

# CHARAKTERISTIKA BETONŮ ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍ 60. A 70. LET 20. STOLETÍ ■ FEATURES OF CONCRETES OF REINFORCED STRUCTURES FROM THE 60S AND 70S OF THE 20TH CENTURY

Petr Cikrle, Ámos Dufka,  
Pavla Rovnaníková

V článku jsou popsána specifika betonů a výztuží z 2. poloviny 20. století, včetně porovnání s vlastnostmi současně vyráběných betonů. Jsou uvedeny druhy cementů a jejich dobové označování a také v té době používané přísady a příměsi. Charakteristika betonů 60. a 70. let 20. století je demonstrována na konstrukčních betonech z výpravní haly nádraží Ostrava-Vítkovice, komplexu objektů Transgas a budovy Fakulty stavební ČVUT v Praze. U betonů jsou uvedeny mechanické vlastnosti (pevnost v tlaku a modul pružnosti), výsledky rozboru velikosti kameniva a jeho petrografického složení, hmotnostní poměr pojiva ke kamenivu a mikrostruktura betonů. V porovnání s dnešními betony lze rozdíly spatřovat v mírnějších požadavcích na pevnostní třídu betonu podle agresivity prostředí, v malém krytí výztuže a z technologického hlediska v nízké účinnosti používaných plastifikačních přísad. ■ The article describes particularities of concrete and reinforcements used in the 2nd half of the 20th century, including the comparison with currently produced concrete types. We state the types of cements, their period marking and at that time used admixtures and additives. The features of concretes from the 60s and 70s of the 20th century are demonstrated on structural concretes from the Ostrava-Vítkovice railway station hall, the Transgas complex and the building of the Faculty of Civil Engineering CTU in Prague. The article shows mechanical properties (compressive strength and the modulus of elasticity), results of analysis of the size of the aggregate and its petrographic structure, the weight ratio of the binding agent to the aggregate and the microstructure of concretes. The differences in this comparison with contemporary concretes is in less strict requirements for the strength class of concrete according to the aggressivity of the environment, in smaller concrete cover of the reinforcement and – from the technological point of view – in low effectivity of the used admixtures.

Již od starověku hrála důležitou roli silikátová pojiva poskytující reakci s vodou produkty odolné vodě. Římané používali drcený sopečný popel s vápnem. Tam, kde se přírodní materiály

tohoto charakteru nevyskytovaly (např. v Británii), se používala drcená cihla nebo jiná keramika. S těmito pojivy bylo možno vyrábět pevné kompozitní materiály, umožňující již konstrukčně odvažné stavby, např. Koloseum nebo Pantheon v Římě. Marcus Vitruvius Pollio popisuje v Deseti knihách o architektuře puteolský prášek, který spolu s vápnem poskytoval vodě odolné produkty [1].

Historie výroby betonu je spojena s vývojem výroby portlandského cementu. Historickým mezníkem ve vývoji hydraulických pojiv (cementu) je datum 22. 10. 1824, kdy byl Josepu Aspdinovi z Leedsu udělen britský patent na výrobu portlandského cementu s názvem „An Improvement in the Mode of Producing an Artificial Stone“ (Zlepšení výroby umělého kamene). Tento cement nebyl ještě vyroben při dostatečně vysoké teplotě, aby mohl být považován za moderní portlandský cement. Ten se podařilo vyrobit Isaacu Johnsonovi v roce 1845 tím, že vypálil směs křídly a jílu při teplotě nad 1 400 °C. Následoval vývoj technologie výroby a zpracování vypáleného slínku, včetně přechodu z vertikálních šachtových pecí na horizontální rotační [2].

V souvislosti se zdokonalováním výroby portlandského cementu se rozvíjela i technologie výroby betonu. Tato skutečnost je determinována zvyšujícími se nároky na technickou úroveň staveb a jejich životnost, ekonomickými aspekty a v neposlední řadě též požadavky estetickými. Pokrok v oblasti produkce betonu souvisí jednak s vývojem přístupů k vlastnímu navrhování konstrukcí a jednak s rozvojem technologií (např. efektivnější způsoby hutnění při ukládání betonu atd.), s použitím kvalitativně odlišných, a tedy podstatně účinnějších typů přísad (jedná se především o přísady plastifikační, resp. superplastifikační, přísady provzdušňující apod.) a s optimalizací receptur směsí pro výrobu betonu. Výsledný efekt na rozvoj v oblasti technologie betonu je pak dán synergií těchto vlivů. Je nutno zmínit též důslednější a sofistikovanější

kontrolní činnost při realizaci železobetonových konstrukcí.

## PROBLÉMY VE STAVEBNICTVÍ NA PŘELOMU 50. A 60. LET

Na konci 50. let bylo československé hospodářství prakticky vyčerpáno. Zatláčením 1. pětiletý plán v letech 1949 až 1953 se ještě podařilo více méně splnit, částečně i díky ziskům z drastické měnové reformy v roce 1953 [3], poté již následovalo podstatně méně úspěšné období. 2. pětiletka byla vyhlášena opožděně na léta 1956 až 1960, přičemž k jejímu schválení zákonem došlo až v říjnu 1958 [4], a byla v podstatě fiaskem. Problémy se projeví samozřejmě i ve stavebnictví.

