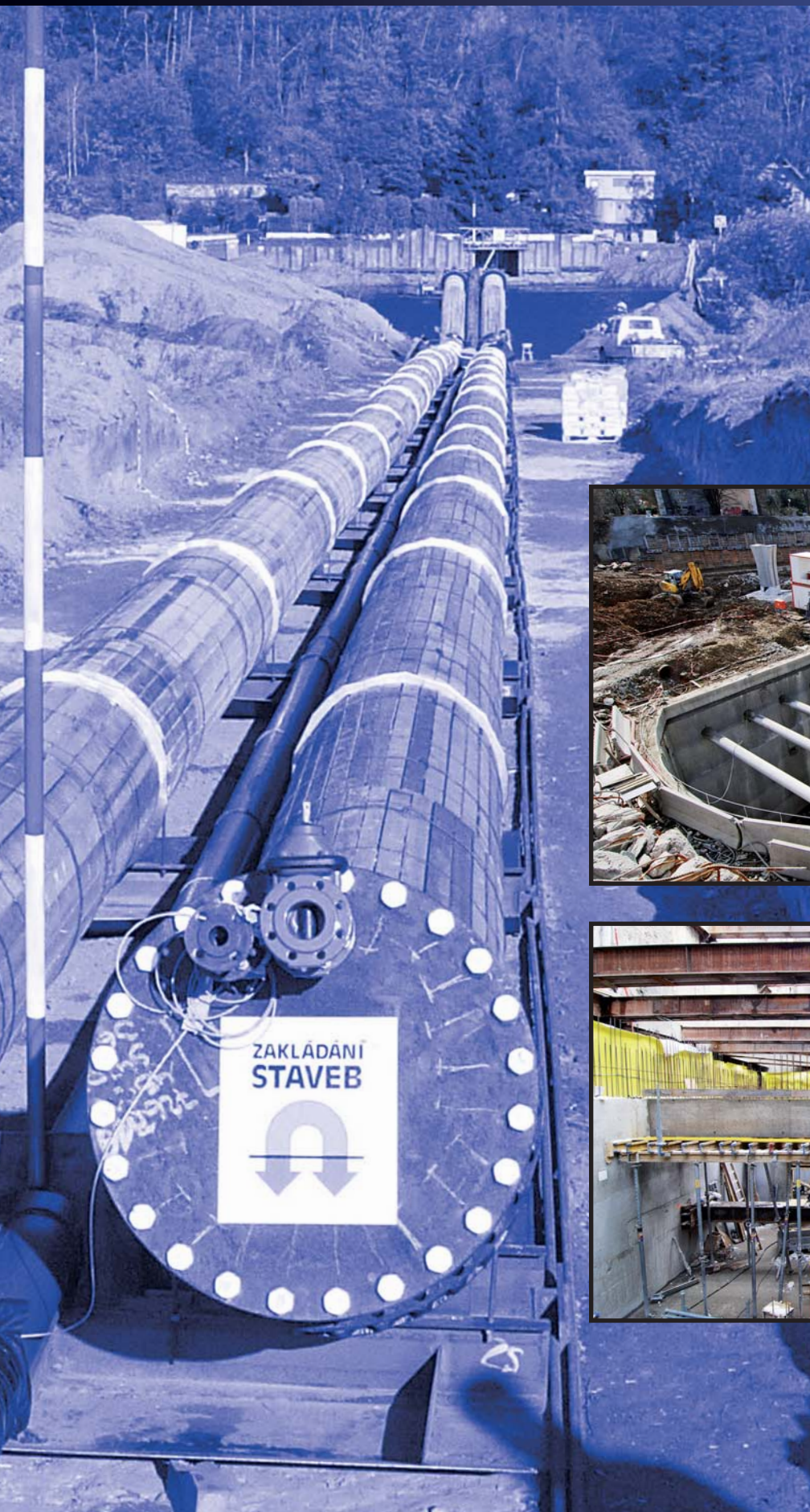


ZAKLÁDÁNÍ

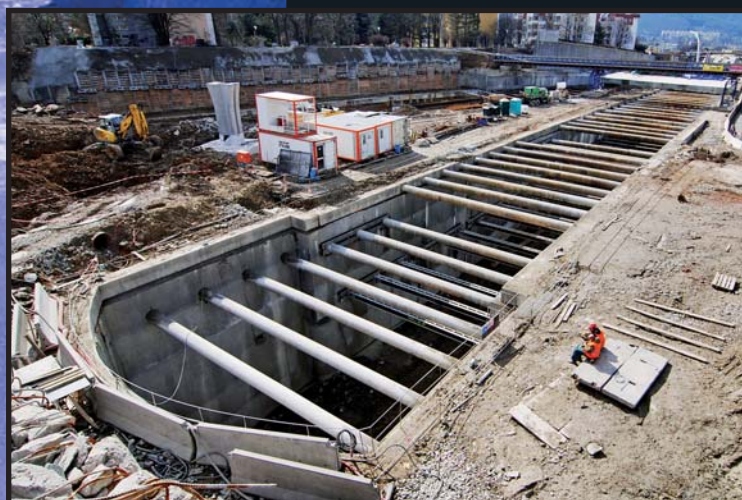
Časopis ZAKLÁDÁNÍ STAVEB, a. s.

4/2009

Ročník XXI



- **PROBLEMATIKA VÝKLADU VÝSLEDKŮ ZATĚŽOVACÍCH ZKOUŠEK PILOT**
- **CHVATĚRUBY – ÚPRAVA PLAVEBNÍ ÚŽINY S PŘELOŽKOU VODOVODNÍ SHYBKY**
- **VMO v BRNĚ – KOMPLETNÍ PŘEHLED PILOTOVACÍCH PRACÍ ZS**
- **VÝSTAVBA TECHNOLOGICKÉHO CENTRA KRÁLOVOPOLSKÝCH TUNELŮ V BRNĚ**



ZAKLÁDÁNÍ
STAVEB





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

Redakce:
Ing. Libor Štěrba
Jazyková korektura:
Mgr. Antonín Gottwald

Foto na titulní straně:
Shybka Chvatěruby
Foto: Ing. Aleš Havránek
Překlady anotací:
Mgr. Klára Koubská

Design & Layout:
Studio 66 & Partners, s. r. o.
Tisk:
Retip, s. r. o.

Ročník XXI
4/2009
Vyšlo 12. 1. 2010 v nákladu 1000 ks
MK ČR 7986
ISSN 1212 – 1711
Vychází čtyřikrát za rok

Pro rok 2009 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

OBSAH

SERIÁL

- Stavební stroje kdysi, pokračování: část 4.
Stavby jezů a přehrad** 2
Zdeněk Bauer

ZE ZAHRANIČNÍCH ČASOPISŮ

- Rekordní mrakodrap vyrůstá i v Londýně** 6
S použitím článku „Down at Bridge“, Ground Engineering 5/2009,
napsal RNDr. Ivan Beneš, Zakládání staveb, a. s.

TEORIE A PRAXE

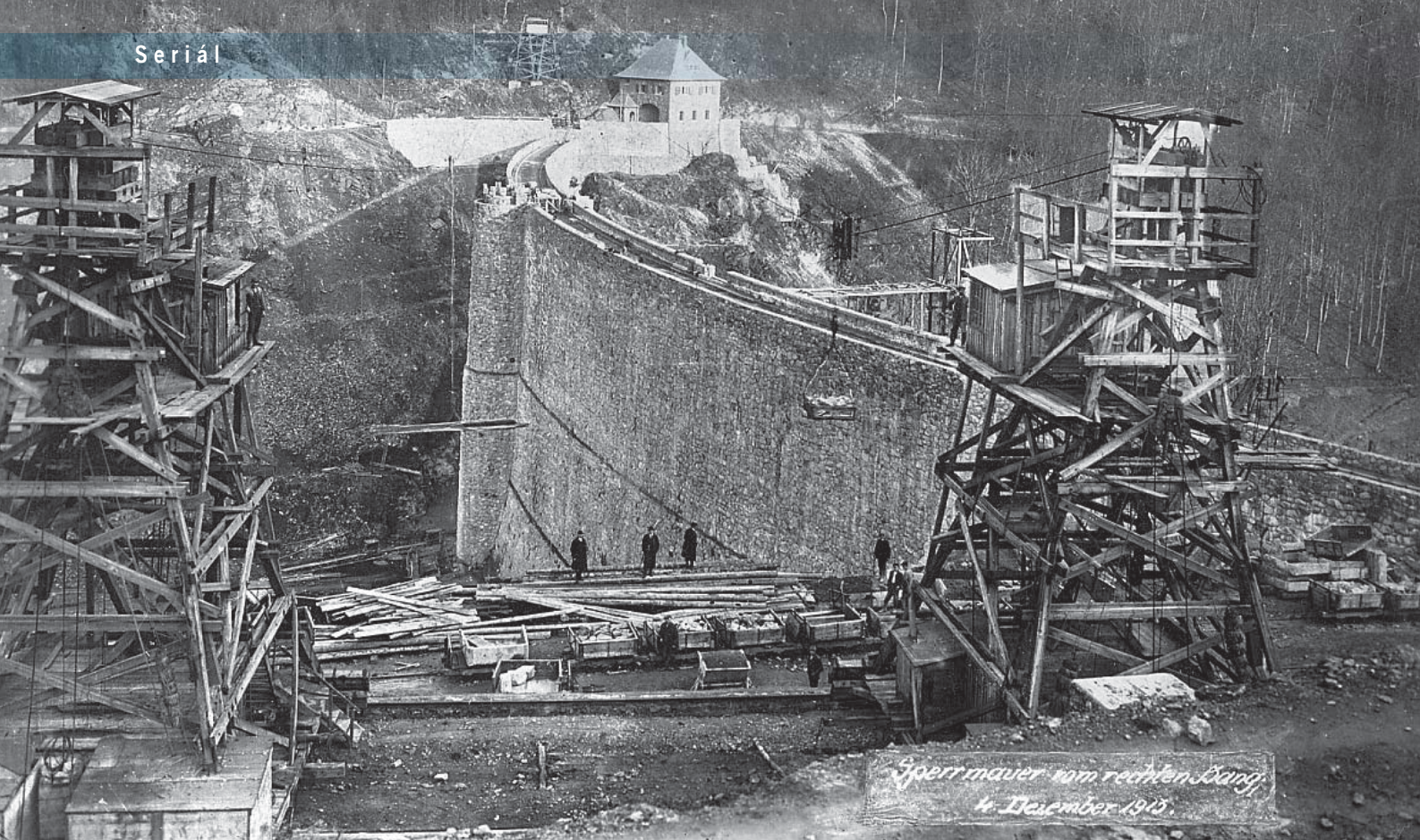
- Konference IDEAS 09**
– výsledky výzkumu progresivních stavebních konstrukcí 8
Ing. Marcela Pavlíková, CSc.,
Prof. Ing. Jiří Šejnoha, DrSc.
- K problematice výkladu výsledků zatěžovacích zkoušek pilot** 12
Ing. Petr Hurych, FG Consult, s. r. o.

VODOHOSPODÁŘSKÉ STAVBY

- Suchohrad – rekonstrukce protipovodňového
opatření u řeky Moravy na Slovensku** 14
Jaroslav Lehoučka, Zakládání staveb, a. s.
- Úprava plavební úžiny Chvatěruby s přeložkou vodovodní shybky** 16
Ing. Aleš Havránek, Zakládání staveb, a. s.

DOPRAVNÍ STAVBY

- Vrtané piloty na stavbě Královopolských tunelů VMO Brno,
přehled z let 2007–2009** 21
Richard Dvořák, Zakládání staveb, a. s.
- Výstavba technologického centra Královopolských tunelů v Brně** 26
Ing. David Horák, PIKAZ Brno, spol. s r. o.,
Ing. Michal Weiss, PIKAZ Brno, spol. s r. o.
- Technologické centrum**
– poznámky z přípravy realizace železobetonové konstrukce 30
Ivan Božek, Terracon, a. s.
- Monitoring hloubení a rozpírání stavební jámy pro technologické
centrum Královopolského tunelu VMO v Brně** 31
RNDr. Otakar Pazdírek, Mgr. Pavel Vižďa, GEOTest Brno, a. s.



Kabelový jeřáb Bleichert o rozpětí 250 m a nosnosti 2x3 t na stavbě přehrady Janov u Mostu na fotografii ze 4. 12. 1913. Levobřežní pevná věž byla společná pro obě větve jeřábu, hnací věže na pravém břehu pojížděly po obloukové koleji.

STAVEBNÍ STROJE KDYSI, POKRAČOVÁNÍ: ČÁST 4.

STAVBY JEZŮ A PŘEHRAD

Vodní stavby v českých zemích se od 90. let 19. století soustřeďovaly na splavňování Vltavy a Labe. Budovaly se plavební komory a nové jezy. Ty byly v Praze pevné, od Trojského jezu níže pak hradlové nebo slupicové, jejichž konstrukce se po částečném rozebrání sklopila na dno. Později se na středním Labi objevily jezy stavitelné, s motorickým ovládním. K vodním stavbám však patřila také výstavba přehrad, před první světovou válkou především zděných hrází v severních

Čechách. Některé mosty přes Vltavu a Labe se nevyhnuly umístění podpěr uprostřed vodního toku. U všech vodních staveb bylo proto podstatné důkladné založení pilířů mostů i jezů, ale také celých základů jezových polí, dělicích a ochranných hrází a dalších zděných objektů. Všude tam, kde nebylo možné nebo vhodné provést základy v otevřených jímkách, nastoupila technologie kesonování. Pokud je známo, byly u nás kesony použity poprvé při stavbě ocelových železničních mostů v Děčíně a Ústí

nad Labem v roce 1874. Tuto techniku uplatnila vídeňská firma Kleinové, Schmall & Gärtner za pomoci kesonů dovezených z Německa. Při stavbě Palackého mostu v Praze, dokončeného o čtyři roky později, už stejná firma použila pražské kesony ze strojírní bratří Prášilů. Je samozřejmé, že při této práci nemohla chybět mohutná dmyhadla, poháněná parními stroji. Při opravě Karlova mostu po povodni z roku 1891 a při stavbě dnešního mostu Legií na samém počátku 20. století používala kesony z pražských továren budapeštská firma Gregersen a synové. Z českých firem pracovalo s kesony poprvé podnikatelství Kress & Bernard při druhé opravě Karlova mostu v roce 1904. Nejsložitější manipulaci s velkými kesony předvedla firma Nejedlý, Řehák a spol., když ve 30. letech minulého stol. stavěla v těžkých podmínkách silného proudu a balvanitého dna labský jez pod Střekovem.

