PREFABRIKOVANÉ DESKY SPŘAŽENÝCH MOSTŮ – SPOJE Z UHPC

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

Souhrn

Spřažené ocelobetonové mosty jsou velmi úspěšné a časté stavební konstrukce. Jejich optimalizace a vývoj je proto velmi žádaný a může vyústit v zajímavé ekonomické přínosy. Většina spřažených ocelobetonových konstrukcí má monolitickou betonovou desku. Zajímavou variantou je použití prefabrikovaných desek. Problémem je spojení prefabrikované desky a ocelového nosníku. Předmětem výzkumu je řešení tohoto spoje pomocí betonu velmi vysokých pevností (UHPC). V první fázi byl experimentálně ověřen spoj desek namáhaný ohybem.

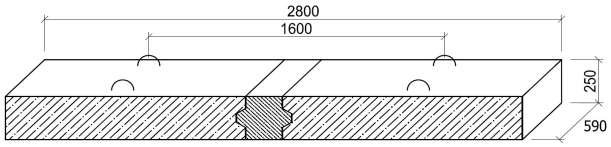
Oblast použití

Monolitická deska ocelobetonových spřažených mostů se betonuje na dříve osazené ocelové nosníky. Nosníky jsou opatřeny spřahovacími elementy. K betonáži se využívá buď betonážní vozík nebo je bednění podepřeno přímo, pokud je konstrukce dostatečně nízko nad terénem. Vedle monolitických desek se stále objevují pokusy navrhovat desky prefabrikované. Prefabrikované desky mají výhodu, že se mohou rychle montovat, a jsou obvykle z velmi kvalitního betonu. Problémem však je spřažení prefabrikované desky a ocelových nosníků. Je několik způsobů, které byly navrženy, avšak mají své problémy. Např. dobetonování stahovacích elementů po osazení desek vede ke koncentracím napětí a obtížnému dimenzování betonových prefabrikovaných desek. Svařované spoje, kde v prefabrikované desce je zabetonován ocelový prvek, který se po montáži přivaří k ocelovému nosníku, nejsou vhodné zejména z technologického hlediska.

Použití UHPC je způsob, který může problém spoje vyřešit relativně snadno. UHPC je materiál s velmi vysokými mechanickými parametry, proto je schopen přenášet vysoká napětí, jejich koncentrace není příliš na závadu. Vlivem použití vysokohodnotného materiálu mohou být spoje umístěny i v místech velkých ohybových momentů. Spoje z UHPC se snadno provádějí, protože jde prakticky o běžnou betonáž. Spoje mohou být malé, protože vysoká pevnost materiálu umožňuje zkrácení kotevních délek výztuže. Zároveň náklady na spoj nejsou velké i přes vysokou cenu UHPC, protože materiálu se používá relativně málo. Vyřešení kompletních spojů vyžaduje dlouhý výzkum během více let. V roce 2013 byl tento výzkum zahájen experimentálním ověřením spoje desek nad nosníkem na ohybové namáhání. Zatím nebyl řešen problém smykového namáhání, který představuje další etapu.

Metodika a postup řešení

Cílem etapy byl experimentální výzkum podélné spáry mezi prefabrikovanými deskami nad ocelovým nosníkem. Tato spára je namáhána složitým způsobem, a to ohybem desky i spoje v příčném směru mostu a podélným smykem vyvolaným spřažením spoje s ocelovým nosníkem. V roce 2013 byl zkoumán ohyb spojené desky v příčném směru mostu.

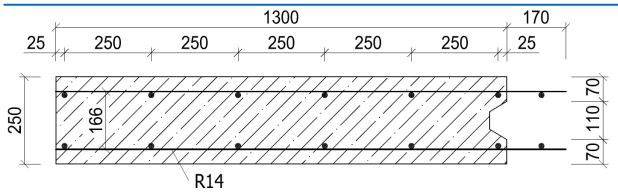


Obr. 1 Schéma zkušebního modelu

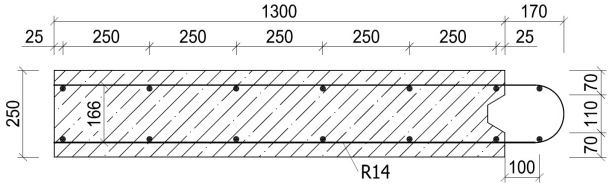
Modely desky byly navrženy tak, aby odpovídaly typickému spřaženému mostu. Tloušťka desky je 250 mm, délka modelu 2.8 m a šířka modelu 0.6 m. Spoj má šířku jen 200 mm. Prefabrikované desky budou položeny na okraj horní pásnice ocelového nosníku, to umožňuje malá šířka spoje (200 mm). Dále menší šířka spoje znamená menší spotřebu drahého UHPC a rychlejší práci na staveništi. Současně ve spoji je nutné ukotvit propojovací výztuž levé a pravé prefabrikované desky, neboť spoj je vystaven velkým záporným ohybovým momentům. Vysoká pevnost UHPC umožňuje, aby výztuž mohla být spolehlivě zakotvena na malé délce (zde na šířku spoje 200 mm).

