

# PROTIPOVODŇOVÁ OPATŘENÍ VE STANICI METRA FLORENC - STAVEBNĚ-TECHNICKÝ PRŮZKUM A ODLEHČOVACÍ PRVKY THE FLOOD PROTECTION OF METRO STATION FLORENC - INVESTIGATION OF STRUCTURES AND EMERGENCE SPILLWAY ELEMENTS

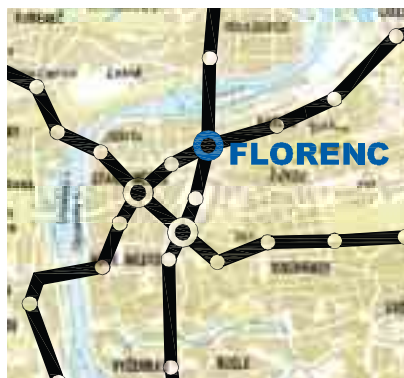
MARTIN JAKOUBEK, MILAN  
HRABÁNEK, JIŘÍ KOLÍSKO

Článek popisuje současnou i výhledovou povodňovou ochranu stanice metra Florenc. Informuje o originálním způsobu zajištění základové desky proti vztlačovým silám pomocí odlehčovacích prvků. Dále uvádí některé výsledky rozsáhlého stavebně-technického průzkumu konstrukcí stanice metra Florenc C.

*This paper describes suggested flood protection of Metro station Florenc and planned flood protection in the future. Further deals with a unique way how to prevent the foundation plate against upward hydrostatic pressure by means of special emergence spillway elements. Some results of full-scale structure investigation are also presented.*

## KONCEPCE NOVÉ POVODŇOVÉ OCHRANY PRAŽSKÉHO METRA

Po katastrofální povodni v srpnu 2002 bylo rozhodnuto zcela nově navrhnout a vybudovat povodňovou ochranu pražského metra. Ohrožené konstrukce v záplavové zóně jsou dle rozhodnutí orgánů města chráněny do jednotné návrhové úrovně, odpovídající výšce zaplavení v roce 2002 v daném profilu jednotlivých stanic s bezpečnostní rezervou 0,6 m, tj.  $Q_{n-2002+0,6m}$ . Tato nově stanovená hranice překračuje původně uvažovanou úroveň stoleté vody v okolí některých stanic o více než 2 m. Jak je prezentováno na případu stanice Florenc C, není jednoduché tomuto kritériu vyhovět.



Dle zadání je ochrana metra řešena nezávisle na systému povodňové ochrany města Prahy a chrání metro i v okamžiku přelítí vody přes ochranné hráze (hradítka) podél Vltavy. Proti povrchovému zaplavení vstupů do metra jsou na úrovni terénu postaveny pevné stěny a připravena místa pro montáž nových linií hrází z mobilních hradítek. Při zahrazení povodňové vlny v okolí stanic metra lze předpokládat, že dojde ke zvýšení hydrostatického tlaku zejména na plášť mělce založených hloubených konstrukcí. Ražené úseky metra zřejmě nebudou změnou hydrogeologických (HG) poměrů výrazně ovlivněny. Jednotlivé dilatační díly z povrchu hloubených konstrukcí jsou s ohledem na místní hydrogeologické poměry ohroženy vyplaváním způsobeným vztlačovými silami, případně prolomením vlivem hydrostatického tlaku vody. Konstrukce vestibulů a stanic byly zajištěny jak trvalými konvenčními, tak i doplňkovými stavebními opatřeními, která umožňují snížení hydrostatických účinků působících na konstrukce při povodňové situaci. Použité metody zajištění konstrukcí metra ohrožených povodní a technický popis koncepce nové povodňové ochrany metra jsou uvedeny v [1]. Podkladem pro nový návrh povodňové ochrany byl detailní rozbor průběhu a účinků povodně v roce 2002, stavebně-technické průzkumy konstrukcí, HG průzkumy okolního prostředí, dokumentace skutečného provedení a další šetření.

Určité vyjimečné postavení při řešení povodňové ochrany má jedna z nejstarších stanic pražského metra – stanice Florenc C. V následujícím textu je popsán originální způsob ochrany této stanice.

## KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ PŘESTUPNÍ STANICE FLORENC C

Přestupní stanice je tvořena stanicí Florenc C (dokončená v roce 1974) a sta-

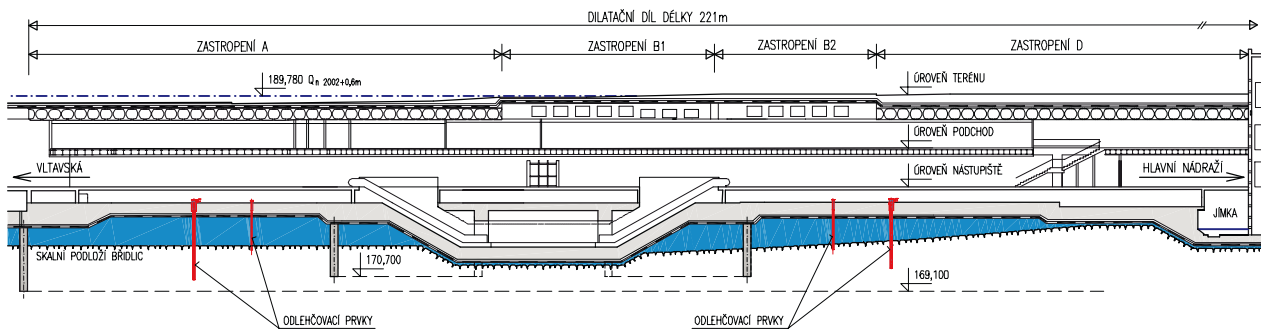
nicí Florenc B (dokončená v roce 1985). Povodní jsou ohroženy zejména konstrukční díly stanice Florenc C a hloubené vestibul stanice Florenc B. Uváděné údaje vyplývají ze stavebně-technického průzkumu porovnávaného s dílčími údaji neúplně původní dokumentace.

Stanici Florenc C tvoří hloubený podzemní objekt pažený podzemními stěnami a stavěný shora dolů (obr. 2 až 4). Stanice byla hloubena z povrchu. Nejprve byl půdorys stanice obestavěn obvodovými podzemními stěnami tloušťky 0,8 m, které zasahují až do nepropustného skalního podloží. Před započítím výkopových prací byla provedena horní stropní konstrukce dnešního podchodu a vestibulu, kromě oblasti těžebních otvorů. Nosná stropní konstrukce stanice je tvořena čtyřmi typy stropů, značených v původní dokumentaci A, B, C a D.

Stropy současného podchodu a vestibulu jsou přímo pod pojižděnými komunikacemi a tvoří mostní objekt (stropy A, B1, B2 – obr. 3), který byl předmětem podrobnější diagnostiky. Stropy C a D jsou z prefabrikovaných I nosníků; strop A je tvořen třiceti sedmi předpjatými prefabrikovanými mostními I nosníky (obdobu typu I 73), výška nosníku 1 250 mm, šířka 1 155 mm a mezera na závluku cca 220 mm. Předpjaté I nosníky jsou uloženy na ocelových neposuvných tangenciálních ložiscích, které spočívají na úložných železobetonových prazích uložených na podzemních stěnách. Strop B je tvořen monolitickou předpjatou deskou o rozměrech cca 40 x 20,45, resp. 23,45 m a tloušťce 1 650 mm, která je rozdělena šikmou pracovní spárou šířky 700 mm na dvě části označované B1 a B2 (část B1 sousedí se stropem A). Deska stropu B je vylehčena neprůběžnými dutinami o rozměrech cca 1 100 x 1 200 mm. Spodní vyztužená deska stropu B má tloušťku 250 mm a horní deska 200 mm. Strop B je na jedné straně uložen na válcových ložiscích, která spočívají na úložných prazích, podporovaných podzemními stěnami. Na opačné straně je kloubově uložena na betonový vrubový kloub.

Obr. 1 Situace pražského metra s vyznačením přestupní stanice Florenc

Fig. 1 Prague Metro lines situation incl. location of Florenc station



Obr. 3 Stanice metra Florenc C – podélný řez osou stanice

Fig. 3 Metro station Florenc C – longitudinal section drawing

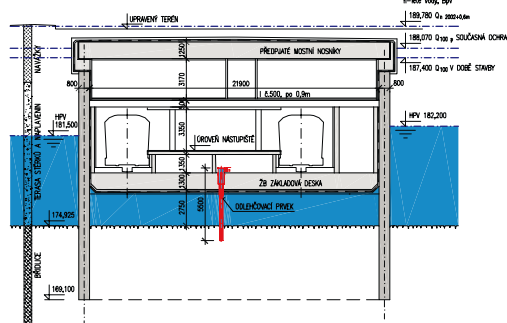
Při hloubení stanice byl k rozepření podzemních stěn využit ocelový mezistrop z válcovaných profilů I 500 (úroveň podlahy podchodu), které byly přivařeny k ocelovým deskám, jež jsou součástí podzemních stěn. Po dosažení úrovně základové spáry (cca 12 m pod terémem) byly provedeny podkladní betonové mazaniny a pokládka živичných izolačních pásů na dno i stěny takto vytvořené vany.

Základová deska stanice je uložena v propustné údolní terase štěrku a naplavenin o mocnosti 2 až 3,5 m. Dle původní dokumentace základovou desku stanice Florenc C, která rovněž rozpírá podzemní stěny, tvoří jeden dilatační díl šířky cca 21,8 m a délky 221 m (obr. 3). Deska byla betonována šachovnicově v rastru cca 10 x 10 m s pracovními záběry po deseti dnech, pro zamezení smršťovacích účinků. Během stavby byla nepřetržitě čerpána voda zpod základové desky. Po dokončení základové desky byly provedeny vnitřní vestavěné betonové stěny, přiléhající na izolaci podzemních stěn a poté bylo čerpání vody ukončeno uzavřením a zainjektováním studní.