V roce 1896 dokončila firma Kress první zděnou hráz na Kamenném potoce u Mariánských Lázní a od roku 1900 do konce první světové války bylo zbudováno 12 dalších zděných přehrad v povodí Ohře, Labe a Lužické Nisy a jedna na Bystřičce v povodí Moravy. Jejich stavbu prováděly různé české i rakouské firmy, ale mechanizace prací se omezila na lokomobily



Vnitřek nýtovaného kesonu o půdorysu 4x15 metrů na stavbě střekovského jezu poté, co se 3. 5. 1927 po odtěžení několikametrové vrstvy písku a balvanů odhalilo skalnaté dno Labe



Koncová stanice lanovky pro dopravu materiálu k budované přehradě Janov u Mostu, kterou stavělo konsorcium firem Berndt, Schwarzer a Wurm.



Na staveništi Labské přehrady firmou Redlich & Berger byly 14. 9. 1913 vyfotografovány dvě parní lokomotivy drážky pro dovoz kamene a dalšího materiálu. Kvůli kolejím byl vytvořen otvor v ochranné hrázce, v popředí je část svážnice. Foto W. Pfohl.

pro kompresory, čerpadla a míchačky, výjimečně na pár lokomotiv pro dovoz kamene z lomu a na drapák firmy Schön na přehradě Mšeno u Jablonce nad Nisou. Na přehradě Bystřička byla v roce 1908 vybudována úzkorozchodná drážka ze železniční stanice a pro její obsluhu také z Mnichova dodány dvě nové parní lokomotivy. Firma Rabas, Weiner a Kosina však musela při stavbě, placené z veřejných zdrojů, dát přednost zaměstnanosti místního obyvatelstva, a tak vozíky tahali koně a lokomotivy zůstaly nepoužité stát v kůlně. Jedinou výjimku v množství a kvalitě strojního vybavení představovala přehrada Janov na potoku Loupnice u Mostu, jejíž stavbou

bylo v roce 1911 pověřeno mostecké konsorcium Berndt, Schwarzer & Wurm. Kromě jediné parní lokomotivy bylo veškeré strojní vybavení poháněno elektřinou. Poprvé u nás tu byl napnut přes údolí kabelový jeřáb, tehdy ještě s věžemi postavenými ze dřeva, dovoz materiálu od silnice obstarávala lanovka, byly tu kompresory, drtiče, mlýny, výtahy a míchačky. Čtyři transformátory dodávaly proud o výkonu až 420 kW. Elektrické a strojní vybavení bylo rakouského a německého původu. I když se zděné přehrady stavěly ještě ve 30. letech, začala v roce 1907 éra sypaných hrází. Strojů na nich výrazně nepřibýlo, pro získávání potřebného materiálu pro hráz se

však začala používat parní rypadla, ať už lopatové na Souši v Lužických horách nebo korečkové na moravských přehradách Plumlov a Fryšták. Podstatnou změnu přinesly teprve betonové hráze 30. let 20. stol., jejichž doba začala téměř současně na Dyji u Vranova a na Teplé u Karlových Varů. Obě přehrady stavěla společnost Lanna. Nebyly to ale jen vysoké přehrady, téměř stejný inventář vyžadovala také stavba zdmadel pod Střekovem a ve Vraném nad Vltavou. Především se znovu objevily kabelové jeřáby, teď už s ocelovými konstrukcemi věží. Na většině staveb se také tyčily štíhlé, tzv. Wolfovy věžové jeřáby, zemní práce obstarávala lopatová rypadla s parním strojem, někde



Pro dopravu kamene a malty do základů zděné hráze přehrady Janov sloužily dvě dvoukolejné svážnice. Vpravo nahoře je na fotografii z 3. 5. 1912 vidět dřevěný žlab pro převedení jednoho z potoků.



Sypaná hráz přehrady ve Fryštáku na Zlínsku vznikla ve 20. letech minulého stol. z materiálu vybagrovaného z budoucí nádrže parním korečkovým rypadlem. Do hráze ho vozily motorové lokomotivky a zhutňovaly ho traktory s vlečnými rýhovanými válci.

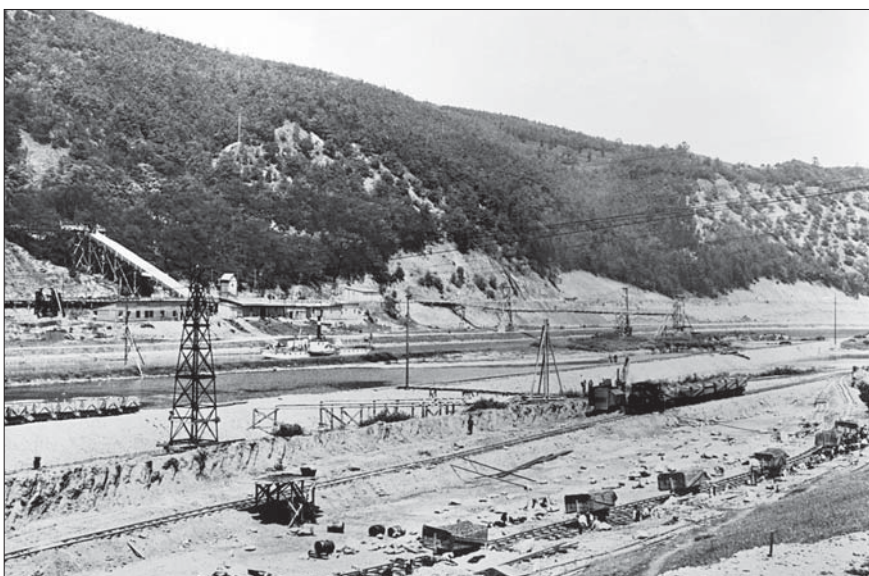
však již opatřená také spalovacím motorem. Pro dopravu surovin a vybagrované zeminy se dále používala kolejová doprava s parními i motorovými lokomotivkami, někde pomáhaly lanovky a výtahy. U objemných přehradních hrází z betonu vévodila stavenišťům mohutná zařízení na jeho přípravu, tedy betonárny. Byly to vysoké dřevěné konstrukce, ukřívající pod obedněním v několika patrech pod sebou drtiče a třídiče kamene, síla a násypky a vlastní míchačky betonové směsi. Pokud se nepodařilo zajistit veškerý pohyb materiálu shora dolů, doplňovaly vybavení ještě svislé nebo šikmé výtahy, korečkové elevátory či dopravníky. Pohon všech strojů v betonárnách byl elektrický

nebo spalovacím motorem. Samozřejmě součástí inventáře byly pak menší míchačky, kompresory, čerpadla, beranidla a jiné menší stroje.

Při velkých objemech materiálu pro betonové stavby byla důležitá otázka dopravy, především surovin, do betonárny, ale také hotové směsi do místa uložení. Je třeba si uvědomit, že ve 30. i 40. letech sloužily nákladní automobily spíše jako výpomoc pro občasnou dopravu menšího množství nákladu. Pro dopravu kamene z lomu a cementu z nejbližšího nádraží bylo proto obvykle nutné vybudovat kapacitní spojení. Nejčastěji to byla úzkorozchodná drážka s parním provozem: ve Vranově byla dlouhá téměř 6,5 km,

v Březové u Karlových Varů asi 2,5 km. Po drážce se dopravovalo všechno možné, často i rozměrné části strojního vybavení přehrad nebo jezů. Pro dopravu na dlouhé drážce byl stanoven jízdní řád, kde se stanovilo také křížování vlaků ve výhybních. Doprava stavebnin lanovkou byla použita na sypané hrázi přehrady Seč na Chrudimce, u betonových přehrad až po roce 1948 na přehradě Vír na Svatce, kde se tak dopravoval cement ze stanice Bystřice nad Pernštejnem, zatímco kámen vozily z lomu parní lokomotivy.

Problém s dopravou musela řešit firma Lanna také při stavbě štěchovické přehrady na konci 30. let. Nejbližší železniční stanice byla až v Měchenicích a pro drážku nebylo podél Vltavy a frekventované silnice místo. Částečně se proto využila doprava po vodě, částečně povozy a auty po silnici. Konsorcium Kress – Domanský, které stavělo plavební komoru a akumulaci nádrž nad přehradou, vozilo materiál po silnici parními automobily Škoda Sentinel. Také firma Müller & Kapsa Bratislava musela při stavbě brněnské přehrady na Svatce vozit po silnici jak cement, tak štěrk, bagrovaný z řeky vodním bagrem. Pro dopravu hotové betonové směsi se používaly jednak koleje, jednak věžové a kabelové jeřáby, které často přebíraly koše s betonem, dovezené lokomotivou. Betonárna se vždy vybuďovala co nejbližší hrázi, ale někdy bylo třeba převážet beton na delší vzdálenost jako při stavbě přehrady Křižanovice na Chrudimce, kterou v roce 1947 zahájila firma Lanna. Kromě vlastní hráze se tam stavěl 2,5 km dlouhý tlakový železobetonový přivaděč vody k elektrárně. Pro jeho betonáž byla postavena pobočná betonárna, k níž se auty vozil cement a lanovkou štěrk ze zásobníků hlavní betonárny. Hotovou



Staveniště firmy Hlava – Domanský na jezu ve Vraném nad Vltavou, zobrazené 22. 6. 1931 z pravého břehu. Zeminu vykopanou motorovým rypadlem i ručně odvážely parní lokomotivy. Přes řeku vedl kabelový jeřáb, jehož kočka je vlevo uprostřed, vedle ní se tyčí stožár lanovky a přímo za ním na levém břehu je spodní konec svážnice z lomu. V pravé části obrazu je v dálce dřevěný most drážky z levého břehu, končící gravitačním výtahem na ostrově. Foto J. Starec.



Při stavbě přehrady ve Vranově nad Dyjí se při betonáži hráze používaly dva kabelové jeřáby Bleichert (5 t, 370 m), doplněné dvěma zavěšenými licími plošinami pro distribuci betonu



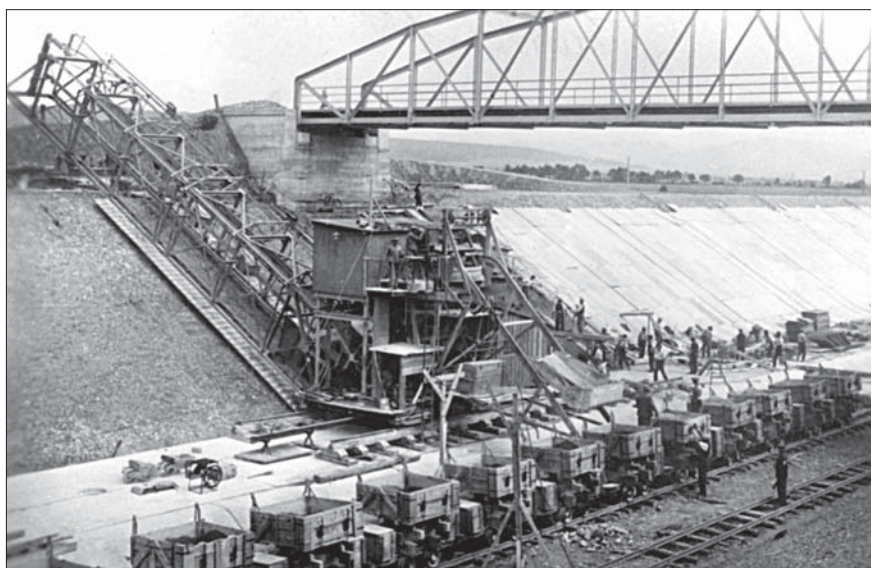
Betonárna na stavbě přehrady Vír na Svatce byla postavena z velké části ze dřeva. Na snímku ze srpna 1949 je vedle ní vidět část opuštěného kolejového výtahu, nahore na zdi stojí parní lokomotiva šterkové dráhy rozchodu 900 mm, dole je drážka rozchodu 600 mm pro odvoz betonu k jeřábům. Zaústění lanovky, dovážející z nádraží cement, není vidět.

směs rozvážely stavební vlaky po kolejích postupně až na vzdálenost 2,5 km. Protože se během dlouhé cesty beton setrásl, bylo nutné ho z vozíků nejprve vyspat na dřevěnou podlahu a lopatami znovu plnit do „japonek“. Podobný problém sesedání betonu během dopravy řešilo konsorcium firem při betonování kanálu Kočkovce–Ladce na Váhu ve 30. letech. Směs byla od betonárny dovážena na velkou vzdálenost parními vlaky ve zvláštních dřevěných korbách. Na místě

betonáže byly jednotlivé korby jeřábem přeneseny a vyprázdněny do velkého zavážecího koše míchačky. Po novém promísení se beton ukládal a upravoval finišerem. Od 50. let 20. stol. se doprava surovin i zeminy přeorientovala na automobily a stavební drážky se kromě tunelářských prací staly minulostí. Na kolejích zůstala však stále doprava cementu, i když už jen prostředky státních drah. Na stavenišťe slapské přehrady vedly hned tři lanovky

– jedna pro šterk z teletínského lomu, druhá pro písek ze Štěchovic a třetí pro cement ze stanice Luka pod Medníkem. Místo několika lanovek se k cementovým silům orlické přehrady raději postavila 16 km dlouhá vlečka normálního rozchodu ze stanice ČSD Tochovice, takže ani tato přehrada se neobešla bez parní kolejové dopravy, byť velikými lokomotivami ČSD.

Zdeněk Bauer



Betonování dna kanálu od jezů Kočkovce na Váhu ve 30. letech 20. stol. konsorciem firem Kruliš a Bratři Redličkové. Beton, dovážený drážkou, byl vyspán do koše a v něm vytažen do míšiče ve věži svahového finišeru Dingler.

Foto J. Sedláček.



Dvojici dvacetitunových kabelových jeřábů dodal pro stavbu přehrady Orlík v 50. letech minulého stol. podnik Transporta Chrudim. Velín jeřábu byl v budce, vystrčené na „žirafím“ krku.

KONFERENCE IDEAS 09 – VÝSLEDKY VÝZKUMU PROGRESIVNÍCH STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ

Ve dnech 5. a 6. listopadu 2009 bilancovalo centrum své pětileté působení na konferenci IDEAS 09, která se konala v nové budově Fakulty stavební VŠB-TU Ostrava. Ani na dvoudenní konferenci nebylo dostatek času pro představení výsledků řešení každého z téměř stovky řešených dílčích úkolů. K ústním prezentacím byly proto vybrány příspěvky, které vhodným způsobem charakterizovaly zejména prakticky využitelné výsledky získané ve většině případů na základě spolupráce s některou z firem, jež tyto výsledky dlouhodobě odebírají; tento článek seznamuje s nejvýznamnějšími z nich.

