VLIV REDUKOVANÉ SOUDRŽNOSTI PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽE

Zpracovali: Prof. Ing. Jan L. Vítek, CSc., FEng. (Metrostav a.s. a Fakulta stavební ČVUT v Praze); Ing. David Čítek (Kloknerův ústav ČVUT v Praze)

Souhrn

Soudržnost předpínací výztuže může být redukována použitím ochranných nátěrů proti korozi. Výsledky experimentálního programu ukazují, že tento vliv není významný pro funkci ani bezpečnost předpjatých konstrukcí.

Oblast použití

Předpínací kabely je nutno zainjektovat v předepsané lhůtě (obvykle 14 dní) po napnutí, aby nedošlo k jejich korozi. V zimním období může být obtížné takovou lhůtu dodržet kvůli klimatickým podmínkám. Proto se lana opatřují ochrannými nátěry, pak je možné lhůtu pro injektáž prodloužit až na několik měsíců. Ochranný nátěr má však negativní vliv na soudržnost s injektážní maltou resp. s betonem. Přestože se ochranné nátěry používají celkem běžně u nás i v zahraničí, objevila se před několika lety u některých významných investorů obava, že by snížená soudržnost mohla ohrozit působení konstrukce v provozním stavu (nadměrnou šířkou trhliny) nebo v mezním stavu únosnosti (snížením bezpečnosti konstrukce). Cílem aktivity bylo objasnit působení konstrukce a ověřit působení nového ochranného prostředku.

Metodika a postup řešení

Nejprve byla snaha prověřit vliv soudržnosti pomocí numerických výpočtů. Posléze se ukázalo, že soudržnost se obtížně modeluje, protože není k dispozici vhodný soubor výsledků zkoušek pro stanovení parametrů numerických modelů. Dále nebyla ani dostatečná důvěra ve výsledky výpočtů, pokud neexistovalo žádné ověření na větším modelu, nebo na předpjaté konstrukci. Byl proto navržen a realizován experimentální program, který byl zaměřen na zjištění vlivu soudržnosti předpínací výztuže na působení konstrukce. Experimentální program měl dvě části. V první části se stanovila soudržnost předpínacích lan s betonem pomocí standardní normové zkoušky, tzv. pull-out testu. V druhé části experimentálního programu byly navrženy, vyrobeny a odzkoušeny předpjaté nosníky s předpínací výztuží bez ochrany a s dvěma ochrannými prostředky. Nosníky byly vyrobeny a předepnuty podobně, jako je tomu při výstavbě reálné konstrukce. Nosníky byly postupně zatěžovány až do dosažení meze únosnosti. Přitom se během celého zatěžovacího procesu sledoval vývoj trhlin a jejich šířky. Protože na vznik a šíření trhlin má vliv též vyztužení betonářskou výztuží, bylo u většiny nosníků navrženo vyztužení v přiměřeně malé míře. Aby se prokázal vliv tohoto vyztužení, byly některé nosníky vyrobeny ve střední části (kde jsou trhliny největší a nejčetnější) zcela bez betonářské výztuže. Dále byla měřena závislost mezi zatížením a průhybem, aby se dal vyhodnotit vliv vznikajících a rozšiřujících se trhlin na tuhost nosníků.

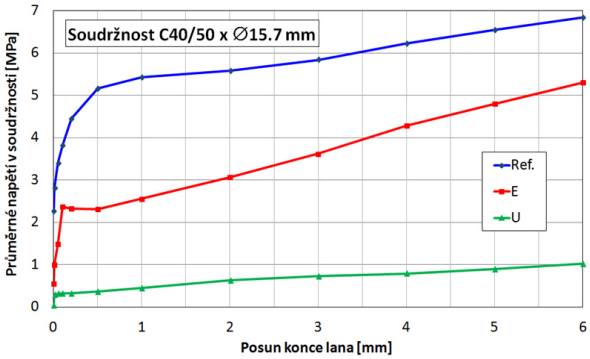
U všech zkoušek byly sledovány 3 kategorie vzorků. 1. Referenční vzorky – tj. vzorky bez jakékoli úpravy výztuže. 2. Vzorky opatřené ochranným nátěrem, který je užíván tradičně v České republice a který je zde označen jako E. 3. Vzorky opatřené ochranným nátěrem nového typu, který je zde označen jako U. Lana všech typů byla podrobena pull-out testu a též všechny typy byly použity u zkoušky nosníků.

Výsledky

Pull out testy se prováděly standardně na krychlích o délce hrany 150 mm, ze kterých se vytahovala zabetonovaná lana. Délka lana, kde je soudržnost aktivní, je pouze 140 mm. Výsledky jsou shrnuty v grafu na Obr. 1. Ukázalo se, že ochranný nátěr má velmi významný vliv na soudržnost. Lana opatřená nátěrem E dosahovala kolem 50% soudržnosti referenčních vzorků (tj. bez nátěru) a lana s nátěrem U dosahovala ještě podstatně horších výsledků. K tomu je však nutné dodat, že zkouška pull-out testem je poněkud umělá. Neodpovídá skutečnému působení lan v dodatečně předpjatém betonu. (U předem předpjatého betonu je problém ochrany irelevantní, tam se nepoužívá, protože lana se okamžitě po napínání zabetonují, a nemá proto žádný smysl je ochraňovat.) U reálných konstrukcí jsou lana umístěna v kabelovém kanálku a zainjektována cementovou maltou, která má podstatně jemnější složení, než běžný beton, a to

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

může soudržnost ovlivňovat. Dále jsou lana opatřena kotvami, které drží hlavní část předpínací síly a vliv soudržnosti je využíván pouze v případě, že dojde k tahovému namáhání okolního betonu a pak soudržnost může ovlivňovat šířky a vzdálenosti vznikajících trhlin.

