

ZAKLÁDÁNÍ

Časopis ZAKLÁDÁNÍ STAVEB, a. s.

2/2012

Ročník XXIV

- ZAJIŠTĚNÍ SKALNÍHO ODŘEZU PRO REZIDENCI SMÍCHOV
- REKONSTRUKCE TECHNOLOGICKÝCH TUNELŮ NÁRODNÍHO DIVADLA
- METRO V.A V PRAZE, STANICE VELESLAVÍN, ZAJIŠTĚNÍ STAVEBNÍ JÁMY A SJÍZDNÉ RAMPY, I. ETAPA





ZAKLÁDÁNÍ STAVEB®



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

ZAKLÁDÁNÍ 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



OBSAH

Časopis ZAKLÁDÁNÍ

vydává:

Zakládání staveb, a. s.

K Jezu 1, PP 21

143 01 Praha 4 - Modřany

tel.: 244 004 111

fax: 241 773 713

E-mail: propagace@zakladani.cz

<http://www.zakladani.cz>

<http://www.zakladani.com>

Redakční rada:

vedoucí redakční rady:

Ing. Libor Štěrba

členové redakční rady:

Ing. Martin Čejka

Ing. Jan Masopust, CSc.

Ing. Jiří Mühl

Ing. Michael Remeš

Ing. Jan Šperger

Redakce:

Ing. Libor Štěrba

Jazyková korektura:

Mgr. Antonín Gottwald

Foto na titulní straně:

Libor Štěrba, k článku na str. 18

Překlady anotací:

Mgr. Klára Koubská

Design & Layout:

Jan Kadoun

Tisk:

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

Ročník XXIV

2/2012

Vyšlo 10. 8. 2012 v nákladu 1000 ks

MK ČR 7986, ISSN 1212 – 1711

Vychází čtyřikrát za rok

Pro rok 2012 je cena časopisu 90 Kč.

Roční předplatné 360 Kč vč. DPH,

balného a poštovního.

Objednávky předplatného:

ALL PRODUCTION, s. r. o.

Areal VGP

Budova D1 F V. Veselého 2635/15

193 00 Praha 9 – Horní Počernice

tel.: 234 092 811,

fax: 234 092 813

E-mail: obchod@allpro.cz

<http://allpro.cz/>

<http://predplatne.cz/>

Podávání novinových zásilek

povolila PNS pod č.j. 6421/98

SERIÁL

Stavební podnikatelé minulosti, 6. část seriálu

A znovu železnice

Zdeněk Bauer

2

ZE ZAHRANIČNÍCH ČASOPISŮ

Rekordně hluboké podzemní stěny šachet v Londýně

Podle článku „Making the connection at the Lee tunnel“,

European Foundation, Spring 2012 napsal

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

6

TEORIE A PRAXE

Zpráva z 12. schůze TWG-EFFC

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

10

Výpočetní model kořene kotvy, trnu, mikropiloty

Ing. Petr Hurych

12

OBČANSKÉ STAVBY

Zajištění skalního odřezu pro „Rezidenci Smíchov“ v Praze, Radlické ulici

Ing. Miroslav Dušek, FG Consult, s. r. o.

15

Rekonstrukce technologických tunelů Národního divadla

Ing. Petr Doležal, Pontex, spol. s r. o., zodpovědný projektant

18

DOPRAVNÍ STAVBY

Metro V.A – stanice Veleslavín (SOD 05)

Návrh zajištění stavební jámy a sjízdné rampy, 1. etapa

Ing. Miloš Karpíšek, COPLAN Projekt, s. r. o.

27

Postup těžby stavební jámy a sjízdné rampy

Ing. Petr Chamra, Ing. Igor Sedláček, Metrostav, a. s.

30

Práce speciálního zakládání pro zajištění stavební jámy

stanice Veleslavín a sjízdné rampy

Ing. Jaroslav Šajgal, Zakládání staveb, a. s.

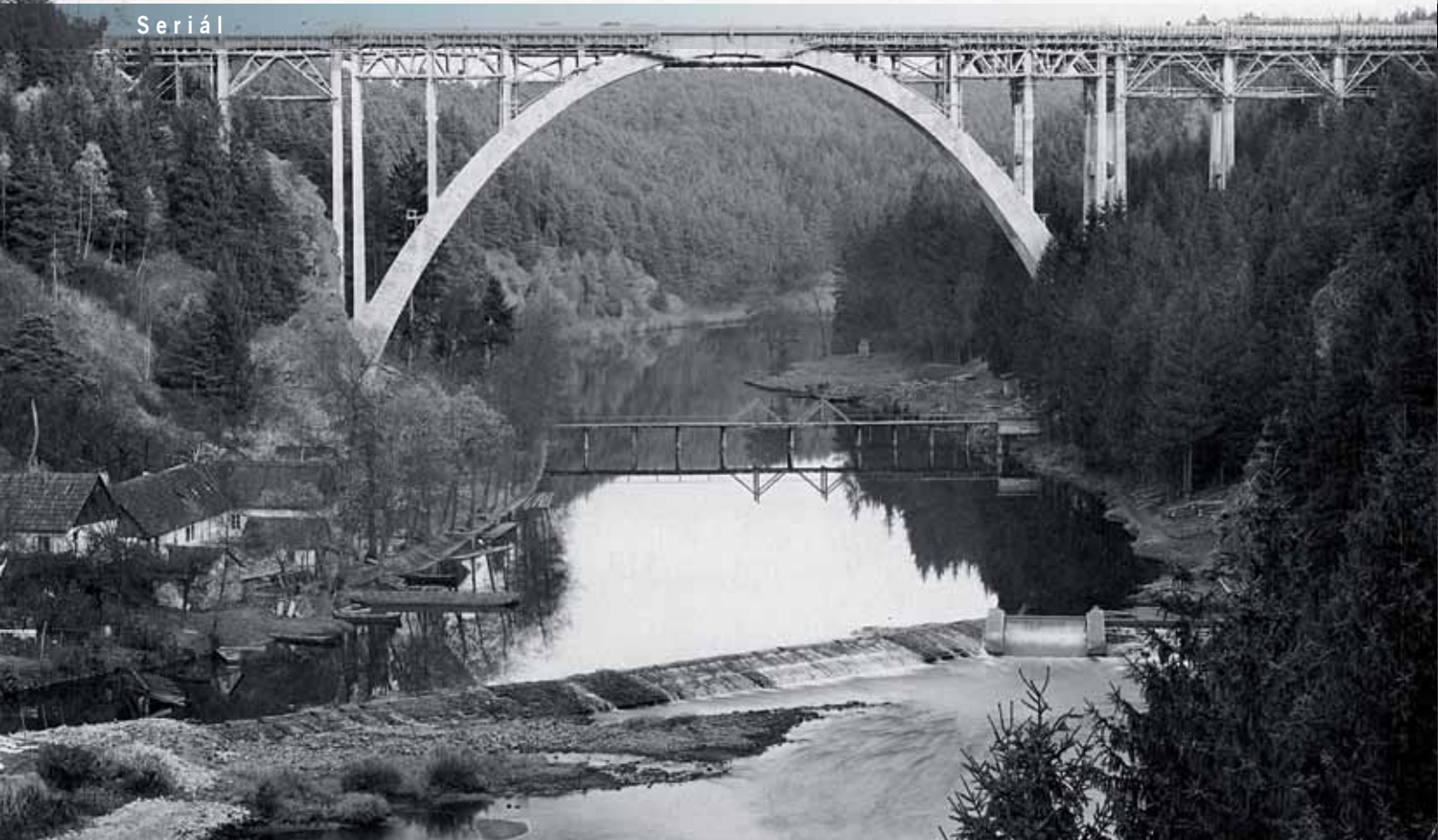
32

Monitoring na staveništi Veleslavín

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

Ing. Martin Vinter, INSET, s. r. o.

33



V roce 1928 bylo dokončeno prodloužení elektrické Křižíkovy dráhy do Bechyně po 50 m vysokém a 225 m dlouhém železobetonovém mostě, který postavili stavitelé Hlava a Kratochvíl

STAVEBNÍ PODNIKATELÉ MINULOSTI, 6. ČÁST SERIÁLU

A ZNOVU ŽELEZNICE

Československo dostalo do vínku jeden velký a zásadní problém – dopravu. Nový stát spojoval tři do té doby buď vůbec, nebo jen velmi málo hospodářsky propojené celky: České země, Slovensko a Podkarpatskou Rus. Důležitá byla jen železnice, protože silniční doprava tenkrát ještě nehrála žádnou roli. Historické země byly kolejemi poměrně dobře pospojovány už od 70. let 19. století. Navíc Praha byla už za Rakouska hospodářským, kulturním i politickým centrem, do kterého se

sbíhaly kolejové radiály ze všech stran. Brno bylo sice podstatně blíže Vídni než Praze, ale obě naše města spojovala hlavní železnice. Všechna průmyslová střediska byla také kolejemi dobře obsloužena. Dál na východ to ale bylo špatné. Z Ostravy přes celé Slovensko do Košic vedla naštěstí Košicko-bohumínská dráha. Její část ale tehdy drželi v rukou Poláci, kteří se nechtěli vzdát Těšínska. Pak tu byla pomalá transversální dráha přes Vlárský průsmyk, v roce 1919 poškozená povodní,

a ještě dvě lokálky na jihu, zcela nevhodné pro rychlíkovou dopravu. Od Břeclavi se do Bratislavy muselo vyjíždět úvratí a dál drkotat po hodně vratkých lokálových kolejích. Ani na Slovensku samotném to nebylo lepší. Bývalé Horní Uhry měly všechny tratě směřovány k Budapešti, případně k Vídni, a jejich nemnohá vzájemná propojení tvořily zase jen lokálky. Na Podkarpatské Rusi, kterou naše vojsko dobývalo až do července 1920, už se nedá hovořit o žádném dopravním systému. Existovala tam jediná jakž takž hlavní dráha, po níž se od Košic dalo projet až na východ země do Jasini, z níž ale více než 40 km leželo na rumunském území.

Zvládnout za těchto podmínek řízení státu a zajistit jeho obranu byl nadlidský úkol. Nezbývalo, než co nejrychleji vybudovat stovky kilometrů nových tratí mezi Moravou a Slovenskem, ve slovenských horách a posléze i na Podkarpatské Rusi. Příprava projektů ale potřebovala určitý čas, takže se nedalo začít hned po revoluci. Nejprve se proto pokračovalo ve stavbě druhých kolejí, započaté nebo aspoň připravené už za války. Částečně už rozběhnutý projekt 3. a 4. koleje z Bohumína k Přerovu, který v poválečných poměrech nedával smysl, byl naopak zastaven. Nejvíce prací bylo soustředěno v Praze a okolí. Dokončila se spojka z Vršovíc do Libně s úpravou převážně



Firma Kress prováděla v České Třebové nejen bagrování pro druhou kolej ve směru k Olomouci, ale i celkové rozsáhlé úpravy stanice.



Viadukt „Na Barinách“ na dráze Zvolen–Krupina, který stavěla firma Hollmann-Babuška, má při délce 120 metrů 6 betonových oblouků obezděných kamenem.

nákladových nádraží na jejich koncích. Začala stavba druhé koleje ze Zdic do Plzně, z Vysočan do Lysé nad Labem a z Benešova do Votic. Zatímco první dvě stavby byly brzy úspěšně dokončeny, druhá kolej do Votic bude možná položena v rámci tzv. koridoru až bezmála po sto letech... Nezbytně nutné bylo vybudování skutečného dopravního uzlu v České Třebové a položení druhé koleje odtud do Přerova. Na východním Slovensku armáda v letech 1920–21 urychleně vystavěla téměř 20 kilometrů dlouhou dráhu Bánovce–Vajany jako

nové spojení s Užhorodem, vedoucí dále od tehdy „horkých“ maďarských hranic. Roky 1923–24 ještě přinesly méně významnou novostavbu tratě ze Zvolena do Krupiny. V té době už začala i výstavba nejpotřebnějších spojů mezi východem a západem země a budování důležitých hlavních drah na Slovensku. Místní dráha ze Vsetína do Bylnice na vlárské trati, vybudovaná v letech 1923–28, propojila Hranice na Moravě s Trenčianskou Teplou, ale hlavně až do Horní Lidče přivedla trasu předpokládané hlavní dráhy do Púchova.

Ve stejném roce začala také výstavba další spojnice Moravy se Slovenskem, totiž dráha z Veselí nad Moravou do Nového Mesta nad Váhom. Obtížná trať se budovala ve dvou etapách až do roku 1929. Mezitím se v roce 1927 začala stavět první z horských novostaveb na Slovensku, spojovací dráha z hornické Handlové do Horní Štubňy v turčianském údolí, plánovaná už od roku 1917. Dvacet kilometrů dlouhou trať s 27 mosty a 5 tunely stavěly české firmy v letech 1927–31. Nejdelší tunel pod Bralom, pojmenovaný po T. G. Masarykovi, měří více než 3 kilometry. Od roku 1931 se pět let stavěla další trať na středním Slovensku z tehdejší konečné stanice v Červené Skale přes Slovenský ráj do Margecan. Na ní se kromě jiného vybudovala tunelová smyčka se vzrovným viaduktem u Telgártu. V letech 1935–37 byla postavena již zmíněná důležitá hlavní dráha mezi Horní Lidčí a Púchovem, která významně zkrátila cestu na severní a východní Slovensko i na Podkarpatskou Rus. Mezitím se v roce 1936 začalo se stavbou asi nejslavnější československé železniční novostavby přes hřebeny Nízkých Tater z Banské Bystrice do Diviáků



Těžká rypadla byla někdy příčinou sesuvu svahů. Společnost Lanna už svůj stroj na stavbě dráhy Vsetín–Bylnice po ujetí svahu začala rozebírat, i když tentokrát měl štěstí a stál stranou sesuvu.



Staniční budova nádraží v Lipově na dráze z Veselí n. Moravě do Nového Mesta n. Váhom odpovídala novému jednotnému stylu architekta Ing. Augustina Škudly. Velmi podobné budovy podle předobrazu lidové architektury na Slovensku byly na všech prvorepublikových novostavbách železnic.



U příležitosti proražení tunelu pod Bralom přijal v červenci 1930 prezident v hotelu Grand v Tatranské Lomnici konsorcium podnikatelů, kteří mu předali pamětní medaili; zleva Ing. J. Jáchymek, premiér F. Udržal, prezident T. G. Masaryk, Ing. Z. Kruliš a Ing. J. Schwarz



Proražení tří kilometrů dlouhého bralského tunelu na dráze Handlová–Horní Štubňa v roce prezidentových osmdesátin využili buildovatelé dráhy a pojmenovali tunel po T. G. Masarykovi. Slavnostní akt na staveništi proběhl bez účasti prezidenta 13. 7. 1930.



„Inžinieri Kruliš, Jáchymek, Schwarz“, jak stojí na tabuli, stavěli nejen telgártský tunel, ale i viadukt se středním železobetonovým polem dlouhým 32 m. V popředí na první fotografii je místo ocelové konstrukce mostu jen dřevěné provizorium pro pracovní drážku. Na obrázku hotového díla vidíme i spodní vjezd do 1240 m dlouhého spirálového tunelu, pojmenovaného po senátorovi a signatáři Martinské deklarace Kornelu Stodolovi.

v Turčianské dolině. Na 40 kilometrech tu bylo nutné prorazit 22 tunelů včetně vrcholového mezi Harmancem a Čremošným, který se svými 4700 metry stal definitivně nejdelším tunelem v Československu. Dráha však byla dokončena roku 1940 už v jiné době, za jiných poměrů. Ve 30. letech se pokračovalo ve výstavbě druhých kolejí na mnoha hlavních tratích celého Československa, v modernizaci a rozšiřování nádraží a v budování dalších spojek, přeložek či méně známých nových tratí. Dříve než došlo k německé okupaci Českých zemí a rozbití státu, bylo během dvaceti let vystavěno přes 370 km nových železnic, na kterých je 44 tunelů, 32 velkých viaduktů a 66 stanic a nádraží. Jen na Podkarpatskou Rus se nedostalo, když staveniště dráhy Užhorod–Mukačevo, na kterém započaly práce na podzim roku 1938, muselo být záhy v důsledku akcí maďarské armády vyklizeno.



Také nejdelší, bezmála pětikilometrový tunel u Čremošného bylo třeba pojmenovat. A protože se dráha z Banské Bystrice otvírala v prosinci 1940, není divu, že byl zasvěcen tehdy už zesnulému Andreji Hlinkovi. Netrvalo dlouho a nápisy se z tunelů zase odstraňovaly, neboť i K. Stodola se stal Hlinkovcem... Kupodivu však už stavby nedostaly nová jména jiných pohlavárů.