Vznik a základní poslání Centra integrovaného navrhování progresivních stavebních konstrukcí (CIDEAS) i jeho vazba na společnost Zakládání staveb, a. s., byly představeny v čísle Zakládání 1/2007. Zde jen připomínáme základní členění výzkumných aktivit do tří větví tematického stromu, ukazující globální zaměření výzkumných prací:

1. Integrovaný návrh konstrukcí a systémů pro výstavbu.
2. Uplatnění progresivních materiálů v integrovaném návrhu.
3. Integrovaný návrh při mimořádných situacích.

Výzkumná činnost CIDEAS byla v rámci konference kromě Sborníku rozšířených abstraktů, které na dvou stranách shrnují prezentovanou problematiku, a Sborníku příspěvků z konference IDEAS 09 s plnými texty přednesených příspěvků v širším rozsahu shrnuta v posterové sekci s téměř devadesáti postery.

Výstava posterů se přirozeným způsobem stala místem neformálních pracovních setkání a diskusí účastníků konference. To vedlo organizátory konference k rozhodnutí využít



posterů v následujícím období a propagovat činnost CIDEAS formou putovní výstavy. Velký zájem na konferenci IDEAS 09 vzbudily příspěvky zástupců pěti velkých stavebních firem, úzce spolupracujících s CIDEAS od samého počátku jeho působnosti, a to prof. Ing. Jana Vítka, CSc., za Metrostav, a. s., Ing. Vladimíra Myšíčky za firmu SKANSKA CZ, a. s., Ing. Jiřího Mühla

za Zakládání staveb a. s., Ing. Ivana Racka za firmu EUROVIA CS, a. s., a Ing. Miloše Filipa za firmu Prefa-Kompozity, a. s., které byly dokladem efektivního využití výsledků Centra v inženýrské praxi.

Prof. J. Vítka se věnoval ve svém vystoupení jedné z oblastí, na které spolupracuje CIDEAS a společnost Metrostav, a. s., a to **Požární odolnosti tunelových bednění**. Shrnuje zejména



Ukázky prezentací účastníků konference IDEAS 09



Ing. Ivan Racek, EUROVIA CS, a. s., při prezentaci na konferenci IDEAS 09

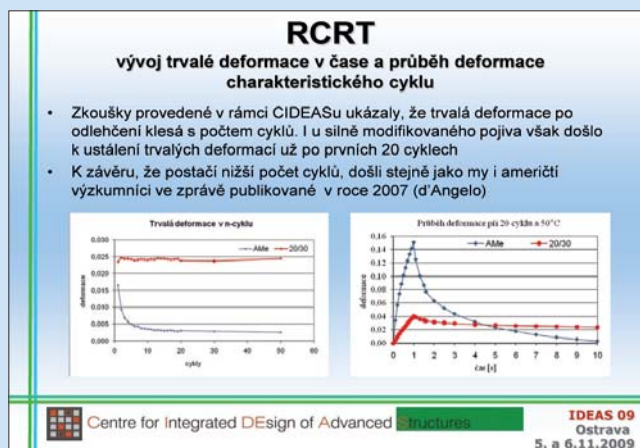
možné způsoby ochrany betonového tunelového ostění a představil experimentální program probíhající od r. 2005 a jeho dílčí výsledky. Z nich se dá dovodit, že jedním z nejlevnějších a neúčinnějších způsobů ochrany je použití vláken k zamezení odprýskávání povrchové vrstvy betonu. Experimenty prokázaly, že zabránění odprýskání betonu je možné, ale teploty v místě výztuže jsou přesto značné, což vede ke snížení únosnosti prvků a nárůstu jejich deformací.

Ing. V. Myšička se soustředil na aktuální oblast efektivních úspor energie a na praktické zkušenosti z **výstavby pasivních domů**. Poukázal mimo jiné na důležitost problematiky vzduchotěsnosti, které se CIDEAS v rámci tématu Stavební a energetická koncepce integrovaného navrhování budov systematicky věnuje. Prostřednictvím přednášky **Ing. J. Mühla** se účastníci konference seznámili se **Zkušenostmi s novými druhy betonových směsí v technologii vrtaných pilot a podzemních stěn**, ve kterých se promítly i výsledky výzkumného tématu CIDEAS – Vytvoření metodiky pro spolehlivé uplatnění vodonepropustného samozhutitelného betonu (SHB) v podzemních stěnách a základových deskách. Ing. Jiří Mühl zdůraznil, že využití SHB v konstrukcích podzemních stěn a vrtaných pilot přineslo díky týmovému přístupu v posledních šesti letech řadu úspěšně realizovaných staveb. Eurovia CS, a. s., (dříve Stavby silnic a železnic, a. s.) je spoluředitelem projektu CIDEAS a podílí se přímo na řešení některých dílčích úkolů, jako např. Optimalizace návrhu vozovek pozemních komunikací (s vymezením parametrů pro uplatnění inovovaných materiálů a technologií), Identifikace možností využití projektů modelů PPP (Public Private Partnership) v ČR nebo Vytvoření postupů a receptur pro spolehlivou aplikaci recyklovaných a recyklovatelných materiálů v konstrukcích mostů a pozemních komunikací, včetně jejich ověření. Ve svém konferenčním příspěvku **Měření vybraných vlastností asfaltových pojiv a směsí se Ing. I. Racek** věnoval otázce creepových zkoušek podle EN (zkoušky toku) a možnostem jejich zjednodušení.

Ing. M. Filip se ve svém vystoupení nazvaném **Inovace v kompozitech** zaměřil na novinky zejména v oblasti dodatečného vyztužování stavebních konstrukcí kompozitními prvky ve formě uhlíkových lamel, kompozitních tyčí z kompozitu vyztuženého uhlíkovými nebo skleněnými vlákny a na další výrobky z kompozitních materiálů (poklapy, kouřovody, obkladové prvky, nosné konstrukce kolektorových elektráren a další). Představil také výzkumné aktivity aktuálně probíhající ve spolupráci s CIDEAS, které by měly vést ke snižování hořlavosti kompozitních materiálů. Z výzkumných úloh, které se zabývají **modelováním chování stavebních konstrukcí**, byly na konferenci představeny např. sekvenční a paralelní výpočty modelování anizotropního poškození betonu. V současnosti je numerické modelování sdruženého přenosu tepla a vlhkosti využíváno zejména při analýzách železobetonových konstrukcí. Mezi tyto konstrukce také patří tlusté základové desky prováděné v hlubokých jámách pod hladinou podzemní vody. Tyto desky jsou velmi citlivé na vznik trhlin, které zpravidla vedou k značným průsakům. Např. během povodní, kdy se hladina podzemní vody v propustném podloží zvedne, mohou trhliny a s nimi související průsaky dosáhnout takového rozsahu, že základové desky přestávají plnit jednu ze svých podstatných funkcí – nepropustnost. Nepropustnost takovýchto desek mohou do značné míry ovlivnit trhliny vzniklé již v raném stadiu, kdy dochází k jejich



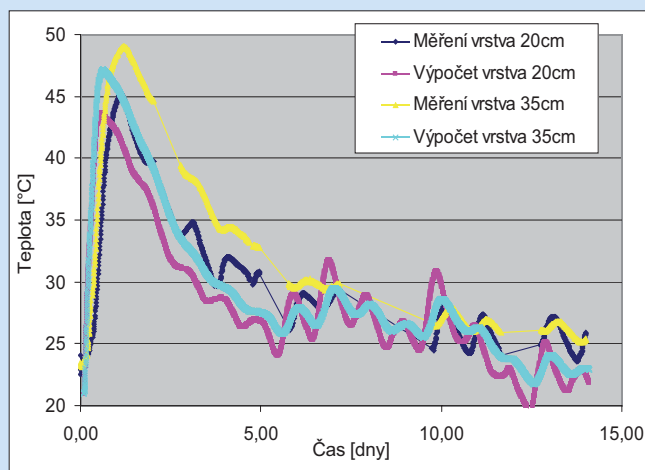
Vlevo: vnitřní kompozitní výztuž PrefaREBAR ze skleněných vláken, uprostřed: vnější uhlíková výztuž PREFEN FS, vpravo: aplikace zesilovacího systému PREFEN FS pro zvýšení nosnosti stropů.



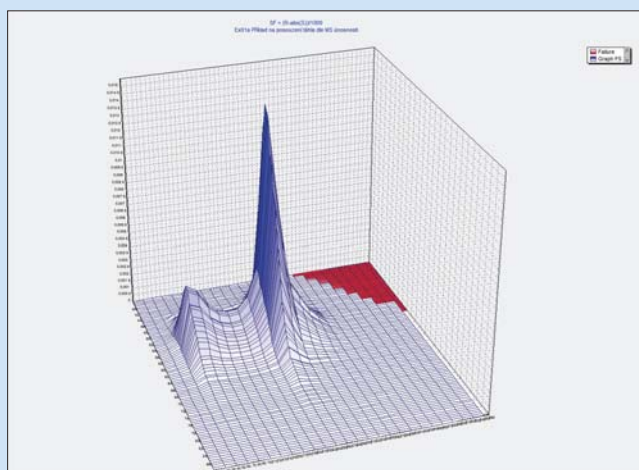
Výsledky měření vybraných vlastností asfaltových pojiv a směsí

iniciaci například nedostatečným ošetřováním betonu, nadměrným vývinem hydratačního tepla nebo špatně zvoleným postupem betonáže. Jako příklad realizace numerického modelování přenosu tepla a vlhkosti na reálných konstrukcích byly předvedeny dvě studie chování tlusté základové desky v raném stadiu.

Výzkumné centrum CIDEAS se rovněž dlouhodobě zabývá metodami, které mohou sloužit pro **vyhodnocování technických i ekonomických rizik a pro odhad spolehlivosti konstrukcí**. Příkladem může být Metoda Přímého Determinovaného Pravděpodobnostního Výpočtu (dále PDPV), která byla na VŠB-TU Ostrava původně vyvíjena jako alternativa aplikace metody Monte Carlo v pravděpodobnostních výpočtech při posuzování spolehlivosti konstrukcí. Při pravděpodobnostních výpočtech dochází k vzájemnému kombinování všech vstupních náhodných veličin. Počet možných kombinací u většího množství vstupních náhodných veličin je dosti značný. Za účelem snížení počtu výpočetních operací byly vyvinuty algoritmy, které vedou k numerickému řešení integrálu formálně definujícího pravděpodobnost poruchy při větším počtu náhodných proměnných a postupně byly implementovány do výpočetního systému ProbCalc, který se skládá ze tří samostatných výpočetních modulů: programového nástroje HistAn, sloužícího k podrobnější analýze vstupních histogramů, programového prostředí Hist-Op pro provádění základních



Porovnání naměřených a vypočtených teplot ošetřované základové desky



3D zobrazení funkce spolehlivosti v programu ProbCalc

aritmetických operací s histogramy a programu ProbCalc, který umožňuje provádět zejména zadání matematického modelu v textové podobě formou tzv. kalkulačky, ale zároveň i formou dynamické knihovny, umožňující definování podstatně rozsáhlejšího výpočetního modelu a dosažení vyšší rychlosti výpočtu. K zajímavostem programu patří mj. i možnost 3D zobrazení analyzované funkce spolehlivosti.

Metodu PDPV lze využít pro navrhování prvků konstrukcí s předepsanou úrovní spolehlivosti, když alespoň některé vstupní veličiny návrhu mají náhodný charakter. Lze přitom velmi výhodně využít možnosti, které metoda PDPV umožňuje při operaci s náhodnými veličinami. Tohoto postupu se využilo např. při pravděpodobnostním návrhu kotevní výztuže důlních děl. „Odlehčené“ verze programů HistAn, HistOp a ProbCalc jsou k dispozici ke stažení na internetové adrese <http://www.cideas.cz>. Také **výstavba tunelů** je spojena s vysokým počtem nejistot, ať už se jedná o dodržení výše nákladů plánovaných na výstavbu, dodržení doby výstavby, zajištění bezpečnosti při výstavbě nebo zabránění negativním vlivům na okolní prostředí. Riziková analýza a management se proto staly součástí projektů tunelů, zejména po řadě tragických havárií v devadesátých letech. K takovým haváriím obvykle dochází v důsledku kombinace nepříznivých faktorů, které lze rozdělit do tří hlavních skupin, jež tvoří nepříznivé geologické podmínky, chyby v projektu a chyby při provádění stavby. V současné době se používá mnoho modelů pro

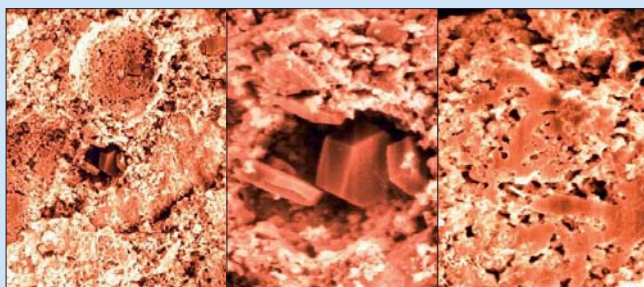
hodnocení nejistot v odhadu geologických podmínek, odhadu nákladů a navýšení ceny. Tyto odhady však obvykle nezachycují nebezpečí mimořádných událostí, jakými jsou zával, poškození životního prostředí a vodního režimu, velké deformace tubusu tunelu či neočekávaný průběh poklesové kotliny. Riziko těchto událostí se nejčastěji odhaduje pomocí různých ratingových systémů (oceňují se jak následky, tak četnosti těchto událostí), které však nemohou poskytnout skutečnou kvantifikaci rizika.

Jednou z možností, jak určit pravděpodobnost selhání při výstavbě tunelu, je využití FTA (Fault Tree Analysis). Jedna z aktivit CIDEAS na ČVUT v Praze se zaměřuje na možnosti stanovení vstupních pravděpodobností pro FTA analýzu pomocí pravděpodobnostních modelů. Odborníci ze společnosti Zakládání staveb, a. s., působí při zpracování analýzy jako konzultanti. Konferenční příspěvek byl věnován zejména představení možného stromu poruch pro stanovení pravděpodobnosti závalu při stavbě tunelu a přístup ke stanovení pravděpodobnosti výskytu nepříznivých geologických podmínek. V závěru byla předvedena aplikace jednoho ze tří pravděpodobnostních modelů na konkrétní případ tunelu.

