

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra geotechniky a podzemního stavitelství



Ražení a vyztužování podzemních a hornických děl (224-0239)

STUDIJNÍ OPORY PRO KOMBINOVANOU FORMU STUDIA

BAKALÁŘSKÉHO PROGRAMU STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ
SPECIALIZACE
GEOTECHNIKA A PODZEMNÍ STAVITELSTVÍ

GARANT PŘEDMĚTU: ING. LUKÁŠ ĎURIŠ, PH.D.

Anotace

Hlavním tématem předmětu je seznámení s problematikou podzemních výztužných konstrukcí a jejich technologii výstavby. Jsou zde definovány základní požadavky na navrhování podzemích a důlních děl. Výztuže jsou rozděleny podle jednotlivých materiálů a jejich plošného působení. Jsou zde definovány parametry svorníků a svorníkové výztuže. Předmět také řeší technologii výstavby horizontálních liniových děl (štol) konvenčním způsobem ražby. Jsou rozebrány jednotlivé operace razícího cyklu a strojní prostředky využívané při ražbě. Součástí předmětu je i úvod ke kontinuálnímu způsobu ražení podzemních děl.

Obsah

1	ÚVOD	3
2	HORNINOVÝ MASÍV A JEHO KLASIFIKACE	3
3	VÝZTUŽNÍ KONSTRUKCE	4
3.1	Výztuž dřevěná	4
3.2	Výztuž ocelová	5
3.3	Výztuž ocelová – plošná výztuž (tybinky)	5
3.4	Výztuž betonová	5
3.5	Výztuž železo-betonová.....	6
3.6	Svorníková výztuž	7
3.7	Injektáže	7
4	HLAVNÍ OPERACE RAZÍCÍHO CYKLU	7
4.1	Vrtací práce	8
4.2	Odkliz horniny.....	8
5	RAŽENÍ VELKÝCH PODZEMNÍCH DĚL	10
6	MECHANICKÉ ROZPOJOVÁNÍ HORNIN	11
7	MECHANIZOVANÁ RAŽBA – TUNELOVACÍ STROJE.....	11
8	RAŽENÍ SVISLÝCH DĚL	12

1 ÚVOD

Rozdělení ražených horizontálních děl na:

- Důlní díla
- Podzemní inženýrská díla

Mezi důlní díla patří:

- Otvírková díla (štoly, překopy)
- Přípravné díla (chodby, svažné, úpadnice)
- Díla k dobývání ložisek (překopy, štoly, sledné chodby)
- Ostatní díla

Mezi podzemní inženýrská díla řadíme:

- Dopravní (tunely – žel., silniční, metro)
- Komunální štoly (kolektory)
- Vodohospodářská díla
- Haly a kaverny
- Jámy a šachtice

Základní projekční prvky – mezi základní projekční prvky navrhování raženého podzemního díla se řadí:

a) Příčný průřez: při jeho návrhu rozhoduje: účel stavby, technologie výstavby, geologické poměry, hospodárnost výstavby, apod.

b) Výškové řešení: vedení nivelety ovlivňuje: druh stavby, geologie na trase, problematika odvodnění, hospodárnost výstavby a provozu

c) Směrové řešení: půdorys ovlivní: situování díla, druh díla, celkové ekonomické hledisko

Rozdíl mezi podzemní stavbou a podzemním dobýváním nerostů:

- Podzemní stavba je provedena v **přesném trasování** či situování a v **přesném průřezu** podle návrhu tak, aby byly omezeny (resp. pod kontrolou) deformace konstrukce i nadloží či povrchu území. Vyznačuje se **technologickým vybavením** umožňujícím její funkci.
- Životnost a funkce PS je dlouhodobá – stavební konstrukce min. 100 let, stavební vybavení (silniční tunely) 30 let, technické vybavení jen cca 15 let
- U podzemního dobývání nerostů tyto zásady **neplatí**

2 HORNINOVÝ MASÍV A JEHO KLASIFIKACE

Podzemní dílo je umístěno vždy v určitém horninovém prostředí, na němž je závislá volba výztužní konstrukce díla, tak volba technologie ražení. Horninový masív musí být pro potřeby procesu ražení **popsán** a charakterizován zejména z těchto hledisek:

- Stabilita díla
- Rozpojování hornin
- Ostatní technologické operace (nakládání, doprava)
- Ovlivnění vlastností masívu (injektáže, zmrazování, odvodnění)
- Větrání, klimatizace, degazace
- Anomální geomechanické jevy (otřesy, průtrže, průvaly vod)

Předmětem každého IG průzkumu je: hornina a samotný horninový masív

Horniny hodnotíme z hlediska: litografie a petrografie, stav horniny, fyzikální vlastnosti, mechanické vlastnosti, technické vlastnosti.

