

ZAKLÁDÁNÍ

Časopis ZAKLÁDÁNÍ STAVEB, a. s.

2/2015

Ročník XXVII



- MODERNIZACE TRATI ROKYCANY
– PLZEŇ, ZALOŽENÍ OPĚR
ŽELEZNIČNÍHO MOSTU PŘES ÚSLAVU
- DÁLNIČE D3 ŽILINA (STRÁŽOV)
– ŽILINA (BRODNO):
- ESTAKÁDA NAD VODNÍ NÁDRŽÍ
HŘIČOV
- ZAJIŠTĚNÍ STŘEDNÍ STAVEBNÍ JÁMY
TUNELU POVAŽSKÝ CHLMEC





VÝROBNÍ PROGRAM

- Podzemní stěny konstrukční, pažicí, těsnicí a prefabrikované
- Vrtané piloty, CFA piloty, pilotové a záporové pažicí stěny
- Mikropiloty a mikrozápory
- Kotvy s dočasnou a trvalou ochranou
- Injektáže skalních a nesoudržných hornin, sanační injektáže, speciální injekční směsi
- Trysková injektáž M1, M2, M3
- Beranění štětových stěn, zápor, pilot apod.
- Zemní práce z povrchu, těžba pod vodou
- Zlepšování základových půd
- Realizace všech typů hlubinného založení objektů
- Pažení stavebních jam
- Sanace rekonstrukce a rektifikace občanských, průmyslových a historických objektů a inženýrských staveb
- Vodohospodářské stavby, rekonstrukce jezů, retenční přehrážky
- Shybky
- Sklárky ropných produktů a toxických látek, jejich lokalizace a zabezpečení
- Ochrana podzemních vod
- Geotechnický průzkum, studie, projekty, konzultace
- Zatěžovací zkoušky a zkoušky integrity pilot
- Projekční a poradenská činnost

ZAKLADÁNÍ STAVEB, a. s.

K jezu 1, P. S. 21
143 01 Praha 4,
tel.: 244 004 111,
fax: 241 773 713
e-mail: mailbox@zakladani.cz
www.zakladani.cz,
www.zakladani.com



Časopis ZAKLÁDÁNÍ
vydává:
Zakládání staveb, a. s.
K Jezu 1, PS. 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:
RNDr. Ivan Beneš
Ing. Martin Čejka
Ing. Jan Masopust, CSc.
Ing. Jiří Mühl
Ing. Petr Nosek
Ing. Michael Remeš
Ing. Jan Šperger

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

Foto na titulní straně:
k článku na str. 24, Libor Štěrba
Překlady anotací:
RNDr. Ivan Beneš a autoři

Design & Layout:
Jan Kadoun a Ing. Jan Bradovka
Tisk:
H.R.G. spol. s r. o.

Ročník XXVII
2/2015
Vyšlo 2. 9. 2015
MK ČR 7986, ISSN 1212 – 1711
Vychází čtyřikrát za rok

Pro rok 2015 je cena časopisu 90 Kč.
Roční předplatné 360 Kč vč. DPH,
balného a poštovného.

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

- Historie speciálního zakládání staveb – 8. část** 2
Ing. Jindřich Řičica, ADSZS

AKTUALITY

- Bauer In-House Exhibition 2015** 7
Ing. Jan Šperger, Zakládání staveb, a. s.

TEORIE A PRAXE

- Zatěžovací zkoušky pilot při výstavbě mostů na silnici I/11
Nebory–Oldřichovic** 8
Doc. Ing. Jan Masopust, CSc., ČVUT Praha, Fakulta stavební

- Technologie Soft-Eye-GFRP (Glass Fibre Reinforced Plastic)
pro rozrážky tunelů metodou TBM** 13
Ing. Adam Janíček, Ing. Ondřej Šilhan, Ph.D

DOPRAVNÍ STAVBY

- Modernizace trati Rokycany–Plzeň, kompletní přestavba
železničního mostu přes Úslavu v Plzni** 14
Ing. Tomáš Wangler, Metrostav, a. s.

- Založení opěr rekonstruovaného železničního mostu přes Úslavu** 17
Ing. Michael Remeš, Zakládání staveb, a. s.

- Síť dálnic a rychlostních komunikací na Slovensku** 20
Libor Štěrba

- Estakáda na dálnici D3 Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno) nad silnicí I/18,
železniční tratí a vodní nádrží Hričov** 22
Ing. Miroslav Mucha, EUROVIA CS, Ing. Pavel Sliwka, SHP,
s přispěním Ing. Petra Klimeše a Ing. Branislava Juháse

- Založení estakády na D3 Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno) v km 7,500** 24
Ing. Viliam Forner, Zakládání staveb, a. s.

- Zajištění střední stavební jámy tunelu Považský Chlmec
na úseku D3 Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno)** 27
Ing. Libor Mařík, Hochtief, a. s.
Jan Spudil, Zakládání staveb, a. s.

- Fotoreportáž z výstavby tunelu Považský Chlmec** 32
Ing. Libor Mařík, Hochtief, a. s.

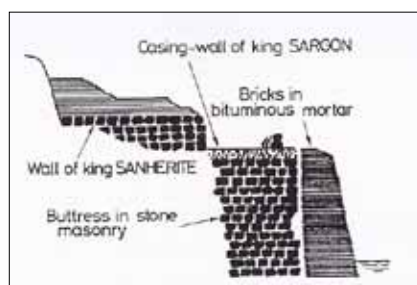
HISTORIE SPECIÁLNÍHO ZAKLÁDÁNÍ STAVEB – 8. ČÁST

V této části našeho seriálu pokračujeme v pojednání o činnosti hloubení, tentokrát se zaměřením na zajištění stěn hlubokých výkopů. Než vyročíme na hlavní pole roubení hlubokých stavebních jam, které je dějištěm nejnáročnějších výkonů speciálního zakládání, musíme vykreslit značně různorodé podhoubí souvisejících metod. Úvodem je vhodné se zmínit o rané historii zárubních a opěrných zdí, neboť jde obecně o geotechnické konstrukce čelící bočním tlakům základové půdy nebo působení vody. Dotkneme se též hloubkového odvodňování a technologií čerpání. Blíže se podíváme na oblast stavebních jámečků a s nimi související specifické technologie betonáže pod vodou.

Opěrné a zárubní zdi

Tyto konstrukce, podírající zemní násypy nebo zářezy, se objevují na samém začátku dějin stavebnictví. Příkladem jsou navržené zemní konstrukce pro náboženské účely, které se vyskytují v době 10 tisíc let př. n. l. V minulé části seriálu jsme již také zmínili doložené prvopočátky řemeslného roubení k zajištění hlubokých výkopů pro studny z doby několik tisíc let před naším letopočtem. To vše mělo souvislost se vznikem míst trvalého osídlení při přechodu k obdělávání půdy. Tento dějinný přelom od předchozí nomádské společnosti byl zahájen asi 10 000 až 9000 let př. n. l. a nazývá se **neolitickou revolucí**. Jeho hlavní ohnisko bylo na území vymezeném pozdější Mezopotámií a Egyptem, další velká centra byla v Indii a v Číně. Začínají vznikat opevněné osady, z nichž se později s rozvojem hierarchické civilizace a centralizace moci vyvíjejí teokratická města. Při vrcholení této společenské přeměny došlo od doby zhruba 6000 let př. n. l. i k budování ojedinělých monumentálních velechramů, tyčících se stupňovitě do mohutné výšky. Byly většinou zhotoveny s pomocí principiálně jednoduchých **opěrných gravitačních konstrukcí** z nepálených cihel vyztužených rákosovými rohožemi. Jejich jednotlivé stupně dosahovaly výšky až 15 m. Trvanlivost takových staveb byla pochopitelně omezená. Archeologickými výzkumy je však doloženo, že jeden z nejstarších takových chrámů byl postaven v sumerském městě Eridu, v bažinaté deltě řeky Eufrat zhruba 5000 let př. n. l. Již tehdy se podařilo zvládnout několik metrů hluboký výkop základové jámy a navršit několik desítek metrů zděných opěr pro konečný zikkurat. Žel bohu neznáme podrobnosti, jak to tehdejší stavitelé dokázali. Pozdější biblický zikkurat Etemenanki v Babylónu z roku 1130 př. n. l. sestával ze sedmi stupňů a byl údajně vysoký více než 75 m. Podle výzkumů činilo napětí v základové spáře 1500 kPa, a přitom byl postaven v lokalitě měkkých zemin, kde blízké stavby sedaly až o několik metrů. Ve stejné době byly budovány i první rozsáhlé stavební projekty v dějinách lidstva. Byly jimi závlahové systémy s poměrně vysokými povodňovými hrázemi, s dlouhými kanály

a se zadržovacími nádržemi, vyžádané rozvojem trvalého hospodaření na půdě. To byly i historicky první inženýrské projekty s potřebou řešit geotechnické problémy a s požadavky na speciální zakládání. Obzvláště v nížinné Mezopotámii byly velké problémy s mírnějším sklonem řečiště, se změnami jeho tras a se siltovými náplavami, proto tam byla naléhavá potřeba zpevňovat svahy toků a kanálů. Na velkolepost takových staveb a technickou náročnost jejich provedení můžeme usuzovat např. z dochovaných zbytků pozdějšího městského komplexu Ašur z doby 1300 let př. n. l. Byl situován výše proti proudu řeky Tigris ve skalnaté Asýrii a stavby tam bylo možno kombinovat s místně dostupným kamenem (obr. 1).



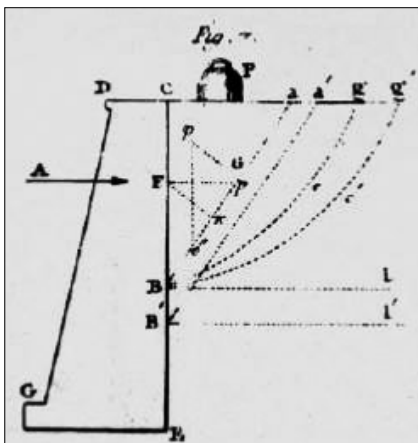
Obr. 1: Znárodnění nábrežní zdi z vápencových kvádrů s návodním opevněním z cihel s asfaltovým pojivem postavené podél řeky Tigris v délce 1500 m v asyrském městě Ašur za éry krále Sargona, 1300 let př. n. l. (internet)

V Egyptě se v tamních přírodních podmínkách rozvinuly mnohé opěrné konstrukce z rovnání zhotovené z dostupného kameniva. Neuvěřitelně strmé svahy pyramid byly v třetím tisíciletí před naším letopočtem vytvořeny z hrubě balvanitě rovnání pokryté následně obe-



Obr. 2: Pyramida Médúm v Egyptě z období 2750 let př. n. l. s poruchou líce obnažující pohled na vnitřní stavbu z kamenné rovnání (internet)

zdívkou z hlazeného kamene (obr. 2). Obdobné kamenné opevnění, rovněž obložené vápencovými kvádry, vzniklo pro velkou protipovodňovou přehradu Sadd el-Kafara na wádí vedoucím do Nilu poblíž Káhiry v období 2600 let př. n. l. Tato zemní hráz byla jedním z vůbec prvních děl svého druhu, které však zůstalo po ničivém střetu s povodní navždy nedokončeno, ovšem již tehdy s imponující výškou 14 m. Uvedené příklady dosažených technických úspěchů ilustrují jeden z nejvýznamnějších pozitivních přínosů neolitické revoluce tím, že dala vzniknout specializovaným povoláním, tedy řemeslům. V jejím závěru tak docházelo k četným inovacím tradičních pracovních postupů a k novým vynálezům. Avšak velkým negativním rysem byl vznik fenoménu válčení o bohatství a moc. Ten podle výkladu čerstvých výzkumů genofondu lidstva vedl dokonce v období vrcholu této epochy 8000 až 4000 let př. n. l. globálně ke kritickému snížení mužské části populace a lidstvu údajně teoreticky hrozilo vyhynutí. Trvalo proto dalších několik tisíc let, než se poté civilizace pozvolna vzpamatovala a navrátila na předchozí úroveň. Tento nový pohled na epochu starověku podává pravděpodobnou odpověď na znepokojivou otázku, proč nedošlo po mnoho dalších generací v následujících tisíciletích k nijak výraznému pokroku v dosažených znalostech. Výmluvným příkladem pro osvětlení velkého, ale mnohdy paradoxního vlivu fenoménu válčení jsou právě opěrné zdi, které byly podstatným prvkem fortifikací. Opevňování sídel, výstavba hradeb a plotů se stala trvalým a nesmazatelným rysem civilizace a hlavním znakem nepřátelství fakticky existujícího mezi různými lidmi po celé dějiny. S růstem dovedností v opevňování ovšem zcela pochopitelně soutěžila schopnost takovéto stavby dobývat. V období antiky již byly k dispozici obléhací stroje s věžemi vysokými až 60 m, a tak se začaly stavět masivní, zcela předimenzované konstrukce zaměřené proti destrukci při dobývání. Ve významné oblasti opevňování proto nedošlo k podobné racionalizaci stavitelství, jaká nastala například se zaváděním románských kleneb nebo gotických systémů u sakrálních staveb. I v českých zemích lze sledovat podobný historický vývoj od keltských zemních



Obr. 3: Původní skica Augustina Coulomba z roku 1773 znázorňující teorii působení tlaku klínu zeminy za opěrnou zdí (internet)

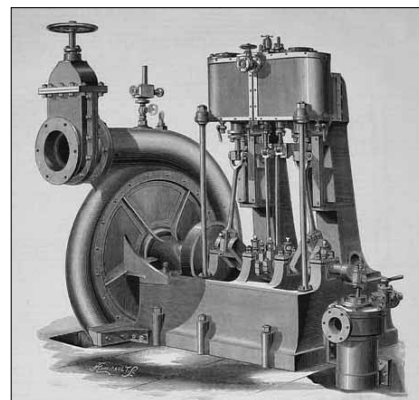
valů raného starověku přes středověká opevnění hradů až po novověká zděná opevnění měst, jako jsou například barokní citadela Vyšehrad či pevnost Josefov. Podobně jako i v jiných metodách a technologiích nastalo celkové oživení teprve s nástupem **průmyslové revoluce**. Určitý obrat nastal již v 17. století a souvisel se změnami ve válečnictví, zejména se jednalo o reakci na pokrok v dělostřelctví v předchozím století. Dosavadní masivní hradby začaly být nahrazovány polygonální fortifikací s vysunutými baštami. Nové potřeby racionálního opevnění byly podpořeny i nástupem nezbytné teorie, jaké tehdy v mnoha oblastech zaváděly výjimečné osobnosti, vycházející ze zkušeností praxe a jejich požadavků. Přímo ukázkově je tato skutečnost spojena se jménem všestranně geniálního francouzského vědce **Charlese Augustina de Coulomba**. Mimo jiné obory proslul též v teorii tření a elektrického náboje.

Pracoval jako běžný armádní inženýr na výstavbě různých opevnění, ale byl nadán k pronikavému pozorování a přemýšlení nad okolním světem a nad tím, co dělá. V roce 1773 stanovil teoretické základy statického navrhování opěrných konstrukcí zavedením pojmů **úhlu vnitřního tření a soudržnosti zemín i aktivního a pasivního tlaku zemín**, ze kterých vyrostla pozdější samostatná geotechnická věda (obr. 3).

Německý stavební inženýr **Christian Otto Mohr** pak zobecnil koncem 19. století tuto teorii v grafickém vyjádření kritické kombinace normálového a smykového napětí při porušení zeminy a toto Mohr-Coulombovo kritérium je stále jedním ze základních vztahů geotechniky. Důležitými příspěvky byly v této fázi též teorie všestranného skotského inženýra **William J. M. Rankina** o maximálních zemních tlacích z roku 1857 a teorie pružného poloprostoru mnohostranného francouzského matematika a fyzika **Josepha V. Bousinesqa** z roku 1885. Až o nějakých 150 let po Coulombovi vykristalizovala zhruba před polovinou 20. století silná generační skupina specializovaných geotechnických vědců, vedená slavným profesorem Karlem Terzaghim, které ještě nesmírně záleželo na úzkém sepětí s praxí. Avšak dnes, za dalších necelých sto let, je při prohlubující se a zužující se všeobecné specializaci vidět, že se tyto dva směry poznání čím dál více od sebe odchylují a že si vyhranění praktici s akademiky nějak přestávají vzájemně rozumět.

