

PEVNOSTNÍ PARAMETRY BETONU S RŮZNÝM DRUHEM A TYPEM VLÁKNITÉ VÝZTUŽE STRENGTH PARAMETERS OF CONCRETE WITH DIFFERENT KINDS AND TYPES OF FIBRE REINFORCEMENT

**BŘETISLAV VAŘEKA,
MARTIN KUSKO**

Výsledky porovnání pevnostních parametrů prostého betonu vyráběného z běžně používaných vstupních složek a téhož betonu s vláknitou výztuží. Zkoušky byly provedeny s vlákny ocelovými, skleněnými a polypropylenovými různých tvarů. Výsledky zkoušek přispívají k rozšíření poznatků a zkušeností o navrhování složení a výrobě betonů s vláknitou výztuží.

Results of comparison of strength parameters of plain concrete produced from commonly used input components and concrete with fibre reinforcement. The tests were performed with steel, glass and polypropylene fibres of various shapes. The test results contribute to improvement of knowledge and experience in the field of design of composition and production of concretes with fibre reinforcement.

VÝBĚR VSTUPNÍCH SLOŽEK A SLOŽENÍ POUŽITÉHO BETONU

Autoři zkoušek se snažili při výběru vstupních materiálů zohlednit částečně tendence výrobců betonu, kteří většinou preferují ekonomické aspekty před požadavky technickými a technologickými. Z těchto důvodů byla na příklad kamenná směs složena pouze z jedné frakce drobného kameniva a z jedné frakce kameniva hrubého. Rovněž volba maximálního zrna kameniva a třídy použitého cementu pro účely výroby vláknobetonů není zcela obvyklá, ale byla zde snaha vyzkoušet aplikaci této výztuže ve skladbě výrobků s významným objemem. Použité vstupní složky jsou uvedeny v tabulce 1.

Vstupní složky byly míchány v laboratorní míchačce s nuceným mícháním o užitném objemu 0,075 m³. Složení betonu je uvedeno v tabulce 2.

PŘÍPRAVA ZKUŠEBNÍCH TĚLES A POSTUP ZKOUŠENÍ

Aby bylo možno posoudit účinek a vliv použitých vláken na sledované parametry, byl jako standard použit beton stejného složení bez příměsí vláken.

U zkoušených betonů byla sledována konzistence, objemová hmotnost čerstvého a ztvrdlého betonu, pevnost v tahu za ohybu a pevnost v tlaku. Pevnostní parametry byly zkoušeny na trémcích o rozměrech 100 x 100 x 400 mm a na krychlich o hraně 150 mm. Vlastní příprava betonu probíhala tak, že byly zamíchány nejdříve všechny vstupní složky bez vláken a vlákna byla do směsi přimíchána následně, ve dvou dávkách rozprostřených po celé ploše míchacího bubnu. Takto připravený beton byl homogenizován mícháním po dobu deseti minut.

Všechna zkušební tělesa byla zhotovována stejným způsobem. Formy byly plněny ve dvou vrstvách, z nichž každá byla zhutňována vibrační po dobu deseti sekund. Zhotovená tělesa byla uložena na 24 hodin do vlhkého prostředí, poté vyjmuta z forem a uložena do doby zkoušky do prostředí vodního.

Zkoušky pevnosti v tahu za ohybu a tlaku po 28 dnech byly provedeny v intencích norem ČSN EN 12390-5 a ČSN ISO 4012. Zlomky hranolů po provedené zkoušce v tahu za ohybu byly rovněž využity pro zkoušku v tlaku. Výsledky provedených zkoušek jsou uvedeny v grafech na obrázcích 1 až 4.

VÝSLEDKY ZKOUŠEK

Standardní beton byl navrhován na pevnost 35 MPa, ve stupni zpracovatelnosti S 3. Provedenými zkouškami se potvrdila správnost návrhu. Beton dosáhl požadované pevnosti v tlaku, byl dobře zpracovatelný a vhodný i pro čerpání. Přídavek zkoušených vláken však konečné vlastnosti čerstvého i ztvrdlého betonu ovlivnil významným způsobem. Zde je nutno poznamenat, že běžná laboratorní míchačka, byť s nuceným mícháním, nemusí splňovat všechna očekávání z hlediska dobré homogenizace celého objemu. Technické nedostatky použitého zařízení je pak nutno suplovat na příklad dobou míchání a zvýšenou pečlivostí vizuálního sledování, eventuálně prováděním kontrolních zkoušek homogenity čerstvého betonu z hlediska rozptýlení vláknité výztuže.