Vestavěné stěny (tj. ochrana izolací) pod úrovní ocelového mezistropu ve spodní části stanice mají proměnnou tloušťku mezi 275 až 380 mm, jsou nosné a tvoří podpory základové desky proti jejímu případnému posunu vzhůru při působení hydrostatického tlaku podzemní vody. Konstruktivní celek, složený z vodorovných i svislých konstrukcí, působí proti vztlakovým silám svojí vlastní hmotností. V horní části stanice nad ocelovým mezistropem jsou vestavěné stěny nenosné (tloušťka stěn je zde 165 až 285 mm) a pouze svírají a chrání hydroizolační souvrství.

#### SOUČASNÁ POVODŇOVÁ OCHRANA PŘESTUPNÍ STANICE FLORENC

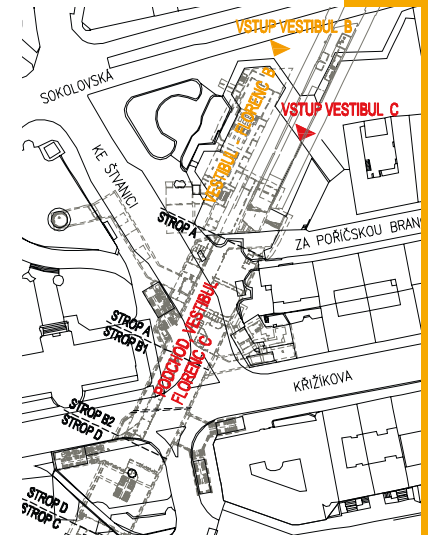
Stavební provedení stanice Florenc C neumožňuje povrchové zahrazení povodňové vlny, odpovídající účinkům návrhové povodňové vlny  $Q_{n,2002+0,6m}$



Obr. 2 Stanice metra Florenc C – příčný řez nástupištěm – zajištění základové desky odlehčovacími prvky

Fig. 2 Metro station Florenc C – platform cross-section drawing – the base plate with emergence spillway elements

(189,78 m n. m. Bpv). Původní řešení uvažovalo s hladinou stoleté vody  $Q_{100}$  (187,40 m n. m. Bpv) na úrovni o 2,38 m nižší. Při statickém posouzení bylo uvažováno s postupným zatížením konstrukcí metra až do výše  $Q_{n,2002+0,6m}$  aniž by bylo připuštěno zaplavení vnitřních prostor. Výsledkem tohoto posouzení je skutečnost, že navýšování hradítek nad úroveň  $Q_{100p}$  (188,07 m n. m. Bpv), tj. 1,71 m pod  $Q_{n,2002+0,6m}$  by zřejmě vedlo k destrukci a porušení stability některých konstrukcí stanice Florenc. Proto bude v krátkodobém výhledu při potenciální povodni, která překročí tuto výšku, řízeně zaplaven vnitřní prostor stanice, a to přepadem povodňové vlny přes hradítka. Dojde tak k vyrovnání tlaků na konstrukce a zabrání se tím poškození stanice. Je prokázáno, že škody způsobené vynuceným organizovaným zaplavením by byly řádově nižší a podstatně rychleji odstranitelné, než škody způsobené případnou destrukcí nosných konstrukcí. Proti šíření povodňové vlny tunely metra jsou do povodňové



Obr. 4 Půdorys přestupní stanice Florenc  
Fig. 4 Metro transit station Florenc C – ground plan drawing

ochrany zapojeny vybrané tlakové uzávěry a další bariéry ochranného systému.

#### VÝHLEDOVÁ POVODŇOVÁ OCHRANA PŘESTUPNÍ STANICE FLORENC

Přestože v současné chvíli tomu tak není, ve střednědobém výhledu se uvažuje s ochranou do jednotné výšky návrhové povodňové vlny tj.  $Q_{n,2002+0,6}$ . Je zřejmé, že dosažení tohoto stavu bude vyžadovat rozsáhlé a nákladné stavební úpravy. Prvním důležitým krokem k dosažení požadovaného stavu je projektové řešení. Bohužel u nejstarší stanice v záplavové zóně Florenc C se nedochovala úplná výkresová dokumentace ani původní statický výpočet, a tudíž pro návrh řešení chyběla řada informací. Pro spolehlivý návrh protipovodňových opatření na úroveň  $Q_{n,2002+0,6m}$  bylo nezbytné realizovat řadu doprovodných šetření, mezi něž patřilo:

- stavebně technický průzkum nosných konstrukcí stanice
- zatěžovací zkouška stropních konstrukcí vestibulu stanice

- komplexní HG průzkum okolí stanice pro ověření funkce odlehčovacích prvků

- matematický model proudění podzemní vody při povodňové situaci.

Průzkumné práce měly ověřit funkci odlehčovacích prvků pro snižování hydrostatických účinků na základovou desku během povodňové situace.

Shrnout výsledky uvedených činností v krátkém článku je obtížné. V následujících odstavcích se o to pokusíme.