Hloubkové odvodňování

Starověcí stavitelé zahluobených konstrukcí se mezi prvními museli vyrovnávat s potížemi



Obr. 5: Typické odstředivé čerpadlo modelu Invincible firmy Gwynne pro stavební účely z roku 1875 (internet)

přítomnosti podzemní vody na dně základové jámy a s jejím působením na stabilitu stěn výkopu. Odporovaný velký rozdíl mezi chováním vodou nasycené a nenasycené zeminy vedl k uplatnění metod odvodňování staveniště. A to jak od vlivu povrchové, tak i hlubší podzemní vody. Pro odvodnění se používaly kopané sběrné jímky, případně i hloubené studny. I když většinou šlo o krátkodobé snížení hladiny při poměrně malé hloubce výkopu, stejně záleželo zásadní rozhodnutí o stavbě na odhadu, jaké množství podzemní vody do zájmové lokality přitéká, a tedy na možné efektivitě čerpání. Čerpání sice dříve prováděli snadno dostupní otroci jednoduchým vybíráním vody džberem, ale i tak musel být výsledek této práce znatelný. Ačkoli byla v průběhu dalších staletí vynalezena nová čerpadla a zavedeny účinnější pohony – nejprve zvířecí silou a pak i energií vody či větru, zůstávala oblast odvodňování stále značně nejistou pro jakékoli plánování. Většího pokroku v kombinaci využití dostupných možností se v průběhu dvoutisíciletého období dosáhlo pouze u hloubkového odvodňování v důlním průmyslu, kde bylo odvodnění často kritickým faktorem pro vůbec další pokračování těžby.

Na začátku průmyslové revoluce v 18. století prudce vzrostly požadavky na výstavbu dopravní infrastruktury, která měla spojit nová průmyslová centra co nejkratší spojnici bez ohledu na překážky, které dříve činily transportní cesty klikaté a zdlouhavé. Inženýrské stavitelství se začalo potýkat i s větší potřebou hloubkového odvodnění staveb. Byla již sice k dispozici technologie pro zhotovení hlubokých vrтанých studní i výkonnější čerpací technika, avšak dlouho chybělo potřebné návrhové zázemí pro její efektivní uplatnění. Zásadního posunu v teorii proudění podzemní vody dosáhl až v roce 1856 francouzský technik **Henry Darcy**, který po většinu života pracoval jako hlavní inženýr města Dijon a zavedl tam unikátní gravitační systém rozvodu vody. V závěru svého života se soustředil na výzkum a experimentálně



Obr. 4: Obvyklé uspořádání čerpání z jímky pro nábrežní zeď na stavbě zimního přístavu u děčínských Podmokel v roce 1857 prováděné firmou Lanna. Vpravo je odstředivé čerpadlo poháněné parní lokomobílou a vlevo přímočinné parní čerpadlo pro napájení lokomobily (Z. Bauer: Stavební stroje firmy Lanna, str. 278).



Obr. 6: Pohled do vnitřku hadicového čerpadla na husté stavební kaly se zřetelnými rotačními excentry tlačícími na hadici při vnitřním obvodu skříňě (BAUER Maschinen GmbH und MAT Mischanlagentechnik GmbH)



Obr. 7: Robustní trojitě tělo vysokotlakého čerpadla pro tryskovou injektáž s odkrytými hlavami plunžrů k maximálnímu pracovnímu tlaku až 90 MPa a se silným přívodem injekční směsi k maximálnímu dodávanému množství až 600 l/min (firma Soilmecc, počátek 21. století)

odvodil klíčovou rovnici pro **filtrační zákon**. Ta udávala pro rychlost proudění vody jednoduchý lineární vztah, avšak jen v nasyceném písčitém prostředí. Postupným vývojem byla upravena a zobecněna dalšími vědci i pro podmínky platící mimo její původní úzký rozsah a stala se výchozím vztahem pro řešení průsaků v základové půdě, platícím dodnes. Hlavním tématem poslední doby se ovšem v této oblasti staly **preferenční cesty průsaku**, o nichž se začalo uvažovat zhruba v šedesátých letech minulého století. Hlubkové odvodňování se časem stalo specifickou geotechnickou disciplínou inženýrského stavitelství, a to obzvláště ve složitých podmínkách a v kombinaci se zapojením různých těsnících konstrukcí, jako jsou například **ražené štětové stěny** omezující průsak nebo přítok podzemní vody. V této disciplíně se rozvinula řada dalších odvozených technologií, jako byly například koncem 19. století ražené jehlofiltry pro písky, později případně i s vakuovým čerpáním, účinnějším v jemnozrnějších zeminách. Ty se rozvinuly například při hloubení kanalizace v oblasti Hamburku. Jinou metodou bylo např. osmotické odvodňování a další. V určitých lokálních podmínkách, například ve zvodnělých mocných písčích při výstavbě berlínského metra v hlubokých otevřených jamách na začátku dvacátého století, byla metoda hlubkového odvodňování pro zajištění stavebních prací naprosto dominantní. Zkušenosti zde získané sloužily pak jako učebnice pro ostatní. V našich podmínkách bylo odvodňování nevyhnutelnou složkou zakládacích prací zejména u poříčních staveb. První nasazení strojních čerpadel je

zaznamenáno v roce 1846 u stavby Negrel-liho viaduktu v Praze, prováděné firmou Lanna. Tam se také poprvé přešlo od dosavadního šlapacího pohonu k parní síle. Tato metoda se rychle rozšířila a stala se rutinní součástí stavebních aktivit.

Čerpání a čerpadla

Vývoj čerpací techniky velmi těsně koresponduje s nastíněným vývojem civilizace. Zatímco v raném starověku bylo zpočátku možno uspokojit poptávku po pitné vodě ze studny s pomocí klasického vědra na šňůře, potřebám dodávky závlahy na polnosti v teplých úrodných oblastech tato primitivní technika většinou nedostačovala. Závlahové stavby ve starověkém Egyptě a Mezopotámii se tak staly prvními středisky inovací v historii. Jen v ideálních poměrech krajiny Egypta postačilo rozvést povodňové záplavy Nilu gravitačně do stružek, záchytných příkopů a akumulacích nádrží. V odlehlých lokalitách a při nepřiznivém klimatickém období bylo nutno vodu na závlahy čerpat, což vedlo zhruba od roku 3000 př. n. l. k širokému používání **vahadla**. Nouze o závlahovou vodu vedla k prvním vynálezům **čerpacích kol nebo pásů** s nádobami na lidský nebo zvířecí pohon přibližně 500 let př. n. l. v Persii a 200 let př. n. l. v Číně. Z toho se zhruba 200 let př. n. l. vyvinulo skutečné vodní kolo poháněné proudem vody. Ještě v pozdním starověku byla vynalezena i další čerpadla. Jedním z nich je známý **Archimédův šroub**, schopný dokonce čerpat kaly. Archimédes ho sice nevyalezl, ale zřejmě ho jako první popsal někdy v roce 250 př. n. l. Tento mechanismus se stal předchůdcem pozdějších rotačních čerpadel. Jiný řecký

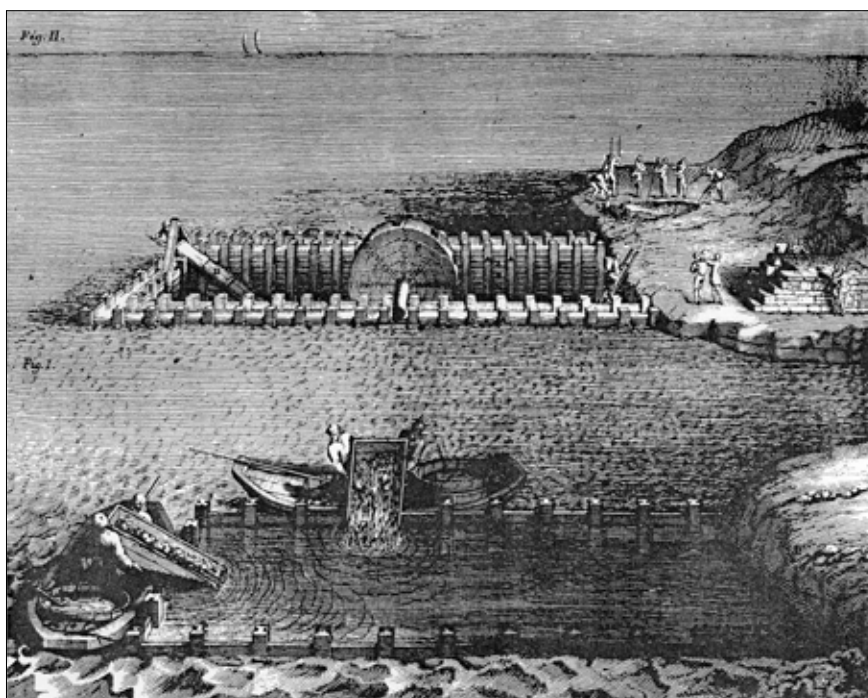
učenec Ctesius vynalezl v egyptské Alexandrii přibližně v té samé době **pístovou dvoučinnou pumpu**, která opět byla předchůdcem pozdějších přímočinných čerpadel. Tyto jen mírně vylepšované první typy čerpadel sloužily i pro odvodňování stavebních nebo baňských děl po mnohá další staletí, přičemž hlavním pohonem byla vodní kola. Dějiny čerpadel se začaly rychleji odvíjet až v 15. století, kdy byl objeven princip odstředivého čerpadla. Četnost dalších vynálezů ale začala prudce narůstat, až na prahu průmyslové revoluce v 18. století nastala doslova inovační exploze. V moderní technice nyní existují na tisíce různých druhů čerpadel. Uvažme jen jejich význam u hydraulických pohonů a ovládání strojů. Pro speciální zakládání se stala univerzálním tahounem v čerpání všech různých kapalin, suspenzí i kalů právě **odstředivá čerpadla**. Angličan John Gwynne začal na základě svého patentu z roku 1851 prodávat první skutečně průmyslově úspěšné typy na parní pohon. Obvykle horizontální odstředivá čerpadla se pak stala ve svých různých verzích a modelech všeobecně nejužívanějším prostředkem odvodňování ve stavebnictví (obr. 5). Vynálezcem jejich důležité vertikální modifikace jako **elektrického ponorného čerpadla** byl v roce 1916 arménský inženýr Arměj Sergejevič Arutomov. Emigroval po bolševické revoluci do USA a vložil svůj objev do firmy Reda Pump. Ta se stala vzorem pro ostatní a dosáhla mimořádného významu pro naftařský průmysl, takže byla nakonec v roce 1998 převzata obří ropnou korporací Schlumberger. V Evropě v roce 1946 shrnul a vylepšil předchozí vynálezy ponorných čerpadel

inženýr Sixten Englesson ve švédské firmě Flygt, která tak začala vyrábět jejich nejznámější typ pro stavební účely.

Pro speciální zakládání byl také velice významný doprovodný pokrok v objemovém čerpání obzvláště těžkých kalů a ve vysokotlakém čerpání injekčních směsí. K dlouhodobě problémovému čerpání suspenzí s velkým podílem pevných částic byl na začátku 21. století zaveden zvláštní typ **peristaltických hadicových čerpadel**. Jejich princip si nechal patentovat již v roce 1881 Eugene Allen ve Spojených státech. Používala se však převážně v lékařství pro čerpání aseptických látek. Až v roce 1936 byla z tohoto systému v USA vyvinuta hadicová čerpadla na betonovou směs. V Evropě je vyráběla ještě v osmdesátých letech německá firma Wibau. Prohrála ovšem svůj konkurenční boj s mnohem výkonnějšími pístovými čerpadly dnešního typu Schwing či Putzmeister a ustoupila do pozadí. Takže když německá firma Bauer tento vtipný systém inovovala pro efektivní čerpání kalů zejména z tryskové injektáže (obr. 6), uplynulo od původního vynálezu více než století. Jiným příběhem prošla **plunžrová vysokotlaká čerpadla** cementové suspenze, u kterých je přímočinný píst zároveň robustní pístní tyčí, takže lze potom lépe řešit tlakové ucpávky. Ta byla běžně využívána pro tlakové cementace naftových vrtů již od počátku 20. století. Ale až v sedmdesátých letech byla transponována pro tryskovou injektáž do stavebnictví a rychle se ustavila jako naprosto klíčový stroj nově vyvinuté široké metody speciálního zakládání (obr. 7).

Zakládání v návodních jímkách

Budování dočasných jímek pro základy staveb umístěných ve vodě bylo jedním z časných vstupů stavebních metod patřících dnes výlučně do oboru speciálního zakládání na dějinnou scénu. Prvními typy takových



Obr. 8: Z Vitruviova desetidílného díla o architektuře z 1. století př. n. l. – v horní části jsou znázorněny alternativní metody odčerpání vody z vnitřku dvojitých pažicích stěn Archimédovým šroubem nebo vodním kolem pro zhotovení základů v suchu. Ve spodní části je znázorněna výplň prostoru uvnitř jednoduchých pažicích stěn odděleně kamenivem a přírodní pucolánovou hydraulickou směsí do vody (internet).

jímek byly sypané zemní hráze. Podstatným vylepšením byla později kombinace s pažením hráze beraněnými pilotami. Zejména pak při **dvojitě jímce**, umožňující z obou stran ochranu vnitřního těsnícího jádra z jílovité zeminy, sypaného do vody. Tato metoda pocházela z rozvinutí starého principu jednotlivých beraněných pilot (viz 1. část seriálu, Zakládání 3/2013), použitých nyní jako vzájemně se dotýkající pažicí prvky. Ještě později byly tyto piloty tvořeny přitesanými deskami, jež byly již předchůdci nyníjších **ocelových štětovic** s těsnými zámkami, nebo variantou záporového pažení. Ve starověku to byl často

uplatňovaný postup. Tato tradiční metoda je dobře popsána a ilustrována v již zmíněném díle starořímského stavitele Vitruvia (obr. 8). V obzvláště těžkých podmínkách silně proudící vody a třeba i při ohrožení ledochodem byly v historii vyvinuty **srubové jímky** z těžkých trámových roštů zatížených násypem kameniva. Později během průmyslové revoluce však byly nahrazeny méně pracnými konstrukcemi stěn z ražených těžkých velkopřířezových ocelových štětovic nebo



Obr. 9: Budování jezových jímek v Kolíně v roce 1915 firmou Kapsa-Müller. V popředí je parní beranidlo od americké firmy Ingersoll při ražení štětovic typu Ransome, v pozadí je ruční beranidlo pro ražení dřevěných štětovic (Z. Bauer: Stroje na stavbách, str. 173).



Obr. 10: Rozpíraná štětová jímka na Dunaji těsněna ve dně tryskovou injektáží, založení pilíře mostu Apollo v Bratislavě v hloubce cca 8 m pod dnem, 2005 (foto: archiv Zakládání staveb, a. s.)



Obr. 11: Návodní jímka s pažením z ocelových výpažnic o průměru 1118 mm zavrtaných do 22 m při hloubce vody 8 m pro přístavbu vodní elektrárny ke stávající přehradě Derbendikan v Iráku v roce 1982 (Zakládání staveb, a. s.)

konstrukcemi sestavenými z návazných **komorových jímek** ze štětovic. Zavedení ocelových štětovic zvýšilo skokově efektivitu této technologie, která byla dříve v těžších geologických podmínkách s dřevěnými prvky zoufale neúčinná, jak známe z historie výstavby Karlova mostu. V tuzemsku byly poprvé použity ocelové štětovnice ze starých kolejnic pro jímky pilířů mostu v Miřejovicích na Vltavě v roce 1901. V roce 1905 se začaly používat nedoválcované ocelové profily **U**, jako například na stavbě Čechova mostu v Praze. A od roku 1913 se již používaly skutečné štětovnice různých zahraničních výrobců – například při budování říčního stupně na Labi v Kolíně (obr. 9).

V roce 1932 pak byla i u nás ve Vítkovicích zahájena výroba štětovic typu Larssen. Ocelové štětovnice různých typů a modelů včetně různých technologií instalace a metod konstrukce díla opanovaly celosvětově pole jímkování až dodnes (obr. 10).

V druhé polovině 20. století však již byly k dispozici silné stroje, které mohly v případě potřeby sestavit jímky místo z plochých štětovic z jednotlivých velkopřířezových komůrkových prvků, především ocelových rour, spojených vodicími zámkami (obr. 11).

A na počátku 21. století byly používány stroje, se kterými se daly zbudovat obrovské námořní komorové jímky z jednotlivých ocelových trubních prvků o průměru třeba 20 m (viz obr. 7 v 1. části seriálu).

