



národní
úložiště
šedé
literatury

Vysokopevnostní kompozitní prvky z profilů s vláknovou výztuží a polymerní matricí a betonem

Bodnárová, L.
2012

Dostupný z <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-135082>

Dílo je chráněno podle autorského zákona č. 121/2000 Sb.

Tento dokument byl stažen z Národního úložiště šedé literatury (NUŠL).

Datum stažení: 04.05.2024

Další dokumenty můžete najít prostřednictvím vyhledávacího rozhraní nusl.cz .

Vysokopevnostní kompozitní prvky z profilů s vláknovou výztuží a polymerní matricí a betonem

Ing. Lenka Bodnárová, Ph.D.¹

VUT v Brně, Ústav technologie stavebních hmot a dílců

Prof. Ing. Rudolf Hela, CSc.²

VUT v Brně, Ústav technologie stavebních hmot a dílců

Ing. Petra Macháňová³

VUT v Brně, Ústav technologie stavebních hmot a dílců

Ing. Jaroslav Válek⁴

VUT v Brně, Ústav technologie stavebních hmot a dílců

Ing. Josef Lukáš, Ph.D.⁵

Ocelobetonové konstrukce a mosty

Ing. Libor Sitek, Ph.D.⁶

Ústav geoniky AV ČR, v.v.i.

¹ Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců, Veveří 95, 602 00 Brno, tel.: 541 147 509, e-mail: bodnarova.l@fce.vutbr.cz

² Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců, Veveří 95, 602 00 Brno, tel.: 541 147 508, e-mail: hela.r@fce.vutbr.cz

³ Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců, Veveří 95, 602 00 Brno, e-mail: machanova.p@fce.vutbr.cz

⁴ Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců, Veveří 95, 602 00 Brno, tel.: 541 147 468, e-mail: valek.j@fce.vutbr.cz

⁵ Ocelobetonové konstrukce a mosty, Havlíčkovo nábřeží 38, 702 00 Ostrava, e-mail: josef.lukas@ocelobeton.eu

⁶ Ústav geoniky AV ČR, v.v.i. Studentská 1768, 708 00 Ostrava-Poruba, e-mail: libor.sitek@ugn.cas.cz

1. Úvod

Vláknové kompozitní materiály s polymerní matricí – FRP (Fiber-reinforced polymer) jsou ve stavebnictví využívány zejména pro speciální aplikace, a to samostatně nebo ve spojení s betonem. FRP kompozitní systémy se používají často pro konstrukce v různých agresivních prostředích a pro vysokopevnostní kompozitní nosné systémy (ve spojení s betonem). Trvanlivost FRP kompozitů je

dána složením kompozitního materiálu – určující jsou vlastnosti polymerní matrice, vlastnosti výztužných vláken a také způsob výroby kompozitu. V případě, že FRP kompozit je vyplněn betonem, FRP působí i jako betonu ochrana před působením okolního agresivního prostředí. Článek je věnován části výzkumu zaměřeného na vývoj vysokopevnostních kompozitních konstrukcí na bázi FRP profilů s vysokopevnostním betonem. Byla sledována trvanlivost betonů v agresivním prostředí a trvanlivost FRP profilů. V současné době dále probíhá sledování trvanlivosti systému FRP kompozitů vyplněných betonem.

2. FRP kompozitní materiály

Vláknový kompozitní materiál s polymerní matricí (FRP) je kompozitní materiál sestávající z kontinuálních vláken impregnovaných v polymeru a tvarovaný a vytvrzený do určitého tvaru. [1]. FRP kompozity sledované v tomto příspěvku byly vyrobeny pultruzí. Pultruze je kontinuální proces výroby kompozitních profilů protahováním vrstev vláknitých materiálů impregnovaných syntetickou pryskyřicí horkým průvlakem s regulací teploty, kde dochází ke konečnému vytvarování profilu vytvrzením a/nebo ochlazením pryskyřice [2].

Trvanlivostí FRP materiálů nebo prvků s využitím FRP materiálů se rozumí schopnost odolávat tvorbě trhlin, oxidaci, chemickému působení, delaminaci, opotřebení, únavě, účinkům poškození vlivem cizích předmětů nebo kombinaci těchto na určité časové období v rámci příslušných podmínek zatížení a stanovených podmínek životního prostředí [1]. Požadavky na trvanlivost FRP kompozitů jsou zejména odolnost proti vlhkosti, odolnost proti alkalickým roztokům, odolnost proti UV-záření, odolnost proti tečení a relaxaci, odolnost proti extrémním teplotám [1].

3. Experimentální část

Zkoušky trvanlivosti byly provedeny v návaznosti na užití FRP profilů v reálných podmínkách. Byly ověřovány vlastnosti pultrudovaných FRP. Byla použita polyesterová pryskyřice jako matrice, výztužná vlákna E-skló a kontinuální vláknová rohož (na vnitřním i vnějším obvodu profilů) s nahodilou orientací vláken.

