EXPERIMENTÁLNÍ VÝVOJ VLÁKNOBETONU PRO TUNELOVÁ OSTĚNÍ

Zpracovali: prof. Ing. Jan L. Vítek, CSc., FEng.(Metrostav a.s. a Fakulta stavební ČVUT), Ing. Robert Brož, Ph.D. (Metrostav a.s.), Dr.Ing. Petr Vítek (Metrostav a.s)

Souhrn

V roce 2014 byla provedena řada experimentů za účelem ověření působení drátkobetonu pro tunelové ostění. V rámci projektu byly zejména vyráběny zkušební vzorky a prováděny některé experimenty. Výsledky jsou vyhodnocovány a některé jsou dále porovnávány s výsledky numerických analýz. Drátkobeton je materiál s velkým statistickým rozptylem, proto je třeba provádět větší množství zkoušek a sledovat jejich statistickou povahu.

Oblast použití

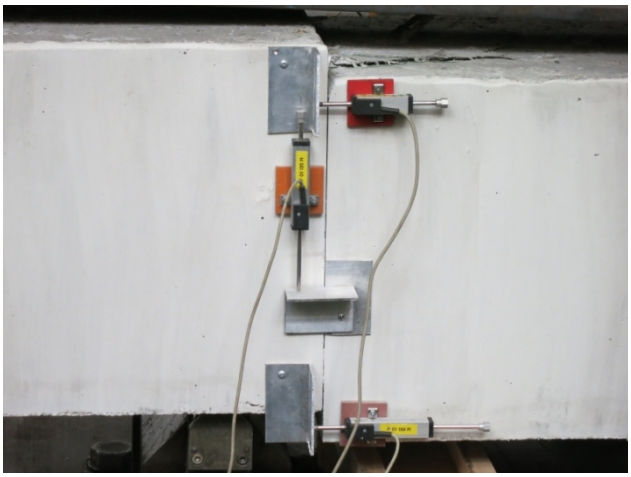
Výsledky vývoje vláknobetonu se již v současné době využívají pro výrobu prefabrikovaného ostění železničního tunelu. Na základě výsledků výzkumné činnosti se optimalizuje použitá betonová směs a zároveň se získávají poznatky o zákonitostech působení vláknobetonu pro účely dalších projektů a data pro kalibraci numerických modelů. Porovnáním výsledků na malých a velkých modelech se identifikuje vliv velikosti. Další oblast se zabývá působením vláknobetonu v singulárních oblastech kolem působení lokálních břemen.

Metodika a postup řešení

V rámci projektu se řeší řada dílčích úloh. Jedna ze základních je vyhodnocování výsledků zkoušek na laboratorních modelech včetně získání statistických údajů z výroby reálných konstrukcí. Vyhodnocují se výsledky pevností v tlaku, tahu za ohybu a modulů pružnosti v různých stářích betonu (obvykle 16 hod, 7 dní a 28 dní). Další experimenty se provádějí na modelech oblouku o rozpětí 3 m a tloušťce průřezu 0.4 m. Oblouky se zatěžují ohybem a zjišťuje se jejich únosnost při rostoucím průhybu. Jde o zatížení čistým ohybem, který u tunelu prakticky nenastává, protože tam je vždy kombinován s tlakovou silou. Toto zjednodušené zatěžovací schéma bylo zvoleno ze dvou důvodů. 1. Zatížení čistým ohybem je nejnepříznivější zatěžovací kombinací a 2. Zatížení čistým ohybem je jednoznačné a při experimentu jasně definovatelné. Při pokusu o kombinaci tlakové síly a ohybového by mohlo dojít k nepředvídaným odchylkám, které by mohly zkreslit dosažené výsledky.

Obr. 1 Konec zkoušky spojení trny na ohyb.

Dalším experimentem jsou zkoušky singulárních oblastí. Jde o působení drátkobetonu včetně prutové výztuže kolem spojovacích trnů užívaných k přenosu sil mezi segmenty v místě nerovnoměrného namáhání tunelového ostění, např. při výstavbě propojek mezi tunelovými troubami. Byla provedena série experimentů na namáhání spojovacích trnů na ohyb (obr. 1) a na smyk ve dvou směrech. Experimentální výsledky budou ověřeny pomocí numerických modelů.



Obr. 2 Zkouška únosnosti ve smyku kolmo na rovinu elementů.

