

## VLHKOSTNÍ CHARAKTERISTIKY VLÁKNOBETONŮ VE VZTAHU K JEJICH TRVANLIVOSTI

*Barbara Kucharczyková<sup>1</sup>, Iveta Plšková<sup>2</sup>, Jiří Adámek<sup>3</sup>*

*Abstrakt: V příspěvku jsou prezentovány výsledky experimentálních zkoušek prováděných na vzorcích z lehkého betonu a lehkého vláknobetonu. Sledován byl vliv vláken na vlhkostní vlastnosti, difúzi CO<sub>2</sub> a vzduchovou propustnost povrchových vrstev betonu. Cílem je najít vzájemný vztah mezi těmito vlastnostmi, který by mohl doplnit a zjednodušit popis trvanlivosti cementových kompozitů.*

### 1 Úvod

Vláknobeton jsou speciální typy konstrukčních betonů, u kterých se již při jejich výrobě k běžným složkám přidávají vhodná vlákna plnicí funkci rozptýlené výztuže. Rovnoměrným rozptýlením vláken ve struktuře betonu mohou být významně ovlivněny jeho vlastnosti. Při návrhu a výrobě betonu s vlákny je důležité zvolit vhodný druh vlákna a jeho odpovídající množství pro dosažení požadovaných vlastností výsledného kompozitu.

### 2 Experimentální část

Pro výrobu čerstvého betonu bylo použito lehké kamenivo typu keramzit s výrobní značkou Liapor CZ/4-8/600, hrubé těžené kamenivo HTK 4-8 mm, drobné těžené kamenivo DTK 0-4 mm, cement CEM I - 42,5 R, létavý popílek, mikrosilika, plastifikátor a voda. Voda, lehké kamenivo a hrubé kamenivo bylo dávkováno objemově, ostatní složky pak hmotnostně. Jako rozptýlená výztuž byla použita vysokopevnostní polypropylenová vlákna Forta Ferro délky 54 mm, v množství 9 kg/m<sup>3</sup>. Přesné složení použité receptury lehkého betonu bez vláken označené jako Liapor CZ + HTK je uvedeno v [1]. Pojednání o dalších charakteristikách betonu s vlákny a bez vláken je uvedeno v [2]. Pojednání o vlivu momentu dávkování vláken je uvedeno v [3], přičemž beton uváděný v tomto příspěvku je v uvedené literatuře označen jako LB2 a LB2+FF.

#### 2.1 Tělesa pro zkoušky propustnosti

Zvýšená pozornost při výrobě těles byla věnována zejména hutnění a následnému uložení po odformování. Délka a způsob hutnění byl zvolen dle konzistence čerstvého betonu. Bylo nutno zajistit co nejdůkladnější odstranění přebytečného vzduchu, přičemž nesmělo docházet k segregaci kameniva a tmelu. Dalším důležitým krokem při přípravě zkušebních těles pro měření byla volba vhodného uložení po odformování. Tento faktor totiž úzce souvisí s rychlostí vysychání, tedy s aktuální hmotnostní vlhkostí tělesa. Pro naše experimenty jsme zvolili laboratorní uložení na vzduchu v kombinaci se zakrytím těles fólií.

#### 2.2 Určení vzduchové propustnosti

Vzduchová propustnost povrchových vrstev byla určena pomocí přístroje TPT – Torrent Permeability Tester (viz obr. 1). Princip stanovení vzduchové propustnosti betonu spočívá ve vytvoření vakua při povrchu betonu a měření průtoku vzduchu masou betonu do měřícího zařízení během stanoveného časového úseku. Během experimentů bylo postupně zjištěno, že hodnota součinitele vzduchové propustnosti je výrazně ovlivněna různými faktory, které je nutno zahrnout do celkového vyhodnocení této veličiny. Jako nejpodstatnější faktor ovlivňující permeabilitu betonu se jeví vlhkost uzavřená ve vnitřní struktuře betonu. Závislost součinitele vzduchové propustnosti a hmotnostní

