



METODIKA STANOVENÍ MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ FRP VÝZTUŽÍ POMOCÍ KRÁTKODOBÝCH ZKOUŠEK

Zpracovali: Ing. František Girgler, Ph.D., Ing. Vojtěch Kostih, Ing. Anna Matušiková, prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc. (Fakulta stavební VUT v Brně)

Souhrn

S rozvojem využití kompozitních materiálů (FRP výztuží) v rámci staveb betonových konstrukcí je kladen stále větší důraz na problematiku stanovení jejich základních mechanických charakteristik. Vlastnosti stejných druhů FRP výztuží se mohou významně lišit s ohledem na výrobní postupy každého výrobce. Proto je nezbytné provádět výrobní i ověřovací zkoušky vedoucí ke stanovení jejich fyzikálně mechanických vlastností. Pro tyto účely nemohou být využity standardní zkušební postupy určené pro běžnou betonovou výztuž. Cílem metodiky je poskytnout základní podklad pro experimentální stanovení charakteristik FRP výztuží užívaných jako vnitřní výztuž pro betonové konstrukce a sjednotit doposud využívané postupy. Metodika vychází z aktuálních znalostí v oboru testování kompozitní FRP výztuže, jejichž rámec udávají především aktuální zahraniční normy.

Oblast použití

Certifikovaná metodika je využitelná především v oblasti dalšího výzkumu a vývoje kompozitní výztuže a tvorby podkladu pro provádění základních zkoušek výztuží na bázi skleněných, uhlíkových nebo aramidových a dalších vláken. Zkušební postupy mohou být zároveň využity i odborníky v oblasti návrhu FRP výztuží, kdy slouží jako pomůcka pro sjednocení charakteristik získaných z často nekompatibilních zkušebních postupů.

Metodika a postup měření

Metodika zkoušení FRP výztuží je rozdělena na dvě části. První část definuje oblast jejího použití, výčet zkoušek pro určení krátkodobých mechanicko-fyzikálních vlastností FRP výztuží a stručně popisuje chování FRP výztuže a její odlišnosti oproti ocelové výztuži. Ve druhé části (příloha A až C) jsou uvedeny zkušební postupy pro provádění jednotlivých krátkodobých zkoušek, a to:

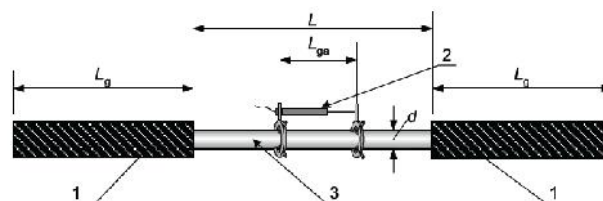
- tahové pevnosti FRP výztuže,
- pevnosti v čistém smyku a
- soudržnosti kompozitní výztuže s betonem.

U každého zkušebního postupu je vždy uveden doporučený postup provedení zkoušky v etn tvaru a požadovaného počtu vzorků, jsou definovány požadavky na vyhodnocení jednotlivých testů v etn formuláři a na vyhodnocení experimentu a uveden stručný pohled podklad, které jsou pro danou zkoušku relevantní.

Výsledky

Metodika vychází z platných zahraničních podkladů, především normy ISO 10406-1:2015 [1], S806-12 [2] a směrnice ACI 440.3R-12 [3]. Zkušební postupy jsou transformovány do národních podmínek s ohledem na dostupné výrobky a platné národní normy (především normy SN EN 1990 [4] a SN EN 1992-1-1 [5]) a doplněny vlastními zkušenostmi z vývoje tohoto materiálu.

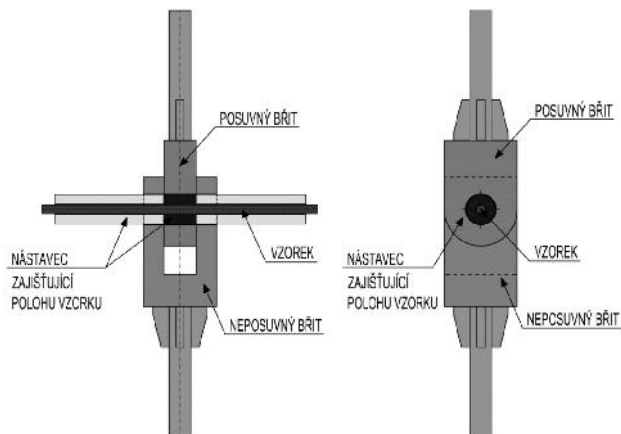
Zkouška tahové pevnosti FRP výztuže umožňuje stanovit především její maximální osovou tahovou únosnost a tomu odpovídající poměrné přetvoření. Definován je i přístup ke stanovení modulu pružnosti výztuže. Doporučené schéma tvaru vzorku je patrné z Obr. 1.