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

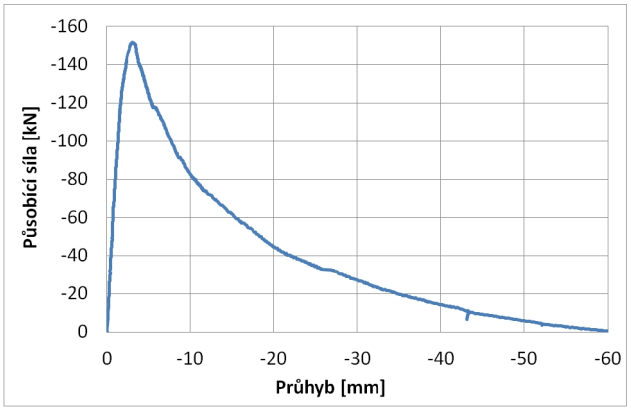
V neposlední řadě je předmětem výzkumu rozložení drátků v trámcích při betonáži a souvislost únosnosti s tímto rozložením. Za tímto účelem bylo vybetonováno 36 laboratorních trámců, které budou po odzkoušení rozřezány na třetiny a bude zjištěn obsah a směr drátků v jednotlivých dílech.

Výsledky

Výsledky výzkumu poskytují velké množství údajů, které se budou dále zpracovávat. Mezi základní poznatky zjištěné z rozsáhlého souboru experimentálních dat naměřených na laboratorních vzorcích patří statistické rozptyly a sledování vlivu různých přísad používaných pro jednotlivé záměsi. Významné výsledky poskytují zkoušky na obloukových segmentech. Byl sledován vliv množství cementu v betonové směsi, vliv tvaru průřezu (oslabení montážním otvorem) a rozdělení drátků na lomové ploše. Zkoušky znovu ukázaly mechanismus porušování, který je lépe patrný než na malých laboratorních trámcích. Po vzniku první trhliny v betonu na grafu na obr. 3 při síle cca 115 kN se aktivují ocelové drátky a únosnost modelu dále stoupá (až do 152 kN na obr.3). Vznik první trhliny je závislý především na pevnosti betonu, zatímco únosnost je pak určena obsahem a typem drátků. Potvrdilo se, že drátky tenčí, které mají příznivější poměr plocha/obvod jsou účinnější než drátky silnější, kde průřezová plocha je velká a obvod relativně menší, což vede k většímu napětí na kontaktu drátků a betonové matrice. Důsledkem je spíše vytahování drátků z betonu než jejich přetržení, obzvláště pokud jsou vyrobeny z oceli vyšší pevnosti. Např. při zvýšení průměru drátků z 0.75 na 1 mm se průměrné napětí v soudržnosti zvýší o 33 % za předpokladu stejné kotevní délky. Pokud by byla soudržnost mezi betonem a ocelí dostatečná, pak i únosnost při větším průměru drátků by při stejném dávkování byla shodná. Pokud však beton není schopen vyšší potřebnou soudržnost při silnějších drátcích zajistit, je účinnost silnějších drátků pak příslušně menší. Další efekt, který se projevuje, je vliv velikosti, ten však není tak významný u únosnosti, ale spíše u tvaru sestupné větve. Důvodem je poměrně malý rozdíl ve velikosti průřezu vzorku a konstrukce (tento poměr je obvykle menší než 3).

Zkoušky singulárních oblastí ukázaly způsob porušení spoje dvou elementů. Spojovací ocelové trny byly vsunuty do ocelové trubky z profilovaného plechu a zainjektovány. Spojovací trny byly u této zkoušky z běžné betonářské oceli. U ohybu došlo k přetržení ocelového trnu. Dva provedené experimenty ukázaly stejný výsledek, což potvrdilo, že navržená kotevní délka byla dostatečná, aby se trny nevytrhly.

U zkoušek smykem v rovině byla zkouška uspořádána dle obr. 4. Při zkoušce se protlačoval blok propojený trny se sousedními bloky. Před porušením trnů došlo k porušení betonu



Obr. 3 Závislost zatížení a průhybu na modelu oblouku.

Obr. 4 Zkouška smykem v rovině.

Všechny zkoušky jsou v současné době ve stádiu vyhodnocování. Výsledky budou publikovány v příštím roce.

Závěr

Během roku 2014 byla provedena řada experimentů a též většina z nich je numericky analyzována. Výsledky nacházejí uplatnění přímo při výstavbě tunelu při optimalizaci používaných betonových směsí.

Literatura

[1] Vítek P., Staňková Z. - Beton s rozptýlenou ocelovou výztuží pro tunelové konstrukce. Geotechnika 2014, konference Slovensko.

[2] Vítek P., Staňková Z. - Beton s rozptýlenou ocelovou výztuží pro tunelové konstrukce. ČBS, Betonářské dny 2014.

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