 Inplan CZ s.r.o. dopravní stavby městské inženýrství Majakovského 707/29 360 05 Karlovy Vary www.inplan.cz	Zodpovědný projektant: Ing. Petr Král	Hlavní projektant: Ing. Petr Král	Stavebník: KSÚS KK Chebská 282, 356 04, Sokolov	
	Projektant: Petr Švorba	Technická kontrola: Ing. Ota Řezanka		
	Zakázka: II/210 Modernizace silnice Anenské údolí Příloha: Statický výpočet zajištění skalního masivu		Datum: 11/2016	Paré číslo:
			Úroveň: DSP+PDPS	
			Číslo zakázky: 592016	Číslo přílohy: C1.7
			Měřítko: -	

Dokumentaci lze užívat ve smyslu příslušné smlouvy o dílo, kopírování a rozšiřování bez předchozího souhlasu je zakázáno.

Obsah

1. Všeobecná část.....	2
2. Úvod.....	5
3. Zatížení.....	5
4. Geologické a hydrogeologické poměry.....	5
5. Stručný technický popis se zdůvodněním navrženého řešení.....	6
6. Teorie výpočtu.....	6
7. Samotný výpočet.....	7
8. Závěr.....	12

Adresa:

K Plzenci 1002/17
Plzeň – Černice 326 00
Česká Republika

Kontakt:

tel. 774 297 778
mail:
tersa@progeocont.cz

IČO: 04303270

DIČ: CZ8006301985

1. Všeobecná část

Základní údaje

Stavba:	II/210 Modernizace silnice Anenské údolí
Objekt:	SO 101 – Modernizace silnice
Místo stavby:	Anenské údolí
Projektový stupeň:	DSP/PDPS
Objednatel:	KSÚS KK, Chebská 282, 356 04 Sokolov
Zhotovitel:	Inplan CZ, s.r.o., Majakovského 707/29, 360 05 Karlovy Vary
Projektant SO:	Inplan CZ, s.r.o., Majakovského 707/29, 360 05 Karlovy Vary
Hlavní inženýr projektu:	Ing. Petr Král
Odpovědný projektant SO:	Ing. Petr Král
Číslo zakázky:	592016

Podklady

- a) Projektová dokumentace DSP/PDPS
- b) Geotechnický průzkum – Lokalita Anenské údolí (04/2017 STRIX Chomutov)

Literatura, normy, předpisy

- 1) ČSN EN 1997-1 *Navrhování geotechnických konstrukcí Část 1: Obecná pravidla*
- 2) ČSN EN 1997-2 *Navrhování geotechnických konstrukcí Část 2: Obecná pravidla*
- 3) ČSN 73 0031 *Spolehlivost stavebních konstrukcí a základových půd*
- 4) ČSN 73 1000 *Zakládání stavebních objektů*
- 5) ČSN EN 1536 *Provádění speciálních geotechnických prací – vrtané piloty*
- 6) ČSN EN 1537 *Provádění spec. geotechnických konstrukcí – injektované hor.
Kotvy*
- 7) ČSN 73 0037 *„Zemní a horninový tlak na stavební konstrukce“*
- 8) ČSN EN 1990 *Zásady navrhování konstrukcí*
- 9) ČSN EN 1992 *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1: Obecná
pravidla a pravidla pro pozemní stavby*
- 10) ČSN EN 1997 *Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1:
Obecná pravidla*
- 11) *Mechanika zemin a zakládání staveb (Doc. Ing. Ladislav Lamboj, CSc., Doc. Ing.
Zdeněk Štěpánek, CSc.; 2005 Vydavatelství ČVUT)*
- 12) *Geomechanika 10 – Mechanika zemin (Prof. Ing. Ivan Vaniček, DrSc.; 2000 Vydavatelství
ČVUT)*
- 13) *Manuál Geotechnický software GEO5*

Adresa:

