

Časopis ZAKLÁDÁNÍ
vydává:
Zakládání staveb, a. s.
K Jezu 1, P. O. Box 21
143 01 Praha 4 - Modřany
tel.: 244 004 111
fax: 241 773 713
E-mail: propagace@zakladani.cz
http://www.zakladani.cz
http://www.zakladani.com

Redakční rada:
vedoucí redakční rady:
Ing. Libor Štěrba
členové redakční rady:
RNDr. Ivan Beneš
Ing. Martin Čejka
Ing. Jan Masopust, CSc.
Ing. Jiří Mühl
Ing. Michael Remeš

Redakce:
Ing. Libor Štěrba
Design & Layout:
Studio 66
Jazyková korektura:
Mgr. Antonín Gottwald
Sazba, lito:
Studio 66
Tisk:
Retip

Foto na titulní straně:
Libor Štěrba, Ing. Libor Mařík
Překlady anotací:
Magdalena Sobotková

Ročník XX
2/2008
Vyšlo 21. 7. 2008
v nákladu 1000 ks
MK ČR 7986
ISSN 1212 – 1711
Vychází čtyřikrát za rok

Pro rok 2008 je cena časopisu 86 Kč.
Roční předplatné 345 Kč vč. DPH,
balného a poštovného.
Objednávky předplatného na tel.:
234 035 200, fax: 234 035 207 nebo na
myris@myris.cz, www.myris.cz
Myris Trade, s. r. o.
P. O. Box 2, V Štíhlách 1311/3
142 01 Praha 4

Podávání novinových zásilek
povolila PNS pod č.j. 6421/98

Aktuality

- 40leté výročí vzniku společnosti Zakládání staveb, a. s.**
– 5. pokračování, období let 1985–1990
Ing. Alois Kouba, Zakládání staveb, a. s. 2
- 13. mezinárodní seminář Zpevňování, těsnění
a kotvení horninového masivu a stavebních konstrukcí 2008**
Ing. Milan Jeřábek, Zakládání staveb, a. s. 6
- Den otevřených dveří u společnosti BAUER**
Ing. Jan Šperger, Zakládání staveb, a. s. 8
- Nové betonářské normy – Změna Z3 ČSN EN 206-1**
Ing. Vlastimil Šrůma, CSc., MBA, Česká betonářská společnost ČSSI
Ing. Jan Šperger, Zakládání staveb, a. s. 9

Teorie a praxe

- Pilota a podzemní překážka**
Ing. Petr Hurých, FG Consult, s. r. o. 10
- Geotechnický monitoring stavby tunelu Vestec-Lahovice
na silničním okruhu kolem Prahy, stavba 513**
Igor Zemánek, Eva Kolářová, MOTT MACDONALD Praha, spol. s r. o.
Petr Svoboda, D2 Consult Prague, s. r. o. 13

Dopravní stavby

- Dopravní řešení sil. I/42 Brno VMO Dobrovského**
Ing. Vlastimil Horák, AMBERG Engineering Brno, a. s. 18
- Přehled dosud provedených prací společnosti
Zakládání staveb, a. s., na stavbě VMO v Brně**
Ing. Pavel Mühl, Zakládání staveb, a. s. 22
- VMO v Brně – Královopolské tunely – startovací
mikropilotový rošt na provizorních portálech**
Ing. Martin Čejka, Zakládání staveb, a. s. 24
- VMO v Brně – Královopolské tunely – zajištění výrubu
v nesoudržných zeminách chemickými injektážemi**
Petr Maláč, Tomáš Průša, Zakládání staveb, a. s. 26
- VMO v Brně – Královopolské tunely – zajištění extrémně
hluboké stavební jámy Technologického centra**
František Šedivý, Zakládání Group, a. s. 28
- Monitorování těžby podzemních stěn Technologického centra**
Ing. Ivan Bažant, Zakládání staveb, a. s. 30

Zahraněční stavby

- Zajištění a utěsnění dna stavební jámy v chorvatském Varaždinu**
Jaroslav Lehoučka, Zakládání staveb, a. s. 31

40leté výročí vzniku společnosti Zakládání staveb, a. s. – 5. pokračování, období let 1985–1990

V pětiletí 1985–1990 došlo k odtržení Závodu speciálního zakládání staveb – 07 od mateřských Vodních staveb VHH a vzniklo Zakládání staveb, které prošlo privatizací a ustálilo se jako významný výrobní podnik českého stavebnictví ve formě akciové společnosti.

V rámci privatizace došlo k podstatnému zehutnění podniku, kdy z původních zhruba 1500 pracovníků zbylo asi 450 zaměstnanců, avšak technologie speciálního zakládání byly

zachovány jak co do strojního vybavení v plném rozsahu.

V náplni práce se výrazně uplatnily prefabrikované podzemní stěny, těsnící podzemní stěny,

řešení rekonstrukcí budov a dopravní stavby, ať už silniční nebo na tocích. Mimo to se dařilo udržet i rozšířit aktivity v zahraničí (Německo, Egypt, Alžír, Ukrajina a další). Z významnějších staveb spadajících do pětiletí 1985–1990 připomínáme zvláště tyto:

Založení nových pavilonů FN Motol na pilotách průměru 900–1100 mm, založení jednotlivých objektů sídliště Petrovice a Jirkov, zabezpečení stavebních jam na trasách metra v Praze



Kotvené pilotové stěny u severního portálu Strahovského tunelu



Jižní portál Strahovského tunelu byl proveden v kotvených podzemních stěnách



Těžba a výztuž podzemních stěn na objektu TGC Strahovského tunelu



Opěrné zdi u Stadice tvoří prefabrikované podzemní stěny

(Palmovka, Luka-Lužiny, Skalka aj.), založení mostů v Děčíně, Kolině, zpevnění těsnicích hrází pro elektrárny Počerady a Chvaletice těsnicemi podzemními stěnami, rekonstrukce koryta a základů přilehlých domů na spodní části Čertovky v Praze, štětové jímky a injekční clony na vodních dílech – např. Hněvkovice a Kořenisko, sanace sesuvu v Třebenicích a závalu na jámě č. 4 ve Frenštátě i založení a zabezpečení stavebních jam některých významných budov jako např. Hotel Těšnov, Mrazírny Litoměřice, Banka Smíchov aj.

V rámci našich vzpomínek „na pokračování“ vám poněkud více přiblížíme stavby: Strahovský tunel, Stadice – opěrné zdi, Rekonstrukce Stavovského divadla, Generální oprava jezu Veletov na Labi a Výhybna lodí na plavebním kanále Vraňany–Hořín.

Strahovský tunel

Strahovský tunel byl v 80. letech vyprojektován jako třířadový automobilový tunel mezi Smíchovem a Střešovicemi. Mimo vlastní tunelovou trasu sestával ze tří hlavních objektů. Na všech těchto objektech se uplatnily metody speciálního zakládání staveb.

SHÚ – severní hloubený úsek jako severní vyústění tunelových trubů byl vytvořen z kotvených pilotových stěn. Pilotové stěny zhotovily Vojenské stavby a kotvení zajistil Závod speciálního zakládání. Použity byly pramenové reinjektabilní horninové kotvy o délce 50–52 m. Kotvy vzhledem ke své délce byly montovány přímo na stavbě. Problémy byly s udržení

sklonu a směru vrtů pro kotvy, neboť nehomogenní horninové prostředí zvětšovalo křivost vrtu. Řešení bylo nalezeno v použití dvouplášťových vrtných kolon o velkém průměru pažnicové kolony, které měly dostatečnou tuhost pro udržení nastavených parametrů vrtu.

JHÚ – jižní hloubený úsek měl portálovou stěnu vytvořenou podzemními stěnami v ulici Švédské a staveniště bylo pod objektem POFIS, kde ho přetínala ulice Holečkova. Boky a svahy staveniště kolmé na portál byly zajištěny kotvenými pilotovými, záporovými a mikropilotovými stěnami. Celý portál a stěny stavební jámy jižního hloubeného úseku provedl Závod speciálního zakládání Vodních staveb.

TGC – technologické centrum Strahovského tunelu je umístěno na Strahovské pláni před stadionem. Sestává z výdušného objektu v nadzemní části a podzemních prostor, kde je umístěn velín tunelu a jeho celé technické zázemí. Podzemní prostory jsou vymezeny hlubokými podzemními stěnami, které jsou v několika úrovních kotveny. Značné problémy na tomto pracovišti byly s provedením podzemních stěn. Bentonitový výplach při úniku po ložních spárách pískovců by mohl obnovit fosilní svahové pohyby, čímž by mohl dojít k poškození zástavby, která vznikla na stabilizovaném svahu Strahova. Stav a hladina výplachu byly v průběhu těžby podzemních stěn přísně hlídány a každý náznak ztráty výplachu vyvolal ochranná opatření.

Práce speciálního zakládání probíhaly na objektech Strahovského tunelu v letech 1984–1989 a byly ukončeny úpravou líce stěn a likvidací

míst průsaku podzemní vody. Z tunelářských prací byly vyhloubeny 2 jednosměrné tunelové trouby s tím, že prostor pro třetí tunel je zajištěn v portálových stěnách a tunel bude vyhlouben dle potřeby provozu následně.

Stadice – opěrné zdi

Opěrné zdi podél rychlostní komunikace Ústí n. L.–Teplice zajišťují komunikaci proti sesuvu a pádu hornin na vozovku. Byly budovány těsně pod přírodním svahem, kde je silnice vedena v zářezech do terénu. Opěrné zdi jsou vybudovány z prefabrikovaných podzemních stěn; prefabrikáty zasahují do skalního masivu a o ně se opírá plnou mocností zvětralinový plášť svahu. Zahloubení rýh pro prefabrikáty bylo značně obtížné, neboť v trase rýhy se vyskytovaly balvany tvrdých basických vyvřelin, které byly jen velmi obtížně těžitelné. Je proto jasné, že stěny rýhy byly značně porušené a nadspotřeba jílocementových směsí byla vysoká. Prefabrikáty opěrných zdí byly ve své koruně spojeny železobetonovým trámem, betonovaným na místě, u něhož bylo velmi komplikované určit rozteče dilatačních spar. Prakticky se přirozené dilatační spáry objevovaly u každého zámku prefa stěny (tedy po dvou metrech). Tyto dilatační praskliny musely být na přání investora zaceleny pružným a odolným tmelem, který bylo nutno pro tento účel najít. Přiznané dilatace byly potom provedeny dle projektu zhruba po 6–8 m. Opěrné zdi v oblasti Stadice byly provedeny v letech 1988–1989.



Stavovské divadlo: prefa podzemní stěny tvoří stěnu depozitáře kulís a budova divadla je nesena na ocelových mikropilotách

Rekonstrukce Stavovského (Tylova) divadla

Tato stavba prakticky navazovala na dokončené práce při rekonstrukci Národního divadla a Smetanova nábřeží a uplatnily se na ní prakticky všechny technologie speciálního zakládání, které jsme měli v letech 1986–1987 k dispozici. Základové zdivo budovy bylo zpevněno injektážemi a vynešeno pomocí tryskové injektáže a mikropilot. Pro zajištění stavební jámy přístavby jako depozita kulís na Ovocném trhu byly použity hlavně prefabrikované podzemní stěny. V rámci rekonstrukce bylo provedeno i propojení suterénu budovy s Kolovratským palácem, kde byly zřízeny zkušebny, šatny a další scéna. Obdobně jako u Národního divadla došlo i zde k úplné demolici vnitřního zařízení divadla, prohloubení jámy pod stávající základy a obvodové zdivo bylo staticky zajištěno systémem mikropilot, injektáže a tryskové injektáže. Jediná přístupová cesta při těžbě uvnitř divadla byla v zadním traktu směrem na Ovocný trh. Těžké nákladní vozy vyjíždějící z útrob budovy a zacouvávající do vnitřku zde měly jen o centimetry mikropilotové bárky nesoucí obvodové zdivo. Po námi provedených pracích nastoupily specializované firmy, které vybavily divadlo moderní technikou, a úspěch společného úsilí může posoudit každý dnešní návštěvník.

Generální oprava jezu Veletov na Labi

Tato stavba byla prováděna jako generální dodávka přímo pro investora Povodí Labe v Hradci Králové. Technologii jezového pole (klapky a jejich montáž) dodalo ČKD Blansko. Po stavební stránce se jednalo o úplnou rekonstrukci stávajícího jezového tělesa, které bylo po polovinách šířky řeky

Jez Veletov: pohled na stavební jámu poloviny jezu s mikropilotami ve dně a štětovou stěnu na horní i dolní vodě



Jez Veletov: pohled na jezová pole s osazenými klapkami





Těžba rýhy a ukládání prefa panelu na výhybně Lužec

Pohled na dokončenou prefa stěnu výhybny Lužec



odstraněno a nové těleso bylo založeno na rastr mikropilot, jejichž hlavy byly zabudovány do železobetonové základové desky jezu. Prostor pro stavbu byl zajímkován zaberaněnými štětovnicemi. Nové jezové těleso včetně pilířů s kapsami pro osazení klapky bylo po vyarmování vybetonováno a v místech zvýšené abraze opevněno kamenným obkladem. Na stavbě byla zřízena mobilní betonárna, která dodávala beton dle potřeb stavby. Před ukončením prací vznesl investor požadavek na zřízení malé vodní elektrárny, pro kterou byla zajištěna stavební jáma ohraničená štětovou stěnou a byly provedeny potřebné betonářské práce od přírodního kanálu na horní vodě přes savky a úložné bloky turbin až po vyústění do kanálu na spodní vodě. Celá stavba proběhla v letech 1985–1991 a po úpravě koryta na spodní vodě byla úspěšně předána do provozu.

Výhybna loďí na plavebním kanále Vraňany–Hořín u Lužce

Stávající plavební kanál mezi Vraňany a Hořínem neumožňoval plavbu loďí v obou směrech, což značně omezovalo jeho provoz. Proto bylo rozhodnuto vybudovat v letech 1985–1986 u Lužce výhybnu, kde bude možné vyhnouti dvou loďí plovoucích v protisměru. Výhybiště bylo vyprojektováno a provedeno v prefabrikovaných podzemních stěnách, které vyloučením mokřých stavebních procesů umožnily realizovat stavbu v zimním období. Zhruba po dvaceti letech jsme měli možnost, při vypuštění plavebního kanálu, zkontrolovat stav prefabrikátů i jejich zámků a bylo konstatováno, že železobetonové prefabrikáty ani jejich spoje nevykazují žádné poškození a lokální průsaky. Objekt tedy i nadále slouží lodnímu provozu a je dokladem, že použití prefabrikovaných podzemních stěn na objektech vodního stavitelství je oprávněné.

