

ZAKLÁDÁNÍ

Časopis ZAKLÁDÁNÍ STAVEB, a. s.

2/2011

Ročník XXIII



- **DVOUKOMPONENTNÍ VÝPLŇOVÉ SMĚSI PRO RAŽBU METRA V. A ŠTÍTEM TBM-EPB**
- **NÁVRH A REALIZACE PROVIZORNÍCH PODPOR V ŘECE PRO STAVBU NOVÉHO TROJSKÉHO MOSTU**
- **METRO V. A – ZAJIŠTĚNÍ STAVEBNÍ JÁMY KU1 A PŘÍJEZDOVÉ RAMPY V PRAZE-MOTOLE**
- **NOVÝ TUNELOVÝ OBJEKT V PODZEMNÍCH STĚNÁCH NA SILNICI I/48 RYCHALTICE–FRÝDEK-MÍSTEK**





Časopis ZAKLÁDÁNÍ

vydává:

Zakládání staveb, a. s.

K Jezu 1, P. O. Box 21
143 01 Praha 4 - Modřany

tel.: 244 004 111

fax: 241 773 713

E-mail: propagace@zakladani.cz

<http://www.zakladani.cz>

<http://www.zakladani.com>

Redakční rada:

vedoucí redakční rady:

Ing. Libor Štěrba

členové redakční rady:

Ing. Martin Čejka

Ing. Jan Masopust, CSc.

Ing. Jiří Mühl

Ing. Michael Remeš

Ing. Jan Šperger

Redakce:

Ing. Libor Štěrba

Jazyková korektura:

Mgr. Antonín Gottwald

Foto na titulní straně:

Libor Štěrba, k článku na str. 18 a 24

Překlady anotací:

Mgr. Klára Koubská

Design & Layout:

Jan Kadoun

Tisk:

H.R.G. spol. s r.o.

Ročník XXIII

2/2011

Vyšlo 5. 8. 2011 v nákladu 1000 ks

MK ČR 7986, ISSN 1212 – 1711

Vychází čtyřikrát za rok

Pro rok 2011 je cena časopisu 90 Kč.

Roční předplatné 360 Kč vč. DPH,

balného a poštovního.

Objednávky předplatného:

ALL PRODUCTION, s. r. o.

Areal VGP

Budova D1 F V. Veselého 2635/15

193 00 Praha 9 – Horní Počernice

tel.: 234 092 811,

fax: 234 092 813

E-mail: obchod@allpro.cz

<http://allpro.cz/>

<http://predplatne.cz/>

Podávání novinových zásilek

povolila PNS pod č.j. 6421/98

SERIÁL

Stavební podnikatelé minulosti, 2. část seriálu

Železniční horečka

Zdeněk Bauer

2

AKTUALITY

Bauer In-House Exhibition 2011

Ing. Jan Šperger, Zakládání staveb, a. s.

6

Exkurze na stavby speciálního zakládání v Paříži

Doc. Ing. Jan Masopust, CSc., VUT v Brně,

Ing. Jan Šperger, Zakládání staveb, a. s., Praha

8

ZE ZAHRANIČNÍCH ČASOPISŮ

Benátky – sanace základů věže sv. Marka

Podle článku Venetian Values, European Foundation, Spring 2010

přeložil a upravil RNDr. Ivan Beneš, Zakládání staveb, a. s.

11

TEORIE A PRAXE

Vývoj dvoukomponentní výplňové směsi pro ražbu

nového úseku pražského metra V.A štítem TBM-EPB

Mgr. Jan Budkovský, Zakládání staveb, a. s.

14

DOPRAVNÍ STAVBY

Návrh a realizace provizorních podpěr v řece

pro stavbu nového Trojského mostu

Alexandr Trvrz, Robert Brož, Jan L. Vítek,
Lukáš Vráblík, Jan Mukařovský, Milan Šístek

Realizace provizorních podpěr

Ing. Jiří Ludvíček, Zakládání staveb, a. s.

18

Metro V.A – zajištění stavební jámy KU1 a příjezdové rampy

Ing. Jaroslav Prokop, Metroprojekt, a. s.

Realizace

Jan Králík, Zakládání staveb, a. s.

Monitoring stavební jámy KU1

Ing. Tomáš Ebermann, ARCADIS Geotechnika, a. s.

24

26

26

Metro V.A, stanice Motol – opěrná zeď podél ulice Kukulova

Ing. Jaroslav Kopečný, CSc., Metroprojekt, a. s.,

s přispěním Ing. Michaela Remeše, Zakládání staveb, a. s.

27

Nový tunel na silnici I/48

Rychaltice–Frýdek-Místek u obce Zelinkovice

Ing. Michael Dibon, Metrostav, a. s.

Projekční řešení

Ing. Petra Kalábová, Ing. Petr Lamparter, Fundos, spol. s r. o.

Realizace podzemních stěn

Ing. Marek Žniva, Zakládání Group, a. s.

30

31

32

STAVEBNÍ PODNIKATELÉ MINULOSTI, 2. ČÁST SERIÁLU ŽELEZNIČNÍ HOREČKA

Po prohrané prusko-rakouské válce prudce vzrostl zájem státu o budování železniční sítě, což se projevilo i v legislativních opatřeních a v zesílení státní podpory nových projektů. Po krátkém období budování státních železnic přenechal totiž stát od 50. let 19. století veškeré železniční podnikání výhradně soukromým společnostem, kterým nabízel štědré subvence i garanci pro případ hospodářské ztráty. Díky tomu se rozběhla výstavba nových tratí takovou měrou, že v šestiletém období 1869–74 bylo do užívání předáno celkem 2500 km železnic, tedy průměrně více než 400 kilometrů každý rok. Není divu, že takový zdroj práce a peněz přilákal množství dalších podnikatelů a armádu hladových dělníků, prahnoucích po obživě. Některé drážní společnosti jako Rakouská severozápadní dráha stavěly železnice ve vlastní režii s využitím menších místních podnikatelů, většina ostatních však zadávala buď celé dlouhé tratě, anebo jednotlivé kratší úseky soukromým stavitelským firmám. A těch se v době železniční horečky vyojily hned desítky.



Při stavbě dráhy ze Střelic u Brna do Hrušovan nad Jevišovkou v letech 1866–1870 sice používal stavitel Martony železniční vozíky pro odvážení zeminy, k jejich posunu však sloužili koně.



Jeden z nejkrásnějších pražských mostů minulosti – Štefánikův most pod Letnou. Jako most Franze Josefa I. ho v roce 1868 postavila firma Franze Schöna, zatímco železnou část dodala Rustonova strojírna.

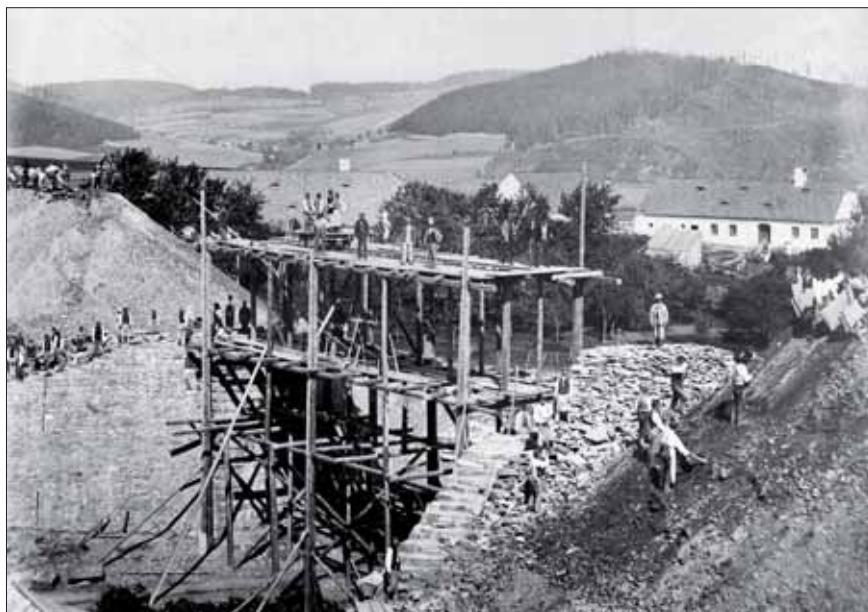
Jednou z prvních byla pražská podnikatelská dvojice **Schön a Wessely**. Inženýr, stavební rada a rytíř Karl Wessely se narodil v roce 1825; u Franze Schöna jsem datum narození bohužel nezjistil. Jejich společná firma vznikla v roce 1869 budováním tratě severočeské uhelné magistrály mezi Duchcovem a Chomutovem, ovšem v trase, která dnes už dávno neexistuje. Uhelným dráhám zůstala nějakou dobu věrná, protože stavěla i části Buštěhradské železnice od Kladna přes Chomutov do Vejprtu a další dráhy na českém severozápadě. Později se pilně věnovala také stavbám místních drah především v severozápadních a severních, ale i jižních Čechách a na Moravě. Kromě krátkých lokálek postavila firma Schön & Wessely i náročné tratě Hranice na Moravě–Vsetín, České Budějovice–Želnavo nebo dráhu z Hanušovic přes Ramzovské sedlo do Mikulovic. Kromě asi 300 kilometrů tratí vystavěla také některé veřejné budovy v Praze, věznici na Borech v Plzni nebo synagogu v Karlových Varech. Franz Schön se do povědomí Pražanů zapsal těsně před založením společné firmy, když postavil známý řetězový Most císaře Franze Josefa I. a řetězovou lávku na Klárově, jejímž projektantem byl právě Karl Wessely. Později na blízkých pozemcích vznikly tzv. Schönovy domy. Společná firma se rozpadla v roce 1890, kdy z ní odešel rada Wessely. O nové firmě Schön a synové, která zprvu pokračovala ve stavbách železnic a započatých úpravách pražských nábřeží, se zmíním později. K významným stavitelům z doby hlavní výstavby železnic patřil i rodák z Nového Jičína svobodný pán **Karl Schwarz** (1817–1898), o němž se však nezmiňuje téměř žádná naše železniční ani stavební literatura. Po průpravě v Olomouci vystudoval stavitelství ve Vídni a pracoval jako stavbyvedoucí u Kleinů. Spolu s nimi a s Angličanem Brassem se už jako podnikatel podílel na stavbách horských tratí ze St. Valentinu do slovinské Ljubljany a mezi Bludenzem a Bregenzem v Předarlbersku. Stavěl dráhy v Haliči a v okolí Salzburgu, kde se zabydlel a svou



Karl Schwarzh z Nového Jičína patřil k největším stavitelům železnic v monarchii. Protože se později zabydlel v Salzburgu, upadl v naší zemi téměř v zapomnění.

stavební činností i jako mecenáš se ve městě proslavil natolik, že tam dnes mají jeho park, ulici i pomník. V Čechách postavil v 70. letech 19. stol. s podnikatelem Muzikou dráhu z Rakovníka do Berouna a ze Zdic dále do Protivína a v roce 1880 v rodném kraji trať ze Suchdola nad Odrou do Nového Jičína.

Také inženýr **Jan Muzika** (1832–1882) pracoval nejdříve na stavebních dílech Kleinů. Od konce 60. let 19. stol. se jako podnikatel podílel sám či ve spojení s dalšími staviteli (Schnabel, Schwarz) na stavbách některých hlavních drah, např. Chomutov–Karlovy Vary, Smíchov–Louny, Rakovník–Protivín. Založil podnik s názvem České obchodní dráhy a vybudoval řadu místních tratí, především ve východních Čechách, na Moravě, ale třeba i z Vršovic do Modřan. Pražský podnikatel **František Ržiha** (1831–1897) působil jako důlní ředitel a pedagog vídeňské Techniky. Nejvíce byl znám jako stavitel tunelu Turnovsko-kralupsko-pražské dráhy pod Vítkovem v letech 1870–1872. Pro odvoz vytěžené zeminy na svahy Vítkova zřídil zvláště pro ten účel navrženou pozemní lanovku, k jejímuž pohonu použil vyřazenou parní lokomotivu. Ve stejné době vybudoval také tratě Osek–Chomutov a Rumburk–Šluknov. Železnice v Českých zemích ale nestavěli jen čeští stavitelé. Je ostatně velmi sporné, koho dnes označíme za Čecha a koho za Němce, Rakušana nebo Itala. Rakousko-Uhersko dávalo šance všem národnostem, které v něm žily a nakonec i nežily. Vídeňské sídlo firmy mohl mít kdokoliv (včetně Kleinů například) a ani rodiště či podoba jména o ničem nevyprávějí. Lannové se vždycky hlásili k německé národnosti, Kleinové byli vychováni také v německé škole, protože v našem pohraničí tehdy jiné ani nebyly. Ani psaní jmen nebylo vždy jednotné a uvádělo se v německé nebo počestěné podobě (Zsiwotsky i Životický,



Stavba Moravsko-slezské centrální dráhy z Olomouce do Krnova, dokončená roku 1875, byla labutí písni bratří Kleinů, z nichž už tehdy žil poslední. Na obrázku stavba mostu přes cestu u Zátor.

Schebek i Šebek, Wessely i Veselý) podle toho, kdo s jak silným „vlasteneckým“ cítěním dokument psal. Němčina byla ale nakonec sjednocujícím jazykem, jímž se domluvili všichni navzájem. Nelze proto dělat strohé dělení na české a ostatní podnikatele, přesto ale ty, kteří se v Česku nenarodili nebo tu aspoň déle nebydleli, vnímáme spíše jako cizince. Zvláště italská jména nám znějí cize, i když si jistě vážíme Aloise Negrelliho, podle jehož projektu postavili Kleinové s Lannou přes kilometr dlouhý pražský kamenný viadukt drážďanské dráhy. Na výstavbě našich železnic v 19. století se podílely desítky italských stavitelů jako třeba Tallachini, o kterém jsem psal už minule. Zvláště v Rakousku samotném se více proslavil další nositel italského jména,

v Salzburgu sídlící podnikatel Giacomo (von) Ceconi (1833–1910), pocházející od Udine. V 80. letech 19. stol. prorazil vrcholový tunel přes Arlberg a poté vystavěl část naší dráhy z Horní Cerekve do Tábora.

Z německých stavitelů je třeba jmenovat alespoň proslavenou firmu **Hügel & Sager**, která v 70. a 80. letech vybudovala například trať Choceň–Broumov nebo dráhu přes Vlářský průsmyk z Brna do Trenčianské Teplice. Bavorský stavební podnikatel a architekt Georg Heinrich von Hügel (1828–1899) začal spolu s kolegou Michaeliem Sagerem podnikat v roce 1869. Jeho největšími zakázkami byly v Německu některé úseky Severomořsko-baltského kanálu, v Rakousko-Uhersku mimo jiné dráha Temešvár–Oršová



Ke každé dráze patří i řada potřebných pozemních staveb, především staničních budov, skladů, vodáren, staveb a strážních domků. Nádraží v Hrubé Vodě těsně před otevřením dráhy Olomouc–Krnov roku 1875 je toho důkazem.



