

UZEL 5 PLZEŇ, TUNELOVÝ OBJEKT KŘÍŽENÍ ŽELEZNIČNÍ A SILNIČNÍ TRASY

NODE 5 PLZEŇ, TUNNEL OBJECT ON INTERSECTION OF RAIL AND ROAD ROUTES

LUDĚK RAJS, TOMÁŠ KOHOUT, PETR SVOBODA

ABSTRAKT

Intravilán velkých měst čelí stále většímu nedostatku prostoru pro vedení tras dopravních cest při jejich rekonstrukci či zcela novém vedení. Dopravní inženýři musí proto použít svého důvtipu a při trasování tohoto druhu staveb přicházet s novými a neotřelými řešeními. Jedním z příkladů popsaného fenoménu je projekt „Uzel Plzeň, 5. stavba – Lobzy – Koterov“, v jehož rámci dochází ke křížení silničních a železničních tras pod takovým úhlem, že bylo třeba jej realizovat mimoúrovňově. Článek popisuje technické parametry zmíněného projektu. Přibližuje geologické podmínky, do kterých je stavební objekt zasazen, projekční přípravu stavby a v neposlední řadě shrnuje dosavadní poznatky z její realizace.

ABSTRACT

The urban areas of large towns face an increasing lack of space for designing routes for transport structures during their reconstruction or completely new routes. Traffic engineers must therefore use their ingenuity and come up with new and innovative solutions when designing routes for this type of construction. One of the examples of the described phenomenon is the project „Plzeň Node, 5th construction section – Lobzy – Koterov“ in which the road and railway routes cross at such an angle that a grade-separated design had to be used. The paper describes the technical parameters of the above-mentioned project. It describes the geological conditions in which the construction object is placed, the design preparation of the construction and, last but not least, summarises the knowledge gained so far from the work.

1. ÚVOD

Výstavba tzv. Nového spojení v Praze, které je významným železničním uzlem spojujícím Hlavní nádraží, Masarykovo nádraží a nádraží Libeň, Vysočany a Holešovice, přinesla mj. do stavební terminologie nový pojem. Tím pojmem je „tunelový most“, tedy konstrukce, v rámci které se mimoúrovňově kříží trasy tím způsobem, že ta na nižší výškové úrovni je vedena uvnitř hloubeného tunelu, naopak ta ve vyšší výškové úrovni je vedená na stropní desce hloubeného tunelu. V rámci Nového spojení byl tunelový most realizován na km 3,319 pod tratí Praha – Turnov. Jeho délka je 130 m. Principiálně podobný typ konstrukce má v budoucnu vzniknout v Plzni, jen s tím rozdílem, že zatímco na Novém spojení (obr. 1) se křížily dvě železniční trasy jednoho správce, dojde v Plzni ke křížení železničních a silničních tras dvou různých správců – Ředitelství silnic a dálnic (ŘSD) a Správy železnic (SŽ).



Obr. 1 Nové spojení
Fig. 1 New Connection

1. INTRODUCTION

The construction of the so-called New Connection in Prague, which is an important railway junction connecting Hlavní Nádraží railway station, Masarykovo Nádraží railway station and Libeň, Vysočany and Holešovice stations, among other things, brought a new term into the construction terminology. That term is „Tunnel bridge“, i.e. a structure in which the routes cross on separate grades in such a way that the one at a lower height level is led in a cut-and-cover tunnel and, on the contrary, the one at a higher height level is led on the roof deck of the cut-and-cover tunnel. As part of the New Connection, a tunnel bridge was built on km 3.319 under the Prague – Turnov railway track. It is 130m long. A principally similar type of structure is to be created in Plzeň in the future, with the only difference being that while two railway routes of one administrator crossed at the New Junction (Fig. 1), railway and road routes of two different administrators – the Directorate of Roads and highways (ŘSD) and Railway Administration (SŽ) – will cross in Plzeň.

2. PROJECT PREPARATION

The new construction of the road route I/20 is being prepared by the ŘSD. It is an important backbone road that carries transit transport through the center of Plzeň and at the same time links Karlovy Vary, Písek and České Budějovice. This road is to run for a substantial part of its length near the Plzeň – České Budějovice railway line and is to cross it at approximately at the chainage of 1.350km. The crossing should take place at a very sharp angle, which does not allow the use of classic bridge structures.

