

DEFINITIVNÍ OSTĚNÍ KABELOVÉHO TUNELU KARLÍN

FINAL TUNNEL LINING OF THE KARLÍN CABLE TUNNEL

Michal Sedláček, Jiří Fiala

Příspěvek je zaměřen na návrh a provádění betonových konstrukcí podzemního díla Karlín. ■ The paper focuses on design and implementation of waterproof final tunnel lining.

Kabelový tunel Karlín je podzemní liniová stavba, která slouží pro vedení silových kabelů, jež umožní zásobování rozvíjejícího se území Rohanského ostrova, Manin a Rustonky (obr. 1). Současně také propojí existující kabelové tunely Štvanice a Pražáčka, čímž se výrazně zvýší variabilita tras a zdrojů zásobování napojené oblasti, a tedy provozní spolehlivost dodávek v celé zokruhované oblasti kabelových tunelů Holešovice, Libeň, Vysočany a Žižkov.

Na trase kabelového tunelu se nachází technické komory (TK), v kterých jsou umístěna křížení silových kabelů, a šachty (J), které slouží k vyvedení kabelů do kopaných tras.

DEFINITIVNÍ OSTĚNÍ

Definitivní ostění trasového profilu (obr. 2) je tvořeno monolitickou železobetonovou konstrukcí o konstantní tloušťce 250 mm. Pevnostní třída použitého betonu je C30/37, třída prostředí XA2 (sírany do 700 mg/l), D_{max} 16 mm a maximální hloubka průsaku 25 mm. Prutová výztuž ostění je z oceli B 500B a svařované sítě jsou z oceli B 500A.

Příčný tvar trasového profilu je vejčitý a skládá se z oblouků o různých poloměrech, které na sebe vzájemně navazují. Tento tvar je výhodný ze statického hlediska, neboť eliminuje namáhání od ohybového momentu i posouvající síly a zároveň vnáší do průřezu tlakovou normálovou sílu.

Na trase kabelového tunelu Karlín se nachází dvě technické komory TK1 a TK3 (obr. 3 a 4), které slouží k prostorovému vykřížení příslušných kabelů do šachet J33 a J32.