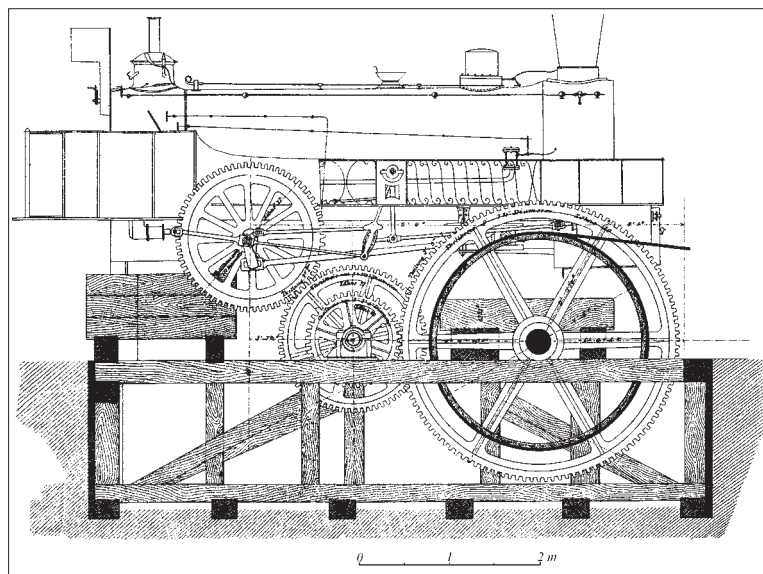
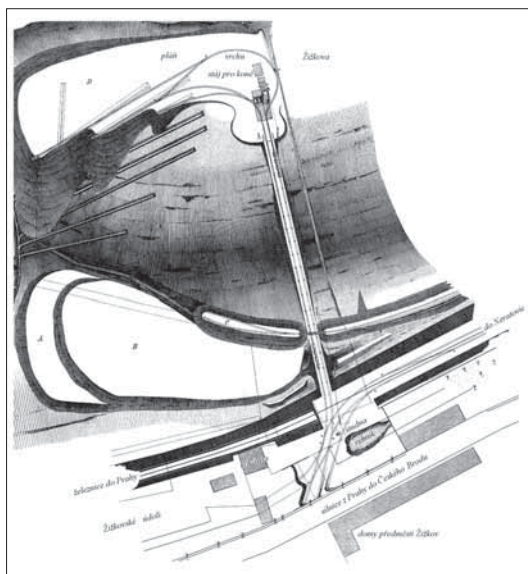
Vybudovat bylo třeba i zázemí pro uložení a údržbu lokomotiv a vozů. Na snímku je výtopna v Krnově těsně po otevření dráhy do Olomouce.

v dnešním Rumunsku nebo síť úzkorozchodných drah v tehdejší rakousko-uherské protektorátu Bosna a Hercegovina. Jako architekt se u nás zapsal svou budovou divadla ve Františkových Lázních.

Jak stavební horečka rychle vypukla, tak zase rychle odezněla. Překotný růst investic nakonec v roce 1873 vyústil v hospodářskou krizi, která zhatila všechny další velké plány. Po krátkém období, kdy se dokončovaly započaté projekty, pokládání nových pražců a kolejnic utichlo. Velcí hráči odešli ze scény a dobudování železniční sítě v místech, která nebyla pro velké společnosti dost lukrativní, musel se skřípěním zubů převzít stát. Od začátku 80. let 19. stol. se rozběhlo budování místních drah a později i státní výstavba doplňkové

sítě, především českomoravské transversálky z Ražic přes Tábor, Jihlavu, Brno, Veselí nad Moravou a Vlárský průsmyk do Trenčianské Teplé v Horních Uhrách. Zatímco největší jména jako Lanna a Kleinové ze železničního stavitelství nadobro zmizela, přilákala nová příležitost desítky jiných podnikatelů. Někteří z nich se rychle zorientovali a dařilo se jim jakžtakž se uživit i na nevelkých soustech. Přesto se většina jmen objevila jen jednou nebo dvakrát a už se nevrátila. O některých z úspěšnějších podnikatelů jsem už psal, a tak zbývá uvést jen několik málo těch, kteří se na stavbách železnic objevili v druhé vlně. Architekt a inženýr **Jan Kruliš** (1829–1903) vystudoval Výtvarnou akademii a Techniku ve Vídni. Po sedmiletém působení v roli asistenta

na technické škole a praktickém působení u drážní společnosti v Uhrách se stal roku 1862 podnikatelem v Praze na Královských Vinohradech. Od počátku 80. let 19. stol. postavil, zprvu ve spojení se stavelem Zelenkou a po třech letech už samostatně, řadu místních drah po celých Čechách. Namátkou jmenujme jen Lovosice–Libochovice, Janovice–Domažlice nebo Jičín–Turnov. Prováděl také regulaci Sázavy, postavil most přes Radbuzu a část nábřeží v Plzni, lanovou dráhu na Petřín atd. Po jeho smrti převzal firmu syn Zdenko, o němž bude řeč později. Jedním ze stavitelů místních drah v Čechách byl inženýr **Osvald Životný** (1832–1920). Původně také odchovanec bratří Kleinů postavil pod hlavičkou kladenského podnikatelství



Stavitel Ržiha použil pro uložení zeminy z tunelu a přilehlé tratě turnovsko-kralupské dráhy v Praze pod Žižkovem hodně netradiční řešení. Část výsypky sice navezl na patu kopce obvyklými vozičky koňské drážky, zbytek ale dopravil o 30 metrů výše až na horní planinu „Žižkabergu“ parním výtahem o délce asi 150 metrů. K jeho pohonu posloužila vyřazená parní lokomotiva, která během delších přestávek a v době po ukončení směny musela také do horního bazénu potrubím vypumpovat vodu, potřebnou pro svůj parní stroj.



Že se nádražní budovy v 19. století nestavěly jen podle univerzálních „normálí“, dokazuje nádraží v Jeseníku na trati z Hanušovic do pruského Ziegenhalsu (dnes Glucholazy), budované firmou Schön a Wessely.



Dráhu ze Strakonice do Březnice a Rožmitálu stavěla v roce 1898 firma Životský-Hrabě. Při stavbě mostu přes Otavu u Strakonice se takhle namáhavě ručně za strojního čerpání vody zřizovaly základové jámyky. (foto F. Brož)



Jak náročné bylo bez jakékoliv techniky budování tratě Modřany–Dobříš firmou Životský-Hrabě, ukazuje snímek zestavěného klenutého nadjezdu v náspu dráhy u Voznice.



Tunelový portál na právě dokončené trati Sokolov–Kraslice, kterou stavěla v letech 1875–1876 firma Schön-Wessely.

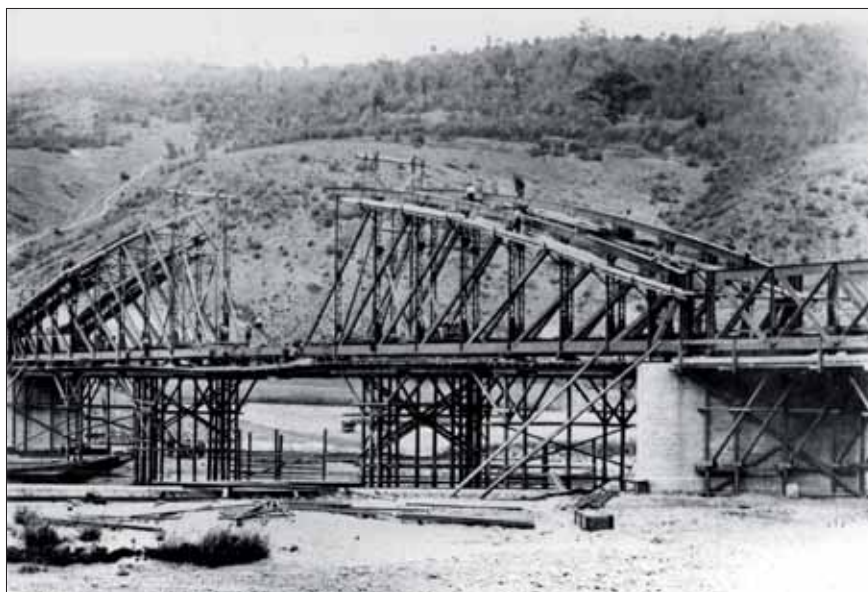
Žiwotski-Hrabě-Kovářík v 80. letech 11 úseků transverzální dráhy Jihlava–Veselí nad Lužnicí. Od roku 1895 ještě nějaký čas podnikal s Hrabětem a po čtyřech letech už samostatně. K jeho dílům patří tzv. Posázavský pacifik z Modřan do Dobříše a Světlé nad Sázavou, tratě Strakonice–Rožmitál, Tišnov – Bystrice nad Pernštejnem – Žďár nad Sázavou a jiné. Jeho firma zanikla až v roce 1910. Stavitel **Josef Hrabě** z Kladna se stal zakladatelem pozdějšího známého rodu Hrabětů, k němuž se později vrátím. V roce 1891 se proslavil spolu s Josefem Kováříkem, když za pouhé dva měsíce postavili v Praze pod Letnou přes Vltavu provizorní dřevěný most, který sloužil přístupu návštěvníků na Jubilejní výstavu.

Bratři Josef a Václav Kováříkové z Prahy-Braníka samostatně stavěli dráhy ze Šluknova do Mikulášovic a ze Strakonice do Vimperku a podíleli se i na zmíněné posázavské dráze úsekem z Čerčan do Jílového. Celé období „železniční horečky“ až do začátku 70. let 19. stol. se na stavbách obešlo téměř bez pomoci parou poháněných strojů, s výjimkou několika čerpadel při stavbách velkých mostů. Výkopy i přesuny často velkých objemů zeminy se prováděly ručně, nanejvýš s pomocí malých železničních vozíků a koňských či volských potahů. Teprve během 70. let se při zakládání pilířů na hlubších řekách objevily první

kesony s nutnými dmychadly a největší firmy se tu a tam odhodlaly k nákupu malých parních lokomotiv. Ty pak odvážely vykopaný materiál či dovážely koleje, pražce a šterk. Jedním z prvních majitelů takových lokomotiv, z nichž jedna pocházela až z Anglie, byl i stavitel **Jan Kubíček** (1849–1919). Pocházel z Chocně, kde byl znám jako mecenáš a člen městské rady,

ale stavitelskou činnost vykonával v Praze. V letech 1894 až 1907 vybudoval řadu železničních tratí, například Postoloprty–Louny, Svítava – Polička – Skuteč, Kostelec u Jihlavy–Slavonice, Tábor–Bechyně či Kutná Hora–Zruč nad Sázavou.

Zdeněk Bauer



Stavitelé Životský a Hrabě mají zásluhu také na vybudování dráhy z Modřan do Dobříše v letech 1896–1897, jejíž součástí je i most přes Vltavu u Měchenic. Jeho konstrukce musela být před napuštěním nádrže jezu ve Vraném roku 1935 zvednuta, aby na řece mohly dál proplouvat parníky.



Letecký snímek městečka Schrobenhausen – sídla společnosti BAUER AG

BAUER IN-HOUSE EXHIBITION 2011

Tak jako každoročně se i letos na jaře konal den otevřených dveří u společnosti BAUER Maschinen GmbH v bavorském Schrobenhausenu – předního světového výrobce strojů pro práce speciálního zakládání. Výstava přilákala ve dnech 7.–10. 5. 2011 na 1700 návštěvníků ze 70 zemí celého světa. S nejzajímavějšími novinkami letošní přehlídky vás seznámíme v tomto článku.

Po oficiální zahajovací řeči pana profesora Thomase Bauera, předsedy představenstva BAUER AG, byli přítomni seznámeni s programem výstavy. Další řečník pan Dieter Stetter, generální ředitel BAUER Maschinen GmbH, nás informoval o posledních novinách z výrobního programu společnosti. Ve výrobě velkoprofilových vrtných souprav, vlajkové lodi společnosti BAUER, proběhla organizační restrukturalizace.

Sortiment vrtných souprav bude kromě dělení dle velikosti a síly vrtné soupravy (od nejmenší BG 12 do největší BG 50) dále rozdělen do dvou skupin podle možnosti jejich víceúčelového využití na „Value Line“ a „Premium Line“. Soupravy označené „Value Line“ budou vybaveny pouze pro jednu technologii vrtání (primárně Kelly vrtání), zatímco soupravy „Premium Line“ budou nabízet více možností využití od klasického Kelly vrtání až po

technologie CFA, FDP nebo například CSM (cutter-soil-mixing).

Inovaci přináší vybavení souprav motory s novými katalyzátory výfukových plynů, které již splňují nové evropské emisní standardy (TIER III a TIER IV). Novinkou je také produkce nových protizávaží vrtných souprav, která se skládají z více menších dílů unifikovaných rozměrů. Skladebná variabilita sestavení protizávaží požadovaných hmotností je pro vrtné soupravy v kategorii „Premium Line“ důležitá pro možnost nastavení více různých technologií.

Na přehlídce v centrále společnosti bylo představeno široké spektrum strojního zařízení. Vedle vrtných souprav BG a pásových jeřábů MC od BAUER Maschinen byly vystaveny i stroje dceřiných společností RTG Rammtechnik, KLEMM Bohrtechnik, MAT Mischanlagentechnik, PRAKLA Bohrtechnik, PILECO, FAMBO, HAUSHERR System Bohrtechnik, ABS Trenchless a EURODRILL.

Nově byl představen jeřáb MC 96, který doplňuje řadu speciálních pásových jeřábů MC 64 s nosností 90 t a MC 128 s nosností 200 t. Vybaven je motorem o výkonu 570 kW, dvěma 350 kN vrátky a má maximální nosnost 130 t. Na výstavě byl nastojen hydrofrézou BC 40 s možností nastavení natočení na plných 90°. Společnost BAUER Maschinen GmbH produkuje pásové jeřáby od roku 2007 a nahrazuje tak doposud dodávané jeřáby např. firem Liebherr či Sennebogen. Výhodou vlastní produkce pásových jeřábů je možnost splnění všech zvláštností vyplývajících z použití ve speciálním zakládání – stroje mají výkonnější motory, které se využívají pro pohon nastojených zařízení, jako jsou hydrofrézy,



Celkový pohled na hlavní expozici



Ukázky práce strojů se těšily velké pozornosti návštěvníků.

hydraulické drapáky nebo vibrační beranidla. Další nespornou výhodou je pro zákazníka kompletní nabídka strojního zařízení od jednoho výrobce.