While the two structures meet spatially, they diverge in time. The railway administration is already carving out a set of structures called Plzeň Node (Fig. 2), in the case of the I/20 road, the design is being processed at the stage of the design for issuance of zoning and planning decision, and the construction is expected only in the years 2029–2032. It was therefore decided that the so-called

2. PŘÍPRAVA PROJEKTU

Novostavbu silniční trasy I/20 připravuje ŘSD. Jedná se o důležitou páteřní komunikaci převádějící tranzitní dopravu přes centrum Plzně a napojující současně Karlovy Vary, Písek a České Budějovice. Tato komunikace má být v podstatné části své délky vedena v blízkosti železniční tratě Plzeň – České Budějovice s tím, že cca v km 1,350 ji má křížit. Ke křížení má dojít pod velmi ostrým úhlem, který nedovoluje použít klasické mostní konstrukce.

Zatímco prostorově se obě stavby potkávají, časově se rozcházejí. SŽ již soubor staveb s názvem Uzel Plzeň realizuje (obr. 2), u silnice I/20 probíhá zpracování dokumentace ve stupni DÚR, s jejím provedením se počítá až v letech 2029–2032. Bylo proto rozhodnuto, že v místě křížení obou tras bude v předstihu proveden tzv. zárodek budoucího silničního tunelu tak, aby jeho konstrukce zbytečně nenavýšovala objem prací stavby dráhy, ale zároveň takovým způsobem, aby jej bylo možné využít pro stavbu silničního tunelu, bez podstatného dopadu stavebních prací jak na konstrukci trati v nadloží, tak na drážní provoz.

Základní údaje o stavbě

Název stavby	Uzel Plzeň, 5. stavba – Lobzy – Koterov
Investor stavby	Správa železnic, s. o.
Název objektu	SO 93–38–61 Tunelový objekt v km 346,510 pro křížení se silnicí I/20, 1. část
Investor objektu	Ředitelství silnic a dálnic ČR
Projektant objektu	SUDOP PRAHA a.s.
Zhotovitel	Sdružení Metrostav a.s. a Chládek & Tintěra, a.s.
Zhotovitel konstrukcí speciálního zakládání	Zakládání staveb, a.s.
Geotechnický monitoring	GEOtest, a.s.
Geotechnický dozor investora	SG Geotechnika a.s.

3. INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Stavba zárodku tunelu probíhá převážně v prostředí říční terasy. Inženýrskogeologický profil je konformní (od povrchu terénu): kvarterní pokryvy, hrubozrnná klastika terasy, prachovce a břidlice skalního podloží.

Pro stavbu zásadní štěrky terasy odpovídají třídě G3/G-F a jsou typicky ulehlé. Obsahují kameny a balvany až do velikosti přesahující profil průzkumných sond. Mocnost této vrstvy je proměnná v závislosti na průběhu geologického podloží. Ve štěrčích byly ověřeny neprůběžné jemnozrnné vložky klasifikované jako F4/CS, příp. F6/CL, konzistence pevné.

Předkvartérní podloží vystupuje nejbližší povrchu v severní části staveniště – cca 5 až 6 m pod stávajícím terémem – v místech nad horní hranou zářezu železniční trati. Odpovídá to hloubce pouhých



Obr. 2 Letecký pohled na stavbu Uzlu 5
Fig. 2 Aerial view of the Node 5 construction

stub of the future road tunnel will be constructed in advance at the intersection of the two routes so that its construction does not unnecessarily increase the volume of railway construction work, but at the same time in such a way that it can be used for the construction of the road tunnel without significant impact on construction operations neither on the construction of the railway track in the overburden nor on the railway operation.

Basic project data

Project name	Plzeň Node, 5 th construction section – Lobzy – Koterov
Project owner	Správa železnic, s. o.
Object name	SO 93–38–61 tunnel object at km 346.510 for intersection with road I/20, part 1
Object owner	Ředitelství silnic a dálnic ČR
Object designer	SUDOP Praha a.s.
Contractor	Consortium of Metrostav a.s. and Chládek & Tintěra, a.s.
Contractor for specialist foundation structures	Zakládání staveb, a.s.
Geotechnical monitoring	GEOtest, a.s.
Project owner's geotechnical supervision	SG Geotechnika a.s.

3. ENGINEERING GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS

The construction of the tunnel stub takes place mainly in the environment of a river terrace. The engineering geological profile is conformal (from the ground surface): Quaternary covers, coarse-grained clastics of the terrace, siltstone and shale of the bedrock.