Ing. Alois Kouba, Zakládání staveb, a. s.
Foto: archiv ZS

40th anniversary of the company Zakládání staveb – 5th part, the period 1985 – 1990

In this 5-year long period Závod speciálního zakládání staveb – 07 separated from its mother company Vodní stavby VHJ and the company Zakládání staveb came into existence. It went through privatisation and settled in the market as a significant company of Czech civil engineering in the form of a joint-stock company.

13. mezinárodní seminář Zpevňování, těsnění a kotvení horninového masivu a stavebních konstrukcí 2008

Ve dnech 21.–22. 2. 2008 proběhl v Ostravě výše uvedený seminář, pořádaný VŠB – TU FAST Ostrava a firmou Minova Bohemia, s. r. o. Na semináři bylo předneseno 36 příspěvků, které byly zaměřeny jak na teoretické, tak i na praktické řešení uvedené problematiky. Referáty jsou uvedeny v rozsáhlém sborníku (259 stran). V dalším textu uvádím stručný obsah nejzajímavějších příspěvků, které se bezprostředně dotýkají oblastí zakládání staveb.

Ph.D. Civ. Eng. Tomasz Najder – NAJDER engineering, Rock grouting on Iceland

Autor popisuje zkušenost z provádění injektáží tunelů na Islandu, které se razí ve složitých geologických podmínkách. Jedná se o tunely pro hydroelektrárnu Kárahnjúkar v celkové délce 73 km.

Geologie lokality je charakterizována četnými poruchami a puklinami podél čedičových vrstev. Poruchové zóny jsou obvykle široké 0,5–2,0 m, jsou zvodnělé a vyplněné úlomky hornin o různé velikosti – od celých bloků až k jílovitým částicím. Extrémní přítoky studené i horké vody (+2 °C až +60 °C, a to až 1 m³/s na čelbě nebo 30 l/s v jednom vrtu při tlaku 20 bar) bylo nutno zvládat injektáží. Při nízkých teplotách podzemní vody (2–4 °C) prakticky neprobíhá hydratace cementu v cementové injekční směsi, a proto bylo nutno používat k injektáži speciální rychletuhnoucí polyuretanové pryskyřice, které jsou pro sanaci zmíněných poruch prakticky nenahraditelné. Příspěvek byl velmi zajímavý, představoval ideální kombinaci teoretických znalostí s praktickým provedením na stavbě. Jediným negativem byl malý prostor pro přednesení referátu (15 min).

Ing. David Cyroň, Metrostav, a. s., Divize 5, Ing. Petr Kučera, Minova Bohemia, s. r. o., Problematika provádění těsnících chemických injektáží na tunelech Ólafsjördur a Siglufjördur na Islandu.

Metrostav, a. s., razí na Islandu dva silniční tunely. Součástí prací je i těsnění injektáží poruch horninového masivu, způsobujících vysoké přítoky vody pod velkým tlakem do tunelu. Poruchy a zejména teplota podzemní vody jsou v každém tunelu rozdílné. V tunelu Ólafsjördur je teplota podzemní vody 2 až 3 °C (tlak až 35 barů, přítok až 2 m³/min) a tato skutečnost vylučuje použití cementových injekčních směsí. Proto byly použity rychle reagující polyuretanové pryskyřice, které musely být navíc předehřívány na 25–30 °C a i injekční čerpadlo

muselo být v temperovaném zatepleném prostoru. Díky těmto opatřením se podařilo extrémní přítoky podzemní vody do tunelu zvládnout.

V tunelu Siglufjördur byla teplota podzemní vody 18 až 20 °C (tlak 20 barů), a to umožnilo použití cementových injekčních směsí, polyuretanové pryskyřice byly používány jen v nejnútnejších případech.

Ing. Michal Grossmann, Minova Bohemia, s. r. o., Základní přístupy k řešení sanací

Autor v příspěvku člení sanaci poruch hydroizolace podzemních staveb na konstrukce s pojistným systémem a bez něj. U konstrukcí s pojistným systémem jsou popsány druhy pojistných systémů a injekční hmoty pro jejich aktivaci. V případě konstrukcí bez pojistného systému je rámcově popsán způsob sanace pomocí injektáže. V závěru autor ukazuje na výhody použití pojistného systému, přičemž definuje podmínky realizace pro jeho úspěšnou funkci.

Prof. Ing. Mirko Matys a kol., UK Bratislava, Přírodovědecká fakulta, Kontrola podzemnej tesniacej injekčnej steny okolo skládky v Šali

Podzemní těsnicí stěna byla vytvořena v roce 1999 pomocí injektáže a jejím účelem bylo utěsnit skládku nebezpečných odpadů firmy Duslo Šala. Injektáže sedimentů (koeficient filtrace cca 1–10⁻⁵ m/s) byly realizovány pomocí perforovaných ocelových trubek v osové vzdálenosti 1 m, zaražených 0,5 m do nepropustného podloží. Injekčním médiem byla polyuretanová pryskyřice systému Bevedol – Bevedan, aplikovaná pomocí obturátoru vzestupně, tlakem 4–5 MPa. Ke kontrole těsnosti a homogenity těsnicí podzemní stěny byly použity geoelektrické metody (metoda spontánní polarizace, metoda vertikálního elektrického sondování, metoda elektrické rezistivní tomografie). Kombinací těchto metod se podařilo odhalit dvě místa v těsnicí podzemní stěně, která

vykazovala anomálie. Tato místa byla znovu zainjektována.

Pomocí geoelektrických metod se tedy podařilo prokázat, že i takto – podle mého názoru problematickým způsobem – zhotovená podzemní stěna může plnit svoji funkci.

Prof. Mgr. Jozef Hulla, DrSc., STU SvF Bratislava, katedra geotechniky, Problemy overovania účinnosti injektáže v pórovitom prostredí

Autor v příspěvku popisuje metody stanovení propustnosti hrubozrnných zemin, přičemž preferuje terénní zkoušky, zejména čerpací zkoušky. Dále je v textu rozebrána problematika lokalizace poruch injektovaného prostředí a určení potřeby dotěsnění poruchy. Na konkrétních případech pak autor ukazuje způsoby dotěsnění kontaktu zemních a betonových konstrukcí (Bešeňová, Tvrdošín), přičemž je jako neúčinnější metoda vyhodnocena klasická injektáž jílocementem.

Ing. Jiří Matějček, Amberg Engineering Brno, s. r. o., Projekt zpevňujících injektáží – Tunel Dobrovského

Chemické injektáže při ražbě tunelu Dobrovského měly v první řadě zpevnit zvodnělé nesoudržné zeminy v oblasti kaloty a tím zajistit stabilitu horní části výrubu. Dalším úkolem injektáží bylo snížit výrazné výrony vod v portálu, které omezovaly průběh prací ve štolách. Vlastní realizaci chemických injektáží prováděla v tunelu II firma Minova Bohemia, s. r. o., polyuretanovými pryskyřicemi, v tunelu I firma Zakládání staveb, a. s., chemickou směsí na bázi silikátů. Chemická injektáž proběhla v obou tunelech na podzim roku 2007 a jejich bezprostředním výsledkem bylo výrazné omezení průsaků vod do štol. Efektivnost injektáží z hlediska zpevnění nesoudržných zemin bude plně zhodnotitelná až v době ražby tunelu.

Ing. Zdeněk Cigler, Minova Bohemia, s. r. o., Silnice I/42 Brno, VMO Dobrovského, tunel II; Zpevňování a částečné utěsňování nesoudržných zemin v nadloží štol IIa, IIb

Autor ve svém příspěvku seznamuje s technickým řešením a způsobem provádění chemických injektáží pro zpevnění a částečné utěsňování nesoudržných zemin

polyuretanovou jednosložkovou pryskyřici Carbostop 41. Jsou zde popsány geologické poměry v dané lokalitě, zkušenosti získané při zkušební injektáží, projekt i vlastní realizace injektáže. Dále jsou uvedeny vlastnosti pryskyřice a charakteristika použitého injekčního čerpadla.

Ing. Alexandr Butovič, Ph.D., Satra, s. r. o., Ing. Miroslav Padevět, Metrostav, a. s., Sanační opatření na tunelu Blanka v Praze

Předmětem příspěvku je popis inženýrsko-geologických a hydrogeologických poměrů v sanovaných oblastech, popis způsobu sanačních prací pod Vltavou a v lokalitě Královská obora. V případě sanačních prací pod Vltavou byla prováděna injektáž jílocementovou směsí ze štoly systémem radiálních vějířů. Po podchodu Vltavy severní a jižní tunelovou troubou je možné konstatovat, že provedení sanačních prací bylo úspěšné.

Nejkomplikovanějším místem celé stavby tunelu Blanka v úseku Pelc Tyrolka–Špejchar je ražba dvoupruhových tunelů pod přírodní památkou Královská obora v důsledku značně tektonicky porušeného přechodového pásma délky 160 m se skalním nadložím pouze o mocnosti 1 m. Dále jsou zde disku-

továny možnosti sanace předmětné lokality a popsáno konečné technické řešení, které kombinuje tři technologie:

- tryskovou injektáž z povrchu,
- vějířové mikropilot z povrchu,
- tlakovou injektáž ze štoly.

Michal Grossmann, Minova Bohemia, s. r. o., 1 CPU – rozšířené možnosti aplikací v inženýrském a pozemním stavitelství

Autor příspěvku nejdříve správně definuje pojem jednosložkové injekční hmoty. Následuje popis vlastností pryskyřic tohoto typu (Carbostop), které dodává firma Minova Bohemia, s. r. o. V poslední části příspěvku je popsáno použití jednotlivých typů pryskyřice Carbostop pro různé účely.

Doc. Ing. Karel Vojtasík, CSc., VŠB – TU FAST Ostrava, katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Sledování hlubinného zhutňování nesoudržné nakypřené zeminy numerickým modelem
Metoda vibračního hutnění s doplňováním štěrkového materiálu je v současnosti široce uplatňována pro snadnost provedení a značnou účinnost. Proces vývoje zhutňování štěrkových zemín metodou vibračního hutnění s podáváním materiálu vibrační

sondou lze sledovat pomocí matematického modelování. Pro tento účel je vhodný PFC model, pracující s diskontinuitním řešením. Výsledkem řešení je zachycení vzniku oblastí, kde dochází k materiálové transformaci a jejich prostorová lokalizace a průběžný záznam jejich vývoje v průběhu procesu tuhnutí.

Ing. Milan Jeřábek, Zakládání staveb, a. s.

13th international seminar Zpevňování, těsnění a kotvení horninového masivu a stavebních konstrukcí 2008

On February 21st and 22nd, 2008 a seminar organized by VŠB – TU FAST Ostrava was held in Ostrava. The topic of the seminar was „Hardening, sealing and anchoring of rock massif and building constructions“.

36 papers were presented during the seminar. They were aimed at both theoretical and practical solutions to above mentioned issues. The papers are collected in conference proceedings which has 259 pages. In the text we bring you a brief content of most interesting papers which deal with special foundation engineering.

iMateriály

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

www.imaterialy.cz

Den otevřených dveří u společnosti BAUER

Ve dnech 26. 4.–29. 4. 2008 se v německém Schrobenhausenu u společnosti BAUER konala výstava zařízení a techniky pro technologie speciálních geotechnických prací. Vystavovateli byly společnosti BAUER Maschinen, KLEMM Bohrtechnik, MAT Mischanlagentechnik, RTG Rammtechnik, PRAKLA Bohrtechnik, EURODRILL, PILECO, TRACMEC a FAMBO. Výstava se konala v areálu centrály společnosti BAUER, kde byly pod širým nebem vystaveny na čtyři desítky strojů.



Ukázky techniky „in situ“
– v popředí technologie vibrofloatace

Pro technologie **velkopřůměrových pilot** byly prezentovány vrtné soupravy se standardním systémem hloubení vrtů (Kelly systém) od nejmenší BG 12 H až po největší BG 36 H včetně vrtného nářadí. Dále byla prezentována vrtná souprava se **systémem vrtání CFA** s novým, bezpečnějším systémem pro uchycení vrtného šneku při nástrojování. Nechyběly ani vrtné soupravy se systémem FDP „full displacement“, který je možné modifikovat dle přání zákazníka například na vrtání se ztracenou bodkou. Pro technologii **podzemních stěn** byly prezentovány dva speciální pásové jeřáby MC 64 osazené hydraulickou frézou BC 32 a drapákem DHG-E s možností rotace. Pro technologii **čištění pažicí suspenze** bylo představeno velkokapacitní čističí zařízení BE 500-60 s výkonem 500 m³/h. V expozici byly dále zastoupeny **vrtné soupravy KLEMM** pro technologie vrtání kotev, **injekční a míchací**

stanice MAT nebo soupravy RTG pro **technologie beranění**. Za povšimnutí stály i dvě vrtné soupravy RB 25 a RB 40 od společnosti PRAKLA pro **hloubení hlubokých vrtů**, prezentované včetně výplachového hospodářství. V hale „staré svařovny – Alte Schweißerei“ byly připraveny expozice věnované geotermální energii, vrtným hlavám společnosti EURO-DRILL a vývoji nových elektronických zařízení (software i hardware) do strojů speciálních geotechnických prací. Zajímavostí byl bezesporu **trenažér hloubení velkopřůměrových pilot**, umístěný přímo v kabině vrtné soupravy.

V odpoledních hodinách připravila společnost BAUER v nedalekém výrobním areálu Aresing ukázky použití vystavované mechanizace „in situ“. Byly demonstrovány čtyři technologie. Hloubení rýhy pro podzemní stěnu prováděl nosič MC 32 s drapákem DHG-B 600, součástí ukázky byla i výroba pažicí suspenze na míchacím zařízení SC 500K a čištění pažicí suspenze na čističce BE 170. Druhý byl představen systém FDP „full displacement system“ se ztracenou bodkou na nosiči MG 48. Třetí byla prezentována technologie šterkových pilířů s vibrační jehlou TR 17 na nosiči MBF 10 s horním plněním a jako poslední byla představena technologie beranění ocelových mikropilot kladivem Pileco D 19 na nosiči MC 32.