Horninový masív potom dále hodnotíme z hlediska: struktury horninového masívu, stav zvětrání, hydrogeologické poměry.

Pro účely ražení PD můžeme využívat i tzv. Klasifikační systémy (KS)

Funkce klasifikačních systémů jsou:

- Sjednocovací
- Popisná
- Doporučující

Typy klasifikačních systémů pak máme: popisné, číselné (indexové).

Z KS vychází nejhodnější technologie ražení, vyztužování, dalších opatření.

Mezi klasifikační systémy řadíme klasifikace např. dle: Protodjakonova, Terzaghiho, Lauffera, RQD, RMR, RSR, Q, Tesař apod.

3 VÝZTUŽNÍ KONSTRUKCE

Nestabilní podzemní díla vyžadují zajištění výztužní konstrukcí (výztuží). S konstrukcí výztuže je potřeba uvažovat již při návrhu velikosti profilu díla kdy musíme rozlišovat hrubý (ražený bez výztuže) a světlý profil díla.

Výztužní konstrukce dělíme na:

- PODPĚRNÉ (rámové, plošné)
- ZPEVNŮJÍCÍ (svorníkové)

Dělení podle tvaru:

- otevřené
- uzavřené

Dělení z hlediska deformačního:

- poddajná
- nepoddajná

Materiály výztuže:

- D – dřevěná
- O - ocelová
- B – betonová
- T – tvárnice
- P – panelová
- OB – ocelobetonová
- SV - svorníková

3.1 Výztuž dřevěná

- Nejstarší výztužní materiál v dolech
- Obvykle otevřená rámová výztuž
- Výztuž je málo poddajná

- Velmi dobře hoří!!
- Použití nejčastěji jako dveřejová výztuž (rám tvořen dvěma stojkami a stropnicí)
- Použití jako dočasná systémová výztuž např. Rakouská modifikovaná TS
- Měkké dřevo (smrk)
- Obvykle kruhový průřez

3.2 Výztuž ocelová

- Použití jako rámové nebo plošné výztuže
- požadavky na důlní ocel: vysoká mez pružnosti, houževnatost, tažnost, možnost opětovného zpracování.
- Nejčastěji ocel 11.500 (uhlíkomanganová ocel)
- Výztužné tyče různých průřezů, tvarů
- Nejpoužívanější profily jsou korýtkové (K)
- Spojování tyčí je poddajné nebo omezeně poddajné pomocí třmenových spojek
- Rámy jsou vzájemně spojeny rozpínkami
- Rub výztuže tvoří pažení z různých materiálů a **základkovým polštářem**

3.3 Výztuž ocelová – plošná výztuž (tybinky)

- Ocel nebo litina
- Použití ve velmi obtížných podmínkách
- Použití pro kruhové díla (jámy, metro, kolektory,..)
- Segmenty se šroubují, vytvářejí uzavřené prstence
- Ukládání pomocí erektoru
- Součástí výztuže je i výplňová výztuž za rubem

3.4 Výztuž betonová

Betonová výztuž se dělí na:

MONOLITICKOU (čerpáný beton, stříkaný beton) – beton ukládaný na místě

PREFABRIKOVANOU (tvárnice, panely) – výrobky z betonu se montují na stavbě

MONOLITICKÁ

ČERPANÝ BETON:

- Ukládání směsi za bednění (dřevěné, ocelové)
- Možnost přizpůsobení se různým tvarům díla
- Levná výztuž, nepoddajná výztuž

STŘÍKANÝ BETON:

- Bez bednění
- Rychlá aplikace
- Levná, energeticky náročná
- Omezení tloušťky (max. 15 – 25 cm/1. vrstva)

Způsob aplikace SB :

1. MOKRÝ způsob nástřiku

2. SUCHÝ způsob nástřiku

Podkladní plochy pro SB můžou být:

- Veškeré typy hornin (skalní horniny až zeminy)
- Stříkaný beton
- Různé druhy bednění
- Stavební díly z betonu, zdiva a oceli
- Zmrzla skalní hornina (led)

Složení směsi pro stříkaný beton:

