

PROJEKT BEZBARIÉROVÉHO ZPŘÍSTUPNĚNÍ STANICE METRA JIŘÍHO Z PODĚBRAD

PROJECT OF BARRIER-FREE ACCESS TO JIŘÍHO Z PODĚBRAD METRO STATION

JAN KOREJČÍK, ZDENĚK ŽIŽKA, MICHAL KOLEVSKI

ABSTRAKT

Stanice metra Jiřího z Poděbrad v Praze bude v blízké době další stanicí s dodatečně vybudovaným bezbariérovým přístupem. Ten bude realizován v rámci celkové rekonstrukce stanice uvedené do provozu již v roce 1980 jako součást úseku trasy II.A. Nový přístup do stanice bude zajištěn soustavou hloubených šachet a ražených chodeb, které propojí povrch se stávajícím nástupištěm. Práce na těchto objektech byly zahájeny 1. 9. 2021. Od 14. 1. 2023 je stanice přibližně na 10 měsíců uzavřena pro samotnou rekonstrukci včetně prací na nástupišti, ve vestibulech a výměnu eskalátorů. Vlaky metra po tuto dobu stanicí jen projíždějí. Následně bude provoz pro cestující obnoven, přičemž zprovoznění nového bezbariérového zpřístupnění se očekává v průběhu roku 2024. Článek se zaměřuje na návrh nového bezbariérového přístupu do stanice z hlediska projektanta.

ABSTRACT

The Jiřího z Poděbrad metro station in Prague will soon become another station with a subsequently built barrier-free access. The access will be built as part of the overall reconstruction of the station, which was put into operation in 1980 as part of II.A alignment section. The new access to the station will be provided by a system of excavated shafts and tunnel corridors that will connect the surface with the existing platform. The access construction works began on 1/9/2021. From 1/14/2023 the station is being closed for approximately 10 months for the reconstruction, including the works on the platform, in the vestibules and replacement of escalators. Metro trains pass through the station without stop during this time. Subsequently, the service for passengers will be restored, while the new barrier-free access is expected to be put into operation in the course of 2024. The article focuses on the design of the new barrier-free access to the station from the point of view of the designer.

ÚVOD

Stanice Jiřího z Poděbrad je situována, jak již její název napovídá, pod parkově upravenou plochou stejnojmenného náměstí městské části Praha 3. Leží v hloubce cca 45 m pod terénem, v těsné blízkosti kostela Nejsvětějšího Srdce Páně, národní kulturní památky, která byla v roce 2014 navržena na zápis do seznamu Světového dědictví UNESCO. Samotná stanice je trojlodní, ražená se segmentovým ostěním převážně ze železobetonu. S podpovrchovým vestibulem umístěným v prostoru křižovatky ulic Vinohradská a Slavíkova je nástupiště propojeno eskalátorovým tunelem. V současné době má stanice jediný výstup na povrch, ten však není bezbariérový.

Nové bezbariérové zpřístupnění je navrženo pomocí dvou dvojic výtahů s paralelními únikovými schodišti a mezilehlou podzemní přestupní chodbou. Toto opatření propojí úroveň nástupiště stanice s úrovní terénu. Výtahy vystupují do minimalistického povrchového kiosku umístěného mezi ulici Vinohradská a kostel, únikové schodiště je zakončeno zdvihacím poklopem. Zvolené netradiční řešení výstupního objektu bylo vyvoláno požadavky jiného projektu – celkové revitalizace náměstí Jiřího z Poděbrad. Tento projekt významně ovlivnil návrh bezbariérového zpřístupnění již ve fázi územního řízení.

Celá tvarově složitá stavba se skládá z otevřené pažené stavební jámy pro podpovrchovou část kiosku, ze které pokračuje dolů ražená kruhová šachta Š1 a navazující systém ražených tunelů v úrovni přestupní chodby (UPCH). Z místa křížení přestupních chodeb je dále hloubena dvojice obdélníkových šachet Š2.1 a Š2.2. Závěrečné propojení se střední lodí stanice zajišťuje ražený tunel v úrovni nástupiště (UN) (obr. 1 a 2).

INTRODUCTION

Jiřího z Poděbrad station is situated, as its name suggests, under the park area of the square of the same name in Prague 3 district. It is in a depth of approx. 45m below the ground, in close proximity to the Church of the Sacred Heart, a national cultural monument which was in 2014 proposed for inclusion to the UNESCO World Heritage List. The station is a three-arch structure with segmental lining mainly made of reinforced concrete. The platform is connected with an escalator tunnel to the underground vestibule located at the intersection of Vinohradská and Slavíkova streets. Currently, the station has only one exit to the surface which it is not barrier-free.

The new barrier-free access is designed to use two pairs of elevators with parallel escape staircase and an underground transfer corridor. Those structures will connect the platform level of the station with the ground level. The elevators go up to a small building located between Vinohradská street and the church, the escape staircase ends on the surface with a hatch door. The non-traditional solution of chosen for the access structures was prompted by the requirements of another project – the overall revitalization of Jiřího z Poděbrad square. This project significantly influenced the proposal for barrier-free accessibility already at the stage of land zoning management.

The whole structure, which has a complex shape, consists of an open cut retained construction pit for the sub-surface part of the elevator building, from which the excavated circular shaft Š1 continues down to the adjoining system of excavated tunnels at the level of the transfer corridor (UPCH). A pair of rectangular shafts Š2.1 and Š2.2 is further excavated at the crossing with the transfer corridors. The final connection to the central area of the station



Obr. 1 Situace
Fig. 1 Layout

Zadavatelem stavby bezbariérového zpřístupnění je Dopravní podnik hlavního města Prahy, technický dozor pro investora zajišťuje sdružení společností IDS a.s. a INFRAM a.s. Zhotovitelem stavebních prací je sdružení STRABAG a.s. – AŽD Praha s.r.o. Autorem projektové dokumentace je METROPROJEKT Praha a.s., geotechnický monitoring a pasportizaci dotčených objektů provádí společnost INSET s.r.o.

Ražby jsou prováděny pomocí Nové rakouské tunelovací metody (NRTM). V okamžiku, kdy tento článek vychází, jsou v plném proudu práce na hydroizolacích a sekundárním ostění.

GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Geologické a hydrogeologické poměry stavby byly ověřeny geotechnickým průzkumem pro zpracování projektové dokumentace pro stavební povolení (DSP), v rámci kterého byl realizován jádrový vrt NV1 hloubky 40 m s provedením presiomrických zkoušek. Dále byly odebrány vzorky zemín, hornin a vod k laboratorním zkouškám a rozborům. Byly rovněž využity veškeré dostupné archivní materiály. Na základě uvedených podkladů byla zpracována i zadávací dokumentace.

