

ZAKLÁDÁNÍ

Časopis ZAKLÁDÁNÍ STAVEB, a. s.

1/2016

Ročník XXVIII



- REKONSTRUKCE STARÉHO MOSTU V BRATISLAVĚ
- ČERPAČÍ STANICE BIĐ-BOSUTSKO POLJE V CHORVATSKU
- PALÁC NÁRODNÍ – NOVÁ STAVBA V CENTRU PRAHY
- STAROMESTSKÁ OFFICE – ZAJIŠTĚNÍ STAVEBNÍ JÁMY NOVOSTAVBY V BRATISLAVĚ





OBSAH

Časopis ZAKLÁDÁNÍ

vydává:

Zakládání staveb, a. s.

K Jezu 1, P.S. 21

143 01 Praha 4 - Modřany

tel.: 244 004 111

fax: 241 773 713

E-mail: propagace@zakladani.cz

<http://www.zakladani.cz>

<http://www.zakladani.com>

Redakční rada:

vedoucí redakční rady:

Ing. Libor Štěrba

členové redakční rady:

RNDr. Ivan Beneš

Ing. Martin Čejka

Ing. Jan Masopust, CSc.

Ing. Jiří Mühl

Ing. Petr Nosek

Ing. Michael Remeš

Ing. Jan Šperger

Redakce:

Ing. Libor Štěrba

Jazyková korektura:

Mgr. Antonín Gottwald

Foto na titulní straně:

k článku na str. 10, Libor Štěrba

Překlady anotací:

Mgr. Klára Ouředníková

Design & Layout:

Jan Kadoun a Ing. Jan Bradovka

Tisk:

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

Ročník XXVIII

1/2016

Vyšlo 26. 5. 2016

MK ČR 7986, ISSN 1212 – 1711

Vychází čtyřikrát za rok

Pro rok 2016 je cena časopisu 90 Kč.

Roční předplatné 360 Kč vč. DPH,

balného a poštovného.

Objednávky předplatného:

ALL PRODUCTION, s. r. o.

Areal VGP

Budova D1 F V. Veselého 2635/15

193 00 Praha 9 – Horní Počernice

tel.: 234 092 811,

fax: 234 092 813

E-mail: obchod@allpro.cz

<http://allpro.cz/>

<http://predplatne.cz/>

Podávání novinových zásilek

povolila PNS pod č.j. 6421/98

SERIÁL

Historie speciálního zakládání staveb – 11. část

Ing. Jindřich Řičica, ADSZS

2

AKTUALITY

Celková přestavba a rozšíření ústřední čistírny odpadních vod (ÚČOV)

Praha na Císařském ostrově, stavba č. 6963, etapa 0001–nová vodní linka (red)

6

Národní třídu doplnila novostavba Paláce Národní

Ivan Božek, Terracon, a. s.

7

DOPRAVNÍ STAVBY

Kompletní rekonstrukce Starého mostu v Bratislavě, zhotovení a demontáž dvojitého jímek v řečišti Dunaje pro založení dvou mostních pilířů

Ing. Roman Rybák, Zakládání staveb, a. s.

10

Konstrukční řešení nového Starého mostu přes Dunaj v Bratislavě

Ing. Petr Novotný, Ph.D., Stráský, Hustý a partneři, s. r. o.

12

Projekčné riešenie štetovnicových jímok P5 a P34 v toku Dunaja

Ing. Martin Balucha, PhD., Ing. Ctibor Kostúr, SPAI, s. r. o.

14

Beraněné dvojité jímky pro nové založení pilířů Starého mostu

Otto Sedláček, Zakládání staveb, a. s.

16

PRŮMYSLOVÉ STAVBY

Založení slinkového sila v Ladcoch na Slovensku

Ing. Maroš Zaťko, Zakládání staveb, a. s.

18

OBČANSKÉ STAVBY

Staromestská Office v Bratislave

– zaistenie stavebnej jamy konštrukčnou podzemnou stenou

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

20

VODOHOSPODÁŘSKÉ STAVBY

Čerpací stanice Biđ-Bosutsko Polje u obce Jaruge

na melioračním kanále u řeky Sávy v Chorvatsku

Ing. Dušan Voleský, Zakládání staveb, a. s.

24

Založení objektu čerpací stanice technologií podzemních stěn v prostředí s vysokou hladinou podzemní vody

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

26

Kotvení konstrukčních podzemních stěn čerpací stanice

v obtížné geologii silně zvodnělých písků

Ing. Martin Čejka, Ing. Jiří Mühl

29

DOPRAVNÍ STAVBY

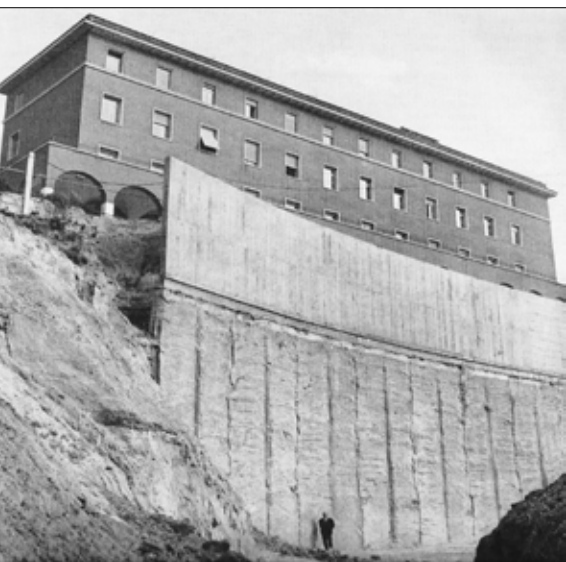
Kotvení opěrných zdí „Jáchymovské“ zatáčky z lešení v nestejných výškových úrovních

Ing. Ladislav Košíček, Zakládání staveb, a. s.

32

HISTORIE SPECIÁLNÍHO ZAKLÁDÁNÍ STAVEB – 11. ČÁST

V této části našeho seriálu pokračujeme v odkrývání běhu historie a zobrazení jejích mezníků v oblasti hloubení základů při zřizování podzemních stěn. V minulé části jsme popsali strhující vývoj v klíčové operaci těžby rýhy a nyní se věnujeme rozvoji různých metod jejího vyplňování. Ukážeme přitom na dílčí, ale důležité problémy, které bylo nutno v určitých časových fázích vývoje překonat. Pro přehlednost se budeme nejprve podrobněji zabývat pažicími stěnami a potom i ostatními typy stěn, ačkoli se jejich rozvoj vzájemně prolínal a ovlivňoval. Pojednání o rozsáhlém využití podzemních stěn uzavřeme až v příští části při zachycení historie v oblastech těsnících clon a izolačních bariér. Tyto metody již v principu patří do činností v kategorii zlepšování základových půd, ostatně stejně jako některé alternativní pažicí stěny nebo drenážní stěny popisované již v této části seriálu.



Obr. 1: Pohledový, trvale obnažený líc jedné z prvních konstrukčních podzemních stěn zhotovený z T-elementů v roce 1959 na Via Aurelia v Římě. Stěny mají tloušťku 60cm, hloubku 21 m, délku kolmého žebra 4 m a byly zhotoveny prvotní technologií I.C.O.S. s klasickou betonáží rourami. Výška obnaženého líce byla 13,5 m (firma I.C.O.S.).

Technologie pažicích stěn

Kromě peripetií v hledání nejlepšího způsobu těžby rýhy prošla technologie podzemních stěn i vývojem v řešení různých doprovodných obtíží v dalších pracovních operacích. Na důležitější z těchto problémů se postupně podíváme blíže. Z pohledu dějinného vývoje nyní zahrneme do společné skupiny podzemní stěny **pažicí i konstrukční**, neboť jejich technologická problematika je téměř totožná. Jejich konstrukční výplň se obvykle zhotovuje ze železobetonu uloženého na místě do vytěžené lamely.

Je pozoruhodné konstatovat, že v průběhu celé uplynulé doby nedošlo k podstatným změnám ani v osazování výztuže utvořené armokoši, ani při vlastní betonáži stěn betonářskými rourami. Vysokou kvalitu prvních podzemních stěn ukazuje obr. 1, který svou fotogeničností také symbolizuje zapálení, s nímž první generace techniků i dělníků všeobecně přistupovala k těmto moderním technologiím.

Pro montáž a osazování T-armokošů o váze 9t bylo na uvedeném příkladu z Via Aurelia sice ještě použito rozměrné pojiždné lešení

o výšce 26 m, ale jen o několik let později byly již mohutné armokoše osazovány bagrjeřáby (obr. 2).

Technologické problémy se však projevily v jiných důležitých operacích. Od počátku se poměrně dlouho vyskytovaly při zřizování dělicích spár mezi lamelami betonované stěny. Další problematickou operací bylo užívání a zacházení s pažicí suspenzí, zejména když se zhruba od 80. let minulého století zvýšily obtíže při její regeneraci nebo náhradě, zapříčiněné novými nároky v ochraně životního prostředí. A ještě další, relativně nedávné velké problémy se vyskytly v důsledku intenzivní industrializace stavebnictví na počátku druhé dekady 21. století při zavádění moderních betonových směsí.

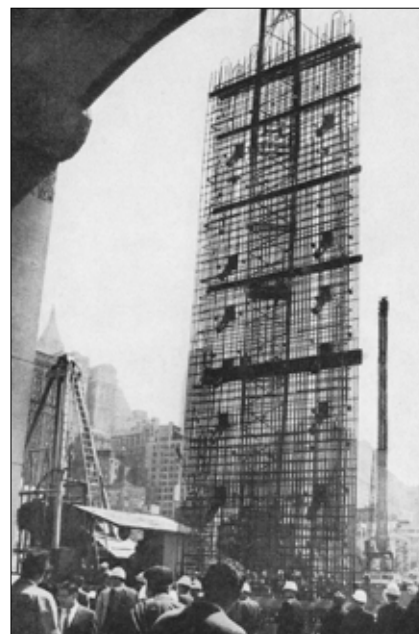
Jedním z nejtěžších technických oříšků v historii metody bylo zajištění **kvalitní dělicí spáry** mezi jednotlivými lamelami podzemních stěn. Tato pracovní diskontinuita je ze své podstaty místem nejpravděpodobnějších poruch kvality. Pro zhotovení spolehlivé spáry mezi vybetonovanou lamelou a nově betonovanou lamelou se zkoušely různé pracovní operace. Po několik let se improvizovalo s různými dočasně dělicími prvky, jako byly například štětovnice nebo různé svařence z trubek, nazývané „varhany“, apod. Od 60. let se na delší čas ustálilo většinové používání kruhových koutových výpažnic. Zůstalo to však problematickým řešením, protože docházelo k potížím při vytažování rour z tuhého betonu. A také konkávní část půlkruhového zámku v hotové lamele byla ve svých okrajích principiálně nekvalitní, přičemž se i špatně přečišťovala před betonáží. Velmi důležitým průlomovým krokem proto byl v roce 1983 patent francouzské firmy Bachy, kterým byly zavedeny tzv. **stopendy** ze speciálních hranatých přípravků pod názvem **CWS joint**. Do těch bylo také možno instalovat gumové pásy waterstopů. Stopendy se poměrně snadno uvolnily pomocí drapáku až při dotěžení sousední lamely (obr. 3).

Ostatní firmy pochopitelně na tento vynikající nápad okamžitě reagovaly vlastními verzemi tohoto řešení. Zavedení těžební technologie hydrofrézami si ovšem vyžádalo po několika letech zkoušení vhodných stopendů jiné

řešení dělicí spáry. Využilo dispozice kapacitní čističky suspenze, schopné odstranit znečištění cementem, a přešlo v 90. letech na postup s vyloučením koutových pažnic a s přefrézováním styčné spáry betonu předchozí lamely při těžbě.

Výroba a recyklace pažicí suspenze se postupem času stala samostatným, náročným oddílem v technologickém cyklu výroby podzemních stěn. Požadavky na dokonalé počáteční parametry suspenze, odpovídající podmínkám základové půdy, a jejich průběžná úprava v reakci na měnící se podmínky těžby si vyžádaly použití čím dál složitějšího zařízení. Postupně se tak dospělo od křídlových a vrtulových mixérů k turbomíchačkám s přesnými dávkovacími přístroji v sestavě provozních nádrží s okruhy rozvodů a servisními čerpadly.

Hlavním a dlouholetým problémem však bylo dosažení kvalitně vyčištěné lamely před betonáží. V prvních desetiletích se nakládalo s pažicí suspenzí nahrazovanou v rýze betonem velmi jednoduše a suspenze znečištěná cementem se rovnou odvážela na skládku.



Obr. 2: Osazování těžkého a komplikovaného armokoše již i s kotevními průchodkami za pomoci bagrjeřábu; stavba základové jámy pro World Trade Centre v New Yorku, 1967 (I.C.O.S.).

Zpočátku používané recirkulační a také pozdější cyklické drapákové technologie však nedokázaly při těžbě zabránit postupnému znečištění suspenze jemným pískem, a tak se musela suspenze po několika obrazech rovněž zlikvidovat. To se však brzy stalo ekonomicky neúnosné, a proto se začaly hledat cesty k její regeneraci.

Pro čištění suspenze byly zpočátku k dispozici technologie používané v naftovém průmyslu, především v USA. Tamní vývoj prošel od prvotních zemních sedimentačních jímek používaných na počátku 20. století přes rotační bubnová síta, zavedená z rudného úpravárství zhruba od roku 1925, až k prvním modelům **vibračních sít**, používaných od počátku 30. let. Další vývoj po delší dobu ustrnul a teprve v roce 1957 byly v USA na základě sloučení pokročilých znalostí z rudného a mlékárenského průmyslu zavedeny pro lepší odpískování vrtných výplachů **hydrocyklóny**. A ještě později, v roce 1962, byly použity pro odsiltování hydrocyklóny malého průměru. Vývoj vibračních sít mezitím rovněž pokročil natolik, že se v roce 1965 začaly užívat nové, účinnější typy, sestavené do odstupňovaného tandemu nebo kaskády. V roce 1971 byla v texaském Houstonu postavena první kompaktní čistička složená z hydrocyklónů firmy Pioneer a z vibračních sít firmy SWACO. Jejich názvy se pak staly synonymem pro podobné výrobky různých jiných firem. Dnes jsou však již tyto firmy po deseti letech součástí největší ropné korporace Schlumberger.

K uplatnění těchto postupů pro technologie speciálního zakládání s potřebou úpravy v poměrech větších objemů průtoku suspenze došlo s časovým odstupem několika let. První jednoduché kombinace vibrosíta a hydrocyklónu začala používat na začátku 60. let firma Rodio u svých nárazových souprav s reverzní cirkulací. Stejně principy však například japonská firma Tone Boring používala pro své podstatně složitější systémy vrtání podzemních stěn BW při reverzní cirkulaci ještě v polovině 70. let (obr. 4).



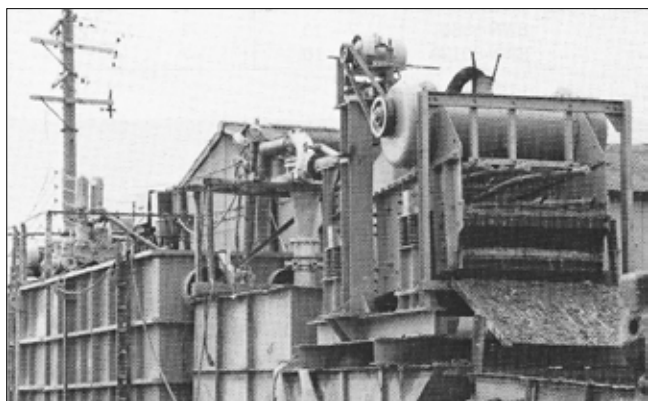
Obr. 3: Původní systém koutových výpažnic podzemních stěn, patentovaný pod názvem CWS joint v roce 1983. Ocelové hranaté přípravky umožňovaly osazení dvou gumových waterstopů ve vertikálních pracovních spojích lamel (Bachy).

Záslužnou vývojovou práci odvedla pro zlepšení procesu čištění suspenze francouzská firma Caviem, převzatá později firmou Sotres. Koncem 70. let se dostala na čelo světového vývoje efektivní kompaktní čističkou se štěrbínovými odvodňovacími vibrosítami a sestavou odstupňovaných hydrocyklónů (obr. 5). Dokonalým odpískováním se stala regenerace suspenze technicky možnou a ekonomicky výhodnou i pro cyklickou těžbu. U nás se tyto čističky začaly používat na začátku 80. let. Komplexy výroby a čističky suspenze tvořily již v polovině 80. let poměrně složitá a mohutné provozní odděly technologie (obr. 6). Další velká změna nastala v 90. letech u hydrofréz, když byly čističky doplňovány i odstředivkami, objevenými pro superjemné dočištění ropných výplachů již v roce 1950 v USA. Jelikož se nároky na ochranu životního prostředí dále stupňovaly, začaly se pak uplatňovat procesy zahuštění odpadu k jeho snadnější likvidaci za pomoci přidávání flokulačních přísad a zapojováním kalolisů k oddělení objemného podílu vody.

