

Lukáš ČÁBI¹, Pavel VLČEK²

BETONÁŽ TUNELŮ POMOCÍ BEDNICÍCH FOREM FIRMY PERI

CONCRETING OF TUNNELS WITH FORMWORK BY PERI

Abstrakt

Projekt je zaměřen na výstavbu tunelových staveb, které se nachází v jižní části pražského okruhu, jehož funkcí bude odlehčení zatížené sítě městských komunikací a propojení všech dálnic a rychlostních silnic u Prahy.

Hlavním cílem projektu je představit bednicí formy firmy PERI. Je popsán konstrukční systém bednicí formy. V projektu jsou uvedeny poznatky o provádění a využití bednění pro betonáž.

Abstract

The project focuses on building of tunnels located in southern part of the Prague circuit, which aims at easing of overloaded net of urban communication and interconnection of all motorways and speedways near Prague.

The main target of the project is to introduce the formwork by PERI company. The construction system of the formwork is described. The project provides pieces of knowledge on performing and use of the formwork for concreting.

1 HISTORIE A NÁPLŇ PRÁCE FIRMY PERI

Firma PERI byla založena v lednu 1969 ve Weissehornu (Německo). Patří mezi tři největší výrobce systémového bednění a lešení na světě. Firma vlastní celkem 47 národních dceřiných společností, což firmu PERI řadí vzhledem k ročnímu obratu mezi 50 nejvlivnějších firem ve spolkové zemi Bavorsko (Německo).

V roce 1994 byla založena česká pobočka firmy PERI. V této době začal rychlý rozvoj stavebnictví v České republice a firma začala dodávat systémové bednění pro referenční stavby. Po určité době bylo ve firmě založeno oddělení lešení, které se velmi rychle adaptovalo na stavebním trhu a začalo nabízet kvalitní služby. V současné době jsou ve firmě celkem 4 technická oddělení (bednění, lešení, mostní konstrukce a speciální konstrukce), které nabízejí své služby v různých odvětvích stavitelství.

Oddělení tunelových a speciálních konstrukcí bylo založeno v roce 2000. Cílem založení bylo vytvořit oddělení, které bude provádět návrhy bednění atypických konstrukcí ve stavebnictví. Většina projektů tohoto oddělení je zaměřena na dopravní stavitelství, ve kterém se návrhy bednění specializují zejména na :

- bednění tunelů a štol (Obr. 1),
- bednění říms mostních konstrukcí pomocí římsového vozíku,
- bednicí konstrukce spřaženého mostu (Obr. 2).

¹ Ing. Lukáš Čábi, Ph.D., PERI spol. s r. o., Průmyslová 392, 252 42 Jesenice, tel.: (+420) 222 359 462, e-mail: l.cabi@peri.cz.

² Ing. Pavel Vlček, Katedra pozemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební (FAST), Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 322, e-mail: pavel.vlcek1@vsb.cz.



Obr.1: Bednicí forma PERI tunelu (foto PERI s.r.o. ©)



Obr.2: Bednicí forma PERI sprážené mostní konstrukce (foto PERI s.r.o. ©).

