

TECHNICKÁ ZPRÁVA

GEOTECHNICKÉ POSOUZENÍ

Akce:	Knížecí sady – inline dráha a parkové cesty, Zábřeh		
Objekt:	C.1 SO 100 Komunikace Mechanická stabilizace podloží		
Zpracoval:			
Kontroloval:			
Datum:		18.4.2018	

OBSAH ZPRÁVY

1.	Úvod	3
1.1.	Řešená problematika	3
1.2.	Objednatel	3
2.	Podklady	4
2.1.	Projektová podklady	4
2.2.	Normy, předpisy, literatura	4
2.3.	Návrhový software	4
3.	Vstupní parametry	5
3.1.	Charakter stávajícího podloží	5
3.2.	Únosnost stávajícího podloží	5
3.3.	Výběr stabilizačního prvku s ohledem na účinnost stabilizované vrstvy	5
3.4.	Podzemní voda	6
4.	Návrh a posouzení	7
4.1.	Princip fungování mechanicky stabilizované vrstvy	7
4.2.	Stanovení únosnosti mechanicky stabilizované vrstvy	7
4.3.	Návrhové metodiky	8
4.4.	Program TensarPave	9
5.	Výsledek posouzení	10
5.1.	TensarPave (empirický výpočet)	10
5.2.	Zhodnocení výsledků	12
6.	Projekční specifikace materiálů	13
6.1.	Sypanina	13
6.2.	Stabilizační prvky	14
6.3.	Separační prvky	14
7.	Technické řešení	15
7.1.	Navrhovaná skladba mechanicky stabilizované vrstvy	15
8.	Technologické požadavky	16
8.1.	Geosyntetické materiály	16
8.2.	Sypanina mechanicky stabilizované vrstvy	17
8.3.	Dodávka, skladování a manipulace	17
8.4.	Kontrolní zkoušky	17
9.	Závěr	19
9.1.	Přílohy	19

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 dokumentu než s navrženými technologiemi a výrobky.

1. Úvod

1.1. Řešená problematika

V rámci akce „Knížecí sady – inline dráha a parkové cesty, Zábřeh“ je navržena skladba inline dráhy dle zvyklostí a postupů uvedených v TP 170.

Zemní pláš dráhy je v celé délce staničení založena mělce pod úrovní stávajícího terénu, samotná skladba je ve smyslu TP 170 netuhá vozovka (N) s návrhovou úrovní porušení D1 pro třídu dopravního zatížení VI a typ podloží PIII:

D1-N-2, TDZ VI, PIII

Podloží typu PIII předpokládá únosnost v úrovni zemní pláně $E_{\text{def},2} \geq 30$ MPa tak, aby finální únosnost celého souvrství odpovídala předpokladům TP 170.

Stávající podloží je tvořeno jemnozrnnými zeminami, jejichž konzistence a pevnostní i přetvárně-deformační vlastnosti jsou silně závislé na aktuální vlhkosti. Podloží je tedy vesměs neúnosné a pro založení inline dráhy bez úpravy nevhodné.

Úkolem geotechnického posouzení je navrhnout a posoudit mechanicky stabilizovanou vrstvu v takové mocnosti a skladbě, aby bylo na zemní pláni dosaženo únosnosti požadovaných 30 MPa (nebo více) ze druhé větve statické zatěžovací zkoušky.

1.2. Objednatel

Geotechnické posouzení je zpracováno proti objednavce zde dne 11. 04. 2018.

Tab. 1. Objednatel posudku

Traffic Design s.r.o.	Božkova 1618/8 Praha 6 - Dejvice 160 00 IČ: 06499236	
Kontaktní osoba	Ing. Karel Říha	
	Mobil:	+420 739 348 078
	E-mail:	riha.k@trafficdesign.cz

2. PODKLADY

2.1. Projektová podklady

- [1] TRAFFIC DESIGN. *Výkresová dokumentace: Koordinační situace stavby, Podélný profil komunikace, Charakteristické příčné řezy, Vzorové příčné řezy*. 1. Zlín, 2018.
- [2] GEOTEST. *Zábřeh – IG: Inženýrskogeologický průzkum pro objekt 1, Závěrečná zpráva*. 1. Ostrava, 04/2017.
- [3] HETMÁNEK, Tomáš. *Statická zatěžovací zkouška pro pozemní komunikace: Protokol, Situace*. 1. Bratrušov, 02/2018.