Požadavky na regulaci odpadů přinesly v 90. letech zásadní potíže nejen v podobě odmítání

likvidace bentonitové suspenze na skládkách, ale dokonce i v návrzích na úplný zákaz jejího používání. Při hledání náhrady této suspenze se ukázalo, jak je to velmi obtížné. K řešení opět přispěly zkušenosti s alternativními vrtnými výplachy z ropného průmyslu, kde jejich experimentální vývoj probíhal zhruba od 20. let. Naděje se soustředily na využití snadněji rozložitelných **polymerových suspenzí**. Bylo ovšem třeba vzít v úvahu obecný rozdíl v chování polymerových a bentonitových suspenzí. Polymerové suspenze nevytvářejí tak komplexní mikrostrukturu, a mají proto podstatně nižší mez toku, důležitou pro pažící efekt. Velmi zjednodušeně se dá poukázat na to, že molekuly polymerů nevytvářejí voštinovou stavbu jako bentonit, ale chuchvalce řetězců, což se projevuje pouze vyšší viskozitou. Ta je u nich hlavní vlastností využitelnou pro kontrolu pažícího účinku.

Vývoj polymerových výplachů se ubíral třemi směry. V roce 1935 se poprvé při problematickém vrtání v mexickém zálivu použil jako ochranný koloid pro zvýšení filtrace bentonitového výplachu přírodní škrob a nasměroval tak další rozvoj experimentů. Skupina výplachů z přírodních polysacharidů, jako jsou škroby a kaučuky, se pak osvědčila zejména pro vrtání vodních zdrojů, protože mohla být biodegradována půdními enzymy a zůstala po nich jen voda. V roce 1965 uvedla americká firma Johnson & Johnson na trh nový syntetický přípravek na bázi škrobu pod názvem **Revert**, který bylo možno průmyslově použít. Stal se na dlouho funkčním vzorem pro ostatní, ale jeho nevýhodou byla velmi vysoká cena. Jinou skupinu představovaly výplachy s využitím syntetické celulózy. Nejčastěji byly na bázi **KMC** (karboxymetylcelulózy), jejíž první použití si nechala patentovat americká firma Phillips Petroleum v roce 1946. Tyto výplachy se začaly používat nejprve v kombinaci s bentonitem, později i samostatně. Osvědčily se pro těžbu hydrofrézou s recyklací výplachu. Poslední skupinu představují chemické polymery na bázi **PAHP-Vinyl**, které se objevily na trhu koncem 80. let. Suspenze z nich



Obr. 4: Technologický oddíl výroby a čištění suspenze při těžbě podzemních stěn s reverzní cirkulací v roce 1974. Vpravo mohutné tandemové vibrosíto a za ním střední hydrocyklón (Tone Boring).



Obr. 5: Kompaktní čistička bentonitové suspenze Caviem s hrubým a jemným vibrosítem a s velkým hydrocyklónem na stavbě podzemních stěn s drapákovou těžbou na začátku 80. let (Caviem)

zhotovené jsou velmi tekuté a usnadňují ve vhodných podmínkách použití cyklické těžby drapáky, jen s mechanickým odstraněním rychle tvořeného sedimentu na dně rýhy. Obdobně se tento výplach osvědčuje i u cyklického vrtání pilot.

Polymerové suspenze se v praxi podle okolností ukázaly více či méně vhodné. Představují kapitolu s komplikovanými technologickými vztahy, které navíc vždy závisí především na místních okolnostech. Přetrvává proto souběžná cesta hájení bentonitové suspenze upravováním a minimalizací jejího odpadního produktu. Hledání ideální suspenze neustále pokračuje.

Po půlstoletí překonávání popsanych obtíží a předkládání výborných výsledků staveb se po začátku 21. století nečekaně objevily napříč oborem nové závažné problémy s nedostatečnou kvalitou betonu podzemních stěn. Zaskočily i ty nejlepší dodavatele v oboru. Na stavbách v různých zemích světa se vyskytly poruchy v integritě a vodotěsnosti betonu stěn, které vedly i k haváriím (obr. 7). Zjistilo se, že souvisí s podstatnými změnami receptur betonových směsí, v nichž se začaly používat různé přísady a příměsi. Jednalo se zejména o málo vyzkoušené **superplastifikátory**. Mediálně nejznámějšími se staly poruchy podzemních stěn při výstavbě metra v Amsterodamu v roce 2008, kde byly v důsledku průvalů pažicích stěn těžce poškozeny památkově chráněné domy v sousedství. Shodou okolností však byl právě v Nizozemsku k dispozici dvacetiletý výzkum kvality spár podzemních stěn, který prokázal zlomový nástup poruch od roku 2007 a pomohl tak k odhalení jejich příčin. Ty spočívaly



Obr. 7: Příklad poruchy podzemní stěny v důsledku špatné zpracovatelnosti betonové směsi (autor)

v odlišném chování nově vyráběných betonových směsí navržených pro výrobu **samozhutnitelných betonů** do složitých bednění. Byly vyvinuty v 80. letech v tehdy prudce průmyslově rostoucím Japonsku. Při stavebním boomu a zvyšujících se požadavcích na pevnosti betonů tam zjistili náhlý pokles jejich kvality. Důvod byl nalezen v prohlubujícím se nedostatku kvalifikovaných betonářů, kteří by věnovali patřičnou pečlivost klíčové operaci vibračního zhutňování betonu v obzvláště složitých konstrukcích. Velké korporace v roce 1983 rychle rozhodly o zadání vývoje samozhutnitelných betonů a o pět let později byl uveden na trh první prototyp. Během jednoho desetiletí pak byly tyto betony hromadně využívány na mnoha stavbách, zejména mostů a tunelů. Koncem 90. let



Obr. 6: Pohled na pracoviště podzemních stěn s kompaktní výrobou a čističkou pažicí bentonitové suspenze na stavbě ve Francii v roce 1991. Jsou zachyceny všechny další části technologie od hybridního drapáku a odklizení výkopku přes přípravu stopendů a armatury až k betonáži s těžkým servisním bagrjeřábem (Soletanche).



Obr. 8: Provádění prefabrikované podzemní stěny Panosol pro nábřeží v normandském letovisku Deauville-Trouville ve Francii v roce 1977 (Soletanche)

pronikly i do Evropy, nejprve na dopravní stavby ve Švédsku. Potom se v průběhu další dekády rozšířily po celém světě. Náhlý problém poruchovosti tohoto typu betonu při zřizování hlubokých základů se stal v roce 2014 předmětem intenzivního zkoumání mezinárodních dodavatelských organizací speciálního zakládání EFC/DFI a vedl o dva roky později k zásadním návrhům změn dosavadních postupů výroby a zejména zkoušení zpracovatelnosti betonu na staveništi.

Alternativní podzemní pažicí stěny

Široké pole pro nové aplikace výplně poskytli objev **bentonito-cementové samotvrdnoucí suspenze**. Nejvíce se o něj zasloužil koncem 60. let francouzský inženýr **Claude Caron** svými rozsáhlými experimenty a bádáním nad různými parametry tohoto materiálu v laboratořích firmy Soletanche. První praktické využití bylo i výrazem typicky francouzské snahy po dokonalém vzhledu povrchu trvale exponované betonové podzemní stěny. Byly jím v roce 1968 patenty na metodu **prefabrikované podzemní stěny** firm Soletanche a Bachy. Místo betonového odlitku povrchu zeminy v rýze tak bylo možno nově nabídnout dokonalý líc prefabrikátu, osazeného do výplně samotvrdnoucí suspenze v rýze (obr. 8). Bylo ovšem nutno vyřešit i způsob napojení a trvalého utěsnění spár mezi prefabrikáty. V této oblasti se pak projevila kreativita dalších firem, které tuto inovaci následovaly. U nás byla první prefabrikovaná stěna s jednoduchým drážkovým zámkem zhotovena v roce 1975 na stavbě Centrálního dispečinku městské dopravy v Praze v ulici Na bojišti. Úspěšně byly prefabrikované stěny použity při rozšíření Strakonické ulice v Praze v roce 2001 (obr. 9).

Samotvrdnoucí suspenze vedla i k dalším aplikacím řady **kompozitních pažicích stěn**, při nichž bylo v horní části stěny využito různých pažicích nosných komponentů, například ze štetovnic, ocelových nosníků nebo armokošových svařenců pro dočasné pažení



Obr. 9: Osazování prefabrikovaných panelů podzemní stěny na Strakonické ulici v Praze, rok 2001 (Zakládání staveb, a. s.)

výkopu, přičemž spodní část stěn měla nejčastěji hlavně těsnicí funkci (obr. 10). Podstatnější inovací původního principu výroby pažic podzemní stěny bylo zhruba v 80. letech zřizování podzemních stěn technologiemi **tryskové injektáže nebo soil-mixingu** přímo ve stěně zeminy určené pro zajištění stabilního výkopu jámy. Jedná se sice stále ještě o metody pažení výkopu v rámci širší činnosti hloubení základů, ale již jde o technologie spadající do skupiny technologií zlepšení stávající zeminy in-situ, kterými se budeme blíže zabývat až v některé z dalších částí seriálu. Jen je nyní třeba připomenout zásadní funkční rozdíl ve výsledku těchto technologií. Konečným materiálem při takovém zlepšení zeminy je značně nestandardní „hlino-beton“, který má podstatně nižší pevnostní parametry než konvenční



Obr. 11: Zřizování drenážní podzemní stěny lehkým lanovým drapákem při neobvyklém uspořádání „obkročmo“ nad rýhou ve stísněných poměrech provozu továrny. Sanace znečištění v podniku Pílana Hulín v roce 2009 (Soletanche ČR).

případě o hybridní pažic/opěrné prvky, vyžadující i specifický přístup k vytuzování a kotvení. Tyto konstrukce jsou vhodné do specifických podmínek a za určitých okolností. Jejich technologické prováděcí výhody však dokázaly převážít ve volbě této metody v mnoha konkrétních případech mělkých základových jam nebo v nepřístupných místech. Do stejné kategorie metod zlepšování zemin náleží i další technologie používané pro zlepšování stěn horninového prostředí při hloubení stavebních jam, jako je například hřebíkování.

Drenážní stěny

Výhodným druhem podzemních stěn se při potřebě hloubkového velkoobjemového odvodňování, kupříkladu sesuvných nebo kontaminovaných území, ukázaly drenážní stěny. Dříve bylo jedinou možností v těchto případech zřízení paženého výkopu, což vyžadovalo ve zvodnělém prostředí pracnou instalaci štětových stěn. S nástupem výše zmíněných **biodegradabilních polymerových suspenzí** se však od konce 70. let začala využívat i technologie drenážních podzemních stěn vyplněných jen šterkem. První tehdy uplatnila svou patentovanou metodu *Deep Draining Trench* francouzská firma Bachy. V roce 1996 pak již byl ve firmě Soletanche-Bachy vynalezen promyšlený způsob, jak instalovat ve stěně prováděné po lamelách průběžně propojené sběrné potrubí ve dně. U nás byla první drenážní stěna s biodegradabilní suspenzí vybudována při sanaci skládky Růžodol na Mostecku v roce 1994 v relativně snadných podmínkách. Opačným a více typickým složitým příkladem byla drenážní stěna pro sanaci znečištění podzemní vody v areálu továrny Pílana Hulín v roce 2009 (obr. 11).



Obr. 10: Těsnicí podzemní stěna jílostrusková s vloženými I-profilů, stavba bytového domu na Petřském náměstí v Praze, rok 2009 (Zakládání staveb, a. s.)

průmyslový železobeton podzemních stěn, a to zejména v ohybu. Proto se při navrhování nejedná o srovnatelný mechanismus pažení, ale v tomto

Všestranně komplikované podmínky vyžadují skutečné mistrovství v oboru. U příležitosti zmíněné unikátní stavby je vhodné připomenout jméno **Ing. Martina Jirečka**, který ji řídil. Stal se zaslouženým nestorem v praxi obdivuhodné technologie podzemních stěn. Prováděl ji spolu s jinými metodami zakládání na nesčetných stavbách u nás i po celém světě a je osobním příkladem skutečného zánění pro obor. Dějiny, o nichž píšeme, tvořili hlavně lidé jako on – neúnavně „šlapající bláto“ stavby a přemýšlejší.

Ing. Jindřich Řičica, ADSZS

History of the special foundation engineering – part 11

In this part of our series we continue uncovering the course of history and depicting its milestones in the field of foundation excavation at carrying out diaphragm walls. In the last part we described the thrilling development in the key procedure of trench excavation. Now we are going to focus on different methods of trench filling. We are going to point out the partial, but important issues that had to be dealt with at certain development phases. For the sake of clarity we are first going to deal with retaining walls and later with the other types of walls, even though their development has mingled and overlapped. The discourse on extensive use of diaphragm walls will be closed in the next issue by depicting the history of cut-off walls and insulation barriers. As a matter of principle, these methods list among the activities of soils improvements, as well as certain alternative retaining walls or drainage walls already mentioned in this part of the series.

NÁRODNÍ TŘÍDU DOPLNILA NOVOSTAVBA PALÁCE NÁRODNÍ.

V místě jedné z posledních volných parcel v exponovaném centru Prahy vzniká dnes unikátní monolitická stavba. Výjimečné není jen její umístění na nároží ulic Národní a Mikulandská, ale i to, že při jejím vzniku bylo nutné zachovat stávající tři křídla historických konstrukcí vnitřního dvora, která byla při zapažení hluboké stavební jámy podchycena mikropilotovými bárkami (viz podrobně v ZAKLÁDÁNÍ 3/2014).

Dodavatel monolitické vestavby firma Terracon, a. s., se s touto komplikací musela vypořádat. Povrchy monolitických konstrukcí byly navíc na základě návrhů architekta pojety velmi netradičně, což vyžadovalo od jejich dodavatele velký technický um a značné nasazení. Výsledek však stojí za to – v centru Prahy vznikla nepřehlédnutelná stavba s jasnými charakteristickými prvky.



vnitřní konstrukce jsou vodotěsné, a to stěny sprinklerové nádrže a stropní desky garáží a rampy. Stropní desky 4. PP až 2. PP mají tloušťku 220 mm s hlavicemi 280, 300 a 320 mm v oblasti sloupů a rampy tloušťku 240 mm, hlavní vjezdová vytápěná potom 280 mm. Zcela zvláštní je ve spodní stavbě stropní deska 1. PP. Ta byla navržena jako masivní přechodová konstrukce, protože nese stávající památkově chráněné zděné objekty jižního křídla, konírny a severního křídla sousedního Schönkirchovského paláce a také proto, že svislé nosné konstrukce spodní a horní stavby spolu místy nekorespondují. Tomu také odpovídala navržená tloušťka přechodové desky 450, 550, 650 a 850 mm a vysoká pevnostní třída betonu C 50/60.

Horní stavbu tvoří osmipodlažní železobetonový skelet složený ze stěn, sloupů a stropních desek s hlavicemi nad horním lícem desky. Stěny horní stavby mají vesměs tloušťku 200 a 250 mm, ojediněle i 300 a 350 mm. Sloupy horní stavby jsou až na ojedinělé výjimky kruhové Ø 450, 500 a 550 mm. Některé sloupy byly prováděny jako šikmé, protože fasáda budovy po výšce ustupuje. Stropní desky mají většinou

Původní projekt hotelového komplexu byl přehodnocen a na místě tak dnes vzniká polyfunkční budova s kanceláři, obchody a restauracemi. V měsíci březnu 2016 byl společností dokončen železobetonový monolitický skelet budovy o 4 podzemních a 8 nadzemních podlažích.

nárůstu hydratačního tepla byl pro betonáž použit beton vyrobený s cementů s pomalým náběhem pevnosti a nízkým hydratačním teplem. Vnitřní stěny spodní stavby mají tloušťku 200, 250, 300 a 350 mm, sloupy spodní stavby jsou kruhové Ø 450–600 mm nebo oválné 350x600 – 450x1200 mm. I některé

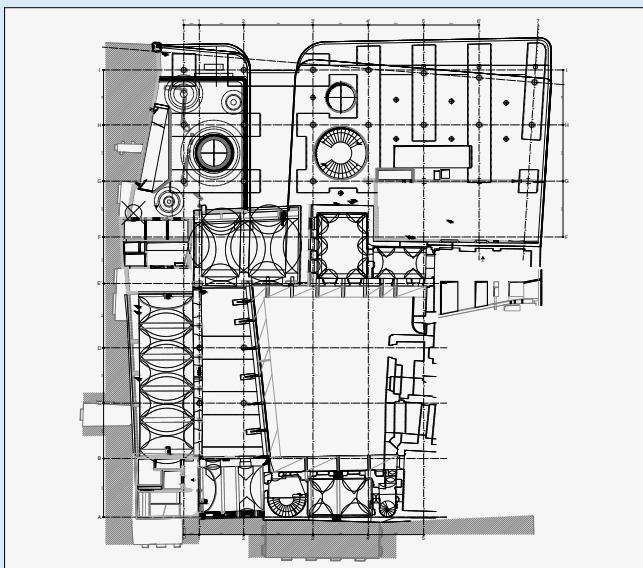
Železobetonový skelet

Železobetonová nosná konstrukce **spodní stavby** byla navržena jako vodonepropustná. Bude zatížena vztlakem vody při běžné hladině spodní vody 4,4, resp. 5,4 m vodního sloupce, v případě povodní 7,0, resp. 8,0 m vodního sloupce. Proto spodní stavba spočívá na mohutné základové desce o tloušťce 700, 900, 1000 a 1200 mm. Obvodové stěny spodní stavby jsou půdorysně poměrně členité a rovněž oproti jiným stavbám poměrně masivní o tloušťkách 400, 350 a 300 mm. Přestože má objekt pod základovou deskou a vně obvodových stěn přídatnou bentonitovou izolaci, musely být veškeré pracovní spáry v základové desce a obvodových stěnách mezi jednotlivými prvky konstrukce pečlivě těsněny dvojnásobným těsněním, a to těsnícím plechem potaženým bitumenovou vrstvou, doplněným bentonitovým bobtnavým těsnícím páskem. Z důvodu zamezení vzniku nežádoucích trhlinek v konstrukci vlivem rychlého

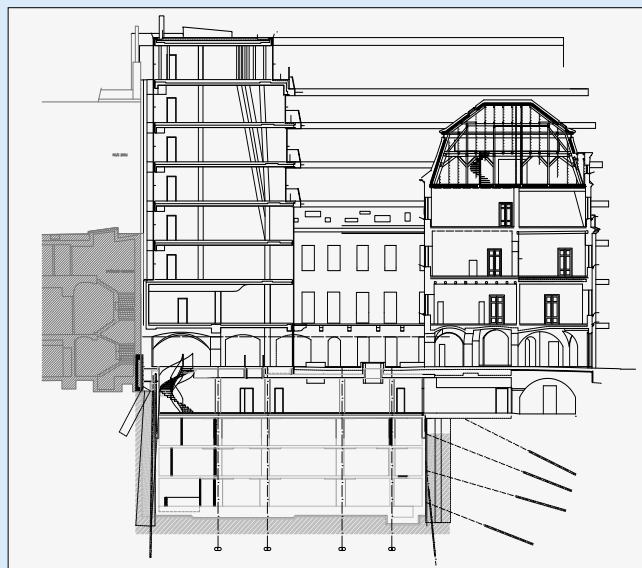


Před zahájením vestavby byla stavební jáma zajištěna po obvodu technologií tryskové injektáže a dvorní křídla památkově chráněných částí původní stavby byla vynesena na mikropilotových bárkách





Půdorys 1. NP kde se prolínají staré konstrukce a nové monolity



Řez objektem kolmo na ulici Mikulandskou

tloušťku 210 mm, s hlavicemi nad desku potom nejčastěji tloušťku 290 mm. Deska nad 2. NP (částečně i 1. NP a 3. NP) obsahuje několik masivních průvlaků vyztužených válcovanými profily HEM. Tyto průvlakky nesou sloupy skeletu, které nemohly z různých důvodů probíhat do přízemí, například skrze traktý stávajících zděných staveb nebo na chodník podél ulice Národní.