Další z významných výzkumných oblastí CIDEAS je **uplatnění ekologicky příznivých odpadních, recyklovaných a recyklovatelných materiálů**. Jedním z mnoha příkladů může být výzkum možnosti využití odpadu z prání drceného vápence jako druhotné suroviny pro výrobu silikátových kompozitních materiálů na

VUT v Brně. Odpadní látky využitelné jako druhotné surovinové zdroje obecně vykazují určitou variabilitu vlastností. S ohledem na ověření možných rizik, plynoucích z použití odpadu z prání drceného vápence jako náhrady mletého vápence ve výrobě suchých maltových směsí (např. lepicích a stěrkových tmelů, správkových hmot, spárovacích hmot), bylo třeba zaměřit pozornost na vlastnosti této druhotné suroviny. Jednalo se zejména o síťové rozbory, chemické analýzy, DTA a RTG analýzy, měrné hmotnosti, sypané hmotnosti, vlhkosti, pH atd. Na základě provedených zkoušek lze konstatovat, že aplikace odpadu z prání drceného vápence u zkoušených PMM (Polymer-Modified Mortars) bylo ve srovnání s referenčními hmotami (tj. hmotami obsahujícími jako plnivo mletý vápennec a křemenný písek) dosaženo zvýšení pevnosti v tahu i ohybu, zvýšení pevnosti v tahu i ohybu po působení zmrazovacích cyklů, zvýšení hodnot přidrženosti k betonu po působení zmrazovacích cyklů, zvýšení hodnot přidrženosti k polystyrenu po působení zmrazovacích cyklů u stěrkové a lepicí hmoty pro ETICS (External Thermal Insulation Composite Systems) a snížení nasákavosti směsí. Protože se jedná o kvalitní druhotnou surovinu, která je přibližně čtyřikrát levnější než mletý vápennec, lze očekávat její úspěšné využití ve stavební praxi.

Na konferenci zazněly i příspěvky představující možnosti **využití přírodních bentonitů** pro utěšňování úložišť kontejnerů s radioaktivním odpadem, technického konopí nebo odpadního



Snímky z REM (stáří 30 dní): jemně pórovitá struktura směsi se zrnny portlanditu v póru, zvětšeno 320 x; detail portlanditu v póru, zvětšeno 1000 x; detail polymercementového kompozitu v póru, zvětšeno 1000 x

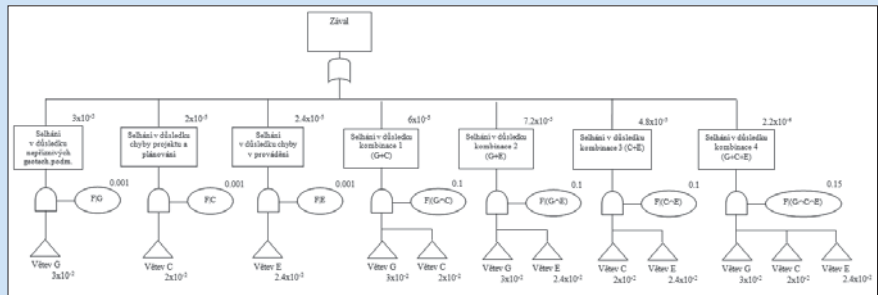


Pohled na objekt při zkoušce (vlevo) a sloup před oknem požárního úseku (vpravo)

polystyrenu pro výrobu tepelněizolačních hmot, recyklované pryže pro výrobu antivibračních rohoží železničních pražcových podloží, recyklovaných nápojových kartonů pro výrobu pláštovic a roznášecích desek kompletačních konstrukcí nebo odprašků při výrobě kameniva jako problematicky uplatnitelného materiálu pro inovace technologií asfaltových vozovek a technologií recyklace za studena a za horka.

Několik příspěvků bylo věnováno **ojedinelému sledování účinků požáru na reálné konstrukci při experimentu v Mokrsku v r. 2008** a jejich vyhodnocení. Požární zkouška byla zaměřena na celkové chování konstrukce vystavené požáru. Objekt o rozměrech 12×18 m představoval část jednoho podlaží administrativní budovy a byly v něm aplikovány tři typy stropních a šest typů obvodových konstrukcí. Požární zatížení bylo simulováno definovaným objemem měkkého dřeva a přesáhlo o cca 50 % charakteristické požární zatížení. Mechanické zatížení odpovídající charakteru administrativní budovy bylo vyvozeno pytlí se štěrkem umístěnými na paletách.

Zkouška ověřila chování konstrukce vystavené požáru velkého rozsahu a umožnila zpřesnění teoretických modelů chování jednotlivých stavebních prvků při požáru. Kromě teploty měřené asi v 200 bodech se během zkoušky měřily ještě celkové i poměrné deformace konstrukčních prvků, tlaky par, vlhkost



Základní struktura FTA pro selhání typu „Zával“

a sálání z konstrukce. Podařilo se dosáhnout kolapsu ocelobetonové desky, ověřit její návrhové modely a prokázat požární odolnost R60 použitých konstrukčních prvků a pláště objektu. K porušení ocelobetonové desky nad nosníky s vlnitou stojinou nedošlo.

Na základě pozitivního hodnocení expertní komise poskytovatele státní podpory, kterým je Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR, byla činnost centra prodloužena do konce roku 2011.

Více informací nejen o konferenci IDEAS 09, ale i o veškerých výzkumných aktivitách a dosažených výsledcích jsou k dispozici na <http://www.cideas.cz/>.

**Ing. Marcela Pavlíková, CSc.,
Prof. Ing. Jiří Šejnoha, DrSc.**

The conference IDEAS 09 – results of research on progressive building constructions

On November 5th and 6th, 2009 the Centre valued its five-year's work at the conference IDEAS 09 held in a new building of the Faculty of Civil Engineering of the VŠB – Technical University in Ostrava.

The two-days conference programme was not long enough to present results of almost hundred tasks worked on. That is why the programme of oral presentations included only papers discussing results of high practical value achieved in co-operation with companies that have a long-term use of these results. This article presents the most important of these achievements.

iMateriály

Internetový portál pro odbornou stavební veřejnost. Přináší aktuální informace o stavebních materiálech a výrobcích a způsobech jejich použití; upozorňuje na poruchy vzniklé chybnou volbou technologie či nesprávným postupem; publikuje průzkumy stavebních materiálů.

www.imaterialy.cz

K PROBLEMATICE VÝKLADU VÝSLEDKŮ ZATĚŽOVACÍCH

ZKOUŠEK PILOT

Článek poukazuje na problémy výkladu výsledků zatěžovací zkoušky piloty a přenosu výsledků na pilotové skupiny. Uvádí a rozebírá i řešení s využitím matematických 3D modelů, jejichž význam v návrhu základu na pilotové skupině je nezastupitelný.

Zatěžovací zkouška se považuje za věrný popis chování piloty v daném místě, za spolehlivý podklad pro návrh pilotového základu. Článek ukáže dvě běžné situace, kdy nastane silné zkreslení výsledků, které navíc může uživateli výsledků zůstat zcela skryto.

Zkreslení geometrií zkoušky

Vzniká při vlastní zkoušce, uživatel výsledků se o něm nedozví, pokud dostal od zpracovatele zkoušky jen graf zatížení a sedání piloty. Zkreslení způsobí kotevní prvky, zejména piloty. Nejsou-li dostatečně daleko od zkoušené piloty, zmenší její sedání.

Je-li k dispozici numerický model zkoušky (3D), zobrazí i kotevní piloty. Zkouška pak testuje skupinu pilot, jedna je tlačena, ostatní tažené. Numerické řešení pak již zkreslení neobsahuje.

Zkreslení v pilotové skupině

Piloty skupiny na sebe silově působí. Spočteme-li ze zatěžovací zkoušky „pérovou konstantu“, je chyba nahradit piloty takovými pery, nepůsobí na sebe. O pilotě ve skupině zkouška neví nic.

Toto zkreslení způsobí řešitel statiky základu. Často nevědomě a v dobré víře, vždyť tuhost (pérová konstanta) piloty vzešla ze zatěžovací zkoušky.

Skupina pilot bývá svázána deskou, náhrada pilot pery se až vnučuje. Model základu pak sklouzává k řešení desky na osamělých perech. Ač je řeč o zkoušce piloty, vlastně zkoušíme především podloží, to určuje sedání piloty, která se zkrátí jen málo a sedá prakticky jako

celek. Tvar i napětí se změní v jistém objemu podloží kolem piloty. Je-li poblíž jiná piloty, změny vyvolané každou z nich se sčítají, deformace tu vzroste.

Mějme např. čtvercovou síť pilot stejné zatížených. Nejvíce sednou piloty při středu skupiny, nejméně piloty rohové. Piloty při středu jsou obklopeny jinými pilotami a společně zatěžují týž prostor. Jsou-li tytéž piloty svázané tuhoun deskou, mají stejné sedání a nejvíce namáhané budou piloty rohové, pak obvodové a nejméně středové.

Rozebíráme konkrétní zkoušky

Zatěžovací zkoušku provedla v dubnu 2009 renomovaná geotechnická firma. Díky úplné dokumentaci bylo možno výsledky použít jednak k popisu zatížené skupiny pilot, jednak k ověření tuhostních parametrů podloží. Zde slouží i jako ilustrace zkreslení geometrií zkoušky.

Kotevní piloty jsou od zkoušené piloty vzdálené asi 4,2 m. Zpracovatel zkoušky vzdálenost porovnal se 3D modelem zkoušené piloty a usoudil, že nedojde k ovlivnění. Často se ale udává nutná vzdálenost 6 až 8 m. Vzájemný vliv závisí i na délce pilot a na tuhosti podloží, viz [5].

Rozebíráme 3D modelem MKP

Modelujeme 5 pilot, střední tlačena, ostatní tažené. Model nepředpokládá o vlivu kotevních

pilot nic, zobrazí uspořádání a zatížení všech pilot. Modelová síla F je 4 MN, tomu ze zkoušky přísluší sednutí 7,3 mm.

K rozboru stačí řešit dva případy:

- 1) plný model celé zkoušky, čtyři tažené a jedna tlačena piloty;
- 2) model bez kotevních pilot, tj. simulace zatížení mrtvou tíhou, jen tlačena piloty.

K modelovým výsledkům

1) Plný model

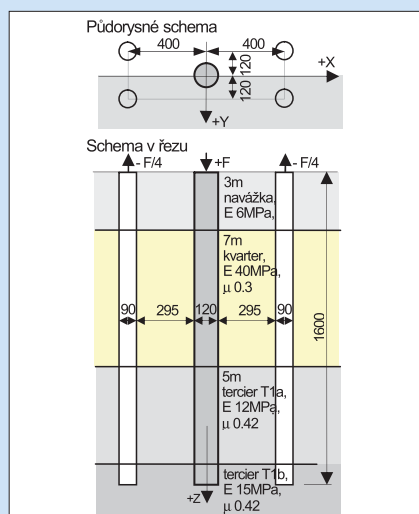
Sedání modelované piloty 9,2 mm. Zkouška dává 7,3 mm. Podloží je tedy o něco tužší než modelové. Zdvih kotevní piloty modelu 2,1 mm nebyl při zkoušce měřen, zpracovatel vliv kotevních pilot nepředpokládal.

2) Simulace mrtvé zátěže

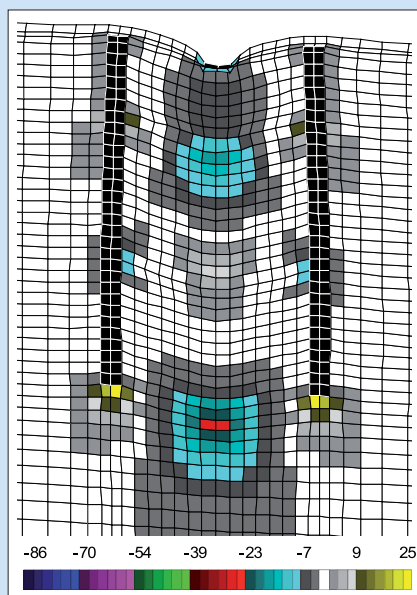
Sedání modelové piloty je 15,2 mm. Kotevní piloty tedy redukovaly sedání od mrtvé váhy z 15,2 mm na 9,2 mm. Zkreslení (poměr obou deformací) je 1,6. Má-li uživatel výsledků zkoušky jen výsledné pracovní diagramy, o tomto zkreslení se vůbec nedozví.

Shrnutí rozboru dané zkoušky

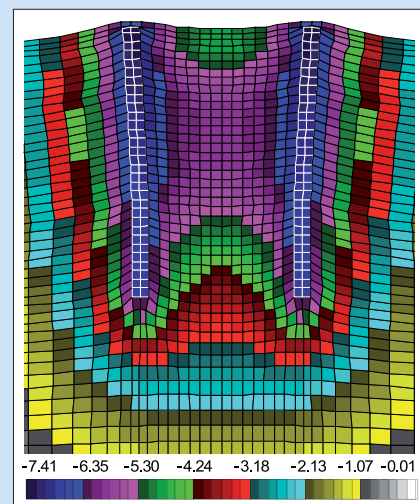
3D model zobrazil všech 5 pilot. Udává sedání tlačena piloty 9,2 mm proti změřeným 7,3 mm. Zátěž bez kotevních pilot dá modelové sedání 15,2 mm, tj. 1,6x více, testovaná piloty „vypadá“ 1,6x tužší. Použití výsledku zkoušky v návrhu založení by vedlo k většímu sedání. Vliv kotevních pilot ukáže model zatížený jen tahem 4x1 MN v kotevních pilotách. Povrch uprostřed čtveřice se zvedne o asi 7,5 mm



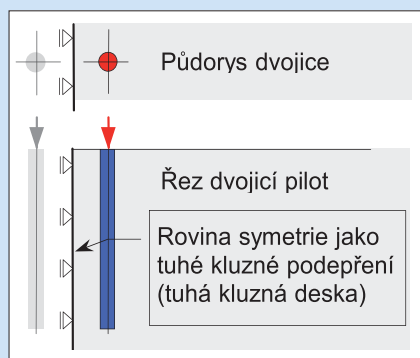
Obr. 1: Schema zatěžovací zkoušky stavby na velkoprofilových vrtných pilotách



Obr. 2: Deformace a napětí σ_z 3D modelu zatěžovací zkoušky, řez kotevními pilotami



Obr. 3: Deformace 3D modelu kotevními silami, řez kotevními pilotami



Obr. 4: Statické schéma piloty dvojice: v rovině symetrie není vodorovný posun ani smyk

– viz obr. 3, kde barvy rozlišují velikost svislých deformací.

Zobrazíme-li zkoušku 3D modelem jako celek, včetně kotevnic pilot, můžeme jejich vliv vyčíslit a popsání zkruslení eliminovat.