Obr. 1 Tvar zkušebního vzorku pro zkoušky tahové pevnosti kompozitu (1 – ocelová koncovka, 2 – snímač pro měření posunu, 3 – vzorek výztuže).

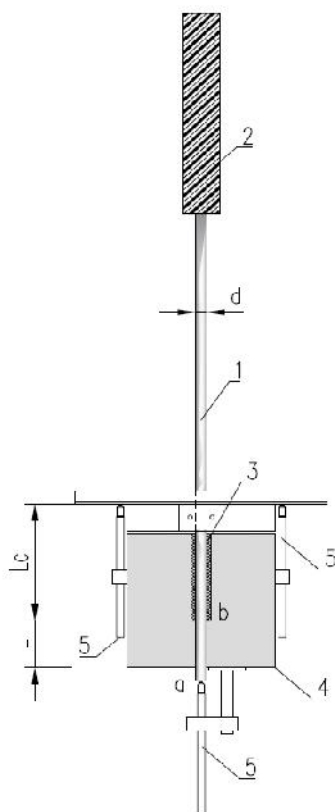
Provádění **zkoušek v čistém smyku** (střihu) slouží především ke stanovení odolnosti přetvoření výztuže (matrice) při působení zatížení kolmého na střednici prutu (tj. na směry vláken). Postup umožňuje stanovit mezní smykové napětí při porušení. Tvar zkušebního

připravku v etn osazeného zkušebního vzorku je schematicky znázorněn na Obr. 2.



Obr. 2 Tvar zkušebního zařízení a vzorku pro zkoušky pevnosti kompozitu v istém smyku (prvky zařízení – posuvný a neposuvný břit, vzorek výztuže, nástavec zajišťující polohu vzorku).

V metodice uvedený zkušební postup pro provádění **zkoušek soudržnosti FRP výztuže s betonem** popisuje tzv. „pull-out“ zkoušku, jejímž výsledkem je především závislost vlivu velikosti a povrchové úpravy vzorku na napětí v soudržnosti. Metodika uvádí též výhody a limity navrhované zkoušky s ohledem na využití získaných dat. Uspořádání zkoušky a tvar zkušebního vzorku je patrný z Obr. 3.



Obr. 3 Tvar zkušebního vzorku pro zkoušky soudržnosti kompozitu s betonem (1 – vzorek výztuže, 2 – ocelová koncovka, 3 – PVC trubka, 4 – betonová krychle, 5 – snímač pro měření posunu).

Data získaná z výše uvedených test umožní stanovení střední a charakteristické hodnoty měřené veličiny při uvážení normálního (Gaussova) rozdělení četností. Na základě stanovené směrodatné odchylky (variačního koeficientu) je v rámci vyhodnocení rozhodnuto o vyřazení/ponechání vzorku ve skupině. Jednotlivé zkušební postupy též definují očekávané způsob porušení vzorku s ohledem na získání požadovaných charakteristik.

Závěr

Při přípravě metodiky stanovení mechanických vlastností FRP výztuží byl zpracován pohled zkušebních metod využívaných ve světě s cílem sjednotit tyto zkušební postupy a lokalizovat je pro potřeby praxe v České republice. Dostupné podklady obvykle uvádějí různé postupy a konfigurace zkušebních vzorků a okrajových podmínek experimentu. S ohledem na široký sortiment dostupných FRP výztuží je nezbytné, aby odborná veřejnost dokázala kriticky postupovat k uvedeným mechanickým charakteristikám stanoveným podle nekompatibilních zkušebních postupů.

Metodika může sloužit jako podklad pro odborníky a certifikační organizace pracující v dané oblasti, nebo jako první dokument v České republice uvádí doporučené zkušební postupy k dosažení relevantních a vzájemně porovnatelných dat.

Literatura

- [1] ISO 10406-1:2015. *Fibre-reinforced polymer (FRP) reinforcement of concrete -- Test methods - Part 1: FRP bars and grids*. Geneva, Switzerland: ISO 2015, 2015. 39 p.
- [2] S806-12. *Design and construction of building structures with fibre-reinforced polymers*. Canadian Standards Association, 2012. 206 p.
- [3] 440.3R-12. *Guide Test Methods for Fiber-Reinforced Polymers (FRPs) for Reinforcing or Strengthening Concrete Structures*. Farmington Hills, Michigan: American Concrete Institute, 2012. 23 p.
- [4] SN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. český normalizační institut, 2004. 76 p.
- [5] SN EN 1992-1-1. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. český normalizační institut, 2006. 210 p.