Za prvé byl v té době akutní nedostatek odborníků, daný jednak čistkami na školách, ale např. také zabráním Vysoké školy technické Dr. Edvarda Beneše armádou v roce 1951 pro účely nově budované Vojenské technické akademie. Civilní škola pod názvem Vysoká škola stavitelství potom bojovala o holou existenci a teprve v roce 1956 se jí podařilo zcela obnovit jako Vysoké učení technické v Brně [5]. Je zřejmé, že na konci 50. let tak chyběl zejména na Moravě značný počet kvalifikovaných odborníků.

Za druhé vážlo zásobování a projevil se akutní nedostatek cementu a výztuže pro pozemní a občanské stavby, což bylo důsledkem masivních investic do chemického a hutního průmyslu a obrovské spotřeby oceli ve zbrojní výrobě, včetně vývozu do zemí východního bloku. Dle svědeckých pamětníků se nedostatek stavebního materiálu často řešil výměnným obchodem. Např. při stavbě prvního brněnského sídliště v Juliánově v roce 1958 došel cement, který stavbaři nakonec získali v jednom JZD v okrese Brno-venkov výměnou za pomoc při výstavbě obchodu v oné obci [6].

Je zřejmé, že tyto skutečnosti měly zásadní vliv i na kvalitu nových staveb. Období konce 50. let 20. století patří i na základě zkušeností Ústavu stavebního zkušebnictví FAST VUT v Brně z provádění stavebně technických

průzkumů k těm nejproblematictějším, řada objektů z této doby je ve velmi špatném stavu z hlediska statiky. Kromě výše uvedených „politických“ příčin lze příčiny spatřovat i v technických řešeních – v této době byly ve jménu hospodárnosti využívány nižší pevnostní třídy betonu, a tak lze v nosných konstrukcích pozemních staveb nalézt betony s pevnostní třídou B170, což z dnešního pohledu představuje charakteristickou krychelnou pevnost v tlaku 13,5 MPa. Notoricky známé jsou problémy s malou tloušťkou krycí vrstvy betonářské výztuže, která byla minimalizována rovněž ve jménu úspor a dodnes přináší problémy a značné finanční náklady kvůli korozi výztuže či snížení požární odolnosti konstrukcí.

Situace se začala postupně zlepšovat s příchodem určitého uvolnění na počátku 60. let. Ze škol vycházeli noví odborníci, režim se již nebál pojmenovat určité chyby a hledal řešení problémů. Sice se ještě stále projevoval značný vliv Sovětského svazu (v normách, odborné literatuře apod.), ale stavbaři se začínali ohlížet i po zkušenostech ze západní Evropy, začal se klást větší důraz na technickou stránku stavebnictví. Tento odklon od čistě ideologického pohledu se stal předpokladem pro vytváření svébytných a inovativních staveb a inženýrských děl [7].

Již v 60. letech pronikaly do stavebnictví nové chemické přípravky, v technologii betonu se začaly využívat přísady (zlepšující zejména zpracovatelnost čerstvého betonu, urychlující tvrdnutí, zvyšující mrazuvzdornost, hydrofobizační ad.) [8], jejichž rozvoj souvisel s novými poznatky v oblasti chemie. Začaly se využívat i jiné příměsi než vysokopecní struska, např. elektrárenský popílek. V této době lze nalézt začátek nových směrů v technologii betonu.

## CEMENTY 60. A 70. LET MINULÉHO STOLETÍ

Požadavky, které byly v 60. a 70. letech minulého století kladeny na druhy cementů, stejně jako na jejich vlastnosti, se od požadavků současných částečně liší. V tomto období byly při realizaci železobetonových staveb používány především tyto typy cementů: cement portlandský, cement struskoportlandský a cement pucolánový, jak dokládá norma ČSN 722121 [9]. Od roku 1972 byly jednotlivé druhy cementů specifikovány

ve zvláštních normách [10 až 14]. Cement byl charakterizován tzv. vazností, která se určovala pomocí stanovení pevností v tahu a tlaku na normové maltě za 3, 7 a 28 dnů. Stanovení pevností bylo obdobné dnešnímu postupu.

### Podle druhu a kvality se rozlišovaly cementy:

- portlandský (PC 325, 400, 475),
- struskoportlandský (SPC 250, 325, 400),
- vysokopecní (VPC 200, 250),
- silniční (SC 65, 70, 75),
- síranovzdorný (SVPC 250, 325).

Čísla v označení cementů vycházela přibližně z pevnosti v tlaku za 28 dnů, u silničního cementu z pevnosti v tahu, vyjádřené v jednotkách  $\text{kp/cm}^2$ . Silniční cement měl omezen obsah  $\text{C}_3\text{A}$  na 8 % pro omezení vývinu hydratačního tepla, síranovzdorný cement měl  $\text{C}_3\text{A}$  omezen na 3,5 % pro snížení rizika vzniku velkého množství ettringitu. Historický přehled vývoje normotvorné činnosti v oblasti betonu popisuje M. Tichý [15].

Výrazná změna v třídách, označování a charakterizaci cementů nastala po roce 1990, kdy jsme začali přebírat evropské normy. V současné době řeší problematiku označování a charakterizaci cementů norma ČSN EN 197-1 [16].