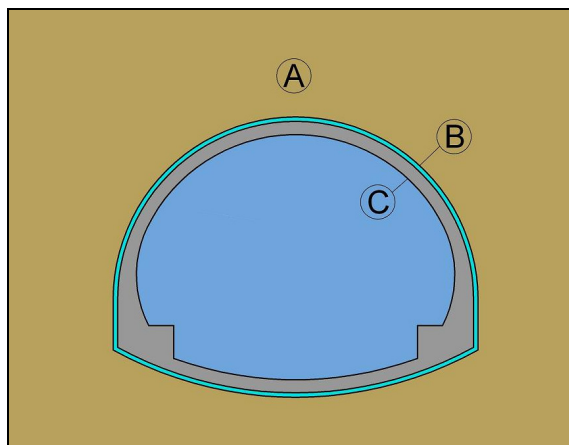
2 BEDNICÍ FORMY PODLE KONSTRUKCE TUNELU

Tunel je podzemní liniová stavba, jejíž základní charakteristikou je převládající délka stavby proti šířce a výšce. Světlý průřez je větší než 16 m^2 [1]. V současné době se ve stavitelství setkáváme s několika různými druhy výstavby tunelů, mezi které patří především ražený tunel (ražená podzemní stavba) nebo hloubený tunel (hloubená podzemní stavba). Ražený tunel (Obr. 3) je stavební dílo, jehož výstavba se provádí bez odstranění nadloží, tedy buď klasickým hornickým způsobem, nebo za použití některé z tunelářských metod. Konvenční ražení podle zásad nové rakouské tunelářské metody (NRTM) je v současnosti nejrozšířenější metodou ražení tunelů ve skalních a poloskalních horninách. Ostění konvenčně ražených tunelů mají zpravidla dvě vrstvy:

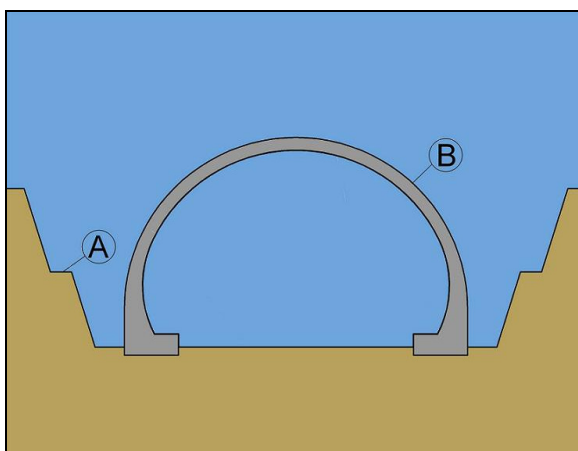
- primární ostění ze stříkaného betonu vyztuženého sítěmi, ocelovými oblouky a kotvami (svorníky),
- monolitické sekundární ostění z prostého nebo vyztuženého betonu [4].

Hloubený tunel (Obr. 4) je stavební dílo, jehož výstavba se provádí v otevřené stavební jámě nebo šachtě. Jedná se tedy o způsob výstavby podzemních staveb prováděný z povrchu a po vybudování se hotové dílo zakryje nebo zasype [1].

Bednění je pomocná konstrukce vytvářející formu určenou k vyplnění amorfním stavebním materiálem. Ve vyplněné formě tento materiál působením fyzikálních nebo chemických procesů ztuhne a ztvrdne, takže nakonec lze pomocnou konstrukci odstranit [2]. Pro splnění technologicko konstrukčních podmínek (např. těsnost bednění, přesnost bednění, únosnost a stabilita, bezpečnost) je důležitá volba materiálu a typu bednění, aby vyhověla stanovenému kritériu optima, kterým jsou obvykle celkové náklady na zhotovovanou železobetonovou konstrukci, nebo čas potřebný k jejímu vybudování [2].



Obr.3: Ražený tunel, A – horninový masiv, B – primární ostění, C – sekundární ostění.



Obr.4: Hloubený tunel, A – hloubená jáma, B – ostění tunelu.

Betonáž ostění tunelu se provádí pomocí pojízdné bednicí formy (bednicího vozu). Bednicí vůz se pohybuje po kolejnicích, umístěných na betonových základových pásech tunelu. Bednění je samonosné a při povolených limitních deformacích musí přenést i tíhu čerstvého betonu [3].

Bednění firmy PERI pro hloubené nebo ražené tunely jsou charakterizovány jako systémové bednění [2], které je tvořeno souborem (systémem) továrně vyráběných prvků. Spojování prvků systémového bednění je málo pracné, bednicí formy z nich vytvořené se vyznačují velkou přesností. Prvky systémového bednění jsou vyráběny z kvalitních trvanlivých materiálů, čímž může být docíleno při technologické kázní velkého počtu opakovaného použití.

V současnosti jsou silniční a železniční tunely v podélném směru z hlediska provádění stavby rozděleny na raženou a hloubenou část. Pro obě části tunelu může být použit pouze jeden typ bednicí formy.