- Kamenivo – zrna max. 8mm
- Voda – vodní součinitel v:c -0,5 (0,4)
- Cement – portlandský cement 370 – 450 kg/m³
- Přísady – urychlovače – převážně tekuté 5 až 8% hmotnosti cementu (zkrácení doby tuhnutí a tvrdnutí), plastifikátory – pro zvýšení lepivosti (vodní sklo), proti prašnosti
- Příměsi – mikrosilika (2 až 8%) – vyšší pevnost, vyšší hutnost, snížení spadu, možnost stříkání silnějších vrstev (15 cm)
- Vlákna – syntetická x kovová – brání vzniku mikrothlin, zvyšují odolnost proti dynamickému namáhání

Provádění nástřiku:

Přípravné práce při zajišťování horniny:

- Odstranění uvolněné a nekvalitní horniny
- Svod větších průsaků vody do jednoho místa pomocí drenážních potrubí nebo nopované fólie
- Nanášení se musí provádět po vrstvách rovnoměrnými pohyby, aniž by se přerušovala spojitost nanášení stříkaného betonu.
- Při velkých tloušťkách stříkaného betonu je nutno nanášet dvě nebo více vrstev, aby se zabránilo odpadávání čerstvého betonu vlastní vahou.
- Odstup stříkací trysky od podkladu ve vzdálenosti mezi 0,8 až 1,5 m
- Úhel nástřiku **MUSÍ** být co možno nejkolmější.
- Vliv na množství spadu mají skladba směsi, výstupní rychlost proudu z trysky, množství vzduchu, tloušťka vrstvy stříkaného betonu, vlastnosti podkladu a způsob vedení stříkací trysky.
- Výztuž a zabudovávané ocelové vkládané prvky musí být dostatečně upevněny tak, aby při nástřiku nedocházelo k jejich kmitání.

TVÁRNICE:

- Montovaná výztuž – kruhové díla
- Tloušťka 30 – 50 cm
- Ukládání do cementové malty

3.5 Výztuž železo-betonová

Železobetonovou výztuž dělíme na:

MONOLITICKOU (čerpaný beton, stříkaný beton)

- doplnění ocelovou armaturou, nebo kovovými vlákny pro zvýšení tahové únosnosti

PREFABRIKOVANOU (panely, tybinky)

- Použití ve velmi obtížných podmínkách – při ražbě tunelovacími štíty
- Použití pouze pro kruhové díla (tunely)
- Segmenty se šroubují speciálními šrouby (příprava od výroby), vytvářejí uzavřené prstence
- Ukládání pomocí erektoru (součást razícího stroje)
- Součástí výztuže je i výplňová výztuž za rubem
- Segmenty se vyrábějí v dostatečném předstihu, jsou vyztužovány armokoši nebo vlákny
- Prstenec z bet. segmentů musí zvládnout zatížení id od tlaku štítu

3.6 Svorníková výztuž

Svorník je tuhý (obvykle tyčový) prvek instalovaný do vrtu a ukotven ve zdravé hornině. Druhý bod ukotvení tvoří podložka a matice.

Základní funkce svorníkové výztuže:

- Podpěrná funkce (přichycení klenby ke zdravé hornině)
- Stabilizující funkce (mění napjatost a deformace v masívu)
- Zpevňující funkce (zvyšuje pevnost a tuhost masívu)

Dělení:

Podle kotevní části:

- bodové
- plošné

Podle zp. Kotvení:

- mechanické (bodové, plošné)
- lepené (tmelené)

Materiál svorníků:

- ocel (s nebo bez povrchové úpravy)
- sklolaminát (nevyžaduje povrchovou úpravu, mají delší životnost)

3.7 Injektáže

Injektáže jsou součástí výztužných metod a napomáhají stabilizaci výrubu podzemního díla. Jedná se o aktivní způsob ochrany podzemního díla. Dále je to ochrana před podzemní vodou, anebo zlepšení kvality horninového masívu.

Podle účelu lze dělit na:

- Zpevňovací
- Těsnící
- Výplňová

Podle použití na:

- Předběžná
- Následná

4 HLAVNÍ OPERACE RAZÍCÍHO CYKLU

Při cyklickém způsobu ražení můžeme uvažovat tyto tři základní operace:

- Vrtání a nabíjení + TP (obecně rozpojení horniny)
- Odkliz horniny
- Vytužování děl

Tyto operace jsou prováděny cyklicky a navazují na sebe. Operace, které se opakují periodicky, se nazývají vedlejší operace.

Vedlejší operace razícího cyklu

- Větrání
- Doprava
- Přípravné operace, atd.
- Prodlužování dopravníků, kolejí, závěsných drážek, potrubí

4.1 Vrtací práce

Provádění vrtů pro nabíjení trhaviny na čelbě.