Definitivní ostění technických komor je tvořeno monolitickou železobeto-

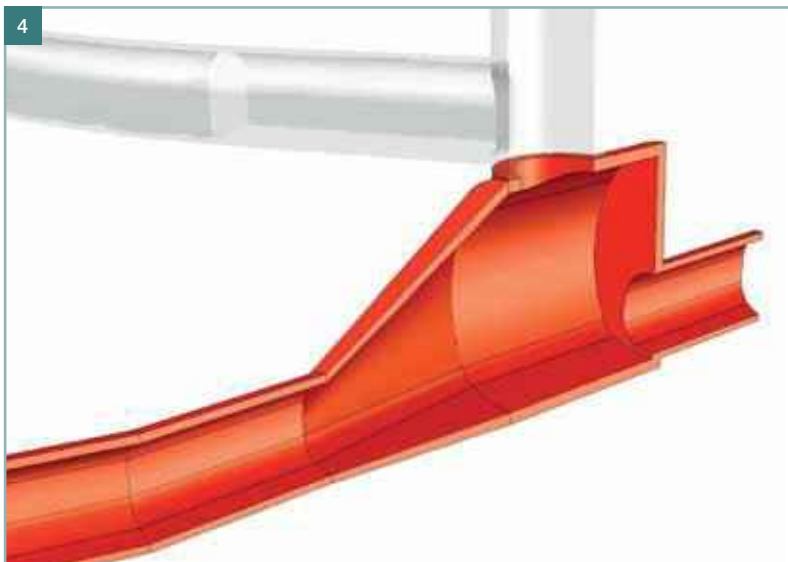
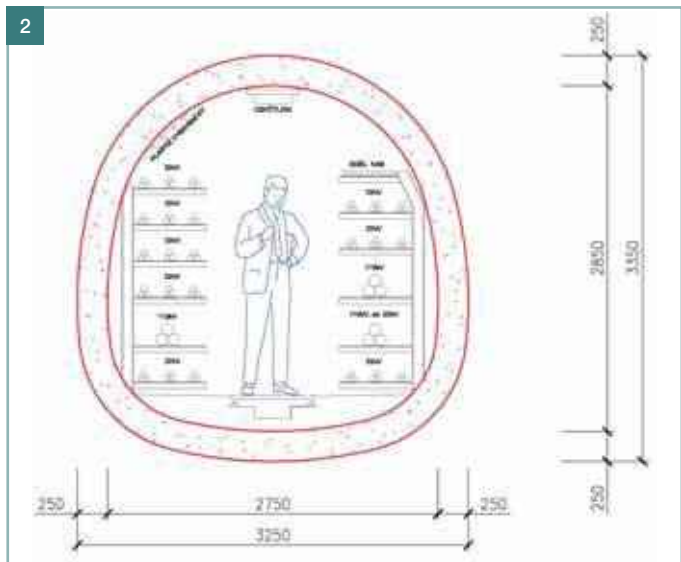
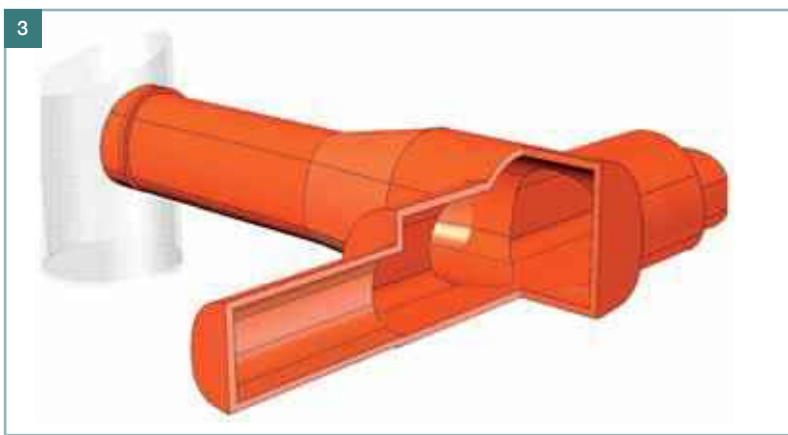
novou konstrukcí, pevnostní třída navrženého betonu je C30/37, třída prostředí XA2 (sírany do 700 mg/l), D_{max} 16 mm a maximální hloubka průsaku 25 mm. Prutová výztuž je z oceli B 500B a svařované sítě jsou z oceli B 500A.

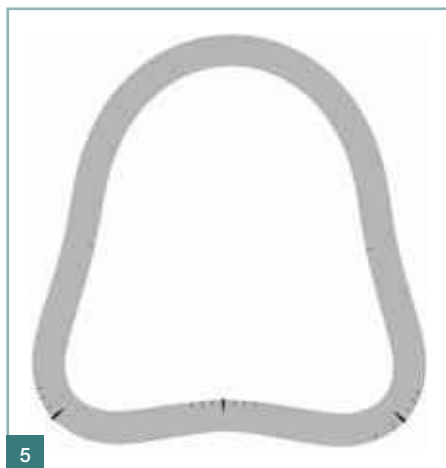
Tvary jednotlivých komor jsou výsledkem optimalizace návrhu a do značné míry i kompromisem mezi statickým řešením, nutností prostorového křížení kabelů, omezenou možností variability bednicích systémů a požadavky investora.