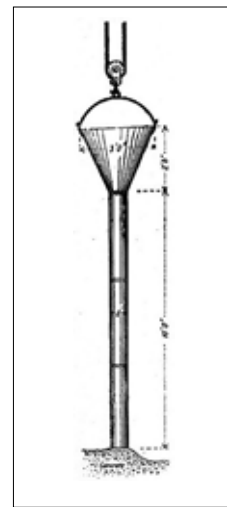
Betonáž pod vodou

Pro určité stavební podmínky se ukázala jako nezastupitelná zvláštní technologie betonáže do vodního prostředí. Naprosto principiální se například stala pro metody zhotovování prvků speciálního zakládání pod ochranou pažicí suspenze. Ve starověku je doloženo výše uvedeným pramenem Vitruvia betonování pod vodou s použitím přírodních hydraulických pojiv. K prvním průmyslovým pokusům o betonáž pod vodou však údajně došlo až v první polovině 19. století v Anglii při zakládání mostů přes Temži. V souvislosti s nově objeveným portlandským cementem tam byly zkoušeny metody, jak zabetonovat pod vodou dna základových studní. Postupně byly ve světě odvozeny tři hlavní metody, které odlišně přistupovaly k problému, jak zabránit rozplavení a odplavení cementového pojiva ze směsi. Nejjednodušším způsobem bylo spouštění dávek betonové směsi přímo na místo uložení pod vodu. Nejprve v pytlích otevíratelných zdrhem lanového úvazku, později v různých vymyšlených utěsněných ocelových koších (obr. 12). Tento postup se rozšířil zejména v USA, kdy byly s jeho pomocí betonovány i první velkopříměrové piloty. Nakonec se však příliš neosvědčil a postupně zanikl. Později se také zkoušela následná injektáž cementovou maltou do předem uloženého štychu, z čehož se vyvinula v padesátých letech 20. století tak zvaná metoda oddělené betonáže Prepakt. Ani ta se však neosvědčila univerzálně a používala se dále jen pro opravy a jiné zvláštní podmínky. Nejúspěšnější se ukázala metoda betonáže pomocí **utěsněné kolony licích rour (tremie pipe)**. Historickým příkladem z roku 1888 je použití dřevěné licí roury o čtvercovém průřezu s rozměrem 400 mm a spodním uzávěrem při betonáži základů mostu v návodní jínce ve Francii. Ve stejné době se podobná technologie úspěšně použila i na jiných evropských stavbách a v USA, a proto rychle nabyla všeobecné převahy (obr. 13). U nás se tato technologie používala při výstavbě vodních děl od konce 19. století pod starším názvem „sypákové trouby“. Počáteční nevýhoda obtížné manipulace s kolonou licích rour postupně odpadla díky rozvoji jeřábové techniky a zcela tak převládla spolehlivost dosahované kvality betonáže. Podstatnější modifikací této metody se stalo



Obr. 12: „Kyklopský“ betonážní ponorný uzavřený koš z oceli používaný pro betonáž pod vodou v USA na začátku 20. století (internet)

až o sto let později ukládání betonu pod vodou tlakovým čerpáním, které však nepřekonalo své určité nevýhody. V oboru speciálního zakládání je tedy technologie betonáže licími rourami přes údobí sta let trvale základní a klíčovou technologií, aniž by došlo k jejím výrazným



Obr. 13: Náskres betonážské kolony ocelových licích rour o průměru 20 cm použité pro zřízení základů v hloubce 6 m pod vodou u mostu přes řeku Charles v Cambridge, Massachusetts, USA, v roce 1887 (internet)

změnám. Je to dokladem toho, jak se některá prajednoduchá technická metoda dlouhodobě osvědčí pro řešení komplexního problému, jakým bezesporu je betonáž pod vodou. Velmi názorné je to vidět při porovnání této standardní betonáže k sofistikované technologii vrtání reverzní cirkulací u moderního provádění pilot (viz obr. 4 v 6. části seriálu.). Znalci vždy dobře věděli, jak dokonalé výsledky lze touto zdánlivě „primitivní“ technologií dosáhnout, a naopak jaké poruchy vzniknou tam, kde nejsou respektována její pravidla.

Ing. Jindřich Řičica, ADSZS

The history of special foundation – Part 8

This part of our sequel continues in dealing with activity of excavation is focused now on retaining deep soil cuts. Before stepped out in the main field of sheeting and bracing which is the theatre of the most challenging performances of foundation engineering there has to be described very diverse substrate of interrelated methods. By way of introduction it is appropriate to mention there early history of classic retaining walls as they are in general sense geotechnical constructions resisting lateral pressure of ground or underground water. Deep dewatering and techniques of pumping need also a touch. Close look is taken as necessary at the area of cofferdams and related specific techniques of underwater concreting.

BAUER IN-HOUSE EXHIBITION 2015

Stává se již každoroční tradicí navštívit v průběhu měsíce dubna bavorský Schrobenhausen, kde se tuto dobu pravidelně koná den otevřených dveří společnosti BAUER Maschinen GmbH, předního světového výrobce strojního zařízení pro speciální zakládání. Na letošní, již dvacátý ročník, který představil širokou nabídku strojního parku a nových technologií speciálního zakládání, se během čtyř dnů přijelo podívat přes 1700 návštěvníků ze 70 zemí celého světa.



Z expozice velkopřůměrového vrtného nářadí f. BAUER Maschinen GmbH, v pozadí lafety vrtných souprav

Vedle vrtných souprav BG a pásových nosičů MC od BAUER Maschinen zde byly vystaveny i stroje dceřiných společností RTG Rammtechnik, KLEMM Bohrtechnik, MAT Mischanlagentechnik, PRAKLA Bohrtechnik, PILECO, FAMBO, HAUSHERR System Bohrtechnik, ABS Trenchless a EURODRILL. Hlavním exponátem, vystaveným ve středu kruhové výstavní plochy, byla univerzální vrtná souprava RB-T 100 pro hlubinné vrtání s maximální tahovou silou 100t. Výrobce je PRAKLA Bohrtechnik GmbH a na vývoji se podílela i mateřská společnost BAUER Maschinen GmbH. Souprava

je vhodná pro využití v geotermálním vrtání nebo v průzkumu. „Sestrou“ této soupravy je další zástupkyně hlubinného vrtání PR 100 od výrobce BAUER Deep Drilling GmbH. Tato souprava se uplatňuje v oboru těžby ropy a zemního plynu. Asi největším lákadlem pro příznivce klasického zakládání byla prezentace strojního zařízení pro výrobu podzemních stěn. V rámci současného trendu dodání kompletního vybavení na klíč od jednoho výrobce – BAUER Maschinen GmbH – byly představeny dvě technologie těžby včetně všech potřebných doplňkových zařízení pro bentonitové hospodářství.

Těžba rýhy byla prezentována hydrofrézou BC 35 na nosiči MC 96 a hydraulickým drapákem DHG V s otočným zařízením TD 4 na nosiči MC 64. Nový návrh hlavy výložníku MC 96 s úpravou vedení lan a hadic umožňuje natačení hydrofrézy okolo vodorovné osy od -50 do $+95^\circ$. Pro vzájemné vodotěsné napojení lamel podzemních stěn s vloženým těsněním (waterstopem) byly na vodících zídkách představeny stopendové pažnice použitelné pro oba dva způsoby těžby. Čištění bentonitové suspenze od frézování zajišťuje vysokokapacitní jednotka BE 550-60 osazená dvěma desiltery BDS 125-20 pro jemné dočištění až do velikosti částic $0,020$ mm. Následnou likvidaci nevyhovující bentonitové suspenze zabezpečuje na principu centrifugy dekanter BD 90/75 s flokulační stanicí FA 4000.

Díky kompaktnosti strojního zařízení pro práci s bentonitovou suspenzí je tento systém výroby podzemních stěn ideální pro velké projekty v intravilánu. V současné době je tato na výstavě prezentovaná sestava nasazena na velké stavbě Grand Paris Express v Paříži.

Základní produktovou řadu sortimentu společnosti Bauer Maschinen GmbH tvoří velkopřůměrové vrtné soupravy značené zkratkou „BG“. Dle využití se vrtné soupravy dělí do dvou skupin: Value Line a PremiumLine. Soupravy označené „Value Line“ jsou vybaveny pouze pro jednu technologii klasického „kelly“ vrtání a na výstavě byly zastoupeny soupravami BG 11 H a BG 26. Víceúčelové soupravy označené „Premium Line“ nabízejí více možností využití od klasického kelly



Zahájení bavorského večera v duchu tradic hrou na alpský roh; jako dvoupatrová tribuna posloužila velkokapacitní čistička BE 550-60 (foto archiv firmy BAUER)



Kompletní vybavenost pro provádění podzemních stěn (zleva drapák, hydrofréza, čistička, dekanter, míchačka), chybí pouze zásobníky na pažící suspenzi

vrtání až po další technologie CFA, CCFA, FDP, CSM nebo se dají využít například i jako nosič vibrátoru či hydrofrézy. Na výstavě byly z řady Premium Line představeny BG 15 H, BG 28 H, BG 34 H a BG 39. Novinkou prezentovanou na soupravách BG 28 H a BG 34 H je oproti předchozímu řešení zefektivnění hydraulického systému nazvané EEP (Energy-Efficient-Package). Specialisté na hydrauliku od BAUER Maschinen GmbH vyvinuli a testovali tento systém na zkušebních pracovištích v reálných podmínkách. Přínosem pro zákazníka je snížení spotřeby paliva až

o 30 %, zvýšení produktivity a snížení hluku. Každoroční ukázky nových technologií „in situ“ v areálu výrobních hal Aresing poblíž Schrobenhausenu vystřídal program „Drilling Experience“, kde si každý zaregistrovaný návštěvník mohl společně s operátorem během 15 minut vyzkoušet vrtání na velkopříměrové vrtné soupravě. Celkem byly k dispozici tři soupravy, nastrojené CFA technologií. Letošní rok slaví společnost BAUER 225 let od svého založení. V prvním patře budovy nazvané „stará svařovna“ si každý z návštěvníků mohl prohlédnout muzeum, které představuje

celou historii firmy od roku 1790. Na dobových fotografiích lze sledovat postupný vývoj základních technologií hloubení vrtů a beranění až po současné moderní technologie speciálního zakládání. Velmi populární je pro zástupce všech věkových kategorií zmenšený model velkého staveniště s ukázkami různých geotechnických konstrukcí včetně mechanizace širokého spektra technologií.

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



Detail nasazení hydrofrézy k stopendové pažnici



Zmenšený model staveniště v muzeu BAUER

Bauer In-House Exhibition 2015

It has become an annual tradition to visit during the month of April Bavarian Schrobenhausen, where this time regularly held an open day BAUER Maschinen GmbH, the world's leading manufacturer of machinery for special foundations. At this year already the twentieth edition, which presented a wide range of machinery and new technologies of special foundation, during the four days came to see over 1,700 visitors from 70 countries around the world.

ZATĚŽOVACÍ ZKOUŠKY PILOT PŘI VÝSTAVBĚ MOSTŮ NA SILNICI I/11 NEBORY–OLDŘICHOVICE

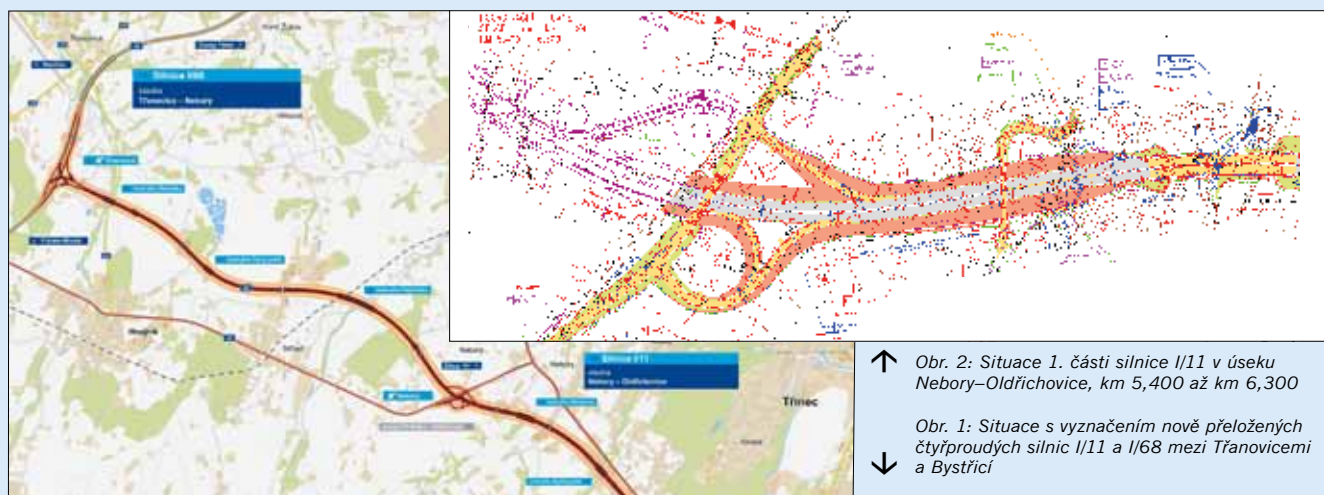
V příspěvku jsou popsány zatěžovací zkoušky pilot na plánovaném novém úseku silnice I/11 Nebory–Oldřichovice v délce 4,86 km na severní Moravě, kde se počítá s výstavbou celkem 13 mostů. Na základě podrobného inženýrsko-geologického průzkumu bylo jednoznačně rozhodnuto o hlubinném zakládání na vrtných velkopříměrových pilotách v případě prakticky všech těchto mostů a současně bylo rozhodnuto o realizaci tří zkušebních mimosystémových pilot v rámci mostních objektů SO 203, 207 a 210, přičemž výsledky těchto statických zatěžovacích zkoušek, které byly provedeny na plně instrumentovaných pilotách, byly potom využity pro realizační projekty zakládání všech mostních objektů. Hlavní výsledky těchto zkoušek jsou v příspěvku uvedeny.

Nové čtyřproudé spojení se Slovenskem po přeložce stávajících silnic I/11 a I/68

Stavba silnice I/11 Nebory–Oldřichovice je jedním ze tří úseků nově budovaného přeložení silnic I/68 a I/11 v úseku Třanovice–Mosty u Jablunkova, tedy velmi důležité a frekventované spojnice silnice R 48 se Slovenskou republikou (obr. 1). Směrové oblouky silnice I/11 splňují podmínku návrhové rychlosti

100 km/h a vyhovují z hlediska rozhledových poměrů pro osazení svodidla v ose středního dělicího pásu (SDP). Příčné uspořádání silnice je navrženo pro kategorii S 24,5, tedy jako čtyřproudá komunikace se šířkou zpevnění 2x10,25 m a s SDP šířky 3,0 m. Po dokončení přeložky těchto silnic tedy vznikne druhé čtyřproudé spojení s naším východním sousedem (po dálnici D1). Celá

přeložka stávajících silnic I/11 a I/68 má délku 16 500 m a je rozdělena na tři stavební úseky. Prvním úsekem, navazujícím na R 48, je úsek I/68 Třanovice–Nebory (5400 m), druhým I/11 Nebory–Oldřichovice (4861 m), třetím I/11 Oldřichovice–Bystřice (6239 m), kde již je stávající kapacitně dostačující napojení dále na Mosty u Jablunkova. Stavební práce jsou dnes zahájeny na druhém a třetím úseku,



↑ Obr. 2: Situace 1. části silnice I/11 v úseku Nebory–Oldřichovice, km 5,400 až km 6,300

↓ Obr. 1: Situace s vyznačením nově přeložených čtyřpruhových silnic I/11 a I/68 mezi Třanovicemi a Bystřicí

na prvním úseku probíhá výkup posledních pozemků pro stavbu. Nutnost vybudování přeložky provozované silnice I/68 a I/11 vycházela ze skutečnosti, že stávající trasa prochází hustě zastavěným územím obcí Třinec, Nebory, Oldřichovice a Vendryně severně od CHKO Beskydy a tranzitní doprava, směřující z průmyslové zóny v Nošovicích a z Třineckých železáren, zde způsobuje pravidelné dopravní kolapsy. Přeložení trasy vyplývá i z nevyhovujících parametrů současného směrového a výškového řešení a šířkového uspořádání. Dopravou je ohrožována bezpečnost obyvatel obcí a vlivem hluku a exhalací i jejich zdraví. Všechny tyto nepříznivé faktory ovlivňují jednak život lidí v dotčených obcích a zároveň se negativně promítají v čase stráveném neplynulou jízdou a ve spotřebě pohonných hmot. Komunikace I/11 v úseku Český Těšín–Mosty u Jablunkova je jediným úsekem E75 na českém území a zároveň je jedinou komunikací ve vztahu k Jablunkovskému průsmyku z české strany a jedinou komunikací, po které lze obsloužit Třinecké železářny, a. s.

