


Investor: Městská část Praha 20 Jivanská 647 Praha - H. Počernice 193 21		Objednatel: Městská část Praha 20 Jivanská 647 Praha - H. Počernice 193 21	
Web: 	Vypracoval: Ing. Jan Ježek Autorizovaný inženýr v oboru geotechnika ČKAIT - 0012298 Bajkalská 672/14 Praha 10 100 00		
Název akce: Zajištění skalního řícení v ul. Slatiňanská		Číslo smlouvy: O/20/2017/0227	
Část: Sanační opatření		Projektový stupeň: Sanace havarijního stavu	
Název přílohy: Statický výpočet		Datum: 13.11.2017	
		Projektový stupeň: Sanace havarijního stavu	
		Počet formátů: 23 x A4	
		Číslo přílohy: D.4	

ZPRÁVA STATICKÉHO POSUDKU	2
1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE	2
1.1 Údaje o stavbě	2
1.2 Objednatel (žadatel) dokumentace	2
1.3 Zhotovitel PD.....	2
2 SEZNAM VSTUPNÍCH PODKLADŮ	3
3 POPIS ÚZEMÍ STAVBY	3
3.1 Charakteristika umístění stavby.....	3
3.2 Stávající stav.....	3
3.3 Geomorfologická, klimatická a hydrogeologická charakteristika	3
3.3.1 Geotechnické poměry a předmět sanačních prací	4
4 VÝPOČET ZAJIŠTĚNÍ SKALNÍHO MASIVU	4
4.1 Horninové kotvy - posudek návrhu délky a rozteče horninových kotev	4
4.1.1 Úvod	4
4.1.2 Návrhový přístup ČSN EN 1997-1 (Eurokód 7)	4
4.1.3 Přehled dílčích koeficientů bezpečnosti – posudek horninových kotev.....	5
4.1.4 Vstupní geotechnické parametry prostředí.....	6
4.1.5 Základní popis zajištění skalního masivu v souvislosti s výpočtem	6
4.1.6 Standardní výpočet únosnosti kotev dle tuzemských zvyklostí	7
4.1.7 Výpočet nutné délky horninových kotev.....	8
4.1.8 Geometrická dispozice řešeného problému.....	11
4.2 Posudek celkového zajištění horninového masivu	11
4.2.1 Posudek celkového zajištění.....	11
4.3 Zhodnocení a závěrečná doporučení ze statického posudku	14
5 ZÁVĚR STATICKÉHO POSUDKU	15
6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	16
7 SEZNAM PŘÍLOH	17

ZPRÁVA STATICKÉHO POSUDKU

1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

1.1 Údaje o stavbě

1. Název stavby: Zajištění skalního řícení v ul. Slatiňanská
2. Místo stavby:
- Obec: Praha 20 – Horní Počernice, Slatiňanská, 193 21
- Katastrální území: Horní Počernice (643777)
- Parcela: 2145/1; 3777
- Způsob ochrany nemovitosti: nejsou evidovány žádné způsoby ochrany
- Druh pozemku: ostatní plocha (komunikace)
- Druh stavby: Provedení očištění, sanace a kotvení skalního výchozu v ulici Slatiňanská
- Délka úpravy: 60,00 m sanačních opatření + DIO
3. Předmět dokumentace: Návrh řešení havárie skalního masivu (rozsah odpovídá DSP až RDS)

1.2 Objednatel (žadatel) dokumentace

Zadavatel: Městská část Praha 20
Jívanská 647
193 21 Praha 20 – Horní Počernice

1.3 Zhotovitel PD

Zakázku zajišťuje: Ing. Jan Ježek
GEOTECHNIKA Praha
Bajkalská 672/14; (kontaktní adresa: Baranova 1382/5, P-3)
100 00 Praha 10
IČ: 87678250

Odpovědný projektant: Ing. Jan Ježek

2 SEZNAM VSTUPNÍCH PODKLADŮ

- fotodokumentace z návštěvy místa sanace (srpen a říjen 2017)
- rešerše katastru nemovitostí (<http://nahlizenidokn.cuzk.cz/>)
- geofond (informace o geologických poměrech) (<http://www.geology.cz/extranet>)
- prohlížení záplavových území (http://www.dppcr.cz/html_pub/)
- web mapového serveru MAWIS (<http://cz.mawis.eu/>)
- geoportál hl.m. Prahy (<http://www.geoportalpraha.cz/>)
- IG mapa Prahy 1: 5000
- Přehled technických vlastností horninového prostředí 1. provozního úseku trasy A metra (Ing. Jiří Hudek, říjen 1971)

3 POPIS ÚZEMÍ STAVBY

3.1 Charakteristika umístění stavby

Stavba se nachází na pozemcích komunikace Slatiňanská v zastavěné oblasti městské čtvrti Praha 20 – Horní Počernice. Je situována na pozemku parcely číslo 2145/1 o celkové výměře 1958 m² a na pozemku parcely číslo 3777 o celkové výměře 1461 m². Výstavba se týká sanačních opatření havarijního stavu skalního výchozu a úpravy plotové zábrany dle vzoru již částečně provedených opatření, odtěžení sesutých částí zemního/skalního masivu a případného odstranění a výstavbu plotu, nacházející se na hranici pozemku. Veškeré úpravy spojené s výstavbou se týkají pozemků zadavatele (resp. hl. m. Prahy).

3.2 Stávající stav

Přilehlé parcely ke svahu jsou využívány jako místní komunikace. Ty jsou již řadu let postihovány spadem sesutých horninových bloků, kamenů i materiálem kvartérního povrchu – spraší, které po líci skalního výchozu znečišťují prostor komunikace, znesnadňují automobilový provoz i pohyb osob. Množství spadaného materiálu není extrémně velké (jednotky m³), avšak mohou potenciálně být nebezpečné pro chodce či pohybující se osoby. Je nutno přistoupit k systému řešení zajištění svahu, neboť další období bez údržby by vedlo k postupné další degradaci a možností pádu většího množství objemu horninového materiálu přímo na povrch komunikace Slatiňanská.

3.3 Geomorfologická, klimatická a hydrogeologická charakteristika

Zájmová lokalita patří do poberounské soustavy, geomorfologického celku pražské plošiny, podcelku říčanské plošiny a okrsku VA2-A-c Úvalská plošina.

Zájmová lokalita je morfologicky tvořena terénním stupněm výšky cca 7 m, který je tvořen subvertikálním skalním masivem a ve svrchní části (kolísavé mocnosti do cca 1,0 m) tuhou až pevnou spraší až sprašovou hlínou. V prostoru před patou terénního stupně dosahuje terén nadmořské výšky cca 267 m n. m. a v prostoru za korunou cca 275 m n. m. V prostoru před patou i za korunou má terén rovinatý průběh. Čelo terénního stupně je orientováno k JJV. Terénní stupeň je v úrovni spraší pokryt hustou vegetací. V prostoru skalního masivu řídkou náletovou vegetací.

Předkvartérní podloží – a hmotu skalního stupně – tvoří horniny mezozoika. Jedná se o svrchnokřídové cenomanské jílovité pískovce. V nezvětralém stavu mají světle žlutou barvu a vlivem povětrnosti nabývají šedých odstínů.

Kvartérní sedimenty v nadloží těchto pískovců tvoří eolické kvartérní zeminy svrchního pleistocénu. Jedná se o spraše a sprašové hlíny okrově hnědé barvy.

V zájmové lokalitě **nebyly pozorovány projevy podzemní vody.**

3.3.1 Geotechnické poměry a předmět sanačních prací

Kvartérní patro na povrchu sanovaného terénního stupně tvoří z geotechnického hlediska na základě vizuálního zatřídění zeminy třídy F6/CI pevné, místy až tuhé konzistence dle ČSN 73 6133. V patře kvartérních sedimentů **nejsou pozorovány projevy nestability** a proto nejsou hlavním předmětem zajišťování navrhovanými sanačními pracemi.

