



Operační program
Doprava



Evropská unie
Investice do vaší budoucnosti
Evropský fond pro regionální rozvoj
Fond soudržnosti

VÝŠKOVÝ SYSTÉM Bpv SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM S-JTSK

Číslo změny:	Obsah změny:	Datum změny:
01	Zpracování připomínek projednání	06/2013
02	-	-
03	-	-

Investor:



Správa železniční dopravní cesty, s.o.
Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1

Stavební správa západ se sídlem v Praze
Sokolovská 278/1955, 190 00 Praha 9

Sdružení pro projekt Modernizace trati Sudoměřice - Votice:



Vedoucí sdružení:



SUDOP PRAHA a.s.
Olšanská 1a, 130 80 Praha 3
tel.: +420 267 094 111
fax: +420 224 230 316
e-mail: praha@sudop.cz

Hlavní inženýr projektu:

ING. MILOŠ KRAMEŠ

Garant profese:

ING. JAN BONEV

Středisko:

ŽELEZNIČNÍCH TRATÍ A UZLŮ

Vedoucí střediska:

ING. JIŘÍ SYROVÝ

Odpovědný projektant SO, IO, PS:

ING. JAN BONEV

Vypracoval:

ING. JAN BONEV

Kontroloval:

ING. MICHAL MEČL

Název akce:

MODERNIZACE TRATI SUDOMĚŘICE - VOTICE

Číslo smlouvy:

12 106 201

Projektový stupeň:

PROJEKT

Část:

ŽELEZNIČNÍ SVRŠEK A SPODEK
SO 71-10-01 SUDOMĚŘICE - ČERVENÝ ÚJEZD, ŽELEZNIČNÍ SVRŠEK
SO 71-11-01 SUDOMĚŘICE - ČERVENÝ ÚJEZD, ŽELEZNIČNÍ SPODEK

Datum:

01 / 2013

Číslo části:

E.1.1.1

Název přílohy:

GEOTECHNICKÉ VÝPOČTY

Měřítko:

Počet formátů:

-

Číslo přílohy:

1.3

GEOTECHNICKÉ VÝPOČTY

1 Rekapitulace geotechnických výpočtů

2 Vyztužený svah v km 95,185-95,267

Rekapitulace geotechnických výpočtů

Vlastní výpočty jsou dokladovány v části dokumentace B.11.2.2.4.

1

Staničení [km]	Typ tělesa	Strana	Stupeň stability / Procento využití	Sedání [mm]	Poznámky
95,050	přísyp	L	85,2 %	18,5	Sklon 1:1,5
95,150	přísyp	L	86,6 %	8,6	Sklon 1:1,5
96,400	zářez	L	41,3 %	-	Lomený sklon 1:1,75 / 1:1 s lavičkou
		P	46,5 %	-	
96,500	zářez	L	54,6 %	-	Sklon 1:1,75
		P	64,7 %	-	
96,950	zářez	L	(horní etáž) 1,87	-	Lomený sklon 1:1,75 / 1:1 s lavičkou a akumulacním prostorem
			(celkem) 1,56		
96,950	zářez	L	(horní etáž) 2,12	-	Lomený sklon 1:1,75 / 1:1 s lavičkou
			(celkem) 1,74		
96,950	zářez	L	68,4 %; 70,7 %	-	Sklon 1:1,75 – výsledná varianta – nejvyšší stabilita, srovnatelné zábory, nehrozí degradace lavičky
97,200	zářez	L	(horní etáž) 62,8 %	-	Lomené sklony 3:1 s lavičkami
			(celkem) 78,1 %		
		P	(horní etáž) 47,8 %	-	
			(celkem) 68,4 %		
98,050	zářez	P	(horní etáž) 23,0 %	-	Lomený sklon 1:1,75 / 1:1 s lavičkou
			(celkem) 39,1 %		
98,750	zářez	L	(horní etáž) 40,1 %	-	Lomené sklony 3:1 a 5:1 s lavičkami
			(střed. etáž) 67,1 %		
			(celkem) 76,5 %		
98,750	zářez	P	(horní etáž) 51,4 %	-	Lomené sklony 3:1 a 5:1 s lavičkami
			(střed. etáž) 70,4 %		
			(celkem) 81,1 %		
99,840	zářez	L	(horní etáž) 2,96	-	Lomený sklon 1:1,75 / 1:1
			(celkem) 1,85		
100,690	zářez	P	(horní etáž) 33,4 %	-	Lomený sklon 1:1,5 / 2:1 s lavičkou
			(celkem) 47,5 %		
101,170	zářez	L	54,2 %	-	Sklon 1:1,75
		P	43,3 %	-	Sklon 1:1,75

STATICKÝ VÝPOČET

Akce:

Modernizace trati Sudoměřice - Votice

Objekt:

SO 71-11-01 Červený Újezd - Votice, železniční spodek
Vyztužená zemní konstrukce ze systému pro výstavbu opěrných konstrukcí
s vegetačním lícem v km 95,180 - 95,265

Zpracoval:

Ing. Martin Kašpar, GEOMAT s.r.o., Tuřanka 115, 627 00 Brno



Datum:

19. 02. 2013

OBSAH:

1.	Úvod.....	4
1.1.	Řešená problematika	4
1.2.	Identifikační údaje stavby.....	5
1.3.	Objednatel statického výpočtu části inženýrského objektu.....	5
2.	Podklady pro statické posouzení	6
2.1.	Předané podklady	6
2.2.	Normy, předpisy, literatura	6
2.3.	Návrhové programy	7
3.	Vstupní parametry	7
3.1.	Popis konstrukce.....	7
3.2.	Geometrie konstrukce	8
3.3.	Morfologické a geologické poměry ^[1]	8
3.4.	Vlastnosti zemín pro geotechnické výpočty	8
3.5.	Zlepšení podloží	9
3.6.	Hladina podzemní vody	10
3.7.	Vlastnosti výztužných prvků	10
3.8.	Mechanická interakce zemina - výztuha	10
3.9.	Zatížení.....	11
3.10.	Zatěžovací stavy a kombinace	11
4.	Projekční specifikace použitých materiálů	12
4.1.	Konstrukční systém z vyztužené zeminy.....	12
4.2.	Sypanina v kontaktu z výztuhami	12
4.3.	Humózní zemina	13

4.4.	Sypanina roznášecího polštáře	13
4.5.	Výztužné systémové prvky (typ 2 resp. typ 3)	13
5.	Popis návrhové metodiky	15
5.1.	Návrhová metodika programu WinWall.....	15
5.2.	Návrhová metodika programu WinSlope	16
5.3.	Deformační chování konstrukce	17
5.4.	Vymezení použitelnosti návrhové metodiky	17
6.	Návrh vyztužené zeminové konstrukce	19
7.	Posouzení vyztužené zeminové konstrukce.....	20
8.	Závěr	22

Přílohy:

1. Výstupy z výpočetního programu pro řez v km 95,200

Vzorový řez v km 95,200

2. Výstupy z výpočetních programů pro řez v km 95,250

Vzorový řez v km 95,250

Autorská práva pro používání tohoto návrhu náleží firmě GEOMAT s.r.o.

Dokument lze užívat ve smyslu příslušné smlouvy o dílo. Žádná jeho část nemůže být dle zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů kopírována nebo jiným způsobem rozšiřována bez souhlasu firmy GEOMAT s.r.o.

GEOMAT s.r.o. není zodpovědný za jakékoliv jiné použití statického výpočtu než s navrženými technologiemi a výrobky.

1. ÚVOD

1.1. Řešená problematika

Statický výpočet se zabývá dílčí částí návrhu technického řešení objektu železničního spodku resp. vyztuženého násypového tělesa geosyntetiky v km 95,180 - 95,265. Výstavba této konstrukce je navrhována v rámci modernizace trati Sudoměřice - Votice.

Předmětem tohoto statického výpočtu je návrh vlastního řešení vyztužené části násypového tělesa dle prostorových možností definovaných stávajícím drážním tělesem, novým tělesem dvojkolejné trati, respektive polohou budoucí dvojkolejné trati. Omezujícím prvkem je zde zachování funkce stávajícího soukromého rybníčku spolu s obslužnou komunikací.

Statický výpočet stanovuje návrh dimenzí vyztužené oblasti z hlediska pevnosti a dimenze jednotlivých výztužných prvků ve dvou charakteristických řezech, které byly určeny objednatelem (km 95,200 00 resp. 95,250 00)

Podklady pro zpracování statického výpočtu byly dokumenty uvedené v odstavci č. 2.1. předané objednatelem projekčních prací. Posouzení druhého mezního stavu nebylo objednáno a není předmětem tohoto statického výpočtu.

1.2. Identifikační údaje stavby

Název stavby:	Modernizace trati Sudoměřice - Votice
Název inženýrského objektu:	SO 71-11-01 Červený Újezd - Votice, železniční spodek
Název části inženýrského objektu:	Vyztužená zemní konstrukce ze systému pro výstavby opěrných konstrukcí s vegetačním lícem v km 95,180 - 95,265
Kraj:	Středočeský
Okres:	Benešov
Generální projektant stavby:	SUDOP PRAHA a.s. Olšanská 1a, 130 80 Praha 3 Tel. / fax: 267 094 111 / 224 230 316 E-mail: praha@sudop.cz
Hlavní inženýr projektu:	Ing. Miloš Krameš, SUDOP PRAHA a.s.
Zpracovatel statického výpočtu vyztužené části inženýrského objektu:	GEOMAT s.r.o. Tuřanka 115, 627 00 Brno – Slatina Tel. / fax: 548 218 901 / 548 218 047 E-mail: technika@geomat.cz
Projektový stupeň:	Projekt

1.3. Objednatel statického výpočtu části inženýrského objektu

Název firmy:	SUDOP PRAHA a.s.
Adresa firmy:	Olšanská 1a, 130 80 Praha 3
Tel. kontakt ve věcech technických:	Ing. Jan Bonev Email. jan.bonev@sudop.cz

2. PODKLADY PRO STATICKÉ POSOUZENÍ

2.1. Předané podklady

Podklad:		Zpracovatel:
[1]	Geologická dokumentace sond y J501	SUDOP PRAHA a.s. středisko 207 - geotechniky Olšanská 1a, 130 80 Praha 3
[3]	Koncept příčných řezů, situace	Ing. Jan Bonev SUDOP PRAHA a.s.
[4]	Fotodokumentace stávajícího stavu	Olšanská 1a, 130 80 Praha 3

2.2. Normy, předpisy, literatura

[1N] ČSN 73 6301 - Projektování železničních drah, březen 1998

[2N] ČSN EN 1991-2 - Zatížení konstrukcí - část . Zatížení mostů dopravou, červenec 2005

[3N] ČSN 73 6133 - Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací, 2010

[4N] TP 97 - Geosyntetika v zemním tělese pozemních komunikací, prosinec 2008

[5N] SŽDC S4 - Železniční spodek, červen 2008

[6N] TKP 2000 - kap. 03, změna 6 - Zemní práce, červenec 2008

[7N] ČSN EN 14475 – Provádění speciálních geotechnických prací – Vyztužené zemní konstrukce, květen 2006

[8N] BS 8006-1:2010 MSI British Standards, Code of practice for strengthened/reinforced soils and other fills

2.3. Návrhové programy

[1P] WinSlope, verze 1.13.01

[2P] WinWall, version 8.31.04

3. VSTUPNÍ PARAMETRY

3.1. Popis konstrukce

Charakteristika objektu:

podle plánované doby trvání:	trvalá konstrukce
podle funkce:	opěrná konstrukce

Nově budovaná opěrná konstrukce spočívá ve vytvoření zpevněné konstrukce z certifikovaného systému vyztužené zeminy pro výstavbu opěrných konstrukcí, jež je tvořena čtyřmi komponenty - ocelové sítě, monolitické geomříže, spojovací a konstrukční prvky a zemina zásypu.