Z velkoprofilových vrtných souprav byla představena souprava BG 30, která vychází z konceptu BG 28. BG 30 je vybavena již zmíněnými katalyzátory výfukových plynů a novým systémem skladby protizávaží. Jako zástupce řady Premium Line byla souprava BG 30 prezentována v nastrojení pro klasické Kelly vrtání s dopažovacím zařízením BV 2000, zatímco druhý nosič byl nastrojen pro CSM (cutter-soil-mixing).

Ukázky strojů „in situ“ se jako obvykle konaly v areálu výrobních hal Aresing poblíž Schrobenhausenu a těšily se velké pozornosti. Na kostce betonu s pevností v tlaku 50 MPa se simulovalo velkoprofilové ploščelbové vrtání ve skalních horninách. Se soupravou BF12 nesoucí vibrátor TR17 byl demonstrován



BG 30 „Premium Line“ – vlevo Kelly vrtání, vpravo CSM

nový elektronický systém pracující na platformě GPS pro přesné nastavení vibrovaného prvku na pozici.

Velký zájem budila opodál vystavená největší vrtná souprava BG 50 s úctyhodnými parametry – max. krouticí moment 468 kNm, váha s nastrojením cca 270 t, výška 30,5 m, nastrojený vrtný hrnc o průměru 3000 mm.

Společnost BAUER je i po několika letech hospodářské krize stále lídrem světového trhu v oblasti strojního zařízení pro speciální zakládání. Hospodářský výsledek za rok 2010



MC 96 s hydrofrézou BC 40

(obrat celé skupiny 1,3 miliardy eur) vykazuje oproti předchozím rokům mírný vzestup (rok 2009 – 1,28 miliardy eur), což naznačuje, že se snad začíná blýskat na lepší časy. Prognóza hospodaření v příštích letech je optimistická, je očekáván návrat na úroveň roku 2008. Je patrné, že klíčovým aspektem růstu společnosti je neustálá snaha o rozšiřování nabídky o nové technologie a další technický vývoj těch stávajících.

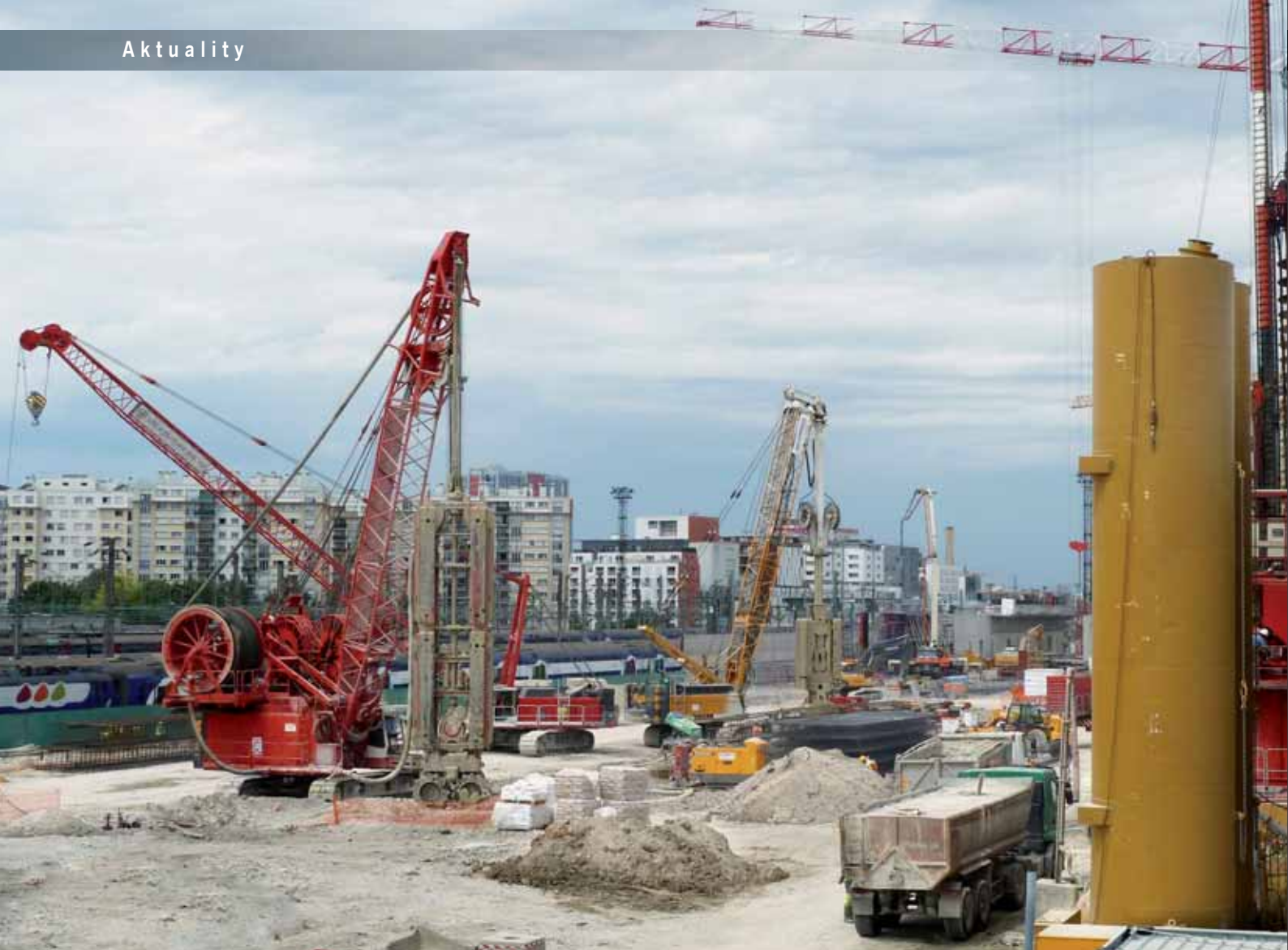
Ing. Jan Šperger, Zakládání staveb, a. s.
Foto: Ing. Jan Šperger, archiv firmy BAUER

Bauer In-House Exhibition 2011

BAUER Maschinen GmbH Company from Schrobenhausen in Bavaria – world leading producer of special foundation engineering machinery – held their traditional annual Open Day on May 7th – 10th, 2011. The exhibition attracted attention of more than 1700 people from 70 countries around the world who came to learn about the news in the area of special foundation machinery. The following article presents the most interesting of their novelties.



Vrtná souprava BG 50



Celkový pohled na staveniště Clichy-Batignolles

EXKURZE NA STAVBY SPECIÁLNÍHO ZAKLÁDÁNÍ V PAŘÍŽI

V příspěvku přinášíme poznatky a zkušenosti z nedávné exkurze několika členů ADSZS na dvou stavbách v Paříži. Na prvním staveništi ve čtvrti Clichy se provádí rozsáhlá přestavba nádraží poblíž železniční stanice SNCF Les Batignolles, kde se uplatňují lamely podzemních stěn, vrtané piloty CFA a speciální prefabrikované podzemní stěny, opatřené pěnovou pryžovou vrstvou za účelem snížení vibrací z vlivu dopravy. Na druhém navštíveném staveništi v 19. pařížském obvodu se podchycují původní vrtané piloty skladových konstrukcí pomocí sloupů tryskové injektáže za účelem výrazného zvýšení únosnosti těchto hlubinných základů. Práce probíhají v suterénu stávající rozsáhlé třípodlažní budovy s monolitickými betonovými sloupy, kdy vrty prováděné v těsné blízkosti sloupů procházejí šikmo pilotami a ukončeny jsou v oblasti pat v jejich středu.

Dne 30. 5. 2011 proběhla exkurze členů ADSZS na dvě vybrané stavby v Paříži, kde jsou prováděny práce speciálního zakládání staveb. Exkurze se zúčastnilo celkem 11 pracovníků z firem: Zakládání staveb, a. s., Praha; Zakládání Group, a. s., Praha; Soletanche ČR, s. r. o.; GEOING, a. s., Jihlava a TOPGEO, s. r. o., Brno. Exkurze byla připravena firmou Soletanche-Bachy, jejíž manažer p. Vincent Duet nás po stavbách

provázel. Program této akce byl mimořádně bohatý a skončil až v pozdních večerních hodinách.

První staveniště se nachází ve čtvrti Clichy poblíž železniční stanice SNCF Les Batignolles. Jde o rozsáhlou přestavbu nádraží vč. přeložky železniční trati a o výstavbu souboru bytových domů, občanské výstavby vč. parku a ostatních náležitostí, a to vše na nově vybudované betonové desce rozměru

asi 500x80 m ve výšce asi 6 m nad rovinným terénem. Tato deska bude uložena na třech zhruba paralelních železobetonových stěnách tl. 1,2 m, jež jsou v současné době hlubinně zakládány. Jedna z krajních stěn je založena na vrtaných pilotách prof. 1,0 m v osových vzdálenostech po 2,7 m, střední a druhá krajní stěna je potom zakládána na lamelách podzemních stěn 1,2x2,8 m s osovou roztečí 3,2 až 5,4 m; lamely jsou situovány napříč os těchto stěn. Liniové základy jsou v hlavách spojeny žb. trámem, který pokračuje do mohutných stěn, v jejichž koruně bude uložena 1,0 m vysoká předpjatá betonová deska, a to na neoprenových ložiscích půdorysně po cca 10 m. Rozpětí této desky je cca 2x45 m. Geotechnické poměry na staveništi jsou relativně monotónní, přičemž do hloubky kolem 4,0 m zasahují různorodé navážky, tvořené zejména stavebním odpadem s hlinitopísčitou výplní. Následuje asi 7–8 m mocné souvrství vápnitých jílu až slínů pevných, písčitých, pod nimiž je mocná vrstva (Beauchampských) písků, velmi silně ulehých, místy až stmelенých na pískovce s jílovitým tmelem, jež zasahují do hloubky



Vrtná souprava Starsol při dokončování vrtu metodou CFA



Míchací stanice a čistička pažicí suspenze

až 28 m pod terén. Pod nimi se pak nacházejí slínovce. Velikosti pressiometrických modulů deformace v jednotlivých vrstvách: navážky – $E_p = 4,0\text{--}8,0$ MPa; vápnité jíly a slíny – $E_p = 30,0\text{--}40,0$ MPa; ulehle až stmelené písky – $E_p = 60,0\text{--}100,0$ MPa. Podzemní voda se nachází v dosti velkých hloubkách až v píscích.

Řada základů navržených na pilotách byla realizována vrtnou soupravou Starsol metodou CFA, piloty průměru 1,0 m, hloubka pilot kolem 18,0 m, piloty vetknuté na délku cca 10 m do písku. Při vrtání piloty během naší přítomnosti bylo možné pozorovat značné obtíže při jejím dokončování v oblasti paty, kdy i výkonná vrtná souprava měla značný problém s dovtřením a postup byl zde zcela minimální, a to přesto, že pevnost těchto zemin (usuzováno podle změřené hodnoty pressiometrického modulu deformace) není nijak extrémní. Ukazuje se tak ostatně známá skutečnost, že piloty CFA navrhované pro tyto průměry a délky nejsou zřejmě tím optimálním řešením. Domníváme se, že klasické vrtané piloty realizované běžnými nástroji by zde zaznamenaly rychlejší postup. Beton pilot CFA byl třídy C25/30 ze zpracovatelnosti danou sednutím kužele dle Abramse o velikosti 230 mm, samozřejmostí byla kontrola

konzistence z každé dodávky. Zajímavý byl způsob odstraňování znečištěného betonu z přebetonované hlavy piloty kalovkou zavěšenou na traktorovém nosiči. S ohledem na průměr piloty, a tudíž i objem betonu, jde zřejmě o způsob ve Francii osvědčený, a to přesto, že kalovka se do betonu ponořovala velmi obtížně.

Zbylé dvě řady základů jsou tvořeny jednozáběrovými lamelami podzemních stěn 1,2x2,8 m délky až 25,0 m. Lamely jsou vodicích šablonách provedených na terénu předhrabány hydraulickým drapákem do hloubky až 8,0 m a dále je nasazena hydrofréza, která je dohloubí do požadované hloubky, a to v souvrství písků (až pískovců). V době naší návštěvy bylo právě dohloubeno a připravovala se betonáž. Na staveništi je umístěno centrální čisticí centrum jílové pažicí suspenze, skládající se z míchacího centra, čističky a zásobních nádrží, což společně představuje mohutný komplex strojního zařízení. Mimořádná pozornost je věnována výrobě armokošů, které jsou dělené na 2 díly, spojované pomocí rychlospojek přímo nad vyhloubenou lamelou. Vlastní armokoše jsou vyrobeny velice kvalitně, naprostá většina spojů je vázána, svarů je minimálně a jsou velice kvalitní (žádné propálení prutů).

Armokoše jsou opatřeny distančními prvky pro udržení krytí až v době, kdy se zapouštějí do vyhloubené lamely, distančními prvky jsou betonové trámečky opatřené vázacími dráty. Armokoše jsou dále opatřeny třemi rourami pro zkoušky integrity CHA a další rourou nezasahující až na dno, jež slouží pro karotážní měření v dodatečně vyhloubeném vrtu, jímž se současně zjišťuje stav lamely a podloží v oblasti její paty. Beton lamel byl opět kvality C25/30, sednutí kužele dle Abramse bylo nejméně 210 mm (byli jsme přítomni zkoušce). Lamely jsou přebetonovány na značnou výšku, někde i přes 1,0 m, nicméně odbourání v úrovni čisté hlavy probíhá vesměs pomocí Cevamitu, který je uložen do 4 trubek napříč armokoši v hlavě pilot. Za tím účelem jsou pochopitelně vyčnívající trny opatřeny miralonovými návleky. I tak jsou všechny vyčnívající trny (i po odbourání betonu) opatřeny ochrannými návleky kvůli bezpečnosti práce. (To je ostatně typické pro všechna stavenišť v „západní“ Evropě, u nás to zatím běžné není.)

Únosnost základových prvků byla stanovena výpočtem, nikoliv zatěžovací zkouškou. Určité problémy nastaly při posuzování spolupůsobení základových prvků situovaných relativně blízko u sebe, nicméně předpokládanou



Odbourávání přebetonovaných hlav jednozáběrových lamel podzemních stěn



Železobetonový prefabrikát s izolační pěnovou pryží

únosnost těchto prvků jsme se na stavbě nedozvěděli. Další zajímavou geotechnickou konstrukcí je obvodová podzemní stěna tlumící dynamické i hlukové účinky sousední dráhy. Jde o prefabrikovanou podzemní stěnu s železobetonovými prefabrikáty tl. 250 mm, rozměrů cca 2,5x12,0 m, opatřenými na povrchu speciálními pružnými deskami z pěnové pryže tl. 50 mm o dvou různých tuhostech (v dolní části lamely jsou tužší, v horní pak měkčí). Prefabrikáty s nalepenými deskami jsou ukládány do vyhloubené lamely tl. 600 mm se samotvrdnoucí suspenzí a jsou spojovány pro nás velmi neobvyklým způsobem. Jde (kromě jiného) o mimořádně drahou konstrukci, vždyť jen 1 m² pryžové vrstvy přijde asi na 200 €.