---

<sup>1</sup>KUCHARCZYKOVÁ Barbara, Ing., VUT-FAST, Ústav stavebního zkušebnictví, kucharczykova.b@fce.vutbr.cz

<sup>2</sup>PLŠKOVÁ Iveta, Mgr. Ph.D., VUT-FAST, Ústav fyziky, plskova.i@fce.vutbr.cz

<sup>3</sup>ADÁMEK Jiří, Prof. Ing., CSc., VUT-FAST, Ústav stavebního zkušebnictví, adamek.j@fce.vutbr.cz

vlhkosti na stáří betonu je uvedena na obr. 5. Podrobnější rozbor problematiky měření součinitele vzduchové propustnosti je uveden v [4].



Obr. 1 Torrent Permeability Tester

### 2.3 Určení difúze CO<sub>2</sub>

Propustnost oxidu uhličitého je vyjadřována, jako množství oxidu uhličitého v gramech, které pronikne za jeden den zkušebním vzorkem o ploše jeden metr čtvereční při definovaném parciálním tlaku nebo definovaném koncentračním rozdílu. Postu měření předepisuje norma ČSN EN 1062-6 [5]. Zkušební tělesa, utěsněná v měřících nádobách, které obsahovaly látku absorbující oxid uhličitý (KOH), byla vystavena proudění oxidu uhličitého (viz obr. 2). Zkušební nádoby se udržovaly v atmosféře suchý oxid uhličitý/vzduch při teplotě  $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$  a byly váženy v pravidelných intervalech. Propustnost oxidu uhličitého se určila z nárůstu hmotnosti a měření bylo ukončeno po dosažení ustáleného stavu (přírůstek hmotnosti zkušební nádoby zůstal během dvou následných časových intervalů konstantní). Procentuální vyjádření hmotnostních přírůstků v závislosti na době měření je znázorněno na obr. 6.

Střední hodnoty propustnosti oxidu uhličitého včetně variačních koeficientů jsou uvedeny na obr. 7. Z praktického hlediska je však vhodné vyjádřit schopnost materiálu klást odpor proti transportu v závislosti na jeho tloušťce pomocí bezrozměrného koeficientu difúzního odporu.



Obr. 2 Zařízení pro měření difúze CO<sub>2</sub>

### 2.4 Určení vzlínivosti

Pro určení této veličiny byla zvolena metoda dle [6], podle které se zkušební trámce vysušené do ustálené hmotnosti opatří vodotěsným nátěrem. Natřené jsou všechny čtyři podélné strany, přičemž obě čela zůstávají nenatřené. Trámce se umístí na podložky ve svislé poloze tak, aby spodní část trámce byla ponořena ve vodě cca 2 mm (viz obr.3). Změna hmotnosti vzorku, případně výška vzlínání byla zaznamenávána v předepsaných časových intervalech. Konec zkoušky byl dán ustálenou

hodnotou hmotností zkušebních těles. Procentuální vyjádření hmotnostních přírůstků v závislosti na době měření je znázorněno na obr. 8. Střední hodnoty hmotnostních přírůstků pro vztlínavost naměřených po 48 hodinách včetně variačních koeficientů jsou uvedeny na obr. 9.