Horizontální vrstvy monolitických plastových geomříží zajišťují stabilitu a funkčnost celé konstrukce, ocelové sítě (100 x 100 x 5 mm) s povrchovou protikorozií ochranou s minimální životností 90 let zadržují zeminu zásypu v čele konstrukce a vytvářející oporu kořenovému systému vegetace. Každý koš bude dále doplněn soustavou spojovacích prvků a dvou řad vzpěr v min. rozteči 500 mm, které umožňují vzájemné propojení jednotlivých košů, napojení geomříží na požadovanou kotevní délku a zvyšují tuhost celého systému. Minimální průměr drátu ocelových komponentů je 5 mm. Nedílnou součástí systému je zemina zásypu, jejíž smykové parametry významně ovlivňují parametry a dimenze celého systému. Je tedy nezbytně nutné dodržet vlastnosti zemin uvažované ve statickém posouzení.

V čele každého ocelového koše bude dále doplněna protierozní georohož s travním semenem (součást systémového řešení), za kterou bude ukládán humózní materiál v tloušťce 0,5 m. Pro podporu vzrůstu travního porostu je nutné, v závislosti na klimatickém období, provádět v prvotní fázi výstavby patřičnou zálivku.

3.2. Geometrie konstrukce

Pro účely tohoto statického výpočtu a posouzení konstrukce byly objednatelem zvoleny dva charakteristické řezy, ve kterých byl proveden návrh dimenzí vyztužené zemní konstrukce:

- a) charakteristický řez 95,200 00 (řez v oblasti soukromého rybníčku)
- b) charakteristický řez 95,250 00

Sklon svahu:	určuje projekt
Výška vyztužené konstrukce:	a) 2,35 m b) 3,80 m
c) Výška nadnásypu:	a) 4,30 m b) 2,10 m
Délka vyztužené konstrukce:	určuje projekt
Výšková úroveň a směrové vedení konstrukce	určuje projekt

Tab. 1: Uvažovaná geometrie konstrukce

3.3. Morfologické a geologické poměry ^[1]

Morfologické, geologické a hydrogeologické poměry byly převzaty ze sondy J501 (viz. příloha).

V podloží zemní konstrukce se nachází recentní narážkovité zeminy charakteru písku jílovitého v mocnosti do 3,0 m, níže pak kvartérní deluviální sedimenty - jíl písčitý, jenž přechází ve zvětralou rulu.

3.4. Vlastnosti zemin pro geotechnické výpočty

Obecně do výpočtu vstupují charakteristiky zásypového materiálu v kontaktu s výztuhami (S1), zemina za vyztuženým blokem (S2) a zemina v podloží (S3).

V geotechnickém bylo posouzení uvažováno s hodnotami uvedené v tab. 2-3. V prostoru výztuh je uvažováno se zásypem s kvalitní šterkovitou sypaninou (šterkodrt 0/63 mm)

s plynulou křivkou zrnitosti a s níže uvedenými geomechanickými vlastnostmi, maximální velikost zrna $d_{\max} = 75$ mm. Velikost frakce a níže uvedené smykové parametry zemin je bezpodmínečně nutné dodržet.

Parametr:	šterkovitá sypanina
objemová tíha	$\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$
úhel vnitřního tření	$\varphi_{\text{ef}} = 32,0^\circ$
koheze	$c_{\text{ef}} = 0,0 \text{ kPa}$

Tab. 2: Parametry sypaniny v kontaktu s výztuhami „S1“ (přísyp)

V průběhu zpracování geologického průzkumu nebyly provedeny smykové zkoušky zastižených materiálů. Z tohoto důvodu byly parametry zemin stávajícího násypu a parametry zemin v podloží voleny na základě odborného odhadu.

Parametr:	Stávající násyp	Podloží
objemová tíha	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$
úhel vnitřního tření	$\varphi_{\text{ef}} = 25,0^\circ$	$\varphi_{\text{ef}} = 25,0^\circ$
koheze	$c_{\text{ef}} = 3,0 \text{ kPa}$	$c_{\text{ef}} = 8,0 \text{ kPa}$

Tab. 3: Parametry sypaniny v podloží

Před prováděním stavby je nezbytně nutné tyto parametry ověřit, zajistit jejich patřičnou dokumentaci, a potvrdit tak soulad s předpoklady tohoto statického výpočtu.

V případě, že se budou hodnoty uvažovaných smykových parametrů odlišovat ve smyslu horších parametrů (nižší hodnoty) a/nebo se bude hodnota objemové tíhy lišit o více než +5% než bylo předpokládáno, bude přizván projektant a projekt upraven dle skutečných zastižených podmínek.

3.5. Zlepšení podloží

Pod nově budovanou konstrukcí vyztužené zeminy se předpokládá provedení roznášecího šterkového polštáře frakce 0/125 v tl. min. 300 mm. Tento bude zabalen do netkané separačně filtrační geotextilie min. CBR = 4 kN.

Požadovaná minimální únosnost v základové spáře vyztuženého zeminového bloku je min. $E_{\text{def},2} = 45 \text{ MPa}$, při poměru $E_{\text{def},2} / E_{\text{def},1} \leq 2,5$. Základová spára opěrné konstrukce bude převzata geotechnikem nebo inženýrským geologem zápisem ve stavebním deníku.

3.6. Hladina podzemní vody

Podzemní voda byla zastižena v hloubce 1,8 - 2,0 m pod terénem.

V konstrukci se předpokládá provedení důkladného odvedení srážkových vod tak, aby byly tyto bezpečně odvedeny do vhodného retenčního prostoru a nedocházelo jejím vlivem ke zhoršování vlastností zemin tvořící zemní konstrukci.

3.7. Vlastnosti výztužných prvků

Ve výpočetním algoritmu jsou tak použity vlastnosti tuhých jednoosých geomříží vyrobených z vysokohustotního polyetylénu (HDPE).

Ve výstupech z výpočetního programu (viz. příloha) jsou tyto označeny jako geomříž typ 2 resp. typ 3. Geomříže vyrobené z tohoto materiálu mohou přijít do kontaktu se zásypovým materiálem o libovolném chemickém složení a kyselosti, jsou zcela inertní a nepodléhají hydrolýze a jsou odolné vůči případným úkapům vznikajícím v rámci provozu konstrukce. Polyesterové výrobky nesmí být v konstrukci použity z obavy možného chemického a nadměrného mechanického poškození.

3.8. Mechanická interakce zemina - výztuha

Stabilizace zemní hmoty pomocí jejího vyztužení vyžaduje mechanické spolupůsobení mezi výztužným prvkem a zeminou. Tato interakce může nabývat formy buď odporu ve smyku, nebo odporu proti vytažení. Toto se vyjadřuje pomocí součinitelů interakce. Jedná se o redukční součinitele, které zohledňují smyk mezi geomříží a zeminou.

Uvažované součinitele interakce ve smyku:

- pro vytržení geomříže: $\alpha_s = 0,95$

- pro posunutí: $\alpha_p=0,95$

3.9. Zatížení

V souladu s [2N] je ve výpočtu uvažováno s následujícími stálými a proměnnými zatíženími.

3.9.1. Stálá zatížení

Ve výpočtu je samočinně počítáno se zatížením od vlastní tíhy zásypového materiálu. Vyztužená oblast končí v oblasti pod plání železničního spodku. Oblast nad touto úrovní je modelována jako stálé zatížení o hodnotě $15,0 \text{ kN/m}^2$.

3.9.2. Proměnná zatížení

Nad konstrukcí je uvažováno s nahodilým rovnoměrným normovým zatížením od železniční dopravy o intenzitě $63,02 \text{ kN.m}^{-2}$ působící v pásu širokém 3,0 m pod oběma souběžnými kolejemi. Účinky zatížení jsou uvažovány od modelu zatížení 71 dle ČSN EN 1991-2: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou (článek 6.3.2) s klasifikačním součinitelem 1,21.

Ve výpočtu je dále uvažováno s vodorovným nahodilým zatížením od bočních rázů vozidel o intenzitě 121 kN.m^{-1} působícím v úrovni temene kolejnice. Hodnota zatížení je stanovena dle ČSN EN 1991-2: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou (článek 6.5.2) Tato hodnota je roznesena na délku 5,10 m (délka, na které je dosaženo nejméně poloviny z maximálního průhybu kolejnice vyvolaného bočním rázem). Dále je toto zatížení v souladu s metodikou stanovení dlouhodobé výpočtové pevnosti geosyntetických výtuh redukováno opravným součinitelem $f_{TL} = 0,5$. Výsledná hodnota účinku nárazu má tedy velikost $12,0 \text{ kN.m}^{-1}$.

3.10. Zatěžovací stavy a kombinace

S kombinacemi nebylo ve výpočtu uvažováno. Vlastní výpočet opěrné konstrukce byl proveden na dokončené konstrukci. Jednotlivé stavy v průběhu výstavby nevyvodí takové účinky, jaké budou na konstrukci působit po jejím dokončení, protože hodnoty jak stálého, tak nahodilého zatížení nedosáhnou úrovně zatížení finální konstrukce

při nezměněné geometrii. Pro návrh vyztuženého bloku je uvažován nejnepříznivější stav, kdy do výpočtu vstupují všechna výše uvedená zatížení.

Pro zajištění navázání na stávající násypové těleso je nutné provést zazubení pomocí laviček. Výkop bude proveden dle technologických podmínek dodavatele konstrukce v závislosti na aktuálních podmínkách a charakteru zastižených zemin. Musí však být zajištěna jeho celková stabilita v průběhu výstavby (např. svahováním, pažením).

Pro zajištění zachování vlastností zemin po provedení výkopu nesmí být stavební práce prováděné v klimaticky nepříznivém období (deště, mrazy), jenž by způsobilo snížení smykových a deformačních vlastností zemin.

4. PROJEKČNÍ SPECIFIKACE POUŽITÝCH MATERIÁLŮ

4.1. Konstrukční systém z vyztužené zeminy

Navrhovaná opěrná konstrukce bude tvořena certifikovaným systémovým řešením.

4.2. Sypanina v kontaktu z výztuhami

V prostoru výztuh je uvažováno s použitím kvalitního štěrkovitého materiálu s plynulou křivkou zrnitosti. Kamenivo větší frakce než 75 mm nesmí být do zásypu použita ($d_{\max} = 75 \text{ mm}$).

Geomechanické parametry zásypových zemin jsou uvedeny v odstavci 3.3., tab.2. Hutnění bude prováděno na hodnotu dle TKP 2000, kap. 3. Navrhovaný maximální hutnicí krok je 250 mm. Počet pojezdů hutnicího zařízení a výsledný hutnicí krok bude na stavbě určen na základě provedené hutnicí zkoušky.

Během výstavby je následně nutné zajistit sledování vlastností materiálů pro zásyp a jejich dokumentaci dle TKP 2000, kap. 3. Pokud se vlastnosti zemin odchýlí od vlastností uvažovaných v projektu ve smyslu snížení jejich kvalitativních parametrů, je nutné zastavit práce a svolat jednání o úpravě vyztužení za účasti investora, geotechnika a projektanta

4.3. Humózní zemina

U konstrukce strmého svahu bude v líci v tloušťce 500 mm umístěna humózní zemina. Tato nesmí obsahovat jílovité minerály a musí dobře vázat vodu např. hlinitopísčité zemina.

4.4. Sypanina roznášecího polštáře

Pod konstrukcí z vyztužené zeminy bude proveden roznášecí polštář viz. odstavec 3.5.