Druhé navštívené staveniště se nachází v 19. pařížském obvodu, nechvalně známém zvýšenou pouliční kriminalitou a častými nepokoji. Zde se na bulváru MacDonald revitalizují a přestavují stávající sklady na byty, a to zčásti i sociální. Investorem je údajně privátní sektor s městskou podporou. Tyto původně skladové objekty v délce asi 350 m jsou tvořeny třípodlažním monolitickým železobetonovým skeletem s modulem 8x8 m s jedním PP a dvěma NP. Mohutné sloupky 0,75/0,75 m jsou založeny přímo na vrtných pilotách průměru 1,30 m a 1,50 m délky 10,0 m. Geologické poměry jsou údajně velmi monotónní, piloty se nacházejí v mohutném souvrství silně ulehých až stmelejších písků (podobných pískům na předchozím staveništi). Hladina podzemní vody je hluboce zakleslá pod stávající paty těchto pilot. Kvůli přestavbě dojde ke značnému přitížení těchto pilot, a proto je nutné stávající základy podchytit, a to samozřejmě ze suterénu haly pod stropem 1. PP, kde je dostatečná výška (odhadem přes 5–6 m). Celkem jde o podchycení asi 500 ks těchto sloupů. Navrženo bylo podchycení pomocí sloupů tryskové injektáže (TI), realizovaných ve vrtech procházejících mírně šikmo stávajícími

pilotami. Tyto vrty mají ohlubeň v betonové podlaže suterénu cca 300 mm od kraje příslušného sloupu a probíhají mírně šikmo pilotou tak, aby v oblasti její paty v hloubce 10 m prošly její osou, a to s přijatelnou odchylkou do 50 mm. Teoreticky v případě pilot prof. 1300 mm je osa tohoto vrtu 25 mm vně piloty, v případě pilot prof. 1500 mm pak 75 mm od okraje uvnitř piloty; sklon vrtů je 3,90. Část vrtů skrz beton stávajících pilot je jádrových, profilu jádra 150 mm. Vrtáno je diamantovou korunkou s vodním chlazením s vysokými otáčkami velmi jednoduchou vrtnou soupravou, opatřenou jednoduchou jádrovkou. Byli jsme přítomni jak vrtání, tak i těžení jádra a jeho prohlídce, daří se těžít celistvá jádra betonu v délkách přesahujících i 1,5 m. Jádra jsou při vizuální kontrole velmi kvalitní bez jakýchkoliv anomálií, nicméně beton je místy porézni tak, jak to známe např. z našich stavenišť. Kontrola sklonu probíhá tak, že se provede vrt délky 1,0 m a následně se přesně inklinometricky proměří a eventuálně se směr a sklon zkoriguje. Samozřejmě se proměří i hotový vrt. Zbývající vrty se provádějí jako bezjádrové, průměru kolem 150 mm.

Zhotovitelem je konsorcium tří firem, z nichž vedení má Soletanche-Bachy. Ta realizuje sloupky TI předepsaného průměru, jenž je shodný s průměry pilot, tj. 1,3 m, resp. 1,5 m, údajně jednofázovou metodou; firma Keller-France používá metodu dvojfázovou (vzduchovou). Délky sloupů TI jsou jednotně 3,0 m, tryskání probíhá ve velmi ulehých až stmelejších pískách. Charakteristická pevnost sloupů TI má být $\sigma_c = 4,2$ MPa, tudíž min. prostá tlaková pevnost na vzorcích by měla přesahovat cca 8,0 MPa. Při provádění sloupů TI se monitorují a zaznamenávají běžné parametry TI. Kontrola dosaženého průměru těchto sloupů se provádí údajně metodou vyvinutou firmou Soletanche-Bachy v hotovém sloupu. Jde pravděpodobně o speciální geofyzikální metodu na bázi hustotního měření. Před prováděním sloupů bylo zhotoveno zkušební pole, kde byly zvolené

parametry TI ověřeny po odkopání sloupů. Je však zřejmé, že tyto zkušební sloupky nebyly zhotoveny v reálných hloubkách (přes 10 m).

Celkově můžeme konstatovat, že tato časově značně náročná exkurze splnila svůj účel a byla na jedné straně inspirující (určité detaily v případě armokošů lamel podzemních stěn, těžba znehodnoceného betonu, bourání ztvrdlého a znečištěného přebetnování lamel podzemních stěn, odvaha při návrhu a realizaci šikmých vrtů skrz stávající piloty, atd.), na straně druhé ukázala, že při srovnání s našimi stavbami se při realizaci hlubinných základů nemáme za co stydět.

Doc. Ing. Jan Masopust, CSc., VUT v Brně,
Ing. Jan Šperger, Zakládání staveb, a. s.
Foto: autoři

Study tour around special foundation engineering constructions in Paris

This article informs about findings and experiences gained by several ADSZS members during their recent study tour to two Parisian construction sites. The first one, situated in the Clichy District, involves extensive reconstruction of a railway structure near the SNCF Les Batignolles railway station. The works here include using diaphragm wall panels, bored CFA piles and special pre-fabricated diaphragm walls covered with a layer of foam and rubber helping to decrease traffic-induced vibrations. The second construction site visited in the 19th Parisian District presented underpinning of original bored piles for storage structures using jet grouted columns to achieve a significant increase in bearing capacity of these deep foundations. The works are carried out in sub-basement of the existing large three-floor building with monolithic concrete columns; the bores carried out in close proximity of the columns intersect the piles and they are finished in the centre of their foot area.



Vpravo vrtání jádrového vrtu, vlevo provádění sloupu tryskové injektáže



Strojní zařízení pro výrobu injekční směsi včetně vysokotlakých čerpadel



Panoramatický pohled na Benátky z věže kostela San Giorgio Maggiore

BENÁTKY – SANACE ZÁKLADŮ VĚŽE SV. MARKA

Práce v historických místech vyžaduje pečlivou přípravu, a to nejen vlastních stavebních prací, ale i dopravy potřebné techniky na místo, kde se stavební práce provádějí. Přesvědčili se o tom pracovníci firmy Trevi při sanaci základů světoznámé zvonice na náměstí sv. Marka v italských Benátkách. Reportáž o geotechnických pracích na této stavbě i o složité dopravní operaci přinesl časopis European Foundation vloni na jaře.

Princip sanace základů – ztužení pásy z titanových táhel

O Campanile di San Marco, benátské zvonici vysoké 99 m, se již delší dobu ví, že není zcela stabilní. Proto byla její konstrukce, zejména základy, předmětem dlouhodobého monitoringu. Známy symbol města se tyčí nad náměstím sv. Marka a je jednou z největších turistických atrakcí Benátek. Nicméně stavba, kterou turisté dnes vidí, není originálem z 10. století. Přes 900 let byla zvonice rozšiřována a upravována, včetně rozsáhlé přestavby poté, co byla počátkem 16. století poničena zemětřesením. V červenci 1902 se však celá věž zřítila a dnešní zvonice, postavená na příkaz tehdejšího starosty města Filippa Grimianiho a dokončená v roce 1912, je pouze přesnou kopií původní stavby. Osvícený starosta města již při zadávání rekonstrukce usiloval o to, aby se věnovala potřebná pozornost jinak opomíjeným základům. Základová konstrukce byla výrazně rozšířena, aby se zatížení od věže rozneslo na

větší plochu. Ke stávajícím základům byly přidány tři tisíce zhruba 4 m dlouhých pilot z modřínového dřeva.

Ačkoli si všichni mysleli, že se jedná o definitivní řešení, nebylo tomu tak. Nedostatečná soudržnost mezi starým základem a novou obálkou vyústila do nerovnoměrného rozdělení zatížení, což způsobilo nová, i když pouze drobná, poškození stavby. Odborníci během minulého sto-

letí věž neustále sledovali, aby ověřili její stav, zejména nedocházeli k dalšímu šíření prasklin ve stavbě. Zjistili, že přirozené narušování pilot brakickou vodou a mikrovibrace, které vyvozuje nepřetržitý proud turistů, situaci neustále zhoršují.

Rozbory změn stavu konstrukce ukazují, že praskliny sice neohrožují stabilitu věže, ale jejich existence a další zvětšování volá po okamžitém zásahu a řešení problému jednou provždy. Krom toho je věž lehce odkloněna od svislice, což je vidět z určitých úhlů pohledu pouhým okem. To je dalším důkazem, že zatížení v základech stavby není rozloženo stejnoměrně.

Po závěrečných analýzách rozhodl dozorcující inženýr z Úřadu pro architekturu a kulturní dědictví města Benátek, že stávající základy budou ztuženy pásy z titanových táhel. Každý pás se skládá ze dvou



Transport vrtné soupravy po vodě



Neobvyklá turistická atrakce na náměstí sv. Marka

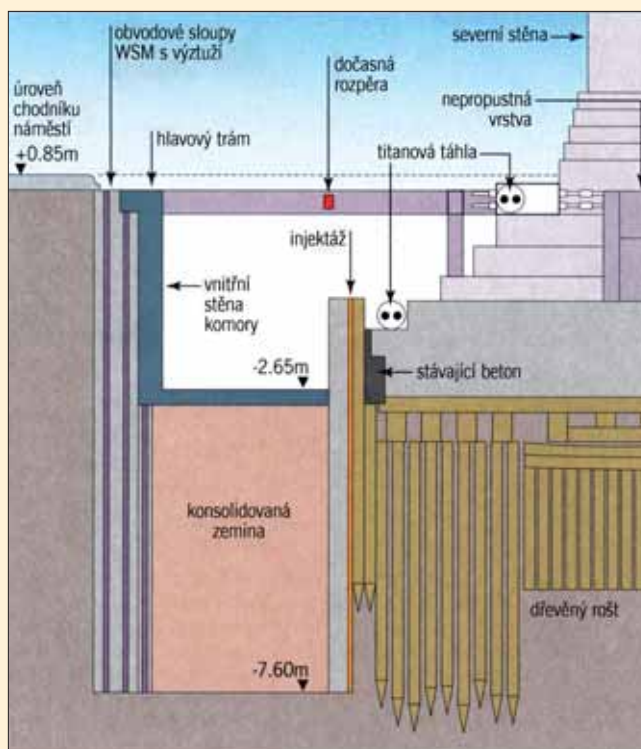


Schéma principu sanace základů věže

titanových tyčí umístěných 200 mm od sebe. Titan byl vybrán pro svou odolnost vůči korozi způsobované slanou vodou. Tyče o průměru 60 mm jsou kotveny do speciálně tvarovaných bloků, které obklopují základovou konstrukci. První dvojice táhel je umístěna 400 mm pod chodníkem, druhá o cca 2,5 m níže. Toto řešení nejlépe rozděljuje zatížení na základy bez porušení původní stavby a je podobné systému úspěšně použitému na fasádě baziliky sv. Petra v Římě. Výhodou tohoto řešení je rovněž možnost nerušeného přístupu turistů k věži i během různých etap prací.

Pro uložení táhel a bloků a dále pro budoucí údržbu se musela vyprojektovat výstavba sedmi komor v hloubce téměř 4 m pod chodníkem náměstí sv. Marka – na každém rohu zvonice po jedné komoře plus tři mezilehlé. Komory mají svislé stěny, ale jinak jsou nepravidelného tvaru. Bezpečný výkop komor 4 m pod úroveň hladiny podzemní vody v místě, kde nelze použít svahovanou stavební jámu ani čerpat vodu z odvodňovacího systému, vyvolal nutnost zpevnění a utěsnění zeminy, která tvoří stěny a dno výkopu. Toho bylo dosaženo instalací mikropilot z ocelových tyčí uložených do sloupů WSM (wet soil mixing – hloubkové zlepšování zemin tekutým pojivem). Konsolidace zeminy pode dnem komory byla provedena stejným způsobem, při kterém je zemina mechanicky rozrušena mísicím nástrojem a zároveň je mechanicky promíchána s přidávaným pojivem – vodou a cementem. Metoda byla zvolena kvůli nutnosti minimalizovat porušení podloží a následně základů zvonice, nemluvě o dalších cenných architektonických a uměleckých dílech v těsném sousedství stavby.



Zvonice kostela sv. Marka je jedním z nejznámějších symbolů Benátek

Náročná přeprava vrtné soupravy na staveniště v centru náměstí

Veškeré sanační a konzervační práce v oblasti města Benátek a lagun, na kterých město stojí, má na starosti „Consortium Venezia Nuova (CVN)“, které obdrželo koncesi od benátského ministerstva infrastruktury a dopravy. Konsorcium tvoří velké italské stavební firmy, které spolupracují s místními dodavateli, kteří mají potřebnou speciální logistickou a operativní kvalifikaci. CVN zadal kontrakt na konsolidaci základů zvonice členu konsorcia, firmě Sacaim, v roce 2008. Tato společnost objednala subdodávky geotechnických prací u společností Trevi Spa, která použila k vrtání mikropilot stroj Soilmec SM21. Vrtná souprava byla dopravena na staveniště – tj. do samotného středu historického náměstí – počátkem srpna 2009. Tomu však předcházelo mnoho zkoušek celého průběhu této náročné logistické operace. Souprava byla k náměstí převezena po vodě na pontonu z přístaviště Cavallino Treporti na okraji benátské laguny. Aby mohla být dopravena dále na staveniště obklopující zvonici, musela být zhotovena speciální plošina, která roznesla hmotnost vrtačky, cca 22 tun, na větší plochu. O provedení plošiny bylo rozhodnuto poté, co se zjistilo, že povrch náměstí, tvořený deskami z šedého trachytu, může odolat maximálnímu zatížení do 3 kN/m².

To znamenalo, že přeprava vrtné soupravy bude představovat vážnou dopravní operaci, hlavně v místech, kde změny směru jízdy vrtné soupravy budou na povrch náměstí vyvozovat příčné síly. Nejproblematičtějšími místy byla esovitá zatočení trasy mezi místem vylodění a sloupy sv. Marka a sv. Todara, kterým se trasa musela vyhnout, a potom závěrečná ostrá zatáčka při vjezdu na vlastní staveniště.



