

# MOST PŘES ŘEKU MERSEY U LIVERPOOLU ■ MERSEY GATEWAY BRIDGE NEAR LIVERPOOL



1

Most přes řeku Mersey u Liverpoolu – Mersey Gateway Bridge – je jediným zavěšeným mostem s velkým rozpětím ve Velké Británii, který byl vybudován především z monolitického betonu a představuje tak významný přínos ve využití tohoto stavebního materiálu. Inovativní postupy výstavby (např. metoda posuvného bednění) umožnily, aby byl most postaven včas a v rámci schváleného rozpočtu. ■ *The Mersey Gateway Bridge is unique in being the UK's only long-span cable-supported bridge constructed primarily using in-situ concrete, thus representing a significant advancement in the material's application for this purpose. Innovative construction methods, such as the mobile scaffold system, enabled the bridge to be constructed on time and within budget.*

Počátky výstavby Mersey Gateway Bridge u Liverpoolu se datují do 90. let minulého století, kdy již kapacita stávajícího mostu Stříbrného jubilea (Silver Jubilee Bridge) nebyla dostačující a nebyla dále schopna zajistit dopravní požadavky v oblasti. Nefunkční dopravní síť omezovala hospodářský růst nejen této lokality, ale i celého regionu.

Po několika letech plánování získal projekt výstavby nového mostu počáteční souhlas od Ministerstva dopravy v roce 2006 a jeho financování bylo zajištěno v roce 2011. Veřejnou soutěž vyhlásila Městská samosprávná rada v Haltonu v březnu 2012 ve formě PPP projektu (Public-Private Partnership), který zahrnoval projektové práce, stavbu, financování a provoz po celou dobu koncese (30 let). V květnu 2013 bylo jako vítězný účastník této veřejné soutěže vybráno konsorcium Merseylink

a k finanční dohodě se dospělo v březnu 2014. V souladu se stanoveným harmonogramem výstavby byl most po úspěšném dokončení stavby otevřen pro veřejnost v říjnu 2017.

V rámci realizace projektu bylo kromě hlavního přemostění postaveno:

- 2,3 km nové a 4,5 km rekonstruované dálnice,
- sedm nových křižovatek,
- 12 menších mostů.

Součástí prací byla i dekontaminace území a úprava stávajících konstrukcí včetně změny funkce mostu Silver Jubilee Bridge, na němž má nově přednost veřejná doprava, cyklisté a chodci, což má sociální přínos a příznivý dopad na životní prostředí v této oblasti. Nové přemostění pomohlo vytvořit i pracovní příležitosti a podpořilo dvacetiletý program obnovy a oživení samostatné městské části Halton.

## PŘÍPRAVA PROJEKTU A REALIZACE STAVBY

Pro stavbu takového rozsahu je klíčové zajistit integraci postupu výstavby do procesu přípravy projektu, a to včetně dopadu hlavních provizorních konstrukcí na návrh mostu. Projevilo se to např. i u realizace konstrukcí navazujících mostních estakád, pro jejichž výstavbu byla zvolena metoda výsuvné skruže (MSS – Moveable Scaffolding System).

Hlavními kritérii, díky nimž byl beton upřednostněn před dalšími tradičními materiály, jako je např. ocel, byla efektivnost nákladů na realizaci požadovaného projektu i na jeho údržbu, jistota dodržení předpokládaných nákladů

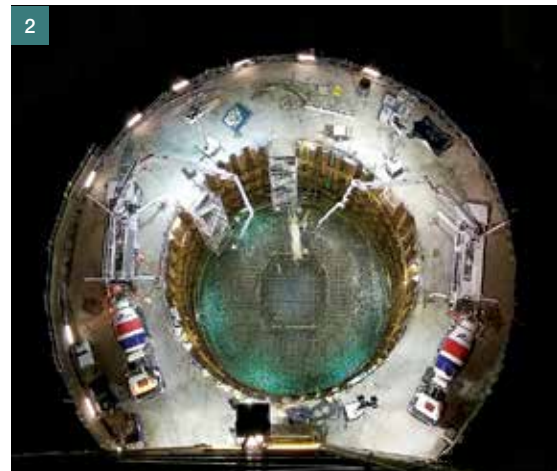
a dlouhodobá trvanlivost díla. Použití betonu společnosti v konsorciu prosazovaly také proto, aby se zabránilo nákladným opakovaným nátěrům v rámci údržby během třicetileté koncesní lhůty, a tato volba se vzhledem k následnému převzetí mostu do dlouhodobé správy setkala i s plnou podporou vlastníka.