2.2. Normy, předpisy, literatura

2.2.1. Normy

- [4] ČSN 72 1006: *Kontrola zhutnění zemin a sypanin*. 1. ČR: ÚNMZ, 2015.
- [5] ČSN 73 6133: *Návrh a provádění tělesa pozemních komunikací*. 1. ČR: ÚNMZ, 2010.
- [6] ČSN EN 13242+A1: *Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickým pojivem pro inženýrské stavby a pozemní komunikace*. 1. ČR: ÚNMZ, 2008.
- [7] ČSN EN ISO 10320: *Geotextilie a výrobky podobné geotextiliím - Identifikace na staveništi*. 1. ČR: ÚNMZ, 2000.

2.2.2. Předpisy

- [8] TP 97: *Geosyntetika v zemním tělese pozemních komunikací*. ČR: MD-OI, 12/2008.
- [9] TP 170: *Navrhování vozovek pozemních komunikací*. ČR: MD-OI, 09/2010.
- [10] TKP PK: kapitola 4 *Zemní práce*. ČR: MD-OPK, 12/2009.
- [11] TKP PK: kapitola 30 *Speciální zemní konstrukce*. ČR: MD-OPK, 12/2009.

2.2.3. Literatura a jiné

- [12] EINDRED.: RIK DE GROOT a FOTOGR.: CROW ET AL. *Dunne asfaltverhardingen: dimensionering en herontwerp*. Ede: CROW, 2002. ISBN 90-662-8343-2.
- [13] TRL. *LR1132: The structural design of bituminous roads*. 1. Wokingham (UK), 1984.
- [14] FGSV. *ZTVT-StB 86: Zusätzliche technische Vorschriften und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau*. 1. Köln (D), 1986.
- [15] EOTA. *TR 41: Non-reinforcing hexagonal geogrid for the stabilization of unbound granular layers by way of interlock with the aggregate*. 1. Brussels (B), 2012.

2.3. Návrhový software

- [16] TensarPave™: *A program for the design of pavements and other trafficked areas*.

3. VSTUPNÍ PARAMETRY

3.1. Charakter stávajícího podloží

Stávající podloží je tvořeno neúnosnými, jemnozrnnými zeminami, jejichž únosnosti byly ověřeny statickou zatěžovací zkouškou.

Výsledky zkoušek dle [3] jsou shrnuty v tabulce (Tab. 2).

Tab. 2. Výsledky statických zatěžovacích zkoušek

Datum	Staničení	$E_{def,2}$ [MPa]
20. 2. 2018	~ km 0,01445	neměřitelné; < 7
20. 2. 2018	~ km 0,12030	neměřitelné; < 7
20. 2. 2018	~ km 0,20000	neměřitelné; < 7

3.2. Únosnost stávajícího podloží

Při návrhu skladby mechanicky stabilizované vrstvy se standardně vychází z aktuální únosnosti podloží, která je definována charakteristikami stlačitelnosti zemin, nejčastěji se jedná o hodnotu deformačního modulu podloží ($E_{def,2}$) zjištěného pomocí statické zatěžovací zkoušky, případně je kvalita podloží určena hodnotou CBR (kalifornský poměr únosnosti).

Obecně však platí, že se při (empirických) výpočtech nedá vycházet z nulové únosnosti, nejnejpříznivější podmínky jsou vždy reprezentovány nejnížší možnou únosností, kterou daná návrhová metodika připouští.

S ohledem na výše zmíněné je uvažováno s hodnotou deformačního modulu z druhé větve statické zatěžovací zkoušky $E_{def,2} = 2,5 - 5,0$ MPa (CBR $\approx 0,5 - 1,0$ %).

3.3. Výběr stabilizačního prvku s ohledem na účinnost stabilizované vrstvy

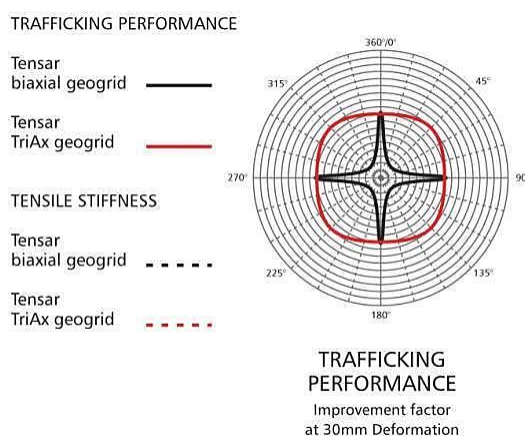
Účinnost a efektivita stabilizačního prvku závisí především na způsobu jeho výroby. Pro relevantní návrh a určení nutné tloušťky sypaniny (při použití různých druhů stabilizačních geomříží) vychází návrh z holandské návrhové metodiky CROW [12]. Tato platí od roku 2001 a její účinnost byla ve stejném roce ověřena především institutem TRL (Traffic Research Laboratory) ve Velké Británii na zkouškách prováděných v laboratoři, případně in-situ [13].