Moderní vrtná technika před starobylym Dóžecím palácem



Vrtání pilířů technologií WSM



Práce probíhaly na minimálním prostoru

Převravní plošina schopná roznést zatížení od vrtné soupravy sestávala ze 150 mm silné vrstvy písku a vrstvy neoprenu, překryté dřevěnými trámy, přes které byly položeny ocelové I-profilů. Aby se zabránilo pohybu I-profilů během poježdění strojem, byly zajištěny podélnými zarážkami, kotvenými do dřevěných trámů.

Plošina nepokrývala celou 160 m dlouhou trasu přesunu, proto musela být vrtná souprava přesouvána po čtyřech čtyřicetimetrových úsecích; tím se také minimalizoval případný střet s turisty (pro které transport vrtné soupravy na druhou stranu představoval nevšední zážitek). Po každém úseku se plošina rozebrala, přestěhovala před stroj a takto za necelý týden dojela vrtačka na místo určení.

Stavební práce započaly minulý rok a jejich dokončení je plánováno na konec roku 2011 nebo začátek roku 2012. Nejvíce času bude trvat instalace mikropilot a výstavba stavebních komor.



Podle článku *Venetian Values, European Foundation, Spring 2010* přeložil a upravil **RNDr. Ivan Beneš**, *Zakládání staveb, a. s.*

Foto: Zdeněk Řívnáč a archiv spol. Trevis Spa

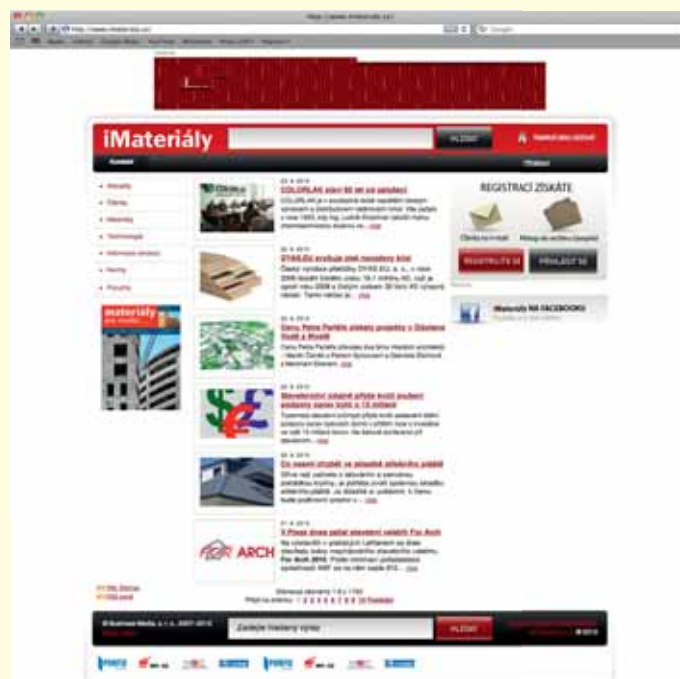
Venezia, reconstructing foundations of the San Marco Tower

Works in historical places always require detailed preparation not only of the construction works, but also regarding the transport of required machinery to the construction site. The Trevis company staff learned a lot about this in course of reconstruction of foundations of the world famous bell tower on the San Marco Square in Venezia, Italy. A report on geotechnical works carried out on this construction site was published in last year's spring edition of the European Foundation Magazine.

iMateriály

Internetový portál pro odbornou stavební veřejnost. Přináší aktuální informace z oboru stavebnictví, novinky v oblasti stavebních materiálů a výrobků a odborné články renomovaných autorů.

www.imaterialy.cz



VÝVOJ DVOUKOMPONENTNÍ VÝPLŇOVÉ SMĚSI PRO RAŽBU NOVÉHO ÚSEKU PRAŽSKÉHO METRA V.A ŠTÍTEM TBM-EPB

Při ražbě tunelu nového úseku pražského metra technologií TBM-EPB jsou výplňové směsi injektovány do mezikruží mezi vnějším lícem segmentového ostění a zeminou za štítem TBM-EPB. Laboratoř Zakládání staveb, a. s., byla pověřena vývojem receptury vhodné dvoukomponentní výplňové směsi (DKV), která by nejlépe odpovídala lokálním geologickým poměrům a použité technologii ražby. Článek se zabývá výběrem vhodných surovin a vývojem receptury DKV. Dále je popsán poloprovozní pokus přípravy DKV na testovacím zařízení Herrenknecht na stavbě BRE 1 v Praze. Na závěr jsou komentovány výsledky měření a porovnávány vlastnosti testovaných směsí.

Úvod

Při ražbě tunelu nového úseku pražského metra technologií TBM-EPB je použito souvislého ukládání prefabrikovaných prstenců skládaného ostění. Průměr razičního štítu je větší než vnější průměr segmentů skládaného ostění. V mezikruží mezi vnější stranou segmentů ostění a horninovým prostředím tak vzniká volný prostor o předpokládané tloušťce cca 130 mm (2). Tento prostor je třeba zmonolitnit výplňovou směsí tak, aby bylo ostění tunelu rovnoměrně geostaticky zatíženo interakcí výplně a horninového prostředí.

Vývojem výplně mezikruží za vnější stranou segmentového ostění odpovídající specifickým podmínkám stavby nového úseku pražského metra byla pověřena laboratoř Zakládání staveb, a. s. V první fázi byl dle požadavku zadavatele (Metrostav, a. s.) proveden výběr surovin pomocí běžných laboratorních zkoušek a byla odladěna receptura se vzorovým poměrem těchto surovin splňující podmínky zadavatele. Pro tuto recepturu byly podle doporučení zadavatele použity přísady firmy BASF. Tato receptura, poskytující zadavateli představu o poměrech jednotlivých složek a tím i o výrobních nákladech, sloužila jako podklad pro výběrové řízení na dodavatele přísad do DKV. Po doporučení vzorové směsi bylo dále upřesněno definování požadavků zadavatelem na vlastnosti výplňové směsi, např. byl doplněn požadavek zpracovatelnosti samotné složky A po dobu 72 hodin. S těmito požadavky byly posléze osloveny jednotliví dodavatelé stavební chemie s nabídkou účasti na výběrovém řízení na hlavního dodavatele přísad do DKV: firma Stachema Kolín, spol. s r. o., MAPEI, spol. s r. o., a BASF Stavební hmoty, s. r. o. Nabídky předložily pouze firmy BASF a MAPEI, které se následně se svými recepturami účastnily poloprovozního pokusu na testovacím zařízení Herrenknecht, na němž byla simulována příprava DKV. Laboratoř Zakládání staveb, a. s., (ZS) v souladu s předloženými recepturami dodavatelů

surovin, řídila během poloprovozního pokusu přípravu DKV a prováděla zkoušky v průběhu výroby i zkoušky vlastností výsledné směsi. V závěru tohoto článku jsou uvedeny výsledky zkoušek a porovnání vlastností směsí.

Výběr surovin a odladění vzorové směsi

Práce na odladění vzorové receptury DKV laboratoří ZS byly zahájeny na jaře 2010 ověřením použitelnosti jednotlivých bentonitů dostupných v ČR. V první fázi zkoušek se laboratoř ZS zabývala výběrem nejhodnějšího bentonitu pro výrobu bentonitové suspenze. Bentonitová suspenze je základem výroby složky A dvoukomponentní výplňové směsi. Bentonit v určitém množství jako součást jílocementové směsi snižuje odlučování vody v průběhu konsolidace, aniž by negativně ovlivňoval ostatní vlastnosti. Mezi zkoušené bentonity byly zařazeny produkty vesměs všech dodavatelů stavebních bentonitů na našem trhu. Celkem bylo pro zkoušky připraveno 12 vzorků bentonitové suspenze, od každého dodavatele po dvou vzorcích o hmotnostním poměru bentonit/voda 0,049; resp. 0,057. Na každém vzorku byla zjišťována viskozita Marsh po 1, 3, 8 a 24 hodinách od namíchání suspenze. Současně byl ve stejných časových intervalech zjišťován odstoj všech vzorků. Výsledky měření byly u všech vzorků s nepatrnými rozdíly srovnatelné s výjimkou bentonitu GA od dodavatele Keramost. Zatímco ostatní bentonitové suspenze byly stabilní a nevykazovaly žádný měřitelný odstoj ani po 24 hodinách u suspenzí obou objemových hmotností, v případě bentonitu GA Keramost se projevoval v jednotkách objemového procenta již po hodině a po 24 hodinách přesáhl 30 %. Ostatní bentonity byly pro daný účel označeny jako vhodné. Dále byla pro zadavatele pochopitelně rozhodující cenová kritéria. Po vyhodnocení výsledků laboratorních testů posoudil jako nejhodnější pro další použití bentonit S130 od výrobce Envigeo.

Po výběru bentonitu byl jako další základní surovina zvolen zadavatelem typ cementu – CEM II B-M 42,5 N. Tento typ byl zvolen proto, že má dostatečně vysoké konečné pevnosti a zároveň pozvolný nárůst pevnosti, který vyhovuje časovému měřítku požadované zpracovatelnosti.

Zadavatel pak ve spolupráci s dodavatelem přísad firmou BASF vytipoval vhodné přísady do složky A a alternativní složku k vodnímu sklu jakožto složky B.

Kompletní seznam všech surovin určených pro odladění vzorové receptury je tedy následující:

Složka A:

- cement CEM II B-M 42,5 N (Radotín),
- bentonit S 130 Envigeo, a. s., Banská Bystrica
- plastifikátor Liquol BV 18, BASF
- plastifikátor Pozzolith BM, BASF

Složka B:

- vodní sklo 1,35 kg/l, Sandteam Brno, spol. s r. o.
- urychlovač Meyco SA 183, BASF

S předloženým složením vzorové DKV byla laboratoř ZS pověřena odladit poměr jednotlivých surovin tak, aby splňoval následující požadavky zadavatele:

Samotná složka A:

- čerpatelnost,
- stabilita suspenze,
- pevnost v prostém tlaku za 28 dní větší než 1 MPa,
- stanovit pevnosti v tlaku za 2, 7, 28 dní.

Výplňová směs (složka A + složka B):

- čas zgelovatění,
- pevnost v tlaku po 1,5 hod., 24 hod.

Laboratorní zkoušky složky A

Rozhodující pro stabilitu a reologické vlastnosti směsi je množství bentonitu. Na základě laboratorních zkoušek bylo zjištěno, že optimální dávka bentonitu z hlediska odstoje a viskozity je 40 kg na 1 m³ směsi.

Obsah cementu ve směsi byl odhadnut podle dlouhodobých zkušeností s jílocementy dosahujícími požadované pevnosti tlaku. Nejdříve byly testovány na krátkodobé pevnosti tři směsi s obsahem cementu 330–380 kg na 1 m³ směsi. Z každé směsi byly vyrobeny vzorky pro stanovení krátkodobé pevnosti v prostém tlaku po 3 a 7 dnech.

V souladu s požadavky zadavatele byla vybrána směs s vodním součinitelem v/c 2,48



Obr. 1: Míchání komponenty A na stavbě metra V.A, Praha-Vypich



Obr. 2: Testovací zařízení Herrenknecht – výroba a odběr vzorků výsledné DKV

a objemovou hmotností 1,26 kg/dm³ směsi. Tomu odpovídá následující poměr základních složek na 1 m³ směsi: 869 ml voda, 40 kg bentonit, 350 kg cement.

Na základě extrapolace vývoje pevností byla tedy pro další zkoušky vybrána směs s výše uvedeným poměrem složek, která mírně překračovala požadovanou minimální pevnost v prostém tlaku 1 MPa za 28 dní. Dále byly s tímto poměrem základních složek testovány tři směsi: referenční směs bez plastifikátoru, směs s plastifikátorem Liquol BV 18 a směs s plastifikátorem Pozzolith BM.

Jílocementová směs s plastifikátorem (složka A) byla připravena na vrtulové míchačce při 900 ot./min. Pořadí složek bylo voda, bentonit, cement, plastifikátor. Nejdříve byla připravena samotná bentonitová suspenze. Přídavek plastifikátoru způsobuje snížení viskozity a tím snazší čerpatelnost a delší zpracovatelnost. Na druhé straně se zvyšování množství plastifikátoru nepříznivě projevuje ve zvýšení segregace (odstoje) suspenze;

předávkování pak může zcela zamezit tuhnutí. Na základě těchto protichůdných požadavků bylo množství obou testovaných plastifikátorů nastaveno tak, aby nepřevyšovalo odstoje 7 % po 24 hodinách.

V případě plastifikátoru Liquol BV 18 byla po posouzení odstoje a viskozity zvolena dávka 4 l/m³ směsi (tj. 1 % hmotnosti cementu). Dávka plastifikátoru plastifikátoru Pozzolith BM byla snížena na 2 l/m³ (tj. 0,5 % hmotnosti cementu), neboť při dávce 4 l/m³ nedošlo ani po 5 dnech ke ztuhnutí směsi. Nárůst pevností je však i s touto poloviční dávkou pomalý, za 24 hod. byla pevnost neměřitelná. Viskozita byla měřena u směsí udržovaných v pohybu lopatkovým míchadlem (40 ot./min). Vlastnosti směsí jsou uvedeny v tab. 1.

Pro další postup byla vybrána směs s plastifikátorem Liquol BV 18. Plastifikátor Pozzolith BV byl vyloučen z důvodu pomalého nárůstu pevností.

Laboratorní zkoušky urychlující složky B

Přidání urychlovače má způsobit rychlé ztuhnutí v průběhu 10–20 s a posléze dostatečně rychlý nárůst pevnosti jílocementové směsi, potřebné z hlediska technologie ražby. Pro daný účel byly vytipovány dva urychlovače:

- vodní sklo (obj. hmotnost 1,35 kg/l),
- Meyco SA 183 – nealkalický urychlovač pro stříkaný beton (obj. hmotnost 1,47 kg/l).

Pro porovnání urychlovačů byla použita výše popsaná složka A o obj. hm. 1,26 kg/dm³ s přísadou vybraného plastifikátoru Liquol BV 18 v množství 1 % hmotnosti cementu. Vzorky pro stanovení pevností v prostém tlaku byly připraveny ručním přimícháním urychlovače do složky A.

Tento, z důvodu rychlého tuhnutí jediný možný způsob míchání, by měl dostatečně simulovat reálnou situaci promísení obou složek v krátkém úseku směšovacího ventilu za límcem štítu TBM.

Urychlovač MEYCO SA 183 se ukázal jako nevhodný. Použit byl v dávce 15 l/m³, což je množství používané běžně u stříkaného betonu, ke kterému je primárně určen. Zvolená jílocementová směs má při použití tohoto urychlovače nedostatečný nárůst pevností (0,05 MPa za 4 h). Vodní sklo se tedy pro daný účel ukázalo jako vhodnější urychlovač. Optimální dávka vodního skla byla odladěna pomocí ručního míchání na množství 60 l vodního skla/1 m³ směsi. V tomto poměru byl počátek gelace okolo 5 s. Nárůst pevností směsi s použitím vodního skla je v tab. 2.