Skalní podloží tvoří horniny severovýchodní části ordovické barrandienské synklinály. Všeobecně lze geologické poměry ordovického skalního podloží v zájmovém území charakterizovat jako složité, což je dáno tektonickými poměry,

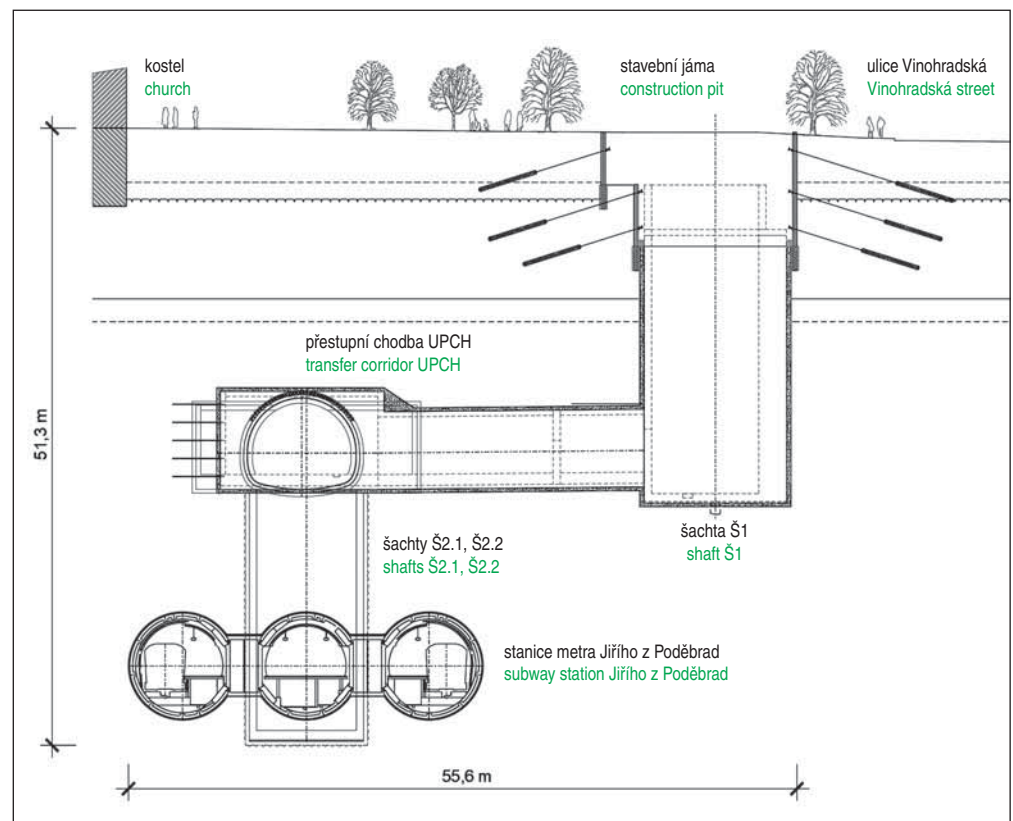
is ensured by a tunnel driven at the platform level (UN) (Figs. 1 and 2).

The owner of the barrier-free accessibility construction is the Prague Public Transit Company, the technical supervision for the investor is provided by the joint venture of companies IDS a.s. and INFRAM a.s. The contractor is the joint venture of STRABAG a.s. – AŽD Praha s.r.o. The designer is METROPROJEKT Praha a.s., the geotechnical monitoring and buildings survey is carried out by INSET s.r.o.

Excavations are carried out using the New Austrian Tunneling Method (NATM). At the time this article is published, waterproofing and secondary lining works are performed.

GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS

The geological and hydrogeological conditions of the underground structures were verified by a geotechnical investigation for the preparation of design documentation for a building permit (DSP), as part of which a 40m deep NV1 core borehole was realized with pressiometric tests. Furthermore, soil, rock and water samples were taken for laboratory tests and analyses. All available archival documents were also used. The tender documentation was prepared on the basis of the mentioned documents.



Obr. 2 Podélný řez
Fig. 2 Longitudinal section

proměnlivou puklinovou zvodní, provrásněním hornin a dále možným narušením horninového masivu při výstavbě metra trasy II A. Zastiženo je souvrství letenské v monotónním vývoji. Převládají zde písčitoprachovité břidlice s písčítými závalky, místy s vrstvami pevných křemenných pískovců a křemenců. Stupeň zvětrání skalního masivu se s narůstající hloubkou snižuje od zcela zvětralé, přes silně až mírně zvětralou a navětralou k zdravé nezvětralé břidlici. Průzkumem byla indikována možnost tektonických poruch s výplní jílu se střípkami břidlic mocnosti od 0,5 až do 3 m, max. 7 m. Pokryvné útvary jsou reprezentovány antropogenními a deluviálními sedimenty.

Hydrogeologické poměry jsou závislé především na propustnosti horninového prostředí, morfologii terénu, geologických poměrech a velikosti zdroje podzemní vody. V zájmovém území byly předpokládány dva typy zvodní. Podzemní voda vázaná na deluviální sedimenty s průlinovou propustností a zvedeň ve skalním prostředí s puklinovou propustností. V průzkumu však bylo potvrzeno zvodnění pouze ve skalním podloží a následný hydrogeologický monitoring zaznamenal velké zaklesnutí hladiny podzemní vody vlivem dlouhodobého drenážního vlivu stanice metra. Přitoky byly odhadovány malé i s ohledem na drenážní funkci stávající stanice a samotné trasy metra.

PASPORTIZACE A GEOTECHNICKÝ MONITORING

Před zahájením příslušných stavebních prací byla provedena pasportizace dotčených povrchových i podzemních objektů v zóně možného statického a dynamického deformačního ovlivnění stavbou, včetně komunikací a inženýrských sítí. Součástí pasportizace byla dokumentace a posouzení aktuálního stavebně-technického stavu objektů, posouzení a stanovení dynamické odolnosti objektů a jejich přípustného dynamického zatížení, a dále stanovení přípustných hodnot deformačního ovlivnění objektů výstavbou raženého díla (formou znaleckého posudku). Výsledky pasportizace včetně stanovených deformačních statických a dynamických limitů byly zpracovány do realizačního projektu stavby, projektu trhacích prací i realizačního projektu geomonitoringu. Součástí pasportizace je i případná aktualizace pasportu během výstavby a konečná repasportizace objektů po dokončení stavby.

Pro minimalizaci negativního působení indukovaných účinků stavby na povrch, okolní zástavbu, podzemní objekty a inženýrské sítě probíhá během výstavby geotechnický monitoring (GTM), měření, sledování a vyhodnocování měření dotčených objektů. V rámci GTM byla navržena řada měření a sledování. Jedná se o geologickou dokumentaci ražeb i hloubených částí, měření deformací nových ražených objektů i stávajících staničních tunelů metra, měření deformací horninového masivu – extenzometr a inklinometr, měření zatížení ocelových rozpěr, hydrogeologická měření, kontrola účinků trhacích prací a měření hluku, měření deformací stavební jámy a povrchu terénu, měření deformací a náklonu objektů nadzemní zástavby, sledování rozvoje poruch objektů, měření trhlin a jejich změn. GTM je zaměřen především na sledování kostela Nejsvětějšího Srdce Páně a existujících staničních tunelů metra.