Obr. 2 ukazuje, že již blízko skupiny pilot je podloží bez napětí (bílá barva), protože zatížení je samo o sobě v rovnováze.

Obr. 3 ukazuje deformace od tahu v kotevnicích pilotách. Hlavy se posunou od sebe, smyk uvnitř čtverce je nižší. Rozdíl smyků zevnitř a vně dá moment oddalující hlavy a přibližující paty.

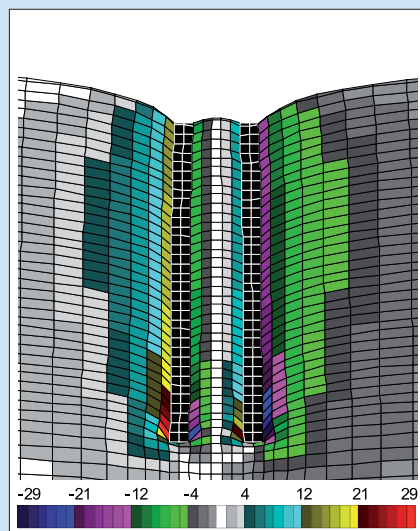
Pilotová dvojice

I tato nejmenší skupina obsahuje rys vzájemného ovlivnění. Jsou-li piloty stejné, je sestava symetrická. V rovině symetrie není zkosení γ_{xz} , ani smykové napětí τ_{xz} , ani vodorovný posun. Dvojici lze zobrazit jako jednu pilotu v podloží omezeném svislou kluznou a tuhou rovinou, viz obr. 4.

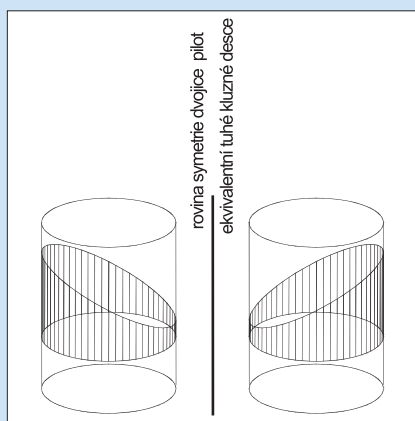
Je vidět, že smyk na části pláště bližší k druhé pilotě je nutně menší než na opačné straně obvodu.

Obr. 6 ukazuje smykové napětí kolem dvojice pilot spočtené 3D modelem. Přivrácené části obvodu pilot nesou smyk absolutní hodnoty asi 12 kPa, opačná strana asi 20 kPa.

Obr. 7 je týž model, průběh napětí σ_z v podloží. Mělce pod patami vidíme spolupůsobení pilot,



Obr. 6: Smyk. napětí τ_{xz} kolem dvojice pilot



Obr. 5: Smykové napětí na plášti pilot ve dvojici je proměnné po obvodu

tvár napětí je společný pro celou dvojici. Modelovány jsou piloty průměru 1,2 m, délky 20 m, osově rozteče 4 m.

Tuhost podloží E_{def} 30 MPa, μ 0,30, zatížení 2+2 MN. Sedání hlav vychází 6,2 mm.

Náhrada pilot „pery“ dá sedání 4,7 mm při jedné pilotě zatížené 2 MN a totéž pro dvojici pilot zatíženou 2x2 MN (i pro trojici 3x2 MN atd.), „pera“ se neovlivní.

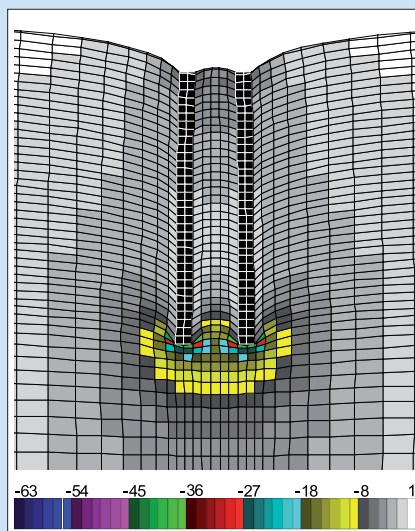
Nečekané výsledky

Je-li změřené sedání menší než očekávané (třeba i značně), zkouška se považuje za úspěšnou a žádné další úpravy (např. zkrácení pilot) se obvykle nedělají.

Při sedání příliš velkém je otázka, zda z údajů zjištěných zkouškou lze určit potřebné úpravy navrhovaných pilot, např. jejich prodloužení. Odpověď je záporná, zkouška nemůže o vlivu délky nebo průměru piloty na naměřené hodnoty říci nic. Může ale sloužit ke zpětné analýze numerickým modelem, k jeho kalibraci na změřené výsledky a teprve takový model odpoví na zmíněné otázky.

Závěrem

Pilotové skupiny dnes převažují, osamělé piloty jsou spíše výjimkou. Obtíž výkladu zatěžovací



Obr. 7.: Napětí σ_z kolem dvojice pilot

zkoušky piloty je pak v přenosu výsledků na piloty ve skupině. V té souvislosti má zkouška jedné piloty charakter testu na vzorku. Umožní kalibraci numerického modelu, který bude použit k návrhu skupiny. Numerické 3D modely tak získávají v kontextu s pilotovými skupinami na významu.

Běžná zatěžovací zkouška neměří nic vně dříku pilot ani např. tvar poklesové kotliny kolem hlavy. Měření změn tvaru podloží vně piloty by přitom bylo velmi cenné už jen pro lepší představu o mechanismu „pilota + podloží“. Je to právě blízké okolí piloty, kde nastávají největší změny.

Ke zhodnocení výsledků zatěžovací zkoušky dojde až její interpretací (výkladem) a může vyžadovat i techniku matematického modelování. Povrchní názor na výsledky snadno vede k falešným závěrům, viz např. [2].

Pilotový základ zatěžují i příčné síly a momenty. Na základy mostních pilířů a opěr působí ve značné velikosti. Zatěžovací zkouška piloty tu přispěje k návrhu jen nepřímo, využitím ke kalibraci matematického modelu skupiny, k ověření vlastností podloží, zejména jeho tuhosti.

Pokud slyšíme, že „zkouška je skutečnost, výpočty jen teorie“, pochybnost takového názoru by měla být z předloženého textu patrná.

Poznámka: Výpočty na 3D modelech i grafika byly řešeny vlastním programem autora článku „BetaP“, který pracuje v prostředí textového editoru Word.

Ing. Petr Hurych, FG Consult, s. r. o.

Literatura

- [1] Hurych, P.: Některé poznatky z numerického modelování zatěžovacích zkoušek pilot, Zakládání, č. 3, 2000.
- [2] Hurych, P.: Numerický model podezřelých zatěžovacích zkoušek, Zakládání, č. 4, 2002.
- [3] Hurych, P.: Pilota a podzemní překážka, Zakládání, č. 2, 2008.
- [4] Mandolini, A.: Analisi e progettazione fondazioni. Università degli Studi Roma La Sapienza, 2008.
- [5] Masopust, J.: Spolupůsobení pilot se základovými deskami, sborník konference Beton v podzemních a základových konstrukcích, Praha, 2004.

On the interpretation of results of load tests on piles

The article points out interpretation problems of load tests on piles and the transfer of results to pile groups. It presents and discusses solutions using 3D mathematical models that have an irreplaceable importance for the design of a foundation on a pile group.



První fáze tryskové injektáže – realizace půsloupů

SUCHOHRAD – REKONSTRUKCE PROTIPOVODŇOVÉHO OPATŘENÍ U ŘEKY MORAVY NA SLOVENSKU

Stavba „Suchohrad – rekonstrukce stávajícího protipovodňového opatření“ zlepšuje ochranné parametry protipovodňové hráze, chránící obec Suchohrad před zvýšenou hladinou řeky Moravy. Podloží hráze bylo v prostoru obce dotěsněno clonou z tryskové injektáže, rozdělené výškově na dvě fáze.

Obec Suchohrad se nachází na hranici mezi Slovenskem a Rakouskem asi 20 km jihozápadně od města Malacky (SR). Před zahájením rekonstrukce byla situace v oblasti obce Suchohrad následující: podél inundačního území řeky Moravy byl proveden zemní val, jehož funkce byla v 90. letech zlepšena podzemní těsnicí stěnou (jíloce-ment), provedenou z koruny valu. V prostoru obce Suchohrad je zemní val z prostorových důvodů snížen. V tomto asi 650 m dlouhém úseku byla ve 30. letech 20. století zbudována 1 m vysoká betonová zídka. Ta byla v 70. letech navýšena o další betonovou zídku s chodníčkem výšky asi jednoho metru. Tím bylo dosaženo dostatečné výšky ochranných prvků. Bohužel však v této části nebyla dodatečně provedena podzemní těsnicí stěna, tak jak tomu bylo v přilehlých úsecích. Při povodních v roce 2006 byly zjištěny velké průsaky přes dilatační spáry podloží zemního valu. A právě ošetření tohoto problému, tedy dotěsnění podloží, bylo úkolem společnosti Zakládání staveb, a. s. Na zakázku byla vypsaná veřejná soutěž, které se společnost Zakládání staveb, a. s.,

zúčastnila ve sdružení se společností Váhostav-SK, a. s. – vedoucím sdružení. Vzhledem ke spolufinancování stavby z Kohezního fondu Evropské unie bylo nutno splnit velmi náročné požadavky, obsažené již jen v zadávacích podmínkách. Zadavatelem veřejné soutěže byla společnost Slovenský vodohospodářský podnik, š. p., který po zhodnocení všech předložených nabídek vybral nabídku podanou tímto Sdružením jako nejlepší a zakázku na stavební práce mu zadal.

Navržené řešení

Projektem byla navržena podzemní těsnicí clona z tryskové injektáže, rozdělená výškově na dvě fáze.

1. fáze byla navržena od úrovně terénu do hloubky asi 6–7 m do sebe vetknutými půsloupů. Pro zajištění požadovaného tvaru půsloupů byla oscilace tryskové injektáže stanovena na 190 °, čímž bylo při vzdálenosti návrtných bodů 1,4 m dosaženo minimální mocnosti clony 0,9 m. Vzhledem k umístění návrtného bodu půsloupů ve vzdálenosti 20 cm od obrysu betonové zdi byla tato zeď tryskovou injektáží též staticky podchycena.

2. fáze byla navržena jako clona z lamel o mocnosti min. 40 cm, navazující hlavou na patu půsloupů a s patou vetknutou na hloubku 1 m do neogenních jílu. U této „spodní“ těsnicí clony byla oscilace stanovena na 20 ° a rozteč návrtných bodů na 2,3 m. Technologie tryskové injektáže byla v celém rozsahu provedena metodou M2.

Realizace

Stavební práce byly zahájeny 7. 7. 2009 dopravou technologického zázemí a zařízení staveniště. Následovalo provedení zkušební pole. Po týdenním „vyčkávání“, kdy se dolažovaly ještě potřebné smluvní vztahy, došlo k zahájení vlastní TI.

V první fázi byly provedeny půsloupů – zpočátku každý třetí, později – po vyhodnocení náběhu pevností – každý druhý. Pro splnění požadovaných parametrů TI bylo nutné provádět plný předřez. I tato činnost byla prováděna pouze stanovenou oscilací – nikoliv klasickou rotací.

Práce v první fázi byly provedeny vrtnou soupravou HVS JET. Oscilace 190 ° v kombinaci s jednou tryskou TI se projevila na častých poruchách výplachových hlav – i přes mazání u každého vrtu nebyla jejich trvanlivost zdaleka srovnatelná s obvyklou.

V průběhu první fáze byly provedeny též čtyři jádrové vrty pro ověření hladiny neogenního jílu – subdodávka provedla pod dohledem našeho geologa a za účasti geologa projek-



Vrtná souprava HVS JET při realizaci 1. fáze z púlslouppú tryskové injektáže

tanta firma UNIGEO. Na základě získaných výsledků byla v některých úsecích upravena pata TI. Po dokončení púlslouppú byla v druhé fázi provedena spodní clona. Pro dosažení co nejlepších parametrú přesnosti vrtní byly v této fázi použity vrtné tyče o průměru 114 mm a vrtná souprava HBM 150 s dvěma nástavci. Jelikož nejdelší vrty měřily přes 23 m, bylo dohodnuto, že bude změřena přesnost vedení vrtú. Ověřena byla inklinometrickým měřením (firmou Penetra) s velmi dobrými výsledky – maximální odchylka činila při délce vrtu 22 m 0,8°, tedy pouze 0,15 m. Velký důraz byl kladen na napojení nově prováděné těsnicí clony na stávající podzemní těsnicí clonu. Na obou koncích byly tyto konstrukce opatrně obnaženy, aby se ověřila jejich poloha, a teprve poté bylo provedeno napojení, tj. souběh obou konstrukcí v souladu s projektovou dokumentací. Poslední lamely TI byly dokončeny 10. 10. 2009.

Celková plocha provedené podzemní těsnicí clony činí 12 043 m² při průměrné hloubce clony 17,5 m.

Pro hladký průběh vrtných prací, zvláště při použití soupravy HBM 150, která nemá právě vynikající kinematiku lafety, bylo velice důležité dbát na údržbu nasypané pracovní plošiny – průběžně byla ošetřována minibagrem Takeuchi. Minibagr byl rovněž vítaným pomocníkem při manipulaci s 1,5“ hadicemi TI, „A“ hadicemi (100 mm) na vyplavený materiál a čerpadlem Bauer HP na vyplavený materiál – vzhledem k solidním výkonům vrtných souprav bylo nutné téměř každý den manipulovat jak s hadicemi, tak s čerpadlem vyplaveného materiálu.

Injekční směs

Technologem společnosti Zakládání staveb, a. s., byla navržena klasická jílostrusková injekční směs, odzkoušená na mnoha stavbách, ale investor požadoval použití projektem navržené

směsi, jejíž složení bylo: jemně mletý vápenec, cement CEM I 32,5 R a bentonit. Použití jemně mletého vápence se projevilo, v porovnání s klasickými surovinami, rychlejším opotřebením součástí vysokotlakého čerpadla (TECNIWEL TW 603). Jinak s touto směsí nebyly žádné problémy. Aby bylo možné zajistit plynulý chod stavby, bylo do míchacího centra (TECNIWELL TWM 30) nutné zapojit dvě šedesátitunová síla a jedno třicetitunové. Bentonit se používal pytlovaný.