Ukázky techniky „in situ“
– v popředí technologie FDP

Společným znakem velké části vystavených nosičů byla vysoká flexibilita jejich využití. Příkladem jsou různé způsoby využití pásového jeřábu MC 64 nebo koncept BG 20 H – BT 60, kde je možné soupravu využít jak pro klasické vrtání Kelly systémem, tak pro technologii CFA nebo pro systém FDP. Firma BAUER během dnů otevřených dveří prokázala, že patří na špici firem, které se zabývají vývojem a výrobou strojů pro oblast geotechniky.

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

Exhibition in the premises of Bauer company

On April 26th – 29th, 2008 exhibition of equipment and machinery for special geotechnical works was held in German Schrobenhausen.

Visitors could see about 40 various machines from BAUER Maschinen, KLEMM Bohrtechnik, MAT Mischanlagentechnik, RTG Rammtechnik, PRAKLA Bohrtechnik, EURODRILL, PILECO and TRACMEC and FAMBO which were exhibited in premises of the company Bauer.



Oficiální zahájení výstavy



Hlavní expozice stavební techniky

Nové betonářské normy – Změna Z3 ČSN EN 206-1

V květnu 2008 uspořádala Česká betonářská společnost ČSSI (ČBS) a ČBS Servis, s. r. o., seminář Nové betonářské normy 2008. Nejvýznamnějším programovým bodem semináře byla přednáška „Změna Z3 ČSN EN 206-1 Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda“ Ing. Vlastimila Šrůmy a Ing. Vladimíra Veselého. Představení této změny Z3 normy je i hlavním předmětem tohoto článku, neboť se tato změna normy v některých bodech týká i výroby a zpracování betonu do konstrukcí prováděných technologiemi speciálního zakládání.

Akce se konala v Masarykově koleji ČVUT v Praze a navázala na první ročník semináře se stejným názvem, který v roce 2007 poprvé systémově informoval širokou technickou veřejnost o nových evropských betonářských normách vydaných a zaváděných do systému ČSN v poslední době. Přednášejícími byli přímí zpracovatelé českých vydání příslušných evropských norem a hlavní zpracovatelé dalších předpisů.

Program letošního semináře byl opět zaměřen především na nové evropské normy zaváděné do praxe v ČR, ale jeho součástí byly i informace o několika důležitých resortních technických předpisech, které dosud nebyly souhrnně veřejnosti prezentovány. Obsah semináře byl rozdělen na čtyři základní bloky:

1. Výroba betonu – Změna Z3 ČSN EN 206-1,
2. Výztuž a vyztužování,
3. Prefabrikace,
4. Technologie betonových konstrukcí.

Změna Z3 ČSN EN 206-1

Zpracování návrhu změny Z3 se ujala ČBS a sestavila za tím účelem odbornou skupinu z reprezentativních, obecně respektovaných odborníků, zastupujících nejdůležitější dotčené strany: akademickou a vědeckou obec, projektanty, technology betonu a výrobce betonových směsí, prováděcí firmy i investory a správce. Změna Z3 zahrnuje i ustanovení změny Z2, která vydáním změny Z3 pozbyla platnosti. Změna Z3 doplňuje a upřesňuje normu ČSN EN 206-1 především v těchto bodech:

1. Rozšíření použití normy pro vodohospodářské stavby a samozhutnitelný beton

Do tabulky (tab. 4.1 – Stupně vlivu prostředí) byly pro jednotlivé stupně vlivu prostředí uvedeny informativní příklady vodohospodářských konstrukcí. Dále byla platnost předmětu normy doplněna o samozhutnitelný beton (viz definice 3.1.63). Pro samozhutnitelný beton byla doplněna tabulka „Klasifikace podle rozliť“ o další dva stupně F6 a F7, kde hodnota průměru rozliť dosahuje až 850 mm.

2. Požadavky na beton vystavený korozi vlivem mechanického působení (obrusu)

K definici požadavků na beton odolný proti obrusu byly využity zkušenosti z jiných členských států CEN. Tabulka 4.1 je doplněna o stupeň vlivu prostředí XM 1, 2 a 3 s uvedením informativních příkladů konstrukcí pro jednotlivé stupně. Dále byla doplněna příloha F o tabulku F.3, kde jsou uvedeny mezní hodnoty pro složení a vlastnosti betonu v prostředí stupně vlivu prostředí XM.

3. Recyklované kamenivo

Změna Z3 upravuje použití recyklovaného kameniva doplněním článku 5.1.3.1. Recykláty jsou rozděleny do čtyř typů, pro betony dle ČSN EN 206-1 lze použít pouze recykláty typu 1 a 2 (typ 2 pouze pro betony nízkých pevnostních tříd). Dále je specifikováno, do jakých betonů (např. dle odolnosti vůči vlivu prostředí) nelze recyklované kamenivo použít vůbec.

4. Příměsí

Změna Z3 specifikuje postup při používání dalších možných příměsí do betonu (dosud to byl jen popílek a mikrosilika) a stanovení koeficientu k pro započítávání podílu příměsí do výpočtu vodního součinitele.

5. Předpjatý beton

U betonu pro předpjaté konstrukce, kde je ochrana předpínací výztuže řešena jinak než betonem, lze dle změny Z3 použít všechny cementy (tedy i směsné) splňující požadavky ČSN EN 197-1. U betonu pro předpjaté konstrukce, kde je ochrana předpínací výztuže proti korozi řešena pouze betonem, je jako vyhovující cement povolen kromě CEM I i CEM II/A-S (za předpokladu, že je zabezpečena a průkazní zkouškou doložena dostatečná alkalická rezerva betonu).

6. Mezní složení betonu

Doplněním článku 5.3.2 se zavedly hodnoty v národních přílohách tabulky F jako normativní s tím, že pevnostní třídy jsou

pouze doporučené. Dále je konstatováno, že splňuje-li beton požadavky na minimální obsah cementu a případně příměsí a maximální vodní součinitel, nemusí být dodržena minimální pevnostní třída, a je-li tato pevnostní třída nižší pouze o jeden stupeň, má se odolnost betonu za prokázanou. Dále jsou do přílohy doplněny i další požadavky na beton jako maximální průsak vody a odolnost proti chemickým a rozmrazovacím látkám. Mezní parametry pro betony s předpokládanou životností 50 let jsou rozšířeny o parametry pro betony s životností 100 let, kterou mj. pro betony do konstrukcí dopravních staveb požaduje ministerstvo dopravy v TKP, kap. 18. Dále je v příloze F změny Z3 inovovaná tabulka F.4, která udává použitelnost různých druhů cementu pro betony odolné jednotlivým stupňům vlivu prostředí. Upřesněno je použití síranovzdorných cementů, které jsou nově odstupňovány od mírně po vysoce síranovzdorné.

7. Průkazní zkoušky

V oblasti průkazných zkoušek přináší změna Z3 normy rozsáhlé doplnění. Průkazní zkoušce lze provádět přímo na výrobním zařízení. Nově je definována tzv. podstatná změna, kdy se při úpravě množství jednotlivých složek betonu ještě nemusí provádět nové průkazní zkoušky. Toto ustanovení umožní lepší operativní řízení receptur betonu na výrobně v závislosti na okamžitých podmínkách výroby (např. v důsledku kolísání teploty a vlhkosti) bez nutnosti provádět novou průkazní zkoušku.

8. Specifikace

Základní požadavky specifikace byly doplněny o dva nové body: o údaje o způsobu dopravy a ukládání čerstvého betonu a o označení tabulky, dle které je požadováno splnění mezních hodnot (F.1, F.2 nebo F.3). Dále může být součástí specifikace některý z doplňujících požadavků, jako jsou například doba zpracovatelnosti nebo odolnost proti průsaku vody.

Změna Z3 ČSN EN 206-1 přináší doplnění a přesnější specifikaci některých ustanovení normy z roku 2001. Vzhledem k tomu, že zpracovateli této změny byli odborníci z řad projektantů, investorů, uživatelů i výrobců betonu a změna Z3 byla s širší technickou veřejností dvoukolově projednávána, dá se předpokládat její rychlé akceptování stavební praxí.

Ing. Vlastimil Šrůma, CSc., MBA,
Česká betonářská společnost ČSSI
Ing. Jan Šperger, Zakládání staveb, a. s.

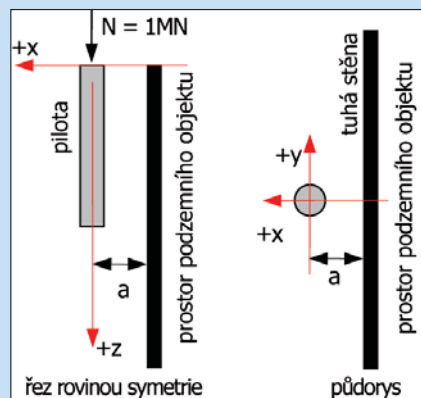
Pilota a podzemní překážka

Autor se zabývá numerickým modelováním účinků piloty na podzemní překážku. K číselné ilustraci používá 3D modely MKP, řešené vlastním programem Full3D. Ukazuje interakci „pilota – překážka“ na čtyřech různých typech překážky. Účinky piloty na překážku mají stejný původ jako interferenční jevy pilotové skupiny. Článek také naznačuje, jak vliv piloty na okolí měřit zatěžovací zkouškou.

Statika základů modeluje i obtížné situace, například pilotu či základ v blízkosti podzemní překážky – staré konstrukce nebo funkčního podzemního objektu. Článek ukazuje, jak lze získat číselnou představu o interakci obou částí. Jde-li o funkční podzemní objekt, vyčíslit jeho namáhání nebo deformace vyvolané blízkou pilotou je jistě žádoucí. Takový výpočetní model může být dobrou pomůckou v řadě situací. Téma úzce souvisí s chováním pilotové skupiny, mechanická podstata je stejná. Téma článku je však jednodušší a názornější.

Pilota u stěny podzemního objektu

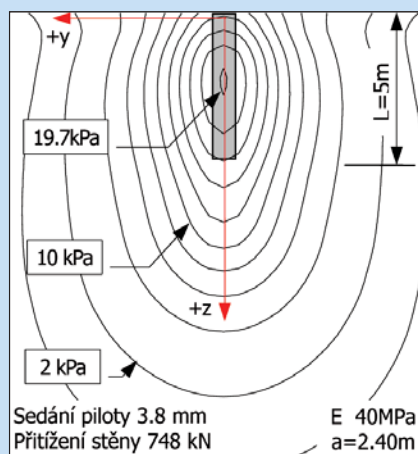
Ukažme model piloty u stěny podzemního objektu. Pilota jej zatíží smykovým napětím, které zjistíme na stěně modelového kvádrů, ta nahrazuje překážku. Ze smykových napětí vyčíslíme i výslednou přitěžující svislou sílu.



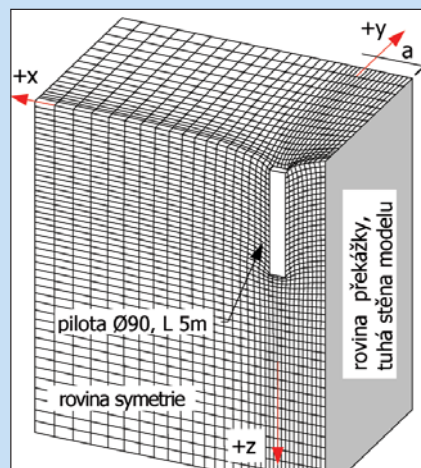
Obr. 1: Poloha piloty u rovinné překážky

Na obr. 1 je řez a půdorys piloty vzdálené **a** od podzemního objektu. Zatížení pilotou převezme podloží a část roviny líce objektu. Tam vzniká smykové napětí a zatěžuje objekt. Na obr. 2 je model deformovaný zatížením piloty 1MN. Sousední objekt je nahrazen tuhou rovinou (šedá stěna), tam hledáme průběh smykového napětí, viz obr. 3 a 4. Maximum 19,7 kPa je na stěně asi v polovině hloubky piloty.

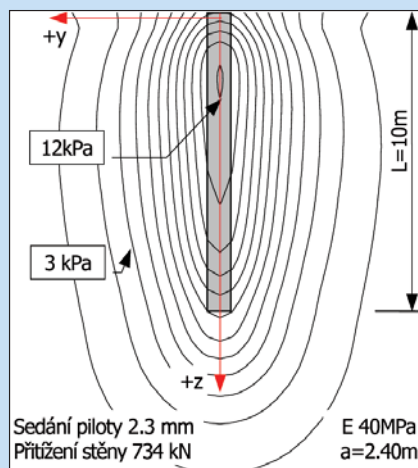
Výslednicí smykového napětí je svislá síla 748 kN, tj. asi 75 % zatížení piloty zatíží stěnu. Interakce piloty a stěny závisí na délce piloty. Na obr. 4 je verze s delší pilotou. Max. smyk je tu jen 12 kPa, v téže hloubce. Přitížení stěny kleslo na 734 kN. Model je řešen pro čtyři vzdálenosti **a**, pro dvě délky piloty a pro dvojí tuhost podloží,



Obr. 3: Smyk TauXZ na stěně, max 19.7 kPa



Obr. 2: Deformace modelu, řez rovinou symetrie



Obr. 4: Smyky TauXZ na stěně, max 12.0 kPa

a m	E 40MPa, L=5m			E 40MPa, L=10m		
	T kN	t kPa	w mm	T kN	t kPa	w mm
1.2	883	45.8	2.8	876	27.0	1.7
2.4	748	19.7	3.8	734	12.0	2.3
3.6	619	10.4	4.2	602	10.4	2.6
6.0	199	3.6	4.5	191	3.7	2.8

Tab 1: Vliv vzdálenosti **a** při E 40 MPa, L= 5 a L=10 m

a m	E 10MPa, L=5m			E 10MPa, L=10m		
	T kN	t kPa	w mm	T kN	t kPa	w mm
1.2	883	45.2	10.9	876	25.2	6.1
2.4	748	19.7	14.8	734	11.7	8.4
3.6	619	10.4	16.4	602	7.2	9.5
6.0	199	3.7	17.7	191	3.2	10.4

Tab 2: Vliv vzdálenosti **a** při E 10 MPa, L= 5 a L=10 m

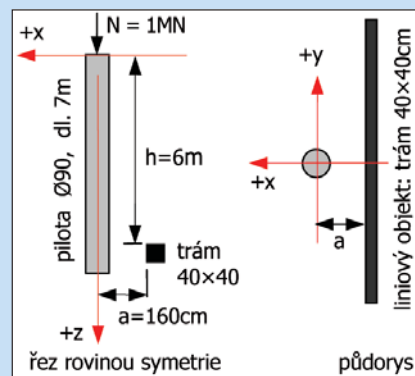
E 40 a E 10 MPa, tab. 1 a 2. Sedání **w** piloty se vzdáleností **a** roste.