Dle této metodiky jsou nejúčinnějším typem geomříží, umožňujícím nejvyšší stabilizační účinek, geomříže monolitické. Dlouhodobým zkoušením nejrozličnějších návrhových parametrů stabilizačních geomříží pomocí celé řady testů prováděných renomovanými zahraničními laboratořemi bylo následně možné určit jejich klíčové vlastnosti ovlivňující stabilizační funkci.

Těmito klíčovými vlastnostmi jsou

- příčný profil žebra (tvar, velikost),
- tuhost žebra,
- účinnost spoje,
- velikost oka v návaznosti na frakci použitého zrnitého materiálu a
- zejména rovinná tuhost (nikoliv tahová pevnost, jak se mnohdy chybně uvádí).

Optimalizace těchto parametrů při výzkumu vedla k přeměně čtvercového tvaru otvoru na trojúhelníkový, resp. hexagonální, který umožňuje zvýšení účinnosti konstrukce mechanicky stabilizované vrstvy a umožní rovnoměrný roznos zatížení ve všech směrech, kdy důležitou hodnotou je izotropní poměr tuhostí. Jedná se o poměr minimální a maximální hodnoty z diagonálního diagramu měřených hodnot (poměr $\geq 0,80$), viz obrázek (Obr. 1) a také [15].



Obr. 1. Srovnání účinnosti mechanicky stabilizované vrstvy za použití nejúčinnějších dvouosých a hexagonálních monolitických geomříží

3.4. Podzemní voda

V konstrukci je nutné zajistit důkladné odvodnění srážkových vod, aby nedocházelo k jejich zadržování v mechanicky stabilizované vrstvě.

4. NÁVRH A POSOUZENÍ

4.1. Princip fungování mechanicky stabilizované vrstvy

Mechanická stabilizace spočívá v principu vzájemného zazubení zrn kameniva skrze oka geomříže, čímž dochází k významnému omezení laterálních posuvů v úrovni geomříže. Tímto mechanismem dojde ke zvýšení součtového pole hlavních napětí a tedy i ke zvýšení deformačního modulu nestmelené vrstvy. Tento vliv je chápán jako koncept zvýšení tuhosti.

Během následného zatěžování bylo testy zjištěno, že zrna kameniva se díky principu zazubení vzájemně nepootáčejí ani neposouvají, resp. rotace i translace částic je významně omezena. Deformační charakteristiky nestmelené podkladní vrstvy jsou tak v době životnosti vozovky prakticky neměnné, tento vliv je chápán jako koncept zachování tuhosti.

Ověření daných předpokladů je podloženo triaxiálními zkouškami a tzv. testy APLT (Automated Plate Load Testing), které jsou svým uspořádáním podobné statické zatěžovací zkoušce hojně rozšířené v ČR, s tím rozdílem, že v krátkém časovém horizontu proběhnou stovky až tisíce zatěžovacích cyklů, z nichž se usuzuje na velikost deformačních charakteristik zemin, potažmo souvrství.

4.2. Stanovení únosnosti mechanicky stabilizované vrstvy

V současné době je navrhování vozovek v zahraničí, zejména Americe, nejčastěji prováděno v souladu s některou z návrhových metodik, které postupem času vznikaly a zdokonalovaly se, a to již od 60. let 20. století. Dále představené metodiky jsou buď empirické (semi-empirické) anebo mechanicko-empirické, vznikaly nejdříve pro návrh nestabilizovaných vozovek a od 80. let 20. století i pro vozovky mechanicky stabilizované.

V principu jsou metodiky postaveny na výsledcích nesčetného množství zkoušek prováděných v reálném měřítku, na základě kterých se usuzuje na účinnost mechanicky stabilizované vrstvy za různých okrajových podmínek.

Z výsledků zkoušek se následně sestavují, a postupem času neustále zpřesňují, empirické vzorce a závislosti, z nichž se při posouzení konkrétní skladby zpětně stanovuje předpokládaná úroveň únosnosti, kterou lze za daných podmínek podloží, zatížení a skladby mechanicky stabilizované vrstvy očekávat.

4.2.1. Vztah modulu pružnosti a přetvárnosti

Návrhový modul pružnosti pro výpočet únosnosti zastupuje chování podloží za vlhkosti odpovídající návrhovému vodnímu režimu při krátkodobém zatížení.