ZAJIŠTĚNÍ VODOTĚSNOSTI

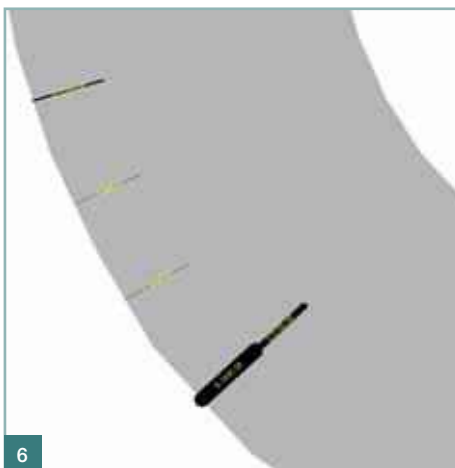
Pro celkovou koncepci hydroizolačního systému kabelového tunelu byl zvolen uzavřený systém hydroizolace. Tento systém výrazně snižuje provozní náklady (odpadá čištění drenáží) a po dostavbě kabelového tunelu nenarušuje režim podzemních vod.

Definitivní konstrukce tunelu se nachází 35 m pod hladinou Vltavy, která teče v těsné blízkosti podzemní kon-

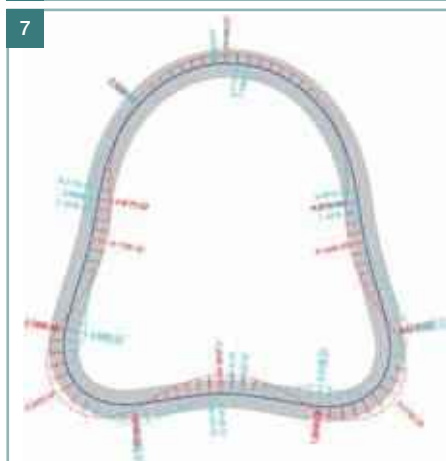




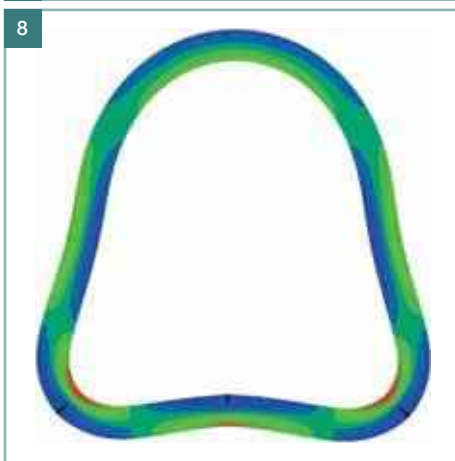
5



6



7



8

Obr. 1 Situace ■ Fig. 1 Plan

Obr. 2 Trasový profil ■ Fig. 2 Typical cross section

Obr. 3 Technická komora TK1 ■ Fig. 3 Technical chamber TK1

Obr. 4 Technická komora TK3 ■ Fig. 4 Technical chamber TK3

Obr. 5 MSP, šířka trhliny ■ Fig. 5 Serviceability limit state, crack width

Obr. 6 Detail, maximální šířka trhliny ■ Fig. 6 Detail, maximal crack width

Obr. 7 Průběhy ohybového momentu M a smykové síly V ■ Fig. 7 Bending moment M and shear force V Obr. 8 Hlavní napětí σ_1 ■ Fig. 8 Main stresses σ_1

níž se vytváří jehličky krystalů, které postupně prorůstají do pórové struktury betonu, a tím z něho vytlačují vodu.

Dokonalé spojení těsnicího plechu s betonovou směsí je zajištěno zdrsněným povrchem plechu a omezením velikosti maximálního zrna kameniva použitého pro výrobu betonové směsi.

Vodotěsnost dilatačních spár byla zajištěna použitím vnitřního pásu Leschuplast PVC-P D 320.

STATICKÉ ŘEŠENÍ

Trasový profil byl modelován v souladu s ČSN EN 1992-1-1 za použití nelineární analýzy, která zohledňuje skutečnost, že v definitivním ostění dochází již při vzniku velmi malých trhlin k zmenšení tuhosti průřezu a následnému přerozdělení vnitřních sil do méně namáhaných oblastí. Dochází tedy k redistribuci vnitřních sil ještě před dosažením mezních stavů.