### Stavebně-technický průzkum

Svým rozsahem byl průzkum konstrukcí stanice ojedinělý. Cílem bylo verifikovat a doplnit nekompletní informace o konstrukcích stanice a vytvořit objektivní podklady pro nové celkové hodnocení vlivu povodní na konstrukce stanice Florenc C a na jejich základě provést protipovodňová opatření. Dle podrobného projektu průzkumu zpracovaného společností Metroprojekt Praha, a. s., byl v druhé polovině roku 2005 proveden komplexní stavebně-technický průzkum stanice metra Florenc C. Průzkum byl mimořádný svým rozsahem i organizační náročností, vyvolanou požadavkem na minimální omezení provozu metra. Práce byly prováděny v nočních přepravních výlukách, případně o víkendech. O rozsahu průzkumu svědčí i to, že bylo nutno pro jeho provedení získat stavební povolení.

Stavebně-technický průzkum byl zaměřen na rozsáhlou škálu parametrů. V souladu s projektem diagnostiky stávajících konstrukcí stanice metra Florenc C byly zjišťovány následující skutečnosti:

- rozměry konstrukčních prvků (základová deska, vestavěné stěny, ocelový mezistrop, stropy nad vestibulem atd.),
- pevnosti betonu v tlaku – použity destruktivní i nedestruktivní metody,
- poloha, průměr a druh výztuže železobetonových i předpjatých konstrukcí,
- tloušťky krycí vrstvy výztuže a korozní stav,
- hloubka karbonatace betonu,
- obsah chloridových iontů v betonu,
- poruchy a korozní stav konstrukcí,
- detail napojení základové desky na podzemní stěny,
- detail napojení ocelového mezistropu na podzemní stěny,
- stav a tloušťka izolačního souvrství a jeho tlakové namáhání podzemní vodou,
- stav ložisek stropních konstrukcí A a B,
- nadloží stropních konstrukcí A a B.

V rámci stavebně-technického průzkumu byly provedeny:

- statické přepočty stropů pro oblast předpokládaného zaplavení vodou a také pro účel statických zatěžovacích zkoušek,
- statické zatěžovací zkoušky stropních konstrukcí A a B,
- kontrolní a zkušební činnost při instalaci tlakových zhlaví odlehčovacích prvků do základové desky,
- sanace provedených sond.

Pro získání uvedených informací byla nasazena široká škála diagnostické a měřicí techniky. Postupy zahrnovaly běžně využívané metody jako vizuální prohlídky, semidestruktivní bourané sondy, nedestruktivní i destruktivní zkoušky pevnosti betonu (tvrdoměr, jádrové vývrty), stanovení polohy výztuže elektromagnetickým indikátorem PROFOMETER 4, chemické analýzy betonu atd. Bylo však nutno využít i metody méně časté, např. rentgenografii, vyšetřování pomocí pulsního geologického radaru, vizuálních prohlídek nepřístupných stropních dutin pomocí endoskopu atd. Některé výsledky stavebně-technického průzkumu jsou uvedeny dále.

### Základová deska

Základová deska byla konstrukcí, u které byl nedostatek informací patrně největší a nejpodstatnější. Nebyla zcela zřejmá její tloušťka po délce stanice, vyztužení ani konstrukční detail styku s podzemními stěnami. Fragments dostupných informací byly rozporuplné. Pro zjištění tloušťky základové desky byly jednak využity vývrty o průměrech 300 a 500 mm skrze základovou desku provedené pro realizaci odlehčovacích prvků (viz dále), dále jádrový vývrt o průměru 70 mm na úroveň hydroizolačního souvrství a sondy pro zjištění napojení základové desky na podzemní stěny. Z provedených šetření vyplynulo:

- tloušťka základové desky je proměnná dle polohy v půdorysu stanice. V různých řezech byly zjištěny tloušťky: 600 až cca 1 400 mm,
- beton desky je hutný, homogenní bez významné makropórovitosti a lze předpokládat jeho vysokou vodotěsnost,
- pevnost betonu zjištěná destruktivně na 156 vzorcích z vývrtů je v průměru vysoká a dosahuje hodnoty  $R_{c,prům} = 48,7$  MPa. Pevnost je však velmi variabilní (variační koeficient  $v = 20,6$  %),
- doporučená třída betonu základové desky pro statické posouzení je B30,
- hlavní horní výztuž základové desky

tvorí zejména 10425V Ø32 s lokálními odchylkami,

- hlavní výztuž při spodním povrchu základové desky tvoří 10425V Ø20,
- tloušťka krycí vrstvy hlavní výztuže základové desky při horním povrchu je poměrně značná a v mnoha případech výrazně přesahuje 100 mm,
- výztuž nevykazuje známky korozního napadení,
- základová deska nevykazuje žádná viditelná staticky významná poškození nebo poruchy jako jsou nadměrné deformace, drcení betonu či výrazné trhliny,
- nebylo zjištěno žádné konstrukční propojení (např. výztuží), kterým by byla základová deska spojena s podzemními stěnami. Z tohoto zjištění lze odvodit, že základová deska podzemní stěny pouze rozpírá.