Terrace gravels, which are essential for the construction, correspond to class G3/G F and are typically compacted. They contain rocks and boulders up to a size exceeding the profile of the probe holes. The thickness of this layer is variable depending on the course of the geological bedrock. Discontinuous fine-grained

cca 1 až 1,5 m od úrovně temene kolejnice (TK) v zářezu stávající železniční trať. Dále k jihu předkvartérní podloží upadá a mění se i jeho charakter. V oblasti nad zářezem železniční trati bylo zastíženo v hloubce 7 až 8 m pod terénem, což odpovídá hloubce cca 5,5 až 6,5 m pod úrovní TK stávající trati. V severní části staveniště je podloží tvořeno prachovcem, při povrchu třídy R5, hlouběji R4, resp. R4 až R5 [5]. V jižní části staveniště je předkvartérní podloží budováno střídáním prachovce břidlicí, u povrchu a hlouběji kvality R5, resp. R5 až R6. Předkvartérní podloží však nebylo vůbec zastíženo dvěma sondami předběžného geotechnického průzkumu ani do hloubky 12 a 14 m. Proto byly v rámci podrobného geotechnického průzkumu v blízké poloze provedeny ověřovací vrty, které pak zastihly předkvartérní podloží v obvyklé hloubce. Může to nasvědčovat existenci úzkých hlubokých strží nebo přehlušených koryt řeky. Tyto obavy se však během výstavby zárodku tunelu zatím nepotvrdily, nicméně nepřímým důkazem by mohla být poměrně vysoká propustnost i zvodnění terasy a podloží, zaznamenaná při čerpání vody ze stavební jámy [1].

4. PARAMETRY A STAVEBNÍ ŘEŠENÍ BUDOUCÍHO SILNIČNÍHO TUNELU

Silnice I/20 bude pod tratí vedena v tunelu, který bude realizován částečně metodou čelního odtěžování pod ochranou stropní desky a částečně hloubením v pažené stavební jámě. Ta bude zajištěna dočasnou konstrukcí tvořenou stěnou z převrtávaných pilot kotvených pramencovými kotvami. Půdorysný rozsah jámy tak může plně využít velmi stísněný prostor jak pro zařízení staveniště, tak i pro vlastní provádění konstrukcí. Pažící stěna je navržena jako (dočasně a přiměřeně) vodonepropustná, vetknutá do skalního podloží a uzavřená po celém obvodu tak, aby i při realizaci konstrukcí z pracovních plošin pod úrovní HPV (hladiny podzemní vody) nepřesáhly přítoky podzemní vody množství zvladatelná provozním čerpáním.

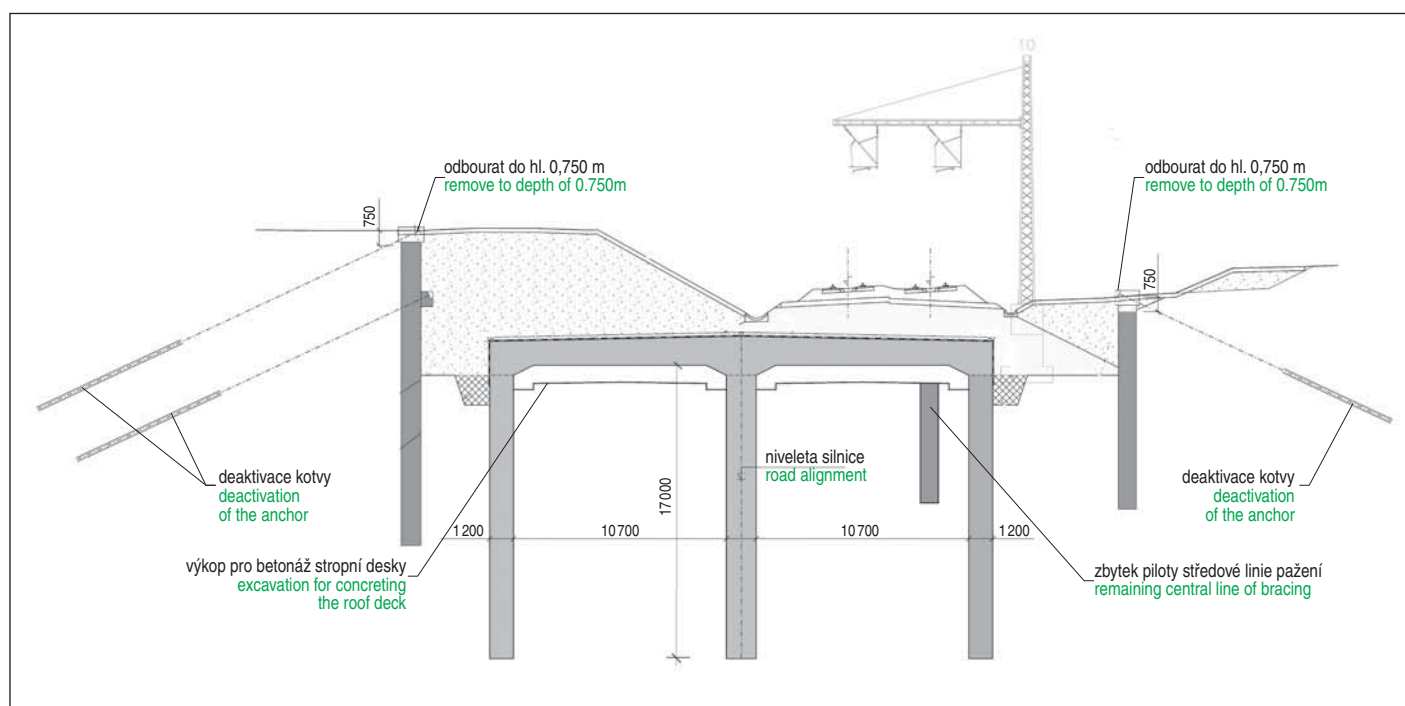
Hloubený tunel bude mít obdélníkový příčný profil, převážně dvoukomorový. Ve staničení budoucí silnice I/20 se však tato základní geometrie tunelu mění, a to následovně:

interbeds classified as F4/CS or F6/CL, with hard consistency, were verified in the gravels.

The pre-Quaternary bedrock emerges closest to the surface in the northern part of the construction site – approx. 5 to 6m below the existing terrain – in places above the upper edge of the railway track cutting. This corresponds to a depth of only approx. 1 to 1.5m from the level of the top of the rail in the existing railway track cutting. Further south, the bedrock declines and its character also changes. In the area above the railway track cutting, it was found at a depth of 7 to 8m below the ground, which corresponds to a depth of approx. 5.5 to 6.5m below the top of rail level of the existing track. In the northern part of the construction site, the underlier consists of siltstone, at the surface class R5, deeper R4 or R4 to R5 [5]. In the southern part of the construction site, the bedrock is built by siltstone alternating with shale, at the surface quality R5 and deeper quality R5 to R6. However, the pre-Quaternary bedrock was not encountered at all by the two probes of the preliminary geotechnical survey even to a depth of 12 and 14m. Therefore, verification boreholes were carried out in a nearby location as part of a detailed geotechnical survey. They encountered the bedrock at the usual depth. It may indicate the existence of narrow deep ravines or over-deepened riverbeds. However, these concerns have not yet been confirmed during the construction of the tunnel stub, however, indirect evidence could be the relatively high permeability and aquifer saturation of the terrace and bedrock, recorded when water was being pumped from the construction pit [1].

4. PARAMETERS AND CONSTRUCTION SOLUTION TO THE FUTURE ROAD TUNNEL

The I/20 road will run under the railway track in a tunnel, which will be carried out partly by the top down system under the protection of the roof deck and partly by excavation in a braced construction pit. The pit will be secured by a temporary structure consisting of a secant bored pile wall anchored with stranded anchors. The ground plan extent of the pit can thus fully utilise the very constricted space both for the equipment of the construction



Obr. 3 Příčný řez hloubeným tunelem

Fig. 3 Cross-section through the cut-and-cover tunnel



Obr. 4 Fréza a drapák pro realizaci podzemních stěn
Fig. 4 Hydroraise mill and grab for construction of diaphragm walls

- km 0,360–0,380

Průřez bude vpravo doplněn křídlem z podzemní stěny. Křídlo umožňuje napojení zářezu silnice I/20 na násyp železniční trati.

- km 0,380–0,450

Pravá tunelová trouba, jednokomorový tunel. Na tuto troubu pak v budoucnosti naváže zářez silnice I/20.

- km 0,450–0,580

Základní profil dvoukomorového tunelu.

V tunelu je navržená kategorie pozemní komunikace T-7,5 podle ČSN 73 7507, směrově rozdělená. Každý dopravní směr povede v samostatném jízdním pásu se dvěma jízdními pruhy, každý jízdní pás bude vedený v oddělené tunelové troubě. Nouzový chodník je navržený vždy po obou stranách jízdních pásů. Návrhová rychlost v tunelu je 70 km/h.

Příčný řez zárodku budoucího tunelu je patrný z obr. 3. Světla šířka je 10,7 m, výška průjezdního prostoru je 4,8 m, s tolerancí $\pm 0,15$ m. Celková délka objektu je 220 m, z toho celková délka zastropěného tunelu činí 200 m, s délkami levé tunelové trouby 130 m a pravé tunelové trouby 200 m.

Statické řešení tunelu musí respektovat zatěžovací stavy měnící se v průběhu výstavby a následně v období užívání. Jak je uvedené již výše, jde o jednokomorový nebo dvoukomorový rovinný rám, který nelze při čelním odtěžování uzavřít vnitřní základovou deskou; to je možné až v konečném stadiu stavby.