K Plzenci 1002/17
Plzeň – Černice 326 00
Česká Republika

Kontakt:

tel. 774 297 778
mail:
tersa@progeocont.cz

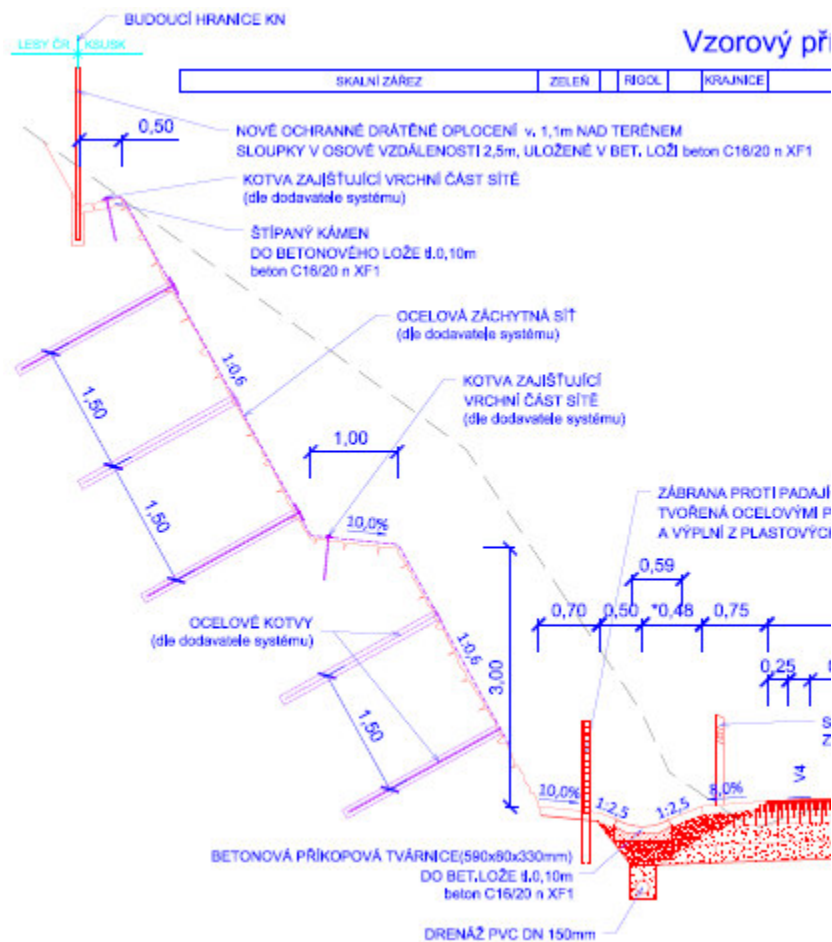
IČO: 04303270

DIČ: CZ8006301985

2. Úvod

Statický výpočet řeší stabilitu skalní stěny, která vznikne při modernizaci komunikace II/210, a posoudí dílčí statické prvky nutné k zajištění stability nutné k bezpečnému provozu.

Navržený sklon skalního svahu je dle doporučení IGP ve sklonu 1:0,6 s vloženou lavicí šířky 1,0m ve výšce 3,0m od paty svahu.



Obrázek 1 - Vzorový příčný řez

Celková výška svahu je až 11m.

3. Zatížení

Zatížení je uvažováno horninovým tlakem dle platných norem.

4. Geologické a hydrogeologické poměry

Na základě objednávky investora byl v lokalitě zpracován geotechnický průzkum. Cílem těchto prací bylo zjištění průběhu a charakteru skalního podkladu, z důvodu plánovaných stavebních úprav a uvedené silnici, včetně návrhu sklonu svahu pro zajištění trvalé stability skalního masivu.

Lokalita leží v údolí řeky Svatavy a je charakterizována morfologicky členitým uměle vytvořeným skalním odřezem, délky cca 45m a výškou 8-10m, s orientací ve směru 270/90

a sklonem 70°. Odřez je tvořen paleozickými horninami – chloriticko – sericitickými fylity, Sasko – durynské oblasti Českého masivu.

Tyto horniny jsou kambrického až ordovického stáří a vykazují celoplošně deskovitou odlučnost, s charakteristickými ohlazenými plochami. Stabilita těchto hornin je dána zejména sklonem ploch foliace, podél kterých dochází k rozpadu.