Popis navrhovaného úseku trasy silnice

Stavba úseku silnice I/11 Nebory–Oldřichovice začíná křížením se stávající silnicí I/68 (MÚK Nebory) a mostními objekty přechází údolí řeky Neborůvky a Bystrého potoka (obr. 2). Od km 7,230 trasa pokračuje přes údolí Malého Javorového potoka a Javorového potoka a přes údolí řeky Tyry se napojuje v km 10,260 mimoúrovňovou křižovatkou na následující úsek Oldřichovice–Bystřice. Výškové vedení trasy je navrženo s ohledem na morfologii terénu a na výšku stoleté vody při křížení s vodotečemi a s řekou Tyrou. Úroveň nivelety silnice je vždy nejméně 1,0 m nad Q_{100} a nejnižší výška pláně je pak nejméně 0,5 m nad touto hladinou. Předpokládaná doba výstavby tohoto úseku je 45 měsíců s dokončením 06/2017. Jak již bylo výše uvedeno, v předmětném úseku silnice I/11 délky 4,86 km je navrženo celkem 13 mostů, jež jsou vesměs založeny hlubinně na vrtaných pilotách.

Geotechnické poměry na staveništi

Zájmové území náleží k alochtonním jednotkám vnější skupiny příkrovů Západních Karpat, přičemž zde dominují sedimenty dvou stratigrafických jednotek – převážující slezské a podslezské. V podslezské příkrovové jednotce jsou zachovány horniny svrchnokřídového až oligocenního stáří (frýdecké souvrství), kde převážující vápnité a prachovitopísčité jílovce s laminami drobových pískovců a podřízeně i slepenců. Nadložní frýdlantské souvrství, jež tvoří převážnou část předkvartérního podloží na lokalitě, je charakterizováno výskytem podobných hornin, přičemž zcela převládají pestře zbarvené jílovce. Slezský příkrov, jenž na lokalitu zasahuje ze západu, je strukturně vyšší a vyskytuje se zde v tzv. godulském vývoji jílovců s vložkami vápenců i prachovců (vrstvy těšínské a hradištské). Celková mocnost těchto vesměs křídových sedimentů dosahuje několika set metrů. Horniny jsou při svém povrchu silně a hluboko alterovány a mají charakter blíže nediferencovaných eluvií charakteru jílu, vesměs pevné konzistence se zvětřilými částicemi matečné horniny, přičemž hloubka takto zvětřalé zóny dosahuje i několik desítek metrů a tvoří tak vlastní základovou půdu pro hlubinné zakládání všech mostních objektů, která je vesměs zařazena do tř. R6, výjimečně pak i do R5. Kvartérní pokryvné sedimenty jsou tvořeny především proluvií, vytvářejícími kužely v souvislém lemu podél úpatí horského masívu. Jejich mocnost je proměnná a tvořeny jsou zejména poloopracovanými úlomky pískovců s hlinitopísčivým výplňovým materiálem. Podél vodních toků lze zastihnout málo mocné fluvialní sedimenty tvořené štěrky, jež jsou při

bázi hrubě balvanité. Nesouvislý pokryv zájmového území tvoří náveje eolických sedimentů, jež jsou vesměs přeplavené a řadí se k sekundárně odvápněným sprašovým hlínám konzistence jak tuhé, tak i pevné. V zastavěných oblastech je povrch terénu tvořen nehomogenními navážkami malé mocnosti. Z hlediska hydrogeologického tvoří významné souvrství kvartérní sedimenty, proluvia a zejména terasy vodních toků, když křídové podloží představuje prakticky nepropustné prostředí. Infiltrace srážkových vod do proluví je však místně omezena jílovitým a hlinitým pokryvem, tudíž příslušné kolektory s průlinovou propustností se vyznačují značným rozpětím transmisivity, kterou však lze globálně označit jako nízkou. Nejvýznamnějším souvrstvím z hydrogeologického hlediska jsou tedy fluvialní sedimenty s koeficientem filtrace 10^{-4} až 10^{-5} m.s⁻¹. Chemismus podzemních vod v kvartérních kolektorech ve struktuře proluví a terasových sedimentů odpovídá skupině kalcium-hydrogenuhlíkatého typu (Ca–H–CO₃) s vesměs nízkou mineralizací do 200 mg/l. Z hlediska chemické agresivity vykazují podzemní vody většinou nízký stupeň XA1.

Návrh zkušebních pilot a výsledky statických zatěžovacích zkoušek

Stručný popis hlavních mostních objektů a problematika jejich zakládání

Z celkem 13 mostních objektů na popisované trase silnice I/11 v úseku Nebory–Odřichovice jsou největšími mosty SO 203 v km 6,188, SO 207 v km 8,254 a SO 210 v km 9,324. Jedná se vždy o dva paralelní monolitické předpjaté mosty, staticky působící jako spojitý nosníky o 3 až 5 polích, jejichž podpěry jsou založeny na vrtaných pilotách vetknutých na dostatečnou délku do křídového podloží. Při návrhu zakládání těchto mostů, a ostatně i mostů zbývajících, bylo třeba řešit především tyto úlohy:

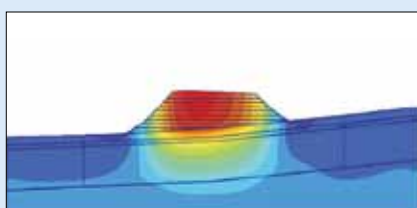
– **stanovit bezpečnou únosnost hlubinných základů** mostních podpěr na vrtaných velkopřůměrových pilotách vetknutých do křídových, zcela zvětralých jílovců tř. R6/R5 zejména z hlediska mezního stavu použitelnosti, neboť mosty staticky působící jako spojitý nosníky neumožnily velký rozptyl sedání jednotlivých (sousedních) pilířů;

– **stanovit vliv tzv. negativního tření na plášti vrtaných pilot** v případě zakládání mostních opěr, jež zadržují silniční násypy výšky 5,0–6,4 m, jež vyvolávají významné sedání podloží s dlouhodobou konsolidací.

K řešení prvního úkolu pomohly především výsledky statických zatěžovacích



Obr. 4: Instalované strunové tenzometry na armokoši piloty



Obr. 3: Příklad sedání podloží po skončené konsolidaci násypu za opěrou OP1 mostu SO 203 (bez měřítka deformací)

zkoušek mimosystémových vrtaných pilot, jež tvoří jádro příspěvku. Druhý problém byl řešen přibližně, a to matematickým modelováním průběhu konsolidace násypu včetně jeho

podloží (pomocí programu PLAXIS), které umožnilo odhad hloubky podloží, do níž zasahuje deformace, a tudíž délky piloty, na níž působí negativní plášťové tření, jež nakonec vyvolává svislé přitížení těchto pilot, resp. jejich skupin. Příklad výsledků tohoto modelování je na obr. 3.

Mimosystémové zkušební piloty

Polohy zkušebních pilot ZZ3, ZZ7 a ZZ10 byly navrženy projektantem mostů stupně DSP/ZDS s ohledem na výše uvedené požadavky a rovněž s ohledem na přístupnost terénu. Pilota ZZ3 byla umístěna v 5. mostním

Parametr piloty	ZZ3	ZZ7	ZZ10
Průměr zapažené části dříku piloty [mm] a její délka [m]	880/7,00	880/10,00	880/3,50
Průměr nezapažené části dříku piloty [mm] a její délka [m]	800/17,80	800/14,80	800/18,20
Celková délka piloty [m]	25,2	25,2	22,2
Délka piloty v zemi [m]	24,8	24,8	21,7
Datum provedení piloty	5.12.2014	4.12.2014	6.12.2014
Kvalita betonu	C25/30 XA1	C25/30 XA1	C25/30 XA1
Teoretická spotřeba betonu [m ³]	13,61	13,93	11,68
Skutečná spotřeba betonu [m ³]	15,5	15,5	14
Datum zatěžovací zkoušky	20.–21. 1. 2015	14.–15. 1. 2015	17.–19. 1. 2015
Geotechnický profil	0,0–0,5 m násyp	0,0–0,5 m násyp	0,0–0,5 m násyp
	0,5–3,0 m písč. jíł tuhý,	0,5–1,5 m písč. jíł tuhý,	0,5–1,5 m písč. jíł tuhý,
	3,0–4,5 m štěrč zvodn.,	1,5–5,0 m štěrč zvodn.,	1,5–3,1 m štěrč zvodn.,
	4,5–24,8 m jílovec zv.,	5,0–24,8 m jílovec zv.,	3,1–21,7 m jílovec zv.,
	p. v. naražená 4,0 m.	p. v. naražená 4,0 m.	p. v. naražená 3,0 m.

Tabulka 1: Hlavní parametry zkušebních pilot

Příslušný zatěžovací, popř. odlehčovací stupeň	Působící síla P [MN]	Sedání hlavy pilot s [mm]		
		ZZ3	ZZ7	ZZ10
1. Zatěžovací stupeň	0,5	0,2	0,15	0,18
2. Zatěžovací stupeň	1	0,35	0,74	0,69
3. Zatěžovací stupeň	1,5	0,79	1,5	1,23
1. Odlehčovací stupeň	0	0,14	0,44	0,14
4. Zatěžovací stupeň	2	2,33	2,31	1,7
5. Zatěžovací stupeň	2,5	3,49	3,81	2,38
6. Zatěžovací stupeň	3	4,79	5,23	3,31
2. Odlehčovací stupeň	0	1,25	3,56	1,22
7. Zatěžovací stupeň	3,5	5,88	7,94	3,95
8. Zatěžovací stupeň	4	7,73	10,1	5,02
9. Zatěžovací stupeň	4,5	10,47	12,7	6,34
3. Odlehčovací stupeň	0	5,15	9,41	3,02
10. Zatěžovací stupeň	5	14,09	16,11	8,12
11. Zatěžovací stupeň	5,5	10,43	18,67	10,28
12. Zatěžovací stupeň	6	neus.(> 30)	24,19	13,69
4. Odlehčovací stupeň	0	21,4	19,22	9,13
13. Zatěžovací stupeň	6,5		29,48	neus.(> 25)
14. Zatěžovací stupeň	7		neus.(> 37)	
5. Odlehčovací stupeň	0		27,6	20,31
Návrhová únosnost dle kap. 7 ČSN EN 1997-1 R _{c,d}	[MN]	3,41	3,77	3,73

Tabulka 2: Výsledky statických zatěžovacích zkoušek

poli objektu SO 203 na pracovní plošině, jejíž úroveň byla 331,30 m n. m. Pilota ZZ7 se nacházela v 2. mostním poli objektu SO 207 na pracovní plošině s úrovní 361,42 m n. m. a konečnou zkušební pilota ZZ10 byla umístěna ve 3. mostním poli objektu SO 210 na pracovní plošině s úrovní 350,70 m n. m. Místa zkušebních pilot byla rovněž vybrána tak, aby nedošlo ke kolizi kotev statické zatěžovací zkoušky a budoucích systémových pilot. Zkušební piloty byly voleny vzhledem k budoucím pilotám systémovým v měřítku 1 : 1 (bez modelového zmenšení), tudíž jejich průměr byl 880/800 mm; délky pilot a ostatní údaje jsou v tabulce 1. Piloty byly vetknuty vždy do zcela zvětralých jílovců (prachovců) tř. R6/R5; vrtání pilot byl přítomen geolog realizační firmy. Hlavy všech tří pilot byly opatřeny ocelovou rourou $\varnothing 914/8$ mm dl. 2,45 m, jež spolu s fólií PVC byla osazena za účelem separace tření na plášti v horní vrstvě. Hlavy pilot dále vyčnívaly 0,40–0,50 m nad příslušnou pracovní plošinu. Zkušební most typu „hříbek“ byl přikotven 6 ks zemních předpjatých pramencových kotev 6xLp15,7 mm/1570/1770 MPa délek 14,0 + 12,0 m s nástavci nad terémem z tyčí Dywidag $\varnothing 32$ mm; tyto kotvy byly rozmístěny po obvodu kruhu o průměru 6340 mm, a to vždy 3 kotvy půdorysně po 30° a další 3 kotvy proti nim tak, aby zatížení na ně působilo symetricky.

Pro podrobné stanovení průběhu mezní zatěžovací křivky a separaci plášťového tření v jednotlivých vrstvách zemin a hornin a stanovení napětí na patě piloty pro jednotlivé zatěžovací stupně byla navržena instrumentace zkušebních pilot pomocí strunových tenzometrů, jimiž lze měřit normální napětí v betonovém dřívku piloty v příslušném průřezu piloty, v němž je tenzometr osazen. Ve zkušebních pilotách byly instrumentovány vždy 4 po výšce rozdělené průřezy. První průřez byl vždy v hloubce asi 0,50 m pod úrovní terénu u příslušné zkušební piloty, 2. průřez pak v hloubce kolem 3,10 m pod terémem, 3. průřez v hloubce 13,9 m pod terémem a poslední, 4. průřez pak cca 0,3 m nad patou příslušné piloty. Pro kontrolu měření byly v každém průřezu



Obr. 5: Ilustrační foto z provádění zatěžovací zkoušky

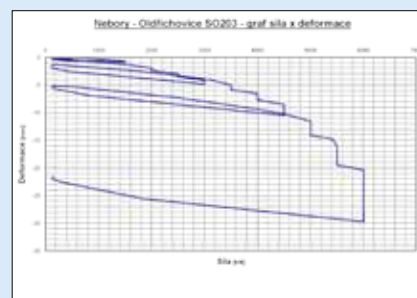
osazeny tři strunové tenzometry Geokon, jež byly ve svislé poloze navázány na betonářskou výztuž příslušné piloty (obr. 4).

Statické zatěžovací zkoušky

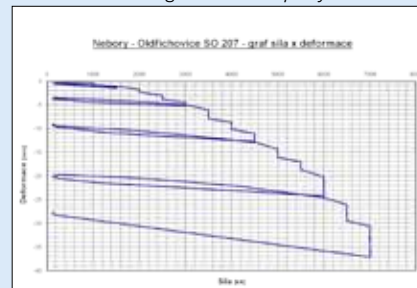
Statické zatěžovací zkoušky na všech třech zkušebních pilotách byly navrženy pro maximální zatížení o velikosti $P = 6,5\text{--}7,0$ MN (obr. 5). Na tuto sílu bylo dimenzováno vlastní kotvení zkušební mostu pomocí 6 ks pramencových kotev. Výsledky měření sedání hlav pilot pro příslušné zatěžovací a odlehčovací stupně jsou v tabulce 2, pracovní diagramy zkušebních pilot jsou na obr. 6, 7 a 8. Tenzometrická měření se uskutečnila v celém průběhu všech tří zkoušek, jejich interpretované výsledky jsou potom na obr. 9–11. Na obr. 12–14 jsou pak znázorněny velikosti tření na plášti pilot q_{si} [kPa] v příslušných vrstvách základové půdy dle umístění tenzometrů, a to ve vztahu k deformacím hlav těchto pilot. Tření na plášti q_{s1} je ve vrstvě od 0,0 do 3,1 m, tření na plášti q_{s2} je ve vrstvě hloubky 10,80 m od 3,1 do 13,9 m a tření na plášti q_{s3} je ve vrstvě od 13,9 m po patu piloty, tj. v případě ZZ3 a ZZ7 do 24,7 m a v případě ZZ10 do 21,7 m. Konečně na obr. 15 je potom znázorněn průběh napětí na patách zkušebních pilot q_0 [kPa] rovněž v závislosti na sedání jejich hlav.