**Obr. 3** Uspořádání zkoušky vztlínivosti

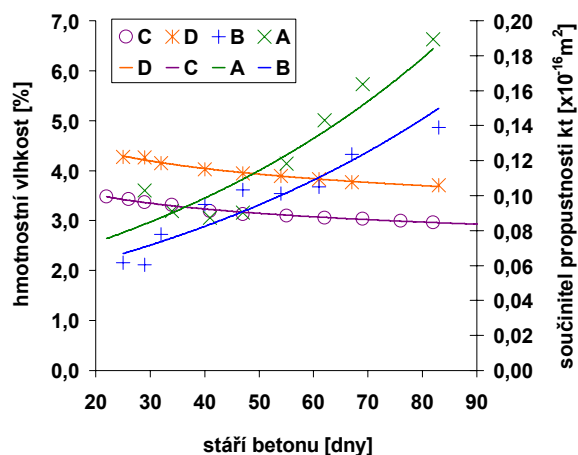
#### 2.4 Určení navlhavosti

Navlhavost je jednou ze sorbčních vlastností materiálu a její stanovení je předepsáno normou ČSN 73 1327 [7]. Navlhavost se zkouší na vzorcích vysušených do ustálené hmotnosti. Poté se jedna plocha zabrousí tak, aby byla rovná a ostatní se opatří vodotěsným nátěrem. Vzorky se umístí do prostředí s teplotou 20°C a relativní vlhkostí 98%. Pro vytvoření stabilního uložení byl použit exsikátor s nasyceným roztokem síranu draselného ( $K_2SO_4$ ) (viz obr. 4). Podstatou zkoušky je zaznamenávání hmotnostních přírůstků až do ustáleného stavu – tzn., že přírůstek hmotnosti během dvou po sobě jdoucích měření byl menší než 0,1%). Procentuální vyjádření hmotnostních přírůstků v závislosti na době měření je znázorněno na obr. 10. Střední hodnoty hmotnostních přírůstků pro navlhavost naměřených po 48 hodinách včetně variačních koeficientů jsou uvedeny na obr. 11.



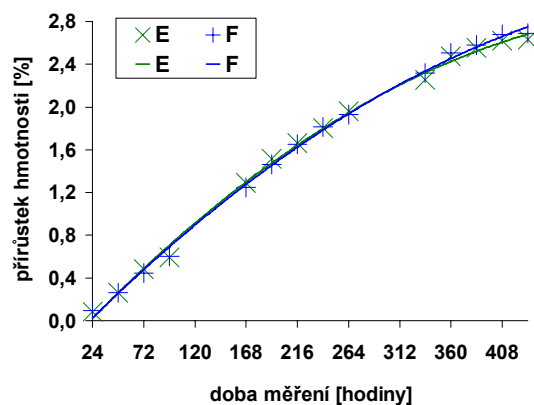
**Obr. 4** Uspořádání zkoušky navlhavosti

### 3 Výstupy a výsledky



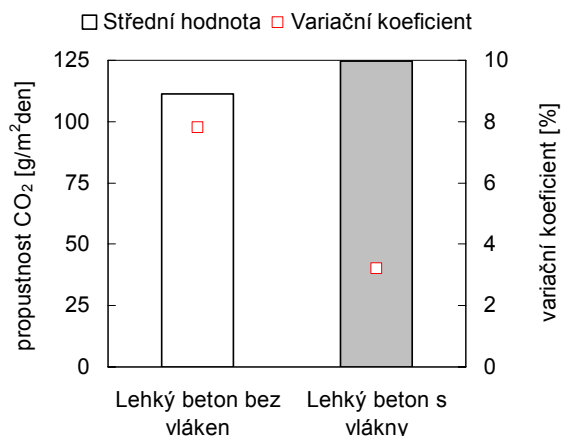
- A – Lehký beton bez vláken – součinitel vzduchové propustnosti
- B – Lehký beton s vlákny – součinitel vzduchové propustnosti
- C – Lehký beton bez vláken – hmotnostní vlhkost
- D – Lehký beton s vlákny – hmotnostní vlhkost

Obr. 5 Součinitel vzduchové propustnosti a hmotnostní vlhkost v závislosti na stáří

