

DLOUHODOBÉ VLASTNOSTI KOMPOZITNÍ VÝZTUŽE PŘI APLIKACI V BETONOVÝCH KONSTRUKCÍCH ■ LONG-TERM PROPERTIES OF COMPOSITE REINFORCEMENT OF CONCRETE STRUCTURES

František Girgale, Ondřej Januš,
Vojtěch Kostiha, Lenka Bodnárová,
Petr Štěpánek, Martin Zlámal,
Đorđe Čairović, Mohamad Mansour

Širšímu využití kompozitních výztuží v současnosti brání především omezené množství dostupných informací o jejich dlouhodobé spolehlivosti. Článek se proto touto klíčovou oblastí, která přímo ovlivňuje návrh a využití těchto moderních materiálů v praxi, hlouběji zabývá a významně rozšiřuje stručné informace uvedené v [1]. Důraz je přitom kladen na dnes nejrozšířenější kompozitní výztuže ze skleněných vláken (GFRP), jejichž vlastnosti jsou negativně ovlivněny především vysokým pH prostředí, teplotou a typem/délkou působícího zatížení. Při návrhu tak musí být uváženo nejen krátkodobé chování kompozitu, ale především očekávaná životnost konstrukce a tomu odpovídající dlouhodobé návrhové charakteristiky. V textu jsou prezentovány dílčí výsledky degračních testů, které byly doposud získány v průběhu řešení výzkumného programu realizovaného na Ústavu betonových a zděných konstrukcí FAST VUT v Brně, který se danou problematikou zabývá. Článek volně navazuje na předchozí uveřejněné příspěvky [1] a [2] o návrhu a použití kompozitních materiálů v betonových konstrukcích. ■ Wider application of composite reinforcement has been currently hampered by insufficient amount of available information on their long-term reliability. This article focuses more deeply on this crucial area which directly influences the design and use of these modern materials in practice and, therefore, significantly extends brief information presented in [1]. The glass fibre reinforced polymer (GFRP) bars, the most widely used inner composite reinforcement nowadays, are addressed in more detail. Its properties are negatively affected by high pH, temperature and type of load and its duration. Within the design, not only short-term behaviour but also the expected lifetime of structure and, thus, corresponding long-term reinforcement properties must be considered. Partial results of the degradation tests, which have been obtained during the solution of a research program implemented at the Institute of Concrete and Masonry Structures of the Brno University of Technology, are presented in the article. The article follows-up on the previously published contributions [1] and [2] in the field of design and usage of composite materials in concrete structures.

Podíl využití kompozitních výztuží při návrhu betonových konstrukcí vystavených vysoce agresivnímu prostředí se v posledních letech celosvětově zvyšuje. Je to způsobeno především rostoucími náklady na spolehlivý provoz a údržbu stávajících konstrukcí a také snižující se cenou těchto materiálů. Ve středoevropském regionu je dostupná celá řada produktů, většinou na bázi skleněných vláken (GFRP výztuž), které projektantovi umožňují provést alternativní návrh s využitím tohoto odolného materiálu. Perspektivní oblastí pro jeho využití jsou především prvky přímo vystavené povětrnosti, chloridům, základové konstrukce v agresivním prostředí apod. Značnou výhodou poskytují kompozitní výztuže též při návrhu speciálních konstrukcí, na něž jsou kladeny nároky např. z hlediska průchodu elektromagnetického vlnění či nízké elektrické a tepelné vodivosti.

Positiva využití tohoto materiálu jsou dnes odborné veřejnosti většinou již známa a lze je najít v mnoha publikacích a též v produktových listech výrobců. Základní charakteristiky byly stručně uvedeny např. v [1] nebo [3]. S ohledem na poměrně krátkou historii využití kompozitních výztuží ve stavební praxi se však jako klíčové pro jejich širší využití jeví možnost spolehlivé predikce očekávaného dlouhodobého chování, které je zásadní pro bezpečný návrh konstrukce. Je třeba podotknout, že ne všichni výrobci/dodavatelé kompozitních výztuží tyto dlouhodobé charakteristiky projektantovi poskytují, byť se jedná o zcela zásadní údaje i z hlediska prokázání kvality výrobku. Z tohoto důvodu se článek touto problematikou podrobněji zabývá a čtenáře upozorňuje na skutečnosti, které dlouhodobé vlastnosti kompozitu ovlivňují. S ohledem na současné rozšíření výztuží především na bázi skleněných vláken, které je dáno jejich nižší pořizovací cenou, jsou uvedené informace cíleny zejména na tento typ kompozitní (FRP) výztuže.

FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ ŽIVOTNOST FRP VÝZTUŽE

Z hlediska bezpečného návrhu kompozitních výztuží je důležité zohlednit, že i přes svoji vynikající odolnost proti

např. elektrochemické korozi není tento materiál vůči vnějším vlivům zcela inertní a dochází, shodně s dalšími materiály, k jeho postupné degradaci. Toto platí právě především pro GFRP výztuž ([1] nebo např. [4]); významně méně pak pro výztuže na bázi uhlíkových vláken (CFRP).

Pro výstižný popis časově závislého chování kompozitu je nutno uvážit míru aplikovaného zatížení, jeho typ (stálé, nahodilé, cyklické, mimořádné), dále vliv vlhkosti, teploty a alkality okolního prostředí (zejména v případě GFRP výztuže) a především požadovanou životnost navrhované konstrukce. Důležitým požadavkem může být též případné prokázání požární odolnosti konstrukce (např. v tunelovém ostění). Tato problematika byla stručně zmíněna v [1] a bude podrobněji prezentována v některém z budoucích textů.

Dlouhodobě působící zatížení – dotvarování výztuže

FRP výztuže vystavené dlouhodobému působení zatížení vykazují nárůst deformace v čase – dochází k jejich dotvarování (uváděno též i jako „creep“ výztuže) – a při hladinách zatížení nižších nežli je jejich krátkodobá tahová pevnost ve směru vláken, mohou náhle selhat. Pro definovanou hladinu dlouhodobě působícího zatížení tak musí být zajištěno, že nedojde k náhlému porušení/přetržení výztuže před dosažením plánované životnosti konstrukce (při současném zohlednění podmínek expozice).

Průběh dotvarování v čase lze u kompozitních výztuží idealizovaně rozdělit do tří fází. Po vnesení zatížení a tomu odpovídající okamžité elastické deformaci proběhne během krátkého časového intervalu po zatížení konstrukce časově závislá deformace s klesající intenzitou. Ta je způsobena redistribucí působícího zatížení z „měkké“ matrice na nosná vlákna a je pro nízké hladiny přetvoření vratná [4]. Pro kompozitní materiály s vysokým podílem vláken je velikost přetvoření od dotvarování v této fázi nízká [16]. Druhá – stabilní – fáze dotvarování je charakterizována velmi pozvolným nárůstem přetvoření po dlouhou dobu, kdy chování vzorku dominantně