Síla **T** zatěžuje překážku a se vzdáleností **a** klesá. V daném uspořádání nezávisí na tuhosti podloží a málo závisí na délce piloty. Také maximum smyku **t** závisí málo na tuhosti podloží.

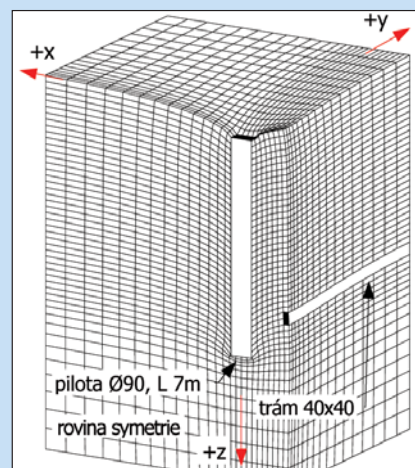
Pilota u vodorovné liniové podzemní překážky

Překážkou může být trám, kanál, potrubí, kanalizace apod.

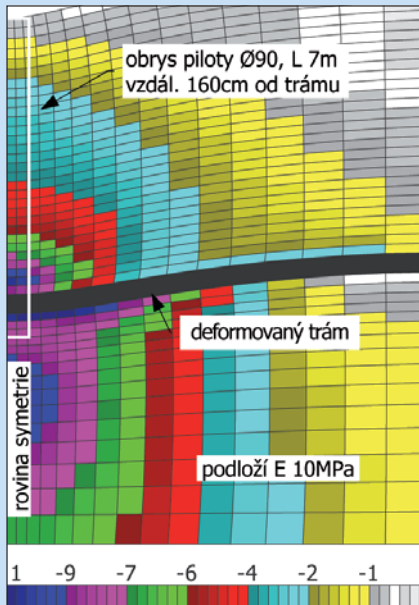
Na obr. 6 je model oříznutý k rovině trámu a k rovině symetrie. Sedání piloty je 13 mm,



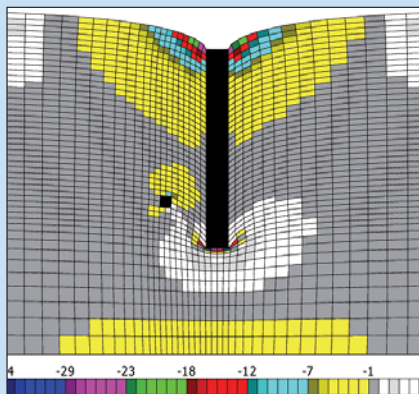
Obr. 5: Pilota u liniové podzemní překážky



Obr. 6: Pilota u liniové podzemní překážky



Obr. 7: Podélný řez trámem, napětí $\Sigma_{\sigma Z}$ v rovině trámu, deformace zvětšeny 200x.



Obr. 8: Napětí $\Sigma_{\sigma Y}$ a porušení symetrie trámem kolmým k obrázku (u, oka kachny)

průhyb trámu 4,5 mm. Liniovou překážkou je nosník namáhaný ohybem, kroucením a tahem či tlakem.

Na obr. 7 je deformace podloží v řezu překážkou a napětí $\Sigma_{\sigma Z}$. Dostatečný

h m	wt mm	wp mm	oy ‰	N kN	M kNm
1.0	6.13	12.9	-1.06	-15.4	39.8
2.0	6.08	12.9	-0.90	-4.12	39.9
3.0	5.85	12.8	-0.83	+1.95	38.9
4.0	5.52	12.8	-0.82	+5.9	37.7
5.0	5.08	12.7	-0.82	+9.9	36.0
6.0	4.46	12.7	-0.79	+15.0	32.2
7.0	3.68	12.7	-0.63	+20.5	26.0

Tab 3: Vliv hloubky h, podloží E 10 MPa, a=160 cm

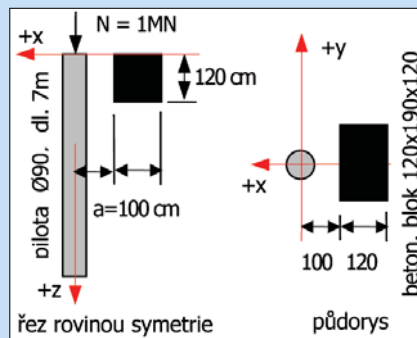
h m	wt mm	wp mm	oy ‰	N kN	M kNm
1.0	7.79	12.8	-1.15	-16.5	61.5
2.0	7.68	12.8	-1.01	-4.30	61.3
3.0	7.43	12.7	-0.99	+1.83	60.8
4.0	7.11	12.7	-1.01	+5.8	60.7
5.0	6.68	12.6	-1.05	+9.9	60.3
6.0	5.99	12.6	-1.10	+16.3	57.0
7.0	4.88	12.6	-0.90	+25.6	44.9

Tab 4: Vliv hloubky h, podloží E 10 MPa, a=100 cm

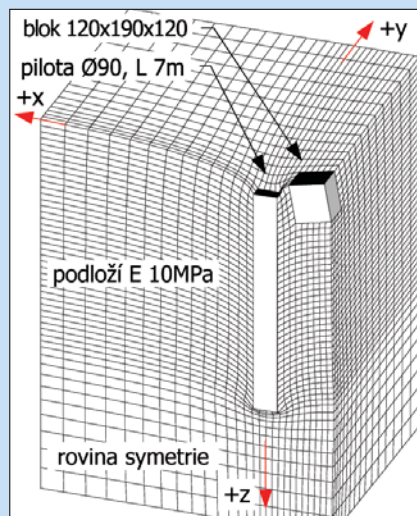
odstup od překážky určí její namáhání a průhyb. Namáhání liniové překážky závisí mj. na tuhosti průřezu a podloží, na hloubce. Ve sloupcích tabulek 3, 4 je hloubka, průhyb wt trámu, sedání wp piloty, rotace oy trámu kolem podélné osy, osová síla N, ohybový moment M. S hloubkou namáhání i průhyb klesá. N je tlak v trámu při povrchu, v hlubší poloze je tažen. Ohyb je větší pro trám bližší k pilotě, viz poslední sloupce tabulek 3 a 4.

Pilota u betonového bloku

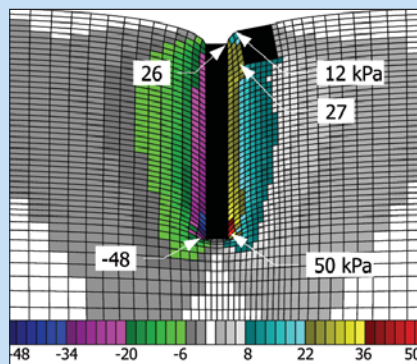
Model dle obr. 9 ukáže vliv piloty např. na existující patku nebo vliv nefunkčního bloku betonu na



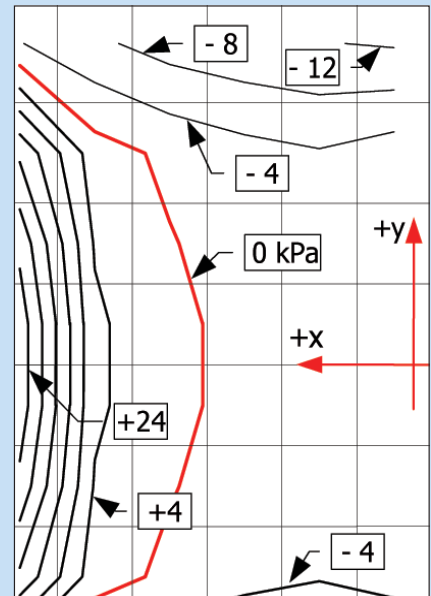
Obr. 9: Pilota u betonového bloku



Obr. 10: Model piloty u betonového bloku



Obr. 11: Napětí τ_{XZ} v rovině symetrie



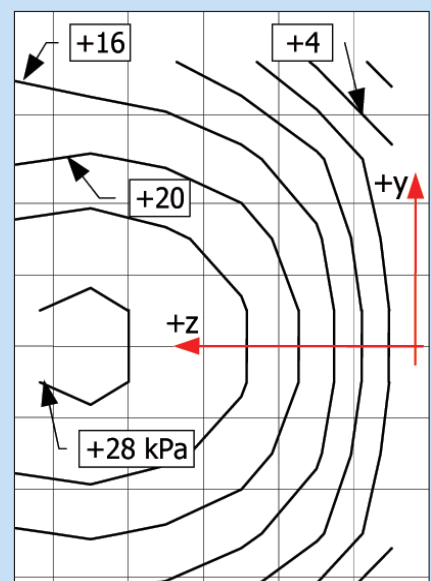
Obr. 12: Napětí $\Sigma_{\sigma Z}$ na dolní podstavě betonového bloku

novou pilotu. Na obr. 10 je model oříznutý k rovině symetrie a k lici bloku. Sedání piloty je 13 mm, pokles bloku 7 mm, rotace kolem osy y je -2‰. Na obr. 11 je smykové napětí τ_{XZ} v rovině XZ. Mezi pilotou a blokem dosahuje asi 27 kPa, kolem paty piloty asi 50 kPa.

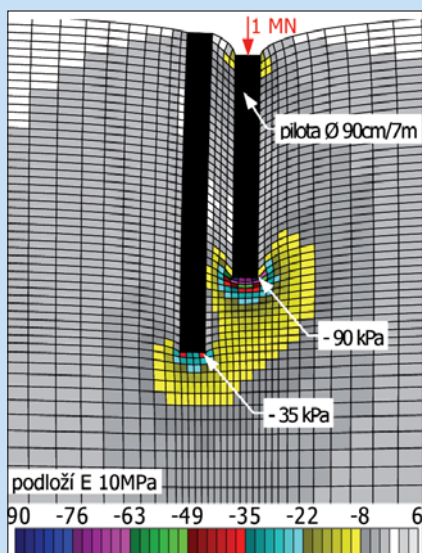
Na obr. 12 je napětí $\Sigma_{\sigma Z}$ v základové spáře bloku. V části blíže pilotě jsou tahy asi 24 kPa. Přičteme-li napětí z tíhy bloku, je výsledkem tlak 6 kPa. Výsledná svislá síla z napětí $\Sigma_{\sigma Z}$ je v základové spáře bloku -2 kN, tlak.

Na obr. 13 je průběh smyku τ_{XZ} po čelní stěně bloku bližší k pilotě. Svislá síla ze smyku je 36 kN.

Na vzdálenějším čele bloku je podobně -10 kN, na bocích -24 kN. Součet svislých složek sil na povrch bloku je nulový.



Obr. 13: Napětí τ_{XZ} na stěně betonového bloku blíže pilotě



Obr. 14: Napětí SigmaZ v rovině symetrie

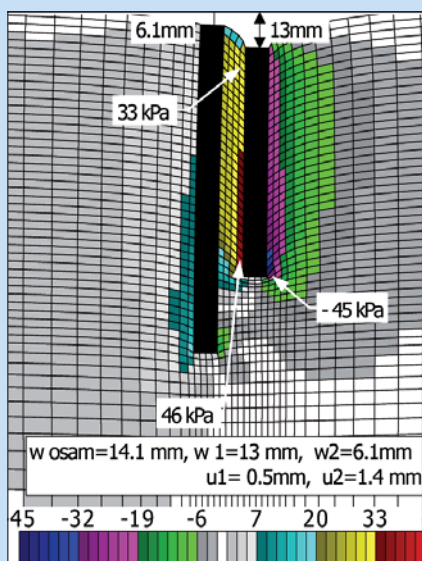
Pilota u jiné, nefunkční piloty

Překážkou může být stará nefunkční pilota. Mějme např. novou pilotu \varnothing 90 cm délky 7 m v podloží E 10 MPa, zatíženou 1 MN. Stará pilota má též průměr, délku 10 m a je osově vzdálena 1,6 m.

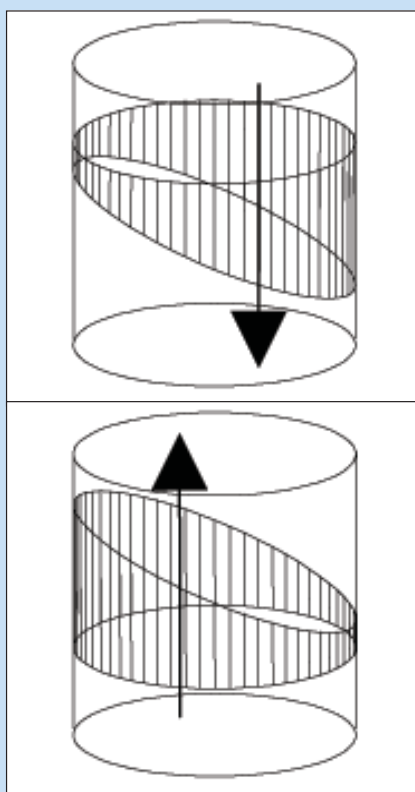
Obr. 14: Oblast tlaku pod pilotami je souvislá na -8 kPa. Přetvořené podloží zasahuje sousední pilotu, která brání poklesu přetvoření a je neuvolněným napětím zatížena

Obr. 15: Smykové napětí se mění po obvodu pilot, je větší mezi pilotami, menší na opačných částech obvodu. Posuny hlav a naklonění pilot souvisejí s proměnou smyku po obvodu pláště pilot, viz obr. 16.

„Asymetrická dvojice“ je příležitost k přímému měření vlivu zatížené piloty na okolí: jedna z pilot je zatížena a obě měřené (posuny hlav svislé i vodorovně).