Do výpočtu byl dále zahrnut tvar a plocha betonářské výztuže, neboť

strukce. Z tohoto důvodu bylo nutné navrhnout funkční technologická opatření pro ošetření pracovních a dilatačních spár, která zajistí vodotěsnost pro uvažovaný hydrostatický tlak (35 m vodního sloupce = 350 kPa = 3,5 baru).

Vodotěsnosti betonu zde bylo docíleno použitím lité, snadno zhutnitelné

betonové směsi C30/37 – XA2 (sířany do 700 mg/l) – Dmax 16 – S5. Maximální hloubka průsaku 25 mm.

Vodotěsnost pracovních spár byla zajištěna použitím těsnicích plechů Aquafin CJ-5 s oboustranným izolačním povlakem. Pokud se dostane do blízkosti izolačního povlaku voda, nastartuje se chemická reakce, během

BETOSAN[®]

DRŽITEL CERTIFIKÁTU ČSN EN ISO 9001 A 14001



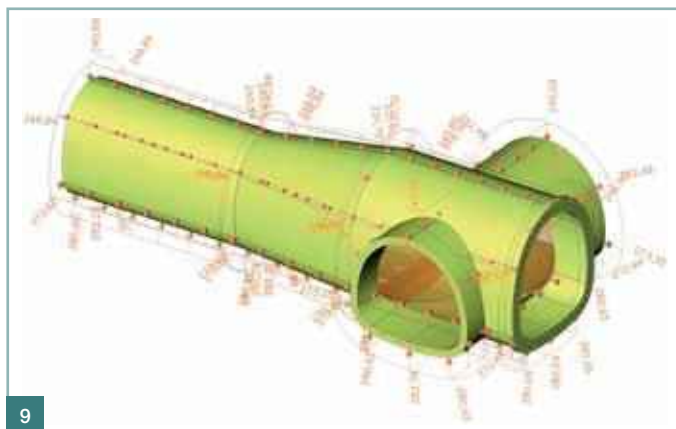
**alternativa,
kterou oceníte**

Tmelení, těsnění, injektáže

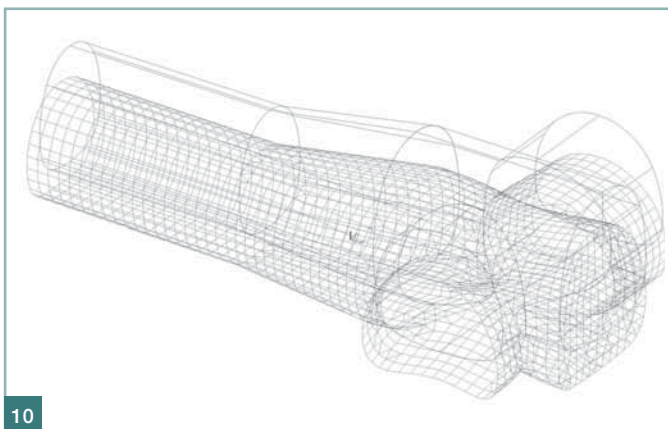
**PRUŽNÉ TMELY PRO TĚSNĚNÍ
PROSTUPŮ A DILACÍ
TMELY NA BÁZI MS POLYMERŮ
LEPÍCÍ TMELY
NÁHRADA SILIKONŮ
PRŮTAŽNOST AŽ 300 %**

www.betosan.cz

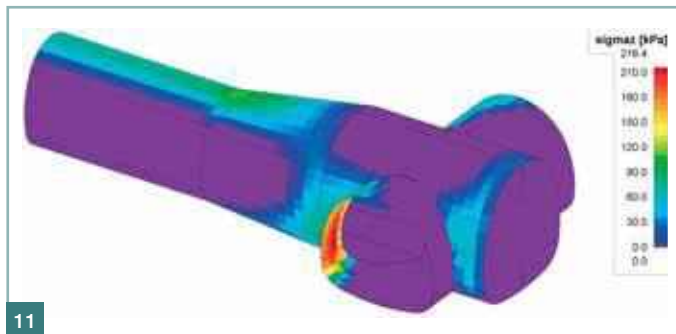
OBCHODNĚ-TECHNICKÁ KANCELÁŘ
Na Dolinách 23 tel./fax: 241 431 212
147 00 Praha 4 e-mail: praha@betosan.cz