Zeminy a horniny zastižené průzkumnými pracemi ve vrtaných sondách, byly na základě makroskopického popisu rozděleny celkem do 3 geotechnických typů.

POPIS	
G typ I:	Hlína se střední plasticitou až vysokou plasticitou – humózní, s kořínky rostlin měkká, hnědočerná. Podle ČSN jsou tyto zeminy zaříděny jako F5/MI až F7/MH.
G typ II:	Hlína štěrkovitá, s příměsí pevných úlomků horniny (fylit) velikosti 0,5 – 5 cm, hnědá až hnědo-béžová. Podle ČSN jsou tyto zeminy zaříděny jako F1/MG.
G typ III:	Fylit, chloriticko-sericitický, vrtáním porušený na pevné úlomky a drobná nesouvislá jádra, hnědý, hnědošedý až hnědo-béžový. Podle ČSN jsou tyto horniny zaříděny do třídy pevnosti R4-R5.

Na základě provedených prací byl doporučen jako optimální sklon svahu 1:06 (cca 59°). Fylit je jako hornina náchylná na dlouhodobé deformace. To je způsobeno plastickým přetvářením, dílčími posuny podél elementárních ploch dělitelnosti (vrstevních ploch, ploch břidličnatosti, foliace) bez vytvoření průběžné smykové plochy.

5. Stručný technický popis se zdůvodněním navrženého řešení

Skalní svah je tvořen chloriticko-sericitickými fylity. Tyto horniny jsou náchylné k plastickému přetváření s ohledem na jejich vznik (metamorfóza břidlic) a jejich ploch foliace. Svah dosahuje výšky až 11m a je navržen ve sklonu 1:06 s vloženou lavicí šířky 1,0m v úrovni 3,0m nad patou svahu.

Svah bude dle doporučení IGP zajištěn kotvami v rastru 2,0x2,0m kotvami délky 3m, které budou uchyceny přes roznášecí desky. Nosná síť bude z vysokopevnostního pletiva, které je doplněno 3D polymerovou rohoží. Taková bariéra tedy plní funkci nosnou – ochrannou a zároveň protierozní. Protierozní funkce bude nutná především v partiích svahu, kde se vyskytují Fylity charakteru R5, tedy přípovrchové zvětralé zóny, které nebudou zcela odstraněny. Takto zajištěný svah je nutné doplnit tyčovými kotvami délky 7+3m respektive 4+3m ve třetinách svahu. Kotva bude instalována přes železobetonovou převážku (blok) o rozměrech minimálně (d=1,0m, š=0,5m, h=0,65m). Osová vzdálenost kotev je 3,0m a požadovaná síla je v horní etáži 300kN resp. 250kN ve spodní etáži. Minimální průměr vrtu pro hřeb je 75mm, ocelová tyč hřebu ø 22mm. Kotvy budou realizovány do vrtu ø 150mm, kotevní tyč ø 30mm.

Jednotlivě konstrukční prvky budou instalovány vždy po odtěžení etáže výšky maximálně 2m.

6. Teorie výpočtu

Posouzení stability stěn a svahů ve skalní (poloskalní) hornině patří obvykle k velmi náročným technickým problémům. Stabilita F je dána (obdobně jako u zemních svahů)

stupněm stability (tj. poměrem pasivních sil bránících pohybu tělesa ku silám aktivním způsobujícím pohyb podél smykové plochy):

$$F = \frac{\text{pasivní}}{\text{aktivní}} \text{ síly}$$

Kde: pasivní síly = tření a soudržnost na ploše porušení (smykové ploše)

Aktivní síly = tangenciální síly na ploše porušení (smykové ploše)

S ohledem na to, že průzkum nestanovil potřebné náležitosti pro posouzení stability svahu a návrh opatření (viz. Metodika pro hodnocení stavu skalních svahů, 2013 Stanislav Štábl) je jedinou možností přistoupit ke statickému výpočtu od „konce“ a tedy zpětnou analýzou stanovit chybějící parametry smykové pevnosti masivu.

Úhel vnitřního tření masivu je vhodné uvažovat konzervativně $\varphi_{ef}=30^\circ$, soudržnost je nutné stanovit na základě zpětné analýzy.