Z technického hlediska lze za nejpodstatnější rozdíl v jednotlivých druzích, resp. třídách cementů produkovaných v 60. a 70. letech a cementů současných označit relativně nižší měrný povrch dřívě používaných cementů, např. portlandský cement se vyráběl s měrným povrchem od  $225 \text{ m}^2/\text{kg}$ , dnes má běžný portlandský cement měrný povrch okolo  $360 \text{ m}^2/\text{kg}$ . Důsledkem větších zrn u dřívějších cementů je pak fakt, že hydratace cementu probíhala v dlouhodobém horizontu. Postupně vznikající produkty hydratace cementů mohly, resp. za určitých okolností stále mohou částečně vyplňovat trhliny, dochází k tzv. „samohojení“ betonu [17].

Výrazné rozdíly mezi betony z 2. poloviny minulého století a betony současnými lze též spatřovat v portfoliu přísad používaných při jejich výrobě. Pro zajištění optimální zpracovatelnosti při co nejnižším vodním součiniteli byla v minulosti používána téměř výlučně plastifikační přísada s názvem Plastifikátor S. Tuto přísadu měly Slovenské celulózky a papierně

**Tab. 1** Požadavky na záměsovou vodu ■

**Tab. 1** Requirements for mixing water

Složka obsažená ve vodě	Jednotka	Požadavky dřive
pH	-	min. 4,5
celkové množství rozpustných látek	mg/l	max. 3 000
sírany $\text{SO}_4^{2-}$	mg/l	max. 1 500
organické látky – CHSK $\text{KMnO}_4$	mg/l	max. 50 až 100
humínové látky	stupně	max. 2
sulfan $\text{H}_2\text{S}$	mg/l	max. stopy
amoniak jako $\text{NH}_4^+$	mg/l	max. stopy

v Ružomberoku jako vedlejší produkt výroby celulózy. Jednalo se o ligninsulfonan sodný, který se dával v rozmezí 0,1 až 0,5 % sušiny na hmotnost cementu [18]. Dle citovaného zdroje snižovala tato plastifikační přísada, při zachování konzistence, dávku záměsové vody o cca 12 až 17 %. Pro urychlování tuhnutí cementu byly používány přísady na bázi chloridů, což podstatným způsobem zvyšovalo riziko koroze výztuže.

V současné době jsou při výrobě betonu používány plastifikační, resp. superplastifikační přísady na bázi melaminsulfonanů, naftalenanů a především pak éterů polykarboxylových kyselin. Tyto přísady umožňují, při zachování zpracovatelnosti, snížit dávku záměsové vody o 15 až 30 % (v některých případech až o 40 %) [19]. Přísady, které jsou používány k urychlování tvrdnutí betonu, jsou na bázi látek, které neohrožují výztuž korozi. Pro zvýšení odolnosti betonu vůči působení vody a chemických rozmrazovacích látek, resp. vůči synergickému působení vlhkosti a mrazu jsou v současnosti používány sofistikované přísady provzdušňující.

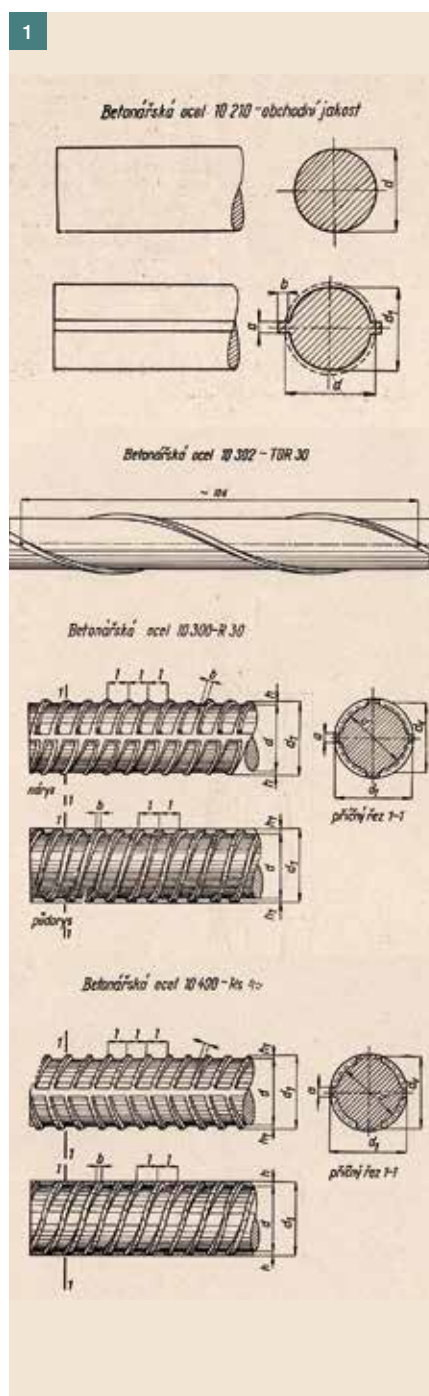
Dominantní složkou betonu, která tvoří jeho kostru, je drobné a hrubé kamenivo. V 60. a 70. letech minulého století byla (analogicky jako dnes) pro výrobu používána jak kameniva přírodní, tak uměle vyráběná. Přírodní kameniva byla používána zpočátku těžená, později drcená. Optimalizace křivky zrnitosti byla zpravidla prováděna s využitím vztahu dle Fullera, eventuálně metodou EMPA ad. [20]. Lze konstatovat, že stejné, resp. mírně modifikované postupy jsou uplatňovány při optimalizaci složení plniva i v současnosti.