Modul přetvárnosti stanovený podle ČSN 72 1006 [4] charakterizuje chování podloží pod statickým zatížením a představuje kontrolní (přejímací) zkoušku dokumentující vhodnost

použitého materiálu a jeho dostatečné zhutnění za vlhkosti při zpracování (v blízkosti vlhkosti optimální).

Za stejných podmínek je modul pružnosti vždy vyšší než modul přetvárnosti, který zahrnuje nepružnou složku přetváření.

Myšlenka je převzata z předpisu TP170 [9].

4.3. Návrhové metodiky

Mechanicky stabilizovaná vrstva je posouzena dle dvou nezávislých a odlišných metodik, aby bylo možné výsledky vzájemně porovnat a zhodnotit skutečné očekávané chování (únosnost) dané vrstvy, a to zejména s ohledem na ryze empirickou povahu výpočtů.

4.3.1. ZTVT-StB 86

Metodika, která byla zpracována pro stabilizační prvky [REDACTED] je založena na statistickém zpracování provedených měření a zkoušek v laboratorních i polních podmínkách.

Výsledky měření a jejich vyhodnocení vedly k vytvoření návrhových grafů, které umožňují provádět empirické návrhy pro různé základové podmínky a zrnitosti štěrkovité sypaniny.

V této metodice je nejdůležitějším kritériem únosnost podloží ($E_{\text{def},2}$), viz také [14].

Návrh a posouzení jsou provedeny na hodnotu únosnosti $E_{\text{def},2} = 45 \text{ MPa}$, z důvodu uvedeného v kapitole 4.2.1.

Zatížení není v metodice relevantní, protože je přímo zastoupeno požadovanou návrhovou hodnotou modulu pružnosti.

4.3.2. TRL Report LR1132

Metodika vychází z anglosaských zvyklostí, které vedly k vydání holandské návrhové metodiky CROW [12]. Dimenze konstrukce (stabilizační prvek + tloušťka štěrkové vrstvy) je volena v závislosti na těchto vstupních hodnotách, viz také [13]:

- a) únosnost podloží (CBR, $E_{\text{def},2}$)
- b) zatížení nezpevněné plochy
- c) referenční hloubka deformací, která nesmí být pro definované zatížení a únosnost podloží překročena
- d) Typ zásypového materiálu, velikost maximálního zrna kameniva

Dle této metodiky je mechanicky stabilizovaná vrstva nejvíce zatížena během výstavby, během provozu se očekává zatížení nižší. Kritériem posouzení je maximální přípustná hloubka vyjeté koleje, která nesmí být překročena při daném počtu pojezdů standardní nápravou (standardní náprava pro ČR je 100 kN, dle TP 170 [9]).

Počet pojezdů standardní nápravy se dá vyjádřit buď explicitně, a nebo šířkou a délkou stabilizovaného úseku společně s očekávanými skutečnými nápravovými tlaky prázdného/naloženého vozidla, které jsou spjaty se standardní nápravou přes korelační vztahy.

Uvažuje se běžné třínapravové nákladní vozidlo (např. Tatra T 815) s následujícím rozložením nápravových tlaků (Tab. 3):

Tab. 3. Uvažované rozložení nápravových tlaků

	Přední náprava [kN]	Zadní nápravy (tandem) [kN]	
Prázdné vozidlo	58,8	27,1	27,1
Naložené vozidlo	70,4	74,8	74,8

Pro nákladní vozidlo jsou dále uvažovány dynamické účinky od brždění/rozjíždění.

Skutečné rozměry inline dráhy jsou 270 x 4 m (dle podkladů [1]). Protože inline dráha je okružní, předpokládá se, že se budou vozidla pohybovat po co možná nejkratší trase, v krajním případě tedy na poloviční délce.

Ve výpočtech je proto uvažováno s rozměry stabilizované plochy 135 x 4 m.

Maximální přípustná hloubka koleje je 75 mm (doporučená hodnota pro obecnou mechanicky stabilizovanou vrstvu).

4.4. Program TensarPave

Návrh a posouzení byly provedeny programem TensarPave™ [16] dle metodik ZTVT-StB 86 (sílové hledisko) a LR1132 (deformační hledisko).

Výpočet i metodiky jsou založeny na empirických vztazích.