3.1. Volba podmínek zatěžování FRP profilů působením okolního prostředí

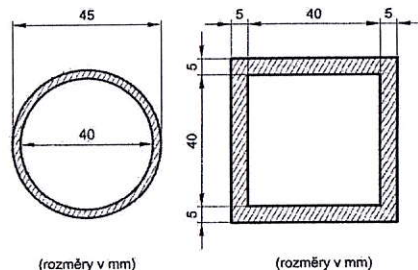
Bylo provedeno sledování odolnosti FRP vůči zvoleným agresivním vlivům (roztoky hořčičných iontů, síranů, chloridů a dusičnanů), a to s ohledem na praktické použití FRP kompozitů pro konstrukční účely v kapalných agresivních prostředích či působení agresivních iontů ze základové půdy. Koncentrace použitých roztoků jsou uvedeny v následující tabulce č. 1.

koncentrace agresivních prostředí	
Mg^{2+}	309 g/l - $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ /voda
SO_4^{2-}	161 g/l - Na_2SO_4 /voda
Cl ⁻	300 g/l - $NaCl$ /voda
NO_3^-	320 g/l - KNO_3 /voda

Tabulka 1 Koncentrace agresivních roztoků

3.2. Příprava zkušebních vzorků z FRP profilů

Vzorky byly připraveny z FRP kompozitních profilů kruhového a čtvercového průřezu, viz obr. č. 1. Délka zkušebních vzorků byla 60 mm. Na obou sadách vzorků byly měřeny rozměry, vzorky byly zváženy a každý vzorek byl označen.



Obr. 1 Rozměry zkoušených FRP profilů

3.3. Postup

Zkouška vychází z ČSN EN ISO 175 Plasty - Stanovení účinku kapalných chemikálií při ponoření. Bylo provedeno zkoušení vzorků kompletně ponořených v kapalném agresivním prostředí po dobu 56 a 540 dní při teplotě kapalného prostředí 16 °C. Vlastnosti vzorků byly měřeny před ponořením do kapaliny a po vyjmutí z kapaliny. [5] Byly sledovány hmotnostní změny, změny rozměrů a barevné změny a jiné defekty vzorků.

3.3.1. Procentuální změna hmotnosti vzorku

$$\frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$$

kde m_1 je hmotnost vzorku před ponořením v mg,
 m_2 je hmotnost vzorku po vyjmutí z lázně v mg.

3.3.2. Stanovení rozměrových změn vzorku

Tyto změny byly stanoveny měřením všech rozměrů a následným výpočtem rozdílu naměřených hodnot před ponořením do kapalin a po jejich vyjmutí z kapaliny ve stanovený expoziční čas. Výsledkem bylo posouzení, zda se jednalo o zmenšení či zvětšení rozměrů a to buď významné, nebo zanedbatelné.

3.3.3. Změna barvy a jiných vzhledových vlastností

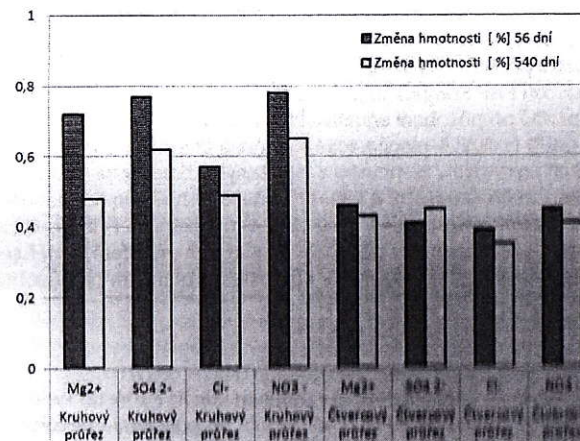
Vzhledové vlastnosti (trhlínky, puchýřky a jiné defekty) byly posuzovány dle Tabulky č. 1 normy ČSN EN ISO 175 - kvalitativní odhad změn: žádná, sotva znatelná, nepatrná, mírná, podstatná. [5]

3.4. Výsledky zkoušek

Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce č. 2. Výsledky jsou stanoveny jako aritmetický průměr ze 3 měření.