Sanovaný skalní masiv v předmětném terénním stupni tvoří horniny třídy R4, lokálně, při povrchu zvětralého skalního masivu, až horniny třídy R5 dle ČSN 73 6133. Jedná se o horninu platformního pokryvu českého masivu a proto jsou dotčené horniny nezvrásněné, ovšem prostoupené tektonickými poruchami subhorizontálního a subvertikálního směru. Jednotlivé diskontinuity jsou místy v malém rozestupu. Vzdálenost diskontinuit dosahuje i jen několik cm. Daný systém diskontinuit způsobuje kusovité až blokovité odpadávání (tzv. překlápění) částí skalního masivu. Z hlediska stabilitního se tak jedná o tektonicky predisponované skalní řízení. S postupujícím větráním skalního masivu by docházelo k postupnému odpadávání dalších skalních bloků. Skalní výchoz je tak vhodné sanovat kombinací plošného zabezpečení v podobě sítí zachycených hřebíků s upínací maticí a podložkou. Tímto způsobem budou v dotčeném skalním stupni zachyceny navětralé bloky, které hrozí potenciálním řízením a zároveň bude toto opatření sloužit jako prevence vůči postupujícímu větrání skalního masivu, kdy přichycené skalní bloky zabrání vlivu povětrnosti na zatím skryté části skalního masivu.

4 VÝPOČET ZAJIŠTĚNÍ SKALNÍHO MASIVU

4.1 Horninové kotvy - posudek návrhu délky a rozteče horninových kotev

4.1.1 Úvod

Výpočet určuje hustotu použití kotevních prvků, jejich únosnost a velikost návrhové předpínací síly. Výpočet je nastaven tak, že jsou posouzeny nutné délky horninových kotev, jejich posudek z hlediska určení předpětí a jejich odolnost v závislosti na lokální nestabilitu zvětralinového povrchu skalního svahu.

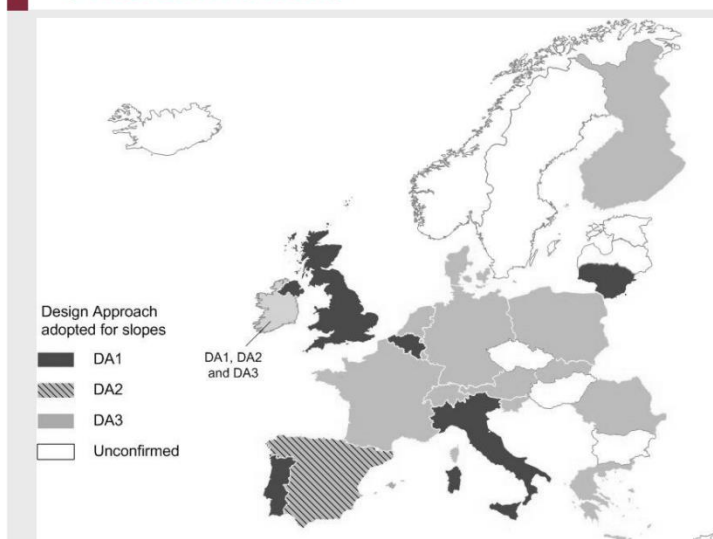
4.1.2 Návrhový přístup ČSN EN 1997-1 (Eurokód 7)

Nastavení výpočtu reflektuje nařízení nyní platné geotechnické normy ČSN EN 1997-1. V ČR není prozatím schválen Národní aplikační dokument - příloha k evropské normě s ohledem na místní zkušenosti; proto se projektant odkazuje na zkušenosti okolních sousedních států.

Na základě zkušeností a nařízení z okolních států bylo rozhodnuto využít tzv. **Návrhový Přístup číslo (Design Approach) 3**, který je vhodný pro výpočty stability svahů. Dle NP 3 se používají redukční koeficienty na geotechnické prostředí, do výpočtu zasahují součinitele redukce úhlu vnitřního tření $\gamma_\phi = 1,25$ a soudržnosti $\gamma_c = 1,25$. Na obr. č. 1 je patrná mapa s používanými Návrhovými přístupy pro posudky geotechnických konstrukcí v různých zemích Evropy. Kombinace

redukčních součinitelů dle NP 3 ČSN EN 1997-1 jsou uvedeny v tabulce v obrázku č. 2. Návrhový přístup 3 se vyznačuje kombinací A1 (nebo A2) + M2 + R3.

STABILITA SVAHU



Obrázek 1: Návrhové přístupy EC 7 používané pro výpočty geotechnických konstrukcí v jednotlivých zemích Evropy pro stabilitu svahu (Horák, Miča, Račanský, FAST VUT Brno 2009)

NÁVRHOVÝ PŘÍSTUP 3

NV3		A1	A2	M2	R3
Stálé účinky	nepříznivé	1,35	1,0		
	příznivé	1,0	1,0		
Proměnné účinky	nepříznivé	1,5	1,3		
	příznivé	0,0	1,0		
Úhel vnitřního tření				1,25	
Koheze efektivní				1,25	
Neodvodněná pevnost				1,4	
Jednoosá pevnost				1,4	
Objemová tíha				1,0	
Odpor (plášťové tření pro tahové piloty)					1,0 (1,1)

Obrázek 2: Tabulka znázorňující kombinace součinitelů dle Návrhového přístupu 3 ČSN EN 1997-1 (Horák, Miča, Račanský, FAST VUT Brno 2009)

4.1.3 Přehled dílčích koeficientů bezpečnosti – posudek horninových kotev

koeficient	hodnota	vysvětlení
γ_G	1,00	Součinitel stálého zatížení – nepříznivé zatížení
γ_G	1,00	Součinitel stálého zatížení – příznivé zatížení
γ_Q	1,30	Součinitel proměnného zatížení – nepříznivé zatížení
γ_Q	1,00	Součinitel proměnného zatížení – příznivé zatížení
γ_R , vytažení	1,50	Koeficient bezpečnosti proti vytažení kotvy z kořene dle EC7
γ_v	1,50	Koeficient bezpečnosti předpínací síly zavedené do kotvy EC7
γ_ϕ	1,25	Koeficient bezpečnosti úhlu vnitřního tření geomateriálu (NP3)

γ_c	1,25	Koeficient bezpečnosti soudržnosti geomateriálu (NP3)
γ_R , odpor kotvy	1,35	Koeficient bezpečnosti odporu kotvy bez uvažování koroze - ČR
γ_A , vytažení ČR	1,10	Koeficient bezpečnosti proti vytažení kotvy z kořene – zvyklost ČR
γ_Q , vliv ohybu	0,80	Koeficient bezpečnosti vlivu ohybem namáhaných kotev

Tabulka 1: sumarizace dílčích koeficientů bezpečnosti

4.1.4 Vstupní geotechnické parametry prostředí

Geologické a hydrogeologické poměry byly specifikovány na základě terénní rekognoskace okolí a z IG mapy Prahy 1: 5000

Výpočet je z tohoto důvodu nastaven jako drénovaný z důvodu tvalé a dlouhodobé povahy návrhu geotechnické konstrukce.

V tabulce číslo 5 jsou uvedeny charakteristické hodnoty použité ve výpočtu.

Materiál	γ (kNm ⁻³)	γ_{sat} (kNm ⁻³)	c_{ef} (kPa)	φ_{ef} (°)
R4 jílovitý pískovec – masiv	26,0	26,0	20	38
R4 jílovitý pískovec – diskontinuity, degradovaná zóna	26,0	26,0	0	38

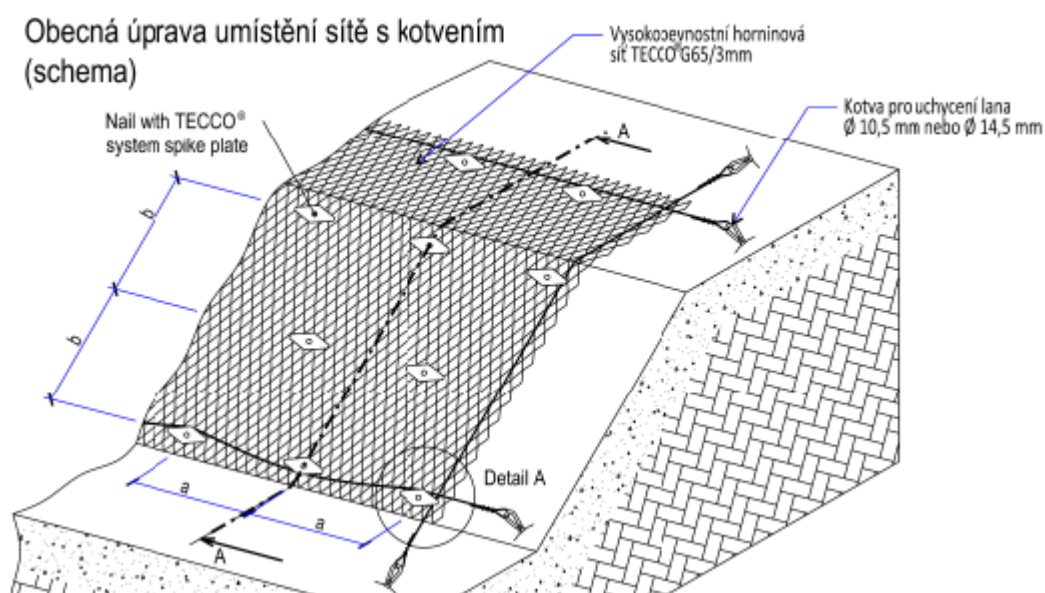
Tabulka 2: Charakteristické hodnoty geomateriálů použité pro výpočet