Se vznikem nového státu nezískala mladá republika žádné výraznější stavební firmy, ba spíše ve srovnání s dosavadním historickým územím o nějaké přišla. Vídeňští podnikatelé se náhle ocitli za hranicemi, ale protože víc postižení zmenšením územní působnosti byli oni sami, snažili se rychle přizpůsobit. Větší firmy proto zakládaly samostatné dceřiné podniky v ČSR, kterým pak vídeňská ústředí propůjčovala své kapacity včetně stavebních strojů. V Praze tak dál působila firma Pittel & Brausewetter, v Brně vznikla „nová“ firma Bratři Redlichové, domestikovala se tu firma N. Rella i další. Na Slovensku, a tím méně na Podkarpatské Rusi, žádní významní stavitelé nebyli, protože Budapešť byla blízko a uherským firmám nestálo za to zřizovat pobočky v provincii, kde se neodehrával větší stavební ruch. Novou příležitost naopak rychle vycítili podnikatelé z českých zemí, kteří na samém počátku 20. let začali zřizovat pobočky v Bratislavě. Mezi prvními byla firma Lanna, která v poválečné nouzi o zakázky neváhala poslat svůj parník přes Hamburk a Rýn na Dunaj, aby na slovenské části řeky pomohl ostatním strojům (částečně vypůjčeným od Maďarů a částečně dopraveným v rozebraném stavu po železnici) při hloubicích pracích a úpravách přístavů. Stavební správa československého Ministerstva železnic, jejímž šéfem se stal Dr. Ing. Josef Koněřza, neměla od počátku nouzi o přihlášky do výběrových řízení na stavby nových tratí. Řídila se přitom zásadou dělit stavby na kratší úseky, zadávané různým firmám. Při úpravách řek byla taková praxe běžná s ohledem na rychlou návaznost projekční přípravy a zadání stavby, zatímco řeka si dál klidně tekla a nedodržení termínu jednoho úseku celkem nic neohrožilo. Při zahájení dopravy na železnici však musely být hotovy všechny její části včetně nutného zázemí pro provoz, což vyvolávalo problémy a občas vedlo i k odebrání zakázky neschopné firmě. Nicméně politickým příkazem bylo podporovat domácí podnikatelskou sféru a zapojovat

do státních zakázek co nejvíce českých a postupně i slovenských firem.

Na prvních menších zakázkách z počátku 20. let se jen ve velmi omezené míře podílela velká stavební podnikatelství, která ostatně měla aspoň trochu zajištěnou obživu na vodních stavbách. Na stavbách místních drah na Ostravsku se v roce 1921 objevila dvě nová jména tamějších úspěšných podnikatelů. Ing.

Václav J. Vojáček pracoval u firmy Lanna na stavbě polanecké spojky a poté založil samostatnou firmu, zpočátku s dalším ostravským podnikatelem Prášilem. Společně budovali trať Petřkovice–Hlučín a jeden z úseků dráhy Zvolen–Krupina. Ve 30. letech, kdy přenesl ústředí své firmy do Prahy, se Vojáček věnoval úpravě Odry, rekonstrukci tunelu u Třebovic a pozemním stavbám na Podkarpatské Rusi. Tam také začal stavět nedokončenou dráhu z Užhorodu do Mukačevo. Podílel se na stavbě dráhy z Německého (Havlíčkova) Brodu do Tišnova a na dalších železničních stavbách v Protektorátu. Ve 40. letech firma přesídlila do Teplic, kde byla také znárodněna.

Bratři Špačkové (inženýři Oldřich a Otakar) působili od roku 1919 až do znárodnění ve Slezské Ostravě. Ve veřejném sektoru začínali také na hlučinské dráze, postavili městskou dráhu ze Svinova do Budišovic, prováděli předběžné práce na 1. úseku dráhy Vsetín–Bylnice, získali zadání dvou úseků tratě Červená Skala–Margecany, spolu s Ing. Vojáčkem upravovali Odru u Koblova a ve druhé polovině 30. let dostali vždy po jednom z úseků



Propagační tisk ostravské firmy Vojáček zhotovil v roce 1930 malíř a grafik Josef Franz

trati Zbehy–Zlaté Moravce a Brno–Tišnov. Na některých stavbách spolupracovali s dalšími ostravskými firmami MOK (Moravská Ostrava Konsorcium) a Bratři Koneční. Na seznam budovatelů nových železnic patří dále jméno ostravského stavitele Ing. **Bohuslava Krýsy**. Společně s firmou Posista se podílel na stavbě dráhy Horní Lideč–Púchov, stavěl pohraniční opevnění na Hlučínsku a Opavsku, úsek železnice z Německého Brodu do Tišnova u Přibyslavi či betonový jez na Odře.

Jméno stavební firmy Köhler a Hervert najdeme u několika železničních novostaveb ve 20. letech. Stavební a zemědělský inženýr **Josef Köhler** (1860–1930) však projektoval dráhy v Čechách, Tyrolích i Solnohradsku už od roku 1887. Byl prvním autorizovaným kulturním inženýrem v Rakousko-Uhersku. Jméno Köhler se vyskytovalo s různými přídomky: před první světovou válkou jako J. M. Köhler a syn v Aši či se jmény dalších stavitelů v Praze. To se týká staveb železnic Tršnice–Luby a Dolní Bousov–Stará Paka i úprav Ohře a Klenice. Po roce 1918 firma Köhler-Hervert stavěla 2. kolej na úseku Zdice–Plzeň a úseky tratí Veselí–N. Mesto a Handlová–H. Štubňa. Dnes není přesně známo, v jakém vztahu uvedené firmy byly. Na úpravě říčky Klenice u Mladé Boleslavi spolupracoval Köhler s Ing. Jindřichem Raynalem (nar. 1863), jenž je znám z pozdějšího podnikatelství **Raynal & Balzar** (Ing. Otto Balzar). Ti dva se od roku 1921 společně podíleli na řadě železničních staveb včetně jednoho úseku dráhy Vsetín–Bylnice, ale i na úpravě Ohře či Labe u Černožic, stavbě letiště ve Kbelích atd.

Pražský stavitel Ing. **Bohumír Hollmann** (1880–1973), jehož jméno se také objevuje ve spisech o stavbách drah na Slovensku ve 20. letech, stavěl od roku 1907 železobetonové stavby, mimo jiné pilíře labského mostu v Hradci Králové. Po válce se s Ing. Babuškou

a poté s Ing. Rumlem dal i na stavbu železnic (Zvolen–Krupina, Veselí–N. Mesto, Handlová–H. Štubňa). Ve 30. letech však tuto činnost ukončil a věnoval se dále projekční a výpočtářské činnosti.

Ing. **Josef Záruba-Pfeffermann** (1869–1938) začínal v Českých Budějovicích a angažoval se s lidmi kolem Masaryka v národnostním hnutí za samostatnost, a to i na Slovensku, kde přijal také své druhé jméno Záruba. Po revoluci byl aktivně činný v politice, té však postupně zanechal a věnoval se v Praze projektování a podnikání. Ve 30. letech se spolu s firmami Velflík a Schwarz účastnil výstavby tratí H. Lideč–Púchov a B. Bystrica–Diviaky. Další veřejné stavby (Tišnov–Německý Brod, dílny drah v Kolíně a přehrada Pračov) už vedl jeho syn Ing. Libor Záruba.

Jedinou trochu známější skutečně slovenskou firmu představoval na stavbě dvou úseků dráhy z Červené Skaly do Margecan Ing. **Gustáv Hamburger**. Sídlił ve Skalici na slovensko-moravském pomezí a věnoval se předtím mimo jiné regulaci Moravy u Hodonína či obnově tratě Senica n. Myjavou–Šašín. Ve stavbě drah pokračoval i za Slovenského štátu ve 40. letech.

I když se na novostavbách moravsko-slovenských železnic podílela ještě další menší podnikatelství, velký kus práce odvedly dříve zavedené firmy. Zpočátku se velmi angažovala vídeňsko-brněnská firma Bratři Redlichové, často se objevují jména Kapsa-Müller, Hlava, Velflík, Lanna, Nejedlý-Řehák a po roce 1929 také Konstruktiva. Někdy samostatně, častěji však ve společném konsorciu s Krulišem tu vícekrát najdeme také stavitele Jáchymka a Schwarze. O Ing. **Jaroslavu Jáchymkovi** (nar. 1884) z Brna dnes bohužel není nic bližšího známo. Stavěl jezy i silnice, nejvíce se však věnoval železnici. Samostatně postavil komárovskou spojku v Brně, dva úseky dráhy Veselí–N. Mesto i pilíře mostů



Rypadlo firmy Raynal a Balzar odstraňovalo zeminu na stavbě nového seřadovacího nádraží dolů v Kopistech u Mostu

na trati Hodonín–Holíč. Ing. **Jaromír Schwarz** (1888–1931) z Prahy byl vnukem Bedřicha Smetany. Samostatně pracoval například na 2. koleji tratě z Vysočan do Lysé, přestavbě části libeňského přístavu na loděnici Praga, sletovém stadionu Strahov a dvou úsecích dráhy do Nového Mesta nad Váhom. Po dokončení dráhy Handlová–H. Štubňa (stavěné v konsorciu) zemřel a firmu převzal formálně bratr Zdeněk, ve skutečnosti však synovec Ing. Jindřich Čapek. Firma zřídila pobočku v Bratislavě a pokračovala až do znárodnění ve stavbě železnic. Konsorcium **Kruliš-Jáchymek-Schwarz** patřilo k nejznámějším stavebním podnikatelstvím první republiky, i když v této podobě stavělo v letech 1929–36 pouze dvě slovenské železnice. Na nich ale získalo nejnáročnější a zároveň divácky přitažlivé části. Na trati Handlová–H. Štubňa to byla většina délky tratě s vysokými viadukty i bralským tunelem T. G. Masaryka, na trati z Červené Skaly zase smyčka u Telgártu. Zároveň mírně obměněné složení konsorcia stavělo první z jezů vážské kaskády u Kočkovců, zmíněný už v minulé části seriálu.

Zdeněk Bauer



Ing. Josef Köhler



Ing. Bohumír Hollmann



Ing. Josef Záruba-Pfeffermann

ZPRÁVA Z 12. SCHŮZE TWG-EFFC

Ve dnech 26. a 27. dubna 2012 se v Budapešti konala v pořadí již 12. schůze TWG-EFFC, technické pracovní skupiny Evropské federace dodavatelů speciálního zakládání staveb, jejíž česká pobočka má název ADSZS – Asociace dodavatelů speciálního zakládání staveb. Jak již je na těchto setkáních obvyklé, první den byl věnován návštěvě staveniště vybraného hostitelskou zemí, druhý den pak jednání pracovní skupiny, týkající se převážně problematiky oborových norem, jejich revize a technického rozvoje v oblasti speciálního zakládání.

Setkání technické pracovní skupiny TWG-EFFC se konají každoročně na jaře vždy pod záštitou pobočky jedné z členských zemí, přičemž organizace setkání se ujmá vždy příslušný zástupce této pracovní skupiny. Letos to byla maďarská pobočka EFFC, a to pod záštitou firmy HBM Soletanche Bachy (Tamás Kaltenbacher, obchodní ředitel).

Exkurze na staveniště

Setkání tradičně zahajuje exkurze na staveniště vybrané hostitelskou zemí. Letos to byla návštěva tří rozestavěných stanic metra linky 4 včetně příslušných traťových tunelů. Budapešť má v současné době tři provozované linky metra: M1 – žlutá, jež vede těsně pod povrchem ze stanice Vorosmarty tér po Mexikoi út, má celkem 11 stanic, pochází z roku 1894 a je nejstarším metrem na evropském kontinentě, dále trasa M2 – červená, vedoucí hluboko pod terénem ze stanice Déli pu. po stanici Ors vezér tére, ta má také 11 stanic, a konečně trasa M3 – modrá, nejdelší, jež vede ze stanice Újpest-Kozpont do stanice Kobánia-Kispert, ta má celkem 20 stanic. Tyto tři stávající linky se kříží ve společné stanici Deák tér, nacházející se poblíž parlamentu na levém břehu Dunaje.

Ve výstavbě je nová linka M4 – zelená, jež povede ze stanice Bosnyak tér (na levém břehu Dunaje) do stanice Kelenfeldi pu. (na pravém břehu). Tato linka se bude křížit se stávající linkou M2 (červenou) ve stanici Keleni pu. (hlavní nádraží) a dále s linkou M3 (modrou) ve stanici Kálvin tér. V rámci exkurze jsme navštívili následující tři stanice, jež byly zhruba ve stadiu dokončení prací HSV a začátku prací PSV:

a) Stanice **Szent Gellért** tér se nachází na pravém břehu Dunaje. Celková hloubka stavební jámy zde dosahovala 32 m, jáma byla zajištěna monolitickými podzemními stěnami (PS) tl. 100 cm realizovanými z povrchu terénu. Po předhrabání rýhy hydraulickými drapáky se pokračovalo v hloubení pomocí hydrofrézy až do konečné hloubky lamel cca 38 m. Lamely byly hloubeny jako jednoběžové s přehloubením stávajícího betonu lamely sousední, tj. bez jakéhokoliv těsnění (pomocí water-stopů). Samozřejmě jsme vlastní PS již neviděli, ty byly prováděny v r. 2009, a to maďarskou pobočkou firmy Soletanche Bachy. Konstrukce vestavěná do jámy pažené PS byla rozpírána v mnoha úrovních pomocí velice mohutných železobetonových roštů,

přičemž se částečně využilo metody „top and down“. Podzemní stěny tvořili líc stanice, ten je zajištěn monolitickou železobetonovou vestavbou tl. 0,60 m do pažicích PS. Stanice byla hloubena svrchu do hl. cca 15 m v souvrství kvartérních sedimentů – hlín, štěrků a písků, níže pak v tvrdých neogenních jílech. Jednalo se tedy o dosti dobré podmínky pro provádění stěn. Dále jsme dokončovaným traťovým tunelem kruhového průřezu podešli pod Dunajem, jehož šířka je zde cca 280 m, do sousední stanice Fovam tér. Traťové tunely jsou vždy dva paralelní, kruhové o průměru 6,1 m a byly realizovány metodou TBM.

b) Stanice **Fovam** tér se nachází na levém břehu Dunaje poblíž univerzity a známé Budapeštské tržnice. Konstrukce této stanice byla prakticky shodná se stanicí předchozí, tj. tvořená pažicemi monolitickými PS tl. 1,0 m, realizovanými svrchu drapáky, níže pak hydrofrézou, hloubka stanice je obdobná. Rovněž zde je rozepření realizováno mohutnou železobetonovou vestavbou. Tuto stanici provádí firma STRABAG. Po prohlídce stanice ve stadiu dokončených prací HSV jsme opět jedním z traťových tunelů prošli do následující stanice Kálvin tér.

c) Ve stanici **Kálvin tér** dochází ke křížení s linkou M3 (modrou). Tuto stanici realizuje firma Swietelski. Konstrukce stanice je opět velmi podobná předchozím – zajištění je provedeno pomocí monolitických podzemních stěn, jež však souvisle vedly pouze do hloubky cca 12 m, níže (v tvrdých jílech) se jednalo o samostatné lamely tl. 0,80 m a šířky 2,50 m s mezerami šířky cca 1,50 m. Jak bylo zřejmé z fotografií prezentovaných při prohlídce, byly tyto lamely realizovány pomocí lanových drapáků, tudíž jejich poloha v hloubce dna jámy, tj. asi ve 30 m, byla velmi neuspokojivá – docházelo k značnému natočení jednotlivých lamel, což bylo patrné z fotografie při betonáži základové desky. Na dotaz po důvodu takovéto konstrukce pažení, kdy pažení není souvislé, nýbrž se skládá z jednotlivých, náhodně natočených lamel, kdy prostor mezi nimi se musel postupně (při hloubení) dobetonovat, jsme nedostali uspokojivou odpověď (otázka zřejmě nebyla vhodná...). Opět i tato stanice byla navržena s vestavěnou železobetonovou konstrukcí, která byla v mnoha úrovních rozpírána železobetonovými rošty s mimořádně komplikovaným vedením trámů a rozpěr (zřejmě se jednalo i o architektonický záměr).

Celkově lze konstatovat, že se jednalo o práce speciálního zakládání staveb prováděné standardním způsobem, šlo v podstatě o PS prováděné jak v technologii lanových a hydraulických drapáků, tak i hydrofréz.



Složitý rozpěrný systém ze železobetonových trámů



Složitý rozpěrný systém ze železobetonových trámů



Traťový tunel linky metra M4

Kotvení (i dočasné) využito vůbec nebylo, uplatnila se klasická dodatečná injektáž průsaků, a to jak silikátová, tak i chemická. Geotechnické poměry na stavenišťích všech tří stanic byly dosti příznivé. V případě stanice Kálvin tér byla obava z deformací a poškození blízkého kostela a původně se uvažovalo s kompenzační injektáží. Ta však nebyla nakonec realizována, neboť skutečné deformace byly podstatně menší a neznamenaly ohrožení stavby. Na všech těchto stanicích se uplatnil monitoring okolní zástavby i terénu, jenž spočíval zejména v 3D observaci mnoha desítek bodů a dále v měření inklinometrickém.