Poznámky závěrem

Jako perličku z realizace mohou vzpomenout na období krátce po zahájení stavby, kdy celá oblast Záhorí byla zamořena komáry. Situace byla natolik vážná, že se jí zabývala i vláda SR, a výsledkem byly celoplošně prováděné postřiky, realizované jak ze vzduchu letadly, tak ze země vozidly se speciální nástavbou, připomínající sněhová děla. V tomto období byl pohled na neustále se plácající a drbající pracovníky až komický – samotným aktérům však do smíchu nebylo.

Další, podobnou „veselou historkou z natáčení“ byly noční nálety sršňů na pracoviště vrtné soupravy osvětlené halogeny – ve štítu jednoho přilehlého stavení měly sršni hnízdo a noční směny v okolí tohoto objektu byly velice nepříjemné. Kupodivu si však žádné žihadlo nikdo nevysloužil.

Spolupráce se zástupci společnosti Váhostav-SK, a. s., byla vesměs pozitivní. Kromě provedení pracovní plošiny, která byla budována současně jako definitivní cesta podél hrazení, prováděl odběratel i sanaci stávající betonové konstrukce, především opravu dilatačních spár a úpravu otvorů, včetně provedení uzávěrů kanalizace. Velice kladný postoj k potřebám stavby měl i starosta obce Suchohrad. Doufáme, že tento jeho postoj se nezmění ani při příštím zvednutí vod v Moravě, kdy naše dílo bude poprvé důkladně prověřeno.

Jaroslav Lehoučka, Zakládání staveb, a. s.,
s přispěním Ing. Zdeňka Jirouška,
Zakládání staveb, a. s.
Foto: autor a Libor Štěřba

Suchohrad – reconstruction of existing anti-flood protection structure for the Morava River in Slovakia

The „Suchohrad construction - reconstruction of an existing anti-flood protection structure“ improves safety parameters of an anti-flood dam protecting the Suchohrad village against elevated levels of the Morava River. The existing dam subsoil in the village area was additionally sealed by a screen of jet grouting divided into two elevation levels.



Zařzení staveniště s vrtnou soupravou HBM 150 při realizaci 2. fáze clony z lamel tryskové injektáže



Čelo zatahované části shybky právě dosáhlo vodní hladiny, v pozadí je ve štětové stěně vidět zatahovací „komůrka“ se zatahovacím lisem

ÚPRAVA PLAVEBNÍ ÚŽINY CHVATĚRUBY S PŘELOŽKOU VODOVODNÍ SHYBKY

Na počátku roku 2009 byla zahájena rozsáhlá investice Ředitelství vodních cest, která má výrazně zlepšit podmínky plavby na Vltavě v místě bývalé plavební úžiny Chvatěruby. Práce zahrnovaly prohrádku řečiště a korekci břehů a břehového opevnění. Přidruženou, nicméně významnou investicí v rámci této stavby byla i přeložka vodovodní shybky. Trasa staré shybky byla uložena v nedostatečné hloubce pode dnem řeky a neumožňovala navrhované prohloubení dna při dodržení minimálního krytí potrubí ve dně.

Plavební úžina Chvatěruby je úsek řeky ve zdrži Miřejovického jezu mezi železničním mostem v Kralupech nad Vltavou v říčním km 23,980 a výjezdem z dolního plavebního kanálu plavební komory Dolánky v říčním km 26,700. Řeka zde měla pro plavbu nedostatečnou hloubku, šířku plavební dráhy i poloměry oblouků plavební cesty a nesplňovala parametry ani klasifikační třídy IV, přičemž plavba byla z důvodu splavnosti plavební úžiny omezena jen na 234 dní v roce. Překážkou byl jednak tvar řečiště Vltavy, sevřeného v místě úžiny z jedné strany skalním masivem z výlevných hornin – spilitů –, které tvořily v řečišti skalní práh, jednak naplaveným ostrovem Kocanda. Plavba lodí pak byla omezena buď nedostatečnou hloubkou v řečišti při malém průtoku, nebo přílišnou rychlostí proudění v případě zvýšeného průtoku.

Vltavská vodní cesta je dle mezinárodních dohod zařazena mezi významné evropské vodní cesty s mezinárodním označením E20 a byla pro ni stanovena třída **Va** klasifikace vnitrozemských vodních cest mezinárodního významu. Navrhovaná úprava řečiště s parametry plavební cesty tř. **Va** tak výrazně

zlepšuje podmínky plavby, předpokládá minimální šířku plavební cesty 50 m, hloubku 3,30 m od minimální provozní hladiny jezu Miřejovice a korekci břehů a koncentračních hrázek z důvodu dodržení minimálního poloměru cesty v obloucích. Tyto úpravy plavební cesty umožní plavbu po 334 dní v roce. Realizace stavby byla podmíněna splněním řady požadavků orgánů státní správy a organizací zabývajících se ochranou přírody, tj. zejména požadavkem provádění prací pouze ve vymezeném časovém období (v době od 15. 8. do 31. 3.) a požadavkem odvozu hlavních objemů vytěžených hmot po vodě lodními mechanismy.

Tvrdá prohrádka

Část těžby v řečišti pro plavební dráhu měla být realizována jako „tvrdá prohrádka“ v horninách tř. těžitelnosti 6–7 – spillitech, což jsou houževnaté výlevné horniny, v masivu běžně strojně nerozpojitelné. Mocnost horniny, která zasahovala do plavební dráhy a měla být proto odstraněna, byla v některých místech přes 2 m, celkový objem rostlé horniny činil 9018 m³.

Původní návrh rozpojování hornin trhačím pracem nebyl schválen; až 30 účastníků řízení v rámci schvalování projektu trhačím prací, převážně fyzických osob, nebylo schopno nalézt konsensus. Většina z nich zažila bezohledný přístup těžařů v bývalém přilehlém lomu Kravčina, kde byly používány komorové odstřely řádově několiknásobně větších náloží, které způsobily škody na budovách v širokém okolí lomu, a v čerstvé paměti měli i velkou povodeň v roce 2002, která opět většinu obytných budov podél řeky vážně poškodila. Připustit tedy jakékoliv trhačím práce, které by mohly být jen teoreticky způsobit drobné škody, bylo pro ně nepřijatelné.

Zhotovitel proto po dohodě s investorem zvolil alternativní technologii – rozpojování hornin bouracími kladivy. Tato technologie rozpojování se v tak velkém rozsahu běžně nepoužívá, natož při rozpojování hornin pod vodou v hloubkách až 4 m. Předpokladem bylo nasazení speciálních bouracích kladiv schopných pracovat pod vodou a stanovit takové technologické postupy, při kterých bylo možno tyto náročné práce na vodě



Provádění tvrdé prohrábkky ze tří plošin nasypných v řece

vůbec provádět. V řečišti byly v úrovni hladiny řeky zřízeny malé plošiny z lomového kamene, na které byly umístěny těžební mechanismy. Vždy po odbourání části dna musela být hornina ze dna vytěžena, odbouraný úsek byl zaměřen a teprve poté se mohla plošina posunout řečištěm o další metr dál. Práci ztěžoval téměř stále zvýšený vodní stav a silný proud, který komplikoval i průběžná měření hloubek. To vše si vyžádalo prodloužení doby provádění těchto prací oproti původnímu harmonogramu, nemělo to však vliv na konečný termín stavby. Práce na rozpojování hornin v řečišti byly zahájeny v srpnu 2009 a byly dokončeny v lednu 2010.

Korekce břehů a břehová opevnění

Součástí úpravy plavební dráhy byla i korekce břehů v obloucích dráhy. Kromě odtěžení části naplaveného ostrova Kocanda, který zužoval řečiště v místě úžiny, byla navržena i korekce pravého břehu při výjezdu z dolního

plavebního kanálu plavební komory (PK) Dolánky. Přitom bylo nutno zachovat šířku pravobřežní komunikace. Oproti původnímu návrhu muselo být doplněno pažení svahu štětovými stěnami, pod jejichž ochranou pak bylo provedeno opevnění svahu lomovým kamenem a dlažbou. Stavební práce bylo nutno provádět opět z vody vzhledem k požadavku na nepřerušenu průjezdnost pravobřežní komunikace, která tvoří jedinou zásobovací cestu pro objekt plavební komory Dolánky a část obce Zlončice.

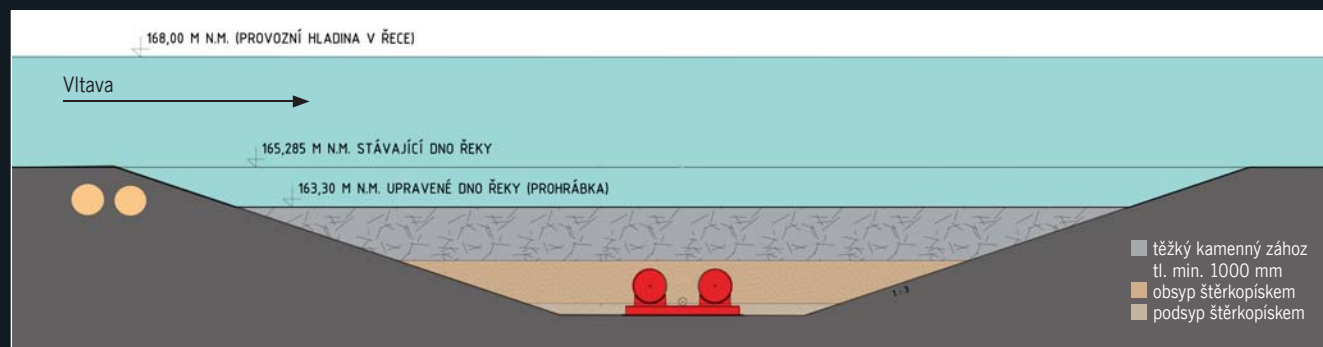
Práce na opevnění korekce břehu ostrova Kocanda v současné době ještě probíhají.

Přeložka vodovodní shybky

Přidruženou, nicméně významnou investicí v rámci této velké vodohospodářské stavby byla i přeložka vodovodní shybky v říčním km 25,271. Stávající shybka je součástí páteřního vodovodního řadu, který zásobuje velkou část Středočeského kraje (oblast Mělnicka, Neratovicka, Kralupska, Kladenska

a Slánska), byla však uložena v nedostatečně hloubce pode dnem řeky a neumožňovala navrhované prohloubení dna při dodržení minimálního krytí potrubí ve dně. Podmínkou přeložení vodovodu bylo provedení veškerých přípravných prací za provozu staré shybky, bez přerušení dodávek vody.

Trasa nové přeložky shybky byla projektem umístěna souběžně se starou shybkou ve vzdálenosti asi 15–20 m po proudu řeky; navržena byla jako zdvojená ze dvou potrubí DN 800 z tvárné litiny Saint-Gobain. Zadávacím projektem byla navržena **splavovaná shybka** dl. 93 m, tj. technologie, při které je shybka jako celek spuštěna na vodu, naplavena nad rýhu ve dně a pomocí plováků postupně potopena do rýhy. Podrobné technické řešení mělo být součástí dodavatelské dokumentace. Provedením kompletní přeložky shybky, včetně zpracování dodavatelské dokumentace a technologie uložení shybky, byla pověřena společnost Zakládání staveb, a. s.



Příčný řez řečištěm v místě nové shybky a její umístění vzhledem k upravenému dnu po provedené prohrábkce, znázorněna je také poloha původní staré shybky

Po podrobném zaměření okolního terénu a zvážení všech variant byla oproti původnímu projektu zvolena technologie **zatahované šyby** po zatahovací dráze, umístěné v ose šyby po dně výkopu. Svažité terén k řece, dostatečně velký prostor pro montáž šyby na levém břehu a také navržený materiál potrubí Saint-Gobain, který umožňuje v určitém rozsahu pohyb v hrdlech, se zdál být pro tento způsob technického řešení ideální. Naopak překážkou byly stísněné poměry na pravém břehu, navíc s požadavkem na nepřerušovaný provoz po pravobřežní komunikaci.

Technologie zatahování po dně výkopu má řadu výhod. Na potrubí, které je při zatahování postupně zaplavováno, nepůsobí vztlačkové síly prázdného potrubí, a není proto nutné řešit stabilitní problém „vznášejícího se“ potrubí při potápění šyby z hladiny, kdy je splavovaná šyba nejvratší. Potrubí je po celou dobu v kontaktu s podložkou

a tudíž stabilní, odpadá nutnost použití plováků, které jsou jinak u potrubí takového průměru pro potopení šyby nezbytné, zjednoduší se i výpočet spojovací konstrukce, zde vylučně namáhané tahem, vyloučí se i vliv proudící vody, neboť na potrubí v rýze ve dně cca 3 m pode dnem řeky proud vody téměř nepůsobí. Zatažení v ose a poměrně pomalý postup zatahování, který lze navíc kdykoliv v případě potřeby zastavit, také usnadňuje vytýčení a kontrolu prací během ukládání šyby do rýhy. Technologie zatahování navíc umožnila prodloužit zatahovanou část šyby až na téměř 120 m, a tím výrazně zjednodušit napojování potrubí pod úroveň hladiny řeky v břehových jámkách.

Po vypracování výrobně-technické dokumentace a technologického postupu zatahování byl zpracován podrobný harmonogram postupu prací a termín zatažení šyby byl určen na 15. 10. 2009.

Realizace

Práce byly zahájeny doplňkovým inženýrsko-geologickým průzkumem, který měl ověřit předpoklad projektu, že navržená těžba rýhy pro šybu nezasahuje do skalních hornin třídy těžitelnosti 6 a 7.

Stavební práce byly zahájeny v srpnu 2009 přípravou **montážní plochy** pro montáž zatahované části šyby. Plocha byla umístěna v ose šyby a přímo navazovala na navrženou zatahovací dráhu. Na hotovou montážní plochu byla připravena **montážní a spojovací konstrukce**, na kterou se pak postupně montovalo potrubí šyby. Konstrukce byla sestavena ze 17 ks „saní“ s příčnicí U 240 mm, na které byla přivařena sedla pro osazení potrubí. Saně byly vyrobeny z plechu tl. 5 mm, jednotlivé saně byly z boku přes příčník pospojovány táhly ze dvou profilů 32 mm. Montážní a spojovací konstrukce sloužila jako podpora pro montáž potrubí šyby, následně pak jako součást



Montážní plocha na levém břehu s položenou montážní a spojovací konstrukcí



Montáž potrubí šyby na montážní a spojovací konstrukci



Dokončená zatahovaná část šyby s ochranným dřevěným obedněním před zatažením do rýhy v řece



Koncová část šyby v průběhu zatahování; zřetelně je vidět funkce „saní“, osazené hadicemi pro dopouštění potrubí vodou



Zatahovací komůrka s rozpěrným rámem, do kterého je opřena zatahovací lis



Potrubi shybky během zatahování na dráze o poloměru 300 m

zatahovací konstrukce, na které bylo potrubí shybky uloženo a pomocí které měla být shybka do rýhy zatažena. Montážní konstrukce byla pružná, a umožňovala tak kopírovat povrch zatahovací dráhy, která měla přenést veškeré zatahovací síly.