Dalším krokem bude posouzení nového stavu, tedy upravené geometrie skalního svahu.

7. Samotný výpočet

Výpočet stability svahu

Vstupní data

Projekt

Datum : 16.9.2017

Nastavení

Česká republika - původní normy ČSN (73 1001, 73 1002, 73 0037)

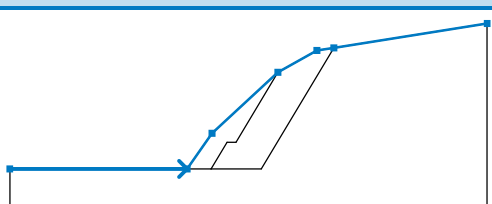
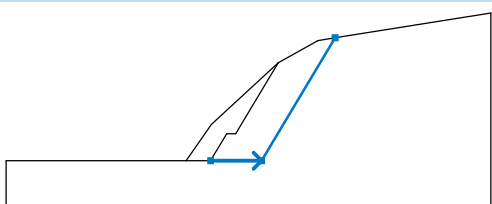
Stabilitní výpočty

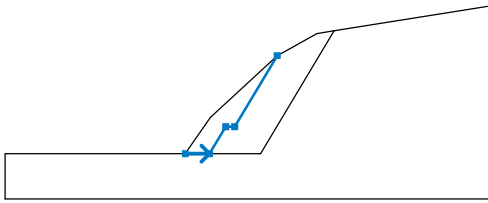
Výpočet zemětřesení : Standard

Metodika posouzení : stupně bezpečnosti


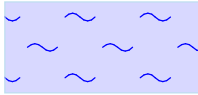
Stupně bezpečnosti			
Trvalá návrhová situace			
Stupeň bezpečnosti :	SF _s =	1,50	[-]

Rozhraní



Číslo	Umístění rozhraní	Souřadnice bodů rozhraní [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		0,00	0,00	19,99	0,00	22,79	4,02
		30,21	10,85	34,62	13,30	36,53	13,60
		53,80	16,34				
2		22,69	0,00	28,35	0,00	36,53	13,60

Číslo	Umístění rozhraní	Souřadnice bodů rozhraní [m]					
		x	z	x	z	x	z
3		19,99	0,00	22,69	0,00	24,49	3,00
		25,49	3,00	30,21	10,85		

Parametry zemin - efektivní napjatost

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]
1	chloriticko-seritický fylit		30,00	23,00	21,00
2	chloriticko-seritický fylit_kotvená oblast		30,00	26,00	21,00

Parametry zemin - vztlak

Číslo	Název	Vzorek	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [–]
1	chloriticko-seritický fylit		22,00		
2	chloriticko-seritický fylit_kotvená oblast		22,00		

Parametry zemin

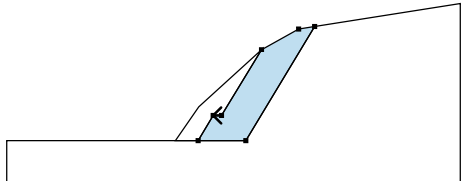

chloriticko-seritický fylit

Objemová tíha : $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : efektivní
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 23,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 22,00 \text{ kN/m}^3$

chloriticko-seritický fylit_kotvená oblast

Objemová tíha : $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
 Napjatost : efektivní
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 30,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 26,00 \text{ kPa}$
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 22,00 \text{ kN/m}^3$

Přiřazení a plochy

Číslo	Umístění plochy	Souřadnice bodů plochy [m]				Přiřazená zemina
		x	z	x	z	
1		25,49	3,00	24,49	3,00	chloriticko-seritický fylit 
		22,69	0,00	28,35	0,00	
		36,53	13,60	34,62	13,30	
		30,21	10,85			

Číslo	Umístění plochy	Souřadnice bodů plochy [m]				Přiřazená zemina
		x	z	x	z	
2		22,69	0,00	24,49	3,00	chloriticko-seritický fylit
		25,49	3,00	30,21	10,85	
		22,79	4,02	19,99	0,00	
3		19,99	0,00	0,00	0,00	chloriticko-seritický fylit
		0,00	-5,00	53,80	-5,00	
		53,80	16,34	36,53	13,60	
		28,35	0,00	22,69	0,00	

Voda

Typ vody : Voda není

Tahová trhlina

Tahová trhlina není zadána.