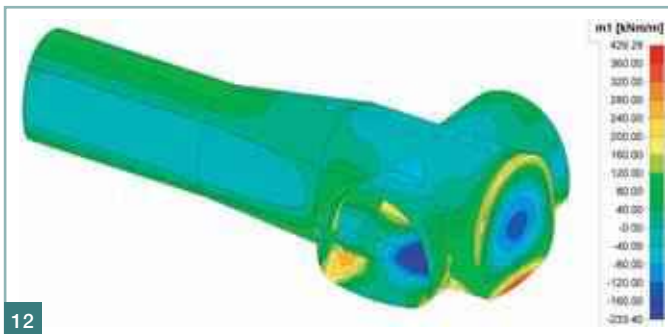
9



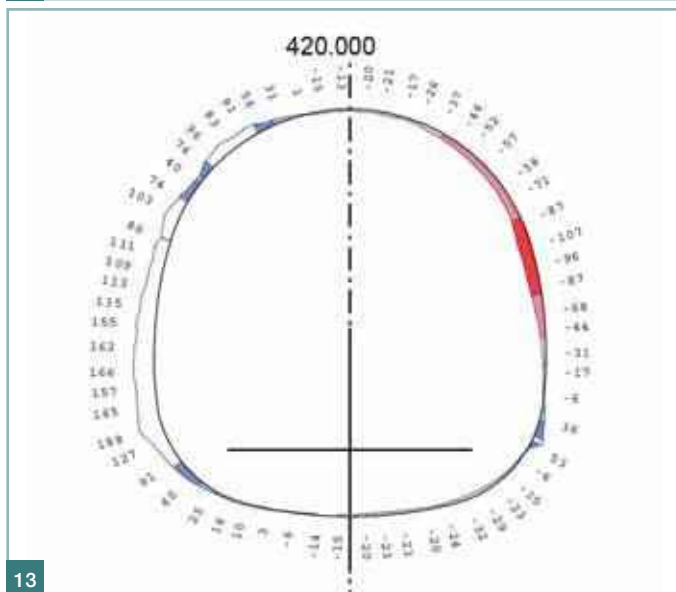
10



11



12



13



14

Obr. 9 TK1 – zatížení vodním tlakem
Fig. 9 TK1 Water pressure load

Obr. 10 TK1 – deformace
Fig. 10 TK1 – deformations

Obr. 11 TK1 – kontaktní napětí
Fig. 11 TK1 – contact stresses

Obr. 12 TK1 – hlavní moment m_1
Fig. 12 TK1 – principal bending moments m_1

Obr. 13 Zaměření primárního ostění
Fig. 13 Real cross section of the primary lining

Obr. 14 Betonáž trasového profilu
Fig. 14 Concreting of the final lining

Obr. 15 Finální trasový profil
Fig. 15 Completed final lining

Obr. 16 Armování stropu TK1
Fig. 16 Reinforcement work on TK1

Obr. 17 Konečná podoba TK1
Fig. 17 Completed final lining of TK1

Obr. 18 Pohled z TK1 do trasového profilu
Fig. 18 View from TK1 to the cable tunnel

procento vyztužení v jednotlivých průřezech není konstantní a průřezy s větší ohybovou tuhostí vykazují menší deformace a větší hodnoty napětí.

Trasový profil představuje konstrukci ve stavu rovinné deformace, tzn. že se nemůže deformovat v podélném směru. Kritické průřezy jsou posouzeny na MSÚ (kombinace tlaku, ohybu a smyku) a na MSP (šířka trhlin a deformace).