5. VÝSLEDEK POSOUZENÍ

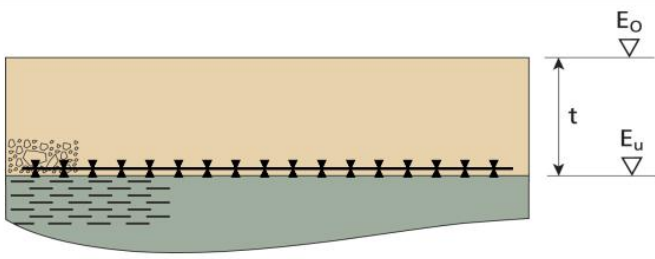
Níže jsou uvedeny výsledky empirických výpočtů mechanicky stabilizované vrstvy dle zvolených návrhových metodik.

5.1. TensarPave (empirický výpočet)

5.1.1. Posouzení dle ZTVT-StB 86

Za předpokladu únosnosti stávajícího podloží 5,0 MPa bylo provedeno posouzení mechanicky stabilizované vrstvy, ze kterého lze usuzovat na očekávané hodnoty únosnosti zemní plně, viz obrázek (Obr. 2).

Input data	
Subgrade description	Jíl třídy F6-CI (dle CSN 736133)
Subgrade modulus (E_u)	(MPa) 5
Fill type description	Crushed stone mixture
Fill maximum particle size	(mm) <75
Modulus on top of fill (E_o)	(MPa) 45

Section	Project:
	Knížecí sady – inline dráha a parkové cesty, Zábřeh

Geogrid	Level
	0

Result	Thickness (t)	(mm)
		275
	Specification	

Obr. 2. Mechanicky stabilizovaná vrstva dle ZTVT-StB 86

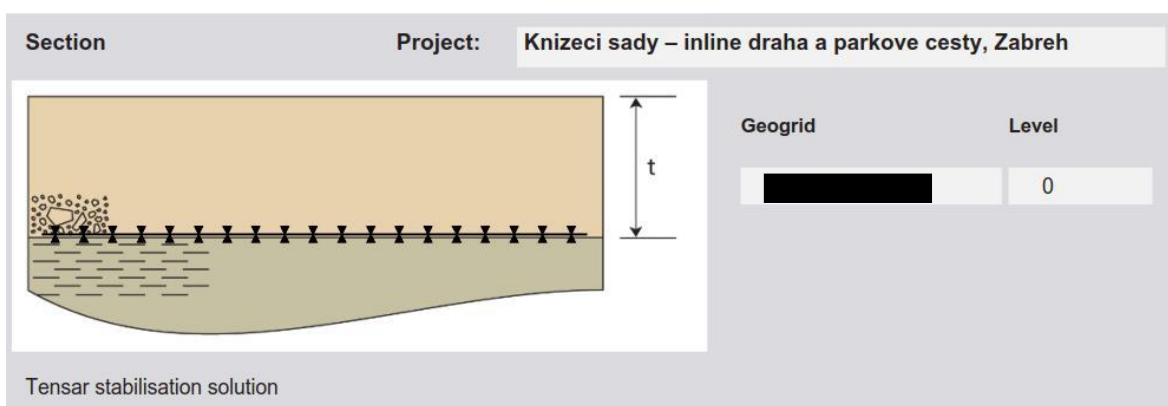
Návrhový modul pružnosti byl uvažován v hodnotě 45 MPa tak, aby bylo při přejímací statické zatěžovací zkoušce dosaženo hodnot kontrolního modulu přetvárnosti 30 MPa nebo více.

Minimální mocnost mechanicky stabilizované vrstvy činí 275 mm.

5.1.2. Posouzení dle LR1132

Za předpokladu únosnosti stávajícího podloží 2,5 MPa bylo provedeno posouzení mechanicky stabilizované vrstvy, ze kterého lze usuzovat na maximální deformace povrchu za předpokladu daných rozměrů inline dráhy a dané staveništní dopravy, viz Obr. 3.

Input data	Subgrade description	Jil tridy F6-CI (dle CSN 736133)	
	Subgrade strength	CBR (%)	0,50
	Area to be stabilised	(m²)	540,00
	Construction traffic	N _{sc} (no ESA)	65
	In-service traffic	N _{si-c} (no ESA)	0
	Design standard axle load	(kN)	100,00
	Function of stabilised layer	General stabilisation	
	Maximum surface deformation	(mm)	75
	Stabilised layer description	Crushed stone mixture	
	Maximum particle size	(mm)	<75



Result	Thickness	t (mm)	450
	Total traffic achieved (ESAL)	94	
	Specification		

This geogrid layout was customised from the default. The choice of appropriate grades of TX geogrid should be in accordance with the selection criteria as outlined in the Tensar information bulletin "IB/TriAx Selection: Selection of the appropriate Tensar TrAx geogrid"

Obr. 3. Mechanicky stabilizovaná vrstva dle LR1132

Za daných předpokladů se očekává, že hloubka vyjeté koleje nepřekročí 75 mm, zároveň to ale neznamená, že takto hluboké koleje vzniknou. Limitní hodnota je pouze ukazatelem oboru platnosti pro výpočet; skutečná deformace by se dala s uspokojivou přesností určit například matematickými modely.