Závěr

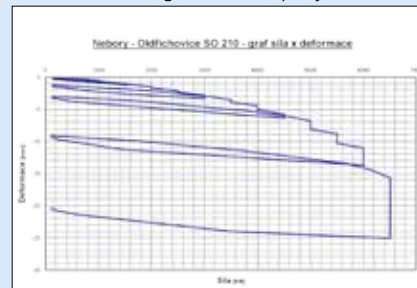
Výsledky studijních statických zatěžovacích zkoušek mimosystémových pilot ZZ3, ZZ7 a ZZ10 na stavenišťích mostů SO 203, SO 207 a SO 211 na silnici I/11 Nebory–Oldřichovice prokázaly standardní chování pilot v rámci celého plánovaného zatížení 0–6,0 (6,5) MN, kdy deformace dosáhly velikosti do 25 až 30 mm. Instrumentované zatěžovací zkoušky ukázaly na následující skutečnosti: – piloty přenášejí své zatížení v podstatě pouze třením na plášti, které roste s deformací a dosahuje svých očekávaných velikostí při deformaci přes 15 mm; – napětí na patě piloty při dosažených deformacích během zkoušek bylo velmi malé; – při deformacích hlav pilot přesahujících cca 25 mm došlo ve směru k nárůstu sedání pilot, což ukazuje na praktické vyčerpání tření na plášti, kdy únosnost piloty by měla být přenášena její patou, přičemž k výrazné aktivaci napětí na patě pilot nedošlo, resp. tato aktivace byla provázena rostoucí deformací piloty, kterou se již nepodařilo během zkoušky ustálit; – je velmi pravděpodobné, že při setrvání na příslušném (posledním) zatěžovacím stupni by se nakonec deformace ustálila, ovšem na hodnotě, jež by byla mimo obor deformací přípustných; z toho vyplývá, že únosnost paty mimosystémových pilot, jejichž délka byla 25,0 m, resp. 22,0 m, je při přípustné



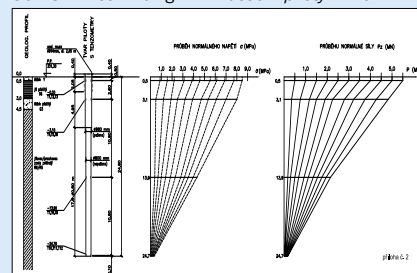
Obr. 6: Pracovní diagram zkušební piloty ZZ3



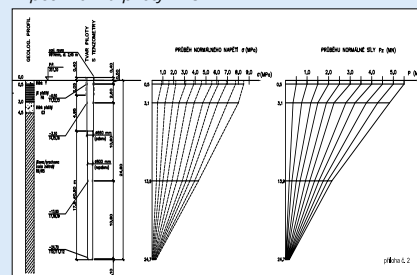
Obr. 7: Pracovní diagram zkušební piloty ZZ7



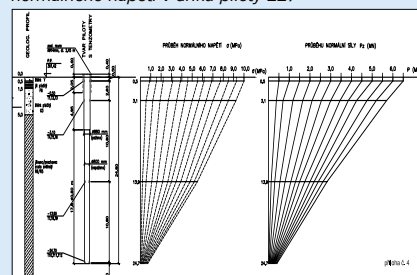
Obr. 8: Pracovní diagram zkušební piloty ZZ10



Obr. 9: Výsledky tenzometrických měření normálního napětí v dřívku piloty ZZ3



Obr. 10: Výsledky tenzometrických měření normálního napětí v dřívku piloty ZZ7



Obr. 11: Výsledky tenzometrických měření normálního napětí v dřívku piloty ZZ10



Obr. 16: Zakládání mostu SO 210 přes vodoteč (km 9,324) na skupině pilot v úseku Nebory–Oldřichovice

velikosti deformací prakticky zanedbatelná a veškeré zatížení je přenášeno pláštěm piloty. Tyto výsledky byly použity pro návrh a posouzení hlubinných základů nejen výše uvedených mostů, ale i ostatních mostních objektů na tomto úseku silnice I/11, neboť geotechnické poměry na těchto objektech jsou velmi podobné. Bylo tak s dostatečnou bezpečností prokázáno předpokládané působení navržených hlubinných základů mostu, a to i v případě mostních opěr, kdy

z titulu zatížení násypem jsou piloty vystaveny dodatečnému sedání podloží těchto násypů, a dochází tak k jejich zatížení negativním plášťovým třením.

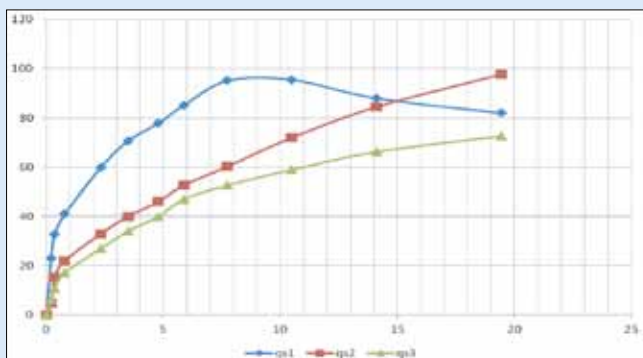
Pozn. redakce: Popisované zatěžovací zkoušky a následně veškeré navazující práce speciálního zakládání, tedy založení 13 mostních objektů na vrtných pilotách, prováděla na popisovaném úseku silnice I/11 Nebory–Oldřichovice společnost

Zakládání staveb, a. s. Tyto práce jsou v současnosti (červenec 2015) prakticky dokončeny. Celkově zde bylo na deseti mostech provedeno 644 pilot \varnothing 900 mm celkové délky 10 550 m, na dvou mostech pak 16 pilot, \varnothing 1200 mm celkové délky 200 m. Pro všechny tyto práce byla použita vrtná souprava BG 18H (obr. 16).

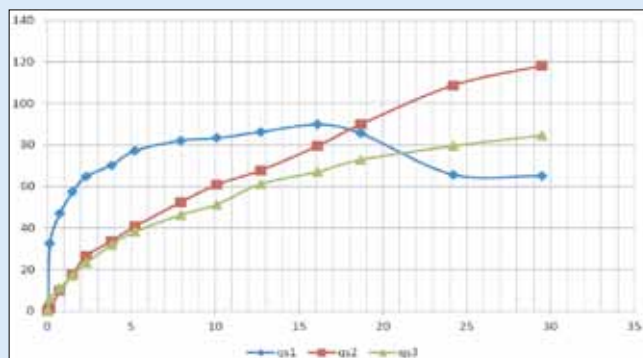
Literatura:

- MASOPUST, J. Speciální zakládání staveb, 1. díl. Brno: CERM, s. r. o., 2004.
- MASOPUST, J. Navrhování základových a pažicích konstrukcí, příručka k ČSN EN 1997. Praha: ČKAIT, 2012.
- MASOPUST, J. Silnice I/11 Nebory–Oldřichovice, SO 203, 207, 210 – závěrečná zpráva o výsledcích studijních statických zatěžovacích zkoušek vrtných pilot. 02/2015.
- Silnice I/11 Nebory–Oldřichovice, Podrobný geotechnický průzkum – závěrečná zpráva mostních objektů, SO 203, SP 207, SO 210. Ostrava: G-Consult, s. r. o., 2012.
- Silnice I/11 Nebory–Oldřichovice, Stanovení stability násypů. Praha: ArtepGeo, s. r. o., 01/2015.

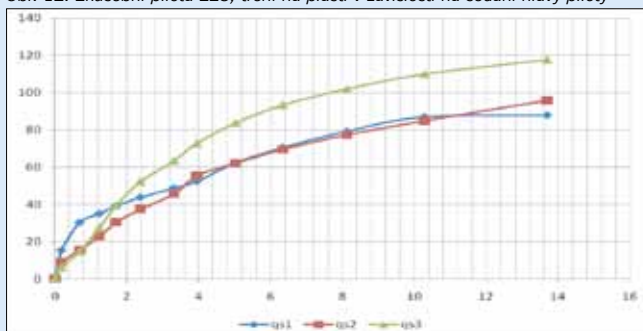
Doc. Ing. Jan Masopust, CSc., ČVUT Praha, Fakulta stavební
Foto: autor, archiv ZS a Antonín Gottvald



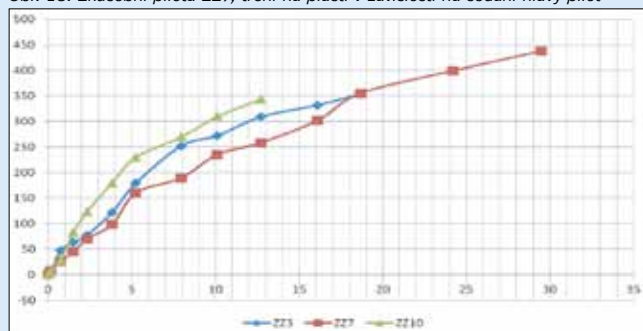
Obr. 12: Zkušební pilota ZZ3, tření na plášti v závislosti na sedání hlavy piloty



Obr. 13: Zkušební pilota ZZ7, tření na plášti v závislosti na sedání hlavy piloty



Obr. 14: Zkušební pilota ZZ10, tření na plášti v závislosti na sedání hlavy piloty



Obr. 15: Napětí na patě piloty q_0 [kPa] v závislosti na sedání hlavy piloty

Pile load tests for the construction of bridges on the road I / 11 Nebory-Oldrichovice

This paper describes the pile load test for the planned new stretch of road I/11 Nebory–Oldřichovice length 4.86 km at the north Moravia, where it is foreseen a construction of a total of 13 bridges. Based on detailed geological survey has been clearly decided at deep drilled large pile foundation in the case of virtually all of these bridges and at the same time it was decided to implement three tests on non-working piles within bridges SO 203, 207 and 210, and the results of static load tests, which were performed on fully instrumented piles, were then used for the realization design of foundation for all bridges. The main results of these tests are presented in the paper.

TECHNOLOGIE SOFT-EYE-GFRP (GLASS FIBRE REINFORCED PLASTIC) PRO ROZRÁŽKY TUNELŮ METODOU TBM

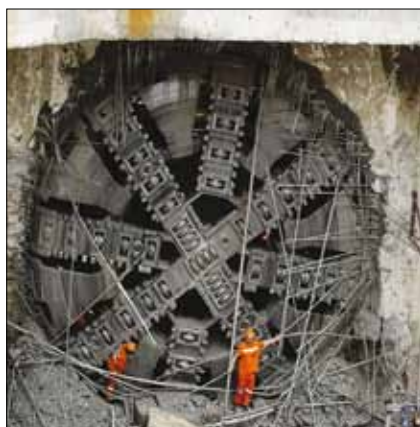
Ražba tunelu Ejpvovice, o němž jsme podrobně psali v minulém vydání, je prováděna technologií TBM. Pro snazší a bezpečný průjezd razicího štítu portálovou stěnou byly výztuž pilot této stěny a kotevní prvky použité v tomto místě navrženy ze sklolaminátového kompozitu. O výhodách použití tohoto materiálu v obdobných případech pojednává následující text.



Osazování sklolaminátové výztuže do piloty portálové stěny před ražbou Ejpvovických tunelů, Zakládání staveb, a. s.

Výstavba tunelů pomocí plnoprofilových razicích strojů TBM (Tunnel Boring Machines) představuje aktuální dosaženou technologickou úroveň podzemní výstavby. Během posledních dekád byly TBM stroje výrazně zdokonaleny a jsou univerzálnější pro různé geologické podmínky. Rovněž s rostoucím počtem výrobců cena strojů klesá, což při započítání jejich dalších nesporných výhod znamená, že jejich obliba bude nadále stoupat. Každá ražba pomocí plnoprofilového razicího stroje začíná i končí v předem připravené vjezdové či výjezdové jámě, případně u delších tunelových staveb v šachtách mezilehlých.

Stavební jámy jsou zajištěny pomocí masivních podzemních stěn – hloubených nebo pilotových. Razicí stroj pak při svém vjezdu do horninového masivu a při svém opětovném výjezdu musí tuto „umělou“ a nutnou bariéru překonat. V případě, že je podzemní stěna vyztužena klasicky pomocí ocelové výztuže, nastává problém.



Razicí štít TBM při průchodu stěnou vyztuženou sklolaminátovým kompozitem.

Náhrada oceli za sklolaminát

U razicích strojů TBM je rozpojování horniny prováděno tak, že hlava razicího stroje osazuje rozpojovacími nástroji – valivými dláty – je tlačena proti hornině. Kombinací rotace a vysokého tlaku hlavy na líc horniny je hornina drcena se současným rozvojem trhlin, rozpadá se na drobnější kusy a je odtěžena z prostoru čelby. Problém nastává při potřebě průniku podzemní stěnou, která je vyztužena klasickou betonářskou ocelí. Pevnost betonu podzemní stěny není pochopitelně překážkou (je zpravidla nižší než pevnost horniny, ve které je ražba prováděna), skutečný problém představuje ocelová výztuž, která brání hlubšímu rozvoji trhlin a je přirozeně pružná a tažná, na což nejsou rozpojovací nástroje dimenzovány. Problém je řešen dvěma způsoby – ručním vyřezáním výztuže v podzemní stěně bezprostředně před průchodem TBM stroje (okno) nebo překonáním bariéry bez tohoto předřezu, a tedy s rizikem stabilitního porušení stěny. Pokud je podzemní stěna v místě průjezdu stroje vyztužena pomocí „řezatelné“ sklolaminátové výztuže, je tato výztuž v místě průjezdu namáhána především stříhem a ohybem, což vzhledem k pevnostním parametrům sklolaminátové výztuže umožní čistý průchod stroje podzemní stěnou (odtud název Soft-Eye).

Sklolaminátová výztuž

Při výpočtu armování podzemních konstrukcí sklolaminátovou výztuží se postupuje podobně jako v případě ocelové výztuže, avšak s rozdílnými pevnostními a přetvárnými parametry materiálu. Odlišný je především E-modul a pevnost v tahu. Výsledkem je armovací schéma ze sklolaminátových profilů potřebného průměru a počtu. Podobně jako ocel, je i sklolaminátová výztuž vázána do armokošů (bez možnosti svařování). Armokoš může být ve sklolaminátovém provedení v celé své délce odpovídající výšce podzemní stěny nebo je kombinován s armokošem z ocelové výztuže (častější varianta), kde sklolaminátová výztuž

je výškově situována pouze v úrovni průchodu razicího stroje podzemní stěnou.

Soft-Eye armokoš může být konfigurován do libovolného tvaru – kruhového půdorysu pro pilotové stěny nebo obdelníkového půdorysu pro podzemní stěny hloubené.

Při cenovém porovnání je sklolaminátová výztuž technologie Soft-Eye zhruba 2,5–3krát dražší než klasická ocel. Za zvýšenou cenu nabízí technologie Soft-Eye eliminaci rizika poškození stěny či ztráty její stability nebo rizika poškození rozpojovacích nástrojů na hlavě stroje při zachování plnohodnotné výztuže podzemních prvků. Není nutná časově a finančně nákladná příprava s manuálním odstraněním oceli vyztužených částí a kontura při průchodu řezné hlavy je velmi čistá a precizní. Technologie sklolaminátových výztuží Soft-Eye může být doplněna o sklolaminátové aktivní či pasivní kotevní prvky, instalované přes podzemní stěnu do profilu ražby strojem. Toto je záležitostí především hlubších jam a jam prováděných ve složitých geotechnických podmínkách. Sklolaminátové kotevní prvky umístěné v profilu díla pak opět nejsou překážkou pro razicí stroj a jsou ražbou postupně pobrány.

Ing. Adam Janiček, Ing. Ondřej Šilhan, Ph.D.

Foto: archiv autorů a Libor Štěrbá

Soft-Eye technology-GFRP (Glass Fibre Reinforced Plastic) for tunnel adits by TBM

The excavation of the tunnel Ejpvovice, which we wrote in detail in the previous issue, is carried with TBM technology. For easy and safe passage of TBM through portal, the piles of portal wall and its anchoring elements were reinforced by fiberglass composite. The advantages of using this material in similar cases is discussed in the following text.



Rozvoj trhlin při tlaku valivých dlát na horninu nebo prostý beton na beton armovaný železnou výztuží a na beton armovaný sklolaminátovou výztuží

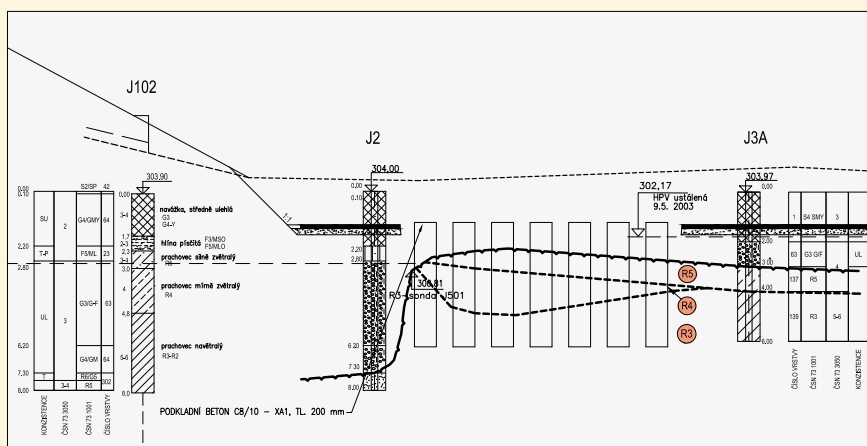
ZALOŽENÍ OPĚR REKONSTRUOVANÉHO ŽELEZNIČNÍHO MOSTU PŘES ÚSLAVU

Společnost Zakládání staveb, a. s., zahájila koncem roku 2014 práce na založení nových opěr OP1N a OP2N v rámci rekonstrukce železničního mostu přes Úslavu. Základy opěr tvoří lamely z převrtávaných pilot. V patě pilot byla provedena horninová injektáž a vetknutí pilot bylo posíleno osazením mikropilot.