Průchod novostavby historickými konstrukcemi podepřenými ocelovými bárkami

Na počátku prací se zdálo, že zvláštnost odlišující tuto stavbu monolitického skeletu od ostatních podobných objektů budou představovat komplikace spojené s existencí ocelové podpěrné konstrukce památkově chráněných zděných staveb jižního a severního křídla a konírny sousedního Schönkirchovského paláce, které se měly začlenit do novostavby, a „průchod“ konstrukce novostavby těmito historickými objekty. Toto se také potvrdilo. Přítomnost mikropilotových věží komplikovala provádění základové desky a všech čtyř podzemních podlaží. Některé sloupy nebo části stěn byly v kolizi se zavětrováním věží, některé

sloupy se nacházely uvnitř věže, zavětrování věží protínalo stěny. V těchto případech bylo nutné ve věžích postupně předělávat zavětrování a teprve poté bednit a montovat ocelovou výztuž. Všechny průchody mikropilot deskami bylo po odstranění mikropilot nutné dodatečně vyspravit za dodržení vodonepropustnosti. Stropy parkingu musely zůstat vodonepropustné z důvodu zamezení průsaků solí a cementových výluhů na parkující vozidla. Průchod mikropilot základovou deskou byl těsněn zvláštním detailem tak, že na trubku mikropiloty byla navařena žebra z ocelových prstenců. V průběhu provádění bylo nutné prakticky denně řešit různé zvláštní pracné a problematické detaily.

Dům – socha

Komplikace spojené s podepřením historických konstrukcí a průchodem mikropilotových bárek však nebyla jedinou zvláštností této stavby, jak se až v jejím průběhu ukázalo. Autor architektonického návrhu stavby Ing. arch. Stanislav Fiala se totiž po zahájení prací na monolitické konstrukci rozhodl pojmout betonový povrch stěn, sloupů, trámů

a podhledů deskových stropů jako výrazný architektonický prvek, u něhož stanovoval v průběhu prací specifické požadavky na povrchovou úpravu i barevnost. Celý betonový skelet budovy je tak doslova prošpiikován otisky různých předmětů, rozličných povrchů bednicích desek i třeba stromů. Ačkoli byl skelet budovy realizován prostřednictvím rámového bednění DOKA Framax s deskami X-life a stropního bednění Dokaflex, byla tato systémová bednění na řadě míst doplněna nebo nahrazena jinými materiály jako OSB deskami, heraklitem, hoblovanými nebo drásanými prkny i dalšími materiály tak, aby se mohl jejich povrch zvěčnit v otisku monolitu. To ale zdaleka není vše. V betonu je možné najít i různé vsadky z cihel, prežků, kamenů nebo také otisky nářadí, rukou nebo třeba bot. Reliéfy je ale možné najít i ve stropech; do bednění Dokaflex, kterým byly realizovány stropy, byly vkládány různé provazy, kabely a plachty tak, aby ve finálním povrchu betonu vznikly zajímavé obrazce. Ty se pak objevují na všech místech budovy. Každé patro má svůj styl tvořený právě těmito otisky. Například přízemní patro tvoří skutečné stromy



Oválný průvlak, tzv. „vorvaň“



Pohledová betonová stěna s vložením cihel z původní stavby

včetně listů, žádné silikonové matrice. Ty jsou navíc otisknuty do probarveného betonu, který tvoří na stěnách i sloupech šedé, bílé, cihlové a hnědé pruhy. Beton pro takto náročnou práci byl samozřejmě upravován již přímo v betonárce – do mixu bylo přidáno barvivo, které se po cestě z betonárky na stavbu optimálně promixovalo s betonem a probarvilo ho na požadovaný odstín. Při betonáži barevných vodorovných pruhů bylo navíc třeba počkat, až zabetonovaná vrstva optimálně „zavadne“, a pak bylo teprve možné betonovat další vrstvu. Jinak by mohlo dojít k promíchání vrstev a barevnému šumu na betonovaných objektech.

Jak již bylo řečeno, otisky na zdech i stropech jsou realizovány skutečnými předměty. Výjimku tvoří jen otisky rukou betonářů ze společnosti Terracon, a. s., které vyplňují celou jednu stěnu v prvním podzemním podlaží garáží. Ruce si v tomto případě pracovníci společnosti otiskli do sádry. Po jejím vytvrdnutí z nich byly z obtisknutých forem vyrobeny silikonové pozitivní odlitky, které byly následně přibity na bednicí desku a natřeny odebňovacím prostředkem. Některé konstrukční prvky byly navrženy s tak ojedinělými tvary, že je ani nebylo možné realizovat jen s běžným bedněním, jako jsou stěnové systémy Framax X-life a stropní systém Dokaflex 20, a bylo nutné bednění vyrobit na místě nebo ve výrobně zvláštního bednění firmy DOKA v pražských Čakovcích. Takovými konstrukčními prvky byly zejména oválné tvary mohutných průvlaků nacházejících se převážně ve 2. NP budovy, pro které se pro podobnost s rybím břichem mezi betonáři vžila přezdívka „vorvaň“, a dále pak konstrukce „cik-cak“ stěn a točitých schodišť.

Důležité je, že stavba bude po svém dokončení z velké části přístupná veřejnosti a práce betonářů, kteří si hráli s každým jejím detailem, tak dojde plného zhodnocení. Betonářský um techniků, tesařů, železářů a betonářů společnosti Terracon, a. s., tak nebude jako u jiných běžných staveb skryt za vrstvami omítek, obkladů, sádkokartonů a podobně, ale zůstane na dlouhá léta trvalým otiskem a připomínkou jejich práce. Navíc není jisté,

zda vůbec ještě v nejbližších letech bude vyrůstat podobná stavba v centru Prahy. Pravděpodobně se totiž jedná o jednu z posledních volných parcel v takto exponovaném středu města. I proto celou stavbu komentuje stavbyvedoucí Ing. Miroslav Mrázek takto: „Stavíme Palác Národní, a to je něco výjimečného. Taková příležitost pro realizaci už asi nebude a my jsme proto hrdí, že tady můžeme společně se společností DOKA zanechat svůj otisk.“ A to se stalo, jak již víme, doslova, protože ruce obtisknuté v suterénních prostorách, včetně stavbyvedoucího Mrázka, jsou rukama pracovníků společnosti Terracon, a. s.

Na závěr snad ještě několik čísel vystihujících objemy železobetonové nosné konstrukce. V průběhu realizace bylo zpracováno na 8500 m³ betonu, provedeno na 30 750 m² bednění, uloženo na 1150 tun betonářské výztuže a téměř 125 tun ocelových konstrukcí.

Je samozřejmé, že celá problematika výstavby železobetonové nosné konstrukce spojená s přítomností ocelové podpěrné konstrukce části historického paláce, průchod konstrukce těmito částmi a kolem nich i zcela mimořádné požadavky na povrchové úpravy konstrukce měly vliv na délku realizace prací. Původní harmonogram předpokládal při zahájení prací v říjnu roku 2014 dokončení hlavních prací na železobetonové konstrukci k 5. 11. 2015, tj. dobu výstavby 13 měsíců, pro konstrukci uvedeného rozsahu doba nesrovnatelně delší oproti jiným stavbám. Ve skutečnosti si realizace hlavních prací vyžádala dobu ještě o 4 měsíce delší, tj. 17 měsíců, a betonáž hlavních nosných konstrukcí byla ukončena k 5. 3. 2016.

Ivan Božek, Terracon, a. s.

Foto a vizualizace: Libor Štěřba; SEBRE, a. s.; Česká Doka bednicí technika, spol. s r. o.

Architektonický návrh: Ing. Arch. Stanislav Fiala, Fiala + Němec, s. r. o.

Investor: SEBRE, a. s.

Generální dodavatel: Hinton, a. s.

Zajištění stavební jámy: Zakládání staveb, a. s.



Finální povrch schodišťových stupňů a otisky rukou a nářadí v 1. PP v podzemních garážích

Dodavatel monolitu: Terracon, a. s.

Bednění: Česká Doka bednicí technika, spol. s r. o.

Realizace: 5/2012–12/2016

Národní třída Street enhanced by the newly built Národní Palace

One of the last unoccupied building plots in the exposed Prague centre has been taken by a unique monolithic construction. It is exceptional not only from the point of view of its position on the corner of Národní and Mikulandska streets, but also due to the fact that its construction required respecting and preserving the three existing wings of the historical structures of the inner courtyard – these were underpinned with micropile barges within the process of sheeting the large foundation pit (for more details see ZAKLÁDÁNÍ 3/2014 issue). This complicated condition had to be dealt with by Terracon Co. company, the supplier of the monolithic inbuilt. Based on the architectural designs, surfaces of the monolithic structures were carried out in a really unconventional way, asking for a sound technical expertise and great commitment of the supplier. Beyond all doubt the result is worth the effort – the centre of Prague received an unmissable structure with clear defining features.



Definitivní povrch betonových pohledových konstrukcí byl vytvářen nejrůznějšími prostředky

KOMPLETNÍ REKONSTRUKCE STARÉHO MOSTU V BRATISLAVĚ, ZHOTOVENÍ A DEMONTÁŽ DVOJITÝCH JÍMEK V ŘEČIŠTI DUNAJE PRO ZALOŽENÍ DVOU MOSTNÍCH PILÍŘŮ

Zakládání mostních pilířů v řečišti jakéhokoliv toku představuje vždy náročný úkol, kterému je třeba věnovat potřebnou přípravu. O to více to platí, pokud je takovým tokem Dunaj a pilíře, o které jde, jsou určeny pro nejstarší most ve slovenské metropoli. Proto byla zakázka na zajištění dvou rozměrných dvojitých jímek pro založení pilířů Starého mostu v Bratislavě věnována společností Zakládání staveb, a. s., maximální pozornost. Vzhledem k časově napjatému harmonogramu výstavby celé nové mostní konstrukce navíc nebyl žádný prostor pro chyby, a tedy pro prostoje. Vše muselo klapnout na den přesně, aby nevznikla časová ztráta pro navazující výstavbu pilířů. Zkušenosti se zakládáním v těchto místech tu už jsou – v roce 2004 Zakládání staveb, a. s., zajišťovalo pomocí tryskové injektáže v řečišti Dunaje suchou stavební jímku pro založení jediného pilíře nového obloukového mostu Apollo, zprovozněného v roce 2005. Práce na zhotovení jímek pro založení pilířů byly prováděny pro hlavního dodavatele tohoto nového Starého mostu, společnost EUROVIA CS, a. s..

Historie Starého mostu v Bratislavě

O rekonstrukci Starého mostu se hovořilo a jednalo intenzivně minimálně od začátku nového století. Již v roce 2009 zde Zakládání staveb, a. s., provádělo první práce na sanaci pilířů a opěr, přesnou podobu však získal projekt kompletní rekonstrukce mostu až o několik let později. A vlastní stavební práce na rekonstrukci Starého mostu se naplno roz-

běhly teprve na počátku roku 2014.

Nežli si však přiblížíme celkový postup rekonstrukce Starého mostu, resp. zejména budování dvou jímek v řečišti pro nové založení pilířů, podívejme se krátce na historii tohoto mostu a význam, který měl pro své město během více než 100 let své existence. Historie tohoto nejstaršího mostu přes Dunaj na území Bratislavy sahá až do 15. století,

kdy byly postaveny různé dřevěné mosty, které musely odolávat opakovaným atakům plovoucích ledových ker. Teprve v roce 1825 byl postaven první pontonový most přes Dunaj, poněkud výše od místa nynějšího mostu. Vydržel až do roku 1891. Nový most byl postaven za dva roky 1889–1890 v místě nynějšího mostu a byl pojmenován po tehdejší rakouském císaři,



Výsuv mostní konstrukce mezi pilíři 5 a 34. Pod ochranou dvojitě jímkou probíhá výstavba základů a pilíře 34. (8/2015)



Pohled na Starý most v době První republiky (tehdy Štefánikův most)

uherským králi Františku Josefovi I., který se slavnostního otevření osobně zúčastnil. Šlo o kombinovaný most pro silniční, železniční a pěší dopravu. Nacházel se na železniční trati Bratislava–Szombathely. V době první československé republiky se jmenoval Štefánikův a vedla přes něj železniční trať přes Wolfsthal do Vídně se slavnou vídeňskou tramvají, která v Bratislavě sdílela tratě s městskými tramvaji. Oba mosty měly společné pilíře a byly tvořeny sedmi prostě uloženými příhradovými nosníky o rozpětí 32,07 + 75,85 + 75,85 + 92,08 + 75,73 + 76,11 + 31,9m. Na konci II. světové války, 3. dubna 1945, ocelovou část mostu ustupující německá armáda vyhodila do vzduchu a poškodila jeden pilíř.



Zničený most po odstřelu německou armádou při ústupu v roce 1945.



Podoba mostu v letech 1946–2013

Po dobytí Bratislavy nechala (ironie doby) Rudá armáda postavit německými zajatci nový most. Ten vznikl za půl roku a do provozu byl dán počátkem roku 1946 pod názvem most Rudé armády. Byl zamýšlen jako dočasné řešení na 15 let, ale používal se až do 2. prosince 2013. Samozřejmě, že za totalitního komunistického režimu byla tramvajová trať do Vídně zrušena a končila těsně za mostem u Sadu Janka Kráľa. Po roce 1961 byla zrušena definitivně a most sloužil jako jediný silniční most přes Dunaj v Československu až do roku 1972, kdy byl dán do provozu most SNP. Železniční doprava na jednokolejné trati železniční části mostu sloužila až do roku 1983, kdy byla přeměrována na Přístavní most. V následujících letech byl most průběžně udržován ve využitelném stavu. Na konci roku 2008 byl však uzavřen pro individuální dopravu a zůstal jen provoz silniční MHD, to však jen do května 2009, kdy začaly rekonstrukční práce a byly částečně zpevněny pilíře mostu. Tyto práce, jak již bylo výše uvedeno, zčásti vykonávalo i Zakládání staveb, a. s. V letech 2011–2013 byl most zpřístupněn pro chodce

„Nosný systém mestskej hromadnej dopravy, prevádzkový úsek Janíkov dvor-Šafárikovo námestie v Bratislave, 1. Část Bosáková ulica–Šafárikovo námestie“

je název veřejné soutěže a zároveň i realizované stavby. Tato zakázka byla získána vítěznou nabídkou sdružení firem EUROVIA S.K., a. s., EUROVIA CS, a. s., a SMP CZ, a. s., v hodnotě cca 58,8 mil. EUR bez dph. Hlavním účelem zakázky je propojení komunikačního systému města Bratislavy mezi Šafárikovým náměstím na bratislavské straně Dunaje a Bosákovou ulicí v Petržalce. Součástí stavby jsou tři mostní objekty Estakáda Artmedia, Estakáda Einsteinova a Starý most. Hlavním dodavatelem nového Starého mostu byla společnost EUROVIA CS, a. s.

a cyklisty, definitivně byl uzavřen až 2. prosince 2013 před zahájením demontážních prací. Původní termín ukončení demontáže naplánovaný na jaro 2014 však nebyl splněn, protože na dně Dunaje byly nalezeny ocelové předměty, předběžně vyhodnocené jako nevybuchlá munice z 2. světové války. Následný sonarový průzkum prokázal jen zbytek vybombardovaného mostu, ale vznikl značný časový skluz a s demontáží dvou pilířů v Dunaji (P3 a P4) se tak začalo až v září 2014. Tato skutečnost byla příčinou zdvihnutí značné kritiky veřejnosti a nastal enormní tlak na dodržení nezměnitelného konečného termínu ukončení stavby mostu 15. prosince 2015. Nad městem visel obrovský, 70milionový Damoklův meč vzhledem k tomu, že 85% rozpočtu mostu pochází z Fondu soudržnosti Evropské unie. Při nesplnění termínu hrozil městu ekonomický kolaps. Nastal boj s časem, do něhož ještě vstoupila příroda. Voda v Dunaji stoupla a práce v toku řeky byly přerušeny. Naštěstí svařování a montáž mostu mohly pokračovat. První výsuv nové konstrukce mostu začal v březnu 2015. Průběhu výstavby napomáhala i počasí – poslední vysoká hladina byla na jaře 2015 a od té doby až do konce roku byl v řece, až na malé výjimky, poměrně nízký stav vody. Práce tak mohly pokračovat bez přerušení enormním tempem. A stalo se to, čemu málokdo věřil – dne 16. prosince 2015 (do půlnoci 15. prosince se ještě pracovalo) primátor Bratislavy otevřel nový most, zatím pod starým názvem „Starý most“, i s přílehlými komunikacemi. Po „papírové válce“ se všemi vyjádřeními a povoleními by most měl být uveden do provozu v první polovině roku 2016, tj. měla by po něm přejet první tramvaj.