Zemětřesení

Se zemětřesením se nepočítá.

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Výsledky (Fáze budování 1)

Výpočet 1 (fáze 1)

Polygonální smyková plocha

Souřadnice bodů smykové plochy [m]									
x	z	x	z	x	z	x	z	x	z
19,99	0,00	20,99	0,11	22,06	0,41	23,68	1,10	24,94	1,74
26,01	2,37	26,94	2,96	28,24	3,89	29,44	4,86	30,39	5,69
31,82	7,01	33,17	8,42	37,90	13,82				

Smyková plocha po optimalizaci.

Posouzení stability svahu (Sarma)

Stupeň bezpečnosti = 1,53 > 1,50

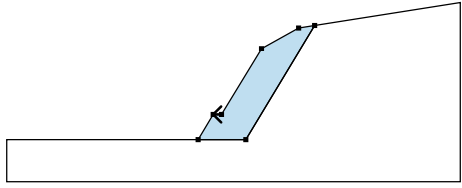

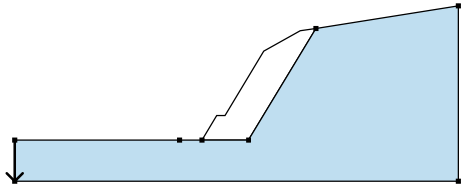

Stabilita svahu VYHOVUJE

Vstupní data (Fáze budování 2)

Zářez

Číslo	Umístění zářezu	Souřadnice bodů zářezu [m]					
		x	z	x	z	x	z
1		19,99	0,00	22,69	0,00	24,49	3,00
		25,49	3,00	30,21	10,85		

Přiřazení a plochy

Číslo	Umístění plochy	Souřadnice bodů plochy [m]				Přiřazená zemina
		x	z	x	z	
1		25,49	3,00	24,49	3,00	chloriticko-seritický fylit 
		22,69	0,00	28,35	0,00	
		36,53	13,60	34,62	13,30	
		30,21	10,85			
2		0,00	0,00	0,00	-5,00	chloriticko-seritický fylit 
		53,80	-5,00	53,80	16,34	
		36,53	13,60	28,35	0,00	
		22,69	0,00	19,99	0,00	

Voda

Typ vody : Voda není

Tahová trhlina

Tahová trhlina není zadána.

Zemětřesení

Se zemětřesením se nepočítá.

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Výsledky (Fáze budování 2)

Výpočet 1 (fáze 2)

Polygonální smyková plocha

Souřadnice bodů smykové plochy [m]									
x	z	x	z	x	z	x	z	x	z
22,72	0,04	23,37	0,22	23,90	0,42	24,57	0,72	25,72	1,09
27,12	1,91	28,37	2,88	29,45	3,90	30,21	4,73	30,88	5,44
31,95	6,70	32,92	7,88	33,69	8,85	34,66	10,13	35,07	10,65
38,56	13,92								

Smyková plocha po optimalizaci.

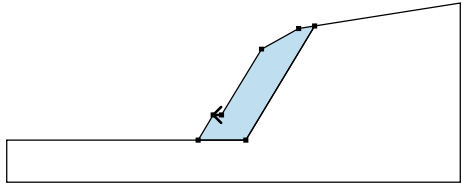

Posouzení stability svahu (Sarma)