Původní projekt hlubinného zakládání opěr byl zpracován již v roce 2007 společností FG Consult, s. r. o. Založení opěr ve velmi stísňených podmínkách pod provozovaným železničním mostem bylo tehdy navrženo na lamelách podzemních stěn hloubených drapákem za pomoci dlátování pod ochranou pažicí suspenze. S přihlédnutím k současnému vývoji technologií speciálního zakládání a technickým parametrů vrtných souprav byl před zahájením prací tento projekt modifikován. Bylo rozhodnuto zachovat koncepci základových lamel, ale pro jejich vytvoření použít technologii velkopřůměrových vrtných pilot. Jednotlivé lamely tak byly nakonec vytvořeny vždy skupinou vzájemně převrtaných pilot průměru 880 mm. I tato použitá technologie má však své meze a limitovanou hloubku reálného zahloubení paty základové lamely do navětralých břidlic tř. R3 (R2). Nespornou výhodou nově navrženého postupu, kdy je základová lamela skládána z jednotlivých dílčích vrtů, je však schopnost reagovat i v rámci jedné lamely na lokální proměnlivý stupeň zvětrání skalního podkladu a založit tak patu jednotlivých pilot do stejně únosného kvalitního podloží. V rámci tohoto modifikovaného návrhu pak byla rozpracována i původní myšlenka následné kontaktní horninové injektáže paty jednotlivých základových lamel.

Základové poměry a přípravné práce

Základové poměry lokality podrobně popisují zprávy o provedených průzkumných pracích. Skalní podloží na staveništi mostu je zde tvořeno břidlicemi svrchnoproterozoického stáří, které jsou na povrchu zvětralé (typ P1,P2), níže navětralé (typ P3) a ještě níže zdravé, pevné, náležející třídě R3-R2 (typ P4). Ty jsou překryty kvartérními sedimenty řeky Úslavy – zvodněnými ulehlými fluvialními štěrky (typ Q5, Q6), přecházejícími do povodňových hlín a jílu tuhé i měkké konzistence. Terén byl již dříve vyrovnán při úpravách terénu a zásypů okolo mostních pilířů a inženýrských staveb různě mocnou vrstvou navážek, tvořenou směsí stavebního a komunálního odpadu. Základním problémem však byla zjištěná skutečnost, že úroveň skalního podloží a stupeň jeho zvětrání se u obou opěr výrazně liší a dokonce se dramaticky mění i v rámci každé opěry. Značnou nejistotu představovaly také předpokládané tektonické poruchy, které mohly částečně zasahovat i do obrysu základů opěry.



Základové poměry v místech opěry OP2

Další komplikací pro založení opěr mostu byl snížený podhled nad pracovištěm, tvořený u OP1N stávající konstrukcí mostu a u OP2N mostním obloukem. Světla výška nad pracovními plochou zde byla pouze cca 10,5 m. Vlastní realizaci pilotážních prací předcházely nutné přípravné práce. K přesné fixaci polohy pilot byly nejdříve provedeny vodící betonové šablony s kótou povrchu na úrovni základové spáry obou opěr. Tloušťka šablony byla zvolena 0,5 m. Půdorysné rozměry šablony byly zvoleny tak, aby přesahovaly obvod pilot o cca 0,7–0,8 m. Šablony byly zhotoveny z betonu C 20/25 a vyztuženy 2x sítí KARI 100/100/6. Vnitřek šablony byl

vyplněn netříděným štěrkokopískem. Pro pohyb vrtné soupravy dosahující hmotnosti okolo 60 t navrhl projektant zpevnění povrchu pracovních ploch okolo šablon pomocí silničních panelů s podsypem. Při realizaci byla nakonec plocha zpevněna nikoliv panely, nýbrž betonem.

Technické řešení

Pro vlastní založení bylo u každé mostní opěry navrženo 7 ks lamel podzemních stěn, rovnoběžných s mostovkou, tvořených vždy 11 ks vzájemně **převrtaných pilot Ø 880 mm**. U opěry OP1N byla předpokládána délka pilot 8,0 m, u OP2N 5,0 m. Vzhledem k zastiženému



Zakládání opěry OP1 (směrem na Prahu) v omezených podmínkách pod starým provozovaným mostem

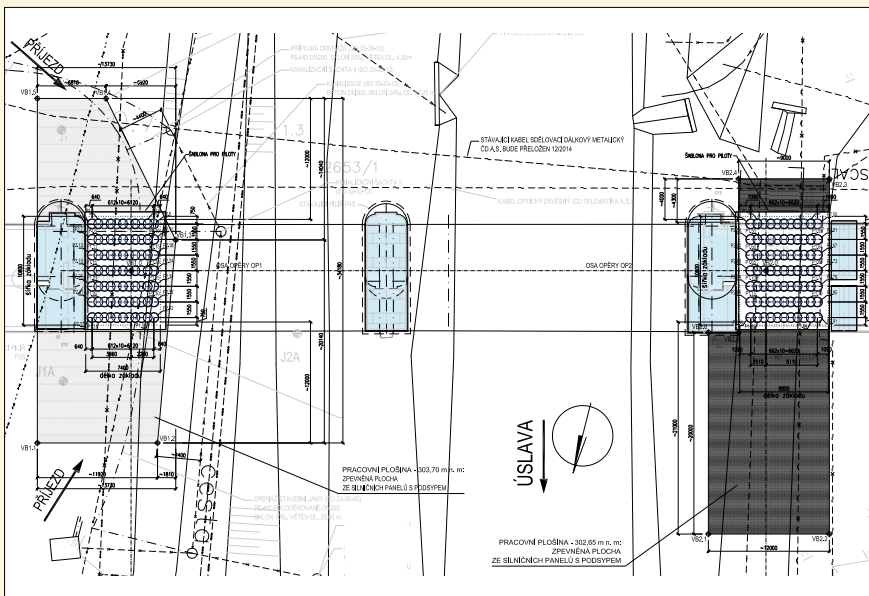


Realizace hlubinného založení na opěře OP1 přímo pod mostní konstrukcí vrtnou soupravou SOILMEC R 320

geologii byly vrty paženy výhradně pomocí ocelových dvouplášťových pažnic. Při vrtání ve vrstvách zvodnělých písků a štekřů musela mít pažnice vždy dostatečný předstih před vrtným nářadím, aby nedocházelo k provalení dna vrtu. Rozdíl v délce sousedních pilot v rámci jedné lamely neměl být větší než 0,5 m. Zároveň musela být splněna podmínka, že piloty budou vetknuty do vrstev zdravých břidlic (tř. R3) v délce min. 1,0 m. Pro dosažení navržených délek pilot bylo nezbytné použít vysoce kvalitní a neopotřebované vrtné nářadí. V místech lokálního výskytu tenké vrstvy prokřemenělých břidlic (tř. R3/2) bylo nutné použít jádrování nebo předvrtání maloprofilovým vrtem. Při vrtání jednotlivých pilot byla proto bezpodmínečně nutná přítomnost geologa, který dokumentoval zastižený geologický profil a neprodleně zastižené anomálie konzultoval s projektantem založení. Piloty byly betonovány pomocí sypákových rour. Čistý beton hlavy pilot přesahoval 100 mm

do základu pilíře (nad povrch šablony). V souladu s ČSN EN 206-1 a 1536 byl použit pro primární (nevztužené) piloty beton C 25/30-XA1, XC2-CI 0,2-Dmax 22-S4 (doporučená retardace nárůstu pevnosti 24-48 hod.) a pro sekundární (vztužené) piloty pak beton C 25/30-XA1, XC2-CI 0,2-Dmax 22-S4. K výrobě betonu byl použit portlandský směsný cement CEM II/B-S 32,5 v dávkování min. 375 kg/m³.

Výztuž pilot byla navržena ze svařovaných armokošů z oceli 10 505 (R). Svislá nosná výztuž pilot je z profilů R20, smyková výztuž je tvořena spirálou z profilu R8. Centrického osazení armokošů a zajištění dostatečného krytí bylo dosaženo pomocí distančníků z betonových, resp. plastových, koleček, osazených vždy v počtu 4 ks na etáž. Jelikož bylo nutné délku jednotlivých pilot na místě upravovat dle zastižené úrovně kvalitního „nevrtatelného“ skalního podloží, bylo nezbytné vždy armokoš upravit tak, aby byl osazen cca 100–300 mm nade dnem vrtu.



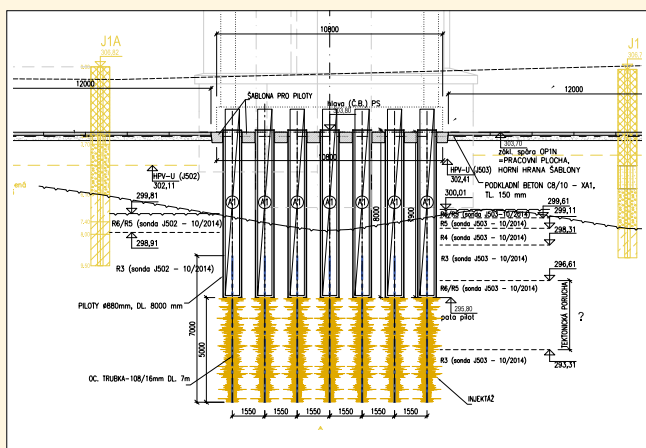
Hlubinné založení opěr nového mostu na lamelách z převrtávaných pilot

Vzhledem k nebezpečí výskytu možných anomálií v geologické skladbě podloží opěr mostu byla navržena **horninová injektáž podzákladí** vždy u 4 ks vyztužených pilot v každé lamele. K provedení těchto vrtů mělo být dle projektové dokumentace postaveno pódium, které umožní pojezd vrtací soupravy nad kotvení výztuží pilot. Na stavbě pak byl tento problém vyřešen přesypáním pilot vrstvou recyklátu na výšku 1 m, který byl po dokončení prací odstraněn. Do armokošů tedy byly již předem vloženy chráničky/průchodky pro horninovou injektáž. Jednalo se o trubku Ø 168,3/3,6 mm v počtu 4 ks na každou lamelu. Chráničky byly dole opatřeny těsnícím víčkem a nahoře zajištěny proti ucpání. Vzdušnost trubek v armokoši byla konstantní po celé délce s tolerancí ±20 mm. Chráničky z ocelových trubek byly umístěny 300 mm nad patou piloty a přesahovaly hlavu piloty o cca 300 mm. Při odpažování vrtu po betonáži bylo nutné s pažnicí manipulovat tak, aby nedošlo k rotaci nebo vytažení armokoše s chráničkami. Délku chrániček bylo též nutné vždy přizpůsobit skutečné délce piloty. K testování celistvosti provedení dířku pilot prostřednictvím **ultrazvukové metody CHA** byly do armokoše pilot dále vkládány bezešvé ocelové trubky počtu 2 ks na armokoš, do nichž byly při testování integrity v jednotlivých horizontech dířků spouštěny akustické budiče a snímače. K testování byla využita trubka Ø 168,3/3,6 mm pro injektáž a trubka Ø 48,3/2,6 mm. Testy CHA byly prováděny vždy dva na každé lamele. Pozice měření byly v sousedních lamelách vždy vystřídány. Po provedení měření integrity byly přes chráničky Ø 168,3/3,6 mm profilem 150 mm realizovány vrty pro injektáž pod patou pilot. Vrty bylo možné hloubit až při stáří betonu pilot nejméně 2 týdny. Injektovalo se cementovou směsí c : v = 1,6 : 1 tlakem 1,5–2,0 MPa. Spotřeba injekční směsi byla stanovena a následně upravována průběžně technologem firmy Zakládání staveb, a. s.

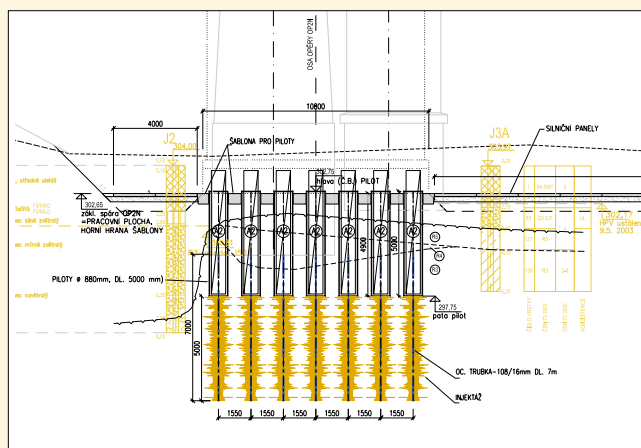
Po injektáži byl vrt vystrojen **výztužnou ocelovou trubkou (S235) Ø 108/16 mm, dl. 7,0 m**, zapuštěnou do správné polohy pomocí profilu R32. Všechny průchodky byly na závěr dokonale vyplněny cementovou záplivkou.

Realizace

Při realizaci vrtaných pilot se v plné míře potvrdily obavy vyplývající z anomálního charakteru podložních vrstev. Vrtné práce byly zahájeny na opěře OP1. Jak je výše uvedeno, v projektu zde byly navrženy piloty dl. 8 m. V mnoha pilotách však byly zastiženy opravdu velmi tvrdé proplásky prokřemenělých břidlic charakteru R2, se kterými měla vrtná souprava velké problémy. Po opakovaných pokusech o dosažení minimální délky pilot požadované projektem bylo však nakonec



Příčné řezy hlubinným založením opěry OP1



Příčné řezy hlubinným založením opěry OP2

nutné, po dlouhých diskusích s projektantem, některé piloty pro jejich „nevratelnost“ zabetonovat v délce 6,5 m. Následně se přes průchodky v sekundárních pilotách provedly vrty a skalní injektáž na původně projektovanou hloubku. Vrty a injektáž se tedy prodlužovaly o cca 1,5 m. Po dokončení skalní injektáže následovalo převrtání

a osazení MP 108/16 s vetknutím 2 m do piloty a s patou na původní projektované úrovni.

Práce pokračovaly na opěře OP2. Zde byly naprojektovány piloty dl. 5 m. Této hloubky se však nepodařilo přes veškerou snahu u některých pilot dosáhnout a piloty se zkracovaly na délku rozmezí 3–5.

Nejobtížnější situace byla na lamelách č. 1 a 2, kde převážná část pilot dosahovala pouze hloubky 3–3,5 m. Na tuto skutečnost musel projektant reagovat a rozhodl se situaci řešit pomocí technologie tryskové injektáže (TI). Do armokoše každé sekundární piloty byly osazeny dvě průchodky, přes které se tryskovou injektáží vyčistila pata piloty a následně vyplnila injekční směsí. Přes stejné průchodky, ale již pouze přes jednu v každé sekundární pilotě (42 ks), se provedly vrty pod patu pilot, následovala skalní injektáž a na závěr převrtání a vložení MP 108/16 dl. 7 m (2 m vetknutí do piloty).

Co se týče mechanizace, byla pro vrtání pilot použita souprava SOILMECvR 320, pro TI souprava HUCA a pumpa F 350, vrty pro MP byly realizovány soupravou HUCA a z části soupravou W B0.

Navzdory všem výše uvedeným potížím byly nakonec s určitou časovou prodlevou oba hlubinné základy dokončeny a mohly být předány objednateli se zárukou a v požadované kvalitě. Při této stavbě jsme se opět na vlastní kůži a v plné míře přesvědčili, jak důležitá je při naší práci těsná spolupráce projektanta, geologa a erudovaného stavbyvedoucího, bez jejichž společného úsilí by nebylo možné v takto složitých podmínkách stavbu úspěšně dokončit.



Most s novými opěrami ještě se starou nosnou konstrukcí z roku 1925 (červenec 2015)



Most s novými opěrami již s novou nosnou konstrukcí (srpen 2015)

Modernization of the Rokycany-Plzeň railway track, a complete reconstruction of the railway bridge over Úslava River in Pilsen, Foundation of new abutments of the bridge

In the last ZAKLADANI issue we detailedly pursued to the construction of railway track modernization Rokycany-Plzeň. We have described mainly designing and building solutions of Ejpovice realignment with of Ejpovice tunnels and a notch in front of the Homolka portal. In this article we introduce another interesting structures on the modernized track section, namely the railway bridge over the river Úslava in Pilsen, which will be in the modernization of the track completely rebuilt. The overall concept of the reconstruction of the bridge is based on the need to minimize restrictions on rail traffic and directly affects the proposal of a design of a bridge special foundation.