Ing. Roman Rybák, Zakládání staveb, a. s.



Výstavba pilíře spodní rozšířené části pilíře 34

KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ NOVÉHO STARÉHO MOSTU PŘES DUNAJ V BRATISLAVĚ

V prosinci 2015 byl dokončen nový Starý most v Bratislavě přes řeku Dunaj. Nový most převádí tramvajovou, tram-train, cyklistickou a pěší dopravu a umožňuje tak spojení mezi centrem města a sídlištěm Petržalka. Most je tvořen spojitou příhradovou konstrukcí o šesti polích s rozpětími od 32 do 137 m. Tramvajová doprava je situována mezi příhradovými nosníky, cyklistické a pěší pruhy jsou situovány na vnějších okrajích. Nosná konstrukce byla sestavována na břehu a následně postupně vysouvána do projektované polohy. Z původních tří pilířů v řečišti byl zachován pilíř 5 a pilíře 3 a 4 byly nahrazeny novým pilířem 34. Pro výstavbu nového pilíře a posílení založení stávajícího bylo třeba v řečišti Dunaje zřídit dvě velké dvojité štětové jímky.

Zpracovatel projektu pro zadání stavby firma Alfa O4, a. s., vypracovala několik variant nové moderní konstrukce s využitím většiny stávajících pilířů. Studovala se také možnost využití části původních ocelových

konstrukcí. Nakonec byl vybrán tvarově konzervativní návrh spojitě přímopásové příhradové konstrukce romboické soustavy, který vychází vstříc nostalgickému citění obyvatel Bratislavy. Rekonstrukcí mostu bylo pověřeno

sdružení firem Eurovia SK, Eurovia CS and SMP CZ, Praha.

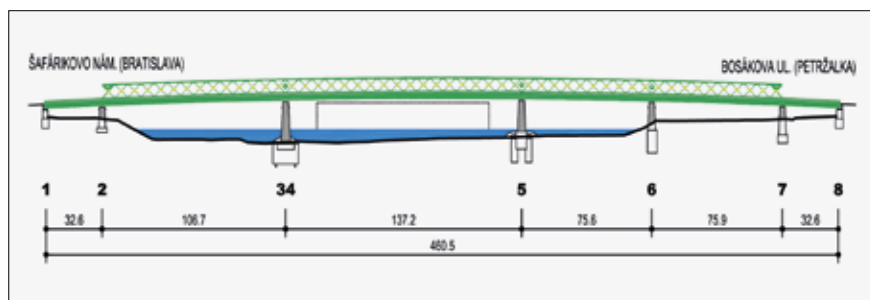
Samostatným technickým problémem byla demontáž původních příhradových konstrukcí. Jednotlivá prostá pole byla dočasně



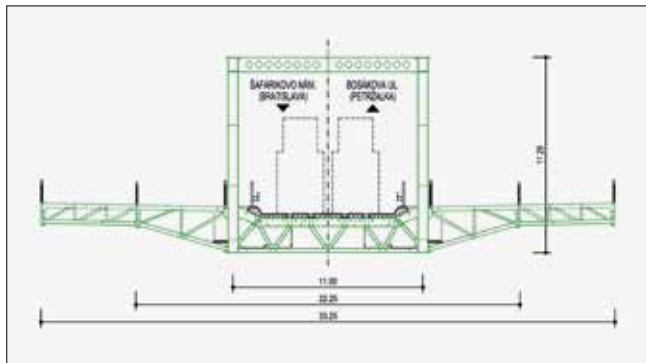
Konstrukce mostu, příprava zapuštěného kolejového systému souvislého podepření koleje



Výsuv nové mostní konstrukce na pilíř 34 za pomoci montážního podepření plovoucí podpěrou



Podélný řez mostem



Příčný řez mostem

spojena do spojité konstrukce a byla podepřena na lodích tak, aby příhradová konstrukce mostu staticky fungovala jako nosník s převislým koncem. Příhradová konstrukce byla postupně demontována jeřábem, který se pohyboval po horním pásu příhradové konstrukce.

Nový Starý most je součástí stavby systému MHD v provozním úseku Janíkov Dvor–Šafárikovo námestie. Most převádí obousměrnou dvojkolejnou trať určenou pro tramvaj a tram-train, s rozchodem 1000 a 1435 mm, oboustranné trasy pro chodce (šířky 2×3,0 m) a pro cyklisty (šířky 2×1,25 m). Most překračuje řeku Dunaj s plavením gabaritem 10×100 m a obě nábřeží. Dvojkolejná trať je vedena v dopravním prostoru šířky 8,0 m, který splňuje parametry silniční komunikace MZ8/50 a bude tedy zároveň umožňovat přejezd vozidel záchranných složek. Nad pilíři v toku řeky (34 a 5) jsou vyhlídkové terasy s lavičkami a zelení.

Most má celkovou délku 462 m s rozpětími 32,56 + 106,68 + 137,16 + 75,6 + 75,92 + 32,56 m. Směrově je trasa v místě přemostění vedena v přímé, niveleta je ve vrcholovém zakružovacím oblouku o poloměru 5600 m.

Založení a spodní stavba

Z původních pilířů z roku 1890 jsou zachovány pilíře 2, 5, 6, 7, které jsou zrekonstruovány a výškově nadstavěny. Původní opěry jsou rozšířeny a opatřeny novými závěrnými zdmi a úložnými prahy. Pilíře jsou tvořeny kamenným zdívkem s betonovým jádrem. Z důvodu zvětšení rozpětí hlavního pole mostu z původních 92 m na 137,2 m bylo ale nutné odstranit pilíře 3, 4 nacházející se

v řečišti. Ty byly nahrazeny novým železobetonovým pilířem 34 s kamennou obzdívkou a obkladem. Založení pilíře 34 bylo navrženo pomocí bloku z tryskové injektáže, provedené z umělého ostrova z dvojité štětové jímky. Výstavba **pilíře 34** byla realizována

v několika etapách. S ohledem na tempo výstavby nosné konstrukce byly nejprve vystavěny dva hlavní ŽB sloupy šířky 3,15 m podporující nosnou konstrukci při výstavbě. Následně byla betonována spodní rozšířená část pilíře, a to přímo do žulového obkladu, který tvořil bednění. Horní část dřívku byla obkládána vápencem až po betonáži. Podobným způsobem jako u pilíře 34 bylo tryskovou injektáží posíleno a provedeno založení původního **pilíře 5** v řečišti. Nad bloky tryskové injektáže pilíře 5 se vybetonovala nová základová deska. Vzájemné spolupůsobení nového základu s původním dřívkem pilíře zajišťují smykové ozuby, vlepaná výztuž a dodatečné předepnutí předpínacími kabely. Dřív pilíře 5 byl zesílen sanačními vrty, které byly osazeny tyčemi GEWI Ø 32 mm. Veškeré práce na obnově kamenného obkladu spodní stavby probíhaly pod dohledem památkového úřadu.

Původní pilíř 5 bylo však současně nutno zvýšit, a sice o 3,7 m. Nejprve bylo vybetonováno nosné jádro, v němž byla osazena ložiska pro výsuv ocelové nosné konstrukce, následně byla přibetonována obvodová vrstva, která sloužila jako přesný podklad pro kamenný obklad tloušťky pouze 70 mm.

Nosná konstrukce

Nosnou konstrukci Starého mostu tvoří jeden dilatační celek. Ocelová nosná konstrukce sestává ze dvou příhradových hlavních nosníků celkové výšky 11,285 m v osové vzdálenosti 11 m, z příhradových příčníků výšky 1,3–2,6 m v osové vzdálenosti 7,56–8,14 m, z podélníků, z mostovkového plechu s výztuhami a ze ztužidel. Šířka nosné konstrukce včetně chodníkových konzol je 22,25 m, nad

podpěrami 34 a 5 je ovšem lokálně rozšířena vyhlídkovými terasami na šířku 33,25 m. Prostorovou tuhost konstrukce zajišťuje větrové ztužidlo v úrovni dolních pasů příčníků, horní větrové ztužidlo v úrovni horních pasů hlavních nosníků a šikmé brzdové ztužidlo propojující mostovku s dolním pásem hlavních nosníků. Vnější strany chodníkových částí jsou překryty lemovacími nosníky. V poli 1 a 6 jsou hlavní nosníky snížené výšky 2,4 až 2,615 m a šířka mostu se směrem k opěrám zužuje na 19,84 m. Přenos místních zatížení od přejezdu vozidel záchranných složek zajišťuje železobetonová deska, která je s plechem mostovky spřažena pomocí spřahovacích trnů.

Nosná konstrukce mostu je navržena z oceli S355 NL, případně S355 K2. Na mostě je použitý zapuštěný kolejový systém souvislého podepření koleje, založený na technologii kolejnic zapuštěných v souvislém žlabu. Kolejnice jsou uloženy a pružně připevněny pomocí elastomeru bez použití mechanických připevňovacích prvků.

Nosná ocelová konstrukce se montovala na pravém břehu Dunaje v prostoru mezi podpěrou 6 a opěrou 8 a následně se vysouvala do finální polohy pomocí tažných tyčí. Výsuvné zařízení bylo umístěno na pilíři 6, který byl pro tento účel ztužen šikmými vzpěrami. Nejnáročnějšími etapami výstavby byl výsuv v polích délek 106,68 a 137,16 m, kde bylo nutné použít montážní podepření na plovoucí podpěře – lodí.

Ing. Petr Novotný, Ph.D., Stráský, Hustý a partneři, s. r. o.

Construction solution of a new Old Bridge across the Danube River in Bratislava

In December 2015 a new Old Bridge across the Danube River in Bratislava was completed. The new bridge transfers trams, tram-trains, bicycle and pedestrian traffic, connecting the city centre and the Petržalka housing estate. The bridge is made of a continuous truss structure of six fields spanning from 32 to 137 m. The tram traffic is located between truss girders; the cycling and pedestrian paths are situated on the outer sides of the bridge. The supporting structure was assembled on the riverbank and subsequently pushed to its designed position. Of the original three pillars in the riverbed only pillar no. 5 was preserved, while pillars no. 3 and 4 were replaced with a new pillar no. 34. Construction of the new pillar and strengthening the existing ones required carrying out two large double sheet pile cofferdams.



Práce na posílení základů pilíře 5 tryskovou injektáží a budování dvojité jímky pro nový pilíř 34 (3/2015)

PROJEKČNÉ RIEŠENIE ŠTETOVNICOVÝCH JÍMOK P5 A P34 V TOKU DUNAJA

Všetky stavebné práce na podperách P5 a P34 boli realizované z umelých ostrovov, tvorených vzájomne spriahnutými dvojími štetovnicovými ohrádzkami s dnom utesneným tryskovou injektážou. Následne z vyťaženého priestoru vnútornej ohrádzky bol neskôr vystavaný pilier 34, resp. bol posilnený základ pôvodného piliera 5.

Ako už bolo uvedené v predchádzajúcom texte, oceľová priehradová mostná konštrukcia novostavby Starého mosta v Bratislave je uložená v toku Dunaja na dvoch podperách P5 a P34. Podpera P5 bola zosilňovaná podpera pôvodného mosta. Podpera P34 bola novo navrhovaná medzi dvoma pôvodnými podperami P3 a P4, ktoré boli asanované. Uvedeným riešením sa zabezpečilo rozšírenie plavebnej dráhy v profile mosta. Realizačný projekt štetovnicových ohrádzok spracovaný spoločnosťou SPAI, s. r. o., pre spracovateľa projektovej dokumentácie Združenie SHP a Alfa O4, a. s., Bratislava, vychádzal zo zadávacej tendrovej dokumentácie, ktorá definovala základné rozmerové parametre umelých ostrovov – dĺžka 50,0 m a šírka 21,2 m. Kóta hornej úrovne umelých ostrovov

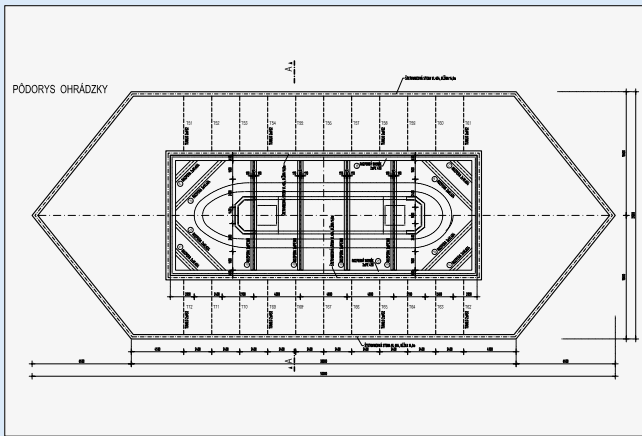
bola stanovená na kóte 133,90, čo bolo približne 1,0 m pod kritickou hladinou pre 1. stupeň povodňovej aktivity. Umelý ostrov pre zosilňovanú **podperu P5** bol navrhnutý z vonkajšej a vnútornej štetovnicovej ohrádzky zo štetovnic VL604 dĺžky 12,0 m. Vnútorň priestor ostrova vymedzený štetovnicovými stenami bol zasypaný miestnym, prevažne štrkovým materiálom s pomerne vysokým podielom jemnozrnej frakcie. Zasypanie aj vnútorného priestoru vymedzeného vnútornou štetovnicovou ohrádzkou bolo nevyhnutné z dôvodu, že povrch umelého ostrova mal vytvoriť súvislú pracovnú plošinu pre pohyb vrtných súprav realizujúcich tryskovú injektáž podložia budúceho základu zosilňovanej podpory P5. Vodorovné stuženie ostrova mohlo byť z tohto dôvodu

navrhnuté len v medzipriestore medzi vonkajšou a vnútornou štetovnicovou ohrádzkou pomocou vodorovných a výklopných šikmých ťahiel tvorených tyčami GEWI Ø 40 mm, resp. 2x Ø 32 mm B500B. Po realizácii tryskovej injektáže sa uskutočnil výkop vnútorného priestoru ostrova na hĺbku 7,4 m s rozopretím vnútornej štetovnicovej ohrádzky v jednej rozpernej úrovni. Rozopretie bolo realizované o driek pôvodného piliera P5. V dne stavebnej jamy sa následne realizovalo rozšírenie pôvodného základu piliera P5.