Pro budoucí tunel na silnici I/20 tak již byly v rámci modernizace železničního uzlu Plzeň dokončeny následující části:

- svislé nosné stěny tunelu;
- stropní deska tunelu vybetonovaná na upraveném zemním tělese;
- plošná vnější hydroizolace stropní desky tunelu;
- zpevněný železniční spodek trati z prostého betonu, nacházející se v přechodové oblasti, předcházelo tomu nezbytné dočasné zajištění stavební jámy (viz výše) se souběžným čerpáním vody.

Svislé nosné stěny tunelu jsou provedené jako monolitické železobetonové podzemní (obr. 4). Krajiní v tloušťce 1200 mm,

site facility and for the construction operations themselves. The shoring wall is designed to be (temporarily and reasonably) impermeable, keyed into the bedrock and closed around the entire perimeter so that, even when carrying out structures from working platforms below the water table level, groundwater inflows do not exceed the amount manageable by operational pumping.

The cut-and-cover tunnel will have a rectangular cross-section, mainly with two chambers. However, at the future I/20 road chainage, this basic tunnel geometry changes as follows:

- km 0.360–0.380

The cross-section will be supplemented on the right side by a wing of the diaphragm wall. The wing makes the connection of the cutting of the road I/20 to the embankment of the railway track possible.

- km 0.380–0.450

The right-hand tunnel tube, single-chamber tunnel. In the future, the I/20 road cutting will connect to this tube.

- km 0.450–0.580

Basic profile of a double-chamber tunnel.

The dual carriageway category T-7.5 according to ČSN 73 7507, is designed in the tunnel. Each traffic direction will lead in a separate carriageway with two lanes, each carriageway will be led in a separate tunnel. The emergency walkway is always designed on both sides of the carriageways. The design speed in the tunnel is set at 70km/h.

A cross-section of the stub of the future tunnel can be seen in Fig. 3. The clearance profile width of 10.7m and the clearance profile height of 4.8m are designed, with a tolerance of ± 0.15 m. The object is 220m long in total, of which the total length of the roofed tunnel is 200m, with the lengths of the left-hand tunnel tube of 130m and the right-hand tunnel tube of 200m. The static design of the tunnel must respect the load conditions that change during construction and subsequently during the period of the use. As mentioned above, it is a single-chamber or double-chamber plain frame that cannot be closed by an internal base slab during



Obr. 5 Betonáž stropní desky
Fig. 5 Concreting of a roof deck slab



Obr. 6 Izolace stropní desky
Fig. 6 Roof deck waterproofing

středové 1500 mm. Jsou vetknuté 7,5 m pod úroveň spodní hrany vnitřní desky tunelu. Hloubka i tloušťka stěn byly navrženy s ohledem na postup odtěžování pod ochranou stropní desky tunelu a rovněž na zatížení od definitivního provozu silničního tunelu, taktéž se započítáním vztlaku.

Stropní deska tunelu byla navržena jako monolitická železobetonová (obr. 5), rámově spojená se svislými stěnami. Na spodním líci je deska při navázání na stěny zesílená v délce 1000 mm náběhy vysokými 500 mm. Na horním líci je navržena ve střeovitém slonu 2 % od osy pozemní komunikace. V podélném směru je rozdělena na dvanáct dilatačních celků, odpovídajících dvěma nebo třem lamelám podzemních stěn.

Při stavbě silničního tunelu bude rámová konstrukce dokončovaná spodní **vnitřní základovou deskou**.

Nosné stěny i stropní deska jsou provedené z vodonepropustného betonu. Stropní deska je navíc z rubu chráněná izolací (obr. 6) proti tlakové vodě. Tu představuje penetračně adhezní nátěr, pásová izolace z modifikovaného asfaltu, ochranná vrstva netkané geotextílie a separační PE fólie tloušťky 0,3 mm. V rozích je hydroizolace přetažena přes pracovní spáru stropní desky a svislých nosných stěn [2].

5. POSTUP REALIZACE STAVBY

Stavební práce byly zahájeny v listopadu 2020. V první fázi realizace byly prováděny bez omezení provozu na stávající dvoukolejně trati. Probíhaly přípravné práce, bylo zřizováno zařízení staveniště a budovány konstrukce vzdálené od kolejí. Posléze byla vyloučena kolej

the top down construction system operations; this is only possible in the final stage of construction.