### Vnitřní vestavěné stěny

U vestavěných stěn nebyly známy tloušťky a způsob jejich vyztužení. Velmi důležitým požadavkem při provádění průzkumu bylo ověření skladby hydroizolací za stěnami a skutečnost, zda v místech pod měřenou úrovní HPV voda prosakuje podzemní stěnou a vyvozuje tlak na vestavěné stěny. Na základě výsledku šetření lze konstatovat:

- tloušťka vnitřních vestavěných stěn je variabilní a pohybuje se od 163 do 855 mm,
- beton vestavěných stěn je hutný, homogenní bez významné makropórovitosti a lze předpokládat jeho vysokou vodotěsnost,
- pevnost betonu zjištěná destruktivně na čtyřiceti pěti vzorcích z vývrtů je v průměru vysoká a dosahuje hodnoty  $R_{c,prům} = 56,8$  MPa a je relativně homogenní (variační koeficient  $v = 10,5$  %). Za třicet pět let provozu došlo k výraznému nárůstu oproti proponované třídě B20 (značka 250),
- doporučená třída betonu vnitřních vestavěných stěn pro statické posouzení je B35,
- hlavní svislou výztuž vnitřních vestavěných stěn v úrovni kolejí tvoří 10425V Ø20, resp. Ø22,
- hlavní svislou výztuž vnitřních vestavěných stěn nad ocelovým mezistropem (úroveň vestibulu) tvoří 10335T Ø8,
- hloubka karbonatace betonu se pohybuje v rozmezí 4 až 52 mm; tloušťka krycí vrstvy výztuže se pohybuje v rozmezí 11 až 105 mm,



- výztuž nevykazuje známky vážnějšího korozního napadení,
- ve vnitřních vestavěných stěnách byly vizuální prohlídkou zjištěny svislé pravidelně se opakující trhliny šířek do cca 1 až 1,5 mm, vyvolané pravděpodobně objemovými změnami betonu a nikoliv statickým namáháním,
- vestavěné stěny nevykazují žádná viditelná staticky významná poškození nebo poruchy jako nadměrné deformace, drčení betonu či výrazné trhliny,
- v případě vnitřních vestavěných stěn bylo na patnácti místech zjišťováno, zda se za izolačním souvrstvím, které je sevřeno mezi vestavěnými a podzemními stěnami, vyskytuje podzemní tlaková voda, a to odhalením izolačního souvrství a jeho následnou perforací. Přestože sondy byly cca 2,5 až 3 m pod úroveň měřené HPV, pouze v pěti případech z patnácti byl zjištěn výskyt podzemní vody za izolačním souvrst-

ka zatéká a dochází k výluhům a korozním projevům.

#### Strop A – předpjaté I nosníky

V případě stropu A bylo zjištěno, že beton prefabrikovaných předpjatých I nosníků je hutný a homogenní. Nedestruktivně ověřovaná pevnost betonu v tlaku byla na vysoké úrovni 62 MPa a tomu odpovídá i malá hloubka karbonatce betonu mezi 2 až 18 mm, v průměru 6,5 mm. Zjištěná pevnost betonu koresponduje s proponovanou značkou 500. Vizuální prohlídkou dutin mezi předpjatými I nosníky (z kopané sondy na povrchu a endoskopickou prohlídkou) bylo zjištěno, že stěny nosníků jsou potaženy zaschlým kalem cca do 1/5 výšky, který do dutin vnikl s vodou během povodně. S největší pravděpodobností byly dutiny při povodni vodou zaplněny zcela, v době prohlídky byly suché.

Beton prohlížených předpjatých I nos-

níků ani beton zálivky mezi nimi nevykazoval žádná viditelná poškození ani trhliny. Nicméně bylo zjištěno, že na několika místech dochází k intenzivním průsakům a zatékání vody do vestibulu. Zde byly zjištěny silné výluhy, které tvoří krápníkové útvary patrné i na lamelách dodatečného podhledu. Dalším kritickým místem průsaků vody je spára mezi stropy A a B1, která byla v minulosti několikrát injektována pryskyřicemi. Je zřejmé, že hydroizolace stropů jsou ve špatném stavu a neplní dostatečně svoji funkci.

Předpínací výztuž nosníku stropu A tvoří deset kabelů (kabel = 20 drátů Ø4,5 mm). Na čele nosníku bylo zjištěno pět sdružených kotev 2 x 20 ØP4,5 (obr. 5). Tangenciální ložiska vykazují známky povrchové koroze vlivem zatékající vody.

Obr. 7 Strop B – válcové ložisko

Fig. 7 Floor B – roller bearing



Obr. 5 Strop A – kotvy předpínací výztuže

Fig. 5 Floor A – anchors of wires for prestressing

vím. V žádném z těchto případů se však nejednalo o vodu tlakovou.

#### Stropní konstrukce

Zastropení stanice je tvořeno několika různými stropními konstrukcemi. Členění bylo vyvoláno provozními příčinami v době výstavby. Předmětem průzkumu byly pouze stropy A a B.