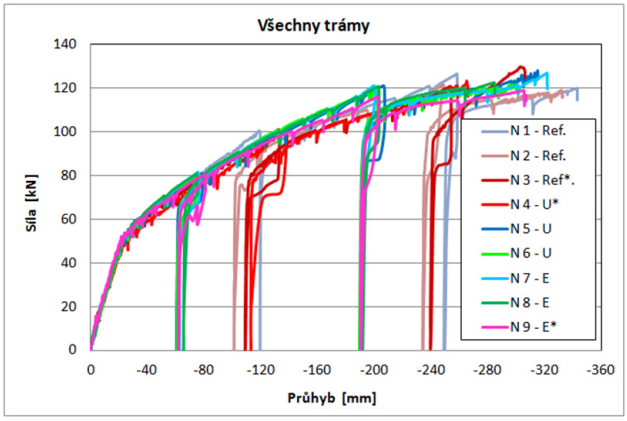


Obr. 1 Výsledky zkoušek pull-out testem.

Za rozhodující je proto nutné považovat výsledky na nosnících, které byly zkoušeny ohybem, zcela shodně se způsobem zatěžování běžných předpjatých konstrukcí. Nosníky o délce 10,5 m (Obr. 2) byly zatěžovány 4 bodovým ohybem.

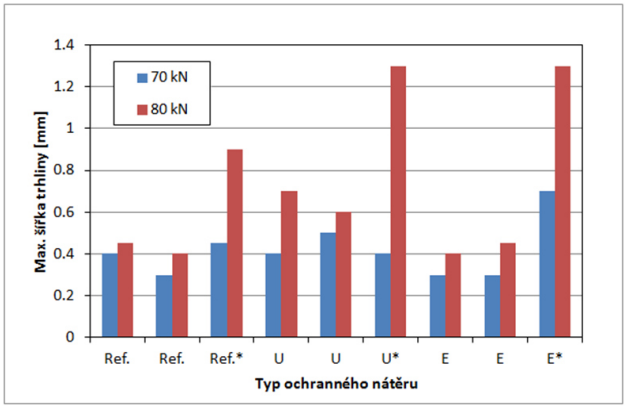
Obr. 2 Hotové nosníky před zkouškou.

Nosníky byly vyztuženy jedním 4 lanovým kabelem a konstrukční betonářskou výztuží (kromě 3 nosníků, kde byla konstrukční výztuž vynechána).



Obr. 3 Závislost zatížení – průhyb u všech zkoušených nosníků

Na Obr. 3 je vyznačena závislost mezi průhybem a zatížením u všech devíti zkoušených nosníků. Soudržnost neovlivňovala nijak významně ani tuhost, ani únosnost jednotlivých nosníků. Je zřejmé, že křivky jsou velmi podobné. Odlehčovací větve na grafu odpovídají přestavování zatěžovacích válců. To bylo při zkoušení nutné, neboť zdvih válců byl pouze 150 mm, zatímco nosníky dosahovaly max. průhyb přesahující 300 mm. U některých nosníků byly válce přestavovány jedenkrát, u některých dvakrát. Výsledky byly podrobně vyhodnoceny, zde uvádíme pouze hlavní výsledky. Na Obr. 4 je uveden graf ilustrující maximální šířku trhliny u jednotlivých nosníků, a to při hladině zatížení 70 a 80 kN, která je již za mezí použitelnosti, kdy již mohou vznikat trhliny. Nosníky označené hvězdičkou nemají konstrukční betonářskou výztuž. Je jasně patrné, že pro max. šířku trhliny má větší význam přítomnost betonářské výztuže než velikost soudržnosti předpínací výztuže.



Obr.4 Max. šířka trhliny u jednotlivých nosníků.

Závěr

Z experimentálního programu byly zjištěny souvislosti, které jasně ukazují, že soudržnost předpínací výztuže není hlavním prvkem, který ovlivňuje působení předpjatých konstrukcí. Experimentální program prokázal, že únosnost všech nosníků byla téměř shodná, vývoj průhybů nebyl ovlivněn soudržností, šířka trhlin byla ovlivněna zejména betonářskou výztuží a minimálně soudržností. Závěrem lze konstatovat, že pokud bude v konstrukci konstrukční betonářská výztuž, není vliv redukované soudržnosti významný. Není proto důvod jakkoli omezovat používání ochranných prostředků proti korozi.

Literatura

[1] Vítek, J. L., Čítek, D.: Vliv redukované soudržnosti předpínací výztuže. Betonářské dny, ČBS 2015.

[2] Laco, J., Borzovič, V., Pažma, P.: Výzkum vlivu soudržnosti sedmidrátových lan na působení dodatečně předpjatých dvoupolových nosníků. Beton TKS, Vol. 15, 2/2015, 55-59.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168