4.5. Výztužné systémové prvky (typ 2 resp. typ 3)

- Výztužný prvek musí být vyroben v souladu s požadavky na zajištění systému jakosti EN ISO 9001 nebo EN ISO 9002.
- Výztužným prvkem musí být geomříž vyrobená z HDPE fólie, natahované v jednom směru takovým způsobem, že vytvořená žebra mají vysoký stupeň molekulární orientace procházející oblastí integrálních spojů.
- Spoj podélného a příčného žebra nesmí být vytvořen tkaním, pletením, extruzí nebo spojováním jednotlivých vláken nebo jiných tahových prvků (např. lepením)
- Rozvinutá geomříž musí mít monolitickou strukturu s rovnoměrně rozmístěnými otvory vytvořenými podélnými a příčnými žebry.
- Geomříž musí být netečná ke všem chemikáliím běžně se nacházejícím v zeminách a nerozložitelná při teplotě okolního prostředí. Předpokládaná životnost musí být minimálně 200 let v přirozeném zemním prostředí v rozmezí $4 < \text{pH} < 9$ s teplotou zeminy $< 20^\circ\text{C}$ na základě zkoušek životnosti podle ENV ISO 13438. Geomříž nesmí podléhat hydrolýze a nesmí být biodegradabilní. Jako ochranu před UV zářením musí obsahovat min. 2% uhlíku rovnoměrně rozptýleného v polymeru (stanoveno v souladu s BS 2782).
- Geomříž musí být certifikovaná v souladu s ustanovením zákona č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění zákona č. 71/2000 Sb. a zákona č. 102/2001 Sb. a § 2 a 3 nařízení vlády

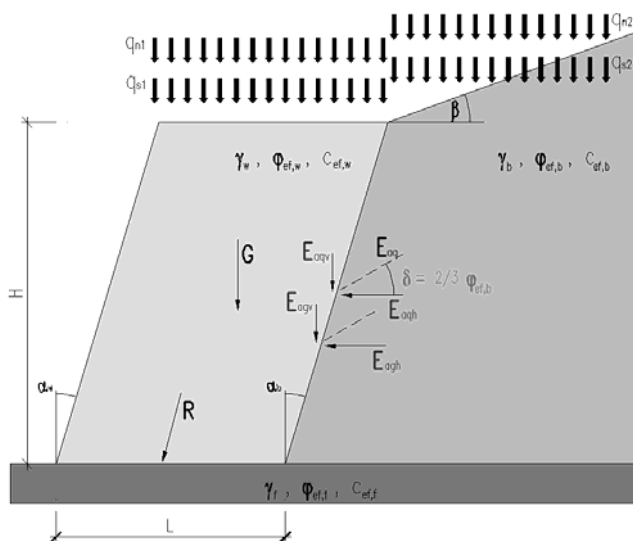
č. 178/1997 Sb., ve znění nařízení vlády č. 81/1999 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na stavební výrobky.

- Geomříž plně vyhovuje následujícím požadavkům:
 - a) dle EN ISO 10319 pevnost v tahu je minimálně 52,5 kN/m (typ 2) resp. 64,5 kN/m (typ 3), protažení bude max. 14 %
 - b) dle EN ISO 13431 dlouhodobá creepová pevnost je pro návrhovou životnost 120 let při 10°C zeminového prostředí minimálně 27,3 kN/m (typ 2) resp. 33,4 kN/m (typ 3)
 - c) hodnota koeficientu pro porušení při instalaci pro drcené kamenivo o zrnitosti do 125 mm - maximálně 1,48 (typ 2) resp. 1,36 (typ 3)
 - d) dle EN ISO 10722-1 zbytková pevnost poškození během instalace > 80%
 - e) neposuvné spoje (pevnost spoje min. 95% mezní pevnosti)
 - f) plošná hmotnost min. 360 g/m² (typ 2) resp. 450 g/m² (typ 3)
 - g) šířka role max. 1,3 m (umožní kvalitní napnutí výrobku při instalaci)

5. POPIS NÁVRHOVÉ METODIKY

Opěrná konstrukce byla s ohledem na vnitřní stabilitu posouzena programem WinWall [2P], celková stabilita konstrukce byla posouzena programem WinSlope [1P].

Statické schéma konstrukce:



Obr. 1. Schéma konstrukce

5.1. Návrhová metodika programu WinWall

Metodikou založenou na certifikované metodě Deutsches Institut für Bautechnik se vyztužená konstrukce posuzuje na vnitřní stabilitu, jenž spočívá v ověřování rovnováhy série rovin dělicí vyztužený zeminový blok vždy na dva klíny, kdy roviny jsou vedeny z definovaných míst na líci přes vyztužený blok k jeho rubu (viz. schéma vytváření klínů).

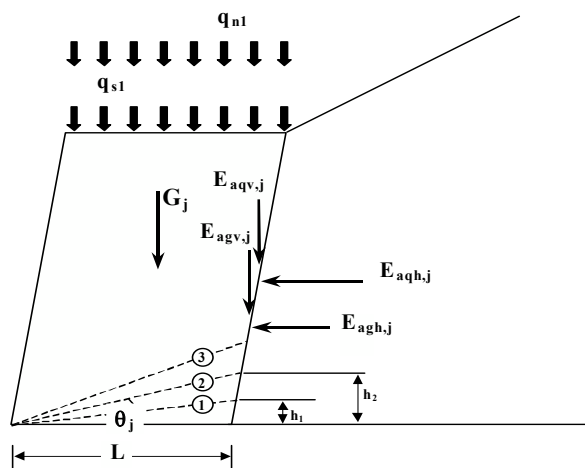
V dané metodice je pevnost geosyntetických výztuh redukována pro určení výpočtové pevnosti třemi faktory A_1 , A_2 a χ .

Faktor A_1 deklaruje redukční hodnotu zohledňující změny tahové pevnosti geosyntetických výztuh v čase při určité úrovni zatížení a teplotě, faktor A_2 potom redukční hodnotu tahové pevnosti výztuh vlivem mechanického poškození během instalace výztuh a hutnění zásypového materiálu.

Redukční faktor χ je bezpečnostní faktor zahrnující všechny ostatní vlivy bezpečnosti běžně aplikované při výpočtech založených na výpočtové metodě mezních stavů. Tedy zejména nejistoty zatížení, nejistoty parametrů zemin, výrobních a geometrických nepřesností konstrukce apod.

Posouzení vnitřní stability se provádí v místech důležitých změn – od základové spáry, od spodní úrovně geomříže, při změně rozteče mezi geomřížemi či při změně typů geomříže. Důležitou součástí výpočtu je stanovení vzájemného spolupůsobení mezi geomříží a zeminou (viz. odstavec 3.8.).

Schéma vytváření klínů při posuzování vnitřní stability:

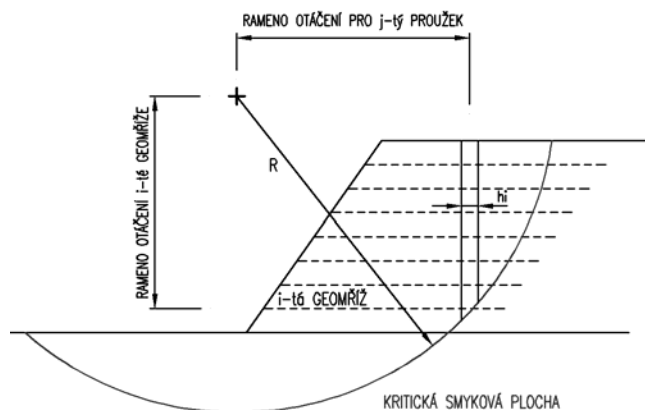


Obr. 2. Schéma vytváření klínů pro ověření vnitřní stability vyztuženého zemního bloku

5.2. Návrhová metodika programu WinSlope

Návrhová metodika programu je založena na metodice mezní rovnováhy, která vychází z předpokladu, že se stabilita svahu poruší podél určité smykové plochy. V principu řeší rovnováhu sil podél uvažované smykové plochy a postupně vyhledává plochu s nejnižší stabilitou.

Schéma konstrukce pro posouzení celkové stability násypu:



Obr. 3. Schéma konstrukce pro výpočet celkové stability konstrukce

5.3. Deformační chování konstrukce

Návrhový postup stanovuje pro výztuhy vlastnosti, které zajišťují maximálně 1%-ní deformaci konstrukce po dobu minimální životnosti 120 let (vztaženo na geosyntetikum – max. 1%-ní protažení v dané vrstvě).

5.4. Vymezení použitelnosti návrhové metodiky

Každá návrhová metoda vychází z řady předpokladů a omezení, ke kterým je nutné při navrhování přihlídnout.

Geometrie:

- V programu WinSlope není geometrie konstrukce omezena.

Zeminy:

- Smykové parametry zemin (efektivní, totální) se volí s ohledem na funkci konstrukce.
- Hodnota soudržnosti u oblastí „S1“ je omezena maximální hodnotou 5 kPa;

Geomříže:

- Při výpočtu se uvažuje s výpočtovou hodnotou (tahová síla geomříže s ohledem na creep, vliv okolního prostředí při dané teplotě v zemině a vliv stavebních prací resp. poškození při instalaci atd.).

Navržená konstrukce zohledňuje všechny podmínky uvedené výše.

6. NÁVRH VYZTUŽENÉ ZEMINOVÉ KONSTRUKCE

a) řez km 95,200 00

Vstupní údaje vyztuženého bloku:

Výška vyztužené konstrukce: 2,35 m + nadnásyp 4,30 m

Šířka vyztužené oblasti: kotevní délka 7,0 m

Minimální celková dlouhodobá pevnost systémových geomříží: $Q = 200,4 \text{ kN/bm}$

Výztužné specifikace: systémové monolitické geomříže Type_3 s integrálními spoji (projekční specifikace výztužných prvků odstavec 4.1.)

Rozmístění výztužných prvků po výšce konstrukce je patrné ze vzorového řezu, jenž je součástí přílohy, rozteč výztužných prvků je odvislá od skladebné výšky ocelových panelů v daném sklonu, tedy 0,460 m.

b) řez km 95,250 00

Vstupní údaje vyztuženého bloku:

Výška vyztužené konstrukce: 3,80 m + nadnásyp 2,10 m

Šířka vyztužené oblasti: kotevní délka 7,0 m

Minimální celková dlouhodobá pevnost systémových geomříží: $Q = 246,0 \text{ kN/bm}$

Výztužné specifikace: systémové monolitické geomříže Type_2 s integrálními spoji (projekční specifikace výztužných prvků odstavec 4.1.)

Rozmístění výztužných prvků po výšce konstrukce je patrné ze vzorového řezu, jenž je součástí přílohy, rozteč výztužných prvků je odvislá od skladebné výšky ocelových panelů v daném sklonu, tedy 0,460 m.

7. POSOUSZENÍ VYZTUŽENÉ ZEMINOVÉ KONSTRUKCE

Na základě předaných podkladů (kapitola 2.1) a předpokladů, které jsou uvedeny v předchozím textu byl proveden návrh a posouzení dimenzí jednotlivých výztužných prvků. V případě odklonu od uvažovaných předpokladů není možné tento návrh považovat za relevantní a je nezbytné provést přepoččet navržené konstrukce.

Posouzení konstrukce bylo provedeno na požadované stupně bezpečnosti s ohledem na vnitřní i celkovou stabilitu. Pro běžný stav byla konstrukce dimenzována dle normových zásad (minimální stupeň stability $F_{\min} = 1,20$).