4.1.5 Základní popis zajištění skalního masivu v souvislosti s výpočtem

Plochy skály budou po očištění a odtěžení případných labilních struktur zajištěny systémem plošného překrytí speciálními ocelovými sítěmi s rozměrem ok 83x143 mm (tvar kosodélníku) podložené geomříží s oky 30x30 mm. Základní antikorozi úprava sítí bude provedena žárovým pokovením drátu slitinou zinku a hliníku (95 % Zn, 5 % Al). Jednotlivé pásy budou pak vzájemně spojovány c-kroužky.

Přes horní hranu skalního masivu budou sítě přehnuty s přesahem min. 0,5 m. Ve všech kotevních úrovních bude pak síť kotvena systémem předepjatých horninových tyčových kotev typu GEWI o průměru 32 mm a délce 3,5 m v základním rastru 2,0 x 2,0 m. Tyto kotvy budou zakončeny kotevní podložkou TECCO P33 mm s matkou, alternativně lze použít plechovou desku o rozměrech 300x300x10mm – řešení však není nejvhodnější. Alternativně je možné i použití kotvy TITAN 40/16 anebo IBO 51L, ale pouze do vhodného horninového masivu a po konzultaci s geotechnickým dozorem. Poloha prvků nesystémového kotvení sítí bude upřesněna dle potřeby a stavu masivu po odtěžení a očištění na místě stavby projektantem nebo geotechnikem. Kotevní prvky budou osazeny do vrtů, jejichž délka bude vždy o 0,1 až 0,2 m kratší, než je délka kotevní tyče. Kotvy se zkrátí na požadovanou délku dle požadavku prokopírování pletiva vůči skalnímu podkladu.

Jako kotvící zálivka bude použita cementová směs či směs na bázi cementu, poměr cement/voda v rozmezí 0,4 - 0,6 dle stavu masivu a potřeby vyplnění vrtu. Sítě budou minimálně v horní a spodní úrovni zajištěny příčnými ocelovými lany (obvodovým lanem) Ø 12 mm s antikorozi úpravou. Lana budou ukončena speciálními kotvami s okem o materiálu Ø 14,5 mm. Vrty pro instalaci kotev se předpokládají v rozmezí Ø 56-76 mm dle zvoleného typu horninové kotvy.



Obrázek 3: Schema zajištění svahu sítěmi a horninovými kotvami

Kotevní prvky budou po osazení opatřeny vhodným antikorozním nátěrem v definované barvě skalního podkladu. Předpínací síla kotvy je definována na hodnotu **F = 75 kN**.

GEWI® B500B Threadbar

Nominal diameter Ø [mm]	Yield strength / tensile strength $f_{p0,2k}/f_{tk}$ [N/mm ²]	Cross-sectional area A [mm ²]	Load at yield F_{yk} [kN]	Ultimate load F_{tk} [kN]	Weight [kg/m]	Weight DCP [kg/m]
32	500/550	804	402	442	6.31	9.5

Tabulka 3: Požadavky na materiál a vlastnosti kotev – vzorový příklad kotvy typu GEWI 32

V návrhu únosnosti kotev je uvažováno i s vlivem koroze, která způsobuje oslabení průřezu. Návrhová hodnota odporu kotvy na tah je **F(T)_{R,red} = 205 kN**. Provedení, údržba, dodržení zkušebních postupů typových, ověřovacích a kontrolních zkoušek a především dodržení největší zaručené síly $0,6 \cdot F_{tk}$ musí být v souladu s normou ČSN EN 1537 „Provádění speciálních geotechnických prací – Injektované horninové kotvy“. Toto je hlavní podmínka pro záruku dodržení plné funkčnosti kotevního systému. Kromě speciálního výpočtu, který je sofistikovanější postupu ze Švýcarska, provedl pro přehlednost autor posudku běžné ověření, které se používá v České Republice:

4.1.6 Standardní výpočet únosnosti kotev dle tuzemských zvyklostí

Délka kotvy [m]	Průměr vrtu [mm]	Rozteč [m]	Průměr průřezu [mm]	$F_{\text{předpínací}}$ [kN]	P_0 [kN]	$F_{R,red}$ [kN]	F_{tk} [kN]	E [MPa]
3,5	56	2 x 2	32	75	265,5	205	442	210000

Tabulka 4: Požadavky na materiál a vlastnosti kotev – dle zvyklostí v ČR

Únosnost proti vytažení:

$$R_{a,k} = \pi \cdot d \cdot L_k \cdot \tau_i$$

Vzorec na únosnost proti vytažení

$$R_{a,k} = \pi \cdot 0,056 \cdot 2,5 \cdot 250 = 109,95 \text{ kN}$$

Charakteristická hodnota pro nejkratší typ kotvy (kořene)

$R_{a,d} = R_{a,k} / \gamma_a$	Návrhová hodnota proti vytažení, kde $\gamma_a = 1,1$
$R_{a,d} = 100 kN$	
Konstrukční únosnost kotvy:	
$R_{t,k} = F_{t,k} = 442 kN$	Charakteristická hodnota únosnosti kotvy (tab. č. 3 a č.4)
$R_{t,d} = F_{t,k} / \gamma_R = 442 / 1,35$	Návrhová hodnota odporu kotvy, kde $\gamma_R = 1,35$
$R_{t,d} = 327 kN$	
Konstrukční únosnost kotvy; redukce vlivem možnosti ohybu:	
$R_{i,d} = \gamma_Q * P_0 = 0,8 * 0,6 * F_{t,k}$	Návrhová hodnota odporu kotvy vlivem ohybu, kde $\gamma_Q = 0,8$ a hodnota P_0 v tab. č.4
$R_{i,d} = 212 kN$	
Návrhová únosnost kotvy (minimum z výše spočteného):	
$R_{i,d} = 100 kN$	
Požadovaná kotevní síla:	
$F_d = 75 kN$	Výpočtová předpínací síla kotvení
Posudek:	
$F_d \leq R_{i,d} = 75 kN \leq 100 kN$	Vyhovuje

Tabulka 5: Standardní výpočet únosnosti kotev

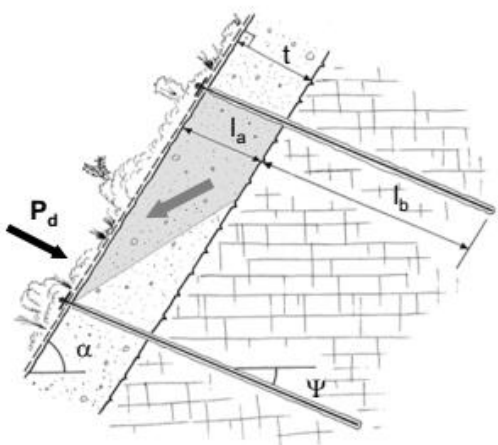
4.1.7 Výpočet nutné délky horninových kotev

Výpočet vychází dle zahraničních zvyklostí, běžně používaných v alpských zemích. Obecně výpočet vychází ze 3 kritérií:

4.1.7.1 Určení délky na základě Mohr-Coulombovy podmínky smykové pevnosti materiálu

Výpočet zohledňuje vyšetření povrchové (lokální) nestability připadající na rozteč mezi jednotlivými horninovými kotvami. Je určena síla P_D , která představuje stabilizační sílu v návrhové hodnotě, potřebnou pro zachování rovnováhy lokální stability. Tato síla je přenesena horninovou kotvou přes degradovanou zónu do zdravého skalního podkladu.