Průběh prací GTM, jejich komplexnost, správnou interpretaci výsledků měření a sledování kontroluje na pravidelných schůzkách rada geotechnického monitoringu (RAMO), která je složena ze zástupců investora, zhotovitele, projektanta a zhotovitele GTM. Projektem byly stanoveny varovné stavy a opatření při nestandardním vývoji výsledků měření. Při příznivém vývoji měření byl optimalizován projekt zajištění ražených částí zápisem do stavebního deníku.

The bedrock consists of the rocks of the northeastern part of the Ordovician Barrandien syncline. In general, the geological conditions of the Ordovician bedrock in the construction area can be characterized as complex, which is due to tectonic conditions, variable aquifer in rock fractures, rock folds and further possible disruption of the rock massif during the construction of the II A metro line. Letenské Formation is encountered in a monotonous development. Sandy-silty shale with sandy inclusions, and in places layers of solid quartz sandstone and quartzite are predominate here. The degree of weathering of the rock massif decreases with increasing depth from completely weathered, through strongly to slightly weathered and weathered to healthy unweathered shale. The investigation indicated the possibility of tectonic faults with clay filling of thickness from 0.5 to 3m, max. 7m, which includes shale fragments. The cover formations are represented by anthropogenic and deluvial sediments.

Hydrogeological conditions depend primarily on the permeability of the rock environment, terrain morphology, geological conditions and the size of the groundwater source. Two types of aquifers were predicted in the area of interest. Groundwater bound to deluvial sediments with permeability through ground pores and an aquifer in a rock environment with permeability through rock fractures. In the investigation, however, aquifer was confirmed only in the bedrock, and the subsequent hydrogeological monitoring recorded a large ground water table lowering due to the long-term drainage effect of the metro station. The inflows were estimated to be small even with regard to the drainage effect of the existing station and the subway tunnels.

BUILDINGS SURVEY AND GEOTECHNICAL MONITORING

Prior to the start of the construction works, the surface and underground structures in the potential static and dynamic deformation zone induced by the construction, including roads and utility networks, were surveyed. The survey included the documentation and assessment of the current structural-technical condition of the structures, the assessment and determination of the dynamic resistance of the structures and their permissible dynamic load, as well as the determination of the permissible values of structures deformation resulting from the excavations (in the form of an expert opinion). The results of survey, including the determined static and dynamic deformation limits, were incorporated into the detailed design, the blasting works design, and the detailed design of geomonitoring. Part of the survey includes the possible update of the survey during construction and the final survey of the structures after the construction is completed.

In order to minimize the negative impact induced by the construction on the surface, surrounding buildings, underground structures and utility networks, geotechnical monitoring (GTM), measurements, monitoring and evaluation of the measurements of the affected structures take place during the construction. A number of measurements and monitoring have been proposed under GTM. This includes geological documentation of excavations and open cuts, measurement of deformations of new excavated structures and existing subway station tunnels, measurement of rock massif deformations – extensometer and inclinometer, load measurement of steel struts, hydrogeological measurements, control of blasting effects and noise measurement, measurement of construction pit deformations and of the terrain surface, measurement of deformations and tilting of structures of above-ground structures, monitoring the development of structures damages, measurement

TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Stavební jáma a zařízení staveniště

Zařízení staveniště pro stavbu je umístěno v parkové ploše jižní části náměstí, blíže k ulici Vinohradská s vjezdem z ulice Milešovská. Projektovaná plocha záboru 1760 m² byla pro samotnou realizaci omezena na 1680 m² z důvodu zachování další zeleně. Staveniště obklopuje stavební jámu a je na něm umístěno veškeré zázemí pro realizaci stavby. S ohledem na zachování čistoty přílehlých komunikací byly veškeré plochy vybetonovány. Směrem k řadě domů v ulici Vinohradská byla navíc vztyčena montovaná železobetonová protihluková zeď.

Stavební jáma slouží k hloubení šachty Š1, ražbě navazujících podzemních konstrukcí a zároveň k výstavbě definitivní konstrukce hloubené části výstupního objektu. Jáma je dvoustupňová s první úrovní o rozměrech 15,6 × 18,9 m v hloubce cca 4,4 m pod terénem.



Obr. 3 Hloubení šachty Š1 ze dna stavební jámy
Fig. 3 Excavation of shaft Š1 from the bottom of the construction pit

of cracks and their changes. GTM is primarily focused on monitoring the Church of the Sacred Heart and the existing metro station tunnels.

The progress of GTM works, their complexity, the correct interpretation of measurement and monitoring results are checked at regular meetings by the geotechnical monitoring board (RAMO), which is composed of representatives of the investor, contractor, designer and contractor of GTM. The project established warning levels and mitigation measures in case of non-standard development of measurement results. In case of favorable development of the measurements, the support of excavations was optimized by entries in the construction site diary.

TECHNICAL SOLUTION

Construction pit and construction site layout

The construction site is located in the park area of the southern part of the square, closer to Vinohradská Street with the entrance from Milešovská Street. The designed site area of 1760m² was limited to 1680m² for the construction in order to preserve additional green areas. The construction site surrounds the construction pit and includes all the construction facilities. With regard to maintaining the adjacent roads clean, all site surfaces were concreted. In the direction of the houses along Vinohradská Street, a prefabricated reinforced concrete noise-proof wall was erected.

The construction pit is used for excavating shaft Š1, for the excavation of subsequent underground structures, and at the same time for the construction of the final structure of the underground part of the elevator building. The pit has two levels with the first level measuring 15.6×18.9m at a depth of approx. 4.4m below ground. The second level of the pit has the shape of a square with a side length of 12.9m and its bottom lies at a depth of approx. 9.5m below the ground.

The pit is supported by soldier piles with steel waling in three elevations which are anchored by temporary cable anchors. In addition, at the level of the pit bottom, the walls are braced by a reinforced concrete slab. Soldier piles IPE 330 were designed with a spacing of 1.7–1.9m and a maximum length of 11.5m, and were fitted in 620mm diameter boreholes. The soldier pile toe was concreted. The walings are continuous, formed by a pair of U 300 profiles. The cable anchors consists of 3–4 strands, maximum length 14m.

Excavated structures

Shaft Š1 is excavated from the bottom of the construction pit to the level just below the transfer corridor (Figs. 3 and 4). It has circular shape with a diameter of 12.6m and a depth of 21.7m. Two technological classes (TT) NATM 4, 5a were proposed for excavation. The primary lining is made of shotcrete SB C20/25, 350mm thick, reinforced in each round with a steel lattice girder and two layers of reinforcing steel mesh 8/150×150mm. Support is supplemented by steel self-drilling bolts 4 and 6m long and cement grouted. According to the technological classes, the length of the round is 1.5m, or 1.0m. A 6m long protective spiling umbrella was implemented ahead of the face to secure the roof of the tunnel break-out into the UPCH transfer corridor.