Výstupy z výpočetních programů jsou součástí přílohy tohoto statického výpočtu.

a) řez km 95,200 00

- Kontrola únosnosti v základové spáře vyztuženého zeminového bloku:

$$\text{stupeň bezpečnosti } F = 3,116 > F_{\min} = 2,0 \text{ (dle DIN 4017)}$$

- Kontrola posunutí v základové spáře vyztuženého zeminového bloku:

$$\text{stupeň bezpečnosti } F = 1,923 > F_{\min} = 1,5 \text{ (dle DIN 1054)}$$

- Ověření vnitřní stability vyztuženého bloku:

Kontrola klínů od líce konstrukce ve výšce 0,000 m

Stupeň bezpečnosti proti posunutí po geomříži v této úrovni je:

$$\text{stupeň bezpečnosti } F = 2,141 > F_{\min} = 1,5$$

Úhel nejstrmější klínu, který neprotíná žádné výztužné prvky je $3,672^\circ$

Stupeň bezpečnosti proti posunutí na tomto klínu je $2,116 > F_{\min} = 1,5$

- Ověření celkové stability:

Kruhová smyková plocha (Bishopova metoda) - $F_s = 1,237 > 1,20$

b) řez km 95,250 00

- Kontrola únosnosti v základové spáře vyztuženého zeminového bloku:

stupeň bezpečnosti $F = 2,653 > F_{\min} = 2,0$ (dle DIN 4017)

- Kontrola posunutí v základové spáře vyztuženého zeminového bloku:

stupeň bezpečnosti $F = 2,078 > F_{\min} = 1,5$ (dle DIN 1054)

- Ověření vnitřní stability vyztuženého bloku:

Kontrola klínů od líce konstrukce ve výšce 0,000 m

Stupeň bezpečnosti proti posunutí po geomříži v této úrovni je:

stupeň bezpečnosti $F = 2,418 > F_{\min} = 1,5$

Úhel nejstrmější klínu, který neprotíná žádné výztužné prvky je $4,266^\circ$

Stupeň bezpečnosti proti posunutí na tomto klínu je $2,240 > F_{\min} = 1,5$

- Ověření celkové stability:

Kruhová smyková plocha (Bishopova metoda) - $F_s = 1,232 > 1,20$

8. ZÁVĚR

Navrhovaná konstrukce inženýrského objektu vyztužené zeminy vyhoví z hlediska pevnostních parametrů výztužných prvků (při splnění uvedených předpokladů, při dodržení navržených parametrů konstrukce a geometrii konstrukce) předepsaným hodnotám bezpečnosti.

Důležitým faktorem správné funkčnosti konstrukce je vybudování důkladného odvodnění konstrukce.

Před zahájením sypání vrstvy zemní konstrukce je nutno výztužné prvky vhodně zafixovat a vypnout tak, aby došlo k odstranění všech nerovností po celé délce geomříže. Bezprostředně po položení geosyntetického materiálu musí dojít k jeho zakrytí předepsanou sypaninou. Sypání a hutnění zásypu bude prováděno (s ohledem na navrhovanou rozteč výztužných prvků) ve vrstvách o maximální mocnosti 250 mm. Zásypový materiál bude stavebními mechanismy sypán tak, aby nepadal na geomříže z velké výšky. Mechanismy nesmí po geomřížích pojíždět přímo, minimální tloušťka vrstvy zeminy mezi koly (pásky) stroje a geosyntetickým prvkem je 150 mm.

V konstrukci nadnásypu navrhujeme použití trvalé trojrozměrné plastové protierozní rohože, která zabrání degradaci konstrukce vlivem povětrnostních činitelů. Rovněž doporučujeme provést kontrolu stability tohoto nadnásypu v závislosti na druhu použitého typu zásypu a jeho smykových parametrech.

V Brně dne 19. 02. 2013

Zpracoval:

Ing. Martin Kašpar

Tensar Grid Reinforced Soil Application Suggestion

Client: SUDOP PRAHA a.s.



Project:

SO 71-11-01 Sudomerice - Cervený Ujezd, železniční spodek
Vyztužené nasypové těleso v km 95,200

Objective:

Calculations in accordance with:
Institut für Bautechnik method

Calculations carried out using Winwall Version 8.31
Details of the theory used in this program are available on request from:
Tensar International Ltd, Cunningham Court, Shadsworth Business Park, BLACKBURN,
BB1 2QX, UK. Tel: +44 1254 262431; Fax: +44 1254 266873; E-mail design@tensar.co.uk.

This document contains an Application Suggestion which has been prepared by GEOMAT s.r.o., on a confidential basis, to enable the application of **Tensar** geogrids to be evaluated. The Application Suggestion is merely illustrative and is not a detailed design.

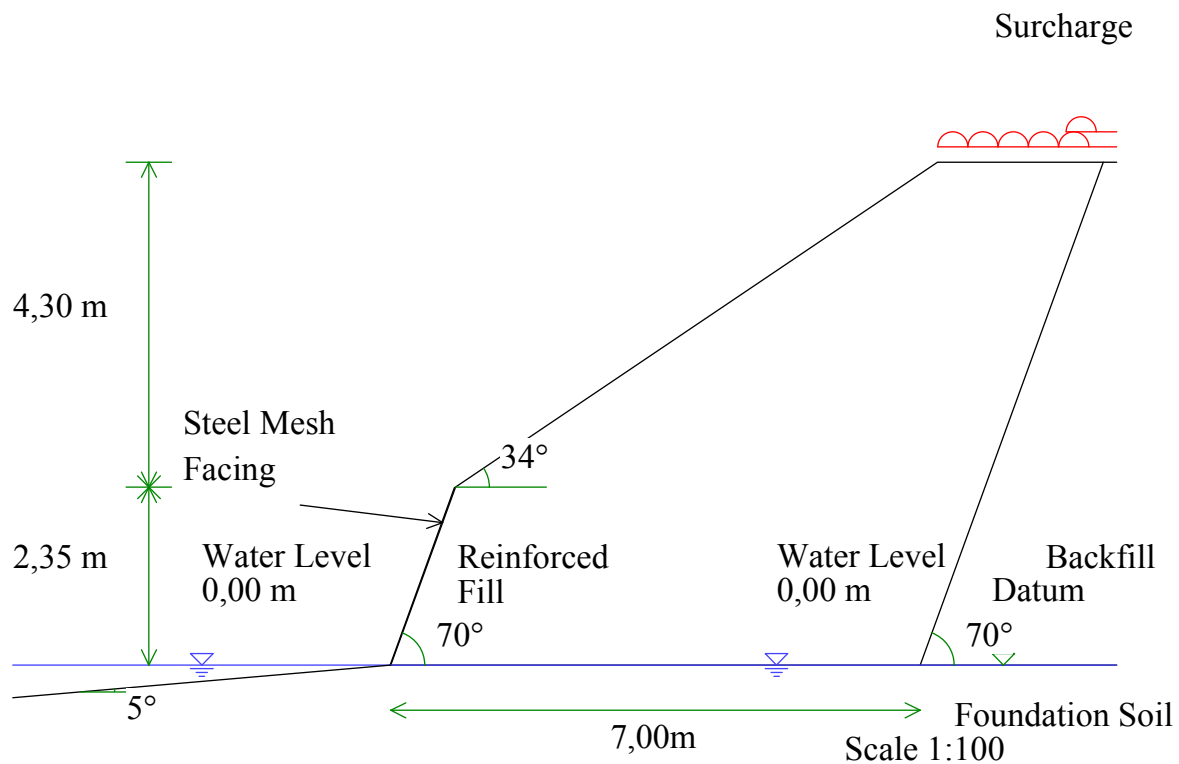
This Application Suggestion is specific to the unique characteristics of the **Tensar** geogrids which are referenced within the calculations.

Copyright in this Application Suggestion belongs to Tensar International Limited. It may not be reproduced in whole or in part without the prior written permission of Tensar International. It must not be disclosed other than for the purpose of evaluating its commercial application for the use of **Tensar** geogrids.

This Application Suggestion does not form the whole or any part of a contract. Its suitability for any project is the sole responsibility of the user and its professional advisors. Neither Tensar International Limited nor GEOMAT s.r.o. are responsible for any application of the Application Suggestion other than in conjunction with the sale of **Tensar**.

Input data

Geometry and facing details



Soil properties

Soil type	c' (kN/m ²)	ϕ'_{cv} (degrees)	Unit weight (kN/m ³)
Reinforced fill	0,00	32,00	20,00
Backfill	3,00	25,00	19,00
Foundation	0,00	32,00	20,00

Surcharges

Load acts from: x (m)	To: x (m)	Load (kN/m ²)	Temporary/ Permanent
0,000	101,390	15,000	Permanent
1,700	4,700	63,020	Temporary
5,700	8,700	63,020	Temporary

x coordinates are measured from the top of the slope.

Temporary surcharges are only used when they reduce the factor of safety.

Horizontal loads

Load acting at coordinates:		Load (kN/m)
x (m)	y (m)	
9,730	7,550	12,000
13,730	7,550	12,000

Positive loads act towards the face.

x coordinates are measured from the toe of the wall; y is the height above datum.

Reinforcement data - Design Temperature = 10°C

Grid strengths are for a design life of up to 120 years

Tensar Geogrid type	Creep limited strength F_B/A_1 (kN/m)	Installation and compaction factor A_2	Calculated safety factor γ	Permissible working load at 10°C (kN/m)
Type 3	33,40	1,36	1.75	14,03

Coefficients of interaction:

Pullout	0,900
Sliding	0,900

Reinforcement layout

Tensar geogrid	Number of geogrids	Starting level above datum (m)	Vertical spacing (m)	Finishing level above datum (m)
Type 3	5	0,460	0,460	2,300
Type 3	1	0,000	-	-

Horizontal coverage of grids is 100,000%.

There are a total of 6 layers of Tensar main reinforcement

Grid coordinates

Tensar Geogrid	Level above datum (m)	Left end (m)	Right end (m)	Length (m)
Type 3	0,000	0,000	7,000	7,000
Type 3	0,460	0,167	7,167	7,000
Type 3	0,920	0,335	7,335	7,000
Type 3	1,380	0,502	7,502	7,000
Type 3	1,840	0,670	7,670	7,000
Type 3	2,300	0,837	7,837	7,000

RESULTS

External stability

All calculations are for 1m running length of structure with the width of the reinforced soil block = 7,000m at its base.

Calculation of forces and moments

The active forces on the back of the reinforced soil block calculated by iterative Coulomb wedge check (DIN 4085) are:

Vertical load : -11,4kN/m; Horizontal load : 195,8kN/m.

These give an overturning moment about the centre of the base of 711,6kNm/m.

The total weight of the reinforced soil wall is 724,2kN; its overturning moment about the centre of its base is -1126,3kNm.

Permanent surcharge load on the reinforced soil wall is 32,9kN/m; this gives a moment about the centre of the base of -158,5kNm/m.

Temporary surcharge load on the reinforced soil wall is 30,9kN/m; this gives a moment about the centre of the base of -175,3kNm/m. This is used only in checking the bearing pressure.

The horizontal loads within and above the reinforced soil wall total 0,0kN/m; these produce a moment of 0,0kNm/m

Sliding resistance check

The sliding resistance is 419,3kN; this gives a factor of safety against sliding of 2,141; this is >1.5 and acceptable (DIN 1054).

The critical case for sliding is for active pressure on a block which is wider at the base than the reinforced soil block.

The width of the base of the block is 9,178 m, and the angle of the back of the block is 87,9°.

The sliding resistance is 549,0kN; this gives a factor of safety against sliding of 1,923; this is >1.5 and acceptable (DIN 1054).

Bearing capacity check

With permanent loads only:

(including effect of water; temporary water should be analysed separately)

The resultant acts at an eccentricity of -1,123 m; this lies within the middle third and is acceptable (DIN 4017).

The bearing capacity coefficients (DIN 4017) are as follows:

$$N_c = 33,36 \quad N_d = 23,18 \quad N_b = 11,60$$

These coefficients take account of the slope in front of the wall following the method given by Bowles in: "Foundation Analysis and Design", Joseph E. Bowles, McGraw-Hill

Bearing pressure check with no live loads between the centreline of the base and the back of the wall, to give maximum overturning moment:

This resultant acts at an eccentricity of -0,769m. Check bearing pressure with this eccentricity: x_b is 0,401; this gives an ultimate bearing pressure of 331,9kN/sq.m. over an effective length f 7,000m, giving an ultimate load of 2323,1kN. With a total vertical force of 745,6kN, this gives a factor of safety on bearing capacity of 3,116. This is >2.0 and acceptable (DIN 4017).

Because of the standing water, this is only an approximation; if the factor of safety is less than 3 you should consider an accurate check taking account of the flow regime and the resulting water pressures.

Bearing capacity check with full surcharge load:

The resultant acts at an eccentricity of -0,964m.

x_b is 0,418; this gives an ultimate bearing pressure of 346,2kN/sq.m. over an effective length f 7,000m, giving an ultimate load of 2423,3kN. With a total vertical force of 776,5kN, this gives a factor of safety on bearing capacity of 3,121. This is >2.0 and acceptable (DIN 4017).