For the future tunnel on the I/20 road, the following parts have already been completed as part of the upgrading of the Plzeň railway junction:

- vertical load bearing walls of the tunnel;
- tunnel roof deck concreted on a treated track formation;
- external sheet waterproofing of the tunnel roof deck;
- stabilised track bed made of plain concrete, located in the transition area, this was preceded by the necessary temporary shoring of the construction pit (see above) with simultaneous pumping of water.

The **vertical load-bearing walls** of the tunnel are made as a monolithic reinforced concrete diaphragm walls

(Fig. 4). The outer ones 1200mm thick, the central one 1500mm thick. They are keyed 7.5m below the level of the lower edge of the inner slab of the tunnel. The depth and thickness of the walls were designed taking into account the excavation procedure under the protection of the tunnel roof deck and also the load exerted by the final operation of the road tunnel, also taking into account the buoyancy. The **roof deck** of the tunnel was designed as monolithic reinforced concrete structure (Fig. 5), frame-connected with the vertical walls. On the lower surface, the slab is reinforced at a length of 1000mm with 500mm high haunches when connecting the walls. On the upper surface, a saddle roof-like slope of 2% from the road axis is designed. In the longitudinal direction, it is divided into twelve expansion units, corresponding to two or three lamellae of the diaphragm walls. The **lower inner base slab** will be added



Obr. 7 Zařízení staveniště pro výrobu lamel
Fig. 7 Construction site facility for production of lamellas



Obr. 8 Stavební jáma
Fig. 8 Construction pit

č. 2 (obr. 7), rychlost provozu na koleji č. 1 byla omezena, byly přeloženy kolizní drážní sítě a na trakčním vedení bylo s ohledem na bezpečnost práce pod vysokým napětím zřízeno v rozsahu staveniště neutrální pole. Součástí této fáze byla realizace konstrukcí na sever (vpravo) od stávající koleje č. 1. Nejprve byla provedena těsná pažená stavební jáma (obr. 8). Šlo o pravou stranu staveniště, prostory mezi stávajícími kolejemi a rovněž na severním i jižním okraji území. Ve stavební jámě byly postupně provedeny vodící zídky a klasickým postupem zřízeny podzemní stěny (obr. 9).

Svislé spáry mezi lamelami podzemních stěn byly provedeny ve stop-end profilu, s těsnicími pásy ve spárách a trubičkou těsnicí injektáže. Spárové pásy musely být vytaženy do takové výšky nad horní hranu podzemních stěn, aby je bylo možné navázat v dilatačních spárách na pásy stropní desky, případně je zabetonovat do stropní desky u spár mezilehlých.

Podzemní stěny bylo třeba přebetonovat alespoň o 500 mm s tím, že následně byly ubourány na úroveň pracovní spáry stropní desky tunelu. Pro snazší odseparování výztuže od betonu byly použity plastové návleky.

Hloubení podzemních stěn bylo v zeminách prováděno lanovým drapákem a v podloží hydrofrézou. V některých místech bylo nutné překonat pažící pilotové stěny. Ty byly proto vyztužené pouze sklolaminátovou výztuží (GFRP). Toto řešení se velmi osvědčilo, bylo však třeba upravit zavádění hydrofrézy do pilotové stěny.

Jistou překážkou pro stavební práce bylo geologické prostředí. Při hloubení jedné z prvních lamel došlo při čištění jejího dna k uvolnění cca 65 m³ horniny ze stěny rýhy. Jednalo se o rozpadavé, silně podrcené břidlice v hloubce pod úrovní pracovní plošiny cca 4 až 10 m. Lamela byla bezodkladně vyčištěna, sanována zalitím betonem nízké pevnosti a přetěžena s dokončením po sanaci. Objem a poloha kaverny byly odvozeny z konsumpčních křivek sanační směsi. K obdobné poruše došlo ještě jedenkrát, navíc s uvíznutím frézovací hlavy. Potíže způsobilo, s nejvyšší pravděpodobností, porušení podložních břidlic v hloubce 4 až 10 m

to the frame structure during the construction of the road tunnel. The load-bearing walls and the roof deck are made of waterproof concrete. The roof deck is, in addition, protected from the reverse-side by waterproofing (Fig. 6) against pressurised water. This consists of a penetration-adhesive coating, modified asphalt waterproofing mats, a protective layer of non-woven geotextile and a 3mm thick separation PE membrane. In the corners, the waterproofing overlaps the working joint between the roof deck and vertical load-bearing walls [2].