Standardizací návrhu hlavních konstrukčních prvků a použitím betonů s vysokou pevností se projektovému týmu podařilo zajistit nejvyšší kvalitu a zvýšenou bezpečnost díla, zefektivnit časový harmonogram výstavby a zejména vybudovat elegantní mostní konstrukci.

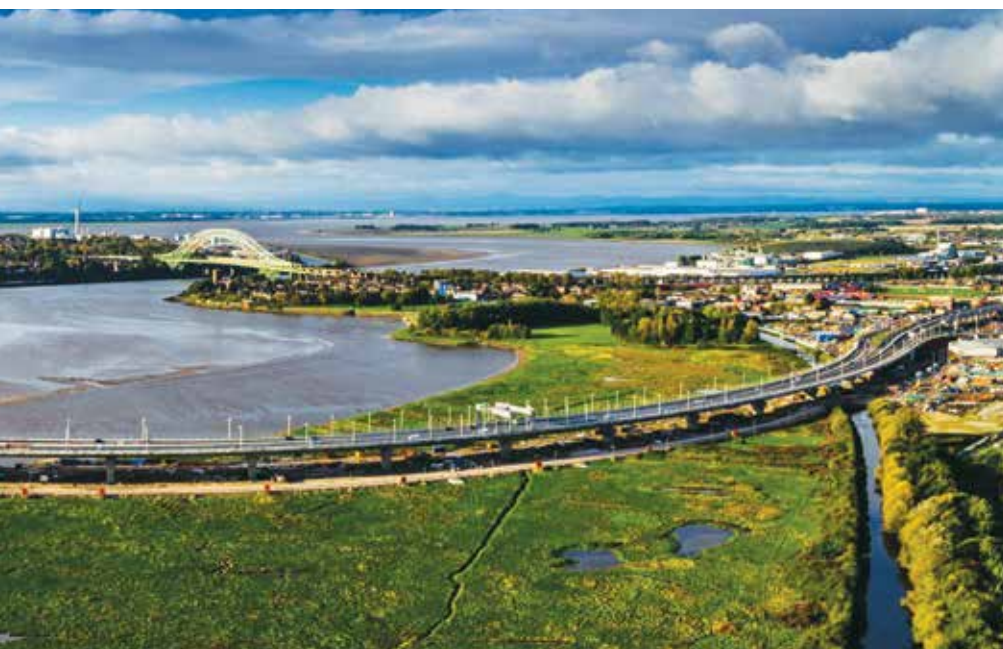
## ZÁKLADY ZAVĚŠENÉ MOSTNÍ KONSTRUKCE

Pro každý základ mostního pylonu bylo požadováno, aby přenesl svislé zatížení přesahující 500 MN a moment o velikosti 900 MNm způsobený klopicím účinkem zavěšené mostovky.

2







**1** Panoramatický pohled na dokončený most  
**2** Betonáž základu jižního pylonu v jímce ze štětovic, za 25 h bylo uloženo přibližně 1 400 m<sup>3</sup> betonu **3** Výsuvná skruž MSS Webster v prvním poli jižní příjezdové estakády, říjen 2016 **4** Pilíř středního pylonu mostu, postup demontáže bednění před výstavbou horního pylonu ■ **1** Panoramic view of completed bridge **2** South cofferdam pylon base concrete pour, some 1,400 m<sup>3</sup> was placed in over 25 hours **3** MSS 'Webster' on the first span of the south approach viaduct, October 2016 **4** Central pylon pier table, falsework dismantling ahead of upper pylon construction

Řešení spočívalo v návrhu plošných základů o průměru 22 m a tloušťky 4,5 m, které byly u každého pylonu založeny cca 10 m pod úroveň dna řeky. Projektový tým preferoval tento postup, protože umožnil vyhnout se hlubinnému zakládání pod pylony v korytě řeky a rovněž minimalizoval negativní dopady na životní prostředí.