$P_D = 59,6 kN$	Maximální namáhání v tahu na rozteč výšky 1 hřebu
$\tau_R = 100 kN/m$	Charakteristická hodnota tření kořen kotvy – skála – minimální požadovaná hodnota na 1 metr
$\gamma_R = 1,50$	Koeficient bezpečnosti proti vytažení kořene ze skály
$l_B * \frac{\tau_R}{\gamma_R} \geq P_D$	Vztah pro potřebné určení délky kořene
$l_B = 0,89 m$	Minimální délka kořene
$l_A = t / \cos(90^\circ - \alpha - \psi)$	Vztah pro určení volné délky kotvy přes rozvolněnou zónu
$l_A = 1,01$	Volná délka
$l_{TOT} = l_A + l_B = 1,90$	Minimální požadovaná délka horninové kotvy

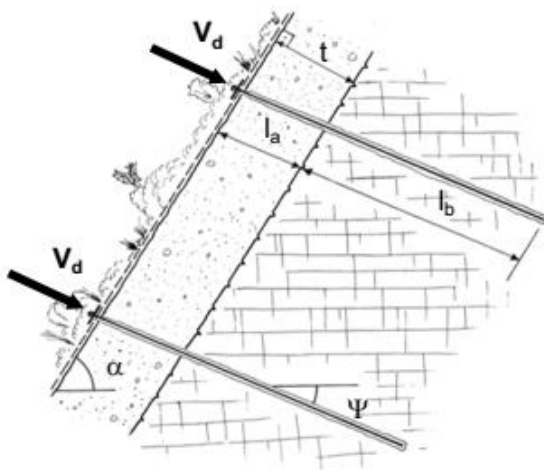


Obrázek 4: Grafické zobrazení výpočtu délky na základě Mohr-Coulombovy podmínky smykové pevnosti materiálu

4.1.7.2 Určení délky na základě předpínací síly v horninové kotvě

Síla V je zavedena do systému jako předpínací síla. Tato síla aktivně tlačí horninovou síť proti podkladu, která je touto silou stabilizována. Tato síla je přenesena horninovou kotvou přes degradovanou zónu do zdravého skalního podkladu.

$V = 50 \text{ kN}$	Předpínací síla aplikovaná do systému
$\gamma_V = 1,50$	Koeficient bezpečnosti předpínací síly zavedené do kotvy
$V_D = 75 \text{ kN}$	Návrhová hodnota předpínací síly
$\tau_R = 100 \text{ kN/m}$	Charakteristická hodnota tření kořen kotvy – skála – minimální požadovaná hodnota na 1 metr
$\gamma_R = 1,50$	Koeficient bezpečnosti proti vytažení kořene ze skály
$l_B * \frac{\tau_R}{\gamma_R} \geq V_D$	Vztah pro potřebné určení délky kořene
$l_B = 1,13 \text{ m}$	Minimální délka kořene
$l_A = t / \cos(90^\circ - \alpha - \psi)$	Vztah pro určení volné délky kotvy přes zdegradovanou zónu
$l_A = 1,01$	Volná délka
$l_{TOT} = l_A + l_B = 2,13$	Minimální požadovaná délka horninové kotvy

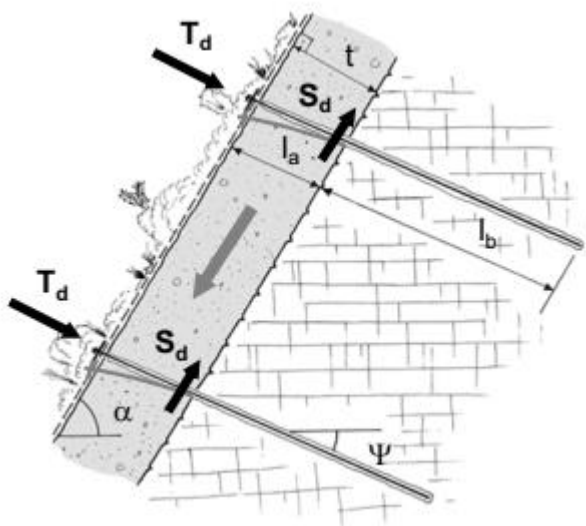


Obrázek 5: Grafické zobrazení výpočtu délky na základě předpínací síly

4.1.7.3 Určení délky na základě smykové únosnosti od degradované vrstvy masivu

Celá nestabilní vrstva tloušťky t musí být stabilizována smykovou odolností kotev s ohledem na stabilizační vliv předpětí systému. Na základě rovnovážného stavu je maximální smyková síla S_d určena pro dimenzování délky kotev. Ve druhém kroku lze vypočítat ekvivalentní tahovou sílu T_d .

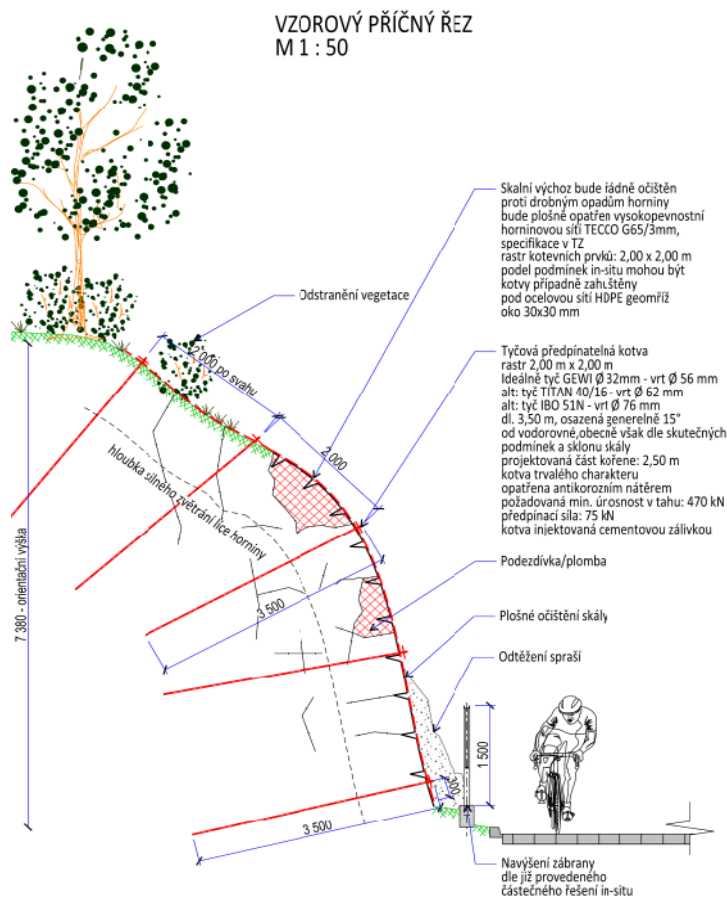
$S_D = 105,2 \text{ kN}$	Spočtená hodnota smykové síly od rozvolněné zóny
$T_D * tg \varphi_D = S_D$	Stanovení statické ekvivalentní tahové síly v kotvě
$T_D = 168,3 \text{ kN}$	Návrhová hodnota tahové síly na horninovou kotvu z výpočtu 4.2
$T_{Red,D} = 205 \text{ kN}$	Návrhová hodnota odporu kotvy na tah
Pokud $T_D \leq T_{Red,D}$, pak T_D je započtena do výpočtu délky kotvy, pokud $T_D \geq T_{Red,D}$, pak uvažujeme $T_{Red,D}$	
$\tau_R = 100 \text{ kN/m}$	Charakteristická hodnota tření kořen kotvy – skála – minimální požadovaná hodnota na 1 metr
$\gamma_R = 1,50$	Koeficient bezpečnosti proti vytažení kořene ze skály
$l_B * \frac{\tau_R}{\gamma_R} \geq V_D$	Vztah pro potřebné určení délky kořene
$l_B = 2,52 \text{ m}$	Minimální délka kořene
$l_A = t / \cos(90^\circ - \alpha - \psi)$	Vztah pro určení volné délky kotvy přes zdegradovanou zónu
$l_A = 1,01$	Volná délka
$l_{TOT} = l_A + l_B = 3,53$	Minimální požadovaná délka horninové kotvy



Obrázek 6: Určení délky na základě smykové únosnosti od degradované vrstvy masivu

Výsledná požadovaná délka horninových kotev je minimum ze 3 výše spočtených hodnot. Pro případ horninového masivu v ulici Slatiňanská je určena délka kotev po zaokrouhlení na délku 3,50 m, přičemž 1,0 m je volná délka kořene a 2,50 m je délka injektovaného kořene.