Jednání pracovní skupiny

Schůze se zúčastnilo celkem 16 zástupců z těchto zemí: Itálie (2), Německo (3), Nizozemí (1), Dánsko (1), Švédsko (1), Španělsko (1), Anglie (1), Polsko (1), Česká republika (1), Maďarsko (1), Rumunsko (1), Belgie (1), Švýcarsko (1) – pozorovatel. Ze schůze se omluvili oba zástupci Francie.

Vlastní schůze se konala v sídle firmy STRABAG a řídil ji dosavadní předseda TWG-EFFC Dr. Ing. W. R. Linder z firmy Brueckner GmbH, Essen, jenž je známým expertem v oboru speciálního zakládání v Evropě. V úvodu byl stručně probrán zápis z 11. schůze TWG v Geotherburgu, která se konala v květnu 2011. Bylo konstatováno, že úspěšně proběhla revize norem EN 1536 a 1538, kde byly významné především připomínky Německa, Francie, Itálie a Anglie. Je třeba konstatovat, že obě normy byly již ke konci roku 2010 přeloženy do češtiny a jsou k dispozici. V další části schůze byl věnován prostor stavu technických norem a zejména pak stavu technického rozvoje v oblasti speciálního zakládání staveb v jednotlivých zemích. Podstatná část jednání byla věnována normě prEN13670 Provádění betonových konstrukcí, která – jak již víme z loňského roku – má zastřešovat provádění veškerých betonových konstrukcí, tedy

i konstrukcí speciálního zakládání staveb, což vyvolalo velké zděšení v naší odborné veřejnosti, neboť se jedná o problematiku velmi speciální. Vzhledem k tomu, že tato norma je zatím normou předběžnou, nemusejí ji tedy předložené revize 1536 a 1538 respektovat, do budoucna však budou zřejmě muset, neboť betonářská lobby je velmi silná. Jistý kompromis se snad podaří zajistit vydáním nové normy 206-X, která by se týkala speciálně výroby, kontroly nad výrobou a zkoušením betonu pro konstrukce speciálního zakládání staveb.

Následně byly probrány další normy, jichž se týká revize. Jde o tyto dokumenty:

– EN 12699 – Displacement piles – německá strana rozpracovala revizi této normy a pracuje na ní;

– EN 14199 – Micropiles – na revizi se rovněž pracuje. Hlavní změna spočívá v novém navrhovaném rozdělení průřezů, kdy pro případy vrtaných MP se počítá až s průměrem 0,50 m a v případě ražených MP pak s průměrem 0,30 m. Pracuje se rovněž na problematice ochrany MP v agresivním prostředí;

– EN 12063 – Sheet -pile walls, referovali zástupci z Nizozemí, Itálie a přidal se rovněž zástupce z Polska. Jejich argumenty se však vesměs týkaly problémů s návrhem, tedy normy zabývající se navrhováním ocelových konstrukcí – část 5 – štětovnice. Nakonec bylo vypracování jisté revize schváleno;

– EN 12715 – Grouting – počítá se s pravidelnou periodickou revizí po pěti letech;

– EN 12716 – Jet grouting – rovněž se počítá s periodickou revizí po pěti letech;

– Uvažuje se o normě týkající se zmrazování základových půd, nicméně mnoho názorů je takových, že není nezbytné, aby tato velice speciální technologie byla normována.

Jak bylo již avizováno na 11. Schůzi TWG

– EFFC, ukončil při příležitosti setkání v Budapešti dlouholetý předseda TWG – Dr. Ing. W. Linder svoji činnost, a to jak ve funkci předsedy WG 288, tak i TWG – EFFC. Jeho nástupcem se stal Barto Admiral – zástupce Nizozemí –, který (též vzhledem ke svému relativně nízkému věku) má velmi dobré předpoklady tuto funkci úspěšně a dlouhodobě vykonávat.

Značná část jednání druhého dne byla věnována problematice technického rozvoje v oblasti prací speciálního zakládání staveb v jednotlivých členských zemích EFFC, který se postupně dostává do popředí zájmu významných firem. Rovněž se hovořilo o stavu trhu prací speciálního zakládání staveb v těchto zemích. Bylo konstatováno, že např. v Anglii, Německu, Itálii, jakož i v Polsku jsou již patrné jisté známky oživení tohoto trhu, resp. pozvolného návratu ke stavu před krizí. Příští schůze TWG – EFFC se uskuteční ve dnech 25. a 26. 4. 2013 v Bukurešti pod záštitou rumunského zástupce.

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

Report from the 12th TWG-EFFC Meeting

On April 26 and 27, 2012 Budapest held the 12th meeting of the European Federation of Special Foundation Engineering technical working group (TWG-EFFC). Its Czech branch is known as ADSZS (Asociace dodavatelů speciálního zakládání staveb). Traditionally, the first day of the group meeting was spent at a construction site chosen by the host country while on the second day discussions of the working group were held, mainly concentrating on the issues of field standards, their revision and technical development in the field of special foundation engineering.

VÝPOČETNÍ MODEL KOŘENE KOTVY, TRNU, MIKROPILOTY

Článek je původní studií modelování kořenů, trnů a mikropilot. Jeden způsob vychází z diferenciální rovnice tyče (vlákna) ve winklerovském prostředí. Výsledkem jsou vzorce vyčíslitelné kalkulačkou. Druhý způsob rozšiřuje 3D model o prostorově šikmé tyčové prvky. Kořeny, trny či mikropiloty pak mohou být částí širšího modelu. Studie vznikla ve snaze o lepší představu a číselný popis hřebíkovaných stěn a svahů, jak se ve větším rozsahu vyskytly např. v projektech tunelových portálů v Čadci, portálů tunelů Panenská sever a jih a tunelu Prackovice na dálnici D8. Výpočty 3D modelů byly včetně grafiky řešeny programem 'Full3D', což je součást textového kalkulátoru Texcal2008, jehož autorem je autor článku.

V návrhu kořene na únosnost vycházíme z tabulek odborné literatury a ze zkušenosti. Tato praxe je dlouhodobě úspěšná, ale zahrnuje zřejmě i kořeny zbytečně dlouhé. Únosnost kořene neříká nic o deformaci a napjatosti před dosažením únosnosti, proto početní model tu může být užitečný. Schůdná je představa kořene jako tenkého válce, povrchem spojeného s podloží. To je nahrazeno winklerovským typem modelu, takže smykový odpor t proti podélnému posunu u je mu úměrný, $t = k \cdot u$, kde k je modul reakce – kvocient zvolené úměry. Na úseku dx je změna osově síly dN rovna smykové síle t na povrchu:

$$dN = t dx = k u dx, \quad dN / dx = k u$$

Sílu N určuje konstantní napětí σ na tenkém průřezu F :

$$N = \sigma \cdot F = \varepsilon \cdot EF = u' EF$$

Model je tedy diferenciální rovnice pro podélné posuny u :

$$EF u'' - k \cdot u = 0$$

Členy mají rozměr kN/m, modul k je v kPa. Obecné řešení je:

$$u = k_1 \cosh ax + k_2 \sinh ax,$$

kde $a = \sqrt{k / EF}$, viz [4].

Parametr a je kořenem charakteristické rovnice, rozměr 1/m. Poměrné protažení směrem x je:

$$\varepsilon_x = u' = ak_1 \sinh ax + ak_2 \cosh ax$$

Osová síla:

$$N = EF \varepsilon_x = EF (ak_1 \sinh ax + ak_2 \cosh ax)$$

Síla N_0 na začátku a N_L na konci kořene je:

$$N_0 = a EF k_2, \text{ z toho } k_2 = \frac{N_0}{a EF},$$

$$N_L = ak_1 a EF \sinh aL + N_0 \cosh aL.$$

Posun u_0 na začátku a u_L na konci kořene je:

$$u_0 = k_1 = \frac{N_L - N_0 \cosh aL}{a EF \sinh aL},$$

$$u_L = \frac{1}{a EF} \left(\frac{N_L}{\tanh aL} - \frac{N_0}{\sinh aL} \right)$$

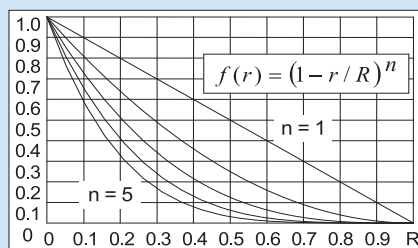
Modul reakce k určíme z parametrů E , μ podloží, viz též [1]. Předpokládáme, že se vzdáleností r od osy kořene klesají změny k nule podle nějaké útlumové funkce, viz obr. 1. Paraboly klesají od jedničky na ose válce až k nule na dostatečně

velkém válci poloměru R . Modul k je podíl $k = t/u$, síla t je derivace práce A vnitřních sil dle posunu u . Práce smykových napětí τ na zkošených γ je:

$$A = \frac{1}{2} \int \gamma_{rx} \tau_{rx} dF.$$

Posun u závisí na poloze x na kořeni a klesá se vzdáleností r od jeho osy. Koncept útlumu zapíše tuto závislost součinem dvou funkcí jedné proměnné:

$$u = u(x, r) = u(x) \cdot f(r)$$



Obr. 1: Parabolické útlumové funkce

kde $f(r)$ je volená funkce útlumu. Zkosení je

$$\gamma_{rx} = \frac{du}{dr} = u(x) \frac{df}{dr}.$$

Práci A vyjádříme zkosením:

$$A = \frac{1}{2} \int G \gamma_{rx}^2 dF = \frac{1}{2} u^2 2\pi \cdot G \cdot C,$$

$$\text{kde } C = \int_0^R \frac{df^2}{dr^2} r dr.$$

Síla v daném směru je derivace práce v témže směru:

$$t = \frac{dA}{du} = u \cdot 2\pi \cdot G \cdot C, \text{ z toho}$$

$$k = \frac{t}{u} = 2\pi \cdot C \cdot G = \pi C \frac{E}{1 + \mu}.$$

Přímkový útlum dá hodnotu $C = 1/2$, kvadratický $1/3$, nezávisle na R . Pak je k dáno smykovým modulem G podloží:

$$k = \pi \cdot G = \pi \cdot E / 2(1 + \mu).$$

Model rozšíříme na dvě vrstvy podloží. Kořen rozdělíme na dvě části a určíme sílu N na hranici vrstev. Na druhé části označme modul reakce K , délku L_2 , posuny v . Parametr a bude odpovídat b , $b = \sqrt{K / EF}$. Posun konce první části a začátku druhé části je stejný, $u_L = v_0$.

$$u_L = \frac{1}{a EF} \left(\frac{N}{\tanh aL} - \frac{N_0}{\sinh aL} \right),$$

$$v_0 = \frac{-N}{b EF \tanh bL_2}.$$

Síla N na hranici vrstev:

$$N = \frac{N_0 b \tanh bL_2}{\cosh aL (a \tanh aL + b \tanh bL_2)}.$$

Části kořene vyčíslíme samostatně, první je zatížená v hlavě danou silou N_0 a v patě silou N , druhá jen v hlavě silou N .

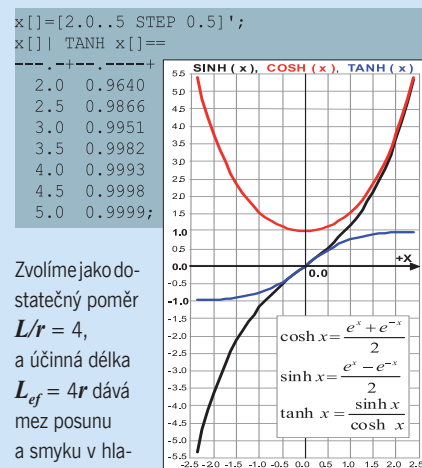
Sledujeme-li vliv délky L kořene na posun u_0 jeho počátku, od jisté délky bude další prodlužování neúčinné. Hledáme tuto účinnou délku. Vzorec pro u_0 upravíme a zavedeme délku $r = L/a$ jako převrácenou hodnotu a . K ní vztáhneme délku L kořene. Posun u_0 je:

$$u_0 = \frac{-N_0 \cosh aL}{a EF \sinh aL} = \frac{-r \cdot N_0}{EF \cdot \tanh(L/r)},$$

$$\text{kde } r = \frac{1}{a} = \sqrt{\frac{EF}{k}}.$$

Délka r roste s průřezovou tuhostí EF a klesá s tuhostí podloží (modul k souvisí se smykovým modulem G podloží).

Funkce hyperbolický tangens ($\tanh$) má pro argument nad 3 již téměř stálou hodnotu, blízkou 1, viz tabulka a obr. 2.



Obr. 2: Hyperbolické funkce

Zvolíme jako dostatečný poměr

$$L/r = 4,$$

a účinná délka

$$L_{ef} = 4r$$

dává mez posunu

a smyku v hlavě kořene:

$$|u_0| \geq \frac{r}{EF} |N_0|, \quad |t_0| \geq |N_0| / r$$

Sestavte tabulku účinných délek kořenů kotev s počtem pramenců 2, 3, 4, 6, 9 a 12, pro 6 různých podloží. Tuhosti průřezů jsou:

$EF=[57, 85, 113, 169, 254, 339].\text{MN};$

Jednotlivá podloží mají parametry E a mi :

$E=[10, 20, 30, 50, 70, 100].\text{MPa},$
 $mi=[0.42, 0.40, 0.38, 0.35, 0.30, 0.25];$

Z toho tabulka účinných délek (zapsaná a vyčíslená tabulkovými operacemi Texcalcu přímo při editaci tohoto textu):

$k=[PI.EI/2(1+mi)];$ @tabulka modulů 'k' $L=[4SQRT(EF/(k*(1/k)))];$ @odmocnina matic. součinu						
Tabulka účinných délek kořenů kotev s počtem pramenců 2, 3, 4, 6, 9, 12: $EF/[MN/L]=$						
@ EF\	E10	E20	E30	E50	E70	E100
57	9.1	6.4	5.2	4.0	3.3	2.7
85	11.1	7.8	6.3	4.8	4.0	3.3
113	12.8	9.0	7.3	5.6	4.6	3.8
169	15.6	11.0	8.9	6.8	5.7	4.6
254	19.2	13.5	10.9	8.4	6.9	5.7
339	22.1	15.5	12.6	9.7	8.0	6.6

Nejkratší účinná délka 2,7 m odpovídá nejměkčí kotvě (2 pram.) v nejtužším podloží, E 100 MPa. Nejdelší, 22,1 m, odpovídá nejtužší kotvě (9 pramenců) v nejměkčím podloží.

Tuhost taženého prutu EF/L („pérová konstanta“) nahrazuje např. v modelu pažení MZT2012 táhlo kotvy. Hledíme tuhost celku „kořen + podloží“. Z posunu u_0 hlavy najdeme tuhost kk [kN/m]:

$$kk = N_0 / u_0 = aEF \cdot \tanh aL = \frac{EF}{r} \cdot \tanh \frac{L}{r},$$

$$\text{pro } kk L > 4r \Rightarrow kk = EF / r$$

Poddajnost celé kotvy (převrácená tuhost) je součet poddajnosti táhla p_t a kořene, p_k [m/kN]:

$$p_{kot} = p_t + p_k = \frac{1}{EF} (L_{táhl} + r / \tanh(L_{kořen} / r)).$$

Pro $L_{kořen} > 4r$ je poddajnost p_{kot} nejmenší, $p_{kot} = (L_{táhl} + r) / EF$, a pak je stálá. Zkracováním kořene poddajnost kotvy roste.

Příklad vlivu kořene na tuhost kotvy:
 Podloží: $E_{def} = 30 \text{ MPa}$, $mi = 0.4$; z toho modul reakce $k = PI \cdot E_{def} / (2(1+mi)) = 33.66 \text{ MPa}$;
 Kotva: $EF = 85 \text{ MN}$, (3 pram.), $r = \sqrt{EF/k} = 1.59 \text{ m}$;
 Táhllo délky $L_t = 6 \text{ m}$, $kt = EF/L_t = 14.17 \text{ kN/mm}$;
 Kořen délky $L_k = 5 \text{ m}$, $kk = EF/r \cdot \tanh(L_k/r) = 53.29 \text{ kN/mm}$;
 Poddajnost kotvy: $p_k = 1/kt + 1/kk = 0.09 \text{ mm/kN}$;
 Tuhost kotvy: $KKot = 1/p_k = 11.19 \text{ kN/mm}$;
 Závěr:
 Kořen je asi 4x tužší než táhllo. Celá kotva, táhllo a kořen jsou asi o 20 % měkčí než samotné táhllo.

Tenký válec ve winklerovském modelu podloží je popsán vzorcí pro protažení, smyk a osovou sílu podél válce. Jsou vyčíslitelné na kalkulačce. Model předpokládá velkou štíhlost válce, který představuje kořen, mikropilotu, trn, kotvení armovací železo apod. Je namáhán jen osově, napětí na podstavách válce je zanedbáno. Předpokládá se dostatečná osamocenost, bez vlivu sousedících kořenů, trnů či mikropilot. Tyto vlivy ukáží modely 2D a 3D, které mohou ovšem řešit i štíhlý osamělý válec.