Po dokončení montáže potrubí shybky byla na montážní ploše provedena tlaková zkouška potrubí, byla dokončena kompletace spojovací konstrukce, osazena zatahovací táhla a potrubí shybky bylo opatřeno dřevěným obedněním z latí tl. 5 cm. Celková délka zatahované části shybky byla 119 m, váha potrubí byla 65 tun, objem vody v potrubí byl 120 m³, na obednění bylo použito 40 m³ dřeva. Celková váha shybky včetně spojovací konstrukce a obednění pak činila 80 tun.

Během výroby shybky na břehu se prováděl **výkop rýhy v řece**, který současně tvořil zatahovací dráhu pro shybku. Dráha musela

respektovat požadavek dodavatele potrubí na minimální poloměr oblouku zatahovací dráhy, který byl dán maximálním povoleným potočením potrubí v hrdlových spojích do 2°. Projektem byl dán min. poloměr oblouků zatahovací dráhy 300 m. V průběhu těžby rýhy v řece musela být proto prováděna poměrně přesná měření dna výkopu, ztížená velkou hloubkou a značným průtokem. Hloubka rýhy dle aktuálních vodních stavů se pohybovala v rozmezí 6,5–6,80 m, rychlost proudění byla 1–2 m/s. Počáteční obavy, že rýha bude silným prouděním vody zanášena jemným sedimentem, se nakonec nepotvrdily. Rýha pro shybku byla dokončena v termínu ke dni zatahování.

Zatahování shybky

Zatahování shybky do rýhy bylo prováděno z pravého břehu, kde byl umístěn zatahovací

lis. Zatahovací síla byla dle váhy shybky a předpokládaných třecích sil stanovena max. 50 tun. Přesto byl připraven na pravém břehu zatahovací lis o celkové kapacitě až 1700 KN (~170 tun). Lis byl zakotven přes zemní kotvy a roznášecí konstrukci v pažici štětové stěně, která zároveň zajišťovala pravoběžnou komunikaci v bezprostřední blízkosti výkopu rýhy. Lis byl umístěn co nejnižší nad vodní hladinu, aby se snížil úhel zatahovacího lana. Použito bylo zatahovací lano ze 6 ks předpínacích pramenců ø 15,7 mm, každé o nosnosti cca 20 tun, délka zatahovacího lana činila 175 m.

Zatahování bylo zahájeno dne 14. 10. 2009. Přestože byl na montážní ploše rozprostřen bentonit pro snížení tření, zatahovací síla při rozjezdu shybky vystoupila až ke 100 tunám. Plynulý postup zatahování pak pokračoval rychlostí 7–9 m/h, zatahovací síla se pak ustálila na hodnotě 50–60 tun.



Levobřežní čelo shybky po vyčerpání vody z břehové jímky



Napojování potrubí na konec shybky ve vyčerpané pravobřežní jímce

V průběhu zatahování bylo potrubí postupně zaplavováno vodou, množství vody bylo měřeno a doplňováno do potrubí tak, aby se vyloučily vztlakové síly prázdného potrubí. Postup zatahování a stav spojovací konstrukce i potrubí byl průběžně sledován potápěči. Shybka byla zatažena do pozice přesně dle vytyčení s minimální odchylkou od projektovaného stavu. Zatažení bylo ukončeno dle harmonogramu dne 15. 10. 2009.

Břehové jímky

Po kontrole uložení shybky v rýze potápěči a opětovné tlakové zkoušce po zatažení byla zahájena etapa napojování břehových částí v ochranných břehových jímkách. Za účasti potápěčů byla nejprve provedena injektáž břehových částí shybky tak, aby byl omezen přítok vody do břehových jímek podél potrubí. Na obou březích pak byly nasypány zemní hrázky, pod jejichž ochranou byla voda v jímkách vyčerpána a provedeno napojení

potrubí až nad úroveň hladiny v řece. Pro tento postup se podařilo dojednat krátkodobé snížení hladiny vody ve zdrži o 2,5 m, které se však v místě shybky z důvodu hydrodynamického vzduší ve zdrži projevilo snížením hladiny pouze o 1 m. Proto bylo nutno v břehových jímkách krátkodobě vyčerpávat vodu na rozdíl hladin až 3 m! Po položení potrubí až nad vodní hladinu byla dokončena pokládka potrubí na obou březích až k armaturním komorám.

Součástí dodávky přeložky vodovodní shybky bylo i zajištění **armaturních komor** (v předstihu) včetně kompletní výměny armatur v armaturních komorách. Zajištění armaturních komor spočívalo v provedení 2 ks kotevnic pilot na 1 komoru a provedení betonového kotevního bloku pro přenesení vodorovných sil od tlaku vody v potrubí. Dále následovala kompletní výměna šoupát, vzdušníků a dalších zařízení v armaturních

komorách. Výměna armatur probíhala ve dvou 30hodinových odstavkách vody, což bylo umožněno využitím plné kapacity vodovodní trasy na celé trase vodovodu. I přes takto krátké termíny proběhlo napojení potrubí bez přerušení dodávky vody ke konečnému uživateli.

Celá stavba přeložky vodovodu byla náročnou zkouškou odborné zdatnosti a připravenosti dodavatele nejen z důvodu technické náročnosti stavby, ale i díky nutnosti koordinace až 20 subdodavatelů, podílejících se na výstavbě a krátké dodací lhůtě. Díky dodržení náročného časového harmonogramu výstavby a odpovědnému přístupu všech účastníků výstavby byla nová přeložená vodovodní shybka dokončena v termínu a uvedena do zkušební provozu do Vánoc 2009.

Ing. Aleš Havránek, Zakládání staveb, a. s.
Foto: autor a Libor Štěrbá



Dokončení montáže potrubí v zapáženém výkopu a napojení potrubí do pravobřežní armaturní komory

Reconstruction of a navigation strait in Chvatěruby with relaying of a water-service siphon

An extensive investment of the Directory of Water Routes commenced at the beginning of the year 2009. Its goal has been to improve sailing on the Vltava River in place of a former navigation strait in Chvatěruby. The works included riverbed dredging and strengthening and correction of banks.

A subsidiary investment of no less importance within the above mentioned construction involved relaying of a water-service siphon. The original siphon line was placed in an inadequate depth under the riverbed as it did not allow the designed deepening of the riverbed and keeping the prescribed pipeline coverage under the bottom.

Účastníci výstavby:

- investor stavby: Ředitelství vodních cest ČR,
- generální dodavatel: OHL ŽS, a. s.,
- generální projektant: HYDROPROJEKT CZ, a. s.,
- VTD shybky: FG Consult, s. r. o.,
- technologie zatažení shybky, realizace: Zakládání staveb, a. s.

Hlavní rozměry:

- materiál vodovodní shybky: potrubí z tvárné litiny 2x DN800 výrobce Saint-Gobain, hrdlové spoje typ Universal Ve,
- zatahovaná část shybky: délka 119 bm,
- celková délka shybky: cca 180 m,
- spojovací konstrukce: váha 7,5 t,

- zatahovací lis: předpínací lis „PAUL TENSA M“ 1700 kN s napínacím zdvihem 250 mm,
- pažení výkopů: 1500 m² štětových stěn, 7 ks kotev dl. 10–11 m,
- piloty u armaturních komor: 4 ks pilot ø 1200 mm, celk. dl. 40 bm,
- injektáž potrubí: 50 m³,
- těžba rýhy v řece: 6500 m³,
- zpětný zásyp shybky: 1000 m³,
- obsyp shybky lom. kamenem: 3535 m³.

Termíny výstavby:

- zahájení stavby: 2/2009,
- předání shybky do zkušební provozu: 12/2009,
- předání kompletní shybky, kolaudace: 3/2010.



Rozeptřené pilotové stěny pro tunel II a přilehlý svah zajištěný kotvenou záporovou stěnou

VRTANÉ PILOTY NA STAVBĚ KRÁLOVOPOLSKÝCH TUNELŮ VMO BRNO, PŘEHLED Z LET 2007–2009

V tomto příspěvku přinášíme přehled prací pilotového zakládání, provedených společností Zakládání staveb, a. s., v období let 2007–2009 na hloubených úsecích portálu Královopolského tunelu v Žabovřeskách, na založení mostních objektů, galerií, opěrných a zárubních zdí, na technologickém centru tunelu a dalších objektech.

Hloubené úseky v oblasti portálu Žabovřesky

Geologické a hydrogeologické poměry v oblasti

Pilotové stěny pažicích konstrukcí procházejí masivem neogenních jíílů pevné až tuhé konzistence, svrchní vrstvy tvoří spraše a jílovité hlíny s nízkým podílem písčité frakce. Podzemní voda byla zjištěna jen ojediněle.

Popis provedených konstrukcí

Královopolský tunel je tvořen dvěma samostatnými dvoupruhovými rourami, většina délky tunelu je ražena, části před portály jsou hloubeny z povrchu. Hloubené části v žabovřeském předpolí jsou situovány do zářezu hlubokého asi 7 m, pravá strana se přibližuje k povrchové zástavbě na ulici Voroněžská. V tomto místě bylo nutné v předstihu svah zajistit – ze svahovateho předvýkopu zde bylo provedeno záporové

pažení z dřevěných pažin výšky 2 m, opatřené vrstvou stříkaného betonu. Záporny z profilů HEB 240–280, délky 9–14 m byly osazeny do vrtů prům. 640 mm a přikotveny v jedné řadě šestipramenovými kotvami délky až 16,5 m. Celková délka záporové stěny byla 70,5 m. Pažení stavebních jam hloubených částí tunelových trub je pak tvořeno pilotovými stěnami délky až 16,5 m se základovou spárou v hloubce 8,6 až 11,0 m. Zhruba ve třetině



Hloubená část tunelu I a provizorní portál rozeptřené trubními rozpěrami



Pilotová stěna tunelu I



Hloubená část tunelu II rozepřena ve dvou úrovních, položena je izolace pro armování a betonáž dna tunelu



Provádění podzemních stěn definitivního portálu

délky hloubeného úseku tunelu II pilotová stěna navazuje na záporové a přebírá funkci zajištění svahu. Převážka pilotové stěny zde zároveň tvoří i základový blok galerie větve H5 mimoúrovňového křížení nájezdové rampy. Hlavy pilot jsou u obou tunelů převázány železobetonovým trámem a jsou rozpírány ocelovými trubkami prof. 610/8 nebo svařenci 2xIPE 400. Rozepření je navrženo ve dvou úrovních s ohledem na podjezdnou výšku etáží výkopu a demontáž rozpěr při betonáži jednotlivých dilatačních celků hloubených tunelů. Oba tunely spojuje tzv. vzduchotechnický kanál, zhotovený ve stavební jámě, pažené

pilotovými stěnami hloubky 8,5 m. V koruně jsou piloty opět svázané převázkovým trámem a rozepřeny ocelovými trubkami 377/10. Hloubka výkopu je 4–4,5 m. Po vyhloubení jednotlivých úrovní stavebních jam byly pilotové stěny z lícové strany začištěny a jejich povrch vyrovnán vrstvou stříkaného betonu.

Postup výstavby na tunelu I

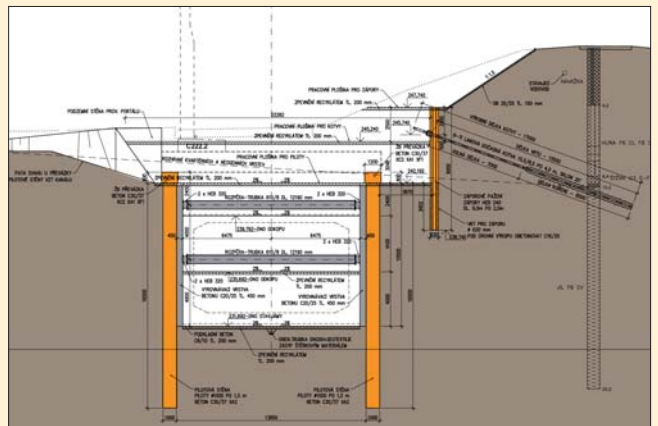
Na konci roku 2007 byly zahájeny práce pilotového založení stavební jámy tunelu I. Do března 2009 bylo dokončeno hloubení stavební jámy včetně osazení převážek,

rozpěr a provedení stříkaného betonu. Během dalších čtyř měsíců byly veškeré rozpěry odstraněny. Vše proběhlo přesně dle postupu daného RDS:

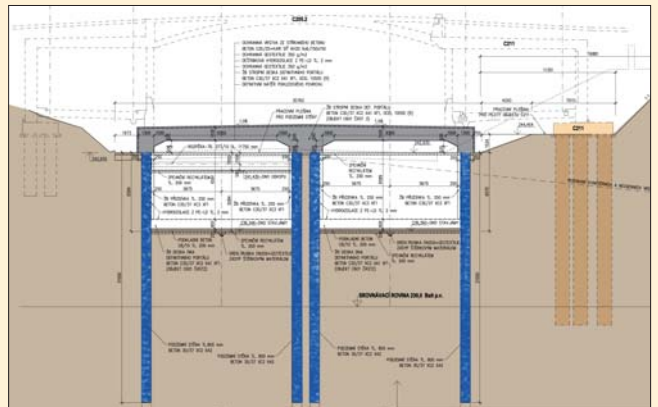
- betonáž desky dna tunelové trouby a odstranění druhé úrovně rozpěr po cca 10 dnech,
- betonáž stěn tunelu a osazení přestavných rozpěr po odbednění (pouze v některých úsecích),
- odstranění horní úrovně rozpěr po dosažení 100% pevnosti betonu stropní konstrukce tunelu (v úsecích, kde rozpěry byly vyprojektovány ve výškové úrovni nad stropem).