The UPCH transfer corridor serves to connect with both elevator shafts Š1, Š2.2 and parallel escape staircases. Due to space requirements, directional guidance and the need to make side break-outs, it is made of five different profiles A, B, C, D and E. All profiles have a horseshoe shape with an invert arch, but



Obr. 4 Pohled na dno šachty Š1 při ražbě přestupní chodby UPCH
Fig. 4 View of the bottom of shaft Š1 during the excavation of the UPCH transfer corridor

Druhá úroveň jámy má tvar čtverce se stranou délky 12,9 m a její dno leží v hloubce cca 9,5 m pod terénem.

Jáma je zajištěna záporovým pažením se třemi řadami ocelových převázek, které jsou kotveny dočasnými pramencovými kotvami. V úrovni dna jámy je navíc provedeno rozepření pažení pomocí železobetonového prahu. Byly navrženy zápory IPE 330 s roztečí 1,7–1,9 m a maximální délkou 11,5 m, osazené do vrtů průměru 620 mm. Pata zápor byla zabetonována. Převázky jsou průběžné, tvořené dvojicí profilů U 300. Kotvy jsou 3–4 pramencové, maximální délky 14 m.

Ražené objekty

Šachta Š1 je hloubena ze dna stavební jámy do úrovně těsně pod přestupní chodbou (obr. 3 a 4). Je kruhová s průměrem 12,6 m a hloubkou 21,7 m. Pro její ražbu byly navrženy dvě technologické třídy (TT) NRTM 4, 5a. Primární ostění je ze stříkaného betonu SB C20/25 tloušťky 350 mm, vyztužené v každém záběru ocelovým příhradovým rámem a dvěma polohami výztužných ocelových sítí 8/150×150 mm. Zajištění je doplněno ocelovými samozávrtnými svorníky délky 4 a 6 m s cementovou injektáží. Délka záběru je podle technologických tříd 1,5 m, resp. 1,0 m. Pro zajištění

different dimensions. The width of the theoretical excavation reaches 7.5–9.7m, the height 7.0–8.8m. The transfer corridor is led from shaft Š1 in the smallest profile A with an oblique bend perpendicular to the axis of the station, and at the end of this section the corridor increases to the size of profile B to make a perpendicular turnout into profile C. This profile, running parallel to the station, subsequently passes into profile D, which is equipped with a double primary lining to allow two short perpendicular break-outs of profile E, located opposite each other. This creates a crossing of corridors (Fig. 5), which provides sufficient space for excavating a pair of shafts Š2.1 and Š2.2 into the rock

massif between the subway station tunnels. The total length of all profiles of transfer corridor in UPCH reaches 72.5m.

All profiles of the transfer corridor were excavated using NATM with heading and bench method. For the smallest profile A, TT NRTM 3, 4, 5a were proposed, for the other profiles, due to the size of the excavation, break-outs and the proximity to the church, TT NRTM 4, 5a were proposed. The length of the round according to the technological classes is top heading 1.5m, 1.3m and 1.0m, in the bottom the round length is always double. The primary lining is made of shotcrete SB C20/25 with a thickness of 300mm, reinforced in each round with a steel lattice girder and two layers of reinforcing steel mesh 8/150×150mm or 10/150×150mm and additional rebar reinforcement. According to individual TTs, the support is completed with steel self-drilling bolts 3 and 4m long with cement grout. The roof and the ground ahead of the face is reinforced by means of steel self-drilling spiles of 4m length installed in every second round. For all break-outs, the previous profile was always completely closed and a protective pile umbrella 4 or 6m long was realized in advance. For profile E closest to the church, the face steel self-drilling bolts were additionally designed. The face bolts were also designed for all front walls in a 1.5×1.5m grid.

A pair of rectangular shafts Š2.1 and Š2.2 connects the UPCH and UN levels. The larger staircase shaft Š2.1 has dimensions of 10.2×5.5m and a total depth of 21.6m. The smaller elevator shaft Š2.2 with dimensions of 5.7×4.3m is only 12.5m deep, as its lower part forms an intersection with the arch of the UN transfer corridor.

Due to the position between the existing station twin tunnels, only the TT 5a class with a round of 1.0m was designed for both shafts. The lining is again made of shotcrete SB C20/25 with a thickness of 300mm, this time reinforced in each round with a frame made of rolled HEB 200 profiles and two layers



Obr. 5 Křížení ražených profilů v UPCH
Fig. 5 Crossing of excavated profiles in UPCH

přístropí rozrážky přestupní chodby UPCH byl v předstihu realizován ochranný jehlový deštník délky 6 m.

Přestupní chodba UPCH slouží k propojení obou výtahových šachet Š1, Š2.2 i paralelních únikových schodišť. Z důvodu prostorových nároků, směrového vedení a nutnosti provádění bočních rozrážek je tvořena pěti různými profily A, B, C, D a E. Všechny profily mají podkovovitý tvar se spodní klenbou, avšak jiné rozměry. Šířka teoretického výrubu dosahuje 7,5–9,7 m, výška 7,0–8,8 m. Směrově je přestupní chodba vedena od šachty Š1 v nejmenším profilu A se šikmým zalomením kolmo na osu stanice a na konci tohoto úseku se chodba navyšuje na profil B pro provedení kolmé rozrážky do profilu C. Tento profil vedený rovnoběžně se stanicí následně přechází do profilu D, který je opatřen dvojitým primárním ostěním pro umožnění dvou krátkých kolmých rozrážek profilu E, umístěných naproti sobě. Tím vzniká křížení chodeb (obr. 5), které poskytuje dostatečný prostor pro hloubení dvojice šachet Š2.1 a Š2.2 do horninového masivu mezi bočními staničními tunely metra. Celková délka všech profilů přestupních chodeb v UPCH dosahuje 72,5 m.

Všechny profily přestupní chodby byly raženy pomocí NRTM s horizontálním členěním výrubu. Pro nejmenší profil A byly navrženy TT NRTM 3, 4, 5a, pro ostatní profily, vzhledem k velikosti výrubu, rozrážkám a přibližování se kostelu v nadloží, pouze TT NRTM 4, 5a. Délka záběru podle technologických tříd je v kalotě 1,5 m, 1,3 m a 1,0 m, ve dně vždy dvojnásobek. Primární ostění je ze stříkaného betonu SB C20/25 tloušťky 300 mm, vyztužené v každém záběru ocelovým příhradovým rámem a dvěma polohami vyztužných ocelových sítí 8/150×150 mm, případně 10/150×150 mm a přídavnou prutovou vyztuží. Podle jednotlivých TT je zajištění doplněno ocelovými samozávrtnými svorníky délky 3 a 4 m s cementovou injektáží. Přístropí a předpolí čelby je zajištěno pomocí ocelových samozávrtných jehel délky 4 m osazovaných v každém druhém záběru. Pro všechny rozrážky byl vždy kompletně uzavřen předchozí profil a v předstihu realizován ochranný jehlový deštník délky 4 nebo 6 m. Pro profil E nejbližše kostelu byly navíc navrženy čelbové ocelové samozávrtné svorníky. Čelbové svorníky byly navrženy také pro všechny čelní stěny v rastru 1,5×1,5 m.