Nároky na záměsovou vodu byly mnohem přísnější, zahrnovaly více

parametrů, některé limitní hodnoty byly nižší [21]. V současnosti platná ČSN EN 1008 [22] je oproti uvedeným hodnotám v některých aspektech mírnější. Připouští například nižší pH ( $\text{pH} \geq 4$ ) a relativně vyšší obsah cukrů (100 mg/l), sleduje ale další parametry jako obsah chloridů, sodných iontů, fosforečnanů, dusičnanů, zinečnatých a olovnatých iontů. Dřívější požadavky na záměsovou vodu do betonu jsou shrnuty v tab. 1 [20], [21].

### OCELOVÁ VÝZTUŽ DO BETONU

Období 60. a 70. let je zajímavé i z hlediska nových druhů betonářské výztuže. Zpočátku byl beton vyztužován téměř výhradně pomocí výztuže s kruhovým průřezem a s hladkou úpravou povrchu. Tato výztuž měla obvykle výbornou tažnost a nižší mez kluzu a pevnost v tahu (proti jiným typům např. strojních ocelí). Z důvodu nízké soudržnosti s betonem musela být na koncích ohnuta do tvaru polokruhových háků. Postupem doby se od 30. let 20. století zvyšovala pevnost betonu v tlaku, a s tím rostla snaha více využívat kvalitnější druhy výztuže, přičemž hlavním cílem bylo snížit její hmotnost, a tím i zefektivnit a zlevnit stavební výrobu. Použití výztuže se zlepšenými vlastnostmi totiž neznamenal jen úsporu oceli jako takové (oceli s dvojnásobnou mezí kluzu stačí pouze poloviční množství), ale rovněž úsporu v její dopravě a zjednodušení zpracování výztužných vložek, což mělo dopad i na zrychlení výstavby. Na konci 50. let bylo konstatováno, že ve využití betonářské výztuže výrazně pokulháváme za okolními státy [23]. Již před 2. světovou válkou se sice do výroby zaváděla ocelová výztuž s téměř dvojnásobnou mezí kluzu jako



např. Roxor, Toros či Isteg, ovšem procentuální podíl těchto ocelí na celkové výrobě výztuží byl poměrně malý.

Starší typy výztuží nebyly schopny zajistit dostatečnou míru soudržnosti s betonem. Výjimkou byla výztuž Roxor československé výroby, patentovaná Pražskou železářskou společností jako „výztuha pro železobetonové konstrukce“ (přihlášena 26. 7. 1932, chráněna od 15. 3. 1936) [24]. Díky svému typickému průřezu ve tvaru zaobleného kříže s příčnými výstupky byla na svou dobu velmi progresivní a oblíbená, takže se pro celou generaci stala obecným názvem pro jakoukoliv výztuž do betonu (podobně jako se Lux stal obecným názvem pro vysavače). Po 2. světové válce došlo ke snížení kvality této oceli – na konci 50. let bylo zjištěno, že až u 25 % vzorků nebyla dodržena normová mez kluzu 380 MPa, v některých případech byl pokles výrazný, až na 290 MPa. Navíc se ukázalo, že u této výztuže nelze efektivně zvýšit mez pružnosti zkrucováním za studena (vlivem nekruhového průřezu), neboť zpevnění oceli zkrucováním je největší na povrchu tyče. Proto byla výztuž Roxor z výroby postupně stahována a poslední byla vyráběna kolem roku 1960. Ve skutečnosti však výroba zejména největších profilů R 60 až R 70 dobíhala ještě v průběhu 60. let.

Výzkum v zahraničí ukázal, že nezbytnou podmínkou pro optimální využití kvalitnější a pevnější ocelové výztuže v betonu je vytvoření účinného povrchu z hlediska soudržnosti s betonem a současně zajištění rovnoměrného rozložení trhlin v betonu při současném zmenšení jejich šířky. Rovněž v Československu byl v roce





1958 vypracován návrh na zcela nový sortiment výztužných ocelí, s důrazem na kvalitnější oceli s vyšší mezí kluzu, reprezentovaný výztužemi typu R 30, TOR 30, R 40 apod. Ve skutečnosti se jednalo o výztuže převzaté ze SSSR v rámci zemí Rady vzájemné hospodářské pomoci (RVHP). Tyto výztuže byly charakteristické příčnými žebírky pod různými úhly, která měla zajistit dobrou soudržnost s betonem. Ukázka výztuží z 60. let 20. století je uvedena na obr. 1.

Paradoxně ve stejné době byly publikovány výsledky výzkumu ve Spolkové republice Německo, v nichž tato výztuž nevykazovala dobré hodnoty – tvar a sklon žebírek byl nevhodný z důvodu vzniku napětí a trhlin v betonu. Opuštění sovětského modelu a změna tvaru žebírek výztuží podle západoněmeckých výzkumů zřejmě nastaly až při uvolnění atmosféry na konci 60. let, kdy na krátkou dobu začal být preferován racionální a technický přístup k řešení problémů nad přístupem stranickým a politickým. Tyto nové druhy výztuže se používaly od roku 1970 až do 90. let pod označením 10 216 E, 10 335 J, 10 425 V, 10 338 T (a později též 10 505 R) [25].

#### VLASTNOSTI BETONŮ Z VYBRANÝCH OBJEKTŮ Z 60. A 70. LET 20. STOLETÍ

Pro ukázkou vlastností betonu z 60. a 70. let 20. století byly odebrány vzorky z objektů před opravou nebo před demolicí, na nichž bylo možno odběry provést. Vybrány byly: nádražní budova Ostrava-Vítkovice, železobetonové konstrukce komplexu budov Transgas v Praze a objekt Fakulty stavební ČVUT v Praze.