Minimální mocnost mechanicky stabilizované vrstvy činí 450 mm.

5.2. Zhodnocení výsledků

Rozdíl v minimální požadované tloušťce mechanicky stabilizované vrstvy je připisován rozdílné předpokládané únosnosti stávajícího podloží, která vstupuje do empirických výpočtů. Ta je v každé ze zvolených metodik limitována spodní přípustnou hranicí, reprezentující nejnepríznivější stav ověřovaný při polních a laboratorních zkouškách.

Z výsledků statické zatěžovací zkoušky prováděné na místě budoucí inline dráhy plyne, že skutečné únosnosti v předpokládaném rozmezí 2,5 – 5,0 MPa oscilovat mohou (a to až do hodnoty 7 MPa nevčetně).

S ohledem na nejistotu vstupních dat se však zpracovatel tohoto geotechnického posouzení přiklání ke spodní konzervativní hranici stávající únosnosti podloží.

Výsledky dle LR1132 jsou proto vnímány jako směrodatné s výsledky dle ZTVT-StB 86 potom jako doplňkové; aplikace metodiky ZTVT-StB 86 je rovněž podmíněna faktem, že jako jediná má vazbu na modul přetvárnosti, který je tradiční a na území ČR dosud všeobecně uznávaný.

Navrhujeme mechanicky stabilizovanou vrstvu v minimální tloušťce 450 mm.

Požadavky na kamenivo, geosyntetika, provádění a manipulaci jsou uvedeny v následujících kapitolách.

6. PROJEKČNÍ SPECIFIKACE MATERIÁLŮ

6.1. Sypanina

6.1.1. Fyzikální vlastnosti

Optimální druh sypaniny, štěrkodrtí frakce 0-63 mm, použité do mechanicky stabilizované vrstvy musí splňovat následující podmínky:

- sypanina je tvořena ostrohrannými zrny kameniva
- maximální zrno $d_{\max} = 63$ mm
- tvarový index zásypového materiálu nesmí být větší jak 3
- maximální podíl jemnozrnných částic do $75 \mu\text{m}$ je 10 %
- maximální podíl zrn velikosti 5 – 25 mm je 25 ± 5 % z celkového objemu zeminy
- velikost zrn při 50 % propadu leží v intervalu 20 – 25 mm ($20 \text{ mm} \leq d_{50} \leq 25 \text{ mm}$)

Hutnění bude prováděno na hodnotu $I_D \geq 0,90$. Počet pojezdů hutnícího zařízení a výsledný hutnící krok bude na stavbě určen na základě provedené hutnící zkoušky.

Při splnění výše uvedených předpokladů parametrů sypaniny bude mechanicky stabilizovaná vrstva vykazovat nejvyšší účinnost.

V případě použití jiné sypaniny kontaktujte zpracovatele dokumentace za účelem posouzení vhodnosti zásypového materiálu či případné změny dimenzí navrhované konstrukce.

6.1.2. Odolnost

Z hlediska odolnostních parametrů doporučujeme, aby kamenivo splňovalo následující technické parametry (dle normy ČSN EN 13242 [6]):

- | | |
|---|-----------------|
| – kritérium podílu ostrohranných a oblých zrn | kategorie C90/3 |
| – odolnost proti drcení hrubého kameniva | kategorie LA20 |
| – nasákavost kameniva max. 2% | kategorie WA242 |
| – odolnost proti zmrazování a rozmrazování | kategorie F2 |

6.2. Stabilizační prvky

Jako stabilizační prvek bude použita stabilizační geomříž [REDACTED] specifikovaná následovně (Tab. 4). Materiály budou schváleny před uložením do konstrukce.

Tab. 4. Vlastnosti stabilizační geomříže [REDACTED]

Veličina	Jednotka	Hodnota	Tolerance
<i>Radiální sečná tuhost při 0,5% přetvoření ETA 12/0530</i>	kN/m	390	-75
<i>Poměr radiální sečnové tuhosti ETA 12/0530</i>	-	0,80	-0,15
<i>Pevnost spoje ETA 12/0530</i>	%	100	-10
<i>Velikost šestiúhelníků ETA 12/0530</i>	mm	80	±4
<i>Funkce</i>	stabilizační		

Hodnoty všech parametrů uvedených v Tab. 4 včetně stabilizační funkce musí být splněny a zároveň **doloženy platným prohlášením o vlastnostech, jinak není možné výrobek do navrhované konstrukce použít.**

6.3. Separační prvky

Jako separační prvek bude použita netkaná geotextilie s následujícími parametry (Tab. 5). Materiály budou schváleny před uložením do konstrukce.