Zakládání staveb, Inc., launched in late 2014 work on foundation of new abutments OP1N and OP2N within the above meant reconstruction of the railway bridge. Base abutments construction is formed by walls of secant piles. The pile toe was grouted with rock grouting and embedding of piles was reinforced with fitting of micropiles.

Ing. Michael Remeš, Zakládání staveb, a. s.
Foto: Ing. Tomáš Wangler a Libor Štěřba

Základní údaje o stavbě:

Investor:

Správa železniční dopravní cesty, s. o.,

Zhotovitel stavby:

Sdružení Metrostav, a. s. a Subterra, a. s.,

Zhotovitel mostu: Metrostav, a. s., Divize 5,

Zhotovitel projektové dokumentace:

SUDOP PRAHA, a. s.,

Výrobně technická dokumentace založení

opěr: FG Consult, s. r. o.,

Práce speciálního zakládání:

Zakládání staveb, a. s.

SÍŤ DÁLNIC A RYCHLOSTNÍCH KOMUNIKACÍ NA SLOVENSKU

Slovensko zažívá v současné době stavební boom v budování nových úseků dálniční sítě a sítě rychlostních komunikací. V loňském roce zde byl překonán rekord v počtu současně budovaných nových úseků a rekordní byl i objem investovaných prostředků. Dnes je rozestavěno cca 135 km dálnic a rychlostních silnic. Jde o klíčové úseky dálnice D1 mezi Žilinou a Liptovským Mikulášem, tři úseky D1 mezi Popradem a Levočou, dva úseky na D3 mezi Žilinou a polskou hranicí a tři úseky na rychlostní silnici R2. Dálniční síť na Slovensku je tvořena dálnicemi D1, D2, D3 a D4, rychlostní silnice mají označení R1–R7, viz mapa s uvedením plánovaného zprovoznění všech těchto komunikací na území Slovenska. Současné intenzivní výstavby silnic a dálnic na Slovensku se účastní i firma Zakládání staveb, a. s., které se podařilo díky jejím zkušenostem na poli speciálního zakládání a silnému výrobnímu zázemí uspět i v mnoha tendrech na dodávku těchto prací na většině stavěných úseků. Byly a jsou to např. úseky: D3 Svrčinovec–Skalité, D3 Žilina (Strážov)–Žilina (Brodno), D1 Hričovské Podhradie–Lietavská Lúčka, D1 Hubová–Ivachnová, R2 Pstruša–Kriváň, R2 Zvolen–Pstruša, R2 Ruskovce–Pravotice, obchvat Bardejova, D1 Jablonov–Jánovce – I. etapa, D1 Fričovce–Svinia.

Z těchto staveb v našem časopise postupně představíme alespoň ty největší či nejzajímavější, které firma Zakládání staveb, a. s., realizovala nebo realizuje. V tomto čísle to budou dvě stavby na připravované dálnici D3 v úseku Žilina (Strážov)–Žilina (Brodno), v dalších číslech se podíváme i na stavby na D1 a jinde.

Jelikož největší objem prací se v současnosti realizuje na dálnicích D1 a D3, přinášíme o nich dále pro přehlednost alespoň základní fakta.

D1

Dálnice D1 mezi Bratislavou a Košicemi a dále až na ukrajinskou hranici je nejvýznamnější a nejdelší slovenská dálnice. Po svém dokončení spojí Bratislavu s hraničním přechodem Vyšné Nemecské–Užhorod. Trasa dálnice vede přes Trnavu, Trenčín, Žilinu, Poprad, Prešov, Košice a Michalovce. Je součástí větve „A“ 5. panevropského koridoru s trasou (Terst) – Bratislava – Žilina – Košice – (Užhorod – Lvov) a evropských silnic E50, E58, E75, E442 a E571.

Dálnice D1 je ve výstavbě od roku 1972 a v současnosti je z ní zprovozněno téměř 320 kilometrů, což je necelých 62 procent z celkové plánované délky 516 kilometrů. I přes různé stanovené termíny jejího dokončení z minulosti bude v celé délce průjezdná nejdříve v roce 2019. Výstavba dálnice je náročná především v kopcovitém terénu mezi Žilinou a Prešovem. Jen mezi těmito dvěma městy se v budoucnosti bude nacházet až 11 tunelů s celkovou délkou 27 kilometrů. Dvanáctý tunel Dargov se plánuje východně od Košic a stavět se začne

nejdříve v roce 2016. V současnosti jsou z těchto dvanácti tunelů v provozu jen tři. Nejdelší na dálnici D1 bude tunel Višňové v úseku Žilina–Martin, který bude měřit 7460 m. Kromě tunelů se budují mosty, viadukty a estakády. Na severním Slovensku (mezi Žilinou a Prešovem) je zatím postaveno 83 kilometrů mezi Ružomberkem (Ivachnovou) a Jánovci a 22 km mezi Jablonovem a Fričovci (nedaleko Spišského hradu). Zde se také nachází první a zatím i nejdelší dálniční tunel na Slovensku – Branisko. V této severní části bude letos dálnice dokončena v chybějících úsecích Jánovce–Jablonov a Fričovce–Svinia. Po otevření těchto úseků se tedy zcelí celá trasa mezi Ružomberkem (resp. Ivachnovou) a Prešovem v délce cca 150 km. Bude zde však stále zbývat náročný úsek mezi Žilinou a Ružomberkem (Ivachnovou) a dále pak obchvat Prešova, kde stát i kvůli problémům s výkupem pozemků nedokázal postavit jihozápadní obchvat města. Osmikilometrový obchvat Prešova by měl stát 340 mil. eur (včetně výkupní ceny pozemků). Součástí stavby má být 18 mostů a 2244 m dlouhý tunel.

Letos bude zahájena stavba dalších tří úseků v délce 28 km: D3 Čadca Bukov–Svrčinovec, D1 Prešov západ–Prešov jih, D1 Budimír–Bidovce (obchvat Košic). Rozbíhá se též soutěž na koncesionáře pro projekt PPP, který postaví a bude provozovat dálniční obchvat Bratislavy (D4) a s ním související rychlostní silnici R7 v celkové délce cca 60 km.

D3

D3 je částečně zprovozněná dálnice v severozápadní části Slovenska v konečně plánované délce 60,8 km. Po dokončení bude součástí multimodálního dopravního koridoru číslo 6, umožňujícího kvalitní a rychlé propojení severní a jižní Evropy, a stane nejvýznamnějším severojižním tahem přes Slovensko, který by měl odlehčit i současně nejzatíženější silniční trase na tahu Trstěňá–Šahy (E77).

Dálnice D3 bude vzhledem k hornatému území, kterým prochází, extrémně náročnou stavbou s množstvím tunelů, mostů a terénních odřezů. Pozoruhodná je z tohoto pohledu estakáda nad Hričovskou nádrží, která bude s délkou cca 1500 metrů jedním z nejdelších silničních mostů na Slovensku (viz str. 22–26). Dálnice D3 se napojuje na západovýchodní dálniční tah D1 nedaleko Žiliny u Hričovského Podhradí, pokračuje okolo Žiliny, Kysuckého Nového Mesta, Čadce a Svrčinovce až na hranici s Polskou republikou. Značný význam bude mít dálnice D3 rovněž pro spojení Slovenska a České republiky – vzdálenost z Mostů u Jablunkova bude na tuto dálnici pouhých několik kilometrů (po rychlostní komunikaci R5).

Libor Štěrba

Ján Počiatek:

**Z čoho postavíme slovenské dálnice,
3. 2. 2015**

Na Slovensku dnes máme takmer 700 kilometrů dálnic a rychlostních cest, nie je však tajomstvom, že ešte potrebujeme dobudovať ďalšie stovky kilometrov, aby sme mohli hovoriť o adekvátnej nadradenej infraštruktúre. Čo je najpotrebnejšie stavať, je dnes jasné: prioritou štátu je dobudovanie dálnice D1 medzi Bratislavou a Košicami, dálnice D3 spájajúcej Žilinu s poľskou hranicou, a pre vysokú intenzitu dopravy nultý obchvat Bratislavy D4 spolu s cestou R7. Treba si však odpovedať aj na otázku, ako sa bude výstavba financovať. Najvýhodnejšou formou výstavby dálnic v súčasnosti je využívanie eurofondov. Brusel však, bohužiaľ, nefunguje ako bezodný mešec, peniaze z fondov majú svoje konkrétne limity. Už dnes máme zazmluvnené dálničné projekty nielen na súčasné programové obdobie, ale aj na to budúce. Z nového operačného programu, toho na roky 2014 až 2020, je na dálnice vyčlenených zhruba 1,3 miliardy eur. Väčšina týchto peňazí sa použije na projekty, ktoré sa dnes už stavajú, ale vodičom budú odovzdané až o pár rokov – napríklad tunel Višňové. Keďže v posledných dvoch rokoch sme naštartovali veľa úsekov, už dnes je takto zazmluvnených 1,1 miliardy eur z nového programového obdobia. Z eurofondov do roku 2020 nám na dálnice tak ostáva zhruba 230 miliónov eur. To nestačí ani len na úseky D1 pri Prešove a Košiciach a jeden úsek D3 na Kysuciach, kde sa už rozbieha súťaž. V porovnaní s predpokladanou hodnotou zákazky na tieto tri úseky nám už dnes z nového programového obdobia chýba zhruba 530 miliónov eur. Ale to nie je všetko, čo treba postaviť. Nutne treba dobudovať napríklad kľúčový úsek D1 Turany–Hubová, ktorého cena sa odhaduje na zhruba 700 miliónov, a chýbajúce úseky na Kysuciach, tak aby sme mali dálnicu až do Poľska. Na to, aby sme ich dostavali, potrebujeme ďalších 1,5 miliardy a dokopy nám tak chýbajú už dve miliardy eur. A táto suma nezohľadňuje potrebu stavať potrebné úseky na R2, R4, R5, nehovoriac už o veľkom bratislavskom obchvate či rozšírení dálnice medzi Bratislavou a Trnavou na šesťpruh. Hovoríme o mnohých miliardách eur, ktoré na výstavbu dálnic potrebujeme, ale nemáme. Zabezpečiť chýbajúce miliardy na dálnice bude jednou z hlavných úloh, ktoré štát v oblasti dopravy musí v najbližších rokoch vyriešiť.

Z blogu autora, ktorý je súčasťou ministrom dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky

ESTAKÁDA NA DÁLNICI D3 ŽILINA (STRÁŽOV) – ŽILINA (BRODNO) NAD SILNICÍ I/18, ŽELEZNIČNÍ TRATÍ A VODNÍ NÁDRŽÍ HRIČOV

Úsek dálnice D3 Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno) je technicky velmi náročný vzhledem k tomu, že estakádou křížuje vodní dílo Hričov a tunelem obchází Považský Chlmec a část města Žilina a další estakádou křížuje údolí s řekou Kysuca. Délka celého tohoto úseku dálnice je 4,25 km v kategorii D 24,5/80. Mostní estakáda přechází nad silnicí I/18, železniční tratí Bratislava–Žilina, rybníkem a vodním dílem Hričov (SO 223-00). Konec estakády se nachází na západním portálu tunelu Považský Chlmec. V tomto článku se budeme věnovat první části této stavby, tedy estakádě přes silnici, železniční trať a vodní dílo Hričov, kde založení veškerých pilířů a opěr bylo dílem společnosti Zakládání staveb, a. s. Část s tunelem u Považského Chlmce je popsána v navazujících článcích.

Situace stavby, volba technologií

Dálnice D3 vzhledem k jejímu situování v morfologicky náročném terénu severní části Slovenska patří k náročnějším úsekům dálniční sítě SR. Součástí tohoto tahu D3 je úsek Žilina (Strážov)–Žilina (Brodno), který na jihu navazuje na úsek D3 Hričovské Podhradie–Žilina (Strážov), který je v provozu od roku 2008. Na konci naváže úsek D3 Žilina (Brodno)–Kysucké Nové Mesto, který je v současnosti v přípravě.

Výstavba úseku **D3 Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno)** se připravovala od poloviny 90. let. Na stavbu bylo vydáno územní rozhodnutí v roce 1998 a stavební povolení v roce 2009. Od roku 2014 probíhá výstavba; s ukončením se počítá v roce 2017.

Již při výstavbě posledního úseku D3 Hričovské Podhradie–Žilina (Strážov) bylo připraveno napojení na nyní budovanou estakádu přes nádrž Hričov. Uzavřený směr dálnice byl dobře viditelný při sjezdu z dálnice do města. Další směřování nově budované dálnice ovšem nebylo bez znalosti projektu trasy na první pohled jasné. Trasa se výrazně stáčí doleva přes komunikaci do Žiliny a železniční trať, překonává obloukem rybník a vodní nádrž a následně je na druhé straně nádrže vedena tunelem. Podstatný pro návrh technologie výstavby mostu přes nádrž Hričov byl způsob zakládání. Jde jednak o otázku zakládání v oblasti rybníka a přehrady s velmi nerovným povrchem dna (před zahájením byl nezbytný sonarový průzkum), jednak o otázku přístupu k základům a pilířům při nutnosti zachování dostatečného volného profilu v nádrži. Otázka zakládání je dále popsána samostatně v navazujícím textu. Pro řešení technologie výstavby nosné konstrukce je limitující rozpětí polí. To je dáno jak množstvím křížení (silniční komunikace, železnice), tak požadavky na rozpětí ze strany správce vodního toku.

Pro výstavbu mostní konstrukce byla posuzována řada technologií. Výsuvné skruže, jejichž nasazení by bylo nad nádrží optimální vzhledem



Vizualizace přechodu D3 přes vodní nádrž Hričov před vstupem do tunelu Považský Chlmec

k minimálním požadavkům na přístup pod most, není bohužel možné použít pro největší pole. Omezení pro tuto technologii představují i poměrně malé půdorysné oblouky. Dodavatel (skupina Eurovia) má zkušenosti i se skružemi pro větší rozpětí. Tento systém byl použit na Slovensku například na R1 v blízkosti města Nitra. V tomto případě se však jednalo o jednu mostní konstrukci pro oba směry. V případě souběžných mostů, kdy je každý směr veden na samostatné konstrukci, což je požadavek na popisovaném mostě, je potřebný dostatečný prostor mezi mosty pro technologii skruže (a bednění). V případě velkých polí, vzhledem k tomu, že hlavní nosníky skruže jsou přímé, se řešení dále komplikuje.

Výsledné řešení tak nakonec kombinovalo různé technologie výstavby, přičemž pro největší pole přes nádrž je využita letmá betonáž, v dalších polích výsuvné skruže včetně moderního systému skruže s využitím předpětí pro eliminaci deformací při betonáži. Využita je rovněž pevná skruž. Tento výsledný návrh postupu a kombinace technologií je výhodný i z hlediska rychlosti výstavby.

Popis mostního objektu

Mostní objekt 223-00 je rozdělen na dva mosty. Pro každý dopravní směr je navržena samostatná konstrukce – jeden dilatační celek. Statický systém obou mostů je identický. Nosná konstrukce každého mostu je navržena jako spojitý nosník z monolitického předpjatého betonu. Celková délka nosné konstrukce pro levý most je 1492,64 m s počtem 30 polí a 1436,67 m pro pravý most s počtem 29 polí. Příčný řez je navržen jako dvoutrámový, konstantní výšky s přechodem na komoru s proměnnou výškou průřezu. Volná šířka vozovky na obou mostech je stejná, a to 11,25 m.



Situace stavby při přechodu estakády nad vodní nádrží Hričov severozápadně od Žiliny



Vznikající estakáda nad vodní nádrží Hričov (srpen 2015), pohled při příjezdu do Žiliny od jihu

V rámci návrhu mostu je konstrukce rozdělena do čtyř technologických celků podle technologie výstavby nosné konstrukce v konkrétní části. Dělení je následující:

- TC1 – technologický celek 1 – křižovatka Žilina (Strážov) – výstavba pomocí překládané pevné skruže,
- TC2 – úsek nad rybníkem – výstavba pomocí posuvné skruže Strukturax,
- TC3 – hlavní úsek nad řekou Váh a nádrží Hričov – výstavba pomocí letmé betonáže,
- TC4 – poslední část před tunelem Považský Chlmec – výstavba pomocí posuvné skruže BERD.

V definitivním stadiu působí konstrukce jako spojitý nosník o více polích. Uložení mostu je na opěrách a mezilehlých podpěrách vždy na dvojici hrncových ložisek. Na pilířích v technologickém celku TC3 bude most uložen přes monolitické spojení se spodní stavbou, čímž se vytvoří rámové spojení.