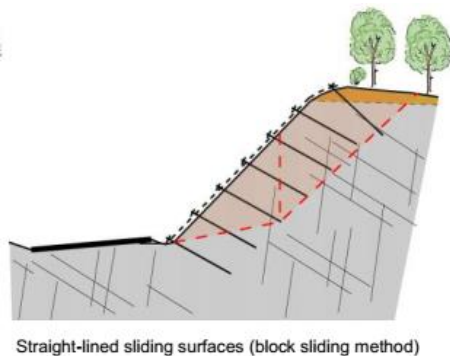
4.1.8 Geometrická dispozice řešeného problému



Obrázek 7: geometrické schema uvažované konstrukce pro posudek

4.2 Posudek celkového zajištění horninového masivu

Dimenzování systému stabilizace svahu TECCO® (sít TECCO® v kombinaci s kotvami) zahrnuje závislost převládajících geologických poměrů, zkoumání nestability v blízkosti povrchu podle koncepce RUVOLUM. Celková stabilita svahu, jak je zmíněno v části 3.3, není součástí posudku, neboť svah nevykazuje jevy spojené s globální nestabilitou.



4.2.1 Posudek celkového zajištění

Vstupní parametry výpočtu:

$\alpha = 81^\circ$

Generelní sklon svahu

$t = 1,00 \text{ m}$	Tloušťka rozvolněné zóny – na základě pasportu svahu
$\varphi_K = 38^\circ$	Charakteristická hodnota úhlu vnitřního tření materiálu
$\gamma_K = 26 \text{ kN/m}^3$	Charakteristická hodnota objemové tíhy materiálu
$\psi = 15^\circ$	Sklon kotev k vodorovné
$a = 2,30 \text{ m}$	Horizontální rozteč kotev
$b = 2,30 \text{ m}$	Svislá rozteč kotev po sklonu svahu
Zatěžovací případy:	
$u = 0 \text{ kPa}$	Neuvažování vlivu vody
$\varepsilon_h = \varepsilon_v = 0,00$	Neuvažování vlivu zemětřesení
Vstupní data a koeficienty bezpečnosti:	
$c_K = 0 \text{ kPa}$	Charakteristická hodnota soudržnosti masivu
$\zeta = 0,15 \text{ m}$	Poloměr tlakového kužele v desce kotvy
$\delta = 45^\circ$	Sklon kužele ke kotvě
$Z_D = 15 \text{ kN}$	Síla od rozvolněné zóny paralelně se svahem na síť – návrhová hodnota
$V = 50 \text{ kN}$	Minimální požadovaná hodnota předpětí kotvy – charakteristická hodnota
$\gamma_\varphi = 1,25$	Koeficient bezpečnosti úhlu vnitřního tření geomateriálu
$\gamma_c = 1,25$	Koeficient bezpečnosti soudržnosti geomateriálu
$\gamma_\gamma = 1,00$	Koeficient bezpečnosti objemové tíhy geomateriálu
$\gamma_{mod} = 1,10$	Koeficient bezpečnosti nejistoty modelového případu
$\varphi_D = 38^\circ$	Návrhová hodnota úhlu vnitřního tření materiálu
$c_D = 0 \text{ kPa}$	Návrhová hodnota soudržnosti masivu
$\gamma_D = 26 \text{ kN/m}^3$	Návrhová hodnota objemové tíhy materiálu
Díličí prvky systému:	
TECCO® G65/3	
TECCO® P33	
$Z_R = 30 \text{ kN}$	Použitý typ sítě
$D_R = 180 \text{ kN}$	Použitý typ roznášecích desek pod hlavami kotev
$P_R = 90 \text{ kN}$	Odolnost sítě proti síle Z_0
KOTVA GEWI	
$T_{Rred,D} = 308 \text{ kN}$	Odolnost sítě proti otlacení vlivem osově síly v kotvách
$S_{Rred,D} = 178 \text{ kN}$	Odolnost sítě proti vytrhnutí
$A_{Rred,D} = 616 \text{ mm}^2$	Použitý typ kotvy pro výpočet
Výpočet lokálních nestabilit mezi kotvami:	
$P_D = 59,6 \text{ kN}$	Návrhová hodnota odporu kotvy na tah
$t_{rel} = 0,70 \text{ m}$	Návrhová hodnota odporu kotvy na smyk
$P_R = 90 \text{ kN}$	Plocha průřezu kotvy
$\gamma_{PR} = 1,5$	Maximální namáhání v tahu na rozteč výšky 1 hřebu (Mohr-Coulomb)
	Tloušťka rozhodujícího kluzného bloku
	Odolnost sítě proti vytrhnutí
	Koeficient bezpečnosti odolnosti sítě proti vytrhnutí

$\frac{P_R}{\gamma_{PR}} = 60 \text{ kN}$	Návrhová odolnost sítě proti vytrhnutí
$\frac{P_R}{\gamma_{PR}} \geq P_D$	VYHOVUJE
$Z_D = 15 \text{ kN}$	Síla od rozvolněné zóny paralelně se svahem na síť – návrhová hodnota
$Z_R = 30 \text{ kN}$	Odolnost sítě proti síle Z_D
$\gamma_{ZR} = 1,5$	Koeficient bezpečnosti odolnosti sítě na smyk
$\frac{Z_R}{\gamma_{ZR}} = 20 \text{ kN}$	Návrhová odolnost sítě proti síle Z_D
$\frac{Z_R}{\gamma_{ZR}} \geq Z_D$	VYHOVUJE
Výpočet ustříhnutí kotvy rovnoběžně se sklonem svahu:	
$V = 50 \text{ kN}$	Minimální požadovaná hodnota předpětí kotvy – charakteristická hodnota
$\gamma_{V1} = 0,80$	Koeficient bezpečnosti proti pozitivnímu vlivu předpětí
$V_{D1} = 40 \text{ kN}$	Návrhová hodnota předpětí kotvy
$S_D = 105,2 \text{ kN}$	Spočtená hodnota smykové síly od rozvolněné zóny na kotvu
$S_{Red,D} = 178 \text{ kN}$	Hodnota odporu kotvy na smyk
$\gamma_{SR} = 1,50$	Koeficient bezpečnosti odporu kotvy na smyk
$\frac{S_R}{\gamma_{SR}} = 118,7 \text{ kN}$	Návrhová hodnota odporu kotvy na smyk
$\frac{S_R}{\gamma_{SR}} \geq Z_D$	VYHOVUJE
Výpočet odolnosti sítě na protlačení:	
$V = 50 \text{ kN}$	Minimální požadovaná hodnota předpětí kotvy – charakteristická hodnota
$\gamma_{V2} = 1,50$	Koeficient bezpečnosti proti negativnímu vlivu předpětí
$V_{D2} = 75 \text{ kN}$	Návrhová hodnota předpětí kotvy – negativní vliv
$D_R = 180 \text{ kN}$	Odolnost sítě proti otláčení vlivem osově síly v kotvách
$\gamma_{DR} = 1,50$	Koeficient bezpečnosti odporu sítě na protlačení
$\frac{D_R}{\gamma_{DR}} = 120 \text{ kN}$	Návrhová odolnost sítě proti otláčení vlivem osově síly v kotvách
$\frac{D_R}{\gamma_{DR}} \geq V_{D2}$	VYHOVUJE
Výpočet kotvy sítě na vliv kombinace tahu a smyku:	
$V = 50 \text{ kN}$	Minimální požadovaná hodnota předpětí kotvy – charakteristická hodnota
$\gamma_{V1} = 0,80$	Koeficient bezpečnosti proti pozitivnímu vlivu předpětí
$V_{D1} = 40 \text{ kN}$	Návrhová hodnota předpětí kotvy
$\gamma_{V2} = 1,50$	Koeficient bezpečnosti proti negativnímu vlivu předpětí
$V_{D2} = 75 \text{ kN}$	Návrhová hodnota předpětí kotvy – negativní vliv
$S_D = 105,2 \text{ kN}$	Spočtená hodnota smykové síly od rozvolněné zóny na kotvu

$$P_D = 59,6 \text{ kN}$$

$$T_{Rred,D} = 308 \text{ kN}$$

$$S_{Rred,D} = 178 \text{ kN}$$

$$\gamma_{TR} = 1,50$$

$$\gamma_{SR} = 1,50$$

Spočtená hodnota tahové síly od rozvolněné zóny na kotvu

Návrhová hodnota odporu kotvy na tah

Návrhová hodnota odporu kotvy na smyk

Koeficient bezpečnosti odporu kotvy na tah

Koeficient bezpečnosti odporu kotvy na smyk

$$\sqrt{\left[\frac{V_{D2}}{(T_{Rred,D}/\gamma_{TR})}\right]^2 + \left[\frac{S_D}{(S_{Rred,D}/\gamma_{SR})}\right]^2} = 0,96 \leq 1,00$$