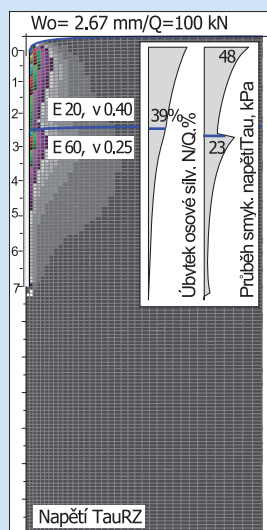
Na obr. 3 a 4 je porovnání modelu rotační symetrie MKP a jednoduchého modelu výše odvozeného. Rozdíly číselných hodnot se daly očekávat, ale celkový charakter sledovaných veličin je velmi podobný. Porovnání pro dvouvrstvé podloží viz obr. 5, 6. Charakter sledovaných veličin je opět srovnatelný,

rozdíl posunů hlavy kořene je tu menší. Větší rozdíl v maximech smykových napětí při povrchu zůstává. Je to dáno odlišnou schopností modelů rozlišit jemnosti změn vyvozených silovým účinkem kořene, resp. piloty. Model MKP i přes velkou štíhlost piloty simulující kořen zahrne i namáhání na patě a pod ní, přestože je oproti obvyklé pilotě velmi malé. Zatímco model MKP popisuje deformaci modelového válce 2x vyššího, než je délka piloty (kořene etc.) a poloměru zhruba rovném délce piloty, zjednodušený model zahrnuje okolí kořene (piloty) jen pomocí modulu reakce k . Model kořene je vlastně jen pružné vlákno, jeho příčný rozměr je nahrazen tuhostí EF . Pro to i účel obou modelů je odlišný.

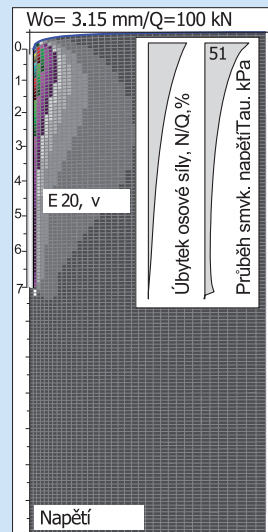
Při návrhu kořene jednoduchý model rychle ověří, zda není nadbytečně dlouhý. Může posloužit k určení smykového namáhání. Předchozí obrázky ukazují, že špičky smyku jsou na začátku kořene a na rozhraní vrstev. Smyk při začátku kořene je větší než průměrný na povrchu válce účinné délky.

Příklad: železná tyč průměru $D=32 \text{ mm}$, kotvená v betonové délce $L=40 \text{ cm}$, je tažena silou $F_t=10 \text{ kN}$;
 $E_b = 15 \text{ GPa}$, $mi=0.15$; modul pružnosti betonu
 $k = PI \cdot E_b / (2(1+mi)) = 20.49 \text{ GPa}$; modul reakce
 $EF = 210 \text{ GPa} \cdot PC D = 168.89 \text{ MN}$; tuhost průřezu tyče
 $r = \sqrt{EF/k} = 9.08 \text{ cm}$; srovnávací délka 'r'
 $L_u = 4r = 36.32 \text{ cm}$; účinná délka
 $\beta f_{rug} = -r \cdot F_t / EF = -0.005 \text{ mm}$; posun hlavy
 $2f$; $\text{taumax} = k \cdot u_0 / PI/D = -1.10 \text{ MPa}$; max. smyk
 $\text{tauprum} = F_t / PI/D/4r = 273.90 \text{ kPa}$; průměrný smyk

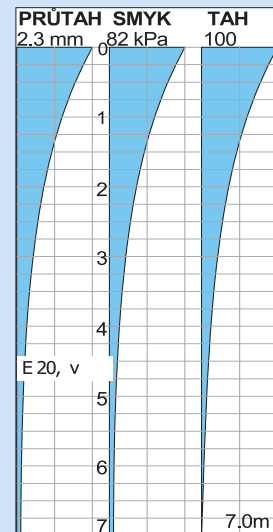
Materiál ve špičce smykového napětí by s další záteží zplastizoval a smyk by na jistém úseku zůstal na mezní hodnotě. Úsek by bylo možno určit iterativně: odečíst mezní smykovou sílu od zatížení a výpočet zopakovat pro zkrácený kotvení prvek. Při posouzení smyku na plášti kořene je příznivý radiální tlak ze zbylého injekčního tlaku a tlak z váhy nadloží kořene. Řešení této příkladu metodou konečných prvků dá zdvih počátku tyče asi 0,006 mm.



Obr. 5: Kořen 7 m/20 cm, EF 85 MN, rotační symetrie, 2D model MKP.



Obr. 3: Kořen 7 m/20 cm, EF 85 MN, rotační symetrie, 2D model MKP



Obr. 4: Kořen 7 m/20 cm, EF 85 MN, model z difer. rovnice $EF u'' - ku = 0$

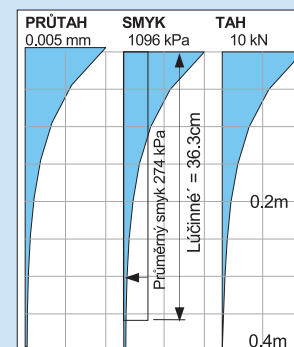
Výhoda výpočtu „podle vzorců“ je v jednoduchosti, srozumitelně ukazují vztahy mezi veličinami. Často lze vzorec „obrátit“, vstupní veličina se stane výstupní. V daném případě (kořeny, tyče, mikropiloty) určíme např. přímo vyčíslit účinnou délku. Složitější model (např. 2D model rotační symetrie) přímé vyčíslení účinné délky neumožňuje.

Kořeny často působí ve skupině, v řadě apod. Podobně jako u pilotové skupiny se prostor namáhaný více kořeny deformuje součtem účinků jednotlivých kořenů. Kořeny kotev nemusí být rovnoběžné, zatímco piloty jsou téměř vždy svislé.

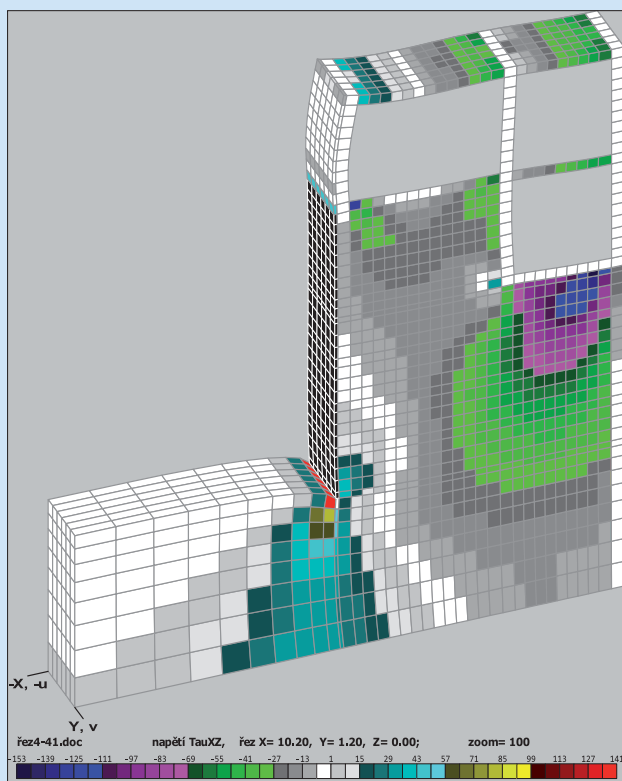
Předpjatý kořen vyvolá silové účinky ve svém okolí. Je-li tam nějaká překážka, základ stávajícího objektu apod., může předepnutí nových kotev vnést do podobných podzemních těles nové napětí a s tím související deformaci, viz [2]. Podobné případy je třeba řešit 3D modelem.

Příkladem z praxe projekční firmy FG Consult, s. r. o., je použití 3D modelu k posouzení napjatosti a deformací v podloží i konstrukci podchycovaného domu v Radlické ulici, v projektu založení "Rezidence Smíchov", viz článek na str. 15–17. Model zobrazil část

podchycované konstrukce, přízemí a sklep, účinek vyšších pater je nahrazen silami. Model je 3D, využívá symetrii opakování, rozměr ve směru 'Y' pokrývá jen periodu, tj. rozečť trnů v tomto směru.



Obr. 7: Železná tyč $D 32 \text{ mm}$ kotvená v délce 40 cm v betonu, tažena silou 10 kN

Obr. 8: Axonometrie deformovaného modelu, smykové napětí τ_{xz}

Účinek hřebíkování a střikaného betonu se ukázal porovnáním s nevystrojenou stěnou – hornina R4, E_{def} 120 MPa, objem. tíha 23 kPa/m. Výstroj střikaným betonem s trny v rozteči 1,65 m na výšku a modelově 2,4 m na šířku (návrh počítal s roztečí

Zpětný výpočet ze zjištěných posunů vrcholů prvků spočte změnu délky části vlákna v prvku a z toho osovou sílu namáhající tuto část vlákna (trnu, kořene, mikropiloty). Předpokládá se, že tyčový prvek je spojen svým pláštěm s okolním podložím (např. zálivkou

1,8 m) zmenšila vodorovné deformace asi o 1/3, svislé o asi 12 %. Namáhání trnů tahem nepřekračuje 80 kN.

V modelu 3D prvků (kvádřů) se nahradí trn či kořen pružným vláknem, jeho příčný rozměr charakterizuje průřezová tuhost EF – součin modulu pružnosti a plochy průřezu. Program najde průřezy vlákna se stěnami prvku a převede změnu délky vlákna do 24 parametrů deformace kvádru (tři posuny v každém vrcholu kvádru). Doplní se matice tuhosti prvku o tuhost úseku vlákna v závislosti na jeho poloze v prvku. Nároky na operační paměť počítače se nezvětší, počet rovnic pro hledané parametry deformace modelu zůstává stejný.

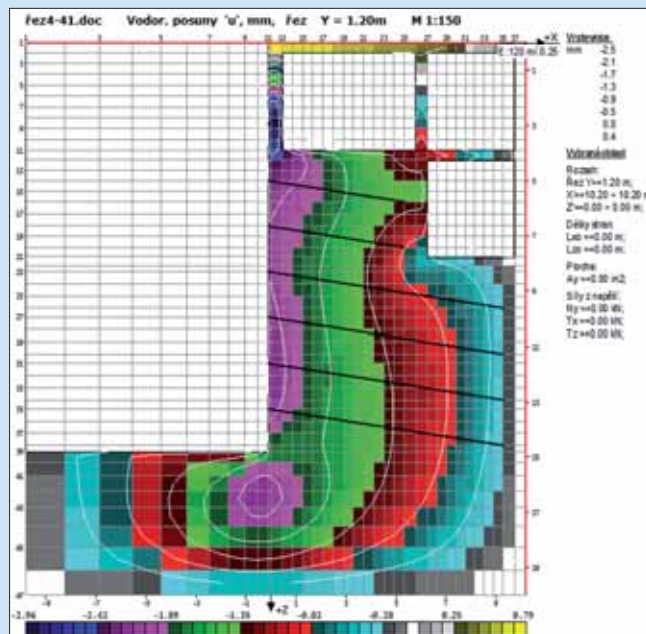
nebo injektáží). Jde-li o kořen kotvy, modeluje se právě popsáním způsobem a jeho začátek se zatíží předpínací silou ve směru táhla kotvy. O táhlu naopak předpokládáme, že s podložím spojené není, takže táhlo se v modelu neobjeví.

Matematický model je vyčísitelný popis našich zjednodušených představ o zákonitostech, jež platí pro řešenou předlohu. Bez vhodného zjednodušení model ztrácí smysl, příliš podrobný model se složitostí blíží složitosti předlohy. Modely nosníků ohýbaných či tlačných, podepřených jen v několika bodech, stačí obvykle popsat obyčejnou diferenciální rovnicí. Ale prut v podloží (např. pilota) již vede k modelu 2D nebo 3D, tedy k parciálním rovnicím. Proto v úlohách geotechniky potřebuje statika řádově náročnější matematický aparát již z důvodů čistě geometrických. Je to málo známo, potíže modelování se často nesprávně přisuzují jen materiálovým vlastnostem podloží.

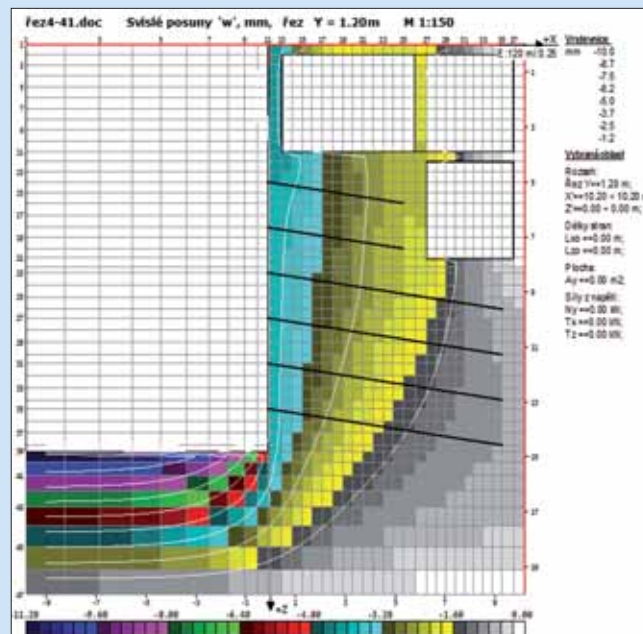
Ing. Petr Hurych

Související literatura:

1. Hurych, P.: Příčně zatížená pilota a modul ložnosti 'k', Zakládání staveb 1/2009.
2. Hurych, P.: Pilota a podzemní překážka, Zakládání staveb 2/2008.
3. Klein, K., Mišovec, P.: Únosnost koreňa injektovanej zeminy, Inženýrské stavby 5/1986.
4. Rektorys, K. a spolupracovníci: Přehled užití matematiky, SNTL, Praha 1968.



Obr. 9: Vodorovné deformace – pažení střikaným betonem a trny



Obr. 10: Svislé deformace – pažení střikaným betonem a trny

Computational model for anchor root, spike and micropile

The following article has been originally presented as a study of roots, spikes and micropiles modelling. One of the methods is based on a differential equation of a bar (fibre) in Winkler environment. The equation results in formulas computable using a calculator. Another method extends the 3D model to spatially oblique bar elements. Roots, spikes and micropiles can then become a part of such extended model. The study originated in an attempt to give a better picture and numerical description of nailed walls and slopes; these have been largely used e.g. for the tunnel face designs in Čadca, the D8 highway tunnels Panenská North and South as well as for the Prackovice tunnel. The 3D model calculations including their graphics were carried out in the 'Full3D' program, which comes as a part of the Texcal2008 text calculator created by the author of this article.



Stavební jáma pod zajištěným vysokým skalním odřezem, stavební práce jsou na úrovni 1. NP, jeřáb je založen v terasovitém výklenku.

ZAJIŠTĚNÍ SKALNÍHO ODŘEZU PRO „REZIDENCI SMÍCHOV“ V PRAZE, RADLICKÉ ULICI

Objekt „Rezidence Smíchov – Pod Pavím vrchem“ navazuje na řadu domů v ulici Radlické, kde se nacházel příkrý svah blízkého Pavího vrchu. Zajištění stavební jámy pro tento objekt tak spočívalo především v zajištění skalního odřezu, a to na celou výšku budoucího objektu. Použito bylo převážně ostění ze stříkaného betonu, přikotveného pomocí skalních tyčových kotev – hřebíků.

Projekt „Rezidence Smíchov“ nabídne moderní a kvalitní bydlení v oblíbené a dobře dostupné lokalitě Prahy 5-Smíchova. Jedná se o polyfunkční projekt s převahou ploch určených pro bytové účely a částečně s plochami pro obchodní a kancelářské využití. Pozemek z východní strany přiléhá k Radlické ulici, kde je stavební jáma zajištěna pomocí záporového pažení. Z jižní strany přiléhá stávající objekt „Radlická č. p. 571“, který je zajištěn pomocí mikropilot. Západní a severní strana staveniště je zaříznuta do příkrého svahu a skalní odřez je zde zajištěn pomocí stříkaného betonu a hřebíků. Pažení celé stavební jámy je koncipováno jako dočasné, pouze v jihozápadním rohu je část pažení konstrukce navržena jako trvalé zajištění odřezu podél odsazené části objektu.