Základní dělení operace vrtání podle obsluhy:

- Vrtání ruční
- Vrtání strojní

RUČNÍ VRTÁNÍ

- využití vrtaček a vrtacích kladiv

Sestava:- vrtačka, vrtací kladivo

- pneumatická podpěra
- vrtné nářadí (tyč+ korunka)
- přívodní hadice
- příslušenství

Vrtačky:- rotační způsob vrtání

- měkké horniny, uhlí
- pohon je vzduchový nebo elektrický

STROJNÍ VRTÁNÍ

- vrtací kladiva jsou osazeny na lafety vrtacích vozů, které zajišťují pohyb a přítlak kladiva

- vrtací vůz je strojní mechanismus obsahující obvykle: podvozek, pohonnou jednotku (hydrauliku) a manipulátor (vrtací jednotku).

- volba stroje závisí na: velikosti (dosah ramene stroje) profilu, druh pohonu, počet vrtacích jednotek

4.2 Odkliz horniny

Operace odklizu je „naložení a odtěžení horniny“.

NAKLÁDÁNÍ HORNINY

- ruční nakládání
- strojní nakládání

Dělení nakladačů z hlediska práce nakladače:

- CYKlickÉ (nakládání do nádoby – lopatové, škrabák)
- KONTINUÁLNÍ (zahrnující horninu na dopravník – klepetové,..)

Cyklické nakladače:

Nakladače lopatové přehazovací

- objem lžíce 0,1 – 0,5 m³
- pohon vzduchový
- podvozek – kolejový, kolový

Nakladače lopatové s bočním výklopem

- objem lžíce 0,5 – 1,0 m³
- pohon vzduchový, hydraulický, elektrohydraulický
- podvozek – housenicový
- nízkozdvížné (na dopravník), vysokozdvížné (vozy)

Nakladače lopatové přepravníkové

- objem lžíce 1 - 5 m³
- pohon vznětový motor, elektrohydraulický
- podvozek – kolový

Nakládání horniny – kritéria nasazení

- Výkon nakladače
- Rozměry nakladače
- Druh pohonu
- Druh pojezdu
- Úklon díla
- Abrazivita a fragmentace horniny
- Velikost, tvar a výztuž podzemního díla

Výkon nakladače

- TEORETICKÝ – objemem lžíce a frekvencí cyklu
- ČISTÝ – zahrnuje vliv nakládání horniny, stav stroje,
- PRAKTICKÝ – skutečný výkon celého odklizu

ODTĚŽENÍ HORNINY

Způsoby odtěžení rozpojené horniny z čelby jsou:

- Odtěžení kolejové
- Odtěžení pásové
- Odtěžení kolovými dopravními prostředky
- Kombinace

ODTĚŽENÍ KOLEJOVÉ

- Použití u vodorovných děl
- Prostředky:
 - důlní vozy
 - výhybky
 - provizorní koleje
 - pneumatické posunovače a vrátky
 - čelbová lokomotiva

- Důlní vozy: - vozy do objemu 1,4m³
- velkoobjemové vozy
- zásobníkové vozy
- Výhybky: - přesuvné
- posouvají se společně s čelbou
- konstrukčně musejí odpovídat organizaci odtěžení
- Čelbové lokomotivy: vznětový motor, vzduchový motor

PÁSOVÉ ODTĚŽENÍ

- Ražba směrných chodeb (proměnlivý sklon)
- Prostředky: dopravníkový pás (PT 400C, PT 800,..)

DOPRAVA NA ZÁVĚSNÉ KOLEJOVÉ DRÁŽCE

- doprava materiálů na čelbu
- závěsná lokomotiva
- dopravní vozíky, kontejnery
- I 14, kolejnice 80/14

ORGANIZACE ODKLIZU HORNINY

Způsob je dán specifickými podmínkami, druhem nakládání a odtěžení.

ODKLIZ HORNINY PŘI KOLEJOVÉM ODTĚŽENÍ

- Přímé nakládání do vozů (přehazovací nakládače)
- jednokolejné díla,
- dvou a více kolejná díla

ODKLIZ HORNINY PŘI PÁSOVÉM ODTĚŽENÍ

- využití překladačů (hřeblové dopravníky)
- využití jak pro cyklické tak kontinuální nakladače

ÚPLNÁ BEZKOLEJOVÁ MECHANIZACE – LHD

- Základní prostředky: - přepravníkový lopatový nakladač (1-5m³)
- přepravník (6 – 20m³)
- vratcí vozy na pneumatikách

- Předpoklady: - kvalitní počva
- šířka díla min. o 1m širší než stroje
- maximální stoupavost 15° – 22°, při nakládání max. 10°
- dostatečné větrání (používání dieslových motorů)

5 RAŽENÍ VELKÝCH PODZEMNÍCH DĚL

Využití pro ražbu tunelů nebo kaveren.