Průřez profilu	Agresivní prostředí	Změna hmotnosti [%] 56 dní	Změna hmotnosti [%] 540 dní	Popis vzhledu
Kruhový	Mg ²⁺	0,72	0,48	vzorky nevykazovaly žádné narušení, změnu barvy, či jiné defekty
Kruhový	SO ₄ ²⁻	0,77	0,62	
Kruhový	Cl ⁻	0,57	0,49	
Kruhový	NO ₃ ⁻	0,78	0,65	
Čtvercový	Mg ²⁺	0,46	0,43	
Čtvercový	SO ₄ ²⁻	0,41	0,45	
Čtvercový	Cl ⁻	0,39	0,35	
Čtvercový	NO ₃ ⁻	0,45	0,41	

Tabulka 2 Změna hmotnosti vzorků po 56 a 540 dnech v agresivním prostředí



Obr. 2 Změna hmotnosti FRP vzorků po 56 a 540 dnech v agresivním prostředí

Vzorky uložené po dobu 56 a 540 dní v agresivním vodním prostředí nedosáhly procentuální hmotnostní změny ve struktuře kompozitního profilu (kruhový i čtvercový průřez) ani 1 %. Hodnoty rozměrů se ve všech případech pohybovaly kolem hodnot naměřených na počátku, tedy před ponořením vzorků do agresivních lázní, z tohoto důvodu jsou všechny rozměrové změny zanedbatelné. Vzorky nevykazovaly žádné vizuální změny barvy, povrchu či jiná poškození. Lze tedy konstatovat, že zkoumané FRP profily jsou odolné vůči vybraným chemickým prostředím.

4. Závěr

Příspěvek uvádí poznatky ze sledování vybraných vlastností FRP kompozitů při působení agresivních vlivů. Bylo provedeno sledování odolnosti FRP vůči vybraným agresivním vlivům (roztoky hořečnatých iontů, síranů, chloridů a dusičnanů), a to s ohledem na praktické použití FRP kompozitů pro konstrukční účely. V zahraničních a českých normách nejsou jednoznačně stanoveny podmínky pro definování trvanlivosti FRP kompozitů, často výrobci FRP kompozitů deklarují odolnost samotné pryskyřice, kdy finální kompozit může vykazovat výrazné odchylky. Jako jeden z prvních negativních efektů působení teplot a agresivního prostředí na FRP kompozity se objevuje oddělování výztužných vláken od polymerní matrice. Toto porušení se může projevit zvýšenou nasákavostí materiálů. Experimentálně byly ověřovány FRP profily vyrobené pultruzí. Profily obsahovaly polyesterovou pryskyřici jako matici, výztužná vlákna byla z E-skla a byl použita kontinuální vláknová rohož (na vnitřním i vnějším obvodu profilů) s nahodilou orientací vláken.

Provedené experimentální zkoušky neprokázaly změnu vlastností těchto FRP profilů při vystavení působení vybraných agresivních vlivů. Navržená metodika ověřování trvanlivosti FRP kompozitů je přínosná pro prvotní ověření změn vlastností FRP profilů při působení agresivních vlivů. Pro upřesnění výsledků doporučujeme ověřit fyzikálně-mechanické vlastnosti destruktivními zkouškami pevnosti a modulů pružnosti v kombinaci s navrženými zkouškami sledování změn nasákavosti, změn hmotnosti a rozměrů, včetně vizuálního hodnocení změn vzhledu. V dalším výzkumu se kromě sledování odolnosti FRP profilů a FRP profilů v kombinaci s betonem vůči působení agresivních prostředí zaměřujeme na sledování trvanlivosti těchto materiálů v kombinaci s betonem při působení vysokých teplot.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory projektu GAČR P104/12/1988 s názvem „Studium interakce složek cementových kompozitů při působení vysokých teplot“ a projektu MPO ČR FR-T11/387 s názvem „Vývoj vysokopevnostních nosných kompozitních konstrukcí pro stavby na bázi epoxidových kompozitních profilů spřažených vysokopevnostním betonem“.

Literatura

- [1] ACI 440R – 07. Report on Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Reinforcement for Concrete Structures. 1. vydání Farmington Hills, MI, USA: American Concrete Institute, 2007. 88 s. ISBN 978-0-87031-259-5.
- [2] ČSN EN 13706-2:2007 Vyztužené plasty (kompozity) - Specifikace pro tažené profily – Část 2: Metody zkoušení a obecné požadavky.
- [3] HRUBÝ, D. Vláknové kompozitní materiály s polymerní maticí pro vyztužování betonů: bakalářská práce. Brno, 2009. 57 s. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební. Ústav technologie stavebních hmot a dílců.

- [4] PODERMANSKÁ, L. Kompozitní materiály s polymerní maticí a vláknovou výztuží pro speciální aplikace ve stavebnictví: Bakalářská práce. Brno, 2011. 76 s. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav technologie stavebních hmot a dílců.
- [5] ČSN EN ISO 175: 2011 Plasty – Stanovení účinku kapalných chemikálií při ponoření
- [6] ACI 440.2R-8. Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures. 1. vydání Farmington Hills, MI, USA: American Concrete Institute, 2008. 76 s. ISBN 978-0-87031-285-4.