Dvojice navazujících obdélníkových šachet Š2.1 a Š2.2 spojuje úroveň UPCH a UN. Větší schodišťová šachta Š2.1 má rozměry 10,2×5,5 m a celkovou hloubku 21,6 m. Menší výtahová šachta Š2.2 s rozměry 5,7×4,3 m je hluboká pouze 12,5 m, protože její spodní část tvoří průnik s klenbou přestupní chodby v UN.

Vzhledem k poloze mezi stávajícími bočními staničními tunely byla pro obě šachty navržena pouze jedna TT 5a se záběrem 1,0 m. Ostění je opět ze stříkaného betonu SB C20/25 tloušťky 300 mm, vyztužené tentokrát v každém záběru rámem z válcovaných profilů HEB 200 a dvěma polohami vyztužných ocelových sítí 8/150×150 mm. Větší šachta Š2.1 byla navíc uprostřed rozepřena v každém záběru rozpěrou HEB 200 a čtyřmi trubními vzpěrami v rozích šachty (obr. 6). V místě budoucí rozrážky přestupní chodby UN byly rozpěry nahrazeny kotvením protější stěny. Pro budoucí rozrážku byl opět navrtán ochranný jehlový deštník doplněný masivním dočasným ocelovým rámem z válcovaných profilů HEB 300 rozepřeným do protější stěny šachty. Tento rám je nejprve smontován v rozsahu nutném pro ražbu kaloty chodby UN a následně je rozšířen směrem dolů pro ražbu celého profilu.

Během hloubení obou šachet byla rovněž prováděna předběžná opatření pro stabilizaci rozvolněného masivu kolem stávajících staničních tunelů. V předstihu byly prováděny cementové nízkotlaké výplňové injektáže z šachty Š2.1 přes samozávrtné jehly. Následně se naskytl možnost injektování tohoto prostoru z bočních tunelů

of reinforcing steel meshes 8/150×150mm. In addition, the larger shaft Š2.1 was braced in the middle in each round with HEB 200 strut and four pipe struts in the corners of the shaft (Fig. 6). At the place of the future break-out in the UN transfer corridor, the struts were replaced by the anchoring of the opposite wall. For future excavation, a protective pile umbrella was again drilled, supplemented by a massive temporary steel frame made of rolled HEB 300 profiles, braced against the opposite wall of the shaft. This frame is first assembled to the extent necessary for the excavation of the top heading of the UN corridor and its legs are then extended for the excavation of the entire profile.

During the excavation of both shafts, preliminary measures were also taken to stabilize the loose massif around the existing station tunnels. In advance, cement low-pressure filling injections were carried out from shaft Š2.1 via self-drilling spiles. Subsequently, it became possible to inject this space from the side tunnels of the



Obr. 6 Hloubená šachta Š2.1
Fig. 6 Excavated shaft Š2.1

stanice skrz segmentové ostění. Tento způsob se ukázal jako efektivnější.

Poslední raženou částí spojující šachtu Š2.1 s čelem střední lodě nástupiště stanice je přestupní chodba v UN vedená rovnoběžně mezi bočními staničními tunely. V převážné délce 6,9 m je ražena v oválném profilu G kvůli snaze o zachování co největšího celíku horninového masivu mezi novým raženým dílem a stávajícími tunely. Následuje přechod na kruhový profil H odpovídající střednímu staničnímu tunelu pro bezpečné napojení konstrukcí a hydroizolací v délce 2,7 m.

Opět je navržena ražba pomocí NRTM v jedné TT 5a s horizontálním členěním výrubu, tentokrát bez použití trhacích prací vzhledem k těsné blízkosti staničních tunelů. Zajištění je obdobné jako u přestupní chodby v UPCH. Avšak vzhledem k umístění profilu mezi staniční tunely a přísným limitům pro jejich maximální dovolené deformace je navrženo tužší ostění s tloušťkou 400 mm, dvěma vrstvami výztužných ocelových sítí 8/150×150 mm a příložkami. Dále je doplněna dočasná protiklenba kaloty, která bude při dobírání dna nahrazena dočasnými ocelovými rozpěrami ve stejné úrovni. Kotvení a jehlování je samozřejmě možné pouze v prostoru mezi stávajícími tunely.

Postup ražeb v místě průniku šachet Š2.1, Š2.2 a profilu G je následující: nejprve je vyhloubena šachta Š2.1 do úrovně kaloty profilu G, pak celá šachta Š2.2 a po provedení opatření pro rozrážku je v celé délce vyražena kalota profilů G a H včetně vybourání čelní zdi stanice. Následuje dohloubení zbylé části šachty Š2.1, rozšíření rámu HEB 300 a ražba spodní klenby profilů G a H včetně vybourání zbytku čelní zdi.

Hydroizolace a definitivní ostění

Pro všechny konstrukce je zvolen uzavřený systém mezilehlé hydroizolace. Hydroizolační souvrství je tvořeno fólií z měkčeného PVC tloušťky 3 mm osazenou na ochrannou geotextilii. V rozsahu dna je fólie seshora chráněna geotextilií a vrstvou betonu. Do všech pracovních i dilatačních spár jsou vloženy vnější těsnicí spárové pásy s pojistným systémem z injektážních hadiček, svedených do krabic na líci definitivního ostění. Nová hydroizolace je kolem prostupu do stanice vodotěsně fixována přímo na železobetonové segmenty ostění stanice.

Definitivní ostění přestupních chodeb i všech šachet je z monolitického železobetonu C30/37 XA2, XC2, prováděné do posuvného bednění. Bednění musí být variabilní, kvůli množství různých profilů a křížení. Nejsložitějším místem je opět oblast průniku šachet Š2.1, Š2.2 a profilu G. Rozmístění pracovních spár bylo v realizačním projektu upraveno podle uvažovaného bednění a pracovního postupu zhotovitele. Silně vyztužená stěna v profilu A v UPCH pro určitý tlakový uzávěr, který musí být při betonáži podepřen pomocnými ocelovými profily, tvoří samostatný blok.

Vyztužení celé přestupní chodby v UN, všech šachet a také spodní klenby a stěn v přestupní chodbě UPCH je navrženo z vázané prutové ocelové výztuže. Naproti tomu klenby a boky přestupní chodby UPCH jsou vyztuženy pomocí ocelových sítí a příložkami z prutové armatury, které jsou fixovány na čtyřprutové příhradové rámy.

ÚPRAVY PROJEKTU BĚHEM REALIZACE

Pro upřesnění inženýrskogeologických poměrů u objektu kostela a mezi tubusy metra bylo projektem monitoringu v rámci vrtných prací pro osazení extenzometru a inklinometru navrženo provedení dvou jádrových vrtů s jejich geologickou dokumentací. Na rozdíl od původního průzkumného vrtu NV1 oba nové vrty zaznamenaly subvertikální poruchy v okolí šachet Š2.1 a Š2.2 – zóny tektonického

station through the segmental lining. This method proved to be more effective.

The last excavated part connecting shaft Š2.1 with the front wall of the station platform middle area is the transfer corridor in the UN running parallel between the station tunnels. In the overall length of 6.9m, it is excavated in an oval G profile due to the effort to preserve as much of the rock massif as possible between the new excavated part and the existing tunnels. This is followed by a transition to a circular H profile corresponding to the central station tunnel for safe connection of the structures and waterproofing in a length of 2.7m.