Vedle získaných výsledků je nutno konstatovat, že hydroizolace stropů jsou ve špatném stavu a neplní dostatečně svoji funkci. Do dutin stropů a na úložná ložis-



#### Strop B – monolitická předpjatá deska

I v případě stropu B bylo zjištěno, že beton stropu je hutný a homogenní. Nedestruktivně ověřovaná pevnost betonu v tlaku byla na úrovni 56 MPa. Také zde byla hloubka karbonatce betonu velmi malá, v průměru 3,5 mm a pohybovala se v rozmezí 2 až 10 mm.

Vizuální prohlídkou dutin pomocí endoskopu bylo zjištěno, že ve všech prohlížených dutinách je ztracené dřevěné bednění. Na povrchu dřevěného bednění byly patrné výluhy, stopy po zatečení a průsacích vody; některá místa byla vlhká, na některých byla shledána inkrustace (silnější vrstva vyplavených výluhů z betonu). V jednom případě byl v dutině zjištěn výskyt vody. Všechny náhodně zjištěné ocelové prvky (pravděpodobně dráty při tvorbě bednění a po-

Obr. 6 Strop B – kotvy předpínací výztuže

Fig. 6 Floor B – anchors of wires for prestressing

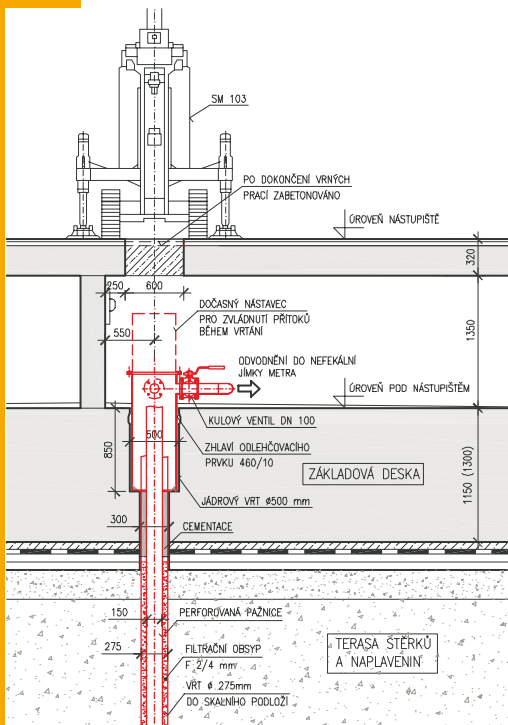


Obr. 8 Provádění HG vrtu skrze hermeticky osazené zhlaví odlehčovacího prvku s odvedením vody do bočního potrubí – pohled z nástupiště

Fig. 8 Drilling through the base plate while the metal head of emergence spillway is hermetically stick down and drained into the side piping – view from the platform

Obr. 9 Stanice metra Florenc C – svislý řez odlehčovacím prvkem

Fig. 9 Metro station Florenc C – emergence spillway – vertical section



mocná výztuž) jsou silně zasažené korozí, což svědčí o zvýšené vlhkosti v dutinách stropní desky. K průsakům a zatékání vody do vestibulu dochází v místě pracovní spáry mezi částmi stropu B1 a B2. Spára již byla v minulosti opakovaně injektována pryskyřicemi; v těchto místech byly zjištěny výluhy, což svědčí o dalších průsacích vody.

Předpínací výztuž spodní části monolitické desky stropu B ve směru kolmo ke kolejím tvoří kabely, z nichž každý obsahuje dvacet čtyři drátů Ø7 mm. Ve směru rovnoběžném s osou ulice Křížkovy tvoří předpínací výztuž kabely procházející žebrem monolitické desky stropu B (tři kabely v žebře, kabel = 20 drátů Ø4,5 mm). Na čele předpjaté monolitické desky byly zjištěny jednoduché kotvy 20 ØP4,5 a 24 ØP7 (obr. 6).

Netěsnou hydroizolaci zatéká na uložení stropní desky. Válcová ložiska vykazovala intenzivní korozi a zanesení a jejich funkce je značně omezena (obr. 7).

#### STATICKÉ ZATĚŽOVACÍ ZKOUŠKY

Účelem statických zatěžovacích zkoušek bylo ověření spolehlivosti nosné stropní konstrukce A a B. Cílem bylo zjistit skutečné hodnoty průhybu od daného zkušebního zatížení pro ověření matematického modelu konstrukce. Podklady pro statickou zatěžovací zkoušku byly vypracovány v souladu s projektem [2], kde bylo jako zkušební zatížení navrženo osm nákladních automobilů Tatra 815, každý o celkové hmotnosti 25 t. Byly provedeny dva zatěžovací stavy stropu A a dva zatěžovací stavy stropu B.