Because of the standing water, this is only an approximation; if the factor of safety is less than 3 you should consider an accurate check taking account of the flow regime and the resulting water pressures.

Internal stability check

Check of wedges at face starting at elevation = 0,000m

Wedge Angle (degrees)	Force Required for equilibrium Z (kN/m)	Force Provided by Grids R (kN/m)	Coordinates of Back of Wedge x(m) y(m)		Wedge Stability
0	-296,7	0,0	7,000	0,000	OK
3	-242,2	0,0	7,136	0,374	OK
6	-194,1	14,0	7,278	0,765	OK
9	-150,8	28,1	7,428	1,177	OK
12	-109,3	42,1	7,587	1,613	OK
15	-73,7	56,1	7,756	2,078	OK
18	-44,0	70,2	7,939	2,579	OK
21	-20,2	70,2	8,137	3,123	OK
24	-1,0	70,2	8,354	3,719	OK
27	13,6	70,2	8,594	4,379	OK
30	23,4	70,2	8,862	5,117	OK
33	28,6	70,2	9,167	5,953	OK
36	19,8	70,2	9,153	6,650	OK
39	23,7	70,2	8,212	6,650	OK
42	22,2	70,2	7,386	6,650	OK
45	18,8	70,2	5,447	5,447	OK
48	16,3	70,2	4,066	4,515	OK
51	14,1	70,2	3,164	3,907	OK
54	12,0	70,2	2,526	3,477	OK
57	9,9	70,2	2,049	3,155	OK
60	7,7	70,2	1,677	2,904	OK
63	5,6	70,2	1,377	2,702	OK
66	3,3	70,2	1,128	2,534	OK
69	0,8	70,2	0,918	2,393	OK

Angle of steepest wedge which does not intersect any grids is 3,672°

Factor of Safety against sliding on this wedge is 2,116

Factor of Safety against sliding on the grid at this elevation is 2,141

Internal stability check

Check of wedges at face starting at elevation = 0,000m

Wedge Angle (degrees)	Force Required for equilibrium Z (kN/m)	Force Provided by Grids R (kN/m)	Coordinates of Back of Wedge x(m) y(m)		Wedge Stability
0	-296,7	0,0	7,000	0,000	OK
3	-242,2	0,0	7,136	0,374	OK
6	-194,1	14,0	7,278	0,765	OK
9	-150,8	28,1	7,428	1,177	OK
12	-109,3	42,1	7,587	1,613	OK
15	-73,7	56,1	7,756	2,078	OK
18	-44,0	70,2	7,939	2,579	OK
21	-20,2	70,2	8,137	3,123	OK
24	-1,0	70,2	8,354	3,719	OK
27	13,6	70,2	8,594	4,379	OK
30	23,4	70,2	8,862	5,117	OK
33	28,6	70,2	9,167	5,953	OK
36	19,8	70,2	9,153	6,650	OK
39	23,7	70,2	8,212	6,650	OK
42	22,2	70,2	7,386	6,650	OK
45	18,8	70,2	5,447	5,447	OK
48	16,3	70,2	4,066	4,515	OK
51	14,1	70,2	3,164	3,907	OK
54	12,0	70,2	2,526	3,477	OK
57	9,9	70,2	2,049	3,155	OK
60	7,7	70,2	1,677	2,904	OK
63	5,6	70,2	1,377	2,702	OK
66	3,3	70,2	1,128	2,534	OK
69	0,8	70,2	0,918	2,393	OK

Angle of steepest wedge which does not intersect any grids is 3,672°

Factor of Safety against sliding on this wedge is 2,116



Tensar Reinforced Soil Application Suggestion

GEOMAT s.r.o.
Turanka 115
627 00 Brno

Tensar

international

2

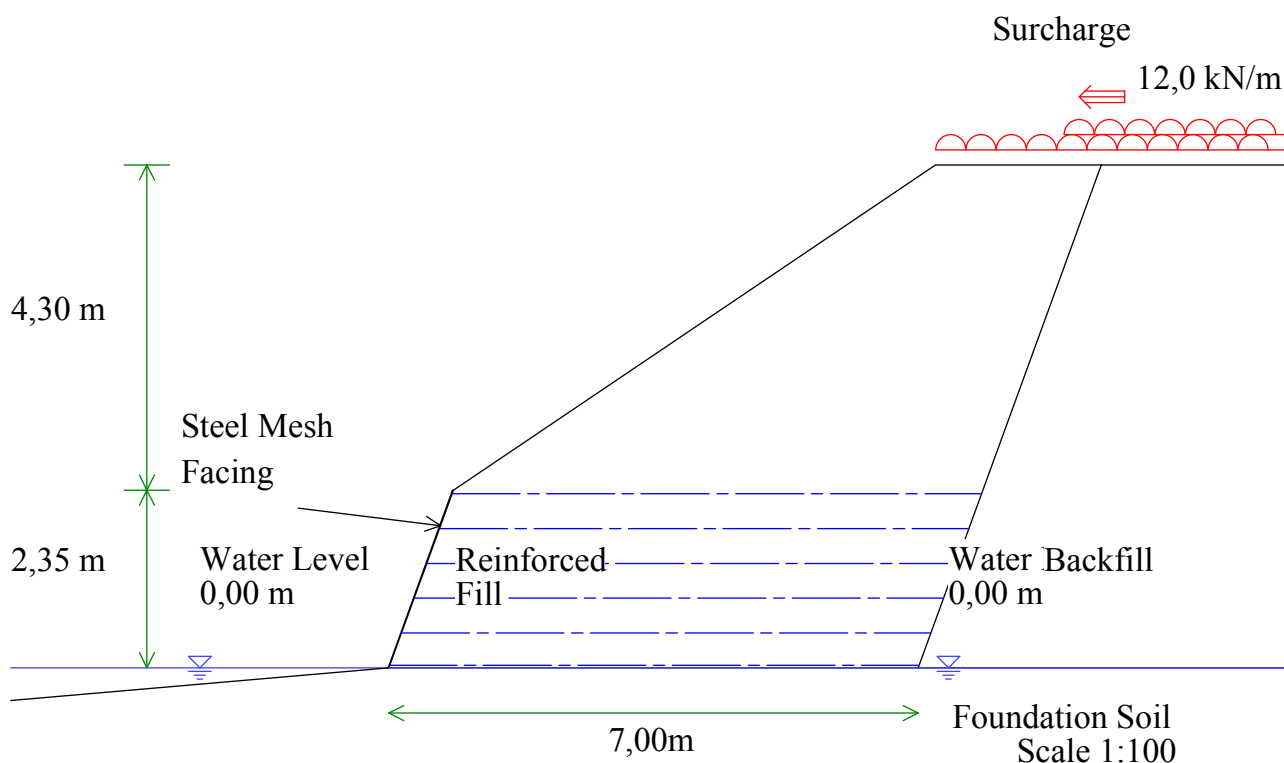
Tel : +420 548 217 047

Fax : +420 548 218 047

Email : info@geomat.cz

Soil Type	c' (kN/m ²)	ϕ'_{cv} (deg)	γ (kN/m ³)
Reinforced fill	0	32	20
Backfill	3	25	19
Foundation	0	32	20

Key / Material quantities	
Grid Type	Quantity/m run
6 No. Tensar Type 3	42,0 m ²



Calculations in accordance with Institut für Bautechnik method

Adequate consideration should be given by the designer to the provision of drainage in the above structure.
For further details regarding this design please contact GEOMAT s.r.o.

This document is an application suggestion which has been prepared by GEOMAT s.r.o. on a confidential basis to enable the application of **Tensar** geogrids to be evaluated. This Application Suggestion is merely illustrative and is not a detailed design. This Application Suggestion is specific to the unique characteristics of the **Tensar** geogrids described within the full calculations referenced below. Copyright in this Application Suggestion belongs to Tensar International Limited. It may not be reproduced in whole or in part without the prior written permission of Tensar International. It must not be disclosed other than for the purpose of evaluating its commercial application for the use of **Tensar** geogrids. This Application Suggestion does not form the whole or part of any contract. Its suitability for any project is the sole responsibility of the user and its professional advisors. Neither Tensar International Limited nor GEOMAT s.r.o. are responsible for any application of the Application Suggestion other than in conjunction with the sale of **Tensar**.

Tensar is a registered trademark.

WinWall Version 8.31

© Tensar International Limited

Client : SUDOP PRAHA a.s.
Project: SO 71-11-01 Sudomerice - Cerveny Ujezd, zeleznicni spodek
Vytuzene nasypove teleso v km 95,200

Objective:

Design prepared by : GEOMAT s.r.o.

Date : 19 Feb 2013

Reference :

Page 8 of 8

Client:	SUDOP PRAHA
Project:	SO 71-11-01 Sudoměřice-Červený Újezd, železniční spodek Vyztuzene nasypove teleso v km 95,200
Objective:	km 95,200 00

Tensar
Structural Systems

**Steel Mesh Panel
System**



IMPORTANT NOTES

This document contains an Application Suggestion which has been prepared by GEOMAT s.r.o. on a confidential basis, to enable the application of **Tensar** geogrids to be evaluated. The Application Suggestion is merely illustrative and is not a detailed design. It is specific to the unique characteristics of the **Tensar** geogrids which are referenced within the calculations.

Copyright in this document belongs to Tensar International Limited. It must not be disclosed to any third party other than for the purpose of evaluating its commercial application for the use of **Tensar** geogrids.

This Application Suggestion does not form the whole or any part of a contract. Its suitability for any project is the sole responsibility of the user and its professional advisors. Neither Tensar International Limited nor GEOMAT s.r.o. are responsible for any application of the Application Suggestion other than in conjunction with the sale of **Tensar**.

Tensar is a registered trademark.

Method of analysis

The calculation method used to create this Application Suggestion is the simplified method of slices using a circular slip surface following the method given by Bishop (Géotechnique, Vol 5, No 1, 1955) modified to take into account the stabilising effect of layers of geogrid reinforcement

Reference

Date 19 Feb 2013

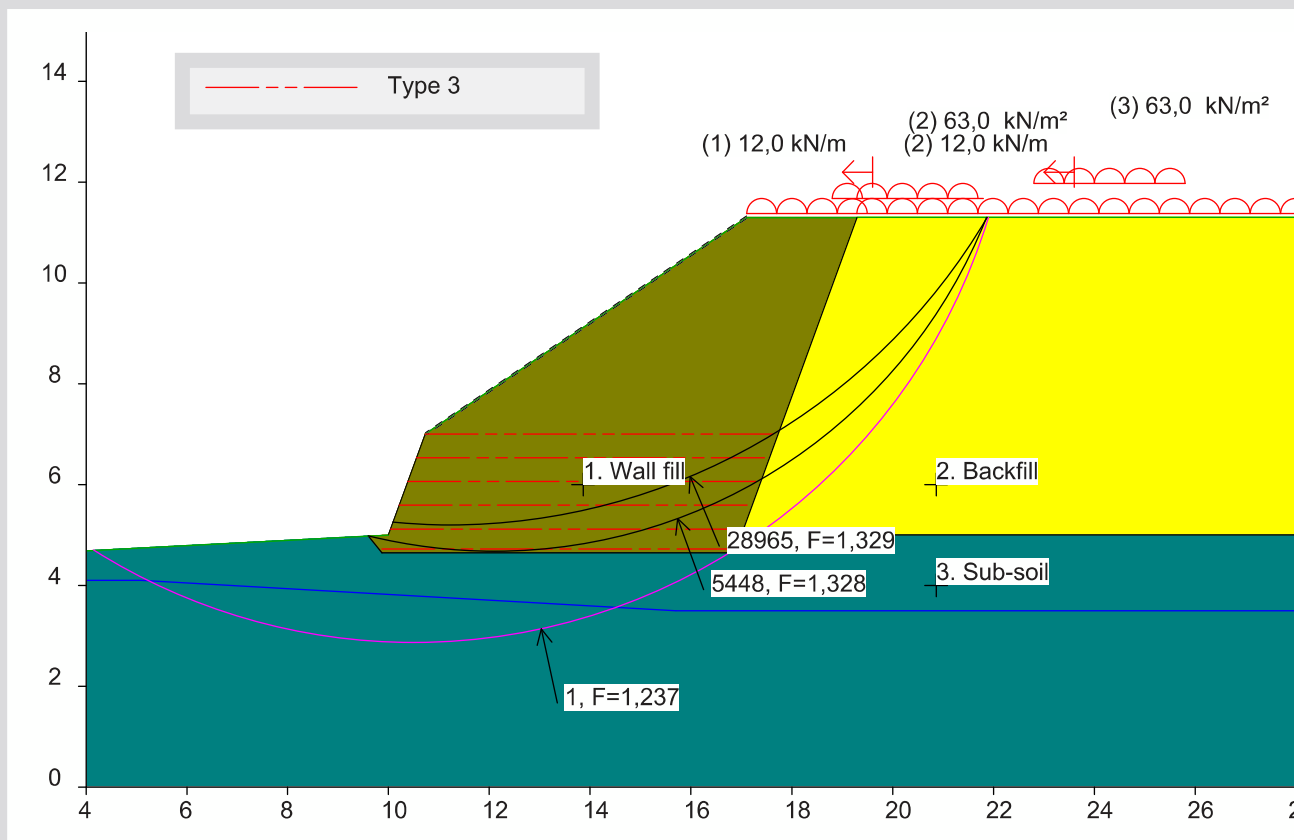
Page 1 of 5

Design analysis
prepared by :

GEOMAT s.r.o.