Betonáž plošných základů uvnitř provizorních jímek vytvořených z dvou řad ocelových štětovic s vnitřní těsnicí membránou trvala asi 30 h. V plošném základu je ocelová výztuž uložena radiálně a na jeho konstrukci bylo celkem použito cca 1 400 m<sup>3</sup> betonu C40/50 (cement CEM III/B).

#### PYLONY MOSTU

Štíhlé pylony zavěšeného mostu, každý ve tvaru jediného vysokého sloupu, jsou z vizuálního hlediska nejvýraznějším prvkem celé mostní konstrukce. Cílem bylo navrhnout je tak, aby působily co možná nejelegantněji

a zároveň se daly rychle postavit. Každý z nich má osmiúhelníkový příčný průřez s proměnnou tloušťkou stěn od 600 do 800 mm. Podélně se od úrovně mostovky ve své ose mírně zužují a v nejvyšších úrovních své výšky mají konstantní příčný řez šířky 3,5 m.

Severní a jižní pylon se skládá ze spodního pilíře, rozšířené podpěrné hlavy (podpírající desku mostovky) a horního pylonu. Střední pylon se od nich liší tím, že je spojení rozšířené podpěrné hlavy a desky mostovky zajištěno vetknutím.

Jednotlivé části pylonu byly betonovány v přibližně pětidenním cyklu po záběrech dlouhých 5 m z betonu C60/75 s betonářskou výztuží o průměru až 40 mm tak, aby byly schopny přenášet velké tlakové namáhání od betonové mostovky. Výztužné koše byly montovány předem, aby se minimalizovaly práce v exponovaném prostředí ve výškách, což pomohlo zvýšit

kvalitu prací a zkrátit dobu pracovních cyklů v průběhu výstavby.

Rozšířené podpěrné hlavy pilířů byly kvůli složité geometrii a značným soustředěným zatížením technicky náročné jak z projektového hlediska, tak i z hlediska realizace. Tyto hlavy nejenže podpírají hlavní desku mostovky, ale jsou také umístěny v místě připojení mezi spodním pilířem a horním pylonem. Příčné dodatečné předpětí při horním povrchu hlavy zohledňovalo požadavky plynoucí z velikých tahových sil a vertikální dodatečné předpětí zajišťovalo mostovku při letmé betonáži. Bylo nutné vytvořit 3D model rozšířené podpěrné hlavy, který umožnil detailní vyhotovení armovacích výkresů železobetonové konstrukce a nezbytnou kontrolu kolizních míst.

#### ZAVĚŠENÁ MOSTOVKA

Dodatečně předpjatá železobetonová mostovka je zavěšena pomocí soustavy závěsů umístěných centrálně



3



4



v jedné rovině a je tvořena betonovým spojitým nosníkem jednodílného průřezu výšky 4,6 m, šířky 33 m, s příčnými dodatečně předpjatými žebry ve vzdálenostech po 6 m a příčně dodatečně předpjatou deskou. Ocelové rámy trojúhelníkového tvaru jsou osazeny v každém místě ukotvení závěsu, kde roznášejí horizontální složku síly ze závěsu do horní betonové desky, vertikální složku této síly přenášejí přes prefabrikované betonové kotevní bloky do spodní části stěn komorového průřezu. Uvnitř komorového nosníku jsou umístěny podélné volné kabely vnějšího předpětí, které byly předepnuty po dokončení letmé betonáže.

Všechny lamely mostovky, každá o hmotnosti přibližně 320 t, byly budovány v délce 6 m. Betonážní vozíky s bedněním ve tvaru písmene C o hmotnosti 270 t poskytovaly v průběhu letmé betonáže dobrý přístup k horní části betonované lamely. Cílem bylo dosáhnout pro jednu lamelu pěti až šestidenní pracovní cyklus, přičemž klíčovým požadavkem byla pevnost betonu 25 MPa za 22 h při standardní krychelné pevnosti betonu 60 MPa. Předem smontované armovací koše byly osazeny do spodní desky komorového průřezu, do stěn i do konzol horní desky. Aby se umožnilo včasné předpínání horní desky, byly na jejím konci osazeny prefabrikované betonové kotevní bloky.