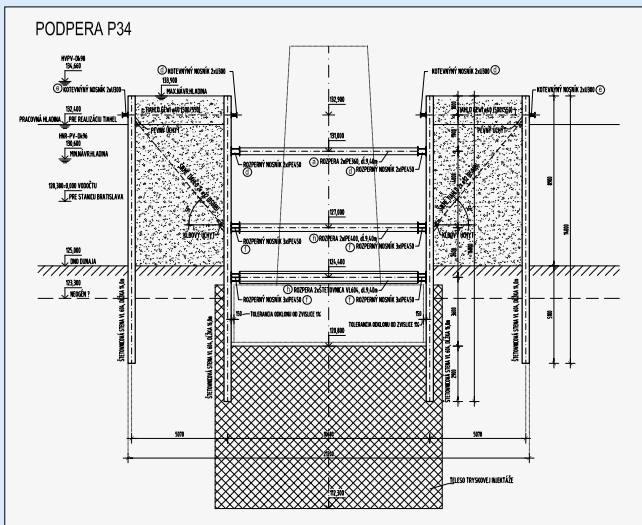
Princíp riešenia umelého ostrova v mieste novej **podpery P34** bol navrhnutý podobným spôsobom ako na podpere P5. Vzhľadom na veľkú hĺbku stavebnej jamy pre základ piliera boli navrhnuté dĺžky štetovnic VL604 vo vonkajšej ohrádzke 14,0 m a vo vnútornej ohrádzke až 16,0 m. Princíp vodorovného stuženia ostrova pomocou vodorovných a šikmých ťahiel bol podobný ako pri podpere P5. Po zrealizovaní tryskovej injektáže podložia budúceho základu piliera P34 sa realizoval postupný výkop až na základovú škáru piliera P34 v hĺbke 13,1 m pod hornou úrovňou ostrova. Rozopretie vnútornej štetovnicovej ohrádzky bolo navrhnuté v troch rozperných úrovniach z oceľových nosníkov IPE 400, 450 a rozpier, tvorených zvarencami zo štetovnic 2x VL604. Základová škáru piliera P34 sa nachádzala v hĺbke 11,6 m pod bežnou hladinou Dunaja a 4,2 m pod jeho dnom. Geologické pomery pod dnom Dunaja boli tvorené tenkou vrstvou kvartérnych štrkov G2/GP, pod ktorou sa nachádzali pevné neogénne íly prevažne triedy F6/C1. Stabilitné geotechnické výpočty sme realizovali pre rôzne stavebné štádiá a pre rôzne úrovne hladiny v Dunaji, vrátane stavu na preliatie. Posudzovali sme stavebné štádiá nezasypanej ohrádzky, plne zasypanej



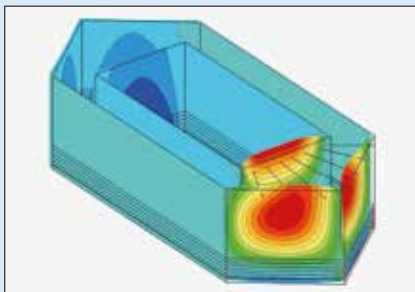
Jímka pilíře 34 před zasypaním a následujícím prováděním tryskové injektáže pro nový základ pilíře (4/2015)



Půdorys jímky pro výstavbu nového pilíře 34



Příčný řez pilířem 34



Deformace v návodním čele jímky 34

ohrádky pri realizácii tryskovej injektáže a následne fázy postupného hĺbenia stavebnej jamy s realizáciou rozperných úrovní. Vzhľadom na vysoké prietokové rýchlosti toku Dunaja bolo potrebné do výpočtov zaviesť aj hydrodynamický účinok prúdiacej vody. Stabilitné výpočty štetovnicových stien sme realizovali metódou závislých tlakov programom Paro185. Globálnu stabilitu štetovnicovej ohrádky v prostredí prúdiacej vody sme

posudzovali na 3D modeli v programe SCIA Engineer.

Zakladanie podpier mosta P5 a P34

Neogénne podložie pod existujúcou podperou P5 aj novou podperou P34 bolo spevňované pomocou tryskovej injektáže. Cieľom tohto riešenia bolo vytvoriť mohutný preinjektovaný základový blok, ktorého základová škára by zasahovala dostatočne hlboko pod dno

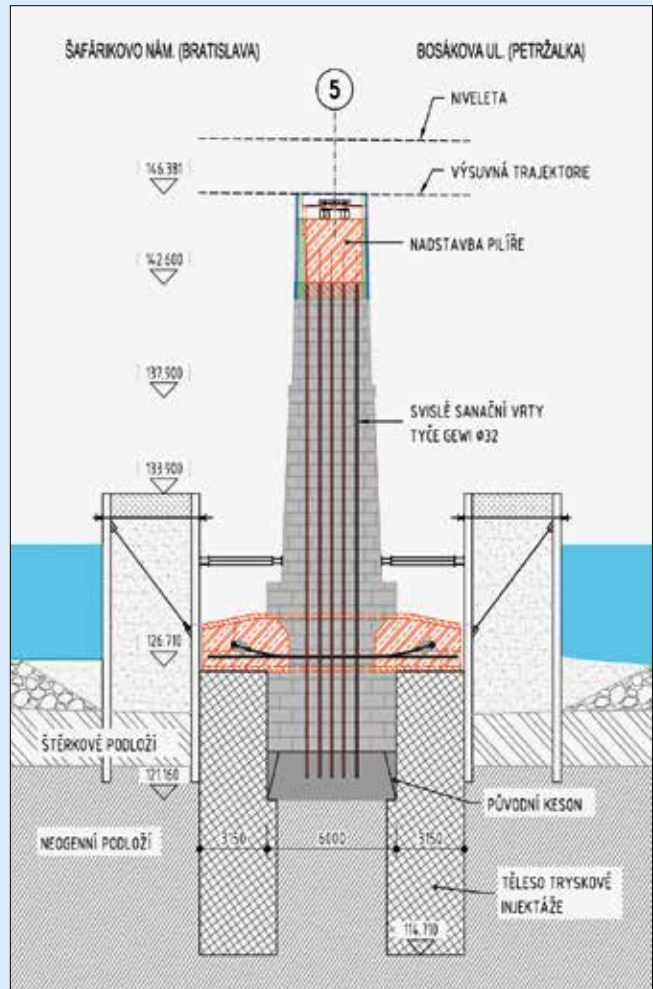


Schéma rekonstrukcie a posilnenia základu pilíře 5



Jímka pro pilíř 34 rozepřená ve třech úrovních během výstavby dvou hlavních železobetonových dráků pilíře (8/2015)



Jímka pro pilíř 34 s již dokončenými hlavními sloupy, příprava na betonáž spodní rozšířené části pilíře přímo do žulového obkladu (11/2015)

Dunaja. Pomocou tohto riešenia sa splnili podmienky únosnosti a limitného sadania základu. Pri oboch podperách sa trysková injektáž realizovala z povrchu zasypaného umelého ostrova, čím sa vytvorili podmienky pre pohyb vrtnéj súpravy. Na druhej strane však tento koncept realizácie vyvodzoval mimoriadne nepriaznivé

zaťažovacie stavy na konštrukciu štetovnicových ohrádzok spôsobené pojazdom vrtnéj súpravy a najmä injekčnými tlakmi. Injektáž podlažia bola realizovaná systémom prerezávaných stĺpov tryskovej injektáže s priermi 1,5 m v rastrí po 1,2 m. Dĺžka injekčných vrtov bola od hornej úrovne ohrádzky 19,2 m (P5),

resp. 21,6 m (P34). Základová škára takto preinjektovaného základového bloku sa nachádzala v hĺbke 10,3 m (P5), resp. 12,7 m (P34), pod dnom Dunaja v profile mosta.

Ing. Martin Balucha, PhD.,
Ing. Ľubor Kostúr, SPAI, s. r. o.

Design solution of sheet pile cofferdams P5 and P34 in the Danube riverbed

All construction works on the P5 and P34 supports were carried out from artificial islands created by mutually coupled sheet pile enclosures with the riverbed sealed by jet grouting. Excavation of the whole space within the enclosure was followed by the pillar no.34 construction and strengthening the original pillar no.5.

BERANĚNÉ DVOJITÉ JÍMKY PRO NOVÉ ZALOŽENÍ PILÍŘŮ STARÉHO MOSTU

Práce na zřízení a demontáži štetovnicových jímek na pilířích 5 a 34 realizovala společnost Zakládání staveb, a. s., pro člena Sdružení hlavních dodavatelů stavby – společnost EUROVIA CS, a. s. Práce byly zahájeny v listopadu 2014 navážením ocelových štetovnic a ostatního ocelového materiálu na pravý břeh Dunaje do prostoru staveniště Starého mostu. Tato činnost probíhala cca týden. Poté byly materiál a potřebné stroje – 1x autojeřáb, 1x pasový jeřáb Kobelco 550, 2x beranidlo-ICE 416 a ICE 28 – naloženy na pracovní loď. Po nakládce, trvající tři dny, byly lodě přesunuty do prostoru budoucí jímky pro pilíř P5. Zde byly zaberaněny pomocné štetovnice pro ukotvení lodí a zároveň pro budoucí vytyčení vlastní dvojité jímky pro pilíř P5.

Nejprve byla beraněna podélná stěna vnitřní jímky směrem proti proudu toku Dunaje. V prostoru jímky pilíře P5 byly štetovnice dl. 12 m beraněny do šterkového podlaží, v několika případech musely být beraníci práce přerušeny z důvodu výskytu velkých kamenů, patrně pozůstatků původního kamenného záhozu pilíře P5, které při čištění dna kolem pilíře P5 nebyly vytaženy. Odstraněny tak musely být až dodatečně za pomoci bagru s dlouhým ramenem, aby beraníci práce

mohly pokračovat. Po zaberanění podélné stěny vnitřní jímky se stejným způsobem beranila rovnoběžná stěna venkovní jímky včetně poloviny kolmých čel vnitřní i venkovní jímky a stejným způsobem bylo provedeno i beranění štetovnic z druhé strany pilíře a následné uzavření jímky.

Začátkem března 2015 došlo ke zvýšení hladiny Dunaje a následnému poškození rozestavené a ještě nezajištěné jímky pilíře. Poškozené štetovnice musely být odstraněny a nahrazeny novými. Oprava si vyžádala asi 15 dnů. Práce pak bylo nutné provádět i v noční směně, aby se eliminovalo vzniklé zdržení. Nejobtížnější fází při provádění těchto prací se ukázalo beranění šikmých čelních stěn jímky proti rychle tekoucí vodě Dunaje. Pro instalaci těchto nejvíce exponovaných stěn musely být nejdříve zaberaněny pomocné konstrukce ze štetovnic, do kterých se zapíraly jednotlivé části šikmých stěn.

Po zaberanění rovnoběžných podélných stěn jímky byly současně zahájeny práce na sprážením dvojitých stěn a zajištění stability jímky proti působení tlaku od budoucího zásypu jímky. Sprážení se provádělo pomocí dvojic šikmých táhel z oceli Ø 32 mm a vodorovných táhel z GEWI tyčí Ø 40 mm, které byly v jímce osazeny po celém obvodu

v rozteči cca 3 m. Šikmá táhla byla zavařena do předem připravených ocelových úchytů na štetovnicích. Vodorovná táhla byla osazena přes ocelové převázky z dvojic profilů U300 a zajištěna přes roznášecí ocelové desky maticemi. Nad tato vodorovná táhla byly umístěny krycí štetovnice, jejichž funkcí byla ochrana vodorovných táhel před poškozením při zásypu jímky a zároveň přispívaly ke zvýšení tuhosti a stability jímky. Po instalaci táhel a krycích štetovnic byla celá jímka zasypana; vznikl tak malý ostrov, ze kterého byly provedeny práce související se zpevněním zeminy pod základem původního pilíře P5 a prostoru pro rozšíření tohoto základu technologií tryskové injektáže.

Po dokončení těchto prací byla zahájena těžba stavební jámy a současně instalace rozpěrných konstrukcí jímky. Rozpěry a převázky byly na jímce pro pilíř P5 zhotoveny z dvojic ocelových profilů I 400. V jímce P5 byla provedena jedna úroveň těchto rozpěr.

Z důvodu omezeného prostoru byly práce na rozpěrných rámech prováděny po částech tak, že byla vytěžena předem určená část jímky a ihned do tohoto místa byla osazena část rozpěrného rámu a příslušná rozpěra a potom se opět pokračovalo v těžbě. Tímto způsobem byla rozepřena celá jímka.



Jímky pro výstavbu pilířů od východu (4/2015)



Výstavba jímky pro pilíř 34, na protějším pravém břehu probíhá montáž nové mostní konstrukce (4/2015)

Po skončení těchto prací byla jímka připravena k vlastní opravě dílku a rozšíření základu pilíře P5.

Na jímce pro nový pilíř P34 probíhaly práce na beranění podobným způsobem jako na jímce P5 s tím rozdílem, že štětovnice zde měly délku 16 m a dostávaly se spodní částí již do nepropustného podloží – šedého jílu. V těchto jílech již vibroberanění nebylo účinné, a proto muselo být použito výbušné beranidlo. S jeho pomocí se podařilo štětovnice doberanit na projektovanou hloubku. Následovalo zajištění jímky šikmými a vodorovnými táhly a nainstalování krycích štětovnic.

Po provedení zásypu a ochranného záhozu štětovnic byly zahájeny práce na zpevnění prostoru pod budoucím základem pilíře P34 (trysková injektáž). Při provádění těchto prací v měsíci srpnu 2015 došlo ke zvýšení hladiny Dunaje. Byl částečně poškozen ochranný



Pilíř 5 po posílení základů tryskovou injektáží a před rozšířením základu (4/2015)



zához a jímka pro pilíř P34 se začala značně deformovat – hrozila její totální havárie. Práce na zpevnování podloží tryskovou injektáží

byly proto ihned zastaveny a po konzultaci s projektantem byla horní část jímky dodatečně zajištěna podélnými a příčnými táhly



Beranění štětovnic VL604 na jímce pro pilíř 34 (3/2015)



Zaplavená jímka pilíře 5 během demontáže (11/2015)



Nová vysunutá mostní konstrukce již opřená o pilíř 34 a pilíř 2 na levém břehu (11/2015)

z GEWI tyčí průměru 50 mm přes roznášecí nosníky z ocelového materiálu – dvojic I 450. Po tomto zásahu se deformace jímky ustálily na přijatelné míře. Byly dokončeny práce na zpevnění podloží pod budoucím základem pilíře P34 a zahájena těžba vlastní stavební jámy. Po instalaci 1. rozpěrného rámu a osazení rozpěr byla jáma rozdělena na čtyři díly a v nich těžena tak, že po dosažení 2. úrovně byl ihned osazen rozpěrný rám a jednotlivé rozpěry. Ve stejné čtvrtině byla jáma dotěžena i na 3. úroveň rozpěrného rámu, po jeho osazení se těžba opakovala i ve zbývajících třech čtvrtinách jámy. Tento postup prací byl zvolen pro urychlení prací na přípravě základové spáry. Po dokončení těžby byla jímka připravena pro provádění navazujících prací, tj. vlastní výstavbu pilíře P34.

Oprava a posílení základu pilíře P5 jakož i výstavba nového pilíře P34 a následný výsuv a montáž mostní konstrukce proběhly dle

zadání projektantu, a jak bylo již popsáno výše, byly stavební práce na Starém mostě ukončeny 15. 12. 2015. Na demontáži dvojitých jímek u obou pilířů společnost Zakládání staveb, a. s., pracovala s přestávkami od listopadu 2015 do začátku května 2016.

Hlavní objemy beranících prací
Beraněné štětovnice: 5493 m²
Ocelová táhla a rozpěry: 136t

Otto Sedláček, Zakládání staveb, a. s.
Foto u celého tématu: Libor Štěřba,
SHP, s. r. o., internetové odkazy

Základní údaje o stavbě

Název stavby: Nosný systém MHD, převážkový úsek Janíkov dvor – Šafárikovo námestie v Bratislave, 1. časť Bosáková ulica – Šafárikovo námestie

Zhotovitel: Sdružení MHD – Starý most: EUROVIA SK, a. s., (vedoucí sdružení), EUROVIA CS, a. s., SMP CZ, a. s.

Investor: Hlavné mesto SR Bratislava
Projektová dokumentace (DRS): Sdružení SHP a Alfa 04, a. s., Bratislava
Začátek výstavby: 31. října 2013
Dokončení výstavby: prosinec 2015

A complex reconstruction of the Old Bridge in Bratislava – construction and removal of double cofferdams in the Danube riverbed for carrying out foundations of two bridge pillars

Bridge pillar foundations in a riverbed of any river always stand for a demanding task requiring a careful preparation. The more this is true in case of the Danube River and pillars intended for the oldest bridge in the Slovakian capital city. That's why the Zakládání staveb, Co. paid special attention to the contracted works on two large double cofferdams for foundations of the Old Bridge in Bratislava. Due to a tight time schedule of the new bridge construction there was no space for both mistakes and downtimes. All works had to click to the day to prevent delays in the follow-up pillar construction. There has been an existing experience in foundation engineering in this area – in 2004 the Zakládání staveb Co. carried out a dry cofferdam for the foundation of a single pillar of a new arched bridge Apollo opened in 2005. The cofferdam was realised in the Danube riverbed using the jet grouting technology.

ZALOŽENIE SLINKOVÉHO SILA V LADCOCH NA SLOVENSKU

Považská cementáreň v Ladcoch, patriaci rovnomennej akciovej spoločnosti, je najstaršia cementáreň na výrobu portlandského cementu na Slovensku. Jej história sa začala písať už v roku 1889. V septembri 2015 tu bola zahájená výstavba slinkového sila, ktorého zhotoviteľom bola spoločnosť Tažené konstrukce, spol. s r. o. Skladovacia kapacita sila je naprojektovaná na 85 000 ton slinku. Predpokladaný termín dokončenia je júl 2016. Spoločnosť Zakládání staveb, a. s., realizovala na stavenisku samotné založenie tohto sila na celkom 137 pilótoch. Prácam predchádzalo vykonanie zaťažovacej skúšky na nesystémovej pilóte.

Popis konštrukcie

Kruhové slinkové silo vnútorného priemeru 40m a výšky stien sila 43m pri hrúbke stien 0,4 a 0,5m je situované v priestore podniku Považská cementáreň, a. s., Ladce, pričom definitívne umiestnenie prešlo niekoľkými zmenami. Pre jeho umiestnenie bolo nutné realizovať druhý, dopĺňajúci geotechnický prieskum tromi vrtmi do hĺbky 40m. Základová doska je typickej hrúbky 0,9m a po obvode je v šírke 3,9m zosilnená na hrúbku 1,6m. Celkový vonkajší priemer dosky je 44,35m. Rovnobežne s osou sila vedú dva znížené technologické kanály so

základovou škárou na -4,7m ($\pm 0,00$ je povrch základovej dosky), vzdialené od seba 16m, so svetlou šírkou stien 3,6m a výškou 3,0m.