5. CONSTRUCTION PROCESS HISTORY

Construction works started in November 2020. In the first phase of the works, they were carried out without traffic restrictions on



Obr. 9 Budování objízdné trasy
Fig. 9 Construction of by-pass route

the existing double-track line. Preparatory work was underway, construction site facility was set up and structures far from the railway yard were built. Later, track No. 2 was excluded (Fig. 7), the speed of traffic on track No. 1 was limited, the colliding track networks were relocated and, with regard to the safety of work under high voltage, a neutral field was established on the catenary line within the scope of the construction site. Part of this phase was the work on the structures to the north (right) of the existing track No. 1. First, a tight, braced construction pit was carried out (Fig. 8). It concerned the right side of the construction site, the spaces between the existing tracks and also on the northern and southern edges of the territory. Guide-walls were gradually constructed in the construction pit and diaphragm walls were carried out using the classic procedure (Fig. 9). The vertical joints between the lamellae of the diaphragm walls were made in a stop-end profile, with waterbars in the joints and a sealing grouting tube. The waterbars had to be pulled to such a height above the upper edge of the diaphragm walls that it was possible to connect them in the expansion joints to the waterbars in the roof



Obr. 10 Armování 1. dilatace a podklad pro 2. dilataci

Fig. 10 Placement of reinforcement of expansion joint 1 and base for expansion joint 2

s porušením stavu jejich napjatosti při hloubení. Řešením potíží bylo zkrácení záběrné délky lamel na minimum. To však současně vedlo k nepříjemnému zpomalení postupu výstavby a k navýšení počtu svislých spár zvyšujících tak riziko pronikání vody. Pracovníci firmy Zakládání staveb proto navrhli použití předstihového zpevnění břidlic klasickou injektáží cementovou suspenzí. Toto řešení bylo účinné a realizovatelné bez výrazného dopadu do harmonogramu realizace stavby. Technicky šlo o sanační injektáže horninového prostředí vysokotlakou injektáží vrtů, hlubokých 13 m, ve dvou řadách po obou stranách budoucích podzemních stěn, šachovitě v základním rozponu 1×1 m. Po zavedení (obou typů) opatření k dalším incidentům tohoto druhu na stavbě již nedošlo.

of the first lamellas, when cleaning its bottom, approx. 65m³ of ground released from the trench wall. It was a disintegrating, heavily fractured shale, approximately 4 to 10m below the level of the working platform. The lamella was immediately cleaned, stabilised with low-strength concrete to be re-excavated during post-stabilisation finishing work. The volume and position of the cavern were derived from the consumption curves of the stabilisation mixture. A similar failure occurred once more, in addition with the hydrofreise milling head getting stuck. The problem was caused, most likely, by the failure of the underlying shale at a depth of 4 to 10m with upsetting their state of stress during excavation. The solution to the problem lay in shortening the pulling length of the lamellas to a minimum. However, this simultaneously led to an unacceptable slowdown in the construction process and to an increase in the number of vertical joints, thus increasing the risk of water penetration. Therefore, the employees of the Zakládání Staveb company proposed the use of advance consolidation of shales by classic grouting with cement suspension. This solution was effective and feasible without significant impact on the construction schedule. Technically, it involved consolidation grouting into the rock environment by high-pressure injection of grout into boreholes (13 m deep, in two rows on both sides of the future diaphragm walls, in a staggered pattern in a basic span of 1×1m). After the introduction of (both types of) measures, no further incidents of this kind occurred on the construction site. Even below the water table level,



Obr. 11 Betonáž dilatačního dílu 1

Fig. 11 Concreting of expansion block 1

Pažící konstrukce ani pod úrovní HPV pohledově nevykazovala známky průsaků, přesto bylo nutné kontinuálně čerpat vodu vytékající ze dna stavební jámy, tedy z podloží. Vyčerpanou vodu, zjevně čistou, však nebylo možné, s ohledem na provozní předpisy provozovatele stokové sítě, vypouštět do přilehlé městské kanalizace. Tato obtíž byla překonána tak, že se voda odvádí (za průběžných kontrolních rozborů podle podmínek stanovených Povodím Vltavy) do přilehlé řeky Úslavy potrubím starého nevyužívaného výtláčného řadu, jehož šachty se nacházejí v prostoru staveniště. Stav a dostatečná těsnost řadu byly před použitím zkontrolovány kamerovými a tlakovými zkouškami.

Následoval zpětný zásep této části zárodku tunelu a přes dokončený úsek zastropení byla položena dočasná objížďka železnice, včetně trakce a ostatního příslušenství, napojená na koncích do nového stavu koleje č. 2. Také u trakčního vedení objížďné trasy bylo z hlediska bezpečnosti před účinky vysokého napětí zřízeno na dobu výstavby zárodku tunelu neutrální pole.