Tel: +420 548 217 047
Fax: +420 548 218 047
E-mail: info@geomat.cz

**Turanka 115
627 00 Brno
Czech Republic**

Input data and Section
Project:
SO 71-11-01 Sudoměřice-Červený Újezd, železniční spodek


Tensar Structural Systems

Steel Mesh Panel System

Static loading case

All dimensions in metres

Scale 1:150

Soil properties

Soil zone	Drained/ undrained	c (kN/m ²)	φ (°)	γ _{bulk} (kN/m ³)
1, Wall fill	Drained	0,0	32,0	20,0
2, Backfill	Drained	3,0	25,0	19,0
3, Sub-soil	Drained	8,0	25,0	19,0

Horizontal loads

Load (kN/m)	Acts at x (m)	y (m)	direction
1. 12,00	19,603	12,200	left
2. 12,00	23,603	12,200	left

Surcharges

Load	Load acts from x (mTo x (m)	Load (kN/m ²)	Live/Dead
1	17,103 118,493	15,00	Dead

Surcharge loads continued on next page . . .

Surcharge loads continued

Load	Load acts from x (m) to x (m)		Load (kN/m ²)	Live/Dead
2	18,803	21,803	63,02	Live
3	22,803	25,803	63,02	Live

x values are measured from X=0

Stability results

Moments per linear metre of structure

Circle number	Disturbing moment (kNm/m)	Resisting moment soil (kNm/m)	Resisting moment geogrids (kNm/m)	Factor of safety
1	7990	9888	0	1,237
5448	5420	6650	548	1,328
28965	5749	6678	963	1,329

Further information relevant to this Design Analysis

Further information, specifications and bill of quantities descriptions for this Tensar Earth Retaining Structure are given in the following documents which form part of this Design Analysis

System overview
Installation guide
Case histories

The current versions of these documents may be found by following the website link to "Tensar Documentation" in the Help menu of the TensarSlope program

For program users who do not have a link to the internet contact your nearest Tensar representative or distributor

Tensar International Limited
Tel: +44 (1254) 262431
Fax: +44 (1254) 266867
E-mail: sales@tensar.co.uk
Web: www.tensar.co.uk

Detailed input information

The following tables provide the detailed input information used to define the reinforced fill structure including: coordinates of soil lines and water pressure lines (both internal water pressure and external standing water), geogrid design data and geogrid layout.

In all the tables which follow, X and Y are cartesian coordinates in metres, with Y measured vertically upwards, and measured from X = 0 in the horizontal direction and Y = 0 in the vertical direction.

Soil lines

The soil type found beneath each line is indicated in the table below.

Where a facing is associated with any line, this is also indicated in the table below.

Line No.	X ₁ (m)	Y ₁ (m)	X ₂ (m)	Y ₂ (m)	Soil No.	Facing type
1	0,000	4,476	9,598	4,979	3	Steel mesh panel
2	10,000	5,000	10,728	7,000	1	
3	10,728	7,000	17,103	11,300	1	
4	17,103	11,300	19,293	11,300	1	
5	19,293	11,300	41,396	11,300	2	
6	17,000	5,000	46,396	5,000	3	
7	17,000	5,000	19,293	11,300	2	
8	9,873	4,650	16,850	4,650	3	
9	16,850	4,650	17,000	5,000	3	
10	9,873	4,650	9,598	4,979	3	
11	9,598	4,979	10,000	5,000	1	

Water pressure lines

Pore water pressure at a point is defined according to vertical distance from the following lines:

Line No	X ₁ (m)	Y ₁ (m)	Pressure (kN/m ²)	X ₂ (m)	Y ₂ (m)	Pressure (kN/m ²)
1	0,000	4,100	0,000	5,100	4,100	0,000
2	5,100	4,100	0,000	15,700	3,500	0,000
3	31,600	3,500	0,000	15,700	3,500	0,000

If there is a line above the point examined and none below, then pore pressure is taken to increase hydrostatically with depth below that water pressure line.

If there is a line above the point examined and a line below, then water pressure is interpolated between the pressures on the two lines.

Pressure at a point along a line is determined by linear interpolation

Reinforcement design data

Reinforcement design strength is calculated using the strengths and factors given below

In soil type 1 - Wall fill			Design life (years) 120		Design temperature (°C) 10	
Tensar Geogrid	Creep rupture strength (kN/m)	Extrapolation & manufacturing variation	Installation damage factor	Environmental effects	Characteristic design strength (kN/m)	Sliding coefficient
	P _c	f _m	f _d	f _e	P _{des}	α _s
Type 3	33,40	1,00	1,20	1,00	27,83	0,95

Reinforcement layout

Reinforcement level is defined by its Y co-ordinate

Tensar geogrid	Level	Left end	Right end	Length	Coverage	Pullout interaction factor	Fixed at	
	Y (m)	X (m)	X (m)	(m)	(%)	α_p	left	right
Type 3	4,650	9,873	16,873	7,000	100	0,95	Yes	No
Type 3	5,120	10,044	17,044	7,000	100	0,95	Yes	No
Type 3	5,590	10,215	17,215	7,000	100	0,95	Yes	No
Type 3	6,060	10,386	17,386	7,000	100	0,95	Yes	No
Type 3	6,530	10,557	17,557	7,000	100	0,95	Yes	No
Type 3	7,000	10,728	17,728	7,000	100	0,95	Yes	No

Tensar Grid Reinforced Soil Application Suggestion

Client: SUDOP PRAHA a.s.



Project:

SO 71-11-01 Sudomerice - Cervený Ujezd, železniční spodek
Vyztužené nasypové těleso v km 95,250

Objective:

Calculations in accordance with:
Institut für Bautechnik method

Calculations carried out using Winwall Version 8.31
Details of the theory used in this program are available on request from:
Tensar International Ltd, Cunningham Court, Shadsworth Business Park, BLACKBURN,
BB1 2QX, UK. Tel: +44 1254 262431; Fax: +44 1254 266873; E-mail design@tensar.co.uk.

This document contains an Application Suggestion which has been prepared by GEOMAT s.r.o., on a confidential basis, to enable the application of **Tensar** geogrids to be evaluated. The Application Suggestion is merely illustrative and is not a detailed design.

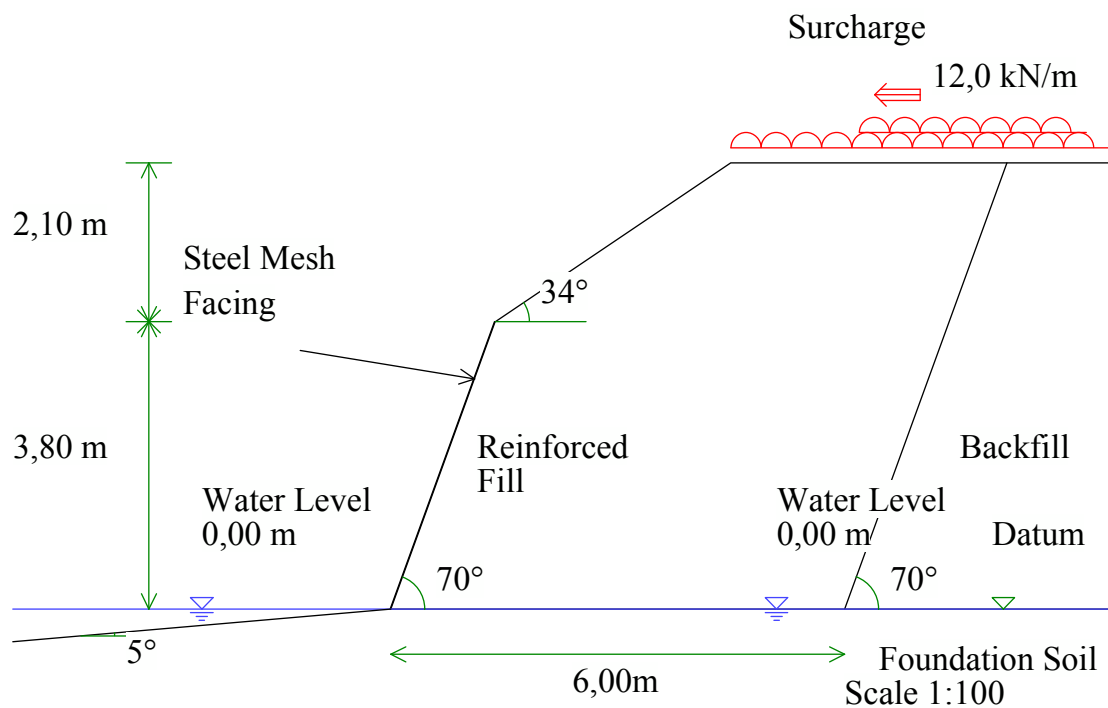
This Application Suggestion is specific to the unique characteristics of the **Tensar** geogrids which are referenced within the calculations.

Copyright in this Application Suggestion belongs to Tensar International Limited. It may not be reproduced in whole or in part without the prior written permission of Tensar International. It must not be disclosed other than for the purpose of evaluating its commercial application for the use of **Tensar** geogrids.

This Application Suggestion does not form the whole or any part of a contract. Its suitability for any project is the sole responsibility of the user and its professional advisors. Neither Tensar International Limited nor GEOMAT s.r.o. are responsible for any application of the Application Suggestion other than in conjunction with the sale of **Tensar**.

Input data

Geometry and facing details



Soil properties

Soil type	c' (kN/m ²)	ϕ'_{cv} (degrees)	Unit weight (kN/m ³)
Reinforced fill	0,00	32,00	20,00
Backfill	3,00	25,00	19,00
Foundation	0,00	32,00	20,00

Surcharges

Load acts from: x (m)	To: x (m)	Load (kN/m ²)	Temporary/ Permanent
0,000	101,390	15,000	Permanent
1,700	4,700	63,020	Temporary
5,700	8,700	63,020	Temporary

x coordinates are measured from the top of the slope.

Temporary surcharges are only used when they reduce the factor of safety.

Horizontal loads

Load acting at coordinates:		Load (kN/m)
x (m)	y (m)	
7,000	6,800	12,000
11,000	6,800	12,000

Positive loads act towards the face.

x coordinates are measured from the toe of the wall; y is the height above datum.

