



- 2 UPLATNĚNÍ POKROČILÝCH MATERIÁLŮ V INTEGROVANÉN NÁVRHU KONSTRUKCÍ
- 2.5 Uplatnění pokročilých materiálů na bázi cementových kompozitů, kovů, dřeva a konstrukčního skla v návrhu a realizaci konstrukce
- 2.5.1 Vypracování a verifikace metod spolehlivého návrhu konstrukcí ze základních a kombinovaných materiálů
- 2.5.1.5 Zvýšení únosnosti a zbytkové životnosti existujících nosných konstrukcí pozemního i dopravního stavitelství

Zpracovali: Ing. Martin Zlámal, Vysoké učení technické v Brně

## ZESILOVÁNÍ ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

### Souhrn

Nejčastěji používanou a nejstarší technikou stavění v minulosti byly kamenné či cihelné zděné konstrukce. Tento typ konstrukcí se objevoval ve všech možných oblastech, od staveb občanských a průmyslových až po stavby mostních konstrukcí. Oproti tomu jedním z nejmodernějších materiálů používaných ve stavebnictví jsou materiály kompozitní, využívající uhlíkové, skelné a aramidové vlákna. Spojením těchto moderních materiálů s klasickými zděnými konstrukcemi a použitím těchto kompozitních materiálů ve formě nepředpjaté výztuže můžeme dosáhnout zvýšení únosnosti a rozšíření použití zděných konstrukcí, a to jak u konstrukcí nových pro vytvoření vyztuženého zdiva, tak i při rekonstrukcích, popřípadě pro zvýšení únosnosti jednotlivých nosných zděných prvků.

Pro vyztužování a zesilování zděných konstrukcí je možno FRP výztuže používat ve formě tkanin, např. pro vytvoření ovinutí sloupů; lamel, např. pro lepení lamel na povrch zdiva k vytvoření vyztuženého zdiva namáhaného ohybem; a prutů pro vyztužování v podobě dodatečně vkládané výztuže do drážek ve zdivu.

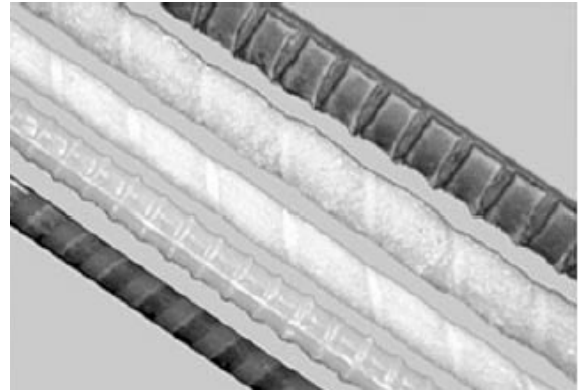
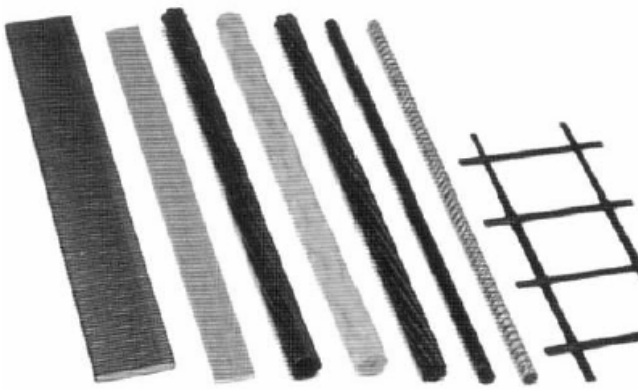
### Oblast použití

Zdivo zůstává v technické praxi stále populární kvůli jeho relativní jednoduchosti provádění. Ovšem pro nové užití konstrukčního zdiva musí být požadována rozumná konstrukční pravidla, protože tradiční přístup založený na zkušenostech je již nepřijatelný. Navíc většina způsobů stanovení únosnosti a způsobu zesílení pro stávající zděné konstrukce stále více vychází z analýz založených na matematickém modelování a vhodných (lineárních i nelineárních) výpočtových modelech. Metoda dodatečně vkládané nepředpjaté výztuže umožňuje dodatečné zesílení zděné konstrukce bez nutnosti většího zásahu do klenby samotné zejména v případě, je-li aplikována z vnější strany. Systém

dodatečně vkládané výztuže je schopen v konstrukci redistribuovat nově vzniklá napětí od zatížení, které začne působit na zesílenou konstrukci.