#### Nádražní budova v Ostravě- -Vítkovcích

Objekt byl navržen Josefem Dandou, realizován byl v letech 1963 až 1967 a patří do kategorie bruselského stylu. Obsahuje typické prvky, např. prosklené zavěšené čelní stěny, částečně překryté plechy v trojúhelníkovém geometrickém uspořádání či skleněné zábradlí na galerii s vyznačenými geometrickými prvky. Spodní stavba je z železobetonového monolitu, horní stavba odbavovací haly je tvořena ocelovou konstrukcí (obr. 2), do níž jsou vestavěny dvoupodlažní konstrukce z monolitického železobetonu [26].

#### Transgas v Praze

Transgas představuje komplex tří budov (dvě kancelářské budovy a objekt pro sálový počítač) navržený v brutalistickém stylu a realizovaný v letech 1972 až 1978. Autory tohoto komplexu byli Václav Aulický, Jiří Eisenreich, Ivo Loos a Jindřich Malátek. Budova je řešena převážně z oceli a skla, ze

**1** Výztuže z 60. let 20. století **2** Nádražní budova Ostrava-Vítkovice (foto: P. Rovnaníková) **3** Betonová opěrná zeď a plastika (foto: P. Rovnaníková) **4** Budova pro sálový počítač (foto: R. Polášek) **5** Fakulta stavební ČVUT v Praze (foto: M. Sedláček) **6** a), b) Vzhled zkušebních vzorků z objektu nádraží Ostrava-Vítkovice **7** Vzhled zkušebních vzorků z komplexu Transgas **8** Vzhled zkušebního tělesa betonu z ČVUT | **1** Reinforcement bars used in the 1960s **2** Railway station building Ostrava-Vítkovice (photo: P. Rovnaníková) **3** Retaining walls and sculpture (photo: P. Rovnaníková) **4** Mainframe building (photo: R. Polášek) **5** Faculty of Civil Engineering, CTU in Prague (photo: M. Sedláček) **6** a), b) Test specimens taken from the railway station building in Ostrava-Vítkovice **7** Test specimens taken from the building of Transgas complex **8** Test specimens taken from the building of CTU



**Tab. 2** Objemová hmotnost betonu ve stavu přirozeně vlhkém  
**Tab. 2** Bulk density of concrete in the natural humidity stage

Beton	Objemová hmotnost $D$ [kg/m <sup>3</sup> ]						průměr
	jednotlivá měření						
Nádraží – sloupy	2 226	2 247	2 240	2 240	2 281	2 258	<b>2 250</b>
Nádraží – kryt	2 269	2 271	2 213	2 202	2 292	2 261	<b>2 250</b>
Transgas A	2 182	2 187	2 097	2 155	2 151	2 203	<b>2 160</b>
Transgas B	2 174	2 146	2 101	2 156	2 131	2 120	<b>2 140</b>
Transgas C	2 304	2 263	2 296	2 280	2 298	2 281	<b>2 290</b>
Fs ČVUT	2 338	2 372	2 285	2 308	2 334	2 360	<b>2 330</b>

**Tab. 3** Pevnost v tlaku betonu ve stavu přirozeně vlhkém  
**Tab. 3** Compressive strength of concrete in the natural humidity state

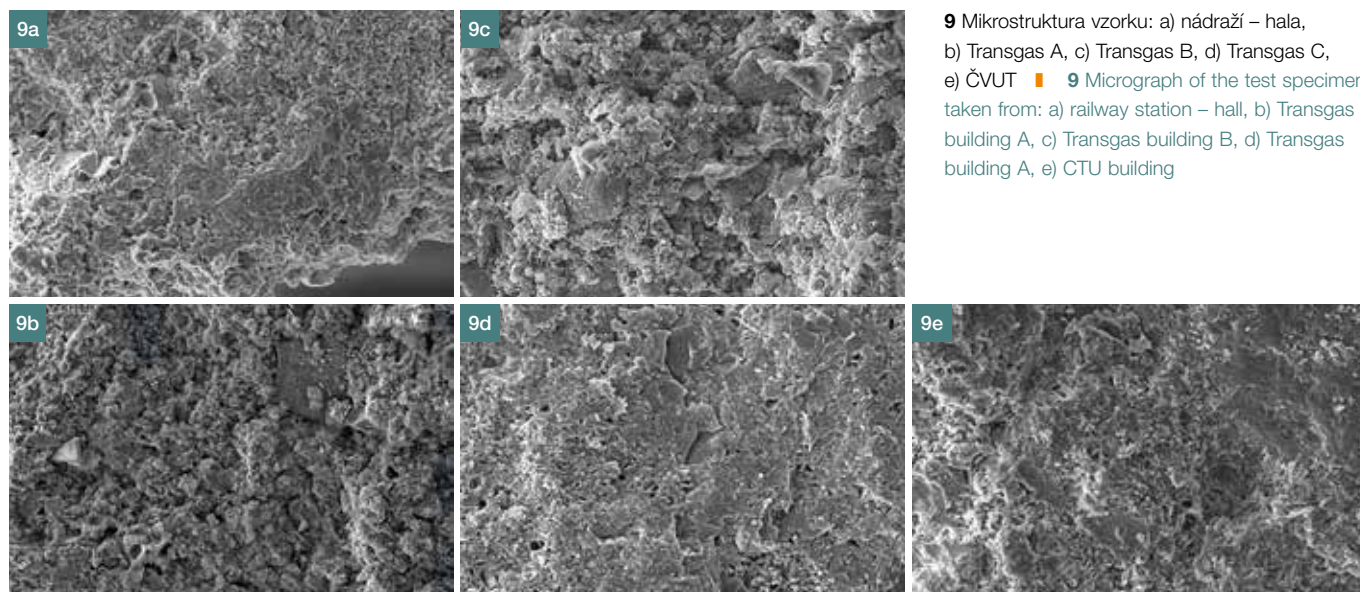
Beton	Pevnost $f_{c,cube}$ [MPa]						průměr
	jednotlivá měření						
Nádraží – sloupy	39,1	40,5	42,6	32,3	36,2	29,7	<b>36,7</b>
Nádraží – kryt	42,9	44,3	30,4	31,5	39,5	40,2	<b>38,1</b>
Transgas A	25,7	25,4	31,8	-	-	-	<b>27,6</b>
Transgas B	26,5	21,5	19,8	21,9	25,8	23,1	<b>23,1</b>
Transgas C	75,1	63,5	67,6	-	-	-	<b>68,7</b>
Fs ČVUT	42,9	60,1	38,3	42,6	42,9	46,6	<b>45,6</b>