Reinforcement data - Design Temperature = 10°C

Grid strengths are for a design life of up to 120 years

Tensar Geogrid type	Creep limited strength F_B/A_1 (kN/m)	Installation and compaction factor A_2	Calculated safety factor γ	Permissible working load at 10°C (kN/m)
Type 2	27,34	1,48	1.75	10,56

Coefficients of interaction:

Pullout	0,900
Sliding	0,900

Reinforcement layout

Tensar geogrid	Number of geogrids	Starting level above datum (m)	Vertical spacing (m)	Finishing level above datum (m)
Type 2	8	0,460	0,460	3,680
Type 2	1	0,000	-	-

Horizontal coverage of grids is 100,000%.

There are a total of 9 layers of Tensar main reinforcement

Grid coordinates

Tensar Geogrid	Level above datum (m)	Left end (m)	Right end (m)	Length (m)
Type 2	0,000	0,000	6,000	6,000
Type 2	0,460	0,167	6,167	6,000
Type 2	0,920	0,335	6,335	6,000
Type 2	1,380	0,502	6,502	6,000
Type 2	1,840	0,670	6,670	6,000
Type 2	2,300	0,837	6,837	6,000
Type 2	2,760	1,005	7,005	6,000
Type 2	3,220	1,172	7,172	6,000
Type 2	3,680	1,339	7,339	6,000

RESULTS

External stability

All calculations are for 1m running length of structure with the width of the reinforced soil block = 6,000m at its base.

Calculation of forces and moments

The active forces on the back of the reinforced soil block calculated by iterative Coulomb wedge check (DIN 4085) are:

Vertical load : -8,8kN/m; Horizontal load : 151,9kN/m.

These give an overturning moment about the centre of the base of 433,2kNm/m.

The total weight of the reinforced soil wall is 658,7kN; its overturning moment about the centre of its base is -776,2kNm.

Permanent surcharge load on the reinforced soil wall is 54,8kN/m; this gives a moment about the centre of the base of -181,9kNm/m.

Temporary surcharge load on the reinforced soil wall is 122,9kN/m; this gives a moment about the centre of the base of -512,9kNm/m. This is used only in checking the bearing pressure.

The horizontal loads within and above the reinforced soil wall total 12,0kN/m; these produce a moment of 81,6kNm/m

Sliding resistance check

The sliding resistance is 396,2kN; this gives a factor of safety against sliding of 2,418; this is >1.5 and acceptable (DIN 1054).

The critical case for sliding is for active pressure on a block which is wider at the base than the reinforced soil block.

The width of the base of the block is 7,933 m, and the angle of the back of the block is 87,9°.

The sliding resistance is 498,7kN; this gives a factor of safety against sliding of 2,078; this is >1.5 and acceptable (DIN 1054).

Bearing capacity check

With permanent loads only:

(including effect of water; temporary water should be analysed separately)

The resultant acts at an eccentricity of -0,978 m; this lies within the middle third and is acceptable (DIN 4017).

The bearing capacity coefficients (DIN 4017) are as follows:

$$N_c = 33,36 \quad N_d = 23,18 \quad N_b = 11,60$$

These coefficients take account of the slope in front of the wall following the method given by Bowles in: "Foundation Analysis and Design", Joseph E. Bowles, McGraw-Hill

Bearing pressure check with no live loads between the centreline of the base and the back of the wall, to give maximum overturning moment:

This resultant acts at an eccentricity of -0,629m. Check bearing pressure with this eccentricity: x_b is 0,452; this gives an ultimate bearing pressure of 320,7kN/sq.m. over an effective length f 6,000m, giving an ultimate load of 1924,0kN. With a total vertical force of 704,6kN, this gives a factor of safety on bearing capacity of 2,731. This is >2.0 and acceptable (DIN 4017).

Because of the standing water, this is only an approximation; if the factor of safety is less than 3 you should consider an accurate check taking account of the flow regime and the resulting water pressures.

Bearing capacity check with full surcharge load:

The resultant acts at an eccentricity of -1,156m.

x_b is 0,516; this gives an ultimate bearing pressure of 366,0kN/sq.m. over an effective length f

6,000m, giving an ultimate load of 2195,8kN. With a total vertical force of 827,5kN, this gives a factor of safety on bearing capacity of 2,653. This is less than for maximum eccentricity case and therefore critical. This is >2.0 and acceptable (DIN 4017).

Because of the standing water, this is only an approximation; if the factor of safety is less than 3 you should consider an accurate check taking account of the flow regime and the resulting water pressures.

Internal stability check

Check of wedges at face starting at elevation = 0,000m

Wedge Angle (degrees)	Force Required for equilibrium Z (kN/m)	Force Provided by Grids R (kN/m)	Coordinates of Back of Wedge x(m) y(m)		Wedge Stability
0	-297,0	0,0	6,000	0,000	OK
3	-246,6	0,0	6,117	0,321	OK
6	-201,5	10,6	6,239	0,656	OK
9	-161,0	21,1	6,367	1,008	OK
12	-124,8	21,7	6,503	1,382	OK
15	-92,5	31,7	6,648	1,781	OK
18	-64,0	42,2	6,805	2,211	OK
21	-40,0	52,8	6,974	2,677	OK
24	-16,4	63,3	7,160	3,188	OK
27	6,2	77,8	7,366	3,753	OK
30	21,6	84,4	7,596	4,386	OK
33	33,4	84,4	7,857	5,102	OK
36	45,5	84,4	8,121	5,900	OK
39	56,7	84,4	7,286	5,900	OK
42	46,5	84,4	6,553	5,900	OK
45	44,6	84,4	5,900	5,900	OK
48	42,9	84,4	5,312	5,900	OK
51	37,9	84,4	4,778	5,900	OK
54	31,3	84,4	4,085	5,622	OK
57	25,8	84,4	3,313	5,102	OK
60	20,2	84,4	2,711	4,696	OK
63	14,5	84,4	2,226	4,368	OK
66	8,5	84,4	1,824	4,098	OK
69	2,2	84,4	1,485	3,869	OK

Angle of steepest wedge which does not intersect any grids is 4,266°

Factor of Safety against sliding on this wedge is 2,240

Factor of Safety against sliding on the grid at this elevation is 2,418

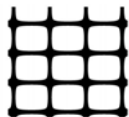
Internal stability check

Check of wedges at face starting at elevation = 0,000m

Wedge Angle (degrees)	Force Required for equilibrium Z (kN/m)	Force Provided by Grids R (kN/m)	Coordinates of Back of Wedge x(m) y(m)		Wedge Stability
0	-297,0	0,0	6,000	0,000	OK
3	-246,6	0,0	6,117	0,321	OK
6	-201,5	10,6	6,239	0,656	OK
9	-161,0	21,1	6,367	1,008	OK
12	-124,8	21,7	6,503	1,382	OK
15	-92,5	31,7	6,648	1,781	OK
18	-64,0	42,2	6,805	2,211	OK
21	-40,0	52,8	6,974	2,677	OK
24	-16,4	63,3	7,160	3,188	OK
27	6,2	77,8	7,366	3,753	OK
30	21,6	84,4	7,596	4,386	OK
33	33,4	84,4	7,857	5,102	OK
36	45,5	84,4	8,121	5,900	OK
39	56,7	84,4	7,286	5,900	OK
42	46,5	84,4	6,553	5,900	OK
45	44,6	84,4	5,900	5,900	OK
48	42,9	84,4	5,312	5,900	OK
51	37,9	84,4	4,778	5,900	OK
54	31,3	84,4	4,085	5,622	OK
57	25,8	84,4	3,313	5,102	OK
60	20,2	84,4	2,711	4,696	OK
63	14,5	84,4	2,226	4,368	OK
66	8,5	84,4	1,824	4,098	OK
69	2,2	84,4	1,485	3,869	OK

Angle of steepest wedge which does not intersect any grids is 4,266°

Factor of Safety against sliding on this wedge is 2,240



Tensar Reinforced Soil Application Suggestion

GEOMAT s.r.o.
Turanka 115
627 00 Brno

Tensar

international

2

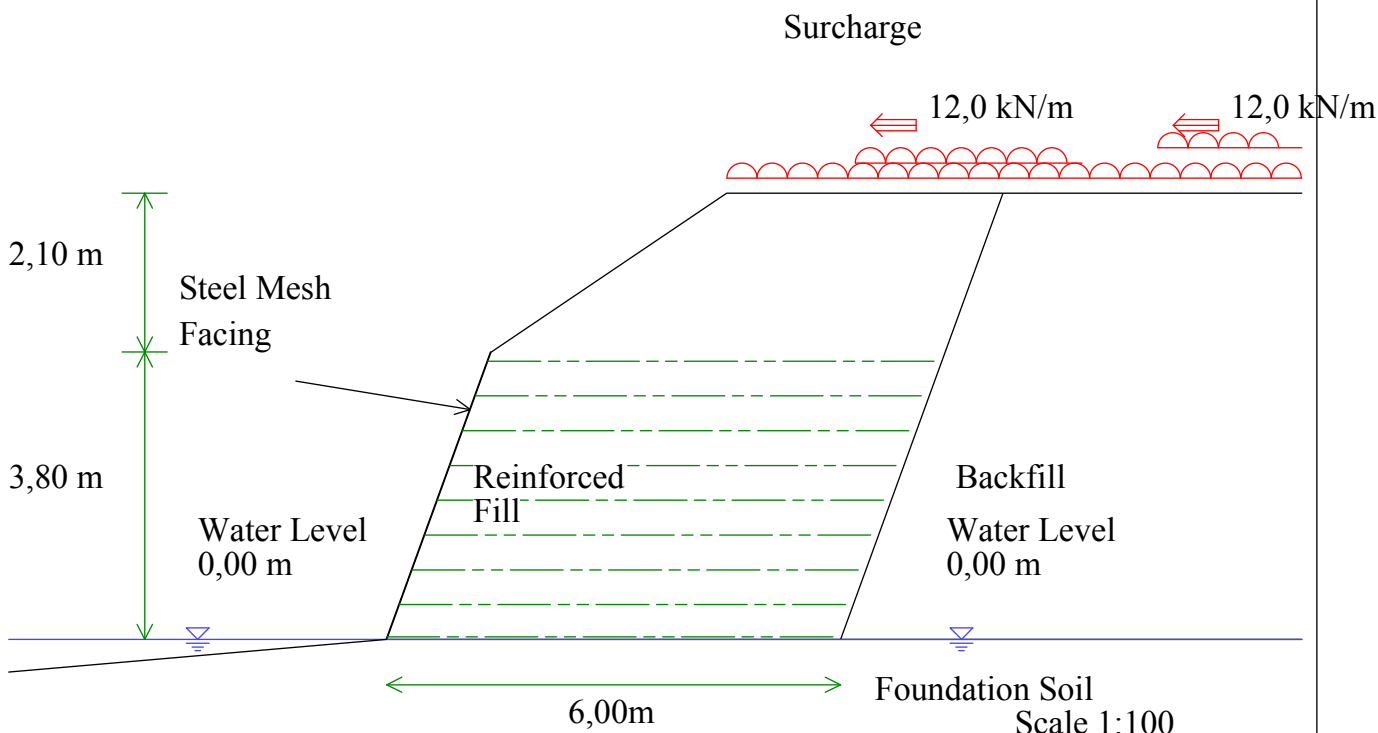
Tel : +420 548 217 047

Fax : +420 548 218 047

Email : info@geomat.cz

Soil Type	c' (kN/m ²)	ϕ'_{cv} (deg)	γ (kN/m ³)
Reinforced fill	0	32	20
Backfill	3	25	19
Foundation	0	32	20

Key / Material quantities	
Grid Type	Quantity/m run
9 No. Tensar Type 2	54,0 m ²



Calculations in accordance with Institut für Bautechnik method

Adequate consideration should be given by the designer to the provision of drainage in the above structure.
For further details regarding this design please contact GEOMAT s.r.o.