Z výsledků je zřejmé, že se podařilo připravit urychlenou jílocementovou směs vyhovující zadání (dlouhá zpracovatelnost složky A, dostatečně rychlý nárůst pevností výsledné směsi). Dále bylo zjištěno, že plastifikátor Liquol BV 18 při intenzivním míchání směs mírně napěňuje, což je třeba zohlednit při přípravě složky A. Vyšší hodnoty odstoje (zejména po 24 hod.) ukazují, že směsi jsou v delším časovém období nestabilní (hranice 5 % obj.), a bez pohybu směsi by tedy mohlo docházet k sedimentaci cementu. Z tohoto důvodu

Vlastnosti		JC bez plast.	JC + Liquol BV18	JC + Pozzolith BM
Obj. hmotnost		1,26	1,26	1,26
Viskozita Marsh [s]	v čase 0	50,2	33,0	33,4
	po 2 hod	x	32,8	35,0
	po 4 hod	x	33,0	35,6
	po 6 hod	x	34,0	37,0
Odstoj vody [% obj.]	po 1 hod	x	1,0	1,0
	po 2 hod	x	2,0	1,0
	po 3 hod	1,0	4,0	2,0
	po 24 hod	2,0	7,0	7,0
Pevnost v tlaku [MPa]	za 1 den	0,1	0,1	0,0
	za 2 dny	0,3	0,3	0,2
	za 3 dny	0,4	0,4	0,3
	za 7 dní	x	0,6	x
	za 28 dní	x	1,1	x

Tab. 1: Výsledky zkoušek plastifikátorů pro jílocement – složka A

Směs	Pevnost v tlaku [MPa] po							
	1 hod	2 hod	3 hod	4 hod	24 hod	2 dny	7 dní	28 dní
DKV s Liquol BV18	0,10	0,16	0,20	0,36	0,40	0,53	0,59	1,05

Tab. 2: Zkoušky pevnosti DKV s plastifikátorem Liquol BV 18 a vodním sklem (složka B)

bylo doporučeno, aby byla složka A během manipulace udržována v pohybu (pomaloběžné míchadlo, cirkulační okruh) pro zamezení sedimentace v potrubí, třebaže riziko tixotropního tuhnutí bylo posouzeno jako minimální.

Zkoušky receptur DKV při poloprovozním pokusu

Příprava testovaných směsí proběhla v listopadu 2010 na staveništi BRE1 Praha-Vypich na injektážním zařízení firmy Herrenknecht, prakticky identickým se zařízením pro stavbu tunelu metra. Poloprovozního pokusu pro výběr nejvhodnější receptury ze zúčastnili dva případní dodavatelé přísad. Požadavky na testované receptury, které obdrželi dodavatelé, vycházely ze vzorové směsi odladěné v laboratoři. Kromě směsi s pevností 1 MPa za 28 dní byla doplněna varianta směsi s poloviční pevností, dále přibyl požadavek zpracovatelnosti samotné složky do 72 hodin a délka gelace po smíchání obou složek byla zpřesněna na minimální dobu 10 vteřin. Zúčastněné firmy BASF a MAPEI předložily k provedení pokusu následující receptury:

Navážky jednotlivých složek odpovídaly celkovému objemu 150 l finální směsi. Na základě receptur předložených oběma účastníky výběrového řízení byla zahájena výroba složky A přípravou bentonitové suspenze v aktivaci míchače typu Haponic IS 250 C. Suspenze byla míchána po dobu 2–4 min. Bezprostředně po namíchání bylo provedeno kontrolní měření viskozity Marsh. Do připravené bentonitové suspenze bylo přidáno předepsané množství cementu a plastifikačních a stabilizačních přísad a vše bylo mícháno po dobu dalších 3 minut.

Z hotové složky A byly odebrány vzorky pro stanovení viskozity Marsh, odstoje vody a pro orientační zjištění gelace po přidání složky B pomocí ručního míchání a přelévání mezi kelímky.

Viskozita složky A byla stanovena jako doba, za kterou proteče 1 l suspenze Marshovým kuzelem. Hodnoty byly měřeny po 1, 4, 8 a 72 hodinách. Výrazný nárůst viskozity předznamenává čas tuhnutí. Mezní hodnotou zpracovatelnosti byla na základě zkušeností laboratoře ZS určena viskozita Marsh 60 s/l. Požadavek investora na oddálení tuhnutí samotné složky A po dobu 72 hodin vyvolává potřeba tekutosti pro případ plánovaných i mimořádných přerušení v transportu složky od míchacího centra do místa injektáže za límcem štítu (vzdálenost až 2 km). Z obdobných důvodů byla souběžně s viskozitou sledována i stabilita, resp. odstoj složky A, ve stejném časovém intervalu. Nestabilní suspenze by v případě přerušení odběru v místě injektáže mohla vést

Receptury BASF		Specifikace	B05	B1
Složka A	Cement	CEM II B-M 42,5 N	350 kg	450 kg
	Bentonit	S 130 Envigeo	40 kg	40 kg
	Plastifikátor	Liquol BV 18	5,25 kg	6,75 kg
	Stabilizátor	Delvo Stabilisator 10	3,5 kg	4,5 kg
	Voda		816 l	782 l
Složka B	Vodní sklo	MEYCO SA 411	110,25 kg	128,25 kg

Receptury MAPEI		Specifikace	M05	M1
Složka A	Cement	CEM II B-M 42,5 N	280	320
	Bentonit	S 130 Envigeo	35	35
	Plastifikátor + stabilizátor	Mapequick CBS1	6	6
	Voda		820	810
Složka B	Vodní sklo	Mapequick CBS2 a 3	85	85

Tab. 3: Hmotnostní poměry složek pro poloprovozní pokus

k zanesení potrubí i jiných součástí linky. Stabilita výsledné DKV je důležitá z hlediska rovnoměrného vyplnění volného prostoru mezi betonovými segmenty a výrubem, a to jednak kvůli těsnicí funkci, jednak kvůli rovnoměrnému rozložení tlaku horninového prostředí na těleso tunelu. Nízká odlučnost vody je žádoucí pro homogenitu směsi; závisí na ní izotropie mechanických, reologických a těsnicích vlastností utužené směsi.

Kromě jmenovaných aspektů může zvýšená odlučnost vody zkraslit stanovení pevností na vzorcích, neboť v tělese vzorku dochází ke konsolidačnímu obohacení o pevné, tedy převážně hydratující složky vůči původnímu objemu čerstvé směsi.

Orientační doba gelace byla stanovena pomocí ručního míchání složek A a B podle poměru stanoveného recepturami ve spolupráci s oběma dodavateli.

Nakonec byla zahájena výroba DKV testovacím injektážním zařízením firmy Herrenknecht. Míchání DKV směsi po připojení míchačky se složkou A a zásobníku se složkou B na injektážní zařízení probíhalo automaticky podle nastavených poměrů, respektujících navržené receptury (s přesností na 0,1 %). Z namíchané DKV směsi bylo odebráno vždy po 9 vzorcích na vyústění směšovacího ventilu. Na vzorcích byla stanovena pevnost v tlaku po 24 hodinách a 7, resp. 28 dnech.

Nad rámec požadavků zadavatele laboratoř ZS měřila viskozitu Marsh vzorků složky A z poloprovozního pokusu i po 72 hodinách a posléze nárůst pevnosti po dobu 28 dní. Ačkoliv jediným požadavkem zadavatele na složku A byl spodní limit zpracovatelnosti po dobu 72 hodin, podle názoru laboratoře by samotná složka A měla splňovat nároky na vývoj pevnosti i po této době. Navzdory předpokladu řízeného promísení obou složek ve směšovací ventilu totiž nelze zcela vyloučit, že nedojde k úplnému promíchání obou složek. Navíc je na konci vyplňování každého úseku po určité (byť krátkou) fázi vypouštěna pouze samotná

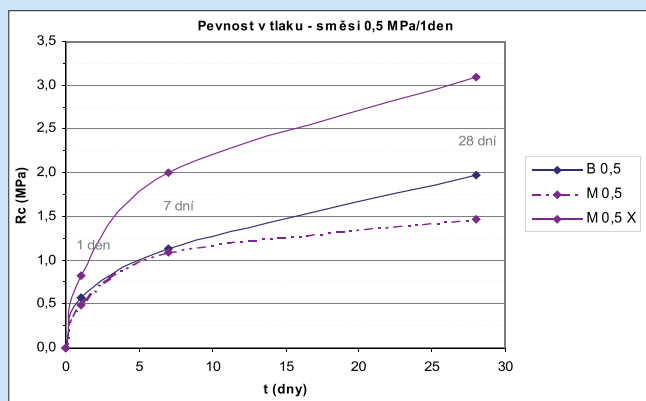
složka A, především z důvodu uvolnění kartáčů izolujících vyplňovaný prostor za límcem štítu. Proto je třeba počítat s možností, že statickou funkci DKV bude muset převzít samotná složka A.

Výsledky zkoušek při poloprovozním pokusu

Z hlediska doby gelace složky A po přidání složky B (vodního skla) před zahájením výroby dvoukomponentní směsi vyhovovaly všechny vzorky požadavkům na dostatečný časový interval 10 s pro dopravu směsi mezi ústím trysky po místo výplně. Doba zpracovatelnosti složky A po dobu 72 hodin s hraniční viskozitou Marsh byla rovněž splněna u všech navrhovaných receptur.

Směsi BASF (označení „B“) si zachovávaly po dobu 72 hodin prakticky stejnou viskozitu, a to mezi 33 a 36 s. Po třech dnech bylo zaznamenáno mírné zvýšení v řádu sekund. Z orientačního měření pevnosti v tlaku samotné složky A nad rámec požadavků zadavatele lze předpokládat, že samotná složka A dosáhne požadované jednodenní pevnosti na hodnotu pevnosti požadovanou pro dvoukomponentní směs B 05 po 13 dnech, resp. směs B 10 po 10 dnech. Pevnost složky A po 28 dnech odpovídá sedmidenní pevnosti dvoukomponentní směsi u obou receptur BASF. Podle poměrně strmého lineárního průběhu tuhnutí složky A u obou receptur BASF lze předpokládat, že pevnost s časem poroste i nadále.

Směsi MAPEI (označení „M“) rovněž splnily kritérium zpracovatelnosti do 72 hodin dané limitem viskozity Marsh 60 s. Z měření vyplývá, že viskozita Marsh je nejméně po 8 hodinách prakticky neměnná, tedy okolo 35 s. Po 72 hodinách byly naměřeny hodnoty značně vyšší, cca 50 s, což se blíží hranici zpracovatelnosti. Po tomto nárůstu se nicméně reologické vlastnosti ustálily a tuhnutí nebylo nastartováno. Pevnosti na vzorcích složky A podle obou receptur MAPEI nevykazovaly žádné pevnosti ani po 28 dnech. Nelze předpokládat, že by hydratace dále probíhala.



Obr. 3: Vývoj měřené pevnosti v tlaku na DKV s požadavkem pevnosti v tlaku 0,5 MPa/1 den

Požadavek na max. odstož složky A u receptur obou dodavatelů je vyhovující, přičemž v případě receptur dodaných BASF činí odstož 2 % objemu, v případě MAPEI byl výsledek o něco příznivější, tedy 1 % objemu.

Závěr

Všechny vzorky směsí, u nichž byla požadována minimální pevnost 0,5 MPa za 24 hodin (nižší obsah cementu), vyhovovaly kritériím zadavatele. Pevnost vzorků zhotovených podle receptury BASF se pohybovala v průměru okolo 0,6 MPa za 24 hodin. Pevnosti vzorků podle receptury MAPEI kolísaly mezi 0,5–0,8 MPa. 28denní pevnosti vykazovaly značný rozptyl, v případě BASF činila průměrná hodnota 2,0 MPa, v případě MAPEI se pevnost pohybovala mezi 1,5 a 3,0 MPa. Pevnosti po 28 dnech nicméně nebyly zadavatelem stanoveny jako výběrové kritérium. U vzorků směsi s požadovanou pevností 1 MPa za 24 hodin jsou rozdíly mezi recepturami obou dodavatelů markantnější. Směs BASF B 1 převyšuje zhruba dvojnásobně požadavek jednodenní pevnosti. Po 1 dni se nárůst pevnosti výrazně zpomalí a pozvolným lineárním nárůstem dosáhne pevnosti přes 3 MPa za 28 dní. Směs B 1 je tedy z hlediska

pevnosti vyhovující. Směs MAPEI M 1 požadované pevnosti nedosahuje, průměrná hodnota činí 0,4 MPa za 24 hod. Požadované pevnosti dosáhne až po 7 dnech. Závěrem lze konstatovat, že směs MAPEI M 1 jako jediná ze zkoušených směsí nesplňuje požadavky zadavatele. Všechny ostatní receptury DKV je možné označit jako vyhovující. Otázkou zůstává potřeba pevnosti samotné složky A u receptur dodavatele MAPEI. Posouzení této otázky a s ní spojených výše uvedených rizik náleží zadavateli. Na obr. 3 a 4 je znázorněno porovnání výsledků průměrných pevností v tlaku u směsí obou dodavatelů, a to směsí s nižším obsahem cementu s požadovanou pevností 0,5 MPa za 1 den, resp. směsí s vyšším obsahem cementu s požadovanou pevností 1 MPa.

Literatura:

- [1] Budkovský, J. – Jeřábek, M.: Výsledky zkoušek dvoukomponentní výplňové malty pro technologii TBM. Závěrečná zpráva laboratoře Zakládání staveb, a. s., 7. ledna 2011, Praha.
- [2] Cyroň, D. – Ivor, Š. – Prajer, J. – Schiffauer, F. – Hybský, P.: Ražba jednokolejných tunelů

na metru V.A technologií TBM-EPB, Zakládání, časopis Zakládání staveb 4/2010, s. 15–19, Praha.

[3] Barták, J.: Vývoj technologií ražby tunelů v České republice v posledních desetiletích. Podzemní stavby Praha 2010. Tunel 2/2010, Praha, 2010, s. 69–82.

[4] Hashimoto, T. – Brinkman, J. – Konda, T. – Kano, Y. – Feddema, A.: Simultaneous Backfill Grouting, Pressure Development in Construction Phase and in the Long-Term. In: van Lottum, H. – Bezuijen, A.: Tunnelling, A Decade of Progress. GeoDelft 1995–2005, p. 101–107, Taylor & Francis, 2006.

[5] Šebesta, B. – Schiffauer, F. – Víttek, P.: Technologie ražeb tunelovacími stroji se po 30 letech vrací na pražské metro. Tunel 2/2010, Praha, s. 4–11.