### ZÁKLADY PŘÍJEZDOVÝCH ESTAKÁD MOSTU

Pilíře příjezdových estakád jsou založeny na vrtaných velkopřůměrových betonových pilotách o průměru 1,5 m sahajících až do hloubky 50 m pod úroveň terénu, kde se nacházejí podložní vrstvy písčovce.

Důležitou částí návrhu a realizace hlubinného zakládání příjezdové

estakády na severní straně mostu bylo zohlednění rizika narušení zde uložené kontaminované zeminy a obava, že se pro znečišťující látky vytvoří cesta pro průsaky do podzemního zvodnělého horizontu. Prostřednictvím rozsáhlého dialogu s vládní organizací pro životní prostředí a po vypracování příslušné rizikové analýzy se dospělo k závěru, že riziko vytvoření této cesty může být sníženo na přijatelnou úroveň tím, že se ještě před realizací hlubinných základů instaluje kolem základového bloku ochranná podzemní pilotová stěna.

### PILÍŘE PŘÍJEZDOVÉ ESTAKÁDY

Všechny pilíře estakády mají dutý dřívě železobetonový sloup s rozšířenou hlavou. Podařilo se minimalizovat spotřebu materiálů a půdorysnou plochu základů, čímž se omezilo riziko dalšího narušení životního prostředí v slaných mokřinách ústí řeky. Jednotlivé pilíře podírají spojitou nosnou konstrukci estakády přibližně po 70 m a jsou navrženy tak, aby zajistily, že se nad mostními ložisky nebudou vyskytovat žádné tahové reakce.

### NOSNÁ KONSTRUKCE ESTAKÁDY

Příjezdová estakáda spolu se zavěšenou částí mostovky tvoří spojitou konstrukci celkové délky 2,25 km mezi mostními dilatačními závěry. Zakřivené půdorysné vedení trasy mostu a příjezdových estakád si vyžádalo posouzení účinků příčného zatížení na mostní ložiska a pilíře vyplývající z dotvarování, smršťování a pohybu od teplotních změn. To eliminovalo potřebu mostních dilatačních závěrů, které jsou obvykle požadovány pro tuto délku mostní konstrukce, což dále vede ke snížení nároků na dlouhodobou údržbu.

Pro výstavbu obou mostních konstrukcí pobřežních příjezdových



estakád, severní i jižní, byly použity dvě výsuvné skruže MSS, každá o hmotnosti přibližně 1 350 t. Délka severní příjezdové estakády je 706 m, zatímco jižní je dlouhá 544 m. I když soupravy MSS byly již dříve použity při výstavbě podobně dlouhých polí, délka pole 70 m byla horní hranicí ekonomické efektivity. Použití souprav MSS umožnilo dodržet doby betonovacích cyklů během celé výstavby v trvání od tří do čtyř týdnů na jedno pole.

Výstavba nosné konstrukce estakád byla rozdělena do tří hlavních etap. Pomocí soupravy MSS, podepřené na pilíři na předním konci pole, se v první etapě vybudoval středový komorový nosník tvarem připomínající vanu, tvořenou betonovou spodní deskou, svislými stěnami a příčnými žebry. Tato část konstrukce byla vybetonována na jeden záběr trvajícím přibližně 30 h se spotřebou asi 1 200 m<sup>3</sup> betonu. Poté co byla souprava MSS vysunuta do následujícího pole, byla dobetonována horní deska průřezu mezi svislými stěnami komorového průřezu. V poslední etapě byly s pomocí samostatné boční části pojezdného bednění vybetonovány konzolové části horní desky.

Největší výhody tohoto postupu byly následující:

- zjednodušení a usnadnění přístupu pro demontáž vnitřního bednění,



## CELKOVÝ VÍTĚZ THE CONCRETE SOCIETY AWARDS 2018

### KOMENTÁŘ POROTY:

„Škála betonů, která byla při výstavbě Mersey Gateway Bridge vyrobena, musela vyhovět velice přísným přípustným odchylkám a měnit se pevnostem. Úkol nepřetržitě dodávat a ukládat 117 000 m<sup>3</sup> betonu v průběhu 29měsíční lhůty výstavby (24 h denně, 7 dní v týdnu pro hlavní mostní konstrukci) byl s využitím dvou betonáren (na každém břehu řeky byla jedna) úspěšně splněn. Podle požadavků byla při výrobě betonů používána horká i studená voda a izolované bednění. Ve velké míře byla využívána také mletá granulovaná vysokopecní struska a rychlé dosažení požadované pevnosti betonu nebylo problémem. Tím, že byl jako hlavní stavební materiál zvolen beton, byly minimalizovány nároky na budoucí údržbu mostu.