Obr. 15: Smykové napětí TauXZ, rovina symetrie



Obr. 16: Smyk, síla z pláště nezatížené a zatížené piloty

Poznámky:

- Podstata interakce piloty a překážky je v tom, že pilota přetvoří i blízké okolí, kde napětí i přetvoření je největší na povrchu piloty (zkosení na pláště, stlačení na patě) a směrem do podloží klesá. Překážka brání poklesu přetvoření a neuvolněným napětím je zatížena.
- Problémy „pilota – překážka“ a „skupina pilot“ mají tutéž podstatu. V prvním případě cítíme příčinu a následek: zatížení piloty způsobí přitížení překážky. Skupina pilot je na představu náročnější, je to superpozice úloh „pilota – překážka“, každá pilota skupiny přitíží každou pilotu skupiny (interference).
- Tzv. teorie piloty [1], [5], nahrazuje hmotu vně piloty silami na jejím povrchu. Obraz piloty takto vyňaté z okolí slouží k výpočtu únosnosti nebo i sedání hlavy piloty. Napětí a přetvoření blízkého okolí piloty není takové teorii dostupné. Účinky pilotové skupiny taková teorie konstatuje bez rozboru podstaty [1], [5], [6].
- Každý model svou předlohu záměrně zjednodušuje, vybírá jen to nutné a podstatné pro daný účel. To je hlavní znak a výhoda modelu. Použité modely pracují s pružným podložím. Žádný materiál není ideálně pružný, ale každý se chová přibližně pružně při malých deformacích. Idealizované podloží dá o něco větší spočtené silové účinky piloty na překážku, je na straně bezpečné. Příklady uvažovaly homogenní podloží, ale je snadné přiřadit částem podloží různé vlastnosti, včetně např. simulace šikmých vrstev nebo dutin.

e) Účelné zjednodušení a vědomá přibližnost jsou také rysem všech fyzikálních zákonů, jinak by ani nemohly být formulovány. „K jejich pochopení je třeba pochopit, že všechny jsou určitou aproximací.“ (Feynman). Nejde o přibližnost konstant, ale o výběr a přibližnost definic základních pojmů a přibližnost vztahů mezi nimi.

Poznámky k literatuře:

V dostupné literatuře se téma vlivu piloty na okolní objekty neobjevuje. Souvisí ale se statikou skupiny pilot, jejíž efekty literatura popisuje, ale bez rozboru mechanické podstaty. Ta je stejná jako v rozebraných příkladech.

[1] uznává oprávněnost numerického modelování, už jen pro nemožnost zatěžovací zkoušky. Zmiňuje, že v řadě modelových zkoušek byla shoda s numerickým modelem velmi dobrá.

[3] popisuje Textový kalkulátor (autor ing. Hurych). V jeho jazyce byl napsán program Full3D, použitý k řešení uvedených modelů, včetně grafiky.

[4] popisuje praktické problémy modelování, nároky na sestavení modelu a interpretaci výsledků.

[5], [6] souvisí s tématem nepřímo, popisem pilotových skupin a podobně jako [1] výkladem „teorie piloty“ (tj. osamělé piloty).

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

Literatura

- Feda, J.: Interakce piloty a základové půdy, studie ČSAV, 1977.
- Hurych, P.: Ohyb pilot ve skupině centricky zatížené, Zakládání 4/2001.
- Hurych, P.: Textový kalkulátor Texcalc 96 a geotechnické výpočty, sborník 25. konference Zakládání staveb, Brno, 1997.
- Kolář, V. – Němec, I. – Kanický, V.: Principy a praxe metody konečných prvků, Computer Press 1997.
- Masopust, J.: Vrtané piloty, Čeněk a Ježek, 1994.
- Masopust, J.: Spolupůsobení pilot se základovými deskami, Sborník příspěvků konference

Pile and underground obstacle

Author of this article describes numeric simulation of impact of a pile on an underground obstacle. He uses 3D models MKP for numeric models which are solved by his own software Full3D. He shows interaction „pile – obstacle“ on four various types of obstacles. Impacts of a pile on the obstacle have the same origin as interferential effects on pile groups. The article shows how we can use load test to measure it.



Obr. 1: Kalota třípruhového tunelu v ordoviku



Obr. 2: Kalota třípruhového tunelu v proterozoiku

Geotechnický monitoring stavby tunelu Vestec–Lahovice na silničním okruhu kolem Prahy, stavba 513

Pro ověření předpokladů a výsledků statických a geotechnických výpočtů a v souvislosti s dodržením vysoké bezpečnosti práce a efektivity výroby byl pro výstavbu tunelů SOKP 513 navržen geotechnický a hydrogeologický monitoring. Cílem článku je seznámit čtenáře s navrženým monitorovacím systémem na stavbě a s některými výsledky měření horninového prostředí a konstrukcí v průběhu realizace díla a jejich vlivem na vedení ražeb jednotlivých tubusů.

V dubnu 2007 byla zahájena ražba třípruhového tubusu silničního tunelu stavby 513 okruhu kolem Prahy. Tunel je tvořen jižní třípruhovou rourou, severní dvoupruhovou rourou, osmi tunelovými propojkami a vzduchotechnickou šachtou. Délka tunelů je cca 1950 m. Délka ražených úseků obou tubusů je cca 1675 m. Hloubená část u komořanského portálu je délky cca 170 m, u portálu cholupického délky 80 m. Ražená i hloubená část stavby jsou projekčně i technologicky velmi náročné stavební konstrukce, které představují kromě obrovského přesunu hmot také velké nároky na geotechnické a statické výpočty jak tunelových ostění (primárního i sekundárního), tak i stability pažicích konstrukcí zajišťujících stabilitu hloubených úseků.

I. Ražená část stavby

Ražba tunelů je navržena a prováděna podle zásad Nové rakouské tunelovací metody (NRTM). NRTM je technologie stavby tunelů, při které se maximálně využívá samonosnosti horniny. Provizorní (primární) ostění ve spolupráci s horninovým masivem přenáší účinek vnějších sil (systém hornina – ostění) a tím zajišťuje stabilitu výrubu.

Obecně je na základě podrobného inženýrsko-geologického průzkumu horninový masiv rozdělen do kvazihomogenních celků, kterým jsou v projektu přiřazeny příslušné technologické

třídy výrubu NRTM. V každé technologické třídě výrubu jsou potom stanoveny meze použití. Při překročení je ražba přetříděna do odpovídající třídy výrubu. Navržené zajištění výrubu a technologický postup je tedy operativně přizpůsobován skutečným geologickým podmínkám, zjištěným při vlastní ražbě, přímo na čelbě tunelu. Tím je umožněno dosáhnout vysoké efektivity nákladů vynaložených na ražbu.

Princip observační metody

Nová rakouská tunelovací metoda je metoda observační a byla přijata jako rovnocenná metoda návrhu geotechnických konstrukcí v rámci Eurokódu 7 – Navrhování geotechnických konstrukcí. Metoda v principu umožňuje posuzovat a případně upravovat původní návrh konstrukce v průběhu výstavby na základě výsledků monitoringu (observace) vybraných veličin.

Při použití observační metody je před zahájením výstavby třeba:

- stanovit meze přijatelného chování (deformační stav);
- stanovit rozsah možného chování konstrukce;
- navrhnout monitoring ověřující, zda skutečné chování stavební konstrukce odpovídá předpokladům projektu;
- vypracovat návrh možných opatření připravovaných k realizaci v případě, kdy monitoring prokáže chování stavební konstrukce mimo přijatelné meze stanovené projektem.

Návrh monitoringu ražených tunelů

Při provádění podzemních staveb NRTM je pro návrh konstrukce primárního ostění a poté pro návrh monitoringu důležité shromáždit pokud možno co nejvíce dostupných informací o horninovém prostředí v trase tunelu.

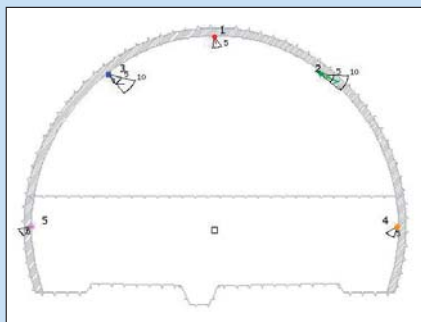
Z tohoto důvodu bylo před stavbou tunelů Vestec–Lahovská rozhodnuto o realizaci průzkumné štoly. Výsledky inženýrsko-geologického průzkumu se staly podkladem pro statický výpočet primárního ostění a poté pro návrh monitorovacích prvků v souladu s principy observační metody. Geologickou situaci v trase tunelů lze zjednodušeně popsat následujícím způsobem.

Geologické poměry v trase

Horninový masiv v trase tunelu tvoří dva stratigrafické celky – ordovik a proterozoikum. Ordovické vrstvy jsou zastoupeny pevnými horninami letenského souvrství, které je charakteristické flyšovým vývojem. Souvrství je tvořeno převážně prachovci a prachovitými břidlicemi, méně jsou zastoupeny křemence. Horniny ordoviku (obr. 1) lze klasifikovat jako zdravé, v okolí poruch navětralé, místy až zvětralé. Masiv je silně tektonicky porušen. Proterozoické horniny zastoupené siltovými, písčivými, drobovými až křemitými břidlicemi a drobami byly zastiženy zhruba v polovině trasy (obr. 2). V nezvětralém stavu mají horniny většinou šedou až černošedou barvu, navětralé horniny mívají nazelenalé odstíny a zvětralé horniny jsou hnědé až okrové barvy. Horniny bývají rezavě a hnědě laminované, deskovitě vrstevnaté a na vrstevných plochách limonitizované.

Hydrogeologické poměry

Z hydrogeologického hlediska lze v prostoru trasy vydělit tři typy kolektorů. Prvním je svrchní zvodnění, které je vázáno na přípovrchovou vrstvu navětrání a rozvolnění ordovických a proterozoických skalních hornin.



Obr. 3: Konvergenční profil

Kolektorem jsou často i nadložní kvartérní deluviální sedimenty. Jedná se o průřinopuklinové zvodnění většinou s volnou hladinou podzemní vody, která je pouze lokálně, pod sprašovými polohami, napjatá. Hloubkový dosah zvodně je do cca 30 m.

Ve větších hloubkách hydrogeologického masivu, tvořeného skalními horninami ordoviku a proterozoika, je vyvinuto puklinové zvodnění. Hydraulická vodivost je po těchto pro vodu predisponovaných cestách vyšší než v nadložním připovrchovém kolektoru. Otevřené puklinové systémy byly zjištěny hlavně v silicifikovaných partiích proterozoika a v křemenci bohatých souvrstvích ordoviku. Třetím typem kolektoru jsou hrubozrnné písky a místy štěrky v pleistocénní vltavské terase, kterou prochází předportálový zářez u komořanských portálů.

Jedná se o průřinové zvodnění s dobrou propustností a s volnou hladinou podzemní vody.

Monitoring

Pro raženou část stavby byla navržena následující měření a činnosti. Podrobněji se zmíníme jen o měřeních pro ražbu rozhodujících. Obecně rozdělujeme měření na:

A Směrodatné:

• Geotechnické sledování ražeb

Dokumentaci čelb provádí odborný geolog pro každý záběr do speciálního formuláře. Ve skalních a poloskalních horninách ordoviku a proterozoika geolog předně sleduje a vyhodnocuje tektonickou situaci líce výrubu ve vztahu k možným projevům strukturní nestability výrubu. Na základě tohoto pozorování a dokumentace se geologická služba podílí na vypracování prognóz geologických podmínek pro další ražbu.

Geolog kromě jiného sleduje stabilitu líce výrubu při dočišťování, podílí se na stanovení případných nezaviněných nadvylomů, dává doporučení pro změnu technologické třídy výrubu.

• Konvergenční měření primárního ostění

je trigonometrické měření líce primárního ostění v jednotlivých profilech. Ražba tunelů je prováděna horizontálním členěním čelby, výrub tunelu je rozdělen na kalotu, lavici a případně dno tunelu. V každém profilu se osazují tři body v kalotě a dva v oblasti lavice (obr. 3).

Tato měření jsou pro ražbu prováděnou NRTM zcela nezbytná. Velikosti deformace primárního ostění se porovnávají s jednotlivými deformačními stavy DS1–DS4 (DS4 – havarijní stav), které jsou stanoveny projektem monitoringu pro jednotlivé technologické třídy.

Kritéria deformačních stavů se odvíjejí od hodnot stanovených statickým výpočtem (mezí, limitní hodnoty v realizačním projektu). Kritéria pro deformační stavy se během stavby mohou upřesňovat, a to v závislosti na růstu poznatků o chování podzemní konstrukce v daných geologických podmínkách.

Spolu s geologickou dokumentací tvoří konvergenční měření základ bezpečnostních měření,

kteřá jsou též legislativně ukotvena ve Vyhlášce ČBÚ č. 55/1996 Sb.

B Indikativní:

• Extenzometrické měření

Jedná se o měření vertikálních posunů v libovolných hloubkových úrovních pod povrchem terénu. Cílem extenzometrického měření z povrchu terénu je v předstihu před ražbou objektivně stanovit deformace horninového masivu v různých hloubkových úrovních pod terémem. Časová rezerva umožňuje zhotoviteli včas reagovat na případné anomálie deformačního procesu v průběhu ražby. Na povrchu terénu jsme osadili extenzometrický profil (obr. 4) nad oběma tunelovými tubusy v místě nad druhým odstavňým zářivem ve dvoupruhovém tunelu. Intenzivní sledování profilu v době procházení jednotlivých ražeb potvrdilo velmi malou odezvu horninového masivu na probíhající ražby.

• Geodetické sledování povrchu terénu (nivelace)

Slouží ke zjištění odezvy ražby tunelů na povrch terénu nad tunelem a také k ověření exkluzivní zóny. Exkluzivní zóna je projektem stanovené území dotčené razicími pracemi. Výsledky měření jsou interpretovány jako grafy časového vývoje poklesu povrchu a jako příčné profily poklesové kotliny. Celkem je osazeno a měřeno osm profilů. Profily u komořanského portálu dosahují maximálních poklesů do 20 mm. Profily u cholupického portálu dosahují poklesů do 10 mm. U ostatních, mezilehlých profilů je naměřeno sedání povrchu do 3 mm.