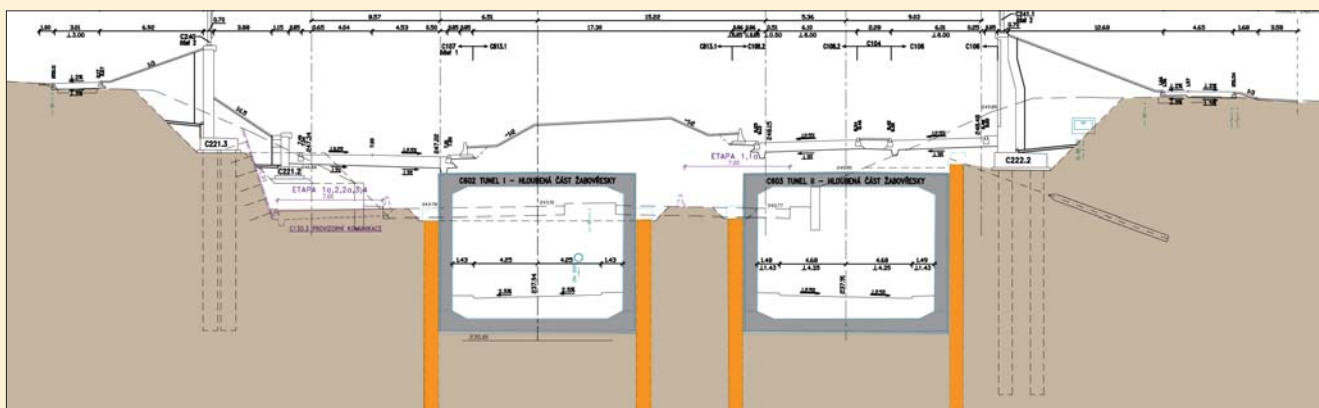
Hloubené úseky v oblasti žabovřeského předpolí Královopolského tunelu



Příčný řez stavební jámou pro tunel II, kterou zajišťuje pilotová stěna s dvěma úrovními rozpěr; v horní úrovni je kotvené záporové pažení.



Příčný řez definitivním portálem tunelu zhotoveným z podzemních stěn



Stavební jámy pro tunel I a II zajištěné pilotovými stěnami po vestavbě tubusů



Definitivní portál z podzemních stěn, vpravo navazuje galerie objektu C 211, založená na velkopřůměrových pilotách

Při těchto demontážích řezacím plamenem bylo nutné věnovat zvýšenou pozornost ochraně již osazené hydroizolace na stěnách. Ochrana byla provedena kombinací překližkových desek, tenkého plechu a rozprašováním tlakové vody do míst spadu okují. Práce se podařilo provést ke spokojenosti objednatele a v současné době jsou železobetonové konstrukce hloubené části tunelu dokončeny a čeká se na vyhloubení ražené části.

Postup výstavby na tunelu II

Postup budování stavební jámy závisel na termínu dokončení přeložky horkovodu a odstranění stávajícího vedení, probíhajícího příčně stavební jámou. Do té doby byly provedeny prakticky veškeré pilotové stěny včetně žlb. převážkového trámu, dvě třetiny rozepření ve vrchní úrovni a výkop do hloubky cca 2,5 m. Klíčovým termínem byla první dekáda měsíce dubna 2009, kdy byly postupně dokončovány piloty na pilotových stěnách včetně žlb. převázky, podzemní stěny provizorního portálu (viz další kapitola) a kompletní výkop celé hloubené části s rozepřením a úpravou pilotových stěn betonem. V průběhu hloubení provizorního portálu byl proveden mikropilotový deštník včetně odbourání podzemních stěn a zajištění čelby stříkanou hřebíkovanou stěnou. Celkem bylo na popsanych objektech provedeno 423 ks pilot prům. 1000, 900 a 660 mm, délky až 17 m.

Definitivní portál a Provizorní portály tunelu I a II

Výjimkou z technologie velkopřůměrových vrtaných pilot je zakončení pilotových stěn hloubených úseků tunelů po obou stranách portály z železobetonových podzemních stěn. Definitivní portál bude vstupní branou do Královopolského tunelu a je společný pro oba směry tunelu. Byl vybudován z podzemních stěn hl. 21,0 m, tl. 0,8 m. Mezi tunelovými troubami I a II tvoří konstrukce podzemních stěn výztužený pilíř trojúhelníkového tvaru. V čele tohoto pilíře jsou stěny ještě sepnuty dvěma dvojicemi ocelových táhel z prof. 32 mm. Stěny portálu jsou v definitivním stavu rozepřeny deskami dna tunelů a stropní deskou. Provizorní portály tunelu I a II, resp. boky a čela stavebních jam, zajišťují přechod



Souprava BG 18 při hloubení vrtů pro piloty na objektu C 211 – galerie na větví H4

hloubených částí do části ražené a jsou tvořeny rovněž podzemními stěnami hloubky 20–25 m. Základová spára konstrukce tunelu je v hloubce 13,2 m u tunelu I a 15,5 m u tunelu II. V koruně byly podzemní stěny převázány železobetonovým hlavovým trámem. V horních úrovních byly boky portálů rozepřeny ocelovými trubkami 610/8mm a u tunelu I na úrovni –6,5 m pod korunou stěn zakotveny sedmipramennými kotvami délky 22,0/14,0 m. Kotvení pro TII bylo provedeno ve dvou výškových úrovních šesti a sedmipramennými kotvami délky 22,0 až 26,0 m.

Založení mostních objektů, galerií, opěrných a zárubních zdí

Práce na pilotovém založení mostních objektů, opěrných a zárubních zdí budoucích komunikací, osazených do hlubokého zářezu mezi stávající zástavbu, probíhaly od října 2007 do listopadu roku 2009. Jednalo se především o tyto stavby:

- SO C 201 Most na Korejské přes VMO,
 - SO C 202 Most na větví H3 a H4, Hradecká přes Rondel,
- (Tyto dva mostní objekty byly v závěru roku 2009 částečně uvedeny do městského provozu a značně ulehčily komunikacím vedoucím z centra města.)
- SO C 203 Most na větví H3, Hradecká přes Královopolskou,
 - SO C 211 Galerie na větví H4 – konstrukce stavby je již dokončena,



Přední a zadní stěna galerie na větví H4, založené na velkopřůměrových pilotách (v pozadí definitivní portál Královopolského tunelu)



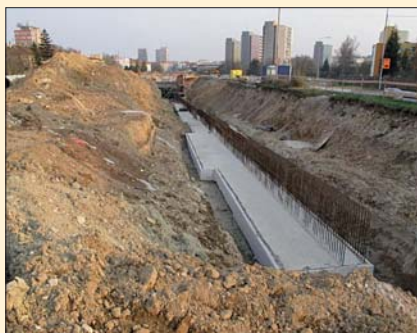
Předpolí žabovřeského portálu Královopolského tunelu s vyznačením založení mostních objektů, galerií, opěrných a zárubních zdí



Pilotové založení zadní stěny galerie objektu C 211



Část mostního objektu C 202 na Hradecké ul. přes rondel založená na velkopřůměrových pilotách



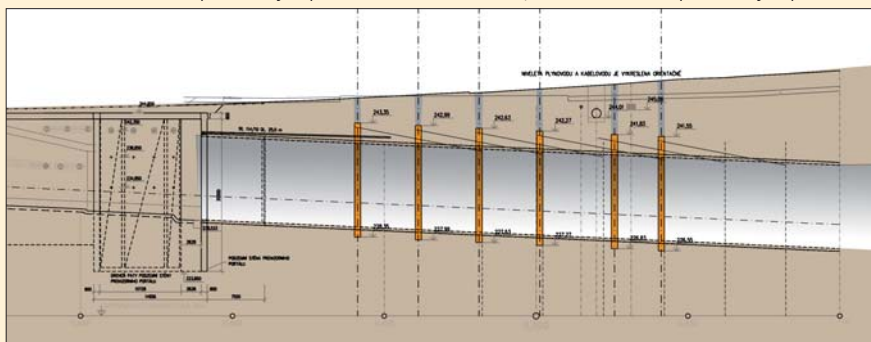
Základový trám opěrné zdi ulice Hradecké objektu C 227.4, založené na velkopřůměrových pilotách

- SO C 212 Galerie na větvi H5 – tato stavba byla pouze zahájena založením několika dilatačních úseků a bude pokračovat v druhé polovině roku 2010 po převedení městské dopravy na již hotové objekty SO C 222, 223, 226, 227 – opěrné a zárubní zdi přiléhající k jednotlivým mostním konstrukcím a žabovřeskému předpolí Královopolského tunelu.

Celkem bylo na těchto objektech v uplynulých dvou letech provedeno asi 660 ks pilot prům. 900 a 1200 mm v délkách 8–25 m.

Pomocná opatření pro ražbu tunelů

K pracím Zakládání staveb, a. s., také patří tzv. pomocná opatření pro ražbu tunelů v části ulice Hradecké, kde tunelové trouby vystupují na povrch. Geologické prostředí v okolí ulice Dobrovského, relativně nízké nadloží a hustá městská zástavba nad tunely tvoří velmi náročné prostředí s předpokládanými silnými účinky ražby na povrchovou zástavbu a inženýrské sítě.



Pomocná opatření pro ražbu tunelu: 6 příčných clon z pilot provedených na sraz, podélný řez



Vrtná souprava BG 18 při hloubení příčných clon z pilot (pomocná opatření pro ražbu), objekt C 618 tunelu I



Příčná clona objektu C 618 tvořená nearmovanými pilotami na sraz, fotografováno během ražby tunelu I

K takovým opatřením, která budou při ražbě minimalizovat odchylky od projektovaného stavu, patří 6 příčných clon z pilot prům. 800 mm na každé tunelové troubě – stavební objekt C 618. Jednotlivé vrty jsou provedeny tzv. na sraz a vyplněny betonem B5 a v nadloží pískovou směsí P 60 pevnosti 2 MPa. Původně byly tyto clony navrženy ze sloupů tryskové injektáže, ale vzhledem k možným vlivům činnosti tryskové injektáže na okolní objekty a inženýrské sítě bylo před započítím prací rozhodnuto nahradit technologii TI pilotami. Celkem bylo na těchto clonách provedeno 207 ks vrtů v délkách 18,0–26,5 m

Napojení technologického centra na tunel II

Geologické a hydrogeologické poměry

Svrchní vrstvy zájmové oblasti jsou tvořeny převážně navážkami tl. 1,0 m, dále sprašemi a sprašovými hlínami. Pod kvartérním pokryvem z fluvialních hlín se nachází vrstva ulehých hlinitých štěrků a písků pod hladinou podzemní vody. Zvrstvení je chaotické, na krátké vzdálenosti se mocnost skokově mění z několika decimetrů na několik metrů. Od hloubky 5,5 do hl. 16,2 m se nachází masiv neogenních jílu pevné až tuhé konzistence. Podzemní voda se vyskytuje jak v kvartérním souvrství, tak v neogenním jílu a její hladina není obecně souvislá.

Popis provedených konstrukcí

Součástí TC, kde se uplatnily vrtné práce velkoprofilovou vrtnou soupravou, jsou větrací šachta a vzduchotechnický (VZT) kanál, propojující dopravní prostor tunelu II se strojovnou vzduchotechniky technologického centra.

Stavební jáma pro větrací šachtu byla vytvořena stěnou z převrtávaných pilot prům. 900 mm, dl. 15,5–7,0 m. Piloty byly vrtány přes vodící šablony a v koruně zmonolitněny převážkovým železobetonovým trámem. Šachta je kruhového půdorysu a v místě napojení na VZT kanál byly piloty během hloubení šachty postupně odbourávány, přičemž sekundární piloty byly v těchto místech vyztuženy pouze ve spodní části na úroveň dna VZT kanálu.

Na konstrukci větrací šachty navazuje stavební jáma větrací štoly (VZT kanál), zapažená oboustranně pilotovou stěnou z převrtávaných pilot prům. 660 mm, dl. 15,0 m, svázaných žlb. trámem.

Objekty tzv. přemostění Ponávky na Králově Poli

Zvláštní pozornost z hlediska pilotového zakládání si zaslouží objekty C 210, 232, určené k založení přemostění zatrubněné Staré a Nové Ponávky v místě vyústění

tunelu VMO na Králově Poli a jeho napojení na Svitavskou radiálu. Křížení komunikace s trubními vedeními Ponávky se pohybuje v úrovni nivelety zhruba od 0,5 m nad stávajícím terénem až v náspu vysokém cca 5,0 m. Vliv dopravy a tíha budoucích náspů by způsobila zvýšení zatížení zatrubnění, příp. sedání podloží pod konstrukcemi vozovky. Z tohoto důvodu bylo nutné přemostit potrubí ve všech místech křížení.

Geotechnické podmínky v místech mostních objektů jsou složité, neboť v blízkosti povrchu se nachází hladina podzemní vody a zeminy v těchto místech jsou tuhé až měkké konzistence. Podloží přípovrchové části kvartérního souvrství, tvořeného navážkami, je složeno z rybničních sedimentů jílu, hlín a organických zemín, které jsou silně stlačitelné, málo únosné a jako základová půda zcela nevhodné. Mocnost vrstev se pohybuje v rozmezí 6–9 m pod terénem. Dále byly ověřeny neogenní jily tuhé až pevné konzistence, kam byly piloty vetknuty min. 3,0 m.

Celkem bylo na těchto objektech zhotoveno 92 ks pilot prům. 900 mm v délkách 10–14 m.

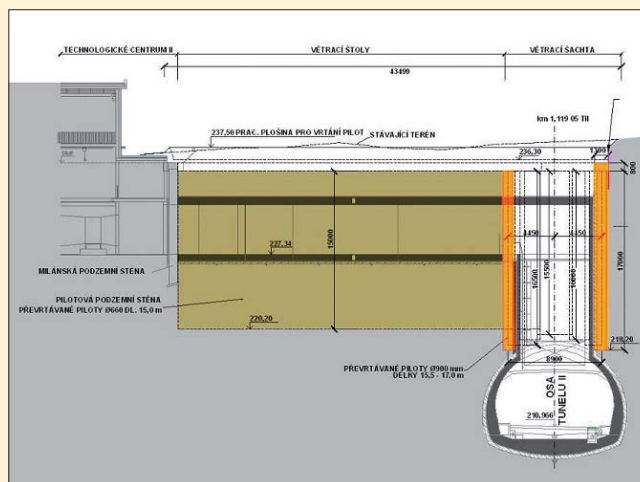
Richard Dvořák, Zakládání staveb, a. s.
Foto: autor a Libor Štěrba



Rozepřené pilotové stěny vzduchotechnické štoly s větrací šachtou, technologické centrum tunelu

Bored piles on the construction of the Královopolské Tunnels – VMO in Brno: 2007–2009 survey

This article brings an overview information about the pile foundation works carried out by the Zakládání staveb Co. within years 2007–2009 on the driven sections of the Královopolský Tunnel face in Žabovřesky. It also describes the works of bridge structure foundations, galleries, abutment and retaining walls, as well as on the technological centre and other structures.



Větrací šachta u tunelové trouby II a vzduchotechnická štola technologického centra jsou paženy převrtávanými pilotami.