Mersey Gateway Bridge je ve Velké Británii unikátním mostním dílem – jako první byl vybudován z monolitického betonu s inovativním využitím soupravy MSS a dalších typů pojízdného bednění. Veškeré stavební práce se odehrávaly přímo na staveništi a zajištění bezpečnosti na stavbě a průběh prací byly vzorové.

Konstrukce mostu, v noci plně osvětlená, působí se třemi pylony a všemi estakádami ikonicky, elegantně a štíhlým dojmem a je v dokonalé harmonii s prostředím řeky Mersey. Motorizovaným účastníkům provozu projíždějícím po ní nabízí hojnost pohledů na svou moderní tvář z betonu. Tato konstrukce představuje významný pokrok ve využití betonu v mostním stavitelství a pro výstavbu mostů působí jako významný a důležitý imperativ.“

- minimalizace spotřeby betonu (a tudíž i hmotnosti konstrukce v první etapě),
- oddělení procesu betonáže horní desky komorového průřezu a konzol od technicky komplikovaného řízení soupravy MSS.

Z důvodu geometrické složitosti příčného řezu nosné konstrukce estakády byly realizovány četné zkoušky, které umožnily optimalizaci návrhu betonové směsi a zajistily tak zachování náležité konzistence betonu, jeho rozliti a následně zhutnění v celém příčném řezu konstrukce.



Použití volných kabelů eliminovalo problémy související s omezením prostoru pro montáž a demontáž bednění uvnitř komory. Přibližně 50 % podélných předpínacích kabelů je ukončeno v příčné pracovní spáře a zbylých 50 % jsou spojované kabely, které pokračují do následujícího pole. Toto řešení zjednodušilo vedení kabelů v blízkosti pracovní spáry.

Podélné kabely dodatečného předpětí byly napínány v průběhu výstavby příslušné etapy, jakmile beton získal 28denní charakteristickou pevnost, většinou to bylo za tři dny po betonáži. Příčné kabely dodatečného předpětí byly napínány po ukončení třetí etapy.

### ZÁVĚR

Mersey Gateway Bridge získal hlavní cenu The Concrete Society Awards 2018 udělovanou britskou Betonářskou společností.

Photos: Merseylink Civil Contractors Joint Venture

Acknowledgement:  
James Luckey  
The Concrete Magazine, UK

Článek byl uveřejněn v časopise  
Concrete v prosinci 2018,  
Vol. 52, Issue 10.

Redakce děkuje  
Ing. Milanu Kalnému  
za překlad článku.

**5** Rozšířená podpěrná hlava severního pylonu – první záběr horní části pylonu, montáž betonážního vozíku nad štetovnicovou jímku **6** Jižní pylon s betonážním vozíkem, výsuv betonážního vozíku od hlavy pilíře **7** Poslední betonové nosníky jsou ukládány do úseku příjezdové estakády nad Astmoorem **8** Dokončená mostní konstrukce byla pro veřejnost otevřena v říjnu 2017

**5** North pylon hammerhead – upper pylon first lift under construction, assembly of form traveller at cofferdam level **6** South pylon form traveller, south span form traveller launched from pier table **7** Final concrete beams installed on the Astmoor Bridgewater Viaduct section **8** The completed bridge, which opened in October 2017

Investor	Městská samosprávná rada v Haltonu
Zástupce investora	Rada pro přemostění Mersey
Poradce investora v otázkách technických a smluvních	Ramboll, CH2M Hill, Knight Architect
Financování	Konsorcium Merseylink – Macquarie Capital (Austrálie), BBGI & FCC Construcción
Zhotovitel	Sdružení Merseylink Civil Contractors (MCCJV) – Samsung, FCC, Kier
Projektant	Sdružení Merseylink Design – Cowi, Aecom, Fhecor, Eptisa
Architekt	Architektonický poradce Merseylink Architectural Advisor – Dissing+Weltling architecture
Dodavatel čerstvého betonu	Cemex UK Materials