V praxi se však často setkáváme se situací, kdy jsou z ekonomických nebo časových důvodů použity dva různé typy bednicích forem tunelu. *Typ A – Bednicí forma pro hloubené tunely* (Obr. 5), která je použita v otevřené stavební jámě – pažené nebo svahované. Mezi výhody této bednicí formy patří:

- rychlá montáž/demontáž,
- hmotnost,
- cena.



Obr.5: Bednicí forma pro hloubené tunely (foto PERI s.r.o. ©).

Typ B – Bednicí forma pro ražené tunely (Obr. 6), která je použita při betonáži monolitického sekundárního ostění tunelu. Ve srovnání s bednicí formou typu A je tato bednicí forma konstrukčně vyspělejší, ale také dražší. Z těchto důvodů stoupá význam dobré organizace práce, aby byla forma co nejefektivněji použita a tím zkrátila dobu výstavby. Pro budování definitivních konstrukcí je rychlost postupu betonáže sekundárního ostění závislá na délce a počtu nasazených bednicích forem (vozů). Rychlost betonáže sekundárního ostění dosahuje 150 až 300 m za měsíc na jeden bednicí vůz délky 10 m [3].



Obr.6: Bednicí forma pro ražené tunely (foto PERI s.r.o. ©)

3 KONSTRUKCE BEDNICÍCH FOREM PRO HLOUBENÉ TUNELY

Základ bednicí formy firmy PERI pro hloubenou část tunelu tvoří nosná příhradovina (Obr. 7) z ocelových profilů, která přenáší zatížení betonové směsi a provozní zatížení do podloží. Jednotlivé nosné příhradoviny jsou v podélném směru spojeny ocelovými profily, které rovněž zajišťují tužení bednicí formy.

Na konstrukci nosné příhradoviny se postupně osazují obloukové brány (Obr. 8), jejichž poloha se stabilizuje pomocí ocelových vzpěr. Následně jsou na jednotlivé obloukové brány rozmístěny dřevěné nosníky, které jsou opláštěny dřevěnou překližkou.

Pohyb bednicí formy do dalšího pracovního záběru je zajištěn pomocí ocelových rolen, které pojíždějí po ocelových kolejnicích. Jednotlivé teleskopické sloupky jsou spojeny s podélným ocelovým nosníkem, ke kterému jsou připojeny ocelové rolny zaručující bezproblémový posun

do dalšího pracovního záběru. Součástí bednicí formy je rovněž adaptér příčného posunu, který zaručuje nastavení bednicího pláště v příčném směru do požadované polohy.



Obr.7: Nosná příhradovina bednicí formy PERI (foto PERI s.r.o. ©).

Vnitřní bednicí forma hloubeného tunelu je doplněna vnějším bedněním – záklopem (Obr. 9), jehož poloha a spolupůsobení s vnitřní formou je zajištěna prostřednictvím ocelových táhel. V praxi se můžeme setkat s využitím vnějšího ocelového bednění (Obr. 10), které je součástí ocelové bednicí formy pro ražené části tunelů.



Obr.8: Osazení GRV bran do bednicí formy PERI (foto PERI s.r.o. ©).

Důležitým prvkem bednicí formy je bednicí plášť [2]. Pláštěm nazýváme tu část bednění, která je v přímém kontaktu s čerstvým betonem. Vlastnosti pláště jsou rozhodující pro výslednou kvalitu povrchu betonové konstrukce. Jako materiál bednicího pláště firmy PERI jsou používány dřevěné překližky dodávané v různých variantách. Pro bednicí formy tunelů se nejčastěji používají:

1. Třívrstvé překližky tloušťky 21 mm (velkoplošná betonářská deska oboustranně potažená melaminovou pryskyřicí).
2. Překližky tloušťky 9 mm pro pohledový beton (křížem lepená březová dýha, oboustranně potažená zesíleným povlakem z fenolové pryskyřice).
3. Vložkové překližky tloušťky 4 nebo 8 mm (3 nebo 5vrstvá překližka oboustranně potažená povlakem z fenolové pryskyřice).



Obr.9: Vnější bednění - záklop PERI (foto PERI s.r.o. ©).



Obr.10: Ocelové vnější bednění – záklop (foto PERI s.r.o. ©).