Po převedení železniční dopravy na objížďnou trasu mohla být vyloučena stávající kolej č. 1 a zahájena druhá fáze výstavby zárodku tunelu zahrnující realizaci zbývajících konstrukcí na jih (vlevo) od původní trati. Nejprve byla dokončena uzavřená stavební jáma a proběhlo hloubení na pracovní úroveň zpevněného dna. Poté byly odstraněny dále nepotřebné a kolizní úseky středové linie pažení (úsek mezi původními kolejemi). Z pracovní úrovně dna jámy byly, obdobně jak je rozvedeno výše pro první fázi stavby, provedeny vodicí zídky, podzemní stěny a úseky stropní desky (obr. 10, 11) v rozsahu druhé fáze výstavby zárodku tunelu.

6. ZÁVĚR

V době tvorby článku jsou betonovány jednotlivé stropní desky závěrečné etapy realizace zárodku budoucího silničního tunelu. Termín dokončení je jaro roku 2023. Budou tak v časovém předstihu uskutečněny základní kroky pro realizaci budoucího tunelu na přeložce silnice I/20.

V kontextu současných podmínek přípravy a realizace významných, a to nejen dopravních a inženýrských staveb v ČR se jedná o případ ne zcela obvyklého, ale o to správnějšího přístupu dvou velkých státních investorů při koordinaci návrhu a realizace navzájem se ovlivňujících tras a objektů. A v neposlední řadě je vlastní realizace prezentovaného objektu dobrým příkladem kvalitní přípravy projektu a následně dobré spolupráce dodavatele, projektanta a investora při výstavbě.

*Ing. LUDĚK RAJS, ludek.rajs@metrostav.cz,
Ing. TOMÁŠ KOHOUT, tomas.kohout@metrostav.cz,
Ing. PETR SVOBODA, petr.svoboda@metrostav.cz,
Metrostav a.s.*

Recenzoval *Reviewed*: Dr.-Ing. Zdeněk Žižka

the bracing structure did not visually show signs of seepage, yet it was necessary to continuously pump water flowing from the bottom of the construction pit, i.e. from the subbase. However, it was not possible to discharge the drained water, which was apparently clean, into the adjacent municipal sewer system due to the operating regulations of the sewage network operator. This difficulty was overcome by diverting the water (subject to ongoing control analyses in accordance with the conditions set by the Vltava River Basin Administration) into the adjacent Úslava River through the forcemain of an old, unused discharge line, the shafts of which are located in the area of the construction site. The condition and sufficient tightness of the pipeline were checked by a camera and pressure tests before use. This was followed by the backfilling of this part of the tunnel stub, and a temporary railway bypass, including the catenary and other accessories, was laid over the completed section of the roof deck, which was connected at the ends to the new state of track No. 2. Also, a neutral field was established for the catenary line of the bypass route, from the point of view of safety against the effects of high voltage, for the duration of the construction of the tunnel stub. After the diversion of railway traffic to the bypass route, the existing track No. 1 could be excluded and the second phase of the construction of the tunnel stub could be started, including the work on the remaining structures to the south (left) of the original line. First, a closed construction pit was completed and excavation was carried out to the working level of the consolidated bottom. After that, further unnecessary and conflicting sections of the central line of the bracing (the section between the original tracks) were removed. From the working level of the bottom of the pit, similar to what is detailed above for the first phase of construction, guide walls, diaphragm walls and sections of the roof deck (Fig. 10, 11) were made in the scope of the second phase of the construction of the tunnel stub.

6. CONCLUSION

At the time of the creation of this paper, the individual roof deck slabs of the final stage of the future road tunnel stub are being concreted. The completion date is spring 2023. In this way, the basic steps for the work on the future tunnel on the I/20 road interchange will be carried out in advance. In the context of the current conditions for the preparation and execution of significant, and not only transport-related and engineering projects in the Czech Republic, this is a case of not quite usual, but the more correct approach of two large state owners of projects in coordinating the design and constructing of mutually influencing routes and objects. And last but not least, the actual construction of the presented object is a good example of quality project preparation and subsequently good cooperation between the contractor, designer and client during construction.

*Ing. LUDĚK RAJS, ludek.rajs@metrostav.cz,
Ing. TOMÁŠ KOHOUT, tomas.kohout@metrostav.cz,
Ing. PETR SVOBODA, petr.svoboda@metrostav.cz,
Metrostav a.s.*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] UHRIN, M. Příprava a realizace zárodku silničního tunelu v Plzni. *Beton*, 03/2022 (str. 83–89).
- [2] UHRIN, M. Uzel Plzeň, 5. stavba – Lobzy – Koterov. Technická zpráva ve stupni DSP, vydal Sudop Praha (77 stran), Praha, 06/2019