VYUŽITÍ UHPC NA LÁVCE V ČELÁKOVICÍCH

Zpracovali: prof. Ing. Jan L. Vítek, CSc., FEng. (Fakulta stavební ČVUT v Praze a Metrostav a.s.); Ing. Milan Kalný (Pontex, s.r.o.)

Souhrn

Ultra high performance concrete (beton velmi vysokých pevností) byl vyvíjen v TBG Metrostav, s.r.o. a Metrostav a.s. a byl využit pro výstavbu zavěšené lávky přes Labe pro chodce a cyklisty v Čelákovicích. Zavěšená konstrukce lávky má největší rozpětí zavěšené konstrukce v České republice (156 m). Poprvé v ČR zde byl použit UHPC na nosnou konstrukci. Předmětem činnosti v rámci projektu CESTI byly některé ověřovací zkoušky při výrobě mostních segmentů a částečně i měření na lávce během výstavby a během provozu.

Oblast použití

Poznatky získané při provedených zkouškách byly bezprostředně využity při výstavbě, ale zároveň se stanou podkladem pro navrhování a realizaci dalších konstrukcí z UHPC.

Metodika a postup řešení

Vývoj, zkoušení a ověřování vlastností UHPC lze rozdělit do několika okruhů problémů, které je nutno řešit při každém projektu. Předpokládá se, že UHPC bude vyvíjen u jednotlivých výrobců z místních surovin. Okruhy problémů jsou definovány v TL 3.2. – 2014 [1]. Při výstavbě lávky byla v rámci projektu CESTI ověřována technologie betonáže mostních segmentů. Betonáž probíhala v ocelové formě: Protože byl použit samozhutnitelný beton, byla forma vybavena horním bedněním. Výrobní cyklus byl nastaven tak, aby byla výroba co nejrychlejší a přitom aby bylo dosaženo spolehlivého nárůstu pevnosti betonu, aby nedošlo k porušení segmentů během výroby. Vlastnosti čerstvého betonu byly nastaveny tak, aby jej bylo možné dopravovat z betonárny v Praze na vzdálenost cca 25 km do místa výroby mostních segmentů. Začátek tuhnutí a tvrdnutí byl tedy oddálen, aby se v daném čase dala betonová směs vyrobit a dopravit na místo. Protože míchání trvá poměrně dlouho a pro jeden segment bylo třeba míchat 4 záměsi do dvou autodomíchávačů, beton by bez dalších opatření začal tvrdnout až po cca 8 hodinách od zamíchání. Takto zpomalený náběh pevnosti by neumožnil dostatečně rychlé odbednění

Obr. 1 Betonáž segmentu lávky.

segmentu. Výrobní cyklus byl zvolen tak, aby za optimálních podmínek byl vyroben jeden segment za dva dny. Betonáž probíhala ráno první den, odpoledne se segment odbednil a vyčistila se forma. Druhý den se forma vybavila nutnou výztuží, kabelovými kanálky a dalšími prvky mostní konstrukce, jako např. kotevními prvky závěsů, úchyty pro manipulaci se segmenty apod. Třetí den ráno proběhla opět betonáž. Odbednění segmentu v době cca 7 – 8 hodin po ukončení betonáže, a proto dosažení předepsané odbedňovací pevnosti vyžadovalo urychlení tvrdnutí betonu pomocí ohřátí konstrukce. Forma byla zakryta a pod zakrytí byl vháněn horký vzduch, který ohřál formu tak, aby teplota betonu dosahovala cca 60°C. V rámci řešení projektu CESTI byl navržen postup prohřívání a prováděno měření teplot na formě a v betonové konstrukci. Odladění postupu ohřívání nebylo jednoduché. Bylo třeba stanovit postup ohřevu, kapacitu ohřívacích jednotek a dále trvání ohřevu v závislosti na okolní teplotě prostředí. Betonáž probíhala venku, nikoliv v kryté hale, proto byla omezována podmínkami prostředí. Např. při dešti nebylo možné betonovat, aby nedošlo k naředění betonu dešťovou vodou. UHPC je materiál s vysokým obsahem cementu a tedy citlivý na autogenní smršťování. Proces ohřevu formy byl proto koordinován s měřením počátečního smršťování. Autogenní smršťování bylo měřeno na válcích uložených vedle formy pomocí strunových tenzometrů.