C Kontrolní:

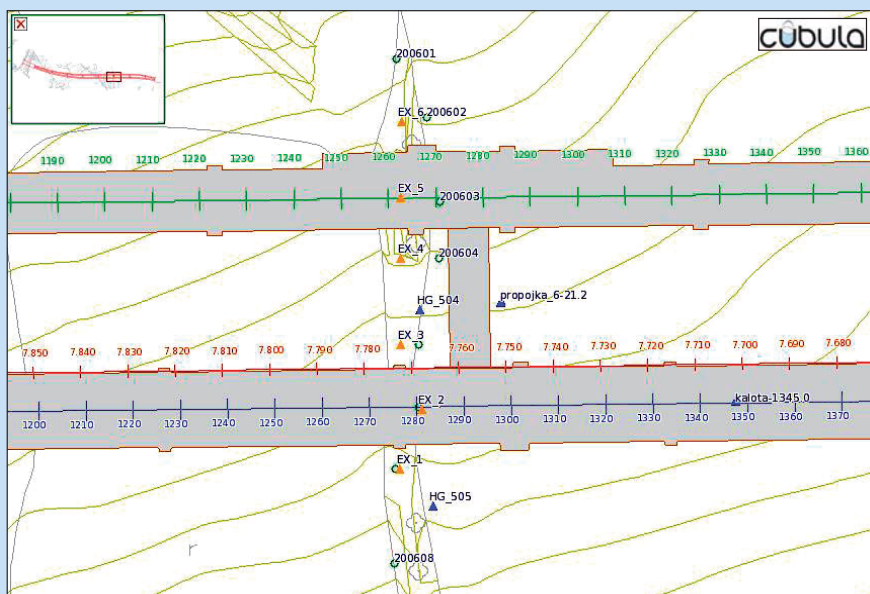
- Měření nivelace na objektech SO 609-Nouzov
- Dynamická a akustická měření v objektech
- Hydrogeologický monitoring
- Geoelektrická korozní měření

Kontrolní měření slouží všem účastníkům výstavby jednak pro vlastní kontrolu zatížení okolí stavbou, ale také jako podklad pro případné právní jednání se třetími fyzickými nebo právnickými osobami.

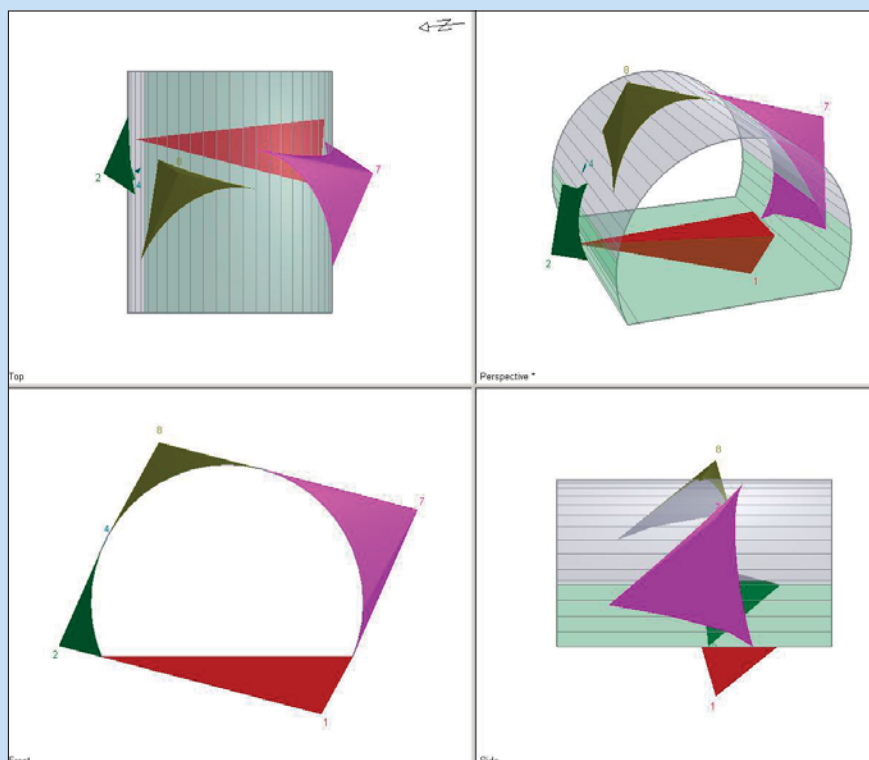
V případě této tunelové stavby jsou periodicky kontrolovány seismické účinky trhačích prací, hluk, kvalita vypouštěné technologické vody, kvalita lesních dřevin (pasportizace dotčeného lesa), nivelace terénu a stabilita přilehlého objektu Nouzov, který se nachází v blízkosti šachty vzduchotechniky.

Výsledky monitoringu ražené části

V článku uvádíme pouze výsledky směrodatných měření, která mají vliv v rozhodovacím



Obr. 4: Extenzometrický profil



Obr. 5: Charakteristický strukturální model výrubu

procesu při stanovení technologických tříd výrubu a případné redukci výztuže primárního ostění.

Ražba tunelů byla od počátku (kromě příportálových úseků) vedena v poloskalních horninách ordoviku a poté proterozoika. Přesto, že masiv je tektonicky porušen, fragmenty horniny jsou pevné (R2, R3), diskontinuity jsou převážně bez jílovité výplně, takže nedochází k poklesu smykové pevnosti na diskontinuitách. Zastižená hornina se chová jako křehký materiál a minimálně se deformuje. Problémy se stabilitou výrubu se omezují na místní strukturální projevy nestability, které představují lokálně nadvýlomy cca 1–2 m³. Na základě dokumentace čelob jsme ve vybraných profilech sestrojili strukturální model výrubu (obr. 5). Na něm jsou zobrazeny bloky, které se v okolí výrubu vyskytují. Cílem tohoto řešení je vyhledávat bloky kritické a předcházet jejich uvolnění do výrubu v předstihu, než bude provedeno primární ostění

a systematické radiální kotvení, a minimalizovat tak případné nadvýlomy. Účinnou technickou podporou pro předcházení nadvýlomů je používané jehlování následujícího záběru. Samozřejmě ani při pečlivé strukturální analýze a sledování výrubu nelze určité nadvýlomy vyloučit, ale lze je účinně minimalizovat.

Minimální schopnost deformace horninového prostředí je zřejmě z konvergenčních měření primárního ostění. Hodnoty naměřených deformací svislých i vodorovných jsou nezvykle malé, obvykle po průchodu kaloty nedosahují ani 10 % DS1. Maximální svislé deformace po průchodu lavice výjimečně přesahují 20 mm. Příklad prezentace výsledků konvergenčních měření je na následujícím obrázku (6a, 6b).

Minimální deformace výrubu svědčí o tom, že odezva masivu na ražbu je velmi malá. Ražba nemá prakticky žádný vliv ani na povrchu

terénu. Naměřené hodnoty nivelace povrchu terénu i deformace horninového masivu (extenzometry) jsou minimální, na mezi přesnosti měření.

Vliv monitoringu na zatřídění a vedení ražeb

Stanovení nebo změna konkrétní technologické třídy výrubu jsou velmi citlivé záležitosti. Na mnoha stavbách dochází při této činnosti často ke zbytečným konfliktům. Po dohodě s investorem jsme na této stavbě zavedli systém „denních schůzek ražeb“. Tím bylo vlastní řízení rozděleno do dvou úrovní.

Denní schůzka představuje pravidelné setkání odpovědných zástupců zadavatele, zhotovitele a geotechnického monitoringu. Schůzka je samozřejmě svolávána i operativně na základě zastižených geotechnických podmínek nebo podle potřeb stavby. Na straně zadavatele se schůzky účastní i zástupce odborného konzultanta.

„Denní schůzka ražeb“ se zabývá pouze ražbou tunelů. Výsledkem jednání schůzky je rozhodnutí o zatřídění ražby do příslušné TTV, rozhodnutí o délce záběru, množství vystrouhacích prostředků a například v případě jehel a svorníků i o jejich rozmístění, délce apod.

Toto rozhodnutí je na základě shody zúčastněných potvrzeno jako schéma vystrojení výrubu na příští období. Pokud nedojde ke shodě, je rozhodnutí o dalším postupu závislé na jednání mimořádné rady monitoringu, svolané vedoucím kanceláře monitoringu.

Rada monitoringu a technická rada jako vyšší stupeň řízení tak vzhledem k ražbě tunelů plní hlavně kontrolní funkci, prováděnou v pravidelných intervalech jednání rady.

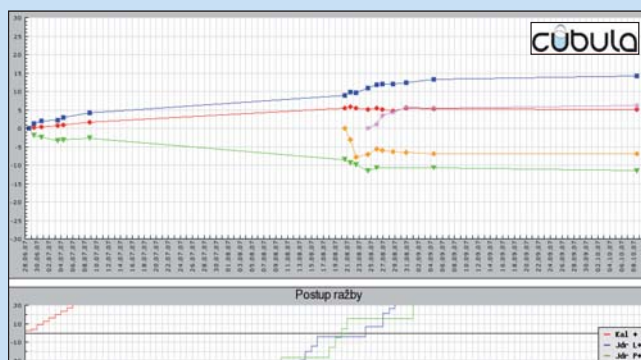
Rada monitoringu je seznámena se zastiženými geotechnickými podmínkami, výsledky kontrolních měření geotechnického monitoringu a odpovídajícím zatříděním ražeb do technologických tříd výrubu a postupem ražeb za dané období.

Toto uspořádání radě umožňuje věnovat větší pozornost dalším problémům spojeným s výstavbou rozsáhlého podzemního díla.

Jedná se o kontrolu plnění průběžných termínů prací, koordinaci prací na realizační dokumentaci stavby apod.



Obr. 6a: Konvergenční měření – svislé deformace



Obr. 6b: Konvergenční měření – vodorovné deformace



Obr. 7: Dno jámy v úrovni klenby kaloty



Obr. 8: Obnažení přístupové části průzkumné štoly

II. Hloubená část stavby

V této kapitole se budeme věnovat pouze monitoringu hloubené části na komořanské straně, kde hloubka stavební jámy u portálu dosahuje 30 m. Hloubený úsek tunelu je budován v hluboké stavební jámě, zapažené v portálové části vrtanou pilotovou stěnou střídavě s konstrukcí záporového pažení v místě budoucích tunelových trub. Zbývající stěny stavební jámy jsou kompletně zapaženy záporovým pažením. Piloty i záporové pažení je dle projektu na základě statického výpočtu opatřeno v různých hloubkových úrovních převážkami a předpjatými kotvami. Hloubení jámy bylo prováděno postupně po etážích až na konečnou projektovanou úroveň. Postup hloubení jámy je zachycen na obrázcích 7, 8, 9.

Návrh monitoringu hloubené části SO513 v Komořanech

Monitorovací systém pažicích konstrukcí komořanské jámy byl navržen dle zásad kontrolního monitoringu. Dimenze pažicích konstrukcí se neměnily na základě zastížených poměrů a výsledků měření jako u observační metody. Prioritní je prokázat bezpečnost a stabilitu návrhu pažicích konstrukcí.

Geologické poměry

Prostor jámy je budován kvartérními sedimenty. Střídají se hlinitý písek – hlína písčitá s pískem, které střídají méně mocné vrstvy hlinitého štěrku. Toto geologické prostředí je zcela nevhodné pro tunelování. Komořanský portál byl umístěn bezpečně až za (pod) bázi kvartérních sedimentů do skalních hornin ordoviku. Detail rozhraní mezi kvartérním pokryvem a skalním podkladem je zachycen na obr. 10.

Monitoring

Základním měřením v tomto případě bylo trigonometrické měření. Ve třech rovinách kolmých na osu hloubené části jsme ve třech hloubkových úrovních osadili 6 trigonometrických profilů a na portálovou stěnu další tři profily (obr. 11a, 11b, 11c). Měření byla prováděna jednak v pravidelných časových intervalech (kontrolní měření) a jednak v souladu se stavebními pracemi po odtěžení příslušné etáže, resp. napnutí kotev. Pro získání informací o deformaci okolí stavební jámy byly instalovány inklinometrické vrty se speciální pažnicí, umožňující měření přesné inklinometrie (obr. 12). Četnosti měření se řídily stejnými pravidly jako u geodetického měření.

Výsledky monitoringu hloubené části Komořanech

Na obr. 13 je znázorněn charakteristický průběh deformací, který představuje rovinný vektor deformace v rovině kolmé na osu trasy. Max. deformace po odlehčení (odtěžení) je 10–15 mm. Měřeními přesné inklinometrie ve vrtech nebyl prokázán žádný vývoj smykové plochy nebo zóny. Výsledky měření se pohybují v mezích přesnosti metody. Na obr. 14 jsme uvedli výsledky měření ve vrtu.

Organizace a řízení monitoringu

Kancelář monitoringu

Kancelář monitoringu je místo, kde se shromažďují, vyhodnocují a archivují veškeré výsledky měření dotýkající se stavby tunelu. Zde se také soustředí informace o zatřídění jednotlivých ražeb do příslušných tříd výrubu. Po dobu výstavby tunelů vedoucí kanceláře monitoringu komplexně vyhodnocuje výsledky



Obr. 12: Zhlaví inklinometrického vrtu

všech měření. K jeho hlavním úkolům patří zejména:

- pravidelná účast na operativních, týdenních a měsíčních schůzkách účastníků výstavby,
- vypracovávání návrhu týdenního aktuálního plánu měření,
- koordinace všech zhotovitelů měření tak, aby tato byla prováděna v souladu se schváleným týdenním aktuálním plánem měření, dle tohoto projektu a v souladu s potřebami výstavby,
- průběžné vyhodnocování výsledků měření s ohledem na jejich vztah k deformačním stavům,
- předávání informací o dosažení deformačního stavu zodpovědným osobám.