- Ražení plným průřezem: - Zabírka bez omezení (spodní klenba není nutná)
- Zkrácená zabírka (prstencová metoda, spodní klenba nutná)

Ražení dělenou čelbou: - Horizontální ústupy s předstihem horní lávky
- Jiné dělní čelby

6 MECHANICKÉ ROZPOJOVÁNÍ HORNIN

Mechanické rozpojování hornin využívá tyto prostředky:

- Nože
- Valivé dláta
- Sbíjení

Vhodnost horniny k strojnímu rozpojení se posuzuje dle abrazivity – „schopnost horniny opotřebovat řezný nástroj“

NOŽE

- slinuté karbidy
- osazeno na rozpojovacích hlavách na výložníku - kombajny
- málo abrazivní horniny

VALIVÁ DLÁTA

- jedndisková, dvoudisková
- vhodné pro abrazivní horniny a hůře rozpojitelné
- rozpojení „vylamováním“ odvalováním dláta

SBÍJECÍ DLÁTA

- rozpojení dynamickým účinkem – nárazem
- umístěno na výložníkovém ramenu – impaktory
- vhodné i do abrazivnějších hornin

RAZÍCÍ KOMBAJNY

Sestava stroje: - rozpojovací hlava výložníku
- nakládací část
- podvozek, atd.

Dělení podle hmotnosti: - lehké (do 18 t)
- střední (do 35 t)
- těžké (nad 50 t)

Dělení podle použitelnosti: - do uhlí
- pro přibírku měkkých hornin
- pro přibírku pevných hornin

Použití musí být podmíněno efektivitou a účelností.

7 MECHANIZOVANÁ RAŽBA – TUNELOVACÍ STROJE

SOUČASNÉ DĚLENÍ STROJŮ

TBM (Tunnel Boring Machine)- otevřené (Plnoprofilové Razící Stroje)

Štíty: - bez stabilizace čela
- se stabilizací čela (slurry nebo zeminové EPB)

ŠTÍTY – charakteristika:

Pro ražení v nestabilních a nesoudržných horninách

Rozpojení výložníkem, plnoprofilovou hlavou

Pohyb štítu je dán odtlačení od výztuže

Použití plošné výztuže (ŽB prefabrikáty, tybinky)

Výhody a nevýhody TBM:

- + hladký obrys a malé poškození okolí výrubu
- + bezpečnost a pracovní podmínky
- + vysoké pracovní postupy
- jen kruhový, konstantní průřez v téměř přímém směru
- problémy ve složitých geologických podmínkách
- cena (zbudování startovací komory, samotný stroj ...)

Nejčastější výztuž při ražení TBM:

otevřený TBM - vyrovnávací vrstva ze SB, izolace a monolitický beton

TBM s pláštěm - prefabrikované ostění, styčné plochy utěsněny gumou nebo plasty (pro dobré hydrogeologické podmínky) - primární ostění prefabrikované, mezilehlá izolace, sekundární ostění z monolitického betonu

Volba typu závisí na:

- parametrech horninového prostředí
- možnost rozepření do horniny
- poruchových zónách v trase

Ražení pomocí tunelovacích štítů

- varianta hnaného pažení, vysouvaného pomocí lisů opřených o výztuž
- používají se v zeminách a zvětralých poloskalních horninách
- štít se skládá z **břitové, trupové a koncové** části
- tuhost zajišťuje příčný a podélný rám, který vytváří i nosnou konstrukci pracovních plošin

Rozlišujeme štíty:

- nemechanizované
- mechanizované se záběrem po částech
- mechanizované
- pro ražení pod HPV
- zvláštní (multištíty, pološtíty, nožové štíty...)

8 RAŽENÍ SVISLÝCH DĚL

„jámy slouží pro komunikaci dolu s povrchem“

DĚLENÍ DŮLNÍCH JAM: - jámy těžní (klecové, skipové)

- jámy pomocné

Podle větrací funkce: - jámy výdušné

- jámy vtažné

Tvar jámy: - většinou kruhový
Výztuž jámy: - beton, tvárnice, ŽB tybinky, panely

Metody hloubení: - normální metody (hornickým způsobem, TP)
- speciální metody (ve složitých podmínkách)