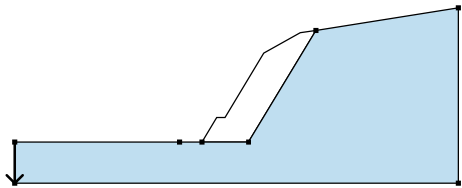
Stupeň bezpečnosti = 1,37 < 1,50

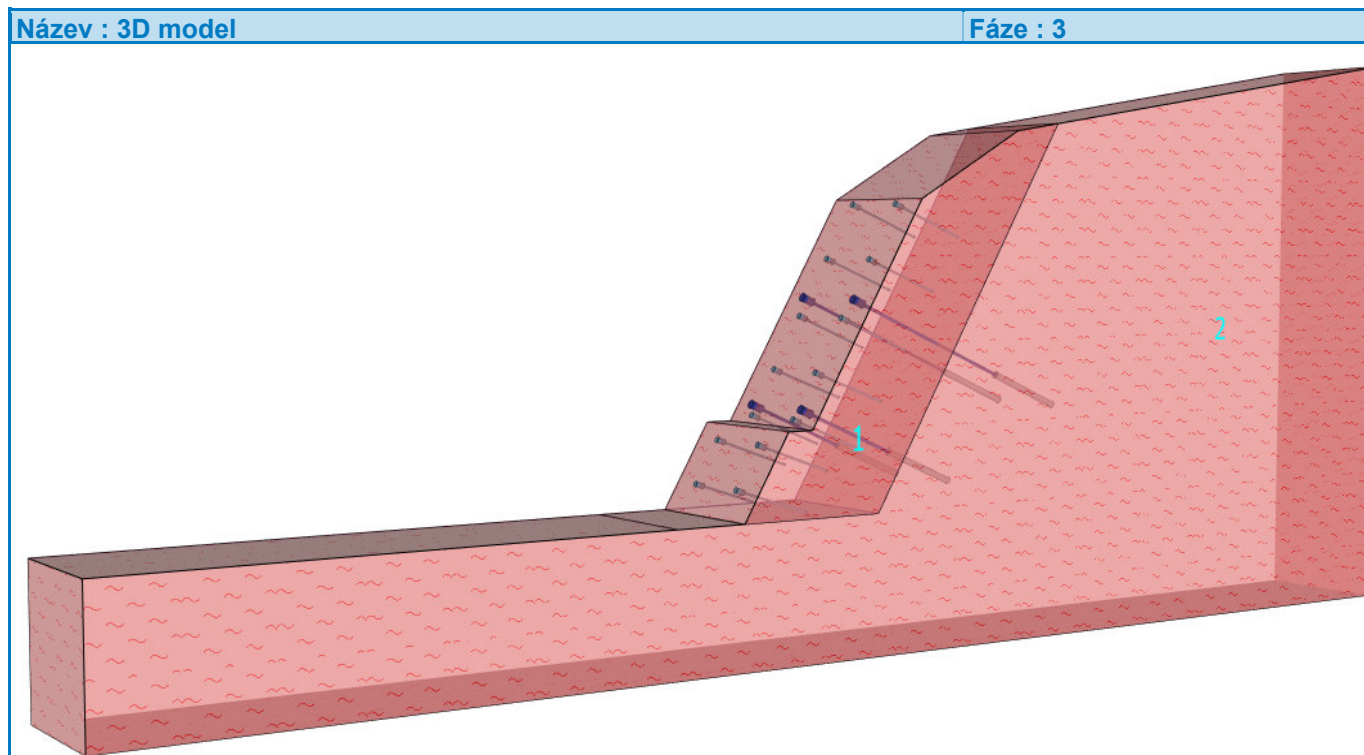
Stabilita svahu NEVYHOVUJE

Vstupní data (Fáze budování 3)

Přiřazení a plochy

Číslo	Umístění plochy	Souřadnice bodů plochy [m]				Přiřazená zemina
		x	z	x	z	
1		25,49	3,00	24,49	3,00	chloriticko-seritický fylit 
		22,69	0,00	28,35	0,00	
		36,53	13,60	34,62	13,30	
		30,21	10,85			

Číslo	Umístění plochy	Souřadnice bodů plochy [m]				Přiřazená zemina
		x	z	x	z	
2		0,00	0,00	0,00	-5,00	chloriticko-seritický fylit
		53,80	-5,00	53,80	16,34	
		36,53	13,60	28,35	0,00	
		22,69	0,00	19,99	0,00	