Ukládání a sdílení dat (interaktivní systém CUBULA)

V dnešní době je již pro efektivní řízení monitoringu nezbytné mít k dispozici databázový interaktivní systém sloužící pro ukládání, vyhodnocování a sdílení datových souborů. Pro tyto účely byl vyvinut originální interaktivní systém CUBULA, který uvedené parametry splňuje. Celková struktura systému je řešena pomocí databází, ve kterých jsou uložena jak grafická



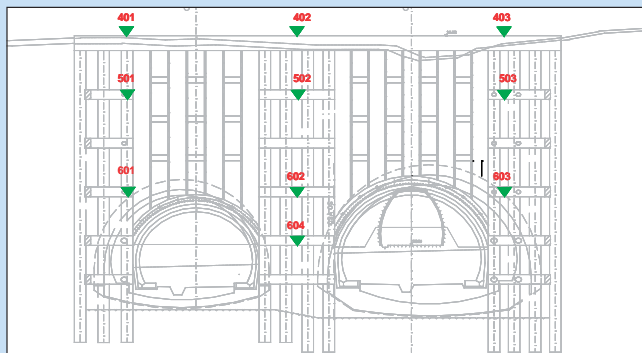
Obr. 9: Konečná hloubka stavební jámy, příprava výztuže dna definitivního ostění hloubené části tunelu



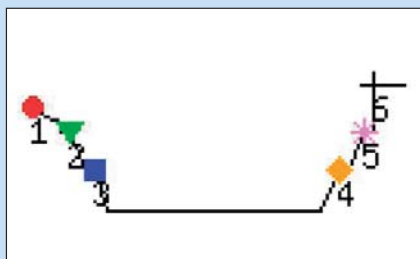
Obr. 10: Rozhraní mezi kvartérním pokryvem a skalním podkladem



Obr. 11a: Schéma monitorovacích prvků jámy Komořany



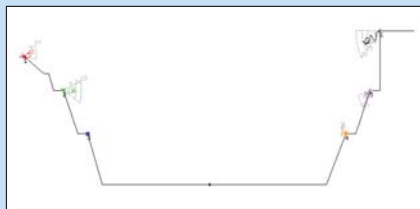
Obr. 11b: Schéma monitorovacích prvků v profilu



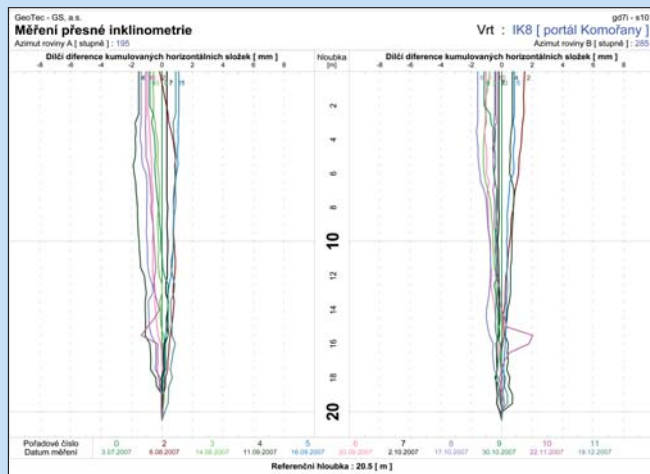
Obr. 11c: Schéma monitorovacích prvků na portále

data, tak i dokumenty. Systém pro svoji práci využívá webovské rozhraní a je funkční pod standardními prohlížeči (explorer, opera). Ke svému provozu nepotřebuje žádné další instalace na straně uživatele.

Grafické soubory jsou dvojího druhu. Pevné soubory (situace, projekt, letecké snímky) jsou členěny do vrstev a jejich zobrazení ovládá uživatel výběrem v záložce „Témata – mapy“. Tyto soubory slouží jako orientační podklad, jsou zpracovány při zahájení stavby (tvorbě projektu). Rozsah zobrazovaných dat je definován v rámci každého projektu dle požadavků zadavatele.



Obr. 13: Trigonometrický profil č. 3



Obr. 14: Inklinometrický vrt IK8

Pro oprávněného uživatele jsou vždy přístupna veškerá dostupná data daného projektu v celém časovém rozsahu. Odpadá tak potřeba distribuce dat a archivace na straně uživatele. Systém současně ukládá informace o uživateli, který dokument vložil nebo provedl aktualizaci, a čase uvedené operace.

Několik bodů závěrem

- Na základě výše uvedených výsledků monitoringu jsme v průběhu výstavby přistoupili v souladu s principy NRTM a ve spolupráci s projektantem, zhotovitelem a investorem k redukci některých výztužných prvků.
- Systém sledování razicích prací, předně zařídování výrubů do technologických tříd, optimalizace výztužných prvků primárního ostění, za účasti supervize, vedoucího monitoringu, stavbyvedoucího a investora, se jednoznačně osvědčil jako velmi efektivní. Celý systém potom naplňuje částečně i doporučení FIDIC, kde odborný konzultant zhotovitele plní úlohu kompetentního pracovníka investora ve funkci geotechnika a částečně i stavebního dozoru (tzv. Engineer).
- Pažicí konstrukce hloubených úseků jsou stabilní. Kontrolní měření prokazují vysokou bezpečnost zajištění těchto hlubo-

kých stavebních jam metodami speciálního zakládání staveb.

Igor Zemánek, MOTT MACDONALD Praha, spol. s r. o.

Petr Svoboda, D2 Consult Prague, s. r. o.

Eva Kolářová, MOTT MACDONALD Praha, spol. s r. o.

Geotechnical monitoring during construction of tunnel Vestec – Lahovice on Prague ring road, site 513

As it was requested to adhere to production efficiency and security of work, geotechnical and hydrogeological monitoring was designed for construction of tunnels SOKP 513. It also serves as means how to verify hypothesis and results of statical and geotechnical calculations. Aim of this article is to give information about designed system of monitoring on the site and with some results of measurement of rock environment and structures during construction and their influence on driving of each tunnel tube.



Obr. 15: Příklad znázornění GISU

Přehled dosud provedených prací společnosti Zakládání staveb, a. s., na stavbě VMO v Brně

Od roku 2006 se společnost Zakládání staveb, a. s., podílí na budování části Velkého městského okruhu (VMO) v Brně – konkrétně na stavbě tunelů pod ulicí Dobrovského a souvisejících objektů.

O mnohých dílčích stavbách jsme psali již v minulých číslech Zakládání, o některých informujeme v tomto čísle. Na této dvoustraně stručně shrneme veškeré práce, dosud provedené společností Zakládání staveb, a. s.



Provádění velkoprofilových pilot vrtnou soupravou BG 18 H



Provádění velkoprofilových pilot a zemních trnů pro zajištění stability svahu



Finální úprava hlav velkoprofilových pilot

Naši účast na této stavbě jsme zahájili na královopolské straně stavby v oblasti ulic Dobrovského, Slovinská, Pešínova a Veleslavína, a to technologií tryskové injektáže při realizaci **pomocných opatření při ražbě na povrchu** – statickém zajištění pozemních objektů v poklesové zóně ražby tunelu.

Před zahájením vlastní ražby pak byly provedeny práce související se **zlepšením zemin v nadloží tunelu č. I** v portálové části Královo Pole pomocí **chemické injektáže** (viz str. 26). Dále zde byly zhotoveny dva **portálové mikropilotové deštníky** (viz str. 24) a na tomtéž místě jsme pak provedli **záporové pažení pro sjezdy** ze stávajících štol.

V prostoru portálu Královo Pole jsme také úspěšně odzkoušeli účinnost a funkčnost **kompensační injektáže** v daných geologických podmínkách, a to včetně měření a sledování deformací vybraného objektu v době provádění prací. V současnosti se v rámci přípravných prací realizují šachty pažené sloupy tryskové injektáže, z nichž se bude provádět kompenzační injektáž.

V oblasti stavby Královo Pole se dnes realizují **mikropilotové deštníky při ražbě tunelu č. II** a pokračuje realizace opatření pro **statické zajištění stávající povrchové zástavby**.

Technicky velice zajímavým objektem, realizovaným na této rozsáhlé stavbě v současné době, je **technologické centrum** (viz str. 28), kde byla využita technologie záporových stěn, velkopřůměrových převrtávaných pilot, dočasných zemních kotev, mikropilotových deštníků, ale především podzemních stěn. U tohoto objektu je Zakládání staveb, a. s., také dodavatelem zemních prací, rozpěrných ocelových konstrukcí a následně i železobetonové vestavby včetně izolací.

S tímto objektem bezprostředně sousedí **vzduchotechnický kanál** – technologické propojení obou tunelů –, jehož stěny jsou paženy velkoprofilovými převrtávanými pilotami.

Část prací realizovaných společností Zakládání staveb, a. s., je také situována na žabovřeskou stranu stavby, kde byly provedeny **velkoprofilové piloty pro založení mostu, opěrných stěn, galerií a pro výstavbu provizorních portálů a definitivního portálu**, dále pak střihané betony a hřebíkování zemin. V těchto místech byly také provedeny statické zatěžovací zkoušky pilot. Na žabovřeské straně tunelů se v nedaleké budoucnosti ještě uplatní technologie podzemních stěn při budování provizorních portálů a definitivního protálu, znovu se objeví hřebíkování zemin jakož i dočasné



Šachta Š05 pro kompenzační injektáž, betonáž ohlubňového věnce

stavbu, na které již byly nebo v brzké době budou použity vesměs všechny technologie, které Zakládání staveb, a. s., na trhu prací speciálního zakládání nabízí, a některé práce zde budou mít republikovou premiéru.

Ing. Pavel Mühl, Zakládání staveb, a. s.

Foto: Libor Štěrbá



Realizace stavební jámy pažené štětovými stěnami pro přeložku inž. sítí



Hloubení šachty Š06 pro kompenzační injektáž, ostění tvoří vzájemně se překrývající sloupy TI

Summary of works on VMO in Brno accomplished by Zakládání staveb

Since 2006 the company Zakládání staveb has participated on building of part of big city ring road (VMO) in Brno – particularly construction of tunnel below Dobrovského Street and adjacent structures.

In this article we bring you brief summary of all works made by Zakládání staveb on this large construction site.

zeminné kotvy, mikropilotové deštníky a stříkané betony. Naše dodávka zahrnuje dále i zemní práce a realizaci rozpěrných ocelových konstrukcí a převážkové železobetonové konstrukce.

Podílíme se též na výstavbě a rekonstrukci podzemních inženýrských sítí, jejichž stavební jámy jsou paženy rozpíranými štětovými stěnami. Z výše uvedeného přehledu je patrné, že se i pro naši společnost jedná o výjimečnou



Vrtná souprava Casagrande PG 115 při realizaci jednoho ze systémových MP roštů



Detailní pohled na čelbu, ze které je prováděn MP deštník



Vrtné a injekční práce byly prováděny z mobilní pracovní plošiny, sestavené z několika ženíjních pontonů

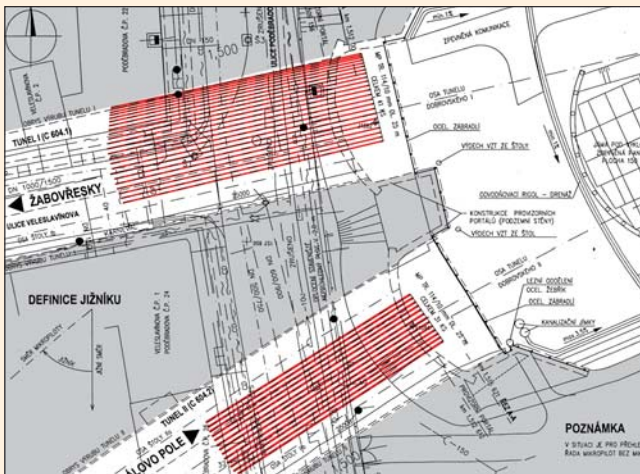
VMO v Brně, Královopolské tunely – startovací mikropilotový rošt na provizorních portálech

Součástí stavebních prací realizovaných společností Zakládání staveb, a. s., při výstavbě Vnějšího městského okruhu v Brně byly také dva startovací mikropilotové rošty na provizorním portálu ražených tunelů I. a II. v prostoru stavební jámy Královo Pole. Mikropilotové rošty realizované v těsném nadloží výrubu obou tunelů zajistí bezpečnou rozrážku obou štol v plném profilu ražby a následnou ražbu v místě minimálního nadloží tunelů nad stávající obytnou zástavbou.

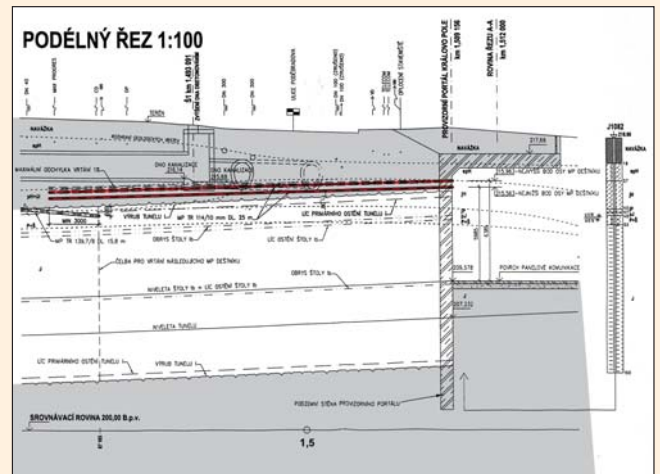
Oba rošty byly realizovány v délce 25 m a jsou tvořeny u tunelu I. 41 ks, u tunelu II. 31 ks ocelových výtuzných trubek \varnothing 114/10 mm ve

vzájemné rozteči 57 cm, uspořádanými v těsném nadloží ražby ve dvou řadách nad sebou. Prostorově tvoří rošty povrch válcového tělesa.

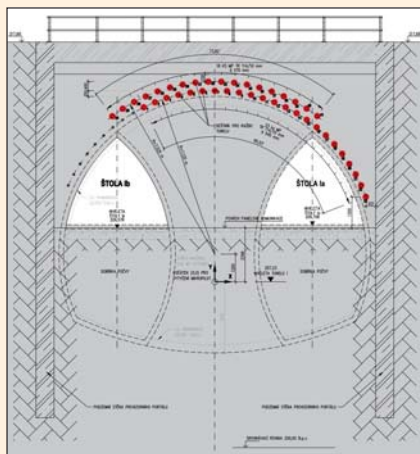
Před zahájením vrtných prací na mikropilotových roštích v průběhu loňského léta musela být nejprve provedena přeložka kanalizační stoky v ulici Poděbradova, která půdorysně kříží oba rošty asi v polovině jejich délky. Přeložení spočívalo v posunutí dna stoky směrem k povrchu komunikace o 0,5 m tak, aby nedošlo k jejímu porušení vlivem následujících vrtných a především injekčních prací. Následně byla před portálem tunelů zhotovena mobilní pracovní plošina, sestavená z několika ocelových ženíjních pontonů.