Geológia

Z hľadiska regionálne-geologického sú na stavenisku zastúpené neogénne sedimenty prekryté kvartérnymi uloženinami. Z hľadiska zakladania ide o sedimenty hrubozrné i jemnozrné striedajúce sa v pestrom slede. Pod vrstvou betónu o hrúbke do 1m sa nachádza stredne uľahnutý štrk s prímiesou jemnozrnnej zeminy. Pod ním v hĺbke približne

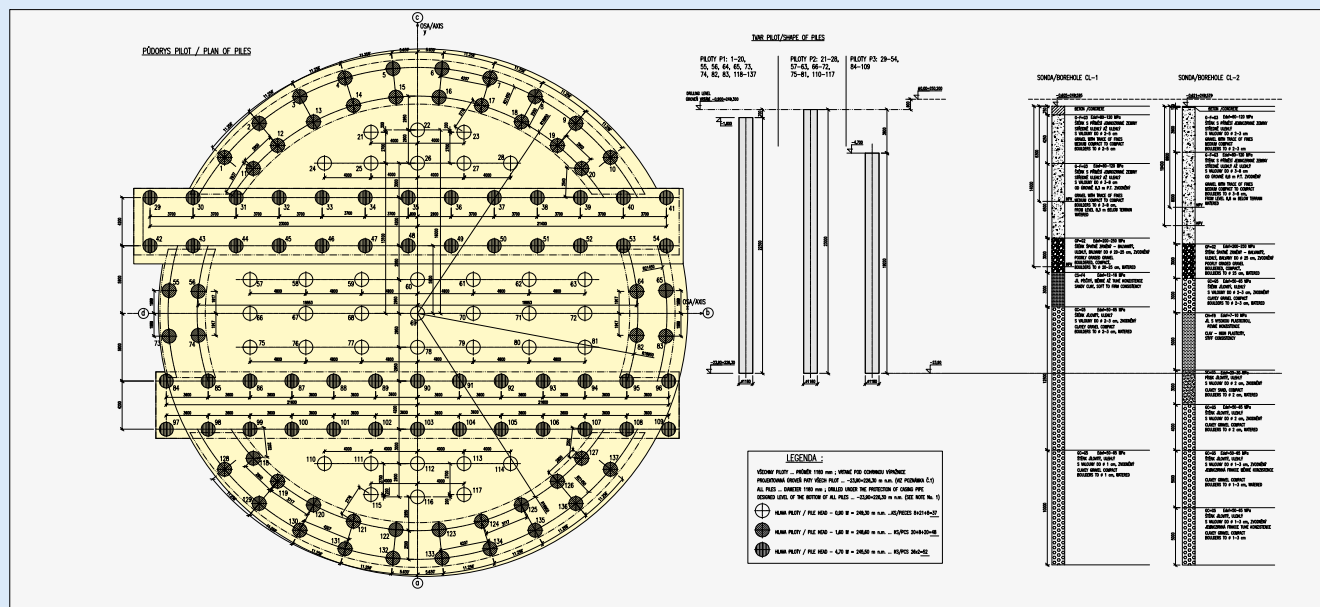
10m nastupuje 3–8m mocná vrstva štrku zle zrnitého balvanitého s balvanmi priemeru až 25cm. Od hĺbky 15m nastupujú prevažne ílovité štrky zvodnené, ktoré siahajú až do hĺbky päty pilót. Miestami boli v hĺbke od 18 do 20m navrhované vysokoplastické íly tuhej konzistencie. Z požiadavky projektanta vyplynula podmienka zaviazania paty pilóty minimálne 1m do štrkov, čo bolo dodržané pri každej pilóte. Vo všetkých vrtoch bola zastihnutá podzemná voda v dvoch horizontoch, z ktorých prvý v hĺbke 8 metrov je voľný a druhý v hĺbke 17m je značne napnutý.

Realizácia pilótového založenia

Pred začiatkom pilótovacích prác bola realizovaná zaťažkávacia skúška nesystémovej pilóty (systém 4 ťahové, 1 tlaková dĺžky 24 m, pr. 1180 mm), ktorá preukázala dobrú únosnosť pilót v danej geológii. Pri maximálnom zaťažení 7000 kN došlo k celkovej trvalej deformácii 2,96 mm a k pružnej 2,93 mm. Na základe výstupu meraní od spoločnosti Inset, s. r. o., ktorá skúšku vykonala, navrhol konzultant doc. J. Masopust úpravy vedúce k optimalizácii dĺžky a počtu pilót. Slinkové silo je založené na 137 pilótach pr. 1180 mm troch typov P1 až P3. Pilóty P1 pod obvodovým prstencom mali dĺžku 22,3 m, pilóty P2 pod doskou mali 23 m a P3 pod kanálmi mali dĺžku 19,2 m. Hluché vrtanie sa pohybovalo od 0,2 m pri P2 do 4,7 m pri P3. Na pilotážne práce boli nasadené dve vrtné súpravy BG36 a BG28. Armokoše pilót nesiahali k päte pilót a z hľadiska zastihnutej geológie bola náročná ich



Realizácia pilótového založenia kruhového sila, v popredí technologický kanál



Pôdorys pilótového založenia sila s geológiou

výšková stabilizácia počas betonáže a odpažovania. Jemný piesok, ktorý bol vyplavovaný tlakovou vodou zo štrkov do vrtu cez jeho dno, niekedy vytvoril nános, tzv. límeč, na vnútornej stene korunky a pažnice, čo spôsobovalo povytáňovanie armokoša pri odpažovaní. Tento problém sa v tomto type geológie často vyskytuje. Aby sa zabránilo povytáňovaniu armokoša, bol kôš stabilizovaný v päte pilóty privareným nadstavcom. V niektorých prípadoch bol límeč na pažnici taký tuhý a hrubý, že došlo až k odtrhnutiu privareného nadstavca pri odpažovaní a následnému zničeniu armokoša. Uložený betón sa musel vybrať hrncom a bol osadený nový armokoš. Vplavovanie jemného piesku sa darilo znížiť napúšťaním vrtu vodou pred betonážou, tzv. balastovnia, aby sa zamedzilo prúdeniu podzemnej vody do vrtu. Piesok na dne sa po odsadnutí cca 1 hodinu

vybral čistiacim hrncom a čím skôr sa osadil kôš a začala betonáž. Kombináciou týchto opatrení sa podarilo úspešne zabudovať všetky armokoše, ale príroda nás potrápila a nevyšpatateľnosť geológie nám pripomenula, že v geotechnike je okrem znalosti fyzikálnych princípov a technických riešení potrebná aj štipka „alchýmie“, bez ktorej sa v praxi inžinier nezaobíde.

Spolu bolo realizovaných 3272 m pilót, zabudovaných 4067 m³ betónu a 83 ton výstuže.

Investor: Považská cementáreň, a. s.

Dodávateľ: Tažené konstrukce, spol. s r. o.

Špeciálne zakladanie: Zakládání staveb, a. s.

Ing. Maroš Zaťko, Zakládání staveb, a. s.

Foto: autor

Foundation of a clinker silo in Ladca, Slovakia

The cement factory in Ladca owned by the Považská cementáreň Co., is the oldest Portland cement producer in Slovakia. Its history goes back as far as to 1889. In September 2015 the company started construction of a clinker silo carried out by the Tažené konstrukce Ltd. Its storage capacity is designed for 85 000 tons of clinker. The expected completion date is July 2016. The Zakládání staveb Co. carried out all foundation works on this silo construction with the total number of 137 piles. The works were preceded by load tests on non-system piles.

ČERPACÍ STANICE BIĐ-BOSUTSKO POLJE U OBCE JARUGE NA MELIORAČNÍM KANÁLE U ŘEKY SÁVY V CHORVATSKU

V polovině roku 2014 zahájila společnost Zakládání staveb, a. s., práce na založení objektu čerpací stanice pro novou meliorační síť ve Slavonii na severovýchodě Chorvatska. Tato síť je součástí budovaného kanálu Dunaj–Sáva. Čerpací stanice se nachází poblíž řeky Sávy nedaleko obce Jaruge vzdálené 820 km od Prahy. Práce na založení objektu čerpací stanice a navazujících křídel byly značně komplikovány vysokou hladinou podzemní vody, dosahující až na úroveň vodících zídek. Rovněž kotvení již zapaženého objektu stanice pramencovými kotvami ve čtyřech úrovních pod hladinou vody a v obtížné geologii silně zvodněných písků bylo náročnějším úkolem, než se zpočátku zdálo. Díky dále popsaným technickým opatřením se všechny překážky podařilo nakonec překonat a dílo dokončit dle požadavků projektu.

Úvod – současnost stavebního trhu v Chorvatsku

V současné době tvoří hlavními nosné segmenty stavebního trhu v Chorvatsku stavby vodohospodářské, silniční a železniční. Hluboce za očekáváním zůstávají stavby nových mořských přístavů, kde ani veřejný, ani soukromý sektor nedokázaly s úspěchem naplnit realizaci investičních záměrů. Hlavní ekonomický přínos pro Zakládání staveb, a. s., organizační složku v Chorvatsku, v uvedeném regionu tak vychází především ze segmentu vodohospodářských staveb, konkrétně z **Programu nadnárodní spolupráce v centrální Evropě 2020 (CENTRAL EUROPE 2020) a příslušného chorvatského národního projektu NAPNAV 2014–2020.**

Největší podíl finančních prostředků z fondů EU do vodohospodářských staveb je stanovován jednotlivými ministerstvy a přerozdělován státní společností Hrvatske vode d. d. Záhřeb (dále jen HV). HV pak plní roli investora nebo koncesionáře. Je-li ve smlouvě o dílo společnost HV uvedena jako koncesionář, pak roli investora přebírají jednotlivé župy (kraje). Nově je diskutován názor o sloučení některých žup. V současné době jich má Chorvatsko 20 plus město Záhřeb.

V období 2014 až 2015 došlo díky využití ustanovení zákona o veřejných zakázkách, konkrétně institutu nominovaného prvního subdodavatele, k zásadní změně pozice společnosti Zakládání staveb, a. s., u našich objednatelů (např. Eurco Vinkovci, Brodska Posavina).

Z druhé a třetí řady subdodavatelů jsme se posunuli na první pozici. Tím došlo ke stabilizaci finančních toků se splatností 30 dnů a také k možnosti realizace prací speciálního zakládání jako celku, především tzv. claimového řízení. V uvedeném období 2014 a 2015 byly provedeny nebo jsou realizovány projekty v rámci výše uvedeného projektu NAPNAV ve finančním vyjádření od 0,5 do 55 mil. Kč.

V současnosti je pro Zakládání staveb, a. s., prioritou především severovýchodní část Chorvatska, regiony Slavonie a Baranje. Zde je v rámci programu NAPNAV 2014–2020



Letecký pohled na čerpací stanici od řeky Sávy během probíhající vestavby stanice

v plánu realizace celkem 45 vodohospodářských staveb, z nichž mnohé již jsou ve výstavbě. Tyto stavby mají zlepšit hospodaření s vodou a zvětšit akumulaci vody z řek Dunaj, Sáva, Dráva a jejich přítoků. Cílem projektu je meliorace území a zvětšení plochy zemědělské půdy dostupné pro zavlažování nad 35 000 ha, tedy 350 km², což by činilo až čtyřnásobek oproti současnému stavu 9264 ha. Pro jednotlivé projekty lze získat finanční podporu až 405 mil. Kč a tím pokrýt až 100 % potřebných nákladů.

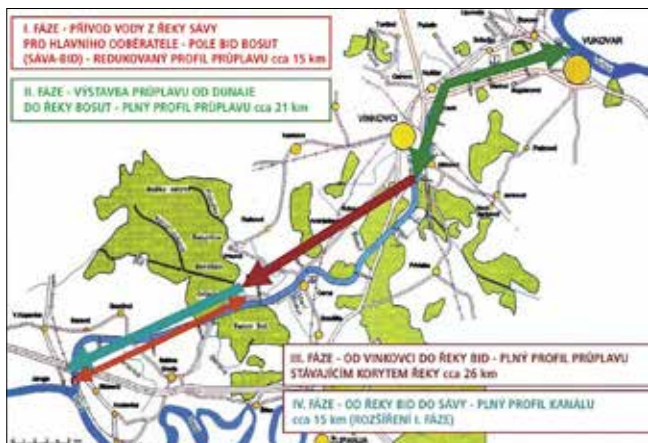
Projekt čerpací stanice Jaruge na melioračním kanálu Biđ-Bosutsko Polje

Dosud největším projektem ve Slavonii realizovaným společností Zakládání staveb, a. s., je objekt čerpací stanice (dále jen ČS) u obce Jaruge mezi městy Slavonský Brod a Županja v celkovém finančním objemu 231,5 mil. Kč.

ČS je součástí melioračního kanálu Biđ-Bosutsko Polje délky 14,77 km, rozděleného na sedm stavebních částí, pro možnost zavlažování území na rozloze kolem 4000 ha. Tento meliorační kanál je realizován v trase uvažované budoucí vodní cesty s hladinou 80,00 m n. m. mezi řekami Dunaj (město Vukovar) s výškou hladiny 78,00 m n. m. a Sáva (obec Jaruge) s výškou hladiny 82,00 m n. m. V rámci schváleného programu CENTRAL EUROPE 2020 tak bylo možno zahájit stavbu prvních 14 km melioračního kanálu od řeky Sávy, z celkové délky 61 km, a tím uskutečnit první část vize spojení obou řek po více než dvou letech od prvních reálných návrhů na jejich spojení. Společnost Eurco d. d. Vinkovci byla objednatelem společnosti Zakládání staveb, a. s., a je generálním dodavatelem části č. 7 tohoto melioračního kanálu Biđ-Bosutsko Polje. Kompletní



Program spolupráce Interreg CENTRAL EUROPE 2020 zasahuje na území 9 států



Čtyři fáze výstavby víceúčelové vodní cesty Dunaj–Sáva



Letecký pohled na čerpací stanici od kanálu Biđ-Bosutsko Polje směrem k řece Sávě

dodávka společnosti Eurco d. d. Vinkovci zde zahrnuje realizaci zemních násypů v objemu 101,77 tis. m³, prohloubení koryta řeky Sávy v objemu 101,8 tis m³ a zřízení železobetonového objektu ČS Jaruge. Aby stavební část ČS plynule navazovala na meliorační kanál šířky 90 m, jsou její součástí i čtyři návodní křídla délek cca 50 m. Do stavební části bylo na konci roku 2015 nainstalováno strojí a elektro vybavení a plánuje se spuštění zkušebního provozu. Realizační projekt zajištění stavební jámy ČS přepracovala společnost FG Consult, s. r. o., ve spolupráci s IGH d. d. a Info Geo d. o. o. Záhřeb, zpracovateli hlavního projektu celé ČS. Podrobný popis z výstavby ČS a obtíží, které bylo při ní třeba překonávat, se dozvíte v následujících textech.

Pumping station close to Jaruge on the ameliorative channel Biđ-Bosutsko Polje near the Sava River in Croatia

In the middle of the year 2014 the Zakládání staveb Co. started foundation works on the pumping station construction for a new amelioration network in Slavonia. This network is a part of a built channel connecting the Danube and Sava rivers. The pumping station is located near the Sava River close to the town of Jaruge in the distance of 820 km from Prague. Foundation works on the pumping station building and its connecting wings were extensively complicated by high underground water level reaching almost to the terrain level. The process of anchoring the already sheeted station building with stranded anchors at four levels under the water level also turned out to be more demanding than expected, mainly due to the complex geology of highly saturated sands. Thanks to all technical measures taken and described below, all obstacles were finally overcome and the works finished in compliance with the design requirements.



Víceúčelový průplav Dunaj–Sáva a vyznačení navazujícího železničního spojení Záhřeb–Rijeka



Schéma sofistikovaného melioračního a zavlažovacího systému spojeného s kanálem Dunaj–Sáva. Čerpací stanice Biđ-Bosutsko Polje je označena červeně.

Ing. Dušan Voleský, Zakládání staveb, a. s.
Schémata: www.d-o-l.cz, časopis Vodní cesty a plavba 3/2010.

Kanál Dunaj–Sáva

Myšlenka propojení Dunaje a Sávy průplavem je několik století stará. Od prvních zaznamenaných projektů změnil průplav Dunaj–Sáva svou trasu a řešení. Původně byl plánován jen jako dopravní spojení, ale s obnovením zájmu o jeho skutečnou výstavbu v roce 2006 se jeho funkce rozšířila z pouhého plavebního dopravního spojení o zavlažování a protipovodňovou ochranu a začalo být tedy na celý projekt pohlíženo nejen jako na regionální infrastrukturu, ale jako na projekt evropského významu. Plavba na průplavu Dunaj–Sáva je důležitá v kontextu 560 km dlouhého spojení dopravním koridorem Dunaj–Jadran. To je říční-železniční spojení tvořené průplavem Dunaj–Sáva, splavnou řekou Sávou a dvoukolejnou železnicí Záhřeb–Rijeka. Plavba z řeky Sávy směrem do západní Evropy bude průplavem Dunaj–Sáva zkrácena o 417 km a směrem k východní Evropě o 85 km. Tak průplav propojí vnitrozemskou transevropskou plavební cestu Rýn – Mohan – Dunaj a Jaderské moře.