[6] Talmon, A. M. – Bezuijen, A.: Grout properties and their influence on back fill grouting, 5th int. Symp. Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground, 15–17 June, ISSMGE-TC28, Amsterdam, 2005, session blz 7–12.

Mgr. Jan Budkovský, Zakládání staveb, a. s.
Foto: Ing. Petr Hybský, Metrostav, a. s.,



Odběr vzorků DKV na zkoušky pevnosti při poloprovozním pokusu

Development of two-component in-filling mixture for boring of a new section of the V.A Prague Underground line using the TBM-EPB shield

Tunnel boring works carried out in course of building the new Prague Underground line use the TBM-EPB technology and apply the system of continuous placement of prefabricated segment lining rings. In-filling mixtures are directly injected into the area amidst the lining face and earth behind the TBM-EPB shield. Laboratories of the Zakládání staveb Co. were commissioned to develop an applicable recipe for a two-component in-filling mixture that would best suit the local geological conditions as well as the boring technology used. The following article deals with the selection of suitable resources and the mixture development. It also describes a semi-operational experimental preparation of the mixture in testing equipment Herrenknecht on the BRE 1 construction in Prague. The article conclusions comment on the measurement results and compare properties of the tested mixtures.



Osazování smontovaného horního dílu na provizorní podpěře PO4

NÁVRH A REALIZACE PROVIZORNÍCH PODPĚR V ŘECE PRO STAVBU NOVÉHO TROJSKÉHO MOSTU

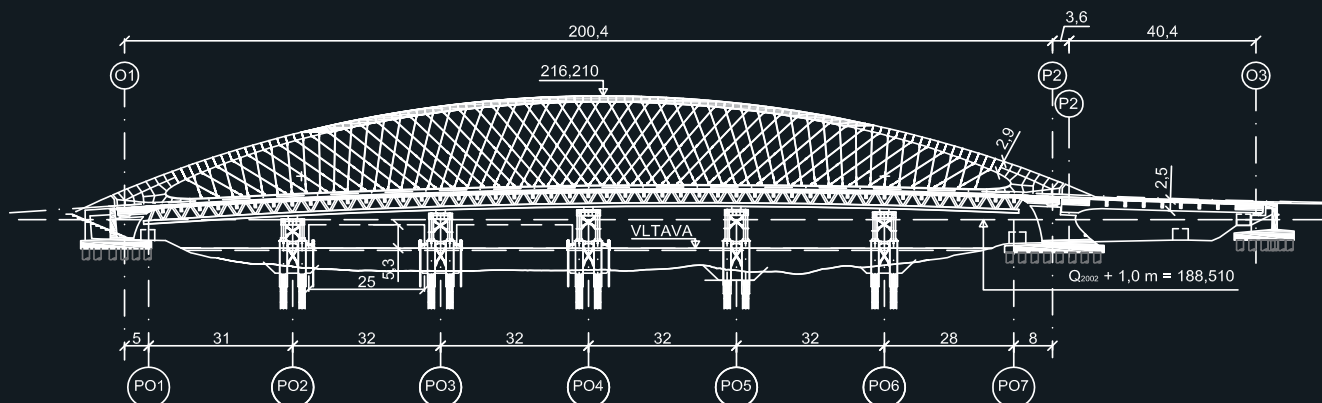
Nový Trojský most je součástí stavby tunelového komplexu Blanka v Praze, který je součástí severozápadní části Městského okruhu. Navržená metoda výstavby mostu spočívá ve zhotovení pomocné ocelové konstrukce tvaru příhradového spojitého nosníku pod celým projektovaným mostem, jež vytvoří podmínky pro betonáž vlastní mostovky, táhla a následnou montáž ocelového oblouku. Tato pomocná konstrukce je vysouvána z holešovického břehu přes soustavu sedmi provizorních podpěr – dvě jsou umístěny na břehu a pět v řečišti. V následujícím textu je představen především návrh konstrukčního řešení montážních podpěr v řece a jejich výstavba, která sestává ze tří částí: založení podpěr v řečišti, osazení smontovaných horních dílů, montáže svodidel. Tyto práce, které vyžadovaly velké zkušenosti z prací na vodě, prováděla společnost Zakládání staveb, a. s.

Most je stavěn podle vítězného návrhu architektonicko-konstrukční soutěže, který předložili společně arch. Roman Koucký, arch. Ing. Libor Kábrt, Ing. Jiří Petrák a Ing. Ladislav Šašek, CSc. Mostní konstrukce široká přibližně 36 m převádí přes Vltavu dvoukolejnou tramvajovou trať, v každém směru dva pruhy silniční komunikace a chodníky. Na trojském břehu navazuje na hlavní pole ještě jedno inundační pole, které prodlužuje most až téměř k vyústění tunelů přivádějících dopravu z Letné. Na tuto komunikaci je most napojen křižovatkovými rampami. Konstrukční systém hlavního pole o rozpětí 200 m tvoří ocelový plnostěnný oblouk s táhlem, na kterém je zavěšena široká deska

◀ HOLEŠOVICE

SMĚR VÝSUNU MOSTU ▶

▶ TROJA



Podélný řez mostem

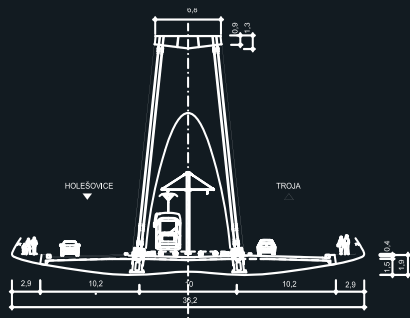


mostu, vyztužená prefabrikovanými příčnicí. Nosná konstrukce hlavního mostu je příčně a podélně předepjatá. Oblouk je podepřen na holešovické podpěře a na pilíři na trojském břehu, na který navazuje druhé, krátké pole mostu (cca 40 m). Štíhlý oblouk je propojen s deskou mostu hustou sítí závěsů. Celý systém je velmi lehký, poměrně složitý na výstavbu a vyžaduje velmi přesné provádění konstrukce.

Po stručném popisu zvoleného postupu výstavby podrobně představíme návrh konstrukčního řešení montážních podpěr v řece a jejich výstavbu.

Postup výstavby mostu

Metrostav, a. s., se před vlastním zahájením realizace zabýval různými postupy výstavby mostu, které by přicházely do úvahy. Jednalo se např. o zaplavování oblouku, montáž oblouku v řece, montáž mostu na pevné skruži, výsuv nosné konstrukce včetně pomocné provizorní příhradové konstrukce. Po porovnání z hlediska ekonomického, bezpečnostního a technického byl zvolen posledně jmenovaný způsob – výsuv nosné konstrukce.



Příčný řez hlavního mostu

Navržená metoda výstavby spočívá ve zřízení pomocné ocelové konstrukce tvaru příhradového spojitého nosníku pod celým projektovaným mostem, jež vytvoří podmínky pro betonáž vlastní mostovky, táhla a následnou montáž ocelového oblouku. Tato pomocná konstrukce je vysouvána z holešovického břehu přes soustavu sedmi provizorních podpěr – dvě jsou umístěny na břehu (P01 a P07 v prostoru definitivní podpěry O1, resp. pilíře P2) a pět (P02 až P06) je umístěno v řečišti. Podélná rozteč provizorních podpěr je cca 32 m, což odpovídá vzdálenosti 8 taktů diagonál provizorní příhradové konstrukce neboli dvěma taktům výsuvu konstrukce.

Po dokončení výsuvu bude zahájena montáž zárodků oblouku a jejich vybetonování; následovat bude postupná symetrická betonáž

spřažené desky a táhla mostu. Během betonáže nosné konstrukce bude most příčně předepnut a po dokončení nosné konstrukce proběhne částečná aktivace podélného předpětí. Následně bude zahájena montáž ocelového oblouku pomocí přesuvné dráhy a zvedání jednotlivých dílců.

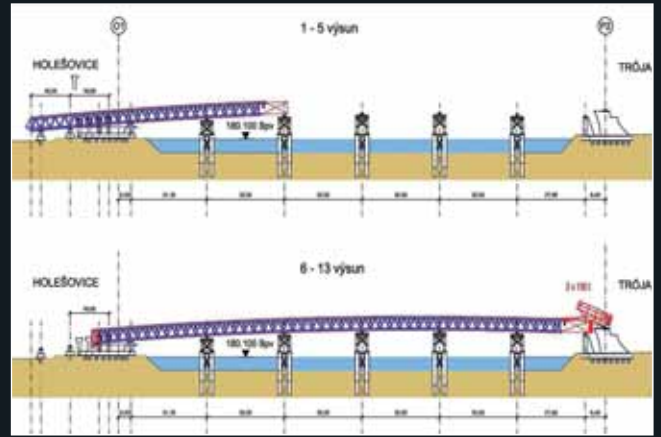
Po kompletním dokončení montáže ocelového oblouku budou osazeny a aktivovány závěsy a částečně předepnuta mostovka v podélném směru. Poté bude provizorní příhradová konstrukce částečně rozpojena (v definovaných místech na spodním pase a přilehlé diagonále) a spuštěna z ložisek, situovaných na provizorních podpěrách. Tím dojde k aktivaci obloukového působení konstrukce a k výrazné redukcí vnitřních sil na příhradové konstrukci. Příhradová konstrukce bude poté postupně



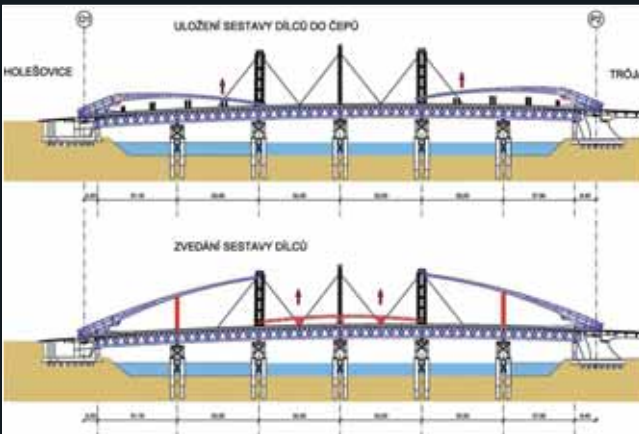
Pohled na vysouvanou konstrukci mostu



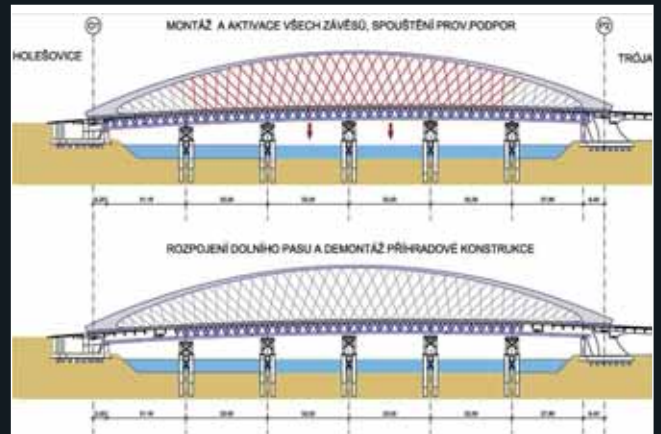
Zahájení výsunu nosné konstrukce z holešovického břehu



Výsun nosné konstrukce a schéma uspořádání montážních podpěr



Montáž ocelového oblouku



Aktivace závěsů a demontáž provizorní příhradové konstrukce

demontována a následně budou demontovány a odstraněny i provizorní podpěry.

Popis technického řešení montážních podpěr

Geotechnické podmínky, založení montážních podpěr

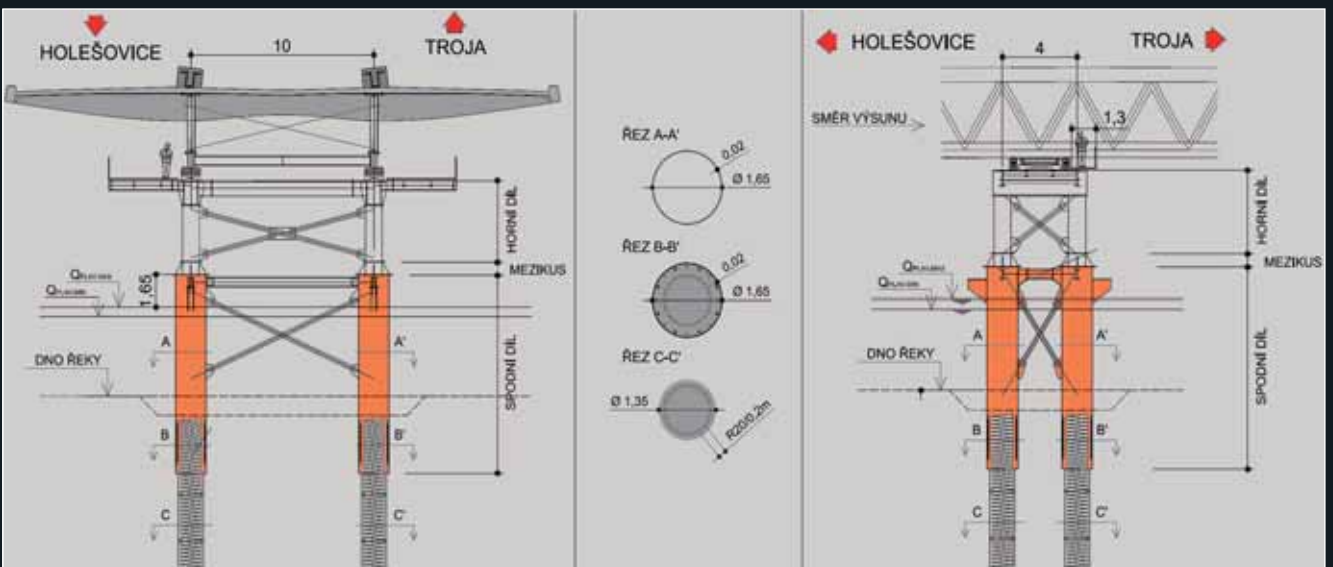
Pro návrh založení montážních podpěr v řece (P02 až P06) byl jako podklad použit geotechnický průzkum, zpracovaný na základě vrtů provedených na obou březích Vltavy přibližně v místech budoucích krajních podpěr

a pilíře. V úvahu byly také brány informace získané při realizaci traťových tunelů trasy C metra, které se nacházejí v bezprostřední blízkosti budoucího mostu.