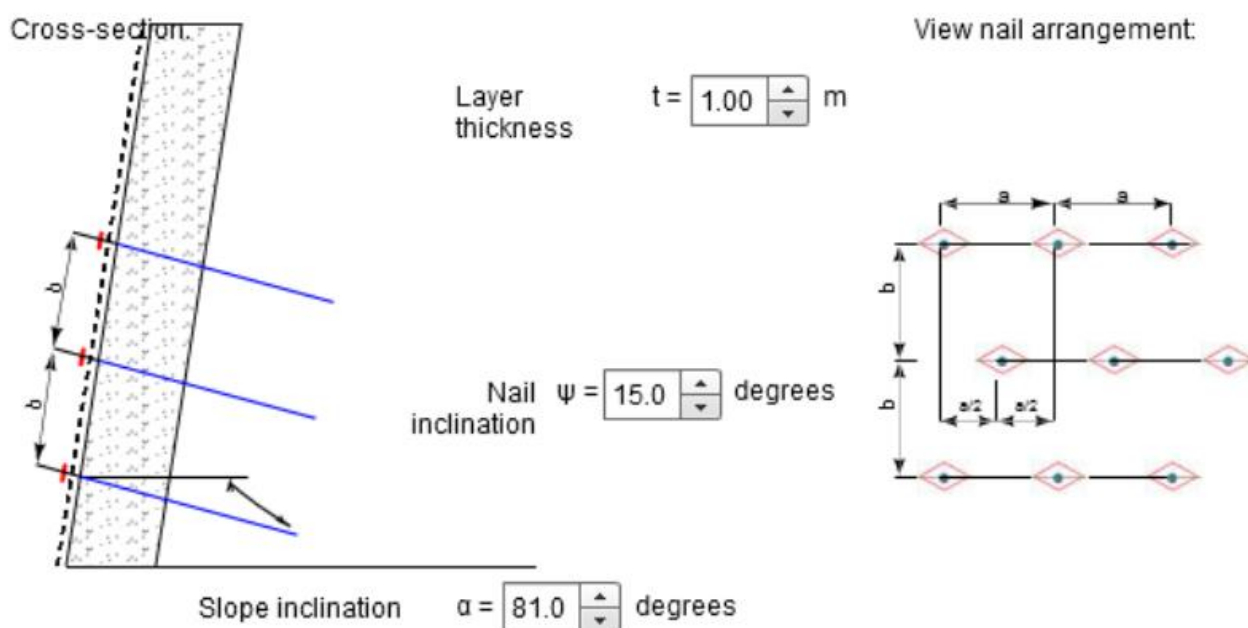
VYHOVUJE

$$\sqrt{\left[\frac{P_D}{(T_{Rred,D}/\gamma_{TR})}\right]^2 + \left[\frac{S_D}{(S_{Rred,D}/\gamma_{SR})}\right]^2} = 0,93 \leq 1,00$$

VYHOVUJE

$$T_D = 168,3 \text{ kN}$$

Hodnota statické ekvivalentní tahové síly v kotvě pro stanovení jejich délky



Obrázek 8: Statický model řešeného problému

4.3 Zhodnocení a závěrečná doporučení ze statického posudku

Ve výpočtu byly zohledněny tyto faktory, které působí příznivě, a tím je nastaven konzervativně a je na straně bezpečnosti:

- je zanedbán efekt dilatance
- zahrnuje dle normových i dílčí koeficienty bezpečnosti

Měly by být dodrženy tyto základní požadavky:

- výstavba **nepoškodí** a **nenaruší** zbytečně svým zásahem skalní masiv

- měl by být před započítáním prací zhodnocen vliv výstavby na případné inženýrské sítě
- podle § 160 zákona 183/2006 Sb. (Stavební zákon) musí stavební úpravy provádět odborná firma s příslušným oprávněním, pracovní četa musí být vedena autorizovaným stavbyvedoucím.
- musí být dodrženy technologické předpisy a postupy všech používaných výrobků
- při provádění dodržovat zásady BOZP.

Projektant si vyhrazuje právo být informován o všech změnách týkajících se projektové dokumentace objektu, zejména pokud by tyto změny měly mít vliv na stabilitní působení na konstrukci zajištění svahu! Posudek neřeší koordinaci s případnými dalšími sítěmi či majiteli sousedních pozemků.

5 ZÁVĚR STATICKÉHO POSUDKU

Statický výpočet byl zpracován podle platných předpisů na základě podkladů objednatele. Byl vybrán nejnepríznivější řez a posouzen pomocí běžných analytických metod.

Statický posudek je platný a vyhovuje, pokud budou dodrženy tyto zásadní požadavky a předpoklady:

- při prováděcích pracích in-situ budou potvrzeny údaje získané inženýrsko-geologickým průzkumem ze srpna a listopadu 2017
- budou brány v potaz dílčí závěry jednotlivých posudků
- **pokud se objeví nepředpokládané problémy během prací, je nutno okamžitě zareagovat a přerušit práce a po dohodě projektant – zhotovitel přijmout opatření k úspěšnému dokončení prací.**
- **rozteč kotev zvolena v rastru 2 x 2 m s ohledem na bezpečnost danou nejistotou v geologickém popisu horninového masivu**
- **aplikovaná hodnota předpínací síly = 75 kN/kotva**

Ing. Jan Ježek

V Praze dne 13.11. 2017

6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**NORMY:**

- | | | |
|-----|--------------------|--|
| 1) | ČSN EN 1990 | Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí |
| 2) | ČSN EN 1991-(1-7) | Zatížení konstrukcí (Eurokód 1) |
| 3) | ČSN EN 1992-1-1 | Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Všeobecná pravidla a pravidla pro budovy (Eurokód 2) |
| 4) | ČSN ISO 2394 | Obecné zásady spolehlivosti konstrukcí |
| 5) | ČSN ENV 13670 | Provádění betonových konstrukcí |
| 6) | ČSN EN 1993-1-1 | Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby |
| 7) | ČSN EN 1997-1 | Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Všeobecná pravidla |
| 8) | ČSN EN 1997-2 | Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy |
| 9) | ČSN EN 206-1 | Beton - Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda |
| 10) | ČSN EN 197-1 | Cement - Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití |
| 11) | ČSN 73 0037 | Zemní a horninový tlak na stavební konstrukce |
| 12) | ČSN 73 1001 | Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy (zrušená) |
| 13) | ČSN 73 6133 | Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací |
| 14) | ČSN 73 0020 | Terminologie spolehlivosti stavebních konstrukcí a základových půd |
| 15) | ČSN 72 1002 | Klasifikace zemin pro pozemní komunikace |
| 16) | ČSN 72 1006 | Kontrola zhutnění zemin a sypanin |
| 17) | ČSN EN ISO 14688-1 | Geotechnický průzkum a zkoušení - Pojmenování a zatřídování zemin - Část 1: Pojmenování a popis |
| 18) | ČSN EN ISO 14688-2 | Geotechnický průzkum a zkoušení - Pojmenování a zatřídování zemin - Část 2: Zásady pro zatřídování |
| 19) | ČSN EN ISO 14689-1 | Geotechnický průzkum a zkoušení - Pojmenování a zatřídování hornin - Část 1: Pojmenování a popis |