ZALOŽENÍ OBJEKTU ČERPAČÍ STANICE TECHNOLOGIÍ PODZEMNÍCH STĚN V PROSTŘEDÍ S VYSOKOU HLADINOU PODZEMNÍ VODY

Technické řešení založení objektu čerpačích stanic bylo navrženo technologií konstrukčních podzemních stěn tloušťky 1000 mm, kotvených pomocí dočasných a trvalých pramencových kotev ve čtyřech úrovních. Napojení čerpačích stanic na meliorační kanál přivádějící vodu z řeky Sávy bylo navrženo v místě nátoku i výtoku v podobě dvou křídel, zhotovených rovněž v podzemních stěnách. Stabilitu křídel zajišťují přes železobetonový hlavový trám trvalá táhla ukotvená do samostatně stojících kotevních lamel podzemních stěn ležících za rubem křídel.

Stavební jáma pro objekt čerpačích stanic měla tvar obdélníku o rozměrech 27,4 na 29,4 m. Hloubka jámy od koruny podzemních stěn na úrovni 83,0 m n. m. dosahovala 9,0 m. Podzemní stěny na objektu čerpačích stanic s celkovou hloubkou 24,0 m zasahovaly 15,0 m pod úroveň základové spáry stavební jámy. Nátoková a výtoková křídla včetně kotevních lamel byla proměnné hloubky od 17,0 do 5,0 m.

Pracovní plošina pro zhotovení podzemních stěn byla připravena na úrovni 84,00 m n. m. formou otevřeného vysvahovaného výkopu cca 3,0 m pod úroveň okolního terénu. Později se tento návrh umístění pracovní úrovně v těsné blízkosti hladiny podzemní vody (dále jen HPV) ukázal jako velmi problematický.

Geologie a hladina podzemní vody

Na staveništi byly zastíženy tyto geologické vrstvy:

- 0,00– 2,00 m MH/CL – jílovitá hlína s vysokou plasticitou,
- 2,00–2,50 m ML/CL – jílovitá hlína s nízkou plasticitou,
- 2,50– 5,00 m CH/CL – jíly,
- 5,00– 6,20 m SM – hlinitý písek,
- 6,20– 6,70 m CH/CL – jíly,
- 6,70– 13,90 m SM/SC – hlinitý a jílovitý písek,
- 13,90– 20,00 m SP/GP – šterkovitý písek špatně zrněný,
- 20,00– 22,50 m GP/SP – písčité šterk špatně zrněný,
- 22,50– 24,00 m CH/MH – zahliněný jííl s vysokou plasticitou.

HPV komunikovala s hladinou vody v řece Sávi. Úroveň HPV měřená v piezometrických vrtech se pohybovala od 82,5 do 85,5 m n. m. Obávali jsme se, že náročná geologie, charakterizovaná střídáním vodonosných a vodonepropustných vrstev, propojených s hladinou vody v řece Sávi, může být v případě vysoké hladiny příčinou ztráty stability stěn rýhy s následkem vypadávání materiálu z rýhy a tím i vysokých nadspotřeb betonů. HPV v místě stavby, která byla krátkodobou odezvou na stav vody v řece Sávi, se dle návrhu projektanta měla pohybovat do úrovně



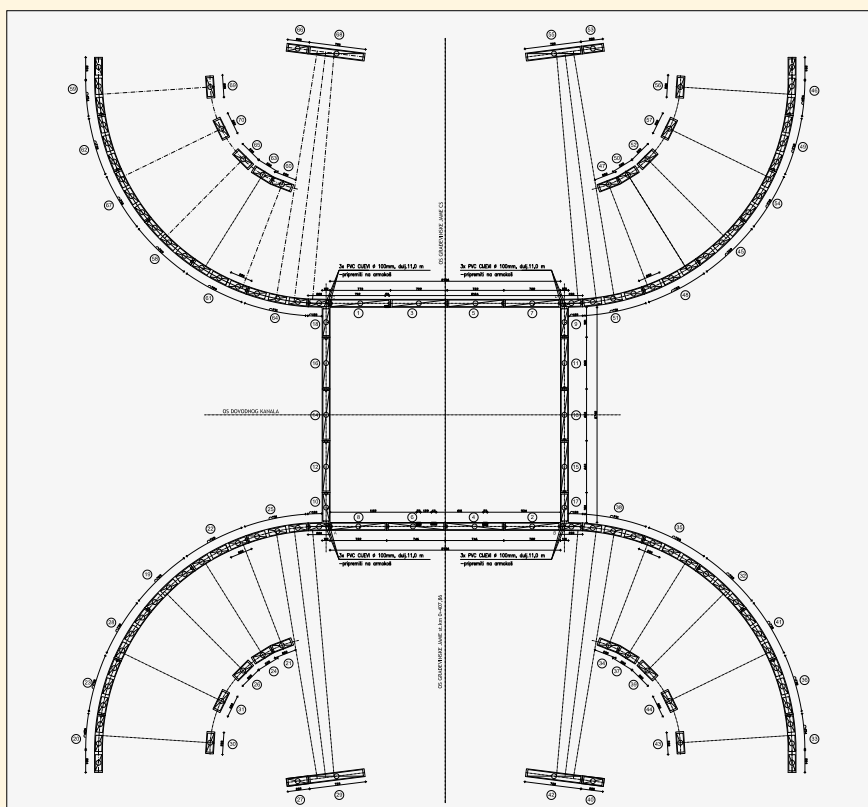
Staveniště těsně před zahájením výroby podzemních stěn

82,50 m n. m. (20letá analýza udávala HPV 77,00 m n. m.). Tuto úroveň jsme měli smluvně zavázanou jako maximální pro zdárné provádění podzemních stěn. Tento požadavek vycházel z potřeb daných technologií výroby podzemních stěn, kde pro zajištění stability rýhy s dostatečným přetlakem musí být hladina pažicí kapaliny v průběhu celého procesu výroby podzemní stěny nejméně 1,0 m nad nejvyšší piezometrickou HPV. Oprávněnost tohoto požadavku, který je často v rozporu se záměrem investora ušetřit náklady co největším přiblížením koruny podzemní stěny k HPV, jsme si ověřili na této stavbě několikrát.

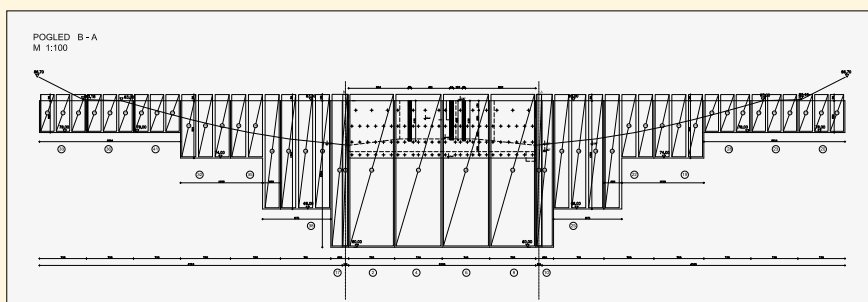
Přípravné práce, použité materiály a technika

V rámci přípravy před zahájením těžby rýhy pro podzemní stěnu byly v červenci 2014 na stavbě zřízeny vodicí zídky. Jednalo se o dočasné železobetonové konstrukce ve tvaru „L“ sloužící pro vedení drapáku v rýze a pro zavěšení armokoše. Zídky o výšce 1,5 m s tloušťkou stěny 200 mm byly prováděny ve vysvahovaném výkopu a po odbednění byly za jejich rubem zasypány. Vnitřní strana zidek byla rozeprána kulatinou a zasypána.

Dostatečnou pozornost a přípravu jsme věnovali i betonu do podzemních stěn. Projektant specifikoval beton C 30/37 XC4 XD2 XA1, Dmax 16 mm, S4–S5. Po oslovení místních betonáren jsme spolupráci dohodli s dodavatelem betonu TBG BETON d. o. o., který disponoval širokou sítí betonáren v okolí – Slavovský Brod, Dakovo a Vinkovci. Ocenili jsme technickou připravenost splnit naše specifické požadavky popsané v Technických podmínkách pro výrobu betonu do podzemních stěn, které před uzavřením smlouvy necháváme dodavatele betonu odsouhlasit. Jedná se o splnění požadavku na konzistenci, zpracovatelnost, minimální množství cementu, garantovanou hodinovou dodávku a pevnost v tlaku po 24 hodinách. Před zahájením první betonáže jsme za přítomnosti technologa betonárny připravenou recepturu vyzkoušeli. Hlavním důvodem naší obezřetnosti byla potřeba ověření požadované 6hodinové zpracovatelnosti betonu. Obavy z rychlé ztráty zpracovatelnosti v důsledku dlouhých dojezdových časů v letních vysokých teplotách nám rozptýlil výsledek poloprovodní zkoušky, kdy jsme naměřili konzistenci betonu po 6 hodinách od dodání na stavbu 170 mm sednutí Abramsova kužele. Tím byl splněn parametr



Půdorys čerpací stanice a navazujících křídel



Rozvinutý pohled na lamely podzemních stěn křídel a stanice

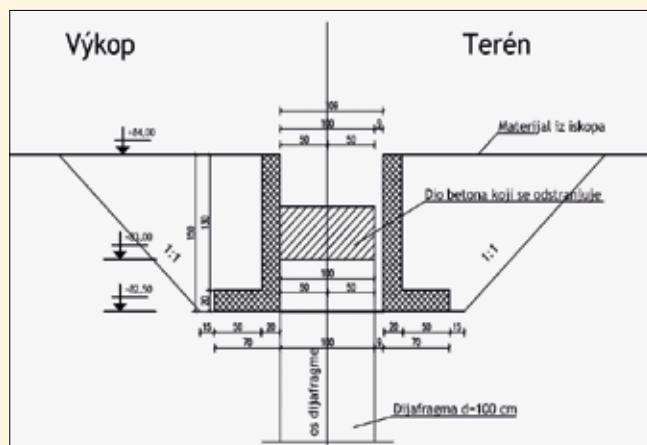
udržení konzistence na stupni S4 pro celkovou odhadovanou dobu betonáže. Práce na podzemních stěnách byly prováděny ve dvou etapách. V první to byl objekt čerpací stanice, následně se v druhé etapě budovaly stěny křídel a kotevní lamely. Z celkové výměry všech podzemních stěn 5688 m² představoval objekt čerpací stanice cca 50%. Pro

pažení rýhy jsme využili suspenzi vyrobenou z bentonitu od bosenského dodavatele Bentoproduct Ltd. Otázku jímání pažic kapaliny vyřešily dvě utěsněné zemní nádrže s kapacitou dvakrát 200 m³. Hospodaření s bentonitovou suspenzí bylo rozděleno na suspenzi pro těžbu a pro betonáž. Rýha o tloušťce 1000 mm byla hloubena pomocí lanového drápku Stein

K810 s šířkou 2,8 m na nosiči Liebherr LBH 845. Po demontáži drápku byly pomocí stejného nosiče osazovány do rýhy armokoše, ocelové pažnice a kolony sypákových rour pro betonáž. Armokoše do hlubokých lamel byly vyráběny na montážní plošině v místě stavby ve dvou kusech, které se následně ve svislé poloze nad rýhou spojily přesahem pomocí montážních svarů. Manipulaci při zvedání armokoše do svislé polohy zajišťovaly dva vrátky. V armokoších byly osazeny kotevní průchodky a svislé ocelové trubky jako průchodky lamelou pro provedení injektáže pod patou podzemní stěny.

Realizace objektu čerpací stanice a nátokových a výtokových křídel

Práce na podzemních stěnách pro čerpací stanici, kde se nacházelo celkem 18 lamel o celkové ploše 2869 m², jsme zahájili na konci července 2014. V té době byla HPV v kontrolním piezometrickém vrtu na úrovni 82,20 m n. m. – 1,80 m od koruny vodicích zídek. Betonáž lamely se podařila bez komplikací s výslednou nadspotřebou betonu 3,6%. Hned v průběhu první betonáže nás navečer zastihl prudký déšť, chorvatsky „kiša“, slovo, které jsme se všichni rychle naučili používat. V létě roku 2014 přišlo často, tento rok byl v Chorvatsku významně srážkově nadprůměrný oproti třem rokům předcházejícím. První srpnový týden se situace ještě zhoršila a došlo k výraznému nastoupení HPV nad kótu 82,50. V průběhu betonáže třetí lamely K6 dne 6. 8. 2014 dosáhla HPV kóty 83,50. Výsledkem byla nadspotřeba betonu 40,7% a porucha v lamelě, kterou jsme objevili až později při odkopání líce stěny. Práce jsme přerušili na 10 dnů, v polovině srpna jsme se vrátili a v průběhu 18 dnů jsme s velkým štěstím dokončili všech 18 lamel pro čerpací stanici, přestože HPV byla méně než 1,5 m pod horní hranou vodicích zídek – v rozporu se smluvním ujednáním. Na grafu s průběhem hladiny podzemní vody je vidět, že po uzavření celého



Schematický řez „L“ vodicími zídkami



Výroba vodicích zídek



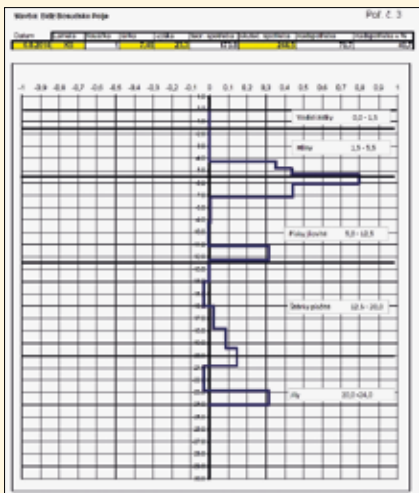
Zvedání armokoše do svislé polohy



Spojování 2 kusů armokošů nad rýhou



Příprava výztuže pro nadbetonování vodicích zídek, patrná je vysoká hladina podzemní vody ve stávajících zídkách



Konzumční křivka spotřeby betonu vykreslující teoretický líc podzemní stěny dle průběhu betonáže



Graf hladiny podzemní vody

85,50. Nadbetonování vodicích zídek bylo provedeno dle dodatku PD a změnového listu o 1,2 m z 84,00 na 85,20. V polovině dubna 2015 jsme díky vyšším vodicím zídčům navázali na jihozápadním křídle a s ustálenou HPV pod 83,70 jsme zbývající podzemní stěny dokončili koncem května 2015.

V prosinci 2014 byly zahájeny zemní práce výkopu stavební jámy pro čerpací stanici na pracovní úroveň pro vrtání kotev 1. KÚ. Obnažení líce lamely K6 betonované v době přicházející povodně potvrdilo naše obavy. Z konzumční křivky spotřeby betonu jsme tušili, že nás čekají velké nálitky betonu hlavně v úrovni tekutých písků v cca 5,0 m – zde nálitky přesahovaly líc stěny až o 80 cm. Bohužel navíc v oblasti kotevních průchodů došlo při betonáži k vysypání zeminy ze stěny rýhy do armokoše a vznikla tak imperfekce ve stěně s průsakem vody do stavební jámy. Místo s poruchou jsme lokálně zasanovali a lamelu K6 jsme posoudili jako rizikovou s velkou pravděpodobností výskytu dalších imperfekcí. Systémová sanace celé lamely poté spočívala v provedení těsnicí clony ze sloupů tryskové injektáže za rubem v celé šířce lamely do hloubky 2,5 m pod úroveň základové spáry výkopu jámy.

Závěrem mohu konstatovat, že otázka vzájemné úrovně hladiny pažící suspenze vůči HPV je velmi důležitá pro zdárné provedení podzemních stěn. V praxi jsme si to na této stavbě několikrát ověřili. Při návrhu výškové úrovně horní hrany vodicích zídek nad HPV by měla být vždy zohledněna rizika spojená s možným zvýšením HPV v průběhu výstavby. To je však dnes v době nestabilních klimatických podmínek dosti složitá úloha.

Ing. Jan Šperger, Zakládání staveb a. s.

Foundation of a pumping station using diaphragm walls in high level underground water environments

Technological solution for the foundation of a pumping station was designed using the technology of 1000 mm thick structural diaphragm walls anchored with temporary and permanent stranded anchors at four levels. The pumping station connection to the amelioration channel supplying water from the Sava River was designed in a form of two wings also carried out from diaphragm walls for both inlet and discharge spots. Stability of the wings is secured by rope pull rods drawn across a reinforced concrete head beam and anchored into standalone anchoring curtains positioned behind the wing reverses.

KOTVENÍ KONSTRUKČNÍCH PODZEMNÍCH STĚN ČERPACÍ STANICE V OBTÍŽNÉ GEOLOGII SILNĚ ZVODNĚLÝCH PÍSKŮ

Stabilita konstrukčních podzemních stěn byla při výkopových pracích zajištěna kombinací dočasných a trvalých pramencových kotev ve čtyřech kotevních úrovních. Zakládání staveb, a. s., zde bylo dodavatelem jedné poloviny kotevních prací, které probíhaly v období od konce roku 2014 do poloviny roku 2015. Již od počátku bylo zřejmé, že z provozního a technologického hlediska se vzhledem k místní geologii a silně zvodnělému prostředí nebude jednat o jednoduchou záležitost.