Z výsledků naměřených objemových hmotností (obr. 1) je patrné, že přídavek kovových vláken neměl zásadní vliv na jejich změnu, ve srovnání se standardním betonem. Názory různých autorů zkoušek se většinou shodují v tom, že vláknitá výztuž způsobuje nakypření čerstvého betonu a tento jev je nutno eliminovat dobrým zhutněním. U zkoušek s polypropylenovými vlákny, se zřejmě projevil vliv

Materiál		Frakce [mm]	Měrná hmotnost [kgm ⁻³]
kamenivo	drobné těžené	0 – 4	2630
	hrubé drcené	8 – 16	2610
cement	CEM II/B–S 32,5 R, pevnosti [MPa]	po 2 dnech	po 28 dnech
	v tahu za ohybu	3,9	7,2
	v tlaku	16,0	36,7
voda	pitná z vodovodního řádu		
přísada	plastifikátor BV 1 Addiment		
použitá vlákna	– Fibrex	– ANTI-CRAK HP	
	– ŽDB 0,4	– Dramix 30/0,5	
	– Dramix 45/30	– Dramix 45/50	

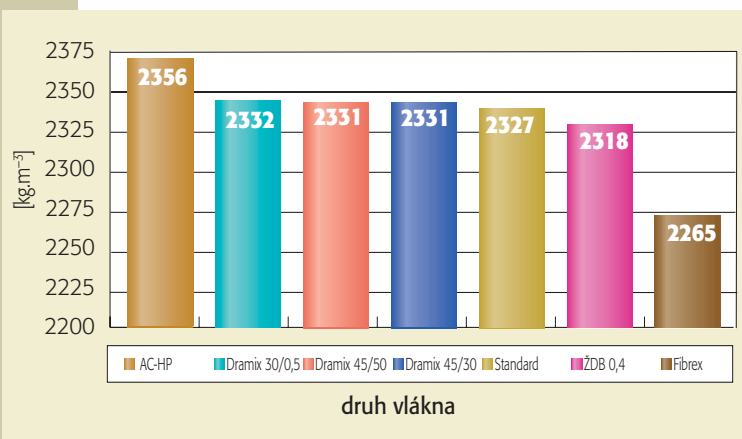
Tab. 1 Vstupní složky

Tab. 1 Input components

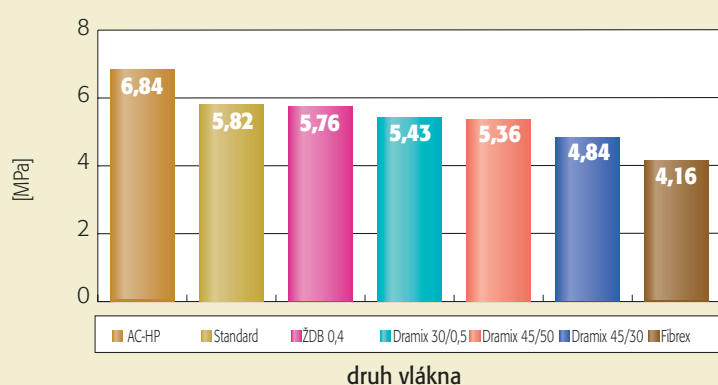
Tab. 2 Složení betonu

Tab. 2 Composition of concrete

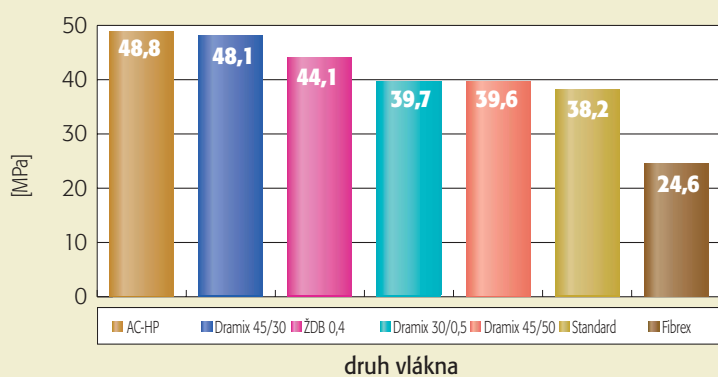
Materiál	Množství [kgm ⁻³]
drobné těžené kamenivo frakce 0–4	877
hrubé drcené kamenivo frakce 8–16	914
cement CEM II/B–S 32,5 R	380
voda	150
přísada plastifikátor BV 1 (0,5% z C)	1,9
vlákna	2 % obj.



