

# VLIV ČÁSTEČNÉ NÁHRADY CEMENTU LATENTNĚ HYDRAULICKOU PŘÍMĚSÍ NA MECHANICKÉ VLASTNOSTI VYSOKOHODNOTNÉHO BETONU ■ THE EFFECT OF PARTIAL REPLACEMENT OF CEMENT BY A SUPPLEMENTARY CEMENTITIOUS MATERIAL ON MECHANICAL PROPERTIES OF HIGH PERFORMANCE CONCRETE

Josef Fládr, Petr Bílý,  
Vladimír Hrbek, Lukáš Vráblík

V článku je zkoumán vliv částečné náhrady cementu vybranými latentně hydraulickými příměsími na mechanické vlastnosti vysokohodnotných betonů. Porovnáno bylo celkem deset různých receptur: referenční záměs bez příměsí a záměsí s náhradou 10, 20 nebo 30 % hmotnosti cementu mikrosilikou, popílkem nebo metakaolinem. Pro všechny zkoumané receptury byly provedeny zkoušky objemové hmotnosti ztvrdlého betonu, pevnosti v tlaku, pevnosti v příčném tahu, pevnosti v tahu za ohybu, dynamického a statického modulu pružnosti a zkouška hloubky průsaku tlakovou vodou. Nejlepších výsledků bylo dosaženo při částečné náhradě cementu popílkem. Celkově však lze konstatovat, že kromě zvýšení odolnosti proti průniku tlakové vody nedošlo vlivem příměsí k zásadnímu ovlivnění sledovaných vlastností.

■ The paper investigates the effect of content of selected supplementary cementitious materials (SCM) on mechanical properties of high performance concrete. In total, 10 different mixtures were compared: reference mixture with no SCM and mixtures where 10, 20 or 30 % of cement weight were replaced by microsilica, fly ash or metakaolin. Tests of bulk density, compressive strength, splitting tensile strength, flexural tensile strength, dynamic and static elastic modulus and depth of penetration of water under pressure

were carried out for all the tested mixtures. The best results were reached when the cement was partially replaced by fly ash. However, it can be generally stated that no significant effect of SCM on the followed properties was observed with the exception of improvement of resistance to penetration of water under pressure.

Záměrem prezentovaného experimentu bylo ověřit vliv podílu náhrady cementu vybranými latentně hydraulickými příměsími – mikrosilikou, popílkem nebo metakaolinem – na mechanické vlastnosti vysokohodnotných betonů (HPC). Důvody pro používání těchto příměsí do betonu jsou obecně známy [9], [13], [15].

Přidáním křemičitých útletů (mikrosiliky) do betonu lze výrazně zlepšit vlastnosti čerstvé směsi. Jejich použitím se dá předejít např. tzv. krvácení betonu a zlepšit čerpatelnost. U ztvrdlého betonu jsou hlavními výhodami odolnost proti smršťování a vzniku mikrotrhlin, agresivním vlivům prostředí a průniku vody vyplývající z vyšší hutnosti matrice. Obvykle dochází i k nárůstu pevnosti v tlaku, což se však v prezentovaném výzkumu nepotvrdilo.

Hlavním účinkem elektrárenského popílku je zpomalení hydratace cementové pasty, a tím i nižší vývin

**Tab. 1** Výsledky výzkumu Megat Johariho a kol. [16] ■ **Tab. 1** Results of research of Megat Johari et al. [16]

Receptura	Pevnost v tlaku [MPa]	Statický modul pružnosti [GPa]	Dynamický modul pružnosti [GPa]
OPC	86,7	44,6	50
SF5	105,7	46,1	53,5
SF10	113,9	47,1	54,2
SF15	117,5	48,3	55
FA10	85,7	43,7	49,6
FA20	84,3	43,1	48,8
FA30	82,1	42,4	48,2
MK5	91,5	45,7	52,9
MK10	103,7	45,5	51,8
MK15	103,4	46,3	52,2

hydratačního tepla a pomalejší počáteční nárůst pevnosti. Nezhidratovaný popílek plní funkci mikroplniva, zlepšuje hutnost cementové matrice a reologické vlastnosti čerstvého betonu a činí beton odolnějším proti chemicky agresivním vlivům prostředí. Mezi přínosy jeho použití patří i snížení ceny betonu a pozitivní vliv na uhlíkovou stopu betonu.

Metakaolin přispívá ke zhuštění

**Tab. 2** Složení směsí ■ **Tab. 2** Composition of the mixtures

Složka	Specifikace	INIT [kg/m <sup>3</sup> ]	REF [kg/m <sup>3</sup> ]	MIC10 [kg/m <sup>3</sup> ]	MIC20 [kg/m <sup>3</sup> ]	MIC30 [kg/m <sup>3</sup> ]	POP10 [kg/m <sup>3</sup> ]	POP20 [kg/m <sup>3</sup> ]	POP30 [kg/m <sup>3</sup> ]	MET10 [kg/m <sup>3</sup> ]	MET20 [kg/m <sup>3</sup> ]	MET30 [kg/m <sup>3</sup> ]
cement	CEM I 42,5 R	650	800	720	640	560	720	640	560	720	640	560
příměs	mikrosilika	120	0	80	160	240	0	0	0	0	0	0
	popílek	0	0	0	0	0	80	160	240	0	0	0
	metakaolin	0	0	0	0	0	0	0	0	80	160	240
voda	-	231	210	231	252	273	197,4	184,8	172,2	210	210	210
w/b	-	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
kamenivo (čedič)	frakce 8/16	300	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320
	frakce 4/8	360	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390
	frakce 0/4	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730	730
SPF	Stachment	37,6	25	33	33	33	34	32	30	30	30	30
drátky	13 a 25 mm, 1:1	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0