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

Při montáži segmentů a jejich zavěšování na závěsy bylo nutné pečlivě měřit jednak geometrii konstrukce, aby byl dosažen projektovaný tvar mostu a zároveň i vnitřní síly v konstrukci, aby nedošlo k jejímu nepředpokládanému namáhání. Bylo proto nutné měřit zejména síly v závěsech a to v definitivních závěsech a v dočasných závěsech, které vyvěšovaly montážní vozík.

Obr 2. Montáž segmentů hlavního pole lávky

Byly používány tři druhy měření. Přímé měření sil pomocí hydraulických válců, měření sil pomocí magnetoelastických snímačů instalovaných na definitivních závěsech a frekvenční měření na základě kmitání závěsů vyvolaného umělým impulzem. Problém měření spočíval zejména v tom, že vzhledem k lehkosti konstrukce lávky jsou síly v závěsech velmi malé a tím i obtížně měřitelné. Závěsy jsou dimenzovány spíše s ohledem na tuhost systému než na pevnost závěsů. Odchylka sil v závěsech by však měla velmi nepříznivý vliv na namáhání tenké mostovky.

Systémy měření byly využity též při zatěžovací zkoušce lávky. Zatěžovací zkouška obsahovala dvě části – statickou a dynamickou. Jak je obvyklé, byly porovnávány výsledky naměřené a předpoklady statického výpočtu.

Obr 3. Magnetoelastický snímač síly v závěsu

Při statické zkoušce se sledoval hlavně průhyb konstrukce, kde byla dosažena velmi dobrá shoda. Teoretický průhyb byl vypočten ve výši 211 mm a naměřený dosahoval 201 mm. Při dynamické zkoušce byly použity mechanické budiče kmitání a sledovaly se vlastní frekvence odpovídající základním vlastním tvarům kmitání (vetikální 3 nejnižší frekvence, horizontální a torzní). Ve všech případech bylo dosaženo velmi dobré shody.

Výsledky

Při výstavbě lávky byla ověřena řada dosud neznámých technologií. Byla v praxi odzkoušena technologie samozhutnitelného transportbetonu v kvalitě UHPC. Toto je velmi významný výsledek, neboť většina dosud realizovaných konstrukcí v zahraničí byla prefabrikovaných, tzn. beton se vyrobil a ve velmi krátké době uložil do formy. V našem případě absolvoval přesun autodomíchávačem na vzdálenost cca 25 km. Byla ověřena technologie ukládání směsi do poměrně velké formy relativně složitého tvaru. Dále byly odzkoušeny a porovnány tři nezávislé metody měření sil v závěsech při malých silách. Projekt CESTI tak přispěl k úspěšnému dokončení lávky přes Labe, která se stala významnou referenční stavbou z UHPC v ČR.

Závěr

Výstavba lávky z UHPC dopadla velmi dobře. Přestože se jednalo o pilotní projekt, bez opory v návrhových předpisech a aplikaci zcela nového materiálu, byl projekt úspěšně dokončen v roce 2014. Realizace potvrdila možnost stavět z UHPC vyrobeného z lokálních surovin ve vysoké kvalitě. Byla získána řada zkušeností a poznatků aplikovatelných na dalších stavbách. Pro příští období se počítá s dalším rozvojem UHPC. O případné aplikaci se rozhodne podle projektů, které budou k dispozici. Bohužel současná legislativa velmi omezuje jakékoli změny projektů, a proto se aplikace nových technologií stává značně obtížnou.

Literatura

[1] Vítek, J.L.: TL 3.2 UHPC – Výroba konstrukcí a navrhování, CESTI WP3, 2014

[2] Kalný, M., Komanec, J., Kvasnička, V., Vítek, J.L., Brož, R., Koukolík, P., Coufal, R.: Lávka přes Labe v Čelákovicích – první nosná konstrukce z UHPC v ČR. Beton TKS, Vol. 14, 4/2014, 10-18

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