Geologické a hydrogeologické poměry

Zájmové území tvoří horniny barrandienského paleozoika-ordoviku, který je zde zastoupen letenským souvrstvím. Obecně se jedná o prachové břidlice, prachovce a písčité prachovce s polohami a vložkami pískovců a písčitých křemenců. Povrch předkvartérního podkladu se v jednotlivých částech zájmového území nachází v odlišných hloubkách. V severozápadní části lokality se nachází skalní výchoz, kde je povrch břidlic v hloubce pouze několik desítek centimetrů pod terénem. Naopak v jihozápadní části je mocnost kvartérních zemin zřetelně vyšší a povrch skalního podkladu se nachází v hloubce okolo 3 i více metrů a část je tvořena mírně zvětralými břidlicemi mocnosti převážně okolo 0,50 m, ale lokálně byly zastiženy mocnosti

zvětrání v řádu metrů. Následuje poloha slabě zvětralých břidlic, které jsou úlomkovitě až kusovitě rozpadavé. Vrstvy zapadají do svahu, což je pro návrh zajištění výkopu příznivé. Z hlediska zajištění výkopu stavební jámy jsou ale nepříznivé puklinové struktury horninového masivu, které jsou zhruba kolmé na směr vrstev a směr sklonu vrstev.

Toliko citace z geologického průzkumu. Ve skutečnosti docházelo ke střídání zvětralých a nezvětralých poloh. Někdy byly zastiženy výplně charakteru pevné až tvrdé hlíny. Proto byla každá pracovní etáž (výšky cca 1,5 m) vyhodnocena odpovědným geologem a technické řešení zajištění výkopu bylo tomu přizpůsobeno.

Pokryvné útvary jsou zastoupeny deluviálními až deluviofluviálními sedimenty a ve velmi omezené míře i navážkami. Nejmladší polohu pokryvných útvarů tvoří navážky, kterými byl lokálně upravován terén. Jejich složení je obecně velmi nestejnorodé, na lokalitě mají převážně charakter jílu s různorodou příměsí; většinou se jedná o stavební odpad – cihelné sutě, úlomky a kameny břidlic, křemenců a dalších hornin. Navážky se v současné době nacházejí pouze v místech původních



Práce na úrovni 6. NP



Jižní strana západní stěny odřezu je řešena jako trvalá terasovitá konstrukce zajištěná trvalými pramencovými kotvami

teras, na většině území byly odstraněny při demolcích stávajících objektů. Hydrogeologické poměry zájmové oblasti jsou závislé v hlavní míře na místní geologické stavbě, tj. zejména na propustnosti pevného prostředí, a dále na morfologii terénu, možných zdrojích podzemní vody a částečně i na antropogenních vlivech – stavební činnosti narušující např. přirozené podmínky infiltrace vod, umělé drenáže apod. Nezanedbatelný drenážní vliv na zájmové území bude mít tunel Mrázovka. Podle mapových podkladů a dokumentace archivních sond ze širšího okolí lokality lze podzemní vodu v zájmovém území očekávat na kótě cca 191 m n. m., tedy pod úrovní výkopu stavební jámy. Podle

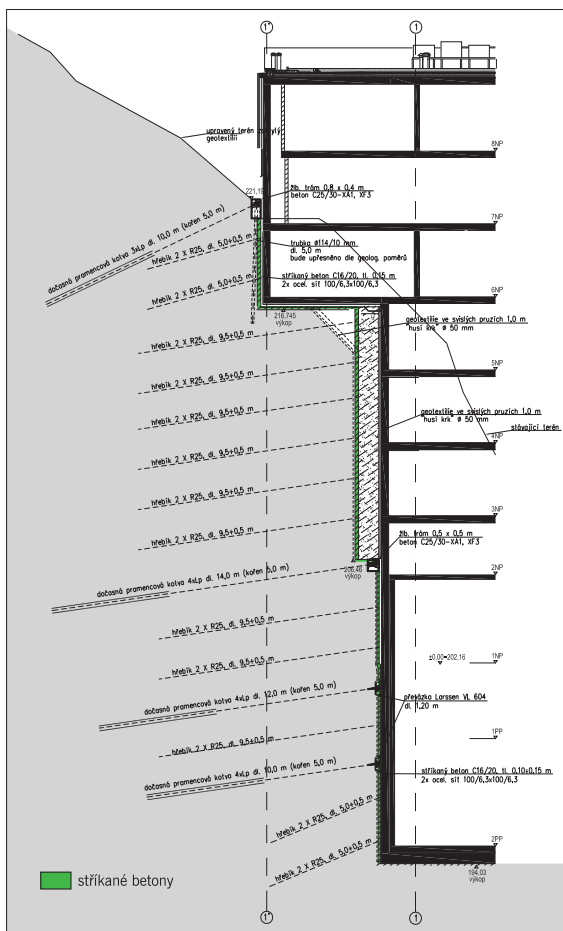
archivních chemických rozborů ze sond v okolí převažuje chemický typ sírano-vápenatý. Vodní prostředí hodnotíme podle ČSN EN 206-1 stupněm XA1.

Zajištění skalního odřezu Pavího vrchu (západní stěna)

Předchozí projekt zajištění stavební jámy od ing. Štastného z r. 2010 byl přepracován projekční společností FG Consult, s. r. o. Původně navržené kotvené mikrozáporové pažení bylo nahrazeno ostěním vytvořeným ze stříkaného betonu, vyztuženého kari-sítí, a skalních tyčových kotev – „hřebíků“. Toto ostění bylo realizováno postupně přímo na skalním podkladu, vždy po částečném odtěžení na výškové úrovni určené projektantem.

Vrchní partie odřezu tvořené svahovými sedimenty bylo však nutné částečně i v této koncepci zajištění stavební jámy zajistit pomocí mikropilot. V projektu byly navrženy ocelové mikropiloty (dále MP) Ø 114/10 mm v osové vzdálenosti cca 1,4 m a délce 5,0 m. V koruně jsou MP spojeny železobetonovým trámem 0,8x0,4 m z betonu C25/30 XA1, XF3. Trám je zakončen pomocí trvalých

pramencových kotev 3x Lp Ø 15,7 mm (1570/1770 MPa) s cementovou zálivkou $c : v = 2,2 : 1$ (cement CEM II/B-S 32,5 R). Ostění před MP je tvořeno stříkaným betonem C16/20 tl. 150 mm. Výztuž je 2x síť KARI 100/6-100/6. Hřebíky jsou z betonářské oceli 2x Ø R25 a jsou vloženy do vrtů délky 5,0 m vyplněných cementovou zálivkou $c : v = 2,2 : 1$. V hlavě je každý hřebík zakotven pomocí ohybu o délce 0,5 m ve tvaru „řídítek“. **Od úrovně 6. NP po úroveň 2. NP** je jižní úsek západní stěny skalního odřezu zajištěn jako trvalá terasovitá pažící konstrukce. Staticky je zde odřez zajištěn pomocí trvalých pramencových kotev 3x Lp Ø 15,7 mm a železobetonových převázek 0,5x0,5 m z betonu C25/30 XA1, XF3. Původní návrh projektanta předpokládal ponechání skalního odřezu bez jakékoliv úpravy. Na místě zastíženého horninového prostředí si však i zde vyžádalo dodatečné provedení ochrany skalního povrchu pomocí ostění ze stříkaného betonu C16/20 tl. 100–150 mm, vyztuženého 2x sítí KARI 100/6-100/6. Skalní povrch pod torkretem je odvodněn pomocí perforovaných hadic 60 mm překrytých geotextilií. Stříkaný beton je v každé etáži přikotven pomocí hřebíků z betonářské oceli 2x Ø R20 vložených do vrtů o délce 3 a 5 m. **Severní úsek** západní strany odřezu od úrovně 6. NP po úroveň 2. NP je pak řešen pouze



Svislý řez severní částí západní stěny skalního odřezu



Pohled z ulice na zajištěný skalní odřez, výkop je na úrovni 3. NP.



Zahájení prací na vestavbě



Nově vznikající objekt na úrovni 6. NP

jako dočasná hřebíková stěna. Ostění je zde opět tvořeno stříkaným betonem a odvodnění pomocí perforovaných hadic jako na jižním úseku. Ostění je zde v každé etáži přikotveno pomocí hřebíků z betonářské oceli 2x Ø R25 vložených do vrtů o délce 9,5 m s roztečí 1,65 m. V hlavě je každý hřebík zakotven pomocí ohybu o délce 0,5 m ve tvaru „řídítek“. Zálivka hřebíků je cementová $c : v = 2,2 : 1$. **Od úrovně 2. NP níže** je již celá západní stěna (jižní i severní úsek) řešena jako dočasná kotvená nebo hřebíková stěna. Staticky je zajištěna pomocí dočasných pramencových kotev 4x Lp Ø 15,7 mm a převázek z úpalků štetovnic Larssen VL604. V místě pažení, pod jeřábem umístěným za jeho rubem, jsou z důvodů omezení deformací použity lokálně kotvy DYWIDAG Ø 36 mm (ocel 835/1030 MPa). Ostění je opět tvořeno stříkaným betonem a odvodněno pomocí perforovaných hadic Ø 60 mm překrytých geotextilií. Ostění je v každé etáži přikotveno pomocí „hřebíků“ z betonářské oceli 2x Ø R25 vložených do vrtů o délce 5,0 a 9,5 m. Stejným způsobem je řešena i celá severní stěna stavební jámy.

Záporové pažení v ulici Radlická (východní stěna)

Jednotlivé záporny jsou tvořeny profily IPE 360. Nosníky jsou osazeny do vrtů o průměru 620 mm. Pata vrtů je do úrovně výkopu vyplněna betonem C8/10. Zbývající část vrtu bude vyplněna sypaným materiálem charakteru štěrku fr. 0–32 mm. Pažiny jsou dřevěné tl. 80 mm. Pažení je kotveno v jedné úrovni pomocí dočasných pramencových kotev 3x Lp Ø 15,7 mm s cementovou zálivkou $c : v = 2,2 : 1$. Převázky jsou navrženy typové UNI. Po betonáži stropu nad 2. PP budou kotvy deaktivovány a převázky odstraněny.

Zajištění objektu Radlická č. p. 571

K zajištění základů stávajícího sousedního objektu č. p. 571 je na jižní straně stavební jámy navržena mikropilotová stěna. Před zahájením prací byla provedena podrobná pasportizace objektu a posouzen stav nosných konstrukcí.

Ocelové mikropiloty Ø 114/10 mm jsou v osové vzdálenosti cca 1,0 m a délce 9,5–14,0 m. Z prostorových důvodů jsou vrty provedeny pod sklonem 5°. Celý vrt včetně vnitřku trubky je vyplněn cementovou zálivkou $c : v = 2,2 : 1$. Povrch stěny objektu č. p. 571 od kóty cca 203,0 m n. m. až po úroveň základové spáry byl zpevněn stříkaným betonem. Zdivo i základová rovnanina z opuky byly opatrně očistěny včetně spár na hloubku 30 mm. Poté byl povrch překryt sítí 100/6–100/6 fixovanou na trubky MP a překryt stříkaným betonem C16/20 tl. 100 mm. Z důvodu maximálního omezení deformací byla mikropilotová stěna kotvena ve dvou úrovních pomocí dočasných tyčových kotev DYWIDAG Ø 36 mm (ocel 835/1030 MPa). Síly z kotev byly přeneseny do MP pomocí převázek ze štetovnic Larssen VL604. Ostění je tvořeno stříkaným betonem C16/20 tl. 100 mm s povrchovou úpravou, která umožní přímé položení separace. V etážích mezi kotvami je ostění fixováno pomocí „hřebíků“ z betonářské oceli 2x Ø R25 vložených do vrtů o délce 5,0 m. Při zahájení těžby stavební jámy byly v objektu v blízkosti základů měřeny dynamické účinky a jejich výsledkům byla následně přizpůsobena technologie těžby.

Založení jeřábu

Umístění jeřábu WOLFF WK71 SL bylo poměrně netradiční, a to v terasovitém výklenku ve skalním odřezu za budoucím objektem. Základová spára jeřábu je asi 6,5 m nad úrovní výkopu stavební jámy. K přenosu tlakových i tahových sil do podloží je navrženo 9 ks ocelových mikropilot Ø 108/16 mm (S235) o délce 8,0 m. Mikropiloty jsou osazeny do vrtu vyplněného cementovou zálivkou $c : v = 2,2 : 1$ (cement CEM II/B-S 32,5 R, objemová hmotnost 1,87 kg/l). Horní část mikropiloty v délce 1,2 m přesahuje podkladní beton a je opatřena dvěma přivařenými deskami 300x300x36 mm. Kořenová část je opatřena přivařenou spirálou Ø E8. K přenosu sil z jeřábu do mikropilot a do skalního podloží je navržen železobetonový blok

o rozměrech 3,7x3,2 m, $v = 1,5$ m z betonu C30/37 a oceli B500B. Do bloku jsou vloženy kotevní prvky jeřábu propojené 1 dílem věže. Základový blok byl vodorovně staticky zajištěn pomocí 2 ks dočasných tyčových kotev DYWIDAG Ø 36 mm (ocel 835/1030 MPa).

Závěr

Všechny přípravné a prováděcí práce proběhly bez vážnějších komplikací v období od listopadu 2011 do dubna 2012. Problémy působilo především mrazivé počasí v únoru 2012, kdy musely být přerušeny práce na provádění monolitického ostění. Zvýšeným úsilím se však podařilo celé dílo předat ve stanoveném termínu.

Za úspěch však osobně považuji fakt, že během výstavby nedošlo ke vzniku poruch v okolní zástavbě. Monitoring deformací samotných pažicích prvků i nosných částí sousedního objektu zaznamenal největší deformace do 8 mm. Tento výsledek byl do značné míry ovlivněn skutečností, že výstavba vlastního objektu plynule navazovala na práce zajištění stavební jámy a pokračuje ve vysokém tempu do současnosti.

Ing. Miroslav Dušek, FG Consult, s. r. o.
Foto: Libor Štěrbá

Údaje o stavbě:

Generální dodavatel: Konstruktiva Branko, a. s.
Speciální zakládání: Zakládání Group, a. s.

Securing the rock cut-off for „Residence Smíchov“ in Prague, Radlická Street

The „Residence Smíchov – Pod Pavím vrchem“ site builds on a number of houses in Radlická Street with a steep slope located close to Paví vrch. Securing the foundation pit for this building thus consisted in securing the rock cut-off to the full height of the future building. The design used mainly sprayed concrete lining anchored with the use of rock bar anchors – nails.



Beranění dočasných kotevních prvků pro nákladní lodě (4/2011)

REKONSTRUKCE TECHNOLOGICKÝCH TUNELŮ NÁRODNÍHO DIVADLA

Na Masarykově nábřeží v Praze byla v období od března 2011 do dubna 2012 úspěšně realizována technicky zajímavá a náročná rekonstrukce tří asi 150 let starých tunelů, vedoucích ze suterénu historické budovy Národního divadla pod silniční komunikací až k rubu nábřežní zdi. Sloužily jako trasa pro nasávání čerstvého a odvod využitého vzduchu, současně jako trasa přívodního a vratného potrubí technologické vody z Vltavy pro chlazení (vytápění) objektu. Jako každá podobná inženýrská stavba postupně dožívaly, až dospěly do stavu, kdy již závažné statické a hygienické závady nebylo možné efektivně eliminovat. Národní divadlo se proto rozhodlo provést jejich zásadní rekonstrukci, spočívající v realizaci nových, spolehlivých železobetonových konstrukcí s nadstandardní životností 150 let, bezpečně vzdorujících „povodni 2002“ a plnících všechny původní účely. Opravdovou výzvou byly pro projektanty i stavbaře požadavek na realizaci díla bez omezení provozu divadla, zachování automobilové dopravy na nábřeží, plnění pokynů orgánů památkové péče a především přání objednatele radikálně přizpůsobit celý úsek od líce nábřežní zdi až do útrob suterénu budovy budoucí lodní dopravě velkoobjemových kontejnerů s dekoracemi. Na realizaci díla se mnoha technologiemi speciálního zakládání významně podílela akciová společnost Zakládání staveb, a. s.

Něco z historie

Počátek existence tří zaklenutých kamenných tunelů světlosti cca 3 m podcházejících nábřežní komunikaci je možné datovat o 20 let dříve, než bylo započato s výstavbou 1. předchůdce (a dnešní nedílné součástí)

Národního divadla, budovy tzv. Prozatímního divadla (stavěno 1861–1862). Z dochovaných výkresů je patrné, že architekt Ignác Ullmann musel jejich existenci a užívání plně respektovat, divadlo bylo vystavěno nad ně. Na archivních fotografiích, kde se ještě

nevyskytuje nejexponovanější budova, tzv. Zítkova část, jsou v lici nábřežní zdi vedle řetězového mostu císaře Františka I (stavěn 1839–1841) velmi dobře patrné tři vstupní portály, náplavka s čluny, pracující lidé. Tunely byly zřízeny za účelem plynulého překonání výškového rozdílu mezi Vltavou a prostorem za divadlem pro přepravu materiálu z nákladních člunů. Z města byly zpět k řece vyváženy odpadky, odtékala srážková voda. Rozměry tubusů byly navrženy tak, aby vyhovovaly pohybu koní užívaných k tahu vozů po nakloněné rovině. Takto byla ostatně dopravena významná část stavebního materiálu pro budovu Národního divadla. Postupem času ale dopravní spojnice náplavky s městem ztratila na významu. Pravděpodobně při rozšíření komunikace asi v letech 1903–1904 byly dva tunely prodlouženy až k rubu nově postavené (dnešní) nábřežní zdi. Tuto část tvořila cihelná klenbová konstrukce světlosti cca 1,5 až 1,8 m. V rubu masivního dřívku nové nábřežní zdi byly zřízeny svislé vzduchotechnické šachty, které jsou až do dnešních dnů ve vrcholu (nad úroveň chodníku) opatřeny členěnými ozdobnými zákryty ze žulových bloků a desek. Tunely tehdy začaly divadlu sloužit jako technologické přepravní cesty vzduchu a vody.