Ze statických přepočtů stropů a výsledků zatěžovacích zkoušek vyplynulo, že kri-

Obr. 10 Tlaková zkouška zhlaví odlehčovacího prvku před dokončením průvrtu základovou deskou

Fig. 10 Pressure test of metal head of emergence spillway before drilling through the base plate

térium maximálního přípustného průhybu dle ČSN 73 6209 je splněno a veškeré průhyby jsou podstatně menší, než požadují [3], [4]. Vzhledem k uvedeným skutečnostem lze považovat nosné stropní konstrukce za vyhovující a staticky spolehlivé a konstatovat, že stropní konstrukce spolehlivě přenesou účinky zatížení při povrchovém zaplavení do úrovně odpovídající  $Q_{n,2002+0,6m^*}$ .

#### HYDROGEOLOGICKÝ PRŮZKUM

##### A KONCEPCE ODLEHČOVACÍCH VRTŮ

V rámci HG průzkumu byly provedeny dva monitorovací vrtu vně stanice Florenc C pro dlouhodobé sledování kolísání HPV a vyhodnocení stratifikace vrstev. Na základě dlouhodobého pozorování lze odvodit, že stanice Florenc C tvoří bariéru počínající proudění podzemní vody v kvartérních terasách a vzduší vody na protivodní straně stanice je trvale cca 0,75 m.

Uvnitř stanice Florenc C byly dále provedeny dva HG vrtu skrze základovou desku až do skalního podloží pro čerpací zkoušky a dva vrtu pozorovací. Vrtu byly odvrtány skrze speciální hermeticky osazená zhlaví do základové desky s výhledem, že po dokončení HG průzkumu budou sloužit jako součást odlehčovacích prvků (obr. 8).

Funkci odlehčovacích prvků lze zjednodušeně popsat takto. Při povodňové situaci dojde k zvýšení hydrostatického tlaku v uzavřeném prostoru pode dnem i v okolí stanice vlivem stoupající HPV při současném zvýšení průsaků skrze obvodové podzemní stěny. Instalované odlehčovací prvky umožní řízeně uvolňovat tlak vody v podzákladí stanice. Po otevření uzávěrů na zhlavích odlehčovacích prvků dojde k přítoku tlakové podzemní vody do vnitřního prostoru stanice a současně tím bude řízeně snížen hydrostatický tlak na staticky ověřenou úroveň. Z provedených měření a na základě modelového výpočtu lze předpokládat přítoky do 5 l s<sup>-1</sup>, které budou při povodňové situaci odvedeny do stávající dostatečně kapacitní nefekální jímky ve stanici, odkud budou přečerpány zpět do rozvodněné Vltavy.

Účinnost zajištění základové desky pomocí odlehčovacích prvků byla ověřena hydrodynamickými čerpacími zkouškami v rámci průzkumných prací, a to při běžném stavu HPV a následně matematickým modelem, který uvažoval s prouděním podzemní vody během povodňové situace. Na základě výsledků modelo-



vého řešení bylo navrženo doplnit ke stávajícím čtyřem zabudovaným odlehčovacím prvkům další dva, aby byla zajištěna rovnoměrná redukce hydrostatického tlaku pod celou plochou základové desky. Filtrační stabilita při proudění podzemní vody z podzákladí stanice do vnitřního prostoru stanice je zajištěna oсыpem a hydraulicky testovanou perforovanou výstrojí vrtů.

#### INSTALACE ODLEHČOVACÍCH PRVKŮ DO ZÁKLADOVÉ DESKY

Dodatečná vestavba odlehčovacích prvků do nosné konstrukce je originálním řešením, které nebylo v naší a pravděpodobně ani v zahraniční stavební praxi doposud realizováno. Projektční návrh se řídil předem stanovenými parametry, které měly odlehčovací prvky splňovat. Jednalo se zejména o proveditelnost provrtání základové desky vystavené trvalému hydrostatickému tlaku a následné zvládnutí přítoků podzemní vody do vnitřního prostoru stanice. Prvky měly dále umožnit vystrojení vrtů pro čerpací zkoušky v rámci HG průzkumu, vodotěsné zabudování do základové desky a splňovat požadavky na dlouhodobou tlakovou odolnost.

Práce komplikovala skutečnost, že jádrové vrty musely být prováděny skrze železobetonovou desku nástupiště, a to v nočních přepravních výlukách. Odlehčovací prvky byly zabudovány do základové desky následujícím postupem (obr. 9):

- jádrový vývrt Ø500 mm do cca 3/4 tloušťky základové desky (cca 850 mm),
- vlepení předem vyrobených zhlaví odlehčovacích prvků z nerezové oceli do základové desky pomocí epoxidového tmelu,
- kontrolní zkouška zatvrdnutí epoxidového tmelu,
- kontrolní zkouška těsnosti zhlaví tlakovou zkouškou (viz dále),
- jádrový vývrt Ø300 mm skrze zbylou část desky a izolační souvrství s odvedením podzemní vody do nefekální jímky,
- definitivní HG vrt Ø275 mm, zasahující do skalního podloží a provedení čerpací zkoušky,
- vystrojení zhlaví, osazení uzavíracích kulových ventilů,
- uzavření odlehčovacích prvků.