**Tab. 4** Statický modul pružnosti betonu  
**Tab. 4** Static modulus of elasticity of concrete

Druh betonu	Modul pružnosti $E_c$ [GPa]					průměr
	jednotlivá měření					
Nádraží – sloupy	24,7	26,8	26,0	23,2	20,5	<b>24,2</b>
Nádraží – kryt	26,3	22,8	25,2	-	-	<b>24,8</b>
Transgas A	11,1	15,1	17,9	-	-	<b>14,7</b>
Transgas B	16,5	12,6	12,4	14,0	16,6	<b>14,4</b>
Transgas C	29,0	30,4	29,5	-	-	<b>29,6</b>

**Tab. 5** Složení betonu  
**Tab. 5** Composition of concrete

Beton	Hydratované pojivo [%]	Kamenivo [%]	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	Pojivo/kamenivo [kg/m <sup>3</sup> ]
Nádraží – hala	14,13	85,87	2 264	320/1944
Transgas A	15,03	84,97	2 163	325/1838
Transgas B	15,65	84,35	2 141	335/1806
Transgas C	20,25	79,75	2 255	456/1799
Fs ČVUT	14,38	85,62	2 330	335/1995



**9** Mikrostruktura vzorku: a) nádraží – hala, b) Transgas A, c) Transgas B, d) Transgas C, e) ČVUT  
**9** Micrograph of the test specimen taken from: a) railway station – hall, b) Transgas building A, c) Transgas building B, d) Transgas building A, e) CTU building

železobetonu jsou výtahové šachty uprostřed budovy, objekt pro sálový počítač a v souvisejícím okolí plastiky a opěrné zdi (obr. 3 a 4) [27].

**Fakulta stavební ČVUT v Praze**

Ve druhé architektonické soutěži na výstavbu Fakulty architektury a pozemního stavitelství byl vybrán návrh Františka Čermáka, Gustava Paula, Jaroslava Paroubka a Jana Čejky. Jednalo se o železobetonový objekt, který byl svým charakterem již posunut k novému brutalismu. Stavba

započala v roce 1966 a byla dokončena až v roce 1982 (obr. 5) [28].

**VÝSLEDKY MECHANICKÝCH ZKOUŠEK BETONU**

V rámci posuzování architektonicky významných objektů z 60. a 70. let 20. století bylo autory zkoušeno několik druhů konstrukčních betonů. Z hlediska vzhledu i vlastností se jedná o průřez typickou výrobou betonu v daném období:

- betony z objektu nádraží Ostrava-Vítkovice jsou prezentovány šesti

zkušebními tělesy ze sloupů vestavěného skeletu a šesti tělesy odebranými z nosné konstrukce podzemního krytu CO. Betony jsou si velmi podobné, obsahují hrubé kamenivo těžené do velikosti frakce 22 mm. Vzhled betonu odebraného ze sloupů v hale (V9) a v podzemním krytu CO (V21) je velmi podobný (obr. 6a a 6b),

- betony odebrané z opěrné zdi a z plastiky (TA, TB – Transgas, obr. 3) jsou vizuálně horší, hrubé drcené kamenivo je v pořádku,



ale tmel je pórovitý, po vrtání mírně drsný, což svědčí spíše o jeho horší kvalitě,

- beton odebraný z podpěrné zdi (TC – Transgas, obr. 4) je vizuálně velmi hutný, těžené hrubé kamenivo tvoří kostru, tmel je hladký, až sklovitý, vizuálně se beton jeví jako výrazně lepší. Vzhled betonů je na obr. 7,
- beton z Fs ČVUT byl získán při provádění prostupů stropními konstrukcemi. Obsahuje drčené hrubé kamenivo a je vizuálně podobný betonům TA, TB, ale s hutným a hladkým tmelem (obr. 8).

Výsledky zkoušek objemové hmotnosti, pevnosti v tlaku a statického modulu pružnosti jsou uvedeny v tab. 2 až 4.