Kotvy

Číslo	Kotva		Počátek		Volná délka l [m]	Délka kořene l _k [m]	Sklon α [°]	Vzd. kotev b [m]	Síla F [kN]
	nová	dopnutá	x [m]	z [m]					
1	Ano		28,09	7,32	7,00	3,00	23,31	3,00	300,00
2	Ano		25,84	3,58	4,00	3,00	23,10	3,00	250,00

Hřebíky

Číslo	Hřebík nový	Počátek		Délka l [m]	Sklon α [°]	Vzd. hřebíků b [m]	Únosnost na přetržení	Únosnost na vytržení	Únosnost hlavy hřebíku
		x [m]	z [m]						
1	Ano	30,09	10,65	3,00	22,01	2,50	R _t = 150,00 kN	počítat z plášťového tření, d = 90,0 mm, g _s = 120,000 kPa	R _t = 150,00 kN
2	Ano	28,92	8,71	3,00	21,80	2,50	R _t = 150,00 kN	počítat z plášťového tření, d = 90,0 mm, g _s = 120,000 kPa	R _t = 150,00 kN
3	Ano	27,71	6,69	3,00	22,75	2,50	R _t = 150,00 kN	počítat z plášťového tření, d = 90,0 mm, g _s = 120,000 kPa	R _t = 150,00 kN

Číslo	Hřebík nový	Počátek x [m] z [m]	Délka l [m]	Sklon α [°]	Vzd. hřebíků b [m]	Únosnost na přetržení	Únosnost na vytržení	Únosnost hlavy hřebíku
4	Ano	26,59 4,83	3,00	20,75	2,50	$R_t = 150,00 \text{ kN}$	počítat z plášťového tření, d = 90,0 mm, $g_s =$ 120,000 kPa	$R_f = 150,00 \text{ kN}$
5	Ano	25,64 3,25	3,00	21,70	2,50	$R_t = 150,00 \text{ kN}$	počítat z plášťového tření, d = 90,0 mm, $g_s =$ 120,000 kPa	$R_f = 150,00 \text{ kN}$
6	Ano	24,16 2,45	3,00	19,32	2,50	$R_t = 150,00 \text{ kN}$	počítat z plášťového tření, d = 90,0 mm, $g_s =$ 120,000 kPa	$R_f = 150,00 \text{ kN}$
7	Ano	23,27 0,96	3,00	17,55	2,50	$R_t = 150,00 \text{ kN}$	počítat z plášťového tření, d = 90,0 mm, $g_s =$ 120,000 kPa	$R_f = 150,00 \text{ kN}$

Voda

Typ vody : Voda není

Tahová trhlina

Tahová trhlina není zadána.

Zeměřesení

Se zeměřesením se nepočítá.

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Výsledky (Fáze budování 3)

Výpočet 1 (fáze 3)

Polygonální smyková plocha

Souřadnice bodů smykové plochy [m]									
x	z	x	z	x	z	x	z	x	z
22,73	0,07	25,63	0,22	28,08	1,71	28,11	1,88	29,56	2,95
31,70	4,82	32,70	5,75	33,60	6,66	34,07	7,16	34,98	8,19
40,30	14,20								
Smyková plocha po optimalizaci.									

Posouzení stability svahu (Sarma)

Stupeň bezpečnosti = 1,55 > 1,50

Stabilita svahu VYHOVUJE

8. Závěr

Výpočet byl proveden na základě předaných podkladů. Především míra dostupných informací o skalním masivu je pro optimální technicko-ekonomický návrh zcela nedostačující.

Je nutné doporučit při realizaci věnovat velký důraz na účast geotechnika při odtěžování a očišťování skalní stěny. Doporučuji provedení pasportu obnaženého skalního masivu, kde je možné, že bude nutné doplnit kotvení, popř. realizovat betonový kotvený blok.

Cílem statického výpočtu bylo stanovení celkové stability svahu po jeho úpravě do definitivní polohy. Výsledný stupeň stability je **$F_s = 1,55 > 1,50$** .

Adresa:

K Plzeň 1002/17
Plzeň – Černice 326 00
Česká republika

Kontakt:

tel. 774 297 778
mail:
tersa@progeocont.cz

IČO: 04303270

DIČ: CZ8006301985