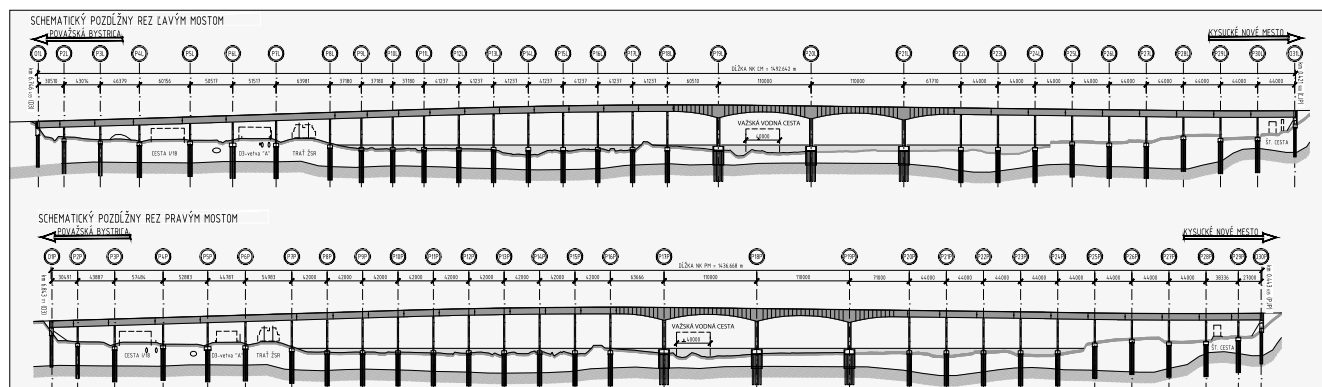
Nosná konstrukce je navržena jako spojitý betonový předpjatý dvoutrámový nosník konstantní výšky s přechodem na komoru proměnné výšky průřezu, na vnějších krajích s vyloženými konzolami. Hlavní pole nad řekou Váh mají rozpětí 2x110 m, přilehlá mostní pole dvojtrámové nosné konstrukce mají rozpětí od 30,51 do 67,71 m. Celková šířka nosné konstrukce je na obou mostech konstantní. Nad krajními opěrami a vnitřními podpěrami budou zhotoveny příčníky. Kabely podélného předpětí jsou kotveny v koncových příčnicích a v pracovních spárách jednotlivých etap betonáže. V rámci technologického celku TC1 jsou kabely kotveny v nálticích u vnitřních příčniců. Založení všech podpěr obou mostů je navrženo jako hloubkové na velkopřůměrových vrtaných pilotách. Pro technologické celky TC1, TC2 a TC4 jsou to piloty o průměru 1,2 m, v technologickém celku TC3 pak

piloty 1,5 m. Při výstavbě spodní stavby byly využity štetové jímky rozepřené pomocí ocelových profilů.

Základní údaje o stavbě:

Stavba: D3 Žilina (Strážov)–Žilina (Brodno)
 Název objektu: Estakáda na D3 v km 7,500 nad silnicí I/18, trať ŽSR, vodní nádrží Hričov
 Investor: Národní diaľničná spoločnosť, a. s.,
 Generální projektant: Dopravoprojekt, a. s.
 Projektant mostu: Stráský, Hustý & partneři, s. r. o.
 Členové sdružení: EUROVIA SK, a. s. (člen Skupiny EUROVIA CS), HOCHTIEF CZ, a. s., SMS, a. s. (Stavby mostov Slovakia)
 Speciální zakládání: Zakládání staveb, a. s.

Ing. Miroslav Mucha, EUROVIA CS,
Ing. Pavel Sliwka, SHP,
 s přispěním **Ing. Petra Klimeše**
 a **Ing. Branislava Juháse, redakčně upraveno**



Podélné řezy jednotlivých mostních konstrukcí celkové délky cca 1500 m



Realizace pilotového založení podpěr na hlavním technologickém úseku TC3, pohled od portálu tunelu Považský Chlmec

ZALOŽENÍ ESTAKÁDY NA D3 ŽILINA (STRÁŽOV) – ŽILINA (BRODNO) V KM 7,500

Město Žilina je přirozeným dopravním uzlem Slovenské republiky, ale i středoevropského prostoru. V rámci města a jeho dotčeného území probíhají dopravní trasy ve směru sever–jih a západ–východ, a to silniční, železniční v budoucnu plánované i vodní. V blízkosti Žiliny u obce Hričovské Podhradie se dálnice D1 odklání na východ směrem na město Martin, tento úsek je momentálně ve výstavbě. Směrem na sever dále na Žilinu pokračuje dálnice D3, která těsně před městem končí, a celá tranzitní doprava prochází intravilánem města po místních komunikacích, což zejména v době špiček způsobuje pravidelné dopravní zácpy. Jediným trvalým řešením bylo pokračovat výstavbou dálnice D3, která obejde město Žilina a bude pokračovat dále na sever ve směru Skalité–Zwardoň do Polska. Jak již bylo uvedeno výše, prvním úsekem D3 je část Hričovské Podhradie–Žilina (Strážov) a navazujícím pak obchvat Žiliny s oficiálním názvem Dálnice D3 Žilina (Strážov)–Žilina (Brodno), název stavebního objektu 223-00

Estakáda na D3 v km 7,500 nad silnicí I/18, II/507, železniční trati, rybníkem a vodní nádrží Hričov. Zadavatelem stavebních prací je Národní diaľničná spoločnosť. Za účelem tohoto mimořádně náročného díla bylo vytvořeno Sdružení D3 Žilina (Strážov)–Žilina (Brodno), které pak zvítězilo v tendru na generálního zhotovitele stavby. Firma Zakládání staveb, a. s., je na této stavbě dodavatelem založení celé estakády délky téměř 1500 m. Založení všech podpěr obou mostů je navrženo jako hloubkové na velko průměrových vrтанých pilotách. Krajiné opěry jsou navrženy jako masivní železobetonové s koncovými závěsnými křídly. K dokreslení náročnosti prováděných prací je třeba dodat, že během výstavby zůstává zachován v maximální možné míře provoz na silnicích I/18 a II/507 a železniční trati ve směru Žilina–Bratislava.

Práce prováděné v jednotlivých technologických celcích TC1–TC4

V rámci návrhu mostu byla konstrukce

a s tím spojená výstavba rozdělena do čtyř technologických celků dle výstavby nosné konstrukce (viz předchozí text). Každý tento technologický celek je specifický i tím, jakým konkrétním územím prochází. Zakládání staveb, a. s., realizovalo na technologických celcích pilotážní práce – velko průměrové piloty 1200, 1500 mm, uzavřené štětovnice a jednostranné štětové kotvené stěny. Na všech technologických celcích pro realizaci velko průměrových pilot byly nasazeny dvě vrtné soupravy BG 24 a BG 36. Pro beranění štětových stěn bylo nasazeno jedno až dvě beranidla typu ICE 416L a ICE 18 RF. Samotné piloty a uzavřené štětové jímky slouží pro výkop a založení základů jednotlivých podpěr mostů.

Technologický celek TC1 v úseku km 6,750–7,100 je přímým pokračováním D3. Z větší části je situován na suchém terénu: O1L, O1P, P2L–P7L, P2P–P6P. Patky P8L a P7P se nacházejí již na pracovních ploších nasypných v rybníku za železnicí.



Realizace pilot na hlavním technologickém úseku TC3



Štětová jímka pro ochranu pilotového založení podpěr na úseku TC2

Opěry O1L, O1P jsou situovány v místě napojení D3 na nový objekt, oddělené jednostrannou kotevní štětovnicovou stěnou. V každé opěře bylo zhotoveno po 8 ks velkopřůměrových pilot \varnothing 1200 mm, délky 15 a 16 m.

V podpěrách P2L, P3L, P2P bylo zhotoveno po 6 ks velkopřůměrových pilot \varnothing 1200 mm, délky 14 m. V podpěrách P4L–P8L, P3P–P7P bylo zhotoveno po 9 ks velkopřůměrových pilot \varnothing 1200 mm, délky 14–17 m. Na TC1 byly ze štětovnic VL 604 zhotoveny jednostranné štětové stěny a uzavřené štětové jímky proměnlivých výměr, délek 7–9 m.

Specifikem daného technologického celku bylo, že stavební práce byly realizovány v těsné blízkosti železniční trati, dálničního přívaděče a státní silnice I/18. Uzavřené štětové jímky nebo jednoduché kotvené štětové stěny zasahovaly často přímo do vozovky komunikace, eventuálně, co se týče železnice, musela být vypnuta trolej a svěšeny obslužné kabely. Dalším problémem byly časté přesuny mechanismů, způsobené nejen překážkami (komunikace, železnice), ale i pozdním vydáním souhlasu správců pro zásahy do silnic a železnice.

Celkem bylo na TC1 realizováno:

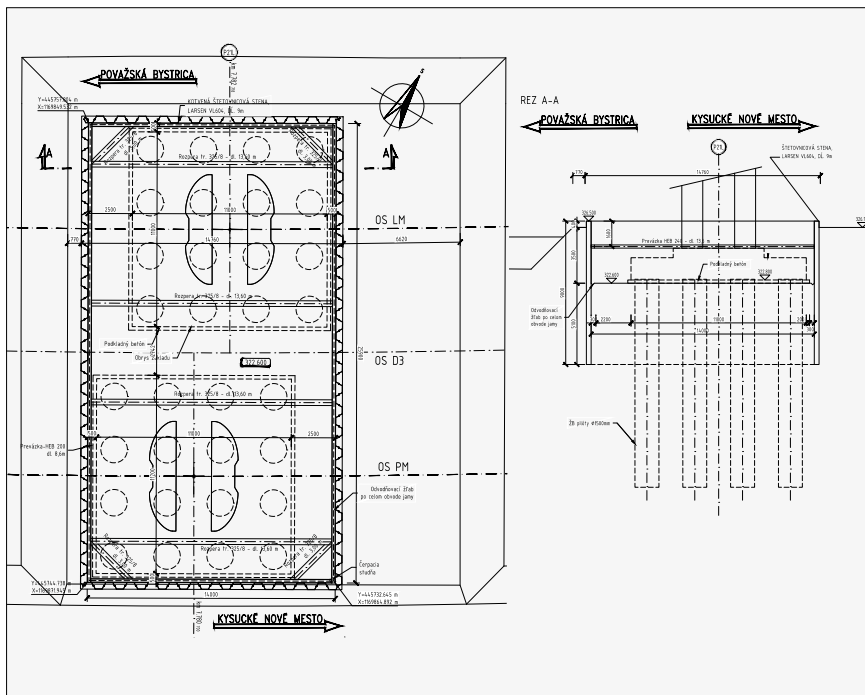
- 1847 m pilot \varnothing 1200 mm,
- 2169,4 m² dočasných štětových stěn,
- 17,727 t kotevních a rozpěrných rámu,
- 145,6 dočasných pramencových kotev.

Technologický celek TC2 v úseku km 7,100–7,480 je umělým násypem situovaným v místě rybníku. Zde byla nasypána manipulační cesta a zhotoveny pracovní plošiny (poloostrovy) na kótu 326,10 m n. m. při max. hladině vody 325,500 m n. m. pro realizaci prací speciálního zakládání. Jedná se o patky P9L–P18L a P8P–P16P. Dno rybníka pod hladinou spodní vody je tvořeno měkkými bahnitými sedimenty do tloušťky až 2,8 m. Proto zde docházelo k neustálému poklesu pracovních plošin a zapadávání těžších mechanismů, zejména vrtných souprav, což se řešilo jejich permanentním dospáváním a zpevňováním. Na celku TC2 byly realizovány piloty \varnothing 1200 mm, délky 13,0–15,0 m po 7 ks v každé podpěře a uzavřené štětové jímky z VL 604 délky 8,0 m a konstantní plochy 257 m². Práce na zhotovení uzavřených štětových stěn stále probíhají. Naše snaha je maximálně využít dovezený materiál (štětovnice, rámy) a na stavbě jej použít vícekrát.

Celkem bude na TC2 realizováno:

- 1827 m pilot \varnothing 1200 mm,
- 4882,2 m² dočasných štětových stěn,
- 47,419 t rozpěrných rámu.

Technologický celek TC3 v úseku km 7,480–8,040 se nachází v místě budoucího přemostění vodní nádrže Hričov. Dno je zde



Pilotové založení podpěr P21L a P19P se zhotovenou štětovou jámkou pro následný výkop

podstatně členitější, než tomu bylo v případě úseku TC2, což je způsobeno proudnicí řeky Váh a těžbou štěrků v minulosti. Podobně jako v případě TC2 byla zhotovena

přístupová cesta a pracovní plošiny na kótu 326,10m n. m. Jedná se o patky P19L, P20L, P21L, P17P, P18P, P19P. Jelikož se se v daném úseku počítá i s lodní



Rozsáhlá štětová jámka pro ochranu pilotového založení podpěr na úseku TC3, stav před odkopáním hlav pilot

Overpass on the highway D3 Žilina (Strážov)–Žilina (Brodno) above the road I/18, railway lines and water reservoir Hričov

D3 motorway section Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno) is technically very demanding due to the fact that the viaduct crosses the water project Hričov a by tunnel bypasses Považský Chlmec and part of the city of Žilina and another viaduct crosses the valley of the river Kysuca. The length of this entire section of the motorway is 4.4 kilometers in category D 24.5 / 80. Bridge viaduct passes over the road I / 18, the railway line Bratislava-Žilina, pond and water works Hričov (SO 223-00). The end of the flyover is located on the western tunnel portal Považský Chlmec. In this article we are focusing on the first part of this project, therefore elevated road across the road, railway line and water works Hričov where all the founding pillars and abutments was the work of Zakládání staveb, Co. Part with the tunnel near Považský Chlmec is described in subsequent articles.

dopravou, osová vzdálenost mezi patkami je zde největší – 110m. Na základě požadavku správce VN Hričov musela být ponechána proudnice řeky Váh mezi patkami P18L–P20L a mezi P16P–18P. Takže zatím nebyly provedeny piloty a uzavřená štětová jámka v patkách P19L, P17P. Vlastní patky P19L a P17P budou realizovány až po dokončení prací na pilířích a mostovce na patkách P20L, P21L, P18P, P19P a po převedení toku Váhu mezi tyto pilíře. Předpoklad nástupu na tyto práce je v 1. čtvrtletí 2016. Na daném úseku TC3 byly a budou realizovány piloty Ø 1500 mm délky 12,0 a 13,0 m po 16 ks v každé podpěře a sdružené uzavřené štětové jámky z VL 604 délky 9,0 m, které vytvářejí ochranu pro dvě podpěry P18P, P20L o rozměru 695,9 m², respektive 731,9 m² pro P19L, P21L, P17P, P19P. Po zhotovení základů a pilířů se štětové stěny odstraní upálením pod hladinou vody. Jelikož se dané patky nacházejí v proudnici toku řeky Váh, byl na zhotovení pracovních plošin kvůli stabilitě použit lomový kámen, který se však musel odstranit z osy následně beraněných štětových stěn. Dalším problémem v daném úseku bylo časté ohrožování mechanismů a pracovníků zvýšenou hladinou vody Váhu – několikrát došlo k překročení maximální dovolené hladiny vody na kótě 325,500 m n. m. Naštěstí nedošlo k vážnějším škodám, jen do poklesu hladiny vznikly prostroje.

Celkem bude na TC3 realizováno:

- 1216 m pilot Ø 1500 mm,
- 2160 m trvalých štětových stěn,
- 18t rozpěrných rámu a rozpěr.

Technologický celek TC4 v úseku km 8,050–8,250 přechází z vodní nádrže na břeh a dále pokračuje po terénu, kde končí v tunelu, vedoucím z Považského Chlmce do Brodna na kysucké straně. Tento úsek vzhledem k zakládání považuji za nejméně komplikovaný, práce speciálního zakládání zde probíhaly bez větších problémů. Jedná se o patky P22L–P30L, O31L a P20P–P29P, O30P.

Na daném úseku TC4 byly zhotoveny piloty Ø 1200 mm, délky 12 až 17 m po 7 ks v každé podpěře, v opěrách bylo po 8 ks, a dočasné štětové jámky z VL 604 délky 8,0 m. Platilo zde totéž jako na TC2 – vícekrát použit dovezené štětovnice.

Celkem bylo na TC4 realizováno:

- 2308 m pilot Ø 1200 mm,
- 2056 m dočasných štětových stěn,
- 20t rozpěrných rámu.

Ing. Viliam Forner, Zakládání staveb, a. s.

Foto: Libor Štěrba a Ing. Jiří Ludvíček