Výsledky mechanických zkoušek potvrdily, že se jedná o průřez tehdejšími druhy betonů. Vzorky odebrané z nádraží Ostrava-Vítkovice jsou z uvedeného souboru nejstarší, neboť nádraží bylo postaveno v roce 1967. Beton je vizuálně hutný, což potvrdily jak zkoušky objemové hmotnosti (v průměru 2 250 kg/m<sup>3</sup>), tak i zkoušky pevnosti v tlaku, kdy průměrná hodnota se u obou částí konstrukce, haly a krytu CO, pohybovala kolem 37 až 38 MPa

při celkem přijatelném rozptylu hodnot – nejnižší hodnota pevnosti v tlaku byla 29,7 MPa. Stavba nádraží byla ve své době preferována a z hlediska betonu byla provedena velmi dobře. Nižší hodnota modulu pružnosti jde zřejmě na vrub použitého těžného kameniva, v daném typu konstrukce to však nemá až takový význam.

Vzorky Transgas A, B jsou typické betony tehdejší doby – vzhledem k absenci kvalitních plastifikátorů bylo nutné přidat větší množství vody, což se projevilo zvětšením objemu pórů, snížením objemové hmotnosti i pevnosti v tlaku. Statický modul pružnosti betonů je u těchto vzorků až extrémně nízký. Jiná je situace u betonu Transgas C, odebraného z nosné oblé stěny. Z důvodu atypické konstrukce zde bylo nutné přenést vyšší namáhání v tlaku, a proto byla betonu věnována zvláštní pozornost. Hrubé kamenivo bylo použito těžné, pravděpodobně za účelem dosažení lepší zpracovatelnosti při menším množství přidané vody. Přestože těžné kamenivo je obvykle lehčí, objemová hmotnost betonu Transgas C je vyšší než

u betonů Transgas A a B, což svědčí o jeho hutnosti. Průměrná pevnost v tlaku pak dosáhla úctyhodné hodnoty 68,7 MPa, což odpovídá tehdejší nejvyšší pevnostní třídě B60, tedy současné C50/60.

Beton odebraný ze stropů výškové budovy Fakulty stavební ČVUT v Praze vychází svými vlastnostmi mezi výše uvedené betony z budovy Transgas. Průměrná pevnost v tlaku 45,6 MPa je velmi solidní a odpovídá současné pevnostní třídě C30/37, kvalita betonu je však kvůli značnému rozptylu hodnot od 38,3 do 60,1 MPa nerovnoměrná. Jelikož vizuálně se jednotlivé vzorky příliš nelišily a hodnoty pevnosti v tlaku přesně korespondují s hodnotami objemové hmotnosti, lze předpokládat, že dávkování kameniva a cementu bylo dodrženo a největší vliv na kolísání kvality betonu mělo množství přidané vody.

#### SLOŽENÍ BETONU A JEHO MIKROSTRUKTURA

Betony byly rovněž podrobeny chemickým zkouškám. Na základě petrografického rozboru byl učiněn předpoklad, že



VČASNÁ REGISTRACE  
JE PLATNÁ DO

31. 1. 2019

14. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE

PODZEMNÍ STAVBY PRAHA 2019

3.-5. ČERVNA 2019 | PRAHA, ČESKÁ REPUBLIKA



[www.ps2019.cz](http://www.ps2019.cz)

[ps2019@guarant.cz](mailto:ps2019@guarant.cz)