Při poslední rozsáhlé obnově a přestavbě Národního divadla včetně jeho okolí v letech 1977–1984 byly tunely účelově upraveny. Ve směru od Národní třídy jsou od té doby označeny čísly 1, 2, 3. Tunel č. 1 sloužil po dobu stavby jako přepravní cesta sutí z budovy do nákladního člunu kotvícího u líce zdi. Tunel č. 3 byl standardní ražbou v šířce cca 2 m

prodloužen až k nábrežní zdi, opatřen nosnou skořepinou ze stříkaného betonu, koncovou vzduchotechnickou šachtou a napojen na nový jímací objekt vystavěný v jámě pažené pilotami za rubem nábrežní zdi (pod chodníkem). Zvolená koncepce tehdejší úpravy tunelů vycházela z požadavku bezpodmínečného dodržení termínu stého výročí znovutevření Národního divadla (po požáru) 18. 11. 1983 a nutnosti zachovat dopravu na tehdejší Gottwaldově nábreží. Proběhla pouze z vnitřního prostoru tubusů. Omezila se na nejnaléhavější statické zajištění poruch klenbových konstrukcí, zřízení vnitřních hydroizolací, podlah, výstavbu podpodlahových kanálů a instalaci technologického zařízení. Z dochované archivní dokumentace vyplývá, že tehdy navržený a posléze realizovaný stavební záměr měl charakter provizorního zajištění nosných konstrukcí s časově limitovanou životností. Zásadní obnova byla odložena do budoucnosti.

Ke zhoršení stavu tunelů velkou měrou přispěla povodeň v roce 2002, kdy došlo k zaplavení jímacího objektu a k lokálnímu prolomení podlah vztlakem vody v tunelu č. 1. Po opadnutí vod byly v cihelných úsecích za nábrežní zdí shledány četné široké trhliny. Následovaly mimořádné prohlídky, podrobný diagnostický průzkum, výpočet zatížitelnosti dopravou. Ze závěrů těchto zkoumání vyplývala nepříznivá skutečnost, že životnost tunelů se obecně blíží ke konci, stav tunelu č. 2 je havarijní, zatížitelnost dopravou nízká. Dopravní podnik HMP po těchto zjištěních neprodleně na nábreží vyloučil provoz tramvajových souprav s velkým nápravným tlakem. Národní divadlo přijalo dočasná opatření na zajištění bezpečnosti provozu a započalo s přípravou zásadní rekonstrukce.

Obecný popis koncepce

Návrh rekonstrukce tunelů spočíval ve zřízení nových, nosných konstrukcí z monolitického železobetonu s výhledovou životností cca 150 let. U tunelu č. 1 byl navržen stavební zásah z vnitřního prostoru, u tunelů č. 2 a č. 3 demolice, následně výstavba nového, většího objektu, který oba původní sdruží v jeden tunel 2 + 3 a propojují ho se suterénem Národního divadla. Velmi důležitou součástí koncepce bylo provedení co nej kvalitnějších hydroizolací spolu s těsněním spár proti tlakové vodě a zřízení systému trvalých protipovodňových opatření, efektivně bránících opakování zaplavení suterénů z roku 2002. Jeho nejdůležitější součástí jsou dvoukřídlá ocelová protipovodňová vrata velikosti 3,4x2,8 m ve stěně tunelu 2 + 3 u Vltavy. Respektována byla původní půdorysná dispozice s nezbytným uzpůsobením požadavkům instalované technologie vzduchotechniky, čerpání vody a výhledovým záměrům divadla. Ty spočívají ve využití nového tunelu 2 + 3 jako součásti dopravního koridoru kontejnerů velikosti cca 8,4x2,2x2,4 m s divadelními dekoracemi. Před nábrežní zdí se počítá se zřízením trvalého přístaviště kontejnerové lodi. Ta by zajišťovala přepravu z nového centrálního objektu skladování (výroby) divadelních dekorací, postavených na vhodné lokalitě u Vltavy. Z lodi by jednotlivé kontejnery zajišťedly (nebo byly zasunuty zakladačem) do portálu a po kolejové dráze pokračovaly do vnitřních prostor divadla. Uskutečnění tohoto záměru by za vhodných plavebních podmínek eliminovalo současnou, stále obtížnější kamionovou přepravu divadelních dekorací po městské uliční síti včetně ruční manipulace s kusovým nákladem. Do návrhu byl proto zapracován cca 30,5 m dlouhý úsek

s kolejovou dráhou, která začíná u unikátních protipovodňových vrat, skrytých v novém klenutém portálu do nábrežní zdi, prochází novou konstrukcí podchycení obvodové zdi historické budovy a končí až ve velkém nákladním výtahu s nosností 6 t uvnitř divadla.

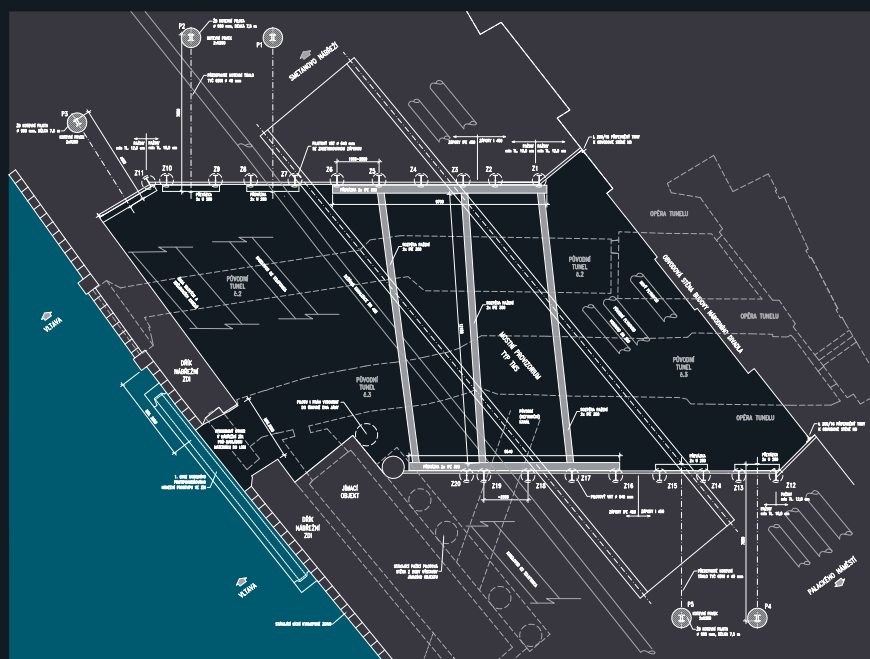
Tunel 1

U tohoto tunelu byla provedena vnitřní výstavba nové konstrukce ve formě uzavřené skořepiny z monolitického železobetonu C25/30 XF3 s rubovou stříkanou hydroizolační membránou Eliminator, to vše bez otevření výkopu z povrchu vozovky. Nebyla měněna dispozice, komplikovaný tvar tubusu byl podřízen požadavkům profese vzduchotechniky. Ve starším, kamenném úseku u budovy byl realizován uzavřený rám světlosti cca 2,3x2,48 m s tl. stěn cca 290 mm, založený plošně na 300mm desce. V novějším, cihelném úseku za rubem nábrežní zdi byla zřízena rámová skořepina proměnné výšky se světlou šířkou otvoru cca 1,45 m, tl. stěn cca 150 mm, založená plošně na 250mm desce s náběhy. Byla použita technologie samozhutnitelného betonu dopravovaného svislými vrty do vrcholu kleneb. Stavební přístup do původního tubusu nebyl z budovy divadla možný. Byl proto zřízen dočasný průraz z líce nábrežní zdi, opatřený mobilní protipovodňovou ochranou, dále pak byla na nábreží znovu využita šachta, kterou byla při velké rekonstrukci sypána suť.

Aby bylo možné eliminovat úbytek původního světlého otvoru tubusu, byla podlahová část v úseku za nábrežní zdí vybourána a zahloubena o cca 55 cm. Zde čekalo na současnou stavbu asi 100 let příjemné překvapení, které jim zanechali stavitelé cihelného tunelu: původní opěry byly založeny na jediném masivním souvislém bloku (pasu) z hrubého drceného kameniva prolévaného vápennou maltou. Materiál to byl kompaktní, kvalitní, obdoba dnešní cementové stabilizace, byl však dobře rozpojitelý ručním bouracím nářadím. Nebylo proto nutné řešit podchycování opěr, pažení výkopu, průsaky vody, zahloubení pod podlahu proběhlo bez problémů.

Tunel 2 + 3

V otevřené pažené stavební jámě šířky cca 18 m a hloubky 5,5 m byl vystavěn nový sdružený objekt. Jáma šikmo přetnula Masarykovo nábreží od rubu nábrežní zdi až po líc obvodové zdi budovy. Téměř celý její vytěžený objem obsahoval (mimo konstrukce tunelů a původní nábrežní zdi) různorodé navážky, v nejspodnější části pak nejmladší říční náplavy charakteru povodňových hlín, jílu a bahna měkké až tuhé konzistence. Stěny stavební jámy byly zajištěny záporovým pažením. Zápor z válcovaných profilů IPE 450 (I450) délky 11 (12) m byly



Půdorys pažené stavební jámy pro nový objekt tunelu 2 + 3



Provádění mikropilotového založení prahu 1. linie protipovodňové ochrany stavby z plovoucího prostředku (4/2011)



Rozebírání kamenného líce nábrežní zdi a realizace manipulačního prostupu dřikem z plovoucího prostředku (6/2011)

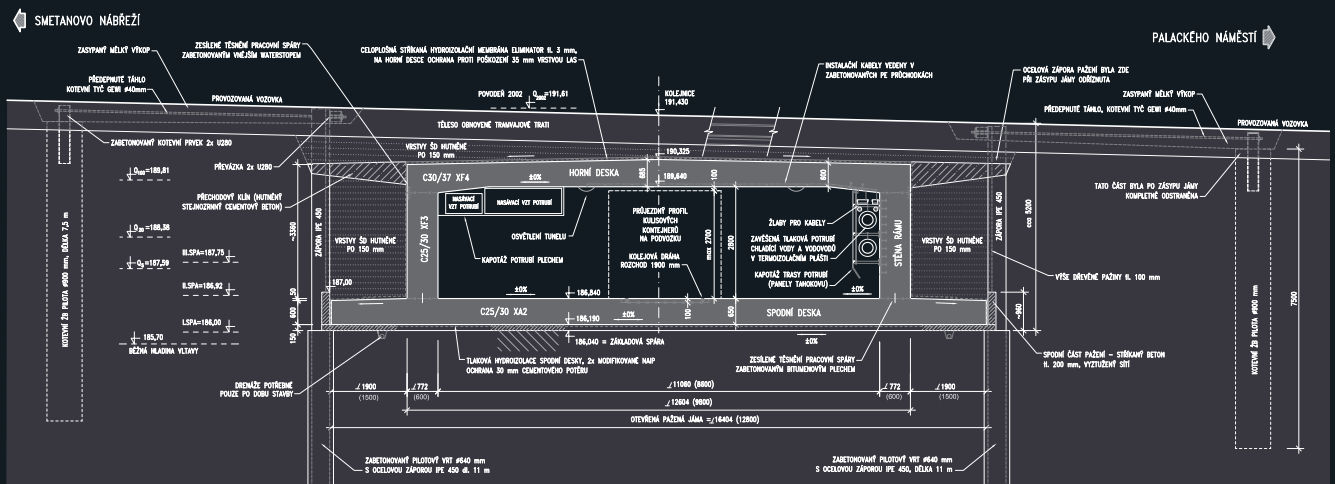
osazovány do vrtů Ø 640 mm, prováděných z povrchu vozovky, vrt ve spodní části až po základovou spáru nového tunelu byl vyplněn betonem. Vrt procházel cca 5,5 m mocnou vrstvou navážek (především stavební odpad), cca 2 m vrstvou povodňových hlín, jílu a cca 2 m písčitých sedimentů. Končily ve vrstvě hrubozrnného štěrkopísku s valouny. Vzhledem k značně zkosenému půdorysu jámy bylo záporové pažení zajištěno jednak pomocí standardních rozpěr v její střední části, jednak v krajních úsecích kotvením dvojic záporů táhlem za rub pažení. Kotevními prvky byly vrtané železobetonové piloty Ø 900 mm, délky 7,5 m se zabetonovaným ocelovým profilem ve vrcholu, táhla z předpínací tyče GEWI Ø 40 mm byla umístěna cca 30 cm pod povrch vozovky a aktivovány silou 150 kN. Prostor mezi záporami byl do výšky 1 m nad novo-

jámy zajištěn skořepinou ze stříkaného betonu, výše dřevěnými pažinami. Toto řešení bylo vybráno, protože splňovalo požadavek objednatele i NPÚ minimalizovat při zřizování jámy negativní vliv vibrací na provoz divadla i jeho budovu. Zemní kotvy nebyly použity vzhledem k pochybám o únosnosti kořenů ve vozovce Masarykova nábreží (mezerovitý stavební odpad z demolice pražských domů). Zajištění stavební jámy realizovala společnost Zakládání staveb, a. s., optimalizaci zadávací projektové dokumentace pažení provedla společnost FG Consult, s. r. o.

Vzhledem k obecným požadavkům na minimalizaci negativního vlivu stavební činnosti a dopravy na přilehlé území města i budovu Národního divadla byla navržena doprava výkopů a stavební suti nákladními čluny po

Vltavě. V nábrežní zdi bylo proto nutné do stavební jámy tunelu 2 + 3 zřídit dočasný manipulační vstup šířky 3 m pro nákladku. Dočasný kotevní prvky pro lodě ze zabíraných svařených štětovic realizovala z plovoucího prostředku rovněž společnost Zakládání staveb, a. s.

Negativní zkušenosti orgánů státní i městské správy z roku 2002 si zákonitě vyžádaly důsledné řešení problematiky protipovodňových opatření i havarijních situací po dobu stavby. Jedním z jejích nejdůležitějších prvků byla konstrukce mobilního hrzení, tzv. 1. linie v líci zdi. Byl zde realizován ocelobetonový rám ve tvaru písmene „U“, upnutý do konstrukce nábrežní zdi pomocí tyčových kotví. Jeho spodní základový práh byl založen na 7 ks vrtaných mikropilot s výztužnou trubkou Ø 89/10, dl. 11 m. Pro rychlé uzavření



Typický příčný řez novým technologickým tunelem 2 + 3 (šikmý řez cca v ose tramvajové trati)



Stavební jáma tunelu 2 + 3, opěry původních tunelů před budovou ND byly záměrně ponechány (6/2011)



Vyrovnávání základové spáry tunelu 2 + 3 za rubem nábrežní zdi, manipulační vstup je uzavřen hradidly (7/2011)



Výstavba 1. etapy nosné konstrukce tunelu 2 + 3 pod mostním provizoriem (9/2011)



Historizující žulový portál v nábrežní zdi s protipovodňovými vraty před dokončením (1/2012)

manipulačního prostupu byla užívána ocelová inventární hradidla z plavební komory dl. 12 m, osazovaná pomocí jeřábu. Tak bylo možné prostup zahradit do výšky přesahující max. hladinu vody při povodni v roce 2002. Mikropiloty realizovala z plovoucího prostředku společnost Zakládání staveb, a. s. Tunel 2 + 3 je založený plošně, se základovou spárou cca 35 cm nad běžnou hladinou Vltavy v úrovni navážek, pouze lokálně ve vrstvách povodňových hlín a jílu. Průsaky vody byly obecně menší, než se očekávalo, snadno odčerpitelné. Podle rozhodnutí geotechnického dozoru provedl zhotovitel lokální sanace a výměny měkkých bahnitých vrstev organického původu drceným materiálem. Spára byla různorodá materiálově i modulem stlačitelnosti, dosažení jednotné tuhosti a materiálové skladby nebylo nezbytné. Založení objektu proběhlo bez větších problémů.