Excavation using NATM heading and bench method in one TT 5a class is again proposed, this time without the use of blasting due to the close proximity of the station tunnels. The support is similar to that of the transfer corridor in UPCH. However, due to the location of the profile between the station tunnels and the strict limits for their maximum permissible deformations, a stiffer lining with a thickness of 400mm, two layers of reinforcing steel mesh 8/150x150mm and additional rebars is proposed. Furthermore, a temporary lining in invert of the top heading is added, which will be replaced by temporary steel struts at the same level when the temporary invert lining is removed. Anchoring and spiling is of course only possible in the space between the existing tunnels.

The excavation procedure at the intersection of shafts Š2.1, Š2.2 with profile G is as follows: first, shaft Š2.1 is excavated to the level of the top heading of profile G, then the entire shaft Š2.2, and then after taking measures for break-out, the top heading of profiles G and H is excavated for its entire length, including the demolition of the front wall of the station. This is followed by the deepening of the remaining part of shaft Š2.1, the extension of the HEB 300 frame and the excavation of the invert of profiles G and H, including the demolition of the rest of the front wall.

Waterproofing and final lining

A closed undrained system is designed for 360 degree waterproofing protection of all structures. The waterproofing layer consists of a 3mm thick PVC sheet membrane placed against protecting layer of geotextile. In the bottom of excavation, the membrane is also protected from above by a geotextile and a by layer of concrete. In all construction and expansion joints, external waterbars with a safety system of injection tubes that are collected in the niches on the inner face of the final lining. A new waterproofing is fixed directly to the reinforced concrete segments of the station lining around break-out into the station.

The final lining of the transfer corridors and all shafts is made of monolithic reinforced concrete C30/37 XA2, XC2, cast into sliding formwork. The formwork must be adjustable, due to the number of different profiles and crossings. The most complicated place is again the area where shafts Š2.1, Š2.2 and profile G intersect. The layout of the construction joints was adjusted in the detailed design according to the considered formwork and the contractor's work procedure. The heavily reinforced wall in profile A in the UPCH for a manual pressure door closure, which must be supported by auxiliary steel profiles during concrete casting, forms a separate block.

The reinforcement of the entire transfer corridor in UN, all shafts as well as the invert arch and wall in the UPCH transfer corridor is designed from rebar steel reinforcement. On the other hand, the arches and walls of the UPCH transfer corridor are reinforced with steel meshes and additional rebars, which are fixed to four-bar lattice girders.

porušení. Pro oblast mezi tunely stanice indikovaly tyto vrty rozvolněnou zónu horninového masivu s nižší hodnotou RQD.

V návaznosti na tato zjištění byly v realizační dokumentaci upraveny geotechnické parametry pro návrh přestupní chodby UPCH, obou spodních šachet Š2.1 a Š2.2 a propojovací chodby v UN do stanice. Výpočet taktéž zohlednil poměrně přísné deformační limity kostela a staničních tunelů stanovené v rámci jejich pasportizace soudním znalcem. Především pro minimalizaci sedání kostela bylo v realizačním projektu zesíleno primární ostění v UPCH. Je třeba zdůraznit, že nejkomplicovanější místo ražeb, vynucené polohou stanice metra Jiřího z Poděbrad, se nachází v malé půdorysné vzdálenosti pod 42 m vysokou věží kostela.

Na základě nových informací z inklinometrického a extenzometrického vrtu byla provedena aktualizace statických výpočtů dvojice šachet a propojovací chodby v oblasti mezi stávajícími tunely metra. Vznikla tak nutnost nových masivních doplňujících opatření. Tato opatření se ve výpočtu ukázala jako nutná nejen pro zajištění stability nových ražeb, ale rovněž pro zajištění bezpečného provozu stávajících tunelů metra. Měla by však při realizaci výrazný dopad nejen na cenové navýšení, ale především na zásadní prodloužení doby stavebních prací.

S ohledem na závažnost situace byly navrženy dva doplňkové průzkumné horizontální jádrové vrty délky 16 m z čela stávající střední lodě stanice s provedením presiometrických zkoušek a s odběrem vzorků hornin pro laboratorní zkoušky pro upřesnění jejich geotechnických parametrů. Pokud by se zhoršené geotechnické parametry potvrdily, bylo by třeba trvat na doplňujících opatřeních, specifikovat navýšení ceny a upravit harmonogram výstavby. Pokud by ale došlo k zastížení lepších geotechnických parametrů, bylo by možné doplňující opatření zjednodušit nebo realizovat pouze částečně.

Na základě výsledků terénních i laboratorních zkoušek a geologické dokumentace uvedené dvojice dodatečných vrtů bylo provedeno inženýrskogeologické zhodnocení a upřesnění geotechnických parametrů horninového masivu. Hodnoty upřesněných parametrů leží mezi hodnotami stanovenými původním průzkumem a hodnotami odhadnutými na základě vrtů pro inklinometr a extenzometr, a to blíže k těmto minimálním hodnotám. Po statickém přepočtu s upřesněnými geotechnickými parametry byl realizační projekt doplněn o opatření, která již nebyla tak masivní a časově náročná. Jednalo se o přepletování ocelových rámu HEB 200

MODIFICATIONS OF THE PROJECT DURING CONSTRUCTION

In order to verify the engineering-geological conditions near the church building and between the subway tubes, the monitoring project as part of the drilling works for the installation of the extensometer and inclinometer proposed the execution of two core boreholes including their geological documentation. Unlike the original exploratory borehole NV1, both new boreholes recorded subvertical faults in the vicinity of shafts Š2.1 and Š2.2 – tectonic fault zones. For the area between the tunnels of the station, these boreholes indicated a loosened rock mass zone with a lower RQD value.

Following these findings, the geotechnical parameters for the design of the UPCH transfer corridor, both lower shafts Š2.1 and Š2.2 and the connecting corridor in UN to the station were modified in the detailed design documentation. The calculation also took into account the relatively strict deformation limits of the church and station tunnels identified by a forensic expert as part of the survey. Above all, to minimize the settlement of the church, the primary lining in the UPCH was strengthened in the detailed design. It should be emphasized that the most complicated excavation site was in a short distance from the 42m high church tower as given by the location of the Jiřího z Poděbrad metro station,

Based on new information from the inclinometric and extensometric borehole, the static calculations of the pair of shafts and the connecting corridor in the area between the existing subway tunnels were updated. This created the need for new massive supplementary measures. These measures were shown by the calculation to be necessary not only to ensure the stability of the new excavations, but also to ensure the safe operation of the existing metro tunnels. However, during construction, it would have a significant impact not only on cost increase, but above all on a fundamental extension of the construction work period.

In view of the seriousness of the situation, two additional exploratory horizontal core boreholes of 16m length were proposed from the front of the existing middle area of the station with the performance of pressiometric tests and the collection of rock samples for laboratory tests to specify their geotechnical parameters. If the deteriorated geotechnical parameters were confirmed, it would be necessary to insist on additional measures,

cost increase and modification of the construction schedule. However, if better geotechnical parameters were found, additional measures could be simplified or implemented only partially.