4 BETONÁŽ HLOUBENÉHO TUNELU POMOCÍ BEDNICÍ FORMY PERI

Betonáž běžného pracovního úseku tunelu (Obr. 11 a 12) spočívá v naplnění bednicí formy, která se skládá z vnějšího a vnitřního pláště, čerstvou betonovou směsí. Vnitřní a vnější plášť bednicí formy se navzájem spojuje v předepsaných bodech pomocí ocelových táhel zajištěných kloubovými maticemi. Při návrhu polohy táhel je důležité, aby hlavní výztuž tunelu nebránila průchodu táhel a distančním trubkám. Pro plnění bednicí formy tunelu čerstvou betonovou směsí se používají napouštěcí otvory, které jsou součástí bednicí formy. Dokonalé vyplnění volného prostoru kolem hlavní výztuže tunelu se zajistí příložnými vibrátory, které jsou osazeny na vnitřní a vnější plášť bednicí formy.



Obr.11: Bednicí forma běžného pracovního úseku (foto PERI s.r.o. ©).

Konstrukce tunelu je na začátku a na konci tvořena portálovým úsekem, který je charakteristický svým atypickým tvarem. Z tohoto důvodu nemůže být návrh bednění portálového úseku proveden s velkou přesností a předmontované bednění (Obr. 13) musí být doplněno bedněním provedeným přímo na staveništi, což prodražuje a zpomaluje výstavbu tunelu. Pro kvalitní provedení betonáže se doporučuje zvolit pracovní spáru mezi portálovým blokem a límcem portálu. V praxi je často kladen požadavek na provedení betonáže obou prvků bez pracovní spáry, což je však za určitých podmínek velice komplikovaná a nákladná práce.



Obr.12: Bednicí forma běžného pracovního úseku (foto PERI s.r.o. ©).

Nedílnou součástí portálového úseku je límec portálu, který plní i estetickou funkci. Z tohoto důvodu je kladen velký nárok na vysokou kvalitu provedení límce portálu (Obr. 14). Vzhledem k faktu, že čas potřebný pro návrh bednění běžné stavební konstrukce a čas potřebný pro návrh bednění límce portálu tunelu je diametrálně rozdílný, není návrh bednění límce pro projekční kancelář ekonomicky zajímavý. Proto je přijatelnější použít pro návrh jiný typ bednění, který by čas a cenu provedení bednění výrazně snížil (např. bednění z ocelových plechů).



Obr.13: Vnější bednění portálového bloku tunelu (foto PERI s.r.o. ©).



Obr.14: Bednění límce portálu tunelu (foto PERI s.r.o. ©).

Oddělení speciálních konstrukcí firmy PERI navrhuje bednicí formy pro výstavbu silničních a železničních tunelů. Vzhledem ke spolehlivosti, kvalitě, ceně a variabilitě bednění byly bednicí formy nasazeny nejen na území České republiky, ale i v zahraničí (Slovensko a Polsko). Tento fakt dokazuje konkurenceschopnost bednicích forem firmy PERI i na mezinárodním trhu.

LITERATURA

- [1] ALDORF, J. – KOŘÍNEK, R. – KALANDRA, D. – KOMENDA, L.: *Geotechnické stavby*. Vydavatelství VŠB – TU Ostrava, Ostrava 1984.
- [2] LADRA, J. – MUSIL, F. – POSPÍCHAL, V. – SVOBODA, P.: *Technologie staveb 11 – Realizace železobetonové monolitické konstrukce budov*. Vydavatelství ČVUT, Praha 2002, ISBN 80-01-02487-3.
- [3] KLEPSATEL, F. - KUSÝ, P. - MAŘÍK, L.: *Výstavba tunelů ve skalních horninách*. Vydavatelství Jaga group, Bratislava 2003, ISBN 80-88905-43-5.
- [4] KLEPSATEL, F. – MAŘÍK, L. – FRANKOVSKÝ, M.: *Městské podzemní stavby*. Vydavatelství Jaga group, Bratislava 2005, ISBN 80-8076-021-7.

Oponentní posudek vypracoval:

Ing. Miroslav Hamřík. Minova – Bohemia s.r.o., Lihovarská 10, 713 03 Ostrava - Radvanice.