Nosná konstrukce tunelu je realizována jako masivní šikmý uzavřený železobetonový rám světlé výšky 2,8 m a světlé kolmé šířky 8,6 m o standardní tloušťce stěn z betonu C25/30 XF3 600 mm. Základová deska z betonu C25/30 XA2 v tl. 650 mm je vyložena vně stěn. To umožňuje využít hmoty zásypu proti zdvihu objektu vzlakem vody při povodni. V pruhu u budovy byla deska účelově zesílena na 1,7 m, aby v ní bylo možné pod podlahu fyzicky umístit trasy dvou technologických kanálů z trubek HOBAS Ø 1100 mm a krytý podpodlahový kanál pro potrubí tlakové chladicí vody. Východní strana objektu přiléhající k budově divadla je otevřená, opačná, západní strana za rubem nábrežní zdi je uzavřena stěnou s velkým vstupním otvorem opatřeným protipovodňovými vraty. Horní deska tunelu z betonu C30/37 XF4 je proměnné tl. 600 až 750 mm, do stěn je vetknuta rámový roh. Spojení vnitřního prostoru tunelu s vrcholy a kryty vzduchotechnických šachet na hraně nábrežní zdi je řešeno prostřednictvím zalomeného šikmého sklolaminátového potrubí. Celkem 2x4 trouby DN 700 mm HOBAS jsou zde zabetonovány do zesílené horní desky u západní stěny objektu. Hydroizolaci spodní desky tvoří dvouvrstvé asfaltové izolační pásy. Stěny a horní deska byly opatřeny stříkanou hydroizolační membránou Eliminator. Veškeré pracovní a dilatační spáry byly opatřeny dvojítm

těsněním (waterstopy, plechy s živичným povlakem, bobtnavé bentonitové pásy). Styčná spára s budovou divadla má antivibrační a elektroizolační úpravu.

Výstavba tunelu proběhla z důvodu nezbytné koordinace s komplikovanou sousední konstrukcí podchycení obvodové zdi divadla ve dvou časově rozdílných etapách. V první etapě byla vystavěna větší část za rubem nábrežní zdi a pod tramvajovou trať. Tramvaje a chodci byli převedeni na náhradní trasu, automobily překonávaly stavební jámu jednosměrně po mostním provizoriu typu MS délky 27 m. Provoz na trati i vozovce byl obnoven v prosinci 2012, o něco později i na chodníku. Druhá etapa výstavby tunelu, přiléhající k budově, byla realizována až po úplném dokončení podchycení obvodové zdi divadla v březnu 2012. Stavbou dotčené inženýrské sítě musely zůstat v provozu, byly dočasně přeloženy na stěnu budovy (STL plynovod DN 400 + vodovod DN 300), případně vyvěšeny na samostatnou konstrukci, překračující jámu u nábrežní zdi (silové a telekomunikační kabely), nebo přeloženy pod budoucí

tunel (kanalizace DN 300). Nepřerušovaný provoz divadla si vyžadoval téměř po celou dobu stavby dodávky chladicí vody čerpané v jímácím objektu a dopravované potrubím zavěšeným na pažení jámy.

Klenutý portál v nábrežní zdi

Výhledový záměr Národního divadla vyžadoval vestavět do stávající nábrežní zdi dostatečně velký prostup pro budoucí vjezd kontejnerů dopravovaných po vodě. Dřív zdi byl v délce cca 7 m vybourán a následně do něho vestavěn historizující, předsazený žulový portál světlé šířky 3,5 m s půlkruhovou klenbou. V jeho vzhledu, materiálu a detailech se podle požadavku NPÚ opakuje řešení užité pro obdobné architektonické prvky vltavského nábreží z let 1903–1904. Tvarem koresponduje se sousedícím předsazením líce zdi pod vzduchotechnickou šachtou. Při rozebírání kyklopského zdiva bylo provedeno pečlivé zdokumentování, očíslování jednotlivých kamenů pro následné opětovné využití na původním místě. Výstavba kamenné konstrukce proběhla bez problémů z pontonu



Provádění vějířovitých vrtů tryskové injektáže podchycení obvodové zdi divadla, pilotážní souprava vlevo zřizuje vrt pro zápor pažení (6/2011)



Pískovcové klenby pod obvodovou zdí ND, pohled z budovy, oranžová linie značí vrchol výlomu (7/2011)



Zesilování původních opěr tunelů sepnutými skořepinami, osazování prvních příčnic do kleneb (8/2011)



Ocelové příčnice zainjektované do vrtů pod meziokenními pilířem obvodové zdi (9/2011)



Příčnice jsou hotové, skořepiny na opěrách jsou sepnuty, dokončuje se výztuž úložných prahů (9/2011)



Vnější parapetní nosník dočasného podchycení po převzetí zatížení obvodovou zdí (11/2011)



Na hotové 1. etapě tunelu 2 + 3 je dokončována tramvajová trať (11/2011)

Statické podchycení dotčeného úseku obvodové zdi Národního divadla

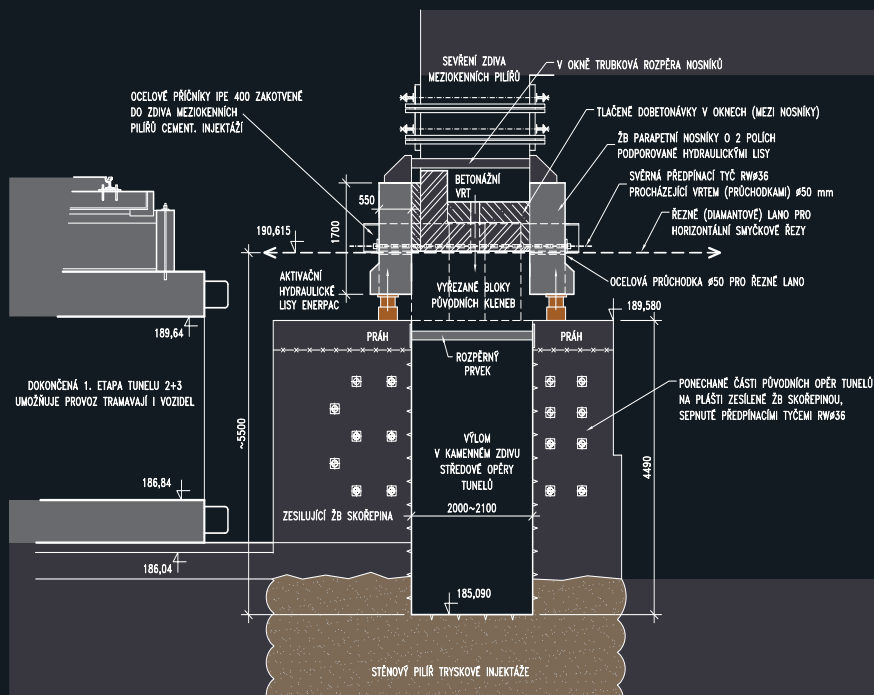
Statically i technicky nejzajímavější, současně však nejnáročnější částí stavebního díla byl návrh a realizace konstrukce podchycení cca 12 m dlouhého úseku obvodové zdi historické budovy v části „Prozatímní divadlo“ o hmotnosti cca 1000 t. Nad masivními kamennými klenbami původních tunelů bylo nezbytné pomoci dočasné konstrukce tento úsek vynést a v obtížných podmínkách zřídit ve zdivu velký souvislý výlom světlosti 12x5,5 m se dnem 0,7 m pod úroveň běžné hladiny Vltavy. V něm vystavět a staticky aktivovat novou železobetonovou konstrukci

kotvícího před zdí, pod soustavným dozorem pracovníků NPÚ. Za zmínku stojí skutečnost, že z obchodních důvodů byla šedá žula nalámana, portál vyroben a zkušebně sestaven v Čínské lidové republice. Po převzetí objednatelům byly bloky do Prahy dopraveny lodí a kamiony.

trvalého podchycení, umožňující dispozičně průjezd kontejnerů s dekoracemi. To vše za nepřerušeno provozu divadla s požadavkem na dodržení maximálního poklesu obvodové zdi cca 1–2 mm.

Hlubinné založení nosné konstrukce v místě původních opěr tunelů č. 2 + 3

Hlubinné založení nosné konstrukce bylo provedeno v jediné etapě pomocí stěnových pilířů z tryskové injektáže v poloze 3 původních opěr tunelů č. 2 a 3. Vrtová souprava stojící před budovou postupně hloubila vějířovité vrty Ø 145 mm, procházející šikmo patními bloky kleneb a opěrami pod zdí. Následně byly vytryskány jednotlivé, vzájemně se překrývající sloupky tryskové injektáže Ø cca 100 cm, které ve finále vytvořily souvislý stěnový element délky cca 8 m, vetknutý v patě do poloskalního podloží (písčitojilovité ordovické břidlice). Takto byly realizovány celkem tři elementy, které ještě lokálně rozšířilo 8 svislých sloupů zhotovených z tubusů původních tunelů. Požadované pevnosti 6 MPa po 28 dnech bylo podle výsledků všech provedených zkoušek dosaženo, obdobně byla kontrolními jádrovými vrty prokázána integrita pilířů. Po celou dobu realizace tryskové injektáže probíhal geodetický monitoring líce podchycovaného úseku obvodové zdi. Nebyly zaznamenány žádné znepokojivé poklesy nebo jiné deformace. Hlubinné založení pomocí technologie tryskové injektáže byl alternativní návrh společnosti Zakládání staveb, a. s., k původně navrženým mikropilotům v zadávací dokumentaci. Projektovou dokumentaci zpracovala společnost FG Consult, s. r. o. Jako zodpovědný projektant akce jsem se obával, zda je v daných podmínkách možné tryskovou injektáž bezproblémově provést, neboť pod zdí divadla



Konstrukce dočasného podchycení obvodové stěny, vyřezání původních kleneb, výlom v opěrách, příčný řez oknem



Aktivace parapetních nosníků hydraulickými lisy, vpravo inkrementální čidlo deformací (11/2011)



Vyřazení původních kleneb pod obvodovou zdí ND z nosné funkce, smyčkový řez „diamantovým lanem“ (11/2011)



Klenební pásy pod zdí ND jsou vyřezány a vyjmuty až do úrovně stropu výlomu (11/2011)

byla cca před 33 lety při velké rekonstrukci zřízena masivní těsnicí clona vnitřní stavební jámy z jílocementové suspenze. Mé obavy se však ukázaly neopodstatněné. Zhotovitelem zvolená a realizovaná technologie jednoznačně urychlila postup stavebních prací.

Dočasná konstrukce podchycení

Po nezbytném ztuzení dotčeného úseku zdi do výšky dvou pater, stažení meziokenních

pilířů systémem táhel a ocelových převážek bylo započato s realizací dočasné konstrukce podchycení. Řešení vycházelo ze skutečnosti, že rovnoběžné linie třech masivních kamených opěr původních tunelů procházely bez přerušení pod obvodovou zdí budovy a krátkým úsekem zasahovaly i do vnitřních prostor. Na plášti účelově neodbouraných částí těchto opěr byly zřízeny zesilující železobetonové skořepiny tl. 200 mm a úložné bloky.



Dokončený výlom velikosti 12x5,5x2 m pod obvodovou zdí ND (12/2011)

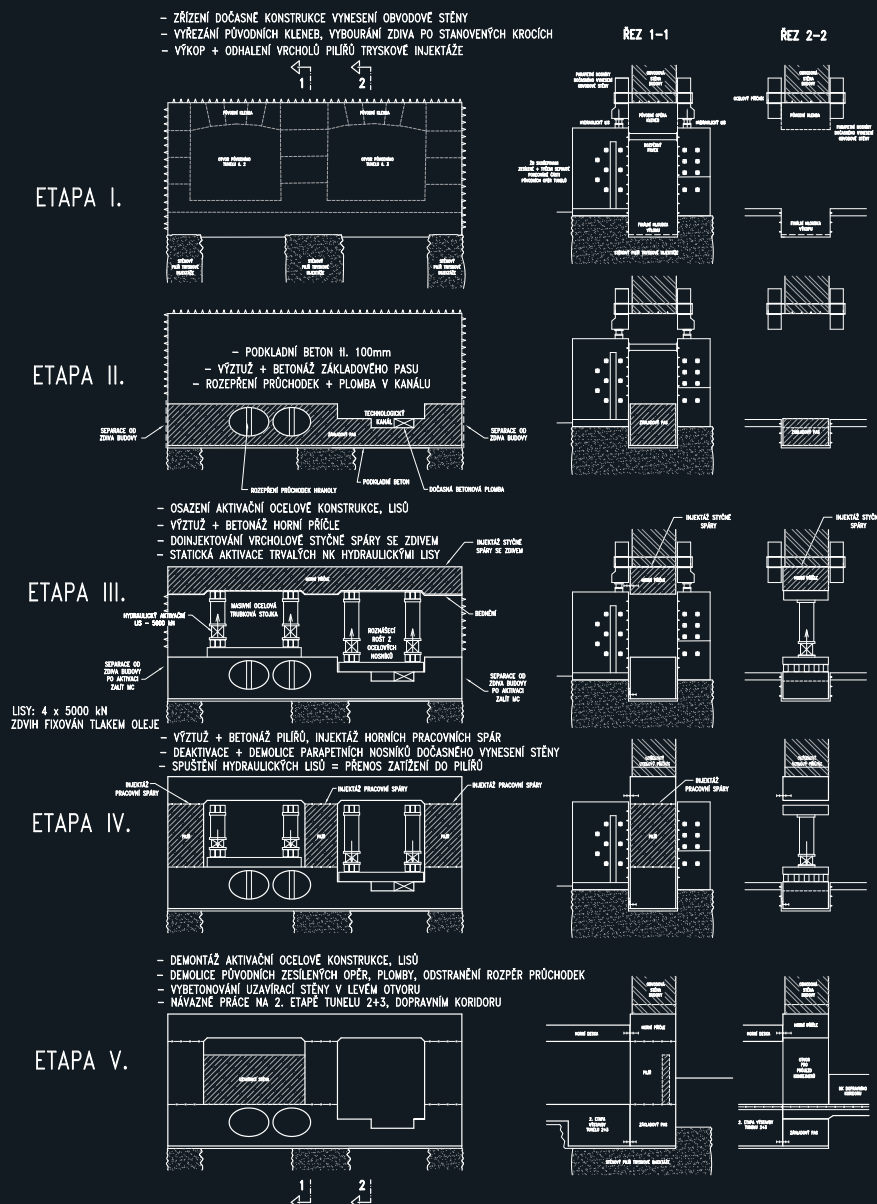


Schéma postupu výstavby trvalé konstrukce podchycení obvodové stěny budovy

Pomocí napnutých tyčí RW Ø 36 mm procházejících horizontálními vrty sevřely skořepiny původní kamenné zdivo velmi rozdílné kvality. Spolu se zasunutým mobilním hrazením plnily tyto konstrukce po dobu stavby funkci protipovodňové ochrany suterénu divadla.

Pod meziokenní pilíře byly do vrtaných otvorů v klenbách postupně, na stanovená místa a do předepsaných výšek osazeny ocelové příčníky, celkem 12 ks IPE 400. Otvory byly současně vyinjektovány vysokopevnostní cementovou směsí, která nosníky do stěny zakotvila. Hlavní nosný systém umožňující dočasné vynesení zdi byl navržen a realizován ze dvou železobetonových parapetních nosníků o dvou polích s převýslými konci. Každý byl podepřen na třech místech hydraulickými lisami na zesílených opěrách. V příčném řezu se jednalo o obdélníky s konstantní výškou 1,7 m a šířkou 0,55 m. Zatížení z obvodové zdi přenášely ocelové příčníky uložené do nosníků kluzně. Kvalitní tlakový kontakt stěny nosníků s členitým zdivem budovy zprostředkovaly trvalé dobetonávky (uvnitř budovy) a dočasné dobetonávky (vně budovy) spolu s různými separačními a ochrannými opatřeními památkově chráněných prvků (bednicí překližky, polystyren). Po nabytí potřebných pevností betonu byla obvodová zeď mezi parapetními nosníky silně sevřena předpínacími tyčemi RW Ø 36 mm, nasunutými do prostupů a příčných vrtných zdí.

Vnesení zatížení do nosné konstrukce dočasného podchycení bylo provedeno postupnou, pomalou a projektantem na místě operativně řízenou aktivací podpůrných hydraulických lisů, umístěných do mezery mezi nosníky a vrchol zesílených tunelových opěr. Na střední podpoře jednoho parapetního nosníku byla umístěna dvojice 200tunových hydraulických lisů, na obou krajních podpěrách po jednom 200tunovém lisu. Celý proces statické aktivační byl mnohastupňový, řízený projektantem na základě vyhodnocování kontinuálního sledování svislých deformací.