Odlehčovací prvky jsou vyrobeny z nerezové oceli a při běžném provozním stavu jsou jejich ventily uzavřeny. Prvky

propojující vnější a vnitřní prostředí, umožňují trvalé sledování tlaku podzemní vody v podzákladí stanice.

#### Kontrola vlepení a těsnosti zhlaví odlehčovacích prvků

Během instalace nerezových zhlaví odlehčovacích prvků byly prováděny kontrolní vytrhávací zkoušky, kterými se ověřovalo zatuhnutí použitého epoxidového tmelu. Poté byly realizovány tlakové zkoušky ověření těsnosti lepeného spoje i jednotlivých komponent zhlaví odlehčovacích prvků (ventily, příruby).

Cílem tlakové zkoušky odlehčovacích prvků bylo ověření těsnosti jejich vlepení do základové desky před tím, než byl proveden další jádrový vývrt skrze základovou desku. Postup zkoušky není normován a pro účel této akce byl navržen a prováděn dle následujících zásad a kroků. Zkušebními médii byla voda, kterou se odlehčovací prvek zcela vyplnil, odvzdušnil a napojil na sestavu pro zavedení tlaku. Zavedený tlak byl 0,3 MPa (3 bar = 30 m vodního sloupce). Doba trvání tlakové zkoušky byla 24 hodin (obr. 10). Všechny čtyři zkoušené odlehčovací prvky vydržely po dobu 24 hodin namáhání tlakem vody 0,3 MPa bez zjevného průsaku v okolí prvku nebo v oblasti lepeného spoje a vyhověly tak stanoveným požadavkům.

#### ZAVĚR

Stavebně-technický i HG průzkum významně doplnil informace potřebné pro dokončení povodňové ochrany stanice Florenc C. Během průzkumu nebyly zjištěny skutečnosti, které by signalizovaly závažné statické poruchy nebo bezprostřední ohrožení statické stability konstrukcí stanice. Nicméně na mnoha místech stanice Florenc C je zjevný průběh korozních procesů vyvolaných vnikáním vody a působením vlhkosti. Zejména s ohledem na poškozené a nefunkční izolace jsou korozní procesy výrazné u stropů nad vestibulem a podchodem, tj. u předpjatých prefabrikovaných I nosníků a monolitické desky.

Zajištění základové desky stanice Florenc C je vyřešeno netradičním a originálním způsobem pomocí odlehčovacích prvků. Odlehčovací prvky zabudované během prováděného průzkumu do základové desky nyní tvoří součást povodňové ochrany metra a v případě povodně zabezpečí řízené snižování

#### Literatura:

- [1] *Jakoubek M.*: Povodňová ochrana pražského metra, projekt a stavební část. In: *Zakládání*, 2005, č. 4, s. 24–27
- [2] *Pekárek V.*: PPO stanice Florenc, Diagnostika stávajících konstrukcí, RDS, Metroprojekt Praha, a. s., 2005
- [3] Projekt zatěžovací mostní zkoušky předpjaté stropní desky v části A, B, Interprojekt Praha, červen 1972
- [4] Podklady pro statickou zatěžovací zkoušku stropních konstrukcí, TOPCON servis, s. r. o., Praha 2005
- [5] *Kolisko J., Hrabánek M., Bouška P., Hrdoušek V., Vokáč M., Záruba J., Šimůnek I., Balík L., Ibehejová M., Štěpánek D.*: Diagnostika stanice metra Florenc C, Části 1–6, 2005

hydrostatického tlaku podzemní vody na základovou desku. Realizace odlehčovacích prvků je netradiční a podle provedených analýz vysoce účinné a ekonomické řešení ochrany stávajících podzemních konstrukcí stanice vůči tlakovým účinkům podzemní vody. Na základě výsledků HG průzkumu a modelových analýz proudění podzemní vody v podzákladí bude nutno ještě odlehčovací prvky optimalizovat a doplnit je do některých částí dna stanice. Uvedené práce v současnosti probíhají.

Definitivní povodňová ochrana přestupní stanice Florenc bude dokončena až stavbou zábran do výšky  $Q_{n2002+0,6mV}$  a to po zabezpečení všech konstrukčních dílů stanice Florenc C a po provedení nástavby na vestibul stanice Florenc B.

*Na odlehčovacích prvcích probíhá měření aktuálního hydrostatického tlaku vyvolaného zvýšením hladiny Vltavy na pětiletou úroveň. (duben 2006, pozn. autorů)*

*Ing. Martin Jakoubek  
METROPROJEKT Praha, a. s.  
Nám. I. P. Pavlova 2, 120 00 Praha 2  
tel.: 296 154 404  
e-mail: jakoubek@metroprojekt.cz  
Ing. Milan Hrabánek, Ph.D.  
tel.: 224 353 554  
e-mail: hraba@klok.cvut.cz  
Ing. Jiří Kolisko, Ph.D.  
tel.: 224 353 537  
e-mail: kolisko@klok.cvut.cz  
oba: Kloknerův ústav ČVUT v Praze  
Šolínova 7, 166 08 Praha 6 – Dejvice*