Jak již bylo uvedeno v předchozím článku, stavební jáma se nacházela v těsné blízkosti řeky Sávy v údolní nivě. Skladba geologických vrstev byla následující: od povrchu do -5,0 m se nacházely povodňové hlíny, následovala 1,5 m silná vrstva silně zvodnělých tekutých písků, od -6,5 m do hloubky -13,5 m se nepravidelně střídaly vrstvy jílovitých písků a povodňových hlín a od -13,5 m se vyskytovala mohutná vrstva silně zvodnělých štěrků. Hladina podzemní vody jednoznačně komunikovala s hladinou vody v řece Sávě a při realizaci kotev byla přibližně v úrovni -1,0 m pod korunou podzemních stěn. To znamená, že všechny čtyři kotevní úrovně byly provedeny pod hladinou podzemní vody. Tato skutečnost, jak se následně ukázalo při realizaci kotev, byla v kombinaci s výše uvedenou geologickou skladbou opravdu „technologicko-realizačním oříškem“. Neobvyklé konstrukční uspořádání pažení stavební jámy, navíc ve výše popsaných hydrogeologických podmínkách, se ukázalo jako velká výzva.

V rámci přípravy na její zvládnutí byla pracovníky společnosti Zakládání staveb, a. s., řešena technika a technologie vrtání. Stanovilo se vše – od volby potřebných průměrů vrtných tyčí a výpažnic přes odpovídající vrtné korunky až po těsnění pro fázi vrtání a fázi uzavření vrtu po osazení horninové kotvy. Nicméně i přes důslednou přípravu celý realizační tým průběh prací zpočátku nepříjemně zaskočil. První náznaky, že chování prostředí je poněkud nestandardní, se objevily již na první kotevní úrovni.

První kotevní úroveň – úprava technologie vrtání, reinjektáž kořenů

Kotvy v první kotevní úrovni měly ústí vrtů jen velmi nízko pod hladinou podzemní vody, proto zde na ústí vrtu nebyl cíleně použit „vrtný preventr“ a kotvy byly zpočátku prováděny klasickým duplexovým způsobem. Vrtalo se vrtnou soupravou Klemm KR 806D s použitím vrtného výplachu. Kotvy v této kotevní úrovni byly navrženy jako trvalé, měly délku 32 m a úhel od vodorovné jen 6°. Právě jejich malý sklon, jak se následně projevilo, představoval značný problém. Hloubení vrtu do hloubky 24 m ve vrstvě povodňových hlín se jevílo jako bezproblémové.



Stavební jáma čerpací stanice, kotvení 3. úrovně pramencovými kotvami

Pod touto vrstvou však byla zastižena geologická vrstva silně zvodnělých tekutých písků a pažnice se při rozpojení/nastavování vrtné kolony okamžitě začaly plnit jemným pískem, který musel být z výpažnic vyplavován vodním výplachem, a vrtání se náhle stalo velmi obtížné a zdlouhavé. Po dohloubení vrtu na jeho počvu (32 m) a opětovném několikatém pročištění pažnic od jemného písku byl vrt vyplněn cementovou zálivkou, byla vytěžena kolona tyčí ze zapaženého vrtu a neprodleně byl proveden pokus osadit kotvu. Povedlo se osadit jen 25 m, to znamenalo, že spodní část pažnic v délce cca 7 m byla zavalena pískem. Kotva se z vrtu znovu vytáhla a vrt se opětovně pomocí tyčí a vodního výplachu pročistil. Poté se již kotvu podařilo osadit. Při následném vytěžování pažnic z vrtu v kombinaci s injektáží přes jejich vnitřní prostor pomocí injektčního adaptéru docházelo bohužel opakovaně k tomu, že kotva se plynule s pažnicemi pohybovala. Následné pokusy kotvu opět zapustit na počvu vrtu byly naprosto marné. Kotva byla proto z pažnic vytažena pomocí stavebního bagru a následně byla z vrtu vytěžena i pažnicová kolona. Vrt byl utěsněn tlakovou ucpávkou – zaslepeným „endpakrem“ – a z bilance množství vrtné měli, která byla z vrtu vynesena, bylo jednoznačně zřejmé, že došlo k výraznému rozvolnění zemního prostředí pravděpodobně v celé délce neosazeného vrtu. Proto byla do vrtu přes „endpakr“ osazena injektční trubka a vrt byl sanován pomocí nízkotlaké injektáže cementovou injektční směsí. Vedení stavby Zakládání staveb, a. s., po dalším

neúspěšném pokusu kotevní práce dočasně pozastavilo a požádalo o pomoc výrobní a technický úsek společnosti Zakládání staveb, a. s. Po vyhodnocení dosavadního průběhu kotevních prací bylo rozhodnuto pokusit se duplexový způsob vrtání doplnit o způsob vrtání na tzv. ztracenou vrtnou korunku s modifikovanou technikou vrtání. Principem této úpravy bylo vrtání se zasunutým vnitřním vrtným nástrojem (o cca 1,0 m) a s otočením vodního výplachu směrem do pažnic. To znamenalo nezvodňovat zbytečně předpolí vrtu (výplach měl výstupní tlak cca 2 až 3 MPa) a ústí výpažnic tak utěsnit během vrtání jakýmsi „zeminným špuntem“. Otočený výplach měl během vrtání zajišťovat bezproblémově čisté pažnice, „zeminný špunt“ v úvodní pažnici měl zabránit vnikání jemného písku do pažnic a po dohloubení vrtu na jeho počvu měl být vyražen nastavenou vnitřní kolonou (již pod cementovou zálivkou). Vnitřní tyčová korunka byla upravena do tvaru spirálu (to mělo usnadnit dočištění vnitřku pažnic při otočeném směru výplachu), výplach byl otočen pod tímto spirálem pomocí tří zpětných trysek a úvodní tyč byla opatřena centrátozem pro vstředění vrtné kolony. Kombinace těchto úprav s časovou minimalizací všech procesů během vrtání, osazování a odpažování vrtů pak již následně vedla k celkem bezproblémovému dokončení kotvicích prací na této kotevní úrovni. Jediný problém, který přetrvával, bylo opětovné povytahování kotvy z vrtu při jeho odpažování. Kotva musela být několikrát z pažnic i vytažena a pažnice pročištěny.



Vnitřní tyčová korunka v kombinaci se spirálem používaná při klasickém duplexovém způsobu vrtání na první kotevní úrovni



Chorvatská společnost Grasa při realizaci kotev



Kotva s nasazeným jutovým vakem v kořenové části

Současně s námi zahájila na své části přiděleného úseku kotevní práce na první kotevní úrovni i chorvatská společnost Grasa. Ta vrty pro kotvy realizovala technologií pažnicového rotačně příklepového vrtání se „ztracenou“ vrtnou korunkou, která byla nasazena na úvodní pažnici (tedy oproti námi uvažovanému způsobu bez vnitřních vrtných tyčí) na vodní výplach. Při zahájení prací měla obdobné problémy, pažnice se při nastavování plnily pískem a po osazení kotvy do zapaženého vrtu a vyražení „ztracené“ korunky se kotva při odpažování vrtu pohybovala s pažnicemi. Tomuto negativnímu jevu následně zabránili tak, že výrazně zmenšili výplachové otvory ve „ztracené“ vrtné korunce. S touto úpravou kotevní práce na první kotevní úrovni dokončili i oni celkem bezproblémově. Obě společnosti následovně provedly vysokotlakou injektáž kořenů kotev pomocí

tele stavby místní geotechnická společnost BBR Adria, d. o. o., která byla zároveň výrobcem všech pramencových kotev dodaných na tuto stavbu. Napínání kotev na první kotevní úrovni však dopadlo pro oba zhotovitele kotev katastrofálně. Celkem u 11 kotev nebylo dosaženo požadované únosnosti! Na nevyhovujících kotvách tak bylo nutno provést reinjektáž jejich kořenů v několika fázích.

Kotva č. 1/36

Následně opakované napínací práce dopadly již bezproblémově s výjimkou **kotvy č. 1/36**. U této kotvy byla dosažena únosnost po reinjektáži dokonce ještě nižší než při prvním napnutí! Tato kotva č. 1/36 byla první provedenou kotvou, byla několikrát převrtávána a pravděpodobně došlo v její kořenové části

vlivem vrtných prací k výraznému rozvolnění, které se nepodařilo sanovat ani vysokotlakou injektáží v několika fázích. Proto byla kotva z vrtu vytažena a nahrazena novou. Aby se při odpažování vrtu zamezilo případnému odplavení zálivky v kořenové části kotvy, byly na stavbu dovezeny „jutové“ kořenové vaky. Ty byly na kořeny kotev nasazeny a zafixovány před jejím osazením do vrtu.

Vrt pro kotvu byl hlouben již prověřeným způsobem a kotva byla celkem bezproblémově osazena. Při odpažování vrtu se však kotva opět pohybovala s těžkými pažnicemi a žádným způsobem se jí nedařilo do částečně odpaženého vrtu zpět zasunout. Kotvu bylo proto nutné následně při odpažování vrtu postupně rozřezat. Ukázalo se, že v kořenové části kotvy se v pažnicích kolem jutového vaku cca 2,0 m od počvy vytvořila cemento-pískovitá tuhá hmota. Druhý pokus s vakem dopadl naprosto stejně. Vak na kořenové části kotvy zřejmě působil jako drén, odvodnil zateklý písek z počvy vrtu i cementovou zálivku, ty velice rychle změnily skupenství na tuhou hmotu, která přidržovala kotvu v pažnici. Další pokus o úspěšné odpažení po osazení kotvy 1/36 proběhl za pomoci společnosti Grasa; kotva byla následně s největší pečlivostí zainjektována.

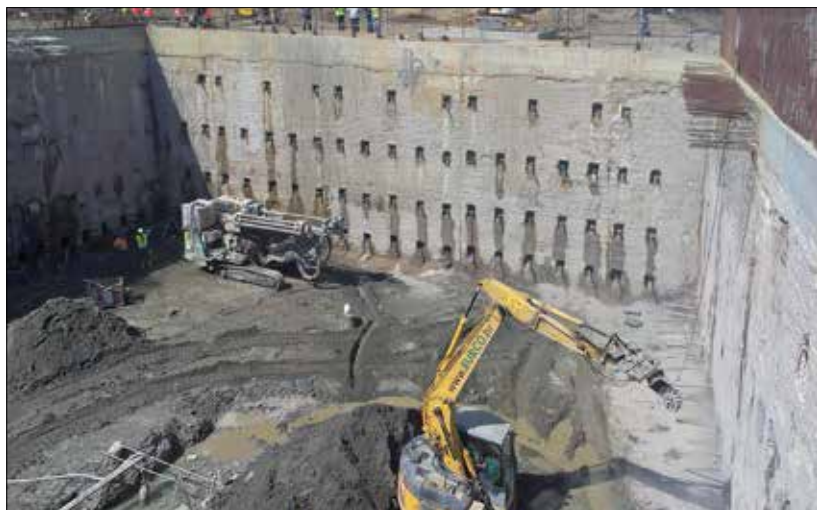
Postup prací byl v této fázi velmi intenzivní, zemní práce na druhou kotevní úroveň byly téměř dokončeny, jen kolem problémové kotvy č. 1/36 byl ponechán přítěžovací zemní klín.



Vrtný pružinový preventr použitý při zahájení vrtání na druhé kotevní úrovni



Upravený původní pružinový preventr, který byl již plně funkční. Návrtný bod je cca 6 m pod hladinou podzemní vody.



Stavební jáma čerpací stanice při úpravě povrchu dokončených stěna a přípravě základové spáry



Instalace vnitřního vybavení stanice, říjen 2015

Další kotevní úrovně – přechod na jiný systém vrtání

Dalším krokem ke zvládnutí všech postupně se objevujících problémů bylo nasazení systému duplexového vrtání se „ztracenou“ vrtnou korunkou s použitím vrtných preventrů, protože na druhé kotevní úrovni byly kotvy dlouhé 29,5 m, sklon kotev byl střídavě 6 a 10° a návrtný bod byl aktuálně cca 5,0 m pod hladinou podzemní vody. S tímto systémem bylo zahájeno hloubení vrtnů pro kotvu č.

2/20. Po odvrtání cca 4,5 m vrtnu, i přes osazený vrtný preventr, vyteklo kolem gumového těsnění preventru cca 3 až 4 m³ písku. Použitý vrtný preventr se tedy vlivem pohybu vrtné lafety během vrtání ukázal jako nedostatečně stabilizovaný. Vrt byl uzavřen zaslepeným „endpakrem“.

Nicméně v krátké době se na povrchu v místě vrtnu za rubem podzemní stěny objevil propad o velikosti cca 3x3x0,5 m. Tento propad a rozvolněný prostor bylo nutné bezodkladně přes „endpaker“ osazenou injekční trubku vyplnit cementovou injekční směsí. Při ukončení injektáže směs plynule vytékala v místě propadu na povrchu.

Třetí pokus o napnutí náhradní kotvy č. 1/36 na první kotevní úrovni bohužel dopadl ze všech nejhůře, kotva měla téměř nulovou únosnost. Kotva začala být kritickým bodem výstavby a především časového harmonogramu. Do druhého dne muselo být nalezeno nějaké řešení, jak tuto kotvu opravit. K řešení se dospělo detailní analýzou všech kroků, které se v předemném místě odehrály. Výsledný názor na příčiny nestandardního chování kotvy byl shrnut – několikánásobným převrtáváním v trase této kotvy a v jejím okolí došlo k takovému rozvolnění zeminy, že ani vysokotlaká injektáž nedokázala zajistit únosnost kořene. Logickou snahou tedy bylo kořen kotvy umístit do prostředí doposud vrtáním neporušeného. Konkrétně kotvu prodloužit z původních 32 m na úctyhodných 40 m s ponecháním

původního návržného bodu a sklonu. Investor s navrženým řešením souhlasil a podmínil pokračování kotvicích prací na druhé kotevní úrovni napnutou kotvou č. 1/36.

Vrtání přes výše popsané rozvolněné prostředí systémem Duplex se díky ztrátám uzavíracích korunek (výraz ztracená korunka by na tomto místě mohl působit poněkud ironicky...) ukázalo jako nejisté až nereálné. Proto byl zvolen systém vrtání na ztracenou pažnicovou botku, zavrtávanou rotačně-přiklepově na vodní výplach. Tedy technologie vrtání, kterou na stavbě s lepšími výsledky používal souběžně pracující zhotovitel.

Optimální a nejrychlejší cestou pro zvládnutí již tak napjatého harmonogramu prací bylo využití kapacit místní společnosti, která potřebnou vrtnou techniku disponovala. Společnost Geotechnika Konsolidacija d. o. o. tak s vrtnou soupravou Hütte 505 D zahájila vrtání na pozici kotvy č. 1/36.

Vrtání a následné osazení 40 m kotvou proběhlo bez problémů. Již při druhé fázi vysokotlaké injektáže nedocházelo k protřžení zálivky kotvy a následný čtvrtý pokus o napnutí byl konečně úspěšný.

Práce na druhé kotevní úrovni tak mohly pokračovat, jen zbývalo dorešit funkční vrtný preventr. Pružinový preventr byl na stavbě navržen nově a upraven na preventr pevný s přítlakem pomocí tří stavěcích šroubů a vnitřního přítlačného prstence. Po jeho odzkoušení byl výsledek až překvapivě dobrý. Vrt byl při hloubení naprosto suchý.

S tímto upraveným vrtným preventrem, endpakerem, dorešeným způsobem vysokotlaké injektáže a využitím technologie rotačně-přiklepového vrtání pažnicemi se ztracenou botkou a s využitím kapacit subdodavatele bylo pak možné dokončit kotvicí práce na druhé, třetí a čtvrté kotevní úrovni. (Práce provázely jen malé nepříjemnosti, např. musely být speciálně upravovány „ztracené“ pažnicové korunky apod.)

Závěr

V téměř detektivním příspěvku si autoři přáli na malém (nikoli svým významem) příkladě ukázat, jak je obor geotechniky nejen zajímavý, rozmanitý, ale i komplexní a vyžadující ucelená řešení. Potřeba respektu k lokálním geotechnickým podmínkám, místně osvědčeným řešením a vnímání potřeb každého jednoho projektu samostatně se zde projevila v plné síle. Nároky na realizační tým byly v tomto případě opravdu značné. Zejména schopnost reagovat na nové skutečnosti a hledat odpovídající opatření patřily na představeném projektu ke klíčovými dovednostem. Také díky nim se podařilo přes všechny nesnáze kompletně dokončené dílo předat investorovi v požadované kvalitě.

Výměry prací

Celkový počet kotev: 166 ks

Celková délka kotev: 4238 m

Investor: Hrvatske Vode d. d.

Generální dodavatel: Eurco d. d. Vinkovci

Ing. Martin Čejka, Ing. Jiří Mühl

Foto u celého tématu ČS: autoři

Anchoring structural diaphragm walls of a pumping station in a geologically complex area of highly saturated sands

The stability of structural diaphragm walls in course of excavation works was secured by a combination of temporary and permanent stranded anchors at four anchoring levels. The Zakládání staveb Co., provided up to half of all anchoring works carried out between the end of the year 2014 and a half 2015. It was clear from the outset that due to local geological conditions and highly saturated environment the whole procedure would become rather complicated.