



SP AŽENÉ KONSTRUKCE Z FRP A VYSOKOHODNOTNÉHO BETONU

Zpracovali: Ing. Ludvík Kolpaský, doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D. (Fakulta stavební VUT v Praze)

Souhrn

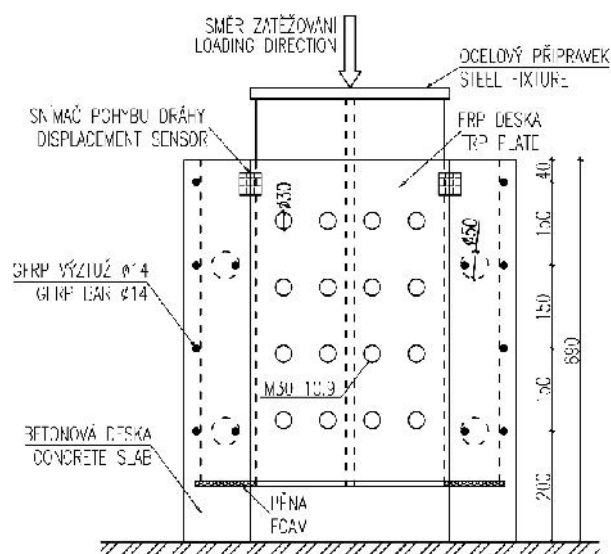
Mosty jsou důležitou součástí infrastruktury a zajišťují plynulý pohyb osob a zboží. Ve srovnání s budovami jsou mosty stavbami s dlouhou návrhovou životností alespoň 100 let. Mnoho mostů trpí nedostatečnou údržbou, což vede k většímu oprávněnému životního cyklu stavby než je nutné. Některé se stávají neopravitelnými, musí být odstraněny a nahrazeny novými. Z tohoto důvodu je požadována konstrukce, která vydrží návrhovou životnost stavby bez výrazných nákladů na údržbu a opravy. Nahrazení ocelových částí konstrukce materiálem s vyšší odolností nevyžadujícím údržbu, například FRP (fiber reinforced polymer - vláknový zesílený polymer), může tyto náklady omezit. FRP je materiál o vysoké pevnosti srovnatelné s ocelí, zatímco objemová hmotnost FRP se pohybuje v rozsahu 20 – 30 % hmotnosti oceli podle typu použitého polymeru a vláken. To podporuje tento materiál pro široké použití, obzvláště při rekonstrukcích a zesilování konstrukcí. Díky vysoké trvanlivosti a nízkým provozním nákladům může FRP konkurovat oceli i u nových staveb. Nevýhodou FRP je nízký modul pružnosti. Aktivita se zabývá spájením FRP s HPC betonem. Kombinace těchto moderních materiálů by měla zajišťovat tuhost a stabilitu. Spájení přinese i výhody, které známe z ocelobetonových konstrukcí, jako jsou například zvýšená únosnost, požární odolnost, zajištění stability tlakem a v neposlední řadě také ductilita, která je obzvláště důležitá pro nosníky z FRP.

Oblast použití

Navržený kompozitní nosník nevyžaduje údržbu během životnosti konstrukce a dodatečné náklady například na obnovení antikorozičního nátěru a zesilování konstrukce potěbně v důsledku úbytku materiálu korozí. Z tohoto důvodu je nosník také obzvláště vhodný do agresivního prostředí našich komunikací. Jako prvotní aplikace nosníku se předpokládá most o rozpětí 10 – 15 m, například pro pěší.

Metodika a postup řešení

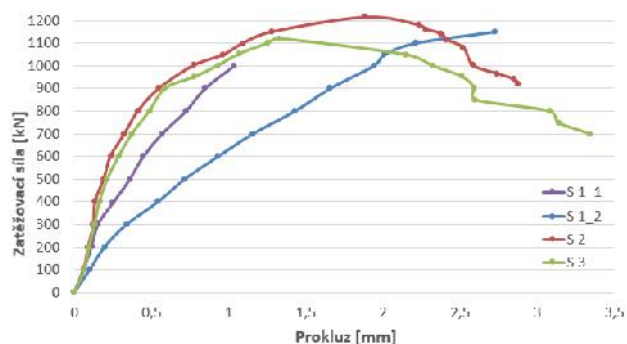
Postup řešení je rozdělen na několik dílčích kroků. V předchozích letech byla provedena studie spájením FRP nosníku s betonem. Byl vybrán způsob spájení pomocí perforace stojiny, který se jeví jako dostatečně únosné řešení pro tuto rozpětí. Byly provedeny zkoušky tří vzorků s různými typy FRP deskami tloušťky 12 mm se spájením o těchto parametrech: Ø50 po 300 mm, Ø50 po 250 mm a Ø40 po 250 mm. Pro vnesení zatížení do FRP byl zhotoven zatěžovací prvek – ocelový H profil, ke kterému byly FRP desky upevněny pomocí šroubů M30. U každého otvoru byly nainstalovány tenzometry. Betonová deska byla vyztužena kompozitní výztuží průměru 14 mm. Před samotným uložením vzorků do bedny byla dolní hrana lišty opatřena vrstvou proužků mříčkové pletky o celkové tloušťce 30 mm, aby se smyková síla přenesla perforovanou lištou, nikoli jejím elementem. Zkušební vzorky byly vybetonované ve svislé poloze do bedny z dřevotřísky s hladkým povrchem. Betonová směs byla přibíhnutá na vibračních stolech. Spolu se třemi vzorky byla vybetonována i zkušební tleska pro materiálové zkoušky.