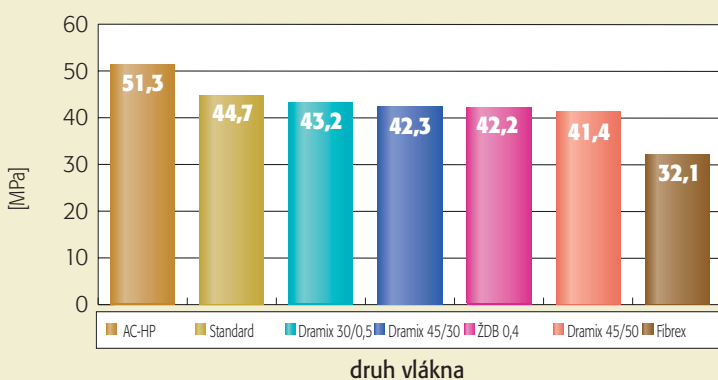
Obr. 1 Graf závislosti objemové hmotnosti ztvrdlého betonu na druhu použitých vláken
Fig. 1 Graph of the relationship of bulk density of hardened concrete and the type of the used fibres



Obr. 2 Graf závislosti pevnosti betonu v tahu za ohybu na druhu použitých vláken
Fig. 2 Graph of the relationship of concrete strength in bending under tension and the type of the used fibres



Obr. 3 Graf závislosti krychelné pevnosti betonu v tlaku na druhu použitých vláken
Fig. 3 Graph of the relationship of cube strength of concrete in compression and the type of the used fibres



Obr. 4 Graf závislosti pevnosti betonu v tlaku (zkoušena na zlomcích hranolů) na druhu použitých vláken
Fig. 4 Graph of the relationship of strength of concrete in compression (tested in fragments of cuboids) and the type of the used fibres

použitého míchacího zařízení, a proto byla objemová hmotnost výrazně nižší. Nejvyšší objemové hmotnosti bylo dosaženo se skleněnými vlákny, kde se pravděpodobně projevil jejich dobrý kontakt s cementovým tmelem.

Dobrá soudržnost cementové malty se skleněnými vlákny měla zřejmě vliv i na dosažené pevnostní parametry. Pevnost v tahu za ohybu (obr. 2) sice není příliš výrazně vyšší než u standardního betonu, ale přesahuje všechny ostatní dosažené výsledky. Při této zkoušce se také projevil rozdíl v účinku použitého druhu vláknité výtzuže. Vedle srovnávacího betonu, kde došlo ke křehkému lomu, šly nejlépe oddělit zlomky zkušebních hranolů u vzorků se skleněnými a polypropylenovými vlákny. Vzorky obsahující ocelové drátky nebylo možno běžným způsobem oddělit, přestože změřená pevnost v tahu za ohybu byla vesměs nižší a výtzuž musela být rozřezána. Obtížnost oddělování zlomků hranolů vzrůstala s rostoucí délkou a průměrem použité rozptýlené výtzuže.

Velmi zajímavé jsou i výsledky zkoušek pevnosti v tlaku (obr. 3 a 4). Je možno se oprávněně domnívat, že se zde uplatnil vliv tvaru zkušebního tělesa v souvislosti s jeho hutněním a možná i materiál použitých forem. Ke zhotovení krychlí byly použity plastové formy, kdežto pro zhotovení hranolů bylo použito forem ocelových. Domněnku podporuje i značný rozdíl v dosažených pevnostech vzorků s polypropylenovými vlákny a standardního betonu (7,5 a 6,5 MPa) a také jakési srovnání pevností vzorků s vlákny kovovými do jedné hladiny s rozdílem pouze 1,8 MPa. Uplatnění těchto úvah bude třeba ověřit dalšími zkouškami, pro jejich možný význam ve výrobě. Nárůst krychelných pevností u vzorků obsahujících Dramix 45/30, resp. ŽDB 0,4, zřejmě souvisí s již zmíněným tvarem a délkou výtzuže.

ZÁVĚR

Výsledky provedených zkoušek ukázaly, že i při použití tradičních vstupních materiálů je možno, nepříliš náročnou úpravou technologie, dosáhnout kvalitnějšího výrobku.

Ing. Břetislav Vařeka, CSc.
Betotech, s. r. o., zkušební laboratoř Ostrava
Místecká 1121, 703 83 Ostrava
tel./fax: 596 781 800
e-mail: bretislav.vareka@betotech.cz
Ing. Martin Kusko