OSTATNÍ MATERIÁLY:

- | | | |
|-----|---------------------------------------|---|
| 20) | Masopust J. | Speciální zakládání staveb 1.-2. díl (akademické nakladatelství CERM, 2006) |
| 21) | Masopust J. | Rizika prací speciálního zakládání staveb (IC ČKAIT, 2011) |
| 22) | Masopust J. | Navrhování základových a pažicích konstrukcí příručka k ČSN EN 1997-1 (IC ČKAIT, 2012) |
| 23) | Horák V., Miča L., Račanský V. (2009) | Eurokód 7: ČSN EN 1997-1, ČSN EN 1997-2 (ČKAIT přednáška) |
| 24) | Kos J. | Geotechnické navrhování (ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí Část 1: Obecná pravidla) |
| 25) | Turček P. | Zakládání staveb (nakladatelství JAGA, 2005) |
| 26) | Herle V. | Příspěvky k navrhování konstrukcí podle Eurokódu 7 (časopis SILNIČNÍ OBZOR číslo 1/2013) |
| 27) | Herle V. | Stručné obsahy přednášek (Navrhování geotechnických konstrukcí (nejen) na pozemních komunikacích); (sborník k semináři, 2013) |

7 SEZNAM PŘÍLOH

ČÍSLO PŘÍLOHY:	
1)	Posudek minimální vyžadované délky kotvení
2)	Posudek lokálních stabilit celkového systému zajištění svahu

Dimensioning of the superficial slope stabilization system TECCO® based on the RUVOLUM® concept
Determination of the minimum required nail length
- without consideration of the global stability
- for the chosen nail in the RUVOLUM® calculation

Project: 171108
Horní Pocerice-CZ
08.11.2017, COG

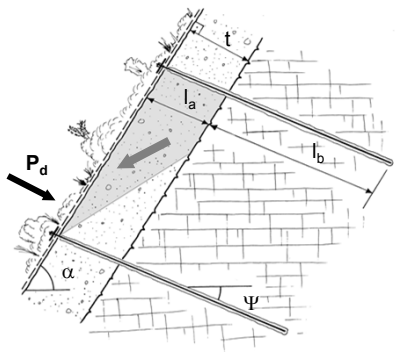
Geobrugg AG
Protection Systems
Aachstrasse 11
CH - 8590 Romanshorn
August 2011

Input quantities

Bond resistance between mortar column and subsoil per meter (minimum guaranteed value)	τ_R [kN/m] =	100,0
Slope inclination	α [degrees] =	81,0
Nail inclination to horizontal	Ψ [degrees] =	15,0
Layer thickness	t [m] =	1,00
Friction angle (characteristic value) along the sliding surface	φ_k [degrees] =	38,0
Partial safety correction value of the friction angle	γ_φ [-] =	1,25
Dimensioning value of the friction angle along the sliding surface	φ_d [degrees] =	32,0
Maximum stress of the mesh against shearing-off at the spike plate on dimensioning level as a reaction due to superficial instabilities between nails	P_d [kN] =	59,6
Pretensioning force effectively applied	V [kN] =	50,0
Calculated required shear force at dimensioning level	S_d [kN] =	105,2
Nail type	GEWI D = 32 mm	
Is the cross-section of nail reduced by 4 mm due to rusting away?	yes	
Dimensioning value of the bearing resistance of the nail to tensile stress	$T_{Rred,d}$ [kN] =	205,0

The program is calculating for the 3 following criterias the minimum required nail length. The longest nail length out of these has to be chosen!

Criteria 1: Introduction of the force P_d into the stable subsoil

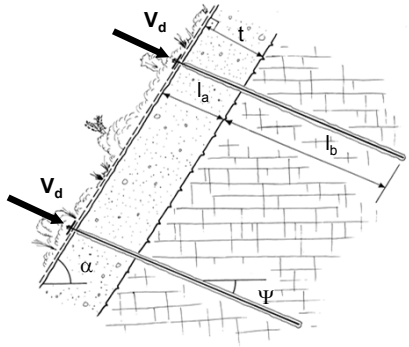


In the investigation of superficial instabilities between the individual nails, the force P_d on dimensioning level is the result of the equilibrium consideration taking into account the rupture condition of Mohr-Coulomb.

The nail length needs to be chosen, so that the stabilizing force P_d can be transmitted into the stable subsoil behind the superficial layer to be stabilized of thickness t via the nail fully mortared.

Maximum tensile stress on dimensioning level	P_d [kN] =	59,6
Bond resistance between mortar column and subsoil per meter (characteristic value)	τ_R [kN/m] =	100,0
Resistance correction value against pulling the mortared nail out of the stable subsoil	γ_R [-] =	1,50
Relation for the determination of the minimum required nail length in the stable subsoil	$l_b \cdot \tau_R / \gamma_R \geq P_d$	
Minimum required nail length in the stable subsoil	l_b [m] =	0,89
Relation for the determination of the nail length through the superficial layer to be stabilized	$l_a = t / \cos(90^\circ - \alpha - \Psi)$	
Nail length through the superficial layer to be stabilized of thickness t	l_a [m] =	1,01
Minimum required total nail length (excess length not considered)	$l_{tot} [m] = l_a + l_b =$	1,90

Criteria 2: Introduction of the force V_d into the stable subsoil

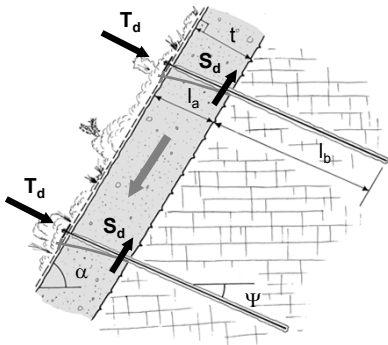


In the investigation of superficial, slope-parallel instabilities, the force V is introduced as pretensioning force of the system. During installation, the system spike plate and therefore also the high-tensile steel wire mesh TECCO® is actively pressed against the subsoil to be stabilized with that force V .

The nail length needs to be chosen, so that the dimensioning value of the pretensioning force V_d can be transmitted into the stable subsoil behind the superficial layer to be stabilized of thickness t via the nail fully mortared.

Pretensioning force effectively applied	V [kN] =	50,0
Load factor for the pretensioning	γ_V [-] =	1,50
Dimensioning value of the pretensioning load	V_d [kN] =	75,0
Bond resistance between mortar column and subsoil per meter (characteristic value)	τ_R [kN/m] =	100,0
Resistance correction value against pulling the mortared nail out of the stable subsoil	γ_R [-] =	1,50
Relation for the determination of the minimum required nail length in the stable subsoil	$l_b \cdot \tau_R / \gamma_R \geq V_d$	
Minimum required nail length in the stable subsoil	l_b [m] =	1,13
Relation for the determination of the nail length through the superficial layer to be stabilized	$l_a = t / \cos(90^\circ - \alpha - \psi)$	
Nail length through the superficial layer to be stabilized of thickness t	l_a [m] =	1,01
Minimum required total nail length (excess length not considered)	l_{tot} [m] = $l_a + l_b$ =	2,13

Criteria 3: Nails will be stressed as a result of slope parallel instabilities



In the investigation of superficial, slope-parallel instabilities, the whole unstable layer of thickness t needs to be stabilized by the shear resistance of the nails taking into account the stabilizing influence of the pretensioning of the system. Based on the equilibrium consideration, the maximum shear force S_d on dimensioning level can be determined. In a second step, the thereby static equivalent tensile force T_d can be calculated.

The nail length needs to be chosen, so that the dimensioning value of the static equivalent tensile force T_d can be transmitted into the stable subsoil behind the superficial layer to be stabilized of thickness t via the nail fully mortared.