Obr. 1 Úspřádání protlaovací zkoušky.

Výsledky

Protlačovací zkoušky byly provedeny pomocí hydraulického lisu, který byl řízen deformací s rychlostí zatřívání 0,2 mm/min. Mezi každou FRP a betonovou deskou byly nainstalovány snímače pohybu dráhy. V souladu s normou EN 1994-1-1 byly vzorky zatřívány 25x do 40% odhadované maximální síly a následně zatřívány do porušení. Na obr. 2. jsou zobrazeny křivky závislosti síly na prokluzu pro 3 zkoušené vzorky. První vzorek byl zatříván lisem s maximální zatřívací silou 1000 kN. Této síly bylo dosaženo bez známek porušení, viz křivka S1_1. Další zkoušení již probíhalo s lisem o maximální zatřívací síle 2000 kN. První vzorek vykazoval při druhém zatřívání podstatně menší tuhost kvůli porušení soudržnosti mezi FRP a betonovou deskou, viz křivka S1_2.



Obr. 2 Pracovní digram zkušebních vzork

Okolo zatřívání 1000 kN se z kompozitu začalo ozývat hlasité praskání skelných vláken, které se stupovalo až do dosažení maximální zatřívací síly, kdy došlo ke vzniku smykové trhliny, která se šířila pod úhlem 45° směrem od perforace spájení. Při poklesu zatřívací síly o 20% došlo k další trhlince u jiného otvoru spájení. Všechny tři vzorky dosáhly podobné únosnosti. Bylo dosaženo maximálních zatřívacích sil 1119 – 1214 kN s rozdílem pouze 8,5%. Všechny tři vzorky měly vysokou podstatně tuhost 2,43.10⁶ kN/m.

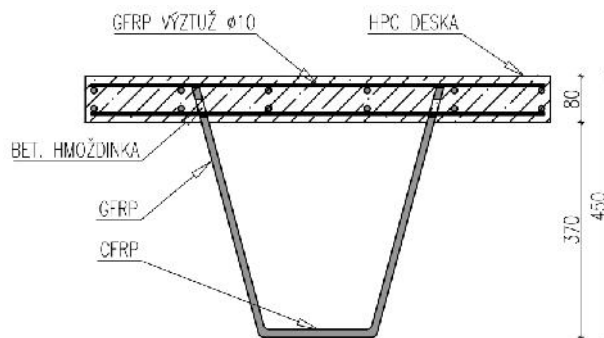


Obr. 3 Poškození vzork : trhliny v FRP, trhliny v HPC.

Závěr

Spolehlivé spojení mezi FRP a betonovou deskou je důležitým prvkem, který musí zaručit dostatečnou únosnost, tuhost a v neposlední řadě také jistou míru duktility, která omezí náhlý a křehký kolaps konstrukce. Autor se domnívá, že spáhovací lišta může tyto vlastnosti splnit. Při zkoušce prvního vzorku se prokázalo, že při druhém zatřívání byla podstatně nižší tuhost spoje mnohem nižší než u prvního zatřívání. To bylo nejspíše způsobeno ztrátou soudržnosti mezi povrchem FRP desky a betonem při určité úrovni zatřívání. Tento fakt nemusí být pro spážení limitující, jestliže k němu nedojde před dosažením mezního stavu použitelnosti. Pro zvýšení soudržnosti lze použít spáhovací lištu s opískovaným povrchem nebo nanesením pryskyřice na spáhovací lištu před samotnou betonáží desky. Pro konstrukce z FRP s nízkým modulem pružnosti jsou pro návrh v tloušťce limitující mezní stavy použitelnosti, zejména deformace. Poddajné spážení by například pokračovalo při průhybu, proto je tuhost významným aspektem spážení. Jelikož se všechny vzorky porušily smykovou trhlincou v liště, vliv velikosti otvoru a jejich vzdálenosti nebyl plně objasněn. Všechny tři vzorky prokázaly velmi podobnou únosnost. Návrh s více otvory po menší vzdálenosti může vést k lepší distribuci napětí. Tato úprava může zajistit, že nejslabším prvkem spážení bude betonová hmoždinka, což může přispět ke zvýšení únosnosti a hlavně duktility spážení.

V další fázi výzkumu bude provedena ohybová zkouška kompozitního nosníku, jež tvoří tenká deska z vysokohodnotného betonu a ručně laminovaný FRP nosník. FRP nosník je vyroben v inverzní poloze s použitím formy. Nosník je vyztužen tkaninami ze skelných vláken, dolní pásnice je vyztužena jednosměrnou tkaninou z uhlíkových vláken, tak aby neutrální osa vycházela pod úroveň dolních vláken desky a byla tak v celé průřezové ploše tlavená. S použitím tohoto nosníku v přírodním řezu se předpokládá použití pro lávku o rozpětí 12 m.



Obr. 4 Průřez navrhovaného kompozitního nosníku.