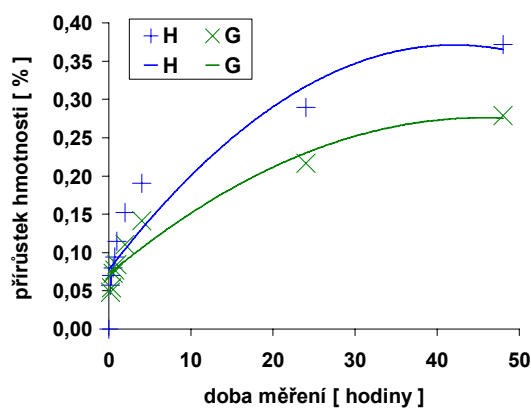


- E – Lehký beton bez vláken
- F – Lehký beton s vlákny

Obr. 6 Přírůstek hmotnosti při difúzi CO<sub>2</sub> v závislosti na čase

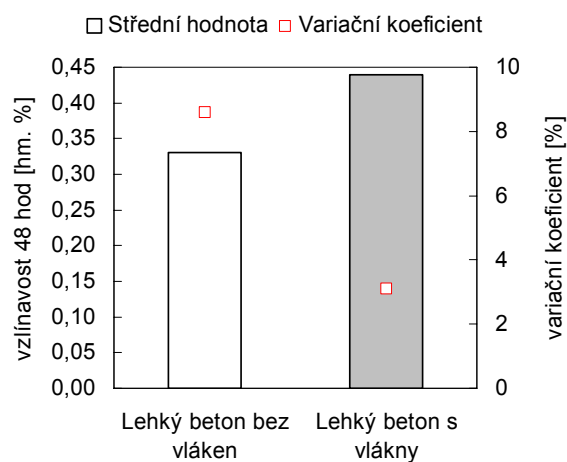


Obr. 7: Propustnost oxidu uhličitého: Střední hodnoty a variační koeficienty

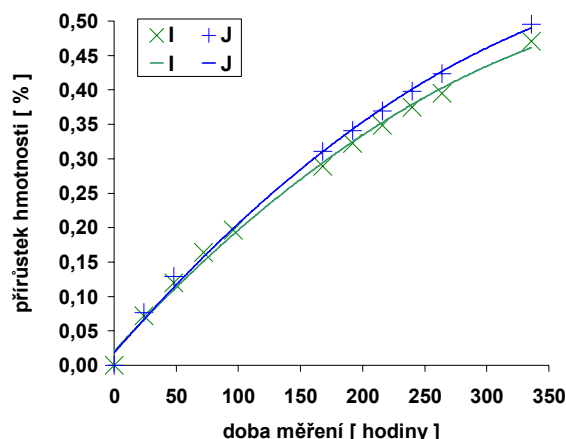


G – Lehký beton bez vláken  
H – Lehký beton s vlákny

Obr. 8 Přírůstek hmotnosti vzlínavostí v závislosti na čase



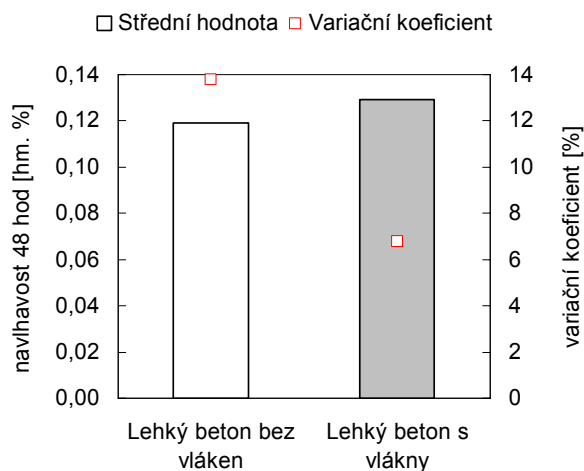
Obr. 9: Hmotnostní vzlínavost: Střední hodnoty a variační koeficienty