Calcutatorily required shear force on dimensioning level	S_d [kN] =	105,2
Approach for the determination of the static equivalent tensile force in the nail	$T_d \cdot \tan \varphi_d = S_d$	
Dimensioning value of the static equivalent tensile force in the nail	T_d [kN] =	168,3
Dimensioning value of the bearing resistance of the nail to tensile stress	$T_{Rred,d}$ [kN] =	205,0
If $T_d \leq T_{Rred,d}$ (:=yes) then T_d is taken into account for the nail length, else $T_{Rred,d}$ is considered.		yes
Bond resistance between mortar column and subsoil per meter (characteristic value)	τ_R [kN/m] =	100,0
Resistance correction value against pulling the mortared nail out of the stable subsoil	γ_R [-] =	1,50
Relation for the determination of the minimum required nail length in the stable subsoil	$l_b \cdot \tau_R / \gamma_R \geq T_d$	
Minimum required nail length in the stable subsoil	l_b [m] =	2,52
Relation for the determination of the nail length through the superficial layer to be stabilized	$l_a = t / \cos(90^\circ - \alpha - \psi)$	
Nail length through the superficial layer to be stabilized of thickness t	l_a [m] =	1,01
Minimum required total nail length (excess length not considered)	l_{tot} [m] = $l_a + l_b$ =	3,53

Dimensioning of the slope stabilization system TECCO[®] / SPIDER[®] by the RUVOLUM[®] method

Project No. 171108
Project Name Horni Pocernice-CZ
Date, Author 08.11.2017, COG

Input quantities

Slope inclination	α	=	81.0 degrees
Layer thickness	t	=	1.00 m
Friction angle ground (characteristic value)	Φ_k	=	38.0 degrees
Volume weight ground (characteristic value)	γ_k	=	26.0 kN/m ³
Nail inclination to horizontal	ψ	=	15.0 degrees
Nail distance horizontal	a	=	2.30 m
Nail distance in line of slope	b	=	2.30 m

Load cases

Streaming pressure considered			No
Earthquake considered			No
Coefficient of horizontal acceleration due to earthquake	ϵ_h	=	0.000 [-]
Coefficient of vertical acceleration due to earthquake	ϵ_v	=	0.000 [-]

Defaults and Safety Factors

Cohesion ground (characteristic value)	c_k	=	0.0 kN/m ²	
Radius of pressure cone, top	ζ	=	0.15 m	
Inclination of pressure cone to horizontal	δ	=	45.0 degrees	
Slope-parallel force	Z_d	=	15.0 kN	
Pretensioning force of the system	V	=	50.0 kN	
Partial safety correction value for friction angle	γ_ϕ	=	1.25 [-]	Dimensioning quantities
Partial safety correction value for cohesion	γ_c	=	1.25 [-]	Φ_d [degrees] = 32.0
Partial safety correction value for volume weight	γ_γ	=	1.00 [-]	c_d [kN/m ²] = 0.0
Model uncertainty correction value	γ_{mod}	=	1.10 [-]	γ_d [kN/m ³] = 26.0

Elements of the system

Applied mesh type	TECCO [®] G65/3
Applied spike plate	TECCO [®] system spike plate P33
Bearing resistance of mesh to selective, slope parallel tensile stress	Z_R [kN] = 30
Bearing resistance of mesh to pressure stress in nail direction	D_R [kN] = 180
Bearing resistance of mesh against shearing-off in nail direction	P_R [kN] = 90
Applied nail type	GEWI D = 32 mm
Taking into account rusting away	Yes
Bearing resistance of nail to tensile stress	T_{Rred} [kN] = 308
Bearing resistance of nail to shear stress	S_{Rred} [kN] = 178
Cross-section surface of the applied nail with / without rusting away	A_{red} [mm ²] = 616

Proofs		
Proof of the mesh against shearing-off at the upslope edge of the spike plate		Fulfilled
Proof of the mesh to selective transmission of the force Z onto the nail		Fulfilled
Proof of the nail against sliding-off of a superficial layer parallel to the slope		Fulfilled
Proof of the mesh against puncturing		Fulfilled
Proof of the nail to combined stress		Fulfilled
The given proofs concern the investigation of superficial instabilities. Additional investigations are required if there is a risk regarding global stability of the slope. If necessary the nail type and nail pattern have to be adapted.		
Investigation of local instabilities between single nails		
Proof of the mesh against shearing-off at the upslope edge of the spike plate		
Maximum stress on the mesh for shearing-off in nail direction at the upslope edge of the spike plate (dimensioning level).	P_d [kN] =	59.6
Thickness of decisive sliding mechanism	t_{rel} [m] =	0.70
Bearing resistance of the mesh against shearing-off in nail direction at the upslope edge of the spike plate (characteristic value).	P_R [kN] =	90.0
Resistance correction value for shearing-off of the mesh	γ_{PR} [-] =	1.5
Dimensioning value of the bearing resistance of the mesh against shearing-off	P_R/γ_{PR} [kN] =	60.0
Proof of bearing safety	$P_d \leftarrow P_R/\gamma_{PR}$	Fulfilled
Proof of the mesh to selective transmission of the force Z onto the nail		
Slope parallel force taken into account in the equilibrium considerations	Z_d [kN] =	15.0
Bearing resistance of the mesh to selective, slope-parallel tensile stress	Z_R [kN] =	30.0
Resistance correction value for selective, slope-parallel transmission of the force Z	γ_{ZR} [-] =	1.5
Dimensioning value of the bearing resistance of the mesh to tensile stress	Z_R/γ_{ZR} [kN] =	20.0
Proof of bearing safety	$Z_d \leftarrow Z_R/\gamma_{ZR}$	Fulfilled
Investigation of slope-parallel, superficial instabilities		
Proof of the nail against sliding-off of a superficial layer parallel to the slope		
Pretensioning force effectively applied on nail	V [kN] =	50.0
Load factor for positive influence of pretension V	γ_{VI} [-] =	0.8
Dimensioning value of the applied pretensioning force by positive influence of V	V_{dI} [kN] =	40.0
Calculated required shear force at dimensioning level in function of V_{dI}	S_d [kN] =	105.2
Bearing resistance of the nail to shear stress	S_{Red} [kN] =	178.0
Resistance correction value for shearing-off of the nail	γ_{SR} [-] =	1.5
Dimensioning value of the bearing resistance of the nail to shear stress	S_{Red}/γ_{SR} [kN] =	118.7
Proof of bearing safety	$S_d \leftarrow S_{Red}/\gamma_{SR}$	Fulfilled
Proof of the mesh against puncturing		
Pretensioning force effectively applied on nail	V [kN] =	50.0
Load factor for negative influence of pretension V	γ_{VII} [-] =	1.5
Dimensioning value of the applied pretensioning force by negative influence of V	V_{dII} [kN] =	75.0
Bearing resistance of the mesh to pressure stress in nail direction	D_R [kN] =	180.0
Resistance correction value for puncturing	γ_{DR} [-] =	1.5
Dimensioning value of the bearing resistance of the mesh to pressure stress	D_R/γ_{DR} [kN] =	120.0
Proof of bearing safety	$V_{dII} \leftarrow D_R/\gamma_{DR}$	Fulfilled

Proof of the nail to combined stress

Pretensioning force effectively applied on nail

V [kN] = 50.0

Load factor for positive influence of pretension V

γ_{VI} [-] = 0.8

Dimensioning value of the applied pretensioning force by positive influence of V

V_{dI} [kN] = 40.0

Load factor for negative influence of pretension V

γ_{VII} [-] = 1.5

Dimensioning value of the applied pretensioning force by negative influence of V

V_{dII} [kN] = 75.0

Calculatory required shear force at dimensioning level in function of V_{dII}

S_d [kN] = 105.2

Maximum stress on the mesh for shearing-off

P_d [kN] = 59.6

Bearing resistance of the nail to tensile stress

T_{Rred} [kN] = 308.0

Bearing resistance of the nail to shear stress

S_{Rred} [kN] = 178.0

Resistance correction value for tensile stress

γ_{TR} [-] = 1.5

Resistance correction value for shear stress

γ_{SR} [-] = 1.5

Proof of bearing safety $([V_{dII}/(T_{Rred}/\gamma_{TR})]^2 + [S_d/(S_{Rred}/\gamma_{SR})]^2)^{0.5} \leq 1.0$

0.96 Fulfilled

Proof of bearing safety $([P_d/(T_{Rred}/\gamma_{TR})]^2 + [S_d/(S_{Rred}/\gamma_{SR})]^2)^{0.5} \leq 1.0$

0.93 Fulfilled

Minimal tensile strength in the nail for superficial instabilities

Dimensioning value of the static equivalent tensile force in the nail for determination of the nail length

T_d [kN] = 168.3