Tab. 5. Vlastnosti netkané geotextilie

Veličina	Jednotka	Hodnota
<i>Mechanická odolnost proti protlačení (CBR)</i>	F _p [kN]	≥ 2,5
<i>Funkce</i>	separační, filtrační	

Minimální hodnoty uvedené v Tab. 5 jsou míněny po odečtení výrobní tolerance, musí být splněny a zároveň doloženy platným prohlášením o vlastnostech, jinak není možné výrobek do navrhované konstrukce použít.

7. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Navržené řešení stabilizace podloží respektuje předpoklady uvedené v předchozích kapitolách.

Princip technického řešení pomocí mechanické stabilizace spočívá ve vytvoření kompozitního kvazihomogenního zeminového systému, který je tvořen polymerním prvkem (stabilizační geomříží) a zrnitým zásypovým materiálem (štěrkodrt, betonový recyklát), kdy zrnitý materiál, navršený a zhutňovaný nad geomříží, proniká přes její otvory a vytváří tak efekt vzájemného "zazubení" mezi částicemi zeminy a geomříží.

"Zazubení" mezi geomříží a zrnitým zásypem pak zabraňuje laterálním posuvům částic na bázi podkladní vrstvy. Pomocí tohoto mechanismu přenáší geomříže horizontální smykové síly, čímž se výrazně zvyšuje únosnost souvrství.

Pro stabilizační funkci se dle uznaných postupů EOTA používají stabilizační hexagonální geomříže, vykazující stejnou dopravní účinnost ve všech směrech.

7.1. Navrhovaná skladba mechanicky stabilizované vrstvy

Pro návrh konstrukce byl použit program TensarPave™ [16].

Tab. 6. Navrhovaná skladba úpravy podloží

Položka	Tloušťka
Separačně-filtrační geotextilie	-
Hexagonální stabilizační geomříž	-
Štěrkodrt frakce 0-63 mm	450 mm
Celková tloušťka	450 mm

Uvedené hodnoty a skladby jsou doporučením společnosti GEOMAT s.r.o., které je provedeno na základě zkušeností s návrhem a realizací těchto konstrukcí.

8. TECHNOLOGICKÉ POŽADAVKY

8.1. Geosyntetické materiály

Při manipulaci s geosyntetiky (geomříže, geotextilie) je nutné dodržet následující zásady:

8.1.1. Skladování a transport

- Skladování: vleže
na suchém místě
chráněno proti UV záření a povětrnosti
- Transport: pomocí trubky provlečené jádrem role
plynulé zvedání a pokládání (ručně, mechanismy)
nevláčet ani netáhnout, hrozí poškození

8.1.2. Stříhání, dělení role

- Stříhání: nůžky na plech, zahradnické nůžky, nebo jiné vhodné pomůcky
- Dělení role: úhlová bruska

8.1.3. Příprava podkladu

- Očištění od nežádoucích předmětů (kamení, balvany, dřevo, sklo, kov...)
- Vyplnění prohlubní vhodným materiálem

8.1.4. Vzájemné spojování sousedních pásů

- Spojení pásů dle specifikací projektu
 - Nejméně však přesahem 500 mm / 300 mm (geotextilie / geomříže)
 - Orientace přesahu musí respektovat směr rozhrnování materiálu

8.1.5. Pohyb stavebních strojů

- Žádné stavební mechanismy nesmí přímo pojíždět položenou geotextilii
- Minimální tloušťka ochranné vrstvy činí 150 mm
- Stavební mechanismy ani na ochranné vrstvě nesmí:
 - Náhle zrychlovat
 - Náhle brzdit
 - Zatáčet v prudkých obloucích
 - Otáčet koly, když vozidlo stojí (vozidla s koly)
 - Otáčet se na místě (pásová vozidla)

8.2. Sypanina mechanicky stabilizované vrstvy

8.2.1. Manipulace se sypaninou

- Složení zásypového materiálu z korby automobilu mimo položená geosyntetika
- Rovnoměrné rozmístění zásypového materiálu na položená geosyntetika
 - Rozmístění se provede pomocí rypadla nebo nakladače
 - Materiál nesmí padat na geosyntetika z výšky, hrozí jejich poškození
 - Rozhrnutí materiálu z dílčích hromad se provede pomocí lžíce rypadla nebo nakladače
 - Použití dozeru na větší vzdálenosti je nepřipustné, zásyp se segreguje, dochází k vlnění