This document is an application suggestion which has been prepared by GEOMAT s.r.o. on a confidential basis to enable the application of **Tensar** geogrids to be evaluated. This Application Suggestion is merely illustrative and is not a detailed design. This Application Suggestion is specific to the unique characteristics of the **Tensar** geogrids described within the full calculations referenced below. Copyright in this Application Suggestion belongs to Tensar International Limited. It may not be reproduced in whole or in part without the prior written permission of Tensar International. It must not be disclosed other than for the purpose of evaluating its commercial application for the use of **Tensar** geogrids. This Application Suggestion does not form the whole or part of any contract. Its suitability for any project is the sole responsibility of the user and its professional advisors. Neither Tensar International Limited nor GEOMAT s.r.o. are responsible for any application of the Application Suggestion other than in conjunction with the sale of **Tensar**.

Tensar is a registered trademark.

WinWall Version 8.31

© Tensar International Limited

Client : SUDOP PRAHA a.s.
Project: SO 71-11-01 Sudomerice - Cerveny Ujezd, zeleznicni spodek
Vyztuzene nasypove teleso v km 95,250

Objective:

Design prepared by : GEOMAT s.r.o.

Date : 19 Feb 2013

Reference :

Page 9 of 9

Client:	SUDOP PRAHA a.s.
Project:	SO 71-11-01 Sudoměřice-Červený Újezd, železniční spodek Vyztuzene nasypove teleso v km 95,250
Objective:	km 95,250 00

Tensar
Structural Systems

**Steel Mesh Panel
System**



IMPORTANT NOTES

This document contains an Application Suggestion which has been prepared by GEOMAT s.r.o. on a confidential basis, to enable the application of **Tensar** geogrids to be evaluated. The Application Suggestion is merely illustrative and is not a detailed design. It is specific to the unique characteristics of the **Tensar** geogrids which are referenced within the calculations.

Copyright in this document belongs to Tensar International Limited. It must not be disclosed to any third party other than for the purpose of evaluating its commercial application for the use of **Tensar** geogrids.

This Application Suggestion does not form the whole or any part of a contract. Its suitability for any project is the sole responsibility of the user and its professional advisors. Neither Tensar International Limited nor GEOMAT s.r.o. are responsible for any application of the Application Suggestion other than in conjunction with the sale of **Tensar**.

Tensar is a registered trademark.

Method of analysis	The calculation method used to create this Application Suggestion is the simplified method of slices using a circular slip surface following the method given by Bishop (Géotechnique, Vol 5, No 1, 1955) modified to take into account the stabilising effect of layers of geogrid reinforcement
---------------------------	---

Reference	Date	19 Feb 2013	Page	1 of 5
------------------	-------------	-------------	-------------	--------

Design analysis
prepared by :

GEOMAT s.r.o.

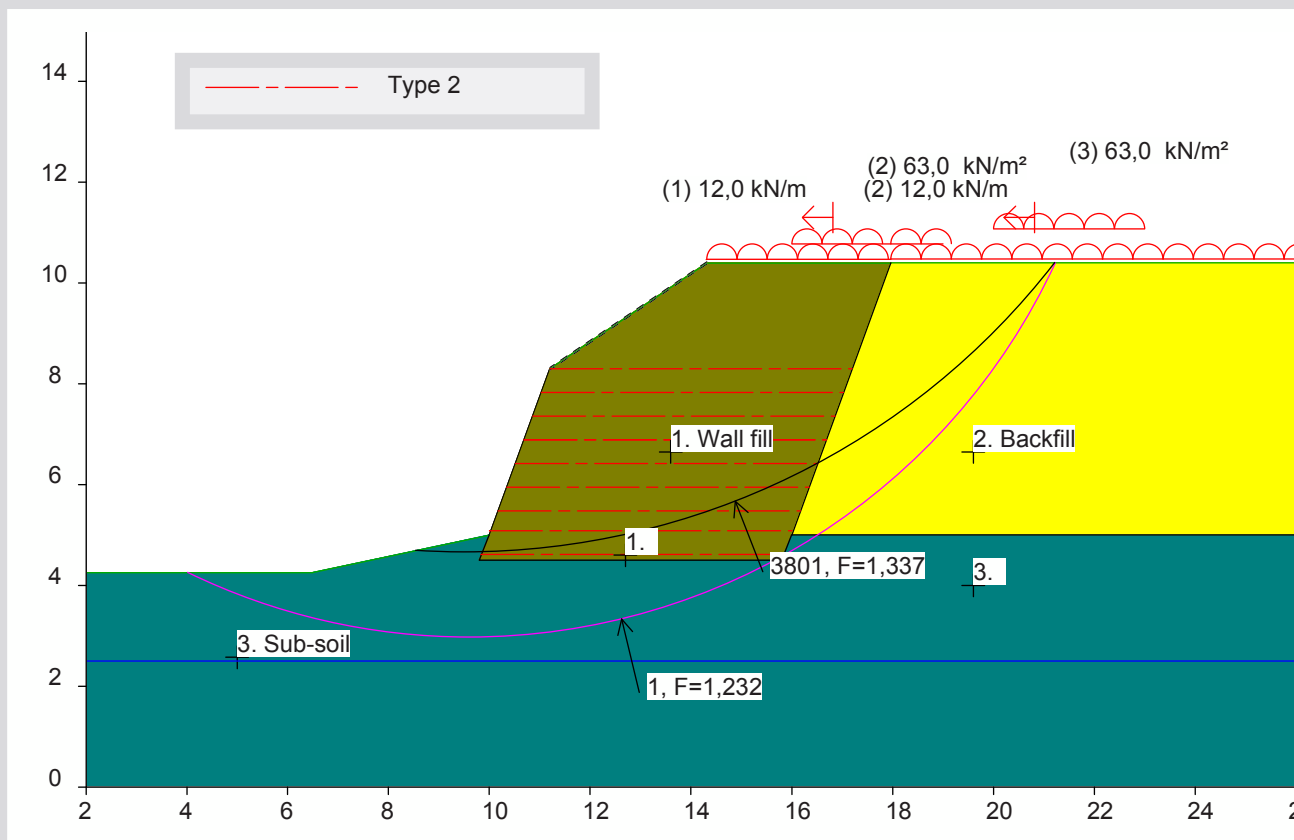
Tel: +420 548 217 047
Fax: +420 548 218 047
E-mail: info@geomat.cz

**Turanka 115
627 00 Brno
Czech Republic**

Input data and Section

Project:

SO 71-11-01 Sudoměřice-Červený Újezd, železniční spodek



Tensar Structural Systems

Steel Mesh Panel System

Static loading case

All dimensions in metres

Scale 1:150

Soil properties

Soil zone	Drained/ undrained	c (kN/m ²)	φ (°)	γ _{bulk} (kN/m ³)
1, Wall fill	Drained	0,0	32,0	20,0
2, Backfill	Drained	3,0	25,0	19,0
3, Sub-soil	Drained	8,0	25,0	19,0

Horizontal loads

Load (kN/m)	Acts at x (m)	y (m)	direction
1. 12,00	16,814	11,300	left
2. 12,00	20,814	11,300	left

Surcharges

Load	Load acts from x (m) to x (m)	Load (kN/m ²)	Live/Dead
1	14,300	40,000	15,00

Surcharge loads continued on next page . . .

Surcharge loads continued

Load	Load acts from x (m) to x (m)		Load (kN/m ²)	Live/Dead
2	16,000	19,000	63,02	Live
3	20,000	23,000	63,02	Live

x values are measured from X=0

Stability results

Moments per linear metre of structure

Circle number	Disturbing moment (kNm/m)	Resisting moment soil (kNm/m)	Resisting moment geogrids (kNm/m)	Factor of safety
1	8578	10568	0	1,232
3801	7147	8637	920	1,337
4110	6430	7885	848	1,358

Further information relevant to this Design Analysis

Further information, specifications and bill of quantities descriptions for this Tensar Earth Retaining Structure are given in the following documents which form part of this Design Analysis

System overview
Installation guide
Case histories

The current versions of these documents may be found by following the website link to "Tensar Documentation" in the Help menu of the TensarSlope program

For program users who do not have a link to the internet contact your nearest Tensar representative or distributor

Tensar International Limited
Tel: +44 (1254) 262431
Fax: +44 (1254) 266867
E-mail: sales@tensar.co.uk
Web: www.tensar.co.uk

Detailed input information

The following tables provide the detailed input information used to define the reinforced fill structure including: coordinates of soil lines and water pressure lines (both internal water pressure and external standing water), geogrid design data and geogrid layout.

In all the tables which follow, X and Y are cartesian coordinates in metres, with Y measured vertically upwards, and measured from X = 0 in the horizontal direction and Y = 0 in the vertical direction.

Soil lines

The soil type found beneath each line is indicated in the table below.

Where a facing is associated with any line, this is also indicated in the table below.

Line No.	X ₁ (m)	Y ₁ (m)	X ₂ (m)	Y ₂ (m)	Soil No.	Facing type
1	10,000	5,000	11,201	8,300	1	Steel mesh panel
2	11,201	8,300	14,314	10,400	1	
3	14,314	10,400	17,965	10,400	1	
4	17,965	10,400	41,480	10,400	2	
5	16,000	5,000	46,480	5,000	3	
6	16,000	5,000	17,965	10,400	2	
7	6,489	4,253	10,000	5,000	3	
8	6,489	4,253	0,000	4,253	3	
9	10,000	5,000	9,800	4,500	1	
10	9,800	4,500	15,800	4,500	3	
11	15,800	4,500	16,000	5,000	3	

Water pressure lines

Pore water pressure at a point is defined according to vertical distance from the following lines:

Line No	X ₁ (m)	Y ₁ (m)	Pressure (kN/m ²)	X ₂ (m)	Y ₂ (m)	Pressure (kN/m ²)
1	0,000	2,500	0,000	40,000	2,500	0,000

If there is a line above the point examined and none below, then pore pressure is taken to increase hydrostatically with depth below that water pressure line.

If there is a line above the point examined and a line below, then water pressure is interpolated between the pressures on the two lines.

Pressure at a point along a line is determined by linear interpolation

Reinforcement design data

Reinforcement design strength is calculated using the strengths and factors given below

In soil type 1 - Wall fill			Design life (years) 120		Design temperature (°C) 10	
Tensar Geogrid	Creep rupture strength (kN/m)	Extrapolation & manufacturing variation	Installation damage factor	Environmental effects	Characteristic design strength (kN/m)	Sliding coefficient
	P _c	f _m	f _d	f _e	P _{des}	α _s
Type 2	27,34	1,00	1,25	1,00	21,87	0,95

Reinforcement layout

Reinforcement level is defined by its Y co-ordinate

Tensar geogrid	Level	Left end	Right end	Length	Coverage	Pullout interaction factor	Fixed at	
	Y (m)	X (m)	X (m)	(m)	(%)	α _p	left	right
Type 2	4,540	9,832	15,832	6,000	100	0,95	Yes	No

Reinforcement continued on next page . . .

Reinforcement layout continued

Tensar geogrid	Level	Left end	Right end	Length	Coverage	Pullout interaction factor	Fixed at	
	Y (m)	X (m)	X (m)	(m)	(%)	α_p	left	right
Type 2	5,010	10,004	16,004	6,000	100	0,95	Yes	No
Type 2	5,480	10,175	16,175	6,000	100	0,95	Yes	No
Type 2	5,950	10,346	16,346	6,000	100	0,95	Yes	No
Type 2	6,420	10,517	16,517	6,000	100	0,95	Yes	No
Type 2	6,890	10,688	16,688	6,000	100	0,95	Yes	No
Type 2	6,890	10,688	16,688	6,000	100	0,95	Yes	No
Type 2	7,360	10,859	16,859	6,000	100	0,95	Yes	No
Type 2	7,830	11,030	17,030	6,000	100	0,95	Yes	No
Type 2	8,300	11,201	17,201	6,000	100	0,95	Yes	No

[illegible]

VZDALENOST NOVÝCH OS [m]
POSUNY KOLEJE č.1 [m]
VZDALENOST STÁVAJÍCICH OS [m]

9.838