Based on the results of field and laboratory tests and the geological documentation of the mentioned pair of additional boreholes, an engineering-geological evaluation and specification of the geotechnical parameters of the rock massif was carried out. The values of the specified parameters lie between the values determined by the original investigation and the values estimated from the inclinometer and extensometer boreholes, closer to these minimum values. After a static



Obr. 7 Rozpěry v průniku šachty Š2.2 a profilu G
Fig. 7 Struts at the intersection of shaft Š2.2 and profile G

šachty Š2.1 kolem budoucího otvoru pro rozrážku přestupní chodby v UN, doplnění dočasných šikmých ocelových rozpěr u dna šachty Š2.2 (obr. 7) a zesílení vyztužení přestupní chodby v UN. Realizační projekt rovněž reagoval na výrazně větší tloušťku čelní zdi střední lodě stanice zjištěnou při provádění horizontálních vrtů.

STATICKÉ VÝPOČTY

Jelikož ražby probíhaly pomocí NRTM, bylo třeba staticky posoudit jak vnější (primární) ostění, tak vnitřní (sekundární) ostění.

Návrh a posouzení primárního ostění vycházely z nutné minimalizace deformací během ražby v blízkosti kostela Nejsvětějšího Srdce Páně v nadloží a z důvodu situování nových konstrukcí v úrovni UN mezi staniční tunely provozované trasy A metra.

Povolené vertikální deformace kostela byly znalcem sice stanoveny na 15 mm spolu s maximálním sklonem 1:500, avšak tento limit představoval celkové sedání způsobené několika dílčími výrubu. Celý objekt bezbariérového zpřístupnění je možné charakterizovat jako prostorově komplikovaný se značným množstvím profilů výrubu s ohledem na krátkou délku ražeb. Komplikovanost statického řešení byla dále umocněna možným spolupůsobením jednotlivých dílčích rozrážek. Z celkového pohledu se tedy nejednalo o klasické liniové dílo, nýbrž o několikaúrovňovou trojrozměrnou podzemní konstrukci. To bylo nutné při statickém návrhu zohlednit. Existovalo nebezpečí, že povolené deformace kostela budou vyčerpány jedním dílčím výrubem a další výrub nebude možné již provést bez rozsáhlých stavebně-technických opatření na konstrukci kostela.

Z geotechnického pohledu existovaly před provedením ražeb nejasnosti ohledně pevnostních a přetvárných parametrů hornin a ohledně existence poruchových zón. Z toho důvodu byly výpočty vybraných částí projektu prováděny až se třemi sadami geotechnických parametrů, které byly separátně vyhodnocovány s ohledem na možné deformace masivu a zatížení primárního ostění.

Výpočet vnitřních sil v primárním ostění byl proveden metodou konečných prvků (MKP) programem GEO5 firmy Fine spol. s r.o. Prostorová napjatost v masivu byla vždy řešena jako dvojdimenzionální úloha s uvažováním stavu rovinné deformace. Pro převod trojrozměrného stavu napjatosti do dvojrozměrného modelu byla použita beta-metoda. Beta-metoda byla aplikována jak pro štoly, tak i pro příčné řezy šachet. Horninové prostředí bylo uvažováno jako nehomogenní, izotropní a pružně-plastické s obálkou plasticity podle Mohr-Coulomba. Pro výpočetní model byl zvolen návrhový přístup 2 (kombinace A1+M1+R2) dle ČSN EN 1997-1-1. Podle tohoto návrhového přístupu nedochází k redukci geotechnických parametrů v modelu MKP, nýbrž jsou následně zvětšovány vypočtené vnitřní síly. Únosnost primárního ostění pak byla posouzena pro 3denní a 28denní stříkaný beton.

Pro návrh sekundárního ostění již byly k dispozici přesnější geotechnické informace zjištěné při samotných ražbách. Proměnlivost geotechnických parametrů tak mohla být pro návrh omezena. Výpočet vnitřních sil v sekundárním ostění pak byl prováděn jednak pomocí 2D modelu v programu MKP GEO5 a jednak pomocí programu Scia Engineer (společnosti SCIA CZ, s.r.o.). Parametry horninového masivu byly v programu Scia simulovány pomocí Winklerových konstant tuhosti podloží. Kalibrace tuhosti byla provedena podle modelu MKP. Z modelu MKP bylo určeno i zatížení horninovým tlakem do modelu Scia, které bylo získáno jako napětí na kontaktu sekundárního ostění po degradaci primárního ostění. V deskostěnovém třídímním modelu v programu Scia pak mohla být podrobně studována vzájemná interakce jednotlivých částí železobetonových konstrukcí a mohla tak být realističtěji navržena potřebná vyztuž. Použití třídímního modelu bylo pro návrh a posouzení železobetonových průřezů nezbytné, jelikož se

verification with updated geotechnical parameters, the detailed design was supplemented with measures that were no longer so massive and time-consuming. This involved reinforcing the HEB 200 steel frames of the shaft Š2.1 around the future opening of the break-out of the transfer corridor in the UN, the addition of temporary inclined steel struts at the bottom of the shaft Š2.2 (Fig. 7) and the strengthening of the reinforcement of the transfer corridor in the UN. The detailed design project also responded to the significantly greater thickness of the frontal wall of the middle station area encountered during the execution of horizontal boreholes.

STATIC CALCULATIONS

As the project was excavated using NATM, both the outer (primary) lining and the inner (secondary) lining had to be statically verified.

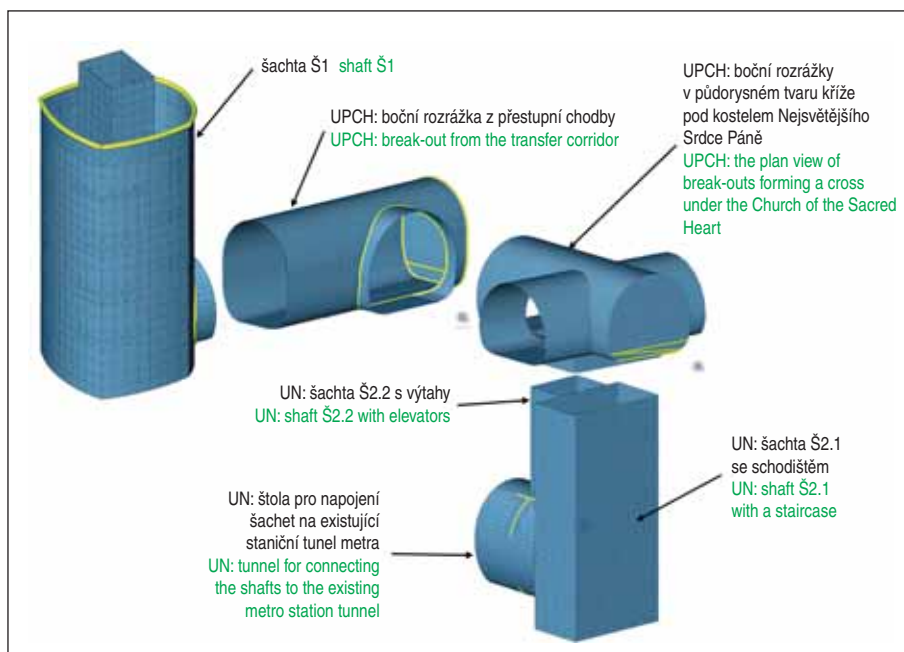
The design and assessment of the primary lining was based on the necessary minimization of deformations during the excavation near the Church of the Sacred Heart in the overburden, and due to the location of the new structures at the UN, also at the level between the station tunnels operated by the A metro line.