## Literatura:

- [1] POLLIO, M. V. *Deset knih o architektuře*. Praha: Arista, 2001. 438 s. ISBN 80-86410-23-4
- [2] WINTER, N. B. *Understanding Cement*. Woodbridge: WHD Microanalysis Consultants Ltd., 2012. 206 s. ISBN 978-0-9571045-2-5
- [3] JIRÁSEK, Z., ŠŮLA, J. *Velká peněžní loupež v Československu 1953 aneb 50:1*. Praha: Svítání, 1992.
- [4] Zákon č. 63/1958 Sb. *Zákon o druhém pětiletém plánu rozvoje národního hospodářství Republiky československé*.
- [5] PERNES, J. *Kapitoly z dějin Vysokého učení technického v Brně: (cesta moravské techniky 20. stoletím)*. Brno: VUTIUM, 2009. 345 s. ISBN 978-80-214-3376-2
- [6] GERSTNER, I. Ústní sdělení, 20.12.2010.
- [7] ZAPLETAL, V. Ústní sdělení, 20.09.2018.
- [8] VAVŘÍN, F., KRČMA, R. *Chemické přípravy ve stavebnictví*. Praha: SNTL, 1962. 402 s.
- [9] ČSN 72121. *Cement portlandský, struskoportlandský a pucolánový*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření. Platnost od 1956, zrušena 1972.
- [10] ČSN 72 2121. *Portlandský cement*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření. Platnost od 1972, zrušena 1994.
- [11] ČSN 722122. *Struskoportlandský cement*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření. Platnost od 1972, zrušena 1994.
- [12] ČSN 722123. *Vysokopecní cement*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření. Platnost od 1972, zrušena 1994.
- [13] ČSN 722124. *Silniční cement*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření. Platnost od 1972, zrušena 1994.
- [14] ČSN 722125. *Síranovzdorný cement*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření. Platnost od 1972, zrušena 1994.
- [15] TICHÝ, M. Normy a mezní stavy – trochu jinak. *Sanace*. 2000, č. 3.
- [16] ČSN EN 197-1. *Cement – Část 1: Složení, specifikace a kritéria cementů pro obecné použití*. Praha: ÚNMZ. Platnost od dubna 2012.
- [17] SULEIMAN, A. R., NEHDI, M. L. Effect of environmental exposure on autogenous self-healing of cracked cement-based materials. *Cement and Concrete Research*. 2018, Vol. 111, No. 8, p. 197–208.
- [18] PAVLÍK, A., DOLEŽEL, J., FIEDLER, K. *Technologie betonu*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1973. 322 s.
- [19] AĪTCIN, P. C. *Vysokohodnotný beton*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2005. 320 s. ISBN 80-86769-39-9
- [20] STORK, J. *Technologie betonu*. Bratislava: Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied v Bratislave, 1954.
- [21] ČSN 732028. *Voda pro výrobu betonu*. Platnost od 1963, zrušena 2003.
- [22] ČSN EN 1008. *Záměsová voda do betonu – Specifikace pro odběr vzorků, zkoušení a posouzení vhodnosti vody, včetně vody získané při recyklaci v betonárně, jako záměsové vody do betonu*. Platnost od května 2003.
- [23] POLESNÝ, V. *Nové betonářské oceli ve stavebnictví*. Praha: SNTL, 1963. 155 s.
- [24] Patentový spis č. 55365. *Pražská železářská společnost – Výztaha pro železobetonové konstrukce*. Praha: Patentní úřad republiky Československé, vydáno 25. 7. 1936.
- [25] BAŽANT, B. a kol. *Železobetonové konstrukce a nové výztužné materiály*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979. 254 s.
- [26] STRAKOŠ, M. a kol. *Nádraží Ostrava-Vítkovice. Historie, architektura, památkový potenciál*. Praha: Národní památkový ústav, 2017. 255 s. ISBN 978-80-87967-14-0
- [27] BERAN, L. Budový Ústředního dispečinku tranzitního plynovodu, Federálního ministerstva paliv a energetiky a Světové odborové federace. *Archivweb* [online]. [citace 26.09.2018]. Dostupné z: <https://www.archivweb.cz/bl/transgas-budovy-ustredniho-dispecinku-tranzitniho-plynovodu-federalniho-ministerstva-paliv-a-energetiky-a-svetove-odborove-federace>
- [28] POPELOVÁ, L., SEDLÁKOVÁ, R., ŠKRANC, P., ULRICH, P., VLČEK, P., VORLÍK, P. *Slavné stavby Prahy 6*. Praha: Foibos Bohemia, 2009. 299 s. ISBN 978-80-87073-14-8

použité kamenivo je nerozpustné ve zředěné kyselině chlorovodíkové. Rozpuštěním hydratovaného pojiva v kyselině byl stanoven nerozpustný zbytek, který přibližně odpovídá obsahu kameniva v betonu, je-li nerozpustné. Rozpustná část betonu odpovídá hydratovanému pojivu. Zjištěný poměr pojiva ke kamenivu je v souladu se stanovenými pevnostmi. Výsledky stanovení uvádí tab. 5.

Rentgenová difrakční analýza ukázala na přítomnost stejných minerálů ve všech vzorcích, příslušejících kamenivu (živce, muskovit, jíly, křemen), v betonech byl nalezen portlandit a kalcit, který svědčí o karbonatci betonu. Ve vzorcích s obsahem vateritu, který je jedním z produktů karbonatce betonu, portlandit nebyl nalezen.

Mikrostruktura betonů byla sledována v elektronovém mikroskopu. Snímky ukazují, že mikrostruktura betonu odpovídá pevnostem. Nízké pevnosti vzorků Transgas A a B (obr. 9b a 9c), se projevují v mikrostrukturu porézní strukturou. Vzorek Transgas C (obr. 9d) s nejvyšší pevností má nejvíce hutnou mikrostrukturu, hutné jsou také vzorky betonů z nádraží Ostrava-Vítkovice i F ČVUT (obr. 9a a 9e).

## ZÁVĚR

Přestože veškerá výroba, včetně výroby betonu, byla ovlivněna politickou situací a členstvím našeho státu v RVHP, lze konstatovat, že po problematických 50. letech z hlediska výrobních a surovinových možností se v 60. a 70. letech minulého století vyráběl v mnoha případech kvalitní beton. Svědčí o tom příklady hodnocení betonů z vybraných konstrukcí. Československé státní normy podrobně specifikovaly vlastnosti cementů, požadavky se ale lišily od požadavků dnešních. Kvalita betonů souvisela se stavem znalostí a možnostmi zařízení při výrobě cementu a betonu. Zřejmě největší rozdíl proti dnešku byl v mírnějších požadavcích na pevnostní třídu betonu podle agresivity prostředí, v malém krytí výztuže a z technologického hlediska v nízké účinnosti používaných plastifikačních přísad.

Článek vznikl v rámci výzkumného projektu

„Analýza a prezentace hodnot moderní architektury 60. a 70. let 20. století jako součást národní kulturní identity ČR“, číslo DGP02R007, realizovaného díky finanční podpoře Ministerstva kultury ČR.

doc. Ing. Petr Cikrle, Ph.D.

Fakulta stavební VUT

Ústav stavebního zkušebnictví

cikrle.p@vutbr.cz



prof. RNDr. Pavla Rovnaníková, CSc.

Fakulta stavební VUT

Ústav chemie

rovnanikova.p@fce.vutbr.cz



Ing. Ámos Dufka, Ph.D.

Fakulta stavební VUT

Ústav technologie stavebních

hmot a dílců

dufka.a@fce.vutbr.cz



Článek byl posouzen odborným lektorem.

The article was reviewed.