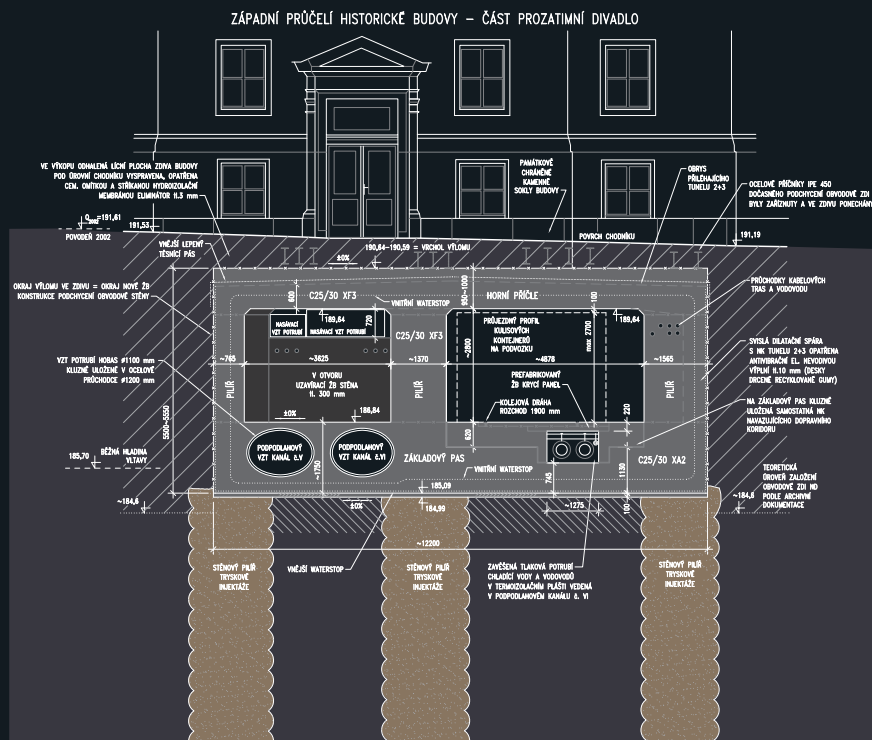
Potřebné informace o chování budovy, příčníků a založení poskytovalo měření inkrementálními snímači a tenzometry (projektant) i geodetické sledování obvodové zdi přesnou nivelací. Technicky zcela obdobný princip byl dvakrát použit v průběhu bouracích prací, pokud geodetický monitoring signalizoval pokles dotčeného úseku obvodové zdi nebo podpůrných konstrukcí dosahující povolených 2 mm. Následně byly mezi parapetními nosníky původní kamenné klenby tunelů v délce budoucího otvoru (výlomu) odděleny od obvodového zdiva řezáním technologií „diamantového

lana“. Pro tento účel byly navrženy a s úspěchem použity horizontální smyčkové řezy. Ve vrcholu budoucího otvoru tak vznikla souvislá mezera šířky cca 15 mm. Klenby přestaly zdivo budovy nést a bylo možné je dále dělit svislými řezy na menší bloky a vyjímat. Po klenbových pasech pokračovala realizace výlomu v místě původních opěr. Postupným bouráním dolů v šířce cca 2 m mezi parapetními nosníky bylo dosaženo projektem předepsané úrovně dna otvoru. Tímto bouráním do původně souvislého kamenného zdiva vznikly jednotlivé pilíře pod aktivacími lisy. Ve volné šířce původních tunelů se dno otvoru nalézalo ve vrstvě bahnitých povodňových naplavenin černé barvy, převážně hlín a jílu tuhé konzistence, asi 70 cm pod běžnou hladinou Vltavy. Množství prosakující vody bylo zanedbatelné. Stěny výkopu byly stabilní, pažení nebylo potřebné. Po odstranění všech nečistot byly v liniích opěr nalezeny kompaktní vrcholy pilířů tryskové injektáže a opět cca 150 let staré překvapení, které tu zanechali stavitelé kamenných tunelů. Každá z opěr byla založena na dvou velikých podélných trámech z modřínu s mezerou vyplněnou kamennou rovnáninou. Na trámy byly položeny pečlivě opracované lícní žulové kvádry, mezi ně dovnitř pak výplňové zdivo. Dřevo bylo zcela zachovalé a houževnaté, mělo stále původní červenou barvu. K vyjmutí z výlomu museli pracovníci použít motorovou pilu.

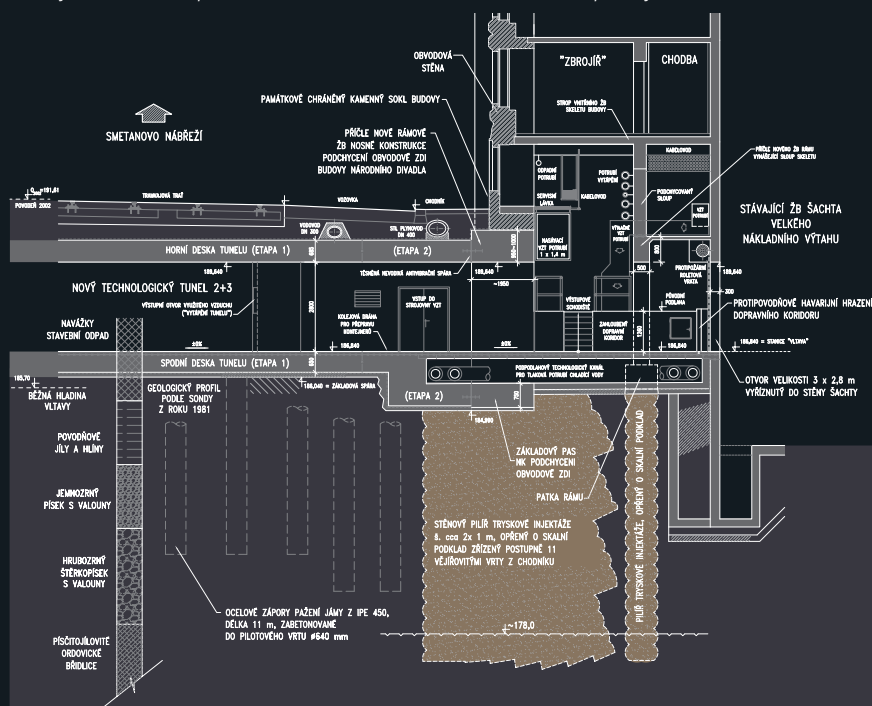
Trvalá konstrukce podchycení

Trvalá nosná konstrukce podchycení byla navržena a realizována po etapách jako masivní stěnový element tl. cca 1,9 m, výšky 5,55 m, délky cca 12,2 m ze železobetonu, se dvěma velkými vnitřními otvory a prostupy technologických kanálů i potrubí základovým pasem. Staticky se jedná o uzavřený rám se třemi pilíři, horní a spodní příčlí, který je pod pilíři podporován stěnovými elementy z tryskové injektáže. Jedním otvorem prochází z budovy do tunelu vzduchotechnické potrubí, základovým pasem dva vzduchotechnické kanály Ø 1100 mm. Druhým otvorem je vedena zakřivená kolejová dráha dopravního koridoru kontejnerů, pod podlahou krytý technologický kanál pro izolované potrubí tlakové chladicí vody a užitkových vodovodů.

Po realizaci základového pasu z betonu C25/30 XA2 následovalo provedení horní příčle ze samozhutnitelného betonu C25/30 XF3. Oba masivní horizontální prvky byly pomocí lisů a dočasné ocelové aktivační konstrukce navzájem roztačeny. Důvodem byla nezbytnost statické aktivace pilířů tryskové injektáže (dotlačení) a převzetí tíhy vynešeného úseku obvodové zdi od pomocné konstrukce dočasného podchycení. Vnesení zatížení bylo provedeno postupnou, pomalou, projektantem na místě řízenou aktivací



Řez styčnou dilatační spárou mezi tunelem 2 + 3 a nosnou konstrukcí podchycení obvodové zdi divadla



Podélný řez tunelem v místě průchodu pod obvodovou zdí budovy divadla

čtyř 500tunových hydraulických lisů, umístěných po dvojici do obou otvorů. Roznos na základový pás i horní příčli zajišťovala pomocná inventární ocelová konstrukce. Potřebné informace o deformačním chování budovy a hlubinného založení poskytovalo měření inkrementálními snímači (projektant) a geodetické sledování čelní stěny přesnou nivelací. Parapetní nosníky byly po posledním kroku statické aktivace, tj. dosažení potřebné výškové polohy horní příčle nové nosné konstrukce podchycení, neprodleně spuštěny z lisů, příčné spínací tyče uvolněny a demontovány. Po ověření stabilizace deformací založení i projektantem stanovené polohy horní příčle (přesnou nivelací druhý den po aktivaci) se pokračovalo v realizaci tří pilířů ze samozhutnitelného betonu C25/30 XF3. Po nabytí potřebné tlakové pevnosti materiálu byly spuštěny a odstraněny aktivací lisy a demontovány pomocné ocelové konstrukce. Neprodleně bylo započato s řezáním parapetních nosníků na bloky, následně i s bouráním dočasných opěr. Nadále pokračovalo geodetické sledování obvodové zdi budovy přesnou nivelací. Zhruba po měsíci bylo konstatováno, že měřené hodnoty již bezpečně potvrzují stabilizaci deformací stěny i do ní vestavěných nových konstrukcí. Na všech sledovaných bodech fasády dotčeného úseku obvodové zdi byla závěrečným měřením ověřena poloha odpovídající stavu před započatím stavby s maximální odchylkou ± 1 mm. Požadavek objednatele tak byl splněn.

Statické podchycení vnitřního sloupu budovy

Jediný vnitřní sloup železobetonového skeletu budovy kolidoval s navrženou trasou dopravního koridoru kontejnerů. Sloup byl proto v potřebné výšce staticky podchycen příčlím nové rámové konstrukce, která umožnila přenést svislé zatížení do základů a současně provést průjezdní profil. Z hlediska požadavků objednatele byly nežádoucí deformace a poruchy stropů, nemohl být omezen provoz v prostorách nad sloupem ani nemohly být vyřazeny z provozu blízké trubní a kabelové systémy. Konstrukce podchycení byla navržena a realizována z monolitického železobetonu C30/37. Skládá se ze dvou sloupů průřezu cca 720x500 mm, masivní příčle 800x500 mm, základových patek výšky 750 mm a stabilizační (protipožární) desky tl. 100 mm mezi příčlím a stěnou blízké šachty výtahu.

Základy rámu jsou hlubinné, patky byly vybetonovány na hlavy pilířů tryskové injektáže délky 8 m, vetknutých do poloskalního



Pohled na novou konstrukci podchycení obvodové zdi z hrany 1. etapy tunelu 2 + 3, dočasné konstrukce jsou již odstraněny (1/2012)

podloží. Byly realizovány ze dvojic svislých sloupů $\varnothing$ cca 100 cm vrtáním z podlahy suterénu divadla. Jednalo se o alternativní návrh akciové společnosti Zakládání staveb, k mikropilotům v zadávací dokumentaci. Projektovou dokumentaci zpracovala společnost FG Consult, s. r. o.

Aby bylo možné vyhovět výše uvedeným požadavkům objednatele, bylo nutno nejprve funkci sloupu nahradit dočasnou ocelovou konstrukcí a následně novou trvalou

konstrukci staticky aktivovat. Konkrétně se jednalo o eliminaci dotlačení tryskové injektáže, sloupů rámu a průhyb příčle. Při aktivaci byla hydraulickými lisy kontrolovaně roztlačena příčle rámu o průvlak skeletu budovy nalézající se nad ní. Mezera mezi ponechanou částí sloupu a příčlím byla po kontrole ustálených deformací vyplněna vysokopevnostní cementovou zálivkou, spodní nepotřebná část sloupu i se základovou patkou byla vybourána.

Závěr

Je nutné připomenout, že důležitou součástí stavby byla a nezanedbatelné finanční náklady si vyžádala obnova mnoha dotčených technologií Národního divadla, obnova cca 103 m tramvajové trati, trolejí, ploch vozovek, chodníků, zeleně a četných inženýrských sítí na nábreží. Podrobněji jsem se touto problematikou v článku nezabýval.

Veškeré technické záměry projektu byly naplněny bez zásadních problémů, termín i rozpočet



Unikátní protipovodňová vrata otevírají vstup do tunelu 2 + 3 z Vltavy, ve stropu otvory odvádějící "využitý" vzduch (5/2012)



Pohled z Vltavy na klenutý portál vestavěný do nábrežní zdi (5/2012)



Pohled do dokončeného tunelu 2 + 3 a na kolejovou dráhu z navazujícího suterénu budovy divadla (5/2012)

byly splněny. Stavba je kolaudována bez podstatných námitek orgánů městské či státní správy. Národní divadlo několikrát veřejně vyslovilo svoji spokojenost s odvedeným dílem. Stavbařům přálo počasí, měli i potřebné štěstí. Z pohledu zodpovědného projektanta akce musím konstatovat, že Rekonstrukce technologických tunelů Národního divadla dopadla dobře. Bohužel se nikdy nedozvím, zda se realizované stavební dílo skutečně dožije námi předpokládaných 150 let, jako tomu bylo u původních kamenných tunelů.

Ing. Petr Doležal,

Pontex, spol. s r. o., zodpovědný projektant

Foto: autor a Libor Štěrba

Základní údaje o stavbě:

Stavba: Rekonstrukce technologických tunelů Národního divadla

Objednatel, následný správce stavby:

Národní divadlo, zástupce pro stavbu

M. Růžička

Generální zhotovitel stavby: Metrostav, a. s.,

divize 3, projektový tým Ing. R. Aulíka

Generální projektant stavby: Pontex, spol.

s r. o., hlavní inženýr projektu Ing. T. Míčka

Technický dozor: VI-DA INVEST, a. s.,

Ing. R. Smíšek, Ing. P. Morávek

Zhotovitel zajištění stavební jámy a trysko-

vých injektáží: Zakládání staveb, a. s.

Projektant zajištění stavební jámy a trysko-

vých injektáží: FG Consult, spol. s r. o.

Zhotovitel železobetonových konstrukcí:

PRAGIS, a. s., divize pozemní stavby

Technologie hydraulických lisů a předpínání:

Doprastav, a. s., Predpínacie technologie

Speciální bourací a řezací práce:

GEMA Capital, spol. s r. o.

Kamenické práce:

Mramor Bohemia, spol. s r. o.

Doba realizace: 3/2011 až 4/2012

Technické údaje:

Celkem uloženo betonu: cca 974 m³

Celkem uloženo betonářské výztuže: cca 173 t

Celkem užito konstrukční oceli: cca 17,7 t

Max. objem rekonstruovanými tunely vedeného vzduchu: 136 100 m³/h

Max. objem rekonstruovanými tunely vedené technologické vody: 750 m³/h

Návrhový průjezdný profil kontejneru s divadelními dekoracemi: 8,4x2,5x2,7 m

Celkové stavební náklady díla: 127 milionů Kč včetně DPH

Reconstruction of technological tunnels for the National Theatre

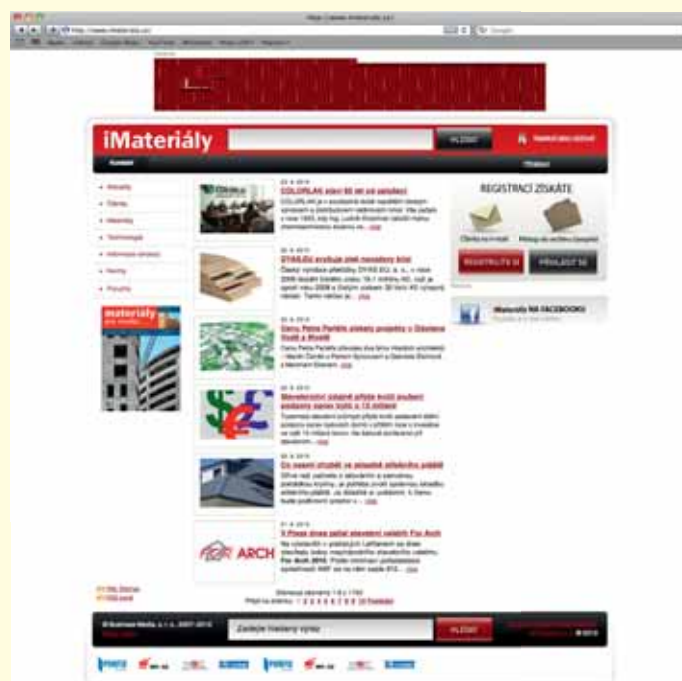
From March 2011 till April 2012 a technically interesting and complex reconstruction of three approx. 150-year-old tunnels was successfully carried out on the Masarykovo nábřeží in Prague. These tunnels lead from the basement of the National Theatre historical building under the road towards the bank wall face. They were used to intake fresh air and remove used air. A supply and return pipeline for technological water from the Vltava river used for cooling (heating) of the building also led through the tunnel. As it is common with all engineering structures of this kind, the tunnels gradually aged until the moment when it was no longer possible to ensure effective elimination of serious static and sanitary defects.

The National Theatre management therefore decided to realize a significant reconstruction consisting in carrying out new reliable reinforced concrete structures with exceptional durability prolonged to 150 years that would safely resist the 2002 flood water levels and keep all its original functions.

Both designers and construction teams were challenged by the following requirements: no restrictions on the theatre operation, no limits for the traffic on the river bank, meeting all requirements set by the cultural heritage conservation authorities. Importantly, the client also wished to carry out a radical change in the whole section from the bank wall face to the inside of the building basement to enable future shipping of large-volume containers with sceneries on the Vltava River. The Zakládání staveb Co. took part in this reconstruction by providing numerous technologies of special foundation engineering.

iMateriály

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



www.imaterialy.cz