8.2.2. Hutnění

- Zásypový materiál bude hutněný ve vrstvách s parametrem zhutnění $I_D \geq 0,90$

8.3. Dodávka, skladování a manipulace

a) Zeminy

Způsob dopravy a případné skladování zemin musí splňovat zásady stanovené v předpisu TKP PK, kapitola 4 [10].

b) Stabilizační a separační prvky

Při dodávce a skladování stabilizačních a separačních prvků musí být splněny zásady uvedené v předpisu TKP PK, kapitola 30 [11].

Zhotovitel je povinen zajistit řádnou přejímku dodávaných geosyntetických prvků tak, aby na staveništi byly k dispozici jen materiály, které odpovídají požadavkům projektu. Každá dodávka geosyntetického materiálu musí být doprovázena dodacím listem a musí obsahovat informace v souladu s ČSN EN ISO 10 320 [7].

Veškerou manipulaci se stabilizačními a separačními prvky během dodávky, skladování a zabudování do konstrukce je nutno provádět s doporučením výrobce a technologickým předpisem tak, aby byla možnost poškození omezena na minimum.

8.4. Kontrolní zkoušky

Kontrolní zkoušky budou předepsány a definovány (typ, počet, místo) kontrolním zkušebním plánem který bude předem odsouhlasen.

Vzhledem k tomu, že vlastnosti zemin jsou klíčovým faktorem návrhu konstrukce, je nutno během výstavby zajistit sledování vlastností včetně jejich dokumentace (frakce zásypu, deformační parametry atd.).

V případě, že se vlastnosti použitých materiálů odchýlí od vlastností předpokládaných v projektu v tom smyslu, že budou vykazovat hodnoty nepříznivé, je nutné zastavit stavební práce a svolat jednání o nápravě.

Provádění kontrolních zkoušek únosnosti doporučujeme provést nejdříve po 10 (ideálně 14) dnech od dokončení prací. Důvodem je vyrovnávání pórových tlaků a stavu napjatosti v podloží, které zpravidla nepříznivě zkresluje výsledky měření.

Dále navrhujeme provedení zkušebního úseku, na kterém se ověří předpoklady návrhu tak, aby se dalo včas reagovat na případné odklony od předpokládaného chování, zejména únosností.

9. ZÁVĚR

Na základě požadavku objednatele bylo proti objednávce ze dne 11. 04. 2018 zpracováno geotechnické posouzení mechanicky stabilizované vrstvy na neúnosném podloží.

Posouzení prokázalo, že za daných okrajových podmínek návrhu bude na zemní pláni zpevněných ploch dosaženo požadovaného kontrolního modulu přetvárnosti min. $E_{\text{def},2} = 30 \text{ MPa}$ při tloušťce mechanicky stabilizované vrstvy min. 450 mm.

Při dodržení veškerých požadavků a doporučení, které jsou uvedeny v tomto geotechnickém posouzení, bude požadované hodnoty únosnosti dosaženo s vysokou pravděpodobností, a to s ohledem na empirickou povahu návrhové metodiky.

Zásadní pro mechanickou stabilizaci je použití optimálně zrněné sypaniny, proto je důležité se striktně držet požadavků uvedených v kapitole 6.1.

Při výstavbě je nutné zohlednit, že konzistence zemin v podloží je závislá na případných atmosférických srážkách. Navržené řešení předpokládá zajištění odvodnění povrchu parapláně tak, aby nedocházelo k zadržování vody v navržené stabilizační vrstvě.

Po výstavbě je nutné počítat s rozrušením podloží během pokládky sanační vrstvy, proto doporučujeme měřit deformační modul minimálně po 10 - 14 dnech od konce sypání a hutnění, kdy dojde k ustálení vazeb podloží a k zpětnému nárůstu deformačního modulu podloží.

9.1. Přílohy



– Schematický řez M 1:10



V Brně, dne 18.4.2018

<p>Zpracoval:</p> <div data-bbox="411 1709 722 1868" style="background-color: black; width: 195px; height: 71px; margin: 5px auto;"></div> <p>projektant</p>
--

<div data-bbox="1038 1680 1374 1868" style="background-color: black; width: 210px; height: 84px; margin: 5px auto;"></div> <p>Autorizovaný inženýr pro geotechniku</p> <p>ČKAIT: <div data-bbox="1177 1906 1334 1944" style="background-color: black; width: 98px; height: 17px; display: inline-block;"></div></p>