Půdorys portálů tunelů s mikropilotovými rošty



Podélný řez s mikropilotovými rošty



Příčný řez v místě portálu



Ztracená vrtná korunka, která je přivařena k ocelové výztužné trubce



Pohled na ocelové výztužné trubky v portálové stěně

Tato sestava umožňovala velice progresivně měnit půdorysně, ale především výškově jednotlivé úrovně pracovní plošiny tak, aby nasazená vrtná souprava Huca 1 postupně výškově i půdorysně obsáhla celý vrtný profil obou roštů. Z takto zhotovené a postupně upravované pracovní plošiny byly následně realizovány vrtné a injekční práce na obou mikropilotových rostech.

V první fázi vrtných prací jsme se pokoušeli ocelové výztužné trubky přímo zavrtat v místě jejich určení do dané geologické vrstvy (místní navážky až sprašové hlíny) pomocí tzv. ztracených vrtných korunek, které byly součástí těchto trubek. Při vrtní jsme použili vzduchový výplach. Tento způsob se bohužel neosvědčil, protože ve většině vrtů pro mikropiloty jsme zastihli stávající historické zdivo a základové konstrukce, které se staly pro jednoduchou ztracenou vrtnou korunku nepřekonatelnou překážkou. Vrtý o průměru 150 mm jsme tedy museli vrtat samostatně rotačním plnočelbovým způsobem na vzduchový výplach. Následně jsme do takto provedeného vrtu už velice snadno osadili (zavrtali) ocelovou výztužnou

trubku. Po dokončení vrtní a osazování každé mikropiloty byla bezprostředně provedena závlivka volného mezikruží cementovou injekční směsí. Nakonec byly na mikropilotových rostech opět cementovou injekční směsí přes injekční ventily provedeny vysokotlaké injektáže v celé délce výztužné trubky. Při injektáži byly zaznamenány vyšší spotřeby injekční směsi oproti předpokladům a zvyklostem v dané geologii, které přisuzujeme úniku injekční směsi do prostor historických stavebních konstrukcí.

V obou tunelech proběhly bez problémů pod těmito mikropilotovými rošty následně ražby,

při nichž nebyly zaznamenány žádné nepředpokládané deformace nadloží ani příslušných inženýrských sítí.

Ing. Martin Čejka, Zakládání staveb, a. s.
Foto: Petr Maláč a autor

Micropile grid on temporary portals – VMO v Brně, Královopolské tunnels

Part of works made by Zakládání staveb on construction of VMO Brno was to build two starting micropile grids on temporary portals of driven tunnels I. and II. in the place of temporary construction pit Královo Pole. Micropile grids were built right in the overburden of both tunnels and they shall provide for safe driving of both galleries and driving of tunnels in the place with minimal overburden of tunnels with housing estates above them.



Demontáž pracovní plošiny



Pohled na průzkumné štoly s realizovaným MP deštníkem

VMO v Brně – Královopolské tunely – zajištění výrubu v nesoudržných zeminách chemickými injektážemi

V druhé polovině září 2007 byly na stavbě Silnice I/42, VMO Dobrovského zahájeny práce na zpevnění a částečném utěsnění nesoudržných zemin v profilu raženého tunelu I chemickou injektáží. Cílem prací bylo zpevnění ostění již vyražené průzkumné štoly Ib a provedení sanační injektáže do prostoru výrubu kaloty a výrubu následně ražené štoly Ia. Jednalo se o příportálovou oblast štoly v délce cca 70 m s postupující degradací ostění zejména v důsledku pronikání podzemní vody přes ostění.

Rozsah zpevnění ostění štoly Ib byl dán Závazným příkazem Obvodního báňského úřadu v Brně.

Podle závěrů znaleckého posudku byl podstatnou příčinou oslabení (degradace) betonu vedoucího až k předhavarijnímu stavu vznik komunikací pro prosakující vodu. Mimo úseky s průsaky vody se o výslovně havarijní stav nejednalo.

Projekt pro tyto práce zpracovala projekční kancelář Amberg Engineering Brno, a. s., – generální projektant ražby tunelů. Ten pro zajištění štoly Ib počítal s následujícími časově navazujícími fázemi:

- 1) dodatečná konvergenční měření;
- 2) provedení chemických injektáží nadložních propustných vrstev pro omezení průsaků;
- 3) ověření skutečné tloušťky stříkaného betonu;
- 3) vlastní zajištění formou zesílení ostění (na základě výsledků předchozích činností).

Zakládání staveb, a. s., byla vybrána pro dodávku uvedenou především v bodě 2 chemické injektáže, i když se svou činností dotkla i ostatních uvedených bodů.

Rozsah chemické injektáže

Poloha a rozsah nesoudržných vrstev, které bylo nutné injektovat, byly stanoveny na základě geologického průzkumu, dokumentace čeleb průzkumných štol, dokumentace vrtů mikropilotových deštníků na portálu a vrtů pro pokusnou kompenzační injektáž. Skutečný rozsah však byl mírně odlišný od předpokládaného a při realizaci bylo třeba se řídit aktuálně zjištěnými podmínkami na stavbě. V zásadě ale platilo, že ze štoly Ib byl injektován prostor kaloty tunelu I a kaloty štoly Ia. Injektovatelnost zemin byla ověřena při hloubení mikropilotových deštníků z portálu.

Parametry chemické injektáže

Pro projekt zpevnění nesoudržných zemin ve vrchlíku tunelového profilu chemickými injektážemi byly využity poznatky z injektážního pokusu provedeného ve stavební jámě portálu Králova Pole.

Z provedeného pokusu vyplynulo, že v nesoudržných písčitých zeminách, jaké byly zjištěny v oblasti výrubu tunelu, lze injektovat prostředí na vzdálenost cca 30 cm od injektáž-

ní trubky, tedy teoreticky z jednoho místa prostor tvaru koule o průměru 60 cm. Podle toho bylo navrženo schéma vrtání. Ve štěrkových vrstvách byl akceptován předpoklad možnosti injektáže s menším počtem vrtů za podmínky užití napěňujících injekčních materiálů s vyšším stupněm napěnění.

V technologickém postupu zhotovitele injektáží pak bylo upřesněno vrtné schéma, respektující zejména možnosti konkrétní vrtné soupravy s cílem vrtat co největší počet vrtů z jednoho postavení vrtacího stroje apod.

Částečné utěsnění nesoudržných zemin pod startovacími MP deštníky mělo být provedeno chemickou injektáží nízkoviskózními materiály. Proinjektovaná oblast měla sahat minimálně 750 mm nad teoretický obrys výrubu. V krocích po 0,5 m (vždy 2 profily mezi vyztužnými rámy štol) byly navrženy vějíře injektážních vrtů. Pevnost v prostém tlaku proinjektované zeminy měla být minimálně 1,5 MPa.

Provádění chemické injektáže

V tunelu I byla vyrazena pouze jedna průzkumná štola Ib. Injektážní vrty byly hloubeny v poměrně hustém rastru, a tedy docházelo dle projektu ke značnému narušení stávajícího ostění štol. Navíc vrty měly značnou délku, což mohlo vést k méně kvalitnímu proinjektování vzdálenějších poloh nesoudržných zemin. V příportálovém úseku bylo proto alternativně možné injektovat z portálové stěny souběžně s tunelem na délku 8,0 až 10,0 m.

Práce byly zahájeny 1. etapou – vrtání vrchlíkových vrtů, pro které byla zvolena vrtná souprava Casagrande M5SD. Délky vrtů vycházely z předpokládaných geologických podmínek. Potvrdilo se, že skutečnou délku vrtu bylo nutno upřesňovat, respektive stanovit vždy až při vrtání. Pro výkazy výměr byla uvedena teoretická délka injektážních trubek s technologicky nutným přesahem 200 mm. Přesný počet injekčních etáží tedy nebylo možno předem určit, proto projektant doporučil perforace na většině délky trubky, podle potřebného dosahu injekční směsi se perforace v dolní části trubky (směrem k líci) nemusely využít. Doporučeny byly injektážní trubky s perforacemi po 250 mm. Kvůli snadnějšímu odstraňování částí zasahujících do raženého profilu tunelu se přednostně používaly plastové trubky.

Vrty byly hloubeny na vzduchový výplach a vzhledem k jejich relativně krátké délce a dovrchní orientaci se je dalo po odvrtání



Hloubení vrtů pro osazení ocelových manžetových trubek vrtnou soupravou Casagrande M5SD



Detailní pohled na část injektčního pole v ostění průzkumné štoly

osadit injektčními manžetovými trubkami z PVC. V místech, kde nebyly při hloubení vrtů zastíženy kvartérní štěrkopísky, se měly vrty zaslepit v celé délce cementovou nebo jílocementovou zálivkou a neměla se v takovém případě používat chemická injektční směs. Zálivka tvořená jílocementovou směsí byla čerpána do vrtu dovrchné pomocí hadičky z PVC.

Z důvodu limitů kinematiky vrtné soupravy Casagrande M5SD bylo pro plné pokrytí vrtného schématu nutno nasadit vrtnou soupravu MSV – II s křížnou lafetou. Po zahájení vrtných prací touto vrtnou soupravou bylo zastíženo geologické prostředí, po jehož zhodnocení bylo upuštěno od dalšího vrtání na vzduchový výplach. Hlavním důvodem bylo zavalování vrtů v oblasti písků, a proto byla pro další postup prací zvolena technologie vrtání na jílocementovou suspenzi.

Při změněném způsobu provádění prací však došlo ke skokovým deformacím ostění štoly **Ib**. To vedlo k okamžitému přerušení prací na vrtání pro osazování injektčních trubek a byly realizovány čtyři odvodňovací (odlehčovací) vrty. Tři z nich byly hloubeny ve směru budoucí ražby a jeden byl veden kolmo na ostění. Na tyto odvodňovací vrty byly nainstalovány manometry a v pravidelných časových intervalech byl sledován tlak a měřen i průtok vody. Naměřené hodnoty tlaku a průtoku se v průběhu prací vyvíjely, obecně lze shrnout, že naměřený tlak v podstatě odpovídal IG průzkumem předpovídanému sloupci hladiny podzemní vody. Průtok se z původních naměřených hodnot 7,5–2,0–0,75 l/min v jednotlivých vrtech snížil s postupující injektáží na 1,4–0,3–0,0 l/min. Pro zpevnění ostění byla v první etapě navržena tzv. kontaktní injektáž, která se měla původně provádět přes první manžetu nejbliže

k ostění. Tato metoda se ovšem projevila jako nevyhovující, protože opět došlo k deformaci ostění štoly.

V dalším kroku se pro zpevnění ostění použila cementová zálivka čerpána do vrtů vrtaných ruční vrtačkou přes ostění a osazených 0,5 m dlouhými PVC trubkami. Injektčním tlakem do 0,4 MPa se provedla injektáž cementovou suspenzí za ostění.

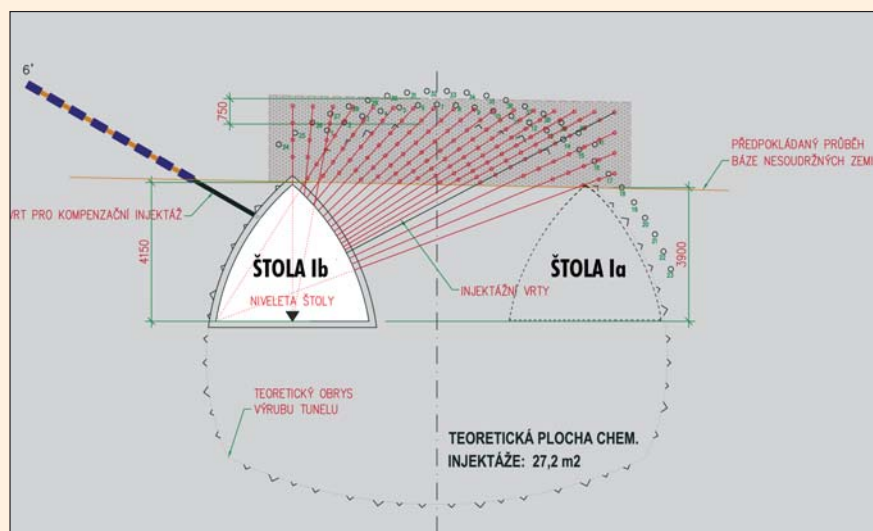
Po dokončení prací na zpevnění ostění štoly se pokračovalo v injektování vrtů injektčního pole chemickou injektáží. Pro chemickou injektáž byla zvolena směs vodního skla, reaktivu 1550 a saponátu. Během injektáže docházelo ke značným ztrátám chemické injektční směsi, která vytékala zejména trhlinami v ostění do štoly. Bylo tedy zavedeno fázování injektáže, kdy 1. fáze jílocementovou směsí ztukčenou přípravkem Tricosal zaplnila větší póry a trhliny a po časovém odstupu pak chemická směs, čerpána s maximální opatrností, dotěsnila drobnější póry v prostředí.

V dalším průběhu injektáže již nedocházelo k žádným nežádoucím projevům a v následných fázích bylo postupně dosaženo maximálního injektčního tlaku v celém injektčním poli.

Práce byly neustále kontrolovány a sledovány měřením konvergencí ostění. Dále byla provedena a pravidelně kontrolována výdřeva štoly tak, aby bylo riziko havárie sníženo na minimum. Po provedení chemických injektáží byly na doporučení projektanta monitorovány změny v hladině podzemní vody, respektive napjatosti hladiny podzemní vody, což – jak je zmíněno výše v textu – bylo prováděno již při vlastním průběhu prací pomocí k tomu účelu realizovaných vrtů.

Veškeré práce byly ukončeny 23. 12. 2007.

Tomáš Průša, Petr Maláč, Zakládání staveb, a. s.
Foto: archiv ZS



Příčný řez prováděné chemické injektáže v km 1,491377 – km 1,482 590

Securing of driving in loose soils by means of chemical grouting – VMO in Brno

In the second part of September 2007 chemical grouting was started on construction of VMO in Brno. It was aimed at solidification and partial sealing of loose soils in the profile of driven tunnel I. Tunnel lining of already driven exploratory tunnel Ib was stabilized and sanitation grouting in the place of future tunnel Ia was carried out. It was portal part of tunnel in the length of about 70 m with progressing degradation of lining caused especially by underground water leakage through this lining.