Předkvartérní podloží je tvořeno břidlicemi, jejichž zvětralý povrch se nachází v hloubce cca 3–4 m pod dnem řeky. Břidlice jsou na povrchu rozloženy na pevné střípkovité jíly (tř. R6/R5) o mocnosti do 1 m, následující zvětralé polohy tř. R5/R4 mocné rovněž kolem 1 m a dále se nacházejí více či méně technicky zdravé břidlice tř. R4/R3. Nadloží

je pak tvořeno štěrkovou Vltavskou terasou, jejíž mocnost na březích je kolem 7,0 m. Vlastní terén je pak na březích vyrovnán vrstvou navážky. V řečišti je štěrková poloha z větší části denudována a je mocnosti kolem 3–4 m, nicméně je zde přítomna báze štěrků, na níž se nacházejí kameny a balvany o velikosti i 0,5 m.

Založení provizorních podpěr bylo navrženo pomocí velkopřůměrových pilot, které jsou vrtány skrze pažnice z úrovně hladiny. Piloty Ø 1350 mm jsou vyztuženy armokoší



Montážní podpěry - příčný a podélný řez, řezy výpažnicí a pilotou



Hloubení vrtů pro piloty podpěry PO4 z lodi Jantar

s hlavní podélnou výztuží $24 \times \emptyset 32$ mm. Pro zajištění správné funkce pilot požadované projektem (z hlediska namáhání a tuhosti uložení) bylo nezbytně nutné, aby délka zahloubení pilot (pod úroveň napojení na pažnici) do vrstev R4–R3 byla alespoň 3,8 m. Na tuto spodní část piloty hloubené bez pažení navazuje pilota profilu 1610 mm, která je již pažená ocelovou pažnicí TR 1650/20 mm až do úrovně cca 1 m pode dnem řeky. Spojení mezi pilotou a pažnicí je realizováno na délce cca 2,0 m pomocí celkem 48 spřahujících trnů (\emptyset 19 mm, $f_u = 340$ MPa, délka 80 mm) a 8 ks perforovaného T-profilu. Vrtané piloty byly prováděny ze soulodí. Nejprve byla skrz štěrkové podloží do vrchních partií břidlice na hl. min 0,5 m zavrtána ocelová pažnice. Poté byl vrt dovrtán do příslušné hloubky skalním nástrojem bez pažení \emptyset 1350 mm a následně vyčištěn čistící šapou s rovným dnem \emptyset 1350 mm. Následovalo osazení armokoše a betonáž piloty betonem C30/37–X0.

Konstrukční řešení podpěr

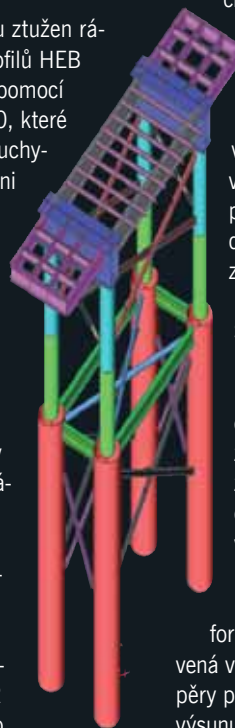
Každá podpěra je tvořena dvěma dvojicemi sloupů z ocelových trub, v podélném směru mostu (ve směru výsunu provizorní konstrukce) dvojic sloupů v rámci jedné bárky. Dvojice sloupů jsou v podélném směru vzdáleny osově 4 m, v příčném směru 10 m, což

odpovídá osové vzdálenosti spodního pasu provizorní příhradové konstrukce.

Celá konstrukce je rozdělena na spodní a horní díl, horní díl je ještě dělen na vrchní díl (stejný pro všechny podpěry) a tzv. přechodový díl.

Spodní díl je ve směru výsunu ztužen rámovým propojením dvojicí profilů HEB 500. Tuhost dílu je zajištěna pomocí diagonál z profilů $2 \times \text{UPN } 200$, které jsou kloubově (pomocí čepů) uchyteny do pažnice. V horní úrovni jsou navíc propojeny svislé sloupy kloubově připojeným profilem HEB 500.

Horní díl slouží pro přenos zatížení mezi ložiskem a spodním dílem montážních podpěr a pilotami. Rozdělen je ještě na vrchní díl, který je stejný pro všechny podpěry, a přechodový díl, který je navržen pro vyrovnání rozdílných výšek jednotlivých podpěr a montážních nepřesností. Vrchní díl je tvořen svařovaným komorovým nosníkem, na kterém je přímo uloženo ložisko, zajišťujícím přenos zatížení do svislých nohou (trubky TR 1060/30). Ztužení je provedeno rámově připojenými



Výpočetní model konstrukce

diagonálami z TR 219/12,5 ve směru výsunu a kloubově připojenými diagonálami z dvojice profilů UPN 200. Horní svařované nosníky jsou tuze spojeny pomocí profilu HEB 800. Na obou stranách jsou připojeny konzolové části plošiny, sloužící jako montážní a revizní prostor během výsunu. Konzolové části jsou připojeny přes šroubovaný styk profilu HEB 500 přes čelní desku. Použito je celkem 12 šroubů M24, 8.8 na každý styk. Z důvodů bezpečnosti pohybujících se osob je horní úroveň plošiny opatřena kolem dokola demontovatelným zábradlím. Pro ochranu montážních podpěr PO2, PO3 a PO4, v jejichž blízkosti jsou umístěny plavební dráhy, byla navržena ocelová svodidla. Svodidla jsou zhotovena ze svislých štětovnic Larsen, vodorovnými štětovnicemi a ocelovou revizní lávkou.

Výpočet konstrukce

Montážní podpěry procházejí během celého postupu výstavby mnoha zcela rozdílnými stavy, které ovlivňují jejich napjatost a deformaci. Během výsunu se jedná o relativně malou svislou reakci z vysouvané konstrukce, působící společně se značnou vodorovnou silou danou třením mezi vysouvanou konstrukcí a teflonovými deskami na ložiscích. Naproti tomu během realizace oblouku (po kompletně vybetonované mostovce) jsou podpěry zatíženy velkými reakcemi z montážních věží, pomocí kterých jsou zvedány jednotlivé díly ocelového oblouku. Tyto síly pak způsobují reakci v ložisku, přesahující hodnotu 20 MN.

S přihlédnutím k těmto skutečnostem byl vytvořen co nejdůkladnější výpočetní model montážních podpěr doplněný o tuhostní parametry pilot (definované zadanou funkcí tuhosti „náhradní pružina“, která koresponduje se zatěžovací křivkou piloty). Takto byly analyzovány všechny uvažované zatěžující kombinace a posuzovány jednotlivé prvky z hlediska jejich namáhání a deformace celé podpěry. Maximální stanovená velikost svislé deformace (sednutí) podpěry pro extrémní zatížení je 17 mm. Během výsunu byly montážní podpěry kontinuálně geodeticky zaměřovány, přičemž výsledné deformace nepřesáhly hodnoty uvažované dle výpočtu pro dané fáze působení a příslušné zatížení.

Závěr a účastníci výstavby mostu

Založení a montáž provizorních podpěr proběhla dle požadavků projektanta. Rovněž tak výsune nosné konstrukce proběhl v požadovaných tolerancích a dle předpokladů. Před všemi účastníky výstavby je však ještě velké množství práce a složitých operací ke zdárnému dokončení celého mostu.



Vysouvaná konstrukce před trojským břehem



Pomocná ocelová konstrukce vysunutá přes soustavu podpěr v řečišti

Autorský tým Trojského mostu: Jiří Petrák, Ladislav Šašek, Roman Koucký, Libor Kábrt
 Projektant RDS: firma Mott MacDonald, Ladislav Šašek, Petr Nehasil

Projektant ocelové konstrukce: firma Excon, Vladimír Janata, Dalibor Gregor
 Architektura a 3D koordinace: Roman Koucký arch. kancelář, Roman Koucký, Libor Kábrt

Projektant RDS výsuvu a supervize zhotovitele: firma Novák & Partner, Lukáš Vráblík, Milan Šístek

Koordinátor projektů MO Blanka. Satra, a. s., Alexandr Butovič

Správce stavby: IDS, a. s., Josef Kalíšek, Luděk Fuchs, Jiří Plachý

Zhotovitel mostu: Metrostav, a. s., vedení projektu: Alexandr Tvrz, Zdeněk Račan, Petr Koukolík

Příprava projektu: Jan L. Vítek, Robert Brož, Vladimír Hájek, Pavel Guňka

Zhotovitel OK: Metrostav, a. s., Daniel Riedl, Jindřich Hátle, Ladislav Pokorný, Josef Oleňič, MCE Slaný a. s., Jan Svoboda, Vladan Michalík

Výsuv mostu a manipulace: Metrostav, a. s., Jiří Lukeš, Radek Nosál

Dodavatel hydrauliky a supervize výsuvu NK: Mtek, s. r. o., Václav Procházka

Realizace provizorních podpěr v řece: Zakládání staveb, a. s.

Autoři: Alexandr Tvrz, Robert Brož, Jan L. Vítek, Lukáš Vráblík, Jan Mukařovský, Milan Šístek

REALIZACE PROVIZORNÍCH PODPĚR

Realizace provizorních podpěr pro výsuv pomocné konstrukce v řece sestávala ze tří samostatných pracovních etap:

- založení podpěr v řečišti,
- osazení smontovaných horních dílů,
- montáže svodidel.

Pro založení podpěr byla nasazena plavidla Jantar a BPP60, tlačný člun Veronika, jeřáb Kobelco 700 a velkoprofilová vrtná souprava WIRTH 16. Před zahájením prací byla vyrobena šablona s ochozem pro osazení pažnice a loď Jantar byla upravena tak, aby šablona mohla být osazena z obou boků plavidla. Tolerance pro polohu pažnic byly v úrovni hlavy pažnice půdorysně ± 50 mm, výškově $+100$ mm, -0 mm, odklon od svislice byl max. 0,7 % z délky. Kvůli dodržení těchto minimálních odchylek musel být Jantar ukotven tak, aby jeho pohyb při vrtání byl co nejmenší. Loď byla proto na každé pozici u příslušné podpěry ukotvena ke kotevním štetovnicím a ustavena na stabilizačních nohách. Práce byly zahájeny na podpěře PO2. Při vytýčení pilot se objevila komplikace, spočívající v nedostatečném signálu pro stanici GPS v tomto prostoru. Vytýčení tak muselo být prováděno ze břehu totální stanicí, což při uvedených požadavcích na přesnost kladlo vysoké nároky na pečlivost geodetů. Dalším problémem se ukázala rozdílná úroveň zvětralých břidlic až o 1 m u pilot jedné podpěry, což

vedlo k nutnosti prodloužení pažnic a pilot. U dalších podpěr již byly pažnice objednávané delší a v případě nutnosti byly zkracovány. Pro dopravu betonu do pilot byla zřízena lávka pro betonářské potrubí ze štetovnic. Podpěry byly zakládány v pořadí PO2, PO3, PO6, PO5. Po přerušení, nutném pro přeložení plavební dráhy mezi podpěrami PO2 a PO3, byla jako poslední založena v únoru 2011 podpěra PO4.

Navážení horních dílů bylo zahájeno u podpěry PO3. Celková hmotnost převážené konstrukce činila 44,1 t. Vzhledem k této značné hmotnosti bylo nutné posoudit stabilitu plavidla Jantar s jeřábem Bauer MC 64. Pro vyrovnání náklonu lodi při naložení a vyložení konstrukce horního dílu bylo nutné na palubu umístit protizávaží o hmotnosti 30 t. Podobně bylo nutné kvůli značným rozměrům horního dílu navrhnout a vyrobit



Práce na vodě byly náročné na provádění mj. i proto, že piloty bylo nutno zhotovit s maximální půdorysnou odchylkou ± 50 mm

v dílnách Zakládání staveb, a. s., speciální přepravní rám, na který byl horní díl během dopravy usazen. Před první plavbou se uskutečnila v polovině října 2010 zátěžová zkouška stability lodě v Holešovickém přístavu s již smontovaným horním dílem (pro podpěru PO3).

Pro přepravu Jantaru s naloženým horním dílem byly použity dva tlačné remorkéry, neboť Jantar musel pod mosty couvat z důvodu mírného náklonu lodi po naložení horního dílu a tvaru mostu na vodní cestě. Výšková rezerva pro proplutí pod mosty byla minimální. Po ustavení Jantaru na místě vykládky byl na podpěru osazen horní díl. Zde je nutné ocenit zkušenosti zúčastněných jeřábníků – osazení s přesností na centimetry si vyžadovalo jejich nanejvýš precizní práci. Navážení dalších dílů proběhlo pak ve třech etapách – díl podpěry PO2, následně pak díly podpěr PO5, PO6 a jako poslední díl podpěry PO4. Po založení podpěry PO5 byly zahájeny práce na osazení svodidel. Ta jsou tvořena zabebranými krabicemi ze štětovic, podélníky ze štětovic a ztužujícími lávkami. Obloukové části podélných štětovic a lávky byly vyrobeny v dílně a na stavbu byly dovezeny

připravené pro osazení. V první etapě byla namontována svodidla na podpěře PO2 a části PO3, po založení podpěry PO4 byla provedena svodidla podpěry PO3 a následně svodidla podpěr PO4, PO5, PO6. Při pracích na této fázi stavby nás zastihla lednová povodeň, v tomto měsíci opravdu nečekaná, takže bylo nutné vyklidit staveniště nejen na vodě, ale také na břehu a přerušit práce. Kromě prací na podpěrách bylo v prosinci 2010 dle požadavku objednatele zabebraně na holešovické straně ještě 24 ks krabic ze štětovic, které budou sloužit jako základ

výrobní pro montáž příhradové konstrukce mostu.

Práce na této zajímavé a náročné stavbě byly zahájeny v září 2010 a ukončeny byly předáním díla v dubnu 2011. Díky pečlivé přípravě všech technologických procesů proběhly všechny činnosti spojené se zhotovením provizorních podpěr bez vážnějších potíží a pracovníkům společnosti Zakládání staveb, a. s., přinesly mnoho nových cenných zkušeností.

*Ing. Jiří Ludvíček, Zakládání staveb, a. s.
Foto: Libor Štěrba*

Design and realisation of temporary river supports in course of construction of the new Troja Bridge

The new Troja Bridge is a part of the Blanka Tunnel Complex construction in Prague connecting to the northwest part of the City Ring. The designed method of bridge construction consists in carrying out a supportive steel structure in the shape of latticed joint girder under the whole designed bridge structure; this design enables concreting the bridge deck and rod as well as successive assembly of the steel span. This supportive structure is drawn from the Holešovice riverside over the system of seven temporary supports – two of them are located on the riverbank and five are placed in the riverbed. The following text presents structural solution of the assembly supports in the river and their construction in three stages: foundation of the supports in the riverbed, fitting assembled upper parts and fitting crash barriers. These works, requiring extensive experience with working in water, were carried out by the Zakládání staveb Co.



Dokončené podpěry PO6 a PO5, uprostřed řečiště probíhá hloubení vrtů pro piloty podpěry PO4