I – Lehký beton bez vláken

J – Lehký beton s vlákny

Obr. 10 Přírůstek hmotnosti navlhavostí v závislosti na čase



Obr. 11: Hmotnostní navlhavost: Střední hodnoty a variační koeficienty

#### 4 Zhodnocení výsledků

- Z výše uvedených výsledků je zřejmé, že přidání vláken nemá výrazný vliv na zkoumané veličiny – tedy vlákna význačně nenarušila původní strukturu lehkého betonu. Naopak lze říci, že vlákna pomohla k vytvoření stabilnější kostry kompozitu – tzn., že vnitřní struktura je více homogenní, což se projevilo na výrazném snížení variačního koeficientu u všech měřených veličin.
- Co se týče vztahu mezi navlhavostí, vztlínavostí, difúzí  $\text{CO}_2$  a vzduchovou propustností, je nutno si uvědomit, že všechny jsou silně závislé na struktuře povrchové vrstvy betonu a jeho aktuální vlhkosti.
- Hodnotu navlhavosti, vztlínavosti a difúze  $\text{CO}_2$  je možno určit jako hmotnostní přírůstek zkoumaných veličin a proto je možné je vzájemně srovnat anebo z hodnoty jedné odvodit zbývající dvě. Tato úvaha vychází z výše uvedených grafů (obr. 6, 8, 10), kde je patrné, že průběhy hmotnostních přírůstků všech tří veličin mají velmi podobný trend. Na obr. 7, 9 a 11 jsou zobrazeny sloupcové grafy měřených veličin, vždy pro lehký beton a vláknobeton. Dle těchto grafů lze říci, že struktura vláknobetonu sice vykazuje větší propustnost povrchových vrstev betonu, ale vzhledem k řádům, ve kterých se rozdíl pohybuje, lze tento fakt zanedbat.

- Určení hodnoty vzduchové propustnosti je daleko komplikovanější, neboť jeho hodnotu je nutno uvádět vždy v souvislosti s aktuální hmotnostní vlhkostí, jejíž hodnotu je, v některých případech, obtížné přesně stanovit. Dle obr. 5, kde je znázorněna závislost součinitele vzduchové propustnosti na stáří betonu, se lze domnívat, že vláknobeton vykazuje větší vzduchovou propustnost. Zde je nutno si opět uvědomit řady hodnot, ve kterých se rozdíl pohybuje a hlavně skutečnost, že jednotlivá měření vykazují značný rozptyl naměřených hodnot. Tedy, obecně lze říci, že vlákna v podstatě neměla vliv na hodnotu součinitele vzduchové propustnosti.

Příspěvek byl zpracován díky podpoře projektů GAČR č. 103/06/0685, č. 103/05/2683 a projektů MŠMT č. 0021630511 a č. 1M06005.

## 5 Literatura

- [1] Kucharczyková, B., Adámek, J., Plšková, I., Juránková, V. Ověření možnosti výroby lehkého betonu předepsané objemové hmotnosti a tlakové pevnosti. Sborník konference Speciální betony (2006).
- [2] Kucharczyková B., Adámek J., Plšková I.: Vliv vysokopevnostních polypropylenových vláken na přetvárnostní charakteristiky lehkých betonových kompozitů. Sborník konference 13. Betonářské dny (2006).
- [3] Kucharczyková B., Adámek J., Plšková I.: Vliv doby předmáčení kameniva na výsledné vlastnosti lehkého betonu a technologické problémy při zpracování lehkého betonu a vláknobetonu. Sborník 6. konference Technologie betonu (2007).
- [4] Kucharczyková B., Plšková I.: Měření vzduchové propustnosti hutných lehkých a obyčejných betonů metodou TPT. Sborník konference WORLSHOP NDT (2006).
- [5] ČSN EN 1062-6. Nátěrové hmoty - Povlakové materiály a povlakové systémy pro vnější zdivo a betony - Část 6: Stanovení propustnosti oxidu uhličitého. ČNI, 2002.
- [6] Procedure for measuring the hydraulic sorptivity. Test procedure. In Appendix of the contribution : C.Hall,: Water sorptivity of mortars and concretes:a review
- [7] ČSN 73 1327. Stanovení sorbčních vlastností betonu. ČNI, 2003.