Byly zkoumány dva druhy uspořádání ohybové výztuže ve spoji. Výztuž vyčnívající z jednotlivých desek byla ukončena přímo (typ R) nebo obloukem (typ S). V obou případech byla spára stejným způsobem zazubena (obr. 2 a 3). Typ R je jednodušší na provádění, typ S představuje obvyklý spoj, nazývaný petlicový styk.

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



Obr. 2 Výztuž ve spoji typ R



Obr. 3 Výztuž ve spoji typ S

Desky byly vybetonovány z betonu C40/50. Spoje jsou pak z UHPC s válcovou pevností v tlaku 155 MPa. Modely desky byly vloženy do zatěžovacího rámu a zatěžovány tříbodovým ohybem.

Obr. 4 Uspořádání zkoušky

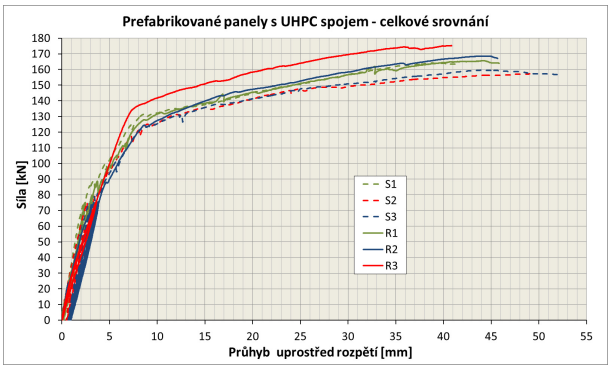
Modely byly vystaveny namáhání ohybovým momentem až do porušení. Tím se ověřila únosnost spoje.

Zatížení modelů probíhalo ve dvou režimech. První byl cyklický režim simulující funkci spoje při provozním zatížení. V prvním cyklu bylo zatížení aplikováno do úrovně 10 kN, aby došlo k dotlačení vůlí. Pak následovaly 4 cykly do úrovně 75 kN s následujícím odlehčením. To odpovídalo cca 50% výpočtem stanovené únosnosti. Zatěžování bylo řízeno silou, rychlost zatěžování byla zvolena 0.2 kN/s. Pak byl režim přestaven do řízení posunem a zatížení bylo zvyšováno až do dosažení únosnosti, resp. velkých deformací. Rychlost zatěžování byla zvolena 0.05 mm/s

Výsledky

Byly vyzkoušeny 3 modely s výztuží typu R a 3 modely s výztuží typu S. Všechny výsledky byly velmi podobné a optimistické. Vznik prvních velmi malých trhlin byl zaznamenán na úrovni zatížení 35 až 45 kN. To je zcela přirozený a očekávaný výsledek, neboť konstrukce není předpjatá. Při dosažení úrovně zatížení 75 kN byla šířka trhlin v rozmezí 0.15 až 0.25 mm, což odpovídá provoznímu stavu při plném zatížení. Únosnost modelů dosahovala 157 až 177 kN. Přitom vznikalo cca 4 až 5 trhlin, které se postupně rozevíraly. V žádném případě nevznikla trhlina ve spoji z UHPC, trhliny se objevily buď na hranici UHPC a prefabrikátu nebo v betonu prefabrikátu (obr. 6). Únosnost s vyztužením typu R je mírně větší než u vyztužení typu S (obr. 5).

Experimenty prokázaly, že spoje z UHPC i přes své malé rozměry zcela splňují podmínky pro přenos zatížení ohybem v příčném směru mostu. Navíc se prokázalo, že rozptyl výsledků ze zkoušek jednotlivých modelů je velmi malý, což je příznivé pro navrhování a ověřování budoucích konstrukcí.



Obr. 5 Porovnání výsledků experimentu

Obr. 6 Typické rozdělení trhlin na mezi únosnosti

Literatura

[1] Vítek, J.L., Čítek, D., Coufal, R.: UHPC joints of precast elements, Sborník 7th International Conference Fibre Concrete, CTU in Prague, Prague, 2013

[2] Čítek, D., Vítek, J.L.: Soudržnost výztuže a UHPC. Sborník konference Betonářské dny 2013, ČBS 2013

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