Výběr FRP výztuže pro konstrukční použití závisí na mnoha faktorech. FRP materiály vykazují odolnost proti korozi, nízkou hmotnost a nelze je zmagnetizovat, což jsou nejvíce žádoucí aspekty pro výběr vláknových umělých hmot. Navíc také vykazují vysokou pevnost v tahu, nízké mechanické opotřebení, vysokou tuhost a vysokou odolnost proti únavě. V dřívějších dobách odrazovaly počáteční náklady a extrémní péče potřebná při manipulaci s těmito kompozitními materiály od podstatného rozšíření jejich použití v projektovaných vyztužených betonových stavbách. Ovšem rozsáhlá degradace způsobená mořskými solemi a nepřetržitým používáním rozmrazovacích materiálů na vozovkách a mostech je dostatečně přesvědčivá pro zvážení použití nekorodujících polymerových materiálů vyztužených uhlíkovými, skleněnými a aramidovými vlákny. Ocelová výztuž může být zpočátku chráněna proti korozi ochrannou vrstvou betonu, ale kombinací vlivu teploty, vlhkosti a chloridů je nakonec ochranná funkce betonu snížena. Vyplývající zhoršení kvality ocelové výztuže v betonových konstrukcích vlivem koroze umožnilo použití FRP materiálů jako vhodného náhradního materiálu ve zvláštních případech.

V současnosti je pro stavební účely vyráběno několik forem FRP výztuže; od jednorozměrných tyčí a předpínacích výztuží (kabelů) k dvojrozměrným mřížkám a tkaninám. Různorodost těchto prvků, z hlediska různých tvarů průřezů i povrchových úprav, je ukázána na obrázku 1. Empirická data fyzikálně-mechanických a termo-mechanických vlastností těchto výztuží musí být dále rozšiřována, včetně experimentálního ověření chování těchto materiálů, před vytvořením bezpečných konstrukčních prováděcích předpisů.



Obr.1 Různé tvary průřezů a povrchových úprav FRP výztuží

### Metodický a koncepční přístup

V návaznosti na dříve provedené experimenty, které se týkaly dodatečného vyztužování zděných kleneb speciální kovovou výztuží helikálního tvaru do drážek ve zdivu, je možno ověřit chování FRP prutových výztuží vkládaných do drážek ve zdivu na stejném typu konstrukce, tedy zděné klenbě, a porovnat tyto výsledky s chováním výztuže kovové.

Ze srovnání únosností jednotlivých kleneb v sériích vyplývá, že podstatného nárůstu únosností bylo dosaženo zejména v případě kleneb zatížených v  $\frac{1}{2}$  a v  $\frac{1}{4}$  rozpětí, a to nárůst více než osmi násobný. Tento nárůst únosností se projevil u obou typů výztuží – speciální helikální kovové výztuže a skleněné výztuže (GFRP). Jednalo se o klenby zatížené soustředěným nebo jednostranným zatížením, při kterých byly klenby zatíženy interakcí normálových sil a ohybových momentů. Proto bylo na základě předcházejících experimentů vybráno nesymetrické zatížení v  $\frac{1}{4}$  rozpětí pro klenby vyztužené skleněnou výztuží.

U kleneb namáhaných převážně normálovými silami experimenty neprokázaly vliv zesílení dodatečně vkládanou výztuží na únosnost kleneb.

V oblasti zesilování zděných konstrukcí navíc existuje celá řada dodavatelů, jejichž systémy využívají dodatečného vkládání výztuže do konstrukce při použití různých materiálů pro vyztužování. V rámci projektu se proto nejedná pouze o ověření konkrétního druhu výztuže, ale o vytvoření obecně platného algoritmu pro různé typy použitých zesilovacích materiálů.

### Výsledky řešení

Pro nové užití vyztuženého zdiva musí být k dispozici rozumná konstrukční pravidla, protože tradiční přístup založený na zkušenostech a doporučeních výrobců materiálů je již nepřijatelný. Navíc většina způsobů stanovení únosnosti a způsobu zesílení pro stávající zděné konstrukce stále více vychází z analýz založených na matematickém modelování a vhodných (lineárních i nelineárních) výpočtových modelech.

Je možno obecně konstatovat, že výsledky testů budou platné pro jakoukoliv dodatečně aplikovanou výztuž; samozřejmě jsou ale rozhodující aktuální fyzikálně mechanické charakteristiky materiálů použitých pro zesilování.

### Literatura

- Eurocode 6 : Design of masonry structures - Part 1-1: Common rules for reinforced and unreinforced masonry structures
- ČSN 731101: "Navrhování zděných konstrukcí"
- UIC Project I/03/U/85 Assessment reliability and maintenance of masonry arch bridges
- CREAZZA, G., MATTEAZZI, R., SAETTA, A., VITALIANI, R, (2000): "Analyses of masonry vaulted structures by using 3D damage model." Eccomas 2000, Barcelona, Spain, September 11-14
- Eurocode 6: Design of masonry structures - Part 1-1: Common rules for reinforced and unreinforced masonry structures