The permitted vertical deformations of the church were determined by the expert to be 15mm together with a maximum slope of 1:500, but this limit represented the total settlement caused by several partial excavation openings. The entire structure of barrier-free access can be characterized as spatially complicated with a considerable number of excavation profiles with regard to the short length of excavations. The complexity of the static solution was further enhanced by the possible interaction of individual break-outs. From the overall point of view, it was not a classic linear structure, but a multi-level three-dimensional underground structure. This had to be taken into account during the static design. There was a danger that the permitted deformations of the church would be exhausted by one partial excavation, and further excavation would no longer be possible without extensive construction-technical measures realized in the structure of the church.

From a geotechnical point of view, there were uncertainties regarding the strength and deformation parameters of the rocks and the existence of fault zones before the excavations were carried out. For that reason, the calculations of selected parts of the project were carried out with up to three sets of geotechnical parameters, which were evaluated separately with regard to possible deformations of the massif and the load on the primary lining.

The calculation of internal forces in the primary lining was carried out using the finite element method (FEM) with the GEO5 program, a product of Fine spol. s.r.o. Stress state in the massif was always solved as a two-dimensional problem in a state of plane deformation. The beta-method was used to convert the three-dimensional stress state into a two-dimensional model. The beta-method was applied both for tunnels and for cross-sections of shafts. The rock environment was considered as inhomogeneous, isotropic and elastic-plastic with Mohr-Coulomb failure criterion. Design Approach 2 (combination A1+M1+R2) according to ČSN EN 1997-1-1 was chosen for the calculation model. According to this design approach, the geotechnical parameters in the FEM model are not factored, but safety factors are applied to calculated internal forces. The primary lining strength was then assessed for 3-day and 28-day shotcrete.

For the design of the secondary lining, more accurate geotechnical information obtained during the excavations was available. The



Obr. 8 3D modely pro statický výpočet sekundárního ostění
Fig. 8 3D models for the static calculation of the secondary lining

v případě projektu bezbariérového zpřístupnění jednalo spíše o trojrozměrnou víceúrovňovou podzemní konstrukci, než o klasické lineární dílo, jak již bylo uvedeno výše (obr. 8).

ZÁVĚR

Projekt dodatečného raženého bezbariérového přístupu do stanice metra Jiřího z Poděbrad opět potvrdil vysokou náročnost staveb tohoto typu. Zde celou situaci ještě komplikovala poloha nejsložitějšího místa ražeb v těsné blízkosti věže kostela Nejsvětějšího Srdce Páně, který je národní kulturní památkou. Dalším kritickým místem byla ražba velkých profilů přímo mezi provozovanými tunely metra, kde byla navíc průzkumem indikována rozvolněná zóna horninového masivu.

Na základě těchto vstupních údajů a přísných deformačních limitů jak pro kostel, tak pro tunely metra, bylo navrženo poměrně tuhé primární ostění doplněné ještě dalšími výtuznými prvky. Tato zajištění komplikovala postup výstavby zhotovitele [1], avšak byla nezbytná pro bezpečný návrh ražeb v daných podmínkách.

V průběhu výstavby byly nakonec zastíženy lepší geotechnické poměry, než se čekalo. To bylo na jednu stranu pozitivní z hlediska ovlivnění kostela a objektů metra. Na stranu druhou lepší geologické podmínky spolu se seismickými limity znamenaly nižší účinnost trhacích prací a zpomalení rychlosti ražeb. Z pohledu bezpečnosti provádění tunelových staveb je to však jistě ta lepší varianta.

Ing. JAN KOREJČÍK, jan.korejcik@metroprojekt.cz,
Dr.-Ing. ZDENĚK ŽIŽKA, zdenek.zizka@metroprojekt.cz,
MICHAL KOLEVSKI, michal.kolevski@metroprojekt.cz,
METROPROJEKT Praha a.s.

Recenzoval Reviewed: Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D.

variability of the geotechnical parameters could thus be limited for the design. The calculation of internal forces in the secondary lining was then carried out using a 2D model of the MKP GEO5 program and using the Scia Engineer program (SCIA CZ, s.r.o.). The parameters of the rock mass were simulated in the Scia program using the Winkler spring constants of subsoil stiffness. Stiffness calibration was performed by the FEM model. From the FEM model, the rock pressure load was also determined and used in the Scia model, which was obtained as the stress at the contact of the secondary lining after the degradation of the primary lining. In the Scia three-dimensional model using plate elements, the mutual interaction of the individual parts of the reinforced concrete structures could be studied in detail, and the necessary reinforcement could thus be designed more realistically. The use of a three-dimensional model was necessary for the design and assessment of reinforced concrete cross-sections, since in the barrier-free access

structure was a three-dimensional multi-level underground structure, rather than a linear structure, as already mentioned above (Fig. 8).

CONCLUSION

The project of supplementary construction of barrier-free access to the Jiřího z Poděbrad metro station once again confirmed the high demands of constructions of this type. Here, the whole situation was further complicated by the location of the most complex excavations in close proximity to the tower of the Church of the Sacred Heart, which is a national cultural monument. Another critical point was the excavation of large profiles directly between the operating subway tunnels, where the investigation also indicated a loosened zone of the rock massif.

On the basis of these input data and strict deformation limits for both the church and the subway tunnels, a relatively rigid primary wall was designed supplemented with additional reinforcing elements. These safeguards complicated the contractor's construction process [1], but were necessary for a safe excavation design in the given conditions.

Better geotechnical conditions than expected were eventually encountered during construction. On the one hand, this was positive for protection of the church and the metro facilities. On the other hand, better geological conditions together with seismic limits meant a lower efficiency of blasting works and a slower excavation speed. However, it was certainly the better option from the point of view of tunnel construction safety.

Ing. JAN KOREJČÍK, jan.korejcik@metroprojekt.cz,
Dr.-Ing. ZDENĚK ŽIŽKA, zdenek.zizka@metroprojekt.cz,
MICHAL KOLEVSKI, michal.kolevski@metroprojekt.cz,
METROPROJEKT Praha a.s.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] GAJA, I., PANUŠKA, J., KOREJČÍK, J. Bezbariérový přístup do stanice Jiřího z Poděbrad – zkušenosti z realizace ražené části díla. In *Podzemní stavby Praha 2023*. Praha: Česká tunelářská asociace ITA-AITES, 2023.