr kupole Pantheonu 43,3 m je impozantní dodnes, kdy se její kazety klenou nad křesťanským svatostánkem, v němž odpočívá např. Raffael Santi.

Příkladem pozdějšího užití betonu u Byzantinců je kupole chrámu Hagia Sofia (pol. 6. stol.) v dnešním Istanbulu, odkud jsem si přivezl spoustu zážitků, diapozitivů, arabskou loutnu a salmonellu, ale to sem nepatří.

V období vrcholného středověku se znalost betonu z páleného vápna a pucolánu vytrácí. Údajně se objevuje ve 14. století.

Na lepší časy se zablýsklo o více než 300, resp. 400 let později. Jistý Joseph Moxon popsal v roce 1678 „skrytý oheň“ objevující se v páleném vápně po přidání vody. V letech 1779-1780 se Bry Higgins zabýval pokusy s výrobou hydraulického cementu a o pár let později John Smeaton (vynikající anglický průkopník techniky) zjistil, že pálené vápno dává po smíšení s určitým druhem hlíny směs tvrdnoucí pod vodou, prakticky ji použil a napsal o tom knihu. Novodobý beton byl ještě chvíli na spadnutí, až v r. 1824 vynalezl v Anglii Joseph Aspdin portlandský cement. Jedná se o pálenou směs křemičitanového slínku s přísadou sádrovce (nazvanou podle Portlandu v Anglii). Jeho první použití má datum 1828 a je spojeno se stavitelským i konstruktérským géniem I. K. Brunela a jeho temžským tunelem. Další převratný vynález je dílem Francouze Josepha Moniera. V literatuře je popisována roztomilá historka, která chtěl tento podnikavec opravit květináče obalením pletivem a omazáním cementovou směsí. Zjistil, že nový kompozitní materiál nepotřebuje květináč původní, stačí si sám, a na světě byl vedle tzv. prostého betonu železobeton (pat. 1857). Ocelové konstrukce tak dostaly konkurenci. Dalším zdokonalením byl předpjatý beton, což je beton s napnutými ocelovými výztužemi. Ty vnášejí do materiálu tlaková napětí a takový kompozit snáší lépe tahové namáhání, které by prostý beton jako křehký materiál mohlo porušit. A konečně vznikly tenkostěnné skořepinové konstrukce, které snášejí zatížení díky vhodnému tvaru a představují kromě elegantního vzhledu také úsporu materiálu (to, co dokáže vhodný tvar, si laik může představit třeba na obyčejné PET láhvi, jejíž prolisy výrazně zvýší tuhost výrobku z tenoučké fólie). Na obr. 4 je letiště v americkém St. Louis (autor Anton Tedesko).



Použito:

VITRUVIUS. *Deset knih o architektuře*. Přel. A. Otoupalík. 1. vyd. Praha : SNKLHU, 1953.

<http://matse1.mse.uiuc.edu/~tw/concrete/hist.html>

Foto 1, 2, 3: <http://www.romanconcrete.com/photos2.htm>

Foto 4: <http://www.ketchum.org/shellpix.html>

Ing. Josef Gruber

Publikováno ve Zpravodaji SPŠ strojnické, Plzeň v dubnu 2003.