Technické komory byly modelovány jako prostorové skořepinové konstrukce. Na základě výsledků z numerické analýzy byla určena nejvíce namáhaná místa a v nich byly následně provedeny řezy na skořepinách. V jednotlivých řezech dostáváme základní veličiny, které

jsou zobrazeny v lokálních osách skořepin ($m_x, m_y, m_{xy}, n_x, n_y, n_{xy}, q_x, q_y$) a dále dostáváme hlavní veličiny, které jsou vztaženy k hlavním osám ($m_1, m_2, n_1, n_2, q_{maxb}, q_{maxm}$). Kritické průřezy jsou posouzeny na MSÚ (kombinace tlaku, ohybu a smyku) a na MSP (šířka trhlin a deformace).

Okrajové podmínky trasového profilu i technických komor byly simulovány pomocí fyzikálně nelineárního modelu podloží. Tímto postupem bylo výstižně zohledněno reálné chování podzemních konstrukcí, které jsou vždy v interakci s okolním horninovým prostředím, a tato interakce ovlivňuje výsledné stavy napětí v definitivním ostění (obr. 9 až 13).

PRŮBĚH BETONÁŽE

Betonová směs byla na staveništi dopravována pomocí autodomíchávačů. Vertikální přeprava byla zajištěna svislým potrubím, které bylo připevněno ke stěně šachty. Odtud byla betonová směs dopravena k mobilnímu čerpadlu a následně pomocí horizontálního potrubí byla dopravována na příslušný

ry, v závislosti na tvarové složitosti daného prvku.

Při betonáži definitivní konstrukce je nutné si uvědomit, že vnější líc definitivního ostění je tvořen primárním (dočasným) ostěním, které většinou nesplňuje požadované geometrické tolerance. Proto je nutné provést před zahájením betonáže defi-

stavuje zhruba 80 kg výztuže na 1 m³ betonu.

S ohledem na zkušenosti zhotovitele a pečlivé dodržování technologické kázně při jednotlivých stavebních procesech nedošlo během výstavby k žádným problémům, které by měly za následek snížení kvality výsledného díla (obr. 15, 17 a 18).



15



16



17



18

úsek betonáže. Při betonáži nejvzdálenějšího úseku byla vodorovná délka potrubí 230 m.

Při betonáži trasového profilu bylo použito pojízdné bednění s příloženými vibrátory (obr. 14). Pro betonáž technických komor nebylo možné použít systémová bednění, a proto byly formy vyráběny tesařsky, pro každou technickou komoru zvlášť.

Trasový profil byl v příčném řezu rozdělen na dva záběry, nejprve byla vybetonována spodní klenba a následně byly do pojízdného bednění provedeny boky a horní klenba. Maximální délka záběru betonáže trasového profilu byla 10 m. Technické komory byly v příčném řezu rozděleny na dva až tři zábě-

nitivní konstrukce zaměření primárního ostění (obr. 13), označit místa, která přesahují přípustné geometrické tolerance, a následně provést jejich reprofilaci.

ZÁVĚR

Díky vstřícnému přístupu investora bylo možné provést optimalizaci původního návrhu. Zkušenosti získané při výstavbě betonových konstrukcí kabelového tunelu Karlín ukázaly, že při aplikaci moderních návrhových metod lze najít optimální návrh konstrukce, což v konečném důsledku vede k výrazným úsporám při realizaci díla. V uvedeném případě bylo použito 194 kg výztuže na 1 bm trasového profilu, což před-

Investor	PRE distribuce, a. s.
Projekt	Ko-Ka, s. r. o.
Zhotovitel	Ekostav, a. s.

Ing. Michal Sedláček, Ph.D.
Ko-Ka, s. r. o.
Thákurova 7, Praha 6
e-mail: sedlacek@ko-ka.cz
www.ko-ka.cz



Jiří Fiala
Ekostav, a. s.
Brigádníků 3353/351b, Praha 10
e-mail: fiala@essro.cz
www.ekostav2000.cz

